

# 无损检测技术在建筑结构中的应用研究

章湖滨<sup>1</sup> 徐 凯<sup>2</sup>

1. 浙江中冶检测技术有限公司 浙江 温州 325000

2. 温州市正诚工程质量检测有限公司 浙江 温州 325000

**摘要:** 无损检测技术在建筑结构检测中发挥着重要作用。本文概述了无损检测技术的基本原理、常用方法,包括射线探伤、超声波检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测等,并详细探讨了这些技术在混凝土结构、钢结构及木结构检测中的具体应用。通过无损检测技术,能够精准识别建筑结构中的缺陷和异常,为结构安全性评估、维修加固提供有力支持,确保建筑结构的稳定与安全。

**关键词:** 无损检测技术; 建筑结构; 应用

## 引言

建筑结构的安全性和稳定性是保障人民生命财产安全的关键。随着科技的进步,无损检测技术逐渐成为建筑结构检测的重要手段。该技术能够在不破坏结构的前提下,准确检测结构内部的缺陷和异常,为结构安全评估提供科学依据。本文旨在探讨无损检测技术在建筑结构检测中的应用,以期对相关领域提供参考。

### 1 无损检测技术概述

无损检测技术(Nondestructive Testing, 简称NDT)作为现代工程检测领域的关键技术之一,在建筑中正发挥着愈发重要的作用,其核心优势在于能够在不损害或影响被检测对象使用性能的前提下,精准捕捉材料内部结构异常或缺陷所引发的热、声、光、电、磁等物理或化学信号变化,并借助先进检测技术与专业设备,对建筑结构内部及表面的结构完整性、状态稳定性以及缺陷的类型、数量、形状、性质、位置、尺寸、分布和动态变化展开全面且精确的检查与测试。该技术显著特点中的非破坏性,确保了检测过程不会给建筑结构带来任何损伤,进而完整保留其结构与使用功能,为建筑安全运营筑牢坚实根基;全程性则使其能够贯穿建筑结构整个生命周期,无论是施工阶段的材料质量控制与构件制造检验,还是使用阶段的定期安全评估与损伤监测,抑或维护阶段的修复效果验证,无损检测技术均能发挥关键作用,有力支撑建筑结构的全寿命周期管理。动态性让该技术能够实时监测建筑结构状态变化,及时察觉并预警潜在安全隐患,为采取有效维护措施提供科学依据;全面性则保障其能覆盖建筑结构各个部位与方面,无论是混凝土结构内部缺陷、钢结构焊接质量,还是复合材料层间结合状态,均可通过无损检测技术实现细致检查。无损检测技术还具备互容性,多种检测技术可相互补充、协

同作业,构建多层次检测体系,超声波检测与射线检测结合能更高效地识别结构内部微小缺陷,红外热成像技术与电磁感应技术联用则可更全面地评估结构热工性能和电气性能,这种多技术融合的检测方式,为建筑结构安全评估提供了更为全面、深入的信息支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 无损检测技术在建筑结构中的常用方法

### 2.1 射线探伤检测技术

射线探伤检测技术作为建筑结构无损检测的常用手段,其原理基于射线穿透被检测物体时产生的强度衰减来精确识别内部缺陷,当高能射线束穿越建筑结构材料时,会与材料内部原子相互作用,发生散射、吸收等现象,在理想均匀且无缺陷的材料中,射线衰减遵循特定物理规律,强度均匀降低;而材料内部若存在空洞、裂纹等缺陷,则会改变射线传播路径和强度分布,缺陷区域对射线的吸收和散射作用显著增强,使得穿过缺陷部位的射线强度明显低于无缺陷区域,这种强度差异正是射线探伤检测技术的核心依据。检测时,在被检测物体一侧发射射线,另一侧用专业探测器捕捉穿透后的射线强度信号,获取详细数据,再借助先进图像处理和数据分析技术,将数据转化为直观图像或缺陷特征参数,从而准确推断物体内部缺陷的位置、大小、形状及性质。而且该技术还具有高精度和高灵敏度,能检测出微小内部缺陷,为建筑结构质量评估和安全保障提供重要手段,广泛应用于钢结构焊缝检测、混凝土内部缺陷探测及复合材料构件质量评估等领域,可以及时发现潜在安全隐患,为后续维修、加固或更换决策提供科学依据,确保建筑结构全生命周期安全可靠。

### 2.2 超声波检测技术

超声波检测技术的原理基于超声波在介质中传播时展现的反射、折射和衍射等特性来实现对缺陷的精准检

测, 超声波作为频率高于20千赫的机械波, 能在各类材料中以特定速度和方向稳定传播, 当其在材料内部行进并遭遇声阻抗存在差异的异质界面, 会发生反射现象形成回波信号, 这些回波信号携带着关于材料内部结构和缺陷的丰富信息。通过精确测量超声波在材料中的传播速度, 并结合对回波信号强度的细致分析, 检测人员能深入评估材料的物理特性, 包括密度、弹性模量等关键参数, 还能敏锐捕捉到材料内部的微小缺陷, 如裂缝的延伸长度、气孔的分布状况, 甚至能间接推断出钢筋的锈蚀情况, 从而为建筑结构的健康状况提供全面而详尽的诊断。在实际应用中, 超声波检测技术不仅能实现对混凝土、钢材等常见建筑材料的高精度检测, 还能适应高温、高压或潮湿等复杂多变的检测环境, 其非接触性特点也极大提高了检测的安全性和便捷性, 避免了传统检测方法可能带来的损伤和风险。

### 2.3 磁粉检测技术

磁粉检测技术作为建筑结构无损检测领域的一项重要手段, 其原理基于磁粉与钢材之间的磁化作用来精准识别缺陷。当被检测材料或零件置于磁场中磁化时, 其内部及表面的磁通量分布会因材料本身的连续性和完整性呈现规律状态, 但在材料表面或近表面存在缺陷的区域, 由于磁的不连续性会导致磁通量畸变, 进而产生具有特殊磁力线分布的漏磁场, 这种漏磁场能吸引并聚集磁粉, 在缺陷处形成明显的磁痕。磁痕的形成是磁粉检测技术判断缺陷的关键依据, 检测人员通过观察磁痕的位置、尺寸、形状及聚集程度, 可直观了解缺陷具体情况, 如磁痕位置指示缺陷在材料上的具体部位, 尺寸和形状反映缺陷大小和形态, 聚集程度与缺陷严重程度密切相关, 这些信息对评估建筑结构健康状况、确定维修方案及预防潜在安全事故具有重要意义。磁粉检测技术在建筑结构检测中具有独特优势, 其对表面和近表面缺陷检测灵敏度极高, 能发现微小裂纹和夹杂等缺陷, 且操作相对简便、检测速度快, 适用于大面积建筑结构检测, 此外还能与其他无损检测技术相结合形成多层次检测体系, 提高了检测的准确性及可靠性<sup>[2]</sup>。

### 2.4 渗透检测技术

渗透检测技术, 作为无损检测技术领域的一项重要方法, 深深植根于毛细管现象的原理之中, 它在建筑结构的检测中扮演着至关重要的角色。实施这一技术时, 检测人员会先将一种具有极强渗透能力的特制渗透液均匀涂抹在被检测工件的表面上, 借助毛细管作用, 渗透液能迅速而准确地渗入工件表面的微小开口缺陷, 如裂纹、孔隙、夹杂等。这些缺陷虽微小, 却可能对建

筑结构的整体性能和安全性构成严重威胁。随后, 为确保检测结果的准确性, 会使用去除剂清除工件表面多余的渗透液, 这一步骤至关重要, 需严格遵循技术规范和标准, 以避免后续显像过程中的干扰和误判。清除完毕后, 检测人员会在被检表面喷涂显像剂, 显像剂与缺陷中的渗透液相互作用, 通过毛细管作用将渗透液吸附出来, 并在工件表面形成清晰的显示, 使检测人员能够直观观察到缺陷的位置、形状和大小, 从而对工件质量做出准确评估。渗透检测技术以其操作简便、检测结果直观可靠且对工件无破坏性的优势, 在建筑结构、机械制造、航空航天等多个领域得到广泛应用, 特别是在建筑结构中, 它能及时发现并定位潜在缺陷, 为工程的后期维护和修复提供有利依据, 确保建筑结构的安全稳定。

### 2.5 涡流检测技术

涡流检测技术作为一种深植于电磁感应原理之中的先进无损检测方法, 巧妙地利用了导体在交变磁场中的特性, 为我们提供了一种非破坏性的探测和评估导体性质与状态的手段。当导体置于交变磁场中时, 其内部会因磁场的变化而感应产生一种特殊的电流——涡流, 这体现了磁场与电流之间的紧密联系和相互作用。值得注意的是, 导体的材质、形状、尺寸以及内部是否存在缺陷等因素, 都会对涡流的产生和分布产生显著影响, 所以导体内部涡流的变化实际上反映了导体自身性质或状态的变化。这种变化可以通过精密仪器进行测量和分析, 为我们提供宝贵的导体性质信息。涡流检测技术的优势在于其非破坏性和高效性, 无需对导体进行切割或破坏即可准确判知其性质、状态及内部缺陷, 且在金属材料质量检测、建筑结构完整性评估、电力设备故障诊断等多个领域都有广泛应用, 提高了检测效率, 降低了检测成本, 为工业生产和设备维护提供了有力支持<sup>[3]</sup>。

## 3 无损检测技术在具体建筑结构检测中的应用

### 3.1 混凝土结构检测

在混凝土强度检测方面, 无损检测技术通过测量混凝土的特定物理特性来间接评估其强度。回弹法作为常用无损检测方法, 依据混凝土表面硬度与抗压强度的关联, 通过测量表面硬度推定强度, 具有操作简便、快速且不破坏结构的优势, 可快速获取强度信息。超声脉冲法利用超声波在不同强度混凝土中传播速度的差异, 精确测量传播时间以计算强度值。超声回弹综合法融合回弹法与超声法的优点, 同时测量超声声时和回弹值, 综合分析这两个参数来推算强度, 显著提高了检测的准确性与可靠性。无损检测技术还能有效检测混凝土结构中的各类缺陷, 混凝土结构在长期使用中可能因多种因素

出现空洞、裂缝、不密实区等缺陷,严重影响结构的安全性和耐久性。超声波检测技术通过测量超声波在混凝土中的传播速度和回波信号强度,能准确检测出内部空洞、裂缝等缺陷,当超声波遇到缺陷时,其传播速度和回波信号会发生明显变化,分析这些变化可确定缺陷的位置和大小。弹性波CT技术更为先进,采用逐点扫描全面检测被检测区域,根据波幅变化程度判断缺陷的性质和范围,能提供详细的缺陷图像,为后续的修复和加固工作提供有利依据。

### 3.2 钢结构检测

在钢结构检测中,无损检测技术对保障其质量与安全性起着关键作用。焊缝质量直接影响钢结构的整体性能与安全性,无损检测技术是保障焊缝质量的重要手段。射线探伤检测技术凭借射线在焊缝中的强度衰减特性,可清晰地检测出焊缝内部诸如裂纹、未焊透、未熔合等缺陷,射线穿过焊缝遇到缺陷时强度会变化,分析这些变化能准确判断缺陷的位置、大小和类型。超声波检测技术在焊缝检测方面也表现出色,通过测量超声波在焊缝中的传播速度和回波信号强度,可有效检测出焊缝中的裂纹、未焊透等缺陷,超声波遇到缺陷会发生反射、散射等现象,接收和分析回波信号就能获取缺陷详细信息。磁粉检测技术利用磁粉在焊缝表面的聚集情况来检测裂纹等缺陷,焊缝存在裂纹时磁粉会在裂纹处明显聚集,直观显示出缺陷的位置和形状。钢结构在使用过程中受环境因素影响易出现腐蚀现象,导致其性能下降,无损检测技术同样能有效检测腐蚀情况。涡流检测技术通过测量涡流在钢结构表面的变化来检测腐蚀,钢结构表面存在腐蚀时涡流的分布和强度会变化,检测这些变化可判断腐蚀的程度和位置。

### 3.3 木结构检测

木结构在使用过程中易受环境影响,出现腐朽、虫蛀、裂缝等缺陷,这些缺陷会严重影响其承载能力和使用寿命。应力波检测技术作为一种有效的无损检测方法,可通过测量应力波在木材中的传播时间来判断腐朽

情况,当木材内部存在腐朽时,应力波传播速度会发生变化,分析这些变化能准确判断腐朽的位置和程度。微钻阻力检测技术通过测量钻头在木材中的阻力变化来检测腐朽和缺陷情况,钻孔过程中若木材内部存在腐朽或缺陷,钻头会遇到不同阻力,记录和分析这些阻力变化可获取木材内部缺陷的详细信息。X射线检测技术利用X射线的穿透性,通过测量X射线在木材中的穿透情况来检测内部缺陷和异常情况,X射线能穿透木材,遇到缺陷时其穿透情况会发生变化,分析这些变化可发现木材内部的隐藏缺陷<sup>[4]</sup>。在力学性能评估方面,木结构的力学性能是其承载能力和安全性的重要指标之一,无损检测技术可通过测量木材的弹性模量、抗弯强度等物理量来间接评估其承载能力和稳定性,这些物理特性与木材的力学性能密切相关,获取这些物理量的准确值能为木结构的力学性能评估提供可靠依据,此外无损检测技术还可用于监测木结构在使用过程中的性能变化,及时发现潜在的安全隐患,为木结构的维护和加固提供科学依据。

### 结语

综上所述,无损检测技术在建筑结构检测中展现出巨大的潜力和价值。通过不断优化和拓展无损检测技术,我们能够更加准确地评估建筑结构的安全性,及时发现并处理潜在问题。未来,无损检测技术将在建筑结构检测领域发挥更加重要的作用,为建筑行业的安全发展贡献力量。

### 参考文献

- [1] 韦智. 浅议无损检测技术在钢结构建筑工程检测中的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2024(13): 82-84.
- [2] 徐航. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用研究[J]. 智能建筑与工程机械, 2024, 6(5): 88-90.
- [3] 陈加伟. 无损检测技术在建筑工程质量检测中的应用研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2024(1): 84-86.
- [4] 刘向开. 建筑结构工程质量检测中无损检测技术的应用[J]. 建筑科技, 2023, 7(4): 85-86, 94.