

浅谈无损检测新技术在堤防隐患探测中的应用

张庆丽¹, 董延朋²

(1.山东省科源工程建设监理中心, 山东 济南 250014; 2.山东省水利科学研究院, 山东 济南 250014)

【摘要】地质雷达、高密度电阻率法作为无损检测技术,因其与传统的检测方法相比,具有高效快速、非接触、无损、高精度、高分辨率、受环境影响小的特点,近年来在许多领域得到了应用与关注,尤其在水利设施隐患探测中已经得到广泛应用。作者结合工程应用实例,阐述了该两项技术在堤防隐患检测中的应用情况,准确查明了堤防隐患存在的缺陷,并对隐患进行了分析,为后期除险加固方案提供支撑,也为同类项目提供参考。

【关键词】地质雷达; 高密度电阻率; 堤防隐患; 探测

【中图分类号】TV871

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-08-0046-03

Discussion on the Application of Non-destructive New Detection Technology in Embankment Hidden Danger Detection

ZHANG Qingli¹, DONG Yanpeng²

(1. Keyuan Engineering Construction Supervision Center of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China;

2. Water Resources Research Institute of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: As non-destructive testing technologies, ground penetrating radar and high-density resistivity method feature high efficiency, non-contact operation, no damage to structures, high precision, high resolution and low susceptibility to environmental interference compared with traditional detection methods. They have been applied and valued in various fields in recent years, especially widely adopted for hidden danger detection of water facilities. Combined with practical engineering cases, this paper illustrates the application of the two technologies in embankment hidden danger detection, accurately identifies defects inside embankments and analyzes relevant hidden troubles. The research results provide references for subsequent danger elimination and reinforcement schemes, as well as for similar engineering projects.

Key words: Ground penetrating radar; High-density resistivity; Embankment hidden danger; Detection

堤防工程是水利工程中重要的防洪、防潮设施,其自身的安全与否,与周边群众的生命财产安全息息相关,而堤防隐患(如管涌、裂缝、空洞、渗漏通道等)具有隐蔽性强、危害大的特点,传统人工排查效率低且难以精准定位,物探技术凭借非破坏性、高效率的优势,成为堤防隐患检测的核心手段,其中地质雷达和高密度电阻率法应用最为广泛。

地质雷达与高密度电法在堤防隐患检测中各具优势:地质雷达擅长浅层精细探测,高密度电法适合深层宏观分析,二者结合可实现对堤防从浅到深、从点到面的全面检测,是保障堤防安全运行的重要技术手段。

1 基本原理

1.1 地质雷达

作为一种无损先进检测技术,地质雷达近年来在很多领域得到了应用与关注,其核心原理基于电磁波在不同介质中的传播特性差异(如反射、折射、吸收等),通过分析反射信号的特征来推断地下结构。在传播过程中,电磁波一旦遇到不同电性的地下介质或目标时,会发生反射返回接收天线,接收电磁波信号,后期经分析处理强度、波形以及返回时间等要素,从而判断地质体

收稿日期: 2026-04-27

作者简介: 张庆丽(1983—),女,工程师

的结构、形态。与传统的检测技术相比,地质雷达具有非接触、高精度、高分辨率、快速高效、受环境影响小等显著优势,能够在复杂的环境中实现对探测设施的全方位监测,及时探测潜在的隐患和病害问题。通过研究地质雷达检测技术在水利领域的应用,有助于提高水利工程检测的智能化水平,实现对水利设施状态的实时感知和动态掌握,采取有效预防和加固措施,降低风险,保障水利工程安全运行。

1.2 高密度电阻率法

高密度电阻率法是基于地下介质导电性差异,通过系统地测量地下不同位置、深度的电阻率的分布,来推断地下地质结构、构造及异常体(如地下水、溶洞、断层等)的一种地球物理勘探方法。它是常规电阻率法的改进与发展,具有数据采集效率高、信息量丰富、解释直观等优点,广泛应用于工程勘察、地质调查、环境监测等领域。该方法主要依据预先布置地下若干电极进行扫描观测,探测一定地质范围内空间电阻率变化,从而查明和探测有关的地质问题,集电剖面法和电测深法优点于一体,核心优势在于高效、低成本、对浅部电性异常敏感且操作灵活,尤其在地下水、岩性相关的浅部勘探中表现突出。

2 应用实例

2.1 工程概况

沂河发源于沂源县田庄水库上游东支牛角山北麓,在山东境内沂河流经淄博市、临沂市的8县(市、区)。20世纪90年代,沂河多次出现大洪水,为此,决定实施“续建沂沭泗河洪水东调南下工程”、“东调南下”工程。一期工程主要是对堤防迎水坡进行了培修加固,实施后,沂河防洪能力达到20年一遇防洪标准。由于受当时条件限制,沂河培堤时堤身局部质量较差,且堤基没有经过防渗处理,导致沂河右岸的罗庄顾沙沟堤防段,在1993年的行洪过程中出现了堤防纵向裂缝,造成了一定的险情。

为确切掌握堤防质量实际情况,确保防洪安全,并为堤防管理维护提供真实有效的技术资料,受管理部门委托,对沂河右岸堤防采用地质雷达和高密度电阻率法两种无损检测技术进行了质量探测。堤防隐患探测区域处堤顶宽6~7 m,堤高

4~8 m,堤身土料成分主要为壤土和砂壤土,土褐色,颗粒组成中粉粒含量较多,局部含有砂粒较多。

2.2 地质雷达检测结果分析

在实际探测过程中,雷达通过发射高频电磁波,利用电磁波在堤防堤身内部不通介质的传播时,当遇到不同介质的界面(如裂缝、空洞与周围土体的界面)时,反射信号出现差异。反射回来的电磁波被地质雷达接收,接收天线记录反射波的传播时间、振幅和波形,通过计算反射深度,结合波形特征分析地下隐患。通过对接收信号的分析处理,能够生成堤防内部结构的图像,在图像中,裂缝、空洞等隐患会呈现出明显的异常特征,根据这些特征准确判断隐患的位置、大小和形状。地质雷达的图形以脉冲反射波的形式进行记录,以波形或灰度的方式显示出地质雷达剖面图。通过对原始资料的分析处理,生成雷达探测成果剖面图如图1、图2所示(剖面图中上面刻度表示测线长度,左侧为雷达波在介质中的双程走时即时间深度,右侧为实际探测深度)。

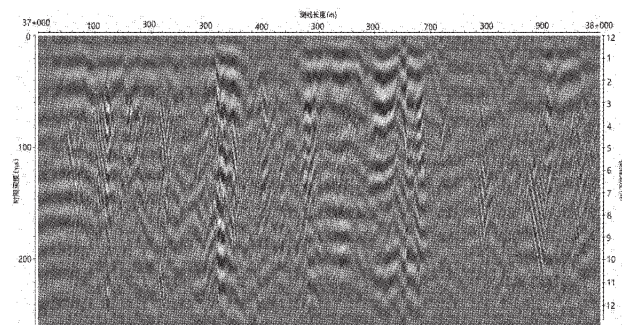


图1 桩号37+000~38+000段雷达探测剖面图

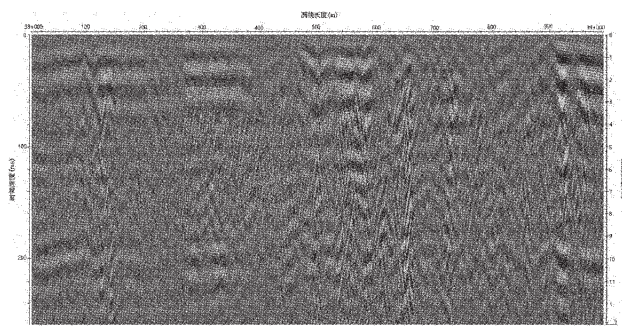


图2 桩号38+000~39+000段雷达探测剖面图

图1为桩号37+000~38+000段雷达探测剖面图。从图像上看,在桩号37+320~37+350段、37+600~37+660段深度1.5~3.0 m处存在轻微的雷达波反射异常,分析认为堤身回填土料粗颗粒

含量较高。图像其它部位色谱相对较均匀、平滑,不存在有效的异常反映。

图2为桩号38+000~39+000段雷达探测剖面图。整体上来看,图像色谱均匀、平滑,不存在有效的异常反映,分析认为堤身填筑土料相对均匀、密实。

2.3 高密度电阻率法检测结果分析

通过对高密度电阻率法检测结果的原始资料的处理,生成高密度电阻率成像成果剖面图,如图3、图4所示。在剖面图中,图像上面刻度表示堤防桩号,左右两侧表示堤防深度。图像下部的色谱图模块代表了不同大小的电阻率值,不同色谱模块相结合形成了连续的电阻率剖面图。

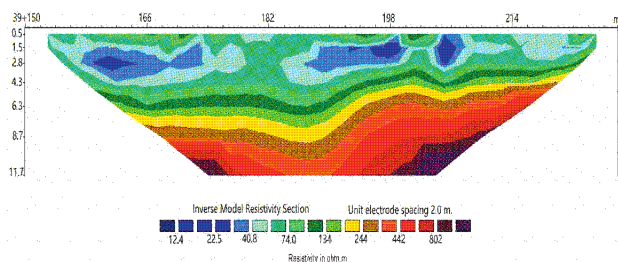


图3 桩号39+150~39+228段高密度电阻率成像剖面图

图3为桩号39+150~39+228段高密度电阻率成像剖面图。图像上色谱分层较明显,深度6.0 m以上电阻率值较小,深度6.0 m以下电阻率值较高,分析认为堤身填土较密实,以黏粒含量为主,堤基土料以砂壳为主,土质疏松,电阻率值偏高,但相对均匀,不存在明显的渗漏通道。

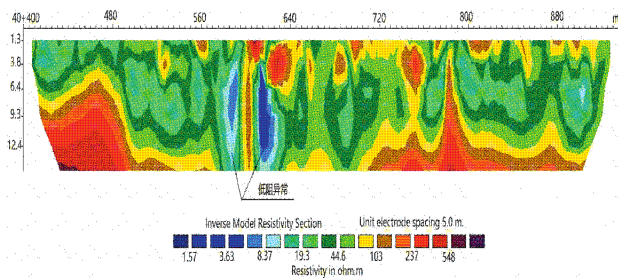


图4 桩号40+400~40+935段高密度电阻率成像剖面图

图4为桩号40+400~40+935段高密度电阻率成像剖面图。从图像上看,大部分区域为绿色色块,根据电阻率值的对应关系可以看出,此区域的电阻率值为15~80 $\Omega \cdot m$,属于堤身壤土的正常反映,相对较均匀。在桩号40+580~40+595段、40+610~40+630段,深度4.0 m以下存在低阻异

常区域,分析认为此两段堤基含水量较大,存在渗漏通道。

2.4 综合探测结果分析

通过对沂河右岸堤防堤身的探测,得出如下结论:

1) 地质雷达探测方法检测结果分析认为在桩号37+320~37+350段、37+600~37+660段,深度1.5~3.0 m处存在轻微的雷达波反射异常,分析认为堤身回填土料粗颗粒含量较高。

2) 高密度电阻率方法检测结果分析认为在桩号40+580~40+595段、40+610~40+630段,深度4.0 m以下,存在低阻异常区域,分析认为此两段堤身含水量较大,存在渗漏通道。

3 结 语

地质雷达、高密度电法在堤防隐患检测过程中各具优势,地质雷达比较适合较浅层的精细探测,高密度电法擅长深层的宏观分析,二者的有机结合可高效精准实现对堤防从浅到深、从点到面的全面检测,是保障堤防安全运行的比较重要的技术手段。本次检测发挥了这两种物探技术各自的优点,成功发现了该堤身内部存在的多条裂缝和一处较大的空洞,查明了堤身渗漏分布范围和深度,为后续主管部门针对性制定堤身除险加固方案提供了科学依据,有效消除了堤防的安全隐患,保障了堤防的安全运行。

随着堤防服役年限的延长,及时对隐患进行处理,确保堤防的安全运行是非常重要的工程任务。地质雷达法和高密度电阻率检测技术,作为无损检测手段,具有高效快捷、直观、准确、分辨率高、受场地条件约束少等特点,相信在不久的将来,这两项检测技术将在提高堤防安全领域发挥更大的作用,为水利事业的发展提供更加有力的支撑。

参考文献

- [1] 高士佩,徐毅,赵钢,等.基于探地雷达隐患检测的堤防渗流数值模拟[J].人民长江,2017,48(S1):152-155.
- [2] 杨兆鹏,刘虎,黄玉恒.黄河山东段堤防工程无损检测技术集成应用[J].长江工程职业技术学院学报,2026,43(1):23-26.

(责任编辑 赵其芬)