

不连沟煤矿综放工作面末采期矿压显现规律

徐青云,黄庆国,李永明

(山西大同大学 煤炭工程学院,山西 大同 037003)

摘要:为了确保综放工作面末采期间支架顺利回撤,基于不连沟煤矿工作面的开采技术条件,通过现场矿压观测和分析,研究了综放工作面末采期间矿压显现规律。研究表明:综放工作面末采阶段停止放顶煤后,工作面来压步距增大,但来压强度呈降低趋势;随着采深的增加,顶板破断由滑落失稳向回转失稳转变,矿压显现程度降低;通过提高主回撤巷道内垛式支架的工作阻力,可以有效减小顶底板围岩的变形和失稳破坏,有利于巷道围岩的稳定和支架的顺利回撤。

关键词:综放工作面;末采阶段;工作阻力;动载系数;矿压显现

中图分类号:TD322 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2013)06-0033-04

Mine Strata Pressure Behavior Law of Fully Mechanized Top Coal Caving Mining Face During Terminal Mining Period in Buliangou Mine

XU Qing-yun, HUANG Qing-guo, LI Yong-ming

(School of Coal Engineering, Shanxi Datong University, Datong 037003, China)

Abstract: In order to ensure successfully withdrawing of the powered supports during the terminal mining period of the fully mechanized top coal caving mining face, based on mining technical conditions of the coal mining face in Buliangou Mine, with the site mine strata pressure observation and analysis, the mine strata pressure behavior law of the fully mechanized top coal caving mining face during the terminal mining period was studied. The study showed that after no top coal caving operation conducted at the terminal mining stage of the fully mechanized top coal caving mining face, the roof weighting step distance of the coal mining face was increased and the weighting intensity was in a reduced tendency. With the mining depth increased, the roof would be broken, a sliding stability lost would be turned to a rotary stability lost and the mine strata pressure behavior degree would be reduced. The working resistance of the timber packed supports increased in the main withdrawing gateway could effectively reduce the surrounding rock deformation and stability lost of the roof and floor and would be favorable to the surrounding rock stability of the gateway and the successful withdrawing of the powered supports.

Key words: fully mechanized top coal caving mining face; terminal mining stage; working resistance; dynamic loading coefficient; mine strata pressure behavior

0 引 言

为了适应高产高效的现代化矿井开采模式,我国神东等矿区综放开采中多采用双巷道回采技术,即在距回采工作面终采线一定距离处,同时掘进主回撤和辅助回采 2 条巷道,当工作面与主回撤巷道贯通后,支架逐渐由主回撤巷道通过联络巷至辅助回撤道撤出^[1-3]。这种回撤方法大幅提高了工作面的撤架效率,但由于对综放工作面末采期间的矿压

显现规律认识不足,导致部分工作面在回撤期间支架被压^[3-6],如大柳塔矿区 2203 工作面等。因此,研究综放工作面末采期间矿压显现规律,不仅可以确定合理的工作面终采线位置,提高煤炭资源采出率,同时对综放工作面末采期间安全高效生产也具有重要意义。笔者以蒙泰集团不连沟煤矿 F6201 综放工作面为研究对象,通过研究综放工作面末采期间工作面及主回撤巷道的矿山压力显现规律,以期对综放工作面末采期间选择合理的支架回撤工艺和

收稿日期:2013-01-22;责任编辑:曾康生

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50974054,50774012);山西省高校科技开发自选资助项目(20091141)

作者简介:徐青云(1976—),男,河北成安人,讲师,硕士。Tel:13097698898, E-mail:dtxuqingyun@126.com

引用格式:徐青云,黄庆国,李永明.不连沟煤矿综放工作面末采期矿压显现规律[J].煤炭科学技术,2013,41(6):33-36,49.

巷道稳定性控制方式等提供依据。

1 综放工作面地质及生产条件

不连沟煤矿 F6201 综放工作面东邻 6 号煤层回风大巷,北邻总进风巷,西部、南部均是未采区。工作面走向长度 765.8 m,倾斜长度 249.6 m,煤层埋深为 356.0~397.5 m,平均为 376.75 m。工作面开采 6 号煤层,煤层倾角 $0^{\circ}\sim 8^{\circ}$,平均为 4° ,煤层平均厚度 15.24 m。工作面基本顶为 3.6 m 厚的灰黄色及灰白色厚层状粗粒砂岩,直接顶为泥岩、砂岩互层,直接底以泥岩、砂质泥岩为主,基本底为 2.9 m 厚的细砂岩。F6201 综放工作面采用 ZF13800/27/43 型四柱放顶煤液压支架,工作面机采高度 4.0 m,放煤高度 11.24 m。在距工作面回风大巷 22 m 处掘进了支架主回撤巷道和辅助回撤巷道,巷道内采用垛式支架和单体支柱联合支护。F6201 综放工作面布置如图 1 所示。由于采深相对较浅的 F6102 工作面在未采阶段,主回撤巷道内大部分单体支柱出现了折断、压折现象,顶板最大下沉量超过 1 000 mm。为了确保 F6201 综放工作面的正常回采,对其矿压规律进行了研究和分析。

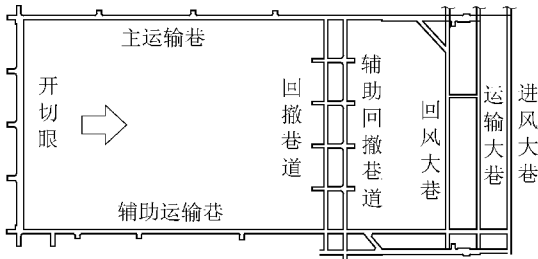


图 1 F6201 综放工作面布置

2 综放工作面未采阶段矿压显现规律

为研究 F6201 综放工作面沿倾斜方向的矿压显现规律,在工作面每隔 7 台支架布置 1 台支架压力记录仪,从工作面上部 7 号支架开始,直至 140 号支架位置,连续记录工作面推进过程中的支架循环末阻力、工作阻力以及支架前、后柱的内腔压力。同时,进行矿压观测和分析时,将工作面分为上部、中部和下部 3 个测区。上部测区至从工作面回风巷至 49 号支架,中部测区从 49 号支架至 105 号支架,从 105 号支架至工作面运输巷为下部测区。

2.1 综放工作面周期来压特征

支架的循环末阻力是确定综放工作面周期来压

步距和来压强度的重要依据。其中,工作面 70 号支架循环末阻力曲线如图 2 所示。

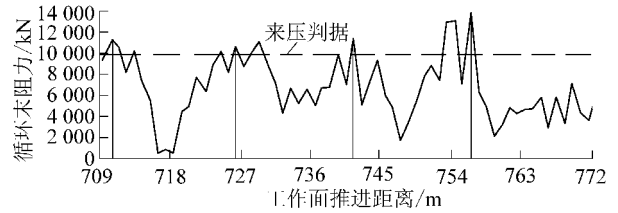


图 2 70 号液压支架不同推进距离循环末阻力分布

综放工作面通常以支架的平均循环末阻力 \bar{P}_i 与其均方差 σ_p 之和作为判断顶板周期来压的主要指标^[7-8],即满足公式

$$P' = \bar{P}_i + \sigma_p \quad (1)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{i_i} - \bar{P}_i)^2}$$

$$\bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{i_i}$$

其中: P' 为周期来压支架工作阻力; n 为实测循环数; P_{i_i} 为各循环的实测循环末阻力。根据支架循环末阻力曲线分析,得出 F6201 综放工作面周期来压步距及动载系数,见表 1。

表 1 工作面周期来压步距特征

测区位置	支架号	周期来压步距/m			周期来压动载系数		
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次
上部	7	17.1	25.2	10.8	1.49	1.45	1.45
	14	13.5	13.5	—	1.52	1.53	—
	21	11.7	14.4	13.5	1.72	1.66	1.64
	28	14.4	18.0	16.2	1.69	1.76	1.54
	35	9.0	26.1	16.2	1.76	1.73	1.75
	42	15.3	25.2	14.4	1.51	1.48	1.58
	49	13.5	10.8	17.1	1.79	1.54	1.66
中部	56	—	—	—	—	—	—
	63	9.9	28.8	13.5	1.85	1.42	1.24
	70	12.6	15.3	10.8	1.79	1.71	1.93
	77	6.3	21.6	14.4	1.84	1.46	1.81
	84	13.5	21.6	18.0	1.81	1.4	1.53
	91	12.6	15.3	22.5	1.77	1.68	1.65
	98	13.5	22.5	14.4	2.23	1.44	1.41
下部	105	15.0	20.0	15.0	1.73	1.4	1.39
	112	16.2	23.4	12.6	1.85	1.63	1.62
	119	26.1	12.6	12.6	1.86	1.52	1.39
	126	23.4	14.4	16.2	1.72	1.44	1.54
	133	23.4	18.0	13.5	1.59	1.67	1.48
	140	13.5	15.3	14.4	1.54	1.47	1.47

从表 1 中可知,工作面从 709 m 至回撤巷道贯通后基本经历了 3 次周期来压。3 次周期来压步距

的平均值为 16.2 m,第 1 次周期来压步距平均为 14.6 m,第 2 次和第 3 次周期来压步距分别为 19.1 和 14.8 m。同时,在综放工作面停止放煤后,周期来压步距呈增大趋势;从工作面上、中、下部来看,工作面上部周期来压步距平均为 16.0 m,工作面中部和下部周期来压步距平均为 15.6 和 17.0 m。因此,除工作面下部外,当综放工作面停止放顶煤之后,来压步距均有所增大,工作面下部自开切眼开始其来压都不甚明显;总体来看,综放工作面末采期间下部来压步距最大,上部次之,中部最小。

周期来压动载系数是每次基本顶周期来压时支架工作阻力与非来压期间支架平均工作阻力的比值,是评价顶板周期来压剧烈程度的重要指标之一^[9]。综放工作面第 1 次周期来压动载系数平均为 1.74,第 2 次和第 3 次周期来压平均动载系数分别为 1.55 和 1.56,说明当综放工作面停止放顶煤之后,来压强度有所减弱。

2.2 综放工作面支架工作阻力

通过分析支架工作阻力的分布区间,可以判断支架的工作性能。按区间宽度为 1 000 kN 将支架工作阻力划分若干个区间,再统计支架工作阻力在各区间段占的比例。图 3 为工作面中部位置 70 号支架工作阻力区间分布。

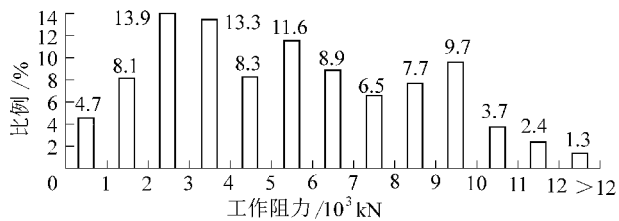


图 3 70 号支架工作阻力区间分布

对工作面不同位置支架工作阻力进行分析可知,支架工作阻力超过 12 000 kN 的支架基本位于工作面中部,说明工作面中部压力较大、来压强烈且持续时间长,尤其是 98 号支架超过 12 000 kN 的概率达到近 30%,其余支架工作阻力正常。总体来看,整个工作面工作阻力超过 8 000 kN 的支架占 31.0%,超过 7 000 kN 占 38.5%,超过 6 000 和 5 000 kN 分别占 46.4% 和 55.3%。与 F6012 综放工作面相比,F6201 综放工作面来压强度相对较弱。这种现象主要是由工作面埋深不同引起的。F6012 综放工作面埋深相对较浅,但工作面压力反而更强烈,其顶板破断后失稳形式为滑落失稳,而埋深较深的

F6012 综放工作面顶板破断后失稳形式为回转失稳,因此矿压显现程度相对较弱。

2.3 支架初撑力分析

足够的初撑力能有效减少顶板下沉及煤壁片帮现象,图 4 为 F6201 综放工作面 70 号支架初撑力分布统计情况。对 F6201 综放工作面所有支架初撑力进行分析可知,工作面初撑力多集中于 4 000~5 000 kN,超过 5 000 kN 占 34.8%,超过 6 000 kN 占 22.8%,超过 7 000 kN 占 13.9%,超过 8 000 kN 仅占 5.3%。由于支架初撑力的不足,致使工作面来压期间煤壁片帮,顶板下沉,支架活柱行程不达标等现象。

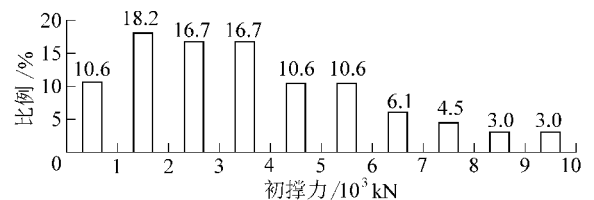


图 4 70 号支架初撑力区间分布

2.4 支架前、后柱内腔压力

支架前后柱内腔压力情况能反映出工作面支架状态,良好的支架状态有利于顶板的控制,有利于发挥支架的性能。F6102 综放工作面和 F6201 综放工作面支架前、后柱内腔压力对比见表 2。

表 2 支架前、后柱内腔压力对比

位 置	F6102 工作面			F6201 综放工作面				
	支架号	P_f	P_b	P_f/P_b	支架号	P_f	P_b	P_f/P_b
上部	9	17.6	20.2	0.871	7	22.8	17.4	1.312
	16	28.6	24.1	1.187	14	11.8	19.0	0.618
	23	36.0	25.1	1.435	21	27.8	5.1	5.407
	30	33.5	21.4	1.569	28	17.0	17.3	0.984
	37	6.4	25.9	0.248	35	16.2	11.9	1.359
中部	44	35.9	27.4	1.313	42	28.3	20.0	1.411
	51	35.5	30.1	1.178	49	9.8	15.8	0.625
	58	34.1	29.3	1.167	63	28.3	25.5	1.109
	65	35.4	27.8	1.274	70	19.4	14.2	1.370
	72	33.7	28.5	1.185	77	23.0	12.5	1.844
	79	34.4	19.6	1.757	84	28.6	26.7	1.075
	86	36.6	28.2	1.297	91	28.0	15.5	1.814
下部	93	33.6	26.5	1.267	98	27.2	28.1	0.966
	100	30.8	26.5	1.164	105	21.8	20.2	1.080
	107	37.7	23.5	1.602	112	7.8	22.4	0.350
	114	28.1	22.7	1.239	119	23.3	15.3	1.526
	121	30.8	24.0	1.283	126	11.1	17.8	0.627
	128	24.9	23.5	1.059	133	18.0	14.5	1.243
135	28.0	22.3	1.256	140	19.2	12.0	1.597	

注: P_f 为前柱内腔压力,MPa; P_b 为后柱内腔压力,MPa。

从表2中可知,F6201综放工作面除14号、28号、49号、98号、112号和126号支架前柱内腔压力小于后柱外,其余支架均为前柱内腔压力大于后柱;总体来看,F6201综放工作面所有支架前柱内腔平均压力大于后柱,高出17.7%,与F6102工作面22.1%相差不大,保证了工作面良好的状态,前柱高度略高于后柱;同时,F6201综放工作面末采期间前柱内腔平均压力为20.5 MPa,后柱平均为17.4 MPa,F6102工作面末采期间前柱内腔平均压力为30.6 MPa,后柱平均为25.1 MPa。因此,无论是前柱还是后柱,F6102工作面末采期间工作面均大于F6201综放工作面,这也说明F6201综放工作面压力及来压强度均不及F6102工作面强烈。

3 主回撤巷道矿压显现规律

F6201综放工作面末采阶段距主回撤巷道18 m开始挂网直至与主回撤巷道贯通,历时8 d。主回撤巷道内垛式支架压力及巷道变形能反映出工作面前方煤壁支撑压力的大小及变化情况。现场通过观测工作面采动对巷道变形的影响情况,分析了巷道顶板下沉量、两帮收缩量及垛式支架压力及活柱下缩量对主回撤巷道矿压显现规律的影响,进而为末采阶段综放工作面主回撤巷道围岩控制提供依据。

3.1 巷道围岩变形规律

在主回撤巷道内共布置6个测点,观测主回撤巷道顶底板及两帮变形量,图5为主回撤巷道1号测点2011年巷道顶底板及两帮变形曲线。

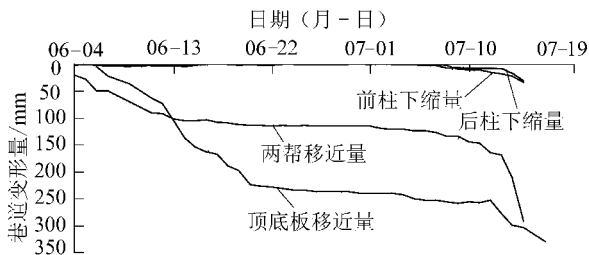


图5 主回撤巷道1号测点顶底板及两帮变形

从图5中可知,由于工作面与主回撤巷道已经贯通,在顶板下沉作用下,各测点顶底板下沉量剧烈增大,且中部活柱下缩量较两端大,各测点顶底板移近量200~500 mm。巷道两帮移近量最大为4号测点的880 mm;主回撤巷道中部采空区侧帮出现明显裂缝,部分底板断裂,中部联络巷随着支撑压力增大,片帮进一步加剧,下帮出现明显鼓出现象。

同时,工作面距主回撤巷道30 m之前巷道变形

并不严重,随着工作面的继续推进,主回撤巷道变形增加,工作面距主回撤巷道20 m时,主回撤巷道中部变形急剧增大,工作面距主回撤巷道8 m时,主回撤巷道中部变形剧烈增大,主回撤巷道顶底板日下沉量及两帮日变形量达到最大值,说明工作面超前支撑压力峰值出现在工作面前方8 m,支撑压力影响范围约30 m。当工作面与主回撤巷道贯通之后,主回撤巷道顶底板移近量的主要影响因素则是顶板下沉、压力持续增加而不再是超前支撑压力。顶板下沉最大值发生在5号测点,顶底板最大移近量为460 mm,主回撤巷道内单体支柱无折断现象。

3.2 主回撤巷道垛式支架工作阻力

2011年6—7月主回撤巷道内垛式支架平均工作阻力随时间变化曲线如图6所示。

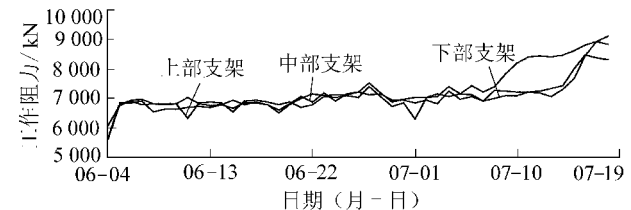


图6 垛式支架平均工作阻力随时间变化曲线

从图6中可知,随着工作面距主回撤巷道距离的减小,主回撤巷道内垛式支架工作阻力呈上升趋势,中下部垛式支架压力较上部大,但整体相差不大。工作面上部支架平均工作阻力为8 314 kN,中部和下部平均分别为8 845和9 119 kN。整个巷道内垛式支架工作阻力大多分布在9 000~9 520 kN。F6201综放工作面主回撤巷道内多数垛式支架额定阻力为12 000 kN,末采阶段主回撤巷道内单体无折断现象,安全阀开启较少,顶板最大下沉量460 mm,因此,额定工作阻力为12 000 kN的垛式支架,有效减小了主回撤巷道内顶板的下沉,减缓了顶板对单体支柱的压力。而F6102综放工作面多采用额定工作阻力为10 000 kN的垛式支架,末采阶段主回撤巷道内顶板最大下沉量大于1 000 mm,安全阀开启较多且大部分单体柱折断、压折。因此,提高主回撤巷道内垛式支架的工作阻力,可以有效降低顶底板围岩的变形和失稳破坏,有利于巷道围岩和支架自身的稳定。

4 结 论

- 1) F6201综放工作面停止放顶煤后,周期来压 (下转第49页)