

激发极化法在新疆地区找水的应用

陈青松,孙启斌,郭成有

(水利部新疆水利水电勘测设计研究院,新疆 昌吉 831100)

摘要:主要简述激发极化法找水的基本原理及该方法在新疆引额济乌一期一步工程西泉水源地找水的应用效果。

关键词:激发极化法;视电阻率;视极化率;激电测深;温纳尔装置;富水层;富水地段

激发极化法找水是新发展起来的一种找水方法,目前我国已得到广泛的应用。主要简述激发极化法找水的基本原理及该方法在新疆引额济乌一期一步工程西泉水源地找水的应用效果。

1 激发极化法找水的基本原理

1.1 激发极化效应

对地下地质体供入一直流脉冲 ΔV_1 , 在供电电流不变的情况下,可观测到如下现象:地面上两个测量电极的地位差 $\Delta V(t)$ 随时间增加而趋于—稳定值(饱和值)。在断开供电电流后,会发现电极间电位差在最初一瞬间快速衰减,到一定数值后,衰减速度变慢,经几秒钟甚至几分钟后可衰减至零。见图 1 的充放电曲线。

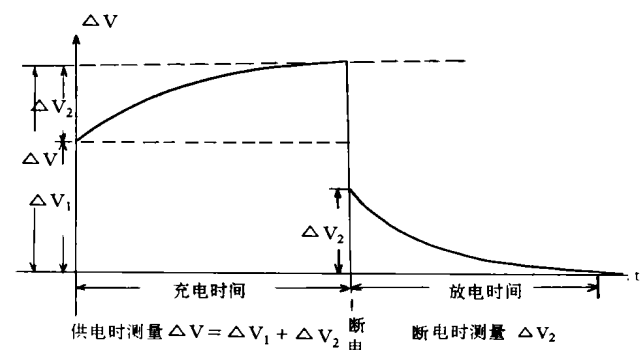


图 1 充放电曲线

如果把激发场 ΔV_1 称作一次场的话,则把断电后观测到的衰减电场称为二次场,它是由电化学过程产生的极化场。断电瞬间观测到的极大值用 ΔV_2 表示。在供电过程中,一次场和二次场是叠加在一起的,见充电曲线 $\Delta V(t)$:

$$\Delta V(t) = \Delta V_1 + \Delta V_2(t) \quad (1)$$

式中: $\Delta V(t)$ ——总场或激发极化场;

$\Delta V_1(t)$ ——一次场(激发场电位差);

$\Delta V_2(t)$ ——二次场(极化场电位差)。

地下地质体具有的充放电特性类似于蓄电池的贮藏电能特性,这是复杂的物理化学作用形成的。这种现象称为激发极化效应(简称激电效应)。

1.2 激发极化法的各种测量参数

激发极化法就是研究地下地质体激发极化效应的方法,它的测量参数包括极化率参数、时间特性参数和频率特性参数等。本次工作用到的参数有电阻率 ρ 、极化率 η 和综合参数 Z_p 。

1.2.1 极化率

为了表征岩矿等地质体激发极化效应的相对强度,通常用二次场的峰值地位差与一次场的电位差之百分数来表示,并命名为极化率 η :

$$\eta = \frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} \times 100\% \quad (2)$$

在野外工作中,应用电阻率法的常用装置进行极化率测量。对于不均匀介质的极化率测量引入视极化率的概念,用 η_s 表示。由于 $\Delta V_1 \geq \Delta V_2$, 故 $\Delta V_1 \approx \Delta V$, 为方便起见,常用供电时的 ΔV 值除断电瞬间的峰值 ΔV_2 在分比表示:

$$\eta_s = \frac{\Delta V_2}{\Delta V} \times 100\% \quad (3)$$

岩(矿)石的极化率是电探的重要电性参数之一,它的大小与岩(矿)石的湿度、粘土矿物的含量、孔隙水矿化度等因素有关。

1.2.2 综合参数 Z_p

若把断电瞬间所测得的 ΔV_2 定为 100%, 则该电位差衰减到一半时所需的时间称作半衰时,用符号 TH 表示,单位为秒。

综合参数 Z_p 定义为极化率与半衰时的乘积,即:

$$Z_p = 0.75 \times \eta \times TH / 1000 \quad (4)$$

式中: Z_p ——综合参数;

η ——极化率;

TH——半衰时。

岩(矿)石等地质体的综合参数 Z_p 使得异常更明显、更突出,使我们看得更明了。

1.3 激发极化效应的机制问题

薄膜极化——离子导体激发极化效应的一种假说。在外加电场的作用下,在正常溶液中,正离子沿着电场方向移动,负离子逆着电场方向移动,形成电流。在窄孔隙中情况有些不同,由于在扩散区中负离子很少,所以在电流的流入端,由于流走的负离子得不到充分的补充,所以负离子的浓度变小;在电流的流出端,逆着电流方向而来的负离子,由于受到负电的粘土的排斥,很难通过窄孔隙,所以在那里形成了负离子的堆积。至于正离子,它的情况则有些不同;在窄孔隙中的扩散区,正离子也能平行于界面移动,所以窄孔隙两端正离子的浓度的变化须视具体情况而

定。这样,总体来说,在电流流入端,由于负离子缺少,带正电;在电流流出端,由于负离子堆积,带负电,这就产生了激发极化。见图2。

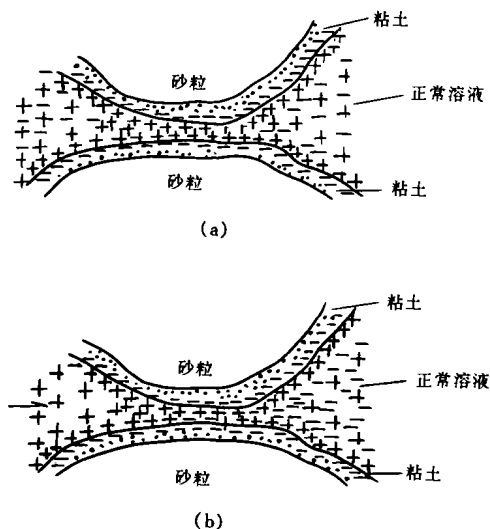


图2 薄膜极化示意图

(a)通电前;(b)通电后

激发极化现象是地质体普遍存在的现象,一些金属矿床和含水的砂砾石都有比较明显的激发极化现象,只是它们产生的机理不同,二次场的大小有别,衰减快慢不一样,正是由于不同的地质体的激发极化特性不同,因此我们可以利用它来寻找地下水源。这种勘探方法称为“激发极化法”。

2 应用实例

2.1 概况

引额济乌一期一步工程为Ⅱ级工程,规模巨大,是国家和自治区的重点建设项目。施工期间渠道填筑碾压,砼和砂浆拌制、养护、人员、机械等需大量的水,由于沙漠明渠、平原明渠沿线无可利用的地表水,只能依靠地下水源,经初步水文地质调查,在沙漠明渠出口及平原明渠附近西泉农场存在地下水源。地下水补给主要是北天山融冰及甘河子地表径流渗漏补给,含水层岩性主要为粉细砂。物探工作采用了重庆数控研究所生产的WDJD-2型多功能数字直流激电仪采集野外数据。

2.2 测区地形、地貌、地质条件及地球物理特征

测区位于天山北缘甘河子冲洪积平原下游边缘地带,地形平坦开阔,高程在502~535m,多为半荒漠区。岩性为第四系冲洪积粉细砂、砂壤土及粘土。含水层主要为粉细砂层,粉细砂电阻率在 $80\Omega\cdot\text{m}$ 左右,砂壤土电阻率在 $10\sim 30\Omega\cdot\text{m}$,粘土在 $2\sim 10\Omega\cdot\text{m}$,粉细砂砂壤土互层电阻率在 $30\sim 80\Omega\cdot\text{m}$ (砂层厚、土层薄)、 $20\sim 40\Omega\cdot\text{m}$ (土层厚、砂层薄)。不含水层视极化率 $\leq 1\%$,其含水层主要形式是土层和砂层的互层。含水层视极化率 $> 1\%$,富水层视极化率 $> 2\%$ 。含水层与不含水层电阻率、极化率相差较大,为开展激电测深、电阻率测深法提供了前提条件。

2.3 物探工作方法与技术

2.3.1 工作布置

针对物探工作目的,在测区布置“井”字型测网,激电测深剖面4条,分别为W1、W2、W3和W4,每条剖面长约11km,总长度43km,物探点86个,物探点距根据岩性变化情况控制在100~1500m不等。

2.3.2 测试方法与技术

经过试验,我们在测区选用激电测深法和电测深法相结合的勘探方法。

2.3.2.1 激电测深方法与技术

激电测深采用四极对称温纳尔装置,最小极距 $AB/2=3\text{m}$,最大极距 $AB/2=630\text{m}$,极距比选用 $AB/2:MN/2=3:1$,M、N电极为不极化电极。按物探规范要求,工作期间开工与收工不极化电极自电电压 $\leq 2\text{mV}$,测试供电时间为20s,相邻极距满足规范要求。

2.3.2.2 电测深方法与技术

电测深采用四极对称温纳尔装置,最小极距 $AB/2=3\text{m}$,最大极距 $AB/2=630\text{m}$,极距比选用 $AB/2:MN/2=3:1$ 。

2.4 资料解释

2.4.1 定性解释

2.4.1.1 曲线类型分析

本次所测电阻率曲线大部分为HK型曲线、A型曲线,其中A型曲线实为HK型曲线,由于最小极距 $AB/2=9\text{m}$,曲线首支不完整,最大极距 $AB/2=420\text{m}$,尾支未测到,但目的层能被揭示。因此测区电阻率曲线均可定为HK型曲线;第一层电阻率变化较大,从几欧姆至几十欧姆;第二层电阻率较稳定,在 $10\Omega\cdot\text{m}$ 左右;第三层为工作的主要目的层,即曲线急剧上升段,该段曲线的变化情况,分析认为由于地层岩性、颗粒大小及层位厚薄变化所致,电阻率一般在 $30\sim 80\Omega\cdot\text{m}$ 之间变化,最大值可达 $120\Omega\cdot\text{m}$,为含水层反映;第四层,即所测曲线尾支,电阻率值为第三层电阻率的一半左右,为相对隔水层,砂层薄、土层厚所致。

2.4.1.2 视电阻率曲线类比分析

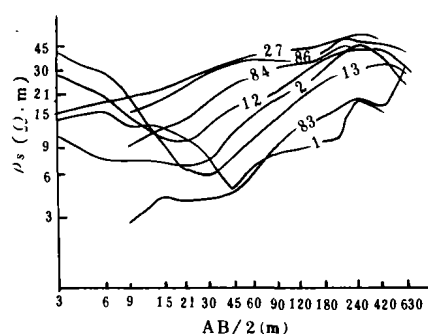


图3 视电阻率曲线类比图

从所测的曲线中抽出典型曲线,绘成视电阻率曲线类比图,如图3所示。据大量曲线分析,判断认为图中上部曲线,含水层电阻率相对较高,颗粒粗,定为好富水地层,中部曲线含水层电阻率相对上部曲线差,颗粒相对细,定为一般富水地段,下部曲线含水层电阻率低,定为较差富水地段,然后将实测曲线放置曲线类比图上进行对比来判定出每个激电、电测深点的富水情况。

2.4.1.3 视电阻率 ρ_s 等值线图分析

根据所测数据绘成 ρ_s 等值线图, 来划分富水地段。据资料分析认为: 表层深度 0~30m 范围内为不含水层或含水水质差地层, 视电阻率变化较大, 且不稳定、无规律, 不为目的层, 不具体分析; 30m 以下至 200m 左右, 视电阻率变化稳定并有规律, 均为曲线的急速上升段, 视电阻率的大小、曲线上升的幅度与地层有密切的关系, 能够反映地层颗粒的粗细、富水的好坏、砂层与土层互层各占比例的大小, 视电阻率值大的为富水性好的地段, 反之为富水性较差的地段; 200m 左右以下, 曲线下降, 为电阻率变小的反映, 分析为相对隔水层或含水层较薄的地层。

2.4.1.4 视极化率 η_s 等值线图分析

从所测的视极化率 η_s 等值线图来看, 不含水地层 η_s 值在 0%~1%, 相对饱水层 η_s 值在 1%~2%, 富水层 η_s 值 >2%。分析认为视极化率 η_s 值高的或视极化率曲线上升幅度大的段为富水层、富水地段。

2.4.1.5 综合参数 Z_p 等值线图分析

从所测的综合参数 Z_p 等值线图来看, 不含水地层 Z_p 值在 0%~1%, 相对饱水层 Z_p 值在 1%~2%, 富水层 Z_p 值 >2%。分析认为 Z_p 值高的或视极化率曲线上升幅度大的段为富水层、富水地段。

2.4.2 定量解释

电测深点的定量解释, 采用二层量板和三层辅助量板进行解释。对个别点曲线不够完整或畸变点, 采用定性和曲线类比进行定量解释。

激电测深点的定量解释: 电阻率曲线的解释与电测深点的解释一样; 对极化率和综合参数曲线的解释, 在浅部 AB/2 的值即为极化率和综合参数值对应的深度, 在深部极化率和综合参数值对应的深度是对应极距 AB/2 乘一定的系数。

2.5 物探测试结果分析

本次物探测试范围在 300m 以内, 对于浅部含水层意义不大, 因此以下成果分析对浅部含水层不作分析。

2.5.1 W1 剖面测试结果分析

将剖面上各点的电测深曲线, 与我们曲线类比图对照, 在类比图上部的点主要集中在剖面桩号 5+000~8+800 段, 电阻率值在 30~60 $\Omega \cdot m$ 。视极化率、综合参数曲线异常明显, 界线清晰, 一般在 20m 左右就见水, 即视极化率达到 1%, 富水地层在 90~420m 之间, 视极化率、综合参数 >2%。

从剖面视电阻率等值线图看, 视电阻率相对高阻 (>40 $\Omega \cdot m$) 闭合圈在桩号 5+000~8+800 段, 含水层深度在 70~260m 之间。由在平原地区找水即“在低阻中找高阻”的原理, 该段应为富水地段。从视极化率等值线图看, 视极化率 >3% 的闭合圈在剖面桩号 6+000~8+000 段, 富水地层埋深在 100~420m 的范围。等值线图反映综合参数 >2% 的范围在剖面桩号 5+000~7+300 段, 富水地层埋深在 100~420m 之间的范围。

另外从地形图上分析, 剖面的桩号 5+000~8+000 段高程高于剖面两端高程, 很明显这段为一个冲洪积扇脊部位, 从理论上说, 这具备很好的富水条件。

2.5.2 W2 剖面测试结果分析

将剖面上各点的电测深曲线, 与曲线类比图对照, 剖面上各

点都集中在类比图的上、中部。电阻率相对较高的段, 在剖面桩号 2+000 左右, 电阻率值在 45~60 $\Omega \cdot m$; 在桩号 7+000 左右, 电阻率值在 50~70 $\Omega \cdot m$ 。视极化率、综合参数曲线异常明显, 界线清晰, 富水地层在 90~420m 之间, 视极化率 >2%。

剖面视电阻率等值线图看, 视电阻率相对高阻 (>40 $\Omega \cdot m$) 闭合圈在桩号 2+000 左右, 深度范围在 70~350m。该段应为富水地段。视极化率等值线图看, 视极化率 >2% 的闭合圈在剖面桩号 4+400~7+500 段, 富水地层埋深在 150~420m 之间的范围。等值线图反映视综合参数 >2% 的范围在剖面桩号 0+000~5+000 段, 富水地层埋深较浅。

2.5.3 W3 剖面测试结果分析

将剖面上各点的电测深曲线, 与曲线类比图对照, 在类比图上部的点主要集中在剖面桩号 0+500~3+600 段, 电阻率值在 40~60 $\Omega \cdot m$, 在桩号 4+500~6+500 段, 电阻率值在 70~80 $\Omega \cdot m$, 在桩号 6+500~10+000 段, 电阻率值在 50~60 $\Omega \cdot m$ 。也就是说在这几段, 为较好的富水地段。视极化率、综合参数曲线异常明显, 界线清晰, 一般在 20m 左右就见水, 即视极化率达到 1%, 富水地层在 90~420m 之间的范围, 视极化率、综合参数 >2%。

从剖面视电阻率等值线图看, 视电阻率相对高阻 (>40 $\Omega \cdot m$) 闭合圈在桩号 0+500~3+500 段和 5+000~9+800 段深度在 70~360m 之间的范围。由在平原地区找水即“在低阻中找高阻”的原理, 该段应为富水地段。视极化率等值线图看, 视极化率 >3% 的闭合圈在剖面桩号 0+500~3+000 段, 富水地层埋深在 120~420m 的范围。从等值线图反映综合参数 >2% 的范围在剖面桩号 0+500~3+000 段, 富水地层埋深范围在 100~420m 之间。

2.5.4 W4 剖面测试结果分析

将剖面上各点的电测深曲线, 与曲线类比图对照, 在类比图上部的点主要在剖面桩号 0+000 左右, 电阻率值在 60~68 $\Omega \cdot m$ 在剖面 10+000~12+000 段, 电阻率值在 60~80 $\Omega \cdot m$; 在类比图中部的点在桩号 6+000 左右, 电阻率值在 40~60 $\Omega \cdot m$ 。相对高阻段为较好的富水地段。视极化率、综合参数曲线异常明显, 界线清晰, 富水地层在 180~420m 的范围, 视极化率 >2%。

从剖面视电阻率等值线图看, 视电阻率相对高阻 (>40 $\Omega \cdot m$) 闭合圈在桩号 0+000 左右, 深度较浅; 在桩号 10+000~10+800 段, 深度在 100~340m 的范围。视极化率等值线图中, 视极化率 >2%, 在剖面桩号 0+000~6+000 段, 富水地层埋深在 200~420m 之间。等值线图反映综合参数 >2% 的范围在剖面桩号 6+000~8+000 段, 埋深在 200~420m 之间。

2.6 结论与建议

2.6.1 结论

经过对测试结果各类参数和方法的结合分析、判别、推断, 得出如下结论: 所谓的富水地层主要是指互层中的砂层比例相对较高, 颗粒相对较粗。其主要分布地段为:

(1) W1 剖面的富水地段在桩号 6+000~7+300 段, 电阻率值在 30~60 $\Omega \cdot m$, 视极化率 >3%, 视综合参数 >2%, 埋深在 90~420m 之间的范围。

浅谈注浆改造煤层底板灰岩含水层

李百贵

(合肥煤炭研究所,安徽 合肥 230001)

摘 要:煤层底板下的灰岩含水层给煤矿的安全开采带来很大的隐患,通过注浆法改造底板灰岩含水层,从而达到安全开采。

关键词:注浆;灰岩;含水层;效果

煤矿水害是影响煤矿安全生产的主要灾害之一,北方太原群、石灰岩煤系底盘的奥陶纪石灰岩、南方龙潭组煤层顶板的长兴灰岩和底板的茅口灰岩往往岩溶发育含水丰富,一旦受采动影响突出井下,都会出现严重的矿井水害,最大突水量每分钟可以从几十立方到几百立方,极易淹井。多年来的研究认为,影响底板突水的因素是多方面的,其中主要的因素是:煤层底部的岩溶承压水、矿压地质构造及底板隔水层厚度和强度。其中岩溶承压水是造成突水的主导因素,是基础,矿压是造成突水的诱发因素,地质构造是造成突水的内在条件,煤层底板是阻抗突水的唯一因素。要预防底板突水,就必须强化阻抗突水的因素,削弱造成突水的条件。

根据《煤矿安全规程》规定,凡是在突水系数 >0.7 的采区回采前,必须制定措施,防止突水事故的发生,做到防患于未然,而做到这一点,目前有二种方法。一是通过打排水钻孔,采取疏水降压的方法,但这是有条件的:①含水层富水性小,疏降排水费用

不高或疏降排水费用虽高,但可以排供结合。②不会因疏降严重影响工农业用水,造成地下水的浪费。③不会因疏降造成地面大面积沉降和环境污染。④含水层的补给边界,水量已经查明,可以合理疏降到一定的安全水平。另一种是通过打钻孔到预定层位,然后注浆改造煤层底板含水层,使本来是强含水层变成弱含水层或者成为隔水层。结合淮北矿业集团杨庄煤矿Ⅱ6116工作面底板注浆工程就第二种方法予以探讨。

该矿于1988年10月24日Ⅱ617工作面底板发生特大突水事故,淹没二水平,突水量达 $3153\text{m}^3/\text{h}$,造成这次突水的主要原因是在突水点附近,底板张裂隙丰富发育,又恰好在矿压集中带上,这样在矿压水压共同作用下,这些张裂隙进一步扩张,发展成为导水通道,从而造成大面积出水。工作面综采对底板破坏深度为 $15\sim 18\text{m}$,而突水地段底板隔水层厚度仅 43m ,为井田最薄地段之一,若上段 18m 失去隔水作用,下段 25m 隔水层很难承受最大静水压达 3.1MPa 的水压。若能改变下面的含水层为隔水层,

(2)W2剖面的富水地段在桩号 $1+000\sim 2+500$ 段,电阻率值在 $45\sim 60\Omega\cdot\text{m}$,视极化率 $>2\%$,视综合参数 $>2\%$,含水层埋深在 $70\sim 420\text{m}$ 之间。

(3)W3剖面的富水地段在桩号 $0+500\sim 3+000$ 段,电阻率值在 $40\sim 60\Omega\cdot\text{m}$,视极化率 $>3\%$,视综合参数 $>2\%$,含水层埋深在 $120\sim 420\text{m}$ 之间的范围。

(4)W4剖面的富水地段在桩号 $0+000\sim 2+000$ 段,电阻率值在 $60\sim 68\Omega\cdot\text{m}$,视极化率 $>2\%$,视综合参数 $>2\%$ 。含水层埋深较大,在 $200\sim 420\text{m}$ 之间的范围内。

2.6.2 建议

结合水源地应该靠近渠线的实际情况,我们将最理想水源地选在离渠线不远的W1与W3剖面交汇的位置。

3 注意的问题

为了采集到高质量的原始记录,提出几点注意事项:

- (1)保证测量极罐中硫酸铜溶液的饱和;
- (2)按规范要求保证不极化电极开工自电电压 $<2\text{mV}$;
- (3)保证充电过程中,供电电流强度和稳定性;

(4)在同一个水文单元里,一般说来激发极化参数值越高,给水度越好;但是在不同的水文地质单元,激电参数是不能比较的,因为它还与粘土的含量、种类,水溶液中所含离子的种类和浓度等复杂的因素有关。

4 结论

激发极化法是物探方法中较晚发展起来的方法。激发极化法找水最突出的优点和特点是对水的反映直观,受地形的影响小。激发极化法的一个严重的缺点是方法本身不能给出地质体确切的物性参数,只能给出与所使用仪器参数有关的相对值,不能表示岩石的真实物性。因此激发极化法有待进一步完善和发展。

参考文献

- [1] 长春地质学院《水文地质工程地质物探教程》编写组. 水文地质工程地质物探教程[M]. 地质出版社,1980.
- [2] 钟新淮,陈居和. 找水新法——激发极化法[M]. 水利电力出版社,1987.