

建筑工程质量检测中无损检测技术的应用研究

杜娜娜

隆德县建筑材料试验室(有限责任公司) 宁夏 固原 756300

摘要: 本文聚焦于建筑工程质量检测领域,深入探讨了无损检测技术的应用。首先阐述了传统检测方法的局限性。详细介绍了常见的无损检测技术,如超声波检测、射线检测、红外热成像检测、雷达检测等在建筑工程中的应用原理、适用范围及操作要点。通过实际案例分析,展示了无损检测技术在混凝土强度检测、内部缺陷检测、钢结构焊缝检测等方面的具体应用。最后,对无损检测技术在建筑工程质量检测领域的发展趋势进行了展望,旨在为推动建筑工程质量检测水平的提升提供理论支持与实践指导。

关键词: 建筑工程;质量检测;无损检测技术;应用研究

1 引言

建筑工程质量关乎群众生命财产安全与社会稳定,质量检测是确保其达标的关键环节。传统检测方法,如钻芯取样、回弹法等,虽能评估工程质量,但有破坏性,会影响结构完整性与耐久性,且检测范围有限,难全面准确反映内部质量。随着科技进步,无损检测技术应运而生并迅速发展,它能在不破坏被检测对象的前提下,利用物理或化学方法进行检测评价,有非破坏性、全面性、实时性等优点,能提供更准确可靠信息,研究其在建筑工程质量检测中的应用有重要意义。

2 传统检测方法的局限性

传统建筑工程质量检测方法,如钻芯取样法、回弹法、拔出法等,虽能检测工程质量,但局限明显。钻芯取样有破坏性,会损伤混凝土结构,影响完整性与耐久性,且取样数量有限难全面反映整体强度;回弹法只能测表面强度,无法准确检测内部缺陷与强度变化;拔出法受锚固件埋设等因素影响大。此外,传统方法检测效率低,需人工操作、过程繁琐、速度慢,难实时检测,且对检测人员技术水平与经验要求高,结果准确性可靠性难保证。

3 常见无损检测技术在建筑工程中的应用

3.1 超声波检测技术

3.1.1 应用原理

超声波检测技术是利用超声波在材料中传播时的特性来检测材料内部缺陷的一种方法。当超声波在材料中传播时,遇到缺陷(如裂缝、空洞等)会发生反射、折射和散射等现象,通过接收和分析反射波的信号,可以确定缺陷的位置、大小和性质等信息。

3.1.2 适用范围

超声波检测技术广泛应用于混凝土结构、钢结构、

砌体结构等建筑工程的质量检测中。在混凝土结构中,可用于检测混凝土内部的裂缝、空洞、不密实区等缺陷,以及混凝土的强度检测;在钢结构中,可用于检测焊缝内部的气孔、夹渣、裂纹等缺陷;在砌体结构中,可用于检测砌体的砂浆饱满度、砌块的质量等。

3.1.3 操作要点

根据检测对象和检测要求选择合适的超声波检测仪器,确保仪器的性能指标符合相关标准要求。在超声波探头与被检测表面之间涂抹耦合剂,以排除空气间隙,提高超声波的传播效率。常用的耦合剂有黄油、甘油、水等。根据被检测材料的性质和检测要求,合理设置超声波的发射频率、脉冲宽度、增益等检测参数^[1]。采用合适的扫查方式对被检测区域进行全面检测,如直线扫查、锯齿形扫查、斜线扫查等。根据反射波的幅度、位置、形状等特征,结合相关标准和经验,对缺陷进行判定和评价。

3.2 射线检测技术

3.2.1 应用原理

射线检测技术是利用射线(如X射线、 γ 射线等)穿透材料时,由于材料内部缺陷对射线的吸收和散射作用不同,导致透射射线的强度发生变化,通过在胶片上感光或使用数字探测器接收透射射线,形成射线底片或数字图像,从而检测材料内部缺陷的一种方法。

3.2.2 适用范围

射线检测技术主要用于检测钢结构焊缝内部的缺陷,如气孔、夹渣、裂纹等。对于一些形状复杂、厚度较大的钢结构构件,射线检测技术能够提供较为直观、准确的缺陷图像,便于对缺陷进行定量分析和评价。

3.2.3 操作要点

根据被检测工件的厚度和材质选择合适的射线源,

确保射线的能量能够穿透工件并形成清晰的图像。合理设置曝光时间、管电压、管电流等曝光参数,以保证射线底片或数字图像的质量。采取有效的散射线防护措施,如使用铅板、滤板等,减少散射线对图像质量的影响。射线检测具有一定的辐射危害,检测人员必须严格遵守安全操作规程,采取必要的防护措施,如穿戴防护服、佩戴个人剂量计等,确保人身安全。根据相关标准对射线底片或数字图像进行评定,判断焊缝内部是否存在缺陷,并对缺陷的类型、大小、位置等进行详细记录。

3.3 红外热成像检测技术

3.3.1 应用原理

红外热成像检测技术是利用红外热像仪探测物体表面辐射的红外能量,并将其转换为可视化的热图像,通过分析热图像的温度分布情况来检测物体内部缺陷或表面状态的一种方法。当物体内部存在缺陷或表面存在异常时,会导致物体表面的温度分布发生变化,红外热像仪可以捕捉到这些温度变化信息,从而发现潜在的缺陷。

3.3.2 适用范围

红外热成像检测技术广泛应用于建筑工程的墙体、屋面、门窗等部位的保温性能检测、渗漏检测以及混凝土结构的内部缺陷检测等^[2]。例如,通过检测墙体表面的温度分布,可以判断墙体的保温效果是否良好,是否存在热桥现象;通过检测屋面的温度异常,可以发现屋面是否存在渗漏问题。

3.3.3 操作要点

选择在晴朗、无风的夜晚或室内环境进行检测,避免太阳辐射和外界热源的干扰。根据检测对象和检测要求,合理设置红外热像仪的发射率、环境温度、湿度等参数,以确保检测结果的准确性。保持合适的检测距离和角度,使红外热像仪能够清晰地捕捉到被检测物体的表面温度信息。使用专业的图像分析软件对红外热图像进行分析和处理,提取温度异常区域的信息,并结合相关标准和经验对缺陷进行判定和评价。

3.4 雷达检测技术

3.4.1 应用原理

雷达检测技术是利用高频电磁波(雷达波)在介质中传播时,遇到不同介电常数的界面会发生反射的原理来检测地下埋设物、混凝土内部缺陷等的一种方法。雷达波在传播过程中,遇到钢筋、空洞、管线等目标时会产生反射信号,通过接收和分析反射信号的时间、幅度和相位等信息,可以确定目标的位置、形状和尺寸等。

3.4.2 适用范围

雷达检测技术主要用于建筑工程中的地下管线探

测、混凝土结构内部钢筋位置和保护层厚度检测、混凝土内部缺陷检测等。例如,在建筑工程施工前,可以使用雷达检测技术探测地下管线的位置和走向,避免施工过程中对管线造成破坏;在混凝土结构检测中,可以快速、准确地检测钢筋的位置和保护层厚度是否符合设计要求。

3.4.3 操作要点

根据检测深度和分辨率的要求选择合适的天线频率。一般来说,高频天线分辨率高,但检测深度浅;低频天线检测深度大,但分辨率低。合理设置检测速度和采样间隔,以确保能够采集到足够的信息,同时提高检测效率。在检测过程中,对发现的目标位置进行现场标记,并详细记录检测数据和相关参数,以便后续的分析^[3]。使用专业的雷达数据处理软件对采集到的数据进行处理和分析,去除干扰信号,提取目标反射信号,并结合地质资料和工程实际情况对检测结果进行解释和评价。

4 无损检测技术在建筑工程中的实际应用案例分析

4.1 混凝土强度检测案例:上海中心大厦

上海中心大厦主体118层、高632米,对混凝土强度要求极高。传统钻芯取样法会留下约100mm损伤孔洞,影响结构整体性,且单个样本检测需2-3天,效率低,无法满足大规模检测。故采用超声波检测技术与回弹法结合的综合检测方法。检测时,每楼层选10-15个测区,每个测区400cm²、布置16个测点,回弹率定值控制在80±2,依回弹值与强度关系曲线初步推算强度,如回弹值30-40时,对应强度约20-30MPa(实际因配比而异)。超声波检测中,每测区选3-5个测点,用耦合剂确保接触良好,记录传播时间并计算速度。综合两种方法结果,与少量钻芯取样对比,误差控制在±5%以内,满足工程要求,还避免了结构损伤,100个测区约1天可完成检测,保障了施工质量。

4.2 混凝土内部缺陷检测案例:杭州湾跨海大桥

杭州湾跨海大桥全长36公里,桥墩所处海洋环境复杂,对混凝土内部质量要求高。传统方法难以全面检测桥墩内部缺陷,故采用红外热成像与雷达检测技术结合。红外热成像检测在晴朗无风夜晚进行,使用分辨率320×240像素的热成像仪,避免外界热源干扰。分析热图像发现温度异常区域,如某区域表面温度比周围低3-5℃,推测内部存在空洞或疏松,因空洞会使混凝土热传导系数降低30%-50%。雷达检测选用1000MHz天线,探测深度1-2米、分辨率约10cm,检测速度0.5m/s、采样间隔5cm。通过分析反射信号确定缺陷位置、大小和形

状,如发现一处直径约0.8米、深度约1.2米的空洞缺陷。经开挖验证,检测结果与实际相符,及时修复缺陷保障了桥墩质量和桥梁安全运营。

4.3 钢结构焊缝检测案例:国家体育场“鸟巢”

“鸟巢”钢结构工程规模大、造型复杂,焊缝质量至关重要。采用射线与超声波检测技术结合。射线检测中,对于20-30mm厚的Q345钢焊缝,选用250kV的X射线源,曝光时间3-5分钟,在焊缝两侧布置胶片。用亮度达100000cd/m²以上的观片灯观察底片,记录气孔、夹渣、裂纹等缺陷。如部分焊缝发现直径0.5-1mm的气孔和长2-3mm、宽0.2-0.3mm的条状夹渣。超声波检测选用频率2.5MHz、晶片尺寸13mm的斜探头,设置折射角45°、灵敏度余量不低于42dB。采用锯齿形等扫查方式,能发现直径0.2mm以上的微小裂纹。两种技术综合应用,确保了“鸟巢”钢结构工程质量,为奥运会举办提供保障。

5 无损检测技术在建筑工程质量检测领域的发展趋势

5.1 技术智能化

随着人工智能、机器学习等技术的不断发展,无损检测技术将朝着智能化方向发展。未来的无损检测设备将具备自动识别缺陷、自动分析数据和自动生成检测报告等功能,大大提高检测效率和准确性。例如,通过机器学习算法对大量的无损检测数据进行训练,建立缺陷识别模型,使检测设备能够快速、准确地识别出各种类型的缺陷。

5.2 多技术融合

多种无损检测技术的融合将成为未来发展的趋势。通过将不同原理、不同特点的无损检测技术进行有机结合,实现优势互补,可以更全面、准确地检测建筑结构的质量状况。例如,将超声波检测技术与红外热成像检测技术相结合,利用超声波检测技术检测混凝土内部的缺陷,利用红外热成像检测技术检测混凝土表面的温度异常,从而更准确地判断混凝土结构的质量问题。

5.3 检测远程化

随着互联网技术的普及和发展,无损检测技术将实

现远程化检测。检测人员可以通过互联网远程控制检测设备,实时获取检测数据和图像,并进行远程分析和诊断^[4]。这种方式不仅可以提高检测效率,减少检测人员的工作强度,还可以实现对分布在不同地区的建筑工程的集中检测和管理。

5.4 绿色无损检测

在注重环境保护和可持续发展的今天,绿色无损检测技术将受到越来越多的关注。未来的无损检测技术将更加注重减少对环境的影响,采用无污染、低能耗的检测方法和设备。例如,研发新型的无损检测传感器,减少检测过程中使用的化学试剂和放射性物质,降低对环境的污染。

结语

无损检测技术在建筑工程质量检测中价值重大,相比传统方法,具有非破坏性、全面性等优点,能提供更准确可靠信息,超声波、射线等常见技术应用广泛且效果良好。不过,该技术应用存在技术标准不完善、人员素质参差不齐等问题,需采取完善标准、加强培训等策略解决。展望未来,无损检测技术将朝着智能化、多技术融合等方向发展。相关企业和检测机构应关注其发展动态,加大研发应用投入,提高工程质量检测水平,为社会提供更安全可靠的建筑工程产品。

参考文献

- [1]程文婕.建筑结构工程质量检测中的无损检测技术简介及应用[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(四).武汉市政工程设计研究院有限责任公司,2024:107-108.
- [2]占国栋.住宅建筑隐蔽工程质量无损检测技术应用与标准化研究[J].居舍,2025,(18):145-148.
- [3]胡舒慧.建筑工程质量检测中的无损检测技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(28):100-102.
- [4]李汉雄.建筑工程质量控制中的无损检测技术研究与应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(17):76-78.