

直流电法在复杂地电条件下探测陷落柱的应用效果

中国矿业大学

杜树春 岳建华

陷落柱的存在,不仅破坏了煤层的连续性,给井巷施工、煤炭开采带来极大困难,而且常成为导水通道,对煤矿安全构成很大威胁。因此,查明陷落柱发育的位置、规模和空间赋存形态,一直是煤炭生产中急需解决的重大课题。十多年来,人们先后采用各种物探方法进行陷落柱的探测研究,但由于陷落柱发育区常常地形复杂、干扰严重,致使物探方法的应用受到很大限制。以直流电法为例,虽然在部分矿区取得了较好的效果,但在地形恶劣、地表电性不均匀及矿区地电干扰严重的条件下,直流电法探测陷落柱的应用效果,很少有人做过探讨。

本文结合晋城矿区凤凰山矿已知陷落柱上的试验结果,就直流电法在复杂条件下研究陷落柱问题的应用效果进行了讨论。

1 矿区地质、地电特征

凤凰山矿区位于晋城市西北,区内地层自上而下依次为:第四系、二叠系、石炭系及奥陶系。岩层产状近于水平,倾角小于 10° 。由于出露地层岩性不同及受各种地质构造因素控制,地形条件十分恶劣,沟谷纵横交错,表土覆盖层极不均匀。

矿区紧靠白马寺北东向大断层,东西邻近沁河水系和丹河水系,地下水交汇作用强烈,陷落柱极为发育。在矿井施工和生产中,已揭露出规模较大的陷落柱十余处。由于气候干旱,岩层透水性差,本区陷落柱一般不含水或含水很少,陷落柱中主要充填物

为大小不等的碎石岩块。试验中选择的两个已知陷落柱位于矿区北风井与北二风井之间(图1),地形条件极为恶劣。由于靠近风井,地电干扰十分严重。据电测井资料,本区第四系覆盖层(主要为基岩风化后形成的砂质粘土)电阻率一般为 $13\sim 15\Omega\cdot m$,煤系中除砂岩电阻率较高外,其他岩层电阻率一般不超过 $40\Omega\cdot m$ 。

2 技术方法选择及依据

根据地质及物性资料分析,本区陷落柱中岩石破碎且不含水,因而与完整围岩相比,在电性上存在明显差异,用电阻率法研究陷落柱问题在理论上是可行的。但是,在本区开展电法工作还存在以下几方面的困难:

a. 表土覆盖层极不均匀,局部地段基岩裸露,这种表层电阻率的不均匀性将对 ρ_s

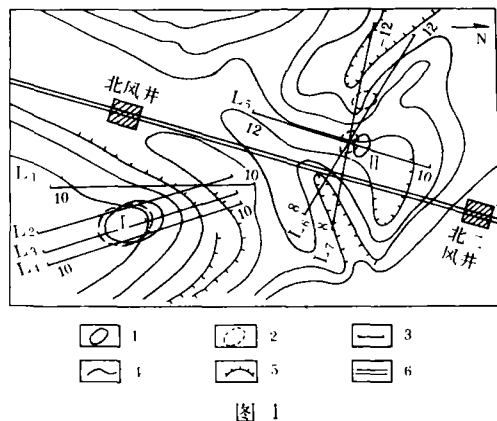


图1

1-地质推断陷落柱; 2-电法推断陷落柱范围; 3-电法测线; 4-地形等高线; 5-陡坎地形; 6-井下巷道

形成干扰。

b. 复杂的地形条件将使地下电流场畸变, 产生 ρ_s 假异常。

c. 地电干扰严重, 信噪比很低, 读数困难。

因此, 电阻率法在本区能否取得良好效果, 关键在于如何压制上述干扰。经过试验比较, 野外工作中采用了中间梯度法。其主要原因是中梯装置电流场相对均匀, 且 AB 电极在观测过程中不移动, 因而受地形起伏及表层电性不均匀影响较小。但由于中梯装置 AB 很大 (实际观测时 $AB/2=260m$), 致使 MN 间有效信号只有几毫伏, 而本区地电干扰常达几十毫伏。为了克服这一困难, 利用 Syscal-R₂ 数字电法仪的特点, 采用了一种避开干扰读数的特殊观测方法^[1], 从而有效地压制了矿区地电干扰, 保证了观测数据具有较高的质量 (重复观测相对误差小于 3%)。

3 陷落柱上的电阻率异常特征

3.1 剖面异常特征

I 号陷落柱沿山梁方向布置四条测线, 其中 $L_2 \sim L_4$ 线出现明显 ρ_s 高异常, 且有很好的对应关系 (图 2), 其背景值一般在 $40\Omega.m$ 左右, 为正常煤系的反应。值得注意的是, 异常范围内 ρ_s 值起伏较大, 出现两个以上峰值, 这可能是该陷落柱规模较大, 岩石破碎后孔隙不均匀所致。根据 $1/2\rho_s$ 极大

值圈定的陷落柱范围与井下揭露情况基本一致, 但陷落柱长度小于井下, 并且向南偏移。由图 2 还可以看出, L_1 线 ρ_s 曲线很不规则, 且与其他几条剖面 ρ_s 异常对应不好, 这主要是 L_1 线沿公路布设, 基岩裸露, 加上路面下有多处浅埋水管影响所致。

II 号陷落柱布置测线三条 (图 3), ρ_s 曲线均有明显高异常, 且异常范围有很好对应关系。与 I 号陷落柱相比, II 号陷落柱 ρ_s 异常强度高、范围小, 说明其规模小、埋藏浅。据 $1/2\rho_s$ 极大值圈出陷落柱直径约 25m, 接近井下揭露规模 (30m)。此外, 物探推测范围较地质推测范围南移 15~18m。

另外, L_6 与 L_7 线的小号点均出现另一高阻异常, 且有很好的对应关系, 由于该异常处于地形起伏不大的麦田, 不可能是浅部因素引起的假异常, 根据地质、物探资料分析, 这可能是另一未知陷落柱的反应。

3.2 测深曲线特征

在电剖面异常的中心位置, 选择地形起伏较小的方向分别做了电测深 (图 4a、b)。由图可见, 这两条曲线具有类似的特征, 曲线前半支光滑平缓上升; 而后半支变得很不规则, 出现多个台阶。为对比分析, 又选择异常之外的地段作了电测深 (图 4c), 尽管受地形影响有轻微畸变, 但完整基岩上 ρ_s 测深曲线基本上是光滑上升的。因而认为, 陷落柱上方 ρ_s 测深曲线平缓上升段反应了基岩覆盖层, 而后半段的不规则畸变则是陷落柱

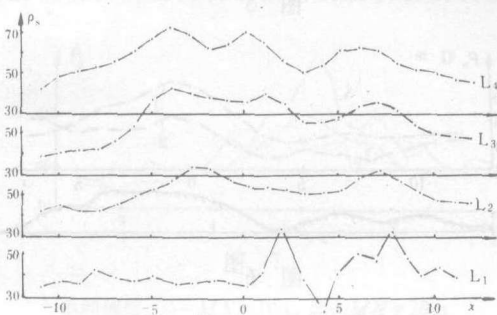


图 2

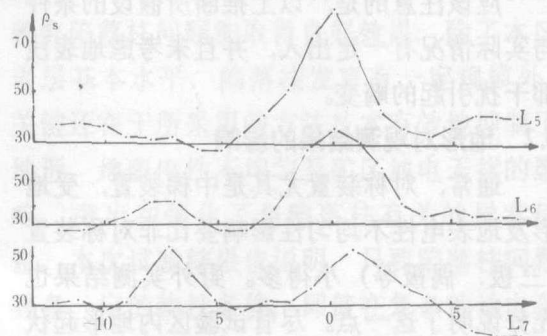


图 3

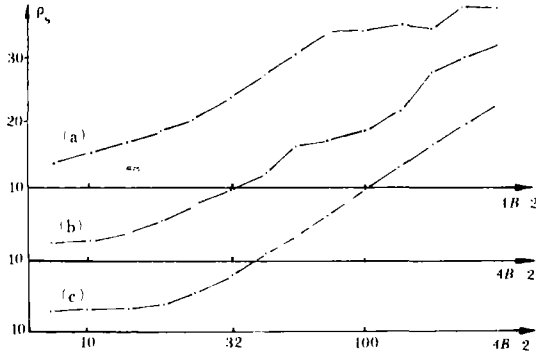


图 4

破碎岩块电性不均匀的反应。

综上所述, 本区陷落柱在剖面曲线上表现为高阻异常, 而电测深曲线则呈现不规则畸变。

4 对几个问题的讨论

4.1 关于陷落柱顶端埋深的推断

理论上, 中梯 ρ_s 异常 $\rho_s = \rho_0$ 两点之间距 p , 两半极值宽度 q 及两拐点弦切距 m 与异常体埋深有如下近似关系: $H \approx p / \sqrt{2} \approx 1.3q \approx 2m$ 。利用上述关系求得 II 号陷落柱顶端埋深为 21~24m。利用 ρ_s 测深曲线平缓段与不规则段的转折点横坐标, 按经验公式: $h = 0.5 \sim 0.7(AB/2)$ 转求得 h 为 21~27m。综合以上分析, 推测 II 号陷落柱上顶埋深在 21~25m 左右。根据同样分析, 推测 I 号陷落柱上顶埋深在 31~36m 之间。

应该注意的是, 以上推断所假设的条件与实际情况有一定出入, 并且未考虑地表浅部干扰引起的畸变。

4.2 地形对观测结果的影响

通常, 对称装置尤其是中梯装置, 受地形及地表电性不均匀性影响要比非对称装置(三极、偶极等)小得多。野外实测结果也充分说明了这一点。尽管试验区内地形起伏变化很大, 但剖面曲线基本光滑, 没有出现

明显假异常。但对于陡坎或断崖地形的边缘部位, 由于电流场严重畸变, 中梯装置 ρ_s 曲线也出现了明显畸变。图 5 是 L_7 线大号点方向陡坎地形上的观测结果。可见, 在陡坎的边缘 ρ_s 值明显降低。

与中梯装置相比, 对称四极装置受地形影响严重得多。图 6 是 L_5 线中梯装置与对称四极装置的 ρ_s 观测结果。可见对称四极装置 ρ_s 曲线多处畸变, 致使陷落柱反应不十分明显, 相比之下, 中梯 ρ_s 曲线基本上没有明显畸变。

4.3 MN 大小对观测结果的影响

MN 大小与横向分辨能力有直接关系。 MN 小, 横向分辨能力虽然大, 但地形起伏及表层电性不均匀的影响也增大。图 7 给出了同一剖面上不同 MN 时观测的 ρ_s 曲线。显然, MN 取 10m 时, ρ_s 异常幅度增大、范围变小, 但同时由于地形及浅部干扰的影响, 曲线变得极不规则, 呈锯齿状跳跃。因此, 为了有效地抑制地形影响及表层电性不均匀干扰, MN 应选大一些为宜。

5 结 语

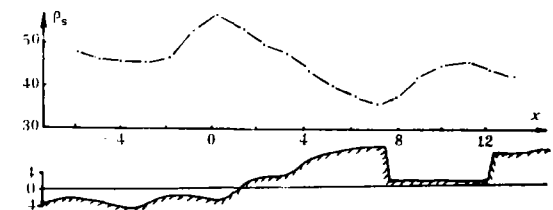


图 5

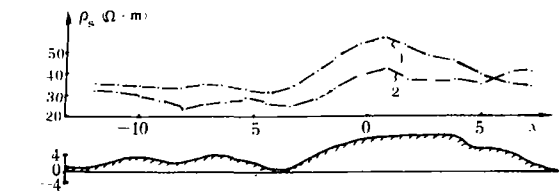


图 6

①—中间梯度曲线 ($AB/2 = 135m$);

②—对称四极曲线 ($AB/2 = 50m$)

· 第六届全国探矿工程学术会议论文选登 ·

HD—可调式喷射反循环取心钻具

核工业西北地质勘探局探矿研究室 郭瑞建 侯平吉

1 引言

岩心钻探的目的是为了取出数量足、品质好的岩矿心。多年来尽管人们采取了许多技术措施，研制了各种各样的取心工具，但是对地层适应性强的仍很少见。特别是钻进严重破碎、酥、松、糟地层和断层泥之类的水敏性地层时，取心问题就显得更为突出。我局自转入金矿勘探以来，取心问题就成了施工的焦点。为确保钻探工程质量，我室于1989年组织力量对现有的几十种取心工具进行了综合分析，并研制成功适应性强，取心可靠的HD—可调式喷射反循环钻具。该钻具于1989年在两个队三台钻机上作了生产试验，完成钻孔10个，累计进尺1520m，岩矿心采取率都在95%以上。1990年4月又在甘肃小宛南山进行试验，效果显著。同年9月有色金属总公司711队用该钻具补取矿心30m，采取率达100%。

2 钻具结构及工作原理

HD—可调式喷射反循环钻具由异径接头、

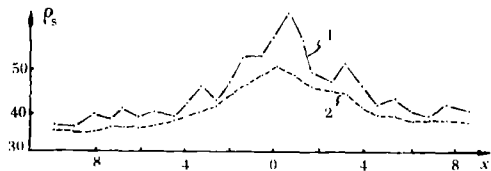


图 7

中间梯度: ①— $MN=10m$; ②— $MN=20m$

直流电法在凤凰山矿这样复杂的条件下

单动装置、喷反接头、调水装置、内外管、卡心装置和钻头等组成(图1, 2)。为防止高速液流对岩矿心的直接冲刷，专门设计了底喷隔水式钻头和底喷阶梯水口钻头(图3)。

该钻具的主要特点是内管返流量可以调节。在 $\phi 59mm$ 钻具的扩散接头(图1)上端，和 $\phi 75mm$ 钻具轴承外壳上端，分别设有针阀式流量调节机构。通过调整返流量的大小，可以调整冲洗液对孔底冲洗，对岩粉的悬浮和对岩矿心的保护等作用，从而扩大钻具对不同地层的适应能力。一般来说，该钻具只要内管返流量调节适当，可以不受钻孔角度、钻进方法和冲洗液性质的限制，以致可以在任意复杂地层使用。

由于返水量可以调节，所以可以不受泵的控制。调节时对钻头底部正循环部分的水量没有影响，可以预防烧钻事故，保证取心质量，提高回次进尺长度，延长钻头寿命，提高生产效率。

3 生产使用情况

该钻具先后在陕西、甘肃进行试验，截研究陷落柱问题能取得良好效果，除了本区岩层基本水平、陷落柱发育有一定规模外，关键还在于所采用的方法技术有效地抑制了地形、地表电性不均匀及矿区地电干扰的影响，突出和强化了与陷落柱有关的异常信息。本次试验结果也说明，只要陷落柱问题具备一定的物性条件，即使在复杂的地电条件下，直流电法也能取得良好效果。