

# 福建省高速公路贯彻新发展理念

## 设计指南



福建省高速公路集团有限公司

福建省交通规划设计院有限公司

二〇二二年九月

## 前言

1997年12月，福建省第一条高速公路—泉州至厦门高速公路建成通车，福建从此进入了高速公路时代，截止2021年底，全省高速公路通车总里程突破6000公里，路网密度达每百平方公里4.72公里，居全国前列。高速公路作为交通运输体系的主骨架，串联起福建各设区市（综合试验区）、市县、乡镇以及重要岛屿、港口码头、机场、景区，有力地推动了经济社会发展，为福建省决战决胜脱贫和全面建成小康社会提供了有力保障，为高质量发展落实赶超做出了重要贡献。

党的十八届三中全会上，党中央在深刻总结国内外发展经验教训和深刻分析国内外发展大势的基础上提出了“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念（以下简称“新发展理念”），为新时期交通运输的发展指明了方向。“十四五”及未来一段时期，福建省肩负着全方位推进高质量发展超越的重大历史使命和重大政治责任，交通运输行业作为国民经济的基础性、战略性、先导性、服务性行业，正在加快构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通运输体系。根据《福建省交通强国先行区建设实施方案》，到2035年，福建高速公路总里程将突破8500公里，建成交通强国先行区。

设计是公路建设的灵魂和先导。为使新发展理念更好地贯穿于勘察设计的全过程和各个环节，福建省高速公路建设总指挥部（集团）高度重视设计经验总结和新理念设计研究应用推广。省高指（集团）领导全面部署本设计指南编制工作，挂帅成立工作专班，统筹协调集团有关部门、所属单位、省内外同行，全程指导并完成本指南编制。在省高指（集团）指导下，福建省交通规划设计院有限公司成立编制小组，对过去近三十年福建高速公路勘察设计经验进行了系统的归纳和总结，通过理解、吸收新发展理念的内涵、要义，具体编制符合新发展理念要求并适应福建地形地质和工程建设特点的设计原则和方法。

本指南共分为13章，包括总则、总体设计、路线、路基、路面、桥梁、隧道、路线交叉、交通安全设施、服务设施与房建、景观绿化工程、机电工程、监控通信收费设施等。

本指南作为今后一段时期福建省高速公路勘察设计的借鉴和参考，各单位在使用过程中发现问题请及时与省高指（集团）建设管理部联系。我们将认真吸收各方意见和建议，不断完善本指南。

编者

2022年9月

# 目录

<b>1 总则</b> .....	<b>1</b>
1.1 指导原则 .....	1
1.2 总体目标 .....	1
1.3 指南应用 .....	2
<b>2 总体设计</b> .....	<b>3</b>
2.1 设计原则 .....	3
2.2 建设规模与建设方案 .....	4
2.3 统筹协调设计要点 .....	5
2.4 公路功能的拓展 .....	5
2.5 其他要求 .....	5
<b>3 路线</b> .....	<b>6</b>
3.1 设计原则 .....	6
3.2 路线方案比选和优化 .....	6
3.3 主要控制指标与线形设计 .....	8
3.4 其他要求 .....	9
<b>4 路基</b> .....	<b>10</b>
4.1 设计原则 .....	10
4.2 填挖平衡设计及土地资源的综合利用 .....	10
4.3 环境保护和绿色生态修复 .....	12
4.4 路基的建设、养护需求 .....	15
4.5 支挡防护工程的预制拼装和装配化技术.....	15
4.6 滑坡防治与软基处治新技术.....	16
4.7 路基垂直拼宽技术 .....	17
<b>5 路面</b> .....	<b>19</b>
5.1 设计原则 .....	19
5.2 福建省新型组合式沥青路面结构.....	19
5.3 长大纵坡、急弯路段沥青路面设计.....	20
5.4 新型钢桥面铺装技术 .....	21
5.5 温拌沥青路面技术 .....	21
5.6 沥青路面的再生利用 .....	21
5.7 特殊路段差异化设计要点 .....	24
5.8 新旧路面间的拼接设计 .....	24

5.9 路面综合排水设计 .....	25
5.10 沥青路面施工质量监控.....	25
5.11 新型路面材料和新技术的应用.....	26
<b>6 桥梁.....</b>	<b>28</b>
6.1 设计原则 .....	28
6.2 桥梁标准化、装配化设计 .....	28
6.3 全寿命周期成本设计要求 .....	29
6.4 桥梁耐久性设计 .....	31
6.5 管理与养护新要求 .....	31
6.6 桥梁美学与地方发展需求 .....	32
<b>7 隧道.....</b>	<b>34</b>
7.1 设计原则 .....	34
7.2 隧道地质、地形选线要求 .....	34
7.3 洞口设计与环境协调 .....	35
7.4 内轮廓净空断面 .....	35
7.5 隧道衬砌结构 .....	35
7.6 建设、养护便利性设计 .....	36
7.7 隧道环保和节能设计 .....	36
7.8 设计的统一与协调 .....	37
7.9 隧道行车舒适性要求 .....	37
7.10 超前地质预报和监控量测.....	37
7.11 隧道动态设计要点 .....	38
7.12 机械化、预制化、智能化设计.....	38
<b>8 路线交叉 .....</b>	<b>40</b>
8.1 设计原则 .....	40
8.2 互通布局、选址与选型 .....	41
8.3 互通技术指标与线形设计 .....	42
8.4 互通改扩建设计要点 .....	43
8.5 其他要求 .....	44
<b>9 交通安全设施 .....</b>	<b>45</b>
9.1 设计原则 .....	45
9.2 交通标志 .....	45
9.3 交通标线 .....	47
9.4 护栏 .....	47
9.5 视线诱导设施 .....	48

9.6 防眩设施 .....	48
<b>10 服务设施与房建 .....</b>	<b>50</b>
10.1 设计原则 .....	50
10.2 服务区分类与配置标准 .....	50
10.3 服务区总体设计 .....	51
10.4 服务区空间规划与建筑要求 .....	52
10.5 旅游服务设施 .....	54
10.6 收费管理站 .....	54
10.7 绿色建筑设计 .....	55
<b>11 景观绿化工程 .....</b>	<b>56</b>
11.1 设计原则 .....	56
11.2 绿化规划与苗木品种的选择 .....	56
11.3 精细化景观与绿化设计 .....	57
<b>12 机电工程（照明、供配电及水消防） .....</b>	<b>63</b>
12.1 设计原则 .....	63
12.2 永临结合供电模式的应用 .....	63
12.3 中压供配电系统 .....	63
12.4 LED 绿色节能照明及智能调光系统 .....	64
12.5 新能源储能供电技术 .....	64
12.6 隧道消防给水系统设计 .....	64
<b>13 监控通信收费设施 .....</b>	<b>66</b>
13.1 设计原则 .....	66
13.2 监控设施 .....	66
13.3 通信设施 .....	67
13.4 收费设施 .....	68
13.5 人工智能、北斗、数字化等新技术应用 .....	68

# 1 总则

## 1.1 指导原则

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，以创新、协调、绿色、开放、共享“五大发展理念”（以下简称“新发展理念”）为遵循，围绕建设“交通强国”示范区，建设耐久、安全、经济、绿色的高速公路，提供高质量服务，做到服务经济发展、服务民生生活、服务国防建设，使高速公路与沿线区域生态旅游、乡村振兴、特色产业、历史文化等深度融合，拓宽山海协作通道，助推美丽城镇和乡村振兴，增强人民群众的体验感、获得感、幸福感，为交通强国建设提供福建经验。

## 1.2 总体目标

发挥设计作为工程建设的基础和先导作用，积极贯彻落实新发展理念，体现福建特色，打造福建样板，从品牌效应、创建经验等方面形成全国领先的高速公路贯彻落实新发展理念设计示范样板，并在实践中不断总结经验加以完善，创新提升高速公路规划、设计、建设、运营技术水平，为各参建单位在高速公路全生命周期运用和贯彻新发展理念提供参考，塑造全国闻名的高速公路品牌形象。

**注重设计创新。**加大公路低碳、智能、生态、安全技术的开发，积极应用国内外公路新技术、新工艺、新材料、新设备，提高关键设计建设新技术消化吸收再创新，提升高速公路标准化、信息化、数字化、精细化设计水平，为智能、绿色、低碳高速公路建造、养护、运营提供设计源头技术支撑。

**注重统筹协调。**深化总体设计，协调公路各分项专业之间、主体工程与附属工程之间的设计目标和技术要求，使整个项目设计原则一致、专业衔接紧密、文件组成齐全、造价控制合理、外部环境融洽。统筹资源利用、能源消耗、污染排放、生态影响、运行效率、功能服务之间的关系，寻求公路、环境、社会等方面的系统平衡与协调；统筹公路规划、设计、建设、运营、管理、服务全过程，协调公路与地理区位、地质条件、生态环境、周边产业、旅游资源、耕地林海等资源要素的关系，促进高速公路与城市发展、产业规划、乡村振兴及其他基础设施建设协调可持续发展。

**注重绿色低碳。**树立生态优先理念，加强公路与国土空间规划“三区三线”的衔接，避让自然保护区、水源地保护区、生态环境敏感区，完善生态环境敏感路段跨河桥梁排水设计。积极应用节能技术和清洁能源，应用山区、沿海及重要生态功能区沿线生态修复技术，加大公路钢结构桥梁、交通基建装配式施工建筑技术应用、高速公路服务区污水循环利用和雨水资源综合利用，提升高速公路的生态示范性。

**注重开放共享。**设计应展现福建历史文脉、海洋文化、“五福文化”和地方特色，突出区域文化特征和特色发展品牌，体现和促进开放开发和经济交流；以各地传统文化、优质旅游资源为本底，提升沿线设施服务水平，提升高速公路的服务示范性，促进山海合作和开放发展。与其他交通方式共享通道线位资源，统筹公路与铁路、普通公路线位走廊和江河通道布局；与其他社会各行业共享土地、岸线、环境及通道线位资源；充分考虑全社会共享需求，开展公路线内线外工程、永临

结合工程、公路和地方共用服务设施共享设计，做到“一方建成、多方利用”、“一次建成、长期使用”。

### 1.3 指南应用

#### 1.3.1 使用范围

本指南主要适用于福建省新建、改扩建的高速公路项目。

#### 1.3.2 使用对象

本指南的使用对象是福建省高速公路的建设、设计、施工、监理及咨询等相关单位。

#### 1.3.3 与相关规范的关系

本指南在参考国家、福建省相关规范、标准的基础上，结合福建省高速公路建设的实际需求制定而成，本指南对高速公路建设与运营提出了更高的要求，但不替代相关规范、标准的作用，福建省高速公路建设仍应符合国家、福建省各专业现行规范、标准的要求。

#### 1.3.4 规范性引用文件

- 《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）；
- 《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）；
- 《公路路基设计规范》（JTG D30-2015）；
- 《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2017）；
- 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362-2018）；
- 《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）；
- 《道路交通标志和标线》（GB5768）；
- 《公路交通标志和标线设置规范》（JTG D82-2009）；
- 《环境空气质量标准》（GB3095）。

## 2 总体设计

### 2.1 设计原则

**2.1.1 综合最优化设计理念。**建立综合最优化设计评价系统，坚持设计创作、精益求精的原则，加强总体设计，全局性、统领性地进行路线、路基路面、桥涵、隧道、互通、交通工程及沿线设施、环保景观等专业设计。通过最优化设计，达到路线平纵横断面的最优布置、路基防护及排水的集约与环保、桥梁及隧道结构的安全与耐久、互通立交的最优布局、交通工程及沿线设施布局的以人为本、景观绿化的自然协调。通过综合最优化设计，达到公路与沿线自然、人文、社会的和谐，并通过精细化设计提高设计质量、降低工程实施难度、节省工程造价。

**2.1.2 全寿命周期成本设计理念。**树立全寿命周期成本的理念，既要注重项目初期的建设成本，也要注重后期的维修和养护成本。遵循建、管、养一体化设计理念，注重建设质量和工程耐久性，并将严格控制工程投资贯穿到项目设计、建设的各个环节，精心设计、优化设计，有效的控制建设成本；汲取以往项目养护和运营管理中所取得的经验，尽可能减少后期维护费用，延长使用寿命；采用新技术、新材料、新工艺等提高工程技术含量，以达到最佳的技术经济效益。

**2.1.3 灵活性设计理念。**在充分掌握现有技术标准、规范的基础上，确保安全与功能的同时，通过合理选用标准，灵活运用技术指标，最大限度维护公路与沿线自然、人文环境的协调。可通过布置不同路基断面形式、选用适宜的防护形式、结合地形选择合理桥梁墩台及隧道洞门形式、测区场地条件下的变异互通形式等灵活性设计措施，降低施工难度、节约工程造价，并有利于后期的管理养护。

**2.1.4 宽容性设计理念。**树立“以人为本、预防、容错、纠错”宽容性设计理念，系统提高公路行车安全性。采用运行速度设计降低相邻路段容许速度差，达到线形的连续均衡，并按照运行速度设置合理的曲线要素、超高等，全面提高线形安全性；通过设置合理的路侧净空，如采用低路堤、宽平台、缓边坡等提高道路安全性；设置宽容性的路侧结构物，如路边震动带、护栏、缓冲垫、可解体消能的标志杆柱等，为侵入路侧车辆提供安全保护。

**2.1.5 标准化设计理念。**以推进模块化建设为方向，深入推广标准化设计，鼓励构件设计标准化和通用化，促进设计标准化和施工标准化的有机结合；大力推进预制拼装结构，尽量减少混凝土现浇结构，缩短建设工期，降低工程建设对环境的影响。

**2.1.6 公路设计应依靠科技进步，创新理念，积极推广应用资源节约集约利用、生态保护、环境污染控制、节能降碳、安全智慧及提升服务等方面的新技术、新工艺、新材料、新装备。**

#### **2.1.7 公路建设项目应构建动态设计与多方联动机制：**

1 坚持动态设计制度，以施工为重点，根据施工进展及发现的新问题，实施持续设计，确保工程建设质量。

2 建立参建单位多方联动机制。畅通建设、设计、施工、监理单位之间的沟通联系渠道，以联席会议为纽带，发挥各方在工程质量管理中的作用。

2.1.8 公路设计应采用现代信息技术手段，大力推广 BIM 正向设计，实现高速公路从项目前期、项目实施、项目运营养护全生命周期数字化，全面提升公路建设、运营服务的智能化水平，推进智慧交通建设。

2.1.9 总体设计应统筹考虑工业化、装配化的需求，为工业化、装配化的应用创造条件。

## 2.2 建设规模与建设方案

2.2.1 公路规划阶段，应深入调查、分析、研究社会经济发展、区域产业布局、交通运输需求的分布和发展、区域人民生产和生活的出行需求及占用土地情况，科学、合理地进行路网布局。

2.2.2 公路建设项目立项研究阶段，应根据区域社会经济的发展需要，现有路网状况和交通发展需求，综合考虑环境、土地、资金等条件，科学论证项目建设必要性和建设规模，提高决策的科学性。

2.2.3 公路建设项目工程可行性研究阶段，应在深入调查项目建设环境的基础上，科学论证比选走廊带和主要控制点，合理确定公路技术标准和建设规模。应采用避让国家法律、法规、行政规章及规划确定的或经县级以上人民政府批准的需要特殊保护的地区、生态敏感与脆弱区及社会关注区的建设方案。确因工程条件及自然因素限制，需穿越自然保护区实验区、风景名胜区核心景区以外范围、饮用水水源二级保护区或准保护区的，应当事先征得有关主管部门同意。

2.2.4 国家战略通道、重要城市绕城高速公路、城际高速公路宜采用设计速度100km/h、双向六车道及以上技术标准。

2.2.5 沿海高度城镇化地区选线，应结合项目周边交通出行需求、交通量发展趋势以及周边城镇规划从绿色低碳发展、土地资源集约利用等方面进行走廊空间综合规划利用。特别是扩建、扩容项目走廊带比选论证，充分发挥立体扩容在交通组织、土地资源集约利用的优势，推进高速公路扩建向绿色低碳、立体化、集约化转型。

2.2.6 高速公路互通及绕城高速出入口可结合城市快速路网、智慧交通灵活布设。另外，总体设计还应充分考虑智慧交通在路网交通流组织、隧道智能化监控与管理等方面的应用。

2.2.7 总体设计应预留改扩建条件，尤其注意缓和曲线长度，并预留改扩建控制红线、结构物下部基础的承载力以及与铁路交叉的净空。

2.2.8 改扩建工程应按照“统筹规划、合理布局、集约高效”原则，统筹利用运输通道资源，充分发挥原路资源作用。并细致梳理现状高速运营情况，分析事故发生原因，安全利用原有设施，消除原有高速公路安全隐患。

2.2.9 提升长大隧道等特殊路段的通行能力：

1 在通行能力验算时应考虑隧道导致运行速度的折减，结合车道数、交通组成和驾驶人员行为特征计算高速公路实际通行能力。

2 双向四车道高速公路、城市主要高速公路、城际高速公路在工程可行性研究阶段，要进行隧道与路基同宽的比选。

- 3 隧道照明应与设计速度相适应，并结合驾驶人员对光线环境变化的适应规律进行人性化设计。
- 4 加强隧道洞壁亮化设计，改善洞侧环境，减轻驾驶员视觉疲劳，营造轻松、和谐的行驶氛围。
- 5 长隧道、特长隧道，以及互通与隧道距离较近路段，经交通安全评估论证后，隧道段可结合交安措施允许车辆变换车道。

## 2.3 统筹协调设计要点

### 2.3.1 总体设计应结合城市、重点集镇发展统筹考虑：

- 1 穿越城镇规划区的可通过设置高架桥结合辅路方式集约通道资源，预留发展空间。
- 2 路基侧有村庄聚落时，应保证横向通道净空，满足特种工程车辆、消防车辆通行要求。
- 3 互通立交宜充分利用竖向空间以节约土地。
- 4 绕城（穿城）高速公路出入口宜结合城市快速路网综合布设，实现“高快一体”建设。
- 5 根据城镇规划，桥梁、路基应预留声屏障的设置条件。

### 2.3.2 通过大江大河的桥梁宜预留人行道、非机动车道：

- 1 宜预留人行道（或非机动车道）与机动车道之间应做好分隔设施，人行道及非机动车道的出入口应与地方道路做好衔接设计。
- 2 应充分考虑远期发展，适当加宽预留，有条件时单向机动车道宜不少于 3 条。

## 2.4 公路功能的拓展

2.4.1 山区高速公路考虑土地资源集约利用，应根据与地形地貌、周边环境和主线关系，设置和布置服务与管理区：

- 1 服务区选址宜结合落实乡村振兴战略要求，选择在旅游景区、产业园区或镇村附近，并做好路内路外共用规划。总体设计应结合地方特色，与地方旅游结合，打造开放式服务区。
- 2 原则上按单侧设置和布置服务与管理区。
- 3 在条件许可时，可与互通结合布设。
- 4 服务区设计应预留其扩建、飞行工具停留条件。
- 5 主线平纵线形应根据路网规划、地方需求等预留未来新增服务区的条件。

2.4.2 通过旅游景区或有观景要求区域的道路，宜设置（预留）观景台、停车休息区等公路服务设施，拓展公路功能。

## 2.5 其他要求

沿海高速公路有条件路段宜考虑预留军民融合战略通道：

- 1 沿海高速有条件路段，在路线设计时，预留适应军用飞机应急起降的线形条件。
- 2 充分依托高速公路网，统筹加强交通战备体系建设。
- 3 桥梁结构、互通匝道等宜考虑相应的军用车辆等通行要求。

## 3 路线

### 3.1 设计原则

**3.1.1** 按照“统筹规划、合理布局、集约高效、生态和谐”原则，统筹利用运输通道资源，包括：

- 1 鼓励公路与铁路、高速公路与普通公路共用线位通道。
- 2 改扩建公路要充分发挥原通道资源作用，安全利用原有设施。

**3.1.2** 推行生态环保设计。加强生态选线，依法避让自然保护区、水源地保护区等生态环境敏感区（如饮用水水源保护区的一级保护区、自然保护区的核心区和缓冲区、风景名胜区的核心区等），选择有利于建设及营运安全、保护环境、节约投资的路线方案。

**3.1.3** 路线方案应充分考虑公路建设对沿线自然生态环境的影响，尽可能减少拆迁，不占永保地、少占耕田，少干扰居民和学校，保护名胜古迹等；路线设计应注重高速公路与水利、林业、旅游的紧密衔接，注重与沿线自然环境、生态环境、人文环境的整体相协调，体现生态性、观光性、亲水性，满足休闲旅游观光的需要，最终实现道路行车舒适、景观协调、绿色生态、资源共享的总体目标。

**3.1.4** 认真贯彻永临结合理念，集约利用土地资源，取、弃土场选址宜结合地方规划。

### 3.2 路线方案比选和优化

**3.2.1** 结合沿线地形、地貌、水文、地质等自然条件以及沿线主要城镇发展规划、路网布局等进行布线，充分应用生态选线、资源选线、人文选线、地质选线、地形选线、安全选线等技术，因地制宜、就地取材，综合考虑占地、拆迁、设计、施工、运营、养护管理、环境保护、沿线经济和社会效益等因素。

**3.2.2** 在路线方案布设时，综合考虑路线平、纵、横的关系，从本项目的沿线规划、自然人文地理和服务功能等方面，路线布设总体上遵循如下原则：

1 路线方案优化和比选应贯穿勘察设计全过程，对复杂、困难路段进行多方案比选，充分考虑城镇规划与布局、社会和环境等因素，大力推广零弃方、少借方工程方案，减少土地分割，注重公路沿线土地的高效利用开发，全面推进取土、弃土与改地、造地、复垦综合措施，保护土地资源，实现公路的社会效益和经济效益最大化。

2 应充分调查和识别走廊带范围内的生态保护区及敏感区，包括珍稀动植物生态保护区、湿地生态保护区、自然景观保护区、水源保护区等。路线应避让环境敏感区和生态保护区，加强生态环境保护，促进高速公路与生态环境的协调统一。

3 平原、微丘区高速公路，总体方案布设应灵活运用技术指标，充分集约资源，减少对自然生态环境的破坏，实现道路与环境和谐相容，尽可能保持公路经过地区的生态系统和景观的完整性。沿海、沿江、沿湖的高速公路，应做到“显山、露水、透绿”。

4 科学选线、布线，避让基本农田、生态红线，少占耕地，因地制宜采用低路堤和浅路堑方案，避免路基横穿大范围耕地，保护土地资源。路线方案比选要进行不占、少占耕地的比选。

5 坚持地质选线，加强地质调查和勘察工作，避免压覆矿，路线尽量避开不良地质地段、复杂的地质构造带和古滑坡，避免开挖六级以上高边坡。

6 路线方案的布设应综合考虑沿线重要桥梁、隧道、互通立交、服务区等大型构造物的设置条件和协调性，保证线形的均匀连续及大型构造物的结构合理、施工方便和美观要求。

7 路线设计应结合沿线地形、地质条件，在满足汽车运动学与力学要求的前提下，考虑驾驶者在视觉和心理方面的要求，通过对主要技术指标的严格控制和次要技术指标的灵活运用，做到技术指标均衡、组合得当、过渡合理，努力实现人、路、环境的和谐相容。

**3.2.3** 设计要保证线形安全，如互通与互通、互通与隧道、互通与服务区间距、路线纵坡、平曲线组合、隧道长度及进出口、高边坡及特殊桥梁安全性等。

**3.2.4** 在保证线形安全的前提下，通过灵活运用技术指标，做好平、纵、横综合协调，合理考虑土石方平衡、路基填挖高度、桥隧设置、交叉口、互通设置及工程造价的控制等，确定最优线形。

**3.2.5** 路线设计宜尽量保持区域自然水系的原有水文情势，适当提高桥隧比例和桥涵构造物的过洪能力。

**3.2.6** 路线设计应充分考虑相关专业的设计要求：

1 重视路基断面方案确定、路基高边坡控制、桥隧布设、互通位置选择以及结合线形对安全设施的设置等，同时路线布设还应考虑尽量降低结构物施工难度，保证施工安全性。

2 加强陡坡路段整体式与分离式、中心填高 20m 以上的高路堤与高架桥、中心挖深 30m 以上的深路堑与隧道等线路的方案比较。

3 应避免大桥、隧道前后连接深挖路堑或深埋路基的方案。

4 分离式隧道前后线位应尽快合拢为整体式，减少占地。

**3.2.7** 改扩建工程应合理运用技术指标，最大限度提高老路利用率，节约用地、保护环境、合理控制造价。

1 平面扩容

1) 高速公路平面扩容原则上以两侧拼宽为主，尽量避免采用同向分离方案，因条件受限确实需要采用应进行论证。

2) 互通段落的平面扩容可考虑采用单侧拼宽方案，以减少匝道改造规模。

3) 对缓和曲线长度不满足规范要求路段，根据地形条件，在工程规模不大的情况下，可对平面进行调整，使缓和曲线满足要求。工程困难路段，经论证后方可采取将部分超高过渡段插入圆曲线或直线方案。

2 立体扩容

1) 沿海高度城镇化地区选线，应结合项目周边交通出行需求、交通量发展趋势以及周边城镇规划从绿色低碳发展、土地资源集约利用等方面进行走廊空间综合规划利用。特别是扩建、扩容项

目走廊带比选论证，充分发挥立体扩容在交通组织、土地资源集约利用的优势，推进高速公路扩建向绿色低碳、立体化、集约化转型。

2) 基于实测交通数据、交通出行调查以及沿线城市规划，建立交通预测模型，分析交通发展态势及交通流特征，合理确定建设规模和断面空间布局。

3) 结合项目周边交通出行需求、交通量发展趋势以及周边城镇规划进行立体高速通道上下层功能划分，并结合地面层、立体层互通设置，最大限度提升扩容后公路的通行效率和服务水平。

4) 构建双层复合式互通，上下层之间通过匝道转换，新建层可与周边路网直接相连，与既有互通形成功能组团，也可立体层通过地面互通进行转换。

5) 充分利用立体扩容空间，合理优化施工期间交通组织，尽可能减少对现有公路通行的影响。

### 3.3 主要控制指标与线形设计

3.3.1 路线指标不宜低于规范要求的一般最小值，有条件的路段超高不宜大于 4%。

3.3.2 严禁长直线与小半径（超高 > 4%）平曲线组合。

3.3.3 应避免陡坡急弯不利组合，长下坡宜采用较为均衡的纵坡，坡底不宜与小半径（超高 > 4%）平曲线组合。

3.3.4 平纵面线形指标应均衡，不应突变，严禁平纵指标低限值叠加。

3.3.5 隧道洞口段竖曲线半径应满足视觉半径要求，洞外纵坡宜控制在 4% 以下。

3.3.6 主线长下坡底部不应设置互通。确实因地形地质条件不得不在长下坡路段设置互通的，互通距长下坡底部不宜小于 1.5km，主线纵坡宜采用不小于 1.5% 的反坡段。

3.3.7 互通区主线平、纵面指标禁止采用一般最小值及以下的组合。

3.3.8 应加强对长下坡路段的平均纵坡指标控制。山区高速公路连续下（上）坡长大于等于 15km 时，平均纵坡不宜大于 2.0%；大于等于 7.5km 时，平均纵坡不宜大于 2.5%；大于等于 3.5km 时，平均纵坡不宜大于 3.0%；大于等于 3.0km 时，平均纵坡不宜大于 3.5%；大于等于 2.5km 时，平均纵坡不宜大于 4.0%；大于等于 2.0km 时，平均纵坡不宜大于 4.5%。

3.3.9 左侧中央分隔带停车视距验算以及下坡路段货车停车视距验算宜满足运行速度要求。

3.3.10 高速公路内侧车道视距（中央分隔带视距）加宽或中央分隔带加宽设墩应采用线形连续的分离式路线设计。

3.3.11 路线线形指标宜与运行速度相一致，运行速度与设计速度差值有条件段落宜小于 10km/h，不应大于 20km/h。

3.3.12 高速公路主线长下坡的坡顶根据交通安全性评价结果设置加水区、货车强制休息区和避险车道。

3.3.13 避险车道主线分流鼻之前应保证所需的识别视距。

表 3-1 避险车道识别视距

避险车道设计入口速度 (km/h)	120	100	80	60
识别视距 (m)	350	290	230	170
极限值 (m)	315	240	165	115

### 3.4 其他要求

**3.4.1** 山区高速公路应充分利用地形条件，综合考虑平、纵、横三者的关系，结合山区特点灵活运用技术指标，以曲线定线为主，提高线形舒适性、流畅性与协调性，选择整体式、分离式或高低错落式路基等，减少对自然景观的人为破坏。

**3.4.2** 沿山公路路线布设应注意横向填挖平衡，山体缓坡路段可采用半填半挖或挖多于填的路基。山体陡坡路段宜采用沿山桥梁、半桥半路、半路半隧等方式通过，避免高填深挖，应注意纵向土、石方平衡。同时，路线应避让饮用水源保护区或经评估从其下游通过，并设置污水处理池、雨水沉砂缓冲池等工程设施。

**3.4.3** 已通车高速公路新增互通时，保通便道原则上应按照四车道设计，设计速度不小于 60km/h。对长陡坡或纵坡大于 3%路段不应采用开挖原有路基的施工方案，宜采用匝道上跨主线或顶推下穿主线。

**3.4.4** 互通与服务区（停车区）、互通或服务区（停车区）与隧道之间净距小于 1.0km 时，应进行安全性评价，并根据评价结果，采取相应的工程技术措施。

**3.4.5** 互通式立体交叉、隧道、特大桥、服务区等构造物前后，以及整体式路基、分离式路基的分离（汇合）处，应设置中央分隔带开口部，其最小间距应不小于 2.0km，同时宜避开视距不良地段、长坡坡底等路段。

**3.4.6** 穿越或临近城市附近的高速公路，应注重高速公路与城市道路的合理衔接，以“高快一体”建设助力城市高质量发展。

## 4 路基

### 4.1 设计原则

4.1.1 路基设计应遵循“因地制宜、就地取材、集约高效、节约土地、安全经济、绿色环保”的原则，综合考虑地形地貌、地质特点、周边环境、国土规划、建设条件、施工及运营养护要求等因素，实事求是、因地制宜地优选工程方案，并通过精细化设计、技术创新、精准实施等手段，提升工程品质，减少资源消耗，最大限度地恢复自然植被，最终实现道路行车舒适、景观协调、绿色生态、资源共享的总体目标。

4.1.2 路基工程设计不仅要强调经济、技术的合理性，还应综合考虑绿色环保、持续创新、环境协调、资源共享、开放等因素，不仅要关注当前利益，更要关注长远利益。

4.1.3 统筹资源综合利用，集约高效利用土地，尽可能少占或不占耕地，合理设置取弃土场。

4.1.4 加强生态保护，注重自然和谐。路基防护工程应考虑其生态修复功能，在确保安全的前提下，尽量对边坡施以轻型、绿色、生态防护。

4.1.5 贯彻全寿命周期成本理念，提高工程耐久性设计，尽可能减少后期维护费用，延长使用寿命，有效控制工程成本。

4.1.6 注重精细化设计，充分考虑施工难易程度，尽可能做到构件规模化（尺寸统一）、结构预制化、施工标准化。

4.1.7 贯彻节能环保理念，因地制宜地选择安全高效环保的特殊路基处治方案。

4.1.8 发展垂直拼宽技术，推广绿色扩建工程。

4.1.9 提高路基工程在极端气象情况下的抗灾能力，尤其是在台风暴雨或连续强降雨作用下的抗水毁能力。

### 4.2 填挖平衡设计及土地资源的综合利用

4.2.1 贯彻永临结合理念，集约利用土地资源

#### 1 施工便道

施工便道按照优先利用现有道路，其次改建、再次新建的思路设置。新建便道应尽量结合地方长期规划和需要，做到与后期的永久道路相结合。纵向施工便道，应结合地形条件，尽可能将施工便道布设在永久占地范围以内。

#### 2 临时驻地

尽可能租用闲置的学校、政府办公用房或民房。若要新建，应尽量减少临时用地占用，或利用当地未使用的宅基地及周边荒地建设。

#### 3 拌和站、预制场、钢筋加工场等“三集中”临建场地

临建场地尽量放在道路红线内，最大限度减少临时用地占用，可重点考虑设在互通、服务区、收费站等永久场地内。

临建场地应尽量与永久工程结合使用，避免浪费，如隧道洞口前临建场地可以结合转向车道一并实施，路面拌和站可利用合适的弃土场或取土场。

#### 4 施工用电

施工用电尽量做到永临结合。一是永久线路与临时线路架设相结合；二是充分考虑临时变压器、配电柜等重复利用；三是永久性与临时性用电线路考虑与地方 10KV 电力线路相结合，尽量减少架设专线，杜绝架设贯通线。

#### 4.2.2 统筹利用清表土、硬质岩挖方、隧道洞渣

##### 1 清表土的利用

统筹安排清表土（耕作层）的剥离与利用，充分回覆利用表土，可用于中央分隔带、沿线道路绿化，配合互通区、服务区进行景观改造，以及临时用地的复垦等。剩余的耕作层土壤，应集中堆放存储，用于其它工程绿化及国土整治复垦等。

##### 2 硬质岩挖方、隧道洞渣的综合利用

线路方案应从土石方填挖平衡角度出发，减少弃方或借方量，并尽量提高挖方岩石以及隧道洞渣的利用率。

硬质岩挖方及隧道洞渣，合乎条件的加工后可用于构筑物的混凝土集料或路面层集料，其他可用于防护排水工程的圬工，以及涵台背回填、基底换填、路基填筑等各类工程。

土石方调配利用后的余方，可结合互通区内侧边坡优化、服务区场坪高程优化、分离式路基中间填平等微地形处理，尽量考虑路内消化；或者考虑地方土地利用综合规划，用于造地造田，做到尽量利用。

#### 4.2.3 注重路基填挖方设计及取、弃土场的选择

##### 1 路基填挖方设计

###### 1) 严格控制高填深挖路基

当路基中心填方高度超过 20m，中心挖方深度超过 30m 时，一般宜结合占用土地情况进行路桥（隧）方案技术经济比选。

###### 2) 尽量少占耕地

对必须通过耕地集中分布区域的路段，路基设计应通过技术、经济比较，采取以桥代路、设置挡墙、采用加筋陡坡路堤、采用节地型排水沟或压缩护坡道、缩小碎落台宽度等可行措施，减少占地量。

###### 3) 重视路堤内侧填平区设计

山区高速公路填挖较为频繁时，可将填方内侧凹地填平，以解决排水、消化弃土等问题，并可减少边坡防护、取消涵洞或缩短涵长。填平区压实度要求同主线路堤，并做好截排水沟的设计。填平区规模较大，或者外侧填方较高时，应根据地形地质情况，加强基底软弱土换填、基底截排水系统、表层截排水系统、坡脚支挡工程的工点设计。

###### 4) 尽量进行固废利用

公路筑路材料宜尽量就地取材，最大限度地利用地方材料，需借土填筑路堤时，应在技术、经济可行的条件下，考虑利用符合技术要求的工业废渣、建筑垃圾（如渣石、清表土等）及其他建筑工程的废弃土方。

5) 加强半填半挖段路基设计，应结合地形、地层、地下水等情况，进行稳定性分析，尽量杜绝陡斜坡薄填路堤设计。可通过加大台阶开挖、路堤加筋或坡脚设置支挡等措施加强协调变形设计，有条件应尽量采用填石路基。对于地表的坡积土等不稳定地层及基底软弱土层，应予以挖除换填，或者采用复合地基进行处理。

对于山坡地段的填挖交界面，若有地下水或泉眼出露的，应做地下水的引排设计。

6) 孤滚石（岩堆）发育的沟谷填方路段，应加强前期实地调查，做好截排水设计，避免水流下渗，路堤堤身细颗粒流失，造成空腔、塌陷等水毁病害。

## 2 取、弃土场的选择

取、弃土场严禁占用基本农田。根据各路段所需取土或弃方数量，结合路基排水、地形地质情况，按节约土地、利于环境保护等要求进行设计，并力争将取弃土场和改地造田、土地复垦等结合起来，做到国土资源的再生利用。

严禁在路基上方、村庄上方、桥下等设置弃土场，同时应避免陡坡、滑坡体以及易产生工程滑坡或诱使古滑坡复活的地段设置弃土场。

## 4.3 环境保护和绿色生态修复

路基绿化应贯彻“间绿透绿、显山露水”的设计理念，在路域外景色佳如美丽新农村、滨海风景带等段落，应设置低矮灌木，充分展现路外景观，避免种植高大乔木遮挡视线。

### 4.3.1 加强边坡绿色生态设计

边坡绿色生态设计，应树立“尊重自然、保护自然、恢复自然”的理念，采取一切措施，尽快恢复边坡原来的自然植物，使防护工程的植被与周围环境融为一体。根据当地的生态植物结构，将乔、灌、草有机结合、合理配置，恢复其生态平衡，实现人工强制绿化向自然植被的自我繁衍。

#### 1 优化路堑边坡坡率设计

路堑边坡宜适当放缓每级边坡起始处的坡率，使整个坡面在纵向能平顺过渡，与周围山体融为一体，从侧面视觉上消除一刀切的现象。

路堑边坡应尽可能避免“剥皮式”削坡设计，坡率及防护加固工程设计应进行方案比选。

#### 2 加强路域内植被的保护和恢复

路域内植被保护是指对填方边坡坡脚、挖方边坡坡顶、服务区坡顶、服务区及观景台外缘空间等部位的原生植被，在建设期进行保护，必要时应对挖除的植被进行恢复移植。

路域内植被恢复是指对填方边坡、挖方边坡、服务区、弃土场等区域采用乔灌结合的方式进行绿化。植被恢复尽量采用公路周边原有的植物品种，并使其与公路周边的原生植物形成良好的融合及过渡效果。

#### 3 加强边坡生态修复

路基边坡防护工程应考虑其生态修复功能，按照“边坡稳定是前提、自然协调是基础、适地适树是原则、长远效果是目的”的总体原则，在确保安全的前提下，尽量对边坡施以轻型、绿色、生

态防护。生态修复实施本土化策略，尽量选用本地的草种和树种，注意草、灌、乔的搭配与结合，做到与周边生态环境相融合、相协调。

其中，高陡岩质边坡的绿化（成活率、耐久性）是生态恢复的难点、重点。设计应结合自然条件，因地制宜地选择合适的生态防护形式。

#### 1) 厚层基材喷播（TBS 植草灌防护）生态修复技术

适用范围：适用于坡度缓于 1: 0.3 的框架内土石混合边坡、贫瘠土质边坡、风化岩质边坡，坡面较平整且坡度介于 1: 0.3~1: 1.0 微风化岩石、弱风化岩石、碎块状强风化岩石和软质岩路堑边坡防护。

#### 2) 高次团粒喷播(CS 混合纤维喷灌)生态修复技术

用于坡比 1: 0.2~1: 1 各类岩质、岩质破碎路堑边坡，对坡面平整度无特别要求。

#### 3) 土工格室柔性护坡生态修复技术

适用坡度不陡于 1: 0.3 的稳定的岩质、土石混合和土质边坡。

#### 4) 高陡边坡 V 型种植槽工法

用于陡峭（边坡坡度  $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ）的岩质边坡面上绿化，利用锚杆和钢筋混凝土梁板形成种植槽，在槽内填充种植土，以种植乔灌木或爬藤类、悬垂类植物。

#### 5) 生态袋柔性护坡系统

适用于坡度不陡于 1: 0.3 的各类边坡。

#### 6) 种植孔（穴）保育基盘绿化工艺

适用坡度大于 75 度，坡面平整度差且难以修复的岩石边坡。

#### 7) 攀岩、悬垂植物绿化法

适用坡度陡于 1: 0.5 的隧道洞口、挡墙、护面墙段落，在边坡平台种植垂吊性植物及攀援性植物，并可在墙脚前种植低矮灌木，以进一步改善视觉效果。

### 4 加强边坡抗水毁能力设计

加强“M”型边坡在沟槽处坡面的防护，提高其在强降雨作用下的抗冲刷能力。在边坡的边、角位置，应尽量放缓坡度，并进行适当的防护工程设计，确保在降雨条件下的稳定性。

对于（类）土质高边坡，若采用锚固工程设计，锚杆（索）锚固段宜进入碎块状强风化岩石或中风化岩石等有效锚固地层。若缺乏有效锚固地层而又必须采用锚固工程的，应加强锚固工程试验孔设计，根据试验孔张拉情况及时调整设计参数，同时提高锚固力检测频率，加强边坡深孔位移监测，必要时增加锚索应力监测。

对于高液限土、细粒土含量较高的土质边坡，除采用缓坡度、宽平台外，宜在坡脚增设矮挡墙，或增设支撑渗沟等措施。

对于边坡上方存在的既有水渠，应实地核查该水渠现状，评估是否需增设防渗漏措施，或进行渠身改造，以提高其抗渗漏能力。

#### 4.3.2 采用绿色柔性支挡工程设计

##### 1 加筋陡坡路堤

在地形横坡平缓的地段，可以采用加筋陡坡路堤，将填土边坡坡度提高到 1: 0.5~1: 1.25，以大幅减少占地指标。加筋陡坡外侧宜通过包裹植物生长袋进行绿化，并对路堤进行支挡。

## 2 格宾挡墙

在石料丰富的地区，可采用格宾挡墙作为路堤支挡结构。格宾挡墙采用机械编制、具有防腐性能的钢丝笼网，里面填充片块石，逐层码砌形成挡墙，克服了传统刚性挡土墙抗变形能力差、墙后土体积水不易排水等缺点，并可实现墙体植物绿化。

## 3 加筋格宾挡墙

加筋格宾挡墙由格宾墙面和加筋土两部分组成，兼具格宾挡墙和加筋土结构两者优点。在填方高度大、占地受限制、景观要求高路段具有较大优势。

## 4 薄壁式挡墙

在山区高速公路设置高低线的半挖半填路段，中间挡墙宜采用薄壁式挡土墙，以降低对地基的承载力要求，避免挡墙基础过度下挖。薄壁式挡土墙包括悬臂式和扶壁式两种主要型式，一般情况下，墙高 5m 以内采用悬臂式，5m 以上采用扶壁式。

### 4.3.3 排水工程精细化设计

公路路基路面排水应做到防、排、疏相结合，并与路基防护、地基处理等其他处治措施相互协调，结合地形和天然水系，合理布设排水设施方案，形成完善的排水系统。

#### 1 分区段确定水沟尺寸

根据区域特点，降雨强度等对路面及边坡坡面进行设计径流计算，结合水力坡度等，分区段确定水沟的尺寸。

#### 2 灵活设置截排水措施

结合边坡汇水面积、地形及地质条件进行合理设计截水沟。坡顶截水沟可采用矩形、梯形断面或拦水梗。地面线坡度较陡的段落采用“U”型截水沟，地面线坡度较缓的段落采用梯型截水沟。

截水沟设计应从视角效果、行车愉悦性及与周围自然协调的角度考虑，在结合地形条件、汇水情况的基础上尽量做到小型化、隐形化（苗木遮挡）。

路堑边坡急流槽，边坡高度大于 20m 时，其宽度不宜小于 1.0m。

浅挖方路段可选用浅碟形生态边沟。填方高度小于 2m 的缓边坡路段可选用暗埋式排水沟，或者通过在护坡道栽植四季常绿、枝叶茂密的乔灌木对排水沟进行有效遮挡，美化道路行车环境。

填方路段，当平台宽度大于 4m 时，应设置排水边沟截流坡面汇水，并根据排水需要，酌情加密横向引水沟及坡面流水槽的设置。

3 拓宽工程路基路面排水问题较为突出，应加强超高缓和段、竖曲线的凹曲线段路面排水设计，并进行拼宽后相关验算。

### 4.3.4 严格环境保护，加强环境管理

#### 1 水环境保护

对于通过养殖区、水源保护区等敏感点的高速公路，可采用径流分开收集系统将路面雨水与地表径流相隔离，并设置油水分离池（或沉淀池）排降雨初期路面雨水，设置事故应急池收集泄露的危化品，并可结合以下措施，如增加道路纵断面人字坡设计、设置双层防撞护栏及防抛网、增加交通警示牌等。

#### 2 声环境保护

噪声防护措施应根据沿线已有或近期规划的居民点、城镇分布情况，公路路面高度以及地形特征和在运营期间的噪声监测值来采取设置声屏障、搬迁和植物防护林等措施。

### 3 大气环境保护

道路两侧特别是大气环境敏感区附近应种植对 NO<sub>2</sub> 等污染物有吸收或抗性转强的乔、灌木、净化吸收车辆尾气中的污染物，削减大气总悬浮微粒、NO<sub>2</sub> 等污染物，达到美化环境和改善公路沿线景观。

## 4.4 路基的建设、养护需求

### 4.4.1 强化涵台背填筑设计，降低运营养护成本

重视涵台背填筑材料设计，除砂性土外，建议采用级配良好的碎石，粒径 0.25~60mm，细粒土含量小于 10%。

重视涵台背填土压实，可采用 HHT-3 高速液压夯实机等夯实设备对作业面进行单点或者连续的夯实，提高压实度。

### 4.4.2 提高养护便利化水平，强化建养并重互相协调

#### 1 设置检修踏步、养护运输通道等

为方便养护和检修工作，在桥梁、挡土墙两端应设置检修踏步(兼流水槽)，通道、涵洞位置在其一侧设置检修踏步。高填深挖方路基边坡，应每 80~100m 设一处上下贯通的检修踏步（兼流水槽），坡率陡于 1: 1.25 时，应设置扶手。隧道消防高位水池，应设置检修踏步，便于后期维护通行。

高速公路通过农田或果园路段，两通道涵间因地制宜地设置与道路平行的人行通道（如沟外设加宽平台、坡外设人行踏步方式等），供当地村民通行。

#### 2 做到一坡一设计

对路堑高边坡应做到进行一坡一设计，为后期建立“一坡一档案”管理提供地质、防护加固工程布置等信息。“一坡一档案”内容包括边坡基础数据、日常检查情况、维修历史记录、边坡病害、相关工程照片等信息。

#### 3 预留养护专用弃土场

工程建设期间应统筹考虑设置运营养护专用弃土场，作为养护基础设施。建议每 60km 左右设一处堆放 10 万方以上规模的弃土场（占地面积约 1 万平 m）。养护专用弃土场，交通应相对便利或设专用便道。

## 4.5 支挡防护工程的预制拼装和装配化技术

### 4.5.1 预制拼装化挡土墙

在合适位置进行预制装配化挡土墙设计，缩短工期、减少施工污染并提高标准化施工水平。预制装配式挡墙可采用钢筋混凝土结构，或采用超高性能混凝土材料，做成薄壁空芯式、叠合式等形式，以便于运输与吊装。

### 4.5.2 预制拼装边坡防护构件

路堑边坡防护拱形骨架、检修踏步、路堤边沟、截水沟等宜采用混凝土预制块。边坡锚固工程的坡面抑制构件，传统工艺为现浇钢筋混凝土，存在工期长、效率低、高空作业安全性低等缺点，可采用预制拼装的肋板、框架、地梁或承压板。

#### 4.5.3 预制装配式无土路基

该结构由小间距一体化桩柱（高强砼预制管桩，间距6~10m）以及预制桥面板组成，具有占地少、无需填土、不用地基处理等优点，可代替高度3~8m的填土路基。

#### 4.5.4 水泥基复合毯

水泥基复合毯是一种立体纺织结构中引入防渗空裂水泥基复合材料的纤维卷材，现场施工只需浇水即可形成需要的形状和硬度，形成一种一定厚度的特殊类似混凝土结构，不用现场搅拌。可以广泛运用于公路排水、平台硬化、边坡防护等工程，尤其适于抢险工程、交通不便的地段。

### 4.6 滑坡防治与软基处治新技术

#### 4.6.1 滑坡治理

福建省多山、多雨，公路建设遇到的滑坡众多，滑坡防治主要措施有避让、减载或反压、支挡、排水等。对于大型滑坡体，应优先采用改线避让方案。滑坡治理力争采用新技术，并进行植被恢复，以达到绿色生态、环境友好的目标。

##### 1 新型预应力锚索

预应力锚索加固边坡，综合效果良好，但在高富水地层，锚索抗拔力较低，且后期预应力损失比较大，甚至有失效的风险。近年来，一些新型锚索结构的出现，对上述高富水地层具有较好的适应性。

##### 1) 大直径高压旋喷锚索

通过高压旋喷工艺在富水的软弱土层中形成大直径（50cm以上）水泥柱体，并在其中置入钢绞线形成锚固体。

##### 2) 双锚固段锚索

双锚固段锚索结构上分为3段，即孔底内锚固段、中间自由端和孔口外锚固段，中间自由段钢绞线与注浆体隔离，以能自由伸缩，其他段落钢绞线全部与注浆体粘结。

##### 3) 拉压复合型锚索

拉压复合型锚索把锚固段分为受压段和受拉段，其中压力段由两根无粘结钢绞线内锚于钢质承载体组成，拉力段则将钢绞线在承载板后拨去外皮，洗净油脂，与水泥浆粘结。

##### 2 智能降水技术

在地下水位高、厚度大的中大型滑坡体，可采用智能降水技术实施降水井点工程。该技术通过水位传感器实时采集地下水位信息，上传至远程监控平台，根据预先设定的地下水位允许值自动控制水泵的开启。

##### 3 新型双排抗滑圆桩

前、后排抗滑通过桩间系梁（或承台）将桩顶连接，联合受力，提高了抗滑桩的综合刚度及抗滑能力。若基岩埋藏较深，可在内侧桩采用竖向预应力锚索，使内侧桩受压，大幅提高双排桩整体抗滑能力。

#### 4 滑坡变形监测技术

对于无法避让须进行工程措施治理的滑坡体，除进行专项勘察设计外，还应进行治理过程、竣工后一段时间的监测工作，有必要时应在勘察设计阶段进行监测，尤其是进行深孔位移监测，以准确确定滑坡滑动面，为勘察设计提供依据。

对于具备条件的滑坡工点，宜采用滑坡自动监测技术。

#### 4.6.2 软基处治

软基处治方案应当充分考虑项目实际情况，对于工期没有特殊要求的工点，处治方案应当以节能环保为前提，进行方案论证。

1 路堤填高小于 5.0m 的软土地区，宜根据软土特性、软土厚度等采用换填、（动力）排水固结法、粒料桩、加固土桩、强夯置换、刚性桩等方法进行处治。

动力固结排水法将真空预压排水与轻量强夯结合，具有快速、环保、经济、排水效果好、施工期沉降快速等优点。

2 路堤填高为 5.0~6.0m 的深厚软土地区，地基处理方案应当与桥梁方案、桩板式无土路基方案等进行充分比选，有条件应尽量采用桥梁方案。当软土厚度大于 10m，含水率超过 55%，硬壳层小于 1.0m 且欠固结，满足条件之一，应选用桥梁方案。若进行地基处理，宜采用刚性桩复合地基进行处治，且桩顶宜设置连系梁，以提高桩基整体性和协调变形能力。

3 路堤填高大于 6.0m 的深厚软土地区，应采用桥梁方案。

4 路堤毗邻既有桥梁、房屋等构（建）筑物时，应根据水平净距、软土性质及厚度、硬壳层厚度、填土高度等因素进行分析计算，选取侧向挤压小、抗推移能力强的软基处治方案，以保证既有构（建）筑物的安全。对于水平净距小于 15m，硬壳层厚度小于 2m，软基含水量大于 60%，软基深度大于 10m 的工点，原则上采用抗推移能力强的刚性桩复合地基（桩顶设置联系梁）或者采用桩板路堤方案；当水平净距小于 15m 时，原则上不能采取挤土施工工艺，或采用引孔措施，必要时增加消压孔、隔离沟等应力释放措施。

5 改扩建路堤软基处治，应在对既有公路沉降与稳定状况做充分调查和评价的基础上，根据沉降协调并满足稳定性的原则进行拼宽路段软基处理设计；对于两侧拼宽，当地质变化较大时宜分幅进行软基处理设计。

6 由于软基处理施工多为隐蔽工程，应进行施工全过程的视屏监控。对于每一个竖向加固体（散体桩、加固土桩、刚性桩）或排水体（砂井、排水板），均应进行编号，并录制全过程的视频录像。视频资料应保证施工、监理、设计、业主等各方相关人员的手机均能实时查看，并进行及时保存备份，作为工程计量和质量验收的依据。

7 对于采用排水体、柔性桩、加固土桩等处治措施的，处治范围宜适当扩大至路基填筑范围外。

### 4.7 路基垂直拼宽技术

高速公路改扩建工程，采用路基垂直拼宽技术，具有不额外征地、减少既有防护工程破坏、减少开挖或填土工程量、降低对既有道路的影响等优点。

#### 4.7.1 深挖路堑拼宽

路堑段落拼宽宽度在 8m 以内时，建议采用垂直拼宽技术。先根据边坡地质条件以及防护工程现状，进行边坡开挖前后的稳定性分析，决定是否采用预加固措施。预加固措施可在垂直开挖范围以外进行补强加固（如增设锚固工程），或者在开挖面采用微型桩群进行支挡。

对于土质边坡，可采用桩板墙或锚索肋板式挡墙进行垂直拼宽；对于碎块状强风化岩石边坡，可采用锚杆（索）肋板式挡墙进行垂直拼宽。

#### 4.7.2 高填路堤拼宽

路堤段落拼宽宽度在 8m 以内时，建议采用垂直拼宽技术。在老路堤上可采用轻质材料（如泡沫轻质砼）、钢筋砼扶壁式挡墙、桩板式无土路基等结构，可不额外征地，减小填土工程量，并降低薄层填土带来的路面开裂等风险。

若采用钢筋砼扶壁式挡墙，应对老填方进行评估，以决定是否采用微型桩等地基增强技术。

## 5 路面

### 5.1 设计原则

路面工程设计遵循因地制宜、品质耐久、安全可靠、资源节约、生态环保的原则，着重选择技术先进、经济合理、安全耐久的路面方案，着力推动路面工程提质增效转型发展。

5.1.1 总结技术现状，筛查短板，分析成因，重点研究高等级路面质量和耐久性提升方向；

5.1.2 开展工程试验，积极开展路面工程关键技术问题研讨分析；

5.1.3 推动成果验证，形成技术创新亮点，逐步推广。

### 5.2 福建省新型组合式沥青路面结构

福建省气候炎热且高温时间长、降雨量大、山区丘陵比例多，在严苛的自然环境及车辆荷载反复作用下，导致省内的高速公路面临着损坏多、耐久性差的问题。为解决福建高速公路沥青路面早期损坏问题，提升沥青路面耐久性，福建省展开了大量研究和实践，提出了半刚性底基层+级配碎石下基层+沥青稳定碎石上基层+沥青面层的新型组合式结构型式沥青路面，解决了传统沥青路面结构在高温多雨地区“结构体系不适用、材料性能不匹配、排水效果难保障”的卡脖子技术瓶颈，形成了长寿命耐久沥青路面建造关键技术，并大规模应用于工程实践。

#### 5.2.1 结构设计

结合福建省的气候、荷载以及路面损坏特点，高速公路采用组合式结构作为新型沥青路面，典型结构型式如表 5-1 所示。

**表 5-1 福建省高速公路新型沥青路面典型结构形式**

福建省高速公路新型组合式沥青路面结构层位	层位厚度	混合料类型
上面层	4~5cm	AC-16C (SMA-13、SMA-16)
下面层	5~8cm	AC-20C
上基层	8~24cm	ATB-25
下基层	15~20cm	级配碎石
底基层	20~40cm	3%水泥稳定级配碎石 C-B-1

注：①对于重载及以上交通荷载，建议表面层采用 SMA，沥青面层双层使用改性沥青，必要时添加高模量剂或抗车辙剂。

②目前福建省高速公路一般沥青层厚度为 24~26cm，大交通量重载为 28cm，部分支线、轻交通量为 20cm，沥青层厚度根据交通量确定。

### 5.2.2 层间结合与处理措施

新型组合式基层沥青路面的层间结合与处理措施与半刚性基层沥青路面基本相同。各层间结合与处理措施可根据表 5-2 确定。

**表 5-2 层间结合处理措施**

交通荷载等级	特重交通	重交通	中轻交通
表面层-下面层	改性乳化沥青黏层	改性乳化沥青黏层	改性乳化沥青黏层
下面层-上基层	改性乳化沥青黏层	改性乳化沥青黏层	乳化沥青黏层
上基层-上基层	改性乳化沥青黏层	乳化沥青黏层	乳化沥青黏层
上基层-下基层	透层油 与乳化沥青黏层	透层油 与乳化沥青黏层	透层油 与乳化沥青黏层
下基层-底基层	稀浆封层 或热沥青表处下封 层	稀浆封层 或热沥青表处下封 层	稀浆封层 或热沥青表处下 封层

注：中交通的长大纵坡路段参照重交通，重交通及以上交通的长大纵坡路段参照特重交通。

### 5.2.3 弯沉控制标准

#### 1 新式组合结构交工验收弯沉控制

在应用中发现，目前体系中由于 FWD 弯沉没有经过修正，理论计算弯沉标准与现场实际很难相符，不利于工程控制。路基顶面交工验收弯沉和路表交工验收弯沉仍然采用贝克曼梁弯沉，当采用 FWD 或连续弯沉车测定时，转换为贝克曼梁弯沉进行控制。

#### 2 级配碎石顶面的弯沉控制

基层结构级配碎石层在进行施工时，现场通常不采用检测弯沉指标，可采用压实度和级配波动范围来控制工程质量。

## 5.3 长大纵坡、急弯路段沥青路面设计

针对福建省山区高速公路长大纵坡、急弯路段多等现状，应根据陡坡急弯路段路面结构受力特点，积极推进长大纵坡急弯特殊路段沥青路面结构设计。

**5.3.1** 上面层应具有良好的抗滑性、密水性和抗高温车辙性能，宜采用构造深度较好的、抗剪能力较强的混合料。上面层宜选择 AC-16C、SMA-16 等骨架密实型沥青混合料，并可采用复合改性沥青、掺加纤维、环氧沥青或高模量添加剂提高混合料的抗剪切性能；中面层可选用抗剪能力较强、抗疲劳性能较好的中粒式密级配混合料 AC-20 或 SUP-20，且在混合料设计和施工过程中，保证其密水性。

**5.3.2** 为防止和避免特殊路段沥青路面大面积剪切滑移现象的发生，预防路面出现结构性的破坏，应加强基层、面层间的联结作用，设置透层、下封层和粘结层，使结构层处于连续状态。

**5.3.3** 加强施工质量管理，加强碾压，在各项指标符合技术要求的范围内尽可能降低空隙率，降低路面的透水性；加强层间施工质量管理，提高基层平整度；加强沥青层与沥青层之间的粘结，使透层油或下封层真正起作用。

**5.3.4** 加强单侧排水措施的建设 and 后期保养，可采用砣、浆砌等排水边沟，并保证边沟水的有效排水，防止积水，进而对路基路面产生破坏。

## 5.4 新型钢桥面铺装技术

积极发展优质的新型钢桥面铺装技术，确保桥面铺装层具有足够的强度、刚度、抗冲击、耐磨等力学性能，同时保证铺装材料具有强度高、柔韧性好及耐久性优良等特性。钢桥面铺装技术目前应用较广泛的有复合浇注式铺装结构、环氧沥青混凝土铺装结构和 ERS 组合式铺装结构。

**5.4.1** 复合浇注式钢桥面铺装结构，一般为浇筑式沥青混凝土下面层+高弹沥青混凝土上面层。沥青混凝土下面层厚度一般为 3~4cm，高弹沥青混凝土上面层厚度一般为 3.5~5.5cm，总厚度一般为 6.5~8.5cm。

**5.4.2** 环氧沥青混凝土钢桥面铺装结构，一般为环氧沥青混凝土下面层+环氧沥青混凝土上面层。采用双层环氧沥青，单层厚度一般为 2.5~3cm，总厚度一般为 5~5.5cm。

**5.4.3** ERS 组合式钢桥面铺装结构，一般为环氧粘结碎石抗滑层 EBCL+树脂沥青混凝土 RA 下面层+高弹改性沥青 SMA 上面层。RA 混合料厚度 $\geq 2.5$ cm 时，选 RA-08 或 RA-10，厚度小于 2.5cm 时，选 RA-05，SMA 厚度一般为 4~5.5cm，总厚度一般为 6.5~8.0cm。

## 5.5 温拌沥青路面技术

温拌添加剂适用表面活性添加剂，可直接添加至沥青中，用于降低沥青混合料的施工温度，适用于不同的沥青混合料类型，相比同类型的热拌沥青混合料，温度可下降 30℃~60℃。温拌添加剂应满足《温拌沥青混凝土》（GB/T 30596-2014）要求。

温拌沥青混合料可用于路面工程的各沥青结构层，性能要求参考热拌沥青混合料，适用场合如下：

- 1 人口密集区公路、隧道路面、地下结构工程路面等环保要求高的工程。
- 2 公路维修养护中的罩面工程。
- 3 较低气温条件下施工的工程。

长、特长隧道沥青路面的施工宜选用温拌沥青混合料，减少沥青烟气排放，改善隧道内施工环境。

## 5.6 沥青路面的再生利用

贯彻道路全寿命周期内节能环保理念，重视沥青路面再生利用。积极将废旧路面材料再生循环利用于公路建设和养护，变废为宝，形成一个符合循环经济模式的产业链，可以避免废弃材料堆放对土地的占用和对环境的污染，减少对石料、沥青、水泥的需求，降低筑路养路成本，实现公路交通可持续发展。

### 5.6.1 厂拌热再生

厂拌热再生是指将回收沥青路面材料（RAP）运至沥青拌合站，经破碎、筛分，按一定比例与新集料、新沥青、再生剂（必要时）等拌制成热拌再生混合料铺筑路面的技术，按 RAP 掺量划分一般分为常规型（ $10\% \leq \text{RAP} \leq 30\%$ ，采用间歇式拌合楼工艺）与大掺量型（ $30\% \leq \text{RAP} \leq 50\%$ ，采用连续式拌合楼工艺）。

1 根据再生后的沥青混合料的性能和工程情况，厂拌热再生可用于高速公路的沥青面层及柔性基层。一定掺量下厂拌热再生混合料（一般不高于 30%，连续式拌和楼回收沥青路面材料最高用量可达 50%），可用于沥青路面的表层及中下面层。

2 对于存在大量拼宽、老路病害处理、中分带拨出改造等工程，宜本着环保低碳的理念对铣刨后的旧料进行再生利用。既有路面面层铣刨后的旧料，可利用作沥青稳定碎石上基层再生混合料。既有路面下基层、底基层铣刨后的旧料，可利用作新路面的水泥稳定碎石层的骨料（等量置换）。

3 RAP 掺量的确定应进行分析比较及可行性试验，综合考虑工程特性（公路等级、使用层位、气候条件、交通状况）、RAP 特性（主要由沥青老化程度及矿料级配变异情况决定）以及选择的再生沥青混合料类型等因素确定。

4 厂拌热再生施工前应检查下承层。下承层应密实平整，强度应符合设计要求，病害应进行处治。

5 采用厂拌热再生方式时，再生层厚度及路面结构组合应符合现行《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）的有关规定。

6 厂拌热再生混合料类型、矿料级配应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的有关规定，厂拌热再生混合料一般采用马歇尔设计方法进行配合比设计。对于有条件的地区和项目，鼓励采用国外先进设计方法进行厂拌热再生混合料设计，并提出相应的技术指标要求。

### 5.6.2 就地热再生

采用就地热再生方式时，路面技术状况宜满足表 5-3 的要求。

**表 5-3 就地热再生方式适用的路面技术状况**

指标		技术要求
路面结构强度指数 PSSI		$\geq 80$
原路面沥青层厚度 (mm)		$\geq (\text{再生深度} + 30)$
再生深度范围内沥青混合料	沥青 25℃ 针入度 (0.1 mm)	$\geq 20$
	沥青含量 (%)	$\geq 3.8$
路面病害波及范围		主要集中在再生深度范围内

就地热再生适用于仅存在浅层轻微病害的高速公路沥青路面面层的就地热再生利用，再生层可用作表面层或者中、下面层。采用一级加热翻松工艺的就地热再生深度宜为 20~60mm。再生深度超过 60mm 时，应采用二级加热翻松工艺。

就地热再生是以沥青路面面层为施工对象，当路面损坏波及基层以下时，原则上不再适用，并且由于该工艺需要在现场加热旧沥青路面，施工易受气候影响，寒冷季节一般也不宜施工。

### 5.6.3 厂拌冷再生

采用冷再生方式时，再生结合料类型的选择应符合下列规定：

1 沥青混合料回收料（RAP）应使用乳化沥青或泡沫沥青作为再生结合料并添加适量水泥，不宜单独使用水泥、石灰进行再生。

2 无机回收料（RAI）可单独使用水泥、石灰进行再生，也可使用乳化沥青或泡沫沥青作为再生结合料并添加一定比例的水泥进行再生。

3 沥青路面回收料中同时含有沥青混合料回收料（RAP）和无机回收料（RAI）情况下，宜使用乳化沥青或泡沫沥青作为再生结合料并添加适量水泥。如仅采用水泥或石灰作为再生结合料，沥青混合料回收料（RAP）在沥青路面回收料中的占比宜小于 40%。

根据再生后的沥青混合料的性能和工程情况，乳化沥青及泡沫沥青厂拌冷再生可用于高速公路沥青路面的下面层、基层，无机结合料厂拌冷再生可用于高速公路沥青路面的基层、底基层。采用厂拌冷再生时，可按照表 5-4 初步拟定路面结构厚度进行计算。

**表 5-4 沥青路面冷再生结构组合与厚度**

交通荷载等级	沥青面层		冷再生层厚度 (mm)	下承层
	推荐厚度 (mm)	最小厚度 (mm)		
特重、极重	150~220	120	≥120	下承层结构 强度应满足路面 基层或底基层 设计要求
重	120~180	100	≥100	
中	60~120	50	≥80 (≥160)	
轻	≥30 或采用微表处、稀浆封层等磨耗层		≥80 (≥160)	

注：①表中冷再生层厚度中，括号内数字是无机结合料冷再生材料层的厚度，其他为沥青冷再生材料层的厚度。

②下承层结构强度不满足要求的可采用水泥或石灰稳定冷再生进行处治，处治层厚度宜为 140~200mm。

### 5.6.4 就地冷再生

采用就地冷再生方式时，再生结合料类型的选择应使用乳化沥青或泡沫沥青作为再生结合料并添加适量水泥。就地冷再生层可用于高速公路下面层、基层。

采用就地冷再生方式时，路面技术状况宜满足表 5-5 的要求。

**表 5-5 就地冷再生方式适用的路面技术状况**

指标	技术要求
路面结构强度指数 PSSI	≥80
路面损坏状况指数 PCI	≤90
路面病害波及范围	主要集中在再生深度范围内
下承层强度	满足设计要求

路面结构组合与厚度参照表 5-4。

### 5.6.5 全深式冷再生

采用全深式冷再生方式时，再生结合料类型的选择参照厂拌冷再生。全深式冷再生层可用于高速公路下面层、基层、底基层。

采用全深式冷再生方式时，路面技术状况宜满足表 5-6 的要求。

**表 5-6 全深式冷再生方式适用的路面技术状况**

指标	技术要求
路面结构强度指数 PSSI	$\geq 70$
路面损坏状况指数 PCI	$\leq 85$
路面病害波及范围	主要集中在再生深度范围内
下承层强度	满足设计要求

路面结构组合与厚度参照表 5-4。

## 5.7 特殊路段差异化设计要点

为提高路面整体耐久性，并做到工程投资的有效合理利用，考虑针对不同方向（上下行）、不同车道、不同区段的交通特性和气候环境差异，进行路面结构厚度与材料差异化设计。

### 5.7.1 不同方向（上下行）差异化设计

当公路上下行交通荷载有明显差异时，可按上下行交通特点分别进行结构与厚度设计，并将结构与材料性能设计进一步融合，进行差异化设计。

### 5.7.2 不同车道差异化设计

对于有较多大车、重车行驶的道路，总体设计上，保持路面基层以下结构不变，仅对沥青层进行车道差异化设计：超车道按常规结构设计，货车道进行材料性能的增强设计。上面层首先是具有良好的表面功能，抗滑、抗车辙、噪声小、平整度高，且外观应尽量统一，采用同一沥青路面表层；中面层剪应力最为集中，是车辙变形的主要层次，货车道按抗车辙的最强性能设计（添加抗车辙剂等高模量剂），同时强化其优良的抗开裂性能；为满足不同车道的差异化设计需求，可采用沥青混凝土外加改性添加剂进行改性。

### 5.7.3 不同区段差异化设计

对于山区高速公路某些区段海拔落差较大，容易出现降雨、大雾和冰冻等恶劣天气情况的区段，应采用特殊的路面材料进行铺筑，如防冻路面材料和抗滑性能比较好的沥青材料等。

## 5.8 新旧路面间的拼接设计

新旧路面拼接处是路面的薄弱环节，容易由于不均匀沉降出现各类病害。

新旧路面结构拼接应采用台阶式搭接，包括新旧基层拼接台阶和新旧面层拼接台阶。面层拼接台阶的宽度应大于 15cm，实际工程中可根据施工及压实情况适当增加；基层拼接缝宜避开轮迹带，基层台阶拼接宽度应大于 25cm。对新旧路面拼接部位设置加筋材料，如路面玄武岩土工格栅、聚丙烯玻纤布或在沥青层下设混凝土过渡块等防止不均匀沉降。当新旧路面结构厚度不一致时，可根据各结构层的厚度不小于最小厚度原则进行台阶搭接设计。

## 5.9 路面综合排水设计

为降低高速公路受雨水的影响，应加强路面超高段排水和路面结构排水等设计。

### 5.9.1 超高缓和段排水

纵坡小于 2%，横坡介于-1%~+1%之间的超高缓和段采用特殊设计，对于路基段，双向四车道宜采用移动路脊法，双向六车道及以上车道宜采用多路拱法。

### 5.9.2 中央分隔带排水

采用纵向设置塑料盲管（规格为外径  $\Phi 80\text{mm}$ ，中空内径  $\Phi 50\text{mm}$ ），一般路段原则上每隔一定距离设一集水坑并设横向排水双壁镀锌钢管（内  $\Phi 80\text{mm}$ ，壁厚 4.0mm），位于竖曲线的凹部、连续下坡的底部及迎水桥台、明涵台背处必须增设一集水坑并加大横向排水双壁镀锌钢管（内  $\Phi 125\text{mm}$ ，壁厚 4.5mm），将水引排。

### 5.9.3 超高段排水

在超高侧中央分隔带边缘设置纵向缝隙式排水沟，沿纵向缝隙式排水沟每隔 30m 左右设置一道清淤井，同时每隔一定距离设置集水井，由公称直径  $\Phi 300\text{mm}$  横向高密度聚乙烯缠绕排水管将集水井内的水引排。集水井及横向排水管在竖曲线的凹部应加密设置。

### 5.9.4 路面边部排水

路基段在级配碎石层底部和水稳层底部设置横向排水管，将汇集在路侧边部的自由水横向排出。桥梁段在桥面横向坡度外侧与护栏砣基础之间设纵向单粒径碎石盲沟，将渗入桥面内部的水纵向向边部排出。

### 5.9.5 桥面伸缩缝处排水

为减少路面水流入桥面伸缩缝处，可在伸缩缝的进水方向增设泄水管或设置条形透水沥青混凝土，并在伸缩缝两端设防水密封材料等措施将路面水引入桥面排水系统中排出。

### 5.9.6 改扩建超高段路面内部排水

当新路面结构为柔性基层，老路面结构为半刚性基层，且老路拼宽段位于外侧超高路段时，容易导致新老结合部路面结构内部出现积水，考虑在新老路面底基层结合处设顶部打孔的  $6\text{cm}\times 6\text{cm}$  不锈钢矩形管、碎石盲沟等排水设施，并在底部每隔一定距离设横向塑料排水管把路面内部水引排。

5.9.7 集水井、集水坑、横向排水管间距应根据区域降雨强度、汇流面积、沟底纵坡等因素进行排水计算分析确定。

## 5.10 沥青路面施工质量监控

高速公路路面施工常面临施工工艺复杂、质量控制参数繁多和交叉施工等难点，因而必须通过试验检测、现场监控等技术咨询服务，重视事前预防监督，杜绝施工质量事故发生，确保沥青路面施工质量优良，这也是我省高速公路近三十年来建设管理的成功经验。

### 5.10.1 水泥稳定碎石底基层

水泥稳定碎石底基层的压实度应按规范要求大于 97%，应采用大型拌和站集中拌和。当设计厚度为 30cm 时，应分两层摊铺碾压。

施工中应重点对水泥稳定碎石底基层混合料的水泥剂量、级配与现场压实度进行控制。

### 5.10.2 级配碎石下基层

级配碎石下基层施工的日最低气温应在 5℃ 以上，采用中心站集中拌和，压实度要求大于 98%。施工后的级配碎石应及时洒透层油，在未完成前禁止开放交通，以避免表层在车辆的行驶下松散。

施工中应重点对级配碎石下基层试验路铺筑、混合料的含水量、级配与现场压实度进行控制。

### 5.10.3 沥青面层

沥青面层施工质量控制应重点对原材料、混合料配合比设计与试验路验证、混合料施工工艺和混合料级配进行监控，同时严格把控沥青用量、压实度和空隙率“三要素”。

## 5.11 新型路面材料和新技术的应用

在技术经济论证可行的前提下，公路路面设计宜加大高性能材料、节能材料的新型路面材料及新技术的应用，如高模量沥青混凝土、橡胶沥青混凝土、开级配排水降噪沥青、聚合物水泥混凝土、轻质混凝土、自愈合路面材料、装配式路面技术等。

### 5.11.1 高模量沥青混凝土

高模量沥青混凝土适用于沥青路面面层，对于特殊环境的道路铺装可考虑采用高模量沥青混凝土，适用场合如下：

- 1 重载交通道路。
- 2 慢速交通道路，如长大陡坡路段和交通拥堵路段。
- 3 水平荷载作用较多路段，如路口、急转弯路段等。

### 5.11.2 橡胶沥青混凝土

橡胶沥青混凝土主要用于沥青路面面层和应力吸收层。橡胶沥青混凝土具有良好的路用性能，可减薄路面铺装厚度、降低路面行车噪声及延缓反射裂缝，是复杂环境和重载交通的理想材料。对于临近学校、医院、集中居民区等噪声环境敏感点时，可采用橡胶沥青混凝土等具有降噪功能的沥青路面。

### 5.11.3 开级配排水降噪沥青

开级配排水降噪沥青路面具有 18%~23% 的空隙率，适用于年平均降雨量大于 600mm 的地区，以及对路面排水或降低噪声等有特殊需求的高速公路、服务区及停车区贯通车道、控制出入条件好的其他等级公路。

### 5.11.4 装配式路面技术

装配式路面技术主要分为两方面，一是以水泥基材料为主的预制化拼装技术，二是以沥青基等柔性材料为主的地毯式铺装技术。装配式路面技术因其效率高、能耗低、施工质量易于控制等特点，实现了路面结构的标准化施工与精细化管理，地毯式铺装技术或将成为智能高速公路的未来趋势。

**5.11.5** 聚合物水泥混凝土、轻质混凝土、自愈合路面等新型材料及技术可有效提高路面性能，延长路面使用寿命，降低养护成本等，具有良好的经济效益及应用前景。

**5.11.6** 涉及路面新材料与新技术等相关工程质量监控的方案，有相关标准和规范依据的，需确保符合相关标准和规范要求；未有相关标准和规范依据的，需经过充分的专家论证，确保方案实施科学合理。

## 6 桥梁

### 6.1 设计原则

桥梁设计在新发展理念指导下，以“创新、协调、绿色、开放、共享”为根本遵循，贯彻“安全、耐久、节约、和谐、环保”的目标，坚持可持续发展，统筹规划、设计、施工、运营、管养等全过程，综合考虑资源合理利用、保护环境、提高施工效率、服务地方经济、提高使用者好感度等多因素的协调，利用数字化、信息化技术加强技术创新，深层面推进工业化程度，以期实现耐久性好、适用性强、施工工业化、资源节约、景观协调、环境保护、后期管养便利、开放共享、与地方经济发展相协调等各项指标在桥梁全寿命周期内的综合最优，为桥梁智能建造奠定坚实基础。

### 6.2 桥梁标准化、装配化设计

#### 6.2.1 装配式桥梁的应用

1 装配式桥梁上部及下部结构采用预制拼装，预制装配化程度高，可适用于如下场地条件：

- 1) 海域或其他深水环境中桥梁，易于设置大吨位浮吊、引入大型起重机的情况。
- 2) 穿越或临近城镇，周边路网发达，运输条件好，且配套相应的预制工厂。
- 3) 受地形及环保等条件限制的特殊环境中桥梁，可采用沿路线纵向推进预制装配式实施方案。

2 装配式桥梁应注意以下技术要求：

1) 装配式桥梁须全过程协调建设、设计、制造、施工等各方关系，应符合标准化设计、工厂化生产、装配化施工和信息化管理的工业化桥梁特征。

2) 装配式桥梁设计应充分考虑桥梁上下部预制构件制作、运输、安装的施工组织全过程。

#### 6.2.2 桥梁设计 BIM 技术

BIM 技术可提高工程建设效率、实现信息多维度扩展，满足异形、复杂、大跨结构设计要求，在桥梁设计中推荐在以下情况中采用：

1 对于结构复杂的大型桥梁（单孔跨径 $\geq 200\text{m}$ 的梁桥、主跨 $\geq 250\text{m}$ 的拱桥、主跨 $\geq 400\text{m}$ 的斜拉桥、主跨 $\geq 1000\text{m}$ 的悬索桥），宜采用 BIM 技术创建桥梁三维模型，以使设计方案具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性等特点，保证设计成果质量。

2 当桥梁工程场地地质、环境、人文比较复杂，传统二维设计方法无法表达清楚时，可采用 BIM 技术以充分反映设计前提条件。

3 不同专业之间需要相互协调设计时，可采用 BIM 技术碰撞检测、信息化等功能，避免空间冲突。

4 设计与管理需要时可利用 BIM 技术建立的桥梁三维模型内部漫游进行审查、展示。

5 当桥梁复杂节点位置预埋构件确定位置时，可利用 BIM 模型精确标识、制图。

6 利用 BIM 模型，通过交互式模拟软件进行车辆通行数字检验，如：校核转弯半径、坡度和净高，检验道路标识、指引、出入口设置等。

7 工程结算和竣工决算等成本工作可基于 BIM 模型, 计算出清单和定额工程量进行工程量计算分析, 快速输出计算结果, 生成工程量清单, 从而检查和发现造价咨询成果问题, 避免漏算错算, 为工程提供有力支持。

### 6.3 全寿命周期成本设计要求

#### 6.3.1 全寿命周期成本理念下的桥梁方案选择

在满足桥梁使用的安全性和经济性的前提下, 应对桥梁备选方案进行比选。

1 混凝土桥梁方案选择应注意以下一些原则:

1) 跨径 50m 以内的中小跨径桥梁上部结构, 应优先考虑采用中小跨径标准化装配式桥梁。装配式砼桥梁种类须统筹考虑、择优归类、减少梁型。同一施工合同段内原则上不宜同时选用 T 梁和小箱梁结构, 且预制梁跨径种类数不宜超过 3 种, 同种预制梁片数原则上不宜少于 80 片。同一座桥梁的预制梁跨径种类数不宜超过 2 种。

2) 预制装配式小箱梁和 T 梁宜按少数服从多数原则和就高不就低原则对预制梁片的跨径进行归类, 25m 和 30m、35m 和 40m 原则上不同时采用。互通区桥梁预制梁跨径种类应与主线桥统筹考虑。

3) 受地形、地质条件等限制时, 如边孔伸入挖方段较多, 可采用非标准跨径联边孔, 使桥型总体布置趋于合理。

4) 平曲线半径  $R < 150\text{m}$  的曲线桥梁, 以及变宽、异型及分叉部分变化急剧且不受施工条件限制(如水中、桥高  $> 25\text{m}$  或横向地形较陡等搭架现浇有困难)的段落桥梁, 一般采用现浇箱梁结构。跨径  $\leq 50\text{m}$  现浇箱梁, 宜采用等高度箱梁断面。

5) 沿海、沿江、沿湖桥梁跨越 V 形深沟时, 要考虑工程经济性、施工便利性、陡坡动土诱发地质灾害和对生态环保的影响、运营期冲刷与落石风险等因素, 综合比选一跨跨越、沟心设墩、边坡设墩等方案。

2 钢桥方案的选择应注意以下一些原则:

1) 跨越已通车的高速公路、一级公路、城市快速路等高等级道路的跨线桥, 优先采用钢结构桥梁方案

2) 钢结构桥梁, 宜采用等宽设计。特殊情况确需变宽时, 经论证可采用变宽设计。

3) 弯道钢箱梁的平曲线半径与跨径比不宜小于 3(即墩位线径向夹角不大于  $19.1^\circ$ )。

3 跨线桥在桥下道路中央分隔带中不宜设置桥墩。

#### 6.3.2 复杂地质地形条件下的设计预判

复杂地质条件主要为以下几类: 岩溶发育区、采空区、软基路段等。对地形地质情况较为复杂的地区, 应做好充分的设计预判。

1 岩溶发育区

1) 在选择路线走向时应尽量避免经过岩溶地区, 若避无可避, 桥梁设计方案要根据地质、地形、经济性、施工难易程度等综合确定。

2) 岩溶发育区应严格按工程地质勘察规范要求进行地质勘察, 一般宜逐桩钻探, 确定基础地基持力层厚度、溶洞顶板安全厚度等。对于强发育溶洞, 尚应绘制溶洞的剖面图等。

3) 岩溶区桥梁基础可根据溶洞的埋藏深度、规模、类型和岩石的完整程度选择采用明挖基础或桩基础。

4) 岩溶区桥梁宜采用桩基础。根据地质情况和受力方式的不同,分为摩擦桩和嵌岩桩。

对于摩擦桩,根据桩底所处的位置分为以下三种情况:

①在覆盖层较深时,桩底尚未到达溶洞区且距离岩溶顶板有较长距离,其摩阻力足以提供桩基竖向承载力,按常规桩基设计;

②在覆盖层较薄时,桩底置于填充区,设计中应不计桩端阻力的作用。

③桩基完全穿过溶洞,桩底置于溶洞底板以下,设计中可依据溶洞填充的松散程度考虑是否计入洞身段落的桩侧摩阻力。

对于嵌岩桩,桩底可设置于溶洞顶板上(覆盖层较厚时),或穿越溶洞设置于溶洞底下适合的岩层中,禁止落于溶洞内部。

## 2 采空区

采空区桥梁设计原则应满足以下有关要求:

1) 桥梁构造物应避开采空区。无法避免时,采空区桥梁设计应根据采空区类型、规模、埋深及其稳定性评价,结合桥梁结构形式,选择适宜的方法对下伏采空区进行处治;对基本稳定的采空区场地可采用注浆法等进行处治;处于山区的采空区场地应对采空引起的不稳定坡面进行整治加固。

2) 采空区桥梁,下伏新(或老)采空区时应(或可)自初勘阶段起建立地表变形观测网进行观察。采空区桥梁,应对采空区变形进行全过程多方位长期监测,监测宜从勘察阶段开始至公路运营1~2年后确认采空区完全稳定后方可停止。

3) 采空区桥梁钻孔深度应达采空区底板下不小于3m深度,详勘阶段钻孔宜逐桩钻孔。

4) 采空区公路应进行场地稳定性评价,其中采空区桥梁工程应进行详勘阶段稳定性专题研究和评价。

## 3 软基路段

1) 路线穿越深厚软土地质路段,当路堤填高为5.0~6.0m时,满足以下条件之一时,应采用桥梁方案:软土厚度大于10m、含水率超过55%、硬壳层小于1.0m;当路堤填高大于6.0m时,应采用桥梁方案。

2) 软基路段桥台禁止采用柱式桥台,台身填土高度一般应控制在6m以内,且根据软基及路基具体设计情况确定。

3) 软基路段现浇箱梁桥的桥墩宜设置承台式系梁以满足搭设现浇支架的需要,必要时可采用群桩基础。

## 4 水文条件复杂区域

1) 跨越河道的桥梁,应避免桥孔压缩河道,必要时可增设导流设施。针对流态复杂河道为控制河道变迁,尚应定期对桥下河道进行监测和必要疏浚。

2) 修建在河流弯道上的桥梁,应加强凹岸位置墩或桥台基础的防冲刷设计。

3) 山区地形中的涵洞进出口与陡槽急流的水系衔接时,应在进出口设计引导水流和消能的构造物,如跌水、急流槽、消力池等,减少洞口的冲刷影响。

## 6.4 桥梁耐久性设计

### 6.4.1 耐久性设计的要求

- 1 桥梁结构中附属结构应明确设计使用年限，设计中应预留措施保证运营期间可到达、可检测、可更换，临时预埋件应预先考虑后期拆除的便捷性和对主体结构外观恢复的影响。
- 2 近海环境中混凝土结构桥梁耐久性要求高的部位可采用 UHPC 材料。
- 3 海洋环境中混凝土结构桥梁宜采用高性能的海工耐久性混凝土。
- 4 高速公路一般环境中的钢结构桥梁可采用耐候钢。

### 6.4.2 超高性能混凝土（UHPC）在桥梁中的应用

#### 1 UHPC 推荐采用的环境

超高性能混凝土（UHPC）抗压强度高，结构致密，具有良好的力学性能、韧性、抗冲击性能及耐久性，可在桥梁设计以下情况中采用：

- 1) 受净空限制或为减轻自重利于装配等因素需减小主梁截面尺寸的情况。
  - 2) 采用预应力钢筋混凝土桥梁方案时，需超强的抗压性能以抵抗较大的锚下局部压力，减少压缩变形导致的预应力损失。
  - 3) 桥梁受冲击荷载、相当应力幅反复荷载作用的部位或施工控制的关键部位。
  - 4) 耐火性、耐腐蚀、耐冻融等特殊性能要求的部位。
- #### 2 UHPC 材料在桥梁设计中的细节要求
- 1) UHPC 材料可掺入高弹模钢纤维以获得稳定的裂后抗拉强度。
  - 2) UHPC 材料在初步设计阶段缺少试验数据的情况下，可近似取弹性模量为 50Gpa；在施工图设计阶段，弹性模量的取值应通过试验测定。
  - 3) UHPC 材料总收缩高于普通混凝土，设计中应考虑混凝土收缩产生的应力及变形。
  - 4) UHPC 材料的泊松比在 0.18~0.21 之间，设计时可取值 0.20。

## 6.5 管理与养护新要求

### 6.5.1 桥梁防船舶碰撞的要求

- 1 跨越航道的桥梁，在水域中布设桥墩构件时，应考虑防船舶撞击的问题。桥梁抗船撞设防区域应包括主通航孔、辅通航孔以及设计最高通航水位下船舶可能到达的非通航孔。
- 2 桥梁的抗船撞设防目标应根据船撞重要性等级、船撞作用设防水准确定。船撞作用设防水准可参见《公路桥梁抗撞设计规范》（JTG/T 3360-02-2020）。
- 3 防撞设施应结合桥梁实际情况，合理选择主动防撞设施、结构性防船撞设施及二者相结合的方式。
- 4 繁忙航道上的桥梁应设置主动防撞系统，如船撞监测和预警系统等。专用船撞监测系统的设计宜进行专门研究。
- 5 主动防撞设施应在运营阶段进行长期船桥状态监控，依托电子信息系统监测船舶航行状态，发现并发布偏航预警，防止船桥碰撞。

6 桥梁抗撞设计应以结构自身抗撞为主，结构性防船撞设施为辅。结构性防船撞设施应优先采用柔性、耗能优越并能快速装配或更换的防撞设施，避免长时间装配施工占用航道影响通航，节约维修更换成本。

7 船舶碰撞可能性较大的桥梁，尚应考虑采取船舶航行限高及限宽和控制船舶尺度、航速等通航保障措施。

### 6.5.2 桥梁健康监测新技术应用

1 主跨跨径大于或等于 500m 的悬索桥、300m 的斜拉桥、160m 的梁桥、200m 的拱桥应建立桥梁监控监测系统。其中，新建桥梁应做到系统建设“三同时”，即同时设计、同时施工、同时验收。

2 公路桥梁结构监测系统及运行平台建设应符合相关标准，及时分析评估桥梁结构安全状态，为桥梁正常运行及养护管理提供支撑。

3 桥梁健康监测系统应在稳定可靠、经济实用、网络安全、便于维护和升级扩容的基础上大力推进应用数字化、信息化、智能化。鼓励利用 BIM 技术、大数据、云计算、人工智能等现代新技术，逐步建立数字孪生体系，实时展示监测结果，及时采取应对措施，全面提升公路桥梁科学管养水平及质量。

## 6.6 桥梁美学与地方发展需求

### 6.6.1 桥梁美学

桥梁除应满足基本的衔接、跨越功能外，尚应重视桥体与所处环境协调的桥梁美学问题。桥梁美学设计应注意以下一些原则：

1 桥梁美学设计应与经济性相协调，考虑节约经济原则，严禁盲目追求美学。桥梁美学应满足施工可行性，严禁生搬硬套或追求奇异。

2 穿越市区、城镇、风景区或其他人口居住密集区的桥梁，应重视桥梁美学设计。

3 跨越大江大河、深谷等特殊地形的大跨径桥梁（单孔跨径 150m 以上），为地标性建筑，在桥型方案比选过程中应进行专项桥梁造型美观设计。

4 桥梁设计中，桥梁造型比例应匀称和谐。中小跨径梁桥，布设时应注意跨径与梁高的协调性，常规高跨比取 0.8~1.1 较为适宜美观；大跨度主桥的端部梁高应与引桥梁高相当，避免视觉突变。

5 分离式立交桥应充分考虑下行道路的视觉景观要求，尽量避免在中分带设墩以及在挖方边坡设置高桥台等影响视野通透性的设计方案，可选择连续（刚构）梁、斜腿刚构、拱式结构等曲线优美的桥型结构。

6 在山区公路的高陡边坡路段，特别是路基加宽困难或宽幅路基对水土保持和生态环保影响较大的路段，可考虑采用半路半桥、路桥结合的桥型方案，并尽量减少桥墩数量，减轻对地形地貌的破坏，实现工程建设与自然环境的融合。

7 桥梁附属设施应精心设计，注重细节，保证品质。防撞护栏选型应充分考虑梁体视觉高度；防撞护栏的形式、高度应与邻接道路做好过渡和衔接；在不影响结构安全和方便管养维护的前提下，过桥管线、桥面排水系统宜采用隐蔽或半隐蔽布置方式；桥梁声屏障造型应与桥梁形态和毗邻的周围环境相协调，应考虑行车者和两侧居民的视觉感受。

### 6.6.2 桥梁顺应地方发展需求

桥梁设计应结合路线所穿越地方的发展需求做好预留，具体做到以下几个方面：

1 通过城镇路段优先采用高架桥方案预留发展空间。

1) 桥下净空及布孔应满足被交道路净空及桥墩防撞要求；满足桥下被交道路的视距和前方信息识别的要求；充分考虑被交道路管线、规划、预留拓宽等需要；充分考虑被交道路特别是高速公路的保通要求。

2) 考虑老路维修罩面和特种车辆的通行，上跨高速公路及一级公路的桥梁净空高度提高至 5.5m，上跨其他等级道路时结合实际需要在规范规定的基础上可适当增加净空高度 0.3~0.5m。

3) 当桥梁纵向与城镇道路共走廊时，可采用大悬臂盖梁配预制梁或长悬臂翼缘板现浇箱梁的结构方案，以满足桥下道路空间要求。

2 通过大江大河的桥梁：

1) 可预留人行道、非机动车道，并应与机动车道之间做好分隔设施，人行道及非机动车道的出入口应与地方道路做好衔接设计。

2) 应充分考虑远期发展，适当加宽预留，有条件时单向机动车道宜不少于 3 条。

3 利用桥梁设计减少工程永久占地，减小对地方发展的影响。相关要求如下：

1) 平原、微丘类地形路桥分界临界填土高度一般不宜超过 6m；山岭重丘类地形通过耕地路段的路桥分界临界填土高度最高不宜超过 8m，以减少桥台和桥头引道占地；

2) 在满足使用功能要求的前提下，桥梁宜选用能够降低上部结构高度的结构类型，以降低桥面高程，从而降低桥台填土高度，减少占地；

3) 通过耕地分布集中区域路段的桥梁宜适当加大跨径，以利耕作。

4 桥梁通过景区或有观景要求区域时，可考虑在桥面合适的位置设置观景平台，并应做好观景平台与行车道的分隔设施。

5 沿海高速公路有预留军民融合战略通道要求时，桥梁结构宜考虑相应的军用车辆等通行要求。

6 合理设置动物通道；穿越湿地路段利用桥梁保持湿地的水力联系；应重视水环境保护设计，重视穿越敏感水体路段的径流收集与处置。

## 7 隧道

### 7.1 设计原则

7.1.1 加强地质勘察，合理选择隧道位置，确保施工和运营安全。

7.1.2 加强隧道横断面方案论证，提升隧道通行能力。

7.1.3 结构设计安全经济、可靠耐久，强化全寿命周期成本理念。

7.1.4 提升环保设计理念，积极探索隧道洞渣资源化利用。重视防排水设计，降低对区域水环境的影响。

7.1.5 强化隧道超前地质预报和监控量测，及时开展动态设计。

7.1.6 积极稳妥地采用新技术、新材料、新设备和新工艺，推动先进信息技术应用，提升隧道智能化水平。

### 7.2 隧道地质、地形选线要求

7.2.1 隧道位置应选择在岩性好，结构稳定的地层中。穿越不良地质区域的隧道，应有符合现行《公路工程地质勘察规范》要求的地质勘察资料作为隧道位置选择的依据。

7.2.2 隧道走廊不应大长度与地质构造平行或小角度交叉（ $20^\circ$  及以下），影响单洞连续长度不宜超过 350m。

7.2.3 隧道洞口浅埋段应避开大中型冲洪积、堆积体、滑坡体，对于小型冲洪积体、堆积体、滑坡体应进行线位比选或安全及经济性论证。

7.2.4 隧道走廊宜绕避岩溶、采空及煤系区域。当无法绕避时，应在相对有利的地段以最小的距离穿越，并进行安全论证和风险评估。

7.2.5 隧道应尽量避免从大中型水库（或湖泊）底部穿越，下穿小型水库时应确认隧道与水库不存在水力联系。

7.2.6 隧底位于富水砂土状强风化、全风化及残坡积土地层时，连续长度不宜大于 50m，否则应进行线位比选或安全及经济性论证。

7.2.7 除洞口段外，洞身其他段落不宜出现浅埋形式的隧道，如因路线布设的特殊需要，应有实测断面和详细的地质资料。

7.2.8 隧道洞口段暗洞不宜放在轴线方向地表自然坡不大于  $15^\circ$  的漫坡地段，如因路线布设的特殊需要，段落长度也不应大于 100m。

7.2.9 隧道洞口位置应避开汇水面积大于 0.25 平方公里的（或勘测中常年流水的）沟谷底部，尽量避开排水困难的沟谷低洼处和沟旁进洞，减小或避免水毁的危害。

7.2.10 隧道洞口区域有汇（集）水区的，经水力计算常规截水沟（底宽 40cm，1:1 梯形）不能满足排水要求时，应按改沟设计处理，改沟暴雨计算频率按百年一遇取值。改沟设计应有满足施工要求的平纵横和其他构造物设计图纸。

### 7.3 洞口设计与环境协调

7.3.1 洞口及洞门设计既要注重建成以后的整体效果，又要减少施工过程中对山体的扰动和破坏。

7.3.2 在地形开阔、仰坡较平缓、隧道轴线与等高线正交或接近正交的地带，宜采用明洞式洞门；在仰坡陡峻、山凹地形、斜交地形、桥隧相接地带，宜采用端墙式洞门，并对墙面采用塑石等贴合自然的形式进行砌面；城镇、风景区等人文气息浓厚的地段，可进行造型类设计，展示区域特色。洞门形式、洞口构筑物整体造型和景观应与周边环境、自然景观协调。

7.3.3 遵循“早进洞、晚出洞”的原则，结合地形、地质条件设计洞口边仰坡，尽量降低边仰坡开挖高度，减少对自然环境的破坏，边仰坡防护措施应有利于生态恢复，开挖痕迹宜通过接长明洞、洞顶回填、恢复植被等进行遮盖和绿化。

7.3.4 洞口清表过程中应对征地线与边仰坡开挖线之间的原有植被进行保留，对分离式双洞隧道、小净距隧道两线间的山体进行保留。隧道明洞开挖边坡与洞口路基边坡应结合坡率情况设置必要的过渡段，使坡面自然、平缓过渡。

7.3.5 洞口减光设计可因地制宜采取绿化带减光、遮光棚及通透式棚洞等方式。对于隧道群，洞口距离较小（小于 50m）时，隧道之间可根据实际情况设置遮光棚，避免频繁光强突变。

### 7.4 内轮廓净空断面

7.4.1 隧道内轮廓净空断面除满足隧道建筑限界所需空间外，预留富余量不宜小于 150mm。

7.4.2 隧道洞内路面超高横坡不宜大于 3%，不同横坡段落宜采用同一隧道内轮廓。

7.4.3 双向四车道高速公路上的隧道宜与路基同宽。

### 7.5 隧道衬砌结构

7.5.1 位于砂土状强风化、全风化地层，且地下水丰富地段的衬砌应按土质围岩设计，仰拱矢跨比采用 1/6~1/8，并加厚仰拱二衬 10cm。

7.5.2 暗洞隧道基底为地下水丰富的砂土状强风化、全风化、残坡积土层等软弱围岩时，应在二次衬砌施工前，对隧底地层采取注浆等措施进行加固。

7.5.3 隧道衬砌边墙及以下为较完整-完整微风化硬质岩层时，可不设仰拱。

7.5.4 位于土质和全风化地层的 V 级围岩，其浅埋段初期支护宜取消拱部中线两侧 45° 范围内的锚杆，同时墙部采用与锚杆间距和长度相同的小导管注浆替代原锚杆，并加强锁脚措施。

7.5.5 用于隧道施工的辅助通道（竖井、斜井、平导、横通道等），I-III级围岩洞身段可采用喷锚衬砌。

7.5.6 用于隧道运营通风和火灾排烟的辅助通道（竖井、斜井、风道等），I-III级围岩洞身段应对喷锚衬砌和复合式衬砌进行综合比选。

7.5.7 探索隧道主洞围岩较好段落采用单层衬砌（如喷射混凝土初支+喷射混凝土二衬）的可行性。

7.5.8 水下隧道应在充分考虑所处水体环境、水压力大小基础上采取针对性的结构耐久性技术措施和防水措施。

## 7.6 建设、养护便利性设计

7.6.1 特长隧道平均纵坡超过2.0%时，路线、隧道、通风设计三者需要相互协调，宜结合通风系统对隧道方案进行全寿命周期综合经济技术比较，尽可能降低隧道平均纵坡。

7.6.2 隧道衬砌结构在设计阶段应树立全寿命周期成本的理念，实现建养并重。衬砌结构耐久性设计应综合考虑环境类别及作用等级、有利于减轻环境作用效应的结构形式和构造措施，分区、分部位进行耐久性设计，同时提出配合比（水胶比、胶凝材料和矿物掺和料用量）、氯离子含量、碱含量和硫酸盐含量等指标。钢筋混凝土及素混凝土均不得使用海砂作为骨料。

7.6.3 隧道防排水系统设计应考虑后期管养维修的便利性，隐蔽式纵向排水沟和侧埋式排水管均应设计维修检查井，路缘排水沟宜采用暗埋式边沟结合集水井的形式。

## 7.7 隧道环保和节能设计

7.7.1 隧道洞口段可采用小净距布设形式，尽量节约土地资源并保护自然环境。

7.7.2 隧道位于城市、风景区附近时，宜设置一定长度的明洞，减短路堑长度。

7.7.3 推行中、短隧道单向CD挑梁法出洞设计，实现“零开挖”。

7.7.4 当隧道建设对隧址区周边的建（构）筑物、厂矿设施、居民生产生活和生态环境可能产生环境严重破坏、社会风险加剧等不利影响时，设计应采用以堵为主、控制排放的防排水原则。隧道允许排放量宜通过环境影响、工期影响、结构影响和经济影响等方面的系统评估方法综合确定。

7.7.5 为实现施工期与运营期隧道洞口清、污水分离排放，隧道洞口排水管网应进行详细设计，结合洞口构筑物、地形及路线纵坡等因素综合考虑，管沟应在水流方向发生变化的位置设置检查井。洞口应设置污水处理池。

7.7.6 在沿河傍山的陡峻路段及边仰坡较高的隧道斜交洞口段，可设置棚洞，以降低边坡开挖高度，减少对隧道洞口原生植被的破坏。棚洞顶宜适当进行回填绿化并满足排水需求。

7.7.7 探索隧道围岩洁净水的综合利用。纵坡为双向坡的隧道，可考虑把围岩洁净水作为消防水池的水源。有条件的长隧道可利用洞口区域设置集水池，过滤收集隧道边沟水用于绿化养护。

**7.7.8** 积极推进隧道洞渣的资源化利用。要充分考虑隧道围岩级别、洞渣物理化学性质等，对隧道洞渣进行等级划分和分类应用。

**7.7.9** 沿山隧道施工场地和施工便道布置，应尽量避免在隧道正面山体的坡脚切坡修建，工程完工后要及时进行清理和恢复。

**7.7.10** 加强隧道节能设计，设计建造低碳型隧道

1 隧道通风方案设计应首先考虑自然通风的可能性，不具备自然通风条件时，宜优先采用纵向机械通风方案与分布式智慧型单相供配电技术；

2 隧道照明方案设计应采用 LED 照明灯具、精细化照明调光控制技术。推广应用光纤传导、太阳光与人工光结合及导光管等绿色照明技术；

3 有条件的地区，隧道通风和照明用能可利用风电、光电、风光互补、水电等可再生能源。

## 7.8 设计的统一与协调

**7.8.1** 省界高速公路隧道技术标准和设计方案宜协调统一。

**7.8.2** 隧道照明、供配电、消防、通风、监控预留预埋部件设计应全部纳入“隧道机电设施预留预埋部件总体布置图”，各预留预埋件的位置不得冲突，且不得影响隧道衬砌的安全。

**7.8.3** 积极探索隧道机电设施集中布置的可行性。

## 7.9 隧道行车舒适性要求

**7.9.1** 洞壁亮化宜采用耐久性好、粘结性能好、低延伸性、耐火、无毒的高漫反射率的涂料，并有利于照明和行车的安全舒适；条件允许时可增设环向轮廓标或反光环等视线诱导设施。

**7.9.2** 长度超过 5 公里的隧道，可采用连续或间隔一定距离设置洞壁亮化、绿化带配合电光环境等措施，改善驾驶者因长时间处于狭长封闭和单调环境空间带来的视觉和心理影响，但不得影响行车安全。

## 7.10 超前地质预报和监控量测

**7.10.1** 隧道超前地质预报设计应有针对性，应根据隧道工程地质与水文地质条件和复杂程度、地质因素对隧道施工影响程度、诱发环境问题程度等，采用地质调查、地震法（TSP、TGP）、地质雷达和水平超前钻孔等方法，分段、分级进行超前地质预测预报设计。

**7.10.2** 对富水构造破碎带、富水岩溶发育地段、煤系地层、瓦斯发育区、采空区以及重大物探异常地段和地下隧道应采用水平超前钻孔核实，并结合地质调查和物探成果综合预报。

**7.10.3** 在硬岩地段要做好不利结构面（节理面）组合形成类椎体的地质预报，避免危险性极大的脆性塌方。

**7.10.4** 地下水流量应列入必测项目，在地下水敏感区域，隧道开挖前就应设置地下水位变化观测点，并在施工期间持续观测。

7.10.5 隧址区有临近建（构）筑物，爆破振速应列入必测项目。

7.10.6 穿越煤系地层和瓦斯发育区的隧道，瓦斯浓度应列入必测项目。

7.10.7 位于采空区和岩溶区的隧道，在初期支护完成后准备施做二次衬砌之前，应对隧道周边进行空腔检测，检测深度不小于 20m。

7.10.8 小净距段落应加强监控量测，特别是中夹岩柱的稳定性、浅埋段地表沉降及爆破振动对相邻隧道的影响应作为重点。

7.10.9 对需要进行运营期间监测的隧道，应增加相应监测项目。

## 7.11 隧道动态设计要点

7.11.1 隧道出现以下情况时，应及时开展动态设计工作

- 1 超前地质预报揭示开挖面前方岩层存在不利地质构造；
- 2 开挖面揭示的围岩级别与设计有较大差别；
- 3 围岩变形量持续增大，且总变形超过 2/3 设计预留变形量；
- 4 围岩位移速率大于 1.0mm/d，或位移速率上升时；
- 5 支护结构产生明显的不可逆结构损坏；
- 6 洞外地表变形量持续增大，将严重危及隧道安全；
- 7 其他对隧道施工及支护结构不利的变化。

7.11.2 隧道动态设计主要包含以下内容

- 1 围岩级别变更；
- 2 防排水及支护结构参数（含预留变形量、衬砌仰拱等）的变更；
- 3 辅助工程措施变更；
- 4 开挖工序、工法变更；
- 5 监控量测内容与评价标准的变更；
- 6 超前地质预报内容、方法的变更。

## 7.12 机械化、预制化、智能化设计

7.12.1 在限制爆破地段，围岩强度为 80MPa 以下时，为减少对围岩及周边建构筑物的扰动和控制沉降，可考虑采用单臂掘进机施工。

7.12.2 软弱围岩隧道经论证后可采用全断面机械化开挖，并采取相应辅助工程措施（如采用超前玻璃纤维锚杆对掌子面前方进行加固等）。

7.12.3 穿越大量敏感建（构）筑物、风险源多、地层复杂或施工工期受限的特长隧道应进行多方案比选，对钻爆法、盾构法、TBM 法及其组合工法开展综合论证。

7.12.4 探索、试点山岭隧道二衬预制装配化设计技术，含二衬节段划分、接头结构形式、衬砌防水和现场拼装等。

7.12.5 洞内沟槽、盖板等小型构件可采用标准化设计、工厂化预制。

7.12.6 探索、试点水平定向钻技术在山岭隧道地质勘察中的应用，以解决传统垂直钻孔勘察技术无法在处于特殊条件（如高地应力、强活动断层、大埋深、生态脆弱区域、军事敏感区、水域条件和地表无法到达的区域）的隧道中实施的难题。

7.12.7 探索以 BIM+GIS 技术为核心，综合应用物联网、大数据、人工智能等信息技术，依托智能化装备，结合安全风险感知和预警技术，实现基础三维实体模型全寿命周期信息再现的隧道自动化动态勘察和工程设计。

## 8 路线交叉

### 8.1 设计原则

**8.1.1** 互通立交的技术标准应与主线的标准、服务水平相协调，避免片面追求高指标造成工程的不经济。应根据现有和规划路网、交通量分布、发展规划，并考虑公路的使用功能及特点，合理选择互通立交的位置。

**8.1.2** 在满足交通功能的前提下，遵循选型与功能定位相结合的设计原则，追求互通立交与自然环境和人文环境的和谐一致，注重对现状地形的利用来合理选择立交形式，注重通过立交范围内的地形整治实现合理的线形设计和景观营造。

**8.1.3** 路线交叉结构物与环境的关系除要考虑技术、经济方面的因素外，还应考虑对环境的保护及营造和谐的景观要求等，尽可能减少拆迁和对环境的破坏。

**8.1.4** 分离立交应根据地形条件合理选择交叉方式，根据海江湖山的特点选择相融合的桥型结构。

**8.1.5** 互通立交生态环保设计要求如下：

1 在满足交通功能的前提下，遵循选型与功能定位相结合的设计原则，追求互通立交与自然环境和人文环境的和谐一致，注重对现状地形的利用来合理选择立交形式，注重通过立交范围内的地形整治实现合理的线形设计和景观营造；注重绿化的整体性和节奏感，应与沿线自然环境相融合。

2 对于互通立交内部区域的路基边坡（包括主线和匝道），宜结合原有的自然地形对路基边坡进行坡面修饰，放缓边坡，便于形成绿化景观，提升互通整体美感；

3 对于挖方边坡，应以保证视距为前提，以结合地形为基础，进行自然化的坡面修整，坡面采用植物防护，与周边环境融合；

4 对于互通式立交内主线与匝道相互之间围起来的区域的排水，结合汇水面积及坡面坡度灵活采用适宜的宽浅土质排水沟或者取消排水沟，设置浅碟形土质蒸发池或进行湿地化处理。蒸发池或湿地坑的设置位置应结合地形条件采取不规则的接近自然的形状。

**8.1.6** 路线交叉的景观营造以满足交通安全功能为前提，充分重视视觉景观的需求，最大程度挖掘景观资源，场地布设结合使用功能，紧凑有序，错落有致。突出诱导栽植、标志性栽植和明暗过渡栽植，追求视觉效果的舒适性。

**8.1.7** 路线交叉在进行独立的人文景观设计，做到融入自然，适当反应沿线人文元素，能充分反映地方特色。

**8.1.8** 最大限度保护路线交叉用地范围内的原有的自然特征，如海边沙滩、小型湿地、溪流、岩石和树木等，使自然资源得到最大限度的利用。

**8.1.9** 互通交叉工程的设计应考虑通行便利性，合理设置动物通道，通过设置桥涵维持湿地路段的水力联系。

## 8.2 互通布局、选址与选型

8.2.1 互通立交选址时应考虑远离环境敏感点，如：学校、医院、居民集中地与饮用水源等。

8.2.2 合理控制互通立交的间距以保证高速公路运营功能及合理控制建设规模：

1 要充分考虑影响新增互通式立交所引起的间距变化及各种影响因素。一般地区新增互通立交的最小间距不应小于 4km。

2 城区高速公路开放段最小间距要求不应小于 2.5km。

8.2.3 注重互通立交用地规模的控制。在满足功能、安全和运营管理要求的前提下，互通式立体交叉设计应规模适当、布局紧凑，选用合理的形式，以减少占地，具体措施包括：

1 互通型式更加灵活多样，注重节约土地资源及结合地方需求。在互通方案及互通位置比选中，将互通占地大小作为一个重要的比选因素。

2 高速公路与一级公路交叉所设置的枢纽互通立体交叉，当交通量较小时，左转弯直连或半直连匝道设计速度不宜超过 60km/h；建设条件复杂的枢纽互通立体交叉，在保证通行能力和行车安全的前提下，可选用较低的技术指标；

3 III类地形区一般互通立体交叉，当交通量不大时，可适当降低环形匝道的设计速度和圆曲线半径，并充分利用地形，采用适当的变异形式，对长匝道或互通式立体交叉连接线，可设置曲线迂回展线；

4 对于因布局间距需要、连接县级以下城镇、预测期末交通量小、用地紧张或地形地质条件复杂地区的互通式立体交叉，宜采用菱形立交。

5 将收费设施与互通立交方案有机结合，以减少互通整体用地。城市周边区域可进行集中与分散收费的互通方案比选。

6 占用耕地数量较大的互通立体交叉应进行互通区内土地综合利用论证，在保证互通立体交叉功能和交通安全的前提下，可将公路服务设施或收费、监控通信及养护等管理设施布设在互通立体交叉用地范围内，或通过合理布设匝道平纵面线形，结合设置机耕通道、匝道桥梁等构筑物，为互通立体交叉区内耕地的耕作提供条件，从而减少占用耕地。

8.2.4 结合路网结构和服务水平，规划层面要加强枢纽节点设置条件的研究：

1 以道路网规划为依据，综合考虑整个路网上立交系统在设置上的协调性与一致性，提高整个路网系统的效率；

2 大交通量的转向和分流要求，特别是直行和左转交通很繁重的交叉处，保证规划路线的连续性；

3 综合考虑功能需求和经济效益，对于位于规划的城市范围内的枢纽互通，可适当采用全高架立交，满足地面层慢行交通需求，并节省互通占地规模。

4 由于枢纽互通的复杂性和重要性，规划阶段应预留充足用地，避免后期设计设方案实施受限。

### 8.3 互通技术指标与线形设计

8.3.1 互通平面设计应采用合理、均衡指标，并与交通流向相适应，使互通立交的整体效果达到造型美观、线形舒展流畅、行车安全舒适。匝道平纵面线形指标要与地形及运行速度相适应，视觉连续，走向清晰，要充分考虑周边地物对行车的诱导和影响。

8.3.2 禁止将互通设置在连续长、陡下坡的坡底或主线平、纵不利组合的路段。

8.3.3 互通区指标应采用规范一般值以上，匝道线形指标均应满足停车视距要求。

8.3.4 T型枢纽互通中非贯通主线侧的多车道匝道分合流应采用主线分岔或合流设计，路线指标宜满足互通区一般值，分合流鼻端前后匝道平纵线形需结合运行速度逐级过渡。当转向主交通量明显，且次交通流向采用单车道匝道时，可采用匝道分合流设计，但其连接部平纵宜满足主线设计速度对应的互通区指标一般值。

8.3.5 匝道线形设计应避免多重不利因素组合：

- 1 避免将流出点位于小半径凸型竖曲线顶部。
- 2 除主线分岔外，避免匝道从主线左侧分流。
- 3 流出匝道曲率不应变化过快。
- 4 避免短距离采用多个连续出口。
- 5 平纵面线形应避免采用极限值的组合，出口匝道的平纵线形指标应满足一般值以上。

8.3.6 匝道变速车道等特殊路段的线形设计，应结合相邻路段的运行条件确定，交通量较大时宜适当增长变速车道长度。

8.3.7 匝道的出入口路段，应具有相对较高的平纵面线形、良好的通视条件；在匝道分流鼻端出口之前应保证满足判断出口所需的识别视距，在合流鼻端之前应满足所需的通视三角区。

8.3.8 高速公路应采用相对一致的出口形式，分流端部尽量设置在交叉点之前，并应采用一次出口的方式，合流端部结合互通布设条件宜采用一次入口的方式。

8.3.9 互通式立体交叉设计应加强提高通行能力的设计，充分考虑运营期间节假日车流量影响：

- 1 枢纽互通主方向匝道宜采用双车道出入口。
- 2 收费广场与匝道分流段及平交口间距尽量增大，收费广场渐变段末端至前方分流点的净距不宜小于 100m，至被交叉公路平交口净距不宜小于 150m。

8.3.10 互通立交与隧道间距控制

- 1 隧道出口端与前方主线出口的间距宜满足设置全部指路标志的需要。
- 2 通达景区或易出现出行高峰的互通式立体交叉尤其应注意加强其与前后隧道之间的间距控制，宜满足 1000m 的要求。

3 受地形条件限制时，隧道与前方主线出口之间的净距应满足《公路立体交叉设计细则》(JTG/T D21-2014)相关规定。

4 地形条件特别困难，无法满足上述距离要求时，对于加速车道，应将合流鼻端设置于进入隧道前，并满足 3s 行程长度，隧道一并加宽一个车道作为加速车道，隧道内不允许车辆变换车道。隧道出口至加速车道渐变段起点的距离不应小于加速车道长度规范值。对于减速车道，起终点可分别设在隧道进口前和出口后，并采用平行式出口，隧道内不允许车辆变换车道。隧道进口前长度不小于减速车道长度规范值，隧道出口后的减速车道长度不宜小于 100m；减速及分流过程在进入隧道前完成的，减速车道终点（分流鼻）与隧道进口的距离应不小于 100m。

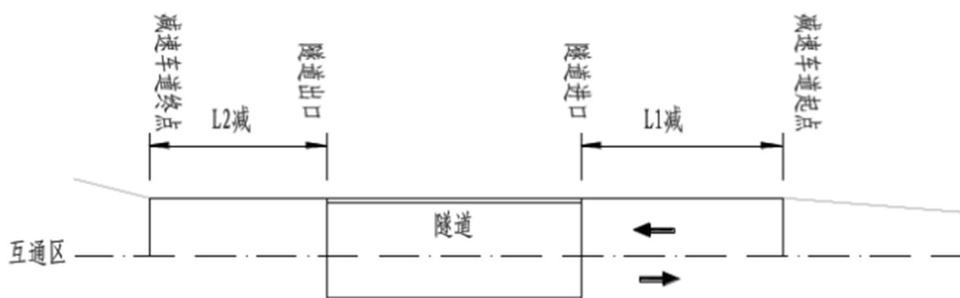


图 8-1 减速车道于隧道后分流

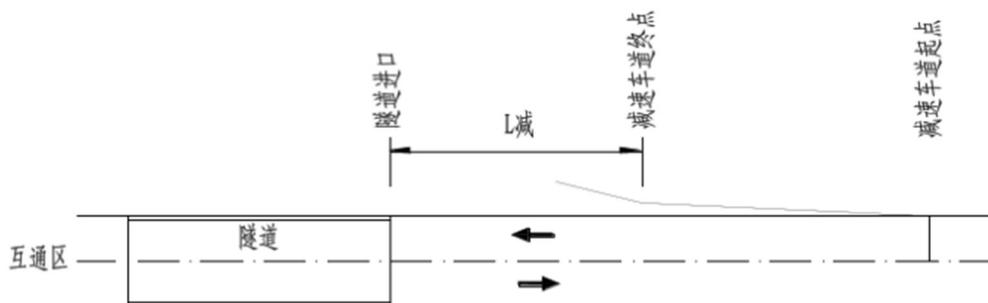


图 8-2 减速车道于隧道前分流

## 8.4 互通改扩建设计要点

8.4.1 沿海改建路段应综合考虑增设互通和平面交叉的必要性，在交通量论证的基础上，应提出增设方案，在满足功能的同时兼顾美观性。

8.4.2 沿江、沿海改建路段应结合当地路网规划，着重分析路线交叉的增设与既有路线交叉的不适应性，并对全线路交叉景观进行评估，提出景观提升需求。

8.4.3 沿山改建路段的路线交叉应着重分析路线改建方案对路线交叉设置的影响，提出相配套的路线交叉改建方案和景观改造方案。

8.4.4 部分交通量大的路段可通过平交口改造和归并部分出入口等措施提升公路通行能力。

8.4.5 高速公路新增互通主线应结合主线扩建需求预留改扩建空间：

- 1 匝道桥上跨主线宜考虑主线扩建条件。
- 2 主线分合流鼻端附近的桥梁宜满足近期运营要求和远期扩建需求。
- 3 匝道下穿高铁宜正交，并预留扩建空间。

## 8.5 其他要求

8.5.1 沿海、沿江、沿湖的路线交叉布设应综合考虑用地条件、交叉型式与水景的协调统一、造价等因素。

8.5.2 沿山的路线交叉应优先选择在山坡地、荒地等土地利用价值相对较低的位置，并根据其交通功能合理布设匝道和渠化设计，尽量少占土地。

8.5.3 沿海的互通型式应简洁大气，与沿海城市的大背景相融合，匝道桥梁优先选择预制结构，外型应美观。

8.5.4 沿江、沿海、沿湖的互通型式应凸显曲线美，互通位置尽量选择在景观较佳处，匝道平面应以曲线为主，纵面应平缓，充分体现匝道曲线的韵律美。平面交叉在满足功能的基础上，渠化设计应弯善，渠化岛内的绿植应精心设计，与江湖美景相统一。

8.5.5 沿山的互通型式应把填挖因素放在首要位置，避免高挖深填，匝道布设尽量利用等高线展线，必要时可局部降低匝道技术指标，营造出把互通放在山中，“毫无违和感”的一体化视觉效果。

8.5.6 分离式交叉宜保持既有交叉道路的交通出行方式，尽量减少对被交道路的大规模改造：

- 1 分离式立交桥梁应采用正交布置，预留被交道路远期拓宽条件。
- 2 分离式立交桥梁宜采用单孔跨越被交道路整幅断面，减少桥墩对视距的影响。
- 3 分离式立交桥梁桥墩设计时，应充分考虑 VIN 值。被交道路护栏内侧边缘到立交桥桥墩边缘的距离不宜小于 1.5m。

4 分离式立交桥梁跨越高速公路、一级公路时，净空不应小于 5.5m。跨越其他等级公路时，有条件净空宜适当加大。

5 车行通道净空应满足消防车通行要求，净高不应小于 4.5m，净宽不应小于 5.0m，纵坡不宜大于 4%。人行通道净高不应小于 3.0m，净宽不应小于 4.5m。

8.5.7 跨线桥设计时其桥型选择应具有一定的系列感，既要防止简单的重复，又要避免设置多种桥型而给人造成凌乱的感觉。

8.5.8 互通连接线应结合地方规划及预测的交通量合理确定走廊带及技术标准。连接线的线位宜与土地利用规划相契合，兼具城市道路功能的连接线宜预留规划实施的空间。

8.5.9 平交口、互通区视距三角形内的绿化不应遮挡行车视线，互通区绿化宜结合原有地形与排水系统进行微地形设计，做到富有层次、满足植物季相变化。

## 9 交通安全设施

### 9.1 设计原则

9.1.1 交通安全设施设计应结合路网与公路条件、交通条件、环境条件进行总体设计，交通安全设施之间、交通安全设施与公路主体工程和其他设施之间应互相协调、配合使用。

9.1.2 交通安全设施设计应坚持“安全、环保、舒适、和谐”的理念，体现“以人为本，安全至上”的指导思想。

9.1.3 交通安全设施应满足高速公路功能需求为主，并兼顾城区化高速公路交通需求。

9.1.4 交通安全设施应针对高速公路重点路段的特点，提供有针对性的解决方案。

9.1.5 交通标志和标线传递的信息不应矛盾，功能应相辅相成，互相补充。

9.1.6 在满足安全和使用功能的条件下，积极推广使用可靠的新技术、新材料、新工艺、新产品，严禁“标新立异”。

9.1.7 连续长下坡路段、隧道路段、枢纽型互通、服务区等特殊路段的交通安全设施应保障行车安全和便利。

9.1.8 公路通过自然保护区、风景名胜区及饮用水源保护区等环境敏感区路段时，交通安全设施设计要考虑环境敏感区的特殊要求，进行专项设计。

9.1.9 有条件的地方，交通安全设施用能宜采用风电、光电、风光互补供电等绿色能源。

9.1.10 在道路交通安全评价成果的基础上，遵循绿色宽容、主动预防与被动治理相结合的原则，开展基于路网的交通标志系统化设置、路侧警示和防护设施、交通标志与标线等交通安全设施设计，鼓励规模化应用可导向防撞垫、旋转式护栏、路侧振动带、雨夜反光标线、双组份标线、主动发光标志及雾区行车智能诱导系统等“四新”交通安全设施，提升道路交通安全保障水平。

9.1.11 从经济性、适用性考虑，高速公路连接线交通安全设施设置标准按相应等级地方道路标准要求设置。

### 9.2 交通标志

9.2.1 交通标志的设置应综合考虑、布局合理，防止出现信息不足或过载的现象。信息应连续，重要的信息宜重复显示。

9.2.2 高速路网与地方路网的衔接指引标志设计，对连接线衔接点为中心 5km 范围内的普通公路干线和主要平交口，设置相应高速公路衔接指引标志和入高速公路衔接指引标志。

9.2.3 全面排查高速公路所在区域的旅游景区，在通往国家 4A 级及以上等级旅游景区的高速出口前基准点 2.5km、1.5km、250m 处单独设置旅游区标志；在通往 5A 级旅游景区的落地互通前 20km 处单独设置旅游区地点距离标志。

9.2.4 在设计基本风速大于 31m/s 地区的高速公路，标志版面面积大于 20m<sup>2</sup>时，在不影响标志信息识别的情况下可拆分版面。

9.2.5 收费站标志进行统一规划、统一设置，同一出、入口广场的收费站岛头标志安装位置应在同一个横断面上，同一类型标志支撑结构方式、安装高度、标志版面反光膜、箭头、字体大小应保持一致，达到外观完好整洁、整齐美观，与所站周边环境和谐。

9.2.6 互通前后路段紧邻隧道时，应加强前方出口预告，告知车辆提前变道，在隧道内设置出口预告标志，配合设置车道数变少、禁止变更车道标志。

9.2.7 隧道内设置的紧急电话、消防设备、人行横洞、车行横洞、紧急停车带及疏散指示等标志，采用主动发光形式，增强识别和醒目效果。

9.2.8 高速公路沿线隧道洞内设置隧道名标识牌，以便定位车辆，提高救援效率。

9.2.9 在连续长下坡上游、坡顶起始位置、下坡中间路段和坡底终止位置四个区段，根据路段情况在合适位置设置相应的连续长下坡预告标志、可变信息标志、告示标志、限速标志等。

9.2.10 连续长下坡路段避险车道（紧急停车处）标志宜设置编号，能够明确避险车道位置，编号采取倒序设置。

9.2.11 结合路网规划，在枢纽互通处门架标志预留其他路段标志版面。

9.2.12 标志可合理利用上跨桥、门架型可变信息标志、F型可变信息标志等进行附着设置。

9.2.13 标志应考虑路面加铺、罩面等因素的影响，设计阶段应对标志立柱预留一定高度。

9.2.14 以设计速度为基础，通过交通工程综合论证，提出分路段、分车型、分车道的高速公路限速标志设置方案。

9.2.15 为保证视认性，应对标志与可变情报板、路灯、绿化、声屏障等设施的位置进行核查，防止出现遮挡。

9.2.16 交通标志应开展能耗低、亮度高、视认性好的全天候级的超薄主动发光标志技术应用，采用可循环利用的环保型材料进行标志板模块化制作，开展基于风景道、旅游公路的交通标识体系设计。

9.2.17 标志改造方案应根据公路改扩建的形式确定标志的利用方式。标志立柱的各项指标经检测后符合要求时，方可重新使用。

#### 9.2.18 旅游标识标牌

1 标识标牌系统：旅游标识标牌除需满足一般公路的标志标识需求之外，还需设置统一的景点指路标志，采用统一的专用色彩，造型设计以简洁美观为主，确保信息导向地图人性化。旅游标志采用非交通标志的，应办理审批和登记手续。

2 布局规划：应在高速公路出口广场的适当位置，将周边的绿道出入口、国家公园、森林公园、风景名胜区、自然保护地、观景点、特色小镇、公共文化地标、历史文化村镇、商业中心等驿站、公园及其他旅游景点和资源要素的标识信息，按照重要程度进行逐层表达和布设。

### 9.3 交通标线

9.3.1 为达到更好的视线诱导效果，在高速公路车道边缘线设置 A3 类突起路标。

9.3.2 互通、服务区的分流或合流前的主干道上应设置导向箭头指明行车方向，提示车辆提前变道，并将交织段部分车行道分界线改为实线，避免交织段变道，保证主干道车辆的正常匀速行驶。

9.3.3 车道不平衡过渡路段可通过施划导流标线，将车道数增减路段前置或后延，实现交织区内的平衡车道，避免产生多种交通流冲突状态重合。

9.3.4 在复杂枢纽、事故多发路段、隧道路段、连续长下坡路段、视距不良路段等需要减速的路段前或路段中的车道适度设置纵向减速标线，以提高驾驶环境协调性、安全性。

9.3.5 视距不良路段，可采用标线偏移措施或土建工程措施改善中央分隔带停车视距，同时保证硬路肩宽度不小于 2.5m。

9.3.6 原则上不设置横向减速标线；在桥梁上不得设置横向振动标线。

9.3.7 标线颜色的含义应符合 GB5768.3 的规定，纵向标线不得采用红色、蓝色等彩色标线。

9.3.8 积极应用低排放量的材料、自降解临时标线等技术，通过采用高压喷涂、预成型技术、结构反光标线技术等施工工艺降低环境影响。

### 9.4 护栏

9.4.1 高速公路护栏应按照 JTGD81、JTG/TD81 的设置原则、等级选取和形式选用原则，综合考虑道路条件、交通量及交通组成、维修养护条件、环境景观等要求，经技术经济比较后确定。

9.4.2 高速公路护栏应考虑路面加铺、罩面等因素的影响，设计阶段应对护栏立柱预留一定高度。

9.4.3 高速公路护栏宜连续通布，不同防护等级或不同结构形式的护栏相接时，应进行过渡设计，且过渡段的防护等级应不低于所连接护栏中较低的防护等级，保证整体刚度的渐进式过渡。

9.4.4 路侧有悬崖、深谷、深沟、江河湖泊等路段以及位于计算净区宽度范围内的门架结构、桥梁墩柱、桥台构造物路段，护栏防护可提高 1 个等级。

9.4.5 中央分隔带设置有可变信息标志、ETC 门架及交通标志立柱或桥梁墩柱时，应考虑车道最大动态外倾当量值影响，可采用防护等级高、动态变形量低、通透美观的低变形量护栏。

9.4.6 未进行安全处理的位于公路净区宽度内的路侧护栏，起点位置的端头宜设置为圆头外展式、外展埋入式或吸能式。护栏端部不具备外展条件的路段，应设置防撞垫或防撞端头。

9.4.7 桥梁与隧道相连接的隧道洞口处，普通护栏基础无法在桥面板上设置时，宜采用双横梁护栏实现桥隧连接处隧道洞口的安全防护。

9.4.8 桥梁间存在的短路基（小于100m）可统一采用混凝土护栏。

9.4.9 中央分隔带开口部及隧道口转向车道处应设置移动灵活、开启方便、过渡平顺的具有Am及以上防护等级的开口护栏。

9.4.10 在路线平顺、行车单调易产生疲劳的路段，在护栏设计中要特别注重护栏型式的选择，通过型式变化、通透性较强、与自然环境融合的护栏，以缓解行车疲劳，应尽量寻找可以替代波形护栏的措施，如采用与周围环境融合的钢背木护栏。

9.4.11 鼓励应用各种高强、高韧、轻质、耐腐蚀、环保、可循环利用、可设计的复合材料和旧波形梁护栏再利用技术，如：不锈钢护栏、高强度轻量化波形梁护栏。

9.4.12 既有护栏达到设计年限且继续使用时，应按照设计标准要求对护栏的防护能力进行评估，如无法满足则需进行改造。

1 对于采用两侧加宽扩建的路幅，其原有路侧护栏应全部拆除。护栏板及其他部件符合新设护栏要求时，对其进行清洗、整形、防腐翻新处理后，可重新使用。

2 中央分隔带原有的护栏板及其他构部件，符合新设护栏要求时，对其进行清洗、翻新处理后可重新使用。

## 9.5 视线诱导设施

9.5.1 长度 $\geq 200\text{m}$ 的隧道和长度 $< 200\text{m}$ 的光学长隧道，应设置隧道轮廓带。轮廓带沿隧道壁环向连续设置，且不得侵入隧道建筑限界。

9.5.2 同一座隧道内轮廓带设置间距应均衡、协调。直线路段设置间距应为300~400m；曲线路段设置间距应结合行车速度、停车视距等因素，以下一设置点可视不少于1/3轮廓带为原则进行确定，最大间距不应大于400m。

9.5.3 为增强视认效果，可在波形梁护栏立柱上间隔一定距离贴反光膜。

## 9.6 防眩设施

9.6.1 高速公路全线整体式路基段及桥梁长度 $< 30\text{m}$ 路段，宜采用植树方式防眩；大中桥及长度 $\geq 30\text{m}$ 的小桥、分离立交路段，以及中央分隔带开口护栏上、互通双向匝道中央护栏上，宜采用防眩板（网）防眩。

9.6.2 在设计基本风速大于 $31\text{m/s}$ 的路段，桥梁防眩设施采用防眩网型式。

9.6.3 防眩设施高度不宜超过2m，防眩设施高度发生明显变化时应设置渐变过渡段。

9.6.4 当路段为凹形竖曲线半径 $R > 12000\text{m}$ 时，防眩设施高度在双向四车道路段采用1.7m，在双向六车道及以上路段采用1.8m；当路段为凹形竖曲线半径 $9000\text{m} < R \leq 12000\text{m}$ ，防眩设施高度

在双向四车道路段采用 1.8m，在双向六车道及以上路段采用 1.9m；当路段为凹形竖曲线半径  $R \leq 9000\text{m}$ ，防眩设施高度采用 2m。

**9.6.5** 分离式路基中间带距离大于 9m 时，桥梁段、隧道洞口转向车道开口护栏上不设置防眩设施。

**9.6.6** 上下行路基或桥梁的高差小于 2m 时，应设置防眩设施，并设置于高程大的一侧。

## 10 服务设施与房建

### 10.1 设计原则

10.1.1 坚持贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，按照以人为本、保障服务的目标，构建完善的高速公路服务区服务体系，提高综合服务水平和经济效益。

10.1.2 坚持“服务公众便捷出行、服务地方经济发展、服务乡村振兴”的新定位，服务设施规划应结合项目区域经济发展和交通特点，在区域路网范围内，考虑服务设施总需求，保障基本服务、鼓励优质服务。

10.1.3 坚持凸显地方特色的多元设计理念，结合“自然资源、时代精神、地域文化、经济特点”，形成具有地方特色的服务设施风貌。

10.1.4 坚持统筹规划、合理布局、准确定位、融合发展的原则，结合区域经济发展和交通路网格局，科学布局高速公路服务区数量、设置位置和类型，探索与城乡区域协调发展的服务模式。

10.1.5 坚持服务优先、因地制宜、经济适用、适度超前的原则，新建服务设施宜与主体工程同步设计、同步实施、同步运营。服务设施的改（扩）建、提升改造设计应结合司乘人员的服务需求，充分利用原有工程，尽量减少对所在高速公路路段通行服务的影响。

### 10.2 服务区分类与配置标准

#### 10.2.1 服务区分类

根据服务区功能定位和区位，按主线标准、交通流量（适应交通量  $Q$  (pcu/d)，新建或改扩建第 20 年交通量）、交通流性质、环境影响以及区域高速公路发展等因素，将我省服务区分为 I、II、III 类服务区、停车区和省界服务区。

1 I 类服务区： $Q \geq 80000$ ，一般设置在重要的国家高速公路、地方高速公路的交通繁忙、服务需求强烈的路段，临近重要城市或资源，规划提供功能完备、高水平的服务功能的区域路网核心服务区。

2 II 类服务区： $50000 \leq Q < 80000$ ，一般是设置在国家高速公路、地方高速公路的交通量较大、服务需求较高的路段，临近较重要城市或资源，规划提供较丰富、较高水平服务功能的线路中心服务区。

3 III 类服务区： $25000 \leq Q < 50000$ ，一般提供基本保障服务功能，作为 I 和 II 服务区之间的路段普通服务区。

4 停车区：必要路段设置，仅为车辆提供停车、加水和为司乘人员提供如厕、休息等服务，有条件的可设置货车专用停车区。

5 省界服务区：在路网上位置居于省际，为进出省界司乘提供优质服务，展示福建形象。

#### 10.2.2 服务区功能配置标准

1 各类服务区必须配置停车场、能源补给设施、公共卫生间、公共服务设施、餐饮和零售服务设施、能源补给设施、管理及附属功能设施，可根据需要拓展汽车服务设施、住宿服务设施、文旅服务设施、物流服务设施等其他服务功能设施。

2 各类服务区的功能配置详《福建省高速公路服务区建设设计指导意见》

### 10.3 服务区总体设计

#### 10.3.1 设置间距

根据交通量、交通流的性质，结合路网布局规划，合理确定服务区和停车区的总体设置间距；山区高速公路，沿线城镇分布稀疏，交通量较小，供水、供电困难的路段，服务区间距可适当加大。

I类服务区的间距宜为100~200km，II类服务区的间距宜为50~100km，III类服务区的间距宜为50~60km。在I类服务区之间可设置多处II类、III类服务区。

#### 10.3.2 选址

根据所在路段的交通区位、交通性质、场地特征、环境影响等因素确定服务区的具体建设位置。

1 选址宜靠近城镇、景区景点、产业园区等资源较为密集的区域，方便周边资源共享，增加服务区的拓展功能。

2 应充分考虑场地建设条件，优先选择具备良好的水源、电源、通信、消防疏散及排污等基础条件的地块。

3 可充分考虑多种不同等级道路共线或者并行时的服务设施共用，如高速公路与国省干线并行的情况较多可以选择共设一处服务区。

4 一般选择无洪涝灾害、泥石流及含氡土壤威胁的场地，场地安全范围内无高压输电线穿过并无电磁辐射危害和火、爆、有毒物质等危险源，场地内无排放超标的污染源。

5 选择拆迁量小的路段，多利用荒山、荒坡地、废弃地，尽量避免选择场地高差较大的位置，提高服务区的场地的使用率。

6 尽量避免在各类保护区、水源地及准保护区布设；因受工程条件和自然因素限制无法避免时，设计必须考虑保护区功能要求，根据环境影响评价报告要求采取保护措施减轻对保护区及准保护区的影响。

#### 10.3.3 布局

服务区布局应根据用地条件、周边自然景观、人流、物流聚集情况、城镇聚集情况等因素综合考虑，可采用双侧分离式、单侧集中式。具备条件的，宜优先采用单侧集中式设计；采用双侧分离式设计的，宜优先采用双侧分离中间型。

1 在交通量大的路段或货运繁忙路段宜采用双侧分离式布局，同时注意在左右两区之间需设置供小型车辆通过为双车道宽的联络通道，并设置客货转换车位，以便在繁忙时段两侧服务区能够共用停车场，提高土地利用率。

2 在交通量小的路段宜采用单侧集中式布局，在服务设施内所有建筑集中在一侧，两侧停车场中间通过硬隔离完全分开，或结合收费系统建设开放式服务区。

3 在村镇较少的路段或当选址服务区距离互通较近时，鼓励优先在互通结合收费站设置共用服务区。

### 10.3.3 简易出入口

1 靠近城镇、村庄、工业园区等位置的服务区，可设置车辆、人行通道，便于周边群众共享服务区服务，设置车辆通道的服务区，应当将停车场与高速公路主线停车场进行物理隔离，方便管理。

2 处于山区等较偏僻地区，且远离出入口互通的服务区，可独立设置停车站点或客、货运接驳站点。

## 10.4 服务区空间规划与建筑要求

新建或改建服务区，要依靠服务整合资源，立足服务获取效益，将高速公路运输通道功能提升为服务经济社会发展的综合平台。

### 10.4.1 场地设计与功能分区

1 以便利性和安全性为首要原则。综合服务楼及停车场的布置要便于司乘人员的使用，满足司乘人员的基本生理需求与心理需求。

2 停车场与其他功能性建筑之间的设计应通畅；服务区内的道路交通组织设计应方便、快捷、安全、畅通。

3 结合服务区功能，按照分区布置的原则，对服务设施进行合理的功能划分与流线组织。各区域相对独立，联系便捷的原则。

1) 人车分流：服务区场区内应功能分区明确，按照人车分流的原则，合理设计人流和车流流线，减少人车流线交叉，并有利于消防、停车和人员疏散，方便人员、车辆安全有序通行。在车辆分区停放的基础上，设置人行步道，人行斑马线，标志标识等设施，引导乘客安全、便捷进入服务设施。

2) 客货分区：新建服务区应遵循客货分区停放理念，小客车、大巴车、货车、危化品车、超长车等分区定位停放，流线互不干扰。

4 服务区内建筑布局应充分利用场地的地形，因地制宜，力求紧凑，科学分配各功能区的位置和面积，提高土地利用效率，并应考虑远期改扩建的需要，一次规划、分期实施。

5 集散或商业广场：服务区宜在服务楼前后出入口设置休息广场或室内中庭，引导乘客集散，汇聚商业气氛。

6 休息公园：宜结合建筑出入口设置景观节点，利用连廊、庭院、绿化、水景、小品等元素提升景观品质为驾乘人员营造宜人的休憩空间。有条件的服务区宜打造主题公园或游乐景区，拓展户外休闲游憩功能。

7 场平排水系统通畅，铺装地面无积水，人行道、场区内小型车停车区应采用透水地面铺装。宜通过采用下沉式景观绿地、缓冲绿化、生态树池等，与透水地面铺装和雨水收集系统等协调

统一，达到雨水资源化的目的。宜采用分散式智能污水处理系统，实现处理过程的模块化、智能化、远程化控制。

#### 10.4.2 停车场设计

1 停车场的设计应与各功能建筑相协调，避免相互干扰。大、小型车应分区停放，并将客车的停车场相对靠近综合楼入口区域。

2 停车场内无障碍机动车停车位应设有明显指示标志，其位置应靠近建筑物出入口处，无障碍停车位与相邻车位之间留有轮椅通道，其宽度不应小于 1.2m。具备条件的停车场可设置家庭停车位、女士停车位等多功能车位，以满足旅客不同的停车需求。

3 在货运繁忙时段宜将部分客车停车位转换为货车停车位，在重大节假日可将部分货车停车位转换为客车停车位，并应满足消防要求。

4 客车、货车停车场宜采用绿化带、人行道进行物理隔离。

5 同类车辆停车位宜分组布置，每组停车位数量不宜超过 50 个，相邻两组之间应留出不小于 6m 的防火间距，宜设分离岛；停车场内应考虑布置一定的消防设施，以确保服务区内停放车辆的安全。

6 有条件的服务区设置必要的自驾房车停放车位，并提供水电设施，保障公众个性化交通出行的需求。

#### 10.4.3 房屋建筑

服务区建筑主要包括综合服务楼、公共卫生间、管理用房、辅助设备用房等。

1 服务区建筑的功能布置和空间划分应符合服务区的总体规划要求，并充分考虑当地气候条件、和中长期需要。

2 服务区在保障基本服务功能的同时，不断完善商业服务内涵，以司乘人员和旅客的消费需求为导向，进行功能和空间规划设计。I 类、II 类服务区应当结合服务区主题定位、地域文化特点、区域交通特性，开展特色或综合性商业服务区建筑造型设计。

3 服务区的设计规模、业态布局应和服务区所在路段的交通量、进入服务区的旅客流量相对应。在设计阶段即要考虑工可交通量，也要参考当地路网已建成路网交通量，科学预测服务区流量。当路段交通量较小时，除适当加大服务区设置间距外，宜以保障性服务为主。当路段交通量较大时，根据在地资源增加服务业态和规模。

4 服务楼内部的流线布置应安全、清晰、便捷，注重商业流线，增加旅客的体验感，吸引客流、促进消费。宜围绕公厕经济、中庭经济、环形经济、设计合理的商业动线和休息路线，功能布局根据动线设置，高效利用建筑面积和室内外空间。

##### 5 公共卫生间

1) 应结合《福建省高速公路公共卫生服务设施建设技术要求（试行）》，科学设置厕位总数，女厕位与男厕位的比例原则上不应低于 1.5: 1，重大节假日期间客流量大的服务区，女厕位数量无法满足使用需求的，宜按不低于 2: 1 的标准设置。

2) 公共卫生间设计应通风、简洁、适用,造型、装饰风格要与场区内综合服务楼等主要建筑相协调

3) I、II类服务区应设潮汐卫生间,III类服务区宜设潮汐卫生间,卫生间布置可利用可移动隔断引导人流,实现男女厕位的灵活转换。繁忙时段交通量差距特别大,小便与蹲便宜分组设置,以满足分区清扫及按客流量分区开放要求。

4) 公共卫生间必须设置独立的无障碍坡道、无障碍卫生间及第三卫生间等设施;第三卫生间可兼做无障碍卫生间;无障碍卫生间、第三卫生间一般独立分区。

5) 应结合当地气候特征尽量采用自然通风采光设计,推广负压新风通风系统,净化室内空气。小便器与蹲便后侧应设置有排风系统,有效减少异味。

6 零售服务、餐饮服务设施宜靠近综合楼主入口,根据经营模式,结合使用流线进行集中或分散设置,尽量与室内休息区紧密结合。

7 住宿服务应布置在相对安静区域,远离停车场;当靠近停车场布置时,应采取有效的隔声降噪措施。

#### 8 管理用房和辅助设施

1) 分离式布置的服务区,宜将办公楼集中在一侧单独设置,办公楼建筑规模应根据各功能区域的实际需要计算确定。

2) 辅助设施包括汽车修理间、配电房、泵房,污水处理设施、垃圾收集设施,其建筑造型及立面风格应与主体建筑协调一致,并尽可能合并建设。

#### 9 加油、加气和充电设施

1) 加油站、加气站和充电设施布置方式应与总平面布置的客、货车流线设计相配合,并保障非加油车辆的行驶。一般设置在场区出口一侧,避免车辆交通流线的交叉。

2) 电动汽车充(换)电站应远离加油、加气站,服务区应当设置充电桩,有条件的场区可设置换电站,具体建设标准参考《公路沿线充电基础设施技术指南》(交办公路函〔2022〕1513号)。

## 10.5 旅游服务设施

**10.5.1** 充分利用沿线设施,因地制宜设置汽车露营地、房车营地及旅游驿站等旅游服务设施。强调高速公路与旅游产业协同优化的策略,塑造产业指引下的富有文化旅游气息的高速公路,激发高速公路旅游活力值。

**10.5.2** 在景观资源良好的服务区或管理站,可结合地形拓展设置沿海、沿江、沿湖、沿山的慢行服务设施。

**10.5.3** 在周边景观资源丰富,且具有良好眺望条件的路段,可根据需要设置观景台,在风光优美的服务区、停车区宜设置相对独立的观景区域。

## 10.6 收费管理站

**10.6.1** 收费管理建筑应适应全面 ETC 收费模式要求，总体设计应随人员变化和 demand 调整，减少规模浪费。在用地规划上采用集约用地、集中建设，预留拓展余地。生活和办公设施可合并建设，也可采用围合式小建筑，提高站区环境质量和站区办公空间的灵活分割。

**10.6.2** 有条件的收费站应考虑提供更多服务的功能。可结合地方资源，设计多样化可灵活使用的建筑空间，适应不同办公模式和服务模式的站区。推广设置出入口服务区、物流园、商业区等。

**10.6.3** 建筑标准也可适当提高，使其满足商业、住宿等使用要求。水、电、排污等附属设施设计也应考虑多功能使用的要求，预留空间容量。

## 10.7 绿色建筑设计

**10.7.1** 服务设施设计应充分考虑全寿命周期内环境保护、节能减排、景观绿化和服务功能等因素。

**10.7.2** 按照《绿色建筑评价标准》和《福建省绿色建筑设计标准》的规定开展服务区、收费管理站等设施的节能减排设计。服务区、收费管理站建筑原则不低于 1 星级。

**10.7.3** 站区建设应充分利用建筑场地周边的自然条件，尽量保留和合理利用现有适宜的地形、地貌、植被和自然水系；在建筑的选址、布局、朝向、形态等方面，充分考虑当地气候特征和生态环境；建筑风格和规模与周边环境保持协调，保持历史文化与景观的连续性；尽可能减少对环境的负面影响，如减少有害气体和废弃物的排放，减少对生态环境的破坏。

**10.7.4** 建筑与围护结构，结合场地自然条件，对建筑的体形、朝向、楼距、窗墙比等进行优化设计，利用外窗、玻璃幕墙的可开启部分能使建筑获得良好的通风。

**10.7.5** 照明与电气，鼓励设计使用高效节能建筑设备，应用光导照明、高效节能照明灯具及照明智能控制技术。

**10.7.6** 能源综合利用，鼓励使用清洁能源，因地制宜推广太阳能、风能等清洁能源应用，减少污染排放。尝试开展光伏建筑一体化设计，建造太阳能光伏、风力等绿色发电设施。

**10.7.7** 应制定水资源利用方案，统筹利用各种水资源；给排水系统设置应合理、完善、安全；应采用节水器具；推广应用节水灌溉技术，鼓励使用中水回用技术。

**10.7.8** 装配式建筑技术应用：在高速公路沿线设施标准化设计要求高的房屋建筑、如办公楼、宿舍楼、隧道配电房、水泵房、汽修间、收费棚等，推广使用装配式建造技术。

## 11 景观绿化工程

### 11.1 设计原则

11.1.1 坚持保护优先、自然恢复为主，人工修复与自然恢复相结合，着力提高生态系统自我修复能力和稳定性。

11.1.2 坚持规划引领、顶层谋划，合理布局绿化空间，统筹推进一体化保护和修复。

11.1.3 坚持因地制宜、适地适绿，充分考虑水资源承载能力，构建健康稳定的生态系统。

11.1.4 坚持节约优先、量力而行，统筹考虑生态合理性和经济可行性，数量和质量并重。

### 11.2 绿化规划与苗木品种的选择

遵循自然规律和经济规律、保护修复自然生态系统，不盲目追求“高大上”，维护生态安全。以建设“高颜值高品质绿色生态高速公路”为目标，坚持“绿色生态、自然协调”的设计理念，走科学、生态、节俭的绿化发展之路。

11.2.1 科学编制绿化相关规划，实现多规合一，合理安排绿化用地，合理利用各种自然资源及人文景观资源，满足健康、安全、宜居的建设要求。

11.2.2 坚持以水定绿，量水而行，根据水资源条件宜乔则乔，宜灌则灌，宜草则草，真正做到乔灌草的有机融合。

11.2.3 科学选择绿化苗木品种，根据不同区域的自然地理气候条件、植被生长发育规律，合理选择绿化树种草种，审慎使用外来的树种和草种。积极采用乡土及有多重效益的树种草种进行绿化，提高生态多样化。

临海土壤贫瘠且含盐碱，台风多发，应优先选用耐干旱、耐瘠薄、抗风沙抗盐碱能力强的深根性苗木品种如台湾相思、海滨木槿、木麻黄、铺地柏等。内陆多丘陵地区要优先选用根系发达、固土保水能力强的苗木品种如楠木、木荷等。绿量较足的地区可多选种开花的乔灌木进行片植。

#### 苗木选择要求：

- 1 优先采用乡土及各地市推荐品种；
- 2 具有较强的抗污染和净化空气的功能；
- 3 具有生长快、耐旱强、根系发达、能迅速稳定边坡的能力；
- 4 易繁殖、移植和管理，抗病虫害能力强；
- 5 能与附近的植被和景观协调；
- 6 不得撒播茅草、杂草等侵略性草籽。

11.2.4 开展现状调查，对不同区域采用不同的设计手法进行苗木配置，种植适应性强的苗木，规范施工，提高存活率，避免浪费。

## 11.3 精细化景观与绿化设计

### 11.3.1 总体要求

- 1 景观设计充分挖掘沿线自然、人文资源，将沿线自然景观、旅游资源、地域文化等特点，使自然景观与公路工程构造物线相协调，建立完整的景观系统。
- 2 景观设计应把公路的功能性原则放在首位，尊重自然、保护自然、注意与自然、生态和社会的和谐发展，不同地区的自然景观有不同的结构、格局和生态特征，注意地域性原则。
- 3 公路景观展现上应结合当地的名胜古迹、民俗风情等合理制定公路设计主题。绿化景观时，树种配置应合理、色彩丰富，采用乔木、灌木、地被植物等相结合的方式。
- 4 公路线形及其构造物设计时应能诱导司乘人员的视线并应满足视觉景观的要求。公路路线应尽可能与地形、地貌相吻合，几何设计时平、纵、横各要求应很好配合，以避免造成空间线形扭曲、暗凹、跳跃等景观缺陷。做到线条流畅、视线诱导、自然、美观。
- 5 结构物是公路景观的重要组成部分，在设计上，不仅要考虑其技术经济的合理性，还要有新颖、优美的外观，还要与沿线建筑风格、风土人情协调一致，无突兀感和分离感。
- 6 路基路面的景观设计考虑采用合理的路基立面和断面造型，使公路结构更好地与自然地形、现有地带的地貌相适应，与绿化相适应。要保证路面主车道与路肩的合理比例，可以采用不同颜色的路面材料来分别修筑路肩、行车道和分隔带，加强公路的修饰性，提供良好的视觉诱导。
- 7 互通立交、服务区，收费站的景观设计应综合建筑形式、地形特点、当地人文特点及园林布局等方面总体规划，全线各立交、服务区之间的风格应相互呼应。
- 8 路线穿越重要城市以及重点节点路段按景观精品路设置。有条件区域应扩展绿化空间，在形成高低错落的景观层次的同时加强规模化的花化彩化景观布设。对周边景观较佳段落不宜种植高大苗木遮挡景观视线，宜种植低矮的开花色叶灌木，做到“一步一景”，显山露水。
- 9 按照“增绿提质、裸地绿化、间绿透绿、显山露水、美化亮化”的设计思路，围绕“绿化、美化、花化、彩化、亮化”的景观要求，系统分析科学设计，实现生态的自然修复。

### 11.3.2 边坡绿化设计

高速公路两侧的植被应以本土植被为主，注重植物抗性，无毒、无絮；植被密度；常绿与落叶相结合；速生与慢生结合；春色叶与秋色叶结合，以保障景观的长效性、安全性、通透性和四季性。

#### 边坡绿化应坚持以下原则：

- 1 安全性原则，对边坡进行绿化应确保边坡的稳定和安全；
- 2 协调性原则，边坡绿化应与周围环境协调一致；
- 3 永久性原则，边坡绿化尽可能做到一劳永逸，避免日后人工维护和管理；
- 4 经济性原则，考虑合适的绿化方法，提高经济合理性。

路基上边坡坡面植物配置应遵循适地适草、灌、乔结合的原则，在保证坡面稳定的前提下力求通过生态防护恢复坡面植被，实现与周围环境的和谐统一。

路基下边坡绿化可采用根系较发达的草、灌、乔和藤蔓植物全面覆盖。骨架防护类型且填料为石料的宜采用普通喷播方式绿化，填料为土料的宜采用植被防护。植物选择以深根系为主。桥梁锥坡绿化以藤蔓植物为主，如防护面材为植草砖则可根据立地条件及生态环境选择适宜草种。

土质边坡绿化采用插植法、喷播法两种方式进行植绿覆绿。沿海区域在喷播草种的基础上插植适应性强的抗风抗贫瘠抗盐碱的苗木品种。靠内陆丘陵区域插植耐寒耐旱易于当地生长的苗木品种。

岩石边坡的植物生长条件较差，绿化时应客土，种植藤本攀援植物或草本植物进行绿化，覆盖坡面。

对于节理发育的岩坡，应先在岩坡上挂网，喷射特定草灌比配方的生态基层覆盖坡面，喷播的苗木品种及数量应根据土壤机构及种子特性进行配置，原则上草灌籽配比的数量为土质边坡喷播正常值的 1.2~1.5 倍。

穿越城镇、景区等特殊区域的边坡绿化，乔灌木宜选用具有当地特色的本地品种，适当搭植开花或色叶的多年生植物，丰富植物景观，构建高品质绿化空间。

石方填筑路段铺设 80cm 以上的种植土，植物选用灌木、草本类根系发达且耐旱的苗木品种。

### 11.3.3 路侧碎落台绿化

道路两侧绿化应协调公路与周围环境关系，根据相邻用地性质、防护和景观要求进行设计，保持景观效果的连续性与完整性。

#### 碎落台绿化应满足以下要求：

- 1 碎落台绿化首先要满足交通安全和生态防护等要求，碎落台的绿化设计不得影响排水功能。宽度小于 3m 的碎落台上不得选择大乔木植物；
- 2 坡脚碎落台，一般情况可选择小乔木与灌木相结合方式种植，以丰富立面效果，防护与造景相兼顾。坡脚碎落台立地条件好，可进行多样化的植物种植；
- 3 坡脚石质碎落台绿化设计可采用种植池（槽）绿化，种植土厚度要满足所选植物的要求，同时种植池（槽）的设计要满足排水要求；
- 4 对于场地较大的局部区域可进一步丰富植物类型，营造小景点，提升路域景观；
- 5 植物选择宜采用易成活、生长快、根系发达、叶茎低矮或有匍匐茎的多年生乡土植物，并按碎落台宽度不同进行不同的配置模式；
- 6 碎落台以浅根系小乔木及灌草类为主，在绿化的同时防止根系对道路的破坏。坡脚石质碎落台植物选择可采用小乔木、灌木和藤本植物。

#### 路侧绿化布置应满足以下要求：

- 1 绿化带宽度较宽路段宜种植中等乔木为主，乔木种植间距一般为 4 至 6m，底部加植球类或开花灌木，铺植地被或草皮，弯道内侧和视线较差地段的乔木种植间距应当适当延长。
- 2 绿化条件较好路段宜复层种植，综合应用乔木、灌木、地被、草皮，形成层次丰富的立体绿化带。
- 3 濒临溪、河、江、海等水体的绿地，应结合水面与岸线地形设计，种植低矮的灌木，在公路和水面之间留出透景线，形成滨水绿化带。

4 路侧边坡为石质或砼挡墙的，可浆砌 60-80cm 高度花坛，覆土后种植高灌木或中高乔进行遮挡，有条件的可多层次多排种植，并做好苗木的支护设计。

5 靠近城区或景观节点的桥梁外侧架设花箱种植开花或色叶的灌木，增设滴灌系统。

#### **护坡道绿化应满足以下要求：**

- 1 路基两侧的护坡道绿化以防止水土流失为主要目的。
- 2 护坡道绿化设计宜采用乔木与喷灌草相结合，以达到固土护坡及形成景观通道的目的。
- 3 护坡道排水沟外侧与隔离栅之间宜采用攀沿植物种植。

#### **11.3.4 中央隔离带绿化设计**

中分带绿化苗木应选择耐修剪抗逆性强的冠幅饱满的植物，种植以常绿灌木为主，同时为减少视觉疲劳可种植不同色叶或开花的灌木。

凹曲线路段不低于 1.8m（以行车路面为参照），砼护栏内苗木种植高度控制在 70-80cm 之间；波形护栏内苗木种植高度控制在 180-200cm 之间，冠幅应饱满，脱杆高度控制在 50cm 以下，如大于此高度则需种植低矮灌木形成复层结构，同时注意简洁。

#### **种植模式应满足以下要求：**

- 1 单排种植的植物株距为冠幅的 2 倍~3 倍，双排种植的植物株距为冠幅的 3 倍~5 倍。
- 2 中央分隔带采用混凝土护栏并填充种植土时，宜种植低矮灌木。中央分隔带宽度大于 3m 的路段应满足美化环境功能为主，防眩植物应选择枝叶浓密、生长缓慢、耐修剪的常绿且不结果植物。
- 3 布局要注意乔灌结合，形成层次，尽量密植形成良好的防眩效果。
- 4 应选择常绿、抗性强、耐干旱、耐瘠薄、耐修剪和窄冠幅的树种，并以直立型冠幅树种为主。相近色彩和树形的树种连续栽植长度宜控制在 4km 以内。

#### **11.3.5 隧道口绿化设计**

隧道口转向车道绿化应结合隧道洞门形式及周边植被情况，采用列植乔灌木，局部组团形成高低错落的绿化层次；种植开花的乔灌木丰富季相景观，洞口处种植较高大的乔木减少黑洞效应，结合当地的人文景观、名胜古迹、历史典故等布设景观小品丰富道路的文化精神内涵。

#### **隧道口景观绿化应满足以下要求：**

- 1 隧道口绿化设计需因地制宜，选择与原环境相协调的树种进行造景。绿化设计应考虑行车视觉明暗变化，减小洞内亮度差、减少洞间尾气回流、稳定边仰坡的作用。
- 2 隧道洞口景观设计可适当考虑融入当地人文元素。削竹式隧道口绿化以自然式种植为主，端墙式隧道口绿化仰坡部分以植被恢复为辅助。分离式隧道分隔带应结合周边环境进行群落式种植，营造自然景观。
- 3 隧道前广场的植物选择宜以乔灌草复合式种植为主，以耐干旱、耐瘠薄、易于管护的乔灌木为主。隧道口植物在坚持适地适树原则上对不同隧道口边坡绿化树种进行选择。

### 11.3.6 互通区绿化设计

互通区绿化原则上保留原有的植被，做好绿化区域内的地形整理，形成不同层次的地形肌理，满足景观视觉需求。

苗木种植采用片植不同季相不同色叶的乔木构建互通色彩主基调，做到“一互通一景色”，每个互通各具不同的景观特色，以大组团大绿量大色块组织视觉冲击，增加互通进出口视觉辨别度。

空旷区域孤植高大的乔木引导景观视线，下部插植适应性强的当地植物形成混交林，与互通周边的植被相呼应相协调。

匝道与主线汇入交接段种植低矮灌木，避免视线遮挡，影响行车安全。

#### 互通区绿化应满足以下要求：

- 1 互通立交绿化设计以生态恢复为主要目的，互通匝道边坡及围合区绿化应整体设计，并与周边环境相协调，一般互通绿化宜以乔木为主、灌木为辅，互通匝道外侧宜列植树形挺拔的乔木，诱导行车视线。
- 2 平面布局上可采取群落式或片式的布局。
- 3 主线下穿的互通立交类型中，绿化设计在平面布局的前提下还应注意垂直面绿化的效果。
- 4 在地形处理上对有条件的互通立交需要进行换土或微地形的处理，适时造景。
- 5 在匝道三角区须保证安全行车视距要求，应以低矮灌木或地被植物为主。
- 6 在面积较大、条件较好的互通区，可因地制宜地采用“林苗一体化”模式。
- 7 互通立交绿化植物选择应充分利用本土植物资源构建植物群落，以粗放型、低养护的乔木为主。互通立交桥墩，可利用蔓藤植物形成多层次立体绿化，桥墩 5m 内不得栽植乔木。
- 8 在过水互通区宜采用人工湿地营造景观效应及保障排水畅通。

#### 桥梁绿化应满足以下要求：

- 1 应综合考虑场地条件、司乘人员实现可达程度等因素，合理确定选择与配置，有特殊景观要求的路段，桥梁两侧可采用挂箱垂直绿化。
- 2 桥底绿化可选用耐阴植物造景，桥墩可选用攀援植物绿化。

### 11.3.7 服务区绿化设计

服务区绿化应根据房建的布局及风格结合当地的人文自然景观及气候统筹设计，突出当地特色，体现人文关怀。

主线两侧绿化以隔音降噪为主，多排列植高大乔木，配置组团灌木球类形成阻隔空间。

停车区绿地种植高大及冠幅饱满的乔木，提供车辆及司乘人员庇荫空间，较少热岛效应。区内绿化地结合当地人文自然景观进行园林式布局，尽可能布设廊道、凉亭、观景台、水池、假山、雕塑小品等景观构件，形成景观打卡点。

#### 服务区景观绿化应满足以下要求：

- 1 服务区、停车区、小型停车处等服务设施应满足安全、美化、引导、隔离、防尘、降噪等功能，服务设施及有特殊景观要求的还应兼顾司乘人员遮阴、休憩、赏景等需求，设计要结合庭园

景观绿化的手法，景观绿化配置中要注意与建筑的呼应。并需安排休闲、遮荫、避雨设施或形成林下空地。其绿化率应按建筑总体规划要求执行。

2 景观设计应符合建筑总体布置要求，按分区功能进行景观配置。植物配置需采用乔灌结合、常绿落叶兼顾方式。

3 场区周边种植乔木形成围合空间，靠高速公路主线边界要求提高绿化植物种植密度，以达到较好的减噪、防尘效果，营造良好的场区环境。进场区绿化以带状绿地形式或高大乔木为主，以起到提示作用。出场区不宜种植高大乔木。

4 停车区应设置遮荫、休闲设施。

5 服务区综合楼前根据建筑分区功能，可以依据当地人文设置雕塑、园林小品。种植乔灌木宜采用树池，以增加景观效果和提供室外休闲设施。

6 服务区绿化树种选择应以遮荫效果好，具有良好观花、观叶、观型效果的树木进行植物造景，突出季相变化，并尽可能体现地方特色。停车区分隔带应以大乔木为主，花灌木点缀。加油站附近绿化种植应以防火植物为主。

#### **临时停车区绿化应满足以下要求：**

1 结合场地内车辆流向及停车区间，行车道附近以诱导栽植为主，停车区要以乔木为主，提供良好的遮阴效果。

2 结合周边自然环境，以自然式种植为主要布局方式。

3 绿化树种应以耐干旱、耐瘠薄、易管护的乔灌木为主。

#### **11.3.8 收费站绿化设计**

收费站区绿化以园林式布局为主，结合自然式绿化苗木配置，突出地方区域文化。局部绿化区域可设置汀步、廊道、凉亭等休闲空间。苗木选用具有香气或观叶赏花的植物，可栽植当地特色果树。

收费岛除了常规的防撞反光等标识的布设外，应铺设仿真草坪，架设景观花坛或硬质景观增加美观及识别度。

#### **收费站（所）管养工区绿化应满足以下要求：**

1 收费站、管养工区景观绿化设计应考虑隔音、减噪、美化、防护、休闲、健身等功能要求，其绿化率应按建筑总体规划要求执行。

2 景观绿化设计应根据建筑总体布置的功能为前提，以植物造景为主，并根据站（所）规模大小适当安排休闲空间、户外健身设施和空间。场区内可考虑营造微地形或人工湿地。可以根据功能区划分情况，设置游步道、置石、廊亭等园林小品。

3 树种选择考虑乔、灌、草、花、果相结合，突出季相变化，宜选择与周边环境协调的乡土树种。

#### **11.3.9 景观照明设计**

在服务区、收费广场除了布设一般照明外，结合景观特性和周边环境，可采用杆灯、庭院灯、草坪灯、地埋灯、壁灯等塑造科学与艺术相结合的照明环境和照明景观，建立自然、和谐、景观优美的夜景照明。

照明设施与园林等风格要保持一致，照明应满足实景性和安全性，意境上体现明亮、朦胧、色彩缤纷等景观特性。

收费棚应根据建筑结构形式布设景观照明系统。景观照明不得造成视觉干扰，可采用隐藏式光源布设。除了布设线性轮廓光源外，多采用点射或漫射光源，突出景观照明氛围。对重点节点的收费棚可布设专题照明景观或光雕景观，提升收费站进出口的识别度。

#### 11.3.10 取弃土（渣）场绿化

设计以生态恢复为主要目标。应结合所在的地理位置及地形条件综合治理，主要采取坡面防护、防洪排水、覆土造林或复耕等措施。取土场取土前应清除表土，取土完后返还，宜林造林、宜耕还耕。植物种植时，地势较平坦处可采用撒播草、灌种子并种植适量乔木的方式恢复植被并提升景观效果，采用造林模式时要选择适应性强易于管护的乡土树种。取弃土（渣）场边坡处理可参照边坡防护措施。

## 12 机电工程（照明、供配电及水消防）

### 12.1 设计原则

机电工程（照明、供配电及水消防）设计中应充分重视“创新、协调、高效、绿色、共享、开放”的设计原则。

#### 12.1.1 隧道供配电设计原则

1 供配电系统作为隧道附属工程的重要环节，要遵循安全可靠、技术先进、经济合理、维护管理方便的原则。

2 选择可靠合理的供电方案，采用新技术、新设备，采用节能措施，有效节约电能，保障公路平安、智慧、高效和可持续发展。

#### 12.1.2 隧道照明设计原则

广泛使用绿色、节能 LED 隧道灯具，并结合先进的隧道照明自动化控制智能控制系统，实现绿色节能照明设计，从而提高隧道照明安全稳定运行，降低用电量，满足节能减排的要求。

#### 12.1.3 隧道消防给水及灭火设施设计原则

根据隧道洞口地理条件，合理选择隧道消防给水及灭火设施的设计方案，保证隧道消防用水的可靠，节约用地。

### 12.2 永临结合供电模式的应用

12.2.1 为实现交通建设高质量绿色发展，将永久用电线路与施工期的临时用电线路进行统筹设计，将永临结合建设理念应用于高速公路建设实践中。

12.2.2 在高速公路建设初期，明确永久用电变电所的位置、容量、线路架设走向以及距离等，申请施工用电时，充分考虑永久用电的容量及接入位置，提前架设好永久用电的外电线路，留足永久用电所需用电量，使项目建设临时用电和运营用电相结合，做到充分利用，减少重复建设。

### 12.3 中压供配电系统

12.3.1 福建高速多位于山区地带，隧道数量多且距离长。传统的低压供电模式设计，造成沿线的配电房数量和 10kV 外部供电线路将十分庞大复杂。在特长隧道及隧道群采用中压供电技术，可以大大减少沿线变电所和值班管理人员的数量，节约公路运营管理费用，提高运营管理和服务水平。

12.3.2 每个中压供电区宜控制在 10km 范围内。

12.3.3 建议采用集中式供电方式。在隧道洞口或隧道内间隔 1.5 公里左右设置变电所，变电所内设置两台干式变压器分别为隧道左、右洞供电，在变电所低压侧设置双电源自动切换装置，保证隧道内一、二级负荷的供电需求。两路 10KV 电源应引自不同变电站或同一变电站两台不同主变。

12.3.4 在中压系统设计中，尽量不采用地埋式变压器供电方式。在实际的工程应用中发现，采用地埋式变压器供电，隧道内需预留较多变压器安装洞室，变压器故障需更换时工作量大，不利于后期维护。且地埋式变压器为油变，也不利于防火。

12.3.5 在有条件的地方，中压系统可以结合智能配电系统的使用，提高公路供配电系统的自动化程度及可靠性，便于控制管理和维护。

12.3.6 小于 500m 的短隧道，经当地供电部门同意后，可考虑采用箱式变电站供电，以减少征地。

## 12.4 LED 绿色节能照明及智能调光系统

12.4.1 采用光效好、节能的大功率 LED 灯作为隧道照明灯具。

12.4.2 推广采用智能调光控制方式。智能调光控制可由洞外亮度检测装置、车流量检测装置，LED 智能控制装置、亮度可控型 LED 隧道灯、通讯系统和上位机监控管理软件等组成。

12.4.3 隧道建议采用双侧布灯安装方式，灯具安装高度不低于 6m。灯具宜采用化学螺栓固定。

12.4.4 LED 灯参数参考：

- 1 LED 灯的初始光效应不小于 130lm/W；
- 2 LED 灯的相关色温应在 3000~5000K；
- 3 LED 灯的一般显色指数 Ra 应不小于 70；
- 4 LED 灯的 3000h 光通维持率不低于 96%，6000h 光通维持率不低于 92%，10000h 光通维持率不低于 86%，灯具寿命不应低于 50000h；
- 5 每个灯具应配备自动调光接口，并符合隧道照明调光控制的要求；
- 6 LED 灯的形状应为长方形，长边为隧道纵向（行车）方向，灯具灯面外框尺寸不小于长 30 cm \* 宽 18 cm，灯具前端透光面积不应小于外框面积的 60%。

## 12.5 新能源储能供电技术

12.5.1 在技术条件成熟的时，探索新能源储能技术如锂电池储能技术等在高速公路供电系统中的应用。

12.5.2 利用锂电池优异的深度充放电深度、长久的循环寿命等特性，作为削峰填谷，创造经济效益：当夜间、凌晨电价低时（即“平”、“谷”时段）充电，白天电价高时（即“峰”时段）放电，利用峰谷电价差来获得经济效益。

## 12.6 隧道消防给水系统设计

12.6.1 当隧道洞口地形条件可利用时，优先考虑设置常高压系统，通过将消防水池设置于高处，利用重力流供水，供水较为可靠，对隧道消防供水较为安全。当不具备设置常高压供水系统条件时，可考虑采用稳高压供水系统。稳高压供水系统摆脱了传统高低位水池消防系统的局限性，适

应性强，优点是省去了修建高位水池和上山便道及配套的消防管道及保温措施，缺点是系统需长期持压，系统的可靠性依赖于机电设备的稳定性，会消耗一定的电能。因此，对机电设备维护管养要求较高，维护费用高，设计时需考虑后期运营管养单位的养护水平和能力综合确定。

**12.6.2** 目前调研，吉林省、山西省、陕西省、福建省等地在消防水池设计计算时基本不考虑洞外消防用水量，云南省、贵州省等地在消防水池设计时考虑了洞外消防用水量。是否考虑洞外消防用水量对消防水池容量影响很大，也是目前各专业院消防给水系统分歧最大的部分。针对隧道的特点，隧道消火栓系统通常将室内、外消火栓设计在一个环状管网上，统一由消防水池或消防水泵供水。除《公路隧道设计规范第二册》（JTGD70-2-2014）外，其它规范均要求隧道消防用水量按按隧道内、外消防用水量之和计算。

**12.6.3** 水池通常位于距洞顶至少 50 m 以上高程的位置，山体通常较陡峭，植被茂密，高位水池作为一项土建工程，是整个消防系统施工的难点，在山岭隧道群消防设计合设高位水池具有减小施工难度，节约用地，保护环境，经济效益较好等优点。

## 13 监控通信收费设施

### 13.1 设计原则

13.1.1 监控通信收费设施的设计应结合路网统一规划、统一标准、统一体制，确保系统整体的可靠性和实用性，保证已建和在建高速公路通信系统的互联互通，新建高速公路应预留智慧交通建设需要的管线、软硬件接入条件。

13.1.2 监控通信收费设施之间应统筹兼顾、综合平衡，联网系统的关键设备应具有的一致性和兼容性，以利于统一网管，提升综合效能。

13.1.3 监控设施应构建智慧化管理平台，具备全面、实时、准确的感知能力，能够提供全天候安全保障、全方位出行服务、全数字运营维护、全寿命绿色建管。

13.1.4 收费设施应能实现联网管理和自动化服务，建立一套科学、可靠、全面而有层次的高速公路收费设施体系。

13.1.5 通信设施应满足监控、收费、内网办公等系统的视频、数据和语音业务传输需求，构建端、边、管、云等多个层面的网络结构。

13.1.6 对改扩建项目应使用与原系统兼容的新技术和新设备，避免增加运营成本。

13.1.7 在满足安全和功能目标的条件下，鼓励采用新应用、新材料、新工艺、新技术，确保现有技术用足，未来技术预留。

13.1.8 有条件的地方，机电设施用能宜尽量采用风电、光电、风光互补供电等绿色能源。

### 13.2 监控设施

13.2.1 隧道管理站、机电维护站和市级联网运营中心应按需设置监控软件服务端和客户端。

13.2.2 监控等级为 A 级的隧道应设置视频事件检测系统，宜与隧道内摄像机配合实现。

13.2.3 连续长下坡路段事故率相对较高，应设置摄像机、可变信息标志等设施。

13.2.4 避险车道应设置信号灯、紧急电话、车检器、摄像机、PLC、紧急电话及广播等。

13.2.5 复杂的枢纽互通前宜设置可变信息标志等设施。

13.2.6 监控图像应采用分布式存储方式，在各站区或隧道站就近存储。

13.2.7 外场摄像机杆的高度应为 6m~12m。

13.2.8 桥隧间距小于 200m，桥梁长度大于 500m 时，应在桥梁两端的第一个桥墩盖梁上预留机电设备用的防雷接地扁钢，确保联合接地 $\leq 1\Omega$ 。

13.2.9 外场监控设施宜避开挡墙、高边坡等不适合基础施工的段落。

13.2.10 主线可变信息标志宜与门架式交通标志保持 200m 间距，与单悬式交通标志保持 150m 间距。

13.2.11 隧道监控设备洞室类型和尺寸规格应尽量统一，减少洞室类型，以便于施工及后期运维。

### 13.3 通信设施

13.3.1 考虑与区域路网通信设施的联网，与其他系统协调一致，以及今后系统的扩展性，干线传输网应采用 OTN 系统组建。

13.3.2 接入网通信站点较多、带宽需求较大时，应采用 OTN 接入网。

13.3.3 为节约投资，在采用 OTN 设备的情况下，收费站和服务区设置间距不大于 2 公里时，宜共设通信站点。

13.3.4 语音业务系统应采用软交换技术。

13.3.5 在监控设施配置等级 B 级及以上的隧道和避险车道应设置紧急电话及广播系统。

13.3.6 紧急电话及广播系统应优先接入市级信息中心。

13.3.7 隧道广播可在隧道内每隔 50m 设置，并应在隧道出、入口及人行横通道、车行横通道处设置。

13.3.8 考虑今后自由流、车路协同、5G 技术、智慧交通等新技术对光纤资源的需要，高速公路主干通信光缆宜全线敷设 1 根，辅助光缆应至少 1 根；隧道区段、跨江特大桥、跨海湾特大桥等特殊路段根据外场设备布设情况宜敷设多根辅助光缆。

13.3.9 主干通信光缆至少 48 芯，辅助光缆至少 60 芯，可根据路段长度，监控外场设备的集中度，适当增减。

13.3.10 光缆敷设在分离式桥梁管箱和隧道时，主干通信光缆沿 A 道内侧敷设，辅助光缆沿 B 道内侧敷设，若有其它辅助光缆沿 A 道内侧敷设。

13.3.11 特大桥应预留满足智慧交通建设需要的设备基础、接线盒和横穿钢管等设施。

13.3.12 在高速公路主线路基段每隔约 500m 左右预留分歧钢管及人（手）孔，以满足远期智慧交通建设需要。

13.3.13 为减小台风、海水侵蚀的损害，沿海桥梁段通信管箱应尽量避免设置于迎风面，采用不锈钢喉箍扎带锁扣和加密管箱托架等措施。

13.3.14 开展 4G/5G 及北斗技术在公路信息传输中应用，形成公路“无线通信走廊”，为车路协同、车车通信等提供传输通道，提升应急通信水平。开展可视化应急调度技术应用。

13.3.15 高速公路信息传输和计算网络宜采用“云、边、端”分布式架构体系。云边端协同可构成高速公路生产和运维的物联网架构。

## 13.4 收费设施

13.4.1 收费设施应统筹协调管理周边收费站的人员班次、设备维护等，设置集中管理站，实现“大站带小站”。

13.4.2 收费站应统一部署智能联网稽核系统，提高联网收费的稽核效率，提升发现逃费嫌疑数据的能力。

13.4.3 收费车道应统一部署联网收费软件，提高稳定性和日常运维效率。

13.4.4 ETC 门架系统由上、下行双方向门架组成，上、下行双方向门架宜背向错开设置，距离宜不小于 30m，同时距离不宜过远。

13.4.5 收费站入口超宽车道应设置称重检测系统，防止超限车辆驶入高速公路。收费站出口超宽车道应设置称重检测系统，用于复查货车重量。

13.4.6 称重检测系统宜采用称重车道与超宽车道一体式的方案，即车道内安装不停车称重设施设备，秤台末端离票亭中心线距离 $\geq 18\text{m}$ 。

13.4.7 日均交通量小于 3000 辆（pcu/d）的收费站，宜将出入口 ETC/MTC 超宽混合车道设置于中心双向岛两侧。

13.4.8 ETC 车道宽度为 3.5m，超宽车道为 4.5m。

13.4.9 在收费站入口宜设置入口自动发卡系统，实现高速公路入口混合车道全自助通行。

13.4.10 在收费站出口收费车道宜设置出口自助缴费系统，实现高速公路出口混合车道全自助缴费。

13.4.11 福建省高速公路联网收费系统采用封闭式收费，采用人工半自动和电子不停车混合收费（MTC/ETC 混合）、电子不停车收费（ETC）等方式，在出入口收费站宜设置相应的通行车道。

13.4.12 开展移动支付收费技术应用，以手机等移动终端为载体，将数字人民币与银联、支付宝、微信等第三方支付平台接入收费系统，丰富非现金缴纳手段，提升高速公路出行体验。

## 13.5 人工智能、北斗、数字化等新技术应用

13.5.1 以大数据、云计算、人工智能、5G 等技术为支撑，针对高速公路重点路段、隧道、收费站等典型应用场景，通过建设外场路侧设备、业务应用和大数据云控平台、软硬件支撑平台和相关配套工程，打造自动驾驶和车路协同示范路段。

13.5.2 依托人工智能分析技术，通过收费车道、卡口、ETC 门架等抓拍、识别和发布设施，开发完善交通事件实时检测、车辆跨境追踪等业务功能，实现多源融合管控和多渠道信息发布，对交通事故、事件快速识别，逃逸、逃费、超限车辆精准追踪。

**13.5.3 北斗高精度定位综合应用：**建设北斗高精度基础设施，实现北斗信号在示范路段（含隧道）的全覆盖，在灾害频发路段实施长期、可靠的监测与预警服务；探索开展基于北斗高精度定位的高速公路通行费收费应用研究，强化技术储备。

**13.5.4 “互联网+”路网综合服务：**利用“互联网+”技术，探索基于车辆特征识别的不停车移动支付技术；开展基于移动互联网的服务区停车位和充电设施引导、预约以及费用支付等增值服务；探索开展高速公路动态充电示范，实现新能源汽车动 / 静态充电；开展低温条件下精准气象感知及预测，以及车路协同安全辅助服务等。

**13.5.5 依托 ETC 车生活服务平台，**通过车牌识别、地磁感应、ETC 天线等设施，打造 ETC+停车、ETC+加油、ETC+充电等设施的 ETC 支付环境。

**13.5.6 探索 ETC 预交易技术，**将 ETC 车道的收费步骤前移至匝道，提升 ETC 车辆计费准确性和车辆通行效率。

**13.5.7 收费业务智能化，**采用大数据分析和 AI 技术实现收费稽核，预约通行等新功能。

**13.5.8 探索有站自由流和无站自由流等**技术应用，实现服务区设置出入口站点的新需求。

**13.5.9 基础设施数字化：**应用三维可测实景技术、高精度地图等，实现公路设施的数字化采集、管理与应用，构建公路设施资产动态管理系统；选取桥梁、隧道、边坡等，建设基础设施智能监测传感网，实现交通基础设施安全状态综合感知和安全状态态势分析及预警功能。