

# 公路工程桥梁施工质量控制与病害防治方法

吴华洋

云南交投集团投资有限公司 云南 昆明 650000

**【摘要】**：公路桥梁是交通路网的关键枢纽，其施工质量直接关乎通行安全与运输效能。当前，受地质条件、施工工艺、材料管控等多重因素影响，桥梁施工易出现裂缝、沉降、钢筋锈蚀等病害，不仅缩短结构使用寿命，更埋下安全隐患。云南地区桥梁施工面临峡谷高墩、高温高湿、多雨侵蚀、红层地质易软化等特殊挑战，导致裂缝、钢筋锈蚀、水害等病害频发率高于全国平均水平。基于此，本文以云南地区桥梁工程为研究对象，聚焦施工质量控制要点与针对性病害防治策略，为高原山地桥梁建设提供实践参考。

**【关键词】**：公路工程；桥梁施工；质量控制；病害防治

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.005

## 引言

国家发展的命脉之一是交通运输行业，交通运输往往决定了国家的发展速度，也决定了国民生活的便利程度。交通运输建设是一项有利于民生的工程，关乎国家百姓的切身利益，而交通运输最为核心的步骤就是桥梁工程，它具有非常重要的作用，因此通过对公路桥梁施工与质量的严格控制、病害防治方法的研究，可以有效地保障交通运输工程建设，提升整个桥梁建设的质量。

## 1 公路工程桥梁施工质量控制与病害防治的意义

### 1.1 保障通行安全，筑牢交通运行底线

公路桥梁作为交通路网的关键节点，承载着海量车辆与人流的通行需求，其结构稳定性直接关乎生命财产安全。在施工过程中，质量管控缺失，易引发裂缝扩展、墩柱沉降、桥面铺装脱落等病害，极端情况下可能导致桥梁坍塌等恶性安全事故。加强施工全流程质量控制，精准防治各类病害，可以从源头规避结构安全隐患，确保桥梁承载能力、抗冲击性等核心性能达标，为车辆和行人构建安全可靠的通行环境，筑牢公路交通运行的安全底线。这不仅是工程建设的基本要求，更是践行“人民至上、生命至上”理念的具体体现。

### 1.2 延长结构寿命，提升资产利用价值

公路桥梁属于大型永久性基础设施，建设周期长、投资规模大，其使用寿命直接决定了资产的利用效率。在自然环境侵蚀、车辆荷载反复作用以及施工缺陷的叠加影响下，桥梁结构易出现钢筋锈蚀、混凝土碳化等病害，这些病害会逐步侵蚀结构主体，加速桥梁老化，缩短使用寿命。通过科学的施工质量控制，规范材料选用、优化施工工艺、强化工序验收，可减少初始缺陷。同时，针对性实施病害防治措施，及时修复

早期损伤，可以有效延缓结构劣化进程，延长桥梁使用寿命。这不仅避免过早拆除重建带来的资源浪费，更能最大化发挥桥梁资产的长期效益。

### 1.3 节约工程成本，实现投资效益最大化

从工程全生命周期视角来看，加强施工质量控制与病害防治能够显著降低综合成本，提升投资效益。一方面，在施工阶段强化质量管控，虽然会增加必要的管控投入，但可有效减少因质量缺陷导致的返工返修费用，避免材料浪费和工期延误，降低前期建设成本。另一方面，桥梁投入运营后，病害防治不到位，后期维修养护成本会大幅增加，严重时还需进行大修甚至重建，耗资巨大且影响交通通行。通过前期精准防控，减少病害发生频次和严重程度，可大幅降低后期维修养护的人力、物力投入，实现“早防控、少投入、高收益”的成本管控目标，保障公路工程投资效益最大化。

### 1.4 推动行业发展，助力交通强国建设

公路工程桥梁施工质量控制与病害防治水平，是衡量公路建设行业技术实力和管理水平的重要标志。在质量控制与病害防治实践中，行业会不断探索创新施工工艺、研发新型材料、优化管控模式，推动公路桥梁建设技术的迭代升级。例如，智能化监测技术在质量管控中的应用、高性能防腐材料在病害防治中的推广，不仅提升了工程建设品质，更带动了相关产业链的发展。同时，完善的质量控制与病害防治体系，能够规范行业市场秩序，引导企业树立“质量优先”的发展理念，提升行业整体竞争力。这对于推动公路交通行业高质量发展，助力交通强国战略实施，支撑区域经济社会发展具有重要的现实意义。

## 2 公路工程桥梁施工质量控制的重点分析

### 2.1 严控施工材料，筑牢工程根基

材料质量是桥梁工程的生命线，钢筋、水泥、混凝土等核心材料的品质直接决定工程安全性。相关部门需建立全流程管控机制，在采购时严选供应商，核查出厂资质与检测报告。等到进场后强制抽样复检，重点检测钢筋力学性能、水泥强度、混凝土配合比等关键指标。同时，存储时需分类存放，规避钢筋锈蚀、水泥受潮等问题，从源头杜绝不合格材料投入使用。

### 2.2 强化基础工程，保障整体稳定

基础工程承担上部荷载传递任务，其质量直接影响桥梁承载能力与抗沉降性。针对钻孔灌注桩、扩大基础等形式，需做好两点管控，施工前精准勘察地质，依据报告优化方案，避免勘察偏差引发缺陷。另外，还要严控施工工艺，确保钻孔灌注桩孔位、孔深、泥浆比重达标，浇筑时防止断桩、夹泥，完工后及时检测验收，I类桩比例需 $\geq 90\%$ 。

### 2.3 聚焦主体结构，把控核心环节

主体结构是质量控制核心，涵盖梁体、桥墩、桥面等关键部分。梁体施工需严控模板精度与混凝土浇筑质量，注重振捣密实与养护，避免漏振、过振，浇筑完成后覆盖土工布至梁板底部保湿养护，养护周期不少于14天，避免裂缝、蜂窝等缺陷；桥墩施工保障垂直度与截面尺寸，强化钢筋绑扎与混凝土浇筑协同管控；桥面施工重点把控铺装平整度与防水层质量，桥面防水层选用SBS改性沥青防水卷材（厚度 $\geq 4\text{mm}$ ）铺设，搭接宽度不小于10cm，防水层施工完成后需进行渗水试验；同时注意伸缩缝的施工质量，减少桥头跳车，保障通行平顺性。

### 2.4 落实全程监测，动态把控质量

施工过程中，地质变化、荷载影响易引发结构变形或应力异常，需建立动态监测机制。通过布设沉降观测点、应力传感器等设备，实时监测基础沉降、主体变形、预应力张拉应力等指标。同时，制定预警机制，数据超阈值时立即停工排查，调整施工方案，保障施工安全与质量稳定。

## 3 公路工程桥梁施工病害防治的有效策略

### 3.1 强化施工材料质量管控，筑牢病害防治基础

材料是桥梁工程的核心载体，材料质量不达标是引发诸多病害的根源，尤其在云南高温高湿、昼夜温差较大的环境下，材料性能衰减更快，更需严格管控。相关部门需构建全链条材料管控体系，从材料采购、

进场检验到现场使用全过程严格把关。在采购环节，应建立合格供应商名录，优先选择信誉良好、资质齐全的供应商，明确材料性能指标与质量标准，针对云南山区桥梁施工对材料耐久性的高要求，重点选用抗腐蚀、抗裂性强的钢材和水泥，杜绝不合格材料流入施工环节。进场检验时，需按照规范要求对钢材、水泥、砂石、外加剂等主要材料进行抽样检测，重点核查材料的强度、耐久性、稳定性等关键指标，如腾陇高速护国河特大桥（如图1所示）施工中，对进场的混凝土原材料进行严格抽检，确保适配高原峡谷高墩（5号主墩高147m，为目前建成同类型桥梁最高墩柱）施工的强度需求，检测不合格的材料坚决不予使用。在现场使用过程中，要严格遵循材料存储规范，云南雨季漫长，需做好水泥、钢材的防潮防锈存储，避免材料因受潮、暴晒、锈蚀等影响性能，同时精准控制材料配合比，尤其是混凝土、砂浆等混合料的配比，如瑞孟高速南扩大桥施工中严格把控合龙段混凝土配比，确保搅拌均匀、计量准确，从源头减少因材料问题引发的裂缝、强度不足等病害。



图1 腾陇高速护国河特大桥

### 3.2 优化施工工艺设计与实施，提升施工过程管控精度

施工工艺的科学性与规范性直接决定桥梁结构的稳定性，云南复杂的地形地貌对施工工艺提出更高要求，不合理的施工工艺易导致应力集中、结构变形等病害。因此，需结合桥梁结构类型、云南地质环境等实际情况，优化施工工艺方案，强化施工过程中的工艺管控。在施工前，组织技术人员对施工图纸进行深入研究，结合现场勘查数据，细化各分项工程的施工工艺要点，针对易出现病害的环节制定专项施工方案；主体结构施工阶段严控模板安装、钢筋绑扎等关键工序；桥面铺装阶段优化材料选择与铺设工艺，各阶段均需结合云南地域特点适配针对性工艺，具体案例如下表1所示：

表1 优化施工工艺案例表

施工阶段	案例	优化工艺
施工前期 (基础及平台搭建)	宜攀高速雷波大桥	探索形成《复杂地形条件下标准化全装配钢平台快速搭设施工工法》,解决陡坡重型构件运输难题;采用横向内外侧主拱非对称设计适配陡斜坡地形,减少拱座开挖量提升边坡稳定性
主体结构施工(病害修复)	文山马过河桥加固	采用“裂缝封闭处理+粘贴钢板加固”组合工艺; $\geq 0.1\text{mm}$ 裂缝用压力注浆修补, $< 0.1\text{mm}$ 裂缝用表面封闭修补,精准完成钢板粘贴全流程步骤提升结构承载力
桥面铺装施工	昆明二环桥梁病害修复	重点控制铺装层与桥梁主体粘结强度,同步更换损坏伸缩缝橡胶条,避免起砂、剥落、推移等病害

### 3.3 加强施工过程监测与动态调控,及时规避病害隐患

施工过程中的各类参数偏差若不能及时发现与纠正,易逐步累积形成病害,云南峡谷、高墩桥梁施工中,结构位移、沉降等风险更高,实时监测与动态调控尤为关键。相关部门需建立全方位、多层次的监测体系,明确监测指标、监测频率与预警阈值,运用专业监测设备对施工全过程进行动态跟踪。监测范围应覆盖基础沉降、结构位移、应力应变、混凝土温度等关键指标,尤其针对桥梁墩台、主梁、支座等核心构件,布设足够的监测点位。如渝昆高铁盐津南站白水江四线特大桥施工中,面对高空作业、峡谷风场等挑战,开展精密复测与沉降观测,创新应用墩柱智能喷淋养护系统,同时在混凝土浇筑中预埋温度传感器,通过调控冷凝管参数降低水化热,实时监测并控制温差裂缝风险;临沧南汀河大桥主梁合龙施工时,项目部与监测单位通过预埋感应器和高精度测量仪器对标准段进行线形及标高监测,及时调整立模数据,确保合龙段线形符合规范要求。安排专业人员负责监测数据的采集、整理与分析,一旦发现监测数据超出预警阈值,立即启动应急调控机制,确保施工过程始终处于可控状态。

### 3.4 完善防水防渗体系构建,抵御水害侵蚀影响

水害是桥梁工程最常见的病害诱因之一,云南降水集中且多暴雨,雨水、地下水的渗透易导致钢筋锈蚀、混凝土碳化、结构强度下降等问题,如华宁县民族团结大桥因防水体系不完善,长期受雨水侵蚀,20

片T型梁腹板出现竖向和斜向裂缝,最大裂缝长度达110厘米、宽度0.32毫米,对结构安全构成严重威胁。因此构建完善的防水防渗体系至关重要,需统筹考虑桥梁各部位的防水需求,结合云南多雨气候选择适配的防水材料与施工工艺。在桥梁基础部位,优化防水层设计,加强基础与地基的密封处理,避免地下水渗透引发基础腐蚀;在墩台、主梁等主体结构表面,涂刷高性能防水涂层,确保涂层均匀连续、粘结牢固,同时加强结构接缝、转角等薄弱部位的防水处理,采用密封胶、止水带等材料强化密封效果;在桥面铺装层,铺设专用桥面防水层,选择抗老化、抗磨损、不透水的防水材料,同时优化桥面排水系统设计,如昆明二环桥梁病害修复工程中,不仅修复混凝土破损部位,还同步优化桥面排水系统,确保雨水快速排出,减少雨水在桥面的积存与渗透。此外,施工过程中要严格控制防水工程的施工质量,加强对防水层铺设、密封处理等工序的检验,如华宁县民族团结大桥加固施工中,将防水防渗作为重点工序,全面修复裂缝的同时重构防水体系,确保防水防渗体系的完整性与可靠性。

### 3.5 强化冬季夏季施工专项防护,应对极端天气影响

云南虽无严寒,但夏季普遍高温,滇西南地区雨季漫长且连续,集中在5月至12月。部分高海拔地区冬季气温较低有积雪,极端天气条件下的施工易引发各类病害,冬季低温易导致混凝土冻胀开裂,夏季高温易导致混凝土收缩裂缝、水分蒸发过快等问题,需结合云南季节特点,制定专项施工防护方案,优化施工参数与养护措施。冬季施工时,针对云南高海拔山区桥梁施工,优先选择抗冻性强的混凝土配合比,添加防冻剂,同时对施工材料、搅拌设备进行保温处理,确保混凝土浇筑温度符合规范要求;浇筑完成后,及时采取覆盖保温材料、搭设保温棚等措施,提升混凝土养护温度,避免混凝土在凝结硬化过程中受冻。夏季施工时,云南多地高温多雨,需合理安排施工时间,避开中午高温时段,减少混凝土在高温环境下的浇筑;如师丘高速建设的智慧梁场(如图2所示),设置自动行走模架系统、智能液压开合模板系统、智能蒸汽养护系统、梁板自动摆渡系统;利用智能蒸养窑对温湿度全控制,摆脱天气制约,梁板在18小时内强度、弹性模量即可满足规范要求,实现快速成梁,比传统梁场功效提高45%,提升养护效率和生产质量。临沧南汀河大桥主梁合龙施工中,选取一天中气温较低、温差较小的时间段进行混凝土浇筑,加强振捣工艺控制,避免新老混凝土连接处产生裂缝;浇筑前对模板、

钢筋进行洒水降温，采用低热水泥或添加缓凝剂，延缓混凝土凝结时间；浇筑完成后，及时采取覆盖保湿材料、洒水养护、搭设遮阳棚等措施，如渝昆高铁盐津南站白水江四线特大桥施工中应用智能喷淋养护系统，保持混凝土表面湿润，降低水分蒸发速率，减少收缩裂缝的产生。



图2 师丘高速智慧梁场

总而言之，随着施工技术的不断创新，还需进一步探索更加科学高效的病害防治技术与方法，为公路桥梁工程质量提升提供更强有力的保障，助力交通基础设施高质量发展，筑牢区域经济发展的交通基石。

#### 参考文献：

- [1] 杨思炎.道路与桥梁施工技术关键点及质量控制措施[J].运输经理世界,2025,(30):88-90.
- [2] 李道秀,刁俊才,刘澍.道路桥梁施工中的质量控制与安全管理研究[J].汽车周刊,2025,(11):162-164.
- [3] 陈基赢.道路桥梁施工中的质量控制与安全管理[J].城市建设,2025,(22):26-28.
- [4] 马永辉.公路桥梁施工质量控制及养护管理研究[J].运输经理世界,2025,(25):115-117.
- [5] 李凤雷.基于 BIM 技术的桥梁施工过程监测与质量控制方法研究[J].智慧中国,2025,(08):38-39.