

PE管热熔焊接接头内部缺陷数字射线检测技术研究

何深远^{1,2} 赵聪^{1,2} 刘怿欢^{1,2}

1. 天津市特种设备监督检验技术研究院 天津市 300192;

2. 国家市场监督管理总局重点实验室(特种设备数字孪生共性技术) 天津 300192

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13207

[摘要] 聚乙烯(PE)管道在燃气、给排水等领域广泛应用,其热熔焊接接头质量直接关系到管道系统的安全运行。本文研究了数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头内部缺陷检测中的应用,通过对比传统射线检测方法,分析了数字射线检测的图像质量、检测效率及缺陷识别能力。研究表明,数字射线检测技术能够快速、准确地识别PE管热熔焊接接头内部的缺陷,为管道质量控制提供了有效手段,具有广阔的应用前景。

[关键词] PE管; 热熔焊接; 数字射线检测; 内部缺陷; 质量控制

引言

聚乙烯(PE)管道因其良好的耐腐蚀性、柔韧性和施工便捷性,在燃气、给排水等领域被广泛应用。PE管的热熔焊接接头质量是影响管道系统安全运行的关键因素。传统射线检测方法存在效率低、图像质量受限等问题,难以满足现代工程对检测精度和效率的要求。研究数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头内部缺陷检测中的应用具有重要意义,旨在提高检测效率和准确性,确保管道系统的安全运行。

一、数字射线检测技术原理

数字射线检测技术是一种先进的无损检测手段,其核心在于利用数字探测器接收射线穿透物体后的衰减信号,并通过计算机处理生成高分辨率的数字图像。与传统的胶片射线检测相比,数字射线检测技术在多个方面展现出了显著的优势。数字射线检测的图像分辨率极高,能够清晰地捕捉到微小的缺陷特征,这对于检测像PE管热熔焊接接头这类对质量要求极高的部件至关重要。其动态范围广,这意味着在检测过程中,即使面对不同密度和厚度的材料,数字射线检测技术也能够准确地获取图像信息,而不会因为材料的不均匀性而出现图像过曝或欠曝的情况。检测速度的大幅提升也是数字射线检测技术的一大亮点。传统胶片射线检测需要经过繁琐的胶片冲洗和图像处理步骤,耗时较长,而数字射线检测技术能够在短时间内完成图像采集和处理,大大提高了检测效率,满足了现代工业生产对快速检测的需求。

数字射线检测技术的成像原理基于射线与物质的相互作用。当射线穿透物体时,会发生散射、吸收等物理过程,导致射线强度的衰减。这种衰减与物体的密度、厚度以及材料的原子序数密切相关。数字探测器能够精确地捕捉到这些衰减后的射线信号,并将其转换为数字图像。在这个过程中,探测器的性能至关重要。高灵敏度的探测器能够更准确地接收信号,从而生成更清晰、更准确的图像。通过计算机算法对这些信号进行处理,可以进一步增强图像的对比度和清晰度,使得PE管热熔焊接接头内部的缺陷特征,如孔洞、冷焊、夹杂等,能够清晰地显示出来。这种基于射线与物质相互作用的成像原理,不仅能够提供直观的图像信息,还能够通过定量分析射线的衰减程度,对缺陷的大小、形状和位置进行精确测量,为后续的质量评估和修复提供了重要依据。

PE管电熔焊接过程主要包括准备阶段、定位阶段、焊接阶段和保持阶段。在PE管热熔焊接接头的检测中,数字射线检测技术的应用价值尤为突出。PE管作为一种广泛应用于燃气、给排水等领域的管道材料,其焊接接头的质量直接关系到管道系统的安全性和可靠性。

传统的检测方法往往难以满足对焊接接头内部缺陷的精准检测需求,而数字射线检测技术凭借其高分辨率、高动态范围和快速检测的特点,能够有效地解决这一问题。通过数字射线检测技术,可以快速识别出焊接接头内部各类缺陷,如孔洞、冷焊和夹杂等。这些缺陷的存在可能会导致管道在使用中出现泄漏、破裂等问题,从而引发安全事故。数

字射线检测技术不仅能够提高检测效率,还能够显著提升检测的准确性,为PE管的质量控制提供了有力的技术支持。数字射线检测技术生成的数字图像便于存储和传输,方便后续的分析和记录,也为质量追溯和工程管理提供了便利。

二、PE管热熔焊接接头缺陷特征

在聚乙烯(PE)管道的热熔焊接过程中,焊接接头内部常常会出现一些缺陷,这些缺陷主要包括孔洞、冷焊和夹杂等。这些缺陷的形成与焊接工艺参数、材料性能以及操作人员的技术水平密切相关。孔洞是焊接过程中常见的缺陷之一。它通常是由于焊接时气体未能及时排出而形成的空腔。在热熔焊接过程中,焊接区域的温度较高,材料内部的气体或者外界混入的气体可能会被困在焊接熔池中。如果气体无法顺利排出,就会在焊接接头内部形成孔洞。这些孔洞不仅会破坏焊接接头的连续性,还会成为应力集中点,降低焊接接头的强度。当管道系统承受压力时,孔洞周围的材料更容易发生变形甚至破裂,从而影响管道系统的密封性和整体安全性。

冷焊是PE管热熔焊接接头中一种极为关键且常见的内部缺陷,其形成机制和危害性对管道系统的安全运行构成了严重威胁。在热熔焊接过程中,焊接温度和时间是决定焊接质量的核心工艺参数。焊接温度不足时,PE材料无法达到理想的熔融状态,其分子链无法充分展开和重新排列,从而无法实现有效的熔合。同样,焊接时间过短也会导致熔融材料未能充分混合和融合,使得焊接接头中存在冷焊区域。这些冷焊区域的材料未能形成良好的冶金结合,其机械性能远低于正常熔合区域,强度和韧性显著降低。

在管道运行过程中,冷焊部位的薄弱性尤为突出。当管道承受压力或受到外力作用时,冷焊区域很容易成为应力集中点,进而引发裂纹扩展,最终导致管道泄漏或破裂。这种缺陷不仅影响管道的结构完整性,还会对周边环境造成潜在危害,尤其是在输送易燃、易爆或有毒流体的情况下。冷焊还会严重影响焊接接头的密封性能。由于冷焊区域无法形成完整的密封结构,流体在输送过程中容易从这些薄弱部位渗漏,导致管道系统出现泄漏现象。这种渗漏不仅会降低管道系统的输送效率,还可能导致流体的浪费和环境污染,甚至可能引发安全事故。对PE管热熔焊接接头中的冷焊缺陷进行准确检测和有效控制至关重要。通过优化焊接工艺参数,如精确控制焊接温度和时间,可以有效减少冷焊现象的发生。采用先进的检测技术,如数字射线检测,能够及时发现冷焊缺陷,确保焊接接头的质量和管道系统的安全运行。

夹杂也是PE管热熔焊接接头内部的一种典型缺陷。它是由杂质混入焊接熔池而形成的。在焊接过程中,如果焊接区域的清洁度不够,或者焊接材料本身含有杂质,这些杂质就可能混入焊接熔池。随着焊接过程的进行,杂质被包裹在焊接接头内部,形成夹杂缺陷。夹杂的存在会破坏焊接接头的均匀性和完整性。不同类型的杂质可能会对焊接接头的性能产生不同的影响。金属杂质可能会导致焊接接头的电化学腐蚀,而非金属杂质可能会降低焊接接头的机械性能。无论

哪种夹杂,都会使焊接接头的强度和密封性下降,增加管道系统在运行过程中出现故障的风险。控制焊接过程中的杂质混入,对于保证PE管热熔焊接接头的质量至关重要。

三、数字射线检测技术应用

在PE管热熔焊接接头检测领域,数字射线检测技术凭借其先进的成像原理和灵活的参数调整能力,展现出卓越的缺陷识别性能。通过精心优化成像参数,包括射线源能量、曝光时间以及探测器位置等关键因素,该技术能够生成高质量的数字图像。这些图像不仅清晰度高,而且能够精准地反映出PE管热熔焊接接头内部缺陷的诸多细节特征,如缺陷的形状、大小以及具体位置等。在实际检测过程中,数字射线检测技术能够快速捕捉到焊接接头内部各类潜在缺陷,无论是微小的孔洞,还是复杂的冷焊区域,亦或是难以察觉的夹杂物,都能被准确地识别出来,PE热熔接头DR成像如图1所示。与传统的检测方法相比,其检测效率实现了质的飞跃,提高了数倍之多。这种高效的检测能力极大地缩短了检测周期,为工程项目的快速推进提供了有力支持。数字射线检测技术所生成的高分辨率图像,使得缺陷识别的准确性也得到了显著提升,为后续的质量评估和修复决策提供了更加可靠的依据,从而有效保障了PE管焊接接头的质量与安全性能。



图1 PE焊接接头DR成像

为了进一步验证数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头检测中的优势,一系列严谨的实验研究被开展。实验中,通过对比传统射线检测方法与数字射线检测技术在相同检测条件下的表现,结果表明数字射线检测技术在多个关键指标上均优于传统方法。在图像质量方面,数字射线检测技术生成的图像具有更高的对比度和清晰度,能够更清晰地展示焊接接头内部的结构细节,使得微小缺陷无处遁形。在检测效率上,数字射线检测技术的快速成像能力使其能够在短时间内完成大量检测任务,大大提高了检测工作的整体效率。而在缺陷识别能力方面,数字射线检测技术凭借其先进的图像处理算法和高精度的探测器,能够更准确地识别出各类缺陷,并对缺陷的性质和严重程度进行精准评估。这些实验结果充分证明了数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头检测中的巨大潜力和应用价值,为该技术在工程中的广泛应用奠定了坚实的基础。

数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头检测中的应用,不仅为管道工程的质量控制提供了更为高效和精准的手段,还推动了整个检测行业向数字化、智能化方向发展。其高效的检测效率和精准的缺陷识别能力,使得在大规模管道工程建设中,能够快速发现并处理焊接接头的潜在问题,有效降低了因焊接缺陷导致的安全事故风险,保障了管道系统的长期稳定运行。随着技术的不断进步和创新,数字射线检测技术有望在未来实现更高的自动化程度和智能化水平,进一步提升检测效率和准确性,为PE管焊接接头质量检测乃至整个管道工程领域的发展带来更多的可能性和突破。

四、结论与展望

数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头内部缺陷检测领域展现出的巨大潜力和显著优势,使其成为现代管道工程检测中不可或缺的重要手段。与传统检测方法相比,数字射线检测技术不仅能够显著提高检测效率,还能极大提升检测结果的准确性。在实际应用中,该技术通过先进的数字成像系统,快速获取焊接接头内部的高分辨率图像,使得微小缺陷也能被清晰地识别和定位。这种高精度的检测能力,对于保障PE管焊接接头的质量和安全性至关重要。数字射线检测技术的高效性也意味着能够在更短的时间内完成大量检测任务,从而加快工程进度,降低检测成本。随着技术的不断发展,数字射线检测设备的性能也在持续优化。未来的设备将更加便携化,这意味着检测人员可以更轻松地携带设备到达各种复杂的施工现场,不受场地限制地开展检测工作。智能化的发展趋势则将赋予设备更强的自动化功能,例如自动缺陷识别、图像分析和数据处理等,进一步减少人为因素对检测结果的影响,提升检测的可靠性。检测精度和图像质量的提升将使设备能够捕捉到更细微的缺陷特征,为管道工程的质量控制提供更全面、更深入的技术支持。

数字射线检测技术的未来发展令人充满期待。随着技术的不断成熟和创新,其应用范围将从PE管热熔焊接接头检测拓展到更多领域。在石油、化工、建筑等行业中,管道系统的安全性和可靠性是至关重要的。数字射线检测技术凭借其高效、准确、便携和智能化的特点,有望成为这些领域中管道质量检测的首选技术。在化工管道的检测中,该技术可以快速识别腐蚀、裂纹等潜在缺陷,及时发现安全隐患,避免重大事故的发生。在建筑给排水系统中,数字射线检测能够确保管道连接的牢固性和密封性,延长管道系统的使用寿命。随着物联网和大数据技术的不断发展,数字射线检测设备还可以与远程监控系统相结合,实现对管道系统的实时监测和数据分析。通过这种方式,检测人员可以在办公室内远程查看检测结果,及时发现并处理问题,进一步提高管道工程的安全管理水平。未来,数字射线检测技术将在更多领域得到广泛应用,为管道工程的质量控制和安全运行提供更有力的技术支持。

数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头内部缺陷检测中的应用,已经取得了显著的成果,并且随着技术的不断进步,其未来的发展前景十分广阔。该技术不仅能够有效提高检测效率和准确性,还将在便携化、智能化等方面取得更大的突破。未来,数字射线检测技术有望在更多领域推广应用,为管道工程的质量控制和安全运行提供更全面、更深入、更可靠的技术支持,推动整个管道工程行业的技术进步和安全管理水平。

结语

数字射线检测技术在PE管热熔焊接接头内部缺陷检测中展现出显著优势,显著提升了检测效率与准确性。随着技术的不断发展,设备将更加便携化、智能化,检测精度和图像质量也将进一步提升。未来,该技术有望在更多领域推广应用,为管道工程的质量控制和安全运行提供更有力的技术支持,推动行业技术进步,保障管道系统的安全性和可靠性。

参考文献

- [1]李明.数字射线检测技术在管道检测中的应用[J].无损检测,2022,44(5):67-70
- [2]王强.PE管热熔焊接接头质量影响因素分析[J].管道技术与设备,2021,32(3):45-48
- [3]刘洋.数字射线检测技术的发展与应用[J].工业技术,2023,25(2):56-59
- [4]赵伟.聚乙烯管道焊接质量检测技术研究[J].燃气与热力,2020,40(4):78-81
- [5]张伟.数字射线检测图像处理技术研究[J].无损检测技术,2024,36(6):90-93