

云南省二级造价工程师职业资格考试用书

交通运输工程计价与计量实务

(公路篇)

云南省综合交通发展中心 主编



版权声明

本作品云南省二级造价工程师职业资格考试用书《交通运输工程计价与计量实务（公路篇）》系由云南省综合交通发展中心主持创作，本单位依法对此享有完整的著作权。任何单位或个人，未经云南省综合交通发展中心书面授权许可，均不得以任何形式、通过任何媒介对本作品实施侵权行为（包括但不限于：未经许可复制、翻印、发行本作品；通过网络向公众传播本作品内容；销售、出租本作品的侵权复制品；以及任何其他剽窃、篡改或非法使用本作品的行为等）。

对于任何侵犯本作品著作权的行为，本单位将坚决采取一切必要的法律措施追究侵权者的法律责任。我们鼓励并感谢各界对本作品的合法使用与尊重。请广大读者协助监督，如发现侵权线索，请及时告知我们。联系方式：杜老师 0871-65379994。

权利人：云南省综合交通发展中心

日期：2026年4月28日

云南省二级造价工程师职业资格考试用书

交通运输工程计价与计量实务

(公路篇)

云南省综合交通发展中心 主编



YNK 云南科技出版社

· 昆 明 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

交通运输工程计价与计量实务·公路篇 / 云南省综合交通发展中心主编. -- 昆明: 云南科技出版社, 2026. -- (云南省二级造价工程师职业资格考试用书).
ISBN 978-7-5587-6881-1

I . U491; U415.13

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20253C7U16 号

交通运输工程计价与计量实务 (公路篇)

JIAOTONG YUNSHU GONGCHENG JIJIA YU JILIANG SHIWU (GONGLU PIAN)

云南省综合交通发展中心 主编

出 版 人: 温 翔

责任编辑: 吴 涯 张翟贤

封面设计: 沈田金

责任校对: 孙玮贤 秦永红

责任印制: 蒋丽芬

书 号: ISBN 978-7-5587-6881-1

印 刷: 云南见功印务有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 20.25

字 数: 627 千字

版 次: 2026 年 1 月第 1 版

印 次: 2026 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 90.00 元

出版发行: 云南科技出版社

地 址: 昆明市环城西路 609 号

电 话: 0871-64190978

编委会

主编单位：云南省综合交通发展中心
北京中交京纬公路造价技术有限公司

编写人员

主 编：张 捷 瞿国旭 邹 喻 谢 萍

副 主 编：董玉佩 张洲铭

编写人员：晋 敏 金 珠 张效红 杜艳芬 熊江东 李卓伦 张 锐
徐 敏 陈 红 周春秀 陈艳丹 李林峰 龙兆峰 董晓蕊
杨 璐 杨 涛 徐爱华 王禹杰 王浩磊 宋 军 董再更
张 艳 海丽萍 刘代全 徐 浩 邓淑妮 杨 兰 孙加义
邵卫峰

审定人员

主 审：张晓波

审定人员：杨 成 李迎炜 段锬伟 张春梅 杨迎春 杨金翠 张 伟
杨志朴 严加福 谢丽莎 李 娟 孙军虎

前 言

为深入贯彻落实国家职业资格制度改革的相关部署，扎实推进云南省二级造价工程师职业资格制度的落地实施，切实满足全省二级造价工程师考生系统复习与科学备考需求。云南省综合交通发展中心依据住房和城乡建设部、交通运输部、水利部、人力资源社会保障部联合印发的《造价工程师职业资格制度规定》《造价工程师资格考试实施办法》（建人〔2018〕67号）以及《全国二级造价工程师资格考试大纲（2019年版）》等相关要求，结合国家现行工程造价管理领域的法规、政策、规章以及云南省现行工程计价依据与规则，组织公路工程造价领域的资深专家，精心编写了本考试用书。

当前公路建设正朝着高质量发展方向迈进，为助力从业人员及时学习掌握行业新技术、新标准，更好地适应行业发展需求，云南省综合交通发展中心特别组建了由公路工程造价管理、设计、施工及咨询等单位的专家构成的编审委员会，全程参与本书编写与审核工作。本书编写过程中，始终坚持“理论联系实际”的原则，着重突出内容的针对性、实用性与操作性，系统且全面地介绍了考生需重点掌握的公路工程基础知识、相关法规政策、造价专业核心知识，以及计量与计价实务操作技巧等内容。本书不仅可作为二级造价工程师考生的备考专用资料，还能为公路工程造价从业人员开展实际工作、交通相关院校开展教学与培训工作提供有力的参考支持。

本书共分为三章：第一章聚焦专业基础知识，为考生构建扎实的理论根基；第二章深入解析公路工程造价构成与管理，助力考生掌握造价管控核心逻辑；第三章通过案例分析，强化考生对计量与计价实务的应用能力。全书由云南省综合交通发展中心与北京中交京纬公路造价技术有限公司联合主编。在本书的编写与审定过程中，得到了昆明、普洱、文山、大理、丽江、怒江、临沧、楚雄等多地交通造价管理机构，以及云南省交通规划设计研究院股份有限公司、云南交发咨询有限公司、云南云岭工程造价咨询有限公司、华昆工程管理咨询有限公司、云南云审工程咨询有限公司等单位众多专家的积极参与和大力支持。在此，谨向所有给予支持的单位及专家表示最诚挚的感谢。

由于编写时间较为仓促，书中可能存在疏漏与纰误，恳请广大读者在使用过程中不吝指正，我们将在后续再版时对本书进行进一步修改与完善，以提升书籍质量，更好地服务行业发展与考生需求。

云南省综合交通发展中心
2025年10月

目 录

第一章 专业基础知识	1
第一节 公路工程的分类、组成及构造	1
一、公路工程的分类	1
二、路基工程的分类、组成及构造	2
三、路面工程的分类、组成及构造	8
四、桥涵工程的分类、组成及构造	14
五、隧道工程的分类、组成及构造	21
六、交通工程的组成及构造	26
七、绿化工程及环境保护	35
第二节 工程材料与工程机械	36
一、工程主要材料的分类	36
二、工程常用材料的特性和标准	37
三、工程常用混合材料的分类、基本性能及用途	44
四、工程常用施工机械的分类和应用	51
第三节 公路工程主要施工工艺与方法	67
一、路基施工技术	67
二、路面施工技术	79
三、桥涵工程施工技术	87
四、隧道工程施工技术	101
五、交通工程施工技术	110
六、绿化工程施工技术	115
第四节 工程施工组织设计	117
一、施工组织设计的编制	117
二、资源组织计划	121
三、施工平面布置图设计	123
四、施工组织设计的优化	124
五、施工组织设计对造价的影响	124
六、标准化施工、安全管理和环境保护	125

第五节 公路养护工程	127
一、公路养护工程概述	127
二、公路技术状况评定	128
三、路基养护	130
四、路面养护	133
五、桥梁养护	136
六、隧道养护	141
七、交通工程及沿线设施	143
八、公路绿化与环境保护	144
第二章 公路工程造价	146
第一节 公路工程造价概述	146
一、公路工程造价的特点	146
二、公路建设工程的造价依据	150
三、工程造价管理	151
第二节 公路工程定额体系	154
一、定额的分类	154
二、运用公路工程定额的基本方法	156
第三节 投资估算及概、预算的编制	161
一、投资估算与概、预算的区别与联系	161
二、估算与概算、预算文件的组成	162
三、估算与概、预算项目及编码规则	165
四、估算与概、预算费用组成	166
五、估算与概算、预算费用的计算	168
六、估算与概、预算文件的编制	200
第四节 公路工程工程量清单计量与计价	205
一、工程量的相关概念	205
二、工程量清单	209
三、工程量清单计量规则	224
四、工程量清单计价	235
第五节 合同管理	241
一、计量与支付	241

二、合同价款的调整	244
三、工程变更与工程索赔	245
四、工程结算	246
五、竣工决算	249
第三章 案例分析	252
一、定额编制	252
二、概、预算编制办法和云南省补充规定	253
三、路基工程	259
四、路面工程	269
五、桥涵工程	280
六、隧道工程	294
七、合同管理	305
参考文献	311

第一章 专业基础知识

道路是国民经济发展的基础，关系着人们的日常生活。道路按其使用特点可分为公路、城市道路、乡村道路、厂矿道路、林区道路等类型，其中公路是道路中最主要的组成部分。一般来说，公路由路基工程、路面工程、桥涵工程、隧道工程、交通工程及沿线设施、绿化工程及环境保护等组成。

第一节 公路工程的分类、组成及构造

一、公路工程的分类

（一）按照技术等级划分

依据《公路工程技术标准》JTG B01—2014，按照交通量及其使用任务、性质将公路分为五个等级，即高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路。公路工程按技术等级划分见表 1.1.1。

表 1.1.1 公路工程按技术等级划分

公路等级	年平均日设计交通量	用途
高速公路	宜为 15000 辆小客车以上	专供汽车分向、分车道行驶，并全部控制出入的多车道公路
一级公路	宜为 15000 辆小客车以上	供汽车分向、分车道行驶，并可根据需要控制出入的多车道公路
二级公路	宜为 5000~15000 辆小客车	供汽车行驶的双车道公路
三级公路	宜为 2000~6000 辆小客车	供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道公路
四级公路	双车道四级公路，宜为 2000 辆小客车以下；单车道四级公路，宜为 400 辆小客车以下	供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道或单车道公路

注：公路设计交通预测时，高速公路和一级公路设计交通量预测年限为 20 年；二级公路、三级公路设计交通量预测为 15 年；四级公路可根据实际情况确定。

（二）按行政类别划分

公路按其在公路网中的地位和行政等级，分为国道（国家高速公路、普通国道）、省道（省级高速公路、普通省道）、县道、乡道、村道和专用公路。

1. 国道

国道即国家干线公路，是指公路网中具有全国性政治、经济意义的干线公路，包括重要的国际公路、国防公路，是连接首都与各省省会、自治区首府和直辖市的公路，是连接各大经济中心、港站枢纽和战略要地的公路。

2. 省道

省道是指具有全省（自治区、直辖市）性政治、经济意义，连接省（自治区、直辖市）内中心城市和主要经济区的公路，以及不属于国道的省际重要公路。

3. 县道

县道是指除国道、省道以外的县际公路，以及连接县级人民政府所在地与乡级人民政府所在地和主要商品生产、集散地的公路。

4. 乡道

乡道是指除县道及县道以上等级公路以外的乡际公路，以及连接乡级人民政府所在地与建制村的公路。

5. 村道

村道是指除乡道及乡道以上等级公路以外的连接建制村与建制村、建制村与自然村、建制村与外部的公路，但不包括村内街巷和农田间的机耕道。

6. 专用公路

专用公路是指由企业或者其他单位建设、养护、管理，专为或者主要为本企业或者本单位提供运输服务的道路。

二、路基工程的分类、组成及构造

路基是按照线路位置和一定技术要求修筑的带状结构物，既是路线的主体，又是路面的基础，承受由路面传来的行车荷载，并将荷载传递给大地。路基是公路工程的重要组成部分，是公路主体工程，它贯穿公路全线，与桥梁、隧道相连，与路面共同承受行车荷载的作用，其应具有足够的强度、稳定性和耐久性。

（一）路基的分类

1. 按标准横断面分类

按标准横断面，路基可分为整体式和分离式两类。整体式路基是双向行车道路基整体填筑或开挖，分离式路基是左、右行车道路基分开修建。

2. 按材料分类

路基按材料分类，路基分为土路基、石路基和土石路基。

3. 按填挖类型分类

按填挖类型分类，路基横断面分为填方路基、挖方路基与半填半挖路基三种，如图 1.1.1 所示。

填方路基是指路基设计高程高于地面高程，需要填筑形成路基断面（路堤）。挖方路基是指路基设计高程低于地面高程，需要开挖形成路基断面（路堑）。半填半挖路基是指路基横断面的一侧需要填筑，另一侧需要开挖的路基。

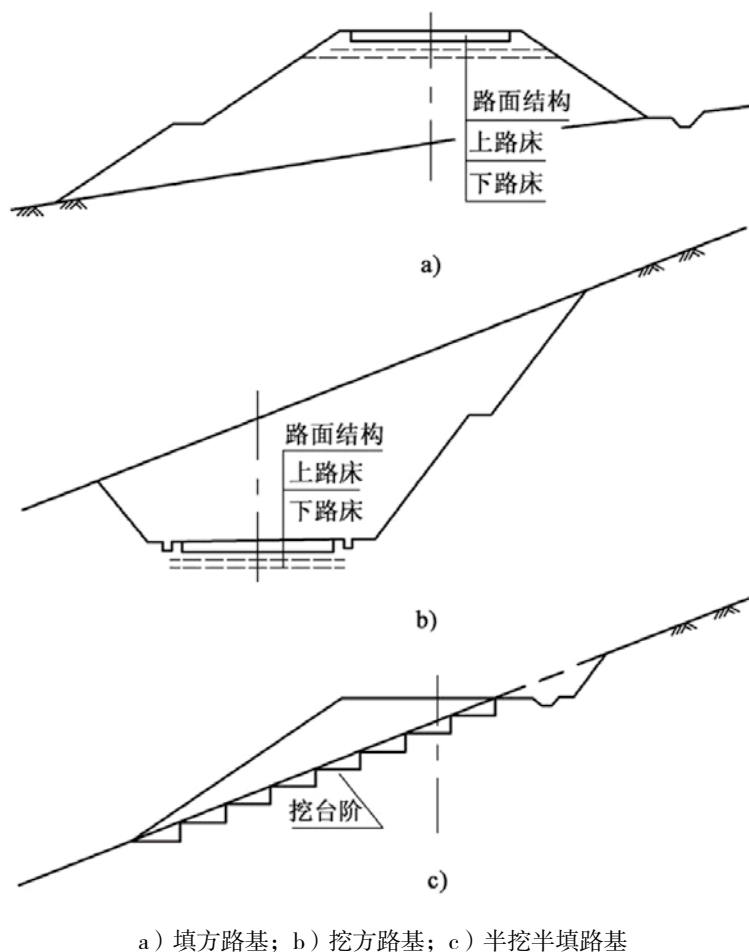


图 1.1.1 一般路基

(二) 路基的组成

公路路基主要由路基本体、排水设施、防护设施、支挡工程、特殊路基、附属设施等组成。

1. 路基本体

路基是在天然地表按照路线位置和设计断面的要求填筑或开挖形成的岩土结构物。路基横断面一般有路堤、路堑、半填半挖路基 3 种基本形式。路堤是高于原地面的填方路基，其作用是支撑路面体。路堑是低于原地面、由开挖所形成的路基。半填半挖路基是一部分路基经过填筑而成，另一部分路基经过开挖形成的路基结构。

高速公路、一级公路整体式路基的标准横断面由车道、中间带(中央分隔带、左侧路缘带)、路肩(右侧硬路肩、右侧土路肩)等部分组成;分离式路基的标准横断面由车道、路肩(左侧和右侧硬路肩、左侧和右侧土路肩)等部分组成。

二级公路路基的标准横断面由车道、路肩(左侧和右侧硬路肩、左侧和右侧土路肩)等部分组成。

三级和四级公路路基标准横断面由车道、土路肩(左侧和右侧土路肩)等部分组成。

2. 排水设施

路基排水设施分为地表排水设施和地下排水设施。地表排水设施主要有路堑和路堤边沟、截水沟、急流槽、排水沟等类型，地下排水设施主要有盲沟、暗沟、渗沟、渗井、仰式排水斜孔等。

3. 防护设施

公路路基在水流、雨水、风力及冰冻等影响下，可能导致边坡坍塌、路基损坏等病害。一般把防止冲刷和风化，主要起隔离作用的措施称为防护工程。路基防护一般可分为坡面防护和沿河路基防护两类。

4. 支挡工程

公路的修建改变了地层原来的受力状态，可能导致公路边坡滑动，因此需要对边坡进行支挡和加固。把防止路基或山体因重力作用而坍塌，主要起支撑天然边坡或人工边坡以保护土体稳定或加强路基强度和稳定性，以及防护边坡在水流变化条件下免遭破坏的构造物称为支挡工程。常见的支挡工程主要包括挡土墙、边坡锚固、抗滑桩及土钉支护等各种支挡结构。

5. 附属设施

路基工程附属设施包括错车道、碎落台等。特殊地区的路基工程，相应还有一些特定的附属设施。

6. 特殊路基

因修建公路路基工程，原有的自然平衡条件被打破（原有的自然条件不能满足修筑的条件要求、边坡过陡、地基承载力过低、地面下伏空洞等），所以出现各种各样的问题。因此，除要按一般路基标准、要求进行设计外，还要针对特殊问题进行研究，做出处理。

（三）路基主要构造

1. 挖方路基

挖方路基又称路堑，是由天然地层构成。

（1）挖方路基典型断面，如图 1.1.2 所示。

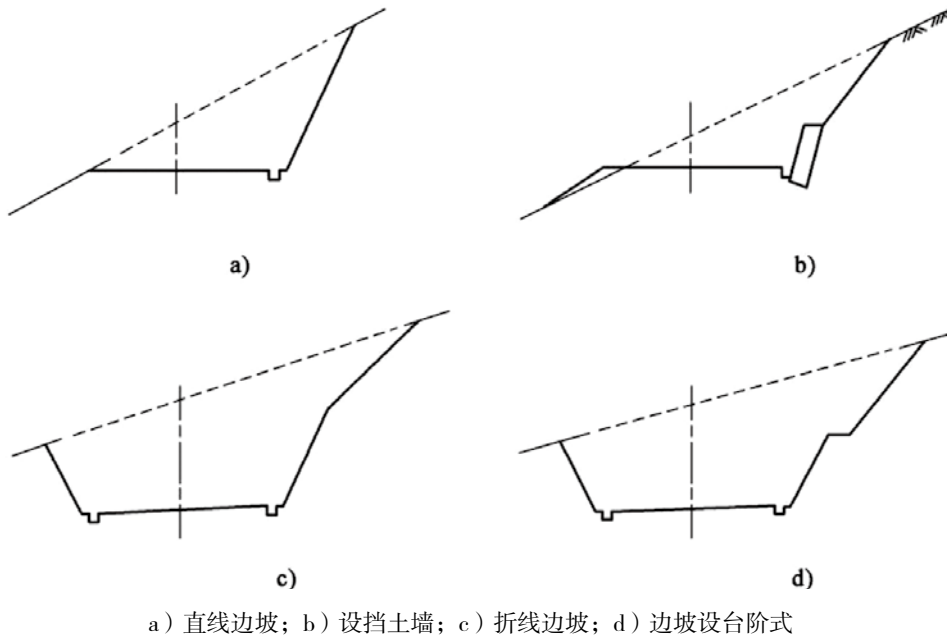


图 1.1.2 路堑

①直线型边坡断面适用于边坡为均质的岩土且路基开挖不深的路段。

②挡土墙（或矮墙、护面墙）断面适用于挖方为软弱土质、易风化岩层的路段，需要采取挡土墙或护面墙等支挡措施，以确保坡面稳定。

③折线型边坡断面适用于上部分边坡为土质覆盖层，下部分边坡为岩石的路段。

④台阶形断面适用于边坡由多层土质组成且边坡较高的路段。边坡平台设 2%~4% 向内侧倾斜的

排水坡度，平台宽度不小于 2m，平台排水沟可做成斜口形或矩形断面。

(2) 路堑边坡：土、石质挖方边坡形式及坡率是根据边坡的工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水措施、施工方法，并结合边坡土质的调查及力学分析后确定的。

①土质路堑边坡：其稳定性主要受边坡高度、土的类型、土的密实程度、地下水和地面水的发育状况、土的成因及生成年代等因素影响。在一般情况下，当土质边坡地质条件较简单时，边坡高度不宜超过 20m。当土质边坡高度超过 20m，以及为黄土、红黏土、高液限土、膨胀土等特殊土质的挖方边坡，应特殊处理。

②岩石路堑边坡。影响岩石路堑边坡稳定的因素有岩石性质、岩体结构、水的作用、风化作用、地震、地应力、地形地貌及人为因素等。当岩石路堑边坡高度超过 30m 时，应按高边坡进行设计。

2. 填方路基

填方路基是调运其他地方土石方填筑并压实而成。

(1) 填方路堤典型断面：填方路基由路床和路堤两部分组成。

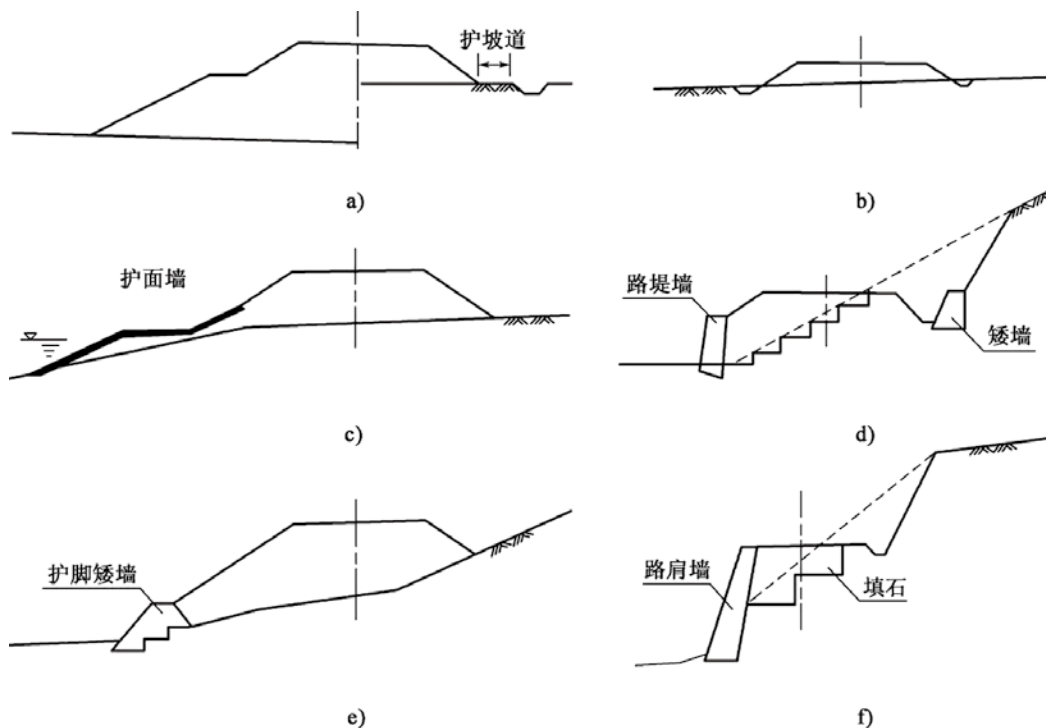
①路床是路面结构层以下 0.8m 或 1.20m 范围内的路基部分。路床又分为上路床和下路床。

a. 上路床厚度 0.3m，即路面结构层底面以下深度 0~30cm 范围内的路基部分。

b. 下路床厚度在轻、中等及重交通公路为 0.5m，特重、极重交通公路为 0.9m。

②路堤是指高于原地面的填方路基，在结构上分为上路堤和下路堤。上路堤是指路床以下 0.7m 厚度范围的填方部分，下路堤是指上路堤以下的填方部分。填土高度小于路基工作区深度时，称为低路堤。当填筑高度大于路基临界高度或超过 6~8m 时，称为一般路堤。当路基填土边坡高度大于 20m 时，称为高路堤。

路堤宜选用级配好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料，填料最大粒径应小于 150mm（填石路基与土石混填路基除外）。公路受沿线地形、地貌的影响，填方路段横断面出现的形式很多，除一般路基以外，常见的还有挡土墙路堤、护肩路堤、矮墙路堤、沿河路堤等，如图 1.1.3 所示。



a) 一般路基；b) 矮路堤；c) 浸水路堤；d) 挡土墙路堤；e) 护脚路堤；f) 护肩路堤

图 1.1.3 填方路基

(2) 路基土分类：根据《公路土工试验规程》JTG 3430—2020 规定，路基土分类总体系见表 1.1.2。

表 1.1.2 路基土分类总体系及特殊土分类

土 类	土 名
巨粒土	漂石土、卵石土
粗粒土	砾类土、砂类土
细粒土	粉质土、黏质土、有机质土
特殊土	黄土、膨胀土、红黏土、盐渍土、冻土、软土

(3) 土石方分类：现行公路工程概算定额（JTG/T 3831—2018）、预算定额（JTG/T 3832—2018）均采用 6 级分类，包括松土、普通土、硬土、软石、次坚石、坚石。

交通运输部发布的《公路工程标准施工招标文件》（2018 年版）对土石划分的规定为“在公路路基土石挖方中如用不小于 112.5kW 推土机单齿松动器无法松动，需用爆破或用钢楔大锤或用气钻方法开挖的，以及体积大于或等于 1m³ 的孤石为石方，余为土方”。

3. 排水设施

路基排水分地表排水和地下排水两大类。排除地表水一般采用边沟、截水沟（天沟）、排水沟、跌水、急流槽、拦水带、蒸发池及油水分离池等设施；排除地下水一般采用明沟、排水槽、暗沟、暗管、渗沟及渗井等设施。路基排水设施见表 1.1.3。

表 1.1.3 路基排水设施

地面排水设施	边沟	设置于路基挖方地段和高度小于边沟深度的填方地段，用以汇集和排除路面、路肩及边坡的流水，将流水引入桥、涵或路基以外的沟谷
	截水沟（天沟）	设置在挖方路基边坡坡顶以外或填方路基上侧适当位置的截水设施，用以汇集并排除路基边坡上侧的地表径流
	排水沟	将边沟、截水沟、取土坑、边坡和路基附近积水引排至桥涵或路基以外的洼地或天然河沟
	地面排水设施除以上几种外，还有跌水、急流槽、拦水带、蒸发池、油水分离池等	
地下排水设施	明沟和排水槽	设置在地面以下用以引导水流的沟渠，它本身没有渗水或汇水作用，用于排除泉水或地下集中水流
	暗沟和暗管	高等级公路的中央分隔带也需要采用纵向、横向的暗沟及暗管将集水排出路基之外
	渗沟	用以降低地下水位或拦截地下含水层的水流，渗沟按排水层的构造可分为填石渗沟、管式渗沟和洞式渗沟
	渗井	一种立式地下排水设施，将地面水或地下水经渗井通过下透水层中的钻孔流入下层透水层中排出
	地下排水设施除以上几种外，还有隔离层、盲沟、仰斜式排水孔等	

4. 防护与支挡工程

路基防护与支挡工程，按其作用不同，可以分为坡面防护、沿河路基防护和路基支挡与加固构造物等。路基防护与支挡工程主要构造见表 1.1.4。

表 1.1.4 路基防护与支挡工程

防护设施	坡面防护	植物防护	包括种草或喷播植草、铺草皮、种植灌木、喷混植生等
		骨架植物防护	可采用拱形、人字形或方格型浆砌片石或水泥混凝土骨架，也可采用多边形水泥混凝土空心块，骨架内植草或喷播植草。多雨地区的骨架宜增设拦水带和排水槽。风化破碎的岩石挖方边坡，可在骨架中增设锚杆
		工程防护	包括坡面喷护、挂网喷射混凝土、干砌片石护坡、浆砌片（块）石护坡和护面墙等
	沿河路基防护	直接防护	包括植物防护、干砌片石护坡、浆砌片石护坡、抛石防护、石笼防护、浸水挡土墙、混凝土预制块板、土工织物软体沉排、土工模袋、护坦防护、排桩防护等
		导流	包括丁坝、顺坝、护坝、改移河道等
支挡工程	挡土墙	重力式挡土墙	依靠自身重力平衡土体，一般形式简单、施工方便、圬工量大，对基础要求也较高。依据墙背形式不同，其种类有普通重力式挡土墙、不带衡重台的折线墙背式重力挡土墙和衡重式挡土墙。墙高小于 10m 的挡土墙可采用浆砌片石，墙高大于 10m 的挡土墙和浸水挡土墙宜采用片石混凝土
		钢筋混凝土悬臂式扶壁式挡土墙	钢筋混凝土悬臂式、扶壁式挡土墙依靠墙自重和底板上填料及车辆荷载维持挡墙稳定，也是一种轻型支挡结构物，适用于石料缺乏及地基承载力较低的填方地段； 悬臂、扶壁式挡土墙立壁的顶宽不应小于 0.2m，底板厚度不应小于 0.3m，挡土墙的分段长度不宜超过 20m；悬臂式挡土墙墙高一般不大于 5m，当墙高大于 5m 时，宜采用扶臂式挡土墙，扶臂式挡土墙墙高一般不超过 15m，每一分段宜设 3 个或 3 个以上的扶壁
		锚杆挡土墙	由钢筋混凝土墙面和锚杆组成的支挡构造物，依靠锚固在稳定地层的锚杆所提供的拉力维持挡土墙平衡，多用于具有较完整岩石地段的路堑边坡支挡。挡土板宜采用等厚度板，板厚不得小于 0.3m，预制墙面板应预留锚杆的锚定孔
		锚定板挡土墙	一种适用于填方的轻型支挡结构物，由墙面系、钢拉杆、锚定板组成，依靠埋置于填料中的锚定板所提供的抗拔力维持挡土墙的稳定。可分为挂板式锚杆挡土墙和壁板式锚杆挡土墙，主要特点是结构轻、柔性大，应注意做好拉杆、拉杆与肋柱及拉杆与锚定板连接处的防锈处理
		加筋土挡土墙	由面板、筋带和填料三部分组成的复合结构，依靠填料与筋带的摩擦力来平衡面板所承受的水平土压力，即保持加筋土挡土墙的内部稳定，并以这一复合结构去抵抗筋带后部一般填料所产生的土压力，即起支挡作用，获得加筋土挡土墙的外部稳定。有面板加筋土挡土墙墙面宜采用钢筋混凝土预制件，厚度不应小于 80mm
		柱板式挡土墙	桩板式挡土墙属钢筋混凝土结构，由桩及桩间挡板组成，适用于土压力大、墙高超过一般挡土墙限制的情况，地基强度的不足可由桩的埋深补偿。桩板式挡土墙应用范围较广，可作为一般路肩、路堤和路堑挡土墙使用，也可用于滑坡等特殊路段的处理。桩板式挡土墙的锚固桩必须锚固在稳定的地基中

续表 1.1.4

支挡工程	边坡锚固	通常采用预应力锚杆体、非预应力的全长黏结型锚杆等，预应力锚杆由锚固段、自由段和锚头组成，锚头由垫墩、钢垫板和锚具组成
	土钉支护	永久性土钉支护一般采用钻孔注浆钉，钻孔直径宜为 70~100mm，钉材宜采用 HRB400 钢筋，钢筋直径宜为 18~32mm，土钉钢筋应设定位支架
	抗滑桩	抗滑桩可用于稳定边坡和滑坡，加固不稳定山体以及加固其他特殊路基

5. 特殊路基

特殊路基主要有：

(1) 湿黏土路基、软土地区路基、红黏土地区路基、膨胀土地区路基、黄土地区路基、盐渍土地区路基、风积沙及沙漠地区路基。

(2) 季节性冰冻地区路基、多年冻土地区路基、涎流冰地段路基、雪害地区路基。

(3) 滑坡地段路基、崩塌与岩堆地段路基、泥石流地区路基。

(4) 岩溶地区路基、采空区路基。

(5) 沿河沿溪路基、水库地区路基、滨海地区路基等。

6. 附属设施

同路基工程有关的附属设施，除排水及防护与支挡工程外，还有错车道、碎落台、护坡道等。

错车道是在单车道的公路可通视的一定距离内，供车辆交错避让用的一段加宽车道。当四级公路采用单车道路基时，应在不大于 300m 的距离内选择有利地点设置错车道，并使驾驶员能看到相邻两条错车道之间的车辆。设错车道路段的公路宽度不应小于双车道的路基宽度，错车道的有效长度不应小于 20m。为了便于错车车辆的驶入，在错车道的两端应设置不小于 10m 的过渡段。

碎落台是在路堑边坡坡脚与边沟外侧边缘之间或边坡上，为防止碎落物落入边沟而设置的一定宽度的纵向平台。其宽度视边坡高度和土质而定，最小不得小于 1m。

护坡道是指当路堤较高时，为保证边坡稳定，在取土坑与坡脚之间，沿原地面纵向保留的有一定宽度的平台。

特殊地区的路基工程，相应还有一些特定的附属设施，例如：多年冻土地区的保温护道和护脚、沙漠地区的阻沙障和聚风板、雪害地区的防雪林和防雪栅、泥石流路段的拦渣坝和停淤场，以及翻浆地区或盐渍土地段等地的保温防水隔离层。

三、路面工程的分类、组成及构造

路面是指使用筑路材料铺筑在路基上，直接承受车辆荷载和自然因素影响的层状构造物。路面应具有足够的强度、稳定性、耐久性，满足坚实、稳定、平整、耐磨、抗滑等性能需求，提供安全、舒适、顺畅的交通条件，同时还应减少对环境的污染。

(一) 路面的分类

路面分类一般是依据面层特性进行力学特性、路面材料及面层结构分类。一般将路面分为铺装路面、简易铺装路面和未铺装路面，沥青混凝土路面和水泥混凝土路面等称为铺装路面，沥青碎石、沥青贯入式、沥青表面处治路面等称为简易铺装路面，碎、砾石路面等称为未铺装路面。路面类型的选用应符合表 1.1.5 规定。

表 1.1.5 路面类型及适用范围

路面类型	适用范围
沥青混凝土路面	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
水泥混凝土路面	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
沥青贯入式、沥青碎石、沥青表面处治路面	三级公路、四级公路
碎、砾石路面	四级公路

1. 按面层结构分类

路面按面层结构分为沥青路面，水泥混凝土路面和碎、砾石路面。

(1) 沥青路面：沥青路面包括沥青混凝土路面、沥青贯入式路面、沥青表面处治路面等。

沥青路面具有行车舒适、噪声小、施工期短、养护维修简便等优点，因此得到了广泛应用。沥青路面按照材料组成及施工工艺可分为：热拌沥青混合料路面、冷拌沥青混合料路面、沥青贯入式路面、沥青表面处治等。沥青路面应具有坚实、平整、抗滑、耐久的品质，同时还应具有高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害以及防止雨水渗入基层的功能。

①沥青混凝土路面：沥青混凝土路面是用沥青混凝土铺筑而成的路面，是一种高级路面，属于柔性路面。沥青混凝土是指经人工选配具有一定级配的矿料（碎石或轧碎砾石、石屑或砂、矿粉等）与一定比例的路用沥青材料，在规定条件下拌制而成的混合料。

②沥青贯入式路面：沥青贯入式路面是在粒径经碾压均匀的主层集料上，逐层撒铺沥青、嵌缝料并碾压修筑而成的路面，具有强度较高、稳定性好、施工简便、不易产生裂缝的优点。其缺点是沥青不易均匀撒布在矿料中，在矿料密实处沥青不易贯入，而在矿料空隙较大处，沥青又容易结成块，因而强度不够均匀。为了防止表面水的透入，面层之下应做下封层。

③沥青表面处治路面：沥青表面处治路面是指在原有的沥青路面或其他中、低级路面上，用沥青和矿料按层铺法或拌和法铺筑的厚度不超过 3cm 的一种薄层路面面层，用以保护路面不受车辆的直接磨损和雨水侵蚀，提高路面平整度，减少灰尘飞扬，延长路面使用寿命并改善行车条件。

沥青表面处治路面可采用拌和法或层铺法施工。比较普遍采用的是层铺法，即将沥青材料与矿质材料分层撒布与铺撒，分层碾压成型。拌和法可热拌热铺或冷拌冷铺，热拌热铺的施工工艺按热拌沥青混合料路面的规定执行，冷拌冷铺的施工工艺按乳化沥青碎石混合料路面的有关规定执行。

(2) 水泥混凝土路面：水泥混凝土路面包括普通混凝土路面、钢筋混凝土路面、连续配筋混凝土路面、钢纤维混凝土路面和碾压混凝土路面等。

水泥混凝土路面是用水泥混凝土为主要材料铺筑而成的路面，俗称白色路面，是一种高级路面，属于刚性路面。水泥混凝土路面强度高、稳定性好、使用寿命长，适用于繁重的交通道路。但其施工中需设置各类接缝，增加了施工的复杂性，影响行车的舒适性。接缝是路面的薄弱点，应合理设计、认真施工，否则容易出现唧泥、错台等病害。

普通混凝土的基本组成材料包括水泥浆（水泥、水）、集料（砂子、石子）和适量的掺合料和外加剂。水泥浆是由水泥和水根据一定的配合比拌和而成。集料包括粗集料和细集料。混凝土掺合料，是为了改善混凝土性能、节约用水，调节混凝土强度等级，在混凝土拌和时掺入的能改善混凝土性能的粉状矿物质。混凝土外加剂是指为改善和调节混凝土性能而掺入的物质。

①普通水泥混凝土路面是指除接缝区和局部范围（边缘及角隅）外，面层内均不配置钢筋的水泥混凝土路面。

②钢筋混凝土路面是指为防止产生裂缝，面层内配置纵、横向钢筋或钢筋网并设接缝的水泥混凝土路面。

③连续配筋混凝土路面是指面层内配置纵向连续钢筋和横向钢筋，横向不设缩缝的水泥混凝土路面。

④钢纤维混凝土路面是指在混凝土中掺入一些低碳钢、不锈钢纤维或其他纤维（如塑料纤维、纤维网等）形成均匀而多向的水泥混凝土路面。

⑤碾压混凝土路面是一种含水率低的路面，通过碾压形成高密度、高强度的水泥混凝土路面。

(3) 碎、砾石路面：碎、砾石路面包括泥（灰）结碎石路面、级配碎石路面、级配砾石路面及天然砂砾路面、粒料改善土路面等。

①泥（灰）结碎石路面是指经碾压后灌入泥浆，依靠碎石的嵌锁和黏土的黏结作用而形成的路面。

②级配碎（砾）石路面是指由各种粒径集料组成的混合料路面。当其级配符合技术规范的规定时，称为级配型集料。级配型集料包括级配碎石、级配碎砾石和级配砾石（或称级配砂砾）。

2. 按路面力学特性分类

(1) 柔性路面：柔性路面的力学特点是：在行车荷载作用下的弯沉变形较大，路面结构本身抗弯拉强度小，在重复荷载作用下产生累积残余变形。路面的破坏取决于荷载作用下所产生的极限垂直变形和弯拉应力。目前我国的公路路面大多数属于柔性路面，如沥青混凝土路面。

(2) 刚性路面：刚性路面的特点是：在行车荷载作用下产生板体作用，其抗弯拉强度和弹性模量较其他各种路面材料要大得多，故呈现出较大的刚性。刚性路面在荷载作用下的弯沉变形极小，路面的破坏取决于荷载作用下所产生的疲劳弯拉应力。刚性路面主要指水泥混凝土路面。

(3) 半刚性路面：半刚性路面是指用水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定类材料（常称半刚性材料）作为基层、底基层的沥青路面。这种半刚性基层材料使用前期的力学特性呈柔性，而后期趋近于刚性，其刚性介于柔性路面和刚性路面之间，如水泥或石灰粉煤灰稳定粒料类基层的沥青路面。

(二) 路面的组成及主要构造

路面由路面结构、中央分隔带、路缘石、路肩、路面排水设施等组成。

1. 路面结构

路面结构由面层、基层、底基层、垫层及必要的功能层（如透层、黏层、封层）组合而成。

(1) 面层：面层是直接承受车轮荷载反复作用和自然因素影响的结构层，应具有较高的结构强度、抗变形能力、较好的水稳定性和高低温稳定性，而且应当耐磨、不透水，其表面层应具有良好的抗滑性能和平整度。

面层所用材料主要有水泥混凝土、沥青混凝土、沥青碎石混合料等。

①水泥混凝土面层：水泥混凝土面层应具有足够的强度、耐久性，表面平整、耐磨、抗滑。普通混凝土面板一般采用矩形，纵向和横向接缝应垂直相交，其纵缝两侧的横缝不得互相错位。纵向缩缝间距（即板宽）宜在 3.0~4.5m 范围内选用。横向缩缝间距（即板长）应根据当地气候条件、板厚和实践经验确定，一般为 4~6m，最大不得超过 6m，且板宽与板长之比不宜超过 1:1.3，平面面积不宜大于 25m²。

混凝土面层的计算厚度可依据交通荷载等级、公路等级和变异水平等级确定，面层最小厚度为 180mm。《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40—2011 推荐混凝土面层厚度值如表 1.1.6 所列。

表 1.1.6 水泥混凝土面层厚度的参考范围

交通荷载等级	极重	特重				重			
公路等级	—	高速	一级		二级	高速	一级		二级
变异水平等级	低	低	中	低	中	低	中	低	中
面层厚度 (mm)	≥ 320	320~280	300~260	280~240		270~230	260~220		
交通荷载等级	中等					轻			
公路等级	二级			三、四级		三、四级			
变异水平等级	高	中		高	中	高	中		
面层厚度 (mm)	250~220	240~210			230~200	220~190	210~180		

水泥混凝土面层由一定厚度的混凝土板构成，具有热胀冷缩的性质，随季节、昼夜温度的变化都会使面板产生变形，不均匀的变形会导致面板产生断裂破碎的现象，为了避免面板断裂破碎，需要在水泥混凝土面层设置不同的接缝。

a. 纵缝：纵向接缝的布设应视路面总宽度、行车道及硬路肩宽度、施工铺筑宽度而定。混凝土面板的纵缝必须与路线中线平行，纵缝一般分为纵向缩缝和纵向施工缝。

一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设置纵向施工缝。纵向施工缝应采用设拉杆平缝形式，上部应锯切槽口，深度宜为 30~40mm，宽度宜为 3~8mm，槽内应灌塞填缝料。其构造如图 1.1.4 所示。

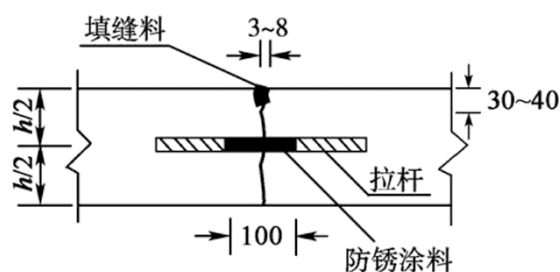


图 1.1.4 纵向施工缝构造 (尺寸单位: mm)

一次铺筑宽度大于 4.5m 时，应设置纵向缩缝。纵向缩缝应采用设拉杆假缝形式，锯切的槽口深度应大于施工缝的槽口深度。采用粒料基层时，槽口深度应为板厚的 1/3；采用半刚性基层时，槽口深度应为板厚的 2/5。其构造如图 1.1.5 所示。

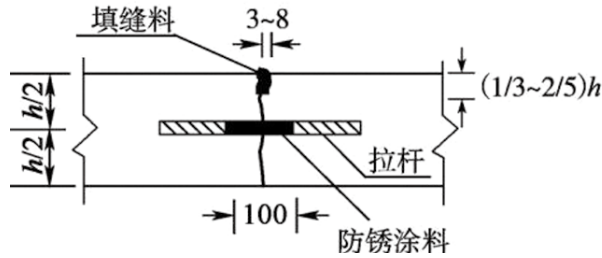


图 1.1.5 纵向缩缝构造 (尺寸单位: mm)

行车道路面与混凝土硬路肩之间的纵向接缝必须设置拉杆。拉杆应采用螺纹钢筋, 设在板厚中央, 并应对拉杆中部 100mm 范围内进行防锈处理。

b. 横缝: 横缝一般分为横向缩缝、胀缝和横向施工缝。每日施工结束或因临时原因中断施工时, 必须设置横向施工缝, 其位置宜选在缩缝或胀缝处。设在缩缝处的施工缝, 应采用加传力杆的平缝形式, 其构造如图 1.1.6 所示; 设在胀缝处的施工缝, 其构造应与胀缝相同。

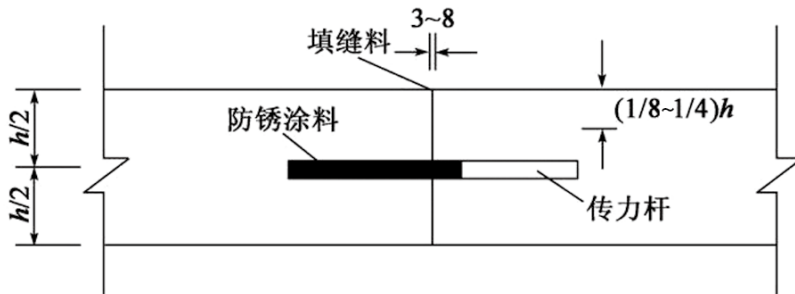
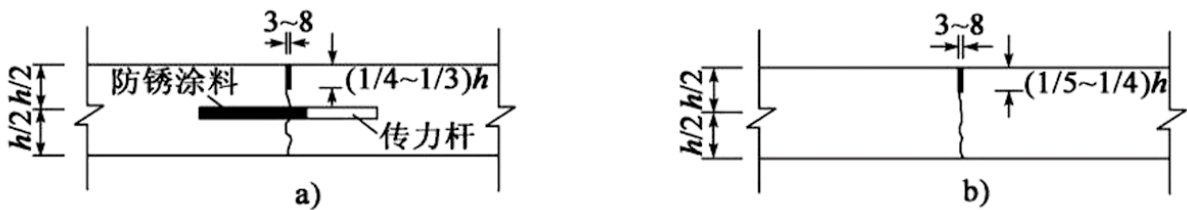


图 1.1.6 横向施工缝构造 (尺寸单位: mm)

横向缩缝可等间距或变间距布置, 应采用假缝形式。极重、特重和重交通荷载公路的横向缩缝, 中等和轻交通荷载公路邻近胀缝或自由端部的 3 条横向缩缝, 收费广场的横向缩缝, 应采用设传力杆假缝形式, 其构造如图 1.1.7 a) 所示。其他情况可采用不设传力杆假缝形式, 其构造如图 1.1.7 b) 所示。传力杆的设置不应妨碍相邻混凝土板的自由伸缩, 钢筋表面应做防锈处理。



a) 设传力杆假缝型;

b) 不设传力杆假缝型

图 1.1.7 横向缩缝构造 (尺寸单位: mm)

在邻近桥梁或其他固定构造物处, 与其他道路相交处、板厚或线形变换处, 应设置胀缝。胀缝条数应根据膨胀量大小设置。胀缝宽宜为 20~25mm, 缝内应设置填缝板和可滑动的传力杆。胀缝的构造如图 1.1.8 所示。

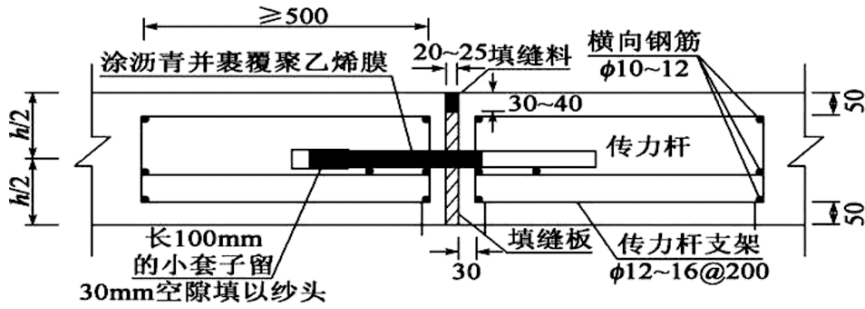


图 1.1.8 胀缝构造 (尺寸单位: mm)

②沥青面层: 沥青面层可分两层、三层或更多层次来铺筑。沥青路面的表面层应根据使用要求设置抗滑耐磨、密实稳定的沥青层; 中面层、下面层应根据公路等级、沥青层厚度、气候条件等选择适当的沥青结构层。

(2) 基层和底基层: 基层和底基层是设置在面层之下, 并与面层一起将车轮荷载的反复作用传到垫层和土基, 是起承重作用的层次。基层和底基层应具有足够的承载能力、抗疲劳开裂性能、足够的耐久性和水稳定性。沥青结合料类基层还应该具有足够的抗永久变形能力。基层厚度超过 20cm 时, 为保证工程质量, 应分为 2 层或 3 层铺筑。当采用不同材料修筑基层时, 基层的最下层成为底基层。常用的基层和底基层材料以及适用情况见表 1.1.7。

表 1.1.7 基层和底基层材料的适用交通荷载等级和层位

类型	材料类型	适用交通荷载等级和层位
无机结合料稳定类	水泥稳定级配碎石或砾石、水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石、石灰粉煤灰稳定级配碎石或砾石	各交通荷载等级的基层和底基层
	水泥稳定未筛分碎石或砾石石灰粉煤灰稳定未筛分碎石或砾石、石灰稳定未筛分碎石或砾石	轻交通荷载等级的基层、各交通荷载等级的底基层
	水泥稳定土、石灰稳定土、石灰粉煤灰稳定土	轻交通荷载等级的基层、各交通荷载等级的底基层
粒料类	级配碎石	重及重以下交通荷载等级的基层、各交通荷载等级的底基层
	级配砾石、未筛分碎石、天然砂砾、填隙碎石	中等和轻交通荷载等级的基层、各交通荷载等级的底基层
沥青结合料类	密级配沥青碎石、半开级配沥青碎石、开级配沥青碎石	极重、特重和重交通荷载等级的基层
	沥青贯入碎石	重及重以下交通荷载等级的基层
水泥混凝土	水泥混凝土或贫混凝土	极重、特重交通荷载等级的基层

(3) 透层、黏层、封层

①透层: 粒料类基层和无机结合料稳定类基层顶面宜设置透层, 其应具有良好的渗透性。一般情况下, 沥青路面的粒料类基层如级配砂砾、级配碎石基层和水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定土或粒料的半刚性基层上必须浇洒透层沥青。

②黏层：为加强路面各结构层之间的黏结，提高路面结构的整体性，避免产生层间滑移，沥青层之间、新旧沥青层之间、沥青层与旧水泥混凝土路面之间等应设置黏层。黏层使上下沥青层或沥青层与构造物完全黏结成一个整体。黏层应在上覆层施工前 1~2d 进行。

③封层：路面结构中用于阻止水下渗的功能层称为封层。无机结合料稳定类或冷再生类材料结构层与沥青结合料类结构层之间宜设置封层，封层可采用单层沥青表面处治或稀浆封层等。当设置改性沥青应力吸收层时，可不再设置封层。

(4) 垫层：垫层是设置在基层和土层之间的结构层，起排水、隔水、防冻、防污等作用，一般采用水稳性好的粗粒料或各种稳定土材料铺筑。

2. 中央分隔带

为保障高速公路、一级公路高速行车安全，在双向车道中间设置中央分隔带。中央分隔带下部需要设置排水设施及通信管道，外部需要绿化和设置防眩、防撞设施。中央分隔带每 2km 左右设置一处开口。

3. 路缘石

路缘石设置在中央分隔带两侧及路侧带两侧，路缘石可以分为立缘石和平缘石。按照材质路缘石分为水泥混凝土路缘石、天然石材路缘石。

4. 路肩

路肩指的是位于车行道外缘至路基边缘，具有一定宽度的带状部分。路肩的主要作用是保护行车道结构的稳定，改善弯道视距，增进交通安全。路肩分为硬路肩和土路肩。

(1) 硬路肩指的是与行车道相连，具有一定路面强度的带状部分。其主要作用是提供侧向余宽，为路面结构提供横向保护以及为故障车辆紧急停车提供全部或部分宽度。

(2) 土路肩是为行车安全而设置的，位于硬路肩边缘至路肩边缘，具有一定宽度的带状结构部分。一般用黏土填筑，土路肩可以为各类护栏、标志牌提供设置空间。

5. 路面排水设施

为使渗入路面的表面水降至最低限度，并且迅速地排除进入路面结构内的水分，应设置路面排水设施，包括路面表面排水、中央分隔带排水、路面结构内部排水、桥面铺装体系排水等。

四、桥涵工程的分类、组成及构造

桥梁与涵洞是公路、城市道路、铁路、渠道、管线等跨越水面、山谷或彼此间互相跨越的工程构筑物，是公路工程的重要组成部分。

桥梁、涵洞工程设计与施工应满足安全可靠、经济适用和美观环保的要求，确保其具有足够的强度、刚度、稳定性和耐久性等性能；所用材料必须符合现行标准和规范要求，设置必要的桥梁变形缝及必要的附属设施，便于养护管理；推广新技术、新设备、新材料、新工艺，保护水源和周边环境等。

(一) 桥梁的分类

桥梁分类的方法很多，主要按照建设规模大小、桥梁结构类型、用途、主要承重结构所用的建筑材料、跨越障碍物的性质、上部结构行车道所处的位置等进行分类。

1. 按建设规模大小分类

主要是以桥涵的长度和跨径的大小作为划分依据，分为特大桥、大桥、中桥、小桥和涵洞五类。《公路工程技术标准》JTG B01—2014 规定的划分标准见表 1.1.8。

表 1.1.8 桥梁涵洞按跨径分类

桥涵分类	特大桥	大桥	中桥	小桥	涵洞
多孔跨径总长 L (m)	$L > 1000$	$100 \leq L \leq 1000$	$30 < L < 100$	$8 \leq L \leq 30$	—
单孔跨径 L_k (m)	$L_k > 150$	$40 \leq L_k \leq 150$	$20 \leq L_k < 40$	$5 \leq L_k < 20$	$L_k < 5$

注：①单孔跨径系指标准跨径。管涵及箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少，均称为涵洞。

②多孔跨径总长：梁式、板式桥为多孔标准跨径的总长；拱式桥为两岸桥台内起拱线之间的水平距离；其他形式桥梁为桥面系的行车道长度。

③标准跨径：梁式、板式桥以两桥墩中线之间的距离或桥墩中线与台背前缘之间的距离为准；拱式桥和涵洞以净跨径为准。

2. 按桥梁的结构受力体系分类

桥梁上部结构形式虽多种多样，但按其受力构件，总离不开弯、压和拉三种基本受力方式。按受力方式，桥梁主要有梁、拱、索三大体系。其中梁式桥以受弯为主、拱式桥以受压为主，悬索桥以受拉为主。另外，由上述三大体系相互组合，派生出组合体系桥梁，如刚构桥、斜拉桥等。

(1) 梁式桥：梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构，梁作为主要承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的。梁分为简支梁、悬臂梁、连续梁等。悬臂梁、连续梁都是利用墩柱或支座位置处的卸载弯矩去减少跨中弯矩，使梁跨的内力分配更合理，以同等抗弯能力的构件断面可建成更大跨径的桥梁。在公路建设中应用较广的是钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁和连续梁。梁的施工有满堂支架现浇、预制吊装等方法。

(2) 拱式桥：拱式桥的主要承重结构是拱圈或拱肋。拱结构在竖向荷载作用下，拱端支撑处（桥墩和桥台）不仅有竖向反力，还有水平推力，这样拱的弯矩比相同跨径的梁的弯矩小得多，而使整个拱主要承受压力。拱分单铰拱、双铰拱、三铰拱和无铰拱。拱是有水平推力的结构，对地基要求较高。拱桥施工方法有支架法、斜拉扣挂法、转体施工法（平转和竖转）等。

(3) 刚架桥：刚架桥的主要承重结构是梁或板和立柱或竖墙整体连在一起的刚架结构，可以承担负弯矩的作用。梁因柱的抗弯刚度得到卸载作用，跨中正弯矩比一般的梁桥小。在竖向荷载作用下，梁部主要受弯，柱脚具有水平反力，其受力状态介于梁桥与拱桥之间。刚架分直腿刚架与斜腿刚架。

(4) 斜拉桥：斜拉桥是将主梁用许多拉索直接拉在桥塔上的一种桥梁，是由承压的塔、受拉的索和承弯的梁体组合起来的一种结构体系。斜拉桥主要由索塔、主梁、斜拉索组成。斜拉桥可使梁体内弯矩减小，降低建筑高度，从而减轻了结构重力，节省了材料。

(5) 悬索桥：悬索桥是用悬挂在塔架上的强大缆索作为主要承重结构。在竖向荷载作用下，通过吊杆使缆索承受很大的拉力，缆索锚于悬索桥两端的锚碇结构中。为了承担巨大的缆索拉力，需要很大的锚碇结构（重力式锚碇），或者将缆索锚固于天然完整的岩体或其他合理的结构中。缆索传至锚碇的拉力可分解为垂直和水平两个分力，悬索桥是具有水平反力（拉力）的结构。悬索桥的承载系统包括缆索、塔柱和锚碇三部分，上部结构自重较轻，能够达到其他任何桥型无法达到的特大跨度，是大跨径桥梁的主要形式。悬索桥构造简单，受力明确；在同等条件下，跨径越大，单位跨度的材料耗费越少、造价越低。

3. 按用途分类

按用途分类，有公路桥、铁路桥、城市轨道桥、公路铁路两用桥、公轨两用桥、渡水桥（渡槽）、人行天桥及其他专用桥梁（如通过管道、电缆）等。

4. 按主要承重结构所用的建筑材料分类

有圬工桥（包括砖、石、混凝土桥）、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥、钢-混凝土组合桥等。

5. 按跨越障碍物的性质分类

有跨河（海）桥、跨线桥（立体交叉）、栈桥和高架桥等。

6. 按上部结构行车道所处的位置分类

有上承式、下承式和中承式 3 种。

桥面布置在主要承重结构之上的称为上承式桥；桥面布置在承重结构之下的称为下承式桥；桥面布置在桥跨结构高度中间的称为中承式桥。

除以上固定式桥梁外，有时根据建设环境和使用要求，还有开合桥、浮桥和漫水桥等形式的桥梁。

（二）桥梁的组成

桥梁主要由上部构造、基础及下部构造、支座系统、附属工程等部分组成，如图 1.1.9 所示。

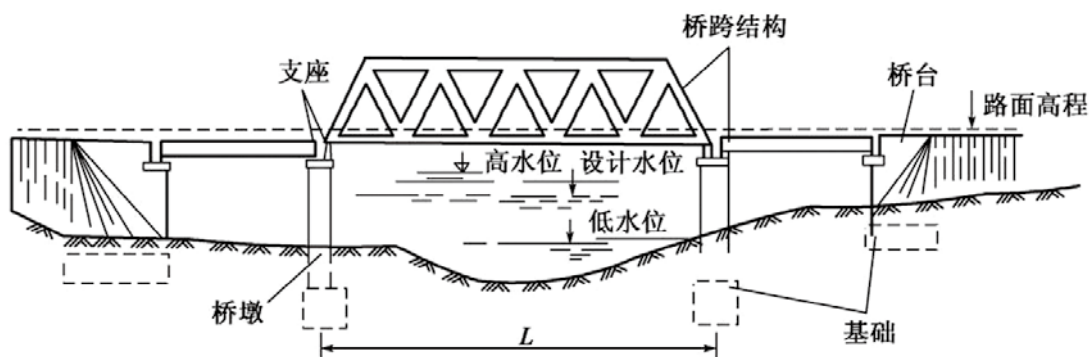


图 1.1.9 桥梁的基本组成

1. 上部构造

桥梁的上部构造包括桥跨结构和桥面系。桥跨结构是桥梁跨越障碍的主要承重结构。由于桥梁有梁式、拱式、斜拉、悬吊等不同的结构体系，故其承重结构的组成各不相同。它的作用是承受车辆荷载，并通过支座传递给下部结构与基础。桥跨承重结构主要指主梁、拱圈、斜拉桥的主梁及拉索、悬索桥的主梁、主缆及吊索等。桥面系包括桥面铺装、人行道（检修道）等。

2. 基础及下部构造

桥梁基础是将桥梁墩、台所承受的各种荷载传递到地基上的结构物，是确保桥梁安全使用的关键部位，有扩大基础、桩基础、沉井基础等不同的结构形式。

桥梁的下部构造包括桥台和桥墩或索塔，它是支撑桥跨结构并将恒载和车辆等活载传至基础的建筑物。

3. 支座系统

支座是承重结构与墩、台的支撑处所设置的传力装置。支座支承上部结构并传递荷载给桥梁墩台，它能保证上部结构在荷载、温度变化或其他因素作用下的位移功能。支座虽然体形小、耗费少，但作用十分重要。支座不仅要传递上部结构的支承反力，而且要保证结构在活载、温度变化、混凝土收缩和徐变等因素作用下的自由变形和桥梁的正常运营。

常用的支座形式包括切线式（又称为弧形）、辊轴钢支座、板式（或四氟板式）橡胶支座、钢盆式橡胶支座、球形支座等。从功能上分，还有抗压支座、减隔震支座等。公路桥梁较常采用板式橡胶支座、盆式橡胶支座和球形支座。

4. 附属工程

附属工程主要包括伸缩缝、防撞护栏及栏杆、排水设施、桥头搭板、锥坡、保持桥位处河道稳定的护岸、导流堤等调治水流的构造物等。

(三) 桥梁的主要构造

1. 桥梁基础

公路桥梁常用的基础类型，有扩大基础、桩基础、沉井、地下连续墙基础等。其中扩大基础属于浅基础；桩基础、沉井、地下连续墙基础属于深基础。

(1) 扩大基础：这种基础将荷载通过逐步扩大的基础直接传到土质较好的天然地基或经人工处理的地基上。它的尺寸按地基承载力和所承受荷载决定，基础埋置深度与基础宽度相比很小，施工常采用明挖方法。

(2) 桩基础：一个桩基础可有若干根桩，桩在平面排列上可以为一排或几排。为加强稳定性，可在桩顶设置承台或横系梁，所有桩由承台或横系梁联成一体共同受力传递荷载至持力层，如图 1.1.10 所示。

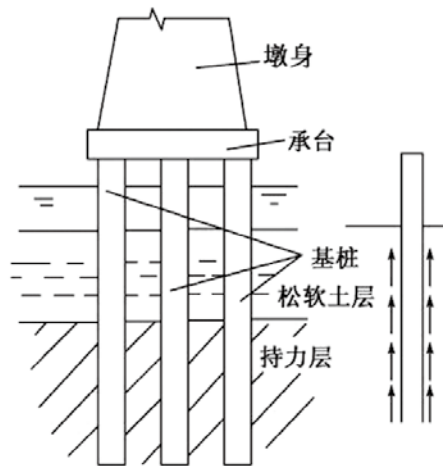


图 1.1.10 桩基础

桩基础按受力条件，可分为端承桩和摩擦桩。桩穿过较松软土层，桩底支承在微风化岩层上，桩顶荷载由桩端阻力承受，并考虑桩侧阻力，这种桩称为端承型桩。桩穿过并支承在各种压缩性土层或极软岩中，桩顶荷载主要由桩侧的摩阻力承受，并考虑桩端阻力，这种桩称为摩擦型桩。

桩基础具有承载力高、稳定性好、沉降量小而均匀、耗材少、施工简便等特点。桩基础适宜在以下几种情况中采用：

- ①荷载较大，地基上部土层软弱，适宜的地基持力层位置较深，采用浅基础或人工地基在技术、经济上不合理。
- ②河床冲刷较大，河道不稳定或冲刷深度不易计算正确，采用浅基础施工困难或不能保证基础安全。
- ③地基计算沉降过大或结构物对不均匀沉降敏感，采用桩基础穿过松软土层，将荷载传到较坚实土层，减少结构沉降并使沉降较均匀。
- ④施工水位或地下水位较高，采用桩基础可减少施工困难和避免水下施工。
- ⑤采用桩基础可增加结构物的抗震能力，消除或减轻地震对结构物的危害。

(3) 沉井基础：沉井基础是一种断面和刚度均比桩基础要大得多的井筒状结构，是依靠在井内挖土，借助井体自重及其他辅助措施逐步下沉至预定设计标高，最终形成的一种深基础结构形式。沉井基础埋置深度大、整体性强、稳定性好，占地面积小，坑壁不需设临时支撑和防水围堰或板桩围护，能承受较大的垂直荷载和水平荷载，施工设备简单，工艺不复杂。其缺点是工期长，易发生流沙现象，

造成沉井倾斜，沉井下沉过程中遇到大孤石、树干或岩石表面倾斜较大等，均会给施工带来一定的困难。

当桥梁结构上部荷载较大，表层地基土的容许承载力不足，但在一定深度下有好的持力层，扩大基础开挖工作量大，施工围堰支撑有困难，或采用桩基础受水文地质条件限制时，可以采用沉井基础。

(4) 地下连续墙基础：地下连续墙是在泥浆护壁条件下，采用专用的挖槽（孔）机械，沿着基础结构物的周边，在地基中开挖出一个具有一定宽度和深度的槽孔，然后在槽内安放钢筋笼、浇注水下混凝土，逐步形成的一道连续的地下钢筋混凝土墙。

地下连续墙具有多功能性，可适用于各种用途，通常可作为基坑开挖时防渗、挡土或挡水围堰，或邻近建筑物基础的支护，或直接作为承受上部荷载的基础结构。地下连续墙可用于除岩溶和地下承压水很高处以外的其他各类土层施工。

2. 桥梁下部结构

桥梁下部结构包括桥墩和桥台，具体包括墩台身和墩台帽或盖梁等工程内容。常用的墩台结构形式有实体式墩、台，柱式墩、台，埋置式桥台，空心墩，“Y”形墩和薄壁墩，以及索塔等。

(1) 实体式墩、台：实体式墩、台有重力式墩、台和轻型墩、台两种，通常用天然石料、片石混凝土、混凝土和钢筋混凝土等建筑材料修建，各有其不同的适用范围。因为适宜于就地取材，施工方便，需要的施工机械设备又不多，施工工艺也不太复杂，是公路桥梁建设中较为广泛使用的一种结构形式。重力式墩、台如图 1.1.11 所示。

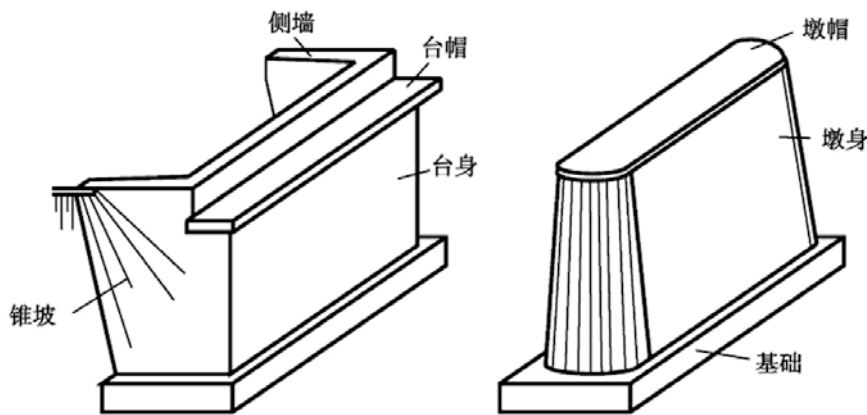


图 1.1.11 重力式墩、台

(2) 柱式墩、台：公路桥梁中的柱式墩、台结构，有圆柱式和方柱式两种，都是采用钢筋混凝土就地浇筑而成，具有外形美观、圬工体积小、质量较轻的特点，是公路桥梁建设中采用较多的一种墩、台结构形式。

(3) 埋置式桥台：埋置式桥台是将台身完全埋置在路堤填土中，只露出台帽部分在外，以安置支座和上部构造，在台身上设置背墙和短小的耳墙与路堤衔接，耳墙伸入路堤的长度应不小于 50cm。在台前铺砌护坡，台的两侧设置锥坡。这种桥台受到的土压力大为减少，因此，可以减薄台身，缩短翼墙，所以埋置式桥台也是一种轻型桥台。埋置式桥台有助板式、框架式、后倾式和柱式等多种形式。埋置式桥台一般适用于桥头为浅滩或边坡冲刷较小的河道修建桥梁的桥台或岸墩，但在施工时要注意前后均匀填土。

(4) 空心墩：空心桥墩的结构形式，在外形上与实体重力式桥墩相似。在一些高大的桥墩中，为了减少圬工体积、节约用料、降低工程造价，或者为了减轻质量、降低地基的承受力，采用混凝土或钢筋混凝土将墩身内部做成空腔结构，故称为空心墩，其自重较实体式桥墩要轻，介于实体重力式和轻型桥墩之间。由于空心墩的施工工艺要求高，目前多用于 50~150m 高墩。由于空心墩工艺要求高，

低于 40m 的桥墩一般仍用实心。

(5) “Y”形墩和薄壁墩：“Y”形墩和薄壁墩，都是一种轻型桥墩，其结构形式经济合理，外形轻盈美观，在高等级公路桥梁建设中，常使用这种桥墩结构。

3. 桥梁上部结构

公路桥梁上部结构是跨越山谷、河流，连接路基的主要承重部分，常用的有梁板式和拱式两种结构形式。梁板式桥上部结构由主梁（称为承重结构）、桥面铺装、人行道或安全带等组成。拱式桥上部结构则有实腹式和空腹式之分，实腹式由主拱圈、护拱、侧墙、拱上填料等所组成，空腹式则包括主拱圈、腹拱、侧墙及拱上填料等工程内容。拱式桥上部结构也包括人行道或安全带及桥面铺装等工程。

梁板式桥的截面形式有矩形板、空心板、肋形梁（包括“T”形梁、“工”形梁）、箱形梁、组合箱梁和桁架梁等。拱式桥的截面形式有板拱、薄壳拱、肋拱、双曲拱、箱形拱、桁架桥和刚架拱等。

(1) 板式桥的上部结构

①矩形板是公路小跨径钢筋混凝土桥中最常用的桥型之一，有整体式和装配式两种结构。整体式矩形板，就地浇筑而成，整体性能好，横向刚度较大。板的横截面，无论是宽板或是窄板，一般都设计成等厚的矩形截面。

装配式矩形板用混凝土制作，板与板之间接缝（企口缝）用混凝土连接。矩形板一般设置简易垫层支座，铺垫油毛毡后，就直接安置在墩、台帽上，并用锚栓与墩、台帽锚固；对高等级公路应采用橡胶支座。

②空心板是将板的横截面中间部分挖成空洞，以达到减轻自重、节约材料的目的。通常用钢筋混凝土和预应力混凝土做成。

预应力混凝土空心板，对构件施加预应力有先张法和后张法两种不同的方法，需对孔道压入水泥浆和浇筑梁端封锚混凝土。后张法适宜于配置曲线型预应力筋的大型预制构件。空心板桥梁的墩、台帽要设置支座，一般采用板式橡胶支座，每块板要设置 4 块。

(2) 梁式桥的上部结构

①“T”形梁和“工”形梁统称为肋形梁，每孔上部构造一般由多片梁组成，梁间由隔板连接。主梁间距通常在 2m 左右，主梁由梁肋、横隔梁（横隔板）、行车道板（“T”形梁为翼板）组成。

a. “T”形梁：跨径在 20m 及以下的，一般采用钢筋混凝土结构，跨径在 20~50m 的则用预应力混凝土结构。

b. “工”形梁：既是一种肋形梁又是一种组合式梁，适用于跨径 30m 以内的钢筋混凝土和预应力混凝土的简支梁桥。其技术要求和施工方法基本上与“T”形梁相似，只是梁间的横隔梁要现浇连接。由于是组合结构受力，受力状况不如“T”形梁，目前很少使用。

②箱梁由底板、腹板（梁肋）和顶板（包括翼板）组成，其横截面是一个封闭箱。箱梁的另一个特点，是它的横向刚度和抗扭刚度特别大，在偏心的活载作用下各梁肋的受力比较均匀。所以箱梁适用于较大跨径的悬臂梁桥（“T”形刚构）和连续梁桥，还易于做成与曲线、斜交等复杂线形相适应的桥型结构，斜拉桥、悬索桥也常采用这种截面。简支箱梁的墩、台帽上，一般设置盆式橡胶支座，除大跨径单箱独柱墩帽上设置一个支座外，其他情况设置两个支座。

③预应力连续梁可以做成等跨和不等跨、等高和不等高的结构形式。其截面形式，除了中等跨径的梁桥采用“T”形或“工”形截面外，对大跨径的连续梁桥和采用顶推法或悬臂法施工连续梁桥，都采用箱形截面，因为它能满足顶推法和悬臂法施工工艺的要求，又便于设置预应力筋。连续梁桥一般采用预应力混凝土，很少用钢筋混凝土。

(3) 拱式桥的上部结构：拱桥按主拱圈的截面形式分为板拱（包括石拱、钢筋混凝土薄壳拱）、肋拱、双曲拱、箱形拱、桁架拱和刚架拱等；若按照拱上结构形式，则可分为实腹式和空腹式两类拱桥；按结构受力可分无铰拱、两铰拱及三铰拱桥。

主拱圈以上的建筑部分常称为拱上建筑。它将作用在桥面上的荷载较均匀地传给主拱圈，当考虑联合作用时，才与主拱圈共同受力。为了避免拱上建筑不规则地开裂，以保证桥梁的安全运营，通常在变形较大的位置设置伸缩缝，而在变形较小处设置变形缝。

(4) 刚构桥的上部结构：刚构桥又称刚架桥，是由梁式桥跨结构与墩、台（支柱或板墙）刚性连接而形成整体的结构体系。按其静力结构体系可分为单跨和多跨，支柱做成斜柱式时称为斜腿刚构。多跨刚构桥可将主梁做成连续式或非连续式。非连续式刚构桥在主梁跨中设铰或悬挂简支梁，通常称为“T”形刚构桥，或简称为“T构”。它的显著特点是全桥所有的墩上都不设置任何形式的支座。带挂梁的刚构桥在挂梁端相应设置支座，属于静定结构。

(5) 斜拉桥的上部结构：斜拉桥是一种造型美观的组合体系结构，由索塔、斜索和主梁三部分组成。锚固在索塔上而悬挂起主梁的斜钢索实际上是起着混凝土主梁弹性支承的作用。这样，主梁就像小跨度的多孔弹性支承的连续梁一样承受着全部荷载。因此，不仅可以增大跨越的能力，而且梁的高度也可以大大减小，一般只有跨径的 $1/100 \sim 1/40$ ，自重较轻，节省了钢材和混凝土的用量。但由于钢索和锚具的费用都比较昂贵，这种桥型的造价仍然是比较高的。

预应力斜拉桥，按其索塔、斜拉索和主梁三者的不同结合方法，可以分为悬浮、支承、塔梁固结和刚构四种体系。

(6) 悬索桥的上部结构：悬索桥又称吊桥，由承受拉力的悬索作为主要承重结构。现代悬索桥一般由索塔、主缆索、锚碇、吊索、加劲梁及索鞍等主要部分组成。

悬索桥采用高强度钢材作为主要承重结构，所以与其他桥型相比，其恒载与活载之比最小，因此在一般情况下，悬索桥是一种用料最省的桥型。

(四) 涵洞的分类及组成

涵洞是设置在路基中的排水、过人孔道，其作用是为了跨越天然沟谷洼地、排洪泄水，灌溉农田，或横跨大小道路作为人、畜和车辆的立交通道，保护路基的稳固，避免因修建公路而影响发展农业生产用水。

1. 涵洞的分类

(1) 按建筑材料的不同，涵洞可分为圬工涵、钢筋混凝土涵、波纹钢管（板）涵等。

(2) 按涵洞洞身截面形状的不同，涵洞可分为圆管涵、盖板涵、拱涵、箱涵等。

(3) 按涵洞洞顶填土高度的不同，涵洞可分为明涵、暗涵。

(4) 按水力性质的不同，涵洞可分为无压力式、半压力式、压力式 3 种。

(5) 按施工方法的不同，涵洞可分为装配式涵、现浇涵和顶进涵 3 种。

(6) 按涵洞中线与路线中线的关系，涵洞可分为正交涵洞和斜交涵洞。正交涵洞中线与路线中线垂直，斜交涵洞中线与路线中线有一定的交角。

2. 涵洞的组成

涵洞由洞身、洞口建筑、基础和附属工程组成，如图 1.1.12。

洞身是涵洞的主要部分，其截面形式有圆形、拱形、箱形等。

洞口建筑设置在涵洞的两端，有“一”字式和“八”字式两种结构形式。涵洞的进出口应与路基衔接平顺且保证水流顺畅，使上下游河床洞口基础和洞侧路基免受冲刷，以确保洞身安全，并形成良好的泄水条件。

涵洞基础的形式分为整体式和非整体式两种。

涵洞的附属工程包括：锥形护坡、河床铺砌、路基边坡铺砌及人工水道等。

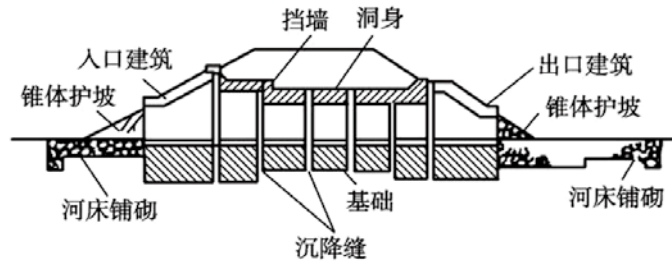


图 1.1.12 涵洞构成

涵洞的建设规模以孔数、跨径、台高的形式来表示，其长度则以路基横断面方向的水平距离作为计算依据。如 2-1.0×1.2 则表示为双孔、跨径 1.0m、台高 1.2m 的盖板涵，又如 1-φ1.5 则表示为单孔、直径 1.5m 的圆管涵。

五、隧道工程的分类、组成及构造

隧道是地下人工构造物，在山岭地区或河流水域修建公路隧道，能起到改善路线线形、缩短路线里程、节约运输成本、改善行车条件和保护生态环境等作用。

(一) 隧道的分类

公路隧道可按多种形式分类。

1. 按长度分类

公路隧道按其长度分为四类，如表 1.1.9。

表 1.1.9 公路隧道分类

隧道分类	特长隧道	长隧道	中隧道	短隧道
隧道长度 (m)	$L > 3000$	$3000 \geq L > 1000$	$1000 \geq L > 500$	$L \leq 500$

备注：隧道长度是指进出口洞门端墙之间的水平距离，即两端端墙面与路面的交线同路线中线交点间的距离。

2. 按隧道洞数分类

按隧道洞数，分为双洞隧道、单洞隧道。双洞隧道为上下行交通分洞行驶，单洞隧道中交通既可是单向交通，也可是双向交通。

3. 双洞隧道按洞间距分类

双洞隧道按洞间距分为分离式隧道、小净距隧道、连拱隧道。分离式隧道为二洞间距较大，互不产生影响的隧道。小净距隧道为二洞间距较小，结构彼此产生有害影响的隧道。连拱隧道为双洞间无夹岩柱、以人工结构连接在一起的隧道。

4. 按所处位置分类

隧道按其所处的位置不同可分为山岭隧道、水下隧道（河底和海底）以及城市隧道等。

5. 按隧道施工方式分类

隧道按施工方式分类如盾构隧道、沉管隧道。

(二) 隧道的组成及主要构造

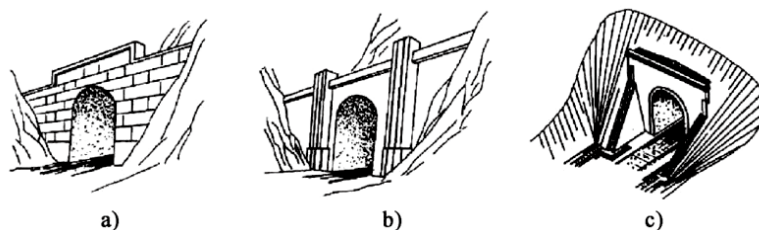
尽管隧道有各种用途、不同长度及横断面形状，但其构造组成大体相同，均由主体建筑物、辅助通道及附属建筑、防水与排水、洞内路面、交通工程与附属设施等组成。

1. 隧道主体建筑物

(1) 洞口：洞口是为支挡和防护隧道洞口仰坡岩土而设置的结构物，包括隧道洞门、边仰坡支挡、洞口排水设施和洞口管沟等。

洞口应修建洞门，洞门是为了保证边坡和仰坡稳定，并将仰坡流下的水引离隧道而在洞口修建的建筑物。洞门是隧道唯一的外露部分，是联系洞内衬砌与洞外路基的结构，是隧道结构的重要组成部分，也是标志隧道的建筑物。隧道洞门起着保护洞口，保证边坡和仰坡稳定，美化和诱导作用。洞门可拦截、汇集地下水，沿排水渠道排离洞门进入道路两侧的排水沟，防止地表水沿洞门漫流。

隧道洞门有端墙式、柱式、翼墙式、削竹式等不同形式，如图 1.1.13 所示。公路隧道一般采用翼墙式洞门。



a) 端墙式；b) 柱式；c) 翼墙式

图 1.1.13 隧道洞门部分形式

洞门正面端墙是洞门的主要组成部分，其作用是承受山体的纵向推力、支撑仰坡。洞门端墙和翼墙应具有抵抗来自仰坡、边坡土压力的能力。洞门墙身最小厚度不应小于 0.5m，翼墙墙身厚度不应小于 0.3m。

洞顶仰坡与回填顶面的交线至洞门端墙墙背的水平距离不宜小于 1.5m；洞顶排水沟沟底至拱顶衬砌外缘的最小厚度不应小于 1.0m；洞门端墙墙顶应高出墙背回填面 0.5m。

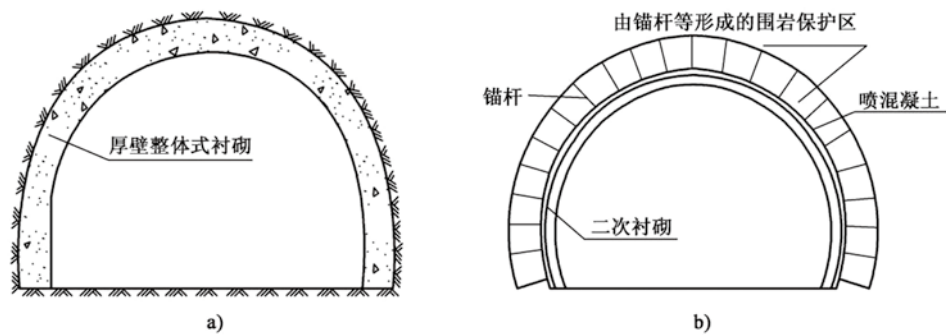
洞门端墙应根据需要设置伸缩缝、沉降缝和泄水孔。

洞门端墙基础应置于稳固地基上，并埋入地面下一定深度，保证洞门的稳定性，应满足抗震要求。嵌入岩石地基的深度不应小于 0.2m；埋入土质地基的深度不应小于 1.0m。基底埋置深度应大于靠墙设置的各种沟、槽底的埋置深度。地基为冻胀土层时，基底高程应在最大冻结深度以下不小于 0.25m。地基承载能力不足时，应进行加固处理。

(2) 洞身：洞身是隧道工程的主要组成部分，按其所处地形、地质条件及施工方法的不同，分为暗洞洞身、明洞洞身和棚洞洞身。

①暗洞洞身：根据路线设计高程与地形地质情况，当有足够厚的覆盖层时，采取暗挖施工，暗洞洞身由暗挖形成的岩土空间经衬砌而成。

衬砌是隧道内壁承受围岩压力的镶护结构，其作用是支护隧道，防止岩石碎落、风化，保证净空，防水排水。根据地质条件的不同，隧道衬砌按功能分为承载衬砌、构造衬砌和装饰衬砌，按组成可分为整体式衬砌和复合式衬砌（图 1.1.14），就使用材料而言，有喷射混凝土、锚杆、型钢拱形支撑、钢筋格栅支撑、钢筋网或铁丝网、模筑混凝土等。



a) 整体式衬砌; b) 复合式衬砌

图 1.1.14 隧道衬砌

a. 承载衬砌的作用是承受围岩垂直与水平方向的压力，一般由拱顶、边墙和仰拱（无仰拱时做铺底）组成。边墙根据水平压力的大小可做成直墙式或曲墙式。承载衬砌需进行荷载计算和衬砌设计，一般都做成整体式，常用的材料有混凝土、钢筋混凝土或浆砌片石。

b. 构造衬砌是在围岩压力很小，但为了防止岩石局部松动塌落和防止岩石风化而建造的衬砌，其不需要进行受力计算。

c. 装饰衬砌系在山体岩石整体性很好，且在Ⅳ级围岩（Ⅰ～Ⅲ级围岩）以上时，为防止表面岩石风化而做的衬砌。

d. 整体式衬砌是隧道开挖后用模注混凝土或砌体修建的隧道衬砌结构，其具有较强的支护能力、防水能力和耐久性，具有长期可靠的支护作用，工程实践应用多，技术成熟，适应多种围岩条件。山岭隧道中整体式衬砌采用现浇混凝土，又称模筑混凝土衬砌或模筑钢筋混凝土衬砌。

e. 复合式衬砌也称二次衬砌，由内外两层复合而成。其外层（即与围岩面接触的部分）常称为初期支护，有喷射混凝土、锚杆、钢筋网或铁丝网、临时或永久性钢拱支撑等支护形式，可以设置为单一或多项的合理组合；内层常称为二次衬砌，一般采用现浇混凝土，又称为模筑混凝土。初期支护与二次衬砌之间应设置防水层。

衬砌结构类型、支护参数，应根据使用要求、围岩级别、工程地质和水文地质条件、隧道埋置深度、结构受力特点，并结合周边工程环境、支护手段、施工方法通过工程类比和结构计算综合分析确定。在施工阶段，尚应根据现场监控量测结果调整支护参数，实行动态设计，必要时可通过试验分析确定。高速公路、一级公路、二级公路的隧道应采用复合式衬砌；三级及三级以下公路的隧道洞口段、Ⅳ～Ⅵ级围岩洞身段应采用复合式衬砌或整体式衬砌，Ⅰ～Ⅲ级围岩洞身段可采用喷锚衬砌。

②明洞洞身：明洞是指采用明挖方法施工的隧道。在修建洞口工程时，往往需要修筑一定长度的明洞，即路基或隧道洞口受不良地质、边坡塌方、岩堆、落石、泥石流等危害又不宜避开清理的地段，以及为了保证洞口的自然环境而延伸隧道洞口时，需设置明洞。当隧道位置处于下列情况时，一般都设置明洞。

- 洞顶覆盖层薄，不宜大开挖修建路堑而又难于采用暗挖法修建隧道的地段。
- 路基或隧道洞口受塌方、岩堆、落石、泥石流等不良地质危害。
- 公路、铁路、沟渠和其他人工构造物在隧道上方通过，不宜采用暗挖施工或立交桥跨越的地段。
- 修建路堑会危及附近重要建（构）筑物安全的地段。
- 为减少洞口开挖、保护洞口自然景观，需延伸隧道长度的地段。

明洞的结构形式有拱形明洞和箱形明洞两种。拱形明洞整体性好，可承受较大的垂直与水平压力。当边坡塌方量较大、落石较多或基础设置条件较好时，一般都宜采用拱形明洞。当净高、建筑高度受

到限制或地基软弱的地段，则宜采用箱形明洞。

明洞衬砌一般采用对称变截面拱圈、直线或曲线墙，内形与洞身一般一致。明洞为防渗水、积水及冰冻危害，一般做外贴式防水层和隔水层。

③棚洞洞身：棚洞是指明挖路堑后，构筑简支的或拱形顶棚架并回填而成的洞身，属于明洞范畴的隧道。在沿河傍山、陡峻路段及边仰坡较高的隧道斜交洞口段，可设置棚洞。采用棚洞的条件与明洞大致相似，其结构整体性比明洞差，但由于顶棚与内外墙简支，故对地基的要求相对较低。其适用条件为：

- a. 有少量坍方和落石的地段。
- b. 内外墙底基础软硬差别较大，不适宜修建拱形明洞的地段。
- c. 半路堑外侧地形狭窄或基岩埋深大并有条件设计为桩基的地段。

棚洞结构根据地形条件、地质条件、气候条件、防护和环境要求，棚洞结构可分别采用拱形棚洞、半拱形棚洞、矩形棚洞等类型。棚洞结构应采用钢筋混凝土结构，应根据地质情况和结构形式设沉降缝，棚洞长度大于 40m 时应设伸缩缝，拱形及半拱形棚洞主体结构应采用整体式结构，矩形棚洞应采用整体框架结构或简支结构。

2. 辅助通道及附属建筑

在隧道建设中，为满足运营通风、防灾救援或增开工作面、改善施工通风与排水条件等需要，可设置辅助通道。辅助通道有竖井、斜井、平行导坑、横导坑、风道及泄水洞等。

辅助通道选址应综合考虑地形、地质条件及施工和运营的需要，宜避免在岩溶发育和地下水丰富地段设置；应根据隧道长度、地形、地质、水文等条件，结合通风、防灾救援、排水弃渣、工期和环境保护等要求，通过技术经济比较确定辅助通道形式、长度和数量。

运营辅助通道净空断面应根据地质条件、使用功能和施工条件确定。当运营辅助通道兼作施工辅助通道时，应满足施工辅助通道对净空断面的最低要求。运营辅助通道应按永久建筑物设计，宜采用复合式衬砌，也可采用喷锚衬砌，且应有完善的防排水设施。

施工辅助通道净空断面应根据地质条件、施工机械设备、服务主隧道的施工长度、施工通风及工作环境等要求确定。施工辅助通道应根据围岩地质条件，采用合适的衬砌结构，应满足施工期间围岩稳定和衬砌结构安全的要求。

连接洞外的辅助通道洞（井）口位置选择、场地布置及弃渣处理应符合环境保护要求，少占耕地，防止弃渣堵塞河道、沟渠、道路，并应减少对农田、水利设施和生活用水影响。洞（井）口应有防止地表水流入洞内和防止洪水危害的措施。

根据隧道交通工程与附属设施管理要求，必要时应设置变电所、水泵房和隧道管理用房等附属建筑。

3. 隧道防水与排水

防水与排水设施，是隧道工程的重要组成部分。隧道防排水应遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，妥善处理地表水、地下水，结合隧道衬砌，采用可靠的防水和排水措施，洞内外防排水系统应完整通畅。采取隧道防排水措施，应注意保护自然环境。当隧道内渗漏水可能引起地表水减少，影响居民生产、生活用水时，应对围岩采取堵水措施。

高速公路、一级公路、二级公路隧道防排水应满足的要求有：拱部、边墙、设备箱洞不渗水，路面无湿渍；有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结；车行横通道、人行横通道等服务通道拱部不滴水，边墙不滴水。三级公路、四级公路隧道防排水应满足的要求有：拱部不滴水，边墙不滴水，设备箱洞不渗水，路面不积水、不滴水；有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结。

4. 隧道洞内路面

隧道洞内路面应具有足够的强度、平整、耐久、抗滑、耐磨等性能，应根据隧道结构和地质条件

确定隧道路面结构。高速公路、一级公路隧道宜采用沥青混合料上面层与混凝土下面层组成的复合式路面，其他等级公路隧道可采用复合式路面或水泥混凝土路面。

(1) 隧道采用水泥混凝土路面面层时，其面层厚度、接缝构造与布设间距、钢纤维混凝土钢纤维掺量、面层特殊部位的配筋应符合现行《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定；洞口段应设胀缝；衬砌结构变化处应结合衬砌变形缝统一设置横向接缝。

高速公路、一级公路隧道路面应采用连续配筋混凝土面层或钢纤维混凝土面层，水泥混凝土面层厚度宜为 240~260mm，混凝土强度等级宜为 C40~C50，抗折强度不宜小于 5.0MPa。高速公路、一级公路隧道水泥混凝土路面粗、细集料的级别均宜采用 I 级。

其他等级公路隧道路面宜采用设接缝的水泥混凝土面层，其水泥混凝土面层宜为 220~240mm（二级公路）或 200~220mm（三、四级公路）；混凝土强度等级不宜小于 C40（二级公路）或宜为 C35~C40（三、四级公路）；抗折强度宜为 4.5~5.0MPa（二级公路）或 4.0~4.5MPa（三、四级公路）。

(2) 隧道采用复合式路面沥青混凝土面层时，其沥青混凝土面层应具有与水泥混凝土面板黏结牢固、防水渗入、抗滑耐磨以及抗开裂、抗车辙、抗剥离的良好性能，相关性能要求应符合现行《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的有关规定；沥青混凝土面层宜采用双层式，厚度宜为 80~100mm；沥青面层的混合料类型宜与洞外路段相同，特长隧道可采用温拌沥青混合料，各种外加剂的掺入应不影响混合料的路用性能；沥青面层与混凝土面板间应设置黏结层，黏结层宜采用改性乳化沥青或热喷 SBS 改性沥青 + 预拌沥青碎石；隧道结构变形缝、非连续配筋且无拉杆的水泥混凝土面层接缝和胀缝处，以及存在后期不均匀沉降的软弱地层的隧道段，应在水泥混凝土面板相应位置采取设置加筋土工材料或应力吸收层等减缓反射裂缝的措施。

(3) 沥青上面层在调平层上铺装时，混凝土调平层厚度不宜小于 80mm，并应设钢筋网；纤维混凝土调平层厚度不宜小于 60mm；调平层混凝土强度应与下层钢筋混凝土结构路面一致，并结合紧密。

(4) 当洞内采用水泥混凝土路面而洞外采用沥青路面时，应设置与洞外路段保持一致的洞内过渡段，并做好不同路面结构间的衔接处理。

5. 隧道交通工程与附属设施

(1) 隧道照明：隧道照明是比较特殊的道路照明区段，驾驶员在白天进入隧道，由于从洞外亮环境进入隧道暗环境，产生“黑洞效应”，以致无法辨认洞口附近的状况；驾驶员从隧道内较暗的环境过渡到隧道外部较亮的环境，感受到强烈的眩光，产生“白洞效应”，以致无法立即看清楚隧道外的状况。为了保证车辆的正常行驶和交通安全，解决“黑洞效应”和“白洞效应”，隧道应设电光照明，且隧道照明要考虑洞内有合理的光过渡。

公路隧道照明包含入口段照明、过渡段照明、中间段照明、出口段照明、紧急停车带和横通道照明、应急照明和洞外引道照明、照明控制的设计。公路隧道照明设计应满足路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面中线亮度纵向均匀度、闪烁和诱导性要求。公路隧道入口段、过渡段、出口段照明应由基本照明和加强照明组成，基本照明应与中间段照明一致。

长度 $L > 200\text{m}$ 的高速公路隧道、一级公路隧道应设置照明；长度 $L > 1000\text{m}$ 的二级公路隧道应设置照明；长度 $500\text{m} < L \leq 1000\text{m}$ 的二级公路隧道宜设置照明；三级、四级公路隧道应根据实际情况确定；有人行需求的隧道，应根据隧道长度和环境条件设置满足行人通行需求的照明设施。

照明的光源一般选用在烟雾中有较好的透视性的低压钠灯或显色性较好的荧光灯，而在隧道的出入口处，则选用小型、大光通量的高压钠灯或高压荧光灯。结合公路隧道运营的特点，则宜选用具有耐腐蚀性、不易老化、防潮和防喷性的灯具，达到节约维修和保养费用的目的。

(2) 隧道通风：隧道内保持良好的空气是行车安全的必要条件，所以，隧道应具备良好的通风条件，以排出污浊空气、补充新鲜空气，或吹入新鲜空气、稀释污浊空气，以保证汽车行驶的安全性和舒适性。

隧道常见的通风方式有机械通风和自然通风两种。机械通风又包括纵向通风、横向通风、半横向通风、组合通风四种。机械通风中最主要的设备就是风机，主要有轴流风机和射流风机。

(3) 隧道供电：隧道的照明与通风所需的原动力主要是电力，所以隧道应设置完善的供电系统。隧道内供电分为动力供电和照明供电。供电系统的设计必须执行国家技术经济政策，做到保证安全、供电可靠、技术经济合理。一般采用三相四线供电，供电系统宜采用 380V/220V 交流电和中性接地变压器。

(4) 隧道洞内交通工程设施：隧道洞内的交通工程设施包括交通安全设施、交通监控设施、紧急呼叫设施、火灾探测报警设施、消防设施与通道、中央控制管理系统、接地与防雷设施等。

(5) 隧道救援及消防设施：双洞分离的公路隧道，双洞之间应根据现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 的规定设置人行横通道、车行横通道。单洞双向通行的特长公路隧道，宜设置平行通道、人行横通道、车行横通道等设施，有条件时可设置直接通向地面的横通道，并应符合现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 的规定。车行横通道应设防火卷帘，防火卷帘应采用钢质防火、防烟卷帘，防火卷帘应具备现场和远程控制开闭功能。人行横通道的两端应设防火门，防火门在正常情况下应关闭，其开启方向应为疏散方向，应能在门两侧开启，且应具有自动关闭功能。

(6) 隧道装饰：公路隧道装饰，不仅可起到美化作用，而且还可减少噪声、提高隧道亮度和照明，但除高速公路、一级公路的隧道外，一般不考虑进行内装饰。

在进行隧道内装饰时，应经济耐用、易于保养清洗，并适当考虑美化、提高亮度和尽可能减少噪声，经综合分析确定。

六、交通工程的组成及构造

交通工程是根据交通工程学的原理和方法为使道路通行能力最大、经济效益最高、交通事故最少、公害程度最低而设置的系统、设施和给人或车配备的装备，即为使车辆高速、高效、安全、舒适地行驶而设置的各类设施。

(一) 交通工程基本组成

交通工程包括交通安全设施、服务设施和管理设施 3 种。

1. 交通安全设施

交通安全设施包括交通标志、交通标线(含突起路标)、护栏和栏杆、视线诱导设施、隔离栅、防落网、防眩设施、避险车道和其他交通安全设施。其他交通安全设施有防风栅、防雪栅、积雪标杆、限高架、减速丘、凸面镜等。

2. 服务设施

服务设施包括服务区、停车区和客运汽车停靠站。

3. 管理设施

管理设施包括监控、收费、通信、供配电、照明、通风、消防和管理养护建筑等设施。

(二) 交通安全设施

1. 交通标志

交通标志是以颜色、形状、字符、图形等向道路使用者传递交通控制、引导信息。

(1) 交通标志的分类

①交通标志按其作用分为主标志和辅助标志两大类。

主标志包括：

- a. 禁令标志：禁止或限制道路使用者交通行为的标志；
- b. 指示标志：指示道路使用者应遵循的标志；
- c. 警告标志：警告道路使用者注意道路、交通的标志；
- d. 指路标志：传递道路方向、地点、距离信息的标志；
- e. 旅游区标志：提供旅游景点方向、距离的标志；
- f. 告示标志：告知路外设施、安全行驶信息以及其他信息的标志。

辅助标志是设于主标志下方，对其辅助说明的标志。

②道路交通标志按显示位置分类，分为路侧标志和路上方标志。

③道路交通标志按版面内容显示方式分类，分为静态标志和可变信息标志。

④道路交通标志按光学特性分类，分为逆反射标志、照明标志和发光标志 3 种，其中照明标志按光源安装位置又分为内部照明标志和外部照明标志。

⑤道路交通标志按设置的时效分类，分为永久性标志和临时性标志。由于施工作业或交通事故管理导致道路使用条件改变的区域，所使用的道路交通标志是临时性标志。

⑥道路交通标志按标志传递信息的强制性程度分类，分为必须遵守标志和非必须遵守标志。

(2) 禁令标志：禁令标志是禁止或限制车辆和行人通行的一种标志，如禁止通行、禁止停车、禁止左转弯、禁止鸣喇叭等，如图 1.1.15。禁令标志设置于禁止、限制路段的起点附近。

禁令标志的颜色，除个别标志外，为白底，红圈，红杠，黑图形。

禁令标志的形状为圆形，但“停车让行标志”为八角形，“减速让行标志”为顶角向下的倒等边三角形。

禁令标志的尺寸应根据设计速度确定，可考虑对设置路段的运行速度进行调整。设置在胡同、隔离带的禁令标志，设置空间受限制时，如果采用柱式标志可采用最小值。圆形禁令标志的外径最小不应小于 50cm，三角形禁令标志的边长最小不应小于 60cm，八角形外径最小不应小于 50cm。

对于车辆如未提前绕行则无法通行的禁令标志设置的路段，应在进入禁令路段的路口前或适当位置设置相应的预告或绕行标志。



图 1.1.15 禁令标志

(3) 指示标志：指示标志用以指示车辆和行人按规定方向、地点行驶，如图 1.1.16。指示标志一般设置于指示开始路段的起点附近，用于指示准许行驶方向、表示机动车道或非机动车道等，如直行，左右转弯，人行横道，停车场，公共汽车停靠站，道路的起、终点等。

指示标志的颜色，除个别标志外，为蓝底、白图形。

指示标志的形状分为圆形、长方形和正方形。

指示标志各部分尺寸应根据道路设计速度确定，可考虑设置路段的运行速度进行调整。



图 1.1.16 指示标志

(4) 警告标志：警告标志用于警告驾驶员及行人注意前方道路存在的危险或应该注意的路段，以提高警觉，准备防范措施，如图 1.1.17。

警告标志的颜色为黄底、黑边、黑图形。“注意信号灯”标志的图形为红、黄、绿、黑四色。“叉形符号”“斜杠符号”为白底红图形。

警告标志的形状为等边三角形或矩形，三角形的顶角朝上。警告标志的边长、边宽一般应根据设计速度确定，可考虑设置路段的运行速度进行调整。设置在胡同、隔离带的警告标志，设置空间受限制时，如果采用柱式标志可采用最小值，三角形的边长最小值不应小于 60cm。



图 1.1.17 警告标志

(5) 指路标志：指路标志是传递道路方向、地名、地点、距离等信息的一种标志，有里程碑、百米桩、公路界牌、指路牌、地名牌、立交行车示意牌、高速公路和一级公路中途出入口和服务区标志等，如图 1.1.18。

指路标志的颜色，除特别说明外，一般道路指路标志为蓝底、白图形、白边框、蓝色衬边；高速公路和城市快速路指路标志为绿底、白图形、白边框、绿色衬边。

指路标志的形状，除里程碑、百米桩、公路界碑外，其他指路标志牌的形状均为矩形。

指路标志的大小，标志板的尺寸根据道路设计速度确定汉字大小，阿拉伯数字和其他文字的高度可按汉字相应高度的 0.7 倍取定，再根据汉字的字数及版面要求确定版面尺寸。



图 1.1.18 指路标志

(6) 旅游区标志：旅游区标志是为吸引和指引人们从高速公路或其他道路上前往邻近的旅游区，在通往旅游景点的路口设置的标志，使旅游者能方便地识别通往旅游区的方向和距离，了解旅游项目的类别，如图 1.1.19。旅游区标志设在高速公路或其他道路适当位置及通往旅游景点的交叉路口附近，或在大型服务区内通往各旅游景点的路口。旅游区标志分为指引标志和旅游符号标志两大类，指引标志提供旅游区名称、方向和距离等，旅游符号标志提供旅游项目类别等。

旅游区标志的颜色为棕底、白字（图案白色或彩色）、白边框、棕色衬边。

旅游区标志的形状为矩形。

旅游指引标志尺寸由字高、字数和图形确定。旅游符号标志尺寸一般宜采用 60cm × 60cm。



图 1.1.19 旅游区标志

(7) 告示标志：告示标志是用以解释、指引道路设施、路外设施，或者告示有关道路交通安全法和道路交通安全法实施条例的标志，如图 1.1.20。告示标志的设置不应影响警告、禁令、指示和指路标志的设置和视认。

告示标志的颜色一般为白底、黑字（图案白色或彩色）、黑边框、白色衬边。

告示标志的形状为矩形和正方形。

告示标志的设置有助于道路设施、路外设施的使用和指引，取消设置也不影响既有标志的设置和使用。



图 1.1.20 告示标志

(8) 辅助标志：辅助标志用以帮助主标志的完整表达，分为表示车辆种类，表示时间，表示方向，表示区域或距离，表示设置禁令、警告标志的理由等，如图 1.1.21。辅助标志是附设在主标志（警告标志、禁令标志、指示标志和指路标志）的下面，起辅助说明作用的标志，不单独设立。

辅助标志的颜色为白底、黑字（图形字符）、黑边框、白色衬边。

辅助标志的形状为矩形。

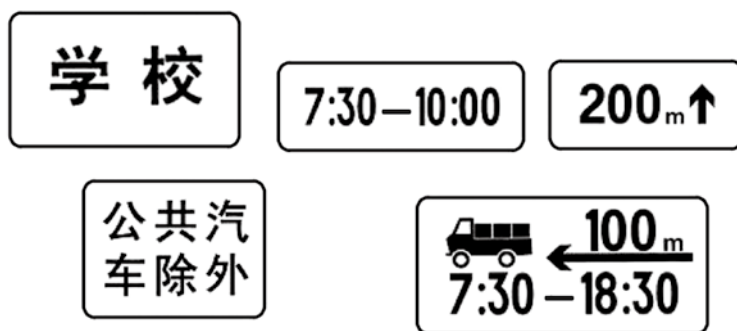


图 1.1.21 辅助标志

(9) 作业区标志：作业区标志是用以通告道路交通阻断、绕行等情况。设在道路施工、养护等路段前适当位置。用于作业区的标志为警告标志、禁令标志、指示标志及指路标志，其中警告标志为橙底黑图形，指路标志为在已有的指路标志上增加橙色绕行箭头或者为橙底黑图形，如图 1.1.22。

作业区标志应和其他作业区交通安全设施配合使用。



图 1.1.22 作业区标志

(10) 交通标志的设置方式可分为柱式、悬臂式、门架式和附着式 4 种。一般以柱式为基本方式，重要地点应选用悬臂或门架方式。在同一点需要设置两种以上的标志时，可以合并安装在一根立柱上，但最多不应超过 4 种。

2. 交通标线

道路交通标线是由施划或安装于路面上的各种线条、箭头、文字、立面标记、突起路标等构成的交通设施，向道路使用者传递有关道路交通的规则、警告、指引等信息，可以与标志配合使用，也可以单独使用，是引导驾驶员视线、管制驾驶员驾车行为的重要设施。

交通标线按功能分为指示标线、禁止标线和警告标线；按设置方式分为纵向标线、横向标线、其他标线；按形态分为线条、字符、突起路标、轮廓标。标线的颜色有白色、黄色、蓝色和橙色，路面图形标记可用红色或黑色的图案或文字。

标线的耐久性、可见性、施工性等有严格的要求。交通标线的设计应根据道路的设计速度、交通组成、交通流运行等设置。标线应适当设置，过度或不必要的路面标线不仅会导致混乱，还会导致路面附着力降低；同一地点设置的交通标线，应与交通标志等其他交通设施传递的交通信息保持一致。

(1) 指示标线：指示标线是指示车行道、行驶方向、路面边缘、人行道、停车位、停靠站及减速丘等的标线，分为纵向标线（如行车道中线、车道分界线、路缘线等）、横向标线（如人行道横线、距离确认线等）和其他标线（如高速公路出入口标线、停车位标线、导向箭头等），如图 1.1.23。

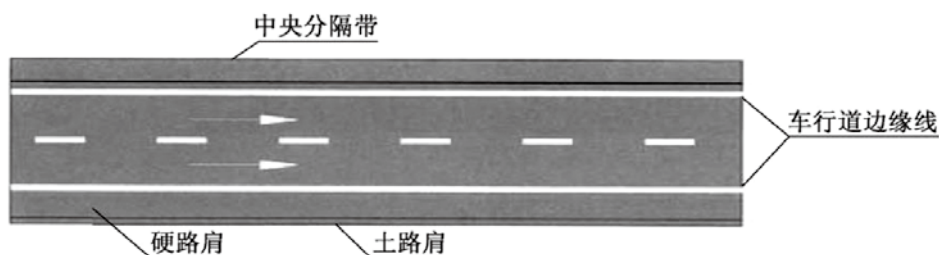
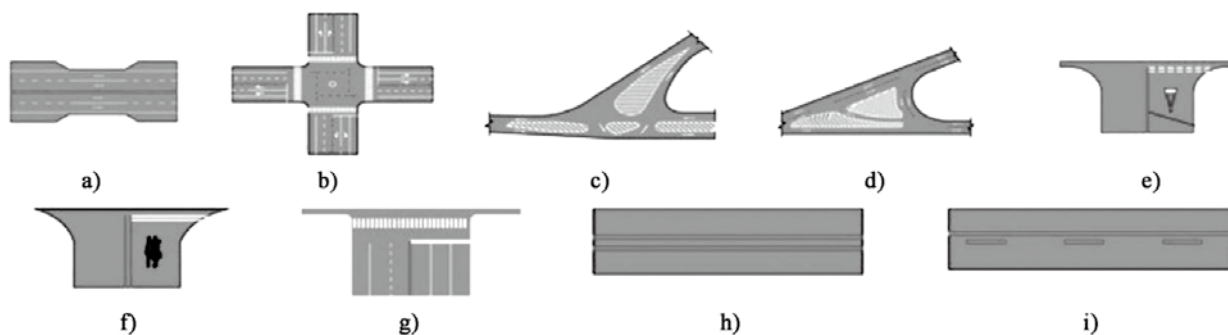


图 1.1.23 指示标线

(2) 禁止标线：禁止标线是告示道路交通的遵行、禁止、限制等特殊规定，车辆驾驶员及行人须严格遵守的标线，分为纵向禁止标线（如禁止超车线、禁止变换车道线、禁止路边停车线等）、横向禁止标线（如停车线、停车让行线、减速让行线等），以及其他禁止标线（如非机动车禁驶区标线、导流线、网状线、专用车道线和禁止掉头线），如图 1.1.24。



a) 禁止变换车道线；b) 非机动车禁驶区标线；c) 斜交丁字路口导流线；d) “Y”形路口导流线；
e) 减速让行线；f) 停车让行线；g) 停止线；h) 中心黄色双（单）实线；i) 中心黄色虚实线

图 1.1.24 禁止标线

(3) 警告标线：警告标线是促使车辆驾驶员及行人了解道路上的特殊情况，提高警觉，准备防

范应变措施的标线，分为纵向警告标线（如车行道宽度渐变段标线、路面障碍物标线和铁路平交道口标线等）和横向警告标线（如减速标线、减速车道线等）和其他警告标线（如立面标记），如图 1.1.25。



图 1.1.25 警告标线

（4）突起路标：突起路标（又称路钮、道钉）是固定于路面上起标线作用的突起标记块，用以标记车行道分界线、车行道边缘线，进出口匝道、导流标线等。一般与路面标线配合使用，其颜色与标线颜色一致；也可单独使用，但不宜替代右侧车行道边缘线。对突起路标的要求是反光亮度大，视线诱导效果高，施工容易，耐久性好。

3. 安全护栏

安全护栏是指设置在道路沿线路肩外侧、中央分隔带等位置，通过自身变形或车辆爬高来吸收碰撞能量，防止失控车辆越出路外或穿越中央分隔带，防止车辆从护栏板下钻出或将护栏板冲断；促使失控车辆恢复到正常行驶方向的安全设施。

按护栏的构造形式分为半刚性护栏（如波形钢板护栏）、刚性护栏（如钢筋混凝土防撞护栏）、柔性护栏（如缆索护栏）；按护栏设置位置分为路侧护栏、中央分隔带护栏、桥梁护栏、缓冲设施等。

（1）波形钢板护栏：波形钢板护栏是一种以波纹状钢板相互拼接并由钢立柱支撑而组成的连续梁柱式的护栏结构，具有一定的刚度和柔性。其特点是利用土基、立柱、波形梁的变形来吸收失控车辆的碰撞能量，并使其改变方向，恢复到正常的行驶方向，避免失控车辆越出路外或穿越中央分隔带闯入对面行车道。

（2）钢筋混凝土防撞护栏：钢筋混凝土防撞护栏通常简称为混凝土护栏，是一种以一定断面结构形式，在一定长度范围内连续设置的混凝土墙式结构物。其特点是失控车辆碰撞过程中的能量主要是依靠汽车沿护栏坡面爬高和转向来吸收，使失控车辆恢复到正常的行驶方向，从而减少碰撞车辆的损失和保护车上人员的安全。

（3）缆索护栏：缆索护栏是一种以数根施加初张力的钢丝绳固定于立柱上组成的、具有较大缓冲能力的韧性护栏结构，主要依靠缆索的拉应力来抵抗车辆的碰撞从而吸收碰撞能量。缆索护栏是柔性护栏的主要代表形式，由端部结构、中间端部结构、中间立柱、托架、缆索和索端锚具等组成。

（4）桥梁护栏：桥梁护栏指设置于桥梁上具有防撞功能的护栏结构，桥梁护栏不仅要有足够高度阻挡车辆越过，也应阻止车辆向护栏方向倾翻或下穿，同时护栏高度还应给道路使用者心理安全感。

（5）缓冲设施：缓冲设施分为防撞垫和防撞端头，设置在公路净区宽度内的路侧护栏上游端部，车辆碰撞时可得到缓冲、减速并安全停止，或者将其导向至正确的行驶方向。

4. 隔离栅

隔离栅是阻止行人、动物进入公路，防止非法侵占公路用地的防护设施，主要由立柱、斜撑、金属网、连接件和基础等组成。它主要包括焊接网、刺钢丝网、编织网、钢板网、隔离墙以及绿篱等形式，具有防腐、防老化、抗晒、耐候等特点。隔离栅顶部距地面的高度以 1.5~1.8m 为宜，靠近城镇区域的隔离栅高度可取高限值；在动物身高不超过 50cm 等人烟稀少的荒漠地区，经交通安全综合分析后隔离栅高度可降低至 1.3~1.5m。

隔离网与立柱的连接有两种方法，一是挂在立柱的挂钩上。它适用于连续布设的金属网和刺钢丝

等隔离设施。型钢立柱的挂钩可用冲压成型或焊接挂钩。混凝土立柱的挂钩则可预埋钢筋；二是固定在框架上，框架与立柱通过螺栓进行连接。立柱有钢管、型钢和钢筋混凝土。立柱可直接打入土中或埋置于混凝土基础内。

5. 防落网

防落网是为了阻止落物、落石等进入公路用地范围或公路建筑限界以内的设施，主要有防落物网、防落石网。

防落物网按网片形式可分为钢板网、编织网、电焊网、实体板等。选择防落物网形式时，必须考虑其强度、美观性、与公路周围环境的协调性、施工养护的方便性等因素。防落物网一般设置在上跨铁路、饮用水源保护区、高速公路、需要控制出入的一级公路的车行或人行构造物两侧、公路跨越通航河流、交通量较大的其他公路，分离式结构桥梁需要设置防落物网时，应在桥梁内侧设置。除特殊要求外，防落物网以距离桥面高 1.8~2.1m 为宜。防落物网的设置范围为下穿铁路、公路等被保护区的宽度（当上跨构造物与公路斜交时取斜交宽度）并各向路外延长 10~20m，其中上跨铁路防落物网的设置范围还应符合相关规定。

6. 防眩设施

防眩设施是指防止夜间行车受对向车辆前照灯强光产生眩目，改善夜间行车条件而设置在中央分隔带内的一种构造物。防眩设施分为人造防眩设施和绿化防眩设施，人造防眩设施主要包括防眩板、防眩网和植树防眩等结构形式。

7. 视线诱导设施

视线诱导设施是对公路沿线的路线走向、构造物、行车隐患路段、交叉点等进行提示，对驾驶人员进行主动引导、有效视线诱导的一种交通安全设施。它包括轮廓标、合流诱导标、线形诱导标、隧道轮廓标、示警桩、示警墩、道口标柱等设施。

8. 避险车道

避险车道是指在长陡下坡路段行车道外侧增设的供速度失控（制动失灵）车辆驶离正线安全减速的专用车道。

避险车道主要由引道、制动床、救援车道等构成。避险车道应设置交通标志、标线、护栏、轮廓标等交通安全设施，宜设置照明、监控等管理设施。避险车道应设置完备的排水系统，以避免制动床冻结和制动床基底的污染。避险车道制动床的宽度宜为 4~6m，且应等宽或逐渐加宽，应避免逐渐变窄。制动床基底表面应设置横坡、横向排水管和纵向排水沟，基底和制动床集料之间应铺装土工布或块石路面。制动床末端应增设防撞筒、废轮胎等缓冲装置或设施。

9. 其他交通安全设施

其他交通安全设施主要有防风栅、防雪栅、积雪标杆、限高架、减速丘、凸面镜等设施。

（三）服务设施

服务设施包括服务区、停车区和客运汽车停靠站。

服务区、停车区的位置应根据区域路网、建设条件、景观和环保要求等规划和布设。高速公路应设置服务区，作为干线的一级、二级公路宜设置服务区。高速公路服务区应设置停车场、加油站、车辆维修站、公共厕所、室内外休息区、餐饮、商品零售点等设施。根据公路环境和需求可设置人员住宿、车辆加水等设施。作为干线的一级、二级公路服务区宜设置停车场、加油站、公共厕所、室外休息点等设施，有条件时可设置餐饮、商品零售点、车辆加水点等设施。

停车区应设置停车场、公共厕所、室外休息区等设施。

客运汽车停靠站的位置宜根据地区公路规划、公路沿线城镇分布、出行需求布设。客运汽车停靠站应设置车辆停靠和乘客候车设施，可与服务区结合设置。

（四）管理设施

管理设施包括监控、收费、通信、供配电、照明和管理养护等设施。

1. 监控设施

公路监控系统是道路工程的重要组成部分，是保证交通顺畅、安全运行的重要手段。其工作方式是通过监测点的前端设备将视频图像以光纤、专线等各种方式传送至交通指挥中心，进行信息的存储、处理和发布，从而使交通指挥管理人员能够对交通违章、交通堵塞、交通事故及其他突发事件做出及时、准确的判断，并相应调整各项系统控制参数与指挥调度策略。

监控设施是道路监视系统和控制系统的总称，硬件设备包括信息采集设施、控制设施、监视设施、情报设施、传输设施、显示设施以及控制中心等。

信息采集系统是公路上设置的用来采集信息的设备和装备。控制与信息提供系统是公路上设置的用来控制道路现场设施状态及向道路使用者提供道路交通信息和诱导的设备，以及向管理、救助部门和社会提供求助指令或道路交通信息的设备。信息处理系统位于道路监控中心，是介于信息采集系统和控制与信息提供系统之间的环节，是监控系统的核心部分，其主要职能是信息的接收、分析、判断、预测、确认，交通异常事件的处理决策、指令发布，设备运行状态的监视和控制等。

2. 收费设施

为偿还道路工程建设贷款、筹集道路运营养护费用或以道路建设作为商业投资目的，对过往车辆征收通行费的道路，称为收费道路。一般按道路的长度、性质，过往车辆的类型，地区属性等对车辆进行收费，并在适当的位置设置收费站。在公路和城市道路上，用于收取过往车辆通行费的一切交通设施，统称为道路收费设施，包括土建工程和机电工程设施。其中土建工程主要是收费站内的收费岛、路面铺装、防撞安全设施、设备基础、防排水设施、预埋管道等。

收费站收费系统的主要构成，按其基本功能可分为计算机系统、收费视频监视系统、内部对讲系统、安全报警系统、电源系统等，并可根据需要增加计重系统、车牌自动识别装置、ETC 收费车道系统等。

3. 通信设施

公路通信设施是为公路运营管理、监控、收费系统提供数据、语音和图像等信息传输的交通设施，包括通信系统和通信管道。

公路通信系统包括光纤、光传输设备、程控交换设备、无线电（或集群调度）通信设备、路侧紧急电话等。目前，公路通信的传输主要依靠光纤传输系统、计算机网络传输系统、微波以及公共通信网络。

4. 供配电、照明设施

供配电设施是为监控系统、收费系统、通信系统、隧道机电设施、服务设施、养护管理设施及道路照明设施等公路沿线设施提供能源的系统。通常公路供配电系统主要由 10kW 电源线路、变配电所、供配电线路、低压配电箱和接地系统等构成。供配电系统的功能是根据负荷等级为高速公路交通工程沿线设施及道路运营管理提供稳定、可靠的电源，以保证公路交通工程设备系统的正常运行，真正做到保障公路交通的畅通无阻。

公路照明设施是指为公路及其附属设施设置的照明，用于提高夜间车辆行驶和行人行走的安全性，公路照明是防止夜间交通事故最为有效的手段之一。公路照明系统一般由低压电源线、配电箱（包括低压开关）、低压配电线、灯杆、光源和灯具组成。照明系统可以保证行车安全，减少交通事故；为收费、监控、通信、服务设施及运营管理提供正常运行、维护、管理必要的工作照明和应急照明；具有随白天、黑夜或日光照射度的变化对照明进行调节控制的功能，以节约能源和降低运营费用。

5. 管理养护设施

根据公路管理需求的不同，分别设置省级管理中心、区域（路段）管理分中心、管理站（所）。养护设施应根据公路养护业务需求设置养护工区和道班房。高速公路宜设置养护工区，其他等级公路

宜设置道班房。

省级管理中心宜设在省会城市, 每省(自治区、直辖市)一处。区域(路段)管理分中心、管理站(所)、养护工区, 宜靠近所辖路段或区域设置。

七、绿化工程及环境保护

(一) 公路绿化工程

公路绿化工程是以种植绿色植物为中心, 涉及防护、灌溉、整地等种植基础和配套工程的一项综合工程。

1. 公路绿化主要目的是改善交通环境, 具体作用包括:

(1) 诱导视线: 即预示道路线形的变化, 引导驾驶员安全操作车辆。

(2) 遮光或防眩: 防止对向来车车头灯的照射。

(3) 缓冲: 缓和与减轻驶出车行道外车辆的强力冲击和乘车人员的损伤, 有弹性且宽厚的低树群缓冲效果更好。

(4) 协调和美化: 美化街景, 改善道路景观, 增加道路环境的自然景致。

(5) 作为指路标记: 高树或树丛在道路转折处可起到指路标记和警示的作用。

(6) 适应明暗: 隧道入口的高大树木可使侧向光线形成参差的明暗阴影, 使亮度逐渐变化, 缩短驾驶员视力适应的时间。

(7) 保护环境: 减少水土流失, 减轻汽车噪声与尾气的传播, 起到防风、防砂、防尘的作用。

2. 高速公路绿化部位的功能要求不同, 其绿化景观设计的技术指标也不同。

(1) 中央分隔带防眩绿化: 中央分隔带的主要功能是隔离双向交通、减少双向交通干扰, 保障车辆行驶的安全, 中央分隔带植物种植的主要技术指标一般有:

①防眩树要四季常青、低矮缓生, 株高在 1.2~1.5m, 抗逆性强(抗旱、抗寒冷、抗病虫、抗污染、耐贫瘠), 耐粗放管理。

②防眩树种植主要采取全遮光绿篱式和半遮光散栽式两种方式。全遮光绿篱式的特点是全封闭、不透光、防眩好, 但绿化投资大、通透性差, 影响路容路貌。半遮光散栽式的特点是通透性好、绿化投资较小、绿化形式灵活、防眩技术要求严格。防眩树株距是在车辆高速行驶的线性环境下, 依据车灯光的扩散角、行车速度和人的动态视觉三者之间的关系来确定。

(2) 路堤边坡防护绿化: 高速公路路基一般都比普通公路路基高, 形成的边坡绿化面积较大, 这对稳定路基、保障安全、防止冲刷、保土保水具有重要功能。

高速公路边坡绿化方式常见有两种: 一种用硬质材料(混凝土、石料)砌成圆窗形网格, 在空格中种草, 这种方式可大大减少雨水对边坡的冲刷, 增强固坡能力, 但投资较大, 常用于坡度较陡的路段; 另一种是对边坡全栽植物, 不做硬化处理, 常用于普通路段或坡度小、路基低的路段。

(3) 行道树种植绿化: 行道树主要栽植在路堤下方(边坡脚下)金属护网内侧, 高路堤路段栽植高大乔木, 低路堤路段栽植中小乔木或大灌木。行道树株距与外部环境景观协调一致, 一般路段有景观特色, 特殊路段有隔噪声、隔粉尘、防风沙、防泥石流等作用。

(4) 绿篱护网绿化: 绿篱护网在金属护网 0.5~1m 处, 采取多栽植有刺灌木, 形成封闭性绿篱的形式, 作为高速公路的第二道防护网, 若干年后金属护网被侵蚀破坏, 绿篱护网可起替代作用。栽植植物应符合抗性强、易繁殖、移栽成活率高、成篱封闭快和外形美观等要求。

(5) 路堑土、石质坡面垂直绿化: 路堑的坡度一般较大, 绿化难度大, 国内外目前主要采取机

械喷播绿化和人工挖沟、挖穴绿化。

(6) 立体交叉区绿化：城区以外的高速公路立体交叉区多位于农田中，且多为简单立交，一般不能形成专门的绿化地带，在为纵或横道路绿化延续时，应注意提高立交路口的识别性，如较密栽植常绿和乔灌木。对于复杂立交，可参照城市立交区绿化的做法。

(7) 服务区环境绿化：高速公路分车绿带、边坡防护绿带、防护林带等的绿化是营造行驶动态的观赏景观，而服务区、收费站的绿化是营造停车后静态的观赏景观，并且这部分大多为块状绿地，所以只能按园林景观进行绿化。

(二) 生态环境保护

公路工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，在推动区域经济发展、改善交通条件的同时，其生态环境保护的重要性日益凸显，这不仅关系到生态系统的平衡稳定，更与人类的可持续发展息息相关。

公路项目的环境保护可以分为公路建设期的环境保护和公路运营期的环境保护，其主要的项目包括：初步设计阶段项目环境影响评价；施工图设计阶段的环境保护设计；招投标阶段在招标文件、工程合同及监理合同中纳入环境保护条款；施工期的环境保护设施的施工及监理；竣工和交付使用阶段的环境保护设施验收与环境后评价；公路运营期的环境保护设施的运行及维护。

1. 工程前期环境保护措施

珍惜自然环境，规划好公路用地范围设计要结合自然地形；重视水土资源，减少水土流失；注意保持原有的灌溉系统和自然水网体系；合理设置临时施工用地；做好道路沿线景观设计和道路降噪设计工作。

2. 施工阶段环境保护措施

通过合理确定取弃土场位置，合理开采砂石料场等措施减少水土流失；合理安排施工组织计划，减少噪声污染；材料堆放采取必要挡风措施，施工现场和材料运输进行洒水防尘，加强施工污水处理，防止大气污染和水质污染。

第二节 工程材料与工程机械

工程材料和工程机械品种繁多，性能各异，价格相差悬殊，且材料费、施工机械使用费是直接工程费主要组成部分，因此正确、合理选择工程材料和工程机械，对工程的安全、质量及经济性都有着重要的意义。

一、工程主要材料的分类

(一) 按材料来源分

1. 外购材料

承包人在市场上采购的材料，如钢材、水泥、化工材料、五金、燃料、沥青、锚具、伸缩缝等。

2. 自采加工材料

承包人自行组织人员进行采集加工的砂、石、黏土等材料。

(二) 按材料在工程中所起的作用分

1. 主要材料

公路建设工程中使用的构成产品或工程实体的用量较大的材料，如钢材、水泥、石油沥青、石灰、砂子、石料等。

2. 次要材料

相对于主要材料而言，用量较少的材料，如电焊条、铁钉、铁丝等。

3. 周转性材料

在施工过程中，可以反复多次使用的材料，如模板、脚手架、支架、拱盔、钢轨以及配套的附件等。

4. 辅助材料

有助于产品和工程实体的形成或便于施工生产的顺利进行而使用的材料，它们不构成公路建设工程的实体，如油燃料、氧气、脱模剂、减水剂及机械的各种零配件等。

5. 金属设备

由金属构件组成的施工设备，如双导梁、悬浇挂篮、悬臂吊机等。

二、工程常用材料的特性和标准

公路建设工程中使用的各种材料，品种规格繁多，性能各异，以下对公路建设工程中常用的工程材料，如钢材、水泥、沥青、砂石材料、混凝土的特性和标准作简要描述。

(一) 钢材

公路建设工程中使用的钢材，主要包括板材、管材、型材、线材。钢材具有品质稳定、强度高、塑性和韧性好，能承受较大的弹性和塑性变形，加工性能好等优异性能，因此被广泛使用。

1. 钢材的分类

(1) 按冶炼方法分：平炉钢、氧气转炉钢和电炉钢。

(2) 按脱氧程度分：镇静钢（代号 Z）及特殊镇静钢（代号 TZ）（脱氧充分）和沸腾钢（代号 F）（脱氧不充分），以及半镇静钢（代号 b）（介于脱氧充分和脱氧不充分之间）。

(3) 按化学成分分：碳素钢（含碳量小于 0.25% 的为低碳钢、0.25%~0.60% 的为中碳钢、大于 0.60% 的为高碳钢）和合金钢（合金元素总含量小于 5% 的为低合金钢、5%~10% 的为中合金钢、大于 10% 的为高合金钢）。

(4) 按用途分：结构钢、工具钢和特殊钢。

(5) 按形状分：板材、管材、线材、型材等。

2. 钢材的主要性能

钢材的主要性能包括力学性能和工艺性能。其中，力学性能是钢材最重要的使用性能，包括抗拉性能、冲击性能、硬度、耐疲劳性能等。工艺性能表示钢材在各种加工过程中的行为，包括弯曲性能和焊接性能等。

(1) 抗拉性能：抗拉性能是钢材最重要的性能，表征抗拉性能的主要技术指标有：屈服点、抗拉强度及伸长率。它们均与拉伸试验得出的应力-应变图（图 1.2.1）有关。

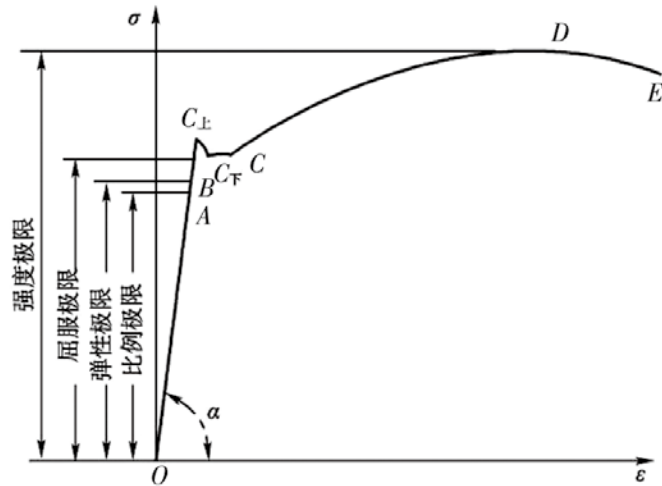


图 1.2.1 应力 - 应变图

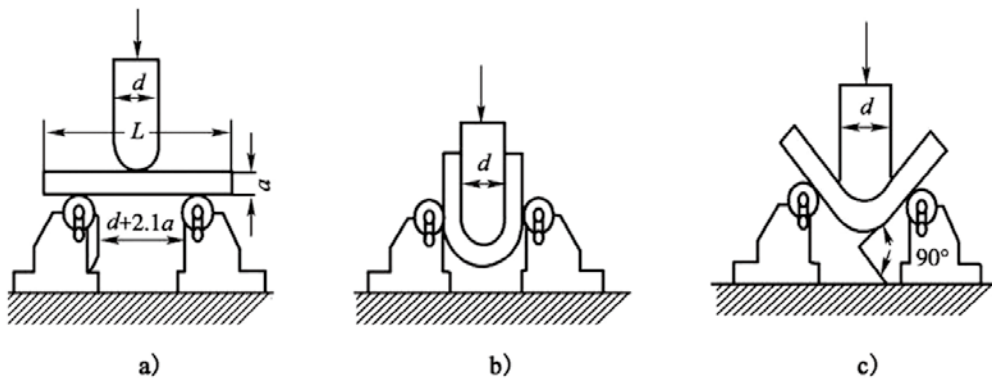
(2) 冲击韧性：冲击韧性指钢材抵抗冲击载荷的能力。其指标是通过标准试件的弯曲冲击韧性试验确定的。钢材的化学成分、组织状态、内在缺陷及环境温度等都是影响冲击韧性的重要因素。对直接承受动荷载而且可能在负温下工作的重要结构，必须进行冲击韧性检验，并选用脆性临界温度较低使用温度低的钢材。

另外，时效敏感性（因时效导致性能改变的程度）越大的钢材，经过时效以后，其冲击韧性和塑性的降低越显著，对于承受动荷载的结构物应选用时效敏感性较小的钢材。

(3) 硬度：钢材的硬度是指表面层局部体积抵抗较硬物体压入产生塑性变形的能力，表征值常用布氏硬度值 HB 表示。布氏硬度值越大，表示钢材越硬。

(4) 耐疲劳性能：在交变荷载反复作用下，钢材往往在应力远小于抗拉强度时发生断裂，这种现象称为疲劳破坏。疲劳破坏的危险应力用疲劳极限来表示，它是指钢材交变荷载作用下，在规定的周期基数内不发生断裂所能承受的最大应力。钢材承受的交变应力越大，则断裂时的交变循环次数越少，相反交变应力越小，则断裂时的交变循环次数越多。当交变应力低于某一值时，交变循环次数达无限次也不会产生疲劳破坏。

(5) 冷弯性能：冷弯性能是指钢材在常温下承受弯曲变形的能力，它表征在恶劣变形条件下钢材的塑性，是钢材的一项重要工艺性能，如图 1.2.2 所示。试件按规定条件弯曲，若弯曲处的外表面无裂痕、裂缝或起层，即认为冷弯性能合格。



a) 装好的试件；b) 弯曲 180°；c) 弯曲 90°

图 1.2.2 试件冷弯示意图

(6) 可焊性：可焊性指焊接后在焊缝处的性质与母材性质的一致程度。影响钢材可焊性的主要因素是化学成分及含量。

3. 常用钢材标准

钢筋是用于钢筋混凝土结构中的钢材，按照生产方式、外形、用途等不同，常用的钢筋主要有：

(1) 热轧光圆钢筋：热轧光圆钢筋强度等级为 $R_{el} \geq 300\text{MPa}$ ， $R_m \geq 420\text{MPa}$ ，强度等级代号为 HPB300，其强度较低，但具有塑性好、伸长率高、便于弯折成型、容易焊接等特点，可用作中、小型钢筋混凝土结构的主要受力钢筋或箍筋，以及作为冷加工（冷拉、冷拔、冷轧）的原材料等。

(2) 普通热轧带肋钢筋：按屈服强度特征值分为 400 级、500 级、600 级，强度等级代号为 HRB400、HRB500、HRB600 及 HRB400E、HRB500E（E 为“地震”的英文首字母，用于有抗震要求的结构）。HRB400 带肋钢筋的强度较高，塑性及焊接性也较好，广泛用于大、中型钢筋混凝土结构的受力钢筋；HRB500 带肋钢筋强度高，但塑性与焊接性较差，适宜用作预应力钢筋。

(3) 冷轧带肋钢筋：用低碳钢热轧盘圆条直接冷轧或经冷拔后再冷轧，形成三面或双面横肋的钢筋。冷轧带肋钢筋克服了冷拉、冷拔钢筋握裹力低的缺点，具有强度高、握裹力强、质量稳定等优点，但塑性降低，强屈比变小。

根据国家标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788 的规定：冷轧带肋钢筋分为 CRB550、CRB650、CRB800、CRB600H、CRB680H、CRB800H 6 个牌号。其中 CRB550、CRB600H 为普通钢筋混凝土用钢筋，CRB650、CRB800、CRB800H 为预应力混凝土用钢筋，CRB680H 既可作为普通钢筋混凝土用钢筋，也可作为预应力混凝土用钢筋。

(4) 预应力混凝土用钢棒：预应力混凝土用钢棒为盘条经加工后加热到奥氏体温度后快速冷却，然后在相变温度以下加热进行回火所得钢棒，代号为 PCB，按截面外形分为光圆钢棒（P）、螺旋槽钢棒（HG）、螺旋肋钢棒（HR）和带肋钢棒（R）。按韧性级别分为延性 35 和延性 25 两个级别，其对应的最大力总伸长率为 $A \geq 3.5\%$ 和 $A \geq 2.5\%$ ，断后伸长率为 $A \geq 7.0\%$ 和 $A \geq 5.0\%$ 。由于它具有高强、高韧性、低松弛性、与混凝土握裹力强等特点，广泛应用于预应力混凝土结构。

(5) 冷拔低碳钢丝：冷拔低碳钢丝指低碳钢热轧圆盘条或热光圆钢筋经一次或多次冷拔制成的光圆钢丝，在使用中应符合现行《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ 19 的规定。冷拔低碳钢丝宜作为构造钢筋使用，作为结构构件中纵向受力钢筋使用时应采用钢丝焊接网。冷拔低碳钢丝不得作预应力钢筋使用。作为箍筋使用时，冷拔低碳钢丝的直径不宜小于 5mm，间距不应大于 200mm，构造应符合国家现行相关标准的有关规定。冷拔低碳钢丝只有一个牌号，即为 CDW550。CDW550 级冷拔低碳钢丝的直径可为：3mm、4mm、5mm、6mm、7mm 和 8mm。直径小于 5mm 的钢丝焊接网不应作为混凝土结构中的受力钢筋使用；除钢筋混凝土排水管、环形混凝土电杆外，不应使用直径 3mm 的冷拔低碳钢丝；除大直径的预应力混凝土桩外，不宜使用直径 8mm 的冷拔低碳钢丝。

(6) 预应力钢丝：预应力钢丝分为冷拉或消除应力的低松弛光圆、螺旋肋和刻痕钢丝，其中冷拉钢丝仅用于压力管道。预应力钢丝的直径为 4~12mm，抗拉强度等级有 1470MPa、1570MPa、1670MPa、1770MPa、1860MPa。刻痕钢丝由于锚固性能较差，在桥梁工程中逐渐被淘汰。

(7) 预应力钢绞线：预应力钢绞线采用高碳钢盘条，经过表面处理后冷拔成钢丝，然后将一定数量的钢丝绞合成股，再经过消除应力的稳定化处理过程而成。预应力钢绞线具有强度高、与混凝土黏结性能好、断面积大、使用根数少；在结构中排列布置方便，易于锚固等优点，故多使用于大跨度、重荷载的混凝土结构。

（二）水泥

水泥是一种良好的矿物胶凝材料，属于水硬性胶凝材料，其既能在空气中还能在水中硬化、保持和持续发展其强度。

1. 水泥的分类

(1) 水泥按用途及性能分类

①通用水泥，一般土木建筑工程通常采用的水泥。通用水泥即硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。常用水泥的主要特性及适用范围见表 1.2.1。

表 1.2.1 常用水泥的主要特性及适用范围

序号	水泥种类	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥	粉煤灰硅酸盐水泥
1	强度等级	42.5, 42.5R 52.5, 52.5R 62.5, 62.5R	42.5, 42.5R 52.5, 52.5R 62.5, 62.5R	32.5, 32.5R 42.5, 42.5R 52.5, 52.5R	32.5, 32.5R 42.5, 42.5R 52.5, 52.5R	32.5, 32.5R 42.5, 42.5R 52.5, 52.5R
2	主要特性	①早期强度较高，凝结硬化快； ②水化热较大； ③耐冻性好，耐热性较差，耐腐蚀和耐水性较差； ④干缩性较小	①早期强度较高，凝结硬化较快； ②水化热较大； ③耐冻性较好，耐热性较差，耐腐蚀和耐水性较差； ④干缩性较小	①早期强度较低，后期强度增长较快，凝结硬化慢； ②水化热较小； ③耐热性较好，耐硫酸盐侵蚀和耐水性较好； ④干缩性较大； ⑤抗冻性较差，抗碳化能力差	①早期强度较低，后期强度增长较快，凝结硬化慢； ②水化热较小； ③耐热性较差，耐硫酸盐侵蚀和耐水性较好； ④干缩性较大； ⑤抗冻性较差，抗碳化能力差；抗渗性较好	①早期强度较低，后期强度增长较快，凝结硬化慢； ②水化热较小； ③耐热性较差，耐硫酸盐侵蚀和耐水性较好； ④干缩性较小； ⑤抗冻性较差，抗碳化能力较差
3	适用范围	适用于快硬早强的工程、配制高强度等级混凝土	适用于制造地上、地下及水中混凝土、钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土结构，也可配制高强度等级混凝土及早期强度要求高的工程	①适用于大体积工程； ②蒸汽养护的混凝土结构； ③可用于一般地上、地下和水中混凝土结构； ④有抗硫酸盐侵蚀要求的一般工程； ⑤有耐热、耐火要求的混凝土结构	①适用于大体积工程； ②有抗渗要求的工程； ③蒸汽养护的混凝土构件； ④可用于一般混凝土结构； ⑤有抗硫酸盐侵蚀要求的一般工程	①适用于地上、地下水中及大体积工程； ②蒸汽养护的混凝土构件； ③可用于一般混凝土结构； ④有抗硫酸盐侵蚀要求的一般工程
4	不适用范围	①不宜用于大体积混凝土工程； ②不宜用于受化学侵蚀、压力（软水）水作用及海水侵蚀的工程	①不适用于大体积混凝土工程； ②不宜用于受化学侵蚀、压力（软水）水作用及海水侵蚀的工程	①不适用于早期强度要求较高的工程； ②不适用于严寒地区并处在水位升降范围内的混凝土工程	①不适用于处在干燥环境的工程； ②不宜用于耐磨性要求高的工程； ③不适用于早期强度要求较高的工程； ④不适用于严寒地区并处在水位升降范围内的混凝土工程	①不适用于有抗碳化要求的工程； ②不适用于早期强度要求较高的工程； ③不适用于严寒地区并处在水位升降范围内的混凝土工程

②专用水泥，专门用途的水泥。如：砌筑水泥，道路硅酸盐水泥。

③特性水泥，某种性能比较突出的水泥。如：快硬硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、膨胀硫铝酸盐水泥。

(2) 水泥按其主要水硬性物质名称分类

①硅酸盐水泥，即国外通称的波特兰水泥。

②铝酸盐水泥。

③硫铝酸盐水泥。

④铁铝酸盐水泥。

⑤氟铝酸盐水泥。

⑥以火山灰或潜在水硬性材料及其他活性材料为主要成分的水泥。

(3) 水泥按主要技术特性分类

①快硬性：分为快硬和特快硬两类。

②水化热：分为中热和低热两类。

③抗硫酸盐性：分中抗硫酸盐腐蚀和高抗硫酸盐腐蚀两类。

④膨胀性：分为膨胀和自应力两类。

⑤耐高温性：铝酸盐水泥的耐高温性以水泥中氧化铝含量分级。

2. 水泥的基本性能

水泥是公路工程中广泛使用的一种粉状水硬性无机胶凝材料，如图 1.2.3 所示。主要技术指标有：



图 1.2.3 水泥

(1) 重度：重度是指水泥在自然状态下单位体积的质量。分为松散状态下的密度和紧密状态下的密度两种。

(2) 细度：细度是指表示水泥颗粒的粗细程度。水泥的细度直接影响水泥的活性和强度。颗粒越细，与水反应的表面积越大，水化速度快，早期强度高，但硬化收缩较大，且粉磨时能耗大，成本高。但颗粒过粗，又不利于水泥活性的发挥，强度也低。

(3) 凝结时间：凝结时间是指以标准试针沉入标准稠度的水泥净浆至一定深度所需的时间表示，分初凝时间和终凝时间。

初凝状态是指试针自由沉入标准稠度水泥净浆试件距底板 $4\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的稠度状态，终凝状态是指试针沉入 0.5mm ，且其环形附件不能在试件表面留下痕迹时的稠度状态。从水泥全部加入水中至初凝状态所经历的时间，称为初凝时间，水泥的初凝时间不宜过短。从水泥全部加入水中到终凝状态所经历的时间称为终凝时间，水泥的终凝时间不宜过长。硅酸盐水泥的初凝时间不得早于 45min ，终凝时间不大于 390min 。普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥的初凝时

间不得早于 45min，终凝时间不大于 600min。

(4) 安定性：安定性是指水泥在硬化过程中，体积变化的均匀性。安定性不良会导致构件（制品）产生膨胀性裂纹或翘曲变形，造成质量事故。引起安定性不良的主要原因是熟料中氧化钙、游离氧化镁或石膏含量过多。安定性不合格的水泥不得用于工程。

(5) 强度：强度是指胶砂的强度，而不是净浆的强度，它是评定水泥强度等级的依据。水泥强度的等级按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分。根据现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671 的)的相关规定，将水泥、标准砂和水按照（质量比）水泥：标准砂：水=1：3：0.5（水灰比为 0.5）制成胶砂试件，在标准温度（ 20 ± 1 ）℃的水中养护，测 3d 和 28d 的试件抗折和抗压强度，以规定龄期的抗压强度和抗折强度划分强度等级。

(6) 水化热：水化热是指水泥加水后，发生水化作用逐渐凝结硬化放出的热量。水化热与水泥矿物成分、细度、掺入的外加剂品种、数量、水泥品种及混合料掺量有关。水泥的水化热主要在早期释放，后期逐渐减少。

对大型基础、桥墩等大体积混凝土工程，由于水化热积聚在内部不易发散，使内部温度上升到 50℃以上，内外温差引起的应力使混凝土可能产生裂缝，因此水化热对大体积混凝土工程是不利的。

(7) 碱含量：水泥的碱含量将影响构件（制品）的质量或引起质量事故。

（三）沥青

沥青是一种有机胶凝材料，主要用于生产防水材料和铺筑沥青路面等。

1. 沥青的分类

沥青路面使用的沥青材料有道路石油沥青、乳化沥青、改性沥青、煤沥青、液体石油沥青等。

(1) 道路石油沥青：由石油经蒸馏、吹氧、调和等工艺加工得到。道路石油沥青的适用范围：

① A 级沥青适用于各个等级的公路，任何场合和层次。② B 级沥青用作改性沥青、乳化沥青、改性乳化沥青、稀释沥青的基质沥青，适用于高速公路、一级公路沥青下面层及以下的层次，二级及二级以下公路的各个层次。③ C 级沥青适用于三级及三级以下公路的各个层次。

(2) 乳化沥青：石油沥青（或煤沥青）与水在乳化剂、稳定剂作用下经乳化加工制得的沥青产品，也称沥青乳液。乳化沥青适用于沥青表面处治路面、沥青贯入式路面、冷拌沥青混合料路面，修补裂缝，喷洒透层、黏层与封层等。

(3) 改性沥青：是指掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、磨细的橡胶粉或其他填料等外掺剂（改性剂），或采取对沥青轻度氧化加工等措施，使沥青或沥青混合料的性能得以改善而制成的沥青结合料。改性沥青的加工温度不宜超过 180℃。改性沥青一是改变沥青化学组成，二是使改性剂均匀分布于沥青中形成一定的空间网络结构。

(4) 煤沥青：由煤干馏得到的煤焦油再经蒸馏加工制成。道路用煤沥青严禁用于热拌热铺的沥青混合料，作其他用途时的储存温度宜为 70~90℃，且不得长时间储存。道路用煤沥青适用范围：① 各种等级公路的各种基层上的透层，宜采用 T-1 或 T-2 级，其他等级不符合喷洒要求时可适当稀释使用。② 三级及三级以下的公路铺筑表面处治或贯入式沥青路面，宜采用 T-5、T-6 或 T-7 级。③ 与道路石油沥青、乳化沥青混合使用，以改善渗透性。

(5) 液体石油沥青：用汽油、煤油、柴油等溶剂将石油沥青稀释而成的沥青产品，也称轻制沥青或稀释沥青。液体石油沥青使用前应通过试验确定掺配比例。液体石油沥青适用于透层、黏层及拌制冷拌沥青混合料。

2. 沥青的基本性能

(1) 黏滞性：石油沥青的黏滞性是反映材料内部阻碍其相对流动的一种特性，以绝对黏度表示。沥青黏滞性的大小与其组分及所处的温度有关。当沥青质含量较高，又有适量的树脂且油分含量较少时，

黏滯性较大。在一定的温度范围内，当温度升高，黏滯性随之降低，反之则增大。

(2) 塑性：塑性是指石油沥青受外力作用时产生变形而不破坏，除去外力后仍保持变形后形状的性质，它是石油沥青的主要性能之一。石油沥青的塑性用延度表示。延度越大，塑性越好，柔性和抗断裂性越好。沥青的塑性与其组分及所处的温度及沥青膜层厚度有关。石油沥青中脂含量较多，且其他组分含量适当时，则塑性较大；温度升高则塑性增大，膜层越厚其塑性越高。在常温下，塑性较好的沥青在产生裂缝时，也可能由于特有的黏塑性而自行愈合。故塑性还反映了沥青开裂后的自愈能力。沥青之所以能制造出性能良好的柔性防水材料，很大程度上取决于沥青的塑性。沥青的塑性对冲击荷载有一定吸收能力，并能减少摩擦时的噪声，故沥青是一种优良的道路路面材料。

(3) 温度稳定性：温度稳定性是指石油沥青的黏滯性和塑性随温度升降而变化的性能。在工程中使用的沥青，要求有较好的温度稳定性，否则容易发生沥青材料夏季流淌或冬季变脆甚至开裂等现象。通常用软化点来表示石油沥青的温度稳定性，即沥青受热由固态转变为具有一定流动态时的温度。软化点越高，表明沥青的耐热性越好，即温度稳定性越好。沥青的软化点不能太低，不然夏季易熔化发软；但也不能太高，否则不易施工，品质太硬，冬季易发生脆裂现象。

(4) 大气稳定性：大气稳定性是指石油沥青在很多不利因素（热、阳光、氧气和潮湿等）的长期综合作用下抵抗老化的性能。沥青的老化是指沥青在大气因素的长期综合作用下，逐渐失去黏滯性、塑性而变硬变脆的现象。石油沥青的大气稳定性常以蒸发损失和蒸发后针入度比来评定。蒸发损失百分数越小和蒸发后针入度比越大，则表示大气稳定性越高，“老化”越慢。

(5) 防水性：石油沥青是憎水性材料，几乎完全不溶于水，而且本身构造致密，与矿物材料表面有很好的黏结力，能紧密黏附于矿物材料表面。同时，还具有一定的塑性，能适应材料或构件的变形，所以石油沥青具有良好的防水性，故广泛用作土木工程的防潮、防水材料。

(四) 砂石

砂石材料是集料和石料的统称，是公路工程中广泛使用的材料。天然石材主要有花岗岩、石灰岩、砂岩、大理岩等几种。石料可以直接或经加工成各种石材用作砌筑基础、挡土墙、护坡、沟渠等部位，也可以加工成各种尺寸的散粒状集料（如碎石、砾石、砂等）用作水泥混凝土、沥青混合料、无机结合料稳定材料等混合料的骨料。砂石材料是公路工程中应用最广、用量最大的建筑材料之一。

1. 碎石

碎石一般采用花岗岩、砂岩、石英岩、玄武岩等，经人工或机械破碎而成。碎石是将天然岩石或砾石经机械破碎、筛分制成的粒径大于 4.75mm 的岩石颗粒。碎石表面粗糙，颗粒多棱角，与水泥浆黏结力强，配制的混凝土强度高，但其总表面积和空隙率较大，拌制混凝土水泥用量较多，拌和物的和易性较差。碎石的颗粒形状对混凝土的质量有重要影响，良好的颗粒形状是接近正方形的小立方体石块，片状或针片状都不宜用以拌制高等级强度的混凝土，如图 1.2.4 所示。



图 1.2.4 碎石

路面常用碎石最大粒径有 1.5cm、2.5cm、3.5cm、5cm、6cm、7cm、8cm，桥梁等结构物常用碎石最大粒径有 2cm、4cm、6cm、8cm。

碎石的表观密度一般为 $2.5\sim 2.7\text{g/cm}^3$ ；处于干燥状态时的堆密度一般为 $1400\sim 1500\text{kg/m}^3$ ；在堆积状态下的空隙率约为 45%。

2. 砂

砂（即通常所指的普通砂）系指自然山砂、河砂、海砂。它是由坚硬的天然岩石经自然风化逐渐形成的疏松颗粒的混合物。砂的主要用途是作为细集料与胶凝材料（包括水泥、石灰等）配制成砂浆或混凝土使用，如图 1.2.5 所示。



图 1.2.5 砂

砂按细度模数 M_x 区分为粗砂、中砂、细砂。粗砂的细度模数 M_x 为 $3.1\sim 3.7$ ，中砂的 M_x 为 $2.3\sim 3.0$ ，细砂的 M_x 为 $1.6\sim 2.2$ 。

砂的密度一般为 $2.6\sim 2.7\text{g/cm}^3$ ；干燥状态下的堆密度一般约为 1500kg/m^3 ；处于干燥状态下的空隙率一般为 35%~45%。

其质量要求如下：

- (1) 颗粒坚硬洁净。
- (2) 黏土、泥灰、粉末等含量不得超过 3%。
- (3) 云母含量不得超过 2%。
- (4) 轻物质含量不得超过 1%。
- (5) 三氧化硫 (SO_3) 含量不得超过 1%。

人工砂是指经人为加工处理得到的符合规格要求的细集料，通常指石料加工过程中采取真空抽吸等方法除去大部分土和细粉，或将石屑水洗得到的洁净的细集料。从广义上分类，机制砂、矿渣砂和煅烧砂都属于人工砂。机制砂由碎石及砾石经制砂机反复破碎加工至粒径小于 2.36mm 的人工砂，亦称破碎砂。

采石场加工碎石时通过最小筛孔（通常为 2.36mm 或 4.75mm）的筛下部分称为石屑，也称筛屑。

三、工程常用混合材料的分类、基本性能及用途

（一）砂浆

砂浆由胶凝材料、细集料和水配制而成，在工程中起黏结、衬垫和传递应力的作用。当胶凝材料

仅为水泥时称为水泥砂浆，胶凝材料由水泥和掺加料共同组成时称为混合砂浆。

1. 砂浆的分类

(1) 按组成材料分类

①石灰砂浆，是由石灰膏、砂和水按一定配比制成，一般用于强度要求不高、不受潮湿影响的砌体和抹灰层；

②水泥砂浆，是由水泥、砂和水按一定配比制成，一般用于潮湿环境或水中的砌体、墙面或地面等；

③混合砂浆，是在水泥或石灰砂浆中掺加适当掺合料，以节约水泥或石灰用量，并改善砂浆的和易性。

(2) 按用途不同分类

①砌筑砂浆，是将砖、石、砌块等块材经砌筑成为砌体的砂浆，它起黏结、衬垫和传力作用，是砌体的重要组成部分；

②抹面砂浆（包括装饰砂浆、防水砂浆），是指涂抹在建筑物和构件表面以及基底材料的表面，兼有保护基层和满足使用要求作用的砂浆；

③黏结砂浆，是由水泥、石英砂、聚合物胶结料配以多种添加剂经机械混合均匀而成。

2. 砂浆的基本性能

砂浆的和易性是指砂浆是否容易在砖石等表面铺成均匀、连续的薄层，且与基层紧密黏结的性质。砂浆的和易性包括流动性和保水性两方面要求，如图 1.2.6 所示。



图 1.2.6 砂浆

(1) 流动性：流动性是指新拌砂浆在自重或外力作用下是否易于流动的性能。砂浆流动性与胶凝材料的种类和用量、用水量以及细集料的种类、颗粒、形状、粗细程度与级配等因素有关，除此之外，也与掺入的混合材料及外加剂的品种、用料有关。

(2) 保水性：保水性是指砂浆保持内部水分的能力。保水性好的砂浆在运输、存放和施工过程中，水分不易从砂浆中离析，砂浆能保持稠度，使砂浆在施工中能均匀地摊铺在砌体中间，形成均匀密实的连接层；保水性不良的砂浆，使用过程中出现泌水、流浆，使砂浆与基底黏结不牢，且由于失水影响砂浆正常的黏结硬化，使砂浆的强度降低。

砂浆保水性与胶凝材料的种类和用量、砂的品种、细度和用水量等因素有关。为提高砂浆的保水性，可在砂浆中掺入石灰膏、粉煤灰等粉状混合材料。

(二) 水泥混凝土

混凝土是由水泥水与粗、细集料按专门设计的配合比,经搅拌、浇筑、养护而得到的一种复合材料。为了调节和改善其工艺性能和力学性能,还可加入各种化学外加剂和磨细的矿质掺合料。水泥在其中起胶凝和填充作用,集料起骨架和密实作用。水泥混凝土具有抗压强度高、就地取材方便和经济性好等特点。

1. 水泥混凝土混合料的性质

水泥混凝土混合料的和易性是指混凝土拌和物易于施工操作(搅拌、运输、浇筑、振捣和表面处理),并获得质量均匀、成型密实的性能。和易性是一项综合技术指标,其包含“流动性”“可塑性”“稳定性”和“易密性”。

(1) 流动性是指新拌混凝土在自重或机械振捣作用下,易于产生流动并能均匀密实填满模具的性质。它反映混凝土拌和物的稀稠程度,是最主要的工艺性质。新拌水泥混凝土的流动性好,操作方便,容易成形和振捣密实。

(2) 可塑性是指新拌混凝土内部材料之间有一定的黏聚力,在自重和一定的外力作用下,不会产生层间脆性断裂,能保持整体完整和稳定的性质。

(3) 稳定性是指新拌水泥混凝土在施工过程中,能保持各组成材料间的相互联系和相对稳定的性能。

(4) 易密性是指新拌水泥混凝土在浇捣过程中,易于形成稳定密实的结构,可以按设计要求布满整个模具和钢筋间隙,而不会留下空隙和缺陷。

影响混凝土拌和物和易性的主要因素包括单位体积用水量、砂率、组成材料的性质、拌和时间 and 温度等。单位体积用水量决定水泥浆的稠度,它是影响混凝土和易性的最主要因素。砂率是指混凝土中砂的质量占砂、石总质量的百分率。组成材料的性质包括水泥的需水量和泌水性、骨料的特性、外加剂和掺合料的特性等几方面。

2. 水泥混凝土混合料的凝结时间

(1) 水泥的水化反应是混凝土产生凝结的主要原因,但是混凝土的凝结时间与配制该混凝土所用水泥的凝结时间并不一致,因为水泥浆体的凝结和硬化过程要受到水化产物在空间填充情况的影响。因此水灰比的大小会明显影响其凝结时间,水灰比越大,凝结时间越长。一般配制混凝土所用的水灰比与测定水泥凝结时间规定的水灰比是不同的,所以这两者的凝结时间有所不同。而且混凝土的凝结时间,还会受到其他各种因素的影响,例如环境温度的变化,混凝土中掺入某些外加剂,如缓凝剂或速凝剂等,将会明显影响混凝土的凝结时间。

(2) 水泥混凝土拌和物的凝结时间通常是用贯入阻力法进行测定的。所使用的仪器为贯入阻力仪,先用5mm筛孔的筛从拌和物中筛取砂浆,按一定方法装入规定的容器中,然后每隔一定时间测定砂浆贯入一定深度时的贯入阻力,绘制贯入阻力与时间的关系曲线,以贯入阻力为3.5MPa及28MPa划两条平行于时间坐标的直线,直线与曲线交点的时间即分别为混凝土拌和物的初凝和终凝时间。

(3) 影响水泥混凝土凝结时间的因素

- ①气温:气温越高,凝结时间越快。
- ②水泥品种:掺有混合料的水泥凝结时间较长。
- ③混凝土等级强度:其他条件相同时,混凝土凝结时间随着等级强度的提高而缩短。
- ④水灰比:随着水灰比增高,凝结时间延长。
- ⑤坍落度:一般坍落度增加,凝结时间可以延长。
- ⑥外加剂:掺入少量缓凝剂可以延长混凝土初凝时间和终凝时间。
- ⑦养护环境:水中混凝土比空气中的凝结时间长。

3. 水泥混凝土的力学性质

水泥混凝土受外力作用时，其内部产生的拉应力在具有几何形状为楔形的微裂缝顶部形成应力集中，随着拉应力的逐渐增大，导致微裂缝的进一步延伸、汇合、扩大，最后形成可见的裂缝，试件产生破坏。

强度是混凝土硬化后的主要力学性质。《混凝土物理性能试验方法标准》GB/T 50081—2019 相关规定，混凝土强度有立方体抗压强度、轴心抗压强度、劈裂抗拉强度、抗弯拉强度等。

(1) 混凝土立方体抗压强度：混凝土立方体抗压强度（简称“立方体抗压强度”）是指按照国家标准《混凝土物理性能试验方法标准》GB/T 50081—2019，制作边长为 150mm 的立方体试件，在标准条件（温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 95% 以上）下，养护到 28d 龄期，按照标准的测定方法测得的抗压强度值，以 f_{cu} 表示。

混凝土立方体抗压强度标准值指用标准试验方法测定的抗压强度总体分布中的一个值，强度低于该值的百分率不超过 5%（即具有 95% 保证率的抗压强度），以 N/mm^2 即 MPa 计。立方体抗压强度标准值以 $f_{\text{cu},k}$ 表示。

混凝土强度等级是根据“立方体抗压强度标准值”来确定的。强度等级表示方法是用符号“C”（Concrete 的缩写）和立方体抗压强度标准值（单位为 MPa）两项内容表示（例如“C30”即表示立方体抗压强度标准值 $f_{\text{cu},k}=30\text{MPa}$ 的混凝土）。普通混凝土按立方抗压强度标准值划分为：C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75 和 C80 14 个强度等级。

(2) 混凝土的轴心抗压强度：为了使测得的混凝土强度接近于混凝土结构的实际情况，在钢筋混凝土结构计算中，计算轴心受压构件（例如柱子、桁架的腹杆等）时，都是采用混凝土的轴心抗压强度 f_{cp} 作为依据。

轴心抗压强度是测定尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 棱体试件的抗压强度，在试验中该尺寸的试件将比立方体试件更好地反映混凝土结构的实际受力状况，轴心抗压强度与立方体抗压强度之比为 0.7~0.8。

(3) 混凝土的劈裂抗拉强度：混凝土的抗拉强度只有抗压强度的 1/20~1/10，且随着混凝土强度等级的提高，比值有所降低，也就是当混凝土强度等级提高时，抗拉强度的增加不及抗压强度提高得快。抗拉强度对混凝土的抗裂性起着重要作用，有时也用抗拉强度间接衡量混凝土与钢筋的黏结强度，或用于预测混凝土构件由于干缩或温缩受约束而引起的裂缝。

(4) 混凝土的抗弯拉强度：道路水泥混凝土的抗弯拉强度，也称为抗折强度，是以标准方法制备成 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 550\text{mm}$ 的梁形试件，在标准条件下，经养护 28d 后，按三分点加荷方式测定，抗弯拉强度以 f_{ct} 表示。

在道路和机场工程中，混凝土路面结构主要承受荷载的弯拉作用，因此抗弯拉强度是混凝土路面结构设计和质量控制的主要指标，而将抗压强度作为参考指标。

(5) 影响混凝土强度的因素：混凝土的强度主要取决于水泥石强度及其与骨料表面的黏结强度，而水泥石强度及其与骨料的黏结强度又与水泥强度等级、水灰比及骨料性质有密切关系。此外混凝土的强度还受施工质量、养护条件及龄期的影响。

4. 水泥混凝土的耐久性

水泥混凝土的耐久性是指混凝土在实际使用条件下抵抗各种破坏因素作用，长期保持强度和外观完整性的能力。混凝土的耐久性是一个综合性概念，包括混凝土的抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性、碳化反应、碱集料反应等。

(1) 抗渗性：抗渗性是指混凝土抵抗水、油等液体在压力作用下渗透的性能，一般采用抗渗等级表示混凝土的抗渗性。影响混凝土抗渗性的因素有水灰比、水泥品种、骨料的粒径、养护方法、外加剂及掺合料等，其中水灰比对抗渗性起到决定性作用。

(2) 抗冻性：混凝土的抗冻性是指混凝土在水饱和状态下，经受多次冻融循环作用，能保持强度和外观完整性的能力。抗冻性是评定混凝土耐久性的主要指标。混凝土抗冻性一般以抗冻等级表示。混凝土的密实度、孔隙的构造特征是影响抗冻性的重要因素。密实或具有封闭孔隙的混凝土、其抗冻性较好。提高混凝土抗冻性最有效的方法是采用加入引气剂、减水剂和防冻剂。

(3) 抗侵蚀性：当混凝土所处环境中含有侵蚀性介质时，混凝土便会遭受侵蚀，通常有软水侵蚀、硫酸盐侵蚀、镁盐侵蚀、碳酸侵蚀、一般酸侵蚀与强碱侵蚀等。混凝土的抗侵蚀性与所用水泥的品种、混凝土的密实程度和孔隙特征有关。密实和孔隙封闭的混凝土，环境水不易侵入，则其抗侵蚀性较强。

(4) 混凝土的碳化（中性化）：混凝土的碳化作用是二氧化碳与水泥中的氢氧化钙作用，生成碳酸钙和水。碳化引起水泥化学组成及组织结构的变化，从而使混凝土的碱度降低，减弱了混凝土对钢筋的保护作用。影响混凝土碳化的主要因素有二氧化碳浓度、环境湿度、混凝土密实度、水泥品种和掺合料用量等。

(5) 碱-集料反应（简称“AAR”）：碱-集料反应是指混凝土内水泥中的碱性氧化物（此处专指氧化钠和氧化钾）含量较高时，它会与集料中所含的活性二氧化硅发生化学反应，并在集料表面生成一层复杂的碱-硅酸凝胶，这种凝胶吸水后，会产生很大的体积膨胀（约增大3倍），从而导致混凝土胀裂，这种现象称为碱-集料反应。碱-集料反应会导致公路路面或大型桥梁墩台的开裂和破坏，并且这种破坏会持续发展，因此对水泥混凝土用砂石料的碱活性问题，必须引起足够重视。

(6) 提高混凝土耐久性的措施：混凝土耐久性主要取决于组成材料的质量及混凝土密实度。因此，可根据工程环境及要求，合理选用水泥品种；控制水灰比及保证足够的水泥用量；选用质量良好、级配合理的骨料和合理的砂率；掺用合适的外加剂等措施提高混凝土耐久性。

5. 水泥混凝土外加剂

混凝土外加剂是指在拌制混凝土过程中掺入的用于改善新拌混凝土或硬化混凝土性能的材料。在混凝土中应用外加剂，具有投资少、见效快、技术经济效益显著的特点。混凝土外加剂的质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 及相关的外加剂行业标准的有关规定。

(1) 外加剂的分类：外加剂种类繁多，功能多样，所以国内外分类方法很不一致，按其主要功能分为四类：

- ①改善混凝土拌和物流变性能的外加剂，包括各种减水剂、引气剂和泵送剂等。
- ②调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂，包括缓凝剂、早强剂和速凝剂等。
- ③改善混凝土耐久性的外加剂，包括引气剂、防水剂、防冻剂和阻锈剂等。
- ④改善混凝土其他性能的外加剂，包括加气剂、膨胀剂、着色剂等。

(2) 常用混凝土的外加剂

①减水剂是指在保持混凝土稠度不变的条件下，具有减水增强作用的外加剂。它是一种表面活性剂，加入混凝土中能对水泥颗粒起分散作用，从而把水泥凝聚体中所包含的水释放出来，使水泥得到充分水化。

②早强剂是指能提高混凝土早期强度，并对后期强度无显著影响的外加剂。通过对水泥水化过程所产生的综合的物理、化学作用，能显著提高混凝土拌和物的工艺性能和硬化混凝土的物理力学性能。早强剂多用于抢修工程和混凝土的冬季施工。炎热条件及环境温度低于 -5°C 时不宜使用早强剂，其也不宜用于大体积混凝土。

③引气剂是指在混凝土搅拌过程中加入引气剂，能引入大量分布均匀的微小气泡，阻塞有害的毛细孔通道，从而减少拌和物的泌水离析，改善和易性，提高抗渗性、抗冻性和耐久性。引气剂可用于抗冻、防渗、抗硫酸盐混凝土、泌水严重的混凝土、贫混凝土以及对饰面有要求的混凝土和轻骨料混凝土，不宜用于蒸养混凝土和预应力混凝土。

④膨胀剂是指与水泥、水拌和后经水化反应生成钙矾石、钙矾石和氢氧化钙或氢氧化钙，使混凝土产生膨胀的外加剂。主要用于补偿混凝土收缩，常与减水剂一起配制地脚螺栓灌浆料，设备安装时的坐浆材料及混凝土接头等，还可用于防水工程，防止大体积混凝土的收缩裂缝，也可用于预应力混凝土，调整掺量以控制膨胀值。

⑤速凝剂主要用于冬季滑模施工及喷射混凝土等需要速凝的混凝土工程。

⑥缓凝剂是指延缓混凝土凝结时间，并对后期强度发展无不利影响的外加剂，主要用于大体积混凝土、炎热条件下施工的混凝土、长距离运输的混凝土和某些在施工操作上需要混凝土处理时间保持较长的项目，不宜单独用于蒸养混凝土。

6. 水泥混凝土的配合比设计

(1)混凝土配合比设计的基本要求：混凝土的配合比就是混凝土中各组成材料相互间的配合比例，其实质就是要在满足混凝土和易性、强度、耐久性以及尽可能经济的条件下，比较合理地确定水泥、水、砂、石子四者的用量比例关系。因此，配合比设计的基本要求为：

- ①满足结构物设计的强度等级要求。
- ②满足混凝土施工的和易性要求。
- ③满足结构物混凝土所处环境耐久性要求。
- ④在满足上述条件下做到节约水泥和降低混凝土成本，即满足经济性要求。

(2) 混凝土配合比设计的步骤

①初步配合比计算：根据混凝土的性能要求，针对具体原材料试验数据，根据标准给出的公式、经验图表，初步确定各材料的配合比关系。

a. 确定混凝土配制强度，即为确保一定成功率，混凝土配制强度要比强度等级要求的混凝土立方体抗压强度标准值高，具体按数理统计方法来确定，也就是让混凝土配制强度大于或等于正态分布曲线中混凝土立方体抗压强度总体分布的平均值。

b. 确定水灰比，即水灰比的选择一方面要考虑混凝土强度的要求，另一方面要考虑混凝土耐久性的要求。

c. 确定用水量，即根据水灰比的不同情况查表或现场试验或计算确定。

d. 水泥用量，即根据混凝土用水量及水灰比计算水泥用量后，再根据耐久性要求最终确定水泥用量。

e. 砂率的确定，即根据坍落度的不同查表确定或试验确定混凝土的砂率值。

f. 粗集料及细集料用量的确定，即粗集料及细集料用量通过采用重量法或体积法计算确定。

②基准配合比设计：基准配合比主要是满足和易性，即按照设计混凝土所用原材料进行小批量的试拌，通过和易性的调整进行必要的校正。

初步配合比是根据经验公式和经验图表估算而得，因此不一定符合实际情况，必须通过试拌调整。当不符合设计要求时，需通过调整使和易性满足施工要求。根据初步配合比按规定试拌一定量混凝土，先测定混凝土坍落度，同时观察黏聚性和保水性。如不符合要求，按下列原则进行调整：

a. 当坍落度小于设计要求时，可在保持水灰比不变的情况下，增加用水量和相应的水泥用量（即增加水泥浆用量）。

b. 当坍落度大于设计要求时，可在保持砂率不变的情况下，增加砂、石用量（相当于减少水泥浆用量）。

c. 当黏聚性和保水性不良时（通常是砂率不足），可适当增加砂用量，即增大砂率。

d. 拌和物的砂浆量过多时，可单独加入适量石子，即降低砂率。

③试验室配合比设计：试验室配合比主要是满足强度、耐久性、经济性的要求，一般要采用三组以上的配合比进行试验，通过实测强度、耐久性后，选择强度、耐久性满足要求而 W/C 较大的一组配合比作为试验室配合比。

在和易性满足要求的基准配合比的基础上保持用水量不变，水灰比分别增加和减少 0.05 后再配制两组混凝土试件，砂率可分别增加和减少 1%。对水灰比不变、增加 0.05、减少 0.05 三组配合比的混凝土已成型强度试件，标准条件下养护 28d 后测抗压强度。当对混凝土耐久性有要求时，则制作相应试件，通过综合对比决定既能满足强度又能满足耐久性，且水泥用量最少的配合比作为试验室配合比。

④施工配合比换算：进行混凝土施工配合比计算时，其计算公式和有关参数表格中的数值均以干燥状态集料（指含水率小于 0.5% 的细集料或含水率小于 0.2% 的粗集料）为基准，但现场施工所用砂、石料常含有一定的水分，因此需对配合比进行修正。

（三）沥青混合料

沥青混合料是一种黏弹塑性材料，是由矿料（粗集料、细集料和填料）与沥青拌和而成的混合料。它具有良好的力学性能，一定的高温稳定性和低温抗裂性，修筑路面不需设置接缝，行车较舒适，而且施工方便、速度快，能及时开放交通，并可再生利用。因此，沥青混合料是高等级道路修筑中的一种主要路面材料。

1. 沥青混合料的分类

（1）按混合料最大颗粒尺寸不同，可分为粗粒（35~40mm 以下）、中粒（20~25mm 以下）、细粒（10~15mm 以下）、砂粒（5~7mm 以下）等数类。

（2）按矿料级配组成及空隙率大小可分为连续密级配（空隙率 3%~6%）、半开级配（空隙率 6%~12%）、开级配（空隙率 18%~25%）和间断级配沥青混合料。

（3）按矿料的组成不同，可分为密实-悬浮结构（如 AC-I）、骨架-空隙结构（如 OGFC）和密实-骨架结构（如 SMA）。

（4）按制造工艺可分为热拌沥青混合料、冷拌沥青混合料和再生沥青混合料等。

2. 沥青混合料的基本性能

沥青混合料作为沥青路面的面层材料，承受车辆行驶反复荷载和气候因素的作用，而胶凝材料沥青具有抗高温变形、抗低温脆裂、抗滑、耐久等性能和施工和易性。

（1）高温稳定性：高温稳定性即沥青路面抵抗流动变形的能力，为了能够更好地保证沥青路面在高温季节行车荷载反复作用下不致产生诸如波浪、推移、车辙、拥包等病害。

（2）低温抗裂性：低温抗裂性指的是沥青路面抵抗低温收缩裂缝的能力，在低温时应具有较低劲度和较大的抗变形能力来满足低温抗裂性能。

（3）疲劳特性：沥青路面在使用过程中，受到车辆荷载的反复作用，或者受到环境温度交替变化所产生的温度应力作用，长期处于应力应变反复变化的状态。随着荷载作用次数的增加，材料内部缺陷、微裂纹不断扩展，路面结构强度逐渐衰减，直至最后发生疲劳破坏，路面出现裂缝。

（4）耐久性：耐久性是指沥青混合料在使用过程中抵抗环境因素及行车荷载反复作用的能力，包括沥青混合料的抗老化性和水稳定性等综合性能。

（5）抗滑性：沥青路面的抗滑性对于保障道路交通安全至关重要，而沥青路面的抗滑性能必须通过合理选择沥青混合料组成材料、正确的设计与施工来保证。沥青路面的抗滑性与集料的表面结构、级配组成、沥青用量等因素有关。

（6）施工和易性：沥青混合料应具备良好的施工和易性，在拌和、摊铺与碾压过程中，集料颗粒应保持分布均匀，表面被沥青膜完整裹覆，并能被压实到规定的密度，这是保证沥青路面使用质量的必要条件。

影响施工和易性的因素很多，如气温、混合料性质及施工机械条件等。从混合料的材料性质来看，影响施工和易性的是混合料的级配和沥青用量。

四、工程常用施工机械的分类和应用

(一) 土石方工程机械

1. 推土机

推土机主要对土石方或散状物料进行切削或短距离搬运，是一种自行铲土、运输的机械，具有操作灵活、运转方便、所需工作面小等特点。

(1) 推土机的分类

- ①按照行走装置的不同，可分为履带式 and 轮胎式两大类。
- ②按照推土板（或称铲刀）安装方式的不同，可分为固定式和回转式两种。
- ③按照推土板操纵方式的不同，可分为机械式操纵和液压式操纵两种。
- ④按照发动机额定功率的不同，用于公路施工的推土机分为中型（59 ~ 103kW）、大型（118 ~ 235kW）和特大型（大于 235kW）3 种。

(2) 推土机的应用：公路施工季节性较强，工程量比较集中，施工条件较差，多采用大中型履带式推土机，主要用于 50~100m 短距离作业，如路基修筑、基坑开挖、平整场地、清除树根、堆集石渣等作业，此外还可进行局部碾压，给铲运机助铲和预松土，以及牵引各种拖式土方机械等作业。推土机的主要作业方式有直铲作业、斜铲作业、侧铲作业、松土器的劈松作业。

推土机上坡推土时采用最小经济运距，下坡推土时则采用最大经济运距。推土机的经济运距选择合适，才能发挥推土机的最大效能。正常情况下，推土机在运距 100m 以内生产率较高，超过 100m 生产率将大幅度下降。在经济运距内，推土机比铲运机有更高的生产效率。推土机如图 1.2.7 所示。



图 1.2.7 推土机

2. 挖掘机

挖掘机主要用于土石方的挖掘装载，包括单斗挖掘机和多斗（轮斗式）挖掘机，筑路一般使用单斗挖掘机。单斗挖掘机是用一个刚性或挠性连续铲斗，以间歇重复的循环进行工作，是一种周期作业自行式土方机械。

(1) 单斗挖掘机的分类

- ①按行走装置的不同，单斗挖掘机可分为履带式、轮胎式和汽车式 3 种。
- ②按动力装置不同，可分为内燃机驱动、电力驱动和复合驱动 3 种。
- ③按传动方式的不同，可分为机械传动、液压传动和混合传动 3 种。
- ④按工作装置的不同，可分为正铲挖掘机、反铲挖掘机、拉铲挖掘机、抓斗挖掘机 4 种。

a. 正铲挖掘机的挖土特点是：前进向上，强制切土。其挖掘力大，生产率高，可开挖停机面以上的 I ~ IV 类土。

b. 反铲挖掘机的挖土特点是：后退向下，强制切土。其挖掘力比正铲小，可开挖停机面以下 I ~ II 类土，深度在 4m 左右的基坑、基槽、管沟，也可用于地下水位较高的土方开挖。

c. 拉铲挖掘机的挖土特点是：后退向下，自重切土。其挖土深度和挖土半径均较大，可开挖停机面以下的 I ~ II 类土，但不如反铲挖掘机灵活准确。适用于开挖大型基坑及水下挖土。

d. 抓斗挖掘机的挖土特点是：直上直下，自重切土。其挖掘力较小，只能开挖 I ~ II 类土，用于开挖窄而深的独立基坑和基槽、沉井，适用于水下挖土，是地下连续墙施工挖土的专用机械。

(2) 单斗挖掘机的应用：筑路一般使用单斗挖掘机。单斗挖掘机具有挖掘能力强、通用性好、能适应不同作业要求的特点。单斗挖掘机又分为建筑型、剥离型和隧道型。建筑型单斗挖掘机多数斗容量一般在 2m^3 以下，也有斗容为 $2\sim 6\text{m}^3$ 的。单斗挖掘机适用于挖掘 I ~ IV 级土及爆破后的 V ~ VI 级岩石；剥离型单斗挖掘机有履带式和步行式，履带式为正铲工作装置，可开挖 I ~ IV 级土壤；步行式工作装置为拉铲，适用于在松软、沼泽地面工作。在公路工程施工中，遇到开挖量较大的路堑时，选用挖掘机配合运输车辆组织施工比较合理。单斗挖掘机如图 1.2.8 所示。



图 1.2.8 单斗挖掘机

3. 装载机

装载机是以带铲斗为工作部件的装载移动机械，它主要用来铲、装卸、运散装物料，也可对岩石、硬土进行轻度铲掘作业，短距离转运工作。在较长距离的物料转运工作中，它往往与运输车辆配合，以提高工作效率。

装载机生产能力主要根据其发动机功率确定，一般按小于 74kW、74~147kW、147~515kW 和大于 515kW 分为 4 种生产能力，也可按铲斗容量确定生产能力。

(1) 装载机的分类

- ①按工作装置作业形式的不同，可分为单斗式、挖掘装载式及斗轮式 3 种。
- ②按动臂形式的不同，可分为全回转式、半回转式和非回转式 3 种。
- ③按本身结构特点的不同，可分为刚性式和铰接式两种。
- ④按行走装置特点的不同，可分为轮胎式和履带式两种。

(2) 装载机的应用：装载机常用于公路工程施工中土、石方铲运，以及推土、起重等多种作业，特别是高等级公路施工中装载机主要用于工程的填挖，沥青和水泥混凝土料场的集料、装料等作业。在运距不大或运距和道路坡度经常变化的情况下，如采用装载机与自卸汽车配合装运作业，会使工效下降、费用增高，在这种情况下，可单独采用装载机作为自铲运设备使用。装载机如图 1.2.9 所示。



图 1.2.9 装载机

4. 平地机

平地机是一种装有以铲土刮刀为主，配有其他多种可换作业装置，进行土地平整和整形连续作业的筑路机械。

(1) 平地机的分类：按行走方式的不同，可分为拖式和自行式两类。拖式因机动性差，操作费力，已很少使用。自行式平地机具有轮胎行走装置，机动灵活，生产率高，被广泛采用。

平地机的生产能力按刮刀长度和发动机功率确定，分别为①轻型：刮刀长度小于 3m，发动机功率 44~66kW；②中型：刮刀长度 3~3.7m，发动机功率 66~110kW；③重型：刮刀长 3.7~4.2m，发动机功率 110~220kW。

(2) 平地机的应用：平地机主要用于路基、砂砾路面的整平，及土方工程中场地整形和平地作业，还可用于修整路基的横断面、修刮路堤和路堑的边坡、开挖边沟和路槽等。此外还可用来在路基上拌和稳定土或其他路面材料、摊铺材料，修整和养护土路、松土、回填、清除杂草和积雪等。平地机如图 1.2.10 所示。



图 1.2.10 平地机

5. 拖拉机

(1) 拖拉机的分类

- ①按行走装置不同，可分为履带式拖拉机和轮胎式拖拉机两大类。
- ②按照传动方式不同，可分为机械传动、静液压传动和电力传动 3 种。
- ③按发动机的额定功率大小可分为小型（75kW）、中型（75~170kW）、大型（170~375kW）、特大型（ ≥ 375 kW）4 种。

(2) 拖拉机的应用：拖拉机主要用途如下：

- ①牵引拖式土方机械，如松土机、平地机、铲运机、碾压机械等，进行土方施工作业。在牵引作

业的同时，还可输出动力，并对上述机械进行操纵。

- ②作为基础车与各种悬挂装置组成推土机、装载机、除荆机、拔根堆集机等工程机械。
 - ③牵引挂车进行短距离运输作业。
 - ④进行局部碾压作业。
 - ⑤作为临时动力站，输出动力，驱动发电机、水泵等机械。
 - ⑥与拖式起重机组合作为起重装卸设备。
- 拖拉机如图 1.2.11 所示。



图 1.2.11 拖拉机

6. 压实机械

(1) 压实机械的分类：按照压实力的作用原理，可分为静作用碾压机械、振动碾压机械和夯实机械 3 类。如图 1.2.12 所示。



图 1.2.12 压路机

①静作用碾压机械包括各种型号的光轮压路机、轮胎压路机（简称轮胎碾）、羊足压路机（简称羊足碾）、凸块压路机（简称凸块碾）及各种拖式压滚等。

压实机械按工作质量和振动冲击质量来确定压路机的生产能力。按工作质量分为轻型、中型、重型和超重型，主要有 2Y6/8 与 2Y8/10 型二轮轴式压路机和 3Y10/12A 与 3Y12/15A 型三轮轴式压路机。轮胎式压路机最常用的，其工作质量为 16~45t，拖式压路机最大工作质量可达 200t。

②振动碾压机械：振动碾压机械，简称振动碾，包括各种拖式和自行振动式。

a. 单钢轮振动压路机工作质量多为 10~25t 或 30~50t 级，随着高速公路的发展，大吨位的振动压

路机被广泛使用。

b. 双钢轮振动压路机工作质量主要有轻型（2~4t）、中型（5~8t）和重型（10~14t）3类。

③夯实机械：主要用于夯实土壤，可分为振动夯实和冲击夯实两类。主要用于狭窄工作面的土层压实。

a. 冲击式打夯机可以夯实厚度达1~1.5m或更厚的土壤，按其打击能量分轻型（0.8~1kJ）、中型（1~10kJ）、重型（10~50kJ）3类。

b. 振动打夯机：按其质量分为轻型（< 2t）、中型（2~4t）和重型（4~8t）3类。

(2) 压实机械的应用

①光轮振动压路机最适用于压实非黏土壤、碎石、沥青混凝土及沥青混凝土铺层见表 1.2.2。

表 1.2.2 光轮压路机按其质量的应用范围表

按重量分类	加载后重量 (t)	单位线压力 (kPa)	应用范围
特轻型	> 0.5~2.0	> 800~2000	压实人行道和修补沥青类路面
轻型	> 2~5	> 2000~4000	压实人行道、沥青表处层、土路基等
中型	> 5~10	> 4000~6000	压实路面、砾石 / 碎石基层、沥青混合料层
重型	> 10~15	> 6000~8000	砾石、碎石类基层、沥青混合料层的终压
特重型	> 15~20	> 8000~12000	压实大块石填筑的路基和碎石结构层

②羊足或凸块式振动压路机既可压实非黏土，又可压实含水量不大的黏性和细粒砂砾石混合料，见表 1.2.3。

表 1.2.3 振动压路机按其质量的应用范围表

质量和形式	块石	砂砾石		粉土、粉质土、冰碛土		黏土	
		优良级配	均匀粒级	粉质砂粉质 砾石冰碛土	粉土砂质粉土	低、中强 黏粉土	高强度黏土
3t 以下光轮		可用	可用	可用	可用		
3~5t 光轮		适用	适用	可用	可用	可用	
5~10t 光轮	可用	适用	适用	适用	可用	可用	可用
10~15t 光轮	适用	适用	适用	适用	可用	可用	可用
振动凸块式			可用	可用	适用	适用	适用
振动羊脚式			可用	可用	可用	适用	适用

③ YZ（单钢轮）系列振动压路机主要用于各种材料的基础层、次基础层及填方的压实作业。

④ YZC（双钢轮）系列振动压路机主要用于高等级公路、机场、停车场及工业性场院等工程施工中的沥青混凝土、水泥混凝土等面层的压实，也适用于大型基础、次基础及路堤填方的压实。

⑤ XP（轮胎）系列压路机主要适用于各种材料的基础层、次基础层、填方及沥青面层的压实作业。

⑥ 3Y、2Y（静碾）钢轮系列压路机主要适用于各种材料的基础层及面层的压实作业。

（二）路面施工机械

路面工程机械主要有稳定土拌和机及厂拌设备、沥青乳化机及乳化设备、沥青混凝土搅拌设备及摊铺机、水泥混凝土搅拌设备及摊铺机等。

1. 稳定土拌和机及厂拌设备

（1）稳定土拌和机：稳定土拌和机的生产能力由拌和宽度、深度和工作行进速度决定。一般的拌和宽度为 2100mm，拌和深度为 100~485mm，工作速度小于 1.5km/h。主要适用于路拌法施工。稳定土拌和机如图 1.2.13 所示。



图 1.2.13 稳定土拌和机

（2）稳定土厂拌设备：稳定土厂拌设备是将土（或碎石土、砾石土、天然料）、碎石、砾石、碎砾石和无机结合料（水泥、石灰、粉煤灰）、水等材料按施工配合比，在固定地点拌和均匀的专用设备，如图 1.2.14 所示。

稳定土厂拌设备分为移动式、固定式等结构形式。其广泛用于公路和城市道路的基层、底基层施工。移动式厂拌设备多用于工程分散、频繁移动的公路施工工程；固定式厂拌设备适用于城市道路施工或工程量大且集中的施工工程。



图 1.2.14 稳定土厂拌设备

2. 沥青乳化机及乳化设备

（1）沥青乳化机：沥青乳化机是将沥青破碎成微小的颗粒，稳定而均匀地分散到含有乳化剂的水溶液中，形成水包油液体的机械，沥青乳化机同时也是沥青乳化设备的关键部分。根据所采用的力学作用原理不同，沥青乳化机的构造形式不同，常用的有搅拌式、胶体磨式、喷嘴式 3 种。沥青乳化机如图 1.2.15 所示。

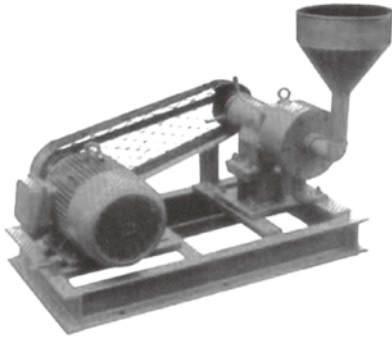


图 1.2.15 沥青乳化机

(2) 沥青乳化设备：沥青乳化设备是对完成从原料投入到产品储存这一连续作业过程中所需的成套沥青乳化机械的总称。沥青乳化设备根据沥青和乳化剂进入乳化机时的状态不同，分为开式系统和闭式系统两种。沥青乳化设备如图 1.2.16 所示。



图 1.2.16 沥青乳化设备

3. 沥青混凝土搅拌设备

沥青混凝土搅拌设备是将砂石料烘干、加热、筛分、计量，并加入适量的填充料，与热沥青液按一定配合比均匀搅拌成沥青混合料的设备，如图 1.2.17 所示。

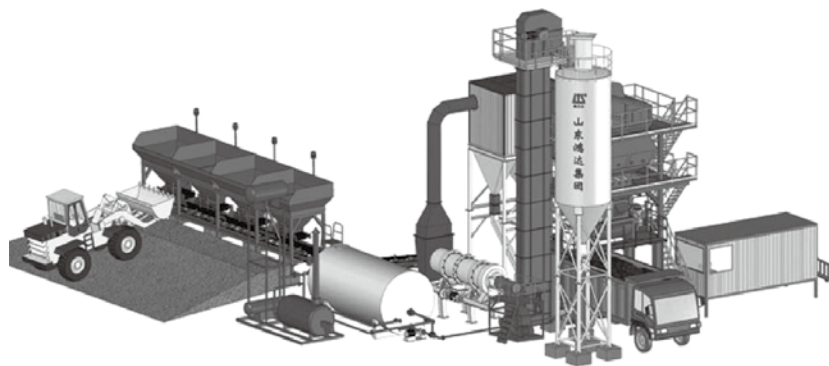


图 1.2.17 沥青混合料拌和设备

(1) 沥青混凝土搅拌设备的分类

①沥青混凝土搅拌设备分为间歇式和连续滚筒式。间歇式搅拌机又分为强制式和自落式。强制式就是搅拌机的搅拌叶强制将物料拌和均匀；自落式的搅拌机是将物料升到一定高度，然后让它自由下落，达到拌和的目的。

强制间歇式搅拌设备的特点是冷矿料的烘干、加热与热沥青的拌和，先后在不同的设备中进行。连续滚筒式搅拌设备的特点是冷矿料的烘干、加热与热沥青的拌和在同一滚筒内连续进行。

②沥青混合料拌和设备的生产能力按每小时拌和成品料的数量确定。间歇式搅拌设备的生产能力最高达 700t/h，连续滚筒式搅拌设备的生产能力最高达 1200t/h。

(2) 沥青混凝土搅拌设备的应用：按我国目前规范要求，高等级公路建设应使用强制间歇式搅拌设备，连续滚筒式搅拌设备用于普通公路建设。

4. 沥青混凝土摊铺设备

(1) 沥青混凝土摊铺机的分类

①沥青混凝土摊铺机按行走方式可分为自行式和拖式两种，自行式摊铺机又可分为履带式、轮胎式及复合式 3 种。

②沥青混凝土摊铺机的生产能力是以其最大摊铺宽度确定，如图 1.2.18 所示。



图 1.2.18 沥青混合料摊铺机

(2) 沥青混凝土摊铺设备的应用：沥青混合料摊铺设备是将拌制好的沥青混合料均匀地摊铺在已修整和平整的路面基层上的专用设备。其原理是利用螺旋输送器将混合料铺开，然后由振捣梁对铺开的料层进行初步捣实，用熨平装置完成加热熨平整型工作。

最大摊铺宽度小于 3600mm 的摊铺机主要用于路面养护和城市街道路面修筑工程；

最大摊铺宽度在 4000~6000mm 的摊铺机主要用于一般公路路面的修筑和养护；

最大摊铺宽度在 7000~9000mm 的摊铺机主要用于高等级公路路面工程；

摊铺宽度大于 9000mm 的摊铺机，主要用于业主要求的高速公路路面施工。

5. 水泥混凝土搅拌设备

(1) 水泥混凝土搅拌设备的分类：水泥混凝土搅拌设备分为水泥混凝土搅拌机和水泥混凝土搅拌站（楼）两大类。

①混凝土搅拌机是将一定配合比的水泥、砂、石、集料和水及外掺剂等拌制成混凝土的机械，如图 1.2.19 所示。与人工拌制混凝土相比，其既能提高生产率、加快工程进度，又能减轻劳动强度和提高混凝土质量。



图 1.2.19 混凝土搅拌机

②混凝土搅拌站是一种将水泥、砂、石、外掺剂和水按一定的配合比自动拌制塑性和流态混凝土的成套机械，如图 1.2.20 所示。



图 1.2.20 混凝土搅拌站

(2) 水泥混凝土搅拌设备的应用：强制式搅拌设备可拌制低塑性混凝土，适用于水泥混凝土路面工程等。混凝土搅拌站在混凝土工程量大、浇筑强度高、施工周期长、施工地点集中的大中型工程中被广泛应用。

6. 水泥混凝土摊铺机

(1) 水泥混凝土摊铺机的分类：水泥混凝土摊铺机按施工方法不同可分为轨道式和滑模式。

①轨道式水泥混凝土摊铺机是靠固定在路基上的轨道、模板来控制摊铺厚度和平整度的。一般由布料机、振实机、整平机、表面抹光机等组成。

②滑模式摊铺机是将各作业装置装在同一机架上，通过位于模板外侧的行走装置随机移动滑动模板，按照要求使路面板挤压成形。并可实现多种功能的摊铺，如路肩、路缘石等。

(2) 水泥混凝土摊铺机的应用：水泥混凝土摊铺机是将搅拌好的水泥混凝土均匀地摊铺在路面基层上，然后经过振实、整平和抹光等作业程序，完成水泥混凝土路面铺筑成型的路面机械，如图 1.2.21 所示。



图 1.2.21 水泥混凝土摊铺机

(三) 桥梁施工机械

1. 桥梁基础施工机械

(1) 钻孔设备：钻孔设备有全套冲击钻机、旋转钻机、螺旋钻机、冲击钻机、回转斗钻机、液压旋挖钻孔机等。钻孔机械的选型宜根据孔径、孔深、桩位处的水文和地质情况、施工环境条件等因素综合确定。钻孔机如图 1.2.22 所示。



图 1.2.22 钻孔机

- ①全套管钻机：主要用于大型桥梁钻孔桩的钻孔施工。
- ②旋转钻机：旋转钻机根据其钻孔装置可分为有钻杆机和无钻杆机（潜水钻机），根据排渣方式可分为正循环钻机和反循环钻机。
- ③螺旋钻机：适用于灌注桩、深层搅拌桩、混凝土预制桩钻打结合法等工艺，适用土质的地质条件。

④冲击钻机：适用于灌注桩钻孔施工，尤其在卵石、漂石地质条件下具有明显的优点。

⑤回转斗钻机：适用于除岩层外的各种土质地质条件。

⑥液压旋挖钻机：适用于除岩层、卵石、漂石地质外的各种土质地质条件，特别是在市政桥梁及场地受限的工程中使用。

(2) 桩工机械：桩工机械分为冲击式打桩机械和振动打桩机械两大类。常用的冲击式打桩机械有蒸汽打桩机、柴油打桩机、液压打桩机、振动沉拔桩机、静压沉桩机等。生产能力由桩锤重力、冲击能量和桩的大小决定。公路建设中多用机械振动打拔桩机，它具有施工速度快、使用方便、施工费用低、施工噪声小、没有其他公害污染、结构简单、维修保养方便，可同时进行打桩和拔桩作业等特点。打桩机如图 1.2.23 所示。

①柴油打桩机是把柴油桩锤安装在打桩架上构成。柴油锤结构简单，使用方便，是目前最广泛采用的打桩设备。

②振动打桩机。振动打桩机产生振动力的机械称为振动锤，利用桩体产生高频振压进行沉桩和拔桩。振动锤根据动力源分为电动式和液压式两种。根据振动器偏心块的转轴产生的振动频率分为低频、中频、高频、超高频。根据不同的地质条件进行选型，生产能力由电动机动力和地质条件决定。



图 1.2.23 打桩机

2. 桥梁上部施工机械

(1) 预应力张拉成套设备：预应力张拉成套设备主要由千斤顶、油泵车、卷管机、穿索机和压浆机组成。其能力由张拉千斤顶的吨位和锚具强度决定。专用液压千斤顶是专用的张拉工具，在制作预应力混凝土构件时，对预应力钢筋施加张力。专用液压千斤顶多为双作用式，常用的有离心式和锥锚式两种。

(2) 架桥设备：用于桥梁钢筋混凝土结构梁的吊装，主要有导梁式、缆索式和专用架桥设备。

①导梁式架桥设备：贝雷片组装成导梁的架桥设备通常称为“公路常备架桥设备”；用万能杆件组装成导梁的架桥设备在国内使用也较为普遍，可适应较大跨度预制梁的架设；战备军用桁架梁组装成导梁的架桥设备，承载能力大、适用于大跨度桥梁的架设。

②缆索式架桥设备：是利用万能杆件或者圆木拼成索塔架式“人”字形扒杆，用架设的钢丝绳组成吊装设备和行走装置，将梁架设在墩台上。

③专用架桥设备（专用架桥机）：专用架桥机是在导梁式架桥设备基础上，进行改善而发展起来的专用施工机械、它可根据移梁方式、导梁形式以及送梁方式的不同分类。

（四）隧道施工机械

（1）凿岩台机、臂式隧道掘进机

①凿岩台机是支撑凿岩机并完成凿岩作业所需的推进、移位等的移动式凿岩机械。主要用于地质条件好，不要临时支护的大断面隧道施工。

②臂式隧道掘进机（又称悬臂式掘进机）是集开挖、装卸于一体的隧道掘进机。生产能力由选用机型和地质条件决定。

（2）喷锚机械、衬砌设备

①衬砌设备是专用于隧道工程衬砌混凝土、衬砌模板的设备。生产能力由选用机型和地质条件决定。

②喷锚机械主要有锚杆台车、混凝土喷射机等。主要用于隧道工作面进行支撑时，进行混凝土喷射和在岩体中打入锚杆。

（3）全断面隧道掘进机、盾构机

①全断面隧道掘进机是刀头直径与开挖隧道的直径大小一致，在岩层中进行隧道掘进的机械，是根据隧道的断面尺寸设计生产的专用机械。生产能力由设计和地质条件决定。

②盾构机是一种集开挖、支护、衬砌等多种作业于一体的大型隧道施工机械，是根据隧道的断面尺寸设计生产的专用机械。生产能力由设计和地质条件决定。

（五）水平运输机械

1. 载货汽车

（1）载货汽车分类：根据载重量的大小可分为超轻型载货汽车、轻型载货汽车、中型载货汽车、重型载货汽车、超重型载货汽车。

（2）载货汽车应用：载货汽车在工程建设中应用十分广泛，载货汽车起动迅速、机动性强，可以将建筑材料由料场、供应地点、仓库等各个地方直接转运到使用地点，并适用于各种建筑材料转运，载货汽车适用路面能力强，较少受到道路条件的限制。载货汽车如图 1.2.24 所示。



图 1.2.24 载货汽车

2. 自卸汽车

（1）自卸汽车分类

①按载重量可分为轻型、中型、重型、超重型。

②按车厢倾卸方向可分为后倾卸式、侧倾卸式、三面倾卸式、底卸式。

(2) 自卸汽车应用: 自卸汽车的车身坚固, 机动性和越野性能好, 爬坡能力强, 它装有金属车厢, 在举升机构的顶推作用下, 可将装载的物料一次倾卸干净, 卸载迅速, 节省劳力, 在公路建设中被普遍采用。自卸汽车如图 1.2.25 所示。



图 1.2.25 自卸汽车

轻型自卸汽车是养路道班常用的养路材料运输车, 在进行道路修补作业时, 用它运输各种散装材料, 既节省劳力, 又有较好的经济效益。

中型自卸汽车除进行短途运输外, 还可长途运输, 它与装料机械配合, 可连续、高效地完成各种散装物料的转运, 广泛应用于中等规模的建设工程中。

重型自卸汽车的生产率比中、小型自卸车高, 在大规模工程中效益显著, 所以它在大型公路工程等建设项目中有着广泛的应用前景。

3. 平板拖车组

公路建设中常用的平板拖车组多用来运输预制构件, 普通平板拖车组可以运输零散的材料、货物及较大的管材, 也是公路工程施工单位转移较长、较大筑路器材的有效设备; 低平板拖车组四周无拦板, 为低平板状, 且有跳板, 宜于大型自行式工程机械装卸。是大、中型工程机械装运的理想设备, 也是运送大型设备构件的理想设备。

(六) 起重及垂直运输机械

1. 起重机械

(1) 起重机械分类: 起重机按其底座及行走装置可分为汽车式起重机、轮胎式起重机、履带式起重机、塔式起重机、吊管起重机、桅杆起重机、缆索起重机等。公路建设中主要的起重机为汽车式起重机、轮胎式起重机、履带式起重机及塔式起重机。

(2) 起重机械应用: 起重机械是一种对重物能同时完成垂直升降和水平移动的机械, 单一地进行重复周期的工作。

履带式起重机适合在施工场地不平以及松软的地面上行走和工作。

轮胎式起重机灵活机动, 起重量大, 作业方便, 稳定性好, 在一定荷载范围内可吊重行驶, 广泛应用于建筑工地的装卸和安装工作。

汽车式起重机优点是具有汽车的行驶性能, 机动灵活, 操作方便, 能够迅速地从一个工作地点转移到另一个工作地点, 利用率高, 广泛应用于公路建设工地, 但其吊重物时必须用支腿, 因此不能负荷(吊重)行驶。汽车式起重机如图 1.2.26 所示。

塔式起重机是一种本身能自升竖立的全回转臂式起重机，具有高而竖立的塔架，具有较大的作业半径。塔式起重机吊装灵活，可用来吊装建筑材料，安装施工机械设备、金属构件和钢筋混凝土预制构件和进行混凝土浇筑等。



图 1.2.26 汽车式起重机

2. 卷扬机

(1) 卷扬机分类

- ①按驱动方式可分为手摇式卷扬机、电动卷扬机、内燃机卷扬机、气动卷扬机。
- ②按卷筒的数量可分为单筒卷扬机、双筒卷扬机和三筒卷扬机。
- ③按转速可分为快动卷扬机、慢动卷扬机。

(2) 卷扬机应用：公路工程施工中，电动卷扬机主要用来提升预制构件或建筑材料，以及安装机械设备等。卷扬机如图 1.2.27 所示。

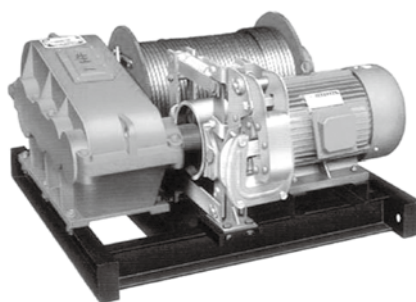


图 1.2.27 卷扬机

(七) 施工机械的合理配置

1. 施工机械的合理配置的目的

公路施工机械化与管理，研究机械的施工配置及合理运用施工机械，是为了达到提高机械作业的生产率，降低机械运转费用和延长机械使用寿命的目的。

在组织机械化施工时，要注意分成几个系列的机械组合，同时并列施工，这样可以减少当组合中某一机械发生故障而造成全面停工的现象。机械选型应挑选技术上先进、经济上合理和使用安全可

靠的装备。机械只有适应各自的环境，才可能安全、可靠和高效地运转，发挥出它们各自的技术性能，形成专业或综合的机械化施工能力。

2. 选择施工机械的原则

施工机械的选择应与工程的具体实际相适应。所选机械在具体、特定的环境条件(如地理气候条件、作业现场条件、作业对象的土质条件)作业。

合理选择施工机械的依据是：工程量、施工进度计划、施工质量要求、施工条件、现有机械的技术状况和新机械的供应情况等。施工机械的工作参数应注意机械的工作容量、生产率、机械的尺寸、机械的质量、自行式施工机械的移动速度、动力装置类型和功率等。施工机械选择的一般原则有：适应性、先进性、通用性。

3. 施工机械的选择方法

(1) 根据作业内容选定机械，见表 1.2.4。

表 1.2.4 根据作业内容选择机械参考表

作业内容		使用机械	说明
清理 草木	铲除杂草	平地机、小型推土机	铲除矮草、杂草及表土
	除掉灌木丛树木、漂石	推土机、空气压缩机、凿岩机	根据树木的种类和直径，可用推土机、耙齿推土机、伐木机、剪切机
挖方	开挖软土	平地机	修补道路、平整场地
		推土机	短距离铲土、运土
	开挖硬土	中、大型推土机(带液压松土器)	适用于风化岩、软岩、漂石混合土质的挖方
		凿岩机、空气压缩机	松土器不能挖掘时，利用炸药来爆破
挖土 装载	一般性挖土、装载	推土机	推土机适用于 100m 以内的运距，在堆土场等地方，作为挖掘机装载的辅助机械来进行挖掘作业时以中大型推土机为宜
		履带式装载机、轮式装载机、挖掘机	对于挖掘能力要求不大而较松的土质，以使用轮式装载机为适宜。 挖掘能力要求较大时，挖掘机或履带式装载机较能发挥效益
		挖掘机	挖掘机工作半径大，并能旋转 360°，可在比地面高或低的地方进行工作，其工作范围很广
		拉铲挖掘机	拉铲挖掘机适用于在河川等低而广的地方进行挖掘
	构筑物基础的挖掘	推土机、拉铲挖掘机	基础较大时，用推土机铲土、运土，也可用装载机进行挖掘、装载
		挖掘机、拉铲挖掘机	基础较小时，在地面上对其基础进行挖掘、装载
	开挖沟	平地机	适用于侧沟的开挖
		推土机	适用于简易排水沟的开挖
		挖掘机	适用于埋设水管等沟的开挖，挖掘精度要求较高

续表 1.2.4

作业内容		使用机械	说明
运输	道路上的运输	推土机	适用于 100m 以内的短距离运土
		装载机、翻斗车	适用于 500m 以上的中长距离运土； 搬运岩石时且运距在 50~150m 可使用轮式装载机来装运
铺土	一般性铺平作业	推土机、平地机	一般的铺平作业可用推土机； 平地机可用于铺平已经推土机初平的场所
	大面积或精度高的铺平作业	平地机	用于道路填土的平整。 一般可在推土机之后作业。 地形条件好时，也可单独作业
	铺砌材料等铺平作业	碎石撒布机、石屑撒布机	铺砌材料的铺平厚度受到严格限制时，可使用碎石或石屑撒布机
压实	道路的填土、填筑堤坝等的压实	静力式压路机	适用于黏土、粉土的压实
		轮胎压路机	适用于砂砾石、砂质土及黏土和粉土的压实
		振动压路机	适用于砂砾石、砂质土的压实
		羊足压路机	适用于黏土、粉土的压实
	填土坡面的压实	振动板	沿着坡面进行压实时使用
		牵引式振动压路机	规模较小时使用振动板； 规模大时使用牵引式振动压路机
沥青混凝土路表面的压实	静力式压路机、轮胎压路机、 振动压路机	根据不同的沥青路面结构形式可以采用不同组合	

(2) 根据施工条件选定机械

①选择用于高原、高山地区作业的施工机械要注意以下问题：以柴油机为动力的施工机械，柴油机应配用增压装置，应选择转矩适应系数（转矩储备系数）大的柴油机；以电力驱动的施工设备在电机的驱动功率上做出调整，增大驱动能力，达到电机安全运转的目的。

②土地干燥区施工尽可能选用轮式底盘的施工机械；经常在雨期或湿涝地区施工尽可能选用履带式底盘的施工机械。

③根据气象条件和土质条件选择：雨水会直接恶化土的状态，因此要充分考虑施工期的气象情况和土质条件。土质较干燥时可使用轮式机械，但在土质十分潮湿和作业场所泥泞时，就应使用履带式机械。

(3) 根据工程量选定施工机械：根据工程量选择施工机械在施工期限内，按照施工计划中的月工作强度和日工作量选择施工机械。要求使用的机械能够按月或日完成计划工作量。影响机械施工的因素很复杂，除了上述情况外，还要考虑油料提供、机械维修与管理、机械的调迁等。因此要综合分析各因素，抓住主要矛盾，选择经济、实用的机械。

第三节 公路工程主要施工工艺与方法

一、路基施工技术

路基施工内容包括：路基施工技术准备、路基土石方工程、特殊路基、排水工程及路基防护工程施工等。

（一）路基施工准备

路基施工前应做好组织、物资和技术三大准备。技术准备是工程顺利实施的基础和保证。技术准备工作的好坏，直接影响到工程的进度、质量和经济效益。技术准备工作的内容主要包括熟悉设计文件、现场调查核对、设计交底、复测与放样、试验及试验路段施工等。

路基施工准备的一般规定：

- （1）熟悉设计文件、领会设计意图。
- （2）进行施工调查及现场核对，根据设计要求、合同条件及现场情况等编制施工组织设计。
- （3）建立健全质量、职业健康安全、环境管理体系，对各类施工人员进行岗位培训和技术、安全交底。
- （4）临时工程，应满足正常施工需要，保证路基施工影响范围内原有道路、结构物的使用功能，保护农田水利设施等。临时工程宜与永久工程相结合。
- （5）对拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的工程项目，应提前做好试验研究和论证工作。

（二）挖方路基施工

1. 土质路堑施工技术

（1）土质路堑的施工工艺流程如图 1.3.1 所示。

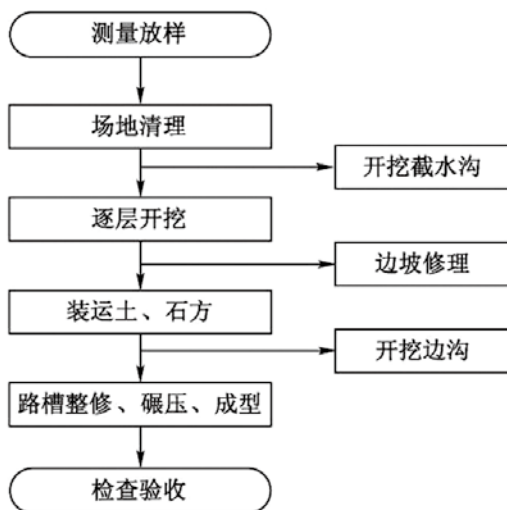


图 1.3.1 土质路堑施工工艺流程图

(2) 作业方法：土质路堑开挖方法的选择，应考虑地形条件、工程量大小、施工工期、能采用的机具以及土层分布及其利用、废弃等因素。土方开挖的方法有：横向挖掘法、纵向挖掘法和混合式挖掘法。

①横向挖掘法：从路堑的一端或两端按横断面全宽向前开挖，称为横挖法。具体方法主要有以下两种。

a. 单层横挖法：从开挖路堑的一端或两端按断面全宽一次性挖到设计高程，逐渐向纵深挖掘，挖出的土方一般都是向两侧运送。该方法适用于挖掘浅且短的路堑。

b. 多层横挖法：从开挖路堑的一端或两端按断面分层挖到设计高程。该方法适用于挖掘深且短的路堑。

②纵向挖掘法：沿路线纵向分层依次向前开挖称为纵向挖掘法。土质路堑纵向挖掘具体方法主要有以下3种。

a. 分层纵挖法：沿路堑全宽，以深度不大的纵向分层进行挖掘。该方法适用于较长的路堑开挖。

b. 通道纵挖法：先沿路堑纵向挖掘一通道，然后将通道向两侧拓宽以扩大工作面，并利用该通道作为运土路线及场内排水的出路。该层通道拓宽至路堑边坡后，再挖下层通道，如此向纵深开挖至路基高程。该方法适用于较长、较深、两端地面纵坡较小的路堑开挖。

c. 分段纵挖法：沿路堑纵向选择一个或几个适宜处，将较薄一侧堑壁横向挖穿，使路堑分成两段或数段，各段再纵向开挖。该方法适用于过长、弃土运距过远、一侧堑壁较薄的傍山路堑开挖。

③混合式挖掘法：多层横向挖掘法和通道纵挖法混合使用，即先沿路线纵向挖通通道，然后沿横向坡面挖掘，以增加开挖坡面。该方法适用于路线纵向长度和挖深都很大的路堑开挖。

(3) 机械开挖作业方式

①推土机开挖土质路堑作业：推土机开挖土方由切土、运土、卸土、倒退（或折返）、空回等过程组成一个循环，影响作业效率主要是切土和运土两个环节，因此必须以最短的时间和距离切满土，并尽可能减少土在推运过程中的散失。推土机开挖土质路堑作业方法与填筑路基相同，有下坡推土法、槽形推土法、并列推土法、接力推土法和波浪式推土法，另有斜铲推土法和侧铲推土法。

②挖掘机开挖土质路堑作业：公路工程施工中以单斗挖掘机与运输车辆配合开挖土方路堑最为常见。

2. 石质路堑的施工技术

(1) 开挖方式

①爆破法：利用炸药在空气、水、土石介质或物体中爆炸所产生的压缩、松动破坏、抛掷等作用实现石方路基的施工。爆破法也可以用于爆松冻土、爆破挤淤、开采石料等。

a. 爆破方法分类：按照爆破的规模与方式，可将爆破分为钻孔爆破和硐室爆破。

钻孔爆破又分为浅孔爆破（钢钎炮）和深孔爆破。浅孔爆破是指炮孔直径小于或等于50mm、深度小于或等于5m的爆破作业，深孔爆破是指炮孔直径大于50mm、深度大于5m的爆破作业。爆破作业应符合现行《爆破安全规程》GB 6722的有关规定。

硐室爆破是指采用集中或条形硐室装药包，爆破开挖岩石的作业。因一次爆破药量大，爆下的土石方量也大，通常称为“大爆破”。与其他方法相比，其特点是短期内即可完成大量的开挖量，所投入的设备、工程量及动力等相对较少，且效率高，适应性强。但因一次爆破炸药量大，可导致地震破坏，对周围环境造成一定影响。

b. 路基爆破施工技术分类：根据各种工程目的和要求，路基常用的爆破施工技术分为：光面爆破、预裂爆破、微差爆破和定向爆破。

光面爆破：在开挖限界的周边适当排列一定间隔的炮孔，或在有侧向临空面的情况下，用控制抵抗线和药量的方法进行爆破，使之形成一个光滑平整的边坡面。

预裂爆破：在开挖限界处按适当间隔排列炮孔，在没有侧向临空面和最小抵抗线的情况下，用控制药量的方法，预先炸出一条裂缝，使拟爆体与山体分开，作为隔震减震带，起保护开挖限界以外山

体或建筑物和减弱爆体爆破对其破坏的作用。

微差爆破（亦称毫秒爆破）：两相邻药包或前后排药以若干毫秒的时间间隔（一般为 15 ~ 75ms）依次起爆。

定向爆破：利用爆能将大量土石方按照指定的方向，搬移到一定的位置并堆积成路堤的一种爆破施工方法，称为定向爆破。

②机械开挖：使用带有松土器的重型推土机破碎岩石，一次破碎深度 0.6 ~ 1.0m。该法适用于施工场地开阔、大方量的软岩石方工程。带有破碎锤的液压履带挖掘机开挖路基破碎岩石，适用于硬质岩和土石混合的孤石。优点是没有钻爆工序作业，不需要风、水、电辅助设施，简化了场地布置，提高了生产能力；缺点是不适用于破碎坚硬岩石。

③静态破碎法：将膨胀剂放入炮孔内，利用产生的膨胀力，缓慢地作用于孔壁经过数小时至 24h 达到 300 ~ 500MPa 的压力，使介质裂开。该法适用于在设备附近、高压线下以及开挖与浇筑过渡段等特定条件下的开挖。优点是安全可靠，没有爆破产生的危害；缺点是破碎效率低，开裂时间长。

（三）填方路基施工

1. 土质路堤施工技术

（1）土质路堤施工工艺：施工放样→清除表土→填前处理→分层填筑→整平→碾压→整修。土质路堤施工工艺流程如图 1.3.2 所示。

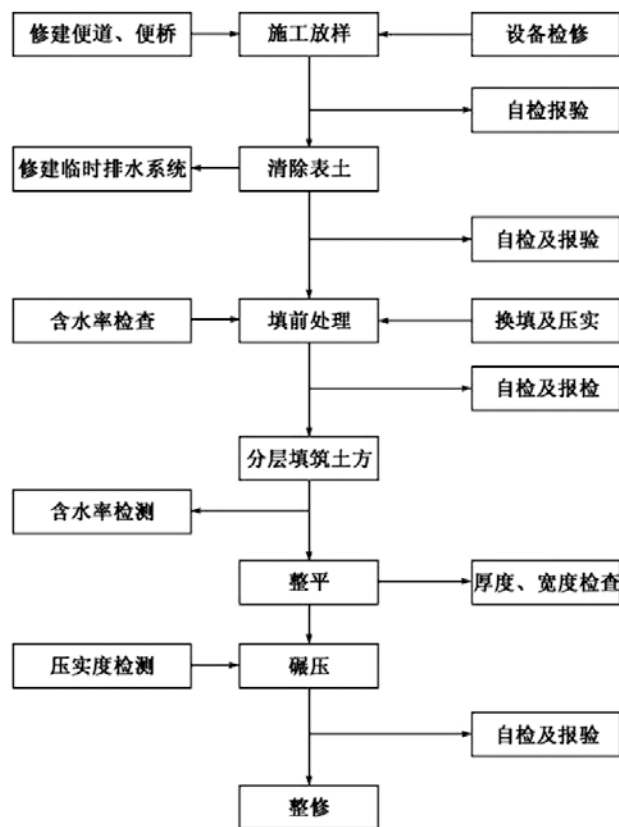


图 1.3.2 土质路堤施工工艺流程图

（2）土质路堤填筑方法：土质路堤填筑常用推土机、平地机、压路机、挖掘机、装载机等机械按以下几种方式作业：

①水平分层填筑：按照横断面全宽分成水平层次，逐层向上填筑，是路基填筑的常用方式。

②纵向分层填筑：依路线纵坡方向分层，逐层向上填筑。常用于地面纵坡大于 12%、用推土机从路堑取料、填筑距离较短的路堤。缺点是不易碾压密实。

③横向填筑：从路基一端或两端按横断面全高逐步推进填筑。用于填土过厚、不易压实，仅用于无法自下而上填筑的深谷、陡坡、断岩、泥沼等机械无法进场的路堤。

④联合填筑：路堤下层用横向填筑，上层用水平分层填筑。适用于因地形限制或填筑堤身较高，不宜采用水平分层或横向填筑的情况。单机或多机作业均可，一般沿线路分段进行，每段距离以 20~40m 为宜，多在地势平坦或两侧有可利用的山地土场的场合采用。

(3) 机械填筑路堤作业方式

①推土机填筑路堤作业方式：推土机填筑路堤作业方式通常是由切土、推土、堆卸、空返 4 个环节组成，而影响作业效率的主要是切土和推土两个环节。推土机作业效率取决于切满土的速度、距离，以及推土过程中切满刀片中的土散失量和推运速度。其作业方式一般有坑槽推土、波浪式推土、并列推土、下坡推土和接力推土。

②挖掘机填筑路堤作业方式：利用挖掘机填筑路堤施工一般有两种方式：一种为从路基一侧挖土，直接卸向另一侧填筑路堤。这种方式用反铲挖掘机施工比较方便。另一种方式则配合运土车辆，挖掘机挖土装车后，运至路堤施工现场卸土填筑，这是挖掘机填筑路堤施工的主要方式，正、反铲挖掘机都适用，而且一般在取土场比较集中且运距较长的情况下最宜采用。两种方式都宜与推土机配合施工。

2. 填石路堤施工技术

用粒径大于 40mm 且含量超过总质量 70% 的石料填筑的路堤称为填石路堤。硬质岩石、中硬岩石可用于路堤和路床填筑；软质岩石可用于路堤填筑，不得用于路床填筑；膨胀岩石、易溶性岩石和盐化岩石不得用于路基填筑；路基的浸水部位，应采用稳定性好、不易膨胀崩解的石料填筑；路堤填料粒径应不大于 500mm，并不宜超过层厚的 2/3。路床底面以下 400mm 范围内，填料最大粒径不得大于 150mm，其中小于 5mm 的细料含量应不小于 30%。

(1) 填石路堤的施工工艺流程如图 1.3.3 所示。

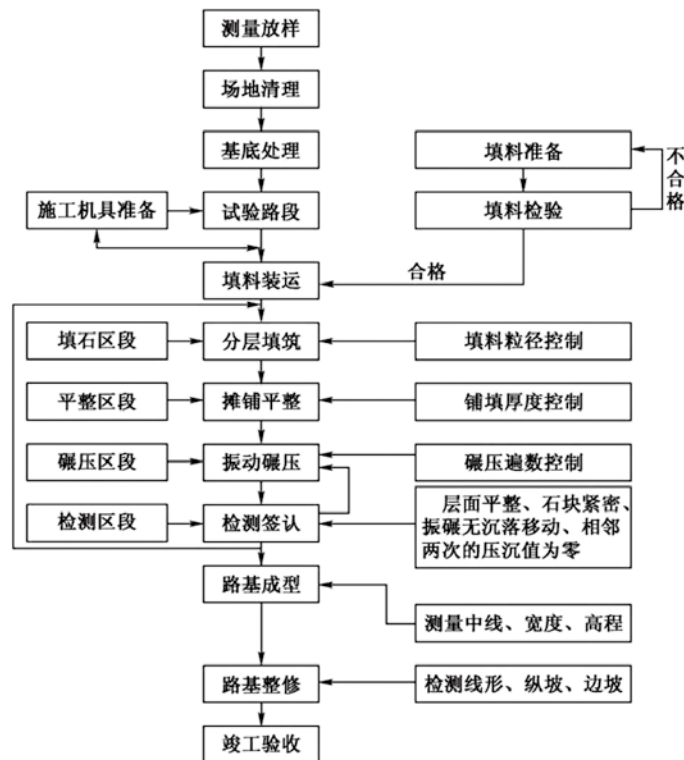


图 1.3.3 填石路堤施工工艺流程图

(2) 填石路堤的填筑方法：填石路堤的填筑方法有分层压实法、冲击压实法、强力夯实法等。

①竖向填筑法（倾填法）：以路基一端按横断面的部分或全部高度自上而下倾卸石料，逐步推进填筑。在陡峻山坡地段施工特别困难，三级及以下砂石路面公路的下路堤可采用倾填方式填筑。其他级别路基不得采用此方法。

②分层压实法（碾压法）：自下而上水平分层，逐层填筑，逐层压实，是普遍采用并能保证填石路堤质量的方法。高速公路、一级公路和铺设高等级路面的其他等级公路的填石路堤均应采用此方法。

③冲击压实法：利用冲击压实机的冲击碾周期性、大振幅、低频率对路基填料进行冲击，压密填方。它既具有分层法连续性的优点，又具有强力夯实法压实厚度深的优点。缺点是在周围有建筑物时，使用受到限制。

④强力夯实法：用起重机吊起夯锤从高处自由落下，利用强大的动力冲击来提高填料的密实度和地基强度。强夯造成的表层松动层应采用振动碾压法压实。该方法机械设备简单，击实效果显著，不需铺撒细粒料，施工速度快，解决了大块石填筑地基厚层施工的夯实难题。缺点是当周围有建筑物或下部有涵洞通道时，使用受限。

3. 土石路堤施工技术

用石料含量占总质量 30% ~ 70% 的土石混合材料填筑的路堤称为土石路堤。土石路堤不得采用倾填方法，只能分层填筑，分层压实。宜用推土机铺填，每层松铺厚度控制在 400mm 以内。填料由土石混合材料变化为其他填料时，土石混合材料最后一层的压实厚度应小于 300mm，该层填料最大粒径宜小于 150mm，压实后表面应无孔洞。

4. 高路堤施工技术

路基填土最大边坡高度大于 20m 的路堤称为高路堤。高路堤填料宜优先采用强度高、水稳性好的材料，或采用轻质材料。路堤浸水的部分，应采用水稳性和透水性均好的材料。高路堤宜每填筑 2m 冲击补压一次，或每填筑 4 ~ 6m 强夯补压一次。高路堤填筑过程中应进行沉降和稳定性观测。

(四) 特殊路基施工

特殊路基是指位于特殊土（岩）地段、不良地质地段，或受水、气候等自然因素影响强烈，需要进行特殊设计的路基。

1. 软土地基处理

软土是指天然含水率高、天然孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低的细粒土，包括淤泥、泥炭质土、泥炭、泥炭质土等。主要的处理方法有：

(1) 浅层处置：包括换填法、抛石挤淤、爆炸挤淤等，适用于表层软土厚度小于 3m 的浅层软弱地基处理。

(2) 垫层处理：垫层材料宜采用无杂物的中砂、粗砂、砂砾或碎石，含泥量应不大于 5%，最大粒径宜小于 50mm。垫层宜分层摊铺、压实，碾压到规定的压实度，采用砂砾料时，应避免粒料离析。垫层宽度应宽出路基边脚 0.5 ~ 1.0m，两侧宜采用片石护砌或采用其他方式防护。

(3) 土工合成材料：包括土工布、土工膜、土工格栅、土工格室等。土工合成材料属于水平增强体法，是通过在软弱土地基表面或路基内部铺设土工布、土工格栅等水平增强材料，增强路基的整体性，该方法可起到防止路基的整体滑移的作用，如图 1.3.4 所示。



图 1.3.4 土工合成材料处置

(4) 预压与超载预压：如果工期允许，可以通过填土堆载预压，使地基土压密、沉降、固结，从而提高地基的固结度，减少路堤建成后的沉降量。预压法有真空预压和超载预压两种，预压荷载等于道路工程荷载称为等载预压，预压荷载超过设计的道路工程荷载称为超载预压，如图 1.3.5 所示。

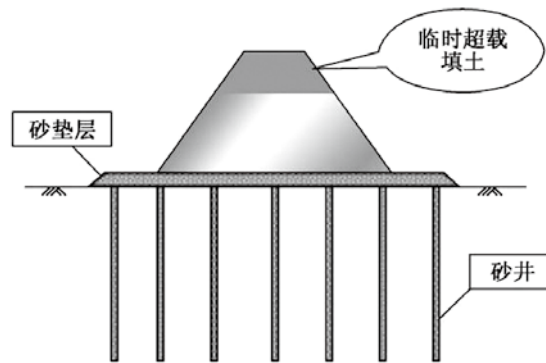


图 1.3.5 超载预压

(5) 竖向排水法：竖向排水体适用于深度大于 3m 的软基处理。用于对淤泥质土和淤泥地基进行处理时，宜与加载预压或真空预压方案联合使用。采用竖向排水体处理软土地基时，保证有足够的预压期。

竖向排水体可采用袋装砂井和塑料排水板。竖向排水体可按正方形或等边三角形布置。袋装砂井和塑料排水板可采用沉管式打桩机施工，塑料排水板也可用插板机施工。

袋装砂井的施工工艺流程：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具定位→打入套管斗沉入砂袋→拔出套管→机具移位→埋砂袋头→摊铺上层砂垫层等。袋装砂井宜采用圆形套管，套管内径宜略大于砂井直径。

塑料排水板的施工工艺流程：整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴→插入套管→拔出套管→割断塑料排水板→机具移位→摊铺上层砂垫层等。塑料排水板宜采用矩形套管，也可采用圆形套管。

(6) 粒料桩：是采用砂、砂砾、碎石、废渣等散粒材料，采用振冲置换法或振动沉管法成桩，使设有粒料桩的地基土体范围内桩体间土形成加固的复合地基。

振冲置换法适用于处理十字板抗剪强度不小于 15kPa 的软土地基；振动沉管法适用于处理十字板

抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。

粒料桩的施工工艺流程为：整平地面→振冲器就位对中→成孔→清孔→加料振密→关机停水→振冲器移位等。

(7) 加固土桩：是以水泥、石灰、粉煤灰等材料作固化剂的主剂，利用深层搅拌机械和原位软土进行强制搅拌，经过物理化学作用生成一种特殊的具有较高强度、较好变形特性和水稳性的混合柱状体。加固土桩适用于处理十字板抗剪强度不小于 10kPa、有机质含量不大于 10% 的软土地基。加固土桩包括粉喷桩与浆喷桩。

(8) 水泥粉煤灰碎石桩 (CFG 桩)：水泥粉煤灰碎石桩 (CFG 桩) 适用于处理十字板抗剪强度不小于 20kPa 的软土地基。CFG 桩宜采用振动沉管灌注法成桩，施工设备采用振动沉管打桩机，一般采用隔桩跳打。混合料应拌和均匀；施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验；桩体施工应选择合理的施打顺序，避免对已成桩造成损害；成桩过程中，应对已打桩的桩顶进行位移监测。

(9) 刚性桩：刚性桩主要包括现浇混凝土大直径管桩与预制管桩。刚性桩适用于处理深厚软土地基上荷载较大、变形要求较严格的高路堤段、桥头或通道与路堤衔接段。刚性桩可按正方形或等边三角形布置。刚性桩桩顶应设桩帽，形状可采用圆柱体、台体或倒锥台体，桩帽直径或边长宜为 1.0 ~ 1.5m，厚度宜为 0.3 ~ 0.4m，宜采用水泥混凝土现场浇筑而成。

现浇混凝土大直径管桩宜采用振动沉管设备施工，预制管宜采用工厂预制。施工前应进行成桩工艺试验。预应力混凝土薄壁管桩试桩数量不得少于 2 根，宜采用静力压桩机施工，也可采用锤击沉桩机施工。

(10) 预制管桩：预制管桩宜采用静压方式施工，也可采用锤击沉桩方式施工。静压管桩在基础工程中应用广泛，施工工艺成熟。先张法预应力管桩均为工厂生产后运到现场施打，强度较高，抗裂性强。桩的打设次序宜由路基中心线向两侧打设，由结构物向路堤方向打设。每根桩宜一次性连续沉至设计高程，沉桩过程中停歇时间不应过长，还应严格控制桩身的垂直度。桩帽钢筋笼应插入管桩内，连接混凝土应与桩帽混凝土一起灌注。

(11) 强夯及强夯置换

①强夯法是将很重的夯锤从高处自由落下，给土体以冲击和振动，从而提高地基的强度，降低土体的压缩性。强夯法适合处理碎石土、低饱和度的粉土与黏性土、多杂填土和软土等地基。

强夯处理范围应超出路堤坡脚，每边超出坡脚的宽度不宜小于 3m。采用强夯法处理软土地基时，应在地基中设置竖向排水体。对于地下水位较高的地基，强夯前应采取降水措施，将地下水位降至加固层深度以下。

②强夯置换是利用重锤高落差产生后高冲击能将碎石、片石、矿渣等性能较好的材料强力挤入地基中，在地基中形成多个粒料墩，墩与墩间土形成复合地基，以提高地基承载力，减小沉降，对墩周土体的作用同强夯法。强夯置换法适用于处理高饱和度的粉土与软塑、流塑的软黏土地基，处理深度不宜大于 7m。强夯置换坡脚外应增加一排置换桩。

2. 滑坡地段路基处理

各类滑坡的共同特征：滑带土体软弱，易吸水不易排水，呈软塑状，力学指标低；滑带的形状在均质土中多近似于圆弧形，在非均质土中为折线形；水是滑坡发展的主要原因，地层岩性是产生滑坡的物质基础，滑坡多是沿着各种软弱结构面发生的；自然因素和人为因素引起的斜坡应力状态的改变(爆破、机械振动等)，均有可能诱发滑坡。

滑坡防治的工程措施主要有排水、力学平衡和改变滑带土 3 类。在滑坡整治措施实施前，严禁在滑坡体抗滑段减载、下滑段加载。滑坡整治措施包括减滑措施和抗滑措施。削坡减载为减滑措施，填筑反压为抗滑措施。滑坡整治不宜在雨期施工。施工时应进行稳定监测、地质编录并核查实际地质情况，发现地质条件与设计不符、有滑坡迹象或其他异常情况时，应及时反馈处理。滑坡发生时应立即采取

应急措施。

3. 膨胀土路基处理

膨胀土是指含亲水性矿物并具有明显的吸水膨胀、失水收缩特性的高塑性黏土。膨胀土可采用换填法、封闭包盖法、夹层法、物理化学改良等处理方法。膨胀土施工时应符合以下规定：

(1) 膨胀土地区路基施工，应避开雨季作业，加强现场排水。路堑施工前，应先施工截水、排水设施，将水引至路幅以外。

(2) 膨胀土地区路基应分段施工，各道工序应紧密衔接，连续完成，完成一段封闭一段。

(3) 强膨胀土不得作为路堤填料，路基浸水部分、桥台背、挡土墙背、涵洞背等部位严禁采用膨胀土填筑，高填方、陡坡路基不宜采用膨胀土填筑；膨胀土掺拌石灰改良后可用作路基填料，掺灰处置后的膨胀土不宜用于高速公路、一级公路的路床和二级特殊路基公路的上路床。

(4) 高速公路、一级公路零填和挖方路段路床 0.8 ~ 1.2m 范围的膨胀土应进行换填处理，对强膨胀土路堑，路床换填深度宜加深到 1.2 ~ 1.5m。在 1.5m 范围内可见基岩时，应清除至基岩。二级公路、三级公路的零填和挖方路段路床 0.3m 范围的膨胀土应进行换填处理。换填材料为透水性材料时，底部应设置防渗层。二级公路强膨胀土路堑的路床换填深度不宜低于 0.5m。

(5) 路堑施工前，先施工截、排水设施；边坡施工过程中，宜采取临时防水封闭措施。边坡不得一次挖到设计线，应预留厚度 300 ~ 500mm，待路堑完成时，再分段削去边坡预留部分，并立即进行加固和封闭处理；路堑边坡防护施工应根据施工能力，分段组织实施。采用非膨胀土覆盖置换或设置柔性防护结构进行防护时，边坡覆盖置换厚度应不小于 2.5m，压实度应不小于 90%。覆盖置换层与下伏膨胀土层之间，应设置排水垫层与渗沟。采用植物防护时，不应采用阔叶树种。圪工防护时，墙背应设置缓冲层，厚度应不大于 0.5m。支挡结构基础应大于气候影响深度。

(6) 物理改良的膨胀土路基填筑分层厚度不得大于 300mm。

(7) 填筑膨胀土路堤时，应及时对路堤边坡及顶面进行防护。

(8) 路基完成后应做封层，其厚度应不小于 200mm，横坡应不小于 2%。

4. 湿陷性黄土路基处理

在自重或一定压力（土自重或自重压力和外压力）作用下，受水浸湿后土体结构迅速破坏而发生的显著下沉现象的黄土称为湿陷性黄土。

湿陷性黄土又分为自重湿陷性黄土和非自重湿陷性黄土。在上覆土的自重压力下受水浸湿，发生显著附加下沉的湿陷性黄土，称为自重湿陷性黄土；不发生显著附加下沉的湿陷性黄土，称为非自重湿陷性黄土。

黄土地区路基施工应做好施工期排水，将水迅速引离路基。在填挖交界处引出边沟时，应做好出水口的加固，排水设施接缝处应坚固不渗漏。

若地基为一般湿陷性黄土，应采取拦截、排除地表水。地下排水构造物与地面排水沟渠必须采取防渗措施，路侧严禁积水；若地基黄土具有强湿陷性或较高压缩性，应按设计要求处理。除采取防止地表水下渗的措施外，还可根据黄土的工程特性和工程要求采取换填、重锤夯实、强夯法、预浸法、挤密法、化学加固法等处理措施。

（五）路基排水施工

排除地表水一般可采用边沟、截水沟、排水沟、跌水与急流槽、蒸发池、拦水带等设施，将可能停滞在路基范围内的地面水迅速排除，防止路基范围内的地面水进入路基内。

排除地下水一般可采用明沟（排水沟）、暗沟（管）、渗沟、渗井、检查井等，将路基范围内的地下水位降低或拦截地下水并将其排出路基范围以外。

1. 边沟

挖方地段和填土高度小于边沟深度的填方地段均应设置边沟。路堤靠山一侧的坡脚应设置不渗水的边沟。为了防止边沟漫溢或冲刷，在平原区和重丘山岭区，边沟应分段设置出水口，多雨地区梯形边沟每段长度不宜超过 300m，三角形边沟不宜超过 200m。

2. 排水沟

排水沟可排除地表水。当地下水位较高，潜水层埋藏不深时，可采用排水沟截流地下水及降低地下水位，但在寒冷地区不宜用于排除地下水。

排水沟线形要平顺，转弯处宜为弧线形；排水沟的出水口，应设置跌水和急流槽将水流引出路基或引入排水系统；排水沟长度不宜过长，通常不超过 500m，超过 500m 时应设置出水口。排水沟距路基坡脚不宜小于 2m。

3. 截水沟

截水沟，又称天沟，指的是为拦截山坡上流向路基的水，在路堑坡顶以外设置的水沟，通常采用浆砌片石、浆砌块石或水泥混凝土等形式。截水沟应先施工，与其他排水设施衔接平顺。

无弃土堆时，截水沟的边缘离开挖方路基坡顶的距离视土质而定，以不影响边坡稳定为原则。如为一般土质，至少应距离 5m；对黄土地区，不应小于 10m 并进行防渗加固。截水沟挖出的土，可在路堑与截水沟之间修成土台并夯实，台顶应筑成 2% 倾向截水沟的横坡。

路基上方有弃土堆时，截水沟应距离弃土堆脚 1 ~ 5m，弃土堆坡脚距离路基挖方坡顶不应小于 10m，弃土堆顶部应设 2% 倾向截水沟的横坡。

山坡上路堤的截水沟距离路堤坡脚至少 2m，并用挖截水沟的土填在路堤与截水沟之间，修筑向沟倾斜坡度为 2% 的护坡道或土台，使路堤内侧地表水流入截水沟排出。

截水沟长度一般不宜超过 500m，超过 500m 时应设置出水口。

4. 跌水与急流槽

跌水与急流槽设于水沟通过陡坡地段，一般采用砌石或混凝土结构，出水口应注意防止冲刷，一般应设置跌水井等消能设施。

基础应嵌入稳固的基面内，底面应砌筑抗滑平台或凸榫。对超挖、局部坑洞，应采用相同材料与急流槽同时施工；无消力池的跌水，其台阶高度应小于 600mm，每阶高度与长度之比应与原地面坡度相协调；急流槽片石砌缝应不大于 40mm，砂浆饱满，槽底表面粗糙；急流槽的纵坡不宜超过 1 : 15，同时应与天然地面坡度相配合。当急流槽较长时，槽底可用几个纵坡，一般是上段较陡，向下逐渐放缓；急流槽很长时，应分段砌筑，分节长度宜为 5 ~ 10m，接头处应用防水材料填缝。混凝土预制块急流槽，分节长度宜为 2.5 ~ 5m，接头采用榫接。

5. 蒸发池

在气候干燥且排水困难地段，可设置蒸发池。

湿陷性黄土地区，蒸发池与路基排水沟外缘的距离应大于湿陷半径。取土坑作蒸发池时，其与路基边沟距离不应小于 5m，与面积较大的蒸发池距离应不小于 20m。高速公路蒸发池距离路基原则上应不小于 30m，且必须设置梳形盖板；不得因设置蒸发池而使附近地基泥沼化或对周围生态环境产生不利影响。蒸发池四周应进行围护；蒸发池池底宜设 0.5% 的横坡，入口处应与排水沟平顺连接。

6. 拦水缘石

为避免高路堤边坡被路面水冲毁可在路肩上设拦水缘石，将水流拦截至挖方边沟或在适当地点设急流槽引离路基。与高路堤急流槽连接处应设喇叭口；拦水缘石必须按设计安置就位；设拦水缘石路段的路肩宜适当加固。

7. 暗沟（管）

当地下水位较高，潜水层埋藏不深时，可采用排水沟或暗沟截流地下水及降低地下水位，沟底宜

埋入不透水层内。为排除泉水或地下集中水流，可采用暗沟或暗管。高等级公路的中央分隔带也需要采用纵向、横向的暗沟及暗管将水排出路基之外。

沟底必须埋入不透水层内，沟壁最低一排渗水孔应高出沟底至少 200mm；沟底纵坡应大于 0.5%，出水口处应加大纵坡，并高出地表排水沟常水位 200mm 以上；寒冷地区的暗沟应做好防冻保温，出水口坡度宜不小于 5%。采用混凝土或浆砌片石砌筑时，在沟壁与含水层接触面以上高度，应设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔，沟壁外侧应填筑粗粒透水性材料或土工合成材料形成反滤层。沿沟槽底每隔 10 ~ 15m 或在软硬岩层分界处应设置沉降缝和伸缩缝；顶面应设置混凝土盖板或石料盖板，板上填土厚度应不小于 500mm。

8. 渗沟

为降低地下水或拦截地下含水层中的水流可在地面以下设置渗沟。渗沟是常见的地下排水沟渠，可视地下水流情况纵、横向设置。渗沟有填石渗沟、管式渗沟和洞式渗沟，三种渗沟均应设置排水层（或管、洞）、反滤层和封闭层。

（1）填石渗沟（盲沟）通常为矩形或梯形。施工应符合下列规定：石料应洁净、坚硬、不易风化。砂宜采用中砂，含泥量应小于 2%，严禁用粉砂、细砂；渗水材料的顶面（指封闭层以下）不得低于原地下水位。当用于排除层间水时，渗沟底部应埋置在最下面的不透水层。在冰冻地区，渗沟埋置深度不得小于当地最小冻结深度；填石渗沟纵坡不宜小于 1%，出水口底面高程应高出渗沟外最高水位 200mm。

（2）管式渗沟适用于地下水引水较长、流量较大的地区。施工应符合下列规定：长度大于 100m 时，应在其末端设置疏通井和横向泄水管，分段排出地下水；泄水孔应在管壁上交错布置，间距不宜大于 200mm。渗沟顶高程应高于地下水位。管节宜用承插式柔性接头连接。

（3）洞式渗沟适用于地下水流量较大的地段。填料顶面宜高于地下水位。渗沟顶部必须设置封闭层，厚度应大于 500mm。

（4）支撑渗沟的基底埋入滑动面以下宜不小于 500mm，排水坡度宜为 2% ~ 4%。当滑动面坡度较缓时，可做成台阶式支撑渗沟，台阶宽度宜不小于 2m。渗沟侧壁及顶面宜设反滤层，出水口宜设置端墙。端墙内的出水口底高程，应高于地表排水沟常水位 200mm 以上，寒冷地区宜不小于 500mm。承接渗沟排水的排水沟应进行加固。

9. 渗井

当路基附近的地面水或浅层地下水无法排除，影响路基稳定时，可设置渗井，将地面水或地下水经渗井通过下透水层中的钻孔流入下层透水层中排出。

渗井应边开挖边支撑，并应采取通风、照明、排水措施。

填充料应在开挖完成后及时回填。不同区域的填充料应采用单一粒径分层填筑，小于 2mm 的颗粒含量不得大于 5%。透水层范围宜填碎石或卵石，不透水层范围宜填粗砂或砾石。井壁与填充料之间应设反滤层，填充料与反滤层应分层同步施工。

渗井顶部四周应采用黏土填筑围护并加盖封闭。

10. 检查井

为检查维修渗沟，每隔 30 ~ 50m 或在平面转折和坡度由陡变缓处宜设置检查井。检查井一般采用圆形，内径不小于 1m，在井壁处的渗沟底应高出井底 0.3 ~ 0.4m，井底铺一层厚 0.1 ~ 0.2m 的混凝土；井基如遇不良土质，应采取换填、夯实等措施。兼起渗井作用的检查井井壁，应在含水层范围设置渗水孔和反滤层。深度大于 20m 的检查井，除设置检查梯外，还应设置安全设备；井口顶部应高出附近地面 0.3 ~ 0.5m，并设井盖。

(六) 路基支挡与加固工程施工

1. 挡土墙

挡土墙是指支承路基填土或山坡土体、防止填土或土体变形失稳的构造物。

根据在路基横断面上的位置，挡土墙主要有路肩墙、路堤墙及路堑墙。当墙顶置于路肩时，称为路肩式挡土墙；若挡土墙支撑路堤边坡，墙顶以上尚有一定的填土高度，则称为路堤式挡土墙，又称坡脚式挡土墙；如果挡土墙用于稳定路边坡，称为路堑式挡土墙。此外，还有设置在山坡上用于防止山坡覆盖层下滑的挡土墙，称为山坡挡土墙等类型。

根据所处环境条件可分为一般地区挡土墙、浸水地区挡土墙与地震地区挡土墙还有用于整治滑坡的抗滑挡土墙。

常见的挡土墙形式有：重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式、加筋土式、锚杆式和锚定板式及桩板式等。各类挡土墙的适用范围取决于墙址地形、工程地质、水文地质、建筑材料、墙的用途、施工方法、技术经济条件等因素。

(1) 重力式挡土墙：重力式挡土墙是以挡土墙自身重力来维持挡土墙在土压力作用下的稳定。重力式挡土墙可用石砌或混凝土建成，一般都做成简单的梯形。

重力式挡土墙施工的工艺流程如图 1.3.6 所示。

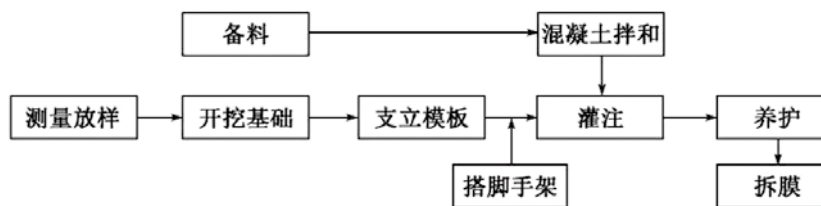


图 1.3.6 重力式挡土墙施工工艺流程图

①基坑开挖：基坑开挖宜分段跳槽进行。土质或易风化软质岩石雨季开挖基坑时，应在基坑挖好后及时封闭坑底。

②基础施工：基础施工前清除基底表面风化、松软的土石和杂物。基础应在砂浆强度达到设计强度的 75% 后及时分层回填夯实。

③墙身施工：砌石墙身应分层错缝砌筑，咬缝应不小于砌块长度的 1/4，且不得出现贯通竖缝。混凝土墙身应水平分层浇筑、分层振捣，分层厚度应不超过 300mm。挡土墙端部伸入路堤或嵌入挖方部分应与墙体同时砌筑。挡土墙顶应找平抹面或勾缝，其与边坡间的空隙应采用黏土或其他材料夯填封闭。

④墙背填料及施工：墙背宜采用砂性土、卵石土、砾石土或块石土等透水性好、抗剪强度高的材料。挡土墙混凝土或砂浆强度达到设计强度的 75% 时，应及时进行墙背回填。距墙背 0.5 ~ 1.0m 范围内不得使用重型振动压路机碾压。

⑤泄水孔：墙身泄水孔应在砌筑过程中按设计施工，确保排水畅通。

⑥岩体破碎、土质松软或地下水丰富等地段修建挡土墙宜避开雨季施工。

(2) 钢筋混凝土悬臂式和扶壁式挡土墙

①基坑开挖应从上至下分层分段依次进行。开挖过程中应做好临时排水设施，并随时排水，保证工作面干燥及基底不被水浸。基坑开挖后应及时施工挡土墙，不得长期放置。

②凸榫部分应与基坑同时开挖，并与墙底板一起浇筑。采用装配法施工时，基础部分应整体一次性浇筑，并设置好预埋钢筋。

③在基础混凝土达到设计强度的 75% 前，不得安设预制墙板。混凝土浇筑后应及时进行养护，养

护时间宜不少于 7d。

④墙背回填应在墙体混凝土达到设计强度的 75% 后进行。回填应分层填筑并压实。扶壁式挡土墙回填时应按先墙趾、后墙踵的顺序进行。

(3) 锚杆挡土墙：锚杆挡土墙是利用锚杆技术形成的一种挡土结构物。锚杆一端与工程结构物连接，另一端通过钻孔、插入锚杆、灌浆、养护等工序锚固在稳定的地层中，利用锚杆与地层间的锚固力来维持结构物的稳定，以承受土对结构物所施加的推力。锚杆挡土墙适用于缺乏石料的地区和挖基困难的地段，一般用于岩质路堑路段，具有锚固条件的路堑墙也可使用，还可应用于陡坡路堤。

①挡土板和锚杆的施工应逐层由下向上同步进行，挡土板之间的安装缝应均匀，缝宽宜小于 10mm。

②同一肋柱上两相邻跨的挡土板搭接处净间距宜不小于 30mm，并按施工缝处理。

③挡土板后的防排水设施及反滤层应与挡土板安装同步进行。

(4) 锚定板挡土墙

①锚定板应采用反开槽法施工，先填土，后挖槽就位。挖槽时，锚定板宜比设计位置高 30 ~ 50mm。

②螺栓杆、锚头等应进行防锈处理和防水封闭。肋柱安装应符合设计的位置和倾角，安装锚定板时板面应竖直，且在同一高程。施工槽口与上层填土应同步碾压，不得直接碾压拉杆和锚定板。

③分级平台应按设计要求进行封闭，并设 2% 的外倾排水坡。

(5) 加筋土挡土墙：加筋土挡土墙是在土中加入拉筋，利用拉筋与土之间的摩擦作用，改善土体的变形条件和提高土体的工程特性，从而达到稳定土体的目的。加筋土挡土墙由填料、在填料中布置的拉筋及墙面板三部分组成。一般应用于地形较为平坦且宽敞的填方路段。挖方路段或地形陡峭的山坡，由于不利于布置拉筋，一般不宜使用。

加筋土是柔性结构物，能够适应地基轻微的变形。加筋土挡土墙的拉筋应按设计采用抗拉强度高、延伸率和蠕变小、抗老化、耐腐蚀和化学稳定性好的材料，表面应有足够的粗糙度。钢拉筋应按设计进行防腐处理。加筋土挡土墙施工简便、快速，并且节省劳力和缩短工期。

①填料宜采用具有一定级配、透水性好的砂类土或碎砾石土，不应含有带尖锐棱角的颗粒。

②拉筋应按设计位置水平铺设在已经整平、压实的土层上，单根拉筋应垂直于面板，多根拉筋应按设计扇形铺设。拉筋安装应平顺，不得打折、扭曲，不得与硬质、棱角填料直接接触，其他要求应符合《公路土工合成材料应用技术规范》JTG/T D32—2012 的相关规定。

③墙面板安设应根据高度和填料情况设置适当的仰斜，斜度宜为 1 : 0.02 ~ 1 : 0.05。安设好的面板不得外倾。

④拉筋与面板之间的连接应牢固。拉筋贯通整个路基时，宜采用单根拉筋拉住两侧面板。

⑤填料摊铺、碾压应从拉筋中部开始平行于墙面进行，不得平行于拉筋方向碾压。应先向拉筋尾部逐步摊铺、压实，然后再向墙面方向进行。

⑥路基施工碾压不得使用羊足碾。靠近墙面板 1m 范围内，应使用小型机具夯实或人工夯实，不得使用重型压实机械压实。

⑦施工过程中应加强对墙身变形的观测，发现异常变化应及时处理。

2. 边坡锚固（预应力锚索边坡加固）防护

(1) 锚杆施工。孔深小于 3m 时，宜采用先注浆后插锚杆的施工工艺。

(2) 预应力锚索。严禁将钢绞线及锚索直接堆放在地面或露天储存，避免受潮、受腐蚀。施工前应按设计要求进行预应力锚索的锚固性能试验，确定施工工艺。

(3) 锚索束制作安装。制作宜在现场厂棚内制作；不得使用有机械损伤、电弧烧伤和严重锈蚀的钢绞线；普通锚索束必须进行清污、除锈处理；锚索入孔前，必须校对锚索编号与孔号是否一致，

做好标记；必须顺直地安放在钻孔中心。

(4) 锚固端灌浆。放入锚索束后应及时灌浆；黏结锚索孔灌浆宜一次注满锚固段和自由段；灌浆应饱满、密实。

(5) 锚索张拉。张拉设备应按规定配套标定，标定间隔期不宜超过 6 个月或累计张拉 200 次；孔内砂浆的强度未达到设计规定的允许张拉强度前不得进行张拉；锚索张拉采用张拉应力和伸长量双控制。当实际伸长值大于设计伸长值的 10% 或小于 5% 时应停止张拉进行锁定；锚索锁定后，在注浆锚固前若发现有明显的预应力松弛时，应查找原因，并进行补偿张拉。

(6) 封孔。封孔灌浆应在锚索张拉、检测合格、锁定后进行；封孔灌浆时，进浆管必须插到底，灌浆必须饱满；封锚应采用与结构或构件同强度的混凝土。长期外露的锚具应采取防锈措施。

3. 抗滑桩

抗滑桩是穿过滑坡体深入滑床的桩柱，用以支挡滑体的滑动力，可用于稳定边坡和滑坡、加固不稳定山体以及加固其他特殊路基。抗滑桩因其抗滑能力强、适用范围广、施工方便、对滑坡扰动相对小等优点而被广泛应用于边坡防护和滑坡治理中。

(1) 开挖及支护。相邻桩不得同时开挖，开挖桩群应从两端沿滑坡主轴间隔开挖，桩身强度达到设计强度的 75% 后方可开挖邻桩；应分节开挖，每节宜为 0.5 ~ 1m，挖一节立即支护一节，灌注前应清除孔壁上的松动石块、浮土。围岩松软、破碎、有水时，护壁宜设泄水孔。开挖应在上一节护壁混凝土终凝后进行，模板的支撑应在混凝土强度达到能保持护壁结构不变形后方可拆除；在围岩松软、破碎和有滑动面的节段，应在护壁内顺滑动方向用临时横撑加强支护。

(2) 灌注桩身混凝土。灌注前，应检查断面净空、清洗混凝土护壁；灌注必须连续进行。钢筋笼搭接接头不得设在土石分界和滑动面处。

(3) 桩间支挡结构、与桩相邻的挡土、排水设施等，均应按设计要求与抗滑桩正确连接，配套完成。

(4) 桩板式抗滑挡墙。桩身混凝土应达到设计强度后方可安装挡土板，边安装边回填，并做好板后排水设施；当桩间为土钉墙或喷锚支护时，桩间土体应分层开挖、分层加固；当锚固桩上部设有锚索（杆）时，应待上一排锚索（杆）施工完成后，才可开挖下一层的桩前土体；应严格控制墙背填土的压实度，压实时保护好锚索（杆）。

二、路面施工技术

（一）垫层（粒料类路基改善层）施工

路基湿度状态为中湿或潮湿时，宜设置垫层（粒料类路基改善层）。垫层材料可选用碎石、砂砾、煤渣、矿渣等粒料。

垫层应在验收合格的路基上铺筑，在铺筑前应清除路基表面的浮土、杂物等，保持表面整洁，并洒水湿润；应采用批准的机械进行摊铺；摊铺后的碎石、砂砾应无明显离析现象，或采用细集料做嵌缝处理；经过整平和整形，应按试验路段所确认的压实工艺，在全宽范围内均匀地压实至重型击实最大密度的 96% 以上；一个路段碾压完成以后，应按批准的方法做密实度试验；凡压路机不能作业的地方，应采用机夯进行压实；严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上掉头和紧急制动；两段作业衔接处，第一段留下 5 ~ 8m 不进行碾压，第二段施工时，将前段留下未压部分与第二段一起碾压。

（二）底基层及基层施工

底基层可选用无机结合料稳定集料类或粒料类等；基层可选用无机结合料稳定集料类、粒料类或

沥青稳定类等。一般公路的基层宽度每侧宜比面层宽出 100mm，底基层每侧宜比基层宽 150mm。在多雨地区，透水性好的粒料基层，宜铺至路基全宽，以利排水。

1. 无机结合料稳定类基层（底基层）

无机结合料稳定类基层（底基层），也称半刚性基层（底基层），应具有足够的强度和稳定性、较小的收缩（温缩及干缩）变形和较强的抗冲刷能力，在中、重冰冻区应有足够的抗冰冻性。无机结合料稳定类主要可分为：石灰稳定类、水泥稳定类、工业废渣稳定类与综合稳定类（包括水泥石灰稳定类、水泥粉煤灰稳定类、石灰粉煤灰稳定类）等。

无机结合料稳定类基层、底基层施工包括拌和、运输、摊铺、碾压等工艺，其中拌和又分为厂拌法和路拌法。应按照《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20—2015 相关要求施工，根据公路等级的不同，宜按表 1.3.1 选择基层、底基层材料施工工艺措施。

表 1.3.1 无机结合料稳定类基层施工工艺选择

材料类型	公路等级	结构层位	拌和工艺		摊铺工艺	
			推荐	可选择	推荐	可选择
无机结合料稳定中、粗粒材料	二级及二级以上	基层	集中厂拌	—	摊铺机摊铺	—
无机结合料稳定细粒材料		底基层	集中厂拌	—	摊铺机摊铺	推土机摊铺，平地机整平
水泥稳定材料	二级以下	基层和底基层	集中厂拌	—	摊铺机摊铺	—
其他各种无机结合料稳定材料		基层和底基层	集中厂拌	人工路拌	摊铺机摊铺	推土机摊铺，平地机整平

2. 粒料类基层（底基层）

粒料类基层按强度构成原理可分为嵌锁型与级配型。嵌锁型包括泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石等；级配型包括级配碎石、级配砾石、符合级配的天然砂砾、部分砾石经轧制掺配而成的级配砾、碎石等。

(1) 级配碎（砾）石底基层、基层的施工要求：混合料应在料场集中拌和，在批准的路基上摊铺；根据批准的试验路段的施工工艺、施工机械进行混合料的施工；混合料应拌和均匀，含水率适当，无粗细颗粒离析；在达到最佳含水率时，遵循先轻后重的原则，碾压至规定的压实度。碎石层按重型压实试验法确定的压实度，底基层达到 97% 以上，基层达到 99% 以上；严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上掉头或紧急制动；基层未洒透层沥青或未铺封层时，禁止开放交通。

(2) 填隙碎石的施工要求：可采用干法或湿法施工。单层压实厚度宜为公称最大直径的 1.5 ~ 2 倍。施工前按规定准备下承层和施工放样；填隙料应干燥，用量宜为集料质量的 30% ~ 40%；用平地机等将集料均匀摊铺在预定范围内，表面应平整，并有规定的路拱，同时摊铺路肩用料；宜采用振动压路机碾压；碾压后的固体体积率，基层不小于 85%，底基层不小于 83%；基层未洒透层沥青或未铺封层前不得开放交通。

3. 沥青稳定类基层

沥青稳定类基层又称柔性基层，包括热拌沥青碎石、贯入式沥青碎石、乳化沥青碎石混合料基层等。

沥青稳定基层的施工工艺流程：拌制→运输→摊铺→压实及成型→接缝→养护与开放交通。

(1) 施工的一般要求：做好各项施工准备工作；进行热拌沥青碎石的配合比设计，即包括目标配合比设计阶段、生产配合比设计阶段、生产配合比验证阶段。配合比设计采用马歇尔试验设计方法；施工前，承包人应做 200m 的试验路段；试验路段验收合格后方可施工。试验段应分为试拌和试铺两

个阶段。

(2) 热拌沥青稳定碎石的施工工艺

①拌制：必须在沥青拌和厂采用间歇式拌和机或连续式拌和机拌制；沥青混合料应均匀一致，无花白料、无结团成块或严重的粗细料分离；出厂的沥青混合料应逐车用地磅称重。

②运输：应采用较大吨位的自卸汽车运输、车厢应清扫干净。车厢侧板和底板可涂一薄层油水（柴油与水的比例可为 1 : 3）混合料，但不得有余液积聚在车厢底部；从拌和机向运料车上放料时，应每卸一斗混合料挪动一下汽车位置，以减少粗细集料的离析；运料车应用篷布覆盖，用以保温、防雨、防污染。

③摊铺：铺筑沥青混合料前，应检查确认下层的质量；采用机械摊铺，摊铺温度应符合规范要求，并应根据沥青等级、黏度，气温、摊铺层厚度选用；当高速公路和一级公路施工气温低于 10℃、其他等级公路施工气温低于 5℃时，不宜摊铺；沥青混合料的松铺系数应根据实际的混合料类型，由试铺试压方法或以往实践经验确定；机械摊铺松铺系数为 1.15 ~ 1.30，人工摊铺松铺系数为 1.20 ~ 1.45；机械摊铺的混合料，不应用人工反复修整；可用人工局部找补或更换混合料；摊铺不得中途停顿；摊铺好的沥青混合料应及时碾压。

④压实及成型

a. 压实后的沥青混合料应符合压实度及平整度的要求，沥青混合料的分层压实厚度不得大于 100mm。

b. 应选择合理的压路机组合方式及碾压步骤，以达到最佳结果。沥青混合料压实宜采用钢筒式静态压路机与轮胎压路机或振动压路机组合的方式。压路机的数量应根据生产率决定。

c. 沥青混合料的压实应按初压、复压、终压（包括成型）3 个阶段进行。压路机应以慢而均匀的速度碾压，压路机的碾压速度应符合规定。

d. 初压应在混合料摊铺后较高温度下进行，应采用轻型钢筒式压路机或关闭振动装置的振动压路机碾压两遍。压路机应从外侧向中心碾压。相邻碾压带应重叠 1/3 ~ 1/2 轮宽，最后碾压路中心部分，压完全幅为一遍。

e. 复压应紧接在初压后进行，复压宜采用重型的轮胎压路机，也可采用振动压路机或钢筒式压路机。碾压遍数应经试压确定，不宜少于 4 ~ 6 遍，直到达到要求的压实度并无显著轮迹为止。

f. 终压应紧接在复压后进行。终压可选用双轮钢筒式压路机或关闭振动压路机碾压，不宜少于两遍，并无轮迹。路面压实成型的终了温度应符合规范要求。

⑤接缝

a. 施工缝及构造物两端的连接处必须仔细操作，保证紧密、平顺。纵向接缝部分的施工，摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝。施工时应将已铺混合料部分留下 100 ~ 200mm 宽暂不碾压，作为后摊铺部分的高程基准面，最后做跨缝碾压以消除缝迹。

b. 半幅施工不能采用热接缝时，宜加设挡板或采用切刀切齐。铺另半幅前必须将缝边缘清扫干净，并涂洒少量黏层沥青。摊铺时应重叠在已铺层上 50 ~ 100mm，摊铺后用人工将摊铺在前半幅上面的混合料铲走。碾压时先在已压实路面上行走，碾压新铺层 100 ~ 150mm，然后压实新铺部分，再重叠过已压实路面 100 ~ 150mm，充分将接缝压实紧密。

(三) 透层、黏层、封层施工

1. 透层

透层是指为使沥青面层与基层结合良好，在基层上浇洒乳化沥青、煤沥青或液体沥青而形成的透入基层表面的薄层。沥青路面各类基层都必须喷洒透层油，沥青层必须在透层油完全渗透入基层后方可铺筑。

2. 黏层

黏层为路面结构起黏结作用的功能层，黏层的作用是使上下层沥青结构层或沥青结构层与结构物（或水泥混凝土路面）完全黏成一个整体。

符合下列情况之一时，应喷洒黏层油：双层式或三层式热拌热铺沥青混合料路面的沥青层之间；水泥混凝土路面、沥青稳定碎石基层或旧沥青路面层上加铺沥青层；路缘石、雨水口、检查井等构造物与新铺沥青混合料接触的侧面。

3. 封层

封层为路面结构中用以阻止水下渗的功能层，可以封闭某一层起保水防水作用，能对某一层表面破坏离析松散处起加固补强作用，也便于基层与沥青表面层之间的过渡和有效连接，防止基层因天气或车辆作用出现水毁。封层可分为上封层和下封层，可采用拌和法或层铺法的单层式表面处置，也可以采用乳化沥青稀浆封层。

（四）路面面层施工

1. 热拌沥青混合料路面

（1）沥青混合料的配合比设计：热拌沥青混合料的配合比设计包括：目标配合比设计阶段、生产配合比设计阶段、生产配合比验证阶段。

（2）热拌沥青混合料路面的施工技术：热拌沥青混合料路面的施工工艺如图 1.3.7 所示。

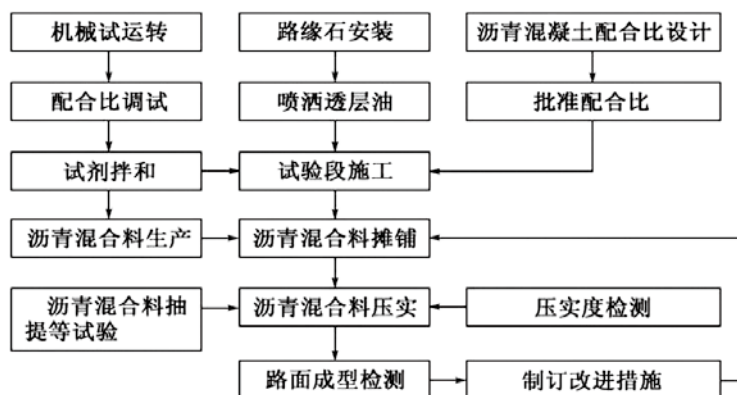


图 1.3.7 热拌沥青混合料路面的施工工艺流程图

热拌沥青混合料路面的施工工艺流程：施工准备→拌和→运输→摊铺→压实→接缝处理→检查试验→开放交通。

①施工准备：选购经试验合格的材料进行备料，矿料应分类堆放，矿粉必须是石灰岩磨细而成且不得受潮，必要时做好矿料堆放场地的硬化处理和场地四周排水及搭设矿粉库房或储存罐；做好配合比设计并报送监理工程师审批，对各种原材料进行符合性检验；在验收合格的基层上恢复中线（底面层施工时），在边线外侧 0.3 ~ 0.5m 处每隔 5 ~ 10m 钉边桩进行水平测量，拉好基准线，画好边线；清扫下承层，底面层施工前 2d 在基层上洒透层油。在中、底面层上喷洒黏层油；试验段开工前 28d 安装好试验仪器和设备，配备好的试验人员报请监理工程师审核。各层开工前 14d 在监理工程师批准的现场备齐全部机械设备进行试验段铺筑，以确定松铺系数、施工工艺、机械配备、人员组织、压实遍数，并检查压实度、沥青含量、矿料级配、沥青混合料马歇尔各项技术指标等。

②拌和：各类集料应分类堆放，每个料源均应进行抽样试验，按要求的配合比配料；沥青混合料可采用间歇式拌和机或连续式拌和机拌制，高速公路和一级公路宜采用间歇式拌和机拌和；设置具有

密封性能及除尘设备，并有检测拌和温度装置的沥青混凝土拌和站；拌和站设试验室，对沥青混凝土的原材料和沥青混合料及时进行检测；石油沥青加工及沥青混合料施工温度应根据沥青标号及黏度、气候条件、铺装层的厚度确定，沥青加热温度、矿料加热温度、沥青混合料的出料温度、仓贮存温度、废弃温度、运输到现场温度均应满足《热拌沥青混合料的施工温度（℃）》（表 1.3.2）相关要求；混合料的出厂温度过高时应废弃；出厂的混合料需均匀一致，无白花料，无粗细料离析和结块现象，不符合要求者应废弃。

表 1.3.2 热拌沥青混合料的施工温度（℃）

施工工序		石油沥青的标号			
		50 号	70 号	90 号	110 号
沥青加热温度		160~170	155~165	150~160	145~155
矿料加热温度	间隙式拌和机	集料加热温度比沥青温度高 10~30			
	连续式拌和机	矿料加热温度比沥青温度高 5~10			
沥青混合料出料温度		150~170	145~165	140~160	135~155
混合料贮料仓贮存温度		贮料过程中温度降低不超过 10			
混合料废弃温度，高于		200	195	190	185
运输到现场温度，不低于		150	145	140	135
混合料摊铺温度，不低于	正常施工	140	135	130	125
	低温施工	160	150	140	135
开始碾压的混合料内部温度，不低于	正常施工	135	130	125	120
	低温施工	150	145	135	130
碾压终了的表面温度，不低于	钢轮压路机	80	70	65	60
	轮胎压路机	85	80	75	70
	振动压路机	75	70	60	55
开放交通的路表温度，不高于		50	50	50	45

注：①沥青混合料的施工温度采用具有金属探测针的插入式数显温度计测量。表面温度可采用表面接触式温度计测定。当采用红外线温度计测盘表面温度时，应进行标定。

②上表中未列入的 130 号、160 号及 30 号沥青的施工温度由试验确定。

③运输：根据拌和站的产量、运距合理安排运输车辆；应采用较大吨位的自卸汽车，一般不小于 15t；运输车的车厢内保持干净，涂防黏薄膜剂；运输车配备覆盖棚布以防雨和热量损失；已经离析或结成团块或卸料时滞留于车上的混合料，以及低于规定铺筑温度或被雨水淋湿的混合料都应废弃。

④摊铺：铺筑沥青混合料前，应检查确认下层的质量；根据路面宽度选用 1 ~ 2 台具有自动调节摊铺厚度及找平装置、可加热的振动熨平板，并且运行良好的高密度沥青混凝土摊铺机进行摊铺；铺机应采用自动找平方式，下面层或基层宜采用钢丝绳引导的高程控制方式，上面层宜采用平衡梁或雪橇式摊铺厚度控制方式，中面层根据情况选用找平方式；摊铺机均匀行驶，行走速度和拌和站产量相匹配。在摊铺过程中不准随意变换速度或中途停顿；摊铺机开工前应提前 0.5 ~ 1h 预热，摊铺机的熨平板不低于 100℃；摊铺温度根据气温变化进行调节，一般正常施工温度应满足《热拌沥青混合料的

施工温度(℃)》(表 1.3.2)相关要求;在摊铺过程中随时检查并做好记录;铺筑高速公路、一级公路沥青混合料时,一台摊铺机的铺筑宽度双车道不宜超过 6m、三车道以上不宜超过 7.5m,通常宜采用两台或更多台数的摊铺机前后错开 10~20m 呈梯队方式同步摊铺,两幅之间应有 30~60mm 宽度的搭接,并躲开车道轮迹带,上、下层的搭接位置宜错开 200mm 以上;在摊铺过程中,随时检查摊铺质量,出现离析、边角缺料等现象时人工及时补撒料,换补料;随时检查高程及摊铺厚度,并及时通知操作手;摊铺机无法作业的地方,在监理工程师同意后采取人工摊铺施工。

⑤压实:压路机采用 2~3 台双轮双振压路机及 2~3 台质量不小于 16t 胶轮压路机组成;摊铺后应立即进行压实作业。压实分为初压、复压和终压(包括成型)3 个阶段,每阶段的碾压速度应符合设计要求;初压采用双钢轮压路机静压 1~2 遍,碾压时应将压路机的驱动轮面向摊铺机,从外侧向中心碾压,在超高路段则由低向高碾压,在坡道上应将驱动轮从低处向高处碾压;复压采用胶轮压路机和单钢轮压路机振压等综合碾压 4~6 遍;终压采用双轮双振压路机静压 1~2 遍;开始碾压的混合料内部温度、碾压终了的表面温度应满足《热拌沥青混合料的施工温度(℃)》(表 1.3.2)相关要求;边角部分压路机碾压不到的位置,使用小型振动压路机碾压;碾压顺纵向由低边向高边按规定要求的碾压速度均匀进行。相邻碾压重叠宽度大于 300mm;采用雾状喷水法,以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮;压路机不得在未碾压成型或未冷却的路段上转向、制动或中途停留;不得在新铺筑的路面上停机、加水、加油,以免污染路面。

⑥接缝处理:梯队作业采用热接缝,施工时将已铺混合料部分留下 100~200mm 宽暂不碾压,作为后摊铺部分的高程基准面,后摊铺部分完成立即骑缝碾压,以消除缝迹;半幅施工不能采用热接缝时,采用人工顺直刨缝或切缝。铺另半幅前必须将边缘清扫干净,并涂洒少量黏层沥青。摊铺时应重叠在已铺层上 50~100mm,摊铺后将混合料人工清扫干净。碾压时先在已压实路面行走,碾压新铺层 100~150mm,然后压实新铺部分,再伸过已压实路面 100~150mm,充分将接缝压实紧密;纵缝上、下层的缝应错开 150mm(热接缝)或 300~400mm(冷接缝)以上,相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位 1m 以上,接缝施工应确保平整度符合要求。

横接缝的处理方法:即首先用 3m 直尺检查端部平整度,不符合要求时垂直于路中线切齐清除;清理干净后在端部涂黏层沥青接着摊铺。摊铺时调整好预留高度,接缝处摊铺层施工结束后再用 3m 直尺检查平整度。横向接缝的碾压先用双轮双振压路机进行横压,碾压时压路机位于已压实的混合料层上伸入新铺层的宽度为 150mm,然后每压一遍向新铺混合料方向移动 150~200mm,直至全部在新铺层上为止,再改为纵向碾压。

⑦检查试验:按施工技术规范要求的频率做好原材料、施工温度、矿料级配、马歇尔试验、压实度等试验要求;施工过程中随时检查摊铺厚度、平整度、宽度、横坡度、高程等。

⑧开放交通:热拌热铺沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却,表面温度应满足《热拌沥青混合料的施工温度(℃)》(表 1.3.2)相关要求。一般在施工完毕后第二天可开放交通。

2. 改性沥青混合料路面

改性沥青混合料路面的施工工艺流程:施工准备→拌和→运输→摊铺→压实→接缝处理→检查试验→开放交通。

(1) 拌和

①粗、细集料应严格分类堆放和供料,不同料源也应分开堆放,每个料源的材料应进行抽样试验;必须严格按批准的配合比进行配料,并应将集料充分烘干。

②改性沥青混合料储存时间不应超过 24h;SMA 混合料只限当天使用;OGFC 混合料宜随拌随用。回收的粉尘不得利用,应全部废弃在指定地点进行处理,防止污染环境。

③沥青料拌和时间根据具体情况经试拌确定,以沥青均匀裹覆集料为度。SMA 混合料的拌和时间应适当延长;应严格控制拌和温度,不得超过 195℃,超过时必须废弃。

(2) 运输

①宜采用较大吨位的运料车运输，但不得超载运输，或紧急制动、急转弯掉头使透层、封层造成损伤。

②每次使用前后必须清扫干净，在车厢板上涂一薄层防止沥青粘结的隔离剂或防粘剂，但不得有余液积聚在车厢底部。

③进入摊铺现场时，轮胎上不得粘有泥土等可能污染路面的异物；每次卸料必须倒净，如有剩余，应及时清除，防止硬结。

(3) 摊铺

①必须按图纸规定的平面、高度数据设控制导线或导梁，确保铺筑层的高度、横坡度和宽度符合设计要求。铺筑改性沥青及 SMA 路面时宜采用非接触式平衡梁。

②应做到匀速、连续摊铺。摊铺速度应根据拌和机产量、运力配置情况、摊铺宽度和厚度等条件，通过试验段确定，一般为 2 ~ 6m/min，SMA 及改性沥青混合料宜放慢至 1 ~ 3m/min。不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度、减少混合料的离析。

③沥青路面上面层应全幅摊铺。

④摊铺过程中应随时观察摊铺机的工作状态和摊铺层的外观质量，出现异常且调节无效时，应立即停机查明原因，进行调整。摊铺过程中应跟踪检测质量，发现缺陷应“趁热”修补；修补不好的应刨除重铺。

⑤熨平板的振频、振幅、夯锤功率等参数，使沥青混合料初始压实度达到 85%，且以高频低幅为宜。

(4) 压实

①用通过试验段确定的压实设备和工艺进行碾压。改性沥青混合料一般应在温度降至 120℃前结束碾压作业。

②在初压和复压过程中，宜采用同型号压路机并呈梯队碾压。

③采用振动压路机碾压改性沥青混合料路面时，压路机的轮迹重叠宽度不应大于 200mm；但用静载钢轮压路机碾压时，压路机轮迹重叠宽度不应小于 200mm。

④改性沥青混合料的碾压较困难，应尽可能提高碾压温度和振动频率。

⑤碾压过程中，应密切注意压实度的变化情况，既要达到压实标准，又要防止过度碾压而破坏集料的棱角嵌挤，或出现弹簧现象。

⑥碾压时，压路机不得中途停留、转向或制动。当压路机来回交替碾压时，前后两次停留地点应相距 10m 以上，并应驶出压实起始线 3m 以外。压路机不得停留在温度高于 60℃的已经压过的混合料上。同时，应防止油料、润滑脂、汽油或其他杂质在压路机操作或停放期间落在路面上。

⑦不宜采用轮胎压路机碾压，以防止将沥青混合料搓揉挤压上浮。SMA 路面宜采用振动压路机或钢筒式压路机碾压，振动压路机的碾压应遵循“高温、紧跟、匀速、慢压、高频、低幅、先边、后中”的原则。

3. 水泥混凝土路面

目前通常采用的水泥混凝土面层施工的技术方法有：小型机具铺筑、滑模摊铺机铺筑、三辊轴机组铺筑、碾压混凝土等。

(1) 小型机具施工：小型机具施工是传统的施工方式，技术简单成熟，施工便捷、不需要大型设备，主要靠人工，所以一般用在县乡公路，三级、四级公路、等外公路、旅游公路、村镇内道路及广场建设中。它不得用于隧道水泥混凝土面层与桥面铺装施工。

(2) 滑模摊铺机施工：采用滑模摊铺机来铺筑水泥混凝土路面，其特征是不架设边缘固定模板，布料、摊铺、振捣密实、挤压成型、抹面装饰等施工流程在摊铺机行进过程中连续完成。经过多年推广应用，已经成为我国在高等级公路水泥混凝土路面施工中广泛采用的，工程质量最高、施工速度最快、

装备最现代化的高新成熟技术。

(3) 三辊轴机组施工：其机械化程度适中，设备投入少，技术容易掌握。三辊轴机组施工一般用于二级及二级以下公路的水泥混凝土路面面层、桥面和隧道混凝土面层的施工，也可用于高速公路、一级公路硬路肩、匝道、收费广场边板、封闭式中央分隔带、弯道超高加宽段硬路肩及局部异形面板等的施工。

(4) 碾压混凝土施工：碾压混凝土路面是采用沥青路面的主要施工机械，将单位用水量较少的干硬性混凝土摊铺、碾压成型的一种混凝土路面。碾压混凝土采用的是沥青摊铺机或灰土摊铺机，碾压密实成型工艺是将干硬性混凝土技术和沥青路面摊铺技术结合起来的复合技术。

碾压混凝土一般适用于二级、三级、四级公路混凝土面层与高速公路、一级公路复合式路面碾压混凝土下面层。

水泥混凝土路面的施工工艺流程：模板及其架设与拆除→拌和→运输→铺筑→整平饰面→接缝施工→抗滑构造施工→混凝土路面养护→灌缝。

(五) 中央分隔带及路肩施工

1. 中央分隔带施工

中央分隔带施工工艺流程：基槽开挖→铺设垫层→埋设塑料排水管→路缘石安装。

(1) 开挖：当路面基层施工完毕后，即可进行中央分隔带的开挖，先挖集水槽，后挖纵向盲沟，一般采用人工开挖，开挖的土料不得堆置在已铺好的基层上。沟槽的断面尺寸、结构层端部边坡、沟底纵坡应符合设计要求，沟底须平整、密实，不得有杂物。

(2) 防水层施工：沟槽开挖完毕并经验收符合设计要求后，进行防水层施工，可喷涂双层防渗沥青。沥青防渗层要求涂布均匀，厚薄一致，无漏涂现象，涂布范围应是中央分隔带范围内的路基及路面结构层。防水层也可铺设 PVC 防水板等，PVC 防水板铺设时两端应拉紧，不应有褶皱，PVC 板材纵横间应搭接，铺完后用铁钉固定。

(3) 纵向碎石盲沟的铺设：

①碎石盲沟应做到填筑充实、表面平整。

②反滤层可用筛选过的中砂、粗砂、砾石等渗水性材料分层填筑，目前高等级公路多采用土工布作为反滤层。

③碎石盲沟上铺设土工布，使其与回填土隔离，较砂石料作反滤层，其施工方便，有利于排水并可保持盲沟长期利用。施工时应注意：必须平滑无拉伸地铺在碎石盲沟的面层上，不得出现扭曲、褶皱、重叠；若有破损，必须立即修补；采用平搭接，搭接长度不得小于 300mm。

(4) 埋设横向塑料排水管：

路基施工完毕后，即可进行埋设横向塑料排水管的施工。

①基槽开挖：根据设计要求，按图纸所示桩号，定出埋设位置。采用人工开挖或用开沟机挖槽时，沟槽应保持直线并垂直于道路中心线。沟槽开挖深度及宽度应符合设计要求。沟底坡度应和路面横坡一致。

②铺设垫层：垫层采用粒径小的石料，如石屑、瓜子片等，铺设厚度应保持均匀一致，保证垫层顶面具有规定的横坡。

③埋设塑料排水管：一端应插入中央分隔带范围内的纵向排水盲沟位置，另一端应伸出路基边坡外；横向塑料排水管的进口必须用土工布包裹，防止碎石堵塞；当塑料管不足一次埋设的长度时，需套接。套接时，管口要对齐并靠紧，接头处用一短套管套紧相邻两根塑料排水管，套管两端需用不透水材料扎紧；横向排水管理设完毕并经验收合格后，方可进行沟槽回填。

(5) 路缘石安装：路缘石的预制安装或现场浇筑应符合图纸所示的线形和坡度；路缘石应在路

面铺设之前完成；预制缘石应铺筑在厚度不小于 20mm 的砂垫层上，砌筑砂浆的水泥与砂的体积比应为 1:2；路缘石的施工技术要求如下：预制缘石的质量应符合规定要求；安砌稳固，顶面平整，缝宽均匀，勾缝密实，线条直顺，曲线圆滑美观；槽底基础和后背填料必须夯打密实。

2. 路肩施工

(1) 土路肩施工：当路肩用料与稳定土层用料不同时，应采取培肩措施，先将两侧路肩培好。路肩料层的压实厚度应与稳定土层的压实厚度相同。在路肩上，每隔 5 ~ 10m 应交错开挖临时泄水沟。路面铺筑完成后，可进行路肩培土及中央分隔带回填土的施工作业。

土路肩施工工艺流程：备料→推平→平整→静压→切边→再整平→碾压。

(2) 硬路肩施工：硬路肩的设计高程常见的有两种情况：一种是硬路肩与车行道连接处高程一致，横坡与沥青混合料的种类也相同时，可将硬路肩视为行车道的展宽，摊铺混合料时可与车行道一起铺筑。另一种是硬路肩的顶面高程低于相连的车行道，这种情况应先摊铺硬路肩部分，宽度应比要求的宽 50mm 左右。摊铺车行道表面层时，摊铺机靠硬路肩一侧的端部应使用 45° 的斜挡板，以减少碾压时边缘坍塌或发生较大的侧移，并尽量使边缘顺直、平齐。

三、桥涵工程施工技术

(一) 常用模板、拱架和支架施工

1. 模板的制作及安装

模板的安装与钢筋工作配合进行，妨碍绑扎钢筋的模板应待钢筋安装完毕后安设。一般是在底板平整、钢筋骨架安装后，安装侧模和端模，也可先安装端模后安装侧模。模板不应与脚手架发生联系，以免脚手架上因运送材料和人工操作引起模板变形。模板安装的精度要高于预制梁精度要求。每次模板安装完成后需通过验收合格后，方可进入下一道工序。

模板制作与安装施工工艺流程如下：选择模板及支撑材料→模板设计与绘图→构件基础平整及支撑系统施工→模板加工制作与安装→模板表面及接缝处理→模板安装质量检验→钢筋安装及质量检验→混凝土浇筑→混凝土养护→拆除模板。

2. 拱架的制作及安装

(1) 制作拱架所采用材料的规格和质量应符合施工设计要求。拱架的制作应保证杆件或构件的尺寸准确，连接节点处的螺栓孔或焊接质量应满足施工设计要求。

(2) 拱架安装前，应对桥轴线、拱轴线、跨径和高程等进行校核，确认无误后方可进行拼装。拼装应根据拱架的构造确定适宜的方法，分片或分段拼装时应有保证拱架稳定的临时措施，必要时应设置缆风绳固定；拱架拼装时应设置足够的平联、斜撑和剪刀撑，保证其横向稳定。

(3) 拱架应设置施工预拱度和卸落装置，除应符合前述支架相关规定外，拱式拱架尚应考虑其受载后产生水平位移所引起的拱圈挠度。各类拱架的顶部高程应符合拱圈下缘加预拱度后的几何线形，允许偏差宜为 $\pm 10\text{mm}$ ；拱架纵轴的平面位置偏差应不大于跨度的 1/1000，且不大于 30mm。

(4) 拱架安装完成后应按设计荷载进行预压；并对其平面位置、顶部高程、节点连接及纵横向的稳定性进行全面检查，符合要求后，方可进行下一道工序。

3. 支架的制作及安装

(1) 宜采用标准化、系列化、通用化的钢构件制作拼装。木支架的两相邻立柱连接接头宜分设不同水平面上，并应减少长杆件接头。主要压力杆的接长连接，宜使用对接法，并采用木夹板或铁夹板夹紧；次要构件的连接可采用搭接法。

(2) 支架按施工图设计要求进行安装,立柱应垂直,节点连接应可靠;高支架应设置足够的斜向连接、扣件或缆风绳,横向稳定应有保证措施;支架安装完成后,应对其平面位置、顶部高程、节点连接及纵、横向稳定性进行全面检查,符合要求后,方可进行下一道工序。

(3) 支架宜根据其结构形式、所用材料和地基情况的不同,在施工前确定是否对其进行预压,并符合相关规定。

(4) 支架应结合模板安装并考虑设置预拱度和卸落装置,并符合相关规定。

4. 模板、拱架和支架的拆除

模板、拱架、支架的拆除期限和拆除程序等应严格按施工图设计的要求进行,设计未要求时,应根据结构物特点、模板部位和混凝土所达到的强度来决定。模板、拱架及支架拆除时的技术要求,应符合图纸要求及《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650—2020 的有关规定。

(二) 钢筋与混凝土施工

1. 一般规定

桥涵工程中采用的普通钢筋应符合现行《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1—2017、《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2—2018、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB/T 13014—2013、《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788—2017 的有关规定。

钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单,进场时除应检查其外观和标志外,尚应按不同的钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批抽取试样进行力学性能检验,检验试验方法应符合现行国家标准的规定。钢筋经进场检验合格后方可使用。钢筋在运输过程中应避免锈蚀、污染或被压弯;在工地存放时,应按不同品种、规格,分批分别堆置整齐,不得混杂,并应设立识别标志,存放时间宜不超过6个月。

钢筋的级别、种类和直径应按设计规定采用,需要代换时,应得到设计认可。预制构件的吊环,必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作,且使用时的计算拉应力应不大于65MPa。

2. 普通钢筋的加工制作

钢筋的表面应洁净,使用前应将表面油渍、漆皮、鳞锈等清除干净,钢筋外表有严重锈蚀、麻坑、裂纹夹砂和夹层等缺陷时应予剔除,不得使用。钢筋应平直,无局部弯折,成盘的钢筋和弯曲的钢筋均应调直才能使用。钢筋的形状、尺寸应按照设计的规定进行加工,加工后的钢筋,表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。

钢筋的连接宜采用焊接接头或机械连接接头。绑扎接头仅当钢筋构造施工困难时方可采用绑扎接头,绑扎接头的直径不宜大于28mm,对轴心受压或偏心受压构件中的受压钢筋可不大于32mm;轴心受拉和小偏心受拉构件不应采用绑扎接头。受力钢筋焊接或绑扎接头应设置在内力较小处,并错开布置。钢筋的机械连接宜采用镦粗直螺纹、滚轧直螺纹或套筒挤压接头,且适用于HRB400、HRBF400、HRB500和RRB400热轧带肋钢筋。各类接头的性能均应符合现行《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107—2016的有关规定。钢筋的焊接接头宜采用闪光对焊,或采用电弧焊、电渣压力焊、气压焊,但电渣压力焊仅可用于竖向钢筋的连接,不得用于水平钢筋和斜筋的连接。

3. 预应力筋的加工制作

预应力混凝土结构所采用的钢丝、钢绞线、螺纹钢筋等材料的性能和质量应符合现行国家标准的规定。预应力筋进场时应分批验收。验收时,应对其质量证明书、包装、标志、规格、钢筋品种等进行检查。

预应力筋的下料长度应通过计算确定,计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度锚夹具厚度、千斤顶长度、焊接接头或镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

4. 混凝土工程

混凝土工程所需各种原材料均应符合现行国家及行业标准规定,并应在进场时对其性能和质量进

行检验。混凝土抗压强度应以标准方式成型的试件置于标准养护条件下（温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于 95%）养护 28d 所测得的抗压强度值（MPa）进行测定。对采用蒸汽养护的混凝土，其测试抗压强度的试件应先随构件同条件蒸汽养护，再转入标准条件下养护，累计养护时间应为 28d。

混凝土施工工艺步骤如下：

（1）混凝土配合比：混凝土配合比应以质量比表示，并通过计算和适配选定。试配时，应使用施工实际采用的材料，配制的混凝土拌和物应满足和易性、凝结时间等施工技术条件，制成的混凝土满足配制强度、力学性能和耐久性能的设计要求。

（2）混凝土拌制：配料宜用自动计量装置，计量器具应定期标定。混凝土拌和物应搅拌均匀、颜色一致，不得有离析和泌水现象。混凝土拌好后，应检测坍落度及其损失，一般在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测，每一工作班或每一单元结构物应不少于两次，评定时应以浇筑地点的测值为准。

（3）混凝土运输：混凝土运输宜用搅拌运输车或在条件允许时采用泵送方式运输。搅拌车运输途中应以 $2 \sim 4\text{r}/\text{min}$ 的慢速进行搅动，卸料前应采用快挡旋转搅拌罐不少于 20s。采用泵送时，泵送间隔时间不宜超过 15min。

搅拌车运至搅拌地点后发生离析、泌水或坍落度不符合要求时，应进行二次搅拌。二次搅拌时不宜任意加水，确有必要时，可同时添加水、相应胶凝材料、外加剂并保持原水胶比不变。二次搅拌仍不符合要求时，不得使用。

采用吊斗或其他方式运输时，运距不宜超过 100m。

（4）混凝土浇筑：混凝土浇筑前，应根据待浇筑结构物的情况、环境条件及浇筑数量等制订合理的浇筑工艺方案，对施工缝设置、浇筑顺序、浇筑工具、防裂措施、保护层控制等做出明确规定；自高处向模板内倾卸混凝土，应防止离析；直接倾卸时，其自由倾落高度不宜超过 2m，卸落高度超过 2m 应通过串筒、溜管（槽）等设施下落，倾落超过 10m 时应设置减速装置；混凝土应按一定的厚度、顺序和方向分层浇筑，且应在下层混凝土初凝或重塑前完成上层混凝土浇筑；上下层同时浇筑时，上层与下层的前后浇筑距离应保持 1.5m 以上；在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，并保持水平分层。

（5）混凝土养护：应根据施工对象、环境条件、水泥品种等因素制定具体的新浇筑混凝土养护方案，并严格实施；混凝土浇筑完成后，应在收浆后尽快予以覆盖并洒水养护；混凝土养护严禁采用海水，洒水保湿养护时间应不小于 7d；对重要工程或有特殊要求的混凝土，应酌情延长养护时间，并使混凝土表面始终保持湿润状态；当采用喷洒养护剂对混凝土进行养护时，所使用的养护剂应不会对混凝土产生不利影响，且应通过试验验证其养护效果。

5. 预应力混凝土

预应力混凝土是在结构构件受外力荷载作用前，先人为地对它施加压力，由此产生预应力状态，以减小或抵消外荷载所引起的拉应力，即借助于混凝土较高的抗压强度来弥补其抗拉强度的不足，达到推迟受拉区混凝土开裂的目的。

（1）预应力筋及其制作

①预应力混凝土结构所采用的钢丝、钢绞线、螺纹钢筋等材料，应符合现行国家及行业标准规定。

②预应力筋进场时，应分批验收，钢丝每批不大于 60t，钢绞线每批不大于 60t（任取 3 盘截取一组），螺纹钢每批不大于 100t。

③预应力筋应避免锈蚀，存放时应支垫并遮盖，存放时间不宜超过 6 个月。

④预应力筋制作时下料应通过计算确定，下料应采用切断机或砂轮锯切断，严禁采用电弧切割。

（2）锚具、夹具和连接器

①预应力筋锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的使用性，能保证充分发挥预应力筋的强度，安全地实现预应力张拉作业，并应符合现行国家标准《预应力筋锚具、

夹具和连接器》GB/T 14370—2015 的要求。预应力筋锚具、夹具和连接器进场时，除应按出厂合格证和质量证明书核查锚固性能类别、型号、规格及数量外，还应按相关规定进行验收。

②预应力筋锚具应按实际要求采用并满足分级张拉、补张拉及放松预应力的要求。

③夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和安全的重复使用性能，主要锚固件应具有良好防锈性能，可重复使用次数不应少于 300 次。需敲击才能松开的夹具，必须保证其对预应力筋的锚固没有影响，且对操作人员的安全不造成危险。

④混凝土结构中永久性的预应力筋连接器，应符合锚具的性能要求；用于先张法施工且在张拉后需进行放张和拆卸的连接器，应符合夹具的要求。

⑤锚垫板应具有足够强度和刚度，且宜设置锚具对中止口、压浆孔或排气孔，压浆孔内径不宜小于 20mm。与后张预应力筋用锚具或连接器配套的锚垫板和局部加强钢筋，在规定的局部承压试件尺寸及混凝土强度下，应满足传力性能要求。

⑥预应力筋用锚具产品应配套使用，同一结构应采用同一生产厂的产品，工作锚不得作为工具锚使用。工作锚不得作为工具锚使用。夹片式锚具的限位板和工具锚宜采用与工作锚同一生产厂的配套产品。

(3) 管道：管道的进场检验应符合相关规定。

在后张有粘结预应力混凝土结构或构件中，预应力筋的孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成，或采取钢管抽芯、胶管抽芯及金属伸缩套管抽芯等方法进行预留。设置于混凝土中的刚性或半刚性管道不应有漏浆现象，且应具有足够的强度和刚度，应能在浇筑混凝土重力的作用下保持原有的形状，并能按要求传递粘结应力。

刚性管道应是壁厚不小于 2mm 的平滑钢管，且应具有光滑的内壁并可被弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁；半刚性管道应是波纹状的金属管或高密度聚乙烯塑料管，且金属波纹管宜采用镀锌钢带制作，壁厚宜不小于 0.3mm。

波纹管在搬运时应采用非金属绳捆扎，或采用专用框架装载，不得抛摔或在地面上拖拉。波纹管存放时应远离热源及可能遭受各种腐蚀性气体、介质影响的地方，存放时间宜不超过 6 个月，室外存放时不得直接堆于地面，应支垫并遮盖。

(4) 混凝土浇筑：浇筑混凝土前，应对预埋于混凝土中的锚具、管道和钢筋等进行全面检查验收，符合要求后方可开始浇筑。

在浇筑混凝土时，宜根据结构形式选用插入式、附着式或平板式等振动器进行振捣。箱梁腹板、底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区及其他预应力钢束与钢筋密集的部位，应采取有效措施加强振捣；先张构件应避免振动器碰撞预应力筋；后张结构应避免振动器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。浇筑过程中应随时检查模板、管道、锚固端垫板等的稳固性，保证其位置及尺寸符合设计要求。

用于判断现场预应力混凝土结构强度的混凝土试件，应置于现场与结构或构件同环境、同条件下养护。

(5) 施加预应力：施加预应力方法可分为先张法和后张法。

预应力筋的张拉宜采用穿心式双作用千斤顶，整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶，千斤顶的额定张拉力宜为所需张拉力的 1.5 倍，且不得小于 1.2 倍；与千斤顶配套使用的压力表应选用防振型产品，其最大度数应为张拉力的 1.5 ~ 2.0 倍，标定精度不低于 1.0 级；张拉机具设备应与锚具产品配套使用，并在使用前进行校正、检验和标定；张拉用的千斤顶与压力表应配套标定、配套使用；千斤顶安装时，工具锚应与前端的工作锚对正，工具锚和工作锚之间的各根预应力筋不得错位或扭绞。实施张拉时，千斤顶与预应力筋、锚具的中心线应位于同一轴线上；预应力筋采用应力控制方法张拉时，应对伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计规定；设计未规定时，其偏差应控制在 $\pm 6\%$ 以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取调整措施予以调整后，方可继续张拉。对环形筋、“U”

形筋等曲率半径较小的预应力束，其实际伸长值与理论伸长值的偏差宜通过试验确定。

①先张法：先张法的墩式台座应进行专门设计，并应具有足够强度、刚度和稳定性，抗倾覆安全系数不小于 1.5，抗滑移系数不小于 1.3，锚固横梁应有足够的刚度，受力后挠度不大于 2mm。预应力筋的安装宜自下而上进行，并应采取措施防止其被台座上涂刷的隔离剂污染。预应力筋与锚固横梁间的连接，宜采用张拉螺杆。

②后张法：采用金属或塑料管道构成后张预应力混凝土或构件的孔道时，管道内横截面积不得少于预应力筋净截面积的 2 倍，对长度大于 60m 的管道宜通过试验确定其面积比是否可进行正常压浆作业。管道应按设计规定的坐标位置进行安装，采用定位钢筋固定管道，防止其在混凝土浇筑期间产生位移。管道接头处的连接管应采用大一级的同类型管道，其长度宜为被连接管道内径的 5 ~ 7 倍，接头应缠裹紧密，防止水泥浆渗入。所有管道均应在每个顶点设排气孔，必要时在每个低点设排水孔，最小内径为 20mm；管道安装完毕后，其端口应临时封堵。

预应力钢筋安装时，可在混凝土浇筑前或浇筑后穿入孔道，整体穿束时，束的前端宜设置穿束网套或特制的牵引头，保持预应力钢筋顺直，且只能前后拖动，不得扭转。未采取防腐措施的预应力钢筋，当空气湿度大于 70% 时，在安装后至压浆时的容许间隔时间为 7d。预应力钢筋安装在管道中后，应将管道端部密封防湿气进入；采用蒸汽养护混凝土时，在养护完成前，不应安装预应力钢筋。

锚具、夹具和连接器在安装前应擦拭干净。锚具安装位置应准确，且应与孔道对中；锚垫板上设置有对中止口时，应防止锚具偏出止口；安装夹片时，应使夹片的外露长度基本一致。

后张法预应力的张拉和锚固应符合以下规定：

- a. 预应力张拉前，宜对不同类型的孔道进行至少一个孔道的摩阻测试。
- b. 张拉时，在设计未规定情况下，混凝土的强度不应低于设计强度等级值的 80%，弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80%。
- c. 预应力钢筋的张拉顺序应符合设计规定，未规定时可采取分批、分阶段的方式对称张拉。
- d. 预应力钢筋应整束张拉锚固。
- e. 直线筋或螺纹钢可在一端张拉，对曲线预应力钢筋，当锚固损失的影响长度小于或等于构件长度的一半时，应采取两端同时张拉。
- f. 后张法预应力钢筋的张拉程序应符合设计规定。
- g. 后张钢绞线束，每束钢绞线断丝或滑丝数不超过 1 丝，每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的 1%。
- h. 预应力钢筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固，对夹片式带有自锚性能的锚具，锚固后夹片顶面应平齐，相互间错位不宜大于 2mm，且露出锚具外的高度不应大于 4mm。
- i. 切割后预应力钢筋的外露长度不应小于 30mm，且应不小于 1.5 倍预应力钢筋直径。锚具应采用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。

6. 压浆与封锚

预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在 48h 内完成，否则应采取防止预应力筋锈蚀的措施。压浆前应对孔道、压浆设备进行清洁处理，确保其干净，无积水。压浆过程中及压浆后 48h 内，结构或构件混凝土的温度及环境温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施。

压浆完成后，需要封锚的锚具，应对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土，封锚采用与构件同强度的混凝土并严格控制封锚后梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。

（三）桥梁基础工程施工技术

1. 明挖基础施工

（1）基坑开挖与支护：当基坑深度较小且坑壁土层稳定时，可直接放坡开挖；坑壁土层不易稳

定且有地下水影响,或放坡开挖场地受到限制,或放坡开挖工程量大时,应按设计要求对坑壁进行支护。设计未要求时,应结合实际情况选择适宜的坑壁支护方案。

基坑边缘的顶面应设置截水沟等防止地面水流入基坑的设施。基坑开挖应对边缘顶面的各种荷载进行严格限制,并在基坑边缘与荷载之间设置护道。基坑深度小于或等于4m时护道宽度应不小于1m,基坑深度大于4m时护道的宽度应按边坡稳定计算的结果进行适当加宽,水文和地质条件较差时应采取加固措施。基坑开挖宜安排在枯水或少雨季节进行并连续施工,有支护的基坑应采取防碰撞措施,基坑附近有其他结构物时应有可靠的防护措施。

在开挖过程中进行排水时应不对基坑的安全产生影响,确认基坑坑壁稳定时方可进行基坑内的排水。排水困难时,宜采用水下挖基方法。采用机械开挖时应避免超挖,宜在挖至基底前预留一定厚度,再由人工开挖至设计高程,如超挖,则应将松动部分清除,并应对基底进行处理。基坑开挖后,不得长时间暴露、被水浸泡或被扰动,及时检验其尺寸、高度和基底承载力,检验合格后尽快进行基础工程的施工。

(2) 基坑降、排水:明挖基坑可以采用集水坑、井点法降水法、止水帷幕法等方法进行基坑降排水。井点降水法宜用于粉砂、细砂、地下水位较高、有承压水、挖基较深、坑壁不易稳定的土质基坑,无砂的黏质土中不宜采用。井点类别的选择,宜按土层的渗透系数、要求降低水位的深度以及工程特点确定。

采用集水坑排水时,排水设备的能力宜为渗水量的1.5~2.0倍。

基坑排出的水应以水管或水槽远引基坑范围,并应防止污染周围环境和水源。

(3) 基底处理:扩大基础的基底为非黏性土或干土时,施工前应润湿,并浇筑混凝土垫层。基底为岩石时,应用水冲洗干净,且铺一层不低于基础混凝土强度的水泥砂浆。

(4) 基础混凝土浇筑:混凝土基础应在基底无水情况下浇筑,混凝土终凝前不得浸水。基础各层之间以及基础与墩台的施工接缝设置应符合设计要求,当设计无要求时,则按施工规范执行。

(5) 基坑回填:基础施工完成后应及时进行基坑回填,回填材料及质量应符合设计要求。基坑回填前应排净积水,清除淤泥、软层,回填时不得破坏基础混凝土。基坑采用碎石或其他填料回填时,应分层施工,压实质量应符合设计要求。当采用混凝土回填时,应分层振捣密实。

明挖基础的施工工艺流程如图1.3.8所示。

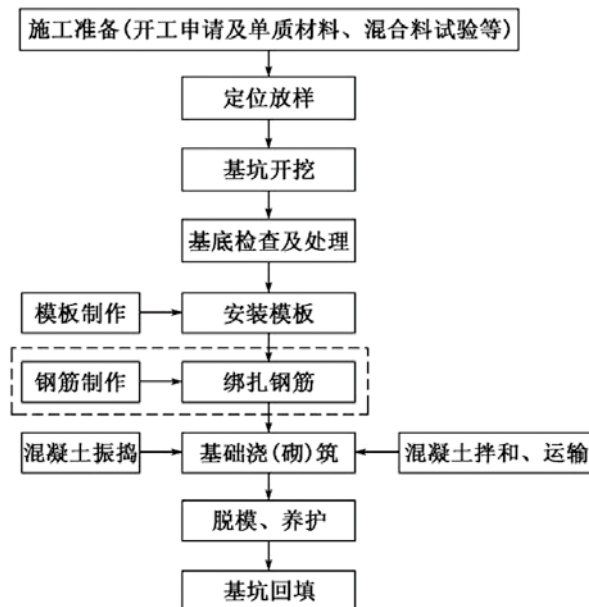


图 1.3.8 明挖基础的施工工艺流程图

2. 桩基础施工

(1) 沉桩基础：沉桩所用的基桩主要为预制钢筋混凝土桩、预应力混凝土桩和钢管桩。沉桩的施工方法主要有锤击沉桩、振动沉桩、射水沉桩等。在浅水中沉桩，可采用设置筑岛围堰或固定平台等方法进行施工；在深水或有潮汐的水域沉桩，宜用打桩船施打。沉桩应设置导向设施，防止桩发生偏移或倾倒。

沉桩顺序宜由一端向另一端进行，当基础尺寸较大时，宜由中间向两端或四周进行；如桩埋置有深浅，宜先沉深的，后沉浅的；在斜坡地带，应先沉坡顶的，后沉坡脚的。桩沉入过程中，应始终保持锤、桩帽和桩身在同一轴线上。

沉入桩主要施工内容包括：桩位放样，桩架就位或安设导向，起吊和沉桩机具，运、吊、插桩、锤击或振动沉桩、接桩、继续沉桩到位、成桩检验。

(2) 钻孔灌注桩：钻孔灌注桩是基础形式的一种，是指在工程现场通过机械钻孔的手段在地基土中形成桩孔，并在其内放置钢筋笼、灌注混凝土而形成基础的一种工艺。钻孔灌注桩桩长可以根据持力土层的起伏面变化，并按使用期间可能出现的最不利内力组合配置钢筋，具有工艺简便、承载力大、适应性强等突出特点，在桥梁基础工程中得到广泛应用。

钻孔前应先布置施工平台。桩位位于旱地时，可在原地适当平整并填土压实形成工作平台；位于浅水区时，宜采用筑岛法施工；位于深水区时，宜搭设钢制平台，若水位变动不大时，可采用浮式工作平台。工作平台的顶面高程应高于施工期间可能的最高水位 1.0m 以上，在受波浪影响的水域，尚应考虑波高的影响。

桥梁钻孔施工中常用的钻孔机具主要有冲击式、旋转式和旋挖式三大类，它能在各类土层造孔成桩。

钻孔灌注桩的施工工艺流程包括埋设（插打）钢护筒、制备泥浆、钻孔、清孔与成孔检查、钢筋笼制作与吊装、灌注水下混凝土等。

①埋设（插打）钢护筒：护筒内径应适当大于设计桩径，具体数值应根据采用的钻机类型确定，护筒宜采用钢板卷制，一般其内径应大于桩径至少 200mm，护筒中心与桩中心平面位置偏差应不大于 50mm，竖直向倾斜度不大于 1%。护筒顶面宜高于地面 0.3m 或高于水面 1.0 ~ 2.0m，同时应高于桩顶设计高程 1m。护筒的埋置深度在旱地或筑岛处宜为 2 ~ 4m。对有冲刷影响的河床，护筒宜沉入冲刷线以下 1.0 ~ 1.5m。

②泥浆制备：钻孔泥浆由水、黏土（膨润土）和添加剂组成，具有悬浮钻渣、冷却钻头、润滑钻具、增大静水压力，并在孔壁形成泥皮，隔断孔内外渗流，防止塌孔的作用。泥浆的配合比和配制方法宜通过试验确定，其性能应与钻孔方法、土层情况相适应。

③钻孔：一般采用螺旋钻头或冲击锥等成孔，或用旋转机具辅以高压水冲成孔。根据井孔中土（钻渣）的取出方法不同，常用的方法有螺旋钻孔、正循环回转钻孔、反循环回转钻孔、潜水钻机钻孔、冲抓钻孔、冲击钻孔、旋挖钻机钻孔。

④成孔检查与清孔：钻孔的直径、深度和孔形直接关系到成桩质量，是钻孔桩成败的关键。为此，除了钻孔过程中严谨操作、密切观测监督外，在钻孔达到设计要求深度后应采用适当器具对孔深、孔径和孔的倾斜度进行检验，符合规范要求后，方可清孔。

⑤钢筋笼制作与吊装：钢筋笼的制作应符合设计和规范要求；长桩骨架宜分段制作，分段长度应根据吊装条件确定，应确保不变形，接头应错开；应在骨架外侧设置控制保护层厚度的垫块，其间距竖向为 2m，横向圆周不得少于 4 处；安装钢筋骨架时应将其吊挂在孔口的钢护筒上，不得直接将钢筋骨架支承在孔底。

⑥灌注水下混凝土：钻孔灌注桩所用水下混凝土不同于一般混凝土的技术要求，水泥的初凝时间不宜早于 2.5h。水下混凝土配制，粗集料宜选用卵石，集料粒径不宜大于导管内径的 1/8 ~ 1/6 和钢

筋最小净距的 1/4，同时不宜大于 37.5mm。混凝土可经试验掺入适量缓凝剂，混凝土拌和物应具有良好的和易性，坍落度宜为 160 ~ 220mm。水下混凝土的灌注时间不得超过首批混凝土的初凝时间，首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度 1.0m 以上的需要，其中导管底至桩底距离一般为 0.3 ~ 0.4m。首批混凝土入孔后，应连续灌注，不得中断。在灌注中，应保持孔内的水头高度，导管的埋置深度宜控制在 2 ~ 6m，并应随时测探孔内混凝土面的位置，及时调整导管埋深。

3. 承台施工

承台是桩与柱或墩的连系部分。承台按构造方式可分为高桩承台和低桩承台；按施工方式分为现浇承台和预制式承台；按埋置方式分为陆上承台和水中承台。

承台的施工工艺流程包括测量放线、基础开挖、验线和验桩、钢筋绑扎、模板拼装、交接验收、混凝土浇筑养护、刷防腐涂料等。

当承台处于干处时，一般直接采用明挖基坑，根据基坑状况采取一定措施后，在其上安装模板，浇筑承台混凝土。基坑开挖一般采用机械开挖，辅以人工清底找平，基坑的开挖尺寸要求根据承台的尺寸、支模及操作的要求、设置排水沟及集水坑的需要等因素进行确定。基坑开挖、支护与排水施工见前述基坑施工要求。

当承台位于水中时，常采用围堰法施工，一般先设围堰将群桩围在堰内，然后在堰内河底灌注水下混凝土封底，凝结后将水抽干，使各桩处于干处，再安装承台模板，在干处灌注承台混凝土。常用的围堰类型包括土石围堰、钢筋混凝土套箱围堰和钢围堰，常用的钢围堰主要有钢板桩围堰、锁口钢管桩围堰、钢套箱围堰、双壁钢围堰等

承台施工前，应进行桩基等隐蔽工程的质量验收，桩顶混凝土面应按水平施工缝要求凿毛，桩头预留钢筋上的泥土及鳞锈等应清理干净。承台基地为软弱土层时，应按设计要求，采取措施避免在浇筑承台混凝土过程中产生不均匀沉降。

承台的钢筋和混凝土应在无水条件下进行施工，施工时应根据地质、地下水位和基坑内的积水等情况采取防水或排水措施。应采取有效措施，使承台钢筋的混凝土保护层厚度符合设计规定。桩伸入承台的长度以及边桩外侧与承台边缘的净距应不小于设计规定值。

4. 沉井

沉井基础是一种断面和刚度均比桩要大得多的井筒状结构，是依靠在井内挖土借助井体自重及其他辅助措施逐步下沉至预定设计标高，最终形成的一种深基础结构形式。

沉井基础占地面积小，坑壁不需设临时支撑和防水围堰或板桩围护。与大开挖相比较，挖土量少，对邻近建筑物的影响比较小，操作简便。当桥梁结构上部荷载较大，表层地基土的容许承载力不足，但在一定深度下有好的持力层，扩大基础开挖工作量大，施工围堰支撑有困难，或采用桩基础受水文地质条件限制时，可以采用沉井基础。

沉井施工前，应根据设计文件提供的工程地质和水文地质资料及现场的实际情况决定是否补充地质钻探。

沉井下沉前，应对附近的堤防、建筑物和施工设备采取有效的防护措施，在下沉过程中，对其沉降及位移进行检测。沉井施工的施工工艺流程如图 1.3.9 所示。

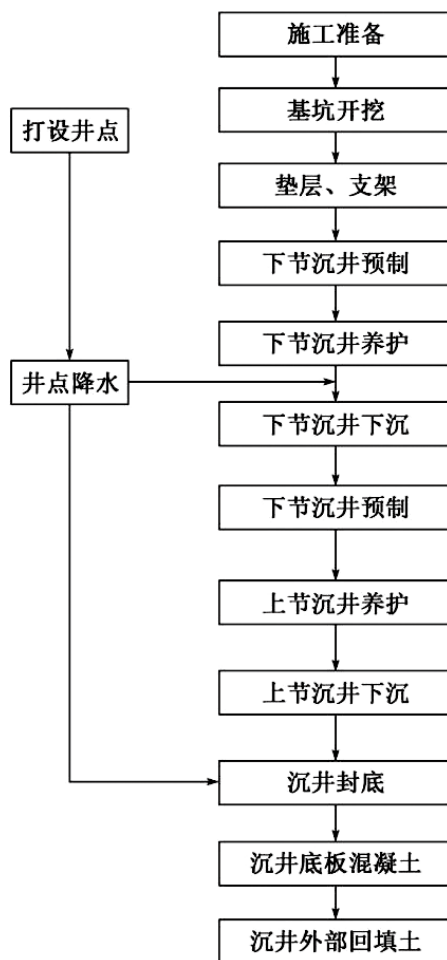


图 1.3.9 沉井施工的施工工艺流程图

5. 地下连续墙

地下连续墙是利用挖槽机械，借助于泥浆护壁，在地下挖出一条窄而深的沟槽并在槽内施工钢筋混凝土等合适材料，形成一道具有防渗（水）、挡土和承重功能的连续的地下墙体。地下连续墙具有多功能性，可适用于各种用途，通常可作为基坑开挖时防渗、挡土，或挡水围堰，或邻近建筑物基础的支护，或直接作为承受上部荷载的基础结构。地下连续墙可用于除岩溶和地下承压水很高处的其他各类土层中施工。

地下连续墙适用于公路桥梁基础和基坑临时支护结构，通常采用现浇混凝土施工；地下连续墙工程施工前，应具备水文、地质、区域内障碍物和有关试验等资料，必要时应补充地质勘察，并制定专项施工方案；在堤防等水利、防洪设施及其他既有构筑物周边进行地下连续墙工程的施工时，应就施工可能会导致对其不利的影 响进行评估，必要时应采取有效措施进行保护。

地下连续墙施工一般包括挖槽、下放钢筋笼、浇筑混凝土和槽段间的连接 4 个主要工序。

（四）桥梁下部构造施工技术

1. 桥墩与桥台

桥墩与桥台施工工艺流程如下：

（1）模板组装前，应在基础顶面放出墩、台中线及实样。

(2) 钢筋施工除应符合规范相关规定外，尚应符合相关规定：对高度大于 30m 的桥墩，在钢筋安装时宜设置劲性骨架；钢筋施工时，其分节高度不宜大于 9m，以确保施工安全；下一节段钢筋绑扎时，上一节段混凝土强度应达到 2.5MPa 以上。

(3) 模板制作安装与脚手架施工除应符合规范相关规定外，尚应符合下列规定：

- ①高墩施工宜采用翻转模板、爬升模板或滑升模板。
- ②模板采用分段整体吊装时，应连接牢固，保证其整体性，可视吊装能力确定分段尺寸。
- ③高墩施工时，首节模板安装平面位置和竖直度应严格控制，模板安装过程中必须采取可靠的调整措施，以保证高墩的垂直度满足规范的要求。
- ④钢筋与模板之间用以保持间距的垫块，厚度不允许有负偏差，正偏差不得大于 5mm。
- ⑤模板在安装过程中，应有防倾覆的措施，对高墩及风力较大地区的墩身模板应考虑其抗风稳定性。
- ⑥墩台身施工时应搭设脚手架工作平台，上铺木板，下挂安全网，周围设扶手栏杆。

(4) 混凝土浇筑时，串筒、溜槽等的布置应方便摊铺和振捣需要，并应明确划分工作区域。在每级混凝土浇筑前，应将已浇混凝土表面进行凿毛处理，并将其表面的松散层、石屑等清扫干净，再修整连接钢筋。

(5) 墩、台顶表面收浆后，应及时养护，养护须采用淡水。用塑料薄膜养护时，模板拆除后应先将混凝土表面用清水浇湿，再用薄膜将该节墩、台身包裹严密，养护时间不得少于 7d。

(6) 混凝土应分层、整体、连续浇筑，逐层振捣密实，轻型台需设置沉降缝时，缝内要填塞沥青麻絮或其他弹性防水材料，并和基础沉降缝保持顺直贯通。

2. 墩台帽和盖梁

对墩台帽、盖梁施工所用的托架、支架或抱箍等临时结构，都应进行受力分析计算与验算。支架宜直接支承在承台顶部，当必须支承在承台以外的软弱地基上时，应对地基进行加固处理，并应对支架进行预压。墩台的施工工艺流程如图 1.3.10 所示。

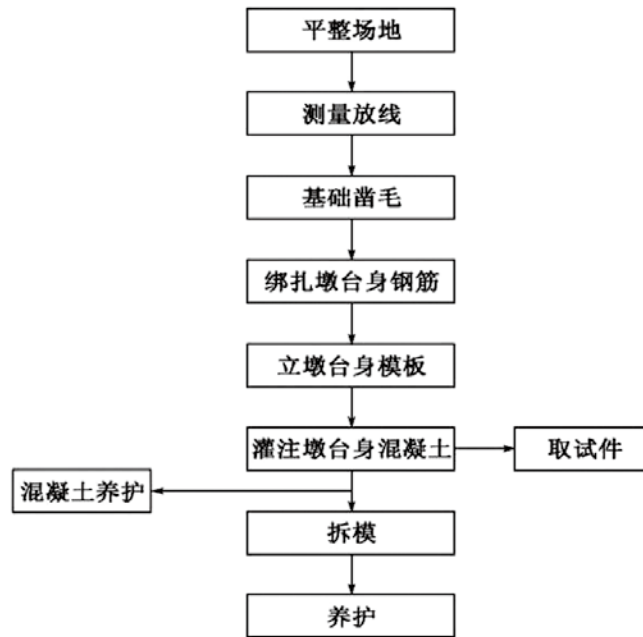


图 1.3.10 墩台的施工工艺流程图

在墩台帽、盖梁与墩身连接处，模板与墩台身应密贴，不得出现漏浆现象。应保证钢筋保护层厚度和支座垫石的预埋钢筋等，其位置应准确。施工过程中，应采取措施防止对墩、台身成品造成损伤和污染。

盖梁的施工工艺流程如图 1.3.11 所示。

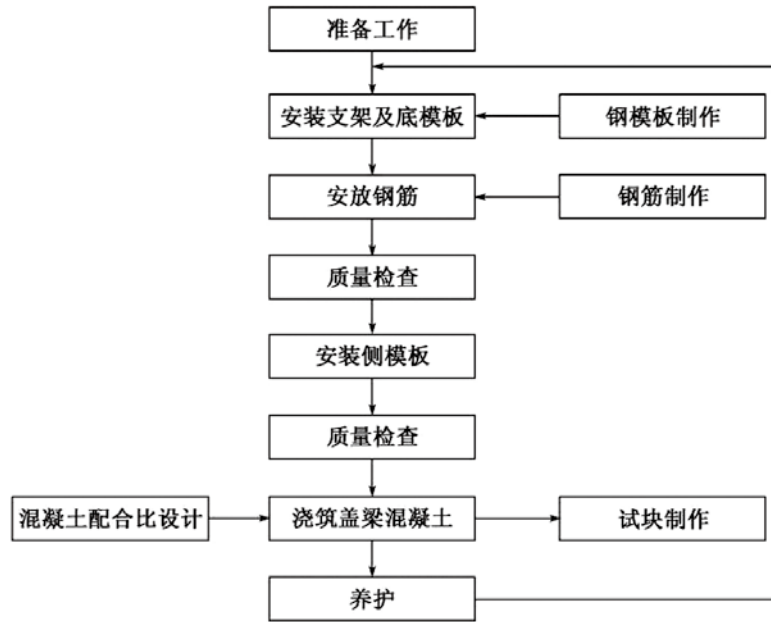


图 1.3.11 盖梁的施工工艺流程图

(五) 桥梁上部构造施工技术

桥梁上部结构的形式是多种多样的，其施工方法的种类也较多，但除一些比较特殊的施工方法外，大致可分为预制安装和现浇两大类。

1. 预制安装法

预制安装可分为预制梁安装、预制节段式块件拼装和整跨箱梁预制吊装 3 种类型。预制梁安装主要指装配式的简支梁板，如空心板、“T”形梁、“工”形梁及小跨径箱梁等的安装，然后进行横向联结或施工桥面板而使之成为整体。预制节段式块件拼装则将梁体（一般为箱梁）沿桥轴向分段预制成节段式块件，运到现场进行拼装。整跨箱梁预制吊装是通过在现场设置临时预制场将箱梁集中预制，大规模生产，然后利用大吨位运架机械逐跨架设。

预制安装法有：悬臂拼装法、自行式吊装设备吊装法、逐孔拼装法、跨墩龙门安装法、浮式起重机架设法、架桥机安装法、扒杆吊装法、浮运整孔架设法、缆索吊装法、提升法等。

(1) 悬臂拼装法（简称“悬拼”）：其是悬臂施工法的一种，它是利用移动式悬拼吊机将预制梁段起吊至桥位，然后采用环氧树脂胶和预应力钢丝束连接成整体。采用逐段拼装，一个节段张拉锚固后，再拼装下一节段。

(2) 自行式吊装设备吊装法：其多采用汽车吊、履带吊和轮胎吊等机械，有单吊和双吊之分，此法一般适用于跨径在 30m 以内的简支梁板的安装作业。跨径小于 25m 的陆上预制梁，结合地形条件可采用吨位符合要求的自行式吊车架设。跨径大于或等于 25m 的梁宜使用架桥机、跨墩龙门架或其他适合的专用大型机具设备。架桥机一般用于多跨桥梁安装，有 100t、150t、200t、300t 等各种规格，由钢桁架组成，有架梁功能，对构件有起吊、运构件前进及横移功能。

(3) 逐孔拼装法：一般适用于节段式预应力混凝土连续梁的施工。在施工的孔跨内搭设落地式支架或采用悬吊式支架，将节段预制块件按顺序吊放在支架上，然后在预留孔道内穿入预应力筋，对梁施加预应力使其成为整体。

(4) 跨墩龙门安装法：其是在墩台两侧顺桥向设置轨道，其上安置跨墩的龙门吊，将梁体在吊起状态下运到架设地点并安装在预定位置，但要求架设地点的地形应平坦且良好，梁体应能沿顺桥向搬运，桥墩不能太高。此方法一般只适宜用于桥墩高度不大于 15m、无常流水、干涸而又平坦的河床的梁板式桥梁安装工作（因为需要在桥的两侧铺设轨道，作为移动跨墩门架和预制混凝土构件）。它适用于跨径 30m 及以下的梁板式桥梁的安装，常采用万能杆件等钢构件组拼而成。

(5) 浮式起重机架设法：一般适用于河口、海上长大桥梁的架设安装，包括整孔架设和节段式块件的悬臂拼装。

(6) 架桥机安装法：这是预制梁的典型架设安装方法。在孔跨内设置安装导梁，以此作为支承梁架设梁体，这种作为支承梁的安装梁结构称为架桥机。按形式的不同，架桥机又可分为单导梁、双导梁、斜拉式和悬吊式等。

(7) 扒杆吊装法：在长期的公路桥梁施工中，常用的有人字扒杆、三角扒杆、摇头扒杆、格架人字扒杆和钢管独脚摇头扒杆等多种形式。

格架“人”字扒杆采用型钢或万能杆件组拼，起重量可达 40t。钢管独脚摇头扒杆，一般采用外径 152 ~ 426mm 的钢管制成，起重量可达 30t。上“人”字扒杆、三角扒杆、摇头扒杆这三种扒杆一般都采用木料制成，只适用于 13m 及以下长度的梁板预制混凝土构件或单件构件质量较轻的安装工作。随着我国机械化装备水平提高，该工艺已较少使用。

(8) 浮运整孔架设法：此方法为将梁体用驳船载运至架设地点后进行架设安装的方法，可采用两种方式：①用两套卷扬机（或液压千斤顶装置）组合提升吊装就位；②利用驳船的吃水落差将整体梁体安装就位。

(9) 缆索吊装法：当桥址为深谷、急流等，以致桥下净空不能利用时，在桥台或桥台后方设立钢塔架，塔架上悬挂缆索，以缆索作为承重索进行架设安装。

(10) 提升法：提升法有两种形式：①采用卷扬机进行提升，适用于悬臂拼装的桥梁；②采用液压式千斤顶进行连续提升，适用于重型构件的架设安装。

2. 现浇法

现浇法可分为固定支架法、悬臂现浇法、顶推法、逐孔现浇法等。

(1) 固定支架法：在桥跨间设置支架、安装模板、绑扎钢筋、现场浇筑混凝土的施工方法，特别适用于旱地上的钢筋混凝土和预应力混凝土中小跨径连续梁桥的施工。

(2) 悬臂现浇法：适用于大跨径的预应力混凝土悬臂梁桥、连续梁桥、“T”形刚构桥、连续刚构桥。其特点是无须建立落地支架，无须大型起重与运输机具，主要设备是一对能行走的挂篮。

(3) 顶推法：其多应用于预应力钢筋混凝土等截面连续梁桥和斜拉桥梁的施工。梁体在桥头逐段浇筑或拼装，用千斤顶纵向顶推，使梁体通过各墩顶的临时滑动支座面就位的施工方法。

(4) 逐孔现浇法：逐孔现浇法可分为在支架上逐孔现浇和移动模架逐孔现浇。

(六) 大跨径桥梁施工技术

1. 斜拉桥施工

斜拉桥又称斜张桥，是将主梁用斜拉索直接锚固在索塔上的一种桥梁，是由承压的塔、受拉的索和承弯的梁体组合起来的一种结构体系。其可看作是拉索代替支墩的多跨弹性支承连续梁。这种布置形式可使梁体内弯矩减少，降低建筑高度，减轻结构自重，节省材料。斜拉桥作为一种拉索体系，比梁式桥的跨越能力更大，是大跨度桥梁的最主要桥型，其主要由索塔、主梁、斜拉索组成。

斜拉桥的施工主要包括索塔、主梁、拉索的施工等。索塔施工时，应对其平面位置、倾斜度、应力和线形等进行监测和控制；上部结构施工时，应对其施工中的索力、高程以及索塔偏位等参数进行监测和控制。

(1) 索塔：索塔的构造材料主要有钢结构、混凝土结构、预应力混凝土结构等。索塔的施工可视其结构、体形、材料、施工设备和设计综合考虑选用合适的方法。裸塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔宜用劲性骨架挂模提升法。裸塔现浇施工主要采用翻模、滑模、爬模施工方法。

(2) 主梁：斜拉桥的主梁结构主要采用混凝土结构、钢结构或者钢混组合结构，在截面形式上又可分为闭口截面和开口截面。

由于斜拉桥主梁的支承形式为多点连续支承，而且支承间距小，与梁式桥相比，斜拉桥的主梁梁体高跨比较小，主梁通过斜拉索的水平分力提供轴向压力，大幅提升跨越能力（主跨可达千米级）。主梁施工方法与梁式桥基本相同，大体分为以下几种：悬臂法（悬臂浇筑、悬臂拼装）、顶推法、转体施工法和支架法（临时支墩拼装、支架上现浇）。

主梁可分为：混凝土主梁、钢主梁、钢-混凝土组合梁和混合梁。

对合龙前最后若干个悬臂施工梁段的高程、线形、轴线偏差及索力应进行严格控制，使合龙口两侧主梁的自然相对偏差满足合龙的误差要求。主梁合龙施工期间，应对桥面上的临时施工荷载进行严格控制，不得随意施加除合龙施工需要的其他附加荷载；主梁中跨合龙后，应按设计要求的施工工艺在规定时间内拆除塔梁临时固结装置，保证结构体系的安全转换。

(3) 拉索：拉索按材料和制作方式的不同可分为以下几种形式：平行钢筋索、平行（半平行）钢丝绳、平行（半平行）钢绞线索、单股钢绞索、封闭式钢索。

拉索的安装施工应按设计和施工控制的要求进行，在安装和张拉拉索时应采用专门设计制作的施工平台及其他辅助设施进行操作，保证施工安全。张拉拉索用的千斤顶、油泵等机具及测力设备应按要求进行配套校验；为施工配备的张拉机具，其能力应大于最大拉索所需要的张拉力。

2. 悬索桥施工

悬索桥是利用主缆和吊索作为加劲梁的悬吊体系，将荷载作用传递到索塔和锚碇的桥梁，具有跨越能力大、受力合理、能最大限度发挥材料强度、造价经济等特点，是跨越千米以上障碍物最理想的桥型。悬索桥主要结构由主缆、索塔、锚碇、吊索和加劲梁组成。

悬索桥施工一般包括以下 4 个步骤：

(1) 索塔、锚碇的基础工程施工，同时加工制造上部施工所需构件。

(2) 索塔、锚碇施工及上部施工准备。包括塔身及锚体施工、上部施工技术准备、机具和物资准备、预埋件准备等上部施工准备工作。

(3) 上部结构安装。即缆索系统安装，包括主、散索鞍安装，先导索施工，猫道架设，主缆架设，紧缆，索夹安装，吊索安装，主缆缠丝防护等。

(4) 桥面系施工。即加劲梁和桥面系施工，包括加劲梁节段安装、工地连接、桥面铺装、桥面系及附属工程、机电工程施工等。

悬索桥的施工工艺流程：基础施工→塔柱和锚碇施工→先导索跨越工程→牵引系统和猫道系统→猫道面层和抗风缆架设→索股架设→索夹和吊索安装→加劲梁架设和桥面铺装。

(七) 涵洞工程施工技术

在施工涵洞工程时，承包人应按图纸确定的涵洞位置和高程进行施工放样测量，并经监理人核准。

排水构造物的基槽底面均应夯实到图纸规定的压实度。若基槽底面的地质状况与图纸要求不符时，承包人应根据实际情况提出处理方案和加固措施，经监理人审核批准后进行地基处理。在软弱地基上修筑涵洞，应在软基处理达到图纸规定及监理人批准的沉降期终止后进行。所有地面以下的隐蔽工程，

只有在经监理人检验合格之后才能掩埋。禁止施工机械直接在涵管构造物上通过，当涵管构造物上方填土高度不足 0.5m 时，经监理人书面批准，方可通过施工机械。

除设置在岩石地基上的涵洞外，涵洞的洞身及基础宜根据地基土的情况，每隔 4 ~ 6m 设置一道沉降缝。高路堤下的涵洞，在路基边缘对应的洞身及基础应每隔适当距离设置沉降缝。

1. 圆管涵

一般采用预制的钢筋混凝土管材，其管壁厚度与孔径大小及其管顶填土高度有关。常用的管径有 0.75m、1.00m、1.25m、1.50m、2.00m 等。

管节安装应从下游开始，使接头面向上游。每节涵管应紧贴于垫层或基座上，使涵管受力均匀，所有管节应按正确的轴线和图纸所示坡度敷设。管节的安装方法通常有滚动安装法、滚木安装法、压绳下管法、龙门架安装法、吊车安装法等。

圆管涵的施工工艺流程：测量放线→基坑施工→砌筑圬工基础或现浇混凝土管座基础→安装圆管→出入口浆砌→防水层施工→基坑回填及加固。

2. 盖板涵

盖板涵可分为石砌盖板涵和钢筋混凝土盖板涵，目前采用石砌盖板涵较少，广泛采用钢筋混凝土结构。盖板涵有 1.50m、2.00m、2.50m、3.00m、4.00m、5.00m 等不同的标准跨径。

盖板涵（预制吊装）的施工工艺流程：测量放线→基坑开挖→下基础→浆砌墙身→现浇板座→吊装盖板→出入口浆砌→防水层施工→涵洞回填及加固。

3. 拱涵

拱涵多为石拱涵，且一般都是采用半圆拱结构，其标准跨径（净跨径）有 1.50m、2.00m、2.50m、3.00m、4.00m、5.00m 等，各结构的组成、施工工艺要求与石拱桥基本上是一致的，对地基的承载力要求高，不能产生不均衡的沉降，以免造成拱圈开裂。

拱涵所需的拱涵支架是以涵洞的长度乘以净跨径的水平投影面积作为定额计算单位，这是与石拱桥的拱盔、支架的计算方法不同之处。

石拱涵或钢筋混凝土拱涵的施工工艺流程：测量放样→基坑开挖、排水及换填→混凝土基础或浆砌基础施工→台座、涵身立模灌注→支立拱架，安装拱模→对称灌注拱圈混凝土或浆砌拱圈→养护拱圈混凝土或砂浆强度达 85% 设计值→对称拆除拱架、拱模→施作防水层→涵顶对称填土夯实→出入口、八字墙等附属工程施工。

4. 箱涵

箱涵是一种刚性结构，系用钢筋混凝土做成，有现浇和预制两种。这种结构，可用于跨越溪沟排泄流水或天然雨水，更多的是用于跨越原有乡村道路，以维持交通运输，或穿过原有铁路、公路而修建的立交式通道。钢筋混凝土箱涵主要有预制安装和现浇施工工艺。

现浇箱涵的施工工艺流程：基础开挖及基础处理→砂砾垫层施工→基础模板安装→基础混凝土浇筑→墙身顶板混凝土施工→拆模与养护→进出口及附属工程施工→台背回填及加固。

5. 钢波纹管涵

波纹管涵是将 20 ~ 70mm 薄钢板板面压成波纹后，制成管节或板片，可以增加其刚度和管轴压力的抵抗强度，因此修建成的涵洞称为波纹管涵或通道。截面形状为圆形、椭圆形、半圆形、拱形等不同结构形式，管径范围 $\phi 50 \sim 800\text{cm}$ ，满足填土厚度 1 ~ 60m 构造物的需要。

钢波纹管涵的施工工艺流程：测量放线→基坑开挖→管座基础施工→安装管身→出入口浆砌→涵洞回填及加固。

6. 桥涵及结构物的回填施工技术

桥涵台背、锥坡、护坡及拱上各种填料，宜采用透水性材料，不得采用含有泥草腐殖物或冻土块的土。透水性材料不足时，可采用石灰土或水泥稳定土回填；回填土的分层厚度宜为 0.1 ~ 0.2m。台

背和涵洞洞身两侧的填土应分层夯实,其压实度不应小于 96%。台背填土顺路线方向长度,应自台身起,顶面不小于桥台高度加 2m,底面不小于 2m,拱桥台背填土长度不应小于台高的 3 ~ 4 倍。锥坡填土应与台背填土同时进行,并应按设计宽度一次填足。

台背填土的顺序:梁式桥的轻型桥台台背填土,宜在梁体安装完成以后,在两侧平衡地进行;埋置式桥台台背填土,宜在柱侧对称、平衡地进行。

(1) 台背及与路堤间的回填施工应符合以下规定:

①二级及二级以上公路应按设计做好过渡段,过渡段路堤压实度应不小于 96% 并按设计做好纵向和横向防排水系统。

②二级以下公路的路堤与回填的联结部,应按设计要求预留台阶。

③台背回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑。

④桥台背和锥坡的回填施工宜同步进行,一次填足并保证压实整修后能达到设计宽度要求。

(2) 涵洞回填施工应符合以下规定:

①洞身两侧,应对称分层回填压实,填料粒径宜小于 150mm。

②两侧及顶面填土时,应采取措施防止压实过程对涵洞产生不利后果。

四、隧道工程施工技术

(一) 隧道围岩分级

隧道围岩分级是设计、施工的基础。施工方法的选择、衬砌结构类型及尺寸的确定、隧道施工劳动定额、材料消耗标准的制定都要以围岩分级作为主要依据。隧道围岩分级见表 1.3.3。

表 1.3.3 公路隧道围岩分级表

围岩级别	围岩岩体或土体主要定性特征	岩体基本质量指标 BQ 或岩体修正质量指标 [BQ]
I	坚硬岩,岩体完整	> 550
II	坚硬岩,岩体较完整 软坚硬岩,岩体较完整	550 ~ 451
III	坚硬岩,岩体较破碎 较坚硬岩,岩体较完整 较软岩,岩体完整,整体状或巨厚层状结构	450 ~ 351
IV	坚硬岩,岩体破碎 较坚硬岩,岩体较破碎—破碎 较软岩,岩体较完整—较破碎 软岩,岩体完整—较完整	350 ~ 251
	土体:压密或成岩作用的黏性土及砂性土;黄土(Q ₁ , Q ₂); 一般钙质、铁质胶结的碎石土、卵石土、大块石土	—
V	较软岩,岩体破碎 软岩,岩体较破碎—破碎 全部极软岩和全部极破碎岩	≤ 250
	一般第四系的半干硬至硬塑的黏性土及稍湿至潮湿的一般碎石土、卵石土、圆砾、角砾土及黄土(Q ₃ , Q ₄)。非黏性土呈松散结构,黏性土及黄土呈松软结构	—
VI	软塑状黏性土及潮湿、饱和粉细砂层、软土等	—

注:本表不适用于特殊条件的围岩分级,如膨胀性围岩、多年冻土等。

（二）隧道主要施工方法

隧道施工方法的选择主要依据地质、地形、环境条件及埋置深度，并结合隧道断面尺寸、长度、衬砌类型、隧道的使用功能和施工技术水平等因素综合考虑确定。

根据隧道穿越地层的不同情况和隧道施工技术的发展，隧道施工方法可按以下分类：①按照山岭隧道的支护方法有传统矿山法、新奥法和掘进机法；②按照浅埋及软土隧道的施工方法有明挖法、地下连续墙法、盖挖法、浅埋暗挖法和盾构法；③按照水底隧道的施工方法有沉管法和盾构法。

1. 新奥法

新奥法即新奥地利隧道施工方法的简称，是以喷射混凝土和锚杆作为主要支护手段，通过监测控制围岩的变形，便于充分发挥围岩的自承能力为基点的施工方法。

新奥法施工可划分为：开挖、喷锚（初期支护）、模注混凝土（二次衬砌）、装饰4个过程。其施工过程主要是开挖、喷锚、模注混凝土三大工序的循环式流水作业，装饰在整个隧道贯通之后进行。

2. 矿山法

矿山法是一种传统的施工方法，是人们在长期的施工实践中发展起来的。它是以木或钢构件作为临时支撑，待隧道开挖成形后，逐步将临时支撑撤换下来，而代之以整体式厚衬砌作为永久性支护的施工方法。

3. 明挖法

明挖法是指挖开地面，由上向下开挖土石方至设计高程后，自基底由下向上顺序施工，完成隧道主体结构，最后回填基坑或恢复地面的施工方法。公路隧道施工中，明洞和棚洞都是采用明挖法施工的。明洞的施工方法，有先墙后拱法、先拱后墙法和拱墙交替法。

4. 盾构法

盾构法是将盾构机械在地层中推进，通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生洞内坍塌，同时在开挖前方用切削装置进行土体开挖，通过出土机械运出洞外，靠千斤顶在后部加压顶进，并拼装预制混凝土管片，形成隧道结构的一种机械化施工的方法。

（三）隧道施工技术

1. 隧道施工准备

隧道施工前，应熟悉设计文件和地质勘察报告，领会设计意图，做好现场调查和图纸核对工作。编制施工组织设计，根据隧道长度、跨度、工期、地质和自然条件重点及难点工程、施工方法、施工进度等因素，配备适宜、充足的施工机械，组织均衡生产，提高劳动生产效率。

隧道开工前，应完成分项工程划分、先期工程施工方案编制及混凝土配合比设计等技术准备工作。合理安排隧道与邻近工程的施工顺序，避免后续工序施工影响结构安全和质量较少互相干扰。

2. 洞口与明洞施工

隧道洞口与明洞工程应按照隧道施工组织设计的顺序安排，按设计要求先施工完成，以减少干扰，并保证安全，为加速隧道施工创造条件。隧道洞口附近其他构造物的施工安排，应考虑到隧道施工场地布置及适应弃渣、运输的需要，相邻工程的部署，亦应妥善安排。洞口施工宜避开降雨期和融雪期，在寒冷地区施工，应按冬期施工的有关规定办理。施工前应检查边仰坡以上的山体稳定状况，施工过程中做好监测与防护。

（1）洞口工程：洞口工程是指洞口土石方、边仰坡、洞门及其相邻的翼墙、挡土墙及洞口排水系统等。隧道洞口开挖前，应结合设计文件，遵循“早进晚出”的原则，复核确认明暗分界位置的合理性，控制边仰坡开挖高度。

洞口开挖和进洞施工宜避开雨季和融雪期。当不能避免时，应采取防止坍塌的安全保障措施。洞

口不稳定的地表土及山坡危石等应清除、防护或加固。洞口边坡、仰坡开挖及地表恢复应符合环境保护规定，做好水土保持。洞口段围岩破碎、埋深较浅地段，可由暗挖改明挖施工，或上部明挖下部暗挖施工；洞口段存在偏压时，应先采取防偏压措施，再进行洞口段开挖。

洞口开挖与防护应满足相关规定：洞口边坡及仰坡应自上而下开挖，不得掏底开挖或上下重叠开挖；宜采用人工配合机械开挖，或者采用控制爆破措施减少对边仰坡及围岩的扰动；对边坡和仰坡以上可能滑塌的表土、灌木及山坡危石等的处理措施，应结合施工和运营阶段的隧道安全和环境保护等因素确定；临时防护应视地质条件、施工季节和施工方法等，及时采取喷锚等措施；应随时检查监测边坡和仰坡的变形状态。

洞口截、排水设施应在雨季和融雪期之前完成；截水沟迎水面不得高于原地面，回填应密实且不易被水掏空；应结合地形条件设置，具备有效拦截、排水顺畅的能力；不应冲刷路基坡面及桥涵锥坡等设施；应采取防止渗漏和变形的措施。

洞门墙宜在洞口衬砌施工完成后及时施作；洞门墙基底虚渣、杂物、泥、水等应清除干净，地基承载力应符合设计规定；洞口衬砌两侧端墙砌筑和墙背回填应对称进行；洞门墙背排水设施应与洞门墙同步施工。

洞口的施工工艺流程如图 1.3.12 所示。

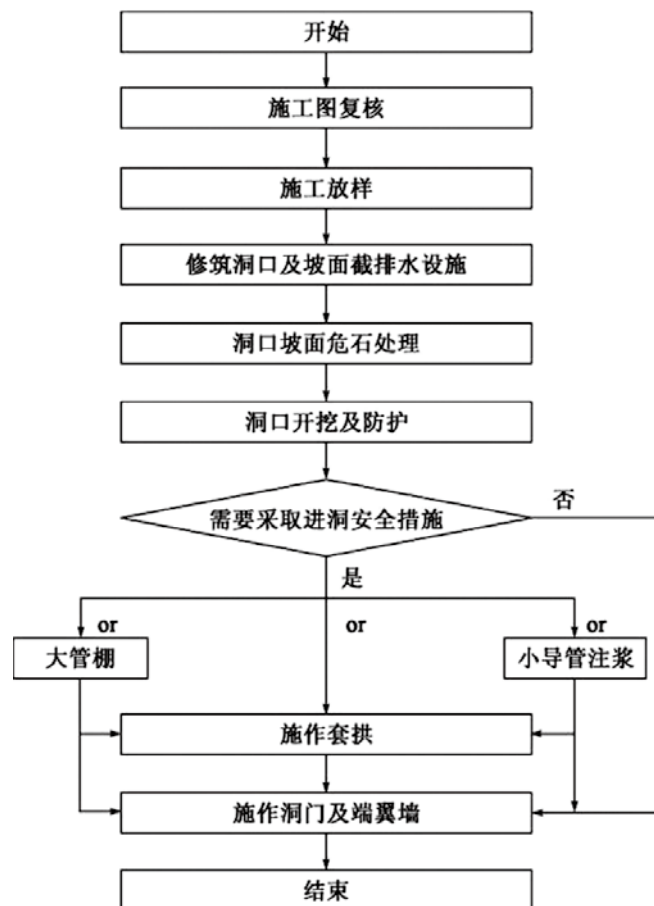


图 1.3.12 洞口的施工工艺流程图

(2) 明洞工程：明洞主要分为拱式明洞和棚式明洞两大类。明洞的结构类型，根据地形、地质、回填土状况而定，通常由顶部结构和边墙组成。

明洞施工一般采用先墙后拱法。当边坡松软易坍塌及明洞与暗洞衔接时，施工宜采用先拱后墙法。在仰坡暂能稳定的情况下，宜由内向外进行施工；在仰坡易坍塌的情况下，宜先将明洞拱圈浇筑到仰坡脚，再由内向外做洞内拱圈，并确保仰坡稳定。明洞与暗洞拱圈应连接良好。

明洞地段土石方的开挖方式、边坡和仰坡坡度以及支护施工应符合设计规定。地形、地质条件、边坡稳定程度等与设计有差异时，应提出变更申请。宜边开挖边支护并注意监测和检查山坡的稳定情况。

明洞的施工工艺流程如图 1.3.13 所示。

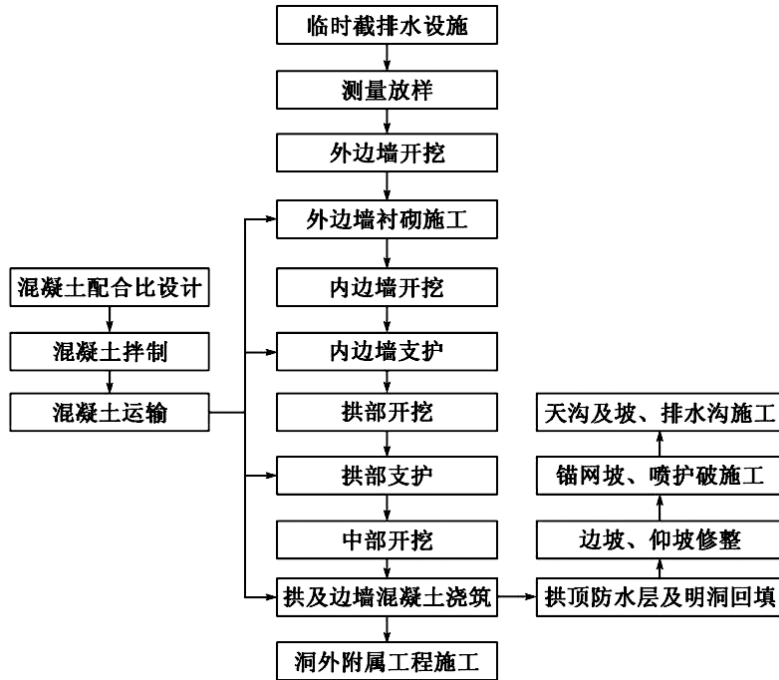


图 1.3.13 明洞施工工艺流程图

3. 洞身开挖

隧道开挖的主要方法是钻孔爆破法。钻爆技术应采用光面爆破，爆破参数的选择应通过试验确定。

公路隧道的开挖方式主要有全断面法、台阶法、环形开挖预留核心土法、中隔壁法（CD 法）、双侧壁导坑法及中导洞法等。应根据地质条件、隧道长度、断面大小、结构形式、工期要求、机械装备等选择适宜的开挖方案。变换开挖方法时，应采取有效过渡措施。

(1) 全断面法：按设计断面一次基本开挖成形的施工方法。全断面法一般适用于 I ~ III 级围岩的单洞双车道隧道与 I ~ II 级围岩的单洞三车道隧道。

(2) 台阶法：先开挖上半断面，待开挖至一定距离后再同时开挖下半断面，上下半断面同时并进的施工方法。台阶法分为二台阶法、三台阶法，台阶长度一般为 3 ~ 5m。该方法一般适用于 III ~ V 级围岩的中小跨度隧道，V 级围岩的中小跨度隧道在采用了有效的预加固措施后，也可采用台阶法。

(3) 环形开挖预留核心土法施工：环形开挖预留核心土法是先开挖上台阶成环形，并进行支护，再分部开挖中部核心土、两侧边墙。环形开挖预留核心土法一般适用于 V ~ VI 级围岩或一般土质围岩的中小跨度隧道或洞口浅埋地段隧道施工。

(4) 中隔壁法施工：中隔壁法也称 CD 工法，它是在软弱围岩大跨度隧道中，先开挖隧道的一侧，并在设计中间部位做中隔壁，然后再开挖另一侧的施工方法。中隔壁法一般适用于围岩较差、跨度大、浅埋、地表沉降需要控制的地段。

(5) 双侧壁导坑法施工：先开挖隧道两侧的导坑，并进行初期支护，再分部开挖剩余部分的施工方法。双侧壁导坑法一般适用于浅埋大跨度隧道及地表下沉量要求严格而围岩条件很差的情况。

(6) 中导洞法施工：中导洞法是在连拱隧道或单线隧道的喇叭口地段，先开挖两洞之间立柱（或中隔墙）部分，并完成立柱（或中隔墙）混凝土浇筑后，再进行左右两洞开挖的施工方法。中导洞法适用于连拱隧道。

4. 洞身支护与衬砌

(1) 超前支护：隧道施工过程中，当遇到软弱破碎围岩时，其自身支护能力是比较弱的，经常采用的超前支护措施有超前锚杆或超前小钢管、超前管棚、超前小导管注浆及超前围岩预注浆加固等。上述措施的选用应视围岩条件、涌水状况、施工方法、环境要求等情况而定，经过充分的技术经济比较，选用其中一种或几种措施进行治理。

①超前锚杆或超前小钢管支护：开挖掘进前，在开挖面顶部一定范围内，沿坑道设计轮廓线，向岩体内打入一排纵向锚杆（或型钢、小钢管），以形成一道顶部加固的岩石棚，在此棚保护下进行开挖等作业。主要适用于地下水较少的软弱破碎围岩的隧道工程中，如土砂质地层、弱膨胀性地层、流变性较小的地层、裂隙发育的岩体、断层破碎带、浅埋无显著偏压的隧道等。

超前锚杆宜采用早强砂浆锚杆，锚杆可用不小于 $\phi 22\text{mm}$ 的热轧带肋钢筋。超前量、环向间距、外插角等参数应视具体的施工条件而定。

②超前管棚：超前管棚支护是沿隧道开挖轮廓线向外以 $0.5^\circ \sim 2^\circ$ 的外倾角度并排打入一系列钢管，管棚直径为 $89 \sim 110\text{mm}$ ，与初期支护钢架结合形成棚架。主要适用于围岩压力来得快、来得大，对于围岩变形及地表下沉有较严格限制要求的软弱破碎围岩隧道工程中。在一般无胶结的土及砂质围岩中，采用插板封闭较为有效；在地下水较多时，则可利用钢管注浆堵水和加固围岩。

管棚的配置、形状、施工范围、管棚间隔及断面等应根据地质条件、周边环境、隧道开挖面、埋深以及开挖方法等因素来决定。

③超前小导管注浆：在开挖掘进前，先用喷射混凝土的方法将开挖面和 5m 范围内的坑道封闭，然后沿坑道周边打入带孔的纵向小导管并通过小导管向围岩注浆，待浆液硬化后，在坑道周围形成了一个加固圈，在此加固圈的防护下即可安全地进行开挖。该方法不仅适用于一般软弱破碎围岩，也适用于地下水丰富的松软围岩。但超前小导管注浆对围岩加固的范围和强度是有限的，对围岩条件特别差而变形又严控制的隧道施工，超前小导管注浆常常作为一项辅助措施，与管棚结合起来加固围岩。

小导管一般采用直径 $\phi 32 \sim 50\text{mm}$ 钢管，常用 $\phi 42\text{mm}$ 钢管，管长一般 $3 \sim 5\text{m}$ 。

④超前围岩预注浆：掘进前先在掌子面前方的围岩中注入浆液，提高地层的强度、稳定性和抗渗性，形成较大范围的筒状封闭加固区，然后在其范围内进行开挖作业。该方法主要适用于软弱围岩及断层破碎带、自稳性较差的含水地段。

(2) 初期支护：隧道初期支护措施应紧随开挖面及时施工，确保施工安全，并控制围岩变形和减少围岩暴露时间。它可作为开挖面临时支护，亦可作为永久衬砌的一部分。临时支护包括喷射混凝土、锚杆、锚杆与喷射混凝土并用，锚杆、挂钢筋网与喷射混凝土并用。Ⅰ、Ⅱ级围岩支护时，宜采用局部喷射混凝土或局部锚杆，为防止岩爆和局部落石，可局部加挂钢筋网。Ⅲ、Ⅳ级围岩可采用锚杆、锚杆挂网、喷射混凝土或锚喷联合支护，Ⅳ级围岩必要时可加设钢支撑。Ⅴ、Ⅵ级围岩宜采用锚喷挂网、钢支撑的联合支护形式，并结合辅助措施进行施工支护。

①喷射混凝土是用压力喷枪喷射混凝土的施工方法，用于隧道开挖后的拱部、边墙等部位在开挖初期的柔性支护。喷射混凝土的工艺有干喷、潮喷和湿喷。

②锚杆是用螺纹钢筋或其他高抗拉性能的材料制作的一种杆状构件。锚杆种类有砂浆锚杆、药卷锚杆、中空注浆锚杆、自进式锚杆、组合中空锚杆等。按照锚固形式可划分为全长黏结型、端头锚固型、摩擦型和预应力型4种。锚杆对地下工程的稳定性起着重要的作用，尤其是在节理裂隙岩体中，锚杆

对岩体的加固作用十分明显，具有结构简单、施工方便、成本低和对工程适应性强等特点。

③钢筋网材料应满足设计要求，钢筋网钢筋在使用前应调直、清除锈蚀和油渍。钢筋网随受喷面的起伏铺设，与初喷混凝土面的最大间隙不宜大于 50mm。钢筋搭接长度不得小于 $30d$ (d 为钢筋直径)，并不得小于一个网格边长尺寸。钢筋网应与锚杆或其他固定装置连接牢固，其混凝土保护层应不小于规范规定。

④钢支撑按其材料的组成可分为钢拱架和格栅钢架，常用于软弱破碎围岩隧道中，并与锚杆、喷射混凝土等共同使用。

钢拱架是由工字钢或钢轨等制作，其刚度和强度大，可作临时支撑并单独承受较大的围岩压力，也可设于混凝土内作为永久衬砌的一部分。钢拱架的最大特点是架设后能够立即承载。

格栅钢架是由钢筋经冷弯成形后焊接而成的独立单元钢架，通过螺栓将两段钢架连接板紧密地连在一起。喷射混凝土能够充满格栅钢架及其与围岩的空隙，故格栅钢架能够很好地与喷射混凝土一起与围岩密贴，且能和锚杆、超前支护结构连成一体，支护效果好。

⑤锚喷支护：锚喷支护是目前通常采用的一种围岩支护手段，包括锚杆支护、喷射混凝土支护、喷射混凝土锚杆联合支护、喷射混凝土钢筋网联合支护、喷射混凝土与锚杆及钢筋网联合支护、喷射纤维混凝土支护、喷射纤维混凝土锚杆联合支护，以及上述几种类型加设型钢（或钢拱架）而成的联合支护。作为初期支护，目前在隧道工程中使用最多的组合形式是锚杆加喷射混凝土、锚杆加钢筋网再加喷射混凝土、钢架加锚杆加钢筋网再加喷射混凝土。

喷锚联合支护施工时，各分次施作的支护彼此要牢固相连，如超前锚杆与系统锚杆及钢拱架的连接、钢筋网及钢拱架要尽可能多地与锚杆头焊连，以充分发挥联合支护效应；锚杆要有适量的露头。钢筋网及钢拱架要被喷射混凝土所包裹、覆盖。

(3)二次衬砌：二次衬砌是隧道工程施工在初期支护内侧施作的模筑素混凝土或钢筋混凝土衬砌，与初期支护、防水层共同组成复合式衬砌。二次衬砌采用模筑混凝土，模筑混凝土的材料和级配应符合隧道衬砌的强度和耐久性要求，同时必须重视抗冻、抗渗和抗侵蚀性。二次衬砌施工应在铺设完成防水层之后进行，施工顺序目前多采用由下到上、先墙后拱的顺序连续浇筑。在隧道纵向，则需分段进行，分段长度一般为 8 ~ 12m。衬砌的施工缝应与沉降缝、伸缩缝结合布置。在全断面开挖成形或大断面开挖成形的隧道衬砌施工中应尽量使用钢模板衬砌台车灌注混凝土整体衬砌。

5. 隧道防水与排水

隧道施工的临时防水、排水应与永久防水、排水设施相结合，遵循“防、截、排、堵相结合，因地制宜、综合治理”的原则进行。总体保证隧道结构物和运营设备的正常使用和行车安全，并对地表水、地下水妥善处理，形成完整通畅的防排水系统。

隧道施工前，根据设计和调查资料，预计可能出现的地下水情况并参照有关规定估计水量，制订防水、排水施工方案。施工中，应对隧道的出水部位、水质、水量及变化规律等做好观测试验记录，并不断改进和完善防、排水措施，选择既经济合理又切实可行的治水措施，确保围岩稳定，便于初期支护的施工，并保证在二次衬砌施工前，现场具有防水层的施工条件。

隧道防水应提高混凝土自防水性能，防水混凝土抗渗等级应符合设计。施工过程中应根据隧道渗水部位、渗水量大小等现场情况，在衬砌背后合理布置排水管、盲沟、暗沟等排水设施。

防水板宜选用高分子材料，幅宽 2 ~ 4m，厚度不宜小于 1.5mm，并确保耐穿刺性好、柔性好、耐久性好。防水板铺设应超前二次衬砌施工 1 ~ 2 个衬砌段，并与开挖掌子面保持一定距离。初期支护表面应平整、圆顺。对支护表面外露的坚硬物和局部渗漏水处应先进行处理，不平处用喷射混凝土或砂浆找平。防水板应无钉铺设，并留有余量，以保证防水板与喷层基本密贴。

6. 洞内防火涂料和装饰工程

隧道内防火涂料及装饰工程正式施工前，应将喷涂及装饰的表面进行清理。防火涂料施作应采用

专用设备，喷涂与涂抹相结合。喷涂设备应能连续将涂料均匀喷涂到基层上。在喷涂防火涂料前应对洞身混凝土表面除尘、去污，并对错台进行修补处理，以保证防火涂料喷涂厚度均匀。喷涂前，为加强附着力，宜采用强度等级为 32.5 级的水泥调制纯水泥浆涂刷洞身一次。防火涂料涂层硬化后，方可按设计要求涂刷各类装饰色料。

隧道洞内装饰应根据设计的装饰材料及设计要求，采用相应的施工方法。目前隧道洞内常见的有贴瓷砖和安装装饰板两种方式。

7. 通风防尘及水电施工

(1) 通风、防尘：实施机械通风，必须具有通风机和风道，按照风道的类型和通风安装位置分为风管式通风、巷道式通风、风墙式通风。

①风管式通风由管道输送，分为压力式、抽出式和混合式 3 种方式。风管式通风的优点是设备简单、布置灵活、易于拆装，故为一般隧道施工采用。

②巷道式通风适用于有平行坑道的长隧道，其特点是：通过最前面的横洞和平行导坑组成一个风流循环系统，在平行导坑洞口附近安装通风机，将污浊空气由导坑抽出，新鲜空气由正洞流入，形成循环风流；风墙式通风适用于较长隧道。

③风墙式通风适用于较长隧道。当管道式通风难以解决，又无平行导坑可以利用时，可利用隧道成洞部分较大的断面，用砖砌或木板隔出一条 2 ~ 3m 风道，以减小风管长度，增大风量满足通风要求。

(2) 供水、供电

①供水：供水方案及设备的配置应能满足工程及生活用水的需要。使用前必须经过水质鉴定，符合国家工程用水及生活用水的水质标准。供水的蓄水池高度应能保证洞内最高用水点的水压。水池的容量应有一定的储备量，以保证洞内外集中用水的需要。采用机械抽水站供水时，应有备用的抽水机。

②供电：隧道供电电压应符合以下要求：供电线路应采用 220/380V 三相五线系统，动力设备应采用三相 380V；隧道照明，成洞段和不作业地段可用 220V；瓦斯隧道各级配电电压和各种机电设备额定电压等级应满足高压应不大于 10000V，低压应不大于 1140V，照明、信号、电话和手持式电气设备的供电额定电压，微瓦斯、低瓦斯工区应不大于 220V，高瓦斯工区、煤（岩）与瓦斯突出工区应不大于 127V；选用的导线截面应使线路末端的电压降不大于 10%，36V 及 24V 线不大于 5%。

洞外变电站宜设在洞口附近，并应靠近负荷集中地点和设在电源来线一侧。

短隧道应采用高压至洞口，再低压进洞；长、特长隧道成洞地段应用 6 ~ 10kV 高压电缆送电；洞内设置 6 ~ 10/0.4kV 变电站供电时，应有保证安全的措施，且移动变电站应采用监视型屏蔽橡胶套电缆。隧道作业地段必须有足够的照明；洞外照明按一般建筑工地要求。瓦斯地段的照明器材应采用防爆型，开关应设在送风道或洞口。

8. 盾构施工

盾构法是暗挖法施工中的一种全机械化施工方法。它是将盾构机械在地层中推进，通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生隧道内的坍塌。同时在开挖前方用切削装置进行土体开挖，通过出土机械运出洞外，靠千斤顶在后部加压预进，并拼装预制成混凝土管片，形成隧道结构的一种机械化施工方法。

盾构施工应符合相关要求：

(1) 盾构始发前应验算盾构反力架及其支撑的刚度和强度，反力架应牢固支撑在始发井结构上；盾构反力架整体倾斜度应与盾构基座的安装坡度一致。

(2) 应根据工程水文地质条件、盾构机类型、盾构工作井的围护结构形式等因素加固盾构工作井端头地基，承载力应满足始发要求。

(3) 应拆除刀盘不能直接破除的洞门围护结构。拆除前始发工作井端头地基加固与止水效果应良好；拆除时，应将洞门围护结构分成多个小块，从上往下逐个依次拆除，拆除作业应迅速连续。

(4) 洞门围护结构拆除后, 盾构刀盘应及时靠紧开挖面。

(5) 盾构始发时应在洞口安装密封装置; 盾尾通过洞口后应尽早稳定洞口。

(6) 盾构始发时, 始发基座应稳定, 盾构不得扭转; 千斤顶应均匀顶进, 反力架受力应均匀; 负环脱出盾尾后应立即对管片环向进行加固。

(7) 盾构应在始发段 50 ~ 100m 进行试掘进, 应根据地质情况、施工监测结果、掘进经验等因素选用掘进参数。

(8) 盾构正常掘进阶段应符合以下要求:

①土压平衡盾构掘进, 开挖土体应充满土仓, 并应核算排土量和开挖量; 泥水平衡盾构掘进, 泥浆压力与开挖面水土压力、排土量与开挖量应保持平衡。掘进过程中应采取防止螺旋输送机发生喷涌的措施。

②盾构掘进应随时监测和控制盾构姿态, 使隧道轴线控制在设计允许偏差范围内。实施纠偏应逐环、小量纠偏, 防止过量纠偏损坏已拼装管片和盾尾密封。

③盾构机不宜长时间停机, 盾构刀具检查和更换地点应选择地质条件好、地层稳定的地段。在不稳定地层更换刀具时, 应采取地层加固或压气法等稳定开挖面措施。维修刀盘应对刀盘前方土体采取加固措施或施作竖井。

④盾构设备应在机器停止操作时维修; 液压系统维修前, 应关闭相关阀门并降压; 电气系统维修前应关闭系统; 空气和供水系统维修时应关闭相应阀门并降压; 刀盘、拼装机等旋转设备部件区域维修前, 设备应停止运转。

(9) 盾构到达接收阶段应符合以下要求:

①盾构到达前应拆除洞门围护结构。拆除前, 工作井端头地基承载力、止水应满足要求; 拆除时应控制凿除深度, 洞口应安装止水密封装置。

②盾构到达接收工作井 15m 内, 应调整掘进速度、开挖压力等参数, 减小推力、降低推进速度和刀盘转速, 控制出土量并监测土仓内压力。

③隧道贯通前 10 环管片应设置管片纵向拉紧装置, 贯通后应快速顶推并迅速拼装管片。同时应加强同步注浆和二次补充注浆, 盾尾通过洞口后应及时密封管片环与洞门的间隙。

(10) 盾构机掘进应进行同步注浆作业。为提高背衬注浆层的防水性及密实度, 还应在同步注浆结束后进行补充注浆, 注浆材料性能应符合设计要求。壁后注浆应根据工程地质条件、地表沉降状况、环境要求、设计要求及设备情况等选择注浆方式和注浆参数。注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液特性和隧道埋深等综合因素确定。

9. 特殊地质地段的施工

隧道施工中常见的几种特殊地质地段包括: 塌方、断层、溶洞、瓦斯、膨胀性围岩、流沙、岩爆、高地温、松散地层、黄土等地质。

隧道在不良地质地段施工时, 应做好预测、预报工作, 坚持以预防为主的原则, 在确保安全的前提下, 制订切实可行的施工方案。隧道通过破碎松散、软塑膨胀、承压涌水、流沙流泥等不良地质地段时, 施工前应对工程地质和水文地质资料进行详细的分析了解, 制订相应的预防措施, 备足有关应急的机具材料。不良地质地段的隧道施工, 应先治水, 采取“管超前、短开挖、弱爆破、强支护、紧封闭、勤量测”的措施, 稳步前进。在施工过程中, 应经常观察地质和地下水的变化情况, 检查支护、衬砌的受力状态, 注意地形、地貌的变化, 防止突然事故的发生。如有险情, 应立即分析情况采取措施妥善处理。

10. 隧道地质超前预报和监控量测技术

(1) 隧道地质超前预报: 公路隧道施工应加强施工地质工作, 严密注意围岩开挖情况, 通过探测手段, 预测开挖工作面前方几米至几十米, 甚至上百米的围岩工程地质和水文地质条件, 结合掘进

中地质条件的变化,及时提出预报,以便有准备地做好各种预防和施工措施,保证隧道工程的顺利进行。

预报的主要内容包括:对照设计图纸提供的地质资料,预报地质条件变化情况及对施工的影响程度;预报可能出现塌方、滑动的部位、形式、规模及发展趋势,提出处理措施;预报可能出现突然涌水的地点、涌水量大小、泥沙含量及对施工的影响;浅埋隧道地面出现下沉或裂缝时,预报对隧道稳定和施工的影响程度;对隧道将要穿过不稳定岩层、较大断层做出预报,以便及时改变施工方法或采用应急措施。隧道附近或穿过瓦斯地段的岩(煤)层中,预报瓦斯影响范围等。

隧道地质超前预报方法主要有:地质调查法、超前钻探法、物理勘探法(TSP法、TGP法和TRT法)、超前导洞法、水力联系观测法。

(2) 监控量测:量测计划应根据隧道的围岩条件、支护类型和参数、施工方法以及所确定的量测日进行编制。同时应考虑量测费用的经济性,并注意与施工的进程相适应。隧道施工监控量测应作为重要工序列入施工组织设计和工序管理。量测分必测项目和选测项目,隧道施工必须进行必测项目的量测,选测项目应根据设计要求、隧道断面形状、大小和埋深、围岩条件、周边环境条件、支护类型和参数、施工方法等综合选择。隧道现场监控量测必测项目见表 1.3.4。

表 1.3.4 隧道现场监控量测必测项目表

序号	项目名称	方法与工具	布置	测试精度	量测间隔时间			
					1 ~ 15d	16d ~ 1个月	1 ~ 3个月	> 3个月
1	洞内外观察	现场观测、地质罗盘等	开挖及初期支护后进行	—	—			
2	周边位移	各种类型收敛计、全站仪或其他非接触量测仪器	每 5 ~ 50m 一个断面, 每断面 2 ~ 3 对测点	0.5mm (预留变形量不大于 30mm 时); 1mm (预留变形量大于 30mm 时)	1 ~ 2 次/d	1 次/2d	1 ~ 2 次/周	1 ~ 3 次/月
3	拱顶下沉	水准仪、钢尺或其他非接触量测仪器	每 5 ~ 100m 一个断面	1mm (预留变形量大于 30mm 时)	1 ~ 2 次/d	1 次/2d	1 ~ 2 次/周	1 ~ 3 次/月
4	地表下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	洞口段、浅埋段 ($h_0 \leq 2.5b$), 布置不少于 2 个断面, 每个断面不少于 3 个测点	0.5mm	开挖面距测量断面前后 $< 2.5b$ 时, (1 ~ 2) 次/d; 开挖面距测量断面前后 $< 5b$ 时, 1 次/(2 ~ 3) d; 开挖面距测量断面前后 $\geq 5b$ 时, 1 次/(3 ~ 7) d。			
5	拱脚下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	富水软弱破碎围岩、流沙、软岩大变形、含水黄土、膨胀岩土等不良地质和特殊性岩土段	0.5mm	仰拱施工前, (1 ~ 2) 次/d			

注: h_0 ——隧道埋深; b ——隧道开挖最大宽度。

五、交通工程施工技术

(一) 交通安全设施

1. 交通标志

交通标志是用图形符号、颜色、形状和文字向交通参与者传递特定信息，主要起到提示、诱导、指示等作用，使道路使用者安全、快捷到达目的地、促进交通畅通。主要包括警告标志、禁令标志、指示标志、指路标志、旅游区标志、作业区标志等主要标志以及附设在主标志下的辅助标志。交通标志的支撑方式主要包括柱式（单柱、多柱）、悬臂式（单悬臂、双悬臂）、门架式、附着式等几种。交通标志的施工工艺流程如图 1.3.14 所示。

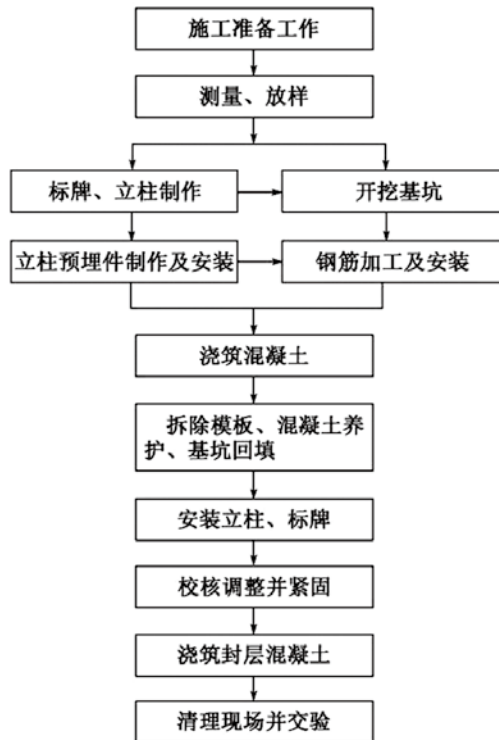


图 1.3.14 交通标志施工工艺流程图

2. 交通标线

交通标线的主要作用是传递有关道路交通的规则、警告和指引交通，它由施划或安装于道路上的各种线条、箭头、文字、图案、立面标记、实体标记、突起路标等构成。交通标线的涂料分为溶剂型、热熔型、双组分、水性 4 种，如果路面标线有反光要求，还应在涂料中掺入或在施工时喷撒玻璃珠。新铺沥青路面的交通标线施工，可在路面施工完成 7d 后开始。新建水泥混凝土路面的交通标线施工，应在混凝土养护膜老化起皮并清除后开始。交通标线宜在白天施工。在雨、雪、沙尘暴、强风、气温低于材料规定施工温度的天气，应暂停施工。

突起路标宜在交通标线施工完成后安装，且不得影响标线质量；突起路标应根据设计文件的要求安装；路面和突起路标底部应清洁干燥，并涂加胶黏剂。胶黏剂应通过检测单位的抗拉拔能力及抗衰老能力检测；突起路标就位后，应在其顶部施加压力，排除空气，并调整就位；突起路标的性能应符合现行《突起路标》GB/T 24725 的规定（除设计文件另行规定外）。胶黏剂可采用耐候性专用沥青胶

或环树脂，其胶接性能指标应满足现行《突起路标胶黏剂胶接性能指标及试验方法》JT/T 968 的要求。
 标线及突起路标的施工工艺流程如图 1.3.15 所示。

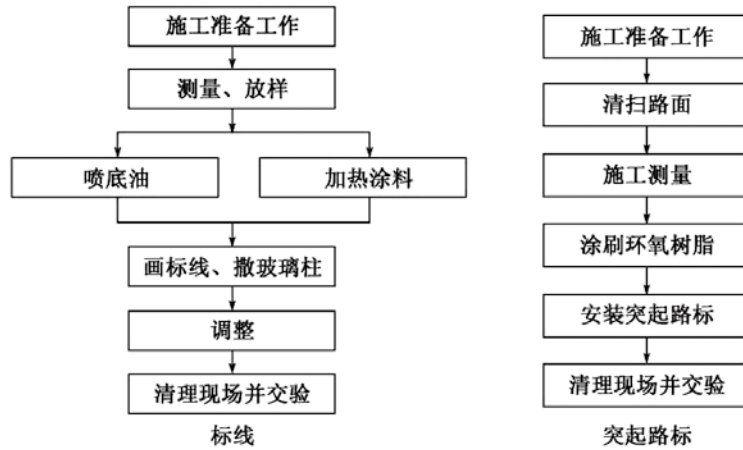


图 1.3.15 标线及突起路标的施工工艺流程图

3. 护栏和栏杆

常用的护栏有：路基护栏（钢筋混凝土护栏、波形梁护栏、缆索护栏）、桥梁护栏、活动护栏等。护栏和栏杆设置应体现宽容和适度防护的理念。护栏任何部分不得侵入公路建筑限界；路侧护栏宜设置在公路土路肩内；中央分隔带护栏应与中央分隔带内的构造物、地下管线相协调。路侧、中央分隔带内土基压实度不能满足护栏设置条件时（一般不宜小于 90%），或路侧护栏立柱外侧土路肩保护层宽度小于规定宽度时，应采取加强措施。

各类护栏施工工艺类似，以波形梁护栏为例，其施工工艺流程如图 1.3.16 所示。

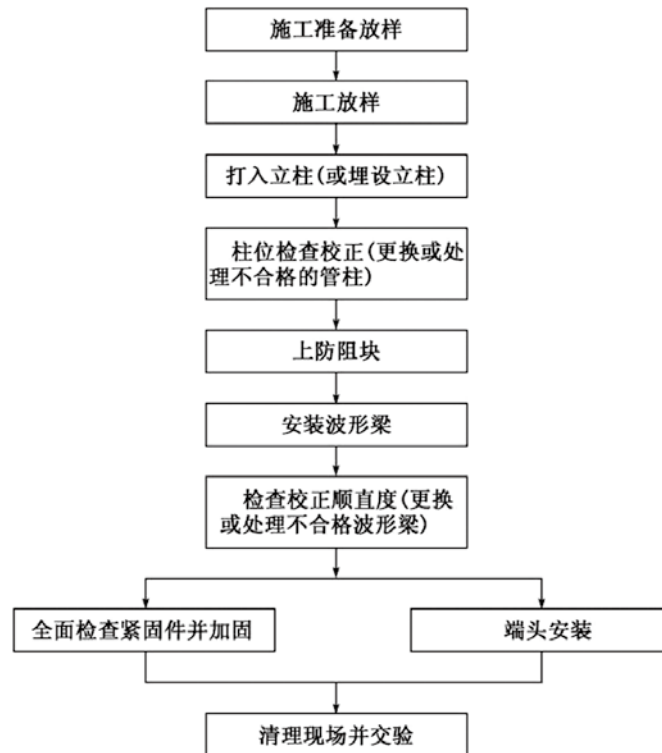


图 1.3.16 波形护栏施工工艺流程图

4. 隔离栅

隔离栅是将公路用地隔离出来,防止非法侵占公路用地的设施,应能有效阻止行人、动物误入需要控制出入的公路,其材料和结构形式应适应当地的气候和环境。

隔离栅立柱应根据设计文件的规定设置在现浇混凝土基础或预制混凝土基础内。立柱的埋设应分段进行。可先埋设两端的立柱,然后拉线埋设中间立柱,控制立柱与中间立柱的平面投影应在一条直线上,保持基础高程的平顺过渡。预制混凝土立柱和基础在运输及装卸时应避免折断或损坏边角。混凝土基础强度达到设计强度的80%以上时,可按相关规定进行隔离栅网片的安装。各类隔离栅的施工工艺流程如图1.3.17所示。

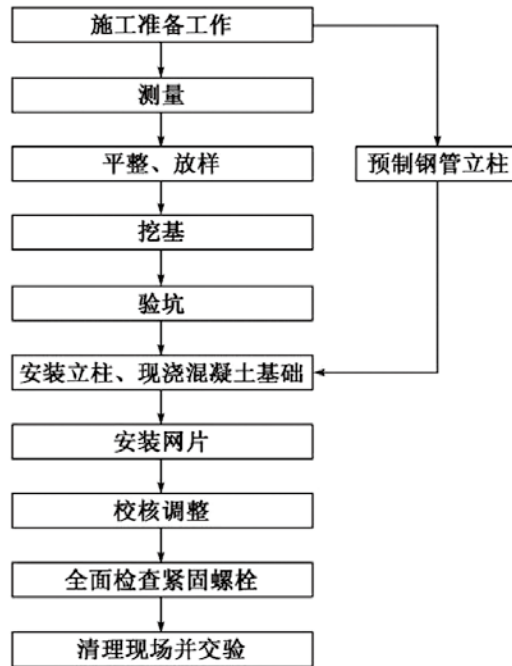


图 1.3.17 隔离栅施工工艺流程图

5. 防落网

防落网应包括防落物网和防落石网。防落网应能阻止公路上的落物进入饮用水保护区、铁路、高速公路、需要控制出入的一级公路等建筑限界内,或阻止挖方段落石进入公路建筑限界以内。

防落物网应以上跨桥梁与公路、铁路等设施的交叉点为控制点,向两侧对称进行施工;当上跨桥梁为斜交时,防落物网的长度应根据设计文件的要求做相应调整;应根据立柱预埋基础的位置安装立柱;防落物网的网片应牢固地安装在立柱上,网片应平整、绷紧,应在防落物网的线形达到规定要求时方能拧紧;应根据设计文件的规定对防落物网做防雷接地处理。

防落石网施工工艺流程:清坡→放样→基础施工→立柱及拉锚绳安装→支撑绳安装→钢丝绳网(或环形网)安装→格栅安装。

6. 防眩设施

防眩设施的主要作用是避免对向车辆前照灯造成的眩目影响,保证夜间行车安全。防眩板或防眩网单独设置立柱时,可根据所在位置将立柱埋入土中、设置混凝土基础或固定于桥梁、通道、明涵等构造物上。设置混凝土基础时,其强度应达到设计强度的80%以上时,方能在立柱上安装防眩板或防眩网。立柱施工时,不得破坏地下管线和排水设施。防眩设施中的防眩网的施工工艺流程相同,如图

1.3.18 所示。



图 1.3.18 防眩网的施工工艺流程图

7. 视线诱导设施

视线诱导设施包括轮廓标、合流诱导标、线形诱导标、隧道轮廓标、示警桩、示警墩、道口标柱等设施。

柱式轮廓标混凝土基础可采用现浇或预制施工，并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的规定，预制时应按设计文件的规定预埋连接件；柱式轮廓标安装时，柱体应垂直于水平面，三角形柱体的顶角平分线应垂直于公路中心线，柱体与混凝土基础之间可用螺栓连接。

附着式轮廓标应按照放样确定的位置进行安装；反射器的安装角度应符合设计文件的规定；安装高度宜保持一致，并应连接牢固；施工完成后应清除包装膜。

8. 避险车道

避险车道是指在长陡下坡路段行车道外侧增设的供速度失控（制动失灵）车辆驶离正线安全减速的专用车道。

避险车道基床、排水系统、服务车道、交通标志、交通标线、护栏、视线诱导等的施工应符合现行《公路路基施工技术规范》JTG/T 3610、《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20、《公路水泥混凝土路面施工技术细则》JTG/T F30 和《公路交通安全设施施工技术规范》JTG/T 3671—2021 中的相关规定。

避险车道的基床施工完毕，在铺设制动材料前，应对基床表面进行清扫，基床表面不应留有杂物或其他材料；在避险车道施工完毕后，再进行末端设置消能设施的安装或放置，消能设施的内容物应采用与制动床一致的材料；施工结束前，应对制动床铺装材料进行平整工作，除按设计要求做的隆起部分，表面不应有明显的突起及凹陷。

(二) 监控设施

1. 设备安装的通用要求

(1) 设备开箱检查必须由业主、承包方和监理方共同参加。

(2) 检查确认外观无损伤、防腐层无剥落,产品合格证、质量检测报告齐全,型号、规格、数量、备品、备件等满足设计要求,做好详细记录,并签字确认。

(3) 安装前,应确认外场设备及相关电力、通信人(手)孔安装位置满足设计要求,并对预埋管线进行疏通。

(4) 设备支撑系统材质、承载能力应满足设计要求,设计无要求时,支撑系统应能承受所支撑设备和支撑系统本身重力之和的3倍。

(5) 室内设备安装前要划线定位,核对地面水平,保持防静电地板完好。

(6) 设备安装必须以设计图纸为基础,按设计位置进行水平排列、牢固安装,机柜内接线必须将强弱电线分开绑扎成把,要尽量保证美观有序。设备安装所用的螺钉不可有破损,确保不出现松动。

(7) 室内布缆、布线应在防静电地板下平行排列,不能交叉排列,每隔0.5~1m绑扎一处,各种电缆应分槽布设。

(8) 对有静电要求的设备,开箱检查、安装、插接件的插拔时,必须穿防静电服或戴防护腕,机架地线必须连接良好。

(9) 设备配线如为焊接式,焊点应牢固、饱满、光滑、均匀;如为螺钉固定时,应加焊线鼻子,螺钉紧固,焊接严禁使用带腐蚀剂的焊剂。

(10) 设备安装完毕后,应在重点检查电源线、地线等配线正确无误后,方可通电。

(11) 设备调试,应先进行通电试验,然后测试相关的技术指标及调试软件。

2. 主要外场设备基础安装要求

监控主要外场设备的基础设置位置、基坑开挖尺寸、基础地基承载力、基础尺寸等应符合设计要求。基础采用明挖法施工;基础一般采用C25混凝土现场浇筑,内部配钢筋,顶面应预埋钢地脚螺栓;基础的接地电阻必须小于或等于 4Ω ,防雷接地电阻必须小于或等于 10Ω 。

外场设备的施工工艺流程:基础验收合格→电缆敷设到位→立杆→穿缆→摄像机、大型可变信息标志、微波车检、气象监测器等外场设备的固定及接线→挂接控制箱体→设备接线→调试→挂标志牌。

(三) 收费设施

收费设施施工内容主要包括ETC门架、收费车道设施、收费站(收费管理所、收费分中心)设施安装、调试。ETC门架施工分为门架基础和设备安装。收费站收费设施施工应在收费广场路基、路面及收费天棚工程、收费岛主体工程及站区相关的预留孔洞、预埋件等已经完成,收费广场、收费站区设备基础混凝土强度已满足设计要求后实施。

设备安装的通用要求同本节“监控设施”要求。

本着“先地下后地上,先土建后安装,先围护后装修”的原则,收费站的施工总体顺序为:基础工程→主体结构→砌体工程→装饰工程→安装各专业穿插施工→竣工验收。

施工工艺流程:五通一平(通上水、通下水、通电、通路、通信、平整土地)→临时设施→垫层→钢筋混凝土基础→室外回填土→主体结构→屋面防水工程施工→屋面施工→水、电、暖通、电视、电话线预埋配合土建施工→内外粉刷同时进行→楼地面→油漆、涂料工程→水电暖通器具安装→室外总体配套→扫尾清理→竣工验收。

(四) 通信设施

通信设施施工内容主要包括通信管道、光缆、电缆的铺设,通信设备的安装与调试。

光缆、电缆在敷设安装中，应根据敷设地段的环境条件，在保证光缆、电缆不受损伤的原则下，因地制宜采用人工或机械敷设。光缆施工工艺流程为：施工准备→路径复测→挖沟、杆路及管道施工→光缆单盘检验、配盘及运输→光缆敷设→光缆接续→光缆测试→竣工验收。

通信设备的安装要求：

(1) 机架安装位置正确、端正牢固且垂直偏差不大于 3mm，机架着力均匀。

(2) 布放电缆时设备电缆与电源线分开布设，同轴电缆单独布设。

(3) 敷设电源线时，交、直流电源的馈电电缆必须分开布设。截面在 10mm 以下的单芯或多芯电源线可与设备直接连接。截面在 10mm 以上的多股电源线应加装接线端子，其尺寸与导线线径相吻合，用压（焊）接工具压（焊）接牢固。

(4) 接地装置、接地汇集装置的位置应符合设计规定，安装端正、牢固，并有明显标志。通信设备除做工作接地外，其机壳也应做保护接地。

（五）供配电及照明设施

供配电及照明设施的施工内容主要包括高低压配电柜、母线、变压器、不间断电源、应急电源和柴油发电机组装置、箱式变电站、照明灯具、照明接线箱、照明杆体等的安装、调试。供配电及照明设施的安装均应符合设计规范、产品技术文件等规定要求。

安装前应做好以下准备工作：

(1) 供配电、照明系统主要电力设备和材料应从获得相关部门颁发生产许可证的生产厂采购，采购前应对供应商进行评价对比，挑选信誉高、质量有保证的产品。

(2) 设备、材料在安装、使用前，应进行检验或试验，合格后方可使用。

六、绿化工程施工技术

（一）绿化施工一般要求

1. 种植基础

施工单位应对施工场地的土壤性质和状况进行调查、勘察和测定，对土壤理化性质进行化验分析，并根据结果采取相应的施肥、土壤改良和置换客土等措施。

管线、建（构）筑物完工并验收合格后应按设计要求对其周边的绿化场地进行整理，应将施工现场的渣土、工程废料、树根及有害污染物清除干净，绿化种植土壤有效土层不应有不透水层，绿化种植土壤有效土层厚度应符合相关规定。

根据设计对场地标高进行核算，并采取相应的土方回填措施。回填土壤应分层适度夯实或自然沉降达到基本稳定，严禁用机械反复碾压。回填土及地形造型的范围、厚度、标高及坡度均应符合设计要求。

种植前应根据苗木生长需要和土壤肥力情况，合理施用基肥。基肥以有机肥为主，可加入适量的速效肥，若采用农家肥应充分腐熟。

2. 放线定点

放线位置准确，标记明显。栽植穴定点时应标明中心点位置，栽植槽应标明边线，定点标志应标明树种名称、规格。

3. 栽植穴、槽挖掘

穴、槽的规格应视土质情况和苗木根系大小而定。栽植穴、槽的直径应大于土球或裸根苗根系展幅 10 ~ 20cm，深度宜为穴径的 3/4 ~ 4/5。挖栽植穴、槽时，若遇路政设施、通信、电缆等应采取保

护措施。

4. 种植植物

草种和苗木等品种及规格应符合设计要求，进场苗木应有植物检疫证，草种应提供由检测机构出具的检测报告，苗木应有苗木出圃合格证。草皮生长健壮，密度均匀，根系发达，草高适度，无斑秃、病虫害，杂草率不超过2%。苗木选择生长健壮、树形端正、树枝分布均匀、枝干和根系发育良好的苗木。

5. 苗木运输

苗木运输装车时，苗木层数应适量，带土球苗木忌压坏土球。运输时应保持根部湿润，可采取沾泥浆、喷保湿剂和苫布遮盖等保护措施。苗木运到现场，卸苗应顺序进行，轻拿轻放，保证根系和土球完好。

6. 苗木修剪

散苗后栽植前应剪去劈、裂、断根、断枝、过长根、徒长枝和病虫根、枝。裸根苗木栽植前应剪去腐烂根、细长根，对于较粗大的根应截口平滑；带土球苗木栽植前应剪去土球外的根系。

7. 苗木栽植

①乔、灌木栽植前应去除不易降解的包装物。乔木裸根苗栽植深度比原土痕深5~10cm，土球苗比原土痕深5cm，灌木应与原土痕齐平。乔木应设草缠干，高度为1.3m。胸径6cm以上的乔木，应设树木支撑，高度为树干高1/2~2/3处，支柱应牢固，绑扎树木处加垫物。栽植后，应在树穴周围用土筑成高15~20cm的围堰。围堰外形宜相对统一。

②草坪及草本地被种植：草坪和草本地被播种后及时覆土滚压或耙平，并覆盖稻草麦秸或无纺布，苗高3~5cm时除去。草皮铺植时草块之间应互相衔接，间铺缝隙应均匀，并填以栽植土。

③竹类栽植：竹苗应选择1~2年生、健壮无病虫害的母竹。竹类栽植地应进行翻耕，深度宜30~40cm；栽植时应先将表土填于穴底，深浅适宜，拆除竹苗包装物，将竹蔸入穴，竹鞭应舒展，竹鞭在土中深度宜20~25cm，覆土深度宜比母竹原土痕高3~5cm，压实后及时浇水，渗水后再覆土。

④花卉栽植：花苗的品种、规格、栽植放样、栽植密度、栽植图案应符合设计要求。株行距应均匀，高低搭配应恰当。栽植深度应适当，根部土壤应压实。

⑤水、湿生植物种植：应根据不同种类、习性进行种植。对漂浮类水生花卉，按照设计要求的范围移入水面。种植土和肥料均不得污染水体。

8. 浇水

苗木定植后应浇足三次水，并灌足灌透。浇水量不宜过大，土壤下陷、树木歪倒应及时培土扶正。常绿树可对树冠和叶片适当喷水，草坪播种后应及时喷水，水点宜细密均匀，渗透土层8~10cm，保持土壤湿润无积水。

（二）分部位绿化施工

1. 中央分隔带

根据施工现场情况，进行相应的垃圾清除和种植土回填。种植土宜灌水密实，密实后种植土表面应低于路缘石顶面6~10cm。挖掘栽植穴的出土及待栽苗木应顺向放于中央分隔带内，不得放于路面。乔木应设立树木支撑，支柱牢固。

施工时，应保护并不得破坏防渗土工布、通信光缆等管线设施。施工对路面造成污染时，应及时清扫和清洗。

2. 边坡

边坡整地时应顺应周边原有的地形和自然环境，坡形符合设计要求。栽植攀援植物应设硬牵引固定。栽植后10d内应浇足3遍透水。浇水时应避免冲刷边坡，防止水土流失。

3. 互通立交区

根据设计要求和现场实际，微地形应与蒸发池等排水设施充分结合，保证地形排水顺畅。施工时应注意管线保护避让，会车点植物栽植不得影响行车安全视距。

4. 站区绿化

苗木应与路灯、变压器和架空管线等保持安全距离。苗木不得妨碍视距、辨认标志和照明区域。

第四节 工程施工组织设计

一、施工组织设计的编制

(一) 施工组织设计的概念、作用和分类

1. 施工组织设计的概念

施工组织设计是用以指导施工组织与管理、施工准备与实施、施工控制与协调、资源的配置与使用等各方面的综合性技术经济文件，是对施工活动的全过程进行科学管理的重要手段。公路施工组织设计是对工程投标、签订承包合同、施工准备和施工全过程的指导性技术经济文件。

2. 施工组织设计的作用

(1) 施工组织设计是确定工程施工方案、施工顺序、施工方法、工期计划，并进行劳动组织、技术组织、资源组织的技术经济文件。

(2) 施工组织设计是编制各阶段工程造价和指导施工的重要依据。

(3) 施工组织设计是施工准备工作的一项重要内容，同时又是指导施工准备工作和施工全过程的依据。

(4) 施工组织设计指导工程投标与签订工程承包合同，作为投标书的内容和合同文件的一部分。

(5) 其作为项目管理的规划性文件，提出工程施工中进度控制、质量控制、成本控制、安全控制、现场管理、各项生产要素管理的目标及技术组织措施，提高综合效益。

3. 施工组织设计的分类

(1) 施工组织设计按建设阶段分为两种：一种是作为设计文件的组成部分，由设计单位编制；另一种是实施性施工组织设计，由施工单位编制。

(2) 根据公路工程施工组织设计阶段的不同，施工组织设计可以划分为两类：一类是投标前编制的施工组织设计（简称“标前设计”）；另一类是签订工程承包合同后编制的施工组织设计（简称“标后设计”）。这两类施工组织设计的区别见表 1.4.1。

表 1.4.1 标前和标后两类施工组织设计的区别

种 类	服务范围	编制时间	编制者	主要特征	追求主要目标
标前设计	投标与签约	投标书编制前	经营管理层	规划性	中标和经济效益
标后设计	施工准备至验收	签约后开工前	项目管理层	作业性	施工效率和效益

(3) 按施工组织设计的工程对象的不同,可以分为三类:施工组织总设计、单项(或单位)工程施工组织设计和分部工程施工组织设计。

①施工组织总设计是以整个建设项目为对象编制的,是整个建设项目施工准备和施工的全局性、指导性文件,对整个项目的施工过程起统筹规划、重点控制的作用。施工组织总设计一般在总承包合同签订后,由总承包单位负责编制。

②单项(或单位)工程施工组织设计是以单项(或单位)工程为主要对象编制的施工组织设计,用以指导单项(或单位)工程准备和施工全过程,是施工单位编制月旬作业计划的基础性文件。其对单项(或单位)工程的施工过程起指导和约束作用。单位工程施工组织设计是施工图纸设计完成之后、工程开工之前,在施工项目负责人领导下进行编制。

③分部工程施工组织设计是以分部(分项)工程或专项工程为主要对象编制的施工技术组织方案,用以具体指导其施工过程。分部工程施工组织设计由项目技术负责人负责编制,对重点、难点分部(分项)工程和危险性较大工程的分部(分项)工程,施工前应编制专项施工方案。

(二) 施工组织设计的编制依据

1. 标前设计的编制依据

- (1) 招标文件和工程量清单。
- (2) 施工现场踏勘情况。
- (3) 社会、市场和技术经济调查的资料。
- (4) 可行性研究报告、设计文件和各种参考资料。
- (5) 企业的生产经营能力相关资料,如所拥有的技术力量、机械设备状况、管理水平、工法及科技成果和多年类似工程的施工经验。

2. 施工组织总设计的编制依据

- (1) 设计文件,包括批准的可行性研究报告、初步设计(或技术设计)、施工图设计文件、设计说明书、总概算或修正总概算等。
- (2) 合同文件,即施工单位与建设单位签订的工程承包合同。
- (3) 建设地区的调查资料,包括气象、地形、地质和其他地区性条件等。
- (4) 定额、规范、建设政策法规、类似工程项目建设的经验资料等。
- (5) 企业现有可投入本工程的施工技术力量和机械设备。

3. 单项(或单位)工程施工组织设计的编制依据

- (1) 合同文件、施工组织总设计和施工图文件。
- (2) 年度施工计划对该工程的安排和规定的各项指标。
- (3) 劳动力配备情况,材料、构件、加工品的来源和供应情况,主要施工机械的生产能力和配备情况,水、电供应情况。
- (4) 设备安装进场时间和对土建的要求,以及对所需场地的要求。
- (5) 建设单位可提供的施工用地,临时房屋、水、电条件。
- (6) 施工现场的具体情况,如地上、地下障碍物,交通运输道路,水准点,地形、水文、地质、气候等自然资料。
- (7) 建设用地征购、拆迁情况,国家、行业或地方有关法规、规范、标准、规程、图集及工程预算文件、有关定额等。

- (8) 本工程的资源配备情况、对类似工程的施工经验资料及类似工程施工组织设计实例资料。

4. 分部工程施工组织设计的编制依据

- (1) 招投标文件、施工承包合同等合同文件。

- (2) 现场踏勘及调查资料、项目设计图纸及标准图纸等设计文件。
- (3) 施工组织总设计、单项工程施工组织设计和施工设计图纸等。
- (4) 国家及相关部委现行的施工规范、规程、质量验收标准及安全生产管理规范等。
- (5) 拟投入的施工管理、人、材、机等资源。
- (6) 类似工程的施工经验资料及类似工程施工组织设计实例资料。

(三) 施工组织设计的编制程序

一般工程项目施工组织设计的编制程序如下：

- (1) 工程项目设计图纸、合同技术规范等进行分析研究，必要时进行相关资料的收集和调研。
- (2) 计算施工工程数量。
- (3) 选择施工方案，确定施工方法。
- (4) 编制工程进度计划。
- (5) 计算人工材料、机具需要量，编制相关计划。
- (6) 确定临时工程，编制水电气热供应计划。
- (7) 设计和布置施工平面图。
- (8) 确定技术措施计划与计算技术经济指标。
- (9) 确定施工组织管理机构。
- (10) 编制质量安全、环保和文明施工措施计划。
- (11) 编写说明书。

(四) 施工组织设计的要求

1. 严格执行基本建设程序和施工程序

严格遵守合同签订的或上级下达的施工期限，按照基建程序和施工程序的要求，保质保量完成施工任务。

2. 科学安排施工顺序

按照公路工程施工的客观规律安排施工程序，可将整个项目划分为几个阶段，例如施工准备、基础工程、主体结构工程、路面工程、附属结构物工程等。

3. 采用先进的施工技术和设备

在条件允许的情况下，尽可能采用先进的施工技术，不断提高施工机械化、预制装配化程度，减轻劳动强度，提高劳动生产率。

4. 应用科学的计划方法制订最合理的施工组织方案

根据工程特点和工期要求，因地制宜地采用快速施工，尽可能采用流水作业施工方法，组织连续、均衡且有节奏的施工，保证人力、物力充分发挥作用。对于复杂的工程，应用网络计划技术找出最佳的施工组织方案。

5. 落实季节性施工措施，确保全年连续施工

恰当安排冬、雨季施工项目，增加全年连续施工日数，把那些确有必要而又不因冬、雨季施工而带来技术复杂和造价提高的工程列入冬、雨季施工，全面平衡人工、材料的需用量，提高施工的均衡性。

6. 确保工程质量和施工安全

贯彻施工技术规范、操作规程以及现阶段疫情防控实际情况，提出确保工程质量的技术措施、施工安全措施及切实可行的防疫措施，尤其是采用国内外先进的施工新技术和本单位较生疏的新工艺时更应注意。

7. 节约基建费用，降低工程成本

合理布置施工平面图，节约施工用地；充分利用已有设施，尽量减少临时性设施费用；尽量利用当地资源，减少物资运输量；尽量避免材料二次搬运，合理选择运输工具，以节约能源，降低运输成本，提高经济效益。

8. 减少对环境负面影响，实现“绿色建造、四节一环保”

绿色建造是指工程建设过程中，在保证质量、安全等基本要求的前提下，通过科学管理和技术进步，最大限度地节约资源，减少对环境负面影响，实现“四节一环保”（节能、节材、节水、节地和环境保护）的施工活动。

绿色建造施工方案的制定应遵循因地制宜的原则，结合工程所在地域的气候、环境、资源、经济及文化等特点，在管理制度、环境安全、材料资源、水资源能源、土地资源、人力资源、科技创新等方面研究具体的绿色施工措施。鼓励推进信息化施工，鼓励沿用前期设计阶段的信息化统一协同模型，对工期、人力、材料、机械资金、进度等信息进行收集、存储、处理和交流，科学地综合利用，为施工管理及时准确地提供决策依据。

（五）施工组织设计的编制内容

（1）编制说明：即对所编制的施工组织设计作简略概要的说明，其作用是使审批者和使用者能在很短的时间内迅速了解该施工组织设计的概貌。在说明中一般还应列出参与编制的人员名单。

（2）编制依据：主要包括所涉及国家和行业标准、规范和规程的名称（包括编号）；与施工组织及管理工作有关的政策规定、环境保护条例、上级部门对施工的有关规定和工期要求等；工程招标文件、工程投标书、工程设计文件 and 设计图纸、与业主签订的施工合同文件等项目相关文件；企业质量管理体系、环境管理体系和职业健康安全管理体系文件；现场调查资料或报告，如沿线的地形、地貌、土壤、地质、水文、气象、当地筑路材料、劳动力和能源的分布情况及其他工程建设的分布情况、对外交通运输、沿线村镇及居民点分布情况、沿线厂矿企业及其他工程建设的分布情况；各种定额及概预算资料，包括概算定额、施工定额、沿线地区性定额，预算单价、工程概预算编制依据等。

（3）工程概况：主要包括工程项目的情况（如工程性质、工程位置、工程规模、结构形式、技术标总工期、主要工程数量等）；施工条件（如地形地貌、气象、水文、地质、资源供应情况、交通运输及水电等施工现场条件和技术经济条件等）；工程施工的特点和难点分析；合同特殊要求（如业主提供结构材料、指定分包商等）。

（4）施工总体部署：主要包括建立施工管理机构、施工任务划分、施工顺序等。

（5）主要工程项目的施工方案、施工进度计划、主要分项工程施工工艺。

（6）各项资源需求计划，如劳动力需求计划、材料需求计划、施工机械设备需求计划和资金需求计划。

（7）施工总平面图设计、重点工程施工场地布置图（如绘出仓库、工棚、便道、便桥、运输路线、构件预制场地、沥青混凝土拌和场地、水泥混凝土拌和场地、材料堆放场地等工程和生活设施的位置）。

（8）大型临时工程（包括通往工地、料场、仓库等的便道、便桥及电力、电信设施等）。

（9）质量管理与质量控制的保证措施、安全管理与安全保证措施、项目职业健康安全管理体系、季节性施工技术措施、环境保护和节能减排的措施及文明施工。

（10）本工程需研究的关键技术课题及需进行总结的技术专题。

（六）施工组织设计编制应注意的问题

为了使施工组织设计更好地起到组织和指导施工的作用，在编制施工组织设计时要注意以下几个问题：

(1) 编制时必须对施工技术经济条件进行广泛和充分的调查研究, 收集各方面原始资料, 广泛地征求有关部门和技术人员的意见。主持编制单位应先召开交底会, 组织基层单位或分包单位参加, 请建设单位、设计单位进行建设条件和设计交底; 然后根据提供的条件和要求, 广泛吸收技术人员的意见。在此基础上提出初稿, 初稿完成后还应讨论和审定。

(2) 施工单位中标后、必须编制具有实际指导意义的标后施工组织设计。当建设工程实行总包和分包时, 应由总包单位负责编制施工组织设计或者分阶段施工组织设计。分包单位在总包单位的总体部署下, 负责编制分包工程的施工组织设计。施工组织设计应根据合同工期及有关的规定进行编制, 并且一定要广泛征求各协作施工单位的意见。

(3) 对结构复杂、施工难度大以及采用新工艺、新技术的工程项目, 要进行专业性研究, 必要时组织专门会议, 邀请有经验的专业工程技术人员参加, 确定解决问题的方案。

(4) 在施工组织设计编制过程中, 要充分发挥各职能部门的作用, 充分利用施工企业的技术素质和管理素质, 统筹安排, 扬长避短, 发挥施工企业的优势和水平, 合理地进行工序设计和匹配的程序设计。

(5) 当施工组织设计的初稿完成后, 要组织参加编制的人员及单位进行讨论, 逐项逐条地研究修改, 最终形成正式文件, 送主管部门审批。

二、资源组织计划

(一) 劳动力需求计划

根据已确定的施工进度计划, 可计算出各个施工项目每天所需的工日数, 将同一时间内有施工项目的工日数进行累加, 即可计算出每天工日数随时间变化的劳动力需求量。同时还可编制劳动力需求计划, 附于施工进度图之后, 为生产提供劳动力进退场时间, 保证及时调配, 搞好平衡, 以满足施工的需要。如现有劳动力不足或多时, 应提出相应的解决措施, 或者增开工作面, 以按时或提前完成任务。劳动力需求计划表见表 1.4.2。

表 1.4.2 劳动力需求计划表

序号	工种名	需要人数及时间										备注	
		年					年						
		一季度	二季度	三季度	四季度	合计	一季度	二季度	三季度	四季度	合计		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

(二) 主要材料需求计划

主要材料包括施工需要的由专业厂家生产的材料、地方供应和特殊的材料, 以及有关临时设施和拟采取的各种施工技术措施用料, 预制构件及其他半成品亦列入主要材料计划中。

材料的需求量可按照工程量和定额规定进行计算, 然后根据施工项目的施工进度编制年、季、月主要材料需求计划表。主要材料(包括预制构件、半成品)计划应包括材料的规格、名称、数量、材料的来源及运输方式等。材料计划是为物资部门提供采购供应、组织运输和筹建仓库及堆料场的依据。主要材料需求计划表见表 1.4.3。

表 1.4.3 主要材料需求计划表

序号	材料名称及规格	单位	数量	来源	运输方式	年					年					备注
						一季度	二季度	三季度	四季度	合计	一季度	二季度	三季度	四季度	合计	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

(三) 主要施工机具、设备需求计划

在确定施工方法时，已经考虑了各个施工项目应选择何种施工机具或设备。为了做好机具、设备的供应工作，应根据已确定的施工进度计划，将每个项目采用的施工机械种类、规格和需求量，以及使用的具体日期等综合起来编制施工机具、设备需求计划表，以配合施工，保证施工进度的正常进行。主要施工机具、设备需求量包括基本施工过程、辅助施工过程所用的主要机具、设备，并应考虑设备进、出厂(场)所需台班，以及使用期间的检修、轮换的备用数量。主要施工机具、设备需求计划表见表 1.4.4。

表 1.4.4 主要施工机具、设备需求计划表

序号	机具名称及规格	数量		使用期限		年								备注
		台班	台辆	开始日期	开始日期	一季度		二季度		三季度		四季度		
						台班	台辆	台班	台辆	台班	台辆	台班	台辆	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

(四) 临时工程计划

临时工程包括：生活房屋、生产房屋、便道、便桥、电力和电信设施以及小型临时设施等。临时工程计划表见表 1.4.5。

表 1.4.5 临时工程计划表

序号	设置地点	工程名称	说明	单位	数量	工程数量							备注
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

(五) 技术组织措施计划

技术组织措施计划应根据企业下达的要求和指标，按表 1.4.6 编制。

表 1.4.6 技术组织措施计划表

措施名称及内容摘要	经济效果(元)	计划依据	负责人	完成日期
1	2	3	4	5

三、施工平面布置图设计

施工平面布置图设计是对施工过程中所需的工艺路线、施工设备、原材料堆放、动力供应、场内运输、半成品生产、仓库、料场、生活设施等进行空间特别是平面的科学规划与设计，并以平面图的形式加以表达。这项工作就叫作施工平面布置图设计。一般来说，应包括：工程施工场地状况；拟建项目概况；工程施工现场的加工设施、料场布置和面积；布置在施工现场的水平（垂直）运输设施、供电设施、供水供热设施、排水排污设施和临时施工道路等；施工现场必备的安全、消防、保卫和环境保护等设施；相邻地上、地下既有建（构）筑物及相关环境。

（一）施工平面图设计的依据

- （1）工程项目平面图。
- （2）施工进度计划和主要施工方案。
- （3）各种材料、半成品的供应计划和运输方式
- （4）各类临时设施的性质、形式、面积和尺寸。
- （5）各加工车间、场地规模和设备数量。
- （6）水源、电源资料。
- （7）有关设计资料。

（二）施工平面图设计的步骤

- （1）分析有关调查资料。
- （2）合理确定起重、吊装、运输机械、混凝土搅拌站、沥青混凝土搅拌站的布置。
- （3）考虑各种材料、半成品的合理堆放。
- （4）布置水、电线路。
- （5）确定各临时设施的布置和尺寸、临时道路的位置、长度和标准。

（三）施工平面图的主要内容

1. 施工总平面图

施工总平面图是以整个工程项目为对象的施工平面布置方案，公路工程施工总平面图应包括以下内容：

- （1）原有河流、居民点、交通路线（公路、铁路、大车道等）、车站、码头、通信、运输点及工地附近与施工有关的建筑物。
- （2）施工用地范围和工程主要项目，沿线大中桥、隧道、渡口、交叉口、集中土石方等的位置；道班房、加油站等运输管理服务建筑物位置。
- （3）将施工组织设计的成果，如采料场、附属工厂和基地、仓库、临时动力站（如抽水站、发电所、供热站等）、临时便道、便桥、电源线路、变压器位置，以及大型机械设备的停放、维修场地直接标在图上。
- （4）施工管理机构，如工程局、工程处、施工队及工程指挥系统的驻地。
- （5）其他与施工有关的内容，如地质不良地段、国家测量标志、气象台、水文站、防洪、防风、防火、安全设施等需要表示的内容。

2. 单项工程、分部分项工程施工平面图

该类平面图的布置有两种情况，一种是在施工总平面图的控制下进行布置；一种是以施工总平面图为依据，即基本上按照施工总平面有关内容进行布置。但不论哪一种，都应比施工总平面图更加深入、

更加具体。

重点工程施工场地布置图。一般说来，大桥、隧道、立交枢纽等都是重点工程，其施工场地布置图应在有等高线的地形图上按比例绘制。图上应详细绘出施工现场、辅助生产、生活等区域的布置情况，绘出原有地物情况。

其他单项局部平面布置图。对于大型项目，因施工周期长，管理工作量大，附属、辅助企业多，必要时应绘制其他的平面布置图。这类图主要有：沿线砂石料场平面布置图；大型附属企业如沥青混合料拌和厂、预制构件厂、主要材料加工厂（木工厂、机修厂）等平面布置图；临时供水、供电、供热基地及管线分布平面图；主要施工管理机构的平面布置图。

四、施工组织设计的优化

（一）施工组织设计优化的目的

通过技术经济比较分析，对施工组织设计进行方案、组合、顺序、周期、生产要素等要素调整，以期使设计趋于最优化。同时，通过优化，努力节约资源，注重环境保护，提高机械设备的利用率，并协调好进度、质量、成本三控制的关系。

（二）施工方案的优化

施工方案的优化主要通过对施工方案的经济、技术比较，选择最优的施工方案达到加快施工进度并能保证施工质量和施工安全，降低消耗的目的。它主要包括施工方法的优化、施工顺序的优化、施工作业组织形式的优化、施工劳动组织优化、施工机械组织优化等。

（三）资源利用的优化

项目物资是劳动的对象，是生产要素的重要组成部分，施工过程也就是物资消耗过程。项目物资指主要原材料、辅助材料、机械配件、燃料、工具、机电设备等，它服务于整个建设项目，贯穿于整个施工过程。因此，对于它的采购、运输、储存、保管、发放、节约使用、综合利用和统计核销，关系到整个工程建设的进度、质量和成本，必须对其进行全面管理。

资源利用的优化主要包括：物资采购与供应计划的优化、机械需要计划的优化。项目物资采购与供应计划的优化就是在工程项目建设的全过程中对项目物资供应活动进行计划，必要时需调整施工进度计划。机械需要计划的优化就是尽量考虑如何提高机械的出勤率、完好率、利用率，充分发挥机械的生产效率。

五、施工组织设计对造价的影响

施工是把设计图纸付诸实现的重要阶段。尽管在设计确定后，施工对整个建设项目投资的影响不大，但其本身是形成固定资产的重要过程，与工程造价有着密切的关系。在施工生产中应当正确处理技术先进与经济合理的关系，把造价控制的观念渗透到各项施工管理中。

（一）施工调查对造价的影响

工程施工原始资料的调查是编制施工组织设计的基础，应对拟建的公路工程现场进行充分调查，在具体分析施工条件的基础上提出优选的施工组织、施工方法及施工技术措施等。

原始资料的一点差错可能会导致施工建设的损失。通过施工调查可以合理布置施工总平面图，选择施工用地，估算平整场地的土方量，以及拟定地基处理方案和基础施工方法等；可以准确地选用冬季、雨季施工方法，确定工地排水、防洪、防雷措施；通过施工调查可以正确布置临时设施、高空作业及吊装措施，应对地基及结构工程按照不同的震级规程施工，合理优化配置各种资源、确定各种地材（砂石料等）采购方式，根据工程的土石方情况合理确定取（弃）土场的位置，降低成本。

（二）施工方案、方法对工程造价的影响

在施工组织设计中，施工方案是很重要的组成部分，不论在技术方面还是组织方面，通常都有多种可行的方案选择，所以应对施工方案进行优化。优化的方法有定性分析和定量分析两种，通常采用定量分析法。

（三）材料的采购运输对工程造价的影响

基础建设工程需要大量的原材料，尤其是地方材料，即石灰、砂砾、碎石、片石。材料预算价格中运杂费是重要的组成内容，地方材料的采购运输对工程造价有显著影响。这样就必须在施工之前经过现场详细调查取得各个供应点的供货和价格，以及距施工现场的运距，从而综合确定比较经济可行的供货、运输方案力求减少运转次数，直达工地，装卸迅速，运转方便，尽量利用原有交通条件，减少临时运输设施的投资，充分发挥运输工具的载运条件。

（四）统筹兼顾，确定合理施工顺序

由于公路工程的基本建设特点为工作量大、工程项目多、建设周期长，此类工程施工需要修建临时工程和辅助工程。这就要求在施工中必须做好各种方案的比较和通盘考虑，以免造成浪费。建设工程要合理确定工期，避免盲目压缩工期，在进度安排上应注意其均衡性。应根据实际情况安排各单位工程的施工周期，做到建设工作分期分批地进行，避免过分集中，有效削减高峰工作量，减少临时设施，避免劳力、机械和材料大进大出，保证工程建设按计划有节奏地进行。

（五）抓好安全质量，减少返工费用

施工中应该建立和完善安全、质量保证体系。要坚持安全第一，质量为本的原则，要加强施工过程中的中间检查和技术复检，搞好质量控制，使每一道工序、每一个环节都确保工程质量，做到一次达标创优，尽量减少或避免返工损失，同时高度重视安全工作，避免出现安全事故而造成工期和经济损失。

（六）施工现场平面布置对工程造价的影响

施工现场平面布置是施工组织设计在空间上的综合描述，是施工组织设计的重要组成部分。在施工中应精心进行平面布置。一般来说，都是结合地形、地貌，在满足施工的前提下，选择交通便利、运输条件好、材料供应方便的地方，尽可能采用已征地或利用荒山、荒地，少占农田，并利用场地平整工程量小的地点布置。合理的场地布置可以有效节约工程费用。

六、标准化施工、安全管理和环境保护

（一）标准化施工

按照现代工程管理的总体要求、以“发展理念人本化、项目管理专业化、工程施工标准化、管理

手段信息化、日常管理精细化”为指导思想，在合同及施工规范的总体框架下，以精细化施工管理的理念，从抓行为管理入手抓施工现场作业的标准化、规范化、精细化管理，结合工程实际及特点编制各类单项工程的施工工法，以此指导、规范现场的施工管理行为、作业行为；让一线施工技术管理人员、作业队伍清楚地知道其作业工种该怎么干（管）才能又好又快地达到质量标准，明白“按作业工法管理施工，工程实体才能满足规范的要求、才能保证工程质量”的道理，逐步养成按施工工法规范作业施工的良好习惯，在此基础上逐步实现承包人自觉、自愿地按标准化手册去管理、施工的良好循环的施工管理模式。

标准化包括项目工地建设标准化、施工作业标准化及考核办法三个部分的内容。

（二）安全管理措施

安全管理是为施工项目实现安全生产而开展的管理活动。施工现场的安全管理的重点是进行“人的不安全行为”与“物的不安全状态”的控制，落实安全管理决策与目标，以消除一切事故、避免事故伤害、减少事故损失为管理目的。

安全生产是施工项目重要的控制目标之一，也是衡量施工项目管理水平的重要标志。同时，安全技术措施和安全制度也是编制施工组织设计时一项必不可少的重要内容。

1. 安全管理的范围

预防和杜绝工伤事故，保证施工生产的安全；预防和消灭职业病；保护施工手段和施工对象即施工设施、设备和结构物的安全。

2. 安全管理的原则

预防为主，综合考虑；安全管理应贯穿于施工全过程；全员管理，安全第一；管生产必须同时管安全。

3. 安全管理的措施

建立安全保证体系；落实安全责任，实施责任管理；强化安全教育与训练；安全检查；作业标准化；施工设计应考虑安全技术因素，并对操作者进行交底；优化安全技术组织措施，包括以改善施工劳动条件、防止伤亡事故等为目的的技术措施；建立健全各种切实可行的规章制度，如安全生产责任制度、安全生产教育制度、安全检查制度、安全技术措施制度、安全交底制度、事故分析和处理制度等。

（三）施工现场环境保护

环境保护是我国的一项基本国策。施工现场的环境保护是指按照国家、地方性法规和行业、企业要求，采取措施控制施工现场的各种粉尘、废水、废气、固体废弃物以及噪声、振动等对环境的污染和危害。保护和改善施工环境是保证人们身体健康、消除外部干扰、保证施工顺利进行的需要，也是现代化大生产的客观要求。

1. 基本原则和要求

（1）环境保护应坚持保护优先、预防为主、综合治理、公众参与、损害担责的原则。

（2）公路交通环境保护规划必须纳入交通运输发展规划。采取有利于交通运输环境保护的经济、技术政策，推进绿色、循环、低碳发展，使交通运输行业发展与环境保护相协调。一切单位和个人都有保护环境的义务。从事交通运输建设、设计、科研和施工生产等企事业单位及其他生产经营者应当防止、减少环境污染和生态破坏，做好与本职工作有关的环境保护工作。

2. 环境保护主要措施

实行环保目标责任制；加强检查和监控工作；对要保护和改善的施工现场环境进行综合治理；要有技术措施，严格执行国家的法律法规；制定有效措施防止大气污染、水源污染和噪声污染；加强旧料利用；做好环境保护验收。

（四）临时及辅助工程

1. 临时工程

临时工程是为了保证永久性工程建设而修建的，公路建成后，必须拆除并恢复原状。它与辅助工程有相同的性质，不同点在于临时工程一般不单独作为专一的服务对象。

汽车便道、临时便桥、临时码头、轨道铺设、架设输电线路、人工夯打小圆桩这 6 项临时工程在项目竣工时，不需要办理工程验收和工程点交接手续，只需将费用纳入工程结算，但其必须予以拆除，恢复生态环境。值得注意的是，为生产、生活而修建的现场临时设施，如办公室、宿舍、仓库、加工房、机械工棚等临时房屋、生活区内的汽车便道及便桥，变压器或发电房到施工现场和生活用电线路，施工和生活用的输水线路，架子车和机动翻斗车行驶的便道，施工机械搁置场地以及临时围墙等，按现行公路工程造价编制办法规定，其费用已被综合在专项费用中的施工场地建设费中，不能再重复计算。

2. 辅助工程

辅助工程是对于主体工程而言的，它有具体的服务工程对象，但在施工过程中只起辅助性的作用，不构成主体工程的实体，通常是将其费用综合在相应的使用对象工程造价内，除个别外，一般都不单独反映这些辅助工程的内容，不作为计量支付的依据。

辅助工程虽然不构成永久性工程的实体，却又有它的具体要求和一定的适用范围及其施工技术规定。一般来说，辅助工程没有统一的计算工程数量的标准，必须根据工程项目的实际情况逐项分析研究才能确定其工程量。

在公路工程造价编制中，有些临时工程设施，如混凝土的模板、施工操作的脚手架等，就其性质而言，也属于辅助工程范畴，但它与圬工体积直接相关，为了简化工程造价的编制工作，将其综合在相应的定额中，不单独计算这些临时工程设施所需的费用。另外一些辅助工程必须根据公路工程设计文件的规定及要求，编制施工组织设计时，合理确定辅助工程的工程量。

第五节 公路养护工程

一、公路养护工程概述

公路养护是为保持公路的正常使用而进行的检查、评定、保养、维修作业，预防、修复灾害性损坏，以及为提高使用质量和服务水平而进行的加固、改善工作，分为日常养护和养护工程两大类。

（一）日常养护

日常养护按照作业内容，分为日常保养和日常维修。

（1）日常保养指为保证公路基础设施及设备整洁、完好和正常运行进行的维护。

（2）日常维修指为保障公路正常使用，对可能危及通行安全或迅速发展的局部病害和缺损及时修复或更换的工作。

（二）养护工程

公路养护工程按照养护目的和养护对象，分为预防养护、修复养护、专项养护和应急养护。

（1）预防养护是指公路整体性能良好但有轻微病害，为延缓性能过快衰减、延长使用寿命而预先采取的主动防护工程。

（2）修复养护是指公路出现明显病害或部分丧失服务功能，为恢复技术状况而进行的功能性、结构性修复或定期更换，包括大修、中修、小修。

（3）专项养护是指为恢复、保持或提升公路服务功能而集中实施的完善增设、加固改造、拆除重建、灾后恢复等工程。

（4）应急养护是指在突发情况下造成公路损毁、中断，产生重大安全隐患等，为较快恢复公路安全通行能力而实施的应急性抢通、保通、抢修。

（三）公路养护工作实施

公路养护工作的组织实施应当依照有关法律法规和规定，各类养护工程所涉及的技术服务与工程施工等相关作业，应通过公开招标投标、政府采购等方式选择具备相应技术能力和资格条件的单位承担。其中，应急养护可以根据应急处置工作需要，直接委托具备相应能力的专业队伍实施。

一般而言，养护工程应当按照前期工作、计划编制、工程设计、工程施工、工程验收等程序组织实施（应急养护除外）。

二、公路技术状况评定

目前，公路技术状况评定采用现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）。公路技术状况评定用公路技术状况指数 MQI 和相应分项指标表示，包含路面、路基、桥隧构造物和沿线设施 4 部分内容，具体指标如图 1.5.1 所示。按照等级分为优、良、中、次、差 5 个等级，如表 1.5.1 所示。

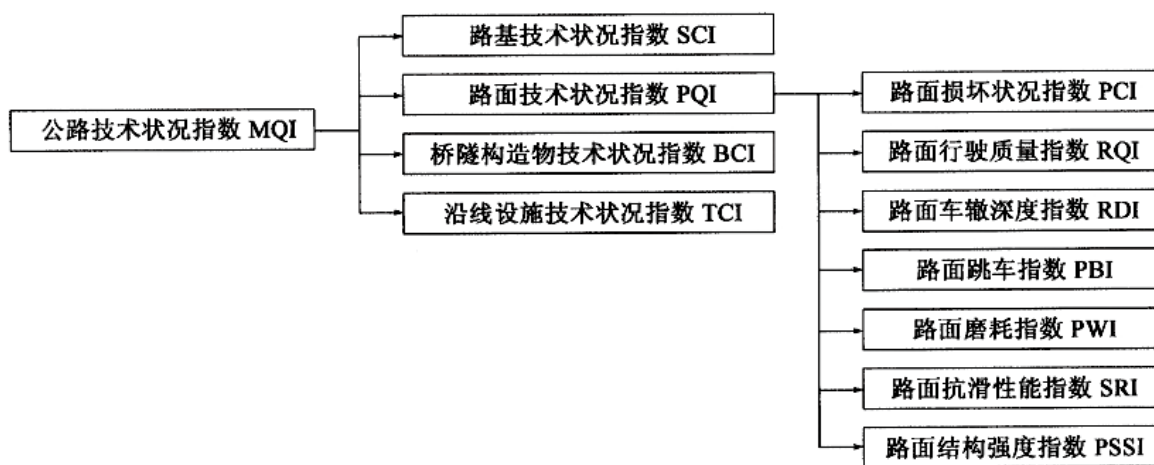


图 1.5.1 公路技术状况评价指标体系

表 1.5.1 公路技术状况评定标准

评价等级	优	良	中	次	差
MQI 及各级分项指标	≥ 90	≥ 80, < 90	≥ 70, < 80	≥ 60, < 70	< 60

公路技术状况检测与调查包括路面、路基、桥隧构造物和沿线设施 4 部分内容。路线公路技术状况评定时，应采用路线内所有评定单元 MQI 的算术平均值作为该路线的 MQI。公路网公路技术状况评定时，应采用公路网内所有路线 MQI 的长度加权平均值作为该公路网的 MQI。

（一）路基技术状况评定

路基技术状况采用路基技术状况指数 SCI 评价。路基技术状况评定包括路肩损坏、边坡坍塌、水毁冲沟、路基构造物损坏、路缘石缺损、路基沉降、排水不畅等 7 个方面。

（二）路面技术状况评定

路面技术状况评定采用路面技术状况指数 PQI 评价。

沥青路面使用性能评价包含路面损坏、路面平整度、路面车辙、路面跳车、路面磨耗、路面抗滑性能和路面结构强度 7 项技术内容。

水泥混凝土路面技术状况评定包含路面损坏、路面平整度、路面跳车、路面磨耗和路面抗滑性能 5 项技术内容。有刻槽的水泥混凝土路面不应做路面磨耗评定。其中，路面结构强度为抽样检测指标，最低抽样比例不得低于公路网列养里程的 20%。

（三）桥隧构造物技术状况评定

桥隧构造物技术状况采用桥隧构造物技术状况指数 BCI 评定。桥隧构造物调查包括桥梁、隧道和涵洞三类构造物。

1. 桥梁技术状况评定

公路桥梁技术状况评定包括桥梁构件、部件、桥面系、上部结构、下部结构和全桥评定。公路桥梁技术状况评定应采用分层综合评定与 5 类桥梁单项控制指标相结合的方法，先对桥梁各构件进行评定，然后对桥梁各部件进行评定。桥梁总体技术状况评定等级分为 1 类、2 类、3 类、4 类、5 类，见表 1.5.2

表 1.5.2 桥梁总体技术状况评定

技术状况评定等级	桥梁技术状况描述
1 类	全新状态功能完好
2 类	有轻微缺损，对桥梁使用功能无影响
3 类	有中等缺损，尚能维持正常使用功能
4 类	主要构件有大的缺损，严重影响桥梁使用功能或影响承载能力，不能保证正常使用
5 类	主要构件存在严重缺损不能正常使用，危及桥梁安全，桥梁处于危险状态

2. 隧道技术状况评定

公路隧道技术状况评定应包括隧道土建结构、机电设施、其他工程设施技术状况评定和总体技术状况评定。公路隧道技术状况评定应采用分层综合评定与隧道单项控制指标相结合的方法，先对隧道各检测项目进行评定，然后对隧道土建结构、机电设施和其他工程设施分别进行评定，最后进行隧道总体技术状况评定。公路隧道总体技术状况评定应分为 1 类、2 类、3 类、4 类和 5 类，评定类别描述及养护对策见表 1.5.3。

表 1.5.3 公路隧道总体技术状况评定

技术状况 评定类别	评定类别描述		养护对策
	土建结构	机电设施	
1 类	完好状态。无异常情况，或异常情况轻微，对交通安全无影响	机电设施完好率高，运行正常	正常养护
2 类	轻微破损。存在轻微破损，现阶段趋于稳定，对交通安全不会有影响	机电设施完好率较高，运行基本正常，部分易耗部件或损坏部件需要更换	应对结构破损部位进行监测或检查，必要时实施保养维修；机电设施进行正常养护，应对关键设备及时修复
3 类	中度破损。存在破坏，发展缓慢，可能会影响行人、行车安全	机电设施尚能运行，部分设备、部件和软件需要更换或改造	应对结构破损部位进行重点监测，并对局部实施保养维修；机电设施需进行专项工程
4 类	严重破损。存在较严重破坏，发展较快，已影响行人、行车安全	机电设施完好率较低，相关设施需要全面改造	应尽快实施结构病害处治措施；对机电设施应进行专项工程，并及时实施交通管制
5 类	危险状态。存在严重破坏，发展迅速，已危及行人、行车安全	—	应及时关闭隧道，实施病害处治，特殊情况需进行局部重建或改建

3. 涵洞技术状况评定

涵洞技术状况评定分为好、较好、较差、差和危险 5 个级别。涵洞技术状况等级为 1 类、2 类、3 类、4 类、5 类，对应上述等级中的好、较好、较差、差、危险。

（四）沿线设施技术状况评定

沿线设施技术状况采用沿线设施技术状况指数 TCI 评定。沿线设施技术状况评定包括防护设施缺损、隔离栅损坏、标志缺损、标线缺损、绿化管养不善 5 个方面。

三、路基养护

路基和路面是公路工程的主要结构，共同承担车辆的荷载作用。路基是路面的基础，其强度和稳定性是保证路面结构稳定、路用性能良好的基本条件，公路交工验收投入使用后，路基的质量主要取决于路基的养护水平。

（一）养护作业

1. 日常养护

路基日常养护包含日常巡查、日常保养和日常维修，应由基层养管单位组织实施。

（1）日常巡查可分为一般巡查和专项巡查。一般巡查可用目测方式，也可用目测与量测相结合的方式，及时发现路肩、路堤、边坡、防护及支挡结构物、排水设施、中央分隔带等病害或异常情况，并按规定填写路基日常巡查记录表；专项巡查应主要对高边坡、防护及支挡结构物、排水设施等病害进行实地查看与量测，并填写路基日常巡查记录表。

(2) 日常保养应包含下列主要工作内容

- ①整理路肩，修剪路肩杂草，清除路肩杂物。
- ②整理坡面，缺口培土，修剪坡面杂草，清除坡面杂物。
- ③清除护坡、支挡结构物上杂物，疏通排（泄）水孔。
- ④清理绿化平台、碎落台上杂物。
- ⑤疏通边沟、截水沟、集水井、泄水槽等排水设施。
- ⑥修整中央分隔带路缘石，清除杂物、杂草，清理排水通道。

(3) 日常维修工程的工作计划应根据路基技术状况评定与日常巡查记录结果，按月度编制。主要工作内容如下：

- ①修补路基缺口，整修路缘石，修整路肩坡度，处理路肩的轻微病害。
- ②清理边坡零星塌方，修补坡面冲沟，修理砌石护坡、防护网、绿植等坡面防护工程的局部损坏；修理防护及支挡结构物的表观破损和轻微的局部损坏；整修绿化平台、碎落台。
- ③局部开挖边沟、截水沟等，铺砌、修复排水设施等。

2. 养护工程

根据《公路养护工程管理办法》JTG 5110—2023 规定，路基的养护工程作业内容为：

(1) 预防养护，即增设或完善路基防护工程和路基排水系统；对防护及支挡结构物表面破损、泄水孔疏通、边坡坡面冲刷、碎落和局部崩塌等进行集中处治。

(2) 修复养护，即处治路基沉降、桥头跳车、翻浆和开裂滑移等；治理边坡失稳、坍塌和滑坡等；修复或增设支挡结构物；修复路基排水设施；集中更换路肩硬化、路缘石；局部路段路基加高、加宽或改建；修复或增设防雪、防石和防风沙等防灾设施等。

(3) 专项养护，即为提升抗灾能力的地质灾害防治工程，以及为恢复公路服务功能的灾后恢复工程。

(4) 应急养护，即清理自然灾害及其他突发事件造成的障碍物；公路突发损毁的抢通、保通和抢修；可能危及安全的重大安全隐患处置。

(二) 路基病害类型

路基病害可分为路肩病害、路堤与路床病害、边坡病害、防护及支挡结构物病害、排水设施病害等五大类，具体类别有：

1. 路肩病害

路肩或路缘石缺损、阻挡路面排水、路肩不洁。

2. 路堤与路床病害

杂物堆积、不均匀沉降、开裂滑移、冻胀翻浆。

3. 边坡病害

坡面冲刷、碎落崩塌、局部坍塌、滑坡。

4. 防护及支挡结构物病害

表观破损、排（泄）水孔淤塞、局部损坏、结构失稳。

5. 排水设施病害

排水设施堵塞、排水设施损坏、排水设施不完善。

(三) 路基养护措施

1. 边坡养护处置

边坡养护处置的主要病害包括坡面冲刷、碎落崩塌、滑坡、局部坍塌等。其常用的养护技术按病

害类型及严重程度可划分为坡面防护、沿河路基冲刷防护、挡土墙、锚固、抗滑桩、削方减载与堆载反压等，简要技术原理及适用范围见表 1.5.4。

表 1.5.4 边坡养护处置技术分类

方法		技术简介
坡面防护	生态防护技术	通过创造植物生长环境，恢复受损边坡的生态系统，保护生态环境，提高水土保持能力
	工程防护技术	通过支挡、压重、挂网防护等方式，提高边坡的抗冲蚀、抗风化功能，保护边坡稳定性，防止岩体崩塌、碎落
	综合防护技术	通过生态防护和工程防护相结合的方式，保持边坡稳定性
冲刷防护技术	通过设置砌石护坡、抛石、石笼、浸水挡土墙等，对受水流直接冲刷的边坡进行防护	
挡土墙	在边坡坡脚设置一系列挡土结构物，增强边坡抗滑力，并对坡脚起到压重作用，保证边坡稳定	
锚固	利用锚杆、锚索等抗拉杆件的一端锚固在可靠的土层中，使得能提供可靠的拉力和剪力，用来平衡土压力、增强坡体抗滑力，提高岩土体自身的强度及自稳能力	
抗滑桩	在滑坡中的适当位置设置一系列桩，桩穿过滑面进入下部稳定滑床，借助桩与周围岩土共同作用，把滑坡推力传递到稳定地层	
削方减载与堆载反压	采取减重或反压措施，以保证边坡处于稳定状态	

2. 支挡结构养护处置

支挡构筑物病害形式按损坏程度可分为表观损坏、局部损坏、排（泄）水孔淤塞、结构失效。针对局部损坏和功能性损坏，可选用表 1.5.5 处置方法。

表 1.5.5 支挡构筑物养护处置技术分类

方法		技术简介
锚固法		通过钻孔植入高强钢筋或预应力筋，并灌入砂浆进行锚固，通过张拉、锚固筋带限制挡墙侧向位移，分担挡墙应力
抗滑桩加固法		通过打设抗滑桩，增强挡墙整体抗变形能力或减少墙后土体压力
加大截面法		在原墙外侧加宽基础、加固墙身，增加挡墙厚度，提高挡墙抗变形能力
加肋法	增建支撑墙	在挡土墙外侧每隔一定距离加建支撑墙，形成加肋，增强挡墙整体抗变形能力
	设置格构梁	在挡墙外侧沿纵向及高度方向直射格构梁，形成肋柱，增强挡墙整体抗变形能力
拆除重建		在采取措施保证墙后填土稳定的前提下，将原挡土墙分段拆除、重建

3. 排水系统养护处置

排水系统主要分为地表排水系统和地下排水系统两大类。

- (1) 对边沟、截水沟、排水沟等进行冲刷防护、防渗加固。
- (2) 跌水和急流槽病害处治。
- (3) 对排水暗管进行疏通、改建等养护处治。
- (4) 渗井、渗水隧洞病害处治。

四、路面养护

路面养护是公路养护工作的中心环节，是养护质量考核的首要对象。路面是在路基上用各种筑路材料铺筑、供汽车行驶、直接承受行车作用和自然因素作用的结构层，其作用是满足行车安全、迅速、经济、舒适的要求。

（一）养护作业

1. 日常养护

日常养护要求经常对地面进行保养维修，防止路面坑槽、裂缝等各种病害的产生和发展，确保路况良好。对路面坑槽、沉陷、松散和拥包等病害要确保 24h 内完成修复，裂缝要不分季节及时灌缝，并确保施工质量，保持路面平整密实、整洁美观，无明显跳车，病害处治及时，无修补不良现象。

2. 养护工程

根据《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号），养护工程按照养护目的和养护对象，分为：

（1）预防养护，即沥青路面整路段防损、防水、抗滑、抗老化或提高平整度等表面处治；水泥混凝土路面整路段防滑、防水、防剥落或提高平整度等表面处治，板底脱空处治和接缝材料集中清理更换等。

（2）修复养护，即沥青路面表面层结构功能衰减的修复、加铺或重铺；沥青路面面层和基层结构性破坏的修复、加铺或重铺；水泥混凝土路面裂缝、断裂和破碎等的修复或换板；水泥混凝土路面整体结构破坏的结构形式改造或结构加铺；砂石和块石路面整路段结构性修复及改善；配套路面修复，标志、标线、护栏、路缘石及分隔带开口等的恢复和完善。

（3）专项养护，即为恢复、保持或提升公路服务功能而集中实施的完善增设、加固改造、拆除重建、灾后恢复等工程。针对阶段性重点工作实施的专项公路养护治理项目。

（4）应急养护，即对自然灾害或其他突发事件造成的障碍物的清理；公路突发损毁的抢通、保通、抢修；突发的经判定可能危及公路通行安全的重大风险的处置。

（二）路面病害类型

1. 沥青路面病害

沥青路面病害共有 11 类，包括龟裂、块状裂缝、纵向裂缝、横向裂缝、沉陷、车辙、波浪拥包、坑槽、松散、泛油、修补。其损坏程度，轻、中、重的划分要求可参照现行《公路技术状况评定标准》JTG 5210 中的相关规定执行。

2. 水泥路面病害

水泥路面病害共有 11 类，包括破碎板、裂缝、板角断裂、错台、拱起、边角剥落、接缝料损坏、坑洞、唧泥、露骨、修补。其损坏程度，轻、中、重的划分要求可参照现行《公路技术状况评定标准》JTG 5210 中的相关规定执行。

（三）路面养护措施

1. 沥青路面

沥青路面养护措施包括病害处治技术、封层技术、功能性罩面技术、结构性补强技术等，可参照现行《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142—2019）中的相关规定执行，见表 1.5.6。

表 1.5.6 沥青路面主要养护措施

类别		注意事项 / 处置方法
病害处治技术	裂缝处治	应根据裂缝类型特点、严重程度及原因,确定裂缝处置时机,可采用灌缝、贴缝、带状挖补方式,或进行组合使用。灌缝材料宜采用密封胶;贴缝材料可采用热粘式贴缝胶和自粘式贴缝胶,其工艺可分为直接贴缝和灌缝后贴缝,进行及时修补
	坑槽处治	应根据坑槽病害类型、严重程度及原因,采用地热修补、热料热补、冷料冷补等方式进行及时修补
	车辙处治	应根据车辙病害类型、范围、严重程度及原因,合理确定采用局部车辙处置或大范围直接填充、就地热再生、铣刨重铺等措施
	沉陷处治	①应根据沉陷病害类型、发生部位、严重程度及原因,合理确定处置技术措施和结构层位; ②对于不均匀沉陷,如基层和土基较为密实、稳定,可只修补面层,用沥青砂或细粒式沥青混合料填补、整平、压实,面积较大时应加铺面层; ③对于局部因路基有坑洞、沟槽等的沉陷,应采用碎(砾)石,干砌或浆砌片石等重新回填密实,将土基和基层根治后,再铺面层; ④对于桥(涵)头路面,因填土不实出现的沉陷,应采取加铺基层,重新做压实处理,再做面层
	波浪拥包处治	根据波浪拥包病害类型及产生原因,可采用局部铣刨、局部铣刨重铺、就地热再生、整体铣刨重铺等处置方式,重铺材料可采用热拌、冷拌或温拌沥青混合料、功能性罩面材料等。
	松散处治	①应根据松散病害类型、严重程度及原因,合理确定处置时机,采用可行的技术措施; ②一般用乳化沥青在路面上浇洒一层,之后用干燥的石粉均匀喷洒在乳化沥青上,然后用扫把扫均匀或是用胶轮压路机不喷水状态碾压一遍,等干透后用吹风机吹走上面的石粉残余即可。但如果因为面层与基层结合不良,或者是因为养护不当导致的脱皮现象,这时应该先清除干净脱落和松散的部分,之后再洒布黏层沥青重新铺面层。
	泛油处治	①应根据泛油病害类型、严重程度及原因,合理确定处置时机,采用可行的技术措施; ②对于轻度泛油,在气温高时可以撒 3~5mm 的石屑或粗砂,并用压路机或控制碾压; ③对于泛油较重的路段,在气温高时,可以先撒 5~10mm 的碎石,用压路机碾压,待稳定后,再撒 3~5mm 的石屑或粗砂,并用压路机碾压或控制行车碾压
封层技术	含砂雾封层	适用于表面有松散麻面、渗水、沥青老化且抗滑性能较好的沥青路面,但不适用于由酸性岩石、鹅卵石等破碎集料铺筑的沥青路面
	稀浆封层	适用于二级及二级以下公路沥青路面
	微表处封层	适用于二级及二级以上公路、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面
	碎石封层	适用于二级及二级以下公路、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面; 也可用作各等级公路加铺功能性罩面、结构性补强、桥隧沥青铺装、水泥混凝土路面沥青铺装等需要起到应力吸收作用的黏结防水层
	纤维封层	适用于二级及二级以下公路、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面; 也可用作各等级公路加铺功能性罩面、结构性补强、桥隧沥青铺装、水泥混凝土路面沥青铺装等需要起到应力吸收作用的黏结防水层
	复合封层	适用于各等级公路、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面,碎石封层或纤维封层+微表处适用于二级及二级以上公路;碎石封层+稀浆封层适用于二级及二级以下公路

续表 1.5.6

类别		注意事项 / 处置方法
功能性罩面	超薄罩面	适用于预防或部分修复病害、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面
	薄层罩面	适用于预防或修复病害、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面
	罩面	适用于修复病害、需要改善抗滑等使用性能的沥青路面
结构性补强	直接加铺补强	应根据路面结构强度状况、主要病害类型与发生层位等因素，确定采取直接加铺沥青面层或基层与沥青面层共同结构性补强措施，并符合下列规定： ①高速公路、一级及二级公路路面采用直接加铺沥青面层或柔性基层与沥青面层共同结构性补强措施； ②三级及四级公路路面采用直接加铺沥青面层或半刚性基层与沥青面层共同进行结构性补强措施
	铣刨加铺补强	应根据路面结构强度状况、主要病害发生层位等因素，确定采用铣刨加铺沥青面层或基层与沥青面层共同结构性补强措施，并符合下列规定： ①对于沥青面层部分破损、基层较完好，仅铣刨处治部分厚度沥青面层的，采用加铺沥青面层结构性补强措施； ②对于沥青面层严重破损、基层较完好，铣刨处治全部沥青面层的，采用加铺沥青面层、柔性基层或半刚性基层与沥青面层共同结构性补强措施； ③对于沥青路面整体破损严重，铣刨处治沥青面层与基层的，采用加铺柔性基层或半刚性基层与沥青面层共同结构性补强措施； ④二级及二级以下公路路面结构强度指数（PSSI）小于 70、沥青面层厚度小于 4cm 且老化破损严重时，可采用水硬性结合料类全深式再生作为基层，直接加铺沥青面层，或采用柔性基层与沥青面层或半刚性基层与沥青面层共同结构性补强措施；也可采用沥青类全深式再生作为柔性基层，直接加铺沥青面层，或采用柔性基层与沥青面层共同结构性补强措施

2. 水泥路面

水泥路面养护技术包括路面破损处理技术（裂缝维修、板块脱空处置、唧泥处理等）、路面改善技术（表面功能恢复、路面加铺层等）、路面修复技术（面板修复、路段修复等）、预制块路面养护与维修技术（局部损坏维修、路面翻修等），可参照现行《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 中的相关规定执行见表 1.5.7。

表 1.5.7 水泥路面主要养护措施

类别		注意事项
路面破损处理技术	裂缝维修	在水泥路面裂缝的修补过程中，应注意不同的水泥路面裂缝修补料，其加水比例会存在一定的差别，应该严格按照材料说明来操作，在往裂缝内填材料时，一定要边填充材料边将材料压实，一定要将材料完全填满裂缝，不能留有缝隙
	板边、板角修补	①板边：应针对水泥混凝土面板边剥落情况选用适当的方式进行修补； ②板角：应按照破裂面的大小确定切割范围
	板块脱空处置	目前对道板块脱空的处置主要有换板和灌浆加固两种方法 ①传统的“换板”处置，在破碎时由于操作人员的失误或连接杆的传递影响，可能造成相邻混凝土板块不同程度的松动或破损，处置一处病害又出现多处新的病害，且只能改善板本身状态，正是所谓的“治标不治本”； ②灌浆技术作为一种新型的加固技术已逐步应用于道面板底脱空处置中。混凝土板下灌浆通过灌浆压力可把浆液渗透到相邻混凝土板下，起到灌浆一块板加固几块板的作用

续表 1.5.7

类别	注意事项	
路面破损处理技术	唧泥处理	①对已发现唧泥现象,但损坏程度较轻,可采取压乳化沥青的方法来进行补救; ②对于严重唧泥段可采用灌浆加固的方法进行处理
	错台处置	错台的处置方法有磨平法和填补法两种,可按照错台的轻重程度选定
	沉陷处理	如果沉陷后高度差较小,则可凿除凸起处,使其保持平齐;如果沉陷后高度差较大,则要按照规范的要求进行凿低补平。除此之外,在条件允许的情况下,可在低处铺筑一定厚度的沥青混凝土
	拱起处理	根据拱起高低程度,在拱起板两侧锯缝,即可复原,并灌注接缝材料。
	坑洞修补	①单个坑洞,清除洞内杂物,用水泥砂浆等材料填筑,达到平整密实; ②对于面积较大,深度在 3cm 以内的坑洞,可用沥青混凝土或水泥混凝土进行修补
	接缝维修	应选用具有性能良好的修补材料以及完善的修补工艺对裂缝进行修补
	表面起皮(剥落、露骨)处治	采用水泥路面修复材料一次性处理此类破坏,并进行有效的养护,加强交通管制,严格控制超载车辆通行。此外,为预防起皮、露骨的产生,施工中应控制好混合料质量,确保各项性能指标满足设计要求
路面改善技术	表面功能恢复	水泥混凝土路面整条路段出现较大面积的磨损、露骨,应采取铺设沥青磨耗层;对局部路段出现路面磨光,应采取机械刻槽的方法,以恢复水泥混凝土路面的表面平整度和摩擦系数
	水泥混凝土加铺层	可根据需要合理采用分离式混凝土加铺层结构设计、结合式混凝土加铺层结构设计,以及沥青加铺层结构设计等方式进行处理
	沥青混凝土加铺层	沥青混凝土加铺层要求旧混凝土路面稳定、清洁,对面板损坏部分必须维修之后才能实施
路面修复技术	整块面板修复	旧板凿除应注意对相邻板块的影响,尽可能保留原有拉杆。宜用液压镐凿除破碎混凝土板,及时清运混凝土碎块
	部分路段修复	旧水泥混凝土板破碎,宜采用配备液压镐的混凝土破碎机,若基层强度不足,可采用水稳性较好的材料进行处理
	旧路面再生利用	对水泥混凝土板的大面积破坏,可对旧混凝土进行再生利用。混凝土再生利用主要用作水泥混凝土面层粗集料、基层集料和碎块底基层
预制块路面养护与维修技术	日常养护	主要是清扫路面上的尘土、污物和杂物,排除积水,保持路面清洁
	局部损坏维修	个别预制块发生错台、沉陷,应把这一部分砌块取出,整平夯实垫层,将预制块铺放在垫层上,且高出原砌块高程 0.5cm,撒填缝料,并加以压实,使新铺的预制块下沉到与周围的预制块路面高度一致
	路面翻修	应对路基土、路面结构、排水、地下水以及交通量等进行详细调查,根据损坏原因,采取相应的措施

五、桥梁养护

通过桥梁养护,对公路桥梁进行周期性检查,系统地掌握其技术状况,及时发现缺损和相关环境的变化。根据桥梁检查结果,对桥梁技术状况进行分类评定,制订相应的养护对策。

（一）养护作业

1. 日常养护

桥梁的主要日常养护工作是日常巡查和桥面系的日常保养及维修。日常巡查的内容主要包括查看桥面是否破损、是否整洁，桥梁栏杆、人行道等设施是否完好，泄水孔是否通畅及伸缩缝是否完好，桥下过水是否通畅。日常保养和维修包含对桥面、排水设施、伸缩缝、桥梁支座等的日常养护。

2. 养护工程

根据《公路养护工程管理办法》(交公路发[2018]33号)规定,桥梁养护工程的主要作业内容分为:

(1) 预防养护:即桥梁周期性预防养护,如防腐、防锈、防侵蚀处理等;桥梁构件的集中维护或更换,如伸缩缝、支座等。

(2) 修复养护:即桥梁加固、病害修复,如墩台(基础)、锥坡翼墙、护栏、拉索、调治构造物、径流系统等的维修完善和桥梁加宽、加高等。

(3) 专项养护:即针对阶段性工作实施的专项桥梁养护治理项目,如桥梁灾毁修复工程、桥梁美化工程等。

(4) 应急养护:即对自然灾害或其他突发事件造成的障碍物的清理;桥梁突发损毁的抢通、保通、抢修;突发的经判定可能危及公路通行安全的重大风险的处置。

（二）桥梁病害类型

1. 梁桥的主要病害

(1) 钢筋混凝土梁桥常见病害:①梁(板)体混凝土病害;②梁体露筋、保护层剥落;③梁(板)体的横、纵向联结件开裂,断裂,开焊等;④钢筋混凝土梁桥的裂缝。

(2) 预应力混凝土梁桥的主要病害:①混凝土表面剥落、渗水,梁角破碎、露筋,钢筋锈蚀、局部破损等;②预应力钢束因应力损失造成的病害。③预应力混凝土梁出现裂缝,全预应力及部分预应力 A 类构件正常使用条件下不允许出现裂缝,只有 B 类构件允许出现裂缝。裂缝的类型除与钢筋混凝土梁桥相同外,还有沿预应力钢束的纵向裂缝、锚固区局部承压的劈裂缝。

2. 拱桥的主要病害

(1) 主拱圈抗弯强度和抗剪强度不够引起拱圈开裂。

(2) 拱圈材料抗压强度不够,引起劈裂或压碎。

(3) 两拱脚墩台不均匀沉降引起拱圈开裂,一般出现在拱顶区段,横桥向贯穿全拱圈,裂缝宽度上下变化不大,且两侧有错动。墩、台基础上下游不均匀沉降引起拱圈及墩台出现顺桥向裂缝。

(4) 墩台沿桥梁纵向发生向后滑动或转动引起拱圈开裂。

(5) 肋拱、刚架拱、桁架拱、双曲拱的肋间横向连接(如横系梁、斜撑)强度不够引起开裂。

(6) 拱上排架、梁、柱开裂,短柱的两端开裂,侧墙斜、竖方向开裂,侧墙与拱圈连接处开裂,开裂的主要原因分别为构造不合理、强度不够、施工质量不好,以及由于拱圈变形,墩、台变位对拱上结构造成不利影响所致。

(7) 预制拼装拱桥或分环砌筑的拱桥,沿连接部位或砌缝发生环向裂缝,双曲拱桥的拱肋与拱波连接处开裂,拱肋接头混凝土局部压碎。

(8) 双曲拱桥的拱波顶纵向开裂多为肋间横向连接偏弱。

(9) 桁架拱、刚架拱、系杆拱的节点强度不够引起节点及杆件端部开裂。

(10) 中、下承式拱的吊杆锚头滑脱或钢丝锈蚀、折断。

(11) 拱铰失效或部分失效,引起拱的受力恶化而开裂。

(12) 钢管混凝土拱的钢管因厚度不足,或节间过大造成钢管出现压缩状褶皱。

(13)桥面板(平板、微弯板、肋腋板等)开裂。引起开裂的原因主要有局部承受车辆荷载强度不够,参与主拱受力后强度不够,肋片发生较大位移,板与肋连接破坏,或在施工中已开裂未彻底处理等。

3. 下部结构的主要病害

(1)重力式桥台:①由于桥台倾斜、水平变位以及不均匀沉降等导致桥台变位。②混凝土收缩和温差、地基不均匀沉降等引起前墙竖向裂缝。③由于桥台分层浇筑的层间接缝与土压力等水平荷载作用,致使台身弯曲开裂形成前墙横向裂缝。④由于台前地基不均匀沉降、台后的水压产生附加压力或台后路面开裂下沉,造成桥台跳车,产生很大的冲击作用,导致形成的侧墙斜向裂缝。⑤由于桥台后的填土不密实,上部长荷载作用下土体发生沉陷,挤压侧墙以及基础不均匀沉降等造成侧墙外倾。

(2)轻型桥台:①基础的不均匀沉降和冲刷导致的基础承载力不足等引起桥台变形。②由于基础的不均匀沉降引起的台身附加作用或宽幅台身混凝土收缩裂缝,导致形成的台身竖向裂缝。③墩柱顶部的水平力作用导致墩柱环向裂缝。④混凝土的结构收缩裂缝以及桥台基础不均匀沉降引起的帽梁开裂。

(3)重力式桥墩:①基础的不均匀沉降和宽幅台身混凝土收缩裂缝导致墩身及墩帽竖向裂缝。②墩身水平裂缝。③混凝土干缩裂缝以及大体积混凝土温度应力导致混凝土表面龟裂形成墩身网状裂缝。④流水冲刷造成的基础底部局部掏空。

(4)轻型桥墩:①基础变位、墩柱的水平力作用以及钢筋的锈蚀导致混凝土开裂形成墩柱环向水平裂缝。②由于悬臂端负弯矩过大、受力弯曲裂缝以及混凝土收缩开裂,引起墩柱倾斜、变位。③混凝土干缩裂缝以及大体积混凝土温度应力,导致混凝土表面龟裂形成墩身网状裂缝。④防震挡块开裂主要是由于梁板安装时,就位不准确,挤压挡块以及梁体出现横向滑移挤压挡块等。

(5)桩基础:①由于相邻基础承载能力不相同或基底存在软弱层,导致桩基不均匀沉降。②桩基施工质量不佳,钢筋笼偏斜以及长期的水流冲蚀导致桩头破损、钢筋外露。③由于桥台分层浇筑的层间接缝与土压力等水平荷载作用,致使台身弯曲开裂形成前墙横向裂缝。④洪水冲刷、挖沙等导致河床冲刷现象。

(三) 桥梁检查

桥梁检查是桥梁养护工作的重要环节之一,也是桥梁养护的基础性工作。对桥梁进行检查,目的在于系统地掌握桥梁的技术状况,较早地发现桥梁的缺陷和异常,进而合理地提出养护措施。桥梁检查分为经常检查、定期检查和特殊检查。

1. 经常检查

主要是指对桥面设施、上部结构、下部结构及附属构造物的技术状况进行的检查。检测周期一般每季度不得少于1次。

2. 定期检查

为评定桥梁使用功能,制订管理养护计划提供基本数据,对桥梁主体结构及其附属构造物的技术状况进行的全面检查,为桥梁养护管理系统搜集结构技术状态的动态数据。检查周期最长不得超过3年,新建桥梁交付使用1年后,进行第一次全面检查。临时桥梁每年检查不少于1次。

3. 特殊检查

特殊检查是查清桥梁的病害原因、破损程度、承载能力、抗灾能力,确定桥梁技术状况的工作,分为专门检查和应急检查。

(四) 桥梁养护措施

1. 桥面系养护措施

桥面系的养护措施主要包括:

(1) 桥面出现的病害维修按照路面病害处治,当损坏面积较大时,可将整跨铺装层凿除,重铺新的铺装层,一般不在原桥面上直接加铺,以免增加桥梁恒载。

(2) 排水设施出现损坏时,应进行更换,桥上标志设施出现损坏的应及时整修。

(3) 伸缩装置出现下列病害时,应及时进行更换,如“U”形锌铁皮伸缩缝装置的锌铁皮老化、开裂、断裂;钢板伸缩装置的钢板变形、翘曲、脱落;橡胶条伸缩缝装置的橡胶条老化、脱落,固定角钢变形、松动;板式橡胶伸缩缝装置的橡胶板老化开裂,预埋螺栓松脱,伸缩失效;伸缩装置的弹性元件或其他连接构件疲劳或失效,影响伸缩装置正常使用。

2. 上部结构养护措施

(1) 梁桥的加固方法

① 浇筑钢筋混凝土加大截面加固法:用于加强构件,应注意在加大截面时自重也会相应增加。

② 增加钢筋加固法:将主梁下面的混凝土保护层凿去,露出主筋,并将原箍筋切断拉直,在暴露的原有主钢筋上缠上或焊上按计算确定的补充的拉力钢筋,恢复箍筋,浇筑环氧树脂混凝土或膨胀水泥混凝土保护层。

③ 粘贴钢板加固法:将钢板用化学黏结剂粘贴在梁板的下面,以提高梁板的承载能力。

④ 粘贴碳纤维、特种玻璃纤维加固法:主要用于提高构件抗弯承载力,使用此法加固几乎不增加原结构自重。

⑤ 预应力加固法:在原梁体外受拉区域设置预应力筋,通过张拉使梁体产生偏心预压力,以此来减小荷载挠度,改善结构受力状态,对于提高构件强度、控制裂缝变形有较好的作用。

⑥ 改变梁体截面形式加固法:一般是将开口的“T”形截面转换成箱形截面。

⑦ 增加横隔板加固法:用于无中横隔梁或少中横隔梁致使横向整体性差、承载能力降低的桥梁上部结构,可以采用增加横隔梁的方法增加各主梁之间的横向联结,从而增加桥梁整体刚度、调整荷载横向分配。

⑧ “八”字支撑加固法:在桥下净空和墩台基础受力许可的条件下,采用在梁板底下加“八”字支撑加固法,使一孔简支梁变为一组三联的连续梁。

⑨ 桥梁结构由简支变连续加固法:在原简支桥孔内增设桥墩或斜撑,以减小原结构的跨径,将简支体系转换为连续体系。

⑩ 调整支座高程:当支座设置不当造成梁体受力恶化时,可采用调整支座高程的加固方法。

⑪ 更换主梁加固法:更换主梁加固是比较彻底的加固方法,通常用于主梁已严重缺损、承载力降低很多的情况,或者需加大边梁截面及配筋的情况。

当选用预应力混凝土梁桥的加固方法时,还应注意:①因为预应力部分失效而进行加固时,若原结构有预留孔,可在预留孔内穿钢束进行张拉;采用无黏结钢束的可对原钢束重新张拉,或增设齿板,增加体外束进行张拉。②腹板抗剪切强度不够时,可采用加竖向预应力,此时应充分考虑锚头预应力损失的影响,宜与其他加固措施综合比较,选定可行、可撤的加固方法。

(2) 拱桥的养护维修

① 主拱圈强度不足时,可加大拱圈截面。

② 拱肋、拱上立柱、纵横梁、桁架拱、刚架拱的杆件损坏可用粘贴钢板或复合纤维片材加固。粘贴钢材时既可粘贴钢板,也可在四角处粘贴角钢。

③ 用粘贴钢板或复合纤维片材加固桁架拱、刚架拱及拱上框架的节点。

④ 用嵌入剪力键的方法加固拱圈的环向连接。剪力键一般采用钢板或铸件,按一定间隔布置,其间的裂缝用环氧砂浆等处理。

⑤ 用加大截面的方法加强拱肋之间的横向连接采用横拉杆的双曲拱,可把拉杆改为系梁。

⑥ 更换锈蚀、断丝或滑丝的吊杆。若原构造许可,可以用收紧锚头的方法张拉松弛的系杆或吊杆

来调整内力。

⑦在钢管混凝土拱肋拱脚区段或其他构件的外面包裹钢筋混凝土。

⑧改变结构体系以改善结构受力，如在桥下通航许可的前提下增设拉杆。

⑨更换拱上建筑材料，减轻自重，更换实腹拱的拱上填料为轻质填料。

⑩用更换桥面板、增加桥面铺装的钢筋网、加厚桥面铺装、换用钢纤维混凝土等方法维修加固桥面。

⑪因墩、台变位引起拱圈开裂时，应先维修加固墩、台，然后修补拱圈。

⑫加固拱桥时应注意恒载变化对拱压力线的影响及引起的推力变化，对各施工工序应进行检算，并做出详细的施工组织设计，严格按照设计的工序施工。

(3) 支座的维修与更换

①支座如有缺陷或产生故障不能正常工作时，应及时予以修整或更换。

②调整、更换板式橡胶支座、钢板支座、油毛毡垫层支座时采用如下方法：在支座旁边的梁底或端横隔处设置千斤顶，将梁（板）适当顶起，使支座脱空不受力，然后进行调整或更换。调整完毕或新支座就位正确后，落梁（板）到使用位置。

③需要抬高支座时，可根据抬高量的大小选用下列几种方法：垫入钢板（50mm 以内）或铸钢板（50~100mm）；更换为板式橡胶支座；就地浇筑钢筋混凝土支座垫石，垫石高度按需要设置，一般应大于 100mm。

3. 下部结构养护措施

(1) 裂缝宽小于规定限值时，可凿槽并采用喷浆封闭裂缝方法；裂缝宽大于规定限值时，可采用压力灌浆法灌注水泥砂浆、环氧砂浆等灌浆材料修补方法。

(2) 支座失灵造成墩台拉裂，应修复或更换支座。

(3) 台身发生纵向贯通裂缝，可用钢筋混凝土围带或粘贴钢板进行加固；如因基础不均匀下沉引起自下而上的裂缝，则应先加固基础，再采用灌缝或加筋方法进行维修。

(4) 当混凝土表面发生侵蚀剥落、蜂窝麻面等病害时，应及时将周围凿毛洗净后做表面防护；当混凝土表面部分严重风化和破坏时，应及时清除损坏部分后用与原结构相同材料补砌，应结合牢固，色泽和质地宜与原砌体一致。

(5) 当表面风化剥落深度在 30mm 及 30mm 以内时，应采用 M10 以上的水泥砂浆修补；当剥落深度超过 30mm 且损坏面积较大时，应增设钢筋网浇筑混凝土层，浇筑混凝土前应清除松浮部分，用水冲洗，并采用锚钉连接。

(6) 墩台出现变形应查明原因，采取针对性措施进行加固。

(7) 当墩台裂缝超过本规范表限值时，应查明原因，并采取下列措施进行加固：

①裂缝宽度小于规定限值时，应进行封闭处理。

②裂缝宽度大于规定限值且小于 0.5mm 时，应灌浆；大于 0.5mm 的裂缝应修补。

③当石砌圬工出现通缝和错缝时，应拆除部分石料，重新砌筑。

④当活动支座失灵造成墩台拉裂时，应修复或更换支座，并维修裂缝。

⑤基础不均匀沉降引起自下而上的裂缝时，应先加固基础，并应根据裂缝发展程度确定加固方法。

(8) 桥台发生水平位移和倾斜，超过设计允许变形时，应分析原因，确定加固方案。

(9) 桩或墩台的结构强度不足或桩柱有被碰撞折断等损坏，应查明原因，进行加固处理。

(10) 桥台锥坡及“八”字翼墙在洪水冲击或填土沉落的作用下容易产生变形和勾缝脱落，修复时应夯实填土，常水位以下应采用浆砌片（块）石，并勾缝。

六、隧道养护

公路隧道养护的范围包括土建结构、机电设施以及其他工程设施。根据公路等级、隧道长度和交通量大小，公路隧道养护可分为3个等级，分级标准按表1.5.8和表1.5.9执行。

表 1.5.8 高速公路、一级公路隧道养护等级分级表

单车道年平均日交通量 [pcu/(d·ln)]	隧道长度(m)			
	$L > 3000$	$1000 < L \leq 3000$	$500 < L \leq 1000$	$L \leq 500$
≥ 10001	一级	一级	一级	二级
5001~10000	一级	一级	二级	二级
≤ 5000	一级	二级	二级	三级

表 1.5.9 二级及二级以下公路隧道养护等级分级表

同期平均日交通量 (pcu/d)	隧道长度(m)			
	$L > 3000$	$1000 < L \leq 3000$	$500 < L \leq 1000$	$L \leq 500$
≥ 10001	一级	二级	二级	三级
5001~10000	二级	二级	三级	三级
≤ 5000	二级	三级	三级	三级

(一) 养护作业

1. 日常养护

隧道日常养护包括日常保养和日常维修。

日常保养应保障公路隧道土建结构的清洁和正常运行，保持土建结构状态正常、路面清洁、标志标线完整、整洁和清晰，排水沟通畅。

日常维修应对洞口、洞门、衬砌、路面、排水设施等存在的可能危及通行安全或迅速发展的局部病害和缺损及时修复，保障公路正常使用。

2. 养护工程

根据《公路养护工程管理办法》(交公路发[2018]33号)规定，隧道养护工程的主要作业内容分为：

(1) 预防养护，即在公路隧道整体性能良好但出现轻微病害及隐患时，为延缓性能过快衰减、延长使用寿命而预先实施的主动防护工程。

(2) 修复养护，即在公路隧道出现明显病害或部分丧失服务功能时，为恢复技术状况而实施的功能性、结构性修复或定期更换。

(3) 专项养护，即为恢复、保持或提升公路隧道服务功能而集中实施的完善增设、加固改造、拆除重建、灾后恢复等工程。

(4) 应急养护，即因突发事件造成公路隧道损毁、中断或产生重大安全隐患时，为较快恢复隧道安全通行能力而实施的应急性抢通、保通、抢修等工程。

（二）隧道病害类型

隧道常见的病害按照各项结构物划分，可做如下分类：

1. 洞口

山体滑坡、岩石崩塌；边（养）坡危石、积水、积雪；洞口挂冰；边沟淤塞；护坡、挡土墙等构造物开裂、倾斜、沉陷、滑动、下沉、表面风化、泄水孔堵塞、墙后积水、地基错台空隙等。

2. 洞门

结构开裂、倾斜、沉陷、错台、起层、剥落、漏水、挂冰、墙背填料流失等。

3. 衬砌

结构变形；混凝土强度不够、钢筋锈蚀等材料裂损；衬砌厚度不足，存在空洞、钢筋施作情况不到位等；裂缝、错台、起层、剥落；墙身施工缝开裂；渗漏水；挂冰、冰柱等。

4. 路面

落物、油污；滞水或结冰；路面拱起、坑槽、开裂、错台、溜滑等；仰拱充填层不密实或存在空洞、施作不到位。

5. 检修道

结构破损；盖板缺损；栏杆变形、损坏等。

6. 排水设施

结构缺损、堵塞、积水、结冰；盖板缺损等。

7. 吊顶及各种预埋件

变形、缺损、锈蚀、脱落、漏水（挂冰）等。

8. 内装饰

脏污、变形、缺损等。

9. 标志标线轮廓标

脏污、缺损、连接件不牢固等。

（三）隧道检查

公路隧道检查主要指土建结构的结构检查工作，分为经常检查、定期检查、应急检查和专项检查4类。

1. 经常检查

经常检查采用信息化与人工手段相结合的方式，配以简单的检查工具对土建结构的外观状况进行一般性定性检查，仔细记述检查项目的缺损类型，对异常情况做出缺损状况进行判定分类，并提出相应的养护措施。

经常检查以定性判断为主，其检查结果分为3种情况：情况正常、一般异常、严重异常。经常检查实施频率应符合以下规定：隧道养护等级为一级时，宜不少于1次/月；隧道养护等级为二级时，宜不少于1次/2月；隧道养护等级为三级时，宜不少于1次/季度；在雨季、冰冻季节或极端天气下，或发现严重异常情况时，应提高经常检查频率。

2. 定期检查

定期检查应按规定频率对土建结构的技术状况进行全面检查，应全面掌握结构技术状况和功能状况，评定土建结构技术状况。

定期检查宜安排在雨季或冬季进行。定期检查实施频率应符合下列规定：隧道养护等级为一级时，宜1次/年；隧道养护等级为二级、三级时，宜1次/3年。经常检查中发现重要结构分项被判定为严重异常且原因不明时，应立即开展一次定期检查。

3. 应急检查

应急检查是在隧道遭受自然灾害、发生交通事故或出现其他异常事件后，对遭受影响的结构进行

详细检查，及时掌握结构受损情况。

4. 专项检查

专项检查是根据经常检查、定期检查和应急检查的结果，对于需要进一步查明缺损或病害的详细情况的隧道，进行更深入的专门检测、分析等工作，以掌握病害详细状况。

（四）隧道养护措施

隧道病害的原因主要有外力（如冻胀力、静水压、松弛压力等）引起的变化、材料劣化、渗漏水和其他原因（如无仰拱、衬砌厚度不足等）。病害处治的内容应包括修复破损结构、消除结构病害、恢复结构物设计标准、维持良好的技术功能状态。

隧道病害处治方法包括衬砌背后注浆、防护网、喷射混凝土、施作钢带、锚杆加固、排水止水、凿槽嵌拱或直接增设钢拱、套拱、隔热保温、滑坡整治、围岩压浆、灌浆锚固、隧底加固、更换衬砌等。

隧道病害处治应根据结构检查结果，针对病害产生原因，按照安全、经济、合理的原则确定方案，处治方案可由一种或多种处治方法组成。

七、交通工程及沿线设施

公路交通工程及沿线设施是公路的重要组成部分，其种类繁多，主要包括安全设施、管理设施（监控系统、收费系统、通信系统、供配电与照明系统及养护房屋等）、服务设施。公路交通工程及沿线设施关系着行人行车的安全和交通的畅通，对提高公路的服务性能、保证行车安全和交通畅通具有重要意义。

（一）安全设施的养护

1. 护栏的养护与维修

（1）波形梁钢护栏：保持波形梁钢护栏的结构合理、安全可靠；护栏板、立柱、柱帽、防阻块（托架）、紧固件等部件应完整、无缺损；护栏质量符合相关标准要求；护栏的防腐层应无明显脱落，护栏无锈蚀；护栏板搭接方向正确，螺栓坚固；护栏安装线形顺畅，无明显变形、扭转、倾斜。

（2）水泥混凝土护栏：保持水泥混凝土护栏线形顺畅、结构合理；水泥混凝土护栏应无明显裂缝、掉角、破损等缺陷；水泥混凝土护栏使用的水泥、砂、石、水、外加剂、钢筋等材料质量应符合相关标准、规范及设计要求；混凝土护栏的几何尺寸、地基强度、埋置深度，以及各块件之间、护栏与基础之间的连接应符合设计要求。

（3）缆索护栏：缆索护栏各组成部件应无缺损；缆索护栏各组成部件应无明显变形、倾斜、松动、锈蚀等现象；缆索护栏使用的缆索、立柱、锚具等材料质量应符合相关标准、规范及设计要求。

2. 隔离栅的养护与维修

应保持隔离栅的完整无缺，功能正常；隔离栅金属网片、立柱、斜撑、连接件、基础等部件无缺损；隔离栅质量应符合相关标准要求；隔离栅应无明显倾斜、变形，各部件稳固连接；隔离栅防腐涂层应无明显脱落、锈蚀现象。

3. 交通标志的养护与维修

应保持交通标志设置合理、结构安全，版面内容整洁、清晰；标志板、支柱、连接件、基础等标志部件应完整、无缺损且功能正常；标志应无明显歪斜、变形，钢构件无明显剥落、锈蚀；标志面应平整，无明显褪色、污损、起泡、起皱、裂纹、剥落等病害；标志的图案、字体、颜色等应符合相关标准要求；反光交通标志应保持良好的夜间视认性。

4. 交通标线的养护与维修

具有良好的可视性，边缘整齐、线形流畅，无大面积脱落；颜色、线形等应符合相关标准要求；

反光标线应保持良好的夜间视认性；重新设计的标线应与旧标线基本重合；立面标记应保持颜色鲜明、醒目；轮廓标、突起路标保持完好的反射角度，损坏、缺失时，应及时固定、修复或更换路标。

5. 防眩设施的养护与维修

防眩板、防眩网等防眩设施应保持完整、清洁，具有良好的防眩效果；防眩设施应安装牢固，无缺损；防眩设施应无明显变形、褪色或锈蚀；防眩设施的质量应符合相关标准要求。

（二）管理设施的养护

管理设施包括监控系统、收费系统、通信系统、供配电系统、照明系统、通风系统、消防系统和管理养护建筑等设施。

1. 机电系统

（1）管理设施中的机电系统维护质量标准参照现行《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程》JTG 2182 的相关规定执行。

（2）定期对监控系统的计算机系统、区域控制器、匝道控制器、车辆检测器、可变信息标志、闭路电视、气象监测仪、交通调查数据采集设备，隧道照明、风机、消防喷淋等设备的控制系统的工作环境、状态和性能进行检查、检测和维护。

（3）定期对收费系统的车道控制器、闭路电视、对讲系统、显示器、键盘等收费车道亭内设备，电动栏杆机、费额显示器、摄像机、手动栏杆、电源线、雨棚信号灯、车道通信灯、雾灯、车辆检测器、不停车收费系统的路侧读写单元和天线控制器等设备进行检查、检测和维护。

（4）定期对通信系统的光电缆传输线路、数字传输系统、数字程控交换机、IP 网络设备、紧急电话系统和无线通信系统进行检查、检测和维护。

（5）定期对公路专用的供配电系统进行检查、检测和维护。

（6）认真做好公路机电系统的检查、检测和维护工作记录。公路机电系统各设备的检查、检测及维护的主要项目和周期参考现行《公路养护技术规范》JTG H10。

2. 管理养护房屋

（1）养护房屋的设置应满足公路养护生产和管理需要。养护房屋内应配备通信设备等各种必要的生产、生活、消防设施。

（2）养护房屋及周围环境应布局合理，整洁美观，设施适用、方便，并保持排水畅通。

（3）养护房屋应定期检查、维护，及时修复损坏部分。

（三）服务设施的养护

服务设施包括服务区、停车区和客运汽车停靠站的土建及附属设施，服务设施的配置应符合相关要求。服务设施的养护应符合下列要求：

（1）及时清扫场地，清除场内杂物，清理疏通排水设施，保持服务区内环境的整洁卫生。

（2）定期检查消防设备的数量及完好情况，灭火器药剂必须定期更换。

（3）服务区内的道路、房屋、立体交叉、交通标志和标线、绿化、通信等设施的养护与维修同本章相关内容。

八、公路绿化与环境保护

（一）公路绿化

公路绿化应贯彻“因地制宜、因路制宜、适地适树”的方针，科学规划，合理选择绿化植物品种。公路绿化规划，应根据公路等级、沿线地形、土质、气候环境和绿化植物的生物学特性，以及对绿化

的功能要求，结合地方绿化规划进行编制。

1. 不同等级和不同路段公路绿化，应分别符合下列要求：

(1) 高速公路、一级公路的中央分隔带宜种植灌木、花卉或草皮。服务区应结合当地环境、景观要求，另行设计，单独实施。

(2) 二级及二级以下公路，宜采用乔木与灌木相结合的方式，并充分体现当地特色。

(3) 平面交叉在设计视距影响范围以内，不得种植乔木；在不影响视线的前提下，可栽植常绿灌木、绿篱和花草。

(4) 小半径平曲线内侧不得栽植影响视线的乔木或灌木，其外侧可栽植成行的乔木，以诱导汽车行驶，增加安全感。

(5) 立体交叉分割形成的环岛，可选择栽植小乔木或灌木，实现丛林化。互通式立体交叉的匝道转变处构成的三角区内，应满足通视要求。

(6) 隧道进出口两侧 30~50m 范围内，宜栽植高大乔木，尽可能形成隧道内外光线的过渡段，以利车辆安全行驶。

(7) 桥头或涵洞两头 5~10m 范围内，不宜栽植乔木，以免根系破坏桥（涵）台。

2. 不同类型地区的公路绿化，应分别符合下列要求：

(1) 山区：应实施具有防护功能的绿化工程，如防护林带、灌木、草皮护坡等。

(2) 平原区：应栽植单行或多行的防护林带。

(3) 草原区：应在线路两侧栽植以防风、防雪为主的防护林带。

(4) 风沙危害地区：以营造公路防风、固沙林带为主，栽植耐干旱、根系发达、固沙能力强的植物品种。

(5) 盐碱区：应选择抗盐、耐水湿的乔木、灌木品种，配栽成多行绿化带。

(6) 旅游区：通往名胜古迹、风景区、疗养休闲区、湖泊等地的公路，应注重美化，营造风景林带，可栽植有观赏价值的常绿乔木、灌木、花卉以及珍贵树种和果树类。

3. 加强公路绿化巡查，预防绿化植物病虫害

防治绿化植物病虫害应以预防为主，生物、化学防治与营林措施相结合，进行综合防治，贯彻“治早、治小、治了”的防治方针。加强公路绿化巡查，根据各类绿化植物病虫害发生、发展和传播蔓延的规律，及时采取相应防治措施（如每年春季或秋季，宜在乔木树干上距地面 1~1.5m 高度范围内涂刷白剂），保障绿化植物正常生长。

（二）环境保护

公路环境保护应与公路建设和养护相结合，开发和利用环境，各种环境保护设施应因地制宜，做到技术可行、经济合理。

公路养护工程应以维护生态、降低污染、保护沿线环境为目标，对施工与运营期产生的污染应采取相应的处治措施；位于自然保护区、水源保护地、森林、草原、湿地和野生生物及其栖息地的公路养护作业时应妥善处理施工废料、废水，废方弃置应注意保护自然水流形态，避免阻塞河道水流或造成水土流失，废水不得直接排入饮用水体和养殖水体；增强生态保护和水土保持意识，保护生态资源，节约耕地资源，做好公路用地范围内的水土保持工作；对边坡、荒地水土流失应做好治理工作；注意防治生活环境污染，如养护施工作业噪声对声环境的污染、搅拌站的烟尘、施工扬尘、路面清扫扬尘对环境空气的污染等。

第二章 公路工程造价

第一节 公路工程造价概述

公路工程造价泛指公路工程项目从筹建到竣工验收交付使用全过程涉及的各项费用，包括投资估算、设计概算、施工图预算、标底或者最高投标限价、合同价、计量与支付、变更费用、工程结算、竣工决算等。

现行的《公路工程造价管理暂行办法》（交通运输部令〔2016〕第67号）明确规定交通运输部负责全国公路工程造价的监督管理，制定公路工程造价依据，负责编制各阶段造价文件所依据的办法、规则、定额、费用标准、造价指标以及其他相关的计价标准，对通用性强、技术成熟的施工工艺，编制统一的公路工程定额。各省级交通运输主管部门负责其行政区域内公路工程造价的监督管理，根据交通运输部发布的公路工程造价依据，结合本地实际，组织制定补充性造价依据，并对公路工程定额中缺项的，或者地域性强且技术成熟的施工工艺，编制补充性定额规定。

一、公路工程造价的特点

公路工程计价作为建设工程这一特殊商品的价值表现形式，除具有与其他一切商品价格计价的共同特点外，同时又有其自身的特点。其特点主要有：单件性计价、多次性计价、按工程构成分部组合计价、计价方法的多样性、计价依据的多样性等。

（一）单件性计价

公路建设工程的造型和结构要适合工程所在地的地质、气候、水文等自然因素，也要适应当地的政治、人文等因素，因此公路工程产品的造型和结构千差万别，任何两个公路建设工程的工程造价都不可能是完全相同的。因此，公路工程产品不像其他工业产品那样可按品种、规格、质量成批量生产和定价，只能按单价计价。

（二）多次性计价

公路工程项目规模比较大、建设周期长、技术复杂、受工程所在地的自然条件影响大，消耗的人力、物力和财力巨大，并要考虑投入使用后的经济效益等因素，一旦决策失误，将造成不可挽回的巨大损失。为了满足公路工程建设各阶段的不同需要，适应造价控制和管理的要求，合理使用人力、

物力和财力，取得最大的投资效益，应在不同阶段多次计价。公路工程各阶段的造价文件见图 2.1.1。

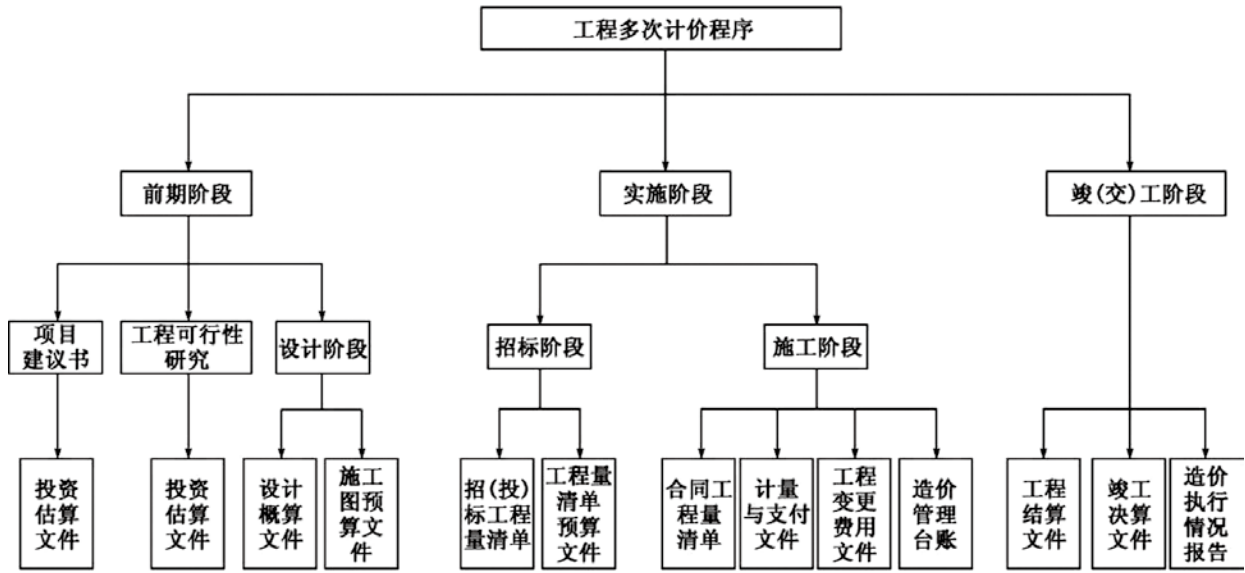


图 2.1.1 公路工程造价文件构成框架

1. 投资估算

投资估算是指在公路工程项目建议、工程可行性研究阶段，按照规定的造价依据、方法和程序，以项目建议书、工程可行性研究报告、设计文件为依据，对工程建设所需的总投资及其构成进行预测和估计所确定的造价预估值。投资估算是公路工程项目建议书、可行性研究报告的重要组成部分，是公路工程项目决策的重要依据。

项目建议书阶段编制的投资估算，作为项目建议书经济评价的依据。项目建议书经批准后，可进入可行性研究阶段。

可行性研究阶段编制的投资估算，作为可行性研究进行经济评价的依据。

投资估算的编制、审查、审批、备案应符合《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程估算指标》JTG/T 3821—2018 和各省（自治区、直辖市）交通运输主管部门有关计价依据补充规定的要求。

2. 设计概算

设计概算与修正概算是指在公路工程初步设计阶段，按照规定的造价依据、方法和程序，以项目初步设计、技术设计为依据，对工程建设所需要的全部费用及其构成进行计算所确定的造价预计值。初步设计概算（修正概算）是公路工程项目建设管理中的重要控制目标。

对技术复杂的建设项目或技术复杂的特大桥、长隧道、大型地质灾害治理等工程，要进行技术设计的，应编制对应的修正概算。初步设计概算文件和修正概算文件分别是公路工程初步设计和技术设计文件的重要组成部分。

按两阶段设计的建设项目，初步设计阶段编制初步设计概算。经批准的设计概算是建设项目投资的最高限额，是签订建设项目总承包合同的依据。

按三阶段设计的建设项目，在技术设计阶段编制技术设计修正概算，修正概算经批准是建设项目投资的最高限额，是签订建设项目总承包合同的依据。

初步设计概算（修正概算）的静态投资部分不得超过经审批或者核准的投资估算的静态投资部分的 110%。

设计概算的编制、审查、审批、备案应符合《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018、《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 和各省（自治区、直辖市）交通运输主管部门有关计价依据应符合补充规定的要求。

3. 施工图预算

施工图设计阶段应编制施工图预算。施工图预算是在公路工程施工图设计阶段，按照规定的造价依据、方法和程序，以项目施工图设计为依据，对工程建设所需要的全部费用及其构成进行计算所确定的造价预计值。施工图预算是组织项目建设实施、评价施工图设计经济合理性的重要依据，是编制工程量清单预算、确定标底或投标最高限价，以及分析衡量投标报价合理性的参考。施工图预算文件是公路工程施工图设计文件的重要组成部分。

施工图预算的编制、审查、审批、备案应符合《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018、《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 和各省（自治区、直辖市）交通运输主管部门有关计价依据补充规定的要求。施工图预算不得超过经批准的初步设计概算（修正概算）。

4. 工程量清单预算

工程量清单预算是指在公路工程施工招投标活动中，对采用工程量清单计价的工程，参照编制施工图预算的造价依据和方法，按规定程序，对招标工程建设所需的全部费用及其构成进行测算所确定的造价预计值。工程量清单预算是招标人确定招标标底或最高投标限价的依据，是评判投标报价合理性的重要依据。

工程量清单预算应依据招标文件约定的工程量清单计量规则，参照《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 和配套定额，以及相应的补充造价依据进行编制。

5. 最高投标限价

最高投标限价是招标人根据招标工程量清单，结合有关规定、投资计划、市场要素价格水平以及合理可行的技术实施方案，通过科学测算并在招标文件中公布的可接受的最高投标价格。

最高投标限价应根据造价依据并综合市场因素进行编制，不得超过批准的设计概算或施工图预算，且一个招标合同段只能有一个最高投标限价。

6. 投标报价

由投标单位根据招标文件，公路工程造价依据和企业定额（或成本资料），招标项目所在地区自然、社会、经济条件及施工组织方案和投标单位自身情况，计算完成招标工程所需各项费用的经济文件。

投标报价由投标人根据市场及企业经营状况编制，不得低于工程成本。投标报价是投标文件最重要的组成部分，是投标工作的关键和核心。

7. 合同工程量清单

合同工程量清单是指在公路工程发、承包活动中，发、承包双方根据招（投）标文件及有关规定，以约定的工程量清单计价方式，签订工程承包合同时确定的工程量清单。合同工程量清单包括拟建工程量、单价、合价及总额。

合同工程量清单由工程发、承包双方签订合同时确定，是发、承包双方进行工程计量与支付、工程费用变更、工程结算的依据。采用招标方式的工程，其合同工程量清单应根据中标价确定；不采用招标方式的工程，由承、发包双方协商确定。

8. 计量与支付文件

计量与支付文件是指在公路工程实施阶段，对已完工程进行计量，并根据计量结果和合同约定，对应付价款进行统计和确认，用于支付工程价款而编制的文件。计量支付文件通常以规定格式的报表形式表现。

计量与支付文件是公路工程资金支付和工程结算的依据性文件。计量与支付文件应根据合同文件、工程变更、签认的质量检验单和计量工程量等资料编制。

9. 工程变更费用文件

发生费用变化的工程变更应编制工程变更费用文件。工程变更费用文件是评价工程变更经济合理性的依据，是编制计量与支付文件、工程结算、工程竣工决算的基础性资料。

工程变更费用文件可根据工程管理的实际，采用工程量清单形式或施工图预算形式编制。采用施工图预算形式编制的工程变更费用文件，应依据《公路工程建设项 目概算预算编制办法》JTG 3830—2018，采用《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 及相应的补充造价依据编制；采用工程量清单形式编制的工程变更费用文件，应依据合同约定编制。

10. 造价管理台账

造价管理台账是指在公路工程实施阶段，总体反映公路工程自初步设计至工程竣工过程中的造价变化、工程变更、合同支付以及预估决算等造价管理动态信息的台账式文件。

编制造价管理台账是合理控制工程投资的有效手段，其内容应反映公路工程建设项 目实施期工程投资动态变化的总体情况。造价管理台账应依据批准的初步设计概算、施工图预算、合同价、工程变更、投资进度及其他相关的造价管理信息等资料进行编制，并定期维护，及时更新，动态管理。

11. 工程结算

工程结算指在公路工程实施过程中或工程完工后，发、承包双方依据国家有关法律、法规，按合同约定计算确定的最终工程价款。工程结算文件是承包人向发包人申请办理最终工程价款清算的依据。

工程施工结算的主要依据有国家和地方有关主管部门颁发的有关工程造价编制和管理方面的文件、工程承包合同、合同条款、技术规范、工程量清单、设计图纸、计算的工程量、日常记录等。

12. 竣工决算

竣工决算指公路工程从筹建到竣工验收、交付使用全过程中实际支出的全部工程建设费用，经审定的竣工决算是公路工程的最终造价，是确定公路工程新增固定资产投资额的依据。

工程竣工决算文件应按交通运输部、地方交通运输主管部门相关的工程竣工决算编制规定编制。

以上是建设单位在不同阶段对建设项 目、施工单位对所投标段作出的工程造价。确定中标单位后，应按照招标文件和承包人投标工程量清单确定合同工程量清单价格，在施工过程中根据工程变更和市场物价变动情况确定结算价，结算价才是建设项 目分部分项工程的实际造价，直至全部工程竣工，并通过验收合格后，建设单位在各分部分项工程的结算价的基础上编制的竣工决算才是整个建设项 目的实际造价。

公路建设项 目各个阶段的计价相互衔接、由粗到细、由浅到深、由预期到实际、前者制约后者、后者修正和补充前者。

（三）按工程构成分部组合计价

公路工程建设项 目规模大，结构复杂，造价高，根据工程单件性计价的特点，不可能简单直接地计算出整个工程项 目的造价，应将整个工程项 目逐步分解为小的分部分项工程，分别计价，再组合成全部工程的费用。

（四）计价方法的多样性

由于建设项 目各阶段所掌握的条件、资料深度及任务不同，每次计价的要求也各不相同，由此决定了计价方法的多样性，比如工程可行性研究阶段编制投资估算、设计阶段编制设计概算和施工图预算、招标阶段编制工程量清单及清单预算等。

（五）计价依据的多样性

公路建设项目工程造价的计价依据，一般有：

- （1）《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 及配套估算指标。
 - （2）《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 及配套概算定额、预算定额。
 - （3）《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018。
 - （4）各省（自治区、直辖市）交通运输主管部门有关补充计价依据（编制办法补充规定、补充定额）。
 - （5）各省（自治区、直辖市）及地州（市）交通运输主管部门发布的材料价格信息。
 - （6）项目招标文件（设计图纸、技术规范、工程量清单计量规则等）。
 - （7）国家及有关部门的政策、法律、法规及有关工程造价管理的有关规定等。
- 要准确编制公路建设工程项目的工程造价，应首先熟悉、掌握和正确应用这些计价依据。

二、公路建设工程的造价依据

公路工程项目的造价依据是指用于编制公路工程各阶段造价文件所依据的办法、规则、定额、费用标准、造价指标以及其他相关的计价标准。

（一）公路工程估算、概算、预算编制办法

编制办法适用于编制新建和改（扩）建的公路工程项目投资估算、设计概算和施工图预算，是公路工程建设前期各阶段造价文件编制的纲领性文件。它规定了估算、概算、预算在编制过程中各项费用的组成、计算方法及费率标准，是编制公路工程项目投资估算、初步设计概算（或技术设计修正概算）和施工图预算，合理确定公路工程总投资的重要依据。

《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 均包括总则、投资估算或概算预算编制方法、费用标准和计算方法以及附录等几个部分。

（二）公路工程概算、预算定额及估算指标

公路工程定额是全国统一行业定额，现行公路工程定额包括：《公路工程估算指标》JTG/T 3821—2018、《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 等。

（三）公路工程机械台班费用定额

《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 是公路工程预算定额、概算定额和估算指标的配套定额，是编制公路基本建设工程概算、预算、估算的依据，是确定施工机械台班预算价格的依据。

公路工程机械台班定额按照机械的作业对象及用途将工程施工机械划分为 13 类：分别是土、石方工程机械，路面工程机械，混凝土及灰浆机械，水平运输机械，起重及垂直运输机械，打桩、钻孔机械，泵类机械，金属、木、石加工机械，动力机械，工程船舶，工程检测仪器仪表，通风机和其他机械。每一类机械又分为不同的机型和规格。

（四）补充定额和其他补充规定

定额的制定有一定的周期，随着科学技术的发展，新结构、新工艺、新材料、新设备在公路工程上广泛使用。在新定额未颁布以前，为了合理、正确地反映工程造价和经济效益，在现行使用的概、

预算定额基础上，交通运输部及相关部门会实时颁布补充定额及个别工程项目的一次性补充定额等。

各省（自治区、直辖市）交通运输主管部门会根据当地公路工程建设实际情况发布一些补充定额及规定，如《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）。该规定是根据《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JT G3830—2018，结合云南省公路工程建设实际制定。该补充规定适用于云南省内新建、改（扩）建公路工程项目投资估算、设计概算、施工图预算的编制和管理。其中，高速公路、一级公路建设项目的人工工日单价、施工机械使用费、规费及税金按该补充规定执行，其余费率按部颁编制办法执行；二级及以下公路建设项目的人工工日单价、施工机械使用费、规费、税金、施工场地建设费、建设项目管理费（建设单位（业主）管理费、建设项目信息化费、工程监理费、设计文件审查费）、建设项目前期工作费、专项评估费按照该补充规定执行，其余费率按照部颁编制办法执行。

云南省公路建设项目除了云南省交通运输主管部门发布的补充定额外，造价定额使用单位在工程造价过程中遇造价定额缺项时，依据《云南省交通运输工程造价定额管理办法》（云交规〔2020〕3号），可按相关规程编制临时专项补充定额，报省级交通运输工程造价管理机构审核后，在规定的范围内使用。

三、工程造价管理

工程造价管理是指为了实现工程造价管理目标而对工程造价工作过程进行的计划与预测、组织与指挥、监督与控制、教育与激励、挖潜与创新的综合性活动的总称。通过工程造价管理合理确定工程造价和有效控制工程造价，以提高投资效益和施工企业的经营效果。工程造价管理包含两方面的含义，第一是工程投资费用管理、第二是工程价格管理。

工程投资费用管理是指为实现投资目标，在拟定的规划、设计方案的条件下，预测、确定和监控工程造价及其变动的系统活动，它属于投资管理范畴。工程价格管理属于价格管理范畴，价格管理分为两个层次，即宏观层次和微观层次。在宏观层次上，价格管理是指政府根据社会经济发展的要求，利用法律、经济和行政手段对价格进行的管理和调控，以及通过市场管理规范市场主体价格行为的系统活动。在微观层次上，是指生产（施工）企业在掌握市场价格信息的基础上，为实现管理目标而进行的成本控制、计价和竞价活动。

（一）工程造价管理的目标和任务

1. 工程造价管理的目标

工程造价管理的目标是按照经济规律的要求，根据市场经济的发展形势，利用科学管理方法和先进管理手段，合理确定工程造价和有效控制工程造价，以提高投资效益和建筑安装（施工）企业的经营效果。

2. 工程造价管理的任务

工程造价管理的任务是加强工程造价的全过程动态管理，强化工程造价的约束机制，维护有关各方的经济利益，规范价格行为，促进微观效益和宏观效益的统一。

（二）工程造价管理的基本内容

工程造价管理的基本内容就是合理确定和有效控制工程造价。公路工程造价应当针对公路工程建设不同阶段，根据项目的建设方案、工程规模、质量和安全等建设目标，结合建设条件等因素，按照相应的造价依据进行合理确定和有效控制。

1. 工程造价的合理确定

工程造价的合理确定就是在工程建设各个阶段采用科学的计算方法和切合实际的计价依据，合理确定投资估算、设计概算、施工图预算、承包合同价、结算价、竣工决算价。

(1) 在项目建议书阶段，按照《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 等有关规定，应编制投资估算，经有权部门批准，作为拟建项目列入国家中长期计划和开展前期工作的控制造价。

(2) 在可行性研究报告阶段，按照《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 等有关规定编制的投资估算，经有权部门批准，即为该项目国家计划控制造价。

(3) 在初步设计阶段，按照《公路工程建设项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 等有关规定编制的初步设计概算，经有关部门批准，即为控制拟建项目工程造价的最高限额。

未经批准擅自增加建设内容、扩大建设规模、提高建设标准、改变设计方案等造成超概算的，不予调整设计概算。

由于地质条件发生重大变化、设计方案变更等因素造成的设计概算调整，实际投资调增幅度超过静态投资估算 10% 的，应当报项目可行性研究报告审批或者核准部门调整投资估算后，再由原初步设计审批部门审查调整设计概算；实际投资调增幅度不超过静态投资估算 10% 的，由原初步设计审批部门直接审查调整设计概算。

(4) 在施工图设计阶段，按照《公路工程建设项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 等有关规定编制施工图预算，用以核实施工图阶段造价是否超过批准的初步设计概算。施工图预算不得超过经批准的初步设计概算。

(5) 在工程招投标阶段，公路工程建设项目实行招标的，应当使用《公路工程标准施工招标文件》（2018 年版），在招标文件中载明工程计量计价事项。设有标底或者最高投标限价的，标底或者最高投标限价应当根据造价依据并结合市场因素进行编制，且不得超出经批准的设计概算或者施工图预算对应部分。

建设单位应当进行标底或者最高投标限价与设计概算或者施工图预算的对比分析，合理控制建设项目造价。投标报价由投标人根据市场及企业经营状况编制，且不得低于工程成本。

(6) 在工程施工阶段，建设单位应当将施工合同中的工程量清单按管理权限报各级交通运输主管部门备案。建设单位应当根据年度工程计划及时编制该项目年度费用预算，并根据工程进度及时编制工程造价管理台账，对工程投资执行情况与经批准的设计概算或者施工图预算进行动态对比分析。

施工单位应当按照合同约定，编制工程计量与支付、工程结算等造价文件。计量支付文件应根据合同文件、工程变更、签认的质量检验单和计量工程量等编制，并依据省（自治区、直辖市）有关计量与支付管理办法的规定进行管理，比如云南省公路建设项目应执行《云南省公路工程项目计量支付管理办法》（云交规〔2021〕3号）的相关规定。设计变更应按合同文件，部、省（自治区、直辖市）有关设计变更管理办法的规定和程序，由建设单位完成审批程序，合理确定变更费用。价格调整应符合合同约定。

(7) 在工程竣工验收阶段，承包人按照实际完成的工程量，以合同价为基础，同时考虑因物价上涨所引起的造价提高，考虑到设计中难以预计而在实施阶段实际发生的工程和费用，合理确定结算价。

竣工验收前，建设单位应按交通运输部及地方交通运输主管部门关于工程竣工决算的相关规定编制竣工决算文件（报告）及造价执行情况报告。审计部门对竣工决算报告提出审计意见和调整要求的，建设单位应当按照要求对竣工决算报告进行调整。

2. 工程造价的有效控制

工程造价的有效控制就是在优化建设方案、设计方案的基础上，在投资决策阶段、设计阶段、建设项目发包阶段和建设实施阶段，采用一定的方法和措施把建设工程造价控制在合理的范围和批准的造价限额以内，随时纠正发生的偏差，以保证项目管理目标的实现，以求在各个建设环节都能合理使

用人力、物力、财力，取得较好的投资效益和社会效益。

(1) 建设工程造价控制目标的设置。

投资估算应是设计方案选择和进行初步设计的建设工程造价控制目标；设计概算应是进行技术设计和施工图设计的工程造价控制目标；施工图预算或建筑安装工程承包合同价则应是施工阶段控制建筑安装工程造价的目标。造价控制目标是有机联系的整体，各阶段目标相互制约、相互补充，前者控制后者，后者补充前者，共同组成工程造价控制的目标系统。

(2) 以设计阶段为重点的建设全过程造价控制。

工程造价管理贯穿于工程建设全过程，但关键在于项目投资决策和设计阶段。为有效控制工程造价，不仅要审核施工图预算、工程价款结算，还要高度重视投资决策和设计阶段的造价控制，将工程造价管理的重点转到建设工程投资决策和设计阶段。而在项目投资决策后，控制工程造价的关键就在于设计。据分析，设计费通常只相当于建设工程全寿命费用的1%以下，但正是这少于1%的费用对工程造价的影响程度占75%以上。由此可见，设计质量对整个工程建设的效益是至关重要的。

勘察设计单位应综合分析项目建设条件，结合项目使用功能，注重设计方案的技术经济比选，充分考虑工程质量、施工安全和运营维护需要，科学确定设计方案，合理计算工程造价；应保证承担的公路工程项目符合国家规定的勘察深度要求和勘察质量，避免因设计变更发生费用变更；应对其编制的造价文件的质量负责，做好前后阶段的造价对比，重点加强对设计概算超投资估算、施工图预算超设计概算等的预控。

建设单位应加强项目管理，严格控制施工过程中的变更设计，按照有关规定完成审批程序后合理确定变更费用，避免通过变更设计提高建设项目的标准，扩大建设规模。要坚持按基本建设程序办事，使施工图预算真正得到有效控制，把初步设计或技术设计的意图落到实处。在满足公路建设项目设计方案应有的公路技术等级标准及使用功能的前提下，可以运用价值工程分析等方法通过对路线方案的调整、限额设计、标准化设计等措施来达到控制和降低工程造价的目的。

(3) 主动控制以取得令人满意的结果。

长期以来，人们一直将控制理解为目标值与实际值的比较，以及当实际值偏离目标值时，分析其产生偏差的原因，并确定下一步对策。这种立足于“调查—分析—决策”基础之上的“偏离—纠偏—再偏离—再纠偏”的控制是一种被动控制，只能发现偏差，不能预防可能发生的偏差。为尽量减少甚至避免实际值与目标值的偏离，还必须立足于事先主动采取措施，实施主动控制，

工程造价控制不仅要反映投资决策，反映设计、发承包和施工，被动控制工程造价，更要主动地影响投资决策，影响工程设计、发承包和施工，主动控制工程造价。

(4) 技术与经济相结合是控制工程造价最有效的手段。

要有效地控制工程造价，应从组织、技术、经济、合同与信息管理等多方面采取措施。从组织上采取的措施，包括明确项目组织结构，明确造价管理人员及其任务，明确管理职能分工；从技术上采取的措施，包括重视设计多方案选择，严格审查监督初步设计、技术设计、施工图设计、施工组织设计，深入技术领域研究节约投资的可能；从经济上采取的措施，包括动态地比较造价的计划值和实际值，严格审核各项费用支出，采取对节约投资的有力奖励措施等。

技术与经济相结合是控制工程造价最有效的手段。应通过技术比较、经济分析和效果评价，正确处理技术先进与经济合理两者之间的对立统一关系，力求在技术先进的条件下经济合理，在经济合理基础上技术先进，把控制工程造价观念渗透到各项设计和施工技术措施之中。

第二节 公路工程定额体系

一、定额的分类

定额是在正常施工条件下，经过科学的测定、分析和计算而确定的完成规定计量单位的符合国家技术标准、技术规范和质量评定标准，并反映一定时期施工技术和工艺水平的产品所需的人工、材料、机械设备的数量标准。

定额的分类方式有多种，可以按定额的用途分类，也可以按反映的生产要素消耗内容分类，还可以按编制单位和执行定额的范围不同分类，本节重点介绍前面两种。

（一）按定额的用途分类

公路工程的造价是多次计价的、工程建设项目所处的阶段不同，编制工程造价文件依据的定额是不同的，按使用要求可分为施工定额、预算定额、概算定额、估算指标等。

1. 施工定额

施工定额是在建筑安装工人的正常施工条件下，完成单位合格产品的劳动力、材料、机械消耗的数量标准。它是施工单位组织生产、编制施工组织设计、派发任务单、计算计件工资、进行经济核算的依据。定额水平是先进的，但各个企业的施工定额不一定相同。

2. 预算定额

预算定额是在施工定额的基础上经综合扩大，通过一定的计算方法编制出来的，它是按分项工程和结构构件的要求，以一定产品单位来规定劳动力、材料和机械的消耗数量。预算定额采用的产品单位比施工定额大，如时间以工日、以台班计，产品以 10m，1000m²、10m³ 等计。预算定额是编制施工图预算的基本依据，是确定和控制基本建设投资额，对结构的设计方案进行技术经济比较，对新结构、新材料进行技术经济分析的依据；是编制施工组织计划、确定劳动力材料和机械需要量的依据；是工程结算、施工企业进行经济核算和经济活动分析的依据，而且是编制概算定额和概算扩大定额的基础。预算定额水平是社会平均水平，它比施工定额的定额水平低。

3. 概算定额

概算定额是在预算定额的基础上加以综合扩大而形成的，因而产品常使用更大的单位来表示。概算定额的定额水平也是社会平均水平，但相比而言要比预算定额的定额水平低。它是编制设计概算、修正概算的主要依据，是进行设计方案和施工方案经济比较和选择的重要依据，是主要材料采购、供应计划的计算基础，而且是编制估算指标的基础。

4. 估算指标

估算指标是在研究阶段编制投资估算文件的依据，而估算的总费用仅仅作为社会效益或内部收益率、投资回收期计算的参考，所以它的作用和重要性是特别大的。随着市场经济的发展，工程项目的可行性研究越来越受到重视，估算指标更加体现出它的重要性。

估算指标是在总结多年全国公路建设项目的设计资料和竣工文件的基础上，选用合理的工程量、各种标准施工图纸以现行的公路工程技术标准、技术规范、概算定额、各项费用定额为依据制定的。

(1) 综合指标是以人工、主要材料和其他材料费、机械使用费消耗量及各项费用指标等全部工程造价为表现形式的指标。其项目划分按省(自治区、直辖市)、公路等级、地质地貌区划的类型,以公路公里为单位编制的实物量指标。它是编制建设项目建议书(预可行性研究)投资估算的依据。

(2) 分项指标是以各项工程的人工、主要材料和其他材料费、机械使用费消耗量及施工管理费用指标为表现形式的指标,其项目的划分与概算定额比较接近,它是编制工程可行性研究投资估算的依据。

(二) 按定额反映的生产要素消耗内容分类

公路工程定额是按实物量法编制的定额,所以劳动力、材料、机械3种因素在公路工程定额中是主要内容。因此将公路工程定额分为劳动消耗定额、材料消耗定额和机械消耗定额3种。另外,这里还介绍公路工程费用定额中的机械台班费用定额。

1. 劳动消耗定额

劳动消耗定额也称工时定额或人工定额,是指在正常的生产技术和生产组织条件下,为完成单位合格产品所规定的劳动量消耗标准。劳动定额的主要表现形式是时间定额,但同时也表现为产量定额。时间定额与产量定额互为倒数。

(1) 时间定额:时间定额是指在技术条件正常、生产工具使用合理和劳动组织正常的条件下生产单位合格产品所消耗的劳动时间。每一工日一般均按8h计算,潜水工作按6h、隧道工作按7h计算。时间定额的计算方法如下:

$$\text{单位产品的时间定额} = \frac{1}{\text{每工日产品定额}} = \frac{\text{班组成员工日数总和}}{\text{班组完成产品数量总和}} \quad (2.2.1)$$

【例2-2-1】《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018规定,预算定额[1-1-4-2]人工挖土质台阶,定额单位是1000m²,挖普通土的时间定额是28.1工日,它的工作内容包括画线挖土;将土抛到填方处等全部操作过程。

【例2-2-2】《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018规定,概算定额[1-1-6-1]人工夯实,定额单位是1000m³,人工夯实时间定额是85工日,其工作内容包括打碎土块并耙平;洒水或风干土壤;分层夯实。

(2) 产量定额:产量定额是指在技术条件正常、生产工具使用合理和劳动组织正常的条件下,工人在单位时间内完成合格产品的数量。产量定额计算方法如下:

$$\text{产量定额} = \frac{1}{\text{单位产品的时间定额}} = \frac{\text{班组完成产品数量总和}}{\text{班组成员工日数总和}} \quad (2.2.2)$$

【例2-2-3】《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018规定,预算定额[1-1-4-2]人工挖土质台阶,完成1000m²普通土的时间定额为28.1工日,则每工日产量定额为1000÷28.1=35.59(m²/工日)。

【例2-2-4】《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018规定,概算定额[1-1-6-1]人工夯实,完成1000m³人工夯实的时间定额为85工日,则每工日产量定额为1000÷85=11.76(m³/工日)。

2. 材料消耗定额

材料消耗定额简称材料定额,是指在节约和合理使用材料的条件下,完成一定合格品所需消耗材料的数量标准。它包括材料的净用量和必要的工艺性损耗及废料数量。

材料是指工程建设中使用的原材料、产品、半成品、构配件、燃料以及水、电等动力资源的统称。材料作为劳动对象构成工程的实体,需要数量很大,种类繁多。所以材料消耗量的多少,消耗是否合理,不仅关系到资源的有效利用,影响市场供求状况,而且对建设工程的项目投资、建筑产品的成本控制

都有着决定性影响。材料消耗定额的计算方法如下：

$$\text{材料消耗定额} = \text{完成单位合格产品的材料净用量} \times (1 + \text{材料损耗率}) \quad (2.2.3)$$

材料消耗定额还有两种表现形式，即材料产品定额和材料周转定额。

材料产品定额是指用一定规格的原材料，在合理的操作条件下获得的合格产品的数量。

材料周转定额即周转性材料（如模板、支撑等所需要的木材等）的周转定额，是指周转性材料在施工中合理周转使用的次数和用量的标准。在现行预算定额中，周转性材料均按正常周转次数摊入定额中，具体规定详见《公路工程预算定额》JTG/T3832—2018 总说明及附录。

3. 机械消耗定额

机械消耗定额是指在正常施工条件下，合理地组织生产与合理地利用某种机械完成单位合格产品所必需的施工机械消耗的数量标准，或在单位时间内机械完成的产品数量。机械消耗定额也具有两种表现形式，即机械时间定额和机械产量定额。

机械时间定额是指在一定的工作内容和质量安全要求的条件下，规定某种机械完成单位产品所需要的作业量（如“台时”或“台班”等）标准。

机械产量定额是指在一定的操作内容以及质量安全要求的前提下，规定每单位作业量（如“台时”或“台班”等）完成的产品的数量标准。机械产量定额与机械时间互成倒数。

【例 2-2-5】《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 第二章表 2-2-7 “沥青表面处治路面”第 5 栏中规定，定额单位为 1000m²，12~15t 光轮压路机的时间定额是 0.49 台班，其产量定额可以利用定额单位和时间定额的关系求出， $1000 \div 0.49 = 24040.8$ （m²/台班），即 12~15t 光轮压路机的产量定额是 2040.8m²/台班。

4. 机械台班费用定额

机械台班费用定额是以机械的一个台班为单位，规定其所消耗的工时、燃料及费用等数量标准并可折算为货币形式表现的定额。施工中的机械使用费、驾驶工人数、燃料数等，均可按照机械台班费用定额并根据工程数量计算。机械台班费用定额的主要用途：

（1）可以直接用定额中的基价作为机械的台班单价编制预算。

（2）计算机械台班消耗人工、燃料等实物量。有关机械所消耗的各种物资的实物量，要根据机械台班费用定额计算确定。

（3）分析计算台班单价。

二、运用公路工程定额的基本方法

公路建设计价活动中，正确地使用定额是非常重要的。为了正确使用定额，应全面了解定额、深刻理解定额、熟练掌握定额。因公路工程定额项目繁多，现以公路工程常用的《公路工程预算定额》（JTG/T 3832—2018）和《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018 为主，举例介绍其运用方法。

（一）定额编号的引用

1. 定额的基本组成

《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018（以下简称《概算定额》）和《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018（以下简称《预算定额》）的组成部分均包括：颁发定额的文件号；目录；总说明；章、节说明；定额表。《预算定额》除以上内容外，还包括附录。

（1）总说明。其主要内容包括：

①定额的适用范围、作用。

- ②定额的编制原则、主要依据。
- ③对各章节定额适用的统一原则和定额中均包括的内容。
- ④规定了定额中允许抽换或不允许抽换的原则。
- ⑤规定了补充定额的管理规定，及新增工、料、机的编码原则。
- ⑥规定了定额基价的计算原则。

总说明对正确运用定额具有重要作用，在使用定额时应特别注意《概算定额》和《预算定额》在总说明中的规定。

(2) 章、节说明。其主要内容包括：

- ①本章、节包括的内容。
- ②关于本章、节工程项目的统一规定。
- ③关于本章、节工程综合的内容及允许抽换的规定。
- ④本章、节定额的工程量计算规则。

章、节说明对于正确运用定额具有重要作用。章、节说明对每一章、节的具体使用要求及注意事项作出说明，特别是工程量计算规则。

(3) 定额表。定额表是各类定额的最基本的组成部分，是定额指标数额的具体表示；《概算定额》和《预算定额》的表格形式基本相同。其基本组成有：表号及定额表名称、工程内容、定额单位、顺序号、项目、单位、代号、细目及栏号、小注等。现将定额表的构成和主要栏目说明如下：

①表号及定额表名称：如《预算定额》“1-2-1 袋装砂井处理软土地基”见图 2.2.1 表号是编制概预算文件时与其对应定额的一一对应的关系符号，名称表达了一张定额表的基本属性或分类。

1-2-1 袋装砂井处理软土地基

工程内容 门架式:1)轨道铺、拆;2)装砂袋;3)定位;4)打钢管;5)下砂袋;6)拔钢管;7)门架、桩机移位。
不带门架:1)装砂袋;2)定位;3)打钢管;4)下砂袋;5)拔钢管;6)起重机、桩机移位。

单位:1000m 砂井

顺序号	项 目	单 位	代 号	袋装砂井机	
				门架式	不带门架
				1	2
1	人工	工日	1001001	6.6	3.9
2	钢轨	t	2003007	0.04	—
3	铁件	kg	2009028	4.5	—
4	枕木	m ³	4003003	0.03	—
5	塑料编织袋	个	5001052	1087	1087
6	中(粗)砂	m ³	5503005	4.56	4.56
7	其他材料费	元	7801001	11	11
8	15t 以内履带式起重机	台班	8009002	—	1.16
9	袋装砂井机(不带门架)	台班	8011058	—	1.12
10	袋装砂井机(门架式)	台班	8011059	1.45	—
11	基价	元	9999001	3892	3801

注:本章定额按砂井直径 7cm 编制。当砂井直径不同时,可按砂井截面积的比例关系调整中(粗)砂的用量,其他消耗量不作调整。

图 2.2.1 《预算定额》“1-2-1 袋装砂井处理软土地基”

②工程内容：主要说明本定额表所包括的操作内容及对应详细工艺流程。查定额时，将实际发生的操作内容与表中的工程内容进行比较，若不一致时，应另行选取其他定额或进行定额调整。

③定额单位：即工程项目计量单位：如 10m、10m³ 构件、1000m²、1km、1 公路公里、1 道等。

④顺序号：表征人、料、机及费用的顺序号，起简化说明的作用。

⑤项目：即本定额表中的工程所需人工、材料、机具、费用的名称、规格。

⑥代号：为方便统计工、料、机的消耗量，对工、料、机按照一定的规则进行编号成为工、料、机的代号，用数字表示，相互独立，不重复。

⑦工程细目：表征本定额表所包括的工程细目，如图 2.2.1《预算定额》[1-2-1]中的“袋装砂井机”等。也称“子目”“栏目”。

⑧栏号：指工程细目编号，如图 2.2.1，《预算定额》[1-2-1]中“门架式”栏号为 1，也称“子目号”“栏目号”。

⑨定额值：即定额表中各种资源的消耗量数值。其中括号内的数值，一般是指所需半成品的数量(定额值)。如《预算定额》表 4-6-1 所示定额中的“普 C20-32.5-4”所对应的“(10.20m³)”，是指现浇 10m³ 混凝土支撑梁需消耗普 C20-32.5-4 水泥混凝土 10.20m³。注意此值在编制概、预算文件时不可直接列入。

⑩基价：亦称定额基价。它是按《预算定额》附录四及《公路工程机械台班费用定额》(JTG/T 3833—2018)中规定的人工、材料、设备、机械的相应基价计算的定额费用计取。

⑪小注：有些定额表列有“注”，是对本表的特别说明。使用定额时，必须仔细阅读，以免发生错误。

(4) 附录：附录是配合定额或指标使用的不可缺少的一个重要组成部分。在《预算定额》中列有 4 个附录，如“路面材料计算基础数据表”“基本定额”“材料周转及摊销”和“定额人工、材料、设备单价表”。

预算定额的附录是预算定额所特有的，是编制定额的基本数据，也是编制补充定额的依据，同时还是定额抽换的依据。预算定额附录同样适用于概算定额。

2. 定额的编号

在编制概预算文件时，在计算表格中均要列出所用的定额表号。按 [章 - 表 - 栏] 三符号法，如《预算定额》中浆砌片石基础的定额号为 [4-5-2-1]。这种编号方法适用于计算机编制概、预算文件，是目前最常使用的方法。

定额编号在概、预算文件中十分重要。

(1) 它保证复核、审查人员利用编号快速查找，核对所用定额的准确性。

(2) 对如此繁多的工程细目的工作内容以编号形式建立一一对应的模式，便于计算机处理及修编定额人员的统计工作。

(3) 在概、预算文件的 21-2 表中，“定额表号”一栏应填上对应的定额细目代号。

3. 定额的运用步骤

所谓运用定额，就是平时所说的“查定额”，是根据编制概、预算的具体条件和目的，查找需要的、正确的定额的过程。为了正确地运用定额，首先，应熟练地掌握定额；其次，应收集并熟悉交通运输部及地方交通运输主管部门有关定额运用方面的文件和规定。在此前提下，运用定额的基本步骤如下：

(1) 根据运用定额的目的，确定所用定额的种类（概算定额还是预算定额）。

(2) 根据概（预）算项目表，依次按目、节确定欲查定额的项目名称，再据此在定额目录中找到其所在页次，并找到所需定额表。但要注意核查定额的工作内容、作业方式是否与施工组织设计相符。如人工挖土这项作业，在路基工程中有 1-1-6 表，桥梁工程中有 4-1-1 表等。

(3) 查到定额表后再进行如下步骤：

①确认定额表“工程内容”与设计要求、施工组织要求有无出入，若无出入，则可在表中找到相应的细目，并进一步确定子目（栏号）。

②检查定额表的计量单位与工程项目取定的计量单位是否一致、是否符合规定的工程量计算规则。

③确认定额的总说明、章说明、节说明以及表下的小注是否与所查子目的定额查定有关。若有关，则按照相应规定执行。

④根据设计图纸和施工组织设计检查子目中是否需要抽换的定额，是否允许抽换。若应抽换，则进行具体抽换计算。

⑤依子目各序号确定各项定额值。

(4) 重新按上述步骤复核。

(5) 该项目的细目定额查完后，再查定该项目的另外细目定额，依次完成后，再查其他项目的定额。当对定额运用熟练之后，上列步骤，不必依次进行。

4. 定额运用的要点

(1) 正确选择子目，不重不漏。已知工程项目，查找章、节、表号及栏号时要特别注意栏号可能有两个。当查定额时，首先要鉴别工程项目属于哪类工程，以免盲目随意确定而在表中找不到栏目、无法计算或错误引用定额。例如“汽车运土”与“汽车运输”（构件运输）就是如此，前者为路基工程，而后者为材料运输。

(2) 认真核对工程内容，防止漏列或重列。

(3) 子目名称简练直观，尤其在修改子目名称时。

(4) 看清工程量计量单位，特别在抽换、增量计算时更应注意。

(5) 详细阅读总说明、章节说明及小注。

(6) 设计图纸要求和定额子目或序号是否一致，特别是在抽换、增量计算时更应注意。

(7) 施工方法要根据施工组织设计及现场条件来确定。

(8) 特别注意对附属工程定额的查找、补充。

(二) 定额的套用

如果设计图的要求、工作内容及确定的工程项目完全与相应定额的内容符合，可直接套用一条定额。如果按设计图的要求、工作内容及确定的工程项目不完全与相应定额的工程项目符合，则不能直接套用某条定额，这些工艺流程应将几个定额联合起来组合套用。

【例 2-2-6】确定人工挖运普通土运 40m、手推车运输上升 8% 的坡的预算定额。

答：(1) 由《预算定额》目录可知该定额表号为 [1-1-6]。

(2) 确定定额号为 [1-1-6-2]，辅助定额号为 [1-1-6-4]。

(3) 该定额小注 4 规定：如遇升降坡时，除按水平运距计算运距外，还应按坡度不同需增加运距，重新计算运距为 $40+40 \times 8\% \times 15=88$ (m)，具体规定见《预算定额》第 10 页。

(4) 路基土、石方工程的节说明第 5 条规定：当运距超过第一个定额运距单位时，其运距尾数不足一个增运定额单位的半数时不计，等于或超过半数时按一个增运定额运距单位计算，具体规定见《预算定额》第 2 页。一个定额运距单位为 20m，一个定额增运单位为 10m，运距 88m 即为 1 个定额运距单位，加上 7 个定额增运单位。

(5) 计算定额值：

人工： $145.5+5.9 \times 7=186.8$ (工日 /1000m³)

基价： $15464+627 \times 7=19853$ (元)

(三) 定额的抽换

定额是按一般正常合理的施工组织 and 施工条件编制的，定额中所采用的施工方法和工程质量标准，主要是根据国家现行公路工程施工技术及验收规范、质量评定标准及安全操作规程取定的。在以下几种情况下，允许对定额中某些项目进行抽换，使定额的使用更符合实际情况。

(1) 就地浇筑钢筋混凝土梁用的支架及拱圈用的拱盔、支架，如确因施工安排达不到规定的周转次数，可根据具体情况进行换算并按规定计算回收。

(2) 在使用预算定额时，路面基层材料、混凝土、砂浆的配合比与定额不相符时，以及水泥等级强度与定额中的水泥等级强度不同时，可按预算定额附录二的基本定额中的混凝土、砂浆配合比表进行换算。

(3) 钢筋工程中，当设计用 HPB300 钢筋和 HRB400 钢筋的比例与定额比例不同时，可进行换算。

(4) 如施工中必须使用特殊机械时，可按具体情况进行换算。

【例 2-2-7】某三级公路路面基层为水泥、石灰稳定土，设计配比为水泥：石灰：土 = 5：10：85，厚 25cm，采用拖拉机带铧犁沿路拌和，初期洒水养护，洒水用水源运距 4km，确定预算定额。

答：①由《预算定额》目录可知定额表号为 [2-1-6]。

②确定定额号为 [2-1-6-9]，辅助定额号为 [2-1-6-10]。

③该定额节说明 1、2 和章说明 4 规定：如超过定额规定的压实厚度需分层拌和、摊铺、碾压时，拖拉机、平地机、摊铺机和压路机台班数量加倍，每 1000m² 增加 1.5 个工日；当设计配比与定额配比不同时要进行换算。具体规定见《预算定额》第 161、163 页。

④该定额子目中水泥、石灰、土的配比不同于设计配比需进行抽换。

⑤计算定额值：

人工： $12.3 + (25 - 20) \times 0.5 + 1.5 = 16.3$ (工日)

土： $[268.07 + (25 - 20) \times 13.4] \times 85 \div 90 = 316.455$ (m³)

熟石灰： $[14.943 + (25 - 20) \times 0.747] \times 10 \div 4 = 46.695$ (t)

32.5 级水泥： $[20.392 + (25 - 20) \times 1.02] \times 5 \div 6 = 21.243$ (t)

其他材料费：301 (元)

设备摊销费： $2.1 + (25 - 20) \times 0.1 = 2.6$ (元)

120kW 以内自行式平地机： $0.3 \times 2 = 0.6$ (台班)

75kW 以内履带式拖拉机： $0.18 \times 2 = 0.36$ (台班)

12~15t 光轮压路机： $0.25 \times 2 = 0.50$ (台班)

18~21t 光轮压路机： $0.80 \times 2 = 1.60$ (台班)

10000L 以内洒水汽车： $0.33 + (25 - 20) \times 0.02 = 0.43$ (台班)

基价： $16.3 \times 106.28 + 316.455 \times 9.71 + 46.695 \times 276.7 + 21.243 \times 307.69 + 301 \times 1 + 2.6 \times 1 + 0.6 \times 1188.74 + 0.36 \times 654.89 + 0.5 \times 587.09 + 1.6 \times 752.09 + 0.43 \times 1104.87 = 27487$ (元)

(四) 定额的补充

随着科学技术的发展，新结构、新工艺、新材料、新设备在公路工程上广泛使用。但是，定额的制定必须要有一定的周期，在新定额未颁布以前，为了合理、正确地反映工程造价和经济效益，在现使用的概、预算定额基础上，又编制有部颁的补充定额、地区补充定额和个别工程项目的一次性补充定额等。在查用现行定额时，应注意定额表左上方的“工程内容”所包含的项目与实际工程项目是否完全一致，结构形式、施工工艺是否相同。要正确选用补充定额，做到定额使用不重不漏。

第三节 投资估算及概、预算的编制

公路工程投资估算是公路建设项目建议书和可行性研究报告的重要组成部分，是建设项目经济评价中支出费用的关键部分。按照现行项目建议书和可行性研究报告审批的要求，可行性研究报告投资估算是编制两阶段初步设计概算或一阶段设计施工图预算的限制条件。所以初步设计概算的编制，应严格控制在投资估算的允许范围内，设计概算一经批准即为建设项目投资的最高限额，一般情况下不得随意突破。因此投资估算的准确与否不仅影响到建设前期的投资决策，而且也直接关系到下一阶段设计概算、施工图预算的编制及项目建设期的造价管理和控制。

设计概算或修正概算是初步设计文件或技术设计文件的重要组成部分。设计概算或修正概算应根据交通运输部现行《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018 和《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 等有关文件进行编制，应严格控制在批准的建设项目可行性研究报告投资估算允许幅度范围内。编制概算或修正概算，应全面了解工程所在地的建设条件，掌握各项基础资料，正确引用规定的定额、取费标准、人工单价和材料设备价格进行编制，使概算能完整、准确地反映设计内容。

施工图预算是施工图设计文件的重要组成部分，是按国家颁布的《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 和《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 及有关文件编制的工程造价文件。施工图预算应控制在已批准的概算（或修正概算）范围之内。

各阶段造价文件的编制要严格执行国家的方针政策和有关规定，符合公路设计、施工技术规范。

一、投资估算与概、预算的区别与联系

（一）投资估算与概、预算的区别

1. 编制时间先后不同

公路工程投资估算、概算、预算的编制先后时间次序为项目建议书投资估算、可行性研究报告投资估算、设计概算、施工图预算。

2. 研究工作深度不同

按照公路工程基本建设项目设计文件编制办法的规定，项目建议书投资估算工程量一般按公路等级及技术标准、地形条件进行估测而得出，较为粗略。

可行性研究报告投资估算的工程量是经过现场踏勘、调查计算得出，有明确的工程方案，将工程项目及工程细目分解得更具体。

设计概算工程量需要经过现场测量、地质勘探，按相应的建设规模、技术标准、建筑结构等进行计算，比可行性研究报告的工程量计算更深入。

施工图设计阶段需要进行详细的结构设计和更深入的现场测量、调查，工程量计算也更具体、更准确、更详细。项目建议书、可行性研究报告、初步设计、施工图设计的研究工作深度逐渐加深，层次递进，工程量计算一步比一步深入、细致。

3. 文件作用不同

项目建议书投资估算是项目主管部门审批项目建议书的依据之一，并对项目的规划和规模起参考作用，也是能否继续进行下阶段即工程可行性研究阶段的可行性研究报告投资估算文件编制的主要依据。

可行性研究报告投资估算是一个工程项目在整个研究阶段中，最后评判该项目是否进入实施阶段的决定性依据。同时，可行性研究报告投资估算也是帮助选定最优方案、分析工程经济效益的依据。

设计概算是确定建设项目投资的依据，是编制建设项目计划、签订建设项目总包合同、实行建设项目包干、控制预算、考核设计经济合理性和建设成本的依据。

施工图预算是控制项目投资的依据，施工图预算要在初步设计概算所确定下来的建设规模、技术标准、建筑结构、施工方案的范围进行编制，不能突破已批准的概算。

4. 采用的计价依据不同

项目建议书投资估算与可行性研究报告投资估算采用的主要计价依据是现行《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 和《公路工程估算指标》JTG/T 3821—2018。

设计概算采用的主要计价依据是现行《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018 和《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018。

施工图预算采用的主要计价依据是现行《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 和《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018。

（二）投资估算与概、预算的联系

尽管存在前述几个方面的不同之处，但它们之间相互联系，是统一的整体。投资估算与概、预算之间是不能相互分割的。其联系体现在以下几点：

1. 估算与概、预算的要素费用及成果文件体现形式的系统性

从费用计算上看，投资估算与概、预算虽然存在计算详略的差别，但估算与概、预算均是公路工程造价体系的组成部分，其要素费用项目及成果文件体现形式均应符合相应的编制办法、《公路工程项目造价文件管理导则》JTG 3810—2017 等有关规定。

2. 估算文件与概算、预算文件的承递性

项目建议书及对应的投资估算经批复后，可行性研究报告对项目可行性进行更深入的评价。两阶段设计的建设项目，可行性研究报告及对应的投资估算批复后，可进入初步设计阶段，进行设计概算的编制。初步设计文件及设计概算批复后，可进入施工图设计阶段，进行施工预算的编制。这样才能保证公路工程造价文件的完整性、延续性和系统性，既相对独立又相互印证。

二、估算与概算、预算文件的组成

估算与概算、预算文件应由封面、扉页、目录、编制说明及全部计算表格组成。

（一）封面、扉页及目录

投资估算文件的封面及扉页应按现行《公路建设项目可行性研究报告编制办法》的规定制作。扉页的次页和目录应按《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 的附录 A 规定制作。

概、预算文件的封面和扉页应按《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》中的规定制作。扉页的次页和目录应按《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 A 的规定制作。

（二）投资估算与概算、预算编制说明

投资估算与概、预算编制完成后，应编写编制说明，文字力求简明扼要。编制说明内容应包括：

（1）建设项目设计文件的依据。如项目建议书、建设项目可行性研究报告、初步设计文件、技术设计文件、施工图设计文件、所采用的工程比选方案以及其他依据性的资料等。

（2）编制范围、工程概况等。

（3）采用的指标、定额、费用标准，人工、材料与设备、施工机械台班单价的依据或来源，新增工艺的单价分析，补充指标及编制依据的详细说明等。

（4）有关的协议书、会谈纪要的主要内容。

（5）投资估算与概算、预算总金额，人工、钢材、水泥、木料、沥青等的总用量。

（6）各设计方案的经济性比较。

（7）项目主要的综合经济技术指标统计，对比分析本阶段与上阶段工程数量、造价的变化情况。

（8）其他有关费用计算项及计价依据的说明。

（9）采用的公路工程造价软件名称及版本号。

（10）其他需要说明的问题。

（三）投资估算与概算、预算计算表格

投资估算与概、预算文件的主要内容和组成部分是估、概、预算计算表格。公路工程估、概、预算应采用统一的估、概、预算计算表格。

估、概、预算计算表格包括基本表格和辅助表格。基本表格包括主要技术经济指标表、要素费用项目前后阶段对比表、总估算表 / 总概算表 / 总预算表、人工 / 材料 / 设备 / 机械数量单价表；辅助表格包括建筑安装工程费计算表、综合费率计算表、综合费计算表、设备费计算表、专项费用计算表、土地使用及拆迁补偿费计算表、工程建设其他费计算表、分项工程估算 / 概（预）算计算数据表、分项工程估算 / 概（预）算表、材料预算单价计算表、自采材料料场价格计算表、材料自办运输单位运费计算表、施工机械台班单价计算表、辅助生产人工 / 材料 / 设施机械台班单位数量表等。

估、概、预算计算表格是一个有机的整体，它们互相联系，共同反映工程造价；估、概、预算的材料和机械台班单价及各项费用的计算都应通过表格反映。各种表格的计算顺序及相互关系，如图 2.3.1 所示。

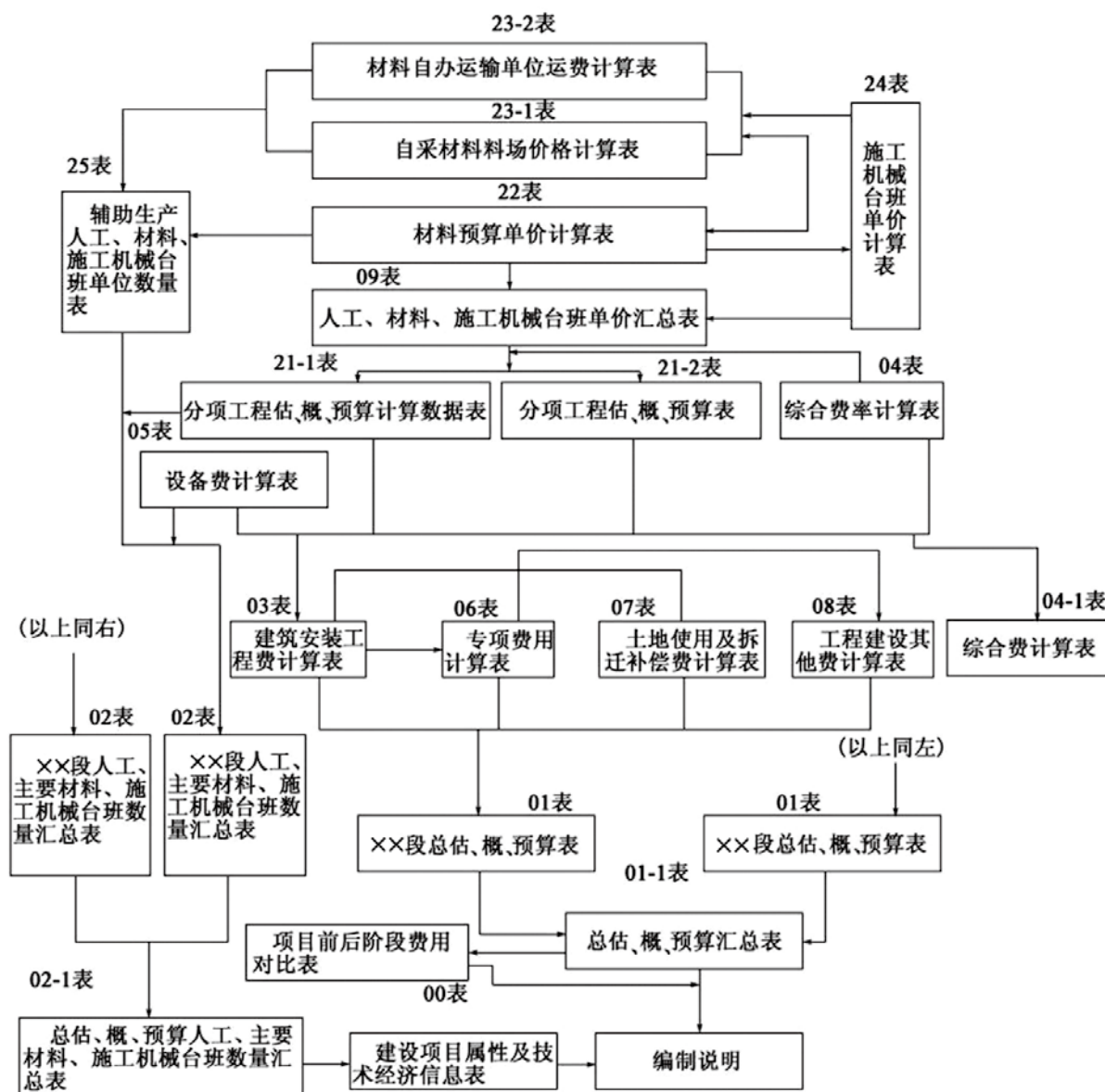


图 2.3.1 各种表格的计算顺序和相互关系

(四) 甲组文件和乙组文件

估、概、预算文件可按不同的需要分为甲、乙组文件。

甲组文件为各项费用计算表；乙组文件为建筑安装工程费各项基础数据计算表。甲、乙组文件应按现行《公路建设项目可行性研究报告编制办法》《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》关于设计文件报送份数要求，随设计文件一并报送，并同时提交可计算的造价电子数据文件和新工艺单价分析的详细资料。

乙组文件中的“分项工程估、概、预算表”（21-2表）可只提交电子版，或按需要提交纸质版。

估、概、预算应按一个建设项目〔如一条路线或一座独立大（中）桥、隧道〕进行编制。当一个建设项目需要分段或分部编制时，应根据需要分别编制，但必须汇总编制“总估、概、预算汇总表”或“总

概（预）算汇总表”。

甲、乙组文件包括的内容如图 2.3.2 所示。

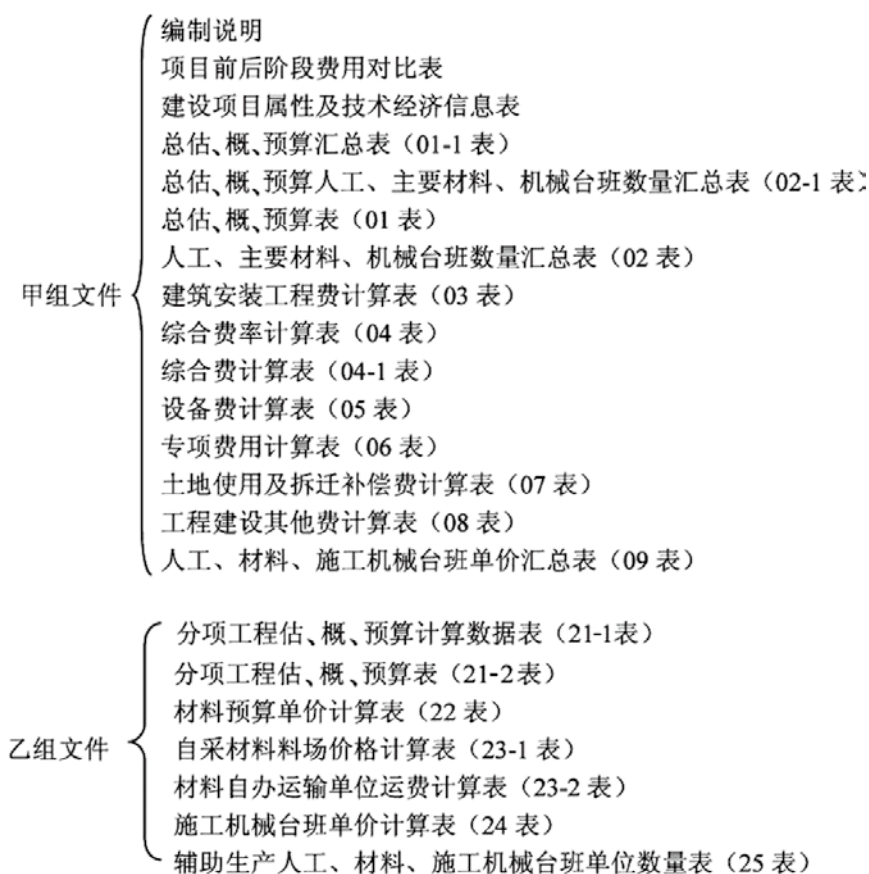


图 2.3.2 甲、乙组文件构成图

三、估算与概、预算项目及编码规则

建筑安装工程是由相当数量的分项工程组成的庞大复杂的综合体，直接计算出它的全部人工、材料和机械台班的消耗量及价值，是一项极为困难的工作。为了准确无误地计算和确定建筑安装工程的造价，应对公路基本建设项目的工程内容进行科学地分析与分解，使之有利于公路工程估、概、预算的编审，以及公路基本建设的计划、统计、会计和基建拨款贷款等各方面管理，编制估、概、预算项目时不重不漏。因此，必须对估、概、预算项目的划分、排列顺序及内容作出统一规定，这就形成了公路工程估算项目表、概算预算项目表，具体见《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 的附录 B 和《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 的附录 B。

估、概、预算项目应按《公路工程项目投资估算编制办法》和《公路工程项目概算预算编制办法》附录 B 项目表的序列及内容编制。当实际出现的工程和费用项目与上述项目表的内容不完全相符时，第一、第二、第三、第四、第五部分和“项”的序号、内容应保留不变，项目表中的“项”以下的分项在引用时应保持序号、内容不变，缺少的分项内容可随需要就近增加，并按项目表的顺序以实际出现的级别依次排列，不保留缺少的“项”以下的项目序号。即“目”“节”“细目”及“细目”

分级可随需要增减，并按项目表的顺序以实际出现的“目”“节”“细目”及“细目”分级依次排列，不保留缺少的“目”“节”及“细目”的序号。如第一部分费用的第五项为隧道工程，第六项为交叉工程，若无隧道工程项目，但其序号仍保留，交叉工程仍为第六项。但如“目”“节”及“细目”发生这样的情况时，可依次递补改变序号。

公路工程估、概、预算项目主要包括以下内容：

第一部分 建筑安装工程费

第一项 临时工程

第二项 路基工程

第三项 路面工程

第四项 桥梁涵洞工程

第五项 隧道工程

第六项 交叉工程

第七项 交通工程及沿线设施

第八项 绿化及环境保护工程

第九项 其他工程

第十项 专项费用

1. 施工场地建设费

2. 安全生产费

第二部分 土地使用及拆迁补偿费

第三部分 工程建设其他费用

第四部分 预备费

第五部分 建设期贷款利息

分项编号采用部（1位数）、项（2位数）、目（2位数）、节（2位数）、细目（2位数）组成，以部、项、目、节、细目等依次逐层展开。例如：1010201，表示第一部分费用（1）中的第一项（01）临时工程的第二目（02）临时便桥、便涵的第一节（01）临时便桥；又如LM010301，LM表示第一部分费用的第三项路面工程，LM后面的010301依次表示目、节及细目，即表示路面工程的沥青混凝土路面（目01）中的路面基层（节03）的石灰稳定类基层（细目01），然后按厚度进行分级，分项编号具体见《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018的附录B和《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018的附录B。

四、估算与概、预算费用组成

根据交通运输部《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018及《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018的规定，公路工程估算、概算、预算费用由建筑安装工程费、土地使用及拆迁补偿费、工程建设其他费、预备费、建设期贷款利息共五大部分费用组成。估算、概（预）算的费用组成如图2.3.3所示。

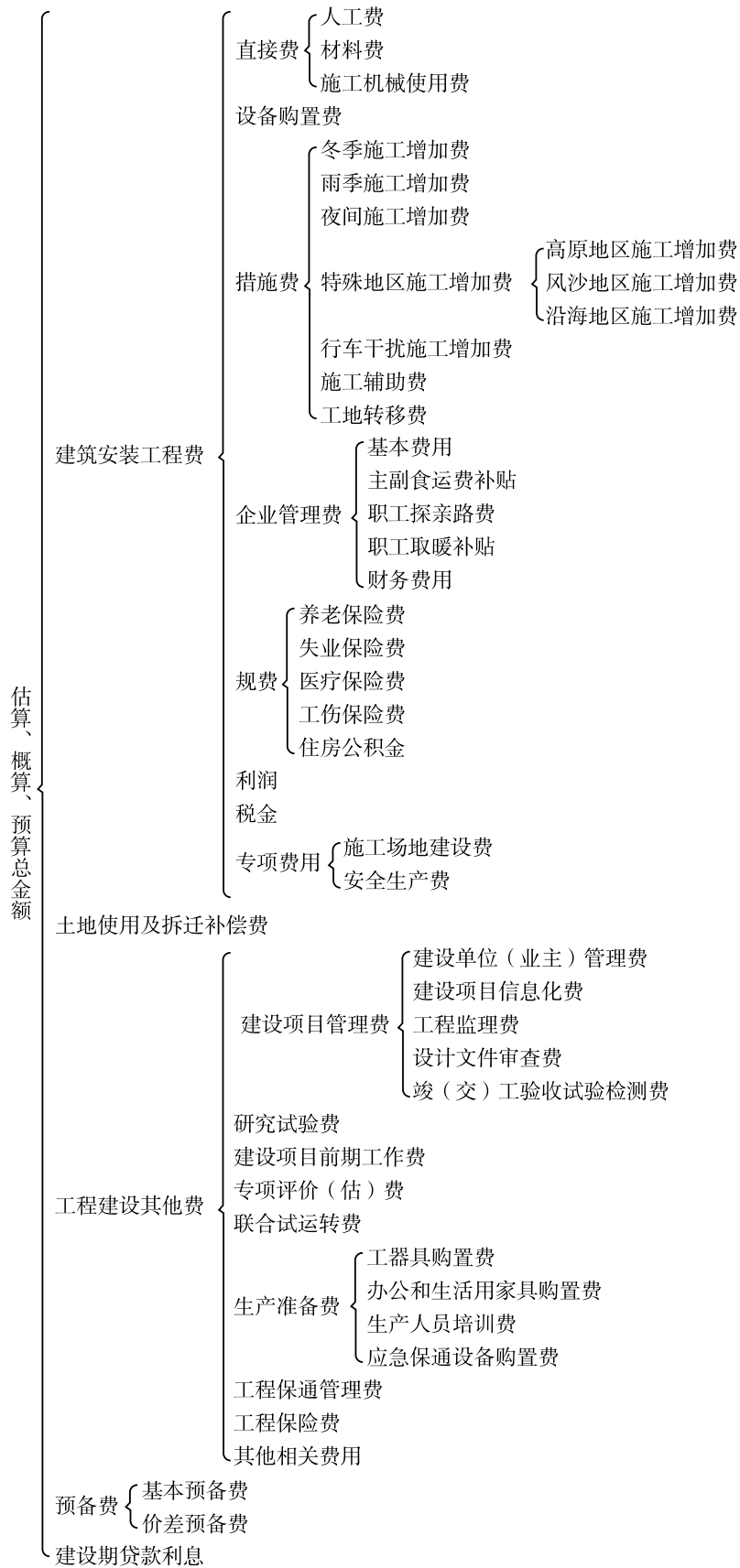


图 2.3.3 估算、概（预）算费用组成图

五、估算与概算、预算费用的计算

(一) 建筑安装工程费的计算

建筑安装工程费用包括直接费、设备购置费、措施费、企业管理费、规费、利润、税金、专项费用。建筑安装工程费除专项费用外，其他费用均按“价税分离”计价规则计算，即各项费用均以不含增值税可抵扣进项税额的价格（费率）进行计算，具体要素价格适用增值税税率执行财税部门的相关规定。定额建筑安装工程费用包括定额直接费、定额设备购置费的40%、措施费、企业管理费、规费、利润、税金、专项费用，定额直接费包括定额人工费、定额材料费、定额施工机械使用费。

定额人工费、定额材料费、定额施工机械使用费以及定额设备费均按《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018附录四“定额人工、材料、设备单价表”及《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018中规定的人工、材料、设备、机械的相应基价计算的定额费用计取。

1. 直接费计算

直接费是指施工过程中耗费的构成工程实体和有助于工程形成的各项费用，包括人工费、材料费、施工机械使用费。

(1) 人工费计算：人工费是指列入估算指标、概（预）算定额的直接从事建筑安装工程施工作业的生产工人开支的各项费用。但材料采购及保管人员、驾驶施工机械、运输工具的工人，材料到达工地以前的搬运、装卸工人等人员的工资以及由企业管理费（施工管理）支付人员的工资，不应计入人工费。

①人工费费用包括：

a. 计时工资或计件工资。指按计时工资标准和工作时间或对已做工作按计件单价支付给个人的劳动报酬。

b. 津贴、补贴。指为了补偿职工特殊或额外的劳动消耗和因其他特殊原因支付给个人的津贴，以及为了保证职工工资水平不受物价影响支付给个人的物价补贴。如流动工资津贴、特殊地区施工津贴、高温（寒）作业临时津贴、高空津贴等。

c. 特殊情况下支付的工资。指根据国家法律、法规和政策规定，因病、工伤、产假、计划生育假、婚丧假、事假、探亲假、定期休假、停工学习、执行国家或社会义务等原因按计时工资标准或计件工资标准的一定比例支付的工资。

②人工费费用计算：

人工费以估算指标、概（预）算定额人工工日数乘以综合工日单价计算，按式（2.3.1）计算：

$$\text{人工费} = \sum (\text{分项工程数量} \times \text{相应项目指标、定额单位工日数} \times \text{综合工日单价}) \quad (2.3.1)$$

上式各项内容的规定和计算如下：

a. 分项工程数量。由设计图纸按工程量计算规则计得的指标、定额单位工程数量。

b. 相应项目指标、定额单位工日数。指完成一定数量单位的分项工程量（如：10m³实体、1t钢筋、1000m²路面）定额规定所需人工工日，由指标、定额可直接查得。如《预算定额》规定完成10m³的预制圆管涵（管径1.0m以内）混凝土实体需用工43.7工日。

c. 综合工日单价。人工费标准按照本地区公路建设项目的人工工资统计情况以及公路建设劳务市场情况进行综合分析、确定人工工日单价。人工工日单价由省级交通运输主管部门制定发布，并适时进行动态调整。人工工日单价仅作为编制估、概、预算的依据，不作为施工企业实发工资的依据。

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）相关规定：高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制人工工日单价为101.54元/工日，二级及以下公路建设项目估、概、预算编制人工工日单价为90.18元/工日。人工工日单价由云南省交通运输厅根据工资标准的变化适时调整发布，该人工工日单价仅作为编制工程估、概、预算的依据，不作为施

工企业实发工资的依据。

d. 计算各分项工程的人工费和汇总得出项目人工费。

将各分项工程的工程数量及指标、定额人工工日数算出，按综合工日单价即可算出各分项工程的人工费，然后按式（2.3.1）可得人工费。

（2）材料费计算：材料费是指施工过程中耗用的构成工程实体的原材料、辅助材料、构配件、零件、半成品或成品等，按工程所在地的材料价格计算的费用。

材料费在建筑安装工程中占主要地位，其比重达40%~60%，因此，准确计算材料费对提升估、概、预算工作质量有巨大意义，按式（2.3.2）计算。

材料费 = Σ （分项工程数量 × 相应项目指标、定额单位材料消耗量 × 材料预算价格）（2.3.2）

式（2.3.2）中分项工程数量同前，定额材料消耗量由指标、定额查得。只是要注意，任何一个分项工程的材料消耗的种类、品质都有差别，各种材料的种类、品质要求由设计规定。就造价人员而言，关键是材料预算价格的计算。

材料预算价格由材料原价、运杂费、场外运输损耗、采购及保管费组成。材料预算价格按照式（2.3.3）计算。

材料预算价格 =（材料原价 + 运杂费）×（1+ 场外运输损耗率）×（1+ 采购及保管费率）- 包装品回收价值（2.3.3）

上式中各项内容的规定与计算如下：

①材料原价：各种材料原价按以下规定计算：

a. 外购材料：外购材料价格参照本行政区域内交通运输主管部门发布的价格或按调查的市场价格进行综合取定。

b. 自采材料：自采的砂、石、黏土等，按定额中开采单价并加辅助生产间接费和矿产资源税（如有）计算。在概、预算编制工作中，应通过“自采材料料场价格计算表”（23-1表）进行计算。

c. 辅助生产间接费是指由施工单位自行开采加工的砂、石等自采材料及施工单位自办的人工、机械装卸和运输的间接费。辅助生产间接费按定额人工费的3%计，该项费用并入材料预算单价内构成材料费，不直接出现在估、概、预算中。

高原地区施工单位的辅助生产，可按高原地区施工增加费费率，以定额人工费与定额施工机械费之和为基数计算高原地区施工增加费（其中：人工采集、加工材料、人工装卸、运输材料按土方费率计算；机械采集、加工材料按石方费率计算；机械装卸、运输材料按运输费率计算）。辅助生产高原地区施工增加费不作为辅助生产间接费计算基数。

d. 材料供应价格是材料预算价格最主要的组成部分，应进行仔细地调查和分析，按实计取。

【例2-3-1】已知碎石已筛分，碎石机的装料口径为250mm×400mm，碎石的粒径为4cm，人工单价为120元/工日，开采片石的预算单价为65元/m³，400mm×250mm电动颚式碎石机的台班单价为178.50元/台班，滚筒式筛分机的台班单价为150.80元/台班。计算机械轧碎石的料场单价。

答：查《预算定额》第1153页定额[8-1-7-14]，可得生产加工100m³堆方的碎石需要消耗人工30.2工日，开采片石114.9m³，250mm×400mm电动颚式碎石机3.42台班，滚筒式筛分机3.48台班。查《预算定额》附录四可知定额人工单价为106.28元/工日，所以加工生产100m³的碎石料场单价为：

人工费：30.2×120=3624（元）

辅助生产间接费：30.2×106.28×3%=96.29（元）

材料费：开采片石114.9×65=7468.50（元）

机械费：碎石机3.42×178.50=610.47（元）

筛分机：3.48×150.80=524.79（元）

碎石的料场单价：（3624+96.29+7468.50+610.47+524.79）÷100=123.24（元/m³）

②运杂费：运杂费是指材料自供应地点至工地仓库（施工地点存放材料的地方）的费用，包括装卸费、运费，如果发生，还应计囤存费及其他杂费（如过磅、标签、支撑加固、路桥通行等费用）。

材料运杂费在材料预算价格中占有很大的比重，其运输费用高与低，与材料供应地和运输方式的选择有密切关系。材料供应地一经确定，运输方式、运距也随之确定。材料供应地的选择要综合考虑可供量、供应价格、运输条件及运距长短等因素，进行经济比较后确定，以达到降低材料预算价格和工程造价的目的。

材料运杂费的计算如下：

a. 通过铁路、水路和公路运输的材料，按调查的市场运价计算运费。

a-1) 铁路运杂费的计算：一般应考虑装卸费、调车费、运费及其他杂费等。

a-2) 一种材料有两个以上的供应点时，应根据不同的运距、运量、运价采用加权平均的方法计算运费。由于估算指标、概（预）算定额中已考虑了工地运输便道的特点，以及定额中已计入了“工地小搬运”的费用，因此汽车运输平均运距中不得乘调整系数，也不得在工地仓库或堆料场之外再加场内运距或二次倒运的运距。

a-3) 有容器或包装的材料及长大轻浮材料，应按表 2.3.1 规定的毛质量计算。桶装沥青、汽油、柴油按每吨摊销一个旧汽油桶计算包装费（不计回收）。

表 2.3.1 材料毛质量系数及单位毛质量表

材料名称	单位	毛质量系数 (%)	单位毛质量
爆破材料	t	1.35	—
水泥、块状沥青	t	1.01	—
铁钉、铁件、焊条	t	1.10	—
液体沥青、液体燃料、水	t	桶装 1.17, 油罐车装 1.00	—
木料	m ³	—	原木 0.750t, 锯材 0.650t
草袋	个	—	0.004t

b. 材料运杂费的计算，是通过材料预算单价计算表进行。

【例 2-3-2】汽车运原木，运距 50km，经调查汽车运输的市场运价为 0.7 元 / (t · km)，装卸费为 5 元 / t，捆绑等杂费 3 元 / t，求运杂费。

答：由表 2.3.1 可知原木的单位毛质量为 0.750t。由此可得到运每 m³ 原木的运杂费为：

$$(50 \times 0.7 + 5 + 3) \times 0.75 = 32.25 \text{ (元 / m}^3\text{)}$$

【例 2-3-3】人力手推车运砂、人力装卸，平均运距 100m。按《预算定额》第 1166 页，定额 [9-1-2-1] 和 [9-1-2-2] 规定，可知每 100m³ 砂装卸消耗人工数 6.1 工日，推运 10m 消耗人工 0.5 工日，若已知当地人工工日单价为 120 元 / 工日，求运杂费。

答：人工费：(6.1 + 0.5 × 10) × 120 = 1332 (元)

辅助生产间接费：(6.1 + 0.5 × 10) × 106.28 × 3% = 35.39 (元)

人力手推车运砂、人力装卸，平均运距 100m 的运杂费：(1332 + 35.39) ÷ 100 = 13.67 (元 / m³)

③场外运输损耗：有些材料在正常的运输过程中会发生损耗，这部分损耗应摊入材料单价内。材料场外运输损耗率见表 2.3.2，该项费用在 22 表中第 11、12 栏计算。

表 2.3.2 材料场外运输损耗率表 (%)

材 料 名 称	场外运输 (包括一次装卸)	每增加一次装卸
块状沥青	0.5	0.2
石屑、碎砾石、砂砾、煤渣、工业废渣、煤	1.0	0.4
砖、瓦、桶装沥青、石灰、黏土	3.0	1.0
草皮	7.0	3.0
水泥 (袋装、散装)	1.0	0.4
砂	一般地区	2.5
	多风地区	5.0

注：汽车运水泥，当运距超过 500km 时，袋装水泥损耗率增加 0.5 个百分点。

④采购及保管费

a. 材料采购及保管费是指在组织采购、供应和保管材料过程中，所需要的各项费用及工地仓库的材料储存损耗。

b. 材料采购及保管费，以材料的原价加运杂费及场外运输损耗的合计数为基数，乘以材料采购及保管费费率计算。

c. 钢材的采购及保管费费率为 0.75%，燃料、爆破材料为 3.26%，其余材料为 2.06%。商品水泥混凝土、沥青混合料和各类稳定土混合料、外购的构件、成品及半成品的预算价格计算方法与材料相同。商品水泥混凝土、沥青混合料和各类稳定土混合料不计采购及保管费，外购的构件、成品及半成品的采购及保管费费率为 0.42%。

(3) 施工机械使用费计算：施工机械使用费是指列入估算指标、概（预）算定额的工程机械和工程仪器、仪表台班数量，按相应的施工机械台班费用定额计算的施工机械使用费和小型机具使用费，按式 (2.3.4) 计算。

施工机械使用费 = 分项工程数量 × 相应项目指标、定额单位机械台班消耗量 × 机械台班单价 + 小型机具使用费 (2.3.4)

①分项工程数量：依据设计图纸按工程量计算规则计算得到的指标、定额单位工程数量。

②指标、定额机械台班消耗量：依据估算指标、预算定额和概算定额，完成一定数量单位的分项工程指标、定额所规定消耗的机械种类和台班数量。

③机械台班单价：机械台班预算价格应按《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 计算，机械台班单价由不变费用和可变费用组成。

a. 不变费用包括折旧费、检修费、维护费、安拆辅助费等；可变费用包括机上人员人工费、动力燃料费、车船税。

折旧费：指施工机械在规定的耐用总台班内，陆续收回其原值（含智能信息化管理设备费）的费用。

检修费：指施工机械在规定的耐用总台班内，按规定的检修间隔进行必要的检修，以恢复其正常功能所需的费用。

维护费：指施工机械在规定的耐用总台班内，按规定的维护间隔进行各级维护和临时故障排除所需的费用。包括为保障机械正常运转所需替换设备与随机配备工具辅具的摊销费用、机械运转及日常维护所需润滑与擦拭的材料费用及机械停滞期间的维护费用等。

安拆辅助费：指施工机械在现场进行安装与拆卸所需的人工、材料、机械和试运转费用以及机械辅助设施的折旧、搭设、拆除等费用。

人工费：指随机操作人员的工作日工资（包括工资、各类津贴、补贴、辅助工资、劳动保护费等）。

动力燃料费：指机械在运转施工作业中所耗用的电力、固体燃料（煤、木柴）、液体燃料（汽油、柴油、重油）和水等费用。

车船税：指施工机械按照国家、省（自治区、直辖市）规定应缴纳的车船税。

b. 可变费用中的人工工日数及动力物资消耗量，应以《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 中的数值为准。台班人工费工日单价同生产工人人工费单价。根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）相关规定，台班人工费工日单价分别为 101.54 元/工日（高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制）或 90.18 元/工日（二级及以下公路建设项目估、概、预算编制）。动力燃料费用则按材料费的计算规定计算。车船税如需交纳时，应根据《云南省人民政府关于车船税政策管理有关事项的通知》（云政发〔2011〕244号）及国务院有关部门的规定计算。各种机械台班单价通过施工机械台班单价计算表（24表）计算。

④工程仪器仪表使用费是指机电工程施工作业所发生的仪器仪表使用费，以施工仪器仪表台班耗用量乘以施工仪器仪表台班单价计算。工程仪器仪表台班预算价格应按《公路工程机械台班费用定额》（JTG/T 3833—2018）计算。台班人工费工日单价同生产工人人工费单价。动力燃料费用则按材料费的计算规定计算。

当工程用电为自行发电时，电动机械每 kW·h（度）电的单价可按式（2.3.5）计算：

$$A = 0.15 \times K \div N \quad (2.3.5)$$

式中：A——每 kW·h 电单价（元）；

K——发电机组的台班单价（元）；

N——发电机组的总功率（kW）。

⑤小型机具使用费：从指标、定额中查出相应项目定额单位所规定的消耗费用与分项工程数量相乘即可。

（4）定额直接费计算：定额直接费是计算措施费、施工辅助费、企业管理等费用的基数，定额直接费在做初步方案的经济比较时发挥作用，也是评价不同工艺、方法时造价水平的参考依据。

定额直接费是指完成定额规定单位的分项工程量所需消耗的工人费、材料费、机械使用费的合计值。其中人工费、材料费按《预算定额》附录四“定额人工、材料、设备单价表”计算，施工机械使用费按《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 中的定额基价计算。

2. 设备购置费的计算

设备购置费指为满足公路初期运营、管理需要购置的构成固定资产标准的设备和虽低于固定资产标准但属于设计明确列入设备清单的设备费用。包括渡口设备，隧道照明、消防、通风等动力设备，公路收费、监控、通信、路网运行监测、供配电及照明设备等。

（1）项目建议书投资估算：设备购置费按《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 C 规定的费率，以定额建筑安装工程费（不含专项费用及本身）为基数进行计算。

（2）工程可行性研究报告投资估算

①设计能提出设备购置费应列出计划购置的清单，则以数量乘以设备预算价计算。设备购置费包括设备原价、运杂费、运输保险费、采购及保管费，各种税费按编制期有关部门规定计算。需要安装的设备，按建筑安装工程费的有关规定计算设备的安装工程费。设备与材料的划分见《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 D。

②设计不能提出设备购置费应列出计划购置的清单，则按《公路工程估算指标》JTG/T 3821—2018 附录一的设备购置费参考值计算。

（3）初步设计概算、施工图预算

①设备购置费应列出计划购置的清单（包括设备的规格、型号、数量），以设备预算价计入。

②设备购置费包括设备原价、运杂费、运输保险费、采购及保管费，各种税费按编制期有关部门规定计算。

③需要安装的设备，按建筑安装工程费的有关规定计算设备的安装工程费。设备与材料的划分标准见《公路建设工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 C。

3. 措施费计算

措施费包括冬季施工增加费、雨季施工增加费、夜间施工增加费、特殊地区施工增加费、行车干扰工程施工增加费、施工辅助费、工地转移费共 7 项，施工辅助费和其他措施费分别以定额直接费、定额人工费和定额施工机械使用费之和按费率取费计算。措施费还包含辅助生产间接费。

措施费的取费费率需按工程类别来取，包括后面的企业管理费的计算也必须按以下工程类别来取。其工程类别划分，见表 2.3.3。

表 2.3.3 工程类别划分一览表

序号	工程类别	估算	概、预算
1	土方	指人工及机械施工的土方工程及零星工程	指人工及机械施工的土方工程、路基掺灰、路基换填及台背回填
2	石方	指人工及机械施工的石方工程	指人工及机械施工的石方工程
3	运输	指用汽车运送土石方、绿化苗木等工程	指汽车、拖拉机、机动翻斗车、船舶等运送土石方、路面基层和面层混合料、水泥混凝土及预制构件、绿化苗木等工程
4	路面	指路面所有结构层工程、路面零星工程及便道、被交道工程	指路面所有结构层工程、路面附属工程、便道以及特殊路基处理工程（不含特殊路基处理中的圪工构造物）
5	隧道	指隧道土建工程	指隧道土建工程（不含隧道的钢材及钢结构）
6	构造物 I	指排水、防护、特殊路基处理中的圪工构造物、涵洞、互通立交的匝道（不含匝道桥）、交通工程、服务房屋、便桥、便涵、临时码头及其他临时工程	指砍树挖根、拆除工程、排水、防护、特殊路基处理中的圪工构造物、涵洞、交通工程、拌和站（楼）安拆工程、便桥、便涵、临时电力和电信设施、临时轨道、临时码头、绿化工程
7	构造物 II	指小桥、中桥、大桥、特大桥、匝道桥、天桥工程	指小桥、中桥、大桥、特大桥工程
8	构造物 III	指监控、通信、收费、隧道机电、独立大桥等机电设备安装工程	指商品水泥混凝土的浇筑、商品沥青混凝土和各类商品稳定土混合料的铺筑、外购混凝土构件、设备安装工程等
9	技术复杂大桥	指钢管拱桥、斜拉桥、悬索桥、单孔跨径在 120m 以上（含 120m）和基础水深在 10m 以上（含 10m）的大桥主桥部分的基础、下部和上部工程（不含桥梁的钢材及钢结构）	指钢管拱桥、斜拉桥、悬索桥、单孔跨径在 120m 以上（含 120m）和基础水深在 10m 以上（含 10m）的大桥主桥部分的基础、下部和上部工程（不含桥梁的钢材及钢结构）
10	钢材及钢结构	指桥梁斜拉索、钢结构等工程	指所有工程的钢材及钢结构等工程

购买的路基填料、绿化苗木、商品水泥混凝土、商品沥青混凝土和各类稳定土混合料、外购混凝土构件不作为措施费及企业管理费的计算基数。

(1) 冬季施工增加费计算：冬季施工增加费指按照公路工程施工及验收规范所规定的冬季施工要求，为保证工程质量和安全生产所需采取的防寒保温设施、工效降低和机械作业率降低以及技术操作过程的改变等所增加的有关费用。

①冬季施工增加费的内容包括：

- a. 因冬季施工所需增加的一切人工、机械与材料的支出。
- b. 施工机械所需修建的暖棚（包括拆、移），增加其他保温设备购置费用。
- c. 因施工组织设计确定，需增加的一切保温、加温等有关支出。
- d. 清除工作地点的冰雪等与冬季施工有关的其他各项费用。

全国各地的冬季施工气温区划分见《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 E 或《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 D。

②冬季施工增加费计算方法：冬季施工增加费的计算方法根据各类工程的特点，规定各气温区的取费标准。为了简化计算手续，采用全年平均摊销的方法，即不论是否在冬季施工，均按规定的取费标准计取冬季施工增加费。一条路线穿过两个以上的气温区时，可分段计算或按各区的工程量比例求得全线的平均增加率，计算冬季施工增加费。

③冬季施工增加费计算基数及费率：冬季施工增加费以各类工程的定额人工费和定额施工机械使用费之和为基数，按工程所在地的气温区选用表 2.3.4 的费率计算。

表 2.3.4 冬季施工增加费费率表 (%)

工程类别	冬季期平均温度								准一区	准二区
	-1℃以上		-1~-4℃		-4~-7℃	-7~-10℃	-10~14℃	-14℃以下		
	冬一区		冬二区		冬三区	冬四区	冬五区	冬六区		
	I	II	I	II						
土方	0.835	1.301	1.800	2.270	4.288	6.094	9.140	13.720	—	—
石方	0.164	0.266	0.368	0.429	0.859	1.248	1.861	2.801	—	—
运输	0.166	0.25	0.354	0.437	0.832	1.165	1.748	2.643	—	—
路面	0.566	0.842	1.181	1.371	2.449	3.273	4.909	7.364	0.073	0.198
隧道	0.203	0.385	0.548	0.710	1.175	1.52	2.269	3.425	—	—
构造物 I	0.652	0.940	1.265	1.438	2.607	3.527	5.291	7.936	0.115	0.288
构造物 II	0.868	1.240	1.675	1.902	3.452	4.693	7.028	10.542	0.165	0.393
构造物 III	1.616	2.296	3.114	3.523	6.403	8.680	13.020	19.520	0.292	0.721
技术复杂大桥	1.019	1.444	1.975	2.230	4.057	5.479	8.219	12.338	0.170	0.446
钢材及钢结构	0.04	0.101	0.141	0.181	0.301	0.381	0.581	0.861	—	—

注：绿化工程不计冬季施工增加费。

(2) 雨季施工增加费：雨季施工增加费指雨季期间施工为保证工程质量和安全生产所需采取的防雨、排水、防潮和防护措施、工效降低和机械作业率降低以及技术操作过程的改变等，所需增加的有关费用。

①雨季施工增加费的内容

a. 因雨季施工所需增加的工、料、机费用的支出，包括工作效率的降低及易被雨水冲毁的工程所增加的清理坍塌基坑和堵塞排水沟、填补路基边坡冲沟等工作内容。

b. 路基土方工程的开挖和运输，因雨季施工（非土壤中水影响）而引起的黏附工具、降低工效所增加的费用。

c. 因防止雨水必须采取的挖临时排水沟，防止基坑坍塌所需的支撑、挡板等防护措施费用。

d. 材料因受潮、受湿造成的损耗费用。

e. 增加防水、防潮设备的费用。

f. 因河水高涨致使工作困难等其他有关雨季施工所需增加的费用。

全国雨季施工雨量区和雨季期的划分见《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 F 或《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 E。

②雨季施工增加费计算方法：雨季施工增加费的计算方法，是将全国划分为若干雨量区和雨季期，并根据各类工程的特点规定各雨量区及各雨季期的取费标准。为了简化计算手续，采用全年平均摊销的方法，即不论是否在雨季施工，均按规定的取费标准计取雨季施工增加费。一条路线通过不同的雨量区和雨季期时，应分别计算雨季施工增加费或按工程量比例求得的平均增加率，计算全线雨季施工增加费。

③雨季施工增加费计算基数及费率：雨季施工增加费以各类工程的定额人工费和定额施工机械使用费之和为基数，按工程所在地的雨量区、雨季期选用表 2.3.5 的费率计算。

表 2.3.5 雨季施工增加费率表

单位: %

工程类别	雨季期 (月数)																			
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	雨量区							
	I		II		I		II		I		II		I		II		I		II	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	II	II
土方	0.140	0.175	0.245	0.385	0.315	0.455	0.385	0.525	0.455	0.595	0.525	0.700	0.595	0.805	0.665	0.939	0.764	1.114	1.289	1.499
石方	0.105	0.140	0.212	0.349	0.280	0.420	0.349	0.491	0.418	0.563	0.487	0.667	0.555	0.772	0.626	0.876	0.701	1.018	1.194	1.373
运输	0.142	0.178	0.249	0.391	0.320	0.462	0.391	0.568	0.462	0.675	0.533	0.781	0.604	0.888	0.675	0.959	0.781	1.136	1.314	1.527
路面	0.115	0.153	0.230	0.366	0.306	0.480	0.366	0.557	0.425	0.634	0.501	0.710	0.578	0.825	0.654	0.940	0.749	1.093	1.267	1.459
隧道	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
构造物 I	0.098	0.131	0.164	0.262	0.196	0.295	0.229	0.360	0.262	0.426	0.327	0.491	0.393	0.557	0.458	0.622	0.524	0.753	0.884	1.015
构造物 II	0.106	0.141	0.177	0.282	0.247	0.353	0.282	0.424	0.318	0.494	0.388	0.565	0.459	0.636	0.530	0.742	0.600	0.883	1.059	1.201
构造物 III	0.200	0.266	0.366	0.565	0.466	0.699	0.565	0.832	0.665	0.998	0.765	1.164	0.898	1.331	1.031	1.497	1.164	1.730	1.996	2.295
技术复杂大桥	0.109	0.181	0.254	0.363	0.290	0.363	0.363	0.508	0.435	0.580	0.508	0.689	0.580	0.798	0.653	0.907	0.725	1.052	1.233	1.414
钢材及钢结构	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注: 室内和隧道内工程及设备安装工程不计雨季施工增加费。

(3) 夜间施工增加费：夜间施工增加费指根据设计、施工技术规范和合理的施工组织要求，必须在夜间施工或必须昼夜连续施工而发生的夜班补助费、夜间施工降效、施工照明设备摊销及照明用电等费用。夜间施工增加费以夜间施工工程项目的定额人工费与定额施工机械使用费之和为基数，按表 2.3.6 的费率计算。

表 2.3.6 夜间施工增加费费率表

单位：%

工程类别	费率	工程类别	费率
构造物Ⅱ	0.903	构造物Ⅲ	1.702
技术复杂大桥	0.928	钢材及钢结构	0.874

注：设备安装工程及金属标志牌、防撞钢护栏、防眩板（网）、隔离栅、防护网等不计夜间施工增加费。

(4) 特殊地区施工增加费：特殊地区施工增加费包括高原地区施工增加费、风沙地区施工增加费和沿海地区施工增加费三项。

①高原地区施工增加费：高原地区施工增加费是指在海拔 2000m 以上地区施工，由于受气候、气压的影响，致使人工、机械效率降低而增加的费用。一条路线通过两个（含以上）不同的海拔分区时，应分别计算高原地区施工增加费或按工程量比例求得的平均增加率，计算全线高原地区施工增加费。高原地区施工增加费以各类工程的定额人工费与定额施工机械使用费之和为基数，按表 2.3.7 的费率计算。

表 2.3.7 高原地区施工增加费费率表

单位：%

工程类别	海拔						
	2001~2500m	2501~3000m	3001~3500m	3501~4000m	4001~4500m	4501~5000m	5000m 以上
土方	13.295	19.709	27.455	38.875	53.102	70.162	91.853
石方	13.711	20.358	29.025	41.435	56.875	75.358	100.223
运输	13.288	19.666	26.575	37.205	50.493	66.438	85.040
路面	14.572	21.618	30.689	45.032	59.615	79.500	102.640
隧道	13.364	19.850	28.490	40.767	56.037	74.302	99.259
构造物Ⅰ	12.799	19.051	27.989	40.356	55.723	74.098	95.521
构造物Ⅱ	13.622	20.244	29.082	41.617	57.214	75.874	101.408
构造物Ⅲ	12.786	18.985	27.054	38.616	53.004	70.217	93.371
技术复杂大桥	13.912	20.645	29.257	41.670	57.134	75.640	100.205
钢材及钢结构	13.204	19.622	28.269	40.492	55.699	73.891	98.930

②风沙地区施工增加费：风沙地区施工增加费是指在沙漠地区施工时，由于受风沙影响，按照施工及验收规范的要求，为保证工程质量和安全生产而增加的有关费用。内容包括防风、防沙及气候影响的措施费，人工、机械效率降低增加的费用，以及积沙、风蚀的清理修复等费用。

全国风沙地区公路施工区划见《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 G 或《公

路工程建设项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 F。当地气象资料及自然特征与附录 F 中的风沙地区划分有较大出入时，由项目所在地省级交通主管部门按当地气象资料和自然特征及上述标准确定工程所在地的风沙区划。

一条路线穿过两个以上不同的风沙区时，按路线长度经过不同的风沙区加权计算项目全线风沙地区施工增加费。风沙地区施工增加费以各类工程的定额人工费与定额施工机械使用费之和为基数，根据工程所在地的风沙区划及类别，按表 2.3.8 的费率计算。

表 2.3.8 风沙地区施工增加费费率表

单位：%

工程类别	风沙一区			风沙二区			风沙三区		
	沙漠类型								
	固定	半固定	流动	固定	半固定	流动	固定	半固定	流动
土方	4.558	8.056	13.674	5.618	12.614	23.426	8.056	17.331	27.507
石方	0.745	1.490	2.981	1.014	2.236	3.959	1.490	3.726	5.216
运输	4.304	8.608	13.988	5.380	12.912	19.368	8.608	18.292	27.976
路面	1.364	2.727	4.932	2.205	4.932	7.567	3.365	7.137	11.025
隧道	0.261	0.522	1.043	0.355	0.783	1.386	0.522	1.304	1.826
构造物 I	3.968	6.944	11.904	4.960	10.912	16.864	6.944	15.872	23.808
构造物 II	3.254	5.694	9.761	4.067	8.948	13.828	5.694	13.015	19.523
构造物 III	2.976	5.208	8.928	3.720	8.184	12.648	5.208	11.904	17.226
技术复杂大桥	2.778	4.861	8.333	3.472	7.638	11.805	8.861	11.110	16.077
钢材及钢结构	1.035	2.070	4.140	1.409	3.105	5.498	2.070	5.175	7.245

③沿海地区施工增加费：沿海地区施工增加费是指工程项目在沿海地区受海风、海浪和潮汐的影响，致使人工、机械效率降低等所需增加的费用。本项费用，由沿海各省份省级交通主管部门制定具体的适用范围（地区）。沿海地区工程施工增加费以各类工程的定额人工费与定额施工机械使用费之和为基数，按表 2.3.9 的费率计算。

表 2.3.9 沿海地区施工增加费费率表

单位：%

工程类别	费率	工程类别	费率
构造物 II	0.207	构造物 III	0.195
技术复杂大桥	0.212	钢材及钢结构	0.200

注：a. 表中的构造物 III 指桥梁工程所用的商品水泥混凝土浇筑及混凝土构件的安装。

b. 表中的钢材及钢结构是指桥梁工程所用的钢材及钢结构。

(5) 行车干扰工程施工增加费：行车干扰工程施工增加费是指由于边施工边维持通车，受行车干扰的影响，致使人工、机械效率降低而增加的费用。该费用以受行车影响部分的工程项目的定额人工费和定额施工机械使用费之和为基数，按表 2.3.10 所规定的费率计算。

表 2.3.10 行车干扰工程施工增加费率表

单位：%

工程类别	施工期间平均每昼夜双向行车次数（机动车、非机动车合计）（次）							
	51~100	101~500	501~1000	1001~2000	2001~3000	3001~4000	4001~5000	5000 以上
土方	1.499	2.343	3.194	4.118	4.775	5.314	5.885	6.468
石方	1.279	1.881	2.618	3.479	4.035	4.492	4.973	5.462
运输	1.451	2.230	3.041	4.001	4.641	5.164	5.719	6.285
路面	1.390	2.098	2.802	3.487	4.046	4.496	4.987	5.475
隧道	—	—	—	—	—	—	—	—
构造物 I	0.924	1.386	1.858	2.320	2.693	2.988	3.313	3.647
构造物 II	1.007	1.516	2.014	2.512	2.915	3.244	3.593	3.943
构造物 III	0.948	1.417	1.896	2.365	2.745	3.044	3.373	3.713
技术复杂大桥	—	—	—	—	—	—	—	—
钢材及钢结构	—	—	—	—	—	—	—	—

注：新建工程、中断交通进行封闭施工或为保证交通正常通行而修建保通便道的改（扩）建工程，不计行车干扰施工增加费。

（6）施工辅助费：施工辅助费包括生产工具用具使用费、检验试验费和工程定位复测、工程点交、场地清理等费用。

生产工具用具使用费指施工所需不属于固定资产的生产工具、检验、试验用具及仪器、仪表等的购置、摊销和维修费，以及支付给生产工人自备工具的补贴费。

检验试验费指施工企业对建筑材料、构件和建筑安装工程进行一般鉴定、检查所发生的费用，包括自设试验室进行试验所耗用的材料和化学药品的费用，以及技术革新和研究试验费，不包括新结构、新材料的试验费和建设单位要求对具有出厂合格证明的材料进行检验、对构件进行破坏性试验及其他特殊要求检验的费用。

高填方和软基沉降监测、高边坡稳定监测、桥梁施工监测、隧道施工监控量测、超期地质预报等施工监测费含在施工辅助费中，不得另行计算。

施工辅助费以各类工程的定额直接费为基数，按表 2.3.11 的费率计算。

表 2.3.11 施工辅助费费率表

单位：%

工程类别	费率	工程类别	费率
土方	0.521	构造物 I	1.201
石方	0.470	构造物 II	1.537
运输	0.154	构造物 III	2.729
路面	0.818	技术复杂大桥	1.677
隧道	1.195	钢材及钢结构	0.564

(7) 工地转移费：工地转移费是指施工企业迁至新工地的搬迁费用，其内容包括：

① 施工单位职工及随职工迁移的家属向新工地转移的车费、家具行李运费、途中住宿费、行程补助费、杂费等。

② 公物、工具、施工设备器材、施工机械的运杂费，以及外租机械的往返费及施工机械、设备、公物、工具的转移费等。

③ 非固定工人进退场的费用。

工地转移费以及各类工程的定额人工费和定额施工机械使用费之和为基数，按表 2.3.12 的费率计算。

表 2.3.12 工地转移费率表

单位：%

工程类别	工地转移距离 (km)					
	50	100	300	500	1000	每增加 100
土方	0.224	0.301	0.470	0.614	0.815	0.036
石方	0.176	0.212	0.363	0.476	0.628	0.030
运输	0.157	0.203	0.315	0.416	0.543	0.025
路面	0.321	0.435	0.682	0.891	1.191	0.062
隧道	0.257	0.351	0.549	0.717	0.959	0.049
构造物 I	0.262	0.351	0.552	0.720	0.963	0.051
构造物 II	0.333	0.449	0.706	0.923	1.236	0.066
构造物 III	0.622	0.841	1.316	1.720	2.304	0.119
技术复杂大桥	0.389	0.523	0.818	1.067	1.430	0.073
钢材及钢结构	0.351	0.473	0.737	0.961	1.288	0.063

④ 高速公路、一级公路及独立大桥、独立隧道项目转移距离按省级人民政府所在城市至工地的里程计算；二级及二级以下公路项目转移距离按地级城市所在地至工地的里程计算。

⑤ 工地转移里程数在表列里程之间时，费率可内插计算。工地转移距离在 50km 以内的工程按 50km 计算。

(8) 辅助生产间接费：辅助生产间接费是指由施工单位自行开采加工的砂、石等自采材料及施工单位自办的人工、机械装卸和运输的间接费。

① 辅助生产间接费按定额人工费的 3% 计算。该项费用并入材料预算单价内构成材料费，不直接出现在概(预)算中。

② 高原地区施工单位的辅助生产，可按高原地区施工增加费费率，以定额人工费与定额施工机械使用费之和为基数计算高原地区施工增加费（其中：人工采集、加工材料，人工装卸、运输材料按土方费率计算；机械采集、加工材料按石方费率计算；机械装卸、运输材料按运输费率计算）。辅助生产高原地区施工增加费不作为辅助生产间接费的计算基数。

4. 企业管理费计算

企业管理费由基本费用、主副食运费补贴、职工探亲路费、职工取暖补贴和财务费用 5 项组成。

(1) 基本费用：基本费用是指建筑安装企业组织施工生产和经营管理所需的费用，内容包括：

①管理员工资：管理人员的基本工资、绩效工资、津贴补贴及特殊情况下支付的工资以及缴纳的养老、医疗、失业、工伤保险费和住房公积金等。

②办公费：企业管理办公用的文具、纸张、账表、印刷、通信、网络、书报、办公软件、会议、水电、烧水和集体取暖降温（包括现场临时宿舍取暖降温）用煤（电、气）等费用。

③差旅交通费：职工因公出差、调动工作的差旅费、住勤补助费，市内交通费和误餐补助费，劳动力招募费，职工退休、退职一次性路费，工伤人员就医路费以及管理部门使用的交通工具的油料、燃料等费用。

④固定资产使用费：管理部门及附属生产单位使用的属于固定资产的房屋、设备等的折旧、大修、维修或租赁费等。

⑤工具用具使用费：企业管理使用的不属于固定资产的工具、器具、家具、交通工具和检验、试验、测绘、消防用具等的购置、维修和摊销费。

⑥劳动保险费：企业支付的离退休职工的易地安家补助费、职工退职金、6个月以上的病假人员工资、职工死亡丧葬补助费、抚恤费、按规定支付离休干部的各项经费。

⑦职工福利费：按国家规定标准计提的职工福利费。

⑧劳动保护费：企业按国家有关部门规定发放的劳动保护用品的购置费及修理费、防暑降温费、在有碍身体健康环境中施工的保健费用等。

⑨工会经费：企业根据《中华人民共和国工会法》的规定按全部职工工资总额比例计提的工会经费。

⑩职工教育经费：按职工工资总额的规定比例计提，企业为职工进行专业技术和职业技能培训，专业技术人员继续教育、职工职业技能鉴定、职业资格认定以及根据需要对职工进行各类文化教育所发生的费用，不含职工安全教育、培训费用。

⑪保险费：企业财产保险、管理用及生产用车辆等保险费用及人身意外伤害险的费用。

⑫工程排污费：施工现场按规定缴纳的排污费用。

⑬税金：企业按规定缴纳的城市维护建设税、教育费附加税、地方教育附加税、房产税、车船使用税、土地使用税、印花税、环境保护税等。

⑭其他：上述项目以外的其他必要的费用支出，包括技术转让费、技术开发费、竣（交）工文件编制费、招投标费、业务招待费、绿化费、广告费、公证费、定额测定费、法律顾问费、审计费、咨询费以及施工标准化、规范化、精细化管理等费用。

基本费用以各类工程的定额直接费用为基数，按表 2.3.13 的费率计算。

表 2.3.13 基本费用费率表

单位：%

工程类别	费率	工程类别	费率
土方	2.747	构造物 I	3.587
石方	2.792	构造物 II	4.726
运输	1.374	构造物 III	5.976
路面	2.427	技术复杂大桥	4.143
隧道	3.569	钢材及钢结构	2.242

(2) 主副食运费补贴：主副食运费补贴是指施工企业在远离城镇及乡村的野外施工购买生活必需品所增加的费用。该费用以各类工程的定额直接费为基数，按表 2.3.14 的费率计算。

表 2.3.14 主副食运费补贴费率表

单位：%

工程类别	综合里程 (km)										
	3	5	8	10	15	20	25	30	40	50	每增加 10
土方	0.122	0.131	0.164	0.191	0.235	0.284	0.322	0.377	0.444	0.519	0.07
石方	0.108	0.117	0.149	0.175	0.218	0.261	0.293	0.346	0.405	0.473	0.063
运输	0.118	0.13	0.166	0.192	0.233	0.285	0.322	0.379	0.447	0.519	0.073
路面	0.066	0.088	0.119	0.13	0.165	0.194	0.224	0.259	0.308	0.356	0.051
隧道	0.096	0.104	0.13	0.152	0.185	0.229	0.26	0.304	0.359	0.418	0.054
构造物 I	0.114	0.12	0.145	0.167	0.207	0.254	0.285	0.338	0.394	0.463	0.062
构造物 II	0.126	0.14	0.168	0.196	0.242	0.292	0.338	0.394	0.467	0.54	0.073
构造物 III	0.225	0.248	0.303	0.352	0.435	0.528	0.599	0.705	0.831	0.969	0.132
技术复杂 大桥	0.101	0.115	0.143	0.165	0.205	0.245	0.28	0.325	0.389	0.452	0.063
钢材及钢 结构	0.104	0.113	0.146	0.168	0.207	0.247	0.281	0.331	0.387	0.449	0.062

注：①综合里程 = 粮食运距 × 0.06 + 燃料运距 × 0.09 + 蔬菜运距 × 0.15 + 水运距 × 0.70；

②粮食、燃料、蔬菜、水的运距均为全线平均运距；

③当综合里程数在表列里程之间时，费率可内插；

④综合里程在 3km 以内的工程，按 3km 计取本项费用。

(3) 职工探亲路费：职工探亲路费是指按照有关规定发放给施工企业职工在探亲期间发生的往返交通费和途中住宿费等费用。该费用以各类工程的定额直接费为基数，按表 2.3.15 的费率计算。

表 2.3.15 职工探亲路费费率表

单位：%

工程类别	费率	工程类别	费率
土方	0.192	构造物 I	0.274
石方	0.204	构造物 II	0.348
运输	0.132	构造物 III	0.551
路面	0.159	技术复杂大桥	0.208
隧道	0.266	钢材及钢结构	0.164

(4) 职工取暖补贴：职工取暖补贴是指按规定发放给施工企业职工的冬季取暖费和为职工在施工现场设置的临时取暖设施的费用。该费用以各类工程的定额直接费为基数，按工程所在地的气温区（《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 E 或《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 D）选用表 2.3.16 的费率计算。

表 2.3.16 职工取暖补贴费率表

单位：%

工程类别	气温区						
	准二区	冬一区	冬二区	冬三区	冬四区	冬五区	冬六区
土方	0.060	0.130	0.221	0.331	0.436	0.554	0.663
石方	0.054	0.118	0.183	0.279	0.373	0.472	0.569
运输	0.065	0.130	0.228	0.336	0.444	0.552	0.671
路面	0.049	0.086	0.155	0.229	0.302	0.376	0.456
隧道	0.045	0.091	0.158	0.249	0.318	0.409	0.488
构造物 I	0.065	0.130	0.206	0.304	0.390	0.499	0.607
构造物 II	0.070	0.153	0.234	0.352	0.481	0.598	0.727
构造物 III	0.126	0.264	0.425	0.643	0.849	1.067	1.297
技术复杂 大桥	0.059	0.120	0.203	0.310	0.406	0.501	0.609
钢材及钢 结构	0.047	0.082	0.141	0.222	0.293	0.363	0.433

(5) 财务费用：财务费用是指施工企业为筹集资金提供投标担保、预付款担保、履约担保、职工工资支付担保等所发生的各种费用。包括企业经营期间发生的短期贷款利息净支出、汇兑净损失、调剂外汇手续费、金融机构手续费，以及企业筹集资金发生的其他财务费用。财务费用以各类工程的定额直接费为基数，按表 2.3.17 的费率计算。

表 2.3.17 财务费用费率表

单位：%

工程类别	费率	工程类别	费率
土方	0.271	构造物 I	0.466
石方	0.259	构造物 II	0.545
运输	0.264	构造物 III	1.094
路面	0.404	技术复杂大桥	0.637
隧道	0.513	钢材及钢结构	0.653

5. 规费计算

规费是指按法律、法规、规章、规程规定施工企业必须缴纳的费用。包括：

- (1) 养老保险费：施工企业按规定标准为职工缴纳的基本养老保险费。
- (2) 失业保险费：施工企业按规定标准为职工缴纳的失业保险费。
- (3) 医疗保险费：施工企业按规定标准为职工缴纳的医疗保险费（含生育保险费）。
- (4) 工伤保险费：施工企业按规定标准为职工缴纳的工伤保险费。
- (5) 住房公积金：施工企业按规定标准为职工缴纳的住房公积金。

各项规费以各类工程的人工费(含施工机械人工费)之和为基数,按国家或工程所在地法律、法规、规章、规程规定的标准计算。

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34号)相关规定,规费指按法律、法规、规章、规程规定施工企业必须缴纳的费用,由个人缴纳的社会保险费(生育保险除外)和住房公积金已包含在人工综合工日单价内,规费率按表 2.3.18 计算。国家及云南省对规费有调整时,由云南省交通运输厅适时调整发布。

表 2.3.18 规费率表

单位: %

规费名称	养老保险费	失业保险费	医疗保险费	住房公积金	工伤保险	合计
费率	16	0.7	10	8	0.75	35.45

6. 利润计算

利润指施工企业完成所承包的工程获得的盈利。按定额直接费及措施费、企业管理费之和的 7.42% 计算,按式(2.3.6)计算。

$$\text{利润} = (\text{定额直接费} + \text{措施费} + \text{企业管理费}) \times 7.42\% \quad (2.3.6)$$

7. 税金计算

税金指国家税法规定应计入建筑安装工程造价的增值税销项税额,按式(2.3.7)计算。

$$\text{税金} = (\text{直接费} + \text{设备购置费} + \text{措施费} + \text{企业管理费} + \text{规费} + \text{利润}) \times 9\% \quad (2.3.7)$$

其中,9%为国家当期建筑行业增值税销项税率

8. 专项费用计算

专项费用包括施工场地建设费和安全生产费。

(1) 施工场地建设费: 施工场地建设费包括:

①按照工地建设标准化要求进行承包人驻地、工地试验室建设,钢筋集中加工、混合料集中拌制、构件建筑预制等所需的办公、生活居住房屋(包括职工家属及探亲房屋),公用房屋(如广播室、文体活动室、医疗室)和生产用房屋(如仓库、加工厂、加工棚、发电站、空压机站、停机棚、值班室等)等费用。

②包括厂区平整(山岭重丘区的土石方工程除外)、场地硬化、排水、绿化、标志、污水处理设施、围墙隔离设施等的费用,不包括钢筋加工的机械设备、混合料拌和设备及安拆、预制构件台座、预应力张拉设备、起重机养护设备,以及概算、预算定额中临时工程的费用。

③包括以上范围内的各种临时工作便道(包括汽车、人力车道)、人行便道,工地临时用水、用电的水管支线和电线支线,临时构筑物(如水井、水塔等)、其他小型临时设施等的搭设或租赁、维修、拆除、清理的费用;但不包括红线范围内贯通便道、进出场的临时道路、保通便道。

④工地试验室所发生的属于固定资产的试验设备和仪器等折旧、维修或租赁费用。

⑤施工扬尘污染防治措施费,包括裸露的施工场地覆盖防尘网、施工便道和施工场地洒水或喷洒抑尘剂,运输车辆的苫盖和冲洗、环境敏感区设置围挡,防尘标识设置,环境监控与检测等所需的费用。

⑥文明施工、职工健康生活的费用。

施工场地建设费以施工场地建设费为计算基数,按表 2.3.19 或表 2.3.20 的费率计算,以累进方法计算。施工场地建设费计算基数为定额建筑安装工程费减去专项费用。施工场地建设费先按式(2.3.8)计算施工场地计费基数,然后按式(2.3.9)计算施工场地建设费。

$$\text{施工场地建设费计算基数} = \text{定额直接费} + \text{定额设备购置费} \times 40\% + \text{措施费} + \text{企业管理费} + \text{规费} + \text{利润} + \text{税金} \quad (2.3.8)$$

$$\text{施工场地建设费} = \text{施工场地计费基数} \times \text{累进费率} \quad (2.3.9)$$

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34号)规定:高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制时,施工场地建设费累进费率按《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018相关规定执行,按表 2.3.19 的费率计算;二级及以下公路建设项目在估算、概算、预算编制时,施工场地建设费累进费率按表 2.3.20 计算。

表 2.3.19 施工场地建设费费率表(高速公路、一级公路)

施工场地计费基数(万元)	费率(%)	算例(万元)	
		施工场地计费基数	施工场地建设费
500 及以下	5.338	500	$500 \times 5.338\% = 26.69$
500~1000	4.228	1000	$26.69 + (1000 - 500) \times 4.228\% = 47.83$
1000~5000	2.665	5000	$47.83 + (5000 - 1000) \times 2.665\% = 154.43$
5000~10000	2.222	10000	$154.43 + (10000 - 5000) \times 2.222\% = 265.53$
10000~30000	1.785	30000	$265.53 + (30000 - 10000) \times 1.785\% = 622.53$
30000~50000	1.694	50000	$622.53 + (50000 - 30000) \times 1.694\% = 961.33$
50000~100000	1.579	100000	$961.33 + (100000 - 50000) \times 1.579\% = 1750.83$
100000~150000	1.498	150000	$1750.83 + (150000 - 100000) \times 1.498\% = 2499.83$
150000~200000	1.415	200000	$2499.83 + (200000 - 150000) \times 1.415\% = 3207.33$
200000~300000	1.348	300000	$3207.33 + (300000 - 200000) \times 1.348\% = 4555.33$
300000~400000	1.289	400000	$4555.33 + (400000 - 300000) \times 1.289\% = 5844.33$
400000~600000	1.235	600000	$5844.33 + (600000 - 400000) \times 1.235\% = 8314.33$
600000~800000	1.188	800000	$8314.33 + (800000 - 600000) \times 1.188\% = 10690.33$
800000~1000000	1.149	1000000	$10690.33 + (1000000 - 800000) \times 1.149\% = 12988.33$
1000000 以上	1.118	1200000	$12988.33 + (1200000 - 1000000) \times 1.118\% = 15224.33$

表 2.3.20 施工场地建设费费率表(二级及以下公路)

施工场地计费基数(万元)	费率(%)	算例(万元)	
		施工场地计费基数	施工场地建设费
500 及以下	2.135	500	$500 \times 2.135\% = 10.675$
500 ~ 1000	1.691	1000	$10.675 + (1000 - 500) \times 1.691\% = 19.13$
1000 ~ 5000	1.066	5000	$19.13 + (5000 - 1000) \times 1.066\% = 61.77$
5000 ~ 10000	0.889	10000	$61.77 + (10000 - 5000) \times 0.889\% = 106.22$
10000 ~ 30000	0.714	30000	$106.22 + (30000 - 10000) \times 0.714\% = 249.02$

续表 2.3.20

施工场地计费基数 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		施工场地计费基数	施工场地建设费
30000 ~ 50000	0.678	50000	$249.02 + (50000 - 30000) \times 0.678\% = 384.62$
50000 ~ 100000	0.632	100000	$384.62 + (100000 - 50000) \times 0.632\% = 700.62$
100000 ~ 150000	0.599	150000	$700.62 + (150000 - 100000) \times 0.599\% = 1000.12$
150000 ~ 200000	0.566	200000	$1000.12 + (200000 - 150000) \times 0.566\% = 1283.12$
200000 ~ 300000	0.539	300000	$1283.12 + (300000 - 200000) \times 0.539\% = 1822.12$
300000 ~ 400000	0.516	400000	$1822.12 + (400000 - 300000) \times 0.516\% = 2338.12$
400000 ~ 600000	0.494	600000	$2338.12 + (600000 - 400000) \times 0.494\% = 3326.12$
600000 ~ 800000	0.475	800000	$3326.12 + (800000 - 600000) \times 0.475\% = 4276.12$
800000 ~ 1000000	0.46	1000000	$4276.12 + (1000000 - 800000) \times 0.46\% = 5196.12$
1000000 以上	0.447	1200000	$5196.12 + (1200000 - 1000000) \times 0.447\% = 6090.12$

(2) 安全生产费: 安全生产费包括完善、改造和维护安全设施设备费用, 配备、维护、保养应急救援器材、设备费用, 开展重大危险源和事故隐患评估和整改费用, 安全生产检查、评价、咨询费用, 配备和更新现场作业人员安全防护用品支出, 安全生产宣传、教育、培训费用, 安全设施及特种设备检验费用, 施工安全风险评估、应急演练等有关工作及其他与安全生产直接相关的费用。

安全生产费按建筑安装工程费 (不含安全生产费本身) 乘以安全生产费率计算, 费率按不少于 1.5% 计取。

综上所述, 建筑安装工程费是估、概、预算费用计算中最重要的部分。建筑安装工程费用由直接费、设备购置费、措施费、企业管理费、规费、利润、税金、专项费用 8 部分组成。

直接费中人工费、材料费、施工机械使用费则根据分项工程数量及指标、定额确定人工、材料、施工机械台班消耗数量, 按省级交通运输主管部门规定的人工单价, 根据分项工程消耗的材料与施工机械的种类分别计算材料预算单价和机械台班单价, 即可计算直接费。

设备购置费应当列出计划购置的清单, 以设备预算价计算。

措施费包括冬季施工增加费、雨季施工增加费、夜间施工增加费、特殊地区施工增加费、行车干扰工程施工增加费、施工辅助费、工地转移费共 7 项, 在估、概、预算编制中一般不需要单独计算这七项费用, 只需要根据工程类别、自然条件、气候条件等情况确定其综合费率, 分别以定额人工费和定额施工机械使用费之和或定额直接费为基数按综合费率计算。

企业管理费由基本费用、主副食运费补贴、职工探亲路费、职工取暖补贴和财务费用 5 项组成。

规费由养老保险费、失业保险费、医疗保险费、工伤保险费和住房公积金 5 项组成。

企业管理费与规费在概、预算编制中也一般不需要单独计算各具体费用, 只需要确定企业管理费和规费的综合费率, 按照其计算基数计算企业管理费和规费即可。建筑安装工程费各项费用计算程序与方式见表 2.3.21。

表 2.3.21 建筑安装工程费各项费用计算程序及计算方式

序号	项 目	说明及计算公式
(一)	定额直接费	Σ 人工消耗量 \times 人工基价 + Σ (材料消耗量 \times 材料基价 + 机械台班消耗量 \times 机械台班单价)
(二)	定额设备购置费	Σ 设备购置数量 \times 设备基价
(三)	直接费	Σ 人工消耗量 \times 人工单价 + Σ (材料消耗量 \times 材料预算单价 + 机械台班消耗量 \times 机械台班预算单价)
(四)	设备购置费	Σ 设备购置数量 \times 预算单价
(五)	措施费	(一) \times 施工辅助费费率 + 定额人工费和定额施工机械使用费之和 \times 其余措施费综合费率
(六)	企业管理费	(一) \times 企业管理费综合费率
(七)	规费	各类工程人工费 (含施工机械人工费) \times 规费综合费率
(八)	利润	[(一) + (五) + (六)] \times 利润率
(九)	税金	[(三) + (四) + (五) + (六) + (七) + (八)] \times 9% (备注: 其中 9% 为国家当期建筑行业增值税销项税率)
(十)	专项费用	
	施工场地建设费	[(一) + (二) \times 40% + (五) + (六) + (七) + (八) + (九)] \times 累进费率
	安全生产费	建筑安装工程费 (不含安全生产费本身) \times (\geq 1.5%)
(十一)	定额建筑安装工程费	(一) + (二) \times 40% + (五) + (六) + (七) + (八) + (九) + (十)
(十二)	建筑工程工程费	(三) + (四) + (五) + (六) + (七) + (八) + (九) + (十)

(二) 土地使用及拆迁补偿费计算

土地使用及拆迁补偿费包含永久占地费、临时占地费、拆迁补偿费、水土保持补偿费、其他费用。

1. 永久占地费

永久占地费包括土地补偿费、征用耕地安置补助费、耕地开垦费、森林植被恢复费、失地农民养老保险费。

(1) 土地补偿费包括征地补偿费、被征用土地上的青苗补偿费, 征用城市郊区的菜地等缴纳的菜地开发建设基金、耕地占用税, 用地图编制费及勘界费等。

(2) 征用耕地安置补助费是指征用耕地需要安置农业人口的补助费。

(3) 耕地开垦费是指公路建设项目占用耕地的, 应由建设项目法人(业主)负责补充耕地所发生的费用; 没有条件开垦或者开垦的耕地不符合要求的, 按规定缴纳的耕地开垦费。

(4) 公路建设项目发生跨省域补充耕地国家统筹的, 应执行《国务院办公厅关于印发跨省域补充耕地国家统筹管理办法和城乡建设用地增减挂钩节余指标跨省域调剂管理办法的通知》(国办发〔2018〕16号)的规定; 发生省内跨区域补充耕地的, 执行本省相关规定。

(5) 森林植被恢复费是指公路建设项目需要占用、征用林地的, 经县级以上林业主管部门审核同意或批准, 建设项目法人(业主)单位按照省级人民政府有关规定向县级以上林业主管部门预缴的森林植被恢复费。

(6) 失地农民养老保险费是指根据国家规定为保障依法被征地农民养老而缴纳的保险费用。失地农民养老保险费按项目所在地省级人民政府的相关规定进行计算。

2. 临时占地费

临时占地费包括临时征地使用费、复耕费。

(1) 临时征地使用费是指为满足施工所需的承包人驻地、预制场、拌和场、仓库、加工厂(棚)、堆料场、取弃土场、进出场便道、便桥等所有临时用地及其附着物的补充费用。

(2) 复耕费是指临时占用的耕地、鱼塘等,在工程交工后将其恢复到原有标准所发生的费用。

3. 拆迁补偿费

拆迁补偿费指征用或占用土地地上、地下的房屋及附属构筑物,公用设施、文物等的拆除、发掘及迁建补偿费、拆迁管理费及迁建补偿费等。

4. 水土保持补偿费

水土保持补偿费根据国家相关法律、法规规定缴纳。

5. 其他费用

其他费用指国务院行政主管部门及省级人民政府规定的与征地拆迁相关的费用。

6. 土地使用及拆迁补偿费计算方法

(1) 项目建议书投资估算

土地使用费按现行《公路工程项目建设用地指标》中规定的数量乘以工程所在地的征地单价机械计算。拆迁补偿费按《公路建设工程项目投资估算编制办法》附录 C 规定的费率,以定额建筑安装工程费为基数进行计算。

(2) 工程可行性研究报告投资估算与概、预算

①土地征用及拆迁补偿费应根据工程可行性研究报告或设计文件确定的建设工程用地和临时用地面积及其附着物的情况,以及实际发生的费用项目,按国家有关规定及工程所在地的省(自治区、直辖市)颁布的有关规定和标准计算。

②森林植被恢复费应根据审批单位批准的建设工程占用林地的类型及面积,按国家有关规定及工程所在省(自治区、直辖市)颁布的有关规定和标准计算。

③当与原有的电力电信设施、管线、水利工程、铁路及铁路设施互相干扰时,应与有关部门联系,商定合理的解决方案和补偿金额,也可由这些部门按规定编制费用预算以确定补偿金额。

④水土保持补偿费按各省(自治区、直辖市)制定的水土保持补偿费收费标准进行计算。

(三) 工程建设其他费用计算

工程建设其他费包括建设项目管理费、研究试验费、建设前期工作费、专项评价(估)费、联合试运转费、生产准备费、工程保通管理费、工程保险费、其他相关费用共九项费用。

1. 建设项目管理费的计算

建设项目管理费包括建设单位(业主)管理费、建设项目信息化费、工程监理费、设计文件审查费、竣(交)工验收试验检测费。其中建设单位(业主)管理费、建设项目信息化费和工程监理费均为实施建设项目管理的费用,可根据建设单位(业主)、施工、监理单位所实际承担的工作内容和工作量统筹使用。

(1) 建设单位(业主)管理费:建设单位(业主)管理费是指建设单位(业主)为建设项目的立项、筹建、建设、竣(交)工验收、总结等工作所发生的费用。

①建设单位(业主)管理费组成:建设单位(业主)管理费内容包括工作人员的工资、工资性补贴、施工现场津贴,社会保障费用(基本养老、基本医疗、失业、工伤保险)、住房公积金、职工福利费、工会经费、劳动保护费、办公费、会议费、差旅交通费、固定资产使用费(包括办公及生活房屋折旧、

维修或租赁费，车辆折旧、维修、使用或租赁费，通信设备购置费、使用费，测量、试验设备仪器折旧、维修或租赁费，其他设备折旧、维修或租赁费等）、零星固定资产购置费、招募生产工人费，技术图书资料费、职工教育培训经费、招标管理费，合同契约公证费、法律顾问费、咨询费，建设单位的临时设施费、完工清理费、竣（交）工验收费用〔含其他行业或部门要求的竣工验收费用、建设单位负责的竣（交）工文件编制费〕、各种税费（包括房产税、车船使用税、印花税等），对建设项目前期工作、项目实施及竣工决算等全过程进行审计所发生的审计费用，境内外融资费用（不含建设期贷款利息）、业务招待费及工程质量、安全生产管理费和其他管理性开支。

②建设单位(业主)管理费计算: 建设单位(业主)管理费以定额建筑安装工程费为基数, 按表 2.3.22 或表 2.3.23 的费率, 以累进办法计算。

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34号)规定: 高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制时, 建设单位(业主)管理费累进费率按《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 相关规定执行, 按表 2.3.22; 二级及以下公路建设项目估、概、预算编制时, 建设单位(业主)管理费累进费率按表 2.3.23 计算。

表 2.3.22 建设单位(业主)管理费费率表(高速公路、一级公路)

定额建筑安装工程费 (万元)	费率(%)	算例(万元)	
		定额建筑安装工程费	建设单位(业主)管理费
500 及以下	4.858	500	$500 \times 4.858\% = 24.29$
500~1000	3.813	1000	$24.29 + (1000 - 500) \times 3.813\% = 43.355$
1000~5000	3.049	5000	$43.355 + (5000 - 1000) \times 3.049\% = 165.315$
5000~10000	2.562	10000	$165.315 + (10000 - 5000) \times 2.562\% = 293.415$
10000~30000	2.125	30000	$293.415 + (30000 - 10000) \times 2.125\% = 718.415$
30000~50000	1.773	50000	$718.415 + (50000 - 30000) \times 1.773\% = 1073.015$
50000~100000	1.312	100000	$1073.015 + (100000 - 50000) \times 1.312\% = 1729.015$
100000~150000	1.057	150000	$1729.015 + (150000 - 100000) \times 1.057\% = 2257.515$
150000~200000	0.826	200000	$2257.515 + (200000 - 150000) \times 0.826\% = 2670.515$
200000~300000	0.595	300000	$2670.515 + (300000 - 200000) \times 0.595\% = 3265.515$
300000~400000	0.498	400000	$3265.515 + (400000 - 300000) \times 0.498\% = 3763.515$
400000~600000	0.450	600000	$3763.515 + (600000 - 400000) \times 0.450\% = 4663.515$
600000~800000	0.400	800000	$4663.515 + (800000 - 600000) \times 0.400\% = 5463.515$
800000~1000000	0.375	1000000	$5463.515 + (1000000 - 800000) \times 0.375\% = 6213.515$
1000000 以上	0.350	1200000	$6213.515 + (1200000 - 1000000) \times 0.35\% = 6913.515$

表 2.3.23 建设单位（业主）管理费费率表（二级及以下公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设单位 (业主) 管理费
500 及以下	4.251	500	$500 \times 4.251\% = 21.255$
500 ~ 1000	3.336	1000	$21.255 + (1000 - 500) \times 3.336\% = 37.935$
1000 ~ 5000	2.668	5000	$37.935 + (5000 - 1000) \times 2.668\% = 144.655$
5000 ~ 10000	2.242	10000	$144.655 + (10000 - 5000) \times 2.242\% = 256.755$
10000 ~ 30000	1.859	30000	$256.755 + (30000 - 10000) \times 1.859\% = 628.555$
30000 ~ 50000	1.551	50000	$628.555 + (50000 - 30000) \times 1.551\% = 938.755$
50000 ~ 100000	1.148	100000	$938.755 + (100000 - 50000) \times 1.148\% = 1512.755$
100000 ~ 150000	0.925	150000	$1512.755 + (150000 - 100000) \times 0.925\% = 1975.255$
150000 ~ 200000	0.723	200000	$1975.255 + (200000 - 150000) \times 0.723\% = 2336.755$
200000 ~ 300000	0.521	300000	$2336.755 + (300000 - 200000) \times 0.521\% = 2857.755$
300000 ~ 400000	0.436	400000	$2857.755 + (400000 - 300000) \times 0.436\% = 3293.755$
400000 ~ 600000	0.394	600000	$3293.755 + (600000 - 400000) \times 0.394\% = 4081.755$
600000 ~ 800000	0.35	800000	$4081.755 + (800000 - 600000) \times 0.35\% = 4781.755$
800000 ~ 1000000	0.328	1000000	$4781.755 + (1000000 - 800000) \times 0.328\% = 5437.755$
1000000 以上	0.306	1200000	$5437.755 + (1200000 - 1000000) \times 0.306\% = 6049.755$

双洞长度超过 5000m 的独立隧道，水深大于 15m、跨径大于或等于 400m 的斜拉桥和跨径大于或等于 800m 的悬索桥等独立特大型桥梁工程的建设单位（业主）管理费，按表 2.3.22 或 2.3.23 中的费率乘以系数 1.3 计算；海上工程 [指由于风浪影响，工程施工期（不包括封冻期）全年月平均工作日少于 15d 的工程] 的建设单位（业主）管理费按表 2.3.22 或 2.3.23 中的费率乘以系数 1.2 计算。

(2) 建设项目信息化费：建设项目信息化费是指建设单位（业主）和各参建单位用于建设项目的质量、安全、进度、费用等方面的信息化建设、运维及各种税费等费用，包括建设项目全寿命周期的建筑信息模型（building information modeling）等相关费用。

建设项目信息化费以定额建筑安装工程费为基数，按表 2.3.24 或表 2.3.25 的费率，以累进办法计算。

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）规定：高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制时，建设项目信息化费累进费率按《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 相关规定执行，按表 2.3.24 的费率计算；二级及以下公路建设项目在估算、概算、预算编制时，建设项目信息化费累进费率按表 2.3.25 计算。

表 2.3.24 建设项目信息化费率表（高速公路、一级公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设项目信息化费
500 及以下	0.600	500	$500 \times 0.600\% = 3$
500~1000	0.452	1000	$3 + (1000 - 500) \times 0.452\% = 5.26$
1000~5000	0.356	5000	$5.26 + (5000 - 1000) \times 0.356\% = 19.5$
5000~10000	0.285	10000	$19.5 + (10000 - 5000) \times 0.285\% = 33.75$
10000~30000	0.252	30000	$33.75 + (30000 - 10000) \times 0.252\% = 84.15$
30000~50000	0.224	50000	$84.15 + (50000 - 30000) \times 0.224\% = 128.95$
50000~100000	0.202	100000	$128.95 + (100000 - 50000) \times 0.202\% = 229.95$
100000~150000	0.171	150000	$229.95 + (150000 - 100000) \times 0.171\% = 315.45$
150000~200000	0.160	200000	$315.45 + (200000 - 150000) \times 0.160\% = 395.45$
200000~300000	0.142	300000	$395.45 + (300000 - 200000) \times 0.142\% = 537.45$
300000~400000	0.135	400000	$537.45 + (400000 - 300000) \times 0.135\% = 672.45$
400000~600000	0.131	600000	$672.45 + (600000 - 400000) \times 0.131\% = 934.45$
600000~800000	0.127	800000	$934.45 + (800000 - 600000) \times 0.127\% = 1188.45$
800000~1000000	0.125	1000000	$1188.45 + (1000000 - 800000) \times 0.125\% = 1438.45$
1000000 以上	0.122	1200000	$1438.45 + (1200000 - 1000000) \times 0.122\% = 1682.45$

表 2.3.25 建设项目信息化费率表（二级及以下公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设项目信息化费
500 及以下	0.39	500	$500 \times 0.39\% = 1.95$
500 ~ 1000	0.294	1000	$1.95 + (1000 - 500) \times 0.294\% = 3.42$
1000 ~ 5000	0.231	5000	$3.42 + (5000 - 1000) \times 0.231\% = 12.66$
5000 ~ 10000	0.185	10000	$12.66 + (10000 - 5000) \times 0.185\% = 21.91$
10000 ~ 30000	0.164	30000	$21.91 + (30000 - 10000) \times 0.164\% = 54.71$
30000 ~ 50000	0.146	50000	$54.71 + (50000 - 30000) \times 0.146\% = 83.91$
50000 ~ 100000	0.131	100000	$83.91 + (100000 - 50000) \times 0.131\% = 149.41$
100000 ~ 150000	0.111	150000	$149.41 + (150000 - 100000) \times 0.111\% = 204.91$
150000 ~ 200000	0.104	200000	$204.91 + (200000 - 150000) \times 0.104\% = 256.91$
200000 ~ 300000	0.092	300000	$256.91 + (300000 - 200000) \times 0.092\% = 348.91$
300000 ~ 400000	0.088	400000	$348.91 + (400000 - 300000) \times 0.088\% = 436.91$
400000 ~ 600000	0.085	600000	$436.91 + (600000 - 400000) \times 0.085\% = 606.91$
600000 ~ 800000	0.083	800000	$606.91 + (800000 - 600000) \times 0.083\% = 772.91$
800000 ~ 1000000	0.081	1000000	$772.91 + (1000000 - 800000) \times 0.081\% = 934.91$
1000000 以上	0.079	1200000	$934.91 + (1200000 - 1000000) \times 0.079\% = 1092.91$

(3) 工程监理费：工程监理费是指建设单位（业主）委托具有监理资格的单位，按施工监理规范进行全面的监督和管理所发生的费用。

工程监理费内容包括工作人员的基本工资、工资性津贴、施工现场津贴、社会保障费用（基本养老、基本医疗、失业、工伤保险）、住房公积金、职工福利费、工会经费、劳动保护费，办公费、会议费、差旅交通费，办公、试验固定资产使用费（包括办公及生活房屋折旧、维修或租赁费，车辆折旧、维修、使用或租赁费，通信设备购置、使用费，测量、试验、检测设备仪器折旧、维修或租赁费，其他设备折旧、维修或租赁费等）、零星固定资产购置费、招募生产工人费，技术图书资料费、职工教育经费、投标费用，合同契约公证费、法律顾问费、咨询费、业务招待费，财务费用、监理单位的临时设施费、完工清理费、竣（交）工验收费、各种税费、安全生产管理费和其他管理性开支。

工程监理费以定额建筑安装工程费为基数，按表 2.3.26 或表 2.3.27 费率，以累进办法计算。

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）规定：高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制时，工程监理费累进费率按《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 相关规定执行，按表 2.3.26；二级及以下公路建设项目在估算、概算、预算编制时，工程监理费累进费率按表 2.3.27 计算。

表 2.3.26 工程监理费率表（高速公路、一级公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率(%)	算例(万元)	
		定额建筑安装工程费	工程监理费
500 及以下	3.00	500	$500 \times 3\% = 15$
500~1000	2.40	1000	$15 + (1000 - 500) \times 2.4\% = 27$
1000~5000	2.10	5000	$27 + (5000 - 1000) \times 2.1\% = 111$
5000~10000	1.94	10000	$111 + (10000 - 5000) \times 1.94\% = 208$
10000~30000	1.87	30000	$208 + (30000 - 10000) \times 1.87\% = 582$
30000~50000	1.83	50000	$582 + (50000 - 30000) \times 1.83\% = 948$
50000~100000	1.78	100000	$948 + (100000 - 50000) \times 1.78\% = 1838$
100000~150000	1.72	150000	$1838 + (150000 - 100000) \times 1.72\% = 2698$
150000~200000	1.64	200000	$2698 + (200000 - 150000) \times 1.64\% = 3518$
200000~300000	1.55	300000	$3518 + (300000 - 200000) \times 1.55\% = 5068$
300000~400000	1.49	400000	$5068 + (400000 - 300000) \times 1.49\% = 6558$
400000~600000	1.45	600000	$6558 + (600000 - 400000) \times 1.45\% = 9458$
600000~800000	1.42	800000	$9458 + (800000 - 600000) \times 1.42\% = 12298$
800000~1000000	1.37	1000000	$12298 + (1000000 - 800000) \times 1.37\% = 15038$
1000000 以上	1.33	1200000	$15038 + (1200000 - 1000000) \times 1.33\% = 17698$

表 2.3.27 工程监理费费率表（二级及以下公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	工程监理费
500 及以下	2.54	500	$500 \times 2.54\% = 12.7$
500 ~ 1000	2.03	1000	$12.7 + (1000 - 500) \times 2.03\% = 22.85$
1000 ~ 5000	1.77	5000	$22.85 + (5000 - 1000) \times 1.77\% = 93.65$
5000 ~ 10000	1.64	10000	$93.65 + (10000 - 5000) \times 1.64\% = 175.65$
10000 ~ 30000	1.58	30000	$175.65 + (30000 - 10000) \times 1.58\% = 491.65$
30000 ~ 50000	1.55	50000	$491.65 + (50000 - 30000) \times 1.55\% = 801.65$
50000 ~ 100000	1.5	100000	$801.65 + (100000 - 50000) \times 1.5\% = 1551.65$
100000 ~ 150000	1.45	150000	$1551.65 + (150000 - 100000) \times 1.45\% = 2276.65$
150000 ~ 200000	1.39	200000	$2276.65 + (200000 - 150000) \times 1.39\% = 2971.65$
200000 ~ 300000	1.31	300000	$2971.65 + (300000 - 200000) \times 1.31\% = 4281.65$
300000 ~ 400000	1.26	400000	$4281.65 + (400000 - 300000) \times 1.26\% = 5541.65$
400000 ~ 600000	1.23	600000	$5541.65 + (600000 - 400000) \times 1.23\% = 8001.65$
600000 ~ 800000	1.2	800000	$8001.65 + (800000 - 600000) \times 1.2\% = 10401.65$
800000 ~ 1000000	1.16	1000000	$10401.65 + (1000000 - 800000) \times 1.16\% = 12721.65$
1000000 以上	1.12	1200000	$12721.65 + (1200000 - 1000000) \times 1.12\% = 14961.65$

(4) 设计文件审查费：设计文件审查费是指在项目审批前，建设单位（业主）为保证勘察设计工作的质量，组织有关专家或委托有资质的单位，对提交的建设项目可行性研究报告和勘察设计文件进行审查所需要的相关费用。建设项目若有地质勘察监理，费用在此项目开支；建设项目若有设计咨询（或设计监理、设计双院制），其费用在此项目内开支。

设计文件审查费以定额建筑安装工程费为基数，按表 2.3.28 或表 2.3.29 的费率，以累进办法计算。

根据《云南省公路建设工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）规定：高速公路、一级公路建设项目估、概、预算编制时，设计文件审查费累进费率按《公路建设工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路建设工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 相关规定执行，按表 2.3.28 的费率计算；二级及以下公路建设项目在估算、概算、预算编制时，设计文件审查费累进费率按表 2.3.29 计算。

表 2.3.28 设计文件审查费费率表（高速公路、一级公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	设计文件审查费
500 及以下	0.077	5000	$5000 \times 0.077\% = 3.85$
5000~10000	0.072	10000	$3.85 + (10000 - 5000) \times 0.072\% = 7.45$
10000~30000	0.069	30000	$7.45 + (30000 - 10000) \times 0.069\% = 21.25$
30000~50000	0.066	50000	$21.25 + (50000 - 30000) \times 0.066\% = 34.45$

续表 2.3.28

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	设计文件审查费
50000~100000	0.065	100000	$34.45 + (100000 - 50000) \times 0.065\% = 66.95$
100000~150000	0.061	150000	$66.95 + (150000 - 100000) \times 0.061\% = 97.45$
150000~200000	0.059	200000	$97.45 + (200000 - 150000) \times 0.059\% = 126.95$
200000~300000	0.057	300000	$126.95 + (300000 - 200000) \times 0.057\% = 183.95$
300000~400000	0.055	400000	$183.95 + (400000 - 300000) \times 0.055\% = 238.95$
400000~600000	0.053	600000	$238.95 + (600000 - 400000) \times 0.053\% = 344.95$
600000~800000	0.052	800000	$238.95 + (800000 - 600000) \times 0.052\% = 448.95$
800000~1000000	0.051	1000000	$448.95 + (1000000 - 800000) \times 0.051\% = 550.95$
1000000 以上	0.050	1200000	$550.95 + (1200000 - 1000000) \times 0.050\% = 650.95$

表 2.3.29 设计文件审查费费率表 (高速公路、一级公路)

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	设计文件审查费
5000 及以下	0.054	5000	$5000 \times 0.054\% = 2.7$
5000 ~ 10000	0.05	10000	$2.7 + (10000 - 5000) \times 0.05\% = 5.2$
10000 ~ 30000	0.048	30000	$5.2 + (30000 - 10000) \times 0.048\% = 14.8$
30000 ~ 50000	0.046	50000	$14.8 + (50000 - 30000) \times 0.046\% = 24$
50000 ~ 100000	0.046	100000	$24 + (100000 - 50000) \times 0.046\% = 47$
100000 ~ 150000	0.043	150000	$47 + (150000 - 100000) \times 0.043\% = 68.5$
150000 ~ 200000	0.041	200000	$68.5 + (200000 - 150000) \times 0.041\% = 89$
200000 ~ 300000	0.04	300000	$89 + (300000 - 200000) \times 0.04\% = 129$
300000 ~ 400000	0.039	400000	$129 + (400000 - 300000) \times 0.039\% = 168$
400000 ~ 600000	0.037	600000	$168 + (600000 - 400000) \times 0.037\% = 242$
600000 ~ 800000	0.036	800000	$242 + (800000 - 600000) \times 0.036\% = 314$
800000 ~ 1000000	0.036	1000000	$314 + (1000000 - 800000) \times 0.036\% = 386$
1000000 以上	0.035	1200000	$386 + (1200000 - 1000000) \times 0.035\% = 456$

(5)竣(交)工验收试验检测费:竣(交)工验收试验检测费是指在公路建设项目竣(交)工验收前,由建设单位(业主)或工程质量监督机构委托有资质的公路工程质量检测单位按照有关规定对建设项目的工程质量进行检测并出具检测意见,以及进行桥梁动(静)载试验或其他特殊检测等所需的费用。

竣(交)工验收试验检测费按表 2.3.30 规定的费率计算。道路工程按主线路基长度计算,桥梁工程以主线桥梁、分离式立交、匝道桥的长度之和进行计算,隧道按单洞长度计算。

表 2.3.30 竣（交）工验收试验检测费

检测项目		竣（交）工验收 试验检测费	备注	
道路工程 (元/km)	高速公路	23500	包括路基、路面、涵洞、通道、路段安全设施和机电、房建、绿化、环境保护及其他工程	
	一级公路	17000		
	二级公路	11500		
	三级及三级以下公路	5750		
桥梁工程	一般桥梁(元/延米)	—	包括桥梁范围内的所有土建、安全设施和机电、声屏障等环境保护工程及必要的动（静）载试验	
	技术复杂桥梁 (元/延米)	钢管拱		750
		连续刚构		500
		斜拉桥		600
		悬索桥		560
隧道工程(元/延米)		80	包括隧道范围内的所有土建、安全设施、机电、消防设施等	

道路工程，高速公路、一级公路按四车道计算，二级及二级以下公路按两车道计算，每增加一个车道，按表 2.3.30 的费用增加 10%。桥梁和隧道按双向四车道计算，每增加一个车道费用增加 15%。二级及二级以下公路的桥隧工程按表 2.3.30 费用的 40% 计算。

2. 研究试验费计算

研究试验费指按项目特点和有关规定，在建设过程中必须进行的研究和试验所需费用，以及支付科技成果、专利、先进技术的一次性技术转让费。不包括：

- (1) 应由前期工作费（为建设项目提供或验证设计数据、资料等专题研究）开支的项目。
- (2) 应由科技三项费用（即新产品试制费、中间试验费和重要科学研究补助费）开支的项目。
- (3) 应由施工辅助费开支的施工企业对建筑材料、构件和建筑物进行一般鉴定、检查所发生的费用及技术革新研究试验费。

计算方法：按设计提出的研究试验内容和要求进行编制。

3. 建设项目前期工作费的计算

建设项目前期工作费是指委托勘察设计单位、咨询单位对建设项目进行可行性研究、工程勘察设计，以及设计、监理、施工招标文件及招标标底（招标控制价）文件编制时，按规定应支付的费用。包括：

- (1) 编制项目建议书（或预可行性研究报告）、可行性研究报告、投资估算，以及相应的勘察、设计等所需的费用。
- (2) 通过风洞试验、地震动参数、索塔足尺模型试验、桥墩局部冲刷试验、桩基承载力试验等为建设项目提供或验证设计数据所需的专题研究费用。
- (3) 初步设计和施工图设计的勘察费、设计费，概（预）算及调整概算编制费用等。
- (4) 设计、监理、施工招标文件及招标标底（招标控制价）文件编制费等。

建设项目前期工作费以定额建筑安装工程费为基数，按表 2.3.31 或表 2.3.32 的费率，以累进办法计算。

根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）规定：高速公路、一级公路建设项目在估算、概算、预算编制时，建设项目前期工作费累进费率按《公

路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程建设项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 相关规定执行，按表 2.3.31 的费率计算；二级及以下公路建设项目在估算、概算、预算编制时，建设项目前期工作费用累进费率按表 2.3.32 计算。

表 2.3.31 建设项目前期工作费费率表（高速公路、一级公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设项目前期工作费
500 及以下	3.00	500	$500 \times 3\% = 15$
500~1000	2.70	1000	$15 + (1000 - 500) \times 2.70\% = 28.5$
1000~5000	2.55	5000	$28.5 + (5000 - 1000) \times 2.55\% = 130.5$
5000~10000	2.46	10000	$130.5 + (10000 - 5000) \times 2.46\% = 253.5$
10000~30000	2.39	30000	$253.5 + (30000 - 10000) \times 2.39\% = 731.5$
30000~50000	2.34	50000	$731.5 + (50000 - 30000) \times 2.34\% = 1199.5$
50000~100000	2.27	100000	$1199.5 + (100000 - 50000) \times 2.27\% = 2334.5$
100000~150000	2.19	150000	$2334.5 + (150000 - 100000) \times 2.19\% = 3429.5$
150000~200000	2.08	200000	$3429.5 + (200000 - 150000) \times 2.08\% = 4469.5$
200000~300000	1.99	300000	$4469.5 + (300000 - 200000) \times 1.99\% = 6459.5$
300000~400000	1.94	400000	$6459.5 + (400000 - 300000) \times 1.94\% = 8399.5$
400000~600000	1.86	600000	$8399.5 + (600000 - 400000) \times 1.86\% = 12119.5$
600000~800000	1.80	800000	$12119.5 + (800000 - 600000) \times 1.80\% = 15719.5$
800000~1000000	1.76	1000000	$15719.5 + (1000000 - 800000) \times 1.76\% = 19239.5$
1000000 以上	1.72	1200000	$19239.5 + (1200000 - 1000000) \times 1.72\% = 22679.5$

表 2.3.32 建设项目前期工作费费率表（二级及以下公路）

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设项目前期工作费
500 及以下	1.88	500	$500 \times 1.88\% = 9.4$
500 ~ 1000	1.69	1000	$9.4 + (1000 - 500) \times 1.69\% = 17.85$
1000 ~ 5000	1.59	5000	$17.85 + (5000 - 1000) \times 1.59\% = 81.45$
5000 ~ 10000	1.54	10000	$81.45 + (10000 - 5000) \times 1.54\% = 158.45$
10000 ~ 30000	1.49	30000	$158.45 + (30000 - 10000) \times 1.49\% = 456.45$
30000 ~ 50000	1.46	50000	$456.45 + (50000 - 30000) \times 1.46\% = 748.45$
50000 ~ 100000	1.42	100000	$748.45 + (100000 - 50000) \times 1.42\% = 1458.45$
100000 ~ 150000	1.37	150000	$1458.45 + (150000 - 100000) \times 1.37\% = 2143.45$
150000 ~ 200000	1.3	200000	$2143.45 + (200000 - 150000) \times 1.3\% = 2793.45$

续表 2.3.32

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设项目前期工作费
200000 ~ 300000	1.24	300000	$2793.45 + (300000 - 200000) \times 1.24\% = 4033.45$
300000 ~ 400000	1.21	400000	$4033.45 + (400000 - 300000) \times 1.21\% = 5243.45$
400000 ~ 600000	1.16	600000	$5243.45 + (600000 - 400000) \times 1.16\% = 7563.45$
600000 ~ 800000	1.13	800000	$7563.45 + (800000 - 600000) \times 1.13\% = 9823.45$
800000 ~ 1000000	1.1	1000000	$9823.45 + (1000000 - 800000) \times 1.1\% = 12023.45$
1000000 以上	1.08	1200000	$12023.45 + (1200000 - 1000000) \times 1.08\% = 14183.45$

4. 专项评价 (估) 费的计算

专项评价 (估) 费是指依据国家法律、法规规定进行评价 (评估)、咨询, 按规定应支付的费用。该费用包括环境影响评价费、水土保持评估费、地震安全性评价费、地质灾害危险性评价费、压覆重要矿床评估费、文物勘察费、通航论证费、行洪论证 (评估) 费、使用林地可行性研究报告编制费、用地预审报告编制费、项目风险评估费、节能评估费和社会风险评估费、放射性影响评估费、规划选址意见书编制费等费用。

(1) 项目建议书投资估算计算方法

项目建议书投资估算的专项评价 (估) 费按《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 C 规定的费率, 以定额建筑安装工程费为基数进行计算。

(2) 工程可行性研究报告投资估算与概、预算计算方法

工程可行性研究报告投资估算与概、预算的专项评价 (估) 费计算方法: 专项评价 (估) 费用应执行国家颁发的收费标准、规定, 以及相应的技术服务合同或参照类似工程已发生的费用, 并列入甲组文件 08 表。

5. 联合试运转费的计算

联合试运转费是指建设项目的机电工程, 按照有关规定标准, 需要进行整套设备带负荷联合试运转所需的全部费用, 不包括应由设备安装工程中开支的调试费用。

费用内容包括: 联合试运转期间所需的材料、燃料和动力的消耗, 机械和检测设备使用费, 工具用具和低值易耗品费, 参加联合试运转人员工资及其他费用等。

联合试运转费以定额建筑安装工程费总额为基数, 按 0.04% 的费率计算。

6. 生产准备费的计算

生产准备费指建设项目保证新建、改 (扩) 建项目交付使用后满足正常的运行、管理发生的工器具购置、办公和生活用家具购置、生产人员培训、应急保通设备购置等费用。

(1) 工器具购置费: 工器具购置费指建设项目交付使用后为满足初期正常运营必须购置的第一套不构成固定资产的设备、仪器、仪表、工卡模具、器具、工作台 (框、架、柜) 等的费用, 不包括构成固定资产的设备、工器具和备品、备件, 及已列入设备费中的专用工具和备品、备件。

工器具购置费由设计单位列出计划购置清单 (包括规格、型号、数量), 计算方法同设备购置费。

(2) 办公和生活用家具购置费指新建、改 (扩) 建工程项目, 为保证建设项目初期正常生产、使用和管理所必须购置的办公和生活用家具、用具的费用, 包括行政、生产部门的办公室、会议室、资料档案室、阅览室、宿舍及生活福利设施等的家具、用具。

计算方法: 办公和生活用家具购置费按表 2.3.33 的规定计算。

表 2.3.33 办公和生活用家具购置费标准表

工程所在地	路线工程 (元 / 公路公里)				单独管理或单独收费的桥梁、隧道 (元 / 座)		
	高速公路	一级公路	二级公路	三、四级公路	特大、大桥		特长隧道
					一般桥梁	技术复杂大桥	
内蒙古、黑龙江、青海、新疆、西藏	21500	15600	7800	4000	24000	60000	78000
其他省、自治区、直辖市	17500	14600	5800	2900	19800	49000	63700

注：改（扩）建工程费用按表列费用的 70% 计算。

(3) 生产人员培训费：生产人员培训费指为保证生产的正常运行，在工程交工验收交付使用前对运营部门生产人员和管理人员进行培训所必需的费用。费用内容包括：培训人员的工资、工资性补贴、职工福利、差旅交通费、劳动保护费、培训及教学实习费等。

生产人员培训费按设计定员和 3000 元 / 人的标准计算。

(4) 应急保通设备购置费：应急保通设备购置费是指新建、改（扩）建工程项目，为满足初期正常运营，购置保障抢修保通、应急处置，且构成固定资产的设备所需的费用。

应急保通设备购置费由设计单位列出计划购置清单，计算方法同设备购置费。

7. 工程保通管理费计算

工程保通管理费是指新建或改（扩）建工程需边施工边维持通车或通航的建设项目，为保证公（铁）路运营安全、船舶航行安全及施工安全而进行交通（公路、航道、铁路）管制、交通（铁路）与船舶疏导所需的媒体、公告等宣传费用及协管人员经费等。工程保通管理费应按设计需要进行计列。涉水项目施工期通航安全保障费用计算方法按《公路工程建设项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018 附录 H 或《公路工程建设项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 附录 G 计算。

8. 工程保险费的计算

工程保险费指在合同执行期内，施工企业按合同条款要求办理保险的费用，包括建筑工程一切险和第三方责任险。

(1) 建筑工程一切险是为永久工程、临时工程和设备及已运至施工工地用于永久工程的材料和设备所投的保险。

(2) 第三方责任险是对因实施合同工程而造成的财产（本工程除外）损失或损害，或为人员（业主和承包人雇员除外）的死亡或伤残负责所投的保险。

工程保险费以建筑安装工程费（不含设备费）为基数，按 0.4% 的费率计算。

9. 其他费用计算

其他费用指国务院行政主管部门及省级人民政府规定的其他与公路建设相关的费用，按其相关规定计算。

(四) 预备费计算

预备费由基本预备费和价差预备费两部分组成。

1. 基本预备费的计算

基本预备费指在初步设计和概算、施工图设计和施工图预算中难以预料的工程和费用。

(1) 基本预备费费用组成

①在进行工程可行性研究、初步设计(技术设计)、施工图设计和施工过程中,在批准的项目建议书、工程可行性研究和投资估算、初步设计和概算范围内所增加的工程费用。

②在设备订货时,由于规格、型号改变的价差,材料货源变更、运输距离或方式的改变以及因规格不同而代换使用等原因发生的价差。

③在项目主管部门组织竣(交)工验收时,验收委员会(或小组)为鉴定工程质量必须承担的开挖和修复隐蔽工程的费用。

(2)计算方法:基本预备费以建筑安装工程费、土地使用及拆迁补偿费、工程建设其他费之和为基数,按下列费率计算:

①项目建议书投资估算按 11% 计列。

②工程可行性研究报告投资估算按 9% 计列。

③设计概算按 5% 计列。

④修正概算按 4% 计列。

⑤施工图预算按 3% 计列。

2. 价差预备费的计算

价差预备费是指设计文件编制年至工程交工年期间,建筑安装工程费中的人工费、材料费、设备费、机械使用费、措施费、企业管理费等由于政策、价格变化可能发生上浮而预留的费用,及外资贷款汇率变动部分的费用。

(1)计算方法:价差预备费以建筑安装工程费总额为基数,按设计文件编制年始至建设项目工程交工年终的年数和年工程造价增涨率计算,如式(2.3.10)所示。

$$\text{价差预备费} = P \times [(1+i)^n - 1] \quad (2.3.10)$$

式中: P ——建筑安装工程费总额(元);

i ——年工程造价增涨率(%);

n ——设计文件编制年至建设项目开工年+建设项目建设期限(年)。

(2)年工程造价增涨率按有关部门公布的工程投资价格指数计算。

(3)设计文件编制至工程交工在1年以内的工程,不列此项费用。

(五) 建设期贷款利息计算

建设期贷款利息是指工程项目使用的贷款部分在建设期内应计取的贷款利息。包括各种金融机构贷款、建设债券和外汇贷款等的利息。

利息计算方法:根据不同的资金来源分年度投资计算所需支付的利息,按式(2.3.11)计算。

建设期贷款利息 = \sum (上年度末付息贷款本息累计 + 本年度付息贷款额 \div 2) \times 年利率

即:

$$S = \sum_{n=1}^N (F_{n-1} + b_n \div 2) \times i \quad (2.3.11)$$

式中: S ——建设期贷款利息;

N ——项目建设期(年);

n ——施工年度;

F_{n-1} ——建设期第 $n-1$ 年末需付息贷款本息累计;

b_n ——建设期第 n 年付息贷款额;

i ——中国人民银行公布的贷款基准年利率。

六、估算与概、预算文件的编制

(一) 编制依据

1. 投资估算的编制依据

投资估算的编制依据主要有：

- (1) 国家发布的有关法律、法规等。
- (2) 现行《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程估算指标》JTG/T 3821—2018 等。
- (3) 工程所在地省级交通运输主管部门发布的补充规定和定额等，如《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）。

(4) 项目建议书或工程可行性研究图纸等设计文件、工程实施方案。

(5) 批准的项目建议书等有关资料。

(6) 工程所在地的人工、材料与设备、施工机械价格等。

(7) 有关合同、协议等。

(8) 其他有关资料。

2. 设计概算的编制依据

设计概算的编制依据主要有：

- (1) 国家发布的有关法律、法规等。
- (2) 现行《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018、《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 等。

(3) 工程所在地省级交通运输主管部门发布的补充规定和定额等，如《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）。

(4) 可行性研究报告的批（核）准文件（修正概算时为初步设计批复文件）等有关资料。

(5) 初步设计（或技术设计）图纸等设计文件、工程施工方案（含施工组织设计）。

(6) 工程所在地的人工、材料与设备、施工机械价格等。

(7) 有关合同、协议等。

(8) 其他有关资料。

3. 施工图预算的编制依据

施工图预算的编制依据主要有：

- (1) 国家发布的有关法律、法规、规章、规程等。
- (2) 现行《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018、《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 等。

(3) 工程所在地省级交通运输主管部门发布的补充规定和定额等，如《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）。

(4) 批准的初步设计文件（或技术设计文件，若有）等有关资料。

(5) 施工图纸等设计文件、工程施工方案（含施工组织设计）。

(6) 工程所在地的人工、材料与设备、施工机械价格等。

(7) 有关合同、协议等。

(8) 其他有关资料。

（二）编制步骤

估算、概算、预算文件的编制是一项十分严肃的工作，编制质量的高低及各项计算的准确与否，直接关系到国家的经济利益。为了确保估、概、预算文件的编制质量，应根据工程估、概、预算内在的规律和国家的有关规定，按一定的步骤来进行。

1. 收集资料、熟悉设计图纸和资料

编制项目建议书投资估算、可行性研究报告投资估算、概算、修正概算、施工图预算等文件前，应对相应阶段的项目建议书、工程可行性研究、初步设计、技术设计和施工图设计内容进行收集、整理和检查，认真阅读和核对设计图纸及有关表格，如工程一览表、工程数量表等，若图纸中所用材料规格或要求不清时，要核对查实。

2. 准备估算、概算、预算资料

估算、概算、预算资料包括外业调查资料、指标、定额、补充指标、补充定额、各部门及地方主管部门的有关文件等。在编制估、概、预算前，应将公路行业的有关文件（如《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》、《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018等），地方和中央的有关文件（如《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》（云交建设〔2019〕34号）等）准备好。同时，也应将定额如《公路工程估算指标》JTG/T 3821—2018、《公路工程概算定额》JTG/T 3831—2018、《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018、《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018及各类补充定额等准备齐全。

3. 分析外业调查资料及施工方案

（1）估、概、预算调查资料分析：估、概、预算资料的调查工作是一项关系到估、概、预算文件质量的基础工作，一般在公路工程外业勘察时同时进行。调查的内容很广，原则上凡对施工生产有影响的一切因素都应调查，主要包括筑路材料的来源（沿线料场及有无自采材料）、料场探明储量、购买原价等，材料运输方式及运距、运费标准及运输道路情况，占用土地的补偿费、安置费及拆迁补偿费，沿线可利用房屋及劳动力供应情况、用水用电情况、生活资料供应情况等。对这些调查资料应进行分析，若有不明确或不全的部分，应另行调查，以保证估、概、预算的准确和合理。

（2）施工方案的分析：对与相应设计阶段配套的施工组织设计文件（尤其是施工方案）应认真分析其可行性、合理性、经济性。施工方案将直接影响估、概、预算金额的高低和定额、指标的查用，因此编制估、概、预算时，重点应对施工方案进行认真分析。

①施工方法：同一工程内容，可以采用不同的施工方法来完成，如土方施工，有人工挖土方和机械挖土方两种方法；钢筋混凝土工程既可以采用现浇施工，也可以采用预制安装等。因此，应将工程设计意图和要求同工程实际相结合，选择最经济的施工方法。

②施工机械：施工机械的选择也将直接影响施工费用。因此，应根据选定的施工方法选配相应的施工机械，如挖填土方，既可以采用铲运机，也可以采用挖土机配自卸汽车；又如混凝土预制构件的安装，可采用多种机械安装等。

③其他方面：运距远近的选择（如土方中取土坑、弃土堆的位置），材料堆放的位置及仓库的设置等。

4. 分项

公路工程估算、概算、预算是以分项工程估算、概算、预算表为基础计算和汇总而来的，所以工程分项是估算、概算、预算工作中的一项重要基础工作。一般公路工程分项时必须满足以下3个方面的要求：

（1）按照估算、概算、预算项目表的要求分项。估算、概算、预算项目表实质上是将一个复杂的建设项目分解成许多分项工程的一种科学划分方法。

(2) 符合指标、定额项目表的要求。指标、定额项目表是定额的主体内容,分项后的分项工程必须能够在定额项目表中直接查到。

(3) 符合费率的要求。措施费和间接费都是按不同工程类别确定的费率定额,因此,所分的项目应满足其要求。

5. 计算工程量

在编制估算、概算、预算时,应对各分项工程量按工程量计算原则进行计算。一是对设计中已有的工程量进行核对,二是对设计文件中缺少或未列的工程量进行补充计算,计算时应注意计算单位和计算规则与指标、定额的计量单位及计算规则一致。

6. 查指标、定额

估算指标、概(预)算定额是编制估算、概算、预算的主要计价依据,按照分项工程选用的施工方法,所使用的材料、结构构件规格、工程地质等因素合理选用指标、定额。结合指标、定额的说明、工程量计算规则等,对指标、定额进行调整,保证指标、定额运用合理。

7. 基础单价的计算

编制估算、概算、预算的另一项重要工作便是确定基础单价。基础单价是人工工日单价、材料预算单价和施工机械台班单价的统称。定额中除基价和小额零星材料及小型机具用货币指标外,其他均是资源消耗的实物指标。要以货币来表现消耗,就必须计算各种资源的单价。

8. 计算建筑安装工程费

有了各分项工程的资源消耗数量及基础单价,便可计算其直接费、措施费、企业管理费、规费、利润、税金。根据具体的设备购置清单计算设备购置费,按编制办法的规定计算专项费用。总计各单位工程的建安费,得到工程项目的建安费。

9. 实物指标计算

估算、概算、预算还必须编制工程项目的实物消耗量指标,可通过 02 表的计算完成。

10. 计算其他有关费用

按规定计算土地使用及拆迁补偿费、工程建设其他费用等费用,即编制 07 表和 08 表。

11. 编制总概、预算表并进行造价分析

(1) 编制总估算、概算、预算表:将 03、06、07、08 表中的各项填入 01 表中相应栏目,并计算各项技术经济指标。

(2) 造价分析:根据估算、概算总金额、各单位工程或分项工程的费用比值和各项技术经济指标进行全面分析,对设计提出修改建议和从经济角度对设计是否合理予以评价,提出挖潜措施。

12. 编制综合估、概、预算

根据建设项目要求,当分段或分部编制 01 表和 02 表时,需要汇总编制综合估算、概算、预算。

(1) 汇总各种估算、概算、预算表,编制“总估、概(预)算汇总表”(01-1 表)。

(2) 汇总各段的 02 表,编制“全估、概、预算人工、主要材料、机械台班数量汇总表”(02-1 表)。

13. 编制说明、目录及封面设计

估算、概算、预算表格计算并编制完成后,必须编制估算、概算、预算的编制说明、目录,进行封面设计。

编制说明主要说明估算、概算、预算编制依据,编制范围、工程概况,采用的定额、费用标准、人工材料和机械台班预算单价的依据或来源,编制中存在的问题,工程总造价的货币和实物量指标及其他与概、预算有关但不能在表格中反映的事项。

目录及封面应满足《公路工程项目投资估算编制办法》JTG 3820—2018、《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 相关规定。

(三) 编制注意事项及各项费用计算程序

1. 编制注意事项

估、概、预算编制中应注意的事项很多，下面只简要说明其中的五个主要方面。

(1) 注意表格之间的内在联系，厘清其交叉关系。

估、概、预算表格是一个有机的整体，互相联系、相互补充，通过这些表格反映整个工程的资源消耗，因此应熟练掌握各表格之间的内在联系。特别是其中的 21、22、23、24、25 共 5 个表格，在编制时交叉进行，需要特别注意。如 23 表中出现的外购材料单价及 24 表中出现的动力燃料单价通过 22 表计算，但要注意其运料终点是“料场”还是“工地料库”等。23-1 表中出现的自采材料机械台班单价和 23-2 表中出现的机械台班单价通过 24 表计算。

(2) 22 表的“工程名称”（即 01 表中“项”的名称）要按项目填列，应注意将费率相同的各“目”填列于一张表中，以便于统计。

(3) 注意各取费费率适用范围的说明，如土石方的运输属于运输，而不属于土方或石方，特殊路基处理中圪工构筑物属于构筑物 I。

(4) 使用定额时，一定要注意其小注和章、节说明等，如所有材料的运输及装卸定额中均未包括堆、码方工日等。

(5) 按地方的规定计算有关费用时，要注意各地规定中的细节要求。

2. 费用计算程序

各项费用之间有着紧密的联系，其计算亦有一定的规律和程序，各项费用的计算程序及计算方式归纳如表 2.3.34 所示。

表 2.3.34 公路工程建设各项费用的计算程序及计算方式

序号	项 目	说明及计算公式
(一)	定额直接费	Σ 人工消耗量 \times 人工基价 + Σ (材料消耗量 \times 材料基价 + 机械台班消耗量 \times 机械台班单价)
(二)	定额设备购置费	Σ 设备购置数量 \times 设备基价
(三)	直接费	Σ 人工消耗量 \times 人工单价 + Σ (材料消耗量 \times 材料预算单价 + 机械台班消耗量 \times 机械台班预算单价)
(四)	设备购置费	Σ 设备购置数量 \times 预算单价
(五)	措施费	(一) \times 施工辅助费费率 + 定额人工费和定额施工机械使用费之和 \times 其余措施费综合费率
(六)	企业管理费	(一) \times 企业管理费综合费率
(七)	规费	各类工程人工费 (含施工机械人工费) \times 规费综合费率
(八)	利润	[(一) + (五) + (六)] \times 利润率
(九)	税金	[(三) + (四) + (五) + (六) + (七) + (八)] \times 9% (备注: 其中 9% 为国家当期建筑行业增值税销项税率)
(十)	专项费用	
	施工场地建设费	[(一) + (二) \times 40% + (五) + (六) + (七) + (八) + (九)] \times 累进费率
	安全生产费	建筑安装工程费 (不含安全生产费本身) \times (\geq 1.5%)

续表 2.3.34

序号	项 目	说明及计算公式
(十一)	定额建筑安装工程费	(一)+(二)×40%+(五)+(六)+(七)+(八)+(九)+(十)
(十二)	建筑工程工程费	(三)+(四)+(五)+(六)+(七)+(八)+(九)+(十)
(十三)	土地使用及拆迁补偿费	按规定计算
(十四)	工程建设其他费	
	建设项目管理费	
	建设单位(业主管)管理费	(十一)×累进费率
	建设项目信息化费	(十一)×累进费率
	工程监理费	(十一)×累进费率
	设计文件审查费	(十一)×累进费率
	竣(交)工验收试验检测费	按规定计算
	研究试验费	
	建设项目前期工作费	(十一)×累进费率
	专项评估(价)费	按规定计算
	联合试运转费	(十一)×费率
	生产准备费	
	工器具购置费	按规定计算
	办公及生活用家具购置费	按规定计算
	生产人员培训费	按规定计算
	应急保通设备购置费	
	工程保通管理费	按规定计算
	工程保险费	[(十二)-(四)]×费率
	其他相关费用	
(十五)	预备费	
	基本预备费	[(十二)+(十三)+(十四)]×费率
	价差预备费	(十二)×费率
(十六)	建设期贷款利息	
(十七)	公路基本造价	(十二)+(十三)+(十四)+(十五)+(十六)

3. 概算、预算表格计算

概算、预算表格共有 21 张, 其表格数据的计算按编制办法规定, 各表格之间的数据过渡与转换页存在一定技巧, 应多练习。

第四节 公路工程工程量清单计量与计价

一、工程量的相关概念

(一) 工程量的概念

工程量是指按一定规则并以物理计量单位或自然计量单位所表示的工程各分部分项工程、措施项目或结构构件的数量。在工程建设不同阶段，具有不同的工程量，如不同设计阶段设计文件中的设计工程量，估概预算编制阶段的定额工程量，公路工程实施阶段的清单工程量。不同阶段工程量的概念、用途、计算规则和方法存在差异。

(1) 设计工程量是设计文件中按一定规则以实物计量单位、物理或自然计量单位表示的各分部分项工程数量、构件数量。

(2) 定额工程量是经现场勘查，在对设计图纸和施工组织设计阅读、理解的基础上，根据定额工程量的计算规则，综合图纸设计工程量和施工方案措施工程量（又称辅助工程量），以消耗量定额本身项目划分的编制单元计算出来的工程数量。

(3) 清单工程量是招标文件和合同文件的重要组成部分，是一种以一定计量单位描述工程数量的文件，也是与招标文件中计量规则、技术规范相对应的文件。

(二) 工程量计算依据

工程造价文件通常采用定额计价方式或工程量清单计价方式编制，在计价过程中需要分别计算定额工程量和清单工程量，二者均是根据设计工程量结合一定的计价规则计算而来的，具体来说需要根据设计图纸及说明，相应技术标准、规范，各类定额及其他有关的技术经济文件，按照一定的工程量计算规则逐项进行。工程量计算的主要依据有：

1. 国家、行业和地方发布的各类消耗量定额、工程量清单计价规范及其对应工程量计算规则

编制不同阶段的公路工程造价文件采用的定额标准不同，如：编制投资估算要采用《公路工程估算指标》JTG/T 3821，编制初步设计概算要采用《公路工程概算定额》JTG/T 3831，编制施工图预算要采用《公路工程预算定额》JTG/T 3832。因不同设计阶段所采用的定额综合扩大的程度不同，定额子目所包含的工作内容也不同，因此定额工程量计算的规则、方法也因使用不同的消耗量定额而不同。

编制工程量清单，一般采用《公路工程标准施工招标文件》(2018版)“第八章 工程量清单计量规则”（交通运输部公告2017年第51号），部分省份（自治区、直辖市）采用本省（自治区、直辖市）制定的工程量清单计量规则，云南公路工程项目工程量清单的编制应采用云南省地方标准《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025。

2. 招标文件

招标文件及其补充通知、答疑、纪要等相关资料是工程项目实施前的重要概述材料，也是工程量计算的重要参考依据。

3. 设计图纸及说明

设计图纸全面反映建设项目的建设标准与规模、各工程内容的结构及施工方法，是各类工程数量计算的基础资料和基本依据。图纸设计工程数量与定额工程数量和计量工程数量有很多相同之处，设计图纸是工程量计算的主要依据。

4. 施工组织设计或施工技术方案

一方面，图纸主要表现工程的实体项目，而具体分项工程的施工方法、措施应根据实际情况由施工组织设计或施工技术方案确定，如计算基坑开挖，施工方法采用人工开挖还是机械开挖、基坑周围采用放坡还是用挡土板支护，应以施工技术方案为计算依据；另一方面，工程建设中的建筑安装工程费一部分用于支付构成实体的工程项目，一部分用于支付辅助工程项目，所谓辅助工程项目即本身不构成实体但又在构成实体过程中必须要发生的一部分工程措施项目。图纸主要表现工程的实体项目和部分辅助工程的工程数量，如临时便道、便桥、临时输电线路等，还有一部分辅助工程的工程数量需要根据具体施工组织设计计算，如桥梁钢管梁式支架搭设的费用需根据桥梁的具体情况分别计算支架下部钢管质量和支架上部的搭设面积套用定额计算，而通常情况下这部分辅助工程的工程数量在设计图纸中不会体现，需要造价编制人员根据施工技术方案确定。因为图纸中未体现的辅助工程亦需计价，所以施工组织设计或施工技术方案也是工程量计算的依据。

5. 其他有关技术文件及经济调查资料

工程地质、地形、气候情况，关键工程特点，施工现场情况；以及周边项目的经济调查材料等。

（三）清单工程量

清单工程量在实施的不同阶段又可分为招标清单工程量、合同清单工程量、计量工程量、结算工程量等。

（1）招标清单工程量是招标人依据施工图纸、招标文件、计量规则确定的工程数量。招标清单工程量作为投标人投标报价的共同基础，是签订合同的组成部分。

（2）合同清单工程量是发、承包双方根据招（投）标文件及有关法律法规，以约定的工程量清单计价方式，签订工程承包合同时确定的工程量清单，合同工程量的实质是对项目实际需完成数量的预期。

（3）计量工程量是指按照合同约定的招（投）标文件及相关规定（技术规范、计量规则等）所确定的方法，对承包人符合上述要求的已完工程进行测量、计算、核查，并确认的已完工程的实际数量。

（4）结算工程量是指工程完工后，发、承包双方依据国家有关法律、法规，按合同约定计算确定的最终完成工程量。

从以上概念可以看出，对应同一个项目的相同子目，在项目实施的不同阶段，所对应工程内容的内涵是一致的，即对应子目需完成的工作内容无论是在招投标阶段还是在计量支付阶段都是一样的，只是不同工程量代表不同实施阶段计算的数量，在数值上可能有所不同而已。

（四）定额工程量

公路建设工程项目工程造价水平与项目工程规模的关系最直接，能否正确计算建设项目的定额工程量直接关系到造价文件编制的准确性，正确确定和计算定额工程数量是建设项目合理计价的前提。

定额工程量计算应配合定额的使用，因不同设计阶段对工程造价准确性的要求不同，所以不同设计阶段定额的综合程度也就不同，故造价编制的不同阶段（投资估算、初步设计概算、施工图预算阶段）定额工程量的计算规则、计算方法也是有差异的。由此可见定额工程数量的计算规则和计算方法是随着使用定额的不同而变化的。

1. 不同设计阶段定额工程量的计算规则

(1) 不同设计阶段定额工程量在计算方法、计量规则上的差异主要是因为不同阶段的计价定额综合程度不同,导致定额子目的划分不同。从综合程度方面,总体上来说,预算定额子目最多;概算定额子目次之;估算指标数量最少,综合程度最大。

以路基零星工程为例,预算定额中按整修路拱、整修边坡、挖台阶、填前压实等几个分项工程分别编制,因此在定额工程量的计算上就需根据以上项目划分,分别计算几个定额的工程数量,其定额单位也因具体定额的不同而各不相同,如整修路拱的定额计量单位为 1000m^2 ,整修边坡的定额计量单位为 1km 等;而概算定额将这些分项工程进行综合扩大合并为“路基零星工程”一个定额项目,该定额按不同的道路等级和地形(平原微丘区、山岭重丘区)划分定额子目,工作内容包括整修路拱、整修边坡、开挖截(排)水沟、挖土质台阶、填前压实、零星回填土方的全部工作,涵盖了预算定额中对应以上几条定额的工作,同时定额计量单位也综合扩大为“ 1km ”,相应这部分工程内容工程量的计算也简化为以路基长度计算。

(2) 部分定额在不同计价阶段对定额工程量的计算规则又可能是相同的。因概算定额和估算指标均是在上一级定额的基础上进行综合扩大而来,所以其不同阶段定额工程量的计算方法和计算规则又有很多相通之处。

以路基土石方工程为例,概算定额和预算定额中挖方与填方定额工程量的计算方法和计算规则以及压实系数等方面都是一致的,路基土石方工程的定额工程量计算无论是编制概算还是编制预算,其主要内容是相同的。而估算指标对于这部分内容的计算上相对较粗,如土石方数量的计算上忽略了土石类别的划分和压实系数等因素,但在并入路基填方数量内计算费用的工作内容上又与概算、预算中的计算内容是完全相同的,即无论是预算定额工程量还是概算、估算定额工程量均需增加:①清除表土或零填方地段的基底压实、耕地填方前夯(压)实后,回填至原地面高程所需的土、石方数量。②因路基沉陷需增加填筑的土、石方数量。③为保证路基边缘的压实度必须加宽填筑所需的土、石方数量。

公路工程项目所涉及的工程类别较多,结构类型复杂,定额体系也相对复杂、庞大,定额工程量的计算规则和计算方法的运用可结合估算指标、概算定额、预算定额的章节说明及定额的工程内容,在长期的工作实践中慢慢积累和总结。

2. 定额工程量的计算方法

在确定定额工程量时,首先应熟悉定额的工程内容和章节说明,可以将定额说明分为三个层次:

(1) 定额工程量计算规则:公路工程估算指标及概、预算定额的章节说明中列出的内容在定额工程量计算时必须采用。如隧道洞身工程预算定额说明中的工程量计算规则第8条“砂浆锚杆工程量为锚杆、垫板及螺母等材料质量之和;中空注浆锚杆、自进式锚杆的工程量按锚杆设计长度计算”,这条计算规则在套用时就必须按照不同锚杆的类型计算定额工程数量。砂浆锚杆按质量计算,该质量除了包含砂浆锚杆的质量外还需增加垫板及螺母的质量,所以在定额工程量的计算和编制造价文件时,应避免出现以下错误:①在砂浆锚杆的计算中漏计螺母、垫板的质量;②因工程图纸中设计数量只给出了锚杆长度,故按长度对砂浆锚杆直接套用中空注浆锚杆、自进式锚杆定额等。

(2) 特殊情况下的定额工程量计算:对没有直接列入工程量计算规则,但其内容又对定额工程数量产生影响的特殊情况下的定额工程量,应按定额说明的内容进行计算。如预算定额防护工程说明的第3条“本章定额中除注明者外,均已包括按设计要求需要设置的伸缩缝、沉降缝的费用”。这条定额说明虽然没有列入章节说明的工程量计算规则,但也对工程造价的计算同样产生影响。在计算这项工程数量时,如设计图纸中工程量只给出挡土墙伸缩缝的数量,编制造价文件时若套用“沥青麻絮伸缩缝”定额计价,忽略了预算定额防护工程说明中的内容,就会导致伸缩缝费用的重复计算。所以,特殊情况下的工程量计算规则通常在定额说明或定额的工作内容中涵盖,当定额工程量的计算规则与工程图纸中的工程数量计算规则不一致时,应确保该数量是按照定额规定的计算规则来计算,而不能

简单地用图纸中的数量直接对应定额计算。

(3) 除了定额的章节说明外,应用定额时还应注意阅读每个定额子目中的定额工程内容和定额注释,有时甚至需分析定额中具体工、料、机的内容和它们的具体消耗数量,通过这些来判断该定额对应的工作内容到底是什么,进而确定定额工程数量,防止在对照图纸工程数量选择和套用定额时的漏项或重复计算。如预算定额桥涵工程,实体式墩台混凝土,因工程内容中未包括混凝土拌合的费用,在套用定额时,需考虑套用混凝土拌合的相关定额,对应的定额工程量需考虑实体式墩台定额中混凝土 2% 的损耗,假如实体式墩台混凝土为 1000m^3 ,混凝土拌合的定额工程量为 1020m^3 。

(五) 定额工程量与清单工程量的区别

消耗量定额是工程量清单计价的重要依据,消耗量定额和工程量清单在项目划分、工程量计算上既有区别又有联系。在章节划分上,定额的章节划分与工程量清单的章节划分基本是一致的,同时定额工程量也是计量工程量计算的参考依据之一,在对清单细目组价的过程中正确计算清单工程量和定额工程量是编制最高投标限价和投标报价文件的重要工作。但是定额工程量与清单工程量两者又有着本质上的区别,主要体现在以下几个方面。

1. 两者的用途不同

定额工程数量主要用于各阶段的工程计价(组价),简而言之就是计价过程中使用定额时填写的工程数量,其数量需根据相应阶段的定额工程量的计算规则计算。而清单工程量主要用于工程量清单的编制以及工程计量、支付等方面,是按工程量清单计量规则计算的。

2. 两者参考的计算依据不同

计算定额工程量主要参考公路工程定额中的工程量计算规则,因此设计阶段不同使用的计价定额就不同,对应不同计价定额的定额工程量的计算规则也就不同。清单工程量的计算大多省(自治区、直辖市)以现行《公路工程标准施工招标文件》(2018版)“第八章 工程量清单计量规则”计算,部分省份(自治区、直辖市)另行制订了本辖区工程量清单计量规则,清单工程量按其辖区工程量清单计量规则计算,如云南省清单工程量的计算按云南省《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 执行。

3. 两者项目划分和综合的工作内容不同

定额工程量的计算规则需根据定额的项目划分和每个定额所包含的工作内容确定,以预算定额为例,定额的项目划分通常以结构构件或分项工程为基础,包括的工作内容相对单一;而清单工程量基于清单计量规则,按照“实体、净量”的原则进行划分,体现功能单元,所包含的工作内容较为综合,往往不止一项(即一个清单项目的组价通常包括多个定额)。如云南省《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 中陆上钻孔灌注桩计量工程量的计算方法为“依据图示位置及尺寸,区分桩径,按设计所示桩的长度以米为单位计量”,而针对该计价细目的计价内容包含该桩径钻孔灌注桩的全部工作内容,如护筒的安拆、桩基的成孔(钻孔、清孔、钻孔泥浆)、混凝土的浇筑及凿除桩头、桩基的无破损检验等,上述每个分项工程均对应相应的定额,所套用的每个定额又需按定额工程量的计算规则进行计算。

因此就综合程度而言,清单工程量通常大于或等于预算阶段的定额工程量。

4. 两者计算口径不同

定额工程量在计算过程中考虑了一定的施工方法、施工工艺和现场实际情况,而清单工程量在计算中主要计算工程实体的净量。如基坑开挖清单工程量的计算,取用原地面到基础底面间的平均高度并以超过基础底面周边 0.5m 的竖直面为界的棱柱体体积为计量规则,计算基坑开挖的净量;而在定额工程量计算时,除基坑开挖的净量外,还需包括放坡及工作面等的开挖量,即包含了为满足施工工艺要求而增加的加工余量。某桥梁基础挖方工程量计算范围如图 2.4.1 所示。

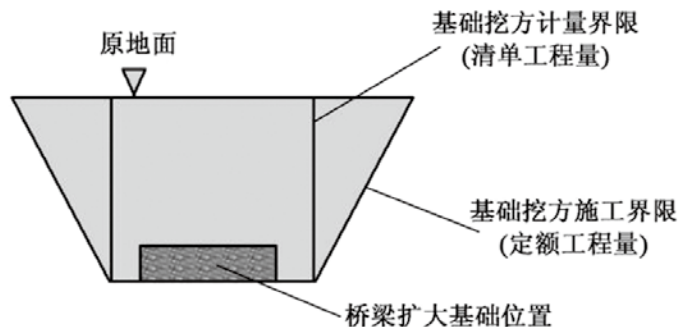


图 2.4.1 某桥梁基础挖方工程量计算范围

5. 两者工程量计算覆盖的范围不一致

清单工程量通常按以工程实体为对象进行计算，而定额工程量除了涉及实体工程数量的计算外，还需计算为修建实体工程而必须消耗的辅助工程的工程数量。

6. 两者计量单位的选择不一致

清单工程量的计量单位一般采用基本的物理计量单位或自然计量单位，如 m^2 、 m^3 、kg、t 等。定额工程量的计量单位一般为扩大的物理计量单位或自然计量单位，如 $1000m^2$ 、 $10m^3$ 、10m 等。

二、工程量清单

(一) 工程量清单基本概念

1. 工程量清单的概念

工程量清单是指在工程实施阶段用于表述公路工程工程量及对应价款的组成和内容的明细清单，包括完成公路建设活动所需的实物工程、措施项目以及费用项目等，是招标文件的重要组成部分。已标价工程量清单是指构成合同文件组成部分，由承包人按照规定的格式和要求填写并标明价格的工程量清单，是投标文件中最重要的组成部分，中标后经修正的已标价工程量清单将成为合同文件的重要组成部分，是计量支付的重要依据之一。

2. 工程量清单与费用项目清单的区别

费用项目清单是指针对公路工程造价的费用构成，综合费用来源和作用、工程管理和定额计价习惯等因素，结合长期工程设计和建设管理实践经验，按一定规则以工程或费用编码、名称、统计单位等因素划分，在公路工程计价各个阶段以表列形式展现的一种相对稳定的工程或费用的明细清单。费用项目清单主要包括估算项目清单、概算项目清单、预算项目清单等。各阶段造价文件的编制应执行对应编制办法，并结合相应建设阶段的工作深度和管理要求，确定相应建设阶段的扩展费用项目和对应的费用项目清单。

工程量清单和费用项目清单在公路工程估价文件体系中同属于公路工程估价项目，它们的共同特点是具有统一内容、名称、编码、单位等，在工程实践中也常因为工程量清单与费用项目清单的细目名称有很多相同之处，而导致两个概念的混淆。其实工程量清单与费用项目清单有着本质上的区别，主要体现在以下几个方面：

(1) 工程量清单与费用项目清单在公路工程各阶段估价文件体系中适用阶段不同。工程量清单是在公路工程实施阶段使用，公路工程项目招投标、合同管理、计量支付、工程结算采用工程量清单方式。工程量清单的工程或费用以子目形式展现，若实施阶段没有新增子目，则工程量清单

的内容在实施阶段中是相同的；而费用项目清单是在公路工程前期阶段即设计阶段使用，是在工程项目编制估、概、预算时对应编制的工程或费用的明细清单，该明细清单在不同设计阶段详细程度也不同。

(2) 工程量清单与费用项目清单的清单子目设置原则不一致。工程量清单的子目结合工程设计、施工工艺、招投标和合同管理等因素设置，并对应工程量清单计量规则，同级子目之间的工程内容不得有包含或重叠关系。而费用项目清单是在公路设计和管理过程中以实践经验为基础拟定的工程或费用的明细清单，这个清单本身不与计量规则对应，也不像工程量清单那样固定，而是可结合项目建设阶段的工作深度和管理要求灵活确定对应的费用项目清单。但工程量清单的子目也应便于与造价要素费用项目、设计工程量清单的对应性连接，以适应公路工程建设管理需求和全过程造价管理需求。

(3) 工程量清单与费用项目清单的清单子目数量的计算原则不同。工程量清单子目对应的工程数量是按照工程量清单计量规则计算的；而费用项目清单的细目工程数量是按照设计工程量计算规则计算的。清单计量规则与设计工程量计算规则是不尽相同的，比如：后张法预应力钢材的数量计算规则，清单数量按照锚具间的净长度计算（不含锚固长度和工作长度），而费用项目清单数量按照设计长度计算（包含锚固长度和工作长度）。

(4) 工程量清单与费用项目清单清单子目的编码原则不同。费用项目编码采用阿拉伯数字分级组合并应符合下表 2.4.1 的规定，要素费用项目编码示意图 2.4.2。云南省的公路工程项目工程量清单按照云南省地方标准《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 的相关规定执行，具体编码原则将在后文详细介绍。

表 2.4.1 费用项目清单分级及编码表

层 级	一	二	三	四	五
	部	项	目	节	细目
位 数	1 位	2 位	2 位	2 位	2 位
编码范围	1~9	01~99	01~99	01~99	01~99

如：××特大桥工程引桥的要素费用项目编码示意图 2.4.2 所示。

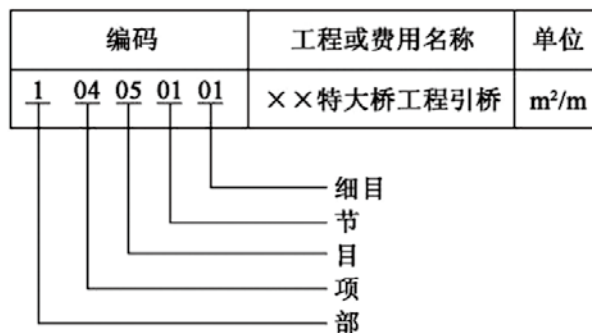


图 2.4.2 费用项目清单编码示意图

（二）工程量清单的分类

工程量清单根据在公路工程建设过程中编制时间、阶段和作用的不同分为招（投）标工程量清单、合同工程量清单、结算工程量清单等。

招标工程量清单是招标人在招标阶段应编制的工程量清单，作为招标文件的组成部分。招标工程量清单的最高投标限价应以编制的工程量清单预算为基础确定，投标工程量清单则由投标人以招标工程量清单以及招标文件约定的计量计价规则为依据，根据市场价格和投标企业经营状况等因素编制。

合同工程量清单是指在公路工程发、承包活动中，发、承包双方根据相关法律法规、招（投）标文件及有关规定，以约定的工程量清单计价方式，签订工程承包合同时确定的工程量清单。合同工程量清单包括拟建合同工程的工程数量、单价、合价及总价。

结算工程量清单是指在公路工程完工后，发、承包双方根据相关法律、法规，按合同约定计算最终工程价款所确定的工程量清单。

（三）工程量清单编制依据及规定

云南省公路工程项目的工程量清单编制应按照云南省地方标准《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025（以下简称“规范文件”）的相关规定执行。

1. 工程量清单编制依据

工程量标准清单由造价管理机构统一制定并发布的附有子目编码、子目名称、单位、计量规则、工作内容的工程量清单，是编制工程量清单及进行合同管理的主要依据。具体编制时通常是依据工程设计图纸、工程量清单计量规则等将要招标的工程内容进行分解，按一定的基本计量单位和计量规则计算构成工程实体的实物预估工程数量汇总清单表，每个表中既有工程部位和该部位需实施的子项目（工程子目），包括每个子项目的工程数量和计价要求（单价或包干价）以及总计金额。其中，已标价的工程量清单反映的是每个相对独立的个体项目的工程内容的预计数量以及该个体项目的完成价格，未标价的工程量清单实际上就是按计量规则计算的实体项目的预估工程数量汇总表。

2. 云南省工程量清单编制一般规定

（1）工程量清单应由具有编制能力的发包人或委托具有相应编写能力的单位进行编制。工程量清单是工程量清单计价的基础，是发包人和承包人编制投标限价、投标报价及进行合同管理的共同依据之一。

（2）公路工程施工宜采用工程量清单方式招标，工程量清单应是招标文件的组成部分，与招标文件同步完成，其准确性和完整性由发包人负责。

（3）最高投标限价编制人和投标人应当按发包人提供的工程量清单填报价格，工程量清单中的分部分项及子目的编码、计量单位、工程数量应与发包人提供的一致，子目编码执行规范文件中工程量清单编码规则的规定。

（4）发包人编制最高投标限价及投标人编制投标报价时均应依据规范文件的要求，并结合招标文件进行计价数量分析。

（5）工程量清单应按规范文件规定的统一格式依据发包人确定的合同段分别编制，同一项目出现多个合同段时，表现同一工程内容的工程子目，其子目编码、子目名称及计量单位，根据文件要求，应当保持一致。

（6）工程量清单中的数量为计量工程数量，除非另有规定，规范文件中已明确的工程内容及为完成计量项（子）目的附属工程和辅助工作在整个建设期及缺陷责任期内均不应重复计算其工程量。

（7）规范文件中的工程内容及工程量计量规则均包含（另有规定除外）：

①潜在承包人为完成合同工程子目的材料、机具、设备、劳力、运输、保管、试验、取（抽）样和检验。

- ②承包人为完成合同工程的复测（联测）、控制网的布设及所有分部分项的测量定位（施工放样）。
- ③监理人为检查任意分项的质量而做出测量指示工作。
- ④项目完工后承包人负责对合同内路线的高程、永久性控制网的布设和结构工程。

（8）规范文件所列的“工程内容”是对计量工程项（子）目的工程内容的一般界定，不涉及其具体的施工要求和施工方案，工程项（子）目对应的分部分项工程的施工要求应严格执行国家现行技术规范、招标项目专用技术规范和图纸的规定。

3. 工程量清单编码规则

工程量清单项（子）目编码和项（子）目名称应采用规范文件中列出的清单项（子）目编码和项（子）目名称，且项（子）目编码应采用阿拉伯数字表示，各级编号之间使用半角的破折号分隔；除一级子目外，项（子）目编码应按图 2.4.3 给出的规则，逐级编制。

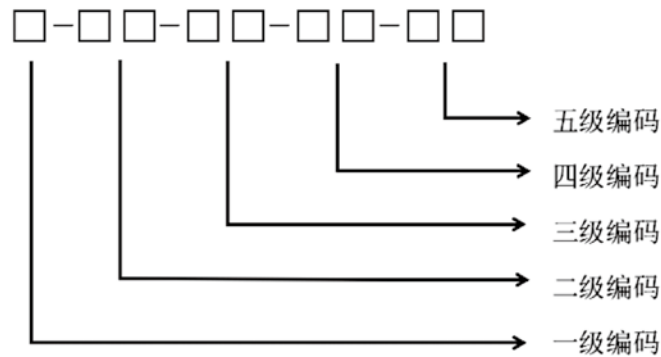


图 2.4.3 项（子）目编码规则

（四）工程量清单的组成

按照公路工程项目的组成划分，云南省公路工程工程量清单可分为三大类，分别是交通土建工程工程量清单、交通机电工程工程量清单、房屋建筑工程工程量清单。其中房屋建筑工程工程量清单在公路行业没有规定统一和详细的标准，除公路工程造价依据另有规定外，应采用现行《建设工程工程量清单计价规范》及相关专业工程工程量计算规范的有关规定进行编制；交通土建工程及机电工程工程量清单应按照规范文件的规定进行编制。交通土建工程及机电工程工程量清单的子目设置、工程量计量规则与技术规范、合同条款等的相应内容应协调配套、呼应一致，不得相互矛盾，应结合起来加以理解、解释和应用。

工程量清单应按规范文件要求进行编制，包含封面、工程量清单编制说明、各类对应计量表格（工程量标准清单）组成，且清单中的各专业工程、分部分项工程的编号及名称、计量单位、各类计量表格的结构形式及对应名称应与规范文件相一致，不应重号。

1. 封面

(1) 招标工程量清单封面（封-1）样式，见图 2.4.4。

封-1	
项目	
合同段	
(K××+××× ~ K××+×××)	
招标工程量清单	
发包人：	造价咨询单位：
(单位盖章)	(单位盖章)
法定代表人	法定代表人
或其授权人：	或其授权人：
(签字或盖章)	(签字或盖章)
编制人：	审核人：
(注册造价工程师签字盖专用章)	(一级注册造价工程师签字盖专用章)
编制时间： 年 月 日	审核时间： 年 月 日

图 2.4.4 招标工程量清单封面

(2) 最高投标限价封面(封-2)样式,见图 2.4.5。

封-2	
项目	
合同段	
(K××+×××× ~ K××+××××)	
最高投标限价	
最高投标限价(小写):	元
(大写):	元
发包人:	造价咨询单位:
(单位盖章)	(单位盖章)
法定代表人	法定代表人
或其授权人:	或其授权人:
(签字或盖章)	(签字或盖章)
编制人:	审核人:
(注册造价工程师签字盖专用章)	(一级注册造价工程师签字盖专用章)
编制时间: 年 月 日	审核时间: 年 月 日

图 2.4.5 最高投标限价封面

(3) 投标报价封面(封-3)样式,见图 2.4.6。

封-3	
项目	
合同段	
(K××+××× ~ K××+×××)	
投标报价	
发包人:	
投标总价(小写):	元
(大写):	元
投标人:	(全称)
	(单位盖章)
法定代表人	
或其授权人:	
	(签字或盖章)
编制人:	
	(注册造价工程师签字盖专用章)
编制时间:	年 月 日

图 2.4.6 投标报价封面

(4) 总说明:采用表 2.4.2 进行总说明。本表适用于对工程量清单、最高投标限价、投标报价编制的总体分析说明。

表 2.4.2 总说明

项目名称:	合同段:	第 页 共 页
编制:	复核:	编制日期:

①工程量清单编制总说明应包含下列内容:

- a. 工程概况: 工程自然、地理、气候、水文条件情况, 施工现场情况, 环境保护要求, 计划工期;
- b. 合同段招标范围及主要工程内容, 与其他专业工程(分包工程)的施工界面说明;
- c. 工程量清单编制依据;
- d. 工程质量、材料、设备、施工方案、施工工艺的特殊说明;
- e. 计日工、暂估价、暂列金额的编制说明;
- f. 其他需要说明的问题。

②最高投标限价、投标报价编制总说明应包含工程概况、编制依据和其他需要说明的问题。

2. 汇总表

(1) 工程量清单计价汇总表: 采用表 2.4.3 对工程量计价进行汇总。为了有效区别和表述投标涉及的各分项, 一级子目按照表 2.4.3 的规定给出的编码及其对应的名称, 以三位数逐项标示并顺序编号。子项下细项的编码执行图 2.4.3 项(子)目编码规则。

表 2.4.3 工程量清单计价汇总表

项目名称:	合同段:	第 页 共 页	
序号	子目编码	子目名称	金额(元)
1	100	总则	
2	200	路基工程	
3	300	路面工程	
4	400	桥梁、涵洞工程	
5	500	隧道工程	
6	600	交通安全设施	
7	700	绿化及环境保护工程	
8	800	管理、养护设施	

续表 2.4.3

项目名称:		合同段:		第 页 共 页
9	900	管理、养护及服务房屋		
10	001	序号 1 至序号 9 清单合计		
11	包含在清单中的材料、工程设备、专业工程暂估价合计			
12	清单合计减去暂估价合计 (即 10-11=12)			
13	002	计日工合计		
14	003	暂列金额 (不含计日工合计金额)		
15	004	总价 (即 001+002+003=004)		
投标 (招标) 人: (全称及盖章)		编制时间:		
法定代表人或其授权人: (签字盖章)		注册造价工程师:		

(2) 计日工汇总表: 采用表 2.4.4 对计日工进行汇总。

表 2.4.4 计日工汇总表

项目名称:		合同段:		第 页 共 页
名称	金额	备注		
劳务				
材料				
施工机械				
计日工合计 (结转工程量清单计价汇总表)				
编制:	复核:	编制日期:		

(3) 暂估价汇总表: 采用表 2.4.5 对暂估价进行汇总。

表 2.4.5 暂估价汇总表

项目名称:		合同段:		第 页 共 页
名称	金额	备注		
材料暂估价				
工程设备暂估价				
专业工程暂估价				
暂估价合计				
编制:	复核:	编制日期:		

3. 分部分项工程量计价清单及编制说明

(1) 计价清单：采用表 2.4.6 对分部分项工程量进行计价，采用表 2.4.7 对分部分项工程量进行单价分析计价。

表 2.4.6 分部分项工程量清单计价表

项目名称：		合同段：		第 页 共 页	
清单 第 章					
子目编码	子目名称	单位	数量	综合单价	合价
清单 第 章合计 人民币					
工程量清单应采用综合单价计价，且工程项目所包含的工程量清单中的每一计量子目须对应填入唯一的价格。					
编制：		复核：		编制日期：	

表 2.4.7 分部分项工程量清单单价分析表

项目名称:				合同段:				第 页 共 页										
序号	子目 编码	子目 名称	单位	人工费			材料费						机械 使用费	其他	管理费	税费	利润	综合 单价
				工日	单价	金额	主材				辅材费	金额						
							主材耗量	单位	单价	主材费								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
编制:				复核:				编制日期:										

(2) 编制说明

①工程量清单是根据本规范文件包括的有合同约束力的工程量清单计量规则、图纸以及有关工程量清单的国家标准、行业标准、合同条款中约定的其他规则编制。约定计量规则中没有的子目，其工程量按照有合同约束力的图纸所标示尺寸的理论净量计算。计量采用中华人民共和国法定计量单位。

②工程量清单应与招标文件中的投标人须知、通用合同条款、专用合同条款、工程量清单计量规则、技术规范及图纸等一起阅读和理解。工程量清单中的每一子目须填入单价或总价，且只允许有一个报价。

③工程量清单中所列工程数量是暂估的或设计的预计数量，仅作为投标报价的共同基础，不作为最终结算与支付的依据。实际支付应按实际完成的工程量，由承包人按工程量清单计量规则规定的计量方法，以监理人认可的尺寸、断面计量，按本工程量清单的单价和总额计算支付金额。

④工程量清单各子目的编码是按规范文件相关规定编排的。因此，工程量清单中各章工程子目的范围，应与工程量清单计量规范相应章节结合起来理解、解释或响应。

⑤工程量清单中所列工程量的变动，不会降低或影响合同条款的效力，也不免除承包人按规定的标准进行施工和修复缺陷的责任。

⑥图纸中所列的工程数量表及数量汇总表仅是提供资料，不是工程量清单的外延。当图纸与工程量清单所列数量不一致时，以工程量清单所列数量作为报价的依据。

⑦除非合同另有规定，工程量清单中有标价的单价和总额价均已包括了为实施和完成合同工程所需的劳务、材料、机械、质检（自检）、安装、缺陷修复、管理、保险、税费、利润等费用，以及合同约定的所有责任、义务和一般风险。

⑧符合相关规定的全部费用应认为已被计入有标价的工程量清单所列各子目之中，未列子目不予计量的工作，其费用应视为已分摊在本合同工程的有关子目的单价或总额价之中。

⑨承包人用于本合同工程的各种装备的提供、运输、维护、拆卸、拼装等支付的费用，已包括在工程量清单的单价与总额价之中。

⑩工程量清单中各项金额均以人民币（元）计。

4. 计日工计价原则、计价清单及编制说明

(1) 计价原则：计日工计价遵循以下原则，应参照合同通用相关条款一并理解。

①未经监理人书面指令，任何工程不应按计日工施工；接到监理人按计日工施工的书面指令，承包人也不得拒绝。

②承包人应在计日工单价表中填列计日工子目的基本单价或租价，该基本单价或租价适用于监理人指令的任何数量的计日工的结算与支付。计日工的劳务、材料和施工机械由发标人列出正常的估计数量，投标人报出单价，计算出计日工总额后列入工程量清单汇总表。

③计日工不调价。

(2) 计价清单：计日工相关计价采用下列清单。分别采用表 2.4.8 对计日工劳务进行计价，采用表 2.4.9 对计日工材料进行计价，采用表 2.4.10 对计日工施工机械进行计价。

表 2.4.8 计日工劳务清单计价表

项目名称：		合同段：				第 页 共 页
子目编码	子目名称	单位	暂定数量	单价（元）	合价（元）	
002-1	劳务					
002-1-1	班长	h				
002-1-2	普通工	h				

续表 2.4.8

项目名称:		合同段:			第 页 共 页	
子目编码	子目名称	单位	暂定数量	单价 (元)	合价 (元)	
002-1-3	焊工	h				
002-1-4	电工	h				
002-1-5	混凝土工	h				
002-1-6	木工	h				
002-1-7	钢筋工	h				
.....						
计日工劳务小计 (计入“计日工汇总表”)						
工程量清单中子目编码、子目名称、计量单位和工程数量由发包人填写,综合单价由投标人自主确定并计算计日工费用。						
编制:		复核:		编制日期:		

表 2.4.9 计日工材料清单计价表

项目名称:		合同段:			第 页 共 页	
子目编码	子目名称	单位	暂定数量	单价 (元)	合价 (元)	
002-2	材料					
002-2-1	水泥					
-1	32.5 级水泥	t				
-2	42.5 级水泥	t				
-3	52.5 级水泥	t				
002-2-2	钢筋					
-1	光圆钢筋	t				
-2	带肋钢筋	t				
002-2-3	预应力钢材					
-1	预应力钢丝	t				
-2	预应力钢绞线	t				
-3	预应力钢筋	t				
.....						
计日工材料小计 (计入“计日工汇总表”)						
工程量清单中子目编码、子目名称、计量单位和工程数量由发包人填写,综合单价由投标人自主确定并计算计日工费用。						
编制:		复核:		编制日期:		

表 2.4.10 计日工机械清单计价表

项目名称:		合同段:				第 页 共 页
子目编码	子目名称	单位	暂定数量	单价 (元)	合价 (元)	
002-3	施工机械					
002-3-1	推土机					
-1	75 kW 以内履带式推土机	h				
-2	90 kW 以内履带式推土机	h				
-3	105 kW 以内履带式推土机	h				
-4	135 kW 以内履带式推土机	h				
-5	165 kW 以内履带式推土机	h				
-6	240 kW 以内履带式推土机	h				
.....						
002-3-2	挖掘机					
-1	0.6m ³ 以内履带式单斗挖掘机	h				
-2	1.0m ³ 以内履带式单斗挖掘机	h				
-3	2.0m ³ 以内履带式单斗挖掘机	h				
.....						
002-3-3	装载机					
-1	1.0m ³ 以内轮胎式装载机	h				
-2	2.0m ³ 以内轮胎式装载机	h				
-3	3.0m ³ 以内轮胎式装载机	h				
.....						
计日工施工机械小计 (计入“计日工汇总表”)						
工程量清单中子目编码、子目名称、计量单位和工程数量由发包人填写,综合单价由投标人自主确定并计算计日工费用。						
编制:		复核:		编制日期:		

(3) 编制说明

① 关于计日工劳务

a. 在计算应付给承包人的计日工工资时,工时应从工人到达施工现场,并开始从事指定的工作算起,到返回原出发地点为止,扣去用餐和休息的时间。只有直接从事指定的工作,且能胜任该工作的工人才能计工,随同工人一起做工的班长应计算在内,但不包括领工(工长)和其他质检管理人员。

b. 承包人可以得到用于计日工劳务的全部工时的支付,此支付按承包人填报的“计日工劳务单价表”所列单价计算,应包括:

b-1) 劳务基本单价: 承包人提供劳务的全部直接费用。如: 工资、加班费、津贴、福利费及劳动保护费等;

b-2) 承包人的利润、管理、质检、保险、税费,易耗品的使用,水电及照明费,工作台、脚手架、临时设施费,手动机具与工具的使用及维修,以及上述各项伴随而来的费用。

② 关于计日工材料

a. 承包人可以得到计日工使用的材料费用(已计入劳务费内的材料费用除外)的支付,此费用按承包人“计日工材料单价表”中所填报的单价计算,该单价应包括基本单价及承包人的管理费、税费、

利润等所有附加费。

b. 材料基本单价按供货价加运杂费（到达承包人现场仓库）、保险费、仓库管理费以及运输损耗等计算。

b-1) 承包人的利润、管理、质检、保险、税费及其他附加费；

b-2) 从现场运至使用地点的人工费和施工机械使用费不包括在上述基本单价内。

③关于计日工施工机械

a. 承包人可以得到用于计日工作业的施工机械费用的支付，该费用按承包人填报的“计日工施工机械单价表”中的租价计算。该租价应包括施工机械的折旧、利息、维修、保养、零配件、油燃料、保险和其他消耗品的费用以及全部有关使用这些机械的管理费、税费、利润和司机与助手的劳务费等费用。

b. 在计日作业中，承包人计算所用的施工机械费用时，应按照实际工作小时支付。除非经监理人的同意，计算的工作小时才能将施工机械从现场某处运到监理人指令的计日作业的另一现场往返运送时间包括在内。

5. 暂估价清单表

采用表 2.4.11 对材料暂估价进行计价，表 2.4.12 对工程设备暂估价进行计价，表 2.4.13 对专业工程暂估价进行计价。

表 2.4.11 材料暂估价清单计价表

项目名称：		合同段：			第 页 共 页	
子目编码	子目名称	单位	数量	单价（元）	合价（元）	备注
材料暂估价小计（计入“材料暂估价汇总表”）						
材料暂估价按照发包人给定的单价或总额价填写。						
编制：		复核：		编制日期：		

表 2.4.12 工程设备暂估价清单计价表

项目名称：		合同段：			第 页 共 页	
子目编码	子目名称	单位	数量	单价（元）	合价（元）	备注
工程设备暂估价小计（计入“工程设备暂估价汇总表”）						
工程设备暂估价按照发包人给定的单价或总额价填写。						
编制：		复核：		编制日期：		

表 2.4.13 专业工程暂估价清单计价表

项目名称:		合同段:		第 页 共 页	
序号	专业工程名称	工程内容	金额		
专业工程暂估价小计（计入“专业工程暂估价汇总表”）					
专业工程暂估价按照发包人给定的单价或总额价填写。					
编制:		复核:		编制日期:	

6. 单价汇总

采用表 2.4.14 对人工、材料、机械台班的单价进行汇总。

表 2.4.14 人工、材料、机械台班单价汇总表

项目名称:		合同段:		第 页 共 页		
序号	代号	名称	材料（设备） 规格、型号	单位	单价（元）	备注
如某种材料（设备）为业主统一供应，则在对应备注栏中标注“业主统供”字样。						
编制:		复核:		编制日期:		

三、工程量清单计量规则

工程量清单计量规则是施工合同的重要组成部分，目前云南省施工合同中项目专用工程量清单计

量规则编制主要依据规范文件中规定的计量规则。

（一）工程量清单计量规则的概念

规范文件规定的“工程量清单计量规则”，是确定工程数量计算方法的重要依据。本部分主要介绍工程量清单计量规则中工程量的计量、相应的工程内容及应用。

工程量清单计量规则与工程计量的关系密不可分。工程计量必须符合合同约定的条件，即计量除了包括数量方面的内容外，还包括工程质量方面的内容。工程量清单计量规则作为合同的重要组成部分正是为工程的合理计量提供依据。

（二）工程量清单计量规则的作用

（1）工程量清单计量规则是计量工程量的计算依据。工程量计量规则的每一个子目都对该子目如何计量做了详细的说明，如计量工程量的计算方法、计量单位的采用及该子目中哪些内容应予以计量、哪些不能计量等内容。

（2）工程量清单计量规则确定了清单子目所包含的工作内容。清单子目的工作内容包括什么，计价时要计算哪些工作内容对应的费用，其计算依据不是由子目名称所确定或编制人员自行理解，而是由合同文件的计量规则决定，计量规则中所描述的工作内容是承包人是否完成清单子目工作内容的确定标准，规定了承包人应予以完成的该子目的主要工作。

（3）与工程量清单计量规则配套使用的技术规范对承包人完成子目工作的工程质量提出了对应的质量检验标准。监理人予以计量的前提是子目工程内容全部完成，且质量达到标准，而技术规范针对质量检验提出了基本要求，规定了工作内容包括外观质量、检查项目、检查方法及合格标准等内容，以满足监理人对质量管控的需求。

（4）项目专用条款中明确的工程量清单计量规则，是具体建设项目工程计量支付和工程结算的依据。

（三）工程量计量规则的主要组成内容

1. 总说明

（1）超过图纸所示的长度、面积、体积、质量等，均不应计算工程数量。

（2）结构物应按图纸所示净尺寸计算，钢材的体积不予扣除，直径小于0.20m的管子、锚固件、管道、泄水孔或桩所占混凝土体积不予扣除，倒角0.15m×0.15m以内不予扣除，体积0.03m³以内的开孔及开口不予扣除，面积0.15m×0.15m以内的填角部分也不增加。

（3）计算面积时，不应扣除面积在1m²以下的固定物（如检查井等）所占面积。

（4）规范文件中工程所需拌和站、预制场（厂）、临时道路、临时用电及临时使用土地等应在总则中计价。

（5）保通道路具备详细的设计图纸及明确的技术要求的，宜按照规范文件分列清单子目；保通道路未提供明确的技术指标要求的（如压实度、抗压强度等），应在子目编码103-5保通道路计量。

（6）除灌注桩泥浆和钻渣外，设计图纸中示出的弃方，其增运应在子目编码202-5弃方增运计算工程数量，弃方开挖、装车、第1km以内的运输应包含在相关清单子目的工作内容之中。灌注桩泥浆和钻渣的运输作为灌注桩清单子目工作内容不单独计算工程数量。

（7）下列工程内容应按照规范文件中管理、养护及服务房屋规定执行：

- ①高速公路服务区等房屋建筑工程。
- ②隧道用房。
- ③收费岛、收费天棚的土建工程。

④超限检测站中的房屋建筑工程。

⑤其他附属房屋建筑工程。

(8) 规范文件中各表工程量计算规则栏中示出表列清单子目常用下级子目设置规则, 经风险评估可行后可根据项目管理需要补充下级子目设置规则。设置的下级子目应符合规范文件有关规定。

(9) 以延米为单位计算的结构物(如管涵等), 除非图纸另有表示, 应按平行于该结构物位置的基面或基础的中心方向计算长度。

(10) 规范文件所称的“以下”“以内”均应包括本数; 所称的“超过”“以上”“以外”均不应包括本数。

(11) 规范文件中工程内容, 除另有规定和说明外, 应视为已经包括完成该清单子目所列或未列的全部工作内容; 未列出的辅助性工作、临时措施性工作、工程子目实施前准备工作和整理清场工作等均应包含在清单子目的工程内容之中。

(12) 除规范文件另有规定外, 下述工作内容均应包含在相关清单子目的工作内容之中, 其费用均包含或分摊在相关清单子目的综合单价中:

① 承包人应缴纳的所有税金, 为合同项目雇用的所有人员和投入工地现场的施工机械设备投保的保险费。

② 施工所需的土石方资源费以及弃渣场垃圾消纳费。

③ 模板、支架、脚手架, 包括拱盔、移动模架、挂篮、衬砌台车等。

④ 工作平台搭设与拆除。

⑤ 钢材、土工织物、防水卷材等搭接重叠部分。

⑥ 金属材料连接所使用的辅助材料, 包括绑扎钢丝、机械连接接头、螺栓、螺母、垫圈等。

⑦ 金属材料加工和固定所使用的辅助材料, 包括灰浆、楔块、垫块、填缝料、垫衬物、油料、接缝料、焊条、涂敷料等。

⑧ 水泥混凝土外掺材料(混凝土外加剂、混凝土纤维等)、沥青混合料外掺材料(纤维、水泥等)。

⑨ 结构混凝土保温、控温措施, 以及防腐、防冻、防污工作, 包括结构混凝土拌制、运输和浇筑过程中的保温措施, 以及大体积混凝土冷却系统等。

⑩ 施工人员、材料及构件的水平运输和垂直运输, 以及吊装、运输设施的建设、维护和拆除, 包括临时轨道、施工电梯、塔吊、龙门架、提梁站、猫道、缆索吊等。

⑪ 结构工程施工缝、沉降缝的填缝与防水材料, 包括施工缝和沉降缝的设置及沥青麻絮等简易材料填塞, 涂刷沥青、防水涂料等接缝防水工作。

⑫ 预制构件安装架设, 以及构件安装架设设施的建设、维护和拆除, 包括导梁、架桥机等。

⑬ 预埋件制作、安装。

⑭ 预留孔洞工作。

⑮ 施工所需的试验、检测检验等自检工作。

⑯ 公路工程沿线既有管线等临时保护措施, 包括管线临时迁移。

⑰ 弃土场、弃渣场的整形、压实。

⑱ 施工所需的其他辅助机械、机具、材料。

⑲ 由发包人另行委托实施的工程与合同工程存在交叉和衔接的, 承包人提供方便和配合。

⑳ 工程子目实施前准备工作和实施后清理现场工作等。

㉑ 公路工程交工前的照管和维护工作。

2. 子目编码 100 总则

总则包括通则、工程管理、临时工程与设施、承包人驻地建设、临时交通管制措施与设施及既有道路设施维修加固等。

(1) 通则：工程保险费子目包括按合同条款规定，提供建筑工程一切险、第三者责任险。

建筑工程一切险保险标的为合同项目的永久工程、临时工程和设备以及已运至施工工地用于永久工程的材料和设备；第三者责任险保险标的为因实施本合同工程而造成的财产（本合同工程除外）的损失和损害或人员（业主和承包人雇员除外）的死亡或伤残；保险期均为合同约定的施工期及缺陷责任期。均以工程量清单子目编码 100 ~ 900 合计金额（不含工程保险费、信息化管理费）为计算基数乘以合同约定的费率计算，按规定要求和工程规模等计算总额；

(2) 工程管理：工程管理子目包括竣工文件、施工环保费、安全生产费和信息化管理费。

①竣工文件，按现行《公路工程竣（交）工验收办法》《公路工程竣（交）工验收办法实施细则》及合同约定进行编制和提供，并按规定要求和工程规模等计算总额。

②施工环保费，按相关规定落实施工期间环境保护以及合同条款规定的工程实施阶段中临时采取的环境保护内容，包括但不限于预防、减轻和消除因工程施工造成的环境污染的一系列措施、保护水质、防止水土流失和废料废方处理、施工临时污水处理、控制扬尘、减少噪声污染、减少废气污染、保护绿色植被、土地资源的保护等施工环境保护措施和设施费用，并按规定要求和工程规模等计算总额。

③安全生产费按现行相关规定及合同约定落实安全生产所采取的相关措施。以工程量清单子目编码 100 ~ 900 合计金额（不含工程保险费、安全生产费本身以及信息化管理费）为计算基数乘以合同约定（或招标文件）的费率计算，按规定要求和工程规模等计算总额。

④信息化系统（暂估价），包括信息化管理系统的配置建设、维护、备份管理及网络构筑、信息安全、系统操作人员培训、劳务等，以发包人填写的暂估价计算总额。

(3) 临时工程与设施：临时工程与设施子目包括临时道路、临时使用土地、临时供电设施架设、维护与拆除、临时供水设施。

①临时道路包括临时道路修建、养护与拆除、原有道路的维护与恢复、临时码头修建、养护与拆除，均按合同约定完成，并按规定要求和交通状况等计算总额。

②临时使用土地按合同约定申请临时用地并办理使用手续，使用临时土地（含临时占用水域），并进行清理和恢复（含复耕）；临时使用土地范围包括但不限于承包人办公生活驻地、工地试验室、拌和站、预制场（厂）、钢筋加工场（厂）、机械设备停放场、材料堆放场地、仓库、取弃土（渣）场、临时道路等，按规定要求和工程需要等计算总额。

③临时供电设施架设、维护与拆除按合同约定完成自地方供电部门高压输出接口至工地主变压器低压端输出接口的临时供电设施架设、维护与拆除，包括高压电线电缆、电杆（塔）、变压器、电力增容等；包含工地临时供电支线设施架设、维护与拆除，按规定要求和工程需要等计算总额。

④临时供水设施按合同约定完成全部施工和生活用水水源至工地主供水管道和闸阀等设施的修建、维护及拆除；包含工地临时供水支线设施架设、维护与拆除，按规定要求和工程需要等计算总额。

(4) 保通道路：保通道路包括保通道路修建、维护与拆除和保通道路临时交通安全设施。

①保通道路修建、维护与拆除按合同约定完成为疏导现有交通流而临时修建的道路（含桥梁、涵洞）的修建、养护与拆除等，依据图示或招标文件等规定计算总额。

②保通道路临时交通安全设施按合同约定完成临时交通安全设施的提供、维护与拆除等，含区域路网分流、保路段交通组织以及交通组织应急预案所需的临时交通安全设施，依据图示或招标文件等规定计算总额。

(5) 承包人驻地建设：承包人驻地建设包括办公生活驻地建设、工地试验室建设、拌和站建设、钢筋加工场（厂）建设、预制场（厂）建设、建筑材料仓储建设，均按公路工程施工标准化建设有关规定和招标文件要求计算总额。

①办公生活驻地建设包括施工与管理所需的办公室、生活用房及医疗卫生等配套设施；承包人驻地的防护、围墙、场地硬化、场内道路等；承包人驻地的建设（含基底处理）、管理与维护、拆除，

按规定要求和工程需要等计算总额。

②工地试验室建设包括工地试验室的建设（含基底处理）、管理与维护、拆除。

③拌和站建设包括水泥混凝土拌和站、路面基层混合料拌和站、沥青混合料拌和站的建设（含基底处理）、管理与维护、场地硬化、场内道路、临时排水与防护设施的建设与拆除等；拌和设备安装与拆除；拌和站拆除。

④钢筋加工场（厂）建设包括钢筋加工场（厂）的建设（含基底处理）、管理与维护、场地硬化、场（厂）内道路等；场内临时轨道、起吊（重）设备安装与拆除等；钢筋加工场（厂）拆除。

⑤预制场（厂）建设包括预制场（厂）的建设（含基底处理）、管理与维护（含智慧梁场/厂建设）；预制场（厂）建设包括场地硬化、场（厂）内道路、预制台座、存梁台座、场内临时轨道、起吊（重）设备等；预制场（厂）的拆除。

⑥建筑材料仓储建设包括钢材、水泥、砂石料等堆放场地以及其他仓储场地；建筑材料仓储场地和设施的建设（含基底处理）、管理与维护、拆除。

（6）临时交通管制措施与设施：临时交通管制措施与设施包括道路临时交通管制措施和设施、铁路临时交通管制措施和设施、水上临时交通管制措施和设施，均按规定要求和工程需要等计算总额。

①道路临时交通管制措施和设施包括边施工边通车的改扩建工程、与现有通行道路交叉的新建或改扩建工程中，由承包人实施的为疏导交通和保障原有道路畅通所需的临时措施和设施；不包括向第三方支付的管理和协调费用。

②铁路临时交通管制措施和设施包括与现有运营铁路交叉的新建或改扩建工程中，由承包人实施的为保障铁路运营所需的临时措施和设施；不包括向第三方支付的管理和协调费用。

③水上临时交通管制措施和设施包括与现有通航航道交叉的新建或改扩建工程中，由承包人实施的为保障航道通行所需的临时措施和设施；不包括向第三方支付的管理和协调费用。

（7）既有道路设施维修加固：既有道路设施维修加固包括路基、路面维修；桥梁涵洞维修加固；隧道维修，按规定要求和工程需要等计算总额。

3. 子目编码 200 ~ 800 工程计量规则

（1）路基工程

①路基工程包括通则、场地清理、挖方路基、填方路基、特殊地区路基处理、路基整修、坡面排水、护坡与护面墙、挡土墙、锚杆与锚定板挡土墙、加筋土挡土墙、喷射混凝土和喷浆边坡防护、预应力锚索与锚杆边坡锚固、抗滑桩、河道防护等。

②下述工作内容均包含在路基工程相关清单子目的工程内容之中，其费用均被包含或分摊在路基工程相关清单子目的综合单价中：

a. 子目编码 201 通则工作内容。工作内容包括按照相关规定进行施工测量、放样、复测、土工试验、施工现场的准备和布置、工程材料质量抽检、施工方案和计划编制、工程质量自检、交验前的准备工作及缺陷修补等，作为路基工程附属工作，不单独列项计量。

b. 拆除结构物所需的临时支撑、施工监控。

c. 设计路床顶面以下 300mm 以内挖松再压实。

d. 路基填前压实（设计中采用重夯等特殊处理方式的除外）、零填翻挖、压实、为满足施工要求加宽填筑土方等。

e. 路基填料二次装运。

f. 施工期间临时排水、临时防护设施。

g. 施工沉降观测、施工监测和稳定观测。

h. 路床清理，包括石质路床欠挖凿除，超挖找平。

③以子目编码 203 挖方路基为例，包括路基挖方工程，改河、改渠、改路挖方工程、挖台阶、滑

坡体处理等分项，其中路基挖方工程，改河、改渠、改路挖方工程均包含挖土方、挖石方、挖除非适用材料（不含淤泥、岩盐、冻土）、挖淤泥、挖岩盐、挖冻土等工程内容，这两个分项工程子目的计量规则基本相同。

a. 路基挖方和改河、改渠、改路挖方工程中，挖土方、挖石方子目的工程量均应依据图示位置及尺寸，不区分土壤、岩石类别，按天然密实体积以立方米为单位计量。

b. 路基挖方和改河、改渠、改路挖方工程中，挖除非适用材料（不含淤泥、岩盐、冻土）、挖淤泥、岩盐、冻土子目的工程量均应依据图示位置及尺寸，按天然密实体积以立方米为单位计量。

c. 挖台阶子目的工程量依据图示位置及尺寸，按天然密实体积以立方米为单位计量。

d. 滑坡体处理包含减载挖土方、减载挖石方，其中减载挖土方依据图示地面线、路基设计横断面图、路基土石比例，按平均断面积法计算，按天然密实方体积以立方米为单位计量。减载挖石方依据图示地面线、路基设计横断面图、路基土石比例，按平均断面积法计算，按体积以立方米为单位计量。

（2）路面工程

①路面工程包括通则、功能层（垫层）、石灰稳定材料底基层与基层、水泥稳定材料底基层与基层、综合稳定材料及工业废渣稳定材料底基层与基层、粒料类底基层与基层、沥青结合料类基层、透层和黏层、热拌沥青混合料面层、沥青表面处治与封层、改性沥青及改性沥青混合料、水泥混凝土面板、路肩与中央分隔带及路缘石、路面及中央分隔带排水、其他路面结构层、旧路面处理、旧路面利用等。

②子目编码 301 通则工作内容按照相关规定进行施工测量、施工现场的准备和布置、工程材料质量抽检、施工方案和计划编制、工程质量自检、交验前的准备工作及缺陷修补等，均作为路面工程附属工作，包含在路面工程相关清单子目的工程内容之中，不单独列项计量，其费用均被包含或分摊在路面工程相关清单子目的综合单价中。

③以子目编码 303 ~ 307 底基层、基层为例，其材料包括石灰稳定材料、水泥稳定材料、综合稳定材料及工业废渣稳定材料、粒料类和沥青结合料类。

a. 等厚的稳定类材料的底基层、基层，依据图示位置及尺寸，区分稳定土类型、配合比、压实厚度，按结构层顶面面积以平方米为单位计量。

b. 等厚的粒料类材料的底基层、基层，依据图示位置及尺寸，区分压实厚度，按结构层顶面面积以平方米为单位计量。

c. 搭板、埋板下的此类材料底基层、基层通常为不等厚断面，应依据图示位置及尺寸，按体积以立方米为单位计量。

d. 沥青结合料类基层，包含密级配沥青稳定碎石基层（ATB）、密级配沥青稳定碎石调平层（ATB）、排水式沥青稳定碎石基层（ATPB）子目，其中等厚的密级配沥青稳定碎石基层（ATB）、排水式沥青稳定碎石基层（ATPB）依据图示位置及尺寸，区分级配类型、压实厚度，按结构层顶面面积以平方米为单位计量。密级配沥青稳定碎石调平层（ATB）为不等厚断面，依据图示位置及尺寸，区分级配类型，按体积以立方米为单位计量。

（3）桥梁、涵洞工程

①桥梁、涵洞工程包括通则、模板与拱架和支架、钢筋、基础挖方及回填、钻孔灌注桩、沉入桩、挖孔灌注桩、桩的垂直静载荷试验、沉井与地下连续墙、结构混凝土工程、预应力混凝土工程、桥梁钢结构工程、砌石工程、小型钢构件、桥面铺装、桥梁支座、桥梁接缝和伸缩装置、防排水工程、圆管涵及倒虹吸管涵、盖板涵、箱涵、拱涵、桥梁附属设施等。

②子目编码 401 通则工作内容按照相关规定进行施工测量、施工现场的准备和布置、工程材料质量抽检、施工方案和计划编制、工程质量自检、交验前的准备工作及缺陷修补等。部分采用通则项目分项进行计量，项目分项清单包括桥梁荷载试验、地质钻探及取样试验、桥梁工程特殊子目。

③下述工作内容均包含在桥梁、涵洞工程相关清单子目的工程内容之中，其费用均被包含或分摊

在桥梁、涵洞工程相关清单子目的综合单价中：

- a. 子目编码 401 通则中未列入清单子目计价的工作内容。
- b. 墩梁临时锚固。
- c. 钻取混凝土芯样后的空洞填补。
- d. 预应力钢材及斜拉索的除锈、制作、安装、运输，锚具、锚垫板、定位筋、连接件、封锚、护套、支架和附属装置。
- e. 设计图纸所示预埋在桥涵工程结构混凝土内永久保留的小型钢构件（包括钢板、钢管、型钢、地脚螺栓等，但不包括钢筋），不包括已计入子目编码 414 清单子目中的小型钢构件。
- f. 设置于桥梁混凝土护栏上的伸缩装置钢板。

④以子目编码 403 钢筋为例，包括基础钢筋、下部结构钢筋、上部结构钢筋、附属结构钢筋、涂层钢筋、不锈钢钢筋、焊接钢筋网、植筋等分项。

a. 基础钢筋，基础包括灌注桩、桩间系梁、沉入桩、沉井、地下连续墙、扩大基础、支撑梁、承台、锚碇等，依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克为单位计量。

b. 下部结构钢筋，下部结构包括墩台身、索塔、墩间系梁、墩台帽梁、盖梁（含挡块）、耳背墙、支座垫石等，依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克为单位计量。

c. 上部结构钢筋，上部结构包括主梁板、拱上部结构、横隔梁板、湿接缝、桥面连续、整体化层、桥面铺装、梁底楔形块、梁底抗震挡块等，依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克为单位计量。

d. 附属结构钢筋，附属结构包括混凝土护栏、缘石、人行道、桥头搭板、枕梁等，含伸缩缝预埋钢筋质量，依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克为单位计量。

e. 涂层钢筋、不锈钢钢筋，依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克为单位计量。

f. 焊接钢筋网，依据图示钢筋网片规格、尺寸及单位理论质量，按质量以千克为单位计量。

g. 植筋，依据图示位置及尺寸，区分钢筋直径、长度及钻孔深度，按植筋的质量以千克为单位计量。

（4）隧道工程

①隧道工程包括通则、洞口与明洞工程、洞身开挖、洞身衬砌、防水与排水、洞内防火和装饰工程、风水电作业及通风防尘、监控量测、特殊地质地段的施工与地质预报、洞内机电与消防等设施预埋件、盾构掘进等。

②下述工作内容均包含在隧道工程相关清单子目的工程内容之中，其费用均被包含或分摊在隧道工程相关清单子目的综合单价中：

a. 子目编码 501 通则工作内容。通则工作内容按照相关规定进行施工测量、施工现场的准备和布置、工程材料质量抽检、施工方案和计划编制、工程质量自检、交验前的准备工作及缺陷修补等，作为隧道工程附属工作，不单独列项计量。

b. 隧道洞内外临时防水与排水。

c. 子目编码 507 风水电作业及通风防尘。

d. 盾构机调头、转场运输。

e. 设计图纸所示预埋在隧道工程结构混凝土内永久保留的小型钢构件（包括钢板、钢管、型钢、地脚螺栓等，但不包括钢筋），不包括已计入子目编码 510 清单子目中的小型钢构件。

③以子目编码 503 洞身开挖为例，包括洞身开挖（不含竖井、斜井、平行导洞）、竖井洞身开挖、斜井、平行导洞洞身开挖、风道、泄水洞洞身开挖、隧道锚洞室开挖。

a. 洞身开挖（不含竖井、斜井、平行导洞），含紧急停车带、车行横洞、人行横洞以及设备洞室

的开挖体积，依据图示衬砌（含路面和水沟）外轮廓线内断面及相应洞身长度，区分围岩级别，按体积以立方米为单位计量。

b. 竖井洞身开挖，依据图示衬砌外轮廓线内断面及相应洞身长度，区分围岩级别，按体积以立方米为单位计量。

c. 斜井、平行导洞洞身，风道、泄水洞洞身开挖，依据图示衬砌（含路面和水沟）外轮廓线内断面及相应洞身长度，区分围岩级别，按体积以立方米为单位计量。

d. 隧道锚洞室开挖，含锚体、锚室、散索鞍室及散索鞍基础开挖体积，依据图示衬砌（含路面和水沟）外轮廓线内断面及相应洞身长度，区分围岩级别，按体积以立方米为单位计量。

（5）交通安全设施

①交通安全设施包括下列费用：通则、护栏、隔离栅和防落物网、道路交通标志、道路交通标线、防眩设施、视线诱导设施、避险车道、其他交通安全设施等。

②下述工作内容均包含在交通安全设施相关清单子目的工程内容之中，其费用均被包含或分摊在交通安全设施相关清单子目的综合单价中：

a. 子目编码 601 通则工作内容。工作内容按照相关规定进行施工测量、施工现场的准备和布置、工程材料质量抽检、施工方案和计划编制、工程质量自检、交验前的准备工作及缺陷修补等，作为交通安全设施工程附属工作，不应单独列项计量。

b. 交通安全设施基础开挖、回填、余土（渣）收集及运弃、场地清理等。

c. 交通安全设施立柱及其安装、接地等。

d. 交通安全设施预埋件、连接件等。

③以子目编码 602 护栏为例，包括混凝土护栏、波形梁钢护栏、缆索护栏、石砌护墙、中央分隔带开口护栏、防撞垫、防撞桶。

a. 混凝土护栏，包含现浇混凝土护栏、预制安装混凝土护栏、现浇混凝土基础、钢筋子目，涉及混凝土的子目依据图示位置及尺寸，区分混凝土强度等级，按体积以立方米为单位计量。钢筋依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克为单位计量。

b. 波形梁钢护栏，包含波形梁钢护栏（标准段）、波形梁钢护栏（过渡段）、波形梁钢护栏端部段、波形梁钢护栏起、终端头子目，波形梁钢护栏（标准段）依据图示位置及尺寸，区分不同规格型号，按设计所示护栏长度以米为单位计量；波形梁钢护栏（过渡段）、波形梁钢护栏端部段依据图示位置及尺寸，区分不同规格型号，按护栏水平投影中心线长度以米为单位计量；波形梁钢护栏起、终端头依据图示位置及尺寸，区分不同规格型号，按数量以个为单位计量。

c. 缆索护栏依据图示位置及尺寸，区分不同规格型号，按设计所示护栏长度以米为单位计量。

d. 石砌护墙依据图示位置及尺寸，区分砌石种类，按体积以立方米为单位计量。

e. 中央分隔带开口护栏，包含钢质插拔式、钢质伸缩式、钢管预应力索防撞活动护栏子目，均依据图示位置及尺寸，区分不同规格型号，按设计所示护栏长度以米为单位计量。

f. 防撞垫依据图示位置及尺寸，区分规格，按数量以块为单位计量。

g. 防撞桶依据图示位置及尺寸，区分规格，按数量以个为单位计量。

（6）绿化及环境保护工程

①绿化及环境保护工程包括通则、护栏、隔离栅和防落物网、道路交通标志、道路交通标线、防眩设施、视线诱导设施、避险车道、其他交通安全设施等。

②下述工作内容均包含在绿化及环境保护相关清单子目的工程内容之中，其费用均被包含或分摊在绿化及环境保护相关清单子目的综合单价中：

a. 子目编码 701 通则工作内容。工作内容按照相关规定进行施工测量、施工现场的准备和布置、工程材料质量抽检、施工方案和计划编制、工程质量自检、交验前的准备工作及缺陷修补等，作为绿

化及环境保护工程附属工作，不应单独列项计量。

- b. 子目编码 705 植物养护与管理工作内容。
- c. 边坡铺设种植土，包括路基、互通区、服务区的边坡。
- d. 乔木、灌木和攀缘植物种植坑穴（槽）内的种植土填筑。
- e. 苗木假植。
- f. 土壤改良。
- g. 为满足成活率要求所需的补种。

③绿化及环境保护工程植物规格定义应符合下列规定：

- a. 地径指距地坪 0.1m 高处的树干直径。
- b. 干径指距地坪 0.3m 高处的树干直径。
- c. 胸径指距地坪 1.3m 高处的树干直径。
- d. 冠径（冠幅）指苗木垂直投影面的最大直径和最小直径之间的平均值。
- e. 蓬径指灌木、灌木丛垂直投影面的直径。
- f. 株高指树顶端至地坪的高度。
- g. 冠丛高指地表至乔木或灌木顶端的高度。
- h. 篱高指绿篱苗木顶端至地坪的高度。

④以子目编码 704 种植乔木、灌木和攀缘植物为例，包括种植乔木、种植灌木、种植地被、种植绿篱、种植攀缘植物、种植竹类、种植水生植物、植物移栽。

- a. 种植乔木、灌木依据图示位置及尺寸，区分不同种类及规格，按数量以棵为单位计量。
- b. 种植地被、绿篱依据图示位置及尺寸，按不同种类，按种植面积以平方米为单位计量。
- c. 种植攀缘植物、竹类依据图示位置及尺寸，按数量以棵为单位计量。
- d. 种植水生植物依据图示位置及尺寸，按不同种类的水生植物，按种植面积以平方米为单位计量。
- e. 植物移栽包含移栽乔木、移栽灌木子目，依据图示位置及尺寸，区分不同种类及规格，按数量以棵为单位计量。

（7）管理、养护设施计量规则

①管理、养护设施应包括下列费用：通则、收费设施、通信设施、监控设施、专用软件、通风与消防设施、供配电照明设施、防雷和接地设施、管线工程等。

②下述工作内容均应包含在管理、养护设施相关清单子目的工作内容之中，其费用均应被包含或分摊在管理、养护设施相关清单子目的综合单价中：

- a. 收费设施、通信设施、监控设施、消防设施等系统安装过程中检验或检测需使用的元器件、专用工具、测试设备、安装调试、联机调试，指标测试等。
- b. 收费设施、通信设施、监控设施、消防、供配电等子系统调试。

为满足设计使用功能所需的配件、配套附件、内部连接线缆、随机备件、技术手册（含使用及维护手册）等。

- c. 计算机套配件（鼠标垫、鼠标、键盘、显示器等）以及操作、维修手册等。
- d. 材料、设备取样、送检或抽检等。
- e. 电缆试验。
- f. 设备采购、运输、保管、现场检验测试、试运行及设备基础开挖、浇筑、养护、回填、工作面清理等。
- g. 备品备件。
- h. 工程缺陷责任期内有关设施维护或设备保修服务。

③以子目编码 801 通则为例，包括联合设计经费、外接电专项费用、培训经费、系统联合调试费。

- a. 联合设计经费依据规定要求和工程需要等，以总额为单位计量。

- b. 外接电专项费用由发包人填写，以总额为单位计量。
- c. 培训经费，包括对运营部门人员和管理人员进行培训所需的费用，依据规定要求和工程需要等，以总额为单位计量。
- d. 系统联合调试费，包括本路段机电系统的有关联的、制约的、交叉的、有数据交换的子系统之间及其他路段、省级中心之间有联网要求的系统之间的联合调试，由发包人填写，以总额为单位计量。
4. 子目编码 900 管理、养护及服务房屋计量规则
- 采用现行《建设工程工程量清单计价规范》及相关专业工程工程量计算规范的有关规定对管理、养护及服务房屋进行编制。

(四) 工程量清单计量示例

(1) 以路基工程中子目编码 201-1 清理与掘除”为例，本子目工程量清单项目分项计量规则应按表 2.4.15 的规定执行。

表 2.4.15 场地清理

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
202	场地清理			
202-1	清理与掘除			
202-1-1	清理现场	m ²	1. 依据图示位置及尺寸，按路基开挖线或填筑边线之间的水平投影面积以平方米 (m ²) 为单位计量； 2. 不含路基范围以外临时工程等用地清场面积	1. 灌木、竹林、胸径小于 10cm 树木的砍伐及挖根； 2. 清除场地范围内 (含改扩建中既有路基边坡) 的垃圾、废料、表土 (腐殖土)、石头、草皮； 3. 挖坑穴的回填、整平、压实； 4. 适用材料装卸、移运、堆放，非适用材料的装卸、运输、弃置
202-1-2	砍伐树木	棵	依据图示路基范围内胸径 10cm 以上的树木，按实际砍伐数量以棵为单位计量	1. 砍伐； 2. 截锯； 3. 装卸、移运、堆放
202-1-3	挖除树根	棵	依据图示路基范围内胸径 10cm 以上树木的树根，按实际挖除数量以棵为单位计量	1. 挖除树根； 2. 装卸、移运、堆放

202-1-1 清理现场中的工程内容为“①灌木、竹林、胸径小于 10cm 树木的砍伐及挖根；②清除场地范围内 (含改扩建中既有路基边坡) 的垃圾、废料、表土 (腐殖土)、石头、草皮；③挖坑穴的回填、整平、压实；④适用材料装卸、移运、堆放，非适用材料的装卸、运输、弃置。内容明确了清理现场包含了“胸径小于 10cm 树木的砍伐及挖根”，对于“路基范围内胸径 10cm 以上 (含 10cm) 的树木”应在 202-1-2 砍伐树木和 202-1-3 挖除树根中单列子目并计量。

(2) 以桥梁、涵洞工程中子目编码 405 钻孔灌注桩为例，本子目工程量清单项目分项计量规则应按表 2.4.16 的规定执行。

表 2.4.16 钻孔灌注桩

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
405	钻孔灌注桩			
405-1	陆上钻孔灌注桩	m	1. 依据图示位置及尺寸，区分桩径，按设计所示桩的长度以米（m）为单位计量； 2. 施工图设计常水位水深小于 2m（含 2m）的为陆上钻孔灌注桩； 3. 桩长为桩底高程至承台底面或系梁顶面。对于与桩连为一体的柱式墩台，如无承台或系梁时，则以桩位处原始地面线为分界线，地面线以下部分为灌注桩桩长。若图纸有标示的，以图纸标示为准	1. 围堰、筑岛及其拆除； 2. 临时护筒安装、拆除； 3. 钻机安装、拆除； 4. 钻孔、成孔、清孔； 5. 泥浆池安装、拆除； 6. 泥浆、钻渣收集及弃置； 7. 声测管制作、安装； 8. 混凝土配制、拌和、运输、灌注、养护； 9. 桩头处理
405-2	水中钻孔灌注桩	m	1. 依据图示位置及尺寸，区分桩径，按设计所示桩的长度以米（m）为单位计量； 2. 施工图设计常水位水深大于 2m 的为水中钻孔灌注桩； 3. 桩长为桩底高程至承台底面或系梁顶面。对于与桩连为一体的柱式墩台，如无承台或系梁时，则以桩位处原始地面线为分界线，地面线以下部分为灌注桩桩长。若图纸有标示的，以图纸标示为准	1. 围堰、筑岛及其拆除； 2. 临时护筒安装、拆除； 3. 钻机安装、拆除； 4. 钻孔、成孔、清孔； 5. 泥浆池安装、拆除； 6. 泥浆、钻渣收集及弃置； 7. 声测管制作、安装； 8. 混凝土配制、拌和、运输、灌注、养护； 9. 桩头处理
405-3	灌注桩后压浆	m ³	1. 依据图示，区分浆液材料和配合比，按浆液体积以立方米（m ³ ）为单位计量； 2. 计量时以现场确认的注浆体积以立方米为单位计量	1. 压浆阀安装； 2. 压浆管路布设； 3. 压浆设备安装、拆除； 4. 压浆
405-4	永久钢护筒	kg	依据图示位置及尺寸，按永久钢护筒的设计有效长度乘以截面面积乘以钢材单位理论质量，按质量以千克（kg）为单位计量	1. 钢护筒制作、运输、沉入； 2. 钢护筒防腐处理； 3. 接桩
405-5	破坏荷载试验用桩	m	1. 依据图示位置及尺寸，区分桩径，按设计所示桩的长度以米（m）为单位计量； 2. 桩长为桩底高程至承台底面或系梁顶面。对于与桩连为一体的柱式墩台，如无承台或系梁时，则以桩位处原始地面线为分界线，地面线以下部分为灌注桩桩长，若图纸有标示的，以图纸标示为准	1. 围堰、筑岛及其拆除； 2. 临时护筒安装、拆除； 3. 钻机安装、拆除； 4. 钻孔、成孔、清孔； 5. 泥浆池安装、拆除； 6. 泥浆、钻渣收集及弃置； 7. 声测管制作、安装； 8. 混凝土配制、拌和、运输、灌注、养护； 9. 桩头处理
405-6	钻取混凝土芯样检测	m	1. 依据图示或相关要求，区分钻径，按实际钻取的混凝土芯样长度以米（m）为单位计量； 2. 如混凝土质量合格，钻取的芯样给予计量，否则，不予计量	1. 钻机安装、拆除； 2. 钻探，取样； 3. 试验； 4. 数据采集、分析、编写提交检测报告

(1) 施工图设计常水位水深小于 2m (含 2m) 的为 405-1 陆上钻孔灌注桩; 设计常水位水深大于 2m 的为 405-2 水中钻孔灌注桩。钻孔灌注桩的工程内容包括: 围堰、筑岛及其拆除; 临时护筒安装、拆除; 钻机安装、拆除; 钻孔、成孔、清孔; 泥浆池安装、拆除; 泥浆、钻渣收集及弃置; 声测管制作、安装; 混凝土配制、拌和、运输、灌注、养护; 桩头处理等。灌注桩依据图示位置及尺寸, 区分桩径, 按设计所示桩的长度以米为单位计量。

(2) 核对施工设计图纸中的桩长、桩径、桩顶(底)标高及地质剖面图, 确认计量起止点(桩长为桩底高程至承台底面或系梁顶面)。计算有效桩长: 计量长度 = 设计桩底标高 - 设计桩顶标高(即承台底面或系梁顶面标高)。例: 设计桩底标高 -40m, 承台底面标高 -2m, 则计量长度为 38m。

(3) 对于与桩连为一体的柱式墩台, 如无承台或系梁时, 则以桩位处原始地面线为分界线, 地面线以下部分为灌注桩桩长, 若图纸有标示的, 以图纸标示为准。

(4) 钻孔灌注桩计量包括钻孔灌注桩、灌注桩后压浆、永久钢护筒、钻取混凝土芯样检测和破坏荷载试验用桩。

①灌注桩后压浆是指灌注桩成桩后, 通过预设装置, 对桩侧、桩底实施压浆, 其目的是改善桩底、桩侧土的物理力学性质和桩土作用状态, 消除桩底沉渣隐患, 提高桩的承载力, 减少沉降量的一项技术措施。灌注桩后压浆依据图示, 区分浆液材料和配合比, 按浆液体积以立方米为单位计量; 计量时以现场确认的注浆体积以立方米为单位计量。

②永久钢护筒依据图示位置及尺寸, 按永久钢护筒的设计有效长度乘以截面面积乘以钢材单位理论质量, 按质量以千克为单位计量, 注意临时钢护筒安装, 拆除包含在钻孔灌注桩工程内容中, 不单独计量。

③破坏荷载试验用桩依据图纸所示桩长及混凝土强度等级, 按照不同桩径的桩长以米(m)为单位计量。桩长的计算规则与钻孔灌注桩相同。

④钻取混凝土芯样检测按实际钻取的混凝土芯样长度, 分不同钻径以米(m)为单位计量。如混凝土质量合格, 钻取的芯样给予计量; 否则, 不予计量。

(5) 按设计图示桩径计量, 扩孔部分不予计量; 混凝土工程量按设计桩长乘以设计横截面积计算, 超灌部分(如桩头)不计量; 此外桩基检测(如超声波检测管安装及检测费用); 施工平台、护筒埋设、泥浆循环系统等临时工程; 桩基清孔及桩头凿除费用(已含在综合单价中)等均不另行计量。

云南省公路工程工程量清单计量的工程内容详见云南省《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 的内容, 这里不再一一列举。

四、工程量清单计价

(一) 基本概念

工程量清单计价是以工程量清单为表现形式, 按约定的计价规则计算确定单价、工程合价的方式。工程量清单计价属于项目实施阶段的造价文件编制, 通常包括招(投)标工程量清单、工程量清单预算、合同工程量清单、计量与支付文件、工程变更费用文件、造价管理台账等。

工程量清单计价活动涵盖施工招(投)标、合同管理, 以及交工结算全过程。公路工程工程量清单采用综合单价计价, 综合单价包含公路工程中为完成一个规定的合格的清单子目所需的人工费、材料费、施工机械使用费、设备购置费、措施费、企业管理费、规费、利润、税金以及合同约定范围内的风险费用。

(二) 工程量清单编制方法

1. 工程量清单编制的计算顺序

为保证工程量清单计算的完备性和准确性，一般会按照一定的顺序进行计算，主要有：

(1) 按图纸顺序计算，即由施工图设计文件由前到后依次计算。用这种顺序方法计算工程量，要求熟悉定额的章节内容，避免项目间的混淆及漏项。

(2) 按工程量清单编码或定额编码的顺序计算，即按清单或定额的章节、子目次序、由前到后，逐项对照计算。用这种顺序方法计算工程量，要求首先熟悉图纸，具备相应的工程设计基础知识。因公路工程设计图纸一般是按使用要求来进行设计的，有些设计采用了新工艺、新材料或有些零星项目可能没有相应的清单编码或定额编码，在计算工程量时应单列出来，不能因缺项而漏掉。

(3) 按施工顺序计算，即由场地清理算起，直到全部施工内容结束止。用这种顺序方法计算工程量，要求具有一定的施工经验，能掌握施工组织的全过程，熟悉定额及设计图纸的内容，避免漏项。

总之，在编制工程量清单文件时，不仅要熟悉施工图设计文件、每张图纸的说明及选用标准图集的总说明和分项说明等，而且在计算每项工程量时，要准确而详细地填写“工程量清单”或工程量计算表中的各项目内容和名称。例如，钢筋混凝土工程要填写现浇、预制、断面形式和尺寸等信息；砌筑工程要填写砌体类型、厚度和砂浆强度等级等信息。以此类推，目的是为报价或选套定额项目提供方便，加快编制速度。

2. 工程量清单的编制方法

在编制工程量清单时，首先应注意工程量清单是不能单独理解的，应与招标文件中的投标人须知、通用合同条款、专用合同条款、工程量清单计量规则、技术规范及图纸等一起阅读和理解，工程量清单子目与合同约定计量规则的内容（工程量清单计量规则、工程内容）是一一对应的关系。另外，云南省公路建设项目对于需要新增“标准清单”中没有的工程量清单子目的，应依据《云南省公路工程工程量标准清单管理办法》（云交规〔2020〕3号），由建设单位将需新增的子目名称、计量单位、计量规则及工程内容报省级交通运输工程造价管理机构审核，建设单位按审核意见执行。

在不同实施阶段编制工程量清单的方法也有所不同，分别为：

(1) 招标工程量清单的编制方法：招标工程量清单由招标人或招标人委托的代理人编制，作为投标报价的共同基础并用于计算和确定最高投标限价。招标工程量清单一般有数量、无单价和合价（暂估价除外）。

招标工程量清单应依据招标文件、其他公路工程造价依据以及与公路工程有关的标准和规范以及技术资料、经批准的公路工程设计文件及相关资料、施工现场地质水文气象资料、工程特点及施工方案等以合同段为单位进行编制。

编制招标工程量清单的方法：

①以上述依据为基础编制招标项目专用的工程量清单计量规则。规范文件是编制招标工程量清单的主要参考依据之一，其在云南省内实施的公路工程项目具有通用性，具体工程项目的招标工程量清单需要结合项目设计图纸和发包人管理需求进行细化、修改及补充。编制招标工程量清单子目编码、确定清单子目名称、计量单位、工程量计量规则以及清单子目工程内容。尤其是工程量计量规则应具体、准确无歧义，清单子目工程内容应完整并符合工程实际和设计图纸的技术要求。

②以招标项目专用的工程量清单计量规则为依据，结合招标项目设计图纸，计算并填写招标工程量清单子目工程量。

③结合常规施工组织设计方案及工程管理需要，编制和确定清单汇总表各清单子目。

④确定招标工程量清单中的暂估价子目，并填写暂估价金额。

⑤根据工程实际情况确定计日工项目和暂列金额计算公式。

(2) 投标工程量清单的编制方法：投标工程量清单由投标单位编制，是依据业主提供的招标文

件（含招标工程量清单、招标图纸等），结合公路工程造价依据、企业定额、市场价格信息等资料计算各清单子目综合单价和合价后所形成的。投标工程量清单一般有数量、有单价、有合价、有总价。工程量清单标明的子目单价应为综合单价。

投标工程量清单编制的核心是投标报价的确定。工程量清单与计价表中列明的所有需要填写的综合单价和合价，投标人均应填写，如投标人未对应填写综合单价和合价，则视为此项费用已包含在工程量清单的其他单价和合价中。

投标报价的确定见本节投标报价编制部分。

（3）合同工程量清单的编制方法：实行招标的工程，中标人的投标工程量清单经算术性修正以及根据需要进行的其他调整后即成为合同工程量清单。

不实行招标的工程，可参考规范文件的有关规定编制合同工程量清单。合同工程量清单的子目编码、子目名称、单位、数量和计量规则的编制可参照招标工程量清单的编制方法，合同工程量清单价格可在工程量清单预算的基础上根据合同约定的方式确定。

（4）结算工程量清单的编制方法：结算工程量清单应以合同工程量清单为基础，结合计量支付文件、变更费用文件、经签认的计日工、确定的暂估价、仲裁决议或诉讼判决文件等资料进行编制。

（三）最高投标限价编制

1. 最高投标限价的作用

最高投标限价也被称为拦标价、招标控制价，主要作用有：

（1）最高投标限价属于招标文件的一部分，通过编制最高投标限价使得招标人对工程价格和有关费用进行测算，对招标工程的价格做到心中有数。

（2）最高投标限价以招标工程量清单预算为基础确定，应控制在批准的概算或施工图预算对应部分之内，所以最高投标限价有助于招标人有效控制项目投资。

（3）编制最高投标限价是防止投标人盲目报价、抑制恶性竞争和低价中标等现象的重要手段。

（4）最高投标限价作为评标的参考依据，避免投标报价出现较大偏离，为判断投标报价是否低于成本提供参考依据。

（5）投标人根据自己的企业实力、施工方案等报价，不必揣测招标人的标底，从而提高了市场交易效率。

2. 最高投标限价与概算、预算的区别

概算和预算是初步设计和施工图设计的重要组成部分，是确定建设项目投资最高限额和预计工程造价的重要依据，是国家对基本建设项目实行计划投资和管理的反映。由于技术条件的限制，最高投标限价的编制方法与工程概算、预算方法有紧密联系，以致实践中常将最高投标限价与概算、预算混淆。实际上最高投标限价与概、预算有本质的区别主要如下：

（1）概算、预算反映的是建筑产品的计划价格，而最高投标限价反映的是建筑产品的市场价格。概算、预算是计划经济的产物，反映的是计划价格，在概算、预算编制过程中，除材料价格按市场价格来确定材料费外，其他如人工费、机械台班折旧费以及管理费，均按概算、预算编制办法中的预算价格（即计划价格）来确定。而最高投标限价是市场经济的产物，反映的是建筑产品的市场价格，在编制最高投标限价过程中，施工中所消耗的各种资源的价格原则上应根据市场价格来确定，特别是在完全竞争市场中更是如此。

（2）概算、预算在编制中主要反映的是价值规律的作用和影响，而最高投标限价除考虑价值规律的作用外，还应考虑供求规律的作用。公路工程概、预算的编制依据是现行《公路工程项目概算预算编制办法》《公路工程概算定额》《公路工程预算定额》，它们是公路工程项目在施工过程中社会必要劳动消耗量和资源消耗量的反映，这是价值规律的要求和结果。但在概算、预算编制过程中，

基本上未考虑供求规律对建筑产品价格的影响，因而使得建设项目的概、预算金额与市场价格可能产生较大的差距。

(3) 概算、预算反映的是施工企业过去平均先进的劳动生产力水平，而最高投标限价应反映施工企业当前平均先进的劳动生产力水平。编制概算、预算所依据的现行《公路工程概算定额》《公路工程预算定额》是根据平均先进的原则制定出来的，但编制定额所依据的统计数据是在过去施工过程中所发生的数据，随着生产力水平的提高（技术水平、经济管理水平、劳动生产率的提高），这些数据滞后于当前的劳动生产力水平，不能真实地反映在当前先进的劳动生产力水平下的工、料、机消耗。

(4) 概算、预算根据设计文件及现行《公路工程项目概算预算编制办法》《公路工程概算定额》《公路工程预算定额》来确定工程造价，而最高投标限价应根据招标文件（或合同）中明确的承包商的义务来编制，二者包含的费用范围不同。例如，在编制最高投标限价时，其费用通常应包括建筑安装工程费、根据合同需由承包商承担的不可预见风险费、施工投标中发生的费用（即交易成本）、合理利润以及合同文件中明示或暗示的风险费用等费用。

(5) 现行《公路工程概算定额》《公路工程预算定额》《公路工程项目概算预算编制办法》具有法令性，在编制概算、预算时，除允许抽换的外，原则上应遵照执行，在执行中即使不合理，概算、预算编制者也无权擅自进行变更。但在编制最高投标限价时却不受上述规定的限制，当运用《公路工程概算定额》《公路工程预算定额》《公路工程项目概算预算编制办法》来编制和确定最高投标限价时，对于定额中不合理、不能真实地反映当前劳动生产力水平的工、料、机消耗可以如实地进行抽换。

(6) 概算、预算通常采用定额计价法，工程量以设计工程数量计算规则为准；最高投标限价通常采用清单计价法，工程数量的计算以工程量清单计量规则为准。

3. 最高投标限价 / 工程量清单预算编制方法

按照公路工程计价相关规定，招标阶段宜编制工程量清单预算，工程量清单预算是招标人确定招标标底或最高投标限价的依据。最高投标限价应在工程量清单预算基础上结合市场因素确定。所以，最高投标限价编制的主要工作是工程量清单预算的编制。

(1) 工程量清单预算的编制方法：除另有规定外，工程量清单预算应按照公路工程工程量清单计价的有关规定，参照《公路工程项目概算预算编制办法》及配套概算定额和预算定额、机械台班费用定额等造价依据，计算工程量清单综合单价。工程量清单预算应以招标合同段为单位编制。

①编制依据：工程量清单预算的编制依据包括：

- a. 招标文件（招标工程量清单、清单计量规则、合同条款、图纸等）。
- b. 现行《公路工程标准施工招标文件》。
- c. 其他公路工程计价依据以及与公路工程有关的标准、规范、技术资料。
- d. 施工现场情况、地质勘察报告、工程特点及拟定的施工组织设计或施工方案。
- e. 主要材料和工程设施价格信息资料，包括工程价格信息和市场询价资料。
- f. 其他相关资料等。

②编制步骤：工程量清单预算的编制步骤如下：

- a. 熟悉招标图纸、说明和招标文件等资料，考察工程现场，进行造价资料收集与调查。
- b. 明确工程量清单子目的工作内容，确定需要计价的定额子目，保证在造价计算过程中不重不漏。
- c. 将清单子目的工程数量拆分或还原，复核清单数量。
- d. 确定费（税）率标准：结合项目实际情况，按编制办法的相关规定确定措施费、企业管理费、规费、利润、税金的计算基数。
- e. 确定人工、材料、机械台班、设备单价。
- f. 确定经济合理的工程施工方案（含施工组织设计）。施工措施方案的选择因项目特征不同而不同，

且施工措施项目不直接构成工程实体，其数量在设计图纸的工程数量表中也往往没有，需要造价人员自己或与设计人员共同计算确定。

g. 套用预算定额（或者地方补充定额），确定工程量清单预算。摘取、统计与工序及预算定额相对应的工程数量；套用预算定额、输入工程量、取定工程类别、并进行必要的调整；计算建筑安装工程费用。

h. 与批复设计概算（修正概算、施工图预算）对应部分的造价做对比分析。

i. 编写工程量清单预算编制说明。

③工程量清单预算编制应注意的事项

a. 预算费用标准和计算方法应符合合同文件、现行《公路建设工程项目概算预算编制办法》和相关公路工程造价依据的有关规定。

b. 现行公路工程造价依据不适用或无法满足要求的清单子目，可参考其他造价标准或市场价格信息计算预算价格。

c. 措施费、企业管理费所属费用单独设置清单子目计价的，编制预算时不得重复计算费用。

d. 对概算、预算中未考虑到而根据合同约定承包商须发生的费用应在工程量清单预算中如实予以考虑。例如投标中发生的费用、履约担保费、监理设施费、合同约定的风险费用等费用，这些费用在概算、预算的建安费中未考虑进去，而根据合同约定，承包商须承担费用。

e. 对于概算、预算中明显偏高或偏低的费用应如实予以调整，对定额中的数据如实进行抽换。

f. 由于概算、预算的项目划分与招标文件中工程量清单的项目划分不一致，且各自对应的计量方法不相同。因此，在编制工程子目的单价时，应在分项工程概算、预算的基础上，计算出与工程量清单中的工程子目相适应的单价。

2. 最高投标限价的确

在完全竞争市场下，由于市场价格是一种反映了资源使用效率的价格。因此，完全竞争市场下的最高投标限价可直接根据建筑产品的市场交易价格来确定。在根据交通市场价格确定最高投标限价时，应考虑交通市场的供求变化对交通产品价格的影响。当投资规模扩大、公路工程建设需求增加时，其市场价格将上涨，相应的最高投标限价较高，反之较低。

由于当前的劳动生产力水平一般会高于概、预算定额数据中反映的劳动生产力水平，而招标又是建立在买方市场基础上，其价格通常比卖方市场（非买方市场）的价格要低，所以，最后在确定最高投标限价时，应在工程量清单预算的基础上通过工程所在地建筑市场的供求状况进行市场调研或必要的数据统计，结合招标项目自身特点及当前的劳动生产力水平乘以一个修正系数（通常小于1）。最高投标限价应以招标合同段为单位编制，一个招标合同段只能编制一个最高投标限价。

（四）投标报价编制

招标工程量清单是投标人编制投标工程量清单、进行投标报价的依据。

1. 编制依据

投标报价编制的依据主要有以下几个方面：

（1）招标人提供的招标文件。为保证投标的有效性，必须对招标文件给予全面的响应，因此招标文件是必不可少的编制依据。另外，招标人在开标前规定的日期内颁布的有关合同、规范、图纸的书面修改书和书面变更通知具有与招标文件同等的效力，也是报价的依据。

（2）招标文件所规定的各种国家标准、部颁标准、技术规范等。

（3）国家、地方颁发的有关收费标准和定额及施工企业的工料机消耗定额。

（4）工程所在地的政治形势和技术经济条件，如交通运输条件等。

（5）本工程的现场情况，包括地形、地质、气象、雨量、劳动力、生活品供应等。

(6) 当地工程机械出租的可能性、品种、数量、单价，发电厂供电正常率及提供本项目用电的功率和单价。

(7) 当地劳动力的技术水平和供应数量。

(8) 业主供应材料情况及交货地点、单价；地方性材料供货点、单价及供应盈缺情况，并预测当地材料市场涨落情况。

(9) 本企业为本项目新添施工设备经费提供可能性，设备投资在标价中分摊费用与成本的比率。

(10) 施工组织设计和施工方案。

(11) 该项目中标后，当地的工程市场信息、是否有后续工程的可能性。

(12) 参加投标的潜在竞争对手情况，包括各对手的实力、信誉等。

(13) 有关报价的参考资料，如当地近几年来同类性质已完工程的造价分析，以及本企业历年来（至少 5 年）已完工程的成本分析。

2. 编制流程

为使得投标工程量清单更加合理，投标工程量清单编制流程如图 2.4.7 所示。

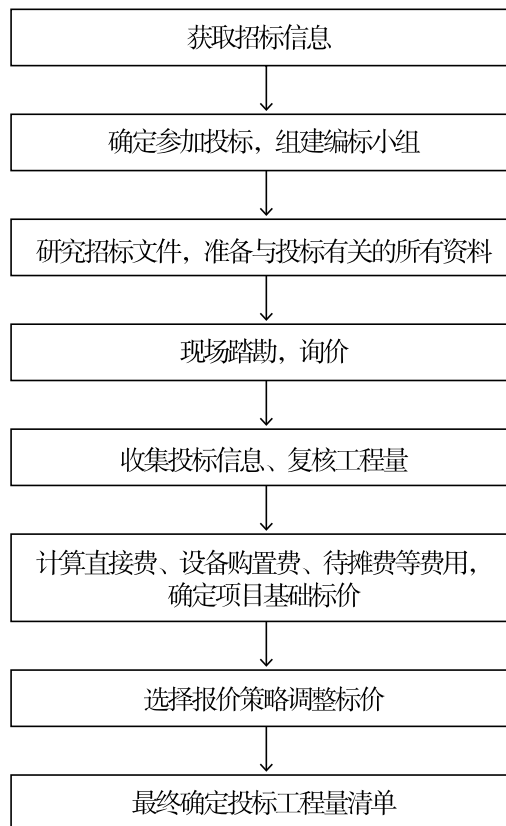


图 2.4.7 投标工程量清单编制流程图

(1) 研究招标文件。在取得招标文件后，为保证投标工程量清单报价的合理性，应对招标文件进行研究，主要对投标人须知、合同条款、技术规范、图纸和工程量清单等重点内容进行分析，全面了解拟投标工程项目信息。

(2) 现场踏勘、询价。投标人获取招标文件后，应进行现场踏勘。现场踏勘的内容主要包括招标工程范围、性质以及与其他工程之间的关系；现场地貌、地质、水文、气候、交通、电力、水源等情况，有无障碍物等；进出现场的条件，料场开采条件，资源供应和配置条件等。

为更合理地报价，同时应对人工、材料、施工机械等进行询价。

(3) 复核工程量。招标工程量清单中的工程数量，投标人不能擅自修改。复核工程量是否正确，将直接影响投标报价。投标人可根据复核后的工程量与招标文件提供的工程量之间的差距，向招标人提出疑问，并要求招标人在规定时限予以书面澄清，并考虑相应的投标策略，确定投标工程量清单报价。

(4) 计算基础标价。依据招标文件约定和相关造价依据(包括企业定额或成本资料)计算各项费用，合同有约定计算方法的清单子目应按合同约定的方法计算清单子目综合单价，投标可自由报价的可采用定额单价分析法、成本分析法等方法确定清单子目综合单价，进而确定项目基础标价。

(5) 选择报价策略调整标价，确定投标工程量清单报价。根据收集的投标信息资料研究潜在竞争对手，选择报价策略，确定最终报价。

3. 投标工程量清单计价

投标工程量清单应标明工程量清单表各项价格。投标工程量清单各项价格应依据招标文件约定的计量计价规则，根据市场价格和投标企业经营状况等因素计算和确定。投标报价不得高于最高投标限价，不得低于工程成本。

投标工程量清单每一个需要填写单价或合价的子目都应标明相应价格，且应只标明一个价格。没有填入单价或合价的子目，其金额应视为已分摊在工程量清单中其他相关子目的价格之中。投标工程量清单总价应为工程量清单各章合计金额、计日工合计金额和不含计日工合计金额的暂列金额之和。

投标工程量清单的组成和格式应符合招标文件的具体要求。

第五节 合同管理

一、计量与支付

(一) 计量

除专用合同条款另有约定外，单价子目已完成工程量按月计量。以“总额”方式报价的子目，各子目的支付原则和支付进度按项目专用合同条款的规定执行。

1. 单价子目的计量

(1) 已标价工程量清单中的单价子目工程量为估算工程量。结算工程量是指承包人实际完成的，并按合同约定的计量方法进行计量的工程量。

(2) 承包人对已完成的工程进行计量，向监理人提交进度付款申请单、已完成工程量报表和有关计量资料。

(3) 监理人对承包人提交的工程量报表进行复核，以确定实际完成的工程量。

(4) 监理人认为有必要时，可通知承包人共同进行联合测量、计量，承包人应遵照执行。

(5) 承包人完成工程量清单中每个子目的工程量后，监理人应要求承包人派员共同对每个子目的历次计量报表进行汇总，以核实最终结算工程量。监理人可要求承包人提供补充计量资料，以确定最后一次进度付款的准确工程量。承包人未按监理人要求派员参加的，监理人最终核实的工程量视为

承包人完成该子目的准确工程量。

(6) 监理人应在收到承包人提交的工程量报表后的 7d 内进行复核, 监理人未在约定时间内复核的, 承包人提交的工程量报表中的工程量视为承包人实际完成的工程量, 据此计算工程价款。

(7) 承包人未在已标价工程量清单中填入单价或总额价的工程子目, 应被认定为该子目费用已包含在本合同的其他子目的单价和总额价中, 发包人将不另行支付。

2. 总价子目的计量

项目工程量清单中要求承包人以“总额”方式报价的子目, 各子目的支付原则和支付进度按项目专用合同条款的规定执行。

除专用合同条款另有约定外, 总价子目计量按照下述约定进行。

(1) 总价子目的计量和支付应以总价为基础, 不进行价款调整。承包人实际完成的工程量, 是进行工程目标管理和控制进度支付的依据。

(2) 承包人在合同约定的每个计量周期内, 对已完成的工程进行计量, 并向监理人提交进度付款申请单、专用合同条款约定的合同总价支付分解表所表示的阶段性或分项计量的支持性资料, 以及所达到工程形象目标或分阶段需完成的工程量和有关计量资料。

(3) 监理人对承包人提交的上述资料进行复核, 以确定分阶段实际完成的工程量和工程形象目标。对其有异议的, 可要求承包人进行共同复核和抽样复测。

(二) 预付款

预付款包括开工预付款和材料、设备预付款, 用于承包人为合同工程施工购置材料、工程设备、施工设备、修建临时设施以及组织施工队伍进场等。具体额度和预付办法如下:

(1) 开工预付款的金额应在项目专用合同条款数据表中约定。在承包人签订了合同协议书且承包人承诺的主要设备进场后, 监理人应在当期进度付款证书中向承包人支付开工预付款。承包人不得将该预付款用于与本工程无关的支出, 监理人有权监督承包人对该项费用的使用, 如经查实承包人滥用开工预付款, 发包人有权立即向银行索赔履约保证金, 并解除合同。

(2) 材料、设备预付款按项目专用合同条款数据表中所列主要材料、设备单据费用(进口的材料、设备为到岸价, 国内采购的为出厂价或销售价, 地方材料为堆场价)的百分比支付。其预付条件为:

①材料、设备符合规范要求并经监理人认可。

②承包人已出具材料、设备费用凭证或支付单据。

③材料、设备已在现场交货, 且存储良好, 若监理人认为材料、设备的存储方法符合要求, 则应将此项金额作为材料、设备预付款计入下一期的进度付款证书中。在预计交工前 3 个月, 将不再支付材料、设备预付款。

发包人向承包人支付的预付款, 应按照合同规定使用, 承包人提交的履约保证金对预付款的正常使用承担保证责任。

开工预付款在进度付款证书的累计金额未达到签约合同价的 30% 之前不予扣回, 在达到签约合同价的 30% 之后, 开始按工程进度以固定比例(即每完成签约合同价的 1%, 扣回开工预付款的 2%)分期从各月的进度付款证书中扣回, 全部金额在进度付款证书的累计金额达到签约合同价的 80% 时扣完。

当材料、设备已用于或安装在永久工程之中时, 材料、设备预付款应从进度付款证书中扣回, 扣回期不超过 3 个月。已经支付材料、设备预付款的材料、设备的所有权应属于发包人。

由于不可抗力或其他缘由解除合同时, 预付款尚未扣清的部分应作为承包人的到期应付款。

(三) 工程进度付款

工程进度付款周期同计量周期。

承包人应在每个付款周期末，按监理人批准的格式和专用合同条款约定的份数，向监理人提交进度付款申请单，并附相应证明文件。

监理人在收到承包人进度付款申请单以及相应的支持性证明文件后的 14d 内完成核查，监理人应核查确定发包人到期应支付给承包人的金额，并附相应支持性材料，提请发包人审查；经发包人审查同意后，监理人向承包人出具经发包人签认的进度付款证书。监理人有权扣发承包人未能依据合同要求履行任何工作或义务的相应金额。

发包人应在监理人收到进度付款申请单且承包人提交了合格的增值税专用发票后的 28d 内，将进度应付款支付给承包人。发包人不按期支付的，按项目专用合同条款数据表中约定的利率向承包人支付逾期付款违约金。违约金计算基数为发包人的全部未付款额，时间从应付而未付该款项之日算起（不计复利）。

进度付款最低金额。如果该付款周期应结算的价款经扣留和扣回后的款额少于项目专用合同条款数据表中列明的进度付款证书的最低金额，则该付款周期监理人可不核证支付，上述款额将按付款周期结转，直至累计应支付的款额达到项目专用合同条款数据表中列明的进度付款证书的最低金额为止。

（四）质量保证金

交工验收证书签发后 14d 内，承包人应向发包人缴纳质量保证金。质量保证金可采用银行保函或现金、支票形式，金额应符合项目专用合同条款数据表的规定。采用银行保函时，出具保函的银行须具有相应担保能力，且按照发包人批准的格式出具，所需费用由承包人承担。质量保证金采用现金、支票形式提交的，发包人应在项目专用合同条款数据表中明确是否计付利息以及利息的计算方式。

约定的缺陷责任期满，且质量监督机构已按规定对工程质量检测鉴定合格，承包人向发包人申请到期应返还承包人剩余的质量保证金金额，发包人应在 14d 内会同承包人按照合同约定的内容核实承包人是否完成缺陷责任。如无异议，发包人应当在核实后将剩余保证金返还承包人。

（五）交工结算

工程交工验收后，承包人应在 42d 内按专用合同条款约定的份数向监理人提交交工结算申请单，并提供相关证明材料。监理人对交工付款申请单有异议的，有权要求承包人进行修正和提供补充资料。经监理人和承包人协商后，由承包人向监理人提交修正后的交工付款申请单。

监理人在收到承包人提交的交工结算申请单后的 14d 内完成核查，提请发包人到期应支付给承包人的价款送发包人审核并抄送承包人。发包人应在收到后 14d 内审核完毕，由监理人向承包人出具经发包人签认的交工结算证书。监理人未在约定时间内核查，又未提出具体看法的，视为承包人提交的交工结算申请单已经监理人核查同意；发包人未在约定时间内审核又未提出具体看法的，监理人提请发包人到期应支付给承包人的价款视为已经发包人同意。

发包人应在监理人出具交工结算证书且承包人提交了合格的增值税专用发票后的 14d 内，将应支付款支付给承包人。发包人不按期支付的，按合同的约定，将逾期付款违约金支付给承包人。

（六）最终结清

缺陷责任期终止证书签发后，承包人应在 28d 内向监理人提交最终结清申请单，并提供相关证明材料。发包人对最终结清申请单内容有异议的，有权要求承包人进行修正和提供补充资料，由承包人向监理人提交修正后的最终结清申请单。

监理人收到承包人提交的最终结清申请单后的 14d 内，提请发包人应支付给承包人的价款送发包人审核并抄送承包人。发包人应在收到后 14d 内审核完毕，由监理人向承包人出具经发包人签认的最

终结清证书。监理人未在约定时间内核查，又未提出具体意见的，视为承包人提交的最终结清申请已经监理人核查同意；发包人未在约定时间内审核又未提出具体意见的，监理人提出应支付给承包人的价款视为已经发包人同意。

发包人应在监理人出具最终结清证书且承包人提交了合格的增值税专用发票后的14天内，将应支付款支付给承包人。发包人不按期支付的，按合同约定将逾期付款违约金支付给承包人。最终结清申请单中的总金额代表了根据合同规定应付给承包人的全部款项的最后结算。

二、合同价款的调整

（一）合同价款的概念

合同价款是指发包人用于支付承包人按照合同约定完成承包范围内全部工作的金额，包括合同履行过程中按合同约定发生的价格变化。

（二）合同价款的调整

公路工程施工合同大部分为可调价合同，应规定调整合同价款的方式和方法，最终确定合同结算价款。

1. 原工程量清单工程数量

原工程量清单工程数量为合同数量，根据监理工程师确认计量的数量，即实际完成数量对合同价款进行调整。

2. 工程价款价差调整的主要方法

（1）采用造价信息调整价格差额：施工期间，因人工、材料、设备和机械台班价格波动影响合同价格时，人工、机械使用费按照国家或省、自治区、直辖市建设行政主管部门、行业建设管理部门或其授权的工程造价管理机构发布的人工成本信息、机械台班单价或机械使用费系数进行调整；需要进行价格调整的材料，其单价和采购数量应由监理人复核，监理人确认需调整的材料单价及数量，作为调整工程合同价格差额的依据。

（2）采用价格指数调整价格差额：甲乙双方采用当时的预算（或概算）定额单价计算承包合同价，待竣工时根据合理的工期及当地工程造价管理部门所公布的该月度（或季度）的工程造价指数，对原承包合同价予以调整。

价格指数调整价格差额的方法主要适用于施工中所用的材料品种较少，但每种材料使用量较大的土木工程。

价格调整公式。因人工、材料、工程设备和施工机具台班等价格波动影响合同价款时，根据投标函附录中的价格指数和权重表中约定的数据，按以下价格调整公式（2.5.1）计算差额并调整合同价款。

$$\Delta P = P \left[A + \left(B_1 \times \frac{F_{t1}}{F_{01}} + B_2 \times \frac{F_{t2}}{F_{02}} + B_3 \times \frac{F_{t3}}{F_{03}} + \dots + B_n \times \frac{F_{tn}}{F_{0n}} \right) - 1 \right] \quad (2.5.1)$$

式中： ΔP ——需调整的价格差额

P_0 ——根据进度付款、竣工付款和最终结清等付款证书中，承包人应得到的已完成工程量的金额；此项金额应不包括价格调整、不计质量保证金的扣留和支付、预付款的支付和扣回；变更及其他金额已按现行价格计价的，也不计在内；

A ——定值权重（即不调部分的权重）；

B_1, B_2, \dots, B_n ——各可调因子的变值权重（即可调部分的权重）为各可调因子在投标函

投标总报价中所占的比例；

$F_{11}, F_{12}, \dots, F_{1n}$ ——各可调因子的现行价格指数，指根据进度付款、竣工付款和最终结清等约定的付款证书相关周期最后一天的前 42d 的各可调因子的价格指数；

$F_{01}, F_{02}, \dots, F_{0n}$ ——各可调因子的基本价格指数，指基准日的各可调因子的价格指数。

以上价格调整公式中的各可调因子、定值和变值权重，以及基本价格指数及其来源在投标函附录价格指数和权重表中约定。价格指数应首先采用工程造价管理机构提供的价格指数，缺乏上述价格指数时，可采用工程造价管理机构提供的价格代替。在计算调整差额时得不到现行价格指数的，可暂用上一次价格指数计算，并在以后的付款中再按实际价格指数进行调整。

3. 法律、法规变化引起的合同价款调整

在送交投标文件截止日期 28d 之后，国家或省（自治区、直辖市）颁布的法律、法规出现修改或变更，因采用新的法律、法规使承包人在履行合同中的费用发生价差调整以外的增加或减少，则此项增加或减少的费用应由监理工程师在与承包人协商并报经业主批准后确定，增加到合同价或从合同价中扣除。

4. 工程拖期的价款调整

如果承包人未能在投标书附录中写明的工期内完成本合同工程，则在该交工日期以后施工的工程，其价格调整计算应采用该交工日期所在年份的价格指数作为当期价格指数。如果延期符合合同规定的情况，则在该延长的交工日期到期以后施工的工程，其价格调整计算应采用该延长的交工日期所在年份的价格指数作为当期价格指数。

三、工程变更与工程索赔

（一）工程变更

1. 工程变更和工程变更费用文件的基本概念

工程变更是指施工合同履行过程中出现与签订合同时的预计条件不一致的情况，而需要改变原施工承包范围内的某些工作内容的行为。如在工程实施过程中经发包人批准的合同工程中任何一项工作的增、减或取消；质量或其他特性的改变；施工工艺、顺序、时间的改变；设计图纸的修改；施工条件的改变等。工程变更是影响工程价款结算的重要因素，因此，也是施工阶段造价管理的重要内容。发生费用变化的工程变更应编制工程变更费用文件。

工程变更费用文件是评价工程变更经济合理性的依据，是编制计量与支付文件、工程结算、工程竣工决算的基础性资料。

2. 工程变更费用文件的内容和格式

工程变更费用文件应根据工程管理的实际，采用施工图预算形式或工程量清单形式编制。施工图预算形式的工程变更费用文件一般适用于行业管理部门审批的设计变更；采用工程量清单形式编制的工程变更费用文件，一般适用于建设项目管理的合同变更。工程变更费用文件的组成和格式应符合《公路建设工程项目造价文件管理导则》JTG 3810—2017 的相关要求。本节主要介绍工程量清单形式的工程变更费用文件。

工程量清单形式的工程变更费用文件宜以单个工程变更为单位编制。变更工程内容相似或属同一工程范围的多个工程变更可合并编制。工程量清单形式的变更费用文件应依据合同约定编制，能完整、准确、全面反映工程变更前后的工程数量、单价、费用变化的情况。其基本表格包括工程变更项目清单对比表、工程变更工程量清单对比表、工程变更台账表、工程变更项目清单对比汇总表、工程变更工程量清单对比汇总表。

3. 工程变更费用计价

采用工程量清单形式的工程变更费用计价，应按照合同约定的变更估价方法进行计算。

（二）工程索赔

1. 工程索赔的基本概念

工程索赔是在工程合同履行中，当事人一方由于另一方未履行合同所规定的义务或者出现了应当由对方承担的风险而遭受损失时，向另一方提出赔偿要求的行为。《标准施工招标文件》通用合同条款中的索赔是双向的，既包括承包人向建设单位（发包人）的索赔，也包括建设单位向承包人的索赔。但在工程实践中，建设单位索赔数量较小，而且可通过冲账、扣拨工程款、扣保证金等实现对承包人的索赔；而承包人对建设单位的索赔则相对困难，所以通常情况下，公路工程项目的工程索赔是指承包人在合同实施过程中，对非自身原因造成的工程延期、费用增加而要求建设单位给予补偿损失的一种权利要求。

2. 工程索赔的分类

（1）按合同依据可分为合同中明示的索赔和合同中默示的索赔。合同中明示的索赔是指承包人提出的索赔要求，在该工程项目的合同文件中有文字依据，承包人可以据此提出索赔要求，并取得经济补偿或工期补偿；合同中默示的索赔是承包人所提出的索赔要求虽然在合同文件条款中没有专门的文字依据，但可根据该合同中某些条款的含义，推论出承包人有索赔权，索赔要求同样有法律效力，承包人有权得到相应的经济补偿或工期补偿。

（2）按索赔的目的可分为工期索赔和费用索赔。工期索赔是指由于非承包人的原因导致施工进度拖延，承包人要求发包人（建设单位）批准延长合同工期的索赔类型。费用索赔是指非承包人的原因导致工程费用增加，承包人要求发包人（建设单位）补偿其经济损失的索赔类型。

（3）按索赔事件的性质可分为工程延期索赔、工程变更索赔、合同被迫终止索赔、工程加速索赔、意外风险和不可预见因素索赔和其他索赔。

四、工程结算

工程结算是在公路工程实施过程中或工程完工后，发、承包双方依据国家有关法律、法规，按合同约定计算确定的最终工程价款。

（一）工程结算价款

工程价款结算是指承包人在工程实施过程中，依据承包合同中关于付款条款的规定和已经完成的工程量，并按照规定的程序向发包人（建设单位）收取工程价款的一项经济活动。工程结算价款是反映工程进度和考核经济效益的主要指标。因此，工程结算价款是一项十分重要的造价控制工作。

（二）工程价款支付种类

1. 按时间分类

按时间分类，支付可分为预先支付即预付、期中支付、交工结算、最终结清4种。

（1）预付：预付款有两种，即开工预付款和材料、设备预付款，是由发包人（建设单位）提供给承包人的无息款项，按一定条件支付并扣回。

（2）期中支付：即进度款，按月支付，即按本月完成的工程价值及其他应支付款项进行综合核算后支付，由监理人开具期中支付证书来实施。

(3) 交工结算：即在项目完工或基本完工后，监理人签发交工证书后办理的工作。

(4) 最终结清：即在缺陷责任期结束，监理人签发缺陷责任证书后，办理的最后一次支付工作。

2. 按支付内容分类

按支付内容可分为工程量清单内的支付和工程量清单外的支付，即基本支付和附加支付。

3. 按工程内容分类

按工程内容可分为土方工程、路基工程、路面工程、桥涵工程等。

4. 按合同执行情况分类

根据合同执行是否顺利，可分为正常支付和合同终止支付两类。

(三) 工程价款的编制

1. 工程价款的编制依据

工程施工结算的主要依据是国家和地方有关主管部门颁发的有关工程造价编制、管理方面的文件、工程承包合同、合同条款、技术规范、工程量清单、设计图纸、计量的工程量、日常加工记录等。

2. 工程价款的编制原则

(1) 工程结算按工程的施工内容或完成阶段，可分为竣工结算，分阶段结算、合同终止结算和专业分包结算等形式进行编制。

(2) 工程结算编制应对相应的施工合同进行编制。当合同范围涉及整个建设项目的，应按建设项目的组成将各单位工程汇总为单项工程，再将各单项工程汇总为建设项目，并编制相应的建设项目工程结算成果文件。

(3) 实行分阶段结算的建设项目，应按合同要求进行分阶段结算，出具各阶段工程结算成果文件。在竣工结算时，将各阶段工程结算汇总，编制相应竣工结算成果文件。

(4) 除合同另有约定外，分阶段结算的工程项目，其工程结算文件用于价款支付时，应包括本周期已完成工程的价款、累计已完成的工程价款、累计已支付的工程价款、本周期已完成计日工金额、应增加和扣减的变更金额、应增加和扣减的索赔金额、应抵扣的工程预付款、应扣减的质量保证金、根据合同应增加和扣减的其他金额、本付款周期实际应支付的工程价款。

(5) 进行合同终止结算时，应按已完工程的实际工程量和施工合同的有关约定，编制合同终止结算。

(6) 实行专业分包结算的工程，应根据各专业分包合同的要求，分别对各专业分包工程进行结算编制。总承包人应按工程总承包合同的要求将各个专业分包结算汇总在相应的单位工程或分项工程结算内进行工程总承包结算。

(7) 工程结算编制应区分施工合同类型及工程结算的计价模式采用相应的工程结算编制方法。

① 施工合同类型按计价方式应分为总价合同、单价合同、成本加酬金合同。

② 工程结算的计价模式应分为单价法和实物量法。单价法分为定额单价法和工程量清单计价法。

(8) 工程结算编制时采用总价合同的，应在合同价基础上对设计变更、工程洽商以及工程索赔等合同约定可以调整的内容进行调整。

(9) 工程结算编制采用单价合同的，工程结算的工程量应按照经发、承包双方在施工合同中约定的计量方法计算，再根据确定的工程量对合同价款进行调整。

(10) 工程结算编制采用成本加酬金合同的，应依据合同约定的方法计算各个分部分项工程以及设计变更、工程洽商、施工措施等内容的工程成本，并计算酬金及有关税费。

3. 工程价款的编制程序

工程结算应按准备、编制和定稿 3 个工作阶段进行，并实行编制人、复核人和审核人分别署名、盖章确认的编审签署制度。

(1) 结算编制准备阶段

①收集与工程结算编制相关的原始资料。

②熟悉工程结算资料内容，进行分类、归纳、整理。

③召集相关单位或部门的有关人员参加工程结算预备会议，对结算内容和结算资料进行核对与充实完善。

④收集建设期内影响合同价格的法律和政策性文件。

⑤掌握工程项目发承包方式、现场施工条件、应采用的工程计价标准、定额、费用标准、材料价格变化等情况。

(2) 结算编制阶段

①根据竣工图、施工图及施工组织设计进行现场踏勘，对需要调整的工程项目进行观察、对照、必要的现场实测和计算，做好书面或影像记录。

②按既定的工程量计算规则计算需调整的工程量。

③按招标文件、施工发承包合同规定的计价原则和计价办法对其进行计价。

④对于工程量清单或定额缺项以及采用新材料、新设备、新工艺的，应根据施工过程中的合理消耗和市场价格，编制综合单价或单位估价分析表。

⑤工程索赔应按合同约定的索赔处理原则、程序和计算方法，提出索赔费用，经发包人确认后作为结算依据。

⑥汇总计算工程费用，初步确定工程结算价格。

⑦编写编制说明。

⑧计算主要技术经济指标。

⑨提交结算编制的初步成果文件待复核、审核。

(3) 结算定稿阶段：工程结算定稿流程如下：

①工程结算编制由受托人单位的部门负责人对初步成果文件进行复核。

②工程结算审核人对复核后的初步成果文件进行审定。

③工程结算编制人、复核人、审核人分别在工程结算成果文件上署名，并应加盖造价工程师从业印章。

④工程结算文件经编制、复核、审核后、工程造价咨询企业的法定代表人或其授权人在结算文件上签字或盖章。

⑤工程造价咨询企业在正式的工程结算成果文件上加盖企业印章。

4. 工程价款的编制方法

(1) 采用工程量清单方式计价的工程，一般采用单价合同，应按工程量清单计价法编制工程结算文件。

(2) 依据施工合同相应约定以及实际完成的工程量、合同单价等进行计算

(3) 工程结算中涉及工程单价调整时，应当遵循以下原则：

①已标价工程量清单中有适用于变更工作的子目的，采用该子目的单价。

②已标价工程量清单中无适用于变更工作的子目，但有类似子目的，可在合理范围内参照类似子目的单价，由监理人根据相关规定商定或确定变更工作的单价。

③已标价工程量清单中无适用或类似子目的单价，可在综合考虑承包人在投标时所提供的单价分析表的基础上，由监理人根据相关规定商定或确定变更工作的单价。

(4) 其他项目费用应按以下方法进行结算：

①计日工按发包人实际签证的数量和确定的事项进行结算。

②暂估价中的材料单价按发承包双方最终确认价在分部、分项工程费中对相应综合单价进行调整，计入相应的分部分项工程费。

③专业工程结算价应按中标价或发包人、承包人与分包人最终确认的分包工程价进行结算。

④总承包服务费应依据合同约定的结算方式进行结算。

⑤暂列金额应按合同约定计算实际发生的费用。

(5) 招标工程量清单漏项、设计变更、工程洽商等费用应依据施工图, 以及发承包双方签证资料确认的数量和合同约定的计价方式进行结算。

(6) 工程索赔费用应依据发、承包双方确认的索赔事项和合同约定的计价方式进行结算。

(7) 规费和税金应按国家、省级或行业建设主管部门的规定计算。

5. 工程价款的编制成果

工程价款编制的成果包括工程结算书封面(含工程名称、编制单位和印章、日期等)、签署页(含工程名称、编制人、复核人、审核人姓名和执业(从业)印章、单位负责人印章(或签字)等内容)、目录、工程结算编制说明、工程结算相关表式、必要的附件等。

五、竣工决算

(一) 竣工决算的概念

公路工程竣工决算是建设项目经审定的从筹建到竣工验收、交付使用全过程中实际支出的全部工程建设费用。工程竣工决算是整个公路工程的最终造价, 是作为建设单位财务部门汇总固定资产的主要依据。按表现形式分为工程决算和财务决算。

工程决算是公路工程建设中的一个重要程序, 是指公路工程完工、交工验收后, 根据施工图设计、合同及其调整最终形成的造价, 包括各类工料、机械设备及管理费用等。其内容应包括从项目策划到竣工投产全过程发生的全部实际费用。

财务决算是公路工程项目预算执行结果的书面总结, 是核定新增固定资产价值、反映竣工项目决算成果的文件, 是办理固定资产交付手续的依据。

竣工决算文件是公路工程项目竣工阶段编制造价类文件的统称, 包括竣工决算报告、编审对比文件、辅助表、其他资料等。

竣工决算是以建设单位为主体编制的, 它是建设工程所特有的多次性计价环节中的最后一次计价。

(二) 竣工决算与工程结算的区别与联系

表 2.5.1 竣工决算与工程结算的区别与联系

内容	工程结算	竣工决算
范围区别	工程完工后, 发、承包双方依据国家有关法律、法规, 按合同约定计算确定的最终工程价款。	经审定的从筹建到竣工验收、交付使用全过程中实际支出的全部工程建设费用, 是整个公路工程的最终造价。
作用区别	对施工合同结算, 真实反映工程实际完成情况。	对整个工程项目进行决算, 反映概算与实际投资之间的差异。
编制主体区别	承包人(施工方)	发包人(建设单位)
目的区别	由承包人(施工单位)发起, 以结算工程款为目的。	由发包人(建设单位)发起, 以确定资产价值并交付使用为目的。
发生时间区别	工程结算必须在正式竣工决算前完成	

（三）竣工决算的编制

1. 编制依据

公路建设项目工程竣工决算应结合项目实施情况、实际竣工建设规模，真实、准确、完整地确定，以全面反映公路工程建设成本，应依据以下内容进行编制：

（1）国家发布的相关法律、法规、规章及强制性标准。

（2）国家发布的现行计价规定，包括编制办法、定额、指标、计费标准等，有关部门发布的价格信息等计价依据。

（3）建设项目各阶段的批复文件。如：对可行性研究报告（含调整规模报告）、初步设计（含调整初步设计）、技术设计（若有）、施工图设计、变更设计文件的批复，项目施工许可、相关会议纪要等。

（4）建设项目的招标（含招标清单预算）、合同、变更、工程计量支付、工程结算、造价管理台账等文件、资料及相关的会议纪要等。

（5）建设项目的管理机构、人员编制和岗位设立及调整（如有）文件，年度费用预算及批准文件，资金的筹集、借贷、使用等相关文件，财务账表、收支凭证，过程财务核算及审计文件，竣工决算审计意见（如有）。

（6）建设项目的交工验收报告及备案文件，工程质量鉴定、检验等有关文件，各类专项评估（价）报告及验收报告，科研课题立项及验收报告等。

（7）建设项目的竣工图表，尾工工程（如有）方案及工程数量、费用、预计完成时间，报废工程（如有）的数量、费用及报废原因等。

（8）其他有关的重要文件。

2. 编制要求

（1）项目工程竣工决算编制应遵循合法、全面、有据及实事求是的原则，确保竣工决算费用真实、准确、完整、清晰地反映建设项目实际成本。

（2）项目工程竣工决算的各项费用构成应做到数据来源有依据、可追溯，归属位置按标准、合规范，统计、汇总口径应准确一致，工程、财务数据相互吻合。

（3）项目工程竣工决算原则上应控制在批复费用范围内，确因工料机价格变化、征地拆迁政策变化、贷款利率调整等因素超批复费用的，应做好对比分析及说明原因。

（4）不得在未经批准情况下，将擅自调整建设内容、改变建设规模和建设标准、改变设计方案等造成项目成本增加的费用纳入竣工决算。

（5）需列入竣工决算的尾工工程费用、基建收入及结余资金等费用的编制，应符合工程、财务管理的相关规定。其中，对留有尾工工程的建设项，尾工工程预留费用不得超过竣工决算总费用（不含尾工工程预留费用）的5%。

3. 编制步骤

（1）准备阶段。制定计划落实任务、熟悉项目工程概况、熟悉相关法律法规、收集整理基础资料、核查项目在设计、建设等各阶段造价文件是否齐全、明确决算费用项目架构、统一和规范决算基本信息。

（2）编制乙组文件。乙组文件是编制甲组文件的基础，包括竣工决算乙组文件报表和竣工决算基础资料两部分。乙组文件报表主要为各类合同结算文件整理而成，是反映构成竣工决算各项汇总费用的基础数据。乙组文件报表编制应做到分类统计、全面细致、不重不漏，格式规范，造价数据准确、依据充分，工程结算文件应全面、准确、直观地反映合同、变更、结算的数量、单价和合价的闭合关系。

（3）编制甲组文件。乙组文件报表编制完成并复核确认无误后，编制负责人组织编制人员，按照造价管理要求在乙组文件数据的基础上汇编成甲组文件。

（4）完成竣工决算报告初稿。甲组文件汇编完毕后，应根据辅助表，提交甲、乙组文件及相关

辅助资料，按本规范要求编制封面、目录、建设项目地理位置图、竣工决算报告说明书等内容，形成竣工决算报告初稿。

(5) 定稿。定稿工作应包括但不限于以下内容：

①交叉复核。竣工决算报告初稿编制完成后，编制负责人组织各编制人员进行交叉复核工作。交叉复核是基础性复核，应细致全面，保障工作时间以确保复核效果。交叉复核方式为各专项编制人将各自的决算编制报表、过程资料、辅助表及基础资料提供给交叉复核人员，对复核出的问题经确认后进行调整，并将调整更新后的竣工决算报告提交给编制负责人。

②总体复核。编制负责人应主持竣工决算的总体复核工作，重点检查竣工决算报告格式是否符合造价管理要求，内容是否完整，数据是否闭合，费用是否有重复或漏列等情况，并对发现的问题进行调整。

③调整完善辅助表。总体复核后，编制负责人应结合竣工决算报告的数据调整更新情况，主持对辅助表中统计数据相应调整更新和完善。

④交流沟通。若竣工决算报告由委托单位编制，编制单位应及时向建设单位（项目法人）报告编制情况，并提交初步成果，与建设单位沟通达成共识，按建设单位（项目法人）提出的合理化意见和建议进行相应调整完善，形成竣工决算文件报审稿。

⑤提交报审稿。定稿工作完成后，将编制成果提交审核单位。

第三章 案例分析

一、定额编制

【案例 1】

某混凝土工程的观察测时,劳动组合是5名工人配置1台250L混凝土搅拌机,符合正常的施工条件,整个过程完成的工程量为 30m^3 混凝土。基本工作时间4h,施工过程中因缺水而停工时间30min,电源故障耽误时间15min,辅助工作时间占基本工作时间5%,准备结束时间为15min,工人上班迟到时间12min,不可避免中断时间为10min,休息时间占定额时间的15%,下班早退时间5min。

问题

计算该工作人工和机械的时间定额和产量定额(计算结果保留3位小数)。

解题思路

本案例主要考核劳动定额的编制及计算方法。解答思路如下:

1. 确定完成 30m^3 混凝土的定额时间。

定额时间 = 基本工作时间 + 辅助工作时间 + 准备与结束工作时间 + 不可避免中断时间 + 休息时间

2. 根据定额时间计算时间定额。

3. 时间定额和产量定额互为倒数。

参考答案

设定额时间为 x ,基本工作时间4h合240min,辅助工作时间为 $240 \times 5\%$ min,准备与结束工作时间15min,不可避免中断时间10min,休息时间为 $x \times 15\%$,根据定额时间公式则有:

$$x=240+240 \times 5\% + 15+10+x \times 15\%$$

解得 $x=325.88$ (min)

定额时间的单位分钟需换算为工日。

$$\text{人工时间定额} = \frac{325.88 \times 5}{60 \times 8 \times 30} = 0.113 \text{ (工日 / m}^3\text{)}$$

$$\text{人工产量定额} = 1/0.113 = 8.850 \text{ (m}^3\text{/工日)}$$

$$\text{机械时间定额} = \frac{325.88 \times 1}{60 \times 8 \times 30} = 0.023 \text{ (台班 / m}^3\text{)}$$

$$\text{机械产量定额} = 1/0.023 = 43.478 \text{ (m}^3\text{/台班)}$$

【案例 2】

某路基土石方工程有挖方 25000m^3 ,采用 2.0m^3 的挖掘机挖土,经现场测试挖掘机的铲斗充盈系数为0.9,每循环1次为40s,机械时间利用系数为0.85。

问题

1. 所选挖掘机的台班产量是多少(计算结果保留2位小数)?

2. 若需在 10d 内完成此挖方，按一天工作 10h 计，需要配备多少台挖掘机？

解题思路

本案例主要考查机械台班定额消耗量的确定，其基本步骤及计算方法如下：

1. 确定机械纯工作 1h 的正常生产率。对于循环动作的机械，计算公式为：

机械纯工作 1h 的正常生产率 = 机械纯工作 1h 正常循环次数 × 一次循环的产量

2. 确定机械的正常利用系数，即确定机械在工作班内对工作时间的利用率。

3. 计算机械台班定额。计算公式为：

施工机械台班产量定额 = 机械纯工作 1h 正常生产率 × 工作班纯工作时间
= 机械纯工作 1h 正常生产率 × 工作班延续时间 × 机械正常利用系数

4. 确定完成 25000m³ 挖方需要挖掘机台班数。

5. 确定一台挖掘机工作 10d 的总台班数。

6. 计算需要的挖掘机数量。

参考答案

问题 1：

挖掘机每小时正常循环次数 = 3600 ÷ 40 = 90 (次)

纯工作 1 小时正常生产率 = 90 × 2 × 0.9 = 162 (m³ / h)

时间利用系数 = 0.85

挖掘机的台班产量 = 8 × 0.85 × 162 = 1101.6 (m³ / 台班)

问题 2：

完成 25000m³ 挖方需要挖掘机台班数 = 25000 ÷ 1101.6 = 22.69 (台班)

一台挖掘机工作 10 天的台班数 = 10 × 10 ÷ 8 = 12.5 (台班)

10 天完成 25000m³ 挖方需要挖掘机数量 = 22.69 ÷ 12.5 = 1.82 (台)，取整数 2 台。

二、概、预算编制办法和云南省补充规定

【案例 3】

云南某二级公路项目编制施工图预算，经调查碎石料场至工地运距 30km，碎石 (2cm) 采购价 (含税) 为 82 元 / m³，运输单价 (不含税) 为 0.5 元 / t · km，装卸费、杂费不计。

问题

根据以上条件以及《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018、《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34 号)，确定本项目人工工日单价及碎石 (2cm) 的预算价格 (计算结果保留 2 位小数)。

解题思路

1. 根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34 号)，高速公路、一级公路人工工日单价为 101.54 元 / 工日，二级及以下公路人工工日单价为 90.18 元 / 工日。

2. 根据《公路工程项目概算预算编制办法》JTG 3830—2018，材料预算价格 = (材料原价 + 运杂费) × (1 + 场外运输损耗率) × (1 + 采购及保管费率) - 包装品回收价值。

运杂费 = (运价率 × 运距 + 装卸费 + 吨存费 + 杂费) × 毛重系数或单位毛重

材料原价应为除税价格，地材的税率为 3%，不含税价 = 含税价 ÷ (1 + 税率)。

查预算定额“附录四 定额人工、材料、设备单价表”，碎石 (2cm) 的单位质量为 1500kg/m³。

查部颁编办相关规定，碎石（2cm）场外运输及操作损耗率为1%，采购及保管费费率为2.06%。碎石无包装回收价值。

参考答案

1. 本项目人工工日单价为90.18元/工日。

2. 材料原价应为不含税价格 $=82 / (1+3\%) = 79.61$ （元/m³）；

运杂费 $= (0.5 \times 30) \times 1.5 = 22.50$ （元/m³）；

碎石（2cm）预算价格 $= (79.61 + 22.5) \times (1+1\%) \times (1+2.06\%) = 105.26$ （元/m³）

【案例4】

云南丽江宁蒗县拟修建一条高速公路，途经地区海拔2500~3000m，主副食运费补贴综合里程按3km计，工地转移距离按100km计。

问题：

1. 确定各工程类别的措施费费率。

2. 确定各工程类别的企业管理费的综合费率。

3. 已知构造物Ⅰ工程类别中人工费为1200万元，定额人工费为1100万元；材料费为1800万元，定额材料费为1600万元；施工机械使用费为2600万元，定额施工机械使用费为2400万元。计算构造物Ⅰ工程类别的措施费（综合）及企业管理费（以万元为单位，计算结果保留3位小数）。

解题思路：

本案例主要考核依据项目基本属性，确定措施费、企业管理费的费率及计算基数，措施费、企业管理费的费率按现行部颁概预算编办及云南省补充规定查询。

1. 各工程类别的措施费费率

措施费包括冬季施工增加费、雨季施工增加费、夜间施工增加费、特殊地区施工增加费、行车干扰施工增加费、施工辅助费、工地转移费。

（1）冬季施工增加费：根据气温区取舍。查部颁编办附录D，云南丽江宁蒗县属气温准一区

（2）雨季施工增加费：根据雨量区和雨季期取值。查部颁编办附录E，云南丽江宁蒗县属雨量Ⅰ区，雨季期5个月

（3）夜间施工增加费：构造物Ⅱ、构造物Ⅲ、技术复杂大桥、钢材及钢结构等必须昼夜连续施工的工程取夜间施工增加费，按部颁编办标准取费

（4）特殊地区施工增加费：

a. 高原地区施工增加费：根据海拔高度按部颁编办取值

b. 风沙地区施工增加费：项目所在地非风沙地区

c. 沿海地区施工增加费：项目所在地非沿海地区

（5）行车干扰施工增加费：新建高速公路无行车干扰施工

（6）施工辅助费：按部颁编办取值

（7）工地转移费：根据部颁编办按工地转移距离取值

2. 企业管理费费率

企业管理费由基本费用、主副食运费补贴、职工探亲路费、职工取暖补贴和财务费用五项组成，可以按部颁编办取值。

3. 措施费中施工辅助费的计算基数为定额直接费，其余各项措施费的计算基数为定额人工费和定额施工机械使用费之和。

企业管理费的计算基数为定额直接费。

参考答案：

1. 根据现行部颁概算、预算编办，本工程各类工程类别的措施费费率如下表（%）。

表 3.1.1

工程类别 措施费	土方	石方	运输	路面	隧道	构造物 I	构造物 II	构造物 III	技术复杂 大桥	钢材及 钢结构
冬季施工增加费	—	—	—	0.073	—	0.115	0.165	0.292	0.170	—
雨季施工增加费	0.665	0.626	0.675	0.654	—	0.458	0.530	1.031	0.653	—
夜间施工增加费	—	—	—	—	—	—	0.903	1.702	0.928	0.874
高原地区施工 增加费	19.709	20.358	19.666	21.618	19.850	19.051	20.244	18.985	20.645	19.622
风沙地区施工 增加费	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
沿海地区施工 增加费	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
行车干扰过程 施工增加费	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
施工辅助费	0.521	0.470	0.154	0.818	1.195	1.201	1.537	2.729	1.677	0.564
工地转移费	0.301	0.212	0.203	0.435	0.351	0.351	0.449	0.841	0.523	0.473

2. 根据现行部颁概预算编办，本工程各类工程类别的企业管理费的综合费率如下表（%）。

表 3.1.2

项目	土方	石方	运输	路面	隧道	构造物 I	构造物 II	构造物 III	技术复杂大桥	钢材及钢结构
基本费用	2.747	2.792	1.374	2.427	3.569	3.587	4.726	5.976	4.143	2.242
主副食运费补贴	0.122	0.108	0.118	0.066	0.096	0.114	0.126	0.225	0.101	0.104
职工探亲路费	0.192	0.204	0.132	0.159	0.266	0.274	0.348	0.551	0.208	0.164
职工取暖补贴	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
财务费用	0.271	0.259	0.264	0.404	0.513	0.466	0.545	1.094	0.637	0.653
综合费率	3.332	3.363	1.888	3.056	4.444	4.441	5.745	7.846	5.089	3.163

3. 构造物 I 工程类别措施费及企业管理费计算：

$$\text{施工辅助费} = (1100+1600+2400) \times 1.201\% = 61.251 \text{ (万元)}$$

$$\text{其他措施费} = (1100+2400) \times (0.115\%+0.458\%+19.051\%+0.351\%) = 699.125 \text{ (万元)}$$

$$\text{措施费 (综合)} = 61.251+699.125=760.376 \text{ (万元)}$$

$$\text{企业管理费} = (1100+1600+2400) \times 4.441\% = 226.491 \text{ (万元)}$$

【案例 5】

某公路建设项目初步设计概算情况如下表，各年投资比例 3：4：3，商业银行贷款为静态投资的 80%，其余为资本金，贷款按年度投资比例均衡发放，贷款年名义利率 5%（按月复利计息），土地使用及拆迁补偿费、工程建设其他费共计 80000 万元，不计价差预备费。

表 3.1.3

单位: 万元

定额直接费	定额设备购置费	直接费	设备购置费	措施费	企业管理费	规费	专项费用
200000	900	300000	700	7000	11000	25000	8600

问题

1. 计算本项目利润、税金和建筑安装工程费。
 2. 计算本项目基本预备费。
 3. 计算本项目建设期贷款利息。
- (计算结果以万元为单位, 取整)

解题思路

根据部颁概算、预算编办, 公路建设项目各项费用计算程序及计算方式如下表。

表 3.1.4

代号	项目	说明及计算公式
(一)	定额直接费	Σ 人工消耗量 \times 人工基价 + Σ (材料消耗量 \times 材料基价 + 机械台班消耗量 \times 机械台班基价)
(二)	定额设备购置费	Σ 设备购置数量 \times 设备基价
(三)	直接费	Σ 人工消耗量 \times 人工单价 + Σ (材料消耗量 \times 材料预算单价 + 机械台班消耗量 \times 机械台班预算单价)
(四)	设备购置费	Σ 设备购置数量 \times 预算单价或按规定计算
(五)	措施费	(一) \times 施工辅助费率 + 定额人工和定额机械使用费之和 \times 其余措施费用综合率
(六)	企业管理费	(一) \times 企业管理费综合费率
(七)	规费	各类工程人工费 (含施工机械人工费) \times 规费综合费率
(八)	利润	[(一) + (五) + (六)] \times 利润率
(九)	税金	[(三) + (四) + (五) + (六) + (七) + (八)] \times 9%
	专项费用	
(十)	施工场地建设费	[(一) + (二 \times 40%) + (五) + (六) + (七) + (八) + (九)] \times 累进费率
	安全生产费	建筑安装工程费 (不含安全生产费本身) \times (\geq 1.5%)
(十一)	定额建筑安装工程费	(一) + (二 \times 40%) + (五) + (六) + (七) + (八) + (九) + (十)
(十二)	建筑安装工程费	(三) + (四) + (五) + (六) + (七) + (八) + (九) + (十)
(十三)	土地使用及拆迁补偿费	按规定计算
(十四)	工程建设其他费	(1) 建设项目管理费; (2) 研究试验费 (3) 建设项目前期工作费; (4) 专项评价 (估) 费; (5) 联合试运转费; (6) 生产准备费; (7) 工程保通管理费; (8) 工程保险费; (9) 其他相关费用。
	预备费	
(十五)	基本预备费	[(十二) + (十三) + (十四)] \times 费率, 费率: 设计概算按 5% 计列。
	价差预备费	
(十六)	建设期贷款利息	建设期贷款利息 = (上年末付息贷款本息累计 + 本年度付息贷款额 \div 2) \times 年利率
(十七)	公路基本造价	(十二) + (十三) + (十四) + (十五) + (十六)

1. 利润 = (定额直接费 + 措施费 + 企业管理费) × 7.42%
税金 = (直接费 + 设备购置费 + 措施费 + 企业管理费 + 规费 + 利润) × 9%
建筑安装工程费 = 直接费 + 设备购置费 + 措施费 + 企业管理费 + 规费 + 利润 + 税金 + 专项费用
2. 基本预备费
= (建筑安装工程费 + 土地使用及拆迁补偿费 + 工程建设其他费) × 5%
3. 按月复利计息, 则实际年利率 = $(1 + \text{年名义利率} / \text{复利次数})^{\text{复利次数}} - 1$
贷款金额为静态投资的 80%
= (建筑安装工程费 + 土地使用及拆迁补偿费 + 工程建设其他费 + 基本预备费) × 80%
4. 初步设计概算总金额
= 建筑安装工程费 + 土地使用及拆迁补偿费 + 工程建设其他费 + 预备费 + 贷款利息

参考答案

1. 利润 = (200000+7000+11000) × 7.42%=16176 (万元)
税金 = (300000+700+7000+11000+25000+16176) × 9%=32389 (万元)
建安费 =300000+700+7000+11000+25000+16176+32389+8600=400865 (万元)
2. 基本预备费 = (400865+80000) × 5%=24043 (万元)
3. 贷款利息计算:
年名义利率为 5%, 则实际年利率为: $(1+5\%/12)^{12}-1=5.12\%$.
贷款额 = 静态投资 × 80% = (400865+80000+24043) × 0.8=403926 (万元)
则第一年利息: $403926 \times 0.3 \times 0.5 \times 5.12\%=3102$ (万元)
第二年利息: $(403926 \times 0.3+3102+403926 \times 0.4 \times 0.5) \times 5.12\%=10499$ (万元)
第三年利息: $(403926 \times 0.7+3102+10499+403926 \times 0.3 \times 0.5) \times 5.12\%=18275$ (万元)
则本项目建设期贷款利息 =3102+10499+18275=31876 (万元)

【案例 6】

云南某二级公路项目预算建筑安装工程费 280000 万元, 定额建筑安装工程费 265000 万元, 计算本项目的建设单位(业主)管理费(计算结果保留 3 位小数)。

解题思路

本案例主要考核工程建设其他费的计算。建设单位(业主)管理费以定额建筑安装工程费为基数, 按累进费率计算。根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》, 二级公路为二类工程, 其累进费率如下表。

表 3.1.5

定额建筑安装工程费(万元)	费率(%)	算例(万元)	
		定额建筑安装工程费	建设单位(业主)管理费
500 及以下	4.251	500	$500 \times 4.251\%=21.255$
500 ~ 1000	3.336	1000	$21.255 + (1000-500) \times 3.336\%=37.935$
1000 ~ 5000	2.668	5000	$37.935 + (5000-1000) \times 2.668\%=144.655$
5000 ~ 10000	2.242	10000	$144.655 + (10000-5000) \times 2.242\%=256.755$
10000 ~ 30000	1.859	30000	$256.755 + (30000-10000) \times 1.859\%=628.555$
30000 ~ 50000	1.551	50000	$628.555 + (50000-30000) \times 1.551\%=938.755$
50000 ~ 100000	1.148	100000	$938.755 + (100000-50000) \times 1.148\%=1512.755$

续表 3.1.5

定额建筑安装工程费 (万元)	费率 (%)	算例 (万元)	
		定额建筑安装工程费	建设单位 (业主) 管理费
100000 ~ 150000	0.925	150000	$1512.755 + (150000 - 100000) \times 0.925\% = 1975.255$
150000 ~ 200000	0.723	200000	$1975.255 + (200000 - 150000) \times 0.723\% = 2336.755$
200000 ~ 300000	0.521	300000	$2336.755 + (300000 - 200000) \times 0.521\% = 2857.755$
300000 ~ 400000	0.436	400000	$2857.755 + (400000 - 300000) \times 0.436\% = 3293.755$
400000 ~ 600000	0.394	600000	$3293.755 + (600000 - 400000) \times 0.394\% = 4081.755$
600000 ~ 800000	0.35	800000	$4081.755 + (800000 - 600000) \times 0.35\% = 4781.755$
800000 ~ 1000000	0.328	1000000	$4781.755 + (1000000 - 800000) \times 0.328\% = 5437.755$
1000000 以上	0.306	1200000	$5437.755 + (1200000 - 1000000) \times 0.306\% = 6049.755$

参考答案

建设单位 (业主) 管理费 = $2336.755 + (265000 - 200000) \times 0.00521 = 2675.405$ (万元)

【案例 7】

云南某二级公路项目采用水泥混凝土搅拌站拌和水泥混凝土, 其动力依靠工地配备的柴油发电机组供应, 配备 1 台 250kW 的柴油发电机组。人工单价依据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34 号) 相关规定执行, 已知柴油的预算单价为 8.0 元/kg (不含税)。搅拌站和发电机组的机械台班费用定额如下表。

表 3.1.6

项目	机械名称	
	90m ³ /h 水泥混凝土搅拌站	250kW 发电机组
折旧费 (元/台班)	561.58	140.32
检修费 (元/台班)	119.72	54.41
维护费 (元/台班)	323.7	180.30
安拆辅助费 (元/台班)		6.73
人工 (工日/台班)	3	
电 (kW·h/台班)	853.36	
柴油 (kg/台班)		291.21

问题

请计算水泥混凝土搅拌站的机械台班预算单价 (计算结果保留 2 位小数)。

解题思路

本案例主要考核自发电和机械台班预算单价的计算。

1. 根据《云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定》(云交建设〔2019〕34 号), 高速公路、一级公路人工工日单价为 101.54 元/工日, 二级及以下公路人工工日单价为 90.18 元/工日。故本题人工单价按 90.18 元/工日计入。

2. 机械台班单价由不变费用和可变费用组成, 不变费用包括折旧费、检修费、维护费、安拆辅助费,

可变费用包括人工费、动力燃料费、车船税。

《公路工程机械台班费用定额》JTG/T 3833—2018 规定：编制机械台班单价时，除青海、新疆、西藏等边远地区均应直接采用定额中的不变费用。至于边远地区因机械使用年限差异及维修工资、配件材料等价差较大而需调整不变费用时，可根据具体情况，由各省级交通运输主管部门制定系数并执行。可变费用中，人工及动力燃料消耗量应以定额中的数值为准。人工单价、动力燃料单价按《公路工程建设项 目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 的规定计算。工程船舶和潜水设备工日单价，按当地有关部门的规定计算。其他费用，如需缴纳时，应根据各省、自治区、直辖市及国务院有关部门规定的标准，按机械的年工作台班计入台班费中。

3.《公路工程建设项 目概算预算编制办法》JTG 3830—2018 自发电规定：

当工程用电为自行发电时，电动机械每度（kW·h）电的单价可由下述公式计算：

$$A=0.15K/N$$

式中：A——每 kW·h 电单价（元）；

K——发电机组的台班单价（元）；

N——发电机组的总功率（kW）。

参考答案

(1) 计算发电机组的台班单价：(140.32+54.41+180.30+6.73)+291.21×8=2711.44（元/台班）

(2) 计算自发电的预算单价：

$$A=0.15 \times K \div N=0.15 \times 2711.44 \div 250=1.63（元）$$

(3) 计算沥青混合料拌和设备的台班单价：(561.58+119.72+323.77)+3×90.18+1000×1.63=2666.52（元/台班）

三、路基工程

【案例 8】

某二级公路路基宽 12m，长 20km，设计路基土石方数量见下表（除填方、回填料为压实方外，其余均为天然密实方）。

表 3.1.7

挖方 (m³)				填方 (m³)	本桩利用 (m³) 平均运距 30m				远运利用 (m³) 平均运距 1.35km				清表回填 (m³)		填前压实	
松土	普通土	硬土	次坚石		松土	普通土	硬土	次坚石	松土	普通土	硬土	次坚石	挖除表土	回填土	面积 (m²)	沉降土方 (m³)
50000	150000	65000	45000	420000	10000	30000	5000	5000	40000	120000	60000	40000	30000	30000	100000	15000

施工组织如下：

清除表土：135kW 推土机推表土，3m³ 装载机配合 15t 汽车运输，清表后土方全部外弃，外弃运距 2km。

本桩利用土方：165kW 推土机推运，平均运距 30m。

远运利用土方：2m³ 挖掘机配合 20t 自卸汽车运输，远运利用平均运距 1.35km。

本桩利用石方：机械打眼开炸、165kW 推土机推运，平均运距 30m。

远运利用石方：3m³装载机配合 20t 自卸汽车运输，平均运距 1.35km。

填前压实：12 ~ 15t 光轮压路机。

路基土、石压实：15t 振动压路机。

洒水：6000L 洒水汽车，洒水汽车平均运距 1.6km。

借方为普通土，2m³挖掘机配合 20t 自卸汽车运输，借方平均运距 3.7km。

挖方均适用于路基填方，土的压实干密度为 1.4t/m³，自然土的含水率约低于其最佳含水率 2%。

问题

1. 不考虑为保证路基边缘的压实度加宽铺筑增加的填方数量，试计算本项目路基断面方、挖方、利用方、借方、填土方、填石方和弃方数量，计算结果保留整数。

2. 列出编制本项目土石方工程施工图预算建安费的相关细目名称、定额代号、单位、数量及定额调整等内容，需要时应列式计算，计算结果保留整数。

解题思路

本案例主要考核关于土石方数量的几个概念性问题以及相互之间的关系，天然密实方与压实方之间的关系；根据工程量套用定额，要求对土石方工程量的计算及土石方施工的相关工序较熟悉，确保不漏项。

设计断面方 = 挖方（天然密实方）+ 填方（压实方）

计价方 = 挖方（天然密实方）+ 填方（压实方）- 利用方（压实方）

= 挖方（天然密实方）+ 借方（压实方）

借方 = 填方（压实方）- 利用方（压实方）

弃方 = 挖方（天然密实方）- 利用方（天然密实方）

《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 关于路基土石方工程的说明如下：

自卸汽车运输路基土、石方定额项目和洒水汽车洒水定额项目，仅适用于平均运距在 15km 以内的土、石方或水的运输。当运距超过第一个定额运距单位时，其运距尾数不足一个增运定额单位的半数时不计，等于或超过半数时按一个增运定额运距单位计算。当平均运距超过 15km 时，应按市场价计算运输费用。

土石方体积的计算：除定额中另有说明者外，土方挖方按天然密实体积计算，填方按压（夯）实后的体积计算；石方爆破按天然密实体积计算。当以填方压实体积为工程量，采用以天然密实方为计量单位的定额，如路基填方为利用方时，所采用的定额应乘以下列系数；如路基填方为借方时，则应在下列系数基础上增加 0.03 的损耗。

表 3.1.8

公路等级	土方			石方
	松土	普通土	硬土	
二级及二级以上公路	1.23	1.16	1.09	0.92
三、四级公路	1.11	1.05	1.00	0.84

修整边坡的工程量，按公路路基长度计算。

参考答案

问题 1：

1. 断面方数量：50000+150000+65000+45000+420000=730000 (m³)

2. 挖方数量：50000+150000+65000+45000=310000 (m³)

3. 利用方数量，根据背景条件计算得到挖方数量和利用方数量相等，因此得到利用方（压实方）数量：

土：50000 ÷ 1.23 + 150000 ÷ 1.16 + 65000 ÷ 1.09 = 229594 (m³)

石：45000 ÷ 0.92 = 48913 (m³)

合计：229594+48913=278507 (m³)

4. 借方数量：420000+30000+15000-278507=186493 (m³)

5. 填土方总数量：229594+186493=416087 (m³)

6. 填石方总数量：48913 (m³)

7. 弃方数量：由于挖方全部利用，故弃方数量为 0

问题 2：

整修路拱数量：20000 × 12=240000 (m²)

洒水数量：416087 × 1.4 × 2% ÷ 1=11650 (m³)

施工图预算建安费相关细目名称、定额代号、单位、数量和定额调整等内容见下表。

表 3.1.9

细目名称		定额代号	单位	数量	定额调整
清除表土	135kW 以内推土机清除表土	1-1-1-12	100m ³	300	
	3m ³ 以内装载机装土方	1-1-10-3	1000m ³ 天然密实方	30.0	
	15t 以内自卸汽车运土第一个 1km	1-1-11-9	1000m ³ 天然密实方	30.0	
	15t 以内自卸汽车运土每增运 0.5km	1-1-11-10	1000m ³ 天然密实方	30.0	× 2
填前压实	填前 12~15t 光轮压路机压实	1-1-5-4	1000m ²	100.0	
挖土 (本桩利用)	165kW 以内推土机推松土第一个 20m	1-1-12-17	1000m ³ 天然密实方	10.0	
	165kW 以内推土机推普通土第一个 20m	1-1-12-18	1000m ³ 天然密实方	30.0	
	165kW 以内推土机推硬土第一个 20m	1-1-12-19	1000m ³ 天然密实方	5.0	
	165kW 以内推土机推土每增运 10m	1-1-12-20	1000m ³ 天然密实方	45.0	
挖土 (远运利用)	2.0m ³ 以内挖掘机挖装松土	1-1-9-7	1000m ³ 天然密实方	40.0	
	2.0m ³ 以内挖掘机挖装普通土	1-1-9-8	1000m ³ 天然密实方	120.0	
	2.0m ³ 以内挖掘机挖装硬土	1-1-9-9	1000m ³ 天然密实方	60.0	
	20t 以内自卸汽车运土第一个 1km	1-1-11-11	1000m ³ 天然密实方	220.0	
	20t 以内自卸汽车运土每增运 0.5km	1-1-11-12	1000m ³ 天然密实方	220.0	
挖石	机械打眼开炸次坚石	1-1-14-5	1000m ³ 天然密实方	45.0	
	165kW 以内推土机推次坚石第一个 20m	1-1-12-38	1000m ³ 天然密实方	5.0	
	165kW 以内推土机推次坚石每增运 10m	1-1-12-41	1000m ³ 天然密实方	5.0	
	3.0m ³ 以内装载机装次坚石	1-1-10-9	1000m ³ 天然密实方	40.0	
	20t 以内自卸汽车运石第一个 1km	1-1-11-25	1000m ³ 天然密实方	40.0	
	20t 以内自卸汽车运石每增运 0.5km	1-1-11-26	1000m ³ 天然密实方	40.0	
借土方	2.0m ³ 以内挖掘机挖装普通土	1-1-9-8	1000m ³ 天然密实方	186.493	× 1.19
	20t 以内自卸汽车运土第一个 1km	1-1-11-11	1000m ³ 天然密实方	186.493	× 1.19
	20t 以内自卸汽车运土每增运 0.5km	1-1-11-12	1000m ³ 天然密实方	186.493	× 1.19 × 5
洒水	6000L 以内洒水汽车洒水第 1 个 1km	1-1-22-3	1000m ³ 水	11.65	
	6000L 以内洒水汽车洒水每增运 0.5km	1-1-22-4	1000m ³ 水	11.65	
压实	二级公路填方路基 15t 以内振动压路机碾压土方	1-1-18-9	1000m ³ 压实方	416.087	
	二级公路填方路基 15t 以内振动压路机碾压石方	1-1-18-16	1000m ³ 压实方	48.913	
路拱	机械整修路拱	1-1-20-1	1000m ²	240.0	
边坡	整修二级及以上等级公路边坡	1-1-20-4	1km	20.0	

【案例 9】

云南某高速公路某合同段长 15.6km，路基宽 24.5m，其中挖方路段长 5.2km，填方路段长 10.4km。路基土石方主要内容见下表。

表 3.1.10

挖方 (m ³)				填方总量 (m ³)	本桩利用 (m ³)			远运利用 (m ³)	
普通土	硬土	软石	次坚石		普通土	硬土	石方	土方	石方
265000	220000	404000	340000	1620000	65000	35000	105000	385000	450000

注：表中挖方、利用方为天然密实方，填方为压实方。

假定借方运距为 3.3km，弃方运距 2.4km，土的含水率接近最佳含水率。开挖石方采用机械打眼爆破，借方均为普通土，采用 2.0m³ 以内挖掘机挖装配合 20t 以内汽车运输，采用 15t 以内振动压路机碾压。

问题

1. 请确定弃方数量和借方数量，计算结果保留整数。
2. 请根据云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 列出各计量支付子目及计量工程数量，土石方计算结果保留整数。
3. 假定借土场场地清理、清除不适用材料、借土资源费、填前场地清理、压实、洒水等费用不考虑，依据上述相关数据，将编制清单子目借土填方清单预算所需的数据（包括定额代号、名称、单位、数量、定额调整或系数等内容）以表格形式列出，需要时应列式计算或文字说明。

解题思路

本案例主要考查土石填挖换算系数、云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 中关于土石方计量规则及关于土石方预算相关知识。

土石填挖换算系数及土石方预算相关知识参见案例 8。

云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 土石方计量规则如下（节选）：

表 3.1.11

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
202-5	弃方增运			
202-5-1	土石方增运	m ³ ·km	1. 不区分土石类别，按设计图纸所示的弃方开挖天然密实体积与增运距离的乘积以立方米·千米 (m ³ ·km) 为单位计量； 2. 增运距离以弃方挖除地点与弃土场之间扣除了第 1km 的运输里程计算，运输里程在 1km 以内的不计算增运距离； 3. 含路基土石方工程、隧道洞内、洞外开挖土石方、清表、滑坡体、崩塌体、拆除旧路面、拆除结构物、种植土挖除等弃方数量	运输
203	挖方路基			
203-1	路基挖方			
203-1-1	挖土方	m ³	依据图示位置及尺寸，不区分土壤类别，按天然密实体积以立方米 (m ³) 为单位计量	1. 开挖； 2. 利用方装卸、移运、堆放，弃方装卸、运输、弃置； 3. 路床压实

续表 3.1.11

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
203-1-2	挖石方			
203-1-2-1	爆破开挖石方	m ³	依据图示位置及尺寸，不区分岩石类别，按天然密实体积以立方米（m ³ ）为单位计量	1. 爆破； 2. 开挖、解小； 3. 利用方装卸、移运、堆放，弃方装卸、运输、弃置； 4. 路床压实
204	填方路基			
204-1	路基填筑			
204-1-1	利用土方	m ³	1. 依据图示位置及尺寸，按压实体积以立方米（m ³ ）为单位计量； 2. 不含桥梁台背回填、涵洞及涵背回填、挡土墙墙背回填所占体积	1. 基底翻松、压实； 2. 分层摊铺、整形、压实，洒水或翻晒
204-1-2	利用石方	m ³	1. 依据图示位置及尺寸，按压实体积以立方米（m ³ ）为单位计量； 2. 不含桥梁台背回填、涵洞及涵背回填、挡土墙墙背回填所占体积	1. 基底翻松、压实； 2. 分层摊铺、整形、压实，洒水或翻晒； 3. 边坡码砌； 4. 小石块（或石屑）填缝、找补
204-1-3	借土填方	m ³	1. 依据图示位置及尺寸，按压实体积以立方米（m ³ ）为单位计量； 2. 不含桥梁台背回填、涵洞及涵背回填、挡土墙墙背回填所占体积	1. 借土场确定、场地清理、清除非适用材料； 2. 基底翻松、压实； 3. 开挖、装卸、运输、非适用材料弃置； 4. 分层摊铺、整形、压实，洒水或翻晒
206	路基整修			
206-1	整修路拱			
206-1-1	主线整修路拱	km	依据图示按主线路基长度（分离式路基按双幅平均长度）以千米（km）为单位计量	主线及辅道、互通匝道、主线改路路拱按设计坡度整修，平整、压实
206-2	整修边坡			
206-2-1	主线整修边坡	km	依据图示按主线路基长度（分离式路基按双幅平均长度）以千米（km）为单位计量	主线及辅道、互通匝道、主线改路边坡按设计坡度刷坡、整修

参考答案

问题 1:

弃方数量计算:

土方:

挖普通土 265000m³，挖硬土 220000m³，合计挖土方 265000+220000=485000（m³）

本桩利用普通土 65000m³，本桩利用硬土 35000m³，远运利用土方 385000m³，合计利用土方

65000+35000+385000=485000 (m³)

故弃土方 485000-485000=0 (m³)

石方:

挖软石 404000m³, 挖次坚石 340000m³, 合计挖石方 404000+340000=744000 (m³)

本桩利用石方 105000m³, 远运利用石方 450000m³, 合计利用石方 105000+450000=555000 (m³)

故弃石方 744000-555000=189000 (m³)

借方数量计算:

开挖土方全部用于填筑

开挖普通土可填筑方量 =265000/1.16=228448 (m³)

开挖硬土可填筑方量 =220000/1.09=201835 (m³)

利用石方 555000m³, 可填筑方量 =555000/0.92=603261 (m³)

借方数量 = 总填方量 - 利用土石方填方量 =1620000-228448-201835-603261=586456 (m³)

问题 2:

表 3.1.12

子目编码	子目名称	单位	工程数量
202-5	弃方增运		
202-5-1	土石方增运	m ³ · km	189000 × (2.4-1) =264600
203	挖方路基		
203-1	路基挖方		
203-1-1	挖土方	m ³	265000+220000=485000
203-1-2	挖石方		
203-1-2-1	爆破开挖石方		
203-1-2-1-1	开炸石方	m ³	404000+340000=744000
204	填方路基		
204-1	路基填筑		
204-1-1	利用土方	m ³	265000/1.16+220000 ÷ 1.09=430283
204-1-2	利用石方	m ³	(105000+450000) ÷ 0.92=603261
204-1-3	借土填方	m ³	586456
206	路基整修		
206-1	整修路拱		
206-1-1	主线整修路拱	km	15.6
206-2	整修边坡		
206-2-1	主线整修边坡	km	15.6

问题 3:

借土填方清单预算定额套取如下表。

表 3.1.13

子目编码 / 定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
204	填方路基			
204-1	路基填筑			
204-1-3	借土填方	m ³	586456	
1-1-9-8	2.0m ³ 以内挖掘机挖装普通土	1000m ³ 天然密实方	586.456	× 1.19
1-1-11-11	20t 以内自卸汽车运土第一个 1km	1000m ³ 天然密实方	586.456	× 1.19
1-1-11-12	20t 以内自卸汽车运土每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	586.456	× 1.19 × 5
1-1-18-4	高速公路填方路基, 自身质量 15t 以内振动压路机碾压土方	1000m ³ 压实方	586456	

【案例 10】

某公路 A 标段边沟设计工程量如下: 现浇 C20 混凝土 1480m³, 预制 C30 混凝土矩形带孔盖板 228m³, 盖板钢筋 (HRB400) 49850kg。边沟挖基采用机械开挖, 均为石方, 边沟过水断面挖方 1050m³。盖板在场内预制, 不考虑场内运输。预制构件运输采用 8t 载货汽车 (汽车式起重机装卸), 运距 3.2km。弃方运输采用 15t 自卸汽车, 运距 2.4km。

问题

根据上述资料列出编制边沟施工图预算建安费所涉及的工程定额代号、名称、单位、数量及定额调整等内容 (水沟盖板安装不考虑损耗)。

解题思路

本案例主要考核排水工程计价。按预算定额“第一章 第一节 路基土、石方工程”的说明, 开挖边沟的数量应合并并在路基土、石方数量内计算, 此土、石方数量指过水断面的土、石方数量, 未考虑边沟沟体圻工部分挖方, 故沟体部分的扩挖应按开挖沟槽计价。

对于构件运输距离, 当不足定额运距单位时按定额运距单位计; 超过第一个定额运距单位时, 其运距尾数不足一个增运定额单位的半数时不计, 等于或超过半数时按一个增运定额单位计算。

参考答案

表 3.1.14

定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
1-3-1-4	机械开挖沟槽石方	1000m ³ 天然密实方	1.48	
1-1-11-23	15t 以内自卸汽车运石第一个 1km	1000m ³ 天然密实方	1.48	
1-1-11-24	15t 以内自卸汽车运石每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	1.48	× 3
1-3-4-5	现浇混凝土边沟、排水沟	10m ³	148	
1-3-4-10	预制混凝土水沟盖板 (矩形带孔)	10m ³	22.8	C20 换 C30
1-3-4-11	水沟盖板预制钢筋	1t	49.85	HPB300 钢筋用量调整为 0, HRB400 钢筋用量调整为 1.025

续表 3.1.14

定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
4-8-3-9	8t 以内载货汽车第 1 个 1km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	2.28	
4-8-3-13	8t 以内载货汽车每增运 0.5km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	2.28	× 4
1-3-4-12	水沟盖板安装	10m ³	22.8	

【案例 11】

某二级公路，路基防护工程的设计数量如下表：

表 3.1.15

序号	项目名称	单位	数量	附注
1	M7.5 浆砌片石挡土墙墙身	m ³	1780	挖基量按基础体积的 2 倍计算，土方占开挖量的 60%
2	M7.5 浆砌片石挡土墙基础	m ³	310	
3	C30 抗滑桩	m ³	200	设计桩截面 1m×2m，平均每根桩长 10m，每根桩深入基岩 1.5m，其余为粉性土。采用 C20 混凝土护壁，厚度 10cm
4	抗滑桩钢筋 HRB400	t	18.8	

施工组织如下：

采用斗容量 1.0m³ 挖掘机开挖基坑土方，机械开挖基坑石方，抗滑桩人工挖孔。

问题

请根据上述资料列出编制施工图预算建安费所涉及的相关定额的名称、定额代号、单位、数量、定额调整、取费类别等内容，需要时应列式计算或文字说明（计算结果保留 1 位小数）。

解题思路

1. 本案例主要考核关于防护工程的工程量计算，定额调整以及各类工程取费类别的确定。

2. 防护工程的工程量计算规则及有关定额调整规定如下：

(1) 本章定额中除注明者外，均不包括挖基、基础垫层的工程内容，需要时按“桥涵工程”项目的有关定额计算。

(2) 本章定额中除注明者外，均已包括按设计要求需要设置的伸缩缝、沉降缝的费用。

(3) 本章定额中除注明者外，均已包括水泥混凝土的拌和费用。

(4) 抗滑桩挖孔工程量按护壁外缘所包围的面积乘以设计孔深计算。

3. 概、预算取费工程类别划分见下表：

表 3.1.16

序号	工程类别	概算、预算
1	土方	指人工及机械施工的土方工程、路基掺灰、路基换填及台背回填
2	石方	指人工及机械施工的石方工程
3	运输	指汽车、拖拉机、机动翻斗车、船舶等运送土石方、路面基层和面层混合料、水泥混凝土及预制构件、绿化苗木等工程

续表 3.1.16

序号	工程类别	概算、预算
4	路面	指路面所有结构层工程、路面附属工程、便道以及特殊路基处理工程（不含特殊路基处理中的圬工构造物）
5	隧道	指隧道土建工程（不含隧道的钢材及钢结构）
6	构造物 I	指砍树挖根、拆除工程、排水、防护、特殊路基处理中的圬工构造物、涵洞、交通工程、拌和站（楼）安拆工程、便桥、便涵、临时电力和电信设施、临时轨道、临时码头、绿化工程
7	构造物 II	指小桥、中桥、大桥、特大桥工程
8	构造物 III	指商品水泥混凝土的浇筑、商品沥青混凝土和各类商品稳定土混合料的铺筑、外购混凝土构件、设备安装工程等
9	技术复杂大桥	指钢管拱桥、斜拉桥、悬索桥、单孔跨径在 120m 以上（含 120m）和基础水深在 10m 以上（含 10m）的大桥主桥部分的基础、下部和上部工程（不含桥梁的钢材及钢结构）
10	钢材及钢结构	指所有工程的钢材及钢结构等工程

参考答案

1. 防护工程量计算如下：

挡土墙挖基（土）： $310 \times 2 \times 0.6 = 372.0 \text{ (m}^3\text{)}$

挡土墙挖基（石）： $310 \times 2 \times 0.4 = 248.0 \text{ (m}^3\text{)}$

抗滑桩长度： $200 \div (1 \times 2) = 100.0 \text{ (m)}$

抗滑桩根数： $100 \div 10 = 10 \text{ (根)}$

护壁： $10 \times (10 - 1.5) \times (1.2 \times 2.2 - 1 \times 2) = 54.4 \text{ (m}^3\text{)}$

挖孔工程量（土）： $10 \times (10 - 1.5) \times 1.2 \times 2.2 = 224.4 \text{ (m}^3\text{)}$

挖孔工程量（石）： $10 \times 1.5 \times 1 \times 2 = 30.0 \text{ (m}^3\text{)}$

2. 定额及定额调整、取费工程类别如下表。

表 3.1.17

工程内容	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整	取费类别
挡土墙挖基	4-1-3-3	斗容量 1.0m ³ 以内挖掘机挖基坑土方	1000m ³	0.372		土方
	4-1-3-5	机械挖基坑石方	1000m ³	0.248		石方
挡土墙基础	1-4-16-5	浆砌片石挡土墙基础	10m ³ 实体	31		构筑物 I
挡土墙墙身	1-4-16-7	浆砌片石挡土墙墙身	10m ³ 实体	178		构筑物 I
抗滑桩	1-4-27-1	抗滑桩挖孔（土）	10m ³	22.44		土方
	1-4-27-2	抗滑桩挖孔（石）	10m ³	3		石方
	1-4-27-3	抗滑桩护壁	10m ³	5.44	C15 换 C20	构筑物 I
	1-4-27-4	抗滑桩桩身	10m ³	20	C25 换 C30	构筑物 I
	1-4-27-5	抗滑桩钢筋	1t	18.8	HPB300 换 HRB400	钢材及钢结构

【案例 12】

某二级公路，特殊路基处理设计工程数量如下表。

表 3.1.18

序号	项目名称	单位	数量	附注
1	袋装砂井	m	30000	砂井直径 8cm，采用门架式袋装砂井机
2	水泥搅拌桩（粉体喷射）	m	3000	平均桩深 8m，设计桩径 60cm，设计水泥的掺入量为 18%
3	强夯处理地基	m ²	5000	夯击能 3000kN·m 以内，每 100m ² 9 个夯点，每点 9 击，碎石垫层 25cm

问题

请根据上述资料列出编制施工图预算建安费所涉及的相关定额的名称、定额代号、数量、定额调整等内容，需要时应列式计算或文字说明（计算结果保留 3 位小数）。

解题思路

1. 本案例主要考核关于特殊路基处理的工程量计算及定额调整。

2. 特殊路基处理的工程量计算规则及有关定额调整规定如下：

（1）袋装砂井工程量为设计深度，袋装砂井定额按直径 7cm 编制。当砂井直径不同时，可按砂井截面积的比例关系调整中（粗）砂的用量，其他消耗量不作调整。

（2）水泥搅拌桩的工程量为设计桩长，定额是按桩径 50cm 编制的，当设计桩径不同时，桩径每增加 5cm，定额人工和机械增加 5%。水泥搅拌桩定额中的水泥掺量为 15%，当掺入比不同或桩径不同时，可调整固化材料的消耗量。

（3）强夯定额中已综合考虑夯坑的排水费用，使用定额时不得另行增加费用。每 100m² 夯击点数和击数按设计确定，强夯定额中不包括垫层的费用。

参考答案：

（1）袋装砂井定额中，中（粗）砂数量的调整系数为 $(4 \div 3.5)^2 = 1.306$ ，中（粗）砂（材料代号 5503005）定额消耗量应从 4.56 调整至 $4.56 \times 1.306 = 5.955$ (m³)

（2）水泥搅拌桩定额中的人工、机械的调整系数为 1.1

水泥的调整系数为 $(60^2 \times 0.18) / (50^2 \times 0.15) = 1.728$ ，32.5 级水泥（材料代号 5509001）定额消耗量应从 0.557 调整至 $0.557 \times 1.728 = 0.963$ (t)

（3）强夯碎石垫层工程量： $0.25 \times 5000 = 1250$ (m³)

（4）施工图预算建安费涉及的定额及定额调整见下表。

表 3.1.19

定额名称	定额代号	单位	数量	调整系数
门架式袋装砂井机处理软土地基	1-2-1-1	1000m 砂井	30	中粗砂（材料代号 5503005） 定额消耗量调整为 5.955
桩长 10m 以内水泥搅拌桩	1-2-6-1	10m	300	人工、机械 $\times 1.1$ ；水泥（材料代号 5509001）定额消耗量调整为 0.963
夯击能 3000kN·m 以内，7 点/100m ² ，7 击/点	1-2-10-10	100m ² 处理 面积	50	
夯击能 3000kN·m 以内，7 点/100m ² ，每增减 1 点	1-2-10-11	100m ² 处理 面积	50	$\times 2$

续表 3.1.19

定额名称	定额代号	单位	数量	调整系数
夯击能 3000kN·m 以内, 7 点 /100m ² , 每增减 1 击	1-2-10-12	100m ² 处理面积	50	× 2.571 (即 9 ÷ 7 × 2 = 2.571)
碎石地基垫层	1-2-12-4	1000m ³	1.25	

四、路面工程

【案例 13】

某高速公路沥青路面标段, 路线长 30km, 行车道宽 22m, 沥青混凝土路面厚度为 18cm。结构层设计为 4cm 厚的 SMA 路面, 6cm 厚的中粒式沥青混凝土, 8cm 厚的粗粒式沥青混凝土。在路线范围外有两处较平整场地 (A 和 B) 适宜设置沥青拌和站, A 距上路点距离为 1.5km, 上路点桩号为 K10+000, B 距上路点距离为 0.9km, 上路点桩号为 K25+000, 具体见示意图。根据经验估计每设置 1 处拌和站的总费用为 120 万元。

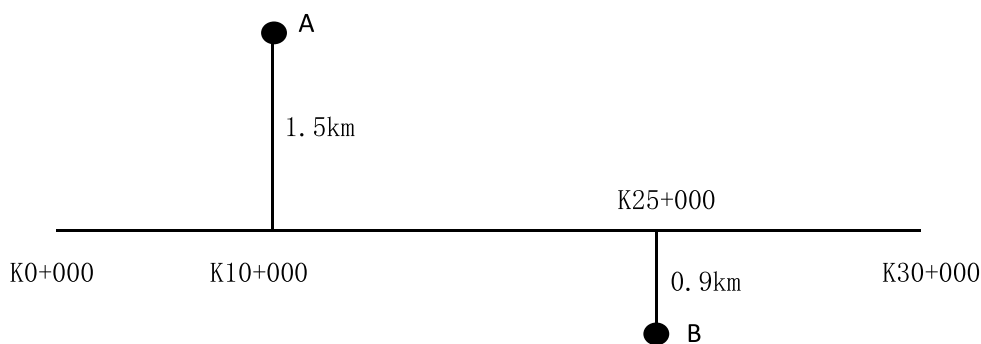


图 3.1.1

问题

假设施工时工料机价格水平与定额基价一致, 不考虑工期情况下, 请从经济角度出发, 选择费用较省的施工组织方案 (如设二处拌和站, 按拌和量平均分摊考虑)。

解题思路

分别按设置一处拌和场 (A 处或 B 处) 和二处拌和场 (A、B 处均设置) 进行经济比较。

设置一处拌和站时, A、B 中综合运距较短的是较优方案。然后再跟设置二处拌和站进行经济比较, 最终确定费用较节省的方案。解题步骤如下:

1. 分别计算设置一处拌和站时 A、B 的综合平均运距, 综合平均运距较小者为较优方案。
2. 计算设置 A、B 二处拌和站时综合平均运距。
3. 计算出沥青混合料的工程量。
4. 根据沥青混合料运输定额分别计算根据 (1) 确定的一处拌和站和设置二处拌和站的混合料运费。
5. 根据混合料运费加上拌和站综合费用进行经济比较, 总费用较少者为最优方案。

参考答案

1. 设置一处拌和站比较

在 A 处设置拌和站, 上路点距路线起终点分别为 10km 和 20km, 平均运距分别为 $10 \div 2 + 1.5 = 6.5\text{km}$ 和 $20 \div 2 + 1.5 = 11.5\text{km}$, 其混合料综合平均运距为:

$$(10 \times 6.5 + 20 \times 11.5) \div 30 = 9.83 \text{ (km)}$$

在 B 处设置拌和站，上路点距路线起终点分别为 25km 和 5km，平均运距分别为 $25 \div 2 + 0.9 = 13.4\text{km}$ 和 $5 \div 2 + 0.9 = 3.4\text{km}$ ，其混合料综合平均运距为：

$$(25 \times 13.4 + 5 \times 3.4) \div 30 = 11.73 \text{ (km)}$$

A 处拌和站综合平均运距较 B 处拌和场综合平均运距短，故若设置一处拌和站，A 处为较优方案。

2. 设置 2 处拌和站的综合平均运距

设 2 处拌和站，按拌和量平均分摊，则每处拌和站供应施工范围为 15km，根据位置图，二处拌和站综合平均运距为：

$$[(10 \times 5 + 5 \times 2.5) \div 15 + 1.5 + (10 \times 5 + 5 \times 2.5) \div 15 + 0.9] \div 2 = 5.37 \text{ (km)}$$

3. 沥青混合料工程量

$$\text{沥青混合料工程量} = 0.18 \times 22 \times 30000 = 118800 \text{ (m}^3\text{)}$$

4. 混合料运费计算

以 20t 自卸汽车运输为例来计算，查定额，其第 1 个 1km 基价为 5759 元，每增运 0.5km 基价为 459 元。

设置 1 处（即 A 处）拌和站混合料运输费用为（运距 9.83km，为一个定额运距单位，18 个定额增运单位）： $(5759 + 459 \times 18) \times 118800 \div 1000 = 1665695 \text{ (元)}$

设置 2 处拌和站时混合料运输费用为（运距 5.37km，为一个定额运距单位，9 个定额增运单位）： $(5759 + 459 \times 9) \times 118800 \div 1000 = 1174932 \text{ (元)}$

5. 方案经济比较

设置 1 处（即 A 处）拌和站时的综合费用为： $1665695 + 120000 = 2865695 \text{ (元)}$

设置 2 处拌和站时的综合费用为： $1174932 + 1200000 \times 2 = 3574932 \text{ (元)}$

由于设置 1 处拌和站的综合费用低于设置 2 处拌和站的综合费用，不考虑工期的情况下，从经济角度出发，推荐设置 1 处拌和站，设置在 A 处。

【案例 14】

某二级公路路面采用厂拌水泥石灰稳定类基层，设计厚度 18cm，面积 650000m²，设计配合比为水泥：石灰：碎石 = 5：4：91。由预算定额附录四可知：32.5 级水泥单价 307.69 元/t，熟石灰单价 276.7 元/t，碎石单价 75.73 元/m³。本项作业所涉及的定额见下表。

表 3.1.20 厂拌基层稳定土混合料预算定额

工程内容：装载机铲运料、上料，配运料，拌和，出料。

单位：1000m²

顺序号	项 目	单 位	水泥、石灰、碎石	
			水泥：石灰：碎石 = 4：3：93	
			压实厚度 20cm	每增减 1cm
			49	50
1	人工	工日	2.5	0.1
2	水泥石灰碎石	m ³	(202.00)	(10.10)
3	水	m ³	28	2
4	熟石灰	t	14.277	0.714
5	碎石	m ³	278.64	13.93
6	32.5 级水泥	t	17.482	0.874
7	3.0 m ³ 以内轮胎式装载机	台班	0.53	0.03
8	300t/h 以内稳定土厂拌设备	台班	0.24	0.01
9	基价	元	31747	1588

问题

1. 根据定额，试确定采用设计配合比的预算定额基价（按 300t/h 以内稳定土厂拌设备计算；材料消耗量计算结果保留 3 位小数，基价保留整数）。

2. 完成该基层的拌合，计算人工、材料、机械的实际消耗量。

解题思路

本题主要考查稳定类基层当设计配合比与定额配合比不同时，相关材料的换算及对定额基价的理解。

根据预算定额“第二章 路面工程 第一节 路面基层及垫层”的说明：各类稳定土基层定额中的材料消耗是按一定配合比编制的，当设计配合比与定额标明的配合比不同时，有关材料消耗可按下式进行换算：

$$C_i = [C_d + B_d \times (H - H_0)] \times \frac{L_i}{L_d}$$

C_i ——按设计配合比换算后的材料数量；

C_d ——定额中基本压实厚度的材料数量；

B_d ——定额中压实厚度每增减 1cm 的材料数量；

H_0 ——定额的基本压实厚度；

H ——设计的压实厚度；

L_d ——定额中标明的材料百分率；

L_i ——设计配合比的材料百分率。

定额基价为定额工料机消耗量基于工料机定额单价的总价值。

参考答案

问题 1：

(1) 基于定额配合比，18cm 厚基层水泥、熟石灰、碎石的定额消耗量如下：

32.5 级水泥：17.482-0.874×2=15.734 (t)

熟石灰：14.277-0.714×2=12.849 (t)

碎石：278.64-13.93×2=250.78 (m³)

(2) 采用设计配合比，18cm 厚基层水泥、熟石灰、碎石的定额消耗量

32.5 级水泥：5/4×15.734=19.668 (t)

熟石灰：4/3×12.849=17.132 (t)

碎石：91/93×250.78=245.387 (m³)

(3) 采用设计配合比的预算定额基价

= (31747-1588×2) + (19.668-15.734) × 307.69 + (17.132-12.849) × 276.7 + (245.387-250.78) × 75.73 = 30558 (元)

问题 2：

人工、材料、机械的实际消耗量：

人工：(2.5-0.1×2) × 650000/1000=1495 (工日)

水：(28-2×2) × 650000/1000=15600 (m³)

熟石灰：17.132 × 650000/1000=11135.8 (t)

32.5 级水泥：19.668 × 650000/1000=12784.2 (t)

碎石：245.387 × 650000/1000=159501.6 (m³)

3.0m³ 以内轮胎式装载机：(0.53-0.03×2) × 650000/1000=305.5 (台班)

300t/h 以内稳定土厂拌设备：(0.24-0.01×2) × 650000/1000=143 (台班)

【案例 15】

某公路工程采用沥青混凝土路面，施工图设计的路面面层为中粒式沥青混凝土混合料，厚度为 18cm（4cm+6cm+8cm），基层为水泥稳定碎石。某标段路线长度为 20km，面层数量为 440000m²，基层上洒铺透层，各面层间洒布黏层。根据施工组织设计资料，在路线上距路线一端 6km 处有一块比较平坦的场地，且紧邻路线。施工工期为 5 个月。可供选择的沥青混合料拌和设备 240t/h、320t/h 各 1 台，拌和站场地处理费用不考虑。

问题：

假定拌和设备安装拆除需 1 个月，设备利用率为 0.85，每天工作时间为 8h，每月生产时间为 25d。请根据上述资料列出本标段中路面工程面层的施工图预算建筑安装工程费所涉及的相关定额的名称、单位、定额代号、数量、定额调整等内容，需要时应列式计算或文字说明。

解题思路：

1. 本案例主要考核沥青混凝土路面有关工程量的计算及定额的运用。
2. 根据路面工程定额节说明的规定，沥青路面定额中均未包括透层、黏层和封层，需要时可按有关定额另行计算。

(1) 透层是洒铺在基层上，本案例中没有给出路面基层的面积，透层工程量一般按比路面面层每侧宽 25~50cm 计算。

(2) 黏层是沥青面层不能连续施工时，沥青路面层间需洒布黏层油，根据题意，黏层应按二层计算。

(3) 拌和设备的生产能力选择计算。

3. 混合料平均运距的计算，一般以拌和站为运料起点，计算混合料的加权平均运距。

参考答案：

1. 面层混合料拌和设备生产能力的选择

已知拌和设备安装拆除需 1 个月，设备利用率为 0.85，每天工作时间为 8h，每月生产时间为 25d。中粒式沥青混凝土的干密度为 2.37t/m³ [《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 下册 P1211]，则混合料拌和设备的生产能力为：

$$440000 \times 0.18 \times 2.37 \times (1+2\%) \div ((5-1) \times 25 \times 8 \times 0.85) = 282 \text{ (t/h)}$$

故沥青混合料拌和设备生产能力应选择 320t/h。

黏层按二层考虑，故为 440000 × 2 = 880000 (m²)

透层工程量：20 × 1000 × 0.25 × 2 + 440000 = 450000 (m²)

拌和与运输数量：440000 × 0.18 = 79200 (m³)

2. 面层混合料综合平均运距

根据施工期安排和工程数量，沿线按设 1 处沥青混合料拌和站考虑，安设 320t/h 沥青拌和设备 1 台，其混合料综合平均运距为：(6 ÷ 2 × 6 + 14 ÷ 2 × 14) ÷ 20 = 5.8km，合一个定额运距单位及 10 个定额增运单位。

路面工程面层施工图预算建安费定额及系数调整如下表。

表 3.1.21

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
1	2-2-16-3	石油沥青半刚性基层透层	1000m ²	450	
2	2-2-11-13	320t/h 以内设备拌和沥青混凝土面层（中粒式）	1000m ³ 路面实体	79.2	
3	2-2-13-9	20t 以内自卸汽车运输沥青混合料第 1 个 1km	1000m ³	79.2	

续表 3.1.21

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
4	2-2-13-10	20t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	79.2	× 10
5	2-2-14-51	机械摊铺沥青混凝土混合料 (中粒式、生产能力 320/h 以内设备拌和)	1000m ³ 路面实体	79.2	
6	2-2-16-5	黏层沥青	1000m ²	880	
7	2-2-15-6	320t/h 以内沥青混合料拌和设备安拆	1 座	1	

【案例 16】

某山岭重丘区一级公路路面工程路线长 33km，路面工程相关数据如下：底基层为 20cm 厚 3.5% 水泥稳定碎石，基层为 36cm 厚 4.5% 水泥稳定碎石。底基层数量为 740000m²，基层数量为 720000m²。水泥稳定碎石要求采用集中拌和，根据施工组织设计，在距路线两端 1/3 处各有一块比较平坦的用地，用于建设拌和站，不考虑上路距离，详见下示意图。底基层与基层的施工工期计划为 6 个月（不含拌和站安拆时间），每处拌和站用地建设的工程量挖普通土 20000m³，挖软石 18000m³，挖方全部要推运 40m，就近用作场坪填方，压实度达到三级公路填方要求，场地硬化 15cm 厚碎石垫层 8000m²，20cm 厚 C20 混凝土垫层 7000m²，C15 片石混凝土挡墙 600m³，M7.5 浆砌片石水沟 200m³。



图 3.1.2

问题

1. 根据已知条件，若每月有效工作时间 25d，每天按 9h，设备利用率为 0.85，按每处场地设 1 套拌和设备考虑，请确定本项目拌和设备的合理选型。
2. 计算本项目水泥稳定碎石的平均运距，计算结果保留 2 位小数。
3. 简述施工组织设计中稳定土拌和场地建设相关工程量哪些应在施工图预算中单独计算，并列数量。
4. 列出编制该路面工程施工图预算所涉及的相关定额代号、定额单位、数量、定额调整等内容，必要时列式计算，计算结果如有小数保留 2 位。

解题思路

1. 本案例主要考核根据现场条件和施工组织设计进行设备选型；

设备选型可按下列式计算：

拌和工程量 ÷ (施工天数 × 每天工作小时数 × 设备利用率)

2. 平均运距的计算；

平均运距加权计算，计算公式为：

$$\sum (\text{分段路线长度} \times \text{分段工程量} \times (\text{分段平均运距} + \text{上路距离}) \div \text{总运量}$$

当各分段每延米工程量相当时，可忽略分段工程量。

3. 根据编办规定，拌和站建设费用包含在专项费用中的施工场地建设费用中，施工场地建设费用

以定额建筑安装工程费（扣除专项费用）按累进费率计算。施工场地建设费包括场区平整（山岭重丘区的土石方工程除外）、场地硬化、排水、绿化、标志、污水处理设施、围墙隔离设施等的费用，还包括施工范围内的各种临时工作便道（包括汽车、人力车道）、人行便道，工地临时用水、用电的水管支线和电线支线，临时构筑物（如水井、水塔等）、其他小型临时设施等的搭设或租赁、维修、拆除、清理的费用。

概算、预算编办条文说明如下：

3.1.11 专项费用

1 编制概算、预算时，施工场地建设费和安全生产费单独计列，分项工程费中不再计取。

2 施工场地建设费说明如下：

（1）山岭重丘区的土石方工程需要单独计算。

（2）施工场地内的场地硬化、各种临时便道已含在费率中，不单独计算。

（3）施工场地的厂房、加工棚等已含在费率中，不单独计算。

3. 路面工程底基层、基层所涉及的定额项目名称、代号、单位、工程数量及定额调整。

预算定额“第二章 第一节 路面基层及垫层”说明：

各类稳定土基层、其他种类的基层和底基层压实厚度在 20cm 以内，拖拉机、平地机、摊铺机和压路机的台班消耗按定额数量计算。如超过上述压实厚度进行分层拌和、摊铺、碾压时，拖拉机、平地机、摊铺机和压路机的台班消耗按定额数量加倍计算，每 1000m³ 增加 1.5 个工日。

参考答案

问题 1：

查预算定额“附录一 路面材料计算基础数据表”，水泥稳定碎石干密度为 2.3t/m³。

需要拌和的水泥稳定碎石数量：

$$\text{底基层 } 740000 \times 0.2 \times 2.3 = 340400 \text{ (t)}$$

$$\text{基层 } 720000 \times 0.36 \times 2.3 = 596160 \text{ (t)}$$

$$\text{合计 } 340400 + 596160 = 936560 \text{ (t)}$$

根据摊铺定额，水泥稳定碎石的损耗为 1%，采用 2 台拌和设备的选型可按日产量确定：

$$936560 \times (1+1\%) \div (6 \times 25 \times 9 \times 0.85) \div 2 = 412.2 \text{ (t/h)}$$

故应选用 500t/h 稳定土厂拌设备。

问题 2：

水泥稳定碎石的加权平均运距：

$$(11 \times 5.5 + 5.5 \times 2.75 + 5.5 \times 2.75 + 11 \times 5.5) \div 33 = 4.58 \text{ km}$$

合一个定额运距单位，7 个定额增运单位。

问题 3：

预算中场地建设费只有填挖土石方计算工程量，其他均不计，具体为：

（1）挖普通土 40000m³（推运 40m），挖软石 36000m³（推运 40m）；

（2）三级公路土方碾压：40000/1.05=38095.24m³

三级公路石方碾压：36000/0.84=42857.14m³

问题 4：

路面工程施工图预算计算数据如下表：

表 3.1.22

工程项目	定额代号	定额单位	数量	定额调整
场地处理及设备安装				
240kw 推土机推运普土第一个 20m	1-1-12-22	1000m ³ 天然密实方	40	
240kw 推土机推运普土每增运 10m	1-1-12-24	1000m ³ 天然密实方	40	× 2
机械打眼开炸软石	1-1-14-4	1000m ³ 天然密实方	36	
240kw 推土机推运软石第一个 20m	1-1-12-43	1000m ³ 天然密实方	36	
240kw 推土机推运软石每增运 10m	1-1-12-46	1000m ³ 天然密实方	36	× 2
三、四级公路碾压土方(10t 以内振动压路机)	1-1-18-11	1000m ³ 压实方	38.095	
三、四级公路碾压石方(10t 以内振动压路机)	1-1-18-17	1000m ³ 压实方	42.857	
500t/h 以内稳定土厂拌设备安装、拆除	2-1-10-6	1 座	2	
路面底基层、基层				
厂拌水泥碎石稳定碎石混合料(水泥剂量 4.5%, 压实厚度 20cm)	2-1-7-5	1000m ²	720	碎石: 32.5 级水泥调整 95.5: 4.5, 拌和设备抽换为 500t/h
厂拌水泥碎石稳定碎石混合料(水泥剂量 4.5%, 每增减 1cm)	2-1-7-6	1000m ²	720	碎石: 32.5 级水泥调整 95.5: 4.5, 拌和设备抽换为 500t/h, × 16
厂拌水泥碎石稳定碎石混合料(水泥剂量 3.5%, 压实厚度 20cm)	2-1-7-5	1000m ²	740	碎石: 32.5 级水泥调整 96.5: 3.5, 拌和设备抽换为 500t/h
20t 以内自卸汽车运厂拌基层稳定土混合料 1km	2-1-8-9	1000m ³	407.2	
20t 以内自卸汽车运厂拌基层稳定土每增运 0.5km	2-1-8-10	1000m ³	407.2	× 7
宽度 12.5m 以内摊铺机铺筑底基层	2-1-9-12	1000m ²	740	
宽度 12.5m 以内摊铺机铺筑基层	2-1-9-11	1000m ²	720	分层碾压, 调整设备数量加倍, 人工消耗增加 1.5 工日

注: 推土机、压路机、自卸汽车可选其他型号, 但要合理。

【案例 17】

云南某项目主线为双向四车道高速公路, 路基宽度 24.5m, 采用沥青混凝土路面结构形式, 某标段具体工程数量见下表。

表 3.1.23

结构类型							纵向雨水沟 (40cm × 30cm, 5000m)				
4cm 厚 细粒式 改性 SMA 上 面层	6cm 厚 中粒式 改性沥 青混凝 土中 面层	8cm 厚 中粒式 沥青混 凝土下 面层	30cm 厚 5% 水 稳碎石 基层	20cm 厚 4% 水 稳碎 石底 基层	SBS 改 性乳 化 沥 青 黏 层	乳 化 沥 青 透 层	现 浇 C25 混 凝土 水 沟	预 制 C30 混 凝土 矩 形 带 孔 盖 板	沥 青 麻 絮 伸 缩 缝	HRB400 盖 板 钢 筋	砂 砾 垫 层
1000m ²	1000m ²	1000m ²	1000m ²	1000m ²	1000m ²	1000m ²	m ³	m ³	m ²	kg	m ³
100	100	100	105	108	200	105	600	220	90	45000	5500

施工组织拟采用集中拌和、摊铺机铺筑，混合料综合平均运距为 5km，混合料均采用 20t 自卸汽车运输，稳定土混合料采用 300t/h 稳定土拌和站拌和，沥青混凝土采用 240/h 沥青混合料拌和站拌和，小型预制构件的预制场设在拌和站，拌和站安拆及临时占地不计。

问题

根据上述相关数据按云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 编制路面工程工程量清单及清单预算相关定额代号、细目名称、单位、数量及定额调整等内容（雨水沟盖板安装不考虑损耗）。

解题思路

1. 本案例主要考核工程量清单和清单预算的编制。
2. 首先按照云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 编制工程量清单，然后在相应清单中套取定额，并计算定额用量。计量规则如下表（节选）：

表 3.1.24

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
304	水泥稳定材料 底基层、基层			
304-1	水泥稳定材料 底基层	m ²	依据图示位置及尺寸，区分稳定土类型、配合比、压实厚度，按结构层顶面面积以平方米 (m ²) 为单位计量	1. 清理下承层、洒水； 2. 撒布水泥或洒铺水泥净浆； 3. 混合料配制、拌和、运输； 4. 摊铺、修整； 5. 洒水、碾压、成型、养护
304-3	水泥稳定材料 基层	m ²	依据图示位置及尺寸，区分稳定土类型、配合比、压实厚度，按结构层顶面面积以平方米 (m ²) 为单位计量	1. 清理下承层、洒水； 2. 撒布水泥或洒铺水泥净浆； 3. 混合料配制、拌和、运输； 4. 摊铺、修整； 5. 洒水、碾压、成型、养护
308	透层和黏层			

续表 3.1.24

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
308-1	透层	m ²	依据图示位置及尺寸,区分沥青品种、规格、用量,按洒布面积以平方米(m ²)为单位计量	1. 检查和清扫下承层; 2. 材料制备、运输; 3. 试撒; 4. 沥青撒布车均匀喷洒并检测洒布用量; 5. 初期养护
308-2	黏层	m ²	依据图示位置及尺寸,区分沥青品种、规格、用量,按撒布面积以平方米(m ²)为单位计量	1. 检查和清扫下承层; 2. 材料制备、运输; 3. 沥青撒布车均匀喷撒并检测撒布用量; 4. 初期养护
309	热拌沥青混合料面层			
309-3	中粒式沥青混凝土	m ²	依据图示位置及尺寸,区分级配类型及压实厚度,按结构层顶面面积以平方米(m ²)为单位计量	1. 检查和清理下承层; 2. 沥青混合料配制、拌和、运输; 3. 摊铺、碾压、成型; 4. 初期养护
311	改性沥青及改性沥青混合料			
311-3	中粒式改性沥青混凝土	m ²	依据图示位置及尺寸,区分级配类型及压实厚度,按结构层顶面面积以平方米(m ²)为单位计量	1. 清理下承层; 2. 沥青混合料配制、拌和、运输; 3. 摊铺、局部找补; 4. 碾压、成型、养护
311-4	细粒式沥青玛蹄脂碎石混合料面层(SMA路面)	m ²	依据图示位置及尺寸,区分级配类型及压实厚度,按结构层顶面面积以平方米(m ²)为单位计量	同上
314	路面及中央分隔带排水			
314-2	雨水沟(管)	m	依据图示位置及尺寸,区分类型及规格,按设计所示沟(管)长度以米(m)为单位计量	1. 基槽开挖及回填; 2. 垫层(基础)铺筑; 3. 钢筋制作与安装; 4. 混凝土配制、拌和、运输、浇筑、养护; 5. 盖板预制及安装; 6. 排水管制备、安装; 7. 接头处理; 8. 回填、压实; 9. 出水口处理; 10. 余土(渣)收集与弃置

3. 需注意工程数量表单位与清单单位的换算,以及定额中取用数量单位的调整。

4. 水泥稳定土底基层、基层定额均已包括混合料拌和、运输、摊铺作业时的损耗因素,按设计路

面基层混合料的压实体积计算工程量。

参考答案

本项目路面工程工程量清单及清单预算相关内容见下表。

表 3.1.25

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
300		路面工程			
304		水泥稳定材料底基层、基层			
304-1		水泥稳定材料底基层			
304-1-4		水泥稳定碎石底基层			
304-1-4-11		厚 20cm 水泥稳定碎石底基层			
304-1-4-11-1		4% 水泥稳定碎石底基层厚 20cm	m ²	108000	
	2-1-7-5	厂拌水泥稳定碎石混合料（水泥剂量 5%，压实厚度 20cm）	1000m ²	108	碎石：32.5 级水泥调整为 96：4
	2-1-8-9	20t 以内自卸汽车运厂拌基层稳定土混合料 1km	1000m ³	21.6	
	2-1-8-10	20t 以内自卸汽车运厂拌基层稳定土每增运 0.5km	1000m ³	21.6	× 8
	2-1-9-12	宽度 12.5m 以内摊铺机铺筑底基层	1000m ²	108	
304-3		水泥稳定材料基层			
304-3-4		水泥稳定碎石基层			
304-3-4-11		厚 30cm 水泥稳定碎石基层			
304-3-4-11-1		5% 水泥稳定碎石基层厚 30cm	m ²	105000	
	2-1-7-5	厂拌水泥碎石稳定混合料（水泥剂量 5%，压实厚度 30cm）	1000m ²	105	
	2-1-7-6	厂拌水泥碎石稳定混合料（水泥剂量 5%，每增减 1cm）	1000m ²	105	× 10
	2-1-8-9	20t 以内自卸汽车运厂拌基层稳定土混合料 1km	1000m ³	31.5	
	2-1-8-10	20t 以内自卸汽车运厂拌基层稳定土每增运 0.5km	1000m ³	31.5	× 8
	2-1-9-11	宽度 12.5m 以内摊铺机铺筑基层	1000m ²	105	分 2 层碾压，设备数量加倍，人工消耗增加 1.5 工日
308		透层和黏层			
308-1		透层	m ²	105000	
308-1-1		乳化沥青透层			

续表 3.1.25

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
	2-2-16-4	乳化沥青半刚性基层透层	1000m ²	105	
308-2		黏层			
308-2-2		SBS 改性乳化沥青黏层	m ²	200000	
	2-2-16-7	改性乳化沥青黏层（沥青层）	1000m ²	200	
	309	热拌沥青混合料面层			
	309-3	中粒式沥青混凝土			
309-3-9		厚 80mm 沥青混凝土下面层	m ²	100000	
	2-2-11-12	生产能力 240t/h 以内设备拌和沥青混凝土混合料（中粒式）	1000m ³ 路面 实体	8	
	2-2-13-9	装载质量 20t 以内自卸汽车运输沥青混合料第 1 个 1km	1000m ³	8	
	2-2-13-10	装载质量 20t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	8	× 8
	2-2-14-47	生产能力 240t/h 以内设备拌和，机械摊铺沥青混凝土混合料（中粒式）	1000m ³ 路面 实体	8	
311		改性沥青及改性沥青混合料			
311-3		中粒式改性沥青混凝土			
311-3-5		厚 60mm 改性沥青混凝土中面层	m ²	100000	
	2-2-11-31	生产能力 240t/h 以内设备拌和改性沥青混凝土（中粒式）	1000m ³ 路面 实体	6	
	2-2-13-9	装载质量 20t 以内自卸汽车运输沥青混合料第 1 个 1km	1000m ³	6	
	2-2-13-10	装载质量 20t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	6	× 8
	2-2-14-47	生产能力 240t/h 以内设备拌和，机械摊铺沥青混凝土混合料（中粒式）	1000m ³ 路面 实体	6	
311-4		细粒式沥青玛蹄脂碎石混合料面层（SMA 路面）			
311-4-4		厚 40mm 细粒式沥青玛蹄脂碎石混合料面层（SMA 路面）上面层	m ²	100000	

续表 3.1.25

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
	2-2-12-3	生产能力 240t/h 以内设备拌和改性沥青玛蹄脂碎石混合料	1000m ³ 路面 实体	4	
	2-2-13-9	装载质量 20t 以内自卸汽车沥青混合料运输第 1 个 1km	1000m ³	4	
	2-2-13-10	装载质量 20t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	4	× 8
	2-2-14-48	生产能力 240t/h 以内设备拌和, 机械摊铺沥青混凝土混合料 (细粒式)	1000m ³ 路面 实体	4	
314		路面及中央分隔带排水			
314-2		雨水沟 (管)			
314-2-1		40cm × 30cm 纵向雨水沟	m	5000	
	1-3-4-5	现浇混凝土边沟、排水沟	10m ³	60	C20 换 C25
	1-3-4-10	预制混凝土水沟盖板 (矩形带孔)	10m ³	22	C20 换 C30;
	1-3-4-11	水沟盖板预制钢筋	1t	45	HPB300 钢筋调整为 0, HRB400 钢筋调整为 1.025
	4-8-3-10	10t 以内载货汽车第 1 个 1km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	2.2	
	4-8-3-14	10t 以内载货汽车每增运 0.5km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	2.2	× 8
	1-3-4-12	水沟盖板安装	10m ³	22	
	4-11-5-1	基础垫层填砂砾 (砂)	10m ³ 实体	550	
	4-11-1-1	沥青麻絮伸缩缝	10m ²	9	

五、桥涵工程

【案例 18】

某高速公路有一处 $\phi 150\text{cm}$ 的钢筋混凝土圆管涵, 涵管壁厚为 15cm, 涵长为 35m ($14 \times 2.5=35$)。涵管外壁涂抹沥青防水层, 管节接头沉降缝处外包 15cm 宽沥青油毡 2 层。其施工图设计的工程量见下表。

表 3.1.26

涵身		涵身基础		洞口（一字墙洞口）					挖土方
HPB300 钢筋	C30 混凝土	C15 混凝土	砂砾	C25 预制 混凝土帽石	M7.5 浆砌 片石端墙	M7.5 浆砌 片石锥坡	M7.5 浆砌 片石隔水墙 与基础	砂浆勾缝	
kg	m ³						m ²	m ³	
2960	27	88	60	0.5	8	12	6	50	200

注：混凝土构件，60m³/h 拌和站全段集中设置，距预制厂 1km，距本涵洞 1km，拌和站安拆不计，弃方运输不计，基础沉降缝不计。

问题

1. 计算圆管涵工程中防水层及管节沉降缝的工程量（计算结算时保留整数）。
2. 请列出该涵洞工程施工图预算建安费所涉及的相关定额代号、细目名称、单位、数量及定额调整等内容，需要时应列式计算。

解题思路

本案例主要考核圆管涵的结构、施工工序及计价，确保不漏项。

圆管涵直径指其内径。

沥青麻絮填塞按定额备注（勘误）指伸缩缝的接触面积。

浆砌片石定额中已包含勾缝工作内容。

参考答案

问题 1:

(1) 涵管接头沥青麻絮填塞计算： $(\pi \times 0.9^2 - \pi \times 0.752) \times (14-1) = 10$ (m²)

(2) 涵管涂防水层沥青计算： $\pi \times 1.8 \times 35 = 198$ (m²)

(3) 沥青油毡（防水层）计算： $\pi \times 1.8 \times 0.15 \times (14-1) = 11$ (m²)

问题 2:

每节涵管的质量： $27 \times 2.5 \div 14 = 4.82$ (t)。

因此，管节运输可选用载质量 6t 以内或 10t 以内的载货汽车。

涵洞工程施工图预算建安费相关定额代号、名称、单位、数量、定额调整等内容见下表。

表 3.1.27

定额代号	名称	单位	数量	定额调整
4-1-3-3	斗容量 1.0m ³ 以内挖掘机挖基坑土方	1000m ³	0.2	
4-11-5-1	基础垫层填砂砾（砂）	10m ³ 实体	6	
4-7-5-5	现浇圆管涵管座混凝土	10m ³ 实体	8.8	
4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	0.88	× 1.02
4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	0.88	× 1.02
4-7-4-2	预制圆管涵管径 2.0m 以内混凝土	10m ³ 实体	2.7	

续表 3.1.27

定额代号	名称	单位	数量	定额调整
4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	0.27	× 1.01
4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	0.27	× 1.01
4-7-4-3	预制圆管涵钢筋	1t	2.96	
4-7-5-4	起重机安装圆管涵管径 1.0m 以上	10m ³ 实体	2.7	
4-8-3-10	10t 以内载货汽车第 1 个 1km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	0.27	
4-11-1-1	沥青麻絮伸缩缝	10m ²	1	
4-11-4-5	涂沥青 (防水层)	10m ²	19.8	
4-11-4-4	沥青油毡 (防水层)	10m ²	1.1	定额内容含两层
4-5-2-4	浆砌片石实体式台、墙	10m ³	0.8	
4-5-2-7	浆砌片石锥坡、沟、槽、池	10m ³	1.2	
4-5-2-1	浆砌片石基础、护底、截水墙	10m ³	0.6	
4-7-25-2	预制桥涵缘 (帽) 石混凝土钢模	10m ³	0.05	× 1.01

【案例 19】

云南某公路项目一正交盖板涵工程，孔径 2m，涵台身高 2.5m，涵台身宽 0.6m，整体式基础，涵长 52m。每 4m 设一道沉降缝，与八字墙接头处需设沉降缝，涵台身和盖板涂沥青防水。盖板在预制场预制，距拌和站 2km，距涵洞设置处 2.4km，拌和站距涵洞设置处 3.1km。拌和站安拆不计。弃方运输不计。进出口不计。其施工图设计主要工程量见表 3.1.28。

表 3.1.28

项目	单位	工程量
基坑土方	m ³	1500
C25 混凝土基础	m ³	156
C25 混凝土台身	m ³	156
C25 混凝土帽石	m ³	0.5
C30 预制混凝土矩形板	m ³	44
矩形板 HPB300 钢筋	kg	500
矩形板 HRB400 钢筋	kg	6500

施工组织方案如下：

挖斗容积 1m³ 挖掘机挖基坑；生产能力 60m³/h 以内混凝土拌和站拌和混凝土，运输能力 6m³ 以内搅拌运输车运混凝土；装载质量 10t 汽车运输预制构件，汽车式起重机装卸；起重机安装盖板；钢筋现场加工。

问题

1. 计算防水层及沉降缝沥青麻絮工程量（计算结算保留整数）。

2. 请根据上述资料及云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 列出本涵洞工程量清单及清单预算所涉及的相关细目名称、定额代号、单位、数量及定额调整等内容，需要时应列式计算。计算结果保留 2 位小数，基坑开挖计量工程数量近似以施工图中基坑工程开挖数量计算。

解题思路

本案例主要考核盖板涵工程的计量规则及主要结构、工序及附属工程数量的计算和计价，确保不漏项。

云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 针对盖板涵计量如下：

表 3.1.29

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
420	盖板涵			
420-1	基坑开挖	m ³	1. 依据图示位置及尺寸，取底、顶面间平均高度的棱柱体，按体积以立方米(m ³)为单位计量； 2. 基础底面、顶面及侧面的确定应符合下列规定； 1) 基础挖方底面：以图纸所示基础的基底标高线计算； 2) 基础挖方顶面：以设计图纸横断面上所标示的原地面线计算； 3) 基础挖方侧面：按顶面到底面，以超出基底周边 0.5m 的竖直面为界	1. 基坑排水、围堰、支撑； 2. 基础土石方开挖、回填； 3. 基底清理； 4. 余土（渣）收集及弃置
420-2	砂石粒料垫层	m ³	依据图示位置及尺寸，区分材料品种，按体积以立方米（m ³ ）为单位计量	1. 基底清理； 2. 垫层铺筑、压实
420-3	浆砌片（块）石结构	m ³	依据图示位置及尺寸，区分砌筑材料，按体积以立方米（m ³ ）为单位计量	1. 石料选、修、洗； 2. 砂浆配制、拌和、运输； 3. 石料砌筑、勾缝、抹面、养护
420-4	混凝土结构	m ³	依据图示位置及尺寸，区分混凝土强度等级，按体积以立方米（m ³ ）为单位计量	1. 混凝土配制、拌和、运输； 2. 浇筑、养护
420-5	钢筋	kg	依据图示钢筋长度乘以单位理论质量，区分光圆钢筋和带肋钢筋，按质量以千克（kg）为单位计量	1. 钢筋的储存、保护及除锈； 2. 钢筋整直、连接； 3. 钢筋制作以及防腐处理； 4. 钢筋运输、安装

涵长 52m，每 4m 设一道沉降缝，与八字墙接头处需设沉降缝，共设置沉降缝 14 处。

沉降缝按沉降缝接触面积计算。

盖板预制场距混凝土拌和站 2km，为定额基本运距单位，加 2 个定额增运单位。

盖板运输至安装点 2.4km，为定额基本运距单位，加 3 个定额增运单位。

基础、涵台施工点距混凝土拌和站 3.1km，为定额基本运距单位，加 4 个定额增运单位。

盖板预制拌和和运输混凝土损耗为 1%，现浇混凝土拌和和运输混凝土损耗为 2%。

参考答案

问题 1:

(1) 防水层数量计算:

侧面 (2 个): $52 \times 2.5 \times 2 = 260 \text{ (m}^2\text{)}$

顶面: $52 \times (2 + 0.6 \times 2) = 166 \text{ (m}^2\text{)}$

合计: $260 + 166 = 426 \text{ (m}^2\text{)}$

(2) 沉降缝数量计算:

基础的平均截面面积: $156 \div 52 = 3 \text{ (m}^2\text{)}$

涵台的平均截面面积: $156 \div 52 = 3 \text{ (m}^2\text{)}$

沉降缝面积: $14 \times (3 + 3) = 84 \text{ (m}^2\text{)}$

问题 2:

涵洞工程量清单及清单预算所涉及的相关细目名称、定额代号、单位、数量及定额调整等内容如下表:

表 3.1.30

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
420		盖板涵			
420-1		基坑开挖	m ³	1500	
	4-1-3-3	斗容量 1.0m ³ 以内挖掘机挖基坑土方	1000m ³	1.5	
420-4		混凝土结构			
420-4-1		现浇混凝土			
420-4-1-8		C25 混凝土	m ³	312.5	
	4-6-1-1	混凝土基础 (轻型墩台、跨径 4m 以内)	10m ³ 实体	15.6	C15 换 C25
	4-6-2-2	混凝土墩台 (轻型墩台、跨径 4m 以内)	10m ³ 实体	15.6	C20 换 C25
	4-6-3-1	墩、台帽混凝土 (非泵送)	10m ³ 实体	0.05	C30 换 C25
	4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	3.125	× 1.02
	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	3.125	× 1.02
	4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	3.125	× 1.02、× 4
	4-11-4-5	涂沥青 (防水层)	10m ²	42.6	
	4-11-1-1	沥青麻絮沉降缝	10m ²	8.4	
420-4-1-9		C30 混凝土	m ³	44	
	4-7-9-1	预制矩形板 (跨径 4m 以内)	10m ³ 实体	4.4	
	4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	0.44	× 1.01
	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	0.44	× 1.01
	4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	0.44	× 1.01、× 2

续表 3.1.30

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
	4-8-3-10	10t 以内载货汽车第 1 个 1km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	0.44	
	4-8-3-14	10t 以内载货汽车每增运 0.5km (汽车式起重机装卸)	100m ³ 实体	0.44	× 3
	4-7-10-1	起重机安装矩形板	10m ³ 构件	4.4	
420-5		钢筋			
420-5-1		HPB300 钢筋	kg	500	
	4-7-9-3	预制矩形板钢筋 (现场加工)	1t	0.5	HPB300 钢筋 1.025, HRB40 钢筋 0
420-5-2		HRB400 钢筋	kg	6500	
	4-7-9-3	预制矩形板钢筋 (现场加工)	1t	6.5	HPB300 钢筋 0, HRB40 钢筋 1.025

【案例 20】

某桥梁基础为 $\phi 1.4\text{m}$ 陆上灌注桩 (水 C30), 平均桩长 25m, 共 800m, 其中砾石层长度占总长度的 60%, 其余均位于软石层, 灌注桩钢筋 HRB400 钢筋 132t, 每根桩基设置 3 根检测管, 检测管每延米质量 4kg, 桩基所处地层地下水丰富。

施工组织方案: 采用回旋钻机钻孔成孔, 埋设钢护筒 3m; 钢筋现场加工套筒连接; 输送泵浇筑混凝土; 生产能力 60m³/h 以内混凝土拌和站拌和混凝土, 运输能力 6m³ 以内搅拌运输车运混凝土, 拌和站距施工点 3.2km。

问题

请根据以上信息, 列出此桥桩基础的施工图预算建安费所涉及相关定额代号、名称、单位、数量及定额调整等内容, 需要时列式计算。混凝土拌和站费用不计, 泥渣外运费不计。

解题思路

本案例主要考核钻孔灌注桩工程的施工图预算。

钻孔灌注桩工程施工图预算应注意以下问题:

1. 灌注桩混凝土定额按机械拌和、工作平台上导管倾注水下混凝土编制, 定额中已包括混凝土灌注设备 (如导管等) 摊销的工、料费用及扩孔增加的混凝土数量, 使用定额时, 不得另行计算。
2. 钢护筒定额中, 干处埋设按护筒设计质量的周转摊销量计入定额中, 使用定额时, 不得另行计算。水中埋设按护筒全部设计质量计入定额中, 可根据设计确定的回收量按规定计算回收金额。
3. 护筒定额中, 已包括陆地上埋设护筒用的黏土或水中埋设护筒定位用的导向架及钢质或钢筋混凝土护筒接头用的铁件、硫黄胶泥等埋设时用的材料、设备消耗, 使用定额时, 不得另行计算。
4. 当设计桩径与定额采用桩径不同时, 可按下表系数调整:

表 3.1.31

计算基数		桩径 150cm 以内			桩径 200cm 以内				桩径 250cm 以内			
桩径 (cm)		120	130	140	160	170	180	190	210	220	230	240
调整 系数	冲击锥、冲击钻	0.85	0.9	0.95	0.8	0.85	0.9	0.95	0.88	0.91	0.94	0.97
	回旋钻		0.94	0.97	0.75	0.82	0.87	0.92	0.88	0.91	0.94	0.96

5. 工程量计算规则

(1) 灌注桩成孔工程量按设计入土深度计算。定额中的孔深指护筒顶至桩底(设计高程)的深度。造孔定额中同一孔内的不同土质,不论其所在的深度如何,均采用总孔深定额。

(2) 人工挖孔的工程量按护筒(护壁)外缘所包围的面积乘以设计孔深计算。

(3) 浇筑水下混凝土的工程量按设计桩径断面积乘以设计桩长计算,不得将扩孔因素计入工程量。

(4) 灌注桩工作平台的工程量按施工组织设计需要的面积计算。

(5) 钢护筒的工程量按护筒的设计质量计算。设计质量为加工后的成品质量,包括加劲肋及连接法兰盘等全部钢材的质量。当设计提供不出钢护筒的质量时,可参考下表的质量进行计算,桩径不同时可内插计算。

表 3.1.32

桩径 (cm)	100	120	150	200	250	300	350
护筒单位质量 (kg/m)	267.0	390.0	568.0	919.0	1504.0	1961.0	2576.0

参考答案

桩的根数: $800 \div 25 = 32$ (根)

钢护筒每延米质量 $= 390 + (568 - 390) \div (150 - 120) \times (140 - 120) = 508.667$ (kg/m)

钢护筒质量(按 3m 长计算): $32 \times 3 \times 0.50867 = 48.832$ (t)。

砾石层桩基长度: $800 \times 60\% = 480$ (m)

软石层桩基长度: $800 \times 40\% = 320$ (m)

检测管长度一般比桩长多 0.5m, 检测管质量: $32 \times 3 \times 25.5 \times 4 \div 1000 = 9.792$ (t)

灌注桩混凝土: $\pi \times 0.7^2 \times 800 = 1231.5$ (m³)

桩基础施工图预算建安费相关定额代号、名称、单位、数量和定额调整等内容见表 3.1.33。

表 3.1.33

定额代号	名称	单位	数量	定额及系数调整
4-4-9-7	钢护筒制作、埋设、拆除(干处理设)	1t	48.832	
4-4-4-44	回旋钻机钻孔(桩径 150cm 以内, 孔深 40m 以内, 砾石)	10m	48	$\times 0.97$
4-4-4-46	回旋钻机钻孔(桩径 150cm 以内, 孔深 40m 以内, 软石)	10m	32	$\times 0.97$
4-4-8-12	灌注桩混凝土(回旋钻成孔、桩径 150cm 以内、输送泵)	10m ³ 实体	123.15	水 C25 换水 C30

续表 3.1.33

定额代号	名称	单位	数量	定额及系数调整
4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	12.315	× 1.224
4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	12.315	× 1.224
4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	12.315	× 1.224; × 4
4-4-8-25	灌注桩钢筋 (套筒连接)	t	132	HPB300 钢筋调整为 0, HRB400 钢筋调整为 1.01
4-4-8-28	灌注桩检测管	t	9.792	

【案例 21】

某预应力混凝土连续梁桥, 桥跨组合为 30m+4×50m+30m, 桥梁全长 268m, 桥梁宽度为 25.00m。桥墩基础为钻孔灌注桩, 采用回旋钻机施工, 每墩为 2 排共 8 根 2.20m 的桩, 承台尺寸为 20.00m (长) × 8.00m (宽) × 3.00m (高), 水中施工 (水深 5m 以内)。其施工图设计的主要工程数量见下表。

表 3.1.34

项 目	钻孔深度 (m)				HRB400 钢筋 (t)
	沙土	砂砾	软石	坚石	
水 C30 灌注桩 (桩径 2.20m)	190	830	320	60	238
承台	水 C30 封底混凝土 (m ³)		C30 承台混凝土 (m ³)		HRB400 钢筋 (t)
	800		2400		136

施工组织: 混凝土集中拌和 (拌和能力 60m³/h)、6m³ 搅拌车运输、泵送施工, 混凝土平均运距为 3km。每根桩基设置 4 根检测管, 检测管的质量为 4.0kg/m。水中钢护筒平均长度为 10m。钢筋现场焊接加工。水上搭便桥, 灌注桩搭设工作平台, 便桥与工作平台相连, 工作平台按承台长宽每侧增加 2m, 承台采用单壁钢套箱围堰施工, 每个钢套箱重 50t。

问题

若承台基底清淤、排水、钢护筒回收、便桥、拌和站安拆等费用不计, 请列出该桥梁墩基础工程施工图预算建安费所涉及的相关定额的名称、单位、定额代号、数量等内容, 需要时应列式计算。

解题思路

本案例主要考核关于桥梁桩基础工程的辅助工程量计算及定额的运用。

按题意, 本桥梁共 6 跨, 5 个桥墩, 桩基础 40 个, 承台 5 个。

灌注桩工作平台的工程量按施工组织设计需要的面积计算, 若没做详细施工组织设计可按承台尺寸确定, 一般是承台长度方向每边增加 2m, 宽度方向每边增加 1~2m。

当设计桩径与定额采用桩径不同时, 可按下表系数调整:

表 3.1.35

计算基数		桩径 150cm 以内			桩径 200cm 以内				桩径 250cm 以内			
桩径 (cm)		120	130	140	160	170	180	190	210	220	230	240
调整 系数	冲击锥、冲击钻	0.85	0.9	0.95	0.8	0.85	0.9	0.95	0.88	0.91	0.94	0.97
	回旋钻		0.94	0.97	0.75	0.82	0.87	0.92	0.88	0.91	0.94	0.96

浇筑水下混凝土的工程量按设计桩径断面积乘以设计桩长计算，不得将扩孔因素计入工程量。

钢护筒的工程量按护筒的设计质量计算。设计质量为加工后的成品质量，包括加劲肋及连接用法兰盘等全部钢材的质量。当设计提供不出钢护筒的质量时，可参考下表的质量进行计算，桩径不同时可按内插计算。

表 3.1.36

桩径 (cm)	100	120	150	200	250	300	350
护筒单位质量 (kg/m)	267.0	390.0	568.0	919.0	1504.0	1961.0	2576.0

按定额说明，搭设的便桥与工作平台相连时，应采用陆地上成孔定额计算。

参考答案

(1) 钻孔灌注桩护筒质量计算

$$8 \times 5 \times 10 \times [919 + (1504 - 919) \div 50 \times 20] = 461200 \text{ (kg)} = 461.2 \text{ (t)}$$

(2) 钻孔灌注桩长度计算

$$\text{总长度} = 190 + 830 + 320 + 60 = 1400 \text{ (m)}$$

$$\text{平均桩长} = 1400 \div 40 = 35 \text{ (m)}$$

(3) 检测管质量计算

检测管一般可按高出桩顶 0.5m 计。

$$(1400 + 40 \times 0.5) \times 4 \times 4 = 22720 \text{ (kg)} = 22.72 \text{ (t)}$$

(4) 水中施工钻孔工作平台数量计算

$$12 \times 24 \times 5 = 1440 \text{ (m}^2\text{)}$$

(5) 钻孔灌注桩混凝土数量计算

$$1400 \times \pi \times 1.1^2 = 5321.85 \text{ (m}^3\text{)}$$

桥墩基础工程预算建安费采用定额及定额调整如下表。

表 3.1.37

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
1	4-4-4-305	回旋钻机钻孔 (水中平台、桩径 250cm 以内、孔深 40m 以内，砂土)	10m	19	× 0.91
2	4-4-4-307	回旋钻机钻孔 (水中平台、桩径 250cm 以内、孔深 40m 以内，砂砾)	10m	83	× 0.91
3	4-4-4-310	回旋钻机钻孔 (水中平台、桩径 250cm 以内、孔深 40m 以内，软石)	10m	32	× 0.91

续表 3.1.37

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
4	4-4-4-312	回旋钻机钻孔（水中平台、桩径 250cm 以内、孔深 40m 以内，坚石）	10m	6	× 0.91
5	4-4-8-15	灌注桩混凝土（回旋钻成孔、桩径 250cm 以内、输送泵）	10m ³ 实体	532.185	水 C25 换水 C30
6	4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	53.2185	× 1.197
7	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	53.2185	× 1.197
8	4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	53.2185	× 1.197； × 4
9	4-11-11-10	混凝土搅拌站安拆（生产能力 60m ³ /h）	1 座	1	
10	4-4-9-8	钢护筒埋设（水中埋设、水深 5m 以内）	1t	461.2	
11	4-4-8-28	灌注桩检测管	1t	22.72	
12	4-4-10-1	水中灌注桩工作平台（水深 3~5m）	100m ²	14.4	
13	4-4-8-24	灌注桩钢筋（焊接连接）	t	238	HPB300 钢筋调整为 0，HRB400 钢筋调整为 1.022
14	4-6-1-11	承台封底混凝土（输送泵）	10m ³ 实体	80	水 C25 换水 C30
15	4-6-1-10	承台混凝土（无底模、输送泵）	10m ³ 实体	240	泵 C25 换泵 C30
16	4-6-1-13	承台钢筋	t	136	
17	4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	32	× 1.04
18	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	32	× 1.04
19	4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	32	× 1.04； × 4
20	4-2-6-2	钢套筒	10t 钢套筒	25	

【案例 22】

云南某公路有一段需要加宽改造，原桥梁由 12m 加宽至 18m，原桥上部结构为预应力先简支后连续 T 梁，3 × 30m。招标文件图纸的桥梁上部工程数量见下表。

表 3.1.38

结构名称	预制 C50 混凝土	现浇 C50 横梁混凝土	现浇 C50 整体化混凝土	HPB300 钢筋	HRB400 钢筋	HPB300 定位钢筋
单位	m ³			kg		
数量	200	6.3	3.6	5706	28172	581
结构名称	钢绞线					
单位	kg					
数量	12568					

注：钢绞线含锚固长度、工作端头 988kg。

问题

请按桥梁上部工程数量表中标注的工程量，填写云南省公路工程工程量标准清单中的工程数量。

解题思路

与部招标范本（2018）计量规则不同，根据云南《公路工程工程量标准清单与计量规范》DB 53/T 1362—2025 相关规定，“定位、架立、固定钢筋应依据设计图纸所示长度在子目编码 403 相应清单子目计算工程数量”，钢绞线“依据图示位置及尺寸，按钢材两端锚具间设计理论长度乘以钢材的单位理论质量，按质量以千克为单位计量；不含上述计算长度以外的预应力钢材质量”。

参考答案

按桥梁上部工程数量表中标注的工程量，填写云南公路工程工程量标准清单工程数量见下表。

表 3.1.39

子目编号	细目名称	单位	数量	单价（元）	合价（元）
403-3	上部结构钢筋				
403-3-1	光圆钢筋（HPB300）	kg	6287		
403-3-2	带肋钢筋（HRB400）	kg	28172		
410-3	现浇混凝土上部结构				
410-3-3	横隔梁板				
410-3-3-5	C50 混凝土	m ³	6.3		
410-4	预制混凝土上部结构				
410-4-3	T 形梁				
410-4-3-5	C50 混凝土	m ³	200		
410-5	桥梁上部结构现浇整体化混凝土				
410-5-1	现浇整体化层				
410-5-1-5	C50 混凝土	m ³	3.6		
411-2	后张法预应力钢材				
411-2-2	后张法预应力钢绞线	kg	11580		

【案例 23】

云南某大桥为 5 × 25m 预应力混凝土小箱梁桥，桥梁全长 133m，下部构造采用重力式桥台和圆柱式桥墩，桥台高 8.0m，桥墩高 9.0m。

桥梁下部结构主要工程数量为：“U”形桥台 C30 混凝土 488m³，台帽 C40 混凝土 190m³；柱式桥墩立柱 C40 混凝土 198m³，盖梁 C40 混凝土 372m³。混凝土集中拌和运输，混凝土拌和场设在距离桥位 800m 处，拌和站采用 40m³/h 的规格，混凝土采用 6m³ 搅拌车运输，现浇非泵送混凝土，拌和站安拆及场地费用不计。

问题

依据上述相关数据，按照云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025，将

编制该桥梁混凝土下部构造清单预算所需的数据（包括定额代号、细目名称、单位、数量、费率类别、定额调整等内容）列出。

解题思路

本题主要考核云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 关于桥梁工程下部结构工程量清单计量规则，以及下部结构预算定额的套用。

桥梁工程下部结构计量规则如下表：

表 3.1.40

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
410	结构混凝土工程			
410-2	混凝土下部结构			
410-2-1	现浇混凝土下部结构			
410-2-1-1	桥台台身	m ³	依据图示位置及尺寸，区分混凝土强度等级，按体积以立方米为单位计量	1. 混凝土配制、拌和、运输； 2. 浇筑、养护
410-2-1-2	桥墩墩身	m ³	依据图示位置及尺寸，区分混凝土强度等级，按体积以立方米为单位计量。	1. 混凝土配制、拌和、运输； 2. 浇筑、养护
410-2-1-5	墩、台帽	m ³	1. 依据图示位置及尺寸，区分混凝土强度等级，按体积以立方米为单位计量； 2. 含抗震挡块的混凝土体积	1. 混凝土配制、拌和、运输； 2. 浇筑、养护
410-2-1-6	盖梁	m ³	1. 依据图示位置及尺寸，区分混凝土强度等级，按体积以立方米为单位计量； 2. 含抗震挡块的混凝土体积	1. 混凝土配制、拌和、运输； 2. 浇筑、养护

参考答案

表 3.1.41

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	费率类别	定额调整或系数
410		结构混凝土工程				
410-2		下部结构混凝土				
410-2-1		现浇混凝土下部结构				
410-2-1-1		桥台台身				
410-2-1-1-1		重力式桥台				
410-2-1-1-1-7		C30 混凝土	m ³	488		
	4-6-2-4	10m 以内梁板桥实体式墩台混凝土	10m ³ 实体	48.8	构造物 II	片 C15 换普 C30
	4-11-11-14	生产能力 40m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	4.88	构造物 II	× 1.02
	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	4.88	运输	× 1.02

续表 3.1.41

子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	费率类别	定额调整或系数
410-2-1-2		桥墩墩身				
410-2-1-2-2		圆柱式桥墩				
410-2-1-2-2-1		高度 10m 以内				
410-2-1-2-2-1-4		C40 混凝土	m ³	198		
	4-6-2-12	圆柱式墩台混凝土非泵送 10m 以内	10m ³ 实体	19.8	构造物 II	普 C25 换普 C40
	4-11-11-14	生产能力 40m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	1.98	构造物 II	× 1.02
	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	1.98	运输	× 1.02
410-2-1-5		墩、台帽				
410-2-1-5-2		C40 混凝土	m ³	190		
	4-6-3-1	墩、台帽混凝土（非泵送）	10m ³ 实体	19	构造物 II	普 C30 换普 C40
	4-11-11-14	生产能力 40m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	1.9	构造物 II	× 1.02
	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	1.9	运输	× 1.02
410-2-1-6		盖梁				
410-2-1-6-4		C40 混凝土	m ³	372		
	4-6-4-1	盖梁混凝土（非泵送）	10m ³ 实体	37.2	构造物 II	普 C30 换普 C40
	4-11-11-14	生产能力 40m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	3.72	构造物 II	× 1.02
	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	3.72	运输	× 1.02

【案例 24】

某大桥,桥梁全长 608m,上部构造为 20m×30m 先简支后连续预应力混凝土(后张法)“T”形梁结构,每孔布置预制梁 14 片,“T”形梁梁高 1.8m,梁顶宽 1.6m,梁底宽 48cm。“T”形梁预制工期 8 个月,每片梁预制需要 10d。

问题

依据上述相关数据,按照《公路工程预算定额》,计算最少预制底座数量及面积。

解题思路

本案例主要考核大型预制构件底座的计算。

按《公路工程预算定额》相关说明,平面预制构件底座面积=(梁长+2.00m)×(梁宽+1.00m),梁宽为预制梁的顶宽。

参考答案

需要预制“T”形梁的数量： $20 \times 14 = 280$ （片）

“T”形梁的预制总工期为8个月，每片梁预制需要10d，因此，需要底座数量为：

预制底座： $280 \times 10 \div (8 \times 30) = 11.67$ （个），即底座数量应不少于12个。

底座面积： $12 \times (30+2) \times (1.6+1) = 998.4$ （ m^2 ）

【案例 25】

某公路项目长20km，路基宽18m，其中设计有10座单孔标准跨径5.00m的钢筋混凝土矩形板小桥，桥梁与路基同宽。其上部构造行车道设计为现浇C40钢筋混凝土矩形板，混凝土数量为 $650m^3$ ，HPB300钢筋为3.2t，HRB400钢筋为51.0t，桥下净空高均为8.00m。集中拌和站（拌和能力 $60m^3/h$ ）距各小桥平均运距按5km计， $6m^3$ 搅拌运输车运混凝土。桥下地基平坦且承载力足够，不需另外进行硬化处理。

问题

将上部构造施工图预算建安费的细目名称、定额代号、单位、工程数量及定额调整等内容以表格形式列出，需要时应列式计算。（不计拌和站费用）

解题思路

本题主要考查满堂支架现浇、混凝土的拌和和运输。

1. 支架预压的工程数量按支架上混凝土的体积计算。
2. 桥梁支架定额单位的立面积为桥梁净跨径乘以高度，梁式桥高度为墩、台帽顶至支架地梁底面的高度。
3. 钢支架定额按有效宽度12m计，当实际宽度与定额不同时，按比例换算。

参考答案

计算矩形板桥现浇支架立面积： $10 \times 5 \times 8 = 400m^2$

计算有效宽度换算系数： $18 \div 12 = 1.5$

施工图预算建安费的细目名称、定额代号、单位、工程数量及定额调整见下表。

表 3.1.42

工程细目名称	定额代号	单位	工程量	定额调整或系数
桥梁现浇满堂式钢管支架（支架高度8m）	4-9-3-9	$10m^2$ 立面积	40	$\times 1.5$
支架预压	4-9-6-1	$10m^3$ 混凝土实体	65	
现浇 C40 矩形板混凝土	4-6-8-1	$10m^3$ 实体	65	普 C30 换成普 C40
矩形板钢筋	4-6-8-4	t	3.2	HPB300 调为 1.025t, HRB400 调为 0
矩形板钢筋	4-6-8-4	t	51.0	HPB300 调为 0, HRB400 调为 1.025t
生产能力 $60m^3/h$ 以内混凝土拌和站拌和	4-11-11-15	$100m^3$	6.5	$\times 1.02$
$6m^3$ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	4-11-11-24	$100m^3$	6.5	$\times 1.02$
$6m^3$ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	4-11-11-25	$100m^3$	6.5	$\times 1.02$; $\times 8$

六、隧道工程

【案例 26】

某高速公路沥青混凝土路面标段，路线全长 30km (K0+000-K30+000)，路面宽 22.5m，其中 K26+000-K30+000 段为隧道。隧道段沥青混凝土路面面层分别为 4cm 厚细粒式改性沥青玛蹄脂碎石混凝土 SMA-13 上面层，6cm 厚中粒式改性沥青混凝土 AC-20 下面层，沥青混凝土上面层与下面层、沥青混凝土下面层与水泥混凝土层中间均设置乳化沥青黏层。全线施工工期 6 个月。采用集中拌和，30t 自卸汽车运输，机械摊铺，拌和站设在 K14+000 右侧路边，采用 380t/h 沥青混合料拌和设备，其中安拆费用不计，拌和场地、征地费用不考虑，工期满足要求。

问题

请列出隧道段路面工程施工图预算建筑安装工程费所涉及的相关定额代号、单位、数量、定额调整等内容，计算结果保留整数。

解题思路

本题主要考查点：

(1) 洞内工程如采用除“第三章隧道工程”外其他章节定额，所采用定额的人工工日、机械台班数量及小型机具使用费应乘以 1.26 的系数。

(2) 从洞外运输到洞内，洞内按增运，且人工、机械乘以 1.26 的系数。

(3) 路面工程定额套用。

参考答案

1. 工程数量

4cm 厚 SMA-13 上面层：

面积： $(30000-26000) \times 22.5=90000$ (m²)

体积： $90000 \times 0.04=3600$ (m³)

6cm 厚 AC-20 下面层：

面积： $(30000-26000) \times 22.5=90000$ (m²)

体积： $90000 \times 0.06=5400$ (m³)

黏层：

沥青混凝土下面层与水泥混凝土层中间： $(30000-26000) \times 22.5=90000$ (m²)

沥青混凝土上面层与下面层中间： $(30000-26000) \times 22.5=90000$ (m²)

2. 平均运距：

洞外：26-14=12km (1 个定额运距单位，22 个定额增运单位)，

洞内：洞口至隧道中心距离 2km (4 个定额增运单位)。

3. 隧道段路面工程施工图预算建筑安装工程费所涉及的相关定额代号、单位、数量、定额调整等见下表。

表 3.1.43

代号	名称	单位	数量	定额调整 / 备注
2-2-11-33	改性沥青混凝土拌和 (生产能力 380t/h 以内、中粒式)	1000m ³ 路面 实体	5.4	
2-2-12-5	改性沥青玛蹄脂碎石混合料拌和 (生产能力 380t/h 以内)	1000m ³ 路面 实体	3.6	

续表 3.1.43

代号	名称	单位	数量	定额调整 / 备注
2-2-13-11	30t 以内自卸汽车运输沥青混合料第 1 个 1km	1000m ³	9	
2-2-13-12	30t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	9	× 22
2-2-13-12	30t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	9	× 4; 人工工日、机械台班、小型机具使用费 × 1.26
2-2-14-55	机械摊铺沥青混凝土混合料（中粒式、生产能力 380t/h 以内设备拌和）	1000m ³ 路面 实体	5.4	人工工日、机械台班、小型机具使用费 × 1.26
2-2-14-62	机械摊铺沥青玛蹄脂碎石混合料（生产能力 380t/h 以内设备拌和）	1000m ³ 路面 实体	3.6	人工工日、机械台班、小型机具使用费 × 1.26
2-2-16-6	乳化沥青层黏层	1000m ²	90	人工工日、机械台班、小型机具使用费 × 1.26
2-2-16-9	乳化沥青水泥混凝土黏层	1000m ²	90	人工工日、机械台班、小型机具使用费 × 1.26

【案例 27】

某隧道工程全长 800m，其中 V 级围岩设计开挖断面面积 100m²，占隧道总长的 20%，实际开挖数量 17000m³；IV 级围岩设计开挖断面面积 90m²，土石比按 5：5 考虑，占隧道总长的 40%，实际开挖数量 30000m³；III 级围岩设计开挖断面面积 80m²，占隧道总长的 40%，实际开挖数量 26000m³；洞外出渣运距为 1700m，超挖部分采用混凝土回填。隧道正洞拟采用机械开挖，装载质量 20t 以内自卸汽车运输，不考虑隧道通风、高压风水管、照明、线路等费用。

问题

依据上述相关数据，按照现行《公路工程项目概算预算编制办法》及《公路工程预算定额》的相关规定，将编制该隧道正洞开挖工程施工图预算建筑安装工程费所需的数据（包括定额代号、细目名称、单位、数量、定额调整等内容）以表格形式列出，需要时应列式计算或文字说明，计算结果保留整数。

解题思路

本案例主要考查隧道洞身开挖定额的运用、弃渣运距的计算，以及超挖回填的计价。

1. 隧道开挖与弃渣应分别单独计算。
2. 洞外弃渣运距应扣除定额中已包含的洞口外 500m 的运距，超出 500m 的部分按增运考虑，且运输车辆的选择应与隧道出渣定额的车辆选型相同。一般情况下，出渣运输 I ~ III 级围岩按石方考虑，V ~ VI 级围岩按土方考虑。

3. 定额工程量计算规则：

（1）洞身开挖、出渣工程量按设计断面数量（成洞断面加衬砌断面）计算，包含洞身及所有附属洞室的数量，定额中已考虑超挖因素，不得将超挖数量计入工程量。

（2）现浇混凝土衬砌中浇筑、运输的工程数量均按设计断面衬砌数量计算，包含洞身及所有附属洞室的衬砌数量。定额中已综合考虑因超挖及预留变形需回填的混凝土数量，不得将上述因素的工程量计入计价工程量中。

参考答案

1. 计算洞身开挖数量

根据定额说明,开挖工程量按设计断面计算,定额中已考虑超挖因素,不得将超挖数量计入工程量。

V级围岩开挖数量: $800 \times 20\% \times 100 = 16000 \text{ (m}^3\text{)}$

IV级围岩开挖数量: $800 \times 40\% \times 90 = 28800 \text{ (m}^3\text{)}$

其中,开挖土方 $= 28800 \times 50\% = 14400 \text{ (m}^3\text{)}$,开挖石方 $= 28800 \times 50\% = 14400 \text{ (m}^3\text{)}$

III级围岩开挖数量: $800 \times 40\% \times 80 = 25600 \text{ (m}^3\text{)}$

以上开挖土方 $= 16000 + 14400 = 30400 \text{ (m}^3\text{)}$,开挖石方 $= 14400 + 25600 = 40000 \text{ (m}^3\text{)}$

2. 弃渣洞外运输调整

定额中洞外出渣距离 500m,本隧道出渣距离达 1700m,应增加运距 1.2km,按规定采用路基工程中增运定额计算。当运距尾数不足一个增运定额单位的半数时不计,等于或超过半数时按一个增运定额单位计算,故为 2 个增运定额单位。

3. 回填工程量计算

根据定额规定,现浇混凝土衬砌定额已综合考虑因超挖及预留变形需回填的混凝土数量,超挖部分回填的混凝土无需单独套定额。

4. 施工图预算建筑安装工程费所涉及的细目名称、定额代号、单位、数量及定额调整或系数等内容见下表。

表 3.1.44

序号	定额代号	细目名称	单位	数量	定额调整或系数
1	3-1-3-5	正洞开挖(隧道长度 1000m 以内、V级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	160	
2	3-1-3-4	正洞开挖(隧道长度 1000m 以内、IV级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	288	
3	3-1-3-3	正洞开挖(隧道长度 1000m 以内、III级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	256	
4	3-1-3-43	出渣(隧道长度 1000m 以内、围岩 I ~ III)	100m ³ 自然密实土、石	256	
5	3-1-3-44	出渣(隧道长度 1000m 以内、围岩 IV ~ V)	100m ³ 自然密实土、石	448	
6	1-1-11-12	20t 以内自卸汽车运土每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	30.4	× 2
7	1-1-11-26	20t 以内自卸汽车运石每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	40	× 2

【案例 28】

为保护生态环境,某公路施工图设计有一明洞工程,长 51m,其主要工程量如下表:

表 3.1.45

隧道洞身开挖(m ³)	现浇拱墙		现浇拱部		回填碎石(m ³)	路面(m ²)	防水层(m ²)
	C25 混凝土(m ³)	HRB400 钢筋(t)	C25 混凝土(m ³)	HRB400 钢筋(t)			
8780	2500	103	1700	131	1959	1200	5400

已知:隧道断面面积为 156m²,其中拱部面积为 88m²。隧道洞身开挖中 V 级围岩占 90%, II 级围岩占 10%,弃渣平均运距为 3km;洞内现浇混凝土采用 60m³/h 混凝土拌和站拌合,6m³ 搅拌运输车运输;

洞内路面设计为中粒式沥青混凝土，厚度为 15cm，采用 160t/h 沥青混合料拌和设备集中拌和，机械摊铺，15t 自卸汽车运输，混合料平均运距为 4km；不考虑混凝土拌和站、沥青混合料拌和设备的安拆费、场地建设费等内容。

问题

请根据上述资料，以表格形式列出本隧道工程施工图预算中建筑安装工程费部分所涉及的相关定额的名称、单位、定额代号、数量、定额调整或系数等内容，需要时应列式计算或文字说明，计算结果保留整数。

解题思路

- (1) 本案例主要考核关于明洞工程的工程量的计算及定额的运用。
- (2) 隧道工程定额规定，混凝土工程均未考虑拌和的费用，应按桥涵工程相关定额另行计算。
- (3) 隧道工程定额规定，洞门挖基、仰坡及天沟开挖、明洞明挖土石方等，应使用其他章节有关定额计算。
- (4) 防水板、明洞防水层的工程数量按设计敷设面积计算。
- (5) 衬砌混凝土施工过程中有操作损耗，拌和运输需考虑损耗的工程量，定额调整系数为 1.02。

参考答案

- (1) 工程量计算。
 明洞开挖数量计算：
 开挖土质： $8780 \times 0.9 = 7902 \text{ (m}^3\text{)}$
 开挖石质： $8780 \times 0.1 = 878 \text{ (m}^3\text{)}$
 路面沥青混凝土数量计算： $1200 \times 0.15 = 180 \text{ (m}^3\text{)}$
- (2) 施工图预算建筑安装工程费涉及的定额细目名称、单位、定额代号、数量及定额调整如下表：

表 3.1.46

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
1	1-1-9-8	2.0m ³ 以内挖掘机挖装普通土	1000m ³ 天然密实方	7.902	
2	1-1-11-11	20t 以内自卸汽车运土第一个 1km	1000m ³ 天然密实方	7.902	
3	1-1-11-12	20t 以内自卸汽车运土每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	7.902	× 4
4	1-1-14-5	机械打眼开炸次坚石	1000m ³ 天然密实方	0.878	
5	1-1-10-9	3.0m ³ 以内装载机装次坚石	1000m ³ 天然密实方	0.878	
6	1-1-11-25	20t 以内自卸车运石方第一个 1km	1000m ³ 天然密实方	0.878	
7	1-1-11-26	20t 以内自卸车运石方每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	0.878	× 4
8	3-1-18-4	明洞混凝土	10m ³	420	

续表 3.1.46

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整
9	3-1-18-5	明洞钢筋	1t	234	HPB300 钢筋调整为 0, HRB400 钢筋调整为 1.025
10	4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	42	× 1.02
11	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	42	× 1.02
12	3-1-19-3	明洞回填碎石	10m ³	195.9	
13	3-1-20-2	明洞防水层	10m ²	540	
14	2-2-11-11	沥青混凝土混合料拌和 (160t/h 以内)	1000m ³ 路面实体	0.18	
15	2-2-13-7	15t 以内自卸汽车运输沥青混合料第 1 个 1km	1000m ³	0.18	
16	2-2-13-8	15t 以内自卸汽车运输沥青混合料每增运 0.5km	1000m ³	0.18	× 6
17	2-2-14-43	机械摊铺沥青混凝土混合料(中粒式、生产能力 160/h 以内设备拌和)	1000m ³ 路面实体	0.18	人工、机械、小型机具 × 1.26

注：自卸汽车选用 12 ~ 30t 均可以；装载机选用 2 ~ 3m³ 均可以，但应与自卸汽车匹配。

【案例 29】

某独立分离式隧道，洞内纵坡为人字坡，双向开挖。隧道弃渣全部用于路基填筑，平均洞外出渣运距 1.30km，洞身开挖工程数量计算不考虑附属洞室等对断面面积的影响。混凝土采用 60m³/h 搅拌站拌和，8m³ 搅拌运输车运输。搅拌站设于洞口 500m 处（二端均设置），不考虑拌和站的安拆、通风、照明、管线路等费用。隧道主要参数见下表。

表 3.1.47

序号	名称		单位	左洞	右洞
1	隧道设计长度		m	1960	2100
2	明洞长度		m	40	50
3	洞身开挖	Ⅲ级围岩	m	1520	1650
4		V级围岩	m	400	400
5		Ⅲ级围岩段预留变形及超挖	m ³	4560	4950
6		V级围岩段预留变形及超挖	m ³	1320	1320
7	超前支护	超前小导管 (φ42mm, 壁厚 4mm)	m	5600	
8		水泥浆	m ³	152	

续表 3.1.47

序号	名称		单位	左洞	右洞
9	初期支护	φ 25 中空注浆锚杆	m	96800	
10		φ 22 砂浆锚杆 (每 4m/根)	m	71600	
11		格栅钢架	t	2800	
12		连接钢筋	t	10	
13	二次衬砌	C30 混凝土	m ³	42000	
14	预留变形回填	C30 混凝土	m ³	1500	
15	超挖回填	C30 混凝土	m ³	8505	

注: III级围岩设计开挖断面(不含预留变形及超挖)面积为 100m², V级围岩设计开挖断面(不含预留变形及超挖)面积为 110m², φ 22 砂浆锚杆 2.98kg/m, 砂浆锚杆垫板及螺母 1.06kg/套, φ 42mm 壁厚 4mm 的小导管每延米重为 3.749kg。

问题

1. 请按《公路工程预算定额》JTG/T 3832—2018 工程量计算规则列式计算换算隧道长度、III级围岩的开挖数量、V级围岩的开挖数量、现浇 C30 混凝土衬砌数量、φ 22 砂浆锚杆数量。(计算结果保留 3 位小数)。

2. 请列出该隧道暗洞洞身的施工图预算建筑安装工程费所涉及的相关定额代号、单位、数量、定额调整等内容。

解题思路

1. 按定额说明, 隧道长度指隧道进出口(不含与隧道相连的明洞)洞门端墙墙面之间的距离, 即两端端墙面与路面的交线同路线中线交点间的距离。双线隧道按上、下行隧道的平均值计算。

2. 定额工程量计算规则:

(1) 洞身开挖、出渣工程量按设计断面数量(成洞断面加衬砌断面)计算, 包含洞身及所有附属洞室的数量, 定额中已考虑超挖因素, 不得将超挖数量计入工程量。

(2) 现浇混凝土衬砌中浇筑、运输的工程数量均按设计断面衬砌数量计算, 包含洞身及所有附属洞室的衬砌数量。定额中已综合考虑因超挖及预留变形需回填的混凝土数量, 不得将上述因素的工程量计入计价工程量中。

3. 砂浆锚杆工程量为锚杆、垫板及螺母等材料质量之和。

4. 洞内出渣运输定额已综合洞门外 500m 运距, 当洞门外运距超过此运距时, 可按照路基工程自卸汽车运输土石方的增运定额加计增运部分的费用。运输车辆的选择应与隧道出渣定额的车辆选型相同。一般情况下, 出渣运输 I ~ III级围岩按石方考虑, V ~ VI级围岩按土方考虑。

5. 格栅钢架、型钢钢架、连接钢筋工程数量按钢架的设计质量计算。

参考答案

问题 1

换算隧道长度: $(1960-40+2100-50) \div 2=1985$ (m)

III级围岩开挖数量: $(1520+1650) \times 100=317000$ (m³)

V级围岩开挖数量: $(400+400) \times 110=88000$ (m³)

混凝土衬砌数量: 42000 (m³)

φ 22 砂浆锚杆数量: $71600 \times 2.98+71600 \div 4 \times 1.06=232342$ (kg) =232.342 (t)

问题 2

1. 洞身开挖：按隧道长度 1985m 计。

2. 洞外出渣：根据题目隧道为双向开挖，正洞出渣运输的换算隧道长度按 1985m 计；运距 1.3-0.5=0.8km，2 个增运运距，套第一章土石方运输定额。

3. 支护：超前小导管、注水泥浆； $\phi 25$ 中空注浆锚杆、 $\phi 22$ 砂浆锚杆、格栅钢架、连接钢筋。超前小导管定额里面的钢管消耗调整计算： $3.749 \times 100/1000 \times 1.04=0.39t/100m$ ，1.04 为预算定额附录 4 查询的钢管的操作损耗。

4. 衬砌：衬砌混凝土施工过程中有操作损耗，拌合运输需考虑损耗的工程量，因此衬砌混凝土拌合运输 $\times 1.17$ ，洞内运输 $\times 1.26$ ，根据题目搅拌站设于两端洞口，计算洞内运输距离 $1985/4=496.25m$ ，1 个增运单位。

该隧道正洞洞身工程的施工图预算所涉及的相关定额代号、单位、数量、定额调整等内容见表 3.1.48：

表 3.1.48

定额代号	定额名称	定额单位	数量	定额调整
3-1-3-9	正洞开挖隧道长度 2000m 以内（Ⅲ级围岩）	100m ³ 自然密实土、石	3170	
3-1-3-11	正洞开挖隧道长度 2000m 以内（Ⅴ级围岩）	100m ³ 自然密实土、石	880	
3-1-3-46	正洞出渣隧道长度 2000m 以内（围岩级别 I ~ Ⅲ级）	100m ³ 自然密实土、石	3170	
3-1-3-47	正洞出渣隧道长度 2000m 以内（围岩级别 IV ~ Ⅴ级）	100m ³ 自然密实土、石	880	
1-1-11-12	20t 以内自卸汽车运土方每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	88	$\times 2$
1-1-11-26	20t 以内自卸汽车运石每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	317	$\times 2$
3-1-7-5	超前小导管	100m	56	钢管消耗 0.39t
3-1-7-6	管棚、小导管注水泥浆	10m ³	15.2	
3-1-6-1	砂浆锚杆	1t	232.342	
3-1-6-3	中空注浆锚杆	100m	968	
3-1-5-2	制作安装格栅钢架	1t 钢架	2800	
3-1-5-3	钢支撑制作、安装（连接钢筋）	1t 钢架	10	
3-1-9-1	现浇混凝土衬砌（模板台车）	10m ³	4200	C25 泵送换 C30 泵送
4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	420	$\times 1.17$
4-11-11-26	8m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	420	$\times 1.17$,
4-11-11-27	8m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	420	$\times 1.17$; 人工、机械、小型机具 $\times 1.26$

【案例 30】

云南某特长隧道（单洞），隧道总长 8500m，围岩类别全部为Ⅲ级。施工招标划分为两个合同段，A 合同段长 4500m、洞身开挖数量为 450000m³，弃渣场至洞门的运距为 2000m；B 合同段长 4000m、洞身开挖数量为 400000m³，弃渣场至洞门的运距为 3000m。

问题

洞身开挖按全断面机械开挖、汽车运输计算，不考虑辅助坑道开挖及通风、高压风水管、照明、电线路等费用。分别列出 A、B 合同段隧道洞身开挖的清单预算相关内容。

解题思路

本案例主要考查隧道洞身开挖定额的运用、弃渣运距的计算。一是隧道开挖及出渣在编制预算时，一般应按隧道总长度来考虑选用定额子目，当合同段划分的隧道长度不同时，应按不同合同段长度的 2 倍确定隧道长度，并选用相应的定额子目；二是洞外弃渣运距应扣除出渣定额中已包含的洞口外 500m 的运距，且运输车辆的选择应与隧道出渣定额的车辆选型相同。

云南《公路工程工程量标准清单及计量规范》DB 53/T 1362—2025 关于隧道洞身开挖的计量规则如下：

表 3.1.49

子目编码	子目名称	单位	工程量计量规则	工程内容
503	洞身开挖			
503-1	洞身开挖			
503-1-1	洞身开挖（不含竖井、斜井、平行导洞）	m ³	1. 依据图示衬砌（含路面和水沟）外轮廓线内断面及相应洞身长度，区分围岩级别，按体积以立方米（m ³ ）为单位计量； 2. 含紧急停车带、车行横洞、人行横洞以及设备洞室的开挖体积	1. 爆破； 2. 开挖、临时支护（承包人自设）； 3. 风、水、电供应，照明、防尘； 4. 粉尘、有害气体监测及防护； 5. 解小、装卸、运输； 6. 余土（渣）收集及弃置； 7. 施工排水； 8. 临时支护拆除（不含图示临时钢支架）

参考答案

A 合同段：

施工长度 4500m，隧道计算长度按 $4500 \times 2 = 9000$ （m）计算，弃渣增加的运距 $= 2000 - 500 = 1500$ （m），即 1.5km。

B 合同段：

施工长度 4000m，隧道计算长度按 $4000 \times 2 = 8000$ （m）计算，弃渣增加的运距 $= 3000 - 500 = 2500$ （m），即 2.5km。

清单预算相关的子目编码 / 子目名称、定额代号 / 名称、单位、数量、定额调整等相关内容见下表。

表 3.1.50

合同段	子目编码	定额代号	子目 / 定额名称	单位	数量	定额调整
A	503-1		洞身开挖			
	503-1-1		洞身开挖 (不含竖井、斜井、平行导洞)			
	503-1-1-3		I ~ III级围岩			
	503-1-1-3-1		分离式隧道	m ³	450000	
		3-1-3-27	正洞开挖 (隧道长度 5000m 以内、III级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	4500	
		3-1-3-33	正洞开挖 (隧道长度 5000m 以内、每增加 1000m、III级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	4500	× 4
		3-1-3-55	正洞出渣 (隧道长度 5000m 以上、围岩级别 I ~ III级)	100m ³ 自然密实土、石	4500	
		3-1-3-58	正洞出渣 (隧道长度 5000m 以上、每增加 1000m、围岩级别 I ~ III级)	100m ³ 自然密实土、石	4500	× 4
		1-1-11-26	20t 以内自卸汽车运石每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	450	× 3
B	503-1		洞身开挖			
	503-1-1		洞身开挖 (不含竖井、斜井、平行导洞)			
	503-1-1-3		I ~ III级围岩			
	503-1-1-3-1		分离式隧道	m ³	400000	
		3-1-3-27	正洞开挖 (隧道长度 5000m 以内、III级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	4000	
		3-1-3-33	正洞开挖 (隧道长度 5000m 以内、每增加 1000m、III级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	4000	× 3
		3-1-3-55	正洞出渣 (隧道长度 5000m 以上、围岩级别 I ~ III级)	100m ³ 自然密实土、石	4000	
		3-1-3-58	正洞出渣 (隧道长度 5000m 以上、每增加 1000m、围岩级别 I ~ III级)	100m ³ 自然密实土、石	4000	× 3
		1-1-11-26	20t 以内自卸汽车运石每增运 0.5km	1000m ³ 天然密实方	400	× 5

【案例 31】

某分离式山区高速公路隧道，全长 7500m，按照施工组织设计，双向开挖隧道并通过斜井（纵坡 10°）开挖正洞 3000m，主要工程量为：

1. 洞身部分：设计开挖断面（单洞断面）为 81m²，开挖土石方 1234764m³，其中 V 级围岩 20%、II 级围岩 80%；型钢钢架 2260t，钢架连接钢筋 268t；喷射混凝土 52868m³，钢筋网 838t；φ 25 砂浆锚

杆 64800m (每延米 3.85kg), $\phi 22$ 砂浆锚杆 596600m (每延米 2.98kg), 螺母及垫板 55000 套 (每套重 1kg); 现浇混凝土衬砌 128800m³, HPB300 钢筋 120t, HRB400 钢筋 780t。

2. 正洞进出口洞外出渣运距均为 1400m, 斜井洞外出渣运距 480m。

3. 混凝土采用集中拌和, 隧道两端均设置拌和站 (拌和能力 60m³/h), 进口端拌和站建在距洞口 600m 处, 出口端拌和站建在距洞口 900m 处, 拌和站场地处理费用不考虑, 钢筋现场加工。

4. 隧道洞门工程、斜井开挖与支护、防排水、洞内管沟、装饰、照明、通风、消防等不考虑。

问题

请列出该隧道工程施工图预算建筑安装工程费所涉及的相关定额的名称、单位、定额代号、数量、定额调整等内容, 计算结果保留整数。

解题思路

本题主要考查隧道施工图预算的定额套用。注意以下问题

1. 洞内出渣运输定额已综合洞门外 500m 运距。当洞门外运距超过此运距时, 按照路基工程自卸汽车运输土石方的增运定额加计增运部分的费用。汽车选型应与洞内出渣一致。一般情况下, I ~ III 级围岩为石方, V ~ VI 级围岩为土方。

2. 正洞出渣运输: 通过隧道进出口开挖正洞, 以换算隧道长度套用相应的出渣定额计算。换算长度的计算公式:

换算隧道长度 = 全隧道长度 - 通过辅道坑道开挖正洞的长度

当换算隧道长度超过 5000m 时, 以隧道长度 5000m 以内定额为基础, 与隧道长度 5000m 以上每增加 1000m 定额叠加使用。

通过斜井开挖正洞, 出渣运输按正洞和斜井二段分别计算, 两者叠加使用。

3. 洞身开挖、出渣工程量按设计断面数量 (成洞断面加衬砌断面) 计算, 包含洞身及所有附属洞室的数量, 定额中已考虑超挖因素, 不得将超挖数量计入工程量。

4. 现浇混凝土衬砌中浇筑、运输的工程数量均按设计断面衬砌数量计算, 包含洞身及所有附属洞室的衬砌数量。定额中已综合考虑因超挖及预留变形需回填的混凝土数量, 不得将上述因素的工程量计入计价工程量中。

5. 砂浆锚杆工程量为锚杆、垫板及螺母等材料质量之和。

参考答案

1. 洞身开挖 (出渣) 数量计算

由于 $162 \times 7500 = 1215000$ (m³) 小于题目中给定的开挖数量 1234764m³, 说明在题目中给定的洞身开挖数量中包含有超挖数量, 按定额规定, 超挖数量是不能计价的。

换算隧道长度 = $7500 - 3000 = 4500$ (m)。

按定额中的工程量计算规则, 开挖数量 = 设计开挖断面 \times 隧道长度, 则计价工程量应为:

通过正洞开挖:

V 级围岩: $162 \times 4500 \times 0.2 = 145800$ (m³)

II 级围岩: $162 \times 4500 \times 0.8 = 583200$ (m³)

通过斜井开挖:

V 级围岩: $162 \times 3000 \times 0.2 = 97200$ (m³)

II 级围岩: $162 \times 3000 \times 0.8 = 388800$ (m³)

2. 锚杆数量计算

$3.85 \times 64800 + 2.98 \times 596600 + 55000 \times 1 = 2082348$ (kg) = 2082.348 (t)

3. 正洞洞外出渣运距: $1400 - 500 = 900$ m, 2 个定额增运单位。斜井出渣运距 480m, 在定额范围内。

4. 隧道工程施工图预算建筑安装工程费所涉及的相关定额的名称、单位、定额代号、数量、定额

调整等数据见下表。

表 3.1.51

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整或系数
1	3-1-3-29	正洞开挖(挖V级围岩、隧道长度5000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	1458	
2	3-1-3-26	正洞开挖(Ⅱ类围岩、隧道长度5000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	5832	
3	3-1-3-56	正洞出渣(Ⅳ~Ⅴ级围岩、隧道长度5000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	1458	
4	3-1-3-55	正洞出渣(Ⅰ~Ⅲ级围岩、隧道长度5000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	5832	
5	3-1-3-17	正洞开挖(挖V级围岩、隧道长度3000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	972	
6	3-1-3-14	正洞开挖(Ⅱ类围岩、隧道长度3000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	3888	
7	3-1-3-50	正洞出渣(Ⅳ~Ⅴ级围岩、隧道长度3000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	972	
8	3-1-3-49	正洞出渣(Ⅰ~Ⅲ级围岩、隧道长度3000m以内)	100m ³ 自然密实土、石	3888	
9	3-1-3-68	斜井出渣(纵坡120以内、Ⅳ~Ⅴ级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	972	
10	3-1-3-67	斜井出渣(纵坡120以内、Ⅰ~Ⅲ级围岩)	100m ³ 自然密实土、石	3888	
11	1-1-11-12	20t以内自卸汽车运土每增运0.5km	1000m ³ 天然密实方	145.8	×2
12	1-1-11-26	20t以内自卸汽车运石每增运0.5km	1000m ³ 天然密实方	583.2	×2
13	3-1-5-1	钢支撑制作、安装(型钢钢架)	1t钢架	2260	
14	3-1-5-3	钢支撑制作、安装(连接钢筋)	1t钢架	268	
15	3-1-6-1	砂浆锚杆	1t	2082.348	
16	3-1-6-5	钢筋网	1t	838	
17	3-1-8-1	喷射混凝土	10m ³	5286.8	
18	4-11-11-15	生产能力60m ³ /h以内混凝土拌和站拌和	100m ³	528.68	×1.2
19	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个1km	100m ³	528.68	×1.2
20	4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运0.5km	100m ³	528.68	×1.2×4; 人工、机械、小型机具×1.26

续表 3.1.51

序号	定额代号	定额名称	单位	数量	定额调整或系数
21	3-1-9-1	现浇混凝土衬砌（模板台车）	10m ³	12880	
22	4-11-11-15	生产能力 60m ³ /h 以内混凝土拌和站拌和	100m ³	1288	× 1.17
23	4-11-11-24	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土第一个 1km	100m ³	1288	× 1.17
24	4-11-11-25	6m ³ 以内搅拌运输车运混凝土每增运 0.5km	100m ³	1288	× 1.17 × 4; 人工、机械、 小型机具 × 1.26
25	3-1-9-6	衬砌钢筋（现场加工）	1t	120	HRB400 钢筋换 成 HPB300 钢筋
26	3-1-9-6	衬砌钢筋（现场加工）	1t	780	
27	4-11-11-10	混凝土搅拌站安拆（生产能力 60m ³ /h）	1 座	2	

七、合同管理

【案例 32】

某高速公路项目施工合同采用《公路工程标准施工招标文件》（2018 版）合同条款。该工程在施工过程中，陆续发生如下索赔事件（索赔所提出的延期时间与补偿金额均符合实际）。

事件 1. 施工期间，承包人发现施工图纸有误，经监理人确认后，发包人要求设计单位进行修改。由于图纸修改造成停工 20d，且该图纸对应工作的总时差均为 0；人员窝工费 2 万元。承包方提出工程延期 20d 与费用补偿 2 万元的索赔要求。

事件 2. 施工期间因下雨，为保证路基填筑质量，承包方共停工 10d，其中连续 4d 出现低于工程所在地雨季平均降雨量的雨天气候，连续 6d 出现 50 年一遇特大暴雨，特大暴雨造成承包人自有材料损失 2 万元。承包方提出工程延期 10d 与费用补偿 2 万元的索赔要求。

事件 3. 施工过程中，现场周围居民称承包人施工噪音对他们的生活造成干扰，于是阻止承包人的混凝土浇筑工作而造成停工 5d。承包人提出工程延期 5d 与费用补偿 1 万元的要求。

事件 4. 由于某路段路基基底是淤泥，根据设计文件要求，需进行换填。在招标文件中已提供了相关的地质技术资料。承包方原计划使用隧道出碴作为填料换填，但施工中发现隧道出碴级配不符合设计要求，需要进一步破碎以达到级配要求，承包人认为施工费用高出合同单价，如仍按原价支付不合理，需另外给予延期 20d 与费用补偿 20 万元的要求。

问题

请分析承包人提出的上述索赔要求是否成立，为什么？

参考答案

事件 1. 成立。施工图纸由发包人提供，图纸错误属于发包人应承担的技术资料缺陷。因发包人原因导致的停工和损失，承包人有权提出工期顺延和费用补偿。因此，20 天工期和 2 万元费用索赔成立。

事件 2. 部分成立。承包人可获得 6d 工期顺延，费用索赔不成立。

对于连续 6d 出现“50 年一遇特大暴雨”造成的停工：属于“异常恶劣的气候条件”，构成不可抗力，因不可抗力导致的工期延误应予以顺延，但增加的费用由承包人承担，故 6d 工期索赔成立，费用索赔不成立。

对于其余 4 天低于雨季平均降雨量的雨天：属于正常季节性降雨，是有经验的承包人可合理预见的常规施工风险，承包人应采取临时排水、覆盖等措施保证施工质量，故该部分工期与费用索赔均不成立。

事件 3. 这是承包人自身原因造成的，故承包人的索赔要求不成立。

事件 4. 这是承包人应合理预见的，故承包人的索赔要求不成立。

【案例 33】

某桥梁工程上部结构为 $10 \times 40\text{m}$ 的现浇等截面预应力混凝土箱梁，施工图已审批，经公开招标确定了承包人并签订了施工合同，投标文件中的利润率为 5%，增值税率为 9%。中标通知书约定，人工工日单价 125 元，窝工按 80% 计。投标文件中 A 机械 1500 元 / 台班，不变费用 1000 元 / 台班；B 机械 1200 元 / 台班，不变费用 500 元 / 台班，人工工日单价及机械费不含税。

合同约定索赔补偿不计利润，工程开工前承包人上报了施工组织计划并获得批准。工程项目开工前，发包人组织招标确定了保险人，承包人与中标保险人签订了工程保险合同（含建筑工程一切险、第三者责任险）及人身意外险、机械类的保险。

建筑工程一切险的投保金额为中标价，第三者责任险投保金额为 500 万元，机械类的保险投保金额为拟投入的机械原值，建筑工程一切险协议约定免赔金额以保险损失额的 10% 或 50 万元中较高者，人身意外险免赔金额为 2 万元 / 人次，机械类的保险免赔金额为损失额的 10% 或 10 万元中的较高者，承包人将保险协议副本抄送发包人。

工程开工后发生了如下事件：

事件 1：原计划征地拆迁未完成，3 号墩（关键工作）本来 7 月 1 日开工，变成 7 月 21 日开工，窝工 400 工日，A 机械 30 台班，B 机械 30 台班。

事件 2：承包人正浇筑箱梁混凝土时，遭遇 12 级台风，发生现浇箱梁支架垮塌事故，导致 11 名人员受伤（其中 10 名为现场人员，1 名为外部参观人员），正在作业的机械被垮塌的支架和预埋的钢件砸坏，承包人正常按计划施工，现浇箱梁为关键线路 30d，事故发生后还有 10d 的工期，勘察后确认尚需总工期 45d，其中评估 7d，清理 8d，该项工作全部施工完成 30d；事故支架的拆除费 5 万元（支架在事故中的损失 50 万元），重新搭设支架 8 万元，主体工程损失 70 万元，机械修理费 20 万元，现场作业人员 100 万元，外部参观人员医疗费用 15 万，为简化分析与计算，假设承包人提供的各项损失金额和资料属实。

问题

1. 判断事件 1 发生后，承包人向监理人提出的工期和费用索赔是否成立，请说明理由。
2. 事件 1 监理工程师应批准工期和索赔费用。
3. 事件 2 发生的各项损失是否可以得到保险人的赔付，如果可以，根据题目中保险类型应该赔付多少金额。
4. 事件 2 后，承包人向监理人提出的工期索赔是否成立，请说明理由，并计算正确的工期。

解题思路

1. 征地拆迁属发包人义务，由于发包人未能按照规定办妥永久占地征用手续，影响承包人及时使用永久占地造成的费用增加和（或）工期延误应由发包人承担。
2. 机械台班单价包括不变费用和可变费用，可变费用为动力、人工费，窝工时只按不变费用计。

3. 台风属于自然灾害，在投保责任范围内。

4.12 级台风属于不可抗力，工期可以顺延。

参考答案

1. 事件 1，承包人向监理人提出工期和费用成立。

理由：征地拆迁未完成是发包人的责任事件，且 3 号墩是关键工作。

2. 因事件 1 为关键工作（关键线路总时差为 0），应批准索赔工期 20d。

应批准索赔费用： $(400 \times 125 \times 80\% + 30 \times 1000 + 30 \times 500) \times 1.09 = 92650$ 元。

3. 台风属于投保责任范围，可以得到保险人的赔付。

建筑工程一切险： $5 + 50 + 8 + 70 = 133$ 万，免赔额： $\text{MAX}(133 \times 10\% = 13.3, 50 \text{ 万}) = 50$ 万，则赔付： $133 - 50 = 83$ 万元

第三者责任险：15 万元

人身意外险：100 万，免赔额 $10 \times 2 = 20$ 万，则为 $100 - 20 = 80$ 万元

机械类保险：20 万元，免赔额： $\text{MAX}(20 \times 10\% = 2, 10 \text{ 万}) = 10$ 万，则赔付： $20 - 10 = 10$ 万元。

4. 事件 2，承包人向监理人提出的工期索赔成立。理由：12 级台风属于不可抗力，工期应予顺延。
可索赔的工期： $45 - 10 = 35$ (d)

【案例 34】

某公路工程项目，合同工程量清单中混凝土工程量为 2400m^3 ，单价 450 元 / m^3 。施工合同约定，实际工程量超过清单工程量 15% 时，超过部分的混凝土综合单价调整为 420 元 / m^3 。施工过程中发生以下事件：

事件 1：基础混凝土浇筑时局部漏振，造成混凝土质量缺陷，专业监理工程师发现后要求施工单位返工。施工单位拆除存在质量缺陷的混凝土 60m^3 ，发生拆除费用 3 万元，并重新进行了浇筑。

事件 2：主体结构施工时，建设单位提出改变使用功能，使该工程混凝土量增加到 2600m^3 。施工单位收到变更后的设计图样时，变更部位已按原设计浇筑完成的 150m^3 混凝土需要拆除，发生拆除费用 5 万元。

问题

(1) 事件 1 中，拆除混凝土发生的费用是否应计入工程价款？说明理由。

(2) 事件 2 中，混凝土工程的结算价款是多少万元？（不包括拆除费用）

(3) 事件 2 中，拆除混凝土发生的费用是否应计入工程价款？说明理由。

(4) 计入结算的混凝土工程量是多少？混凝土工程的实际结算价款是多少万元？

参考答案

(1) 事件 1 中，拆除混凝土发生的费用不应计入工程价款。理由：施工质量缺陷属于施工单位责任范围，返工增加的费用由施工单位承担，工期不予顺延。

(2) 由于 $[(2600 - 2400) \div 2400] \times 100\% = 8.33\% < 15\%$ ，因此，混凝土工程的结算价款仍按原合同单价结算。

对应的工程结算价款 $= 450 \times 2600 = 1170000$ (元)

(3) 事件 2 中，拆除混凝土发生的费用应计入工程价款。理由：因设计变更导致增加合同范围外费用由建设单位承担，延误的工期相应顺延。

(4) 计入结算的混凝土工程量 $= 2600 + 150 = 2750$ (m^3)

混凝土工程的实际结算价款 $= (2750 \times 450 + 50000) = 1287500$ (元)

【案例 35】

云南某公路工程项目，合同约定如下：

- (1) 对施工期间（基期为 1 月）材料变化幅度不超过 $\pm 5\%$ 的不予调差，超过时进行全额调差；
- (2) 比重：钢材为 25%，地材为 10%，水泥 6%，不变 59%。每月的计量金额如下：

表 3.1.52

时间	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
金额 (万元)	800	1000	300	500	800	1500	3500	6000	8000	5000	2000	1000

各月指数如下（单位：%）：

表 3.1.53

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
钢材	100	100	99	99.9	99.7	99.7	98.7	98.7	96.7	96.7	94.4	94.4
地材	100	100	104.2	104.2	104.2	120.8	154.2	154.2	187.5	187.5	204.2	204.2
水泥	100	100	103.1	103.1	104.3	104.3	110.9	104.9	102.1	103.1	104	103.3

注：1 月基期 100%。

问题

在下表中填写出各种材料每月的调差额。

表 3.1.54

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
	800	1000	300	500	800	1500	3500	6000	8000	5000	2000	1000
钢材	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-28	-14
地材	—	—	—	—	—	31.2	189.7	325.2	700	437.5	208.4	104.2
水泥	—	—	—	—	—	—	22.89	—	—	—	—	—

解题思路

本题主要考核价格调值公式。

参考答案

(1) 钢材：依据合同约定“对施工期间（基期为 1 月）材料变化幅度不超过 $\pm 5\%$ 的不予调差”，不调差范围为 95%~105%，故 1—10 月钢材不调差。

$$11 \text{ 月: } \Delta P = P_0 \times B_{11} \times [(F_{111}/F_{011}) - 1] = 2000 \times 25\% \times (0.944 - 1) = -28 \text{ (万元)};$$

$$12 \text{ 月: } \Delta P = P_0 \times B_{12} \times [(F_{112}/F_{012}) - 1] = 1000 \times 25\% \times (0.944 - 1) = -14 \text{ (万元)};$$

(2) 地材：依据合同约定“对施工期间（基期为 1 月）材料变化幅度不超过 $\pm 5\%$ 的不予调差”，不调差范围为 95%~105%，故 1—5 月地材不调差。

6月： $\Delta P = P_0 \times B_6 \times [(F_{16}/F_{06}) - 1] = 1500 \times 10\% \times (1.208 - 1) = 31.2$ （万元）；

同理：7月： $3500 \times 10\% \times (1.542 - 1) = 189.7$ 万元；

8月： $6000 \times 10\% \times (1.542 - 1) = 325.2$ 万元；

9月： $8000 \times 10\% \times (1.875 - 1) = 700$ 万元；

10月： $5000 \times 10\% \times (1.875 - 1) = 437.5$ 万元；

11月： $2000 \times 10\% \times (2.042 - 1) = 208.4$ 万元；

12月： $1000 \times 10\% \times (2.042 - 1) = 104.2$ 万元。

(3) 水泥：依据合同约定“对施工期间（基期为1月）材料变化幅度不超过 $\pm 5\%$ 的不予调差”，不调差范围为95%~105%，故1—6月、8—12月水泥不调差。

7月： $\Delta P = P_0 \times B_7 \times [(F_{17}/F_{07}) - 1] = 3500 \times 6\% \times (1.109 - 1) = 22.89$ （万元）。

【案例 36】

某高速公路合同段，开工前承包人提交了总体施工组织计划并通过监理人的批准。

路基填筑到96d后，未施工任何坡面防护工程及排水设施。进入雨季，当地降雨频繁，路基边坡受冲刷严重。6月20日A地点因泥沙冲积淹没了附近水田、鱼塘，承包人在A地赔偿损失10万元，清理泥沙发生费用5万元。B地点因设计疏忽，一处堰塘泄洪水沟被路基截断，未做任何防护排水设计，导致一段路基被水浸泡，边坡滑塌，同时淹没一片花圃，承包人在B地处理边坡滑塌发生费用1万元，赔偿花圃损失5万元。随后监理人下发指令，要求承包人新增修整边坡，修建防护排水设施。为此承包人修整边坡发生费用3万元，修建排水设施发生费用4万元。业主核查后决定增设一处圆管涵并委托设计单位进行了设计补充。设计单位提供的补充图纸按原地面设计，圆管涵主要工程量为：基坑开挖土方 250m^3 、回填土方 150m^3 、圆管涵长50m。雨季结束后承包人按设计单位提供的补充施工图进行了施工。但因此时路基填筑已经完成，施工单位实际发生的涵洞工程数量为：开挖土方 1000m^3 、回填土方 900m^3 、圆管涵长50m。

承包人于6月23日向监理人提交报告，要求补偿费用27万元，理由是：①降雨影响非承包人原因造成；②监理人指令增加临时工程。

问题

1. 承包人的索赔理由成立吗？如果成立，哪些费用可得到补偿？

2. 业主指令增加圆管涵后，承包人提交了变更申请，申请支付的细目为：开挖土方 1000m^3 、结构物回填土方 900m^3 、圆管涵50m。但是监理人认为圆管涵以延米计量，开挖回填等均作为附属工作不另行计量，只给予计量圆管涵50m，是否妥当？如有不妥，请按合理的方式给予计量。

分析要点

本案例主要考核索赔成立的条件与索赔责任的划分，以及变更费用的确定。

参考答案

问题 1

承包人索赔的理由部分成立，可以批准的索赔金额为13万元。

(1) 降雨是季节性的自然现象，作为有经验的承包人应在雨季到来之前妥善安排雨季施工措施，结合永久性工程做好必要的临时性防护及排水工程，切实保证工程安全。由于承包人未能切实做好相关措施导致的一切损失由承包人承担。监理人指令增加临时防护排水工程是为了更好地保护已完成的工程，避免更大损失，不能作为索赔依据。故A处索赔不成立。

(2) B地由于设计不完善造成积水，引起工程损失和周边财产损失，不是承包人的责任。根据合同通用条款，损失应由业主承担。因此，B处索赔成立。补偿费用包括处理边坡滑塌发生费用1万元、赔偿花圃损失5万元、修整边坡3万元、修建防护排水设施费用4万元，合计13万元。

问题 2

只给予计量圆管涵 50m 不妥。合同虽规定圆管涵以延米计量，附属工作不另计，但该规则适用于正常施工条件下同步修建涵洞的情形。本项目因设计遗漏，在已填筑完成的路基上增设涵洞，导致实际开挖 1000m³、回填 900m³，远超设计数量（250m³、150m³），且涉及已建路基的拆除与重建，施工条件发生本质变化。此类情况应视为实质性变更，原综合单价不再适用。应将增设涵洞作为变更项目，对实际发生的开挖、回填、拆除等工程量重新组价并予以计量。

【案例 37】

某公路项目合同条款规定，变更工程单价的确定原则：已标价工程量清单中有适用于变更工作子目的，采用该子目的单价；已标价工程量清单中无适用于变更工作的子目，但有类似子目的，可在合理范围内参照类似子目的单价确定变更工作的单价；已标价工程量清单中无适用或类似子目的单价，应重新组价。施工中因实际情况需要，变更增加平交口接线 25cm 厚水泥混凝土路面。在合同工程量清单中，有隧道内 25cm 厚水泥混凝土路面子目，清单单价为 132 元 /m²，承包人以此向监理人提出，按合同条款约定，接线 25cm 厚水泥混凝土路面单价应直接套用隧道内 25cm 厚水泥混凝土路面清单单价作为变更单价。

问题

请问承包人的要求是否合理？如果不合理，该如何确定接线 25cm 厚水泥混凝土路面的清单单价？

分析要点

直接或间接套用相似工程单价，是确定工程变更单价常用的方法，本案例虽同为 25cm 厚水泥混凝土路面，但隧道洞内与洞外施工存在人工、机械消耗上的差异，因此不能直接套用洞内清单子目单价。

参考答案

承包人的要求不合理。因为虽然同为 25cm 厚水泥混凝土路面，但洞内、外施工工效存在一定的差异，所以洞外不应直接套用洞内工程清单子目单价。

接线 25cm 厚混凝土路面清单子目单价应采用类似单价方法确定，即洞内子目单价减洞内外的差价即可。洞内外差价计算见下表（差价应为表中定额单价之和）。

表 3.1.55

序号	工程细目名称	单位	工程量	定额代号	取费类别	定额调整
1	洞内混凝土路面 25cm 厚	1000m ²	0.001	2-2-17-5	路面	人工、机械、小型机具 乘以 1.26
2	洞外混凝土路面 25cm 厚	1000m ²	-0.001	2-2-17-5	路面	

参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程项目概算预算编制办法: JTG 3830—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [2] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程项目投资估算编制办法: JTG 3820—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [3] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程估算指标: JTG/T 3821—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程概算定额: JTG/T 3831—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [5] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程预算定额: JTG/T 3832—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [6] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程机械台班费用定额: JTG/T 3833—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [7] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程项目造价文件管理导则: JTG 3810—2017[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [8] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程标准施工招标文件(2018年版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [9] 云南省市场监督管理局. 云南省地方标准 公路工程工程量标准清单及计量规范: DB 5/T 1362—2025[S]. 昆明: 云南科技出版社, 2025.
- [10] 云南省交通运输厅. 云南省公路工程项目估算概算预算编制办法补充规定: 云交建设〔2019〕34号[S]. 2019.
- [11] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程技术标准: JTG B01—2014[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [12] 中华人民共和国交通运输部. 公路路线设计规范: JTG D20—2017[S]. 北京: 人民交通出版社, 2017.
- [13] 中华人民共和国交通运输部. 公路路基设计技术规范: JTG D30—2015[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [14] 中华人民共和国交通运输部. 公路滑坡防治设计规范: JTG/T 3334—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.

- [15] 中华人民共和国交通运输部.公路土工试验规程: JTG 3430—2020 [S].北京:人民交通出版社,2020.
- [16] 中华人民共和国交通运输部.公路水泥混凝土路面设计规范: JTG D40—2011 [S].北京:人民交通出版社,2011.
- [17] 中华人民共和国交通运输部.公路沥青路面设计规范: JTG D50—2017 [S].北京:人民交通出版社,2017.
- [18] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道设计规范(第一册 土建工程): JTG 3370.1—2018 [S].北京:人民交通出版社,2018.
- [19] 中华人民共和国交通运输部.公路路基施工技术规范: JTG/T 3610—2019 [S].北京:人民交通出版社,2019.
- [20] 中华人民共和国交通运输部.公路路面基层施工技术细则: JTG/T F20—2015 [S].北京:人民交通出版社,2015.
- [21] 中华人民共和国交通运输部.公路水泥混凝土路面施工技术细则: JTG/T F30—2014 [S].北京:人民交通出版社,2014.
- [22] 中华人民共和国交通运输部.公路桥涵施工技术规范: JTG 3650—2020 [S].北京:人民交通出版社,2020.
- [23] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道施工技术规范: JTG 3660—2020 [S].北京:人民交通出版社,2020.
- [24] 中华人民共和国交通运输部.公路交通安全设施施工技术规范: JTG/T 3671—2021 [S].北京:人民交通出版社,2021.
- [25] 中华人民共和国交通运输部.公路养护技术标准: JTG 5110—2023 [S].北京:人民交通出版社,2023.
- [26] 中华人民共和国交通运输部.公路技术状况评定标准: JTG 5210—2018 [S].北京:人民交通出版社,2018.
- [27] 中华人民共和国交通运输部.公路路基养护技术规范: JTG 5150—2020 [S].北京:人民交通出版社,2020.
- [28] 中华人民共和国交通运输部.公路沥青路面养护技术规范: JTG/T 5142—2019 [S].北京:人民交通出版社,2021.
- [29] 中华人民共和国交通运输部.公路水泥混凝土路面养护技术规范: JTJ 073.1—2001 [S].北京:人民交通出版社,2001.
- [30] 中华人民共和国交通运输部.公路桥涵养护规范: JTG 5120—2021 [S].北京:人民交通出版社,2021.
- [31] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道养护技术规范: JTG H12—2015 [S].北京:人民交通出版社,2015.

- [32] 国家市场监督管理总局. 国家标准化管理委员会. 道路交通标志和标线第2部分: 道路交通标志: GB 5768.2—2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [33] 国家市场监督管理总局. 国家标准化管理委员会. 道路交通标志和标线第3部分: 道路交通标线: GB 5768.3—2009 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [34] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 混凝土外加剂应用技术规范: GB 50119—2013 [S] 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [35] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 普通混凝土配合比设计规程: JGJ 55—2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [36] 交通运输部职业资格中心. 全国一级造价工程师职业资格考试用书 交通运输工程技术与计量公路篇: 2024年版 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2024.
- [37] 交通运输部职业资格中心. 交通运输工程造价案例分析 公路篇: 2024年版 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2024.
- [38] 交通运输部职业资格中心. 全国二级造价工程师职业资格考试用书 交通运输工程计量与计价实务 公路篇: 2025年版 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2025.
- [39] 江西省综合交通运输发展研究中心. 华东交通大学, 江西省二级造价工程师职业资格考试用书 建设工程计量与计价实务: 交通运输工程 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2023.
- [40] 二级造价工程师资格考试培训教材编审委员会. 建设工程计量与计价实务: 交通运输工程 公路篇 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2020.
- [41] 全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会. 全国一级建造师执业资格考试用书公路工程管理与实务: 2025年版 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2025.

交通运输工程 计价与计量实务 (公路篇)



ISBN 978-7-5587-6881-1



9 787558 768811 >

ISBN 978-7-5587-6881-1

定价：90.00元