

水利水电工程质量检测技术

李 栋

新疆生产建设兵团第七师奎屯河引水工程建设管理局 新疆 奎屯 833200

摘 要：水利水电工程作为国家重要基础设施，承担着防洪、灌溉、发电、供水等重任，直接关系到国计民生与经济社会的稳定发展。本文围绕水利水电工程质量检测技术展开探讨。阐述了该技术在保障工程质量等方面的重要性，介绍常用的无损检测（如超声、回弹、探地雷达检测技术）和理化检测（化学分析、物理性能检测技术）技术。阐述了在原材料、混凝土工程、金属结构等环节的具体应用，探讨智能化、多技术融合、绿色环保检测技术的发展走向，为水利水电工程质量检测的技术升级与实践提供有益参考。

关键词：水利水电；工程质量；检测技术

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的关键领域，其质量直接关乎人民生命财产安全与社会经济的可持续发展。质量检测技术作为保障工程质量的重要手段，在工程建设全过程中发挥着不可或缺的作用。随着水利水电工程规模不断扩大、技术日益复杂，对质量检测技术的精准性、高效性和创新性提出了更高要求。本文旨在系统阐述水利水电工程质量检测技术，以促进该领域技术的发展与应用。

1 水利水电工程质量检测技术的重要性

水利水电工程质量检测技术具有举足轻重的地位，是保障工程安全与稳定运行的关键所在。第一，从工程安全角度来看，水利水电工程涉及到大量的水流控制与能量转换，一旦出现质量问题，如大坝坍塌、水闸漏水等，将会引发洪水泛滥、溃坝等严重灾害，对下游人民生命财产安全构成巨大威胁。质量检测技术能够在工程建设及运行过程中，及时发现潜在的质量隐患，如混凝土内部裂缝、金属结构疲劳损伤等，通过采取针对性措施加以修复，有效避免安全事故的发生。第二，质量检测技术有助于提高工程的使用寿命。精准检测工程材料性能、施工工艺是否达标，可确保工程在设计年限内正常运行。例如，对水泥、钢材等原材料进行严格检测，能保证其质量符合工程要求，避免因材料缺陷导致工程过早损坏，从而节省后期维修与重建成本，保障水利水电工程长期稳定发挥效益。第三，它对确保工程经济效益至关重要。优质的检测技术能保障工程顺利推进，减少因质量问题导致的工期延误和额外费用支出，使工程按时投入使用，尽快产生经济效益，为国家和社会创造更多价值^[1]。

2 水利水电工程常用质量检测技术

2.1 无损检测技术

2.1.1 超声检测技术

超声检测技术是利用超声波在不同介质中的传播特性来检测物体内部缺陷。超声波在均匀介质中直线传播，当遇到缺陷或不同介质界面时，会发生反射、折射和散射现象。通过分析反射波的时间、幅度和相位等信息，可确定缺陷的位置、大小和形状。在水利水电工程中，超声检测常用于混凝土内部缺陷检测，如裂缝深度、孔洞大小等。其检测精度高，能够检测出微小缺陷，且对复杂形状结构适应性强。不过，超声检测对检测人员的技术水平要求较高，检测结果受耦合剂、探头角度等因素影响较大。

2.1.2 回弹检测技术

回弹检测技术基于弹性碰撞原理，通过回弹仪向混凝土表面发射弹击拉簧驱动的重锤，重锤以恒定能量撞击混凝土表面，根据混凝土表面的回弹值来推算混凝土强度。混凝土表面硬度与强度相关，回弹值越大，表明混凝土表面硬度越高，强度也相对越高。该技术操作简便、快速，无需特殊设备，可在施工现场直接进行检测。常用于混凝土工程质量的初步评估，能快速获取大量数据，确定混凝土强度的大致范围。但回弹检测结果受混凝土表面状态、碳化深度等因素影响，检测精度相对较低，通常需要结合其他检测方法共同确定混凝土强度。

2.1.3 探地雷达检测技术

探地雷达检测技术利用高频电磁波在地下介质中的传播特性来探测目标体。当电磁波遇到不同介电常数的介质界面时，会发生反射和折射，接收反射波并分析其特征，可获取地下目标体的位置、形状和性质等信息。在水利水电工程中，探地雷达可用于检测堤坝内部的隐患，如裂缝、空洞、渗漏通道等，以及地下管线的分布情况。它具有检测速度快、分辨率高、可连续测量等优点。

点,能直观地显示地下结构信息。

2.2 理化检测技术

2.2.1 化学分析技术

化学分析技术是依据化学反应原理,对材料中的化学成分进行定性和定量分析。通过一系列化学反应,使材料中的元素与特定试剂发生反应,生成具有特征性质的产物,以此来确定元素种类和含量。在水利水电工程中,常用于检测水泥、外加剂等原材料中的化学成分。例如检测水泥中的氧化镁、三氧化硫含量,这些成分直接影响水泥的安定性和强度。化学分析技术的检测结果精确可靠,能够为工程材料的质量判定提供关键数据。但它的操作流程较为繁琐,需要专业的化学实验室和经验丰富的检测人员,检测周期也相对较长。

2.2.2 物理性能检测技术

物理性能检测技术主要针对材料的物理性质,如密度、硬度、弹性模量等展开检测。通过专用设备对材料施加特定的物理作用,测量其响应参数来确定物理性能。比如在钢材检测中,利用拉伸试验机测试钢材的屈服强度、抗拉强度等力学性能;采用硬度计测量混凝土表面硬度,以此评估混凝土质量。在水利水电工程里,它能直接反映材料是否满足工程设计要求。该技术操作相对简便,检测效率较高,可在施工现场或实验室进行。

3 水利水电工程质量检测技术的应用

3.1 原材料检测

3.1.1 水泥检测

首先是凝结时间的检测,初凝时间需控制在合理范围,太短会导致混凝土在搅拌、运输和浇筑过程中过早失去流动性,影响施工操作;终凝时间过长则会拖延工程进度。通过标准维卡仪测定,能精准掌握水泥的凝结特性。安定性检测同样重要,水泥中若存在过量的游离氧化钙、氧化镁等成分,会使水泥硬化后体积发生不均匀膨胀,导致混凝土结构开裂。利用沸煮法、压蒸法等检测方法,可有效判断水泥的安定性。强度检测则是衡量水泥质量的核心指标,依据不同的强度等级标准,制作水泥胶砂试件,在规定龄期进行抗压、抗折强度测试,确保水泥强度满足工程设计要求,为混凝土结构提供坚实的强度支撑。

3.1.2 钢材检测

钢材在水利水电工程的受力结构中发挥着重要作用,对其检测十分必要。屈服强度检测是关键一环,通过拉伸试验,当钢材受力达到屈服点时,会产生明显塑性变形,测定此时的应力值,可了解钢材在正常使用荷载下的力学性能,保障结构安全。抗拉强度检测反映钢

材抵抗拉伸破坏的极限能力,在极端荷载工况下,确保结构不被轻易拉断。化学成分检测也不容忽视,碳含量影响钢材的强度和韧性,含碳量过高,钢材脆性增加;硫、磷等杂质元素过多,会降低钢材的可焊性和耐腐蚀性。

3.1.3 砂石骨料检测

砂石骨料是混凝土的主要组成部分,其质量直接影响混凝土性能。颗粒级配检测至关重要,良好的颗粒级配能使骨料紧密堆积,减少水泥用量,提高混凝土的密实度和强度。通过筛分试验,将骨料按不同粒径进行筛分,计算各级粒径的含量,判断其级配是否符合要求。含泥量检测同样关键,泥土会吸附水泥浆,降低骨料与水泥的粘结力,影响混凝土的和易性、强度和耐久性。采用水洗法等手段测定含泥量,严格控制其含量在标准范围内。

3.2 混凝土工程检测

3.2.1 混凝土拌合物性能检测

混凝土拌合物性能检测是确保混凝土施工质量的关键环节。检测工作性,包括流动性、黏聚性和保水性,良好的工作性保证混凝土在运输、浇筑过程中均匀稳定,不发生离析和泌水现象,便于施工操作。检测坍落度是衡量流动性的常用方法,通过测量坍落的高度,直观反映拌合物的流动状态。此外,还需检测含气量,合适的含气量可提高混凝土的抗冻性和抗渗性,保障混凝土在恶劣环境下的性能^[2]。

3.2.2 混凝土强度检测

混凝土强度是衡量其质量的重要指标。抗压强度检测是评估混凝土强度的关键,通过制作标准试件,在压力试验机上施加压力直至破坏,测定其抗压强度值,以此判断混凝土是否达到设计强度等级,确保结构能承受设计荷载。抗拉强度虽低于抗压强度,但在受拉或受弯结构中同样重要,采用劈裂抗拉试验等方法进行检测。此外,还可通过回弹法、超声回弹综合法等无损检测手段,快速检测现场混凝土强度,为工程质量评估提供依据。

3.2.3 混凝土耐久性检测

混凝土耐久性关乎工程的使用寿命。检测抗渗性,通过水压试验测定混凝土抵抗压力水渗透的能力,防止水渗透引发钢筋锈蚀、混凝土冻融破坏等问题。抗冻性检测则是模拟混凝土在冻融循环作用下的性能变化,评估其耐久性。此外,检测混凝土的碳化深度,碳化会降低混凝土的碱度,削弱对钢筋的保护作用,通过检测碳化深度可及时采取防护措施,延长混凝土结构的使用寿命。

3.3 金属结构检测

3.3.1 焊缝质量检测

焊缝是金属结构连接的重要部位,其质量直接影响金属结构的强度和稳定性。在焊缝质量检测中,常用的方法有射线检测、超声检测和磁粉检测。射线检测是利用射线穿透焊缝,根据底片上的影像来判断焊缝内部是否存在气孔、夹渣、裂纹等缺陷,该方法检测精度高,能直观显示缺陷的形状和大小,但对人体有一定危害,检测成本较高。超声检测则是通过超声波在焊缝中的传播特性来发现缺陷,操作简便、检测速度快,可检测出内部缺陷,但对缺陷的定性和定量分析有一定难度。磁粉检测主要用于检测铁磁性材料表面和近表面的缺陷,利用漏磁场吸附磁粉的原理,使缺陷部位形成磁痕,从而清晰显示缺陷位置和形状,检测灵敏度高,但只能检测铁磁性材料。

3.3.2 涂层质量检测

涂层能够保护金属结构免受腐蚀,延长其使用寿命,所以涂层质量检测同样重要。首先是厚度检测,使用涂层测厚仪测量涂层厚度,确保其达到设计要求,足够的厚度才能有效防护金属。附着力检测也不可或缺,通过划格法、拉开法等方式,检验涂层与金属表面的结合牢固程度,若附着力不足,涂层易脱落,无法起到防护作用。此外,还要检测涂层的耐腐蚀性,模拟实际使用环境,如盐雾试验、湿热试验等,观察涂层在腐蚀介质作用下的变化情况,评估其耐腐蚀性能,只有涂层质量合格,才能保障金属结构在恶劣的水利水电环境中长期稳定运行。

4 水利水电工程质量检测技术的发展趋势

4.1 智能化检测技术的应用

智能化检测技术借助先进的传感器、大数据分析和人工智能算法,实现对水利水电工程质量的高效、精准检测。在实际应用中,传感器可实时采集工程结构的应力、应变、温度等数据,并通过无线传输技术将数据上传至云端。利用大数据分析技术对海量数据进行深度挖掘,能快速发现数据中的异常变化,提前预警潜在的质量问题。人工智能算法则可根据历史数据和实时监测数据,自动识别和判断工程结构的健康状态。例如,基于深度学习的图像识别技术,能对无损检测图像进行智能分析,准确识别出混凝土内部的裂缝、孔洞等缺陷。智能化检测技术不仅提高了检测效率和准确性,还能实现对工程的全生命周期监测,为工程的安全运行提供有力保障。

4.2 多技术融合的检测方法

单一的检测技术往往存在局限性,难以全面、准确地评估水利水电工程质量。多技术融合的检测方法将不同检测技术的优势相结合,能实现对工程质量的全方位检测。例如,将超声检测与回弹检测相结合,形成超声回弹综合法,可更准确地测定混凝土强度。超声检测能反映混凝土内部的密实度,回弹检测可反映混凝土表面硬度,两者结合可相互补充,提高检测精度。再如,把探地雷达检测与地质雷达检测相结合,可对堤坝内部的隐患进行更全面的探测。多技术融合的检测方法能够充分发挥各种检测技术的长处,克服单一技术的不足,为水利水电工程质量检测提供更可靠的依据。

4.3 绿色环保检测技术的研发

随着环保理念深入人心,绿色环保检测技术成为水利水电工程质量检测领域的重要发展方向。传统检测技术使用的部分化学试剂含有重金属、挥发性有机物等有害物质,会对环境造成污染;一些检测方法如有损检测,会破坏工程结构,产生建筑废弃物。研发绿色环保检测技术旨在从源头减少污染。在化学分析中,探索使用植物提取物、微生物酶等无害试剂替代传统化学试剂,开发基于生物传感原理的检测技术,用于检测水中污染物。无损检测方面,大力发展激光、红外、微波等非接触式检测技术,减少对工程结构的损伤和对环境的影响。同时,研发可重复利用的检测设备和可降解的检测耗材,降低检测过程中的资源消耗和废弃物排放,推动水利水电工程质量检测行业向绿色可持续方向迈进^[3]。

结束语

水利水电工程质量检测技术的发展,是保障工程安全与质量的关键力量。智能化检测实现高效精准监测,多技术融合弥补单一技术短板,绿色环保检测契合可持续发展理念。这些技术的进步,不仅为工程建设提供了坚实支撑,也顺应了时代发展需求。未来,随着技术的持续创新,质量检测技术将在水利水电领域发挥更大作用,不断提升工程质量,为经济社会发展筑牢水利根基。

参考文献

- [1]江华雄.浅谈水利水电工程质量检测的方法[J].内蒙古水利,2022(04):63-64.
- [2]谭显江,张志杰,杨磊,王晓群,张千祥.水利水电工程施工期工程质量物探检测技术系统性应用分析[J].水电快报,2022,43(02):40-46.
- [3]张侨.无损检测技术在水利水电工程质量检测中的应用[J].黑龙江水利科技,2020,48(06):129-131.