ICS 93.080
CCS P 66

DB 33

浙 江 省 地 方 标 准

DB33/T 899—2021
代替 DB33/T 899—2013

山区高速公路勘察设计规范

Specification for investigation and design of expressways in mountainous terrain

2021－12－12 发布　　2022－01－12 实施

浙江省市场监督管理局　发布

目　　次

前言 VI
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 2
4　基本规定 3
5　工程地质勘察 4
5.1　一般规定 4
5.2　综合勘察方法 5
5.3　路线勘察 6
5.4　路基初步设计阶段勘察 7
5.5　路基施工图设计阶段勘察 9
5.6　桥梁、通道及涵洞初步设计阶段勘察 10
5.7　桥梁、通道及涵洞施工图设计阶段勘察 11
5.8　隧道初步设计阶段勘察 11
5.9　隧道施工图设计阶段勘察 12
5.10　沿线设施初步设计阶段勘察 12
5.11　沿线设施施工图设计阶段勘察 13
5.12　初步设计阶段勘察资料分析与报告编制 13
5.13　施工图设计阶段勘察资料分析与报告编制 15
6　勘测与调查 16
6.1　一般规定 16
6.2　控制测量及地形图测绘 16
6.3　初步设计测量 18
6.4　施工图测量 19
6.5　用地及拆迁调查 20
6.6　路基、路面及排水调查 20
6.7　桥梁、通道及涵洞调查 22
6.8　隧道调查 23
6.9　互通式立体交叉、服务区（停车区）调查 23
6.10　环保、绿化及人文景观调查 24
6.11　工程经济调查 24
6.12　管线交叉调查 25
6.13　提交的成果资料 25
7　选线 25
7.1　一般规定 25

7.2 选线原则 26
7.3 地形选线 26
7.4 地质选线 27
7.5 安全选线 27
7.6 环保选线 27
8 线形设计 28
8.1 一般规定 28
8.2 平面线形设计 28
8.3 纵面线形设计 29
8.4 横断面设计 30
8.5 线形组合设计 30
8.6 应急避险车道设计 31
8.7 安全性评价 34
9 路基路面 34
9.1 一般规定 34
9.2 一般路基 35
9.3 特殊路段路基 39
9.4 路基防护与支挡 41
9.5 路基排水 46
9.6 边坡协调设计 48
9.7 路面设计 49
10 桥梁、通道及涵洞 50
10.1 一般规定 50
10.2 桥梁、通道及涵洞布置 51
10.3 桥梁、通道及涵洞的型式选择 52
10.4 上部结构 54
10.5 桥墩 55
10.6 桥台 55
10.7 明挖基础 56
10.8 桩基础 57
10.9 支座 57
10.10 桥面铺装 57
10.11 桥面防排水 58
10.12 桥面伸缩装置 59
10.13 桥头锥坡 59
10.14 桥梁护栏及墩柱防撞设施 59
10.15 桥梁耐久性设计 60
10.16 桥梁抗震设计 61
11 隧道 62
11.1 一般规定 62
11.2 隧道位置 63

11.3 隧道方案 63
11.4 隧道平纵面 64
11.5 隧道群 65
11.6 隧道建筑限界 66
11.7 隧道内轮廓 66
11.8 隧道结构的耐久性 67
11.9 明洞与棚洞 68
11.10 暗挖隧道 71
11.11 隧道洞口设计 76
11.12 隧道防水、排水 77
11.13 隧道路面 78
11.14 隧道装饰 79
11.15 隧道管理设施 79
12 隧道机电 79
12.1 一般规定 80
12.2 隧道机电总体布置 80
12.3 隧道通风设施 81
12.4 隧道照明设施 81
12.5 隧道供配电设施 82
12.6 隧道监控设施 82
12.7 隧道消防设施 83
13 互通式立体交叉及服务区 83
13.1 一般规定 83
13.2 选址 84
13.3 互通式立交及服务区间距 84
13.4 与隧道之间的距离 84
13.5 匝道设计 86
13.6 收费广场及引道 88
13.7 连接线 88
13.8 服务区（停车区）设施 89
14 预留与预埋设施 89
14.1 一般规定 89
14.2 路基预留与预埋设施 89
14.3 桥梁预留与预埋设施 90
14.4 隧道机电预留与预埋设施 91
15 沿线监控 92
15.1 一般规定 92
15.2 设置要求 92
15.3 综合管理要求 93
16 环境保护 93

16.1 一般规定 93
16.2 水环境污染防治 93
16.3 声屏障 94
16.4 绿化与景观 94
17 建管养一体化监测设计 95
17.1 一般规定 95
17.2 路基监测设计 95
17.3 桥梁监测设计 96
17.4 隧道监测设计 96

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准代替DB33/T 899—2013《山区高速公路勘察设计规范》，与DB33/T 899—2013相比，除编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 更改了运行速度（见 3.4，2013 年版的 3.8）、路侧安全净区（见 3.5，2013 年版的 3.11）、偏压隧道（见 3.7，2013 年版的 3.17）、微开挖洞口（见 3.8，2013 年版的 3.20）等定义，增加了高陡路堤（见 3.6）定义，删除了长上（下）纵坡（见 2013 年版的 3.4）、长陡纵坡（见 2013 年版的 3.5）、长直线（见 2013 年版的 3.6）、小半径平曲线（见 2013 年版的 3.7）、应急避险车道（2013 年版的 3.9）、生态挡土墙（见 2013 年版的 3.10）、高路堤（见 2013 年版的 3.12）、高边坡（见 2013 年版的 3.13）、高挡墙（见 2013 年版的 3.14）、高架桥（见 2013 年版的 3.15）、隧道群（见 2013 年版的 3.16）、单压明洞（见 2013 年版的 3.18）、偏压明洞（见 2013 年版的 3.19）、服务区（见 2013 年版的 3.21）、停车区（见 2013 年版的 3.22）、中水回用（见 2013 年版的 3.23）等定义；

b) 更改了基本规定（见第 4 章，2013 年版的 4 章）；

c) 更改了第 5 章一般规定（见 5.1，2013 年版的 5.1），增加了沿线设施勘察（见 5.10、5.11）；

d) 更改了第 6 章地形图测绘方法（见 6.2.4，2013 年版的 6.2.4），增加了数字地面模型（见 6.2.5）、工程经济调查（见 6.11）、提交的成果资料（见 6.13）；

e) 更改了第 8 章中的应急避险车道设计（见 8.6，2013 年版的 8.6）、横断面设计的要求（见 8.4.1，2013 年版的 8.4.1），增加了超高过渡段的最小纵坡（见 8.3.2）、变坡点竖曲线之间的直线坡段长度（见 8.3.3）等相关要求；

f) 更改了第 9 章中的一般规定（见 9.1，2013 年版的 9.1）、一般路基（见 9.2，2013 年版的 9.2）、路面设计（见 9.7，2013 年版的 9.8），删除了边坡监测（见 2013 年版的 9.7）；

g) 更改了第 10 章中的一般规定（见 10.1，2013 年版的 10.1）、桥梁护栏及墩柱防撞设施（见 10.14，2013 年版的 10.14），增加了桥梁独柱墩设计规定（见 10.5.7）、桥梁耐久性设计（见 10.15）、桥梁抗震设计（见 10.16），删除了其他（2013 年版的 10.15）；

h) 更改了第 11 章中的隧道装饰（见 11.14，2013 年版的 12.14）、隧道管理设施（见 11.15，2013 年版的 12.15），增加了洞口位置选择避免隧道轴线与地形等高线小角度相交，路、隧并行段等技术要求（见 11.2.1-c）；

i) 更改了第 12 章隧道机电（见第 12 章，2013 年版的 13 章）；

j) 更改了第 13 章中的一般规定（见 13.1，2013 年版的 11.1）、匝道设计（见 13.5，2013 年版的 11.3）、服务区（停车区）设施（见 13.8，2013 年版的 11.6），增加了选址（见 13.2）、互通式立交及服务区间距（见 13.3）；

k) 更改了第 14 章预留与预埋设施（见第 14 章，2013 年版的 16 章）；

l) 更改了第 15 章沿线监控（见第 15 章，2013 年版的 14 章）；

m) 更改了第 16 章中的声屏障的技术规定（见第 16.3 章，2013 年版的 15.3）、绿化与景观的技术规定（见第 16.4 章，2013 年版的 15.4）；

n) 增加了第 17 章建管养一体化监测设计（见第 17 章）；

o) 删除了附录A(资料性) 小桥涵暴雨流量计算公式。

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专利的责任。

本标准由浙江省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：浙江数智交院科技股份有限公司（原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、郑束宁、孙章校、雷崇书、陈建荣、彭丁茂、施兹国、袁迎捷、王一斌、邵坚达、李杰、曹怡春、施轶峰、崔优凯、雷波、麻辉东、茅兆祥、孙垚、李煦阳、史方华、陈航、周天赤、叶小宝、赵长军、王昌将、陈侃福、王雅茹、张京京、耿驰远、杨继厅、马芹纲、饶学平、宋伟、周义程、楼凯峰、楼华锋、黄叶陈、吴仁平、林森、曹明、陈海龙、毛松根、金慧珍。

本标准及其所替代文件的历次版本发布情况为：

——2013年首次发布为DB33/T 899—2013；

——本次为第一次修订。

山区高速公路勘察设计规范

1 范围

本标准规定了山区高速公路勘察设计的基本规定，工程地质勘察、勘测与调查、选线、线形设计、路基路面、桥梁通道及涵洞、隧道、隧道机电、互通式立体交叉及服务区、预留与预埋设施、沿线监控、环境保护、建管养一体化监测等的技术要求。

本标准适用于新建（改建）山区高速公路项目的勘察设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 3838—2002 地表水环境质量标准
GB 6722 爆破安全规程
GB 7000.1 灯具 第1部分：一般要求与试验
GB/T 18920 城市污水再生利用城市杂用水水质
GB/T 24721.2 公路用玻璃纤维增强塑料产品 第2部分：管箱
GB 50009 建筑结构荷载规范
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50021 岩土工程勘察规范
GB 50026 工程测量标准
GB 50052 供配电系统设计规范
GB 50053 20kV及以下变电所设计规范
GB 50057 建筑物防雷设计规范
GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
GB/T 51335—2018 声屏障结构技术标准
JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
JTG 3370.1—2018 公路隧道设计规范 第一册 土建工程
JTG 3830 公路工程建设项目概算预算编制办法
JTG B01—2014 公路工程技术标准
JTG B04 公路环境保护设计规范
JTG B05 公路项目安全性评价规范
JTG C10 公路勘测规范
JTG C20—2011 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—2017 公路路线设计规范

JTG D30—2015　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—2017　公路沥青路面设计规范
JTG D60—2015　公路桥涵设计通用规范
JTG D64—2015　公路钢结构桥梁设计规范
JTG D70/2—2014　公路隧道设计规范　第二册　交通工程与附属设施
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 H11　公路桥涵养护规范
JT/T 496　公路地下通信管道高密度聚乙烯硅芯塑料管
JT/T 1034　公路用聚氨酯复合电缆桥架
JTG/T 2231-01　公路桥梁抗震设计规范
JTG/T 3310　公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG/T 3334　公路滑坡防治设计规范
JTG/T 3360-02　公路桥梁抗撞设计规范
JTG/T 3365-01—2020　公路斜拉桥设计规范
JTG/T 3610　公路路基施工技术规范
JTG/T 3650-2020　公路桥涵施工技术规范
JTG/T D21　公路立体交叉设计细则
JTG/T D31-02　公路软土地基路堤设计与施工技术细则
JTG/T D33　公路排水设计规范
JTG/T D70/2-01—2014　公路隧道照明设计细则
JTG/T D70/2-02　公路隧道通风设计细则
JTG/T D81-2017　公路交通安全设施设计细则
QX/T 330　大型桥梁防雷设计规范
YD/T 1460.2　通信用气吹微型光缆及光纤单元　第2部分：外保护管
YD/T 1460.3　通信用气吹微型光缆及光纤单元　第3部分：微管、微管束和微管附件
DB33/T 704　高速公路交通安全设施设计规范
DB33/T 836　公路水泥稳定碎石基层振动成型施工技术规范
DB33/T 896　高等级公路沥青路面设计规范
DB33/T 904　公路软土地基路堤设计规范
DB33/T 996　公路工程泡沫混凝土应用技术规范
DB33/T 1065—2019　工程建设岩土工程勘察规范
DB33/T 2062　公路绿化设计规范

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

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，采用遥感分析、工程地质调绘、物探、钻探、挖探、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 investigation 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

运行速度 operating speed

中等技术水平的驾驶人员根据实际道路条件、交通条件、良好气候条件等，在自由流情况下的车辆安全行驶速度，通常采用测定行驶速度的第85百分位（V85）取值。

3.5

路侧安全净区 roadside safety zone

公路行车方向最右侧车行道以外、相对平坦无障碍物、可供失控车辆重新返回正常行驶路线的带状区域，是从行车道边缘开始，车辆驶出路外后能够安全驶回车道的一个宽度范围。

3.6

高陡路堤 high and steep slope embankment

地面斜坡陡于1:1，且填方边坡高度大于15m的路堤。

3.7

偏压隧道 unsymmetrical pressure tunnel

作用于隧道结构上的围岩压力不对称的隧道。

3.8

微开挖洞口 slightly-excavated portal

洞口边、仰坡开挖暴露面很小，尽量“趋于零开挖”暗挖进洞的洞口。

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、铁路、环保、水利、自然资源、农林、文物、电力、通信、油气等相关职能部门的意见，按照社会稳定风险评估、环境影响评价、水土保持评价、地质灾害评估等专题报告的审查批复意见，开展项目勘察设计工作。

4.2 应做好工程地质、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，重视各阶段勘察、勘测及外业调查的成果验收工作。

4.3 应采用综合勘察方法，加强各勘察成果的比对、验证和分析工作。应开展地下管线探测工作；对于地下管线情况复杂、对项目安全和投资有影响的区域，应开展专项探测工作。

4.4　应树立全寿命周期成本最优化理念。综合吸收山区高速公路建设和运营养护及管理经验，选择方便施工、方便运营养护的设计方案，并做好建管养一体化设计工作。

4.5　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，加强沿线人文题材的挖掘和利用，注重地质选线，注重公路设施与周边环境的融合设计。

4.6　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，进行动态勘察设计，对勘察和设计参数及设计方案进行验证和优化。

4.7　总体设计应论证确定山区高速公路功能定位、技术标准、建设规模、建设方案；统一协调路线、路基路面、桥涵、隧道、路线交叉、交通工程及沿线设施等专业的内外关系，明确相关设计界面和接口，使之成为完整的系统工程，符合安全、环保、可持续发展的总体要求。在设计各阶段尤其是施工图阶段要重点做好交安、机电、照明等设施的预埋件设置或位置预留，做好桥隧、路隧、路桥等交接处的护栏、管线、排水等总体布置，做好服务区、停车区、管理用房等场地标高、场地填筑、地基填挖方等的衔接，做好桥梁、涵洞、边沟、电缆槽、路缘石、挡墙等结构工程的标准化设计，做好土石方平衡和标段划分、施工便道（桥）、施工预制场地、施工组织、施工工期等统筹工作。

4.8　总体设计中应包含智慧高速公路设计内容，包括基础设施数字化、基于大数据的路网综合管理等设计；土建设计应做好与智慧高速公路相关的通信、机电、安全设施等的预留预埋等相关协同工作。

4.9　同一项目由两家及以上单位进行勘察设计的，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。

4.10　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，尽量避让生态保护区和饮用水源保护区；尽可能实现路线平面、纵面线形与地形的最佳拟合，最大程度节约土地资源、保护耕地，减少拆迁及工程量。

4.11　初步设计阶段应对重点路段线位方案及重要构筑物的典型设计方案进行充分的技术经济比选和论证。

4.12　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。

4.13　注重三维数字化技术应用。可采用倾斜摄影或激光雷达等技术获取三维数字地面模型，开展三维地形空间上的选线和线形设计；可根据地质钻探、物探成果进行地质三维建模，提高复杂地质条件建模精度；桥隧构筑物的复杂节点可采用 BIM（建筑信息模型）技术进行防碰撞检测。

4.14　应按 JTG B05 的要求，做好项目安全性评价工作。在初步设计和施工图设计文件的总说明中，应包含项目安全性评价专项内容。

4.15　实行项目全过程、全专业造价管控，确保工程造价科学合理。在初步设计和施工图设计文件的总说明中，应包含项目造价控制专项内容。

4.16　宜采用适用的新技术、新材料、新产品、新设备。

5　工程地质勘察

5.1　一般规定

5.1.1　工程地质勘察应按 JTG C20、JTG D30、JTG 3363、JTG D3370.1 等相关规范和本标准的要求进行。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　工程地质勘察应按阶段进行。岩溶、采空区、滑坡等不良地质条件复杂或有特殊要求的工程，可在施工阶段进行必要的专项勘察，为动态设计及施工提供详实的基础资料；岩溶发育复杂的桥位，在桩位确定后进行专项逐桩勘察。

5.1.3　初步设计阶段工程地质勘察，应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，为路线方案的比选及路基、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，应查明路基、桥梁、通道、涵洞、隧道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　勘察前应充分收集自然地理、地质环境及地质灾害等资料，分析、判断场地工程地质条件的复杂程度；进行现场踏勘，结合工程项目特点等情况，分析勘察重点和难点，编制项目勘察大纲和勘测勘察事先指导书，合理安排各阶段勘察工作。项目勘测勘察事先指导书应根据《浙江省高速公路项目设计勘察事先指导书编制指南》（ZJ/ZN 2019-05）的要求编制。

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　应加强动态勘察，及时汇总勘察资料，分析、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　管理、服务和养护等沿线设施的勘察应符合 GB 50021、DB33/T 1065 等规范的规定，需单独编制岩土工程勘察报告。

5.1.9　应重视勘察过程管理和外业成果验收等工作。宜采用适用的信息化技术进行勘察外业管理，确保勘察资料的真实性、准确性和完整性，提高勘察工作的管理质量和数据采集、分析的效率。

5.1.10　工程地质层组的划分可参考 DB33/T 1065-2019 中 5.3 的相关规定。

5.1.11　对于地层结构复杂的深路堑、桥址、隧址或不良地质、特殊性岩土等工点资料，可采用 BIM 技术，辅助地质条件分析。

5.1.12　路线交叉中路基、桥梁、隧道等专业的工程地质勘察要求，同相关专业的相应章节中的规定。

5.2　综合勘察方法

5.2.1　应根据场地工程地质条件、不同的勘察阶段，合理采用遥感、工程地质调绘、钻探、物探、挖探(槽、坑、井、洞)、螺旋钻探、原位测试与室内试验等相结合的综合勘察方法。各阶段不同专业可选择的勘探方法见表 1。

表1　不同设计阶段综合勘察方法

设计阶段	专业类型	勘察方法						
		遥感	工程地质调绘	钻探	物探	挖探、螺旋钻探	原位测试	室内试验
初步设计阶段	路线	☆	☆	△	△	△	△	△
	路堤	—	☆	△	△	☆	△	☆
	路堑	—	☆	☆	△	△	△	☆
	桥梁	—	☆	☆	△	△	☆	☆
	隧道	○	☆	☆	△	△	☆	☆
	沿线设施	—	☆	☆	△	△	☆	☆

表 1　不同设计阶段综合勘察方法（续）

设计阶段	专业类型	勘察方法						
		遥感	工程地质调绘	钻探	物探	挖探、螺旋钻探	原位测试	室内试验
施工图设计阶段	路堤	—	△	☆	△	☆	☆	☆
	路堑	—	☆	☆	△	☆	☆	☆
	桥梁	—	△	☆	△	○	☆	☆
	隧道	—	☆	☆	△	○	☆	☆
	沿线设施	—	△	☆	△	○	☆	☆
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，调绘精度应满足 JTG C20 等规范的要求。应结合钻探、物探等勘探成果，对调查结果经分析核查后，发现地质调绘中有遗漏的工程地质问题时，应进行补充。各设计阶段的调查均应采用 1:2000 比例尺地形图，必要时可采用 1:10000 比例尺进行追索；岩溶、滑坡、崩塌、危岩、采空区等不良地质或隧道洞口等路段，必要时采用 1:500 比例尺地形图。

5.2.3　应采用工程地质调绘等方法对遥感地质解译成果进行验证。

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，合理设置设备参数。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。物探探测的深度和精度应能满足勘探要求。

5.2.5　勘探点数量、位置和深度应根据 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，并在项目初测初勘或定测详勘事先指导书中明确。

5.2.6　浅部地质条件可采用挖探(槽、井)和螺旋钻探查明，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　室内试验应根据岩土性质和工程需要确定岩（土）样的试验项目和试验方法；影响构筑物设置或工程规模较大的特殊性岩土，在试验项目的选择时应满足设计所需的参数要求。对高路堤、陡坡路堤和深路堑等路段可能发生滑动的粉土、黏性土，应进行天然含水率 ω 、密度 ρ 、塑限 ω_P、液限 ω_L、粘聚力 c 和内摩擦角 Φ 测试；砂土、碎石土可只做颗粒分析；岩石应结合支挡工程设计，选择代表性岩样做抗压强度试验和剪切试验。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　初步设计阶段应为路线方案及构筑物设置的拟定提供基础资料，勘察工作应符合 JTG C20—2011 中 5.2 的有关规定和项目初测初勘事先指导书的要求，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；

b)　斜坡厚层松散堆积土的成因、分布性质；

c) 路线所经区域现状和潜在不良地质和特殊性岩土路段的分布范围、成因、性质及特征以及引发地质灾害的可能性，并提出处置建议；不良地质和特殊性岩土对路线方案有严重影响的路段，应调查分析路线绕避的可能性，并提出建议；
d) 沉积岩区的地层岩性、褶皱、节理裂隙、断层、岩层产状、软弱夹层的分布，分析顺层滑动的可能性；可溶岩区岩溶的发育规律以及地下水的埋藏、补给、径流、排泄条件；煤系地层的分布及性质、岩层强度差异等因素；
e) 岩浆岩区的岩性、断层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；
h) 围垦、废弃矿山的回填或垃圾堆填等地形改造情况及对路线方案的影响。

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，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 JTG C20—2011 中 6.2 的有关规定和项目定测详勘事先指导书的要求，并查明 5.3.1 所规定的内容，为确定路线和构筑物的位置提供地质基础资料。

5.4 路基初步设计阶段勘察

5.4.1 勘察工作应符合 JTG C20—2011 中 5.3～5.7 的规定和项目初测初勘事先指导书的要求，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、零填浅挖、临水路堤、支挡工程、不良地质和特殊性岩土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) 高路堤路段的软土、软弱夹层分布情况及性质，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，水文地质条件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、岩性组成、岩土层结构，斜坡的稳定性及差异沉降的可能性；
e) 零填浅挖路段地下水位情况；
f) 支挡工程基础的地层岩性、地质构造、水文地质条件，纵横向岩土层结构差异，提供设计所需的岩土物理力学指标及承载力参数；
g) 临水路堤尤其是河流弯道凹岸或径流断面收窄处的地层结构、岩土类型和土的粒径组成等，河流冲、淤对基础稳定性的影响；
h) 滑坡、崩塌、岩溶、采空区、泥石流等不良地质和软土、高液限土、膨胀性岩土、填土等特殊性岩土，按以下要求查明其分布和性质：
   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　不同类型滑坡的勘察内容及方法

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">滑坡类型</th><th colspan="2">勘察内容</th><th rowspan="2">勘探方法</th><th rowspan="2">备注</th></tr>
<tr><th>一般</th><th>重点</th></tr>
<tr><td rowspan="5">土质滑坡</td><td colspan="2">碎石土滑坡</td><td rowspan="12">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</td><td>堆积体厚度、性质、基岩面起伏、地下水渗流</td><td>调绘、钻探、物探</td><td rowspan="12">勘探点、线布置应控制滑坡体周界；勘探点（线）应沿滑坡的主滑动方向布置；当滑坡体的规模大、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。岩土样试验应根据滑坡类型确定试验项目。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">黏性土滑坡</td><td>一般黏性土滑坡</td><td>黏性土厚度、性质、抗剪强度</td><td>调绘、钻探</td></tr>
<tr><td>高液限黏性土滑坡</td><td>高液限土的成因、厚度、性质、膨胀性、抗剪强度</td><td>调绘、钻探</td></tr>
<tr><td>软土滑坡</td><td>软土厚度、底面起伏、抗剪强度</td><td>调绘、钻探、静力触探、十字板</td></tr>
<tr><td colspan="2">填土滑坡</td><td>填土成分、密实度、均匀性、底面起伏、抗剪强度</td><td>调绘、钻探、物探</td></tr>
<tr><td rowspan="5">岩质滑坡</td><td colspan="2">破碎岩质滑坡</td><td>断层分布及性质，不利结构面组合</td><td>调绘、钻探、物探、槽探</td></tr>
<tr><td rowspan="2">层状岩质滑坡</td><td>顺层岩质滑坡</td><td>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</td><td>调绘、钻探、槽探、孔内电视</td></tr>
<tr><td>切层岩质滑坡</td><td>结构面组合、外倾结构面、软弱结构面</td><td>调绘、钻探、孔内电视</td></tr>
<tr><td colspan="2">块状岩体滑坡</td><td>外倾长大结构面、结构面的密度及组合、软弱结构面</td><td>调绘、钻探、孔内电视</td></tr>
</table>

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、稳定程度及崩塌对路基的影响；
3) 岩溶的类型、规模、形态特征、覆盖层情况及地下水位埋深、变动情况以及补给、径流、排泄条件；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、水理性质和地基承载力，对路基沉降和滑移的影响；
7) 高液限土、膨胀性岩土的分布范围、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；
8) 填土、垃圾的分布、厚度、底面的起伏、成分和物理力学性质、地下水的腐蚀性。

5.4.4　一般路基勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 当工程地质条件简单时，勘探测试点的数量每公里不应少于 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断面、勘探点数量；
b) 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。

5.4.5 特殊路基勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 高路堤应根据现场地形、地质条件选择代表性位置布置横向勘探断面，每段的横向勘探断面数量不应少于 1 条；每条勘探横断面上的钻孔数量不应少于 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；
b) 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应少于 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；
c) 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应少于 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；地形、地质条件复杂的路堑，应加密勘探断面。控制性钻孔深度应至设计高程以下稳定地层中不少于 3 m；地层结构特别复杂时，控制性钻孔深度应以至稳定地层为宜；
d) 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；
e) 路堑工点处物探测线一般应沿纵、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。开挖范围相邻，存在相互影响的边坡，应综合临近边坡的情况，统一布置勘探断面；
f) 支挡工程的承重部位，应采用挖探、钻探进行勘探，勘探点的数量不应少于 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；地形、地质条件比较复杂，且支挡工程规模较大的，应采用钻探、物探结合的综合勘探方法；
g) 岩溶路段，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 20m，挖方路基钻孔深度在基底以下不小于 10m；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；
h) 对路基稳定性有影响的滑坡、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，结合初拟处治方案确定；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勘察成果，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 JTG C20—2011 中 6.3～6.7 的规定和项目定测详勘事先指导书的要求，并查明本标准 5.4.2、5.4.3 所列的内容。

5.5.2 一般路基勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 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应少于 1 个；地质条件变化较大时，应增加勘探点数量；
b) 填挖路段长度较长时，勘探断面的间距不宜大于 200 m；
c) 勘察方法同 5.4.4 的规定。

5.5.3 特殊路基勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 高路堤、陡坡路堤、支挡工程、深路堑及地质条件复杂路段，应复核初勘勘探工作量可利用情况，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，其间距不宜大于 100 m；路段长度较大时，横断面的间距不宜大于 200 m；勘探孔深度应符合 5.4.5 的规定；

b) 岩溶路段，通过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。勘探孔深度应符合 5.4.5 g）项的规定；

c) 滑坡、崩塌、泥石流等不良地质和软土、高液限土、填土等特殊性岩土路段，应结合初拟处治方案，确定勘探点的数量和位置；

d) 勘察方法同 5.4.5 的规定。

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 JTG C20—2011 中 5.10、5.11 的规定和项目初测初勘事先指导书的要求，基本查明桥梁、通道及涵洞的工程地质条件，分析构筑物设置的适宜性；若勘察发现存在桥位或墩位设置不适宜时，应在成果中明确提出调整建议。

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开挖边坡稳定性及其对桥墩的影响；

b) 地下水有开发利用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。

5.6.3 桥梁勘察方法和工作量布置尚应符合下列要求：

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；小桥的钻孔数量每座不宜少于 1 孔，中桥的钻孔数量 2 孔～3 孔，大桥的钻孔数量 3 孔～5 孔；特大桥的钻孔数量大于 5 孔，连续高架桥的钻孔间距不宜大于 200 m，工程地质条件复杂时，钻孔数量应加密；

c) 地层结构复杂、岩溶、滑坡、崩塌、采空区、构造影响强烈或基岩起伏强烈路段，或软土、填土等特殊性岩土分布路段，及沼气等特殊性气体分布路段，应钻探与物探相结合进行综合勘察；

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；基础施工有可能诱发滑坡等地质灾害的边坡，应结合桥梁墩台布置和边坡稳定性分析布置横断面进行勘察；

e) 悬索桥、斜拉桥或拱桥等特殊结构及大跨径梁桥的桥墩、锚锭基础、沉井基础、高墩基础和深水基础，应采用综合勘察方法，并根据构筑物及其基础形式的要求合理确定钻孔的数量、位置，并在项目勘测、勘察事先指导书中明确；

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 3d～5d（d 为桩身直径），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 1 m。基础置于基岩时，勘探深度应至中风化基岩内不小于 8 m 或微风化基岩内不小于 5 m；遇有断层破碎带时，宜穿过破碎带进入完整基岩内不小于 5 m；断层破碎带规模大或者断层陡倾，钻探难以穿透时，钻孔深度应能满足桥梁桩基承载力要求。基础置于软岩时，应根据摩擦桩计算桩承载力确定入岩深度，勘探深度应至计算的桩端以下 3 m～5 m。采用桩基础时钻孔深度不宜小于 15 m，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；钻孔布置数量在 5.6.3 b）项要求的基础上，应在主桥塔、主桥墩、高墩、桥台及物探异常部位加密布置；钻孔如未遇岩溶洞穴，勘探深度应至完整基岩内 10 m～15 m，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 10 m。

5.6.4 通道、涵洞勘察方法和工作量布置尚应符合下列要求：

a) 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) 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) 通道、涵洞勘探深度根据岩土类别和构筑物要求确定；
d) 桥式通道的勘察按 5.6.3 的要求执行。

5.7 桥梁、通道及涵洞施工图设计阶段勘察

5.7.1 应复核桥梁、通道及涵洞设计调整情况及初勘成果资料，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 JTG C20—2011 中 6.10、6.11 的规定和项目定测详勘事先指导书的要求，并查明本标准 5.6.2 所列的内容。

5.7.2 勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 桥梁、桥式通道勘探孔深度应至桩端或基础底面以下 5 m。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 10 m～15 m，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 10 m；应加强勘探成果的综合分析，根据岩溶形态的复杂程度适当加密钻孔；必要时，根据地质条件补充物探横断面或进行管波等孔内物探工作；
c) 山前地形起伏或地质条件复杂的桥址处，沿桥梁纵横向应加密勘探孔或布置适宜的物探工作，宜逐墩、逐台布设勘探孔；陡坡处应结合边坡稳定性确定勘察工作量及勘探孔深度；
d) 箱式通道、涵洞每处勘探点不少于 1 个；地质条件变化大、通道、涵洞长度长时，宜沿轴线布置勘探断面，断面上勘探点的数量不宜小于 3 个。

5.8 隧道初步设计阶段勘察

5.8.1 勘察工作应符合 JTG C20—2011 中 5.13 的规定和项目初测初勘事先指导书的要求，基本查明隧道工程地质条件，分析隧道设置的适宜性。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、内容和重点，加强工程地质分析；若隧址存在崩塌、滑坡、采空区、岩溶发育区等不良地质问题，严重影响工程建设安全和成本时，应提出调整线位的建议。

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) 玄武岩下部沉积岩的岩性、完整程度、风化情况和地下水的分布；
e) 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；
f) 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；
g) 滑坡、崩塌、危岩、岩溶、采空区等不良地质和高液限土、膨胀性岩土、填土等特殊性岩土的分布及影响；

h) 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；
i) 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；
j) 隧道偏压、浅埋情况及其影响；
k) 平行导洞、斜井、竖井等辅助坑道的地质条件。

5.8.3 隧道勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

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；隧道洞口应布置钻孔，洞身钻孔根据地质条件确定，中隧道洞身不少于 1 孔，长隧道、特长隧道不少于 2 孔；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) 物探测线应根据工程地质调绘成果布置，宜沿隧道轴线或在其两侧平行隧道轴线布置；横向地质条件复杂时应布置横向物探测线；在地层分界线、断层破碎带、不良地质分布等路段应适当加密布置；物探勘探的深度应至隧道底板设计高程以下，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；
d) 钻孔宜沿隧道轴线，并在洞壁外侧不小于 5m 处布设，钻探结束后应及时封孔，洞身段的深孔应测孔斜；
e) 勘探深度应至隧道底板设计高程以下不小于 5 m，遇采空区时，勘探深度应至采空区底板以下稳定地层不小于 8 m；
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，钻孔深度应在隧道设计底板以下完整基岩内 5m～8m；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 8 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 JTG C20—2011 中 6.13 的规定和项目定测详勘事先指导书的要求，查明 5.8.2 中所列内容，尚应查明下列内容：

a) 溪流、水库、水塘等地表水体的分布及对隧道施工和运营的影响；
b) 隧道洞口、浅埋或偏压路段隧道围岩，洞口边仰坡的稳定性；
c) 隧道洞口厚层第四系或全、强风化基岩的分布、性质及影响。

5.9.3 勘探方法和工作量应符合 5.8.3 c)～5.8.3 f)所列内容，尚应符合下列要求：

a) 存在溪流、水库、水塘等地表水体的隧址区，应进行物探、钻探及水文地质试验等勘探工作；
b) 偏压路段，钻孔一般布置在偏压侧；岩性多样、地层结构复杂时，每条横断面上，钻孔不宜少于 2 个；
c) 地质条件复杂的长隧道、特长隧道，应在初勘的基础上，根据工程地质调绘、物探成果，在洞身布置钻孔，孔内可进行钻孔波速测试及孔内电视等工作。

5.9.4 应根据隧道斜井、竖井的设计需要，针对性布置钻探、物探和室内试验工作，查明工程地质和水文地质条件。

5.10 沿线设施初步设计阶段勘察

5.10.1 沿线设施的岩土工程勘察宜分阶段进行，场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。勘察工作应符合 GB 50021 的有关规定和项目初测初勘事先指导书的要求，初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件等；查明不良地质及特殊性岩土情况，并对场地的稳定性及适宜性作出评价；初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

5.10.2 沿线设施勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 应在工程地质调绘的基础上，结合线路勘察成果，根据沿线设施对地基的要求布置勘探工作量；
b) 勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置，勘探线、勘探点间距根据地基复杂程度确定，勘探孔深度根据工程重要性等级确定；
c) 岩土样和原位测试的数量应按地层特点和土的均匀程度确定，每层土均应采取岩土样或进行原位测试，其数量不宜少于 6 个。

5.11 沿线设施施工图设计阶段勘察

5.11.1 勘察工作应符合 GB 50021 的有关规定。应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基作出岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质的防治提出建议。

5.11.2 沿线设施勘察方法和工作量尚应符合下列要求：

a) 勘探点布置和勘探孔深度，应根据建筑物特性和岩土工程条件确定，应查明建筑物地基纵横向地层分布与倾斜情况；勘探点宜按建筑物周边线和角点布置；单栋高层建筑勘探点的布置，应满足对地基均匀性评价的要求；
b) 勘探孔深度应能控制地基主要受力层，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；当有大面积地面堆载或软弱下卧层时，应适当加深控制性勘探孔的深度；
c) 采取岩土样和进行原位测试的勘探孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/2，钻孔取土试样孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/3；
d) 对服务区（停车区）、收费站（所）和隧道管理站（所），应进行水资源调查；如采用地下水，应取水样进行水质分析。

5.12 初步设计阶段勘察资料分析与报告编制

5.12.1 报告编制应符合 JTG C20 的有关规定和项目初测初勘事先指导书的要求，并充分利用工程勘察所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。

5.12.2 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、检查和分析，确认无误后方可采用。

5.12.3 工程地质勘察报告由总报告和工点报告组成，总报告和工点报告均包括文字说明和图表，工点报告包括路基、桥梁、通道、涵洞、隧道、路线交叉、沿线设施等工点。

5.12.4 总报告文字说明尚应包括下列内容：

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，项目的重点和难点，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、地震与区域稳定性、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、隧道、路线交叉、沿线设施等的工程地质条件，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，工程建设场地的稳定性和适宜性评价，不良地质、特殊性岩土对工程的危害和影响情况，路基地基基础评价，桥梁、通道基础评价，隧道工程地质条件评价，互通区工程地质条件评价，天然建筑材料评价，结论与建议等。

5.12.5 总报告图表资料尚应包括下列内容：

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。

5.12.6 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。

5.12.7 高路堤、陡坡路堤、深路堑、支挡工程、不良地质和特殊性岩土等特殊路基应提供单独的路基工点资料。

5.12.8 路基工点资料文字说明应符合 JTG C20 的有关规定，并应符合下列要求：

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，采用节理裂隙赤平投影法、历史成因分析法和工程地质类比法等方法定性或半定量分析边坡的稳定性；必要时建立合理的边坡模型，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、采空区、泥石流等不良地质和软土、高液限土、膨胀性岩土、填土、垃圾等特殊性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；
g) 岩溶路段，应分段评价岩溶发育情况，并根据岩溶发育情况、覆盖层条件、水文条件、地貌单位及构造等评价岩溶塌陷的危险性，提出处治建议。

5.12.9 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，水质分析资料，物探解释成果资料，照片等。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，并分析挡土墙基底地基的稳定性和承载力情况。

5.12.10 桥梁应提供单独的工点资料，包括文字说明和图表资料。

5.12.11 桥梁工点文字说明应符合 JTG C20 的有关规定，并应符合下列要求：

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及沼气等特殊性气体的防治措施、施工中可能出现的问题，提出合理建议；
c) 应分析沉积岩岩性差异、强度变化，尤其是软弱夹层对基础的影响；
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) 应根据工程地质调绘、物探、钻探等勘探成果中岩溶发育的平面位置、高程、规模、充填情况等，判断岩溶形态特征，分析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梁基础的影响；

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。

5.12.12 桥梁工点图表资料应符合 JTG C20 的有关规定，并应符合下列要求：

a) 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，岩土物理力学指标和承载力参数，水质分析资料，有害气体测试资料，照片等；

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；

c) 左右线分离式桥梁，应分别绘制左右线的工程地质纵断面图；

d) 悬索桥、斜拉桥或拱桥等特殊结构大跨径桥梁基础、锚碇基础、沉井基础、高墩基础和深水基础的地质断面图、持力层标高等值线图等。

5.12.13 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。

5.12.14 互通区工点资料包括文字说明和图表，应符合以下要求：

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、隧道等的工程地质条件进行评价；

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) 互通区的路基、桥梁和隧道工点资料内容应符合 JTG C20 的有关规定，当匝道距离较近时，应分析匝道之间的影响。

5.12.15 隧道应按工点编制文字说明和图表。

5.12.16 隧道工点文字说明应符合 JTG C20 的有关规定，并应符合下列要求：

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，应分析地表水对隧道的影响。

5.12.17 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，1:100～1:500 隧道洞口、偏压、浅埋、不良地质部位的工程地质横断面图，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，物探资料，照片等。

5.13 施工图设计阶段勘察资料分析与报告编制

5.13.1 报告编制应符合 JTG C20 的有关规定和项目定测详勘事先指导书的要求，应按施工标段编制施工图设计阶段工程地质勘察报告。

5.13.2 报告编制内容应符合 5.12 的相关规定，并应符合下列要求：

a) 总报告文字说明：应对路线、路基、桥梁、通道、涵洞、隧道、路线交叉、沿线设施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) 总报告图表资料包括：

1) 全线工程地质平面图(1:2 000)；

2) 全线工程地质纵断面图(水平 1:2 000，垂直 1:500)。

6 勘测与调查

6.1 一般规定

6.1.1 公路勘测与调查应按 JTG C10 和本标准的要求进行。控制与地形测量还应满足 GB 50026 的有关规定。

6.1.2 初步设计阶段，在选定方案时应对路线的走向、控制点和重要构筑物等进行现场核查，并对路线比较方案进行同等深度的测设。施工图阶段，应对初步设计阶段的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。

6.1.3 各专业应认真、细致做好现场调查、资料收集等工作。初步设计阶段调查内容包括：沿线地形地貌、水文、气象、地质、洪水位及通航水位、城镇及其他相关规划、路网、环境敏感点、农田水利设施、征地拆迁、交叉管线、不良地质、相关道路的路面结构、筑路材料、取弃土场、防护工程、排水系统、桥位选址、河流形态特征、暴雨流量、航道及铁路基本情况、隧道选址、隧道洞门及洞身条件、互通立交选址、工程经济等相关资料；对涉及路线总体的制约因素及重要节点方案应征求沿线地方政府及相关部门意见，并取得明确的答复。施工图阶段，应对初步设计阶段各专业的调查资料进行核查、补充和完善。

6.1.4 应根据《浙江省高速公路项目设计勘察事先指导书编制指南》（ZJ/ZN 2019-05）的要求编制项目勘测、勘察事先指导书，勘测与调查成果应满足验收要求。

6.2 控制测量及地形图测绘

6.2.1 控制测量桩应采用混凝土桩，尺寸规格应符合 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) 坐标系统的选择应满足 JTG C10 的规定；宜选用 2000 国家大地坐标系，尽量选用一个投影带，使用多个投影带时需说明多个投影带间的衔接关系；

b) 平面控制测量应采用 GNSS（全球导航卫星系统）测量或导线测量方法；应按照“由高到低”逐级控制的原则布设，宜全线贯通、整网统一平差；当采用工程独立坐标系时应提供与 2 000 国家大地坐标系间的转换关系；

c) 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 JTG C10 的规定；

d) 具备中间布设控制点条件的高架桥，可按一般路线控制测量等级要求布设控制点。

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，地形条件受限制区域可采用三角高程测量或 GNSS 拟合高程方法；
b) 高程控制网应全线贯通、整网统一平差，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 JTG C10 的规定；
d) 构造物高程控制网应与路线高程控制网联测，但应保持其本身的精度，应优先考虑将衔接位置放在路基段。

6.2.4 地形图测绘应满足以下规定：
a) 地形图测绘可采用航空摄影测量、三维激光雷达扫描测量、GNSS-RTK（实时动态）法、全站仪极坐标法等；
b) 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 JTG C10 的相关规定执行，一般路线平面地形图采用 1:2 000。施工图阶段，隧道洞口、复杂桥台、地形变化大的服务区、收费站场地等重要工点，应测绘 1:500 的地形图；
c) 地形图的图式应采用国家自然资源部门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；
d) 高程标注点地形图上每方格(10 cm×10 cm)不应少于 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、古树名木、电力铁塔、通讯基站及地下管线等不应遗漏，高压线应注明电压值及线路名称；
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、行政区域界线、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自然资源管理部门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 数字地面模型应满足以下规定：
a) 公路数字地面模型应能满足任意点的平面坐标、高程插值计算，等高线生成，距离、坡度、面积、体积的计算等要求；
b) 数字地面模型原始数据的获取可以采用摄影测量、激光扫描等技术，在使用摄影测量技术获取数字地面模型时，山区、植被覆盖区应野外实测复核；
c) 采用数字地面模型计算公路纵、横断面时，数字地面模型高程插值中误差应不大于±0.2 m；
d) 采样点密度应符合表 3 的规定：

表3 数字地面模型采样点要求

要求	地形类别		
	平原、微丘	重丘、山岭	重要路段
点密度（点/m^2）[a]	≥6	≥12	≥20
离散性	均匀	均匀	反应特征变化
[a] 地形简单且有规律的区域点密度可降低 50 %。			

e) 现场地形困难、复杂、重要区域宜使用具有多回波接收和高穿透能力的激光雷达作业。

6.2.6 提交的成果资料包括：
a) 技术设计书；
b) 测量原始记录及检查手簿；

c) 控制网计算书、地形图或数字地面模型、自检及验收报告；
d) 技术总结。

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) 搜集土地、农林、水利、铁路、公路、航运、航空、城建、电力、通讯、文物、环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，必要时进行外部评审；
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项目初测初勘事先指导书。

6.3.2 路线测量应满足以下规定：
a) 路线控制桩测量可采用极坐标法、GNSS-RTK 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) 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 GNSS-RTK 方法测量时应进行检测；高程测量精度要求按 JTG C10 的相关规定；
d) 应对文物、古树名木、电力铁塔、通讯基站及地下管线等的位置进行平面坐标测量；对于相交叉高压线，应测量其线高，并注明测时气温。

6.3.3 路基测量应满足以下规定：
a) 针对现有重要构筑物（如铁路、高等级公路、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；保密单位需明确控制范围；
b) 应对设置防护工程的路段进行控制断面测量；对地质条件特别复杂、防护工程规模较大的工点，应进行纵横断面测量，并测绘 1:500 地形图；
c) 已建立数字地面模型的区域，纵横断面数据可在模型上切取，并应进行必要的抽检核查。

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；已建立数字地面模型的区域，纵横断面数据可在模型上切取，并应进行必要的抽检核查；
d) 横向纵坡大于 20 %的涵洞，应进行洞口高程测量；
e) 已建立数字地面模型的区域，桥涵纵横断面数据可在模型上切取，但应进行必要的抽检核查。

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，并测量纵横控制性断面；
e) 已建立数字地面模型的区域，隧道洞口、洞身浅埋、偏压段的纵横断面数据可在模型上切取，并应进行必要的抽检核查。

6.3.6 路线交叉测量应满足以下规定：

a) 大型或复杂的路线交叉工程应布设与主线同等级的平面高程控制，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；电力线悬高测量时应记录测时气温；
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。

6.4 施工图测量

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定测方案并编制项目定测详勘事先指导书；
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) 初步拟定路线平面、纵面设计及构筑物布置方案。

6.4.2 路线测量应满足以下规定：

a) 路线中桩敷设可采用极坐标法、GNSS-RTK 等；中桩敷设的间距应符合 JTG C10 的有关规定；应在各类特殊地点设加桩，加桩的位置和数量应满足构造物、沿线设施等专业勘测调查和工程量计算的需要；
b) 中桩高程测量：路线控制桩高程测量采用水准测量，采用全站仪测量时应进行各项修正，采用 GNSS-RTK 测量时应进行检测。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。测量精度按 JTG C10 定测的要求执行；
c) 横断面测量：应采用全站仪或 GNSS-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；
d) 已建立数字地面模型的区域，纵横断面数据可在模型上切取，并应进行必要的抽检核查。

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) 对特大桥、大桥及中桥进行详细的纵、横断面测量，并对初步设计的有关资料进行核查和补充；
d) 应根据 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设的桥梁，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；
h) 已建立数字地面模型的区域，纵横断面数据可在模型上切取，并应进行必要的抽检核查。

6.4.5 隧道测量应满足以下规定：
a) 应根据 JTG C10 的规定，建立满足长大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) 已建立数字地面模型的区域，纵横断面数据可在模型上切取，并应进行必要的抽检核查。

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。

6.5 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，进行土地的属性、类别、所有人、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) 调查路线影响范围内的水源、文物古迹、古树名木、电力电信杆（管）线、铁路、水利、国防等重要设施，以及宗祠、庙宇、垃圾填埋场等敏感设施；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) 调查路线影响范围内坟墓的性质、数量、所有人等情况；
d) 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，沿线路网、施工便道、场地条件等。

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。调查河道现状（河面宽度、河床能否压缩及压缩河床后对河流上下游河两岸的影响）；对于滞洪区、分洪区，应收集淹没时间、最高洪水位、浪高、洪水流动方向等资料；
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) 调查特殊地质和不良地质路段的地质特征、地形地貌生成原因、性质、影响范围及对路基的影响程度；并从气象、水文、地质和生态环境等方面加强对强暴雨对山坡坡积体的冲刷影响的调查。

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) 圬工防护路段，应现场拟定防护工程的位置、起讫范围、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 路面调查应满足以下规定：

a) 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；
b) 搜集区域内已建同类项目的路面混合料配合比资料；施工图设计阶段应进行路面混合料试验。

6.6.6 路基路面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、裂隙水、岩溶区地下暗河等的位置、流量、流向，拟定排水设施设置的起讫范围、长度、型式、横断面尺寸及进出口位置；
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，拟定路基及既有水系的排水措施；
c) 搜集路面设计重现期内降雨量强度资料，拟定路面（尤其超高过渡路段）排水措施。

6.6.7 取土(料)调查应满足以下规定：

a) 调查路侧或线外取土场（坑）的位置、土壤类别、工程性质、取土场（坑）表面覆盖物及厚度、取土深度及范围、取土方式，估计可取土的数量及占地数量；
b) 调查取土坑(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，占地及赔偿措施；并提出根据地质勘探需做的工作要求；
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) 向当地相关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、开采方式；料场水文及地质条件；
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；
e) 调查沿线工程开挖方的岩性、等级和综合利用等情况，宜明确硬质岩利用比例。

6.7 桥梁、通道及涵洞调查

6.7.1 特大桥、大桥、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、河道整治、水源等级等)、航道、码头、农林、铁路、公路、城建等部门的有关设计和规划的书面材料；
b) 收集桥位附近气象台站历年最大风速、风向、气温和降雨量等资料；
c) 收集桥位附近水文观测站历年实测的流量、水位、流速、形态断面等资料，调查桥位附近水面比降、最大洪水位及其发生的年份季节等，调查流域水系资料，并进行桥涵汇水面积的调绘；
d) 调查桥位附近管线、水下构筑物的位置及对桥位的影响；
e) 调查桥位上下游现有桥梁的使用情况；
f) 山区或山前区河流，应进行漂流物的调查；
g) 复杂特大桥、大桥应进行桥梁选址的适应性调查；
h) 调查桥梁的预制场地、吊装运输等建设条件。

6.7.2 小桥涵调查应满足以下规定：
a) 调查沿线有关的水闸、农田排灌等水利设施；
b) 调查河流的形态断面、河床比降、常水位、洪水位和汇水面积等；
c) 调查区域排水体系、农田排灌、地形、地质、水文等自然条件；
d) 调查附近的现有小桥涵的使用情况；
e) 对现场拟定的小桥涵（含桥式通道）构造物设置情况，应征询水利部门和地方意见；
f) 山区河流应进行河床冲刷、漂流物调查，并应搜集项目影响区域内历史重大、特大气象灾害资料。

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，调查当前通行车辆的车型和交通密度；
b) 现场拟定通道与涵洞的归并方案，通道的设置位置、数量、类型应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、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、分隔带内管线布设情况，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 与铁路交叉或并行的调查应满足以下规定：
a) 详细调查现状铁路的名称、等级、轨道数、运行情况，铁路交叉里程、并行间距、控制标高、路基宽度、排水条件，铁路沿线专用管线和信号设备等；

b) 结合铁路中长期规划，拟定交叉点位置、交叉角度、净空尺寸及桥型方案，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)或一跨过河。应现场测量既有河道(沟渠)的纵断面、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，宜考虑改路或一跨过路。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 应收集隧址区的下列资料：

a) 隧址区的地形、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) 隧址区的气温、降水、风速和风向等气象资料；

c) 隧址区的地震历史、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、山塘、植被、矿产资源等自然环境状况；

b) 调查场区内土地使用、水利设施、建筑物、地下管线等情况。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。

6.9 互通式立体交叉、服务区（停车区）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) 调查互通式立体交叉所处位置的地名，并调查连接线的交通组成情况；

c) 调查被交叉道路的名称、公路等级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；

d) 调查互通区范围内道路通行状况及农田排灌系统，拟定改路、改河（沟）、改渠方案。

6.9.2 服务区（停车区）调查应满足以下规定：

a) 调查区域内相邻服务区（停车区）设置情况；

b) 调查服务区（停车区）选址及总体布置的合理性，调查周边自然环境、人文景观、建筑风格等情况；

c) 调查服务区(停车区)周边外部道路情况，拟定服务区与外部道路的连接方案及改路、改河(沟)、改渠方案；

d) 调查服务区（停车区）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，拟定服务区（停车区）内部管线的布设方案。

6.10 环保、绿化及人文景观调查

6.10.1 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。

6.10.2 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。

6.10.3 调查沿线土层厚度、颜色、土质，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。

6.10.4 调查公路所经区域的植被类型、林地、草场及农业种植情况，以及沿线既有公路绿化情况及效果，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。

6.10.5 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，调查现有人工草坪和野生草对公路边坡水土保持的作用。

6.10.6 调查所经区域的风俗文化、文物古迹、风景名胜、生态敏感区、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。

6.11 工程经济调查

6.11.1 收集概预算编制相关依据：

a) JTG 3830 及相关定额，省交通运输厅关于部颁编制办法所做的补充规定和补充定额；
b) 关于增值税、税金、车船税等相关规定的政策法规；
c) 房建工程采用建筑工程定额，需收集最新版《浙江省建筑工程概算定额》《浙江省安装工程概算定额》《浙江省房屋建筑与装饰工程预算定额》和相关规定。

6.11.2 调查取费参数条件：

a) 地形地貌、气象水文等自然条件；
b) 施工单位工地转移距离和有施工干扰时平均每昼夜双向行车次数等施工条件；
c) 施工人员购买生活用品的距离等生活条件；
d) 施工企业为职工缴纳的四险一金（养老、失业、医疗、工伤保险和住房公积金）等规费费率标准等。

6.11.3 调查人工工日单价及材料价格：

a) 由省交通运输厅制定并最新发布的人工工日单价；
b) 浙江省交通工程管理中心发布的材料信息价格；
c) 调查材料价格市场信息，包括材料的供应价格、供应地点、供应量、运输方式和运距等。

6.11.4 调查设备购置价格及供应条件，提供主要设备询价表。包括收费系统、监控系统、通信系统、供配电及照明系统设备以及隧道机电设备。

6.11.5 调查项目施工期间用水、用电情况。调查施工用水的水源、供水方式等；调查项目用电是自行发电还是社会用电，当为自行发电时，需对用电的单价进行调整。

6.11.6 调查在定额中未包含的新材料、新工艺的实际施工费用情况。

6.11.7 项目与铁路交叉时，一般由具有相应资质的设计单位承担相应路段的设计并编制造价文件，收集该部分费用的计列依据文件。

6.11.8 调查收集征地拆迁补偿政策文件：

a) 收集项目所在地县级以上人民政府出台的相关征地补偿政策文件，包括综合片区价、青苗补偿费、失地农民社保金，耕地占用税、耕地开垦费、占补平衡外购指标费、森林植被恢复费和土地产能等；调查临时用地租用费和复耕费；

b) 收集项目所在地县级以上人民政府出台的相关拆迁补偿标准；调查房屋拆迁安置方式；
c) 调查收集厂房、猪圈等拆迁补偿标准，收集相关拆迁补偿协议（如有）；
d) 调查收集苗木迁移补偿标准；对于特殊苗木，如有初步协议价，按协议价计列费用；
e) 调查收集项目区域内电力、电讯、自来水管、天然气管道、军用光缆等同类杆线最新迁改费用。如有初步协议价，按协议价计列费用。

6.11.9 收集工程建设其他费用中的相关合同、协议和专题名称等：
a) 勘察设计费、项目建议书和工可编制费等合同价；
b) 研究试验项目的专题名称和费用情况；
c) 专项评估费中各细目的合同价或协议价；
d) 项目所在地类似工程项目的竣工验收试验检测费等情况；
e) 根据环评、水保等专项评估报告，确定环保水保措施费用；
f) 项目的资金来源和建设期贷款利率。

6.12 管线交叉调查

6.12.1 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，调查高压线线高及与路线的夹角、设置的压接管位置及数量等。配合建设单位与设施主管部门进行沟通，征求迁改意见；或由建设单位委托专业单位编制迁改方案、确定迁改费用。

6.12.2 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；对于地下管线种类较多、情况较复杂的，应进行地下管线专项探查；对埋置较深的管线（如定向钻实施的管线），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。

6.13 提交的成果资料

6.13.1 初测阶段成果资料：
a) 测量资料：测量原始记录、成果计算、分析评价及检验资料等；
b) 调查资料：各专业调查原始记录、图像、图纸、与相关部门签署的协议及纪要文件等；
c) 勘测成果报告：必要的说明、相关图纸、测量计算成果及分析评价资料、调查成果及图像、签署的协议及纪要文件等。

6.13.2 定测阶段成果资料：
a) 测量资料：控制网复测、补测原始记录、成果计算资料，纵横断面测量及地形图补测资料等；
b) 调查资料：各专业调查原始记录、图像、图纸、与相关部门签署的协议及纪要文件等；
c) 勘测成果报告：必要的说明、相关图纸、测量计算成果及分析评价资料、调查成果及图像、签署的协议及纪要文件等。

7 选线

7.1 一般规定

7.1.1 选线应在区域范围路线走廊带分析基础上进行，包括确定路线起讫点、中间控制点、基本走向、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、优化，使路线线位更趋合理。

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、保护基本农田、生态红线、自然环境、少占耕地、避让矿产、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影响。

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 树立“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 20 m 时，可沿山脚布线，以路基为主；当高差大于 20 m 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、越岭山坳宽度等情况选线：

a) 一般地段可择优选择以下方案：
   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 30m 可采用路基方案。相对高差 30m～50m 时，应根据开挖边坡高度、工程造价、视觉效果等方面，对路基与隧道方案进行比选；
   2) 越岭山坳相对高差小于 40 m，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，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)状况等选线：

a) 有较宽台地的地段，应在岸坡稳定、相对日照较好、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 形河溪地形，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 20m，能满足排水、通道设置要求的路段，宜沿山沟布线，可采用路基方案，并加强沟内排水设计；
b) 填土高度 20m～30m 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，宜采用整体式路基或桥梁方案，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。填土高度小于 15m 的路段宜采用路基方案，大于 20m 的路段宜采用桥梁方案；填土高度 15 m～20 m 的路段，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，结合地质灾害评估等意见，择优选择方案。

7.4.2 应充分考虑沉积岩区地层岩性、产状的影响。斜坡或挖方路段，线位应尽量避免与岩层走向平行、层理外倾，以免产生顺层滑坡。

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

7.4.4 应避让大型滑坡体和处治困难的滑坡体、崩坡积体。当难以避让滑坡体、崩坡积体时，宜选择不降低坡体稳定性的方案通过。

7.4.5 应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、中型矿区。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 应避让泥石流、高液限土、膨胀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 应选择有利于施工安全、运营安全、养护安全的方案。

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 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，并尽可能远离隧道洞口，不能满足相关要求时，应采取相应措施，确保行车安全。

7.5.6 布设大型及重要构筑物时，应选择施工可实施性的方案。

7.5.7 路线应避免穿越人口居住密集区、重要国防设施和易燃易爆高危作业区等，并满足相关要求。

7.6 环保选线

7.6.1 一般路段选线应结合环评相关要求，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 应避让风景名胜区、自然保护区、环境敏感区以及国家划定的生态保护红线范围等。对无法避让的，应通过多方案比较选择影响最小的方案。
7.6.3 应避让一级水源保护区；应避让二级及以下水源保护区，或从其下游通过。对无法避让的二级水源保护区，应设置污水处理池、雨水滞留池等工程设施。
7.6.4 应避让学校、医院和人口居住密集的村庄等，并保持一定距离，必要时采取降噪措施。
7.6.5 应避让文物古迹、古树名木等。对无法避让的，应与主管部门沟通，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）等服务设施应尽量选在自然环境优美和谐、宜设置的地域。

8 线形设计

8.1 一般规定

8.1.1 线形设计应根据选线确定的路线方案，结合地形、地物、地质条件，灵活运用平面、纵面线形技术指标，合理布设路线设计方案。
8.1.2 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。
8.1.3 平面线形应做到顺捷、连续、均衡；当地形复杂、需要设置隧道时，可采用左右分幅设计，与地形相适应。
8.1.4 纵面线形应平顺、圆滑、视觉连续；当地面横坡较陡时，可结合平面线形采用左右分幅、上下错台设计，与地形相适应。
8.1.5 线形组合应做到线形连续、指标均衡、视觉良好、安全舒适；平面、纵面、横断面组合应总体协调、配合得当，与自然环境相协调。
8.1.6 设置隧道、互通式立交和服务区等路段，宜选用较高的平面、纵面技术指标，使之具有较好的通视条件。

8.2 平面线形设计

8.2.1 应结合设计标准、地形地物和地质条件、社会及自然生态环境，充分考虑纵横断面设计、大型构筑物及互通式立交布设等因素，灵活运用技术指标、节约资源，合理布设平面线形。
8.2.2 整体线形宜以曲线为主。一般路段圆曲线宜采用 JTG D20—2017 条文说明表 7-1 中超高为 2%～4%对应的半径，曲线长度宜控制在设计速度（以 km/h 计）的 5 倍～20 倍；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，圆曲线可采用 JTG D20—2017 条文说明表 7-1 中小于超高为 4 %对应的半径，但宜大于 JTG D20—2017 表 7.3.2 中的圆曲线最小半径一般值，并核查平曲线范围内靠近中分带外圆侧行车道停车视距，不满足要求时应对外圆侧路幅作加宽等处理；
b) 设置特殊桥梁路段，平面线形应满足特殊桥梁对路线线形设计的相关要求；
c) 设置隧道路段，宜采用左右分线布设，平面线形宜采用直线或不设超高的圆曲线。条件受限制时，圆曲线半径可适当减小，但不应小于 JTG D20—2017 条文说明表 7-1 中超高为 4 %对应的半径，并满足隧道内视距的要求；

d) 设置互通式立交、服务区和停车区路段，设置范围内主线最小圆曲线半径不宜小于 JTG D20—2017 表 11.1.9 及表 13.3.2 中的圆曲线最小半径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；缓和曲线长度不应小于 100m，并满足设置超高渐变段长度的要求；圆曲线的长度不宜过短，最短宜不小于 3 s 设计速度行程长度。

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，避免不设缓和曲线的圆曲线反向连接；
b) 同向曲线间的直线长度，宜采用设计速度行程长度的 6 倍～15 倍；条件受限制时，不应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) 反向曲线间的直线长度，宜采用设计速度行程长度的 2 倍～15 倍；条件受限制时，不应小于设计速度行程长度的 1 倍；
d) 隧道内不宜采用 S 形曲线。

8.2.5 最大直线长度不宜过长，除长隧道、特长隧道外，不宜超过设计速度（以 km/h 计）的 20 倍；直线长度大于 2 000 m 时，其末端应接较大半径的平曲线，最小半径不应小于 JTG D20—2017 条文说明表 7-1 中超高为 4 %对应的平曲线半径。

8.2.6 隧道洞口内外平面线形应协调，洞口内外各 3 s 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 11.4.4 和 11.4.5 的有关要求。

8.3 纵面线形设计

8.3.1 纵面线形应根据设计标准、地形变化、构筑物净空要求，考虑地质、水文、挖填高度、土石方填挖平衡、构筑物布置等因素，结合平面线形进行设计。

8.3.2 合理选用纵面指标。一般地形条件下，纵坡宜采用 0.5%～3%，坡长（除长隧道、特长隧道外）宜采用 400m～2000m；地形复杂路段，最大纵坡不宜大于 4%（设计速度 120km/h 时，不宜大于 3%），坡长应小于 JTG D20—2017 表 8.3.2 中不同纵坡的最大坡长值；设置超高过渡段的纵坡不应小于 0.5%。

8.3.3 变坡点同向竖曲线之间的直线坡段宜不小于 JTG D20—2017 表 8.3.1 中的最小坡长，反向竖曲线之间的直线坡段应不小于 3 s 设计速度行程长度。

8.3.4 连续上(下)坡路段，纵坡值应均衡，不宜采用 JTG D20—2017 表 8.2.1 中相应设计速度的最大纵坡值，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 JTG D20—2017 表 8.3.1 中的最小坡长，并满足 8.3.3 的有关要求。

8.3.5 竖曲线宜采用较大半径，有条件时宜采用 JTG D20—2017 表 9.3.4 中视觉所需要的最小竖曲线半径值；地形复杂路段，可采用 JTG D20—2017 表 8.6.1 中的竖曲线最小半径一般值，受条件限制时，在满足视距要求的前提下，可采用小于一般值，但应大于极限值。竖曲线长度应不小于 JTG D20—2017 表 8.6.1 中的一般值。

8.3.6 挖方路段不宜设置反向凹形竖曲线，隧道内不宜设置凹形竖曲线。

8.3.7 设置桥涵路段，在满足河道泄洪、通航、桥下道路净空等要求的前提下，应充分考虑桥面排水要求。反向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，反向凹形竖曲线的最低点不应设置在桥梁中段、桥下被交道路范围以及二级水源保护区河流、水库的水面范围。

8.3.8 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 %，长隧道不宜大于 2.5 %，中、短隧道纵坡不应大于 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 3 s 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 11.4.4 的有关要求。

8.3.9 设置互通式立交、服务区（停车区）路段，纵坡宜采用不大于 JTG D20—2017 表 11.1.9 及表 13.3.2 中互通式立体交叉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 JTG D20—2017 表 11.1.9 及表 13.3.2 中互通式立体交叉范围内主线线形指标的一般值；条件受限时，可小于一般值，但应大于极限值，并满足 JTG/T D21 中对主线线形的相关要求。

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，宜采用整体式路基断面；地形复杂、自然横坡陡峻的路段，可采用上下错台的分离式路基断面；
b) 整体式路基中央分隔带内需设置桥墩，且中央分隔带宽度变化值小于 3 m 的路段，可设置过渡段；过渡段渐变率应不大于 1/100，长度应不小于 50 m；
c) 小半径平曲线中分带（外圆侧停车视距不满足要求）加宽路段，加宽值可在全缓和曲线段渐变，当增加的渐变率大于 1/100 时，应采用左右分线设计，满足加宽要求；
d) 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；
e) 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 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 3 s 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，长度应不小于 50 m；
   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) 双向四车道高速公路上的短隧道及城市出入口的中、短隧道，宜与路基同宽；
c) 受地形、地质条件、挖方高边坡等控制的陡坡路段，可适当减小硬路肩宽度，但不应小于 JTG D20—2017 表 6.4.1 中右侧硬路肩宽度的最小值。

8.4.3 右侧硬路肩小于 2.5 m 时，应按 JTG D20—2017 中 6.4.3 的要求设置紧急停车带。右侧硬路肩等于或大于 2.5 m 有条件路段可设置港湾式紧急停车带；港湾式紧急停车带宽度不小于 3.5 m，有效长度一般不小于 40 m，并在其前后设置长度不小于 100 m 的过渡段。

8.4.4 双向四车道高速公路的长陡上坡路段，为提高通行能力，以路基为主的路段宜按 JTG D20—2017 中 8.4.1～8.4.5 的要求设置爬坡车道；以桥梁、隧道为主的路段经论证应设置爬坡车道时，宜增加一个标准车道宽度作为爬坡车道使用。车道、硬路肩宽度变化处设置过渡段及相关设施，保证行车安全。

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 2 000 m、竖曲线半径大于 15 000 m 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　最大合成坡度，一般路段不宜大于 8%，冬季路面有结冰、积雪的地区、自然横坡较陡峻的傍山路段应小于 8 %，隧道内不宜大于 5 %。

8.5.5　超高路段，合成坡度不宜小于 0.75 %，条件受限时不宜小于 0.5 %；当合成坡度小于 0.5 %时，应采取相应的排水措施，确保路面排水畅通。

8.5.6　平面缓和曲线内不宜设置反向凹形竖曲线，不能避免时，应检验其合成坡度，并满足 8.5.5 条的有关要求。

8.6　应急避险车道设计

8.6.1　连续长陡下坡路段，当平均纵坡和坡长满足表 4 的规定，且交通组成的大型、中型载重车比例达到 25 %时，应结合交通安全性评价、运行速度安全检验结果，按表 5 规定布设避险车道。

表4　连续长陡下坡路段设置避险车道的平均纵坡和坡长

平均纵坡(%)	2	2.5	3	3.5	4
坡长(km)	15	10	7	5	4

表5　连续长陡下坡路段增设避险车道间距

平均纵坡(%)	第一处避险车道距坡顶距离（km）	增设避险车道间距（km）
≤2.5	7～10	4～6
3	5～7	3～5
3.5	4～5	2～4
4	3～4	1～3

8.6.2　避险车道应由驶离匝道、制动床、救援车道、防撞设施、交通安全设施(交通标志、标线、护栏、隔离设施等)、排水设施、照明设施、监控设施、救援设施等组成。其纵面、平面示意图见图 1。

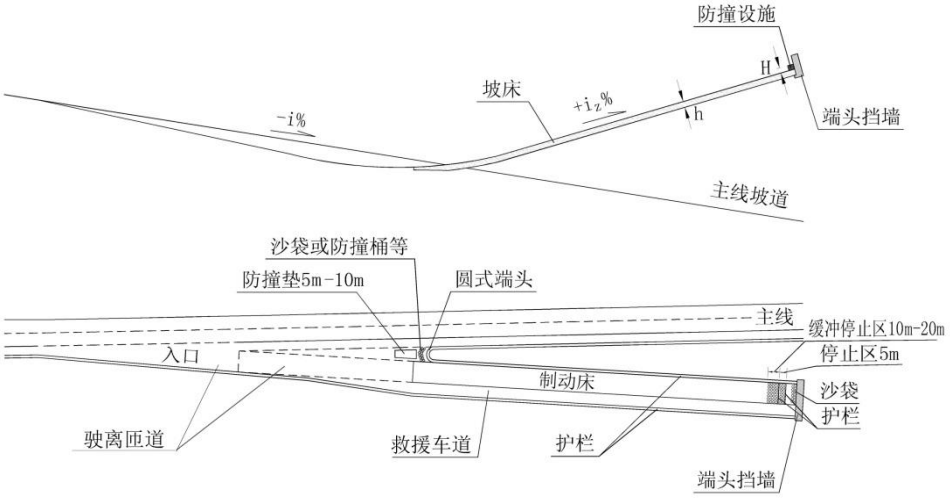
8.6.3　选择避险车道设置位置时，应综合考虑公路线形、路侧地形条件、桥隧构筑物布设以及视认性要求等因素，并符合下列要求：

a)　避险车道应设置在连续长陡下坡路段右侧视距良好路段，并满足表 6 视认性所要求的识别视距；

b)　避险车道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，应以切线方式驶入避险车道；当平曲线半径较大或直线时，驶入角宜控制在 5° 以内，条件受限时不应大于 10° ；

c)　避险车道不宜设置在桥梁上，无法避免时，可通过驶离匝道引入路侧设置路基制动床等设施；

d)　避险车道不应设置在平曲线内侧及隧道内。



图中：i_z ——减速车道纵坡。

H ——防撞设施高度；

h ——坡床材料厚度。

图1　避险车道设置示意图

表6　避险车道视认性要求的识别视距

制动床设计入口速度(km/h)	80	90	100	110	120
识别视距(m)	230	260	290	320	350

8.6.4　避险车道制动床的设计入口速度与车辆下坡向的运行速度相关，一般在80 km/h～120 km/h之间。

8.6.5　驶离匝道分渐变段和正常段，平面线形宜采用直线，起点线形应与主线平顺连接，纵坡变化处应设置竖曲线，并满足 JTG D20 中对匝道设计的有关要求，终点线形应与制动床及救援车道一致。驶离匝道长度应不小于表 7 的规定；驶离匝道宽度正常段起点应不小于 6 m，终点应与制动床和救援车道宽度相同；驶离匝道的横坡和方向应与主线相邻车道相同。避险车道入口布置，如图 2 示意。

表7　驶离匝道的最小长度（m）

避险车道与主线夹角α	制动床设计入口速度（km/h）				
	80	90	100	110	120
0°～5°	140	155	170	185	200
5°～10°	200	225	250	275	300

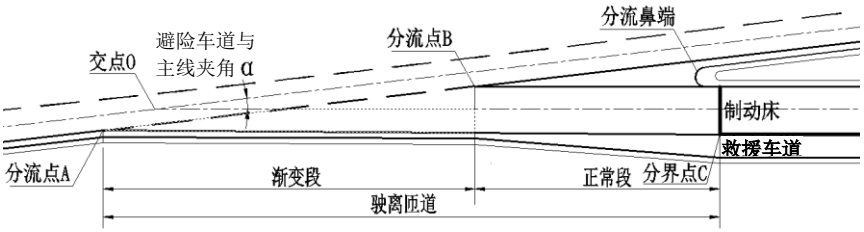


图2　避险车道入口布置示意图

8.6.6　制动床平面线形宜采用直线，起点线形应与驶离匝道终点线形一致。制动床宜采用单一纵坡，最大值不应超过 15%；受地形条件限制时，也可以采用先缓后陡的组合纵坡，最大值不应超过 20%。单一纵坡制动床长度应不小于表 8 的规定；制动床宽度应不小于 6 m。

表8　单一纵坡制动床最小长度（m）

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（cm）	防撞设施高度 H（m）
		80	90	100	110	120		
		制动床长度（m）	制动床长度（m）	制动床长度（m）	制动床长度（m）	制动床长度（m）		
10	砾石 f=0.10	140	170	210	250	295	100	1.2
	砂 f=0.15	110	140	170	200	240		
	豆砾石 f=0.25	85	105	125	150	175		
12	砾石 f=0.10	125	155	190	230	270	100	1.2
	砂 f=0.15	105	130	155	190	220		
	豆砾石 f=0.25	80	100	120	140	165		
15	砾石 f=0.10	110	140	170	200	240	100	1.2
	砂 f=0.15	95	120	145	170	200		
	豆砾石 f=0.25	75	90	110	130	155		
20	砾石 f=0.10	95	120	145	170	200	100	1.2
	砂 f=0.15	85	105	125	150	175		
	豆砾石 f=0.25	65	80	100	115	135		

8.6.7　制动床结构应由面层、基层和垫层等结构组成；面层可采用滚动阻力系数高的豆砾石，制动床入口、制动床面层集料厚度及过渡段长度如图 3 示意，正常厚度宜不小于 100 cm；基层宜采用水泥稳定碎石，厚度 30 cm；垫层宜采用级配碎石，厚度 15 cm。

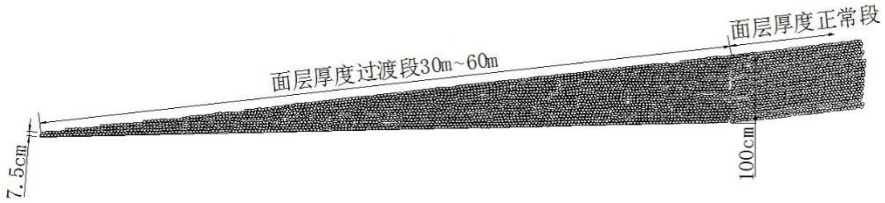


图3　制动床面层集料厚度及过渡段长度示意图

8.6.8　救援车道应紧邻制动床，应设置在制动床的行车方向右侧，平面、纵面线形、长度应与制动床一致，救援车道宽度应不小于 3.5m。救援车道宜采用水泥混凝土路面，路基和路面设计应满足 JTG D30、JTG D40 中对三、四级公路的相应规定。

8.6.9　防撞设施：在避险车道与主线分流鼻端前应设置 5m～10m 的防撞垫，并在护栏圆式端头前布设沙袋、防撞桶等；在制动床末端应设置高度不小于 1.5 m 的钢筋混凝土端头挡墙（若为高度大于 2 m 的挖方边坡时，可取消端头挡墙），并在端头挡墙前布设沙袋、消能桶等防撞设施。

8.6.10　交通安全设施：避险车道应按照有关标准规范的要求，在主线设置醒目完备的标志、入口标线，在避险车道设置安全可靠的护栏、隔离及其他必要的安全设施，确保失控车辆安全、顺利驶入。

8.6.11　排水设施：制动床底部应铺设土工布，设置纵向、横向排水管或排水盲沟，不应在制动床两侧表面设置凹形排水沟；其他排水设施应满足 JTG/T D33 的相关要求，并与公路排水系统和设施合理衔接。

8.6.12　照明设施：条件允许时，宜在避险车道处设置照明设施。

8.6.13　监控设施：宜在避险车道入口处设置车辆检测器、摄像机、报警装置等监控设施。

8.6.14　救援设施：宜配备必要的清障车、挖掘机、吊车等设备，在车辆进入避险车道后能及时快速地转移事故车辆、救助事故人员、清理事故现场，并恢复避险车道使用状态。

8.7　安全性评价

8.7.1　山区高速公路地形复杂，为改善交通安全环境、完善公路设施、体现“平安交通”的发展要求，应分阶段对项目进行安全性评价。

8.7.2　初步设计阶段，对设计速度 80 km/h 及以下的公路应进行运行速度协调性评价，运行速度与设计速度差值应控制在 20 km/h 以内。

8.7.3　施工图设计阶段，在路线平面、纵面及大型构筑物确定后，应对全线进行运行速度安全检验，并根据检验结果提出车道标志速度值。

8.7.4　连续长上(下)坡路段，应通过安全性评价、运行速度安全检验结果，论证设置爬坡车道、避险车道的必要性及可行性。

9　路基路面

9.1　一般规定

9.1.1　路基路面应根据公路功能、技术等级、交通量，结合地形、地貌、地质、路用材料、水文和气候等自然条件进行设计。路基应具有足够的强度、稳定性和耐久性；路面面层应满足平整、抗滑、抗车辙、抗疲劳、抗水损和耐磨损等综合性能要求。

9.1.2 路基路面结构应遵循整体化设计原则，做好路基路面的综合设计。路基结构设计应根据可用填料、施工条件和当地成功经验，通过技术经济综合比选，提出路基结构的设计方案与设计指标；路面结构设计应结合路基结构设计方案进行结构组合设计，以满足路面结构耐久性要求。

9.1.3 路基设计应遵循“安全、经济、环保、节地、与自然协调”的原则，结合当地自然条件和工程地质情况，选择合理的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，合理确定路基方案。

9.1.4 高路堤、陡坡路堤和深路堑以及不良地质、特殊性岩土路段的路基，应进行工点勘察设计，必要时应进行路、桥、隧方案比选论证。

9.1.5 软弱地基、与构筑物相邻路基、半填半挖路基、高路堤和陡坡路堤等路基设计应采取综合措施，控制路基工后沉降量，防止路基出现不均匀变形和滑坡等病害。

9.1.6 填土路基、土石路基和填石路基的填料及压实度应符合 9.2.5、9.2.6 的要求。

9.1.7 路基防护设计应贯彻“安全可靠、经济合理、材料耐久、生态环保、和谐美观”的原则。对开挖后自然稳定的路基边坡，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。

9.1.8 公用设施或环境敏感点附近的路堑边坡，应在查明土石比例及石质类型基础上，采用机械开挖、静态爆破、光面爆破、预裂爆破和岩石切割等技术；完整的硬质岩边坡可不进行防护，但应采取必要的防碎落措施。

9.1.9 路面设计应遵循“安全可靠、耐久舒适、资源节约、环境协调和全寿命周期成本”的设计原则，综合考虑交通荷载等级、气候、水文、地质、材料、建设和养护条件、工程实践经验以及环境保护要求等因素，通过技术经济比选合理确定路面型式，进行路面结构组合、材料设计和厚度设计。

9.1.10 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。

9.1.11 路基路面排水应按照防、排、截和节地、环保相结合的原则，结合桥涵和隧道等构筑物排水设计和坡面防护工程等设计方案，合理选择排水方案、布设排水设施，并与沿线已有排水系统相衔接，形成完整、畅通的防排水体系。

9.1.12 对地下水位较高、汇水面很大、排水不畅或水环境强敏感区等特殊路段应进行路基路面排水系统的专项设计。

9.1.13 对高路堤、高陡路堤、深路堑、特殊路基、边坡防护和排水工程等应加强动态设计；高路堤、高陡路堤、深路堑、不良地质及特殊岩土以及设置支挡工程、锚固工程等路段，应按建管养一体化要求进行监测设计，合理设置监测设施和检修通道，监测设计内容详见 17.2 的相关规定。

9.1.14 应加强山区复杂地质、灾害易发（滑坡，崩塌，泥石流，山洪等）路段防护和避灾避险设施设计。

9.1.15 坡高≥20m 的路堤、土质路堑边坡，坡高≥30m 的岩质路堑边坡，大型挡土墙应对检查维修通道和设施进行专项设计。

9.2 一般路基

9.2.1 路基应统筹考虑安全、环境、土地、经济等因素，因地制宜地选择合理的路基断面形式；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，并满足路侧安全净区宽度的要求；当路侧安全净区宽度不满足要求时，应设置路侧护栏等安全设施。

9.2.3 路基高度应符合以下规定：

a) 路基高度设计应使路肩边缘高出路基两侧地面积水高度，同时考虑地下水、毛细水和冰冻的作用，不使其影响路基的强度和稳定性；

b) 沿河及受水浸淹的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 0.5 m 的安全高度；
c) 特殊地质路段路基高度应满足沉降和稳定的要求；
d) 填方路基边坡高度：一般路段不宜大于 20 m，弃方路段不宜大于 25 m，20 m～30 m 经与桥梁方案比较后择优选用，30 m 以上宜采用桥梁；
e) 挖方路基边坡高度：一般路段宜控制在 30 m 以内；中心挖方深度超过 30 m 宜结合路线方案，进行路基与隧道方案比选，困难路段选用路基方案宜控制在 40 m 以内，最大不宜超过 50 m。

9.2.4 路基应以路床顶面回弹模量为设计指标，以路床顶面竖向压应变为验算指标，并应符合下列要求：

a) 路基在平衡湿度状态下，路基顶面回弹模量不应小于表 9 的规定；路基顶面验收弯沉值应满足设计的要求；
b) 沥青路面路床顶面竖向压应变不应大于 JTG D50-2017 中附录 B.4 竖向压应变计算的容许值；水泥混凝土路面路床顶面竖向压应变可不作控制。

表9 路基顶面回弹模量最小值

交通荷载等级	路基顶面回弹模量最小值（MPa）	
	沥青路面	水泥混凝土路面
轻交通	40	
中等交通	40	60
重交通	50	60
特重交通	60	80
极重交通	70	80

9.2.5 路床应处于干燥状态或中湿状态；路床厚度应根据交通等级确定，路床填料应均匀、分层铺筑和碾压密实基应密实，并符合以下规定：

a) 路床填料最大粒径、填料 CBR（最小承载比）及压实度，应符合表 10 的要求；
b) 上路床应采用透水性材料、无机结合料或进行土体改良；
c) 当路基湿度状态、路基填料 CBR、路床回弹模量和竖向压应变等不能满足要求时，应根据气候、土质、地下水赋存和料源等条件，经技术经济比选后，对路床采取换填透水性材料、无机结合料或进行土体改良、加强路基排水等综合处理措施。

表10 路床填筑材料及压实度要求

项目分类	路床顶面下深度（cm）		填料最大粒径(cm)	填料最小承载比(CBR)(%)	压实度（%）
上路床	0～30		10	8	≥96
下路床	轻、中等及重交通	30～80	10	5	≥96
	特重、极重交通	30～120			

9.2.6 路堤填料应满足路基强度和回弹模量的要求，并符合以下规定：

a) 一般路段应优先采用级配较好的粗颗粒土填料，挡土墙墙背应优先采用渗水性良好的填料，浸水路基应采用渗水性良好的填料；
b) 路堤填料应分层铺筑，均匀压实，其最大粒径、CBR 和压实度应符合表 11 和表 12 的要求；
c) 对于填土路堤，应采用重型击实试验法求得的最大干密度时的压实度作为压实质量控制指标；对于填石路堤，宜采用孔隙率作为压实质量控制指标；
d) 对土石路堤，应视土石混合料的性质，分层或分段填筑；土石混合料中石料为中、硬石料时，其最大粒径不应大于压实度厚度的 2/3，应采用试验路段确定的工程流程和工艺参数，压实质量采用压实度（或沉降差）指标控制；石料为强风化石料或软质石料时，其 CBR 值和压实度应符合表 11 的规定。

表11　填土路堤填筑材料及压实度控制标准

项目分类	路床顶面下深度（cm）		填料最大粒径(cm)	填料最小承载比(CBR)(%)	压实度（%）
上路堤	轻、中等及重交通	80～150	15	4	≥94
	特重、极重交通	120～190			
下路堤	轻、中等及重交通	150 以下	15	3	≥93
	特重、极重交通	190 以下			

表12　填石路堤填筑材料及压实质量控制标准

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	摊铺 厚度 （cm）	压实 干密度 （kg/m³）	孔隙率 （%）
上路堤	轻、中等及重 (特重、极重) 交通	80～150 (120～190)	硬质岩石≥60	小于层厚 2/3	≤40	由试验确定	≤23
			中硬岩石 30～60	小于层厚 2/3	≤40	由试验确定	≤22
			软质岩石 5～30	小于层厚	≤30	由试验确定	≤20
下路堤	轻、中等及重 (特重、极重) 交通	150 以下 (190 以下)	硬质岩石≥60	小于层厚 2/3	≤60	由试验确定	≤25
			中硬岩石 30～60	小于层厚 2/3	≤50	由试验确定	≤24
			软质岩石 5～30	小于层厚	≤40	由试验确定	≤22

9.2.7　路基采用泡沫混凝土等轻质路堤材料时，其设计与施工应符合 JTG D30、JTG/T 3610 和 DB33/T 996 等的相关规定；采用泥浆和不良地质土等资源化利用填筑时，应符合国家现有环保保护的有关规定，并通过试验路段确定施工工艺和施工参数，满足使用的要求。

9.2.8　路基表层处理设计应符合以下规定：

a) 路基基底应清表、压实和开挖台阶。地面横坡为 1:5～1:2.5 时，应将原地面挖成水平宽度不小于 2 m 的台阶，地面横坡陡于 1:2.5 时，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；覆盖层较浅的岩石地基，宜清除覆盖层；一般土质地段基底的压实度不应小于 90 %；

b) 当地基承载力和变形不满足设计要求时，应视具体情况采用排水、晾晒、清淤换填、浅层固化、加筋、强夯和冲击碾压等处理措施；

c) 对软土路段，路基表层应按 DB33/T 904 的规定处治。

9.2.9 填方路基边坡坡率按下列要求合理采用：

a) 填土高度≤10m 时，一级坡率为 1:1.5，其中填土高度≤2.5m，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；填土高度＞10m 时，一级边坡坡高为 8m、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) 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。

9.2.10 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 13 确定；岩质路堑边坡高度不大于 30 m 时，边坡坡率可按表 14 确定；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) 挖方边坡分级高度宜为：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宜为 2 m。

表13 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	1:2～1:3	1:1～1:2
3～10	1:1.5～1:2	1:1～1:1.75
10～15	1:1.25～1:1.5	1:1～1:1.5

表14 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＜15 m	15 m≤H＜30 m
Ⅰ 类	微风化	1:0.15～1:0.3	1:0.25～1:0.5
	中风化	1:0.25～1:0.5	1:0.3～1:0.75
Ⅱ 类	微风化	1:0.25～1:0.5	1:0.3～1:0.75
	中风化	1:0.3～1:0.5	1:0.5～1:1
Ⅲ 类	微风化	1:0.3～1:0.5	—
	中风化	1:0.5～1:0.75	—
Ⅳ 类	中风化	1:0.75～1:1	—
	强风化	1:0.75～1:1.25	—

9.2.11 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应遵循“定性分析和定量计算相结合”的原则，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。

9.2.12 地表耕植土和植被的保护要求应符合以下规定：

a) 设计中应充分重视腐质土的保护措施，施工时应将清表土、腐质土等集中堆放，以备将来地表回填，恢复植被；

b) 路堑边坡砍树挖根清表时，应对路堑边坡至截水沟之间和隧道洞口仰坡面坡顶至截水沟的原植被进行保护，最大程度地保护周边的生态环境。

9.3 特殊路段路基

9.3.1 高路堤与高陡路堤应符合以下规定：

a) 应结合地形、地貌和地基条件进行稳定性计算分析，合理确定路基断面形式，从地基处治、路基填料和压实、防护支挡、排水、监测和管养等方面进行工点设计；

b) 地基表面的处理设计应符合 9.2.8 要求，基底压实度不应小于 93 %；

c) 路堤填筑设计应符合以下规定：

1) 路堤底部 2m 范围内填料应采用具有较好水稳性、级配良好的透水性填料进行填筑；上路床 30cm 范围内应采用粒径不大于 10cm、含泥量小于 5%的透水性材料或无机结合料填筑，其余应符合 9.2.5 和 9.2.6 的要求；

2) 路堤填筑两侧超填宽度 0.5 m，采用重型压路机逐层碾压密实，路基填筑时宜适当提高路堤压实度标准，上路堤、下路堤压实度≥95 %；路基填筑要求每填筑 2 m～3 m 后采用冲击碾压工艺补强，确保路基的密实度和整体强度，避免路基不均匀沉降；

3) 路堤范围可增设土工合成材料进行加筋处理；

4) 对于高陡路堤，当稳定性不足或填筑普通填料压实困难时，可采用泡沫混凝土等轻质材料。

d) 应加强路堤边坡防护和排水的综合设计，并应符合以下规定：

1) 为节约用地、减少拆迁，坡脚可根据实测地面横坡等资料，采用增设挡土墙收坡脚来增强路堤的稳定性。路床及路堤坡面宜采用框格植草灌防护，草灌采用本地植种；路床以上路面结构部分边坡也可采用生态袋护坡植被防护等形式，以方便施工；

2) 路基排水设计应与路基防护措施相结合，可在坡面框格植草防护结构上设置防水条，并在分级平台上设置平台排水沟，集中引排坡面雨水，减小水流对坡面的冲刷影响。内侧临山坡局部路基坡底应利用废方填平，做好排水设施，将雨水引排于路堤外。

e) 应按建管养一体化的要求，设置必要的沉降、稳定观测和管养设施，进行动态监控和动态设计。高填方路段需设置检查梯道，长度小于 100 m 的路段在路段中央设置一道，大于 100 m 的路段每 50 m 设置一道。

9.3.2 深路堑应符合以下规定：

a) 深路堑边坡应结合地形、地貌、水文、地质条件和坡顶或坡脚相邻构筑物进行稳定性计算分析，合理确定路基断面形式，并从边坡防护支挡、加固、排水、监测和管养等方面进行工点设计；

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，采用生态植被防护、框格植被防护、框格锚杆植被防护、挡土墙、预应力锚索框格植被防护、桩板墙和抗滑桩等支挡加固等措施，确保边坡稳定和安全；

c) 应设置完善的路界地表水截、防、排系统及地下排水系统；整个排水系统的设计应确保“汇水进沟、横向到边、纵向到底、相互连通”；

d) 应贯彻建管养一体化新理念，合理设置检修道。深路堑路段除利用截水沟设置坡顶检修道外，对于路段长度小于 150m 的路段，路段中点设置一道，对于路段长度大于 150m 的路段，每 100 m 设置一道；

e) 应按建管养一体化设计要求进行边坡监测和动态设计，设置必要的沉降和稳定观测设施；根据边坡监测反馈信息，结合现场地质情况，对深路堑边坡进行验证、修改和完善设计。

9.3.3 半填半挖路基应符合以下规定：

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，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～120 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；

c) 半填半挖路基易产生滑移或不均匀沉降，除按 a)和 b)进行设计外，必要时在陡坡坡脚设置护脚、重力式挡墙、土工材料加筋，确保路基的稳定与安全。

9.3.4 半路半桥(隧)路基应符合以下规定：

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；

c) 桥梁路段应加强桥台基础、台帽和板梁下方检修平台的路堑边坡开挖防护与支挡设计。

9.3.5 与结构物台背相邻路基应符合以下规定：

a) 应结合与结构物台背相邻路基的地形与地质条件、填料来源、台背形式和施工技术水平，对台背路段长度、地基处理、材料选择、压实要求、防护、排水和施工工序、质量控制要求等进行综合设计和精细化设计，确保台背路基的稳定和安全；

b) 台背路基的地基承载力不满足要求时，需对地基加固处理后方可进行台背路基填筑。对浅层的软弱土地基，可采用碎石、清宕渣等透水性材料进行换填处理或就地固化处理；对于较厚的软弱土地基，应进行地基处理专项设计；

c) 台背填料宜采用透水性材料、轻质材料和无机结合料等，可采用级配碎石、泡沫混凝土、水泥稳定碎石和灰土等填料；填料 CBR 不小于 8 %。当台背处填高超过 4 m 时，路面顶面以下 4 m 深度范围内的台背路基宜采用台背填料等进行填筑；超过 4m 深度范围的台背范围宜采用相邻路基相同的填料进行填筑，填料 CBR 不小于 5 %；

d) 台背与一般路基间应设置过渡段，其长度宜按 L(m)=(2～5)×台背高 H(m)+8(m)确定，且不宜小于 15m。台背路段与一般路段衔接处应采用挖台阶形式，台阶的高宽比宜采用 1:2～1:5；台背过渡段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 %；

e) 桥台相邻路基施工前，应根据不同地形地质条件与基础处理方案、不同结构物台背形式、不同台背填筑材料等内容，编制详细的施工方案，明确各结构物台背施工与台背填筑的顺序安排，确定施工机械、流程与工艺参数，明确填筑材料与质量控制要求；

f) 桥台相邻路基施工中，应根据设计要求及时埋设观测标志及观测仪器进行动态监测；当连续两个月的月沉降速率不大于 5 mm 时，方可浇筑桥头搭板和铺筑沥青混凝土面层。

9.3.6 填石路堤应符合以下规定：

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，上部边坡坡率可采用 1:1.1～1:1.3，

下部边坡坡率可采用 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控制标准；应通过试验路段测定路基填料的孔隙率和压实沉降差等指标，确定机械型号及组合压实进度、压实遍数、沉降率等施工工艺流程、工艺参数及质量控制标准。填石路堤宜采用分层冲击碾压或强夯方式施工；其余均应符合 JTG D30 和 JTG/T 3610 的相关要求。

9.3.7 临水路堤应符合以下规定：

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、采空区路基应符合以下规定：

应依据综合勘察手段，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、力学性质等情况，分析其对工程的影响程度，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 滑坡路段路基应符合以下规定：

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应查清性质，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、反压与支挡工程等综合治理措施；

c) 应进行动态设计与滑坡监测，提出建设期和运营期的监测方案；宜开展建管养监测方案一体化设计。

9.3.10 崩塌路段路基应符合以下规定：

a) 路基设计应避免高填、深挖，尽量远离崩塌物堆积区；

b) 对于小规模的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 软土地基处理应符合以下规定：

a) 应加强山间谷地、傍山、傍河和高填桥头等路段的地质勘察，查明软土的纵、横向分布与属性，经技术经济比选分析后，合理确定软土地基处理方案；

b) 浅层软基宜采用排水垫层、换填、就地固化浅层加固、抛石挤淤等处理方法；

c) 深层软基宜采用排水固结、碎石桩、水泥搅拌桩等柔性桩、预应力管桩等刚性桩复合地基和泡沫混凝土轻质路堤等处理方法；

d) 各种软土地基处理方法应符合 DB33/T 904、JTG D30 和 JTG/T D31-02 等的相关要求。

9.3.12 高液限土路基应符合以下规定：

a) 应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；

b) 高液限土填方路基和挖方路基设计应符合 JTG D30 等的相关要求。

9.4 路基防护与支挡

9.4.1 填方路基应根据坡率和排水要求等情况，可采用下列防护或支挡方式：

a) 一般路段可采用植物防护、土工合成材料植物防护和骨架植物防护；
b) 缓坡路段可采用植物防护；
c) 耕地路段或受限路段可采用重力式挡土墙、半重力式挡土墙、石笼挡土墙、悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙、有面板加筋土挡土墙、柔性生态加筋挡土墙(无面板加筋挡土墙)和泡沫混凝土轻型挡土墙等支挡收缩坡脚，以节约用地或减少拆迁；
d) 高填方路段宜采用骨架植物防护，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、护脚等收缩坡脚；高填陡峭临崖路段及急转弯地段宜采用泡沫混凝土轻型挡土墙；
f) 临水如沿塘、溪、河和水库路段可采用重力式挡土墙、半重力式挡土墙、石笼挡土墙和砌石或混凝土护坡支挡防护；
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) 桥头路段采用生态袋植物防护、骨架植物防护和柔性生态加筋挡土墙等防护。

9.4.2 挖方路基根据坡率和地质条件等情况，可采用下列防护或支挡方式：

a) 一般路段可采用植物防护、土工合成材料植物防护和骨架植物防护。对土质边坡宜在碎落台设置矮挡墙加固坡脚；土质边坡受降雨影响易产生局部坍塌或欠稳定的边坡，宜增加骨架植物防护；
b) 缓坡路段可采用植物防护，在物种选择上要求做到草、灌、乔结合，以乔灌为主，并尽量与周围物种相协调；
c) 高陡边坡路段应根据计算分析，可分别采用重力式挡土墙、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，并应结合喷混植生植物防护，并符合以下规定：
    1) 无外倾软弱结构面的岩质边坡，边坡存在不利节理面组合和潜在的楔形体破坏或掉块，应优先采用柔性防护网＋点锚组合防护，以改善边坡的初期外观；
    2) 对有外倾软弱结构面的岩质边坡，当路堑坡顶边缘附近有较大荷载时，应优先采用锚杆(或锚索）框格进行加固支护，不宜设置坡脚挡墙，并按照 JTG D30—2015 中 3.7 的有关规定进行稳定性分析计算，以确保边坡稳定安全。
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，坡脚可采用抗滑挡土墙，其上边坡可采用预应力锚杆(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、土钉支护和抗滑桩等。

9.4.4 坡面防护包括植物防护、工程防护、工程防护与植被防护相结合等，并符合以下规定：

a) 植物防护主要包括喷播草灌乔、三维网植物、土工格室植物及喷混植生植物等，各类植物防护形式适用条件见表 15。喷混植生植物防护中的基质理化指标和植物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 16。采用圬工防护时，宜在碎落台上设置上垂下爬的攀缘植物和必要的灌木对圬工体进行遮挡。

c) 工程防护与植被防护相结合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，并符合以下规定：
   1) 路基边坡为泥质或松散体材料，坡面容易受冲刷或欠稳定，宜采用骨架框格植物防护；
   2) 多雨地区的骨架宜增设拦水带和排水槽；风化破碎的岩质路堑边坡，可在骨架中增设锚杆。

表15 植被防护分类及适用条件

序号	类型	适用条件
1	喷播草灌乔	适用于填方边坡和坡率缓于 1:1 的土质路堑边坡和全风化、强风化岩石路堑边坡
2	三维网植物	适用于坡率缓于 1:1 的土质边坡和全风化、强风化岩石路堑边坡
3	土工格室植物	适用于坡率缓于 1:1 的各类边坡
4	喷混植生植物	适用于坡率缓于 1:0.5 岩质路堑边坡和坡率缓于 1:0.75 的土质路堑边坡

表16 工程防护分类及适用条件

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、较破碎的岩质边坡的临时防护，一般不宜独立采用
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 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

9.4.5 沿河路基防护应符合以下规定：
   a) 植物防护适用于允许流速 1.2 m/s～1.8 m/s 的季节性水流冲刷路段防护；
   b) 砌石或混凝土护坡适用于允许流速 2 m/s～8 m/s 的路堤边坡防护；
   c) 石笼挡墙适用于允许流速 4 m/s～5 m/s 的沿河路堤坡脚或河岸防护；
   d) 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；
   e) 冲刷防护工程的基底埋置深度在冲刷线以下 1.0 m 或嵌入基岩内。

9.4.6 挡土墙应符合以下规定：
   a) 挡土墙适用于高填方路段、高陡坡路段、临水路段、构筑物路段、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；
   b) 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，各类挡土墙类型及适用条件见表 17；
   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，仰斜式墙高不宜超过 10m、衡重式墙高不宜超过 12m，以节省圬工体积，节约造价；环境有特殊要求的路段，宜采用石笼挡土墙或柔性生态加筋挡土墙等；

表17　挡土墙类型及适用条件

序号	类型	适用条件
1	重力式挡土墙	适用于一般路段、浸水路段的路肩、路堤、路堑等支挡工程，挡土墙高度不宜超过 12 m
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 8 m
3	石笼式挡土墙	适用于石料丰富路段填方路段或地下水较多的土质、风化破碎的岩质路段，建成后易于和周围环境协调，墙高不宜超过 12 m
4	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 5 m
5	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 12 m
6	有面板加筋土挡土墙	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 12 m；不应修建在滑坡、水流冲刷、崩塌等不良地段
7	柔性生态（无面板）加筋挡土墙	适用于有景观要求或用地受限需设支挡的填方路段。柔性生态加筋挡土墙墙面坡率宜陡于 1:0.5，单级墙高不宜高于 12 m；当采用多级墙时，每级墙高不宜大于 10 m，上下级墙体之间宜设置宽度不小于 2 m 的平台
8	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
9	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
10	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

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。挡土墙的基础类型，除特殊地基情况下需采用桩基础外，宜采用明挖基础。基础的埋置深度以及斜坡地面基础埋置条件均应符合 JTG D30—2015 中 5.4 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；
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 0.75m。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) 挡土墙与构筑物的连接，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 JTG D80、JTG D81 和 DB33/704 等的要求；
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　边坡锚固主要分为锚杆框格、点锚（锚杆、锚索）、预应力锚杆框格、边坡锚固和植物防护相结合等几种形式，并应符合以下规定：

a) 常用的锚固体结构类型有非预应力的全长粘结型锚杆和预应力锚杆(索)，常用的坡面结构有框格梁、地梁和单锚墩，各类边坡锚固防护类型及适用条件见表 18；

表18　边坡锚固防护类型及适用条件

序号	类型	适用条件
1	锚杆框格	适用于坡面稳定性较差、需要提供锚固力的路堑边坡
2	点锚（锚杆、锚索）	适用于局部稳定性较差的岩质路堑边坡
3	预应力锚杆(索)框格	适用于整体稳定性较差、（潜在）滑动面较深、需要提供较大锚固力的路堑边坡
4	边坡锚固+植物防护	适用于各类边坡锚固实施后，再通过植物防护，恢复边坡的生态和环保。

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4m，也不应小于1.5m；锚杆(索)安装的角度宜为15°～35°,不小于13°，不大于45°；锚固长度宜为4m～10m；自由段长度应不小于5m，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宜为3m～10m；
d) 框格梁、地梁和单锚墩截面宽度不应小于30cm，宜嵌入坡面岩体内深度不小于20cm，混凝土强度不应低于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，对锚固工程进行施工期和运营期的监测，宜进行建管养监测方案一体化设计。

9.4.8 抗滑桩应符合以下规定：

a) 抗滑桩适用于大型、中型滑坡的处置加固，根据滑坡范围和滑动面情况，宜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；对性质复杂、规模较大的滑坡，应进行多种形式支挡方案比选；
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JTG D30、JTG/T 3334和JTG 3362等相关规定的要求；
c) 抗滑桩宜采用矩形截面，截面短边宽度宜为1.5m～3m，截面长边宽度宜为2m～4m，桩最小边宽度不应小于1.25m；桩中对中间距宜为5m～8m，桩长宜小于35m；桩身混凝土的强度等级不应低于C30；
d) 当滑坡推力大，抗滑桩弯矩及桩顶变形较大时，可采用预应力锚索抗滑桩。

9.4.9 路堑边坡设计应明确以下施工要求和注意事项：

a) 深挖路基施工前应理解设计的边坡防护方案，按《高速公路路堑高边坡工程施工安全风险评估指南（试行）》（交安监发〔2014〕266号）进行施工安全专项风险评估并编制详细的施工方案，获批准后实施；
b) 施工单位应根据实际边坡开挖情况，核查地质资料，对岩性及构造进行编录和综合分析并做好记录、签字。如实际情况与设计不符，结合监测数据，设计单位应进行动态设计；
c) 路堑边坡施工应采用分段开挖，自上而下进行，开挖一级，防护一级。待防护工程起到稳定边坡作用后，方可进行下级边坡开挖，不应一次开挖到底、乱挖超挖和掏底开挖；
d) 开挖前按设计要求进行准确施工放样，开挖严格爆破控制或超挖控制，石方开挖不应采用峒室爆破，岩质较好路段近坡面部分应采用光面爆破或预裂爆破,爆破作业应进行详细的施工组织设计并按相关规定报批，且应符合GB 6722的规定；

e) 光面爆破或预裂爆破的边坡坡面上宜保持炮孔痕迹，炮孔痕迹率应不小于 50%；边坡坡面平顺，凹凸差应小于 15 cm；
f) 路堑边坡防护工程实施前应先对坡面进行检验，当坡体内水位较高地下水较丰富时，应打设仰斜式排水管进行坡体排水；
g) 边坡应逐级进行整修，同时清除危石及松动石块，整修完成后应及时实施防护工程；未防护前，雨天须对坡面进行遮挡、防止水流对边坡侵蚀；
h) 支挡结构开挖基坑时，应分段跳槽施工，并应加强支撑，随挖随砌，及时回填。

9.5 路基排水

9.5.1 路基边沟应符合以下规定：

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，并应符合以下要求：
   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) 对于汇水面积较大且排水距离较长的挖方路基边沟，宜采用带梳形盖板的矩形边沟；
   4) 行车道外侧符合路侧安全净区的路段，且不设防撞设施路段,应采用盖板边沟或暗埋式边沟；
   5) 在公路用地受限制较小的路段，可考虑设置浅碟形边沟；
   6) 汇水面积和水流速度较小的路段可采用不作防护的土质边沟；未设置路侧护栏的挖方边沟钢筋砼盖板的强度和厚度应满足汽车荷载的要求；
   7) 农田路段，护坡道可设置为 1 m，边沟尽可能采用矩形边沟；局部路段为解决纵向排水，可适当抬高沟身；
   8) 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；
   9) 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；
   10) 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，沟底可嵌入块石或鹅卵石消能，浆砌沟底需抹面以提高抗冲刷能力；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) 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；
c) 边沟沟底纵坡宜与路线纵坡一致，并不宜小于 0.3%。边沟出水口的间距，不宜超过 500m，汇水较大地段不宜超过 300 m，浅碟形边沟不宜超过 200 m。

9.5.2 截水沟应符合以下规定：

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 20 m 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；宜设在路堑坡顶 5 m 或路堤坡脚 2 m 以外，具体视地质条件而定；
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%；截水沟宜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 跌水与急流槽应符合以下规定：

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，宜采用排水管顺接；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塑料管暗埋的形式。

9.5.4 渗沟（井）和暗沟应符合以下规定：

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、水量较大的山坳地、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 仰斜式排水孔应符合以下规定：

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通常为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可采用带孔 PVC 塑料管或铸铁管，管径通常为 50 mm～100 mm，带孔排水管的圆孔，孔径 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 排水隧洞设计应符合以下规定：

a) 排水隧洞适用于截断、引排深层地下水，降低（滑）坡体内的地下水位；
b) 排水隧洞埋设深度应根据主要含水层的埋藏深度确定，并应埋入稳定地层内，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) 对滑动面以上的其他含水层，宜采用在排水隧洞顶上设置渗井或渗管等将水引入洞内；排水隧洞以下为承压含水层时，宜在洞底设置渗水孔，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，横断面净空高度不宜小于 1.8 m，净宽不宜小于 1 m；
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，支护设计可按 JTG 3370.1 平行导坑等辅助通道的设计执行。

9.5.7 虹吸排水设计应符合以下规定：

a) 边坡虹吸排水系统适用于水位较高或地下水较丰富的坡体深层地下水需要，以解除静水压力，保证坡体的稳定；
b) 应确保虹吸排水孔的孔口与孔底相对高差大于 12 m，钻孔直径大于 75 mm，不应采用泥浆护壁等影响地下水向钻孔内渗流的钻探方法；向孔内按放透水管前，应将孔内岩粉和土屑清理干净；
c) 虹吸排水管应采用内径 4 mm 的 PA（聚丙烯酸酯涂层）管，管壁厚度大于 2.5 mm，每个钻般可放置 3 根～4 根虹吸管；虹吸管长度应根据实际情况取值，不应连接，确保虹吸管的密封性；虹吸管的进水口应置于孔底储水管内；虹吸排水管出水口与孔口的高差应大于 15m，应保证出水口长期位于水面以下；布设在坡面的虹吸排水管不应暴露地表，应做好保护；
d) 虹吸排水孔内应设置孔底储水管和透水管。孔底储水管可采用长度 800 mm、内径 50 mm、底部密封、顶部开口的高密度聚乙烯（HDPE）管；透水管可采用直径 50mm 的高密度聚乙烯打孔波纹管，外织土工布；将透水管的一端伸入孔底储水管内，保证透水管与孔底储水管的稳定连接，把透水管连同孔底储水管一起放入钻孔中。

9.5.8 桥面径流排水系统应符合以下规定：
a) 桥面径流排水系统适用于跨越水源保护区和 GB 3838—2002 中Ⅱ类及以上水域的桥梁，为了防止污水（或有毒液体）直接排入江河水库，沿桥梁纵向应设置截水沟槽（或管道），将桥面水引入设置在岸边的调节池内；
b) 桥面径流排水系统主要由储存调节系统、生态水沟和处理系统串连组成，其中，储存调节系统由进水系统、调节池和出水系统组成；处理系统由进水系统、人工湿地和出水系统组成。

9.5.9 路基应与桥涵和隧道形成完整、通畅的排水系统，桥隧两端路基上的雨水应通过截流和引排及时引出路基外，不应排向桥隧结构物。

9.5.10 排水设施应自然、系统和成网；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。

9.5.11 路基排水设施其材料可采用砌石、(钢筋)混凝土和塑料管等；根据工程地形、地貌，有预制和运输条件的路段，排水设施小型预制构件宜采用预制拼装结构；推行排水设施小型预制构件标准化施工。

9.5.12 特殊路段的路基排水设计，应结合工程的特殊性进行专项设计，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 路基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、精细设计和创作设计。

9.6.2 路基边坡形式应在满足路基稳定的前提下，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，并应符合以下要求：
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 路基边坡防护应按 9.1.7 和 9.4 规定，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，并符合以下要求：
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、灌和乔结合、以乔灌为主，并尽量与周围物种相协调；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按 9.1.8 的规定选择相应开挖技术，并可根据地质条件可采用较陡的坡率或直立坡；在没有落石、不影响行车安全时，可保留坡面自然裸露；
c) 在边坡防护设计中，应当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) 不宜选用高大挡墙、（挂网）喷护、护面墙等圬工工程防护。当特殊工程或特殊工点选用时，应重视边坡的协调设计；修建高度大于 8m 的挡墙时，可采用分级挡墙，其分级平台应采用灌木或爬藤类等植物进行遮挡和分隔。圬工挡墙、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；同时可将挖方边沟内侧沟壁加高形成种植槽，槽内种植易生长的灌木或爬藤类等植物；
e) 施工时应按设计要求严格边坡开挖施工工艺和坡面平整度和框格梁刻槽要求，避免边坡凹凸不平和框格梁大部分外露在坡面上，影响路基边坡的稳定和景观绿化效果。框格梁外露在坡面上时，应根据不同坡率采用框格内回填土或植生土袋后，再实施厚层基材等植物防护。

9.6.4 防护支挡结构应与桥台、隧道洞门、既有支挡构筑物协调配合，衔接平顺。

9.6.5 桥头路基边坡及锥坡，宜采用骨架、六角空心砖、生态袋等植物防护形式。

9.6.6 隧道洞口外坡面防护应结合洞门形式、仰坡防护及周边环境等综合考虑工程防护与植物防护相接结合，避免采用传统的（挂网）喷护防护，注重整体协调性和景观效果。

9.7 路面设计

9.7.1 路面设计采用双轮组单轴载 100kN 作为设计轴载，沥青路面结构设计使用年限不应低于 15 年。

9.7.2 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，沥青路面平整度和抗滑等路用性能和沥青混合料层底拉应变、沥青混合料永久变形量、无机结合料稳定层层底拉应力和路基顶面竖向压应变等使用性能设计指标应符合 JTG D50 的相关要求。

9.7.3 路面结构类型按基层材料性质分为无机结合料稳定基层沥青路面、粒料类基层沥青路面、沥青结合类基层沥青和水泥混凝土基层沥青四类；按照 JTG D50 的规定要求，根据项目交通荷载等级、路基状况、路面材料特性和结构特性等，合理选择路面结构。

9.7.4 沥青面层采用 AC（密级配沥青混合料）、Sup（高性能沥青混合料）和 SMA（沥青玛蹄脂碎石混合料）等热拌沥青混合料。对无机结合料稳定基层沥青路面结构，沥青路面面层宜采用表面层、中面层和下面层三层结构，其总厚度不小于 18 cm；极重或特重交通荷载等级路段，应增加沥青面层厚度。

9.7.5 沥青混合料材料和配合比设计应符合以下规定：
a) 表面层和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、低标号沥青及其他改性材料单一或复合制作；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；
b) 粗集料应采用石质坚硬、清洁、不含风化颗粒、近立方体颗粒的岩石，上面层粗集料宜采用满足表面层设计指标要求的玄武岩、辉绿岩、辉长岩等，中、下面层粗集料宜采用石灰岩等碱性集料，采用非碱性集料时应考虑采用抗剥落措施；细集料宜采用石灰岩石料；
c) 沥青混合料配合比设计采用 Superpave 设计方法或马歇尔设计方法。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。

9.7.6 各沥青面层间应设置沥青粘层，沥青洒布量折算成纯沥青宜为 0.2kg/m^2～0.3kg/m^2。无机结合料稳定基层上应设置下封层，沥青宜采用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/m^2～1 kg/m^2（沥青净含量），集料粒径宜为 2.36 mm～4.75 mm，撒布集料数量宜为 5 m^3/1 000 m^2～8 m^3/1 000 m^2。

9.7.7 特重、极重交通荷载路段、长上坡路段、桥梁、隧道路面应特殊设计，并符合以下规定：

a) 特重、极重交通荷载路段，应根据交通量、交通组成等因素“因路施策”设计，沥青面层厚度不小于 20 cm；有条件时对路面结构采取分段、分幅设计；

b) 长上坡路段、互通区沥青路面表面层、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，并采取有效措施减少路面反射裂缝；

c) 桥隧构筑物之间长度小于 60 m 的短路基路段，为考虑施工的方便性，可采用复合式路面结构，沥青混凝土面层宜与一般路段表面层和中面层相同，并不小于 10 cm，基层采用 28 cm～34 cm 普通混凝土或连续配筋混凝土刚性基层，垫层可采用 15 cm 素混凝土；水泥混凝土的 28 天龄期的设计弯拉强度准值≥5 MPa；

d) 桥梁、隧道沥青铺装层宜与一般路段表面层和中面层相同，并不小于 10 cm；特大桥桥面铺装宜采用双层 SMA 结构，对钢桥面铺装应进行专项设计；长隧道、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；桥梁、隧道路面结构及排水设计详见 10.10、10.11、11.12 和 11.13 等相关内容；

e) 桥隧防水(粘结)层施工前应对水泥混凝土面进行抛丸或精铣刨方式处理；防水粘结层可采用改性乳化沥青防水粘结层、预拌沥青防水粘结层和聚合物改性沥青防水粘结层。

9.7.8 无机结合料稳定基层、底基层应选用骨架密实型水泥稳定碎石（砂砾），成型宜应采用振动成型法；单层压实厚度为 15cm～22cm，可采用多层基层结构；其集料级配范围及技术性能应满足 DB33/T 836 的相关要求。

9.7.9 应根据 JTG/T D33 和 DB33/T 896 等规定要求，做好路表、中央分隔带及路面结构内部排水设计。

9.7.10 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。

9.7.11 沥青路面施工前，应做好路面设计交底工作，应明确工作面交验管理要求，确保路基沉降及路基顶面、桥面、隧道路面的平整度、标高、中线偏位、路基弯沉值等指标满足设计要求。

9.7.12 应提出路面施工信息化管理的设计要求，实现路面施工全过程控制和科学管理。

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稳定基岩处；应避开断层、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、水文情况、工程地质条件以及区域发展规划、通航要求、周围环境和施工条件等，经过技术、经济比较后确定。

10.1.2 桥梁所跨公路和航道的等级标准、净空尺度、技术要求等，应按照相关设计标准的规定或行业主管部门的批复文件执行。立交桥的布置，应综合考虑被交道路现有和规划的等级、宽度、高程、交叉角度，桥址地形、地质条件和交通量等因素，经技术、经济比较后确定。

10.1.3 特大桥、大桥以及特殊结构桥梁应按照安全可靠、适用耐久、经济合理、技术先进、美观协调、方便维护的原则进行方案比选。桥梁结构型式及布跨应根据地形地质条件，按照方便施工及养护等要求，经技术、经济比较后确定。

10.1.4 桥梁上部结构宜采用标准化、装配化结构型式，并尽可能减少桥型、桥跨、截面尺寸等种类。应根据地形地质及水文条件、被交路及桥下净空、不同墩台高度等情况合理选择桥梁跨径。对于特殊结构桥梁，上部结构高跨比、边中跨比的选定，应满足经济合理、美观协调原则。

10.1.5 应合理选择通道位置，充分考虑当地群众生产、生活、出行等的需求。有条件时，宜设置自然采光、光电照明、电力照明等设施。

10.1.6 应合理选择涵洞位置，根据所在区域排水和灌溉系统的需要，结合山区地形、地质条件，作好涵洞的进口、出口设计。

10.1.7 桥涵水文勘测设计应采用 JTG C30 规定的有关方法和公式进行分析计算。

10.1.8 应避免凹形竖曲线最低点设置在特大桥和大桥上。如条件限制无法避开时，应在凹曲线最低点合理设置排水装置。

10.1.9 非标准跨径常规结构设计的桥梁，应进行详细的力学分析；特殊结构和复杂桥型的细部结构，应采用两种或两种以上的计算软件进行复核验算。

10.1.10 桥梁护栏防撞等级应与公路等级、设计速度、特殊环境相适应，并满足 JTG/T D81 的有关要求。

10.1.11 有机动车通行的立交桥、通道，当桥下净空≤5.5 m 时，迎车方向的边梁（或边板）腹板下缘应按 JTG D60 规定的净高值，设置相应的限高标志；宜在交叉位置前后不小于 25 m 处设限高门架。

10.1.12 当在通航水域设有桥墩时，应设置助航标志，必要时尚应设置航标维护管理和安全监督管理设施；通航影响范围内的水中桥墩应根据 JTG/T 3360-02 的要求，进行抗船撞设计，采取必要的桥墩防撞保护措施。

10.1.13 跨越通航河流、铁路、城市道路、高等级公路的桥梁，应在桥梁外侧设置桥梁防落物网。防落物网的长度至少应延长至被交河流通航净空、被交路投影范围以外（铁路为坡脚外）10 m。

10.1.14 高出桥梁护栏的桥梁护网，应作防雷接地处理，防雷接地电阻应小于 10 欧姆（Ω）。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雷电防护设施，并应符合 QX/T 330、GB 50057 等规范的有关规定。

10.1.15 应考虑后期桥梁检修和维护的可到达与操作空间要求，为通车后的日常检查、维护、构件更换等提供便利。悬索桥、斜拉桥、拱桥等大型复杂结构桥梁的检查维修通道和相关设施，应进行专项设计。

10.1.16 特大桥、大桥以及特殊桥梁，应根据 JTG H11 的相关要求，做好永久性观测点和基准点布设设计。

10.1.17 当箱梁、墩柱、盖梁、护栏等采用节段预制拼装时，应对结构的拼接方式和施工工艺、预制构件的运输条件等进行分析研究，并提出施工精度控制的要求。

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) 桥跨布设应满足泄洪、通航的要求，并应征询水利及航道管理部门的意见，符合水利及航道管理的相关法律、法规的规定；
b) 桥梁墩台轴线宜与高水位主流流向、通航航道中心线和不利水文条件下的水流方向平行；当斜交不能避免时，偏角不宜大于 5°；
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，采用合适桥跨，避免将桥墩设在流速较大区域，并做好防冲刷、抗滚石或漂流物等的撞击防护设计；
e) 跨越水库或较大溪流的堤坝时，桥墩距离堤坝迎水坡坡脚应有足够的安全和施工空间，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情况，为合理确定墩、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，不宜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) 桥墩承台、底系梁或桩顶标高的确定应以少开挖山体为原则，中系梁布设应考虑景观协调；
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) 被交路应采用现有的等级标准或已批准的规划等级标准；
b) 被交路与主线斜交，主线上跨被交路桥梁宜采用正交布置；当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) 跨线桥下为双车道公路时，不应在对向行车道间设置桥墩。跨线桥下为多车道公路且中间带较宽时，可在中间带内设置桥墩，桥墩两侧应设置防撞设施，并留有护栏缓冲变形的余地。
d) 跨线桥不应侵占桥下公路、铁路的建筑限界，墩、台布置应避免与通信、油气、电力、供水、雨污等管线干扰；
e) 跨线桥的桥长和布孔应满足桥下公路的识别视距和通视的要求；
f) 上跨高等级公路或城市快速路的桥梁净空高度，应考虑桥梁施工期间的保通要求以及既有道路远期可能实施维修罩面等因素。

10.2.4 通道及涵洞布置应满足下列要求：

a) 布设位置、数量、标准应综合考虑生产、生活、交通、消防、抢险、排水、灌溉等方面的需求，并应征询当地乡镇政府的意见；有条件时，可利用桥梁边孔作通道；必要时应设置野生动物通道；
b) 通道的交叉角不宜小于 60°；
c) 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；
d) 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，下挖后的标高不宜低于平均地下水位；
e) 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，并做好涵身沉降缝的防渗漏设计；设置在岩石基础上的涵洞(通道)，可考虑设计成台阶形基础，并注意错台时的洞身排水处理，涵洞进出口应加强铺砌、引导，防止水流冲刷路基；
f) 通道兼排水功能的，应做好进出口的水、路分离设计，避免洪水季节通道内积水；
g) 当山区互通式立交的连接线采用回头弯较多的盘山公路方式展线时，应考虑道路对地表排水的阻隔效应，尽量维持沿地表排水，避免长路段导引后再集中排放或者在路侧挡墙高位处设置出水口。当条件受限需在路基挡墙高位处设置涵洞出口时，涵洞口应外挑出墙体 10 cm 以上，并视情在洞口设置竖井、消能池等设施。

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) 大跨径桥梁，应满足下列要求：
   1) 当采用预应力混凝土 T 梁时，其跨径不宜大于 45 m；
   2) 当墩高大于 60 m 时，宜采用预应力混凝土连续刚构桥、预应力混凝土连续箱梁桥、钢波腹板预应力混凝土连续箱梁或连续刚构桥、连续钢—混组合钢板梁或钢箱梁桥、矮塔斜拉桥、斜拉桥、悬索桥等桥型；
   3) 当跨越 V 型沟谷且桥墩较高、地质条件较好时，可采用钢管混凝土拱或劲性骨架混凝土箱形拱等桥拱式结构，一孔跨越。
b) 中小跨径桥梁，应满足下列要求：

1) 宜优先采用预应力混凝土先简支后连续结构，上部结构型式的选择可按 10.4 相关要求，经综合技术经济比选后择优选用。
2) 处于小半径平曲线上的桥梁可采用预制安装桥面连续结构或现浇箱梁等；
3) 当桥梁位于岩溶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；
4) 当净空高度受限、孔径较小时，可采用预应力混凝土矮 T 梁或空心板等；
5) 当墩高大于 40 m 时，宜采用先简支后墩梁固结结构，上部结构截面形式宜采用 T 形或箱形。

c) 立交桥梁，应满足下列要求：
1) 当位于深路堑、地质条件较好时，可采用预应力混凝土斜腿刚构或拱桥等；
2) 受桥下道路净宽要求控制的大跨径桥梁，宜选用预应力混凝土连续刚构或连续梁、矮塔斜拉桥等；
3) 受建筑高度或施工工期等因素控制时，宜选用钢结构或钢混组合结构等；
4) 对于整幅路基，当中央分隔带具备设置桥墩及防撞设施条件时，可采用预制安装先简支后连续或结构简支桥面连续结构；对于分幅路基，当两幅路基间距合适时，可采用 V 型墩框架连续梁。

d) 互通式立交中的桥梁，应满足下列要求：
1) 桥型应与周围地形、环境相协调；
2) 宽度变化较小的主线桥、平曲线半径≥200 m 的匝道桥，桥型选择同 10.3.1 b）项；宽度变化较大的主线桥，可采用现浇箱梁，或采用预制安装桥面连续结构等；
3) 平曲线半径 100 m≤R＜200 m 的匝道桥，可采用预制安装桥面连续结构、现浇箱梁等；
4) 平曲线半径 R＜100 m 的匝道桥，可采用跨径 L≤20 m 的现浇钢筋混凝土箱梁、跨径 L≤16 m 的叠合 T 梁或其他适合桥型；
5) 平曲线半径 R＜150 m、跨径 L≥30 m 的匝道桥，宜采用钢结构或钢混组合结构；
6) 小半径平曲线上的桥梁，应采取可靠的结构措施，防止桥梁施工或营运期出现上部结构爬移或失稳。

10.3.2 桥墩型式选择应满足下列要求：

a) 当墩高小于 30 m 时，宜采用圆柱式墩；当墩高在 30 m～45 m 且圆柱式墩刚度不能满足设计要求时，可选用多柱式矩形墩、Y 形墩等；当墩高大于 45m 时，宜采用空心薄壁墩或双肢矩形实体墩等；

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 10m 且持力层埋深小于 5m 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，前墙基础应嵌入中风化岩层；

b) 持力层埋深大于 5m 时，多孔桥梁宜采用埋置式桥台，采用承台接盖梁的座板台或桩柱式台型式；

c) 单孔桥梁可采用重力式 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) 当硬质基岩的持力层埋深小于 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，宜采用钻孔桩基础；跨河、跨沟桥梁的墩台基础，应做好防水流冲刷、漂流物撞击的设计；对于强、中膨胀土路段的桥梁基础，宜采用桩基础；

b) 桥梁基础位于岩溶区域时，应根据岩溶的实际分布、发育程度，结合桥型、跨径、结构受力以及施工安全等情况，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、箱式通道或拱形通道。当通道为汽车通道时，宜采用桥式通道；当通道为机耕路或人行时，可采用箱式通道；当地质条件较好、填土高度较高时，可采用拱形通道；
b) 桥式通道的上部、下部结构型式，可按 10.3.1～10.3.4 要求；
c) 箱形通道、拱形通道可采用分段现浇或预制装配结构。

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，合理选用盖板涵、圆管涵或拱涵等。当地基承载力能满足要求时，宜选用盖板涵；当设计流量较小、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，当兼作通道时，宜选用盖板涵；
c) 涵洞进水口附近有可能发生小型泥石流时，应酌情加大涵洞孔径或改涵为桥；
d) 当箱形涵洞采用明涵时，顶部两侧应设置钢筋混凝土搭板；
e) 有条件时，宜采用集中预制、装配化安装设计。

10.4 上部结构

10.4.1 跨径在 10m～45m 范围的桥梁，应采用标准跨径的预制装配式上部结构；特殊情况下，经比选论证后，可采用支架现浇的箱梁结构或者钢结构、钢混组合结构等。具体要求如下：
a) 预制装配式桥梁一联长度不宜大于 150 m；
b) 当跨径在 10m～20m 时，可采用后预应力混凝土矮 T 梁，当条件受限时可采用预应力混凝土空心板；
c) 当跨径在 20 m～35 m 时，可采用预应力混凝土 T 梁或预应力混凝土小箱梁；
d) 当跨径在 35 m～45 m 时，可采用预应力混凝土 T 梁；
e) 对跨径≤20 m 的现浇箱梁，可采用普通钢筋混凝土结构；
f) 对跨越铁路桥孔，应采用预应力混凝土小箱梁或转体法施工桥梁。

10.4.2 桥梁斜交时，预应力混凝土 T 梁或矮 T 梁交角不宜超过 30°，预应力混凝土小箱梁或空心板交角不宜超过 45°。

10.4.3 先简支后连续的板梁顶部负弯矩钢束锚端齿块，不宜高出板梁顶部。因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。

10.4.4 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；小箱梁在距梁端 1.2 m 附近底板中心线应设排水孔，沿翼缘下方腹板每隔 5m 应设通气孔。为减少空心板、小箱梁的腹板竖向裂缝和底板纵向裂缝病害，腹板箍筋应选用带肋钢筋，板底横向配筋应加强。

10.4.5 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 8 cm；
b) 铰槽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槽内，相邻板间铰槽钢筋应采用焊接；
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，应符合 10.10.1 的规定；
d) 设计说明中，应明确以下施工工艺要求：
   1) 铰槽作凿毛处理，全断面去除表面砂浆；
   2) 铰槽底部设 Y 形 PVC 条或其他密封措施，以免铰槽内混凝土浇注时漏浆；
   3) 铰槽以下的铰缝不必凿毛，也不浇注混凝土，预留缝隙以满足空心板横桥向受力变形的需要。

10.4.6 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。

10.4.7 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。当中支点只能采用单支座时，应采取以下措施并验算：

a) 单支座墩与双(多)支座墩合理交错布置；
b) 适当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值；
d) 对于双(多)支座墩的支座承载能力，应通过验算确定；
e) 应采用空间分析程序对桥梁的上部、下部结构进行整体稳定性验算；应控制支座在最不利荷载组合下，不出现负反力。

10.4.8 应提出加强预应力混凝土结构钢束张拉、孔道压浆等施工质量控制的措施，压浆料应采用专用压浆料配制。

10.4.9 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验算应满足受力要求。

10.4.10 系杆拱桥的设计，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 JTG/T 3365-01—2020 中第 9 章规定，进行可养护、可检修、可更换设计；
b) 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；
c) 当混凝土系杆采用支架现浇施工工艺时，应按 JTG/T 3650—2020 中 5.4 的要求，对支架进行预压处理。

10.4.11 对系杆拱桥、斜拉桥、悬索桥等拉索结构桥梁，应提出在运营期间，定期对拉索、吊杆、缆索等主要承重构件进行检查、维护等的要求。

10.4.12 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 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。

10.5.2 盖梁负弯矩区配置的弯起钢筋和短钢筋，应满足 JTG 3362—2018 中 8.4 的规定。

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

10.5.4 山谷中的高墩，设计计算时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。

10.5.5 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。

10.5.6 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。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。

10.5.7 应尽量避免在桥墩横向设置单个支座的情况。当采用独柱墩时，可在墩顶设置承托，横向采用双支座设置；条件许可时，可采用墩梁固结方式。当条件受限只能采用单支座或小间距支座时，应加强上部结构抗滑移、抗倾覆稳定验算，应避免两个以上相邻桥墩同时采用独柱墩单支座设置。在过渡墩和桥台处，应根据验算情况采取可靠的限位、防倾覆构造等措施。

10.5.8 对于弯桥、坡桥、斜桥，当伸缩缝位置的桥墩立柱高度＞20m 时，相较其他位置墩柱，宜适当增加其抗推刚度，或者采取限位装置预防因支座偏压发生的柱顶移位。

10.6 桥台

10.6.1　桥台耳墙或U台侧墙的平纵线形，应与路线一致。

10.6.2　U台侧墙长度大于6 m时，前墙与侧墙之间宜设承托加强。

10.6.3　高度大于10 m的桥台及基础位于倾斜地基上的桥台，应进行稳定性验算。

10.6.4　有推力拱桥桥台的计算，应考虑拱的推力作用。

10.6.5　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，并做好排水设计。重力式圬工当采用浆砌结构时，表面应有料石镶嵌；当采用素混凝土结构时，外露表面内应设置防裂钢筋网片。

10.6.6　桥隧相连的桥台应进行特殊设计，桥台位置及构造应综合考虑隧道排水、线缆穿越空间。

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中风化或微风化基岩内时，基础底面前缘靠近山坡的安全位置可根据图4所示。基础底面前缘至山坡岩面的最小水平距离a值，当山坡为软质岩时，a值宜取2 m～3.5 m；当山坡为硬质岩时，a值宜取1 m～2 m。a值随岩石节理发育程度、岩石饱和单轴抗压极限强度、岩层走向等因素选取。

图4　岩石山坡基础前缘的安全距离

10.7.2　基础底面不宜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。基础底面不应置于滑坡、坍塌等不稳定的山坡体上。

10.7.3　以下情况可选用台阶形基础：

a)　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，否则，应做特殊处理；

b)　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1 m，否则，应做特殊处理。

c)　当基础位于纵桥向、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；

d)　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。

10.7.4　以下情况不适合做台阶形基础：

a)　基础底面下为极软岩或全～强风化基岩；

b)　可能引起顺层滑动的岩层；

c)　基础下附近存在断层破碎带、溶洞等不良地质构造；

d)　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。

10.7.5　如果一联内既有明挖基础又有桩基础，明挖基础应置于中风化或微风化硬质基岩上。
10.7.6　无铰拱桥基础宜置于中风化或微风化硬质基岩上。

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　处于陡坡上的桩基础，应考虑斜坡的影响，适当增加桩基础的嵌岩深度（见图 5）。当坡度≥30°时，则应进行抗剪、稳定性等验算，并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。

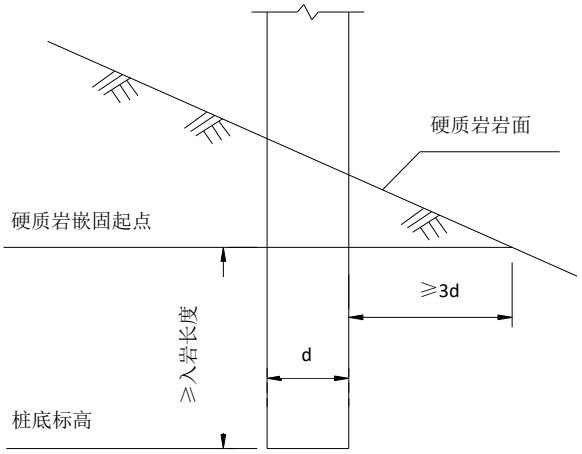


图5　桩基础嵌岩深度起算点示意

10.8.4　为保证桩基有效长度及受力安全，斜坡位置桩基施工顺序宜自下坡侧向上坡方向施工。
10.8.5　对于山区河流，由于河道弯曲狭窄、流速较大，应结合桥位处河段的地形、地质和水文条件，因地制宜地采用导流堤、挑水坝以及桥台防护（含桥台溜坡）、基础加深等工程措施进行防冲刷设计。

10.9　支座

10.9.1　支座底部应设置支座垫石，梁底、墩帽（盖梁）顶面应采取调平措施，使支座保持水平。支座垫石的高度以使梁底与墩台顶的净空大于 15 cm 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　对于梁底采用楔形块或者内嵌钢板调平的装配式板梁，出预制场前应对梁底调平情况进行验收，符合设计要求方可架设安装。如检查发现桥梁支座存在偏压时，应及时做好调平处治。
10.9.4　空心板、小箱梁、矮 T 梁宜采用板式橡胶支座，当斜角≤15°时宜采用矩形板式橡胶支座；当斜角＞15°以及弯桥、坡桥、宽桥，应选用圆形板式橡胶支座。T 梁宜采用盆式橡胶支座；现浇箱梁、钢结构等宜采用球形钢支座。梁底及墩台盖梁顶之间的高度还应满足更换支座的空间要求。
10.9.5　活动支座处应设置可靠的限位构造。
10.9.6　支座预埋钢板应采用热浸镀锌处理，防止锈蚀。

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。桥面水泥混凝土调平层的强度等级宜与预制板相同，梁板顶部宜设间距为 50 cm 的门架型剪力筋，调平层内宜设置与门架型剪力筋点焊固定的直径不低于 D10 焊接钢筋网，钢筋混凝土调平层厚度宜大于等于 10 cm；沥青混凝土层厚度与桥头路面(表面层+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厚度相协调的沥青混凝土结构。设计应明确提出强化施工监控、保证箱梁顶面平整度和桥面铺装层厚度的具体要求。

10.10.3　对钢结构桥梁，桥面铺装结构应按 JTG D64—2015 中第 14 章的规定设计；对于特大型钢结构桥梁，桥面铺装应进行专项设计。

10.10.4　应考虑预应力混凝土板梁上拱度对桥面调平层厚度的影响。设计时，应提供不同存梁时间所对应的设置反拱数值参考表，并明确要求施工中需采取设置反拱等措施，确保实际调平层厚度与设计调平层厚度之差不应大于 2 cm。

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，特大桥宜采用预拌碎石防水粘结层或聚合物改性沥青。

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应设置伸向护栏外侧的横向泄水管并在末端设置竖向或侧向排水孔，见图 6；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。桥面泄水管的设置，应避让墩台位置。一般在伸缩缝的上坡侧 2m 附近路侧低点应设置有泄水管。

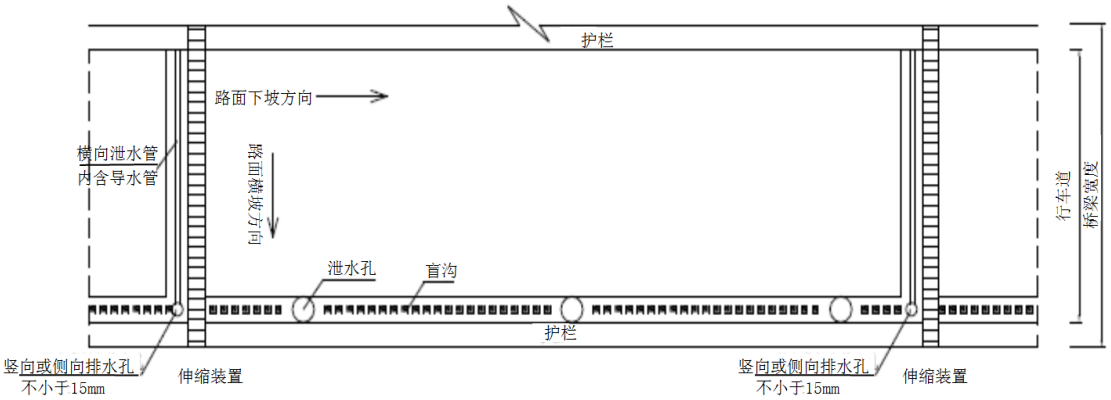


图6　桥面伸缩缝内部排水设计示意图

10.11.3　桥面排水侧应设置排水盲沟，经泄水口引出桥面，见图 7；碎石盲沟材料采用 20 mm～25 mm 等粒径级配。

10.11.4　跨越公路、铁路、市政道路、通航河流的桥梁，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；经过江河、湖泊等水域有保护要求的桥梁，尚应根据环保的相关要求设置桥面径流收集及处理系统。截水沟槽(或管道)的断面尺寸应通过计算确定。

10.11.5　应采取排水措施防止桥面雨水从桥梁伸缩缝装置处渗流到梁端和墩台。

10.11.6　跨越铁路的桥孔内不留直排泄水孔，桥面汇水通过桥面纵坡或者附属排水管道引出铁路范围以外后纳入桥梁排水系统。直排下引的管道应设置在背向铁路侧，管道材料按铁路部门的要求选用。

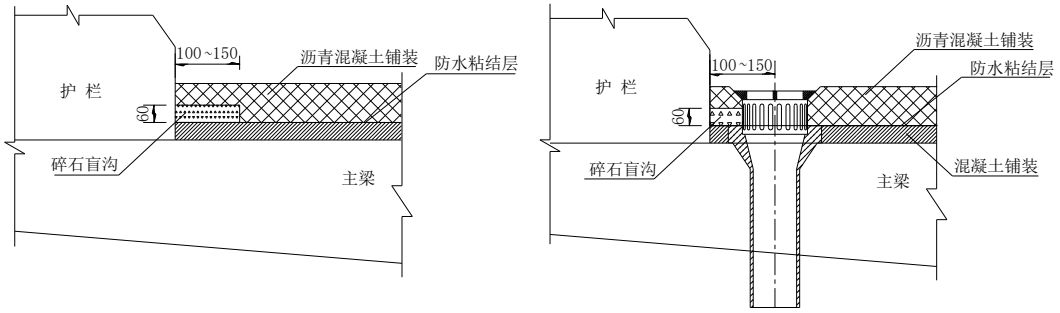


图7　桥面排水侧纵向排水盲沟设计示意图

10.12　桥面伸缩装置

10.12.1　处于 S 形曲线上的桥梁，在公切点位置宜设置伸缩缝。桥梁伸缩量不大于 80 mm 时，应采用异形钢伸缩装置。桥梁伸缩量大于 80mm 时，应根据伸缩量、桥梁结构的特点等，选用技术先进、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　对于墩身高度大于 20m 的桥梁，应考虑由于设固定支座桥墩水平位移而产生的伸缩缝位移增量，适当增加伸缩装置的伸缩量。

10.12.5　伸缩装置应与桥梁同宽，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、止水橡胶条之间应采用环氧树脂粘结或其他方式固定。

10.13　桥头锥坡

10.13.1　对于埋置式桥台，当桥台高度 H≥15 m 时，台前宜设 3 m～5 m 宽反压护道；当桥台高度 10 m ≤H＜15 m 时，台前宜设 1 m～3 m 宽反压护道。

10.13.2　桥头锥坡与路基边坡衔接处，应设置人行踏步；台前溜坡中间位置宜设人行踏步，台前溜坡在距上部结构板(梁)底 1.6 m 处宜设置宽度不小于 1 m 的检修道。

10.13.3　不受洪水冲刷的锥坡宜采用方格、六角形混凝土预制块等防护形式；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，锥坡坡脚应采用挡墙防护，挡墙基础埋置深度应满足防冲刷要求。

10.14　桥梁护栏及墩柱防撞设施

10.14.1　金属梁柱式护栏不宜设置护轮安全带，需设置护轮安全带时，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　一般情况下，应选用顶部不设钢管组件的钢筋混凝土墙式护栏。

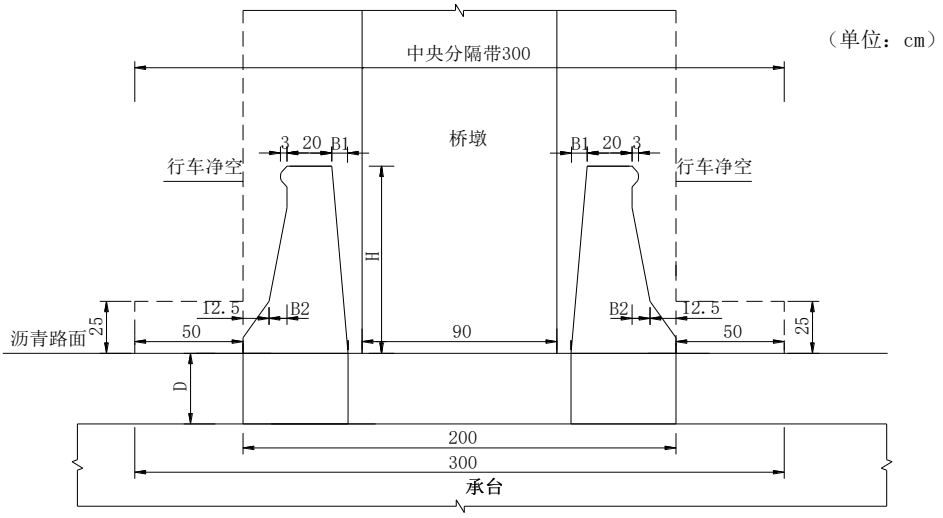
10.14.3　不应随意改变现行规范中钢筋混凝土墙式护栏和组合式护栏迎撞面的截面形状。

10.14.4　桥梁墩柱位于被交道路路侧 3 m 以内或被交公路急弯陡坡路段路侧时，应设置混凝土护栏进行安全防护。

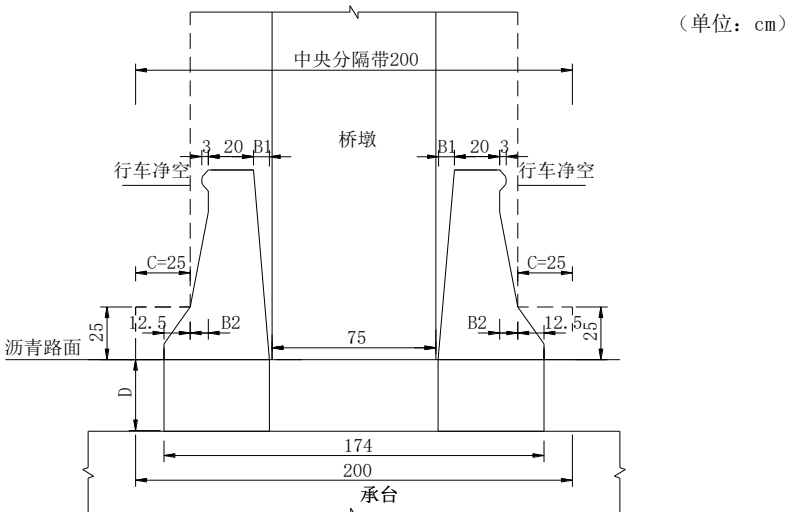
10.14.5　跨越大型饮用水水源一级保护区、高速铁路的桥梁以及悬索桥、斜拉桥等采用缆索承重的桥梁，桥梁护栏防护等级宜采用特高等级（HA 级）。

10.14.6　位于路侧的桥梁墩柱，其位置不能满足路侧安全净区宽度时，应设置防撞护栏进行安全防护。

10.14.7　桥梁墩柱位于宽度≤300 cm 的中央分隔带内时，应设置混凝土护栏进行安全防护。根据 JTG B01—2014 中 3.6.1 对 C 值的规定、JTG D60—2015 中 3.2.7 对桥墩防撞的要求及 JTG/T D81—2017 中 6.2.3.1 关于中央分隔带护栏防护等级选取的规定，中央分隔带可选用 SB 级加强型混凝土护栏进行防护。中央分隔带内的桥墩宜采用墙式墩身,见图 8（单位：cm）；其中，图 8-b）仅适用于设计速度≤100 km/h、C 值为 25 cm 的情况。图 8 中关于 B1、B2、H 的参数取值可参照 JTG/T D81—2017 中表 6.2.8-1 的规定。带承台的桥墩，承台边缘不宜侵入车道净空范围；若侵入车道净空范围，承台顶面应设在路面结构层以下。



a）　中央分隔带为 300cm 宽桥墩护栏设置示意图



b）中央分隔带 200cm 宽桥墩护栏设置示意图

图8　中央分隔带上桥墩防撞护栏设置示意图

10.15　桥梁耐久性设计

10.15.1　应依据 JTG/T 3310 的相关要求，结合项目实际，进行耐久性设计，并从原材料、配合比、混凝土强度等级、混凝土保护层厚度以及结构裂缝宽度控制等提出具体的设计要求。

10.15.2　跨径 10 m 及以上的预制装配式桥梁，宜采用预应力结构。跨径 20 m 以上且位于小半径平曲线或变宽幅度较大的桥梁，可采用现浇预应力混凝土箱梁、钢结构或钢混组合结构等。

10.15.3 应做好桥涵防水的整体性设计。混凝土梁外侧翼缘，应设置防止雨水流向混凝土梁侧面的构造措施（如滴水檐、滴水槽等）；节段预制拼装桥梁的接缝面应能阻止雨水侵入。

10.15.4 对一般环境类别，环境作用等级 I-A～I-C 区间，钢筋混凝土构件最大裂缝宽度限值宜按 0.15 mm 控制。当采用预制拼装施工工艺时，为控制截面尺寸及吊装重量，在施工质量有保障的情况下，最大裂缝宽度限值可按现行规范要求标准设置，原则上不超过 0.20 mm。

10.15.5 对于圬工体结构，当采用素混凝土时，外露表层宜设置防裂钢筋网片。

10.16 桥梁抗震设计

10.16.1 抗震设防类别为 A 类的桥梁，应根据专门的工程场地地震安全性评价确定地震作用。抗震设防类别为 B 类的桥梁，可根据 JTG/T 2231-01 确定地震作用。

10.16.2 A 类桥梁和设计基本地震动峰值加速度大于或等于 0.1 g 地区的抗震设防类别为 B 类桥梁，应进行 E1 地震作用和 E2 地震作用下的抗震分析和抗震验算。小于 0.1 g 地区的抗震设防类别为 B 类桥梁应满足相关构造和抗震措施的要求，可不进行抗震设计和抗震验算。

10.16.3 立体交叉的跨线桥梁的抗震设防标准应不低于其跨越的下线工程的抗震设防标准。

10.16.4 梁式桥一联内桥墩的刚度比宜满足下列要求：

a) 任意两桥墩的水平向抗推刚度比：

1) 桥面等宽：

$$\frac{K_i^e}{K_j^e} \geqslant 0.5 \quad \cdots\cdots (1)$$

2) 桥面变宽：

$$2 \geqslant \frac{K_i^e \mathrm{m_j}}{K_j^e \mathrm{m_i}} \geqslant 0.5 \quad \cdots\cdots (2)$$

b) 相邻桥墩的水平向抗推刚度比：

1) 桥面等宽：

$$\frac{K_i^e}{K_j^e} \geqslant 0.75 \quad \cdots\cdots (3)$$

2) 桥面变宽：

$$1.33 \geqslant \frac{K_i^e \mathrm{m_j}}{K_j^e \mathrm{m_i}} \geqslant 0.75 \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：

K_i^e——第 i 桥墩考虑支座刚度后计算出的组合刚度（含顺桥向和横桥向）；

K_j^e——第 j 桥墩考虑支座刚度后计算出的组合刚度（含顺桥向和横桥向），且 $K_j^e \geqslant K_i^e$；

m_i——第 i 桥墩墩顶考虑墩身换算质量和盖梁换算质量的等效梁体质量；

m_j——第 j 桥墩墩顶考虑墩身换算质量和盖梁换算质量的等效梁体质量。

10.16.5 多联梁式桥相邻联的基本周期比应满足以下要求：

$$\frac{T_i}{T_j} \geqslant 0.7 \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：T_i、T_j分别为第i和第j联的基本周期（含顺桥向和横桥向），$T_i \leqslant T_j$。

10.16.6 对梁式桥，一联内各桥墩刚度相差较大或相邻基本周期相差较大的情况，宜采用以下方法调整一联各墩刚度比或相邻联周期比：

a) 顺桥向宜在各墩墩顶设置合理剪切刚度的橡胶支座，来调整各墩的等效刚度；

b) 改变墩柱尺寸、采用不同的桥墩断面构造。

10.16.7 在刚度较大的桥墩处可设置能协调结构在地震作用下变形的设施，保证结构的抗震性能。

10.16.8 应加强结构塑性铰区域、节点区域等薄弱部位的构造措施，保证结构的强度和延性。

10.16.9 相邻上部结构宜在桥台、桥墩等处设置适当的间隙，满足地震作用下的需要。

10.16.10 装配式结构宜采取加强结构横向连接等提高结构整体性的构造措施。在伸缩缝处宜采取加大支承距离、设置限位装置和连梁装置等防落梁措施。

10.16.11 设计基本地震动峰值加速度大于或等于 0.1g 地区，不应采用连续独柱式桥墩。对受条件限制采用的独柱墩，应做好因地震效应形成塑性铰后导致的抗剪强度降低补强措施。双柱式或多柱式桥墩应加强横向连接、保证桥墩的延性。

10.16.12 简支梁桥应合理确定简支梁梁端至墩、台帽或盖梁边缘的距离，并采取必要的措施，防止落梁。

10.16.13 先简支后结构连续和结构简支桥面连续的桥梁，当支座抗滑稳定性不能满足要求时，应采用限位装置。

10.16.14 连续梁桥宜采取措施，使上部结构所产生的水平地震作用能由各个墩、台共同承担。

11 隧道

11.1 一般规定

11.1.1 应根据隧道的功能、定位、地形、地质条件、交通量及其构成，合理确定隧道的位置、建设规模、建筑尺寸及通风防灾等附属设施工程。

11.1.2 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。

11.1.3 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。

11.1.4 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轮廓净空断面。

11.1.5 应进行主线隧道、人行与车行横通道、通风竖(斜)井与地下机房、施工辅助坑道的总体横断面布置，以满足施工、营运安全所需空间需要。

11.1.6 应综合考虑隧道营运及防灾设施(包括通风、照明、监控、供配电、消防、应急处理与救援)与土建设施设计协调统一。

11.1.7 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。

11.1.8 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。

11.1.9 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。

11.1.10 应按确定的隧道抗震措施设防等级进行隧道抗震设计。

11.2 隧道位置

11.2.1 应根据不同地形条件合理选择隧道位置，宜符合下列规定：

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。隧道位置应避开断裂带通过的垭口；

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、环保等综合比选；

c) 隧道洞口段位置应避免隧道轴线与地形等高线小角度相交，路、隧并行段应保持合理距离避免路基开挖导致隧道偏压。

11.2.2 隧道位置应充分考虑地质条件的不利影响，宜遵循下列原则：

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) 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；无法避免时，应采取切实可靠的工程措施。

11.2.3 隧道洞口应早进洞、晚出洞，并符合下列规定：

a) 地形偏压导致隧道洞口不齐的路、隧并行段，路基开挖导致隧道偏压时，应进行路基边坡、隧道的加强设计；

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，综合分析确定洞口位置；

e) 位于傍山陡坡偏压地形的小净距隧道、连拱隧道，左、右洞洞门位置宜平齐，或山体外侧隧道接长明洞至与山体内侧隧道暗洞平齐，当接长明洞受限时，外侧隧道洞口与内侧隧道暗洞位置纵向错开距离宜不超过 5m；

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；

g) 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、岩溶区、采空区等不良地质的位置；
   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。

11.3 隧道方案

11.3.1 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。

11.3.2 傍山短隧道群宜与长隧道方案进行比选。

11.3.3 设置分离式隧道困难的地段，应进行小净距与连拱隧道方案比选，宜优选小净距隧道。

11.3.4 中心挖深小于 30 m 的短隧道，宜进行路基、明洞或暗挖隧道方案比选。

11.3.5 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。

11.3.6 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。

11.4 隧道平纵面

11.4.1 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。

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

a) 分离式隧道洞身段、土质围岩洞口段线位布置宜按隧道净距 2 倍开挖宽度取值，条件受限时，局部可适当减少隧道净距，但不宜小于 0.8 倍开挖宽度。条件特别困难需进一步减小净距时，宜符合 11.10.3 中小净距隧道设计相关规定。当隧道不得不穿越崩坡积体、大型采空区、岩溶强发育区等不良地质时，隧道净距宜不小于 2.5 倍开挖宽度；

b) 受地形、重要建构筑物及溶洞、采空区等不良地质影响的分离式隧道宜按不平行布置；

c) 陡坡偏压地形存在纵向距离大于 10 m 的路隧并行段时，路隧并行段水平向边线净距不宜小于 20 m。

11.4.3 设置通风竖(斜)井的特长隧道，应结合竖(斜)井设置布设线位。设置互补风道时，隧道净距应满足地下机房及送排风道设置的需要且不应小于 30 m。

11.4.4 隧道洞外接线应与隧道内线形相协调，隧道洞口内外各 3 s 设计速度行程长度范围的平面、纵面线形应一致，有条件时不小于 5 s 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，对长隧道、特长隧道的进口路段和出口上坡路段，以及中隧道、短隧道的洞口路段，当行车视距分别满足表 19、表 20 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；

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 3 s 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 21。

表19 长隧道、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	≥3 500	≥1 400	≥700
纵坡(%)	＜2	＜2	＜2
行车视距[a](m)	≥420	≥320	≥220

[a] 表中视距不考虑检修道高度的影响。

表20　中隧道、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)	≥2 600	≥1 100	≥700
纵坡(%)	＜2	＜2	＜2.5
行车视距[a](m)	≥263	≥200	≥138
[a] 表中视距不考虑检修道高度的影响。			

表21　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

11.4.5　采用长直线或大半径平曲线的长隧道、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。

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

11.5　隧道群

11.5.1　相邻隧道洞口纵向间距等于或小于表 22 规定的两座或多座隧道，应按连续隧道群整体考虑其平纵线形、通风、照明及交通工程设施。以 9 s 设计行程时间作为隧道群的界定距离。

表22　相邻隧道洞口纵向间距

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

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

11.5.3　两隧道洞口轴线方向距离小于 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。

11.5.4　两隧道洞口轴线方向距离小于 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。对连续长大隧道群，可在行车方向上游隧道出口端设置通风井等措施；

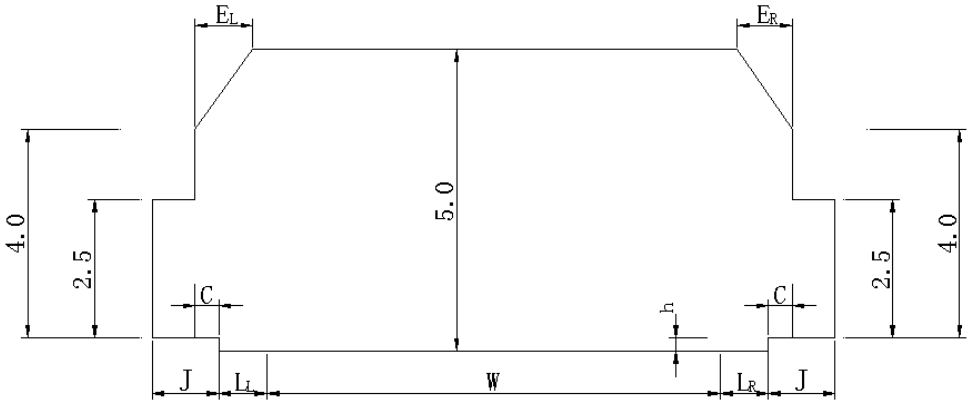
b)　其中的一个隧道火灾时，应采取设置射流反转、通风井轴流风机排烟等措施避免火灾烟气进入相邻的隧道内。

11.5.5　两隧道洞口之间明线段设置连续遮光棚时，应按整体隧道考虑横通道、紧急停车带等的设置。

11.5.6　隧道群的防灾救援体系应使给排水、消防、通风、照明、供电、广播呼叫、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。

11.6 隧道建筑限界

11.6.1 高速公路隧道建筑限界见图 9 所示，在建筑限界内不应有任何土建工程部件和机电设施侵入，顶部安装风机距建筑限界的距离应不小于 0.15 m～0.20 m。



标引序号说明：

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 $L_R \leqslant 1$ m 时，$E_R=L_R$，当 $L_R > 1$ m 时，$E_R=1$ m

图9 隧道建筑限界

11.6.2 隧道建筑限界横断面组成最小宽度符合表 23 中的规定，并满足以下要求：

a) 三车道隧道内侧车道仅限小型车通行时，车道宽度可取 3.5 m；

b) 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；

c) 双向四车道的独立短隧道，独立明洞或棚洞，城市出入口的中隧道、短隧道，洞内侧向宽度宜与洞外硬路肩宽度一致。

d) 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。

表23 隧道建筑限界横断面组成最小宽度

设计速度 (km/h)	车道宽度 W（m）	侧向宽度 L（m）		余宽 C（m）	检修道宽度 J（m）		限界净宽（m）
		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	0.75	1.00	0.25	0.75	0.75	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

11.6.3 港湾式紧急停车带建筑限界，应符合 JTG 3370.1 的规定。

11.7 隧道内轮廓

11.7.1 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：

a) 设计速度相同的同一项目宜采用相同的隧道内轮廓。当结合通风方案及设备选型等需要必须加大尺寸时，可采用不同的内轮廓；
b) 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；
c) 当设置超高时，以绕车行道中心线旋转为宜，也可采用绕路面设计边线旋转。桥隧相连、超高值较大等特殊情况，也可采用隧道整体旋转的方式；
d) 隧道顶部设置送排风道、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。

11.7.2 车行横通道、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：

a) 车行横通道与主隧道夹角不应小于 60°，对相交的锐角衬砌结构应设置宽度不小于 50 cm 的切面，且切面高度不小于 4 m。车行横通道宜兼作人行疏散通道，内轮廓宽度取 1.5m（人行疏散通道）+4 m（车行道）+1.5 m（人行疏散通道），车行道限界高度取 5m，人行疏散通道限界高度取 2.5 m。车行横通道间距不宜大于 750 m，并不应大于 1 000 m；
b) 人行横通道宜与主隧道垂直相交，人行横通道内轮廓宽度宜不小于 2.2 m 并满足防火门开启后净宽不小于 2 m，限界高度不应小于 2.5 m。双向四车道隧道人行道横通道间距宜取 250 m～300 m，并不应大于 350 m；双向六车道或双向八车道隧道人行横通道间距宜取 200 m～250 m，并不应大于 250 m。

11.8 隧道结构的耐久性

11.8.1 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。

11.8.2 隧道二次衬砌、明洞与棚洞衬砌、洞门等主体结构应满足 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应满足表 24 中的要求，并符合以下规定。

表24 主要构件设计使用年限

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	—

a) 隧道内人行横通道、车行横通道、紧急出口等与主体结构设计使用年限相同；
b) 低于 100 年设计使用年限的构件，满足设计使用年限后应进行安全性评估，必要时大修或更换；
c) 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；

d) 隧道明洞、棚洞衬砌、二次衬砌、洞门、隧道顶部风道、排风道，其与汽车尾气接触部分的环境最低作用等级宜为 C 级。地下水为一般环境的衬砌结构临水侧环境作用等级为 C 级、仰拱结构其环境作用等级为 A 级；

e) 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；

f) 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。

11.8.3 对隧道结构各部位建筑材料强度等级应满足不低于表 25 中的规定。

表25 隧道各部位建筑材料

工程部位[a]	材料种类			
	素混凝土	钢筋混凝土	喷射混凝土	
			喷锚衬砌	初期支护[b]
拱圈	C30	C40	C25	C20（C25）
边墙	C30	C40	C25	C20（C25）
仰拱	C30	C30	C25	C20（C25）
底板	C20	C30		
仰拱填充	C15			
路缘侧石、沟槽身	C25	C30		
水沟、电缆槽盖板		C25		

[a] 各部位构件对应钢筋的混凝土最小保护层厚度为：二次衬砌的拱圈和边墙的外侧 60 mm、内侧 40 mm，仰拱结构外侧 60 mm，内侧 30 mm；风道结构 30 mm；路缘侧石、沟槽身、盖板 15 mm。

[b] 括号内的强度等级适用于需钢架的喷射混凝土结构。

11.8.4 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 JTG 3370.1、JTG/T 3310 的相关规定。

11.9 明洞与棚洞

11.9.1 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符合以下要求：

a) 一般明洞边仰坡稳定时，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 10；

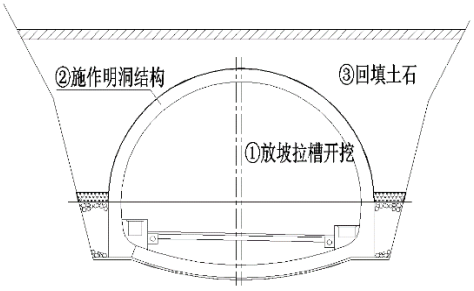
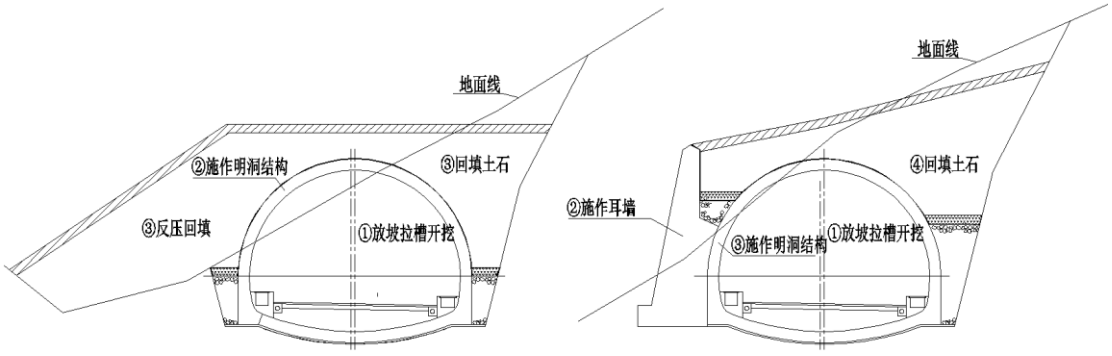


图10　一般明洞

b)　存在偏压的明洞，可设耳墙或回填反压，见图 11；

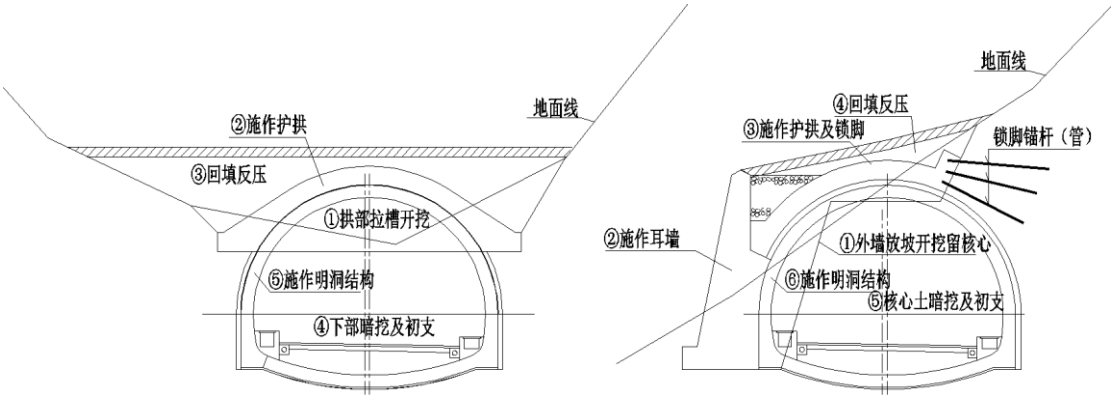


a）回填反压的偏压明洞　　b）设耳墙的偏压明洞

图11　存在偏压的明洞

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隧道，见图 12-a）；

d)　地形偏压严重，不宜采用全断面放坡开挖时，可采用设耳墙半明半暗隧道，见图 12-b）。



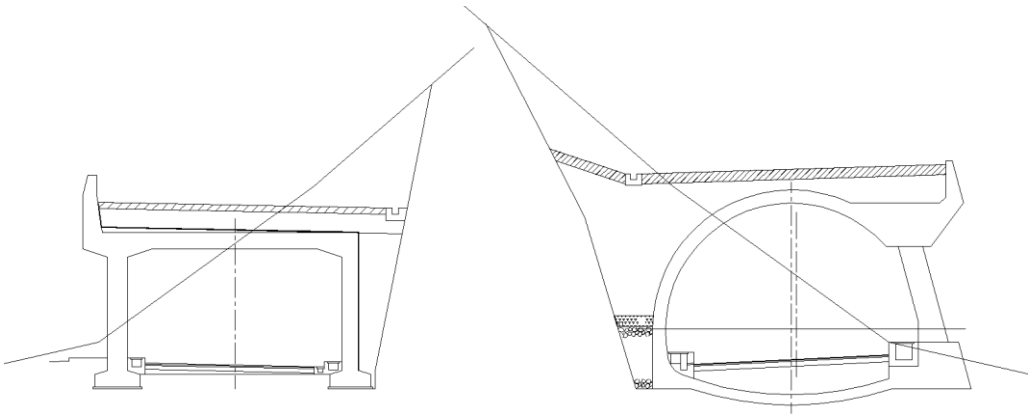
a）拱部护拱式半明半暗隧道图　　b）设耳墙半明半暗隧道

图12　半明半暗隧道图

11.9.2　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要求：

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的地段，可采用棚洞；

b) 棚洞结构可采用矩形或拱形框架结构，见图 13，顶部应有不小于 1 m 厚度的回填。洞口棚洞宜采用拱形框架结构型式；



a）矩形棚洞结构型式图　　b）拱形棚洞结构型式

图13　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。

11.9.3　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，拱顶回填厚度不宜小于 2 m，且不宜大于 6 m。

11.9.4　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，有关计算参数可参照表 26、表 27。

表26　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/m³)	弹性抗力系数 (MPa/m)		变形模量 E(GPa)	计算摩擦角 (φ)	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	1.2	45°	0.4	1:0.75～:1:1	1:1.25

表27　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/m³)	19	20	22	边坡挖台阶：0.7 不挖台阶：0.6
计算摩擦角 φ	35°	50°	55°	

11.9.5 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，并符合下列规定：

a) 滑动稳定系数≥1.3，倾覆稳定系数≥1.6；

b) 单压式明洞或棚洞地基承载能力容许值不应小于 350 kPa。

11.10 暗挖隧道

11.10.1 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) Ⅴ级围岩段衬砌应设置仰拱，中等风化～微风化的硬质岩Ⅴ级围岩段仰拱可不设置初期支护；

2) Ⅳ级围岩衬砌宜设置仰拱。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，可不设置仰拱；

3) Ⅱ级、Ⅲ级围岩衬砌采用无仰拱衬砌结构，Ⅲ级围岩软岩地段的三车道隧道宜设置仰拱。

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。土质围岩宜采用Φ42 注浆钢花管作为系统锚杆，当不设置系统锚杆时应有加强措施；

c) Ⅴ级围岩衬砌初期支护应设置钢架，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级围岩段的初期支护应设置钢架，素混凝土二次衬砌段宜设置格栅钢架；

d) 当系统锚杆按 JTG 3370.1—2018 附录 P 隧道支护参数表中锚杆间距取值并采用 8.2.5 的间距标注方式时，初支钢架均应设置独立的锁脚锚杆（管）。Ⅴ级围岩初支钢架宜采用不小于Φ42 的注浆钢花管锁脚（Ⅴ级硬质岩段可采用砂浆锚杆），每处锁脚宜不少于 2 根（管径≥80 mm 时可为单根），Ⅲ级、Ⅳ级围岩钢架锁脚采用早强砂浆锚杆，每处锁脚宜为 1 根～2 根；

e) 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；

f) 两车道、三车道分离式隧道深埋段的支护参数可按表 28 和表 29 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。微风化且完整性较好的Ⅲ级围岩衬砌系统锚杆和钢筋网的设置范围可适当减少。

表28 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				二次衬砌混凝土厚度(cm)	
		系统锚杆[b]	钢筋网(cm)	喷射混凝土(cm)	钢架间距(m)	拱墙	仰拱
Ⅴ	超前小导管	拱墙Φ25 中空-3.5m,0.6m～0.8m（横）×0.6m～1m(纵)	15×15～20×20（双层）	22～25	0.6～1.0	45（钢筋混凝土）	
Ⅳ偏差	超前锚杆（管）[a]	拱墙Φ25 中空-3.0m,0.8m（横）×0.8m～1.0m(纵)	20×20	20～22	0.8～1.0	40（钢筋混凝土）	40
Ⅳ	超前锚杆（管）[a]	拱墙Φ25 中空-3.0m,0.8m（横）×1.0m(纵)	20×20	20	1.0	35	35
Ⅳ偏好	超前锚杆（管）[a]	拱墙Φ25 中空-3.0m,0.8m（横）×1.2m(纵)	20×20	15～18	1.2	35	—

表 28　两车道分离式隧道深埋段的支护参数（续）

围岩级别	超前支护	初期支护				二次衬砌混凝土厚度(cm)	
		系统锚杆[b]	钢筋网(cm)	喷射混凝土(cm)	钢架间距(m)	拱墙	仰拱
III偏差	——	拱墙φ25 中空-3.0m,1.0m（横）×1.2（纵）	20×20～25×25 拱墙	15	1.2m(局部设置)	35	—
III		拱部 180°，φ25 中空-2.5m,1.0m（横）×1.2m～1.5m（纵）	20×20～25×25 拱部 180°	10	—	35	—
III偏好		拱部 120°，φ25 中空-2.5m,1.0m（横）×1.2m～1.5m(纵)	20×20～25×25 拱部 120°	8	—	35	—
II	—	φ25 砂浆-2m～3m(局部)	—	6	—	30	—

[a] 当隧道穿越不同岩性接触带、易坍落层理节理组合或破碎岩体以及倾角小于 45° 的层状围岩时，超前支护宜采用φ42 超前小导管。

[b] 系统锚杆横向间距与 JTG 3370.1—2018 中 8.2.5 的间距标注方式一致。

表29　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				二次衬砌混凝土厚度(cm)	
		系统锚杆[b]	钢筋网(cm)	喷射混凝土(cm)	钢架间距(m)	拱墙	仰拱
V	超前小导管	拱墙φ25 中空-4.0m,0.6m～0.8m（横）×0.5m～0.8m(纵)	15×15～20×20（双层）	25～28	0.5～0.8	50～60（钢筋混凝土）	
IV偏差	超前小导管	拱墙φ25 中空-3.5m,0.8m（横）×0.8m～1.0m(纵)	20×20	22～25	0.8～1.0	50（钢筋混凝土）	50
IV	超前锚杆(管)[a]	拱墙φ25 中空-3.5m,0.8m（横）×1.0m(纵)	20×20	20～22	1.0	45～50（钢筋混凝土）	50
IV偏好	超前锚杆(管)[a]	拱墙φ25 中空-3.5m,0.8m（横）×1.2m(纵)	20×20	20～22	1.2	45（钢筋混凝土）	45
III偏差	—	拱墙φ25 中空-3.0m,1.0m（横）×1.2m(纵)	20×20	20	1.2	45	45
III	—	拱部 180°，φ25 中空-3.0m,1.0m（横）×1.2m～1.5m(纵)	20×20～25×25	15	—	45	—
III偏好	—	拱部 120°，φ25 中空-3.0m,1.0m（横）×1.2m～1.5m(纵)	20×20～25×25	12	—	40～45	—
II	—	φ25 砂浆-3m(局部)		8	—	40	—

[a] 当隧道穿越不同岩性接触带、易坍落层理节理组合或破碎岩体以及倾角小于 45° 的层状围岩时，超前支护宜采用φ42 超前小导管。

[b] 系统锚杆横向间距与 JTG 3370.1—2018 中 8.2.5 的间距标注方式一致。

11.10.2 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 JTG 3370.1 的要求。并应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 10 cm 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隧道结构；

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 15 cm/s，为钢筋混凝土结构的安全允许振速 20 cm/s。

11.10.3 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隧道、短隧道，也可用于长隧道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 30；

表30 小净距隧道适应净距表

隧道断面	隧道净距（m）[a]	
两车道隧道	一般值	8～15
	极限值	4～7
三车道隧道	一般值	9～22
	极限值	5～8

[a] 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 31 中的要求。当净距有特殊要求，需小于表中数值时，应分析论证；

2) 小净距隧道中夹岩柱的加固措施根据其厚度的不同，可按表 32 中一种或多种措施采用。

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、三车道隧道，当中夹岩柱厚度大于 1B（隧道开挖宽度）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。

表31　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32　中夹岩柱的加固措施

<table>
<tr><th rowspan="2">围岩级别</th><th colspan="8">中夹岩柱厚度</th></tr>
<tr><th>两车道
4 m～5 m</th><th>三车道
5 m～6 m</th><th>两车道
5 m(含)～6 m</th><th>三车道
6 m(含)～9 m</th><th>两车道
6 m(含)～
9 m</th><th>三车道
9 m(含)～
12 m</th><th>两车道
9 m(含)～
12 m</th><th>三车道
12 m(含)～
22 m</th></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td colspan="2">对拉预应力锚杆</td><td colspan="2">对拉或加长预应力
系统锚杆</td><td colspan="2">加长系统锚杆</td><td colspan="2">加长系统锚杆</td></tr>
<tr><td>Ⅳ</td><td colspan="2">超前小导管注浆加固
辅助以对拉预应力锚杆</td><td colspan="2">超前小导管注浆加固
辅助以对拉或加长预应力系统锚杆</td><td colspan="2">加长预应力系统锚杆</td><td colspan="2">加长系统锚杆</td></tr>
<tr><td>Ⅴ</td><td colspan="2">—</td><td colspan="2">超前及径向小导管注浆加固
辅助以加长或对穿预应力锚杆</td><td colspan="2">1、超前、径向小导管注浆加固
2、加长预应力系统锚杆</td><td colspan="2">1、径向小导管注浆 2、加长预应力系统锚杆</td></tr>
</table>

11.10.4　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 JTG 3370.1 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，设计应根据隧道实际地形、地质及控制变形要求，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如下：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。

11.10.5 当傍山浅埋的两车道、三车道隧道的拱肩外侧围岩覆盖厚度 t 值小于表 33 时，应按偏压隧道设计，并符合下列要求：

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33 两车道/三车道隧道拱肩外侧围岩覆盖厚度 t 值

围岩级别	不同地面横坡时的 t 值(m)					
	1：0.75	1：1	1：1.25	1：1.5	1：2	1：2.5
Ⅲ	12/16	10/12		7/10		
Ⅳ石		12/16		11/14	10/12	
Ⅳ土			18/20	16/18	14/16	13/15
Ⅴ				30/40	25/33	20/25

11.10.6 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。宜符合以下要求：

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，可按常规地质的深埋隧道设计；
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”的设计原则，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只能限量排放时，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。

11.10.7 暗挖隧道的设计还应明确施工注意的相关内容，并符合如下规定：

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) 系统锚杆及垫板施工须符合设计要求，选用不可截断性的定型锚杆，拱部锚杆应采用向上式凿岩机成孔，保证钻孔深度和角度。系统锚杆纵向间距与钢架间距应一致，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 4 cm，内侧保护层不小于 2 cm；
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 1 m 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) 拱部局部坍塌不应用浆砌片石回填。

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 15 m～20 m，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、积水等清除干净，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 200 m。二次衬砌一次浇筑长度宜 6 m～9 m，最长不超过 10 m。拆模时，二次衬砌混凝土强度不应低于 5 MPa，提前施作二次衬砌的地段，混凝土强度不应低于设计强度的 70%，大型塌方段二衬紧跟初支施作时强度不应低于设计值。二次衬砌应进行养护，洞身、洞口段砼洒水养护时间应分别不少于 7 天、14 天；
h) 二次衬砌避免设置纵向施工缝，无仰拱衬砌不设置矮边墙，拱墙二衬应同时浇筑。衬砌边墙基础纵向水平施工缝难以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脚纵向施工缝，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 或 HRB400，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～30 m 设置一道变形缝；
j) 贯彻动态设计理念，隧道施工时要求采用独立第三方进行监控量测和超前地质预报，并建立沿隧道纵向不少于每 10 m 一次的实时地质素描、隐蔽工程施工过程照片、影像资料记录，确保施工过程可溯、可查，以便核查设计。设计单位应根据核查结果、实际地质情况，及时完善和调整设计。对岩溶、富水，瓦斯、硫化氢、二氧化碳气体逸出，穿越煤层、采空区或有断层、破碎带的，应以水平钻孔方式进行超前预报复核，异常情况须调整作业方案，强化防范措施；
k) 设计应提出系统锚杆、钢拱架、二衬等隐蔽工程的质量检测技术要求；
l) 设计应明确要求隧道施工期间，应铺设 80 cm 直径的钢管作逃生通道，范围从掌子面已施工初期支护处延伸到二次衬砌内不少于 5 m。

11.11 隧道洞口设计

11.11.1 隧道洞门应考虑整体协调性和自然性，合理选择洞门形式。隧道轴线与地形等高线大角度相交的洞口宜采用削竹式、倒削竹式洞门、半明洞式洞门，并采取必要防水渍的措施。仰坡较陡时，应加大削竹式洞门拱顶挡水坎与明暗交界的距离。

11.11.2 应根据洞口地形、地质条件合理确定进洞方案，避免形成洞口高边仰坡。当常规放坡开挖导致边仰坡可能较高、稳定性差时，应外延暗洞桩号，并采取微开挖洞口技术措施。

11.11.3 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，应避免大开大挖，一次拉槽成形设计，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宜置于稳固基岩上，地基承载力不足时，套拱基础应不高于隧道边墙底，并采用扩大基础或其它地基加固措施；

c) 对偏压、斜交洞口宜采取接长明洞、半明半暗隧道、设置护拱、回填反压、喷锚支护、地表加固等微开挖洞口的技术措施；
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～1 m 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。

11.11.4 洞口地表沟谷、坑洼积水应有可靠的引排措施，并符合下列规定：
a) 洞口无法避开冲沟或沟谷的地段时，应根据汇水量适当加深加宽洞顶截水沟的尺寸以及沟谷流水汇合点的引流。
b) 明洞顶、洞门端墙后不宜设置过路沟渠，无法避免时，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。
c) 洞口设计存在抗滑桩时，洞顶截水沟沟底标高应高于抗滑桩桩顶标高。

11.12 隧道防水、排水

11.12.1 隧道防水、排水应遵循“防、排、堵、截结合，因地制宜，综合治理”的原则，保证隧道构筑物和营运设备的正常使用和行车安全。隧道防水、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。

11.12.2 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，当有可能渗入或倒灌进隧道时，应采取防止或减少其下渗或防倒灌的处理措施；
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(加土工布)。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。防水板与土工布应分离铺设，防水板宜采用热熔焊方式铺挂，初期支护表面凹凸差异大的地段可辅助防水板挂带铺挂；
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。在衬砌环向施工缝、变形缝处宜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。

11.12.3 宜将隧道围岩渗水与营运清洗水、消防污水设置分离排放的排水系统，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 100mm，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，其纵向间距一般为 10 m，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、1 m、3 m、5 m。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 50 mm。

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布设间距应不大于 25 m，地下水丰富地段应加密横向导水管间距至 5.0 m～12.5 m。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圆管（地下水有腐蚀性时应采用耐腐蚀管材）或矩形沟，中心水沟及路面下横向导水管应能收集隧道拱墙及经仰拱渗入的围岩渗水。当中心水沟利用接头渗水时，接头处应包裹土工布。纵向中心水沟应设置平面尺寸不小于 80 cm×80 cm 的检查井，检查井底应低于中心沟底不小于 20 cm，检查井纵向间距宜为 50 m，且不应大于 100 m。检查井盖板采用 C40 钢筋混凝土结构并宜设置在沥青混凝土面层下；
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～30 m 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) 为排除路面下围岩渗水，路面下应设置横向布置的排水盲沟与中心水沟相连。横向盲沟宜设置于仰拱、路面板施工缝处，横向盲沟可采用 φ50 mm～φ150 mm 的透水管并设置滤层，间距宜不大于 10 m 并不应大于 25 m，路面两侧也可纵向通长设置 φ100 mm 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 50 m，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) 车道宽度及左、右侧向宽度范围内设置的检查井、路缘侧沟的盖板，应按设计车辆荷载进行设计；
k) 应设置路面侧沟排除隧道冲洗、消防、危险品泄漏等污水。路面侧沟宜采用设置盖板的矩形暗沟，并每隔 20 m～30 m 设置一处带梳形铸铁盖板的沉沙井。

11.13 隧道路面

11.13.1 隧道内宜采用沥青混凝土上面层与连续配筋或钢纤维 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) 隧道路面应具有足够的强度、平整、耐久、抗滑、耐磨等性能；
b) 隧道路面结构下应为稳定、密实、匀质的刚性路基，为路面结构提供均匀的支承。无仰拱隧道的路面结构下应设整平层，整平层应置于坚实的围岩上；有仰拱隧道的路面结构可直接位于隧底填充上；
c) 整平层采用素混凝土，适宜的厚度范围 15 cm～20 cm，其抗压强度不低于 C20、弯拉强度不低于 1.8 MPa。在其弯拉强度值超过 1.8 MPa 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 7.5 m 时，应设纵向缩缝；
d) 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 30 cm。

11.13.2　沥青混凝土面层应采用表面层和中面层的双层设计，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，沥青面层的表面层和中面层之间设置改性乳化沥青粘层。

11.13.3　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。

11.13.4　长隧道、特长隧道沥青混凝土路面施工时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 ℃～40 ℃或以上。

11.13.5　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 3 m 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应小于 200 mm。过渡板与隧道内混凝土下面层相接处的接缝内设置直径 25 mm、长 700 mm、间距 400 mm 的拉杆。

11.14　隧道装饰

11.14.1　隧道内表面宜进行必要的内装饰，当需要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。

11.14.2　隧道内装饰应满足如下规定：

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 2.5 m～3.0 m 高度范围宜铺设反射率不小于 0.7 的亚光瓷砖或水性陶瓷涂料，不应采用镜面高光瓷砖或涂料，颜色层宜为乳白等利于满足照明反射要求的颜色；

c)　隧道拱部可采用建筑外墙乳胶涂料或其它隧道涂料装饰，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。行车方向进口洞内光过渡段的拱部也可采用便于清洗的水性陶瓷等涂料，涂料表面采用淡黄色等反射率高的颜色。对特长隧道特别是长度大于 5 km 的特长隧道，可设计景观灯光或图案，以提高驾驶视觉舒适度和改善司乘人员压抑感；

d)　长隧道内装修表面的摩阻系数应不导致通风设备的明显增加。

11.14.3　隧道洞门端墙宜采用具有良好耐久性能的粗料石等材料，不宜采用普通涂料进行装饰。

11.15　隧道管理设施

11.15.1　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。

11.15.2　对长隧道、特长隧道及隧道群，应根据隧道分布情况，按就近、快速到达的原则合理设置隧道管理站、救援站（点），并尽可能与当地消防相结合，并应配备消防摩托。

11.15.3　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 3 s 设计速度行程，条件受限的困难地段也不宜小于 40 m。

11.15.4　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。

11.15.5　长隧道、特长隧道及隧道群宜设置辨识性强的隧道外智能禁入设施，洞内智能警示停车、智能诱导疏散装置。

11.15.6　综合考虑洞外联络通道、配电管理用房的用地布设位置。

12　隧道机电

12.1 一般规定

12.1.1 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：通风设施、照明设施、监控设施（交通监控设施、紧急呼叫设施、火灾探测报警设施、中央控制管理设施）、消防设施、供配电设施、防雷接地以及机电管道等。

12.1.2 隧道通风、消防、照明、监控设施设计标准、规模及配置，应按 JTG B01—2014 中 8.0.6、JTG D70/2—2014 中 3.6.2 的交通工程分级规定以及 3.6.3 的设施配置表，结合营运管理特点确定。

12.1.3 隧道供配电方式、规模及配置应根据当地电网实际情况，结合营运管理需求，按 GB 50052 及 GB 50053 的要求确定。

12.1.4 隧道内接地系统应充分利用隧道构筑物内的钢筋作为接地体。钢筋砼区域内宜每隔 50 m 采用 50 mm×5 mm 镀锌扁钢与构筑物内钢筋焊接并引至强电缆、弱电缆沟内。隧道机电系统应选用接地要求≥4 欧姆（Ω）的设备及元件。

12.1.5 强电缆沟宜位于隧道行车方向的左侧；弱电缆沟宜位于隧道行车方向的右侧。

12.1.6 配电箱的防护等级应符合 JTG D70/2—2014 中 11.3.1 的要求，设备机箱、控制箱的防护等级不宜低于 IP55。

12.1.7 隧道机电设施安装应与土建各类设施紧密结合，并按照 14.4 的要求做好机电设施的预留预埋工作。

12.2 隧道机电总体布置

12.2.1 隧道机电总体布置应按 12.1 确定的设计标准、规模及配置，结合主体工程的特点，合理设置相关机电设施。

12.2.2 两端洞口第一组风机宜在距洞口 100 m～180 m 之间，隧道洞内每组风机间隔应在 150 m～180 m 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 5 m 范围内。

12.2.3 隧道照明应按入口段、过渡段、中间段、出口段进行布置。照明灯具的布置宜采用两侧对称或两侧交错形式。

12.2.4 照明配电箱宜沿隧道行车方向左侧布置，进洞口第一个宜距洞口 30 m～150 m，往洞内（从洞口起计）每隔 500 m～600 m 增设一个，出洞口宜距洞口 30 m～60 m。

12.2.5 车道指示器应设置在隧道内各行车道中心线的上方，进出洞口第一组车道指示器宜悬挂安装在洞顶向内 5 m～10 m 处。

12.2.6 交通区域控制单元宜沿隧道行车方向右侧布置。进出洞口第一个交通区域控制单元宜距洞口 30 m～100 m，往洞内（从洞口起计）宜每隔 500 m～600 m 增设一个。

12.2.7 摄像机宜沿隧道行车方向右侧布置。进洞口第一个摄像机宜距洞口 50 m～80 m，洞内设置间隔宜为 120 m，不应大于 150 m。摄像机宜设置于隧道内紧急停车带、汽车横通道及人行横通道处。

12.2.8 紧急电话宜沿隧道行车方向右侧布置，隧道出口、入口洞外路段宜在 200 m 范围内设置紧急电话。自入口起，隧道洞内的第一部紧急电话，宜设置在距入洞口 210 m～250 m 处，紧急电话设置间距不宜大于 200 m。

12.2.9 环境检测设施应按照 JTG D70/2—2014 中 5.6.2、5.6.3、6.8.3 等要求设置。

12.2.10 隧道内消防设施箱沿隧道内侧布置，进洞口第一个消防设施箱距洞口不应大于 25 m，洞内设置间距应满足 JTG D70/2—2014 中 10.2.2 及 10.2.3 要求。其中：

a) 水消防设施箱应布置在沿隧道内行车方向右侧（对于单洞双向通行的隧道，宜沿弱电缆沟侧布置）；
b) 灭火器箱的布置可按 GB 50016 要求，在隧道内沿行车方向右侧单侧布置或两侧交错布置；
c) 火灾报警箱宜位于消防设施箱右侧（与消防设施箱同一洞室）。

12.2.11　不设置照明的隧道应设置视线诱导设施，宜在检修道边缘设置有源诱导设施。

12.2.12　特长隧道宜根据隧道的长度、负荷等级、负荷分布情况在洞中合理设置变电所。

12.2.13　隧道电气系统接地宜采用 TN-C-S 系统，低压配电系统接地宜采用 TN-S 系统，接地系统宜采用联合接地方式，联合接地电阻应小于 4 Ω。隧道洞内外的电气、电子设备均就近与联合接地体连接。隧道电气联合接地网由变电所接地网、隧道内接地网和隧道外场设备接地网组成。各接地网间应采用 40 mm×4 mm 镀锌扁钢连接不少于 2 处。

12.3　隧道通风设施

12.3.1　隧道通风设计应分别明确日常运营工况与火灾工况的风机数量和位置。

12.3.2　长度 L＞1 000 m 的隧道应设置火灾机械防烟与排烟系统。隧道火灾排烟按隧道全线双洞同一时间内发生一次火灾考虑。

12.3.3　隧道通风设施宜采用射流风机或轴流风机加射流风机两种配置方式。隧道长度≤5 000 m 时宜采用全射流纵向通风与火灾排烟，长度 5 000 m～6 000 m 时宜采用全射流纵向通风或组合互补通风+竖（斜）井排烟，长度＞6 000 m 隧道宜采用竖（斜）井分段纵向通风或组合互补通风。设置竖（斜）井时宜设置自然通风道。全射流纵向通风配置射流风机，分段纵向通风设置竖（斜）井、互补通风时需配置射流风机和轴流风机。

12.3.4　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 2 台，风机配置可考虑 15%的风机备用量。风机的选型和布置应满足 JTG/T D70/2-02 的相关要求。风机应具有良好的节能、环保特性；

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；

c)　长度＜3 000 m 的直线隧道，射流风机可布置在两端洞口段；特长隧道的射流风机宜在两端洞口段、洞内中部等位置不少于 3 段分布。

12.3.5　风机控制应结合供电半径，划分风机控制区域，各控制区域应接入统一控制平台进行管理。风机控制系统应能实现条件控制、时序控制等多种控制方式，具有现场手动控制、洞口手动及自动控制、中控室手动及自动控制等功能。现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令，手动模式优先级高于自动模式。

12.4　隧道照明设施

12.4.1　隧道照明设计应根据 JTG/T D70/2-01 的要求，合理确定照明设计标准。

12.4.2　隧道中间段照明亮度可适当降级取值：当设计速度为 100 km/h 时，中间段亮度可按 80 km/h 对应亮度取值；当设计速度为 120 km/h 时，中间段亮度可按设计速度为 100 km/h 的对应亮度取值。

12.4.3　隧道灯具防护等级不低于 IP65；外壳耐腐蚀及防触电等级应符合 GB 7000.1 要求；应综合考虑路面总均匀度及纵向均匀度要求选择适合的灯具配光曲线。照明光源应选用节能高效产品。

12.4.4　紧急电话、消防设施、人行横通道、汽车横通道及紧急停车带应设置指示标志。有照明的隧道指示标志宜采用内部照明，双面显示的电光标志；无照明的隧道指示标志宜采用无源反光标志。

12.4.5　长度＞500 m 的隧道应设置疏散指示标志。疏散指示标志应设置于隧道两侧的墙上，底部与检修道高差不应大于 1.3 m，间距不应大于 50 m。宜采用集中电源或者自充电式（带蓄电池）供电，供电持续时间满足 JTG/T D70/2-01—2014 中 8.1.2 的要求。

12.4.6　照明控制系统应能实现条件控制、时序控制等多种基本控制方式，并可结合光源、交通流量等实际情况，增加智能无级调光等节能控制方式。系统应具有现场手动控制、隧道洞口手动及自动控制、中控室手动及自动控制等功能。现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令，手动模式优先级高于自动模式。

12.4.7　当隧道内按设计速度行车时间超过 20 s 时，基本照明灯具布置间距应满足闪烁频率低于 2.5 Hz 或高于 15 Hz。

12.5　隧道供配电设施

12.5.1　特长隧道供电宜采用两路 10 kV 市电进线，当取两路 10 kV 市电困难时，可采用一路市电+柴油发电机组的供电方式。

12.5.2　采用中压供电时，每个供电区域宜设置 1 个 10 kV 进线开闭所；采用双回路供电的区域可设置 2 个 10 kV 进线开闭所。10 kV 进线开闭所引出一主一备两路 10 kV 电源至各隧道变电所。隧道变电所内宜设置两台电力变压器，采用一用一备首端切换运行方式。

12.5.3　10 kV 中压电力电缆沿高速公路主线预埋管道敷设至各供电区域隧道变电所。

12.5.4　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电缆支架上。

12.5.5　隧道变电所电力变压器应选用节能、环保型产品，变压器金属外壳防护等级为 IP3X 及以上。

12.5.6　开闭所的高压开关柜宜选用可移式中置柜，隧道变电所高压柜宜采用环网柜，低压开关柜宜选用抽出式型式。

12.5.7　隧道一级及特别重要负荷的供电电缆应采用耐火电缆。

12.5.8　隧道低压系统无功补偿宜采用动态无功双向补偿方式。

12.5.9　隧道应设置电力监控系统，具备电气设备的监视、测量、保护、控制和能耗监测管理功能。

12.6　隧道监控设施

12.6.1　隧道监控系统应按照 JTG D70/2 的分级要求进行配置。

12.6.2　洞口之间小于 6 s 设计速度行程长度的相邻隧道，宜按两洞之中最高分级配置隧道内监控设施，综合考虑隧道外监控设施布设。

12.6.3　隧道监控设施线缆在弱电缆沟敷设时宜采用管道对线缆进行保护。

12.6.4　隧道监控系统内宜采用工业以太网交换机设备组成传输环网进行信息交换。各子系统之间宜通过 VLAN（虚拟局域网）进行安全隔离。

12.6.5　隧道内车行横通道前方约 10 m～30 m 处宜设置 1 块可变信息标志，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 500 m 时，宜在隧道内设置可变信息标志。

12.6.6　隧道内车道指示器灯具形式可采用分离样式或叠加样式。

12.6.7　紧急电话控制主机宜设置在监控分中心或隧道管理站或隧道救援站等有人值守的控制室。

12.6.8　隧道出入口及隧道内应沿线设置广播设施，广播声音在隧道内应全覆盖、无盲区，广播系统可与紧急电话系统合设。

12.6.9　隧道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、声光警报器和中控室的警铃、消防报警主机、火灾报警计算机等组成；系统应符合 GB 50116 的要求。

12.6.10　隧道内火灾报警系统火灾探测器宜优先选用双波长、图像等点式火灾探测器。

12.6.11　隧道行车方向入口前方 50 m～250 m 内应设置指示隧道内发生火灾的声光警报装置。隧道内应至少每隔 50 m 设置手动报警按钮和闪烁红光的声光警报器。

12.6.12　在大于 5 000 m 的隧道内宜同时采用线型光纤感温探测器（光纤或光纤光栅）和点型探测器（双波长或图像型火灾探测器），宜在易产生高温的洞内变电所、地下风机房等区间敷设线型光纤感温火灾探测器。

12.6.13　火灾探测报警设施供电应设置交流电源及后备电源，交流电源应采用消防电源，后备电源可采用蓄电池电源或消防设备应急电源。

12.6.14　火灾探测报警设施的供电线路应至少采用耐火铜芯电缆，报警总线、有线广播、紧急电话等传输线路应采用阻燃或阻燃耐火电缆。

12.6.15　隧道运营管理附属建筑应根据 GB 50016 和 GB 50116 的要求，设置火灾自动报警系统及消防联动控制系统。

12.7　隧道消防设施

12.7.1　隧道消防系统应根据隧道的长度、交通量、火灾可能的类型特点等，结合 JTG D70/2 的规定进行消防系统设施配置。

12.7.2　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，其上要求用红色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。

12.7.3　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～4 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。

12.7.4　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 25 m～30 m 长水龙带，2 支直径为 19 mm 水枪。

12.7.5　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、不少于 30L 水成膜泡沫原液(环保型)；1 套小口径 DN25 消防卷盘。

12.7.6　在隧道左右线每处洞口外宜设水泵接合器，其数量应根据隧道消防用水量计算确定。

12.7.7　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，其数量应根据隧道消防用水量计算确定。

12.7.8　消防水源宜选用市政水源，其次选用可靠地表水或地下水等天然水源。当采用天然水源时，应在任何情况下均能满足消防用水量和水质要求。

12.7.9　每座隧道的消防供水均宜采用由高位水池供水的常高压供水系统，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。

13　互通式立体交叉及服务区

13.1　一般规定

13.1.1　互通式立交的选型应针对山区高速公路地形狭窄、布设困难的特点，根据地形地质条件、转向交通量、连接道路等情况确定，初步设计阶段应对互通式立交的设置位置、形式进行比选论证。

13.1.2　服务区（停车区）宜对称布设，条件受限时可采用不对称或单侧布设等形式，其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。当需设置开放式服务区时，应专题论证出入口控制及交通流组织等方案。

13.1.3　互通式立交与服务区（停车区）宜分址修建，条件受限时，经比选论证后，可合址建设。

13.1.4　服务区（停车区）可与长下坡刹车检查区、特长隧道待引区、超限检查站、观景平台等合址建设。

13.1.5　高速公路出口匝道不宜设置在主线长大下坡路段或接近长大下坡终点路段。如须设置，应慎重采用环形匝道出口形式。

13.1.6　对于分期建设的互通式立交、服务区（停车区）等路段，应综合考虑主线平纵指标、场地布设等因素，做好相关预留与衔接工作。

13.2 选址

13.2.1 互通式立体交叉及服务区（停车区）选址应考虑周边化工厂房、油库、高铁、电力杆线、输油管线等布设情况，需满足相关间距要求。

13.2.2 互通式立交的选址，应尽量利用荒山、坡地，少占用基本农田；与周围环境相适应，并有利于与连接道路的衔接。

13.2.3 服务区（停车区）选址，应结合布设间距、地形地质条件、自然生态环境、人文景观等因素，充分利用工程弃方、借方区域；应避让饮用水源二级以上保护区；宜综合利用周边供水、供电及排污纳管等建设条件，靠近风景区或城镇等人口密集区，方便服务区（停车区）运营及维护，也为打造开放式服务区创造条件。

13.3 互通式立交及服务区间距

13.3.1 互通式立交的间距应从交通规划、区域路网、城镇规划、沿线经济发展、出行需求、区域环境等方面结合预测交通量分析研究后确定。一般互通式立交之间的距离宜为 15 km～25 km。一般互通式立交与枢纽互通式立交的距离不宜小于 4 km。

13.3.2 服务区之间的间距宜为 50 km，地形条件受限时可适当延长，最大不应超过 60 km；有条件时可在两服务区之间设停车区。

13.3.3 互通式立交与服务区、停车区之间的距离应能满足设置出口预告标志的需要。条件受限时，经论证后间距可适当减少，但相互之间的净距应不小于表 34 中的规定值，见图 14。

表34 互通式立交与服务区、停车区之间的最小净距

主线设计速度（km/h）		120	100	80
最小净距（m）	主线单向双车道	700	650	600
	主线单向 3 车道	900	850	800
	主线单向 4 车道	1 100	1 000	900

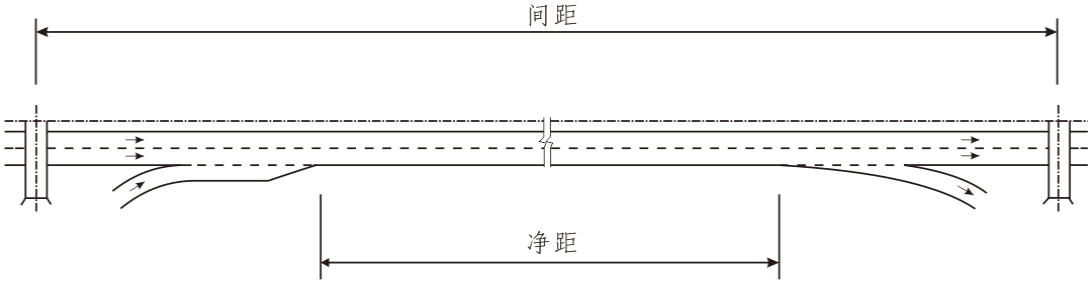


图14 互通式立体交叉与服务区、停车区之间的净距示意图

13.4 与隧道之间的距离

13.4.1 加速及合流过程宜在进入隧道前完成，加速车道渐变段终点与隧道洞口的距离不宜小于表 35 中的规定值。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净距应符合表 36 中的规定值，见图 15。

表35　加速车道渐变段终点与隧道洞口的最小净距

主线设计速度（km/h）	120	100	80
最小净距（m）	125	100	80

表36　隧道出口至加速车道渐变段起点的最小净距（m）

匝道车道类别	主线设计速度（km/h）		
	120	100	80
单车道	230	200	180
双车道	400	350	310

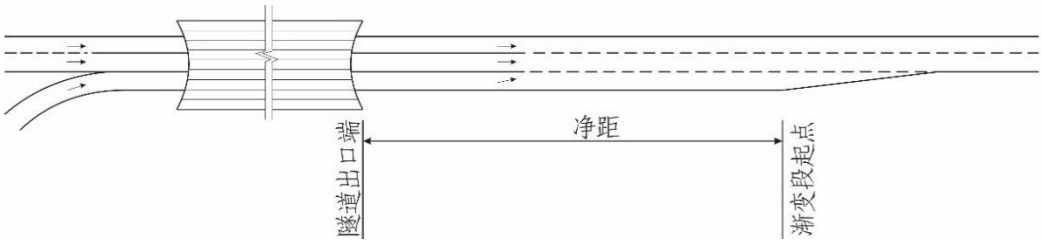


图15　隧道出口至加速车道渐变段起点之间的净距示意图

13.4.2　对于特长隧道、长隧道和中隧道，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出口起点的距离不应小于1 000 m；地形等条件严格受限制时，该距离不应小于表37中的规定值，且应提前于出隧道之前开始（隧道入口前或隧道内）设置完善的出口预告标志，见图16。

表37　隧道与前方互通式立体交叉出口之间的最小净距

主线设计速度（km/h）		120	100	80
最小净距（m）	主线单向双车道	500	400	300
	主线单向3车道	700	600	450
	主线单向4车道	1 000	800	600

图16　隧道与前方互通式立体交叉出口之间的净距示意图

13.4.3　对于短隧道，减速车道起点、终点可分别设在隧道进口前、隧道出口后，见图 17，并采用平行式出口方式，隧道内不允许车辆变更车道；减速车道起点与隧道进口的净距不宜小于表 38 中的规定值，隧道出口与减速车道终点的净距不宜小于 100 m。

表38　减速车道起点与短隧道进口的净距（m）

匝道车道类别	主线设计速度（km/h）		
	120	100	80
单车道	145	125	110
双车道	225	190	170

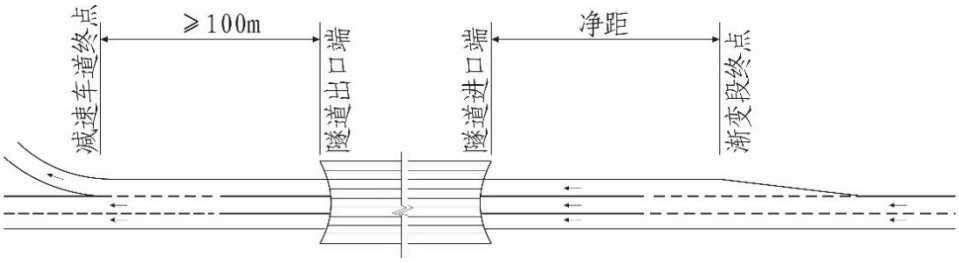


图17　减速车道起点、终点与短隧道进出口之间的净距示意图

13.4.4　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)与短隧道进口的净距不宜小于 100 m，见图 18。

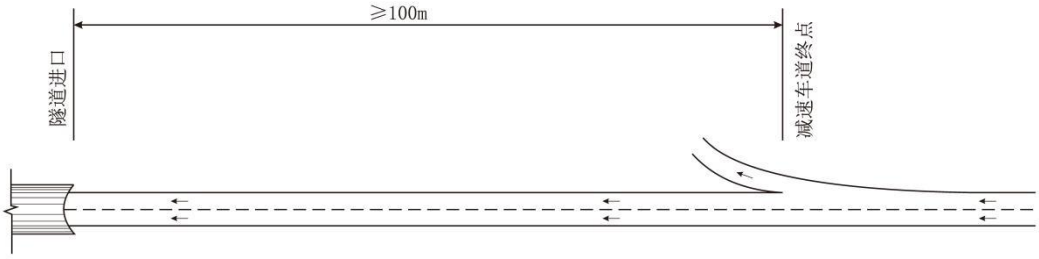


图18　减速车道终点与短隧道进口之间的净距示意图

13.5　匝道设计

13.5.1　匝道设计速度应根据匝道类型、所在位置合理确定，并设置相应的交通标志。

13.5.2　匝道的平面线形除符合 JTG D20—2017 中 11.3.3 的规定外，尚应符合下列要求：

a)　匝道曲线长度应考虑均衡性和连续性，圆曲线、缓和曲线段的长度不宜小于 3 s 设计速度行程长度；

b)　匝道与主线分合流端附近平面线形宜按主线设计速度的 70%对应平面指标进行控制；条件受限时，应大于按主线设计速度的 60%对应的平曲线指标要求，并适当加长减速车道长度或加强安全措施；

c) 环形匝道设计线的半径不宜小于 60 m。受条件限制时，单喇叭 A 形不宜小于 50 m，单喇叭 B 形不应小于 55 m；

d) 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)。

13.5.3 匝道上的圆曲线超高应根据设计速度、圆曲线半径、公路条件、自然条件等计算确定,必要时应按运行速度验算，超高值可按表 39 采用。

表39 匝道圆曲线半径（m）与超高值

超 高(%)	匝道设计速度(km/h)					
	80	70	60	50	40	30
2	2 500～1 360	1 980～1 070	1 500～800	1 000～600	600～410	350～230
3	1 360～890	1 070～680	800～500	600～370	410～250	230～140
4	890～600	680～450	500～320	370～230	250～150	140～80
5	600～400	450～290	320～200	230～140	150～90	80～50
6	400～270	290～195	200～135	140～95	90～60	50～35

13.5.4 匝道纵坡应考虑平纵线形的组合,并满足以下要求：

a) 半径小于一般值的圆曲线起讫点，不宜接近或设在凸形竖曲线的顶部、凹形竖曲线的底部；

b) 匝道与主线分合流端附近纵面线形宜按主线设计速度的 70%对应纵面指标进行控制；条件受限时，应大于按主线设计速度的 60%对应的纵面指标要求，并适当加长减速车道长度或加强安全措施；

c) 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。

13.5.5 变速车道为双车道时，加速、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，平行式减速车道长度应不小于表 40 中的规定值。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) 平纵面线形指标接近极限值；

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。

表40 平行式减速车道长度（m）

匝道车道类别	主线设计速度（km/h）		
	120	100	80
单车道	230	200	180
双车道	400	350	310

13.5.6 主线分流鼻前判断出口的识别视距应符合表 41 的规定。在行车环境复杂、路侧出口提示信息较多时应采用表中的括号值。

表41 识别视距

主线设计速度（km/h）	120	100	80
识别视距（m）	350（460）	290（380）	230（300）

13.6 收费广场及引道

13.6.1 收费广场的平曲线半径不应小于 200 m。

13.6.2 收费广场中心线两侧水泥混凝土路面范围内，纵坡坡度不应大于 2 %，竖曲线半径不应小于 800m。收费站广场不应设置在凹形竖曲线的底部。

13.6.3 收费广场的横坡不应大于 2 %。收费广场布置时，应尽量避免雨水流入收费岛内，难以避免时应在收费广场内设置截排水设施。

13.6.4 收费广场中心线至匝道分岔点的距离不应小于 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；至被交道路平交点的距离不宜小于 150 m，不能满足时，应增加设置等待车道。

13.6.5 收费岛前后水泥混凝土路面最小长度分别为单向收费方式 30m、双向收费方式 25m。收费广场外轮廓线的直线段与渐变段的交点距收费岛头(尾)端部的距离不应小于 20 m。

13.6.6 外侧超宽车道宽度不宜小于 4m，其余收费车道宽度不宜小于 3.5m；收费岛宽度不宜小于 2.2 m。

13.6.7 应以设计当年为基年，根据预测未来第 N 年的交通量，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、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。

13.6.8 匝道收费站收费岛长度宜为 48 m，不应少于 36 m。混合车道岛头至收费亭中心距离不宜小于 27 m，岛尾离收费亭中心距离不宜小于 10 m。

13.6.9 ETC 车道宜设置在道路中心线两侧，设置数量不宜小于收费站总车道数的 40%。出口或入口收费车道数大于 8 条时，可在收费广场中间设置 ETC 车道，减少交通流交织。

13.6.10 收费站入口应设置入口称重检测车道，并做好车辆劝返的交通组织设计。入口货车日平均交通量大于 2000 辆的收费站，应至少设置 2 个以上的称重检测车道。入口称重检测车道设置在外广场时，收费广场中心线至外侧收费广场终点的直线段长度不宜小于 85 m。

13.7 连接线

13.7.1 连接线应根据交通量、道路规划以及行业主管部门相关规定确定技术标准和建设规模。

13.7.2 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。

13.7.3 连接线中的平面交叉应满足以下要求：

a) 平面交叉选型应综合考虑被连接道路的功能、技术等级、交通量、交通管理方式、用地条件和工程造价等因素，选用主交通流畅通、冲突点少、冲突区小的形式；
b) 平面交叉渠化设计应考虑行人和非机动车的通行；
c) 匝道或连接线与连接道路平面交叉的位置距连接道路相邻交叉口的间距一般不应小于 300 m；

d) 平面交叉的交角宜为直角。斜交时，其锐角应不小于 70°；
e) 平面交叉宜设置在被连接道路的直线段上；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；
f) 平面交叉应尽量选择在被交线纵坡较为平缓处；交叉口范围内最大纵坡不宜大于 2 %，条件困难时不应大于 3 %，并避免设置在凹曲线路段；平交口被交线两侧设置有凸型竖曲线时，对交叉口的视距应进行检验。不能满足上述要求的，应另行选址或对平交口进行改造。

13.8 服务区（停车区）设施

13.8.1 服务区（停车区）设计方案应结合地形、地质情况及主线排水设施等条件，合理布置停车场、建筑物及给排水等设施、设备。
13.8.2 服务区（停车区）建设规模、基本功能设置应符合 JTG B01、JTG D80 的要求。
13.8.3 服务区（停车区）用地规模应符合《公路工程项目建设用地指标》（建标〔2011〕124 号）的规定要求，并应充分考虑场地边坡、挡墙、边沟等的用地需求。服务区可采取设置可转换停车位等措施，集约利用土地资源。
13.8.4 服务区（停车区）应按照“便捷、智慧、绿色、共享”的目标，借助人工智能、大数据、5G、云计算等技术，打造“人、车、生活”交互的智慧服务系统。
13.8.5 服务区（停车区）宜根据主线纵坡情况，设置货车加水设施和轮胎降温设施。
13.8.6 服务区场地填筑质量应严格控制，填筑前应先清除基层草皮、树根、腐殖土等，然后碾压密实。填筑材料采用宕渣（土石混合料），填料最大粒径不大于 10 cm，最小强度(CBR)值不小于 5 %。填方应分层压实，场地设计标高以下 4 m 范围内的分层虚铺厚度不应大于 0.3 m，每层压实土重型压实度应不小于 94 %；场地设计标高以下 4 m 范围以外的分层虚铺厚度不应大于 0.6 m，每层压实土重型压实度不小于 90 %。

14 预留与预埋设施

14.1 一般规定

14.1.1 预留预埋设计应遵循安全性、前瞻性、协调性、经济性、耐久性原则。
14.1.2 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。桥梁除湿、电梯、桥检车、健康安全监测系统等设施预留预埋应做专题设计。
14.1.3 全线应敷设干线通信管道，采用中压集中供电的区域内应敷设中压电力管道；互通区应敷设相应进出站管道。
14.1.4 预留与预埋设计应依据主体工程设计文件，结合机电设施和安全设施的布设及智慧公路需求统筹考虑、综合设计。
14.1.5 预留与预埋设施应与土建各类设施紧密结合，以确保沿线机电设施、安全设施的安装以及机电管道等的敷设。

14.2 路基预留与预埋设施

14.2.1 干线通信管道可采用高密度聚乙烯（HDPE）硅芯管（Φ40/33 mm）、HDPE 双壁波纹管（Φ110/100 mm）或集束微管。硅芯管一般采用 18 孔，HDPE 双壁波纹管一般采用 6 孔，集束微管内管孔数一般采用 18 孔。硅芯管技术指标应满足 JT/T 496 的相关规定，集束微管技术指标应满足 YD/T 1460.2 和 YD/T 1460.3 中的相关规定。

14.2.2　整体式路基段通信管道宜敷设在中央分隔带内，电力管道宜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。

14.2.3　中央分隔带人孔井尺寸宜采用 1 800 mm（长）×1 200 mm（宽）×1 470 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 400 mm，管道顶部距人孔上覆底部的净距不应小于 300 mm。

14.2.4　中央分隔带人（手）孔与超高路段集水井间距小于 10 m 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 1 800 mm（长）×1 500 mm（宽）×1 620 mm（深）。

14.2.5　根据地下水位情况，人孔的建筑程式可按表 42 的规定确定。

表42　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）

14.2.6　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。

14.2.7　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 300 mm，并距离土路肩外边缘线应大于 150 mm。

14.2.8　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 1 200 mm 时，可缩小手孔井宽度，手孔井内最小净距不应小于 700 m。

14.2.9　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。

14.2.10　路基段应布设横穿管道(2 孔Φ100 mm)，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 1 000 m，中间应增加布设，布设间距应不大于 1 000 m。横穿管道埋设深度应不小于 800 mm，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。

14.2.11　路基段预留与预埋设施除根据机电设施工艺要求设置外，每隔 400 m 宜为无线通信、交通感知等智慧公路设施预留 1 处横穿通信管道，横穿管道设计遵循冗余性原则，宜布设 2 孔Φ114 mm×4 mm 镀锌钢管。横穿管道埋设深度应不小于 800 mm，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。

14.2.12　两条相交高速公路的干线通信管道应连通。

14.3　桥梁预留与预埋设施

14.3.1　桥梁预留与预埋设施包括标志、机电设施、机电管道以及防雷接地等，设施基础的预留预埋宜与桥梁护栏结构综合考虑。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。

14.3.2　出口匝道上游 2 000 m 以内、隧道入洞口上游 800 m 以内两种路段的交通标志设置在大桥、特大桥上时，桥梁应进行相关预留设计，采用门架式支撑结构。

14.3.3 大桥、特大桥预留与预埋设施除根据机电设施、安全设施工艺要求设置外，左右幅每隔 400 m 宜为无线通信、交通感知等智慧公路设施预留 1 处单悬臂式支撑结构基础，每隔 2 km 至少预留 1 处门架式支撑结构基础。

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

14.3.5 通信管道过桥应采用管箱或非钢制桥架，材质可选用玻璃钢、聚氨酯等，产品应符合 GB/T 24721.2、JT/T 1034 中的相关要求。

14.3.6 电力管道过桥宜采用钢制电缆桥架，常年潮湿、易腐蚀地区宜采用非金属过桥设施。

14.3.7 安装机电设施的桥梁应做防雷接地专项设计。

14.4 隧道机电预留与预埋设施

14.4.1 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。

14.4.2 射流风机配电洞室对应风机布设位置沿隧道行车方向左侧布置。

14.4.3 照明配电洞室沿隧道行车方向左侧布置，行车方向入洞口第一个照明配电洞室应在距洞口 30 m～150m 之间，往洞内（从洞口起计）每隔 500m～600m 增设一个，行车方向出洞口最后一个照明洞室应控制在距隧道出洞口 30 m～60 m 之间。距离隧道两端洞口最近的隧道照明洞室均需配有照明环形槽。

14.4.4 区控与电源设备洞室系统内说明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 30 m～100 m 之间，往洞内（从洞口起计）每隔 500 m～600 m 增设一个。

14.4.5 视频设备洞室沿隧道行车方向右侧布置，两端洞口第一个视频设备洞室应在距洞口 50m～80m 之间设置，隧道洞内视频设备洞室设置间距不宜大于 120 m，当隧道平曲线半径较小时，视频设备洞室应进行加密设置。

14.4.6 紧急电话洞室沿隧道行车方向右侧布置，行车方向入洞口第一个紧急电话洞室应距洞口 210 m～250 m，隧道内紧急电话洞室设置间距不应大于 200 m。隧道内紧急停车带处宜增设 1 处洞内紧急电话洞室。

14.4.7 隧道火灾探测报警和消防设施预留预埋应符合下列规定：

a) 隧道火灾探测报警洞室沿隧道行车方向右侧布置，宜与消火栓（灭火器）洞室合建。
b) 隧道内消防设施仅设置灭火器时，灭火器箱洞室单侧设置间距不应大于 50m，第一个洞室距洞口应不大于 30m。单洞双车道隧道应沿行车方向右侧设置，单洞三车道隧道宜在左右两侧交错设置，单洞四车道隧道应在左右两侧交错设置。
c) 隧道内设置消火栓时，宜与灭火器合并设置，单洞双车道隧道单侧设置间距不应大于 50m，第一个洞室距洞口不宜大于 25m；单洞三（或四）车道隧道消火栓洞室沿行车方向右侧设置间距不应大于 40 m，左侧灭火器洞室宜结合消火栓洞室交错设置。
d) 隧道内设置泡沫喷雾系统时，泡沫喷雾洞室应与消火栓洞室分开设置，且净距离不小于 3 m。设置泡沫喷雾系统范围内，单洞双车道隧道宜每隔 50 m 设置一处，单洞三（或四）车道隧道宜每隔 25 m 设置一处。
e) 隧道消防供水干管宜设置在弱电缆沟内。

14.4.8 隧道洞口区域设置变电所有困难时，应在隧道内距洞口 20 m～150 m 内设置洞内变电所。变电所主门设置在行车方向入洞口端。

14.4.9 射流风机配电洞室、照明配电洞室、区控与电源设备洞室、紧急电话洞室尺寸宜采用 2 000 mm（高）×1 800 mm（宽）×850 mm（深），洞室下边缘与检修道路面齐平。

14.4.10 视频设备洞室尺寸宜采用 650 mm（高）×400 mm（宽）×240 mm（深），洞室下边缘距检修道路面高度应为 1 350 mm。

14.4.11　单一灭火器的洞室尺寸为650㎜（高）×800㎜（宽）×240㎜（深），灭火器与火灾探测报警设备合设的洞室尺寸为650 ㎜（高）×1 200 ㎜（宽）×240 ㎜（深），洞室下边缘距检修道路面高度应为700 ㎜。

14.4.12　包含灭火器的消火栓洞室尺寸为1 260 ㎜（高）×2 200 ㎜（宽）×320 ㎜（深）。并在洞室下距洞室左边缘950㎜处预留与洞室等深支管管槽，槽宽宜为550㎜，槽底宜与消防管沟下缘平。消防灭火洞室下边缘距检修道路面高度应为700 ㎜。

14.4.13　泡沫喷雾洞室尺寸为1 260 ㎜（高）×2 200 ㎜（宽）×400 ㎜（深）。并在洞室下边缘距洞室左、右边缘各230㎜处，洞室上边缘距洞室左、右边缘各330㎜处，分别预留与洞室等深支管管槽，其中下槽宽为500㎜，槽底与消防管沟下缘平；上槽宽为300㎜，槽顶距检修道路面高度应为3000㎜。泡沫喷雾洞室下边缘距检修道路面高度应为700 ㎜。

14.4.14　强电缆沟横断面应不小于650㎜（宽）×800㎜（深）。弱电缆沟横断面应不小于760㎜（宽）×750 ㎜（深）。

14.4.15　射流风机、紧急电话、有线广播等机电设施应考虑与相关洞室及电缆沟、槽连通的管道预埋。

14.4.16　隧道内变电所横洞断面尺寸可参照车行横通道，地面标高宜低于路面标高300 ㎜，横洞内宜配置房屋建筑。

14.4.17　隧道内强弱电缆沟之间应在路面下预埋线缆连接管，管材宜采用Φ114 ㎜×4 ㎜镀锌钢管。宜埋设于照明、通风、监控、紧急电话洞室、洞内变电所、车行横洞及两端洞口内5 m～10 m处。各洞室处预埋2根连接管，洞内变电所、车行横洞、洞口处预埋6根连接管。

14.4.18　隧道内左右线强电缆沟之间应在人行横通道内预埋线缆连接管，管材宜采用Φ114×4㎜镀锌钢管。每处人行横通道预埋2根连接管。

14.4.19　隧道洞口外机电管道、电缆沟、人（手）孔、变压器井和交安设施等各项设施应结合边坡和排水设施等统筹考虑、综合设计。

14.4.20　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 ㎜×5 ㎜镀锌扁钢与结构钢筋焊接，并引至电缆沟做为接地极。

14.4.21　隧道内射流风机、情报板、车道指示器等机电设施和安全设施等安装预埋件应根据设备工艺要求设置。支撑射流风机的结构承载能力应不小于风机实际静荷载的15倍，风机安装前应做支撑结构的荷载试验。

15　沿线监控

15.1　一般规定

15.1.1　沿线监控外场设施总体布置设计应按JTG B01要求、《高速公路监控技术要求》（交通部2012年第3号公告）监控设施分级规定，结合高速公路整个监控系统的设计和营运管理需求，确定高速公路沿线监控外场设施的位置及基本设置要求。沿线监控外场设施应与本路段整个监控系统相协调。

15.1.2　沿线监控外场设施应根据交通量和相应路段构筑物布设等进行总体设计、分期实施，预留预埋按一次设计要求进行配置；有条件的路段宜围绕运营安全和运营效率，结合路段自身特点、交通量及技术应用成熟度，提升全路运营管理智慧化水平。

15.1.3　沿线监控系统包括信息采集、发布和传输，中控室配置，设备供配电和防雷接地等设计内容。

15.2　设置要求

15.2.1　沿线监控外场设备应根据公路线型指标、车辆运营状况、构筑物布设、气象条件等进行布设。以速度控制、信息提示为主要控制手段，实现路段区域内交通状况检测和交通控制功能。

15.2.2 停车视距不足、长下坡等特殊路段，应在其前方100m处设置信息采集、监视、速度控制和信息提示等设施。

15.2.3 互通、枢纽、服务区、桥隧相连等路段附近应设置摄像机、车辆检测器等信息采集设施。

15.2.4 小半径平曲线路段前方100m～150m宜设置摄像机、车辆检测器等信息采集设施和可变限速标志、可变信息标志等速度控制和信息提示设施。

15.2.5 多雾路段宜设置车辆检测器、能见度检测器等信息采集设施和路侧行车诱导、可变限速标志等信息发布设施。

15.2.6 恶劣天气多发路段应设置气象/能见度检测器、摄像机等信息采集设施并配合可变信息标志等信息发布设施进行交通控制和诱导。

15.2.7 受长大隧道、桥梁等构筑物影响的互通宜设置可变信息标志。

15.2.8 服务区（停车区）宜设置交通检测、视频监控、信息发布等监控设施，提高服务区（停车区）动态监控和出行信息服务能力。

15.2.9 服务区（停车区）前宜设置可变信息标志等信息发布设施，用于停车位剩余接待容量、油品等信息服务。

15.2.10 避险车道的沿线监控外场设备宜从安全设施、监控设施、通讯设施、供电照明设施等多角度考虑设备布设。

15.3 综合管理要求

15.3.1 沿线监控外场设备应设置避雷针、浪涌保护器、接地网等防雷接地设施。

15.3.2 沿线路段宜结合路线线形条件、服务区特点、交通量和新一代信息技术应用成熟度，提高智慧化管理和服务水平。

15.3.3 沿线监控设施根据路线情况、隧道长度结合交通工程及沿线设施总体设计要求，设置监控中心、监控站（所）和救援站。

16 环境保护

16.1 一般规定

16.1.1 应按照项目环境影响评价报告书、项目水土保持方案报告书及相关批复、JTG B04等的要求，进行环境保护专题设计。

16.1.2 声屏障结构应具有抗冲击、防腐、防振和抵抗风、雨、雪、雹等各种自然灾害的能力。

16.1.3 沿线设施在建设、营运各阶段排放的污水应符合国家和地方有关规定。路基、桥梁等径流雨水的水环境污染防治措施应满足本标准中其他相关专业的要求。

16.1.4 绿化设计应符合DB33/T 2062的要求，满足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置绿化景观点。

16.1.5 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。

16.1.6 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。

16.1.7 应合理选择取弃土场位置，并及时做好绿化或复垦等工作。取土场宜选择植被稀疏的丘陵、山包等荒地、荒坡，并与当地政府协商确定取土范围和深度。弃土场宜选择在洼地或不易受水流冲刷的荒沟、荒地，并应分级填筑弃土。

16.2 水环境污染防治

16.2.1 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、隔油池和生化处理设备，对生活污水、厨房废水进行相应处理，达到项目环境影响报告书的相关要求后排放或回用。

16.2.2 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 GB/T 18920 的要求，并宜集中设置在一侧。

16.2.3 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 10 t/d～40 t/d 不等，服务区处理能力可取 200 t/d～400 t/d。

16.2.4 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。

16.3 声屏障

16.3.1 声屏障环境保护设施应依据环评报告和环评补充报告进行设计和实施。声屏障的高度、长度应根据环评报告和环评补充报告要求确定，设计时应考虑噪声衰减量、屏障与声源及接受点三者之间的相对位置以及公路线形等因素。

16.3.2 声屏障屏体的设计使用年限不应小于 15 年，主体钢结构的设计使用年限不宜小于 30 年，钢筋混凝土结构设计使用年限不宜小于 50 年。设计应明确运营期间声屏障定期维护保养及专项安全检查和检测的相关要求。

16.3.3 声屏障应设在靠近声源处。路基段声屏障内侧距路肩边缘不宜大于 2 m，且不应侵入高速公路建筑限界，基础形式可采用钢筋混凝土独立基础、条形基础、桩基础等；桥梁地段可结合钢筋混凝土护栏一并设置。

16.3.4 声屏障基础、立柱、屏体结构、连接件等材料应符合 GB/T51335 的有关规定，钢立柱、金属屏体、外露锚栓等应进行耐久性设计，根据设计使用年限和所处环境类别确定应采取的防腐技术措施。

16.3.5 声屏障的结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计计算。

a) 承载能力极限状态应包括：构件或连接的强度破坏、脆性断裂，结构或构件丧失稳定，结构倾覆；
b) 正常使用极限状态应包括：影响结构正常使用或危害公路行车安全的变形，影响声屏障降噪效果的变形和局部损坏；
c) 按承载能力极限状态设计声屏障结构时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合；按正常使用极限状态设计声屏障结构时，应考虑荷载效应的标准组合；
d) 声屏障结构设计荷载应包括声屏障结构自重、风荷载、雪荷载、车致脉动荷载及其他荷载。声屏障的设计荷载应根据使用过程中可能同时作用的荷载进行组合，并按最不利条件进行设计。荷载取值及荷载组合应符合 GB 50009 和 GB/T 51335 的规定要求。

16.3.6 桥梁段声屏障应设置防坠落装置。在桥梁伸缩缝处应设置相应的构造措施，防止因伸缩缝两侧桥梁相对位移引起的屏体脱落。

16.3.7 桥梁段声屏障外侧有需检修的设施时，宜设置可开启屏体，方便后期检修养护。

16.3.8 路基段声屏障应结合边坡形式考虑排水构造。

16.3.9 当声屏障连续长度大于 1 000 m 时，应设置疏散和检修用的出口或安全门。

16.3.10 声屏障结构表面不应存在影响行车安全的眩光，其形式和色彩应与周围环境相协调。

16.4 绿化与景观

16.4.1 中央分隔带宽度小于 9 m 路段应设置防眩植物。防眩植物应常绿且枝叶茂密,植物规格与株距应满足 JTG/T D81 中防眩设施的相关要求。

16.4.2 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。

16.4.3　中央分隔带灌木类宜种植在防撞护栏内侧，地被类可采用镶边形式种植在防撞护栏外侧。

16.4.4　中央分隔带宜 2km～6km 变换植物品种或种植形式，可根据设计速度以及桥梁、隧道、互通式立交等节点的位置合理确定段落长度，但不宜频繁变化植物品种。

16.4.5　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。

16.4.6　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。

16.4.7　互通匝道外侧宜列植树形挺拔的乔木，以诱导行车视线；通视三角区视距应满足 JTG D20 的相关要求，三角区内宜选用低矮灌木或地被植物为主。

16.4.8　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。

16.4.9　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。

16.4.10　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。

16.4.11　靠近路肩区域不应栽植浅根性树种、速生树种、落叶树种和落果树种。

16.4.12　分离式路基横断面，当左右幅高差不大于 2 m 时，边坡绿化应采用防眩植物。

16.4.13　服务区、停车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。

16.4.14　停车场绿化应保证视线通透，植物宜以庭荫乔木为主，搭配灌木和草本植物，满足遮阴功能。乔木分支点高度应满足停车位净空高度要求，小型车停车区不低于 2.5 m，中型车停车区不低于 3.5 m，大型车停车区不低于 4.5 m。

16.4.15　加油站区绿化不应选用油脂、毛絮植物，不应遮挡消防通道内行车视线，加油站与消防通道之间不宜种植绿篱或灌木。

16.4.16　建筑周边绿化应考虑植物与建筑门窗的关系，保证建筑通风、采光的要求，乔木种植点与建筑有窗立面的距离不宜小于 5 m。

16.4.17　绿化土层厚度应大于一般植物生长必需的最小土层厚度。

17　建管养一体化监测设计

17.1　一般规定

17.1.1　勘察设计应考虑道路养护与安全运营需求，做好建管养一体化监测设计工作。

17.1.2　复杂地质路段路基、特殊结构桥梁、特长隧道宜进行监测设计。

17.1.3　针对各类构筑物的监测宜采用自动化监测和信息化管理手段。

17.1.4　监测系统由传感器子系统、数据采集与传输子系统、数据处理与控制子系统、结构健康评估子系统等四部分组成，并通过系统集成技术将各子系统集成为统一协调的整体。监测系统宜具有完整的传感、调理、采集、传输、存储、数据处理及控制、报警及状态评估功能，在被监测指标达到一定的报警阈值时，通过短信、声音等方式自动发布报警或预警信息。

17.1.5　监测数据应按要求预留上一级监管平台的接口或直接接入上一级监管平台。

17.2　路基监测设计

17.2.1 对于超过一定高度的挖方土质边坡、挖方岩质边坡、路堤填土边坡、以及深厚软土地基等特殊岩土重点路段，应结合安全等级、地质环境、边坡类型、支护结构类型、变形控制要求和相关标准规范进行监测设计。应明确监测的路基段落、监测点、监测内容和控制标准，并说明施工期及运营期应注意的事项。

17.2.2 施工期和运营期的监测结果均应及时整理分析并反馈给设计及相关部门;设计单位应结合现场地质情况和边坡监测反馈信息，及时对路基边坡设计进行验证、修改和完善；建设单位（或运营管理单位）对监测结果进行及时分析处理。

17.2.3 监测内容主要包括环境监测（环境雨量、环境温度）、地表监测（水平位移、垂直位移、裂缝）、地下监测（深部位移、地下水位）、支挡结构物变形和应力监测、锚杆和锚索应力监测等。在不利季节或灾害性天气中，应提高监测频率。

17.2.4 路基监测设计应明确各类监测指标设施设计，宜对深部测斜孔、GNSS 定位系统终端监测基站和环境雨量监测点位等做好监测设施预留设计。

17.2.5 施工安全监测周期为工程开工建设至交工验收，工程效果监测周期为公路建成运营后不小于 1 年，运营安全监测周期可根据实际需求确定，监测频率和预警控制标准应符合设计和相关规范的要求。

17.3 桥梁监测设计

17.3.1 单孔跨径 500 m 以上的悬索桥、单孔跨径 300 m 以上的斜拉桥、单孔跨径 160 m 以上的梁桥和单孔跨径 200m 以上的拱桥应进行监测设计，其他桥梁结构亦可根据实际需求进行监测设计。系统建设应与桥梁建设同时设计、同时施工、同时验收。

17.3.2 根据运营环境、桥梁类型、结构特点、结构危险性分析、结构设计和监测功能定位，可对桥梁结构的作用与环境、整体与局部响应、动力特性等进行监测内容、指标和测点设计。

17.3.3 桥梁监测的传感器选型应满足量程、测量精度、分辨率、灵敏度、动态频响特性、长期稳定性、耐久性、环境适应性和经济性等要求，宜便于系统集成。传感器安装前应进行必要的标定、校准或自校，并在实验室进行一定时间周期的联调联试。

17.3.4 桥梁监测数据采集与传输应确保获得高精度、高品质、不失真数据，数据采集制度应包括数据采集方式、触发阈值和采样频率的确定。数据处理应能纠正或剔除异常数据，提高数据质量。数据管理应具有标准化读写接口，应考虑数据的结构化、安全性、共享性以及使用友好性和便捷性。

17.3.5 桥梁监测周期宜根据实际需求确定，新建桥梁健康监测周期宜不小于 3 年；监测过程中应及时整理桥梁动静态响应数据，绘制监测数据时程曲线，分析桥梁结构状态及其发展趋势；监测数据出现异常导致报警时，应结合实际情况分析原因，并通过提高监测技术手段降低误报率。

17.4 隧道监测设计

17.4.1 软岩大变形、高水压、特殊不良地质地段，以及四车道及以上超大跨的新建山岭隧道，应在设计阶段提出长期监测要求并适时开展监测。新建隧道运营期出现中等及以上病害且具有发展趋势时，宜开展长期监测，病害消除后可终止监测。

17.4.2 应根据隧道工程地质条件、周边环境、埋深、结构特征及运营养护要求，制定长期监测设计方案，明确运营期的监测范围、 断面位置、项目、测点、方法、频率及预警值等技术要求。应重点监测净空收敛、拱顶下沉等项目，处于高水压地段、强烈大变形地段、滑坡带且地层有滑移趋势地段、四车道及以上超大跨等山岭隧道，还应针对性增加受力监测项目。

17.4.3 宜以自动化监测为主，人工监测为辅。仪器设备应稳定、可靠，使用寿命应与监测时限相适应，方便维护、更换，仪器设备失效应及时更换或采取其他有效措施，保障监测数据的连续性、一致性。

17.4.4　监测数据分析应在剔除异常数据后，分析结构变形、受力、环境等监测物理量的时程变化及其相关性，并预测发展趋势。应根据结构安全要求，分析结构变形、受力等对结构、行人、行车安全的影响程度，并结合监测项目的累计变化量、变化速率，设置合理的预警值和报警值。

17.4.5　应建立隧道监测技术档案，并宜纳入隧道运营管理系统。应收集并合理使用建设期的监测成果及运营期的相关检查、监测数据。监测期间应定期进行软硬件维护。