建筑工程检测中混凝土无损检测技术

苏 鹏

呼伦贝尔市科建建筑工程质量检测有限责任公司 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘 要：混凝土无损检测技术在建筑工程领域扮演着至关重要的角色，该技术通过非破坏性手段，对混凝土内部结构和性能进行全面评估，确保工程质量与安全。超声波检测、红外热成像、回弹法及地质雷达等方法各具特色，能精准定位混凝土内部缺陷，监测其强度与均匀性。在施工控制、结构验收、维护修复及灾害评估等多个环节，混凝土无损检测技术均展现出高效、准确的检测能力，为建筑工程的可持续发展提供了坚实的技术支撑。

关键词：建筑工程检测；混凝土；无损检测技术

引言

随着建筑工程规模的不断扩大和复杂性的增加，对混凝土材料的质量要求也日益严格，传统的破坏性检测方法不仅耗时费力，还可能对结构造成不可逆的损伤。因此，混凝土无损检测技术应运而生，成为现代建筑工程质量检测的重要手段。该技术通过非侵入性的方式，实现对混凝土内部缺陷、强度及均匀性的快速、准确评估，对于保障工程质量、提高施工效率具有重要意义。

1 混凝土无损检测技术概述

混凝土无损检测技术是现代建筑工程检测中的重要手段，它在不破坏混凝土结构和使用性能的前提下，利用物理学方法（如声、光、电、磁、热和射线等）来测定混凝土的相关物理量，从而确定或评价混凝土的非弹性性质、均匀性与密度、强度以及性能变化过程。该技术基于多种物理原理，包括声波、电磁波、射线、超声波等，这些技术通过检测混凝土对这些物理量的反应，来推断其内部的结构和缺陷。例如，超声波检测技术通过发射和接收超声波，分析其在混凝土中的传播速度和衰减情况，来评估混凝土的内部缺陷和损伤。射线检测则利用X射线或伽马射线穿透混凝土，检测射线的衰减来评估内部缺陷，混凝土无损检测技术的应用非常广泛，涵盖了施工过程中的质量控制、结构验收、维护和修复以及灾害评估等多个环节。在混凝土浇筑过程中，无损检测技术可以实时监控混凝土的质量，确保施工质量符合标准，在混凝土结构完成后，该技术可以评估其内部的完整性和性能，作为验收的重要依据。在混凝土结构使用过程中，定期进行无损检测可以及时发现和评估潜在的缺陷和损伤，为维护 and 修复提供依据。随着科技的不断发展，无损检测技术也在不断进步，其在建筑工程检测中的应用将会越来越广泛，为建筑工程的安全性和耐久性提供更加可靠的保障。

2 混凝土无损检测技术具体方法分析

2.1 超声波检测

超声波检测是混凝土无损检测中的常用技术，它基于超声波在混凝土中的传播特性，通过测量声速、波幅、频率等参数，评估混凝土内部结构和质量。当超声波遇到混凝土内部的缺陷，如空洞、裂缝或疏松区域时，其传播路径会受影响，相关参数随之变化，检测人员据此判断缺陷的位置、大小和性质。超声波检测广泛应用于各类建筑结构，如梁、板、柱和基础等，特别适用于大体积混凝土的质量检测，能发现浇筑不密实、冷缝等问题。在混凝土结构裂缝深度检测方面，该技术也展现出高精度，例如，在桥梁工程中，超声波检测能有效评估桥梁墩柱的混凝土质量，及时揭示潜在安全隐患，确保结构安全。超声波检测技术的优点包括高灵敏度，能检测微小缺陷；检测速度快，覆盖面积大；操作相对简便，对检测人员技能要求适中。该技术也有局限性。检测面的平整度对结果准确性至关重要，不平整的检测面会干扰超声波的传播和接收，面对混凝土内部复杂缺陷时，分析判断难度增加，要求检测人员具备丰富经验和专业知识。超声波检测在混凝土质量评估中发挥着重要作用，但使用时需考虑其局限性，确保检测条件适宜，以提高检测结果的准确性和可靠性^[1]。

2.2 红外热成像检测

红外热成像检测利用物体的热辐射特性，通过捕捉混凝土表面温度分布差异来判断其内部是否存在缺陷。正常情况下，混凝土表面温度分布均匀，但内部缺陷如空洞、脱粘、钢筋锈蚀等会导致热传导性能不同，从而在温度变化或热激励下产生异常温度分布。红外热成像仪能将这种温度差异转化为热图像，帮助判断缺陷的位置和范围，在建筑工程中，红外热成像检测广泛应用于大型建筑结构的表面检测，如建筑物外墙和大坝表面。

它能快速检测出墙体内部的空鼓、渗漏等问题,以及大坝内部的裂缝、渗漏通道等隐患,为维修处理提供准确依据。该技术的优势在于检测速度快、效率高,非接触式检测不会对混凝土结构造成损伤,且能以直观图像展示缺陷情况。红外热成像检测也受环境温度、湿度等因素影响,恶劣天气下准确性可能受干扰。对于混凝土内部较深位置的缺陷,由于热信号衰减,检测效果可能不理想。红外热成像检测是一种高效、直观的混凝土内部缺陷检测技术,但需注意其受环境因素影响及检测深度的限制。在实际应用中,应结合具体情况综合考虑,确保检测结果的准确性和可靠性。

2.3 回弹法检测

回弹法检测是依据混凝土表面的硬度与抗压强度之间存在一定的相关性这一原理来进行的。通过回弹仪向混凝土表面施加一定的冲击能量,测量回弹仪的回弹值,再根据事先建立的回弹值与混凝土抗压强度的关系曲线,推算出混凝土的抗压强度。回弹值越大,表明混凝土表面硬度越高,相应的混凝土抗压强度也越高。回弹法检测在建筑工程中应用广泛,尤其适用于对已建成混凝土结构的强度检测,无论是工业建筑还是民用建筑,对梁、板、柱等结构构件的强度检测都可以采用回弹法。在对老旧建筑进行安全性评估时,回弹法能够快速获取混凝土的强度数据,为评估建筑结构的稳定性提供重要依据。回弹法检测具有操作简单、检测速度快、成本较低等优点,检测设备轻便,易于携带和操作,能够在施工现场快速进行检测。但它也存在一些缺点,由于回弹法主要检测混凝土表面的硬度,所以检测结果受混凝土表面状况影响较大,如表面碳化、粉刷层等都会对回弹值产生影响,导致检测结果不准确;而且该方法推算的混凝土强度是基于经验关系曲线,存在一定的误差,对于重要结构的检测,通常需要结合其他检测方法进行综合判断^[2]。

2.4 地质雷达检测

地质雷达检测利用高频电磁波在混凝土介质中的传播特性,当电磁波在混凝土中传播时,遇到不同介质的界面,如混凝土与空气、钢筋、缺陷等的界面,会发生反射和折射。地质雷达接收反射回来的电磁波信号,并根据信号的传播时间、幅度等参数,来确定反射界面的位置和性质,从而判断混凝土内部的结构和缺陷情况。在建筑工程中,地质雷达常用于检测混凝土内部的钢筋分布、位置和直径,以及检测混凝土内部是否存在空洞、裂缝等缺陷。在对既有建筑进行改造或加固时,需要了解混凝土内部钢筋的分布情况,地质雷达可以准确

地探测出钢筋的位置和数量,为后续的施工提供重要参考。地质雷达检测具有检测速度快、分辨率高、可连续检测等优点,能够快速获取混凝土内部的结构信息,对微小缺陷也有较好的检测能力。地质雷达检测也面临一些问题。它对检测人员的专业素质要求较高,需要检测人员能够准确解读雷达图像;而且检测结果受混凝土中含水量、骨料类型等因素影响较大,在实际应用中需要充分考虑这些因素对检测结果的干扰。

3 混凝土无损检测技术在建筑工程检测中的应用

3.1 施工过程中的质量控制

(1) 在混凝土浇筑阶段,通过无损检测技术可实时监测混凝土的均匀性。超声脉冲法能够探测混凝土内部是否存在空洞、离析等缺陷。在大型基础筏板浇筑时,按照一定间距布置超声换能器,持续接收超声信号。若某区域信号异常衰减或传播时间过长,表明此处混凝土存在质量隐患,施工人员可及时调整浇筑工艺,避免缺陷进一步扩大。(2) 对于混凝土强度的早期预估,成熟度法结合无损检测设备发挥着重要作用。在混凝土浇筑后,通过在内部预埋温度传感器,记录混凝土硬化过程中的温度变化,依据成熟度理论计算等效龄期,再结合回弹法等无损检测手段,初步评估混凝土强度增长情况。这有助于施工方合理安排后续工序,如拆除模板、施加施工荷载等,在保证工程质量的前提下,提高施工效率。(3) 在预应力混凝土施工中,无损检测技术可验证预应力施加效果。通过对混凝土表面的应力测试,采用电阻应变片或光纤光栅传感器等设备,监测预应力筋张拉前后混凝土的应力分布。若检测发现应力分布异常,说明预应力施加不足或存在局部应力集中,需及时调整张拉工艺,确保预应力混凝土结构的性能符合设计要求,保障施工质量和结构安全。

3.2 结构验收

(1) 建筑结构验收中,混凝土强度检测至关重要,钻芯法作为半无损检测方法,能直接获取混凝土芯样进行抗压强度试验,为结构强度评定提供依据。抽样检测时,需根据结构特点和规范要求,选择代表性部位如梁、柱的跨中、支座等处钻取芯样。加工处理后,在压力试验机上加载至破坏,测定实际强度并与设计强度对比,判断结构是否符合验收标准。(2) 超声回弹综合法是无损检测的重要手段,通过测量混凝土表面回弹值和超声声速,建立强度换算关系,间接推定混凝土强度。该法操作简便、效率高,适用于大面积检测。在检测楼板时,按网格布置测点,测量回弹值和声速,利用地区测强曲线计算强度。通过统计分析检测结果,评估混凝

土强度的均匀性和离散性,确定结构整体质量。(3)地质雷达法能有效检测混凝土内部缺陷,在结构验收阶段,向混凝土内部发射高频电磁波,根据反射波特性判断裂缝、疏松等缺陷。检测墙体时,雷达天线沿墙面匀速移动,接收反射信号并转化为图像。分析图像中反射波的相位、振幅等信息,确定缺陷位置、大小和深度,为结构验收提供全面质量评估数据,确保建筑物结构安全可靠^[3]。

3.3 维护和修复

(1)在建筑结构的日常维护中,无损检测技术用于定期检查混凝土的耐久性。钢筋锈蚀电位检测能够判断钢筋的锈蚀状态。通过在混凝土表面布置参比电极,测量钢筋与电极之间的电位差,依据电位值范围评估钢筋锈蚀的可能性。若检测到钢筋锈蚀电位异常,表明钢筋可能已开始锈蚀,需进一步采取防护措施,如表面涂层修复、阴极保护等,延缓钢筋锈蚀进程,延长结构使用寿命。(2)对于已出现裂缝的混凝土结构,无损检测技术可确定裂缝深度和扩展情况。脉冲回波法通过向裂缝发射超声波,接收反射波计算裂缝深度,在检测时,将超声换能器放置在裂缝两侧,调节发射频率和接收角度,获取清晰的反射信号。定期检测裂缝深度和长度变化,分析裂缝发展趋势,为制定合理的修复方案提供依据。对于浅层裂缝,可采用表面封闭法修复;对于深层裂缝,则需采用压力灌浆等方法处理。(3)在对既有建筑进行改造或加固前,利用无损检测技术全面评估混凝土结构的性能,通过拔出法检测混凝土与钢筋的粘结强度,确定原结构的承载能力。在结构上钻孔,安装拔出装置,施加拉力直至混凝土与钢筋分离,测量拔出力大小,计算粘结强度。根据检测结果,合理设计加固方案,选择合适的加固材料和工艺,确保改造后的建筑结构安全稳定,满足新的使用要求。

3.4 灾害评估

(1)在地震、火灾等自然灾害后,混凝土无损检测技术迅速评估建筑结构的损伤程度,对于地震后的建筑,通过超声检测判断混凝土内部是否因地震作用产生裂缝、破碎等损伤。在结构的关键部位,如梁柱节点、

墙体底部等,布置超声测点,测量声速变化。声速明显降低的区域表明混凝土内部结构受损,结合现场宏观检查,确定损伤范围和程度,为后续的修复或拆除决策提供依据。(2)火灾对混凝土结构的影响可通过红外热像法检测。火灾发生后,混凝土内部温度分布不均,导致物理性能改变,利用红外热像仪拍摄混凝土表面热像图,根据温度差异分析混凝土内部损伤情况。高温区域的混凝土可能出现强度降低、骨料爆裂等问题。通过对热像图的分析,确定火灾影响深度和范围,评估结构的剩余承载能力,制定针对性的修复或加固方案。(3)在洪水等灾害后,采用探地雷达检测混凝土基础的冲刷情况。洪水可能冲刷基础周围土体,导致基础外露或混凝土受损,探地雷达向基础下方发射电磁波,根据反射波判断基础的完整性和周围土体状况。若检测到基础底部反射波异常,说明基础可能存在冲刷掏空现象,需及时采取加固措施,如回填土体、增设基础防护结构等,保障建筑结构的稳定性,防止次生灾害发生^[4]。

结语

综上所述,混凝土无损检测技术在建筑工程检测中发挥着不可替代的作用。它不仅提高了检测效率和准确性,还为施工过程中的质量控制、结构验收、维护修复及灾害评估提供了科学依据。随着科技的不断进步,混凝土无损检测技术将进一步完善和发展,为建筑工程的安全与可持续发展贡献更多力量。未来,我们应继续深化对该技术的研究与应用,推动建筑工程检测技术的不断创新与提升。

参考文献

- [1]李俊尧.建筑工程中混凝土无损检测技术的应用探究[J].新材料·新装饰,2024,6(23):175-178.
- [2]王小宏.建筑工程检测中无损检测技术的应用[J].建筑工程技术与设计,2021(11):206.
- [3]米晨.无损检测技术在建筑工程检测中的应用研究[J].数字化用户,2023,29(11):206-208.
- [4]赵新德.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术[J].建筑工程技术与设计,2020(9):2315.