井下瞬变电磁技术在探测煤矿老空水方面的应用

刘白宙
(焦作煤业(集团)有限责任公司, 焦作 454002)

摘 要 介绍了全空间瞬变电磁(UWTEM)技术在煤矿井下探测老空水方面的应用,研究了井下巷道有限施工条件下探测不同赋存方位采空区的方法,证明了 UWTEM 技术在探测巷道掘进头前方、巷道顶底板及巷道侧帮等方向老空水的有效性,总结了井下瞬变电磁技术应用中需注意的若干关键问题。结果表明, UWTEM 技术能在井下有效地探测巷道顶底板、侧帮及掘进头前方的老空水位置和范围,为井下水害预报和防治提供可靠依据。

关键词 瞬变电磁 井下 老空水 煤矿 应用
中图分类号: P631.3+25 文献标识码: A 文章编号: 0253-4967(2007)03-0687-05

0 引言

水害是煤矿安全生产的五大灾害之一,而老空水害比其它水害更容易造成人员伤亡,中国近年来因水害造成的重大人员伤亡事故多系老空水引起。要消除老空水害需先探明老空水的位置和范围,但如何快速、准确探测老空水一直是煤矿生产的难题: 钻探方法准确但速度慢、成本高, 难以圈定老空水范围, 且打钻时存在危险; 传统的直流电法等物探技术虽效率高、成本低,但因体积效应大等原因造成准确率和探测距离难以满足生产需求。

近年来,井下全空间瞬变电磁技术在中国快速发展, PROTEM 47HP瞬变电磁仪是专门用于井下探测的仪器,凭借其近距离观测、体积效应小、方向性强、分辨率高、对低阻区敏感、施工快速的优点,可以有效地探测巷道周围 100m范围内的老空水, 已成为煤矿水害探测的最佳选择。

1 瞬变电磁法的原理

瞬变电磁法(Transient Electromagnetic Method,简称 TEM)的原理(牛之链, 1992)是: 利用不接地回线向地下发射一次脉冲磁场,当发射回线中电流突然断开后,地球介质中将激励起二次涡流场以维持在断开电流以前产生的磁场(即一次场), 二次涡流场的大小及衰减特性与周围介质的电性分布有关,在一次场间歇观测二次场随时间的变化特征,经过处理后可以了解地下介质的电性、规模、产状等,从而达到探测目标体的目的(蒋邦远, 1998)。

2 井下瞬变电磁技术的工作方法

地面 TEM 的发射框沿地面布设,有效探测范围为地下半空间。井下 TEM 由于巷道空间很

〔收稿日期〕 2007-04-02收稿, 2007-08-13改回。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

小,观测面前后与上下都有介质存在,故被称为全空间瞬变电磁法(Underground Whole-space Transient Electromagnetic Method,简称 UWTEM)(白登海等, 2003)。

井下探测时受空间限制一般采用共面偶极方式(偶极距多为 10m),利用多匝小回线在任意可能的方向布设,因而可以进行多方位探测。实践证明,该方法在巷道掘进头超前探测(郭纯等, 2006)、顶底板探测和左右侧帮探测老空水时可取得理想的效果。

3 井下瞬变电磁技术在探测老空水方面的应用

3.1 探测巷道掘进头前方老空水

某矿 21020工作面回风巷掘进过程中,地质调查得知前方存在多年前形成的小煤窑采空区,根据水文地质条件分析采空区可能积水,但不能确定采空区的准确位置。为了保证巷道掘进安全,在掘进头处利用超前探测装置(郭纯等, 2006)进行了瞬变电磁超前探。探测结果显示(图 1),掘进头前方 72m 以远存在相对低阻区(阴影区),低阻区重点位于巷道前方偏左部位,巷道右前方正常。

为验证物探结果并指导工作面设计,考虑到此处水压较小($0.2MPa/cm^2$),在采取相应措施下打钻探验。朝巷道正前钻探时,进尺到 75.2m 处出水,依据水质判断为老空水。矿方据此改变工作面布置方案,留足防水煤柱,在掘进头前方 40m 处开切眼往外回采,避免了老空水害的发生。

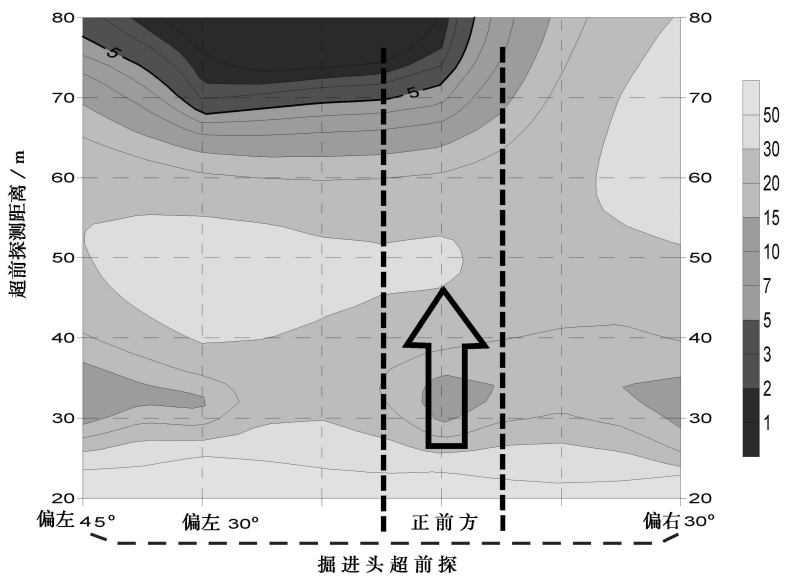


图 1 21020工作面回风巷掘进头超前探测视电阻率断面图

Fig 1 Apparent resistivity section of leading detection ahead of tunneling of the airway in No. 21020 working face

3.2 探测巷道顶板老空水

回风巷用于井下空气循环,在煤矿开采中必须保证安全。但该回风巷掘进到 160m 处发现顶板淋水严重,水质略带臭味。在该回风巷顶板上方约 35m 处有一个已经关闭的小煤窑,上述

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

顶板严重淋水, 可能是此小煤窑以前越界开采留下的老空水所引起。为了验证分析结论, 在回风巷已掘巷道利用偶极装置实施瞬变电磁垂直上探。探测结果显示, 回风巷顶板往上 80m 范围内标尺 0~ 110m 段岩性基本正常, 而 115~ 160m 段存在相对低阻区 (阴影区), 此低阻区位于巷道顶板上方 20~ 48m 段 (勘探盲区约为 20m), 越往巷道前端离回风巷间距越小, 应是老空积水区, 且往前掘进水害危险性极大 (图 2)。

为保障巷道掘进安全, 矿方在采取安全防水措施下对低阻区打钻, 然后释放老空水, 共释放出老空水 8 200m^3, 然后注浆加固顶板, 回风巷得以安全掘进。

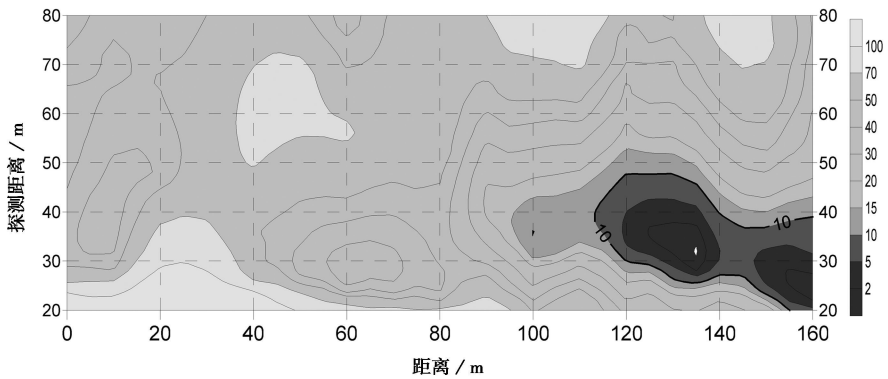


图 2　回风上山垂直上探视电阻率断面图

Fig. 2　Apparent resistivity section of vertical detection of the return air rise

3.3　探测巷道侧帮老空水

某矿 21040工作面回风巷是新完成的回风巷, 用于新区采煤, 但在回采前矿方地测人员在调查该回风巷上帮附近 4年前关闭的小煤窑开采情况时得到一个信息: 小煤窑越界严重, 曾往下掘进近百米斜巷进入该矿范围并在斜巷下端掘进了一段平巷, 各巷道具体长度不清。此处煤层倾角约为 28°, 小煤窑位于高处, 且与该矿开采同一煤层, 其巷道及采空区内积聚了大量老空水。经核算, 小煤窑所掘斜巷及平巷位置应该距 21040工作面回风巷不远, 若冒然回采, 应力引起的地层破坏可能引发高处小煤窑老空水溃水伤人的灾难性事故。因此, 用瞬变电磁法对 20140工作面回风巷侧帮进行老空水探测, 探测结果如图 3所示。

为了探测小煤窑积水巷道的具体位置, 我们在 21040工作面回风巷利用偶极装置沿着煤层倾斜方向 (+ 28°) 往上帮方向探测。探测结果显示, 在回风巷 240m 长的巷道探测范围内, 相对低阻区 (阴影区) 位于标尺 15~ 155m 段上帮, 其它区域岩性基本正常。分析低阻区位置和形态, 认为小煤窑所送下山位于 130m 处上帮附近, 平巷位于 20~ 130m 段上帮、距离 21040工作面回风巷斜距约 33m, 因巷道破坏岩层完整性造成裂隙发育, 富水区域距 21040工作面回风巷更近, 最近约为 24m。

为验证物探结果并确保工作面安全回采, 矿方在采取安全防水措施下在标尺 40m 和 130m 处沿煤层倾向往低阻区打钻, 分别进尺 28.6m 和 31.3m 开始出水, 共放出老空水 15 600m^3, 21040工作面得以安全回采。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.c

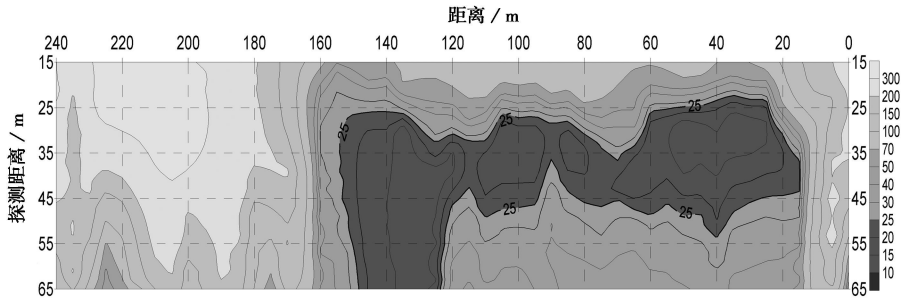


图 3 21040 工作面回风巷沿煤层倾斜方向往上帮探测视电阻率断面图

Fig 3 Apparent resistivity section of the return airway in working face No 21040 in the direction along the seam pitch to the upper side

4 井下瞬变电磁技术探测老空水需注意的若干问题

4.1 探测角度和点距

井下瞬变电磁探测往往采用偶极布置方式。顶底板和侧帮探测时要结合地层倾角大小判断老空水方位,严格控制探测角度,使发射线圈和接收线圈轴线方向始终对准老空水方位,尽可能避免旁侧影响。探测点距需要加密,一般不 > 5m。

巷道掘进头超前探测老空水时,往往使发射线圈和接收线圈轴线分别对准巷道正前方及正前偏左、偏右等不同方向的多个角度采集数据,以获得尽可能完整的前方地质体立体信息。

4.2 干扰及应对办法

瞬变电磁技术分辨率高但易受干扰。井下巷道往往存在电缆、铁轨、皮带架、工钢、矿车等众多金属物,金属干扰往往成为影响探测效果的关键因素。

实施探测时,井下巷道内应清理干净,电缆尽可能断电。发射线圈和接收线圈尽量远离金属体。对于铁轨、皮带架、刮板机等长条型无法移动的金属物,尽可能使线圈轴线避免正对金属体。总之,要尽可能创造有利的探测环境,保障探测效果。

5 结束语

实践证明,在煤矿井下巷道施工空间有限的条件下,利用 UWTEM 技术采用多匝小线圈偶极装置并结合密集观测方式,可以有效地探测各种方位老空水的赋存信息,如巷道顶底板、巷道侧帮及掘进头前方的老空水位置和范围,为水害预报和防治措施的提前制定提供可靠依据。

长期工作中也发现了 UWTEM 方法存在的问题。首先,在装置(郭纯等, 2006)上,为了减小互感的影响,偶极装置中发射线圈和接收线圈之间的距离需要 > 5m,这不但降低了有效信号的强度,也限制了沿测线方向的分辨率。所以,在硬件上改善仪器设备的性能、减小发射与接收线圈之间的互感是提高井下瞬变电磁探测老空水位置精度的一个关键。其次,UWTEM 技术抗电磁及金属干扰性较差,煤矿井下的干扰主要来自各种金属体,不同金属体造成的干扰效应又比较复杂,如何系统研究不同金属体干扰的相应特征并利用软硬件技术加以较为彻底的校正或克服,是今后 UWTEM 技术能否进一步发展的又一个关键。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c

参 考 文 献

白登海, 何兆海, 卢建, 等. 2003. 地下全空间瞬变电磁法及在煤矿水害预测中的应用 [A]. 见: 中国地球物理学会电磁专业委员会编. 第六届中国国际地球电磁学术讨论会论文集. 283—284.

BAI Deng-hai, HE Zhao-hai, LU Jian, *et al*. 2003. Underground whole-space transient electromagnetic method and its application to the prevention of water disasters in coal mines [A]. In: The Geo-electromagnetic Committee of the Chinese Geophysical Society (ed). Collection of the Sixth China International Geo-Electromagnetic Workshop. 383—384 (in Chinese).

郭纯, 刘白宙, 白登海. 2006. 地下全空间瞬变电磁技术在煤矿巷道掘进头的连续跟踪超前探测 [J]. 地震地质, 28(3): 456—462.

GUO Chun, LIU Bai-zhou, BAI Deng-hai. 2006. Prediction of water disasters ahead of tunneling in coal mine using continuous detection by UWTEM [J]. Seismology and Geology, 28(3): 456—462 (in Chinese).

蒋邦远. 1998. 实用近区磁源瞬变电磁法勘探 [M]. 北京: 地质出版社.

JIANG Bang-yuan. 1998. Applied near-zone magnetic source transient electromagnetic exploration [M]. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).

牛之链. 1992. 时间域电磁法原理 [M]. 长沙: 中南工业大学出版社.

NIU Zhi-lian. 1992. Principle of time domain electromagnetic method [M]. Central South University of Technology Publishing House, Changsha (in Chinese).

THE APPLICATION OF UNDERGROUND TRANSIENT ELECTROMAGNETIC METHOD (TEM) TO DETECTING GOAF WATER

LIU Bai-zhou

(Jiaozuo Coal (Group) Co. Ltd., Jiaozuo 454002, China)

Abstract

This paper introduces the application of Underground Whole-space Transient Electromagnetic Method (UWTEM) to the detection of abandoned mine water. It presents the study of the method to detect different occurrence goaves in limited work conditions. It proves the effectiveness of UWTEM technology in detecting goaf water ahead of the tunneling, or in the roof, floor and sides of the roadway. It concludes several key issues which require notice in the application of UWTEM. The result shows that UWTEM technology can effectively detect both the position and extent of goaf water ahead of the tunneling, or in the roof, floor and sides of the roadway. It also provides reliable basis for prediction and prevention of mine water disasters.

Key words Transient Electromagnetic Method (TEM), underground, goaf water, coal mine, application

〔作者简介〕 刘白宙, 男, 1964年生, 1991毕业于焦作矿业学院地质专业, 获得工学硕士学位, 高级工程师, 现任焦作煤业 (集团) 有限责任公司地测副总工程师, 主要从事矿井防治水工作, 电话: 0391-3532416, E-mail: gc2003l@163.com。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.c