

# 大跨度桥梁的施工技术与质量控制

刘 星

中铁四局集团第五工程有限公司 江西 九江 332000

**摘要：**随着交通基础设施建设的快速发展，大跨度桥梁对施工精度、结构稳定性与环境适配性的要求持续提升，其施工技术体系与管控模式的优化至关重要。系统梳理大跨度桥梁核心施工技术模块，明确全周期质量管控与施工管理的核心要点。深入分析复杂地域环境下施工建设的核心难点与影响因素。最终从技术升级、管控优化、管理创新等方面，提出适配性解决方案，推动桥梁工程向高效、绿色、智能方向演进。

**关键词：**大跨度桥梁；施工技术；质量控制；施工管理

引言：当前我国跨江跨海、山区峡谷等复杂工况下的大跨度桥梁工程建设需求持续增长，复杂地质、极端气候等多元环境因素，对桥梁施工的技术水平、质量管控与全流程管理能力提出了更为严苛的要求。大跨度桥梁施工涉及多专业、多工序的深度协同，技术与管控的落地效果直接决定成桥质量与长期服役性能，亟需围绕施工全链条，构建适配地域特征的技术体系与管控机制，保障工程建设的安全高效推进。

## 1 大跨度桥梁施工技术概述

大跨度桥梁施工技术聚焦结构创新与工艺优化，强调在无外部政策干预下实现自平衡发展。施工体系以力学原理为核心，通过精准计算构件应力分布与变形控制，确保桥梁在复杂环境中的稳定性；材料选择注重高强度与耐久性，采用新型复合材料提升结构性能，同时避免传统材料依赖带来的环境负担。施工流程强调动态调整，通过实时监测数据反馈优化工艺参数，实现从设计到施工的全周期精准控制；技术突破体现在非标准跨径适应性、抗风抗震性能提升及施工设备自主研发等方面，形成具有地域特色的技术体系，推动桥梁工程向高效、绿色、智能方向演进<sup>[1]</sup>。

## 2 大跨度桥梁核心施工技术

### 2.1 基础工程施工技术

大跨度桥梁基础工程施工技术聚焦地质适应性创新与结构稳定性提升，强调在无外部干预下实现自持力平衡。施工过程以地质力学分析为基础，通过精准探测地质构造特征与承载力分布，优化桩基布置与沉井下沉轨迹，确保基础结构在复杂地质环境中的稳固性；材料应用注重高强度混凝土与特种钢材的组合使用，提升基础抗剪切与抗变形能力，同时减少对传统材料的过度依赖。工艺创新体现在深水基础施工的浮运定位、围堰筑岛技术优化及复杂地质条件下的注浆加固等方面，形成

适应不同地域地质特征的技术方案；技术突破还体现在施工设备的自主研发与智能化改造，如自动定位钻机、智能监测沉井下沉系统等，推动基础施工向高效、精准、绿色方向演进，形成具有地域特色的基础施工技术体系。

### 2.2 主桥结构施工技术

大跨度桥梁主桥结构施工技术以结构力学优化为核心，聚焦于应力传递路径的高效设计与变形协调控制。施工工艺突破传统框架，采用动态成型技术实现大节段预制构件的精准拼装与空间定位，通过智能监测系统实时校准结构线形与内力分布，确保成桥状态符合设计预期。材料应用方面，研发高韧性复合材料提升结构抗疲劳性能，结合地域气候特征优化混凝土配合比，增强耐候性与耐久性；工艺创新体现在悬臂浇筑的智能模板系统、顶推施工的自动纠偏装置及斜拉索张拉的力值控制算法等方面，形成适应不同地域环境的技术模块。技术体系强调施工过程的绿色化与资源循环利用，如废弃材料再生利用、施工能耗动态优化等，推动主桥施工向高效、精准、生态方向演进，形成具有地域特色的结构施工技术范式。

### 2.3 桥面附属施工技术

桥面附属施工技术聚焦功能性与耐久性平衡，通过材料创新与工艺优化提升系统综合性能。施工过程动态适配地域气候特征，如高温区采用耐高温改性沥青，寒冷区应用防冻融混凝土，确保铺装层环境稳定性；排水系统设计注重梯度控制与防堵塞机制，智能防水材料与三维排水网格结合实现快速排水与结构保护。护栏施工采用模块化预制与现场装配技术，结合力学仿真优化截面形状，提升抗冲击性能与视觉协调性；照明设施布局融入节能理念，太阳能光伏板与智能调光系统实现能源自给与光环境舒适度动态调节。技术体系强调施工过程

精细化控制与资源高效利用,如废弃材料再生利用、施工能耗动态优化,推动桥面附属施工向绿色、智能、可持续方向演进,形成具有地域特色的技术解决方案,契合不同区域环境需求与技术发展潮流<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 施工监测技术应用

施工监测技术应用以实时数据驱动为核心,构建多参数协同监测网络实现结构状态全周期追踪。高精度传感器阵列集成应力、位移、温度、振动等多维度感知模块,通过无线传输与边缘计算实现数据实时处理与异常预警;监测方案适配地域环境特性,如沿海高湿区采用纳米涂层防腐传感器,山区高寒区应用低温自适应监测设备,提升环境耐受性与数据可靠性。数据分析模块融合机器学习算法,实现施工误差智能修正与结构健康状况动态评估,优化施工参数调整精度。可视化平台集成三维建模与实时数据叠加功能,支持施工团队直观掌握结构状态演变趋势;技术体系强调监测数据的闭环应用,通过实时反馈机制优化施工工艺参数,推动监测技术向智能化、自适应方向演进,形成契合地域环境特征的技术解决方案,契合不同区域环境需求与技术发展潮流。

### 3 大跨度桥梁施工质量控制

#### 3.1 施工前期质量管控

施工前期质量管控聚焦材料性能验证与施工参数预设的精准匹配,通过实验室模拟与现场试样双重检测机制确保材料力学性能、耐候性及化学稳定性符合设计标准。设备校验采用动态负载测试与激光校准技术,对起重机械、混凝土搅拌设备等关键施工机械进行精度与稳定性验证,保障复杂工况下的运行可靠性。工艺验证依托三维建模与虚拟施工平台,模拟大节段吊装、混凝土浇筑等关键工序,提前识别线形偏差、应力集中等潜在质量风险;人员培训结合地域施工环境特征,定制化开发技能提升课程与安全操作规范,强化施工团队对地域气候、地质条件的适应能力。环境评估模块集成气象数据与地质勘探信息,动态调整施工窗口期与工艺参数,如高温区优化混凝土配合比延缓初凝时间,潮湿区加强模板防锈处理。技术体系通过数据闭环驱动决策优化,推动施工质量控制向精准化、智能化演进,形成契合地域环境特征的质量管控范式。

#### 3.2 施工过程质量管控

施工过程质量管控以动态平衡为核心,通过实时监测与智能调整实现工序衔接精度控制。材料使用环节采用批次追踪与性能复检机制,确保混凝土强度、钢材韧性等关键指标在施工全周期稳定达标。工艺执行依托智能模板系统与自动张拉设备,实现大节段拼装线形误

差控制在毫米级,斜拉索张力值偏差不超过设计值的1%;环境适应模块集成温湿度传感器与风速监测仪,动态调整混凝土养护周期、焊接工艺参数,如高温区延长养护时间防止开裂,强风区优化焊接顺序减少应力集中。人员操作规范融入地域施工经验,如沿海高盐雾区强化设备防腐涂层维护,山区多雨区优化排水系统布置;技术体系通过数据驱动实现质量风险预判与工艺参数优化,推动施工过程质量管控向精准化、自适应方向演进,形成契合地域环境特征的质量控制范式<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 施工验收质量管控

施工验收质量管控聚焦全周期数据验证与结构性能终极评估,通过无损检测技术与智能评估算法实现隐蔽工程质量精准追溯。验收标准融合地域环境参数,如沿海高盐雾区强化钢结构防腐涂层厚度检测,山区高寒区加强混凝土抗冻融性能验证;检测模块集成超声波探伤、红外热成像等多维技术,对焊缝质量、混凝土内部缺陷进行毫米级精度识别。数据评估依托机器学习模型,对施工全周期监测数据进行趋势分析与异常值筛查,确保结构性能符合设计冗余度要求。问题处理机制采用动态修正策略,对验收发现的局部误差进行智能反演分析,优化后续施工参数;技术体系通过数据闭环实现验收标准动态适配,推动施工验收向智能化、精准化方向演进,形成契合地域环境特征的质量验收范式,契合不同区域环境需求与技术发展潮流。

#### 3.4 质量问题预防措施

质量问题预防措施聚焦地域环境适配性与施工过程精细化控制。材料选择方面,针对高寒地区采用抗冻融混凝土增强耐久性,沿海高湿区应用耐腐蚀钢材提升结构稳定性,确保材料性能与地域环境高度匹配。工艺优化依托地域施工条件,如山区多雨区采用快速硬化混凝土减少雨水侵蚀,高温区调整混凝土配合比延缓初凝时间防止开裂;环境适应模块动态调整施工窗口期,强风区优化焊接顺序减少应力集中,潮湿区加强模板防锈处理。人员培训融入地域施工经验,强化对盐雾腐蚀、温度变化等地域因素的应对能力;监测预警系统集成多参数传感器,实时追踪应力、位移等关键指标,通过智能算法预判质量风险并触发预防性调整,推动预防措施向精准化、自适应方向演进,形成契合地域环境特征的质量问题预防范式,契合不同区域环境需求与技术发展潮流。

### 4 大跨度桥梁施工管理要点

#### 4.1 施工组织管理要点

施工组织管理要点聚焦施工流程动态优化与资源配置精准匹配,通过工序衔接逻辑重构提升施工效率。地

域环境适应性设计融入施工方案,如沿海高湿区强化设备防腐措施,山区多雨区优化排水系统布局;人员配置采用技能互补型团队构建,结合地域施工经验强化特殊工况应对能力。时间管理依托气象数据动态调整施工窗口期,高温区优化作业时段减少混凝土开裂风险,强风区调整高空作业顺序保障安全;风险控制模块集成多参数监测预警系统,实时追踪施工动态并预判潜在风险。技术体系通过数据驱动实现施工组织方案动态优化,推动管理要点向智能化、自适应方向演进,形成契合地域环境特征的施工组织管理范式,契合不同区域环境需求与技术发展潮流。

#### 4.2 技术管理优化措施

技术管理优化措施以技术创新与工艺迭代为核心,推动施工效率与质量同步提升。工艺改进聚焦地域环境适配性,如高寒地区采用低温早强混凝土技术缩短养护周期,沿海高湿区应用纳米涂层增强设备耐腐蚀性能。设备升级引入智能化施工机械,如自动定位钻机实现桩基施工精度控制,智能张拉系统保障斜拉索力值偏差小于设计值1%。数据管理依托物联网平台实时采集施工参数,通过机器学习算法分析应力、位移等关键指标演变趋势,预判潜在质量风险并触发工艺调整。技术体系强调技术成果的循环应用,如废弃材料再生技术降低资源消耗,施工能耗动态优化减少环境影响,推动技术管理向绿色化、智能化方向演进,形成契合地域环境特征的技术管理优化范式<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 质量管控流程完善

质量管控流程完善聚焦全周期动态监控与数据驱动决策,通过流程重构实现关键节点精准控制。流程设计融入地域环境参数,如沿海高湿区强化钢结构防腐涂层厚度检测节点,山区高寒区增加混凝土抗冻融性能验证频次;监测手段采用多参数传感器阵列,实时追踪应力、位移、温度等关键指标,通过智能算法分析数据趋势并预判潜在风险。问题处理机制采用闭环反馈策略,对监测发现的局部误差进行智能反演分析,优化后续施工参数;数据管理依托物联网平台实现施工参数实时采集与云端存储,通过机器学习模型对历史数据进行趋势分析,提升质量风险预判准确性。技术体系通过流程优化与数据融合推动质量管控向智能化、自适应方向演

进,形成契合地域环境特征的质量管控流程范式,契合不同区域环境需求与技术发展潮流。

#### 4.4 施工协同管理策略

施工协同管理策略以多维度协同机制为核心,推动施工要素高效联动与资源优化配置。跨部门协作模块依托数字化平台实现设计、施工、监测等环节信息实时共享,提升决策响应速度;地域环境适配性设计融入协同方案,如沿海高湿区强化防腐蚀材料供应链协同,山区多雨区优化排水系统施工时序协同。资源调配采用动态平衡算法,根据施工进度与地域环境需求智能调整人力、设备、材料分配,如高温区增加混凝土养护设备投入,强风区调整高空作业班组配置。风险共担机制通过协同预警系统实现风险信息快速传递与联合应对,提升整体抗风险能力;技术体系通过协同创新推动管理策略向智能化、自适应方向演进,形成契合地域环境特征的施工协同管理范式,契合不同区域环境需求与技术发展潮流<sup>[5]</sup>。

结束语:大跨度桥梁施工技术与管控体系的优化升级,是新时代交通基建领域高质量发展的核心支撑。通过核心施工技术的迭代创新、全周期质量管控体系的系统完善、全流程施工管理模式的优化升级,可有效破解复杂环境下的施工痛点,显著提升桥梁结构的稳定性与耐久性。未来需持续深化技术与管理创新,强化地域环境适配性,推动大跨度桥梁工程向更智能、更绿色、更安全的方向稳步发展。

#### 参考文献

- [1]王东红,刘亚臣.大跨度曲线桥梁智能后张预应力施工工艺及质量控制措施[J].四川水泥,2025(7):229-232.
- [2]陈德位.大跨度桥梁悬臂浇筑施工线形控制技术[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(11):029-032.
- [3]王洪乾.跨既有高速大跨度钢箱梁顶推施工技术应用与质量控制措施研究[J].中国高新科技,2025(3):87-89.
- [4]张嘉麟.大跨度预应力混凝土桥梁施工控制技术探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(10):187-189.
- [5]袁荣.高速铁路大跨度桥梁挂篮施工技术[J].工程与建设,2025,39(1):172-174.