

化工行业压力管道安装工艺分析

林 浩 胡孙达 杨晓武 (温州市特种设备检测科学研究院, 浙江 温州 325000)

摘 要: 化工行业压力管道安装工艺对保障管道安全运行、化工生产顺利开展至关重要。文章围绕该工艺展开深入分析, 先是概述了压力管道安装工艺的基本内容, 包含安装前准备、连接方式、焊接检测及压力测试等环节, 接着通过实际案例剖析具体施工工艺, 强调关键点所在, 同时探讨了基于新技术应用、质量控制体系完善以及安全环保措施优化的工艺优化策略, 旨在为化工行业压力管道安装工作提供全面的参考, 助力提升安装质量与效率, 确保化工生产系统的安全稳定。

关键词: 化工行业; 压力管道; 安装工艺; 质量控制; 工艺优化

中图分类号: TQ055.8

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 032-0121-03

Analysis of Pressure Pipeline Installation Technology in the Chemical Industry

Lin Hao, Hu Sunda, Yang Xiaowu (Wenzhou Institute of Special Equipment Inspection and Research, Wenzhou Zhejiang 325000, China)

Abstract: The installation technology of pressure pipelines in the chemical industry is crucial for ensuring the safe operation of pipelines and the smooth progress of chemical production. This article provides an in-depth analysis of this technology, beginning with an overview of the fundamental aspects of pressure pipeline installation, including pre-installation preparations, connection methods, welding inspection, and pressure testing. It further examines specific construction techniques through practical case studies, highlighting key points of focus. Additionally, strategies for process optimization based on the application of new technologies, the improvement of quality control systems, and the enhancement of safety and environmental measures are discussed. The aim is to offer comprehensive guidance for pressure pipeline installation in the chemical industry, thereby improving installation quality and efficiency while ensuring the safety and stability of chemical production systems.

Keywords: Chemical industry; Pressure pipelines; Installation technology; Quality control; Process optimization

化工行业在国民经济中占据着重要地位, 压力管道作为化工生产关键的输送设施, 其安装工艺的合理性与规范性会直接影响整个化工系统的安全运行。但在实际生产中, 时常会出现因压力管道安装不当而引发安全事故的情况, 这不仅给企业带来了巨大损失, 还对人员生命安全构成了严重威胁, 所以对化工行业压力管道安装工艺进行细致分析, 深入探究其中的关键环节、要点以及优化策略, 有着重要的现实意义, 且能够为保障化工生产的高效、安全提供有力支撑。

1 化工行业压力管道安装工艺概述

化工行业压力管道安装工艺要求在安装前仔细核对管道设计图纸, 精准采购符合压力、材质等相应要求的管材管件并检查其质量证明文件, 同时确保施工场地及设备均已准备就绪。在管道连接方面, 常见焊接、法兰连接、螺纹连接等方式, 其中焊接需依据材质选定正确的工艺参数, 法兰连接务必确保密封面贴合良好, 螺纹连接要保证丝扣匹配且拧紧。待焊接施工完成后, 要通过射线检测、超声检测等无损检测手段排查焊缝内部缺陷, 随后在压力测试环节依据管道设计压力分级开展强度和严密性试验以确保管道承压能力与密封性达标, 且整个安装过程都要严格遵循相

关标准规范, 从而保障压力管道安全可靠运行, 满足化工生产需求。

2 化工行业压力管道安装工艺关键点分析

安装前准备工作是压力管道安装的基础, 对后续施工顺利开展意义重大, 其中施工方案审查需组织专业技术人员细致评估方案的可行性、完整性以及与现场实际情况的契合度, 确保方案涵盖管道安装流程、质量控制措施、安全保障等重要内容。管道材料检验不容忽视, 要严格核对管材管件的规格、型号、材质与设计要求是否相符, 仔细查看质量证明文件, 检查材料外观有无裂纹、机械损伤等缺陷, 对于合金钢等特殊材质还得进行光谱分析以防错用材料。现场环境评估同样不可或缺, 既要考虑施工场地的空间布局能否便于管道吊运、组对及焊接等操作, 又要关注环境温度、湿度、通风条件等, 像湿度大不利于焊接作业时采取除湿措施避免影响焊接质量, 且要确保现场具备良好安全防护条件为施工人员营造安全作业环境。

管道连接时, 焊接作为常用连接方式需依据不同材质精准选择焊接工艺参数, 如焊接电流、电压、速度、焊接材料等, 同时严格控制焊接环境, 做好防风、防雨等措施, 焊前的坡口加工、组对精度控制也极为

关键,要确保对口间隙、错边量等符合标准。焊后要及时进行外观检查,对不符合要求的焊缝及时返修,无损检测方面需依据管道重要性、介质特性等合理选择对应的方法,制定科学检测方案,准确判断焊缝内部及表面缺陷情况,对发现的缺陷严格按照返修工艺处理直至检测合格。

至于压力测试与验收要点,压力测试是检验管道承压能力的关键环节,要依据设计要求准确划分耐压试验和气密性试验压力等级,试验前确保管道系统安装完毕、支吊架牢固且临时加固措施到位,耐压试验时要缓慢升压,密切观察压力变化及管道有无变形、泄漏等情况,稳压时间满足规定要求,气密性试验着重检查管道密封性能,试验合格后按照验收规范对整个管道安装工程进行全面验收,核对施工资料、质量记录等是否齐全,确保管道安装质量完全符合要求,为化工生产安全运行筑牢基础。

3 内蒙某公司煤制天然气项目案例分析

3.1 项目概况

内蒙某公司煤制天然气项目是国内首个由国家发展改革委核准并投入商业化运营的大型煤制天然气示范项目,项目位于内蒙古赤峰市,其采用碎煤加压机化等技术,通过长输管道向北京供应燃气。该标段工艺管廊的压力、工艺管道材质多样,主要有 20#、304 等 5 种金属材质,管道介质包括氧气、氮气等,压力分高中低压不同等级,管道长度约 4.5 万 m。项目于 2013 年底一期投产供气,二期工程也已在 2023 年底建成投产,成为首都北京等地区重要的保供气源。

3.2 安装施工工艺

3.2.1 焊接工艺评定

在化工行业压力管道安装里,焊接工艺评定有着至关重要的作用,就拿内蒙某公司煤制天然气项目来说,其工艺管廊的压力、工艺管道因材质多样且承载着不同介质并处于不同压力等级,所以焊接质量直接关乎管道能否安全稳定运行。而焊接工艺评定正是通过一系列科学的试验与验证去确定合适的焊接工艺参数,以此确保焊接接头性能满足设计及使用要求,进而避免因焊接缺陷导致的泄漏、破裂等安全事故,最终保障长输管道能持续向北京稳定供应燃气。

该项目中焊接工艺评定需严格依照国家相关标准以及行业规范,例如针对 20#、304 等不同金属材质的管道要依据对应的材料焊接性能标准来操作,评定人员得从管道的材质特性、设计压力、使用工况等多方面综合考量以制定合理的评定方案,其评定流程先是由技术人员结合管道材质(如 20# 钢的碳含量、力学性能特点,304 不锈钢的耐腐蚀性及奥氏体组织特

性等)、管径、壁厚以及输送介质特性(像氧气的助燃性、氮气的惰性)来初步确定焊接方法(如手工电弧焊、氩弧焊等)、焊接材料(焊条、焊丝的型号选择)、焊接电流、电压、焊接速度等参数范围。

之后由具备相应资质的焊工按照 WPS 进行试件的焊接操作,在此过程中要严格控制焊接环境(如温度、湿度等符合要求)确保焊接过程的规范性,紧接着进行试件的检验环节,此环节涵盖外观检查(查看焊缝成型是否良好,有无表面气孔、裂纹等缺陷)、无损检测(利用射线探伤、超声探伤等手段检测内部缺陷)以及力学性能试验(像拉伸试验、弯曲试验、冲击试验等评估焊接接头的强度、冲击韧性等指标是否合格)。要是试件检验结果不符合要求,那么就要对焊接工艺参数进行调整优化,重新进行焊接和检验,直至评定合格。

3.2.2 焊接施工

焊接施工先是进行管道组对工作,其处于管道焊接前这一阶段,要严格控制管道对口间隙,依照不同管径和壁厚将对口间隙控制在 2 ~ 3mm 范围内,同时错边量要不超过壁厚的 10% 且不大于 1mm,并且采用专用对口工具来保证管道组对的同心度和直线度,以此为后续焊接创造良好条件。接着在焊接过程把控方面,需按照焊接工艺指导书,按从打底焊接到填充、盖面焊接的顺序依次进行操作,在每层焊道之间认真清理,去除焊渣、飞溅等杂质,且在焊接过程中严格控制层间温度,以防温度过高或过低对焊缝质量产生影响。

同时还要在关键焊接部位设置焊接质量控制点,安排专人进行旁站监督并实时记录焊接参数,确保焊接操作严格符合工艺要求。在焊后处理环节,焊接完成后要对焊缝及热影响区进行外观检查,及时处理所发现的表面缺陷,对于像 15CrMoG 等合金钢管道这类需要进行热处理的管道,则要按照规定的热处理工艺曲线开展热处理,对升温速度、恒温时间、降温速度等参数严格控制,以此确保消除焊接残余应力,提高焊缝及管道的综合性能。

3.2.3 其他关键工艺

在化工行业压力管道安装工艺中,支架选型与设计需依据管道的材质、管径、重量、介质以及运行工况等因素来开展,针对不同压力等级和介质的管道要选用不同形式的支架,像固定支架、滑动支架、导向支架等,以此确保管道在运行过程中能有稳定的支撑,并且可以满足管道热胀冷缩的变形要求,例如高温蒸汽管道大多采用滑动支架,便于让管道在轴向方向进行伸缩,且支架间距会根据管径大小合理设置,当

管径处于 DN100-DN200 时, 支架间距需控制在 8 ~ 12m 之间。

支架安装要求方面, 在进行支架安装时, 要确保其安装位置准确, 将标高偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内, 水平度偏差不超过 2mm/m , 同时与管道的接触部位要采用合适的垫板进行隔离, 防止损伤管道表面, 还要保证支架与管道之间的固定牢固可靠, 可采用焊接或螺栓连接等方式, 焊接时务必保证焊缝质量, 螺栓连接则要让拧紧力矩符合设计要求。

在管道组对工艺上, 除了焊接前的对口控制外, 在组对过程中还得考虑管道的坡度要求, 对于像输送液体这类有介质流向要求的管道, 需按照设计要求设置一定的坡度, 一般在 0.002-0.005 之间, 以此确保介质能够顺利流动, 避免积液等情况出现, 而且组对时还要利用激光水准仪等测量工具对管道的垂直度、水平度进行精确测量, 保证管道整体的安装精度。至于管道脱脂处理工艺, 对于输送氧气、氮气等介质的管道, 为防止油脂等杂质引发安全隐患, 要采用化学脱脂方法, 选用合适的脱脂剂, 比如四氯化碳等, 把管道浸泡在脱脂剂溶液中, 浸泡时间根据管道污染程度和管径大小来确定, 通常在 30min ~ 2h 之间, 浸泡后用清水冲洗干净, 接着用无油压缩空气吹干, 最后采用油脂检测试纸对管道内表面进行检测, 确保脱脂合格, 让油脂含量不超过规定的标准值, 进而保证管道的清洁度和安全性。

4 化工行业压力管道安装工艺优化策略

随着科技的持续发展, 诸多新技术能够助力化工行业压力管道安装工艺优化, 比如自动化焊接技术的引入, 其可凭借编程设定精准的焊接参数, 实现焊接过程的稳定且高效, 相较于传统手工焊接, 不但能极大提高焊缝质量的一致性, 还可减少人为因素导致的焊接缺陷。同时, 智能检测技术, 诸如智能超声检测设备、数字化射线检测系统等, 既能更精准地检测出焊缝内部细微缺陷, 又能提高检测效率与准确性, 而且还可自动生成详细检测报告, 方便后续分析与存档。另外, 利用虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 技术, 在施工前进行虚拟安装模拟, 借此帮助施工人员提前熟悉安装流程、排查潜在问题, 进而优化施工方案, 确保现场安装工作更加顺畅有序。

完善质量控制体系作为优化安装工艺的关键所在, 需要制定更为严格且细化的质量管理制度, 明确各施工环节的质量标准与验收规范, 加强对施工人员、材料、设备等多方面的质量管控, 例如定期组织施工人员参加专业技能培训与考核, 以此确保其熟练掌握最新的安装工艺与质量要求。在材料检验环节, 通过

增加抽检频次, 采用更先进的检测手段, 保证管材管件等材料质量合格, 同时优化质量检测流程, 建立质量问题追溯机制, 以便一旦出现质量问题, 能够迅速定位源头并及时解决, 避免问题扩大化。从安全与环保角度考虑, 在安全方面, 于施工现场配备更智能的安全监测设备, 像实时监测可燃气体浓度、风速等环境参数的传感器, 一旦出现异常即可及时预警, 保障施工安全。在环保方面, 推广绿色施工工艺, 例如采用环保型的焊接材料、脱脂剂等, 减少有害废弃物的产生, 对施工过程中产生的废料进行分类回收处理, 从而降低对环境的影响, 实现压力管道安装工艺的可持续发展。

5 总结

化工行业压力管道安装工艺涵盖了从前期准备直至具体施工, 再到后续质量把控与优化改进的诸多环节, 通过全面剖析安装工艺来明确各环节关键点, 并借助新技术应用、质量体系完善、安全环保强化等一系列措施对工艺加以优化, 这对于提升压力管道安装质量、保障化工生产能够安全稳定运行而言意义重大。随着化工行业不断发展以及技术持续进步, 依然需要持续对安装工艺的创新与完善予以关注, 从而使其能更好地契合化工行业不断变化的需求。

参考文献:

- [1] 马小勇. 化工行业压力管道安装工艺分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(06): 121-123+153.
- [2] 李金晓, 仪彤. 压力管道的安装工艺及其质量控制研究 [J]. 中国质量监管, 2024, (11): 70-71.
- [3] 郑峰刚. 化工行业压力管道安装工艺及质量管理 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49(05): 15-17.
- [4] 姜奥博, 钟姝姝, 李儒, 等. 石油化工压力管道安装工艺及质量控制重点的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(11): 16-18.
- [5] 海东源. 影响压力管道安装焊接质量的原因及其控制措施 [J]. 科技风, 2022, (06): 161.
- [6] 王建军, 刘艳萍. 压力管道焊接技术及质量控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2020.
- [7] 王敏, 宋建伟, 张汉勇. 石油化工压力管道安装工艺及质量控制重点分析 [J]. 石化技术, 2024, 31(10): 272-274.
- [8] 张立新, 陈晓峰. 化工管道安装中的无损检测技术应用进展 [J]. 焊接技术, 2023, 52(4): 88-92.
- [9] 赵刚, 李敏. 大型化工项目压力管道安装管理与安全评价 [J]. 化工机械, 2022, 49(3): 45-49.
- [10] 周涛, 徐静. 自动化焊接技术在油气管道工程中的应用研究 [J]. 现代焊接, 2024, 62(1): 34-38.