

地质雷达技术的应用研究

——以在水利工程灌浆质量检测中应用为例

于家鑫

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i5.5410

[摘要] 水利工程施工作业中,为确保施工安全得以有效保障,在竖井等施工内容中,需要对周围岩体进行灌浆作业。灌浆完成后,需要采用合适技术检测岩体内部是否有空脱现象,以验证施工质量能否达到规范和后续施工要求。本文以某工程项目为例,在说明地质雷达技术原理和应用优势基础上,说明地质雷达技术在水利工程灌浆质量检测中的具体应用方式,明确技术应用要点,以此为同类工程项目施工技术应用提供参考。

[关键词] 地质雷达技术; 水利工程; 灌浆; 质量检测

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Application research of geological radar technology

——Take the application in the water conservancy project grouting quality testing as an example

Jiaxin Yu

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., LTD

[Abstract] In the construction of hydraulic engineering, in order to ensure the effective protection of construction safety, the surrounding rock mass needs to be grouting in the construction content such as shaft. After grouting is completed, it is necessary to adopt appropriate technology to detect whether the cavitation phenomenon inside the rock mass is in order to verify whether the construction quality can meet the specifications and subsequent construction requirements. This paper takes a project as an example, on the basis of explaining the principle and application advantages of geological radar technology, explains the specific application mode of geological radar technology in the grouting quality detection of hydraulic engineering, and clarifies the key points of technical application, so as to provide reference for the construction technology application of similar engineering projects.

[Key words] geological radar technology; Water conservancy project; Grouting; Quality inspection

前言

我国水利工程建设事业快速发展背景下,工程项目施工地质条件更加复杂,施工质量控制要求也更加严格。水电站项目施工中,竖井工程类型繁多,出线井、排气井、调压井等分布在不同位置,在作业过程中必须要采取灌浆技术处理不良地质条件及岩体损伤现象,确保岩体强度能够满足规范和设计要求。

1 工程概况

某水电站工程项目施工中,左岸竖井和右岸平台施工完成后,为验证左岸竖井附近灌浆后岩体内部是否有空脱现象;测试右岸平台灌浆作业效果,采用地质雷达技术,先进行左岸竖井及右坝肩灌前测试,得出相关检测数据,施工流程完成后,对右坝

肩进行灌后测试。技术应用过程中,共完成雷达测试剖面222m/15条,得出较为精准的检测结果,能够为施工质量分析提供基本依据,并为后续施工活动开展提供参考。

2 地质雷达技术原理和应用优势

2.1 地质雷达技术原理

从本质上而言,地质雷达检测技术是一种高频电磁波发射与接收技术,由于不同介质的电磁性质差异,决定电磁波在不同介质中的传播速度有所差异,在遇到裂缝、不密实区、空洞及材质差异时会发生反射。利用发射天线向地下介质发射高频电磁波,利用接收天线接收反射回来的电磁波,利用特定软件对波形、强度、双程走时等参数进行处理后,能够推断出介质的空

间位置、结构、电性特征及几何形态,并实现对被检测对象施工质量精准判断^[1]。

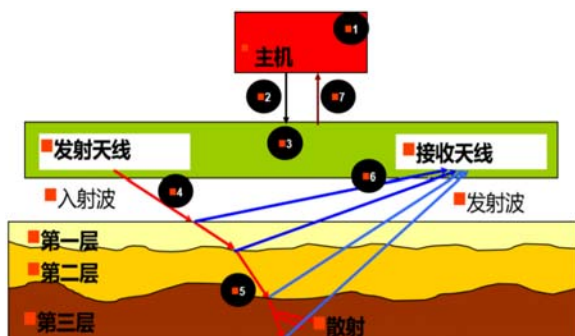


图1 探地雷达技术应用原理

2.2 地质雷达技术在灌浆质量检测中的应用优势

地质雷达技术是采用高频电磁波进行探测,属于无损检测技术,不会对被检测对象的使用性能和用途产生损害,在应用于水利工程灌浆质量检测时,能够根据现场需要实时开展检测,实现对岩体和灌浆作业质量的精准检测。地质雷达的分辨率较高,能够较为精准的识别出被检测对象目标体的尺寸、空间位置和物理特征,准确分析灌浆质量不足之处,为后续施工作业提供精准参考^[2]。地质雷达整机重量和体积较小、操作便利,携带方便,能够适用于多种复杂场景检测要求,实现对灌浆质量的全面评估。

3 地质雷达技术在水利工程灌浆质量检测中的具体应用

3.1 工作布置

本次质量检测作业中,沿左岸竖井下游沿灌浆排孔不同侧各布置L1、L2雷达测线,沿竖井左右边灌浆排孔不同侧分别布置L3~L6雷达测线,测线长度10~12m;在竖井顶部砂砾石施工路面布置L7雷达测线,长度39m。沿右岸平台顺河平行布置L8~L11共4条雷达测线,每条测线分别进行灌浆前和灌浆后测试,测线间距3m,每条测线长度均为15m。

3.2 探地雷达数据处理流程

探地雷达数据处理包括预处理和处理两个环节,通过有效的处理方式,压制规则和随机干扰,以尽可能高的分辨率将反射波在图像剖面上显示出来,突出电磁波速度、振幅和波形等有用的异常信息,实现对灌浆质量的精准解释。

3.3 工作方法

3.3.1 检测准备

检测作业前,做好现场地质勘查和前期施工技术资料方面的准备,要求操作人员能够熟悉相关技术规程。依照相关规范要求,在左岸竖井和右岸平台测试位置,用皮尺做好丈量并完成标记。所选用的仪器设备型号为SIR-30E,单置式天线,主频率为100MHz。测试中相关参数设置为:时窗300~600ns,采样点数1024点/道,介电常数4,采用连续测量方式进行数据采集。

3.3.2 数据采集

在完成上述准备后,即可开启设备发射高频电磁波,并利用接收天线接收相关数据。检测作业中,要保证两组天线之间垂直距离间隔15m以上,发射天线将信号发射至被检测对象表面,在信号反射后被接收天线所接收。在电磁波信号传输过程中,波形的传输轨迹及变化幅度,会记录在接收设备中,便于后续进行数据处理。

3.3.3 检测数据处理

本次质量检测作业中,为得出更为精准的检测结果,实现对灌浆质量的有效评估,进行如下处理:

(1) 距离归一化,在地质雷达连续探测中,由于地质条件、空气及操作误差等因素影响,通常难以实现天线的匀速移动,以此导致每米扫描线数存在偏差,因此需要使用标记功能测算出天线的移动距离^[3]。本次检测作业中,以2m为间距做好标记,在后期处理中根据选择每m扫描数,采用增补或删除扫描线方式进行处理,以确保测线内扫描线均匀分布。

(2) 确定波速。地质雷达技术应用中,记录的是反射波的双程走时 t ,因此还需要利用波速计算出目标体的位置,但是在高频电磁波反射时会涉及深度解释问题,因此需要利用公式进行处理。波速计算公式为 $v = \frac{c}{\sqrt{s}}$:

$$v = \frac{c}{\sqrt{s}}$$

其中: v 为电磁波波速; c 为真空中电磁波波速; s 为相对介电常数。

(3) 水平滤波处理。受地质雷达检测设备自身运行特性影响,雷达资料中水平波会特别发育,即便在天线对空情形下,由于控制器、数据线及天线的相互作用,也会使天线接收到回波。但是由于水平波具有时间相等特征,因此可以利用这一特性进行水平滤波。通过将相邻一定数量的扫描线求平均,再与个别扫描线相比较,即可消除水平波。在处理时选取的扫描线数越小,滤除效果也就越好,但是扫描线过少时,则有可能将一些缓变界面信号滤除。因此在进行处理时,应当根据技术应用现场实际情况进行试验调整,以达到最优化处理效果。

(4) 垂直滤波处理。在地质雷达技术应用中,垂直滤波是由于外源因素导致的,这些具有干扰作用的杂散波不是天线自身发出的,因此频率也不在雷达天线频带内,因此需要采用带通滤波、高通滤波、低通滤波或小波变换等方式进行处理^[4]。但是垂直滤波处理属于数学变换,在选择的处理方法或参数选取不当情形下,都会导致较为显著的失真问题,尤其是在滤波频带越窄情形下,失真也就越大。

3.3.4 资料分析与解释

本次检测作业,主要目的是利用地质雷达技术实现对水利工程灌浆质量的精准评估,根据技术应用特征,分析导出的雷电图像能够反映出目标体的如下特征:(1)对于完整的岩体,由于电性差异较小,没有明显的反射界面,因此基本不会有反射信

号。但是由于风化及含水率等因素差异,也会出现一些微弱的中高频反射信号。(2)对混凝土或基岩等,如结构较为完整,由于密实电性差异较小,通常也基本没有反射信号;但是在不密实情形下,则会在衬砌界面产生较强的反射信号。这些信号呈现出绕射弧形、不连续、较分散等特征。(3)如被检测结构中出现空洞现象,则会在衬砌界面出现较强的反射信号,尤其是三振相较为明显,在空洞下方部位,依然会有较强反射界面信号,且两组信号存在较大时程差。(4)在钢架部位的雷达图像,会呈现较为分散的月牙形强反射信号;而钢筋或钢筋网等,则会呈现出连续的小双曲线反射信号。

3.4 检测成果分析

3.4.1 左岸竖井测试成果

竖井下游侧L1测线雷达测试成果图像显示,剖面桩号0~4m,深度标尺12~20m处的灰白色强反射相位为电线的影 响范围,其余测试段白紫色强反射相位为锚杆或岩体局部不密实反应,未见空腔;L2测线雷达测试成果图像显示4m以下无电磁波反射相位,推测该段岩体较密实,未见空腔。竖井左侧L3测线雷达测试成果图像显示,剖面桩号9~11m,深度标尺5~15m处的灰白色强反射相位为电线的影 响范围,其余测试段下无电磁波强反射相位,推测该段岩体较密实;L4测线雷达测试成果图像显示,剖面桩号10~12m,深度标尺5~20m处的灰白色强反射相位为电线的影 响范围,局部白紫色强反射相位为锚杆或岩体局部不密实反应,未见空腔。竖井右侧L5测线雷达测试成果图像显示局部白紫色强反射相位为锚杆或岩体局部不密实反应,未见空腔;L6测线雷达测试成果图像显示5m以下无电磁波反射相位,推测该段岩体较密实,未见空腔。竖井顶部施工路线L7测线雷达测试成果图像显示,剖面桩号21m处,深度标尺16m处的灰白色强反射相位推测局部空腔和锚杆综合反应,其余测试段局部白紫色强反射相位为锚杆或岩体局部不密实反应,未见空腔。

3.4.2 右岸平台测试结果

右岸平台L8测线灌前和灌后雷达测试成果图像显示,灌前受岩体内部节理裂隙的影响,电磁波振幅较大,频率较低,波形较乱,局部出现强反射相位;灌后岩体内部的空隙被填充,电磁波振幅较小、频率较高、衰减较快,强反射相位较灌前明显减弱,电磁波传播较规律,推测岩体内部较完整。右岸平台L9测线灌前和灌后雷达测试成果图像显示,灌前受岩体内部节理裂隙的影响,电磁波振幅较大,频率较低,波形较乱,局部出现强反射相位;灌后岩体内部的空隙被填充,电磁波振幅较小、频率较高、衰减较快,强反射相位较灌前明显减弱,电磁波传播较规律,推测岩体内部较完整。右

岸平台L11测线灌前和灌后雷达测试成果图像显示,灌前受岩体内部节理裂隙的影响,电磁波振幅较大,频率较低,波形较乱,局部出现强反射相位;灌后岩体内部的空隙被填充,电磁波振幅较小、频率较高、衰减较快,强反射相位较灌前明显减弱,电磁波传播较规律,推测岩体内部较完整。

3.4.3 综合分析结论

左岸竖井灌浆孔靠近竖井临空面局部岩土不密实,远离临空面岩体较密实,未见空腔;竖井顶部施工路线除剖面桩号21m处为锚杆和脱空综合反应外,其余测试段未见空腔;右岸平台灌后岩体较完整,未见空腔。

4 地质雷达技术在水利工程灌浆质量检测中的应用要点

将地质雷达技术应用于水利工程灌浆质量检测,具有多方面优势,但是由于浆液属于典型人工合成材料,在检测时不同参量设置导致介电常数差异较大,同时受检测人员专业水平、现场环境、设备自身缺陷等因素影响,导致实际检测结果会存在偏差^[5]。因此在检测作业中,应当注意如下要点:一是做好检测过程中仪器图像的实时监控,准确记录突发情况,必要情形下可以进行复检。提升作业人员操作水平,减少天线不必要的晃动。二是如现场气候条件较为复杂,测定部位较为潮湿且含水量较高,应当及时终止检测,以避免影响数据质量和设备安全。三是在数据采集过程中,需先做好现场标记,校正桩号真实性,尽量减少控制误差。四是在数据采集过程中出现信号异常、零点位置偏移、波形失真等问题时,应当及时停止检测并采取针对性处理措施,确保检测结果精准。

5 结束语

地质雷达技术在水利工程灌浆质量检测中具有良好应用效果,对技术人员而言,应当严格依照规范要求进行操作,全面做好数据采集和处理,确保检测结果精准性,为施工质量控制提供精准参考。

[参考文献]

- [1]刘黔.基于地质雷达技术的水利工程检测方法[J].中国新技术新产品,2022,(18):108-110.
- [2]张懿.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J].工程建设与设计,2020,(08):128-129.
- [3]任皓麟.地质雷达技术在水利工程检测中的应用[J].建材与装饰,2017,(30):287-288.
- [4]王增平.地质雷达检测技术在大坝渗漏检测中的应用[J].硅谷,2013,6(16):109-110.
- [5]王海朋.地质雷达技术在防渗墙检测中的应用[J].河南水利与南水北调,2012,(12):27-28.

作者简介:

于家鑫(2000--),男,汉族,甘肃武威县人,本科,助理工程师,从事水利水电工程物探勘察与检测工作。