

# 水利工程质量检测中的无损检测技术

彭振岗

吉安正鸿工程质量检测有限公司 江西 吉安 343100

**【摘要】**：水利工程质量决定了水利设施的安全运行水平和整体功能性，对于水利工程的使用寿命也具有直接影响。无损检测技术因具备操作方法简单、低成本投入、不破坏结构完整性和对环境无污染等优势，在水利工程质量检测中得到广泛应用。现有的无损检测技术主要有超声波技术、自然电位法检测技术和雷达探测技术等，在水利工程质量检测中发挥着重要的作用。基于此，本文首先明确了水利工程中常见的质量问题和关键检测指标，并对超声波检测技术与自然电位法检测技术的应用进行有效研究，以期强化水利工程质量检测结果的准确性。

**【关键词】**：水利工程；质量检测；无损检测技术

DOI:10.12417/2811-0536.25.12.058

水利工程属于十分重要的基础设施，在防洪抗涝、农业生产以及城市供水等方面发挥着突出的作用。但一些早期建成投入使用的水利工程出现不同程度的质量缺陷，不仅影响运行安全，还出现严重的结构老化问题，致使部分功能丧失。为能切实解决此类问题，首先要明确水利工程现存的质量缺陷，之后结合缺陷类型与表现进行修复与治理。因此，急需采取无损检测技术对于水利工程中的质量缺陷进行有效探查，争取及时发现孔洞、开裂和锈蚀等问题，并制定合理的维护方案，对现有的结构进行有效优化，延长工程使用寿命。

## 1 水利工程中常见的质量问题与关键检测指标

### 1.1 水利工程中常见的质量问题

水利工程施工中的质量问题直接影响工程使用寿命和安全性，常见的质量问题包括如下几种：（1）裂缝。通常集中在坝体、渠道衬砌结构以及护坡结构上，是因温度应力或者地基沉降所致。裂缝越大渗漏风险就越大，一般当裂缝宽度超出 0.2m 便会产生渗漏问题，且当裂缝深度达到结构厚度的 1/3 左右就会严重影响结构强度和荷载性能；（2）孔洞与脱空。通常是由于混凝土浇筑阶段振捣不充分所致，孔洞现象会对结构强度造成不利影响，而脱空则增加构件与基础结构相脱离的风险。采取检测推算的方式可以明确孔洞体积，当其大于 5% 时结构耐久性会大幅度降低；（3）金属构件锈蚀。当金属构件生锈后，不仅会改变结构强度，还可能引发结构开裂问题。以钢筋材料为例，一些处于潮湿环境中的钢筋如果保护层失效便会产生锈蚀现象，致使钢筋直径减小，混凝土开裂，相关研究数据显示，钢筋材料的直径每减少 10%，结构承载力便会下降 10% 左右；（4）渗漏。一般是由于结构开裂或者防水层失效所致，在防渗墙以及堤坝结构中

较为常见，可以采取流量测定的方式来检验渗漏速率，当渗漏量远超设计标准（20%）时，将严重影响结构强度；（5）变形。常见表现为地基沉降以及坝体倾斜，前者的沉降差超过 1/1000 时便会引发结构开裂问题，后者会导致荷载分布的变化，最终造成结构失稳<sup>[1]</sup>。

### 1.2 水利工程质量检测指标

#### 1.2.1 结构强度

结构强度通常被用于衡量结构的荷载能力，在水利工程中的主体结构以混凝土结构为主，因此其强度指标主要包含结构的抗剪性、抗拉性和抗压性，三种均是影响结构强度的关键因素，一旦某一个强度不足便会影响混凝土结构的稳固性和荷载能力。

#### 1.2.2 稳定性

指的是工程结构在外部荷载压力的影响下，不发生倾覆或者滑移的能力，水利工程相对特殊，通常需要受到水压、风压等多重应力影响，一旦结构稳定性不足便会影响水利工程的运行安全。滑移和倾覆作为决定结构稳定性的关键指标，应被作为重点检测内容，滑移稳定性的判断标准为，其在水平力作用下是否出现滑动，常规情况下的滑移稳定系数不得低于 1.5。倾覆稳定性的判断标准为，在水压力以及其他作用力的影响下，结构不发生倾覆，常规情况下的倾覆稳定系数不得小于 1.2<sup>[2]</sup>。

#### 1.2.3 耐久性

指的是工程投入期间对外界环境的适应能力，在水利工程中的耐久性通常会从混凝土的抗冻性和抗渗性两个方面进行评估。通过对混凝土在冻融循环过程中的强度衰减情况以及质量的损失程度检测其抗冻性，通过对混凝土结构在面临水压冲击时的防渗能力检验其抗渗性能，可以采取测定渗透系数的方式检验

混凝土的抗渗性能，渗透系数越小混凝土的抗渗性越好。

### 1.2.4 变形量

这里的变形量主要包括地基沉降变形、坝体位移和结构倾斜等，任何形式的变形达到一定量时均会严重影响水利工程的结构强度与耐久性。其中，当地基沉降变形量偏大时，不仅会造成明显的结构开裂，还可能引发渗漏和结构失稳等问题；坝体位移可以被作为评估工程荷载稳定性的重要指标，位移值如能长期保持在标准范围内便可确保结构的稳定性，反之则会造成结构失稳问题，这里要求坝体位移量不得超出坝高的0.2%。

## 2 无损检测技术在水利工程质量检测中的应用

### 2.1 超声波检测技术的应用

#### 2.1.1 质量检测中的关键控制要素

(1) 扫描速度。超声波检测技术可以用于对混凝土中钢筋质量的检测，鉴于钢筋在混凝土结构中呈现平行分布状态，在进行超声波检测时，需确保超声波入射方向垂直于混凝土结构表面，且要覆盖所有检测位置。因此，在超声波检测中应满足以下条件：一是不得出现漏检问题，对于脉冲频率进行科学设置；二是超声波的入射方向垂直于结构表面；三是检测时的扫描速度应为匀速状态，且超声波检测探头在扫描时的移动距离不得超出有效的检测距离，以免造成漏检现象。

(2) 耦合剂厚度。进行超声波检测时，无法与钢筋材料直接接触，实际检测中是通过声波反馈信息来判断钢筋材料的质量。实际检测中，超声波需要越过混凝土结构检查钢筋质量，如果混凝土自身的平整度不足，势必会影响超声波检测的结果。为能妥善解决此类问题，可以通过在混凝土表面涂抹耦合剂的方式增强探头与混凝土表面的贴合程度，尽可能消除中间的缝隙，这是保障检测结果可靠的重要环节。涂抹耦合剂时，既要保障表面均匀性，又要做到对厚度的合理控制，厚度越大对检测结果的影响就越深远。为能尽量控制耦合剂的涂抹厚度，可提前对混凝土表面做抛光处理，尽可能提升结构平整度<sup>[3]</sup>。

(3) 环境因素。超声波检测的过程中，还可能会受到外部环境的影响，如被检测物体所处位置的空气湿度偏大或者温度偏高等均会一定程度上影响检测结果，尤其是一些可能受到化学反应影响的构件，在进行超声波检测时需要将环境因素考虑在内，使检测结果尽量接近实际。

### 2.1.2 在焊缝检测中的应用

(1) 焊缝裂纹检测。主要是依靠超声波产生的裂纹回波来确定焊缝是否存在裂纹缺陷，如实际检测中，平行移动探头时，超声波设备会检测到连续的反射波，且回波幅度受到反射波的直接影响，转动探头时，如波峰出现上下波动，则可判断该区域的焊缝存在裂纹缺陷。

(2) 焊缝气孔检测。进行气孔检测时，探头之下每遇到一个气孔便会产生一个小的波动回波，波形相对稳定，为能实现探伤检测目标，通常会从不同的方向探测裂缝状态，此时反射波的高度相一致，但移动探头反射波便会消失。如在检测中遇到集中分布的气孔，则会形成一簇反射波，回波高度受到气孔大小的直接影响，移动探头后波形起伏变化明显，此时可以判断存在气孔缺陷。

(3) 焊缝夹渣状况检测。焊缝夹渣与点状气孔的回波信号存在相似之处，通常呈现为锯齿状，回波幅度以及反射率偏低，其中的回波形状通常为树状结构，且在回波曲线上的主峰位置会产生多个小峰，探头移动时波幅变化明显，从多个方向检测时，夹渣反射的回波幅度变化明显。

(4) 焊缝缺陷检测。常见的焊缝缺陷包括未焊透和未熔合两种，针对未焊透缺陷进行探测时，波形相对稳定，对两侧区域进行探测时可以产生大致相同的反射波。而在未熔合缺陷的探测中，探头平行运动时的波形也较为稳定，两侧波幅出现明显差异，少数情况下产生反射波幅。进行焊缝质量检测时，一般需要根据材料类型、结构特点和受力情况等来明确探伤等级。如无特殊要求，水利工程钢焊缝的探伤等级为B级。按照这一探伤标准，需对钢焊缝进行双面检测，且为能明确焊缝质量，还需做好截面检测工作。当被检测材料的母材厚度超出100mm时，要就钢焊缝进行双面双侧检测，如受到结构几何条件限制，可在双面检测时进行多角度探伤。

## 2.2 自然电位法检测技术的应用

### 2.2.1 主要检测方法

自然电位法的检测原理是根据钢筋锈蚀后的电位差来判断钢筋锈蚀程度，可以将电位差视作反映钢筋结构状态的重要技术指标。水利工程中，水泥的用量偏大，其中的水分子众多，以饱和氢氧化钙为主要表现形式，当钢筋材料与此类物质长期接触时会导致钢筋保护效率降低的问题，致使其表面产生锈蚀，此类问题成为影响钢筋混凝土结构强度的关键要素，应引

起相关人员的重视<sup>[4]</sup>。自然电位法中钢筋锈蚀损伤概率的判断依据见表1所示。

表1 钢筋锈蚀损伤概率的判断依据

序号	钢筋电位状态(mV)	钢筋锈蚀程度判断
1	-350~500	锈蚀损伤概率为95%
2	-200~-350	出现锈蚀损伤的概率约为50%,可能出现坑蚀
3	≥-200	无锈蚀损伤或是损伤概率在5%左右

(1) 单电极法。此种检查方法适用于外露金属结构的锈蚀检测中,先将电极和金属分别连接在伏特计上,同时控制电极沿钢筋预埋的方向移动,以检测出不同位置钢筋的电位值,最后参照电位图来分析钢筋构件的锈蚀情况,通过对电位图的对比分析,能够准确识别锈蚀损伤较为严重的位置。

(2) 双电极法。当钢筋没有外露情况时,可以通过同时检测两个参比钢筋状态的方式,确定是否存在钢筋锈蚀损伤,如果两处钢筋状态并无明显差异,被检测的钢筋便不会产生电位差。反之,当两处钢筋状态不同,在检测时便会产生较为明显的电位差,基于此,可以分析出钢筋锈蚀损伤的分布状况。

### 2.2.2 自然电位检测的流程

(1) 确定检测区域。为能检测出钢筋锈蚀的区域,需对待检测结构进行逐一检测与排查,考虑到检测效率因素,可先划分好检测网格(200mm×200mm),当网格检测区域内的检测点电位差超出150mV时,可以明确该区域为钢筋锈蚀较为严重的区域,为能进一步探查钢筋锈蚀状况,可以该区域为圆心向四周放射性检查。为能保障检测结构的准确性,还可适当调节

网格划分的尺寸,按照100mm×100mm进行划分。

(2) 测区温度修正。测区温度条件对于钢筋电极和电位数据具有直接影响,通常情况下电极的温度系数是0.9mV/°C,因此在进行无损检测前,要对测区温度进行准确测量,当测区温度超出17°C~27°C范围时,则可对现场温度进行有效修正,直至满足温度需求,才能进行电位检测,以提升电位检测结果的准确性<sup>[5]</sup>。

(3) 验证检测结果。此种检测手段存在技术缺陷,即只能依靠热力学知识对钢筋构件的锈蚀情况进行检测,只支持对钢筋损伤的定性分析,无法实现定量测量的目标。此外,世界各国基于自然电位法判断钢筋损伤的标准并不统一,因此在实际检测中,如果出现钢筋可能存在锈蚀的状况,无法准确判断时,还可引入其他标准进行具体分析和判断。考虑到自然电位法通常被用于检测混凝土结构之内的钢筋,为能提升导电效果,进行检测前,先要对混凝土表面进行清洁处理,并且洒水湿润到位,通过保持混凝土的湿润状态可以显著提升导电效果,必要时,可适当使用洗涤剂增强导电性,以保障自然电位检测的效果与质量。

### 3 结语

在水利工程的质量检测中,无损检测技术发挥着重要的作用,通过对结构强度、稳定性、耐久性和变形量的检测基本可以明确水利工程建设质量。在各种无损检测技术的联合作用下,能够显著提升工程质量隐患的检出率,为工程维护和治理提供可靠的参考,以延长工程使用寿命。在多年的实践应用中,各类无损检测技术取得了较大的应用进展,可以满足不同的检测场景,部分情况下,还引入了智能监测技术,对于水利工程的运行质量进行实时监测,可以及时发现质量隐患,增强水利工程的安全运行水平。

### 参考文献:

- [1] 杨启亮. 声波反射法无损检测技术在水利水电工程锚杆中的应用分析[J]. 中国厨卫, 2024, 23(11): 289-291.
- [2] 王雪莉. 试析水利工程质量检测中无损检测技术的实践[J]. 建筑与装饰, 2023(23): 1-3.
- [3] 华英杰. 无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J]. 前卫, 2023(8): 07-09.
- [4] 潘顺起. 水利水电工程中无损检测技术的具体应用[J]. 工程技术发展, 2022, 3(8): 35-37.
- [5] 湛乐仁. 分析无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J]. 中国战略新兴产业, 2019, (22): 38-39.