

急倾斜煤层俯伪斜综采工作面 布置层面角研究

冯坤¹, 楚开万², 房局^{3*}

(1. 山东矿机集团股份有限公司支架研究所, 山东 潍坊 262400;
2. 重庆市能源投资集团科技有限责任公司机械装备院, 重庆 400061;
3. 重庆大学 煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室, 重庆 400044)

摘要:急倾斜煤层采用俯伪斜工作面综合机械化开采, 选择合适的层面角直接影响煤炭的自溜效果、综采设备布置状态及配套参数, 是实施急倾斜工作面综采的关键参数, 决定着采煤工作面设备是否正常运行和是否获得预期的生产效果。以重庆地区逢春煤矿 S2611 工作面为例, 对急倾斜煤层俯伪斜工作面布置层面角进行研究, 确定了该工作面采用俯伪斜布置的层面角为 73°。该研究对提高急倾斜煤层机械化开采水平具有重要的理论意义和工程应用价值。

关键词:层面角; 急倾斜煤层; 俯伪斜; 煤炭自溜; 配套参数

中图分类号:TD355 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2017)04-0033-05

Study on the Bedding Angle of the Dip Oblique Fully Mechanized Working Face in Steeply Coal Seam

Feng Kun¹, Chu Kaiwan², Fang Ju³

(1. Hydraulic Support Institute, Shandong Mining Group Co. Ltd, Weifang 262400, China;
2. Mechanical Equipment Institute, Chongqing Energy Investment Group Science & Technology Co. Ltd., Chongqing 400061, China;
3. State Key Laboratory of Coal Mine Disaster Dynamics and Control, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In the steep inclined coal seam, the comprehensive mechanized mining of the dip oblique working face is selected. The appropriate bedding angle is directly affected by the self-slipping effect of the coal, the state of the fully mechanized coal mining equipment and the supporting parameters. It is the key parameter to implement the fully mechanized mining in the steep working face, whether the coal working face equipment is operating normally and whether the desired production effect is obtained. This paper takes S2611 working face of Fengchun Coal Mine in Chongqing as an example to study the arrangement of the bedding angle of the dip oblique face in steeply inclined coal seam. It determines the level of the working face using pseudo inclined arrangement bedding angle is 73°. The study improves the level of mechanized mining of deeply inclined coal seam, and is of importantly theoretical significance and engineering application value.

Keywords: bedding angle; steep seam; oblique face; coal sliding; matching parameters

急倾斜煤层是指赋存倾角大于 45° 的煤层, 在我国煤炭总储量中大约占 17%, 其年产量约占全国煤炭总产量的 3%^[1,2]。据统计, 我国 626 处国有重点煤矿和地方煤矿中, 开采急倾斜煤层的矿井有 103 处, 占 16.5%^[3]。近年来, 随着矿井开采强度的增加, 部分地区的优质煤炭资源迅速枯竭。为保证矿井的可持续发

收稿日期: 2017-04-20

基金项目: 重庆市前沿与应用基础研究一般资助项目 (cstc2015jcyjA90019)

* 通信作者, E-mail: ju.fang@equ.edu.cn

展,越来越多的矿区,如山东兖州、河北邢台和开滦、安徽淮南、江苏徐州以及贵州、四川、重庆、云南、新疆、甘肃、宁夏等省(区)的矿区,不得不考虑急倾斜薄煤层开采^[4,5]。

1 逢春煤矿煤层地质条件

重庆松藻煤电有限责任公司逢春煤矿属急倾斜煤层与瓦斯突出矿井,其煤层赋存条件在西南地区具有典型性。该矿可采煤层及局部可采煤层有5层,分别为6-3[#]、7[#]、8[#]、10[#]和11[#]煤层,煤层总厚度为7.7 m左右,煤层倾角50°~65°,平均55°左右,属于急倾斜煤层。

该矿S2611工作面位于+230 m水平南一区,地面标高为+572.20 m~+1 034.20 m,工作面标高+393.38 m~+465.46 m,开采M6-3[#]煤层。采用俯伪斜走向长壁采煤法,工作面俯伪斜布置角度为55°。工作面采高为1.1 m,倾斜长度84.36 m,走向长度381.49 m,回采面积32 182 m²,回采储量59 384 t。

2 急倾斜煤层开采特点

急倾斜煤层倾角较大,垂直于岩层面面的作用力较小,沿层面方向的分力较大^[6,7],采场矿压显现缓和。如果煤层倾角大于岩石堆积的自然安息角,煤层开采后顶板会发生移动垮落,底板也会发生滑动,开采的煤炭和顶底板垮落的矸石会自动由采场上部向下部滚落^[8]。在急倾斜煤层开采过程中的这种受力状态,有利于工作面内煤炭的自溜运输和采空区矸石的自动充填^[9],但顶底板的断裂、破坏、滑移和煤炭的自溜等特点与近水平、缓倾斜煤层开采不同^[10],导致工作面顶底板管理、工作面设备稳定性控制和采空区管理的重点不同,而且,煤(岩)块的自动滚落也易损坏工作面支护和采煤机械,威胁人员安全,影响正常回采。

因此,从急倾斜煤层俯伪斜开采角度,采煤工作面伪倾斜布置角度(以下简称“伪斜角”)是非常重要的技术参数。另外,如果急倾斜俯伪斜工作面采用综合机械化采煤工艺,工作面的机械设备多,设备总重量大,在工作面空间形态限制条件下,如何合理地布置相关设备,充分发挥设备在回采过程中的作用,并保持设备的稳定性非常重要。在该方面,涉及工作面布置的层面回转角(以下简称“层面角”)。可以认为,正确选择工作面布置的层面角,直接决定急倾斜俯伪斜工作面综采装备安全和有效运行。

3 工作面合理层面角研究

为了充分发挥急倾斜煤层综采设备的能力,避免飞矸、煤块对作业区操作人员及设备的损伤,逢春煤矿采用俯伪斜采煤工艺,通过增大工作面斜长,改变采落煤炭的自溜角度和方向,使煤炭在自溜时偏向煤壁方向,保证作业区人员和设备的安全,并充分发挥液压支架对工作面顶底板的合理控制,发挥液压支架在工作面设备稳定性控制中的基础作用。

3.1 急倾斜煤层俯伪斜工作面相关角度计算

在急倾斜煤层俯伪斜开采过程中,工作面布置涉及煤层倾角、伪倾斜角和煤层层面夹角,三者之间有关联,如图1所示。图中OC伪倾斜布置的工作面, $\beta = \angle OBA$ 是急倾斜煤层倾斜层面OBC的真倾角, $\beta' = \angle OCA$ 是工作面布置的伪倾角,二者的关系与层面角 δ (平面回转角 δ')有关。

根据图1所示几何关系,可得 δ 的计算如下:

在 $\triangle OAB$ 中

$$\sin\beta = OA/OB; \quad (1)$$

在 $\triangle OAC$ 中

$$\sin\beta' = OA/OC; \quad (2)$$

在 $\triangle OBC$ 中

$$\sin\delta = OB/OC; \quad (3)$$

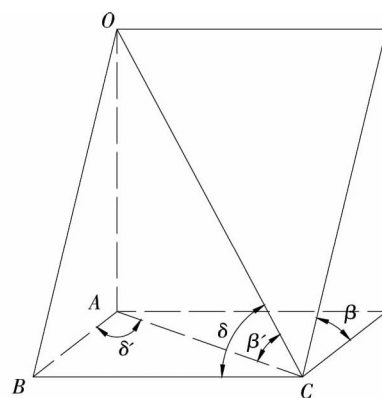


图1 急倾斜煤层俯伪斜工作面布置相关角度计算

由式(1)可得:

$$OB = OA / \sin\beta; \quad (4)$$

由式(2)可得:

$$OC = OA / \sin\beta'. \quad (5)$$

将式(4)和式(5)代入式(3),经过整理,得到急倾斜煤层俯伪斜工作面层面角与煤层真倾角、工作面布置伪斜角之间的关系:

$$\sin\delta = \sin\beta' / \sin\beta. \quad (6)$$

3.2 合理层面角的取值范围

在急倾斜煤层开采过程中,采煤工作面布置角度越大,越有利于采落煤炭的自溜,但同时也加大了煤块的势能向动能的转化效率,使煤块的滚落速度过快,对工作面下方设备造成损伤,飞入作业区对人员安全产生巨大的威胁;采煤工作面布置倾角过小,采落煤炭的自溜速度缓慢,影响回采效率,也可能造成采落煤炭在工作面遗存.根据煤矿现场实践及参照国内外急倾斜煤层开采经验,采落煤炭的自溜角比安息角大 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$,既能减小对人员和设备的危害,又能保证回采效率.

一般而言,煤炭堆积的自然安息角约为 45° .逢春煤矿 S2611 工作面煤层倾角按 55° 考虑,为达到煤层开采时的伪斜角 $50^{\circ} \sim 52^{\circ}$ 的要求,由式(6)可得:

$$\delta = \arcsin \frac{\sin\beta'}{\sin\beta} = 69.26^{\circ} \sim 74.15^{\circ}.$$

3.3 层面角对设备布置的影响

合理层面角应在保证工作面正常开采,降低设备事故和消除人员安全隐患的前提下,能满足工作面综采设备的合理布置和正常运行.在急倾斜俯伪斜工作面中,导向输送机布置方向需与层面角一致;支架垂直布置,但支架前端也应与层面角保持一致的倾斜角度,应设计成“异形”支架,如图2所示.如此,可以保证全工作面具有恒定的空顶距和控顶距,保证正常采煤和对顶板的合理控制.

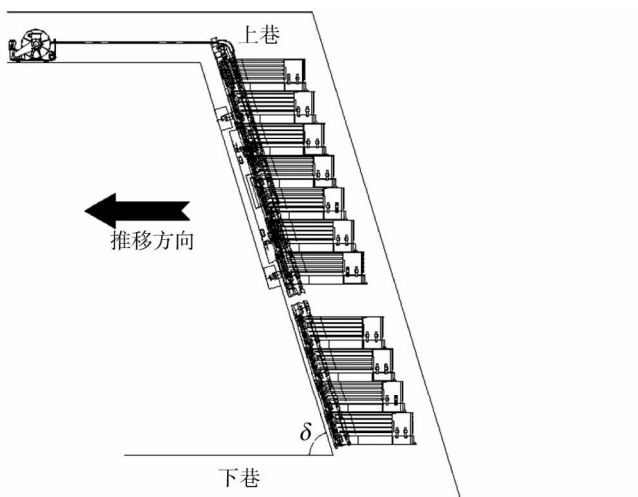


图2 急倾斜煤层俯伪斜工作面布置相关角度计算

3.3.1 层面角对输送机的影响

支架受结构限制,最小宽度一般为 $1\ 420\ \text{mm}$.考虑支架内部的侧推千斤顶的最大行程可设计为 $260\ \text{mm}$,则支架的宽度变化范围为 $1\ 420 \sim 1\ 680\ \text{mm}$.在此变化范围内,取中心距 D 为 $1\ 560\ \text{mm}$,则在支架使用过程中能够灵活调节.在支架中心距一定的条件下,工作面布置层面角变化对工作面导向输送机节长的影响如表1所示.

通过对比分析可知,只有在层面角 73° ,导向输送机节长 $1\ 630\ \text{mm}$,才能排布 $125\ \text{mm}$ 或 $126\ \text{mm}$ 节距的常规导向销排,以便满足采煤机使用常规驱动轮,而选择其他层面角度时,都需要特制销排和驱动轮.

表 1 层面角对支架中心距和导向输送机节长影响对比

序号	层面角/(°)	支架中心距 D /mm	导向输送机节长/mm	备注
1	68	1 560	1 683	
2	69	1 560	1 671	
3	70	1 560	1 660	
4	71	1 560	1 650	
5	72	1 560	1 640	
6	73	1 560	1 630	整节距
7	74	1 560	1 620	
8	75	1 560	1 623	
9	76	1 560	1 615	
9	77	1 560	1 601	
10	78	1 560	1 595	

注:导向输送机节长简化取整

3.3.2 层面角对支架尾部防窜矸的影响

对急倾斜俯伪斜工作面设备布置而言,层面角越小,支架后端错距越大,后部矸石窜入支架内部的率就越大,且移架时,上架与下架的重合量越小,越不利于工作面支架的整体稳定;层面角越大,上、下支架的重合量越大,越能保持移架过程中的稳定性,但工作面前侧采落煤炭越易窜入作业区,对设备和人员安全的危害性越大.因此,在层面角允许的范围,应兼顾工作面导向输送机和支架的合理布置要求.

根据前面分析得到的合理层面角 δ 和液压支架中心距 D ,可得支架尾部的错距 H .

$$H = D / \tan \delta = 1\,560 / \tan(69.26^\circ \sim 74.15^\circ) = 591 \sim 443 \text{ mm}$$

4 层面角的确定

通过以上分析可知,急倾斜俯伪斜工作面层面角的变化将直接影响综采设备配套参数的合理性及设备运行的安全稳定性.当层面角为 73° 时,导向输送机可布置整节距销排,工作面布置的伪斜角也能满足煤炭自溜的需要,而且,工作面液压支架尾部的错距较小,易于防护采空区垮落矸石.最后得到的逢春煤矿 S2611 工作面相关配套参数如表 2 所示.

表 2 配套参数

煤层倾角	层面角	伪斜角	导向装置节长	导向装置节数	尾部错距	配套中心距
55°	73°	51.57°	1 630 mm	13	447 mm	1 560 mm

在煤层倾角 55° 、工作面布置层面角 73° 时,急倾斜煤层俯伪斜开采工作面各角度关系如图 3 所示.

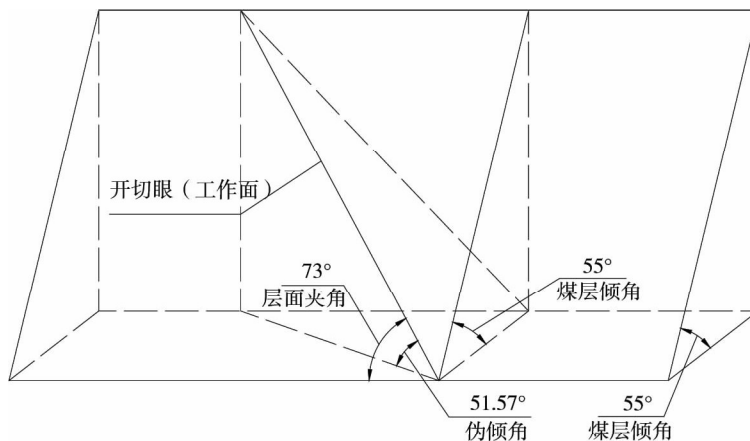


图 3 S2611 急倾斜煤层俯伪斜综采工作面各角度投影关系

5 结论

1)根据急倾斜煤层开采的特点,通过对工作面顶底板管理、工作面设备稳定性控制和采空区管理,认为正确选择工作面布置的层面角,可直接决定急倾斜俯伪斜工作面综采装备安全和有效运行。

2)以逢春煤矿 S2611 工作面为例,得到急倾斜煤层俯伪斜工作面层面角与煤层真倾角、工作面布置伪斜角之间的关系;确定了合理层面角的取值范围和层面角对采煤工作面设备布置的影响。

3)通过分析可知,急倾斜俯伪斜工作面层面角的变化将直接影响综采设备配套参数的合理性及设备运行的安全稳定性,并且最后得到的逢春煤矿 S2611 工作面相关配套参数.应用本文对急倾斜煤层俯伪斜工作面布置层面角的研究成果,对提高急倾斜煤层机械化开采水平具有重要的理论意义和工程应用价值。

参考文献:

- [1] 段红民,胡喜明,巫仕振. 薄及中厚急倾斜煤层采煤方法优化研究[J]. 煤炭科学技术,2008, 36(2):16-22.
- [2] 许红杰. 3.5~10 m 急倾斜煤层巷柱式放顶煤开采技术研究[D]. 北京:煤炭科学研究总院,2005.
- [3] 李俊斌. 急(倾)斜煤层柔性掩护支架采煤法[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2011.
- [4] 张秀才,杨米加. 白集矿大倾角厚煤层走向长壁分层开采技术研究[J]. 东北煤炭技术,1998(2):11-13.
- [5] 胡开江,郭秉超,漆涛,等. 急倾斜煤层顶煤超前预爆破工艺分析[J]. 西安科技大学学报,2010,5(30):543-547.
- [6] 徐永圻. 煤矿开采学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1999.
- [7] 伍永平,俞东风. 大倾角综采支架稳定性控制[J]. 矿山压力与顶板控制,1999(Z1):82-85,93-239.
- [8] 吴绍倩,石平五. 急倾斜煤层矿压显现规律的研究[J]. 西安矿业学院学报,1990(2):1-9,58.
- [9] 曹树刚,勾攀峰. 采煤学[M]. 北京:煤炭工业出版社,2011.
- [10] 屠洪盛. 薄及中厚急倾斜煤层长壁综采覆岩运动规律与控制机理研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2014.