

智能化焊接技术在长输管道工艺安装中的应用研究

罗 继（北京兴油工程项目管理有限公司，北京 100000）

摘要：本文主要分析了长输管道工艺安装施工中应用智能化焊接技术，并重点讨论了智能化焊接在焊接质量、效率和安全方面的优势。传统焊机质量不稳定、工作效率低下，而智能焊接可以通过自动化控制系统和反馈信息对焊接参数进行实时调整，维持焊接工艺的稳定性，提高焊接质量。智能系统在风险工况下使得人工操作趋于低危化，运用激光定位改善了管道对接的精度，有效避免了因误差带来的质量事故。另外，可通过采用智能焊接系统以及实时的数据收集和高精度缺陷探测的集成方案，使焊接质量具备稳定一致性。这项技术为长输管道工程做出了坚强技术支撑，极大地提高了管道工程施工效率和安全性。

关键词：智能化焊接技术；长输管道；自动化控制；缺陷检测

中图分类号：TE8

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)024-0070-03

Research on the application of intelligent welding technology in the process installation of long transmission pipeline

Luo Ji (Beijing Xingyou Engineering Project Management Co., LTD., Beijing 100000, China)

Abstract: This paper mainly analyzes the application of intelligent welding technology in the installation and construction of long distance pipeline process, and focuses on the advantages of intelligent welding in welding quality, efficiency and safety. The quality of traditional welding machine is unstable and the working efficiency is low, while intelligent welding can adjust the welding parameters in real time through the automatic control system and feedback information to maintain the stability of the welding process and improve the welding quality. The intelligent system makes the manual operation tend to be low risk under the risk working conditions, and the use of laser positioning improves the accuracy of pipeline docking, and effectively avoids the quality accidents caused by errors. In addition, the use of intelligent welding system, real-time data collection and high-precision defect detection integration scheme can make the welding quality stable and consistent. This technology has made a strong technical support for the long-distance pipeline project, and greatly improved the construction efficiency and safety of the pipeline project.

Key words: intelligent welding technology; long-distance pipeline; automatic control; defect detection

长输管道是能量输送最重要的环节，其焊接质量更是事关管道使用寿命长短和安全。传统的焊接都是人工进行，容易导致产品质量不稳定以及效率低下，同时在危险性环境区域作业，工人人身安全问题亦值得注意。由于智能焊接技术的出现，改善了传统焊接技术的弊端。该技术通过结合计算机闭环自动控制、实时信息反馈和精密测量技术，在焊接过程中调整工艺参数，确保了工艺稳定和质量提高。另外，应用智能焊接系统会避免人为操作所带来的危险因素，在危险的环境中会对操作人员的生命安全带来保障。本文主要以智能焊接技术在长输管道建设中使用入手，分析智能焊接技术如何确保焊接质量、降低风险、提高工作效率。

1 长输管道智能化焊接技术的优势

焊接质量对长输管道的安全运行具有直接的关系，而传统的手工电弧焊会出现较多质差低效问题。借助其自动化、实时反馈等特征，智能焊接技术已在诸多领域对焊接工作进行了改善。智能焊接系统通过应用自动控制和反馈控制结合方式实现了对焊接工艺

参数的自动检测控制，在控制参数范围波动以确保焊接质量稳定。智能化系统投入使用后，焊接工作效率有了显著提高。机械化设备可以在较短的时间内进行高质量的焊接操作，从而有效缩短施工工期。相较于传统的手工焊接，智能化焊接有效减少了人员操作失误的产生，提高了工作人员的作业准确性及管线连接的质量。此外，智能焊接技术在高危环境中有很多明显的优势，能够减少对于人工操作的依赖，显著降低工人安全风险。

2 长输管道智能化焊接技术

2.1 自动化控制系统与反馈机制

智能焊接的核心是其自动化控制，包括对其焊接过程中的关键指标如温度、电流、熔深、焊接速度进行实时控制和调整。该系统采用反馈控制，对焊接过程的数据进行实时采集，与预先设定值相比较，决定焊接过程是否处于理想状态。若存在异常，则自动进行调节，维持焊接过程始终处于最佳状态。焊接时主要由传感器实时测量焊接的温度、压力、熔池等各种需要反馈系统的参数。该闭环控制机制减少了人为的

偏差，提升了焊接质量的均衡性。反馈系统能够对不正常状态进行报警提示，提醒操作人员进行系统的检查，必要时进行手工焊接参数的更改，避免质量问题恶化。

2.2 智能焊接设备与系统架构

智能焊接对关键设备及系统架构都提出了很高的要求。现代自动焊接机器，如自动焊机、机器人系统、激光定位装置等同时发挥作用，来保障焊接精准快捷。自动焊接机可以根据编程指令完成焊接任务，在管道的复杂环境里也可以实现自动焊接，避免了人工焊接的不稳定性。激光定位系统采用高精密的激光光束对管道接头的对接位置实时进行定位，可确保对接位置的精确性，避免了焊接过程因对接位置错误造成质量问题。

在系统结构上，智能焊接系统通常采用模块化的设计，涉及传感器、焊接装置、控制平台等模块，它们利用互联网相互链接，数据会进行共享与管理。通过上述模型，焊接工作就得到了准确调度控制，每一步工作均在计划技术结构中完成。

2.3 实时数据采集与焊接参数智能调节技术

智能焊接系统的核心就是对焊接参数的数据进行实时采集，其中所有的参数都需要依靠传感器和监控设备进行不断记录，以确保数据的同步与有效。在焊接过程中，电流、电压、熔池温度以及焊速等信号被实时采集传递到中央控制平台。该系统通过分析数据与预先设定的最佳焊接参数比较，可以判断偏差情况。当发现参数出现异常时，系统自动调节焊接电流、速度或其他参数，从而保证焊接过程的稳定性，该实时监控和调整的方式，确保了焊接质量的一致性，避免人为操作导致的焊接质量不稳定。借助高效的数据采集及智能校正技术，可以在各种工况下被高效地准确地完成焊接工作，并能根据外部变化或其他干扰作出快速反应，从而保障焊接接头的完整性和可靠性。

2.4 焊接质量控制与缺陷检测技术

智能焊接系统可综合运用各种高精度缺陷检测技术实现对焊接接头的质量控制。对于传统缺陷检测手段，即利用X射线、超声波等方法来控制传统焊机已趋于成熟，其被现代智能焊接装备融合后已得到普遍的采用。上述方法能够检测焊接件的内部结构且可实时发现裂纹、气孔、夹渣等缺陷。通过对焊接接头内部的回跳信号由超声波检测器实时地采集、传输至主计算机，对其进行分析，可以定位出焊接缺陷的类型及位置，而X射线成像技术可以穿透焊接接头内部的分子结构进行探测，为缺陷的进一步排查提供了详细图像。

为了提高检测精度，智能焊接系统在焊接的过程中加入了图像识别技术来监视焊接情况。在实时进行焊缝外观检查的过程中可以发现焊接过程中的表面缺陷并及时反馈。该系统同时还具有自调节功能，一旦出现异常，自动对焊接参数进行修改，或者在需要的时候进行修复，使焊接质量达到标准的要求。

3 长输管道工艺安装中智能化焊接技术的应用

3.1 自动化焊接系统在管道连接中的实施

在进行长输管道建设时，焊接连接管道是非常重要的一项工作。因此，要求焊接接头具有较高强度、密封性以及长期稳定性能。手工焊接传统方法很容易受焊接工人技术水平、操作环境、操作步骤等因素影响，造成焊接质量的不稳定。智能化自动焊接系统是将计算机控制技术、机器人技术和高精度感知技术结合，从而提高焊口连接的精度和组对效率。自动焊接系统可以借助于高技术的焊接机器人和控制焊接单元来自动编制及设置焊接轨迹。

管道焊接机器人在管道焊接过程中的焊接轨迹和焊接速度可根据管道尺寸与焊接工艺参数进行调整。焊枪上的传感器可以用来识别焊缝的位置及形状变化，在传感器反馈给系统相应的数据信息之后，调整焊接系统的运行参数，保障焊接质量的稳定性。自动焊接设备通常具备多轴联动、多点反馈等适应各种复杂管口和作业环境的能力，可以根据不同的管口及工作环境自动调节焊接参数。

系统具有算法模型，可以涵盖更多种复杂的参数，比如管道温度、材质、厚度等。通过智能控制系统可以控制焊接过程中的任意一项焊接参数，使接头的质量得到进一步提升。在实际中，自动焊接系统的使用大大地减少了人为操作因素的影响，提高了工作的精度，如焊接机器人能够按事先设定的焊接路径自动实施焊接操作，能减少由于人员操作引起的误差，尤其是在一些危险的环境或者狭小的空间内可以为人员提供最大的支持。

3.2 基于传感器的焊接接头质量实时监控

智能焊接技术的重要优势在于其能够在焊接过程中通过配合精密传感器对焊接部位进行实时控制。管道的焊接质量关系到管道运行安全与长期维护，因此对每处焊接的合格都需要详细的检测。对于传统的焊接质量检测方式只能通过人工抽检的方式来完成，这样一来不仅工作效率低而且容易漏掉问题。在智能化焊接技术的帮助下，对焊接质量进行追踪即可实现，对于智能焊接系统而言，传感器将实时测得焊接过程的相关信息以及测量焊接区的温度、熔池深度、焊接速度等关键参数。通过对温度传感器、红外线摄像头

监测焊接时的热输入，以确保在焊接区域温度场均匀，从而避免由于过高的或过低的焊接温度产生的焊接缺陷。

另外，熔池监控传感器可实时监控焊接熔池状态，防止因熔池过深或不均匀而造成的缺陷，例如气孔和夹渣等。通过上述过程在焊点的焊接中能够实时测试这些数据并将测试结果与预先设定好的标准进行比较，当在焊接过程中检测到有任何异常情况时，系统会自动提供警告信息，以及自动控制参数以调整焊点。如熔池深度低于标准时，系统将增大焊接电流以弥补焊接热输入上的欠缺，确保焊缝质量不受影响等。通过这种方式的闭环反馈控制，使得智能焊接系统在每一个焊接环节均能保证焊接质量的可控。通过对数据采集，采用传感器进行监测数据，建立焊接质量档案，便于后期的跟踪追责，实现每个焊接点的质量控制。这样实时监测、实时分析的能力，将使得焊接生产过程中的质量把控更精准、更明确、更高效。

3.3 激光定位与对接系统的精准操作

长输管道的两端对接要求非常精细，稍有差错都会影响焊接的强度，危及整条管道的运行安全。在管道的对接过程中，激光定位是测量非常精准的一种位置坐标仪器。焊接设备通过激光器技术可以完成对管道端部之间的相对位置进行定位，保证焊接的精确程度，以及焊接过程中位置的稳定性。激光定位系统以激光定位及三维成像技术为数据采集手段，获取管道相交点空间坐标信息。

这些数据不断被焊接控制系统实时接收并经数据处理算法计算与预选的最适宜焊接连接位置比较，如有位置跑偏现象，系统随即自动纠偏，确保管道接口两端的准确性。激光对准技术的优点在于定位精准、灵敏，可消除人为因素影响管道对接精确性，能提高管道对接质量，而在以往焊接施工过程中，管道对接往往需要人工作业，可能会造成管口连接点产生较大偏心，影响焊接效果。通过使用激光定位，解决了对中困难的问题，确保了管线对接过程更平稳、准确。采用激光技术可以自动调节焊接机之间的相对位置，确保连接位置的准确性，进一步保证了焊接接头质量。

另外，激光定位系统对于管道安装定位，可以多次对线确保每一个接头的位置精度和对接轨迹的精确度。对长输管道工程来说，激光定位精度很大程度上提升了焊接工作的整体效率，降低了由于焊接错误导致的质量问题。

3.4 高风险环境下的安全控制机制

焊接长输管道工作往往是在危险的环境中焊接，比如高温、高压、易燃易爆等，这对其安全性提出了

更高的要求。智能焊机综合了多种安全措施管理，在保证焊接质量的同时，也更加有效地保证了工作人员的安全。智能焊接系统通过传感器实时对焊接环境中的参数进行检测，这些参数包括温度、气体成分、含氧量、气压等。

当焊接温度或气浓度突破安全阈值时，系统立即报警并执行预先设定的安全措施，如在发现气体浓度稍有不正常的时候，便会自动断电，或开启通风器，防止发生火灾、爆炸事故等。另外，焊接系统还可以根据外界条件的变化来实时调整焊接参数。例如，在潮湿环境或者风力强劲环境下，焊接系统可以通过调整热输入和电流来适应恶劣天气的变化。此种自适应能力不仅提高了焊接质量，同时也降低了工作期间环境中的潜在安全威胁。智能焊接系统可以进行远距离监控和故障诊断，工作人员能够实时通过远程控制平台监测出焊接过程数据及状态信息，当有异常情况发生的时候，能够通过智能化分析对设备出现故障作出判断并及时展开对应处理。

此外，该系统还拥有对设备进行事前维护检查功能，可以做到发现潜在的隐患，确保设备的持续正常运作。智能焊接设备在高危险场所可通过高效的防护系统，有效保障了作业人员的生命安全和工作流程的顺利实施。

4 结语

随着自动化焊接技术的不断发展，并在长距离管线建设中广泛应用，其重要性越发显著。通过自动化控制系统、实时参数反馈以及高精度缺陷检测等技术手段，焊接自动化不仅极大地提高了焊接质量的可靠性，并显著提升了工作效率，也降低了工作人员的误操作风险。特别是在恶劣的环境下，自动化焊接技术大大降低了手工操作导致的安全隐患，保障了工作人员的安全及现场的环境安全。创新性的采用激光定位系统及自动调节焊接参数应用，为管道对口精准度及整体工程质量提供了有力的保证。在未来，智能化焊接技术会不断成熟并应用在长输管道建设项目中，将在长输管道建造过程中发挥核心作用。

参考文献：

- [1] 李文.长输管道自动焊连续施工技术工艺分析[J].化工管理,2023(35):54-57.
- [2] 郭依宝,赵恒宇.全自动焊接技术在长输管道抢维修中的应用[J].化工管理,2024(20):127-130.
- [3] 陈直骋.全位置自动焊技术在长输管道施工中的应用[J].中国化工贸易,2023(1):123-125.
- [4] 闫洁,张倩,杨琦,等.智能化技术在长输管道自动焊装备的应用现状及展望[J].焊管,2023,46(12):9-13.