

水利工程质量检测新技术研究

徐新华

南通海洋水利工程检测有限公司 江苏 南通 226400

摘要: 水利工程质量检测对于保障工程安全与效益至关重要。本文首先明确了水利工程质量检测的定义、目的、内容与范围,剖析传统检测技术局限性后,重点阐述了多种新型检测技术,如超声波无损检测技术利用超声特性检测内部缺陷;激光无损检测技术精准测量结构参数;光谱无损检测技术分析物质成分;钻拉法测定砼强度;远程摄像法监控外表砼;静力触探法评估土方回填质量等。同时探讨了检测新技术的发展趋向,包括多技术融合集成、设备微型便携化以及大数据与云计算在其中的应用前景,旨在为水利工程质量检测技术的进步提供全面参考。

关键词: 水利工程;质量检测;新技术;研究

引言:水利工程在防洪、灌溉、发电等多方面承担着关键角色,其质量直接关系到人民生命财产安全与社会经济稳定发展。水利工程质量检测是把控工程质量的核心环节,传统检测技术在面对复杂工程结构、高精度要求以及大量检测数据处理时逐渐力不从心。例如,传统检测可能难以精准定位混凝土内部细微缺陷或高效评估大面积土方回填质量。随着科技的迅猛发展,一系列新型检测技术应运而生,如超声波、激光、光谱等无损检测技术以及钻拉法、远程摄像法、静力触探法等创新方法,这些新技术有望克服传统局限,为水利工程质量检测带来更高效、精准与智能的解决方案,开启水利工程质量保障的新篇章。

1 水利工程质量检测概述

1.1 水利工程质量检测的定义与目的

水利工程质量检测是指运用科学的试验、测量、分析等手段,对水利工程建设过程中的原材料、构配件、中间产品以及工程实体的质量特性进行检查、测试、度量,并将结果与规定的质量标准进行比较,以确定其是否符合要求的活动。其目的在于及时发现工程质量问题,确保水利工程符合设计要求和相关标准规范,保障工程在运行过程中的安全性、可靠性和耐久性,如大坝能有效抵御洪水冲击、输水渠道能顺畅输水且不渗漏等,从而实现水利工程的预定功能,为社会经济发展提供稳定的水利支撑。

1.2 检测的内容与范围

检测内容涵盖水利工程建设各个环节。在原材料方面,包括水泥、钢材、砂石骨料等的物理性能与化学成分检测,如水泥的强度、安定性,钢材的屈服强度、延伸率等。构配件检测涉及预制混凝土构件、金属结构件等的尺寸精度、外观质量和力学性能。中间产品如混

凝土拌合物的坍落度、强度等。工程实体检测则包括大坝、堤防、水闸、泵站等的结构稳定性、强度、渗漏情况等。检测范围贯穿水利工程的规划、设计、施工到竣工验收及运行维护阶段,无论是枢纽工程还是输水、配水工程,都需进行全面系统的质量检测以保障整体质量。

1.3 传统检测技术的局限性

传统检测技术存在多方面局限性。在检测精度上,例如回弹法检测混凝土强度受表面碳化、湿度等因素影响较大,导致结果误差范围较宽。检测效率方面,像钻芯法检测混凝土内部质量,操作复杂、耗时久且对结构有一定损伤,难以在大面积或复杂结构上快速应用。对于隐蔽工程和复杂结构部位,如深埋地下的输水管道连接处、大型混凝土坝体内部钢筋分布及缺陷情况,传统检测技术往往难以深入、全面地进行检测,容易造成质量隐患的遗漏。此外,传统检测技术的数据处理和分析能力有限,难以对大量检测数据进行深度挖掘和整合分析,不利于从宏观层面把握工程质量状况^[1]。

2 水利工程质量检测新技术

2.1 超声波无损质量检测技术

当超声波在水利工程结构内部传播时,遇到缺陷(如裂缝、空洞等)或不同材质界面,会发生反射、折射和散射现象。通过在结构表面布置超声波发射和接收探头,采集并分析反射波的信号特征,便能推断结构内部的状况。在水利工程中,该技术可用于检测混凝土大坝的内部质量。例如,检测混凝土浇筑过程中是否存在蜂窝、麻面等缺陷,以及大坝运行后内部是否产生裂缝扩展。对于金属结构的水工闸门、管道等,超声波能检测焊缝的焊接质量,确定是否存在未焊透、夹渣等缺陷。它具有诸多优势,首先是非侵入性,不会对工程结构造成破坏;其次,检测速度相对较快,能够在较大面

积或较长结构上进行快速扫描；再者，检测精度较高，可以较为准确地确定缺陷的位置、大小和形状，为水利工程的质量评估、维护决策提供可靠依据，有效保障水利工程的安全稳定运行，在水利工程建设与运维的全生命周期中都发挥着不可或缺的作用。

2.2 激光无损质量检测技术

激光无损质量检测技术在水利工程质量检测方面展现出独特的优势与应用潜力。该技术主要利用激光的高相干性、高方向性和高亮度等特性开展检测工作。其常见的应用方式之一是激光全息干涉法。通过向水利工程结构表面发射激光，形成全息干涉图样。当结构内部存在应力变化或微小变形时，会引起表面的微小位移，进而导致干涉条纹的变化。这种变化能够精确地反映出结构内部的缺陷或不均匀性，如混凝土内部的微裂缝、钢筋的锈蚀膨胀等。在大坝表面检测中，可以快速发现潜在的安全隐患，以便及时采取措施修复和加固。另一种是激光散射法，激光照射到被检测物体表面，根据散射光的强度、频谱等信息分析物体的表面粗糙度、材质特性以及内部结构状况。对于水利工程中的金属管道内壁腐蚀情况检测，激光散射技术能够在不破坏管道结构的前提下，准确判断腐蚀程度和范围，为管道的维护和更换提供科学依据^[2]。

2.3 光谱无损质量检测技术

激光无损质量检测技术在水利工程质量检测方面展现出独特的优势与应用潜力。该技术主要利用激光的高相干性、高方向性和高亮度等特性开展检测工作。其常见的应用方式之一是激光全息干涉法。通过向水利工程结构表面发射激光，形成全息干涉图样。当结构内部存在应力变化或微小变形时，会引起表面的微小位移，进而导致干涉条纹的变化。这种变化能够精确地反映出结构内部的缺陷或不均匀性，如混凝土内部的微裂缝、钢筋的锈蚀膨胀等。在大坝表面检测中，可以快速发现潜在的安全隐患，以便及时采取措施修复和加固。另一种是激光散射法，激光照射到被检测物体表面，根据散射光的强度、频谱等信息分析物体的表面粗糙度、材质特性以及内部结构状况。对于水利工程中的金属管道内壁腐蚀情况检测，激光散射技术能够在不破坏管道结构的前提下，准确判断腐蚀程度和范围，为管道的维护和更换提供科学依据。

2.4 钻拉法检测砼强度

该方法的核心原理是先通过钻芯机在混凝土结构上钻取一定尺寸的芯样，然后在芯样上进行轴向拉伸试验。在钻取芯样过程中，要确保芯样的直径、高度等尺

寸符合相关标准要求，并且芯样应具有代表性，能够反映混凝土结构的真实强度状况。钻取后的芯样被放置在专门的拉伸试验设备上，通过施加轴向拉力，精确测量芯样在拉伸过程中的应力与应变数据，直至芯样破坏，从而得出其极限抗拉强度。依据相关的理论公式和大量试验数据建立的强度换算关系，将测得的极限抗拉强度换算为混凝土的抗压强度。钻拉法的优势明显，与传统的回弹法相比，它受混凝土表面状态、碳化深度等因素的干扰较小，检测结果更为准确可靠。与钻芯法直接测抗压强度相比，钻拉法对芯样的完整性要求相对较低，能够对存在一定缺陷但仍具有代表性的芯样进行有效测试。

2.5 远程摄像法外表砼检测

远程摄像法外表砼检测是水利工程质量检测领域借助现代信息技术实现的高效检测手段。它利用高清摄像设备对水利工程混凝土结构的外表进行拍摄记录。检测时，将专业的摄像机架设在合适的位置，可通过遥控操作调整拍摄角度与焦距，对大坝、渠道、水闸等混凝土结构的表面进行全方位、多角度的拍摄。所拍摄的图像能够清晰地呈现混凝土表面的裂缝、剥落、蜂窝麻面、变形等缺陷情况。然后利用图像分析软件对采集到的图像数据进行处理，通过图像识别算法自动识别出缺陷的类型、位置、尺寸及分布范围等信息。例如，对于混凝土大坝表面，能够快速定位并量化裂缝的长度、宽度和深度变化趋势，还可对长期遭受水流冲刷部位的混凝土剥落情况进行详细记录与分析。这种检测方法具有显著优点，它无需检测人员近距离接触结构表面，减少了高空、临水等作业风险。检测效率高，可快速对大面积的混凝土外表进行检测，且能够实现对同一部位的定期监测，对比分析结构外表质量的变化过程。

2.6 静力触探法（CPT法）检测土方回填质量

静力触探法（CPT法）是水利工程中检测土方回填质量的有效技术手段。其原理是借助机械装置将带有传感器的触探杆匀速贯入土中，在贯入过程中，通过传感器实时测量土的锥尖阻力、侧壁摩阻力等参数。在水利工程土方回填检测时，触探杆底部的锥头在压力作用下逐渐深入回填土中。当遇到不同土质或回填土存在疏松、夹杂异物等情况时，锥尖阻力和侧壁摩阻力会发生明显变化。例如，在密实度较高的回填土区域，锥尖阻力较大；而在存在空洞或软弱夹层的部位，阻力则会骤减。通过对这些参数的连续记录与分析，能够绘制出反映土层力学性质变化的曲线，进而准确判断回填土的均匀性、密实度以及是否存在分层不密实等质量问题。与传统的土工试验方法相比，静力触探法具有诸多优势。它

测试速度快,可以在较短时间内对大面积的回填区域进行检测,大大提高了检测效率。操作过程相对简便,减少了人工取样、运输和试验的繁琐环节,且对土体的扰动较小,能更真实地反映原位土的状态^[3]。

3 水利工程质量检测新技术的发展趋势与展望

3.1 多技术融合与集成化发展趋势

未来水利工程质量检测将呈现多技术融合与集成化的显著趋势。不同的检测技术各具优势与局限性,如超声波检测擅长内部缺陷探查,激光检测在表面及微小变形检测精度高。通过将多种技术融合,可实现优势互补。例如,将无损检测技术与数字化成像技术集成,在超声波检测混凝土内部缺陷时,同步生成直观的三维图像,使检测结果更易解读与分析。同时,把多种传感器集成于一个检测平台,能一次性获取多维度的质量数据,全面反映水利工程结构的物理、化学特性。这种集成化系统可实现自动化检测流程,从数据采集、传输到初步分析一气呵成,提高检测效率与准确性,为水利工程质量评估提供更科学、全面的依据,适应复杂大型水利工程质量检测需求。

3.2 微型化与便携化检测设备研发趋势

水利工程质量检测设备正朝着微型化与便携化方向迈进。随着材料科学与微机电系统技术的发展,传感器等检测元件体积不断缩小。微型化的传感器能够更方便地嵌入水利工程结构内部或难以到达的狭小空间,如在大坝的微小裂缝处或深埋地下的输水管道内部进行定点、长期监测。便携化设备则便于检测人员在水利工程现场快速移动检测,无需大型运输与安装设备,降低了检测成本与时间。例如,便携式激光检测仪可轻松在不同坝段间转移,对混凝土表面质量进行快速扫描。而且,微型便携设备功耗更低,可采用电池供电,摆脱对外部电源的依赖。这不仅有利于常规的定期巡检,也能在应急检测或偏远地区水利工程检测中发挥重要作用,大大提高了检测工作的灵活性与机动性。

3.3 大数据与云计算在质量检测中的应用前景

大数据与云计算在水利工程质量检测中有着广阔的应用前景。水利工程检测会产生海量数据,如不同时段、不同部位的结构参数、环境数据等。大数据技术可对这些数据进行高效存储、管理与深度挖掘。通过分析长期积累的数据,能发现结构质量变化的潜在规律与趋势,提前预警可能出现的质量问题。例如,通过对大坝多年变形数据的分析,预测未来变形趋势,及时采取加固措施。云计算平台则提供强大的计算能力,实现复杂数据模型的快速运算。检测数据可上传至云端,不同地区的专家能远程协同分析,打破地域限制,基于云平台可开发质量检测的智能应用,如自动生成检测报告、智能推荐维修方案等,使水利工程质量检测更智能化、精准化,为水利工程的长期稳定运行保驾护航^[4]。

结束语

在水利工程蓬勃发展的当下,质量检测新技术的研究意义深远。本文所探讨的超声波、激光、光谱等检测技术以及钻拉法、远程摄像法、静力触探法等,为水利工程质量把控提供了更精准、高效的途径。多技术融合集成、微型便携设备研发以及大数据与云计算应用展现出广阔前景。然而,新技术的推广与完善仍需不懈努力,相信随着科技的持续进步,水利工程质量检测技术将不断革新,有力保障水利工程的安全、稳定与可持续发展,为水资源的合理利用奠定坚实基础。

参考文献

- [1]梁剑宁,黄锦峰.水利工程质量检测行业存在的问题及对策研究[J].内江科技,2019,10:8-9+27.
- [2]郝晓庆.水利工程质量检测常见问题及预控措施初探[J].农业科技与信息,2019,05:100-101+103.
- [3]樊志远,黄海田.试论水利工程质量检测管理的改革与发展[J].建筑监督检测与造价,2019,08:42-46.
- [4]卢贵.水利工程质量检测的问题及其相应对策研究[J].城市建筑,2019,04:313-317.