

# 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。

党的十八届五中全会上，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到作用。

**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应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 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。

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。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/675142123212011312>