

长输管道自动在线焊接技术

邓立超 张春旭 冯辉 王威

(海洋石油工程股份有限公司天津智能制造分公司, 天津 300450)

摘要: 长输管道的焊缝质量直接影响长距离输送油气的质量, 管道焊缝质量合格更是输送油气的重要保障。研究分析长输管道全自动在线焊接技术, 于长输管道焊接工程而言具有重要意义。在探讨长输管道全位置自动焊接技术概念及优势的基础上, 对长输管道全自动焊接技术主要装置、技术工艺流程与质量控制进行了简要分析, 以期促进长输管道焊接质量的有效提升。

关键词: 长输管道; 自动在线; 焊接技术

中图分类号: TE973

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 006-0097-03

Automatic Online Welding Technology for Long-distance Pipeline

Deng Lichao, Zhang Chunxu, Feng Hui, Wang Wei (Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: The weld quality of long-distance pipelines directly impacts the quality of oil and gas transportation, with compliant welds serving as a critical safeguard for efficient delivery. This study investigates fully automated online welding technology for long-distance pipelines, highlighting its strategic importance in pipeline engineering. By examining the conceptual framework and advantages of full-position automated welding, the paper provides a concise analysis of key equipment, technical processes, and quality control measures, aiming to enhance welding quality in long-distance pipeline systems.

Keywords: long-distance pipeline; automatic online; welding technology

1 长输管道全位置自动焊接技术的概念

长输管道全位置自动焊接技术作为新兴技术, 其主要利用智能微处理手法有效控制焊接设备, 科学模拟人工焊接方式。该技术所需焊接设施除自动化控制系统外, 还需行走轨道和焊接小车(附有焊枪), 其实施流程为: 按照设计要求固定管道, 将焊接小车规范安装在管道上; 焊枪连接着焊接小车, 随着小车在行走轨道管壁上转动而开始焊接作业。长输管道全位置自动焊接技术在保障施工效率优势的同时还能确保焊接质量, 有利于推动长输管道建设的进一步发展。

2 长输管道全自动焊接技术优势

长输管道全自动焊接技术在远距离油气输送领域具有明显的优势。

第一, 有效提升长输管道的施工效率。在传统管道焊接施工中, 焊接施工完成时间大概在 60min; 全自动焊接技术单次焊接完成时间在 30~40min, 且全自动焊接技术的施工效率与管道半径、厚度有着直接联系: 半径和厚度越小, 全自动焊接效率越高, 焊接时长也越短。在管道焊接连续性方面, 传统手工焊接施工由于施工人员交替完成焊接任务, 施工人员不同, 焊接手法也大不相同, 这对焊接质量有一定的影响; 而全自动焊接施工, 焊接设备经过人员定期维护与检修后, 可高效、连续工作, 有效保障管道焊接的连续性。

第二, 提升管道的焊接质量。全自动在线焊接技术因焊接设备的智能化程序设定, 确认好关键参数后,

依据附有的传感器功能, 有效识别管道全位置焊缝规格及位置, 尤其是管壁厚、口径较大的长输管道, 可有效降低人工焊接时潜藏的缺陷风险。在施工人员辅助焊接小车操作时, 有效降低施工压力, 保障焊接质量的前提下让管道既牢固又美观。

第三, 保障施工人员的工作环境。在长输管道全自动焊接技术有效应用下, 施工人员可远程把控管道焊接工作流程, 让焊接小车代替人工完成焊接作业, 如此可改善施工人员的工作环境: 降低复杂环境所带来的安全风险, 也避免焊接烟雾、弧光、大量粉尘烟雾等侵蚀身体。这对施工人员而言改善了工作环境, 也在一定程度上提升了施工效率。

第四, 降低管道焊接成本。自动在线焊接技术所需的焊接材料与管道焊接规格匹配度较高, 这在一定程度上有效降低材料浪费。在实际施工时, 专业人员科学管控全自动在线焊接程序, 让多管道按固定参数同时进行焊接施工、多机同步管理, 将大幅度降低焊接能耗与人工成本^[1]。

3 长输管道全自动焊接技术主要装置

长输管道全自动焊接技术主要装置为焊接小车搭载着焊枪的组合结构。焊接小车并不能自主行动, 而是安装在焊接轨道的设计位置上, 随着智能焊接系统的指令而进行转动。焊枪作为主要焊接工具, 依附焊接小车而开展管壁圆周运动焊接施工。焊接小车除了焊枪以外, 还有更为精细的焊枪摆动调节构件、送丝

构件以及行走构件等细节化组件。焊枪摆动调节构件作用于焊枪不同方向与姿态上的正常调整,满足不同焊缝规格的焊接要求;送丝构件主要保障送丝速度,确保焊接施工质量;行走机构则是依靠齿轮传动机与电机的良好控制,让焊接小车可正常执行焊接命令,而电机的速度测量与反馈机制、速度跟踪功能,确保焊接小车在管道环缝全位置对位的准确性。必要时,施工人员还需依据焊接小车的施工情况进行辅助焊接,保障长输管道焊接质量和整个工程质量^[2]。

焊接轨道是焊接小车的辅助机构,不仅可将焊接小车固定在轨道上,还会辅助焊接小车进行施工。因此,焊接轨道结构的稳定性对焊接小车的施工效率与质量有直接影响。焊接轨道为了固定焊接小车的位置,其大多设计为便于拆装的结构,且材质上还需选用耐腐蚀性、耐磨性较强的材料,其硬度与强度还有一定要求,方能保障焊接小车行走的平稳性。在实际操作时,焊接轨道有刚性、柔性两种区分:刚性轨道硬度较高,便于焊接小车定位,也能确保焊接小车的精准定位与行走平稳,缺点则是拆装不便利;柔性管道的环境适应性较好,也容易运送,但在固定焊接小车位置方面精度不足。因此,在选择焊接轨道刚性、柔性时,还需根据管道工程的实际情况而定。

4 长输管道全位置在线自动焊接技术工艺流程与质量控制分析

长输管道全位置在线自动焊接技术工艺流程的有效分析,对施工单位标准化施工控制目标有着直接影响,要求施工单位对施工工艺的重难点有着深入了解与掌握,遵循“质量优先、安全治理”的施工原则。为实现长输管道全位置在线自动焊接技术的质量控制目标,施工单位应合理提升全自动焊接的施工效率,保障施工质量与施工进度,从而确保工程质量。

4.1 前期准备工作

在长输管道全位置在线自动焊接技术投入使用之前,施工单位需做好前期准备工作。首先,全面检测管道施工现场。质检人员要对每根管道采取全方位的测量分析,像管道椭圆度和壁厚是否符合施工要求、管道质量性能是否方便开展全位置自动在线焊接施工等。检测数据需与设计方案保持一致。其次,打磨、清理管道坡口内外侧。管道内需焊接施工的地方,要求施工人员严格按照设计标准进行打磨处理,全面清理管道坡口内外附近的锈蚀处与油污杂物,直至外两侧露出金属光泽,方便管道接口工作顺利完成。最后,检验焊接材料与保护气体压力。质检人员全面开展入场焊接材料的检测工作,确保材料符合施工要求;检测保护气体压力时,需逐瓶细致地进行配合比检测,

确保与设计数据一致^[3]。

4.2 坡口加工

坡口加工流程对整个长输管道建设而言有着基础性作用,是整体管道焊接美观性与牢固性的重要保障。坡口加工正式施工前,施工人员应做好清洁工作与准备工作。检查焊接小车的构件是否齐全、焊枪是否连接完好;并对管道坡口内外侧杂物做好全面清理工作,让坡口机能够顺利连接管道,完成管道对接施工。如果坡口机的发电机是柴油动力,还应对接油量、冷却液等数据进一步检查。施工人员安排方面,施工单位至少安排每班2人监测坡口加工施工,而且施工人员应熟练掌握焊接小车的施工工艺,规范操作坡口机正确进行坡口加工流程。

在坡口加工处理过程中,施工人员对坡口机刀座、管道的管径、壁厚等情况进行仔细核对,若是相关参数发生变化则采取相应的处理办法。假如管道壁的厚度参数与设计数据不一致,相关人员需尽快调整刀座位置,根据实际情况规范操作坡口机作业。在坡口加工操作时,施工人员需观察坡口成型状态,适当调整焊接小车的位置与运行状态。此外,坡口加工结束后,施工单位应委派专业人员精细检测坡口尺寸、坡口整体平整度等方面,确保尺寸数值、平整光滑程度均符合设计要求。

4.3 管口组对施工与内根焊焊接操作

焊接施工现场的准备工作最为重要,是管口组对施工与内根焊焊接操作的安全保障。第一,内焊机设备属于重要施工设施,需做好安全调试与性能检测。重点检查内焊机的运转状态、电缆与管路之间的连接性,确认检查合格后方投入施工使用。第二,严格把控管口组对时的错边量。管口组对位置主要以级配测量、标识结果为依据,错边量有效控制在2mm范围内、对口间隙则把控在0~0.5mm,确保组对位置符合施工要求。第三,上开口宽度应以施工现场情况合理调整。调节上开口宽度常用管道转动的方式完成,也会根据实际状况合理增加组对间隙,保障上开口宽度符合要求。在以上准备工作完成后,施工人员再对管道采取预热处理操作,在预热管道时应严格按照标准化流程,让整个预热过程保持均匀的温度,一般预热温度稳定在80~150℃。

在焊接施工时,首先,施工人员应对每道焊口的保护气体压力进行严格测试,确保保护气体压力数值符合要求。其次,焊接电流与电弧电压的数值变化需重点观察。施工人员必须按照施工状态合理控制其数值范围。最后,为确保焊接质量,合理处理部分长输管道钢管质量的椭圆度偏差隐患。在内焊机根焊与

双焊炬填充结合工艺中,施工人员须重点关注坡口钝边上的组对位置,如出现错边现象,且错边量高于2mm,施工人员应立即采取打磨处理,确保管道组对位置符合要求,保障后续施工流程的质量安全^[4]。

4.4 双焊炬外焊设备焊接操作

双焊炬外焊设备焊接操作之前,施工人员需做好安全防护工作,规范佩戴安全防护装置,保障自身安全。在焊接操作过程中,技术人员需对焊接电弧、熔池状态实时监测,一旦出现异常,则需控制焊接小车暂停操作;待排查完异常并处理妥当后,再开始进行焊接施工。如焊接熔池处于电弧前方时,焊接小车需立即停止焊接施工;施工人员根据现场状况适当调节焊枪角度、送丝速度等参数,在异常解除后,焊接小车再恢复正常的焊接操作。此外,为确保焊接小车的连续性与稳定性,施工人员可从旁辅助。如小车轨道接头时,施工人员适当用手推扶,既利于焊接操作顺滑性,也确保焊接施工的安全性。

利用全位置自动在线焊接技术完成双焊炬外焊设备焊接操作,需对焊道进行打磨处理。首先,打磨后的焊道坡口高度不变,且具有一定的平整度。焊道打磨施工时,为了确保焊道圆滑,角磨机的力度不能过大或过小;施工人员应规范操作打磨设备和安全设备,如科学使用防飞溅板等。其次,打磨施工完成后,检测人员在检测完焊道情况后,给出整改意见:如整改焊接缺陷、重复打磨或补焊处理等,直至焊道外观满足工程要求。最后,在热焊正式开始前,管道坡口的错边情况应及时处理。一旦错边量超出2mm,施工人员须继续打磨焊道,直到消除坡口错边现象,还须保障坡口壁完整度不受影响。

此外,在盖面焊接之前,相关人员要全面了解焊道两侧的熔合度,结合施工现场具体情况,合理调整焊接小车的速度参数。自动焊接开始后,施工人员还需实时监测小车的行进状态和焊接情况,确保小车焊接的精准性。焊接施工结束后,施工人员需检查焊缝余高、宽度等数值,一般用焊缝检验尺测量焊缝余高,若焊缝余高不满足要求,施工人员需继续打磨处理,直至焊缝圆滑过渡,外观平整美观。在焊接操作完成后,焊接小车、焊枪、轨道等焊接设施应严格遵循标准化要求进行拆卸、养护、保存,以便后续安全使用;在拆卸时,所有设备设施均须轻拿轻放,保护主体结构完整^[5]。

5 存在的问题和解决措施

全位置自动焊接技术尽管在长输管道铺设工程中占据重要地位,但是随着不断增长的实践经验发现,自动在线焊接技术还存在一定的问题,需作出相应的

解决措施:①施工技术标准不规范。为更好地推广长输管道自动在线焊接技术,需制定规范的全位置自动焊接技术的施工标准,确保在实践应用中规范使用该项施工技术,保障管道焊接质量。②部分特殊材质的管道,后期处理效果不佳。在焊接施工时,针对特殊材质的管道,相关人员应根据实际情况做好后期处理。像高强度的X70钢管需要做后期的保温处理,防止出现不良现象。③应用场景具有一定的限制性。一般情况下,使用全自动在线焊接技术的长输管道工程坡度小于5°;管道工程的距离要长、口径要大、管壁要厚,方便全自动焊接设备进行焊接操作。再者,自动在线焊接工艺对坡口、管道对口的质量有着较高要求,需保障坡口内外侧圆滑平整、对口错边量小。因此,加工管道坡口要用到坡口机到施工现场进行加工,一定程度上增加了大型设备的使用成本^[6]。④管道无损检测成本较高。长输管道自动在线焊接技术开展的同时,还需对管道采取同步的无损检测操作。施工单位在配备无损检测设施(超声检测仪、X射线检测仪等)时,无形中加重自动焊接设备的重量,不利于焊接设备灵活操作。从经济效益角度上分析,施工单位还需要后续研究自动焊接功能与无损检测功能有机统一的可行性。

6 结束语

综上所述,长输管道自动在线焊接技术具有良好的应用优势,其焊接质量佳、效率高且经济效益良好,对工期紧、任务重的长输管道工程而言具有广阔的发展前景。随着全位置自动焊接技术的逐渐完善,将更适宜应用在重大项目之中,有效促进长输管道建设的可持续发展和健康发展。

参考文献:

- [1] 吴传磊,于雷,王翌塘.长输管道自动在线焊接技术研究[J].石化技术,2025,32(09):258-260.
- [2] 许枫.长输管道全位置自动焊接技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(17):190-192.
- [3] 蔡亮.长输管道在线焊接关键技术探讨[J].石油工业技术监督,2024,40(07):28-33.
- [4] 高志远,顾钊同,刘伟.长输管道自动在线焊接技术研究[J].全面腐蚀控制,2024,38(06):142-145.
- [5] 高杨.长输管道自动焊接设备及技术发展探究[J].石化技术,2022,29(12):219-221.
- [6] 赵赏鑫.油气长输管道工程自动焊施工的技术准备要点[J].油气储运,2021,40(12):1409-1415.

作者简介:

邓立超(1986-)男,汉族,天津人,本科,高级技师,研究方向:焊接。