

浅谈探地雷达在水工环地质勘察工作中的应用

徐星 刘潜

深圳市赛盈地脉技术有限公司, 广东 深圳 518000

[摘要] 水工环地质勘察工作复杂多样, 项目差异大, 合理利用合适的技术能够有助于推进水工环地质勘察工作, 有效准确地完成水工环地质勘察项目任务和目标, 而且有助于缩短项目工期, 使得水工环地质勘察项目更加经济。

[关键词] 水工环地质勘察; 探地雷达; 应用

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5925

中图分类号: P618.130.8

文献标识码: A

Brief Discussion on the Application of Ground Penetrating Radar in Geological Survey of Hydrological Engineering Environment

XU Xing, LIU Qian

ST Geomatic Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: The geological survey of hydrological engineering environment is complex and diverse, and the projects vary greatly. The rational use of appropriate technologies can help promote the geological survey of hydrological engineering environment, effectively and accurately complete the tasks and goals of the geological survey of hydrological engineering environment, and shorten the project, making the geological survey of hydrological engineering environment more economical.

Keywords: geological survey of hydrological engineering environment; ground penetrating radar; application

在新时代中,随着国家基础设施建设的快速发展和国家对于环境保护的越来越重视,对于水工环地质勘察也是有着新要求,人类活动范围不断扩大而且越来越频繁,在各种工程建设前,进行详尽的勘察就显得尤为重要,而水工环地质勘察作为工程勘察中重要的分类,如何在各种城市建设复杂场地中快速准确进行,更需要在不同环境的水工环地质勘察工作中,运用不同的技术,而探地雷达作为一种以雷达脉冲波探测地表以下状况并成像的仪器。这是以无线电谱上的微波(UHF/VHF)波段电磁波进行的一种无损检测方式,并接收因为地表下各种物体结构造成的雷达反射波。探地雷达可以在岩石、土壤、冰、淡水、人行道以及各种结构物等不同介质探测。探地雷达可探测地下地层和地质构造等。

1 新时代水工环地质勘察

水工环地质调查是地质勘探的重要组成部分。随着现代科学技术的进步,水工环地质勘察的勘察工作不仅只是对水文地质、工程地质和环境地质三个方面的调查,更有因地质变化引起的地质灾害和人类活动生产导致的有害物质泄漏对环境破坏的勘察。现在的水工环地质勘察工作包括范围广、综合性强和内容复杂的特点。

所以水工环地质勘察工作中,与其他领域区别较大,这不仅是水文地质勘察与水域的地理环境密不可分,而且勘察环境较为恶劣,勘察范围广阔,靠着常规的勘察技术手段,无法详尽快速的完成。在这种环境因素复杂,又与

工程建设紧密结合,水文条件也是复杂多变。因此,水工环地质勘察面临的挑战与日俱增。

在开展水工环地质调查时,首先要根据当地的水文、工程和环境地质特点,收集相关资料,结合工程的具体要求和所在地区的设计要求进行编制勘察方案。对勘察工作不断优化调整,在水工环地质调查作业时,水工环地质技术人员需要对调查区的自然环境有深入的了解,有计划地面对调查区的各种问题,逐渐分析和排除各种干扰因素及各种环境因素对调查工作的影响,根据不同项目特点,去选取适宜的水工环地质勘察技术手段,进而确保水工环地质勘察结论的正确性,极大保证了水工环地质勘察的专业性,为工程建设提供强而有力的保证。

2 探地雷达技术发展历程简介

探地雷达技术作为一种地球物理方法,可以用来确定地下介质分布,有效探测地下目标。探地雷达主要包括主机(主控单元)、发射机、发射天线、接收机和接收天线五部分。探地雷达从20世纪初开始发展,在地下金属体探测中首次应用地磁波信号,通过持续的研究发展,逐渐延伸出探地雷达的概念,继续几十年的发展,于50年代后期探地雷达技术才渐渐得到人们的重视和应用,在矿井、冰层厚度、地下粘土属性、地下水位等探测方面陆续得到应用。如今探地雷达的应用范围得到迅速发展,各种用于遗存探测考古、矿产勘查、地质灾害调查、岩土工程勘察、建设工程质量检测、市政管网道路病害探测、环境污染

探测等众多领域。

3 探地雷达在水工环地质勘察中应用

3.1 探地雷达原理

探地雷达的工作原理是利用界面处高频电磁束的反射来探测目标物体,探地雷达发射的电磁波在空气中传播并且衰减低,可以检测远距离目标。探地雷达(GPR)通过发射机根据主机数据命令不断向地下发射电磁波,接收机则进行持续的数据采集。发射和接收天线分别用于发射和接收电磁波。经过采样和A/D转换,接收的反射信号转换成数字信号被显示和保存。探地雷达发射天线不断发射电磁波,电磁波可以穿透地下介质,而不同的介质,它的介电常数不同。电磁波在地下传播,在介质层界面发生反射和折射,接收天线接收多道反射回波(A-Scan信号),经过信号处理组成B-Scan图像,从而实现对不同目标体的检测、识别、定位等功能。

分别用折射系数T和反射系数R来表示电磁波在不同介质层的折射特性和反射特性。电磁波垂直入射非磁性介质时,可以用下式表达:

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad T = \frac{2\sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad (1)$$

注: ϵ_1 、 ϵ_2 分别是上层介质和下层介质的介电常数。

探测目标区域内的介质实际并不完全满足介电极限条件,探地雷达探测深度与周围环境介质的电导率 σ 和自身工作频率 f 成反比。探地雷达探测分辨率与工作频率成正比,工作频率越大,探地雷达的分辨率越高,因此其纵向分辨率 Δh 和横向分辨率 Δx 可以用下列表达式表示:

$$\Delta h = \lambda/8 \sim \lambda/4 \quad (2)$$

$$\Delta x = \frac{\sqrt{\lambda H_0/2} + \lambda^2/16}{2} \quad (3)$$

式中: $\lambda = V/f$ 为电磁波波长(m); H_0 为垂直测距(m)。

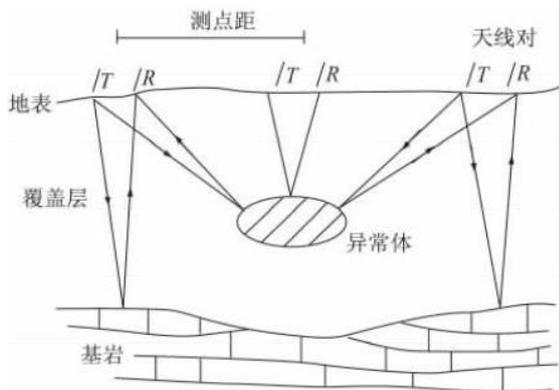


图1 探地雷达工作示意图

从探地雷达技术原理可知,利用该技术进行地下病害体及其他隐患的探测,应满足物理前提:地下病害体与周围介质的介电常数、其他隐患与周围介质的介电常数是不同的,而介质的介电常数不仅取决于材料本身的成分和结构,还受孔隙率、含水量等主要因素的影响。

3.2 探地雷达在城市道路空洞探测中应用

随着现代社会的蓬勃发展,道路交通变化的日新月异,我国是人口大国,人们生活的出行,快速便捷的物流快递等等,都给道路造成了极大的交通压力,道路载荷的长期变化,导致部分道路病害频发。而城市道路路面塌陷地质灾害的突发,对公众安全、居民生活和城市生产造成了不同程度的影响和危害,甚至会导致路过行人的伤亡和人民财产的损失。道路路面的下陷也会伴随着地下管网断裂,影响附近居民正常的供水供电,并给城市路面交通与地下空间开发带来严重影响。

道路探测区域均为沥青混凝土硬化面,地形较为平整。空洞、脱空等缺陷异常体相对周围介质孔隙度将变大,介电常数也明显不同,这些均为开展地质雷达探测工作奠定了物性基础。不同介质物探性能见表1。

表1 不同介质电导率、相对介电常数电磁波传播速度表

介质	电导率 S/m	相对介电常数	速度 (m/μs)
空气	0	1	300
干粘土	0.1~1	2~6	212~122
湿粘土	0.1~1	5~40	134~47
干混凝土	0.001~0.01	4~40	150~47
湿混凝土	0.01~0.1	10~20	95~67
干灰岩	10~8~10~6	7	113
湿灰岩	0.01~0.1	8	106
粘性干土	0.01~0.1	4~10	150~95
粘性湿土	0.001~1	10~30	95~54
干壤土	10~4~10~3	4~10	150~95
湿壤土	0.01~0.1	10~30	95~54
干沙土	10~4~10~2	4~10	150~95
湿沙土	0.01~0.1	10~30	95~54

道路路层一般介质相对均匀,电性差异小,没有明显反射界面。而脱空、空洞等病害体中充盈着空气,查上表可知空气的相对介电常数为1,土壤的相对介电常数为2~40,空气和土壤的反射界面明显。电磁波信号穿过反射界面时,电磁波传播速度下降较快。空洞、脱空病害体雷达频谱特征:电磁波反射信号能量较强,反射信号频率明显高于背景场,空洞、脱空处的信号幅值和相位变化异常明显,下部出现多次反射波,在异常体边界可能伴有绕射现象。

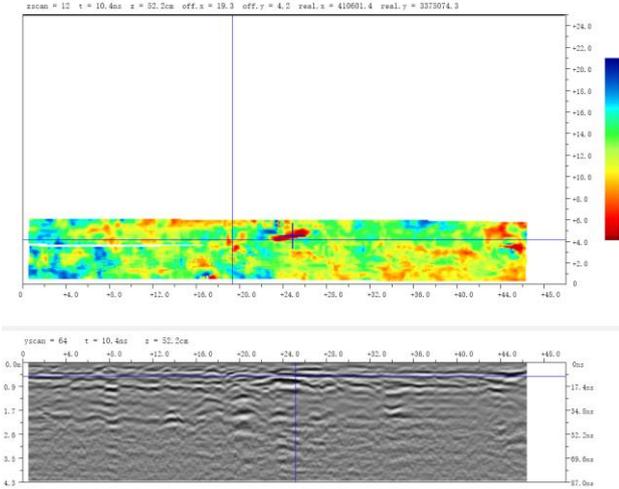


图2 地下局部脱空(空腔0.15m)地质雷达剖面显示

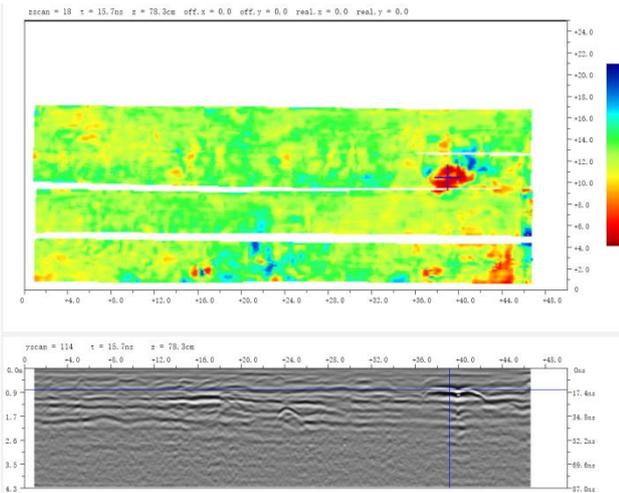


图3 地下空洞地质雷达剖面显示

探地雷达技术对于探测管网附近道路地下病害体分布情况(地下病害体: 空洞、脱空、疏松体、富水体等)效果明显。通过探测及时准确地发现地下病害体,为工程治理提供依据,消除隐患,避免塌陷事故的发生,科学评估病害体风险等级;为处置措施提供依据,建立地下病害体探测-评估-治理常态化风险控制机制,为现代城市安全发展提供保障。

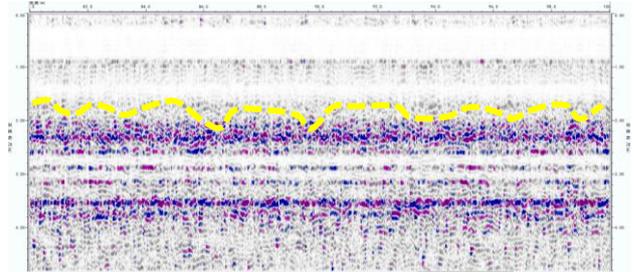
3.3 探地雷达在垃圾场渗滤液探测中应用

伴随我国经济社会快速发展,城镇化率和人民群众生活水平不断提高,城镇生活垃圾产生量与日剧增,渗滤液产生量逐年攀升,2020年我国城镇各类生活垃圾设施渗滤液产生量达5000万吨左右。由于受经济社会发展水平和技术条件的限制,过去较长一段时期,我国生活垃圾处理大多采取直接填埋方式,建设了一大批原生垃圾填埋设施,防渗工艺标准低、环保设施不完善、运营管理水平不高,渗滤液问题急需重视并处理。

垃圾渗滤液是指垃圾填埋场内垃圾本身所含的水分、

雨雪水等类似渗入垃圾填埋场的水,以及垃圾和覆盖层的饱和持水量,通过垃圾层和覆盖层形成高浓度的有机废水。

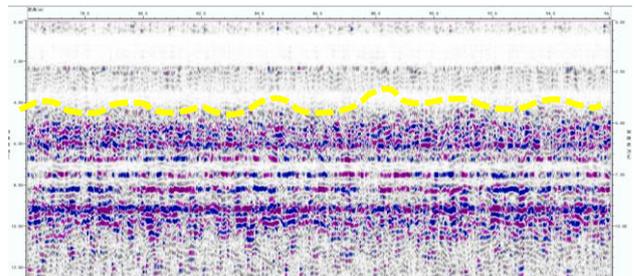
探地雷达技术可以应用于探测垃圾场渗滤液项目,如探地雷达用于探测项目垃圾填埋场渗漏点,可以用于探明该项目垃圾场底膜完整度与底膜位置。探地雷达采用100MHz等高频屏蔽天线,具有抗干扰,分辨率高等特点可以在现场排查泄漏可疑点。



注: 垃圾底膜位置

图4 雷达显示垃圾底膜位置

说明1: 从雷达测线line1结果得到垃圾底膜位置大约位于该测线垃圾表面下方2.1m处,底膜完好,未发现破损异常。



注: 垃圾底膜位置

图5 雷达显示垃圾底膜位置

说明2: 从雷达测线line2结果得到垃圾底膜位置大约位于该测线垃圾表面下方5.3m处,底膜完好,未发现破损异常。

4 结语

在现阶段我国科学技术的快速发展,对于水工环地质勘察技术也是有了新挑战和新要求。因此,在水工环地质调查中,可以利用探地雷达技术提高水工环地质调查的时效性,节约勘察资源,减少了部分不必要和效率低下的勘察工作,节约项目工程工期,使得项目更加经济,成本大大降低。为了水工环地质勘察工作的迅速开展,可以通过结合探地雷达等相关技术对勘察技术进行完善和优化,从而提升勘察工作的精准性。

[参考文献]

- [1]王红燕. 浅析我国水工环地质勘察的发展前景[J]. 新材料新装饰, 2014, 8(12): 12-13.
- [2]金学群. 水工环地质勘察中的技术及应用范围分析[J].

有色金属文摘,2016,31(1):22-23.

[3]刘雨.当前水工环地质勘察中的技术及应用[J].山西建筑,2016,42(19):11-13.

[4]李楠,赵丹,宋晓雨.当前水工环地质勘察中的技术及应用初探[J].黑龙江科技信息,2015(29):22-23.

作者简介:徐星(1995—),男,湖南衡阳市人,汉族,大学本科学历,助理工程师,研究方向为水工环地质勘察工作。

刘潜(1990—),男,湖北天门市人,汉族,大学本科学历,初级工程师,研究方向为水工环地质勘察工作。