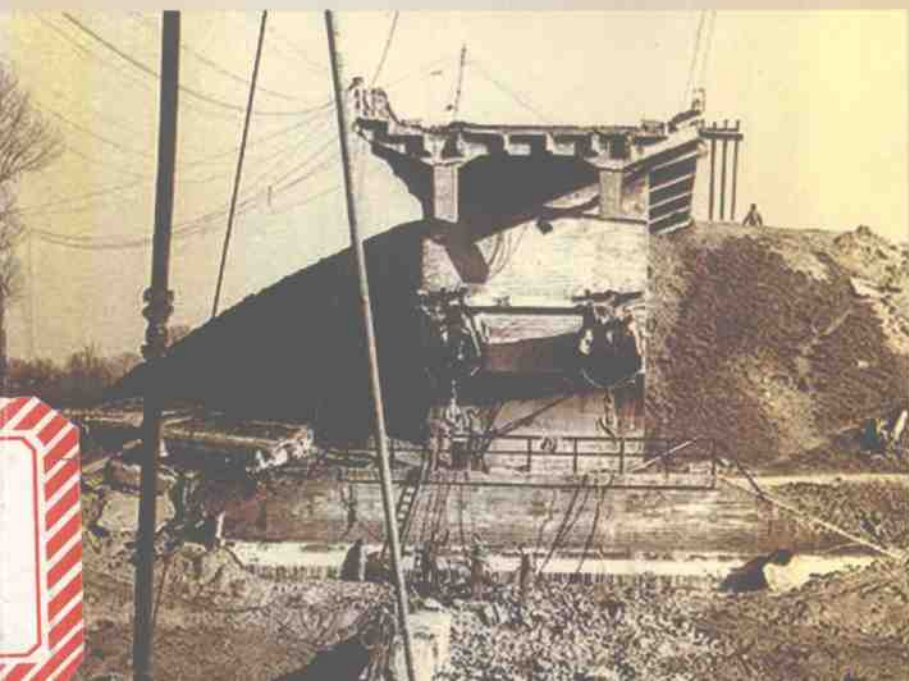


FANGZAIJIANZAIGONGCHENGLILUNYUSHIJIAN



防灾减灾工程理论与实践

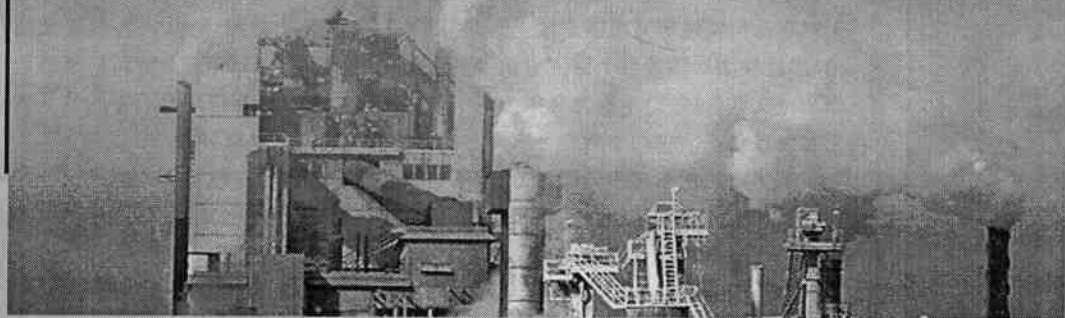
何继善 主编



中南大学出版社

X4-53
HJS

FANGZAIJIANZAIGONGCHENGLILUNYUSHIJIAN



防灾减灾工程理论与实践

何继善 主编



中南大学出版社

防灾减灾工程理论与实践

何继普 主编

责任编辑 秦瑞卿

责任校对 向朝晖

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8829482

电子邮件:csucbs@public.cs.hn.cn

经 销 湖南省新华书店

印 装 湖南大学印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 14.25 字数 348千字

版次 2001年6月第1版 2001年6月第1次印刷

印数 001-500

书号 ISBN 7-81061-393-6/X·002

定价 35.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内 容 提 要

本书是反映国家级重点学科建设成果的一部论文集。书中收集了防灾减灾工程理论与实践研究所涵盖的工程地球物理、工程无损检测、地质灾害预警及防治、工程加固处理等各个研究方向及相关研究领域的新技术、新方法和新仪器的学术论文共 50 篇。本论文集集中展示了防灾减灾工程研究领域所取得的最新成果和发展动态。它的出版发行将有力地推动防灾减灾工程研究的全面发展。

本书可供从事工程地质、工程地球物理、道路桥梁、土木建筑等领域研究的科研院所研究人员和工程技术人员参考,也可作为高等院校有关专业研究生和高年级本科生的参考用书。

《防灾减灾工程理论与实践》

编委会名单

主 任	何继善	院士
委 员	戴塔根	汤井田
	吕绍林	张可能
	胡祥昭	曹 平
	曹 阳	

目 录

工程地球物理

高密度电阻率法在堤坝隐患探测中的应用	白宜诚	肖建平	戴亦军(1)
地质雷达探测堤坝隐患试验研究	杨天春	吕绍林	戴前伟 杨建广(4)
江西某水库渗漏检测多方法对比研究	鲁光银	刘柳奇	邹声杰(8)
依靠科技进步,勘察路基“病害”			蒋仕民(11)
地基基础稳定性评价的综合物探方法	戴前伟	吕绍林	杨天春(15)
物探在高速公路采空区路段的探测			张宗岭(19)
平果铝厂岩溶勘察研究与分析			阳跃进(23)
雷达检测高速公路路面厚度研究	吕绍林	戴前伟	杨天春(29)
探地雷达在公路无损检测方面的应用前景	杨天春	吕绍林	戴前伟 伍永贵(33)
采用高新技术进行道路工程无损检测			郑京杰(36)
三峡工程混凝土质量的快速无损检测	杨天春	吕绍林	许煜东 王润福(39)
地下管线探测电磁场异常特征的理论与实践	张宗岭		张效良(45)
Sommerfeld-Fourier 积分索源			鲍力知(50)
MATLAB 下雷达记录的合成及信号处理	杨天春	吕绍林	朱自强 杨建广(54)
多次波问题的探讨		丁科	宋守根(58)
分布集中式数据采集系统的原理及应用	杨建广	吕绍林	(63)
线性 Radon 域内的反射系数	张建贵	李彩文	范成亮(69)
五频激电仪	浦慧如	崔益安	杜华坤(73)

地质灾害预警及防治

洞庭湖水系地质环境与防洪初析	戴塔根	赖健清(76)
地震的超压流体触发机制及其地球化学预测	刘亮明	彭省临 戴塔根(79)
引起露天采场岩体边坡滑塌的因素及其稳定性的浅析		李石锦(85)
长沙仪器厂滑坡的成因分析与防治措施	邹海洋	戴塔根(89)
耒宜高速公路郴州互通滑坡稳定性评价及治理方案	张可能	聂士诚 胡惠华 李键(93)
京珠南高速公路某边坡风化岩体强度特性分析	黄树华	王高才 奚小双(98)
某蠕动变形边坡稳定性评价与治理		陈铭华(102)

最优化方法求解分层土边坡的最小安全系数·····	沈 强	李建中	张曾荣(107)
张清公路边坡稳定性有限元分析·····		周建普	(111)
泥岩形成环境与其填筑路基工程性质的关系·····	刘柳奇	董泽福	朱自强(116)
岩溶地区空洞地基稳定性分析评价方法·····	周建普	李献民	张可能 程知言(120)
洞庭湖区全新世活动断裂对堤坝稳定性的影响·····		李晓斌	易波琳(128)
基于 GIS 的湖南地质灾害的模糊数学分区·····	朱自强	许和炎	鲁光银(136)
从防灾的角度看平顶山市铁矿尾矿资源开发·····	杨群周	戴塔根	彭省临(140)
坚硬岩石的松弛特性·····		王文星	潘长良(144)
两种材料单轴压缩下声发射对比初步研究·····	祝方才	潘长良	曹 平 谢学斌(148)
岩石贮存弹性变形能的能力与破坏方式的关系·····		王文星	潘长良(152)
矿山岩爆成因的研究·····		唐宝庆	曹 平(157)
矿山洞室发生岩爆的临界深度的初探·····		唐宝庆	曹 平(160)
深井矿床开采岩爆控制原则的探讨·····	唐礼忠	潘长良	谢学斌(163)
利用岩爆倾向性的岩爆监测网布置方法·····	唐礼忠	潘长良	王文星(167)

工程加固处理

粘土固化注浆在矿山污水库坝基防渗中的应用·····			
·····	张可能	陈永贵 李建中 魏中超	马成刚(172)
江西某铜矿污水坝防渗帷幕施工技术·····	张可能	宁文彬	马成刚 潘铮(177)
岩溶地区地基处理方法综述·····	张可能	李献民 周建普	程知言(182)
永连公路 K22 处整体滑坡带病害整治·····			胡富贵(189)
喷锚网在地铁车站基坑支护中的应用前景·····	董书赞	曹 平 万 文	付海波(193)
喷锚网与土钉墙联合支护·····		万 文 曹 平	董书赞(197)
混凝土工程施工中常见质量问题及控制措施·····		彭振斌	胡二中(201)
喷射混凝土在分水岭隧道中的应用·····			胡二中(204)
松散人工填土强夯加固实例研究·····			黄昌恒(208)
土的长期强度的计算·····		李建中	张可能(215)
预应力锚索在加固风化岩体边坡中的应用·····	王高才	黄树华 奚小双	王 晷(218)

工程地球物理

高密度电阻率法在堤坝隐患探测中的应用

白宜诚 肖建平

(中南大学地球物理勘察新技术研究所,长沙,410083)

戴亦军

(湖南省水利水电科学研究所,长沙,410007)

【摘要】 近几年来发展较为迅速的高密度电阻率法,是一种成本低、效率高、信息丰富、解释方便可靠的阵列勘探方法。该方法应用于堤坝隐患探测,可快速、准确地诊断隐患存在的位置、规模,为彻底治理病险堤段提供科学依据。

【关键词】 高密度电阻率法 堤坝隐患

20世纪90年代末,我国部分大河大江发生了全流域性洪涝灾害,决堤溃垸给人民生命财产造成了巨大损失。而且我国水库、大坝众多,其中部分已年久失修。因此,研究如何根除堤坝隐患,保证人们正常的生产生活具有重要意义。目前,高密度电阻率法被广泛地应用于堤坝隐患的探测,大大减小了堤坝加固工作的盲目性。

1 高密度电阻率法基本原理

高密度电阻率法的基本原理与传统电阻率法完全相同,是以岩土体的导电性差异为基础的一类电探方法,研究在施加电场的作用下地中传导电流的分布规律。求解简单地电条件的电场分布时,可根据给定的边界条件求解以下方程:

$$\nabla^2 U = -\frac{1}{\sigma} \delta(x-x_0) \delta(y-y_0) \delta(z-z_0)$$

式中 x_0, y_0, z_0 为原点坐标, x, y, z 为场点坐标,当 $x \neq x_0, y \neq y_0, z \neq z_0$ 时,即当只考虑无源空间时,上式变为拉普拉斯方程:

$$\nabla^2 U = 0$$

关键问题是要寻找一个和该方程所描述的物理过程诸因素有关的场函数。由于坐标的限制,解析法能够计算的地电模型是非常有限的。因此,在研究复杂地电模型的电场分布时,主要是采用各种数值模拟方法。对于二维地电模型,可采用点源二维有限元方法;对于三维地电模型,可采用面积分方程法。

2 探测堤坝隐患的地球物理前提及高密度电阻率法的系统结构

一般情况下,堤坝是分层填筑夯实而成,介质导电性在正常情况下呈层状分布,但堤坝中存在渗漏隐患时,其层状分布规律将会改变而产生歧变。如果堤坝中某处存在管涌、散渗或其

他渗漏现象, 渗漏水流逐步带走了渗漏通道中较细的颗粒, 使得隐患处介质含水空间增大, 其导电性提高, 造成其与周围介质的视电阻率形成较大差异, 从而形成低阻异常; 如果堤坝中存在着蚁穴、裂缝等则会形成高阻异常。隐患处的电性差异是高密度电阻率法探测堤坝隐患的地球物理前提。

高密度电阻率法勘探系统一般是由两部分组成, 即野外数据采集系统和资料的实时处理系统。野外数据采集系统包括电极系、程控式转换开关和微机工程电测仪。现场测量时, 只需将全部电极一次性布设在一定间隔的测点上, 然后用多芯电缆将其连接到程控式转换开关, 测量信号由程控转换开关送入到微机工程电测仪的 RAM 中保存。目前国内的仪器一般都是按分离方式设计的, 还不能真正达到实时处理的要求。通常是将微机工程电测仪中的数据导入 PC 机, 用专门的软件处理数据。仪器厂商都提供自己的反演成像软件, 也可使用如 Surfer、Graph 等软件成图, 达到反演的目的。

3 高密度电阻率法探测堤坝隐患的应用实例

洞庭湖“二期”治理过程中, 湖南省水利水电科学研究所广泛采用高密度电阻率法进行堤防普查, 野外数据采集基本上是使用 DUK-1 型的高密度电阻法测量系统。原始数据经过预处理后, 采用 Surfer 勾绘拟断面图, 结合地质钻孔资料, 从而推断出隐患的位置、规模, 取得了较好的地质效果, 为堤防加固工作提供了大量依据。

3.1 湖南省湘阴县湘滨垸某堤段探测成果及资料解释

该垸位于南洞庭湖南岸, 堤垸属河湖相冲积淤积平原, 地表除人工填土外, 主要为第四系全新统河湖相地层, 局部低洼处为第四系中更新统地层。上部堤身为人工填土, 岩性为灰黄色灰色粉质粘土, 其上部含水相对较少。堤身以下以灰黑色粉质粘土为主, 局部有粉细砂层。堤基为砂卵石层, 粉细砂含量高, 具有强透水性。通过测量, 查出了该垸一线防洪大堤多处存在严重隐患, 并采取了相应加固措施。图 1 为蛟塘注至易婆潭段探测结果, 从拟断面图上可以看出, 7+150 m ~ 7+250 m 段等值线基本平行, 而在 7+280 ~ 7+410 m 段等值线发生歧变。经验证, 7+150 m ~ 7+250 m 段堤基为粉质粘土, 局部粉砂含量较高, 堤基较为坚固, 而 7+280 ~ 7+410 m 段堤基由砂质粘土组成, 局部含砂砾石, 散浸严重, 1996 年高洪水位时该堤段就面临溃堤的危险。

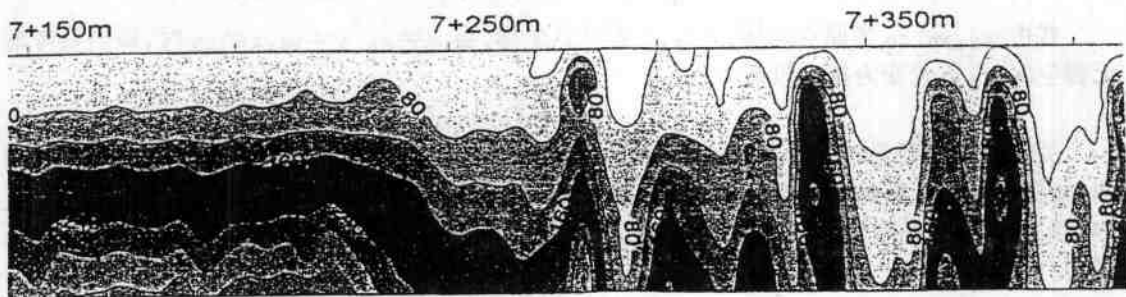


图 1 ρ_s 拟断面图

3.2 湖南省益阳市民主垸某堤段探测成果及资料解释

40 年代, 该垸芷湖口镇曾出现溃堤, 洞庭湖一期工程完成以后, 垸内大部分堤段防洪能力

有所提高,但在1999年7月23日中洲段大堤因堤脚出现大管涌群而溃决,溃口宽度248m,深15.8~25.4m。堵口合龙后,用高密度电阻率法对溃口周围堤段进行探查,该堤段58+600m附近断面等值线图中存在许多闭合圈,推测该堤段堤基不密实,为强渗漏带,如图2所示。

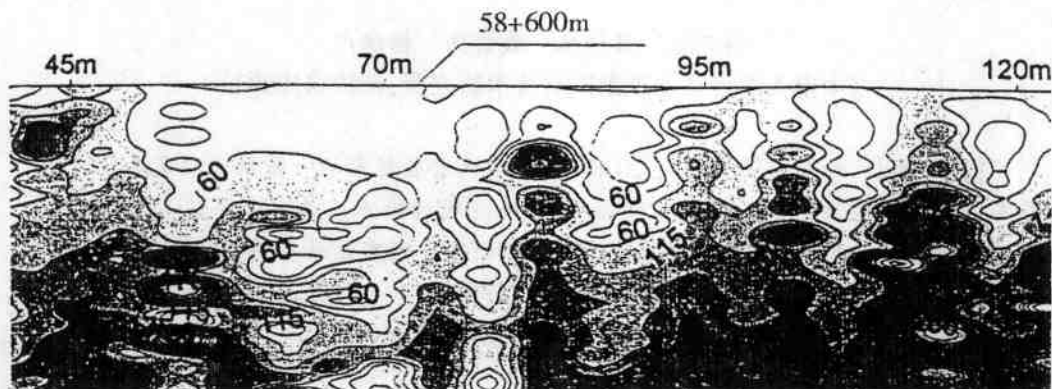


图2 ρ_s 等值线断面图

4 结论与建议

堤坝隐患探测的方法很多,高密度电阻率法相对于常规电法勘探法各有其利弊,不可能完全取代其他方法进行堤坝隐患探测,否则可能会造成对隐患的漏判或误判,达不到预期的效果。只有从实际情况出发,选择适当的仪器和方法,条件允许时可以多种探测方法同时使用,相互验证,效果会更为理想。

相对于常规电阻率法而言,它具有以下特点:电极布设一次完成,不仅减少了因电极设置而引起的故障和干扰,而且为野外数据的快速和自动测量奠定基础;野外采集数据实现了自动化或半自动化,不仅采集速度快(大约每一测量需要2~5s),而且避免了由于手工操作所出现的错误;能进行多种电极排列方式的扫描测量,可获得较为丰富的关于地电断面特征的地质信息。

目前,高密度电阻率法也存在许多不足之处:高密度电阻率法测量系统还不能实时处理所测数据,致使其不能满足及时诊断隐患的需要,通常只能作为堤防普查的手段,但随着现代电子技术的迅猛发展,要使仪器具有实时处理数据的能力并不难解决;高密度电阻率法以介质的视电阻率作为研究对象,就堤坝本身而言,坝体各介质视电阻率差异并不明显,而且易受各种因素的干扰,为了提高异常的分辨能力,采用 K 反射系数法处理原始数据再反演成图可能会取得更好的效果。

堤坝综合治理是一项长期而艰巨的任务,高密度电阻率法只有在实践中不断完善,才能在堤坝隐患探测中发挥更大的作用。

参 考 文 献

- [1] 王兴泰:高密度电阻率法及其应用技术,长春地质学院学报,1991,21(3).

地质雷达探测堤坝隐患试验研究

杨天春 吕绍林 戴前伟 杨建广

(中南大学地球物理勘察新技术研究所,长沙,410083)

【摘要】 地质雷达方法是 20 世纪 70 年代发展起来的一种用于确定地下介质分布的广谱电磁法,它具有经济、无损、快速而直观的特点。作者采用从美国进口的地质雷达系统,对堤坝隐患进行了试验性探测研究。研究表明,在一定条件下采用高分辨地质雷达进行堤坝隐患的探测是可行的。

【关键词】 地质雷达 雷达波 溶洞 堤坝

1 方法原理及仪器

地质雷达法是 20 世纪 70 年代发展起来的一种用于确定地下介质分布的广谱电磁法,它系统地、高度地集中了现代高新技术领域的最新成就。地质雷达法以其经济、无损、快速而直观的特点成为浅部地球物理勘察中最主要的工具之一。

地质雷达方法是利用高频电磁波,以脉冲形式通过发射天线定向地送入地下的。雷达波在地下介质中传播时,若遇到存在电性差异的地下目标体(如空洞、渗透通道、薄弱带和不密实条带等堤坝隐患,或其他不连续界面等),电磁波便发生反射,返回到地面并由接收天线所接收。在对接收天线接收到的雷达波进行处理和分析的基础上,根据接收天线接收到的雷达波波形、强度、双程走时等参数便可推断地下目标体的空间位置、结构、电性及几何形态,从而达到对地下隐蔽目标物的探测(见图 1)。

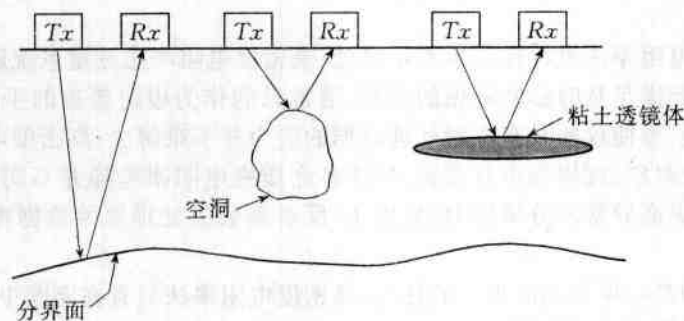


图 1 地质雷达探测地下空洞等目标物示意图

地质雷达法从问世至今已在地基基岩面探测、岩溶地面沉陷、地下洞穴等工程地质调查中得到了广泛的应用。在此次试验中,将堤坝隐患作为探测的目标物,它与其周围的岩土具有明显不同的介电性质。空洞和薄弱带若保存完好且未被地下水充盈时,会表现为高阻特征;被地下水充填则表现为低阻特征。当空洞坍塌后,在洞内形成的破碎、松散的堆积物,与围岩的导

电和介电性同样具有差异,也具有利用雷达进行识别的物理基础。

采用美国进口的地质雷达系统,针对目标物的特点采用低频组合天线进行探测,天线频率分别为 16 MHz、20 MHz、35 MHz、40 MHz、100 MHz。在资料处理中采用中南大学地球物理勘察新技术研究所自主开发的高分辨探地雷达解释软件进行分析研究。

2 探测技术及工作方法

首先,对测量区域附近的工程地质环境进行实地考察,对测区雷达波传播的技术条件进行了全面的分析,并对利用地质雷达探测该区段渗漏通道(主要为溶洞)的可行性进行了研究,提出了适合测量区段实际情况的测量剖面线布置方案。然后,在测量区段进行了雷达探测的条件实验,根据探测目标物的分布范围、分布深度和空间体积大小,确定了该区段探测时的雷达技术参数,为保证探测工作高效有序地进行奠定了工作基础。按照实际情况,共布置 5 条地质雷达观测剖面,它们分别位于坝基、坝腰和坝底。

3 探测结果解释

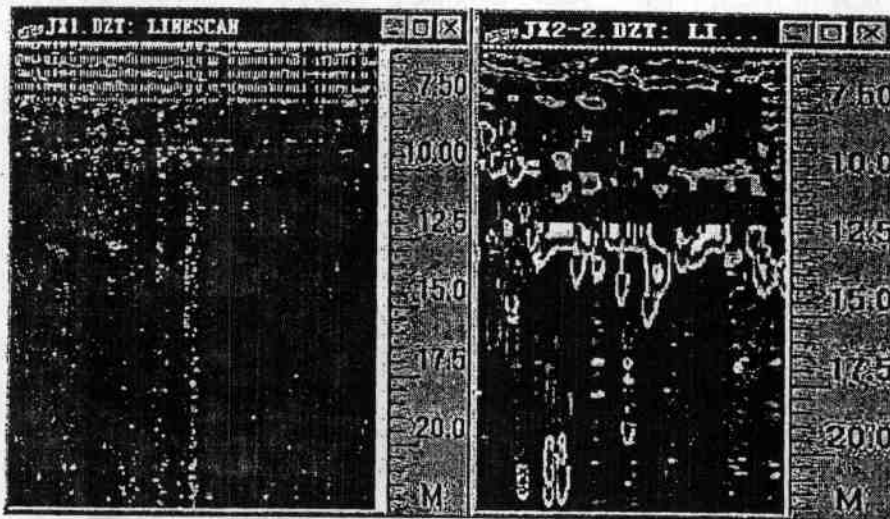


图 2 坝基测线雷达探测结果

3.1 坝基测线探测结果

图 2 中,左图是采用 100 MHz 天线探测的结果,右图是用 40 MHz 天线探测的结果。左图中从南向北方向距 1 号定位点($x = 3103369.78, y = 20281447.49$)分别为 20~29 m、40~44 m、63.5~79 m、98.5~106.5 m 的位置为渗漏通道,深度为 10 m 左右。右图中从南向北方向距 2 号定位点($x = 3103431.83, y = 20281466.46$)分别为 13~26.5 m、37.5~42.5 m、48.5~56 m、62.5~67 m 的位置为渗漏通道,深度为 10~15 m。

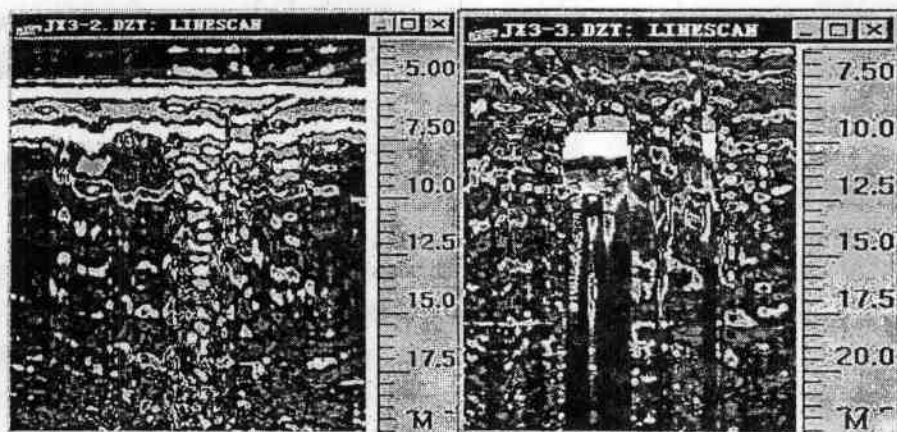


图3 坝腰测线雷达探测结果(35 MHz)

3.2 坝腰测线探测结果

图3中,左图从南向北方向距3号定位点($x=3103412.95, y=20281441.14$)为20 m处为已知涵管。深度为10 m左右。右图中从北向南方向距3号定位点26~43 m处为不密实部位。

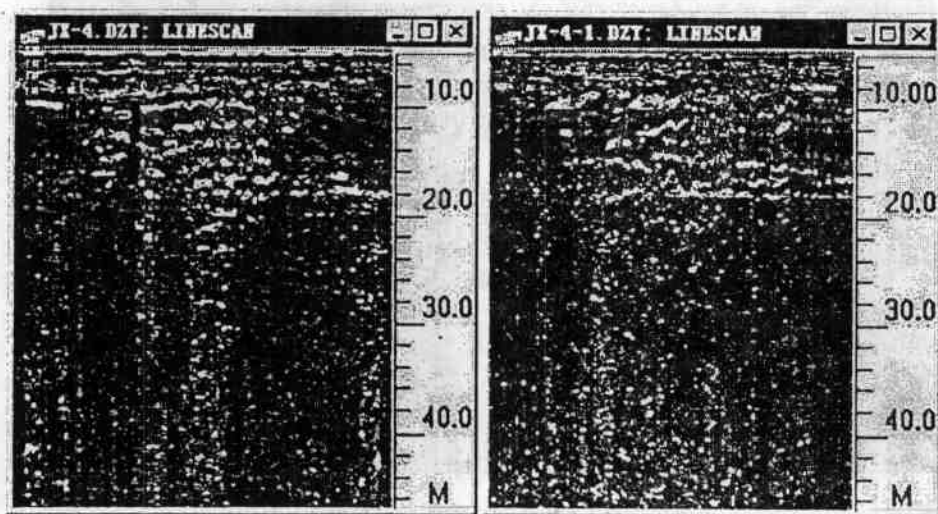


图4 坝顶测线雷达探测结果(16 MHz)

3.3 坝顶测线探测结果

从图4可知,坝顶深度太大,图像分辨困难,因而难以从所测得的结果中得出可靠的结论。

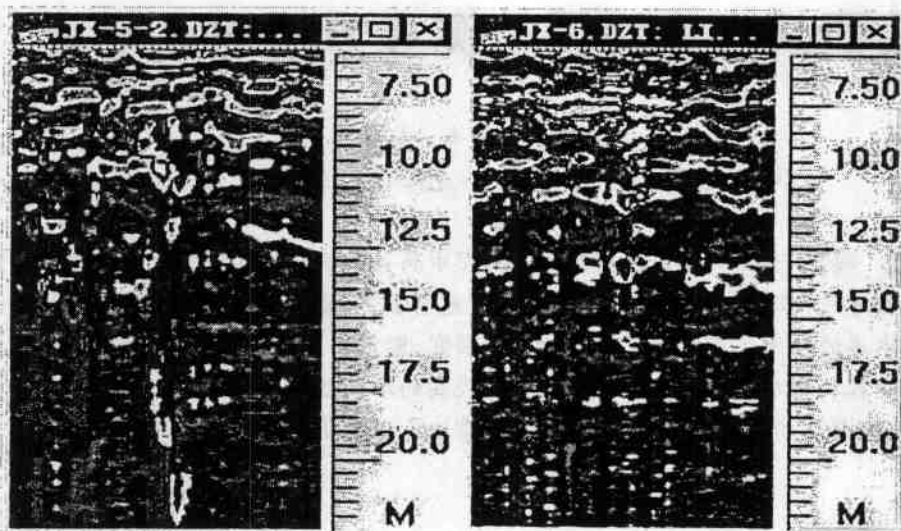


图5 溶洞附近测线雷达探测结果(35 MHz)

3.4 已知溶洞附近测线探测结果

图5中,左图的起始点和终点坐标分别为 $(x = 3103481.11, y = 20281375.74)$ 、 $(x = 3103497.72, y = 20281380.39)$,为已知溶洞附近的图像,从图中可以明显看出溶洞坍塌。右图的起始点和终点坐标分别为 $(x = 3103476.77, y = 20281392.97)$ 、 $(x = 3103497.40, y = 20281400.65)$,图中溶洞塌陷也明显可见。

4 初步结论

1. 试验结果表明,采用高分辨地质雷达进行堤坝浅部隐患探测是可行的。由于堤坝地球物理条件复杂、粘土质含水,对雷达波的传播影响较大,况且受堤坝结构和外形的限制,探测工作无法施展,探测结果仅供参考。

2. 探测工作只对水平位置进行了控制测量,由于缺乏钻孔资料,无法精确确定隐患的深度,因此深度结果仅供参考。

3. 建议开展进一步的深入研究工作,总结出一套可靠的、确实可行的地质雷达堤坝隐患探测方法。

参 考 文 献

- [1] 吕绍林,戴前伟,陈松柏等:高速公路砼面厚度的高分辨检测,长沙:湖南地球物理论丛,中南大学出版社,1999.12,64~67.
- [2] 吕绍林,戴前伟:高速公路路面厚度的快速无损检测研究,1999年中国地球物理学会会刊,合肥:安徽科学技术出版社,1999.10.
- [3] 赵竹占等:探地雷达在岷江外海防浪堤工程质量检测中的应用,工程勘察,1997(1):384~392.

江西某水库渗漏检测多方法对比研究

鲁光银 刘柳奇 邹声杰

(中南大学资源环境与建筑工程学院, 长沙, 410083)

【摘要】 水库的渗漏检测是工程物探中的一个重要的课题。本文在分析某水库的具体地质情况及物性前提的基础上,对充电法、地质雷达及流场法等多种物探方法在该水库的应用成果进行了详细的对比研究,圈定出其渗漏部位及渗漏通道,后期的钻探工程和堵水工程证实了流场法具有较高的准确性。

【关键词】 渗漏检测 充电法 地质雷达 流场法 对比研究

1 地质概况

水库大坝处地层有第四系残坡、洪冲积土层,二叠系茅口组地层等,坝体南侧为茅口组下段深灰色厚层状含燧石结核灰岩;北侧为茅口组中段黑色灰质页岩,深灰色薄层状泥质灰岩,上段硅质泥岩、泥灰岩夹灰岩透镜体。地层走向近东西,倾向南,倾角 $43^{\circ} \sim 54^{\circ}$ 。该水库位于蒙山复式向斜中的北东—南西向褶皱断裂主构造中,水库大坝南北两侧各有一近东西向、由南向北逆冲的互相平行的逆断层存在。二叠系栖霞组下部地层逆冲于茅口组灰岩之上,倾角 $28^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。下盘茅口组灰岩中可见透镜状分布的破碎角砾碎粒岩,其宽约 20 m,断裂受后期北北东向构造切割扭曲,节理裂隙非常发育。

由于坝体处于灰岩地层,受构造的影响,节理裂隙发育,因而岩溶发育,使得大坝附近水文、工程地质条件很复杂。该水库大坝近南北向分布,大坝长约 200 m,高约 22 m,坝顶宽约 7 m,土石结构,两侧为片石护坡。

2 方法对比分析

2.1 充电法探测

充电法是人工电法的一种,应用较为广泛。在水库堤坝隐患探测过程中,由于渗漏通道相对周围介质一般具有良好的导电性,因此,我们可以采用充电法追索渗漏通道。

在探测过程中,根据水库的地形地貌等实际情况,我们在水库的坝体上布置了 6 条测线,局部地区还进行了测线

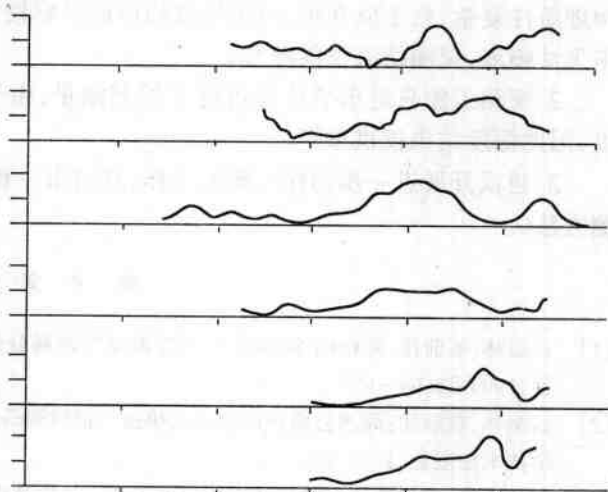


图 1 电位梯度平面剖面图

加密。据测量的结果,绘制出实测电位梯度的平面剖面图(见图1)。从图1分析,可推断出该水库具有两条较为明显的渗漏通道。

2.2 探地雷达法探测

地质雷达法是20世纪70年代发展起来的一种用于确定地下介质分布的广谱电磁法,它以其经济、无损、快速而直观的特点,成为浅部地球物理勘察的最主要的工具之一。

在实际工作之前,我们选择了该水库一已知溶洞(库内已部分塌陷)进行实验,根据探测目标物的分布范围、大致分布深度和空间体积大小,本次探测我们采用低频组合天线,中心频率分别为16 MHz、20 MHz、35 MHz、40 MHz、100 MHz。

根据水库实际情况,在坝基、坝腰和坝底分别布置了地质雷达观测剖面。在坝基剖面探测到距1号定位点($x = 3103369.78, y = 20281447.49$)分别为20~29 m、40~44 m、63.5~79 m、98.5~106.5 m的位置为渗漏通道,深度为10 m左右;距2号定位点($x = 3103431.83, y = 20281466.46$)分别为13~26.5 m、37.5~42.5 m、48.5~56 m、62.5~67 m的位置为渗漏通道,深度大约为10~15 m左右。在坝腰剖面探测到3号定位点($x = 3103412.95, y = 20281441.14$)为20 m处为已知涵管,深度约为10 m;距3号定位点($x = 3103412.95, y = 20281441.14$)26~43 m为不密实部位。在坝顶剖面,由于深度太大,图像分辨困难,探测结果不甚明显。

通过对坝顶、坝基、坝腰的探测结果的分析,可以推断出该水库的溶洞及渗漏通道与充电法结果基本相似。但是,采用地质雷达探测时,坝顶的探测结果不如坝腰、坝基的结果明显。

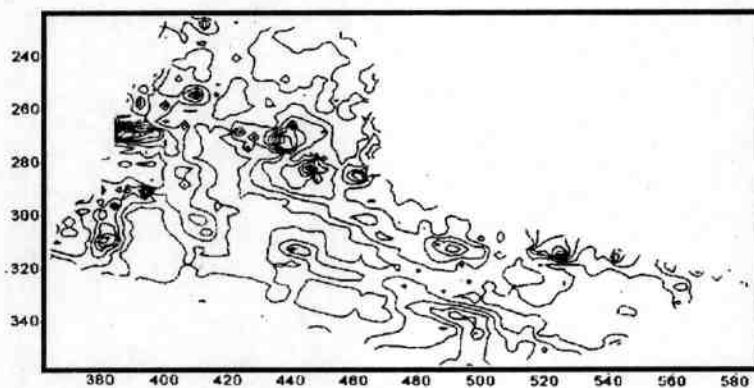


图2 流场法等值线图(单位:m)

2.3 流场法探测

江、河、库、湖中水流的正常分布有其自身的规律。除了山泉等有补给和侧向渗流等之外,水库中的水整体上是静止的。在正常情况下,即没有渗、漏情况下,流场为正常场。然而一旦出现管涌、渗漏,就出现了一些异常情况。“流场法”水库查漏就是基于以上物理事实,在坝下游的出水点处和库水中发送一种人工信号——“伪随机波形电流”去强化异常流场的分布从而测出其异常范围。

结合该水库地形、地质特点,物探测线布置如下:大坝上布置剖面10条,点距2 m;库内布

置剖面20条,线距5 m,点距2 m。通过探测,绘制出库内流场等值线示意图(见图2)。从图2可以发现水库内存在下面4处较为明显的渗漏异常:(390,270),(380,310),(440,280),(500,340)。

3 结 论

通过对该水库所进行的多种探测方法的对比研究及其结果的相互验证,最终准确无误地圈定出该水库的渗漏部位及渗漏通道,为后期的治理工作提供了可靠的依据;考虑各方法的具体应用条件,可得出以下几点结论:

- (1) 充电法设备简单、操作方便,可以较为准确地追索堤坝的漏水通道,但是充电法需要一定面积的工作量。如果工作面积较小,漏水通道充电电位或梯度异常变化规律难以显现出来。
- (2) 地质雷达法可以快速查明堤坝中的多种隐患(如溶洞、漏水通道等)的位置及规模,但隐患埋藏较深或规模较小时,其效果不太理想。
- (3) 流场法工作效率较高,定位准确,特别在查寻渗漏通道的入水口时具有较为明显的优势。



依靠科技进步,勘察路基“病害”

蒋仕民

(湖南省永州市永连公路开发有限公司,永州,425000)

【摘要】 地下空洞等路基“病害”是引起道路失稳破坏的重要隐患。本文在研究测区地质地球物理条件的基础上,采用先进的地球物理技术(浅层地震法、双频激电法和地质雷达法)对岩溶地区公路工程地下空洞进行了综合勘察,探测结果可为路基病害的评价与处治提供科学依据。

【关键词】 路基病害 地下空洞 地球物理方法 勘察 永连公路

道路是我国国民经济建设中十分重要的基础设施,其工程质量直接关系到国家财产损失和人民生命安全。地下空洞等不良地质现象(或称路基“病害”)的存在常使路基失稳,造成路基、路面、桥梁、涵洞等构筑物的破坏,对公路工程危害极大,是道路毁坏事故的重要隐患。永连公路(湘境段)ⅡA5标段K57+500至K62+500为典型的碳酸盐岩溶地貌,发育有各种岩溶地貌单元,主要包括孤峰、溶蚀洼地、溶蚀漏斗和地下暗河等。据现场初步考察,地表发现多处大、中、小型的溶洞,其中出露最大规模的溶洞延伸超过5 km。地下空洞是地质历史演变的产物,大部分空洞由于地表风化岩土层的覆盖而隐蔽在地下深处,地表无法及时发现。永连公路(湘境段)工期短、工程地质和地形条件复杂,因在道路选址调查阶段工程勘察工作深度不够,故缺乏可供道路施工参考的技术资料。如道路工程范围内地下空洞分布规律不清、处治措施不力,不仅会造成工程投资浪费,而且直接影响到工程施工进度及工程质量。我们与中南大学合作成立了永连公路路基病害勘察项目组,采用目前国际上先进的浅层地震法、双频激电法和中高频地质雷达法等多种方法,经相互验证、综合解释,对该路段进行了工程地质地球物理勘察,进而评价了路基不良地质体的稳定性以及对道路质量的影响程度。

1 测区条件及采用的方法技术

1.1 测区地质地球物理条件

测区范围内为低山地形,公路中轴线通过地段为农田或山腰、山脚,地形起伏较大。区内分布的地层有第四系堆积物,基岩主要为石灰岩,局部地段为石英砂岩。测线经过处岩溶、暗河发育,并见有少量的断裂构造。根据现场调查和地球物理条件试验获得测区内岩性介质的物性参数见表1。

测区范围地层岩石之间地球物理条件的差异为我们采用地球物理方法进行探测提供了物理前提。