

文章编号:1001-1986(2002)05-0041-04

开滦东欢坨矿北二采区冒裂带高度可视化数值模拟

武强¹,魏学勇¹,张宏²,董东林¹,杨明¹,张开军¹

(1. 中国矿业大学,北京 100083;2. 开滦矿务局,河北唐山 063018)

摘要:针对东欢坨矿区开采煤8、煤9诱发的顶板涌(突)水问题,在分析研究区内水文地质、工程地质条件的基础上,综合考虑了冒裂带发育高度的各种影响因素,确立了研究区的评价模型,并根据采面规格和开采方法设计了6种模拟方案。采用世界上先进的数值模拟评价的FLAC^{3D}专业软件包,对开采煤8、煤9顶板冒裂带发育高度进行了可视化数值仿真模拟分析,计算出6种方案的冒裂带高度。

关键词:含水层;冒裂带;三维可视化数值模拟

中图分类号:P641.4 **文献标识码:**A

1 引言

开滦深部煤层开采导致顶板涌(突)水灾害,其根本原因在于煤层回采形成的顶板导水裂隙导通了上部充水含水层,并且含水层在回采工作面冒落范围内,对应的上部层位富水性较强。因此,顶板突水条件分析主要包括两个方面:一是顶板直接涌(突)水水源所在的充水含水层富水性分析;二是煤层回采工程中冒裂条件分析。同时,对采动影响下形成的冒裂带研究是一个热点、难点问题。

根据大量的工程实践可知,冒裂带发育高度不仅与采厚有关,而且与开采面积、覆岩岩性、煤层倾角、采煤方法等多种因素有关。本文以开滦东欢坨矿北二采区冒裂带发育高度评价为例,试图采用先进的弹塑性应力应变三维可视化数值仿真软件系统,寻求一种计算评价冒裂带发育高度的可行性方法。

2 矿井概况

开滦东欢坨井田地处华北型煤盆地的开平煤田西北部的车轴山向斜内。井田内无山脉出露,也无河流穿过,地势平坦,整体显示出东北高,西南低的特点。车轴山向斜为一狭长的不对称大型含煤向斜,西北翼地层走向为N70°E,倾角为60~80°,一般70°;东南翼地层走向为N30°E,倾角为12~25°,一般20°左右。向斜核部为上二叠统古冶组,含煤岩系基底为奥陶纪灰岩,往下为寒武系和震旦系。

根据东欢坨井田充水含水层(组)划分,认为煤

5顶—A层砂岩裂隙含水层是东欢坨矿主要可采煤层煤8的主要充水水源。煤5顶—A砂岩裂隙含水层主要以中、粗砂岩为主,裂隙发育,以“天窗式”、“越流式”两种方式接受第四系底部卵砾岩孔隙含水层的补给,含水性强;由于车轴山向斜西北翼高,东南翼低,这就决定了自然状态下西北翼是补给区,东南翼是排泄区;车轴山向斜东南翼地层平缓,西北翼地层陡立,显示了褶皱形成过程中不平衡的强烈挤压作用,在平行层面剪切力作用下,在煤5顶—A层刚性岩层中引发垂向的“X型”剪切破裂,受力较小的东南翼垂向裂隙十分发育,形成垂向网状裂隙通道。根据现场资料,东欢坨井田在煤5顶—A层段含水层中进行巷道施工时,巷道涌水量达48 m³/min,充分说明本段含水层具良好的富水性。如上所述,可以认为煤5顶—A砂岩裂隙含水层已构成了煤层顶板发生涌(突)水事故的充分条件。如果当煤8回采形成的冒裂带沟通煤5顶—A充水含水层时(必要条件形成),便有可能发生涌(突)水事故。

3 冒裂带发育高度影响因素

3.1 煤层开采厚度

在其他条件不变的情况下,随着煤层采厚的增加,导水裂隙带高度不断增大。

3.2 开采面积

采出空间是造成覆岩破坏的根本原因,但开采面积的大小,只有在尚未达到充分采动时才有明显的影响。由于脆胀的影响,当冒落岩块充填采出空间后,经过一段时间压实,冒落带、裂隙带高度将

收稿日期:2002-01-07

作者简介:武强(1959—),男,内蒙古人,中国矿业大学教授,博士生导师,水文地质工程地质专业。

不再随开采面积扩大而发展。

3.3 覆岩岩性

上覆岩层的顶板及其组合关系,对煤层采后导水裂隙带的发育有极大的影响,一般而言,岩层愈硬,导水裂隙带愈高(其他条件相同时);顶板岩层愈软,导水裂隙带愈低。

3.4 煤层倾角

煤层倾角不同,覆岩破坏后的导水裂隙带发育的形态也不同。对于缓倾斜煤层,沿倾向剖面各点的破坏高度基本相同;对于倾斜煤层,导水裂隙带的最高点在倾斜剖面的开采上部;当开采急倾斜煤层时,导水裂隙带的最高点会更加上移。

3.5 断层

断层若位于导水裂隙带影响范围内,会使裂隙带内岩体的导水性能加剧,甚至成为主要的地下水通道,对于位于采面上半部的高角度张性断层尤为突出。

3.6 采煤方法 顶板管理方法

不同的开采方法及顶板管理方法对覆岩的破坏程度不同,直接影响到冒落带、导水裂隙带的发育高度。

4 北二采区顶板冒裂带发育高度数值模拟评价

4.1 评价方法

本文采用国际上先进的 FLAC^{3D} 计算机软件进行数值模拟。FLAC^{3D} 软件能够比较真实地反映岩体的弹塑性特征,使应力计算结果真实,位移计算结果趋于正确。它采用快速拉格朗日分析方法运算,速度快,前后处理智能化程度高,直观形象。

4.2 评价模型的建立

用于三维数值模拟计算的地质模型位于东欢坨井田北二采区,工作面可采煤层为煤 8、煤 9,煤层平均倾角为 20°,且煤层厚度大,煤 8、煤 9 合厚约 10 m。为了消除应力边界和位移边界效应,三维计算模型的长、宽、高分别设置为 1 200 m、500 m、500 m。其中煤层厚 10 m,采面倾斜方向中心上覆岩厚 410 m,下伏岩层厚 80 m。

为了便于建模和剖分,同时充分体现各岩层组合特征,将研究区内力学性质相近的岩层归并为一组,共划分为 9 个层组。评价模型网格剖分见图 1。计算实施初始和边界条件时,在垂向上施加自重应力;水平方向上由于单靠泊松效应,自重应力产生的侧向应力达不到实测水平应力大小。为此,在模拟时水平方向除施加自重产生的侧压外,还施加了具有一定梯度的水平应力,以符合实际。

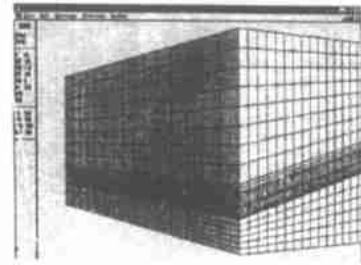


图 1 评价模型网格剖分图

表 1 北二采区煤 8 顶底板岩层力学参数表

组序	弹模 / GPa	泊松比	内聚力 / MPa	内摩擦角 / (°)	抗拉强度 / MPa	密度 / g·cm ⁻³
1	25	0.32	4.50	35	1.5	2.450
2	35	0.16	7.0	38	2.8	2.520
3	15	0.28	5.0	37	1.1	2.500
4	6	0.2	4.5	39	1.6	2.400
5	20	0.21	5.8	39	0.6	2.600
6	20	0.31	13	34	2.1	2.650
7	2	0.33	0.7	30	0.5	1.370
8	2	0.33	0.7	30	0.5	1.370
9	26	0.25	13	35	2.0	2.500

模拟时,计算模型边界条件确定如下:

- a. 模型前后和左右边界施加水平方向约束,即边界水平位移为零;
- b. 模型底部边界固定,即底部边界水平、垂直位移为零;
- c. 模型顶部(即地表)为自由边界。

4.3 力学模型和力学参数的确定

岩石是一种脆性材料,当荷载达到屈服强度后将发生破坏、弱化,应属于弹塑性体。在 FLAC^{3D} 中,对于弹塑性材料,其破坏判据准则有两个:德拉克—普拉格准则和莫尔—库仑准则。本项研究选择莫尔—库仑准则。

计算模型中采用的各岩层力学参数由试验确定。(表 1)岩石的体积模量(K)和剪切模量(G)由下式确定:

$$K = \frac{E_0}{3(1 - 2\mu)}, \quad G = \frac{E_0}{2(1 + \mu)},$$

式中 E₀ 为弹性模量;μ 为泊松比。

4.4 模拟技术与模拟方案设计

为符合开采实际,模拟计算从形成初始应力场开始,并沿采面走向分步进行。模拟过程中,模拟开挖将开挖空间的实单元变成空单元。随着采面不断向前推进,采空区间不断扩大,采空区冒落岩块不断堆积并逐渐压实,因此模拟过程中要用一定强度的材料的力学参数为采空区的材料赋值。

根据东欢坨井田北二采区初步开采规划,需对煤 8、煤 9 分层开采和一次采全高(煤 8、煤 9 同时开采)两种情况下,顶板冒裂带发育高度进行评价。采

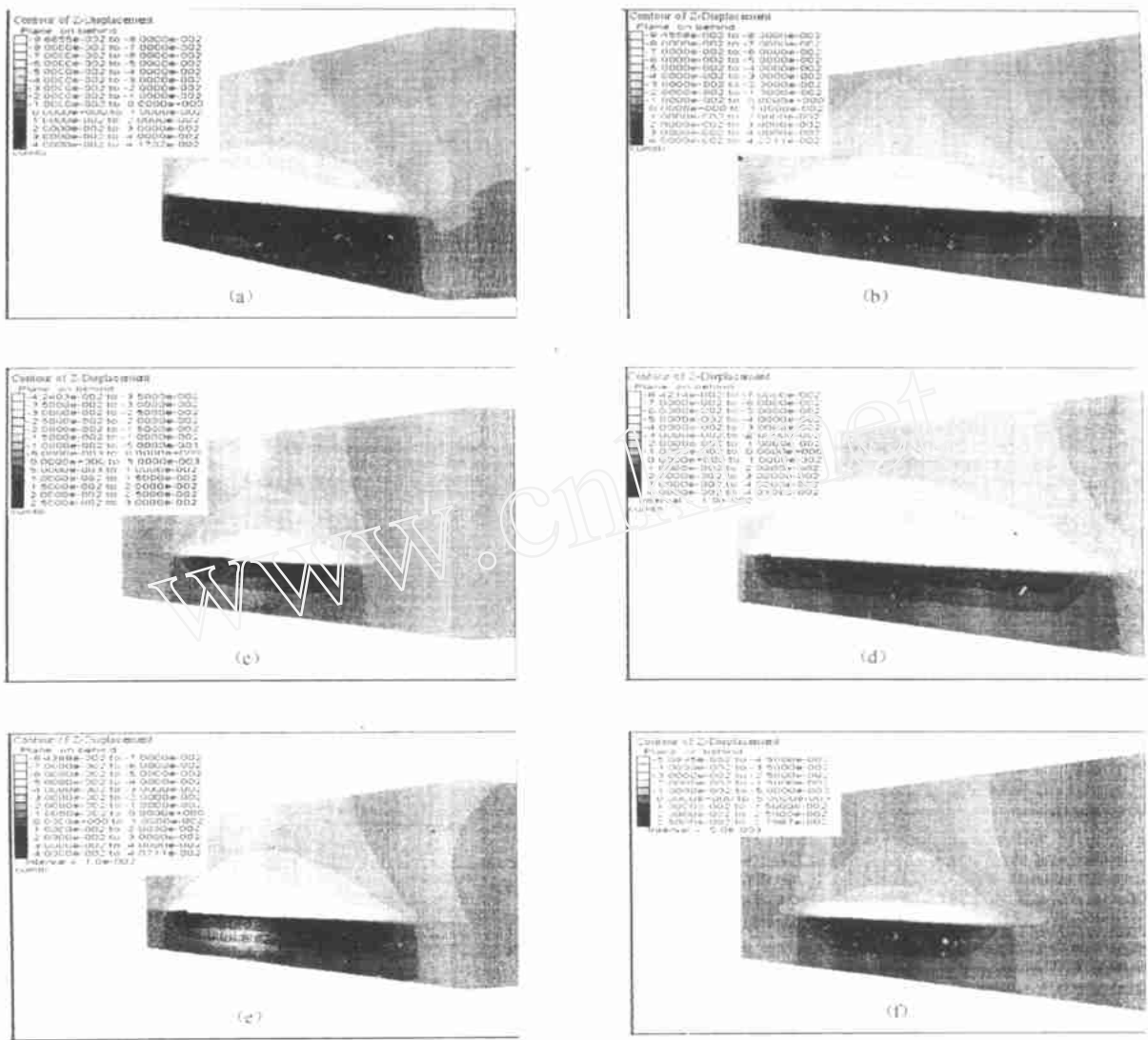


图 2 沿工作面走向垂直剖面上 Z 向位移分布

a——采面 1 000 m ×100 m,分层开采;b——采面 800 m ×80 m,分层开采;c——采面 600 m ×60 m,分层开采;
 d——采面 1 000 m ×100 m,综采;e——采面 800 m ×80 m,综采;f——采面 600 m ×60 m,综采

面设计规格为:

- a. 走向 1 000 m,倾向 100 m;
- b. 走向 800 m,倾向 80 m;
- c. 走向 600 m,倾向 60 m。

基于上述 6 种方案(不同开采方法和不同大小的采面组合),利用前面建立的评价模型进行模拟计算,结果见图 2。

4.5 模拟结果分析

在采动过程中采空区周围岩体发生了较为复杂的移动和变形。从图 2 可以看出,随着工作面推进,受采动影响的岩层范围不断扩大,一般达到采空区中央,岩体下沉值达到最大值。此后,继续开采,顶板岩体移动范围仍不断扩大,但最大值不再增加,表现为采空区中央下沉值最大,向两侧逐渐减小,呈盆状分布。当开采范围足够大时,岩层变形向

上发展到地表,便有可能在地表形成开采下沉盆地。

计算表明,分层开采条件下,按前面设计的 3 种采面(从大到小)进行回采所形成的冒裂带高度分别为 73 m、65 m 和 45 m;综采条件下,所形成的冒裂带高度分别为 100 m、90 m 和 55 m。可以看出,不同开采方法和采面大小对冒裂带发育高度的影响是不同的。对于本项研究,回采北二采区煤 8、煤 9 所形成的顶板冒裂带都不同程度地触及或接近煤 5 顶—A 砂岩裂隙含水层。故从矿井生产效率和防治水角度综合考虑,应把防治水的重点放在煤 5 顶—A 砂岩裂隙含水层上。

5 结论

- a. 煤层开采顶板冒裂带发育高度不仅与采厚有关,而且与采面大小、覆岩岩性、煤层倾角、开采方

文章编号:1001-1986(2002)05-0044-03

西安城市区工程地质环境与岩土工程勘察特点探讨

李忠明 (机械工业勘察设计院,陕西 西安 710043)

摘要:对西安城市区工程地质环境进行了分区,论述了各区的工程地质环境特征,分析了各区岩土工程勘察的特点,评价了各区作为拟建工程场地与地基的条件,提出了利用、整治和改造岩土的可能方案与措施。

关键词:工程地质环境;岩土工程;工程勘察;分区;西安市

中图分类号:P642.4 **文献标识码:**A

1 引言

西安位于陕西省“八百里秦川”中部,具备大城市建设发展的良好自然条件。然而,从地质环境来看,西安城市区却座落在渭河断陷盆地内不同地质构造的交接部位,工程地质条件异常复杂,这给工程建设带来了一些较为复杂的岩土工程问题。

2 西安城市区工程地质环境特征

2.1 自然地理

研究区包括西安市区和长安县北部,面积 1 025 km²。区域北傍渭河,南倚秦岭,地形大致为东南高而北西低。气候属暖温带温暖半湿润大陆性,多年平均气温 13.6℃,多年平均降水量 579.2 mm。区内水系发育,河流纵横,主要河流有渭河、灞河、泾河、沔河、皂河等,均属黄河流域渭河水系。

2.2 地层与地质构造

区内自始新世初以来堆积了巨厚的新生代地层,除东南部黄土塬区有第三系零星出露外,皆被第四系覆盖。第三系是一套陆相碎屑岩建造,岩性为砂岩、泥岩、泥质砂岩、砂质泥岩和富含钙质的粘土岩。第四系为风积黄土和水流堆积(湖积、冲积、洪积)的卵砾石、砂、粘性土等,其中黄土厚达 114.9 m,水流堆积层厚达 400~1 000 m。

西安位于渭河断陷盆地南部,踞西安断凹、临潼断凸两个次级构造单元之上。西安断凹是渭河断陷盆地内新生代沉降最深的断块构造之一,沉降中心新生界厚达 7 000 m 以上,第四系厚度逾千米。占研究区面积 80% 的北部和西部市区位于西安断凹的东南侧。临潼断凸第四纪以来作相对上升运动,其基底为太古代变质岩和燕山期花岗岩,在区外的骊山有出露,盖层为第三系和第四系。占研究区面

收稿日期:2002-05-09

作者简介:李忠明(1955—),男,河南偃师人,高级工程师,水文地质及工程地质专业。

法等因素有关。计算冒裂带发育高度应综合考虑各种影响因素,这对安全生产有重大的指导意义。

b. FLAC^{3D} 软件是大型的有限差分数值计算软件,采用拉格朗日方法运算,速度快,前后处理智能化程度高,直观形象,应用前景十分广泛。

参考文献

- [1] 武强,金玉洁. 华北型煤田矿井防治水决策系统[M]. 北京:煤炭工业出版社,1995.
- [2] 赵全福. 煤矿安全手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,1992.
- [3] Itasca Consulting Group, Inc. Users's Manual of FLAC^{3D}[M]. 1997.

Visual numeric simulation of the height of fractured zone in No. 2 northern working area in Donghuantuo Mine, Kailuan

WU Qiang¹, WEI Xue-yong¹, ZHANG Hong², DONG Dong-lin¹, YANG Ming¹, ZHANG Kai-jun¹

(1. China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;

2. Kailuan Mining Bureau, Tangshan 063018, China)

Abstract: According to the water burst problem induced by exploitation of coal 8 and coal 9 in Donghuantuo mine, the hydrogeological and engineering geological conditions are analyzed in detail. Based on comprehensively considering the effected factors of break height, the assessment model is established, and 6 types of simulated projects are designed. Using advanced software package of FLAC^{3D}, a visual numeric simulation is conducted in analysis of break height of coal 9.

Key words: aquifer; fractured zone; three-dimensional visual numerical simulation

