

文章编号: 1001-1986(2001) 05-0060-03

# 井下电法超前探测方法及其应用

刘青雯 (煤炭科学研究总院西安分院, 陕西 西安 710054)

**摘要:**通过阐述井下电法超前探测原理及井下全空间影响因素,从提高探测准确度着手,提出了三点一三极超前探测方法、施工技术、解释方法。其特点是能避免掘进头后方巷道及层状地层电性变化的影响,突出巷道前方的地质异常,大大提高了准确度。

**关键词:**巷道;突水构造;三点一三极超前探测方法

**中图分类号:**P631.3<sup>+</sup>22 **文献标识码:**A

## 1 引言

据统计,突水事故发生在掘进阶段占 65%(焦作),煤与瓦斯突出发生在掘进阶段占 80%以上。因此,解决巷道掘进头超前探测准确的预报方法技术具有重要意义。

使用电法超前探测方法进行掘进巷道迎头超前探测(突水构造),具有高效、方便、廉价之特点,属“非接触式”探测法。它能避免因井下钻探等“直接接触式”探测法揭露富水地段而大量突水的可能性,为超前探测含水断裂、判断破碎带的存在及是否富水

提供了较为可靠的依据,但解释准确度较差,为此国内有关科研院所进行了大量相关研究。本文从提高准确度着手,提出了三点一三极超前探测方法技术。通过多次生产应用证明,效果可靠。

## 2 超前探测方法原理

三点一三极超前探测方法是由三个三极探测装置(单极一偶极装置)组成。

### 2.1 井下三极探测装置基本原理

布极方式与三极测深探测装置相似。(图 1)一般,煤矿井下巷道顶、底板和煤层是由电性不

收稿日期:2001-06-11

作者简介:刘青雯(1967—),女,陕西汉中,人,工程师,从事地球物理勘探工作。

的向斜,显然系断裂形成时,上盘下降重力牵引所致。

## 5.2 断裂构造的控制

由于所获地震时间剖面品质较高,因此,本次勘探较好地控制了区内断层的发育情况。山东鲁西隆起区喜山期构造运动相对简单,故区内断裂构造主要为—组 NE 走向的正断裂,落差 50 m 以上。由于第三系砂泥岩、泥灰岩及石膏矿层塑性强,断层面倾角 65°以下,断层带较宽,结构较复杂,一般有多个分支,落差随走向迅速减小或趋于尖灭。区内主要断层的形成与汶口石膏沉积盆地南边界断层相关性较强,各断层走向均与之近似平行,而倾向相反。

## 5.3 奥灰岩顶界面的控制

奥灰岩顶界面形成的反射波为控制奥灰岩的赋存形态提供了可能,并可以解释该界面上断裂发育情况,一般落差较大的断层(50 m)同时影响到奥灰岩和膏层,并且有的断层在奥灰顶界面上的落差比石膏层的落差大,显示了断层活动的多期性或继承

性。落差较小的断层则仅出现在石膏层或奥灰岩顶界面上,显示出形成时间的区别,又与岩性差异相关。奥灰岩顶界面赋存形态和断层特征的解释结果,为研究矿区的水文地质特性创造了条件。

## 6 结论

- a. 查明了测区石膏矿层的赋存形态以及主要石膏层上发育的断裂构造和褶曲形态;
- b. 控制了奥灰岩顶界面赋存状态和界面上主要断裂构造发育情况;
- c. 地震勘探用于石膏矿床的开发,具有较好的地质效果和经济价值。

## 参考文献

- [1] 张天祯. 山东省非金属矿地质[M]. 济南:山东科学技术出版社,1998.
- [2] 何樵登. 地震勘探原理和方法[M]. 北京:地质出版社,1986.

## The application of seismic prospecting technology during the development of gypsum mine

YU Wang-cai, XU Chong-bao

(Geophysical Survey Team, Shangdong Coal Field Exploration Administration, Taian 271021, China)

**Abstract:** Gypsum is an important mineral. With the seismic prospecting technology applying systematically for the development of gypsum mine, the existing state of gypsum layer and geological structure feature have been controlled, and also the favorable geological effect and considerable economic benefit have been obtained.

**Key words:** gypsum mine; seismic prospecting; aquifer; rupture structure.

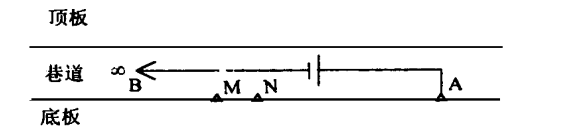


图 1 井下三极测量装置示意图

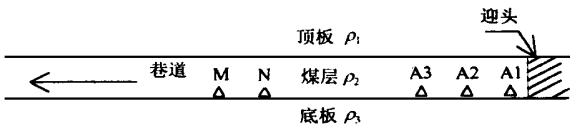


图 2 三点-三极超前探测方法布置示意图

同的层状介质组成,对于二层和三层水平层状介质组成的简单地电模型,点电源在全空间中的电位表达式可用镜像法求解,对于  $n$  层地电模型,通常采用全空间拉普拉斯方程的方法,建立多层水平层状介质的电位表达式。

设第  $i$  分层为煤层,电阻率  $\rho_i$ ,顶、底板由不同电阻率水平介质组成,而  $\rho$  和  $\rho_i$  层厚度为无限大,点源  $A$  置于  $\rho$  层中,选取点  $A$  为坐标原点,各电性层电位函数表达式可写成(不考虑巷道影响):

$$U_{ij}(r,z) = \frac{L\rho}{4\pi} \int_0^\infty [c_{ij}e^{-\lambda_k|z|} + a_{ij}e^{-\lambda} + b_{ij}e^{\lambda}] J_0(\lambda) d\lambda$$

式中  $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}$  为与地层参数有关的待定系数,可由边界条件求取;

$i$  —— 供电电极  $A$  在  $\rho$  介质中,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ ;

$j$  —— 观测点  $P$  在  $\rho$  介质中,  $j=1, 2, 3, \dots, n$ 。

视电阻率公式:

$$\rho_j = K \cdot \frac{\Delta U_{ij}}{I}$$

把第  $i$  层电位值代入上述视电阻率计算公式,就可得到该层在第  $j$  观测点某一探测深度上的视电阻率变化。

根据勘探地质任务要求确定最大极距的长度,同时也要考虑井下施工方便和可能。三极探测装置以测量电极  $MN$  的中点为记录点。测量时移动  $MN$  极,  $MN$  的选择要考虑信噪比及探测精度的影响,其移动间隔应尽可能小。无穷远极  $B$  的距离  $(BO)_{\min}$  大于 5 倍  $(AO)_{\max}$ 。

2.2 三点-三极探测方法

超前探测一般在巷道掘进头以一定间隔布置  $A1、A2、A3$  三个供电电极(三点),另一供电电极  $B$  在无穷远处,测量电极  $MN$  在巷道内按箭头所示方向以一定间隔移动,每移动一次电极  $MN$ ,分别测量由  $A1-B、A2-B、A3-B$  供电所对应的视电阻率  $\rho_1、\rho_2、\rho_3$  值。(图 2) 即一次探测三组视电阻率值,目的是利用同一组  $MN$  测量的三组视电阻率值进行校正,消除干扰,提高解释准确度。

测量电极  $MN$  的间距根据地质任务和勘探的详细程度而定,同时也要考虑信噪比的大小。(注:由于  $DZ-Ⅱ$  型防爆数字直流电法仪的最大供电电流为 130 mA,限定了超前探测距离。根据近几年的实际应用,最大超前探测深度一般不超过 100 m)。

2.3 解释方法技术

2.3.1 视电阻率的影响因素

实际上,井下三极装置探测的是勘探体积范围内包括巷道影响在内的全空间范围的岩石、构造等各种地质信息。我们的勘探目的是探测巷道独头前方的地质信息。根据视电阻率微分公式:

$$\rho = \frac{j_{mn}}{j_0} \cdot \rho_{mn}$$

可知,在均匀地层中,视电阻率  $\rho$  是以测量电极所在地段的真电阻率  $\rho_{mn}$  为基础,且有  $\rho \propto \rho_{mn}$ ;另一方面  $\rho$  与测量电极所在地段  $MN$  间的电流密度  $j_{mn}$  成正比。

这说明实测视电阻率在地层均匀及无地质构造影响时,其曲线波动主要受  $MN$  电极所在地段的地层真电阻率的影响,换一句话说,此时的视电阻率曲线波动完全是迎头后方  $MN$  电极附近巷道的影响。

在实际工作中,除  $MN$  电极附近的影响外,  $j_{mn}$  包括了层状空间地层的影响,掘进头前方的影响,巷道上下左右等各方面地质因素的影响。

2.3.2 解释方法

资料解释,以前主要是利用原始曲线比较法确定异常点,利用几何作图法确定地质异常的具体位置。因为存在上述各方面的影响因素,上述解释方法有时根本不能发现异常,甚至解释出错误的结果。

通过一系列正反演计算及实际探测试验,我们提出了以下解释方法:

- a. 首先对测区内已知地质异常体作前提性试验,初步了解该区地质异常体的电性特征及异常性质。因为不同地质区域的地电条件差异较大;
- b. 模拟计算该区正常场的理论曲线;
- c. 消除迎头后方巷道的影响,对理论、实测视电阻率曲线进行校正;
- d. 消除地层层状空间的影响;
- e. 将实测的三条异常曲线,与理论曲线比较,找出相对异常位置;
- f. 确定该区异常临界值,找出真异常,根据异常特征确定异常点位置以及异常体性质。

3 应用实例

3.1 掘进头前方无异常情况

焦作矿业集团公司九里山矿某一掘进大巷超前

探测应用实例。(图 3) 实测视电阻率曲线在 16 m 附近存在一明显异常,但经一系列处理后,解释结果为近似一条直线(无异常)。实际掘进验证无地质异常。

3.2 含水构造探测

郑州矿业集团公司告成煤矿 1307 新上付巷超前探测曲线图。(图 4) 在超前探测 43 m 范围内,发现三个明显低阻异常区,分别在迎头前方 2~5 m、11~13.5 m、19.5~23 m。结合已知地质资料,推断迎头前方有三个含水导水裂隙发育带,第二个异常较大,第三个异常较小。

巷道掘进证明,在①号异常区巷道掘进时出水 1~2 m<sup>3</sup>/h,②号异常区打超前钻单孔涌水 2 m<sup>3</sup>/h,③号异常为破碎带。与物探结果完全吻合。

3.3 断层小构造探测

连云港市白集矿 3402 工作面材料巷超前探测。(图 5) 最大超前探测距离 80 m,在超前探测解释曲线上,电 1 点在测点前方有两个物探异常区,异常范围较宽,宽度均为 8 m 左右,推断是由煤层变化等原因造成的,后经矿方采掘验证是煤层变薄、底板大面积地鼓区。电 2 点在探测点前方也有二个较明显的物探低阻异常区段,推断为局部不含水断裂裂隙发育带,后经掘进验证,第一异常位置是一落差 1.4 m 的 F7-23 不含水小断层。第二异常为落差 5.0 m 的 F7-24 不含水小断层。

4 结论

本文从基本理论出发,探讨了三点—三极超前探测方法、施工技术、解释方法及其实际应用。实践证明,三点—三极超前探测方法理论上可行,应用效果很好,其突出特点是能避免掘进头后方巷道、及层状地层电性变化的影响,突出巷道前方的地质异常,避免了仅使用原始视电阻率曲线人为判断解释造成的许多缺点,大大提高了解释准确度(90%以上)。

该技术可用于探测断层(断裂破碎带)、煤层厚度变化异常带、岩溶、陷落柱、含水导水构造等地质异常体。对保障受水害威胁的高压水矿井的巷道安全掘进,复杂构造的工作面巷道掘进,具有实际指导意义。

Underground electrical lead survey method and its application

LIU Qing-wen (Xi'an Branch, CCRI, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** To increase the survey accuracy, the 3 points-3 poles lead survey method, treatment techniques and explanation method are presented, through demonstrating the electrical lead survey principles and factors impacting underground safe space. The survey methods are characterized by avoiding the impacting of roadway behind the driving and the electrical changes of bedded strata.

**Key words:** roadway; water inrush structure; 3 point-3 poles lead survey method.

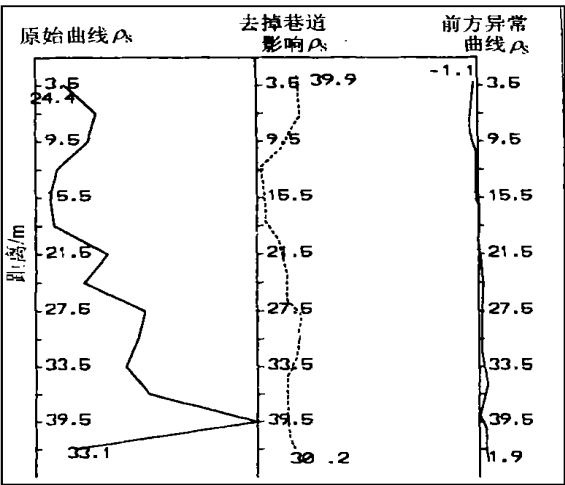


图 3 超前视电阻率曲线解释结果

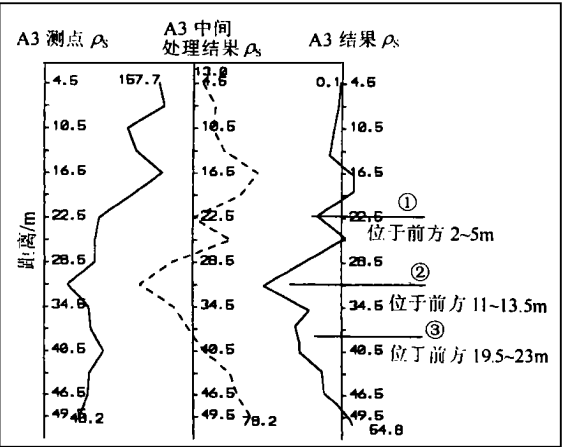


图 4 告成矿超前视电阻率曲线解释结果

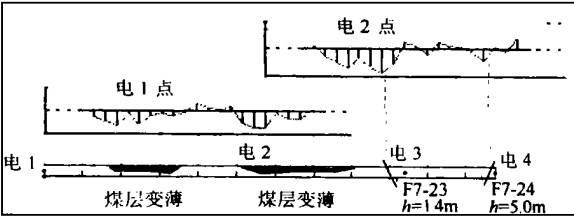


图 5 3402 工作面巷道超前探测结果

参考文献

[1] 程九龙等. 巷道掘进中电阻率法超前探测原理与应用[J]. 煤田地质与勘探, 2000, 28(4): 60-62.