

高压气体管道施工质量控制与成本管理

李祥虎 王会立

中建三局集团有限公司 湖北 武汉 430073

摘要：本文以二一厂天津能力提升建设项目201b号总装测试厂房供气工程为例，深入探讨高压气体管道施工过程中的质量控制与成本管理。通过对项目施工方案、施工流程、质量控制措施、成本管理策略等方面的详细分析，提出了一系列提高高压气体管道施工质量、降低施工成本的有效方法和措施，旨在为类似工程提供参考。

关键词：高压气体管道；施工质量控制；成本管理

1 引言

高压气体管道在工业生产、能源输送等众多领域发挥着关键作用，其施工质量和成本直接影响工程的安全性、可靠性和经济效益。在高压气体管道施工过程中，严格的质量控制是保障管道安全运行的基础，而合理的成本管理则是提高项目经济效益的关键。本文以二一厂天津能力提升建设项目201b号总装测试厂房供气工程为具体案例，对高压气体管道施工质量控制与成本管理进行全面、深入的研究。

2 工程概况

本项目涉及多种高压气体管道，包括25MPa压缩空气管道、42MPa压缩空气管道、25MPa氮气管道、25MPa氦气管道、42MPa氦气管道以及0.6MPa排气管道。管道及管件材质要求严格，所有系统管道采用304#不锈钢管，除了排气管道外所有管道内壁要求酸洗钝化处理。管道的三通、变径、弯头等管件均采用成品件，且必须满足现行国标要求。压缩空气、氮气和氦气均由厂房西侧的408动力站及后续408a号动力站供应。排气管道则将氮气与氦气管道使用点设置统一的排气管道，排至室外安全处。

3 施工质量控制

3.1 施工准备阶段的质量控制

3.1.1 人员及设备要求

配备专业技术人员、焊接人员、焊接检验人员、管工、起重工、电工等。焊接人员、焊接检验人员必须具有国家授予的专业考核机构考核合格的证书，并满足合格证许可的项目内容。例如，焊接人员应具备相应材质和压力等级管道的焊接经验，熟悉焊接工艺规程和操作规范。施工所用焊接设备、安装设备、检验设备、起重设备应满足工程项目的需求。焊接设备应定期进行维护和保养，确保其性能稳定^[1]。例如，氩弧焊机应具备稳定的电流和电压输出，以保证焊接质量。安装设备如吊车、叉车等应具备相应的起重能力和安全性能，确保管

道安装过程中的安全。

3.1.2 管道组成件购置及验收

管道组成件采购应选择具有质量保证的供应商，对供应商的资质、信誉、生产能力等进行全面评估。签订采购合同时，应明确管道组成件的质量标准、技术要求、验收方法等条款。所有管道组成件必须具有制造厂的质量证明文件、合格证，其质量不得低于国家现行标准的规定。管道进场后，需报监理单位进行验收，验收内容包括外观检查、尺寸测量、材质复验等。例如，检查管道表面是否有裂纹、砂眼、褶皱等缺陷，测量管道的外径、壁厚等尺寸是否符合设计要求，对有疑问的材质进行化学成分分析和力学性能试验。

3.2 施工过程中的质量控制

3.2.1 管道施工工艺

（1）管子加工：管子加工中，切割环节需在切断前移植原有标记以便后续追溯，不锈钢管采用机械切割，焊件切割及坡口加工若用砂轮操作，要使用不锈钢专用砂轮片，防止污染管子表面，切口表面应平整且无裂纹、重皮等缺陷，切口端面倾斜偏差 Δ （依据GB50235—2010）不得大于管子外径的1%且不超过3mm；坡口加工方面，管子、管件的坡口形式和尺寸按GB50235—1997附录B第B.0.1条~第B.0.6条确定，应采用车床、刨床等机械加工方法以保证精度和表面质量，加工完成后要外观检查并去除坡口表面氧化皮和熔渣。

（2）管道预制：包括施工前准备、材料领用、管道表面除锈（埋地部分加强级防腐）、划线、尺寸检查、下料切割、坡口加工、焊口检查、组对、点焊、检查、焊接、外观检查、焊后处理、检验（尺寸、硬度、无损探伤）、液压试验、泄露性试验、管道吹扫与清洗、防护、标识。在预制过程中，应严格按照工艺规程进行操作，确保预制管段的质量。例如，在管道表面除锈时，应采用喷砂除锈或酸洗除锈的方法，使管道表面达到

Sa2.5级的除锈标准。

(3) 管道现场安装: 包括预制管段搬运至现场、管内清理、配管支撑安装、管段组对点焊、检查(尺寸、焊口)、焊接、外观检查、检验(尺寸、硬度、无损探伤)、管内清洗、系统压力试验、防腐保温(地理部分)、管道吹扫与清洗、氮气置换、成品保护。在现场安装过程中, 应注意保护预制管段的表面质量, 避免碰撞和划伤。管道组对时, 应保证对口间隙、错边量等符合规范要求。

3.2.2 支架制作安装

管道支架采用综合支架, 由加工厂集中预制加工。在预制过程中, 应严格按照设计图纸和施工规范进行加工, 确保支架的尺寸精度和焊接质量。例如, 支架的焊接应采用满焊的方式, 焊缝高度应符合设计要求。支架安装由给排水专业队伍进行安装。东辅楼部分采用10#槽钢焊接制作支架, 支架安装及固定方式根据现场其他管线情况综合考虑^[2]。在安装过程中, 应保证支架的水平度和垂直度, 确保管道的安装质量。支架与管道之间应垫入橡胶垫等减震材料, 减少管道运行时的振动和噪音。

3.2.3 管道焊接

施焊人员须持对应材料且在有效期内的特种作业焊接资格证, 并定期接受技能培训考核。焊接时, 直管段上两对接焊口中心面间距、焊缝距弯管起弯点距离均不得小于管子外径, 焊缝距支架净距不小于50mm, 严禁在管道焊缝及其边缘开孔。焊条需储存于干燥通风处, 温度5-35℃、相对湿度不大于60%, 预热烘干后置于保温桶, 取出后大气中放置不超过4小时可重复使用, 超时需重新烘干且仅限一次, 有被覆剂脱落等情形不得使用。焊接施工时, 坡口形式和尺寸依图纸等规定, 点焊不影响正式焊接品质且避开重要部位, 焊肉充足无缺陷, 湿度90%RH、风速8M/S以上需采取防风防潮措施, 组对时清理坡口污物, 对接焊口内壁齐平、错边量符合要求, 严禁在坡口外母材表面引弧和试电流, 多层焊层间接头错开并清理检查, 管内防止穿堂风, 焊接完毕清理焊缝并做标记, 高压不锈钢管道禁止电焊其他材质卡具或临时支、吊架, 焊缝表面需酸洗及钝化处理以提高耐腐蚀性。

3.2.4 射线探伤

外观检验涵盖管道各部件及施工过程, 焊接接头先按GB/T20801外观检查, 合格方可无损检测。无损检测施工与质量依GB50235、GB50184及GB/T20801.5执行, 焊缝质量按NB/T47013.2-2005达I级。检测比例上, 高压力管道100%探伤, 排气管道10%。缺陷超标需返修并按原法检测, 抽样有缺陷则累进检查, 返修不超两次。记录

管理做好检测记录、报告, 资料保存不少于7年。探伤安全规定开孔焊缝探伤范围, 作业前清理安全距离、交计划并设警示标志。

3.2.5 管道敷设

安装前管道组成件必须脱脂处理, 采用有机溶剂(如四氯化碳、三氯乙烯)或碱液脱脂法, 完成后用紫外线灯等方法检查确保内壁无油迹, 且安装前要严格检查防止油迹污染; 管道内部需清洁无杂物, 安装前用压缩空气吹扫、白布擦拭清理; 焊缝布置要便于检测检修, 与墙壁、楼板或管架距离不小于100mm; 管道连接时不得强行对口, 不能用加偏垫或多层垫消除缺陷, 对口时在距接口中心200mm处测量平直度, 允许偏差1mm; 安装间断时应及时封闭敞开口, 预制管段清理后封闭, 可用塑料布包裹、木塞封堵; 安装不锈钢管道用木锤、橡胶锤等非金属工具, 高压手动截止阀安装便于拆卸检修, 不锈钢管与支架间垫四氟聚乙烯或不锈钢垫片防电化学腐蚀, 管道穿墙加设套管且套管内管道不得有焊缝, 必要时安装位置及标高可依现场调整, 但要符合设计要求和相关规范。

3.2.6 液压试验

试验前, 调校且在检验周期内的压力表精度不低于1.6级、量程为被测最大压力值的1.5—2倍且不少于两块, 试验介质须干燥洁净, 奥氏体不锈钢相关管道试验时水中氯离子含量不得超50ppm, 需用0.2MPa空气预试验检查密封性, 划定禁区、设警戒线与警示标志并安排专人监护; 试验参数依管道类型(如25MPa压缩空气等)确定试验介质、温度、设计压力与试验压力; 试验时, 管道安装完毕且无损检验合格后进行, 缓慢升压至试验压力稳压10min, 再降至设计压力稳压30min, 以压力不降、无渗漏为合格, 安排专人监测记录, 异常立即停试并处理; 试验前, 试验范围内管道安装工程除涂漆、绝热外按图完成且质量达标, 焊缝等待检部位未涂漆绝热, 压力表校验合格, 管道按要求加固(如采用临时支撑、加固梁等)防止位移变形。

3.2.7 管道焊缝酸洗

动力系统管道焊缝分别独立的进行酸洗, 在酸洗和钝化前先进行表面清理和修补, 把表面损伤的地方修补好, 用手砂轮机磨光, 把焊缝上的熔渣和焊缝近旁的飞溅物清除干净。酸洗的常用两种方法是酸液酸洗和酸膏酸洗。酸膏酸洗又有浸洗和刷洗。本项目动力管道焊缝计划采用酸膏酸洗, 酸膏酸洗是将制好的酸膏涂敷于设备上, 停留几分钟, 再用清水冲净。在酸洗过程中, 应严格控制酸洗时间和酸洗液的浓度, 避免对管道造成过

度腐蚀^[3]。酸洗完成后,应进行中和处理和钝化处理,提高管道的耐腐蚀性能。

3.2.8 管道的吹扫与气密性试验

吹扫用干燥压缩空气,压力不超设计值、流速 $\geq 20\text{m/s}$,隔离不允许吹洗设备。吹洗前重要部件不装,焊接阀门仪表作保护,按主管、支管、疏排管顺序进行,脏物不得入合格管道,检查加固支吊架,设安全禁区。目测排气无烟尘时设靶板,5min内无杂物为合格,复位时多单位检查并记录。泄露性试验在安装检验及水压试验合格后进行,试验压力为设计压力1.0倍,用干燥洁净空气或惰性气体,温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$,发泡剂检验,无泄漏且保压 ≥ 30 分钟为合格,发现泄漏及时处理。

4 施工成本管理

4.1 成本控制措施

4.1.1 人工成本控制

合理安排施工人员,依据施工进度与实际情况动态调整数量和岗位,如管道安装高峰增管工、焊工,淡季安排培训休息,避免窝工怠工;提高劳动效率,强化施工人员培训管理提升技能与责任心,采用先进工艺设备(如推广自动化焊接设备)提高施工效率;建立激励机制,设人工成本考核指标,对节约成本班组个人奖励、超支处罚,调动施工人员积极性以降低人工成本。

4.1.2 材料成本控制

严格采购管理,选质量可靠、价格合理的供应商,通过招标、询价确定采购价,与供应商签长期合作协议争取优惠价格和付款条件;加强验收保管,材料进场严格按标准验收,确保质量数量达标,建立保管制度,分类存放、标识管理,如钢材防锈、焊材保温,防止浪费损失;合理控制领用,建立领用制度,依施工进度和实际需求把控领用数量,实行限额领料,对超领材料审批分析、查找原因并解决。

4.1.3 设备成本控制

合理配置施工设备,依据项目施工特点与要求选对类型规格,避免闲置浪费以提高利用率,大型设备可通过租赁降低购置成本;加强设备维护保养,建立制度定期检查维修,延长寿命、降低维修成本,同时强化操作人员培训提升技能,减少操作不当致损;优化设备使用

方案,合理安排作业时间与顺序,如采用流水作业让设备连续运转,减少空转时间提升效率。

4.1.4 管理成本控制

优化项目管理流程,精简管理环节以提升效率,借助信息化手段如项目管理软件实现进度、成本、质量管理自动化,降低管理成本;加强费用监控分析,建立监控指标体系,定期对人工、材料、设备等各项费用动态分析,及时发现并解决成本超支问题;严格控制项目变更,尽量规避不必要变更,确需变更时严格依程序审批,评估成本影响并调整措施^[4]。

4.2 成本核算与分析

定期开展成本核算,涵盖人工、材料、设备、管理等实际发生额,并与预算成本对比算出偏差;深入进行成本偏差分析,从人工效率、材料价格等多维度剖析超支或节约原因,为成本控制提供依据;依据分析结果及时调整措施,对超支项目针对性降本,对节约项目总结推广经验,通过持续核算与分析实现项目成本有效管控。

结语

高压气体管道施工的质量控制与成本管理对项目顺利推进及提升经济效益至关重要。施工时需严格遵循规范标准,从人员、设备、材料、工艺等多方面强化质量控制,保障管道安全运行。同时,要合理控制成本,借助控制措施及核算分析等手段降低成本、提高效益。本文以2016号总装测试厂房供气工程为例,为同类工程提供参考。实际工程中,应结合项目情况灵活运用方法,持续探索创新,以适应市场需求与工程建设要求。

参考文献

- [1]哈尔滨工业大学,哈工大苏州研究院.一种高压气体管道泄漏在线监测方法及系统:CN202411876754.3[P].2025-04-04.
- [2]何建军,刘己平,付长卫,等.影响供气管道洁净度的原因分析及控制措施[J].低温与特气,2025,43(01):27-33.
- [3]丁俊华.超高速干气密封气膜润滑热动力学行为及运行状态识别[D].兰州理工大学,2024.
- [4]中铁二十二局集团第三工程有限公司.一种高压供气管道对接装置及其方法:CN202411937149.2[P].2025-03-25.