

堤坝隐患探测中 ρ_a 资料的解释

陈绍求, 肖志强

(中南工业大学, 长沙 410083)

[摘 要] 利用反射系数 K 法并结合常规的电测深 ρ_a 资料解释方法解释堤坝隐患探测中的视电阻率 ρ_a 资料, 用于区分堤坝中不同性质的隐患, 确定引起堤坝渗漏的地质原因以及堤坝内 隐患的部位, 能进一步提高堤坝隐患探测的分辨能力, 为根治堤坝隐患提供可靠的地质依据。

[关键词] 堤坝隐患 电阻率测深法 反射系数 K 法

[中图分类号] P631.3⁺4 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)01-0078-03

1 地球物理前提

大多数堤坝都是由填筑土从下至上分层填筑, 其介质导电性能较好且较均匀, 正常情况下, 堤坝介质导电性能差异呈层状分布。当堤坝中某处存在渗漏隐患时, 渗漏水流逐步带走渗漏空间中较细的泥沙, 导致隐患处介质中含水空间和含水量增大, 介质的导电性能变好, 从而破坏了原介质导电性能差异呈层状分布规律, 导致堤坝隐患与周围介质存在明显导电性能差异, 这就为采用电阻率法探测堤坝隐患提供了可靠的地球物理前提。

2 电测深 ρ_a 资料的解释

ρ_a 等值线断面图是电测深定性解释中最重要的, 从这种图上可以看出基岩起伏、构造变化以及不同深度电性层沿测线方向的变化。但由于堤坝介质电阻率值较低, 隐患处介质与无隐患处介质之间电阻率差异较小, 如果单纯从 ρ_a 等值断面图的异常形态来区分含水隐患, 则由于其中 ρ_a 等值线梯度变化小而变得十分困难, 这是因为电性差异的影响只能造成 ρ_a 异常呈高阻和低阻两种形式。反射系数 K 法解释 ρ_a 曲线, 实际上是一种数据处理方法, 即对电测深 ρ_a 曲线进行一次滤波, 实测的 ρ_a 曲线经过反射系数 K 法处理后, 对由于堤坝隐患引起的 ρ_a 曲线的局部微弱变化, 就能在 K 曲线上反映出明显的 K 值异常, 然后绘制成 K 等值线断面图, 就能清晰地分辨出堤坝内在探测深度范围内是否存在含水隐患。所以通过 ρ_a 等值线断面图和 K 等值线断面图这两种解释手段成果取长补短, 就能进一步提高对堤坝隐患探测的分辨能力, 从而能清晰地分辨出堤坝内存在的各种类型隐患。下面将采用常规的

解释方法和反射系数 K 法对 3 个不同类型堤坝隐患的区分加以说明。

2.1 堤坝管涌隐患的区分

湖南省澧县澧水黄沙湾电排站大堤地处厚砂卵石地基上, 在兴建过程中未进行地基处理, 1981 年建成后险情不断发生。1991 年汛期, 该堤段河水水位达历史最高水位 46.05 m, 堤内距离坡角 65 m 处出现多处管涌, 管涌水柱高达 0.5 m, 经采取一系列应急处理措施后, 方保大堤安全渡汛。为确定大堤内产生管涌的隐患位置, 1992 年对该堤段采用电阻率法探测 (图 1)。

图 1(a) 中, ρ_a 等值线呈平行分布, 梯度变化小, 仅在 1~2 号测深点的浅部存在一个 $\rho_a = 20 \Omega \cdot m$ 的局部低阻异常, 而在它下面, ρ_a 等值线呈下凹状态。 $\rho_a = 20 \Omega \cdot m$ 的局部异常为已知距观测点地面埋深 4 m 的钢筋混凝土排水管引起, ρ_a 等值线下凹只能说明该处某一电性层埋深比两侧大。 ρ_a 等值线的这种分布特征也只能说明剖面内介质电性差异的影响造成 ρ_a 异常的高、低阻两种形式或 ρ_a 值线局部的同步起伏, 很难说明大堤中隐患存在部位, 无法反映局部的微弱变化。

图 1(b) 为该剖面的 K 等值线断面图, 其中大部分 K 等值线呈平行分布, 梯度变化较大。在 ρ_a 等值线断面图的 $\rho_a = 20 \Omega \cdot m$ 局部异常部位, 在 K 等值线断面图中无局部异常存在, 说明 K 等值线受浅部影响小, 即压制了浅部不均匀体的影响; 在 ρ_a 等值线呈下凹状的部位, 则存在 $K = 0.5$ 的局部 K 值异常, 预示着该局部 K 值异常处有含水构造存在, 即存在渗漏通道。后来治理时发现该处为原澧水流入澧水的河口 (图 1(c)), 其中的卵石层在澧水处于高洪水位时构成堤内管涌群的输水通道, 而其余地段在此

之前已用混凝土板墙进行了防渗处理,不存在渗漏通道。

此例说明, ρ_a 等值线断面图提供了该堤段内地

电结构的丰富资料,指示出了 ρ_a 异常的存在部位,而 K 等值线断面图则能更细微地圈定出渗漏隐患的存在部位。

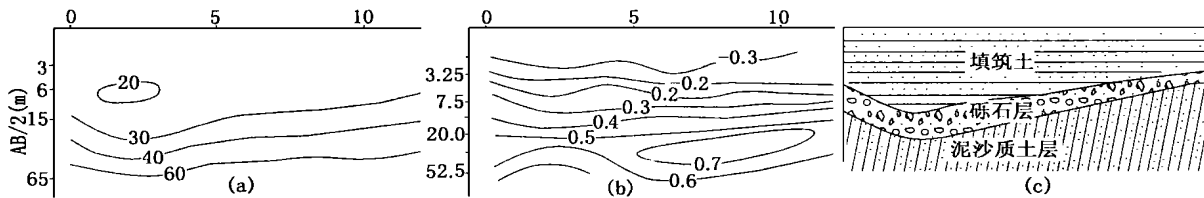


图 1 湖南省澧县澧水黄沙湾电排站堤段电测深 ρ_a 等值线 (a)、 K 等值线 (b) 断面及地质剖面 (c) 图

2.2 堤坝基底断层隐患的区分

河南省汝州市安沟水库在离大坝 90 m 左右有一泉眼,当库内水位为 267 m 时,涌水量为 151 l/s,

由于无法找到漏水通道,这对干旱少雨的该地区无疑是一个很大的水资源损失 (图 2)。

图 2(a) 为该水库副坝内侧离坝底 8 m 平台上观

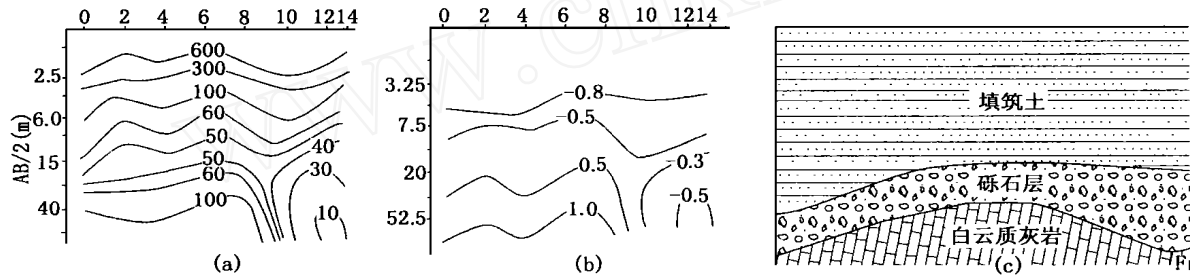


图 2 河南省汝州市安沟水库副坝电测深 ρ_a 等值线 (a)、 K 等值线 (b) 断面及地质剖面 (c) 图

测的电阻率测深剖面 ρ_a 资料解释成果图。图中上部 ρ_a 等值线呈平行起伏分布,说明坝体内这些部位 ρ_a 介质为层状分布,图中右侧下部 ρ_a 等值线与左侧下部 ρ_a 等值线不连续,即左侧下部存在一个局部 ρ_a 低阻异常,显示该段坝体底部介质导电性能的差异,局部的 ρ_a 低阻异常预示着有渗漏通道存在, ρ_a 等值线断面图比较清晰地反映出了观测剖面内不同深度电性层沿测线方向的变化。

图 2(b) 为 K 等值线断面图,图中 K 等值线的分布规律类似于 ρ_a 等值线,同样在图的右侧下部,存在着明显的 K 值局部异常,所不同的是:下部 K 等值线不仅不连续,而且左侧的 K 值为正,右侧的 K 值为负,左侧底部的最后一条等值线 $K=1$,电流在这些地方全反射。图 2(c) 为地质断面图,可以看出,该坝体是建在寒武系白云质灰岩上, $K=1$ 的等值线客观地反映出坝体填筑土与 $\rho_a \rightarrow \infty$ 的坝基灰岩的电性结构,从而说明这些部位无渗漏通道。而右侧处于同一 $AB/2$ 的部位,却存在着明显的极性相反的 K 值局部异常。因观测点离坝底仅 8 m,该异常主要反映出坝底基岩和坝体的接合部位存在渗漏通道。后经验证,灰岩上的砾石层已作了防渗处理,则 ρ_a 、 K 值的局部异常反映的是 F_{19} 断层通过坝底所形成的漏水通道。始建于 1960 年的水库大坝由于

该断层逐年的渗漏疏通,以至于该渗漏通道形成的泉眼涌水量逐年加大。该观测剖面的 ρ_a 、 K 值等值线断面图中的 ρ_a 、 K 等值线分布规律基本相同,出现 ρ_a 、 K 异常的部位亦相同,同样提供了不同深度、不同部位电性层沿测线方向的变化,都反映出隐患的存在部位。但剖面底部 K 值极性的变化及 $K=1$ 的等值线更明显反映出坝体填筑土与坝体基岩以及坝底填筑土由于渗漏引起的电性结构明显的差异,这是常规电测深 ρ_a 定性解释图件无法达到的。无疑,反射系数 K 法增强了区分隐患存在部位的能力,使得漏水通道在剖面上分布反映得更加明显。

2.3 坝体中部渗漏通道的区分

湖南东安双江水库修建于 1960 年,由板岩碎屑和粘土填筑的大坝逐年老化,漏水量最大达 0.6 m³/s,属存在严重隐患水库。1997 年采用坝体内帷幕灌浆堵漏,但正值丰水季节渗透水压大,加之隐患部位不明,堵漏失败。1998 年 10 月枯水期在离坝底 35 m 的坝内平台上进行了电阻率测深剖面观测。

图 3(a) 为该剖面 ρ_a 等值线断面图,0~8 号测点上部 ρ_a 等值线呈同步起伏分布,但 5~6 号测点间曲线下凹明显,8~9 号测点下面有 $\rho_a=1000 \Omega \cdot m$ 高阻异常存在。从整个剖面上部 ρ_a 曲线分布特点看,剖面中上部介质电性是不均匀的,可以粗略认为:7

号测点右侧浅部有渗漏隐患存在,具体位置不很明显。剖面中部 ρ_a 等值线虽不呈平行分布,但 ρ_a 等值线反映的是高阻异常,说明剖面中部无渗漏隐患。剖面下部 ρ_a 等值线呈平行分布,其 ρ_a 值从上至下呈减小趋势,但无法根据这种趋势判断坝底存在渗漏隐患。

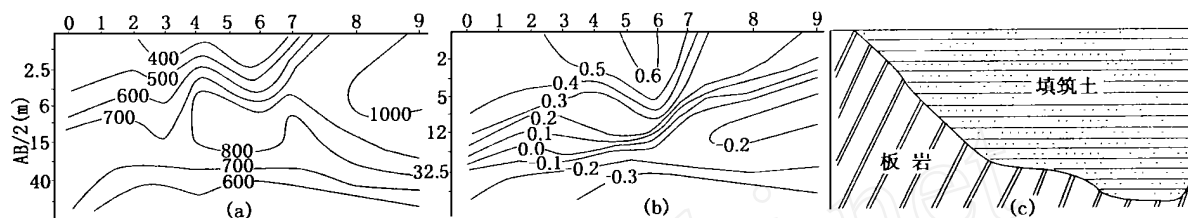


图3 湖南省东安县双江水库电测深 ρ_a 等值线(a)、 K 等值线(b)断面及地质剖面(c)图

在,并在5~6号测点下规模最大。剖面中部 K 等值线梯度变化小, K 值也小,同样说明剖面中部无渗漏隐患。剖面中4~9号测点下部有一个范围较宽($K = -0.3$)异常,为坝底所处原河床位置,这一局部异常反映出河床卵石层存在渗漏通道,并因这渗漏通道水流侵蚀坝底介质范围较大而使得 $K = -0.3$ 的异常范围变宽。从整个 K 等值线分布特点看,主要渗漏隐患集中在剖面上部。究其原因,主要是坝体填筑土质量差异较大,局部地段由于板岩风化碎屑颗粒较大而粘土含量较少,加上施工时压实程度差,在库水常年浸蚀下,其中粘土含量逐年减少,导致渗漏空间逐年加大,最终发展成严重的渗漏隐患。以上分析说明,无论是区分隐患存在部位还是隐患规模, K 等值线断面图比 ρ_a 等值线断面图的作用更明显。

3 结 论

通常,无渗漏隐患的堤坝断面图中 ρ_a 等值线大

图3(b)为该剖面的 K 等值线断面图,除3~7号测点 K 等值线下凹存在局部异常外,其余大部分 K 等值线呈平行同步起伏分布,并在7号测点下形成一个明显阶梯状。显然,该剖面浅部以7号测点为界,右侧无渗漏隐患,隐患应存在于7号测点的左侧,也就是说,3~7测点下浅部有明显渗漏隐患存

多呈平行分布,坝体内隐患的存在导致其中介质电性呈层状分布规律破坏,因而在隐患部位显示出 ρ_a 低阻异常或互相平行的 ρ_a 等值线同步下凹,所以利用 ρ_a 等值线分布规律和形态以及高、低阻 ρ_a 异常,就可粗略判断隐患存在的大致部位和产状。

在堤坝隐患规模不大,且隐患处与周围介质电性差异不大情况下,必须提高对隐患分辨能力和解释精度。利用反射系数 K 法,在研究 ρ_a 参数的基础上研究 K 值变化,可以提高电阻率测深法探测堤坝隐患分辨能力和可靠程度,具有明显效果。

实际操作中,两种定性解释方法互相配合、取长补短,就能发挥电阻率测深法了解地下地质情况垂向变化的独特作用。

[参考文献]

- [1] 陈绍求. 电法探测堤坝隐患的几个问题[J]. 地质与勘探, 1994, 30(3).
- [2] 陈树金. 电测深数在水文物探工作中的作用[J]. 物探与化探, 1990, (2).
- [3] 陈仲候, 等. 工程与环境物探教程[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

EXPLORATION OF ρ_a MATERIAL IN SURVEYING THE HIDDEN DANGER OF EMBANKMENT

CHEN Sao - qiu, XIAO Zhi - qiang

Abstract :By means of the K method of reflection coefficient and the explanation of ρ_a material , it can explain the ρ_a material of surveying the hidden danger of embankment to distinguish the different hidden danger in embankment , ensure the geology reason of seepage in embankment and the position of hidden danger in embankment . It improves the ability of distinguishing in surveying the hidden danger in embankment , and gives a reliable foundations of geology to harness the hidden danger in embankment .

Key words :hidden danger of embankment , method of resistivity sounding ,reflection coefficient (K)

第一作者简介:

陈绍求(1944年-),男。1970年毕业于中南矿冶学院地质系物探专业,留校任教至今,副教授。主要从事电法勘探的科研和教学工作。

通讯地址:湖南省长沙市岳麓山 中南工业大学地质系 邮政编码:410083

