

T/LCH

团体标准

T/LCH XXXX—2025

公路桥梁养护低碳施工技术规范

Technical specifications for low-carbon construction of highway bridge maintenance

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国长城绿化促进会 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 基本规定 1

5 材料与设备低碳化 2

6 低碳施工工艺 3

7 能源与资源管理 4

8 废弃物处理与资源化 5

9 监测与评价 6

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

公路桥梁养护低碳施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路桥梁养护低碳施工的术语和定义、基本规定、材料与设备低碳化、低碳施工工艺、能源与资源管理、废弃物处理与资源化、监测与评价。

本文件适用于公路桥梁养护低碳施工。

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。

JC/T 2744 施工现场固体废弃物综合处置技术规程

JTG 5120 公路桥涵养护规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 低碳施工 low-carbon construction

在公路桥梁养护工程全生命周期中，通过技术优化、资源节约及管理创新，减少施工活动的温室气体排放，实现环境友好与能效提升的施工模式。

4 基本规定

4.1 总体要求

4.1.1 公路桥梁养护工程应贯彻全生命周期低碳理念，在规划、设计、施工、验收及运营阶段统筹考虑碳减排目标，优先采用环境友好型技术、材料和设备。

4.1.2 施工单位应建立低碳施工管理体系，制定碳排放控制计划，明确责任分工，确保工程实施过程中能源消耗、材料使用及废弃物处理的低碳化。

4.1.3 养护施工方案应优化工艺流程，减少资源浪费，降低施工活动对周边环境的负面影响。

4.1.4 公路桥梁养护应符合 JTG 5120 的有关规定。

4.2 管理体系

4.2.1 建设单位应牵头组织低碳施工管理，制定工程低碳目标，并在招标文件及合同中明确低碳施工要求。

4.2.2 设计单位应在养护方案中提出低碳技术措施建议，优先选用绿色建材和低能耗工艺，并通过设计方案优化减少碳排放。

4.2.3 施工单位应编制低碳施工专项方案，明确碳排放控制措施和量化指标，报监理单位审批后实施。

4.2.4 监理单位应对施工过程的低碳措施落实情况进行监督，定期核查碳排放数据，提出整改意见。

4.3 低碳目标设定

4.3.1 公路桥梁养护工程应根据项目规模、技术条件及区域环境特点，设定分阶段碳排放控制目标，宜包括长期目标和短期目标。

4.3.2 碳排放控制目标应量化，可参考行业标准或同类项目历史数据，采用单位工程量碳排放强度、单位产值碳排放量等指标。

4.3.3 施工单位应定期评估目标达成情况，根据实际进展调整控制措施，并向建设单位提交阶段性低

碳绩效报告。

4.4 过程控制要求

4.4.1 施工组织设计中应包含低碳施工专篇，明确能源管理、材料运输、设备选型及废弃物处理等环节的低碳要求。

4.4.2 施工现场应建立能源与资源消耗台账，实时记录电力、燃料、水资源及主要材料的使用数据，并定期分析优化。

4.4.3 施工过程中宜采用动态监测技术，对碳排放关键节点进行跟踪，发现异常应及时纠偏。

4.5 人员培训

4.5.1 施工单位应定期组织低碳施工技术培训，覆盖管理人员、技术人员及一线操作人员，强化全员低碳意识。

4.5.2 培训内容宜包括低碳政策法规、施工技术规范、节能减排操作方法及碳排放核算基础知识。

4.5.3 施工单位可通过设立低碳示范岗位、开展技能竞赛等方式，鼓励技术创新和经验推广。

4.6 档案管理

4.6.1 施工单位应建立低碳施工档案，完整保存碳排放数据、技术方案、监测报告及改进记录，存档时间不应少于工程竣工验收后 5 年。

4.6.2 建设单位宜定期向社会公开工程碳减排绩效，接受公众监督，提升行业透明度。

4.6.3 重要项目的低碳施工总结报告可报送行业主管部门，作为政策制定或标准修订的参考依据。

5 材料与设备低碳化

5.1 材料选择

5.1.1 公路桥梁养护工程应优先选用低碳、可再生或可循环利用的建筑材料，包括再生骨料、工业固废替代材料及低环境负荷的复合材料。

5.1.2 水泥、沥青等主要建材宜采用低碳生产工艺产品，其碳排放强度应符合国家或行业相关标准。

5.1.3 养护用化学材料应满足环保性能要求，不应使用含挥发性有机物超标或重金属污染的产品。

5.1.4 钢材、混凝土等大宗材料宜通过优化配比或添加掺合料降低单位用量，减少资源消耗与生产碳排放。

5.1.5 在满足结构安全与耐久性的前提下，可探索使用竹木、纤维增强聚合物等新型低碳建材。

5.2 设备选用

5.2.1 施工机械应优先选用电能、氢能等清洁能源驱动的设备，逐步淘汰高排放、低效率的燃油设备。

5.2.2 大型设备宜具备智能控制系统或能量回收功能，降低空载能耗与无效作业时间。

5.2.3 小型手持工具可选用低功率、高能效产品，减少施工现场的分散能源消耗。

5.2.4 临时供电设备宜采用太阳能光伏系统或储能电池组，减少柴油发电机的使用比例。

5.3 供应链管理

5.3.1 材料采购应优先选择本地供应商，缩短运输距离，降低物流环节的碳排放。

5.3.2 供应商应提供材料生产阶段的碳足迹报告，并承诺符合低碳采购协议中的环境要求。

5.3.3 施工单位宜与供应商联合制定材料包装简化方案，推广可循环包装容器或散装运输模式。

5.3.4 工程剩余材料及废弃构件应分类登记，建立回收再利用渠道，避免直接填埋或焚烧。

5.4 材料运输管理

5.4.1 运输车辆宜采用新能源货车或符合国六排放标准的燃油车，并定期进行尾气检测。

5.4.2 材料运输计划应结合施工进度优化路线，减少空驶率与等待时间，必要时可采用联合配送模式。

5.4.3 大宗材料的长距离运输可优先选择铁路或水路，降低公路运输的碳排放强度。

5.5 材料储存与保护

- 5.5.1 施工现场材料堆放应规划合理区域，避免二次搬运造成的能源浪费。
- 5.5.2 易受潮、易变质的材料宜采用防尘防雨覆盖措施，减少损耗与废料产生。
- 5.5.3 散装材料储存可应用智能仓储系统，实时监控库存量，避免过量采购导致的资源闲置。

5.6 设备运行管理

- 5.6.1 施工设备应定期维护保养，确保发动机、液压系统等关键部件处于高效运行状态。
- 5.6.2 设备使用宜实行定额管理制度，根据工程量匹配设备型号与数量，避免超规模配置。
- 5.6.3 设备空闲时应及时关闭电源或切换至节能模式，减少待机能耗。

5.7 低碳技术应用

- 5.7.1 鼓励采用 3D 打印、机器人施工等数字化技术，提高材料利用率与施工精度。
- 5.7.2 重型机械可加装尾气净化装置或颗粒物捕集器，减少污染物与温室气体排放。
- 5.7.3 施工现场宜配置能耗监测终端，实时采集设备运行数据并生成能效分析报告。

5.8 材料检测与认证

- 5.8.1 进场材料应提供第三方机构出具的环保性能检测报告，重点核查碳排放、有害物质含量等指标。
- 5.8.2 关键材料宜通过绿色产品认证或碳标签认证，并在技术文件中明确标注其低碳属性。
- 5.8.3 对新型低碳材料的应用可开展试点验证，确保其性能满足工程需求后再推广使用。

5.9 设备报废与更新

- 5.9.1 淘汰的旧设备应按照国家规定进行回收处理，不应私自拆卸或废弃污染环境。
- 5.9.2 设备更新计划宜纳入低碳转型目标，逐年提高清洁能源设备的配置比例。
- 5.9.3 可建立区域性设备共享平台，实现大型机械的高效流转与跨项目复用。

6 低碳施工工艺

6.1 施工方案优化

- 6.1.1 施工前应编制低碳专项施工方案，明确工艺流程优化、资源节约及碳排放控制措施，并与设计、监理单位共同审核确认。
- 6.1.2 宜采用 BIM 技术模拟施工全过程，识别潜在资源浪费环节，优化设备调度、材料运输及人员配置方案。
- 6.1.3 施工组织设计应减少临时设施工程量，优先利用既有场地与设施，降低临时工程碳排放。

6.2 预制装配化施工

- 6.2.1 桥梁养护中宜推广预制构件的工厂化生产与现场装配工艺，减少现场湿作业及材料损耗。
- 6.2.2 预制构件的运输与吊装应制定专项方案，采用低能耗设备与精准定位技术，避免返工或二次加工。
- 6.2.3 预制构件连接节点宜采用免焊接、低污染的机械锚固或胶结技术，提升施工效率并减少碳排放。

6.3 低碳路面养护技术

- 6.3.1 沥青路面修复应优先采用冷再生、温拌沥青等低能耗工艺，减少传统热拌沥青的高温加热需求。
- 6.3.2 水泥混凝土路面养护宜使用快硬低收缩材料，缩短养护周期并降低资源消耗。
- 6.3.3 裂缝处理可采用高压注浆或自愈合材料技术，减少传统开槽灌缝工艺的机械能耗与材料浪费。

6.4 结构加固与修复工艺

- 6.4.1 桥梁结构加固宜采用碳纤维布、预应力碳板等轻质高强材料，避免大规模拆除重建导致的碳排放。
- 6.4.2 混凝土结构修复应选择低碱性、高耐久性的修补材料，减少后期重复养护需求。
- 6.4.3 钢结构防腐涂装宜采用水性涂料或高固含涂料，降低挥发性有机物排放。

6.5 扬尘与噪声控制

- 6.5.1 土方开挖、材料运输等易产生扬尘的工序应采取湿法作业、密闭运输或雾炮抑尘措施。
- 6.5.2 固定作业区域应设置围挡或隔尘屏障，减少扬尘扩散范围。
- 6.5.3 高噪声设备应加装消声器或隔音罩，并避免在夜间或敏感时段使用。

6.6 交通组织低碳化

- 6.6.1 养护施工期间应优化交通疏导方案，利用智能信号系统减少车辆拥堵与怠速排放。
- 6.6.2 临时交通标志宜采用太阳能反光材料，降低外部供电需求。
- 6.6.3 施工区域车道封闭方案应分阶段实施，优先保障公共交通与新能源车辆通行效率。

6.7 数字化与智能化应用

- 6.7.1 宜采用无人机巡检、智能传感器等设备实时监测施工质量与进度，减少人工巡查频次。
- 6.7.2 关键工序可引入机器人辅助施工，提高精度并降低能耗。
- 6.7.3 施工数据应接入信息化管理平台，动态分析碳排放强度并预警超标风险。

6.8 生态友好型工艺

- 6.8.1 桥梁基础施工宜采用静压桩、螺旋钻孔等低振动工艺，减少对周边生态系统的影响。
- 6.8.2 河道桥梁养护应避免鱼类繁殖期，并采取围堰导流等保护措施，防止水体污染。
- 6.8.3 施工结束后应及时恢复临时占用的绿化带或农田，优先选用本土植物进行生态修复。

6.9 工艺创新与验证

- 6.9.1 鼓励研发低碳新工艺，经试点验证后可按程序纳入企业工法或行业标准。
- 6.9.2 传统工艺改造应评估碳排放降低潜力，推广成熟技术替代高污染、高能耗作业方式。
- 6.9.3 重大工艺变更前应进行全生命周期碳排放核算，确保低碳目标可达成。

7 能源与资源管理

7.1 总体要求

- 7.1.1 公路桥梁养护工程应建立能源与资源全过程管理体系，涵盖计划、使用、监测及改进环节，实现低碳化目标。
- 7.1.2 能源与资源管理应以节约优先、高效利用为原则，通过技术手段和管理措施减少浪费，降低碳排放强度。
- 7.1.3 施工单位应制定能源与资源消耗定额标准，并依据工程进度动态调整实施策略。

7.2 能源管理

- 7.2.1 施工用能应优先采用太阳能、风能等可再生能源，逐步替代传统化石能源。
- 7.2.2 固定作业场所宜配置光伏发电系统或储能装置，为照明、设备运行提供清洁电力。
- 7.2.3 燃油设备应选用低硫燃料，定期检测发动机燃烧效率，减少尾气污染物排放。
- 7.2.4 施工现场宜采用智能配电系统，按需分配电力负荷，避免超容量供电导致的能源浪费。
- 7.2.5 高能耗设备运行应避开用电高峰时段，利用分时电价政策降低用能成本。

7.3 资源节约

- 7.3.1 材料使用应通过精确计算和优化设计减少损耗，模板、支架等周转材料宜采用标准化构件以提高重复利用率。
- 7.3.2 施工用水应实行分级计量管理，生活区与作业区分设水表，定期分析用水数据并制定节水措施。
- 7.3.3 混凝土、砂浆等湿作业材料宜采用集中搅拌方式，通过自动化配比减少现场配制误差。
- 7.3.4 临时设施建设应利用可拆卸、可重复使用的装配式结构，减少一次性材料投入。

7.4 水资源管理

- 7.4.1 施工现场应设置雨水收集池或渗透沟，收集的雨水可用于降尘、车辆冲洗或绿化灌溉。
- 7.4.2 设备冷却水、试验废水等宜经沉淀过滤后循环利用，不应直接排入市政管网或自然水体。
- 7.4.3 生活区应安装节水型卫生器具，加强用水宣传教育，不应出现长流水现象。

7.5 废弃物资源化

- 7.5.1 建筑垃圾应按金属、混凝土、木材等类别分类存放，建立回收利用台账并明确去向。
- 7.5.2 废旧沥青混合料宜采用厂拌热再生或冷再生技术重新用于路面修补，再生利用率不应低于行业规定。
- 7.5.3 包装材料、塑料制品等可回收物应统一交由专业机构处理，不应与生活垃圾混合丢弃。

7.6 能源监测

- 7.6.1 应建立能源消耗实时监测系统，对电力、燃油、燃气等分项计量并生成统计报表。
- 7.6.2 每月应开展能源使用效率分析，识别高耗能环节并提出改进方案。
- 7.6.3 宜引入能源管理系统，通过算法优化设备运行模式，实现智能化节能控制。

7.7 资源循环利用

- 7.7.1 施工废料再生利用方案应纳入施工组织设计，明确回收流程和技术要求。
- 7.7.2 拆除的旧桥梁构件宜经检测合格后用于临时工程或小型市政项目。
- 7.7.3 养护产生的污泥、渣土等应经无害化处理后优先用于路基填筑或地形修复。

7.8 低碳采购与供应链

- 7.8.1 材料与设备采购合同中应明确供应商的低碳责任，包括包装简化、运输优化及回收承诺。
- 7.8.2 大宗物资宜采用“按需分批”供应模式，减少现场存储空间占用及材料变质风险。
- 7.8.3 供应商评估指标应包含碳足迹核算结果，优先选择通过绿色认证的企业合作。

7.9 人员培训

- 7.9.1 应定期组织能源与资源管理专项培训，提升操作人员的节能意识和实操技能。
- 7.9.2 施工现场宜设置节能标识，明确设备开关机、温度控制等操作要求。
- 7.9.3 可建立能源节约奖励机制，对提出有效改进建议的个人或班组给予表彰。

7.10 技术创新

- 7.10.1 鼓励应用物联网技术监测资源流向，通过数据挖掘优化管理策略。
- 7.10.2 高耗能工艺改造宜联合科研机构开展攻关，探索余热回收、废能再利用等新技术。
- 7.10.3 重大技术创新成果可申报绿色施工示范工程，形成行业推广案例。

7.11 信息披露

- 7.11.1 能源与资源管理记录应完整保存，包括采购票据、消耗数据、回收证明等，存档期不少于工程竣工后三年。
- 7.11.2 建设单位宜每年向社会公示工程碳减排绩效，重点说明能源节约与资源循环利用成效。
- 7.11.3 涉及公共利益的环保数据可接入政府监管平台，实现信息共享与协同管理。

8 废弃物处理与资源化

8.1 总体要求

- 8.1.1 公路桥梁养护工程应遵循“减量化、资源化、无害化”原则，系统规划废弃物的分类、收集、运输及处置流程。
- 8.1.2 施工单位应编制废弃物管理专项方案，明确责任分工及资源化利用目标，并纳入施工组织设计。
- 8.1.3 废弃物处理过程不应对外环境造成二次污染，并符合 JC/T 2744 的有关要求。

8.2 分类与收集

8.2.1 施工现场应设置分类收集容器，按建筑垃圾、可回收物、危险废物等类别分区存放，并标明标识。

8.2.2 建筑垃圾应进一步细分为废旧沥青、混凝土碎块、金属废料、木材等，避免混合堆放。

8.2.3 危险废物应单独密闭贮存，交由有资质的单位处理。

8.3 运输与贮存

8.3.1 废弃物运输车辆应采取防扬尘、防遗撒措施，散装物料宜采用封闭式车厢或加盖篷布。

8.3.2 废弃物临时贮存场地应硬化处理，周边设置围挡及渗滤液收集系统，防止污染土壤及地下水。

8.3.3 危险废物贮存场所应远离生活区及水源地，配备防火、防泄漏等应急设施。

8.4 资源化利用技术

8.4.1 废旧沥青混合料宜采用厂拌热再生或冷再生技术，重新用于路面修补或基层铺设，再生利用率不应低于行业规定。

8.4.2 混凝土碎块可经破碎筛分后作为再生骨料，用于路基填筑、临时道路硬化或预制构件生产。

8.4.3 金属废料应集中回收熔炼，优先用于钢结构加工或建筑材料生产。

8.4.4 木材类废弃物可加工为生物质燃料或复合板材，不应直接焚烧处理。

8.5 无害化处理

8.5.1 无法资源化利用的建筑垃圾应运送至政府指定的消纳场所，并保留转运联单备查。

8.5.2 含化学污染物的废弃物应经稳定化、固化处理后进行安全填埋。

8.5.3 施工污泥应脱水干化，检测合格后可掺入路基材料或用于绿化覆土。

8.6 过程监测与记录

8.6.1 废弃物产生量、处置去向及资源化利用率应实时记录，每月汇总形成统计报表。

8.6.2 危险废物转移应执行联单管理制度，确保全流程可追溯。

8.6.3 施工单位应定期委托第三方机构检测废弃物处理效果，重点监控重金属、粉尘等污染指标。

8.7 供应链协同管理

8.7.1 材料供应商应提供废弃物回收承诺，配合施工单位建立逆向物流体系。

8.7.2 再生材料生产企业宜与养护工程联动，形成区域化资源循环利用网络。

8.7.3 施工单位可参与行业废弃物交易平台，促进再生资源的市场化流通。

8.8 环保责任与培训

8.8.1 施工单位应明确废弃物管理责任人，定期开展环保法规与操作规范培训。

8.8.2 现场作业人员应掌握分类收集要求，熟悉应急处置程序。

8.8.3 宜通过宣传栏、手册等形式普及废弃物资源化知识，提升全员环保意识。

8.9 档案与信息披露

8.9.1 废弃物管理台账、检测报告及处置凭证应存档备查，保存期限不得少于工程竣工后五年。

8.9.2 建设单位宜向社会公示废弃物资源化利用成效，接受公众监督。

8.9.3 重大项目的废弃物处理总结可提交行业主管部门，作为政策优化参考依据。

9 监测与评价

9.1 总体要求

9.1.1 公路桥梁养护工程应建立覆盖全过程的低碳施工监测与评价体系，明确碳排放、能源消耗及资源利用的核心指标。

9.1.2 监测数据应真实、完整、可追溯，评价结果应作为优化施工方案和提升低碳绩效的依据。

9.1.3 监测与评价工作宜由建设单位统筹组织，施工单位具体实施，监理单位监督核查。

9.2 监测内容

- 9.2.1 碳排放监测应涵盖材料生产、运输、施工及废弃物处理等环节，采用行业认可的碳核算方法。
- 9.2.2 能源消耗监测应分项记录电力、燃油、燃气等使用量，并按月统计单位工程量能耗强度。
- 9.2.3 资源利用监测应包括材料利用率、水资源循环率及废弃物再生率，定期分析资源节约潜力。
- 9.2.4 环境质量监测宜包括扬尘、噪声、水体污染物等参数，确保施工活动符合环保标准。

9.3 监测方法

- 9.3.1 应采用物联网传感器、智能电表等设备实时采集能源与资源消耗数据，减少人工记录误差。
- 9.3.2 碳排放核算可结合生命周期评价（LCA）模型，参考国家或行业发布的碳排放因子库。
- 9.3.3 关键工艺环节宜设置监测点，跟踪分析能耗与排放峰值。

9.4 评价指标

- 9.4.1 低碳施工评价指标应包括单位产值碳排放量、可再生能源占比、废弃物综合利用率等量化参数。
- 9.4.2 可设立分级评价标准，分为基础级、先进级和引领级，对应不同低碳技术水平。
- 9.4.3 评价周期宜与工程进度节点同步，至少每季度进行一次阶段性评估。

9.5 数据管理

- 9.5.1 应建立统一的数据管理平台，集成监测数据、施工记录及第三方检测报告，支持多维度分析。
- 9.5.2 监测数据应至少保存至工程竣工验收后五年，电子档案应定期备份并加密存储。
- 9.5.3 数据异常时应启动复核程序，查明原因并采取纠正措施，保留相关处理记录。

9.6 评价程序

- 9.6.1 施工单位应编制自评价报告，经监理单位审核后提交建设单位备案。
- 9.6.2 建设单位可委托第三方机构开展独立评价，并出具低碳施工绩效认证证书。
- 9.6.3 重大项目的的评价结果应报送行业主管部门，作为政策支持或资金补贴的参考依据。

9.7 持续改进

- 9.7.1 应根据评价结果制定改进计划，重点优化高碳排放或低效能环节的技术措施。
- 9.7.2 宜建立经验反馈机制，将优秀案例转化为标准工法或操作指南，推广至同类工程。
- 9.7.3 每年度应召开低碳施工总结会议，分析目标达成情况并调整下阶段管理策略。

9.8 信息公开

- 9.8.1 建设单位应通过官方网站或公共平台公示监测数据与评价结果，接受社会监督。
- 9.8.2 涉及公众环境权益的内容宜以简明图表形式定期发布。
- 9.8.3 敏感数据可经脱敏处理后选择性公开，但不应规避环保责任。

9.9 技术创新

- 9.9.1 鼓励应用区块链技术确保监测数据的不可篡改性，增强评价结果公信力。
- 9.9.2 宜开发碳排放大数据预测模型，辅助施工方案动态优化与风险预警。
- 9.9.3 监测设备更新应优先选用低功耗、高精度产品，提升长期监测效率。

9.10 责任与奖惩

- 9.10.1 施工单位应明确监测与评价责任人，纳入绩效考核体系并与奖惩挂钩。
- 9.10.2 对虚报、篡改监测数据的单位，应依法追究并列入行业信用黑名单。
- 9.10.3 低碳绩效突出的项目可参评绿色建筑或可持续发展奖项，获得政策倾斜。