

瞬变电磁技术在矿井水害预测防治中的应用

汝 亮, 钟伟杰, 朱裕振, 沈礼峰, 周明磊

(山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东 泰安 271000)

摘要:通过对山东某矿 3702 工作面底板岩层富水性的实地探测,验证了瞬变电磁法在矿井水害预测防治中的应用效果。结果显示:(1)影响 3702 工作面安全开采的突水威胁主要为底板的岩浆岩富水,轨道巷 90°、45°、30°探测方向分别发现富水条带 1 个、富水较强的区域 4 个,连续性较好的富水较强的区域 5 个;(2)3702 工作面地板下划定 3 类富水区域且深部整体富水范围比浅部大。探测结果与钻探验证结果基本吻合,说明瞬变电磁法在矿井掘进巷道顶底板、前方或旁侧的含水构造及岩层的含水性探测等方面具有重大的实用价值。为井下水害预报和防治提供可靠依据。

关键词:瞬变电磁法;矿井水害;超前探测

中图分类号:P631.325

文献标志码:A

文章编号:1003-1375(2013)04-0050-05

0 引言

矿井水害长期以来一直制约着我国煤矿资源的安全高效开采,煤层底板突水或老空区出水淹井事故时有发生。超前探测巷道掘进前方及工作面顶底板岩层中水害源的位置和水量状况,对减少或杜绝巷道掘进以及工作面顶底板水害事故的发生具有重要意义。作为一种非接触式的快速勘探技术,多匝小回线装置形式的矿井瞬变电磁法,既适合井巷条件又克服了接地条件对探查结果的影响,在矿井水害的超前探测中应用非常广泛^[1-2]。为此,笔者在山东某矿底板富水性的超前预报中采用了矿井瞬变电磁法,对该矿 3702 工作面未采区底板含水岩层富水情况进行了探测,探测结果与钻探验证结果基本吻合,取得了良好的应用效果。

1 井田地质及地球物理特征

井田为全隐蔽的华北型石炭、二迭系煤田。煤系以中、下奥陶地层为基底,沉积了中石炭统本溪组、上石炭统太原组、下二迭统山西组、下石盒子组,上二迭统上石盒子组,其上覆盖是第三系和第四系。

3702 工作面底板岩层主要为粉砂岩、细砂岩,威胁 7 煤安全开采的主要含水层为岩浆岩含水层,当岩层裂隙发育,结构破碎且不含水时将呈现比正常岩层电阻率高的电性特征;若岩浆岩、裂隙、构造

破碎带中含矿井水,由于矿井水的矿化度较高,测量电阻率值将明显低于正常岩层的电阻率,呈现低电阻率异常特征,其低阻异常程度取决于岩层中富水程度。

在断层发育区,断层破碎带与正常地层在电性上具有明显差异,当断层破碎带不含水时,将呈现高电阻率特征,而当断层破碎带含水时,将呈现出低电阻率特征。据此,通过瞬变电磁测深法探测煤层顶底板岩层电阻率及其变化,可以判定岩层的结构状态和富水性^[3-4],这是本次瞬变电磁法探测岩层富水性的物理前提。

2 工作方法与技术

矿井瞬变电磁探测采用的仪器为加拿大 PRO-TEM-47 型瞬变电磁仪,该仪器具有抗干扰、轻便、自动化程度高等特点。数据采集由微机控制,自动记录和存储,并与微机连接可实现数据回放。由于探测采用小线框,点距可以根据勘探任务的要求而变化。实际测量时,采用多匝线框,在巷道侧帮测量时,线框平面可根据探测任务的要求设计相应探测方向。发射线框和接收线框分别为匝数不等、且完全分离的 2 个独立线框,以便与地下(前方)异常体产生最佳耦合响应。若发射线框和接收线框水平放置于巷道,则探测巷道正上方顶板或正下方底板有一定范围的电阻率分布;若发射线框和接收线框倾

收稿日期:2013-02-27

基金项目:生产项目“内蒙古黄陶勒盖煤炭有限责任公司巴彦高勒矿井水文地质补充勘探”

作者简介:汝亮(1981—),男(汉族),山东泰安人,物探工程师,主要从事物探技术研究。E-mail:ruliang23@163.com

斜放置于巷道,则探测巷道侧上方顶板或侧下方底板有一定范围的电阻率分布,根据电阻率分布情况推断顶板或底板岩层的富水性^[2]。

为了使探测范围能够全部或基本全部覆盖 3702 工作面底板富水范围,满足探测地质任务的要求,根据 3702 工作面实际采掘条件,在 3702 工作面轨道巷和运输巷各设计了 90° 、 45° 、 30° (发射线圈平面法线方向与水平面的夹角)3 个不同的探测方向,基本覆盖了 3702 工作面底板深度 100 m 内的范围。

本次探测轨道巷 3 个探测方向的点距为 20 m,测线长度 930 m;运输巷点距 20 m,测线长度 850 m。矿井瞬变电磁法在井下巷道中采用多匝数小回线测量装置,通过现场试验确定装置参数为:回线边长 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$;回线匝数 84 匝;接收线圈面积 31.4 m^2 ;采用 30 门模式,重复频率 25 Hz;延迟时间 $6\text{ }\mu\text{s}$;关断时间 $500\text{ }\mu\text{s}$;发射电流:2.9~3.1 A;测量装置选择偶极测量装置,收发距 10 m。

3 数据处理

数据处理分为预处理和解释处理。预处理包括数据转换与质量检查、极性校正、测线和测点编辑、磁场计算(即由磁场变化率 $\partial B_z/\partial T$ 求取 B_z , B_z 是磁场的垂直分量)等,解释处理包括计算全程视电阻率、一维反演计算、电阻率成像变换、拟二维电阻率剖面图和电阻率顺层切片等,并将数据转换为 Surfer 绘图软件所需的格式,利用 Surfer 软件绘制 TEM 各探测方向二维电阻率剖面图以及电阻率顺层切片

平面图。

4 成果分析

4.1 探测方向电阻率剖面图

探测方向电阻率剖面图是通过视电阻率的一维正反演,电阻率成像变换后形成的拟二维电阻率剖面图,电阻率色谱变化反映了测线沿探测方向的电阻率分布特征,并根据其分布特征进行水文地质解释。因井下巷道中金属支架和轨道的影响,反演电阻率值将小于实际地层的电阻率值,但这种影响在大部分测段具有统一性,可作为系统偏差来考虑,不影响通过电阻率相对变化大小进行地层富水性的解释。下面以轨道巷探测方向视电阻率剖面图(图 1、图 2、图 3)为例进行详细分析。

从探测方向视电阻率剖面图来看,结合已知信息,3702 工作面底板富水主要是由于岩浆岩富水所致。其中相对较强富水区段为图中虚红线包围区域,推测是由于岩浆岩破碎所致;中等富水区段为紫实线和虚红线中间范围;其余区段电阻率相对较高,推断砂岩富水性相对较弱。在轨道巷 90° 探测方向 30~80 m 发现富水相对较强的条带 1 个(图 1);在轨道巷 45° 探测方向发现富水较强的区域 4 个,分别标注为 A1、A2、A3、A4,但异常范围较小(图 3);在轨道巷 30° 探测方向发现富水较强的区域 5 个,大部分连续性较好,推断在该层位距离轨道巷较近的区域富水程度较高(图 2)。

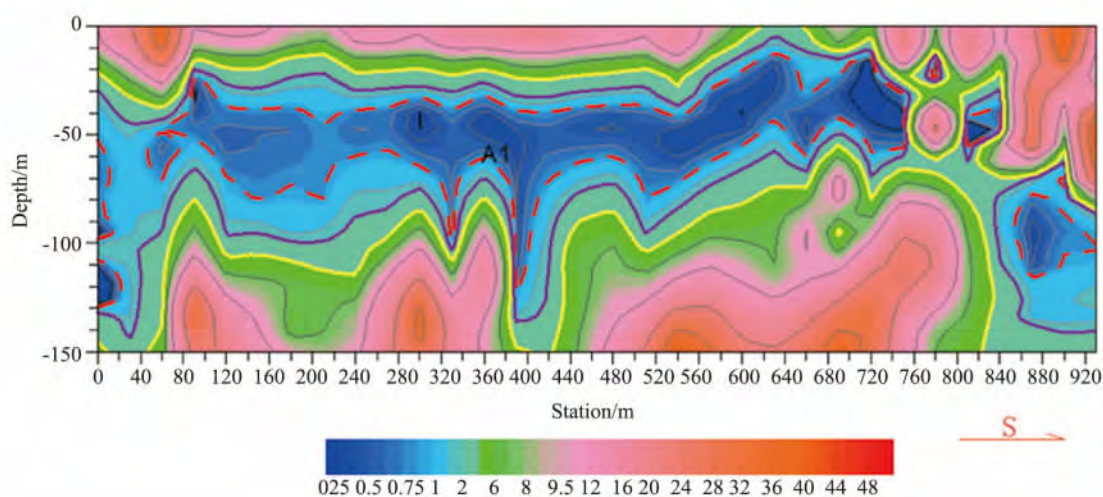


图 1 轨道巷 90° 方向电阻率色谱断面图

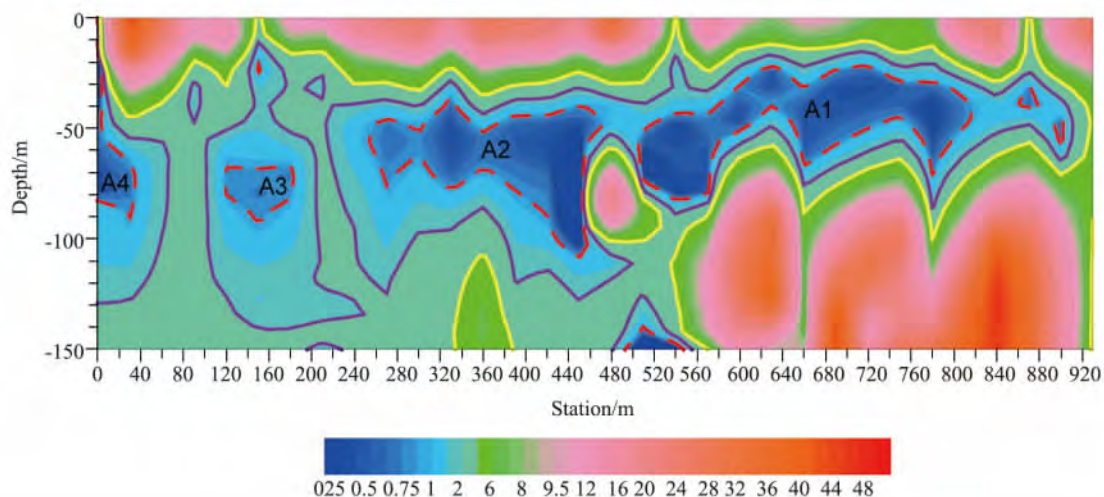


图 2 轨道巷 30°方向电阻率色谱断面图

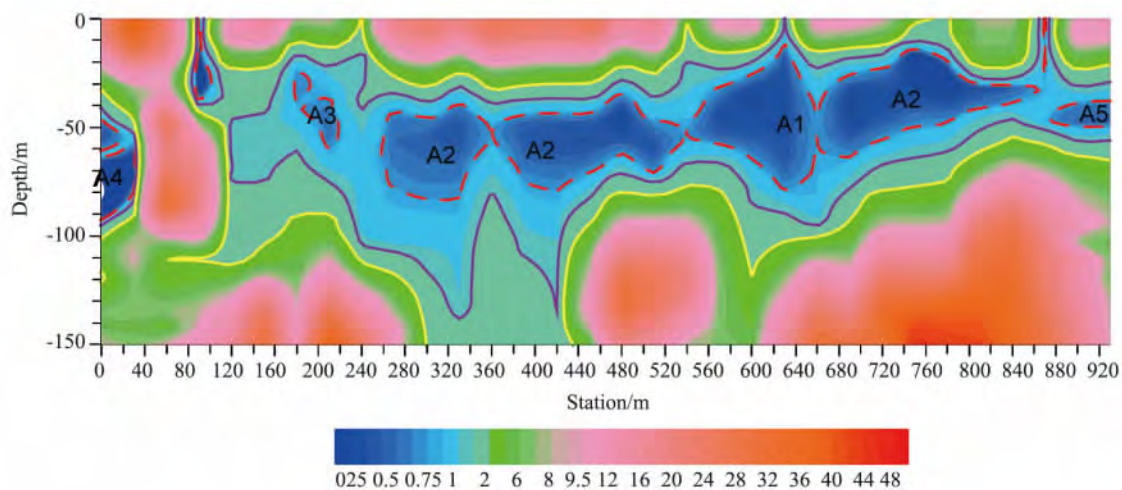


图 3 轨道巷 45°方向电阻率色谱断面图

在点号 400 处进行的钻探结果显示,在前方 30 m 处发现涌水现象,通过排水疏通,保证矿井安全生产。

4.2 目的层视电阻率等值线切片图

根据各剖面图目的层电阻率的分布形态,影响 3702 工作面安全开采的突水威胁主要为底板的岩浆岩富水,考虑到地层倾向变化,因此电阻率顺层切

片图数据取自轨道巷和运输巷各自的 3 个探测方向(90°、45°、30°),分别为底板下 30 m、60 m 和 80 m。该顺层切片图(图 4)反映了岩浆岩在工作面探测范围内的电阻率分布特征,可以根据其分布特征进行水文地质解释,分析 3702 工作面底板下含水岩浆岩分布情况。

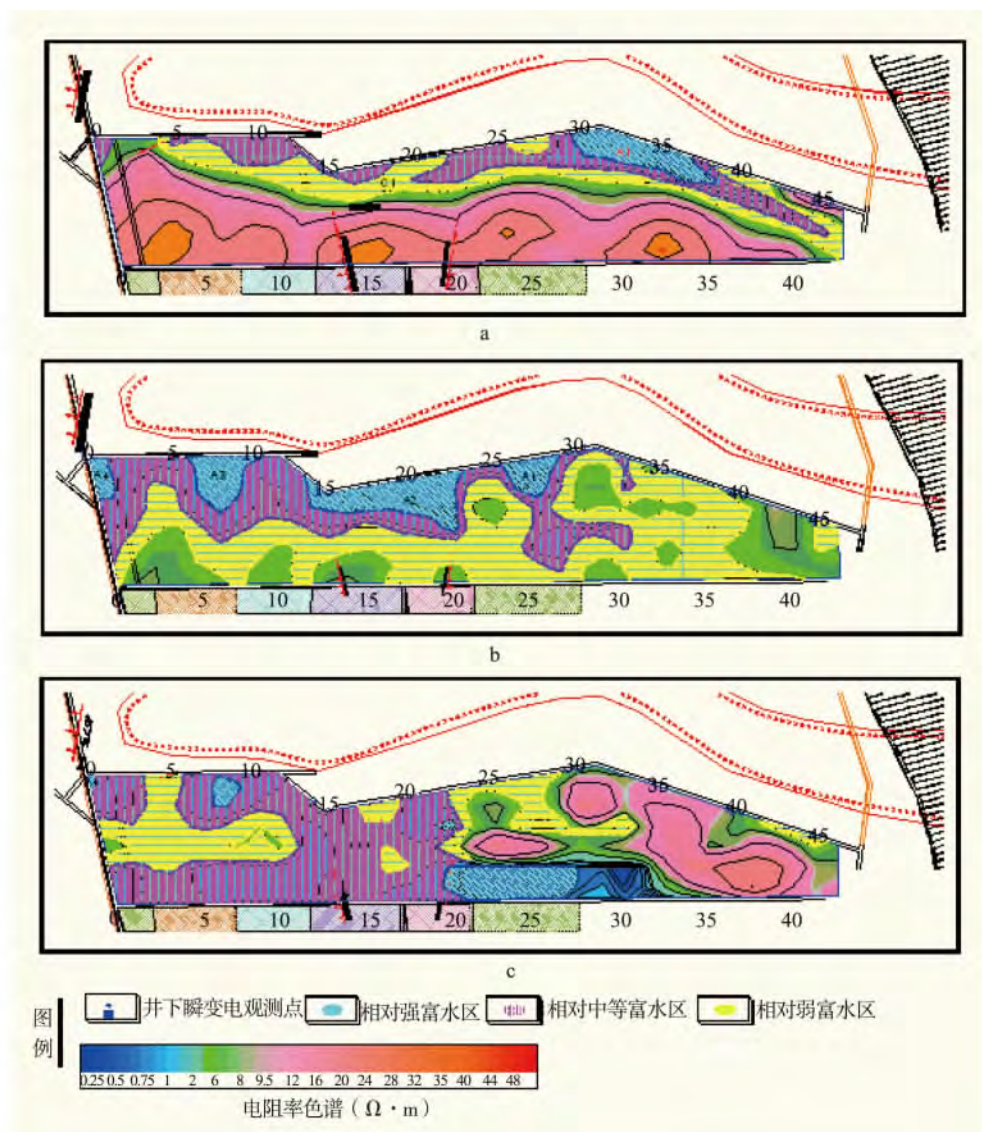


图4 3702工作面底板下30 m(a)、60 m(b)、80 m(c)视电阻率顺层切片图

由3702工作面顺层切片图,并结合已知信息,划定了3类富水区域:蓝色曲线圈定范围为强富水区域,紫色曲线圈定范围为相对强富水范围,黄色曲线圈定范围为弱富水区域。具体在底板下30 m位置,轨道巷测线点号30~37处强富水;在底板下60 m位置,轨道巷测线点号点0~1、6~10、14~22、25~29这4处位置强富水,在底板下80 m位置,运输巷测线点号20~27处为强富水区域。总体上来说,随着深度的加大,强富水范围逐渐向运输巷方向偏移,且深部整体富水范围比浅部大。

5 结论

本次勘查以瞬变电磁法为主要技术手段,通过对其反演数据的认真分析,结合区地质条件和钻井资料,基本查清了3702工作面底板的富水性。探测结果与钻探验证结果基本吻合,证明探测效果良好,为煤矿安全生产提供了可靠的技术支持和安全保障,说明瞬变电磁法在矿井水害预测防治中,探测矿井掘进巷道前方或旁侧的含水构造及岩层的含水性等方面具有重大的实用价值^[5-6]。

参考文献:

- [1] 牛之琰. 时间域电磁法原理[M]. 长沙:中南大学出版社,2007.
- [2] 张平松,刘盛东,李培根,等. 矿井瞬变电磁探测技术系统与应用[J]. 地球物理学进展,2011,26(3): 1107-1114.
- [3] 刘振庆,于景邨,胡兵,等. 矿井瞬变电磁法在探查迎头前方构造中的应用[J]. 物探与化探,2011,35(1): 140-142.

- [4] 占文锋,王强,牛学超. 采空区矿井瞬变电磁法探测技术[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(8): 115-117.
- [5] 韩德品,赵锴,李丹. 矿井物探技术应用现状与发展展望[J]. 地球物理学进展, 2009, 24(5): 1839-1849.
- [6] 姜志海,岳建华,刘志新. 矿井瞬变电磁法在老窑水超前探测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2007, 4(4): 291-294.

Application of Transient Electromagnetic Method to Prediction and Control of Mine Water-disaster

RU Liang, ZHONG Wei-jie, ZHU Yü-zhen, SHEN Li-feng, ZHOU Ming-lei

(Shandong Provincial Research Institute of Coal Geology Planning and Exploration, Tai'an 271000, China)

Abstract: The application effect of Transient Electromagnetic Method to water-disaster prediction and control in mine well is introduced through detection of water abundance of floor strata on 3702 working face in Shandong province. The results indicate that: (1) the main threat to mining on working face is higher water content of the floor magmatic strata, there are 1 watery strata zone, 4 watery areas and 5 watery strata areas with good continuity in detection direction of 90° , 45° , 30° to railway laneway; (2) 3702 working face floor strata is divided into 3 class water rich area and the range of deep rich water area are larger than that of the shallow rich water area. The detection results basically tallies with the drilling verification, which indicate that the Transient Electromagnetic Method has great practical value for water abundance exploration in mine roadway, and provide a reliable basis for the prediction and prevention of mine water disaster.

Key words: transient electromagnetic method; mine water-disaster; advanced detection

(上接第 21 页)

Application of Fractional Order Hilbert Transform in Improving of Vertical Resolution

SONG Hong-yong¹, BIE Li-zhen²

(1. The No. 4 Prospecting Team of Shandong Coal Geology Bureau, Weifang 261206, China;

2. Shandong Provincial Research Institute of Geology Planning and Exploration, Tai'an 271021, China)

Abstract: This paper proposes a generalized Hilbert transformation which is fractional order Hilbert transformation. It can convert the phase of any angle and can improve the vertical resolution of seismic exploration. In seismic exploration, the phase axis is not sure reflection interfaces location, because phase axis is often complex wave superposition by vertical resolution of the effects. Which can not determine the formation of the approximate location in the seismic profile, layer and acoustic measurements Curve does not correspond well. Fractional Hilbert transform phase by any angle, to overcome the conventional 90° phase shift is zero defects phase to solve the problem of the phase shift at any angle. The polarity of phase axis has information of lithology, and the amplitude of phase axis has a stratigraphic concept. Thus, making geological stratum corresponds to logging curves in the seismic profile.

Key words: fractional Hilbert transform; phase; layer; forward simulation