

# 煤层底板音频电透视探测 成果反映的底板阻水条件

李冬林, 姜振泉, 杨栋梁

(中国矿业大学 资源与地球科学学院 江苏 徐州 221008)

[摘要] 应用音频电透视技术, 分析了杨村煤矿 2702 工作面底板 30 m 和 50 m 深度界面的探测成果, 并与井下水文钻孔揭露的煤层底板岩层结构及探水结果对比研究, 发现音频电透视探测的煤层底板综合视电导率高异常与岩层的裂隙性及其充水程度具有很强的关联性; 岩层裂隙与含水层连通性良好部位明显显现视电导率高值异常, 结果表明, 音频电透视探测成果能够综合反映底板岩层的阻水条件。

[关键词] 音频电透视; 底板; 阻水; 钻孔; 电法勘探

[中图分类号] P631.3 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)03-0068-04

[作者简介] 李冬林(1976-), 男, 四川德阳人, 硕士研究生, 从事地质工程研究。

煤层底板突水是煤矿水害的主要类型之一, 给煤矿的安全生产带来严重威胁和经济损失。因此, 煤层底板阻水条件的超前预测意义重大。

中国煤矿底板阻水条件研究已有 40 多年历史, 形成了许多理论<sup>[1~5]</sup> 和研究方法, 并积累了丰富的实践经验。矿井音频电透视技术是目前应用较广泛的物探技术之一, 是在原矿井直流电法的基础上发展而成, 可用于探测工作面内底板构造发育情况和水文地质条件, 并实现了资料计算机层析成像法处理、解释。但是, 音频电透视只能定性的分析岩层裂隙性、富水程度、含水层连通性, 不能对岩层结构及阻水条件作定量评价, 而利用煤层底板水文地质钻探和抽放水试验, 可有效补充音频电透视的不足。笔者以山东兖矿集团杨村煤矿为例, 作以尝试。

## 1 工程概况

杨村煤矿 2702 工作面位于南风井北 200 m。西(上)为尚未掘进的 2704 工作面, 东(下)邻南副巷, 北到二采轨道上山、皮带上山保护煤柱, 南至南风井煤柱保护线。工作面走向长 766 m, 倾斜宽 192 m, 面积 147 072 m<sup>2</sup>。工作面标高 - 275 ~

- 228 m, 直接底板为铝质泥岩, 拟开采的 17 煤厚度 0.94 ~ 1.16 m, 平均厚 1.05 m, 倾角 2° ~ 7°。

2702 工作面为一单斜构造, 位于街头背斜南翼次级向斜的南翼, 所开采的 17 煤下距本溪组 14 灰和奥陶系灰岩的间距较小, 分别为 25.30 m 和 45 ~ 50 m。该工作面所处部位水文地质条件比较复杂, 其上覆的 2602 工作面 1996 年 5 月曾发生涌水量 240 m<sup>3</sup>/h 的突水事故。

为探明 2702 工作面采前水文地质条件及底板岩层充水情况, 首先采用音频电透视法进行探测, 在探测结果基础上, 选择几个电透视特征部位布置 3 个井下钻孔探水, 并进行简易疏放水试验, 以揭示底板岩层结构及其含水情况。

## 2 音频电透视探测

### 2.1 方法原理

煤系和不同岩层, 因其介质材料及结构的不同而其导电性存在明显差异, 矿井音频电透视法就是利用专门仪器在矿井下探测这些不同地质体人工场源的场分布规律, 进而达到解决地质问题的目的。

相对于固体介质, 矿井水是一种低阻高导介质。在岩层中裂隙发育而形成储水空间情况下, 该部位就显示为低阻特点。将含水构造模拟为局部低阻良导异常体, 通过点电源产生的电场分布来探查该异

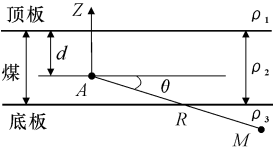


图1 井下三层地电模型  
Fig. 1 Model sketch map of three stratum terra electricity under the well

常体的体积及含水情况(图1)。与周边岩层(非异常显示)相比,含水构造异常部位显示负电位。

对于井下近似三层地电模型(图2a,图2b),其点源场电位 $U$ 为

$$U = U_0 + U_n$$

式中: $U_0$ 为无局部地质体时的电位; $U_n$ 为局部地质体的异常场电位。

以电源A与异常体连线的延线为对称轴绘制电位测量曲线,就可以圈定出异常体的规模并定性确定出异常范围(图2c)。

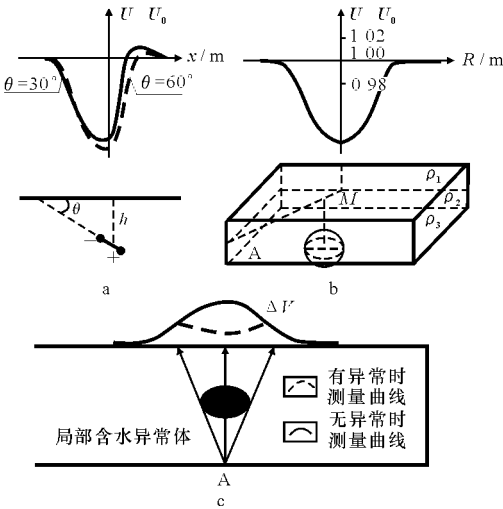


图2 含水构造的模拟及电位异常反映特征示意图  
Fig. 2 Sketch maps of containing water structure simulation and of the reflection characteristic of unconventional electric grade

2.2 测试结果

图3图4分别为兖矿集团杨村煤矿2702工作面底部解释深度为30 m,50 m处中心界面附近岩层富水性的音频电透视探测图。图中所圈部分为2个不同深度中心平行于17煤层底板的曲面附近地层的综合视电导率值较高的区域。在地层岩性切向相对均匀的条件下,电导率值越高,说明地层的综合导电性越好,富水性也就越高。

2702工作面底部30 m深度趋势面附近岩层的视电导率在 $0.4 \sim 10 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ 间变化,平均为 $1.5 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ,标准偏差为 $0.8 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ,其中视电导率 $\geq 2.0 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ 的异常条带区,分别编号为I~IV。50 m处趋势面附近岩层的电导率在 $0.9 \sim 20 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ 间变化,平均为 $2.6 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ,标准偏差为 $1.8 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

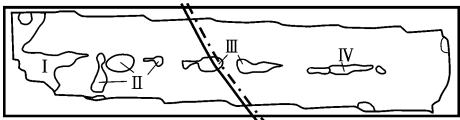


图3 底板下30 m中心界面富水性音频电透视探测分区示意图

Fig. 3 Voice frequency full of abundant water electric perspective detection in thirty meters' central interface under floor

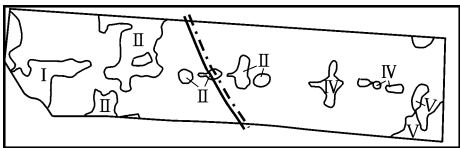


图4 底板下50 m中心界面富水性音频电透视探测分区示意图

Fig. 4 Voice frequency full of abundant water electric perspective detection in fifty meters' central interface under floor

在50 m界面异常的相应位置均出现不同程度的异常,视电导率门槛值为 $3 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ,其中视电导率 $\geq 3.0 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ 的异常条带区,分别编号为I~V。

3 水文钻探对比验证

由于音频电透视探水只能定性分析地层的富水性,不能定量评价底板岩层的裂隙发育程度及阻水条件,因此,在不同异常部位布置了水文地质钻孔,用以对比研究(电导率4~5)异常区的底板岩层组合及其结构。钻探孔布置如图5。

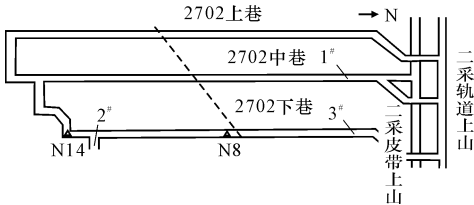


图5 钻孔位置

Fig. 5 Drills location

根据地层对比图6和钻孔柱状图7可以看出,17煤底板到14灰顶板厚度从17.86~25.11 m,切眼附近的2#孔揭露该间距为17.86 m;14灰的厚度变化幅度较大,厚度2.1~10.36 m,平均6.87 m。

据音频电透视成果(图3,图4),底板下30 m处中心界面成果图反映了14灰为主岩层的含水特征;50 m处中心界面成果图反映了奥陶灰岩顶部的含水

特征。其中心界面的视电导率平均值、标准偏差均略>30 m 处中心界面的相应值,说明 50 m 处附近的导电性好于 30 m 界面附近,反映出岩层在 50 m 比 30 m 深度透水性好。

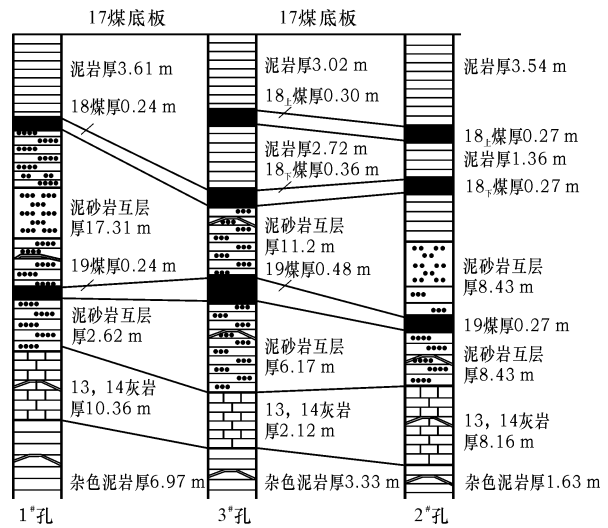


图 6 1#~3# 钻孔柱状对比

Fig. 6 Contrasting histogram of drills 1#~3#

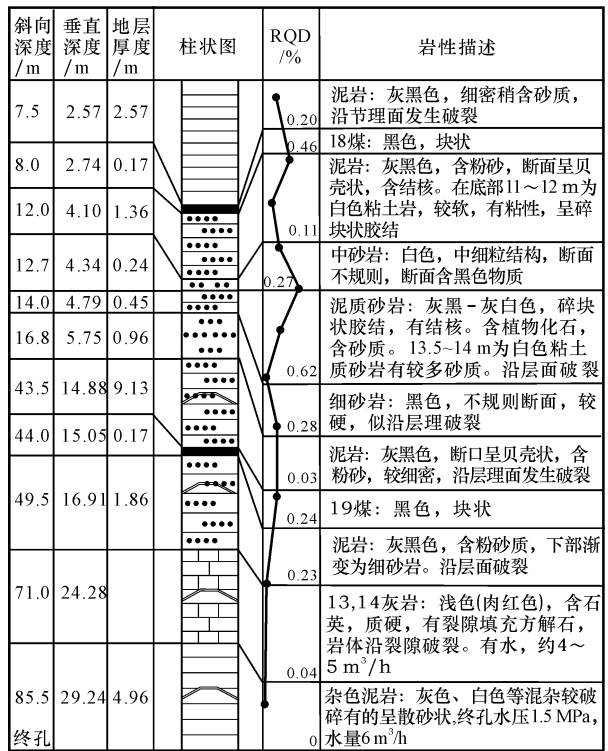


图 7 1# 钻孔柱状图

Fig. 7 Histogram of drills 1#

从岩性分布情况来看,底部 50 m 深度范围内影响 2702 工作面水文地质条件的岩层主要为 25 m 深度附近的中砂岩、灰岩及 45 m 以下的奥灰岩层。而 17 煤至奥灰的距离是西大东小,因此正常情况

下工作面东部比西部更容易受下伏含水层的影响。从图 3 和图 4 两个不同深度界面附近的异常位置比较可看出:

- (1) I, IV号异常区,在 30 m, 50 m 界面附近的异常范围、异常幅度基本相当,其 I 号异常区在 2 个深度界面附近都有反映,核心都分布在下工作面的切眼附近。由于 I 号异常区在 30 m, 50 m 界面异常范围无明显变化,说明 I 号异常区 17 煤底板至 14 灰岩段和奥灰无明显的水力联系。
- (2) II号异常区,在 2 个深度中心界面都有反映,但从浅往深,异常幅度增强、异常核心向西(上工作面)偏移,反映出从 14 灰岩段至奥灰岩层裂隙较发育,有明显的水力联系。
- (3) III号异常区,在 30 m, 50 m 界面附近的异常范围、异常幅度基本相当,在此区经过一断层,从 30 m, 50 m 界面对比可看出断层的裂隙不发育且断层不导水。

(4) V号异常区,只在 50 m 界面出现,而在 30 m 界面上不存在。因此,可定性认为 30 m 界面处 14 灰岩段以上不存在富水性,岩层较完整、裂隙不发育、透水性较弱,阻水能力强。在 V 号异常区 50 m 中心界面相对 30 m 中心界面裂隙较发育、透水性强,阻水能力低,反映出在 V 号异常区从 14 灰岩段至奥灰岩层裂隙较发育,主要是奥灰水。

30 m 深度中心界面主要反映了 17 煤底板下,以 14 灰为代表的岩层视电导率值横向分布特征。根据 1# 钻孔柱状图 6 可以看出,取样岩心 RQD 值在 14 灰上部砂岩段岩心完整性较好,在 13, 14 灰下部岩心 RQD 值小,反映出在此段地层裂隙较发育,富水性较强。这进一步验证 1# 号孔处 30 m, 50 m 音频电透视分析结果。50 m 深度中心界面主要反映了奥灰顶部为代表的岩层横向视电导率值分布特征。

根据图 3 和图 4 可知异常区形态及分布走向,结合本区地质构造特征分析认为,视电导率值异常条带,主要是其相应部位岩层裂隙发育并相对富水所致。从不同深度的电透视成果图对比和钻孔资料分析可知,除 II 号异常区之外,14 灰水和奥灰水都无明显的水力联系。但是,2702 工作面回采时,17 煤底板 I, II 异常带内中砂岩、14 灰中的岩溶或裂隙水有可能会随着回采对底板的破坏而涌入工作面中,以及断层在回采时有可能被激活形成导水带,这是值得注意的。

## 4 井下探放水及动态观测

2702 工作面井下施工了 3 个探水孔, 3<sup>#</sup> 孔仅有少量涌水 ( $3\text{ m}^3/\text{h}$ ); 1<sup>#</sup> 孔涌水量  $4\sim6\text{ m}^3/\text{h}$ , 孔口水压  $1.5\text{ MPa}$ , 已封孔; 2<sup>#</sup> 孔位于下切眼附近, 采用  $\phi 73$  钻头施工, 2003 年 1 月 20 日 15 时进入 14 灰顶部泥岩, 涌水量  $15\text{ m}^3/\text{h}$ 。再钻进  $0.5\text{ m}$ , 进入灰岩, 孔口出水  $28\text{ m}^3/\text{h}$ 。由于底板破碎, 下切眼至放水孔段底板出水。放水后, 距离 2<sup>#</sup> 孔  $1\ 050\text{ m}$  以外的 L14 7, L14 6,  $\theta 4$  观测孔水位发生明显变化, 后期的观测数据和水位变化如图 8。

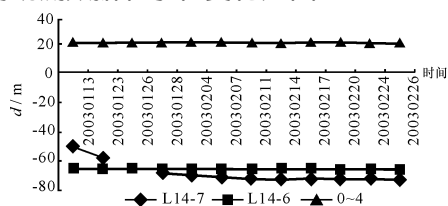


图 8 水文长观孔水位变化

Fig. 8 Water level change of drill through a longtime observation

从图 8 可以看到 2702 工作面井下水放水后地表观测孔 L14 7 水位有明显变化, 截至 2 月 14 日水位降至  $22.364\text{ m}$ , 2 月 26 日水位降至  $22.767\text{ m}$ 。L14 6 孔水位变化微弱, 从 1 月 13 日~2 月 26 日水位降深  $0.493\text{ m}$ ,  $\theta 4$  孔水位基本没有变化 (上升  $0.068\text{ m}$ )。以上表明, 14 灰导水性较好, 14 灰水与奥灰水没有水力联系, 电透视探测结果反映了底板岩层含水性及其范围与实际情况基本相符。2702 工作面内, 断层倾角  $75^\circ$ , 断距  $6\sim8\text{ m}$ , 钻探证实无水, 与电透视分析结果相吻合。

## 5 结语

(1) 2702 工作面底部岩层含水异常区, 在工作面切眼附近次级褶曲翼部与断层尖灭端的交叉部位为采前底板阻水薄弱部位, 经分析计算, 采动后 I ~ II 号异常区会成为突水危险区。

(2) 底板下  $30\text{ m}$  深度中心界面成果图反映了 14 灰为主岩层的含水特征;  $50\text{ m}$  深度中心界面成果图反映了奥陶灰岩顶部的含水特征。异常带内中砂岩、14 灰中的岩溶或裂隙水会随着回采对底板的破坏而涌入工作面中。

(3) 音频透视在 2702 工作面底板  $30\text{ m}$ ,  $50\text{ m}$  界面上圈出的异常区, 仅是富水性强弱的相对划分, 不能确切反映奥灰顶面的起伏情况。

(4) 井下 2<sup>#</sup> 钻孔放水后, L14 - 7 孔观察到 14 灰水位明显下降而与其相邻的奥陶系观测孔  $\theta 4$  水位基本无变化, 可知 2702 工作面的奥灰水与 14 灰水之间无明显的水力联系。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 邵爱军, 刘唐生, 邵太升, 等. 煤矿地下水与底板突水[M]. 北京: 地震出版社, 2001.
- [2] 汪茂连. GIS 在刘桥二矿煤层底板突水预测中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 1997, 25(5): 63~66.
- [3] 申建惠. 音频电透视技术在煤矿中应用[J]. 焦作工学院学报 (自然科学版), 2003, 22(4): 252~254.
- [4] 高致宏, 王彦红, 陈青峰. 工作面富水区探测与矿井电法[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(4): 51~54.
- [5] 常吉, 杜晓军, 刘杨贤, 等. 音频电透视技术在临城矿下组煤开采中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(1): 57~59.

## Preventing water condition of coal floor reflected by audio frequency electrical penetration

LI Dong lin, JIANG Zhen quan, YANG Dong liang

(School of Resources and Earth Sciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

**Abstract** By analysing the detection effect of thirty meter deep and fifty meter deep interface at 2702 working face of Yangcun mine, this paper studied the preventing water condition of coal floor by the audio frequency electrical penetration (AFEP). According to the structure of terrane and exploring water result of coal floor disclosed by hydrology drill hole, it is demonstrated that there exists strong relationship among abnormal apparent conductivity, crack in rock stratum and the extent of filled water in crack, and there exists obvious abnormal apparent conductivities between crack in rock and the connection place of aquifer. The analysis indicated that the detection by AFEP could accurately image terrane preventing water condition of the coal floor.

**Key words** audio frequency electrical penetration; coal floor; preventing water; drill hole; electrical prospecting

[ 英文审定: 李庆春 ]