

文章编号:1671-251X(2014)09-0024-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.09.006

王元杰,田晓.残煤复采大采高液压支架阻力对煤壁片帮影响分析[J].工矿自动化,2014,40(9):24-27.

残煤复采大采高液压支架阻力对煤壁片帮影响分析

王元杰¹, 田晓²

(1.太原理工大学 矿业工程学院,山西 太原 030024;

2.六盘水安全生产监督管理局,贵州 六盘水 553000)

摘要:以圣华煤矿复采工作面为工程背景,阐述了残煤复采工作面煤壁片帮机理,通过理论计算和运用计算机数值模拟方法分析了不同支架阻力下煤壁片帮情况,并比较了支架阻力在残煤和实体煤条件下对煤壁片帮的影响,得出了如下结论:①煤壁片帮的程度随着支架工作阻力的增大而减小,且煤壁片帮最大深度与支护强度基本呈线性关系;在同等工作阻力条件下,残煤的煤壁片帮程度要远大于实体煤的煤壁片帮程度;②在实体煤条件下,当工作阻力达到8 000 kN时,煤壁片帮情况已经不严重,而在残煤条件下,工作阻力要达到9 000 kN才能够控制顶板的下沉和煤壁的破坏深度。最后确定圣华煤矿复采工作面支架阻力为9 000 kN。

关键词:残煤复采;煤壁片帮;支架阻力;大采高

中图分类号:TD355 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Analysis of influence of hydraulic support resistance of large mining height on rib fall of coal wall under the second mining of residual coal

WANG Yuanjie¹, TIAN Xiao²

(1.College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2.Liupanshui Civil Supervision and Administration of Production Work Safety, Liupanshui 553000, China)

Abstract:Based on project background of the second mining working face of Shenghua Coal Mine, the paper explained mechanism of rib fall of coal wall of the second mining working face of residual coal, analyzed cases of rib fall of coal wall under different support resistances by theoretical calculations and computer numerical simulation, compared effect of the support resistance on the rib fall of coal wall under the condition of residual coal and entity coal, and drew the conclusions as follow: ① The extent of rib fall of coal wall decreased with the increase of support working resistance, and there was a linear relationship between the maximum depth of rib fall of coal wall and supporting strength, and the extent of rib fall of residual coal wall is much larger than the extent of rib fall of entity coal wall under the same working resistance. ② In the condition of entity coal, the extent of rib fall of coal wall is not serious when working resistance reached 8 000 kN. But in the condition of residual coal, the working resistance must reach 9 000 kN, then the roof falling and breakage depth of coal wall can be controlled. At last, the support resistance of the second mining working face of Shenghua Coal Mine was determined as 9 000 kN.

Key words:the second mining of residual coal; rib fall of coal wall; support resistance; large mining height

收稿日期:2013-12-13;修回日期:2014-01-13;责任编辑:张强。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAB13B04)。

作者简介:王元杰(1987—),男,山西晋城人,硕士研究生,主要研究方向采矿工程、矿山压力及矿山支护等,E-mail:383704721@qq.com。

0 引言

大采高一次采全厚采煤法具有回收率高、生产能力强、安全性好等显著优点,且取得的经济和社会效益非常显著,是我国厚煤层安全高效开采的主要采煤方法之一^[1-4]。在残煤复采中采用大采高采煤法时,由于残采工作面随着时间的推移,煤柱自然风化、破裂、长时间承载蠕变,使得煤体产生新的裂隙以及开采引起次生裂隙发育,导致残煤复采工作面在顶板压力作用下经常出现架前冒顶,大范围片帮等问题,严重影响安全生产。而合理的支架阻力既能支撑顶板来压,又能缓解煤壁压力,因此,要求所选择的支架要有合理的支护能力。

本文针对圣华煤矿4号煤残煤复采工作面,通过理论计算和运用计算机数值模拟方法,分析了残煤复采工作面片帮的机理,并对大采高液压支架阻力与煤壁片帮的关系进行了系统研究,得出了支架阻力与煤壁片帮之间的作用规律,为类似工程的支架选型提供一定的参考。

1 工作面概况

圣华煤矿4号煤残煤复采工作面煤层赋存稳定,煤层标高约为+850 m,巷道长度为836.5 m,工作面长度为162.5 m,煤层倾角为8°,采煤方法为大采高一次采全厚,4号煤残煤复采工作面如图1所示。4号煤层位于山西组中下部,下距K₃中粗砂岩0.60~3.90 m,平均距离为1.81 m。煤层厚度为3.32~6.33 m,平均厚度为5.60 m,含1层夹矸,偶含3层夹矸,夹矸厚度为0.06~0.50 m,结构简单。其顶板为中粒砂岩,多有泥岩、炭质泥岩伪顶;直接底板为泥岩、粘土岩,平均厚度为1.81 m,老底为粗砂岩。顶板岩层硬度系数较大,4号煤层硬度系数较大,底板泥岩硬度系数较小。

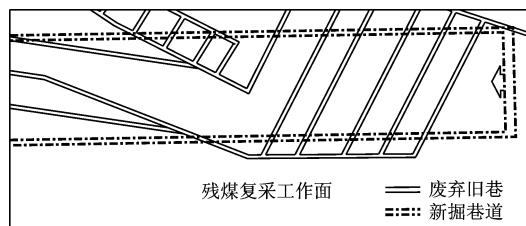
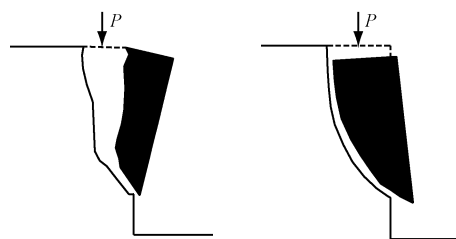


图1 4号煤残煤复采工作面

2 残煤复采煤壁片帮机理

煤壁片帮是煤体在矿山压力作用下,煤体破碎后滑塌下来的一种矿压显现现象^[5-6]。对于残煤复采工作面煤体而言,由于受旧时乱采乱挖的影响,煤体中裂隙会非常发育,形成许多交错的破裂面,从而

使煤体的抗剪能力降低。煤层开采时,液压支架和煤壁共同承载着顶板的压力,若支架阻力不够,就会在煤壁前方产生较大的支承压力 P ,在该压力作用下,这些破裂面将会使煤体形成块状结构,如果煤壁前方存在自由面,块状煤体则会在重力作用下滑动、垮落,直至形成散体介质的自然安息状态,从而造成重力滑落式片帮(图2(a));如果煤壁前方没有自由面,在较高支承压力作用下,尤其在顶板来压期间,煤壁将发生剪切式破坏,当煤壁内的剪应力大于其抗剪强度时,煤体将沿着破裂面滑动,从而造成压剪式片帮(图2(b))。



(a) 重力滑落式片帮

(b) 压剪式片帮

图2 残煤复采工作面片帮形式

3 合理支护阻力计算

对于大采高残煤复采工作面,合理的支架工作阻力既要能够支撑顶板,减小老顶的回转变形,又要能够承受大部分的顶板来压,从而缓解顶板对煤壁的压力,消除片帮以及端面冒顶。较高的工作阻力能够减小煤壁压力从而缓解片帮。顶板计算模型如图3所示。

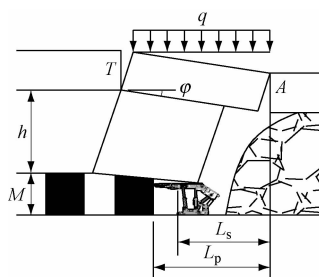


图3 残采工作面顶板模型

对A点取矩,有

$$pL_p + RL_s + T \tan \phi L - Th - qL^2/2 - \gamma hL^2 = 0 \quad (1)$$

$$p = [L^2(q + 2h\gamma) + 2(Th - T \tan \phi L - RL_s)]/2L_p \quad (2)$$

式中: p 为支架所承受的上覆岩层荷载; L_p 为煤壁到破断点A的距离; L_s 为支承作用力合力作用点到破断点A的距离; T 为水平合力; R 为支架工作阻力; h 为直接顶厚度; ϕ 为基本顶的转动角; L 为老顶从煤壁到接触点的距离; q 为基本顶上覆岩层载荷; γ 为顶板岩石视密度。

从式(2)可以得出,煤壁处的压力随液压支架工作阻力 R 的增大而减小,因此,提高支架工作阻力可以减小煤壁压力,从而缓解煤壁片帮。本文采用经验估算法来计算支架的合理阻力。顶板压力相当于采高的 4~8 倍岩柱的重量,则

$$p=(4\sim8)\times g\gamma SM\tag{3}$$

式中: g 为重力加速度,取 9.8 m/s^2 ;根据圣华煤矿地质条件,顶板比较坚硬,顶板岩石视密度 γ 取为 2.8 t/m^3 ; S 为每架支架支护的顶板面积,取 5.7 m^2 ; M 为采高, m 。

根据圣华煤矿 4 号煤地质情况,可得

$$p|_{\text{kN}}=(4\sim8)\times9.8\times5.7\times2.8\times5.5=3\,504\sim6\,882\tag{4}$$

若按 8 倍采高估算,则支架的合理阻力为 6 882 kN。

综合以上计算分析,取 8 倍采高,同时考虑残煤复采工作面顶板条件的复杂性,为了保证支架安全稳定运行,设安全系数为 1.3,从而计算得到支架合理阻力为 8 947 kN。

4 数值模拟分析

本文针对圣华煤矿 4 号煤地质条件,应用 UDEC 数值模拟软件,对支架阻力与煤壁片帮的关系进行模拟,并比较在相同支架阻力下,残煤和实体煤地质条件中煤壁片帮的情况。数值模型的力学参数见表 1。

表 1 数值模型的力学参数

岩层	均质度/m	弹性模量 E/GPa	抗压强度 σ/MPa	厚度/m
上覆岩层	15	50	75	3
粗砂岩	10	25	60	15
砂质泥岩	6	25	55	5
基本顶	6	15	50	4
直接顶	4	8	35	4
煤	3	3	25	5
底板	10	15	50	2

4.1 模型尺寸及边界条件

设计模型采用平面应变模型。根据圣华煤矿地质条件,先建立一个尺寸为 $113\text{ m}\times40\text{ m}$ 的实体煤模型,残煤开采时,工作面煤柱留存均匀,空巷宽度为 7 m,煤柱宽度为 13 m。利用上述所建立的实体煤模型,在模型内部开挖宽度为 7 m 的空巷,宽度为 13 m 的煤柱,所建立的模型如图 4 所示。

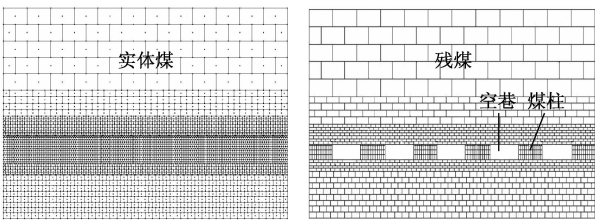


图 4 数值模拟模型

模型上边界采用应力边界条件,上表面按采场上覆岩体的自重考虑施加均匀的垂直压应力 2.8 MPa;模型的左边界、右边界、底边界采用零位移边界条件,具体约定如下:

- (1) 水平约束左右边界,设置 $V_x=0, U_x=0$,即假定水平方向的速度和位移等于零; $V_y=0, U_y=0$,即垂直方向的速度和位移等于零。
- (2) 设置模型的上边界为自由边界,上覆岩层的自重载荷向该边界施加作用力。
- (3) 设置模型的下边界在水平和垂直方向运动,假定 $V_x=0, U_x=0, V_y=0, U_y=0$,全约束模型的下边界。

4.2 数值模拟方案的确定

残煤复采大采高工作面来自上覆岩层的压力由煤壁和支架共同承担,但当支架的工作阻力不够时,煤壁随之会承担大部分力,从而引起煤壁片帮。运用 UDEC 数值模拟软件对液压支架工作阻力分别为 6 000, 7 000, 8 000, 9 000 kN 时煤壁的片帮情况进行模拟。

4.3 不同支架工作阻力对煤壁片帮的影响分析

图 5—图 8 分别为工作阻力为 6 000, 7 000, 8 000, 9 000 kN 时的煤壁位移矢量分布(图 5—图 8 中,横坐标,纵坐标分别为残煤复采大采高工作面的长度与高度,单位为 m)。

- (1) 当支架工作阻力为 6 000 kN 时,由图 5 可知,在实体煤条件下,煤壁的破坏深度达到 5 m,破坏面积达到 55 m^2 。由于支护阻力较小,控顶区顶板下沉非常明显,同时煤壁向外鼓出的程度很大,顶板断裂回转迫使直接顶向煤壁方向转移,从而使煤壁前方煤体出现了大量塑性破坏区域,主要是以剪切破坏为主。而在残煤条件下,煤壁的破坏深度达到 7 m,破坏面积达到 77 m^2 ,整个煤柱几乎被破坏。

- (2) 当支架工作阻力为 7 000 kN 时,由图 6 可知,在实体煤条件下,煤壁的破坏深度达到 3 m,破坏面积达到 34 m^2 。而在残煤条件下,煤壁的破坏深度达到 6 m,破坏面积达到 67 m^2 。与工作阻力为 6 000 kN 时相比,由于支护阻力加大,控顶区顶板下沉量均明显减小,同时煤壁向外鼓出的程度也都

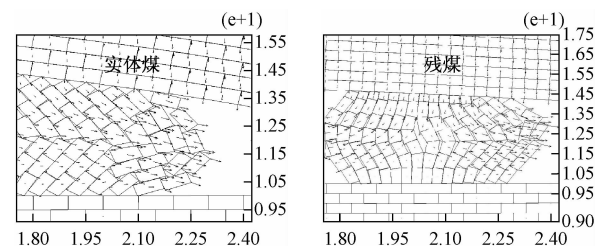


图5 工作阻力为6000 kN时的煤壁位移矢量分布

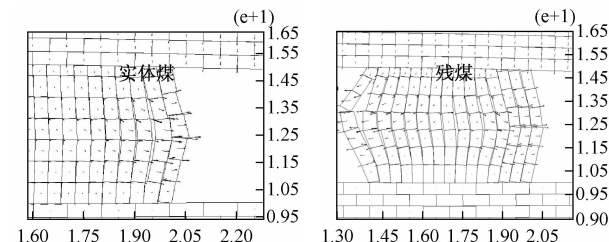


图6 工作阻力为7000 kN时的煤壁位移矢量分布

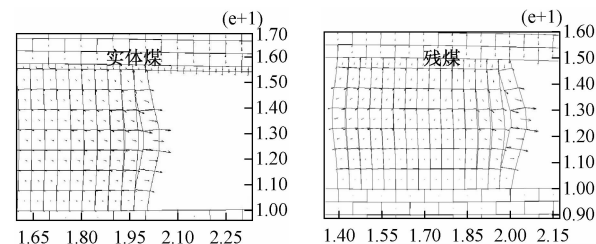


图7 工作阻力为8000 kN时的煤壁位移矢量分布

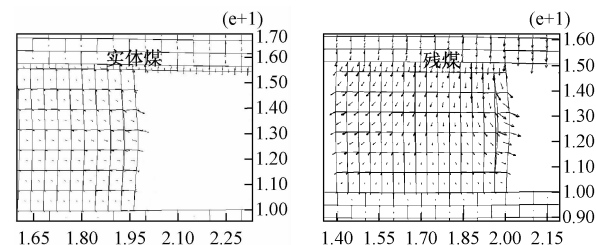


图8 工作阻力为9000 kN时的煤壁位移矢量分布

进一步减小,煤体内部仍以剪切破坏为主,而在煤壁处由于上面的挤压,以拉伸破坏为主。

(3) 当支架工作阻力为8000 kN时,由图7可知,在实体煤条件下,煤壁的破坏深度达到1.5 m,破坏面积达到23 m²,控顶区顶板已经看不出有下沉趋势,煤壁前方塑性区也明显减少,同时煤壁向外鼓出的程度已经不太明显,此种状态下煤壁发生片帮的概率很小。而在残煤条件下,煤壁的破坏深度达到4 m,破坏面积达到43 m²。随着支护阻力的加大,控顶区顶板下沉量只是进一步减小,煤壁向外鼓出的程度也进一步减小,煤体内部仍以剪切破坏为主,煤壁处以拉伸破坏为主。

(4) 当支架工作阻力为9000 kN时,由图8可知,在实体煤条件下,随着支护阻力的继续加大,煤壁稳定性很好,几乎没出现片帮现象。在残煤条件下,煤壁的破坏深度达到1 m,破坏面积达到12 m²,

随着支架阻力增大,对控顶区顶板的支护作用得到进一步加强,控顶区上部顶板下沉基本停止。工作面前方煤壁出现剪切现象,此种状态下煤壁发生片帮的概率较小。

通过分析在不同支架工作阻力下煤壁的运动情况,得出了如下结论:① 在实体煤和残煤条件下,煤壁片帮的程度随着支架工作阻力的增大而减小,且煤壁片帮最大深度与支护强度基本呈线性关系。② 在同等支架工作阻力条件下,残煤条件下的煤壁片帮程度要远大于实体煤条件下的煤壁片帮程度。③ 在实体煤条件下,当支架工作阻力为8000 kN时,煤壁片帮情况已经不严重,而在残煤条件下,支架工作阻力要达到9000 kN才能够控制顶板的下沉和煤壁的破坏深度,此时液压支架承担了大部分上覆岩层压力,从而不向煤壁转移。

所以,圣华煤矿4号煤残煤复采工作面液压支架的合理工作阻力确定为9000 kN,与利用估算法计算得出的支架阻力相吻合。

5 结论

煤壁片帮是制约残煤复采大采高综采的一个主要难题。通过分析残煤复采煤壁片帮的机理以及不同支架工作阻力下,残煤和实体煤工作面煤壁片帮情况,得出以下结论:

(1) 在残煤复采条件下,煤壁片帮可通过提高支架工作阻力来得到有效控制。

(2) 为了有效控制煤壁片帮,在残煤条件下液压支架工作阻力要大于实体煤条件下液压支架工作阻力。

(3) 通过理论计算和数值模拟,确定圣华煤矿4号煤残煤复采工作面液压支架工作阻力为9000 kN。

参考文献:

- [1] 金志远,张益东,高林生. 大采高工作面煤壁防片帮措施[J]. 煤矿安全,2013,44(4):214-216.
- [2] 方端宏,刘盼,张凤杰. 大采高综采工作面煤壁片帮特征及其稳定性分析[J]. 煤矿安全,2013,44(3):195-198.
- [3] 尹希文,闫少红,安宇. 大采高综采工作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.
- [4] 张银亮,刘俊峰,庞义辉,等. 液压支架支护机构防片帮效果分析[J]. 煤炭学报,2011,36(4):691-695.
- [5] 华心祝,谢广祥. 大采高综采工作面煤壁片帮机理及控制技术[J]. 煤炭科学技术,2008,36(9):1-3.
- [6] 宋振骥,梁盛开,唐建泉,等. 综采工作面煤壁片帮影响因素研究[J]. 湖南科技大学学报,2011,26(1):1-4.