

# 道路桥梁混凝土施工及裂缝控制技术

甄 磊 袁奇峰 厉彦飞

日照市公路事业发展中心 山东 日照 276800

**摘要：**随着交通基础设施建设对道路桥梁结构服役性能要求的不断提升，混凝土施工质量管控与裂缝防控至关重要。围绕混凝土施工全流程核心技术要点，系统梳理原材料选型、拌合运输、浇筑振捣、养护成型等关键环节的管控要求，深入分析荷载作用、温度变化、收缩变形、施工操作等裂缝核心成因，最终提出全流程、多维度的混凝土裂缝综合防控技术，为工程品质提升与结构耐久性保障提供技术支持。

**关键词：**道路桥梁；混凝土施工；裂缝防控；施工质量

引言：交通基础设施建设的持续推进，对道路桥梁工程的结构安全与长期服役能力提出了更高要求。混凝土作为道路桥梁施工的核心基础材料，其施工工艺的精准度与结构抗裂性能，直接决定了工程的整体建设品质与使用寿命。当前工程实践中，混凝土裂缝问题仍是影响结构耐久性的核心痛点，其成因复杂、防控难度大，亟须对混凝土施工全流程技术要点与裂缝防控体系开展系统性梳理与研究。

## 1 道路桥梁混凝土施工核心概述

道路桥梁混凝土施工以材料性能优化与工艺精准控制为核心，强调从原材料配比到成型养护的全流程技术革新。混凝土需选用高强度、耐久性佳的骨料与胶凝材料，通过科学配比实现抗压、抗裂性能提升；施工环节注重模板安装精度、浇筑振捣均匀性及养护条件控制，确保结构密实无缺陷。施工过程中需关注环境温湿度对混凝土水化反应的影响，通过调整配合比或采用温控措施避免裂缝产生；同时，引入智能化监测设备实时追踪混凝土强度发展，动态调整施工参数以适应不同工况需求，最终实现结构安全与使用寿命的双重保障，为交通基础设施的长期稳定运行奠定坚实基础<sup>[1]</sup>。

## 2 道路桥梁混凝土施工核心技术要点

### 2.1 原材料选型与配比设计

道路桥梁混凝土施工原材料选型与配比设计需聚焦材料性能与工程需求的精准匹配。骨料应优先选用质地坚硬、级配良好的天然砂石或人工骨料，确保粒径分布合理以减少空隙率，提升混凝土密实度；水泥需根据工程环境选择合适强度等级及耐腐蚀性能，避免水化热过高引发温度裂缝。配比设计需综合考虑强度、工作性、耐久性三要素，通过调整水胶比、砂率及外加剂掺量实现性能平衡——减水剂可改善流动性，缓凝剂适应高温施工，早强剂加速强度发展。全过程需依托试验室数据

支撑，动态优化参数以适应不同季节、不同部位的施工条件，最终确保混凝土既满足结构受力要求，又具备长期抗侵蚀、抗冻融的耐久性能。

### 2.2 混凝土拌合与运输管控

混凝土拌合需严格把控投料顺序与混合时间，确保骨料、水泥、外加剂均匀分散，避免局部过振或离析；拌合温度应控制在适宜范围，防止高温引发水化热过快或低温导致凝结延迟。运输环节需选用密封性良好的专用车辆，减少运输途中水分蒸发或污染；运输时间应严格控制在混凝土初凝前，通过优化路线规划与调度减少等待时间，避免因停留过久导致坍落度损失。同时，运输过程中需采取遮阳、保温或保湿措施，适应不同季节环境变化，确保混凝土到达现场时仍保持良好工作性，为后续浇筑施工提供稳定材料基础，保障结构成型质量与耐久性能。

### 2.3 混凝土浇筑与振捣作业

混凝土浇筑需分层有序推进，每层厚度依据结构尺寸与振捣设备能力精准控制，确保振捣棒能深入下层5—10cm实现有效衔接，避免层间冷缝；浇筑速度应与混凝土供应能力动态匹配，防止中断导致施工缝产生。振捣作业需选用合适型号的振捣器，插入点呈梅花形布置，间距不超过作用半径1.5倍，确保振捣均匀；振捣时间以混凝土表面泛浆、无气泡溢出为度，避免过振引发骨料下沉或漏振形成蜂窝麻面。同时，需监测模板支撑系统稳定性，防止浇筑压力引发跑模；高温环境下采取遮阳降温措施，低温时采用保温材料包裹模板，控制混凝土入模温度，减少温差裂缝风险，最终实现结构内部密实、表面平整的施工目标<sup>[2]</sup>。

### 2.4 混凝土养护与成型管控

混凝土养护需结合环境温湿度动态调整策略，高温时采用覆盖湿麻袋、喷洒养护剂或搭建遮阳棚，减少表

面水分蒸发,防止干缩裂缝;低温时包裹保温棉被或电热毯,控制混凝土内外温差,避免冻融损伤。养护时间依据强度发展规律确定,普通结构不少于7天,重要部位可延长至14天,确保水泥水化充分。成型管控需关注表面平整度与外观质量,通过二次抹面消除微裂缝,采用激光扫描仪实时监测结构尺寸偏差;同时,运用回弹仪、超声波检测仪评估混凝土强度均匀性,确保结构密实无缺陷,最终实现从养护到成型的全流程质量可控与性能优化。

### 3 道路桥梁混凝土裂缝核心成因

#### 3.1 荷载作用引发的裂缝成因

荷载作用引发的混凝土裂缝与结构受力状态直接相关。静载作用下,当混凝土承受的拉应力超过其抗拉强度时,会在受力集中区域如梁的跨中、支座附近产生垂直于主拉应力方向的裂缝;动载反复作用则可能引发疲劳裂缝,尤其在桥面铺装层、桥梁连接部位等高频振动区域更为显著;集中荷载易导致局部应力集中,形成短而深的裂缝;分布荷载则可能引发均匀分布的细裂缝。裂缝形态与荷载类型、作用方式及结构受力特点密切相关,需通过精确计算结构受力状态、优化荷载传递路径、提升混凝土抗拉性能等措施,从源头减少荷载引发的裂缝风险,保障结构安全与耐久性。

#### 3.2 温度变化引发的裂缝成因

温度变化是引发混凝土裂缝的关键因素,主要源于水化热释放与环境温差双重作用。混凝土水化过程中,水泥与水反应产生大量热量,内部温度骤升而表面散热较快,形成内外温差,导致表面收缩受内部约束产生拉应力,当拉应力超过混凝土抗拉强度时,便形成表面裂缝。季节交替或昼夜温差变化时,混凝土结构因热胀冷缩产生变形,若结构约束较强,变形受阻会引发温度应力,在结构薄弱部位如伸缩缝、施工缝处易产生裂缝;此外,混凝土硬化过程中的干缩变形与温度变形叠加,会加剧裂缝扩展风险。控制温度裂缝需优化混凝土配合比降低水化热、采用分层浇筑减少单次浇筑厚度、设置保温养护措施调节温差,同时通过温度监测预警系统实时追踪结构温度变化,动态调整养护策略,从源头抑制温度裂缝的产生与发展<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 收缩变形引发的裂缝成因

收缩变形引发的裂缝与混凝土体积稳定性密切相关,主要分为干缩、自收缩及塑性收缩三类。干缩源于表面水分蒸发速率超过内部迁移能力,导致表层收缩大于内部,形成拉应力裂缝,常见于炎热干燥环境或通风过强的施工区域;自收缩则由水泥水化消耗内部水分引发,低水胶比

混凝土中尤为显著,水化产物体积缩小导致内部孔隙压力变化,产生微观裂缝。塑性收缩发生在初凝前,表面水分快速蒸发使浆体失去塑性,骨料下沉形成不规则网状裂缝;收缩变形受骨料粒径分布、水泥细度、外加剂类型影响显著,需通过调整配合比、控制施工环境温湿度、优化骨料级配等措施,从材料性能与施工工艺双维度抑制收缩裂缝的产生,保障结构耐久性。

#### 3.4 施工操作引发的裂缝成因

施工操作引发的裂缝多源于工艺执行偏差与细节控制缺失。模板安装若精度不足,接缝不密实或支撑刚度不够,浇筑时易因侧压力引发跑模、漏浆,导致结构尺寸偏差与表面裂缝;振捣操作不规范,如漏振使骨料架空形成蜂窝,过振使粗骨料下沉、浆体上浮,破坏混凝土均匀性,降低抗裂性能。浇筑顺序混乱易产生施工冷缝,分层厚度超标则导致振捣不充分,内部孔隙率增加;此外,养护时机滞后、覆盖不严或洒水不均,会使表面水分蒸发过快,加剧干缩变形。需通过严格工艺培训、规范操作流程、强化过程监控,从源头减少施工操作引发的裂缝风险,保障结构质量与耐久性<sup>[4]</sup>。

### 4 道路桥梁混凝土裂缝综合控制技术

#### 4.1 荷载作用裂缝防控技术

道路桥梁混凝土荷载作用裂缝防控需从材料性能优化与结构受力特性协同入手。混凝土配比需强化骨料级配控制,通过调整粗细骨料比例提升抗拉强度,减少因局部应力集中引发的微裂缝扩展;同时引入高模量纤维增强材料,利用其高弹性模量特性分散荷载传递路径,降低单点受力过载风险。结构设计中应注重截面尺寸与钢筋布置的合理性,通过有限元模拟分析确定应力分布规律,在拉应力集中区域增设加密箍筋或预应力筋,形成有效的应力缓冲带。施工阶段需严格控制混凝土浇筑温度与养护周期,避免因温差收缩或养护不足导致早期裂缝产生;采用分层浇筑工艺时,应确保层间结合面粗糙度满足设计要求,通过界面剂增强新旧混凝土黏结性能,防止层间滑动引发裂缝。通过多维度技术措施的有机融合,可实现荷载作用下的裂缝有效防控,保障道路桥梁结构的长期耐久性与安全性。

#### 4.2 温度应力裂缝防控技术

道路桥梁混凝土温度应力裂缝防控需聚焦材料特性与施工工艺的精准调控。混凝土水化热控制是关键环节,通过选用低水化热水泥并优化骨料级配,可有效降低水泥水化过程中产生的热量积聚,减少内外温差引发的应力梯度;添加适量粉煤灰或矿渣粉等掺合料,既能改善混凝土工作性能,又能延缓水化热释放速率,延长

散热时间。浇筑过程中需严格控制入模温度，夏季采用冰水拌合或夜间施工降低初始温度，冬季则通过预热骨料或搭建保温棚维持适宜温度；分层浇筑时需控制层间间隔时间，确保下层混凝土温度降至合理范围后再进行上层施工，避免层间温差过大。养护阶段应采用保湿保温复合措施，通过覆盖保湿膜与保温材料维持混凝土表面湿度与温度稳定，减少因表面水分蒸发或温度骤变导致的收缩裂缝，最终实现温度应力的有效分散与裂缝的主动防控。

#### 4.3 收缩变形裂缝防控技术

道路桥梁混凝土收缩变形裂缝防控需从材料特性管控与施工环境管理双管齐下。混凝土自身收缩特性受水泥品种、水灰比及骨料性质影响，选用低收缩水泥并控制水灰比在合理范围，可有效减少干燥收缩与自收缩现象；添加适量减缩剂或膨胀剂，通过化学作用补偿收缩变形，降低裂缝产生概率。骨料级配优化能提升混凝土密实度，减少内部孔隙率，从而降低收缩变形幅度；施工环境控制需关注湿度与温度变化，浇筑后及时覆盖保湿材料维持表面湿润，避免水分快速蒸发引发干燥收缩；温度波动较大时，通过搭建遮阳棚或保温棚稳定环境温度，减少温差引起的体积变化。养护周期内持续监测混凝土收缩变形情况，适时调整养护措施，确保收缩应力在可控范围内，最终实现收缩变形裂缝的有效防控，保障结构耐久性<sup>[5]</sup>。

#### 4.4 施工环节裂缝防控技术

施工环节裂缝防控需强化工艺精细化与动态监控的双重保障。混凝土浇筑应采用分层分段推进方式，严格控制单层厚度与振捣时间，避免过振导致骨料下沉或漏振引发蜂窝孔洞；模板支撑系统需经过强度与刚度校核，确保在混凝土侧压力作用下不发生变形移位，防止因支撑失稳诱发结构性裂缝。骨料预处理环节需注重清

洗与含水率控制，通过预湿粗骨料降低混凝土拌合用水量，减少水灰比过大引发的收缩变形；同时筛选粒径均匀、级配良好的骨料，提升混凝土密实度与抗裂性能。施工环境管理需结合实时气象数据调整作业方案，高温时段采用遮阳降温措施，低温时段通过加热骨料或搭建保温棚维持适宜施工温度，避免温差过大引发应力裂缝。质量监控应采用超声波检测、应变监测等技术手段，实时追踪混凝土内部应力变化与裂缝发展态势，及时预警并调整施工参数，实现裂缝防控从被动应对向主动预控的转变，全面提升施工环节的结构耐久性。

结束语：道路桥梁混凝土施工质量与裂缝防控是一项覆盖全流程的系统性工程，需立足材料性能、施工工艺、环境管控等多个维度开展精细化管控。通过优化原材料配比、规范施工关键环节、针对性破解不同类型裂缝的核心诱因，可有效抑制混凝土裂缝的产生与扩展。全流程的技术优化与动态管控，能全面提升混凝土结构的抗裂性能与耐久性能，为道路桥梁工程的长期安全稳定服役筑牢坚实基础。

#### 参考文献

- [1]王志刚.预应力混凝土在市政桥梁工程施工中的裂缝控制技术研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(5):166-168.
- [2]韩博.桥梁预应力混凝土箱梁施工中的裂缝控制技术研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2025,43(3):95-98.
- [3]牙生·依拉音.道路桥梁工程中的水泥混凝土施工及裂缝控制技术研究[J].工程机械与维修,2025(3):86-88.
- [4]王长治.市政道路桥梁混凝土施工裂缝控制技术应用[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(7):165-167.
- [5]李青杰.道路桥梁工程中大面积混凝土的施工技术和裂缝防治对策[J].工程建设与设计,2025(6):129-131.