

综放工作面端头“双节式”放煤液压支架及技术

刘玉德

(华北科技学院 矿井灾害防治实验中心,北京 101601;华北科技学院 安全工程学院,北京 101601)

摘要:依据综采工作面端部“支架-围岩”关系,研发了新型的“高放低耙双节式”端部放煤液压支架,核心内容包括“对称转轮倾斜刮板式”低位耙煤系统和“对开不对称式槽形”高位放煤系统,解决了2个关键性的问题,一是在普通支架后方增加的副架有足够空间来放置后部输送机,二是通过耙煤系统把底板落煤运至输送机机头、机尾较高的运输槽中,同时,研究分析了端部顶煤冒放性特征及端部放煤可行性。项目的实施,将显著提高综放面煤炭回收率,产生良好的经济、社会效益,具有十分重要的意义和广阔的推广应用前景。

关键词:放煤支架;双节式;低位耙煤系统;高位放煤系统

中图分类号:TD355.4

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2014)02-0006-05

Research on double - section - type hydraulic end - support and technology of top - coal caving at the ends of fully - mechanized working face

LIU Yude

(Key Laboratory of Mine Disaster Prevention and Control, North China Institute of Science & Technology, Beijing 101601, China;
College of Safety Engineering, North China Institute of Science & Technology, Beijing 101601, China)

Abstract: Based on the relations between supports and surrounding rock at the ends of top - coal caving fully - mechanized working face, this paper analyzes and designs the double - section - type top - coal caving hydraulic end - support with high - caving and. The core content of new end - support includes the low coal - raking system, which has the tilt scraper and the symmetric pair wheels and the high coal - caving system which has the unsymmetrical pair - open troughs. It has solved two key problems in the design process of end - support; one is that the end - support has enough space to place the rear conveyor of working face, the other is that the loose drop - coal on the floor can be carried into the high troughs of conveyor head and tail. This paper also analyzes the caving character of top - coal at the ends of working face and the feasibility of top - coal caving at the ends. Through the implementation of the project, it will improve the coal recovery significantly, produce good economic and social benefits, and have very important significance and wide application prospect through solving the difficult problem of top - coal caving at the ends of fully - mechanized working face.

Key words: top - coal - caving support; double - section - type; low coal - raking system; high coal - caving system

2000年以来,综放开采技术已成为我国煤矿开采厚煤层的主要方法,已基本上代替了分层综采,且应用范围在不断扩大。目前,放顶煤开采工作

面的采出率相对不高,一般低于能够合理分层开采的综采面,一般包括工艺损失损失7%~12%、初采和末采损失率1%左右、上下端头损失率4%~

收稿日期:2014-01-06

基金项目:华北科技学院科研基金资助项目(A09002);高校基础研究基金资助项目(E1204)

通信作者:刘玉德(1965-),男,山东青州人,博士,教授,研究方向:开采方法、矿压控制、系统工程及矿业可持续发展等。E-mail: lydcumt@126.com

5%,使得综放面的采出率平均为81%~83%。

放顶煤工作面两端头布置有前、后输送机的机头、机尾及传动装置,设备多、支护空间大、支护强度高、工艺配合复杂,且端头放顶煤后,两端头更加难以维护,因此,综采放顶煤工作面常常采用两端头不放顶煤或少放顶煤的传统支护方式:单体液压支柱、锚杆支护、普通液压支架或过渡支架、端头液压支架。

从高产、高效标准出发,使用既能够放煤、又利于支护的端头放煤液压支架是端头支护发展的必然趋势。目前,国内外对综放面端部放煤支架的研制,主要形成了“主副架型”支架,一般支架重量较大,仅初步解决了空间问题,而没有很好地解决落煤的装运问题^[1-3]。

本文以潞安王庄煤矿43B2综采工作面为研究基础,设计开发出具有“顶部放煤系统”和“尾部耙煤系统”的、新型的端部放煤液压支架,并分析掌握了端部放煤规律,从而提高了工作面煤炭回收率,产生了显著的经济、社会效益,具有十分重要的意义和广阔的推广应用前景。

43B2综采工作面埋深237~256 m,开采3#煤层,赋存于二叠系山西组地层中,煤层厚度6.9 m,煤层倾角平均3.5°,采放比1:1.3,放煤步距0.8 m;工作面中间架选用ZFS-6000/17/33型低位放顶煤液压支架,最长段共131架,上、下端头采用。

1 综放面端部“支架-围岩”关系

综放工作面放煤以后,将在工作面端头留有一定面积的悬板不垮落,而且随着工作面推进也会发生周期性破断,并与中部岩块形成铰接,形成“弧形三角悬板”结构(图1)。

该“悬板”结构前方联接着巷道顶板,主要受其下液压支架、端头支护、工作面前方煤壁以及侧向区段煤壁的支承^[4-9]。在端部放煤条件下,“支架与围岩”之间的关系具有如下特征。

1)“支架-碎矸”结构:未断裂的三角悬板与采空区内已断裂岩块之间形成铰接结构,其下垮落的直接顶和煤的松散体在板的掩护下自然堆积于支架上方。

2)“支架-碎矸-岩梁”结构:支架上方是冒落的直接顶松散体,之上承接着断裂的弧形三角板与采空区内已断裂岩块和巷道煤柱体上方未断裂

岩块形成的单斜铰接结构。

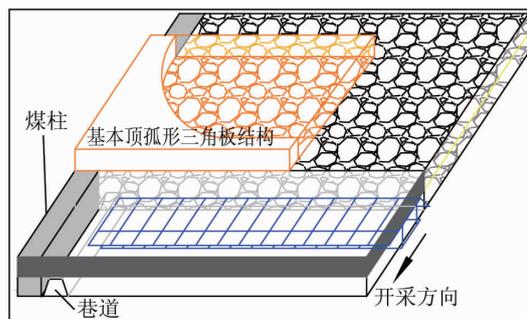


图1 采煤工作面弧三角块结构

2 新型端部放煤液压支架

2.1 关键问题

因工作面输送机的传动装置尺寸较大,使得机头、机尾槽帮较高,且所需空间大,所以,要实现端部放煤的目的,必须解决2个关键问题:

- 1) 有足够空间放置后部输送机;
- 2) 将底板落煤运至输送机机头、机尾槽中。

2.2 “高放低耙”主副架型端内过渡支架

2.2.1 “双节式”主、副架

在正常支架后方增加副支架,使后部刮板输送机处于较大空间^[10],支架立体效果参见图2;主副架与输送机之间的关系,见图3。

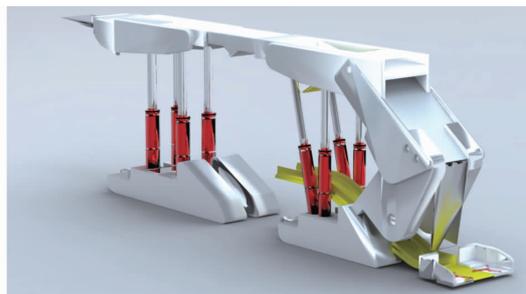


图2 高放低耙主副架型端内过渡支架虚拟效果

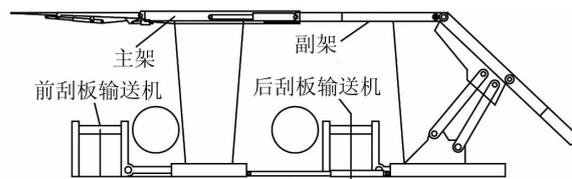


图3 端部输送机机头机尾处于主副支架较大空间

2.2.2 低位耙煤系统

在低位出煤口下方安置“对称转轮倾斜刮板式”耙煤系统,将底板落煤耙到机头、机尾较高的槽中,分3段组成:下段与支架底座相连,上段以滑动轮方式铰接在工作面刮板输送机上方,并与中段

以转动方式铰接. 以适应刮板输送机在不同位置时实现连续耙煤, 并使中段倾斜角度不大于 25°. 如图 4 所示.

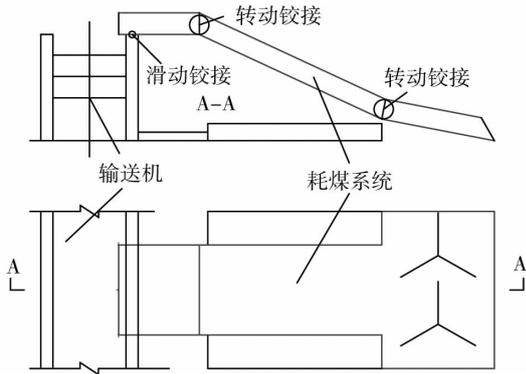


图 4 对称转轮倾斜刮板式耙煤系统

2.2.3 高位放煤

在副架顶梁中间设计“对开不对称式槽形”放煤系统, 单开式放煤槽与支架顶梁滑动铰接, 以适应刮板输送机在不同位置时的连续放煤; 为了提高装煤效率, 在放煤槽口另一侧, 安装单开式挡煤定向板, 同时, 在刮板输送机槽帮上加装挡煤板, 如图 5 所示.

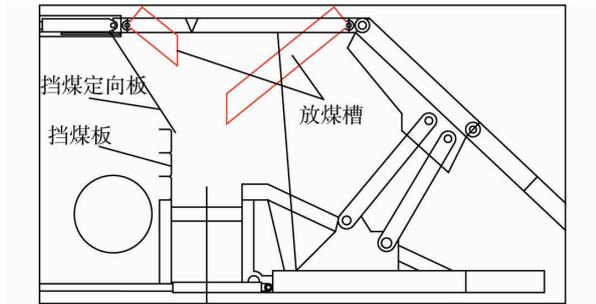


图 5 高效对开不对称式槽形放煤系统示意

2.3 基本参数

2.3.1 工作阻力

载荷估算法认为支架的合理工作阻力 P 应能承受控顶区内以及悬顶部分的全部直接顶岩重 Q_1 , 还要承受当老顶来压时形成的附加载荷 Q_2 (图 6). 以式(1)计算:

$$P = Q_1 + Q_2 = \sum h_i l_i \gamma_i + Q_2 \quad (1)$$

式中, h_i : 第 i 层直接顶的厚度, m; l_i : 悬顶距, m; γ_i : 体积力, kN/m^3 .

则, 工作面的合理支护强度 p 以式(2)计算:

$$p = \sum h_i \gamma_i + \frac{Q_2}{l_m} \quad (2)$$

根据王庄矿相关计算参数计算, 则支护强度为

$$p = 8\,671.32 \text{ kN}.$$

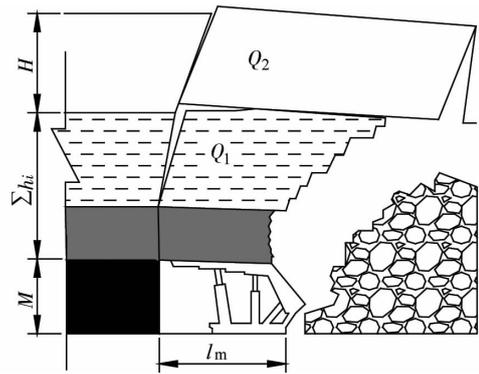


图 6 支架受力示意

2.3.2 初撑力

初撑力不宜过大, 一般不低于工作阻力的 60%. 根据王庄矿地质条件, 新型端部支架初撑力取为工作阻力的 80%, 即支架的初撑力取为每架 6 937 kN.

2.3.3 结构高度

支架支护高度按开采煤层的结构厚度确定. 以王庄煤矿 43B2 综放工作面煤层自然厚度考虑, 取为 6.9 m, 采高为 3.0 m.

参照国内综放工作面支架使用经验及 43B2 工作面基本架的尺寸, 设计确定王庄矿综放工作面新型端部液压支架最小支撑高度为 1.95 m, 最大支撑高度为 3.90 m.

2.3.4 结构宽度

与合理的放煤步距相似, 合理的架宽, 对于提高采出率、降低含矸率十分重要. 根据理论推导及我国放煤开采的实践, 确定架宽 L 时, 可借鉴经验公式:

$$L = (0.15 \sim 0.21)h. \quad (3)$$

式中, h : 放煤高度, m; L : 架宽, m.

将 43B2 工作面煤层条件代入式(3), 得: $L = (0.585 \sim 0.819) \text{ m}$.

对于高位放煤而言, 合理的架宽要与放煤宽度相等或是一半. 对于低位放煤支架而言, 合理的架宽要与放煤宽度成整数倍. 再结合放煤宽度方案 (采用部分放煤), 所以, 选择架宽为 1.75 m.

3 端部顶煤可放性模拟分析

对影响顶煤冒放性的 6 个主要因素 (采放比、直接顶厚度和强度、基本顶厚度、煤层强度、煤柱宽

度等),采用 UDEC 进行计算分析. 模型底边界垂直方向固定,左右边界水平方向固定,数值计算原始模型如图 7 所示. 材料本构模型为莫尔 - 库伦模型.

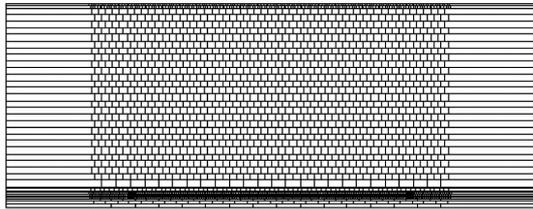


图7 数值计算原始模型

模拟计算过程:原岩应力平衡计算→巷道开挖锚杆支护计算→综放面回采→结果输出. 部分计算结果见图 8 和图 9 所示.

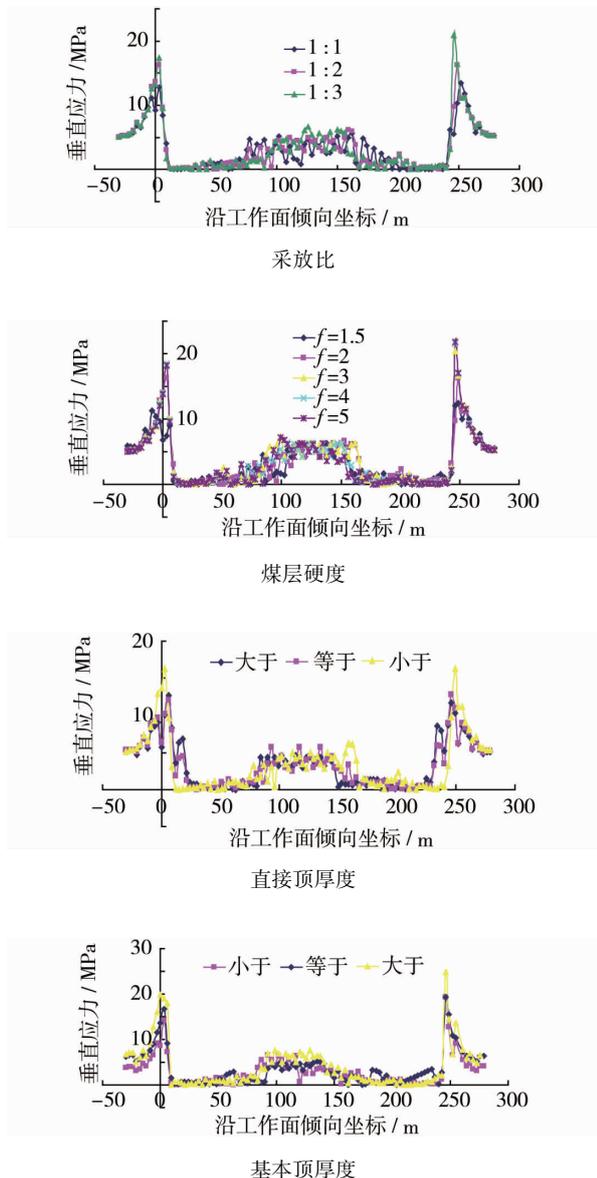


图8 不同影响因素条件下基本顶内垂直应力分布

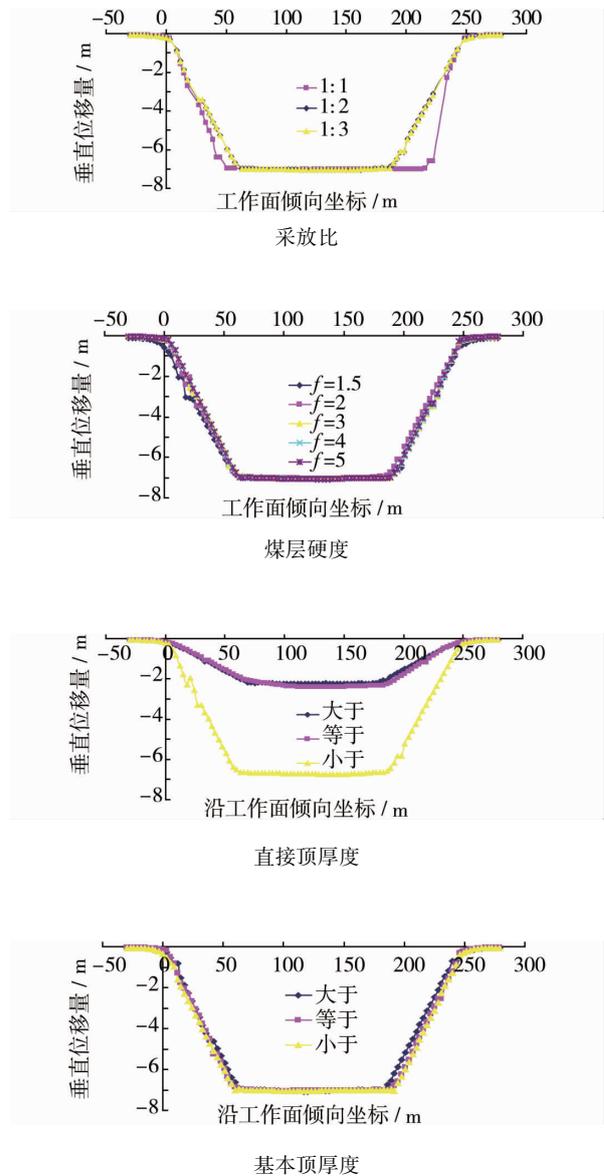


图9 不同影响因素条件下基本顶内垂直垂直位移分布

由模拟结果总结得出综放面端部顶煤可放性规律,见表 1.

4 结论

1) 新型端部放煤支架具有主、副架“双节式”结构,主架服务于采煤机和前部输送机,副架服务于后部输送机.

2) 新型端部放煤支架具有顶部放煤系统和尾部耙煤系统,使顶煤得以高效充分回收.

3) 通过在 43B2 工作面端放煤头应用与观测,端头放煤条件下,多回收煤炭 54 966.6 t,提高回收率约为 5.8%.

表1 综放面端部放煤影响规律

影响因素	模拟方案	影响规律
采放比	煤厚 7.4 m, 采放比 1:1, 1:2, 1:3	采放比越大, 端头顶煤的冒放性就越好, 越有利于顶煤的放出.
煤层硬度	采放比 1:2, 煤层 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0	煤层硬度越大, 顶煤的冒放性越差.
直接顶厚度	采高 7 m, 直接顶厚 38, 28, 4 m	直接顶厚度不足以充满采空区时, 直接顶厚度越大, 顶煤冒放性越弱; 直接顶厚度超过临界厚度时, 采空区充满程度越好, 基本顶对顶煤的作用越小, 顶煤越依靠直接顶的压裂.
直接顶强度	顶煤抗压强度为 20 MPa, 直接顶抗压强度 10, 20, 30 MPa	直接顶强度小于顶煤强度时, 塑性破坏区主要分布在直接顶内, 不利于顶煤的放出; 直接顶强度等于顶煤强度时, 直接顶与顶煤整体变形、破坏; 直接顶强度大于顶煤强度时, 顶煤首先发生破坏, 有利于顶煤的放出.
基本顶厚度	直接顶厚度 4 m, 基本顶厚度为 3, 4, 8 m	基本顶厚度越大, 端头区基本顶弧三角板结构的承载能力越强, 顶煤的冒放性相对较弱.
煤柱宽度	未采动; 沿空留巷; 煤柱宽度为 5, 30 m	煤柱宽度越小, 顶煤破坏越严重, 冒放性越好, 但端头支护难度越大.

参考文献:

- 煤支架的研究与应用[J]. 矿山机械, 2011, 39(1): 12-16.
- [1] 杜计平, 孟宪锐. 采矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2009.
- [2] 贾成杰, 李树伟. 综采工作面端头大面积悬顶控顶技术[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(8): 26-30.
- [3] 陈季斌, 窦林名, 曹胜根. 综放面端头放顶煤研究[J]. 煤炭科技, 2008, 14(2): 33-37.
- [4] 代进, 李洪, 蒋金泉. 放顶煤工作面端头"弧三角形悬板"的弹性分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(2): 16-21.
- [5] 秦乐尧, 张连勇. 综放工作面端头顶板结构与稳定性研究[J]. 煤炭现代化, 2000, 6(3): 14-16.
- [6] 马运峰, 孔庆康, 姜瑞, 等. 综放工作面运输巷端头放顶
- [7] 宋志伟, 马如庆, 王振亭. 综放面端头支架放煤技术的应用[J]. 山东煤炭科技, 2012(6): 35-36.
- [8] 黄炳香, 刘长友, 王美柱, 等. 提高综放工作面端头煤层放出率的试验[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(3): 1-21.
- [9] 尚平, 程发祥, 屈庆贺, 等. 综采放顶煤工作面端头放煤支架研制及应用研究[J]. 山东煤炭科技, 2003(2): 51-53.
- [10] 刘玉德, 张麟, 杨建立, 等. 一种新型的综放工作面端部液压支架: 中国, 201010586162. X[P]. 2010-12-14.