

# 大型煤化工项目工艺管道焊接新工艺探讨

司继春

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 宁夏 银川 750001

**摘要:** 本文聚焦大型煤化工项目工艺管道焊接, 剖析传统工艺局限性, 探讨新工艺。传统工艺在效率、质量稳定性和适应性方面存不足。新工艺基于自动化与智能化设备, 如自动化管道预制焊接技术, 利用计算机和传感器精准控参。钨极氩弧焊打底+焊条电弧焊盖面工艺, 氩弧焊打底保根部质量, 焊条电弧焊盖面灵活多样; 熔化极气体保护焊依保护气体分MIG和MAG; 激光焊接以高能量密度激光束为热源, 热影响小、变形小。新工艺具高质量、高效率、低人工依赖和强适应性特点, 介绍各工艺原理、流程、参数及质量控制要点, 为煤化工管道焊接提供技术参考与实践指导。

**关键词:** 大型煤化工; 管道焊接; 新工艺

引言: 大型煤化工项目的工艺管道焊接至关重要, 因其输送介质特殊, 对焊接要求极高。传统焊接工艺在应对大型煤化工项目时渐显乏力。其手工焊接效率低, 难以满足大规模需求, 使工期延长。焊接质量受人为因素干扰大, 缺陷难控, 危及管道安全运行。复杂管道系统适应性差, 不同材质、结构焊接质量不稳定。为攻克这些难题, 适应行业对焊接高质量、高效率的追求, 新工艺的探索与研究势在必行, 其有望为煤化工项目带来更可靠、高效的焊接解决方案。

## 1 大型煤化工项目工艺管道焊接概述

### 1.1 重要性及特点

大型煤化工项目工艺管道焊接具有不可替代的重要性。由于煤化工工艺管道输送的介质具有高温、高压、易燃、易爆以及腐蚀性等显著特性, 这就为焊接工作设定了极为严格的标准。焊接的严密性与强度必须达到极高水平, 因为哪怕是极其微小的焊缝泄漏缺陷, 都可能像一颗隐藏的炸弹, 随时引发严重的安全事故, 进而造成难以估量的经济损失, 对周边环境也会带来严重的污染破坏。

### 1.2 焊接工艺与材料选择

在焊接工艺方面, 手工电弧焊、氩弧焊、二氧化碳气体保护焊等是较为常见的方法。针对高温高压管道的对接焊缝等关键部位, 通常会采用氩弧焊打底的方式, 这种工艺能够有效保障根部焊缝的质量, 随后再运用手工电弧焊或二氧化碳气体保护焊进行盖面操作, 如此可显著增强焊缝的整体强度与密封性。而焊接材料的挑选绝非随意为之, 需要综合考量管道材质、介质特性以及设计要求等多方面因素, 其核心目的在于确保焊接材料与母材能够实现良好匹配, 使得焊缝的化学成分以及力学性能等都能精准符合相关标准。

### 1.3 现场管理与人员要求

施工现场管理是焊接质量的重要保障环节。必须严格把控焊接环境, 坚决杜绝在大风、湿度超标的恶劣天气状况下开展作业。若遇到此类情况且作业无法避免时, 应及时采取有效的防风、除湿等针对性措施<sup>[1]</sup>。焊接工人作为焊接工作的直接执行者, 必须持有专业资质且拥有丰富的实践经验, 他们需要经过严格的培训与考核后才能正式上岗, 并且在实际操作过程中, 必须严格遵循焊接工艺规程, 不容许有丝毫偏差。

### 1.4 工艺参数控制

焊接过程中的工艺参数控制对焊缝质量有着极为关键的影响。焊接电流、电压、焊接速度等参数需要依据管道材质、壁厚以及焊接方法等进行极为精确的调整与严格的把控。例如, 若焊接电流过大, 就容易致使焊缝出现过热、咬边等不良缺陷; 相反, 若电流过小, 则极有可能造成未焊透、夹渣等严重问题。与此同时, 焊接顺序的合理规划安排也不容忽视, 不合理的焊接顺序可能会产生过大的焊接应力, 这会对管道的使用寿命产生极大的负面影响, 导致管道过早出现损坏, 影响整个煤化工项目的正常运行。

## 2 新工艺探讨

### 2.1 新工艺的背景

在大型煤化工项目中, 传统焊接工艺逐渐暴露出很多局限性。一是传统手工焊接效率低下, 难以满足项目日益增长的大规模管道焊接需求, 导致工期延长。二是其焊接质量受焊工技术水平和工作状态等人为因素影响较大, 焊缝缺陷难以有效控制, 给工艺管道的安全运行带来隐患。此外, 对于复杂的工艺管道系统, 传统工艺的适应性不足, 在面对不同材质、壁厚、形状和结构的

管道焊接时,往往难以保证焊接质量的稳定性。为了克服这些局限性,满足大型煤化工项目对焊接高质量、高效率的严格要求,新工艺应运而生。

## 2.2 新工艺的技术原理

新工艺以先进的自动化控制技术和智能化焊接设备为核心。以自动化管道预制焊接技术为例,其借助计算机控制系统,能够精确控制焊接电流、电压、焊接速度、送丝速度等关键焊接参数,以及焊接路径。通过预先编写的详细程序,焊接设备可以依据管道的材质、壁厚、焊接位置等具体信息,自动、精准地调整焊接参数,从而实现焊接过程的自动化和智能化。不仅如此,新工艺还采用了先进的传感器技术,在焊接过程中实时监测温度、熔池状态等重要参数,并将这些数据及时反馈给控制系统。控制系统根据反馈信息,迅速做出调整,确保焊接参数始终保持在最佳状态,进而保证焊接质量的稳定性和一致性,还提高了焊缝的质量和可靠性。

## 2.3 新工艺的主要特点

(1) 高焊接质量:由于新工艺能够对焊接参数进行精确控制和实时监测,使得焊缝缺陷得到有效控制。气孔、夹渣、裂纹等常见缺陷的出现概率大幅降低,焊缝的熔深、熔宽更加均匀,组织更加致密。这种高质量的焊缝具有更高的稳定性和可靠性,即使在煤化工项目中高温、高压、易燃、易爆及腐蚀性等恶劣工况下,工艺管道也能够安全稳定地运行,有效降低了安全事故发生的风险。(2) 明显提高焊接效率:新工艺的自动化和连续化焊接过程,极大地缩短了焊接时间。与传统手工焊接相比,其效率提升显著,可达到数倍甚至数十倍。在大型煤化工项目中,往往需要焊接大量的工艺管道,新工艺能够在较短时间内完成这些任务,从而有效缩短项目工期,降低项目成本,提高项目的整体经济效益。

(3) 降低人工依赖和劳动强度:新工艺的自动化程度高,减少了对焊工手工操作的依赖。操作人员的主要工作转变为对设备的监控和参数设置,无需长时间进行高强度的手工焊接操作,劳动强度大幅降低。由于减少了人为因素对焊接质量的影响,焊接质量的一致性得到提高,有效避免了因焊工技术水平差异和工作状态波动而导致的质量问题。(4) 良好的适应性:新工艺具备很强的适应性,能够满足不同材质、壁厚、形状和结构的工艺管道焊接需求。无论是直管、弯管还是变径管等各种复杂形状的管道,只需根据具体情况调整焊接参数和程序,即可实现高质量的焊接。

## 3 大型煤化工项目工艺管道焊接新工艺

### 3.1 钨极氩弧焊打底+焊条电弧焊盖面工艺

#### 3.1.1 工艺原理及流程

钨极氩弧焊打底是该工艺的关键步骤之一,它借助惰性气体氩气作为保护气体,在钨极与焊件间形成电弧,电弧产生的高热量使母材和填充焊丝熔化,进而形成焊缝根部的打底焊道。氩气的存在有效隔绝了空气,防止焊缝根部在高温下被氧化,同时避免了气孔等缺陷的产生,为后续焊接提供了良好的基础<sup>[2]</sup>。完成打底焊接后,采用焊条电弧焊进行盖面焊接。焊条电弧焊的设备简单且操作灵活,能适应各种不同位置和形状的焊缝,通过焊条与焊件间的电弧作用,使焊缝表面得到填充和覆盖,形成最终的焊缝。其焊接流程比较严谨,首先要进行管道组对及清理工作,确保管道的对口精度和表面清洁度,为焊接创造良好条件。然后进行钨极氩弧焊打底焊接,之后仔细检查打底焊缝质量,确认无缺陷后再开展焊条电弧焊盖面焊接。最后对整个焊缝进行外观检查及无损检测,以保证焊缝质量符合相关标准和要求。

#### 3.1.2 焊接工艺参数

在TIG打底焊中,钨极直径需依据管道壁厚合理选择,一般在2.4~3.2mm范围内。焊接电流通常设定为80~150A,氩气流量保持在8~12L/min,焊接速度控制在6~10cm/min。而对于SMAW盖面焊,焊条直径选用3.2~4.0mm,焊接电流为100~180A,焊接速度则在8~15cm/min。

#### 3.1.3 质量控制要点

打底焊时,要精准控制钨极与焊件的距离,保持适中的间距,使电弧稳定燃烧,确保焊接过程的稳定性和焊缝质量的一致性。还要保证氩气流量稳定,防止空气混入保护气体中,影响氩气的保护效果。在盖面焊阶段,要特别注意控制焊条角度和焊接速度,使焊缝余高和表面平整度符合相关标准要求,保证焊缝外观质量。此外,必须严格按照既定的焊接工艺规程进行操作,加强对焊工的技能培训,提高焊工的操作水平和质量意识,同时强化质量监督,确保每一道焊缝都能达到规定的质量标准。

## 3.2 熔化极气体保护焊工艺

### 3.2.1 工艺原理及流程

熔化极气体保护焊(GMAW)是以可熔化的焊丝作为电极,在惰性气体或活性气体保护下进行焊接的方法。焊接过程中,焊丝连续送进,在电弧热作用下熔化并与母材熔合形成焊缝。根据保护气体的不同可分为熔化极惰性气体保护焊(MIG)和熔化极活性气体保护焊(MAG)。焊接流程:管道坡口加工及清理→安装焊接工装→调整焊接参数→熔化极气体保护焊焊接→焊缝清

理及检查。

### 3.2.2 焊接工艺参数

对于碳钢和低合金钢管道焊接,常用焊丝直径1.2mm,焊接电流180~280A,电弧电压22~30V,焊接速度20~40cm/min,保护气体一般采用80%Ar+20%CO<sub>2</sub>混合气体,气体流量15~25L/min。对于不锈钢管道,焊丝直径1.0~1.6mm,焊接电流160~260A,电弧电压20~28V,焊接速度15~30cm/min,保护气体采用纯氩或98%Ar+2%O<sub>2</sub>混合气体,气体流量12~20L/min。

### 3.2.3 质量控制要点

要确保保护气体的纯度和流量稳定,防止气体污染导致焊缝产生气孔等缺陷。焊接前要对焊丝进行严格的除锈和油污清理,焊接过程中要控制好焊接参数的稳定性,特别是电流和电压的波动范围。同时要注意焊接接头的起弧和收弧处的质量控制,避免出现弧坑裂纹等缺陷。

## 3.3 激光焊接工艺

### 3.3.1 工艺原理及流程

激光焊接的工艺原理是通过高能量密度的激光束作用于焊件材料,材料吸收激光能量后迅速升温至熔化或汽化状态,随后在激光束移开时快速冷却凝固,从而形成牢固的焊缝。它具有能量集中的特点,能使热量高度聚集在焊接部位,进而热影响区小,对焊件周边材料性能的影响也比较小,并且焊接变形程度能得到有效控制,这对于尺寸精度要求高的焊件意义重大。焊接流程严谨有序,首先是管道坡口制备及清洗,要保证坡口形状、尺寸精准,清除坡口表面油污、铁锈等杂质,为焊接创造良好条件;然后调试激光焊接设备,检查激光束聚焦及能量输出稳定性等;然后将管道准确定位与夹紧,防止焊接时位移;随后进行激光焊接操作,过程中保持激光束稳定照射以确保焊缝均匀一致;最后对焊缝质量检测,采用外观检查、无损检测等手段,保证焊缝符合相关标准要求。

### 3.3.2 焊接工艺参数

激光焊接的工艺参数需根据管道的壁厚和材质进行合理选择。以5~10mm壁厚的不锈钢管道为例,激光功率通常在2~5kW之间,焊接速度控制在1~3m/min,光斑直

径为0.8~1.5mm,离焦量则在-2~2mm范围内<sup>[1]</sup>。这些参数的精确控制对于保证焊接质量至关重要,不同的参数组合会直接影响焊缝的熔深、熔宽、成形质量等。

### 3.3.3 质量控制要点

首先要确保激光焊接设备性能稳定,激光束能量输出均匀,因其稳定性关乎焊接质量一致性,不稳定会导致焊缝熔深不均、出现气孔等,需定期维护校准设备。其次,焊件装配间隙应严控在0.1~0.2mm内,间隙过大会使激光能量传递受阻,导致焊缝未熔合等缺陷,影响强度和密封性。再者,焊接中要实时监测参数与焊缝成形情况,及时调整激光功率、焊接速度等,如熔深不足可增功率或降速度。最后,须对焊接接头严格无损检测,用X射线探伤或超声波探伤等方法,查焊缝内部是否有气孔、裂纹等缺陷。

## 3.4 某大型煤化工项目案例

### 3.4.1 机器人选型

在某大型煤化工项目中,选用了专门适用于管道焊接的工业机器人。这种机器人具备多轴联动功能,能够灵活地在复杂的工艺管道布局中进行焊接操作。比如,对管径不同、走向多变的管道系统,机器人可以根据预先设定的程序,快速调整焊接姿态。

结束语:本文通过克服传统工艺局限,以先进技术原理实现高焊接质量,显著降低焊缝缺陷率,保障管道安全运行。自动化与连续化的特性大幅提升焊接效率,缩短工期、节约成本。减少人工依赖并降低劳动强度,还提高了质量一致性。良好适应性使其能应对各种复杂管道焊接。钨极氩弧焊打底+焊条电弧焊盖面、熔化极气体保护焊、激光焊接等工艺各有优势与要点。

## 参考文献

- [1] 郜源,吴飞超.煤化工项目中低温工况下管道选材研究[J].天津化工,2024,38(6):116-118.
- [2] 杨伟锋,许斌,吴玉辉,刘桑,王孟果.船用脱硫装置特种不锈钢管焊接工艺设计[J].造船技术,2021,49(04):46-50.
- [3] 吴建宏.探讨石油、天然气管道焊接工艺现状及展望[J].新型工业化,2022,12(3):218-220、223.