文章编号:1672-7940(2008)02-0164-05

煤层底板破坏带电阻率法异常特征研究

赵贤任1,刘树才1,李 富2,李建慧1,张向阳1

(1. 中国矿业大学 资源学院,徐州 221008;

2. 成都地质矿产研究所,成都 610081)

摘 要:我国大约 60%的煤矿不同程度受到奥灰水的影响,研究承压水上采煤引起的底板破坏规律对于煤 矿安全开采具有十分重要的意义。本文对电阻率法探测井下底板破坏带视电阻率异常特征进行研究。应用 商业电法正反演软件 EarthImager 3D 设计工作面推进过程中底板破坏带地质模型,利用混合边界条件下有 限差分法进行正演模拟,并分析其异常特征和分布规律。正演结果表明,电阻率法能探测出底板破坏带异常, 随着工作面的推进,在视电阻率剖面图上异常体的位置出现相应的移动。

关键词:电阻率法;底板破坏带;矿井物探;正演模拟

中图分类号:P631.32

文献标识码: A

收稿日期: 2007-11-05

Study on Resistivity Abnormal Characteristics of Coal Seam Floor Failure

Zhao Xianren¹, Liu Shucai¹, Li Fu², Li Jianhui¹, Zhang Xiangyang¹

School of Resources, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221008, China;
Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu Sichuan 610081, China)

Abstract: About 60% coal mines were affected by Ordovician limestone groundwater in our country, so it is important to study on coal seam floor failure regularity caused by coal mining above limestone with pressurized water. This paper discussed resistivity abnormal characteristics of coal seam floor failure. It designed the models of coal seam floor failure at several process of the coal face propelling and did some forward simulations with the mixed boundary condition and finite difference modeling method by EarthImager 3D. The results showed that the resistivity abnormal characteristics of coal seam floor failure could be detected, and the positions of anomalous bodies were changed related to the coal face propelling in apparent resistivity pseudosections.

Key words: electrical resistivity method; coal seam floor failure; mine prospecting; forward simulation

作者简介:赵贤任(1982-),男,中国矿业大学(徐州)资源与地球科学学院固体地球物理学专业硕士研究生,研究方向为电法勘探。 E-mail:zxr0930@yahoo.com.cn

刘树才(1963-)男,教授,主要从事电磁法和矿井地球物理勘探的教学和科研工作。E-mail:Liushucai@cumt.edu.cn

基金项目:国家重点基础研究发展计划"973"项目(编号:2007CB209400)资助。

1 引 言

我国华东和华北的广大矿区在石炭系之中和 之下,普遍存在着太原群灰岩和奥陶系灰岩,这些 灰岩岩溶发育,厚度大,含水丰富,水压高,而且距 石炭二叠系下组可采煤层的距离一般在 20~ 50m,对采矿安全构成严重的威胁。我国大约 60%的煤矿不同程度受到它的影响。所以研究承 压水上采煤引起的底板破坏规律对于煤矿安全开 采具有十分重要的现实和长远意义^[1,2]。

底板破坏探测的常规方法有钻孔注水方法、应 力应变测量方法和地球物理测量方法,这些方法不 是施工麻烦就是测量方法施工过程漫长,不能实时 反映底板情况,而且对于水异常的监测不灵敏甚至 没反应,不能作为承压水上采煤监测底板异常特别 是水异常的手段。本文采用的电阻率法能比较好 的解决这个问题,它是以地下介质电性差异为基 础,研究在施加电场的作用下地下传导电流的分布 情况,对水等低阻异常特别明显,而且一次布线之 后就能实时采集数据,动态监测底板。

2 模型建立原则与选取正演计 算软件

2.1 数值模型建立

根据程久龙在某矿利用弹性波 CT 探测底板 破坏深度^[3]所得实测数据为原型建模。该矿西翼 采区 3 煤层底板距奥灰强承压水含水层最近距离 20m,煤层开采受承压水严重威胁。该区 3501 工 作面走向长度 480m,倾斜长度 90~110m,煤层厚 度 5.5m 左右,产状 180°~210°,倾角 8°~18°,煤 层层位稳定。弹性波 CT 探测结果为底板破坏最 大深度 11.2~12.3m。

在此基础上,根据关英斌所作煤层采动底板破 坏应力变化^[4]的研究将破坏区划分为4个区,并以 李富研究的岩石变形及破坏过程中电阻率变化规 律^[5]给每个区赋予电阻率值:由于巷道内为空气, 设其电阻率为10¹⁰⁰Ω•m,煤的电阻率设为3000Ω •m,围岩300Ω•m。1区压缩区:工作面前2~ 20m,范围约16~18m,电阻率设为750Ω•m;2区 过渡区:工作面2~-6m,范围约8~9m,电阻率为 围岩的 7 倍(2100Ω•m);3 区膨胀区:工作面-6m 以后,范围约-6~-30m,电阻率为围岩的 4 倍 (1200Ω•m);4 区重新压实区:工作面-30m以后, 电阻率为背景的 2 倍(600Ω•m)。

2.2 数值模拟计算软件的选取

本次模拟选取了 Advanced Geosciences, Inc. 开发的商业电法正反演软件 EarthImager 3D。该软件演示并验证了来自 Socorro Infiltration Experiment 的 7 个数据集,这个演示是由 U.S. Department of Energy's Office of Energy Research, Environmental Science Management Program 提供资金,在 then SteamTech Environmental Sevices, Sandia National Laboratories 和 New Mexico Tech 演示的。Sandia 是由 Sandia 公司运作并受美国能源部合同 DE – AC04 – 94AL85000 约束的多计划实验室。

3 煤层底板破坏带电阻率法正 演模拟

根据我国长壁开采的实际情况,常在工作面 推进 20~70m 时发生突水事件^[6~15]。所以本文 模拟了 3 个不同时期的底板破坏情况,分别是切 眼刚形成时,工作面推进 30m 和工作面推进 70m。模拟过程采用电法仪器 E60bn 的三极观测 系统观测。

3.1 切眼刚形成时

底板有一定的破坏情况,设其压缩区是从工 作面到前方15m,底板破坏深度7.5m,破坏宽度 与工作面等长(图1)。电极布设在巷道的底板, 电极间距5m,测线长150m。

3.2 工作面向前推进 30m

由于工作面的推进,其后面 30m 的电性发生 变化,工作面前方与模型 1 相同(图 2)。由于周 期来压,顶板已跨落,但是靠近工作面端的岩石裂 隙较大,设其过渡区为工作面后方 10m,深度为 10m;再向后的 20m 为膨胀区,深度为 10m。

3.3 工作面再向前推进 40m(共推进 70m)

前三部分模型与模型2相同,只是在工作面 后方 30m 到 70m 处,由于该断已经压实很久(图 3),设其电阻率为背景的2倍(600Ω•m),其底板 破坏深度为10m。







Fig. 1 3D Forward simulating of coal seam floor failure (not moving forward)



图 2 底板破坏带三维正演模拟(推进 30m)





- 图 3 底板破坏带三维正演模拟(推进 70m)
- Fig. 3 3D Forward simulating of coal seam floor failure (moving 70 meters forward)

图 4 为煤层底板破坏带随工作面的推进不同 时期的视电阻率等值线图,工作面推进方向对应 在图中为从左到右。从图 4(a)中可以看出,当工 作面还没有推进刚形成切眼时,受支承压力的影 响,工作面前方 15m 形成压缩区,电阻率变化较 大,视电阻率值从 350~1400Ω•m。当工作面向 前推进 30m,煤层底板发生破坏,这时底板存在压 缩区,过渡区和膨胀区,如图 4(b)所示,在 X 方向 30~45m 处,出现一小高阻,视电阻率值为 450~ 800 Ω •m,随着工作面的推进,该区形成压缩区; 在 X 方向 20~30m 出现一高阻异常,深度约 10m,视电阻率值为 850~1400 Ω •m,略为向右 倾斜,为过渡区;后面 0~20m 之间,视电阻率值 变化幅度有所减小,为800~1000 Ω •m之间,略





Fig. 4 Apparent resistivity pseudosections of 3D forward simulating of coal seam floor failure (a) not moving forward; (b) moving30 meters forward; (c) moving 70 meters forward

有向左倾斜的趋势,该区为膨胀区。当工作面继 续推进到 70m 时,异常体的位置出现相应的向前 移动,与工作面的位置相对应,除了前面提到的 3 个区在视电阻率等值线图上有反映外,在 X 方向 0~40m 处出现一视电阻率值变化较缓和的异常 区,视电阻率值在 400~600Ω•m 左右为重新压 实区。

3 结论与建议

1)本文通过混合边界条件下有限差分法正演 模拟,分析工作面推进过程中底板破坏带视电阻 率异常特征,效果明显,能分辨出工作面位置和底 板破坏带的分布范围。

2)电阻率法在监测工作面推进底板破坏异常 有明显效果,模拟结果对于动态监测底板破坏带 有一定的参考价值。

3)建议在实际工作中,先进行底板破坏带正 演模拟,根据模拟结果指导解释工作。

4)如果采区是在承压水上的带压开采,建议 矿方在采区布设多条底板观测测线,动态监测底 板在采动过程中的异常变化。

参考文献:

- [1] 徐永圻. 采矿学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2003.
- [2] 杜计平, 汪理全. 煤矿特殊开采方法[M]. 徐州:中 国矿业大学出版社,2003.
- [3] 程久龙. 矿山采动裂隙岩体地球物理场特征研究及 工程应用[D]. 中国矿业大学,2005.
- [4] 关英斌,李海梅,金瞰昆.煤层底板采动破坏特征的 研究[J].煤矿安全,2003,34(2):29~32.

- [5] 李富.煤层底板破坏裂隙带电法监测技术研究[D]. 中国矿业大学,2007.
- [6] 钱鸣高,缪协兴,黎良杰.采场底板岩层破断规律的 理论研究[J].岩土工程学报,1985,17(6):55~62.
- [7] 岳建华,刘树才.矿井直流电法勘探[M]. 徐州:中国 矿业大学出版社,1999.
- [8] 刘天放,李志聃.矿井地球物理勘探[M].北京:煤炭 工业出版社,1993.
- [9] 刘树才,岳建华,刘志新.煤矿水文物探技术与应用 [M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2005.
- [10] 于景邨,刘志新,岳建华,等.煤矿深部开采中的地 球物理技术现状及展望[J].地球物理学进展,2007, 22(2):586~592.
- [11] 姜志海,岳建华,刘志新. 矿井瞬变电磁法在窑水超

前探测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2007, 4 (4): 291~294.

- [12] 张开元,韩自豪,周韬. 瞬变电磁法在探测煤矿采 空区中的应用[J]. 工程地球物理学报,2007,4 (4):341~344.
- [13] 田荣伦,余子华,刘震.低阻炭质灰岩与高阻灰岩 互层水文物探方法研究[J].工程地球物理学报, 2007,4(3):230~236.
- [14] 许新刚,刘志新,王大庆. 矿井电阻率成像技术的现 状与展望[J]. 地球物理学进展,2004,19(1):52~ 55.
- [15] 岳建华,刘志新.井一地三维电阻率成像技术[J].地 球物理学进展,2005,20(2):407~411.