

不锈钢管道氩弧焊施工常见缺陷及控制措施研究

崔朝旭

中国电建集团山东电力建设有限公司 山东 济南 250000

【摘要】：不锈钢管道在氩弧焊施工过程中，由于焊接技术、操作工艺以及环境等因素，常常会出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷，这些缺陷不仅影响焊接质量，还可能导致管道的安全隐患。通过分析这些常见的焊接缺陷，本文提出了一系列有效的控制措施，包括焊接材料的选择、焊接参数的优化、操作工艺的改进等。这些措施旨在从源头上防止缺陷的产生，提高氩弧焊接的质量和稳定性。研究结果对提高不锈钢管道氩弧焊施工的质量和施工效率具有重要意义。

【关键词】：不锈钢管道；氩弧焊；焊接缺陷；控制措施；质量提升

DOI:10.12417/2705-0998.25.21.002

引言

不锈钢管道作为重要的工业设施，其焊接质量直接影响到管道的使用寿命和安全性。氩弧焊由于其高质量、低污染的特点，广泛应用于不锈钢管道的施工中。然而，氩弧焊过程中，由于操作不当、焊接环境不佳或技术不熟练等原因，容易出现各种焊接缺陷，如裂纹、气孔、夹渣等，这些缺陷不仅影响施工质量，还可能导致管道的运行风险。针对不锈钢管道氩弧焊施工中的常见缺陷进行系统研究，并提出有效的控制措施，成为提升焊接质量和确保管道安全运行的重要课题。

1 不锈钢管道氩弧焊常见缺陷分析

不锈钢管道在氩弧焊过程中，常见的缺陷包括裂纹、气孔、夹渣、未完全熔合的焊缝以及熔池过热等，这些问题直接影响焊接质量，甚至可能危及管道的使用安全。裂纹是氩弧焊中最为严重的一种缺陷，尤其是在热影响区和焊接接头处，通常由于焊接过程中过高的热输入导致不锈钢材料的应力集中，最终形成裂纹。气孔缺陷也是焊接过程中常见的问题，通常由于焊接过程中气体污染、焊接电流不稳定或焊接环境不洁净所引起。气孔的存在不仅影响焊缝的外观，还可能降低焊接接头的强度。夹渣现象同样常见，其产生通常与焊接过程中熔池的控制不当和操作不熟练有关，导致熔池内夹杂物未能完全清除，最终形成夹渣^[1]。对于不锈钢管道氩弧焊，焊缝出现缺陷往往是在焊接过程中焊接参数不稳定或者操作不规范时，焊缝存在未完全熔合、过渡不平滑，甚至未填充的现象，严重影响焊接接头的力学性能。熔池过热则会导致金属成分的偏移，使焊缝的成分不均匀，进一步影响焊接质量。

在氩弧焊中，这些缺陷的产生往往是多种因素交织的结果，如焊接材料的选择、焊接温度的控制、操作人员的技术水平以及焊接环境等。操作人员的熟练程度直接影响到焊接过程中的细节控制，例如气体保护不足、焊接速度过快或过慢等。都会引发上述缺陷。因此，对于不锈钢管道氩弧焊的缺陷分析，必须从多个方面考虑，准确把握焊接过程中的每个环节，才能有效预防和减少焊接缺陷的发生。

2 影响焊接缺陷的主要因素

焊接缺陷的产生通常是多方面因素共同作用的结果。在不锈钢管道氩弧焊过程中，焊接参数的选择对焊接质量有着至关重要的影响。焊接电流、焊接电压、焊接速度等参数如果设置不当，会导致焊接接头处的热输入过大或过小，从而引发各种缺陷。过高的电流可能导致过热，使焊缝出现裂纹；而电流过低则会导致焊接不完全，出现未熔合现象。焊接电压过高则可能导致熔池不稳定，产生飞溅和气孔。焊接速度过快则可能使熔池过冷，导致焊接金属与母材未能完全融合。反之，速度过慢则可能导致过热，增加裂纹的风险。焊接材料的选择同样对缺陷的产生有着直接影响。不锈钢焊接中使用的焊丝和保护气体的质量及其匹配性，对于最终焊缝的质量至关重要^[2]。焊丝的成分与母材的匹配不当，或者焊丝含有杂质，都可能导致焊接接头的成分不均匀，产生裂纹、气孔等缺陷。保护气体的流量和纯度也是影响氩弧焊质量的关键因素。气体流量过低或气体纯度不高，容易导致焊接过程中氧化物的形成，进而影响焊接接头的强度和耐腐蚀性。

环境因素对焊接过程也有显著影响。在不锈钢管道焊接过程中，外界温度、湿度以及空气中的灰尘、油污等污染物都会对焊接质量造成干扰。尤其是在湿度较高的环境下，焊接过程中极易吸湿，导致氩弧焊时产生气孔。为了避免这些问题，焊接前需确保管道表面的清洁，并且在操作过程中保持环境的干净、干燥。操作人员的技术水平对焊接缺陷的产生具有不可忽视的作用。焊接过程中，操作人员需要精确掌握焊接技巧，包括熔池控制、焊缝成形、气体保护等，任何微小的操作失误都可能导致缺陷的发生。通过对操作技巧的不断优化和操作人员的培训，可以有效减少由人为因素引发的焊接缺陷。

3 焊接缺陷的控制措施与技术优化

在不锈钢管道氩弧焊过程中，采取有效的控制措施和技术优化是防止焊接缺陷发生的关键。控制焊接缺陷的首要任务是优化焊接参数，确保焊接过程中的热输入适宜。通过精确调节焊接电流、电压和焊接速度，可以有效控制熔池的大小和形

状,从而避免裂纹、气孔等常见缺陷的出现。电流和电压过高时,焊缝容易过热,可能导致晶粒粗大和裂纹的生成;反之,电流和电压过低,则焊缝成形不良,甚至未能完全熔合。合适的焊接电流和电压设置必须结合实际操作经验进行调整,以确保焊接的稳定性和焊缝的质量。焊接材料的选用同样是控制焊接缺陷的关键因素。对于不锈钢管道,选择与母材相匹配的焊丝和保护气体是至关重要的。焊丝的成分应与管道材料的化学成分匹配,以保证焊缝的机械性能与母材相似。此外,保护气体的纯度和流量要达到标准要求,保证有效隔离空气中的氧气和水分,避免焊接过程中气孔和氧化现象的发生。在气体保护不足的情况下,焊缝容易出现氧化斑点和气孔,影响焊接接头的强度和耐腐蚀性。

为了进一步控制缺陷,可以通过优化焊接环境来确保施工质量。在施工前,管道表面必须清理干净,去除油污、锈迹和水分等污染物,以防止这些杂质进入熔池,引起夹渣和气孔等问题^[3]。湿度过高时,管道应提前进行烘干处理,避免焊接时吸湿产生气孔。合适的环境温度和湿度有助于焊接过程的稳定性,减少因外部环境引起的焊接缺陷。技术优化方面,焊接工艺的改进也是控制缺陷的有效途径。采用脉冲氩弧焊接技术可以在较低的热输入下完成焊接,有效控制焊接区域的温度,减少裂纹和其他缺陷的产生。自动化焊接设备的引入能够保证焊接过程的稳定性和一致性,减少因操作不当引发的质量问题。在焊接过程中,实时监控焊接参数,利用焊接质量监控设备进行数据采集与分析,能够及时发现焊接缺陷并加以纠正。

对于操作人员的培训也至关重要。操作技能的提升有助于焊接质量的提高,熟练的焊工能够更好地掌握焊接过程中的细节控制,避免因不当操作导致的焊接缺陷。通过不断进行技术培训和焊接经验积累,焊工能够更高效地应对复杂的焊接环境,提升焊接质量。采取综合性的控制措施和技术优化,能够有效减少不锈钢管道氩弧焊接中的缺陷问题,提升焊接质量和管道的整体安全性。

4 焊接质量的监控与评估方法

焊接质量的监控与评估方法在不锈钢管道氩弧焊接中至关重要。焊接过程中,常常需要通过不同手段进行实时监测,以确保焊接接头的质量符合设计要求。传统的焊接质量监控多依赖于视觉检查和物理测试,但随着焊接技术的不断发展,更多先进的检测技术被应用到实际操作中,提供了更加精准和全面的质量评估手段。X射线检测和超声波检测是最常见的焊接质量无损检测方法。X射线检测可以有效检测焊接接头内部的气孔、夹渣、裂纹等缺陷,通过对焊接区域的成像,能够清晰地看到焊缝内部结构的完整性。超声波检测通过高频声波的反射原理,对焊缝内部进行扫描,能够发现深层次的缺陷,尤其适用于检测焊接中难以察觉的微小裂纹和空洞。这两种无损检测方法能够对焊接质量进行高效评估,减少了因焊接缺陷导致

的潜在安全隐患。

焊接质量评估还可以通过实时监控焊接参数来进行。利用焊接过程中的温度、焊接电流、电压等数据,结合计算机控制系统进行实时分析,可以精确掌握焊接过程中的每个环节。一旦发现焊接参数偏离预设标准,系统可以发出警报,提醒操作人员调整焊接参数,从而减少缺陷的发生。通过焊接电流与焊缝温度的实时对比,可以有效避免过热或过冷现象,减少裂纹或未熔合的出现。除了上述无损检测方法和参数监控,焊接质量的外观检查也不容忽视^[4]。通过视觉检测对焊缝的表面质量进行检查,能够快速发现焊接过程中的表面缺陷,如气孔、裂纹、夹渣等。结合显微镜检查,能够进一步评估焊缝的微观结构和金相组织,确保焊缝的均匀性与致密性,避免因表面缺陷引起的强度下降。

为了保证检测的准确性,评估结果需要与相关标准进行对照。焊接质量标准包括焊缝的尺寸、外观、力学性能等要求,不同类型的不锈钢管道焊接有不同的标准和检测方法。通过对焊接接头进行评估,能够综合考虑焊接质量的各个方面,确保焊接接头的稳定性和耐用性,避免因焊接缺陷而造成安全隐患。随着智能化技术的不断进步,焊接质量监控与评估逐渐向自动化方向发展。自动化焊接质量检测系统能够结合机器视觉和深度学习技术,实现对焊接接头的高效识别与缺陷预测,提高了焊接质量监控的准确性和及时性,为不锈钢管道的氩弧焊接提供了更加先进的质量保障手段。

5 提高不锈钢管道焊接质量的综合策略

提高不锈钢管道焊接质量需要从多个方面入手,采取全面的综合策略。焊接材料的合理选择是保障焊接质量的基础。焊丝与母材的化学成分应当严格匹配,确保焊缝的性能与母材一致。特别是在高温环境下工作的不锈钢管道,焊接材料的耐高温性和抗腐蚀性至关重要。保护气体的选择也不容忽视,优质的氩气保护能够有效防止焊接过程中氧化物的形成,降低气孔的出现几率。焊接过程中的参数控制同样至关重要。焊接电流、焊接电压、焊接速度以及电弧长度等参数需要根据焊接的具体情况精确调整。高电流会导致焊缝过热,引起金属脆性或裂纹;过低的电流又可能导致焊缝熔合不良,影响接头强度。合理设置焊接参数,特别是通过温度控制技术调节焊接区域的热输入,是避免焊接缺陷的重要手段。合理的焊接电流和电压能够保证熔池的稳定性,确保焊缝的平整与密实。

除了焊接材料与焊接参数的优化,焊接环境的控制同样对质量的提升起到关键作用。焊接作业环境必须保持清洁干燥,避免管道表面污染物如油污、锈蚀物或水分进入熔池,防止焊缝中夹渣、气孔等缺陷的发生。对于湿度较高的环境,应采取适当的措施对焊件进行烘干处理,避免吸湿导致气孔。焊接过程中,保持适当的气体流量和保护气体纯度是确保焊接质量稳

定的另一项重要措施。进一步提升焊接质量的手段还包括焊接技术的改进和设备的现代化^[5]。在焊接过程中,采用脉冲氩弧焊技术可以在较低的热输入下完成焊接,有效减少热影响区的范围,避免热裂纹的产生。自动化焊接设备的引入能够稳定焊接参数,避免人为因素引起的波动,从而提高焊接接头的一致性与强度。通过自动化设备的精确控制,能够更好地掌控熔池的动态过程,确保焊接质量的可控性和稳定性。

技术人员的培训和操作技能的提升也是提升不锈钢管道焊接质量的必要环节。熟练的焊工能够根据不同的焊接工况做出及时的调整,从而有效避免焊接缺陷的发生。定期对焊工进行培训,增强他们对焊接工艺、焊接参数和质量控制标准的理解,能够在实际操作中提升焊接质量。强化操作人员对设备的使用及故障排查能力,也能减少因设备不当使用或故障导致的焊接质量问题。焊接质量的监督和检测是不可或缺的环节。通过引入现代化的检测设备,如X射线、超声波检测技术和实时

焊接参数监控系统,能够全面掌握焊接过程中可能出现的缺陷,并及时采取措施进行纠正。定期对焊接质量进行评估,确保焊接接头达到设计强度和耐腐蚀要求,对于提高不锈钢管道的整体质量具有重要意义。通过综合运用上述策略,不锈钢管道的氩弧焊接质量能够得到有效提升,确保其长期稳定运行,减少故障发生的几率。

6 结语

通过对不锈钢管道氩弧焊接过程中常见缺陷及其控制措施的研究,能够有效识别影响焊接质量的关键因素,并提出了相应的技术优化方案。焊接材料的选择、焊接参数的合理设置、操作环境的控制以及技术人员的培训等措施,都是保障焊接质量的必要手段。同时,焊接质量的实时监控和无损检测技术的应用,也为提升不锈钢管道焊接的整体质量提供了有效支持。综上所述,综合性的质量控制策略能显著提高焊接质量,确保管道长期安全运行。

参考文献:

- [1] 巩汝强,张道福.一种不锈钢管道氩弧焊充氩密封装置的设计[J].金属加工(热加工),2014,(16):63.
- [2] 路创业.建筑给水薄壁不锈钢管道连接施工技术要点探析[J].工程机械与维修,2022,(05):130-132.
- [3] 刘超,佟庆,李海.在役核电厂不锈钢管道对接焊缝质量控制[J].设备管理与维修,2022,(05):117-119.
- [4] 刘新海,曹遂军,丁自力,等.不锈钢背面自保护涂层焊丝氩弧焊水平口焊接操作技巧[J].金属加工(热加工),2019,(06):70-71.
- [5] 闫建义.不锈钢药芯焊丝 MAG 焊接工艺在工程中的应用[J].石油化工设备技术,2012,33(03):59-61+2.