



井下单极—偶极直流电透视原理及解释方法

韩德品 张天敏 石亚丁 (煤炭科学研究总院西安分院 710054)

卜昌森 邢相荣 (肥城矿务局 271608)

张朝晖 (义马矿务局 472300)

摘要 简要论述了采煤工作面单极—偶极直流电透视原理和解释方法。正演结果表明,垂直、平行单极—偶极两种方法均能有效地突出工作面顶、底板围岩的影响,而压制煤层的影响,为大水煤矿有的放矢地探测工作面顶、底板内的含水、导水构造提供了一种新方法。

关键词 直流电透视, 顶板, 底板, 含水构造, 地下物探

中国图书资料分类法分类号 P631.325

作者简介 韩德品 男 35岁 高级工程师 地球物理勘探

1 引言

随着矿井开采深度的增加,井下地质构造、尤其是水文地质条件越来越复杂,地球物理探测方法就愈显得重要。这促使我们对钻孔与钻孔之间,钻孔与地面之间,尤其是井下工作面周围坑道与坑道之间的电阻率透视法进行了大量研究。Csokas 等(1986)

首先提出巷道之间透视地电成像法;Sasak(1992)认为电阻率透视法很有发展前途。高频交流电法方面,自 Green(1986)从电阻率和介电常数角度提出了电磁波透视法以来,国内近几年来发展了井下电磁波坑道间透视法(坑透法),对煤层内部小构造探测效果较好,但对工作面顶底板导、含水构造尚无好的方法。煤科总院西安分院和肥城矿务局合作率先开展

c. 根据瑞利波探测系统在三矿井下的应用得知,在煤层中探测可靠距离为 0~15 m,在岩层中探测可靠距离为 0~30 m。

d. 传感器垂直煤、岩层时,探测精度最高。

e. 不足之处是:在同一点有时不同频率探测结果有较大差距,增大了分析难度。另外,在软煤、岩

层中探测距离较短。

参考文献

- 1 杨成林等,瑞利波勘探,北京:地质出版社,1993
- 2 王振东,浅层地震勘探应用技术,北京:地质出版社,1988

(收稿日期 1997-04-12)

THE APPLICATION OF MINE RAYLEIGH WAVE SURVEY IN THE NO. 3 MINE OF SHITANJING

Yu Mingke Liu Jie (Shitanjing Coal Mining Bureau)

Abstract The underground operation method, data acquisition, processing and interpretation of mine Rayleigh wave system are introduced in connection with the concrete geologic and geophysics conditions of this mine. It indicates with examples the geologic effects obtained by this survey system in the aspects of the detection of residual seam thickness, the advance detection of geologic structure in driving roadway, and the determination of seam location in crosscut.

Keywords Rayleigh wave, advance detectom, productive exploration, Shitanjing

了井下直流电透视方法技术的研究和试验,其目的是寻找一种探测工作面顶、底板内的含水、导水构造的新方法,为大水煤矿的防治水工作提供科学依据。

2 单极—偶极直流电透视方法原理

2.1 全空间水平层状介质点电流源电场

一般煤矿井下巷道煤层及其顶、底板是由电性不同的层状介质组成。为了讨论方便,将多层介质近似为巷道顶、底板和煤层3层地电模型,巷道在煤层内,如图1所示。

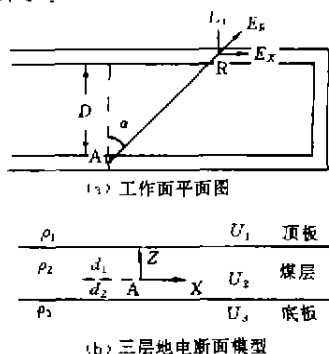


图1 工作面及其3层地电断面模型

对于单极—偶极法,巷道周围的稳定电流场是由单个点电源向岩体中发送电流建立起来的。先不考虑巷道挖空空间对场的影响,则点电源在全空间 ρ_2 中任意点处的电位采用求解全空间拉普拉斯方程的方法^[4]可得到:

$$U = U_2(z=0) = \frac{I\rho_2}{4\pi} \int_0^\infty T(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda. \quad (1)$$

式中 λ ——积分变量,具有长度倒数数量纲;

r ——供电点到接收点 R 的距离;

$J_0(\lambda r)$ ——零阶贝塞尔函数;

I ——供电电流;

ρ_2 ——煤层电阻率;

$$T(\lambda) = 1 + \frac{k_{12}e^{2\lambda d_2} - 2k_{12}k_{23} - k_{23}e^{2\lambda d_1}}{e^{2\lambda(d_1+d_2)} + k_{12}k_{23}};$$

$$k_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1};$$

$$k_{23} = \frac{\rho_3 - \rho_2}{\rho_2 + \rho_3};$$

ρ_1 ——煤层顶板电阻率;

ρ_3 ——煤层底板电阻率;

d_1 ——点电源至上界的距离;

d_2 ——点电源至下界的距离。

视电阻率公式:

$$\rho_s = r^2 \int_0^\infty T_1(\lambda) J_1(\lambda r) \lambda d\lambda. \quad (2)$$

式中 $T_1(\lambda) = \rho_2 T(\lambda)$.

2.2 单极—偶极透视原理

接收点 R 处 X, Y 方向的电场分量:

$$E_X = E_R \sin \alpha, \quad E_Y = E_R \cos \alpha$$

$$\Delta U_X = -\Delta X \cdot E_R \sin \alpha$$

$$= \frac{I\Delta X}{4\pi} \sin \alpha \cdot \int_0^\infty T_1(\lambda) J_1(\lambda r) \lambda d\lambda. \quad (3)$$

同理

$$\Delta U_Y = \frac{I\Delta Y}{4\pi} \cos \alpha \cdot \int_0^\infty T_1(\lambda) J_1(\lambda r) \lambda d\lambda. \quad (4)$$

式中 $\Delta U_X, \Delta U_Y$ 分别为 X, Y 方向上 $\Delta X, \Delta Y$ 间电位差, $\Delta X, \Delta Y$ 分别为 X, Y 方向的 MN 极距。

由公式 $\rho_s = K \cdot \frac{\Delta U}{I}$ 得(K ——装置系数):

a. 当 MN 垂直于巷道走向时(称为平行单极—偶极法),所测电位差为 ΔU_Y ,如图2a,视电阻率公式为:

$$\rho_s^Y = K_Y \frac{\Delta U_Y}{I} \quad (5)$$

b. 当 MN 平行于巷道走向时(称为垂向单极—偶极法),所测电位差为 ΔU_X ,如图2b,视电阻率公式为:

$$\rho_s^X = K_X \frac{\Delta U_X}{I}. \quad (6)$$

式中 K_X ——垂向单极—偶极装置系数;

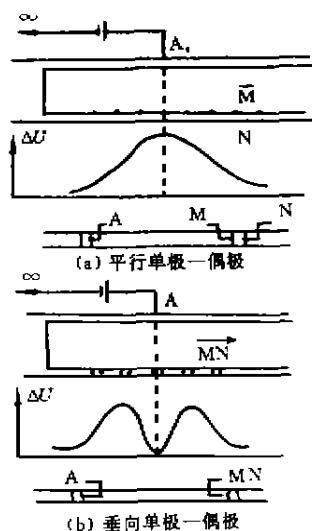


图2 单极—偶极工作装置

K_Y ——平行单极—偶极装置系数。

3 解释方法

由正演理论曲线分析结果可知,该方法主要探测工作面顶、底板内的电性异常。其解释方法目前主要有两种:曲线对比法和地电成像法。

3.1 曲线对比法

曲线对比法是直流电透视资料的基本解释方法,即利用电测资料确定煤层及围岩电性参数,然后正演模拟未受破坏地层的理论电透视曲线(电位曲线或视电阻率曲线)或利用同巷道不同测点的电透视实测曲线,采用相关分析法确定未受破坏地层的理论电透视曲线。将实测曲线和理论曲线对比,根据二者的吻合程度及实测曲线上的异常畸变点,可定性圈定顶、底板内是否存在断层、含水构造等构造扰动带。依据畸变点的性质(即高、低阻异常反映)和位置结合已知地质资料,可综合分析判断顶、底板断层或岩溶裂隙发育带的含水性及其位置(图 3)。

3.2 地电成像法

该方法可将异常体的位置、性质、影响范围比较直观地表现在工作面平面图上。该方法与地震射线层析成像有很大差别:前者不象后者有走时和速度沿射线路径积分的简单关系,而是电位满足泊松方程的位场关系。在稳恒电流场中,电流线总是沿着电阻率低的地方通过,电流强度沿电流线的积分(电位)与路径无关。因此,电阻率成像要通过数学物理方程反演来达到介质结构成像的目的。

一般借助于电位的测量来确定电阻率的变化,电阻率的变化取决于地层的非均匀性。为了描述这种非均匀性,引入局部电阻率 $\rho_s(x, y)$ (即所测范围被划分成若干个地电单元 $\rho_s(x, y)$), $e(x, y) = (\rho_s$

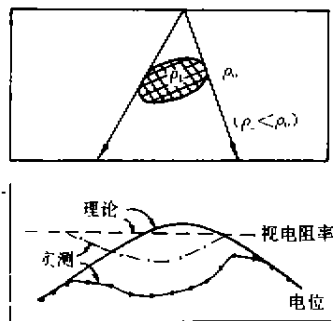


图 3 曲线对比法示意图



图 4 查庄矿 7507 工作面平行单极—偶极法成像效果
— $\rho_s^{(0)}/\rho_s^{(0)}$, 利用视电阻率在不同单元的偏差, ($\rho_s^{(0)}$ 是未受破坏介质所计算的视电阻率) 将此非均匀性按一定规则用平面图表现出来, 就是地电成像结果。依据异常带的性质(即高、低阻异常反映)可确定断层或裂隙发育带的含水性及其位置。

图 4 为肥城矿务局查庄矿 7507 工作面直流电透视探测结果, 其中探水孔①、②、③出水量为 80 m^3/h , 60 m^3/h , 120 m^3/h , 而在弱异常区探水孔④、⑤均为 40 m^3/h , 验证效果良好。

4 结束语

本文论述了单极—偶极直流电透视两种方法的原理, 即平行单极—偶极法和垂向单极—偶极法。两种方法均能有效地突出工作面顶、底板围岩的影响, 并压制煤层的影响, 为正确区分工作面顶、底板围岩和煤层内的地质异常提供了理论依据; 克服了无线电波坑透法不能探测工作面顶、底板的缺点。它特别适用于探测大水煤矿工作面顶、底板内的含水、导水构造, 岩溶裂隙发育带、评价带压开采条件等。其中, 对肥城矿务局查庄、曹庄、陶阳等矿 8 个(次)工作面探测底板含水构造的工业性试验, 已取得了显著的地质效果。

参考文献

- 1 Csokas J, Dobroka M, Gyulai A. Geoelectric determination of quality changes and tectonic disturbances in coal deposits. *Geophysical Prospecting*, 1986; 34: 1067~1081
- 2 Sasaki Y. 利用数值模拟研究电阻率层析成像的分辨率, 国外煤田地质, 1994; (1)
- 3 Green P. Radio waves detect anomalies. *Coal Age*, 1986; 91: 75~77
- 4 韩德品. 水平钻孔中电阻率法测煤厚的原理及正演模拟. *煤田地质与勘探*, 1996; 24(6): 54~57.

(收稿日期 1997-06-02)

35-37

TD 166

防爆低频电法透视仪

p631.33

王永胜 曾方禄 张小鹤 (煤炭科学研究总院西安分院 710054)
卜昌森 邢相荣 (肥城矿务局地测处 271608)

摘要 介绍了一种新型、实用的井下物探仪器——防爆低频电法透视仪的结构、原理及其配套的资料处理软件系统。该仪器自动化程度高,抗干扰能力强,测量准确,能真实地反映地质情况。

关键词 低频电法透视仪 结构 程序系统 采煤工作面 地下物探 生产勘探

地质勘探

中国图书资料分类法分类号 P631.3

作者简介 王永胜 男 31岁 工程师 计算机应用

1 概况

早在 60 年代,前苏联就开始把地面电法移植到井下,解决矿井生产问题并取得了较好效果。1992 年煤科总院西安分院成功地研制了“DZ—Ⅱ型防爆数字直流电法仪”,为探查巷道顶底板地质构造提供了有效的物探手段。但要了解采煤工作面内稳伏的地质构造及形态、煤层附近含水层富水性情况,现有的技术手段还不能完全解决。1994 年,我们与肥城矿务局着手联合研制低频电法透视仪及资料处理软件系统,该项目已于 1996 年 10 月通过由煤炭部组织的专家鉴定。

2 防爆低频电法透视仪

为适用于煤矿井下含甲烷、煤尘等可燃性气体环境及仪器经常搬动等特点,我们选用了矿用本安型防爆形式。为了使信号穿透能力强,选用工作频率为 15 Hz。在数据测量处理方面,选用了复合滤波技术、双精度四字节浮点数运算。对放大器的控制采用手控和程控两种形式。这些技术的采用大大提高了仪器的抗干扰能力,保证测量数据准确可靠。

2.1 仪器设计及组成

防爆低频电法透视仪由供电机和接收机两大部分组成。其中供电机是由电池组、振荡器、整流电路、

THE PRINCIPLE AND INTERPRETATION METHOD OF THE MONOPOLAR-DIPOLE DC PENETRATION AT WORKING FACE

Han Depin Zhang Tianmin Shi Yading

(Xi'an Branch of CCRI)

Pu Changsen Xing Xiangrong (Feicheng Coal Mining Bureau)

Zhang Chaohui (Yima Coal Mining Bureau)

Abstract The principle and interpretation method of the monopole-dipole DC penetration at working face are expounded briefly. The forward results indicate that both the vertical and parallel monopole-dipole methods can stress the influences of roof and floor rocks at working face, and suppress the influence of coal seam. It provides a new method to detect the water-bearing and water-flowing structures in roof and floor rocks at working face for the coal mine with large water yield.

Keywords DC penetration; roof; floor; water-bearing structure; underground geophysical exploration