

水利工程质量检测新方法分析

田 波

中国水电建设集团十五工程局有限公司（陕西秦海检测科技有限公司） 陕西 咸阳 712000

摘要：本文聚焦水利工程质量检测新方法。新方法具备无损性、精准化、高效化核心特征。无损检测技术中，超声波、雷达探测、红外热成像检测技术各有原理、应用场景、优势与局限。智能化监测技术里，光纤传感、物联网、无人机遥感检测技术通过不同方式实现质量监测，各有特点。数字化模拟检测技术方面，有限元分析、数值模拟与试验结合、三维激光扫描检测技术，能模拟或获取质量信息，为水利工程设计优化、质量控制、维护提供依据，但也存在对操作人员要求高、周期长等问题。

关键词：水利工程；质量检测；新方法分析

引言：水利工程作为国家基础设施的关键部分，其质量关乎国计民生与生态安全。传统检测技术存在破坏性、精度有限、效率不高等痛点，难以满足现代水利工程建设与管理需求。在此背景下，水利工程质量检测新方法应运而生，涵盖无损检测、智能化监测、数字化模拟检测等多个领域。这些新方法凭借无损性、精准化、高效化等核心特征，在水利工程不同场景中展现出独特优势，为保障水利工程质量提供了有力支撑。下文将详细阐述各类新方法及其在水利工程中的应用。

1 水利工程质量检测新方法的核心特征

水利工程质量检测新方法是在对传统检测技术进行深度剖析，针对其存在的诸如破坏性取样影响工程完整性、检测精度有限、检测周期长等痛点问题，进行全面升级改造后应运而生的。它具备显著且独特的核心特征，主要体现在无损性、精准化与高效化三个关键角度。（1）无损性是新方法最为突出的优势。传统检测技术为获取工程结构或材料内部的质量信息，常需进行破坏性取样，这不仅破坏了工程的完整性，影响其外观与后续使用性能，还可能因取样位置不当而遗漏关键质量问题。而新方法大多摒弃了这种破坏性方式，采用如超声波检测、红外热成像检测等无损检测技术，在不损害工程原有结构的前提下完成检测，有效避免了二次损伤，为工程的长期稳定运行提供了坚实保障。（2）精准化是新方法的重要特质。借助先进的传感器技术，如高精度应力传感器、位移传感器等，新方法能够实时、精准地捕捉工程结构细微的质量参数变化，哪怕是极其微小的变形或应力改变都难以遁形。同时，依托强大的数据分析算法，对采集到的海量数据进行深度挖掘与分析，剔除干扰信息，使得检测数据的误差率大幅降低，能为质量评估提供更为可靠、精确的依据，助力工程师

准确判断工程质量状况。（3）高效化也是新方法不可或缺的特征。新方法广泛集成自动化、智能化技术，实现了检测过程的批量处理以及快速的数据采集与分析。例如物联网监测技术，可自动采集多参数数据并实时传输至云平台进行分析。这极大地缩短了检测周期，能够高效适配大规模水利工程的检测需求，有效提升了检测工作的效率与质量，为水利工程建设与管理的科学决策提供了及时、准确的信息支持^[1]。

2 无损检测技术在水利工程中的应用分析

2.1 超声波检测技术

超声波检测技术作为无损检测技术在水利工程领域应用的重要手段，凭借其独特原理实现质量检测。它巧妙利用超声波在不同介质中传播速度与反射特性的差异开展工作。具体而言，向水利工程结构内部发射特定频率的超声波，当超声波在传播途中遭遇缺陷，像混凝土内部常见的裂缝、孔洞，或是材料密实度不均匀等情况时，就会产生反射、折射或者衰减现象。通过专业的接收装置精准捕捉反射信号，并深入分析其传播时间、振幅等关键参数，进而反推出工程内部的质量状况。在水利工程中，该技术广泛应用于混凝土结构检测。它能够高效检测混凝土内部裂缝深度、蜂窝孔洞的分布情况，还能准确测定钢筋保护层厚度等关键指标。此技术具备检测速度快、操作便捷、成本较低等诸多优势。然而，受超声波传播特性制约，对于大体积混凝土结构的深层缺陷检测，其精度存在一定局限。同时，检测过程中还易受到检测面平整度、耦合剂性能等多种因素的干扰，在实际应用时需充分考虑这些因素，以确保检测结果的准确性与可靠性。

2.2 雷达探测技术

雷达探测技术作为一种先进的无损检测手段，在水

利工程领域发挥着重要作用，其核心原理基于电磁波传播特性。该技术通过发射高频电磁波，并精准接收反射波信号，以此实现对工程结构内部质量的细致检测。由于电磁波在不同介质，如混凝土、土体以及水体中的传播速度存在差异，当其传播途中遭遇结构缺陷或者介质分界面时，便会发生反射现象。通过深入分析反射波的传播时间、波形特征等一系列关键参数，就能够精准定位缺陷所在位置，明确其尺寸大小以及具体分布情况。此技术广泛应用于水利工程中的堤坝、地基、隧道等结构的检测工作。它能够快速且高效地探测地下空洞、裂缝的延伸走向，以及防渗层的完整程度等。该技术具备检测范围广、非接触式检测、对复杂环境适应能力强等诸多优势。不过，在实际应用中，检测结果容易受到金属构件的干扰，而且当检测含水率过高的结构时，检测精度会出现一定程度的下降，需在检测过程中加以注意和修正^[2]。

2.3 红外热成像检测技术

红外热成像检测技术作为一种颇具特色的无损检测方法，在水利工程领域有着重要应用，它主要借助物体的红外辐射特性来完成质量检测任务。其核心原理在于，当工程结构出现质量缺陷，像裂缝、渗漏或者材料密实度不够等情况时，会打破结构表面原本均匀的温度分布状态。这是因为缺陷区域和正常区域在热传导效率上存在明显差异，进而导致温度分布不均。利用红外热像仪，能够精准捕捉结构表面发出的红外辐射信号，并将其转化为直观可视化的热成像图。通过分析热成像图上温度分布异常的区域，就可以准确判断出缺陷所在的位置和大致范围。该技术在水利工程防渗层检测、屋面渗漏检测以及混凝土结构空鼓检测等方面成效显著。它具备非接触式检测、可实现大面积快速检测、结果直观性强等优势。不过，其检测结果容易受到环境温度、日照强度、风速大小等外界因素的干扰，而且对于深层缺陷的检测能力相对有限，在实际应用中往往需要与其他无损检测技术配合使用。

3 智能化监测技术在水利工程中的应用分析

3.1 光纤传感监测技术

光纤传感监测技术作为智能化监测技术在水利工程领域的关键应用，凭借光纤这一独特的传感介质，依托其出色的光传输特性达成质量参数的精准检测。其技术原理在于，把光纤传感器巧妙嵌入水利工程结构的内部或者表面。一旦结构出现变形、应力改变、温度起伏或者产生裂缝等情况，就会引发光纤内部光的传播速度、相位、偏振态等关键参数发生变化。借助先进的光信号

解调设备对这些变化进行细致分析，便能获取结构实时且精准的质量状态数据。该技术优势显著，可同步实现应力应变、温度、裂缝宽度、渗漏量等多参数的全面监测。它具备高灵敏度、抗电磁干扰能力强、耐腐蚀以及可远距离传输数据等特点。十分适用于水利工程中大坝、溢洪道、输水管道等关键结构的长期健康监测。不过，此技术也存在一定局限，光纤传感器安装工艺要求极为严苛，在施工过程中容易遭受机械损伤，而且初期设备投入成本相对较高，在实际应用中需综合考虑这些因素^[3]。

3.2 物联网（IoT）监测技术

物联网（IoT）监测技术为水利工程质量监测带来了全新的解决方案，它精心构建起“传感器节点-数据传输网络-云平台”这样一体化、高效能的监测系统，达成水利工程质量参数的自动化采集、传输以及深度分析。在水利工程里，于工程结构的关键部位科学部署温湿度传感器、压力传感器、位移传感器、渗漏传感器等多样化传感器。这些传感器如同敏锐的“触角”，能够实时采集混凝土强度发展、结构沉降位移、堤坝渗漏量、水体水质等与质量紧密相关的参数。采集到的数据借助无线通信技术，像 LoRa、NB-IoT、5G 等，迅速且稳定地传输至云平台。云平台搭载的智能分析算法则对数据进行实时处理，精准识别异常情况并及时预警，还能进行趋势分析。该技术的核心优势显著，实现了检测的实时化、自动化与远程化，能及时捕捉工程质量的动态变化，为工程维护提供精准有力的数据支撑。不过，系统稳定性高度依赖网络传输质量，且海量数据的存储与处理对硬件设备的算力有着较高要求。

3.3 无人机遥感检测技术

无人机遥感检测技术作为智能化监测技术在水利工程领域的前沿应用，巧妙融合了无人机平台与先进的遥感探测设备，达成了对水利工程大范围、直观可视化的高效检测。在实际操作中，将高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等设备精准搭载于无人机上，针对水利工程中的堤坝、河道、水库岸坡等大面积结构展开空中巡检。无人机凭借其灵活的飞行能力，可快速获取高清影像、热成像图以及三维点云数据。随后，借助专业的后期数据处理软件，对这些数据进行深度剖析，完成图像分析、三维建模以及缺陷识别等一系列工作。该技术尤其适用于人工难以抵达的偏远区域或者大面积工程结构的检测场景。它能够迅速捕捉岸坡滑坡隐患、堤坝裂缝、河道淤积等质量问题，具备检测效率高、视野开阔、安全性强等显著优势。不过，其检测效果会受到天

气条件的较大影响,对于细微缺陷的识别精度高度依赖遥感设备的性能,而且后期数据处理环节需要专业技术人员进行规范操作^[4]。

4 数字化模拟检测技术在水利工程中的应用分析

4.1 有限元分析技术

有限元分析技术是数字化模拟检测的核心方法之一,其原理为将水利工程结构离散为若干个有限单元,通过建立单元的力学模型、边界条件与荷载参数,利用计算机求解方程组,模拟结构在受力、温度变化、水流作用等工况下的应力分布、变形情况及损伤演化过程。该技术可用于水利工程混凝土结构、钢结构、地基基础等的质量检测,能够预判结构在不同工况下的潜在质量隐患,如应力集中区域、易发生裂缝的部位等,为工程设计优化与质量控制提供理论依据。其优势在于能够模拟复杂工况下的结构响应,无需实际工程加载,降低了检测成本与风险,但模拟结果的准确性依赖于模型参数的设定与边界条件的合理性,对操作人员的专业知识要求较高。

4.2 数值模拟与试验结合技术

数值模拟与试验结合技术将计算机数值模拟与小型物理试验相结合,实现对水利工程质量的精准检测。该方法先通过小型物理试验获取工程材料的基本力学参数、物理特性等基础数据,再将这些数据输入数值模拟软件,构建与实际工程一致的数字化模型,进行更贴近实际工况的模拟分析,同时通过物理试验验证模拟结果的可靠性,形成“试验数据校准-模拟优化-结果验证”的闭环检测流程。在水利工程材料性能检测、防渗系统质量评估等场景中应用广泛,例如通过模拟不同配比混凝土的强度发展过程,并结合试验数据校准,可精准预测实际工程中混凝土的强度达标情况。该技术的优势在于兼顾了数值模拟的高效性与物理试验的准确性,检测结果可信度高,但试验与模拟的协同需要严格控制变量,整体检测周期相对较长。

4.3 三维激光扫描检测技术

三维激光扫描检测技术通过激光扫描仪快速获取水

利工程结构的三维空间坐标数据,构建高精度的数字化三维模型,进而实现对工程质量参数的检测与分析。该技术的工作原理为:激光扫描仪向工程结构表面发射激光束,通过测量激光束的传播时间与反射角度,计算出扫描点的三维坐标,大量扫描点拼接形成结构的三维点云模型,再通过专业软件对模型进行处理,提取结构的尺寸参数、形状偏差、表面缺陷等质量信息。该技术适用于水利工程大坝、隧洞、渡槽等结构的几何尺寸检测、变形监测与表面缺陷识别,具有测量精度高、速度快、非接触式等优势,能够快速构建工程的数字化档案,为质量评估与维护提供直观的三维数据支持,但设备成本较高,且对于复杂结构的点云数据处理需要消耗较多的时间与算力^[5]。

结束语

综上所述,水利工程质量检测领域新方法不断涌现,无损检测技术凭借无损性、精准高效等优势广泛应用;智能化监测技术依托先进传感与通信技术,实现实时自动化监测;数字化模拟检测技术借助计算机模拟与数据处理,为质量检测提供理论支撑与精准预测。这些新方法各有特点与适用场景,相互补充,共同构建起水利工程质量检测的多元技术体系。在实际工程中,需综合考量工程需求、成本、环境等因素,合理选择与组合检测方法,以提升检测水平,保障水利工程安全稳定运行,推动水利行业高质量发展。

参考文献

- [1]薛霞.水利工程检测质量的影响因素与控制措施分析[J].海河水利,2021(05):62-64.
- [2]毛卓良.水利工程质量检测新方法研究[J].低碳世界,2021,11(06):111-112.
- [3]杨迪.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用研究[J].水电水利,2021,4(11):26-27.
- [4]孔国梁.水利工程质量检测新方法研究[J].消费导刊,2021(28):134-135.
- [5]陈小军.水利工程质量检测新方法的研究[J].建筑工程技术与设计,2021(10):1215.