

桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术的应用分析

林发锦

中国市政工程中南设计研究总院有限公司 湖北武汉 430010

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12728

[摘要] 大跨径连续桥梁因其显著的结构性能优势,在现代交通体系中占据重要地位。本研究系统梳理了该桥型的主要结构形式与技术特征,重点围绕施工准备阶段、预应力技术控制、锚具精准定位及混凝土连续浇筑等核心环节展开详细探讨。针对施工过程中的关键技术难题,构建了标准化施工体系并实施全周期质量监测,在提升施工效率的同时保障了桥梁的长期使用性能。研究成果为同类工程项目提供了技术参考,推动了大跨径连续桥梁施工工艺的规范化发展。

[关键词] 桥梁施工; 大跨径; 连续桥梁; 施工技术

大跨径连续桥梁因跨越能力突出、结构稳定性优良,在我国复杂地形桥梁工程中得到规模化应用。其施工工艺的合理选用及施工过程精细化管理,对保障桥梁结构性能与长期服役能力起到决定性作用。当前施工技术体系虽较为完备,但仍存在工序衔接效率不足、环境响应机制欠缺、质量控制标准不够完善等关键瓶颈亟需优化。本研究立足大跨径桥梁力学特性,重点剖析核心工艺原理及技术难点,系统梳理现有技术优化路径,为建立更为科学系统的桥梁施工质量控制体系提供理论支撑。

一、桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术

(一) 概述

近年我国持续推进交通基础设施建设,大跨径连续桥梁凭借其良好的结构稳定性和高承载能力,在工程领域得到规模化应用。该类桥梁主要采用混凝土材料,其连续梁体结构可有效优化荷载传递路径,既降低了墩顶负弯矩效应,又保障了施工质量控制。结合柔性墩施工技术后,此类桥梁抗震性能显著增强,结构可靠性有效提升,相关力学特性满足超静定结构体系设计要求。桥梁施工中,预应力系统调整可能导致结构沉降量偏离预期,对整体稳定性构成潜在影响^[1]。大跨度连续桥梁建设存在工艺复杂、工序交叉频繁等特征,需由经验丰富的技术团队全程把控。复杂地层条件与极端气候可能降低施工质量,设备运行效能可能无法达到预期水平。对于高空作业等高风险工序,应构建系统化的安全管控机制,基于桥梁构造特点精准调整工艺指标,依托实时监测与闭环管理确保施工精度。

(二) 分类

1. 拱式桥

拱式桥是桥梁工程中的主要结构形式,在当代建设中发挥着重要作用。由于建造成本较低且技术成熟,这类桥梁在中小城市基建项目中应用广泛。其施工工艺多选用钢筋混凝土与钢管混凝土复合体系,工期控制精度较高,有利于施工团队快速掌握关键技术。这种桥梁结构结合了材料力学优势和热稳定特性,同时具备较高的经济效益,因此成为现代市政建设的核心组成部分^[2]。

2. 梁式桥

箱梁桥凭借箱型截面的结构优势,成为大跨度桥梁的主要选型。其整体性强、刚度高的特点,使施工接缝大幅减少,有效降低了后期维护成本,因而广泛应用于市政交通工程。与连续刚构桥相比,箱梁结构不仅抗扭性能优越,且混凝土收缩徐变效应较弱,更能满足现代桥梁的力学需求^[3]。目前国内已形成成熟技术体系,但受自重较大的制约,实际应用中需加强质量安全控制,同步改进施工工艺。

3. 悬索桥

悬索桥是大跨度桥梁建设的重要结构形式,其主体结构包含索塔系统、承重主缆、悬吊构件、主梁体系及锚固装置,

在满足大型工程需求的同时兼具美学价值。近年来新型材料的应用有效提升了该桥型抗拉能力,使其在大跨径桥梁工程领域(500米以上跨度)的应用比例持续增加。

4. 斜拉桥

斜拉桥作为现代桥梁主要结构形式,其抗风性能优异、自重较轻且跨径适应性强。该桥型由索塔、主梁和斜拉索组成结构体系,在千米级以下跨径桥梁中展现出显著优势。但施工工艺复杂且技术标准严苛,对施工团队资质要求较高。施工过程中需重点控制高空作业安全风险,严格执行安全生产规范。工程实践显示,800米跨径桥梁采用斜拉桥方案既能保证结构安全,又具有良好技术经济性优势。

二、大跨径连续桥梁施工技术分析

地基加固处理是保障工程整体质量的关键技术措施。施工准备期需彻底清理现场障碍物,确保工作面平整度符合规范要求。施工过程中应精准调控环境参数与工艺指标,保证地基结构完整性及承载力符合设计要求。科学选择施工工法可针对性优化土层物理力学参数,切实提升地基综合性能指标。该技术体系在强化基础承载力的同时,可同步提升排水效能与抗变形性能,为桥梁全寿命周期安全运行提供可靠保障。

桥梁工程混凝土浇筑质量直接影响结构性能。施工前需根据工程特点确定混凝土配合比,并优化浇筑工艺。重点核查支架刚度、模板安装精度及钢筋定位等指标,确保施工误差符合规范要求。采用分层递进式浇筑技术,通过调整层厚与下料速度实现精准控制。使用智能布料设备可改善骨料分布均匀性。施工中应系统检查支架、模板和钢筋的荷载能力与安装质量。配置机械振捣设备提高密实度,同步建立压力监测系统跟踪强度发展。质量管控执行三级检验制度,按施工段检测坍落度等核心参数。依据标准优选耐久性混凝土材料,加强操作规范管理,重点控制层间浇筑间隔与养护条件。

模板支设施工要点。模板支撑作为桥梁施工的关键工序,其质量直接影响结构安全。作业需结合桥梁特点与设计标准实施。重点控制三方面:1. 拼缝精度控制。采用测量放样技术精确调整接缝间距与标高,防止缝隙参数超标导致支撑系统变形;2. 材料与拼装控制。优先选用合格板材,拼装时使用全站仪动态监控垂直度,保证构件接触面精确对接;3. 支撑体系检测。重点做好支架预压检测,验证承载力是否达标,构建完整刚性支撑结构。施工全过程应强化数据检测,确保各项参数符合设计指标。

孔道压浆与封端施工技术要点。施工准备环节需全面评估桥梁材料的性能参数及杂质分布特征。钻孔阶段须落实标准除锈检测流程,同步开展接触面凿毛与钢筋防锈蚀处理,确保基础工程达标。施工前需进行彻底清孔处理并掺入补偿收缩型外加剂,增强孔道密实度。注浆过程中应动态协调注浆速率与排气效率,保证浆液均匀扩散。重点控制管道内部

气体残留，防止连续梁传力性能受损。注浆后应立即实施锚端封闭作业，构建连续防护界面。针对大跨径连续梁模板体系，密封质量对工程耐久性具有决定性影响。密封施工前需核查前期工序质量记录，作业时重点验证密封界面的连续性与气密指标。优质密封体系可有效隔绝湿气渗透与腐蚀介质侵入，显著提升桥梁全寿命周期性能。

三、大跨径连续桥梁施工中存在的问题

施工区域地形显著增加技术难度。堤防建设需处理地貌差异，在陡坡或水系交汇段需根据实况调整施工方案。特殊地质条件增加大跨径桥梁施工难度，遇软弱地基或含水层时需同步优化地质处理与监测措施。边坡支护面临双重挑战：①施工面狭窄限制大型机械作业；②土质松散需采取分级支护并实施实时监测防范滑坡风险。

桥梁支护体系的核心问题在于空间布局优化。大跨径连续梁施工的核心控制要点是支护结构的竖向尺寸精度，该参数直接决定结构安全性能。跨河施工的特殊工况主要受两方面因素制约：首先是大跨度梁体对多组支护体系的承载需求，其次是河岸斜坡及临水区域的地质条件对支撑点位的限制。随河道深度增加，支护结构垂直高度同步提升，这对结构抗变形能力提出严格要求。工程实施中，支护系统的合理选型与科学布置是关键控制要素，直接影响施工效率与结构安全。施工方案应确保支护体系承载力与地形特征实现精准匹配。

桥梁挠度控制面临双重技术瓶颈。大跨度梁体受动态施工荷载作用易诱发非线性变形，需对形变过程进行实时监测，确保施工精度达标。预应力体系具有三维空间效应，其应力场分布特性显著影响结构刚度及承载效能。施工中应重点控制两项内容：1)构建预应力张拉与结构变形的耦合分析模型，优化预应力筋布置方案；2)采用分级加载工艺，通过应力-应变复合监控消除误差累积。该体系实现了材料性能与结构形态的时变协调控制。

四、桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术的应用分析

(一) 支座安装施工阶段分析

支座安装关键技术控制要点如下：施工前需对所有部件进行全面检测，并使用无水乙醇对滑移面进行彻底清理。通过定位基座实现上下支座的刚性固接，整体吊装后按设计坐标实施永久性锚固，结合面处理须完全符合设计规范。垫石施工须精确控制标高，平面度偏差按承载力分级执行——对于承载力 $\leq 5000\text{kN}$ 的垫石，平面度偏差需控制在 1mm 以内；超过 5000kN 时允许偏差不超过 2mm 。安装过程重点控制主梁轴线必须与支座中心线保持 $\pm 2\text{mm}$ 以内的对中精度，上下部构件轴线需完全重合。若施工环境湿度与设计条件存在偏差，需根据结构验算结果调整支座位移补偿量^[4]。

(二) 钢筋工程施工技术

箱梁钢筋工程需严格控制加工精度与绑扎质量，其用钢量高、规格多样、半成品形态复杂，应依据施工规范进行全过程管控。施工宜采用预制场标准化加工钢筋骨架，合格构件转运至现场拼装，堆料作业按等距平铺原则实施。绑扎作业中需沿孔道轴线布设 60cm 间距定位板，曲线段适当加密，同步核验定位坐标、数量及焊缝参数。锚垫板预埋应采用正交定位工装，实时监测波纹管轴线偏差，保障孔道定位精度。实施分步验收流程，重点监控材料规格、空间定位及节点连接质量。

(三) 锚具定位与孔道施工

本桥采用预应力混凝土连续箱梁结构。施工中须按以下工艺实施：钢筋绑扎阶段应先穿入波纹管，按 $50^{\circ}60\text{cm}$ 间距设置定位筋网片，采用焊接工艺与主筋牢固连接，确保波纹

管坐标精确。安设完成后需全面检测波纹管密闭性，按规定设置排气孔道。锚具安装须与设计型号完全匹配并精确定位。各工序经监理工程师验收合格后，方可进入混凝土浇筑阶段。

(四) 混凝土浇筑工艺控制

连续梁混凝土浇筑作业分阶段实施，已浇筑段混凝土强度达到设计强度 80% 后开始预应力施工。选用高强度等级混凝土，坍落度应控制在 120mm ，掺加早强缓凝剂保证初凝时间不少于 6 小时。养护 5 天混凝土强度应达到设计强度的 85% ， 7 天龄期混凝土强度应达到设计强度标准。混凝土浇筑须按对称分层法施工，每层浇筑完毕立即实施振捣，安排专职人员全程监控振捣质量，消除欠振、过振问题。科学调配振捣作业人员，重点强化锚固区及钢筋密集区振捣作业，振捣作业中加强波纹管防护，精确执行配合比参数控制。模板安装须由熟练技工实施，全过程监测模板位移与变形数据，发现偏差即刻校正。顶板混凝土完成振捣后实施两次表面收浆工序，确保成型面糙度达标。终凝后立即启用养护体系，采用湿养护工艺维持表面湿润不少于 7 昼夜。

(五) 预应力张拉及孔道压浆技术

箱梁混凝土初凝后应首先张拉顶板钢绞线束，待全部节段浇筑完成再进行底板钢绞线束张拉。张拉控制须同时满足双控指标，主控应力参数，辅以伸长量校核。施工前应对张拉机具进行全面校准，待检测合格后方可投入使用。作业过程中按施工周期或监理指令复检设备性能。实施步骤按以下工序执行：1)零应力状态准备 $\rightarrow$ 2)初应力标记 $\rightarrow$ 3)超张拉至 103% 控制应力并持荷 5 分钟 $\rightarrow$ 4)锚固至设计控制应力。压浆施工应在张拉完成后 12 小时内进行。作业前须清除孔道杂质并封闭空隙，拌制水泥浆时水灰比严格限定 $0.4^{\sim}0.45$ ，可适量添加高效减水剂优化性能。使用高压泵施作，保持 $0.5^{\sim}0.7\text{MPa}$ 压力，当出浆稠度与注浆端相同时维持稳压状态。待浆体硬化且强度检测合格后，方可进行封锚混凝土浇筑。

(六) 支架拆除作业控制

混凝土结构达到设计强度方可拆除支架。拆除前需先松动木楔部件，拆除底部支撑垫块使模板与结构面分离，之后按跨中向两侧顺序拆除底模。承重钢梁拆除时，可在支架端部增设手动牵引装置，辅助工字钢平移至翼缘板下方，便于起重设备操作。

结语：

大跨径连续梁桥建设过程中，规范化的施工技术应用对保障工程安全与结构可靠性具有决定性作用。通过规范工艺流程、加强技术协作、完善管理体系，可显著改善桥梁结构的力学性能与形变控制能力。本研究基于技术体系、实施要素及解决方案等维度进行系统分析，建立了关键工序的标准化控制指标，形成具有可操作性的工程实施方案。后续研究应深度融合数字化监测技术，践行可持续发展理念，推动大跨桥梁建造技术向智能化、生态化方向升级，实现全寿命周期管理目标。

【参考文献】

- [1]李超.桥梁施工中大跨径连续桥梁技术的应用研究[J].上海建材,2024,(06):105-108.
- [2]宋燕珍.桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术的应用分析[J].汽车周刊,2025,(01):108-110.
- [3]谭旭.桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术要点分析[J].运输经理世界,2024,(14):102-104.
- [4]侯智.桥梁施工中大跨径连续刚构线性控制技术分析[J].产品可靠性报告,2024,(01):91-93.