

桃园凹塘坝渗漏探测分析和处置对策

李卫忠¹, 钱万春¹, 祖安君^{2,3}

(1. 常州市金坛区水利局薛埠水利管理服务站, 江苏 常州 213200;
2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 3. 水利部大坝安全管理中心, 江苏 南京 210029)

摘要: 针对桃园凹塘坝大坝渗漏问题, 在现场检查的基础上, 利用高密度电法进行大坝渗漏探测, 对探测成果进行分析并与现场检查结果对比, 两者均揭示左岸山体以及与坝体接触部位、坝体中部为坝体渗流较为薄弱部位, 左坝肩与坝体结合部位存在接触渗漏, 结果表明该方法可以有效探明大坝渗漏情况。针对大坝渗漏问题, 提出对全坝段坝体进行垂直防渗处理, 增设必要的雨水情测报和大坝安全监测设施等相应的渗漏处置对策, 为充分发挥工程社会效益提供决策支持。

关键词: 桃园凹塘坝; 渗漏探测; 高密度电法; 处置对策

中图分类号: TV867 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839(2022)06-0060-0004

Leakage detection analysis and disposal countermeasures of Taoyuan concave dam

LI Weizhong¹, QIAN Wanchun¹, ZU Anjun^{2,3}

(1. Xuebu Water Conservancy Management Service Station, Jintan District Water Conservancy Bureau, Changzhou 213200, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 3. Dam Safety Management Center of the Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China)

Abstract: Aiming at the leakage problem of Taoyuan concave dam, on the basis of on-site inspection, the high-density electrical method is used to detect the leakage of the dam, and the detection results are analyzed and compared with the on-site inspection results. Both of them reveal that the mountain on the left bank and the contact part with the dam body, and the middle of the dam body is the weak part of the dam seepage, and there is contact leakage at the joint part of the left dam abutment and the dam body. The results show that this method can effectively detect the leakage of the dam. In view of the leakage problem of the dam, it is proposed to conduct vertical anti-seepage treatment on the dam body of the whole dam section, and to add necessary rainwater monitoring and dam safety monitoring facilities and other corresponding seepage treatment countermeasures, so as to provide decision support for giving full play to the social and economic benefits of the project.

Key words: Taoyuan concave dam; leakage detection; high-density electrical method; disposal countermeasures

土坝渗漏问题是威胁大坝安全性的重要因素, 不仅需要对在建的水利工程加强防渗加固的工作, 还需要对出现隐患或者发生渗漏的工程及时补救, 进行抢险修复, 保证工程安全。探明隐患部位并分

析渗漏原因是对堤坝渗漏进行加固修复的重要前提。然而, 由于土坝结构和工作条件不尽相同, 且需要检测的规模大、范围广, 土坝隐患及渗漏病害具有组合性和隐蔽性的特点, 因此防渗隐患的探测

收稿日期: 2021-12-28

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC0407103); 南京水利科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(Y720007)

作者简介: 李卫忠(1968—), 男, 工程师, 主要从事水利工程管理工作。E-mail: 917727038@qq.com

通信作者: 祖安君(1993—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事水利工程隐患探测及安全监测工作。E-mail: ajzu@nhri.cn

仍然是水利工程安全领域的一大技术难题。

目前,堤坝出现隐患发生渗漏的抢险修复技术主要有复合土工膜加固法和钻孔灌浆法等方式。对于灌浆加固的修复措施,由于渗漏通道一般位于大坝内部,无法直接判别灌注材料是否到达隐患发生渗漏处,隐患的修复效果只能通过观察和测定渗流量是否减少或钻孔取芯测定渗透系数来测定,且这两种手段有一定的滞后性,无法直接观察隐患的修复效果。同时,部分工程隐患存在洪水期发生渗漏,枯水期无渗漏的现象,因而在枯水期对隐患进行修复时无法通过观察渗流量大小来判定修复效果,只能等待洪水期的到来,而无法及时进行补救。因此,研究一种能直接对隐患的修复效果进行及时检测的方法十分必要。高密度电法具有数据采集效率高,提供的地电断面信息丰富,探测断面成果图直观等优点,较适合于均质土坝渗漏探测^[1],因此,结合桃园凹塘坝工程实际情况,采用高密度电法探测大坝渗漏情况^[2-5]。

1 工程概况

桃园凹塘坝位于金坛区薛埠镇茅庵村,属太湖流域,建成于1984年6月,集水面积0.25 km²,总库容10.29万 m³。防洪标准为20年一遇洪水设计,200年一遇洪水校核。正常蓄水位与汛限水位为31.90 m(青岛高程,下同),设计洪水位32.49 m,校核洪水位32.72 m。枢纽工程主要由1座大坝、1座溢洪道和1座输水涵洞组成。大坝为均质土坝,坝顶高程33.90 m,坝顶长160 m、宽4.0 m,最大坝高7.9 m。上游坝坡在高程32.40 m设平台,平台上下坡比分别为1:2.5、1:3.0,分别采用干砌石与草坪砖护坡;下游坡坡比为1:3.0,采用草皮护坡。

桃园凹塘坝于2018年11月至2019年8月进行了除险加固,但未对大坝采取防渗措施,加固后大坝仍存在渗漏问题,渗漏区域为下游坝坡左侧与中部区域。2020年针对2处渗漏部位进行了纯水泥灌浆处理,但效果并不明显,渗漏部位与范围仍未发生变化,其中中部渗漏区域面积较大,出逸点较高。

2 现场检查

为全面摸清大坝渗漏现状,2021年4月16日,相关工程技术人员对桃园凹塘坝进行了现场检查,检查当日库水位31.22 m,天气晴。各桩号以左坝头坝顶路面起点为桩号0+000为参照进行量测。

经检查发现,下游坡共有2处散浸、渗水区域,其中一处为桩号0+029~0+040、高程27.64~29.26 m区域,总面积约56 m²,检查当日该区域局部存在渗水现象;另一处为桩号0+070~0+103、高程26.61~29.98 m区域,总面积约285 m²,检查当日该区域未见散浸、渗水,但根据管理人员介绍,库水位接近正常蓄水位31.90 m时此区域渗水严重。

3 高密度电法探测

3.1 探测方案

桃园凹塘坝大坝高密度电法探测仪器为ABEM Terrameter LS 2地电成像系统,因大坝渗漏范围较大,且大坝总长仅160 m,在坝顶布置高密度电法测线对全坝段进行探测。探测断面位于坝顶下游路肩处,因地形限制,测线至溢洪道后垂直于坝轴线沿下游坝坡布置,累计有效探测范围为桩号0+000~0+130段。测线布置情况见表1及图1。因桃园凹塘坝最大坝高7.9 m,为取得较高探测精度,电极间距为1 m,电极阵列采用“温纳”模型^[6]。

3.2 探测成果

采用Res2dinv 3.54程序对探测成果进行模型反演与成果后处理,数据反演基于平滑抑制的最小二乘优化算法,反演成果见图2。云图横坐标为桩号(测线长度),纵坐标为深度,均采用常数坐标轴。云图中的电阻率等值线标准列于云图右侧采用色阶表示,图中直线为根据地勘资料确定的近似坝体、坝基分界线。

大坝主要填筑材料与坝基均为粉质壤土。根据《堤防隐患探测规程》(SL436—2008),亚黏土电阻率为10~100 Ω·m。粉质壤土与亚黏土特性接近,其电阻率与压实度、含水量、含砂量密切相关,压实度越高,电阻率越大;含水率越高,电阻率越

表1 桃园凹塘坝探测断面特性

探测断面	轴距/m	高程/m	桩号/m		电极阵列	电极数	电极距/m
			起点	终点			
坝顶下游路肩	+2.75	33.85	0+000	0+130	温纳	131	1.0

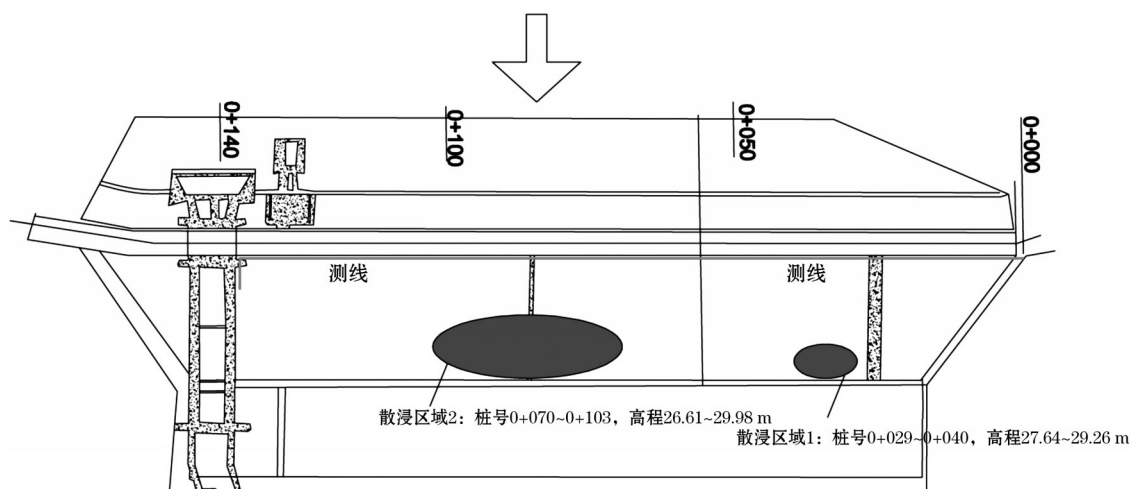


图1 桃园凹大坝高密度电法探测断面布置

小;含砂量越高,电阻率越大。含水亚黏土电阻率一般小于 $10 \Omega \cdot \text{m}$,基于此对探测成果进行分析。

由探测云图可知:

(1)图中共有2处“低阻异常区”,分别位于桩号0+000~0+065(大坝左侧)、0+080~0+092(大坝中部)的坝体和坝基区域,应大坝渗流薄弱部位。

(2)与坝体中部的“低阻异常区”相比,左岸部位的“低阻异常区”面积更大,其中桩号0+000~0+025电阻率更小,电阻率小于 $20 \Omega \cdot \text{m}$,该部位主要位于左岸山体以及与坝体接触部位,应为渗流较为薄弱部位,与现场检查发现的“左侧坝坡散浸、渗水部位”存在较强相关性。大坝左侧的“低阻异常区”表明左坝肩与坝体结合部位清基不彻底,存在接触

渗流隐患。

(3)坝体中部“低阻异常区”应与现场检查发现的“坝体中部存在大面积散浸渗水痕迹”存在相关性,实测“低阻异常区”面积较小,主要因桃园凹近期在相对较低水位运行,且该部位坝坡当前并未出现散浸渗水现象。正常蓄水位31.90 m时坝体中部出现大面积散浸渗水现象,但当水位降低至当前库水位31.22 m时,坝体中部散浸渗水现象消失,推测渗流通道入口可能位于上游坝坡高程31.20~31.90 m之间。

3.3 处置对策

当前大坝因存在“下游坝坡左侧与中部大面积散浸渗水”而限制水位运行,严重制约工程效益发

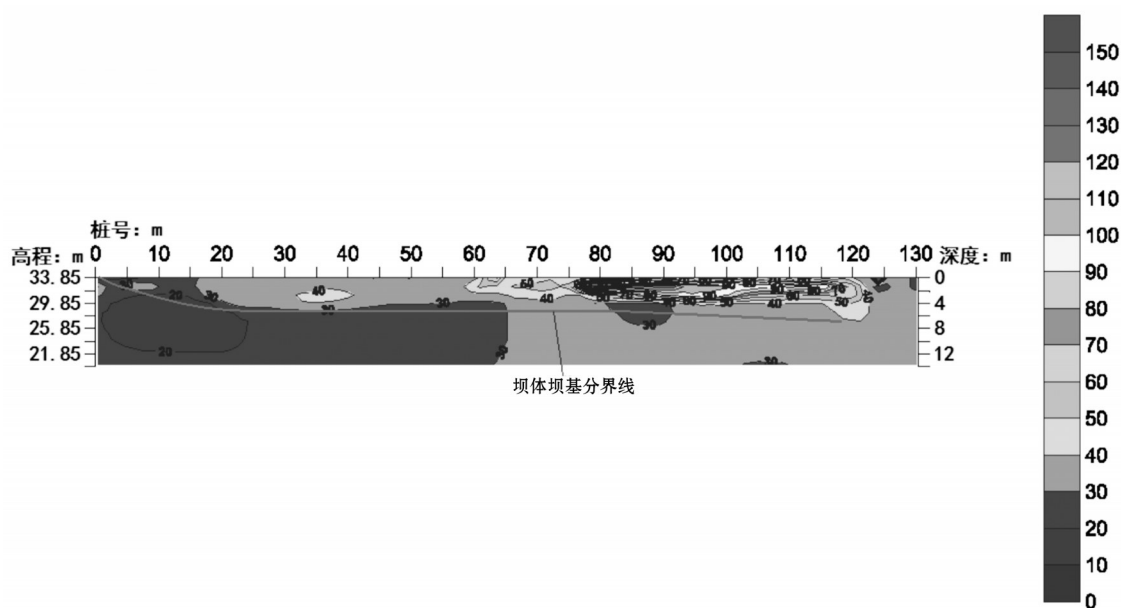


图2 桃园凹大坝高密度电法探测云图[电阻率/($\Omega \cdot \text{m}$)]

挥,并影响大坝安全与下游安全,需及早采取必要工程措施处理,建议采取如下处置对策:

(1)探测云图虽表明坝基局部存在渗漏薄弱部位,但运行过程中并未暴露坝基渗漏问题,当前渗漏处置可以左岸接触渗流与坝体渗漏为主。

(2)建议采用垂直防渗措施对全坝段坝体进行防渗处理,防渗体轴线布置在坝顶,其中左侧坝段(桩号0+000~0+040)防渗体深入坝基长度不宜小于1.0 m,其他坝段防渗体底高程控制在29.00 m。贴坡反滤措施可视垂直防渗处理后的效果选用。

(3)增设必要的雨水情测报和大坝安全监测设施如水尺、测压管,监控大坝渗流安全状况,指导工程安全运行。

(4)及时清理坝坡杂草,疏通坝脚导渗沟,改善工程形象。

(5)在消除隐患前,控制水位在30.90 m以下运行,并加强巡视检查。

4 结 语

本文采用高密度电法对桃园凹塘坝渗漏进行探测,通过对探测成果进行模型反演和后处理分析。

(1)坝体左岸和中部存在“低阻异常区”,经分析判断,左岸山体以及与坝体接触部位、坝体中部为大坝渗流较为薄弱部位,左坝肩与坝体结合部位存在接触渗漏,探测分析结果与现场检查结论一致。

(2)高密度电法为大坝渗漏探测提供了较为丰富的地电断面信息,与现场检查信息相互补充、互为印证,可以对除险加固效果进行有效评价,并为渗漏处置对策的确立提供依据。

(3)根据现场检查和探测分析结果,提出了采用垂直防渗措施对全坝段坝体进行防渗处理,增设必要的雨水情测报和大坝安全监测设施,疏通坝脚导渗沟,隐患消除前控制低水位运行并加强巡视检查等相应的渗漏处置对策,为充分发挥工程的社会及经济效益提供了决策支持。

参考文献:

- [1] 严加永,孟贵祥,吕庆田,等. 高密度电法的进展与展望[J]. 物探与化探,2012,36(4):576-584.
- [2] 中华人民共和国水利部. SL 326—2005 水利水电工程物探规程[S]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [3] 皮雷,谭磊,李波. 综合物探方法在水库绕坝渗漏隐患探测中的应用[J]. 中国农村水利水电,2021(1):6.
- [4] 严飞. 高密度电法在深切峡谷大跨径桥址勘察中的应用研究[J]. 中国农村水利水电,2013(10):75-77.
- [5] JIN L, QI Z A, LIANG L C, et al. Monitoring and characterizing the deformation of an earth dam in Guangxi Province, China[J]. Engineering Geology, 2019, 248: 50-60.
- [6] 王志鹏,刘江平,王鸣谦,等. 高密度电法对带破碎状溶壳溶洞探测数值模拟[J]. 工程地球物理学报,2019, 16(2):193-202.

(上接第59页)

法,2018年仪征市小型灌区共需布设4个样点灌区,与现有的样点灌区数量相比,需要减少的样点灌区数量为2个;(3)考虑灌区动态变化情况,对样点灌区及时进行调整。

参考文献:

- [1] 沈莹莹,张绍强,吉晔. 我国农业灌溉用水量统计方法的确定及工作开展情况[J]. 中国农村水利水电,2016(11):133-134,138.
- [2] 张建华. 基于样点灌区选取方法的农田灌溉用水量统计分析[J]. 黑龙江水利科技,2021,49(10):113-115.

- [3] 沈莹莹,陈梦婷,崔静,等. 农田灌溉用水量统计工作中的样点灌区选取方法研究[J]. 中国农村水利水电,2020(4):112-115.
- [4] 李泽坤,关迦文,杨波. 农田灌溉水利用系数测算中小型样点灌区选择方法研究[J]. 内蒙古水利,2021(8):25-27.
- [5] 贾浩,王振华. 基于主成分分析和Copula函数的灌溉水利用系数影响因素研究——以新疆建设兵团第十二师中型灌区为例[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(6):167-175,233.
- [6] 邵志强. 抽样调查中样本容量的确定方法[J]. 统计与决策,2012(22):12-14.