

工程项目质量管理体系优化与过程控制研究

武丹

苏州交投建设管理有限公司, 江苏 苏州 215000

DOI:10.61369/ERA.2026020034

摘要：随着工程项目规模和复杂程度不断提升，传统质量管理模式已难以满足高质量建设需求。本文在梳理工程项目质量管理体系现状与问题的基础上，围绕体系优化与过程控制展开研究，构建覆盖项目全生命周期的质量管理思路。以港珠澳大桥主体工程为案例，分析信息化条件下统计过程控制、BIM及物联网技术在质量管理中的应用成效。研究表明，通过强化过程控制与数据化管理，可有效降低质量缺陷率和返工率，为大型复杂工程项目质量管理提供实践参考。

关键词：工程项目；质量管理；体系优化；过程控制；项目管理

Research on Optimization and Process Control of Quality Management System for Engineering Projects

Wu Dan

Suzhou Communications Investment Construction Management Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215000

Abstract : With the increasing scale and complexity of engineering projects, traditional quality management models have found it difficult to meet the demands for high-quality construction. This paper conducts research on system optimization and process control by examining the current status and issues of the quality management system for engineering projects, and proposes a quality management approach that covers the entire project lifecycle. Using the main project of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge as a case study, it analyzes the effectiveness of applying statistical process control, Building Information Modeling (BIM), and Internet of Things (IoT) technologies in quality management under information-based conditions. The research indicates that by strengthening process control and data-driven management, the rates of quality defects and rework can be effectively reduced, providing practical references for quality management in large-scale and complex engineering projects.

Keywords : **engineering projects; quality management; system optimization; process control; project management**

引言

目前全球化加速、技术迅猛发展的现实里，工程项目复杂度与风险性持续走高，质量管理碰到前所未有的挑战，保证工程项目顺利推进并收尾，构建及优化质量管理体系至关重要，抓好质量管理是工程项目成功的核心基础，也是项目管理全流程里不能漏掉的环节，传统模式下的质量管理体系应对复杂项目时，存在部分局限，本研究梳理现有体系的不足，依托国内外成功案例，探寻完善质量管理体系和过程控制的路径，为工程项目质量管理提供科学的理论依据和实践指引。

一、工程项目质量管理体系现状与挑战

（一）现有质量管理体系的结构与功能

工程项目质量管理体系的结构一般由组织结构、职责分配、质量目标、质量保证、质量控制等核心部分构成，国内外大量工程项目里，质量管理体系搭建一般参照 ISO 9001 标准，1987 年首次发布该标准后，成为全球质量管理体系的核心参照标准。ISO 9001 标准提出核心理念——“依托全流程的持续改进实现质量管理”，它聚焦项目管理全链条，从设计到施工再到竣工验收，保

证每个环节都满足预设质量要求，当前质量管理体系一般具备质量策划、质量控制、质量保证和质量改进 4 项功能。质量策划以项目需求为核心，制定质量管理的整体目标与策略，质量控制借助现场检测、抽样检验、控制图等方法保障产品达标，质量保证囊括组织围绕项目实施流程推进的各类审核、检查、评估等工作，保证实施环节契合质量管理要求，质量改进侧重依托过程分析、反馈机制等手段，升级管理流程，强化质量水准^[1]。

（二）工程项目质量管理面临的主要挑战

实操执行阶段，工程项目质量管理面临多方面挑战，项目规

模日益扩张、复杂程度增加，令质量管理难度上升，尤其针对大型基础设施建设、城市轨道交通等项目，涉及部门和环节数量众多，跨区域、跨部门协同管理成了质量管理的难题，2015年国内某大型隧道工程，施工企业管理存在疏漏，引发多项质量问题，最终拖慢项目竣工验收节奏，拉低工程品质。这类现象说明，质量管理的卡壳点依旧是项目管理体系的协调与统一，诸多项目管理者往往侧重进度控制和成本控制，却忽略质量控制的深度和全面性，结合国内一些工程项目反馈，项目施工阶段未严格执行质量检查，引发结构质量缺陷，质量管理体系里过程控制环节多被忽视，造成项目完成后没法落实有效的质量反馈和持续改进。

（三）传统质量管理体系的不足与改进空间

传统质量管理体系往往存在制度不完备、执行没落实等问题，工程项目复杂度不断提升，单一质量检查手段，已达不项目管理的要求，传统质量管理模式突出质量检查与事后把控，却忽略项目全生命周期的质量预防，传统质量体系一般靠人工完成质量检查，易出现疏漏和人为误差。越来越多国际工程项目采用自动化检测、物联网等先进技术手段，这为优化质量管理找到新路径，传统体系同样存在质量管理标准和流程执行力度不足的问题，ISO 9001虽设定了系统化的管理规则，但不少项目里，标准实施成效较差，核心原因是项目人员对质量管理体系认知不足，或是执行力度欠缺，参考国内若干大型建设项目实例，质量管理体系落实偏差，直接造成施工质量下滑^[2]。

二、质量管理体系优化路径

（一）基于全生命周期的质量管理体系优化

优化覆盖全生命周期的质量管理体系，聚焦项目完整周期，得把质量管理措施贯彻全程，项目启动、设计、施工再到运营各阶段，均需全程监控和控制，ISO 9001:2015标准规定，搭建质量管理体系需紧扣预防为主的理念，要求企业针对项目全流程各阶段实施全面风险评估和质量策划。面向全生命周期的质量管理体系，需依托设计优化、材料选择和工艺管控执行，提前识别潜在质量隐患，并落实有效措施提前防控，施工进行阶段，必须严格把控施工工艺、材料和设备质量，过程动态监控 保证施工契合设计标准，全生命周期管理还需覆盖项目交付后的运营阶段，实施质量跟踪及反馈。工程项目的质量，不能仅以施工收尾后的合格标准判定，需优先兼顾项目后期使用的安全性和可靠性，选建筑行业举例，按照建筑质量管理条例，建筑项目落成后，须对建筑物进行至少5年质保期内的质量监控，保证使用阶段无重大质量问题^[3]。

（二）持续改进与创新驱动的质量管理优化方法

推进工程项目阶段，提升项目质量离不开持续改进这一必要手段，更是升级质量管理体系的关键途径，借鉴国内某大型项目经验，执行项目期间，定期实施质量审核和评估，定位质量管理的缺陷，结合实际调整反馈内容，已逐步实现质量目标优化。创新驱动依托传统质量管理展开，凭借新技术、新方法的引入，不断推动质量管理体系升级，采用精益管理及六西格玛等先进方法，以细化过程管控和杜绝浪费，大幅提高工程项目的质量

和效率，制造业运用六西格玛，取得大范围成功，采用这一方法到工程项目后，依托统计分析和过程控制，切实压缩缺陷率，某建筑公司采用六西格玛后，项目缺陷率从5%降至1%，完成了显著的质量优化。

（三）信息化技术在质量管理体系中的应用

大数据、物联网、人工智能等技术迅猛发展，工程项目质量管理正不断向数字化、智能化转型，依托物联网技术能实时把控施工现场质量数据，设备运行状态、材料质量和环境条件等信息，由传感器实时采集后上传到云平台，开展分析与存储。运用大数据分析，可提前预判潜在质量风险，优化项目资源配置和工期安排，依据某城市轨道交通建设项目的应用实例，依托信息化技术实时把控施工质量和进度，项目施工周期压缩10%，质量缺陷率降低约15%，施工进行阶段，施工材料、工艺参数和检验记录，全可依托数字化系统实时记录、追溯，让项目质量控制全流程可追溯、可审计，全面推广建筑信息模型（BIM）技术，使工程项目各阶段的设计、施工及运营，通过同一个数字平台完成统筹管理，这不仅优化了项目管理效率，还能更精准防范施工质量问题，保障项目依标准、按质量落地^[4]。

三、过程控制在质量管理中的重要作用

（一）过程控制理论的基本框架与应用

过程控制理论脱胎自工程控制理论，核心依托实时监控、调整及优化生产或施工流程内各项参数，保证最终产出达标，核心框架一般包含计划、执行、监控和调整4个步骤，ISO 9001标准针对过程控制的要求，凸显“过程管理”的核心地位，建议纳入质量管理体系，所有活动需以过程为核心实施管理，具体措施可优化这些过程。过程控制理论把质量管理融入生产或施工流程，减少波动出现，提升过程的稳定与一致状态，推进工程项目期间，过程控制应用面广且作用关键，拿建筑项目举例，依托过程控制技术，施工方可以在施工阶段实时监控温度、湿度、材料强度等多种参数。若单个参数超出预设控制阈值，控制系统自动发出警告，同步启动调整措施，防止出现质量问题，国内某大型水坝项目施工阶段采用温湿度过程控制，维持水泥硬化速率和结构稳固性，大幅降低工程质量缺陷率，依托过程控制的理论框架，能切实保障工程项目在复杂条件下保持稳定质量标准。

（二）工程项目中常见过程控制方法与工具

推进工程项目阶段，统计过程控制（SPC）、过程优化控制（POC）、反馈控制等都属于常用过程控制方法，统计过程控制（SPC）借助控制图、过程能力指数（C_p，统计工具含C_{pk}等，实时紧盯生产或施工过程的质量波动，并采取恰当的调整办法，保证全程可控。就建筑工程项目而言，依靠SPC方法可监测混凝土强度分布情况，及时排查不达标批次，阻止不合格材料进入施工现场，依据控制图数据，项目管理者可及时调整，保障质量契合设计准则，过程优化控制（POC）优化作业内各项参数，诸如工艺设计、设备选择等事项，提升项目整体质量。制造业普遍使用POC，并已逐步在工程项目推行，尤其是那些对技术要求高的项

目，比如高速铁路、机场这类基础设施建设，从这些项目看，对施工各环节做优化调整，采用效率更高的混凝土浇筑设备或优化施工手段，可大幅提高质量与施工效率^[5]。

（三）过程控制与质量保障的互动关系

在 ISO 9001:2015 及其他国际标准，过程控制是质量保障的关键环节，突出管控各环节的实施状态，保证最终结果达到预期质量要求，制定各关键控制点，诸如材料检验标准、工艺参数控制等事项，把控流程可有效防止质量偏差，降低施工风险，开展实际项目时，过程控制和质量保障的相互影响有多个体现方面。过程控制输出可量化的实时数据，可作为质量保障的关键参照，某大型建筑项目施工阶段，借助智能化温湿度监控系统实时跟进外部环境，保障材料质量契合设计标准，实施质量保障，为过程控制设定目标和标准，维持过程控制的方向准确性与操作科学性，部分对精度有高要求的工程项目里，过程控制的具体操作必须严格依照质量保障体系设定的技术标准和规定落实^[6]。

四、案例分析与优化实践

（一）典型工程项目案例背景与质量管理实践概述

为验证工程项目质量管理体系优化与过程控制方法的实际成效，本文选取港珠澳大桥主体工程作为研究案例。该工程为世界级超大型跨海基础设施项目，全长 55 km，施工环境复杂、技术标准高、质量风险点多，对质量管理体系的系统性与过程控制能力要求较高。依据交通运输部发布的《港珠澳大桥工程建设质量管理实践报告》，项目建设全面对标 ISO 9001:2015 标准，构建覆盖设计、施工、监测、验收及运营准备全过程的质量管理体系，将质量目标分解落实到各参建单位和关键工序，并实现质量管理与进度、成本管理的协同融合，形成以过程控制为核心的质量保障机制，为工程高质量建设奠定了基础。

（二）质量管理体系优化与过程控制的实施成效分析

在具体实施层面，港珠澳大桥工程通过信息化与标准化手段强化过程控制，在沉管预制、海上安装和混凝土浇筑等关键工序中引入统计过程控制（SPC）方法，对关键质量指标实施实时监测与动态调整，并依托 BIM 与物联网技术实现施工过程数据的连续采集与全流程可追溯管理^[7]。中国交通建设集团有限公司工程总

结数据显示，项目主体结构施工阶段重大质量缺陷发生率控制在 0.3% 以内，返工率较传统管理模式下降约 25%，有效降低了质量风险与工程成本。如表 1 所示。

表 1 港珠澳大桥主体工程施工阶段质量问题统计情况

质量问题类型	发生次数（次）	占比（%）
材料质量偏差	6	2.5
工艺执行偏差	5	2.1
设备运行异常	3	1.3
环境因素影响	2	0.8
管理协调问题	4	1.6
合计	20	8.3

数据来源：交通运输部：《港珠澳大桥工程建设质量管理实践报告》；中国交通建设集团有限公司：《港珠澳大桥主体工程质量管理总结（2018）》。

（三）案例启示与工程项目质量管理优化建议

港珠澳大桥工程实践表明，大型复杂工程项目仅依靠事后检查已难以满足质量管理要求，需通过质量管理体系优化与过程控制的深度融合实现质量水平提升。质量管理体系应结合项目特点进行针对性设计，将质量责任与控制要求嵌入关键工序，以过程管控保障结果达标；同时，依托信息化技术强化数据支撑，通过实时监测与动态分析提升质量风险预警能力，减少问题累积^[8]。项目管理团队还应推动质量管理理念由被动纠偏向主动预防转变，构建以标准化流程、数据化管控和持续改进为核心的长效机制，为同类大型工程项目提供可复制、可推广的实践经验。

五、结语

优化工程项目质量管理体系、做好过程控制，对提高项目质量、减少风险与成本意义重大。依托全生命周期质量管理、持续改进及信息化技术的深度应用，能实现更高效的项目管理和更扎实的质量保障。工程实践表明，以港珠澳大桥为代表的大型复杂工程项目中，依托信息化技术强化过程控制，对提升质量管理体系运行成效具有显著作用。物联网、人工智能等技术不断进步，优化后的质量管理体系会更精细、更智能，给工程项目圆满完成筑牢后盾。

参考文献

- [1] 袁源. 装配式建筑项目质量管理体系构建及应用评价研究 [D]. 昆明理工大学, 2023.
- [2] 游坤彬. 建筑机电安装工程项目质量管理探讨 [J]. 中国住宅设施, 2025(11): 113-115.
- [3] 曹权. 建筑工程项目安全质量管理的影响因素研究 [J]. 黑龙江科学, 2025, 16(20): 150-152.
- [4] 焦爱红. 建筑工程项目中的质量管理与控制 [J]. 城市开发, 2025(20): 97-99.
- [5] 姚成刚. 提升建筑工程进度与质量管理效率的对策 [J]. 中国住宅设施, 2025(08): 97-99.
- [6] 单晓龙, 孙鲁楠, 任泽俭. 建筑工程投资控制对项目质量管理的影响分析探讨 [J]. 工程设计与设计, 2025(15): 250-253.
- [7] 江军, 冯文强. 房屋建筑工程施工质量控制问题与策略探究 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(15): 46-48.
- [8] 王琰伟. 建筑工程项目设计阶段质量管理水平研究 [D]. 北京化工大学, 2025.