

# 光电检测技术在无损探伤中的应用

梁 军

石家庄市节能监察中心 河北 石家庄 050000

**摘要:** 无损探伤技术是一种通过非破坏性手段对材料或工件进行检测与评价的方法。它广泛应用于航空航天、军事、电力、石油化工等领域,以确保材料和结构的质量安全。光电检测技术作为无损探伤技术的重要组成部分,具有高精度、高灵敏度和高效率的特点,在无损探伤中发挥着越来越重要的作用。本文将详细介绍光电检测技术在无损探伤中的应用。

**关键词:** 光电检测技术原理; 优势; 无损探伤中的应用

## 1 光电检测技术的原理

光电检测技术是一种利用光学和电学原理进行无损探伤的方法。它的基本原理是通过照射被检测物体表面的光,并采集反射、透射或漫射的光信号,然后对这些光信号进行处理和分析,从而获取关于被检测物体内部结构或缺陷的信息。光电检测技术包括多种方法,在无损探伤中都有其特定的应用场景和优势。下面介绍其中几种常见的方法:光学显微镜使用可见光照射被检测样品,并通过放大观察样品的细微结构。它能够提供高分辨率的图像,适用于对小尺寸、细微结构的检测。红外热像仪利用物体辐射的红外辐射来生成热图像。通过检测物体不同部位的温度差异,可以发现潜在的缺陷或异常。它广泛应用于电力设备、建筑结构和医学领域等。激光扫描成像利用激光束对被检测物体进行扫描,通过分析激光与物体的相互作用来获取物体表面的形貌和结构信息。这种方法具有高精度、非接触式的特点,适用于对曲面、细小缺陷的检测。光纤传感技术是一种利用光纤的光电性能进行检测的技术<sup>[1]</sup>。它基于光纤对光信号的敏感度,在光纤中引入传感元件,通过测量光信号在光纤中的传播、衰减或反射等变化来实现对物理量、化学量等的检测与监测。该技术具有高灵敏度、抗干扰能力强、体积小等特点,被广泛应用于环境监测、生物医学领域等。除了上述方法外,还有其他光电检测技术,如红外光谱分析、紫外可见光谱分析等。不同的方法可以根据被检测物体的特性和需要的检测结果选择使用。总之,光电检测技术通过利用光学和电学原理,能够非破坏性地获取被检测物体内部结构或缺陷的信息。不同的光电检测方法在无损探伤中有各自的应用优势,可以根据需求选择适合的方法进行检测。

## 2 光电检测技术的优势

### 2.1 高精度可靠

光电检测技术具有高精度和可靠性的特点。光学传感器能够实时测量目标物体的位置、形状、颜色、亮度等参数,并通过数字信号输出结果。光电检测技术的测量精度可以达到亚微米级别,能够满足对精密检测和测量的要求。此外,光电检测技术不受环境条件的影响,如温度、湿度和振动等因素,具有较高的稳定性和可靠性。这使得光电检测技术在自动化生产线上广泛应用,能够实现对产品质量的实时监控和控制<sup>[2]</sup>。

2.2 非接触式: 光电检测技术是一种非接触式的检测方法,即无需与被测物体直接接触即可进行测量。传统的物理测量方法可能需要通过物理接触或侵入性探针来获取数据,这可能会对被测物体造成损坏或干扰。而光电检测技术利用光学原理,通过光学传感器对目标物体进行探测和测量,避免了对被测物体的干扰,并且能够实现高速、高效的检测。非接触式的优势使得光电检测技术在许多领域得到广泛应用,如自动化生产、机器人导航、医疗诊断等。

### 2.3 快速高效

光电检测技术具有快速获取数据和处理的能力,能够提高工作效率和生产效益。通过使用光学传感器,可以实时捕获目标物体的信息,并将其转化为电信号进行处理和分析。与传统的机械式检测相比,光电检测技术无需直接接触被测物体,避免了因摩擦造成的误差和磨损,使得检测过程更加迅速和精确。此外,光电检测技术还可以在极短的时间内对大量数据进行采集和处理,提供及时的反馈和决策支持<sup>[3]</sup>。

## 3 光电检测技术在无损探伤中的应用

### 3.1 光学显微镜

光学显微镜通过使用可见光对被检测物体进行观测,能够放大细微结构和表面缺陷,提供高分辨率的图像信息。在无损探伤中,光学显微镜主要用于金属材料

的质量评估、焊接接头的缺陷检测以及微细结构的研究等方面。通过观察材料的晶体结构、晶粒大小和缺陷形态等特征,可以判断材料的品质,并且能够发现是否存在裂纹、孔洞等问题。对于金属材料的质量评估而言,光学显微镜可以帮助工程师观察材料的晶体结构和晶粒大小,从而了解材料的组织性能是否符合要求。如果出现晶界错位或者晶粒尺寸不均匀等问题,就可能影响材料的力学性能。此外,光学显微镜还可以用于焊接接头的缺陷检测。焊接是一种常见的连接方法,在制造业广泛应用。通过使用光学显微镜观察焊缝的结构,可以发现焊接过程中可能出现的缺陷,如气孔、夹杂物或者未熔合的区域等。这样,工程师可以及时进行修复或调整,保证焊接接头的质量<sup>[4]</sup>。此外,光学显微镜还对微细结构的研究起着重要作用。例如,在材料科学领域,人们经常需要观察材料的晶体生长、相变行为以及微观组织等方面的特征。光学显微镜提供了一种快速而有效的方式来研究这些微观结构,并能够得到高分辨率的图像。总而言之,光学显微镜可以用于金属材料的质量评估、焊接接头的缺陷检测以及微细结构的研究等方面。通过观察细微结构和表面缺陷,光学显微镜能够提供高分辨率的图像信息,帮助工程师判断材料的品质并及时进行修复或调整。

### 3.2 红外热像仪

红外热像仪利用红外辐射对目标物体进行热成像,将目标物体发出的红外辐射转换为可见的热图像,从而实现物体温度变化和热分布情况的检测。在无损探伤领域,红外热像仪有着广泛的应用。首先,它可以用于材料缺陷的检测。通过观察物体表面的热图像,可以判断材料是否存在缺陷或异常区域。例如,在工业设备中,通过使用红外热像仪检测设备表面的热分布情况,可以及时发现设备局部的过热现象,预防设备故障和事故的发生<sup>[5]</sup>。其次,红外热像仪在电力系统中起到重要的作用。电力设备的正常运行需要保持恒定的温度,因此红外热像仪可以用于监测电力设备的发热情况。通过定期对电力设备进行红外热像仪检测,可以快速准确地发现电力设备的异常热点,及时采取措施进行修复和维护,以保障电力系统的安全运行。此外,在建筑结构领域,红外热像仪也被广泛应用。建筑物中的隐蔽问题往往通过肉眼无法察觉,而红外热像仪可以通过检测建筑物表面的温度变化来发现潜在的问题,如水渗漏、断热层损坏等。这种非接触式的检测方法具有高效、快速和准确的特点,对于维护和管理建筑结构具有重要意义。综上所述,红外热像仪作为一种光电检测技术,在无损

探伤中的应用十分广泛。它能够实时、非接触地获取目标物体的热图像,从而判断材料是否存在缺陷或异常,并在电力设备、建筑结构等领域发挥着重要的作用,提高了工作效率、降低了事故风险,为各个行业带来了更加安全可靠的运行环境。

### 3.3 激光扫描成像

激光扫描成像技术通过使用激光束对目标物体进行扫描和成像,可以获取目标物体表面的形状、纹理和细微缺陷等信息。激光扫描成像具有高精度、高速度和非接触的特点,适用于各种材料和形状的表面缺陷检测。它可以实时获取目标物体的三维形貌,并能够准确测量表面缺陷的大小、形状和位置<sup>[1]</sup>。因此,在汽车制造行业中,激光扫描成像技术被广泛用于对车身表面进行检测。通过激光扫描成像技术,可以在生产线上快速地发现并修复可能存在的凹陷、划痕或其他不良表面状况。这有助于提高汽车的外观质量和产品可靠性,同时也能够减少生产过程中的人工错误。此外,激光扫描成像还能够进行三维形貌重建和非接触式测量。在工程领域中,这种技术可以被应用于建筑结构的检测和评估,例如检测墙面的裂缝、地板的平整度以及管道的变形情况等。同时,它还可以在制造业中进行精确的尺寸测量,如零件的尺寸和形状分析。总之,激光扫描成像技术不仅能够提高检测的准确性和效率,还能够实现非接触式的快速测量和形貌重建。随着技术的不断发展,相信激光扫描成像将在更多领域发挥作用,为无损探伤带来更多的创新和进步。

### 3.4 光纤传感技术

光纤传感技术是一种基于光学原理的信号传输和测量方法,在无损探伤中有广泛的应用。它通过将传感器与光纤相连,利用光纤对环境参数的敏感性来实现对物体状态的监测。具体来说,在无损探伤领域中,光纤传感技术常被用于监测材料的应力、温度以及湿度等参数。光纤传感技术具备许多优势,其中包括高灵敏度、抗干扰能力强以及远距离传输等特点。这使得它非常适用于需要在复杂环境下进行监测的需求。举个例子,在桥梁结构中,可以利用光纤传感技术实时监测桥梁的应力分布,从而评估桥梁的结构安全性<sup>[2]</sup>。这种监测方式可以帮助工程师及时发现潜在的结构问题,并采取相应的维修和加固措施,从而保障桥梁的使用安全。此外,光纤传感技术还可以应用于其他领域,如航空航天、能源、医疗等。在航空航天领域,光纤传感技术可用于监测飞机结构的变形及温度分布。而在能源领域,它可以用于监测电力设备的温度变化以及输电线路的应力情

况。医疗方面, 光纤传感技术可以用于监测体内器官的温度和压力等参数, 为医生提供更准确的诊断信息。总而言之, 光纤传感技术通过充分利用光纤传感器对环境参数的敏感性, 实现了物体状态的实时监测。其高灵敏度、抗干扰能力和远距离传输的特点使得它成为复杂环境下监测需求的理想选择。同时, 光纤传感技术还在其他许多领域展现了巨大的潜力, 并为各行各业带来了重要的技术进步。

### 3.5 红外光谱分析

红外光谱分析利用物质在红外光波段吸收和散射辐射能量的特性, 通过对样本中红外光谱进行分析来获取有关样品成分、结构和属性等信息。首先, 红外光谱分析可以应用于材料的成分分析。不同材料会在红外光谱上显示出独特的吸收峰和波长, 这使得我们可以通过比对实验结果与已知材料的光谱库来确定样品的成分。这对于快速鉴别材料的类型和质量具有重要意义, 尤其在工业生产和质量控制中。其次, 红外光谱分析还可用于表面污染和缺陷的检测。通过红外光的反射和透射特性, 可以侦测到样品表面的异常区域, 如油脂污染、氧化、水分等<sup>[3]</sup>。此外, 红外光谱还能够识别并定量分析材料中的缺陷, 例如裂纹、孔隙和异物等。此外, 红外光谱分析还广泛应用于药物、食品和环境等领域。在药物研发中, 红外光谱可以用来监测药物的合成过程、鉴别不同批次的药物以及检测药物的质量。在食品行业, 红外光谱分析可以检测食品中的营养成分、添加剂和污染物等。在环境监测中, 红外光谱分析可用于检测大气污染物、水质污染和土壤污染等。总之, 红外光谱分析作为一种重要的光电检测技术在无损探伤中具有广泛的应用。它能够提供材料成分分析、表面污染与缺陷检测以及在药物、食品和环境等领域中的应用。随着技术的进步, 红外光谱分析将继续发挥重要的作用, 为无损探伤领域的研究和实践提供更多可能。

### 3.6 紫外可见光谱分析

紫外可见光谱分析技术利用物质对不同波长的紫外和可见光的吸收特性进行分析, 以获得物质的组成、结构和性质信息。在无损探伤领域, 紫外可见光谱分析

被广泛应用于材料表面质量评估、缺陷检测和化学成分分析等方面。首先, 通过观察材料在紫外可见光谱范围内的吸收峰和强度变化, 可以确定材料的纯度和有机杂质含量。这对于材料质量控制和鉴定具有重要意义。其次, 紫外可见光谱分析可以检测材料表面的缺陷和损伤。例如, 金属表面的腐蚀、划痕和氧化等问题可以通过观察吸收峰和光谱形态的变化来识别。这种非接触式的检测方法能够快速、准确地评估材料的表面质量, 并为进一步处理或修复提供指导。此外, 紫外可见光谱分析还可以用于化学成分分析<sup>[4]</sup>。不同化合物在紫外可见光谱范围内的吸收特性具有独特的指纹, 通过比对样品的光谱与已知标准物质的光谱库, 可以确定样品的化学成分和含量。这项技术在材料鉴定、药物分析等领域具有广泛应用。总的来说, 紫外可见光谱分析能够帮助我们快速、准确地评估材料的质量和表面状态, 并提供化学成分分析的信息, 为工业生产和科学研究提供有效支持。

### 结语

光电检测技术在无损探伤中的应用已经取得了显著的进展, 并在许多领域发挥着重要作用。它提供了一种快速、高效和非破坏性的方法来评估材料质量和结构完整性。综上所述, 光电检测技术在无损探伤中具有广泛的应用前景和重要的意义。随着科技的不断发展和创新, 相信光电检测技术将会在无损探伤领域发挥更大的作用, 并为保障材料质量和结构安全做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1] 张明, 王晓东, 田大梁等. 光电检测技术在无损探伤中的应用研究[J]. 仪器仪表学报, 2021, 42(4): 386-395.
- [2] 刘乐乐, 赵宇洲, 邵雪峰等. 光电检测技术在航空无损探伤中的应用现状与发展趋势[J]. 中国测试技术, 2020, 46(9): 167-172.
- [3] 李明, 王海涛. 光电检测技术在无损探伤中的应用研究[J]. 光学与光电技术, 2020, 18(2): 25-29.
- [4] 张立, 张晓华, 刘飞. 光电检测技术在无损探伤中的应用现状与发展[J]. 传感器与微系统, 2019, 38(4): 1-6.
- [5] 王鑫, 胡军, 杨洪涛等. 光电检测技术在铁路无损探伤中的应用研究[J]. 现代制造工程, 2019, 48(6): 98-104.