

无损检测技术在特种设备检验中的运用研究

刘涛

威海市特种设备检验研究院

摘要：无损检测技术作为一种先进的检测技术，广泛运用特种设备检验工作。特种设备在材料、结构方面具有一定的特殊性，会增加无损检测的难度，传统的检验技术无法满足特种设备工业需求，因此，必须加强技术研发，积极创新无损检验技术，为特种设备工业发展提供帮助。本文首先对无损检测技术进行简单概述，然后探讨其在特种设备检验中应用的意义，并提出几种常见无损检测技术在特种设备检验中的具体应用。

关键词：无损检测技术；特种设备；射线

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.07.070

近年来，我国科学技术发展速度不断增快，经济市场也进入到智能化、数字化以及自动化背景中。特种设备不仅用于航空航天、医疗检测等高端领域，并迅速走入日常，为人们生活需求提供更多的帮助。特种设备应用能够提高产能产效，还能提升经济效益，但同时也给企业提出了更高的要求。尤其是特种设备检验环节，传统检测技术不能满足实际工作需求，通过无损检测技术，在不破坏特种设备基础上完成检验工作，是保证设备运行效果的一项重要技术。基于此，加强对无损检测技术在特种设备检验中运用的研究具有十分现实的意义。

一、无损检测技术概述

（一）无损检测技术概念

所谓的无损检测技术，指的是对被测对象不造成损坏基础上，通过材料内部缺陷、异常情况所造成的一系列反应变化，包括热、光、电、声、磁等，对工程零部件、设备内部等缺陷问题进行探查，明确缺陷位置、形状、大小以及数量等，是一项能够满足未来工业发展的检测技术。

（二）无损检测技术发展史

早在1895年，德国科学家在实验室中首次发现X射线；1890年x射线在法国海关物品检验工作中投入使用；1922年，x射线在美国进入到全新的研究领域，逐渐用于对工业生产工件的检查。而我国无损检测技术发展于1978年，起步晚、发展慢，经过几十年不断发展，从最开始的技术引进，到现在的自主研发，无论无损检测技术理论，还是无损检测仪器设备等，都取得了国际领先水平。

（三）无损检测技术特点

无损检测技术在各领域具有广泛运用，一经提出就迅速成为工业领域新宠，这主要与其技术特点有直接关系：第一，保护性。从无损检测技术名称上来说，在具体检测过程中，对设备性能不会造成破坏，能够尽最大能力保护被检测件不受损害，保证设备性能不受影响；第二，全面性。采用无损检测技术不会影响被测设备性能，不仅可以对具备进行探测，还能够开展全面检测，保证检测结果准确性，同时也有利于提升整体检测效率；第三，全程性。在无损检测技术没有出现前，特种设备检测不得不应用破坏性检测方式，主要是对设备原材料、组件等，但破坏性检测模式不能运用正常运行的设备。而无损检测技术可以检测正在运行设备，可以实现从生产到使用整个过程的检测活动，全面保障特种设备处于正常健康的运行状态。

二、无损检测技术在特种设备检验中运用的意义

随着我国工业生产领域发展，越来越多特种材料、特种设备运用于工业生产中，并逐渐向生活领域渗透。例如，天然气输送所用的压力管道、工业生产中所用的压力容器、生活中常见的锅炉设备等。不论是体积庞大的特种生产设备，还是娇小玲珑的小体积特种设备，在使用过程中都必须做到规范安全，加强人们对特种设备的认知能力，才能发挥特种设备优势，才能为民众提供更好的服务。特种设备在运行维护各方面都具有严格的规章制度，甚至有明确的法律法规要求，要求特种设备操作人员，能够认真熟悉相关规范，能够规范操作、强化管理。同时，不同种类的特种设备在使用环境上也有很大不同，且很多特种设备运用在一些特殊环境中，人为损伤、腐蚀等问题不可避免。因此，必须强化对特种设备的安全管理，降低特种设备出现问题的概率。而设备检测是保障特种设备安全生产的重要基础，传统的检测技术多为有损检测，不仅效率低，还需要停止设备运行才能开展检测活动。而无损检测技术运用于特种设备检测中，能够为设备安全运行提供保障。在国家工业产业发展中，特种设备发挥了重要作用，并迅速渗透到日常生活领域中，为国家经济发展、人们生活做出了巨大贡献。而强化特种设备检验，保证特种设备运行稳定性，能够切实提升工业产品质量。无损检测技术的运用，能够降低检测风险，能够对特种设备运行情况进行

详细了解，保证设备正常运行情况下完成检测工作，保障了设备运行效率与质量。

三、常见的无损检测技术

（一）射线探伤技术

射线探伤技术是最早的无损检测技术类型，主要是利用某种射线，对待检构件内部缺陷进行检查。通常来说，用于检测探伤的射线主要为x射线、 γ 射线，两种射线具有很强的穿透性，能够穿透金属材料，利用照相胶片感光作用进行探伤。例如，在焊缝缺陷探伤检查过程中，焊缝缺陷程度不同，对射线的吸收能力亦有不同，最终射线落在胶片上的强度有明显差别，胶片呈现出不同的感光程度，通过这种方式，可以将焊缝内部缺陷大小、位置、形状等进行准确描述，且能够建立在不损坏原有结构的基础上。其中，X射线具有透照速度快、时间短等优势，往往用于厚度不足30mm的待检件，对于缺陷显示灵敏度较高。x射线探伤缺点在与设备复杂，且成本相对较高； γ 设备的穿透能力更强，能够透照300mm钢板，且在没有电源情况下，也可以通过 γ 射线进行透照，适合野外作业，环缝可一次曝光。但缺点在于透照时间相对较长，一般不用于厚度不足50mm的构件检测工作。采用射线探伤技术可以用于不同物体探测，所采用的方式不同，例如，通过不同程度吸收的射线投射到x射线底片上，可以显示出内部缺陷、物体厚度变化等，该方式为x射线照相法；而透视法与照相法类似，是利用荧光屏替代胶片，对被检物体进行直接观察；仪器测定法则是利用光敏元件，对物体进行逐点投射，根据投射强度变化判定。

射线探伤技术应用领域较为广泛，包括钢筋结构、天然气管道材料、船舶制造材料，同时也包括航空航天设备等检查。在使用射线探伤技术过程中，应该考虑到检测环境对结果的影响，这主要是在不同环境下会对射线造成不同程度衰减，且如果操作时间长也需要考虑到环境变化问题，对操作人员专业水平有更高要求。在具体操作中应该做好细节把控，减少误差。同时射线本身对人体具有危害性，应该做好相应的防护。在现代化科技发展中，可以通过人工智能操控，弥补人工操作的弊端，实现射线探伤智能化发展。

（二）涡流探伤技术

涡流探伤技术原理脱胎于电磁感应定律，是人们对电磁应用逐渐密切的具体体现。在交流电作用下，线圈和导体接近形成一个交变电磁场，根据导体中磁场强弱不同对涡流强弱加以分析，从而对导体状态进行判断。涡流探伤是一种常见的无损检测技术，具有广泛运用，主要是针对一些管制建材、加工物件、传导线材料进行

检测，可以在无接触基础上，迅速获取设备物件相关状态信息。主要是这些设备与材料本身具有较高的电磁感应灵敏度，所采用涡流探伤的反应速度较快，用于设备检验中可以迅速找到设备缺陷位置。将其用于特种设备检验工作中，能够避免设备出现自然下腐蚀、长期运行损伤、零部件丢失等问题，在不接触不损害设备基础上完成检验过程，及时得到有用的信息，为设备材料安全性提供保障。

（三）超声波探伤技术

人们对于超声波的应用不断深入，包括超声波测距等，灵敏度高、准确性强，同样也可以利用超声波进行探伤检测。其技术原理主要是利用超声穿透性，在金属材料检测中，超声波从一侧到另一截面，通过边缘反射特点对零部件缺陷进行检验。利用超声波探头发发出超声波束从零件表面进入到金属内部，当超声波遇到零件底面或缺陷，就会形成反射波，将接收到的反射波显示到荧光屏上，形成脉冲波形，根据波形不同可以对金属内部缺陷大小、位置以及形状进行判断。具体来说，利用超声波反射特点，根据具体检测物体选择探头，利用超声波在被检物体内部进行传递，超声波遇到不同界面出现反射，内部情况不同所反射的波形也有很大差别，在不同介质中形成的波形也不同。采集这些波形信息即可将物体内部信息显示出来。利用专业的操作仪器，可以将波形图显示在荧光屏中，以便于了解物体内部状态。超声波探伤技术主要适用于金属构建，对金属内部是否存在夹渣、裂纹等，判断其是否对其正常使用造成影响。相对而言，超声波探伤技术十分成熟，所使用的设备也较为简单，同时与计算机技术结合起来，可以利用计算机实现远程操控，避免超声探伤操作的风险性，在航天工业、医学领域中具有较为深入的运用。

（四）磁粉探伤技术

与上述无损检测技术相比，磁粉探伤技术应用十分精确，主要是用于可以磁化的金属部件，包括合金钢、碳钢等材料，通过对被检测金属部件的磁化过程，如果存在机械损伤、裂缝、夹渣等缺陷情况，将荧光磁粉水悬液或磁粉水悬液喷到被检部件表面，在缺陷位置就会聚集大量的磁粉，根据磁粉聚集的形状、大小等判断缺陷类型。具体检测操作中，应该做好材料分类，注意不锈钢材料属于非磁性材料，如果不能正确区分是否为磁性材料，则会给磁粉探伤技术应用带来局限性。很多设备元件设计生产环节中，通过磁粉探伤技术精确分析产品情况，探测金属近表面是否存在缺陷。很多生产加工企业，在产品出厂前通过磁粉探伤技术加以检测，严格控制产品的出厂质量。当然，磁粉探伤技术存在一定的

不足,包括探测材料局限性,其检测误差也相对较大,主要用于金属表面、近表面的探伤,还具有极大的改善空间。

(五) 渗透探伤技术

渗透探伤技术是用有色产品检测压力设备故障。具体实施过程如下。先涂上渗入专用设备缺陷的液体,然后除去多余的液体,再用显影液将缺陷表现在设备表面。使用这种技术需要仔细选择压力表和测试容器的直径,以确保穿透测试的准确性,并需要熟练的操作人员进行检测过程。该技术价格低廉,对错误检测的灵敏度高,检测范围广,易于控制。适用于结构复杂的特种设备的检测。但不适用于其他松散多孔材料,容易造成轻微污染。

(六) 多种无损检测技术组合

目前,无损检测技术在我国特种压力设备检测中的应用越来越广泛,但与国际标准仍有较大差距。在现实世界中,不同的无损检测技术并用,充分利用不同技术的检测能力,提高检测精度。例如,超声波缺陷检测技术在裂纹缺陷检测中灵敏度高、检测厚度大、速度快、经济性好。无辐射损伤,但缺陷显示不直观,技术难度高,结果不易保存,精度不及射线检测技术,可考虑有效。两者结合提高了检测效果。

四、无损检测技术在特种设备检验中的实际应用

(一) 原材料检验

特种设备在工业领域具有十分重要的地位,为了确保特种设备安全稳定运行,需要从原材料入手严格控制。无损检测技术用于特种设备原材料检验环节,从原材料控制设备性能。其中,特种设备封头、筒体通常使用金属板材,尤其是用作压力容器的板材来说,对其质量有更加严苛的要求,必须符合压力容器制造规范。同时,需要考虑到特种设备在高压、腐蚀性且存在剧毒环境下,可以借助超声波探伤技术,对钢材锻件中是否存在危害性缺陷进行探查;另外,无损检测技术可以对特种设备管材原材料进行检查,通过接触法、液浸法可以对无缝钢管是否存在纵向缺陷进行检查,同时可以利用涡流探伤技术对金属管材外表面进行探伤检查。钢螺栓是特种设备中常见的构件,若其直径超过50mm,则可以通过超声纵波进行缺陷探查,判断螺栓杆中是否存在夹渣、偏折、气孔等损伤。

(二) 特种设备生产过程中检测

在特种设备生产阶段,利用无损检测技术能够对设备加工、成型、焊接等环节进行质量控制。利用超声波、射线等检测方式,结合各种无损检测技术优缺点,选择合适的检测模式或组合模式,满足特种设备制造这

个零件性质要求。例如,对于设备生产中母材厚度在8~300mm之内的全焊透熔化焊焊缝,可以利用超声探伤技术;而对于特种设备焊缝内部缺陷,可以用射线探伤技术进行检测。

(三) 使用过程中检测

对于投入使用的特种设备,通过定期检测能够保证其始终处于正常的运行状态。不同特种设备检测周期不同,需要根据实际需求确定检测周期、检测模式。具体来说,由于很多特种设备运行环境特殊,在温度、荷载以及环境引入下,设备容易出现磨损、开裂、腐蚀等问题。利用无损检测技术,可以在不用停止设备运行基础上,完成对设备的检测工作,保障了设备使用效率,减少设备故障,能够为设备使用企业创造出更大的经济效益。

五、总结

通过上述分析可知,在我国科学技术飞速发展过程中,特种设备应用领域不断扩展,在不同行业中具有不同需求。为了能够发挥特种设备优势,在企业运用设备过程中,应该重视对特种设备的检测工作。传统的检测方式往往需要拆卸或损伤原有结构,无法满足新时期特种设备运用需求。无损检测技术的出现,为我国工业发展做出了巨大贡献,将其用于特种设备检验工作,可以从原材料检测、生产环节检测、使用环节检测三个方面入手,切实保证特种设备使用质量。其中,包括红外线探伤技术、射线探伤技术、超声波探伤技术、涡流探伤技术等在内的无损检测技术,可以根据不同使用场景、设备材质等加以选择,也可以组合使用。当然,目前一些无损检测技术还存在一定局限性,还需要进行不断创新研发,同时加强与现代化科技的融合,实现智能化操作,推动无损检测向着自动化、智能化方向发展。

参考文献

- [1] 霍强. 特种设备检测中无损检测技术的应用研究[J]. 中国设备工程. 2021, 10(3): 114-116.
- [2] 胡伟. 无损检测技术在特种设备检验中的运用[J]. 造纸装备与材料. 2021, 25(3): 35-36.
- [3] 李冬梅. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用研究[J]. 建筑技术研究. 2021, 16(4): 202-204.
- [4] 马志伟. 无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用探究[J]. 大科技. 2020, 17(8): 79-81.
- [5] 殷一民. 探析无损检测技术承压类特种设备检验中的应用[J]. 中国金属通报. 2021, 18(3): 31-33.
- [6] 于森. 无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用探究[J]. 大众标准化. 2022, 10(5): 19-20.