

放顶煤开采工作面上覆煤岩体的结构

朱诗顺

李鸿昌

杨振复

(吉林工业大学 长春 130025) (中国矿业大学 徐州 221008) (郑州煤机厂 郑州 450007)

摘要 依据矿压实测分析和对众多放顶煤开采工作面矿压显现深入的理论研究,提出了放顶煤开采工作面上覆煤岩体的结构型式,并据此对放顶煤开采工作面的矿压显现进行了比较合理的解释。

关键词 放顶煤开采, 矿压显现, 岩体结构

1 引言

1.1 放顶煤开采工作面矿压显现的一般特征

经过放顶煤工作面专项矿压观测研究和众多放顶煤工作面观测结果的深入综合分析,其矿压显现的一般特征可归纳如下:

(1) 支架工作阻力普遍比相同地质条件下的单一煤层和分层开采面要小得多。来压前后的支架工作阻力无明显的差别,在工作循环内阻力特性曲线无明显的增阻特征,基本为恒阻状态。有相当数量的工作面呈降阻现象。

(2) 在顶板状况、煤层硬度等条件相差较大的工作面,反映到支架上的工作阻力的差别并不明显,如表1、表2所示。而且,支架的实际工作阻力比设计的额定初撑力还要小许多。

(3) 在相同的煤层地质条件下,放顶煤开采面老顶的周期性断距要小得多。

表1 部分放顶煤综采工作面煤岩特性

Table 1 Properties of roof and coal in some sublevel caving faces

工作面	煤体		直接顶		老顶	
	硬度	厚度(m)	岩性	厚度(m)	岩性	厚度(m)
鹤壁六矿 2503-2	$f = 1.5$	7.42 *	页岩及砂质页岩	8.50	砂岩	21.50
潞安王庄 4309	$f = 1-2.5$	7.26	砂质页岩易冒落	3.03	中细砂岩	12.00
阳泉一矿 8605	$f = 2-2.5$	6.05	页岩	1.72	钙质页岩	10.62
兖州兴隆庄 5306	$f = 2.44$	7.83	粉砂岩	0-7.0	中粒砂岩	30.60

* 预采顶分层后采底分层,放中层,顶煤厚度 2m—3m。

1995年5月8日收到初稿,1995年9月6日收到修改稿。

表 2 部分放顶煤综采面实测支架阻力

Table 2 Support resistances measured in sublevel caving faces

参 数 工作面	实测最大值期间(KN)				设计值(KN)			实测/设计(%)			备注
	初撑力	工作阻力	平均阻力	支撑强度 (KN/m ³)	初撑力	工作阻力	支撑强度 (KN/m ³)	初撑力	工作阻力	支撑强度	
鹤壁六矿 2503- 2	1367	1689	1892	303	2560	3000	480	53	56	63	预采顶层
潞安王庄 4309	1782	1931	1966	197	3600	4000	763	49	48	26	高位一次放煤
阳泉一矿 8605	1185	1432	3225	226	4000	4400	806	29	37	33	中位一次放煤
兖州兴隆庄 5306	2351	2767	3629	461	4400	5200	870	53	53	53	低位一次放煤
平均值	1671	1954	2678	297	3640	4150	730	46	48	44	

(4) 工作面老顶活动所造成的周期性来压显现并不明显。支架阻力的大小, 在很大程度上取决于顶煤的破碎状况和放净程度。

1.2 放顶煤开采矿压研究和生产实践存在的问题

由于放顶煤开采面矿压显现特征与单一煤层和分层开采面之间存在较大的差别, 放顶煤开采的矿压研究和生产实践都存在一系列急需解决的问题。

(1) 在相同煤层地质条件下, 放顶煤支架的工作阻力要比分层开采时低 30% 以上。而众多的煤矿仍要求放顶煤支架的设计额定阻力略高于或不低于其原有支架的设计额定阻力。因而在实际使用中, 支架阻力只达到设计值的 50% 左右。如何合理确定支架的工作阻力, 有效地降低支架的成本, 改善设备的配套环境, 提高支架的工作性能及适应范围。

(2) 对与分层开采有着较大差别的放顶煤开采, 对矿压现象如何认识和正确评价, 如何上升到理论的高度来分析问题并指导生产实践。

(3) 如何正确划分放顶煤开采围岩活动形态及其空间, 确定煤岩体的结构形式及其在开采过程中的分布与影响范围。如何认识顶煤破碎的动力来源、破碎过程及冒落机理。

2 放顶煤开采面煤岩体的运动分析及其结构

2.1 单一和分层开采面上覆岩体的运动形态、过程及其结构

在单一煤层和分层开采面, 其开采空间 and 支护空间是基本一致的。直接与支架作用的岩石直接顶整体性好, 抗压强度大, 纵向压缩量小, 侧向流动性差, 与煤体具有明显的分界面, 两者的强度也存在较大的差别。由于一次采出煤体的空间较小, 直接顶垮落后能对采空区进行比较充分的充填, 因此, 工作面上覆岩体冒落带、裂隙带和弯曲下沉带发展高度比较小, 如图 1 示。老顶断裂时, 其回转运动首先通过直接顶作用于支架顶梁, 从而迫

使立柱下缩，随下缩量的增加老顶垂直位移量随之增加，使老顶与直接顶之间相互作用的回转支点，不断地向煤壁前方移动，直到老顶断裂，完成老顶断裂和来压的全过程。

图 1 分层开采面围岩运动

Fig 1 Movement of surrounding rocks in slicing faces

图 2 放顶煤开采面围岩运动

Fig 2 Movement of surrounding rocks in sublevel caving faces

由于单一或分层开采面老顶断裂时回转角较小，由回转运动形成岩梁水平投影长度的缩短 (Δu ，见图 3) 则可以由岩梁之间接触点的位置改变而得到补偿。较小幅度的回转还可使岩梁之间咬合接触的面较大，接触应力较小，结构之间存在比较紧密的横向力的联系，因而可形成比较稳定的砌体梁平衡体系，而在其之上的岩层为整合的裂隙带。由此，支架与围岩相互作用的主要表现形式，多为给定变形关系。在开采过程中，一般具有比较明显的周期来压特征。在开采循环内，支架阻力不但增加较大，增阻速度也较快。

2.2 放顶煤开采面上覆煤岩体运动形态、过程及其结构

放顶煤开采面与单一和分层开采面的主要区别是它的开采空间与支护空间不相一致，作为直接给支架施加载荷的传力介质是顶煤而不是岩石。煤体的密度小，受压易碎、松散，节理、裂隙远比岩石发育，流动性大，整体稳定性差。顶煤在被排放、回收后，在采空区的一侧就有充分的自由空间。在支承压力的作用下的支架上方顶煤体，纵向受到限定压缩，横向可膨胀破碎，在工作面推进过程中，能量逐步向采空区释放，同时顶煤也破碎、垮落。实测表明，老顶断裂时，工作面前方 3m—5m 煤体内压力较大，煤壁也出现片帮现象，支架顶梁前部载荷较后部为大。周期来压时，只表现为煤壁片帮，而无明显的支架增阻现象，这是由于支架顶梁后方的煤体已经破碎垮落，不能充分传递压力的结果。

由于顶煤的回收，如图 2 所示，采空区需填充的空间就成倍地加大，只有更高的充分垮落带才能维系整个采场岩体的平衡。在直接顶厚度充分的情况下，垮落高度加大；在直接顶厚度不充分时，其一定厚度的老顶垮落的大块岩梁将作为规则垮落带的岩块来弥补采空区充填的不足。因该层位的老顶回转运动时，回转角度较大，造成岩梁水平投影长度有较大的缩短，在岩梁之间接触位置的改变不足以弥补缩短的位移量 Δu 时，岩梁间就失去横向力的联系。与分层开采的同一层位老顶岩体，只能形成嵌固悬臂梁结构，而在更高的一个层位上的岩体，才能形成铰接的砌体梁结构。由于支架上方煤体刚度小并被排放，悬

壁梁有较大的垂直位移量, 其与上方的砌体梁亦失去纵向力的联系, 梁体断裂亦更加深入煤壁前方, 周期性断距也较分层开采为小。在这一层位之上的老顶, 相当于分层开采的裂隙带岩层, 虽能形成砌体梁平衡结构, 但由于其形成时间长, 而且形成后已远离开采工作面, 对开采空间不构成大的影响。所以, 在放顶煤开采面, 支架与上覆煤岩体相互作用的主要表现形式, 多为给定载荷关系。其运动形态及对开采空间的影响, 可由图 3 的分析来说明。

嵌固的悬臂岩梁, 如要对开采空间有所作用, 则必须是通过垮落的未破碎岩体, 或直接与支架接触, 而不是通过松散的顶煤间接作用。其煤岩地质条件所构成的几何条件为:

$$h_2 + h_3 < L_2 < h_2 + h_3 + l$$

或
$$h_B < h_1 + h_2 \quad (1)$$

$$h_4 = h_3 / (K_p - 1)$$

$$h_B = [(h_1 + h_2 + h_3 - h_4) / L_1] (L_1 - L_2) + h_4$$

当在下列任一条件下, 老顶岩体的活动与支架均无刚性接触, 从而无明显的动压现象。

(1) 老顶岩体的周期性断距小于顶煤体厚度与下位可垮落带岩层厚度之和, 即

$$L_{周} < h_2 + h_3 \quad (2)$$

(2) 无及时垮落的下位岩层时 ($h_3 = 0, h_4 = 0$), 则

$$L_{周} < L_2 (h_1 + h_2) / (h_1 + h_2 - h_B)$$

$$h_B = [(L_1 - L_2) / L_1] (h_1 + h_2) \quad (3)$$

(3) 可垮落的下位岩层较厚, 则在采空区的充填高度已经大于采高, 即

$$h_4 > h_1 \quad (4)$$

(4) 可垮落的下位岩层较薄, 而在采空区的充填高度小于支架的实际高度, 则

$$L_{周} < L_2 (h_1 + h_2 + h_3 - h_4) / (h_1 + h_2 + h_3 - 2h_4 - h_B) \quad (5)$$

采用上述公式对大量的放顶煤开采工作面进行计算分析, 与实测结构的符合性较好。

一般情况下, 支架的载荷可由下式计算

$$Q_{静} = [(h_1 + h_2) / (K_p - 1) r_2 + h_2 r_1] b l \quad (6)$$

式中: K_p —岩石碎胀系数(建议 $K_p = 1.3 \sim 1.5$, 煤层厚取大值); r_1, r_2 —煤、岩容重; b —支架宽度; l —控顶距。

3 主要结论

(1) 在放顶煤开采工作面, 上覆煤岩体的活动范围要比单一或分层大。由于作为直接顶板的顶煤被回收, 导致规则垮落带高度增大。在绝大多数情况下, 及时参与作用的一定厚度的老顶, 以嵌固悬臂梁的形式存在, 从而形成支架—围岩的给定载荷关系。

l_1 —上位岩层周期断距; l_2 —刚性接触点长度最小值; l —控顶距;

Δu —老顶回转水平位移量; θ —回转角; h_1 —采高;

h_2 —顶煤厚度; h_3 —下位岩层垮落厚度;

h_4 —下位岩体充填高度; h_B —老顶顶端终点高度。

图 3 围岩充填空间及上位岩层运动关系

Fig 3 Relation between the gob and movemental overburden rocks

(2) 支架—围岩的给定载荷特征, 可以对放顶煤开采工作面的矿压显现作出较合理的解释: 在众多的地质条件各异的放顶煤开采工作面, 支架阻力较小而且差别不大, 而且来压前后无明显增减, 其原因在于支架的外载荷是一给定的载荷—来自于顶煤和可垮落的规则垮落带的作用。老顶的运动是顶煤破碎过程中的主要动力。煤壁前方的顶煤在支承压力的作用下压缩并积蓄大量的能量, 在顶煤体逐步到达排放位置的过程中, 顶煤逐步释放能量和产生指向采空区的以横向位移为主的移动、膨胀、破碎和垮落。顶煤的破碎程度主要取决于煤体的自然属性, 如硬度、层节理发育情况以及老顶的岩性, 与支架的结构型式和放煤口位置关系不大。

参 考 文 献

- 1 朱诗顺: 缓倾斜特厚煤层综采放顶煤工作面矿压显现 矿山压力, 1989; (3): 69- 74
- 2 李鸿昌, 朱诗顺: A research into underground pressure in longwall faces induced by use of sublevel caving in thick seam. 见: 第十二届国际岩石力学局科学会议论文集, 英国: 1991; 231- 235
- 3 朱诗顺, 李鸿昌: 厚煤层放顶煤长壁工作面矿压研究 见: 第二届国际采矿科学技术讨论会论文集, 徐州: 1991; 152- 157
- 4 朱诗顺: 放顶煤综采面液压支架与围岩的相互作用 矿山压力与顶板管理, 1993; (2): 39- 45
- 5 朱诗顺, 李鸿昌, 杨振复: 特厚煤层放顶煤综采工作面矿山压力研究 湘潭矿业学院学报, 1993; (3): 78- 84

THE STRUCTURE OF OVERBURDEN COAL AND ROCKS IN SUBLEVEL CAVING FACES

Zhu Shishun

(Jilin University of Technology, Changchun 130025)

Li Hongchang

(China University of Mining & Technology, Xuzhou 221008)

Yang Zhengfu

(Zhengzhou Coal Mining Machinery Factory, Zhengzhou 450007)

Abstract Based on a great amount of results of ground pressure observed in mine, a deep-going and detailed study is made into the appearances of surrounding rocks with supports. The structure type of overburden coal and rocks in sublevel caving faces is put forward, and the unclear reason of some ground pressure performances occurred in caving faces reasonably explained.

Key words sublevel caving, ground pressure, structure of rocks