试验研究

大采高综采面破碎顶板稳定性研究

胥海东[1,2],范公勤[1],刘小明[2],李立波[1],崔　峰[1],曹建涛[1]
(1.西安科技大学,陕西 西安　710054;2.神华宁煤集团,宁夏 银川　751410)

摘　要:基于FLAC3D数值模拟和现场实测对大采高综采工作面破碎顶板稳定性进行研究,解决大采高综采开采工作面破碎顶板的稳定性问题,完善大采高围岩控制理论,使得大采高在实际应用中能够充分发挥其潜力,取得较好的效果。

关键词:大采高;破碎顶板;数值模拟;矿压显现
中图分类号:TD327.22　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1671-749X(2009)05-0043-03

0　引言

大采高开采技术是厚煤层开采的主要方向之一[1~3]。在适宜的煤层和地质保障条件下,如何对资源更合理、更高效开采,成为高产高效矿井建设的根本,综采大采高开采是实现高产高效矿井的主要途径。大采高综采在6.0 m及以上一次全厚开采在国内应用较少。影响综采大采高实现高产高效的因素有很多,其中顶板失稳是制约大采高发展的重要因素之一。本文以羊场湾煤矿大采高开采为实例,对工作面破碎顶板稳定性进行研究。

1　大采高工作面顶板稳定性分析

1.1　大采高工作面工程地质概况

羊场湾煤矿井田位于灵武煤田碎石井区中部,受开采扰动和历史性地震灾害的影响,顶板围岩破碎,开采过程中多次发生片帮和冒顶现象[4,5]。

羊场湾煤矿大采高布置在二煤中,煤层平均厚度6.97 m,煤层倾角15°~18°,局部角度达25°,走向起伏角度8°~12°。煤层伪顶为炭质泥岩,厚度为0.3 m,易破碎,易冒落;直接顶为粉砂岩,层理发育;老顶为粉砂岩和细砂岩。采用走向长壁综合机械化采煤法进行开采,顶板管理采用全部跨落法。工作面走向长度1 960 m,倾向长度298.6 m。

收稿日期:2009-02-27
作者简介:胥海东(1983-),男,山东济阳人,硕士研究生,2009年毕业于西安科技大学采矿工程专业,主要从事煤矿开采与监测研究。

1.2　顶板稳定性FLAC^{3D}数值模拟

采用三维有限差分法计算程序FLAC^{3D},对大采高开采扰动后破碎顶板的应力分布特征规律进行综合分析研究。建立数值模型,如图1。给定边界力学与位移条件,并完成初始应力平衡。采用一次采全高进行开采,并运算平衡,分析数值模拟结果。

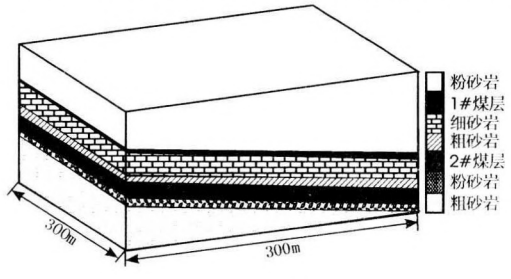
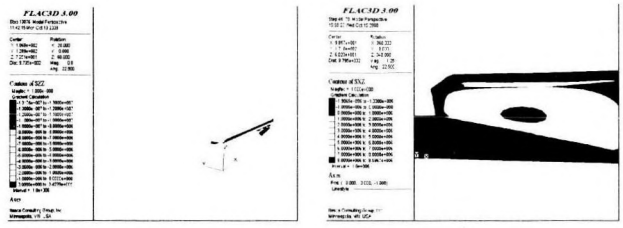


图1　三维数值计算模型

应力场分布与演化分析:模拟工作面推进过程中,在初期开采扰动作用下,工作面上端头超前应力集中主要分布在距工作面15 m的范围之内,在距煤壁5 m内应力最大,之后随着距工作面距离增加而减小。推进20 m时,应力在工作面前方有一个明显的增高区,且凸向煤层上方;由于工作面顶板覆岩是复合岩层,且较为破碎,大采高开采造成应力分布及演化速度比传统采高情况下要显著,从图2(a)中可以看出,在拱形的应力分布两端头处有明显的支撑应力,其分布与演化范围显著增加,表明工作面上下两个端头处于应力集中区域。当开采40 m时顶板垮落趋势显著,工作面前方应力集中,应力梯度变化明显。推进50 m时,应力变化在超前工作面30~45 m范围内时空演化较为显著,在超前工作面50 m

之后趋于稳定,如图 2(b)所示。在复杂开采技术条件下,工作面复合顶板岩层受频繁开采扰动作用,工作面前方 30 ~45 m 范围变形严重,是支护与控制重点区域。

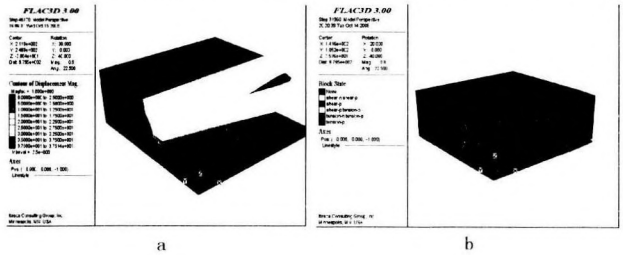


a b

图 2 工作面垂直应力特征

a - 工作面推进 20 m;b - 工作面推进 50 m

位移场分布特征分析:工作面在推进过程中,顶板位移呈现"增加 - 分化 - 缓和 - 加剧 - 稳定"的趋势。在开采 10 m 后顶板位移呈现增加的趋势,但位移量较小,顶板未垮落。工作面推进 30 m 后,随着推进距离的增加,顶板位移出现明显分化,大约在 35 m 处,工作面后方顶板垮落。当工作面推进到 50 m 后,与之前相比,工作面顶板位移变化在走向上的趋势不明显,但在倾斜方向上位移变化剧烈。当工作面推进至 100 m 时,沿走向方向围岩变形加剧,此时现场应加强地表监测。当工作面推进至 100 ~ 150 m 时,地表有明显下沉,造成顶板失稳。工作面顶板在失稳后,随着工作面的推进又达到一个新的平衡而趋于稳定。工作面位移场分布特征见图 3。



a b

图 3 工作面位移场分布特征

a - 工作面整体位移分布规律;b - 工作面整体塑性状态

1.3 破碎顶板稳定性现场监测

矿压实测:在顶板较为破碎的复杂埋藏条件下进行 6.2 m 采高工业化试验。合理的支护阻力是采场顶板控制的首要任务,由于底板强度高,在该工作面主要体现在"顶板 - 支架"系统的相互作用关系,因此,主要分析矿山压力显现全过程中支架支护阻力与其强度,并对支架支护性能进行验证。

通过大采高综采工作面矿山压力观测,工作面平均工作阻力与推进距离变化关系见图 4。

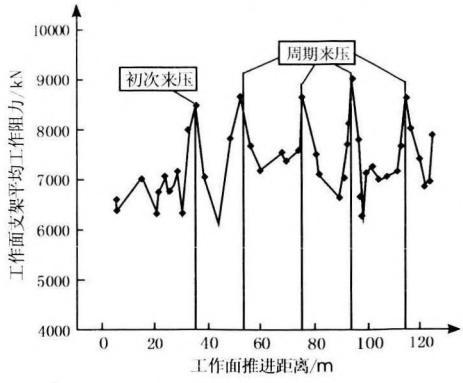


图 4 工作阻力随推进变化关系

矿压显现特征分析:大采高工作面从开切眼开始,直接顶并不随采随冒,而呈悬顶状滞后垮落,当工作面推进 6 m 时,118# ~ 152# 支架区域的直接顶首先初次跨落,随工作面推进,悬顶面积不断增大,当工作面推进 16 m 时,工作面直接顶基本跨落,冒岩较破碎,呈不规则排列,碎胀系数较大。大采高工作面初次来压步距为 35 m 左右,初次来压比较突然,来压持续时间短。随着工作面的推进,周期来压步距在 18 ~21 m。周期来压呈阶段性,沿工作面推进方向呈现上端头来压超前的特征。工作面支架受顶板条件、人员操作质量、地质构造条件等因素限制,支架在移架后,有部分支架未能与顶板紧密接触,容易造成顶板失稳,来压时顶板对支架的冲击过大而容易损坏支架。因此每次移完支架后,支架立柱应尽量满足规程要求,达到支护强度,保障顶板的稳定性,实现安全开采。

支架特性评述:根据实测,工作面支架载荷整体呈正态分布,支架工作阻力频率分布特征见图 5。

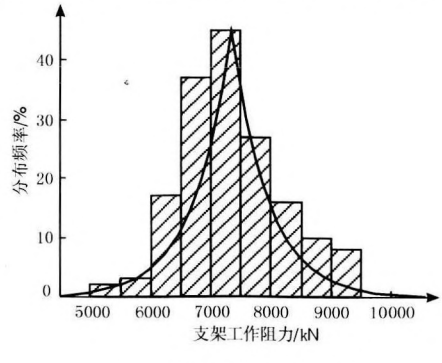


图 5 支架频率分布特征

支架平均初撑力为 6 656 kN/架,为额定初撑力的 84%,平均支架工作阻力为 6 983 kN/架,为额定工作阻力的 69.9%,直接顶初次垮落过程中,平

均支架压力为7 058 kN/架，最大支架压力为9 092 kN/架，初次来压期间，平均支架压力为7 786 kN/架，最大支架压力为9 326 kN/架，周期来压期间，平均支架压力为8 590 kN/架，最大支架压力为9 497 kN/架。根据实际监测与统计分析，大采高综采工作面所选用支架的工作阻力能够适应顶板来压的影响。

2　破碎顶板失稳因素分析及控制

2.1　破碎顶板失稳因素分析

地质条件因素：西部地区强烈的构造变形和断裂活动常可造成破碎岩体[6]。受地震的影响，破碎岩体极易松弛，咬合解脱，结构联结削弱，容易产生滑落失稳[7~9]。大采高工作面是沿顶板布置，伪顶为碳质泥岩，遇水极易弱化、膨胀，且层理发育、极易破碎。并且直接顶为粉砂岩，具有明显的水平层理和垂直节理，各节理之间泥质胶结不牢固，形成许多滑面，这些滑面成为顶板局部区域岩石的弱面，在垂向载荷作用下，演化为局部失稳[4,10]。直接顶的泥质胶结的粉砂岩是不均匀的，在工作面回采动态压力的影响下，也极易导致顶板失稳垮落。

矿压显现因素：开采强度和开采高度的加大，大尺度空间下工作面顶板的矿山压力显现强烈，易致使围岩裂隙发育，对顶板岩体的稳定性极为不利。矿山压力也容易导致大采高支架前方的煤壁裂隙发育，煤壁片帮的次数和深度增加，煤壁片帮后会在端面形成较大范围的空顶面积或在煤壁面形成凹面，易造成端面顶板失稳事故。

工程实践因素：工程实践是顶板失稳控制的关键，其质量的优劣直接影响到支护的效果。在工作面推进过程中，支架是否与顶板紧密接触并达到支护强度，移架是否及时、到位，护帮是否及时等现场操作管理水平，直接影响着工作面顶板的稳定性。从现场调查情况来看，操作及管理人员对现场的安全隐患认识与操作水平将直接影响顶板失稳控制的效果。

2.2　破碎顶板失稳控制

大采高工作面顶板：大采高工作面顶板主要分为三部分，一部分是液压支架所支撑的顶板，主要与支架的支护性能和操作工的技术水平有关。另一部分是支架梁端距内空顶的顶板，支架梁端距内空顶的顶板，这里指不考虑煤壁歪斜或移架不足因素的影响，由于顶板破碎，梁端距过大，会使顶板难以控制。大采高采煤机截深在865 mm，割煤后，移架前，支架的端面距将增大，这一部分没有得到支护的顶板易于产生冒顶，特别是当采高比较大时，煤壁易发生片帮，从而容易导致架前破碎顶板冒落，造成顶板失稳。再一部分是上下端头处支架侧护与煤帮处裸漏的顶板，主要受回风巷上帮和运输巷下帮煤壁的稳定性及支架侧护的性能影响。

初采时矿压控制：大采高工作面初采时矿压显现较大，控制其措施：①初采时老顶尚未来压，顶板受采动压力影响较小，因此支架初撑力要控制适当，避免因初撑力过大，造成对顶梁前端顶板的破坏，同时也要避免因初撑力太低致使顶板突然下沉、离层而对工作面造成破坏。主要采取提高支架工的操作质量和采用慢降快拉带压移架方式控制顶板，防止顶板突然下沉以及移架时架间漏顶现象。在顶板破碎区域，减少支架的降架高度，采用带压移架、超前移架的方法，及时收回护帮板，采煤机割过煤壁后及时追机移架，控制顶板；②开采时要留意架前顶板局部漏矸，直接顶裂隙扩张等架前顶板及煤壁压力显现，及时调整支架间距，保证架间距均匀，来压期间要及时采取措施调整层位，主要采用卧底方法增加采高，一次性留住顶煤（煤皮假顶），保证顶板的完整性。

3　结论

（1）数值模拟表明，在开采过程中，工作面应力基本呈拱形分布，拱脚和拱顶处应力最大；工作面在推进过程中，顶板位移呈现“增加－分化－缓和－加剧－稳定”的趋势。工作面复合顶板岩层受频繁开采扰动作用，工作面前方30～45 m范围变形严重，是支护与控制重点区域。

（2）现场监测表明，大采高综采工作面的矿山压力显现特征与浅埋煤层类似，但初次来压和周期性矿压显现剧烈。由于大采高工作面上覆岩层受一次采动影响，初次来压步距为35 m左右，周期来压步距为18～21 m，且周期来压呈阶段性，沿工作面推进方向矿压显现呈现上端头来压超前的特征；工作面支架的工作阻力满足对顶板的支撑要求。

（3）顶板失稳控制是一个系统工程，要从整体上对其进行根本控制，既要提高支架的支护性能，保障设备的可靠性，而且还要强化现场（下转第55页）

2.5 模型精度检验

模型精度检验参数如下：$C=0.0433097$，$P=1$。

灰色预测模型精度见表1。根据灰色系统预测精度等级判断标准知，所建立得地表下沉值GM(1,1)预计模型较好，可用于地表下沉值预计。下沉值预计结果见表3。

表3　预计结果与实际下沉值的比较

月份	2008.9	2008.10	2008.11
预计值	12.92	10.10	7.90
实际值	11.99	9.03	6.20
差值	-0.93	-1.07	-1.70

从表3中可以看出，预计值与实际值的差值是符合要求的，但是随着时间的增加，其差值是逐渐增加的。

3 结语

通过对矿区地表下沉值灰色属性得分析，运用灰色理论和方法，建立矿区地表下沉值的灰色预计模型，并通过实例验证了模型的实用性。矿区地表下沉值灰色模型具有方法简单和精度高且所需搜集的数据少等特点，为地表下沉值的预计提供了新的途径。但是由于地表下沉值受外界因素的多重影响，仅用现有的几期观测数据难以长久的对其做出准确的预计，这就需要及时的更新原始数据，利用新的数据重新建立模型，对以后长久的预计会有更好的效果。

参考文献：

[1] 刘思峰，史开泉. 灰色系统学术论文集[M]. 河南：河南大学出版社，1993.

[2] 刘思峰，郭天榜，党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京：科学出版社，1999.

[3] 赵云胜，龙 昱，赵钦球，罗忠杰. 灰色系统理论在地学中的应用研究[M]. 湖北：华中理工大学出版社，1997.

[4] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 湖北：华中理工大学出版社，1991.

[5] 李玉兰. GM(1,1)模型在公路运量预测中的应用[J]. 交通标准化，2006，(6)：68-70.

[6] 恒盛杰资讯. Excel 函数库精华集[M]. 北京：中国青年出版社，2006.

Forecast of surface sinking based on GM(1,1) model

YAN Ji-xuan, YU Xue-xiang, JIA Xiao-min, ZHAO Yong

(Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: It is very important for the safety and stability of the mining area to survey and forecast the surface sinking in the process of coal mining. The paper forecasts surface sinking by grey system GM(1,1) model.

Key words: surface sinking; grey system; GM(1,1) model; forecast; accuracy test

(上接第45页)

工程实践与技术管理，建立矿井顶板动态控制体系。

参考文献：

[1] 徐永圻. 煤矿开采学[M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1999，181-186.

[2] 宋振骐. 实用矿山压力控制[M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1988.

[3] 弓培林. 大采高采场围岩控制理论及应用研究[D]. 太原理工大学，2006.

[4] 张建华，吕兆海，周光华，等. 破碎围岩条件下开采扰动区 LSMA 动力失稳综合分析[J]. 西安科技大学学报，2007，27(4)：544-549.

[5] 西安科技大学，神华-宁夏煤业集团有限责任公司. 羊场煤矿湾岩石力学及 AE 特性试验研究[R]. 2006.

[6] 王思敬. 岩石力学与工程的新世纪. 岩石力学新进展与西部开发中的岩土工程问题[C]. 中国岩石力学与工程学会第七次学术大会论文集. 北京：中国科学技术出版社，2002.

[7] 来兴平. 西部矿山大尺度采空区衍生动力灾害控制[J]. 北京科技大学学报，2004，26(1)：1-3.

[8] 来兴平. 开采扰动下大尺度采空区衍生动力灾害控制研究[R]. 北京科技大学博士后研究报告，2004.

[9] 神华宁夏煤业集团有限责任公司，西安科技大学. 基于 AE 的羊场湾煤矿破碎区综合监测试验研究[R]. 2006.

[10] 樊克恭，翟德元. 巷道围岩弱结构破坏失稳分析与非均称控制机理[M]. 北京：煤炭工业出版社，2004.