维普资讯 http://www.cqvip.com



# 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 13～15Ω.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 40Ω.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 $\rho_s$

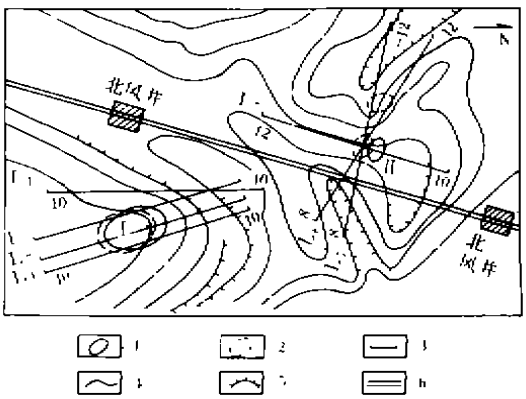



图 1

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

维普资讯 http://www.cqvip.com



形成干扰。

**b.** 复杂的地形条件将使地下电流场畸变，产生 $\rho_s$ 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 $AB/2=260$m），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—$R_2$ 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 $L_2$～$L_4$ 线出现明显 $\rho_s$ 高异常，且有很好的对应关系（图 2），其背景值一般在 40Ω.m 左右，为正常煤系的反应。值得注意的是，异常范围内 $\rho_s$ 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 $\rho_s$ 曲线很不规则、且与其他几条剖面 $\rho_s$ 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)，$\rho_s$ 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 $\rho_s$ 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 $\rho_s$ 测深曲线基本上是光滑上升的。因而认为，陷落柱上方 $\rho_s$ 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

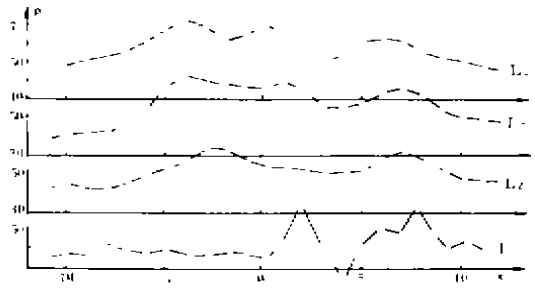


图 2

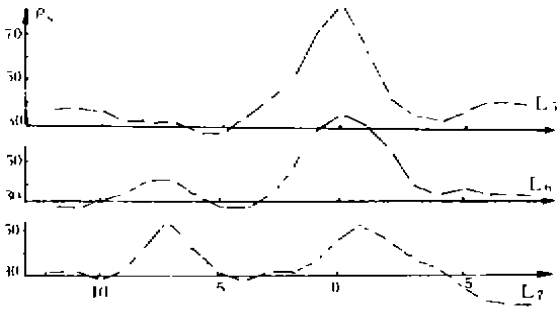


图 3

维普资讯 http://www.cqvip.com



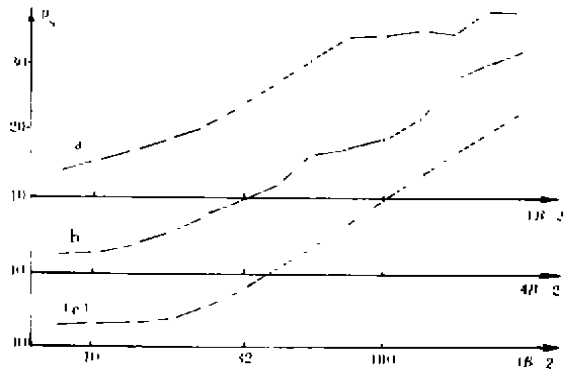


图 4

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 $\rho_s$ 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 $\rho_s$ 测深曲线平缓段与不规则段的转折点横坐标，按经验公式：$h=0.5\sim0.7(AB/2)$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 $\rho_s$ 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 $\rho_s$ 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 $\rho_s$ 观测结果。可见对称四极装置 $\rho_s$ 曲线多处畸变，致使陷落柱反应不十分明显，相比之下，中梯 $\rho_s$ 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 $\rho_s$ 曲线。显然，$MN$ 取 10m 时，$\rho_s$ 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

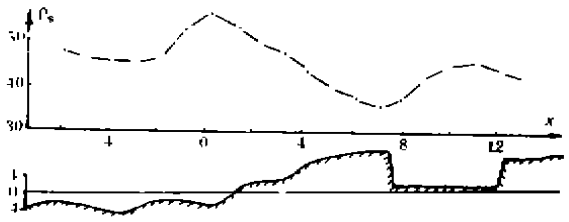


图 5

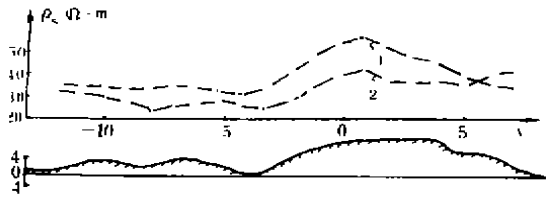


图 6

①—中间梯度曲线（$AB/2=135$m）、

②—对称四极曲线（$AB/2=50$m）

维普资讯 http://www.cqvip.com



·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 1 520m，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、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 $\varphi$59mm 钻具的扩散接头(图 1)上端，和 $\varphi$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

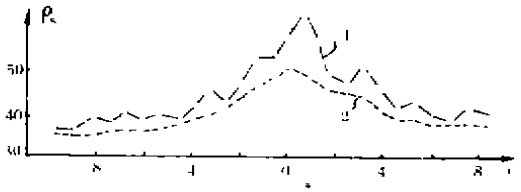



图 7

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。