

水利工程原材料检测技术现状与检测方法

吴小磊 张磊

江苏鼎信检测技术有限公司 江苏 泰州 225300

摘要: 水利工程规模扩大与质量要求提升,对原材料检测技术提出更高要求。当前检测技术涵盖多方面,但存在局限性。检测方法体系包括实验室、现场及特殊材料检测方法。发展趋势呈现智能化、多技术融合、绿色化及标准化国际化特征。本文详细阐述水利工程原材料检测技术现状、方法体系及发展趋势,强调检测技术对保障工程安全、提升质量的重要意义,为水利工程原材料检测提供全面参考,推动检测技术不断进步。

关键词: 水利工程;原材料检测;检测技术;发展趋势;检测方法

引言:水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,在防洪、发电、灌溉、水资源调配等方面发挥着关键作用。随着时代发展,水利工程规模不断扩大,所处环境愈发复杂,地质条件多样,对工程质量的要求也日益严苛。原材料质量是水利工程安全的基础,其性能直接影响工程结构稳定性与使用寿命。因此,水利工程原材料检测技术至关重要,准确可靠的检测能为工程设计与施工提供依据,保障水利工程长期安全稳定运行。

1 水利工程原材料检测技术发展背景与意义

1.1 水利工程规模与质量要求提升

随着时代发展,水利工程的建设规模呈现出持续扩大的态势^[1]。大型水利项目,像大坝这类具有重要防洪、发电、灌溉功能的水利枢纽工程,堤防作为守护沿岸地区安全的关键防线,以及输水工程在保障水资源合理调配中发挥的重要作用,这些项目对原材料性能的依赖程度日益加深。在当今复杂多变的环境下,极端气候现象频繁出现,如暴雨、干旱、严寒等,这些极端天气会对水利工程的原材料造成不同程度的损害。水利工程所处地质条件复杂多样,有的位于软弱地基区域,有的处于地震活跃带附近。不同地质条件对原材料的力学性能、化学稳定性等提出了多样化的挑战,进而对材料的耐久性提出了更为严苛的要求。只有具备良好耐久性的原材料,才能在长期经受自然环境侵蚀和复杂地质作用的情况下,保证水利工程的正常运行。

1.2 检测技术对工程安全的支撑作用

水利工程中,原材料质量是决定整个工程结构稳定性与使用寿命的关键因素。若原材料存在质量问题,如强度不足、抗腐蚀性差等,在工程运行过程中,就可能引发结构变形、裂缝扩展,甚至导致结构失稳等严重后果,极大地缩短工程的使用寿命。检测技术作为保障水利工程安全的重要环节,能够对原材料的各项性能指标

进行全面、准确的检测与分析。通过科学有效的检测手段,可以及时发现原材料中存在的潜在缺陷和质量问题,为工程设计和施工提供可靠的依据。在工程建设的各个阶段,依据检测结果对原材料进行合理选用和严格把控,能够有效预防因原材料质量问题引发的工程质量事故,为水利工程的长期安全稳定运行提供坚实的技术支撑。

2 水利工程原材料检测技术现状

2.1 检测内容覆盖范围

水利工程原材料种类繁多,检测内容广泛且细致。基础材料方面,水泥作为重要的胶凝材料,其性能直接影响混凝土强度与耐久性,需全面检测;砂石骨料是混凝土的骨架,其粒径、级配、含泥量等指标关乎混凝土工作性与强度,一般要求含泥量小于3%;外加剂可改善混凝土性能,掺合料能提升混凝土密实度,二者检测确保发挥预期作用^[2]。金属材料中,钢筋是水利工程中承受拉力的关键构件,一般采用直径为12-40mm的钢筋,钢板用于构建各类结构,焊接材料影响焊接质量,对这三类材料的质量把控至关重要。土工材料里,土工膜具有防渗功能,其厚度一般在0.5-3mm之间,土工布可增强土体稳定性,排水板用于排水,对它们性能的检测保障水利工程基础稳定性。功能材料方面,防水材料阻止水分渗透,止水带在结构接缝处发挥止水作用,防腐涂料保护金属结构免受腐蚀,这些材料检测确保水利工程在复杂环境下正常运行。

2.2 检测技术分类与特点

物理性能检测聚焦材料基本物理属性,如密度反映材料紧密程度,一般水泥密度在3000-3200kg/m³之间;粒度影响材料加工性能,孔隙率决定材料透气性与透水性,吸水性体现材料抗水侵蚀能力。力学性能检测评估材料承载能力,抗压强度衡量材料受压破坏能力,一般混凝土抗压强度在20-80MPa之间;抗拉强度反映材料抵抗拉

伸破坏性能,抗折强度体现材料抗弯曲能力,弹性模量表示材料应力与应变关系。化学性能检测剖析材料化学组成与性质,成分分析确定材料元素与化合物构成,耐腐蚀性评估材料在特定化学环境下的稳定性,有害物质含量检测保障材料环保性。耐久性检测模拟材料长期使用环境,抗冻融性反映材料在冻融循环下的抗破坏能力,抗渗性体现材料阻止液体渗透性能,抗碳化性评估材料抵抗二氧化碳侵蚀能力,抗老化性检测材料在自然环境下的性能衰减情况。无损检测技术无需破坏材料,超声波检测利用声波传播特性检测内部缺陷,射线检测通过射线穿透材料成像判断内部结构,红外热成像依据材料表面温度分布检测异常。

2.3 检测技术局限性分析

传统检测方法存在明显不足,效率低下导致检测周期长,影响工程进度;破坏性强使得检测后的材料无法再利用,造成资源浪费;数据离散性大影响检测结果准确性,难以精准评估材料性能。新兴技术虽具潜力,但应用不足,人工智能图像识别在材料缺陷识别方面尚未完全成熟,物联网传感器在数据采集与传输稳定性上存在提升空间。复合材料检测面临挑战,多层结构或改性材料内部性能复杂,传统检测方法难以全面准确评估其性能,给水利工程原材料质量把控带来困难。

3 水利工程原材料检测方法体系

3.1 实验室检测方法

实验室检测是水利工程原材料质量把控关键环节。取样与制备是基础,代表性取样要求从整体选能反映质量状况部分,避免取样偏差致结果失真。标准化制样流程确保不同批次、来源原材料制样统一规范,保证后续检测准确可比^[3]。物理试验中,密度测定常用比重瓶法与气体置换法。比重瓶法借液体介质测材料体积算密度,适用于颗粒较小材料;气体置换法通过气体排出体积确定材料体积,对不规则形状材料检测更具优势。粒度分析有筛分法与激光衍射法,筛分法利用筛网分离颗粒反映分布;激光衍射法基于激光散射原理,能快速精确测定颗粒大小及分布,可检测粒径0.1-2000 μm 颗粒。力学试验方面,混凝土抗压强度试验采用立方体与圆柱体试件,不同形状模拟不同受力状态评估能力。钢筋拉伸试验关注屈服强度与断后伸长率,屈服强度反映钢筋开始明显塑性变形时应力,断后伸长率体现塑性变形能力。化学分析领域,光谱分析包含X射线荧光光谱与电感耦合等离子体质谱。X射线荧光光谱通过测量特征X射线确定元素组成,电感耦合等离子体质谱将样品离子化后分析,能精准检测元素含量。湿化学法运用酸碱滴定等经典方法,

通过化学反应计量关系确定物质成分与含量。

3.2 现场检测方法

现场检测能及时获取原材料在实际工程环境中的性能数据。快速检测技术中,便携式硬度计可快速测定钢筋、金属材料硬度,为判断材料质量提供初步依据,一般便携式硬度计测量范围在20-700HV之间。核子密度仪通过测量射线与物质相互作用确定土石方压实度,操作简便、结果快速,测量精度一般在 $\pm 2\%$ 以内。无损检测技术里,超声波探伤利用超声波在金属结构中传播特性,检测内部缺陷位置与大小,不破坏结构完整性,可检测出长度大于3mm的裂纹。地质雷达通过发射高频电磁波并接收反射信号,探测混凝土内部空洞等缺陷,为工程质量评估提供重要信息,探测深度可达30m。在线监测技术中,分布式光纤传感器可沿一定长度布置,实时监测应变、温度变化,为工程结构安全预警提供数据支持,可监测长度达10km以上。智能传感器网络由多个传感器组成,能实时反馈湿度、腐蚀速率等信息,实现对工程环境的全方位监测。

3.3 特殊材料检测方法

土工合成材料检测中,渗透系数测定采用常水头法与变水头法,常水头法适用于透水性较强材料,渗透系数大于 10^{-3}cm/s ;变水头法适用于透水性较弱材料,渗透系数小于 10^{-3}cm/s 。抗拉强度试验运用宽条拉伸法,模拟土工合成材料在实际工程中的受力状态,准确测定抗拉强度,试样宽度一般为200mm。防水材料检测方面,不透水性试验有水压法与气压法,水压法通过施加水压检测材料不透水性能,一般施加水压为0.3MPa;气压法利用气压变化判断材料防水效果。耐候性加速老化试验模拟紫外线、盐雾等恶劣环境,加速材料老化过程,评估材料在长期使用中的耐候性能,紫外线照射时间一般为1000h,盐雾试验时间一般为500h。复合材料检测中,层间剪切强度试验采用短梁法,测定复合材料层间结合强度。微观结构分析借助扫描电子显微镜与能谱仪,观察复合材料微观形貌,分析元素组成,深入了解材料性能与微观结构关系。

4 水利工程原材料检测技术发展趋势

4.1 智能化与自动化

随着科技不断进步,水利工程原材料检测正朝着智能化与自动化方向迈进。机器人取样与制样系统是这一趋势的重要体现。传统取样制样过程依赖人工操作,不仅效率低下,还容易因人为因素导致取样不具代表性、制样不规范等问题^[4]。而机器人取样与制样系统凭借高精度机械臂和智能控制系统,能按照预设程序精准完成取

样与制样工作,极大提高检测效率与准确性,减少人为误差。AI辅助图像识别技术也在检测领域发挥重要作用。在水利工程中,原材料及结构表面可能出现裂缝、腐蚀等缺陷,传统人工检测方式耗费大量人力且易出现漏检。AI辅助图像识别通过对大量缺陷图像的学习训练,能够快速、准确识别裂缝、腐蚀等缺陷,实现自动检测与预警,为工程安全提供及时保障。

4.2 多技术融合应用

未来水利工程原材料检测将更注重多技术融合。物理-化学-力学多参数联合检测成为趋势。以往检测往往侧重单一参数,难以全面反映材料性能。多参数联合检测可同时获取材料物理、化学、力学等多方面信息,通过综合考量这些不同维度的数据,能更精准地剖析材料内在特性,更准确评估材料综合性能,为工程设计与施工提供更可靠依据。无损检测与数值模拟结合也是重要发展方向。无损检测能在不破坏材料前提下获取内部信息,但有时对材料性能评估不够精准。数值模拟通过建立数学模型,模拟材料在不同条件下的性能变化。二者相辅相成,无损检测提供实际数据支撑,数值模拟拓展分析边界,将无损检测结果与数值模拟结合,利用反演分析方法,可更深入准确了解材料性能,为工程质量控制提供更科学方法。

4.3 绿色检测技术

环保理念日益深入人心,水利工程原材料检测也朝着绿色方向发展。低能耗检测设备是绿色检测的重要体现。传统检测设备能耗较高,不仅增加检测成本,还对环境造成一定压力。随着科技的不断进步,节能技术日益成熟,低能耗检测设备采用先进节能技术,降低能源消耗,减少碳排放,符合可持续发展要求。这不仅有助于缓解能源紧张局面,还能降低企业运营成本,实现经济效益与环境效益的双赢。无污染试剂替代也是绿色检测的关键环节。在化学检测中,部分传统试剂具有污染性,对环境与人体健康存在潜在危害。研发环保型酸碱指示剂等无污染试剂,可在保证检测效果的同时,减少

对环境的污染,推动检测行业绿色转型。这顺应了时代发展潮流,也是检测行业实现可持续发展的必由之路。

4.4 标准化与国际化

水利工程原材料检测标准化与国际化进程不断加快。检测方法国际互认是重要目标。通过与ISO、ASTM等国际标准对接,使国内检测方法与国际接轨,提高检测结果国际认可度,这有助于打破国际间的技术壁垒,促进国内外检测技术的交流与融合,促进水利工程领域国际合作与交流。检测数据区块链存证为检测数据安全与可信提供保障^[5]。区块链技术具有防篡改、可追溯特性,将检测数据存储于区块链上,可确保数据真实性与完整性,避免数据被篡改或伪造,为工程质量的全程监控提供了有力手段,为工程质量追溯与责任认定提供可靠依据。

结束语

水利工程原材料检测技术历经发展,已形成较为完善的体系。实验室、现场及特殊材料检测方法各有优势,为保障原材料质量提供了多种手段。智能化与自动化、多技术融合应用、绿色检测技术、标准化与国际化等发展趋势,推动检测技术不断进步。在实际工程中,应结合具体情况合理选用检测方法,充分利用新技术提升检测水平,确保水利工程原材料质量可靠,为水利工程建设与发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1] 闫沛甜.水利工程现场原材料试验检测方法研究[J].水上安全,2025(7):163-165.
- [2] 孙文娟.材料检验检测技术在水利工程中的应用[J].内江科技,2024,45(8):15,144.
- [3] 邓县芳.水利工程原材料及中间产品检测的质量控制[J].现代装饰,2022(27):172-174.
- [4] 王界元.水利工程中的混凝土试验检测工作要点分析[J].黑龙江水利科技,2023,51(11):102-104.
- [5] 李凯奇.水利工程现场原材料试验检测探究[J].中华建设,2025,(01):147-149.