

文章编号:1671 - 251X(2010)02 - 0056 - 03

# 基于离散元对厚煤层顶煤冒放性的研究

张 飞, 王 烨, 范文胜

(内蒙古科技大学矿业工程学院, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:**分析了倾斜厚煤层顶煤裂隙和顶煤可放性的影响因素,在硬、厚煤层综采放顶煤现场实践的基础上,运用离散元软件进行了模拟试验,分析了煤层在采动过程中形成的裂隙对顶煤冒落的影响以及裂隙的发育过程,据此判断顶煤的冒放性。模拟试验结果表明,裂隙分布范围的大小和发育的形状是影响顶煤冒放性的一个重要因素,裂隙数越多,长度越大,间距越小,层理就越发育,顶煤冒放性就越好。在一定程度上可以根据顶煤可放程度评价综放产量。

**关键词:**厚煤层; 顶煤裂隙; 冒放性; 离散元

**中图分类号:**TD672/823 **文献标识码:**A

Research of Top Coal Caving and Drawing Characteristics of Thick Seam  
Based on Discrete Element

ZHANG Fei, WANG Ye, FAN Wen-sheng

(Mining Engineering Institute of Inner Mongolia University of Science and Technology,  
Baotou 014010, China)

**Abstract:** The influence factor of crack of inclined thick seam and top coal caving and drawing characteristics were analyzed in the paper. On the practice basis of fully mechanized sublevel caving of hard and thick coal, a discrete element software was used to do simulation test and influence of crack in process of mining coal on the top-coal caving and the development process of the fracture were analyzed, which could be used to determine the top coal caving characteristics. The result of the simulation experiment showed that the size of crack distribution and developed shape are the most important influence factors on top coal caving and drawing characteristics, and the more cracks, the greater the length, the smaller of the

收稿日期:2009 - 10 - 19

作者简介:张 飞(1959 - ),男,教授,内蒙古科技大学矿业工程学院书记,研究方向为岩石力学。E-mail:luy01@126.com

## 3 结语

本文对电力系统谐波问题中频谱泄漏现象进行了详细的分析,指出了产生频谱泄漏的主要原因。并通过仿真实验,验证了使用窗函数的方法可以很好的减小频谱泄漏,对电力系统谐波检测有很好的指导意义。

## 参考文献:

[1] 胡广书. 数字信号处理[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,1997.

- [2] 余训锋,马大玮,杨力生. 频谱估计中的窗效应及窗函数的选取原则[J]. 仪器仪表学报,2008(4):305-308.
- [3] 杨艳娟. 窗函数的适用性分析[J]. 煤炭技术,2007(2):124-126.
- [4] 李杭生,陈 丹. 频谱分析中窗函数的研究[J]. 微计算机信息,2008,24(10):272-273.
- [5] 曾泽昊,余有灵,许维胜. 一种减小频谱泄漏的同步化算法[J]. 电测与仪表,2005(11):12-14.
- [6] 张介秋. 基于卷积窗的电力系统谐波理论分析与算法[J]. 中国电机工程学报,2004(11):48-52.
- [7] L YONS R G. 数字信号处理[M]. 朱光明,译. 北京:机械工业出版社,2006.

spacing, the more developed stratification, the better the top coal caving and drawing characteristics. Fully mechanized coal production should be evaluated according to the top-coal caving property in some extent.

**Key words:** thick coal seam, top coal crack, caving and drawing characteristics, discrete element

## 0 引言

放顶煤研究中的一个重点是顶煤的冒放性。顶煤冒放性是指特定地质条件下,放顶煤工作面上方的顶煤在支撑压力作用下冒落放出的程度,包括顶煤的可冒性和可放性。根据煤层的可放性,采取相应的开采方法,对不同的煤层判断其是否适合采用放顶煤采煤法。厚煤层顶煤冒放性的影响因素有多种,本文结合矿山实际,运用离散元软件较准确地分析顶煤裂隙发育过程,对煤层可放性进行评价。

## 1 厚煤层顶煤裂隙理论分析

一般岩体不同程度地含有节理裂隙,煤层更是如此。节理裂隙对岩体强度的影响与节理裂隙的走向、密度和充填材料有关,就单个裂隙来讲,根据参考文献[1]介绍的岩石抗压强度的计算公式可知,岩石的抗压强度与岩石的物理性质有一定关系(裂隙面的粘结力、沿裂隙方向的摩擦因数、载荷与裂隙面的夹角等)。在对岩石裂隙研究的基础上,结合煤层物理性质,笔者对路天煤矿分层煤进行了实验室测试单轴抗压强度试验。

根据参考文献[2]可知,顶煤经历 4 个变形运动阶段,这是顶煤变形的基本规律,经过这 4 个变形阶段成为完全松散煤体。将已垮落的顶煤抽象为理想松散介质,并假设直接顶与顶煤同步垮落。经过研究总结表明,在煤体跨落时,顶煤裂隙也在进一步发育变形。

煤体中节理裂隙发育大大降低了顶煤的综合强度,这有利于顶煤下放。总的来讲,裂隙发育程度高利于顶煤的二次破碎,下放过程中破碎程度较高的顶煤在放出时具有明显的规律性,回收率高。但裂隙发育超过一定限度后,由于顶煤过分松软,对支护工作造成一定困难,将影响放顶煤工作的正常进行,降低了功效。因此,理想的节理裂隙发育程度以间距在 0.2~0.4 m 为宜。

## 2 顶煤冒放性的影响因素

放顶煤冒放性的影响因素较多,放顶煤开采的关键在于放煤过程及其控制。回采率高低取决于顶煤冒放性,其受诸多因素的影响<sup>[3]</sup>。一般情况下,顶

煤冒放性主要受煤的强度、采深、夹矸、采放比、煤体裂隙发育程度、上覆岩层特性和工艺参数的影响。

厚煤层中存在裂隙的现象是比较普遍的。裂隙发育程度不同,对顶煤冒放性的影响也不同。本文主要针对开采过程中顶煤裂隙发育的多少和裂隙大小以及方位对煤的破碎程度的影响进行探讨。

## 3 顶煤裂隙的数值模拟研究

裂隙分布特征(组数、间距、方位)对冒块特征有重要影响。在煤体中存在原生裂隙和层理,层理发育程度大小、裂隙多少、裂隙之间的间距大小和工作面方位匹配,以及采动支承压力下裂隙加密压裂程度将会影响顶煤冒块形状特征和块径大小。根据前人对顶煤的研究<sup>[4]</sup>,将煤体中的裂隙分为 3 类,如图 1 所示。

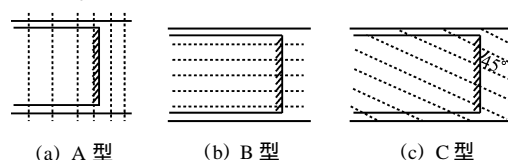


图 1 煤体中的裂隙分类图

图 1 中 A 型为裂隙方向平行工作面;B 型为裂隙方向垂直工作面;C 型为裂隙方向斜交于工作面 45°。根据冒块形状和工作面空间位置的相互关系分析认为:形状为大方块的顶煤冒块在放煤时最易挤压成拱,放煤率最低;扁方块在条件适宜时亦可成拱,放煤率较高;而长条块和小方块一般无成拱现象,放出率最高。在采场前方支承压力作用下,易产生平行煤壁的垂直裂隙和 X 型剪切裂隙,此裂隙属采动裂隙,对垂直于工作面的原有裂隙(B 型)支承压力主要起开裂作用而不会加密;对平行工作面原有裂隙(A 型)支承压力会使该方向裂隙加密,增加发育程度。

笔者在总结前人理论成果的基础上,对海渤海矿业公司路天煤矿 1604 工作面采用离散元软件进行分析。本文用到的 UDEC 是一种基于连续体模拟离散元法的二维数值计算程序,目前该软件开发得相当成熟,功能强大,已经在岩土工程、采矿工程、地质工程领域得到广泛应用,被公认是对节理岩体进行数值模拟的一种行之有效的办法。该程序主要模拟静载或动载条件下非连续介质(如节理块体)的力学行为特征。非连续介质是通过离散块体的组

合来反映的,节理被当作块体间的边界条件来处理,允许对块体沿节理面运动及回转。对于不连续的节理以及完整的块体, UDEC 都有丰富的材料特性模型,从而允许模拟不连续的地质或相近材料的力学行为特征。

1604 工作面矿体及工作面的具体情况:煤层硬度系数  $f=2$ ,属中等硬度偏低;距地面的垂深最小为 130 m,最大为 170 m,平均为 150 m;16#煤层共分 4 层,16#1 与 16#2 之间有 0.3 m 的夹矸,16#2 与 16#3 之间有 0.2 m 的夹矸;16#煤层平均厚度为 8.07 m,采高为 2.5~2.7 m。

模型(如图 2 所示)根据实际情况建立,各项参数均由地质资料计算所得,模拟较为准确(如图 3、图 4 所示)。

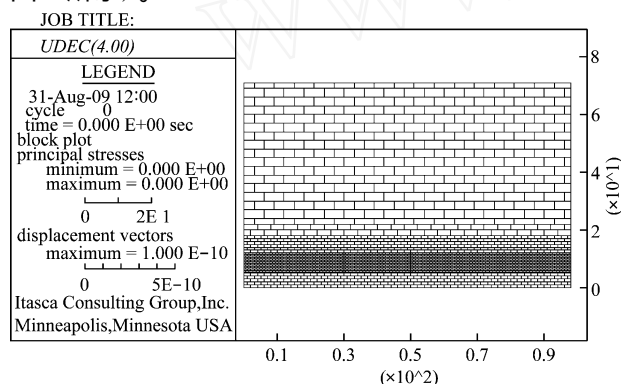


图 2 工作面模型图

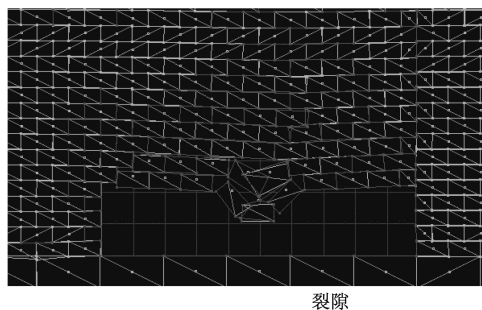


图 3 计算机运算至 4 000 步时的顶煤裂隙剖面图

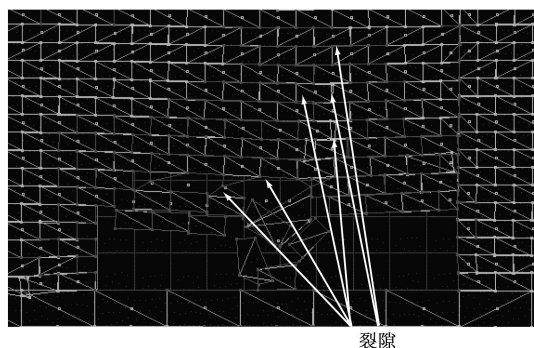


图 4 计算机运算至 6 000 步时的顶煤裂隙剖面图

图 3 为计算机运算至 4 000 步时的顶煤裂隙剖

面图,图 3 中箭头所指裂隙显示直接顶煤中垂直于工作面的裂隙长度多数为 3~5 m,且多为平行于工作面的裂隙。顶煤在裂隙发育到一定程度时便产生部分开裂,脱离煤体,在下落过程中进行二次破碎。

图 4 为计算机运算至 6 000 步时的顶煤裂隙剖面图,图 4 中同样显示如图 1 所示的 B 型裂隙多于 A 型裂隙,但裂隙长度增加到了 6~8 m。图 4 显示顶煤在跨落过程中普遍存在裂隙,而且是不断发育的过程,顶煤跨落程度进一步加大,范围也有所扩大。显然,随着掘进的继续,顶煤受的支承力不断加强,从而裂隙进一步发育,跨落煤的块度会变小。

在图 3、4 中都出现了与工作面平行的垂直裂隙和 X 型剪切裂隙,这是由于采动过程中支架和顶煤作用形成的。根据具体分析,这种裂隙易产生长条块和小方块煤,一般无成拱现象,放出率最高。这说明路天煤矿 1604 工作面顶煤的冒放性很好。

#### 4 结论

(1) 通过软件模拟观察煤层开采过程中的裂隙变化,得出如下结论:其分布范围的大小和发育的形状是影响顶煤冒放性的一个重要因素;裂隙多少、相对工作面的方位及层理发育程度对顶煤的破坏及冒放均有重要的影响作用。

(2) 根据模拟比较图 3 与图 4 可知,裂隙数越多,长度越大,间距越小,层理就越发育,顶煤冒放性就越好。图 4 中显示顶煤裂隙伴随采动过程越来越发育,煤块冒落的面积和数量都有增加,这就说明煤的回收率也越高。

(3) 裂隙与工作面布置之间的关系对放顶煤开采的顶煤管理和顶煤冒放性具有双重性。具体操作过程中,应视裂隙多少、裂隙组合情况、间距大小等合理匹配裂隙和工作面方位。路天煤矿 1604 工作面采高为 2.5~2.7 m,较为合理,在采动过程中有利于顶煤的下落和二次破碎。

#### 参考文献:

- [1] 司荣军.综放面顶板(顶煤)分类及应用研究[D].泰安:山东科技大学,2005.
- [2] 靳钟铭.放顶煤开采理论与技术[M].北京:煤炭工业出版社,2001.
- [3] 顾铁凤,郭常胜,王化根.利用裂隙与工作面布置匹配技术提高综放面的顶煤回收率[J].东北煤炭技术,1999(2):12-17.
- [4] 孙二伟.综采放顶煤顶煤冒放性与采放工艺[D].包头:内蒙古科技大学,2009.