石油化工工艺管道安装工程施工管理中的常见问题研究

蔡志

宁波安泰环境化工工程设计有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：本文针对石油化工工艺管道安装工程的施工管理问题展开研究，分析了技术、管理、资源与协调三大层面的常见问题，包括设计衔接缺陷、焊接质量控制不足、进度管理失控、材料管理混乱等。结合行业实践，提出了标准化管理、数字化技术应用、资源优化配置等优化策略，并展望了智能化施工管理的未来方向，旨在为提升石油化工管道安装工程的质量与效率提供参考。

关键词：石油化工；工艺管道；施工管理；技术问题；管理优化；资源协调

引言：石油化工工艺管道作为石化装置的核心组成部分，其安装质量直接关系到装置的安全性、环保性与运行效率。然而，由于工程复杂性高、技术要求严、多方协作多，施工管理过程中常面临技术缺陷、管理漏洞与资源协调困难等问题。本文通过系统分析这些问题，提出针对性的优化策略，以期推动行业施工管理水平的提升。

1 施工管理中的常见技术问题

1.1 设计与施工衔接缺陷

(1) 设计图纸与现场实际不符：设计阶段若未充分结合现场地形、设备布局等条件，易导致图纸与实际施工环境脱节。例如，管道走向与既有设施（如电缆桥架、钢结构）冲突，或支撑结构强度无法满足实际荷载需求。此类问题不仅增加施工难度，还可能引发返工，延误工期。(2) 材料代用审批流程不规范：施工过程中，因材料供应问题或设计优化需求，常需进行材料代用。若代用审批未严格遵循标准流程（如未重新核算强度、未验证与介质的兼容性），可能导致管道腐蚀、泄漏等风险。例如，将普通碳钢代用为不锈钢时，若未考虑介质腐蚀性差异，可能引发管道穿孔。

1.2 焊接与无损检测问题

(1) 焊接工艺评定缺失或执行不严：焊接工艺评定是确保焊缝质量的基础，但部分项目存在评定覆盖不全或执行不到位的情况。例如，未针对特定材质、厚度或焊接位置制定专项工艺，或焊接参数（如电流、电压）偏离标准范围，导致焊缝内部缺陷（如裂纹、未熔合）难以发现。(2) 无损检测覆盖率不足或结果误判：无损检测（如射线检测、超声波检测）是保障焊缝质量的关键手段，但实践中常因检测比例不足或操作不规范导致隐患。例如，仅对可见焊缝进行抽检，忽视隐蔽部位；或检测人员资质不足，误判缺陷类型与严重程度，埋下

安全隐患。^[1]

1.3 防腐与保温施工缺陷

(1) 防腐层厚度不均、附着力不足：防腐层施工若未严格控制涂装工艺（如底漆未干燥即涂覆面漆），或表面处理（如除锈等级）不达标，易导致涂层厚度不均、附着力下降。此类缺陷会加速管道腐蚀，缩短使用寿命。例如，某项目因防腐层脱落导致管道泄漏，造成经济损失与环境风险。(2) 保温材料选型不当或施工工艺缺陷：保温材料选型需综合考虑介质温度、环境湿度等因素，若选型不当（如低温环境选用普通岩棉），或施工工艺缺陷（如保温层接缝未密封），会导致保温效果下降，增加能耗。例如，某项目因保温层进水结冰，引发管道冻裂事故。

2 施工管理中的常见管理问题

2.1 进度管理失控

(1) 施工计划与实际进度脱节：进度管理失控的核心问题在于计划编制缺乏动态性，未充分考虑资源供应、交叉作业等制约因素。例如，材料到货延迟（因供应商履约能力不足或物流协调失误）导致现场窝工；土建与安装单位未有效协调，交叉作业冲突频发（如管道安装与设备基础施工互相干扰）。此类问题易引发连锁反应，造成工期延误。(2) 赶工措施导致质量隐患与成本超支：为追赶滞后进度，项目常采取压缩工序、增加人力等措施，但缺乏配套管控。例如，缩短管道试压、防腐等关键工序时间，可能埋下泄漏、腐蚀风险；夜间加班导致疲劳施工，焊缝合格率下降。此外，赶工需投入额外资源（如租赁设备、支付加班费），直接推高项目成本。

2.2 质量管理薄弱

(1) 质量验收标准不明确或执行不严：部分项目质量管理体系存在漏洞，验收标准未细化至工序级（如焊

缝外观检查未明确咬边深度、余高范围),或验收人员为赶进度放宽标准。隐蔽工程(如管道防腐层、保温层)验收常流于形式,仅依赖施工方自检记录,缺乏第三方复核,导致质量隐患隐蔽性增强。(2)质量追溯体系不完善:质量问题整改缺乏闭环管理,责任追溯困难。例如,焊缝泄漏后仅对缺陷部位返修,未分析原因(如焊接参数、材料质量),同类问题反复出现;质量记录(如材料合格证、检测报告)归档混乱,无法为后续运维提供数据支持。

2.3 安全与环保管理漏洞

(1)高风险作业安全措施落实不到位:动火、受限空间等高风险作业是事故高发环节,但部分项目存在安全措施执行打折现象。例如,动火作业前未彻底隔离可燃物,未配备灭火器材;受限空间作业未强制通风、未设置监护人,导致中毒、窒息事故。此外,安全培训流于形式,施工人员对风险认知不足。(2)废弃物处理不规范:环保管理缺失易引发环境污染风险。例如,防腐涂料废液、保温材料边角料未分类存放,随意倾倒至雨水管网;焊渣、金属屑等固体废弃物未交由专业机构处理,可能造成土壤重金属污染^[2]。

3 施工管理中的资源与协调问题

3.1 人力资源与技能短板

(1)专业人员持证率与技能不足:焊工、无损检测人员等特种作业人员持证率不达标,或技能水平与项目要求脱节,是影响工程质量的核心问题。例如,焊工未掌握新型材料(如不锈钢复合板)焊接工艺,导致焊缝缺陷率上升;无损检测人员对TOFD(衍射时差法超声检测)等新技术不熟悉,误判缺陷风险。此外,部分项目为压缩成本,雇佣未经培训的临时工参与关键工序,埋下质量隐患。(2)安全意识淡薄与违规操作:施工人员安全意识薄弱是事故频发的根源。例如,动火作业前未清理可燃物,高处作业未系安全带,受限空间作业未进行气体检测等违规行为屡禁不止。部分项目安全培训流于形式,仅通过“签到+考试”应付检查,缺乏实操演练与案例警示,导致安全规范执行“纸上谈兵”。

3.2 材料与设备管理问题

(1)材料管理流程混乱:材料验收、存储与发放环节缺乏标准化管理,易引发质量事故。例如,验收时仅核对数量而忽视材质证明文件,导致不合格材料流入现场;存储环境(如温度、湿度)不符合要求,加速管道防腐层老化;发放时未执行“先进先出”原则,造成材料积压浪费。此外,错发、漏发现象频发,如将碳钢阀门误发至不锈钢管道安装区域,引发兼容性风险。(2)

设备维护保养不足:施工设备(如吊车、焊机)因缺乏定期维护保养,故障率居高不下。例如,起重机械钢丝绳磨损未及时更换,导致吊装坠落事故;焊机电压不稳定引发焊缝夹渣。部分项目为赶工期,忽视设备日常检查,仅在故障发生后进行抢修,造成停工损失。

3.3 多方协调机制缺失

(1)总包与分包职责不清:总包单位与分包单位在合同中未明确质量、进度、安全责任边界,导致推诿扯皮。例如,分包单位擅自变更施工方案,总包单位未及时制止,引发质量纠纷;或总包单位对分包单位进度滞后缺乏有效约束,造成整体工期延误。(2)与外部单位沟通不畅:与设计、监理、业主单位沟通渠道不畅,导致决策效率低下。例如,设计变更未及时通知施工单位,造成返工;监理单位提出的整改意见未闭环反馈,形成管理“真空”;业主单位资金拨付延迟,影响材料采购与设备租赁^[3]。

4 施工管理优化策略与未来趋势

石油化工管道安装工程面对技术迭代加速、安全环保要求趋严的挑战,传统管理模式已难以适应复杂工程需求。

4.1 技术优化方向

(1)BIM(建筑信息模型)技术的深度应用:BIM技术通过三维建模实现设计、施工、运维全生命周期信息集成,可显著提升管理精细化水平。例如,在管道预制阶段,基于BIM模型生成材料清单与焊接工艺卡,减少材料浪费与返工率;在施工现场,利用BIM+AR(增强现实)技术实时比对设计模型与实际进度,快速识别交叉作业冲突。未来需进一步推动BIM与物联网(IoT)的融合,实现管道应力、温度等参数的动态监测,为智能运维提供数据基础。(2)自动化与智能化装备的规模化应用:自动化焊接技术(如轨道焊接、激光焊接)可提高焊缝质量稳定性,降低人工操作误差。例如,某炼化项目采用全自动管道焊接系统后,焊缝一次合格率从85%提升至98%,工期缩短20%。机器人检测技术(如相控阵超声检测机器人)可实现管道内部缺陷的精准识别,替代传统射线检测,减少辐射风险。未来需突破复杂工况下(如高温、高压)装备的适应性瓶颈,推动智能化装备的国产化替代。

4.2 管理提升路径

(1)标准化施工管理体系的全面落地:引入ISO 3834焊接质量管理体系、ASME B31.3管道规范等国际标准,建立涵盖人员资质、工艺评定、设备校准的全流程标准体系。例如,某管道工程通过实施“焊接工艺规程

(WPS)数字化管理”,实现焊接参数与焊工技能的实时匹配,焊缝质量追溯效率提升50%。未来需推动标准体系与BIM技术的深度融合,形成“数字标准库”,实现标准执行的自动化校验。(2)全过程质量控制与风险预控机制:采用HAZOP(危险与可操作性分析)方法对管道安装工艺进行系统性风险评估,识别潜在偏差(如介质腐蚀、温度应力)并制定预防措施。构建质量风险清单,对关键工序(如焊缝返修、阀门试压)设置“质量红线”,实施“一票否决制”。例如,某LNG接收站项目通过风险预控,将管道泄漏事故率降低至0.03次/公里·年,达到国际先进水平。

4.3 数字化与智能化转型

(1)物联网技术的实时监控与预警:在管道安装现场部署传感器网络,实时采集人员定位、设备状态、环境参数等数据。例如,通过RFID标签追踪管道组件的运输轨迹,防止错发、漏发;利用智能安全帽监测人员疲劳度,预防高处坠落事故。未来需构建“数字孪生”施工场景,实现物理空间与虚拟空间的同步映射,为决策提供可视化支持。(2)大数据平台驱动的智能决策:整合施工进度、质量、成本等多源数据,构建施工管理大数据平台。通过机器学习算法预测工期延误风险,优化资源配置方案。例如,某管道工程利用大数据平台分析历史数据,提前识别材料供应瓶颈,调整采购计划后,工期延误率下降40%。未来需探索区块链技术在数据确权与共享中的应用,保障数据安全与可信度^[4]。

4.4 行业协同与人才培养

(1)行业协同机制的深化:推动行业协会制定统一的技术标准与验收规范,例如,联合编制《石油化工管道安装数字化交付指南》,统一BIM模型交付标准。建立行业级材料设备数据库,实现质量追溯信息的互联互通。例如,某地区通过搭建“管道安装质量共享平台”,实现焊工技能等级、材料合格证等信息的跨企业查询,提升行业整体质量水平。(2)复合型人才培养体系构建:加强校企合作,开设“管道工程+数字化技术”

双学位专业,培养既懂工艺又掌握BIM、AI技术的复合型人才。推行“项目制”教学模式,学生在真实项目中完成“设计-施工-运维”全流程实践。例如,某高校与石化企业共建“智能管道联合实验室”,研发的“管道焊接缺陷智能识别系统”已应用于10余个项目,识别准确率达92%。

4.5 未来展望

随着5G、AI、云计算等技术的成熟,石油化工管道安装工程将向“零事故、零缺陷、零延误”的终极目标迈进。未来施工管理将呈现三大趋势:(1)全要素数字化:从人员、设备到材料,所有工程要素实现数字孪生,管理决策基于实时数据与仿真推演。(2)全流程智能化:从设计优化到施工执行,再到运维监控,各环节由智能系统自主决策,人类仅需设定目标与边界。(3)全行业协同化:设计、施工、监理、业主等各方通过数字平台深度协同,形成“风险共担、利益共享”的生态体系。

结语

石油化工工艺管道安装工程的施工管理需兼顾技术、管理与资源协调三大维度。针对当前存在的常见问题,需通过标准化管理、数字化技术应用、资源优化配置等手段实现系统性优化。未来,随着智能化技术的深入应用,施工管理将向精细化、智能化方向发展,为行业高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]靖英.石油化工机械设备安装施工常见问题及对策研究[J].中国设备工程,2021(06):196-197.
- [2]张妍,和勇.浅议石油化工机械设备安装施工常见问题及解决措施[J].化工管理,2020(24):168-169.
- [3]姜洋.浅议石油化工机械设备安装施工常见问题及解决措施[J].化工管理,2020(14):164-165.
- [4]马爱军.石油化工机械设备安装施工常见问题及措施分析[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(10):22-23.