

基于市政道路桥梁工程施工质量控制研究

文 / 杲延文 济南通达公路工程有限公司

韩绍普 济南通达公路工程有限公司

王启林 济南通达公路工程有限公司

摘要：市政道路桥梁工程的施工质量直接影响到桥梁的安全性、耐用性及社会经济价值，考虑到其在城市基础设施中的关键作用，实施有效的质量控制体系显得尤其重要。本文围绕桥梁工程施工质量控制的重要性与基础理论、相关技术与实践操作，以及质量评估与持续改进策略三个核心方面展开。通过分析桥梁工程的社会影响、经济价值和施工风险评估，探讨了施工质量控制的基本原理。同时本文阐述了材料质量控制、设计与施工过程控制、现场施工管理以及技术与装备的创新应用在城市道路桥梁工程中的实践应用。还讨论了桥梁工程质量检测与评估体系的构建、持续改进和创新方法，以及质量管理体系的未来发展趋势。

关键词：市政；道路桥梁工程；施工质量；控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.067

引言

随着城市化进程的加速，市政道路桥梁工程作为城市交通网络的重要组成部分，承担着连接地域、促进经济社会发展的重大责任。因此确保桥梁工程的高质量施工不仅是保障公众安全、提高生活质量的需要，也是实现城市可持续发展的关键。

一、市政道路桥梁工程施工质量控制的重要性与基础理论

（一）桥梁工程的社会影响与经济价值

桥梁工程不仅作为物理结构连接了地理上分离的区域，还在推动地区经济增长、促进社会文化交流以及提升居民生活质量方面发挥着重要作用。从经济价值角度来看，桥梁工程能够直接创造大量的就业机会，包括建设阶段的工作机会以及后续维护和管理的职位。且通过优化交通网络，桥梁工程能有效减少货物和人员的运输成本，为企业提供更加高效的物流解决方案。它们为偏远地区提供与外界联系的通道，促进了偏远地区的经济发展，降低了地区间的经济发展差异。并且这些改善促进了税基的扩大，增加了政府的税收收入，为公共投资和社会保障系统的改善提供了更广阔的财政空间。

在社会影响方面，桥梁工程提供了安全可靠的通行方式，能实现人员流动的便利性，加深不同社区之间的联系，促进文化交流和互相理解。在紧急情况下，比如自然灾害发生时，桥梁还是救援和援助物资运输的关键通道，对于提高灾区恢复速度和减少灾害损失具有极其重要的意义。从长期来看，桥梁作为城市的地标，还可能提升该地区的知名度，吸引国内外游客，带动旅游业的发展。

（二）施工质量控制的基本原理

在市政道路桥梁工程施工中，施工质量控制涵盖了从前期设计、材料选择到施工执行、后期维护等各个环节的

质量保障体系，其核心之处在于，施工质量控制并非只强调末端的产品检验，而是强调全过程、全方位的质量管理与监督。其目标是通过系列预防措施减少或避免缺陷的发生，而不是在问题出现后采取补救措施，这一思路的转变可使质量控制更加主动化、系统化，从而有效的提高工程质量和效率。在实践中，这要求工程团队不仅要深入理解和掌握当前最佳实践和技术，还要能够适应变化，灵活应对施工过程中可能出现的各种问题和挑战。

在具体实施层面，质量控制要求建立起一套科学、合理、高效的质量管理体系，该体系包括合理的工程规划，严格的材料选用标准，细致的施工作业指导，以及全面的质量检测和评估计划。使每个环节都能被密切监控，任何偏差都将在第一时间内被识别和纠正。同时为了促进质量控制的可持续性和长效性，持续的质量改进机制要求项目团队进行定期的质量回顾和经验总结，依据反馈进行及时调整，创新和引入先进技术和方法。这样的循环机制不仅能增强质量管理的动态性和适应性，也为工程项目成功的实施提供了强有力的保障。

（三）施工风险评估

在市政道路桥梁工程施工过程中，风险评估是对可能影响施工项目的各种不确定因素进行识别和分类（如图1）。这包括自然风险（如地质条件不稳定、气候变化）、技术风险（如设计缺陷、材料不合格）、人为风险（如操作失误、管理不善）和法律环境风险（如合规性问题、承包合同争议）。每一类风险都需要被细致分析其原因和可能的后果，从而为制定有效的风险控制策略和应对措施奠定基础^[1]。且风险评估还应考虑到风险事件发生的概率与可能带来的影响程度，以便对风险进行优先排序，并重点关注那些可能导致重大负面后果的高风险因素。

同时在风险评估方法中，现代工程管理学中常用的技术包括故障树分析（FTA）、事件树分析（ETA）及蒙特卡洛模拟等。通过这些方法的应用，项目管理者能够在项目实施前预见和模拟出一系列可能的风险情景，并据此进行资源配置和预案准备，例如故障树分析能帮助识别造成系统失效的路径和原因，而事件树分析则用于评估不同初始化事件下的后果和发展路径。蒙特卡洛模拟通过构建计算机模型并进行大量随机抽样来预测风险影响，能增强对复杂系统行为的理解。这些风险评估方法不仅能提高问题诊断的准确性，也可以优化决策过程，从而在确保施工质量时，极大的降低项目失败的风险。



图 1：梁端缝隙过大

二、城市道路桥梁工程施工质量控制技术与实践

（一）材料质量控制

在市政道路桥梁工程中，材料质量控制开始于材料供应链的管理与监控，延伸至到场材料的检验、验证以及使用过程中的持续监督。针对不同类型的材料如混凝土、钢材、预应力筋等，需要基于专门的标准和规范执行严格的测试程序，这些程序包括抗压强度测试、抗弯测试以及耐久性评估等。且随着技术进步和工程需求的提升，新型材料如高性能混凝土、轻质合金等的引入增加了对现有测试方法和标准的挑战，要求相关部门更新和扩充质量控制的技术手段和管理模式。

同时有效的材料质量控制策略不仅涵盖材料的物理与机械属性检测，还应包括供应商评审、批次追踪以及现场条件下的适应性分析，例如通过建立全面的供应商数据库，实施定期和不定期的供应商审查，可以确保所有采用的材料都来自信誉良好且经过认证的生产商^[2]。在材料批次追踪方面，应用现代信息技术，如区块链和物联网（IoT），可以实现材料从生产到运输再到使用全过程的透明化管理，及时发现并解决在供应链中出现的任何质量问题。对于安装在桥梁结构中的关键材料，更应进行场景模拟测试，评估其在实际环境条件下的表现是否达到设计预期，确保工程的长期安全与可靠性。

（二）设计与施工过程控制

市政道路桥梁工程中，在设计阶段，需要综合性的考虑到桥梁的功能性、环境影响和美学需求，有效的设

计过程控制强调跨学科团队合作的必要性，涉及结构工程师、建筑师、地质专家与环境顾问等，例如工程师必须确保设计不仅符合技术和安全标准，但也要响应当地的地震、风力等自然因素影响，同时还需要评估材料选择对环境的长远影响。而模拟技术的使用如有限元分析（FEA）和计算流体力学（CFD）也为桥梁设计提供了精确的数据支持，使设计的可靠性得以大幅提升。这种科学而细致的前期设计评估，能确保工程设计的全面性和实用性，为施工阶段奠定坚实的基础。

在施工过程控制阶段，通过采用如敏捷建造和精益施工等先进方法，可以有效地优化资源分配，缩短工期，降低成本，并提高工程质量。实时的监控系统 and 数据分析工具能够持续追踪工程进度，并即时识别潜在的偏差或问题，这样的系统通常包括物联网（IoT）设备和人工智能（AI）算法，它们在数据搜集和分析过程中有着重要作用^[3]。还需对施工团队进行正确的培训与持续教育，确保每位工程参与者都能够按照最高标准执行每一个施工细节，通过这些连贯而系统的设计与施工控制措施，市政道路桥梁工程能够在保证结构安全与功能实用性的同时，也达到经济效益与时间管理的最优化。

（三）现场施工管理

高效和科学的现场施工管理需要基于深入的项目规划、严格的质量监控体系以及有效的沟通和协调机制。项目规划阶段应包括详细的时间表，明确任务分配，确保所有施工活动都有序进行，同时考虑到天气条件、材料供应和其他外部因素对施工进度的影响，采取相应的灵活调整策略。而在施工过程中，应用现代化的监测和检测技术，如无人机航拍、3D激光扫描等手段进行现场情况实时监控，不仅可以实现高精度的质量控制，还能及时发现并纠正问题，有效降低返工率和提高工程质量^[4]。且针对桥梁工程的特点，还可制定专业的安全管理规范和应急预案，确保施工人员的安全与健康。

同时有效的现场施工管理还要求建立全面的沟通和协调机制，这包括施工团队内部的信息共享平台，以及与项目相关各方的定期交流会议，确保信息的准确传达和及时更新。使用先进的项目管理软件，如BIM（建筑信息模型）技术，可以帮助项目团队实现更高效的设计、施工及资源管理，促进不同工种之间的紧密协作，降低冲突和误解的可能性。通过明确的职责分配和有效的沟通机制，可以最大限度的提升团队成员的责任感和归属感，进一步优化施工流程，确保工程项目的顺利完成。

（四）技术与装备的创新应用

城市道路桥梁工程在技术与装备的创新应用中，智能化施工设备如自动化铺路机和三维打印技术正在重新定义传统的桥梁建造方法，例如三维打印技术能够在桥梁建设中使用特定的混合材料直接打印出复杂的结构组件，这不仅能大幅减少材料浪费，还允许设计师实现更

为复杂和精准的设计图纸。且无人机技术现已被广泛用于监控施工现场，提供实时数据支持施工管理和质量控制，确保施工安全且按计划推进。通过对这些先进技术的持续研发和应用，桥梁建设项目能够在保证结构安全性和功能性的同时，也推动建筑行业向更加环保和资源经济型方向发展。

在装备创新方面，强化现场数据采集和分析设备的应用是提升施工质量控制的关键，现场应用的传感器和数据分析系统可以对桥梁的负载能力、材料疲劳度和预应力损失等进行精确监测。这些技术通过收集多维度的性能数据，可以为工程师提供一个持续的反馈循环，有助于及时调整施工方案或进行必要的维修补强，从而延长桥梁的服务寿命，例如通过布置的应变片和振动传感器，工程团队可以实时追踪结构在施工及使用过程中的各种应力变化，有效预防潜在的结构失败风险。

三、桥梁工程质量评估与持续改进策略

（一）质量检测与评估体系

在市政道路桥梁工程中，质量检测与评估体系需要覆盖从原材料检验到成品桥梁的定期检查等多个方面，通过严格的测试标准和先进的检测技术实现对桥梁各构件质量的全面监控。系统中包括使用非破坏性检测技术（比如超声波检测、磁粒检测和渗透检测），以及负载试验来评估桥梁的承重能力和结构完整性。也可引入智能传感技术，比如应变计和加速度计，能够实时监控桥梁在日常使用中的性能，对诸如振动频率、位移和倾斜等关键参数进行跟踪，从而实现早期警示功能，有效预防潜在的结构问题^[5]。这些技术的运用能确保评估体系的高效性和科学性，从而为市政建设提供坚实的质量保障。

同时合理设计的质量检测与评估流程不仅需要反映当前工程状态，还应能预测未来可能出现的风险点，这需要对收集到的数据进行深入分析，并采用高级数据处理技术，如数据挖掘和机器学习方法，例如通过建立大数据平台整合历史和实时数据，可以对桥梁的寿命进行估算并预测潜在的病害发展趋势。并且需要不断回顾和更新检测与评估的方法和工具，确保它们能够适应新材料、新结构和新标准的应用。

（二）持续改进和创新

市政道路桥梁工程的质量控制强调持续改进和创新，在实现持续改进方面，可以引用精益六西格玛管理方法，将数据驱动的决策过程及敏捷反应机制融入工程管理中，从而提高桥梁工程质量。在实践中，项目组可通过定期收集施工现场数据，利用统计分析方法（如控制图和假设检验）不断识别过程中的变异和缺陷来源，进而优化工艺流程和施工方法。也可采用故障树分析（FTA）和根本原因分析（RCA），系统的解决施工中出现的问题，确保问题一旦被发现有迅速解决以防再次发生。

在技术创新方面，随着信息技术和材料科学的进

步，引入新材料如高性能混凝土和碳纤维增强聚合物（CFRP），不仅能提高结构的耐久性，还能减轻桥梁自重，进而延长使用寿命和减少维护成本。技术如数字孪生（Digital Twin）和人工智能（AI）的应用，可使桥梁的设计、建造及维护过程更加精确和高效。数字孪生可通过创建虚拟的桥梁模型，模拟各种环境和负载条件下的表现，为设计验证和预防性维护提供强大的工具。

（三）质量管理体系的未来发展

随着建筑科技的不断进步和管理理念的更新，未来的桥梁工程质量管理体系预计将更加智能化和系统化。通过部署传感器和实施物联网技术，可以实现对桥梁工程建设全过程中关键参数的实时数据收集和远程监控，这种技术的应用不仅能提高数据收集的广度和深度，也可使项目管理者能够即时获取施工状态，做出快速而准确的决策。且人工智能技术，在处理复杂数据和模式识别方面的优势将被广泛利用来预测项目风险，推动预防性维护策略的实施，极大地提升质量管理的效率和效果。

同时随着全球对环境保护和可持续建设标准的提高，新的监管要求将推动桥梁工程质量管理体系向绿色建筑及循环经济模式转变，例如通过采用环保材料和技术减少废弃物和污染，并优化资源配置，可以实现生态效益与经济效益的双赢。并且社会对工程安全性和耐久性的期望也在提升，这将激励质量管理体系加入更为严格的耐久性测试和安全标准，确保桥梁不仅在建造时符合所有规范，而且在整个生命周期内都能保持最优性能。

结语

综上所述，市政道路桥梁工程的施工质量控制是一个系统性、多维度的工作，涉及从项目策划、设计到施工实施、质量评估的全过程。实施严格的施工质量控制，不仅可以提高桥梁工程的安全性和耐久性，还能增强其经济价值和社会效益。且随着科技的进步和管理理念的更新，未来的桥梁工程质量管理将趋向于更加智能化、自动化，并注重可持续性发展。因此持续关注和吸纳新技术、新方法的应用，不断完善质量管理体系，可以推动桥梁工程质量控制向更高水平发展，是实现城市交通网络高效运营和城市可持续发展的关键。

参考文献

- [1] 李林德. 道路桥梁工程施工质量管理与控制措施研究[J]. 运输经理世界, 2024, (20): 98-100.
- [2] 王继虎. 市政道路桥梁工程的施工管理及施工控制措施[J]. 散装水泥, 2024, (03): 196-198.
- [3] 丁显明. 道路桥梁工程施工质量管理与控制探析[J]. 汽车周刊, 2024, (06): 169-171.
- [4] 吴永胜. 市政道路桥梁工程施工质量问题及防治对策研究[J]. 中国住宅设施, 2024, (04): 76-78.
- [5] 王金雷. 道路桥梁工程施工质量管理与控制措施分析[J]. 运输经理世界, 2024, (06): 60-62.