

# DB64

宁夏回族自治区地方标准

DB 64/T xxxx—2026

## 跨黄河公路斜拉桥绿色低碳养护 指南

Guidance for Green Low-carbon Maintenance of Highway  
Cable-stayed Bridge Cross the Yellow River

(征求意见稿)

2026-xx-xx 发布

2026-xx-xx 实施

宁夏回族自治区市场监督管理厅 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 绿色低碳养护总体要求 .....	2
5 检查、监测与评定要求 .....	4
5.1 一般规定 .....	4
5.2 检查与检测 .....	5
5.3 桥梁评定 .....	8
5.4 结构监测 .....	9
6 结构养护要求 .....	10
6.1 斜拉索 .....	10
6.2 索塔 .....	13
6.3 桥墩与基础 .....	14
6.4 支座与伸缩装置 .....	15
7 绿色低碳养护工程管理要求 .....	16
8 绿色运营与养护管理 .....	19
8.1 运营管理 .....	19
8.2 养护管理 .....	20
附录 A（规范性）规范性检查表格 .....	23
表A-1 桥梁巡查记录表 .....	23
表A-2 桥梁经常检查记录表 .....	24
附录 B（规范性）季度养护碳排放核算表 .....	25
附录 C（规范性）环境监测记录表 .....	27
用词说明 .....	28

## 前 言

本文件依据 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。

本文件是在系统总结公路斜拉桥养护技术研究成果及其应用实践经验的基础上，深入贯彻国家“碳达峰、碳中和”战略及黄河流域生态保护和高质量发展要求，参考有关国家及行业先进标准，并在广泛征求意见的基础上编制而成。

本文件的主要技术内容是：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 绿色低碳养护总体要求；5 检查、监测与评定要求；6 结构养护要求；7 绿色低碳养护工程管理要求；8 绿色运营与养护管理；附录。

本文件由宁夏回族自治区交通运输厅提出并归口。

本文件由宁夏公路管理中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送宁夏公路管理中心（地址：宁夏银川市金凤区北京中路175号，邮编：750011，联系电话：0951-xxxxxxx，电子邮箱：xxxxxx@xxx.com），供修订时参考。

本文件起草单位：宁夏公路管理中心、中路高科交通检测检验认证有限公司

本文件主要起草人：王维庄、王晓晶、严晓平、刘全文、张利维、李海军、董炜、张洪韬、尹新刚、马成、马晓宝、柏辉、马飞、杨军、李瑞杰、闫昕、李湛、郭歌洋、刘玉玲、郭长新、赵佳琪、李志军、刘艳娟、罗廷赤、王佳、田磊、张婧、马强、虎晓强、邢福明

# 跨黄河公路斜拉桥绿色低碳养护指南

## 1 范围

本指南规定了跨黄河公路斜拉桥运营阶段绿色低碳养护的术语和定义、总体要求、检查监测、技术评定、结构养护、绿色低碳养护工程实施、运营与养护管理等。

本指南适用于宁夏回族自治区境内跨黄河公路斜拉桥运维阶段的绿色低碳养护管理工作。其他类似环境的公路斜拉桥、悬索桥、梁式桥、拱桥可参照执行。除应符合本指南外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

## 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。

- JTG 5110 公路养护技术标准
- JTG 5120 公路桥涵养护规范
- JTG/T 5122 公路缆索结构体系桥梁养护技术规范
- JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
- JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程
- JTG/T 2340 公路工程节能规范
- JT/T 1037 公路桥梁结构监测技术规范
- JT/T 1199.1 绿色交通设施评估技术要求 第1部分：绿色公路
- JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 38175 液压动力机械 能耗测试方法
- HJ 651 生态环境状况评价技术规范
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB 16297 大气污染物综合排放标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.0.1 绿色低碳养护 green low-carbon maintenance

在桥梁养护的全过程中，通过采用科学的管理体系、先进的检测技术、环保的材料工艺和高效的机械设备，在保障桥梁结构安全、耐久和服务水平的前提下，系统性地减少温室气体排放、降低资源消耗、控制环境污染，并适应黄河流域生态保护要求的养护活动。

### 3.0.2 绿色公路 green highway

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。

### 3.0.3 预防性养护 preventive maintenance

在桥梁结构尚未出现明显病害或功能衰减初期，为延缓其性能退化、延长使用寿命而采取的主动、有计划、低成本的养护工程措施。

### 3.0.4 健康监测系统 health monitoring system (HMS)

通过集成传感器、数据采集与传输、数据处理与管理等软硬件，对桥梁环境荷载、结构响应和局部损伤进行实时监测与评估，为结构安全预警、养护决策和状态评估提供依据的系统。

### 3.0.5 养护管理系统 maintenance management system (MMS)

以桥梁基础数据和动态数据为核心，集巡检计划、任务派发、病害记录、技术状况评定、养护方案决策和档案管理于一体的信息化管理平台。

### 3.0.6 非传统水源 non-traditional water source

不同于传统地表水和地下水供水的水源，包括再生水（中水）、雨水、收集的桥面径流等。

### 3.0.7 碳排放核算 carbon emission accounting

对桥梁养护活动相关的直接排放（养护机械燃油）、间接排放（外购电力、热力）和其他间接排放（材料生产运输）的温室气体进行量化的活动。

## 4 绿色低碳养护总体要求

4.0.1 跨黄河公路斜拉桥的绿色低碳养护宜遵循“安全第一、生态优先、节能降碳、全寿命周期管理”的原则，在保障桥梁结构安全与耐久性的前提下，系统性地降低资源消耗、减少碳排放、保护黄河流域生态环境。

4.0.2 绿色低碳养护宜贯穿桥梁检查、监测、评定、结构养护、工程实施及运营管理的全过程，并纳入桥梁养护管理体系，实行“一桥一档”数字化管理。

4.0.3 养护单位宜建立绿色低碳养护责任体系，明确养护工程师为绿色低碳养护的直接责任人，并可设置节能环保专（兼）职岗位，负责碳排放核算、能耗统计、环境监测等工作的组织实施。

4.0.4 绿色低碳养护宜优先采取下列措施：

a) 预防优先：推行预防性养护，延缓构件性能退化，延长大修周期，减少全寿命周期资源消耗和碳排放；

b) 检测绿色化：优先采用无人机、爬壁机器人、水下机器人、无损检测等低能耗、高效率技术，减少登高、潜水等高碳排放作业；

c) 材料低碳化：优先选用水性、无溶剂、高固体分、低 VOCs 的环保型材料，推广再生材料、可循环材料，不宜使用高污染、高能耗的落后材料；

d) 设备节能化：优先采购或租赁国四及以上排放标准或电动化养护机械，淘汰高耗能、高排放老旧设备，可实施能耗定额管理；

e) 能源清洁化：在养护工区、检修通道、索塔顶等区域可增设光伏发电设施，优先使用清洁电力，逐步提高清洁能源使用比例；

f) 废弃物资源化：对旧斜拉索、废旧沥青、废金属、废塑料等实施分类回收和再生利用，危险废物应委托有资质单位处置，不得随意填埋或焚烧；

g) 水资源节约化：桥面径流宜收集处理后回用于绿化、冲洗，鼓励使用雨水、再生水等非传统水源；

h) 生态保护系统化：养护作业宜避让候鸟迁徙期、鱼类产卵期，河床防护优先采用生态护底结构，减少对黄河湿地和水生生物的影响。

4.0.5 养护单位宜建立碳排放核算体系，按本指南相关规定，定期开展碳排放核算，并逐年降低碳排放强度。

4.0.6 养护工程实施前宜进行绿色低碳专项策划，可编制《绿色低碳养护实施方案》，明确节能降碳目标、措施清单、责任人和考核指标，并报送桥梁管理单位备案。

4.0.7 绿色低碳养护效果宜纳入养护年度考核，考核内容可包括但不限于：预防性养护投入比例、清洁能源使用比例、废旧材料循环利用率、碳排放强度下降率、危险废物规范处置率等，具体指标按本指南相关规定执行。

4.0.8 鼓励开展绿色低碳养护技术创新和示范应用，包括但不限于：自修复材料、智能除湿系统、光伏一体化检修通道、碳排放实时监测平台等，并总结经验形成可推广的技术成果。

4.0.9 凌汛期（12月至次年2月）的养护作业除应满足本文件相关章节的专项要求外（见5.2.4、5.4.3、6.1.5、8.2.8），宜遵循低温环境下的材料应用、设备节能运行、水域生态防护等绿色低碳原则。

## 5 检查、监测与评定要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 跨黄河公路斜拉桥运营阶段的检查、监测与评定工作，除应符合本指南外，首先应满足《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）和《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》（JTG/T 5122）的基本规定，并在此基础上全面落实绿色低碳要求。

5.1.2 宜配备具有环保、节能专业知识的桥梁养护工程师，专门负责绿色低碳养护工作的组织实施、监督管理及效果评估。养护工程师每年宜接受不少于16学时的绿色低碳养护专项培训，并可将绿色低碳养护工作成效纳入年度绩效考核，考核指标包括但不限于：碳排放强度下降率、清洁能源使用比例、废旧材料循环利用率、环保违规事件数等。考核结果可与绩效工资、评优评先挂钩。

5.1.3 在制定检查与养护作业的安全环保措施及交通组织方案时，宜包含以下专项环保内容：

- a) 扬尘控制方案（洒水频次、覆盖措施等）；
- b) 噪声控制方案（低噪声设备选用、作业时间限制等）；
- c) 废水废液回收处理方案（含油污水、清洗废液等）；
- d) 固体废弃物分类回收方案（可回收物、有害废物、其他废物）。

5.1.4 检查分类执行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）的规定。鼓励采用无人机、爬壁机器人、水下机器人等低能耗、高效率的自动化检测技术，替代高耗能、高风险的人工登高或潜水作业。采用自动化检测技术的，可在年度养护计划中予以资金倾斜。

5.1.5 桥梁技术状况评定和适应性评定应严格按相关标准执行。桥梁管养单位可每年单独编制《桥梁绿色低碳性能评估分析报告》，系统分析年度能耗、碳排放、资源消耗、废弃物处置及生态环境影响等现状，并与上年度进行对比，提出下一年度绿色低碳养护改进措施和量化目标。该报告可于每年一季度完成，并报送上级主管部门备案。

5.1.6 健康监测系统（HMS）的建立宜遵循“按需布设、经济适用”原则。监测内容除应满足《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037）外，宜优先选择低功耗、长寿命、可回收

的传感器。测点布设宜结合历年检测数据和受力分析，避免冗余布设。可增加以下环境参数监测：

- a) 桥位局部气象：风速、风向、温度、湿度、降雨量；
- b) 桥面径流污染物：pH、悬浮物(SS)、化学需氧量(COD)、石油类、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总磷(TP)；
- c) 黄河水质（代表性断面）：浊度、pH、溶解氧、氨氮、总磷、悬浮泥沙含量。

监测频率：气象参数连续监测；径流污染物在降雨日采集不少于3次/年；水质监测每季度1次。

5.1.7 检修通道应保证“可达、可检、可修”。鼓励在通道设计中集成光伏发电、雨水收集等绿色元素，宜为养护作业提供清洁能源和水源。新建或改造检修通道时，光伏发电装机容量可根据实际可用面积设置。

## 5.2 检查与检测

### 5.2.1 初始检查

1 新建或改造后桥梁，初始检查应完成。初始档案除结构参数外，宜详细记录各类养护材料（如涂料、油脂、密封胶等）的品牌、型号、环保指标（VOCs含量、重金属含量）及碳足迹信息（如有）。

2 初始检查时，宜对桥址处黄河湿地植被、鸟类栖息地、水生生物等生态环境本底状况进行基线调查或资料收集，作为未来生态影响评估的基准。调查内容及相关标准如下：

a) 桥位上下游各500m范围内的湿地植被类型及覆盖度，植被类型划分按植被型组开展，覆盖度采用样方调查法测定，调查与观测方法应符合《全国生态状况调查评估技术规范—湿地生态系统野外观测》（HJ 1169）的规定，覆盖度计算结果应按照《生态环境状况评价技术规范》（HJ 192）的规定执行；

b) 鸟类种类、数量及活动频次（每年迁徙季节各调查1次），调查方法应按《陆生野生动物及其栖息地调查技术规程 第4部分：鸟类》（GB/T 37364.4）的规定执行；

c) 水体浮游植物、底栖动物种类及密度，采样、样品保存、分析方法应按《淡水浮游生物调查技术规范》《内陆水域浮游植物监测技术规程》及SL 78~94（水利部标准系列）等相关标准的规定执行。

3 公路斜拉桥的初始检查应包括下列内容：

- 1) 本标准中定期检查需测定的所有项目。
- 2) 桥梁总体尺寸，主要包括桥梁长度、桥宽、净空、跨径、塔高等。
- 3) 桥梁构件尺寸，主要包括构件长度与截面尺寸等。

- 4) 伸缩缝宽度、塔梁阻尼器规格型号及长度、支座规格型号及位置。
- 5) 桥面铺装层厚度。
- 6) 桥梁材质强度、混凝土结构的钢筋保护层厚度、钢结构涂层厚度。
- 7) 拉索索力。
- 8) 桥梁结构控制截面的应变、挠度等静力参数；桥梁结构的频率、振型、冲击系数、阻尼比等动力参数。
- 9) 水中基础水下检测，包括结构状况和河床情况。
- 10) 索力测试应采用振动频率法（加速度传感器）等非接触式方法，也可采用磁通量法、微波雷达法、机器视觉法等无损检测技术，避免对拉索造成损伤。严禁采用锤击法或破坏性测试。

4 初始检查后应按“一桥一档”的要求，建立纸质桥梁初始档案，并宜推进信息化技术，对初始档案实现数字化管理。数字化档案应采用通用数据格式，便于后期养护管理系统调用。

### 5.2.2 日常巡查

1 日常巡查宜分为日巡查和夜巡查。

a) 日巡查：1次/日。

b) 夜巡查：1次/周。

c) 在黄河凌汛期（12月至次年2月）、大风（>6级）、暴雨天气，可增加巡查频率（日巡查增至2次/日，夜巡查视情况加密）；凌汛期巡查应重点关注斜拉索挂冰、桥墩冰凌撞击、流冰堵塞桥孔等风险。

d) 遭受严重损伤后仍维持通车的桥梁，应增加巡查频率（日巡查增至2次/日，夜巡查加密至2次/周，直至损伤处治完成或经评估确认结构趋于稳定）。“严重损伤”是指下列情形之一：

- 桥梁技术状况评定为3类及以下（按JTG/T H21评定）；
- 斜拉索出现护套破损露筋、断丝或索力偏差超过设计值的10%；
- 主梁、索塔出现影响结构安全的裂缝（宽度超过规范限值）或异常变位；
- 桥墩基础冲刷深度超过设计值或墩台出现明显沉降、倾斜；
- 遭受地震、车船撞击、火灾、洪水等突发事件后，经应急检查确认存在安全隐患但尚未达到封闭交通的程度。

e) 遭受严重损伤后已限制或封闭交通的桥梁，按专项应急预案执行。

2 公路斜拉桥的日巡查宜包括下列内容：

1) 斜拉索是否有明显扭曲、振动异常、挂冰（凌汛期重点）、外置阻尼器松脱、破损。

- 2) 主梁是否有线形异常、振动异常。
- 3) 索塔是否有大面积破损、混凝土剥落、明显倾斜与变形，根部及表面是否有裂缝或裂纹（重点关注 Y 型索塔等异形塔柱受力复杂区）。
- 4) 桥面铺装是否有影响行车的明显病害或障碍物。
- 5) 伸缩装置是否有填塞、破损，型钢或梳齿断裂，过车异响和明显跳车。
- 6) 是否有桥面积水。
- 7) 护栏/栏杆是否完好。
- 8) 交通标志、标线与轮廓标是否清晰、完好。
- 9) 照明系统是否完好（灯杆竖直，灯具无缺失、稳固）。
- 10) 机电系统（供配电、除湿、健康监测硬件子系统）是否工作运转正常，除湿系统能耗是否异常偏高（同比超过 15%需记录并分析原因），光伏板是否清洁。
- 11) 桥面径流收集系统是否堵塞、泄漏。

3 夜巡查宜包括：交通标志是否夜晚发光或反光正常、标线和轮廓标志是否发光或反光正常、照明系统是否发光正常、各照明区域照度是否满足要求，有无过度照明或无效照明、行车道是否有影响行车的障碍物、防眩设施是否有效消除汽车前照灯夜间眩光。

4 日常巡查应以目测为主，配以必要的影像记录等工具，并现场填写桥梁巡查记录表（见附录 A-1），巡查记录宜每月进行汇总归档。

### 5.2.3 经常、定期检查

跨黄河公路斜拉桥的经常检查、定期检查，其检查方法和周期应满足《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》（JTG/T 5122）的规定，经常检查应现场及时填写“桥梁经常检查记录表”（表 A-2），不得事后回忆补填；定期检查后应提交定期检查报告，报告内容应符合现行《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》（JTG/T 5122）的规定。在实施过程中，宜落实以下绿色低碳要求：

- 1 优先采用无损检测（NDT）技术，如超声波、磁粉、射线等检测焊缝和裂纹，减少不必要的破损取样。
- 2 宜采用环保型清洗剂清除构件表面油污、鸟粪等。清洗废液应用专用容器回收，交有资质的单位处理，不得排入黄河或桥面排水系统。
- 3 定期检查报告宜单列“绿色低碳养护状况”章节，至少包含以下内容：
  - a) 斜拉索护套老化评估（老化面积比例、裂纹分布）；
  - b) 钢结构涂层劣化评估（锈蚀面积、起泡剥落等级）；
  - c) 除湿系统能耗分析（月度、年度耗电量及同比变化）；
  - d) 照明系统能耗分析（月度、年度耗电量及照度衰减情况）；

e) 各类废弃物产生量及处置方式统计。

4 定期检查时，宜增加以下检查内容，并作为重点病害记录：

a) 斜拉索护套开裂长度、宽度、数量及分布位置，渗水痕迹及积水情况；

b) 锚头区相对湿度（采用手持式湿度计测量），当锚头内相对湿度持续高于 60% 或出现可见凝结水时，应列为重点病害并缩短复查周期至 3 个月内；

c) 锚固区防护罩密封状况，密封胶条老化、脱落或破损情况。

发现护套渗水或锚头湿度超标时，应在 7 日内组织专项检查，评估内部钢丝锈蚀风险，并制定处治方案。

#### 5.2.4 专项检查

1 凌汛专项检查。每年流凌前、封冻期、开河期各开展 1 次，宜包括：

a) 冰厚、冰压力、流凌密度；

b) 桥墩迎水面冰损、护舷、防撞设施；

c) 基础冲刷、冰拔、河床变形；

d) 拉索、锚具结冰与除冰设施状态；

e) 凌汛期间应加密黄河水质监测频次（每半月一次），重点监测 pH、石油类、氯化物等指标；

f) 凌汛期间发生融雪剂泄漏或危化品泄漏入黄事件时，应立即启动相应专项预案，并在 1 小时内报告属地生态环境部门。

2 盐蚀与风沙专项检查。每年风沙季结束后（6 月）开展 1 次。作业流程包括：①检查区域划定（重点为迎风面、支座、伸缩缝、拉索下端等）；②采用目测、量测及取样（如盐分取样）相结合的方法；③检查标准应符合表 A-3《盐蚀与风沙专项检查记录表》的规定。检查内容宜包括：

a) 混凝土表面盐霜、氯离子含量（采用快速氯离子检测仪或取样实验室分析）；

b) 拉索护套磨损、密封失效；

c) 钢结构涂层风沙磨蚀、起泡、锈蚀。

### 5.3 桥梁评定

5.3.1 跨黄河公路斜拉桥的评定包括技术状况评定和适应性评定。

5.3.2 技术状况评定应符合现行《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）的规定；适应性评定应符合现行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）及《公路桥梁承载力检测评定规程》

(JTG/T J21) 的规定；特殊检查的评定应符合检查参数相应规范的规定。

5.3.3 跨黄河公路斜拉桥的适应性评定宜按周期进行，设计未规定时，接养后首次评定时间宜为交工投入运营后 10~15 年，其后可根据评定结果每 3~8 年评定一次。当桥址区发生重大环境变化（如上游水库调蓄方式改变、河道整治、防洪标准提升）或桥梁技术状况下降至 3 类及以下时，应提前进行适应性评定。

#### 5.4 结构监测

5.4.1 健康监测内容包括环境、作用、结构响应及结构变化等，应根据桥梁所处环境、所受作用以及结构构造特点、力学行为特性、状态评估需求、与常规检查的配合和养护管理要求等因素综合确定，监测选项包含应选监测项、宜选监测项、可选监测项。

5.4.2 根据往年气象监测结果，对于易出现桥面结冰、暴雪天气的桥址区宜进行桥面结冰监测。

5.4.3 跨黄河公路斜拉桥监测内容应符合现行《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037）的规定。并宜根据桥梁特点增及宁夏黄河沿岸气候环境增加下列监测选项：

a) 主梁、索塔、斜拉索的温度梯度（宜选监测项），测点应布置于迎阳面与背阴面，评估温度效应对结构受力的影响；

b) 主梁及索塔的冻胀位移（宜选监测项），在凌汛期及冬春冻融季节加密监测频率，评估冻胀对结构变位的影响；

c) 主梁、索塔关键截面的裂缝开合度（宜选监测项），重点布置于历史裂缝及应力集中区域，裂缝开合度变化超过 0.2mm 时应自动触发复查预警。

d) 支座支反力、水平位移、转角（宜选监测项），当支座反力偏差超过设计值的 15% 或伸缩缝出现明显卡阻、异常变形时，应及时进行专项检查。

e) 伸缩缝伸缩变形量、卡阻状态、型钢变形（宜选监测项）；

5.4.4 对于边跨跨度较大的斜拉桥，对于桥梁结构振动监测、空间变位监测、主梁挠度监测等监测项目在测点布设时应根据边跨跨度的不同来变化边跨传感器的布设方案。

5.4.5 应根据桥梁的实际状况建立预警值。

5.4.6 传感器要求性能稳定可靠、耐久性好、频响范围宽、抗外界干扰能力强，能在结构的使用温度及湿度范围内正常工作。

5.4.7 在满足桥梁结构健康监测需求的前提下，应按照节约、便利、精简的原则，有针对

性地选择不同类型、不同数据格式的监测设备。

5.4.8 现场不具备市电供电条件时，宜采用光伏发电+储能电池的独立供电方案，并配置不少于7天的备用储能容量，保障监测系统连续稳定运行。光伏组件应定期清洁维护，储能电池达到使用寿命后应按电子废弃物要求回收处理。

5.4.9 桥梁结构监测应贯穿桥梁结构运营期，在正常维护和更换条件下，监测系统硬件、系统软件的更换与升级应保障监测数据的衔接与分析的连续性。

5.4.10 监测系统自身应绿色低碳运行。系统设计宜选用低功耗硬件（传感器静态功耗不大于1mW），优化数据采集和传输策略（如事件触发、定时唤醒），减少能源消耗。系统达到使用年限后，应制定电子废弃物回收处理方案，所有电子元器件应交由具备电子废弃物处理资质的单位回收。

5.4.11 监测系统宜具备能耗自我监测功能，能够实时显示系统总功耗，并给出优化建议（如调整采集频率、关闭冗余通道）。

5.4.12 索塔作为关键受力构件，宜在塔柱根部、塔柱变截面处及塔梁结合部等关键断面设置应力或应变监测传感器，纳入健康监测系统。监测数据应设置变形及应力预警阈值，预警信息应实时推送至养护工程师及桥梁管理单位。

## 6 结构养护要求

### 6.1 斜拉索

6.1.1 斜拉索的养护应符合下列规定：

- 1 斜拉索各构件应完好、无缺损、功能正常，强度、索力、线形应符合设计要求。
- 2 进行斜拉索索力测量、监测或养护维修时，应避免损伤斜拉索护套。
- 3 平行钢丝斜拉索和钢绞线斜拉索应结合各自构造特点进行养护。

6.1.2 斜拉索构件清洁宜以拉索锚固系统及周围环境的清洁为主要工作内容，定期清理锚固系统附近的杂物、积水；锚具及护筒内应保持清洁、干燥。

6.1.3 斜拉索构件的预防养护宜结合桥梁检查的结果，每年不少于一次，并宜定期更换拉索两端锚具防护罩内失效的防护油，对拉索两端钢护筒做涂漆、防腐蚀处理；更换钢护筒与套管连接处失效的防水密封装置，确保连接处的防水效果。

6.1.4 斜拉索防腐宜适应宁夏盐雾、风沙、冻融环境：

- 1 锚具、张拉端、减震装置应设置防风沙密封罩，定期更换干燥剂；
- 2 拉索护套表面应采用憎水、抗风沙磨蚀涂层，风沙季前专项检查；
- 3 严禁使用含氯盐材料接触拉索系统。

#### 6.1.5 凌汛期斜拉索防冻除冰宜符合：

- 1 拉索挂冰厚度 $\geq 5\text{cm}$ 时应及时除冰；
- 2 优先采用电热融冰、热风、环保型无氯融冰剂；
- 3 除冰废水应收集，不得滴淋至桥面、支座及黄河水体。

6.1.6 在斜拉索经常检查中发现明显病害或缺陷时，应及时进行修复。每次定期检查结束后，应对斜拉索主要病害进行全面修复。

6.1.7 斜拉索护套老化开裂或破损失去防护功能时，应进行修补。修补材料宜采用低 VOCs（挥发性有机化合物 $\leq 100\text{ g/L}$ ）的环保型聚氨酯或聚乙烯修补料。严禁使用溶剂型涂料。

#### 6.1.8 斜拉索索体自由段锈蚀钢丝（钢绞线）的修复：

1) 斜拉索钢丝（钢绞线）局部裸露并出现锈蚀时，应对锈蚀情况进行评估，当锈蚀不影响拉索继续安全使用时，应进行锈蚀钢丝（钢绞线）的修复。

2) 修复斜拉索锈蚀钢丝（钢绞线）宜完全去除原防护护套，对钢丝进行除锈和防腐处理。除锈应采用环保型磨料（如石榴石砂、钢丸），回收率不应低于 85%。防腐涂层应选用无溶剂环氧涂料。

3) 拉索钢丝（钢绞线）严重锈蚀或出现断丝，经评估无法继续利用的，应进行更换钢绞线或换索。

- 4) 修复完成后，应进行气密性检测，确保护套无渗漏。

#### 6.1.9 斜拉索的更换时机宜符合下列规定：

- 1) 拉索钢丝严重锈蚀或出现断丝，经评估无法继续利用。
- 2) 拉索护套损伤严重且无法修复。
- 3) 锚具损坏、锈蚀且无法修复。
- 4) 荷载增加或其他因素导致索力超出安全限值，且通过调索无法解决。
- 5) 拉索使用年限超过设计使用寿命，经评估后需要进行更换。
- 6) 重大突发事件造成斜拉索严重损伤的，如桥面火灾、车撞、地震等。

7) 拉索存在其他严重损伤且无法修复。

更换时：

a) 在技术经济论证合理的前提下，可选用耐久性更好、维护需求更低的钢绞线索或经专项技术论证后的碳纤维复合材料（CFRP）索。当采用 CFRP 索时，其设计使用寿命不应低于 50 年，且应提供基于可靠数据的全寿命周期碳排放评估报告，并补充相应的监测与维护技术要求。

b) 更换前，应对全桥进行索力、主梁线形、索塔偏位、关键截面应力的基准监测，形成换前状态档案。

c) 更换完成后 7 日内，应完成全桥复测，复测内容同换前基准监测项目。换前与换后数据应进行对比分析，形成闭环报告，纳入桥梁养护管理系统（MMS），并作为换索工程验收的依据。

d) 更换下来的旧索应 100%回收：钢丝应出售给相关厂家回炉冶炼或用于其他钢铁制品，PE 护套应破碎清洗后出售给相关厂家用于制造再生塑料制品（如路锥、防撞桶），严禁填埋或焚烧。旧索回收单位应具备以下资质之一：

- 再生资源回收经营者备案登记证明（商务部门）；
- 危险废物经营许可证（如旧索涉及防腐涂层、油脂等危险废物成分）；
- 废旧金属回收备案证明（公安部门）。

养护单位应与回收单位签订回收合同，并保留回收证明及转移联单，保存期限不少于换索后 5 年。

e) 对进场的斜拉索进行质量验收，出厂前应做放索试验，同时应做 1.2~1.4 倍设计索力超张拉检验，检验后冷铸锚板的内缩值宜不大于 5mm。

6.1.10 宜建立斜拉索全寿命周期电子档案，记录以下信息：

- a) 生产信息：索厂、生产日期、材料批号、出厂索力标定值；
- b) 安装信息：安装日期、张拉记录；
- c) 历次检测信息：索力、护套状况、锚头状况；
- d) 养护维修信息：修补时间、材料、工艺；
- e) 更换信息：更换日期、新索型号、旧索去向（回收证明）。

该档案应纳入桥梁养护管理系统（MMS），至少保存至桥梁拆除。

## 6.2 索塔

6.2.1 索塔养护宜保持塔柱、横梁、基础等各结构防护完好、无缺损、功能正常，索塔强度、刚度和稳定性符合设计要求。

6.2.2 塔内电梯、爬梯等附属设施应保持运行正常、状况良好。

6.2.3 索塔内宜保持通风、干燥。设置除湿系统的，除湿区的湿度应符合设计要求。除湿系统监测数据应纳入结构防腐评估体系，连续 3 个月相对湿度高于 60% 的区段，应自动标记为“高湿风险区”。

6.2.4 索塔内部清洁的频率每年不少于 1 次。塔内机电设备的保养频率按各自产品说明书规定执行，保障其功能正常。

6.2.5 索塔内的排水系统应处于正常工作状态，存在积水应及时进行清除，经常出现积水的部位，应分析原因并及时采取封堵、防护涂层与导排等措施。

6.2.6 索塔涂层轻微劣化或局部破损时，应进行维护性补涂，补涂的工艺、材料和质量要求与原设计相同。

6.2.7 斜拉桥索塔修复养护的时机宜结合桥梁检查工作进行确定。混凝土表面涂装维护应选用耐候性强、重涂间隔长的水性或高固体分环保涂料（VOCs  $\leq 150$  g/L），减少涂装频次和 VOCs 排放。重涂间隔不宜少于 8 年。

6.2.8 索塔锚固区混凝土结构裂缝修复前，应进行详细检测与评估，包括裂缝深度、长度、形态、钢筋或环向预应力筋状态等，判断引起结构裂缝的原因。索塔锚固区混凝土结构裂缝的修复，根据锚固区混凝土的开裂程度、施工条件等因素，可选择被动加固和主动加固的修复方法。被动加固与主动加固的方法与特点：

a) 被动加固：在索塔锚固区外壁粘贴垂直于竖向裂缝的钢板，通过钢板承担混凝土开裂后的拉应力，并对现有裂缝进行封闭。

b) 主动加固：在索塔锚固区外围施加环向预应力，通过主动施加预应力为塔壁混凝土提供压应力，使部分裂缝闭合，避免裂缝继续开展。

6.2.9 塔内除湿系统宜设置智能控制策略：

a) 当塔内相对湿度低于 45% 时，除湿机应自动停机或转入低频待机模式（功耗不大于额定功率的 10%）。

b) 当湿度高于 60% 时，自动启动。

c) 应每季度校准一次湿度传感器，确保控制精度。

6.2.10 对于塔内长期高湿区段（连续6个月相对湿度>60%），宜采取下列措施：

- a) 检查频次由每年1次加密至每半年1次；
- b) 涂层监测增加附着力检测和局部劣化评估；
- c) 必要时增设局部除湿设备或改善通风条件。

6.2.11 索塔及邻近构件宜采取防腐蚀附加保护措施，具体要求如下：

a) 对塔柱下部、拉索锚固基础及下部构件等距桥面高度1m范围内的混凝土或钢结构表面，应涂刷针对氯化钠型融雪剂的防腐蚀附加保护层；

b) 防腐涂层应选用耐氯离子渗透性能优良的高耐候性环氧或聚氨酯类涂料，干膜厚度不宜小于300 $\mu\text{m}$ ，涂装间隔及重涂周期应符合产品说明书及设计要求；

c) 每年冬季前应对该保护层进行一次专项检查，发现破损、剥落应及时修补；

d) 有条件的桥梁，宜采用防盐害渗透结晶型防水材料进行深层防护。

### 6.3 桥墩与基础

6.3.1 斜拉桥桥墩与基础的养护宜保持各构件完好、无缺损、功能正常、防护完整，结构强度、刚度和稳定性符合设计要求。

6.3.2 斜拉桥桥墩与基础的预防养护应结合冲刷深度观测结果，实施防护的对象应选择冲刷深度接近设计值或冲淤程度显著增大的桥墩，冲刷防护方案应结合水文条件、地质状况、基础形式、工程造价等因素综合确定。

6.3.3 在墩台和基础经常检查中发现明显病害或缺陷时，应及时进行修复。每次定期检查结束后，应对墩台和基础主要病害进行统计汇总，并组织1次全面的修复。

6.3.4 河床的修复应结合基础冲刷和河床测量等特殊检查结果。修复时宜优先采用生态护底结构，具体要求如下：

a) 流速<2 m/s的河段：优先采用土工格室+活体柳枝、生态石笼（填充卵石，石笼间隙种植挺水植物如芦苇、香蒲）。

b) 流速2~3.5 m/s的河段：采用铰链式混凝土块+土工布、混凝土巢格+植草。

c) 严禁使用全断面、不透水的混凝土或浆砌片石铺砌，以免破坏底栖生物环境。

d) 石笼网箱材质必须为镀锌覆塑或高尔凡（锌-5%铝-混合稀土合金），网目尺寸 6×8 cm 或 8×10 cm，钢丝直径经抗冲刷计算确定，设计使用年限不低于 20 年。

e) 生态护底工程完工后一年内，宜根据当地水文条件和物种适应性选择植物。应以工程结构稳定性和防冲刷效果为首要验收指标。同时，宜对护底区域底栖动物种类和数量进行长期跟踪监测（监测周期与方法可参照 SL 219《水环境监测规范》执行），以评估工程对局部水生态的长期影响，为后续养护提供依据。

6.3.5 当基础冲刷深度超过设计值或河床铺砌损坏等，应及时采取措施保持索塔及桥墩基础附近河床的稳定。宜建立桥墩冲刷监测预警机制：

a) 在桥墩附近设置河床高程监测点，采用声呐测深仪或多波束测深系统等手段，定期测量桥墩周边的河床冲刷深度。监测频率：平时每季度 1 次，洪水期每月 1 次，调水调沙期加密。

b) 当冲刷深度达到设计值的 80%时，发出预警，增加监测频率（每月 1 次）。

c) 当冲刷深度达到设计值时，应立即启动防护工程，并同步监测以下结构响应指标：

- 桥墩倾斜度（全站仪或倾角仪），限值按设计文件执行；
- 基础沉降（水准测量），累计沉降量超过 10mm 时应分析原因；
- 承台及墩身裂缝（宽度、长度、分布），裂缝宽度超限时应专项评估。

d) 防护工程应采用透水性好的结构（如铰链排、土工枕垫），避免传统抛石对河床生态的掩埋破坏。

e) 每次洪水过后或黄河调水调沙期间（通常 6-7 月），应在 7 日内完成一次专项水下检测，并提交包含冲刷深度及结构响应评估的检测报告。

## 6.4 支座与伸缩装置

6.4.1 支座宜符合下列规定：

1 支座宜设置有效的防风沙封堵措施，如采用橡胶密封带、可伸缩金属盖板等，封堵措施应与支座活动范围相适应，不得影响支座正常转动和位移。

2 风沙季（3 月-5 月）期间，宜每月至少清理一次支座积沙和盐分；每次强沙尘天气过后，宜在 7 日内进行一次专项检查与清理。保证支座转动和位移功能正常。当 8.2.8 条规定的风沙预警触发后，可启动支座与伸缩装置的加密检查程序（检查频次临时加密至每周一次）。

3 凌汛期应重点检查支座有无结冰、异常位移及剪切变形，发现结冰应及时除冰解冻，确保支座正常工作。

6.4.2 伸缩装置宜符合下列规定：

1 伸缩缝内宜严防积沙、结冰、盐垢堆积，避免影响伸缩自由。

2 风沙季前、凌汛前及每次强沙尘天气后，宜对伸缩缝进行一次彻底清淤清沙，检查并清理过程应留存影像记录。

## 7 绿色低碳养护工程管理要求

7.0.1 跨黄河公路斜拉桥运营养护阶段应从养护材料、工艺、用能和供能设备状况等方面降低养护作业能耗、提高设备工作能效。宜建立“碳核算体系”，具体要求如下：

1 核算边界：

范围一（直接排放）：养护机械设备（车辆、摊铺机、压路机、发电机等）消耗汽油、柴油产生的 CO<sub>2</sub> 排放。

范围二（间接排放）：养护工区、桥梁照明、除湿系统、监控系统等消耗外购电力、热力产生的 CO<sub>2</sub> 排放。

范围三（其他间接排放）（鼓励核算，初期可不强制）：养护所使用的水泥、钢材、沥青、涂料等材料在生产、运输过程中产生的排放。

2 核算方法：

采用排放因子法：

$$E = \sum (AD_i \times EF_i)$$

其中：AD<sub>i</sub> 为第 i 种能源或材料的活动数据（消耗量），EF<sub>i</sub> 为相应的 CO<sub>2</sub> 排放因子（柴油取 3.16kg CO<sub>2</sub> /kg，汽油取 3.04kg CO<sub>2</sub> /kg，电力应采用国家或宁夏回族自治区生态环境主管部门最新发布的区域电网平均二氧化碳排放因子，其余材料因子按国家最新发布值）。

3 报告与验证：

a) 宜每季度进行一次内部核算，填写《季度养护碳排放核算表》（见附录 B）。

b) 可每年委托第三方机构进行一次核查，出具《年度绿色养护碳排放报告》，并报送宁夏公路管理中心备案。

c) 碳排放强度应结合工程类型、设备更新周期设定差异化下降目标，并明确下降幅度的测算依据。

7.0.2 桥面铺装日常养护宜采取预防性养护方案；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。日常/预防性养护具体要求如下：

a) 要求采用温拌沥青（拌和温度比热拌降低 30℃以上）、冷补料、再生封层等节能降碳技术。

b) 微表处、稀浆封层等应使用改性乳化沥青，不得使用热沥青。

c) 裂缝修补应采用常温型灌缝胶，禁止热施工灌缝。

7.0.3 养护机械设备数量、类型宜与养护需求相匹配，并根据不同时期、不同工况的养护需求调整机械设备组合，进行科学养护作业。具体要求如下：

#### 1 准入门槛：

a) 新购设备：发动机排放宜不低于国四标准；在银川市、石嘴山市等核心区域，强制要求使用电动或国六排放标准的设备。

b) 租赁设备：必须将“排放标准”（不低于国三）和“单位油耗”作为招标评审的硬性指标和重要评分项（权重不低于 10%）。

#### 2 淘汰机制：

a) 宜建立养护机械设备台账，记录设备型号、购置日期、排放标准、累计运行时间、油耗等。

b) 对于国二及以下排放标准的设备，制定明确的淘汰更新计划，3 年内全部退出养护作业。

c) 对于国三排放设备，鼓励提前更新为电动或国六设备。

#### 3 能耗定额管理：

参考《公路工程机械台班费用定额》（JTG/T 3833），为每类主要设备设定单位作业量的油耗限额。超出限额 10%的设备，宜进行检修（检查发动机、液压系统等）或停用。每半年统计一次各设备能耗达标率，低于 90%的养护单位应提交整改报告。

7.0.4 桥面照明宜根据设备性能衰减情况，制定合理的养护方案，降低照度衰减程度。具体要求如下：

1) 根据 LED 灯光衰曲线，制定动态照度调整方案：在深夜（23:00~次日 05:00）交

通量较小时，通过智能控制器将照度降至规范值的 70%。

- 2) 每半年清洗一次灯具外罩和反光器，提高透光率，减少能量损失。
- 3) 每年检测一次各照明区域照度，对照度不足区域及时更换灯具或光源。

7.0.5 监控、通信、收费及供配电等设备应加强对散热结构的日常养护，保持系统完整并具备良好的工作状态。机房空调温度设置宜符合国家节能规定（夏季 $\geq 26^{\circ}\text{C}$ ，冬季 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ ）。应定期清理空调滤网、散热风扇，提高制冷效率。

7.0.6 桥梁养护作业时应合理进行交通组织设计，减少养护车辆对正常交通车辆的干扰，保证公路通行能力。具体要求如下：

- 1) 养护作业宜尽可能安排在交通量较小的时段（如夜间 21:00~次日 06:00，周末）。
- 2) 采用“不移位、不占用”的快速养护工艺（如快速修补混凝土、快干型薄层罩面），单车道封闭时间不宜超过 4 小时。
- 3) 与导航地图服务商合作，实时发布养护作业区信息，引导车辆分流，减少因拥堵造成的额外燃油消耗和排放。

7.0.7 养护作业控制区布设宜符合下列要求：

- 1) 养护材料、机械设备应统筹安排，减少重复搬运。
- 2) 控制区内施工工序应保持作业的连续性，避免设备长时间怠速（单次怠速超过 5 分钟应熄火）。
- 3) 临时设施应易于养护人员布设和回收。
- 4) 临时设施应重复多次使用，降低材料使用量。
- 5) 推广使用装配式、模块化的临时护栏、标志牌和水马，其重复使用次数不应少于 30 次。
- 6) 控制区内的临时照明应采用太阳能 LED 灯具，太阳能板功率不宜低于 50W，蓄电池容量应满足连续 3 个阴雨天的照明需求。
- 7) 作业区应设置移动式卫生间和垃圾收集点，生活污水和固体废物每日清运，严禁随意排放或丢弃。

7.0.8 推广清洁能源应用：

- 1) 在养护工区、桥梁检修通道平台、索塔顶部等具备条件的区域增设光伏发电设施，总装机容量不宜低于 20kW。

2) 光伏发电优先用于巡检设备充电、检修照明、除湿系统、监控设备等,市电替代率不宜低于 15%。

3) 宜建立光伏发电量计量系统,每月统计发电量和自用比例。

## 8 绿色运营与养护管理

### 8.1 运营管理

8.1.1 运营阶段应建立节能工作保证机制,宜把节能工作纳入日常管理和生产经营活动中,推行节能科学管理方法。设立节能专岗,负责能耗统计、分析和改进。

8.1.2 运营阶段宜充分利用设计、施工阶段的数据,开展数据分析应用,提高基于多源数据的运营养护决策分析能力。

8.1.3 运营阶段宜从照明、供配电、用水、运输等方面进行节能控制,降低管理能耗和使用者能耗。

8.1.4 运营阶段宜积极运用信息化、智能化技术,综合利用信息监测、信息服务、预警预测等手段对路网运行状态进行实时监测及管控,提高桥梁通行能力和节能水平。构建“人-车-路-环境”全要素感知的智慧出行服务体系,提供最优路径规划等,引导公众高效出行。

8.1.5 宜制定并实施节能、节水、节材等资源节约与循环利用管理制度。

8.1.6 宜加强各类环保设施的维护与运行管理,全面推进桥梁沿线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。

8.1.7 对桥梁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,做到沿线声环境质量及污水排放水质达到相应标准要求。具体要求:

1) 在靠近居民区、湿地公园的桥梁段,宜设置长期交通噪声和空气质量监测点,每季度至少监测 1 次。

2) 若噪声超标(昼间>70 dB,夜间>55 dB),宜优先采用低噪声路面(如多孔沥青路面)、声屏障等被动降噪措施,并结合绿化带建设。

3) 服务区污水处理设施宜保证出水水质达到 GB 8978《污水综合排放标准》一级标准,并鼓励中水回用于绿化、冲洗。

## 8.2 养护管理

8.2.1 应逐步提升跨黄河公路斜拉桥的机械化养护和快速维修能力，鼓励采用快速、便捷、耐久的技术，积极实施预防养护。强制推行预防性养护：

- 1) 宜编制《跨黄河公路斜拉桥预防性养护手册》，明确各项预防性养护的触发时机（如涂层光泽度低于 60%、斜拉索护套老化面积超过 5%）、技术方案和验收标准。
- 2) 每年预防性养护投入可按桥梁技术状况等级分级设定弹性比例。

8.2.2 跨黄河公路斜拉桥养护年度计划应包括绿色环保目标、节能环保措施等绿色养护相关要求。年度计划宜设立绿色低碳专章，设定明确的量化目标，例如：

- 1) 废旧沥青路面材料循环利用率 $\geq 90\%$ ；
- 2) 养护机械单位作业能耗较上年度下降 $\geq 2\%$ ；
- 3) VOCs 排放量较上年度下降 $\geq 5\%$ ；
- 4) 清洁能源使用比例 $\geq 10\%$ 等。

年终宜进行目标完成情况考核，未达标的应在下年度计划中制定整改措施。

8.2.3 跨黄河公路斜拉桥养护过程中，宜采取减少对黄河、大气和声环境影响的措施，并宜采用先进、成熟的节能环保新材料、新设备、新工艺、新技术。具体强制规定：

- 1) 不得向黄河水体排放任何未经处理的施工废水、生活污水和固体废弃物。
- 2) 在桥面进行防腐、涂装、修补作业时，宜采取防尘、防滴漏措施（如设置防护围挡、铺设防渗布），围挡高度不低于 1.8m。
- 3) 宜优先采用水性、无溶剂、高固体分等环保型材料。溶剂型涂料宜仅在没有替代方案时使用，且必须采用高压无气喷涂工艺，并配备废气收集处理装置。

4) 养护作业产生的废油、废涂料桶、废沥青等危险废物，应分类存放于专用容器，委托有资质的单位处置，并保存转移联单至少 3 年。

8.2.4 应建立适合自身特点的养护管理系统，用以辅助养护工程师开展检查、养护与维修工作。养护管理系统的格式、接口应便于各类系统间数据的互联互通。宜应用 BIM 等技术搭建养护管理平台，辅助养护决策，逐步有序推进养护信息数字化管理，提升管理水平。具体功能要求：

- 1) 平台应具备“BIM+GIS”融合能力，在三维模型上标注所有构件、病害、监测点、

光伏设施、节能灯具等。

2) 平台应包含以下核心模块：

绿色资产地图：在 GIS 地图上标注所有光伏设施、节能灯具、雨水收集装置的位置、容量和运行状态。

碳排放在线监测模块：接入养护机械的油耗数据（通过车载 OBD 或加油记录）、电表数据，自动计算并动态展示碳排放量（范围一、范围二）。

绿色养护方案决策树：内置不同养护工艺（如铣刨重铺 vs. 就地热再生）的碳排放因子库。在制定养护方案时，平台能自动对比不同方案的成本、工期和碳排放量，辅助选择最优方案。

3) 平台数据结构应符合《交通信息基础数据元》（JT/T 697）系列标准，预留与宁夏交通运输厅、生态环境厅监管平台的数据接口。

8.2.5 宜建立健康监测系统与桥梁养护管理系统的紧密协同。具体要求：

1) HMS 与 MMS 应实现数据层面和应用层面的深度融合。

2) 当 HMS 监测到索力异常（偏差超过 10%）、振动超阈值（振幅超过设计值的 120%）、裂缝扩展等数据时，应能自动触发 MMS 中的检查任务生成，并通知养护工程师。

3) 养护检查和维修结果应反馈回 HMS，用于修正预警模型和评估养护效果。

8.2.6 跨黄河公路斜拉桥养护过程宜开展必要的环境监测或观测。监测内容及频率：

1) 桥面径流水质（pH、SS、COD、石油类）：每季度 1 次，降雨日加密。

2) 噪声（等效连续 A 声级）：每季度 1 次，昼夜各 1 次。

3) 大气（PM2.5、PM10）：每季度 1 次，养护作业期间加密。

4) 生态（鸟类活动、河岸植被覆盖度）：每年迁徙季节（3-4 月、9-10 月）各调查 1 次。

按照要求填写环境监测记录表（见附录 C），监测结果应纳入养护管理系统，并作为绿色养护评估的依据。

8.2.7 宜根据桥梁养护工作内容、黄河宁夏段现状及周边污染事故应急处置资源分布等制定突发污染事故应急处置预案。预案宜包括：

1) 针对危化品运输车辆泄漏事故的专项处置方案（包括封堵、拦截、回收、处置流程）。

2) 明确下游最近的应急物资储备库位置（如石嘴山、银川、吴忠等地的应急中心）和调用流程（2小时内到达现场）。

3) 在桥面径流收集系统末端设置事故应急池，容积不小于 100 m<sup>3</sup>，具备隔油、沉淀功能，并满足防渗要求。

4) 每年至少组织一次应急演练，检验预案的有效性。

**8.2.8** 针对跨黄河公路斜拉桥的特殊环境风险，宜单独编制下列专项应急预案，并与地方应急管理体系衔接：

1) 凌汛冰壅/冰撞专项预案：明确冰情监测（冰厚、流速、流冰密度）、预警阈值、桥墩防冰撞措施（破冰体、防撞设施）、应急响应流程及上游水库联动机制；

2) 风沙掩埋专项预案：明确风沙季（通常为 3-5 月）桥面、伸缩缝、支座、检修通道的积沙清理频次及方法，以及交通组织方案；

3) 盐污染专项预案：明确冬季融雪剂（氯化钠型）的使用限量（每场雪不超过桥梁投影面积的按需施用）、低氯或无氯环保型融雪剂的优先选用要求，以及桥面径流及桥下土壤盐分监测方案；融雪剂单位面积用量不得超过规定限值，严禁过量撒布。

4) 危化品泄漏入黄专项预案：细化了危化品泄漏场景下的下游水厂联动、水质加密监测（每 2 小时一次）、活性炭围油栏等应急物资的储备与调用。

每年凌汛前（11月中下旬）及风沙季前（2月中下旬）宜各组织一次专项应急演练，演练方案、过程记录、评估报告应归档保存，并纳入养护管理系统（MMS）。

## 附录 A

(规范性)

## 规范性检查表格

表A-1 桥梁巡查记录表

巡查日期： 年 月 日 时 分		天气：	巡查人员：	
巡查类别	项目	检查内容	检查情况	处理结果
日巡查	斜拉桥斜拉索	是否有明显扭曲、振动异常、外置阻尼器松脱、破损		
	主梁	是否有线形异常、振动异常		
	索塔	是否有大面积破损、明显倾斜与变形		
	桥面铺装	是否有影响行车的明显病害或障碍物		
	伸缩装置	是否有填塞、破损，型钢或梳齿断裂，过车异响和明显跳车		
	桥面排水	是否有桥面积水（下雨天重点检查）		
	护栏/栏杆	是否完好		
	交通标志、标线与轮廓标	是否清晰、完好		
	照明系统	是否完好（灯杆竖直，灯具无缺失、稳固）		
	桥梁健康监测软件子系统	是否工作正常，有无预警信息		
夜巡查	机电系统（供配电、除湿、健康监测硬件子系统）	是否工作运转正常		
	交通标志	是否夜晚发光或反光正常		
	标线和轮廓标志	是否发光或反光正常		
	照明系统	是否发光正常		
	行车道	是否有影响行车的障碍物		
	防眩设施	是否有效消除汽车前照灯夜间眩光		

注：1.本表将斜拉桥的所有构件合并在一起，具体应用时具体的桥型构件组成对表格中项目的构成进行删减。

2.照片另附页。

表A-2 桥梁经常检查记录表

管理单位:					
1路线编号		2路线名称		3桥位桩号	
4桥梁编号		5桥梁名称		6养护单位	
7检查项目	缺损类型		缺损范围		处治建议
8主梁					
9桥(索)塔(可及部位)					
10斜拉索(可及部位)					
11桥面铺装					
12伸缩装置					
13人行道、路缘					
14栏杆、护栏					
15桥台及基础(含冲刷)					
16桥墩及基础(含冲刷)					
17支座(可及区域)					
18锥坡、护坡					
19桥路结合(桥头搭板)					
20航标、防撞设施					
21调治构造物					
22排水系统					
23减振装置					
24其他					
25负责人		26记录人		27检查日期	年 月 日

注：1. 本表将斜拉桥的所有构件合并在一起，具体应用时具体的桥型构件组成对表格中项目的构成进行删减。

2. 照片另附页。

表A-3 盐蚀与风沙专项检查记录表

检查日期： 年 月 日 时 分 天气：		检查人员：	
检查部位	检查内容	检查结果	处理建议
支座	积沙厚度、盐分结晶情况、活动面是否卡阻		
伸缩缝	缝内积沙深度、盐垢堆积情况、能否自由伸缩		
斜拉索	护套磨损情况、表面盐分附着、密封是否失效		
其他	.....		

注：照片另附页。

## 附录B

(规范性)

季度养护碳排放核算表（范围一+范围二）

核算季度：	养护单位：	填表人：	审核人：	
范围一（直接排放）：				
设备类型	燃料种类	消耗量（kg或L）	排放因子（kg CO <sub>2</sub> /kg或L）	排放量（kg CO <sub>2</sub> ）
车辆	柴油			
车辆	汽油			
发电机等	柴油			
范围一小计			/	
范围二（间接排放）：				
用电类型	用电量（kWh）	排放因子（kg CO <sub>2</sub> /kWh）	排放量（kg CO <sub>2</sub> ）	
养护工区				
桥梁照明				
除湿系统				
监控系统				
其他				
范围二小计				
合计排放量（kg CO <sub>2</sub> ）				

注：1. 排放因子以国家及宁夏最新发布值为准；消耗量依据加油记录、电表读数。

2. 排放因子取值依据：柴油取3.16 kg CO<sub>2</sub> /kg，汽油取3.04 kg CO<sub>2</sub> /kg，电力采用国家或宁夏回族自治区生态环境主管部门最新发布的区域电网平均CO<sub>2</sub> 排放因子。若主管部门未发布最新值，暂按上一年度公布值执行。

## 附录C

(规范性)

环境监测记录表

监测类型	监测点位	监测日期	监测单位	方法依据	
桥面径流水质 (pH、SS、COD、石油类) :					
采样日期	pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)	石油类 (mg/L)	达标情况
噪声 (等效连续A声级) :					
时段	昼间Leq (dB)	夜间Leq (dB)	限值 (dB)	是否超标	
大气 (PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> ) : 养护作业期间加密					
日期	PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	备注		
生态调查 (鸟类、植被) :					
调查日期	鸟类种类	数量 (只)	活动频次	河岸植被覆盖度 (%)	方法依据

## 用词说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示在养护管理活动中推荐采用，正常情况下应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

2) 表示在保障结构安全、保护生态环境和资源节约方面有基本要求，需要严格遵循的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用词采用下列写法：

1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”。

2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本指南第×章的有关规定”“应符合本指南第×.×节的有关规定”“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行”。