

地形及特殊地质条件 对电法勘探找水的干扰及应对措施

刘福臣,徐光瑜

(山东水利职业学院,山东日照 276826)

摘 要:在电法勘探找水野外测量过程中,经常会遇到特殊地质条件的干扰,造成电测深法、激发极化法、联合剖面法等电测曲线出现各种假异常,电测曲线畸变,导致电测解释错误。详细探讨了地形、低阻岩层、高阻岩脉、覆盖层、故河道等各种干扰因素产生的原因、影响规律,提出了排除各种干扰的措施和方法,提高了测量精度,大大提高了成井率。

关键词:地形;特殊地质条件;电法勘探;电测深;联合剖面;干扰异常

中图分类号:p631.3+2

文献标识码:B

电测深法、激发极化法、联合剖面法等电法勘探找水在不同地层中取得了成功。刘春华^[1]采用综合物探方法,对山东鲁西岩溶区找水进行了系统研究;刘福臣^[2]利用联合剖面法对鲁东中生界地层地下水进行了研究,找水效果明显;姬广柱^[3]采用综合多种物探方法,对山东平阴县的石灰岩地区进行了研究,大大提高了成井率,找水效果明显。刘福臣^[4]采用激发极化法寻找泰山群变质岩地下水,取得了成功的经验。在电法勘探找水野外测量过程中,经常会遇到地形、低阻岩层、高阻岩脉、覆盖层、古河道等各种要素的干扰,使得电测曲线出现各种假异常,造成曲线畸变,导致解释错误,降低成井率。因此有必要对电测过程中各种干扰因素进行全面分析,排除各种干扰因素的影响,提高成井率。

1 地形的干扰

1.1 电测深法

当地面坡角小于 20°时,地形起伏变化对电测深曲线影响较小,此时测线方向可任意选择。若地面坡度大于 20°,或者测线方向极距跨越山谷或山脊时,地形起伏变化对电测深曲线影响较大。

地形对电测深的影响,主要会产生电阻率降低、电阻率增加 2 种结果,主要与供电电极距在地形中的不同位置有关。根据多年的电测实践经验,凡供电电极 A、B 连线以上有土体存在时,由于土体的吸引作用,测量的电阻率偏低;凡供电电极 A、B 连线以下存在大气时,由于空气为绝缘体,引起电流的聚集,故

测量的电阻率偏高。

室内模型试验表明^[5]:当测点位于斜坡时,所造成的地形异常较小,而测点位于山顶或谷底时所造成的地形异常最大。对于同一种地形而言,垂直于地形等高线的方向布置测线时,地形所造成的异常比平行等高线方向布置测线时所造成的异常要大,并且所造成的异常随极距 $AB/2$ 的增大而增大;平行于地形等高线的方向布置测线时,地形所造成的异常较小,且所造成的异常随极距 $AB/2$ 的增大而趋于稳定。异常主要出现在 $AB/2$ 小于 $3a$ 的极距上(a 为山脊或山谷宽度)。当 $AB/2$ 大于 $3a$ 后,无论山脊、山谷,也无论平行或垂直走向布极,地形异常均较小。野外遇到的地形主要包括沟谷、山坡、陡坎等,对电阻率的影响各不相同。

1.1.1 沟 谷

(1)当沿着沟谷走向布线时,会引起电阻率的降低。沟谷的深度越大,影响越大;沟谷的宽度越小,影响越大。

(2)当垂直于沟谷布线时,如果沟谷的宽度较小,供电电极 A、B 位于沟谷的两岸,而测量电极位于谷底,会引起电阻率的增加;如果沟谷宽度很大,供电电极和测量电极皆在谷底,会引起电阻率的降低。供电电极越靠近坡角,这种影响越大。

1.1.2 山 坡

山坡地形对电阻率的影响与沟谷的影响相反。

(1)当沿着坡顶走向布线时,会引起电阻率的升高。山顶越陡峻,这种影响越大;山顶越浑圆,这种影响越小。

(2)当垂直于坡顶走向布线时,如果电极 A、M、N、B 在斜坡上,A 靠近坡脚,引起电流密度减少,B 极在坡顶附近,引起电流密度增加,综合反映可能对电阻率影响不大。如果测量电极在坡顶,而供电电极在坡脚,会引起电阻率的降低。

1.1.3 陡 坎

在陡坎的上方布线时,无论是沿着走向还是垂直走向布

收稿日期:2008-09-16

基金项目:山东省教育厅基金资助项目“日照变质岩地下水开发模式研究”(J07WB03)。

作者简介:刘福臣(1963-),男,教授,国家一级注册岩土工程师,从事岩土工程的教学及科研工作。

线,会引起电阻率增加。供电电极越靠近陡坎,这种影响越大。当在陡坎的下方布线时,会引起电阻率的减少。供电电极越靠近坎脚,这种影响越大。

1.2 联合剖面法

由于联合剖面法采用的测量装置形式是2个对称的3极装置,点电源A及B分别位于测点两侧,所以地形的变化,会给测量结果带来很大的影响,使得所测 ρ_s 曲线产生严重畸变,以致于真伪难辨。所以在对 ρ_s 曲线进行分析推断时,对地形的影响应给予充分的重视,否则就会得到错误的结论。

联合剖面通过与地面成45°的山脊或山沟时, ρ_s 曲线的畸变:联合剖面通过山脊时, ρ_s 曲线在山脊所对应的位置上出现极小值的交点;在山坡脚所对应的位置上,对称地出现2个不典型的正交点。联合剖面通过山沟时, ρ_s 曲线在沟底所对应的位置上出现极大值的交点;在山沟的两侧对称地出现2个反交点。这些交点均随着极距的增大而逐渐变得不明显。

2 特殊地质条件的干扰

电测深法适用于电性层水平且分布无限情况,一般认为若岩层倾角不大于20°,电性层水平宽度大于埋深的10倍以上时,地质条件影响不大,岩层倾角、电性层水平宽度的影响就不可忽略。如果不符合这些条件,称为特殊地质条件。特殊地质条件主要包括低阻岩层、高阻岩脉、覆盖层、故河道等。

2.1 低阻岩层的干扰

2.1.1 电测深法

电阻率法要求目的层的电阻率与围岩的电阻率差异要明显,而且差异愈明显,电测效果愈理想。若目的层的电阻率与围岩的电阻率差异不大,则电阻率法无能为力。例如石灰岩层中被黏土充填的溶洞、裂隙以及石灰岩层中的页岩层和泥灰岩夹层都呈低阻异常,两者在电阻率上接近或相等,根据电阻率的大小,也不易将他们分开,往往误判为充水溶洞,造成定井失败。

2.1.2 联合剖面法

岩层电阻率的变化使联合剖面曲线复杂化,出现正交点与反交点。高阻岩层在 ρ_s 曲线不会出现正交点,不会成为寻找断层的干扰因素;而低阻岩层有时会使曲线出现正交点,因此必须注意低阻岩层对曲线的影响。

(1)巨厚层低阻岩层的干扰。当低阻岩层厚度 $H > 3AO$ 时为巨厚岩层。在高、低阻岩层接触面上, ρ_s^A 、 ρ_s^B 曲线发生突变,有时2条曲线变得十分靠近,但不出现交点。远离接触面后,2条曲线靠拢,在高阻岩层一侧 ρ_s 大,低阻层一边 ρ_s 小。

(2)厚层低阻岩层的干扰。当 $AO < H < 3AO$ 时为厚层岩层。厚层低阻岩层会使曲线出现正交点。当低阻岩层直立时, ρ_s 极大值出现在高阻岩层一侧, ρ_s 极小值出现在另一侧,并在低阻岩层中间出现正交点, ρ_s^A 、 ρ_s^B 曲线对称;当低阻岩层倾斜时, ρ_s 曲线不对称,2条曲线的极大值均出现在低阻岩层的上界面上,极小值均出现在下界面上,在极小值附近出现正交点。

(3)薄层低阻岩层的干扰。当 $H < AO$ 时,为薄层岩层。薄层低阻岩层的存在有时也会使曲线出现矿交点, ρ_s 特征与厚层低阻岩层曲线相似,只是异常带宽度小一些。

2.1.3 激发极化法

在激发极化法勘测中,电子导电性矿物和人工电子导体的干扰,往往造成分析判断错误。因此在测量过程中,要注意排除电子导体的低阻矿体的干扰,正确地辨认含水层,提高定井的成功率。如果充电率 M 过大,往往意味着地下有电子导体存在。根据泰山群变质岩地区野外电测经验^[6],当充电率 M 大于3 ms时,一般是电子导体的反映。

(1)天然低阻矿体的干扰。在采用激发极化法找水时,要特别注意天然低阻矿体(金属矿体)产生的干扰^[7]。如果充电率 M 曲线平直,则基本上可以排除低阻矿体的存在;但是若 M 值过大,则可能是矿体的反映。如泰安市某村, M 曲线从 $AB/2 = 16$ m开始上升,至74 m达3.3 ms,钻探证实,30 m开始出现含铁质片麻岩,井深60 m,出水量只有0.5 m³/h。

(2)人工电子导体的干扰。在无天然低阻矿体的地区,虽然不存在天然低阻矿体的干扰,但也应该注意人工电子导体的干扰。如临沂某变质岩地层中,测得一组激电测深曲线, M 值超过4.0 ms,初步分析认为应该可能是电子导体引起的高值异常。后经钻探验证,岩层为花岗片麻岩,裂隙不发育,也未发现有金属矿物存在,出水量只有4 m³/h。后经详细调查,发现在距钻孔5 m远处有一金属供水管道,由于测线方向平行于管道方向布设,且管道又位于勘探体积内,所以造成了假异常,导致找水定井的失败。

2.2 高阻岩脉的干扰

设 D 为供电电极到岩脉的距离,当垂直于岩脉的走向布置测线时,如果电极远离岩脉,无影响。当供电电极A(或B)在岩脉两侧的附近时,影响较大,并在 $AO = D$ 处, ρ_s 曲线出现最大畸变点;当平行于岩脉的走向布置测线时,对曲线的影响比较小。

2.3 覆盖层的影响

覆盖层电阻率一般小于坚硬岩层的电阻率,覆盖层愈厚,低阻屏蔽现象愈严重,联合剖面曲线愈平缓,基岩中的异常反映越不明显。当 $AB/2 < 3H$ 时,在土层变厚处及土层电阻率变小处都会出现正交点;在覆盖层厚度相对较大时,尽管 $AB/2$ 很大,也会出现假的正交点。根据模型实验结果^[3],一般使用 $AB/2 \sim 3H$ 时,可大大降低覆盖层的影响。

2.4 狭窄古河道的影响

设古河道内砂层的平均宽度为 D ,埋藏深度为 h_1 ,厚度为 h_2 ,如果 $D > 10h_1$,可以认为砂层在水平方向是稳定的,测线方向可以任意布置,对电测深曲线无影响。如果 $(h_1 + h_2) < D < 10h_1$,当布极方向与古河道平行时,影响较小;测线方向与古河道垂直时,影响较大,砂层反映不明显。

3 排除各种干扰的措施

3.1 采用不同的电测装置

经过多年的野外电测实践经验,采用联合电测深、十字电测深、测量电极采用梯度装置对排除地形干扰非常有效。

3.1.1 采用联合电测深法

联合电测深就是用2个3极电测深和1个4极对称电测深的联合测量,在垂直于测线方向布设C极,要求 $CO \sim (5 \sim$

10) AO , 测点要尽量远离大的沟谷。在每个极距上, 用 A 、 C 和 B 、 C 依次供电, 分别测出 $\frac{AC}{s}$ 、 $\frac{BC}{s}$ 和 $\frac{AB}{s}$, 3 条曲线绘在同一坐标系内。如果地形、地层、岩层倾角在最大 AB 范围内变化不大, 则 3 个 s 值应近似相等, 且 $\frac{AB}{s}$ 位于 $\frac{BC}{s}$ 、 $\frac{AC}{s}$ 2 条曲线之间。若 A 或 B 电极受地形或不均匀体的旁侧影响时, 曲线形状不一致, 出现干扰异常。因此 3 条曲线可以相互检查测量误差, 解释时以受干扰最小一条曲线为主, 其他作为参考。这种方法对减少地形和旁侧影响效果较好, 特别适用于地形复杂山区。缺点是设备复杂, 观测工作量大。

3.1.2 采用十字电测深法

方法是在同一测点上, 2 次测量时放线方向基本垂直, 2 条曲线绘于同一坐标内。如果 2 条曲线类型基本一致 (特别是含水段), 只是电阻率和曲线斜率大小稍有不同, 基本上认为曲线异常是垂向地电变化的反映, 反之可能是地形、旁侧不均质体影响造成的干扰异常。

十字电测深曲线, 如果只在一条上出现含水异常, 不论其反映如何明显, 尤其是含水性较差地层, 定井都没有把握。如果遇到此种情况, 应加强水文地质调查工作。十字电测深法也能减少地形和旁侧地层的影响, 效率较联合电测深法高。

3.1.3 测量电极采用梯度装置

由于山区地表电性不均匀体对测量电性的影响很大, 基岩出露地区尤为严重。为了减少这种影响, 现逐步采用梯度装置。方法是固定供电电极 A 、 B , M 、 N 极在 A 、 B 范围内移动, 进行视电阻率的观测。梯度装置的电测深, 异常反映明显。

3.2 选择正确的布极方向

地形及特殊地质条件对电测深、联合剖面曲线都会造成一定的影响, 引起曲线出现畸变。要克服或减小地形及特殊地质条件对电测曲线的影响, 在测量过程中将测线方向平行于山脊或山沟的走向布置或平行于岩层的走向; 当地形倾角较大时, 应沿等高线布线, 并尽量少穿越较深沟谷和陡坎; 如果岩层倾角较大, 一般沿岩层定向布线; 如果存在断层, 则应沿断层定向布线可以大大地减小它们的影响; 如地层在水平向变化较大时, 布线方向尽可能与古河道 (砂层) 延伸方向一致, 这样能够正确反映地下岩层的地质情况, 尽可能地排除地形、特殊地质体对电测成果的干扰, 提高测量精度。

3.3 电测资料的修正

为消除地形影响, 突出有用异常, 在整理电测资料时, 可采用下式进行修正:

$$\frac{\text{改}}{s} = \frac{\text{实测}}{s} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_{\text{地形}}} \quad (1)$$

式中: $\frac{\text{实测}}{s}$ 是实测值的电阻率; $\frac{\text{地形}}{s}$ 是由纯地形引起的电阻率; ρ_0 是纯介质的电阻率; $\frac{\text{改}}{s}$ 是消除地形影响后的电阻率。

图 1 为某地的联合剖面曲线的实测值和修正后的电阻率^[5]。由于断层带的电阻率只比围岩低 5 倍左右, 故异常不明显, 实测联合剖面曲线为反交点。经过地形修正后, 在 20 号附近出现正交点, 消除了地形影响。

4 结 论

(1) 当沿着沟谷走向布线时, 会引起电阻率的降低。沟谷的深度越大, 影响越大; 沟谷的宽度越小, 影响越大。

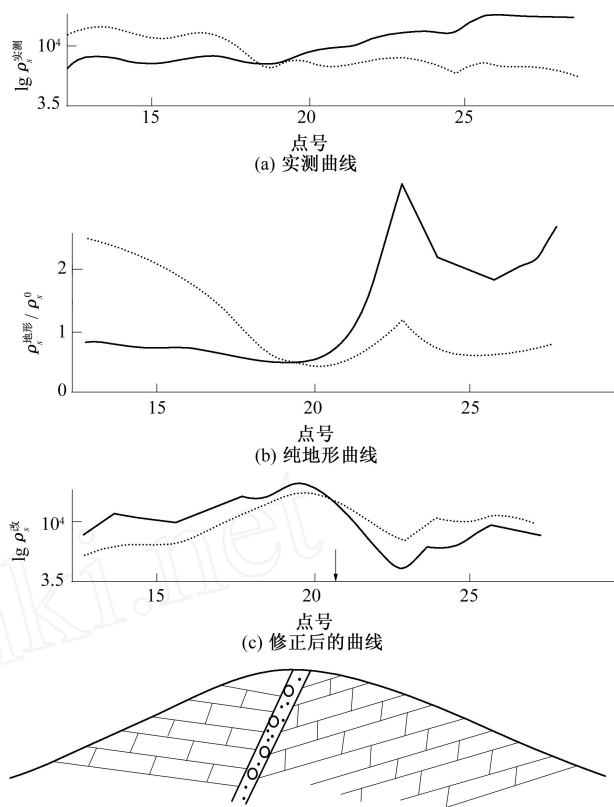


图 1 地形干扰修正

(2) 当垂直于沟谷布线时, 如果沟谷的宽度较小, 供电电极 A 、 B 位于沟谷的两岸, 而测量电极位于谷底, 会引起电阻率的增加; 如果沟谷宽度很大, 供电电极和测量电极皆在谷底, 会引起电阻率的降低。供电电极越靠近坡角, 这种影响越大。

(3) 当沿着坡顶走向布线时, 会引起电阻率的升高。山顶越陡峻, 这种影响越大; 山顶越浑圆, 这种影响越小。

(4) 在陡坎的上方布线时, 无论是沿着走向还是垂直走向布线, 会引起电阻率增加。供电电极越靠近陡坎, 这种影响越大。当在陡坎的下方布线时, 会引起电阻率的减少。供电电极越靠近坎脚, 这种影响越大。

(5) 采用联合电测深、十字电测深、测量电极采用梯度装置对排除地形干扰非常有效, 在布线时应选择正确的布极方向。

(6) 对电测成果进行修正, 可有效地消除地形影响, 突出有用异常。

参考文献:

- [1] 刘春华, 王慎乾. 综合物探基岩找水技术研究[J]. 山东水利, 2003, (5): 88 - 90.
- [2] 刘福臣, 程兴奇, 王启田. 联合剖面法探测鲁东中生界地层地下水[J]. 节水灌溉, 2008, (5): 57 - 58.
- [3] 姬广柱, 周强, 侯国强. 综合多种物探方法在贫水区找水的实践[J]. 地下水, 2001, (4): 208 - 210.
- [4] 刘福臣, 王启田, 程兴奇. 激发极化法探测泰山群变质岩地下水[J]. 水文地质工程地质, 2008, (5): 72 - 75.
- [5] 周天福. 工程物探[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1997.
- [6] 王万喜, 刘福臣, 王启田. 鲁中南低山丘陵区找水方法研究[J]. 地下水, 2008, (3): 61 - 63.
- [7] 林宗元. 岩土工程试验监测手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994.