

浙江沿海某电厂围堤填石体的雷达探测与分析

邵长云¹,陈 亮²,高 浪³,严福章⁴

(1.浙江省电力设计院,浙江 杭州 310014;2.浙江省乐清市水利局,浙江 台州 325600;
3.浙江中设工程设计有限公司,浙江 杭州 310007;4.国家电网北京经济技术研究院,北京 100761)

摘要 在浙江沿海某电厂围堤工程中,基于填石体与周围介质的电磁性质差异,采用探地雷达与钻探相结合技术有效地查明了该电厂现有海堤中填石体的分布情况。填石体断面总体成梯形,由中间向两侧逐渐变薄,最深部位位于堤顶下部,厚度可达 14.8 m,底宽度约为 48.0 m。实践表明,少量钻探控制下的雷达探测是科学经济、切实可行的技术手段。

关键词 海堤 爆炸挤淤 填石体 雷达探测

中图分类号 :TV223.1 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2010)S1-0113-03

目前,爆炸挤淤填石置换筑堤技术已越来越多地应用于沿海港口、围海造地、电厂围堤等工程中。在爆炸挤淤技术中,填石体(置换体)的断面形状、尺寸和深度是衡量爆炸挤淤效果及工程方量控制的主要指标。为确保对工程质量和土石方量的有效控制,需要对这些主要指标开展检测工作。传统的钻探方法存在施工周期长、费用高、资料不连续等缺点。探地雷达方法虽有快速、连续、无损等优点,但其深度的定量基于准确的电磁波速。因此,利用少量钻探作为控制和标定,并布置适当的雷达测线,是经济实用、合理可靠的技术方案^[1-3]。在浙江沿海某电厂的围堤探测中,应用探地雷达与钻探相结合技术,有效地查明了填石体的断面形态和尺寸。

1 工程概况

浙江沿海某大型电厂场址由开山及滩涂围填而成,在迎海侧建有电厂防洪护岸围堤,呈“Γ”形布置,总长为 1 490 m。围堤位于潮间带滩涂,涂面高程(1985 国家高程,下同)为 -0.70 ~ -1.00 m。地基表层为淤泥,厚度为 5.4 ~ 15.5 m,含水量高达 68.5%,压缩性大,抗剪强度极低。淤泥层下部为性质较好的粉质黏土等土层。经综合分析比较,采用爆炸挤淤置换法进行地基处理,利用厂区开山的石碴作为爆填体,原则上将围堤基础以下的淤泥绝大部分置换成爆填堤心石(即填石体)。堤身设计采用复合断面形式,堤顶设计标高为 8.2 m,堤顶宽度为

8.0 m。置换部分填石体最大宽度约为 48.6 m,底面(泥面处)宽度约为 36.0 m。为防止潮流冲蚀堤脚,在堤外坡脚外另设抛石护坦,宽度为 7.0 m。

该电厂围堤建成于 2003 年,现因电厂扩建对围堤进行加高加宽,需要掌握原爆炸挤淤地基处理时的填石体分布情况。

2 探测方法技术

探地雷达^[1-6]是利用高频电磁波(主频为数十至上千 MHz)以宽频短脉冲形式,由地面通过发射天线送入地下,以地下地层或目标反射后返回地面,为接收天线所接收。整个过程的反射波双程旅行时 t 为

$$t = \frac{\sqrt{4z^2 + x^2}}{v} \tag{1}$$

式中: v 为电磁波速; z 为目的层深度; x 为天线距,是已知量。

当已知 v, z, t 中的 2 个值时就可求得第 3 个值,如已知目的层深度 z 与双程旅行时 t ,可求得电磁波速 v 。

地下介质的电磁波速与介电常数 ϵ_r 的关系式为

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2}$$

式中: c 为电磁波在空气中的速度。

在爆炸挤淤填石探测中,与探地雷达相关的主要物理参数^[2-3]如表 1 所示。由表 1 可见,这些介质

作者简介 邵长云(1959—),男,浙江温岭人,高级工程师,从事岩土工程勘察工作。E-mail :shaoc2009@163.com

层之间存在着明显的电性差异,具备雷达检测的基本物理前提。

表 1 有关介质主要物理参数

介质	介电常数 ϵ_r	电导率 $\sigma/(\text{mS}\cdot\text{m}^{-1})$	电磁波速 $v/(\text{m}\cdot\text{ns}^{-1})$
空气	1	0	0.30
海水	80	1000~10000	0.01
淤泥	40~60		0.08
黏土	5~40	2~1000	0.06
干砂	3~6	0.01	0.15
花岗岩	4~6	0.01~1	0.12~0.13

本次探测采用的仪器为 LTD-2000 探地雷达及配套的 25 MHz 收发同置天线,采样长度为 500 ns,采样率为 512,扫描率为 64 次/s。为了确保检测成果质量,在代表性位置布置少量钻孔,由钻探深度和对应的雷达波反射时间计算电磁波速,进而通过时深转换获得雷达图像中各目的层的深度。

3 探测结果及分析

本次探测共布置了 8 个雷达探测断面及少量钻孔,通过探测资料的综合解释,基本上查明了爆炸挤淤填石体的分布情况,取得了较好的效果。

图 1 为雷达探测典型波形,其中图 1(a)是外侧(自堤顶向海一侧)的时间剖面图,图 1(b)是内侧(自堤顶向厂区一侧)的时间剖面图。

由图 1(a)可见:位置 0~40 m,约 16.30 ns 处为一基本连续的强反射界面,此界面为堤顶与堤外边坡表层混凝土或浆砌块石与填石体的分界面。堤顶段位置 0~5 m,0~239.63 ns 段的波形除 121.62 ns 处反射较强外,总体波形较稳定连续,说明介质较均质,反映了该段填石体成分较单一。其底部 223.33~239.63 ns 处反射强烈,振幅较大,反映了介质不均一。堤外边坡位置 12~22 m,0~101.52 ns 段的波形较杂,振幅较大,中部与底部反射强烈,而其下部波形较连续稳定,反射较弱。其原因是上部填石体由碎石、淤泥、海水、空气等组成,成分较杂,造成电磁波产生较强的散射、绕射,从而引起强烈反射,波形杂乱且振幅较大,而下部为淤泥与粉质黏土等土层,电磁性质较为接近,形成了连续稳定的反射波形。

由图 1(b)可见:堤顶段位置 0~5 m,223.33 ns 一带反射强烈,振幅较大,该界面为填石体的底界面。位置 15~30 m,0~60.90 ns 段为成分以淤泥与碎石及空气为主的闭气土层的波形,表现为波形不稳定,振幅较大,反射较强烈。而其下部土层的波形连续稳定,反射弱。

图 2 为雷达探测成果综合解释示意图。从图 2 可见,填石体断面总体成梯形,底部较为平坦,中间厚,由中间向两侧逐渐变薄。最深部位位于堤顶下部,厚度可达 14.8 m,底宽度约为 48.0 m。

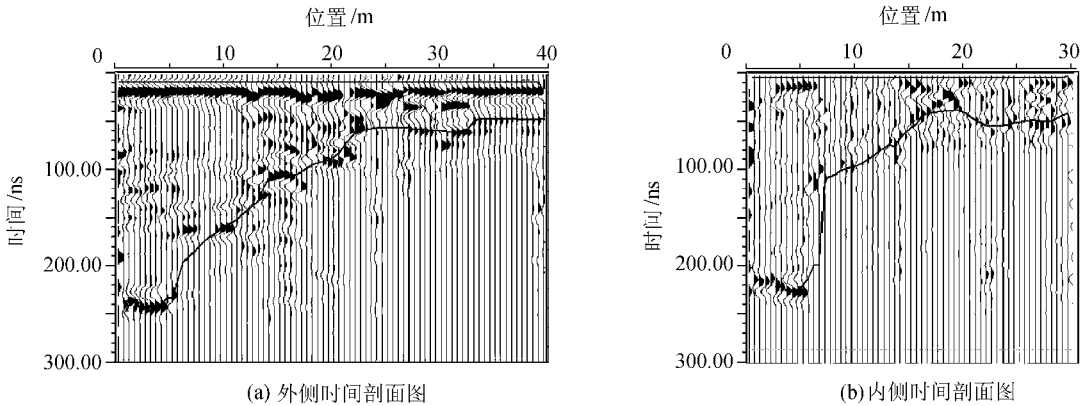


图 1 雷达探测典型波形

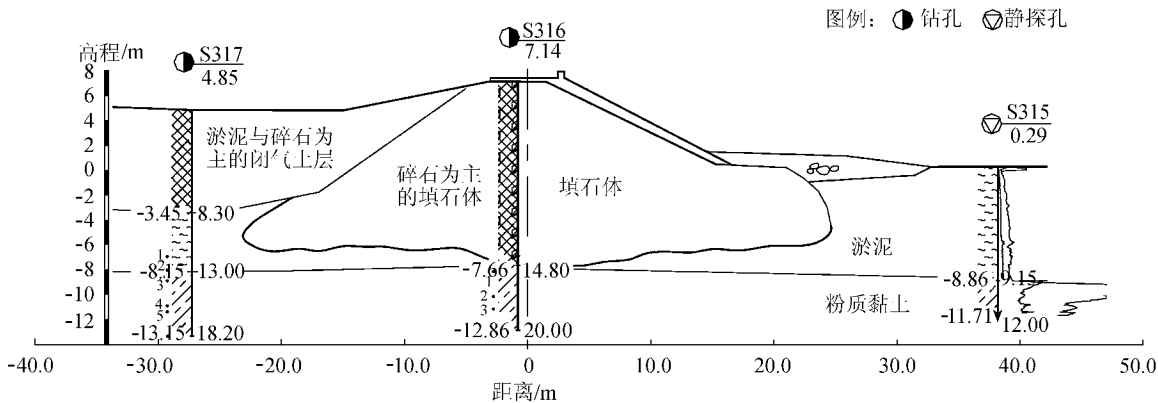


图 2 雷达探测成果综合解释示意图

4 结 论

在浙江沿海某电厂围堤工程中,基于填石体与周围土体的电磁性质差异,在钻探资料控制下,采用探地雷达与钻探相结合技术查明了填石体的断面形状、尺寸和深度。实践表明,采用探地雷达与钻探相结合的综合技术手段,可有效地查明爆炸挤淤填石体的分布情况。实际探测信号的分析研究表明,填石体由碎石、淤泥、海水等组成,成分杂,其反射波表现为波形杂乱、振幅较大、反射强烈,而周边淤泥与粉质黏土等原始土层表现为连续稳定、弱反射的反射波波形。正是利用填石体与周围介质的这些波形差异,得以较直观地确定爆填体与周围介质的分界面。

雷达探测工作质量受到地面平整程度、填石体含水量(尤其是海水)等因素的影响^[2-3]。因此,爆炸挤淤填石体的雷达探测仍需要不断积累经验,就现场测试及资料处理和解释等技术问题做进一步研究。需要指出的是,雷达探测中直接测量的是反射

波双程旅行时,其深度是通过时深转换而来的,合理的探测结果有赖于钻探资料的控制和标定,或其他已知信息的控制。

参考文献：

[1] 赵永辉,吴健生,万明浩.不同地下介质条件下探地雷达的探测深度问题分析[J].电波科学学报,2003,18(2):220-224.
[2] 葛双成,朱晓源,陈军,等.海堤抛石雷达图像特征及检测效果分析[J].中国港湾建设,2008(5):9-12.
[3] 葛双成,叶可来,梁国钱,等.探地雷达和地震波法在抛石层探测中的应用[J].水利水电科技进展,2008,28(5):71-73.
[4] 陈军,赵永辉,万明浩.地质雷达在地下管线探测中的应用[J].工程地球物理学院,2005,2(4):260-263.
[5] 薛桂玉,余志雄.地质雷达技术在堤坝安全监测中的应用[J].大坝与安全,2004(1):13-19.
[6] 马亮,魏光辉,刘亮.地质雷达技术在水工隐蔽工程质量检测中的应用[J].西北水电,2009(1):70-72.

(收稿日期 2010-07-01 编辑 骆超)

(上接第6页)

2.4 评价结果

由式(5)、式(6)计算得平均同一隶属度、对立隶属度,代入式(8)得各优选对象相对贴近度 $R = [0.26 \ 0.43 \ 0.74]^T$,将 R 归一化处理得标准相对贴近度为 $R' = [0.2 \ 0.3 \ 0.5]^T$,即水资源开发利用程度从大到小的排序为江苏 > 安徽 > 河南(表3)。

表3 水资源开发现状评价结果

贴近度	河南	安徽	江苏
相对贴近度	0.27	0.49	0.9
标准相对贴近度	0.20	0.30	0.5

3 结 论

a. 模糊集对评价模型以集对分析思想为基础,重视信息处理中的相对性、模糊性,是系统工程多目标决策的一种优选方法。既可用于排序又可用于分类。用于水资源开发利用评价,具有原理直观、评价精度较高的优点。

b. 评价结果表明 研究范围内水资源开发利用程度排序为江苏、安徽、河南。这说明河南、安徽水资源开发规模较小,开发利用程度较低,利用率较低,具有较大的进一步开发潜力 江苏省的水资源开发利用程度是研究区中最高的,进一步开发的潜力

小,与淮河干流的实际情况基本一致。

c. 评价结果能够很好地反映淮河干流各区的用水现状,为淮河干流水量分配及水资源可持续性研究提供了决策支持。

d. 评价系统中,评价对象可以扩展为同一地区的不同时间,从而得到同一地区水资源开发利用现状随时间变化的情况。

e. 为解决淮河干流各区的用水现状,建议采取以下措施 ①实施现代水利,合理开发水资源 ②注重系统调控,合理配置水资源 ③加强用水管理,高效利用水资源 ④搞好污染控制,保护水资源,提高工业用水的重复使用率。

参考文献：

[1] 中国水利学会淮河研究会.淮河干流及主要支流现状用水情况调查[R].蚌埠:中国水利学会淮河研究会,2009.
[2] 陈守煜.工程模糊集理论与应用[M].北京:国防工业出版社,1998:6-39.
[3] 赵克勤.集对分析及其初步应用[J].大自然探索,1994,13(1):67-71.
[4] 张斌.多目标系统决策的模糊集对分析方法[J].系统工程理论与实践,1997(2):108-114.

(收稿日期 2009-08-05 编辑 高建群)