

直流电法探测技术在煤矿防治水方面应用的研究

郭 纯, 李文军, 邢文平

(焦作煤业(集团)有限责任公司 地测处, 河南 焦作 454002)*

摘要: 为防止煤矿水害事故的发生, 利用井下直流电法探测技术对水害严重的焦作矿区 9 个生产矿井的 110 多个采掘工作面进行了探测. 探测结果可用于预报掘进工作面前方地质构造及其破碎带、划分采掘区岩层贫富水区域、论证工作面回采时的水害危险性并圈定易突水地段、确定放水孔位置等. 探测研究成果绝大多数已得到采掘工程实践的验证, 准确率达 82% 以上.

关键词: 直流电法; 探测; 防治水; 低阻异常区

中图分类号: P 631.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7332 (2005) 06-0439-04

0 引言

焦作矿区是全国有名的大水矿区, 矿井水压高、补给丰富, 水文地质条件复杂, 曾发生 17 次突水淹井事故, 造成了巨大的经济损失. 近年来, 随着开采深度的延伸, 水害对矿井生产的威胁日益加大^[1]. 为确保矿井的安全生产, 除了加强水文地质预测、预报及井下探放水工作外, 还在矿区所属 9 个生产矿井广泛开展了直流电法探测技术的推广与应用, 取得了显著的安全和生产效益.

1 直流电法探测技术防治水害的原理及工作方法

直流电法探测技术是以煤、岩层及其富水带的导电性差异为基础, 通过人工向地质体供入稳定电流, 观测大地电流场的分布状况, 从而确定岩、矿体物性及其赋水性的分布规律或地质构造特征^[2].

根据探测目的不同, 直流电法工作装置形式有多种. 井下通常应用对称四极测深装置、三极测深装置和单极偶极装置. 对称四极测深装置工作布置方式为 $A-M-O-N-B$, 三极测深装置工作布置方式为 $A-M-O-N-B$. 此 2 种装置中 A 、 B 均为供电电极, 用于向岩、矿层供电; M 、 N 均为测量电极, 用于探测地电场电压, 根据测出的电流、电压值结合装置系数就可以换算出岩矿层的视电阻率值. 通过对不同地点、不同深度岩矿层的视电阻率值进行全方位探测和综合分析, 就可达到探测岩性、构造及其赋水性的目的^[3-5].

单极偶极装置主要用于巷道掘进工作面超前探测, 其布置方式为 $A_1-A_2-A_3-M-N-B(\infty)$, 其中 A_1 、 A_2 、 A_3 和 B 极为供电电极, 位置固定不动 (A_1 位于掘进工作面处); M 、 N 为测量电极, 沿巷道移动探测地电场电压. 井下采集的原始探测数据, 经专用软件根据镜像工作原理处理后得到 A_1 、 A_2 、 A_3 3 条成果曲线, 对成果曲线的相似性进行对比并结合各供电电极的相对位置关系进行分析 (即掘进工作面正前方的低阻异常区在各条成果曲线上的位置关系应与相应供电电极的位置关系具有一致性), 即可得出掘进工作面前方构造及其赋水性情况^[6].

3 种装置形式各具特点, 应根据探测目的和施工条件甄别选用. 单极偶极装置主要用于巷道侧帮和掘进工作面超前探测; 三极测深装置灵敏度高, 但采集到的信号稍弱, 适用于较短巷道内施工; 正常情况下应尽可能选用四极测深装置, 其优点是采集到的信号强、信噪比高, 探测成果曲线的异常形

* 收稿日期: 2005-06-09; 修回日期: 2005-07-08

基金项目: 河南省重点科技攻关项目 (0323030200)

作者简介: 郭纯 (1967-), 男, 河南新乡人, 工程师, 从事地球物理勘探应用研究.

E-mail: gc2003b@163.com

态较为简单，易解释。

2 直流电法探测技术在煤矿防治水害中的应用

2.1 探测掘进工作面前方断裂破碎带

超前探测掘进工作面前方断裂破碎带、岩溶、陷落柱等富水异常体对确保巷道安全掘进、预防水害事故的发生非常重要。

演马矿-200 m 流水巷掘进过程中，用单极偶极装置对掘进工作面连续进行跟踪式超前探测。1999 年 8 月 6 日探测时，发现掘进工作面前方 20.5~26.0 m 段存在一个较明显的低阻异常区（图 1），判断为富水断裂破碎带。为确保掘进安全，实施了钻孔探验，钻孔在 21.0 m 处探到断层并出水，证实了探测成果。

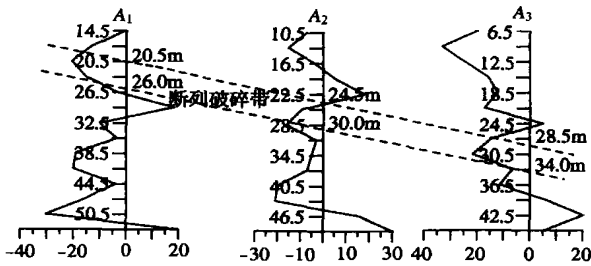


图 1 超前探测掘进工作面前方断裂破碎带

Fig. 1 Pre-detecting fault ahead of driving face

2.2 圈定回采工作面内易突水地段

工作面回采前实施探测并圈定工作面内易突水地段，可有效指导回采部门有的放矢地采取相应措施，避免灾难性水害的发生。

图 2 为韩王矿 25051 工作面上顺槽直流电法（四极测深装置）探测水文断面（ST）图，图中等值线为各点赋水性值（ST 值由视电阻率值换算得来，此值越小赋水性相对越强）。探测成果认为：开切巷往外 0~120 m 段为低阻异常区（阴影区），异常极值为-70，导高较大，在工作面回采时伴随周期来压，此段极易引起底板突水，建议矿上保持水沟畅通并配备足够的排水能力。实际回采时，当工作面推进到开切巷往外 32 m 处发生底板突水，水量最大为 660 m³/h，最后稳定在 540 m³/h。由于预先采取了防范措施，未造成灾害。

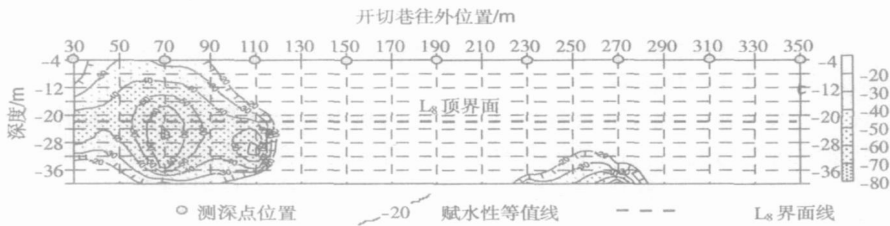


图 2 圈定工作面内易突水地段示意

Fig.2 Circling the easier water-inrush area in face

2.3 评价工作面回采时的水害危险性

图 3 为古汉山矿 11011 工作面上顺槽直流电法（三极测深装置）探测水文断面（ST）图，这是古汉山矿投产后的第一个工作面，北与辉县市吴村煤矿接壤，二者以断距为 20~50 m 的小凤凹断层为界。吴村煤矿内紧邻的工作面曾发生特大 O₂ 灰岩层突水事故造成一个采区被淹。

为慎重判断 11011 工作面回采的安全性，先后进行了三次直流电法探测，解释成果完全一致：上顺槽开切巷往外 40~210 m 段为低阻异常区（阴影区），异常极值为-60，导高较大，回采时该段底板极易突水，且水源可能与下伏 L₂ 及 O₂ 灰岩层导通。这一情况及时上报集团公司，经主管部门研究后采纳了物探建议，决定为确保安全生产，放弃里段，于 220 m 处新建开切巷往外回采。现该工作面已按新方案安全回采。

图 4 为位村矿 14061 工作面下顺槽直流电法（四极测深装置）探测水文断面（ST）图，图中阴影区代表低阻异常区，可以看出低阻区基本位于 L₈ 灰岩层顶界面以下，导高较小，距巷道底板较远。

物探预测此工作面回采时底板不会突水，实际回采非常顺利。

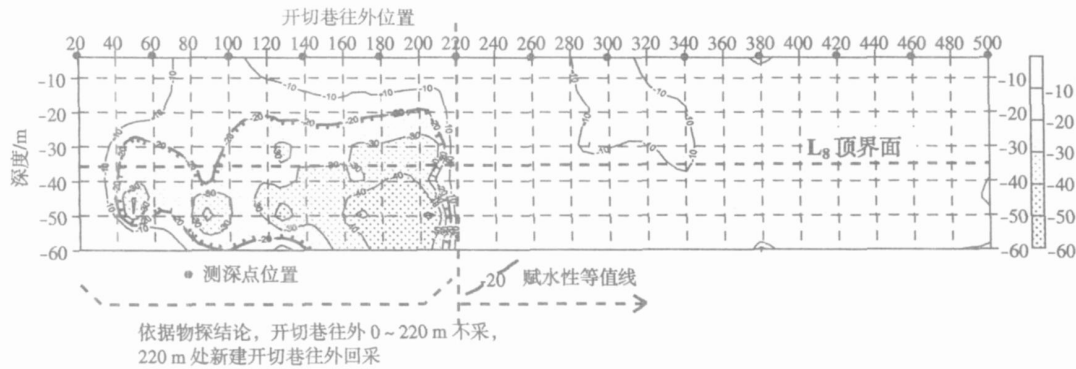


图 3 评价工作面回采时的水害危险性示意
Fig.3 Evaluate the fatalness of water-inrush in face

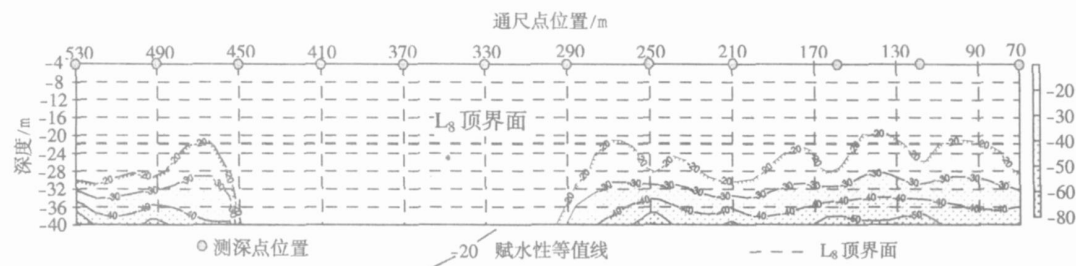


图 4 工作面安全回采示意
Fig.4 Excavate coal safety

2.4 确定放水孔位置

在水源补给有限的地段，通过打放水孔疏水降压，可有效降低工作面突水几率；而科学地确定放水孔位置，可有效减少井下钻孔工程量，并达到最好的放水和疏水降压效果。

图 5 为九里山矿 14021 工作面下顺槽直流电法（四极测深装置）探测水文断面（ST）图，该工作面位于九里山矿西翼，水文地质条件复杂，为保障安全回采，需要提前打放水孔进行疏水降压。由图 5 中可以看出，低阻异常区（阴影区）位于开切巷往外 0~ 110 m、220~ 270 m 和 380~ 400 m³ 段，根据物探成果，在 30 m 和 390 m 两处布置了放水孔，两孔出水量分别为 78 m³/h 和 39 m³/h，实现了工作面底板降低水压后的安全回采。

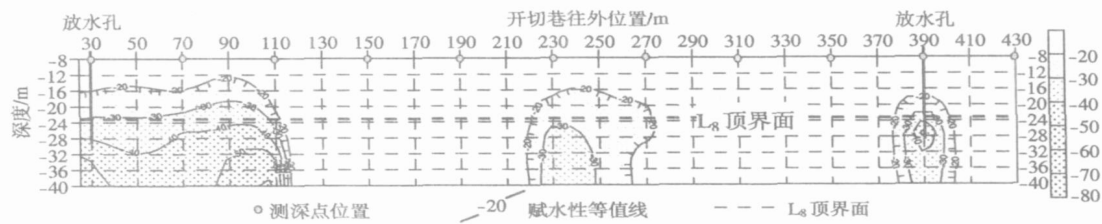


图 5 确定放水孔位置
fig.5 Confirm the position of water hole

3 井下直流电法探测技术应用中需要注意的几个问题

直流电法在井下应用时，需要注意如下问题：

(1) 井下直流电法常采用间隔较小的算术坐标进行数据采集和资料处理, 资料解释不宜进行单支曲线反演, 而应采用断面图进行总体解释.

(2) 尽可能减少各种金属物体和水沟等连续低阻体及巷道底板干湿不匀等环境的干扰影响, 使采集到的数据尽可能真实、合理.

4 结 论

直流电法探测技术具有理论成熟、方法灵活、仪器简便、抗干扰能力强的优点, 可用于水害防治的多个领域.

多年来, 作者利用防爆直流电法仪在公司所属各生产矿井进行了 110 多个采掘工作面的探测, 所得物探结论绝大多数已得到巷道掘进和工作面回采的证实, 探测准确率达 82% 以上, 节约了大量钻探和巷探工程量, 有效保障了矿井的安全生产.

直流电法探测技术也有自身的缺点, 如体积效应问题, 影响资料解释中对异常区 (体) 具体方位的准确判断, 这就需要与瞬变电磁等方向性较强的物探技术相配合, 并紧密结合水文地质资料, 多种手段并用, 相互取长补短, 才能提高探测成果解释的准确率, 更好地服务于煤矿的防治水工作.

参考文献:

- [1] 王长文, 慕松利, 李 仑, 等. 焦作矿区突水特点及矿井综合防治 [J]. 焦作工学院学报, 1999, 18 (4): 257-261.
- [2] 李志聃. 煤田电法勘探 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.
- [3] 于景村, 李志聃. 高分辨率三极电测深法探测煤矿突水构造 [J]. 煤田地质与勘探, 1997, 25 (5): 40-43.
- [4] 储绍良. 矿井物探应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.
- [5] 冯 兵. 工程及水文物探教程 [M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 2003.
- [6] 韩德品, 张天敏, 石亚丁. 井下单极-偶极直流电透视原理及解释方法 [J]. 煤田地质与勘探, 1997, 25 (5): 34-37.

Research of the application of the D. C. detecting technology in mine water prevention and cure

GUO Chun, LI Wen-jun, XING Wen-ping

(Jiaozuo Coal Mining Group Corp. Ltd., Jiaozuo 454002, China)

Abstract: To prevent water-inrush, the author used the D. C. technology in more than 110 working faces in 9 mines of Jiaozuo to detect forward geological structure, plotted out water-bearing conditions in face, circled the easier water-inrush area, valued the fatalness of water-inrush in working face and confirmed the position of water hole etc. Most of detecting results have been verified by mining practices. The veracity is over 82%.

Key words: D. C.; detection; water prevention and cure; low resistance abnormality area

(责任编辑 胡秀芳)