

激电二次场法在水电工程地下水位探测中的应用

黄安松

(中南勘测设计研究院物探测试研究中心, 湖南长沙 410014)

摘要: 地下水的分布、埋藏深度、库水渗漏是水电工程勘测工作中一个较为复杂的问题, 它直接影响到库水位的设计、水库的防渗和边坡的稳定。为了查明岩溶发育、地下水埋深及地下水活动特性等复杂的水文、工程地质问题, 用常规勘测方法是很难判定的, 只有借助其它先进的勘测手段。实践证明: 激电二次场法查找区域地下水位分布情况, 解决了以往常规勘测难以查清的的水文、工程地质问题, 取得了良好的地质效果和经济效益。

关键词: 激电二次场; 衰减特性; 地下水位; 应用效果

1 前言

水电枢纽工程建设前期, 区域地下水的分布状态、埋藏深度和排泄方向等一系列问题, 直接影响到库水位的设计方案, 水库防渗及边坡的稳定。因此查明区域地下水的分布情况, 成为水电前期工作十分重要的工作。但由于地质条件的千变万化, 各种物探方法(地震、电磁波 CT、视电阻率等)和常规的勘探都有它的局限性和特殊性, 特别对于灰岩地区地下水的分布, 就更难查清, 以致加大工程建设难度, 延误工期, 甚至会造成漏库和干库。近年来根据水电工程建设的需要, 利用激电二次场法探测地下水位分布情况, 取得较好效果, 其最大的优点是能区分碳岩层与水引起的异常, 划分富水地段, 确定地下水位。

2 基本原理

(1) 当用一定的供电装置向地下供电时, 岩体在人工电场作用下被极化, 在供电的同时能测到逐渐于稳定的电位差(一次场电位差), 断开供电电源后的一定时间内还能测到逐渐衰减的电位差(二次场电位差), 这种现象称之为激发极化现象。

离子导电岩石的极化电位大小与很多因素有关, 其中起主要作用的是湿度、孔隙水的矿化度、岩石颗粒大小, 粘土的含量和激励电流的大小与供电时间的长短等。这些因素还影响极化电位的衰减过程, 实践证明地下水的状态与衰减过程有密切关系。同一地质单元条件下的含水区, 极化电位衰减慢, 而无水区则衰减较快。激电二次场主要是利用极化电位的这种衰减缓慢的特性来研究地下水的分布状态。

(2) 激发极化法仪器测试的参数基本上有以下几种:

①极化率(η)是表示岩石激发极化作用强弱的参数, 在数值上为二次场某一规定时刻的电位差 ΔV_2 与一次场电位差 ΔV_1 比值的百分数。即:

$$\eta = \frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} \times 100\%$$

②半衰时(TH)是激发极化作用强弱的重要参数, 设断电后延时到 200ms 时, 二次场第 1

子样 $\Delta V_2 (M_1)$ ，则半衰时为二次场衰减到 $\Delta V_2 (M_1) / 2$ 时的时间值，单位为 ms。

③衰减度 (D) 是研究二次场电位差的衰减规律与一次场电位差不发生任何关系，因此衰减度参数是激电二次场找水的主要参数。以百分数表示，公式如下：

$$D = \frac{1}{5000 - 200} \int_{200}^{5000} \Delta V_2(t) dt \times 100\% \div \Delta V_2(M_1)$$

即衰减度为二次场子样在 5 秒钟内均值与第 1 个子样 (M1) 之比。

地下水位的探测主要是利用二次场的衰减特性来研究地下水。本文仅以半衰时和衰减度作为主要的衰减特征参数。

3 方法技术及措施

(1) 激电二次场衰减法的测量装置，主要采用电阻率法的梯度装置和温纳装置。几年来，我们在生产中使用的对称四极梯度装置，野外工作方法与电阻率法基本相同。使用**重庆奔腾数控技术研究所 WDJ-1 仪器**测量，一次性可完成一次场 ΔV_1 和二次场 ΔV_2 的测量，并一次性显示相关的参数值 (ρ_s 、M1~M7、TH、D)。

(2) 背景值的确定：激电二次场衰减法找水与电阻率法找水相比，其显著的优点是：①在没有含水的地段、在没有干扰的情况下，激化效应很低，且稳定；②受地形影响小；③只有在含水的地段上，才会出现明显的激电二次场衰减异常。在不含重力水地段上的激电二次场衰减数值称为背景值。在激电测深曲线上，地下水位以上的参数值可视为背景值。正确确定背景值对曲线的解释至关重要，在一个测区，应首先在已知地段反复测量，准确的确定背景值的数值，分析其变化规律、变化范围，为分析激电异常提供可靠数据。

(3) 激电异常的确定：在激电测深曲线上，明显高于背景值的异常值，称为激电异常。异常值要明显，否则，可能将背景值本身的波动和测量误差误认为异常，只有充分掌握测区的地质和物性参数资料，才有可能将地下水位的异常准确地划分出来。所以每到一个测区要对各地层进行激电二次场衰减法测试，确定测区的背景值。

(4) 工作中应采取以下几方面的措施：

- ①保证测量电极的稳定性，测量电极必须用不极化电极。我们用的是固体硫酸铜不极化电极，其性能可靠。在野外工作时，要尽量减小测量电极的接地电阻，MN 测量线要保证接触良好。
- ②测量装置一般采用梯度装置。
- ③要有较大的供电电流。可采取如下措施：a.减小电源内阻，电源应采用串并的方法；b.减小供电导线的电阻，应采取较粗的导线；c.减小供电电极的接地电阻，应采用电极组；d.地表干燥时，应在供电电极处浇水，以保证接地良好。

4 应用实例

近年来激电二次场衰减法在水电工程勘测设计、施工各阶段中得到了广泛的应用，并取得了明显的地质效果。下面结合×××水电站工程实例，阐述激电二次场衰减法在水电工程中的应用效果。

(1) 工程概况

×××水电站建于 1985 年。电站上游左岸距大坝 70m~380m 处存在一滑坡体，经变形观

测发现滑坡体有缓慢向下移动的迹象。因此要求查明滑坡体范围内地下水的埋藏深度、滑坡体的分布范围、厚度和基岩的埋深。在滑坡体区（以下称测区）布置了 5 横 4 纵共计九条激电测深剖面，点距 20m~45m。在上述剖面上同时还开展了地震勘探。以下仅对激电二次场衰减法作以介绍。

测区自然坡度 $27^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。表层由石英砂岩，含砾石英砂岩的碎石、块石与角砾和棕黄色砂质粘土等物质组成，下伏基岩为中泥盆统跳马组的灰白色薄层—厚层状石英砂岩、含砾石英砂岩；寒武系中组下段的灰黑棕黄色中细粒长石石英砂岩、石英砂岩夹紫色板岩等。岩层走向北西 $270^{\circ} \sim 290^{\circ}$ ，斜切河谷，倾向北东，倾角 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 。

(2) 成果解释与分析

测区中视电阻率曲线和激电二次场衰减曲线的组合形态基本为 A、K 型组合和 KH（或 K）、KHK 型组合。

A、K 型组合见图 1，视电阻率曲线前段为坡积物；中间段为含块石、崩石等崩积物；尾段为弱—新鲜基岩。激电二次场衰减参数半衰时和衰减度曲线，其值也逐渐增大的同时 $AB/2=40m$ 时（第 5 个极距）达峰值，应是含水层或过湿带的反映，随后曲线下降进入贫水段。

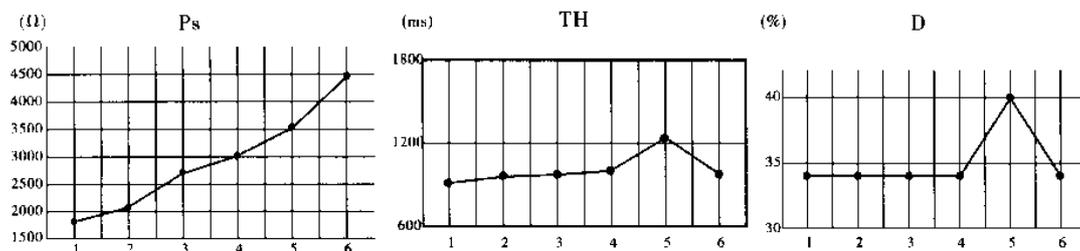


图 1 P26 号点激电测深曲线

KH（或 K）、KHK 组合型见图 2，视电阻率曲线前段为坡积物；在 $AB/2=9 \sim 15m$ （第 2~3 个极距）曲线上升，为干燥或架空的崩石、石块等主要成分组成的崩积物；在 $AB/2=25 \sim 40m$ （第 4~5 个极距）曲线下降，为破碎带或滑移面引起。随后进入完整基岩，视电阻率曲线上升。激电二次场衰减参数半衰时和衰减度曲线 $AB/2=9m$ （第 2 个极距）时，出现第一个峰值，为上层滞水；在 $AB/2=25m$ （第 4 个极距）时，曲线开始上升至 $AB/2=40m$ （第 5 个极距）达第 2 峰值，推断为稳定地下水位的反映。

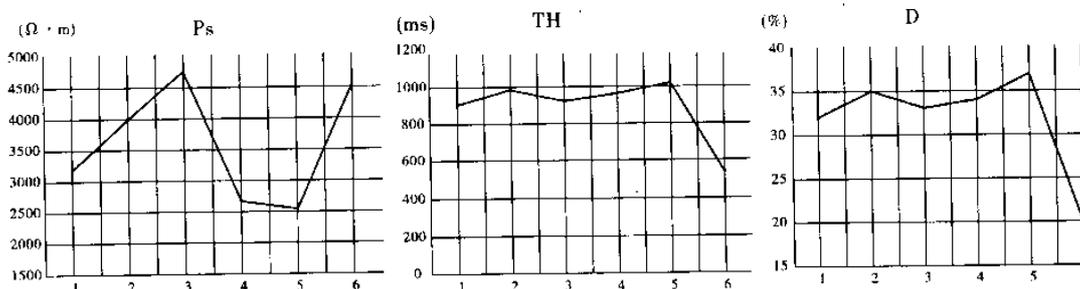


图 2 P37 号点激电测深曲线

根据实验、参数测试、孔旁测试、统计分析确定背景值为 $TH=940ms$ 、 $D=34\%$ ，大于或等于背景值的层位，解释为滑坡体的过湿带或地下水位的反映。

图 3 为测区横 5 剖面视电阻率、半衰时、衰减度的等值线断面图。视电阻率等值线断面图上显示在 40m 以后等值线改变原有趋势，结合地震资料解释为滑坡体上边界。半衰时和衰减度两等值线断面图型态相似，半衰时和衰减度参数中下部出现 950ms 和 34% 以上等值线形

成层状闭合，推断为滑坡体的含水层或过湿带。经钻孔验证，断面 40m 处 (ZK6) 地下水位 23.6m，激电测深解释 23.0m；断面 80m 处 (ZK18) 地下水位 18.4m，激电测深解释 19.2m。此处 ZK18 还揭示，在孔深 26m 处还有破碎存在。断面 100m 处 (ZK7) 地下水位 12.9m，激电测深解释 13.0m。

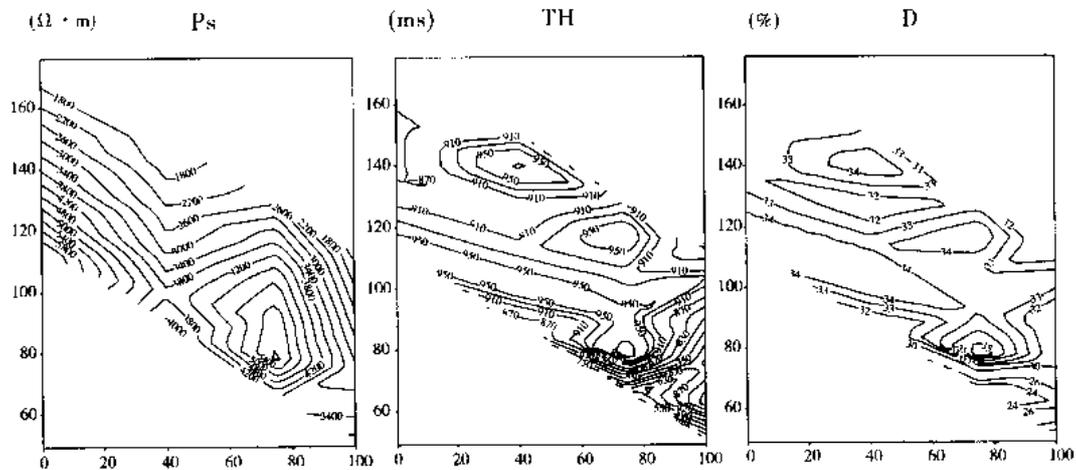


图 3 S5 剖面 ρ_s 、TH、D 等值线断面图

5 结束语

采用激电二次场法探测地下水位，经多个工程实践表明：它具有对含水层反应明显、直观、尤其是对埋藏较深的含水层（或地下水位）也能准确探测的独特优点。

(1) 激电二次场法找水或探测地下水位，不同于找金属矿。野外实测工作应尽可能采用多参数测试，选用具有衰减度特性的参数，如衰减度和半衰时，半衰时对湿度反映明显，湿度大，增高背景值。

(2) 激电二次场法寻找稳定地下水位。是研究二次场电位差的衰变特性与含水层的关系，但有别于寻找地下水源和寻找金属矿藏。野外测极方向尽可能的保持一致。在有地下暗河、强富水区、河流等地方探测、测极方向应尽可能和水流方向一致。否则会引起观测资料的不准确。供电时间可以相对缩短一些，一般情况下，能观测到衰减规律正常便可。

(3) 激电二次场法背景值的确定关系到资料推断解释的准确性，野外工作和资料解释时要排除因覆盖层湿度大对背景值的干扰，对低阻异常的解释可利用极化率与视电阻率的关系进行推断解释。

参考文献：

- [1]李金铭，等. 激发极化法找水基础理论研究[M].北京：地质出版社，1994.
- [2]傅良魁. 应用地球物理教程[M]. 北京：地质出版社，1989.
- [3]钟新维，等. 找水新法—激发极化法[M]. 北京：水利电力出版社，1987.