

煤气净化系统工艺管道施工技术关键点研究

牛生亮 (山东钢铁股份有限公司, 山东 济南 271104)

摘要: 在煤化工体系中, 煤气净化系统是核心配套设施, 其工艺管道承担着煤气输送、介质换热、杂质分离等功能, 管道施工质量关系到系统运行安全性、稳定性。对此, 本文重点探究煤气净化系统工艺管道施工技术, 包括施工准备、管道预制加工、现场安装、焊接作业、防腐保温、试压等各环节实施要点, 旨在为同类工程管道施工提供技术参考。

关键词: 煤气净化系统; 工艺管道; 焊接施工; 防腐保温

中图分类号: TQ547 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 008-0121-03

Research on Key Points of Construction Technology for Gas Purification System Process Pipeline

Niu Shengliang (Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Shandong Jinan 271104, China)

Abstract: In the coal chemical industry system, the gas purification system is the core supporting facility, and its process pipeline bears the functions of gas transmission, medium heat exchange, impurity separation, etc. The quality of pipeline construction is related to the safety and stability of system operation. This article focuses on exploring the construction technology of process pipelines for gas purification systems, including construction preparation, pipeline prefabrication and processing, on-site installation, welding operations, anti-corrosion and insulation, pressure testing, and other key implementation points. The aim is to provide technical references for pipeline construction in similar projects.

Keywords: gas purification system; Process pipeline; Welding construction; anti-corrosion and thermal insulation

煤气净化系统可将粗煤气中的硫化氢、焦油、氰化氢、粉尘等物质进行净化, 使其达到工业使用标准或排放标准。工艺管道作为煤气净化系统连接脱硫塔、脱氰塔、洗苯塔、煤气鼓风机的核心装置, 其输送介质具有易燃性、腐蚀性、毒害性等特点, 且在系统运行中管道内温度、压力波动频繁, 对管道焊接质量、密封性、防腐性有着极高要求。若工艺管道存在质量缺陷, 可能引发介质腐蚀、气体外泄、堵塞等问题, 不仅会影响正常生产, 还可能造成火灾、中毒、爆炸等事故。对此, 在煤气净化系统工艺管道施工中, 必须抓住工艺关键点、保障施工质量, 确保工艺管道长期、稳定运行。

1 施工前期准备

设计、施工、监理、业主等多单位共同开展图纸会审, 核对管道规格、材质、连接方式、匹配度是否满足标准, 确定变径、弯头、三通等特殊部位施工要求, 梳理管道走向与建筑、其他管道是否有冲突点, 若有需要及时优化变更。层层落实技术交底, 技术负责人向班组、作业人员交底, 确定施工标准、质量标准、安全操作规范。根据输送介质特性选择工艺管道与配件, 接触腐蚀性介质的管道需采用防腐涂层钢管。材料进场检查质量证明材料, 核对材料规格、型号、材质等信息。钢管、管件、阀门外观要求无凹陷、裂纹、变形、锈蚀等情况, 所有材料不得混放, 按照不同规格、不同材质分类堆放, 并做好标识, 法兰、阀门等精密

配件单独存放并做好防护, 不得磕碰和受潮^[1]。

施工所用的切割、坡口加工、焊接、组对、试压、吹扫等设备均要提前校准和试运行, 确保各个设备正常运行、精度达标, 特别是检测装置和焊接设备, 需计量鉴定合格且在有效期内使用。

2 管道预制加工

煤气净化系统工艺管道采用工厂化预制、现场组装施工方法。根据所选管道材质科学选择切割方式, 碳钢管道使用氧乙炔切割、不锈钢管道采用等离子切割, 严禁使用氧乙炔切割, 以防高温损伤材质。切割前清理管道端部杂质, 切割时严控切割精度, 要求切面无裂纹、重皮、缺肉等情况, 切口端面和管道轴线垂度 $\leq 1\%d$ (d 为管道外径) 且 $\leq 2\text{mm}$ 。坡口加工后打磨处理去除氧化层, 用丙酮清洗坡口表面。在预制平台上进行管道预制组对, 组对前再次核对管道信息, 组对期间严控管道直线度、同轴度、间隙, 要求管线直线度偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ 。组对期间保持弯头、三通、变径与管道轴线垂直, 法兰组对确保密封面平整、干净, 与管道轴线垂直, 要求密封面无间隙^[2]。

预制管道完成加工后统一标识, 包括项目名称、编号、规格、材质、焊接焊工号、日期等。预制管段按照编号分类存放, 加强防护作业, 碳钢管道预制段涂刷底漆, 以防锈蚀, 不锈钢管道预制段包裹塑料膜, 以免坡口被污染。运输装车时确保固定牢固, 以防磕碰导致坡口受损、管段变形, 保障现场安装精度。

3 现场安装组对

现场安装组对质量关乎到管道整体安装精度、系统运行效果,应根据现场工况严控安装定位、组对连接、设备接口搭配等工作。

3.1 精准测量与安装定位

正式安装前,结合设计图纸、现场基准点,精准测量管道支架、管墩位置、标高,根据测量结果防线,保证管墩、支架的安装精度。管道支架为管道的承重结构,需根据管道管径、介质重量、运行温度展开设计。支架可细分为滑动支架、固定支架、导向支架等,安装期间需确保支架焊接牢固、标高与设计一致,固定支架与仅仅贴合管道,导向支架、滑动支架应保持管道伸缩畅通性,无卡阻情况。管道安装定位中,使用水准仪、全站仪等工具精准测量,严控管道轴线位置、标高、坡度,煤气净化系统工艺管道有介质自流要求,必须严控管道坡度,实际偏差 $\leq 10\%$ 设计坡度。管道和设备接口连接中,以设备接口为基准找正,不得强行组对,以防安装应力过大导致接口变形、受损,降低管道密封性。

3.2 现场组对连接质量控制

正式组对前再次清理预制管段的坡口、密封面,将灰尘、焊渣、铁锈等去除干净,不锈钢管道坡口、密封面用丙酮擦拭,保持连接面清洁度。管段组对中,保证坡口间隙、钝边厚度符合焊接标准,组对间隙均匀、无错边,错边量 $\leq 10\%$ 壁厚、 $\leq 2\text{mm}$,严控不锈钢管道错边量,以免局部应力集中开裂。在工艺管道连接中,法兰作为主要连接方法,其密封质量关乎到管道密封性能,法兰组对中确保法兰密封面平行、对中,根据垫片安装要求严控法兰间距,垫片根据输送介质、压力、温度选择,包括耐油橡胶垫、金属缠绕垫、聚四氟乙烯垫等,安装时居中放置垫片,不得产生偏移,采用对称均匀紧固方式紧固螺栓,检查螺栓紧固力,必须100%达到设计标准,以防紧固力不均导致垫片变形、产生泄漏点,不锈钢法兰栓均匀涂抹防粘剂,避免法兰和螺栓粘连^[3]。

3.3 特殊部位安装

煤气净化系统工艺管道中特殊部位安装是施工难点,如变径、弯头、三通、阀门等,必须保证安装质量达标。其中,弯头安装中根据介质流向设置弯头方向,保证二者一致性,变径管选用偏心变径,水平安装煤气管道使用底平偏心变径,避免管道局部积液、积渣。正式安装阀门前开展严密性、强度试验,试验合格后再安装,安装期间确保阀门方向和介质流向一致性,在便于人工操作的处安装阀门手柄。安装法兰式阀门时,要求阀门两端法兰和管道法兰对中,不得

强行紧固螺栓。另外,煤气净化系统内还包含大量仪表管、伴热管,在安装工艺管道时同步进行施工,沿着工艺管道就近设置仪表管,做好紧固工作,伴热管安装需紧密接触工艺管道,以保障换热效果,焊接伴热管时避免焊渣溅射到工艺管道表面,以防工艺管道防腐层受损。

4 焊接施工技术

焊接质量关乎到管道密封性、耐腐蚀性、强度,考虑到煤气净化系统管道输送介质的特殊性,必须同时控制焊缝内在质量、外观质量。

4.1 制定针对性焊接工艺指导书

根据管道材质、壁厚、焊接方式、焊接部位等开展焊接工艺评定,编制焊接工艺指导书确定焊接各项参数,如焊接材料、电流、电压、速度、层间温度、保护气体流量等。碳钢管采用手工电弧焊,不锈钢管采用氩弧焊打底、手工电弧焊盖面方案,氩弧焊打底能确保焊缝根部熔透,保证焊接密封性,焊丝选用ER308、ER316系列,焊条选用E308、E316系列。焊接材料需提前按照要求进行烘干、保温,碳钢焊条、不锈钢焊条烘干温度分别为350-400℃、200-250℃,持续保温1-2h,完成烘干后将焊条放到保温筒内防潮,随用随取^[4]。

4.2 强化焊接过程质量控制

正式焊接前对坡口及其两侧20mm范围内表面展开彻底清理,去除表面氧化皮、油污、杂物,使用丙酮擦拭表面,完成清理后即可准备焊接工作。焊接期间严格按照焊接工艺指导书工艺标准进行,严控焊接电流、电压供给的稳定性,以免剧烈波动产生焊接缺陷。氩弧焊打底作业中,要求氩气纯度 $\geq 99.99\%$,气体供给流量控制在8-15L/min之间,保护焊缝根部,不得有氧化、气孔等缺陷问题。多层多道焊接中,需重点控制层间温度,碳钢管道、不锈钢管道的层间温度分别 $\leq 300\text{℃}$ 、 $\leq 150\text{℃}$,完成没到焊缝焊接工作后,及时清理焊渣和飞溅物,对焊缝表面进行检查,确认无缺陷后再开展下一道焊缝焊接,层间不得有夹杂、未熔合等缺陷。焊接期间不得在非焊接区引弧,不锈钢管道完成焊接后快速酸洗钝化处理,将焊缝表面氧化皮去除干净,强化焊缝处的防腐性能。

4.3 焊缝检测

完成焊缝焊接后,先开展外观检查,要求焊缝处成型良好、表面平整,无夹渣、裂纹、未焊透、咬边等情况,焊缝余高在0-3mm之间,咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$,长度 $\leq 10\%$ 焊缝总长且 $\leq 100\text{mm}$ 。完成外观检查且合格后按照规范标准开展无损检测,煤气净化系统工艺管道焊缝无损检测方法包括射线检测

(RT)、超声波检测(UT),高压管道、关键衔接处的焊缝射线检测比例应为100%,一般管道焊缝射线检测比例 $\geq 20\%$,无损检测合格等级 $\geq \text{II}$ 级。针对检测中发现的质量缺陷及时返修处理(补焊、重焊),返修后重新进行无损检测直至合格,焊缝不合格严禁投入使用^[5]。

5 防腐与保温施工技术

5.1 防腐施工

施工前对管道表面除锈处理,根据防腐层要求确定除锈等级,可采用喷砂除锈、抛丸除锈工艺,除锈等级 $\geq \text{Sa}2.5$ 级,要求板面无灰尘、氧化皮、铁锈、油污,完成除锈后4h内涂刷防腐层,以免二次生锈。管道外防腐采用“环氧富锌底漆+环氧云铁中间漆+聚脲面漆”防腐体系,保持涂刷面均匀、无流挂、无漏涂,总厚度 $\geq 300\mu\text{m}$ 。不锈钢管内防腐根据介质特性使用食品级防腐涂层或酸洗钝化处理,强化涂层的耐腐蚀性、附着力。在防腐施工中做好法兰密封面、阀门、仪表接口等部位防护工作,避免受到防腐涂层污染而影响密封效果。防腐涂层施工完毕后进行电火花检漏试验,防腐层完整、无漏点即为合格,破损部位及时补涂。

5.2 保温施工

防腐施工完毕后进行保温施工,根据管道介质温度选择保温材料,包括岩棉、玻璃棉、聚氨酯泡沫塑料等,入场时进行质量检验,合格后再使用。采用管壳式保温,壳体与管道紧密贴合,管壳间拼缝 $\leq 5\text{mm}$,缝隙填充保温材料以防热量散失。多层保温的拼接缝相互错开,不得有贯通缝。使用保温钉固定保温层,确保牢固性,若是不锈钢管道需使用不锈钢保温钉,以防不同材质产生电化学腐蚀。在保温层外做保护层,使用镀锌铁皮或铝皮制作,要求保护层安装牢固、凭证,搭接部位使用咬口连接,搭接宽度控制在50~70mm之间,保护层表面不得有翘边、破损、褶皱等缺陷,加强密封处理,以防灰尘、雨水进入保温层影响其保温效果。保冷管道需在保温层、保护层间设置防潮层,防潮层用防水卷边或防水涂料,保障防潮层的密封性、完整性,避免水汽渗透其中。

6 试压与吹扫施工技术

6.1 试压

试压前检查管道系统,保证管道安装、焊接、防腐、保温施工质量达标,支架、固定点安装牢固,阀门处在正确位置,压力表经计量检定合格,量程为试验压力的1.5~2.5倍,精度 ≥ 1.6 级,试压系统设置 ≥ 2 块压力表。试验升压分阶段进行,包括试验压力的30%、60%、100%(1.5倍设计压力),每个

阶段升压后检查管道情况,无异常后继续升压直至100%,稳压30min后检查压力表压降,无压降为合格。强度实验完毕后进行严密性试验,将压力降低至设计压力,持续稳压24h,要求期间压降 $\leq 1\%$ 设计值且 $\leq 0.01\text{MPa}$ 。完成试压后及时拆除试压件,排净管道内介质,不锈钢管道试压完毕后用压缩空气吹干,以防内部积水腐蚀。

6.2 吹扫

吹扫目的是清理管道内铁锈、灰尘、焊渣、杂物,以防运行时杂物堵塞管道、损害设备,吹扫介质采用清洁干燥的压缩空气或氮气,吹扫压力 ≤ 0.6 倍管道设计压力、流速 $\geq 20\text{m/s}$ 。吹扫前用你临时短管替代仪表、阀门、过滤器等精密固件,以防受到杂质影响而受损,管道末端设置吹扫口,出口处禁止站人。连续吹扫直接末端排出无色、无味、无杂的气体,用白布或铝板检查吹扫口,无杂质即为合格。针对脱萘、脱苯等特殊要求管道应采用蒸汽吹扫法,之后再压缩空气吹干,避免管道内部存有积液。催扫合格后将拆除的精密部件及时恢复,做好管道封闭工作,以防杂物再次进入管道内部。

综上所述,煤气净化系统管道施工中作为一项质量要求高、技术严格、多环节协同的工程,其施工质量关乎到煤气净化系统运行稳定性、安全性。在施工中,需以质量保证为核心,做好前期准备、预制加工、现场组对、现场焊接、防腐保温、试压等全流程工作。通过加强施工过程管控,消除施工中的风险隐患,提高管道强度、密封性、耐腐蚀性。未来,还需进一步优化施工工艺、积极使用“四新”、加强各环节协同配合,推动煤气净化系统工艺管道施工技术规范化、标准化、精细化发展进程。

参考文献:

- [1] 李智慧,曲宗杰,李家乐,等.钢铁厂焦炉煤气如何“清洁变身”?——脱硫脱氨净化技术与系统设计综述[J].金属世界,2025,(05):80-89.
- [2] 李进国.高炉煤气净化系统提升优化[J].冶金动力,2025,(03):69-72.
- [3] 吕义国.焦炉煤气净化系统开工调试[J].燃料与化工,2025,56(01):42-44.
- [4] 张静波,付强.焦炉煤气净化系统工艺优化研究[J].冶金与材料,2024,44(08):37-39.
- [5] 邵美怡.河钢邯宝焦化厂煤气净化系统工艺优化[J].山西化工,2023,43(07):85-87.

作者简介:

牛生亮(1986-)男,汉族,山东东平人,本科,助理工程师,研究方向:煤化工安全环保。