

综合物探法在坝体渗漏探测中的应用

李树强¹, 刘华峰², 高静静¹

(1.山东省水利勘测设计院有限公司, 山东 济南 250014; 2.山东省地质调查院, 山东 济南 250014)

【摘要】近年来,随着水库除险加固工作的进行,水库安全、经济效益得到有效保障。但部分水库因施工等因素影响,在除险加固后仍存在渗漏问题,加之近年来我国极端天气频发,小型水库短时间内汇水量骤增,使坝体面临严峻挑战,在短时间内寻找渗漏原因并修复坝体显得迫在眉睫。文章探讨通过物探手段短时间内准确查明渗漏范围及渗径,为类似项目建设提供重要依据。

【关键词】水库除险加固;坝体渗漏;高密度电法;探地雷达

【中图分类号】TV698

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2025)-10-0008-03

Application of Comprehensive Geophysical Exploration Methods in Dam Seepage Detection

LI Shuqiang¹, LIU Huafeng², GAO Jingjing¹

(1. Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy co., Ltd, Jinan, Shandong 250014, China;

2. Shandong Geological Survey Institute, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: In recent years, with the implementation of strengthening engineering for endangered reservoirs, the safety and economic benefits of reservoirs have been effectively guaranteed. However, due to the negative influence of construction and other factors, some reservoirs still have seepage problems after strengthening. In addition, with the frequent occurrence of extreme weather in China in recent years, the water inflow of small-sized reservoirs has increased sharply in a short time, posing a severe challenge to the dam body. It is extremely urgent to find out the seepage cause and repair the dam body in a short time. This paper accurately identifies the range and diameter of the leakage by geophysical exploration means in a short time, providing an important basis for similar projects construction.

Key words: Strengthening engineering for endangered reservoirs; Dam seepage; High-density electrical method; Ground-penetrating radar

我国目前有水库近9万座,大坝渗流为水库病害之一,造成的主要原因包括施工过程中清基不彻底、土石坝填筑料的压实度、渗透系数不达标等,进而造成管涌、流土及接触冲刷等渗透破坏问题^[1]。针对坝体一般处理措施沿轴线方向布置高压喷射灌浆、劈裂灌浆,墙体以下进行帷幕灌浆^[2]。

物探方法作为无损探测已被广泛应用于坝体渗漏探测,均取得了良好效果。本文结合烟台市松岚沟水库除险加固后仍然出现渗漏情况,加之处于汛期,为满足抢险需求且满足坝体安全运行,采用物探手段对坝体渗漏进一步分析,确定渗漏范围。

1 检测方法

1.1 高密度电法阻率

高密度电阻率法的物性基础为地下介质的电阻率,不同岩性、孔隙率、含水率等因素都可导致电阻率差异,针对这一特点高密度电阻率法通过向地下供电并采集电流值,通过数据处理及反演后可以获得在地下一定深度范围内的视电阻率等值线分布图,通过等值线分布图寻找坝体异常部位。一般坝体对回填材料有较高的要求,坝

收稿日期:2025-03-22

作者简介:李树强(1990—),男,工程师

体一般采用相同土料进行碾压回填,受坝体浸润线影响坝体含水率向下逐渐增加,所以理想电阻率等值线图应该由坝顶向下电阻率呈逐步降低趋势,若坝体内存在裂缝、不均匀土体等隐患时,等值线分布就会在隐患部位出现梯度变化大、等值线分布中断、异常值圈闭等特点。

高密度电阻率法适用于坝体隐患排查,但是异常区域并非均为低阻异常,例如在天津某水库对坝体及坝基裂缝探测中,在视电阻剖面图中局部出现高阻带断开现象,后被证实为裂缝^[3];在六合区某水库蚁穴探测中采取高密度电阻率法,在表层电阻率较均匀情况下出现两处高阻圈闭,后期开挖验证异常区域为白蚁洞穴^[4]。以正常坝体为背景,丰水期坝体存在渗漏通道在水流作用下在通道部位会表现出低阻异常,在枯水期若渗漏通道在浸润线以上则表现为高阻异常,由于回填坝体材料并不均匀,尤其在山区河谷型水库黏土心墙都会含有不均匀砂粒,砂粒含量高也会导致电阻率增加。

1.2 探地雷达

探地雷达的物性基础为地下介质不同的电磁性质包括介电常数、电导率及磁导率等^[5],探地雷达发射天线利用高频脉冲电磁波向下发射电磁波信号,电磁信号遇到物体会发生向前或者向后的散射,传至地表被接受天线接收,伴随两个天线的移动会实时产生关于地层信息的电磁信号,经计算机处理后展现在屏幕前来判别目标体属性。对于均质坝体防渗料具均一特性,在雷达波图像中反射波很弱,当坝体含水率增加、出现裂缝、疏松土质或空洞时在雷达图像中常表现为高强度反射、杂乱反射、多次波明显发育等特征,通过上述特征可以很好地寻找坝体病害及坝体施工质量检测工作。

2 工程概况

烟台市松岚沟水库为山区河道小(2)型水库,大坝为砂壳坝,中间壤土心墙作为防渗体,左右岸台地段坝基为第四系上更新统洪积坡积堆积的壤土,主河床坝基为中生代燕山早期片麻状花岗岩,在2015年开展除险加固工作,发现坝体防渗属于弱透水,在桩号0+004—0+087左岸台地段、0+139—0+165右岸台地段清基不彻底,存

在坝基渗漏问题,根据建议设计在0+000—0+089、0+138—0+166段进行水泥搅拌桩处理,处理底线为全风化基岩下边界,并对0+120—0+140进行高喷灌浆处理,处理底线入强风化0.5 m。施工完毕后于2021年在桩号0+068—0+103出现坝体渗漏,且渗漏量大于除险加固之前,有逐渐加大的趋势,于是进行大量的物探工作,探测坝体渗漏原因。

3 结果及分析

针对该水库存在的渗漏问题,在水泥土搅拌桩顶布置1 m极距测线分别为1-1、1-2及1-3,坝后坡马道分别布置1 m极距测线分别为2-1、2-2、2-5条测线长度均为64 m,反演后视电阻率剖面图如图1所示;在水泥土搅拌桩桩顶布置50 MHz雷达天线进行连续测量,处理后如图2所示。

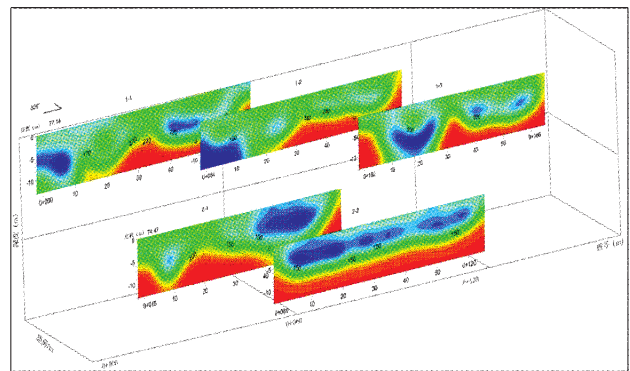


图1 视电阻率剖面图

1-2测线桩号0+054—0+066深7 m处及1-3测线桩号0+112—0+118深5~10 m处表现为低阻特征,考虑两处低阻异常受高阻体影响表现为假异常;由于空气的介电常数远小于土体,对于疏松土体孔隙率高介电常数会小于周围密实土体,在疏松体顶部反射波与入射波同向,反射系数为正^[6],电磁波进入富水体时雷达波反射系数为负,电磁波在富水体内能量迅速衰减,反射波频率降低,导致信号“变胖”,高密度电法及雷达探测的异常汇总见表1。

表1 异常区域表

高密度电法	位置	0+037—0+050	0+070—0+088	0+058—0+076	0+065—0+120
	高程/m	71.14~72.64	70.64~73.14	70.47~73.47	69.47~72.47
探地雷达	位置	0+040—0+054		0+086—0+102	
	高程/m	72.64~74.14		69.14~71.14	

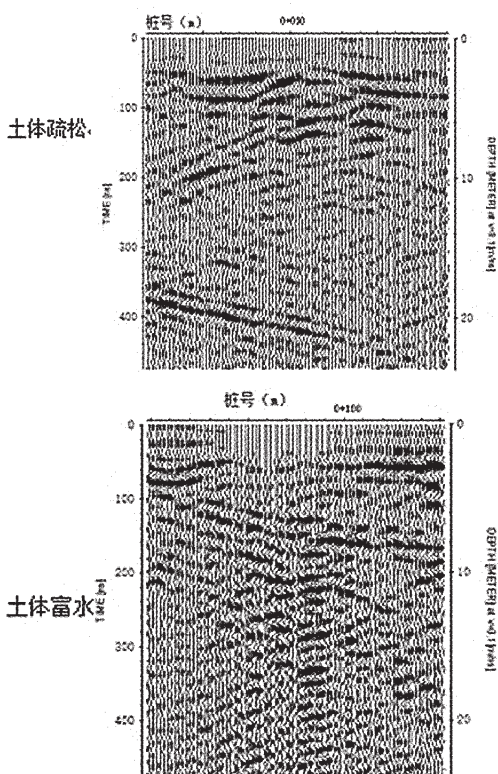


图2 雷达探测结果

根据坝后渗漏区域测量结果(图3),渗漏区域主要集中在两部分, I 区域(0+069—0+092)主要在坝后贴坡排水处渗漏,渗漏区域高程 69.19~71.50 m, II 区域(0+042—0+047)主要集中在坝后坟墓区,高程 71.08~71.80 m,探测时坝前水位为 73.60 m。根据 I、II 区域高程比较看,两者无直接水力联系,即渗漏区域为两部分,结合高密度电法及雷达测线分析,0+037—0+054 对应 II 区域,0+058—0+102 对应 I 区域。

分析渗漏产生的原因,由于水泥土连续墙在喷浆、搅拌形成桩墙的过程中,桩体、墙体和土体没有一个明显的界限,不利于墙体的竖向均质^[7],后期水位上升后表现为渗漏现象,且水力比降小,由此可见坝体在除险加固工程之后仍存在隐患。

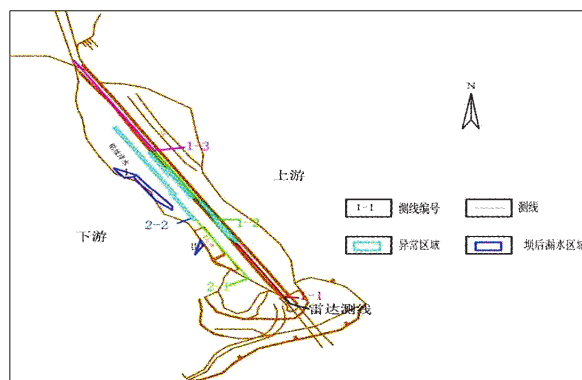


图3 坝体平面图

4 结论

全国小水库数量众多,由于多种原因导致在除险加固后出现渗漏,本文通过高密度电法及雷达,圈定异常范围,与渗漏区域进行对比,得出渗漏原因为水泥土搅拌桩成桩后与原有坝体土结合不良,出现渗漏通道,说明高密度电法和雷达在寻找坝体隐患中能够取得较好效果。

参考文献

- [1] 钮新强.水库病害特点及除险加固技术[J].岩土工程学报, 2010,32(01):153-157.
- [2] 谭界雄,任翔.我国小型病险水库病害特点及除险加固技术[J].中国水利,2011,(14):31-33.
- [3] 郭秀军,张晓培,牛建军.分布式高密度电阻率探测系统及其在堤坝隐患探测中的应用[J].工程勘察,2001(04):67-69+66.
- [4] 陆俊,李军,臧德记等.综合物探法探测堤坝白蚁隐患的关键技术研究[J].水利水运工程学报,2015,No.152(04):16-21.
- [5] 刘澜波,钱荣毅.探地雷达:浅表地球物理科学技术中的重要工具[J].地球物理学报,2015,58(08):2606-2617.
- [6] 郭士礼,段建先,张建锋,等.探地雷达在城市道路塌陷隐患探测中的应用[J].地球物理学进展,2019,34(04):1609-1613.
- [7] 魏剑宏,晁旭,卢立新,等.水泥土搅拌桩成墙技术在黄河工程中的应用[J].人民黄河,2003(11):22-23.

(责任编辑 崔春梅)

欢迎投稿
欢迎订阅
欢迎刊登广告