

高密度电法在水库工程探查中的应用

许国辉

(广西水利电力勘测设计研究院, 广西南宁 530023)

摘要: 通过在广西水库工程山区特点勘查渗漏实例, 说明高密度电法在为加固和未加固水库工程起到良好的监测和检测作用。

关键词: 高密度电法; 自然电场法; 隐患; 渗漏

遭受近年来洪涝灾害和造成严重损失之后, 政府更加重视, 投入巨额资金进行水利整治。在广西, 水利厅全面组织实施“万千百十”水利建设计划, 投入数十亿元实施 1500 多座水库除险加固, 根治直接威胁人民生命财产和经济发展安全的心腹大患, 并新增 10 亿 m³ 以上库容。多年受灾提醒我们: 对已加固好的水库工程, 必须提高警觉, 利用高新技术监测、检查随时间变化是否会出现异常; 对未加固的水库工程、因虫蚁等生物危害和一些平时难以觉察的细小隐患, 雨季洪水到来时, 在洪水的浸泡作用下可能使小隐患变成大隐患, 成为新增病险水库。因此, 无论是加固和未加固的水库工程都要考虑定期或不定期检测, 检查水库工程是否存在隐患。

目前用于水利工程监测和探查隐患的物探技术主要有三类, 即电法勘探、弹性波勘探和电磁类勘探。根据广西水库工程大都靠近山区,

坝高而短，坝体填土不均质并且受经济条件限制，故选用高密度电法为主，并辅以自然电场法和常规电法进行探测。

1 高密度电法

高密度电法因为有许多优点而成为探查隐患的主要方法之一，被广泛应用于寻找地下水、环境地质调查、能源勘探、道路建筑工程和城市建设工程等方面。高密度电法属电阻率范畴，是以介质电性差异为基础，研究在施加电场的作用下，地下传导电流的变化分布规律。它与常规电法相比设置了较高的测点密度，所提供的是二维信息，一定数量的二维剖面还可以组成一个拟三维图象，它是电剖面和电测深法的结合。高密度电法观测精度高，数据采集可靠，对地电结构有一定成像功能，可获得丰富的地质信息。各种隐患在探测成果图上有明显、直观的反映，形象地反映出岩土体地电断面的电性分布和结构特征。

2 探查水库工程实例

2.1 某水库探查渗漏

某水库是一座一灌溉为主兼顾发电的大型水库，总库量 1.07 亿 m^3 ，有效库容 0.7 亿 m^3 ，主坝高 42.5m，坝长 300 多米。水库 1978 年动工兴建，建成蓄水后，主坝和导流涵洞渗漏严重。1994~1998

年建防渗墙后,仍然存在严重渗漏,下游坡浸润面积达 5000 m³ 以上。2001 年 8 月 10 日一次暴雨过后,导流涵洞出口段内左侧喷射出浊水和细砂,严重影响大坝安全。

为探查渗漏原因和位置,采用以高密度电法为主,辅以自然电场电位法的探查方法。在坝顶布置主剖面,坝前水边、坝下游坡布置参考剖面。

坝顶剖面采用三极滚动连续测深装置(点距 5 m、2 m)和联合剖面装置(点距 5 m)测量。点距 5m 时,电极隔离系数 27 层、57 根电极,估计探测深度 55 m;点距 2 m 时,可获得明显的浅部坝体地质信息。

测量结果,将采集数据进行处理绘制成断面视电阻率等值线图(见图 1)。由图 1 分析得出岩性电阻率参数为:砂质粘土视电阻率 200~400 $\Omega \cdot m$,全强风化黑云母花岗岩视电阻率 500~800 $\Omega \cdot m$,弱~微风化黑云母花岗岩视电阻率大于 800 $\Omega \cdot m$ 。从等值线图上可以看到有 8 处低阻体,视电阻率小于 100 $\Omega \cdot m$,个别处甚至小于 50 $\Omega \cdot m$ 。考虑到旁侧影响外,对照同剖面上有低阻体的 ZK04#孔,ZK04#孔 20.98~29.0 m 深度是淤泥(粉土质砂)层。以视电阻率 50 $\Omega \cdot m$ 等值线为中心,计算低阻体顶板深度系数为 $\alpha = 1/2.74$,正好在一般的探测深度系数 1/2~1/3 之内,从而圈定出 8 处低阻体异常,它们正好是库内水往坝下游渗漏的位置,其中①~⑥号异常体是库内水流向坝下游坡及导流洞的渗漏通道,⑦~⑧号异常体是库内水流向下游右山坡及溢洪道的渗漏通道。

表 1 相对视电阻率低的孔段与渗透系数的对比表

检查孔号	一组				二组		三组		备注
	ZK2	ZK3	ZK4	ZK5	ZK8	ZK9	ZK11	ZK12	
视电阻率 值 ($\Omega \cdot m$)	100 ~ 200	100 ~ 200	100 ~ 200	300 ~ 800	300 ~ 800	100 ~ 200	400 ~ 500	300 ~ 600	
渗透系数 (cm/s)	1.9×10^{-3}	1.02×10^{-3}	0.18×10^{-3}	0.02×10^{-3}	8.16×10^{-4}	11.4×10^{-4}	4.0×10^{-4}	2.3×10^{-4}	加权 平均值

高密度电法结果与在原防渗漏墙上打的质量检查孔对比，即取相对视电阻率低或较高的孔段与其相对应孔段的渗透系数对比，共取三组，其数据经整理后汇成表 1。由表 1 得到：相对视电阻率低的孔段，注水实验渗透系数大；相对视电阻率高的孔段，渗透系数小。

当库内水位由正常水位 175.6m 降至 174m 高程以下时，下游坡只见导流洞和右山坡地表有水流出。此时坝前水边观测到的自然电场电位法曲线在坝中间和靠右段位置有明显低电位反映。从而查明了坝下游坡浸润渗透和导流洞渗漏的来龙去脉，为工程加固处理提供了依据。

2.2 某水库六副坝基渗漏探查

某水库六幅坝，长 100m 以上，坝高 13m，填土为朱红色粘土，岩基为全风化、强风化泥质粉砂岩、泥质粉砂岩夹砾岩。

为堪查大坝渗漏，应用高密度电法中稳纳装置和三极滚动连续测深装置，点距 2m，电极隔离系数 29 层，60 根电极，侧线长 118m。探测深度 35m，满足探测要求。

探测结果绘成视电阻率断面等值线图（图 2），由图 2 可见，坝

肩原生图视电阻率 100~200 $\Omega \cdot m$ ，坝体填土视电阻率 60~100 $\Omega \cdot m$ 。

分析认为剖面 58~64m 之间，视电阻率 80 $\Omega \cdot m$ 分向两侧，为泥质粉砂岩夹砾岩与泥质粉砂岩岩层界线。剖面 23~58m 之间，视电阻率由 60 $\Omega \cdot m$ 下降至 40 $\Omega \cdot m$ ，埋深 8m。剖面 80~114m，特别是 90~111m 之间，视电阻率由 60 $\Omega \cdot m$ 下降至 20 $\Omega \cdot m$ ，电测深探测深度为 18m。

解释为渗漏异常，为岩基破碎，泥质充填引起视电阻率变低。在探测前已经灌浆结束，但灌浆深度只有 10m，远达不到此深度，所以灌后仍同灌前一样漏水。异常高程 94.8m，比下游漏水出口点高程 91m 高出 3.8m。

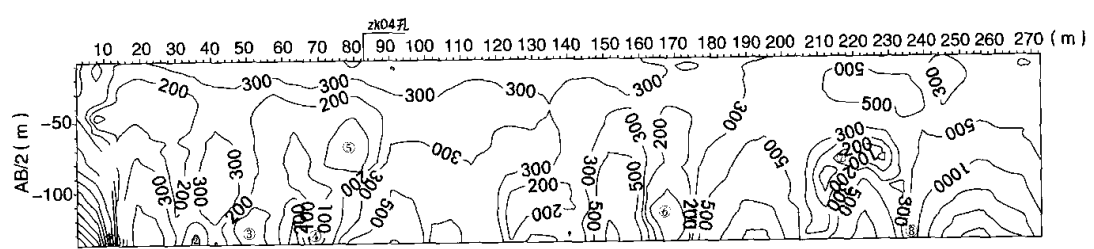


图1 XXX水库主坝心墙视电阻率等值线图

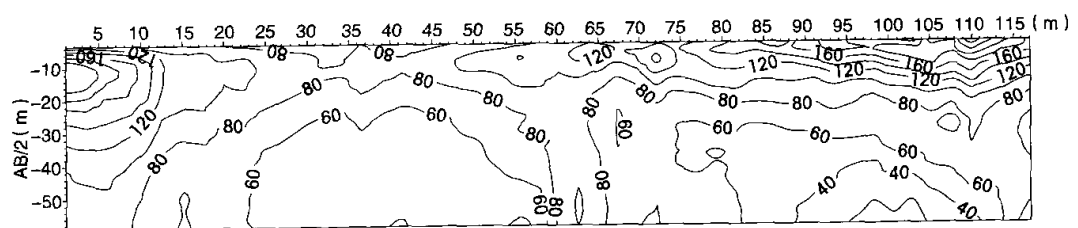


图2 XXX水库六副坝视电阻率等值线图

3 结束语

通过上述高密度电法探测实例，对山区高坝或一般坝体的渗漏，都可从坝剖面断面视电阻率等值线图直观、形象地反映出岩土体的电

性分布形态和结构特征。排除坝体地形的旁侧影响，通过与钻孔资料对比，就可找出渗漏或其它隐患原因。一般中小水库的野外勘察工作，仅需 2~3 天就可完成。对已经加固工程和未加固工程，进行定期和不定期观测，都能对隐患起到很好的预防监督和检测作用。