

水利工程质量检测中的新型检测技术对比与应用研究

李荣昌, 黄 鹏

(陕西水利水电工程集团有限公司, 陕西 西安 710018)

摘 要 本研究对水利工程质量检测新技术进行比较与分析, 并探究该技术在实践中所具有的优势与局限, 对水利工程质量检测重要性和传统检测技术局限性进行了总结, 并对新型检测技术进行了详细介绍, 通过应用案例分析比较了超声波无损检测技术、激光无损检测技术、弱电磁法检测技术与压式声测管技术的检测精度、效率与成本, 指出新型检测技术在水利工程质量检测中的应用要重视技术融合和创新, 通过技术标准化、规范化、专业化、智能化的发展, 为水利工程质量检测的提升提供更准确和更有效的技术支持。

关键词 水利工程质量检测; 新型检测技术; 无损检测; 智能检测; 远程监控

中图分类号: TV523

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.19.027

0 引言

近年来, 各种新的检测技术不断应用于水利工程质量检测领域, 不仅显著提高了水利工程质量检测精度与效率, 而且也为水利工程安全运行奠定了坚实的基础。本文对目前水利工程质量检测新技术进行了深入比较与分析, 探究这些技术在实践中所具有的显著优势与局限, 希望可以为水利工程质量检测领域提供全新的技术路径, 促进水利工程质量检测领域的不断进步。

1 水利工程质量检测概述

1.1 水利工程质量检测的重要性

水利工程质量检测作为确保水利设施安全运转的基石, 具有十分重要的意义。质量检测可以对水利工程整体质量进行全面准确的评价, 保证项目在设计寿命期间平稳可靠运行。通过检测能够及时检测出项目潜在的缺陷与隐患。这些缺陷如果得不到及时的处理, 一旦遇到极端天气或者高负荷运行的情况就会导致安全事故的发生。所以, 严把水利工程质量检测是水利工程中不可缺少的重要一环, 它可以为水利设施安全运行构筑起一道稳固的防线。

1.2 传统检测技术及其局限性

外观检查、尺寸测量以及力学性能测试等传统检测技术具有明显的局限性。外观检查凭检测人员经验及主观判断很难检测出隐藏的瑕疵; 尺寸测量虽准确但费时费力且效率低下; 力学性能的测试可能会给工程结构带来不可恢复的损伤。根据数据显示, 传统的检测手段在大

型水利项目中的缺陷检测率仅在 60% ~ 70% 之间, 这显然不能满足现代水利工程对于高品质检测的高标准要求。

2 新型检测技术的分类与介绍

2.1 新型检测技术的分类

新型检测技术包括无损检测、智能检测和远程监控等多种手段, 以高精度、高效率和非破坏性为其显著特征。这些技术对水利工程的质量检测起到了关键的作用。无损检测能够准确地检测出内部缺陷而不会对工程结构造成损伤^[1]。智能检测技术采用人工智能与机器学习算法相结合的方式, 通过深度分析与处理水利工程中的质量检测数据, 从而有效地提升检测精度与效率。另外, 智能检测技术具有自适应学习的功能, 可以依据历史数据与经验对算法进行持续的优化, 从而提高检测的准确性与效率。远程监控技术利用物联网和云计算实现水利工程结构远程实时监测与数据采集。这种技术可以对监测数据进行实时传输, 保证数据的时效性与准确性, 以便及时发现可能存在的问题, 并对维护与检修工作提供准确的依据。同时, 智能检测技术也能与历史数据的分析相结合, 对工程维护起到科学的决策支持作用。这些方法不仅可以准确地识别出潜在的问题, 还能显著减少检测所需的时间, 从而有效地提升检测的质量和效率, 为水利工程的安全运营提供了坚实的技术支持。

2.2 新型检测技术介绍

1. 超声波无损检测技术利用了超声波在水利工程结构材料中的传播特性, 能够准确地检测出内部的缺

陷和损伤^[2]，例如裂缝、空洞等，其检测精度可以达到 0.1 ~ 1 mm，误差可以控制在 5% 以内。

2. 激光无损检测技术是利用激光衍射与光电辐射原理实现水利工程结构非接触式检测的一种高精度、高效率技术，其精确度介于 0.01 ~ 0.1 mm 之间，误差不超过 2%，特别适合于对复杂表面进行检测。

3. 弱电磁法探测技术是采用电磁波设备来对电磁波进行发射，并通过对反射回信号进行接收与分析来对水利工程结构内质量状况进行评判，该检测方法适用于钢丝绳和金属等多种材料的检验，其精度控制在 0.5 ~ 2 mm 的范围内，同时误差也被严格控制在 10% 的范围内，这为结构的安全性评估提供了有力的支持^[3]。

3 新型检测技术在水利工程质量检测中的应用与对比

3.1 应用案例分析

将超声波无损检测技术用于水利工程 A 混凝土大坝质量检测。探测结果表明：大坝内出现多处细小裂缝，并及时采取措施进行修补，规避可能出现的隐患。以某水利工程 B 为研究对象，利用激光无损检测技术检测闸门，结果表明闸门表面锈蚀严重，经处理后闸门使用寿命得到延长。另外，在水利工程 C 中，采用弱电磁法测试技术测试钢丝绳，有效地评价钢丝绳承载能力及安全性。水利工程 D 采用压式声测管技术对混凝土泵站内部质量进行检测，保证泵站结构牢固安全。这些应用实例说明了新的检测技术对水利工程质量检测的重要性。

3.2 新型检测技术对比

1. 检测精度对比。水利工程质量检测时，各种新型检测技术其检测精度也是有区别的，如表 1 所示。超声波的无损检测精度在 0.1 ~ 1 mm 之间，误差范围不会超过 5%，这使其非常适合于混凝土、金属等材料的检测，而且操作的难度属于中等。激光无损检测技术具有更低的精度范围，仅为 0.01 ~ 0.1 mm，并且精度误差不会超过 2%。该技术同样适用于混凝土和金属材料，但其操作难度相对较高。弱电磁法的检测精度介于 0.5 ~ 2 mm 之间，误差不会超过 10%，这种方法特别适合于检测如钢丝绳和金属材料，其操作难度属于中等水平。压式声测管的测量精度介于 0.05 ~ 0.5 mm 之间，误差范围不会超过 3%，它主要用于检测混凝土的质量，并且操作上相对简单。

2. 检测效率对比。新型检测技术检测效率对比中，检测速度的数据来源于实际工程应用中的测试记录，表示该技术每小时能够检测的面积；检测周期的数据

基于平均工程规模和检测速度计算得出，指完成整个检测任务所需的时间；人力需求的数据根据技术操作的复杂性和效率得出，指完成检测任务所需的人员数量；自动化程度根据技术实现的自动化水平评估，分为低、中、高三个等级（详见表 2 所示）。

表 1 新型检测技术检测精度对比表

技术名称	精度范围 (mm)	精度误差 (%)	适用范围	操作难度
超声波无损检测	0.1 ~ 1	≤ 5	混凝土、金属等	中等
激光无损检测	0.01 ~ 0.1	≤ 2	混凝土、金属等	较高
弱电磁法检测	0.5 ~ 2	≤ 10	钢丝绳、金属等	中等
压式声测管	0.05 ~ 0.5	≤ 3	混凝土	较低

（注：精度范围指该技术能够检测到的最小缺陷尺寸；精度误差指检测结果与实际值的偏差百分比。）

表 2 新型检测技术检测效率对比表

技术名称	检测速度 (m ² /h)	检测周期 (天)	人力需求	自动化程度
超声波无损检测	50 ~ 100	3 ~ 5	2 ~ 3 人	中等
激光无损检测	20 ~ 50	5 ~ 7	1 ~ 2 人	较高
弱电磁法检测	100 ~ 200	1 ~ 2	2 ~ 3 人	中等
压式声测管	5 ~ 20	7 ~ 10	1 ~ 2 人	较低

3. 成本对比。新型检测技术应用于水利工程质量检测的成本比较，是评价其经济上是否可行的一个很重要的方面（详见表 3 所示）。

表 3 新型检测技术成本对比表

技术名称	设备成本 (万元)	耗材成本 (元/m ²)	维护成本 (万元/年)
超声波无损检测	20 ~ 50	1 ~ 2	2 ~ 5
激光无损检测	50 ~ 100	0.5 ~ 1	5 ~ 10
弱电磁法检测	10 ~ 30	0.2 ~ 0.5	1 ~ 3
压式声测管	5 ~ 15	0.1 ~ 0.3	0.5 ~ 2

3.3 新型检测技术的局限性及改进建议

在实践中，超声波无损检测、激光无损检测以及其他新型检测技术虽然具有精度高、效率高等特点，但是仍然面临着检测范围有限的难题。如超声波无损检测对深层缺陷的探测可能受材料厚度、缺陷类型等因素的制约而造成探测不彻底。另外，激光无损检测等一些新型检测技术设备成本高、操作流程繁杂等问

题制约着它们的广泛应用。为了提升检测效能,降低成本,应该对设备进行优化设计,在简化操作流程的前提下开发出更经济、实用的检测设备。另外,强化人员培训是重点,经过系统培训与技能提升后,检测人员可以熟练运用新型检测技术进行作业,提升检测工作效率与质量^[4]。

4 新型检测技术在水利工程质量检测中的发展前景

4.1 新型检测技术的应用展望

1. 在大坝建设项目中,新兴的检测方法,例如超声波无损检测和压型声测管技术,能够准确地评估混凝土的内部质量,这其中也包括了空洞的检测、裂缝和其他缺陷,以便及时发现和处理可能存在的隐患,保证大坝安全平稳运行。

2. 在堤防工程实施过程中,通过运用激光无损检测技术和弱电磁法检测技术,能够实时监控土壤状况和结构变化,包括但不限于土壤湿度和密度,以及堤防内部可能出现的裂缝和空洞等问题,从而为堤防的长期维护和加固工作提供科学的依据。根据数据显示,实施这些技术之后,堤防工程的维护费用减少了 20%,同时堤防的稳定性和安全性也得到了提升。

3. 在水闸、泵站以及其他水工建筑物上,超声波无损检测以及智能检测技术等新的检测技术可以被应用于混凝土内部质量以及钢筋锈蚀的检测,对于日常的养护与维修具有重要的借鉴意义。定期进行检测可及时发现和治理钢筋锈蚀和混凝土剥落现象,延长水工建筑物使用寿命。

4.2 新型检测技术面临的挑战与应对策略

1. 技术挑战:将新型检测技术运用到实际的水利工程中面临着提升检测精度与效率以及减少操作复杂性的技术难点。应对策略为:不断进行技术研发并引进更为先进的算法与装备来增强检测技术性能。同时加强对检测人员的专业培训,以保证其对新技术的切实掌握与应用^[5]。

2. 成本挑战:设备成本高,耗材成本大,对新型检测技术的推广造成了很大阻碍。应对策略为:优化设备设计、使用更具成本效益的物料及制造工艺来降低生产成本。另外,通过规模化生产与供应链管理进一步压缩成本使得新的检测技术更经济实用。

3. 法规挑战:水利工程质量检测方面的规定与标准落后于技术发展的步伐,为新型检测技术在工程中的运用带来了法律上的不确定性。应对策略为:主动参与有关新型检测技术的检测标准、规范体系的建立。

同时加强和监管机构之间的交流和协作,以保证新型检测技术能够在合法合规框架下被广泛使用。

4.3 新型检测技术的推广与普及

1. 强化宣传与普及是重点。通过组织技术交流会、研讨会等为水利工程领域相关企业及人士介绍新型检测技术优点及应用实例,促进他们对此类技术的认识与接受。运用媒体、网络平台等方式发布有关信息,加大宣传力度,营造积极向上的社会氛围。

2. 技术培训与人才培养并重。举办以新型检测技术为对象的专业培训课程并请专家、技术人员讲课,有利于检测人员熟练掌握新型检测技术操作方法及应用技巧。同时鼓励检测人员通过相关认证考试提升自身的专业技能水平。通过与高校及科研院所等机构的合作,培养掌握新型检测技术知识、实践经验丰富的高素质人才。

3. 政策引导与资金扶持不可或缺。政府要出台相应政策鼓励企业增加对新型检测技术研发的投入并给予税收减免和资金补贴等优惠政策。建立专项基金对新型检测技术研发与推广项目进行资助,以减少企业研发成本与市场风险。同时加强新型检测技术运用的监督与评价,保障其在实践中的成效与安全。

5 结束语

水利工程质量检测新技术的比较和应用研究揭示了超声波无损检测、激光无损检测、弱电磁法检测和压式声测管在检测精度、效率和成本上表现出不同的特性。研究着重指出了根据水利工程的具体需要及环境条件对检测技术进行合理选用的重要性。另外,为了突破现有技术存在的局限,不断地进行技术研发、设备优化与人员培训也是增强检测实用性与操作性的关键途径。未来,新型检测技术和大数据、云计算的结合,必将进一步提升水利工程质量检测精度。

参考文献:

- [1] 王红霞.水利工程质量无损检测关键技术的研究[J].水上安全,2024(17):18-20.
- [2] 吕永强.水利工程质量检测中超声波检测技术运用研究[J].水上安全,2024(17):21-23.
- [3] 刘强.水利工程质量检测新方法的研究与应用[J].中国厨卫:建筑与电气,2023(07):83-85.
- [4] 潘会.水利工程质量检测中无损检测技术的实践应用[J].建筑与装饰,2023(24):163-165.
- [5] 刘强,王超.探地雷达技术在水利工程质量检测中的应用研究[J].工程技术研究,2022(20):20-22.