

灰坝渗漏的地球物理探测方法

薛建, 易兵, 成锁, 金念, 朱士

(吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 探讨了灰坝渗漏的探测方法、效果及其实施过程。在灰坝渗漏治理中, 如何准确地测量浸润线和渗流在坝体内的分布及其与溢出点的关系, 对分析灰坝的稳定性和确定加固处理方案至关重要。实践证明, 自然电位、探地雷达和高密度电阻率方法可以确定坝前入水位置、坝体内的浸润状态和浸润线位置, 是灰坝渗漏探测的有效方法。

关键词: 灰坝渗漏; 浸润线; 探地雷达; 地球物理探测

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2008)01-0083-04

灰坝是火电厂的一个重要组成部分, 承担着燃煤灰渣的存储任务。在储灰过程中, 由于管理不善和取灰不当等原因, 造成坝前大量积水, 如果坝体存在碾压不实及土工膜破损等隐患时将造成坝体的大范围渗漏。渗漏破坏了坝体的稳定性, 因此, 电厂往往投入大量的经费用于灰坝的渗漏治理工作。

在灰坝渗漏治理中, 首先要了解坝体的浸润线, 渗漏位置, 渗漏范围和高度, 并依此对渗漏病因作出诊断。因此, 如何准确地测量浸润线和渗流在坝体内的分布及其与溢出点的关系, 对分析灰坝的稳定性和确定加固处理方案至关重要。

1 灰坝渗漏的电性模型

灰坝由初期坝和子坝组成, 初期坝由碎石土分层填筑碾压而成, 子坝是在粉煤灰基础上再由碎石土分层填筑碾压而成。灰坝防渗结构是由排渗管、碎石土和土工膜等共同形成(图 1)。

灰坝渗漏往往与如下因素有关: ①干滩长度较小或坝前长期积水; ②土工膜破裂, 库水浸入到坝体内部; ③筑坝材料碾压不实, 级配不均, 存在软弱层或软弱部位, 形成渗流通道。

灰坝渗漏后的电性模型可归纳为 2 个:

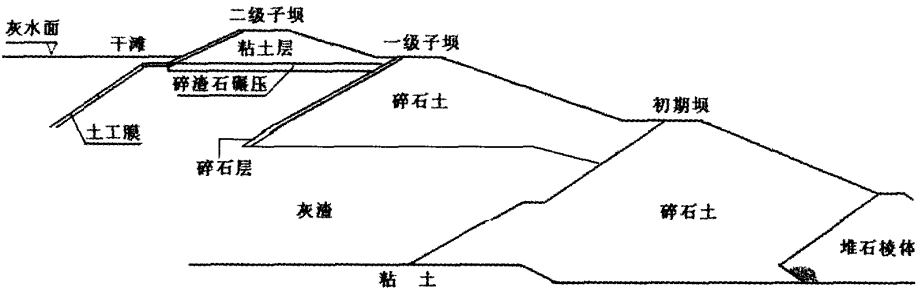


图 1 灰坝断面示意

(1) 浸润线位置整体或局部抬高, 渗透水在浸润线位置附近溢出, 溢出点位置较高, 在灰坝的二维断面上, 介质的电性变化是高电阻率(低介电常数)—低电阻率(高介电常数), 高电阻率对应浸润线以上的灰渣或碎石土介质, 低电阻率对应浸润线以下的饱和介质。

(2) 浸润线位置未发生明显抬高, 渗透水在浸润线以上的位置溢出, 溢出点位置较高, 在灰坝的二维断面上, 介质的电性变化是高电阻率(低介电常

数)—低电阻率(高介电常数)—高电阻率(低介电常数)—低电阻率(高介电常数), 高电阻率对应浸润线以上的灰渣或碎石土介质, 低电阻率对应浸润线以上的透水介质和浸润线以下的饱和介质。

2 渗漏位置探测

2.1 地球物理探测方法

目前, 灰坝渗漏探测中主要采用的是自然电位、探地雷达和高密度电阻率等地球物理方法, 解决的

问题是渗流的入水位置、渗流在坝体内的分布特征及其渗出位置。

自然电位法探测水坝的渗漏点和通道是一种成熟的技术方法。由于库水具有天然吸附带电离子的能力,当库水发生渗漏时,带电离子也一起运动,形成电流场,在渗漏位置上自然电位出现负异常。负异常的大小与渗漏水量有关,根据负异常的位置和大小可推断渗漏点位置和埋藏深度。

高密度电阻率法是将电剖面法和电测深法结合起来的一种阵列式勘探方法。通过沿测线高密度等间距布设大地人工电场研究地下传导电流的分布规律,对采集的数据反演成图后得到接近实际的电阻率断面,通过对电阻率断面的研究分析地下介质的变化规律,推断地下介质中的异常位置及其形态特征。在灰坝渗漏探测中,渗透水流使渗漏部位或浸润线以下介质的视电阻率降低,与未发生渗漏部位介质的视电阻率有较大的差异,在视电阻率等值断面图上形成低阻异常,以此可推断发生渗漏的空间位置、范围和埋藏深度^[1]。

探地雷达方法是通过发射天线向地下发射高频电磁波,通过接收天线接收反射回地面的电磁波,电磁波在地下介质中传播时遇到存在电性差异的界面时发生反射,根据接收到电磁波的波形、振幅强度和时间的变化特征推断地下介质的空间位置、结构、形

态和埋藏深度。在灰坝渗漏探测中,渗透水流使渗漏部位或浸润线以下介质的相对介电常数增大,与未发生渗漏部位介质的相对介质常数有较大的差异,在雷达剖面图上产生反射频率较低、反射振幅较大的特征影像,以此可推断发生渗漏的空间位置、范围和埋藏深度。

2.2 探测实例

吉林省某电厂灰坝因取灰不当,造成坝前积水,在后坡 312 m 高程附近发生多处大面积渗漏,后坡溢出点位置随坝前水位升高而抬高,溢出位置高于承压管测量的浸润线位置约 9 ~ 12 m,溢出点分布在水平位置的 87 ~ 255 m。在加固治理前,为分析造成渗漏的原因,确定渗漏位置和渗漏通道开展了地球物理探测,采用的探测方法为自然电位测量、高密度电法测量和探地雷达测量。

自然电位测线布置在前坡灰水面上和后坡 312 m 高程上,目的是测量渗漏的入水点和出水点位置。图 2 为在坝前灰水面上测量的自然电位曲线。图中负异常主要分布在测线的 67 ~ 137、197 ~ 247 号测点,根据低阻异常的幅度和空间分布关系,将坝前入渗划分为 2 个人渗带,其中 1 号入渗带由 4 个主要入渗点组成,入渗水量较大或深度相对较小;2 号入渗带由十余个主要入渗点组成,入渗水量较小或深度较大。

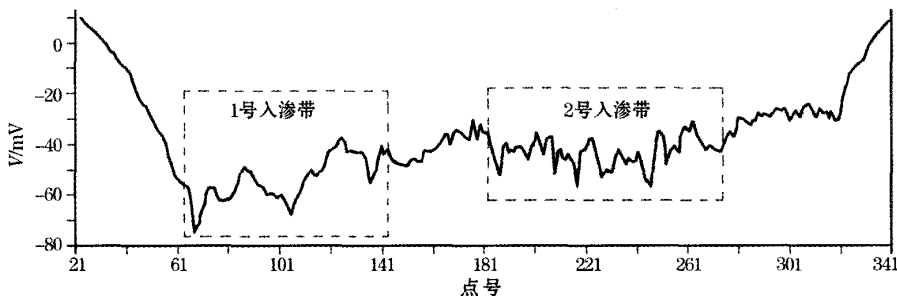


图 2 某电厂灰坝的自然电位曲线

探地雷达测线布置在前坡、坝顶和后坡溢出点上方的坡面上,目的是确定渗漏位置在坝体介质中的分布。图 3 是在 318 m 高程的坝前坡面上测量的探地雷达剖面,使用的探地雷达天线频率为 40 MHz,测量方法为剖面法,测点间距为 0.5 m。在对采集的数据进行反褶积滤波和空间域滤波后,突出了渗流介质的异常特征。图中水平位置 90 ~ 175 m 和 203 ~ 285 m 有呈条带状分布的低频强振幅异常,剖面左侧异常深度约为 2.5 ~ 7.5 m,剖面右侧异常深度约为 3.5 ~ 7.5 m,推断为坝体内存在的 2 个渗流带,根据异常的空间分布特征可见,渗流主要分布在 315.5 ~ 310.5 m 高程上。

高密度测线布置在灰坝后坡 312 m 高程上,目的是了解渗流在坝后介质中的分布特征。测量装置为偶极装置,单位电极距为 4 m。图 4 是高密度视电阻率等值断面。低视电阻率值为 36 ~ 50 $\Omega \cdot m$,主要分布在水平位置的 48 ~ 144 m、174 ~ 200 m 和 204 ~ 256 m 处,异常呈条带状分布。

根据地球物理探测结果认为,该灰坝引起渗漏的入渗点多,高程不等;坝体内主要存在 2 个渗流带,渗流带高程为 315.5 ~ 310 m 左右,水平位置为 90 ~ 175 m 和 203 ~ 285 m;发生渗漏的主要原因是土工膜多处破损,筑坝材料碾压不实,渗流沿软弱层溢出,坝体防渗结构的完整性遭到破坏,是急需治理

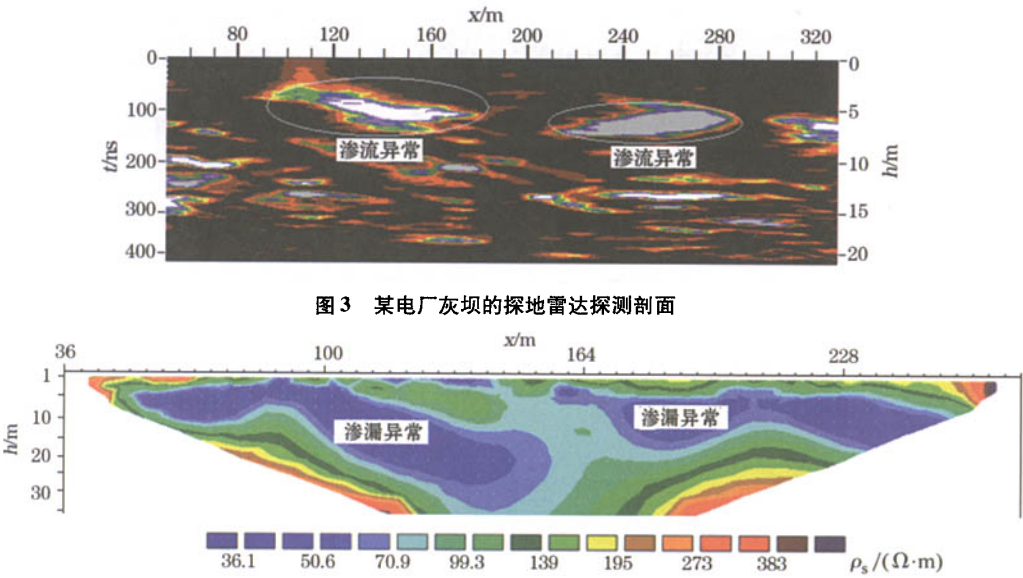


图3 某电厂灰坝的探地雷达探测剖面

的危坝。

3 浸润线探测

3.1 浸润界面在雷达剖面上的特征

浸润线是连接干滩、坝体及下游静止水位的连线,是坝体排水性能的综合反映^[2],当灰坝发生渗漏时,浸润线位置往往会抬高,因此,实测浸润线对评价灰坝的稳定性至关重要。测量浸润线的传统方法是通过承压管观测,当承压管堵塞时采用钻探方法观测。无论是承压管观测还是钻探观测都存在观测点少,浸润面的空间分布描述精度差的缺点。采用探地雷达方法探测灰坝浸润线是近年来开展的研究工作,通过沿坝轴线方向在干滩、各级子坝、初期坝和堆石凌体上探测浸润界面的深度,可以任意求取各个横断面上的浸润线,可以在三维空间上描述浸润界面的特征,这对分析灰坝渗漏的病因有重要

帮助。

沿灰坝轴线方向测量的探地雷达剖面上,浸润界面具有如下特征:①在沟谷地带,灰坝的浸润界面具有两坝肩浸润位置高,中部浸润位置低的特点,因此,浸润界面在探地雷达剖面上呈双曲线形;②储灰场水力输灰存在粒径分选现象,灰渣的渗透系数存在各向异性,因此,浸润界面形成的反射波同相轴连续性较差;③浸润界面处介质的相对介电常数明显增大,形成差异较大的电性界面,在界面上电磁波反射能量增大,反射波频率低;在浸润面下方介质饱和,对电磁波呈强吸收状态。

3.2 探测实例

黑龙江省某电厂灰坝由初期坝和两级子坝构成,二级子坝高程为 165.5 m,断面上介质分布自上而下为砂砾石、粘土、粗砂、碎渣石和灰渣。灰水面高程约 162 m。探地雷达测线沿坝轴线方向布置在

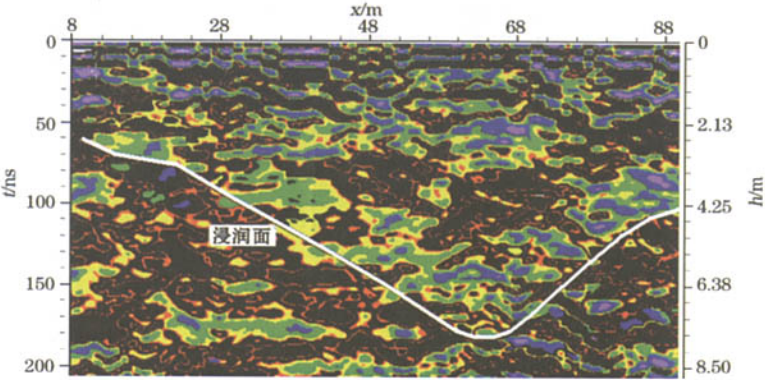


图5 黑龙江省某灰坝二级子坝轴线的探地雷达处理剖面

坝前 25 m 处的干滩、二级子坝、一级子坝、初期坝及堆石凌体上。测量中采用的探地雷达天线频率为 40 MHz, 测量方法为剖面法, 测点间距 0.5 ~ 1.0 m。

图 5 为黑龙江省某灰坝二级子坝的探地雷达剖面, 该图是对数据采取空间域滤波、反褶积滤波、偏移处理和振幅调整后得到的。图中 60 ~ 180 ns 间有明显的凹线形状的异常显示, 其形态特征符合浸润面在灰坝轴向上的分布特点。电磁波在坝体介质中的传播速度为宽角法测量的速度值, $v = 0.085 \sim 0.09$ m/ns。由于凹线形异常垂向宽度较大, 在浸润面深度计算中, 如果以上顶时间为浸润面反射波走

时, 则二级子坝的浸润面将高出干滩静水位高程, 这显然是不合理的。因此以凹线形异常的底部(图中白线所示)为饱和界面位置, 其依据是: ①子坝是以灰渣为基础构筑的, 灰渣具有渗透性, 灰渣由湿润到饱和是一个渐变过程; ②从电磁波传播能量上分析, 饱和界面以下介质相对介电常数较大, 电磁波衰减系数大, 在剖面图上显示为强吸收特征。

浸润线的绘制方法如下: 沿灰坝轴线方向, 每隔 20 ~ 40 m 将同桩号上各级子坝、坡面及初期坝轴线上探测的浸润面深度与溢出点位置平滑连线, 该线为灰坝断面的浸润线(图 6)。

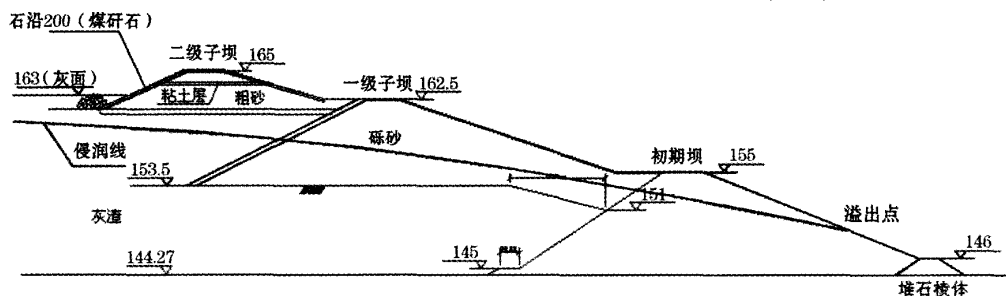


图 6 黑龙江省某灰坝断面及浸润线位置示意

4 结论

(1) 采用地球物理方法探测灰坝渗漏, 可以确定出坝前入水位置和渗流在坝体介质内的分布特征, 对分析灰坝渗漏病因和稳定性有重要帮助。

(2) 当采用探地雷达方法探测浸润线时, 要对实测的数据采取合适的数据处理手段才能得到浸润界面的特征图像。浸润面异常顶部的反射波不一定是饱和位置, 要考虑介质由湿润到饱和的渐变过程。

(3) 根据轴向方向上各级子坝和初期坝探地雷

达剖面中的浸润界面深度及溢出点高程, 可精确确定各断面浸润线位置, 实践证明, 该方法可任意求取各个横断面上的浸润线, 是开展灰坝浸润线位置调查的有效方法。

参考文献:

- [1] 王兴泰. 工程与环境物探新方法新技术[M]. 北京: 地质出版社, 1996, 108.
- [2] 杨四海. 储灰场灰坝浸润线控制[J]. 东北水利水电, 1995, (4): 7.

A STUDY OF THE GEOPHYSICAL METHOD FOR ASH DAM LEAKAGE DETECTION

XUE Jian, YI Bin, CHENG Suo, JIN Nian, ZHU Shi

(College of Geo-Exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: Leakages usually destroy the stability of an ash dam, so it is important to get the information of the leakage position, the area and elevation of the leakage, and the soakage line of the dam with the purpose of tackling these problems. The measurement of the soakage line and the detection of the leakage distribution as well as the relationship between the distribution and the outflow point therefore constitute the key problem in analyzing the stability of the ash dam and performing the reinforcement of the dam. This paper discusses the geophysical methods for detecting the ash dam leakage and the performance procedure in field survey, and also deals with the effect of these methods. It is shown that such techniques as the spontaneous potential method, the ground penetrating radar, and the high density resistivity method seem to be the effective methods which can be employed to detect the outflow location in front of the ash dam, the inner soakage state of the dam, and the position of the soakage line.

Key words: leakage of ash dam; soakage line; ground penetrating radar; high-density electrical method

作者简介: 薛建(1958 -), 男, 吉林榆树人, 高级工程师, 主要从事工程物探方法技术研究。