

小保当矿大采高综采面 煤壁片帮机理及防控技术

唐仁龙*, 李龙清, 赵凯浪

(西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 710054)

摘要:为了解决小保当煤矿大采高综采面煤壁片帮问题,采用理论分析与数值模拟的方法,分析了小保当煤矿大采高综采面煤壁片帮机理及影响因素.结果表明:小保当煤矿煤壁片帮主要是由于开采过程中上覆岩层形成“悬臂梁”结构,梁前端位于煤壁处,煤壁承载增大,支承压强大而引起.通过煤壁片帮因素分析得出了控制综采面煤壁片帮的合理工艺参数,2⁻²煤开采时工作面采高为 6.5 m,支架支护强度为 1.0~1.5 MPa,护帮板支护强度为 1.0 MPa.提出了“控制采高、合理支架支护强度、使用护帮板”的煤壁片帮综合防控措施.

关键词:煤壁片帮;大采高;支护强度;护帮板

中图分类号:TD323

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2017)03-0045-05

Mechanism and Control Methods of Rib Spalling at Fully Mechanized Mining Face with Large Mining Height of Xiaobaodang Coal Mine

Tang Renlong, Li Longqing, Zhao Kailang

(School of Energy Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: To prevent rib spalling at fully mechanized mining face with large mining height of Xiaobaodang Coal Mine, the affecting factors and mechanism are analyzed with theoretical analysis and numerical simulation. Results show that the cantilever beam structure formed in the coal mining is the main reason for rib spalling at Xiaobaodang Coal Mine, and leading end of beam is ahead of the coal face. Thus, the load is increased and abutment pressure is larger. Through the analysis of the factors of the rib spalling, this paper concludes the reasonable process parameters to control rib spalling, that is, when 2⁻² working face mining height is 6.5 m, and the support strength of the powered support is 1.0~1.5 MPa, and the strength of face guard is 1.0 MPa. This paper also proposes to control mining height, reasonably support strength, and use face guard, so as to control the rib spalling.

Keywords: rib spalling; large mining height; support strength; face guard

在我国,厚煤层占煤炭总储量的 44%.厚煤层的安全高效开采对我国整个煤炭行业有重要意义^[1,2].目前,大采高综合机械化开采是厚煤层开采的主要方法,其生产能力大、资源回收率高等优点极为突出^[3].随着大采高工作面采高的不断增加,煤壁片帮问题日益突出,已成为制约大采高技术发展的难题之一^[4].牛艳奇分析了大采高综采面煤壁片帮机理,结合神东矿区煤层条件,采用数值模拟的方法研究了不同采高下煤壁片帮条件,最后提出了防止煤壁片帮的一些措施^[5].尹志坡从地质构造、支架支撑状态等方面分析了影响大采高综采工作面片帮的相关因素,提出了加强液压系统管理、规范操作工序、煤壁固化等预防措施

施^[6].小保当煤矿2⁻²煤长壁大采高综采过程中也面临着煤壁片帮的问题,本文以造成煤壁片帮的因素采高、支架支护强度、护帮支护强度为主要指标,分析其对大采高综采工作面煤壁应力情况和片帮产生的影响,从而揭示煤壁片帮的机理,选择合理综采工艺参数来控制大采高工作面煤壁片帮.对小保当煤矿大采高综采面的片帮防治有重要的现实意义,为大采高综采面片帮防治的研究与实践提供借鉴.

1 工作面地质条件分析

小保当煤矿主要可采煤层2⁻²煤,赋存于延安组第4段顶部.煤层埋深194.53~401.22 m,煤厚3.30~9.86 m,平均煤厚5.55 m.工作面煤层倾角为3°~5°,煤层多数含1层夹矸,局部3层夹矸,炭质泥岩夹层厚度0.02~0.76 m,结构较简单.煤层坚固性系数 f 为1.2.裂隙20条/50 mm,断口贝壳状和阶梯状,中部及下部含厚8 cm菱铁质结核,直径1~6 mm方解石脉填充裂隙.由于构造运动形成了一系列的假整合面,并有少量小断层,地质构造特征对大采高工作面煤壁稳定性有一定量的影响.直接顶岩性以薄层粉砂岩为主,厚度一般为2~5 m;基本顶岩性以厚层节理不发育的整体均质的细粒砂岩为主,厚度为17.64 m;均属于易软化的中硬类岩石.相关煤岩力学参数见表1.

表1 煤岩力学参数

岩层序号	岩性	容重/(g/cm ³)	抗拉强度/MPa	粘聚力/MPa	内摩擦角/(°)	弹性模量/MPa	泊松比
1	粉砂岩	2.37	1.03	5.82	37	1.95E4	0.21
2	砂质泥岩	2.36	1.44	5.12	35	2.7E4	0.19
3	中粒砂岩	2.30	1.32	6.09	32	2.4E4	0.18
4	细粒砂岩	2.33	1.59	9.42	34	2.96E4	0.18
5	煤层	1.33	0.44	4.40	34	0.88E4	0.21
6	红土层	1.94	0.56	0.08	38	0.12E4	0.25
7	风积沙	1.65	0.00	0.01	28	0.05E4	0.40

2 煤壁片帮机理

由文献[7]可知,小保当大采高综采面开采后形成“悬臂梁”结构,梁前端位于煤壁处,煤壁对“悬臂梁”结构的稳定起决定性作用,承担了“悬臂梁”结构上覆岩层的绝大部分载荷,煤壁受载较大.

煤壁片帮是支承压力作用的结果,所以煤壁的力学特征是研究煤壁片帮的基础.由小保当7.5 m大采高综采面相似模拟实验可知^[7],随着工作面的推进,增压区不断向工作面前方转移,且老顶来压前的峰值较上次来压时有一定幅度的增加,这表明煤壁的支承压力随着工作面推进有叠加效应;煤壁支承压力最大值位置处于煤壁前方18~36 m,峰值为15.68 MPa,支承压力显现较明显的区域范围随着工作面推进从煤壁前方的31 m内增加到70 m,加之2⁻²煤体内生裂隙较为发育,受压后的煤壁容易产生片帮.

3 片帮影响因素数值模拟

影响大采高煤壁稳定性的因素有自然因素及生产技术因素,在一定的煤层条件下,往往研究的重点是生产技术因素,比如工作面采高、支架支护强度、支架护帮水平力等.

采用三维有限差分数值计算软件FLAC^{3D}对工作面塑性区范围、位移、应力演化特征等进行模拟计算:其中三维模型采用FLAC^{3D}中GEN命令建立,整个模型长×宽×高=600 m×400 m×290 m,模型划分成607 100个单元,631 467个节点.X轴方向两侧各留设100 m边界煤柱,工作面沿X轴正向推进.采用Mohr-Coulomb本构模型,模型底部限制垂直移动,前后和侧面限制水平移动.

3.1 采高对煤壁片帮的影响

分别选取5.0,5.5,6.0,6.5,7.0,7.5 m采高对煤壁片帮影响进行研究,支护强度、护帮强度均为0.0 MPa,推进速度1 000 step,推进距离100 m.

图1a为7.0 m采高应力图,综合其他采高应力图,得工作面煤壁前方的煤体主要受剪切破坏和拉伸破坏,随着采高的加大,2种破坏均会向煤壁前方更深处扩展.当采高达到7.0 m时,2种破坏的叠加范围会急剧扩大,必定导致煤壁的稳定性的下降,煤壁片帮机率增大.

图 1b 为采高与顶板下沉量关系,由图 1b 可知,总体上,端面顶板下沉量随着工作面采高的增加而增大,当工作面采高大于 6.0 m 时,这一趋势表现的更明显.

图 1c 为采高与煤壁水平位移关系,由图 1c 可知,煤壁最大水平位移会随着采高的增加而逐渐加大,尤其是当采高达到 6.5 m 后,其相对增长速度更大,此时,煤壁稳定性的维护难度将进一步变大.

图 1d 为不同采高超前支承压力的.由图 1d 可知,随着工作面采高增加,煤壁超前支承压力峰值点不断向煤壁深处移动,当工作面采高从 5.0 m 增加到 7.5 m 时,煤壁超前支承压力峰值点距煤壁的距离分别为 9.4,9.6,10.5,11.2,11.5,12.2 m,说明随着采高的增加,煤壁塑性破坏区域增大,片帮几率加大.

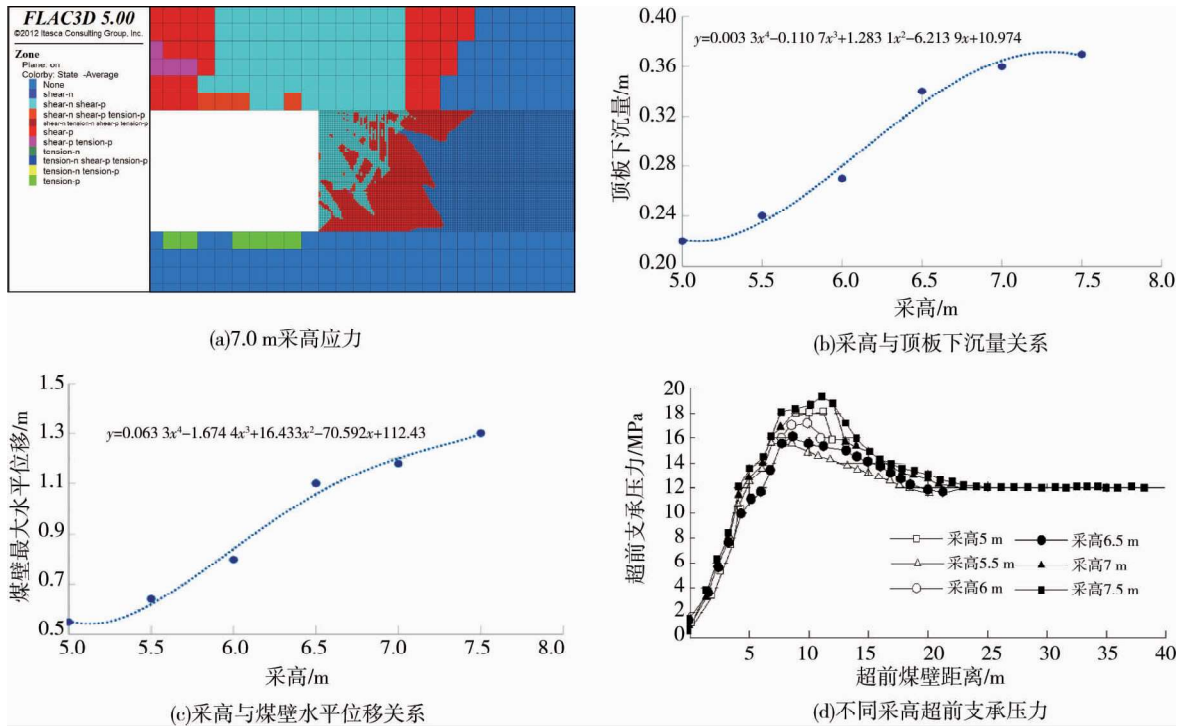


图 1 采高对煤壁片帮的影响

3.2 支架支护强度对煤壁片帮的影响

分别选取 0.0,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5 MPa 的支护强度对小保当煤矿大采高工作面煤壁片帮的影响进行研究,用垂直向上的应力代替液压支架的支护强度.工作面采高为 5 m,支架的护帮强度为 0.0 MPa,模型推进速度 1 000 step,模型工作面推进距离为 100 m.

图 2a 为 1.5 MPa 支架支护强度应力图,综合其他支护强度应力图可知,支架支护强度越小,剪切破坏和拉伸破坏会逐渐向煤壁前深处方扩展,支架支护强度小于 1.0 MPa 时,2 种破坏形式的叠加破坏范围急剧扩大,也必然导致相应的煤壁稳定性下降,煤壁片帮概率增加;支架支护强度为 2.0 MPa 与 1.5 MPa 时相比,工作面煤壁塑性区破坏范围变化不大.综合分析,支架支护强度为 1.0~1.5 MPa 较合适.

图 2b 为支架支护强度与顶板下沉量关系,由图 2b 可知,当支架支护强度小于 1.0 MPa 时,支架支护强度对端面顶板下沉量的影响作用较强;当支架支护强度大于 1.0 MPa 时,支架支护强度对端面顶板下沉的影响作用明显减弱.

图 2c 为支架支护强度与煤壁最大水平位移关系,由图 2c 可知,当支架支护强度小于 1.5 MPa 时,随着支架支护强度的增加,煤壁水平位移会逐渐减小;当支护强度大于 1.5 MPa 后,增加支架支护强度对控制煤壁水平位移的作用明显减弱.总体来说,适当的增大支架的支护强度有利于控制煤壁的水平位移量.

图 2d 为不同支架支护强度超前支承压力的,由图 2d 可知,当支架支护强度为 0.0~2.5 MPa 范围内,煤壁超前支承压力的峰值点在煤壁前方 9.0 m 处保持不变,其应力峰值略有减小,分别为 16.82,16.51,15.80,15.30,14.95,14.94 MPa.

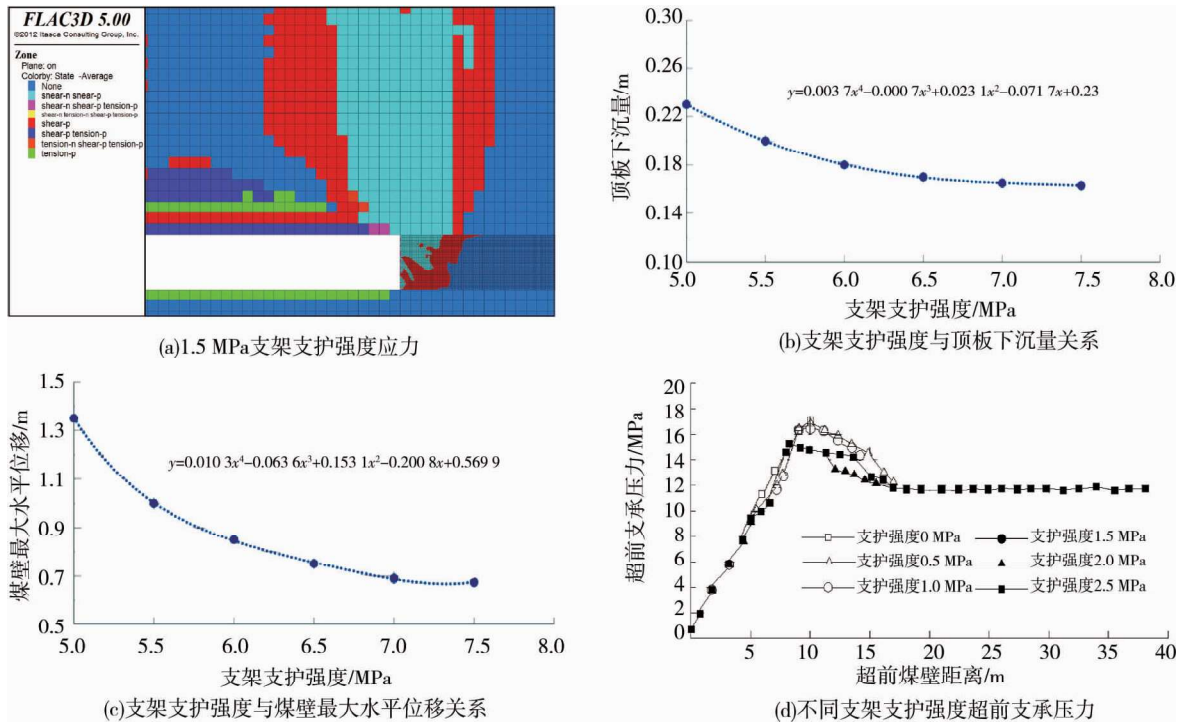


图2 支架支护强度对煤壁片帮的影响

3.3 护帮板对煤壁片帮的影响

分别选取 0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 MPa 的支架护帮板支护强度对煤壁片帮的影响进行研究,支架护帮板的支护强度用水平方向应力代替。工作面采高为 5 m,工作面支护强度为 0.0 MPa,模型推进速度为 1 000 step,工作面推进距离为 100 m。

图 3a 为 1.0 MPa 护帮板支护强度应力图,综合不同支架护帮板支护强度的应力图可知,当支架护帮板水平推力增大时,顶板的破坏及工作面煤壁前方煤体的受破坏范围都有所减小,同时,工作面煤壁受拉伸破坏的范围也有所减小。

图 3b 为不同护帮板支护强度与顶板下沉量关系,由图 3b 可知,护帮板对顶板下沉量的控制有一定积极作用,但作用并不明显,同时,当支架护帮板强度达到 2 MPa 以后,随着支架护帮板的支护强度的增加,顶板下沉量基本上保持不变。

图 3c 为护帮板支护强度与煤壁水平最大位移关系,由图 3c 可知,当支架护帮板支护强度小于 1.0 MPa 时,支架护帮板支护强度对煤壁水平位移量的影响较明显,当支架护帮板支护强度大于 1.0 MPa 后,随着护帮板支护强度的增加,煤壁的水平位移变化不大。

图 3d 为不同护帮板支护强度支承压力,由图 3d 可知,当支架护帮板支护强度分别为 0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 MPa 时,工作面超前支承压力峰值点距煤壁的位置分别为 9.4、9.2、8.9、8.8、8.7、8.7 m,表明随着支架护帮板支护强度的增加,工作面超前支承压力峰值点向煤壁处移动,工作面煤体的塑性区范围减小,煤壁片帮机率减小。

4 煤壁片帮防治措施

4.1 控制合理采高

不论是实践还是理论均表明,随着工作面采高的加大其煤壁片帮现象也就越来越严重,片帮现象严重就会造成支架的前梁和护帮板不能很好地发挥其应有的作用,通过小保当煤矿大采高工作面数值模拟研究,应将工作面采高控制在 6.5 m 以内。当工作面采高小于 6.5 m,随着采高的增加,工作面煤壁的片帮现象表现不明显;当工作面采高大于 6.5 m,随着采高的增加,工作面煤壁的片帮现象表现的尤为剧烈。

4.2 保证支架支护强度

支架合理支护强度对大采高工作面的安全高效开采至关重要,支架既要有一定的初撑力以避免顶板

离层,也要有足够的额定工作阻力能够帮助煤壁承担顶板的部分压力,达到减小煤壁处受力,从而控制煤壁片帮.结合数值模拟研究结果,小保当煤矿大采高工作面支架支护强度应保持在1.0~1.5 MPa;并且要保证支架支护质量,适当加大支架初撑力,确保支架工作面支架液压充足,以维持工作面顶板稳定性.

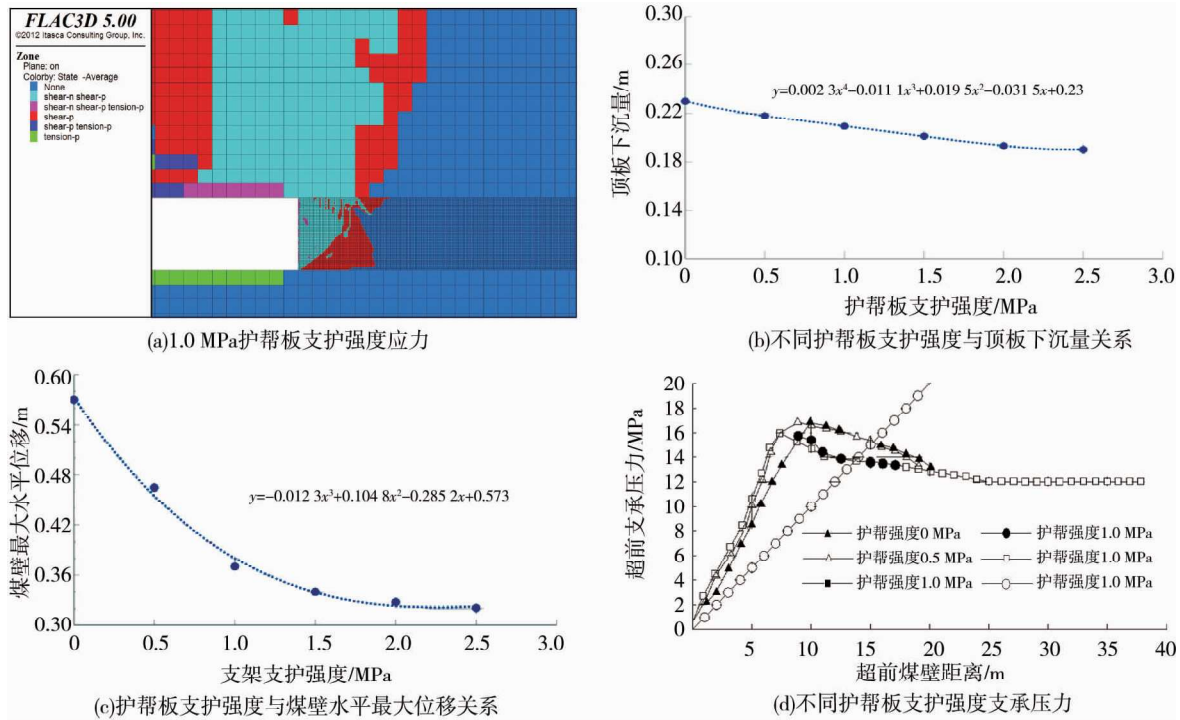


图3 护帮板强度对煤壁片帮的影响

4.3 采用支架护帮板

工作面煤壁塑性区的煤体在顶板压力的作用下会产生水平位移,采用支架护帮板可以有效抑制塑性区煤体的水平位移.小保当煤矿大采高工作面生产过程中要保证支架护帮板支护强度,护帮板支护强度需保持在1.0 MPa左右,并及时打开支架护帮板对煤壁进行支撑.

5 结论

1) 小保当矿 2^{-2} 煤大采高综采面开采后形成“悬臂梁”结构,梁端位于煤壁处,煤壁受载增大,支承压力较大,加之 2^{-2} 煤体内生裂隙较为发育,受压后的煤体易破碎产生片帮.

2) 建议小保当煤矿大采高工作面采高为6.5 m,支架支护强度在1.0~1.5 MPa,护帮板支护强度应该在1.0 MPa左右.

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,2009.
- [2] 刘涛.厚煤层大采高综采装备发展现状研究[J].技术与市场,2016,23(7):374-375.
- [3] 屠世浩,袁永.厚煤层大采高综采理论与实践[M].徐州:中国矿业大学出版社,2012:22-25.
- [4] 尹希文,闫少宏,安宇.大采高综采面煤壁片帮特征分析与应用[J].采矿与安全工程学报,2008,25(2):222-225.
- [5] 牛艳奇,陈树义,刘俊峰.大采高综采工作面片帮加剧机理分析及防治措施[J].煤炭科学技术,2010,38(7):38-40.
- [6] 尹志坡.大采高综采工作面煤壁片帮的分析与预防[J].华北科技学院学报,2008,5(3):51-53.
- [7] 李龙清,巨江鹏,张星武,等.小保当矿 2^{-2} 煤大采高综采面支架工作阻力确定[J].西安科技大学学报,2015,35(3):298-302.