

DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB14/T 2315—2021

绿色公路建设技术指南

2021-09-01 发布

2021-12-01 实施

山西省市场监督管理局 发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 一般要求..... 2

5 绿色设计阶段..... 2

6 绿色施工阶段..... 10

7 绿色运营阶段..... 14

参考文献..... 15

前 言

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

本文件由山西省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：山西省交通环境保护中心站（有限公司）、山西离隰高速公路有限公司。

本文件主要起草人：李沛沛、姚凯、赵福君、张海蛟、刘勇、王建辉、夏静萍、周乐、赵丽会、潘瑞、姚清晨、袁正兵、文元龙、贾春峰、张星、朱二刚、刘剑、冯雪霖、牛彦峰、闫静花、贾彤、秦敏、齐婧冰、贾凡、杨磊、刘祥凯。

绿色公路建设技术指南

1 范围

本文件规定了绿色公路建设的一般要求、绿色设计、绿色施工和绿色运营技术要求。
本文件适用于新建、改扩建的二级及以上等级公路，其他等级公路可参照执行。

2 规范性引用文件

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

- GB 50118 民用建筑隔声设计规范
- GB 50176 民用建筑热工设计规范
- GB 50189 公共建筑节能设计标准
- JTG D 30 公路路基设计规范
- JT/T 646.3 公路声屏障第3部分：声学设计方法
- JT/T 646.4 公路声屏障第4部分：声学材料技术要求及检测方法
- DB14/T 720 高速公路绿化设计规范
- DB14/T 1719 公路施工期临时用地生态恢复技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

绿色公路

在公路的全寿命周期内，以创新、协调、绿色、开放、共享为发展理念，最大限度地控制资源占用、降低能源消耗、减少污染排放、保护生态环境，注重建设品质提升与运行效率提高，为人们提供安全、舒适、便捷、美观的行车环境，与自然和谐共生的公路。

3.2

绿色设计

将可持续发展理念融入到公路的规划设计阶段，开展全寿命周期技术经济论证及环境影响分析，在满足公路使用功能要求的基础上，充分考虑公路在施工建设、运营养护阶段可能对环境、资源造成的影响，采取科学、合理、灵活的设计措施，促进公路向更节能、更环保、更安全、更舒适的方向发展的设计过程。

3.3

绿色施工

在保证公路施工质量、安全等基本要求的前提下，通过新材料、新工艺、新技术、新设备的应用和管理创新，最大程度地保护生态环境、提高资源利用效率、降低能源消耗和减少污染物排放的施工活动。

3.4

绿色运营

运用科学管理手段和先进检测、维修技术，在保证公路养护质量与安全的同时，显著降低资源占用、减少环境污染和能源消耗，实现公路长期高水平服役的养护方式。

4 一般要求

- 4.1 绿色公路建设应符合国家法律法规及标准规范要求，将全寿命周期理念贯穿绿色公路建设全过程。
- 4.2 高度重视公路、环境、社会各方面、各要素的关系，提高资源和能源利用率，发挥公路先导性和基础性作用，实现在发展中保护、在保护中发展。
- 4.3 统筹公路规划、设计、建设、运营全过程，强调均衡协调，突出建、管、养、运并重，降低全寿命周期成本。
- 4.4 推动理念创新、技术创新、管理创新和制度创新，推广应用新技术、新材料、新工艺、新设备。
- 4.5 绿色公路设计按照规范及规程要求，合理选取直线与曲线路段，妥善设置安全防护设施。运营期加强安全设施的运行与维护，加强交通运输管理。
- 4.6 结合山西省黄土丘陵区 and 山岭重丘区环境和工程特点，黄土丘陵区重点做好水土保持，山岭重丘区重点关注生态敏感区的避让，开展有具有山西特色的工程设计，因地制宜建设绿色公路。
- 4.7 绿色公路设计和建设应与公路沿线区域的文化特色、旅游资源的开发有效融合，促进区域社会经济的发展。
- 4.8 建立健全绿色公路管理工作机制，明确管理机构和工作职责。成立绿色公路建设咨询专家组，加强对绿色公路规划设计、建设施工、运营管理等全过程技术指导。强化科技支撑，积极支持绿色公路科研能力建设。积极组织开展多种形式的宣传活动，广泛宣传绿色公路建设理念。

5 绿色设计阶段

5.1 总体要求

5.1.1 绿色设计应遵循现行有效的公路设计规范等相关技术要求，通过包括但不限于优化选线设计指标、集约节约利用资源、提升工业化建造水平、统筹全寿命周期成本、加强 BIM 和创新技术应用以及交通旅游融合，提升绿色设计水平。

5.1.2 优化选线设计指标，并符合以下要求：

- a) 统筹集约利用通道资源，鼓励新建公路与铁路、高速公路与普通公路共用走廊带；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。
- b) 合理确定公路等级，结合公路沿线区域经济发展水平、生态环境保护要求以及周围路网衔接情况确定公路等级。路线应避免穿越城镇并与城市发展规划相协调，尽量减少拆迁和新征土地。

- c) 做好路堤与桥梁、路堑与隧道方案比选，避免高填深挖。优先采用低路堤、浅路堑或者高架桥方案，合理控制路基填挖，减少占地宽度。
- d) 在现有公路设计技术标准、规范的基础上，确保安全与功能的同时，合理选用标准，灵活运用技术指标，维护公路与沿线自然、人文环境的协调。
- e) 科学论证比选走廊带和主要控制点，尽可能避让国家公园、自然保护区、森林公园、风景名胜区、饮用水水源地、泉域重点保护区等环境敏感区。因工程条件和自然因素限制，确需穿越以上区域的，应当充分进行多方案比选论证。
- f) 灵活选用设计线形，按照不同地区的地形地貌和环境特征，在满足设计规范的基础上尽可能遵循地势要求，维持线形走廊带原貌。

5.1.3 集约节约利用资源，并符合以下要求：

- a) 区域资源统筹，统筹区域内交通与城市、工业、农业等各类资源配置，实现区域资源集约节约。因地制宜采用低路堤和浅路堑方案，保护土地资源。统筹布设公路施工期临时工程，做到充分利用，减少重复建设，临时工程设置尽量与永久占地结合，节约土地资源。
- b) 因地制宜采用低路堤、浅路堑或者高架桥方案，减少占地。合理选用互通型式和匝道线形，紧凑布设互通式立交。利用互通式立交内土地和加减速车道统筹设置服务区或停车区。科学选线，避让基本农田，禁止耕地超占，减少土地分割。积极推进取土、弃渣与改地、造地、复垦综合措施，高效利用沿线土地。
- c) 统筹全线土石方调配，有效利用挖方及隧道弃渣，横纵断面均衡设计，尽可能做到填挖平衡。
- d) 提高路面材料综合利用率，对旧路沥青路面再生、水泥路面碎石再利用。
- e) 矿产资源保护，在路线选线阶段，根据地勘报告中矿产资源分布情况，合理选择路线，避免路线压覆矿产资源。

5.1.4 提升工业化建造水平，公路结构物宜采用标准化设计，提高后期养护的便利性；构配件宜实行工厂化集中生产，节约建设材料，降低工程造价；宜推广装配化施工工艺，加快建设速度，提高建造效率；在公路建设中引入信息化管理体系，实现动态科学化管理。

5.1.5 推广模块标准化设计，提高养护便利性，降低公路全寿命周期成本。公路工程设计中积极推进耐久性材料的研发。探索应用工程施工质量、健康、安全及环境四位一体（QHSE）管理体系，积极探索公路建设期环境管理新模式。

5.1.6 重点加强 BIM 和“四新”技术应用，将 BIM 技术应用于公路建设全生命周期，拓展 BIM 技术在结构物造型、精细化质量管理、远程实时监控、模拟施工组织以及管理信息公开透明等方面的应用，提升工程建设过程中的环保和绿色品质。

5.1.7 推进交通旅游融合发展，进行公路旅游功能拓展设计，包括丰富旅游服务设施、提升提旅游功能、拓展信息化服务。

5.2 路线

5.2.1 平面线形设计应符合以下要求：

- a) 灵活应用平面指标，使路线适应地形起伏，与地形、地物、环境和景观相协调，并与纵面线形和横断面相互配合，保持线形的连续性与均衡性。
- b) 增加平曲面数量，提高曲线占比，选择合适的平曲线半径，使线形符合驾驶员的视觉和心理需求，避免长直线和单个长大平曲线造成驾驶疲劳和视觉疲劳。

- c) 对于地形条件较好的路段，可结合运行速度检验结果，通过对平曲线半径进行精细取值，主动影响和控制驾驶员行车速度，使运行速度平稳连续。

5.2.2 纵断面线形设计应符合以下要求：

- a) 纵面设计应尽量灵活选择指标，适当增加变坡点，使平纵线形吻合地形，实现低填深挖。
- b) 山岭重丘区项目，可通过反复调整优化平纵指标，使土石方的整体平衡及分段土石方的平衡。越岭线隧道进出口路段，可结合地形地质条件，适当提高洞口高程，增加隧道连接线填方数量，消化隧道弃方；对于平原、丘陵和山岭区之间的地形变化段，增加路线纵坡长度和坡度，适应地形和运行速度变化，减少填挖数量。

5.3 路基路面

5.3.1 路基填挖控制应符合以下要求：

- a) 严格控制高填深挖路基，公路路基设计应符合 JTG D30 相关要求，结合路线方案优化，与采用桥、隧方案以及半桥半路、半隧半路、分离式路基等方案进行充分比选，择优选用。
- b) 对于线路必须通过耕地、湿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、设置路基挡土墙、节地型排水沟、分台式路基、压缩护坡道、碎落台宽度等可行措施，减少占地数量。山区溪谷路段压缩路基宽度，以桥代路，减少占地。
- c) 路基挖方应合理调配，力求自身利用平衡，减少设置取土场、弃渣场；必须设置取土场、弃渣场时，严禁占用基本农田，并应与改田、造地、复垦相结合。
- d) 公路筑路材料宜尽量就地取材，最大限度地利用地方材料，在技术、经济可行的条件下，可考虑利用符合技术要求的粉煤灰、矿渣等工业废渣、建筑垃圾及其他建筑工程（如河道整治、水库开挖等）的废弃土石方。

5.3.2 生态防护应符合以下要求：

- a) 路基应具有保护路基稳定、水土保持、改善生态环境等作用。根据路基工程所处的自然环境及人文环境，应做到与周围环境的协调与和谐，并可同时考虑绿色防护的景观效果。
- b) 做到工程防护与生态防护相结合，在保障边坡稳定与安全的前提下，尽可能以生态防护为主。山西各地区边坡绿化宜选择的植被类型参照 DB14/T 720 执行。
- c) 公路边坡生态防护可采用直接喷播绿化防护、三维网喷播绿化防护、秸秆育苗钵一体化技术、客土喷播绿化、植生袋绿化防护、土工格室绿化防护、三联生态防护等生态防护技术。
- d) 吕梁山区公路建设项目可考虑将弃渣场设计为淤地坝，与当地农业造地相结合。
- e) 改扩建公路项目废弃旧路路段可将硬地面刨除后，进行生态恢复。

5.3.3 路基排水应符合以下要求：

- a) 公路防护排水系统设计应将隔离栅-边坡-边（排水）沟作为一个整体系统，通过地形恢复整治、原生态设计，打造融入自然的公路防排水系统。
- b) 在保证边坡稳定的前提下，路堑边坡开口线尽量采用圆弧形设计，坡面防护应因地制宜采用生态防护设计，营造与周边原生植物群落一致的乔灌木复合群落，降低传统圬工防护对生态与景观的影响。
- c) 结合路侧净区营造，晋东南、晋南地区边沟设计可采取浅碟形植草土边沟等生态边沟形式，实现路基排水系统与坡面防护体系相互协调。
- d) 人为活动较少的路段可采取种植多刺植物，营造植物隔离栅替代传统隔离栅的设计方案，兼顾安全与生态保护功能。

- e) 在满足道路交通安全等基本功能的基础上，公路位于城镇规划区的路段应按照海绵城市建设要求充分利用公路自身及周边绿地空间落实低影响开发设施设计，建设下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水铺装、渗管/渠等低影响开发设施，通过渗透、调蓄、净化方式实现道路低影响开发控制目标。
- f) 公路路线穿越耕地集中分布区，按照要求间隔距离设置沉淀池，防止冲毁农田。路基排水设计将排水渠道设计融入当地自然沟渠，并与农田水利设施相结合。
- g) 在公路互通立交区根据原有地形排水体系，因地制宜地将路基排水系统引入，达到灌溉和排水的目的。
- h) 公路路线穿越泉域重点保护区、饮用水源保护区、Ⅰ类和Ⅱ类地表水体的，严禁排放水污染物。

5.3.4 路面材料选用应符合以下要求：

- a) 推广应用低碳环保耐久性路面，在技术经济论证可行的前提下，公路路面设计宜加大能够提高长期使用性能、节约材料的新型路面材料及技术的应用，如高模量沥青混凝土、聚合物水泥混凝土、轻质混凝土、温拌沥青混合料、大空隙低噪音排水沥青、废旧橡胶粉沥青等路面技术。在不影响路面正常性能的前提下，推广应用功能型路面，如排水路面、降温路面、发电路面或融雪化冰路面等。
- b) 改扩建工程应积极推行废旧沥青路面、钢材、水泥等材料再生和循环利用，提高旧路面材料的利用比例。

5.3.5 路肩加固和修饰应符合以下要求：

- a) 结合场地的不同情况及条件，采用植草路肩、空心混凝土预制块加植草、实心混凝土预制块或天然石材等不同的路肩加固方式。
- b) 公路路肩应自然修饰，显现路基边线轮廓，体现整体线形的优美舒展，并及时进行修剪，使路面高于草路肩。

5.4 桥涵

5.4.1 全方位桥型选择应符合以下要求：

- a) 桥型方案比选既要考虑建设期经济性，还应考虑全寿命周期成本，关注技术合理性、设计标准化、施工装配化、养护便利性、循环利用残值等因素。
- b) 在山区复杂条件下非标准跨径桥梁中积极推进钢结构桥梁的应用，积极应用高性能混凝土，保证结构使用寿命，有效降低公路运营养护成本。
- c) 注重桥梁美学设计，在桥梁设计中融入工程美学和景观设计，体现工程与自然人文的和谐、融合与共享。设计中要从宏观上把握桥型选择和孔跨布置，从微观上注意如梁、墩、台、附属结构、材料、色彩等细节。

5.4.2 桥涵标准化设计应注重结构设计体系化、结构构件标准化、加工制作自动化、现场安装装配化、建造运维信息化、拆除部件再利用化。鼓励采用钢结构、装配式混凝土结构、高性能混凝土结构等适宜工业化建造的结构形式。

5.4.3 桥涵设计宜进行建养一体化设计，同时考虑建设与养护需求，做到构建可换，养护可达。加强钢结构桥梁构造设计，方便养护与检查，减少能积留湿气的死角或凹槽。重视钢结构纵、横向受力的连接性和均衡性，细化截面过渡和连接设计，避免应力集中引起疲劳损伤，提高耐久性。

5.4.4 桥涵生态环保设计应符合以下要求：

- a) 优化下部结构设计，减少对环境的破坏。山区公路，为减少墩台施工对自然环境的影响，对于纵横坡陡峭的路段，应对墩台施工方案进行单独设计，合理设置墩台、系梁标高，尽量避免系梁、承台施工扰动边坡，对原地面扰动过大的要进行恢复。公路路线穿越敏感区的，合理选择桥型，尽量减少桥墩数量设置。
- b) 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。公路路线穿越鸟类集中分布区时，桥梁两侧加装防护网，并对桥墩进行警示性装饰，预防鸟类伤亡事故。
- c) 水环境保护设计，强化穿越敏感水体路段的径流收集与处置。公路建设应特别重视对饮用水水源地的保护，路线设计时，应尽量绕避饮用水水源保护区。为防范危险化学品运输带来的环境风险，对跨越饮用水水源二级保护区、准保护区和二类以上水体的桥梁，在确保安全和可行的前提下，应在桥梁上设置桥面径流水收集系统，并在桥梁两侧设置沉淀池，对发生污染事故后的桥面径流进行处理，确保饮用水安全。

5.5 隧道

5.5.1 隧道选址应符合以下规定：

- a) 项目所在地区的地表植被较好的条件下，隧道要提倡早进洞，晚出洞，应以少破坏植被，最大限度保护植被，与自然地形坡面平顺衔接为原则；
- b) 洞口原则选择零填挖处（洞中心线处洞顶填挖为零）；
- c) 注重隧道洞门景观设计，在满足洞口防护、行车安全的前提下，将洞口作为一个与周边环境协调的景点建筑，并缓和驾乘人员高速进入隧道暗环境时的紧张感；
- d) 隧道选址应在地勘工作基础上，避免穿越地下水丰富区域，施工时采取封堵措施，避免大量疏干地下水。

5.5.2 隧道布置应符合以下规定：

- a) 隧道平面线形的确定，应综合考虑地形、地质状况、洞口接线、通风、车辆运行安全和施工条件等因素，可采用直线或较大半径的曲线；
- b) 隧道纵断面线形，应以行车安全、排水、通风、防灾为基础，同时考虑施工期间的排水、出渣、材料运输等条件确定，尽量设置缓坡，最小纵坡值宜不小于 0.5%，最大纵坡一般控制在 3%以下。

5.5.3 精细化设计应符合以下规定：

- a) 针对隧址周边地形特点，综合考虑安全、环保、美观、经济、排水等因素，落实“早进洞晚出洞”和尽量降低边仰坡高度的设计原则，因地制宜选择洞门形式与洞口位置，避免在洞口形成高边坡和高仰坡，洞口顶部仰坡高度不宜高于 20m；
- b) 推行中、短隧道单向 CD 挑梁法出洞设计，实现“零开挖”。

5.5.4 绿色照明应符合以下规定：

- a) 隧道洞门形式宜采用削竹式等利于充分利用自然光的设计；
- b) 洞口减光设计可因地制宜采取绿化带减光、遮阳棚、遮光棚以及通透式棚洞等方式；
- c) 隧道照明方案设计应推广应用 LED 照明灯具、精细化照明调光控制技术；自然、气候条件许可的区域，隧道通风和照明用能可开发利用风电、光电、风光互补、水电等可再生能源，推

广应用光纤传导、太阳光与人工光结合及导光管采光系统等绿色照明技术，以减少市电的使用量。

5.5.5 绿色通风应符合以下规定：

- a) 应将通风能耗作为隧道位置布设、线形、断面及纵坡设计的一项重要比选因子，在保证交通安全的前提下，选择有利于隧道通风的设计方案；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应用分布式智慧型单相供电技术；
- b) 公路隧道通风主要分自然通风和机械通风两种，对于长度在 700m 以下的隧道一般可采用自然通风，而对于长度在 700m 以上的隧道一般应考虑采用机械通风，具体应根据通风计算结果确定。

5.6 互通交叉

5.6.1 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，具体措施应符合以下规定：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 对于因布局间距需要、连接县级及以下城镇、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，宜采用菱形形式。

5.6.2 占用耕地数量较大的互通立体交叉宜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，或通过设置机耕通道、匝道桥梁化等方式，为互通立体交叉区内耕地的耕作提供条件。

5.6.3 互通交叉生态环保设计应符合以下规定：

- a) 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，力求互通立交与自然环境和人文环境和谐一致，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；
- b) 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，建议在项目设计中，尽量采用较为缓和的边坡，便于形成绿化景观，提升互通整体美感；
- c) 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，形成自然圆滑的形态，并采取植物防护；
- d) 对于互通式立交内主线与匝道相互之间包围区域的排水，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；
- e) 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。

5.6.4 互通区涉及的灯光照明，可采用太阳能发电、风电或 LED 节能技术，实现资源节约。

5.6.5 上跨天桥的形式要美观、多样化。天桥各部分构造宜简洁、流畅、明快。风景区、路堑及城镇路段，可采用拱桥，如箱型拱桥、钢管混凝土拱桥、系杆拱桥、桁架拱桥、板肋拱桥等；路堑段还可考虑采用斜腿刚构桥型；一般路段，可采用简支梁桥、连续梁桥、T型刚构等。

5.7 交通服务设施

5.7.1 交通工程

5.7.1.1 交通标志宜开展以下工作：

- a) 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；
- b) 开展采用可循环利用的环保型材料进行标志板模块化制作；
- c) 开展基于风景道、旅游公路的交通标识体系设计。

5.7.1.2 交通标线开展采用低 VOC 排放量的 MMA 双组份标线材料、树脂类预成型标线带、自降解临时标线等技术在标线中的应用，通过采用高压喷涂、预成型技术、冷拌等施工工艺降低环境影响。

5.7.1.3 防护隔离设施宜开展以下工作：

- a) 鼓励开展各种高强、高韧、轻质、耐腐蚀、可循环利用、可设计的复合材料在护栏材料上的应用；
- b) 开展废旧波形梁护栏再利用技术应用。

5.7.1.4 视线诱导设施鼓励采用抗冲撞、反光性能强，夜间视认性好的 A3 类突起路标技术，降低环境影响和道路成本。

5.7.1.5 监控设施宜开展以下工作：

- a) 充分利用当前物联网、移动互联网等新一代信息手段，提出公路网的多源智能感知技术，实现路网运行状态的主动、全面感知，包括交通量、气象、事故、施工、养护等信息；
- b) 加强无人机、手机信令等免安装公路网感知设施设计，推广移动视频采集技术，降低公路网感知设施的安装和运维成本；
- c) 强化与交警、路政、气象、旅游、互联网运营商等部门之间的信息共享，积极探索与移动运营商、网络运营商等部门之间的信息共享，积极探索与移动运营商、网络运营商等部门合作模式，建立多部门信息开放与共享机制；
- d) 应在公路进出城方向、省界入口侧、互通立交等设置智能交通诱导设施，及时发布路网运行状态信息与交通诱导信息；
- e) 开展基于大数据分析的应急预案智能匹配技术应用，事件发生后，无需根据事件内容和情况进行甄别和判断，可选择相应的预案匹配事件进行应急处置；
- f) 开展针对性的公路交通突发事件应急演练，建立应急演练评估机制，并根据评估结果修订应急预案，促进应急救援水平的整体提升。

5.7.1.6 通信设施宜开展以下工作：

- a) 开展 5G 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；
- b) 开展可视化应急调度技术应用。

5.7.1.7 收费设施宜开展移动支付收费技术应用，以手机等移动终端为载体，将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。开展可视化应急调度技术应用。

5.7.2 沿线设施

5.7.2.1 服务区、停车区、收费站及管理中心等设施的绿色建筑与节能设计应符合 GB 50176、GB 50189 的相关要求。

5.7.2.2 清洁能源利用应符合以下要求：

- a) 因地制宜推广太阳能、风能、地热能、天然气等清洁能源应用，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和太阳能热水、空气源热泵热水及地源热泵空调制冷系统，最大限度地开发利用绿色能源；
- b) 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，采用照明智能控制技术，应用绿色照明技术和太阳能指示牌等。

5.7.2.3 节水与水资源循环利用应符合以下要求：

- a) 推广基于清污分流、资源再生循环利用的设计理念，鼓励开展透水路面、渗透型生态停车场、绿色屋顶、植被水道及下凹式景观绿地等雨水资源化利用系统，鼓励以资源回收为导向的污水源分离技术、膜生物反应器（MBR）及人工湿地等生活污水资源化系统的设计；
- b) 服务与管理设施区鼓励采用节水型水嘴、节水型便器、节水型淋浴设施；场区绿化及景观用水宜采用收集的雨水或生活污水处理后形成的再生水，积极推广应用节水灌溉技术，鼓励采用湿度传感器或根据气候变化的调节控制器；
- c) 适宜山西省的水资源循环利用技术有公路服务区污水分质处理技术、公路服务区雨水收集利用技术、公路服务区水资源回收利用技术等。

5.7.2.4 服务与管理设施区应建设生活垃圾分类收集设施，有条件的地区宜建设堆肥处理设施对厨余垃圾进行处置。

5.7.2.5 沿线设施宜以文化景观、建筑风格、绿化工程、工程外观等为载体，展现公路文化、民族文化、历史文化、地域文化和自然生态文化，以书画、文学、雕塑、文化墙、碑刻、民族民居、绿化美化等形式展现文化内涵。

5.7.2.6 配套服务设施建造应符合以下要求：

- a) 普通公路充分利用公路养护工区、场站等用地，科学设置服务区、路侧港湾停车带、路侧综合型停车区，因地制宜开展观景点、汽车露营地、房车营地及旅游服务站等旅游服务设施设计，在沿线拥有旅游资源路段开展快慢综合交通旅游廊道设计，在河谷、溪流路段设置自行车道慢行系统，推广服务区、停车区加气站和新能源汽车充电桩设施，构建公众个性化出行服务设施，满足公众的个性化出行服务需求；
- b) 高速公路应当在确保行车安全的前提下，在沿线设施的设计中开展与周边旅游资源的融合。沿线设施选址可选择观赏性强、风景优美的区域设置，高速公路互通、收费站等设施选址考虑周边旅游资源的通达性、便利性。

5.8 临时工程

取土场、弃渣场、施工场地等临时工程选址、措施设计应符合 DB14/T 1719 有关技术要求。

5.9 公路环保工程

5.9.1 声环境保护工程设计声屏障工程设计应符合 JT/T 646.3 的相关要求，通风隔声窗工程设计应符合 GB 50118 的相关要求。

5.9.2 水环境保护设计应符合以下规定：

- a) 桥面径流水收集系统包括收集管线两条和桥头沉淀池，管线连接采用承插连接，吊架固定于 T 梁底部。
- b) 收集管线敷设依据桥面标高进行设计，设计坡度大于 0.3%；施工前须先对现场条件进行核实，如发现实际情况与设计不符，应及时进行变更。
- c) 收集管线采用吊架固定于桥梁底部，起始端收集管管顶距箱梁底 20cm。
- d) 管道连接采用承插连接，粘接；连接管采用三通承插连接，粘接。
- e) 收集池采用钢筋混凝土结构，根据危险化学品一次运输最大吨位，估算确定收集池的容积，同时对收集池进行防渗处理，防止事故污水渗漏污染。
- f) 充分考虑与桥梁已有结构的衔接，保证桥梁整体质量。

6 绿色施工阶段

6.1 总体要求

6.1.1 公路施工应严格贯彻落实国家和当地有关环境与资源保护法律、法规的规定、项目环境影响报告书（表）提出的主要环境保护措施以及环境保护行政主管部门对项目环境影响报告书（表）、水土保持方案的批复意见要求。

6.1.2 加强施工过程的管理和监督，按规定选定专业机构开展施工期环境监测、水土保持监测，并根据监测结果及时调整绿色施工方案；组织编制施工期环境保护监理、水土保持监理实施方案，并将施工期环境保护监理和水土保持监理纳入主体工程监理一并考虑，涉及自然保护区、风景名胜区及饮用水源保护区等重大环境敏感区，并可能存在重大影响的项目，可按规定选定环保专业机构协助开展施工期环境保护监理和水土保持监理工作。

6.1.3 加大宣传和培训力度，应结合工程项目的特点，有针对性地对绿色施工作相应的宣传，通过宣传营造绿色施工的氛围。定期对建设单位、设计、施工及监理人员进行绿色施工知识培训，增强绿色施工意识。

6.2 管理手册与制度

6.2.1 推进管理信息化宜开展以下工作：

- a) 推广开发应用基于建筑信息模型（BIM）技术的建设项目管理系统，构建面向设计、施工及养护全过程、一体化管理系统。
- b) 推广智能化工地与智能化检测实验室建设，推进质量检验检测数据实时互通共享。
- c) 探索基于无人机遥感应用的施工安全与环保监管技术，创新工程施工安全环保管理手段。
- d) 推广建设与运营期能耗监测管理，科学评估项目建设能耗水平。

6.2.2 推广管理新经验宜开展以下工作：

- a) 鼓励代建制、设计施工总承包等管理模式创新与应用，营造绿色公路建设市场发展环境；
- b) 推广土建工程与路面工程、土建工程、绿化工程与房建工程一体化施工管理，促进土石方、表土及隧道洞渣等资源的协同配置与综合利用；
- c) 探索应用工程施工质量、健康、安全及环境四位一体（QHSE）管理体系，推广公路建设期环保管家服务等环境管理新模式。

6.3 标准化施工

6.3.1 实施工地建设标准化，实施驻地建设、工地实验室、混凝土拌和站、钢筋加工棚、预制梁场等临建设施标准化建设。

6.3.2 实施施工工艺标准化，鼓励工程构件生产工厂化与现场施工装配化。严格把好人员关、机械关、材料关、工艺关；强化控制结构物强度、路基压实度、路基边坡坡度、路面平整度、桥梁安置与吊装精确度、隧道衬砌厚度。

6.3.3 实施管理工作标准化，确保各项管理制度、机构人员到位，落实好技术管理、过程管控及内业管理。

6.3.4 实施安全文明标准化，严格实行施工阶段安全风险评估制度、夜间施工报备及适时停止作业制度、项目安保工程与主体“三同时”制度、质量安全隐患整改“四不放过”制度，落实隧道动态监管措施、危险点隔离措施、作业人员安全管理措施、用电电气安全作业措施、文明施工管理措施。

6.4 资源集约节约利用

6.4.1 施工期节地措施应符合以下要求：

- a) 推行施工便道与农村公路建设规划、隧道应急抢险通道建设相结合，实施永久硬化措施。
- b) 拌和站、预制梁场及施工驻地等临建设施优先利用地方建设用地、路基永久用地、取弃土场地，减少新增临时占地数量。
- c) 施工现场应根据施工规模及现场条件等因素合理确定临时设施确定占地指标，有效利用率应大于 90%。
- d) 施工现场临时占地应尽量使用荒地、废地，少占用农田和耕地、林地，工程完工后，及时恢复原地形、地貌。临时设施的占地面积应按用地指标所需的最低面积设计。

6.4.2 施工期节水应符合以下要求：

- a) 施工现场办公区、生活区的生活用水应采用节水系统和节水器具，节水器具配置率应达到 100%。项目临时用水应使用节水型产品，安装计量装置，采取针对性的节水措施。
- b) 施工现场搅拌用水、养护用水等应采取有效的节水措施，严禁无措施浇水养护混凝土。
- c) 施工现场建立工程废水、生活污水等可再利用水的收集处理系统，使水资源得到循环利用。
- d) 现场机具、设备、车辆冲洗、喷洒路面、绿化浇灌、搅拌、养护等用水，优先采用基坑降水等非传统水源，尽量不使用市政自来水。

6.4.3 施工期节材应符合以下要求：

- a) 推广废旧沥青路面、钢材、水泥等材料再生和循环利用，推广粉煤灰、煤矸石、矿渣、废旧轮胎等工业废料的综合利用，积极开展建筑垃圾无害化处理和利用，实现资源高效、循环利用。
- b) 应优化混凝土配合比，利用粉煤灰及外加剂减少混凝土中水泥用量。
- c) 推广隧道洞渣在路面集料、机制砂中的利用技术、弃土场与填方路基结合设置技术、土石方合理调配技术，降低废弃土石方数量。
- d) 应建立和落实材料计量、使用、存放、周转管理制度，并应缩短运输距离，减少能耗。

6.4.4 施工期节能应符合以下要求：

- a) 优先使用国家、行业推荐的节能、高效、环保的施工设备、机具、材料等。

- b) 对施工现场的生产、生活、办公和主要耗能施工设备应制定节能与能源利用控制措施。
- c) 施工现场应建立施工机械设备管理制度、机械设备档案，应对用电、用油分别计量，并应定期定人维修保养工作，使机械设备保持低耗、高效的状态。
- d) 应合理安排工序及机械设备使用，保持较高使用效率和满载率，共享资源，降低各种设备单位能耗。
- e) 施工临时设施应充分利用场地自然条件，合理设计生产、生活及办公临时设施的采光、通风、外墙窗设遮阳等设施。临时设施墙体、屋面应采用节能、隔热材料，降低采暖、制冷能耗。

6.5 污染控制

6.5.1 施工扬尘污染控制应符合以下要求：

- a) 各类施工场地宜实施硬化措施，四周建设围挡设施，旱季定期洒水抑尘，拌和楼应配备除尘设备；
- b) 施工便道原则上应铺设高级路面或砾石，旱季定期洒水抑尘。
- c) 非施工作业面的裸露地面、长期存放或超过一天以上的临时存放的土堆采用防尘网进行覆盖，或采取绿化、固化措施；
- d) 水泥、粉煤灰、灰土、砂石等易产生扬尘的细颗粒建筑材料应密闭存放或进行覆盖，使用过程中应采取有效措施防止扬尘；
- e) 建筑垃圾土方砂石运输车辆应采取苫盖、加装蓬盖等措施防止车辆运输遗撒；
- f) 对于土方工程，开挖完毕的裸露地面应及时固化或覆盖；
- g) 鼓励隧道衬砌应用湿喷工法、全断面装配式衬砌施工，推广隧道水压爆破施工与雾化设备除尘、降温技术。

6.5.2 施工水污染控制应符合以下要求：

- a) 施工驻地视施工人员数量分别合理设置旱厕、化粪池或小型生化污水处理设施，旱厕和化粪池定期清掏用作农肥，小型生化污水处理设施处理后的污水应达到相应的污水排放标准要求；
- b) 隧道施工排水、混凝土搅拌站排水及桥梁基础施工中的泥浆水宜设置沉淀池进行处理，上清液排放或用于场地旱季洒水抑尘；
- c) 跨越敏感水体桥梁水中基础宜因地制宜采用沉入桩、灌注桩、沉井等桩基形式，以减少对河床或湖底的扰动影响；
- d) 涉水桥墩桩基施工周围宜设置围油栏，防范施工机械跑冒滴漏所造成的油污染。

6.5.3 施工固体废弃物处理应符合以下要求：

- a) 施工驻地设置垃圾站宜为密闭式，施工垃圾、生活垃圾宜分类存放，运输消纳应符合相关规定；
- b) 涉水桥墩桩基施工平台尽量采取钢栈桥全平台施工方案，优先应用清水钻或环保泥浆施工工法，施工泥浆循环使用，钻渣采用泥浆船驳运至岸上指定地点处置；
- c) 施工现场废弃石渣、碎石，宜作为路基回填、片石混凝土拌合材料、加工机制砂（碎石）等其它用途。

6.5.4 施工噪声防护应符合以下要求：

- a) 优先选用低噪声施工机械、设备和工艺，振动较大的固定机械设备应加装减振机座，同时加强各类施工设备的维护和保养，从源头上降低噪声源强；

- b) 加强施工管理，合理安排施工作业时段，在居民集中区 150m 以内的施工场地，宜避免夜间（22:00~06:00）进行高噪声施工作业，夜间严禁打桩作业；
- c) 采取建筑围挡、移动式或临时声屏障等防噪措施对受噪声影响大的声环境敏感点实施防护，必要时在有条件的路段可结合运营期噪声预测超标情况建设永久性声屏障。

6.5.5 施工光污染防治应符合以下要求：

- a) 减少夜间作业，尽量避免灯光、噪声对夜间动物活动的惊扰；
- b) 合理安排施工作业时间，尽量避免在夜间施工，有防止强光外泄的措施，减少对周围居民的影响；
- c) 夜间电焊（电弧焊焊接）作业时，应有有效的挡光、遮光措施，夜晚照明用的镝灯应有灯罩，防止强光外泄。

6.6 生态保护

6.6.1 路基环保清表应符合以下要求：

- a) 推广公路施工红线内二次清表作业工法，最大限度地保护原生植被；
- b) 严格控制路基清表范围，路基挖方清表时两侧各留 3m，公路红线内坡口线外的植被不清除，桥梁施工仅清理桩基与桥台处的植被，互通立交区仅清理主线与匝道路基用地范围内植被，隧道仅清理洞口仰坡开挖范围内的植被。

6.6.2 原生植被与表土资源保护应符合以下要求：

- a) 贯彻落实野生保护植物、古树名木及大树等原生植被的保护要求，委托专业机构开展野生保护植物现状调查，因地制宜实施就地保护与移栽利用；对野生保护植物集中分布地带或移植难以保证成活的古树名木，宜通过优化路线走向或工程构筑物布设方案，避免或减轻公路建设对其影响；
- b) 实施路基清表土收集利用工程，集中堆存于互通立交区、服务与管理设施区等公路永久用地范围内，后期利用作绿化用土、复垦土等，有效保护表土资源；
- c) 森林路段施工单位应加强防火知识教育，必要时可在用地两侧边界建设临时阻火带，防止人为原因导致森林火灾的发生。

6.6.3 敏感路段施工生态防护应符合以下要求：

- a) 针对自然保护区、风景名胜區及重要湿地等生态敏感区的主要保护对象及保护要求，制定生态环保施工专项方案，严格落实环保措施，采取扰动范围少、影响程度低、施工时间短的施工工法，实施生态补偿措施，降低施工对生态环境的影响。
- b) 加强对施工人员的环保教育工作，制定施工环境保护方案，禁止施工人员随意破坏植被和猎捕野生动物。

6.6.4 水土流失防治应符合以下要求：

- a) 半填半挖路段、隧道洞口下方应先实施挡土墙、拦沙坝等拦挡工程，再进行土石方填挖作业，以避免开挖土石方顺坡滑溜而破坏植被和土地。
- b) 路基边坡及隧道洞口仰坡应及时采取工程或植物措施加以防护，雨季来不及实施永久防护工程的，应采取临时排水、拦挡及苫盖措施。
- c) 工程施工过程中，要严格按设计规定的取土场、弃渣场进行取、弃土作业，禁止占用基本农田。

- d) 选定的弃渣场必须先做好排水、支挡等防护工程后方可弃渣。
- e) 应选择有开采手续的合法砂石料场供应商，并在砂石料购买合同中明确水土流失防治责任；外购砂石料场的选址宜尽量选择位于路线 200m 以外，以减少砂石料场对生态和公路路域景观造成的影响。

6.6.5 临时用地生态恢复应符合 DB14/T 1719 的相关要求。

7 绿色运营阶段

7.1 总体要求

7.1.1 运营管理部门宜通过 ISO 14001 环境管理体系认证。

7.1.2 充分发挥专业机构的优势，鼓励采用第三方运维管理模式，推行养护及环境管理的市场服务机制。

7.1.3 鼓励隧道照明与房建设施实施合同能源管理，推广服务区运营能耗监测系统及技术。

7.2 运营管理

7.2.1 制定并实施节能、节水、节材等资源节约与循环利用管理制度。

7.2.2 加强各类环保设施的维护与运行管理，全面推进沿线公路附属设施污水处理和利用，实现垃圾分类收集和无害化处置。

7.2.3 对公路运营期交通量及环境质量进行跟踪监测，及时采取声屏障等敏感点降噪措施，提升管理与服务设施区污水处理设施的处理能力，做到公路沿线声环境质量及污水排放水质达到相应标准要求。

7.2.4 利用短信平台、门户网站、微信、微博等新媒体手段，构建公益服务与个性化定制服务相结合的公路出行信息服务体系，引导公众高效、便捷、舒适地出行，缩短出行人员在途距离和时间，最大限度降低能耗和排放水平。

7.3 养护管理

7.3.1 公路养护宜采用节能环保型养护装备。

7.3.2 路面日常养护宜采取微表处、稀浆封层、雾封层等预防性养护方案；路面大中修宜推广应用节能、利于材料循环利用的材料及施工工艺和工法，采用温拌沥青混合料工艺、沥青路面再生和水泥混凝土路面再生技术等技术。

参 考 文 献

- [1] 陈胜营等. 绿色公路建设技术指南[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
 - [2] 中国公路学会. 中国绿色公路研究与展望[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
 - [3] 陈济丁. 绿色公路建设理论与实践[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.
 - [4] 王随原等. 绿色公路建设与评价[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016.
 - [5] 江玉林. 公路路域生态恢复技术研究与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
 - [6] GB15618-2008 土壤环境质量标准
 - [7] GB 25501-2010 水嘴用水效率限定值及用水效率等级
 - [8] GB 25502-2010 坐便器用水效率限定值及用水效率等级
 - [9] GB50176-2016 民用建筑热工设计规范
 - [10] GB50189-2015 公共建筑节能设计标准
-