

开采技术与装备

大倾角特厚煤层斜切分层综放开采实践

刘赫男¹, 孙运江², 谢生荣², 侯铁军³, 李世俊², 王金光²

(1. 太原理工大学 矿业工程学院, 山西 太原 030024; 2. 中国矿业大学(北京) 资源与安全工程学院, 北京 100083;
3. 新疆百花村股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐, 830002)

摘要 根据新疆大黄山煤矿+735工作面生产地质情况, 进行综放支架选型, 并对其防倒、防滑稳定性进行分析。通过分析得知, 支架倾倒临界角为 28° , 下滑临界角为 $22^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。由于中大槽煤层采用斜切分层综放开采, +735工作面倾角从 40° 降到 28° , 比支架下滑临界角稍大, 说明支架仍需要采取防倒防滑技术措施。此外, 对机采高度及上端头区域加强支护进行分析研究, 并通过现场实践, +735工作面实现了大倾角特厚煤层安全、高产、高效开采。

关键词 大倾角特厚煤层; 斜切分层; 综放开采; 防倒防滑

中图分类号 TD823.45 **文献标识码** A **文章编号** 1006-6225(2014)06-0035-04

Practice of Oblique Slicing Full-mechanized Caving Mining Extremely-thick and Large-angle Coal-seam

LIU He-nan¹, SUN Yun-jiang², XIE Sheng-rong², HOU Tie-jun³, LI Shi-jun², WANG Jin-guang²

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

2. Resources & Safety Engineering School, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

3. Xinjiang Baihuachun Co., Ltd., Wulumuqi, 830002, China)

Abstract: Full-mechanized caving mining powered support lectotype was made and its anti-inverted and anti-skid stability was analyzed on the basis of mining and geological condition of +735 mining face of Dahuangshan Colliery, Xinjiang. Result showed that critical angle of powered support inversion was 28° and that of skid was $22^{\circ} \sim 25^{\circ}$. Oblique slicing mining made dip angle of mining face reduced to 28° from 40° , which was slightly larger than critical skid angle and anti-inverted and anti-skid measure should be needed. Mining height and supporting in upper-end area was analyzed. Application showed that safe, high-production and high-efficiency mining was realized in +735 mining face.

Keywords: extremely-thick and large-angle coal-seam; oblique slicing; full-mechanized caving mining; anti-skid and anti-inverted

目前, 对于大倾角特厚煤层通常采用分层或综放开采, 其中分层方法主要有3种: 水平分层、倾斜分层和斜切分层^[1-2]。而对于像新疆大黄山煤矿厚度为25m, 倾角约为 40° 的中大槽煤层, 水平分层虽然大大降低了工作面倾角, 提高了支架稳定性, 但工作面长度较短, 单产低, 不适合综合机械化开采; 倾斜分层虽能保证工作面长度, 但工作面倾角较大, 支架倾倒、下滑的危险性较大, 降低了工作面生产安全系数; 斜切分层既能保证综合机械化开采所需工作面长度, 又能降低工作面倾角, 提高支架稳定性。通过现场实践, +735工作面实现了大倾角特厚煤层高产高效开采。

1 工作面概况

新疆兵团农六师大黄山煤矿位于乌鲁木齐以东

120km, 可采煤层自上而下分别为: 五尺槽、四尺槽、米尺槽、中大槽、八尺槽。现主采中大槽煤层, 其产状稳定, 结构简单, 煤层坚固性系数 $f = 1.35 \sim 1.8$, 节理发育, 倾角为 $30^{\circ} \sim 42^{\circ}$, 平均厚度23.5m。+735工作面布置在中大槽煤层内, 其走向长度1240m, 倾斜长度96m, 储量2.45Mt, 机采高度为2.7m, 采放比小于1:3, 直接顶为8.0m厚的粉砂岩, 在直接顶之上有22~52m厚的砂砾岩、粉砂岩、细砂岩互层, 顶板岩石抗压强度多为60~90MPa, 属坚硬顶板, 底板巷为粉砂岩、炭质泥岩、细砂岩, 岩性中等偏坚硬。

+735工作面进风巷(运输)位于煤层顶板巷水平标高+735m, 回风巷位于煤层底板水平标高+770m, 如图1所示。

收稿日期 2014-03-18

DOI 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2014.06.009

基金项目 国家自然科学基金重点资助项目(51234005); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2010QZ06)

作者简介 刘赫男(1971-), 女, 河北唐山人, 硕士研究生, 讲师。

引用格式 刘赫男, 孙运江, 谢生荣, 等. 大倾角特厚煤层斜切分层综放开采实践[J]. 煤矿开采, 2014, 19(6): 35-38.



图 1 +735 工作面巷道布置剖面

2 工作面液压支架选型

根据综放工作面工程类比统计法估算 +735 工作面顶板压力^[4]:

$$P = k(1939 + 2.1H + 471f + 155/M_d) \quad (1)$$

式中, P 为支架工作阻力; H 为采深; f 为煤的坚固性系数; M_d 为顶煤厚度; k 为安全系数, 取 1.35。

根据大黄山煤矿 +735 工作面的具体参数: $H = 400 \sim 475\text{m}$, $f = 1.8$, $M_d = 10.3\text{m}$, 将其代入式 (1) 得 $P = 5129.1\text{kN}$ 。故 +735 工作面最终选用 ZFS5200/17/32 型低位放顶煤液压支架和 ZFSG5600/17/32 型放顶煤过渡支架, 基本支架 62 架, 过渡支架上端头 3 架, 下端头 2 架。ZFS5200/17/32 型低位放顶煤液压支架主要技术参数如表 1 所示。

表 1 ZFS5200/17/32 型液压支架主要技术参数

技术参数	数值
高度/mm	1700 ~ 3200
中心距/mm	1500
初撑力/MPa	24
工作阻力/kN	5200
支护强度/MPa	0.90 ~ 0.91
底板比压/MPa	<1
适应煤层倾角/(°)	≤45
泵站压力/MPa	31.5

3 支架防倒、防滑稳定性分析

+735 工作面倾角较大, 支架自重及顶板压力沿倾向分力较大, 容易出现支架倾倒、下滑等现象, 严重制约着矿井安全高效生产。

3.1 支架防倒稳定性分析

+735 工作面支架在顶板压力 Q 、自身重量 G 、底板支撑力 p 、顶底板摩擦力 f_1 , f_2 以及相邻支架之间的相互挤压力 F_1 , F_2 的作用下处于平衡状态, 如图 2 所示。

工作面支架抗倒稳定性与其重心在底座的投影位置直接相关, 当其重心投影位于底座之外时, 支架将会发生倾倒^[4]。根据图 2 (a) 中的几何关系

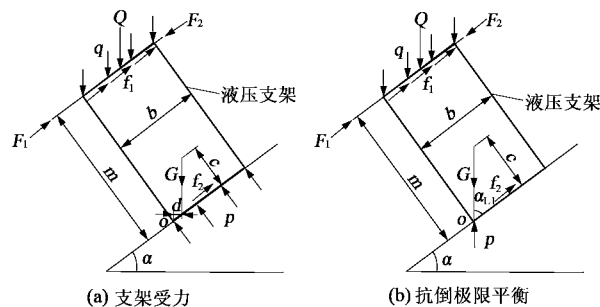


图 2 倾斜工作面支架受力分析

可得工作面支架重心在底座投影相对位置 d :

$$d = \cos\alpha(b - 2c\sin\alpha)/2 \quad (2)$$

式中, b 为支架宽度, m; c 为支架重心高度, m; α 为煤层倾角, (°)。

当 $d = 0$ 时, 支架处于抗倒极限平衡状态, 如图 2 (b) 所示, 由此可得支架倾倒临界角 α_{L1} :

$$\alpha_{L1} = \arctan(b/2c) \quad (3)$$

从式 (3) 可以明显看出, 支架倾倒临界角 α_{L1} 随支架底座宽度 b 的增大而增大, 随重心高度 c 的增大而减小, 因此, 降低机采高度 m 和增加支架宽度 b 均有利于防止支架发生倾倒。支架倾倒临界角 α_{L1} 越大, 说明支架的抗倒稳定性越好, 当工作面倾角 α 大于倾倒临界角 α_{L1} 时, 支架需要采取防倒措施。+735 工作面所选用的 ZFS5200/17/32 型支架重心高度 $c = 1.4\text{m}$, 支架宽度 $b = 1.5\text{m}$, 将参数代入式 (3) 得支架倾倒临界角 $\alpha_{L1} = 28^\circ$ 。斜切分层使大黄山煤矿 +735 工作面倾角从 40° 降低到 28° , 说明支架基本仍需采取防倒措施。

3.2 支架防滑稳定性分析

根据图 2 倾斜工作面支架受力分析可列以下平衡方程 (假设机采高度 m 不变):

$$Q\cos\alpha + G\cos\alpha - P = 0 \quad (4)$$

$$Q\sin\alpha + G\sin\alpha + F_2 - F_1 - f_1 - f_2 = 0 \quad (5)$$

同时, 对支架 O 点取矩得:

$$Q(m\sin\alpha - bc\cos\alpha/2) + Pb/2 - (f_1 + F_1 - F_2)m - Gd = 0 \quad (6)$$

$$f_1 = \mu Q\cos\alpha \quad (7)$$

$$f_2 = \mu P \quad (8)$$

联立 (2)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8) 得:

$$F = \frac{[2(F_1 - F_2) + G\cos\alpha(1 - 2\lambda\sin\alpha - \mu)]\mu}{\tan\alpha - \mu} \quad (9)$$

式中, F 为支架的抗滑力, $F = f_1 + f_2$; G 为支架自重; μ 为支架与顶底板间动摩擦因数; α 为煤层倾角; $\lambda = c/m$ 。

考虑到安全因素, 认为 +735 工作面支架所受上下相邻支架的挤压作用力近似相等, 即 $F_1 \approx F_2$, 加之动摩擦因数 μ 较小, 可忽略其高次项 μ^2 , 故

式(9)可以简化成:

$$F = \frac{G\mu\cos\alpha(1 - 2\lambda\sin\alpha)}{\tan\alpha - \mu} \quad (10)$$

从式(10)中可以看出,支架的抗滑力 F 随支架自重 G 和顶底板动摩擦因数 μ 的增大而增大,随煤层倾角 α 的增大而减小。

当顶煤放空或不带压移架时,工作面支架处在无初撑力状态,同时也是从安全角度考虑,视支架为不带压移架,此时支架下滑的临界平衡方程为:

$$G\mu\cos\alpha - G\sin\alpha = 0 \quad (11)$$

解之得支架下滑临界角 α_{12} :

$$\alpha_{12} = \arctan\mu \quad (12)$$

从式(12)中可以明显看出,支架无初撑力状态下抗滑稳定性主要取决于顶底板动摩擦因数 μ ,因此可以通过清理底板浮煤,提高支架抗滑稳定性。支架与顶底板动摩擦因数 μ 为0.4~0.45,则可求得支架下滑临界角 $\alpha_{12} = 22 \sim 25^\circ$ 。大黄山煤矿+735工作面由于采用斜切分层综放开采,工作面倾角从 40° 降到 28° ,比支架下滑临界角稍大,说明支架仍有下滑的危险,故需要采取一定的防滑措施。

4 机采高度确定

机采高度增大,提高了顶煤放出率,但降低了支架稳定性,同时也增加了片帮的危险性。因此,合理的机采高度既能有效保障工作面支架的稳定性,又能显著提高顶煤放出率和煤质,从而实现矿井安全、高产、高效开采。

通过采用模拟软件 UDEC 对大黄山矿+735综放面机采高度分别为2m, 2.5m, 3m, 3.5m, 4m对煤壁片帮的影响进行数值模拟分析,煤壁塑性区深度与机采高度的关系如图3所示。从图3中可以明显看出:煤壁前方塑性区深度随机采高度的增大而增加,煤壁片帮的危险性也相应增大。当机采高度在3m以下时,煤壁前方塑性区深度增长较缓慢;当机采高度大于3m时,煤壁前方塑性区深度增长速率明显变大,煤壁片帮的危险性也相应急剧增加。此外,考虑到支架支撑高度、斜切分层间距、采放比以及支架稳定性等因素,故最终确定+735工作面机采高度为2.7m。

5 液压支架防倒、防滑控制技术

(1) +735工作面液压支架要安装防倒、防滑千斤顶,采用上、下端头3架1组联锁,中间2架1组联锁的安设方式。在移架时,要始终保持整体

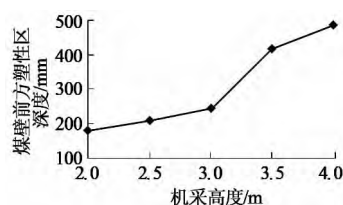


图3 煤壁前方塑性区深度与机采高度关系

自下而上带压擦顶移架,防止其呈无约束滑移状态。当支架出现失稳时,利用支架上装设的千斤顶,以有初撑力的支架为稳固点,对相邻的支架产生一定的作用力,以及时调整支架,防止出现挤、咬、悬、滑、倒架现象。

(2) 下端头前3架端头支架的稳定性对整个+735工作面支架的稳定起到关键作用。因此移架时,要先移第2架,防倒防滑千斤顶以第1架为受力支撑点给第2架一个倾斜向上的作用力,使支架不出现倾倒、下滑;然后带压擦顶移第1架,并利用千斤顶以第2架为受力点,拉住第1架,并在该架下侧斜打单体支柱,以保证第1架的稳定;最后移第3架,其操作同第2架。

6 工作面上端头区域加强支护

由于考虑到进出口安全问题,工作面端头过渡支架一般不进行放顶煤,大黄山煤矿+735工作面由于采用斜切分层综放开采,其上部端头顶煤厚度较大,最厚部位可达10m多,且存在一块三角顶煤位于工作面外侧很难放出,为提高煤炭采出率,实现矿井可持续发展,决定对上端头顶煤进行爆破预裂放顶煤作业。考虑到端头区域支护的可靠性和放煤的安全性,首先用千斤顶将上端头3架端头过渡支架联锁成一个整体,以提高其稳定性,防止其可能因顶煤放空而失稳。然后用 π 型钢梁配以单体支柱,1梁3柱,上端头采用“四对八梁”加强支护,超前工作面20m采用“三对六梁”加强支护,超前工作面20~30m采用“两对四梁”加强支护,以提高上端头及超前支护的可靠性,如图4所示。最后在靠近采空区附近3排单体支柱旁斜打1根单体支柱,如图4中B-B截面所示,防止其受采空区矸石冲击而失稳。

7 结论

(1) 通过对+735工作面支架防倒、防滑稳定性分析得知:其倾倒临界角为 28° ,下滑临界角为 $22 \sim 25^\circ$ 。斜切分层使大黄山煤矿+735工作面倾角从 40° 降低到 28° ,大大降低了支架倾倒和下滑的危险性。

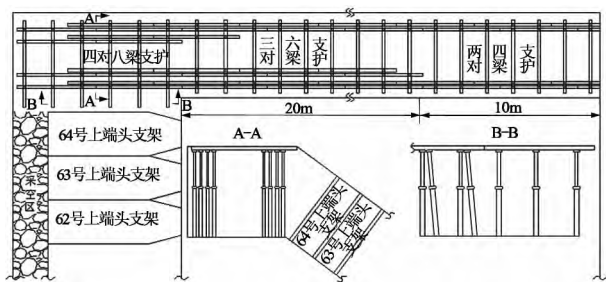


图 4 +735 工作面上端头区域加强支护示意

(2) 通过采用 UDEC 软件对大黄山矿 +735 综放面机采高度对煤壁片帮的影响进行数值模拟分析, 此外, 综合考虑支架支撑高度、煤层厚度与采放比, 最终确定 +735 工作面机采高度为 2.7m。

(3) +735 工作面液压支架安装防倒防滑千斤顶, 上、下端头 3 架 1 组联锁, 中间 2 架 1 组联锁, 且下端头前 3 架端头支架移架时, 先移第 2 架, 然后带压擦顶移第 1 架, 最后移第 3 架。

(4) 为提高上端头区域支护的可靠性, 保障上端头预爆破放煤安全, 上端头采用“四对八梁”加强支护, 超前工作面 20m 采用“三对六梁”加强支护, 超前工作面 20~30m 采用“两对四梁”加强支护。

(上接 10 页)

化, 提升矿山的安全管理水平和生产效益。

5 结论

(1) 分析我国中小煤矿发展现状以及存在问题, 中小煤矿经历了从鼓励到治理的发展过程, 由于其本身存在地质条件复杂、采煤方法和工艺装备落后、煤炭采出率低、安全状况差等因素, 严重制约了中小煤矿产能的发挥, 从而阻碍了行业的整体发展。

(2) 研究了中小煤矿安全高效开采的途径, 必须以采煤方法和采煤工艺变革为中心, 带动采掘机械化进步, 同时建立健全安全质量标准, 着力建设安全监控预警、人员定位、通信联络、隐患排查等信息化系统平台, 从根本上改变中小煤矿现有落后的发展模式, 实现中小煤矿安全、健康发展。

参考文献

- [1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于进一步加强煤矿安全生产工作意见 [N]. 中国煤炭报, 2013-11.
- [2] 刘千歌. 我国关闭整顿小煤矿政策执行研究 [J]. 西安: 西

参考文献

- [1] 伍永平, 负东风, 张森丰. 大倾角煤层综采基本问题研究 [J]. 煤炭学报, 2000, 25 (5): 465-468.
- [2] 徐永圻. 煤矿开采学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1993.
- [3] 于雷, 闫少宏, 刘全明. 特厚煤层综放开采支架工作阻力的确定 [J]. 煤炭学报, 2012, 37 (5): 737-742.
- [4] 李方立, 李松强, 吕文胜. 2130 煤矿大倾角综采工作面支架防倒技术 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (7): 14-16.
- [5] 林忠明, 陈忠辉, 谢俊文. 大倾角综放开采液压支架稳定性分析与控制措施 [J]. 煤炭学报, 2014, 29 (3): 264-268.
- [6] 白士邦. 综放顶煤放出规律及提高资源采出率的技术措施 [J]. 煤矿开采, 2006, 11 (4): 51-53.
- [7] 蒋新军. 苇湖梁煤矿急倾斜综放煤工艺研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2007.
- [8] 王金华. 中国煤矿现代化开采技术装备现状及展望 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (1): 1-5.
- [9] 杨永辰, 王同杰, 刘富明. 综放面顶煤回收率试验研究及提高回收率的途径 [J]. 煤炭工程, 2002 (8): 51-53.
- [10] 孙占国, 姜金福. 大倾角特厚煤层综放支架防倒防滑安全保障技术 [J]. 煤矿开采, 2011, 16 (6): 39-41.
- [11] 毛德兵, 姚建国. 大采高综放开采适应性研究 [J]. 煤炭学报, 2010, 35 (11): 1837-1841. [责任编辑: 于海潮]
- [12] 北京大学, 2008 (6): 6-7.
- [13] 钱永坤. 煤炭行业结构调整与小煤矿发展 [A]. 北京: 中国工业经济研究与开发促进会 2005 年会暨“产业组织与政府规制”研讨会论文集 [C]. 2005.
- [14] 王甫勤. 我国小煤矿发展问题及政策分析 [J]. 中国地质大学学报 (社会科学版), 2006, 6 (6): 61-67.
- [15] 毛德兵, 姚建国. 适于中小煤矿技术改造的几种采煤方法 [A]. 北京: 中国科协 2005 年学术年会第 20 分会场论文集 [C]. 2005.
- [16] 王敏. 小煤矿事故多发原因分析及对策研究 [J]. 煤炭经济研究, 2007 (1): 54-57.
- [17] 许红杰. 3.5~10m 急倾斜煤层巷柱式放顶煤开采技术研究 [J]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2005.
- [18] 王国法. 薄煤层安全高效开采成套装备研发及应用 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (9): 86-89.
- [19] 天地科技股份有限公司开采设计事业部, 铁法煤业 (集团) 有限责任公司. 薄煤层刨煤机全自动化无人工作面安全高效开采模式研究与应用 [R]. 2009.
- [20] 赵士华. 刨煤机工作面辅助设备配套与安全开采技术研究 [J]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2005.
- [21] 毛德兵, 蓝航, 徐刚. 我国薄煤层综合机械化开采技术现状及其新进展 [J]. 煤矿开采, 2011, 16 (3): 11-14.
- [22] 天地科技股份有限公司开采设计事业部, 攀枝花煤业有限公司. 适于中小煤矿创运综采机组无人开采技术与装备研发及示范 [R]. 2013. [责任编辑: 邹正立]