

# 过断层巷道顶板应力分布规律的数值模拟研究

第六图书馆

回采巷道穿越断层的常用方案为:直接穿越断层后再挑顶起坡至上盘煤层;断层前起坡挑顶穿越断层。文中应用FLAC3D有限数值差分程序,分析了这两种不同方案下回采巷道上覆岩层超前应力、位移、塑性区的分布特征,并对这两种方案模拟结果进行了对比研究。回采巷道穿越断层的常用方案为:直接穿越断层后再挑顶起坡至上盘煤层;断层前起坡挑顶穿越断层。文中应用FLAC3D有限数值差分程序,分析了这两种不同方案下回采巷道上覆岩层超前应力、位移、塑性区的分布特征,并对这两种方案模拟结果进行了对比研究。回采巷道 应力分布 断层矿业快报尧军 孙光中 晁建伟 [1]河南理工大学能源科学与工程学院,河南省焦作市454003 [2]重庆煤炭科学研究院2007第六图书馆

第六图书馆

*www.6lib.com*

## 过断层巷道顶板应力分布规律的数值模拟研究\*

尧 军 孙光中

晁建伟

(河南理工大学能源科学与工程学院) (重庆煤炭科学研究院)

**摘 要:**回采巷道穿越断层的常用方案为:直接穿越断层后再挑顶起坡至上盘煤层;断层前起坡挑顶穿越断层。文中应用FLAC<sup>3D</sup>有限数值差分程序,分析了这两种不同方案下回采巷道上覆岩层超前应力、位移、塑性区的分布特征,并对这两种方案模拟结果进行了对比研究。

**关键词:**回采巷道;应力分布;断层

**中图分类号:**TD322 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-5683(2007)11-0014-03

### Research on Numerical Simulation of Stress Distribution Laws of Gateway Roof Through Fault

Yao Jun<sup>1</sup> Sun Guangzhong<sup>1</sup> Chao Jiangwei<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University; <sup>2</sup>Chongqing Institute of Coal Science Research)

**Abstract:** There are two schemes usually used for gateways cutting through fault. The one is to rip the roof to coal seam of the hanging wall after cutting through the fault directly, the other is to rip the roof to cut through a fault in front of the fault. FLAC3D finite value difference program is used to analyze the distribution characteristics of advance stress, displacement and plastic zone in the overlying rock of gateway cutting through fault under two different ways, and the simulation results of the two ways have been compared with each other.

**Keywords:** Gateway; Stress distribution; Fault

我国煤炭赋存条件十分复杂,其中断层是影响煤矿开采的重要地质因素,断层破坏了岩层的连续性和完整性,导致其周围的应力分布差异性大,对于过断层的回采巷道,其顶板应力则更复杂。随着计算机技术的不断发展,数值计算方法得到了长足的进步,复杂的工程问题可采用离散化的数值计算方法,得到满足工程要求的数值解,各类数值分析程序应运而生,已成为岩体力学研究和工程设计计算的重要手段。

#### 1 模型的建立

##### 1.1 模型选择

###### 1.1.1 巷道围岩岩体本构模型选择

$$\Delta e^p = \left\{ \frac{1}{2} (\Delta e_1^p - \Delta e_m)^2 + \frac{1}{2} (\Delta e_m^p)^2 + \frac{1}{2} (\Delta e_3^p - \Delta e_m^p)^2 \right\}^{1/2},$$

式中,  $\Delta e_m^p = \frac{1}{3} (\Delta e_1^p + \Delta e_3^p)$ 。

巷道围岩岩体属于弹塑性地质材料,采用理想弹塑性本构模型。本研究对巷道围岩岩体采用莫尔-库仑屈服准则:

$$f_s = (\sigma_1 - \sigma_3) - 2c \cos \varphi - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi, \quad (1)$$

式中,  $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$  分别为最大和最小主应力;  $c$ 、 $\varphi$  分别为巷道围岩岩体的粘结力和摩擦角。

当  $f_s < 0$  时,巷道围岩岩体将发生剪切破坏。在达到屈服极限后,在恒定应力水平下产生塑性变形。在拉应力状态下,如果拉应力超过其抗拉强度,将发生破坏。

###### 1.1.2 煤体本构模型选择

煤体选择应变软化模型,其增量形式如下:

##### 1.2 断层的选择

断层采用 interface 单元来模拟,屈服准则采用莫尔-库仑准则。interface 单元能模拟断层的切向滑动和法向裂开变形,能够真实反映现场实际的地质情况和断层破坏特点。

\* 基金项目:河南省杰出青年基金(0512002300)

尧 军(1982-),男,硕士研究生,454003 河南省焦作市。

### 1.3 模型及参数

计算模型利用 ANSYS 软件生成导出,如图 1 所示,模型长×宽×高为 80m×30m×40m。模型上部边界采用加荷方法模拟巷道支撑压力,所加荷载为 FLAC 计算软件计算所得。参数选择见表 1。

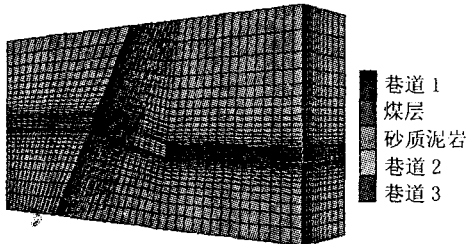


图 1 断层模型

表 1 岩体物理力学性质\*

岩性	抗拉强度 /MPa	体积模量 /GPa	剪切模量 /GPa	内摩擦角 /( $^{\circ}$ )	内聚力 /MPa
砂质泥岩	2.60	5.20	2.40	32	3.50
煤层	0.10	2.00	1.02	31	0.20

\* 断层的法向刚度:1.5GPa,切向刚度:0.5GPa,内摩擦角:13°,内聚力:0.02MPa。

## 2 模拟方案

### 2.1 方案 1

模拟从断层下盘开挖时,断层前以 15°挑顶起坡至断层面上与上盘煤层交界处,再沿煤层掘进的回采巷道,每次掘进量为 10m,共分 8 次掘完,观测掘进后巷道超前应力、位移及塑性区的变化,见图 2、图 3。

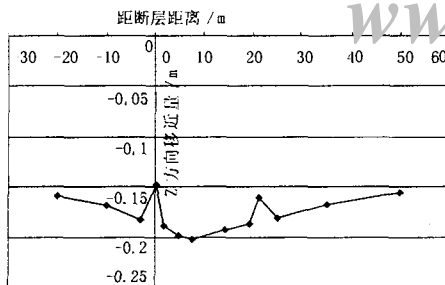


图 2 方案 1 巷道各监测点 Z 方向位移变化曲线图

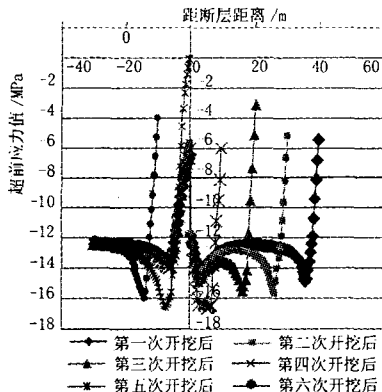


图 3 方案 1 巷道各点 Z 方向超前应力变化曲线图

### 2.2 方案 2

模拟从断层下盘开挖时,直接通过断层后在上盘的回采巷道,每次掘进量为 10m,共分 8 次掘完,观测掘进后巷道超前应力、顶板位移及塑性区的变化,见图 4、图 5、图 6。

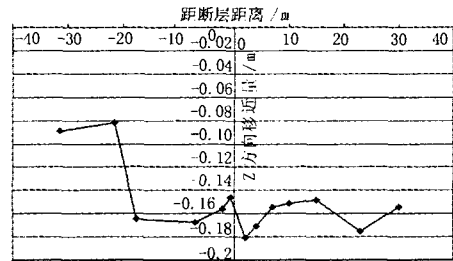


图 4 方案 2 巷道各监测点 Z 方向位移变化曲线图

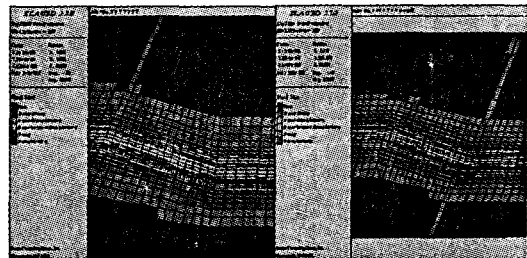


图 5 塑性区云图

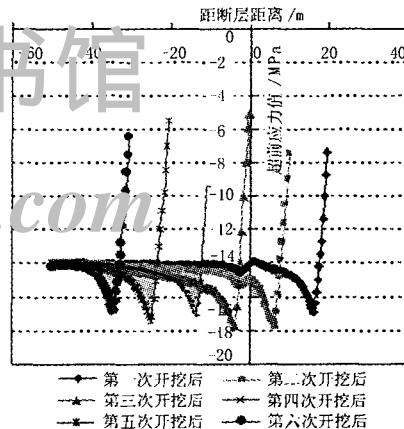


图 6 方案 2 巷道各点 Z 方向超前应力变化曲线图

## 3 模拟结果及分析

(1)从方案 1 和方案 2 可以看出,由于断层的存在,导致穿过断层的巷道塑性区云图遭到了阻隔,从而推知断层对巷道塑性区的扩展、位移和应力的传递都有一定程度的阻隔作用,容易造成在断层附近应力集中,从而造成冒顶等事故。

(2)从各开挖段超前应力分布规律可以看出,在开挖端前和断层前后都存在超前应力集中点,其最大应力集中值在断层前后,且下盘最大应力集中值大于上盘。

(3)从过断层巷道各点最大超前应力分布规律可知:先在断层下盘逐渐增大再减小,巷道顶板位移

变化也遵守这一规律,但最大应力点和最大位移点不一定一致。

(4)方案 1 过断层对断层下盘影响区域较大,对上盘影响较小,因此建议顶板岩性较好,底板岩性较差的选用方案 1。

(5)方案 2 过断层对断层下盘影响较小,对断层上盘影响较大。因此建议底板岩性较好,顶板岩性较差的巷道选用方案 2。

(6)从监测断层附近巷道顶板超前应力、顶板位移变化情况可推知过断层巷道应力转移规律为:在原岩应力作用下,引起顶板的压缩变形,随着巷道的掘进和断层面的影响,引起顶板垂直应力的水平转移,顶板逐步由单向受力状态转为两向甚至三向受力状态,导致断层附近的水平应力急剧增大,从而引起水平方向的位移及应力增大。当巷道穿过断层

后,由于断层对其影响的减小,其水平应力先逐渐增加,再逐渐减小到水平状态。

通过以上分析,为过断层时巷道支护方案的选择提供了理论上依据。

#### 参 考 文 献:

- [1] 林崇德. 岩层岩石顶板破坏机理数值模拟过程分析[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(4): 392~396.
- [2] Anderson E M. The dynamics of faulting and dyke formation with application to Britain. Oliver and Boyd, Edinburgh. London, 1942.
- [3] 刘 波, 韩彦辉. FLAC 原理、实例与应用指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005. 525~526.
- [4] 王小平. 软岩巷道合理支护时间模拟研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(4): 103~106.

(收稿日期 2007-06-26)

· 信息平台 ·

## 中国不再允许外商投资勘查开采一些重要矿产资源

经国务院批准,国家发展和改革委员会、商务部 2007 年 10 月 31 日发布第 57 号令,全文公布《外商投资产业指导目录(2007 年修订)》(以下简称新《目录》),自 2007 年 12 月 1 日起施行。2004 年 11 月 30 日国家发展和改革委员会和商务部发布的《外商投资产业指导目录(2004 年修订)》同时废止。

新《目录》是在贯彻落实科学发展观、构建社会主义和谐社会、进一步深化改革和扩大开放的新形势下修订的,是贯彻落实党的十七大提出的“创新利用外资方式,优化利用外资结构,发挥利用外资在推动自主创新、产业升级、区域协调发展等方面的积极作用”要求,引导外商投资方向的重要政策措施。对搞好宏观调控,统筹国内发展和对外开放,促进产业结构优化和升级,提高利用外资质量和水平,将发挥积极作用。

《目录》修订主要涉及五方面内容:

(1)坚持扩大对外开放,促进产业结构升级。制造业领域,进一步鼓励外商投资我国高新技术产业、装备制造业、新材料制造等产业。服务业领域,《目录》在全面落实我国加入世贸组织承诺的同时,积极稳妥扩大开放,增加“承接服务外包”、“现代物流”等鼓励类内容,并减少原限制类和禁止类条目。同时,对一些国内已经掌握成熟技术、具备较强生产

能力的传统制造业不再鼓励外商投资,明确《产业结构调整指导目录》限制类条目适用于外商投资项目。

(2)节约资源、保护环境。鼓励外商投资发展循环经济、清洁生产、可再生能源和生态环境保护,鼓励外商投资资源综合利用,《目录》新增了相关鼓励类条目。对我国稀缺或不可再生的重要矿产资源不再鼓励外商投资。一些不可再生的重要矿产资源不再允许外商投资勘查开采,限制或禁止高物耗、高能耗、高污染外资项目准入。

(3)调整单纯鼓励出口的导向政策。针对我国贸易顺差过大、外汇储备快速增加等新形势,不再继续实施单纯鼓励出口的导向政策。

(4)促进区域协调发展。配合西部大开发、中部崛起、振兴东北等老工业基地战略,此次修订,在鼓励外商投资产业目录中不再列入仅“限于中西部地区”的条目。凡属于需鼓励外商投资的中西部地区和东北老工业基地的优势产业和特色产业,在下一步修订《中西部地区外商投资优势产业指导目录》时统筹考虑列入。

(5)维护国家经济安全。对部分涉及国家经济安全的战略性和敏感性行业,持谨慎开放的态度,适当调整相关条目,统筹国内发展和对外开放。