

山区高速公路勘察设计规范

Specification for investigation and design of expressways
in mountainous area

2013 - 10 - 14 发布

2013 - 11 - 14 实施

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则进行起草。

本标准由浙江省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：浙江省交通规划设计研究院

本标准主要起草人：桂炎德、楼晓寅、李伟平、郑东宁、孙章校、吴宝兴、雷崇书、陈建荣、彭丁茂、施兹国、贺建光、毛松根、陈侃福、张仁根、陈 鹏、王一斌、邵坚达、李 杰、曹怡春、袁迎捷、俞红光、金慧珍、赵长军、吴小平。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

山区高速公路勘察设计规范

1 范围

本标准规定了浙江省山区高速公路主要专业的勘察设计原则、方法和相关技术要求。

本标准包括工程勘察、工程勘测及外业调查、设计等工作内容，涵盖了路线、路基路面、桥涵、隧道及隧道机电、道路监控、环保绿化等专业勘察设计的具体要求。

本标准适用于浙江省新建山区高速公路项目的勘察设计。改建或扩建山区高速公路项目可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50086 锚杆喷射混凝土支护技术规范
- GB 50108 地下工程防水技术规范
- GB 50373 通信管道与通道工程设计规范
- GB 50374 通信管道工程施工及验收规范
- GB/T 24721.2 公路用玻璃纤维增强塑料产品 第2部分：管箱
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG B04 公路环境保护设计规范
- JTG C10 公路勘测规范
- JTG C20 公路工程地质勘察规范
- JTG C30 公路工程水文勘测设计规范
- JTG D20 公路路线设计规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG D61 公路圬工桥涵设计规范
- JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG D63 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG D70 公路隧道设计规范

JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范
JTG D81 公路交通安全设施设计规范
JTG F10 公路路基施工技术规范
JTG F60 公路隧道施工技术规范
JTG/T B05 公路项目安全性评价指南
JTG/T B07-01 公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范
JTG/T C10 公路勘测细则
JTG/T D65-01 公路斜拉桥设计细则
JTG/T D71 公路隧道交通工程设计规范
JTG/T D81 公路交通安全设施设计细则
JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
JT/T496 公路地下通信管道高密度聚乙烯硅芯塑料管
DB33/ 704 高速公路交通安全设施设计规范
DB33/T 1065 工程建设岩土工程勘察规范
DB33/T 836 公路水泥稳定碎石基层振动成型施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

山区高速公路 *expressway in mountainous terrain*

在山岭区和重丘区地形条件下建造的高速公路。

3.2

综合勘察方法 *comprehensive investigation method*

根据场地的地质条件，采用遥感、工程地质调查与测绘、物探、钻探、槽探、原位测试与室内试验等多种勘察手段相结合的勘察方法。

3.3

动态勘察设计 *dynamic exploration and design*

结合施工过程中的反馈信息和检测资料，对勘察和设计参数及设计方案进行验证和优化。

3.4

长上(下)纵坡 *long up(down) longitudinal gradient*

连续纵坡大于2%，或平均纵坡大于2.5%，且长度大于5000m的路段。

3.5

长陡纵坡 long and steep longitudinal gradient

平均纵坡大于3%，且长度大于2000m的路段。

3.6

长直线 longstraight line

平面线形长于2000m的直线。

3.7

小半径平曲线 small radius of horizontal curve

小于《公路路线设计规范》中最小半径一般值的圆曲线。

3.8

运行速度 operating speed

运行速度是观测到的驾驶员在天气良好、自由流情况下的车辆行驶速度，通常采用V85速度。

3.9

应急避险车道 emergency lane

在连续长、陡下坡路段右侧，为失控车辆提供应急、强制减速停车而设置的车道。

3.10

生态挡土墙 ecological retaining wall

墙面同步实现水土保持和生态植被的挡土墙。

3.11

路侧净区 roadside safety zone

在低填和浅挖的缓坡路段，为驶离路面的过错车辆而提供的无障碍区域。

3.12

高路堤 high-embankment

填方边坡高度大于20m的路堤。

3.13

高边坡 high-cutting

挖方边坡高度土质路段大于15m、岩质路段大于30m的边坡。

3.14

高挡墙 high-retaining wall

高度大于8m的挡墙。

3.15

高架桥 viaduct

当路线跨越山谷、穿越村庄、工业区，或沿山坡布线因坡陡、路基太高等必须采用以桥代路方式通过时所设置的桥梁。

3.16

隧道群 tunnel group

相邻隧道洞口之间的距离较近，在勘察测量、平纵设计、通风设计及照明设计等方面必须考虑相互之间影响的多座隧道的总称。

3.17

偏压隧道 unsymmetrical pressure tunnel

作用于隧道结构上的压力不对称的隧道。

3.18

单压明洞 single pressure open tunnel

地面横坡陡，山体外侧不能进行反压回填的明洞。

3.19

偏压明洞 unsymmetrical pressure open tunnel

地面横坡较陡，山体外侧采用回填反压的明洞。

3.20

微开挖洞口 slightly-excavated portal

洞口边、仰坡暴露面很小，最大程度保护山体原始地貌，尽量“趋于零开挖”暗挖进洞的洞口。

3.21

服务区 service area

为基本满足道路使用者和车辆需求而提供的服务设施，应具备停车场、公共厕所、休息区、餐厅、加油站、小型超市及汽车修理区等设施。

3.22

停车区 rest area

为基本满足解除驾驶员疲劳和紧张需求而提供的服务设施，一般具备停车场、公共厕所、加油站(含便利店)、简易休息区等设施。

3.23

中水回用 water reuse

将公路沿线设施(如沐浴、盥洗、厨房、厕所等)的废(污)水集中处理后,达到一定的标准后作为再生资源,回用于沿线设施的绿化浇灌、车辆冲洗、道路冲洗、便器冲洗等,达到节约用水的目的。

4 基本规定

- 4.1 应执行政府主管部门的审批意见,广泛征询沿线建设规划、交通、环保、水利、国土、农林、文物、电力等职能部门的意见,并按照相关专题报告的审查批复意见开展环保、水保、抗震和防灾等方面的勘察设计工作。
- 4.2 路线设计应灵活运用技术指标,合理确定线位走向,局部线位应进行多方案比选。充分利用荒山、荒坡地、废弃地、劣质地,尽量实现路线平、纵线位与地形的最佳拟合,最大程度节约土地资源、保护耕地,减少拆迁及工程量。
- 4.3 应认真做好工程地质、水文、气象等基础资料的收集、调查和分析工作;重视通道、涵洞等小型结构物的外业调查以及取弃土场、筑路材料等的调查、试验工作。
- 4.4 应采用综合勘察方法,加强各勘察手段间的对比、验证工作。
- 4.5 对高填深挖、特殊性岩土和不良地质路基路段应加强工点设计;结合施工过程中的反馈信息和监测资料,对勘察和设计参数及设计方案进行验证和优化,进行动态勘察设计。
- 4.6 初步设计阶段应对重点路段及重要结构物的典型设计方案进行充分比选和论证。
- 4.7 各专业应重视公路建设与沿线自然环境、生态环境、人文环境的整体协调性,加强沿线人文题材的挖掘和利用。
- 4.8 应重视总体设计,做好各分项专业间的协调、衔接工作。
- 4.9 分期修建或分步实施的工程,应在初步设计阶段拟定分期修建或分步实施的方案,必要时进行比选论证。
- 4.10 提倡采用适用的新技术、新材料、新工艺、新设备,注重节能减排与环保。
- 4.11 总体设计单位应加强与其他勘察设计单位的协调、统一与衔接。

5 工程地质勘察

5.1 一般规定

- 5.1.1 工程地质勘察应按《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)、《公路路基设计规范》(JTG D30)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63)、《公路隧道设计规范》(JTG D70)等相关规范和本规范的要求进行。各勘察阶段的工作内容和深度应与各设计阶段的要求相适应。
- 5.1.2 工程地质勘察应分阶段进行。地质条件复杂或有特殊要求的工程,宜进行专项勘察。对岩溶等复杂地质路段,可在施工阶段补充必要的勘察工作。
- 5.1.3 初步设计阶段工程地质勘察应在工可勘察的基础上,基本查明场地的地质环境条件、各类构筑物的工程地质和水文地质条件及不良地质、特殊性岩土,为路线、路基、桥梁、隧道、互通等方案的选择提供必要的地质依据,为初步设计提供工程地质资料。
- 5.1.4 施工图设计阶段工程地质勘察应在初步设计勘察的基础上,查明路基、桥梁、通道、涵洞、隧道、互通等构筑物的工程地质条件及必要的地质参数;查明不良地质、特殊性岩土的分布范围、性质并提出处理措施的建议,为施工图设计提供工程地质资料。
- 5.1.5 勘察前应充分收集、分析自然地理、地质环境及地质灾害等资料,判断场地工程地质条件的复杂程度;结合工程项目特点等情况,分析勘察重点和难点,场地条件复杂时进行现场踏勘,在此基础上编制勘察大纲和事先指导书,合理安排各阶段勘察工作。

5.1.6 应根据地质环境条件、勘察阶段和工程设计要求，合理选择多种勘察方法进行综合勘察，充分利用遥感、物探等技术手段，加强各种勘察成果的比对和验证。

5.1.7 应进行动态勘察，及时汇总分析勘察资料，评价各种勘察方法的有效性，并结合设计方案的变化，对勘察方法和工作量进行必要的调整。

5.1.8 服务区、收费站等沿线设施的勘察应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的规定，需单独编制岩土工程勘察报告。

5.1.9 应加强勘察过程控制，重视勘察外业现场管理和资料验收等工作，确保勘察资料的真实性、完整性和准确性。

5.1.10 工程地质层组的划分可参考《工程建设岩土工程勘察规范》（DB33/T 1065）相关规定。

5.2 综合勘察方法

5.2.1 应根据场地工程地质条件、勘察阶段合理采用遥感、工程地质调绘、钻探、物探、挖探(槽、坑)、螺旋钻、原位测试与室内试验相结合的综合勘察方法。各阶段不同构筑物可选的勘探方法见表1。

表1 不同设计阶段综合勘察方法

勘察方法 设计阶段		遥感	工程地质 调绘	钻探	物探	挖探(槽、坑)、 螺旋钻	原位测 试	室内试验
初步设计 阶段	路线	☆	☆	△	△	△	△	△
	路堤		☆	△	△	☆	△	☆
	路堑		☆	☆	△	△	△	☆
	桥梁		☆	☆	△	△	☆	☆
	隧道	○	☆	☆	△	△	☆	☆
施工图 设计阶段	路堤		△	☆	△	☆	☆	☆
	路堑		☆	☆	△	☆	☆	☆
	桥梁		△	☆	△	○	☆	☆
	隧道		☆	☆	△	○	☆	☆

注：“☆”为主要方法，“△”为辅助方法，“○”为可选方法。

5.2.2 工程地质调绘宜安排在各阶段勘察工作的初期进行，调绘范围应能满足工程地质分析评价及工程方案比选的要求。勘察过程中，应结合钻探、物探等勘探成果，对调查结果进一步分析核查。初步设计和施工图设计阶段的调查应采用 1:2000 比例尺地形图，必要时采用 1:10000 比例尺进行追索；滑坡等不良地质体必要时采用 1:500 比例尺地形图。

5.2.3 遥感地质解译成果应采用工程地质调绘等方法进行验证。

5.2.4 应根据场地工程地质条件和需要查明的问题，选择适宜的物探方法。物探成果需采用地质调绘、钻探等勘探方法进行验证，验证钻孔应布置在具有代表性的物探异常位置。

5.2.5 勘探点数量、位置和深度应根据《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）的要求，结合工程地质调绘、物探成果及构筑物的具体要求合理确定。

5.2.6 可采用挖探(槽、井)和螺旋钻查明浅部地质条件，勘探点位置应根据工程地质调绘的成果确定。

5.2.7 岩土体原位测试应有一定的数量和代表性。岩质高边坡宜进行钻孔波速测试；隧道钻孔应在路线设计高程以上3倍~5倍洞径范围内进行孔内波速测试，选择代表性岩石试样做岩块测试，获取完整性指标；地质条件复杂的隧道钻孔，应进行全孔波速测试；应在现场对波速测试成果进行复核。

5.2.8 室内土工试验以常规试验为主，厚度较大软土应进行一定数量的特殊试验；对高路堤、陡坡路堤和深路堑等路段可能发生滑动的土层，应获取抗剪强度指标。桥位钻孔岩石试验以饱和单轴抗压强度为主，黏土质岩可做天然单轴抗压强度试验；隧道钻孔岩石试验以密度和饱和单轴抗压强度试验为主，必要时，可做抗剪强度、自由膨胀率和矿物成分分析等试验。

5.3 路线勘察

5.3.1 初步设计阶段路线勘察应为路线及工程设置方案的拟定提供基础资料，勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)有关规定，并应基本查明以下内容：

- a) 地貌异常或地貌发生突变部位的地层岩性、地质构造，异常的成因及对路线方案的影响。
- b) 斜坡厚层松散堆积土的成因、分布性质，对路线方案的影响；
- c) 路线所经区域不良地质和特殊性岩土路段的分布范围、成因、性质及特征，对路线方案、构筑物稳定、工程施工等的影响以及引发地质灾害的可能性，并提出处置建议，对路线方案影响严重路段，应调查分析路线绕避的可能性；
- d) 沉积岩区的地层岩性、地质构造，岩层产状，顺层滑动的可能性；可溶岩区岩溶的发育规律、煤系地层的分布及性质、岩层强度差异等因素对路线方案的影响；
- e) 岩浆岩区的岩性、地质构造及节理裂隙发育情况，花岗岩等酸性熔岩的差异风化，玄武岩台地微地貌特征及岩土体的特性，滑坡、崩塌、危岩、落石等不良地质对路线方案的影响；
- f) 变质岩区的岩性、地质构造和风化层的厚度、性质；高液限土、山间软土的分布和性质及其对路线方案的影响；
- g) 采空区的分布、性质及其对路线方案的影响。

5.3.2 施工图设计阶段应充分利用初勘成果，结合路线方案的调整情况进行，对初勘资料进行复核、补充，查明公路沿线的水文地质、工程地质条件，勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)的有关规定，并查明5.3.1条所规定的内容，为合理确定路线方案和构筑物的位置提供地质资料。

5.4 路基初步设计阶段勘察

5.4.1 勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)有关规定，基本查明路基工程地质条件；重点勘察高路堤、陡坡路堤、深路堑、临水路堤、支挡工程、不良地质及地质条件复杂等路段。

5.4.2 一般路基勘察尚应基本查明以下内容：

- a) 填方路段中狭窄平缓、汇水面积大的沟谷路段的地表水、地下水情况；旱季进行勘察时，应调查分析雨季地表水、地下水的活动特征；
- b) 挖方路段的纵横向地质条件差异及其对边坡稳定性的影响。

5.4.3 特殊路基勘察尚需基本查明以下内容：

- a) 高路堤路段的软弱夹层分布情况及性质；泉水等地下水排泄部位的水文地质条件；附加荷载作用下地基沉降和稳定性；
- b) 陡坡路堤路段的地层结构，沿斜坡或下卧基岩面滑动破坏的可能性；
- c) 深路堑路段坡体结构面产状及组合等影响边坡稳定性的关键因素；
- d) 半填半挖路段斜坡的横向坡度、岩土层结构，斜坡的稳定性及差异沉降的可能性；
- e) 支挡工程基础的地层岩性、地质构造、水文地质条件，纵横向地质条件差异，提供设计所需的岩土物理力学指标及承载力参数；
- f) 临水路堤河流弯道凹岸或径流断面收窄处的工程地质条件，河流冲淤对基础稳定性的影响；

- g) 滑坡、崩塌、岩溶、采空区、泥石流等不良地质和软土、高液限土等特殊岩土分布和性质；
1) 对于现状或潜在滑坡，可根据滑坡类型按表 2 确定勘探方法和勘察内容；

表2 浙江省山区高速公路不同类型滑坡的勘察内容及方法

滑坡类型	勘察内容		勘探方法	备注
	一般	重点		
碎石类土滑坡	气象、水文、地形地貌、地层岩性、构造、滑坡范围、裂缝位置及特征、地表水、地下水、滑坡历史	松散堆积体厚度、性质、基岩面起伏、地下水渗流	调绘、钻探、物探	勘探点、线布置应控制滑坡周界；勘探点(线)应沿滑坡的主滑方向布置，当滑坡的规模大、性质复杂时，宜结合滑坡的稳定性分析和分级、分块、分层情况平行或垂直滑体的滑动方向布置
破碎岩质滑坡(岩质古滑坡、断层破碎带滑坡、地层接触破碎带滑坡)		断层分布及性质，不利结构面组合	调绘、钻探、物探、槽探	
岩质顺层滑坡		岩层倾向与坡面的关系，岩层组合情况，软弱夹层分布，地下水渗流	调绘、钻探、槽探	

- 2) 崩塌基本特征及地质环境条件，崩塌发生、发展的历史，分析崩塌成因机制、稳定程度及崩塌对工程的影响；
- 3) 岩溶的类型、规模、形态特征、覆盖层情况及地下水位埋深、变动情况；隐伏型岩溶区土洞的发育规律和规模大小；分析岩溶塌陷的可能性，评价路基稳定性；
- 4) 采空区的类型、空间分布，分析其对路基的影响；
- 5) 泥石流的物质来源、汇水面积、地形变化及其水文条件，泥石流发生的历史及其对工程的影响；
- 6) 软土的分布范围、厚度、成因、物理力学性质与水理性质，对路基沉降和滑移的影响；
- 7) 高液限土的分布范围、成因、物理力学性质与水理性质及地表水、地下水补给、径流和排泄条件，分析其对路基基础和边坡稳定性的影响。

5.4.4 勘探工作量应符合下列规定：

- a) 工程地质条件简单时，一般路基勘探测试点的数量每公里不得少于 2 个，工程地质条件较复杂或复杂时，应根据场地条件针对性增加勘探点数量；勘探深度小时，可选择槽探、螺旋钻等简易勘探方法；深部地质条件复杂，对路基有影响时，可采用静力触探、钻探、物探等进行综合勘察；
- b) 应根据现场地形、地质条件选择代表性位置布置横向勘探断面，每段高路堤的横向勘探断面数量不得少于 1 条；每条勘探横断面上的钻孔数量不得少于 1 个；勘探深度宜至持力层或岩面以下不小于 3 m，并满足沉降稳定计算要求；对地形、地质条件复杂的高路堤宜加密勘探断面；
- c) 陡坡路堤应选择代表性位置布置横向勘探断面，每段陡坡路堤横向勘探断面数量不得少于 1 条；横断面上勘探点数量不宜少于 2 个；宜采用挖探（槽、坑）、物探、钻探等勘探方法，勘探深度应至持力层或稳定的基岩面以下不少于 3 m；
- d) 深路堑应根据现场地形、地质条件选择代表性位置布置横向勘探断面，每段深路堑横向勘探断面的数量不得少于 1 条；每条横断面上勘探点数量不宜少于 2 个，宜采用挖探、钻探、物探等进行综合勘探；控制性钻孔深度应至设计高程以下稳定地层中不少于 3m；
- e) 路堑勘探孔一般应布置在路基范围开挖高度最大的断面；断裂发育时，勘探孔应布置在开挖高度较大且断裂影响强烈的部位；不良地质发育的路堑，勘探孔应能控制不良地质体的边界；

- f) 路堑物探一般应沿纵、横方向布置代表性断面；受构造控制的边坡，测线应垂直构造方向布置；
- g) 支挡工程的承重部位，应采用挖探、钻探进行勘探，勘探点的数量不得少于 1 个；地质条件变化大时，宜结合物探进行综合勘探，勘探深度应达持力层以下稳定地层中不少于 3 m；地质条件复杂、需进行稳定性分析计算的支挡路段，每条横向勘探断面上勘探点数量不应少于 2 个，勘探深度应穿过滑动面至其下的稳定地层中不少于 1 m；
- h) 岩溶路段的路基，应在工程地质调绘的基础上，结合地质条件开展必要的综合物探，并通过钻孔对代表性物探异常进行验证，勘探钻孔平均间距宜小于 200 m；岩溶复杂路段，应根据现场情况增加钻孔。填方路基钻孔深度不宜小于 20 m，挖方路基钻孔深度基底以下不小于 10 m；勘探深度内遇基岩应在完整基岩内钻进不小于 5 m，在该深度内遇有溶洞时，应钻至溶洞底板以下完整基岩内不小于 3 m；
- i) 对路基有影响的滑坡、崩塌等不良地质地段，宜采用物探、挖探（槽、坑）、钻探等进行综合勘探。勘探点的数量和位置应在工程地质调绘的基础上，根据滑坡、崩塌的类型、规模、复杂程度，结合处治方案设计确定，勘探点、线的布置应能控制滑坡、崩塌等不良地质的周界。

5.5 路基施工图设计阶段勘察

5.5.1 应根据路基设计情况，详细复核分析初步设计阶段的调绘和勘探成果，补充必要的工程地质调绘和勘探工作量，查明各填方、挖方路段的工程地质条件；勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)有关规定，并查明本规范第 5.4.2~5.4.3 条的内容。

5.5.2 施工图勘察量尚应符合下列规定：

- a) 一般路基勘探点宜沿确定的路线中心布置，每段填、挖路基勘探点的数量不得少于 1 个；地质条件变化大时，应增加勘探点数量；
- b) 高路堤、陡坡路堤、深路堑及地质条件复杂路段，应复核初勘勘探工作量，分析横向、纵向地质条件变化，地质条件变化大时，应增加横向勘探断面。勘探深度应符合 5.4.4 条的有关规定；
- c) 岩溶路段，补充必要的综合物探，加密钻孔进行验证；分析水位变动及与可溶岩岩面的关系；统计钻孔岩溶率、遇洞率，根据岩溶发育程度分段评价岩溶对路基的影响，提出处治措施的建议。勘探深度应符合 5.4.4 条 h) 项的规定；
- d) 滑坡、崩塌、泥石流等不良地质和软土、高液限土等特殊岩土路段，应结合初拟处治方案，确定勘探点的数量和位置。

5.6 桥梁、通道及涵洞初步设计阶段勘察

5.6.1 勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)有关规定，基本查明桥梁、通道及涵洞的工程地质条件。

5.6.2 桥梁勘察尚应基本查明以下内容：

- a) 半桥半路路段路基侧的稳定性，分析施工及运营过程中路基稳定性及其对桥墩的影响；
- b) 附近有居民利用地下水的桥址处含水层性质及补给、径流、排泄条件，分析不同施工方法对地下水的影响和长期利用地下水对结构物的影响。

5.6.3 桥梁勘探工作量布置尚应符合下列规定：

- a) 应在工程地质调绘的基础上，根据工程地质条件复杂程度及桥梁基础类型对地基的要求布置勘探工作量；
- b) 勘探点数量和深度应能控制地层、断裂等重要的地质界线和桥位的工程地质条件。基岩裸露、岩体完整、岩质新鲜、无不良地质发育时，可通过工程地质调绘基本查明工程地质条件；
- c) 地层结构复杂、岩溶发育、滑坡、崩塌、构造影响强烈或基岩起伏强烈等路段，应进行综合物探；

- d) 钻孔可沿桥梁轴线或在其两侧交错布置,已布置物探工作的,钻探应结合物探资料针对性布设;
- e) 大跨径桥梁及锚锭基础,应采用综合勘察方法,并根据结构物及其基础形式的要求合理确定钻孔的数量、位置;
- f) 桥梁基础置于覆盖层内时,勘探深度应至持力层或桩端以下不小于5m,在此深度内遇有软弱地层发育时,应穿过软弱地层至硬层内不小于1m;基础置于基岩时,勘探深度应至中风化基岩内不小于8m或微风化5m,遇有断层破碎带时,宜穿过破碎带,进入完整基岩内不小于5m;采用桩基础时钻孔深度不宜小于15m,斜坡路段横向变化大时,斜坡钻孔的深度应满足桥墩桩受力和抗倾覆要求;
- g) 岩溶区应在地质调绘的基础上,沿桥轴线及墩台位置布置物探断面,在主墩、主塔、高墩、桥台及物探异常部位布置钻孔;可溶岩区钻孔如未遇溶洞,勘探深度应至完整基岩内8m~10m,在该深度内遇岩溶洞穴时,勘探深度应至洞穴底板以下完整基岩中6m~10m。

5.6.4 通道、涵洞勘探工作量布置应符合下列规定:

- a) 箱式通道、涵洞可采用工程地质调绘、挖探(槽、坑)、螺旋钻、钻探、静力触探等方法进行;
- b) 箱式通道、涵洞勘探点的数量和位置可根据场地地质条件、路基的填筑高度等确定,地质条件相同的工点可作代表性勘探;
- c) 箱式通道、涵洞勘探深度根据岩土类别和结构物要求结合沉降稳定计算深度确定;
- d) 桥式通道的勘察按照5.6.3条执行。

5.7 桥梁、通道及涵洞施工图设计阶段勘察

5.7.1 应复核初勘成果资料,根据现场地形地质条件和桥型、桥跨、基础类型以及通道、涵洞的形式制定勘察方案,查明工程地质条件,勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTJ C20)有关规定,并查明本规范第5.6.2条所列的内容。

5.7.2 勘察工作量应符合下列规定:

- a) 桥梁、桥式通道勘探孔深度应至桩端或基础底面以下5m。桩端或基础底面下有软弱地层分布时,勘探孔应根据软弱层的分布及构筑物要求适当加深;
- b) 岩溶区桥梁勘探每个墩台钻孔数量不应少于2个,勘探深度应至桩端以下完整基岩内6m~10m。必要时,根据地质条件补充物探横断面;岩溶发育复杂的桥位,应在桩位确定后进行专项逐桩勘察;
- c) 箱式通道、涵洞每处勘探点不少于1个。勘探深度按照5.6.4条c)项执行。

5.8 隧道初步设计阶段勘察

5.8.1 勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》(JTJ C20)有关规定,基本查明隧道工程地质条件;应根据隧址地形地质条件,结合隧道的设计方案,确定勘察的范围、内容、重点和适宜的勘察方法,地质条件复杂或较复杂时,应进行综合勘探。

5.8.2 隧道勘察尚应基本查明下列内容:

- a) 煤系地层中煤层的分布、产状、性质、厚度、有害气体及地下水等;煤层对隧道围岩稳定性的影响;
- b) 软硬互层的围岩中软岩的分布、性质、层理产状及其对隧道的影响;
- c) 花岗岩的差异风化及水文地质条件对隧道的影响;
- d) 硬质岩完整性较差处洞口崩塌、危岩的分布及其对隧道洞口的影响;
- e) 长大深埋隧道发生岩爆的可能性及对隧道围岩稳定性的影响;
- f) 隧址附近的水库、溪流、泉水等地表水及地下水的情况,水体与隧道之间的水力联系,长大隧道、水文地质条件复杂隧道的水文地质参数;

g) 垭口等低洼部位的地表水、地下水情况及其对隧道边仰坡稳定性的影响。

5.8.3 隧道勘察工作量尚应符合下列规定：

- a) 应加强工程地质调绘工作，充分利用各种露头条件；调查范围应能控制隧道纵横方向的地质条件；
- b) 隧道勘探应以钻探为主，结合必要的物探、挖探等方法进行综合勘察；勘探点的数量、勘探深度应能控制重要的地质界线和评价隧址工程地质、水文地质、不良地质条件；当短隧道隧址地层单一、露头清晰、构造简单，通过工程地质调绘能够满足设计要求时，可不进行勘探；
- c) 钻孔宜沿隧道中心线，并在洞壁外侧不小于 5 m 处布置，钻探结束后应及时封孔；
- d) 勘探深度应至路线设计高程以下不小于 5 m，遇采空区、地下暗河等不良地质时，勘探深度应至稳定底板以下不小于 8 m；
- e) 物探勘探线应根据工程地质调绘成果，在地层分界线、断层破碎带、不良地质分布等路段布置；物探勘探的深度应至路线设计高程以下，宜选择有代表性的物探异常位置采用钻探等方法进行验证；
- f) 岩溶区，应结合地质调绘和物探成果，在可溶岩与非可溶岩接触带、含水层、物探异常带、断层破碎带等岩溶发育部位布置钻探，钻孔深度应在隧道底板设计标高以下完整基岩内 5 m~8 m；若遇溶洞，应穿过洞穴，进入稳定基岩 3 m~5 m。

5.9 隧道施工图设计阶段勘察

5.9.1 应根据隧道特点，分析核实初步设计勘察成果，根据现场地形地质条件及水文地质、工程地质评价的要求，补充必要的工程地质调绘工作，加密勘探点，查明隧道区工程地质条件。

5.9.2 勘察工作应符合《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）有关规定，并查明本规范 5.8.2 条中所列内容。勘探要求尚应符合 5.8.3 条中 c)、d)、e)、f) 项的规定。

5.10 初步设计阶段勘察资料分析与报告编制

5.10.1 资料分析与报告编制应符合《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）有关规定，并充分利用勘察取得的各项地质资料，综合分析、评价场地地质条件，完整准确地提供设计所需的相关资料和地质参数，并提出合理建议。

5.10.2 编制工程地质勘察报告所依据的各项原始资料在使用前，均应进行整理、检查分析，确认无误后方可采用。

5.10.3 工程地质勘察报告包括总报告和工点报告，总报告和工点报告均应由文字说明和图表组成，工点报告包括路基、桥梁、通道、互通和隧道工点。

5.10.4 总报告文字说明应包括下列内容：

- a) 前言：任务依据、勘察目的与任务、工程概况、执行的技术标准、收集的资料、勘察方法及勘察工作量布置情况、勘察工作过程等；
- b) 自然地理概况：项目所处的地理位置、气象、水文、地形、地貌等；
- c) 工程地质条件：地层岩性、地质构造、地震、新构造运动、水文地质条件、工程地质分区及路段划分、工程地质层组特征及岩土体物理力学性质、路线工程地质条件，路基、桥梁、通道、涵洞、互通及隧道的工程地质条件，不良地质和特殊性岩土等；
- d) 工程地质评价与建议：路线工程地质条件及方案比较，路基地基基础评价，桥梁、通道、互通基础评价，隧道工程地质条件评价，天然建筑材料，结论与建议等。

5.10.5 总报告图表资料应包括：

- a) 各路线方案工程地质平面图(1: 2 000~1: 10 000)；
- b) 各路线方案工程地质纵断面图(水平 1: 2 000~1: 10 000, 垂直 1: 500)；

- c) 路基工程地质条件分段说明表、路堑边坡说明表、不良地质地段及特殊性岩土一览表、工程地质层组特征一览表、工程地质层组物理力学性质指标统计及承载力参数确定表、水质分析成果表、通道和涵洞地质条件表;
 - d) 勘探孔综合工程地质柱状图;
 - e) 物探勘探成果;
 - f) 照片等影像资料。
- 5.10.6 一般路基可编写路基土路段划分表,分段说明路基工程地质条件;当列表不能说明工程地质条件时,应编写文字说明和图表。
- 5.10.7 高路堤、陡坡路堤、深路堑、支挡工程等殊路基应提供单独的路基工点资料。
- 5.10.8 路基工点资料文字说明应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)中有关规定,并符合下列规定:
- a) 应分析地表水、地下水的特点及其对路基稳定性的影响;
 - b) 高路堤及陡坡路堤应分析评价地基沉降及稳定性;
 - c) 深路堑可结合线路附近现状边坡的稳定性,采用历史成因分析法、工程地质类比法和赤平投影法等方法定性或半定量分析边坡的稳定性;必要时建立合理边坡模型,进行稳定性验算;
 - d) 半填半挖、支挡工程应根据基础横、纵向地质条件的变化,分析可能引起的地基差异沉降对工程的影响;
 - e) 临水路堤应分析地表水流变化对地基的影响,提出处治措施建议;
 - f) 滑坡、崩塌、岩溶、采空区、泥石流等不良地质和软土、高液限土等特殊岩土路段尚应根据其分布及特征,分析评价其对路基稳定性的影响,提出合理的处治措施建议。
- 5.10.9 路基工点图表资料包括:工程地质平面图、工程地质纵断面、代表性横断面、岩土物理力学指标汇总及承载力参数推荐值表。拟设置挡土墙路段,应绘制挡土墙墙址处的工程地质断面图,并分析挡土墙基础的稳定性。
- 5.10.10 桥梁应提供单独的工点资料,包括文字说明和图表资料。
- 5.10.11 桥梁工点文字说明应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)中有关规定,并应符合下列规定:
- a) 说明桥址处的工程地质条件,评价场地建设的适宜性;
 - b) 应对地基基础与边坡稳定性;对桥梁墩(台)基础类型、不良地质与特殊性岩土的防治措施、施工中可能出现的问题,提出合理建议;桥址处水质异常时,应判定水对混凝土的腐蚀性;
 - c) 应分析沉积岩岩性差异对基础的影响;
 - d) 应分析煤层、泥岩等软质岩的分布、性质及其对基础的影响;
 - e) 分析岩溶分布范围、发育形态、规模、溶洞充填等对基础及施工的影响;
 - f) 应分析花岗岩等酸性熔岩可能存在的差异风化和风化面起伏对桥址的影响;
 - g) 桥墩(台)位于斜坡或桥址附近斜坡存在滑坡、崩塌、落石等不良地质时,应分析斜坡的稳定性,评价其对桥墩(台)的影响,对可能出现问题的,应提出合理的处治措施。
- 5.10.12 桥梁工点图表资料应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)中有关规定,并应符合下列规定:
- a) 图表资料应包括工程地质平面图、工程地质纵断面、代表性横断面、岩土物理力学指标和承载力参数;
 - b) 沉积岩区,应根据地质调绘的岩层产状绘制纵断面,宜全断面标识。
- 5.10.13 通道、涵洞初勘可列表说明工点工程地质条件,当列表不能说明时,应编写文字说明和图表。
- 5.10.14 互通工点资料包括文字说明和图表,应符合以下规定:
- a) 文字说明应说明互通区工程地质条件及不良地质,对路基、桥梁地基基础进行岩土工程评价;

- b) 图表资料应包括互通区工程地质平面图、主线和匝道工程地质纵断面图、岩土物理力学指标和承载力参数表；
- c) 互通区路基工点应符合《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）有关规定，综合分析各个匝道处路基工程地质条件；
- d) 互通区桥梁工点应符合《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）有关规定。

5.10.15 隧道应按工点编制文字说明和图表。

5.10.16 隧道工点文字说明应符合《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）有关规定，并应符合下列规定：

- a) 应根据隧道围岩的强度、变形性、裂隙发育情况、岩土体完整程度、抗风化情况、弹性波速以及水文地质条件，充分考虑区域地质条件，利用综合勘察成果，定性结合定量分段确定隧道的围岩级别；
- b) 软硬互层的围岩，应根据软岩性质、分布及与洞轴线的关系，分析软岩对隧道的影响；定量计算岩体的基本质量指标时，参数选择要充分考虑软岩的影响；
- c) 应对长大隧道或水文地质条件复杂隧道进行涌水量预测，可通过类比相似工程、进行水文试验等方法确定涌水量计算参数，选择适宜的预测模型计算隧道涌水量；宜采用多种方法进行预测，以期相互印证；
- d) 隧道影响范围内有水库、水塘、泉水等时，应分析是否会引起隧道涌水，并分析隧道开挖对水环境的影响；
- e) 应加强对隧道洞口围岩和边、仰坡稳定性分析；洞口附近有滑坡、崩塌、危岩、落石等不良地质时，应分析其对洞口的影响，并提出合理的处治措施；
- f) 岩溶区应基本查明岩溶的发育程度、分布规律，岩溶含水带的水文地质特征和涌水量大小；分析评价岩溶洞穴的岩溶水对隧道安全和稳定性的影响及在施工和运营时产生的危害；对岩溶洞穴和岩溶水提出处理措施；
- g) 隧址处松散堆积层或风化层厚度大时，应分析隧道穿越地层的承载力及在饱水时的变化，提出处治措施的建议；
- h) 洞口附近地表水发育时，要分析地表水对隧道的影响。

5.10.17 隧道工点图表资料应包括：1:10 000 隧址区域水文地质平面图、1:10 000 隧址区域工程地质平面图，1:2000 工程地质平面图，1:2000 工程地质纵断面图，1:100~1:2000 隧道洞口工程地质平面图，1:100~1:2000 隧道洞口工程地质纵断面图，隧道围岩级别划分表，隧道围岩物理力学指标统计表，水文地质测试资料，照片等。

5.11 施工图设计阶段勘察资料分析与报告编制

5.11.1 应按施工标段编制施工图设计阶段工程地质勘察报告。

5.11.2 报告编制内容应符合 5.10 节相关要求，并应符合下列规定：

- a) 总报告文字说明：应对路线、路基、桥梁、通道、涵洞、互通及隧道的工程地质条件及地基基础进行详细评价，对沿线的不良地质及特殊性岩土进行详细评价并提出处理措施的建议，对施工中可能存在的问题和应注意的事项进行说明；
- b) 总报告图表资料。
 - 1) 全线工程地质平面图(1: 2000)；
 - 2) 全线工程地质纵断面图(水平 1: 2000，垂直 1: 500)。

6 勘测与调查

6.1 一般规定

6.1.1 控制测量及地形测量除应符合《公路勘测规范》(JTG C10)和本规范的规定外,还应符合现行国家测绘部门的有关规定和要求。

6.1.2 初步设计阶段,在选定方案时应对路线的走向、控制点和重要结构物等进行现场核查,并征求沿线地方政府、建设单位及规划、土地、环保等相关部门的意见。应对路线比较方案进行同等深度的测设。

6.1.3 施工图设计阶段,应对初步设计阶段的所有测量资料进行核查和修正。对初测阶段施测的平面、高程控制测量进行全面检查,对地形图及初测收集的资料进行实地核查,并做好补充和完善工作。

6.2 控制测量及地形测量

6.2.1 控制测量桩应采用混凝土桩,尺寸规格应符合《公路勘测规范》(JTG C10)的规定,有特殊要求的控制测量桩(如特大桥梁、特长隧道等),其尺寸规格、形状等应按测绘部门相关规定执行。

6.2.2 平面控制测量应满足以下规定:

- a) 平面控制测量应采用 GPS 测量或导线测量方法;
- b) 路线、特大桥梁及特长隧道的平面控制测量等级的选用,应满足《公路勘测规范》(JTG C10)的规定。

6.2.3 高程控制测量应满足以下规定:

- a) 高程控制测量应采用水准测量或三角高程测量方法;
- b) 同一个公路项目应采用同一个高程系统,并应与相邻项目高程系统相联测;
- c) 各级高程控制测量等级的选用,应满足《公路勘测规范》(JTG C10)的规定。

6.2.4 地形图测绘应满足以下规定:

- a) 测图比例尺应根据设计阶段、工程性质及地形地貌等因素按《公路勘测规范》(JTG C10)的相关规定执行,一般路线平面地形图采用 1:2000,重要工点(如隧道洞口、地形变化大的服务区及收费站场地等)施工图阶段应测绘 1:500~1:1000 的地形图;
- b) 地形图的图式应采用国家测绘局制定的现行地形图图式,对图式中没有规定符号的地物、地貌,应制定补充规定,并应在技术报告中注明;
- c) 地形图测绘可采用电子速测仪机助成图法、航空摄影测量、大平板仪测绘法、经纬仪小平板联测法、GPS-RTK 法等;
- d) 高程标注点地形图上每方格(10 cm×10 cm)不得少于 15 点,要求突出地形特征点,如山脊、山谷线、陡坎、河沟等,梯田或台阶式地形应分块标注其高程;
- e) 文物、古树、铁塔、通讯基站及地下管线等不得遗漏,10 kV 以上的高压线应注明电压值;
- f) 地形图应标示建筑物、独立地物、水系及水工设施、交通设施、境界、植被等各类地物、地貌要素以及各类控制点、地理名称等。地物、地貌各项要素的标示方法和取舍原则应符合国家测绘局制定的现行图式的规定,还应充分考虑公路工程的专业特点,满足工程设计及施工对地形图的需要。

6.2.5 成果验收内容包括:

- a) 地形图测绘应向项目所在地的地市级测绘管理机构备案;
- b) 应对各项外业资料进行检查、复核和签署,对测绘资料进行限差检查并按规定进行计算,对测绘成果进行精度分析和评价;
- c) 对勘测成果,应进行自检、抽检和验收工作;

d) 应按专业分类编绘(制)外业勘测成果图表并编制勘测报告。

6.3 初步设计测量

6.3.1 准备工作内容包括：

- a) 搜集各种比例尺的地形图、航测像片、国家及有关部门设置的平面及高程控制资料；
- b) 搜集沿线自然地理概况、气象、水文、地质、地震等资料；
- c) 搜集农林、水利、铁路、公路、航运、城建、电力、通讯、国土、文物、环保、水保等部门与本项目有关的规划、设计、规定、科研成果等资料；
- d) 根据工可阶段拟定的路线方案，在 1:2000 的地形图上进行选线，并经过现场踏勘后对路线方案进行初步评审，拟定出需勘测的初步方案(含比较方案)及需现场重点研究解决的问题；
- e) 在路线方案初步确定后，应征求项目业主及项目所在地相关部门的意见，进行外部评审；
- f) 根据拟定的初步方案，结合项目特点确定勘测方案；
- g) 根据初步确定的勘测方案编写勘测工作大纲及事先指导书。

6.3.2 路线测量应满足以下规定：

- a) 路线控制桩敷设可采用极坐标法、GPS-RTK 法、交会法等方法；
- b) 控制桩一般路段间距不大于 200 m，在现有公路、铁路、河流两岸及曲线特征点、隧道进出洞口等处均须设置；特殊路段(如重要地物附近、高边坡路段等)应加密路线控制桩；
- c) 控制断面测量应针对现有重要构筑物(如铁路、高速公路、军事设施、重要厂矿企业、油库等)及临崖、高填深挖路段均需进行控制断面测量；
- d) 路线控制桩高程测量宜采用水准仪测量，采用全站仪测量时应进行各项修正，采用 GPS-RTK 方法测量时应进行检测。
- e) 应对文物、古树、铁塔、通讯基站及地下管线等的位置测量其坐标，以便能精确计算其离公路中心线的距离。

6.3.3 路基防护测量应对防护工程的设置条件进行勘测，地质条件特别复杂、防护工程规模较大的工点，应进行纵横断面控制测量。

6.3.4 桥涵测量应满足以下规定：

- a) 小桥及复杂的涵洞，应放桩并实测高程及断面。当地形及水文条件简单时，可在 1:2000 地形图上查取或采用数字地面模型内插获取有关设计参数，但应进行现场校对；
- b) 特大桥、大桥控制测量应布设必要的控制点，并纳入路线控制测量进行施测；
- c) 特大桥、大桥和中桥应实地放出桥梁轴线，并进行纵断面测量；地形条件复杂时，应进行桥梁墩台横断面测量；
- d) 横向纵坡大于 20% 的涵洞，应进行洞口高程测量。

6.3.5 隧道测量应满足以下规定：

- a) 隧道平面和高程控制网应在布设路线控制网时，每端各布设必要的控制点，并纳入路线控制测量进行施测；
- b) 隧道洞口地形图比例尺应为 1:500，测绘范围应满足隧道洞口选择和设置，并考虑辅助工程设置的需要；
- c) 应实地放出隧道洞口附近的中线，并现场核查和测量洞口纵、横控制断面；
- d) 隧道洞身浅埋、偏压段及需要进行地质勘察的路段应进行现场放桩。

6.3.6 路线交叉测量应满足以下规定：

- a) 大型或复杂的交叉应在布设路线控制网时，进行平面和高程的控制测量，并根据需要补测与主线同比例尺的地形图；；
- b) 与公路交叉时，应测量交叉点桩号、高程及交叉角度，被交叉路纵坡、路基及路面宽度；

- c) 与铁路交叉时,应测量交叉点桩号、铁路各轨顶高程及交叉角度,铁路纵坡及路基横断面;
- d) 与管线交叉时,应测量交叉点桩号、交叉角度、交叉点悬高或埋置深度、杆塔高度以及受影响的长度;
- e) 互通匝道间交叉及互通连接线平面交叉,应测量交叉点桩号、交叉角度和地面高程等设计所需的有关数据。

6.3.7 成果验收内容包括:

- a) 应对各项外业资料进行检查、复核和签署,对测绘资料进行限差检查并按规定进行计算,对测绘成果进行精度分析和评价;
- b) 应对勘测成果进行内部自检、抽检和验收工作;
- c) 应按专业分类编绘(制)外业勘测成果图表,并编制勘测报告;
- d) 应按《公路勘测规范》(JTG C10)的要求,提交初测阶段的成果及资料。

6.4 施工图设计测量

6.4.1 准备工作内容包括:

- a) 搜集初步设计审查意见和批复文件,收集并核查勘测及设计等有关资料;
- b) 根据勘测工作内容,结合项目规模、特点和仪器设备等情况,结合初测相关成果拟定施工图设计勘测方案;
- c) 在初测的基础上,对沿线地形、地貌及地物的变化情况进行核查并修测地形图;
- d) 对初测阶段施测的路线平面、高程控制点进行全面检查。当检查成果与初测成果的较差符合限差要求,并且控制点分布满足设计及施工的要求时,可采用原成果;否则应对整个控制网进行复测或重测,并应重新进行平差计算;
- e) 初步拟定路线平、纵面设计及结构物布置方案。

6.4.2 路线测量应满足以下规定:

- a) 路线控制桩敷设可采用极坐标法、GPS-RTK法、交会法等;路线中桩敷设可采用极坐标法、GPS-RTK法、偏角法、支距法等;
- b) 路线中桩敷设:中桩敷设的间距应符合《公路勘测规范》(JTG C10)的有关规定;应在各类特殊地点设加桩,加桩的位置和数量必须满足构造物、沿线设施等专业勘测调查和工程量计算的需要;
- c) 中桩高程测量:路线控制桩高程测量宜采用水准仪测量;采用全站仪测量时应进行各项修正,采用GPS-RTK测量时应进行检测。采用水准仪测量应与路线高程控制点附合;沿线需要特殊控制的构造物、管线、铁路轨顶等,应测出其高程;
- d) 横断面测量:应采用全站仪或GPS-RTK测量,测量宽度应满足路基及排水设计、附属物设置的需要,横断面方向应与路线中线切线垂直。

6.4.3 路基测量应满足以下规定:

- a) 设置防护工程路段,应实地放出挡土墙等构造物轴线,进行高程测量和横断面测量;地质条件特别复杂、防护工程规模较大的工点,应进行控制测量并测绘1:500~1:1000的地形图;
- b) 应实地确定改路、改河、改渠等改移工程的起讫桩号,敷设改移工程的中线桩,并进行纵、横断面测量,改移工程的中线应与路线控制测量联测;
- c) 应对沿线已有的排水设施进行实地调查,包括排水设施的形式、横断面尺寸、加固措施,并测量起讫桩号、长度、进出口位置。需进行特殊设计的集水、排水、输水工程等设施,应实地放出轴线,并进行纵、横断面测量。

6.4.4 桥涵测量应满足以下规定:

- a) 应实地进行形态断面、河床比降和特征水位等测量;

- b) 应实地放出小桥涵中桩，并实测沟渠与路线的交角及桥涵纵断面。地形复杂的小桥涵，应在路线中线两侧或河床两侧各施测断面，其测量范围应能满足涵底纵坡和进出水口设计、布置桥孔、调治防护工程、计算开挖土石方数量等的需要；
- c) 在初测的基础上，对特大桥、大桥及中桥进行详细的调查、测量和水文计算，对初步设计的有关资料进行核查和补充；
- d) 应根据《公路勘测规范》(JTG C10)的规定，建立满足特大桥、大桥控制测量要求的平面和高程控制网；
- e) 应进行桥轴线纵断面和引道测量，测量范围应能满足设计桥梁孔径、桥头引道和调治构造物布置的需要；
- f) 宜在桥位上、下游各选一个断面进行形态断面测量，测量要求与桥轴线测量相同；
- g) 跨越沟谷或沿山坡布置的桥梁，当地面纵、横坡度较大时，应实测桥墩和桥台轴线横断面，肋式桥台或U形桥台应适当加密横断面。

6.4.5 隧道测量应满足以下规定：

- a) 应根据《公路勘测规范》(JTG C10)的规定，建立满足隧道控制测量要求的平面和高程控制网；
- b) 应在洞口位置前后各50m实放中桩，并根据地形变化情况进行加桩，桩距不应大于10m；所有中桩均应进行横断面测量；对洞身浅埋、偏压路段、竖井及斜井洞口位置应适当加桩，并进行控制纵、横断面测量；
- c) 应提交洞口放大纵断面图(1:200)和洞身纵断面图(水平向1:500~1:2000，竖向1:500~1:1000)。

6.4.6 路线交叉测量应满足以下规定：

- a) 互通式立体交叉除应进行主线勘测外，还应进行匝道和连接线测量，其技术要求与路线测量相同；
- b) 应重新测量路线与交叉道路、铁路、管线等的交叉角度、交叉点高程、纵坡坡度等要素。

6.4.7 成果验收内容包括：

- a) 应对各项外业资料进行检查、复核和签署。检查、复核的内容包括测量方法的正确性、计算的准确性、记录的完整性等，检查各项勘测调查项目、内容及详细程度是否满足施工图设计的要求；
- b) 对于向有关部门搜集的资料，应检查、分析其是否齐全、可靠、适用、正确；
- c) 对地形复杂的路段、不良地质路段、大型桥隧以及立体交叉等路段的勘测调查资料，必须进行现场核对；
- d) 应按《公路勘测规范》(JTG C10)的要求，提交定测阶段的成果及资料。

6.5 用地及拆迁调查

6.5.1 用地调查应满足以下规定：

- a) 按占用的用地范围，以行政乡(镇)为单位，进行土地的种类、所有人及使用人、常种作物和近三年产量的调查；
- b) 调查统计独立果树和名贵树木的株数、直径、数量、产量及所有人；
- c) 调查统计地表种植物的种类、数量、产量及所有人。

6.5.2 建筑物及附属物调查应满足以下规定：

- a) 调查拟拆迁建筑物的位置、范围尺寸、结构类型(房屋应注明层数、使用性质)、所有人等情况；
- b) 调查与文物古迹、铁路、水利、军事设施等重要设施发生干扰引起的拆迁工程，应配合业主与其主管部门协商，落实处理方案，提出工程措施；

- c) 调查沿线砍树、挖根、除草的路段范围，并结合工程实施的需要确定工程数量。

6.6 路基、路面及排水调查

6.6.1 应搜集以下基本资料，并进行必要的勘测与实地核查。

- a) 沿线地形、地貌、地质构造、地震基本烈度、水文及水文地质等特征；
- b) 沿线气象资料，包括气温、降水量、雾雪期、冰冻期、无霜期等；
- c) 沿线水系分布基本特征、相互关系及对路基路面的影响；
- d) 沿线农田水利设施的现状、特点、发展规划、农田耕地表土的性质及厚度等对路基的影响；
- e) 路线所在地区的公路自然区划及其特征。

6.6.2 一般路段路基的调查应满足以下规定：

- a) 沿线地表积水、地表径流及地下水等对路基稳定性的影响；
- b) 调查地形地貌特征及山体的稳定性；
- c) 路线附近既有工程的现状及工程开挖边坡坡度、高度及自然山坡的现状；
- d) 根据沿线地形、地质、水文等条件，提出路基填挖方边坡的高度和坡度的建议值。

6.6.3 特殊路段路基的调查应满足以下规定：

- a) 沿河、湖(塘)、海、水库等路段，核实洪水位、潮水位、波浪高，岸、滩的冲刷和淤积情况，并考虑其对路基的影响。调查河面宽度、河床能否压缩及压缩河床后对河流上下游和两岸的影响；对于滞洪区、分洪区，应查明淹没时间、最高洪水位、浪高、洪水流动方向和规律；
- b) 调查高填、深挖及零填零挖路基的位置、地形地貌特征、地质、地下水及山体的稳定性；
- c) 调查特殊地质、不良地质路段的地质特征、地形地貌生成原因、性质、发展规律、影响范围及对路基的影响。

6.6.4 路基防护的调查应满足以下规定：

- a) 调查山坡土体的稳定性，坡面、坡脚受水流冲刷及地下水出露情况，山坡坡面变形特征(包括坡面滑移、剥落、坍塌等)，拟定各路段的防护类型；
- b) 边坡采用生态防护的路段，应调查边坡土质的适种性，适宜种植的草种、树种，种植季节及种植方式；
- c) 设置防护构造物路段，应现场拟定防护工程的位置、起讫桩号、防护长度和型式；并根据设计要求提出地质勘探需做的工作。

6.6.5 路基排水的调查应满足以下规定：

- a) 沿线水系的分布及相互关系，地表水、地下水、裂隙水等的位置、流量、流向，拟定排水设施设置的具体位置、起讫桩号、长度、型式、横断面尺寸、加固措施及进出口位置；
- b) 对通过农田、洼地的路段，应调查地表的积水深度、积水时间，拟定路基排水和加固措施。

6.6.6 路面调查应满足以下规定：

- a) 搜集路面设计重现期内降雨量强度资料，拟定路面排水措施；
- b) 应调查分析区域内已有同类工程的路面结构类型、材料级配组成以及路面使用状况，分析已有同类型工程路面损坏、破坏的原因及机理；
- c) 搜集区域内已建项目的路面混合料试验成果及实际施工混合料配合比的资料；必要时，在施工图设计阶段进行路面混合料试验。

6.6.7 取土(料)调查应满足以下规定：

- a) 调查路侧取土或线外取土坑的位置、土壤种类、工程性质、取土坑(场)表面覆盖物及厚度、取土深度及范围、取土方式、取土季节，估计可取土数量，占地数量及赔偿办法；
- b) 调查沿线可供筑路的工业废渣的工程性质、储量、购买价格、路用价值等；
- c) 调查取土坑(场)、工业废渣料场至上路位置的距离、运输条件等，需修建便桥、便道的长度。

6.6.8 弃土场调查应满足以下规定：

- a) 估算路基开挖产生的弃方数量，选择附近低洼废地、荒地及山地等合适的废弃场地，核实弃方集中堆弃的位置，可堆弃的数量，占地及赔偿办法；
- b) 调查弃方的运输条件、方式及运距，需修建便桥、便道的长度，占地数量及赔偿办法；
- c) 弃土场应进行复耕复绿，堆置弃土后对地表排水、农田灌溉和周围环境的影响及采取的相应工程措施。

6.6.9 沿线筑路材料调查应满足以下规定：

- a) 向当地主管部门调查各种筑路材料产、供、销有关规定，收集现有公路筑路材料使用情况，确定由材料厂（场）家供应或自采加工生产；
- b) 由厂（场）家供应时，应调查其生产的规模与能力、材料品质、位置、供应地点、运距、运输方式和供应价格；
- c) 自采加工时，应调查料场的位置、材料品质、储藏量、成料率；料场覆盖层厚度、种类、开采范围；料场水文地质条件、产状条件和地质条件，地下水深度；开采方式与开采季节；
- d) 调查筑路材料供应范围、上路位置、运输方式及运距，需修建便桥、便道的长度及临时码头等临时工程的数量。

6.7 桥梁、通道及涵洞调查

6.7.1 特大、大、中桥调查应满足以下规定：

- a) 收集桥位区域内水利(包括水库、水闸)、农林、铁路、公路、航道、码头、城建等部门的有关设计和规划的正式书面材料；
- b) 收集桥位附近气象台站最大风速和风向、气温、降水量等资料；
- c) 了解桥位附近管线、水下构筑物的位置及对桥位的影响；
- d) 收集桥位附近水文观测站每年实测的最大流量及相应的水位、流速等资料，现场实测形态断面，调查桥位附近最大洪水位、洪水比降及其发生的年份，调查桥位上游汇水面积；
- e) 对桥位上下游的现有桥梁使用情况进行调查；
- f) 对于山区或山前区河流，应进行漂流物的调查。

6.7.2 小桥涵调查应满足以下规定：

- a) 应搜集沿线有关的水库、水闸、农田排灌等水利工程资料，路线跨过排灌沟渠时，应调查搜集其近期和远期规划的资料；
- b) 应根据所选用的设计流量计算方法进行必要的形态断面、河床比降、特征水位和汇水面积等测量工作；
- c) 对附近的现有小桥涵进行调查，并验证其初定的孔径；
- d) 应征询水利部门及地方意见，并取得初步协议；
- e) 与通道、排水调查人员共同现场商定与之有关的构造物设置位置，并取得当地有关部门的书面协议；
- f) 对于山区或山前区河流，应进行洪水位及冲、漂流物等调查。

6.7.3 通道调查应满足以下规定：

- a) 了解沿线农村道路的现状和发展规划，当前通行的状况、人行通道或机动车通道，通行各种车辆的种类、车型和交通密度；
- b) 现场拟定通道与涵洞的归并方案，并取得当地有关部门的书面协议。

6.7.4 与公路交叉的调查应满足以下规定：

- a) 与干线公路交叉时，应对交叉公路的现状等级、技术状况、交通量组成及增长情况、发展规划等进行调查；

- b) 因修建高速公路而使原有道路位置局部改移的,应取得道路主管部门的书面协议;
- c) 向交通主管部门详细了解路线走向范围内的路网规划,并取得正式书面材料;
- d) 与其他高速公路交叉时,还应详细调查被交叉高速公路的中央分隔带宽度、分隔带内管线布置情况,了解交叉范围内被交叉高速公路的改扩建规划等情况。

6.7.5 与铁路交叉的调查应满足以下规定:

- a) 详细调查铁路的现状,内容包括铁路名称、等级、轨道数、运行情况,铁路交叉里程、平纵面指标、路基宽度、排水条件,铁路沿线专用管线和信号设备等;
- b) 调查既有铁路的远景规划,并拟定交叉点位置、交叉角度及桥型方案,会同业主征得铁路主管部门的书面意见。

6.7.6 改河(沟)、改路调查应满足以下规定:

- a) 调查拟改河(沟)区域的地形、地貌及地质条件,当路线与河(沟)交角小于 45° 或占用河(沟)时,宜考虑改移河(沟)。应现场测量既有河道(沟渠)的纵、横断面,初步拟定改河(沟)的断面、长度及防护型式,会同业主征得河道主管部门的书面意见;
- b) 调查拟改移道路区域的地形、地貌及地质条件,当被交路与主线交角小于 45° 或两相距较近的通道归并时,宜考虑改路。应现场测量既有道路的纵、横断面,调查该道路现有及规划的技术等级及宽度,初步拟定改路方案。等级公路的改移,应会同业主征得公路主管部门的书面意见。

6.8 隧道调查

6.8.1 应收集隧道区的下列资料:

- a) 隧道区的地形、地貌、工程地质、水文地质及自然灾害的种类、性质、规模、危害程度等资料;
- b) 隧道区的气温、降水、风速和风向等气象资料;
- c) 隧道区的地震历史、地震动峰值加速度系数等资料。

6.8.2 收集社会环境、施工条件和邻近既有工程等资料。

- a) 调查隧道场区及邻近地区相关地表水系、地下水露头、涌泉、河流、湖泊、水库、植被、矿产资源以及动植物生态等自然环境状况;
- b) 调查场区内土地使用、水利设施、建筑物、地下管线情况。对需要保护的重要地物,应提出保护方案;
- c) 调查生产生活用水、交通状况、施工和营运期噪声、振动、污水及废气排放等对生态环境的影响;对施工和营运中地下水大量流失可能造成地表沉降、塌陷、地面建筑物破坏、居民生产生活用水枯竭等环境问题的影响程度进行调查和预测;
- d) 调查施工便道、施工场地、拆迁、弃渣场地、供水、供电和通讯条件;建筑材料的来源、品质、数量等。

6.9 互通式立体交叉、服务区调查

6.9.1 互通式立体交叉调查应满足以下规定:

- a) 调查互通式立体交叉设置区域的自然地理情况、工程地质、水文地质及土地资源条件、区域路网现状及发展规划等;
- b) 初步设计阶段,应调查互通式立体交叉所处位置的地名,并核查工可报告提供的转向交通量数据;
- c) 调查被交叉道路的名称、公路等级、里程、修建年份及其在路网中的作用。调查被交叉道路的平纵面线形、横断面、路面结构、路面病害类型及程度、排水及防护工程、公路养护等情况。

6.9.2 服务区调查应满足以下规定:

- a) 调查服务区选址及总体布置的合理性，调查周边自然景观、人文景观、建筑文脉等情况；
- b) 调查服务区周边外部道路情况，包括拟连接道路的宽度、高程及连接服务区场地的长度等；
- c) 调查服务区周边的市政管线（包括给水、排水及污水管线等的管径、压力、标高及接入点的位置）和电力管线（包括电压、接入点的位置、接入长度）布设情况，拟定场地内的永久性管线的分布与走向。

6.10 管线交叉调查

6.10.1 应调查地上管道、线缆等设施的所属单位、位置、架设高度和影响长度，调查线杆或塔架的类型、编号和影响数量等；配合业主与设施主管部门协商，落实处理方案，提出工程措施。

6.10.2 地下管线调查应满足以下规定：

- a) 详细调查路线影响范围内有关管线的布设情况及各种标识、标志、出露点等特征，对管线的类型进行分类统计；
- b) 在实地调查的基础上，对较简单、埋深较浅、地表较疏松的管线，可采用钎探、开挖等方法进一步确认；对较复杂的管线，可根据现场条件，布设纵横若干控制测线进行管线仪及探地雷达探测，或者采用高密度电法等综合勘探方法确定管线位置及深度；
- c) 管线种类较多时，探测前需做有效性和适用性试验，尽量减少信号相互干扰，寻求最佳的探测方法。

6.11 环保、绿化及人文景观调查

6.11.1 根据环评报告及审查批复意见，现场逐一核查需设置环保措施的敏感点，实地调查环保设施设置的起讫桩号及位置。

6.11.2 调查沿线的气象资料，包括年平均气温，年最低和最高气温；持续低温或高温阶段的历时天数、降水分布及降水量、风速、风向等。

6.11.3 调查沿线土层厚度、颜色、质地，土壤结构，地下水位，岩石裸露情况等。调查全线可绿化路段的长度及范围，互通区、分离式隧道路基渐变段、隧道洞口、连接线平交口及服务区、站场等房建区可绿化的面积。

6.11.4 调查公路所经区域的植被类型、林地、草场及农业种植情况，沿线重要节点部位如互通区、隧道洞口周围的现有植物组成及分布情况。

6.11.5 调查当地主要乔木、灌木、花草的种类，分析其生长情况；对现状乔灌木、常绿落叶树、针叶树、阔叶树所占比例进行调查与分析，调查现有有人工草坪和野生草对公路边坡水土保持的作用。

6.11.6 调查所经区域的风俗习惯、基础设施、文物古迹、风景名胜、自然保护区等有价值的景观资源分布情况，沿线所经村镇的分布情况。并提出可供借景设计的景观资源或方案。

7 选线

7.1 一般规定

7.1.1 选线应包括确定路线控制点、走向、路线方案至选定线位的全过程。

7.1.2 路线起讫点、中间控制点应合理确定，并根据公路使用要求全面权衡、分清主次，主要控制点应控制路线基本走向，次要控制点宜服从路线基本走向。

7.1.3 路线方案选择应不遗漏潜在的可比方案，并按设计阶段逐步深化，使路线线位更臻完善。

7.2 选线原则

7.2.1 总体走向应服从国家高速公路网规划和浙江省公路网规划，充分考虑城镇规划与布局、社会和环境等因素。

7.2.2 重视地形选线、地质选线、安全选线、环保选线，选择有利于行车安全、保护环境、少占耕地、节约投资的方案。

7.2.3 应结合地形，顺势布线，灵活运用技术标准，减少高填深挖和对自然环境的破坏。

7.2.4 充分考虑路线与大型构造物的协调性，使大型构造物布设合理、结构安全、施工方便、外形美观。

7.2.5 强调“地质超前”理念，结合沿线地质情况，避开不良地质影响严重的区域。

7.2.6 路线方案优化和比选应贯穿勘察设计全过程，对复杂、困难路段应进行多方案比选。

7.3 地形选线

7.3.1 山区高速公路地形复杂，应根据不同地形条件选择路线方案，并对可能的路线方案进行比选。

7.3.2 微丘地形，应结合地物、挖填平衡等条件选线。布线时，充分利用荒山、荒坡地、废弃地、劣质地，减少对耕地、林地的占用。

7.3.3 傍山地形，应根据路线相对山脚高差、山坡坡度等选线，避免高填深挖。当高差小于 20m 时，可沿山脚布线，以路基为主；当高差大于 20m 时，可沿山坡布线，山坡坡度较缓，宜采用分离式高低路基，山坡坡度较陡，可采用桥梁或路基结合桥、隧的方案。

7.3.4 越岭(山)地形，应根据不同地形、地质条件、地面高差与坡度、越岭山凹宽度等情况选线。

a) 一般地段可选择以下方案：

- 1) 独立的山体或山脊，相对高差大于 50 m，可采用隧道方案，小于 30 m 可采用路基方案，30 m~50 m 应根据开挖边坡高度、造价、视觉效果等进行路基与隧道方案的比选；
- 2) 越岭山凹相对高差小于 40m，可采用路基方案或路基结合桥梁的方案；
- 3) 越岭山坡相对平缓、连续上(下)坡小于 5 000 m、地质条件良好的路段也可采用路基方案或路基结合桥梁的方案。

b) 地形特别复杂地段，应进行路基与隧道方案或长隧道与短隧道结合长上(下)坡方案的比选。

7.3.5 顺直河溪地形，应根据河溪两岸地形、地质条件，现有道路(铁路)状况选线。

- a) 有较宽台地的地段，应在岸坡稳定、相对平缓的河岸一侧选线，在山脚或岸边布线，减少对耕地的占用和分割；
- b) 河谷狭窄，山坡较陡或受现有公路(铁路)影响的地段，宜沿河或沿山坡采用桥梁或路基结合桥梁的方案。

7.3.6 S 型河溪地形，应根据河溪地形、地质条件，村庄分布等情况选线。

- a) 一般地段，宜在岸坡稳定、相对平缓，有利于设置跨河桥梁的河岸布线；
- b) 地形相对开阔、存在冲积台地的地段，宜在台地靠山一侧布线，减少对耕地的占用或分割，若有村庄分布，宜使村庄与河流位于高速公路同侧。

7.3.7 山沟地形，应结合地形、地质、沟谷村庄分布、排水、通道设置等因素选择方案。

- a) 填土高度小于 20 m，能满足排水、通道设置要求的路段，宜沿山沟布线，采用路基方案；
- b) 填土高度 20 m~30 m 的路段，宜沿山沟或山沟一侧布线，并根据占地、拆迁、挖填平衡等情况作路基与桥梁典型方案的比选；
- c) 填土高度大于 30 m 的路段，宜沿山沟一侧布线，采用桥梁或路基结合桥梁的方案；
- d) 不能满足排水、通道设置要求的路段，应沿山沟或山沟一侧布线，采用桥梁方案；
- e) 地形特别复杂路段，应进行多方案比选，择优选择。

7.3.8 鸡爪沟地形，应根据山坡、山沟相对高差、横向坡度、村庄分布等情况选线。

- a) 高山陡坡鸡爪沟地形，应在山脚布线，避免大开挖，减少高边坡；

- b) 低山缓坡鸡爪沟地形，应在地形起伏相对较小的山前区或山脊布线，宜多填少挖，并采用整体式路基，以减少占地和路基工程数量。

7.3.9 山间平地地形，应根据路线与山间平地走向、区域相对高差等因素选线。

- a) 路线走向基本平行于山间平地，宜在平地区域边沿或山脚布线；
- b) 路线走向基本垂直于山间平地，宜在相对高差较小或平地相对较窄的区域布线。对于填土高度小于 15 m 的地段，宜采用路基方案；大于 20 m 的地段，宜采用桥梁方案；15 m~20 m 的地段，应进行路基与桥梁方案的比选。

7.4 地质选线

7.4.1 路线总体走向和局部方案选择应根据区域地质条件、地质灾害发育情况，择优选择方案，尽可能绕避不良地质构造破碎带、滑坡体、崩塌积体、岩溶区、采空区、矿区等。

7.4.2 应充分考虑沉积岩区地层岩性、产状的影响。线位应尽量避免与岩层走向平行，且应尽量选择山坡坡向与岩层倾向相反的山坡布线，以免产生顺层滑坡。

7.4.3 路线布设尽量避免与区域构造破碎带、褶皱轴线平行，难以避让时，尽可能大角度与其相交。

7.4.4 应避让大型古滑坡体和处治困难的滑坡体、崩塌积体。难以避让时，应选择降低坡体稳定性的方案通过。

7.4.5 尽量避让岩溶强烈发育区和大型采空区。难以避让时，通过多种方案比较选择影响最小的方案，对岩溶中等及弱发育区、小型采空区，应根据其分布和埋深情况采取相应的工程措施。

7.4.6 应避让大型矿区，难以避让时，应通过多种方案比较选择影响最小的路线方案。

7.4.7 尽量避让泥石流、膨胀土、高液限土等不良地质与特殊性岩土。难以避让时，采取相应的工程措施。

7.5 安全选线

7.5.1 应选择有利于构筑物安全、施工安全、运营安全的方案。

7.5.2 应在地势相对平坦、视野开阔的走廊带内选线。避免长陡纵坡、长直线接小半径的平曲线，尽量避免高填深挖，注重线形的连续、均衡。

7.5.3 应在地质条件较好、山坡稳定、无严重地质灾害的区域选线。

7.5.4 隧道进出口路段应避免设置小半径平曲线和较大的纵坡。

7.5.5 重要结构物和互通区、服务区、停车区等主要设施，宜在地形开阔、视线良好的路段选线。

7.5.6 路线应避免穿越居住密集区、重要军事设施和易燃易爆高危作业区等。

7.6 环保选线

7.6.1 一般路段选线应尽可能避免高边坡，减少大开挖，保护自然生态环境；复杂路段选线宜进行多方案比较，选择有利于环境保护、对原有自然环境影响较小的方案。

7.6.2 应避让风景名胜區、自然保护区、环境敏感区等。对不能避让的，应通过多方案比较选择影响最小的方案。

7.6.3 应考虑避让水源保护区或从其下游通过。对不能避让的应设置污水处理池、雨水滞留池等工程设施。

7.6.4 应考虑避让主要村庄、学校和医院等，并保持一定距离，必要时采取降噪措施。

7.6.5 应尽可能避让不可移动的文物、古树名木。对不能避让的可采取由专业部门挖掘转移、移栽等措施。

7.6.6 服务区、停车区等沿线设施应尽量选在自然环境优美的区域。

8 线形设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 线形设计应符合行驶力学、用路者的视觉、心理与生理方面的要求，以提高汽车行驶的安全性、舒适性与经济性。
- 8.1.2 平面线形应做到顺捷、连续、均衡，并与地形相适应。
- 8.1.3 纵面线形应线形应平顺、圆滑、视距连续，并与地形相适应。
- 8.1.4 线形组合应做到线形连续、指标均衡、视觉良好、安全舒适；平、纵、横组合应总体协调、配合得当、与周围环境相协调。
- 8.1.5 设置隧道、互通和大型服务设施等的路段，宜选用较高的平、纵技术指标，使之具有较好的通视条件。

8.2 平面线形设计

- 8.2.1 平面线形应根据地形，充分考虑地质条件、大型结构物布设等因素，灵活运用技术指标，合理布设平面线形。
- 8.2.2 整体线形宜以曲线为主。一般路段圆曲线半径宜采用 1 000 m~3 000 m，平曲线长度宜控制在 400 m~1 600 m；地形复杂以及设置隧道、互通式立交的路段应满足以下要求：
 - a) 地形复杂路段，圆曲线半径可采用小于《公路路线设计规范》（JTG D20）中的一般值，但应大于极限值；
 - b) 设置隧道路段，宜采用不设超高的圆曲线；条件受限制时，圆曲线半径不宜小于 700 m，圆曲线超高值不宜大于 4%；
 - c) 设置互通式立交、主线收费站、服务区和停车区路段，圆曲线半径不宜小于《公路路线设计规范》（JTG D20）中互通式立交范围内主线线形指标的一般值；受地形条件限制时，可小于一般值，但应大于极限值。
- 8.2.3 设置超高的圆曲线均应设置缓和曲线。缓和曲线长度不宜小于 100m，并满足设置超高渐变段长度的要求。
- 8.2.4 曲线之间的连接应满足下列要求：
 - a) 有条件路段，应采用直线连接；
 - b) 同向曲线间的直线长度，一般采用设计速度行程长度的 6 倍~15 倍；条件受限制时，不宜小于设计速度行程长度的 3 倍。特别困难路段可采用卵型曲线连接；
 - c) 反向曲线间直线长度，一般采用设计速度行程长度的 2 倍~15 倍；条件受限制时，不宜小于设计速度行程长度的 1 倍或采用 S 型曲线；
 - d) 隧道内不宜采用 S 型曲线，最大直线长度可不受限制。
- 8.2.5 直线长度大于 2 000 m，其末端宜接较大半径的平曲线，最小圆曲线半径应不小于 700 m。
- 8.2.6 隧道洞口内外平面线形应协调，洞口内外各 3s 设计速度行程长度范围内平面线形应一致。条件受限时，可适当放宽要求，但应采用较大的平曲线半径、较小的纵坡和较大的竖曲线半径，并满足 12.3.3 条的有关要求。

8.3 纵面线形设计

- 8.3.1 纵面线形应根据地形变化，考虑地质、水文、挖填高度、土石方平衡、结构物布置等因素，结合平面线形进行设计。

8.3.2 合理选用纵坡指标。一般地形条件下，纵坡宜采用 0.3%~3%，坡长宜采用 400m~1500m；地形复杂路段，最大纵坡不宜大于 4%，坡长应小于相应纵坡的最大坡长值。

8.3.3 连续上(下)坡路段，纵坡值应均衡，不宜采用最大值，并应避免陡坡与最小平曲线半径的组合。当受条件限制陡坡长度达到限制坡长时，宜设置不大于 2.5%的缓和坡段，其长度宜大于《公路路线设计规范》(JTG D20)中的最小坡长。

8.3.4 竖曲线宜采用较大半径。凸形竖曲线半径宜采用 12 000m~80 000 m，凹形竖曲线半径宜采用 8 000 m~80 000 m；地形复杂路段，可采用《公路路线设计规范》(JTG D20)中的一般值；当受条件限制时，在满足视距要求的前提下，可采用小于《公路路线设计规范》(JTG D20)中的一般值，但应大于极限值。

8.3.5 设置桥涵路段，在满足河道泄洪、通航、桥下净空等要求的前提下，应充分考虑桥面排水要求。凹形竖曲线不宜设置在桥梁上；当受条件限制而无法避免时，凹形竖曲线的最低点不宜设在桥梁中央。

8.3.6 隧道纵坡宜采用单向坡，地下水发育的长隧道、特长隧道可采用人字坡。特长隧道纵坡宜采用 0.5%~2%，长隧道和中短隧道纵坡应不大于 3%；当受条件限制时，中、短隧道纵坡可适当加大，但应小于 4%。隧道洞口内外各 3s 设计速度行程范围的纵面线形应一致，条件受限时，可适当放宽要求，但应采用较大的平曲线半径、较小的纵坡和较大的竖曲线半径，并满足 12.3.3 条的有关要求。

8.3.7 设置互通、服务区、停车区路段，纵坡宜采用不大于《公路路线设计规范》(JTG D20)中互通式立交范围内主线线形指标的一般值；条件受限时，不宜大于最大值。竖曲线半径不宜小于《公路路线设计规范》(JTG D20)中互通式立交范围内主线线形指标的一般值；受地形条件限制时，可小于一般值，但应大于极限值。

8.3.8 设置主线收费站路段，纵坡应不大于 2%，长、陡下坡末端不宜设置主线收费站。

8.4 横断面设计

8.4.1 山区高速公路地形复杂，横断面应灵活选用。

- a) 地形相对平坦、自然横坡较缓的路段，一般采用整体式路基断面；
- b) 设置隧道路段，宜采用分离式路基断面，条件受限的短隧道路段可采用整体式路基断面；
- c) 地形复杂、有条件分幅的路段，经技术经济比较后可采用分离式路基断面，或采用半路半桥、半路半隧的断面形式。

8.4.2 路基宽度应按《公路路线设计规范》(JTG D20)选用，特殊路段可按以下要求采用。

- a) 隧道进出口路段，考虑隧道断面与路基断面的差异，可根据隧道形式、洞口地形情况调整路基横断面。
 - 1) 分离式隧道，洞口地形开阔，应按路基断面布设；
 - 2) 连拱隧道，洞口地形开阔，路基总宽度可按路基断面控制，路幅布设应根据隧道断面，在满足 3s 设计速度行程长度线形一致的前提下，调整中央分隔带宽度和硬路肩宽度，并设置过渡段，过渡段渐变率应不大于 1/100；
 - 3) 隧道洞口地形狭窄，路幅布设可根据隧道断面，减小硬路肩宽度，但不应小于 1.5 m，并设置过渡段，过渡段渐变率应不大于 1/25。
- b) 长上坡或长陡坡路段，为提高通行能力，有条件路段宜按《公路路线设计规范》(JTG D20)设置爬坡车道。条件受限时，硬路肩宽度宜采用 4 m，需要时可作为爬坡车道使用；硬路肩宽度变化处设置过渡段，渐变率应不大于 1/100。

8.4.3 右侧硬路肩小于 2.5 m 时，应按《公路路线设计规范》(JTG D20)中的要求设置紧急停车带；右侧硬路肩等于 2.5 m 时，有条件路段可设置紧急停车带。紧急停车带宽度一般不小于 5 m，有效长度一般不小于 50 m。

8.5 线形组合设计

8.5.1 平、纵线形组合时，应避免平纵横的最不利组合，做到平曲线和竖曲线的相互对应，一般竖曲线应包含在平曲线之内。对较长的平曲线可包含多个竖曲线，但应避免包含多个短的竖曲线；当平曲线半径大于 2 000m、竖曲线半径大于 15 000m 时，对通视条件较好的路段，可适当降低平纵组合的要求。

8.5.2 平面为直线或大半径平曲线时，应采用较大的竖曲线半径，避免与小半径且长度短的凸形竖曲线组合。

8.5.3 设置隧道路段、小半径平曲线路段、长直线路段、通视条件较差的路段，宜采用较大的竖曲线半径。

8.5.4 隧道内不宜设置凹形竖曲线，最大合成坡度不宜大于 5%。

8.5.5 超高路段，合成坡度不宜小于 1%，条件受限时不应小于 0.5%，并需采取相应的措施，确保路面排水畅通；最大合成坡度不宜大于 8%。

8.6 应急避险车道设计

8.6.1 连续长、陡下坡路段，大、中型载重车比例较高时，应按下列要求设置应急避险车道。应急避险车道应由标志标线、减速路面、路侧护栏、端部防撞设施等组成。

- a) 平均纵坡大于 3%：路段长度 2 km~3 km，宜设置应急避险车道；长度大于 3 km 时，应设置应急避险车道，每增加 1km，宜增设 1 处；
- b) 平均纵坡 2.5%~3%：路段长度 3 km~5 km，宜设置应急避险车道；长度大于 5 km 时，应设置应急避险车道，每增加 2km，宜增设 1 处；
- c) 平均纵坡小于 2.5%：路段长度 5 km~8 km，宜设置应急避险车道；长度大于 8 km 时，应设置应急避险车道，每增加 3km，宜增设 1 处。

8.6.2 应急避险车道应设置在连续长、陡下坡路段右侧视距良好路段，宜设置在车辆高速行驶时不能安全转弯的主线平曲线之前；当平曲线半径较小时，应以切线方式驶入应急避险车道；当平曲线半径较大或直线时，驶入角应小于 10°。

8.6.3 应急避险车道包括引道、减速车道和救援服务车道，平面线形宜采用直线；当条件受限时，宜大于不设超高的曲线半径值。入口及引道的纵面线形应与主线协调，减速车道纵坡宜控制在 10%~20%；引道与减速车道间应设置竖曲线，半径应满足视距要求。应急避险车道设置见图 1。

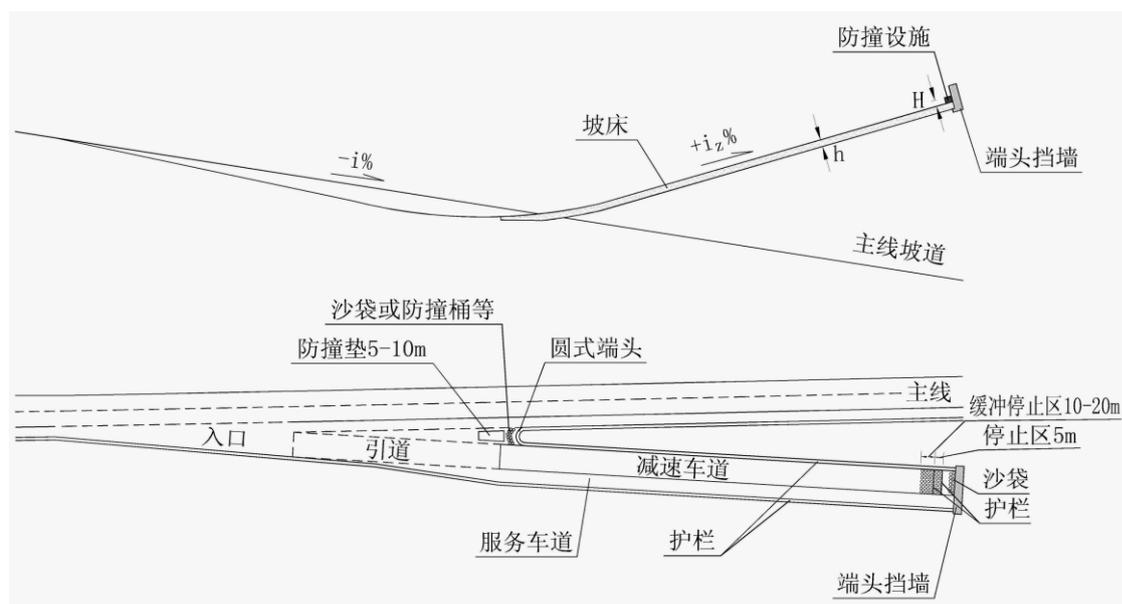


图1 应急避险车道设置示意图

8.6.4 减速车道长度应根据失控车辆驶入速度、纵坡及坡床材料综合确定，具体可参照表3采用；服务车道长度与减速车道长度宜一致，并设置不小于30m的渐变段；引道长度应不小于50m，并满足竖曲线的设置要求。

表3 应急避险车道—减速车道长度表

减速车道 纵坡 i_z (%)	坡床材料滚动阻力 系数	入口速度 (km/h)					坡床材料厚度 h (m)	防撞设施高度 H (m)
		80	90	100	110	120		
		减速车道 长度 (m)						
10	砾石 $f=0.10$	130	160	200	240	285	0.9	1.2
	砂 $f=0.15$	105	130	160	195	230		
	豆砾石 $f=0.25$	75	95	115	140	165		
12	砾石 $f=0.10$	115	145	180	220	260	0.9	1.2
	砂 $f=0.15$	95	120	150	180	210		
	豆砾石 $f=0.25$	70	90	110	130	155		
15	砾石 $f=0.10$	105	130	160	195	230	0.9	1.2
	砂 $f=0.15$	85	110	135	160	190		
	豆砾石 $f=0.25$	65	85	100	120	145		
20	砾石 $f=0.10$	85	110	135	160	190	0.9	1.2
	砂 $f=0.15$	75	95	115	140	165		
	豆砾石 $f=0.25$	60	75	90	110	130		

8.6.5 减速车道宽度一般为4.5m~6m，若需要满足两辆车辆先后进入应急车道时，则采用8m~10m；服务车道宽度一般为3.2m。

8.7 运行速度检验与安全性评价

8.7.1 山区高速公路地形复杂，应根据路线平、纵、横线形以及大型结构物布设、预测交通量、车型组成结构等进行运行速度模拟检验，运行速度与设计速度差值应控制在 20 km/h 以内；对特别困难路段应进行安全性评价。

8.7.2 在路线平、纵面及主要大型结构物确定后，应对全线进行运行速度安全检验，并根据检验结果提出标志速度值。

9 路基路面

9.1 一般规定

9.1.1 路基设计应根据当地自然条件和工程地质情况，合理选择路基横断面布置形式，并从地基处理、路基填料选择、路基强度与稳定性、取弃土场、防护支挡、排水系统以及关键部位路基施工技术等方面进行综合设计。

9.1.2 路基边缘设计标高应不低于路基设计洪水频率 1/100 的水位加壅水高、波浪侵袭高，并考虑 0.5m 的安全高度。

9.1.3 路基填料应符合《公路路基设计规范》（JTG D30）的要求。一般路段应优先采用级配较好的粗颗粒土填料，挡土墙背应优先采用渗水性良好的填料，浸水路堤应采用渗水性良好的填料，上路床、桥梁和通道台背、隧道口路段应采用透水性材料或进行土体改良。

9.1.4 填方边坡高度大于 20m 的高路堤、地面斜坡陡于 1:2.5 且高度大于 15m 的陡坡路堤、土质挖方边坡高度超过 15m 和岩质挖方边坡高度超过 30m 的高边坡以及不良地质、特殊性岩土路段的路基，应进行工点勘察设计，必要时应进行方案比选论证。

9.1.5 稳定的路基边坡，宜采用植被防护；欠稳定的边坡，宜选择工程防护与植被防护相结合的方法；不稳定的边坡，应以工程防护为主。

9.1.6 岩质较好的边坡应采用光面、预裂爆破技术；岩体完整的边坡可不进行防护，但应采取必要的防碎落措施。

9.1.7 沥青路面应遵循“安全耐久、资源节约、环境协调”的设计原则，综合考虑材料选择、结构组合、工程应用、质量控制、成本核算、便于施工等因素，做到因地制宜、科学合理、技术先进。

9.1.8 主线沥青面层总厚度不小于 18 cm，上、中两层应采用改性沥青，水泥稳定碎石基层、底基层应按骨架密实型设计。

9.1.9 不同路段路面应分别进行设计。一般路段按常规设计，长上坡路段、桥面、隧道路面等应进行特殊设计。

9.1.10 路基路面排水应结合桥梁、涵洞和隧道等防排水系统，选择防、排、截等方案，合理布置排水设施，形成完整畅通的防排水体系。

9.1.11 应设置完善的地表排水和地下排水系统，及时引排地表水、降低地下水位。

9.1.12 在水环境敏感区，路基路面排水应分区排放、分级处理，并在饮用水水源保护区相应位置设置警示标志牌。

9.1.13 排水设计应与坡面防护工程综合考虑，采取有效措施防止坡面岩土遭受冲刷和失稳。

9.1.14 高填方、深路堑以及设置支挡工程、锚固工程的路段，宜设置检修台阶。

9.1.15 应加强路基综合设计和动态设计。重要路基边坡应设置永久性的观测点进行沉降和稳定监测。

9.2 一般路基

9.2.1 路基边坡布置形式宜与周边环境相协调。

9.2.2 低填浅挖路段宜采用缓坡率，并满足路侧净区宽度的要求；当路侧净区宽度不满足要求时，必须设置路侧护栏等安全设施。

9.2.3 水文及水文地质条件不良路段的路基最小填土高度不应小于路床处于中湿状态的临界高度；潮湿、过湿状态的路基应采取换填透水性材料或进行土体改良、加强路基排水等综合处理措施，处理后的土基回弹模量应满足设计要求。

9.2.4 路基应密实、均匀和稳定。按交通等级不同划分为 S1 和 S2 二个强度等级，路基顶面回弹模量和弯沉代表值应符合表 4 的要求。

表4 路基顶面回弹模量和弯沉代表值

路基强度等级	路基回弹模量最小值 (MPa)	弯沉代表值 (1/100 mm)	交通等级
S1	40	232.9	中等交通、重交通
S2	45	207.0	特重交通、极重交通

注：表中路基回弹模量和弯沉代表值是最不利季节时的设计值，若在非不利测定时应考虑不利季节和路基干湿类型的综合影响系数。

9.2.5 路基应分层铺筑，均匀压实，路基填料及压实度应符合表 5 和表 6 的要求。

表5 土石混合料路基填筑材料及压实度要求表

项目分类	路床顶面下深度	填料最大粒径	填料最小强度	填土路基 (岩石粒径大于 37.5mm 且含量小于总质量 30%)	宕渣路基 (岩石粒径大于 37.5 mm 且含量超过总质量 30% 而小于 70%)
土石混合料路基	0~30	10	8	≥96	≥87
	30~80	10	8	≥96	≥87
	80~150	15	4	≥94	≥85
	150 以下	15	3	≥93	≥83

注：路基上路床 0~30cm 应采用透水性材料或土体改良材料填筑。

表6 填石路基填筑材料及压实度要求表

项目分类	路床顶面下深度 (cm)	岩石分类 单轴饱和抗压强度(MPa)	填料最大粒径 (cm)	摊铺厚度 (mm)	孔隙率 (%)
填石路基 (岩石粒径大于 37.5mm 且含量超过总质量 70%)	80~150	硬质岩石 ≥60	小于层厚 2/3	≤400	≠23
		中硬岩石 30~60	小于层厚 2/3	≤400	≠22
		软质岩石 5~30	小于层厚	≤300	≠20
	150 以下	硬质岩石 ≥60	小于层厚 2/3	≤600	≠25
		中硬岩石 30~60	小于层厚 2/3	≤500	≠24
		软质岩石 5~30	小于层厚	≤400	≠22

注：填石路基路床 0~80 cm 填筑材料及压实度要求应符合表 5 的要求。

9.2.6 填方路基边坡坡率按下列要求合理采用:

- a) 填土高度 ≤ 10 m 时, 一级坡率为 1:1.5; 填土高度 > 10 m 时, 一级边坡坡高为 8 m、坡率为 1:1.5, 二级边坡坡率为 1:1.75; 浸水路堤在设计水位以下的边坡坡率不宜陡于 1:1.75。在边坡变坡点宜设置 1 m~2 m 宽的平台, 护坡道宽度一般为 1 m~2 m;
- b) 填土高度 ≤ 2.5 m, 在条件许可的情况下, 宜结合地形, 路基边坡坡率可放缓为 1:3~1:6;
- c) 分离式路基中间带、互通式立交匝道围成的区域, 宜放缓边坡, 坡率一般可采用 1:2~1:6, 弧形过渡并与地形融合; 也可利用弃渣填筑至与路基齐平。

9.2.7 挖方路基边坡坡率按下列要求合理采用:

- a) 挖方路基边坡应根据地形地貌、工程地质、水文地质、边坡高度、土质类别、施工方法及自然环境等因素, 通过稳定性分析结果来确定挖方边坡坡率;
- b) 土质路堑边坡高度不大于 15 m 时, 边坡坡率可按表 7 确定; 岩质路堑边坡高度不大于 30 m 时, 边坡坡率可按表 8 确定;

表7 土质路堑边坡坡率建议值

边坡高度(m)	地形特征	
	地形平缓	斜坡较陡
0~3	1:2.00~1:3.00	1:1.00~1:2.00
3~10	1:1.50~1:2.00	1:1.00~1:1.75
10~15	1:1.25~1:1.50	1:1.00~1:1.50

表8 岩质路堑边坡坡率建议值

边坡岩体类型	风化程度	边坡坡率	
		H<15m	15m \leq H<30m
I 类	微风化	1:0.15~1:0.30	1:0.25~1:0.50
	中风化	1:0.25~1:0.50	1:0.30~1:0.75
II 类	微风化	1:0.25~1:0.50	1:0.30~1:0.75
	中风化	1:0.30~1:0.50	1:0.50~1:1.00
III 类	微风化	1:0.30~1:0.50	
	中风化	1:0.50~1:0.75	
IV 类	中风化	1:0.75~1:1.00	
	强风化	1:0.75~1:1.25	

注: 对于顺层边坡, 有条件时宜按层面倾角进行边坡坡率设计。

- c) 挖方边坡分级高度一般为: 土质路段 6 m~8 m、岩质路段 8 m~10 m; 碎落台宽度为 1 m~3 m, 台阶式边坡平台宽度一般为 2 m。

9.2.8 路基稳定性评价, 可按下列方法进行分析:

- a) 路堤的整体稳定性宜采用简化 Bishop 法进行分析计算，路堤沿斜坡地基或软弱层滑动带的稳定性可采用不平衡推力法进行分析计算；
- b) 路堑边坡的稳定性评价宜采用工程地质类比法、图解分析法、极限平衡法和数值分析法等进行综合分析。

9.3 特殊路基

9.3.1 高路堤与陡坡路堤

a) 高路堤

对地基承载力不能满足设计要求的路段，可采用强夯、满夯、冲击碾压、换填等工程措施，基底压实度不应小于93%；路基填筑时宜适当提高路堤压实度标准，可在上路堤1.5 m范围采取增强碾压措施；路床范围可增设土工合成材料进行加筋处理。

b) 陡坡路堤

应将原地面挖成水平宽度不小于1.5 m的台阶，台阶做成向内倾斜2%的反坡。

- c) 应对路基稳定性进行验算，当稳定性不足时，可采用轻质路基、地基加固和支挡等措施，一般支挡坡率为1:0.1~1:1。

9.3.2 深路堑

- a) 边坡高度超过30 m的岩质边坡和超过15m的土质边坡应进行工点设计；
- b) 路堑边坡应根据不同的山体石质、边坡率，经稳定分析判定后，采用生态植被、锚杆、预应力锚索和桩板墙等支挡加固或放缓边坡坡率进行卸载等措施，确保边坡稳定和安全；
- c) 应设置完善的地表水截、防、排系统及地下排水系统；
- d) 应设置检修道，必要时应设置沉降和稳定观测点。

9.3.3 半填半挖路基

- a) 地面坡度1:5~1:2.5时，应将原地面挖成水平宽不小于2 m、内倾2%的台阶，再分层填筑，必要时采用冲击碾压或强夯进行增强补压；
- b) 路基填料应综合设计，土质挖方时优先选用渗水性好的材料填筑，并对挖方路床80 cm范围内土体进行超挖回填碾压、设置纵向或横向渗沟，必要时可在填挖交界处路床范围内设置土工材料。

9.3.4 半路半桥(隧)路基

- a) 半路半桥或半路半隧分离式断面主要用于地形复杂、以挖方为主，自然横坡较陡的高陡坡路段；
- b) 路基靠桥梁内侧、靠隧道外侧应设置支挡结构收缩坡脚，支挡结构宜采用轻型结构，路基填筑应均匀密实。高陡边坡地基承载力不足路段需采用扩大基础，或桩基挡墙，或采用泡沫混凝土等轻质材料填筑路基。

9.3.5 与结构物相邻路基

- a) 路基填料应采用粒径不大于5 cm、含泥量小于10%的透水性材料，或采用加固土，或采用泡沫混凝土等轻质材料进行填筑；
- b) 基底的压实度不应小于93%，基底至路面底面以下路基的压实度不应小于96%；
- c) 路段处理长度底部以6 m~10 m为宜。

9.3.6 填石路堤

- a) 与有大量弃方或隧道相邻的高填方路段，其路床以下部分可采用填石路堤；
- b) 填石路堤可采用与土质路堤相同的路堤断面型式；路堤填料采用易风化岩石与软质岩石时，应按土质路基边坡设计；路堤填料采用中硬、硬质岩石时，上部边坡坡率为 1:1.1~1:1.3，下部边坡坡率为 1:1.3~1:1.5；中硬、硬质石料填石路堤应进行边坡码砌，边坡码砌应采用强度大于 30 MPa 的不易风化的石料，码砌石块的最小尺寸不应小于 30 cm；
- c) 填石路堤应根据不同强度的填料，采用不同的填筑厚度和压实度控制标准；应通过试验路段测定路基填料的压实干重度、孔隙率等指标，确定机械型号及组合压实进度、压实遍数、沉降率等施工工艺参数及质量控制标准。填石路堤宜采用分层冲击碾压方式填筑；其余均应符合《公路路基设计规范》(JTG D30)相关规定的要求。

9.3.7 临水路堤

- a) 沿塘、河（溪）和水库路段可采用浆砌护坡；坡脚冲刷严重、水源受到保护或受地形地质条件限制时，需设置挡土墙进行支挡防护，并做好路基排水设施；
- b) 挡墙选型应考虑墙身的浸水稳定性、墙基的抗冲刷性能。挡墙宜采用扩大基础；在地基承载力不足、稳定较差的陡坡路堤、覆盖层较厚或基岩埋藏较深的高路堤、河（溪）岸冲刷严重等路段，宜采用桩基挡墙；
- c) 常水位+50 cm 高度以下路基填料应采用透水性材料填筑；
- d) 路基边坡附近有鱼塘、水库和农田时，应分析其渗水影响，必要时采取防渗工程措施。

9.3.8 岩溶、采空区路基

岩溶、采空区地区路基设计，应通过有效的综合勘察手段，查明岩溶、采空区的分布、规模、变化特点、地面水、地下水活动规律和各有关地层岩土体物理、力学性质，并结合工程实际，采用强夯、开挖回填、充填、注浆、构造物跨越等方法进行处治。

9.3.9 滑坡路段路基

- a) 应根据滑坡体与路基的关系确定防护与治理措施。对危害工程建设和运营安全的滑坡必须查清性质，遵循一次根治、不留后患的原则；对于规模大、性质复杂、变形缓慢以及短期内难以查清其性质的，可考虑全面规划、分期治理的方案；
- b) 滑坡防治应根据滑坡类型、规模、稳定性，并结合滑坡区工程地质、水位地质条件、施工条件及其他要求，采用排水、减载、反压与支挡工程的综合治理措施；
- c) 滑坡地段应进行动态设计与滑坡监测，并提出建设期和运营期的监测方案。

9.3.10 崩塌路段路基

- a) 路基设计应避免高填、深挖，尽量远离崩塌物堆积区；
- b) 对于小规模崩塌体可采用全面彻底清除并放缓边坡；对于不能清除的部位，宜采用边坡锚固、SNS 柔性防护网系统或挡石墙与落石槽等拦截崩塌物。

9.3.11 软土地基处理

- a) 浅层软基宜采用排水垫层、换填、浅层加固、抛石挤淤、碎石桩等处理方法；
- b) 深层软基宜采用排水固结、加固土桩、刚性桩复合地基等处理方法。

9.3.12 高液限土路基

根据高液限土分布范围、物理力学等指标，对路基填筑材料、护坡、固坡和排水进行综合设计，尽量避免采用高路堤和深路堑。

9.4 路基防护与支挡

9.4.1 填方路基可采用下列防护或支挡方式：

- a) 一般路段可采用撒播草灌、喷播草灌、骨架植被、土工格室植被、三维网植被防护；
- b) 缓坡路段可采用撒播草灌、喷播草灌、种植灌乔木防护；
- c) 耕地路段可采用重力式挡土墙、半重力式挡土墙、网片、石笼挡土墙、加筋土挡土墙（土工格栅加筋挡土墙、土工袋加筋挡土墙、钢丝网片加筋挡土墙等）、柔性生态挡土墙等支挡收缩坡脚，以节约用地；
- d) 高填方路段一般采用骨架植被，填石路堤采用块石码砌，也可采用各种挡土墙支挡收缩坡脚，以节省土地；
- e) 陡坡路段可采用各类挡土墙、浆砌护脚等收缩坡脚；高填陡峭临崖路段及急转弯地段宜采用轻型、柔性挡土墙，也可采用泡沫混凝土轻质材料填筑；
- f) 临水如沿塘、溪、河和水库路段可采用挡土墙、浆砌护坡支挡防护；
- g) 滑坡路段采用抗滑挡土墙、抗滑桩进行边坡处治，路基填筑可采用泡沫混凝土等轻质材料；
- h) 桥头路段采用骨架植被和生态挡土墙等防护。

9.4.2 挖方路基可采用下列防护或支挡方式：

- a) 一般路段可采用（喷播草灌防护、三维网植被防护、土工格室植被防护、基材喷播植被防护等）植被防护和各种骨架植被防护；
- b) 缓坡路段可采用喷播草灌或种植乔木、灌木，在物种选择上要求做到草灌结合、乔灌结合，并尽量与周围物种相协调；
- c) 高陡边坡路段可采用重力式挡土墙、梯式挡土墙、桩板式挡土墙、锚杆生态挡土墙、锚杆框格、预应力锚杆（索）框格及 SNS 柔性防护网等方法，并结合基材喷播植被防护；
- d) 滑坡路段应采用减重、排水和工程加固相结合的综合措施；合理设置抗滑挡土墙、抗滑桩、桩板式挡土墙、预应力锚杆（索）框格、排水隧洞等，加强动态监测；
- e) 顺层边坡路段，路堑高度在 20 m 以内可采用放缓边坡；路堑高度大于 20 m，一般应采用下设抗滑挡土墙，上边坡采用预应力锚杆（索）框格、锚杆框格等加固措施；
- f) 崩塌路段可采用边坡锚固、柔性防护网系统、（挡石墙、落石槽）拦截构造物、（明洞、棚洞）遮挡构造物等防治措施。

9.4.3 路基防护与支挡主要分为坡面防护、沿河路基防护、挡土墙、边坡锚固和抗滑桩等。

9.4.4 坡面防护

- a) 植被防护
 - 1) 植被防护主要包括喷播草灌防护、三维网植被防护、土工格室植被防护及基材喷播植被防护等，各类植被防护形式适用条件见表 9；
 - 2) 基材喷播植被防护中的基质理化指标和植被恢复效果评价应符合设计的要求；同时应尽量采用本地的植被品种。
- b) 工程防护
 - 1) 工程防护主要包括喷护、锚杆挂网喷浆、护坡及护面墙及柔性防护网系统等，各类工程防护形式适用条件见表 10；
 - 2) 采用圪工防护时，宜在碎落台上设置上垂下爬的攀缘植物和必要的灌木对圪工体进行遮挡。

表9 植被防护分类表

序号	类型	适用条件
1	喷播草灌防护	适用于填方边坡和坡率缓于 1:0.75 的稳定土质和强风化岩石的路堑边坡
2	三维网植被防护	适用于坡率缓于 1:0.75 的稳定土质和强风化岩石路堑边坡
3	土工格室植被防护	适用于坡率缓于 1:0.75 的各类边坡
4	基材喷播植被防护	适用于坡率缓于 1:0.5 且景观要求较高的路堑边坡

表10 工程防护分类表

序号	类型	适用条件
1	喷护、锚杆挂网喷浆	适用于坡率缓于 1:0.5 的易风化、较破碎的岩质边坡
2	护坡	干砌片石护坡适用于坡率缓于 1:1.25 的土(岩)质路堑边坡 浆砌片石护坡适用于坡率缓于 1:1.0 的易风化岩石和土质路堑边坡
3	护面墙	适用于防护易风化或严重风化的软质岩石或较破碎岩石的挖方边坡、坡面易受侵蚀的土质边坡，边坡坡率不宜陡于 1:0.5，单级护面墙高度不宜超过 10m
4	柔性防护网系统	适用于各类边坡的坡面加固，抑制崩塌和风化剥落、溜坍的发生，限制局部或少量落石运动范围

c) 工程防护与植被防护相结合

1) 骨架植被防护

骨架植被防护主要包括各种形式的浆砌片石或水泥混凝土骨架植被防护，适用于坡率缓于 1:0.75 的土质边坡、强风化的岩质路堑边坡。

2) 锚杆混凝土框格植被防护

适用于坡率缓于 1:0.75 的土质边坡、坡体中无不良结构面、风化破碎的岩质路堑边坡。

9.4.5 沿河路基防护

- 植被防护适用于允许流速 1.2 m/s~1.8 m/s 的季节性水流冲刷；
- 砌石或混凝土护坡适用于允许流速 2 m/s~8 m/s 的路堤边坡；
- 浸水挡土墙适用于允许流速 5 m/s~8 m/s 的峡谷急流和水流冲刷严重的河段；
- 冲刷防护工程的基底埋置深度要求：冲刷线深度以下 1.0 m 或嵌入基岩内。

9.4.6 挡土墙

- 挡土墙一般适用于高填方路段、陡坡路段、临水路段、结构物路段、靠近重要建筑物或资源、环境保护区路段、挖方路段、地质不良路段等；
- 挡土墙类型的选用应综合考虑工程地质、水文地质、冲刷深度、荷载作用情况、环境条件、施工条件、工程造价等因素，各类挡土墙适用条件见表 11；

- c) 综合经济性考虑,一般挡土墙应考虑就地取材,宜优先选用石砌衡重式或仰斜式挡土墙;路堤墙或路肩墙墙高小于6 m时,宜采用俯斜式,以利墙后路堤填筑压实;高度大于6 m,宜采用仰斜式或衡重式,墙高仰斜式不宜超过10 m、衡重式不宜超过12 m,以节省圬工体积,节约造价;环境有特殊要求的路段,宜采用网片、石笼挡土墙或柔性生态挡土墙等;
- d) 应做好挡土墙纵、横断面的勘测和地质勘察等工作,条件复杂时应进行工点设计;
- e) 挡土墙应进行基础设计、稳定性计算;基础的埋置深度以及斜坡地面基础埋置条件均应符合《公路路基设计规范》(JTG D30)的要求。挡土墙材料可采用片石、块石、混凝土预制块、片石混凝土或混凝土。挡土墙基础可采用实体基础、扩大基础和桩类基础。

表11 挡土墙分类表

序号	类型	适用条件
1	重力式挡土墙	适用于一般路段、浸水路的路肩、路堤、路堑等支挡工程,挡土墙高度不宜超过12m
2	半重力式挡土墙	适用于不宜采用重力式挡土墙的地下水位较高或较软弱的地基上,墙高不宜超过8m
3	悬臂式挡土墙	适用于石料缺乏,地基承载力较低的填方路段,墙高不宜超过5m
4	加筋土挡土墙	适用于石料缺乏地面较为陡峭地区的路肩墙和路堤墙,墙高不宜超过12m;不应修建在滑坡、水流冲刷、崩塌等不良地段
5	柔性生态挡土墙	适用于有景观要求的,占用农田及山林的高填方及陡坡路段
6	扶壁式挡土墙	适用于石料缺乏,地基承载力较低的填方路段,挡土墙高度宜大于5m,不宜超过15m
7	锚杆挡土墙	适用于墙高较大的岩质路堑地段,也可作抗滑挡土墙
8	锚定板挡土墙	适用于石料缺乏地区的路肩墙和路堤墙,地基承载力不受限制;不应修建在滑坡、崩塌、软土及膨胀土等不良地段
9	桩板式挡土墙	适用于地基条件较好的路堑、路堤支挡或滑坡等特殊地段的治理
10	网片、石笼挡土墙	适用于石料丰富路段的支挡工程,建成后易于和周围环境协调

- f) 挡土墙位置的确定应综合考虑收缩坡脚、路基土石方(借弃方)、墙顶填土高度、断面尺寸和安全可靠性等要求;
- g) 挡土墙与路堤的连接,可采用锥坡与路基相连,垂直于路线方向的锥坡坡度应与路堤边坡一致;困难路段可在其端部采用挡土墙或端墙方式过渡;挡土墙伸入路基内不应小于0.75 m。路堑式挡土墙向两端延伸布置时,应逐渐降低墙高,使之与路堑坡面平顺相接;
- h) 挡土墙与结构物的连接,应采用与相邻建筑物、自然生态环境协调美观的构造措施,并满足环境保护及其他特殊要求;
- i) 路肩式挡土墙的顶面宽度不应占据硬路肩、行车道及路缘带的路基宽度范围;结构设计应考虑挡土墙护栏基础设置的要求,挡土墙护栏的设置应符合《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》(JTG D80)、《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81)和浙江省地方标准《高速公路交通安全设施设计规范》(DB33/704);

j) 较长且较高的挡土墙区段，宜根据养护和维修及监测的需要，设置检修台阶或检修梯。

9.4.7 边坡锚固

a) 边坡锚固主要分为预应力锚杆(索) 框格、锚杆框格和点锚等几种形式；常用的锚固体结构类型有普通水泥砂浆全长粘结型锚杆、自钻式锚杆和预应力锚杆(索)；常用的坡面结构有框格梁、地梁和单锚墩。

各类边坡锚固形式适用条件见表 12。

表12 边坡锚固防护分类表

序号	类型	适用条件
1	预应力锚杆(索) 框格防护	适用于整体稳定性较差、滑动面较深、需要提供较大锚固力的路堑边坡。
2	锚杆框格防护	适用于坡面稳定性较差、需要提供锚固力的路堑边坡。
3	点锚	适用于局部稳定性较差的岩质路堑边坡。

- b) 预应力锚杆(索) 硬质岩锚固宜采用拉力型锚杆(索)，土质及软质岩锚固宜采用分散型杆(索)；
- c) 预应力锚杆(索) 的水平和垂直间距，不宜大于 4 m，也不得小于 1.5 m；锚杆(索) 安装的角度为 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，不小于 13° ，不大于 45° ；锚固长度一般为 4 m~10 m；自由段长度应不小于 5 m，且应伸入滑动面或潜在滑动面的长度不小于 1m；全长粘结型锚杆有效锚固长度一般为 3 m~10 m；
- d) 框格梁、地梁和单锚墩截面宽度不得小于 30 cm，宜嵌入坡面岩体内深度不小于 20 cm，混凝土强度不得低于 C25；
- e) 应设置完善的边坡地表和地下排水系统，及时引排地表水和地下水；
- f) 锚固工程应做好锚杆(索) 的防腐蚀工作，并应根据边坡工程和滑坡整治工程的重要性和实际条件，对锚固进行施工期和运营期的监测。

9.4.8 抗滑桩

- a) 抗滑桩适用于大、中型滑坡的处置加固，常在滑坡前缘或中部滑体较薄、推力较小及锚固段地基强度较高的位置设一排或多排钢筋混凝土桩来稳定滑坡；
- b) 抗滑桩设计主要包括桩平面布置、桩间距、断面型式、桩长、计算图式的确定、桩内力计算、桩侧应力复核、抗滑结构设计等内容，设计应符合《公路路基设计规范》(JTG D30) 相关规定的要求；
- c) 抗滑桩应采用矩形截面，尺寸为 1.5 m×2.0 m、2.0 m×2.0 m、2.5 m×3.5 m、3.0 m×4.0 m 等，桩最小边宽度不应小于 1.25 m；抗滑桩桩间距一般为 6 m~10 m，最小为 4 m；桩身混凝土的强度等级不应低于 C25；
- d) 当滑坡推力大，仅采用抗滑桩难以达到效果时，可采用预应力锚索抗滑桩。

9.5 路基排水

9.5.1 路基边沟

- a) 路基边沟的尺寸和形式应根据沿线地形地貌、降雨量、汇水面积、当地排灌系统、路基填挖高度、泄流能力、环保景观及行车安全等实际情况灵活选择，不同路段应采用不同的排水形式，主要形式有梯形、矩形和暗埋式边沟等。

- 1) 一般填方路段宜采用矩形或梯形边沟；挖方路段宜采用矩形(或加盖板的矩形)边沟。
 - 2) 对有景观要求的低填方、零填零挖及挖方路段，在排水能力满足的情况下可采用暗埋式边沟。
 - 3) 当抬高沟身。
 - 4) 水源保护路段，应设置边沟对路面水进行截流，避免对水源产生污染。
 - 5) 靠山侧路段，可设计为浅碟形漫流式边沟，线形流畅自然，适当抬高沟身，免除对边部山体的开挖；对汇水量较大的路段也可结合改沟设置成大尺寸的矩形沟；沟底采用浆砌块石铺底或混凝土抹面。
 - 6) 改沟改溪路段，边沟可与改沟改溪合并设置，采用矩形砌石边沟，沟身宜采用浆砌片石或混凝土，沟底铺块石或鹅卵石；对于靠山侧岩质良好的路段，有条件的可直接利用岩壁为沟身。
- b) 不设防撞设施路段,有下列情况之一，且长度 ≥ 70 m 路段，应采用盖板边沟或暗埋式边沟。
- 1) 填方高度低于 3 m，边坡坡率在 1: 2~1: 4 之间，边坡坡脚外侧能够保证操作失误或故障车辆不受阻挡且净宽超过 5m 的路段；
 - 2) 填方边坡坡率缓于 1: 4，行车道外侧能够保证操作失误或故障车辆不受阻挡的净宽超过 10 m 的路段；
 - 3) 挖方路段，行车道外侧能够保证操作失误或故障车辆不受阻挡的净宽超过 5 m 的路段。
- c) 边沟应根据汇水面积、水流速度等合理采用防护措施，汇水面积和水流速度较小的路段可采用不作防护的边沟
- d) 边沟基底应具有足够的压实度，防止基底沉降变形引起的排水设施损坏；同时应采取防止冲刷或渗流的措施，必要时可设置垫层
- e) 边沟沟底纵坡宜与路线纵坡一致，并不宜小于 0.3%，困难路段可减小到 0.1%。边沟出水口的间距，不宜超过 500 m，汇水较大地段不宜超过 300 m，碟形边沟不宜超过 200 m。

9.5.2 截水沟

- a) 根据实际地形及汇水面积等合理设置，宜设置在视线以外较低处或采用绿化手段遮挡；
- b) 下列路段应设置截水沟：
 - 1) 土质边坡或边坡为松散坡积层，且坡顶汇水长度大于 20m 路段；
 - 2) 滑坡、崩塌、坡面泥石流易发路段的边坡；
 - 3) 暴雨强度大、坡体松散、地质条件极差等不利条件严重影响稳定性的边坡。
- c) 下列路段可不设置截水沟：
 - 1) 坡顶线与山脊线(分水岭)距离很短，且汇水面积较小的边坡；
 - 2) 坡顶地面平缓，土体稳定，植被茂密，地表径流量小，不存在冲刷问题的边坡；
 - 3) 窄山脊的地段，坡顶径流基本沿垂直等高线方向流动的边坡；
 - 4) 坚硬且完整的岩石边坡，坡顶植被覆盖率大于 70%；
 - 5) 坡面全部采用混凝土喷面等防护完善的边坡。
- d) 截水沟平面布置应结合地形和地质条件沿等高线布设，尽量顺直；一般设在路堑坡顶 5m 或路堤坡脚 2m 以外，具体视土质条件而定；
- e) 截水沟断面形式、尺寸应结合设置位置、排水量、地形情况而选择 U 形、V 形等；
- f) 截水沟长度以 100 m~500 m 为宜，沟底纵坡不宜小于 0.5%；截水沟一般采用浆砌片石或水泥混凝土等材料修砌，并应进行防渗处理；截水沟的水应排至路界之外，可采用坡面、侧向暗埋管道引水的方式。

9.5.3 跌水与急流槽

- a) 水流通过坡度大于 10%、水头高差大于 1 m 的陡坡地段或特殊陡坎地段时，宜设置跌水或急流槽；
- b) 跌水与急流槽的断面形式宜采用矩形或梯形，进、出口处应加强防护，防治冲刷；
- c) 当急流槽纵坡陡于 1: 1.5 时，宜采用金属管和 PVC 管；对有特殊要求路段，超高路段的横向排水管外的急流槽可采用 PVC 管暗埋的形式。

9.5.4 渗沟（井）和暗沟

- a) 渗沟用于降低地下水或拦截地下水；当地下水埋藏较浅或无固定含水层时，宜采用渗沟；当地下水埋藏较深或有固定含水层时，宜采用渗水隧洞、渗井。暗沟用于排出泉水或地下集中水流；
- b) 地下水位较高、水量较大的山凹地、低填方路段、半填半挖交界路段、挖方路段均应设置渗沟，保证路基处于干燥或中湿状态；
- c) 渗沟断面尺寸应根据构造类型、埋设位置、渗水量、施工和维修等条件确定；常用形式有：填石渗沟、洞式及管式渗沟、边坡渗沟等；
- d) 各类渗沟均应设置排水层、反滤层和封闭层。

9.5.5 仰斜式排水孔

- a) 仰斜式排水孔适用于疏干和引排裂隙发育、渗水严重的（滑）坡体内的深层地下水，以解除静水压力，保证坡体的稳定；
- b) 仰斜式排水孔钻孔直径一般为 75 mm~150 mm，仰角不小于 6°，长度应伸至地下水富集或潜在滑动面；设置位置和数量应视地下水分布和地质条件确定；
- c) 仰斜式排水孔排水管一般可采用带孔 PVC 塑料管或铸铁管，直径一般为 50 mm~100 mm，带孔排水管的圆孔，直径 10 mm，纵向间距 75 mm，沿管周分 3 排呈梅花形排列，渗水段裹 1 层~2 层无纺土工布，防止渗水孔堵塞。

9.5.6 排水隧洞

- a) 排水隧洞适用于引排深层地下水，降低（滑）坡体内的地下水位；
- b) 排水隧洞应埋入稳定地层内，顶部应在滑动面（带）以下不小于 0.5 m，洞内排水纵坡不应小于 0.5%；
- c) 排水隧洞背后应设置环向、纵向排水盲沟，拱部范围应沿径向扇形设置泄水管，每个长度不小于 5 m，并直接引排至隧洞。埋深不大时，拱顶泄水管可直达地表，以尽快疏干隧洞周围地层的地下水；
- d) 排水隧洞净空断面应根据预测水流量计算确定，并不小于 2 m（宽）×2.5 m（高）；
- e) 排水隧洞应按永久结构设计。排水隧洞宜采用拱形直墙结构，支护设计可参照《公路隧道设计规范》（JTG D70）平行导坑等辅助通道的设计执行。

9.5.7 桥梁和隧道两端路基上的雨水不能排向桥梁和隧道，应及时引排。

9.5.8 排水设施应自然、系统、完善和成网；要注重与环境、景观的协调，注重结构安全、便于施工和养护维修，并考虑对行车安全的影响。

9.5.9 特殊路段的路基排水设计，应结合工程的特殊性进行个别设计，并应符合国家及行业有关标准和规范的规定。

9.6 边坡协调设计

9.6.1 路堑边坡采用信息化动态设计方法，按照安全、经济、环保、节地、与自然协调的原则和精、细、美的创作设计理念，结合地形、地貌、地质、路侧净宽和周边自然环境等多种因素，合理布设路基边坡形式、排水和防护工程，按环保、景观和协调要求分段对路基典型横断面进行灵活设计和创作设计。

9.6.2 路基边坡在满足路基稳定的前提下，边坡形式应结合边坡岩土的自然属性合理选择，并与周边地形、地貌相适应。

- a) 低填浅挖路段、分离式路基中间地带、互通立交环形匝道内及三角地带，宜放缓路基边坡坡率；
- b) 土质挖方路基的坡顶、坡脚、坡侧宜采用弧形过渡；
- c) 不同路基边坡坡率衔接时应自然顺接；路堑边坡两端宜设置变坡率的过渡段。

9.6.3 路基边坡防护应充分考虑公路与沿线景观的协调、防护措施与公路景观的协调、防护措施自身的协调，宜采用工程防护和植被防护相结合的方法。

- a) 植被防护应选择乡土抗逆性强、耐热耐旱、根系发达和耐贫瘠、耐寒、耐粗放管理以及易成活、生长快、根系发达、叶茎矮固土效果好的植被种子。坡面播种和栽植发育生长的基面应稳定和耐久；植被防护技术采用草灌结合、木本植物为主；在与周边树林临近时，应设置缓冲灌木过渡带；
- b) 在岩质较好的路段应采用光面、预裂爆破技术，根据地质条件可采用较陡的坡率或直立坡；在没有落石、不影响行车安全且不需采取加固措施时，可取消防护，将边坡自然裸露；
- c) 在边坡防护设计中，应当采用避免上重下轻的不稳定感、不同防护形状和材质造成的繁、杂感和光色亮度差；对在同一边坡上采用或相邻边坡群采用多种防护措施时，应从环境保护、视觉效果上考虑防护措施类型的选择和相互间的协调、过渡；
- d) 圪工挡墙、护面墙应结合路线和边坡条件合理设置；可将墙顶做成阶梯状或曲线形，并尽量与路线纵断面协调；挡墙端部渐变隐入边坡中，或高度逐渐降低，或端部渐渐隐入；必须修建高挡墙时，可采用分级挡墙，其分级平台应采用灌木进行遮挡和分隔；

9.6.4 对于无冲刷的桥头路基及锥坡，宜采用方格、六角空心砖、生态袋等植被防护形式。

9.6.5 隧道洞口外坡面防护应结合洞门形式、仰坡防护等综合考虑，注重整体协调性。

9.7 边坡监测

9.7.1 高路堤、陡坡路堤、深路堑、不良地质及特殊岩土的重点路段，应进行边坡监测设计。应明确监测的路基段落、监测点、监测内容和控制标准，并说明施工中应注意的事项。

9.7.2 路基边坡应采用施工监测与信息化动态设计相结合的方法，并结合现场地质情况，根据边坡监测反馈信息，验证、修改和完善设计。

9.7.3 监测内容主要包括地表监测（水平位移、垂直位移、裂缝）、地下位移监测、地下水位监测、支挡结构物变形和应力监测、锚杆和锚索应力监测等。

9.8 路面设计

9.8.1 路面设计采用双轮组单轴载 100KN 作为标准轴载，以 BZZ—100 表示。

9.8.2 沥青混凝土路面应满足平整、抗滑、耐久的使用要求，并具备高温抗车辙、低温抗开裂和良好的抗水损害能力，路面各项路用性能和使用性能应符合相关要求。

9.8.3 主线沥青路面面层一般采用上、中、下三层结构，其总厚度不小于 18 cm。沥青面层一般采用 AC、Sup 和 SMA 等热拌沥青混合料。

9.8.4 上、中面层宜采用优质的改性沥青，改性沥青可采用高分子聚合物、天然沥青及其他改性材料单一或复合作；改性沥青的基质沥青及下面层的沥青宜采用优质 70 号 A 级道路石油沥青。

9.8.5 上面层粗集料宜采用玄武岩或辉绿岩，中、下面层粗集料宜采用石灰岩等碱性集料。

9.8.6 各沥青面层间应设置沥青粘层，粘层宜采用 SBS 改性乳化沥青，洒布量折算成纯沥青一般为 0.2 kg/m²~0.3 kg/m²。

9.8.7 半刚性基层上应设置透封层，透封层沥青宜采用 SBR 改性乳化沥青或热沥青，改性乳化沥青洒布量一般为 0.9 kg/m²~1.0kg/m²（沥青净含量），热沥青一般为 0.7kg/m²~1.0kg/m²，石料采用 3 mm~5 mm 等粒径洁净碎石(S-14)，洒布量一般 6 m³/1 000 m²~8 m³/1000 m²。

9.8.8 沥青混合料配合比设计采用马歇尔设计方法或 Superpave 设计方法。采用 Superpave 设计方法时，应按照马歇尔设计方法进行试验和设计检验。

9.8.9 长上坡路段、桥梁、隧道路面应特殊设计。

- a) 长上坡路段沥青路面上、中面层应进行抗车辙设计，满足沥青混合料动稳定度不小于 5 000 次/mm 的要求；
- b) 桥梁、隧道沥青铺装层一般厚度为 10 cm，长、特长隧道和低温条件施工的沥青路面宜选用温拌沥青混合料；
- c) 桥隧防水(粘结)层施工前应对水泥混凝土面进行抛丸方式处理；防水(粘结)层可采用改性乳化沥青、改性热沥青，并洒布石屑或沥青预拌碎石。
- d) 桥梁、隧道路面结构及排水设计详见第 10.10、10.11、12.12 和 12.13 条相关内容。

9.8.10 半刚性基层、底基层应选用骨架密实型水泥稳定碎石(砂砾)，成型宜采用振动成型法；单层压实厚度为 15 cm~20 cm，可采用多层基层结构；其集料级配范围及技术性能要求应满足《公路水泥稳定碎石基层振动成型施工技术规范》(DB33/T 836)。

9.8.11 应做好路表、中央分隔带及路面结构内部排水设计。

9.8.12 土路肩表面宜优先选用植草皮防护，冲刷相对严重路段可采用细石混凝土或掺灰土加固硬化处理，其横坡一般采用 3%~4%。土路肩培土宜采用碎石或砂砾等透水性材料填筑。

10 桥梁、通道及涵洞

10.1 一般规定

10.1.1 桥位宜选在河道稳定、河滩较窄的河段及两岸有山嘴或高地的基岩处；尽量避开断层、滑坡、泥石流、强岩溶等地质不良的地段。对水文、工程地质条件复杂的特大桥桥位，应结合路线走向，根据河流的形态特征、水文、工程地质、通航要求、周围环境和施工条件以及区域发展规划等，经过技术、经济比较后确定。

10.1.2 特大、大型桥梁应按照安全、适用、经济、美观的原则进行方案比选。桥梁结构型式及配跨应根据地形、地质、水文、施工、养护等条件，通过技术、经济比较后合理确定。

10.1.3 桥梁上部结构宜采用标准跨径，结构型式、跨径等宜尽可能一致。

10.1.4 通道设置应合理布设，方便出行。

10.1.5 立交桥的布置，应综合考虑被交路的现有和规划的等级、宽度、标高、交角，桥址地形、地质条件和交通量，经多方案比较后确定。

10.1.6 涵洞应根据排水系统和农田灌溉的需要合理选定位置和孔径。

10.1.7 当桥涵上游汇水面积小于 100 km²时，桥涵设计流量计算公式参见附录 A；当桥涵上游汇水面积大于 100 km²时，桥涵水文勘测设计可采用《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30)的有关方法和公式进行分析计算。

10.1.8 非标准设计的结构应进行详细的力学分析，对于特殊结构和复杂的细部结构，应采用两种或两种以上的可靠软件进行复核算。

10.1.9 护栏防撞等级应与公路等级、设计速度、车辆驶出桥外或进入对向车行道可能造成的交通事故等级相适应，并满足《高速公路交通安全设施设计规范》(DB33/704)的有关要求。

10.2 桥梁、通道及涵洞布置

10.2.1 跨河桥梁布置应满足下列要求：

- a) 桥梁孔径、配跨应满足泄洪、通航的要求，并应征询水利及航道管理部门的意见；

- b) 桥梁墩台轴线宜与高水位和不利水文条件下的水流方向平行；
- c) 当河流的通航条件复杂时，应考虑通航孔的安全宽度，适当增大桥梁跨径；
- d) 在水深流急的山区峡谷河段及上游有水库的桥梁，应充分考虑上游滚石、漂浮物及水库泄洪等对桥梁墩台的影响及水流对墩台冲刷的影响，采用合适桥跨，避免将桥墩设在流速较大区域；
- e) 跨越堤坝及库区时，桥墩距离堤坝坡脚应有足够的施工空间，并注意避让水库泄洪道；
- f) 当桥位处于弯曲河道时，应调查分析两岸冲淤规律，为合理确定桥台位置提供依据。

10.2.2 高架桥梁布置应满足下列要求：

- a) 桥梁跨径应与墩台高度协调，不应在陡坡上设置高度大于 5 m 的桥台。
- b) 桥梁纵轴线宜与墩台轴线正交。
- c) 桥梁承台、底系梁或桩顶标高的确定宜少开挖山体。
- d) 跨越沟谷桥梁的桥台伸入挖方段的长度宜不小于 3 m。

10.2.3 立交桥梁布置应满足下列要求：

- a) 被交路应采用现有或已批准的规划公路等级标准；
- b) 被交路与主线的交角过小或线形指标过低时，跨线桥宜采用错孔布置，或采用被交路改线的方案；
- c) 被交路与主线斜交时，跨线桥若满足净空要求，宜正交布置；
- d) 被交公路为双车道或无中央分隔带的多车道公路时，跨线桥应避免在行车道上设置桥墩；
- e) 跨线桥不得侵占桥下公路、铁路的建筑限界，不得压缩桥下公路、铁路横断面的任何组成部分以及原有的渠道、电讯管道等设施，并留有余地；
- f) 跨线桥的桥长和布孔应满足桥下公路的视距和对前方公路的识别、通视的要求。主孔宜一孔跨越桥下主要公路全断面，除主孔外应有适当长度边孔；
- g) 跨线桥下主要公路（或高速公路）中间带较宽或为四车道以上高速公路，在中间带上设置中墩时，中墩两侧必须设置防撞护栏并留有护栏缓冲变形的余地。不得在局部范围内改变中间带宽度而使行车道扭曲。

10.2.4 通道、涵洞布置应满足下列要求：

- a) 通道、涵洞的设置应满足车辆（行人）通行、泄洪的需要，并应征询当地乡镇政府的意见；
- b) 合理确定通道的位置、数量及标准；有条件时，可利用桥梁边孔作通道；
- c) 通道的交叉角不宜小于 60° ；
- d) 一般情况下，山坳低洼处地质条件较差，宜将涵洞位置设在山坡坡脚附近；
- e) 当为了降低路基填土高度而采取降低被交路的标高时，下挖的通道宜适当加大跨径，设置高出路面的人行道，并应做好被交路的排水设计；
- f) 位于地面横坡较大的涵洞（通道），进出口可设置跌水井（踏步）进行导引，并完善洞身防渗漏设计；设置在岩石基础上的涵洞（通道），可考虑设计成台阶形基础，并注意错台时洞身排水处理，涵洞出口应加强铺砌、引导，防止水流冲刷路基。

10.3 桥梁、通道及涵洞的型式选择

10.3.1 桥梁上部结构型式选择应满足下列要求：

- a) 中小跨径桥梁上部结构宜优先选用预应力混凝土先简支后连续结构；交通量较小时，也可采用桥面连续结构；墩高较大时，宜采用先简支后墩梁固结结构。桥梁截面形式宜选用 T 形或箱形，当净空高度受限、孔径较小时，可考虑采用空心板；小箱梁的跨径不宜大于 30 m，空心板的跨径不宜大于 20 m；
- b) 多孔桥梁的跨径不宜小于 10 m，当桥梁位于溶岩区域或因其他原因不能采用先简支后连续结构时，可采用桥面连续结构；

- c) 墩高在 60 m 以下的, 可考虑采用跨径不大于 50 m 的先简支后连续(或先简支后墩梁固结结构)的梁式结构;
- d) 当墩高大于 60 m 时, 宜采用悬臂浇筑的预应力混凝土连续刚构或拱桥;
- e) 跨越 V 型沟谷且桥墩较高、地质条件较好时, 可采用拱式结构, 一孔跨越;
- f) 深路堑、地质条件较好的跨线桥, 宜采用预应力混凝土斜腿刚构;
- g) 受建筑高度控制的跨线桥, 宜选用预应力混凝土连续刚构或预应力混凝土等截面连续梁;
- h) 对于分幅路基, 当两幅路基间距适当时, 跨线桥可选用 V 型框架连续梁;
- i) 互通式立交中的桥型应与周围地形、环境相协调:
 - 1) 等宽或宽度变化不大的主线桥、半径较大的匝道桥的桥型选择与中小跨径桥梁相同;
 - 2) 宽度变化较大的主线桥宜采用预应力混凝土连续箱梁, 半径较小的匝道桥宜采用跨径不大于 20 m 的钢筋混凝土连续箱梁;
 - 3) 当匝道桥半径较小, 要求的跨径较大时, 宜采用钢混组合结构, 并作专项设计。
- j) 对于特大桥、大桥的桥型, 应做多方案比选。

10.3.2 桥墩型式选择应满足下列要求:

- a) 墩高小于 30 m 时, 宜采用圆柱式墩; 墩高不小于 30 m 且圆柱式墩刚度不能满足设计要求时, 可选用矩形墩、Y 形墩; 墩高大于 45 m 时, 宜采用空心薄壁墩或双肢薄壁(空心)墩;
- b) 受被交路净宽、交角限制时, 跨线桥宜采用占空间较小的特殊桥墩型式。

10.3.3 桥台型式选择应满足下列要求:

- a) 桥台高度小于 12 m 且持力层埋深小于 5 m 时, 宜采用重力式 U 型台, 位于陡坡上 U 型台的侧墙应伸入挖方段;
- b) 持力层埋深大于 5 m 时, 多孔桥梁宜采用埋置式桥台(肋板台或柱式台);
- c) 单孔桥梁或盖板涵可采用重力式 U 型台或轻型桥台。

10.3.4 基础型式选择应满足下列要求:

- a) 持力层埋深小于 5 m 时, 宜采用明挖基础; 持力层埋深大于 5 m、横桥向地形变化较大、冲刷强烈的沟(谷)底, 宜采用钻(挖)孔桩基础;
- b) 桥梁基础位于溶岩区域时, 应根据溶岩的实际分布、发育程度、桥型、跨径等情况, 合理选用基础型式。

10.3.5 通道型式选择应满足下列要求:

- a) 应根据通道的净空要求、地质条件等选用桥式通道或箱型通道。当通道的净空要求较高时, 宜采用桥式通道; 当通道的净空要求不高且地质条件较差时, 可采用箱型通道;
- b) 桥式通道的上、下部结构型式, 可分别参照第 10.3.1 条及第 10.3.3 条要求。

10.3.6 涵洞型式选择应满足下列要求:

- a) 应根据涵洞的设计流量、地形和地质条件等选用盖板涵、圆管涵或拱涵。当地基承载力能满足要求时, 宜优先选用盖板涵; 当流量较小、地质条件较差且地形较平坦时, 可选用圆管涵; 对于岩石地基, 可选用拱涵;
- b) 设置在山坳低洼处的涵洞, 宜采用盖板涵, 并可兼作通道使用;
- c) 盖板涵的上部结构宜采用支架现浇整体式板, 下部结构参照第 10.3.3 条要求。

10.4 上部结构

10.4.1 先简支后连续(或先简支后墩梁固结)的板梁顶部锚端齿块, 不宜高出板梁顶部。构造需要略有高出时, 高出部分应小于其上部水泥混凝土铺装(调平)层厚度的一半。

10.4.2 空心板沿底板中心线每隔 5 m 应设一个直径为 5 cm 的通气(兼排水)孔, 箍筋应选用带肋钢筋, 加强板底横向配筋。

10.4.3 空心板的铰缝应从以下几个方面予以加强:

- a) 空心板的铰槽的深度不小于预制板高的 2/3, 铰的上口宽度应满足施工时使用插入式振捣器的需要, 并不小于 8c m;
- b) 铰缝应采用与预制板强度同等级的混凝土振捣密实, 预制板内应预埋钢筋伸入铰内, 相邻板间铰缝钢筋应采用焊接;
- c) 桥面水泥混凝土调平层的构造应予加强, 板顶剪力筋及桥面水泥混凝土调平层构造的加强要求详见 10.10.1;
- d) 设计说明中应明确提出以下施工工艺要求:
 - 1) 铰缝作凿毛处理, 全断面去除表面砂浆;
 - 2) 铰缝底部应悬挂并固定模板, 模板上先浇筑一层厚度约 5cm 的砂浆, 在砂浆强度达到 5MPa 后方可浇筑铰缝混凝土;
 - 3) 浇筑铰缝混凝土时用插入式振捣棒充分振捣, 确保振捣密实并防止过振;
 - 4) 铰缝底部模板拆除后, 应该马上进行勾缝, 勾缝应保证缝宽一致, 边线顺直。

10.4.4 装配式 T 形、箱形梁之间宜设置多道横隔板, 以加强结构的整体性。

10.4.5 对于混凝土连续弯箱梁桥, 箱梁腹板宜适当增加沿竖向分布的水平钢筋。

10.4.6 对于多跨混凝土连续箱梁桥, 联长的两端应采用两个或两个以上的支座, 当中支点必须采用单支座时, 应采取以下措施:

- a) 单支座墩与双(多)支座墩合理交错布置;
- b) 减小箱梁的翼板长度, 增大双(多)支座墩支座的间距;
- c) 对于弯箱梁桥, 应通过验算设置支座预偏心;
- d) 对于双(多)支座墩的支座承载能力, 应通过验算选定;
- e) 应采用空间分析程序对桥梁的上下部结构进行整体稳定性验算, 并且控制支座在最不利荷载组合下, 不出现负反力。

10.4.7 板梁底支座中心处应设置调节纵横坡的楔形块, 使支座处于水平受力状态。

10.4.8 钢筋混凝土上部结构的最大裂缝宽度按 0.15 mm 控制。

10.4.9 应加强预应力混凝土上部结构的预应力张拉、孔道压浆施工质量控制措施, 压浆料应采用专用压浆料(剂)配制。

10.4.10 有推力拱桥设计应优选拱轴线, 施工、运营过程中各阶段的截面强度和稳定性应予验算。

10.4.11 多跨无铰拱桥当桥墩抗推刚度与主拱抗推刚度之比小于 37 时, 应按连拱计算。

10.4.12 系杆拱设计重点应符合以下规定:

- a) 系杆拉索、柔性吊杆等主要承重构件, 宜参考《公路斜拉桥设计细则》(JTG/T D65-01), 进行可养护检修设计;
- b) 系杆拉索、柔性吊杆应具有索力可调节功能;
- c) 任一系杆拉索、柔性吊杆失效时, 不应影响整座桥梁的使用安全;
- d) 当采用支架现浇系杆混凝土施工工艺时, 应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50) 要求, 对支架进行预压处理;
- e) 应要求在运营期间, 定期对系杆拉索、吊杆等主要承重构件进行检查。

10.4.13 当采用缆索起吊构件时, 应保证塔架、绳索和锚碇的整体性和稳定性。在正式施工前, 应进行超载试吊, 试吊重量不应小于最大吊重的 1.2 倍。

10.5 桥墩

10.5.1 钢筋混凝土桥墩(含立柱、盖梁等), 最大裂缝宽度按 0.15 mm 控制。

10.5.2 对于多联长桥, 同一联各墩刚度值宜相近, 当刚度相差较大时, 应进行整体设计。

10.5.3 盖梁负弯矩区配置的弯起钢筋和短钢筋应满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)的规定。

10.5.4 弯桥的墩台盖梁外侧挡块厚度应不小于 0.3 m, 主筋直径应大于 16 mm, 挡块内侧粘贴四氟滑板。

10.5.5 在设计计算时, 山谷中的高墩应充分考虑风力的影响; 弯桥桥墩应考虑偏心荷载、温度作用及离心力的影响。

10.5.6 当横桥向左右两柱高差超过 1/4 柱高时, 应按框架结构进行纵横向受力分析。

10.5.7 多跨无铰拱桥桥墩可与上部结构一起按连拱计算。当孔数多于四孔至五孔时, 宜每隔三孔至五孔设置一个单向推力墩, 或采取其他抗单向推力措施。

10.6 桥台

10.6.1 钢筋混凝土桥台(含立柱、盖梁)最大裂缝宽度按 0.15 mm 控制。

10.6.2 桥台耳墙或 U 台侧墙的平纵线形应与路线一致。

10.6.3 U 台侧墙长度大于 6 m 时, 前墙与侧墙之间宜设承托加强。

10.6.4 高度大于 10 m 的高桥台应进行稳定验算。

10.6.5 有推力拱桥桥台的计算应考虑拱的推力作用。

10.6.6 重力式 U 型台在高出地面线的前墙面和露出锥坡外的侧墙面上, 应设置泄水孔, 做好排水设计。

10.7 明挖基础

10.7.1 基础底面宜置于岩层上, 基础的埋置深度应满足河流冲刷及承载力的要求。当墩台基础嵌于岩石山坡的新鲜基岩内时, 基础底面前缘靠近山坡的安全位置可根据图 2 所示基础底面前缘至山坡岩面的水平距离 a 确定:

当山坡为软质岩时, a 值不得小于 2 m~3.5 m; 当山坡为硬质岩时, a 值不得小于 1 m~2m。 a 值随岩石节理发育程度、岩石饱和单轴抗压极限强度、岩层走向而定。

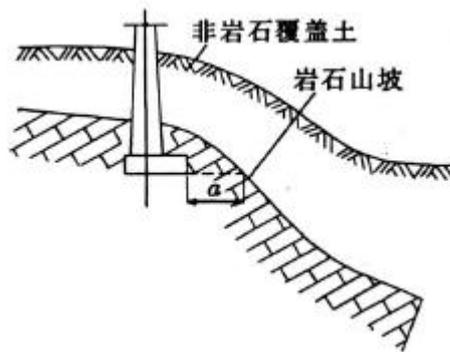


图 2 岩石山坡基础前缘的安全距离

10.7.2 基础底面不应置于岩石层理倾向与坡向一致的山坡上, 需设置时宜采用桩基础。

10.7.3 基础底面不应置于滑坡、坍塌等不稳定的山坡体上。

10.7.4 当墩台位于节理不发育或节理较发育的硬质岩石陡坡上时, 可将墩台身的底面做成台阶形, 不设基础; 墩台身底面每一台阶的长度应不小于 1 m, 高度不大于 1 m。当台阶长度小于本规定、高度大于本规定时, 应做特殊处理。

当墩台位于节理较发育的软质岩石陡坡上时,可将墩台身的底面做成台阶形,并设置台阶形扩大基础,基础底面每一台阶的长度应不小于1.5 m,高度不大于1m。当台阶长度小于本规定、高度大于本规定时,应做特殊处理。

当基础位于纵桥向和横桥向双向倾斜的硬质基岩上时,宜在纵横向间取更合适的一个方向设置台阶。

台阶式明挖基础底面需清理干净并保持表面粗糙,适当设置倒坡,并在基岩中植入锚筋,保证基础与持力层岩层之间结合完好,避免发生滑动。

10.7.5 以下几种情况不适合做台阶形基础:

- 基础底面下为极软岩或全~强风化基岩;
- 可能引起顺层滑动的岩层;
- 基础下附近存在断层破碎带、溶洞等不良地质构造;
- 墩台承受顺台阶的下降方向较大水平推力,如台后填土较高的桥台。

10.7.6 如果一联内既有明挖基础又有桩基础,明挖基础应置于中~微风化岩层上。

10.7.7 无铰拱桥基础宜置于中~微风化岩层上。

10.8 桩基础

10.8.1 对有软弱夹层、卵石、漂石、地下水位较高、地层含有煤气、瓦斯等有害气体、桩基直径较小和深度较大等情况不宜采用挖孔桩。

10.8.2 桩基位于山坡上时,为了减少开挖,宜适当提高承台、系梁或桩顶标高。

10.8.3 考虑斜坡的影响,应增加桩基础的嵌岩深度(见图3)。当斜坡较陡,则应通过验算,合理增加山坡内侧基桩的嵌岩深度,相邻桩基的桩底标高差值不大于相邻桩基的间距。

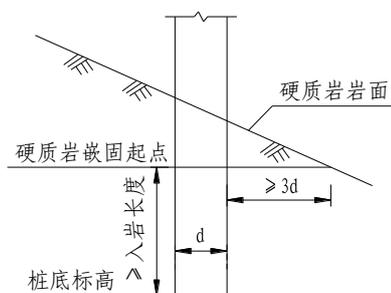


图3 嵌岩深度起算点示意

10.9 支座

10.9.1 支座底部应设置支座垫石,支座垫石顶部应保持水平,支座垫石的高度以使梁底与墩台顶的净空大于15cm为宜。

10.9.2 对于空心板、小箱梁等单片梁板有四个支座的结构,应要求在主梁架设完成后对支座是否均处于正常工作状态进行检查。

10.9.3 应要求在滑动支座储油槽(储脂坑)内注满硅脂润滑油并外设防护罩。

10.10 桥面铺装

10.10.1 对于装配式梁板结构宜采用水泥混凝土调平层加沥青混凝土的桥面铺装结构。梁板顶部宜设间距为 50 cm 的 U 型剪力筋，桥面水泥混凝土调平层的强度等级宜与预制板相同，调平层内宜设置与 U 型剪力筋点焊固定的 D12 焊接钢筋网，水泥混凝土调平层厚度宜大于等于 10 cm，顶部的沥青混凝土层厚度与桥头路面(上面层+中面层)的厚度相协调。

10.10.2 支架现浇或悬臂浇筑的整体式混凝土箱梁结构不宜采用水泥混凝土调平层，宜采用厚度与桥头路面(上面层+中面层)厚度相协调的沥青混凝土结构。

10.11 桥面防排水

10.11.1 桥面水泥混凝土调平层顶面(或整体式混凝土箱梁顶面)应设置防水层，一般桥梁宜采用改性乳化沥青，特大桥宜采用预拌沥青或聚合物改性沥青。

10.11.2 桥面泄水管宜采用竖排式，泄水管的构造应既能排除桥面积水，又能排除渗入桥面铺装层中的潜水；位于下坡向的伸缩缝内侧混凝土边缘必须设置伸出护栏外侧的横向泄水管；位于凹曲线上的桥梁，桥面泄水管应根据需要适当加密并在凹曲线最低点设置泄水孔。

10.11.3 桥面排水侧应设置排水盲沟。

10.11.4 跨越水源保护区、公路、铁路的桥梁，沿桥梁纵向应设置截水沟槽(或管道)，将水引入江河两岸的沉淀池或路侧排水沟渠内；截水沟槽(或管道)的断面尺寸应通过计算确定。

10.12 桥面伸缩装置

10.12.1 桥梁伸缩量不大于 80 mm 时，应采用异形钢伸缩装置。伸缩量大于 80 mm 时，应根据伸缩量、桥梁结构的特点等，选用合理、经济、性能可靠的伸缩装置。

10.12.2 伸缩装置的预留槽应有足够的空间。

10.12.3 预留槽内宜采用强度等级不低于主梁的纤维混凝土回填，纤维混凝土顶部应设直径为 8 mm、间距为 10 cm、混凝土保护层厚度为 3.5 cm 的钢筋网。

10.12.4 对于高墩，考虑由墩台水平位移而产生的伸缩量增大的影响，应适当增加伸缩装置的伸缩量。

10.12.5 伸缩装置内的止水橡胶条应伸出护栏外侧不小于 5 cm，止水橡胶条底部设坡度与桥面横坡一致的 PVC 排水管槽，排水管槽与梁体、止水橡胶条之间都应采用环氧树脂粘结固定。

10.13 桥头锥坡

10.13.1 对于埋置式桥台，当桥台高度 $10\text{ m} \leq H < 15\text{ m}$ 时，台前宜设 3 m 宽反压护道；当桥台高度 $H \geq 15\text{ m}$ 时，台前宜设 5 m 宽反压护道。桥台高度大于 10 m 的台前溜坡应进行稳定验算。

10.13.2 桥头锥坡与路基边坡衔接处，应设置人行踏步；台前溜坡在距上部板(梁)底 1.6 m 处宜设置宽度不小于 1.0 m(或为反压护道宽度)的检修道，在台前溜坡中央设人行踏步。

10.13.3 不受洪水冲刷的锥坡宜采用方格、六角形空心砖、生态袋等植被防护形式，易受洪水冲刷的锥坡宜采用六角形混凝土预制块加砂垫层铺砌防护，锥坡坡脚埋置深度应满足防冲刷要求。

10.14 护栏

10.14.1 金属梁柱式护栏不宜设置护轮安全带，须设置护轮安全带时，护栏面宜与护轮安全带边缘成一直线，护轮安全带高度宜控制在 5 cm~10 cm 之间。

10.14.2 桥梁应采用顶部不设钢管组件的钢筋混凝土墙式护栏。

10.14.3 不得随意改变现行规范中钢筋混凝土墙式护栏和组合式护栏迎撞面的截面形状。

10.15 其他

10.15.1 立交桥下、通道内通行机动车时，若通行净高小于 5.5 m，桥梁及通道两侧应设置限高标志和限高门架。

10.15.2 通航水域或车道旁设有桥墩时，应设置助航标志和必要的桥墩防护设施。必要时应设置航标维护管理和安全监督管理设施。

10.15.3 跨越通航河流、铁路、高速公路、一级公路及交通量较大的其他公路的桥梁，应在桥梁两侧设置桥梁护网。

10.15.4 高出桥梁护栏的桥梁护网，应作防雷接地处理，接地电阻应小于 $10\ \Omega$ ；中、下承式拱桥的拱顶，斜拉桥、悬索桥的塔顶等应设置能覆盖全桥的防雷安全设施，并应符合《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）的有关规定。

11 互通式立体交叉及服务设施

11.1 一般规定

11.1.1 互通式立体交叉的选址，应针对山区高速公路地形狭窄、布设困难的特点，尽量利用荒山、坡地，与周围环境相适应，并有利于与被交路的连接。

11.1.2 服务区选址应结合沿线地形条件、自然环境、人文景观、相邻服务区布设间距等因素，宜采用对称布设的形式；条件受限时，可采用不对称或单侧布设等形式。服务区的布设应充分考虑沿线供水、供电及排污等因素。

11.1.3 互通式立体交叉的形式应根据地形条件和交通量大小确定，初步设计阶段应对互通的设置位置、形式进行比选。对于 B 形单喇叭互通，主线宜上跨匝道。

11.1.4 互通式立体交叉与服务区、停车区、主线收费站宜分址修建，条件受限时，经比选论证后，可合址建设。服务区或停车区与长下坡刹车检查区、特长隧道待引区、超限检查站等可合址建设。

11.1.5 一般互通式立体交叉之间的距离宜为 15 000 m~25 000 m。一般互通式立体交叉与枢纽互通式立体交叉的距离不宜小于 4 000 m。

11.1.6 服务区间距宜为 50 000 m 左右，地形条件受限时可适当延长，最大不应超过 60 000 m；停车区宜在两服务区之间设置，停车区之间、停车区与服务区之间间距宜为 20 000m~25 000 m。

11.1.7 服务区宜设在相邻两互通式立体交叉相对中间位置，一般互通式立体交叉(或服务设施)加速车道终点至服务设施(或一般互通式立体交叉)减速车道起点之间的距离不应小于 1 000 m。

11.1.8 对于预留互通式立体交叉的路段，主线的平、纵指标应综合考虑。

11.1.9 互通匝道出口不宜设置在长下坡路段及长下坡末端附近。单喇叭 B 形互通的减速车道以下坡与环形匝道连接时，主线纵坡宜小于 1%，最大不得超过 2%。

11.2 互通式立体交叉与隧道之间的距离

11.2.1 加速及合流过程应在进入隧道前完成，加速车道的渐变段终点与隧道洞口距离宜大于 100m。特殊地形条件下，加速车道可设在短隧道内，隧道内不允许车辆变更车道；隧道出口至加速车道渐变段起点的距离应不小于《公路路线设计规范》（JTG D20）表 11.3.7-3 加速车道的规定值。

11.2.2 对于特长、长和中隧道，减速及分流过程应在驶离隧道后进行。隧道出口至前方互通式立体交叉减速车道的渐变段起点的距离应满足设置出口预告标志的需要；条件受限制时，不宜小于 1 000 m；特别困难路段，经安全性评价并采取隧道内设置预告标志等相应工程措施后，可小于 1 000 m。

11.2.3 对于短隧道，减速车道起、终点可分别设在隧道进口前、隧道出口后（见图 4），并采用平行式出口方式，隧道内不允许车辆变更车道；隧道进口前的减速车道长度 L_1 减值不小于《公路路线设计规范》（JTG D20）表 11.3.7-3 减速车道的规定值，隧道出口后的减速车道长度 L_2 减不宜小于 100 m。

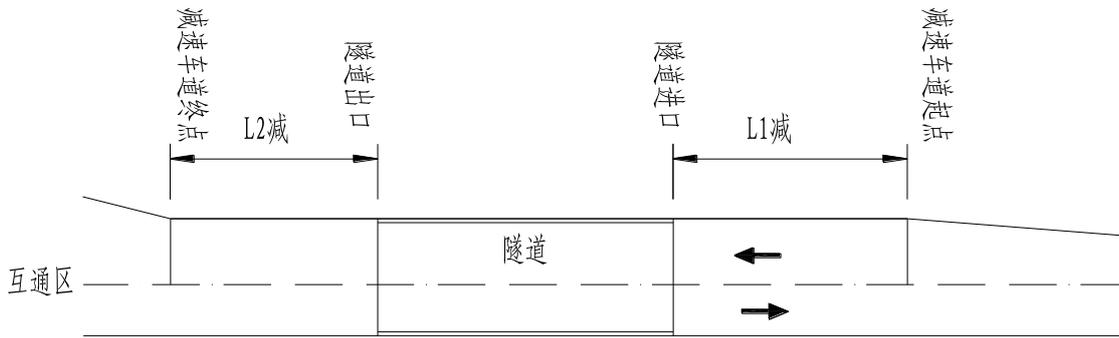


图4 减速车道与短隧道距离

11.2.4 对于短隧道，减速及分流过程在进入隧道前完成时，减速车道终点(分流鼻)与隧道进口的距离应不小于 100m。（见图 5）

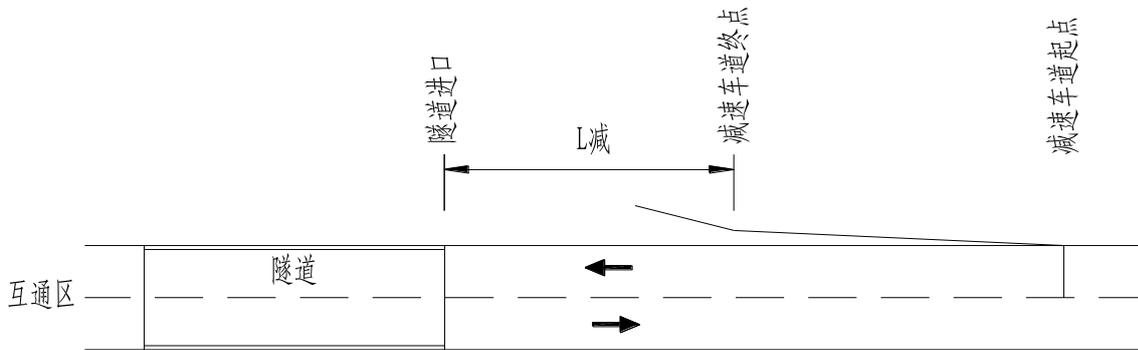


图5 减速车道与短隧道距离

11.3 匝道设计

11.3.1 交通量小于 300 pcu/h、匝道长度等于或大于 500 m 时；或交通量等于或大于 300 pcu/h 但小于 1 200 pcu/h、匝道长度等于或大于 300 m 时，考虑超车需要，匝道可采用宽度为 10.5 m 的双车道，但出入口仍应采用单车道（见图 6）。

有条件路段，单向单车道匝道路基宽度可采用 9 m，对向分隔式双车道匝道路基宽度宜采用 16.5 m。当采用以上路基宽度时，对半径大于 50 m 的平曲线，其匝道不再加宽。

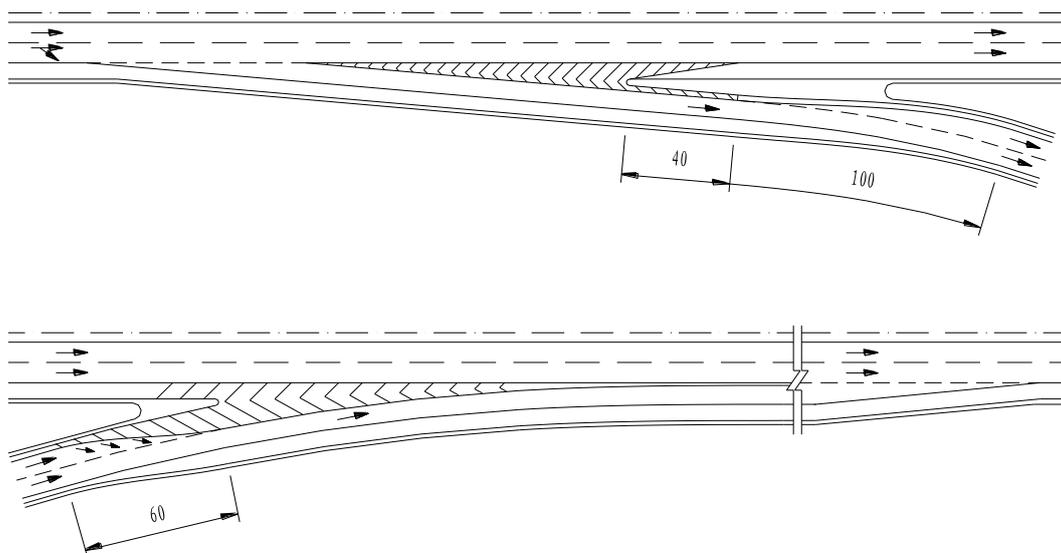


图6 双车道匝道单车道出、入口（单位：m）

11.3.2 匝道的平面线形除符合《公路路线设计规范》(JTG D20)的要求外，应满足下列要求：

- 匝道曲线长度应考虑均衡性和连续性，各单元的长度不宜小于 3s 匝道设计速度行程长度；
- 减速车道分流点应按不小于 70% 主线速度控制匝道平纵指标，加速车道合流点应按不小于 60% 主线速度控制匝道平纵指标；
- 环形匝道半径不宜小于 60 m。受条件限制时，单喇叭 A 形不宜小于 50 m，单喇叭 B 形不宜小于 55 m；
- 反向曲线间的前后两个缓和曲线，其参数 A1、A2 宜相等或相近；相差较大时，A1/A2 一般不大于 2 (A1 为大值)。

11.3.3 ；匝道上的超高应根据设计速度、圆曲线半径、自然条件等计算确定，超高值可参照表 13 采用。

表13 匝道圆曲线的超高

匝道设计速度 (km/h)	60	50	40	30	超高(%)
匝 道 圆 曲 线 半 径 (m)	120~220	80~160	50~60	25~60	7 (6)
	220~330	160~240	60~90	60~80	6
	330~420	240~310	90~160	80~110	5
	420~560	310~410	160~280	110~150	4
	560~800	410~590	280~400	150~220	3
	>800	>590	>400	>220	2

注：积雪冰冻地区应采用括号内的数值。

11.3.4 匝道纵坡应考虑平纵线形的组合，并满足以下要求：

- a) 半径小的圆曲线起讫点，不宜接近或设在凸形竖曲线的顶部、凹形竖曲线的底部；
- b) 应避免接近最大纵坡值的下坡匝道与半径接近极限值的圆曲线连接；
- c) 设计速度小于 40 000 m/h 的匝道，可降低平纵线形组合的要求。

11.3.5 变速车道为双车道时，加、减速车道均应采用直接式。变速车道为单车道时，加速车道宜采用平行式，减速车道宜采用直接式；当减速车道位于复杂桥梁上时，可采用平行式，变速车道长度应不小于《公路路线设计规范》(JTG D20)的规定。符合下列情况之一者，变速车道长度宜按照主线设计速度高一个等级采用：

- a) 主线平纵面线形指标接近或低于规范低限值；
- b) 匝道的预测交通量接近通行能力；
- c) 大型客货车比例较高时。

11.3.6 主线分流鼻前判断出口的识别视距在条件允许和驾驶者需接受的信息较多时宜采用《公路路线设计规范》(JTG D20)表 11.2.2 中的高限值。

11.4 收费广场及引道

11.4.1 收费广场位于主线上时，平面线形应与互通式立体交叉的主线标准一致；位于匝道或连接线上时，其平曲线半径不得小于 200 m。

11.4.2 收费广场的纵坡应不大于 2%。

11.4.3 收费广场位于主线上时，竖曲线半径应与互通式立体交叉的主线标准一致；位于匝道或连接线上时，竖曲线半径应大于 800 m。不应将收费站设置在凹形竖曲线的底部。主线收费站广场的最小坡长为 800 m，极限值为 700 m；匝道收费站广场的最小坡长为 100 m，极限值为 50 m。

11.4.4 收费站广场的横坡不宜大于 2.0%，当出口或入口车道数超过 10 个时，横坡不宜大于 1.5%。收费车道内应设置排水设施。

11.4.5 匝道收费站收费广场中心线距收费站前匝道分合流点的距离应不小于 75m，有条件时该距离宜适当加长；对进收费站纵坡大于 3%的下坡匝道，该距离不应小于 100 m；匝道收费站收费广场中心线和被交叉公路的交叉点距离不宜小于 150 m。

11.4.6 收费广场直线段范围内的路面应采用混凝土路面。收费广场直线段与渐变段的交点距收费岛头(尾)端部的距离，主线收费站不小于 35 m，匝道收费站不小于 20 m。

11.4.7 不停车收费车道宽度为 3.5m，外侧超宽车道宽度为 4.0 m，其他收费车道宽度为 3.2 m；收费岛宽度为 2.2 m。

11.4.8 收费车道大于等于 8 条时，宜在收费岛下设置内部横向通道，通道净高 2.2 m，净宽 3 m。

11.4.9 应根据预测交通量确定收费站的工程规模：

- a) 收费系统机电设备按预测的第 5 年交通量；
- b) 收费岛、收费广场、收费车道、路面、地下通道、天棚按预测的第 15 年交通量；
- c) 收费广场用地、站房区用地按预测的第 20 年交通量。

11.4.10 匝道收费站与主线收费站收费车道数应根据收费方式，按《收费公路联网收费技术要求》计算确定。匝道收费站的收费车道数应不少于 3 入 3 出。

11.4.11 主线收费站的出入口车道岛头至收费亭中心线距离为 30 m，岛尾离收费亭中心线距离为 30 m。匝道收费站的入口车道岛头至收费亭中心线距离为 18 m，岛尾离收费亭中心线距离为 10 m；出口车道岛头至收费亭距离为 30 m，岛尾离收费亭中心线距离为 10 m。

11.4.12 不停车收费车道宜设置在道路中心线两侧，匝道收费站收费岛长度宜为 48 m，不得少于 36 m；主线收费站收费岛长度宜为 60 m，不得少于 48m。

11.5 互通式立体交叉连接线

- 11.5.1 连接线应按交通量或道路规划确定技术标准。
- 11.5.2 高速公路的连接线宜利用现有的道路；现有道路达不到连接线标准时，应进行改建。
- 11.5.3 连接线中的平面交叉应满足以下要求：
- 平面交叉渠化设计应考虑行人和非机动车的通行；
 - 匝道或连接线与被交公路的平面交叉与被交公路已有交叉口的间距应不小于 300 m；
 - 平面交叉宜正交，并尽量减少冲突区的面积、减短车辆越过交叉区域的路径。斜交时，交叉角度不宜小于 70°；
 - 平面交叉应尽量设置在被交路的直线段上；设置在平曲线上时，其半径不宜小于不设超高的最小圆曲线半径；
 - 平面交叉应根据交通流量、流向，选择合理的交叉形式，提高交叉口的通行能力和行车安全性。

11.6 服务设施

- 11.6.1 服务设施包括服务区和停车区。服务区宜一次性实施，停车区可分步实施。
- 11.6.2 服务设施的建设规模应根据主线设计交通量、交通组成、环境、用地条件及国家现行相关政策等确定。服务设施停车场、建筑面积等规模应与预测第 10 年的交通量相适应，用地规模与预测第 20 年的交通量相适应。
- 11.6.3 对于两侧布设的服务区，应设置内部通道。条件受限时，可采用区内天桥跨越、区外利用地方道路连通等沟通方式。内部通道净高应不小于 2.8 m、净宽应不小于 4 m，并应预埋通信、电气及给排水管道；通道两端连接道路应能满足服务区内部小货车等通行的需要。
- 11.6.4 场地填筑质量应严格控制，顶面以下 4 m 范围内的填方应分层压实。
- 11.6.5 服务设施场地内主要道路宽度不宜小于 8 m，小车停车区进出道路宽度不宜小于 6 m，消防通道净宽不小于 4 m；出口侧加油站一般应设返回停车场的通道。
- 11.6.6 进服务区的匝道宜采用不设硬路肩的单向双车道匝道路基宽度标准；对于大型服务区，进入服务区前 500 m 主线硬路肩的宽度宜加宽至 3.5 m。

12 隧 道

12.1 一般规定

- 12.1.1 应根据隧道的功能、定位、地形、地质条件，合理确定隧道位置、建设规模、建筑尺寸及通风防灾方案。
- 12.1.2 应合理确定隧道净距及平面、纵面指标。平面、纵面指标的选用应充分考虑隧道内外行车安全、运营通风、排水能力、环保及节能等因素。
- 12.1.3 应综合考虑洞内紧急停车带、安全横通道、附属洞室、洞外管理用房、消防、救援等营运设施的总体布置。
- 12.1.4 宜根据隧道功能、定位、隧道长度、超高旋转方式及通风防灾方案并结合机电设备布置合理确定建筑限界与内净空。
- 12.1.5 应进行主线隧道、辅助隧道或通道、地下机房、竖(斜)井总体横断面布置，以满足施工、营运安全所需空间需要。
- 12.1.6 应加强隧道营运及防灾设施(包括通风、照明、监控、供配电、消防、救援)与土建设施的协调统一，形成综合设计。
- 12.1.7 隧道建筑物应具有规定的强度、稳定性，隧道主体结构应按满足 100 年设计使用年限的永久结构设计。

12.1.8 应根据工程地质及水文地质条件，结合断面大小、衬砌类型、隧道长度、工期要求等因素，合理确定隧道施工方法。

12.1.9 应进行完善的隧道洞内外防排水设计，并加强洞内外排水衔接。

12.2 隧道位置选择

12.2.1 应根据不同地形条件合理选择隧道位置，一般符合下列规定：

- a) 越岭地形的隧道宜根据地形复杂程度、相对高程差，进行长隧道方案和设置长上（或下）坡的短隧道方案比选；若采用短隧道方案，应充分考虑接线的建设方案，合理选择隧道进出口位置。隧道位置应避免开裂带通过的垭口；
- b) 沿河、傍山隧道应根据地形、地质条件，对短隧道群、靠山内移修建长隧道或桥隧结合的方案进行技术、经济、施工、运营、环保等多方面比选。

12.2.2 隧道位置应充分考虑地质条件的不利影响，一般遵循下列原则：

- a) 隧道宜选择在地层稳定、构造简单、地下水不发育的位置，隧道轴线宜与岩层走向、构造线走向垂直或大角度相交；
- b) 尽量避免穿越崩塌、滑坡、泥石流、溶洞、采空区等不良地质及河塘、水库等水文条件复杂的地段；必须通过时，应采取切实可靠的工程措施。

12.2.3 隧道洞口应早进洞、晚出洞，减少对自然山体 and 环境的破坏。洞口位置选择应符合下列原则：

- a) 隧道进出口路线中线宜与地形等高线正交，不能满足要求时，宜以大角度斜交进洞，避免与等高线平行进洞；
- b) 隧道洞口边仰坡高、陡且稳定性差时，宜接长明洞并采取相应防护措施；
- c) 位于悬崖陡壁下的洞口，不宜切削原坡面，可贴壁进洞。存在落石掉块风险时，应接长明洞或采取其它防护措施；
- d) 位于缓坡地形的洞口，应考虑洞外路堑地质、路基挖方、排水、施工难易及用地情况等因素，综合分析确定。
- e) 隧道洞口位置不宜选择在：
 - 1) 断层、风化较为严重，容易产生坍塌的位置；
 - 2) 滑坡、崩塌堆积体等不良地质的位置；
 - 3) 不稳定悬崖陡壁下；
 - 4) 第四系覆盖层较厚的位置；
 - 5) 宜受洪水、泥石流威胁的位置，及排水困难的沟谷低洼处。
 - 6) 偏压顺层地段。
- f) 当洞口倾斜岩层、层理、片理结合很差或存在软弱结构面时，不宜大挖，避免斩断岩脚，以防止顺层滑动或塌方，并尽量早进洞或接长明洞。

12.3 隧道平纵面

12.3.1 长度大于 500 m 的隧道宜采用分离式双洞布置，连拱隧道长度宜不大于 300 m，小净距隧道连续长度宜不大于 500 m。

12.3.2 分离式隧道平面线位应根据洞口条件、接线及隧道围岩条件综合考虑。宜符合如下规定：

- a) 分离式隧道洞身段线位宜满足《公路隧道设计规范》(JTG D70)最小净距要求；
- b) 受接线条件限制时，宜根据隧道长度范围内不同围岩级别综合考虑分离式隧道净距；
- c) 分离式隧道可不平行布置。条件受限时，洞口最小净距宜不小于 6 m。

12.3.3 隧道洞外接线应与隧道内线形相协调，隧道洞口内外各 3s 设计速度行程长度范围的平、纵面线形应一致，有条件时纵面不小于 5s 设计速度行程。条件受限时，可适当放宽，但应满足以下要求：

- a) 受地形条件限制，对长、特长隧道的进口路段和出口上坡路段，以及中、短隧道的洞口路段，当行车视距分别满足表 14、表 15 中要求，且路线平、纵指标调整会导致工程规模增加较大时，洞内外线形可采用缓和曲线或直线与缓和曲线、缓和曲线与圆曲线组合。但应在洞口内外线形诱导、光过渡和行车预警预告等方面采取措施；

表14 长、特长隧道洞内外线形可为缓和曲线的要求

设计速度(km/h)	120	100	80
平曲线半径	≥3500	≥1400	≥700
纵坡(%)	<2	<2	<2
行车视距(m)	≥420	≥320	≥220
注：表中视距不考虑检修道高度的影响。			

表15 中、短隧道洞内外线形可为缓和曲线的要求

设计速度(km/h)	120	100	80
平曲线半径(m)	≥2600	≥1100	≥700
纵坡(%)	<2	<2	<2.5
行车视距(m)	≥263	≥200	≥138
注：表中视距不考虑检修道高度的影响。			

- b) 洞内外线形采用缓和曲线或直线与缓和曲线、缓和曲线与圆曲线组合线形时，以隧道洞口曲率行驶 3s 轨迹与按设计线位行驶 3s 轨迹相比，偏移值不大于 0.2 m 时，可视为线形一致；
- c) 隧道洞口采用竖曲线时，宜满足识别视距要求，条件受限时，应满足 1.25 倍停车视距要求。具体取值见表 16。

表16 洞口视觉所需的视距要求

设计速度(km/h)	120	100	80
识别视距(m)	350~460	290~380	230~300
1.25 倍停车视距(m)	263	200	138

12.3.4 采用长直线或大半径平曲线的长、特长隧道出洞方向应避免在洞口接小半径曲线，相邻圆曲线半径不宜大于 2 倍。

12.3.5 隧道内不宜采用 S 形曲线。必须设置时，反向 S 形曲线的拐点应避免设在洞口内外各 3s 设计速度行程长度范围内。

12.4 隧道群

12.4.1 相邻隧道洞口纵向间距等于或小于表 17 规定的两座或多座隧道，应按隧道群整体考虑其平纵线形、通风、照明及交通工程设施。以 9s 设计行程时间作为隧道群的界定距离。

表17 相邻隧道洞口纵向间距(m)

设计速度(km/h)	120	100	80
相邻隧道洞口纵向间距(m)	300	250	200

12.4.2 隧道出口端洞内 3s 行程至下一隧道进口端洞内 3s 行程范围内平、纵面线形应均衡。

12.4.3 两洞口距离小于 100 m 的短隧道群，可按同一隧道整体考虑其平、纵线形技术指标。

12.4.4 两洞口距离小于 100 m 或洞口污染空气不易扩散的隧道群，采用纵向通风及纵向排烟时，应考虑隧道群间的如下相互影响：

- a) 隧道通风计算时，应考虑上游隧道出口排出的污染空气对下游隧道的影响；
- b) 其中的一个隧道火灾时，应采取避免火灾烟气进入相邻的隧道内。

12.4.5 隧道群的防灾救援体系应使给排水、消防、通风、照明、供电、监控等各子系统构成一个有机的整体，以实现隧道群总体的防灾、减灾和救灾功能。

12.5 隧道方案

12.5.1 应结合地形、地质、水文及环境条件，综合考虑平纵线形指标、通风方案、环境影响、施工风险及难度、营运安全、工程造价及营运费用等技术经济多方面因素，进行隧道方案比选。

12.5.2 傍山短隧道群宜与长隧道方案进行比选。

12.5.3 设置分离式隧道困难的地段，宜选择小净距或连拱隧道方案。

12.5.4 中心挖深小于 30 m 的隧道，宜选择明洞或暗挖隧道方案。

12.5.5 洞顶覆盖层薄的偏压傍山隧道，宜结合地形及地质情况，分段选择暗挖隧道、半明半暗隧道、明洞或棚洞。有条件时，也可设置独立明洞或棚洞。

12.5.6 围岩稳定性差、宜受地下水影响、周围环境对变形要求高等情况发生时，应合理选择施工方案、衬砌支护参数、变形控制值。

12.6 隧道建筑限界

12.6.1 高速公路隧道建筑限界如图 7 所示，在建筑限界内不得有任何部件侵入，顶部安装风机距建筑限界应不小于 0.15 m~0.20 m。

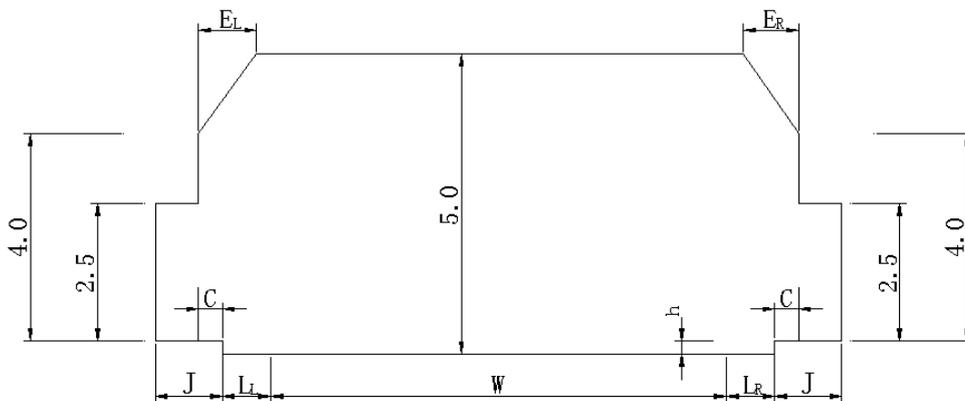


图 7 隧道建筑限界(单位: m)

W-行车道宽度； L_L -左侧向宽度； L_R -右侧向宽度；C-余宽；J-检修道宽度；h-检修道高度； E_L -建筑限界左顶角宽度， $E_L = L_L$ ； E_R -建筑限界右顶角宽度，当 $L_R \leq 1\text{m}$ 时， $E_R = L_R$ ，当 $L_R > 1\text{m}$ 时， $E_R = 1\text{m}$

12.6.2 隧道建筑限界横断面组成最小宽度按表 18 执行。

表18 隧道建筑限界横断面组成最小宽度

单位为米

设计速度 (km/h)	车道宽度 W	侧向宽度 L		余宽 C	检修道宽度 J		限界净宽
		左侧 L_L	右侧 L_R		左侧	右侧	
120	3.75×2	0.75	1.25	0.50	1.00	1.00	11.50
	3.75×3						15.25
100	3.75×2	0.50	1.00	0.25	0.75	1.00	10.75
	3.75×3						14.50
80	3.75×2	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	10.25
	3.75×3						14.00

注1：对平曲线半径小，不能满足停车视距要求的隧道，应进行内侧加宽并设置交通安全设施；
注2：长度小于100 m的隧道，洞内侧向宽度可与洞外硬路肩宽度一致。

12.6.3 隧道两侧检修道高度 h 要兼顾考虑管线布设和日常维护人员的安全及事故时行车道人员便利疏散至安全通道的要求，宜不小于 40 cm，且不宜高于 75 cm。

12.7 隧道内轮廓

12.7.1 隧道内轮廓应考虑隧道长度、通风方案、运营节能等因素。并应符合如下规定：

- 长度小于 3 000 m 且通风方式采用纵向射流通风或自然通风的隧道，设计速度相同的同一项目宜采用相同的隧道内轮廓。隧道长度大于 3 000 m 时，结合通风方案及设备选型需要尺寸，可采用不同的内轮廓；
- 隧道内轮廓尺寸在满足结构受力及使用要求的前提下，应兼顾经济性；
- 路线中线宜与隧道行车道中线重合。当设置大于 2%的超高时，以绕行车道中心线旋转为宜。桥隧相连、超高值较大的隧道，当限界旋转引起内轮廓需加大时，宜采用隧道整体旋转的方式；
- 隧道顶部设置排烟道时，排烟道内轮廓尺寸应满足设备安装、运营维护、施工空间的需要。拱顶排烟道高度不宜小于 1.8 m。

12.7.2 车行、人行横通道尺寸及间距应根据隧道长度、设计交通量及疏散方式综合确定，应满足如下规定：

- 车行横通道兼作人行疏散通道，内轮廓宽度取 1.0 m（人行道）+4.0 m（车行道）+1.0 m（人行道），车行道限界高度取 5.0m，人行道限界高度取 2.5m。车行横通道间距一般 750 m，并不得大于 1 000 m；
- 人行横通道限界高 2.5 m，宽度及间距应根据火灾时隧道内人员安全疏散的需要确定，并考虑施工误差及防火门安装尺寸的影响。长度大于 6 000 m 的上下行分离式四车道隧道及长度大于

3 000m 的上下行分离式六车道隧道，人行横通道内轮廓宽度宜取 3.2 m，间距 250 m~300 m；其它隧道的人行道横通道内轮廓宽度宜取 2.2 m，间距 250 m~300 m。

12.8 隧道结构的耐久性

12.8.1 隧道衬砌结构耐久性设计应包括以下内容：

- a) 衬砌结构及构件的设计使用年限、环境类别和作用等级；
- b) 混凝土结构用材料的性能及耐久性指标要求；
- c) 钢筋的混凝土保护层厚度、混凝土裂缝宽度控制值要求；
- d) 有利于衬砌结构耐久性的结构构造措施及防水、排水等构造措施；
- e) 耐久性所需的施工养护制度与保护层厚度的施工质量验收要求；
- f) 严重环境作用下（D、E 和 F 级）合理采取附加防腐蚀措施或多重防护策略；
- g) 在设计使用年限内对混凝土结构采取的跟踪检查与维修要求。

12.8.2 隧道二次衬砌、明洞与棚洞衬砌等主体结构应满足 100 年设计使用年限的耐久性要求，次要结构在可更换或修复的条件下应达到同等使用年限。主要构件设计使用年限满足表 19 规定。

表19 主要构件设计使用年限要求

构件名称	初期支护	明洞、棚洞衬砌 二次衬砌	洞门	风道结构	路缘侧石、沟 槽身、盖板	仰拱填充、 铺底
设计使用年限	--	100	100	50	30	--

注1：隧道内人行、车行通道、紧急出口等与主体结构设计使用年限相同。

注2：低于100年设计使用年限的构件，满足设计使用年限后必须进行安全性评估，必要时大修或更换。

注3：初期支护、仰拱填充、铺底设计使用年限不作具体要求，但应根据地下水环境侵蚀介质及类型，选择相应的水泥品种。一般环境作用下的初期支护可与二次衬砌设计使用年限相同，C级及以上的氯盐腐蚀、化学腐蚀环境以及其它严重腐蚀环境（D级及以上）下的初期支护，其设计使用年限应作专门研究。

注4：隧道明洞、棚洞衬砌、二次衬砌、洞门、隧道顶部风道、排风道，其环境最低作用等级为C级。

注5：隧道衬砌中的埋设件宜采用预埋或预留孔（槽）方式设置，连接部位应采取有效的密封和防渗漏处理措施，外露部件应采取有效的防腐蚀处理措施。对于严重腐蚀环境下的构件，浇注在混凝土中并部分暴露在外的吊环、紧固件、连接件等铁件应与混凝土构件中的钢筋隔离。当隧道水沟内排水含腐蚀性介质时，应对水沟采取相应的防腐蚀措施。

注6：为满足隧道设计使用年限，应根据养护规范进行日常裂缝、渗漏水观察，必要时进行监测和维修。

12.8.3 对隧道结构各部位建筑材料强度等级应满足不低于表 20 规定。

12.8.4 隧道不同环境类别及环境作用等级、耐久性混凝土强度、配合比、钢筋保护层厚度、混凝土原材料、施工要求、附加防腐蚀措施等有关耐久性设计内容应符合《公路隧道设计规范》（JTG D70）、《公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范》（JTG/T B07-01）的相关规定。

表20 衬砌建筑材料

工程部位	材料种类			
	素混凝土	钢筋混凝土	喷射混凝土	
			喷锚衬砌	喷锚支护
拱圈	C30	C30	C25	C20 (C25)
边墙	C30	C30	C25	C20 (C25)
仰拱	C30	C30	C25	C20 (C25)
底板		C30		
仰拱填充	C10			
路缘侧石、沟槽身	C25	C30		
水沟、电缆槽盖板		C25		
注1: 各部位构件对应钢筋的混凝土最小保护层厚度为: 二次衬砌的拱圈、边墙、仰拱结构50mm; 风道结构30mm; 路缘侧石、沟槽身、盖板15mm。 注2: 括号内的强度等级适用于需钢架的喷射混凝土结构。				

12.9 明洞与棚洞

12.9.1 应综合考虑地形、地质、地表水文情况,合理选择明洞隧道结构型式、长度和施工方案。明洞型式及施工方案宜遵循如下原则:

- a) 边仰坡稳定时,明洞施工宜先放坡拉槽开挖,后施工明洞结构,最后回填(见图8);

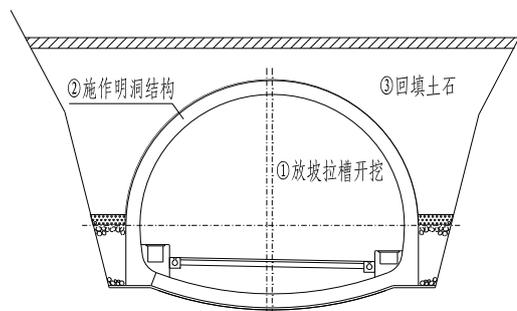


图8 一般明洞

- b) 存在偏压的明洞,可设耳墙式单压明洞或回填反压(见图9、图10)。

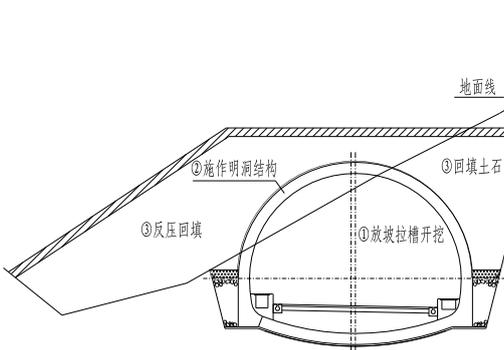


图 9 偏压明洞回填反压

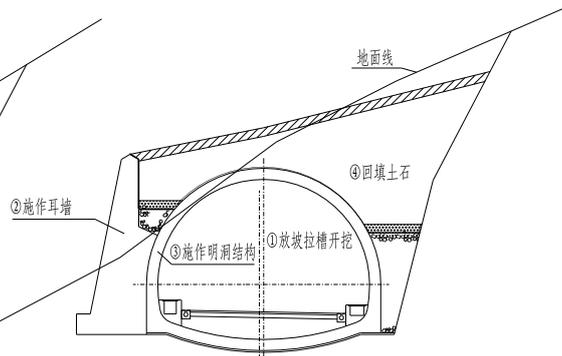


图 10 耳墙式单压明洞

- c) 位于沟谷的隧道存在偏压、放坡开挖安全隐患较大时，可采用拱部护拱式半明半暗式明洞（见图 11）；
- d) 地形偏压严重，不宜采用全断面放坡开挖时，可采用耳墙式半明半暗单压明洞（见图 12）。

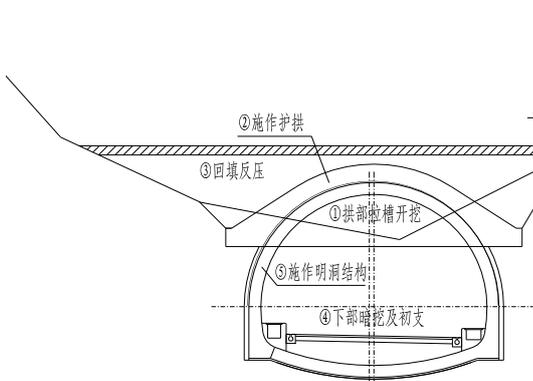


图 11 拱部护拱式半明半暗明洞

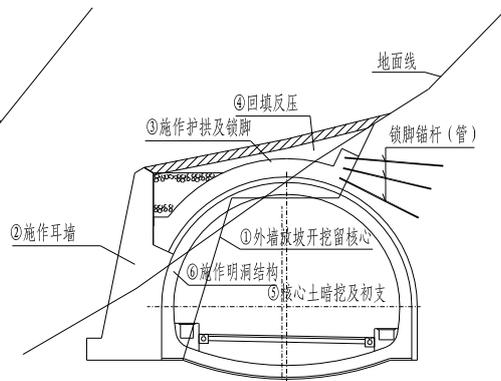


图 12 耳墙式半明半暗单压明洞

12.9.2 独立棚洞或洞口段棚洞的结构型式及适用条件宜符合如下原则：

- a) 路线傍山，开挖山体薄，不能暗挖隧道，而采用路基内侧边坡高，安全隐患大，以石质为主无不良地质地段，可采用棚洞；
- b) 棚洞结构可采用矩形（图 13）或拱形框架结构（图 14），顶部应有不小于 1m 厚度的回填。洞口棚洞宜采用拱形框架结构型式；

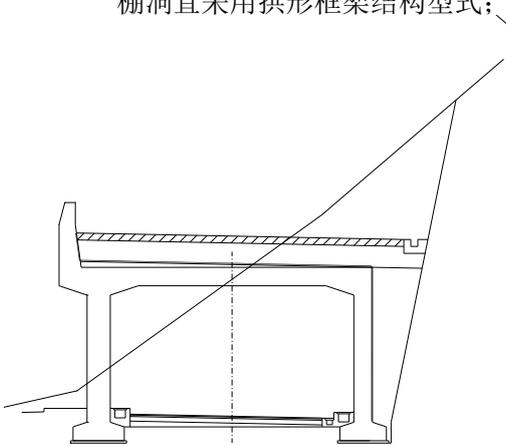


图 13 矩形棚洞结构型式图

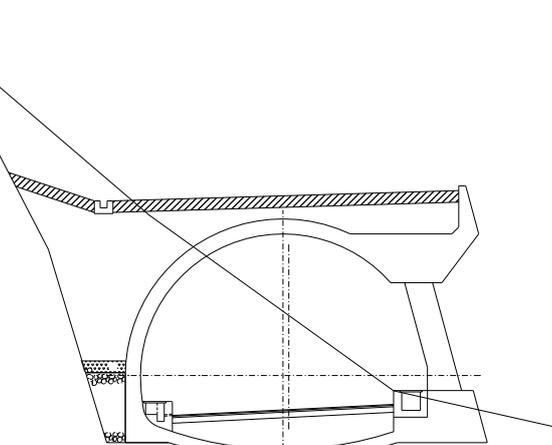


图 14 拱形棚洞结构型式图

c) 棚洞边距离外侧高速公路边沿近, 或棚洞虽在外侧, 但不允许山体上部滚石通过棚洞顶到达山下时, 棚洞顶部应采用平顶或内倾的方式, 并应设置防护网。

12.9.3 12.9.3 应以明洞或棚洞两端路基边坡的合理控制高度确定其设置长度。明洞的回填高度应根据边仰坡稳定、山体地貌恢复情况综合确定, 拱顶回填厚度一般不宜小于 2m, 最大一般不宜大于 6m。

12.9.4 12.9.4 明洞衬砌结构应按荷载结构法进行内力和变形的分析计算, 并验算结构强度和裂缝宽度。无资料时, 有关计算参数见表 21、表 22。

表21 围岩岩土参数特征及其开挖坡度

围岩级别	岩土参数特征						边坡开挖坡度	
	重度 (kN/m ³)	弹性抗力系数 (MPa/m)		变形模量 E (GPa)	计算摩擦角 (°)	基底摩擦系数	墙脚以上至回填土石面间的施工开挖边坡	回填土石面以上的设计坡度
		K _侧	K _底					
III	24	500	625	13	65	0.5	1:0.5	1:0.75
IV	22	200	250	3.65	55	0.4	1:0.5~1:0.75	1:1
V	19	100	125	1.5	45	0.4	1:0.75~1:1	1:1.25

表22 回填材料参数表

项目	填料种类			
	回填土石	干砌片石	浆砌片石	回填土石与开挖边坡的摩擦系数
重度 γ (kN/m ³)	19	20	22	边坡挖台阶: 0.7
计算摩擦角 ϕ	35°	50°	55°	不挖台阶: 0.6

12.9.5 单压式明洞和棚洞应进行滑动和倾覆稳定及地基承载能力检算, 其整体稳定要求: 滑动稳定系数 ≥ 1.3 , 倾覆稳定系数 ≥ 1.6 。

12.10 暗挖隧道

12.10.1 分离式隧道应采用复合式衬砌, 并采用曲边墙拱形衬砌结构。支护结构形式应符合下列规定:

- a) 隧道地质条件复杂, 且同级别围岩性质差异较大时, 对支护结构形式选择应满足如下规定:
 - 1) 两车道隧道IV级围岩稳定性差异较大时, 在IV级围岩偏弱段的初期支护应设置格栅钢架;
 - 2) V级围岩段的二次衬砌必须设置仰拱;
 - 3) 两车道隧道IV级围岩段宜设置仰拱。IV级围岩偏好的深埋硬岩段, 边墙及墙脚为微风化、围岩完整性好时, 可取消仰拱, 但对初期支护和二次衬砌应予以加强, 二次衬砌厚度宜采用 40cm。
- b) 隧道系统锚杆宜采用中空注浆锚杆, 洞内超前锚杆、随机锚杆、锁脚锚杆、边仰坡加固锚杆可采用砂浆锚杆或锚管;

- c) V级围岩衬砌初期支护宜设置钢架,当隧道基底地层软弱,且易发生纵向不均匀沉降时,宜采用格栅钢架。IV级围岩衬砌初期支护宜采用格栅钢架;
- d) 隧道顶部设置较长风道时,二次衬砌与风道隔板所需钢筋混凝土牛腿应同时浇筑,并设置预埋连接钢筋加强牛腿与顶隔板的连接。若仅局部设置风道,与二衬同时施作困难时,牛腿可后期施作,但应在二次衬砌内预埋纵向暗梁及连接钢筋;
- e) 两车道、三车道分离式隧道一般深埋段的支护参数可参照表23和表24选用,并应根据现场围岩监控量测信息对设计支护参数进行必要的调整。

表23 两车道分离式隧道深埋段的支护参数

围岩级别	超前支护	初期支护 (cm)				二次衬砌	
		锚杆	钢筋网 (cm)	喷射混凝土 (cm)	钢架	拱墙	仰拱
V	小导管	拱墙 ϕ 25 中空 -3.5m, 1.0*0.75m(纵)	15*15	25	钢架, 0.75m	45cm, 钢筋混凝土	45cm, 钢筋混凝土
IV _{偏差}	超前锚杆	拱墙 ϕ 25 中空 -3.0m, 1.2*1.0m(纵)	15*15	20	格栅钢架, 1.0m	35cm~40cm, 混凝土	35cm~40cm, 混凝土
IV	超前锚杆	拱墙 ϕ 25 中空 -3.0m, 1.2*1.0m(纵)	15*15	15	格栅钢架, 1.0m (必要时)	35cm, 混凝土	35cm, 混凝土
IV _{偏好}	——	拱墙 ϕ 25 中空 -3.0m, 1.2*1.2m(纵)	15*15	15	——	40cm, 混凝土	——
III	——	拱墙 ϕ 25 中空 -2.5m, 1.2*1.5m(纵)	15*15	10	——	35cm, 混凝土	——
II	——	ϕ 25 砂浆-2m(局部)		6	——	30cm, 混凝土	——

表24 三车道分离式隧道深埋段的支护参数

围岩级别	超前支护	初期支护				二次衬砌	
		锚杆	E6 钢筋网 (cm)	喷射混凝土 (cm)	钢架	拱墙	仰拱
V	小导管	拱墙 ϕ 25 中空 -4.0m, 1.0*0.75m(纵)	双层 15*15	25~28	钢架, 0.75m	55cm~60cm, 钢筋混凝土	55cm~60cm, 钢筋混凝土
IV	小导管	拱墙 ϕ 25 中空 -3.5m, 1.0*1.0m(纵)	15*15	20~25	格栅钢架, 1.0m	45cm~50cm, 钢筋混凝土	45cm~50cm, 混凝土
III _{较软硬岩}	——	拱墙 ϕ 25 中空 -3.0m, 1.2*1.2m(纵)	15*15	15	——	45cm, 混凝土	45cm, 混凝土
III	——	拱墙 ϕ 25 中空 -3.0m, 1.2*1.2m(纵)	15*15	15	——	45cm, 混凝土	——
II	——	ϕ 25 砂浆-3m(局部)		8	——	40cm, 混凝土	——

12.10.2 连拱隧道设计应符合下列规定:

- a) 洞口地形狭窄，或对两洞间距有特殊要求时，宜采用连拱隧道。偏压严重的地形不宜设置连拱隧道；
- b) 连拱隧道宜采用复合式衬砌，并应选择复合式中墙结构形式。支护参数可采用工程类比法并结合计算分析确定；
- c) 中墙宜采用钢筋混凝土结构，最小厚度应满足《公路隧道设计规范》（JTG D70）的要求。并采取技术措施保障中墙的侧向稳定和与顶部岩体的密贴；
- d) 全风化～强风化地层及遇水软化的软质岩，中导洞应设置不小于 10cm 厚的素混凝土铺底层。中墙基础承载能力不足时，可采用基础换填、锚杆或小导管注浆加固等措施，必要时可设置仰拱；
- e) 洞口地形偏压，外侧隧道覆土厚度不足难以暗挖施工时，可回填反压或采用设置护拱的半明半暗衬砌结构；
- f) 连拱隧道应提出施工方法及施工顺序的具体要求，对辅助施工措施应作专项设计。偏压连拱隧道宜采用外侧隧道先行的施工顺序；
- g) 应提出连拱隧道监控量测方案，并以拱部垂直位移、中墙以上的拱部水平位移量测作为重点；
- h) 应提出施工对相邻洞的爆破振动安全允许标准。二次衬砌为素混凝土结构的安全允许振速 15cm/s，为钢筋混凝土结构的安全允许振速 20cm/s。

12.10.3 小净距隧道设计应符合下列规定：

- a) 小净距隧道宜用于洞口地形狭窄或有特殊要求的中、短隧道，也可用于长或特长隧道洞口局部地段；
- b) 小净距隧道适应的隧道净距可参照表 25。

表25 小净距隧道适应净距表

隧道断面	隧道净距 (m)	
	两车道隧道	一般值
极限值		4~7
三车道隧道	一般值	9~22
	极限值	5~8

注：地质条件好时取低值，地质条件差时取高值。

- c) 小净距隧道洞身段宜选择在围岩完整，其自承、自稳能力较好的地段。
- d) 小净距隧道中夹岩柱最小厚度、加固措施宜符合如下规定：
 - 1) 不同的地质条件、不同的中夹岩柱厚度对洞室稳定影响较大。小净距隧道中夹岩柱的最小厚度应不小于表 26 的要求。当净距有特殊要求，需小于表中数值时，应分析论证；
 - 2) 两车道小净距隧道中夹岩柱的加固措施根据其厚度的不同，可参照表 27 中一种或多种措施采用。三车道小净距隧道中夹岩柱的加固措施可参照使用。

表26 中夹岩柱的最小厚度

围岩类型	两车道隧道 (m)	三车道隧道 (m)
坚硬岩	4	5
较坚硬岩	5	6
较软岩	6	7
软岩	7	8

表27 中夹岩柱的加固措施

围岩级别	中夹岩柱厚度			
	4m~5m	5m~6m	6m~9m	9m~12m
II	对穿预应力锚杆加固	预应力长锚杆加固	加长系统锚杆加固	系统锚杆
III				
IV	1、超前小导管注浆加固 2、对穿预应力锚杆加固	1、超前小导管注浆加固 2、对穿预应力锚杆加固	加长系统锚杆（必要时预应力）加固	加长系统锚杆加固
V		1、超前及径向小导管注浆加固 2、对穿预应力锚杆加固	超前、径向小导管注浆加固或加长系统锚杆（必要时预应力）加固	径向小导管注浆或长锚杆（必要时预应力）加固

- e) 小净距隧道支护结构应采用复合式衬砌，支护参数应经工程类比、计算分析综合确定。对两车道隧道，当中夹岩柱厚度大于 12m 且位于较完整硬岩中时，可只考虑施工爆破的影响。
- f) 对小净距隧道的计算分析，应针对不同的净距，采用有限元模拟分析整个施工过程中左右洞的围岩、初期支护、二次衬砌的位移、应力、应变，评价技术措施合理性及隧道结构的安全性。同时，应采用荷载结构法，进行二次衬砌结构强度计算和裂缝验算。

12.10.4 浅埋隧道设计应根据地形、地质、水文、埋深和隧道跨度采取针对性技术措施，并应符合下列规定：

- a) 应根据《公路隧道设计规范》（JTG D70）、《公路隧道设计细则》（JTG/T D70）的相关规定合理划分浅埋段长度；
- b) 浅埋隧道二次衬砌宜采用钢筋混凝土结构，初期支护应加强。V级~III级围岩段可采用降一级围岩级别的深埋隧道支护参数，或根据地质特点采取相应的支护参数；对V级围岩段，可采取喷射混凝土层加厚、系统锚杆加长加密、钢架刚度加强及间距加密等措施；
- c) 浅埋隧道应采取长管棚注浆、小导管注浆、超前锚杆等洞内超前预加固措施为主，必要时结合采用地表锚杆加固或地表注浆预加固等措施；
- d) 当环境有沉降控制要求时，应选择有利于控制变形的施工方法和施工工序。沉降量由小到大的施工方法顺序为：CRD法、双侧壁导坑法、中隔壁法、上半断面临时闭合法、拱部弧形开挖预留核心土法、台阶法；
- e) 浅埋隧道应进行结构分析计算。初期支护的强度应按地层结构法计算的内力验算，二次衬砌应按荷载结构法计算的内力验算强度和裂缝，二次衬砌荷载分担比例V级围岩宜取60%~80%，IV级围岩宜取40%~60%；采用荷载结构法计算时，应考虑围岩弹性抗力对衬砌变形的约束作用。

12.10.5 当傍山浅埋的两车道隧道的拱肩外侧围岩覆盖厚度 t 值小于表 28 时,应按偏压隧道设计,并符合下列规定:

- a) 应加强支护结构,合理选用施工方法,采取必要的洞内外预加固、洞外回填反压等措施;
- b) 偏压隧道施工开挖在横断面方向宜先外侧后内侧进行。自稳能力差、地下水丰富的 V 级~IV 级围岩宜采用 CRD 法、中隔壁法、双侧壁导坑法、上半断面临时闭合法等施工方法;
- c) 偏压隧道的二次衬砌应采用荷载结构法计算的内力验算二次衬砌的强度和裂缝。

表28 两车道隧道拱肩外侧围岩覆盖厚度 t 值 (m)

围岩级别	不同地面横坡时的 t 值					
	1: 0.75	1: 1	1: 1.25	1: 1.5	1: 2	1: 2.5
III	7	7		7		
IV _石		12		11	10	
IV _土			18	16	14	13
V				30	25	20

12.10.6 富水带、断层破碎带隧道,应重视地下水的不利影响,根据地下水来源和富水量,结合裂隙带和断层带规模及其充填、胶结状况,采取排、堵结合,超前预加固等综合治理措施。宜符合以下原则:

- a) 规模小、与隧道轴线交角大、且地下水不丰富的断层破碎带,可按一般深埋隧道设计;
- b) 规模大,地下水丰富且补给迅速的断层破碎带或岩溶地带,应对补给水源进行充分的调查,并采取隧道周边预加固或全断面超前预注浆加固措施。必要时可设置平行隧道的泄水洞(岩溶地带暗河应架设隧道内桥梁或设置涵管)排除地下水;
- c) 无稳定水源补给,通过集中引水能明显减少水量的破碎带,处于 V 级~IV 级围岩时,可采用超前长管棚注浆、超前小导管注浆、超前锚杆等超前预加固围岩。处于 IV 级~III 级围岩时,可加强地下水引排设施,必要时开挖后采取径向小导管注浆加固措施;
- d) 富水地段隧道宜采用“以排为主、以堵为辅”的原则,避免隧道二次衬砌承受水压。当有环境保护要求或其它无法抗拒的原因必须限量排放时,可在对水压进行合理折减的基础上设计抗水压衬砌。水压按沿隧道衬砌径向分布考虑。

12.10.7 暗挖隧道的设计还应符合如下规定:

- a) 对软弱围岩隧道遵循“管超前、严注浆、短开挖、强支护、速封闭、勤量测”的原则提出支护方案、施工方法和变形、沉降控制指标。对连拱隧道、小净距隧道和隧道临近建(构)筑物,应提出隧道施工对相邻隧道及建(构)筑的变形、爆破振速控制指标。
- b) 系统锚杆纵向间距与钢架间距应一致,系统锚杆、超前锚杆、超前小导管尾部均应与钢架进行焊接。隧道位于土层、全风化岩层及软质岩的强风化层时,位于拱、墙部位钢架的接头处宜设置锁脚锚杆(管)。
- c) 钢架应有足够的保护层厚度,外侧保护层不小于 4cm,内侧保护层不小于 2cm。
- d) 隧道拱、墙背回填应符合下列规定:
 - 1) 拱部范围与墙脚以上 1m 范围内的超挖,应用同级混凝土回填;
 - 2) 其余部分的空隙,可视围岩稳定情况、空隙大小,采用混凝土、片石混凝土回填;
 - 3) 拱部局部坍塌严禁用浆砌片石回填。

- e) 仰拱应超前拱墙施作，其超前距离宜保持 1 倍~3 倍以上衬砌循环作业长度。V 级软弱围岩段仰拱应紧跟掌子面，仰拱施作宜一次成型。
- f) 二次衬砌边墙及仰拱施作前，应将虚碴、杂物、积水等清理干净，超挖部分应采用同级混凝土回填与找平。
- g) 二次衬砌距掌子面距离不宜超过 200m。二次衬砌一次浇筑长度宜 6 m~9m，最长不超过 10m。拆模时，二次衬砌混凝土强度不得低于 5MPa，提前施作二次衬砌的地段，混凝土强度不得低于设计强度的 70%。
- h) 二次衬砌避免设置纵向施工缝。衬砌边墙基础纵向水平施工缝不可避免时应进行如下处理：
 - 1) 应彻底清除施工缝处浮浆、残渣，并用压力水冲洗干净，充分湿润。残留在混凝土表面的积水、钢筋上的油污、水泥砂浆及浮锈等应予以清除；
 - 2) 在浇筑混凝土前，应先在施工缝面涂刷专用混凝土界面剂或铺一层水泥砂浆；
 - 3) 有仰拱的素混凝土结构边墙纵向施工缝，还应采取凿毛或埋入适量的接茬片石或钢筋等措施保证纵向施工缝与连续浇筑结构等强度的连接。接茬片石应露出前层混凝土面积的一半左右。钢筋材料采用 HRB335，并在内外两侧布置，每侧截面积应满足最小配筋率要求。
- i) 硬软地层分界处及对衬砌纵向受力有不利影响处，应设置变形缝。土质围岩、全风化围岩段落较长时，应 20 m ~30m 设置一道变形缝。

12.11 隧道洞口设计

12.11.1 隧道洞门应考虑整体协调性和自然性，合理选择洞门形式。条件允许时，应优先采用削竹式洞门，但应采取必要防水渍的措施。

12.11.2 洞口地形等高线与隧道路线夹角较大，洞口植被良好，刷坡将使仰坡较高且稳定性差时，宜采用微开挖洞口。

12.11.3 洞口设计应重视施工和运营期间边、仰坡的稳定，宜采取如下技术措施：

- a) 地层风化严重，稳定性较差时，应避免洞口施工大开大挖，一次拉槽成形。暗洞开挖施工前，暗洞外应预留核心土，对洞口开挖面应及时施作锚喷支护。
- b) 宜将洞口大管棚超前支护与仰坡稳定结合考虑。大管棚套拱的基础底部标高应置于隧道基础之下稳固基岩上，地基承载力不足时，可采用扩大基础或采取其它地基加固措施。
- c) 对偏压、斜交洞口宜采取接长明洞、半明半暗衬砌施工、设置护拱、回填反压、喷锚支护、地表加固等技术措施。
- d) 洞口地质条件较好，无需采用大管棚超前支护时，可在洞口设置不小于 2m 长的护拱作为临时安全防护结构，并用打入仰坡的超前锚杆或超前小导管与之焊接牢固。护拱结构可由纵向间距 0.5 m ~1m 的钢架、纵向连接钢筋及网喷混凝土组成。
- e) 稳定性差的洞口，应及时施作明洞并进行洞顶回填。
- f) 洞口边仰坡上有危岩落石等不良地质时，应采取加固、设防护网或清除等防护措施。

12.11.4 洞口地表沟谷、坑洼积水应有可靠的引排措施。明洞顶、洞门端墙后不宜设置过路沟渠，必须设置时，应采用钢筋混凝土沟身，且应有足够的过水断面及防外渗、防淤积措施。

12.12 隧道防、排水

12.12.1 隧道防、排水应遵循“防、排、堵、截结合，因地制宜，综合治理”的原则，保证隧道结构物和营运设备的正常使用和行车安全。隧道防、排水设计应对地表水、地下水妥善处理，洞内外应形成通畅的防排水系统。对无特殊水土流失保护要求的隧道，应遵循“以排为主”理念。

12.12.2 隧道防水包括地表水的防渗、衬砌结构自防水与附加防水层、各种缝隙的防水，应符合以下规定：

- a) 隧道地表沟谷、坑洼积水、渗水对隧道有影响时，宜采用疏导、勾补、铺砌和填平等处治措施。废弃的坑穴、钻孔等应填实封闭。隧道附近的水库、池沼、溪流、井泉水、地下水，当有可能渗入隧道时，应采取防止或减少其下渗的处理措施；
- b) 隧道二次衬砌应具有自防水功能，抗渗性能应不低于如下规定：
 - 1) 有良好排水设施，不需考虑地下水水头压力影响的二次衬砌，抗渗等级 P8；
 - 2) 隧道穿越江河、湖泊、水库、地下暗河、饱和含水软土地层等，只能限量排水或不能排水时，应按抗水压隧道结构设计。混凝土抗渗等级应不低于 P10；
 - 3) 明洞结构抗渗等级 P8；
 - 4) 棚洞结构抗渗等级 P6。
- c) 隧道应在初期支护与二次衬砌之间设置外防水层，外防水层采用防水板(加无纺布)。防水板应采用抗老化性能好、易于焊接的防水卷材，厚度不小于 1mm；
- d) 隧道二次衬砌的施工缝、沉降缝、伸缩缝应采取可靠的防水措施。在衬砌环向、纵向施工缝处设置缓膨形遇水膨胀止水条(胶)，在变形缝处设置中埋式橡胶止水带。地下水丰富地段的工作缝、沉降缝处还应设置背贴式止水带，并与防水板焊接。

12.12.3 宜将隧道围岩渗水、营运清洗水设置排水系统，使排水畅通，避免洞内积水。隧道内排水应符合以下规定：

- a) 隧道衬砌拱墙背后应设置以下排水设施：
 - 1) 在二次衬砌两侧边墙背后底部设沿隧道纵向的排水盲管，其管径不应小于 80mm，并应设置防止排水盲管堵塞的便于冲洗和疏通的装置；
 - 2) 沿二次衬砌拱墙背后设置环向导水盲管，其纵向间距一般宜 10 m ~ 20m，根据围岩水呈涌、流、滴、渗等不同形态，环向盲管应加密，间距可分别对应为密排、1m、3m、5m。对有集中出水处，应单独设竖向盲管。环向盲管、竖向盲管的直径不应小于 50mm。
- b) 环向盲管、竖向盲管应与边墙底部的纵向排水盲管连通，纵向排水盲管应与路面下横向导水管连通，横向导水管将水引入排水沟(管)，以形成完整的纵横向排水系统。横向导水管沿隧道纵向间距一般不大于 25m，地下水丰富地段应加密横向导水管。各排水管外表面应用无纺布包裹；
- c) 应在路面下设置中心水沟排水。地质条件差但不富水且全部有仰拱的短隧道可不设置中心水沟，横向导水管直接与路面侧向宽度下或检修道下侧沟连接排除衬背围岩渗水。地下水丰富时，为增加排水能力，可采用路面下中心水沟与两侧侧沟排水结合的方式；
- d) 中心水沟、检修道下侧沟断面积应根据隧道长度、坡度、预测涌水量，通过水力计算确定，水沟断面过水能力应大于预测水量 2 倍以上；
- e) 中心水沟宜采用钢筋混凝土短管(地下水有腐蚀性时应采用耐腐蚀管材)，当利用接头渗水时，接头处应包裹土工布。纵向应设置沉沙池和检查井，沉沙池纵向间距不大于 50m，检查井纵向间距不宜大于 250m，小于 500m 的隧道可只设一处检查井。检查井宜在一个车道的中央设置，井盖采用钢筋混凝土结构并应设置在水泥混凝土面板或沥青混凝土面层下；
- f) 排除围岩渗水的侧沟位于路面侧向宽度下时，应设置为暗沟，并每隔 25 m ~ 30m 间距设置沉沙池和滤水篦子。隧道拱墙围岩渗水通过横向排水盲管排入侧沟，横向盲沟距沟底距离应大于侧沟过水高度；
- g) 中心水沟仅排除路面下围岩渗水时，路面范围内应设置纵横向网状布置的排水盲沟与中心水沟相连。横向盲沟可采用 ϕ 50mm 的透水管，间距为 10 m ~ 15m，路面两侧通长纵向盲沟可采用 ϕ 100mm 透水管与横向盲沟连接；

- h) 衬砌背后墙脚纵向排水管应对称设置检查维修孔，以方便管道疏通机及时疏通，检查孔纵向间距不大于 50m，并与消防洞室位置对应；
- i) 当地下水发育，含水层明显，又有长期充分补给来源时，可利用辅助坑道排水或设置泄水洞等截、排水措施；
- j) 隧道内紧急停车带及汽车通道口处设排水沟盖板时，应按设计车辆荷载进行设计。

12.13 隧道路面

12.13.1 隧道内宜采用沥青混凝土上面层与连续配筋 C40 水泥混凝土下面层组成的复合式路面。并符合下列规定：

- a) 隧道路路基应为稳定、密实、匀质的刚性路基，为路面结构提供均匀的支承；
- b) 隧道路面应具有足够的强度、平整、耐久、抗滑、耐磨等性能。隧道路面结构宜设基层和面层，必要时可增设整平层，设仰拱的隧道路面可只设面层；
- c) 基层可兼作整平层，无仰拱隧道路面基层应置于坚实的围岩上；
- d) 基层宜采用素混凝土，适宜的厚度范围 12cm~20cm，其抗压强度不低于 C20、弯拉强度不低于 1.8MPa。在其弯拉强度值超过 1.8MPa 时，应设置与混凝土面层相对应的横向缩缝；一次摊铺宽度大于 7.5m 时，应设纵向缩缝；
- e) 隧道内路基宜设完整的中央管（沟）排水系统。对不设仰拱隧道，其排水系统应使地下水位不高于路基顶面以下 30cm。

12.13.2 沥青混凝土面层上、下层均应采用改性沥青。与水泥混凝土面板之间应设置防水粘结层，可采用热熔改性沥青或热喷 SBS 改性沥青+预拌沥青碎石粘结层等，上、下沥青面层之间设置改性乳化沥青粘层。

12.13.3 沥青混凝土面层施工前应对水泥混凝土面板表面做抛丸处理。

12.13.4 长、特长隧道沥青混凝土路面宜采用温拌沥青混合料，要求比同类型的热拌沥青混合料施工操作温度下降 30℃~60℃。

12.13.5 隧道内外路面衔接应符合下列规定：

- a) 桥隧相接或与固定构造物相衔接的胀缝无法设置传力杆时，可在毗邻桥梁结构端部的 10 m~15 m 长混凝土面板内配置双层钢筋网；
- b) 隧道内的路面与洞外沥青路面相接时，应设置至少 3m 长的过渡段。过渡段的路面采用两种路面呈阶梯状叠合布置，下面铺设的变厚度混凝土过渡板的厚度不得小于 200mm。过渡板与隧道内混凝土下面层相接处的接缝内设置直径 25mm、长 700mm、间距 400mm 的拉杆。

12.14 隧道装饰

12.14.1 隧道内表面宜进行必要的内装饰，当必须采用外加被动防火保护层时，可采用防火涂料，但应有防空鼓、脱落等确保运营安全的技术措施。

12.14.2 隧道内装饰一般应满足如下规定：

- a) 装修材料应具有如下特征：无机材料；高温下无毒、无异味、不燃烧；在隧道环境内具有良好耐久性；能经受至少三个月一次的压力水冲洗表面；外表美观；便于快速施工；
- b) 边墙检修道以上 2.5m 高度范围宜铺设反射率不小于 0.7 的亚光瓷砖，严禁采用镜面高光瓷砖，颜色层宜为乳白等利于满足照明反射要求的颜色；
- c) 隧道拱部一般采用建筑外墙乳胶漆涂料装饰，宜采用深蓝、深灰等深颜色。采取必要视线诱导措施后也可采用淡黄色等浅颜色；
- d) 长隧道内装修表面的摩阻系数不应导致通风设备的明显增加。

12.14.3 隧道洞门端墙不宜采用涂料进行装饰，应采用具有良好耐久性能的粗料石等材料。

12.15 隧道管理设施

隧道应考虑设施完备、技术先进、管理高效的防灾救援体系，包括管理机构设置、监控与报警系统构成、消防灭火方案、消防救援组织及应急预案等多方面的综合考虑。并宜满足如下要求：

- a) 长度大于 6000m 的隧道宜在隧道洞口附近就近设置隧道管理站、救援站，并尽可能与当地消防相结合；
- b) 特长隧道应在隧道进、出口外设置联络道，长隧道、中短隧道群宜在隧道进、出口外设置联络道。联络道距离隧道洞口不宜小于 3s 设计速度行程，条件受限的困难地段也不宜小于 40m；
- c) 为方便管理和应急预案处理及时，应设置能双向出入高速公路的专用下穿(上跨)通道，方便隧道管理、消防救援人员方便进出隧道。

13 隧道机电

13.1 一般规定

13.1.1 隧道机电设施包括隧道洞内外与隧道交通运行相关的机电设施，包括：照明设施、通风设施、供配电设施、监控设施、消防设施、防雷接地以及机电管道等。

13.1.2 隧道通风、照明、监控设施配置应按交通运输部相关规范中的交通工程分级规定，结合交通运营管理特点，确定隧道通风、照明设计标准及基本设置要求。

13.1.3 隧道消防设施应根据隧道规模进行配置。所有隧道内均应配置手提式灭火器。另外，长度在 1000m 及以上的隧道还应设置由消火栓及水成膜灭火装置组成的综合灭火系统；长度在 600m 至 1000m 之间的隧道宜设置由消火栓及水成膜灭火装置组成的综合灭火系统。

13.1.4 隧道供配电设施配置应按国家相关规范，结合交通工程运营管理特点，确定隧道供配电系统配置模式及基本设置要求。

13.1.5 隧道接地系统应充分利用隧道构筑物内的钢筋作为接地极。有钢筋混凝土的区域，每隔 50m 采用 50×5 镀锌扁钢与构筑物内钢筋焊接并引至电缆沟内。隧道机电系统应选用接地要求 ≥ 4 欧姆的设备及元件。

13.1.6 隧道机电设施安装应与土建各类设施紧密结合，以确保隧道交通营运安全。

13.2 隧道机电总体布置

13.2.1 隧道机电总体布置应按《公路工程技术标准》(JTG B01)的规模标准、《公路隧道交通工程设计规范》(JTG/T D71)、《高速公路隧道监控系统模式》(GB/T18567)交通工程分级规定，结合浙江省高速公路运营管理要求，确定隧道内机电设施的位置及基本设置要求。

13.2.2 隧道内按车行横通道间隔划分消防分区。

13.2.3 射流风机应按隧道内消防分区进行布置。两端洞口第一组风机应在距洞口 150m~180m 之间，隧道洞内每组风机间隔应在 150m~180m 之间。射流风机控制箱沿隧道行车方向左侧布置，安装在距风机 5m 范围内。

13.2.4 隧道照明应按基本照明、入口加强照明及出口加强照明进行布置。基本照明应安装在隧道顶部两侧位置，加强照明宜安装在隧道顶部中央或顶部两侧位置。

13.2.5 隧道内以照明配电箱划分照明配线设置区域。照明配电箱沿隧道行车方向左侧布置，进洞口第一个应在距洞口 30m~150m 之间，往洞内(从洞口起计)每隔 500m~600m 增设一个。

13.2.6 隧道进出洞口必须按车道设置车道指示器，安装在距洞口 5m~10m 之间。

13.2.7 区域控制器沿隧道行车方向右侧布置。进洞口第一个区域控制器应在距洞口 30m~100m 之间，往洞内(从洞口起计)每隔 500m~600m 增设一个。

13.2.8 摄像机沿隧道行车方向右侧布置。进洞口第一个摄像机应在距洞口 50m~80m 之间，往洞内每隔 100m~150m 增设一个。隧道内紧急停车带、汽车横通道及人行横通道处必须在摄像机监视范围内。

13.2.9 紧急电话沿隧道行车方向右侧布置。进洞口紧急电话第一个应在距洞口 150m~180m 之间，往洞内每隔 200m 增设一个。

13.2.10 隧道内按消防分区配置广播分区。

13.2.11 隧道内环境探测器(含一氧化碳探测器及能见度仪)和风速探测器按消防分区每分区一组。

13.2.12 隧道内消防设施箱沿隧道行车方向右侧，每隔 50m 设置一处。进洞口第一个消防设施箱应距洞口不大于 30m。火灾报警箱位于消防洞箱右侧(与消防设施箱同一洞室)。

13.2.13 强电缆沟应位于隧道行车方向的左侧；弱电缆沟应位于隧道行车方向的右侧。

13.2.14 隧道进出洞口两侧 500m 范围内，路缘石表面应设置有源轮廓标灯。

13.2.15 特长隧道应在隧道中部设置洞内变电所。

13.2.16 隧道电气系统接地采用 TN-S 制。接地系统采用联合接地方式，联合接地电阻应小于 4 欧姆。隧道洞内外的电气、电子设备均就近与联合接地体连接。隧道电气联合接地体由变电站接地网和隧道外场接地网组成。各接地网间应采用至少 2 根 40mm×5mm 镀锌扁钢连接。各室外用电设备就近与接地网连接。具体要求如下：

- a) 变电站接地网由扁钢接地线及角钢或防腐降阻接地极构成；
- b) 隧道外场接地网：隧道洞外就近布设接地网，隧道洞内设扁钢接地线，所有电气设备外壳做等电位联接；
- c) 隧道内钢筋混凝土设置处，应利用结构钢筋做为接地极；
- d) 隧道洞内变电所应设专用接地干线与洞口接地网连接；
- e) 特长隧道接地系统应做专题设计。

13.3 隧道通风设施

13.3.1 隧道通风设施，一般采用射流风机或轴流风机加射流风机两种配置方式。长度 $\leq 4000\text{m}$ 的隧道宜采用纵向通风方式，配置射流风机通风；长度 $>4000\text{m}$ 并 $\leq 5000\text{m}$ 的隧道可采用射流风机纵向通风，必要时可增设竖(斜)井并配置轴流风机；长度 $\geq 5000\text{m}$ 的隧道应增设竖(斜)井并配置轴流风机。

13.3.2 设置竖井的隧道内应设置轴流风机，并进行专项设计。

13.3.3 隧道射流风机应按下列要求配置：

- a) 射流风机应成组布置，每组一般 2 台，并应预留一至二组的余量。风机的叶轮直径宜选用 $\phi 900\text{mm}\sim\phi 1250\text{mm}$ ；电机功率宜选用 15kW~55kW；
- b) 风机配电应采用放射式供电模式。供电主干电缆应敷设在隧道电缆沟内，支线电缆穿预埋管敷设。

13.3.4 13.3.4 风机控制应配合隧道消防分区要求，划分控制单元。风机控制系统应具备条件控制及时序控制的基本功能。应有现场手动控制、隧道洞口远程手动及自动控制、中控室远程手动自动控制等功能。

13.3.5 13.3.5 风机配电箱防护等级为 IP55。

13.4 隧道照明设施

13.4.1 隧道照明设计应根据交通运输部相关规范要求，合理确定照度设计标准。长度大于 200m 的隧道及长度 100m 至 200m 的光学长隧道应设置照明；长度小于 400m 的直线隧道加强段照明可降档配置。照明光源应选用节能高效产品。

13.4.2 隧道照明设计时速应按下表选用：

表29 隧道照明设计时速一览表

本路段设计时速	隧道内照明设计时速
120km/h	100km/h
100km/h	80km/h
80km/h	80km/h
60km/h	60km/h

13.4.3 隧道照明反射率：隧道内壁 2.5m 取 55%~65%，拱部取 25~40%。

13.4.4 隧道灯具防护等级为 IP65 级；外壳耐腐蚀及防触电等级应符合《灯具 第 1 部分：一般要求与试验》（GB7000.1）；配光特性要求在路面总均匀度及纵向均匀度上应符合规范要求。

13.4.5 长度大于 700m 的隧道应设置标志灯。标志灯采用 LED 灯，由 UPS 供电。标志灯安装在紧急电话、消防洞室、人行横通道、汽车横通道及紧急停车带处，所在位置处应设置图文标识。

13.4.6 长度大于 700m 的隧道应设置应急诱导灯。应急诱导灯间距为 24m~48m，安装于隧道车行前进方向左侧墙上，安装高度为 1.2m；采用自充电式（带蓄电池），供电持续时间 1h。

13.4.7 照明控制系统应具备条件控制及时序控制的基本功能，分回路实现分级控制。应有现场（设置在隧道洞口配电屏上）手动及自动控制、中控室远程手动自动控制功能。

13.4.8 隧道因停电进入应急照明状态时，宜在隧道洞口可变情报板上提示，要求车辆减速通过隧道，以防事故发生。

13.4.9 照明配电箱防护等级不小于 IP55。

13.5 隧道供配电设施

13.5.1 长度大于 3000m 的隧道，或总长度大于 8000m 的连续隧道群应采用两路市电（其中一路为专用线）加自备柴油发电机组供电方式。其他长大隧道或隧道群采用中压供电方式，为隧道机电设施提供不同等级的负荷电源。每个供电区域采用双回路 10kV 电源，一路电源采用市电专用线，另一路采用自备柴油发电机组。

13.5.2 每个供电区域设置 1 个 10kV 进线配电所。10kV 配电所引出一主一备两路 10kV 电源至各隧道分变电所。隧道分变电所设置两台电力变压器（1 用 1 备）。

13.5.3 隧道分变电所以洞口变电所为主；3000m 以上的特长隧道应在隧道内增设洞内变电所。

13.5.4 各供电区域采用电缆供电方式。电力电缆沿高速公路预埋电缆管道敷设至各用电区域分变电所。

13.5.5 变电所至洞内各配电箱采用电缆供电模式；隧道内电力电缆敷设于隧道强电缆沟内的托架上。

13.5.6 隧道洞内配电箱至灯具或射流风机的支线回路通过埋设于隧道壁内的预埋金属电缆保护管敷设。短隧道可采用电缆桥架或线槽、封闭式母线敷设方式。

13.5.7 隧道洞外变电所采用室内干式变压器，变压器防护等级为 IP22。

13.5.8 进线 10KV 配变电所的高压开关柜选用移开式中置柜。

13.5.9 低压开关柜选用抽出式型式。

13.5.10 在中短隧道及车流量较小的长隧道内可设置埋地式变电所。埋地式变电所采用埋地式变压器加户外配电箱的方式，变压器防护等级为 IP68。

13.6 隧道监控设施

13.6.1 隧道监控系统应按照《公路隧道交通工程设计规范》(JTG/T D71)的分级要求进行配置。监控系统设计内容包括外场设备布设方案、隧道监控站及系统构成。监控设施一次设计、分期实施,预留预埋按一次设计要求进行配置。

13.6.2 交通监控系统由中控室内的控制台、交通控制计算机、室外的交通区域控制器、车辆检测器、信号灯、车道指示器、可变限速标志、可变情报板等组成,系统属主从计算机分布式控制系统。

13.6.3 隧道监控系统内采用工业以太网设备组成超级冗余环,各区域控制器之间及区域控制器与中控室控制计算机之间通过交换机组成的冗余光纤环网进行信息交换。各子系统之间通过 VLAN(虚拟局域网)进行安全隔离。

13.6.4 隧道进出洞口设置线圈式车辆检测器,用于检测隧道内的车流量。

13.6.5 特长隧道设置全程交通事件检测设施。长隧道内按每个 300m~450m 设置一处交通事件异常情况自动检测设施。特长隧道内及隧道曲线段应适当加密。紧急停车带及汽车横通道处必须在视频自动监视范围内。

13.6.6 隧道内汽车横通道前方约 100m 处应设置 1 块可变情报板,间隔 500m 左右设置一组双面式车道指示器,作为隧道内车辆交通诱导设施。隧道出口距离互通渐变段起点小于 500m 时,应在隧道内设置可变情报板。

13.6.7 闭路电视监视设施用于隧道的交通控制和监视。隧道洞内每隔 100~150m 设置 1 套摄像机;每个隧道洞口设置 2 套遥控摄像机;隧道变电站设置 2 套固定式摄像机。

13.6.8 隧道内每隔 200m 设置一台(左右线)紧急电话,在隧道外、距离隧道出入口 20m 处各设一台紧急电话,在隧道管理站控制中心设置紧急电话控制主机。

13.6.9 隧道内左右线沿线设置广播设施,广播声音在隧道内应全覆盖、无盲区;隧道洞口外设置高音喇叭。

13.6.10 隧道群火灾检测与报警系统由设置于隧道内的火灾自动探测器、手动报警按钮和中控室的警铃、消防报警主机、火灾报警计算机等组成;系统采用总线制形式。

13.6.11 隧道内每隔 50m 设置一个含手动报警按钮和一个双波长火焰探测器的火灾报警综合盘。在特长隧道内增设光纤感温火灾探测器,对隧道内主洞及易产生高温的洞内变电所、地下机房等区间进行温度异常检测。

13.6.12 监控电源箱防护等级为 IP55。

13.6.13 隧道群范围内的短隧道,应进行适当的简易监控配置。

13.6.14 特长隧道或隧道群应按隧道分布条件设置隧道洞口视频及音频监控设备。

13.7 13.7 隧道消防灭火系统

13.7.1 隧道消防系统应根据隧道的长度、交通量、火灾的类型特点等,结合交通运输部颁布的相关规范进行消防系统设施配置。灭火作业主要有:现场灭火器灭火、消防卷盘自救灭火、隧道消防人员灭火及市区消防队救援灭火。

13.7.2 消火栓、泡沫灭火装置应设置在隧道行车方向右侧墙壁上的预留消防洞室内;消防设备洞门为铝合金门,其上要求用红油漆标明灭火标志及设置有源标志灯。所有消火栓、手动报警按钮等部位均应设置自发光标识。

13.7.3 灭火器宜选用适用范围较广的磷酸铵盐干粉手提式灭火器,并应成组设置在消防洞室或灭火器箱内。每组灭火器配置数量宜为 2 具~3 具,每具灭火器充装量不应小于 5kg。消防洞室门或灭火器箱门上应注明“灭火器”字样。

13.7.4 室内消火栓:室内消火栓位于隧道消防洞室内,每处包括 2 个 DN65 消火栓和 2 条 25m 长衬胶水龙带,2 支直径为 19mm 水枪。

- 13.7.5 水成膜泡沫灭火装置设置在隧道消防洞室内,包括1支低倍数泡沫喷枪和1支低倍数比例式混合器、30L水成膜泡沫原液(环保型);1套小口径DN25消防卷盘。
- 13.7.6 在隧道左右线每处洞口外宜设水泵接合器2套,用于消防车给管网补水。
- 13.7.7 室外消火栓设于隧道左右线每处洞口外,供消防车取水之用,每处宜设2套。
- 13.7.8 可根据每座隧道洞口所处的水文地质条件、山体地形地貌等情况,采用洞口地表水或地下水作为工程消防水源;有条件时尽量采用附近管网自来水,以确保消防用水的需要。
- 13.7.9 每座隧道的消防供水均宜采用常高压供水系统,并配置给水控制系统。消防泵控制柜应与隧道监控所的火灾控制计算机相连,实现监控所对消防给水系统的监控、故障巡检及报警功能。

14 道路监控

- 14.1 道路监控设施总体布置设计应按《公路工程技术标准》(JTG B01)的规模标准、《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》(JTG D80)中的交通工程分级规定,结合浙江高速公路运营管理要求,确定高速公路沿线监控设施的位置及基本设置要求。道路监控设施应与本路段隧道监控设施进行协调。
- 14.2 道路监控系统包括外场设备布设方案、数据图像传输、管理中心设置、外场设备供配电和防雷。
- 14.3 道路监控设施包括中控室内的服务器、控制台、交通控制计算机、监视墙、外场车辆检测器、气象/能见度检测器、遥控摄像机、可变限速标志、可变情报板、信息发布屏、传输供电设备、防雷设施等。道路监控设施应一次设计、分期实施,预留预埋按一次设计要求进行配置。
- 14.4 道路监控外场设备布设应参照道路线型指标及气象条件特点进行。以速度控制、信息提示为主要控制手段。
- 14.5 道路监控设施应以某一路段区域内交通状况检测和交通控制为主。
- 14.6 视距不足及长下坡路段前方100m宜设置信息采集、监视、速度控制和信息提示等设施。
- 14.7 互通、枢纽、服务区、特大桥、桥隧相连等路段附近应设置监视和信息采集设施。
- 14.8 小半径平曲线路段前方100m~150m宜设置信息采集、监视、速度控制和信息提示等设施。
- 14.9 固定雾区及其前后100m范围内宜设置雾区监控设施,并加强信息发布。
- 14.10 多雾路段宜设置路侧行车诱导设施、车辆检测器、能见度检测器和可变限速标志。
- 14.11 恶劣天气多发路段应设置气象/能见度检测器,并配合监视摄像机和可变信息发布设施进行交通控制和诱导。
- 14.12 附近有长大隧道、桥梁的互通附近应设置可变信息标志。
- 14.13 道路监控外场设备应设置避雷设施。

15 环保与绿化

15.1 一般规定

- 15.1.1 环境保护设计应按照项目环境影响评价报告书及批复要求进行。
- 15.1.2 绿化设计应符合行车视距和行车净空要求,与总体环境相协调,充分利用沿线废弃空地设计绿化景观点。
- 15.1.3 应结合各路段的土壤情况、气候条件、周围环境等影响植物成活的各种自然因素,对当地主要乔木、灌木、草本的种类及其生长情况进行调查分析,为绿化设计提供科学依据。
- 15.1.4 植物种植应适地适树,在品种选择上尽量选择耐瘠薄、低养护、抗病虫害、适合当地生长的植物,以降低后期养护成本。

15.2 水污染防治

15.2.1 收费站、管理处、养护工区等管养设施站点，应在站区内集中设置化粪池和生化处理设备，对生活污水进行相应处理，达标后排放或回用至站场绿化浇灌。

15.2.2 服务区应设置污水处理及中水回用系统，系统出水水质应满足国家标准《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920）的要求。

15.2.3 沿线服务设施内生化处理设备的处理能力，应根据各项设施的人员配置和建筑规模、功能要求确定。收费站、管理处、养护工区等管养设施站点的处理能力可取 0.5 t/h~3t/h，服务区每侧处理能力可取 10 t/h~20t/h。

15.2.4 经过饮用水保护区时，应采取防止各类污染物侵入水源的相应措施。

15.3 声屏障

15.3.1 声屏障环境保护设施可视交通量增长情况分期实施。

15.3.2 声屏障应设在靠近声源处；路堤地段声屏障内侧距路肩边缘不宜大于 2m，应单独设置基础，基础形式可采用钢筋混凝土独立基础、条形基础、桩基等；路堑地段应设在靠近坡口部位；桥梁地段可结合护栏一并设置。

15.3.3 声屏障的高度、长度应根据噪声衰减量、屏障与声源及接受点三者之间的相对位置以及公路线形、地面因素等进行设计。当声屏障长度大于 1km 时，应设紧急疏散口。

15.3.4 声屏障材料应具备隔声、高强、低眩、耐久、耐火、耐潮等性能。

15.3.5 声屏障结构设计应作强度计算和抗倾覆稳定性验算。

15.3.6 声屏障临公路侧的表面应减少对声波、光波的反射，其形式和色彩应与周围环境相协调。

15.4 绿化

15.4.1 中央分隔带绿化应阻挡相向行驶车辆的眩光，选用常绿植物为防眩基调树种，配置植物的树冠应常年枝叶茂密，其株距不应大于冠幅的 4 倍。

15.4.2 中央分隔带宽度小于 9 米路段应选用防眩树种。

15.4.3 中央分隔带的植物配置应形式简洁、树形整齐、排列一致，可采用小乔木、灌木、地被植物相结合，形成连续的绿带。植物应选择易养护、耐修剪、生长较慢的乔灌木。

15.4.4 在路线纵坡较平缓路段，中央分隔带防眩基调树种修剪后，树冠顶离路缘石顶部高度应不小于 1.5m；在路线纵坡起伏较大路段，中央分隔带防眩基调树种修剪后，树冠顶离路缘石顶部高度应不小于 1.8m。

15.4.5 中央分隔带灌木宜种植在防撞护栏内侧，外侧采用地被类镶边形式。

15.4.6 互通区绿化配置应充分利用互通区内的自然景观，保留生长较好的原植被及树木。必要时可辅以人工景观绿化，有条件时可布局苗木培养基地。

15.4.7 互通区绿化应选用耐干旱、易养护、生长稳定和环境效果好的植物种类，采用乔木、灌木、地被植物相结合的多层次、立体化的绿化形式。

15.4.8 隧道洞门及洞口旁的边坡及周边绿化应在确保安全的前提下，以生态恢复为主，减少人工的痕迹。隧道洞顶绿化应依据原山体植物生长情况，选择与周边环境协调的乔灌品种。

15.4.9 公路路基两侧边坡坡面绿化应结合工程防护。一般边坡以乔灌草结合为主；挡墙、护面墙路段宜种植小乔木或灌木进行遮挡。

15.4.10 路基边坡绿化植物种类应结合现场调查情况，选择根系发达、固土护坡能力强、耐干旱、耐瘠薄、抗风耐寒能力强，具有较强的抗污染能力的乡土树种或适生树种。

15.4.11 路基横断面为分离式断面，左右幅高度差不大于 2m 时，边坡绿化应采用防眩树种。

15.4.12 房建区绿化主要包括服务区、收费站房、管理区绿化。服务区绿化宜结合高速公路所经区域当地的历史人文、风土人情采用园林式绿化的模式。

15.4.13 绿化土层厚度应大于一般植物生长必需的最小土层厚度。

16 预留与预埋设施

16.1 一般规定

16.1.1 预留与预埋设施包括沿线机电设施、安全设施、防雷接地以及机电管道等的预留预埋。桥梁设施含除湿、降温、健康安全监测系统时，应做专题设计。

16.1.2 预留与预埋设施应与土建各类设施紧密结合，以确保沿线机电设备、交通标志的安装以及机电管道等的敷设。

16.1.3 全线应敷设通信管道。供电区域内应敷设供电管道，互通区应敷设进站管道。

16.1.4 设置在桥隧等结构物上的机电设施及标志牌应做好基础预留与预埋设计。

16.1.5 预留与预埋设计应依据主体工程设计文件，结合交通机电需求和安全设施交通标志设置等进行综合设计。

16.2 隧道机电系统预留与预埋设施

16.2.1 隧道机电系统预留与预埋应和隧道土建工程设计同步进行。

16.2.2 消防灭火设施箱洞室沿隧道行车方向右侧设置，每隔 50m 设置一处，进洞口第一个应距洞口不大于 30m。

16.2.3 消防报警洞室沿隧道行车方向右侧布置，消防报警洞室宜与消火栓洞室合建。隧道洞内设置单独灭火器洞室时，灭火器洞室大小应为 650 mm(高)×800 mm(宽)×240mm(深)。

16.2.4 消火栓洞室(含灭火器、消火栓、固定水成膜泡沫灭火装置及报警装置)的大小为 1260 mm(高)×2200 mm(宽)×320mm(深)，并在洞室下距一边 200mm 处预留与洞室等深支管管槽，槽宽宜为 550mm，槽底宜与消防管沟下缘平。消防洞室下边缘距检修道路面高度应为 700mm。

16.2.5 消防供水干管与消防灭火设施箱洞室应位于隧道同一侧，并应单独设置矩形消防管沟，管沟断面净尺寸不应小于 400mm(宽)×500mm(高)。

16.2.6 照明配电洞室沿隧道行车方向左侧布置，两端洞口第一个照明配电洞室应在距洞口 30~150m 之间，往洞内(从洞口起计)每隔 500m~600m 增设一个。配电洞室尺寸宜采用 2000 mm(高)×1800 mm(宽)×850mm(深)。

16.2.7 射流风机(通风)配电洞室沿隧道行车方向左侧布置，两端洞口第一个通风配电洞室应在距洞口 150~180m 之间，往洞内每隔 150m~180m 增设一个(根据每个隧道的通风设计要求)。配电洞室尺寸宜采用 2000 mm(高)×1800 mm(宽)×850mm(深)。

16.2.8 紧急电话洞室沿隧道行车方向右侧布置，两端洞口第一个紧急电话洞室应在距洞口 150~180m 之间，往洞内每隔 200m 增设一个。洞室尺寸宜采用 2000 mm(高)×1800 mm(宽)×850mm(深)。

16.2.9 区域控制器设备洞室沿隧道行车方向右侧布置，两端洞口第一个监控洞室应在距洞口 30m~100m 之间，往洞内(从洞口起计)每隔 500m~600m 增设一个。配电洞室尺寸宜采用 2000 mm(高)×1800 mm(宽)×850mm(深)。

16.2.10 视频设备洞室沿隧道行车方向右侧布置，两端洞口第一个洞室应在距洞口 50~80m 之间，往洞内每隔 120m~150m 增设一个(长度大于 4000m 的隧道按 120m 配置，其余按 150m 配置，平曲线半径较小时应进行加密)。洞室尺寸宜采用 650 mm(高)×400 mm(宽)×240mm(深)，洞室下边缘距检修道路面高度应为 1350mm。

16.2.11 强电缆沟位于隧道行车方向的左侧，横断面应不小于 700 mm(宽)×800mm(深)。弱电缆沟位于隧道行车方向的右侧，横断面(包含消防水管)应不小于 750 mm(宽)×800mm(深)。短隧道电缆沟尺寸由土建与机电专业设计时协调确定。

16.2.12 特长隧道应在洞内(中部)预留变电所，具体位置和尺寸应根据供配电工艺确定。洞内变电所的尺寸宜为：5000 mm(高)×6000 mm(宽)×15000mm(深)。

16.2.13 隧道洞口变电所：分离式隧道洞口区域设置变电所有困难时，应在隧道内距洞口 20~150m 内设置洞内变电所。变电所主门设置在行车方向进入的洞口端。变电所的尺寸应根据供配电工艺确定，宜为：5000 mm(高)×6000 mm(宽)×15000mm(深)。

16.2.14 隧道内路面下：隧道内强弱电缆沟之间应预埋线缆连接管，管材宜采用玻璃钢电缆保护管 Φ 100×8mm 或 Φ 100×4mm 镀锌钢管。埋设于照明、通风、监控、紧急电话洞室处及两端洞口内 5~10m 处。各洞室处预埋 2 根连接管，洞口处预埋 6 根连接管。

16.2.15 人行横通道内预埋管：隧道内左右线强电缆沟之间应预埋线缆连接管，管材采用玻璃钢电缆保护管 Φ 100×8mm。每处人行横通道预埋 2 根连接管。

16.2.16 隧道内钢筋混凝土设置处(风机预埋件处、围岩较差地段、大断面区域以及与其他结构物交叉部位)，应采用 2 根 40×5mm 镀锌扁钢与结构钢筋焊接，并引至电缆沟(做为接地极)。

16.3 桥梁预留与预埋设施

16.3.1 桥梁预留与预埋设施包括标志、外场设备、照明、通信和电力管道以及防雷接地等，基础的预留预埋应与桥梁混凝土护栏结构形式结合考虑，与桥梁土建工程设计同步进行，由交通工程专业提供位置、预留孔尺寸、结构重力及受力条件等，由桥梁专业进行桥梁结构及预留、预埋设计，并计列工程量。

16.3.2 出口匝道上游 2km 以内、隧道入洞口上游 800m 以内两种路段的交通标志必须设置在大桥、特大桥上时，桥梁应进行相关预留设计，宜采用门架式支撑结构。

16.3.3 长度超过 5km 的桥梁，每隔 2km 应至少设置一处门架式支撑结构的预埋基础。沿海、山区垭口等路段应增加单悬臂式支撑结构的预埋基础设置，宜与门架式支撑结构交错设置。

16.3.4 应充分利用桥梁路面以上的结构物立面位置，宜采用附着式、立面标记设置标志；宜与其它设施共用立柱和横梁设置标志。

16.3.5 桥梁中央分隔带两幅梁板间距应在满足《公路工程技术标准》(JTG B01)的前提下，预留不小于 300mm 的空间。此间距大于 400mm 时，应设计预留平台。预留平台每 2m 设置一处，尺寸宜采用 500mm(长)×400mm(宽)×100mm(厚)。

16.3.6 通信管道过桥应采用玻璃钢管箱，产品应符合《公路用玻璃纤维增强塑料产品 第 2 部分：管箱》(GB/T 24721)中的相关要求，规格宜选用 BX370×240×5mm。电力管道过桥宜采用电缆桥架，产品选择应参照电力行业相关规范。

16.4 路基预留与预埋设施

16.4.1 干线通信管道宜采用高密度聚乙烯(HDPE)硅芯管(Φ 40/33mm)或 HDPE 双壁波纹管(Φ 110/100mm)。硅芯管容量一般采用 18 孔(或 12 孔)，HDPE 双壁波纹管一般采用 6 孔(或 4 孔)。硅芯管技术指标应满足《公路地下通信管道高密度聚乙烯硅芯塑料管》(JT/T496)中的相关规定。

16.4.2 整体式路基段通信管道应敷设在中央分隔带内，电力管道应敷设在右幅路基土路肩外边缘；分离式路基段通信管道宜敷设在左幅路基右侧土路肩边缘，电力管道宜敷设在右幅路基左侧土路肩边缘。

16.4.3 中央分隔带人孔井尺寸宜采用 2100 mm(长)×1200 mm(宽)×1470 mm(深)，人孔井盖板应采用防盗且符合环保要求的复合材料盖板。进入人孔处的管道基础顶部距人孔基础顶部不少于 400mm，管道顶部距人孔上覆底部的净距不得小于 300mm。

16.4.4 中央分隔带人(手)孔与超高路段集水井间距小于 10m 时,应合址建设,合建井兼具排水及机电穿缆功能,合建井的尺寸宜采用 2100 mm(长)×1500(宽) mm×1620mm(深)。

16.4.5 根据地下水位情况,人孔的建筑程式可按表 30 的规定确定。

表30 人孔建筑程式表

地下水情况	建筑程式
人孔位于地下水位以上	砖砌人孔等
人孔位于地下水位以下,且在土壤冰冻层以下	砖砌人孔等(加防水措施)
人孔位于地下水位以下,且在土壤冰冻层以内	钢筋混凝土人孔(加防水措施)

16.4.6 中央分隔带通信管道布设应与纵向渗沟、集水井等排水设施的设置协调考虑,中央分隔带机电管道宜敷设在纵向渗沟之上。

16.4.7 分离式路基段敷设的通信及电力管道管顶标高离边坡线垂直距离应大于 300mm,并距离土路肩外边缘线应大于 150mm。

16.4.8 挖方路段路肩通信及电力管道宜敷设在排水沟外侧护坡道下,护坡道宽度小于 1200mm 时,可缩小手孔井宽度,手孔井内最小净距不应小于 700mm。

16.4.9 隧道洞口外机电管道、电缆沟、人(手)孔和变压器井等各项设施应结合边坡和排水设施等协调考虑。

16.4.10 路基段应布设横穿管道(2孔 Φ 100mm),横穿路基管道应与监控系统外场设备配套布设,管道应按远期容量一次敷设。如横穿管间距大于 1000m,中间应增加布设,布设间距应不大于 1000m。横穿管道埋设深度应不小于 80cm,并应采用 C15 混凝土进行全包封。施工时应在路面底基层施工完成后、基层未施工前反开挖底基层进行埋设。

16.4.11 两条相交高速公路的干线通信管道应采用 6 孔 Φ 110mm 通信管道实施连通。

附 录 A
(资料性附录)
小桥涵暴雨设计流量计算公式

A.1 A.1 当桥涵上游汇水面积小于 100km²时, 桥涵设计流量可按下列公式计算:

$$Q_{1\%} = 0.278 \left(\frac{S_{1\%}}{\tau^n} - \mu \right) F \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$Q_{1\%}$ ——频率1%的洪峰流量(m³/s);

$S_{1\%}$ ——频率1%的雨力(mm/h), 从图A.1-1查得;

τ ——流域汇流时间(h), 按下式计算:

$$\tau = K_1 \left(\frac{L}{\sqrt{J}} \right)^{\alpha_1} S_{1\%}^{\beta} \dots\dots\dots (A.2)$$

μ ——损失参数(mm/h), 按下式计算:

$$\mu = K_2 \left(\frac{S_{1\%}}{\tau^n} \right)^{\alpha} \dots\dots\dots (A.3)$$

F——桥涵上游流域面积(km²), 从五万分之一地形图上量取;

n——暴雨递减指数, 从图A.1-2查得;

0.278——单位换算系数。

根据流域地形图和实地调查确定以下参数:

a) 主河道长 L(km): 指从桥涵出口断面沿河道到分水岭的距离。

b) 主河道平均坡降 J: 沿河道 L 查出各特征地面点高程 H₀、H₁、H₂……H_n, 再量出各相邻特征点间的距离 L₁、L₂……L_n, 按下式计算:

$$J = \frac{(H_0+H_1)L_1 + (H_1+H_2)L_2 + \dots + (H_{n-1}+H_n)L_n - 2H_0L}{L^2} = \frac{(H_0 + H_1)L_2 + (H_1 + H_2)L_1}{L^2}$$

从图 A.1-2 中查暴雨递减指数分区图得 n 值。暴雨指数 n 值是根据计算的汇流时间 τ 值的大小来决定的:

当 $0 < \tau \leq 1$ 小时 取 $n=n_1$;

当 $1 < \tau \leq 6$ 小时 取 $n=n_2$;

当 $6 < \tau \leq 24$ 小时 取 $n=n_3$ 。

所在区域的特征参数值 K_1 、 α_1 、 β 、 K_2 、 α_2 见表 A.1 和表 A.2，由式 A.2、A.3 分别计算汇流参数 τ 及损失参数 μ 。

将已知的流域特征值 F 、 L 、 J 及各参数值 $S_{1\%}$ 、 μ 、 τ 、 n 代入 A.1 式得桥涵设计洪峰流量。

表A.1 汇流系数及指数表

公 式	分区	指数		系数	备注
		α_1	β	K_1	
$\tau = K_1 \left(\frac{L}{\sqrt{J}} \right)^{\alpha_1} S_{1\%}^{\beta}$	杭嘉湖平原边缘 地势平缓区	0.137	-0.9	125.0	范围从长兴、湖州 至杭州湾一带
	全省其他地区			72.0	

表A.2 损失系数及指数表

公 式	分区	指数	系数	备注
		α_2	K_2	
$\mu = K_2 \left(\frac{S_{1\%}}{\tau^n} \right)^{\alpha_2}$	浙北山区	1.35	0.08	指浙北暴雨中心区即暴雨分区的 I 区，位于安吉、市岭一带
	浙东、南沿海区		0.1~0.11	范围包括南雁荡山。河道平顺，植被较差，汇流条件好的采用小值，汇流条件一般的采用大值。
	浙西南、西北山区及 中部丘陵区		0.13~0.14	汇流条件一般的采用小值，汇流条件差的采用大值。永康与丽水之间的暴雨中心 $K_2=0.11$
	杭嘉湖平原边缘 地势平缓区		0.15	范围从长兴、湖州至杭州湾一带

图 A.1 浙江省暴雨参数 $S_{1\%}$ 等值线图

图 A.2 浙江省暴雨递减指数 η 值分区图

