

合金管件质量风险防控技术与管理双路径研究

胡 涛

连云港中星能源有限公司 江苏 连云港 222000

摘要: 本文基于某化工项目中合金管件焊缝出现裂纹的质量事件,系统分析了裂纹产生的原因及其对工程质量和进度造成的具体影响。从技术与管理两个维度出发,提出质量风险防控的双路径优化策略。通过质量管理体系优化与技术检验流程前移,构建了“事前预防-事中控制-事后处置”的螺旋上升式质量管理闭环,显著提升了重大工程材料质量管控能力,实现了从被动应对到主动预防的根本转变。

关键词: 合金管件; 质量风险; 管理体系; 技术验收; 双路径防控

引言

近年来,随着化工装置向大型化、复杂化方向发展,合金管件作为关键连接部件,其质量状况直接关系到整个装置的安全稳定运行。某大型化工项目在工艺气管线弯头焊缝热影响区及富H₂S甲醇管线坡口处相继发现多处裂纹,经初步判断属于系统性质量隐患。该事件暴露出在管件生产、验收、焊接及检测等多个环节中,存在管理体系与技术标准的双重缺陷。此类质量问题的发生,不仅造成直接经济损失,更可能导致严重的安全事故。因此,开展质量风险防控的技术与管理双路径研究,具有重要的理论价值和实践意义。本文以此实际案例为基础,深入剖析质量问题根源,构建双重防控体系,以期为类似工程项目提供理论参考与实践指导。

1 事件回顾与初步处理

1.1 事件简述

某大型化工项目,建设单位委托专业无损检测单位在例行检查中发现低甲工艺气管线弯头处存在一条13mm的裂纹。该管线输送介质为高危化学品,一旦发生泄漏后果不堪设想。随后,在扩大检查范围内,高压焊工在富H₂S甲醇管线氩弧焊打底阶段又发现两处横向裂纹,长度分别为15mm和3mm。这些裂纹均位于焊缝热影响区向管件母材延伸,呈现典型的应力腐蚀裂纹特征。

1.2 紧急措施

事件发生后,项目立即启动应急预案:首先,全面停止管线预制工作,对已安装管件进行隔离;其次,扩大检验范围,对同批次管件进行100%无损检测;第三,成立专项调查组,启动根本原因调查;最后,对同批次管件进行全面追溯与隔离,防止问题扩散。

1.3 裂纹成因分析

经组织专家分析会议,认定裂纹成因主要包括以下两方面:管理体系方面,供应商在生产工艺和质量控制

方面存在严重缺陷,缺乏有效的质量追溯体系;技术工艺方面,弯头冷推成形后的固溶处理时间与温度控制不当,导致残余应力过大,在后续焊接过程中产生应力集中,最终形成裂纹。

2 处理决策与影响评估

2.1 处理措施

根据专家建议,项目采取分级处置策略:对所有涉及可燃、有毒、中高压介质的管件做退回处理,包括工艺物料、甲醇、丙烯等管线;对常压、无害介质管线(如脱盐水、仪表空气等)在经过全面检测合格后准许使用。同时,要求EPC总包方更换新的供应商更换管件,加强质量控制,并提供全新的质量保证体系文件。

2.2 影响评估

本次事件造成直接经济损失约1050万元,间接影响显著:物料方面,共计退场管件4388件,占采购总量的56.11%;工期方面,由于需要重新采购、检验和安装,整体项目进度预计延误3个月;质量信誉方面,事件暴露出供应链管理存在的漏洞,对项目质量形象造成负面影响。

3 质量管理体系优化路径

基于本次事件教训,提出以下六层次系统性管理升级措施,构建更加稳健的质量防线:

3.1 源头把控:建立供应商动态评价机制

核心目标是通过严格评审与准入机制,确保原材料质量可靠。当前存在过度依赖EPC总包及生产商行业口碑,缺乏对管件等辅材的专项管控问题。优化措施包括:建立并动态更新管件供应商准入清单,制定详细的供应商评价标准,定期开展供应商现场审核,实施供应商分级管理制度,对不合格供应商实行一票否决。具体实施中,应结合供应商的历史绩效、生产能力、质量管理体系认证情况、技术研发能力、售后服务水平等多个维度进行综合评价。同时,引入第三方评估机构参与供

供应商审核，提升评价的客观性和专业性。建立供应商黑名单制度，对曾出现严重质量问题的供应商坚决予以清退，并在行业内进行通报，形成威慑效应。

3.2 入场核验：实施可视化验收制度

核心目标是强化监理责任，实现数据真实性与合规性的深度核验。针对原材料入场验收监管存在的漏洞，推行“举牌验收”及影像存档制度。具体要求：验收过程中，监理人员手持验收标识牌合影存档，记录验收时间、人员、结果等信息，建立电子化档案管理系统，实现质量责任全程可追溯。此外，应配备先进的检测设备，如便携式光谱仪、测厚仪等，对入场管件的材质、壁厚、直径等关键参数进行现场抽检，确保与质量证明文件一致。建立验收数据的实时上传和共享机制，使项目管理层能够随时掌握材料入场情况，及时发现和处理异常。

3.3 过程监管：完善特殊工种管理体系

核心目标是严格审核特殊工种，确保焊接操作规范，异常情况及时上报。针对焊工队伍流动性高的问题，实施焊工技能认证与星级评定制度。具体措施：建立焊工档案数据库，定期组织技能培训考核，实行星级评定与薪酬挂钩机制，通过绩效激励稳定核心作业队伍，提升整体技能水平。同时，引入焊接过程监控技术，如焊接参数实时采集系统，对焊接电流、电压、速度等关键参数进行记录和分析，确保焊接工艺的严格执行。建立焊接质量追溯系统，每道焊缝均可追溯到具体的焊工、焊接参数及检测结果，实现全过程质量控制。

3.4 独立检测：建立隐患直报机制

核心目标是保障检测信息透明，重大缺陷直达管理层。针对一线人员因专业局限易误判隐患的问题，建立便捷、保密的隐患直报平台。平台应具备匿名上报功能，设立专人处理机制，建立快速响应流程，并配套相应的激励措施，使一线人员成为风险感知的前沿哨兵。具体实施中，应通过培训提升一线人员的风险识别能力，使其能够准确判断和报告潜在质量隐患。对上报属实的隐患给予物质和精神奖励，营造全员参与质量管理的氛围。同时，建立隐患处理跟踪机制，确保每一条上报隐患都能得到及时处理和反馈，形成闭环管理。

3.5 根因剖析：引入第三方调查机制

核心目标是明确责任主体，锁定管理及技术层面的根本原因。针对EPC总包方常将问题归因于个案的情况，由建设单位引入第三方权威机构牵头调查。第三方机构应具备相关资质和经验，独立开展调查工作，确保调查结果的客观性和公正性，为问题解决提供科学依据。调

查过程中，应采用先进的分析工具和方法，如故障树分析（FTA）、失效模式与影响分析（FMEA）等，深入挖掘问题根源。调查结束后，形成详细的调查报告，包括问题描述、原因分析、责任认定和改进建议，并向项目相关方进行通报，确保调查结果的透明和公开。

3.6 闭环处置：完善追溯整治流程

核心目标是确保缺陷管件处理全程可追溯、无争议。针对退场过程缺乏多方见证的问题，实施视频见证退场制度。具体要求：退场过程全程录像，相关方电子签认，建立处置跟踪档案，定期汇报处置进度，确保每个环节都有据可查、有人负责。同时，应建立缺陷管件的分类处置标准，根据缺陷的严重程度和影响范围，制定不同的处置方案，如返工、降级使用或报废处理。对报废管件进行破坏性处理，防止其重新流入市场。建立处置结果的验证机制，确保缺陷管件得到彻底处理，不再对项目质量构成威胁。

4 技术验收标准改进路径

本路径聚焦技术验收标准的执行层面，通过质量控制关口前移，确保各环节数据真实性与工艺合规性，建立五级质量控制体系：

4.1 一级质控（公司级）：强化体系文件审查

围绕生产商《生产工艺与质量管控总纲》符合规范但可追溯性不足的现状，将检验重点置于流程合规性与风险管控体系。应系统审查质量手册完整性，验证程序文件可操作性，确保记录表格规范适用，从体系源头保障质量管理有效运行。具体实施中，应组织专家团队对生产商的质量管理体系进行全面审核，包括质量方针、目标、组织结构、职责权限、过程控制、检验试验、不合格品控制、纠正预防措施等要素。审核过程中，应重点关注体系文件与实际操作的一致性，以及质量记录的真实性和完整性。对审核中发现的问题，要求生产商限期整改，并跟踪验证整改效果。

4.2 二级质控（合同级）：规范检试验计划管理

立足当前《产品检试验计划》编审环节的疏漏，着力推动标准化模板应用，加强建设单位与EPC总包单位的双向会审。制定标准模板格式，明确审查要点，建立联合审查机制，记录审查过程，确保检试验计划编制全面、规范且可执行。具体实施中，应根据产品特点和质量要求，制定详细的检试验项目和标准，包括原材料检验、过程检验、成品检验和无损检测等。明确检验方法、频次、抽样方案和acceptance criteria（验收标准）。建立检试验计划的动态更新机制，根据生产过程和质量状况及时调整检试验计划，确保其始终符合实际需求。

4.3 三级质控（执行级）：加强制造过程监督

聚焦《质量检查计划》与《制造工艺流转卡》执行中关键工序记录缺失等问题，要求监造人员需抽查过程数据记录，设定现场见证点或停工待检点。重点监督热处理工艺参数，冷加工过程控制，无损检测实施，质量记录完整性。具体实施中，应配备专业的监造队伍，对生产关键工序进行全程跟踪监督。采用数字化监控手段，如视频监控、数据自动采集系统等，实时记录生产过程参数和质量数据。建立质量数据分析和预警机制，对异常数据及时发出警报，并采取相应措施。定期对监造人员进行培训和考核，提升其专业能力和责任意识。

4.4 四级质控（证明级）：确保质量文件真实性

针对随货《质量证明文件》中热处理曲线雷同、参数可信度低的现象，监造人员重点推进数据真实性抽核与关键工艺参数现场见证。可通过随机调取原始记录、多批次数据比对、现场设备参数核实及人员资质验证等方法，筑牢质量证明可信基础。具体实施中，应建立质量证明文件的审核标准流程，明确审核要点和方法。对热处理曲线、无损检测报告、化学成分分析报告、力学性能试验报告等关键文件进行重点审核。采用信息技术手段，如区块链技术，确保质量数据的不可篡改和可追溯性。对提供虚假质量证明文件的行为，采取严厉的处罚措施。

4.5 五级质控（验收级）：改进现场验收方式

结合目前《工程材料报审文件》审查形式化、手段单一的问题，系统引入专业抽样检测、第三方验证、数字化审查工具及验收评估机制，对技术文件开展深度核验，实现从“有无”到“正误”的验收质量跃升。具体实施中，应根据材料的重要性和风险等级，制定不同的验收方案。对关键材料，实行全数检验或加大抽样比例；对一般材料，实行抽样检验。引入第三方检验机构，对材料质量进行独立验证。采用先进的检测设备和技 术，如超声波检测、射线检测、光谱分析等，提升检测的准确性和可靠性。建立验收数据的电子化管理系

统，实现验收结果的实时上传、共享和分析。

5 经验总结与启示

通过本次质量事件的处理与反思，我们深刻认识到质量风险防控必须坚持“技术+管理”双路径并行：技术路径方面，要通过检验前移、工艺参数与数据真实性核验，增强技术标准的执行刚性；管理路径方面，要借助体系优化、责任明确、激励机制及第三方参与，构建透明、闭环、可追溯的质量管理体系。

最终形成“螺旋上升”的质量改进机制：优（事前预防）阶段要注重周密计划与严格执行；良（事中控制）阶段要强化全面检查与精准检测；劣（事后处理）阶段要做到彻底处置与持续优化。这种螺旋式上升的质量改进模式，能够确保质量问题得到根本解决，防止同类问题重复发生。

结语

合金管件作为化工装置的关键组成部分，其质量直接关系到整个装置的安全与稳定运行。本文通过实际案例剖析，从管理和技术两个维度提出双重防控路径，具有较强的实践性与行业推广价值。所构建的质量管理体系和技术验收标准，能够为同类工程项目的质量管理提供系统解决方案，有效推动行业从“事后补救”、“事中处置”向“事前预防”转型。未来，还将继续深化研究，不断完善质量控制方法，为提升行业整体质量水平贡献力量。

参考文献

- [1]张明,李强.化工装置中合金管件质量控制研究[J].压力容器,2020,37(5):45-50.
- [2]王建军,刘红.重大工程材料质量管理体系构建研究[J].工程质量,2019,37(3):12-16.
- [3]陈志华,赵刚.工程质量风险防控理论与实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2021:78-82.
- [4]周明,吴涛.应力腐蚀裂纹形成机理及预防措施[J].材料工程,2022,50(2):34-39.