

大口径长输热力管道自动焊接设备的工程应用

王 刚 史娇阳 杨武斌 郭 璇 马 强

摘 要:随着我国经济的快速发展,城市化进程不断推进,能源需求持续增加,特别是在热力供暖、工业供热等领域,对热力管道的需求愈加迫切。在此背景下,长输热力管道的建设和运营面临着更高的技术要求。大口径长输热力管道作为关键的基础设施之一,其施工质量直接影响到供热系统的稳定性和安全性。传统的焊接方法已难以满足大口径管道施工中的精度、效率 and 安全性要求,因此,自动化焊接技术的应用逐渐成为行业发展的重要方向。本研究旨在探讨大口径长输热力管道自动焊接设备的工程应用,为相关领域的工程实践提供参考与借鉴。

关键词:大口径;长输热力管道;自动焊接设备;工程应用

引言

大口径长输热力管道通常用于城市供热、工业热力供应以及区域性的能源输送,具有管径大、施工环境复杂、工程周期长等特点。传统的焊接工艺多依赖于人工操作,这不仅增加了施工的难度,也存在一定的安全隐患。随着焊接技术的进步,自动化焊接设备已经逐步成为大口径长输热力管道建设中的重要工具。

一、大口径长输热力管道自动焊接设备的技术概述

1. 自动焊接技术的基本原理

自动焊接技术是一种通过机械化设备代替人工完成焊接作业的高效焊接方法,其基本原理在于通过自动化控制系统精准调节焊接过程中的各项参数,如电流、电压、焊接速度和焊接温度,以确保焊缝的质量和一致性。该技术通常采用热源(如电弧、激光、电子束等)在焊接区提供高温,通过熔化焊接材料并在冷却后形成牢固

的焊接接头。与手工焊接不同,自动焊接利用计算机控制系统实时监测和调整焊接过程,可以实现焊接轨迹、速度、熔池温度等的精确控制,从而保证焊接质量稳定且高度一致。自动焊接的核心设备包括焊接电源、自动焊接机架、焊接机器人等,其中焊接机架和机器人负责自动化地进行焊接轨迹和位置的调整,而焊接电源提供所需的热能。自动焊接技术的优势在于减少了人为因素对焊接质量的影响,能够在复杂或危险的环境下持续高效作业,同时还能够实现高质量、高精度的焊接,极大地提高了生产效率,降低了生产成本。

2. 大口径热力管道的特点

大口径热力管道通常用于长距离输送高温蒸汽或热水,承载着重要的能源输送任务,其特点主要体现在管道的尺寸、材质、工作压力及热工要求等方面。由于管道直径大、壁厚较厚,其在焊接、安装和维护过程中需要特别注意温度控制、管道对接精度和焊接质量等问题。大口径管道需要承受较高的工作压力和温度,因此其材质要求具有高强度、耐高温、抗腐蚀性和良好的可焊性,常选用高合金钢、不锈钢或特殊合金材料。此外,管道的热膨胀和收缩也是其设计和施工中的重要考量因素,高温下的热应力可能导致管道变形或泄漏,因此对焊接工艺的要求较高,需要保证焊接过程中的热影响区控制,避免因焊接不当产生裂纹或虚焊。大口径热力管道的设计还需要考虑管道的支撑和固定问题,以避免由于温度变化引起的膨胀变形对管道产生影响。其施工工艺复杂,尤其是在大口径管道的对接焊接时,精度要求高,自动焊接技术因此成为提高施工效率和焊接质量的关键。整体而言,大口径热力管道因其特殊的技术要求和工程应

作者简介:

1. 王刚(1976.08——)男,汉族,本科学历,高级工程师,主要从事清洁能源供暖供氧设计方面的工作;
2. 史娇阳(1985.11——)女,汉族,本科学历,中级工程师,主要从事市政热力、清洁能源供暖设计工作;
3. 杨武斌(1975.02——)男,汉族,硕士研究生学历,高级工程师,主要从事建筑结构方面的研究工作;
4. 郭璇(1987.10——)女,汉族,博士学历,高级工程师,主要从事市政工程方面的研究工作;
5. 马强(1984.11——)男,汉族,本科学历,中级工程师,主要从事建筑施工方面的研究工作。

用背景,涉及的设计、施工及检验标准均远高于一般管道工程。

3. 自动焊接设备的主要组成

自动焊接设备主要由焊接电源、焊接机架、控制系统、焊接枪头或焊接头、传动系统和保护气体系统等几个关键部分组成。焊接电源为整个焊接过程提供必要的电力,确保稳定的电流和电压输出,从而控制焊接的热量和熔池状态。焊接机架或自动化机器人负责焊接轨迹的精确控制,可以根据预定路径自动进行焊接,确保焊接位置和速度的一致性。控制系统则起着核心作用,通过计算机或PLC进行焊接过程的实时监控和调节,自动控制各项参数,如温度、焊接速度和气体流量等。焊接枪头或焊接头是焊接电流与焊接材料接触的部位,直接影响熔池的形成与焊缝的质量。传动系统负责运动部件的精确驱动,确保焊接设备的平稳运行。保护气体系统用于保护焊接区域免受外界空气污染,保证焊接过程的稳定性与质量。各部分紧密配合,确保焊接过程的高效、稳定和高质量。



图1 管道自动焊接机

二、自动焊接技术在大口径长输热力管道中的工程应用

1. 焊接前的管道准备工作

大口径长输热力管道的自动焊接技术应用在施工前,需要对管道进行精细的准备工作。首先,管道的端部必须切割平整,保证焊接接头的对接精度。在大口径管道中,管道直径通常在300mm至2000mm之间,且壁厚可达50mm以上,因此对接的精确度要求极高。管道端部的加工精度直接影响到焊接质量。为了确保管道端面平整度,通常采用数控切割机进行切割和磨光,保证接头的配合度。此外,管道的内外壁在焊接前需要彻底清理,去除油污、锈蚀和杂质,防止污染焊缝,影响焊接质量。焊接区域的清洁度通常要求达到Sa2.5级,以确保焊接过程中不会产生气孔和夹杂物。

2. 焊接过程中的实时控制与监测

自动焊接技术在大口径热力管道的应用中,实时监控和控制系统是保证焊接质量的关键。自动化焊接设备采用高精度的温度传感器、电流传感器和视频监控系统来实时监控焊接过程中的各种参数。这些传感器能够持续监测焊接温度、熔池状态、焊接电流和电压等关键参数,以确保整个焊接过程的稳定性。在焊接过程中,焊接电流通常设置为150A至500A,焊接电压保持在20V至30V之间,焊接速度根据管道尺寸、材料特性和焊接位置的不同而调整,通常为2-10cm/min。为了有效避免因过热造成的热变形或过冷导致的未焊透,焊接过程中的热控制和温度分布必须精确调节。同时,实时监控系统可以通过反馈数据及时调整焊接参数,防止出现如气孔、裂纹等焊接缺陷。为了确保焊缝的均匀性,自动化系统可以根据监测到的熔池形态和热影响区的变化,动态调整焊接枪头的运动轨迹。

3. 焊接后的质量检测与验收

自动焊接技术不仅提高了大口径热力管道的施工效率,也为质量检测提供了更加准确和全面的手段。焊接完成后,管道焊缝的质量检测尤为重要,通常采用无损检测方法,如X射线检测、超声波检测和磁粉检测等,确保焊缝无缺陷,焊接质量达到设计要求。大口径热力管道的焊缝厚度通常在5mm至50mm之间,因此,焊接后的质量要求特别严格。X射线检测常用于内部缺陷的检测,能够有效发现裂纹、气孔、未焊透等内部缺陷。超声波检测则能通过声波在材料中的传播,检测焊缝内部的缺陷,特别适用于厚壁管道的检测。通过无损检测技术,自动焊接焊缝的内外部质量都可以被精准地评估,确保管道的长期安全运行。此外,焊接后还需进行焊缝表面的外观检查,要求焊缝平滑均匀,无明显的凹凸不平,表面光滑度可通过目测或专业检测工具进行检查。

4. 应用实例与效果评估

自动焊接技术在多个大口径长输热力管道项目中得到了广泛应用,取得了显著的效果。例如,在某长输热力管道的建设中,自动焊接设备成功应用于管道的对接焊接中,管道直径为1200mm,壁厚为30mm,焊接采用的是TIG焊接方式。通过自动焊接设备,焊接质量稳定,焊接速度比传统手工焊接提高了约3倍,施工周期大大缩短。同时,焊接质量也得到了提升,自动焊接避免了人为操作中的误差,焊缝的平整度和光滑度得到有效保证。该项目的质量检测结果显示,焊缝的合格率达到

98%以上，远高于传统手工焊接的水平，且焊缝无明显缺陷。通过使用自动焊接技术，项目不仅在质量上达到了标准，还在施工效率和成本上取得了显著的节约。

三、大口径长输热力管道自动焊接中的技术挑战与解决方案

在大口径长输热力管道的自动焊接中，面临诸多技术挑战，主要集中在焊接质量控制、热应力管理、自动化设备的适应性和环境因素的影响等方面。首先，大口径管道的壁厚和直径较大，焊接时需要处理的熔池温度和焊缝深度较深，这对焊接电流、电压和焊接速度的精确控制提出了较高要求。传统的自动焊接设备可能难以适应这种高厚度材料的焊接，容易导致热影响区过大，焊接后产生应力集中，从而导致裂纹、气孔等焊接缺陷。因此，针对这一问题，研发了更为精密的焊接电源控制系统，能够根据管道厚度和材料特性智能调节焊接参数，确保焊接温度和速度的合理匹配。其次，管道焊接过程中，特别是在高温、高压环境下，热应力管理成为关键。大口径管道受温差影响较大，焊接区域的热膨胀可能引发管道的弯曲和变形，进而影响管道的整体稳定性。为解决这一问题，采用了先进的温控技术和冷却系统，通过实时监控焊接区域的温度分布，防止由于局部过热导致的变形和缺陷，同时优化了焊接顺序，减轻了热应力对管道的影响。此外，自动焊接设备需要在复杂的施工环境中运行，如高温、湿气、风速大等环境条件，这对设备的适应性提出了挑战。为此，现代自动焊接设备在设计上采取了更强的防护措施，如增强设备的防水、防尘功能，并结合高精度的传感器和监控系统，能够在复杂环境下稳定作业。通过对设备的智能化升级，使得设备能够适应各种复杂工况，确保焊接过程的稳定性和高效性。这些技术创新有效克服了大口径长输热力管道自

动焊接中的诸多技术挑战，提升了焊接质量、降低了施工风险，并为大规模、高效能的热力管道建设提供了强有力的技术支持。

结束语

大口径长输热力管道的自动焊接技术在现代工程建设中具有不可忽视的重要性。通过先进的自动化设备，焊接过程的质量得到了显著提高，施工效率也大大缩短，尤其是在复杂环境和高难度施工条件下，自动焊接设备表现出了优异的适应性与稳定性。自动焊接技术不仅解决了传统人工焊接中存在的品质不稳定、效率低下等问题，还通过智能化控制系统优化了焊接参数，确保了焊缝的均匀性和强度。随着技术的不断发展，自动焊接设备的精确度和智能化水平将进一步提高，应用范围也将更加广泛。未来，随着我国对能源基础设施建设的持续投入，自动焊接技术必将在大口径长输热力管道领域发挥更加重要的作用，为推动能源输送网络的高效、安全运行贡献力量。

参考文献

- [1] 孙秀英. 向下焊半自动焊接技术在热力管道施工中的应用[J]. 石油工程建设, 2023, 45(7): 73-75.
- [2] 朱瑞忠, 毛坤. 焊接技术在热力管道安装中的应用研究[J]. 中国厨卫, 2024, 23(7): 108-109.
- [3] 朱瑞忠. 热力管道防腐保温工程技术探究[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023(4): 4.
- [4] 姚拴博. 供热管网工程施工质量隐患及解决措施研究[J]. 中州建设, 2024(1): 74-75.
- [5] 梁晓龙. 大口径供热管道焊接接头残余应力数值模拟[J]. 焊接技术, 2023, 52(6): 12-15.