

土木工程中的无损检测技术及其实践探索

林 斌

浙江宁工检测科技有限公司 浙江 宁波 315021

摘 要：土木工程中的无损检测技术是一种非破坏性、高效且准确的检测方法，广泛应用于建筑结构、桥梁工程和道路工程的检测中。文章探讨了无损检测技术的原理、分类及其在土木工程实践中的应用，包括超声波检测、雷达检测、红外热像检测等多种技术手段。通过实践探索，无损检测技术不仅提高检测的准确性和效率，还为土木工程的结构安全提供有力保障。本文的研究结果对于推动无损检测技术在土木工程中的进一步发展具有重要意义。

关键词：土木工程；无损检测技术；实践应用

1 无损检测技术概述

无损检测技术（Non-Destructive Testing, NDT）是一种在不破坏被检测对象的前提下，通过材料内部结构异常或缺陷引起的物理量变化（如声、光、电、磁等）来检查其内部和表面缺陷的技术。这种技术广泛应用于航空航天、汽车制造、石油化工、核能、电力、建筑等领域，用于确保产品的质量和安全性能。无损检测技术的特点包括非破坏性、全面性、全程性和高效性，它不会对被检测对象造成任何损害，可以对制造用原材料、各中间工艺环节直至最终产成品进行全程检测，且检测速度快、效率高，适合大批量生产中的质量控制。常见的无损检测方法包括射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤、涡流探伤和液体渗透探伤等^[1]。每种方法都有其独特的原理、适用范围和优缺点，实际应用中需要根据具体情况选择合适的方法。随着科技的进步，无损检测技术不断发展和完善，与现代技术如计算机技术、数字化技术等结合，形成更加高效、准确、智能化的检测手段。

2 土木工程中无损检测技术的重要性

2.1 保障结构安全

在土木工程中，无损检测技术对于保障结构安全至关重要。通过无损检测，工程师可以在不破坏建筑结构的前提下，准确识别出潜在的裂缝、腐蚀、材料退化等缺陷。这些缺陷如果不及时发现和处理，可能会逐渐恶化，最终导致结构失稳或倒塌。无损检测技术提供了一种可靠的手段，使工程师能够及早采取措施，修复或加固受损结构，从而确保建筑物、桥梁、隧道等土木工程的长期安全稳定。

2.2 延长使用寿命

无损检测技术在土木工程中的应用还能有效延长结构的使用寿命。通过对结构进行定期的无损检测，可以及时发现并处理各种微小损伤和缺陷，防止它们进一步

恶化。这种预防性维护策略可以显著降低结构因长期服役而产生的维修成本，同时延长其使用寿命。这对于提高土木工程的耐久性和可持续性具有重要意义。

2.3 优化成本效益

无损检测技术还能帮助土木工程实现成本效益的优化。一方面，通过及时发现和处理缺陷，可以避免因结构失效导致的巨大经济损失和人员伤亡；另一方面，无损检测技术的应用可以减少不必要的拆除和重建工作，从而降低维修和更换成本。随着无损检测技术的不断进步和智能化发展，其检测效率和准确性也在不断提高，进一步提升了土木工程的成本效益。

3 土木工程中的无损检测关键技术

3.1 内部埋设声测管，利用超声波换能器

超声波检测技术是土木工程无损检测中的一项重要技术，其原理是利用超声波在材料中的传播特性来检测材料内部的缺陷。在土木工程中，超声波检测技术广泛应用于混凝土、钢材等材料的检测。对于混凝土材料，超声波检测技术可以检测混凝土内部的裂缝、空洞、不密实区等缺陷。检测时，检测人员会利用超声波发射器向混凝土内部发射超声波，然后接收反射回来的超声波信号。通过分析超声波的传播速度、波幅、频率等参数，可以判断混凝土内部是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小。在桩基检测中，超声波检测技术同样发挥着重要作用^[2]。检测人员可以通过在桩身内部埋设声测管，利用超声波换能器向桩身内部发射超声波并接收反射信号，从而判断桩身内部是否存在缺陷。超声波检测技术的优点在于其检测范围广泛、检测速度快、检测结果准确可靠。该技术还可以对检测数据进行实时处理和分析，为工程师提供及时的决策支持。

3.2 磁粉检测技术

磁粉检测技术是一种利用磁场和磁粉来检测铁磁性

材料表面和近表面缺陷的无损检测方法。在土木工程中,磁粉检测技术主要应用于钢结构、螺栓等铁磁性材料的检测。磁粉检测技术的原理是,当铁磁性材料被磁化后,其表面和近表面的缺陷处会形成漏磁场,吸引磁粉形成磁痕,从而显示出缺陷的位置和形状。检测时,检测人员会被检材料磁化,并在其表面撒上磁粉。通过观察磁粉的分布情况来判断材料表面和近表面是否存在缺陷。磁粉检测技术的优点在于其检测灵敏度高、操作简便、结果直观可靠。该技术可以检测出材料表面和近表面的微小缺陷,如裂纹、冷隔、夹杂物等。磁粉检测技术还可以对缺陷进行定位和定量分析,为工程师提供准确的检测数据。磁粉检测技术也存在一些局限性。磁粉检测技术的检测范围也受到一定的限制,只能检测到材料表面和近表面的缺陷。

3.3 X射线检测技术

X射线检测技术是一种利用X射线对材料内部进行透视检测的无损检测方法。在土木工程中,X射线检测技术主要应用于检测混凝土、钢材等材料的内部缺陷和焊缝质量。X射线检测技术的原理是,当X射线穿过材料时,会与材料内部的原子发生相互作用,导致X射线的能量和方向发生变化。通过检测X射线穿过材料后的强度和分布情况,可以判断材料内部是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小。在混凝土检测中,X射线检测技术可以检测出混凝土内部的空洞、裂缝、不密实区等缺陷。该技术还可以用于检测混凝土中的钢筋位置和数量,为工程师提供准确的施工信息。在焊缝质量检测中,X射线检测技术可以检测出焊缝内部的裂纹、夹渣、未焊透等缺陷。这些缺陷如果不及时发现和处理,可能会对结构的承载能力和安全性造成严重影响。X射线检测技术的优点在于其检测范围广泛、检测结果准确可靠。该技术还可以对检测数据进行实时处理和分析,为工程师提供及时的决策支持^[3]。

3.4 红外热像检测技术

红外热像检测技术是一种利用红外辐射原理对物体进行无损检测的方法。在土木工程中,红外热像检测技术主要应用于检测结构内部的温度分布和混凝土构件的裂缝等。红外热像检测技术的原理是,所有物体在自然界中都会向外辐射红外能量,这种能量与物体的温度和热特性密切相关。通过红外热像仪将物体辐射出的红外能量转化为可见图像,可以实现对物体表面温度分布的实时监测。在土木工程中,红外热像检测技术可以用于检测桥梁、隧道等结构的内部裂缝和损伤。当结构内部存在裂缝或损伤时,其表面的温度分布会发生变化。通过红外热像仪可以捕捉到这种温度变化,并生成相应的

热图像。通过分析热图像中的温度异常区域,可以判断结构内部是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小。红外热像检测技术的优点在于其非接触式检测、检测速度快、检测结果直观可靠。该技术还可以对大型结构进行整体检测,避免了传统检测方法中需要逐一检测每个部位的繁琐过程。红外热像检测技术也受到一些限制,如对于某些复杂形状和结构的检测可能存在一定的难度;同时该技术对于温度变化的敏感性较高,容易受到环境因素的影响。

3.5 其他无损检测技术

除了上述几种常见的无损检测技术外,土木工程中还应用了许多其他无损检测技术。这些技术各有特点,适用于不同的检测对象和场景。例如,雷达检测技术是一种利用微波作为信息载体对物体内部结构进行探测的无损检测方法。在土木工程中,雷达检测技术可以用于检测地下管线、隧道衬砌厚度、混凝土内部缺陷等。该技术具有检测速度快、检测结果准确可靠等优点。冲击回波法是一种基于弹性波和物体内部结构相互作用产生共振的无损检测方法。该方法可以用于探测混凝土结构疏松区、路面剥离层等内部缺陷。冲击回波法的优点在于其检测范围广泛、检测结果直观可靠。渗透检测技术是一种检查构件或材料表面缺陷的方法,该方法不受材料磁性的限制,比磁粉探伤的应用范围更加广泛。在土木工程中,渗透检测技术可以用于检测混凝土表面的裂纹、气孔等缺陷。该技术的优点在于其操作简单、检测结果直观可靠。还有射线成像法、声发射检测法、涡流检测法等无损检测技术被广泛应用于土木工程中。这些技术各有优缺点,需要根据具体的检测对象和场景进行选择和应用。

4 无损检测技术在土木工程实践中的应用

4.1 建筑结构检测

无损检测技术在建筑结构检测中发挥着至关重要的作用。建筑结构的直接安全性关系到人们的生命财产安全,因此对其进行定期、全面的检测是不可或缺的。无损检测技术以其非破坏性、高效性和准确性,成为了建筑结构检测的首选方法。在建筑结构检测中,无损检测技术被广泛应用于混凝土结构的强度检测、钢筋锈蚀程度的评估以及裂缝的检测与分析。例如,超声波检测技术可以通过测量超声波在混凝土中的传播速度和时间差,来推断混凝土的内部结构和强度。这种方法不仅操作简便,而且不会对结构造成任何损伤,因此深受工程师们的青睐^[4]。红外热像检测技术也是建筑结构检测中的一项重要技术。它利用红外辐射原理,通过捕捉物体表

面的温度分布,来推断结构内部的热传导情况和潜在的缺陷。在建筑结构中,裂缝、空洞等缺陷往往会导致温度分布的不均匀,红外热像检测技术可以准确地捕捉到这种温度变化,从而实现对缺陷的精准定位。磁粉检测技术和渗透检测技术则主要用于检测建筑结构中的金属构件,如钢筋、钢梁等。这些技术可以检测出金属构件表面的微小裂纹、锈蚀和腐蚀等缺陷,为工程师提供及时的维修和更换建议,确保建筑结构的安全稳定。无损检测技术在建筑结构检测中的应用,不仅提高检测的准确性和效率,还大大降低检测成本和对结构的破坏性。

4.2 桥梁工程检测

桥梁作为连接两岸的重要交通设施,其安全性和稳定性至关重要。无损检测技术在桥梁工程检测中的应用,为工程师提供了全面、准确的检测手段,有助于及时发现和处理潜在的缺陷和损伤。在桥梁工程检测中,超声波检测技术和雷达检测技术是两种常用的无损检测方法。超声波检测技术可以用于检测桥梁结构的内部缺陷,如混凝土中的空洞、裂缝等。通过测量超声波的传播速度和时间差,工程师可以推断出缺陷的位置、大小和性质,为后续的维修和加固工作提供重要依据。雷达检测技术则主要用于检测桥梁结构的厚度和内部构造,它可以穿透混凝土等介质,捕捉到结构内部的反射信号,从而实现对桥梁结构层厚度、钢筋位置等信息的准确测量。这对于评估桥梁的承载能力和安全性具有重要意义。红外热像检测技术在桥梁工程检测中也发挥着重要作用,它可以捕捉到桥梁结构表面的温度分布,通过对比不同部位的温度差异,推断出结构内部的热传导情况和潜在的缺陷。这种方法特别适用于检测桥梁的桥面铺装、支座等部位的缺陷。无损检测技术在桥梁工程检测中的应用,不仅提高检测的准确性和效率,还为工程师提供科学的决策依据。

4.3 道路工程检测

道路工程作为城市交通的重要组成部分,其质量和安全性直接关系到人们的日常出行和交通安全。无损检测技术在道路工程检测中的应用,为工程师提供了全面、高效的检测手段,有助于及时发现和处理道路结构中的潜在缺陷和损伤。在道路工程检测中,无损检测技

术主要用于检测路面的平整度、厚度、强度以及基层和底基层的完整性。其中,雷达检测技术和落锤弯沉仪是两种常用的无损检测方法^[5]。雷达检测技术可以穿透路面材料,捕捉到基层和底基层的反射信号,从而实现对路面结构层厚度和内部构造的准确测量。这种方法特别适用于检测新建道路或改建道路的质量验收。落锤弯沉仪则主要用于检测路面的承载能力和变形情况,它通过模拟车辆荷载对路面进行冲击加载,测量路面的弯沉值来评估其承载能力。这种方法具有操作简便、检测结果直观可靠等优点,被广泛应用于道路工程的日常检测和养护工作中。红外热像检测技术在道路工程检测中也发挥着重要作用,它可以捕捉到路面表面的温度分布,通过对比不同部位的温度差异,推断出路面的热传导情况和潜在的缺陷。这种方法特别适用于检测路面的裂缝、剥落等损伤。无损检测技术在道路工程检测中的应用,不仅提高检测的准确性和效率,还为工程师提供科学的决策依据。

结束语

无损检测技术在土木工程中的应用已经取得了显著成果,为工程的结构安全和质量保障提供有力支持。随着土木工程技术的不断发展和工程结构的日益复杂,无损检测技术仍需要不断创新和完善。未来,应继续加强无损检测技术的研发和应用,提高检测的精度和效率,为土木工程的安全、可靠和可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]吴明丽.土木工程中的无损检测技术及其实践探索[J].陶瓷,2023(08):167-169.DOI:10.19397
- [2]范今.无损检测技术在市政道路质量检验中的应用[J].四川水泥,2023(08):241-243.
- [3]邢谭芳,李越,邵玉龙.无损检测技术在压力容器和压力管道中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(14):59-61.
- [4]顾国威.土木工程中无损检测技术的应用策略[J].散装水泥,2021,(01):166-168.
- [5]李涛.土木工程中的无损检测技术及其应用分析[J].绿色环保建材,2021,(10):141-142.