

# 超声-回弹结合取芯综合法在水利工程检测中的运用

刘小燕

吉安正鸿工程质量检测有限公司 江西吉安 343100

**摘要:** 现代化水利工程建设愈发注重结构、设施的安全性,为规避因水流持续冲刷、冻融、潮湿等环境因素影响而出现混凝土碳化、腐蚀、开裂、变形、渗漏以及坍塌等问题,对混凝土结构的耐久性、承载性、强度、抗压程度提出了更高要求,以期能够真正发挥出水利工程的防洪抗灾、供水灌溉功能。为满足这一需求,要加强工程建设检测力度,并要总结传统单一检测方法的不足,有效创新升级检测技术,提升检测结果的精准性、全面性与真实可靠性,因而可考虑采用超声-回弹结合取芯综合法进行检测,以能融合两者的检测优点,对混凝土缺陷进行初筛与验证,降低测试偏差,并兼顾检测的经济性与效率,良好适应多变施工场景。据此,本文分析了超声-回弹结合取芯综合法在水利工程检测中的运用。

**关键词:** 超声-回弹法;取芯法;水利工程检测

## 引言

水利工程检测工作的重点内容包括对施工材料、中间产品、建设实体、金属结构等进行品质测试,评判完整性、性能,筛查潜在性或隐蔽性病害,以能及时进行返工处理,消除安全隐患,为提升工程建设效果、质量奠定良好基础。其中,钢筋混凝土结构作为工程建设的关键内容,时常出现结构强度回弹较低、抗压强度较差等问题,而采用单一的检测方法,存在着适用条件有限、影响因素较多等难题,因此,需要通过综合检测技术,有效保障水利工程得以安全建设。

## 一、超声-回弹法检测混凝土强度

### (一) 检测原理

超声-回弹法检测综合了超声法与回弹法两种技术,前者凭借超声波脉冲发射的信号获取反射波,结合超声波速判断结构内部密度、孔隙率、弹性模量,可免受不确定环境因素干扰,开展大范围检测工作。而后者以混凝土表面的回弹数值为依据判断表面硬度。而具体的冲击回弹过程为:使用弹击锤或重锤,由弹簧提供驱动力以使之撞击弹击杆,对混凝土结构表面进行冲击,此时,混凝土结构表面将会在不同程度上吸收冲击能量,而未被吸收的能量便会反作用于弹击锤或重锤,所以,若混凝土结构表面硬度较大,则产生的反弹距离也越大,在这一基础上,通过实验结果建立超声波速值、回弹值与抗压强度关系变化图、测强曲线图等,即可顺利完成检测工作<sup>[1]</sup>。

### (二) 检测流程

使用超声-回弹法进行检测时,以回弹仪器为重要设备,准确读取数据后,开展数据计算、解析工作。而具体的检测流程为:

#### 1. 前期准备

依据工程检测需求、检测规模,筛选型号适合的超声仪器、回弹仪器,在正式使用前,需要对仪器进行试用检测,判断指针是否可以灵活转动,使用次数是否超出极限值,仪器能否保持正常运作状态,检测准确率是否符合相关标准。若使用较为频繁、使用时间较长,需要进行送检以进一步校准。同时,在检测时,还应预先对混凝土结构表面进行全面清洁,去除残留浮浆、涂层、油污等,并选择性进行打磨处理以恢复原浆面,提高表面平整性,维持表面洁净无杂质,并要在测量点处均匀涂抹黄油作为耦合剂,以能顺利开展声波耦合。

#### 2. 测区设置

检测时应确保全面覆盖,测点之间距离不应超过0.2m,测区之间距离应小于2m,每个检测区域面积应在0.04m<sup>2</sup>以内,所包含的检测点不得少于10个,禁止在预埋件、钢筋区域设置检测点,并保证测区与预埋件、钢筋之间间隔30mm以上。

#### 3. 测点检测

按照与混凝土结构表面相垂直的状态设置回弹仪轴线,之后缓慢、均匀施加弹击力,同时,在测量点处布设接收与发射换能器。具体可布设16个弹击点,但应避免对同一个测量点进行反复测试,防止因表层密度变

化影响而造成检测结果虚高。

#### 4. 数据采集与处理

全程准确、真实、详细记录检测数据，之后去掉3个最小值与3个最大值，计算检测数据的平均值作为最终的超声-回弹值。此外，每次检测读数、记录时均要注意读取至个位数即可。此外，在超声检测时还需注意利用相关理论公式完成波速修整。

#### 5. 碳化深度检测

对于存在异常的代表性检测区域，通过进行凿孔，在孔深15mm处喷洒浓度为1%~2%的酚酞酒精溶液，对未变色界面与表面之间的距离进行测量。之后，结合回弹均值、碳化深度，完成对混凝土结构强度的评估任务。

### 二、取芯法检测混凝土强度

#### (一) 检测原理

取芯法主要借助钻孔机、抗压试验机对测区芯样的抗压强度进行检测，是一种局部破损检测手段，具有操作简易性、直观性、精准性等特点。在指定的检测区域按照规定尺寸进行取样，对抗压强度进行检验，以进一步评价混凝土构件强度。正确使用钻芯法可显著提高检测效率，常在混凝土、大理石、硬石、砖块材料强度检测工作中应用，使用频率较高的钻机钻头为金刚石空心薄壁钻头，一般设定芯样钻取的直径与高度比为1:1，钻取的芯样最大直径不应大于100mm，通过取芯法能够探查混凝土结构存在的裂缝、离析、空洞等病害，但该方法不适合对龄期较短、强度在10MPa以下的混凝土结构进行检测，且检测具有一定盲目性。

#### (二) 检测流程

取芯法的实际检测流程为：①组装钻孔机，安装尺寸、规格适配的空心钻头；②布设钻机，在规定的检测区内平稳放置钻机，在钻机底部利用膨胀螺丝进行加固，以免检测期间发生位移；③对水源、电源进行严格检测，确认不存在安全隐患后，连接水源以促使水源正常流动，进而确保发电机稳定运作；④按照技术要求规范操作手柄以进行钻进取样，当钻头钻进深度达到10mm时，应及时增大手柄压力，加快钻进速度，保持钻头旋转，匀速提升钻头，当钻头与构件表面间隔距离小于5mm时，应立即切断电源，待钻头彻底拔除时，切断水源；⑤使用专用夹具提取芯样并进行送检<sup>[2]</sup>。

### 三、水利工程案例实践检测

#### (一) 工程案例

本文以某一大型水利工程为例，项目所建大坝长度为500m，高度为80m，混凝土结构体积在100万m<sup>3</sup>左

右。在水利工程检测环节，要求对混凝土结构，即大坝主体、进水口、溢洪道等区域进行检验，评判混凝土的抗压强度、内部均匀性，排查是否存在内部缺陷，定位缺陷点。在实际操作时应重点关注大坝结构所受应力的复杂性，确保检测覆盖的广泛性。

#### (二) 实践检测

##### 1. 检测方案

在本工程检测工作中，拟采用超声-回弹结合取芯综合法进行作业，联系具体混凝土结构特点、检测目标制定系统化操作流程。具体而言，首先，依据混凝土结构分布情况、规模设置检测区，如大坝上游区、下游区、溢洪道区、排水口区等，以500mm为标准间隔距离设置检测点，此时引进超声技术与回弹技术进行检测，优先利用超声技术，获取声波值，在与标准值比对后标记出存在缺陷、不均匀现象的异常区域。其次，通过回弹法进行深入分析，重点围绕异常区域布设密集型检测网，缩短检测点间隔距离至200mm，以提高检测数据的详细性。同时，还需考量碳化深度、湿度，进一步完善回弹数据，提高检测值精度。最后，进行取芯法检测，以超声-回弹初筛、检测结果为参考，对代表性缺陷区域进行钻进以提取样品，钻取时要求规避钢筋、裂缝区域，以尽可能确保样品的完整性，随后对样品的抗压强度进行测试，以验证超声-回弹值的准确性，基于此，根据超声波速、回弹值、抗压强度检测数据等建立相关数据模型，有效增强综合法检测精度<sup>[3]</sup>。

##### 2. 超声-回弹检测

使用Proceq Pundit Lab超声脉冲检测仪以500mm为间隔距离，对检测点的超声波波速进行检测，依据信号变化、衰减情况，分析高频检测数据，可快速定位缺陷层，初步判断存在裂缝、孔隙的区域。在经过超声技术定位混凝土结构异常区域后，可使用Schmidt Hammer Type N类型的数字回弹仪器对检测网展开测试，对每处回弹检测点对应的表面硬度进行测试，通过计算、分析回弹值评价混凝土结构表面的抗压强度，对多个测试点的回弹数据取平均值，以确保抗压强度评判的准确率。同时，回弹值会受到碳化深度、湿度的影响，为此，需要借助碳化深度测量仪、湿度传感器进行测量与数据读取，以能够针对性进行数据修正。若最终测量的回弹值数据未能超过25，则证明检测区的混凝土结构存在品质不合格、表面老化问题。

##### 3. 取芯检测

开展取芯检测的根本目的在于保证超声-回弹无损

检测数据的精准性与可信度。在该环节，应以超声-回弹法检测后确定的重点问题区域为主，对该区域进行取芯试验。实操时，可选用Bosch GDB 350 WE类型的电动钻孔机器，以直径100mm，深度为结构厚度的2/3为标准，获取完好且无损坏的样品，之后，采用Controls Autamax E-Modulus抗压试验机在专门实验室内完成结构抗压强度测试。此外，在实践时还应注意：在正式取芯前，做好芯样对应的超声-回弹值记录、芯样位置与编号标记等工作。

#### 4. 数据综合分析

对声波值、回弹值、芯样强度数据进行融合分析，建立对应的多元回归数据模型，通过取芯校准、碳化校正提高回弹值的精准性，证明被检区域混凝土结构缺陷与强度的关系，直观获取可靠的结构表面强度评估数据。

#### 5. 数据分析结果评估

首先，在超声-回弹检测的初筛阶段，对超声技术获取的声波数据进行分析可知，正常情况下，若混凝土结构内部较为均匀，所测定的声波值将保持在3500 ~ 3800m/s，但本工程中，存在部分结构区域的声波值在3400m/s，表明结构中存在孔隙、裂缝。基于此，在正式进行回弹检测时，对异常区域检测所获取的回弹值小于25，同样证明了结构具有缺陷，且在碳化修正后评判结果仍旧保持不变，说明该区域混凝土发生了劣化<sup>[4]</sup>。

其次，在取芯检测阶段，采取电动钻孔机所获取的芯样经抗压试验机检测后得出抗压强度值为24MPa，未能达到C30混凝土建设规定标准，再次验证了异常区域混凝土结构存在质量问题。随后，利用多元回归模型综合比较、分析、纠正、评估多源数据，正式确认本工程大坝、溢洪道、进水口区域的混凝土结构存在强度较低、内部老化问题，具体数据如表1所示。需要及时开展混凝土结构加固工作，恢复混凝土结构性能，以保证工程安全、平稳运行。

表1 检测结果分析

检测位置	超声波速 / (m/s)	回弹值	碳化深度 / mm	实测抗压强度 / MPa
区域A	3400	24	2	24
区域B	3600	28	1.8	30.5
区域C	3450	23	2.5	22.5

#### 6. 加固措施

依据超声-回弹结合取芯综合法检测结果，对问题

区域制定了适配的、可行的混凝土结构加固施工措施。针对混凝土结构裂缝、孔隙缺陷，引进压力灌浆法施工技术，以环氧树脂高性能水泥浆料、超细水泥为主要施工材料，对裂缝、孔隙进行填补，增强内部结构之间的粘结度。针对混凝土结构碳化、老化问题，正确运用表面涂层修复技术或是聚合物改性砂浆修复技术，全面强化混凝土整体抗侵蚀性、耐久性。针对混凝土结构支撑构件强度较低问题，通过使用碳纤维加固技术，在对构件表面进行彻底清理、整平后，将碳纤维材料平整粘贴，并采用专门工具排出气泡，以有效提高混凝土结构的抗剪强度、抗弯强度。此外，在加固修复时应注意结合具体施工条件、检测结果，综合考虑加固经济性、安全性、适配性后，制定合理的加固方案，以提高加固质量与效果。

#### 结语

超声-回弹结合取芯综合法作为一种融合了非破损检测与局部破损检测的新技术手段，通过掌握超声-回弹值检查结构强度分布情况，确定表层硬度，初步定位缺陷点，之后利用取芯法对问题部位进行精准验证，可达到修正检测误差的目的，进而提高了最终检测结果的真实性、准确率，既能够避免盲目获取样品而损坏原有结构，还能降低检测的偏差率，提升数据可信度。为此，需要加强对该技术手段的研究力度，明确掌握检测标准流程、注意事项，并要综合考虑工程施工环境，消除影响因素，从而推动检测工作顺利、有序开展，为进行混凝土结构加固修复提供参考依据，为强化工程建设质量提供技术支持。

#### 参考文献

- [1]田延翔, 吴帅峰, 骆亚生.回弹法在水利工程混凝土强度检测中的优化与应用研究[J].水利建设与管理, 2025, 45(06): 35-41+34.
- [2]何远鹏, 颜少莲, 古今用.钻孔取芯法在水库工程实体质量检测中的应用研究[J].水上安全, 2025, (04): 127-129.
- [3]李晨.回弹法在水利工程混凝土结构质量中的检测方法[J].水上安全, 2025, (01): 106-108.
- [4]王春梅.水利工程混凝土强度检测之钻芯法实操[J].安徽建筑, 2020, 27(06): 183-184.