

无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用

丁学峰 顾永兵

宁夏特种设备检验检测院吴忠分院 宁夏 吴忠 751100

摘要：随着科技的发展，无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用越来越广泛。无损检测技术是一种能够在不破坏被测物体原有结构的前提下，对物体内部结构和性能进行检测的技术。这种技术在承压类特种设备检验检测中的应用，不仅可以有效地提高检验检测的准确性和效率，而且可以大大降低检验检测过程中的安全风险。例如，通过超声波检测技术，可以对承压设备的内外壁进行全面、深入的检查，及时发现设备的裂纹、腐蚀等缺陷，从而避免因设备缺陷导致的安全事故的发生。因此，无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用具有重要的实践意义和广阔的应用前景。

关键词：无损检测技术；承压类特种设备；NB/T47013；应用分析

引言

随着科技的发展和社会的进步，特种设备在各个领域的应用越来越广泛，如石油化工、航空航天、核电、交通运输等。这些设备的安全性和可靠性对于国家经济发展和人民生命财产安全具有重要意义。因此，对承压类特种设备进行定期检验检测是确保其安全运行的必要手段。无损检测技术作为一种重要的检测手段，具有非破坏性、高效性和准确性等优点，已经在承压类特种设备检验检测中得到了广泛应用。

1 承压类特种设备无损检测的必要性

特种设备是各行各业中不可或缺的重要组成部分，其中包括一些需要承受高温、高压力的设备，如锅炉、压力容器、压力管道等。这些设备在运行过程中，往往需要承受巨大的应力，因此，对其进行无损检测是非常必要的。无损检测是一种非破坏性检测方法，可以在不损伤被测物体的前提下，对物体的内部结构和性能进行检测。这种检测方法对于承压类特种设备的安全生产具有重要的意义。首先，无损检测可以有效地发现承压类特种设备的潜在缺陷。在承压类特种设备的运行过程中，由于各种原因，设备可能会出现裂纹、腐蚀、磨损等问题，这些问题如果不及时发现和处理，可能会导致设备发生破裂，造成严重的安全事故。通过无损检测，可以及时发现这些问题，从而避免事故的发生。其次，无损检测可以提高承压类特种设备的使用效率。通过无损检测，可以了解设备的内部结构和性能，从而对设备进行合理的维护和保养，提高设备的使用效率。同时，无损检测还可以帮助用户了解设备的使用寿命，从而做出合理的设备更新决策。再次，无损检测可以延长承压类特种设备的使用寿命。通过定期的无损检测，可

以及时发现和处理设备的问题，从而避免设备的过早损坏，延长设备的使用寿命。这对于企业来说，不仅可以节省设备更换的成本，还可以提高工作效率^[1]。最后，无损检测可以提高承压类特种设备的安全生产水平。通过无损检测，可以有效地控制设备的安全风险，从而提高设备的安全生产水平。这对于保障企业的生产安全，保护员工的生命安全具有重要的意义。

2 无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用

2.1 射线检测技术

射线检测技术（RT）（见图1），作为一种无损检测技术，在现代工业生产和科学研究中发挥着至关重要的作用。它主要利用X射线或伽马射线穿透被测物体，通过测量其在物体内部散射的能量，从而底片图像（见图2）的形式得到物体的内部结构信息。这种技术具有非破坏性、高精度、快速响应等优点，因此在各种金属和非金属材料的检测中得到了广泛应用。首先，射线检测技术可以应用于各种金属和非金属材料的检测。例如，在航空航天领域，对于飞机、火箭等航空器的制造和维修过程中，射线检测技术可以用于检测飞机内部的结构缺陷，如裂纹、腐蚀等，以确保飞行安全。此外，在石油化工、核工业等领域，射线检测技术也发挥着重要作用，用于检测管道、容器等设备的内部结构和性能^[2]。其次，射线检测技术对于一些难以进行直接视觉检查的设备具有很大的优势。例如，在高压锅炉、压力管道等设备中，由于其内部结构复杂且可能存在安全隐患，因此很难通过传统的视觉检查方法进行有效监测。而采用射线检测技术，可以在不破坏设备的情况下对其进行全面、准确的检测，从而确保设备的安全运行。此外，随着科学技术的不断发展，射线检测技术也在不断创新和完善。例如，近年来发展起来的X射线

数字成像技术（DR），是计算机数字图像处理技术与X射线放射技术相结合而形成的一种先进的X射线技术，通过A/D和D/A转换，进行实时图像数字处理，进而使图像实现数字化。DR技术具有图像质量清晰、成像速度快，以及辐射量小于传统X射线机等优点，为射线检测提供了更为精确的信息。

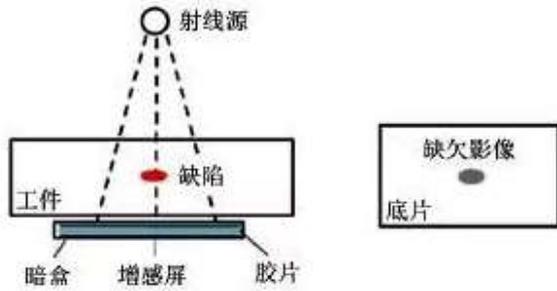


图1 RT检测图

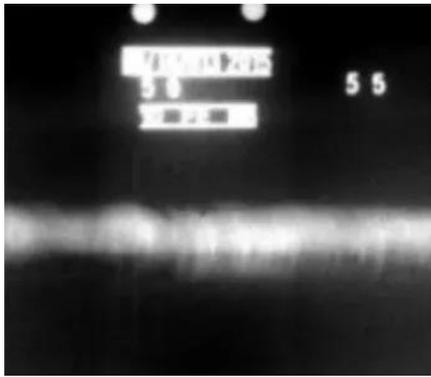


图2 射线底片

2.2 超声波检测技术

超声波检测技术（UT），是利用超声波在被测物体内部的传播和A型脉冲反射，通过分析超声波的声学特性，可以得到被测物体的内部结构和缺陷信息。超声波检测技术的工作原理是利用超声波在被测物体内部产生的反射和衍射，通过接收这些回声，可以确定物体的形状、大小和位置。同时，通过对超声波的传播速度和衰减特性的分析，可以推测出物体的内部结构，如材料的密度、硬度、弹性模量等。此外，通过对超声波的反射信号的分析，还可以检测出物体内部的缺陷，如裂纹、空洞、夹杂等。这种技术的优点在于它不需要对被测物体进行任何形式的切割或破坏，因此不会对物体造成任何损害。同时，由于超声波可以在各种材料中传播，因此这种技术适用于各种材料的设备，包括金属、塑料、陶瓷、复合材料等。然而，超声波检测技术也有其局限性，对具有复杂形状或不规则外形的试件进行超声检测有困难；并且缺陷的位置、取向和形状以及材质和晶粒度都对检测结果有一定影响，检测结果也无直接见证记

录^[3]。近年来，衍射时差法超声波检测（TOFD）发展速度较快并且在行业内被广泛接受，相对于传统的超声脉冲回波检测，TOFD超声检测法在缺陷的定性定量检测中更具有效性，且弥补了脉冲反射法的诸多缺陷。是一种依靠从待检试件内部结构（主要是指缺陷）的“端角”和“端点”处得到的衍射能量来检测缺陷的方法，用于缺陷的检测、定量和定位（见图3），并形成可永久保存的TOFD图谱（见图4）。

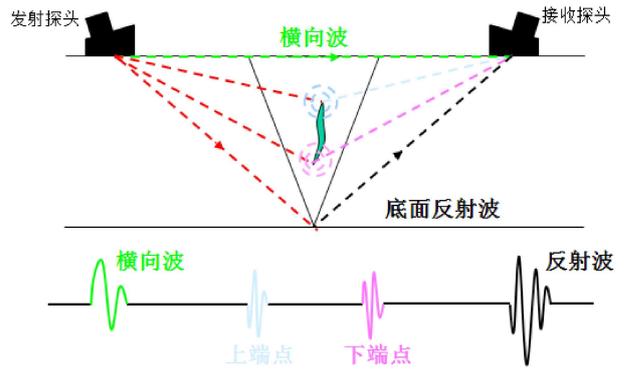


图3 TOFD检测原理图

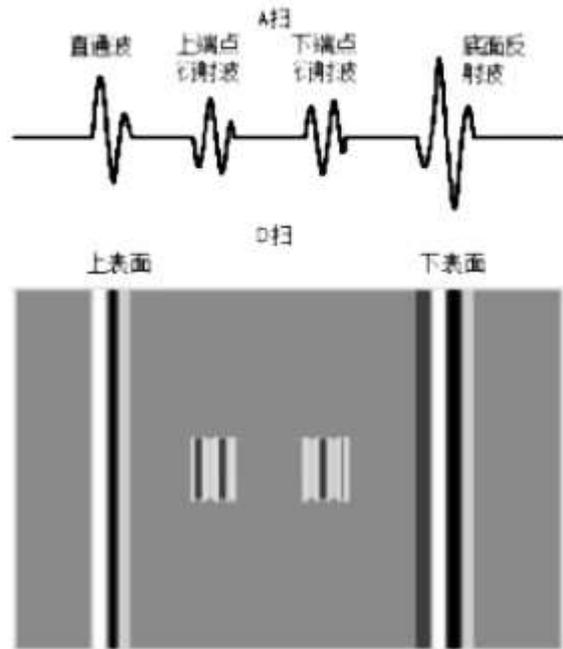


图4 TOFD图谱

2.3 磁粉检测技术

磁粉检测技术（MT），也被称为铁磁性材料检测技术，是一种基于铁磁性材料的物理特性的无损检测方法。这种技术的核心原理是利用磁粉在磁场中的分布和集中现象。当一个铁磁性材料被置于磁场中时，其中的磁粉会按照一定的规律分布，铁磁性材料和工件被磁化

后,由于不连续性的存在,使工件表面和近表面的磁力线发生局部畸变而产生漏磁场,吸附施加在工件表面的磁粉,形成在合适光照下目视可见的磁痕,从而显示出非连续性的位置、形状和大小。磁粉检测技术的应用领域非常广泛,包括各种金属材料的设备、构件以及零件等。根据NB/T47013.4《承压设备无损检测.磁粉检测》,该方法适用于铁磁性材料制板材、复合板材、管材、管件和件等表面或近表面缺陷的检测以及铁磁性材料对接头、T型焊接接头和角接接头等表面或近表面缺陷的检测,不适用于非铁磁性材料的检测。这种技术特别适用于那些表面光洁度要求高、易损伤的设备。例如,航空航天设备、汽车发动机、电力设备等,都可以通过磁粉检测技术来检测其内部是否存在缺陷或者损伤。通过这种技术,我们可以在不损害被测物体的情况下,较快获取到其内部的详细信息。这对于设备的维护和修理工作来说,具有非常重要的意义。此外,磁粉检测技术还具有很高的灵敏度和分辨率。这意味着,它可以检测到非常小的缺陷,从而使得我们能够对被测物体的质量进行精确的控制。这对于提高产品的质量,降低生产成本,具有非常重要的意义^[4]。

2.4 渗透检测技术

渗透检测技术(PT),这是一种独特的无损检测技术,基本原理是零件表面被施涂含有荧光染料或着色染料的渗透剂后,在毛细管作用下,经过一段时间,渗透液可以渗透到表面开口缺陷中;经去除零件表面多余的渗透液后,再在零件表面施涂显像剂,同样,在毛细管的作用下,显像剂将吸引缺陷中保留的渗透液,渗透液回渗到显像剂中,在一定的光源下(紫外线光或白光),缺陷处的渗透液痕迹被现实,(黄绿色荧光或鲜艳红色),从而探测出缺陷的形貌及分布状态。渗透检测技术的应用领域非常广泛,包括航空航天、汽车制造、石油化工、电力设备、建筑工程等众多领域。这种技术可以用于检测各种材料的设备,包括金属、塑料、陶瓷、复合材料、橡胶制品等。对于一些难以进行物理探测的设备,如复合材料、橡胶制品等,渗透检测技术具有很大的优势。例如,复合材料的结构复杂,如果使用传统的物理探测方法,可能会因为无法直接观察到内部结构而无法准确判断其性能和安全性。而渗透检测技术则可以通过观察液体或气体在复合材料表面留下的痕迹,从而得到其内部结构和缺陷信息,从而更准确地评估其性能和安全性。此外,渗透检测技术还可以用于检测一些特殊的材料和设备,如高温设备、高压设备、电子设备等。对承压设备检测,根据NB/T47013.5《承压设

备无损检测渗透检测》,该方法适用于非多孔性金属材料制承压设备在制造、安装及使用中产生的表面开口缺陷的检测。

3 进一步研究和应用无损检测技术的建议

首先是技术创新,持续进行无损检测技术的研究和创新,探索新的检测方法和工具。例如,发展更高分辨率的成像技术、更灵敏的传感器、更智能化的数据分析算法等,以提高检测的精确度和效率。再次多种无损检测技术的结合,不同的无损检测技术在不同的应用场景中具有独特的优势和局限性。因此,将多种无损检测技术进行结合和综合应用,可以提高检测的全面性和准确性。例如,结合超声波和磁粉检测技术,可以更好地检测表面和内部的缺陷。其次是自动化和智能化,开发自动化和智能化的无损检测系统,减少人工操作的依赖,提高检测的一致性和可靠性。例如,利用机器学习和人工智能技术,使无损检测系统能够自动分析和解释检测结果,并提供准确的评估和建议。还有,实时监测和预测性维护,将无损检测技术与实时监测系统相结合,实现对承压类特种设备的连续监测和预测性维护。通过实时监测设备的状态和性能指标,可以提前识别潜在的问题,并采取预防措施,以避免设备故障和停机。最后,标准化和认证:制定统一的无损检测标准和认证体系,确保检测结果的准确性和可比性。这有助于提高无损检测技术的可信度和应用范围,促进其在承压类特种设备领域的广泛应用。

结束语

无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用,为保障设备的安全运行和提高生产效率提供了有力支持。随着科技的不断发展,无损检测技术将在特种设备领域发挥越来越重要的作用,为我国特种设备安全事业做出更大的贡献。我们应继续深入研究和探讨无损检测技术的发展趋势,加强无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用,提高我国特种设备安全水平,为保障人民群众的生命财产安全和社会稳定作出更大的贡献。

参考文献

- [1]黄小辉,梁伟杰.无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用[J].石油和化工设备,2019(6):96-98.
- [2]王守国.无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用[J].检验检疫学刊,2020,30(3):119-121.
- [3]靳屹立.特种设备检测中无损检测技术的应用研究[J].检验检疫学刊,2020,,20(03):147-149.
- [4]王春雨,马林.无损检测技术在特种设备检验中的运用研究[J].商品与质量,2020(01):166.