

技术方法

基于 ANSYS 的采动围岩视电阻率动态变化模拟

韩兰臻^{1,2}, 赵德强³, 王之跃¹, 贺倩⁴, 冀鲁雪⁵

(1. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014; 2. 山东科技大学地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 3. 兖州煤业鄂尔多斯能化有限公司生产技术部, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 4. 山东省煤炭技术服务有限公司, 山东 济南 250032; 5. 中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队, 山东 济南 250100)

摘要:以煤层开采引起的顶底板岩层变形破坏理论及岩、矿石导电性的影响因素为理论依据,在顶底板岩层破坏分布范围的基础上,可以将煤层顶底板分别划分为若干个电性区段并建立地电模型。利用 ANSYS 软件进行有限元分析,通过视电阻率等值线图总结分析煤层开采引起的视电阻率变化规律,对视电阻率的变化状况进行分析,可以解决一系列的矿井地质问题,从而能够指导煤矿安全高效的生产。

关键词:视电阻率;地电模型;ANSYS 有限元分析

中图分类号:P319.1⁺2

文献标识码:B

引文格式:韩兰臻,赵德强,王之跃,等.基于 ANSYS 的采动围岩视电阻率动态变化模拟[J].山东国土资源,2016,32(4):69-71.HAN Lanzhen, ZHAO Deqiang, WANG Zhiyue, etc. Simulation of Apparent Resistivity Dynamic Change of the Surrounding Rock Based on ANSYS[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(4):69-71.

煤矿生产中所有的灾害基本都是由采动裂隙引起的。目前的研究热点问题之一即如何利用地球物理方法对煤层顶底板的破坏范围进行探测。随着科学技术的不断进步,以电法勘探为代表的一些物探方法已趋于成熟,利用电法勘探技术对顶底板岩体进行动态监测已经成为一种重要手段^[1]。对煤层开采引起的视电阻率变化规律进行研究,对防范各种矿井地质问题具有重要的理论指导意义。

1 电性区段的划分

按照煤层开采引起的顶板岩层破坏规律^[2]以及“三带”发育特征,结合前人^[3]研究成果,将煤层顶板分为3个理想化分区:

(1)裂隙区:该区岩层发生破裂,模拟的开切眼处、煤壁处和采空区顶板中部受拉张力作用产生裂隙的区域,电阻率较高,在断面图上呈拱形分布。

(2)过渡区:该区范围位于裂隙区以外,未破坏区以内,发育有少量裂隙,岩石基本完好。考虑到应

力的因素,其影响由下到上逐渐减小,分布范围同样为拱形。过渡区的电阻率也应由内向外逐渐减小,直到与围岩相同。

(3)未破坏区:该区分布于过渡区之外,在靠近过渡区的部分裂隙轻微发育,基本可忽略,在工作面内部的地方,岩层未破坏,即原岩。

2 煤层底板的划分

按照煤层开采引起的底板岩层破坏规律,结合前人^[4]研究成果,将煤层底板分为4个理想化分区,每个理想化分区都可近似于矩形进行分析:

(1)压缩区:位于工作面前方一定范围内,在支撑压力作用下压力增强,但一般没有裂隙发育,电阻率有所降低,但幅度较小。

(2)过渡区:位于采场下方,电阻率基本不变或变化幅度不大,在模型中比正常背景值略有降低。

(3)膨胀破坏区:位于采场后方采空区范围内,发育有大量裂隙,正常情况下,电阻率值大幅上升。

收稿日期:2015-07-24;修订日期:2015-08-21;编辑:陶卫卫

国家自然科学基金:深矿井高承压水底板异常破坏致灾机理及其应用, No:41372290

高等学校博士学科点专项科研基金:大采深矿井底板异常破坏机理及突水定位预测研究, No:20133718110003

作者简介:韩兰臻(1990—),女,山东潍坊人,主要从事矿井水防治及页岩气勘探方面的学习研究工作;E-mail:1107787315@qq.com

(4)重新压实区:底板岩层在上覆岩层的压力作用下重新压实,但仍有裂隙发育,正常情况下,电阻率较围岩背景值高,而小于膨胀破坏区。

3 顶板岩层视电阻率动态变化特征

为了研究顶板岩层破坏过程中的视电阻率动态变化特征,按照初次来压阶段和正常回采阶段,利用 ANSYS 软件^[5,6]建立了不同时期的地电模型,模拟在同样条件下不同开采阶段视电阻率的变化情况。

(1)初次来压阶段:此时煤层开采 60 m,覆岩开始垮落,模型最内层的拱形为裂隙区,破碎较严重,电阻率设为 $400 \Omega \cdot \text{m}$,外两层拱形为过渡区,破碎由内到外逐渐减弱,电阻率逐渐减小,分别设为 $300 \Omega \cdot \text{m}$ 和 $200 \Omega \cdot \text{m}$,裂隙区和过渡区总的发育高度为 35 m,长度为 80 m,距模型左边界 30 m,距右边界 90 m,其余为围岩,电阻率设为 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 。对模型进行三极装置的正演模拟,左侧采用 MNB 装置,右侧采用 AMN 装置,共使用 40 个电极,19 个剖面数,电极间距为 10 m,MN 间距为 2(跑极方式下同),并将正演所得视电阻率值利用 surfer 成图。模型示意图及视电阻率等值线图如图 1 所示。

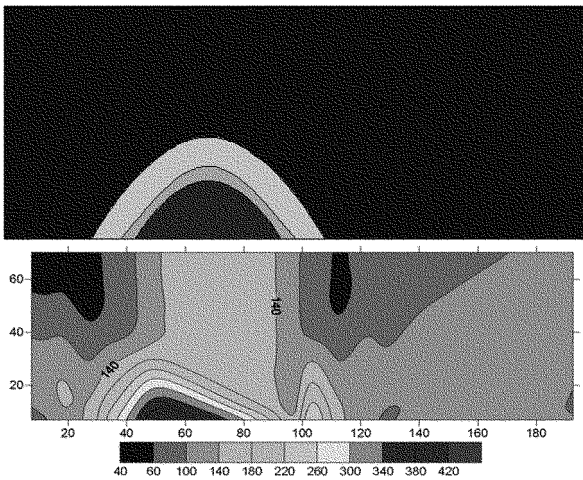


图1 初次来压阶段顶板模型示意图(上)及视电阻率等值线图(下)

(2)正常回采阶段:此时煤层开采 100 m,顶板岩层冒落继续发育,裂隙区与过渡区组成的异常区距模型左边界 20 m,距右边界 40 m,总的发育高度为 56 m,长度为 140 m,除裂隙区因为破碎严重,电阻率设为 $500 \Omega \cdot \text{m}$,其余参数同上。模型示意图及视电阻率等值线图如图 2 所示。

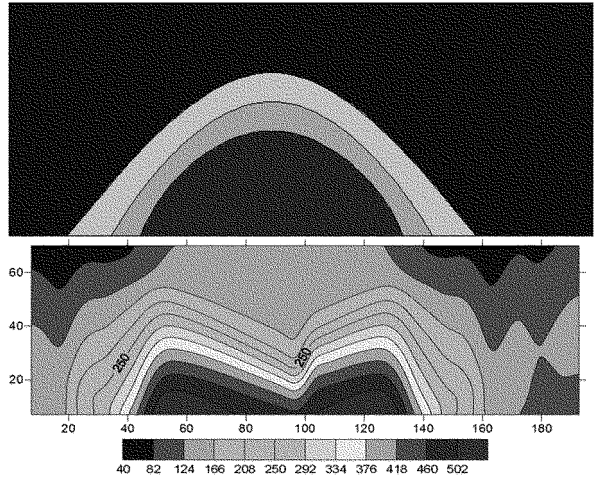


图2 正常回采阶段顶板模型示意图(上)及视电阻率等值线图(下)

从图 1、图 2 视电阻率等值线图中可以看出存在明显分区,模型中所设定的各个分区能在图中区分出来。拱形异常所确定的范围大体与模型中设定的相同,但在拱形区上方,视电阻率等值线急剧向顶板岩层上部方向延伸,显示其影响区域要比本身区域大。在异常区的两侧,由于高阻体对电流的排斥作用,使该区域内的电流密度变大,出现相对低阻异常,其实质为假异常。

综合分析顶板岩层在初次来压和正常回采阶段的相关结果图,表明在煤层回采过程中,顶板岩层的视电阻率变化遵循一定的规律,具有一定的相似性,仅在横向和纵向上存在范围大小的变化。

4 底板岩层视电阻率动态变化特征

与顶板岩层相似,为了研究底板岩层视电阻率动态变化特征,同样按照初次来压阶段和正常回采阶段,建立了不同时期的地电模型。

(1)初次来压阶段:此时工作面推进到 30 m,采空区和底板裂隙带发育深度均达到最大。设置工作面前方 15 m 为压缩区,电阻率设为 $70 \Omega \cdot \text{m}$,工作面后方 5 m 为过渡区,电阻率设为 $90 \Omega \cdot \text{m}$,发育深度都为 10 m,过渡区再向后 25 m 为膨胀破坏区,电阻率设为 $300 \Omega \cdot \text{m}$,发育深度为 15 m,围岩电阻率设为 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 。模型示意图及视电阻率等值线图如图 3 所示。

图 3 中的视电阻率等值线图异常区分明显,膨胀破坏区出现相当明显的高阻异常区,等值线在靠

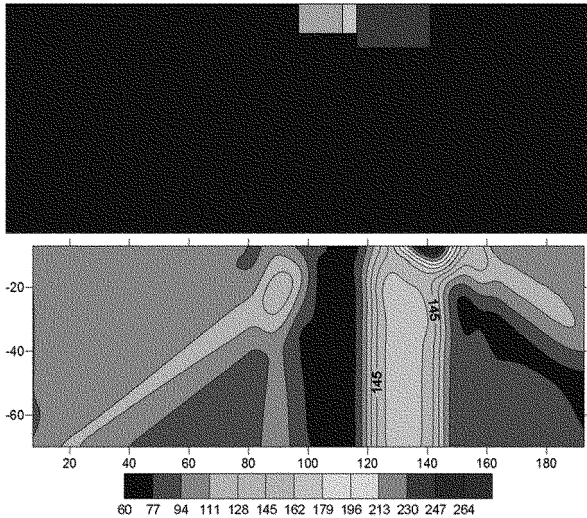


图 3 初次来压阶段底板模型示意图(上)
及视电阻率等值线图(下)

近地表处呈拱形分布,随后急剧向下延伸,高阻异常的影响范围远大于其实际范围。压缩区也可见清晰的条带状向下延伸低阻异常,影响区域也比本身范围要大,并在左下产生由于电极位置所引起的假异常。二者之间出现多条向下延伸的等值线,且数值呈过渡趋势,为过渡区的响应特征。各异常区分布范围与模型中设定的异常区域基本一致。受高阻体排斥电流的影响,在右下方产生一相对低阻假异常。

(2)正常回采阶段:此时煤层开采 50 m,工作面后方采空区顶板冒落,对底板岩层有重新压实作用。压缩区和过渡区设置参数不变,膨胀破坏区范围有所降低,设置为 20 m,发育深度 12 m,膨胀破坏区后 25 m 为重新压实区,发育深度 12 m,电阻率设为 $200 \Omega \cdot \text{m}$ 。其余参数同上,模型示意图及视电阻率等值线图如图 4 所示。

图 4 中的视电阻率等值线图中压缩区和过渡区的形态特征与图 3 相同。由于发育重新压实区,拱形高阻异常区的长度加大,影响区域也变大,且同样表现出向下延伸的特征,但可看出重新压实区向下影响的范围要小于膨胀破坏区。

综合分析底板岩层在初次来压和正常回采阶段的相关结果图,表明在煤层回采过程中,底板岩层的视电阻率变化遵循一定的规律,具有一定的相似性。

5 结论

煤层开采过程中,采动围岩的视电阻率确实遵循着一定的变化规律。若岩层中存在导水裂隙带等

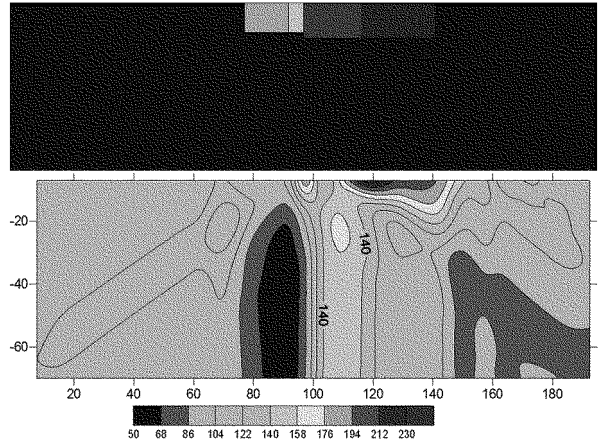


图 4 正常回采阶段底板模型示意图(上)
及视电阻率等值线图(下)

其他异常时,围岩的视电阻率必然会发生变化,因此该文所得出的结论对圈定各种异常具有一定的理论参考意义。

在利用 ANSYS 软件进行有限元分析时,所建立的地电模型为不存在任何异常的理想化模型,没有考虑实际情况中所存在的各种不确定性因素。在生产中所遇到的问题是各种各样的,存在很多未知因素,因而该文所总结的规律不一定适用于所有情况。同时在井下高密度电法已经发展到三维的情况下,可以考虑对视电阻率的分布情况进行三维分析,以更好的适应新技术的发展。

参考文献:

- [1] 翟培合.采场底板破坏及底板水动态监测系统研究[D].青岛:山东科技大学,2005.
- [2] 王崇革,宋振骥,石永奎,等.近水平煤层开采上覆岩层运动与沉陷规律相关研究[J].岩土力学,2004,25(8):1343-1346.
- [3] 梁德贤.煤层采动影响下的围岩电性变化规律研究[D].青岛:山东科技大学,2013.
- [4] 刘树才.煤矿底板突水机理及破坏裂隙带演化动态探测技术[D].徐州:中国矿业大学,2008.
- [5] 汤井田,肖晓,杜华坤,等.ANSYS 在直流电法正演中的应用[J].地球物理学进展,2006,21(3):987-992.
- [6] 郭清石.高密度电法对溶洞勘探的数值模拟研究[D].成都:西南交通大学,2013.

Simulation of Apparent Resistivity Dynamic Change of the Surrounding Rock Based on ANSYS

HAN Lanzhen^{1,2}, ZHAO Deqiang², WANG Zhiyue¹, HE Qian⁴, JI Luxue⁵

(1. No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China; 2. Earth Science and Engineering College of Shandong University of Science and Technology, Shandong Qingdao 266590, China; 3. Production and Technology Department of Yanzhou Coal Erdos Energy and Chemical Limited Corporation, Neimenggu Erdos 017000, China; 4. Shandong Coal Technology Services Limited Corporation, Shandong Jinan 250032, China; 5. Shandong General Team of China Construction Materials and Geological Prospecting Center, Shandong Jinan 250100, China)

Abstract: Setting deformation theory of top and bottom layers caused by coal mining and rock and ore conductive factors as the basis, on the basis of the damage distribution, the roof and floor coal strata can be divided into many electrical sections, and geoelectric model can be established. Using ANSYS software for finite element analysis, through apparent resistivity contour map, apparent resistivity changing regularity caused by coal mining has been summarized and analyzed. Through analysis on the apparent resistivity change situation, a series of problems existed in coal mining can be solved. It will guide safe and high efficiency production in coal mine.

Key words: Apparent resistivity; geoelectric model; ANSYS finite element analysis