

# 水利工程固结灌浆质量检测中声波法的应用研究

朱桂权

韶关市水利水电勘测设计咨询有限公司 广东 韶关 512000

**[摘要]**混凝土土坝建基岩体质量是否符合水利工程建设标准,是影响水利工程稳定性与可靠性的关键内容之一。水利工程会因各种因素而实行固结灌浆施工,而固结灌浆属隐蔽工程,需对其进行检测确保其施工质量。本文阐述了声波检测在水利工程中的工作原理,而后利用跨孔声波法、单孔声波法对某水利工程中的两个单元进行检测探究,获取对比数据展开论述。

**[关键词]**水利工程;质量检测;声波检测

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.1348

声波检测技术是近年来迅速发展起来的新技术,它利用声波在流体中传播所载的流体流速信息来测量流体流量。与传统的多种检测方式相比较,声波检测法具有精度高、造价低、结构简单、测量范围宽等特点。

## 1. 声波检测在水利工程中的工作原理

超声波是一种频率高于人耳能够识别频率的声波,频率越高检测精度越高,分辨率越高。声波检测主要的检测方式是借助声波的特点,在被检测目标内部反射时遇到不同材质产生的不同反射变化,来确定被检测目标的内部缺陷问题。声波检测法检测不同的目标时,会受材质等因素的影响,有着不一样的反射效果,同时由于多普勒效应形成的反射图像也有不同程度的影响。声波检测的核心内容是利用声波,反射检测中有着明显的波“反射规律与原则”。

因此在水利工程质量检测中超声波法传播能力较强,且有着理想的指向、能量集中性能,同时具备适用性强与成本投入低等特点,在多数水利工程中都有应用。针对不同截面尺寸的构件声波检测法具有不同的检测流程,单面检测在截面尺寸较大构件中多有应用,而双面检测普通较为常见的构件多有应用,单面检测应用于一个表面可安放探头的混凝土构件,而双面检测适用于两个侧面均可安放探头的构件。为获取更高可靠性的检测数值,接收与发射探头应沿构件两侧进行移动,固定移速移动。此方式于回弹法而言有着较大的优势,在大幅提高精度之外,还可保护被检测目标的结构。但是在水利水电工程检测中,面对着较为复杂的检测内容,极易因工作人员的检测方式混乱或忽视某处细节而致使检测结果失去有效性,这是实际检测中应避免的问题。

## 2. 检测方法

### 2.1 单孔声波法

将水利工程检测中获取的声波波形,记录进行读时,将

传播时 $t_1$ ,  $t_2$ 存入计算机,即按下式计算各测点的波速 $v_{pi}$ 值:

$$V_{pi} = \Delta L / (t_1 - t_2)$$

式中 $v_{pi}$ -收1与收2换能器之间岩体纵波速度, km/s;

$\Delta L$ -收1与收2换能器之间距离, cm,  $t_1$ ,  $t_2$ -收1, 收2换能器的声波传播时, us。

依据从各测点得到的波速值,制作分布曲线展示图,后计算不同阶段波速均值。

### 2.2 跨孔声波法

将水利工程检测中获取的声波波形,记录进行读时,将跨孔的发射探头至接收探头传播时导入计算机,依照公式进行波速 $v_{pi}$ 数值计算:

$$V_{pi} = d / t$$

式中 $v_{pi}$ 指发射探头和接收探头间的岩体纵波速度, km/s,  $d$ 指发射探头与接收探头间距, cm。  $t$ -发射探头至接收探头的传播时, us。

依据从各测点得到的波速值,制作分布曲线展示图,后计算不同阶段波速均值。<sup>[1]</sup>

## 3. 工程概况

某地区为解决工程性缺水问题,该水利工程应运而生。作为全国172项重点水利工程之一,该工程是以灌溉、供水为主,兼顾发电等综合利用的大(二)型水利工程。水库总库容1.01亿 $m^3$ ,项目总投资203732万元。主体工程总工期50个月,渠系工程总工期60个月。截至目前,该水库大坝枢纽填筑圆满完成(836.5m),累计填筑量286.5万 $m^3$ 。已开工多个分干渠,共计隧洞掘进7280m,明渠开挖6899m。该水利工程是一个高海拔大型水利工程,整个工程地质条件复杂。”相关负责人介绍,在水库大坝所在位置的左岸边坡施工,一度就成了阻碍工程建设的最大“拦路虎”:边坡高且陡,高差

图表 1 检测单元一灌浆检测结果

检测方法	单孔声波				跨孔声波			
	WT29	WT30	WT31	均值	WT29-WT30	WT29-WT30	WT30-WT31	均值
灌浆前	4.6均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.7均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.5均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.6均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.6均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.7均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.5均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.6均速/ (km·s <sup>-1</sup> )
灌浆后	5.1均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.0均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.9均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.0均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.9均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.1均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.8均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.9均速/ (km·s <sup>-1</sup> )
整孔	4.5波速提高率/%	4.9波速提高率/%	45.1波速提高率/%	4.9波速提高率/%	4.9波速提高率/%	4.9波速提高率/%	5.6波速提高率/%	5.1波速提高率/%
低速段	14.8波速提高率/%	14.6波速提高率/%	21.4波速提高率/%	/	/	/	/	/

图表 2 检测单元二灌浆检测结果

检测方法	单孔声波				跨孔声波			
	WT29	WT30	WT31	均值	WT29-WT30	WT29-WT30	WT30-WT31	均值
灌浆前	4.8均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.9均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.4均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.0均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.9均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.7均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.5均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.7均速/ (km·s <sup>-1</sup> )
灌浆后	5.4均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.3均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.9均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.2均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.8均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.4均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	4.1均速/ (km·s <sup>-1</sup> )	5.1均速/ (km·s <sup>-1</sup> )
整孔	4.5波速提高率/%	4.9波速提高率/%	45.1波速提高率/%	4.9波速提高率/%	4.9波速提高率/%	4.9波速提高率/%	5.6波速提高率/%	5.1波速提高率/%
低速段	16.8波速提高率/%	18.6波速提高率/%	21.4波速提高率/%	/	/	/	/	/

达到了180米，传统施工方式不可行；岩石破碎，裂隙发育，施工过程中有边坡失控，垮塌风险。面对枢纽工程左岸边坡极不稳定的地质情况，建设单位对左岸高边坡开挖及支护设计进行了重大设计变更，及时调整爆破参数，加快了开挖进度。同时为确保坝基完整性较好，工程多处进行固结灌浆施工，为使固结灌浆施工达到预期效果，将以上水工建筑物划分单位，分别采用单孔声波检测与跨孔声波检测法进行检测对比<sup>[2]</sup>。

4. 检测布置与结果

4.1 检测布置

根据水利工程物探规程的相关文件条例，每个坝段单元坝基声波检测检查孔，设置的数量不能低于灌浆孔数量的1/20，并且总孔不应低于3个，3孔一组，以三角形样式呈现，各孔之间有5m距离，该组孔同时进行灌浆前后的单孔声波检测和孔间跨孔声波检测，每组三个测试孔组成三个测试面，其他孔在灌浆前后分别进行单孔声波测试。

4.2 检测结果

检测单元一：单孔声波检测灌浆前均速为4.6km/s，灌浆后均速为5.0km/s，灌浆之后提升6.2%~9.7%，低于4.2km/s的不完整段波速提高约20%；跨孔声波检测在灌前的均速为4.6km/s，灌浆后均速为4.9km/s，固结灌浆后均速提高约5.3%（见图表1）<sup>[3]</sup>。

检测单元二：单孔声波检测灌浆前均速为5.0km/s，灌浆后均速为5.2km/s，灌浆之后提升3.2%~6.4%，低于4.2km/s不完整段波速约提高10%；跨孔声波检测在灌前的均速为4.7km/s，灌浆后均速为5.1km/s，固结灌浆后均速提高5.6%~6.8%（见图表2）。

5. 结论

- 一，根据相关标准进行灌浆施工后，岩体声波速度控制标准均提高3%以上，声波检测符合结合标准。
- 二，两个单元基岩中裂隙及岩溶发育的部位，其波速低于其他岩体，通过对低速段进行分析，发现其在灌浆后，波速提高10%以上，固结灌浆收获的效果较大。
- 三，单孔声波检测法与跨孔声波检测法获取的结果精确性高，并且有着高度时效性，能够为固结灌浆效果评价提供可靠的依据。

参考文献

[1] 韩飞, 杨嘉明. 声波法在坝基岩体质量评价中的研究与应用[J]. 东北水利水电, 2021, 39(07): 58-59+62.  
 [2] 王鑫洋. 基于虚拟声波的非均匀矿浆输送管道泄漏检测及定位方法[D]. 北京化工大学, 2021.  
 [3] 李德辉. 基于声波能量特性的灌浆构件无损检测技术研究[D]. 湘潭大学, 2021.