



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

郭秀军¹, 张晓培², 牛建军²

(1. 青岛海洋大学, 山东 青岛 266003; 2. 长春科技大学工程技术研究所, 吉林 长春 130026)

摘要: 本文通过介绍分布式高密度电测系统的特点、电路构成方式及数据采集的实现方式, 说明了其相对于集中式高密度电阻率仪的先进性。并通过实例说明了它在堤坝裂缝、堤坝埋设物调查中所取得的良好效果。文中还特别提到了利用分布式高密度探测系统进行堤坝隐患探测所应注意的问题。

关键词: 分布式; 堤坝隐患探测; 应用效果

中图分类号: P631.13⁺22

文献标识码: B

Abstract: The advanced properties of distributing high density resistivity survey system are expounded herein by introducing the features of that system, circuit composition and mode of data collection. The satisfactory results achieved in exploring dam cracks and burying objects by using that system are also stated. Problems which should be taken care of when the said survey system is used are also mentioned.

Key words: distributing; to explore hidden disaster of dam; application effect

高密度电阻率法是近年来才发展起来的新型阵列勘探方法, 由于其具有采集数据便捷、数据采集量大、信息丰富、成图直观的特点, 在岩土环境工程、资源调查、考古、道路交通和水利建设方面受到越来越广泛的应用。在堤坝隐患探测应用方面, 1999年经国家防总堤坝隐患探测专家组的测评, 认定高密度电阻率法是堤坝隐患探测的主要有效方法之一。但同时对应用于堤坝隐患探测中的高密度电测系统提出了更高的要求: 仪器轻便、野外操作简单、数据采集更加迅速、数据采集精度高和具有实时数据处理功能。针对这种特殊需求, 长春科技大学工程技术研究所研制生产了具有国际水平的分布式电阻率探测系统, 并在一些堤坝隐患探测的实际应用中取得了良好的效果。

1 分布式高密度电测系统的实现

高密度电测仪器发展到今天, 传统的集中式电阻率仪正在逐步被分布式电阻率仪所代替。不同类型高密度电阻率测量系统的电测装置大同小异, 通常有供电模块、测量模块、控制、显示和存储传输模块组成。控制模块有所差别, 而电极转换的实现装置却完全不同, 这就是集中式仪器和分布式仪器的区别所在。

分布式电测系统就是以智能电缆来代替传统集中式电测仪的笨重电极转换箱和连接电缆, 使数据采集装置更加轻便。图1为E60型分布式高密度电测系统的系统原理图。从图中可以看到分布式高密度电测系统由以下四部分构成。

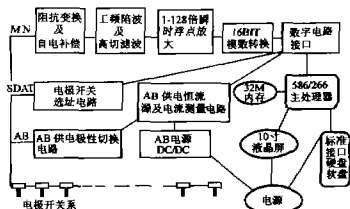


图1 E60型高密度电测系统原理

供电模块: 由电测仪的供电极性切换电路、供电控制、电流信号采样、隔离放大、滤波等线路组成。完成向供电电极发送正负相间的方波及采集供电网络电流信号的任务。

测量模块: 由电测仪的前置输入陷波、前置放

收稿日期: 2000-10-14; 修订日期: 2001-02-15

作者简介: 郭秀军 (1972-), 男 (汉族), 山东莱芜人, 硕士, 讲师。



大、低通滤波、自电自动跟踪补偿、浮点放大、采样保持及模数转换电路组成；完成信号滤波、自电跟踪、信号放大、数字量化等过程。

控制、显示和存储模块由 CPU、监控程序存储器、野外数据存储单元、数据串口通讯器、键盘和 LCD 显示器组成。执行输入参数的接受、测量方法的判别、测量过程各种动作的时序状态控制、测量数据的存储、显示、传输等任务。

智能电极开关系（电缆）是装选址电路的传输和控制电缆。其中选址电路是由继电器或电子开关、译码器等元器件组成，主要接受控制面板发出的指令，决定 4 个电子开关的闭和状态，从而完成电极通道的选择。选址开关为无固定码开关，野外工作时可以任意更换和连接。传输电缆为双重屏蔽的 9 芯抗拉电缆，其中分别包括供电线、测量线和控制线。

野外数据采集时，只需将电极打入地层，用由电极转换开关和连接电缆组成的智能电缆将电极和采集仪相连便构成了数据采集系统。采集过程完全由采集菜单控制，操作人员只需设定采集参数，仪器便会自动完成电极开关状态检测、电极接地电阻检测、电阻率测定、存储等功能，并可实时显示采集剖面现场进行判定。现场采集布置见图 2。

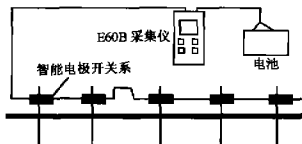


图 2 分布式高密度电阻率法现场采集示意

分布式高密度电阻率采集系统中由于采用了数码控制技术，使全部电极只用一根 9 芯（或其他）电缆线进行连接，抛弃了笨重的电极开关箱和多芯电缆，使野外数据采集工作更加轻便；无固定码选址开关的利用可以任意增减测线长度、进行滚动测量、改变测量装置类型，这些功能的实现便于形成连续的数据剖面并完成一些特殊段的测量；多重屏蔽的特制智能电缆彻底分离了供电和测量线路，避免了供电对测量线路的干扰，同时数据采集模块中 22 位的 A/D 转换位数都保证了数据采集的精度。分布式高密度电测系统所具有的这些优点正是堤坝隐患探测所要求的，因此我们认为分布式高密度电阻率测量系统是利用高密度电阻率法进行堤坝隐患

探测时的首选探测设备。

2 分布式高密度电测系统在堤坝隐患探测中的应用实例

从 1998 年分布式高密度电测系统研制开发以来，我们在许多堤坝隐患的探测工作中进行了应用并取得了很好的效果。

2.1 在低阻地区对坝身及坝基裂缝的探测

1999 年 11 月在天津某水库堤坝的一段坝顶、坝基和林台的接触带发现有裂缝出现。为了保证堤坝的安全，需要用无损方法查明裂缝的延伸情况和成因，以便进行加固处理。由于该水库靠海，坝内盛土和坝基土盐碱化严重，背景场电阻率值很低，在 $1 \sim 5 \text{ ohm} \cdot \text{m}$ 左右。为了保证测量精度，使测量结果达到预定效果，我们应选采用 E60 型分布式高密度电测系统对其进行了探测。图 3 为对坝顶横切裂缝的探测的测线布置图。

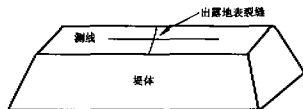


图 3 对坝顶裂缝探测的测线布置

现场采集方式为温纳，电极数为 50，电极间距为 50cm。采集现场在坝顶，测线沿堤坝，在坝顶中心布设和出露坝顶裂缝垂直相交。图 4 为采集所得的视电阻率剖面。

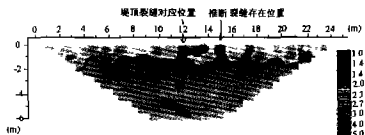


图 4 天津某水库堤坝裂缝调查视电阻率剖面

在视电阻率剖面图上 12m 位置点出现表层高阻带的断开，与出露地表裂缝的位置相对应，推定为裂缝的反映。从图上还可以看到缝的延续深度较浅，大约在 1.5m。裂缝显示低阻异常估计和测试期间该地区降水量较大，坝体为粘性土构筑渗透性较差和裂缝规模较小没有张开有关。为了验证我们的推断，后来在和裂缝相交的探坑内注入白色石灰水，发现石灰水从坝体的两侧溢出，最底部距坝顶 1.5m 左右，从而证实了我们的推断。在探测剖面上，我们还看到在 15m 处存在和出露裂缝点相似的



低阻异常,也推断为有裂缝存在,现已得到验证。

在该库区另一区段的坝基和林台交界处也发现有裸露地表的裂缝出现。为了查明裂缝的延续深度,我们同样采用分布式高密度电测仪进行了探测。测线横切堤体和林台,与裸露地表沿堤体走向分布的裂缝直交。现场采集方式为对称四极装置,电极数为50,电极间距为1m。图5为采集数据经地形校正等数据处理后形成的视电阻率剖面图。

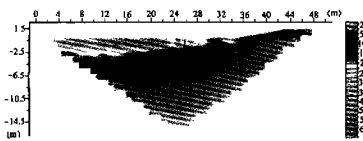


图5 水库坝基裂缝调查视电阻率剖面

从图上可以看到在高阻带的边缘大约31m位置处出现高阻带的断开,和裸露地表的裂缝位置相对应,估计为裂缝的反映;同时还可以从图上看出现低阻裂缝的延续深度较浅大概在1m左右。图中左侧成层分布的高阻带,经查证为(为在林台种植植被)后期在林台上填垫压实的素填土。可以推断在坝基形成的裂缝为后期填土压实层和原状地层间的张性断裂。图6为解释结果图。

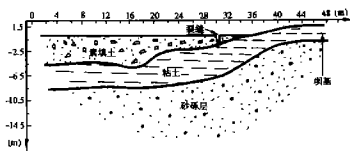


图6 水库坝基裂缝调查解释结果

2.2 在强电干扰区对坝体内埋设物的探测

为验证E60型分布式高密度电测仪对堤坝内埋设物的探测效果。1999年5月,我们在北京市内某池塘的大堤上对堤坝内的涵管进行了探测实验。测试区处在北京市市中心,地电背景场比较复杂,干扰因素较多。现场采集为二极方式,电极数为30,电极间距为1m。图7为采集数据形成的视电阻率剖面图。

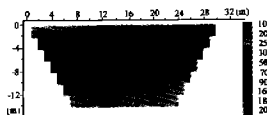


图7 北京某池塘堤内埋设物调查视电阻率剖面

在视电阻率剖面图上,3块红色的高阻团闭区

的位置和裸露水面涵管的位置相对应,为涵管的反映;对于在图的右侧出现红色层状高阻区,在现场没有出露点不能直接验证,后经考证推断为遗留下来的原混凝土桥面;红色高阻区下方的兰色低阻条带为由于堤内埋设物和堤体土接触不好形成的渗水带。探测结果见图8。



图8 北京某池塘堤内埋设物调查解释结果

另外,分布式高密度电测仪在堤坝洞穴探测、防渗膜检测的应用中也取得了良好的效果。篇幅有限不再累述。

3 利用分布式高密度电测仪在堤坝隐患探测中应注意的问题

(1) 注意电极的布设,尽量减小接地电阻。受分布式电极开关的电子元件的抗压容流性能的影响,使分布式电测仪的供电能力减弱,为保证数据采集质量,接地电阻要尽量减少;

(2) 注意电极和智能开关的接触情况。目前国内为通常用夹钎或直接用橡皮筋将电极开关和电极相连,在野外工作时经常被碰掉,要时刻注意两者接触情况;

(3) 目前分布式电测仪的电极开关通常以1个为单位或将几个开关连成一串,在野外工作时用1个9芯(或其他芯线)将其相连,要时刻监视道间的连接情况;

(4) 由于分布式电测仪的测量精度较高、数据测量比较灵敏,建议在测量时要避开强电干扰源;

(5) 为发挥分布式电测仪易于拆接的特点,建议在测量时尽量利用二极管或三极管装置以便进行滚动测量、提高测量速度。

4 结论

(1) 分布式高密度电测仪具有集中式高密度电测仪不可替代的优越性,是利用高密度电阻率法进行堤坝隐患探测的首选探测系统;

(2) 分布式高密度探测系统在复杂地电背景条

(下转第66页)

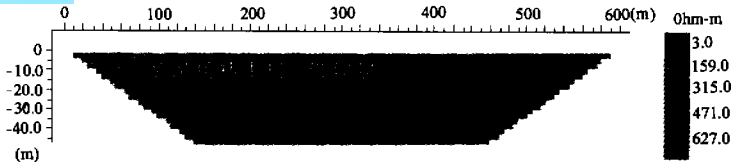


图4 湖口县双钟圩堤高密度电法剖面

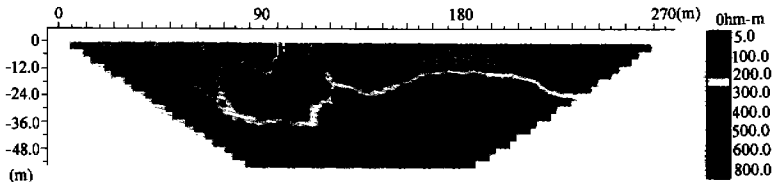


图5 瑞金沙洲坝岩溶调查某高密度电法剖面

4 结语

高密度电法技术成熟、数据采集系统自动化、资料处理软件也较完善,是工程地质勘察行之有效的物探方法技术。

我院自引进高密度电法后进行大量的试验与生产工作,取得了一些有意义的资料,在管线探测、岩溶调查、找水、地层划分等工程物探中,目标体与围岩存在一定电性差异时,高密度电法因点距小、信息量大、探测精度也较高,取得了很好的勘察效果。

目前在进行高密度数据采集时,高密度主机的逐层测量的控制程序是固定不变的。以点距4m的温纳装置为例:层

序为20层时,供电极距为240m,21层时,供电极距为252m,如此高的数据采集密度,有助于提高勘察二、三度高、低阻异常体的分辨率;但在勘察目的仅是进行地层纵向分层时,深层位数据密度可小些。如果仪器使用者可自行编制数据采集层位组合,便能视完成勘察任务的需要,在深层位适当拉大供电电极距跨度,节省单断面数据采集时间、提高工作效率。这一点,笔者认为是值得与仪器生产厂家商榷的。

参考文献

- [1] 王土鹏.高密度电法在水文地质与工程地质中的应用.水文地质与工程地质,2000,(1):52~56.

(上接第69页)

件下,应用效果依然明显;

(3) 对不同地电背景的目标体进行探测,要根据实际情况合理选择采集装置和布线,对探测结果的解释也要结合实际问题。

参考文献

- [1] 乌裕雅等.比抵抗映像法.古今书院,1995.
- [2] 王兴泰.工程与环境物探新方法新技术.北京:地质出版社,1996.