

特种设备检测中无损检测技术的应用

赵雪枫

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：特种设备的安全运行对于保障生产安全和人员生命财产安全具有重要意义。本文概述了无损检测技术的基本原理和特点，分析了其在特种设备检测中的优势。阐述了红外线成像、超声波无损检测、射线检测、漏磁检测和涡流检测等主要技术，并讨论了这些技术在特种设备检测中的具体应用。提出了无损检测技术在特种设备检测中的实施策略，包括检测方法的选择与优化、检测人员的培训与技能提升以及检测设备的维护与更新，以确保无损检测技术的有效实施和特种设备的安全运行。

关键词：特种设备检测；无损检测技术；应用

引言：无损检测技术作为一种在不破坏被检测物体的情况下，对其内部和表面缺陷进行检测的技术，因其高效、准确和可靠的特点，在特种设备检测中得到了广泛应用。本文旨在探讨无损检测技术在特种设备检测中的应用，分析其优势和技术特点，并提出相应的实施策略，以为特种设备的安全运行提供有力保障。

1 无损检测技术概述

无损检测技术（Non-Destructive Testing, NDT）是一种在不损害被检测物体使用性能的前提下，利用物质的声、光、磁和电等物理特性，对被检测物体内部或表面的结构、性质、状态进行检查和测试的技术。该技术能够发现物体内部的缺陷、不均匀性或其他异常，为产品的质量控制在设备维护、科学研究等提供了重要的手段。无损检测技术的发展历史悠久，最早可以追溯到20世纪初期^[1]。最初人们主要依赖目视检查和机械敲击法等简单方法来检测材料的内部状况。随着科学技术的进步，X射线、超声波等先进技术的引入，无损检测的能力得到了极大的提升。如今涡流检测、磁粉检测、液体渗透检测等多种方法已经广泛应用于各个领域。无损检测技术的特点主要包括非破坏性、全面性、实时性、可靠性和环保性等。非破坏性是其最显著的特点，能够在不损害被检测物体的情况下进行检测，避免了因检测而造成的材料浪费和设备损坏。全面性则体现在能够对被检测物体的内部和表面进行全面检测，发现潜在的问题。实时性使得无损检测技术能够在生产过程中实时进行检测，及时发现问题并进行处理，从而提高生产效率和产品质量。无损检测技术通过运用各种物理、化学原理以及先进的检测设备和方法，能够提供高度可靠的检测结果。无损检测技术在应用过程中对环境的影响较小，具有较高的环保性。

2 无损检测技术在特种设备检测中的优势

无损检测技术在特种设备检测中展现出的优势提升了检测的准确性和效率，确保了设备的安全性和可靠性，主要体现在以下方面：（1）非破坏性。这意味着在检测过程中，不会对特种设备造成任何损伤或影响其原有性能。这对于需要保持设备完整性和可靠性的特种设备来说至关重要，确保了设备在检测后的正常运行。（2）高精度与可靠性。无损检测技术能够提供高精度和可靠的检测结果。通过先进的检测方法和设备，能够准确识别出特种设备内部的缺陷、裂纹、腐蚀等问题，为设备的维护和管理提供了有力的数据支持。（3）全面性。无损检测技术可以对特种设备的各个部位进行全面检测，包括内部和表面。这种全面性确保了检测结果的完整性和准确性，避免了因检测盲区而导致的安全隐患。（4）高效性。相较于传统的破坏性检测方法，无损检测技术更加高效。它能够在短时间内完成大面积或复杂结构的检测，大大缩短了检测周期，提高了工作效率。（5）安全性。无损检测技术在检测过程中不会对人员和环境造成危害^[2]。相较于一些可能产生辐射或有害物质的检测方法，无损检测技术更加安全环保，符合现代工业的绿色生产要求。（6）经济性。从长远来看，无损检测技术具有显著的经济性。通过及时发现和处理特种设备中的潜在问题，可以避免因设备故障而导致的生产中断、维修成本增加等经济损失。无损检测技术还可以延长设备的使用寿命，降低设备更换和维修的频率，从而降低企业的运营成本。

3 特种设备无损检测的主要技术应用

3.1 红外线成像技术

红外线成像技术通过捕捉物体表面发出的红外辐射，形成红外热图像，进而分析物体内部的温度分布和

能量流动情况,实现对设备内部缺陷的检测。在特种设备检测中,红外线成像技术主要应用于以下几个方面:

(1) 热异常检测:红外线成像技术能够迅速捕捉到设备表面的温度异常,如局部过热或过冷区域。这些异常往往与设备内部的缺陷或故障密切相关,如裂纹、腐蚀、堵塞等。通过分析这些热异常,可以准确判断设备内部的健康状况。(2) 缺陷识别:由于缺陷区域与正常区域的热传导性能存在差异,红外线成像技术能够清晰地显示出缺陷的位置和形状。在压力容器检测中,红外线成像技术可以准确识别出焊缝中的裂纹和未熔合缺陷。

(3) 预防性维护:通过定期的红外线成像检测,可以及时发现设备潜在的故障点,从而采取预防措施,避免设备故障带来的生产中断和安全隐患。(4) 在线监测:红外线成像技术具有非接触、实时、在线监测的特点,可以在不影响设备运行的情况下进行检测。这使得该技术特别适用于对关键设备进行连续、动态的监测。(5) 数据分析与评估:结合先进的图像处理和数据分析技术,红外线成像技术可以对检测数据进行深入分析,评估设备的健康状况和剩余寿命。

3.2 超声波无损检测技术

超声波无损检测基于超声波在材料中传播、反射和散射的特性,能够实现对设备内部和表面缺陷的精确检测,而不会对设备造成任何物理损害。在特种设备检测中,超声波无损检测的应用主要体现在以下几个方面:

(1) 检测焊缝的质量。特种设备中,焊缝是连接各个部件的关键部分,其质量直接关系到设备的整体强度和安全性。通过超声波无损检测,可以准确检测出焊缝中的未熔合、夹渣、裂纹等缺陷,确保焊缝的质量符合标准。(2) 检测承压设备的壁厚和腐蚀情况。承压设备在长期使用过程中,可能会受到腐蚀、磨损等因素的影响,导致壁厚减薄。超声波无损检测能够精确测量设备的壁厚,并发现腐蚀、磨损等缺陷,为设备的维护和保养提供重要依据。(3) 检测特种设备中的非金属夹杂物和裂纹等缺陷。这些缺陷可能会影响设备的整体性能和安全性,通过超声波检测,可以及时发现并处理这些潜在问题,确保设备的安全运行。超声波无损检测的优势在于其高灵敏度、高分辨率和快速检测的特点。同时还具有较高的检测精度和可靠性,能够准确反映设备内部的真实情况。超声波检测设备轻便、易于携带,适用于各种复杂环境下的检测工作。但超声波无损检测也存在一定的局限性。对于某些形状复杂或不规则的设备部件,超声波的传播可能会受到干扰,导致检测精度降低。对于某些材料,如非金属或复合材料,超声波的检

测效果也可能受到一定影响。

3.3 射线检测技术

射线检测技术核心原理在于利用X、Y射线的强大穿透力,穿透物体并揭示其内部潜在的缺陷。这种技术特别适用于检测由碳钢、铝合金和不锈钢等材质制成的承压特种设备。在实际应用中,射线检测技术能够精准地检测出特种设备材质中的气孔、细裂纹以及融合不充分等缺陷。这些缺陷在常规检测方法下可能难以察觉,但射线检测技术凭借其高灵敏度,能够确保检测的准确性和可靠性。射线检测技术在材料厚度方面的适用性存在限制。对于厚度不超过200mm的特种设备,射线检测技术能够发挥其最佳效果。对于更厚的材料,射线的穿透力可能会受到一定限制,从而影响检测效果^[3]。在应用射线检测技术时,检测人员的个人防护和环境保护同样重要。由于射线对人体具有一定的辐射危害,检测人员必须穿戴专业的防护服和防护设备,以减少辐射对身体的潜在伤害。为了减少对环境的污染,检测过程中应采取有效措施,如设置防护屏障、控制有毒有害气体的排放等,以确保检测过程的安全性和环保性。

3.4 漏磁检测技术

漏磁检测技术是一种基于磁化原理的无损检测方法,主要利用磁场原理对材料进行检测,当导体材料被磁化时,其表面会产生磁场,而材料内部的缺陷会导致磁力线发生变形或扭曲,从而产生漏磁场。通过检测这些漏磁场的变化,可以准确判断材料内部的缺陷情况。在特种设备检测中,漏磁检测技术被广泛应用于管道、储罐、机械设备等关键部件的检测。在管道运输过程中,管道可能会受到腐蚀、磨损、裂纹等损伤,使用漏磁检测技术可以对管道进行快速、准确的检测,发现并定位缺陷,有效预防泄漏事故的发生。漏磁检测技术还可用于对机械设备的关键部件进行检测,如轴承、齿轮、轴等,通过对设备运行过程中的磁场变化进行监测,可以判断出设备的工作状态和潜在故障,为设备的维护和保养提供依据。漏磁检测技术的优势在于其高灵敏度和易操作性。该技术能够检测出微小的缺陷,且操作相对简单,不需要特别复杂的设备和技能要求。漏磁检测技术易于实现自动化,由传感器接收信号,软件判断有无缺陷,适合于组成自动检测系统,大大提高了检测效率和准确性。漏磁检测技术也存在一定的局限性。它主要适用于铁磁材料的检测,对于非铁磁材料,由于磁导率接近1,缺陷周围的磁场不会因为磁导率不同出现分布变化,因此不会产生漏磁场。漏磁检测在检测铁磁材料内部深处的缺陷时也存在一定困难,若缺陷离表面

距离很大,缺陷周围的磁场畸变主要出现在缺陷周围,而工件表面可能不会出现漏磁场。

3.5 涡流检测技术

涡流检测技术基于电磁感应原理,通过测量被检工件内感生涡流的变化来无损地评定导电材料及其工件的某些性能或发现缺陷。在特种设备检测中,涡流检测技术的应用主要体现在以下几个方面:(1)用于金属材料的缺陷检测。特种设备中,金属部件是构成设备的重要组成部分,其质量直接关系到设备的安全性和可靠性。涡流检测技术能够准确检测出金属表面或近表面的裂纹、腐蚀、夹杂等缺陷,为设备的维护和保养提供重要依据。在航空航天领域,涡流检测技术被用于检测航空发动机叶片、螺栓、螺孔等部件的缺陷,确保飞机的飞行安全。(2)用于金属材料的厚度测量。在特种设备中,金属部件的厚度是其性能和安全性的指标之一。涡流检测技术能够准确测量金属板、管材等制品的厚度,确保产品质量符合标准。这对于预防因厚度不足而导致的安全事故具有重要意义。(3)用于金属材料的材质分析。通过对涡流响应的分析,可以判断金属材料的种类和成分,帮助识别假冒伪劣产品。这对于保障特种设备的质量和具有安全具有重要意义^[4]。涡流检测技术的优势在于其非接触性、高速性和高灵敏度。该技术不需要与被测物体直接接触,减少了对工件表面的损伤;检测速度快,适用于在线检测,提高了生产效率;对于细微缺陷具有较高的检测灵敏度,能够发现潜在的质量问题。该技术主要适用于导电材料的检测,对于非导电材料的检测效果较差,同时涡流检测技术的检测深度受到频率的影响,对于较深层次的缺陷可能无法准确检测。

4 无损检测技术在特种设备检测中的实施策略

无损检测技术在特种设备检测中,其准确性和可靠性直接关系到设备的安全运行。为确保这一技术的有效实施,必须制定并执行以下一系列策略:(1)检测方法的选择与优化。不同类型的特种设备具有不同的结构特点和潜在缺陷类型,在选择无损检测方法时,必须充

分考虑设备的材质、工作环境以及可能的缺陷类型。对于金属材质的特种设备,涡流检测、超声波检测和射线检测因其对金属内部缺陷的高灵敏度而成为首选。结合实际情况,对检测方法进行优化。对于承受交变载荷的设备,可采用超声波检测和射线检测相结合的方法,以更全面地发现潜在的疲劳裂纹和应力腐蚀开裂等缺陷。

(2)检测人员的培训与技能提升。无损检测技术需要专业的知识和技能,必须定期对检测人员进行培训,使其掌握最新的检测技术和标准规范。培训内容应包括理论知识的讲解、实践操作技能的训练以及案例分析等。通过培训检测人员可以不断提升自己的专业素养和技术水平,从而更好地完成检测任务。(3)检测设备的维护与更新。无损检测设备是检测工作的基础,其性能的稳定性和先进性直接关系到检测结果的准确性。建立完善的设备维护体系,定期对设备进行校准、清洁和保养,确保其处于最佳工作状态。随着无损检测技术的不断发展,及时更新老旧设备,引入新技术和新设备,以提高检测效率和精度。在更新设备时,注重设备的适用性、操作简便性和性能稳定性等因素。

结束语:无损检测技术在特种设备检测中具有显著优势,其多种主要技术如红外线成像、超声波无损检测、射线检测、漏磁检测和涡流检测等,为特种设备的安全运行提供了有力保障。为确保无损检测技术的有效实施,制定并实施相应的策略。随着无损检测技术的不断进步,其在特种设备检测中的应用将更加广泛和深入。

参考文献

- [1]任桂芹.无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用探究[J].质量安全与检验检测,2021,31(03):63-65.
- [2]杨建文.无损检测技术在特种设备制造中的应用与发展[J].中国金属通报,2021(06):151-152.
- [3]秦之炜,袁烨.无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用[J].中国战略新兴产业,2020(2):136.
- [4]薛鹏.无损检测技术在特种设备检验中的运用探讨[J].科技风,2020(29):5-6.