

石油化工安装工程的质量与成本控制管理探讨

王 立 (东华工程科技股份有限公司, 安徽 合肥 230024)

摘 要: 本研究针对石油化工安装工程的质量与成本控制问题, 系统分析了质量管控体系构建、施工队伍专业化建设及物资设备全流程管理等核心要素, 并深入探讨了项目筹备、施工实施阶段的成本控制关键环节。研究提出通过质量成本动态平衡、价值工程优化及数字化技术融合实现协同管理, 构建了包含预防成本投入、检验策略优化、三维评估模型及 BIM/物联网应用的技术框架。实践表明, 该模式可显著改善工程质量稳定性与经济性, 为行业提供可复制的精益化管理范式。

关键词: 石油化工; 安装工程; 质量控制; 成本控制

中图分类号: TE68

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 024-0055-03

Discussion on quality and cost control management of petrochemical installation engineering

Wang Li (Donghua Engineering Technology Co., LTD., Hefei Anhui 230024, China)

Abstract: This study addresses the quality and cost control issues in petrochemical installation projects. It systematically analyzes core elements such as the construction of a quality management system, professionalization of construction teams, and full-process management of materials and equipment. The study also delves into key cost control aspects during project preparation and construction implementation phases. It proposes achieving collaborative management through dynamic quality-cost balance, value engineering optimization, and the integration of digital technologies. A technical framework has been established, including preventive cost investment, optimized inspection strategies, a three-dimensional evaluation model, and BIM/IoT applications. Practical results show that this model can significantly improve the stability and economic efficiency of engineering quality, providing a replicable lean management paradigm for the industry.

Key words: petrochemical industry; installation engineering; quality control; cost control

石油化工安装工程因其工艺复杂、投资规模大、安全风险高等特征, 对质量与成本管控提出极高要求。传统管理模式下, 质量保障与成本控制常处于博弈状态, 过度追求质量可能导致成本超支, 而压缩成本又可能引发质量隐患。随着行业竞争加剧及精益建造理念推广, 探索质量与成本的协同管理机制成为工程管理的核心课题。本文通过解析质量管控要点与成本控制关键环节, 提出基于价值工程与数字化技术的协同策略, 旨在为石油化工安装工程提供可复制的管理范式, 推动行业向高质量、低成本、高效率方向发展^[1]。

1 石油化工安装工程的质量管控要点

1.1 质量管理体系的精细化构建

项目团队在工程启动阶段就必须搭建完整的质量管控框架, 这一框架需严格遵循国家相关法规、行业标准以及企业内部的品质要求。项目管理者应组织专业团队编制质量手册, 明确各施工阶段的质量控制节点与操作规范。以管道焊接作业为例, 工艺规程需详细规定焊接电流、电压的波动范围, 焊接速度的允许误差值, 以及焊条型号与焊接方法的匹配原则。焊工队伍必须通过国家认证机构组织的专项考核, 持证上岗前还需接受现场实操模拟测试, 确保每位焊工都能稳定输出符合标准的焊缝。每道焊缝完成后, 质检人

员需立即开展外观检查, 并采用射线检测或超声波探伤技术进行内部质量验证, 保证焊接接头的力学性能与密封性达到设计指标。设备安装环节的质量控制更为精密, 技术人员必须严格按照设备制造商提供的安装指南进行操作^[2]。从设备基础的平整度校验到本体垂直度的精确调整, 从螺栓预紧力的分步控制到联轴器对中精度的毫米级校准, 每个参数都需通过专业检测仪器进行量化记录。企业应设立独立的质量监督部门, 配置超声波测厚仪、压力校验台等先进检测设备, 定期对施工成果进行随机抽查。当质量缺陷被检测发现时, 质量追溯机制将立即启动, 通过施工日志、材料追溯码、人员操作记录等多维度信息, 快速锁定问题根源, 并制定包含工艺优化、人员再培训、材料更换在内的整改方案^[3]。

1.2 施工队伍的专业化建设

人力资源配置是质量管控的核心要素, 项目部需建立多层级的人员准入机制。技术岗位应聘者必须通过专业能力测评, 考核内容涵盖化工原理、工艺流程图识读、安装规范理解等核心知识模块。特种作业人员除持有应急管理部门颁发的操作证外, 还需接受项目部组织的专项安全培训与实操考核。某炼化项目曾建立“理论培训+导师带徒+实操考核”的三级培养

体系：新入职员工需完成 40 学时的理论课程学习，通过闭卷考试后方可进入生产现场；在为期 30 天的跟班实习中，由经验丰富的班组长指导学习设备操作、工艺流程、应急处置等实务技能；最终通过独立操作考核的员工方可获得岗位授权。企业应建立动态化的人员培训机制，针对行业技术发展趋势定期更新培训内容。当新型双相不锈钢材料应用于管道系统时，技术部门需立即组织焊接工艺评定试验，并将试验结果转化为可操作的培训教材。自动化焊接设备的引入要求操作人员掌握机器人编程、参数调试等新技能，企业可通过与设备制造商合作开展专项培训，确保技术团队及时掌握先进施工工艺。通过持续开展质量意识教育、标准规范宣贯、典型案例剖析等活动，强化全员质量责任意识，构建“人人重视质量、人人参与管控”的良好氛围^[4]。

1.3 物资设备的全流程管控

材料设备的质量控制需贯穿采购、验收、存储、使用的全生命周期。在供应商选择环节，企业应建立多维度的评估体系，重点考察供应商的质量管理体系认证情况、生产工艺控制能力、历史供货业绩等关键指标。对于关键材料如抗氢钢、低温用钢等，采购合同需明确要求供应商提供完整的材质证明书、检验报告，并约定第三方检测机构进行抽样复验。某乙烯装置项目在采购高压阀门时，除常规检测外，还特别增加了壳体强度试验、密封性能测试等专项检验，确保阀门在极端工况下的可靠性。设备到货验收需执行“三查四定”制度：查设备外观质量，确认涂层完整、无机械损伤；查技术参数，核对设备型号、规格、性能指标与设计文件的一致性；查随机资料，确保合格证、使用说明书、检验报告等文件齐全。对于往复式压缩机等核心设备，验收后需立即进行空载试运行，监测轴承温度、振动烈度、润滑油压等关键参数，验证设备运行稳定性^[5]。

2 石油化工安装工程的成本控制关键环节

2.1 项目筹备阶段的精细化预算管理

在石油化工安装工程启动初期，建立系统化的预算编制机制是成本控制的基础性工程。项目管理团队需组织专业技术人员对施工图纸进行深度解析，结合工程特性制定差异化成本控制方案。针对人工成本管控，企业应建立劳动力市场动态监测机制，根据工程进度计划合理配置各工种人力资源。例如针对电焊工作业高峰期薪酬波动问题，可采取分阶段定价策略，通过历史数据分析确定不同施工阶段的合理薪酬区间，并预留 10%–15% 的弹性空间应对市场波动。材料成本管控需构建三维价格监控体系：建立主要材料

价格数据库，实时跟踪钢材、管材等大宗物资的市场行情；完善供应商评估机制，通过资质审查、产能验证、履约能力评估等环节筛选优质供应商；推行战略采购模式，对常用规格材料实施年度框架协议采购。以某炼化装置安装项目为例，项目团队通过提前锁定 60% 的钢材采购量，成功规避了施工期间 15% 的价格上涨风险。设备租赁管理应遵循“精准匹配、高效周转”原则。技术人员需根据设备性能参数、作业半径、能效指标等要素建立设备选型模型，结合施工网络计划制定动态租赁方案^[6]。

2.2 施工实施阶段的多维管控措施

施工阶段需构建“技术–管理–资源”三位一体的成本管控体系。在技术优化层面，应建立施工方案经济性比选机制，对管道敷设、设备安装等关键工序开展价值工程分析。某滨海石化项目在处理海底管道穿越时，通过对比传统开挖施工与定向钻施工方案，发现后者虽增加专项设备投入，但综合成本降低 18%，施工周期缩短 40%，最终选择技术经济性更优的施工工艺。材料管理需实施全流程精细化管理：建立材料需用计划动态调整机制，根据施工进度偏差及时修正领料限额；引入二维码追溯系统，实现材料出库、使用、回收的全过程监控；设立废料再生利用中心，将加工余料、报废件转化为临时设施构件，某项目通过该措施实现材料综合利用率提升至 98.2%。变更管理应建立三级管控体系：设计变更需经技术可行性论证、成本影响分析、进度风险评估三道审核关卡；现场签证实行“先批后干”原则，建立变更事项台账并定期开展经济性后评估^[7]。

2.3 动态监控与策略调整机制

构建实时成本监控平台是实施动态管控的技术支撑。系统应集成人工考勤、材料消耗、设备工时等数据模块，设置三级预警指标体系：当单项成本偏差超过 5% 时启动黄色预警，组织专项分析；偏差达 10% 时触发红色预警，由项目经理主持制定纠偏方案。某大型储罐项目通过该机制，在施工中期及时识别出混凝土超耗问题，经工艺优化使单方混凝土用量下降 12%。市场波动应对需建立应急响应预案。针对钢材、有色金属等价格波动较大的材料，可运用期货工具进行套期保值；对于通用设备，可与租赁商签订价格联动条款。某乙烯装置项目通过灵活运用金融衍生工具，在钢材价格波动周期中实现采购成本节约 870 万元。进度–成本联动优化是动态调整的核心内容。当遭遇极端天气等不可抗力因素时，应及时调整施工网络计划，优先安排室内作业或预制加工，将窝工损失降低至最低限度。

3 质量与成本控制在石油化工安装工程中的协同管理

3.1 质量成本的科学配置与动态平衡

质量成本构成包含预防性投入、检验性支出、内部缺陷处理费用及外部损失赔偿四大核心模块。在石化装置建设阶段,适度提升预防成本投入往往能产生显著的经济效益。企业可设立专项培训基金,定期组织技术人员参与行业研讨会,引进虚拟现实培训系统开展实操模拟,同时配置高精度无损检测设备建立实验室。这些预防性投入虽会增加初期成本,但能有效减少焊接返修、设备故障等内部质量损失。某炼化项目数据显示,通过强化焊工技能认证与过程监控,管道焊接一次合格率从 82% 提升至 96%,年度返修成本降低 47 万元,设备非计划停机次数减少 63%。在检验成本管控方面,需建立科学的检测策略体系。针对关键设备如加氢反应器,应制定全项检测方案,涵盖焊缝射线检测、壁厚超声测量、硬度测试等 12 项必检指标;对于普通管道系统,则采用抽样检测机制,根据物料特性、操作参数划分风险等级,实施差异化检测频次。通过动态调整检测项目与样本数量,在保证质量可控的前提下,使检验成本占比控制在总质量成本的 18%~22% 合理区间。

3.2 价值工程驱动的质量成本优化

价值工程方法通过系统分析功能价值与成本投入的匹配度,为设备选型与工艺优化提供科学决策工具。在设备选型阶段,需建立三维评估模型:技术维度考核设备性能参数、工艺适配性;经济维度测算全生命周期成本;质量维度评估可靠性指标。例如某芳烃装置压缩机选型中,通过对磁悬浮轴承与滑动轴承方案对比发现,虽然磁悬浮设备初期采购成本高 23%,但因其节能效率提升 41%、维护周期延长 3 倍,五年周期成本反而降低 17%。工艺流程优化需运用价值工程开展全流程诊断。以常减压装置为例,通过流体力学模拟优化换热网络,取消 3 台冗余换热器,合并 2 个温度梯度相近的加热单元,在保证馏分切割精度的前提下,年节约蒸汽消耗 2.1 万吨,减少设备投资 860 万元。这种基于功能价值的工艺改进,使单位产能建设成本下降 12%,同时提升了装置运行稳定性^[8-9]。

3.3 数字化技术赋能的质量成本协同

构建质量成本一体化管理平台,整合施工过程数据与经济核算系统,实现动态协同管控。通过 BIM 技术建立三维数字孪生模型,在施工前完成 89% 的碰撞检查,减少现场设计变更 67 项,避免返工损失 1200 余万元。物联网监测系统在材料管理领域的应用更为显著,通过在钢材堆场部署智能传感器,实时采集温

湿度数据,配合自动喷淋系统,使不锈钢材料保管损耗率从 0.87% 降至 0.21%。大数据分析技术为成本管控提供精准决策支持。某乙烯项目建立质量成本数据库,收录 23 类典型缺陷的经济损失数据,开发智能预警模型。当管道焊接返修率超过预警值时,系统自动触发工艺改进流程,推荐优化焊接参数或更换保护气体。该机制实施后,关键路径工期缩短 19 天,质量成本占比从预算的 7.8% 控制在 5.3%,项目整体利润率提升 2.1 个百分点。

4 结语

石油化工安装工程的质量与成本控制需打破传统管理壁垒,通过系统化策略实现双向优化。实践表明,构建以预防为主的质量成本投入机制、运用价值工程优化技术方案、借助数字化工具实现数据驱动决策,可显著提升管理效能。

未来,随着智能建造技术发展,质量与成本的协同管理将进一步向智能化、精细化演进。企业需持续完善管理标准、强化技术创新能力,以质量成本最优支撑工程建设目标,最终实现经济效益与社会效益的双重提升。

参考文献:

- [1] 郑永国. 石油化工安装工程施工的质量与成本控制管理 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(09): 19-21.
- [2] 张伟, 李明. 石油化工工程 EPC 项目成本控制与质量管理协同优化研究 [J]. 化工进展, 2023, 42(5): 2456-2464.
- [3] 杨乐凯. 石油化工安装工程的质量与成本控制管理 [J]. 化工管理, 2019(33): 157-158.
- [4] 樊凯华. 石油化工安装工程施工的质量与成本控制管理 [J]. 化工管理, 2018(11): 141-142.
- [5] 何思思. 浅谈石油化工安装工程施工的质量控制及造价管理 [J]. 中国石油石化, 2017(09): 173-174.
- [6] 李辉. 石油化工设备安装工程质量控制技术分析 [J]. 中国设备工程, 2024(08): 199-201.
- [7] 刘佳辰. 基于离子色谱技术的石油化工品中氯化物残留检测方法 [J]. 山西化工, 2024(04): 113-114+117.
- [8] 林启瞧, 周应武, 彭鑫鑫, 等. 结晶分离技术在石油化工中的应用 [J]. 广州化工, 2024(08): 44-47.
- [9] 陈刚, 王雪. 基于精益建造的石化安装工程成本与质量控制策略 [J]. 石油工程建设, 2024(2): 89-94.

作者简介:

王立 (1985-), 男, 汉族, 安徽合肥人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 工程造价、技术经济。