

水利工程质量检测的无损检测技术

石东振

山东黄淮质量检测有限公司 山东 菏泽 274000

摘要：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其质量直接关系到防洪、灌溉、供水等民生大事。本文围绕水利工程质量检测的无损检测技术展开。先概述水利工程质量检测，接着阐述超声、回弹、探地雷达、红外、电磁感应等关键无损检测技术。随后说明其在原材料、混凝土、岩土体及金属结构质量检测中的应用。最后探讨发展趋势，包括新技术研发应用、多技术融合模式及对质量保障的意义，旨在全面介绍无损检测技术在水利工程质量检测中的应用与发展。

关键词：水利工程；质量检测；无损检测技术

引言：水利工程关乎国计民生，其质量至关重要。传统质量检测方法可能对工程结构造成损伤，而无损检测技术凭借不破坏结构且能准确获取内部信息的优势，在水利工程质量检测中愈发受到重视。将深入探讨水利工程质量检测无损检测技术，介绍其关键技术、应用场景以及未来发展趋势，为提升水利工程质量检测水平，保障水利工程安全稳定运行提供理论支持与实践参考。

1 水利工程质量检测概述

水利工程质量检测，是遵循国家相关标准、规范与规程，针对水利工程建设全流程开展的系统性质量把控行为。从工程材料的选用，到施工过程的阶段性成果，再到最终工程实体的质量评定，都在其检测范畴内。第一，水利工程作为保障水资源合理利用、抵御水患灾害的重要基础设施，质量是其生命线。高质量的水利工程不仅能确保长期稳定运行，充分发挥防洪、灌溉、供水等效益，更关乎周边地区人民群众的生命财产安全与经济社会的可持续发展。第二，在检测内容上，原材料检测聚焦水泥、钢材、砂石料等基础材料，确保其物理性能、化学成分达标；中间产品检测则通过对混凝土试块、砂浆试块的抗压、抗折等试验，监测施工材料质量的稳定性。工程实体检测涵盖建筑物基础的承载力、主体结构强度及内部是否存在裂缝、孔洞等缺陷。第三，检测方法包含常规检测与无损检测。常规检测依靠物理试验、化学分析获取数据。无损检测借助超声、回弹等技术，在不损害工程结构的基础上，精准探测内部状况，为水利工程质量提供全方位、多层次的评估依据。

2 水利工程质量检测无损检测的关键技术

2.1 超声检测技术

超声检测技术以超声波在介质中的传播特性为核心，实现对水利工程质量的精准检测。其工作原理是：

超声换能器发射高频超声波，当超声波进入被检测物体，如混凝土、金属结构等，遇到内部缺陷（如裂缝、孔洞）或不同介质的界面时，声波的传播方向和能量会发生改变，产生反射、折射或散射现象。接收换能器捕捉这些变化后的信号，将其转化为电信号，再通过专业的分析软件处理，从而确定缺陷的具体位置、大小和性质。这项技术具有诸多显著优势。它检测灵敏度极高，能精准定位微小缺陷，为工程质量把控提供关键依据。检测速度快，能在短时间内完成大量检测任务，提高工作效率。还可实时显示检测结果，便于现场工作人员及时掌握情况。在水利工程中，超声检测技术常用于混凝土内部缺陷检测，像大坝、水闸的混凝土结构，可精准测量裂缝深度、确定孔洞位置。在金属结构焊缝质量检测中也发挥着重要作用，有效保障水利工程结构的完整性和安全性^[1]。

2.2 回弹检测技术

回弹检测技术是无损检测混凝土强度的常用方法。其原理基于能量守恒与弹性碰撞理论，回弹仪内的弹击拉簧驱动弹击锤，以规定能量冲击混凝土表面，混凝土表面的弹性变形使弹击锤回弹，回弹值与混凝土表面硬度呈正相关，而表面硬度又与混凝土强度存在对应关系，通过测量回弹值，依据已建立的测强曲线即可推定混凝土强度。该技术具有操作便捷、检测迅速的优点，能在现场快速获取大量数据，初步评估混凝土强度。然而，它受多种因素干扰，混凝土表面的平整度、湿度、碳化深度等都会影响回弹值准确性。在水利工程里，它常用于水坝、溢洪道等混凝土结构的强度检测。为提升检测精度，使用时需严格规范操作流程，对影响因素进行修正，必要时结合其他检测方法，综合评定混凝土质量。

2.3 探地雷达检测技术

探地雷达检测技术是基于高频电磁波传播特性的无损检测手段。其工作原理为,通过发射天线向地下发射高频宽带短脉冲电磁波,当电磁波在地下介质中传播时,遇到不同介质的界面,如土体与空洞、不同土质层的交界面等,由于介质的介电常数、电导率等电磁特性存在差异,电磁波会发生反射。接收天线捕获这些反射波,将其转化为电信号,经过专业软件处理,生成地下结构的雷达图像,从而直观呈现地下目标体的位置、形状和性质。这项技术具有显著优势。它具备高分辨率,能够清晰分辨地下较小的异常体。检测速度快,可实现连续快速检测,短时间内获取大量数据;而且属于非侵入式检测,不会对工程结构造成破坏。在水利工程中,探地雷达检测技术应用广泛。例如在堤坝隐患检测中,能精准定位内部裂缝、空洞和蚁穴等隐患,检测渠道时,可有效发现渗漏点和破损位置,在水库底质与淤积评估中,能测定淤积层厚度,评估底质情况。像三峡大坝等大型水利工程,在建设和运维过程中,就借助探地雷达技术提升了安全检测和预警的效率与准确性。

2.4 红外检测技术

红外检测技术以物体的红外辐射特性为基础开展检测工作。世间万物都在不停地向外辐射红外线,其辐射强度与物体表面温度紧密相关。当水利工程结构存在缺陷时,比如混凝土内部的裂缝、空洞,或是金属结构的应力集中区域,会导致局部热量传导受阻,进而造成温度场异常分布。红外热像仪通过接收物体表面的红外辐射能量,并将其转化为热图像,图像上不同的颜色代表不同的温度,检测人员依据温度分布的差异,就能精准识别出缺陷所在。红外检测技术的优势明显。它无需接触被检测物体,避免了对结构的物理损伤;能实现大面积快速检测,短时间内获取整体状况;并且可以实时监测,方便及时发现问题。在水利工程领域,常用于大坝、堤防的渗漏隐患排查,能快速定位渗漏点。也可用于金属结构的热应力检测,判断是否存在潜在故障。例如在某大型水库大坝的检测中,运用红外检测技术及时发现了坝体内部的渗漏隐患,为后续的加固处理提供了关键依据。

2.5 电磁感应检测技术

电磁感应检测技术基于电磁感应定律,当一个通有交变电流的检测线圈靠近被检测物体时,会在物体内部产生感应电流,这个感应电流又会产生二次磁场,与原磁场相互作用,导致检测线圈的阻抗发生变化。通过精确测量检测线圈阻抗的改变,就能获取被检测物体内部的结构信息以及是否存在缺陷。该技术优势显著,它对金

属材料的检测敏感度高,能精准发现金属结构中的细微裂缝、孔洞和腐蚀等缺陷。检测速度快,可快速完成大面积检测,提升检测效率。而且检测过程无需与被检测物体直接接触,避免对检测对象造成损伤。在水利工程中,电磁感应检测技术常用于金属闸门、压力钢管等金属结构的质量检测。比如在某大型水利枢纽的金属闸门检测中,利用该技术及时发现了闸门边缘的腐蚀和裂缝隐患,提前采取修复措施,保障了闸门的正常运行和水利工程的安全。

3 无损检测技术在水利工程中的应用

3.1 原材料质量检测

在水利工程建设中,原材料的质量优劣是决定工程质量的关键因素,无损检测技术在原材料质量把控环节发挥着不可或缺的作用。以电磁感应技术检测金属材料为例,当交变磁场靠近金属时,会在其内部产生感应电流,若金属存在缺陷或杂质,感应电流产生的二次磁场会发生异常,通过检测线圈就能精准捕捉到这些变化,从而判断金属的纯度和内部缺陷情况。对于砂石、水泥等非金属材料,超声检测技术大显身手。超声波在均匀介质中传播时,声速、能量衰减等参数相对稳定。当砂石内部存在裂缝、水泥中有结块或杂质时,超声波传播特性会发生改变,通过分析这些变化,可快速判断原材料内部结构是否均匀,是否存在影响工程质量的隐患。无损检测技术不仅避免了传统抽样破坏检测带来的材料损耗,还能实现快速批量检测,确保只有合格的原材料进入水利工程建设环节,从源头上为工程质量筑牢根基^[2]。

3.2 混凝土质量检测

3.2.1 强度检测

在水利工程中,混凝土强度关乎结构安全。回弹检测是常用的无损强度检测方法,通过回弹仪弹击混凝土表面,依据表面硬度与回弹值的关联,结合测强曲线推算强度。其操作简便,能快速获取大量测点数据。超声-回弹综合法也广泛应用,它融合超声声速与回弹值,超声检测声速反映混凝土内部密实度,回弹值体现表面硬度,二者互补,克服单一方法局限,更精准评定混凝土强度,为水利工程混凝土结构质量评估提供可靠依据。

3.2.2 内部缺陷检测

超声检测技术是检测混凝土内部缺陷的重要手段。超声波在均匀混凝土中传播稳定,遇裂缝、孔洞等缺陷时,会发生反射、折射和散射,接收换能器捕获信号变化,经分析确定缺陷位置与大小。探地雷达技术也有应用,发射高频电磁波,混凝土内部缺陷处介电特性不

同,反射波变化形成图像,直观呈现缺陷状况。这些无损检测技术不破坏混凝土结构,及时发现隐患,保障水利工程长期安全运行。

3.3 岩土体质量检测

3.3.1 地基承载力检测

地基承载力是水利工程稳定的基础。在无损检测中,动力触探技术常用,将一定质量的穿心锤,以规定高度自由下落,将探头贯入土中,根据贯入难易程度即锤击数,来判断地基土的性质和承载力。标准贯入试验也较为常见,通过标准规格的贯入器,记录打入土层一定深度的锤击数,结合经验公式评估地基承载力。这些方法操作相对简便,能快速获取地基土力学参数,为水利工程基础设计提供关键数据,保障工程基础稳固。

3.3.2 堤坝隐患检测

堤坝安全至关重要,无损检测技术能有效排查隐患。探地雷达可发射高频电磁波,当遇到堤坝内部的裂缝、空洞、软弱层等隐患时,因介电常数差异,反射波会发生变化,经处理成像,直观呈现隐患位置和规模。瞬态面波技术也有应用,利用不同频率的瑞雷面波在不同介质中传播速度不同的特性,分析面波频散曲线,判断堤坝内部岩土体的力学性质和隐患分布,及时发现并处理隐患,确保堤坝长期安全运行。

3.4 金属结构检测

在水利工程里,金属结构如闸门、压力钢管等的质量,直接关系到工程运行的安全性与稳定性,无损检测技术发挥着关键作用。电磁感应检测技术是常用手段之一,当交变磁场靠近金属结构时,金属内会产生感应电流,若存在裂缝、腐蚀等缺陷,感应电流产生的二次磁场会异常,检测线圈便能捕捉到这些变化,精准定位缺陷位置和程度。超声检测技术也不可或缺,通过发射超声波进入金属内部,遇到缺陷时,超声波会反射、折射或散射,接收换能器获取信号变化,经分析判断缺陷大小、形状。这两种技术无需破坏金属结构,就能快速完成检测,既高效又能保障金属结构的完整性,及时发现潜在隐患,避免因金属结构故障导致水利工程运行事故,为水利工程的安全稳定运行保驾护航。

4 水利工程质量检测中无损检测技术的发展趋势

4.1 新技术的研发与应用

随着科技的不断进步,无损检测技术在水利工程领

域持续创新。一方面,研发针对特殊材料和复杂结构的检测技术,例如能精准检测新型复合材料的微观缺陷;另一方面,借助人工智能、大数据等前沿技术,提升检测的智能化水平。通过机器学习算法对大量检测数据进行分析,实现对缺陷的自动识别与分类,提高检测效率和准确性,让无损检测更适应水利工程的多样化需求。

4.2 多技术融合的检测模式

单一无损检测技术往往存在局限性,多技术融合成为必然趋势。将超声检测的高灵敏度、探地雷达的高分辨率以及电磁感应检测对金属的敏感性等优势结合,对水利工程进行全方位检测。在检测大坝时,先用探地雷达进行大面积快速扫描,初步定位可能存在的隐患区域,再用超声检测对隐患部位进行精准探测,最后用电磁感应检测金属结构部分,形成更全面、准确的检测结果。

4.3 对水利工程质量保障的意义

无损检测技术的发展对水利工程质量保障意义重大。新技术和多技术融合能更精确地发现微小缺陷和潜在隐患,提前预警可能出现的质量问题,为及时修复和加固提供依据。这不仅能延长水利工程的使用寿命,还能降低运行维护成本,保障水利工程安全稳定运行,充分发挥其防洪、灌溉、供水等重要功能,为经济社会发展提供坚实支撑^[1]。

结束语

综上所述,水利工程质量检测中的无损检测技术,凭借其独特优势,已成为保障水利工程质量的关键力量。从超声、回弹等传统技术的广泛应用,到新技术的研发与多技术融合的探索,这些技术不断革新,精准识别工程隐患。未来,随着科技持续进步,无损检测技术必将在水利工程领域发挥更大作用,进一步提升检测的准确性与高效性,为水利工程的安全稳定运行筑牢更坚实的防线,推动水利事业迈向新的高度。

参考文献

- [1]靳子璇.水利工程质量检测的无损检测技术[J].黑龙江水利科技,2021,49(3):177-179.
- [2]崔雪.浅谈无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J].治淮,2021(3):27-29.
- [3]宋忠利.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J].建筑技术开发,2021,48(7):129-130.