

水利工程中常用无损检测方法分析

陈新¹ 王海英² 李建栋³

1. 北京市水科学技术研究院 北京 102300

2.3. 北京聚思技术检测有限公司 北京 101300

摘要: 本文综述了无损检测技术在水利工程中的应用现状,包括回弹法、地质雷达、超声波及自然电位法等。回弹法通过测量混凝土表面硬度评估强度,超声波技术检测混凝土内部缺陷,探地雷达探测地下结构,自然电位法则评估钢筋锈蚀。这些技术为水利工程的质量控制和维护提供了科学依据。文章还详细探讨了无损检测技术的分类及其在水利工程中的具体应用,如混凝土强度、钢筋锈蚀及裂缝检测,强调了其在确保工程安全与质量中的重要作用。

关键词: 水利工程;无损检测技术;具体应用

引言

随着水利工程建设的快速发展,其质量与安全性日益受到关注。无损检测技术以其非破坏性、高效性和准确性在水利工程质量检测中展现出重要价值。本文旨在探讨现有无损检测技术在水利工程中的应用现状,分析其技术特点与优势,并详细阐述其在混凝土强度、钢筋锈蚀及裂缝检测等方面的具体应用。这不仅有助于提升水利工程质量检测水平,也为工程维护与安全评估提供了有力支持。

1 现有无损检测技术在水利工程中的应用现状

无损检测技术在水利工程中的应用现状展现了其在保障工程安全与质量方面的巨大潜力。这些技术不仅涵盖了传统的回弹法、地质雷达法,还包含了先进的超声波法和自然电位法,共同构成了水利工程质量检测的坚固防线。

回弹法,作为无损检测的经典方法之一,凭借其简便快捷的操作流程和直观准确的检测结果,在水利工程混凝土强度检测中占据了重要地位。通过精确控制弹簧和重锤的施力过程,该技术能够深入剖析混凝土的物理性能,包括其均匀度和抗拉强度,为工程质量的综合评估奠定了坚实基础。然而,为确保检测数据的真实性和

可靠性,操作人员必须严格遵守操作规程,细致入微地控制每一个检验环节。

地质雷达法,则以其独特的高频率电磁波探测技术,深入混凝土内部,精准捕捉施工中的潜在缺陷与异常情况。其高效、精确的探测能力,使得地质雷达法在水利工程建设与维护中发挥着不可替代的作用。声波探测技术,作为另一种非破坏性检测方法,凭借其低成本、无侵害及广泛适用性,在水利设施内部质量检测中得到了广泛应用。该技术通过声波在混凝土中的传播特性,有效评估混凝土的均匀性和强度,为工程质量的全面把控提供了有力支持。

自然电位技术,则另辟蹊径,通过测量混凝土内部钢筋的电势差异,精准评估钢筋的腐蚀状况。这一技术的应用,为水利设施的预防性维护与保养提供了重要参考,有助于及时发现并处理潜在的安全隐患。

随着科技的不断进步与发展,水利工程质量检测方法也需与时俱进,不断创新与提升。未来,无损检测技术将更加智能化、自动化,以更高的精度和效率服务于水利工程建设与维护事业,为水利行业的可持续发展贡献更多力量^[1]。

表1 现有无损检测技术

无损检测技术	主要特点	应用领域
回弹法	测量混凝土结构的强度全面体现混凝土均匀度和抗拉强度	水利工程混凝土结构的强度检测
地质雷达法	高频率电磁波对混凝土内部构造进行检测,建筑施工缺陷	异常情况检测施工缺陷发现
超声波法	检测水工结构中的混凝土均匀度和抗拉强度	水利工程建筑物的质量评估
自然电位法	检测混凝土中钢筋的电位差	钢筋腐蚀情况的评估

2 无损检测技术分类

2.1 超声波技术

高压电晶体的高振荡频率通过压电效应转化为机械

振动,并利用电波传输,实现了水利工程中的超声波无损检测技术。此技术不仅适应性强、成本低廉,还显著提升了质量检测效率。超声波在遭遇非金属及混凝土材

料时，其频率在21~501kHz范围内波动，对敏感材料尤为显著，为施工材料的初步判断与结构特征分析提供了有力支持，指导施工技术指标的精准设定。

在水利工程中，超声波无损检测主要应用于混凝土结构的质量评估。检测策略依截面大小灵活调整：大截面混凝土宜采用单面检测法，简化操作；小截面则优选双面探测法，布置多探头以增强检测精度。操作过程中，检测人员需同步移动发射与接收探头，沿混凝土结构侧面匀速行进，确保声波参数的真实性与检测工作的全面性。此技术的应用，不仅深化了对混凝土结构的理解，更为水利工程的质量控制与安全维护构筑了坚实防线。检测效果图如图1所示。

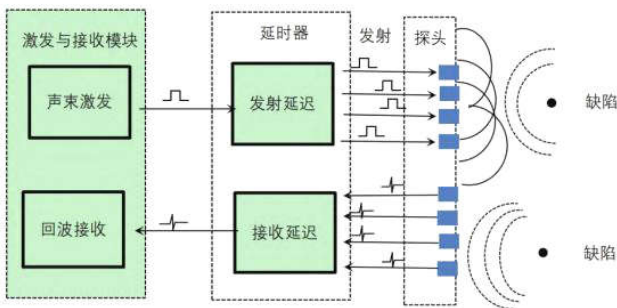


图1 超声波无损检测技术在水利工程中的应用

2.2 探地雷达检测技术

探地雷达检测技术，作为现代非破坏性测试（NDT）技术的重要分支，其原理深植于电磁波与物质相互作用的科学基础之上。这项技术不仅限于水利工程领域，还广泛应用于地质勘探、考古发现、环境监测及道路桥梁检测等多个方面。在水利工程中，GPR技术以其独特的优势，成为保障工程安全、提升施工质量的不可或缺工具。技术原理与优势 GPR技术通过发射高频电磁波，这些电磁波在地下介质中传播时，遇到不同电导率、介电常数或磁导率的介质界面时，会发生反射、折射或散射现象。接收天线捕捉这些信号后，经过信号处理与分析软件的处理，可以生成地下结构的二维或三维图像，直观展示地下物体的形态、位置及深度信息^[2]。高频电磁波具有较短的波长，能够精确区分地下微小结构，如细小裂缝、管线布置等。GPR设备轻便，操作灵活，可快速覆盖大面积区域，提高检测效率。无需破坏地表或结构物，即可获取内部信息，保护工程完整性。能够连续记录数据，形成连续的地下剖面图，便于全面分析。

2.3 回弹检测技术

回弹检测技术，以其简单快捷、成本低廉的特点，在水利工程的混凝土强度检测中占据重要地位。该技术

基于混凝土表面硬度与其抗压强度之间的相关性，通过测量回弹仪重锤的反弹距离来推算混凝土的抗压强度。

确保回弹仪在每次使用前均经过严格校准，以保证测量结果的准确性。测试面应清洁、干燥、平整，无松散颗粒、浮浆及涂层，以减少测试误差。将回弹仪垂直于测试面，均匀施加压力，待重锤稳定后释放，记录反弹距离。根据测量数据，结合经验公式或图表，计算混凝土的抗压强度。

回弹检测结果的准确性受多种因素影响，如混凝土龄期、含水率、碳化深度及表面粗糙度等。为提高检测精度，根据具体条件，引入相应的修正系数，对测量结果进行校正。对关键部位进行钻芯取样，通过破坏性试验验证回弹检测结果的可靠性。结合其他非破坏性测试方法（如超声波检测、红外热成像等），进行多参数综合分析，提高检测的全面性和准确性。

2.4 自然电位检测技术

自然电位检测技术，作为一种针对金属结构腐蚀状态的监测手段，其原理基于腐蚀过程中产生的电化学反应。该技术通过测量金属结构表面自然电位的变化，来评估其腐蚀程度和速度，为工程维护和防腐设计提供科学依据。金属在潮湿环境中易发生电化学腐蚀，形成原电池效应。腐蚀产物与金属基体之间形成的电位差，即自然电位，反映了腐蚀反应的活跃程度。不同腐蚀阶段的电位特征不同，通过分析电位变化趋势，可以判断腐蚀的发展阶段和速度。在水利工程中，自然电位检测技术常被用于检测钢筋等金属结构的锈蚀情况。通过测量钢筋表面的自然电位值，并结合相应的标准或经验公式，可以评估钢筋的锈蚀程度和剩余使用寿命，为工程维护和加固提供指导^[3]。

3 无损检测技术在水利工程质量检测中的具体应用

3.1 回弹法在混凝土强度检测中的应用

回弹法，作为混凝土强度检测中最常用的无损检测技术之一，其原理基于混凝土表面硬度与其抗压强度之间的相关性。检测时，使用带有弹簧驱动的重锤敲击混凝土表面，通过测量重锤反弹回来的距离（即回弹值），结合预先建立的回弹值与混凝土强度之间的校准曲线，即可推算出混凝土的抗压强度。

在水利工程中，回弹法的应用极为广泛。首先，它适用于各种尺寸和形状的混凝土结构，如大坝、水闸、隧洞等，能够快速获取大量检测数据，提高检测效率。其次，回弹法操作简单，对检测人员技能要求不高，便于现场实施。再者，由于无需破坏混凝土结构，减少了因检测而带来的额外成本和时间消耗。

然而,回弹法在实际应用中也存在一定局限性。例如,其检测结果受混凝土表面状况(如湿度、粗糙度、碳化深度等)影响较大,需进行相应修正以提高准确性。此外,对于强度等级较高或龄期较短的混凝土,回弹法的精度可能有所下降。因此,在实际操作中,应结合其他检测手段进行综合评判。

3.2 超声法在混凝土强度检测中的应用

超声波检测技术利用超声波在介质中的传播特性来评估混凝土的质量状况。当超声波在混凝土中传播时,其速度、振幅和波形等参数会受到混凝土密实性、孔隙率、裂缝等因素的影响而发生变化。通过测量这些参数的变化,可以实现对混凝土内部质量的非破坏性检测。

在水利工程中,超声法不仅用于评估混凝土的抗压强度,还广泛应用于内部空洞、裂缝等缺陷的检测。通过在不同位置布置超声波发射和接收探头,测量超声波在混凝土中的传播时间和振幅衰减等参数,可以绘制出混凝土的声速分布图和衰减系数图,从而直观地展示混凝土内部的质量状况^[4]。此外,超声法还可以结合其他技术(如CT扫描)进行三维成像,进一步提高检测的准确性和直观性。

3.3 自然电位法在钢筋锈蚀检测中的应用

自然电位法是一种基于电化学原理的钢筋锈蚀检测方法。在金属与电解质溶液(如混凝土中的水分)接触的界面上,会形成一个稳定的自然电位差(即腐蚀电位)。当钢筋发生锈蚀时,其表面的自然电位值会发生变化。通过测量钢筋表面的自然电位值,并与未锈蚀时的电位值进行对比分析,可以评估钢筋的锈蚀程度。

在水利工程中,钢筋锈蚀是影响结构安全性和耐久性的重要因素之一。自然电位法的应用为钢筋锈蚀检测提供了一种便捷、有效的手段。通过定期监测钢筋的自然电位值变化,可以及时发现锈蚀问题并采取相应的防护措施(如涂刷防锈漆、增加保护层厚度等),从而延长工程的使用寿命。同时,自然电位法还可以与其他检测方法(如电阻率法、磁通量法等)相结合使用,以提高检测的准确性和可靠性。

3.4 超声波法在前裂缝检测中的应用

超声波法在前裂缝检测中的应用不仅限于识别裂缝

的存在,更在于对裂缝的深度、宽度、扩展方向等参数进行精确测量。这对于制定科学合理的裂缝修复方案具有重要意义。

在检测过程中,首先需要在裂缝两侧分别布置超声波发射和接收探头。然后,通过调整探头的位置和角度以及超声波的频率和波形等参数,使超声波能够沿着裂缝的路径传播并被接收探头捕捉到。通过测量超声波在裂缝中的传播时间和振幅衰减等参数,可以计算出裂缝的深度和宽度等参数。此外,结合超声波的波形变化还可以分析裂缝的扩展方向和形态特征等信息。

这些信息为裂缝的修复提供了科学依据。例如,对于深度较浅、宽度较小的裂缝可以采取表面封闭处理;而对于深度较大、宽度较宽或具有扩展趋势的裂缝则需要采取更为复杂的修复措施(如灌浆加固、增设钢筋网等)^[5]。同时,超声波法还可以与其他无损检测技术(如红外热成像、探地雷达等)相结合使用,以实现全面检测和综合分析。

结束语

综上所述,无损检测技术在水利工程质量检测中发挥着不可或缺的作用。通过综合运用回弹法、超声波、探地雷达及自然电位法等先进技术,可以实现对水利工程内部结构及材料性能的全面、准确检测。随着技术的不断进步和创新,无损检测技术在水利工程中的应用将更加广泛和深入,为水利工程的长期安全运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]刘子畅,付小培,崔红娅.无损检测技术在水利工程中的运用[J].河南水利与南水北调,2022(6):106-107.
- [2]付海峰,潘亚辉,刘敏.无损检测技术在水利工程中的应用分析[J].工程建设与设计,2022(11):146-148.
- [3]邓凯斌.超声波在水工混凝土测强中的应用探析[J].工程技术研究,2019,4(5):97-98.
- [4]尚国枫.水利工程质量检测中无损检测技术的实践应用[J].中华建设2024(01):123-124.
- [5]赵鹏飞.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用研究[J].低碳世界2022(12):76-78.