



中国煤炭学会科技系列丛书

中国煤炭学会 编

第十一届全国煤炭工业 生产一线

青年技术创新文集

**DISHIYIJIEQUANGUOMEITANGONGYE
SHENGCHANYIXIAN
QINGNIANJISHUCHUANGXINWENJI**

 煤炭工业出版社

中国煤炭学会科技系列丛书

第十一届全国煤炭工业生产一线 青年技术创新文集

中国煤炭学会 编



煤炭工业出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

第十一届全国煤炭工业生产一线青年技术创新文集/
中国煤炭学会编. --北京: 煤炭工业出版社, 2018
(中国煤炭学会科技系列丛书)
ISBN 978-7-5020-6862-2

I. ①第… II. ①中… III. ①煤矿开采—文集
IV. ①TD82-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 202383 号

第十一届全国煤炭工业生产一线青年技术创新文集
(中国煤炭学会科技系列丛书)

编 者 中国煤炭学会
责任编辑 籍 磊
责任校对 邢蕾严 赵盼
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898(总编室) 010-84657880(读者服务部)
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 889mm×1194mm¹/₁₆ 印张 33¹/₂ 字数 970 千字
版 次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷
社内编号 20181173 定价 118.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

编 审 委 员 会

(按照姓氏笔画排序)

主 任 王显政
副 主 任 王金华 田 会 刘 峰 刘国林 祁和刚 贺佑国
委 员 王 虹 王焕明 王殿禄 卢 骏 刘见中 杨智文
张建国 昌孝存 岳燕京 庞继禄 孟祥军 姜庆乐
高 原

主 编 刘 峰 刘国林

执行副主编 康淑云

编 审 人 员 朱岩坤 朱拴成 闫 非 陈 阳 赵 奇 侯超博
徐伟伟 路 强 籍 磊

目 次

一、采 煤 生 产

- 不同倾角断层保护煤柱留设方法研究 于秋鸽 张华兴 邓伟男 白志辉 张刚艳 邹友平 (3)
- 浅谈别斯库都克露天煤矿降低剥采比的措施 马婧佳 张 洪 (10)
- 梯形综采工作面动态缩面工程技术实践 王绪奎 (17)
- 金源煤矿二采区巷道优化设计 左常清 郭世兴 (22)
- 冲击危险区终采线位置的确定方法及应用 白宗荣 (28)
- 超 10 m 跨度大断面综放切巷施工工艺改进与实践 冯俊超 (33)
- 急倾斜特厚煤层覆层残留煤柱动力失稳机理研究 闫瑞兵 (37)
- 强渗河流影响下采动区瞬变电磁法探测试验
研究 牟 义 李宏杰 黎 灵 徐 慧 姜 鹏 李 健 王国库 (46)
- 槽波地震+坑透联合法在地质构造探测中的应用 李江华 廉玉广 焦 阳 李 刚 (56)
- 复杂地质条件下露天煤矿的煤质管理 杨 秀 王 哲 韩 亮 (63)
- 四老沟矿 C3-5 号煤层首采工作面开采技术的实践研究 肖双中 (68)
- 一种针对西南地区复杂地质条件煤矿的采煤方法研究 肖洁玲 解鸿章 (77)
- 深井复合顶板超大断面开切眼锚网(索)+托梁联合支护技术及实践应用 张 哲 (85)
- 综采工作面巷道超前液压支架支护技术研究 张金虎 (93)
- 综放工作面末采大幅度调面回采技术与实践 张宝军 姜海峰 高 鑫 梁建伟 (100)
- 陕北地区浅埋中厚煤层综采工作面液压支架快速回撤技术研究 陈 劭 李 鸣 韦宝宁 (105)
- 矿井煤炭质量控制管理研究 周忠国 殷绍林 刘安福 刘 建 周峻洋 (110)
- 复合顶板切顶自成巷无煤柱开采关键技术研究及应用 孟国胜 董泽强 姚 旭 李 博 (114)
- 综采工作面超前预裂煤层提高块煤开采研究与应用 柴龙成 王 利 肖 慧 (126)
- 复杂条件下岩巷综掘快速掘进技术研究与应用 徐 孟 (132)
- 平煤丁组煤炭资源优化开采研究与实施 徐延渠 (137)
- 矿井水平系统优化改造方案的研究与应用 梁 帅 (142)
- 大倾角大采高综采工作面技术管理难点与对策 韩永峰 郝清旺 姬长兴 (149)
- 小断面炮掘岩巷快速掘进技术研究 韩振龙 (155)

二、煤 矿 机 电

- 矿用全液压钻机高速动力头润滑和密封研究 王 杰 雷丰励 (163)
- 综采工作面机头落煤清理装置设计研究 王 彪 李 帅 (169)
- 永磁耦合器在煤矿恒扭矩负载上的应用研究 王 雷 (175)
- KBZ400/1140(660) 增设上行键控制回路的设计 巩 炜 高 原 李 鸣 陈 劭 (185)
- 远程喷浆机及链斗式转载机在采区封闭工作中的应用 刘吉升 (191)
- 刮板输送机并行调整的研究 闫子龙 (195)

论多绳摩擦式立井提升系统首绳快速更换施工	杨雪银	(204)
驻矿机车设备管理与维修体制的探讨	张 良	(207)
采煤机俯采行走系统技术研究	张晓永	(211)
自动均压控制系统的设计及应用	姜 军	(217)
新型防跑车防护装置的应用	贾青霄 刘 磊 吴传伟	(222)
自移带式输送机的研制与应用	徐元生 冀永凯 李丽丽	(226)
电厂电气系统继电保护技术的应用及故障处理	徐志强	(231)
ZMK 系列车载钻机研制及在煤层气抽采孔施工中的应用	常江华 田宏亮 凡 东	(235)

三、煤 矿 建 设

模块组合式钢管桁架栈桥在输煤工程中的推广应用探讨	朱玥莉 高 岩	(243)
分体式液压模板台车在冻结斜井井筒的应用	刘晓亭 孟中朝 刘智育	(248)
整体移动式金属模板在巷道混凝土支护中的应用	李宣立	(253)
新型长距离保温型模块式输煤栈桥应用	李章成	(257)
立井井筒安全感知系统现场实施技术及应用	杨鹏飞	(262)
大荷载原煤仓天然地基沉降演化规律研究	赵金刚 吕远强 董转运	(270)

四、煤 矿 安 全

抽采衰竭期注气增压强采欠压瓦斯技术研究	王公达 刘香兰	(283)
沿空留巷工作面终采线附近防灭火技术研究	王向阳 赵启生 郭廷稳	(292)
深井倾斜长壁工作面综合防灭火技术应用研究	韦 红	(297)
中隅角及采空区围岩底板裂隙瓦斯治理技术研究	毛薪杰 唐道春 汪 胜	(305)
CO ₂ 预裂增透技术在低渗高瓦斯煤层的应用	闫建浩	(309)
综放工作面冲击地压的监测预报技术 研究	闫宪磊 吴 琼 武 振 王向军 张帅帅 田宇新	(315)
崔木煤矿特厚煤层冲击地压综合管控一体化技术	李 根 林 青 纵 峰 李连刚	(322)
大倾角厚煤层分层工作面矿压显现规律相似模拟	张 伟	(328)
软煤空气螺杆马达定向成孔技术研究	张 杰 王 毅 黄寒静 王传留	(337)
矿井抗灾及预防监控系统研制及应用	张晋花	(344)
一次采全高工作面超长期停采撤除防灭火实践	陈 军 杨旭伟 张成涛 孟警战	(352)
大采高俯采工作面分区段及“以钻代巷”瓦斯治理 技术	陈 虎 张 森 朱立成 赵 君 郭忠凯	(356)
单指数模型在分析井下钻孔疏水规律中的 应用	周振方 孙 洁 靳德武 董兴玲 王强民 尚宏波 柳昭星 刘 基	(363)
火区下近距离煤层开采均压防有毒有害气体涌出研究	郑忠亚	(372)
坦家冲煤矿顺层钻孔封孔工艺优化研究	赵鹏涛 魏佳男	(379)
设备设施视角下的瓦斯积聚关联不安全动作研究	殷文韬	(385)
基于 FLAC ^{3D} 的沿空留巷上向穿层瓦斯抽采钻孔合理布置 研究	郭 军 文 虎 樊世星 金永飞 郑学召 刘 荫	(392)
矿山井下瞬变电磁法数据采集影响因素研究	董 旭 申建平 高 远 郭 军	(401)
特厚煤层坚硬顶板临空顺槽强矿压显现机理及控制技术	董合祥	(408)

含水层条件下准确测定煤层瓦斯压力的方法研究与应用	覃佐亚 黄渊跃 陈滔 (415)
煤矿井下煤层瓦斯抽采半径直接测定新方法 及应用	舒龙勇 张浪 李阳 郝晋伟 (419)

五、煤炭洗选与煤化工

配煤炼焦中硫分研究	乔珍 申利春 (431)
稀缺炼焦中煤的干法提质技术 研究	李振 付艳红 杨超 周安宁 于伟 刘莉君 屈进州 赵伟 (439)
高硫气肥煤在焦炉煤气制液化天然气配煤工艺中的研究与应用	李栋柱 刘继雁 孙倩 (447)
东沟选煤厂智能化设计	李艳崇 (451)
精煤泥回收创新工艺系统研究及 应用	曹清杰 杨海涛 徐国培 郭天龙 田超 付峰起 (455)

六、煤矿信息化

矿井高效智慧化物流系统研究与实施	李鹏飞 曹树峰 (463)
矿用装备数据链闭环管控体系的规划与设计	秦翥 (469)
煤矿用光纤复合中压交联电力电缆的设计及应用	高健 许峰 (476)
论信息流、物流、人员流动对精益生产的影响	曹梨 (481)
基于 BDS/GPS 的双模通信数传管道巡检系统	常禹 毛爱芹 蔡翊 (485)
晋煤矿区铁路调度作业控制系统研究	崔沁波 (489)

七、节能与环保

新型脱硫脱硝技术在焦炉烟气中的应用	李晶晶 黄永阔 朱怀亮 (499)
瓦斯发电机组余热回收利用技术研究	周斌 周忠国 殷绍林 杨富均 (506)
关于煤矿井下带式输送机节能降耗系统的研究与应用	侯西富 单波 周琛 (510)
压风机余热回收再利用技术研究	高继峰 (516)
附录 未入选的论文	(521)

不同煤种所应采取不同通风设计方法

于永祥 1 侯永祥 2 刘中星 3 王德成 4 曹炳文 5

1. 中国矿业大学北京, 北京 100083; 2. 中国矿业大学北京, 北京 100083

3. 中国矿业大学北京, 北京 100083; 4. 中国矿业大学北京, 北京 100083

5. 中国矿业大学北京, 北京 100083

一、采煤生产

采煤生产是煤矿生产的主要环节，其生产效率和安全性直接关系到煤矿的效益和矿工的生命安全。随着煤矿开采深度的增加，采煤生产面临着越来越大的挑战。为了提高采煤生产的效率和安全性，必须采取科学合理的通风设计方法。不同煤种的物理化学性质不同，其燃烧特性和火灾危险性也不同，因此，针对不同煤种应采取不同的通风设计方法。本文主要介绍采煤生产中的通风设计方法，包括通风系统的布置、风量分配、风速控制等方面。

1. 采煤生产通风系统布置

采煤生产通风系统的布置是通风设计的关键环节。合理的通风系统布置可以保证采煤工作面获得充足的新鲜空气，降低工作面温度，减少粉尘和有害气体浓度，提高采煤工人的劳动效率和安全性。通风系统的布置应根据采煤工作面的走向、长度、倾角以及煤层厚度等因素进行综合考虑。通常，采煤生产通风系统采用下行风系统，即新鲜空气从井口进入，经采煤工作面后，由回风巷排出。这种布置方式有利于降低工作面温度，提高采煤工人的劳动效率和安全性。

不同倾角断层保护煤柱留设方法研究

于秋鸽^{1,2} 张华兴^{1,2} 邓伟男^{1,2} 白志辉³ 张刚艳^{1,2} 邹友平^{1,2}

- (1. 煤炭科学研究总院 开采设计分院, 北京 100013;
2. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013;
3. 冀中能源峰峰集团有限公司, 河北 邯郸 056000)

摘要 当工作面上覆岩层中存在断层时, 地表移动变形与普通地质条件下存在显著差异。为了防止开采造成断层活化而在断层露头处出现非连续变形, 本文根据峰峰、肥城矿区现场实际调查情况, 以边界角为标准将断层划分为小倾角断层、大倾角断层。通过实例分析和数值模拟计算得到不同倾角断层合理保护煤柱留设方法。研究表明: 对于大倾角断层, 应采取边界角进行保护煤柱留设, 对于小倾角断层, 其保护煤柱合理留设尺寸应大于工作面超前支承压力影响范围。

关键词 边界角 小倾角断层 断层保护煤柱 超前支承压力 地表移动变形

随着我国中东部煤炭资源的逐渐枯竭, “三下”压煤问题日益严重, 为了保护地面建、构筑物, 需要留设合理的保护煤柱宽度。普通地质条件下的保护煤柱留设已趋于完善, 当工作面上覆岩层中存在断层时, 上覆岩层的完整性和连续性遭到破坏, 煤层开采容易造成断层“活化”, 由于断层带处岩层的力学强度低于周围岩层的强度, 使断层露头处成为岩层与地表变形集中的有利位置, 盆地内移动和变形的正常分布发生改变, 造成地表沉陷规律异常^[1]。张玉卓^[2]认为断层倾角与岩层移动角的关系对地表移动范围起控制作用, 当断层倾角小于岩层移动角时将造成地表移动范围扩大, 当断层倾角大于岩层移动角时将造成地表移动范围缩小; 科瓦尔楔克^[3]指出, 在采动影响下断层露头处常形成台阶下沉, 台阶下沉量为正常情况下该处位移与岩块滑动位移之和; 张华兴^[4]认为煤层开采将造成断层面离层空间的存在, 地表下沉是煤层开采空间和离层空间共同作用的结果; 戴华阳^[5]认为断层作为弱面存在, 将对煤层开采造成的地表移动变形起阻断作用, 使地表产生非连续变形。正是煤层开采引起断层“活化”造成的地表沉陷规律异常给保护煤柱留设造成一定困难。目前, 关于断层保护煤柱的留设一般都是根据岩层移动角来计算的, 而笔者通过对峰峰矿区的实际调查发现, 采用岩层移动角来留设保护煤柱时, 即使断层不在移动角范围内, 开采也会造成断层露头处变形集中。为了防止开采造成断层“活化”而在断层露头处出现非连续变形, 本文以边界角为标准将断层倾角小于边界角并与边界角在同一象限的断层定义为小倾角断层, 将断层倾角大于边界角并与边界角在同一象限的断层定义为大倾角断层, 并分别研究了相应的保护煤柱留设方法。

1 大倾角断层保护煤柱留设

峰峰矿区某矿 A 工作面走向长 660 m, 倾斜长 55 m, 平均埋深 538 m, 煤层平均厚 5 m, 倾角 8°。在工作面西北部揭露 F₃₇逆断层, 断层落差 10 m, 倾角 70°, 断层带宽 5.6 m。断层走向近似与工作面走向方向平行, 留设保护煤柱 17 m, 工作面近似平行于断层走向推进。根据图 1 中所示断层与工作面的相对位置关系可知, F₃₇断层倾角大于边界角, 属于大倾角断层。

A 工作面开采完成后, 在 F₃₇断层露头处的前南台村民房出现严重损坏, 形成一条如图 1 所示的

沿断层走向的带状损坏区。根据峰峰矿区长期实测总结的岩层移动角值参数，边界角和移动角分别取 58° 和 71° ，以边界角和移动角分别划定采动影响边界和危险移动边界。虽然断层露头处民房处于危险移动边界之外，但在断层露头处仍受损严重。

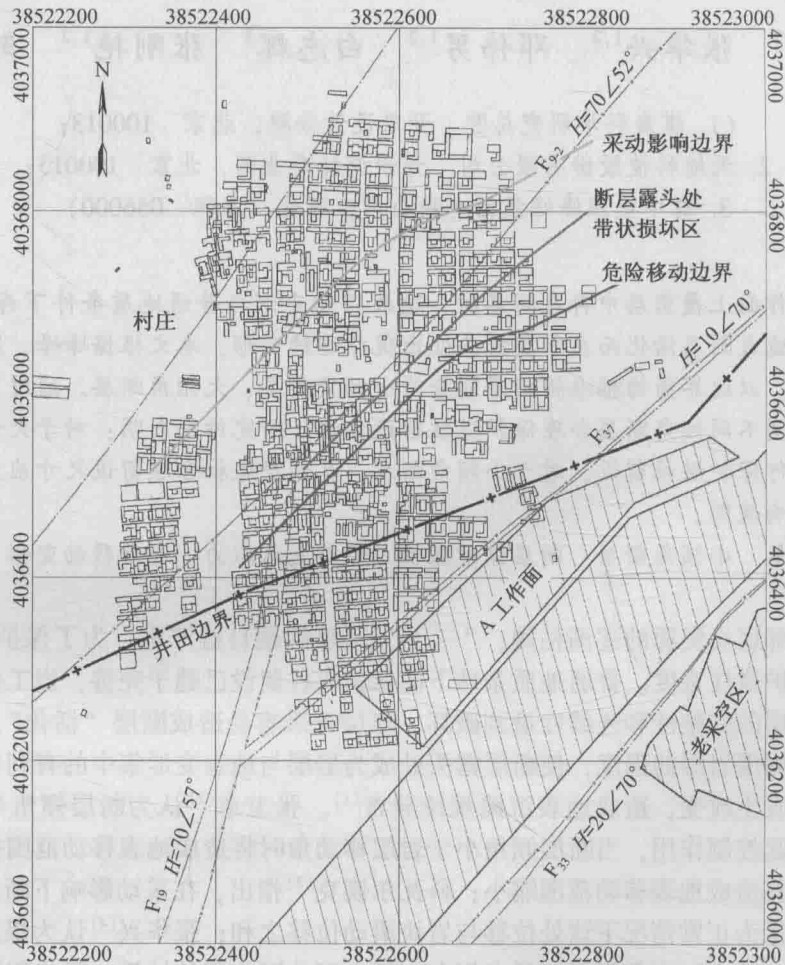


图1 A工作面、 F_{37} 断层及受损房屋相对位置关系

同时，山东肥城矿区部分受断层影响的煤矿在采用移动角进行保护煤柱留设时，导致查庄煤矿北高余村下压煤在开采时受 F_{5-1} 断层的影响、查庄煤矿31215工作面在开采时受矿井北部边界 F_{1-2} 断层的影响、陶阳煤矿煤层在开采时受 F_{40} 断层的影响、曹庄煤矿尚古庄村下压煤在开采时受 F_2 断层的影响而在断层露头处变形破坏严重^[6]。由此可见，采用移动角进行断层保护留设是不合理的。

肥城矿区杨庄煤矿在进行姜庄、赵家河洼村下压煤开采时受 F_1 、 F_2 大倾角断层影响，通过总结以往采用移动角进行断层保护煤柱留设失败的经验教训对即将开采的8803、8805工作面采用边界角进行断层保护煤柱留设。经过2004年5—7月间8803工作面I块段、2004年9月8803工作面II块段的开采，以及在地面设立的地表移动变形观测站的定期观测和分析，可以明确地看到，该矿8803工作面和8805工作面的开采没有引起 F_1 和 F_2 断层带的活化，也没有对姜庄、赵家河洼村造成移动变形影响。由此可见，对于大倾角断层应采用边界角进行断层保护煤柱留设。保护煤柱留设如图2所示。

保护煤柱宽度 x 应满足^[7]：

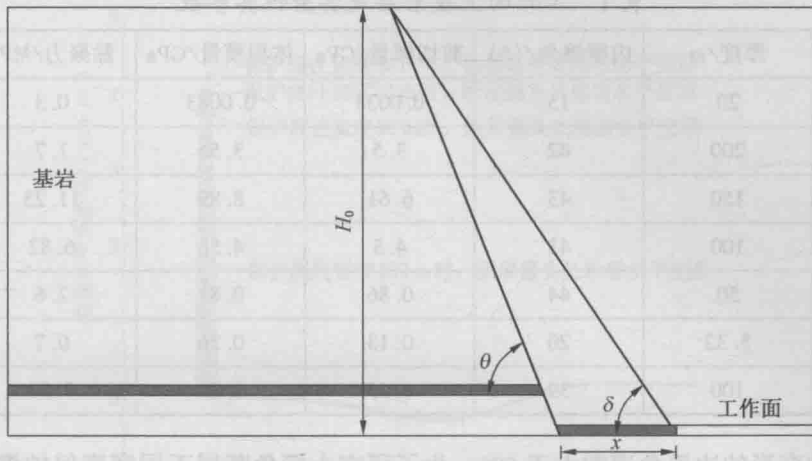


图2 大倾角断层保护煤柱留设示意图

$$x > H_0(\cot\delta - \cot\theta) \quad (1)$$

式中 H_0 ——工作面上覆基岩厚度, m;
 δ ——边界角, ($^\circ$);
 θ ——断层倾角, ($^\circ$)。

2 小倾角断层保护煤柱留设

当断层倾角小于边界角时, 无论基岩厚度多大, 边界角影响线与断层面在基岩内都不相交, 如图3所示。

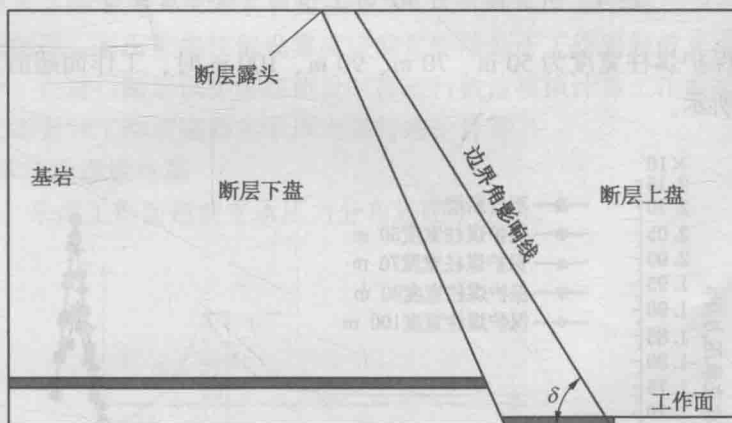


图3 断层倾角小于边界角时的边界角影响线与断层相对位置关系

对于小倾角断层, 如果依然采用边界角进行保护煤柱留设会导致工作面推过断层, 当工作面与断层接触时势必会导致断层“活化”而造成地表移动变形值较大。下面通过 $FLAC^{3D}$ 数值模拟来研究小倾角断层保护煤柱留设方法。

2.1 小倾角断层保护煤柱留设数值模拟计算

本文建立数值模型中工作面走向长 600 m, 倾斜长 100 m, 煤层平均厚度为 5.32 m, 平均埋深 525 m, 煤层倾角 0° , 工作面上覆岩层厚度及其岩性见表 1。

表 1 工作面上覆岩层及其岩性其参数

岩性	厚度/m	内摩擦角/(°)	剪切模量/GPa	体积模量/GPa	黏聚力/MPa	抗拉强度/MPa
松散层	20	15	0.0038	0.0083	0.3	0.002
砂质泥岩	200	42	3.5	3.56	1.7	2
泥岩	150	43	6.61	8.89	11.23	4.53
粉砂岩	100	43	4.3	4.58	6.82	2.35
中细砂岩	50	44	0.86	0.81	2.6	1.2
煤层	5.32	20	0.13	0.26	0.7	0.9
底板细砂岩	100	39	6.55	8.39	7.59	1.9

由于地表移动变形的边界角通常大于 50°，为了研究小倾角断层不同宽度保护煤柱留设对地表移动变形的影响，在数值模拟中采取断层倾角为 40°，留设断层保护煤柱宽度分别为 50 m、70 m、90 m、100 m。模型除了上边界外全部采用固定约束，模型破坏准则选择莫尔—库仑准则。建立工作面三维地质模型（保护煤柱宽度 50 m），如图 4 所示。

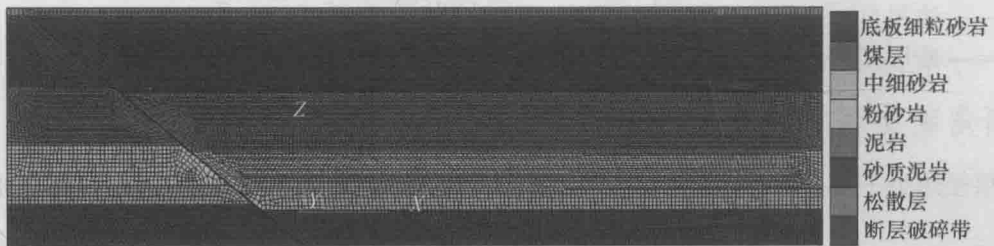


图 4 断层倾角为 40°时工作面三维地质模型

根据模拟结果，保护煤柱宽度为 50 m、70 m、90 m、100 m 时，工作面超前支承压力及地表水平变形值如图 5 和图 6 所示。

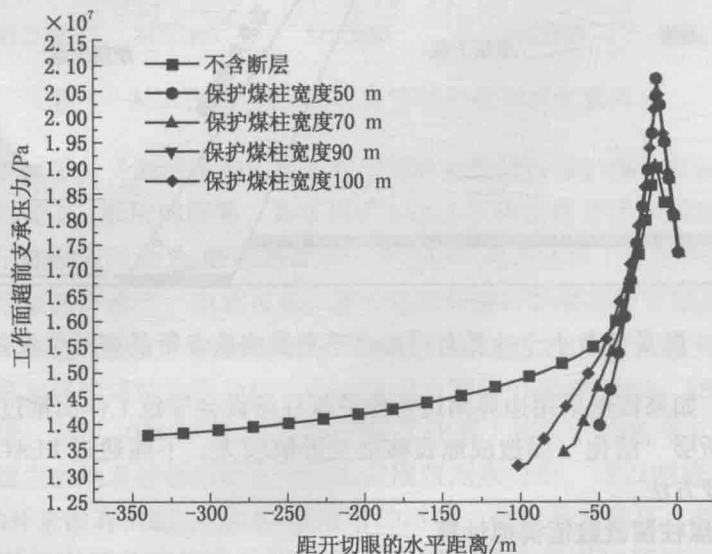


图 5 不同保护煤柱宽度时的工作面超前支承压力

由图 5 可知：当工作面上覆岩层中不含断层时，工作面超前支承压力影响范围比较大，支承压力

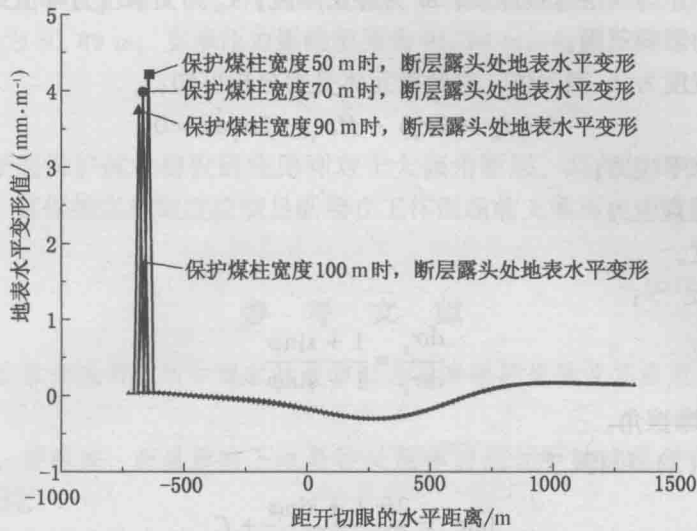


图6 不同保护煤柱宽度时的地表水平变形值

峰值比较低；无论工作面上覆岩层中含与不含断层，支承压力峰值距离工作面的距离不会发生变化；当工作面上覆岩层中含有断层时，支承压力峰值比较大，支承压力变化比较急剧，支承压力变化之所以比较急剧是因为断层对煤层开采形成的采动应力和能量传递具有隔断效应^[8]，工作面上覆岩层采动应力集中在保护煤柱上而无法向前方传递，这也是当工作面上覆岩层中含有断层时，工作面容易发生冲击地压的原因^[9,10]。

数值模拟中煤层上方岩层厚度 H 为 525 m，根据 $\sigma = \gamma H$ 计算可知原岩应力大小为 13.133 MPa。通过不断增大保护煤柱宽度，发现当保护煤柱宽度为 100 m 时，断层才会处于工作面超前支承压力影响范围之外，此时地表在断层露头处的水平变形值为 1.75 mm/m，地表建构筑物达不到 I 级变形。由此可见，对于小倾角断层，其保护煤柱留设宽度应满足断层处于工作面超前支承压力影响范围之外。

实际生产过程中，在进行断层保护煤柱留设时都进行数值模拟计算工作面超前支承压力影响范围显得不太现实，因此需要对工作面超前支承压力进行理论计算。

2.2 工作面超前支承压力理论计算

根据文献 [11]，采煤工作面超前支承压力分布如图 7 所示。

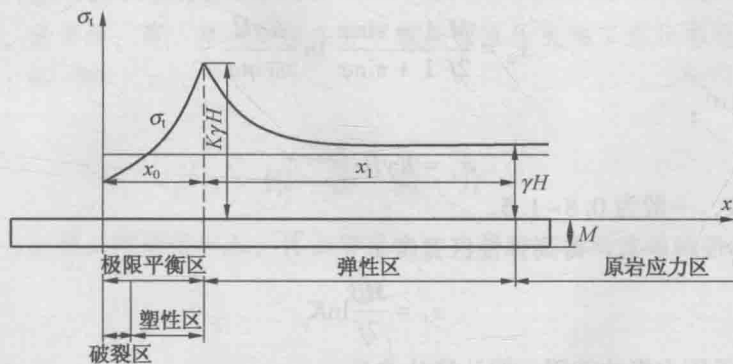


图7 工作面超前支承压力分布

图 7 中， σ_1 为工作面超前支承压力； K 为应力集中系数，当工作面上覆岩层中不含断层时，通过数值模拟研究发现当工作面上覆岩层中含有断层时， K 值变大； γ 为工作面上覆岩层的平均体积力，

一般为 0.025 MN/m^3 ; H 为煤层埋藏深度; M 为煤层厚度; x_0 为支承压力峰值到煤壁的水平距离; x_1 为工作面超前支承压力影响范围。

在极限平衡区取宽度为 dx 微元体, 对此微元体受力分析可知:

$$M(\sigma_x + d\sigma_x) - M\sigma_x - 2\sigma_y dx = 0 \quad (2)$$

式中 σ_x ——微元体水平应力;

σ_y ——微元体垂直应力;

M ——煤层厚度。

同时, σ_x 、 σ_y 满足^[12]:

$$\frac{d\sigma_y}{d\sigma_x} = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \quad (3)$$

式中 φ ——煤体的内摩擦角。

联立式 (2)、式 (3) 可得

$$\ln\sigma_y = \frac{2fx}{M} \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} + C \quad (4)$$

式中 f ——煤层与顶板间的摩擦系数。

当 $x=0$ 时, $\sigma_y=N_0$ (N_0 为煤体自撑力), 代入式 (4) 得

$$\sigma_y = N_0 e^{\frac{2fx}{M} \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}} \quad (5)$$

根据莫尔-库仑准则, 煤体自撑力 N_0 满足:

$$\begin{cases} N_0 = \sigma \\ \tau_0 = \sigma \tan\varphi + c \end{cases} \quad (6)$$

式中 σ ——煤体正应力;

τ_0 ——煤体极限抗剪应力;

c ——煤体黏聚力, 破裂区煤体黏聚力近似为 0。

将 $c=0$ 代入式 (6) 可得

$$N_0 = \tau_0 \cot\varphi \quad (7)$$

联立式 (5)、式 (7) 得极限平衡区支承压力 σ_y :

$$\sigma_y = \tau_0 \cot\varphi e^{\frac{2fx}{M} \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}} \quad (8)$$

当 $\sigma_y = K\gamma H$ 时, 得到工作面超前支承压力峰值点到煤壁的水平距离 x_0 :

$$x_0 = \frac{M}{2f} \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \ln \frac{K\gamma H}{\tau_0 \cot\varphi} \quad (9)$$

弹性区支承压力^[13]:

$$\sigma_y = K\gamma H e^{\frac{2f}{M\beta}(x_0-x)} \quad (10)$$

式中 β ——侧压系数, 一般为 $0.8 \sim 1.5$ 。

当 $\sigma_y = \gamma H$ 时, 令 $x_1 = x - x_0$, 得到弹性区宽度 x_1 :

$$x_1 = \frac{M\beta}{2f} \ln K \quad (11)$$

则工作面超前支承压力影响范围 x 的计算公式为

$$x = x_0 + x_1 = \frac{M}{2f} \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \ln \frac{K\gamma H}{\tau_0 \cot\varphi} + \frac{M\beta}{2f} \ln K \quad (12)$$

根据数值模拟中所采用的地质采矿条件及模拟结果, 式 (12) 相关参数 $M=5.32 \text{ m}$ 、 $H=525 \text{ m}$ 、 $\varphi=29^\circ$ 、 $\gamma=0.025 \text{ MN/m}^3$ 、 $\tau_0=8.9 \text{ MPa}$ 、 $K=1.5$ 、 $\beta=1.5$ 。由文献 [14] 可知煤层与顶板之间的摩

擦系数 f 为0.01~0.03,本文 f 取0.02,代入式(12)可得工作面超前支承压力极限平衡区宽度为10.25 m,弹性区宽度为80.89 m,支承压力影响范围为91.14 m,与模拟结果相近。

3 结论

通过对不同倾角断层保护煤柱留设研究得到对于大倾角断层,其保护煤柱应采用边界角进行留设;对于小倾角断层,其保护煤柱宽度应满足断层在工作面超前支承压力影响范围之外。

参 考 文 献

- [1] 煤炭科学研究院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1981.
- [2] 张玉卓, 仲惟林, 姚建国. 断层影响下地表移动规律的统计和数值模拟研究 [J]. 煤炭学报, 1989, (1): 23-31.
- [3] 袁亮, 吴侃. 淮河堤下采煤的理论研究与技术实践 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [4] 张华兴, 仲惟林. 受断层影响的地表移动计算 [J]. 煤炭学报, 1995, (2): 163-166.
- [5] 戴华阳. 地表非连续变形机理与计算方法研究 [J]. 煤炭学报, 1995, (6): 614-618.
- [6] 王其芳. 断层保护煤柱留设方法研究 [J]. 有色金属 (矿山部分), 2006, (5): 6-7.
- [7] 国家煤炭局. 建筑物、水体、铁路及主要巷道留设与压煤开采规程 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- [8] 王明洋, 赵跃堂, 钱七虎. 缓倾角断裂隔震效应的机理及定量研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18 (1): 60-64.
- [9] 焦振华. 采动条件下断层损伤滑移演化规律及其诱冲机制研究 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 2017.
- [10] 李志华. 采动影响下断层滑移诱发煤岩冲击机理研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2009.
- [11] 钱鸣高, 石平五, 许家林. 矿山压力与岩层控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010.
- [12] 王创业, 司建锋, 杜小雅, 等. 基于相似模拟实验覆岩移动规律研究 [J]. 煤炭技术, 2017, 36 (1): 61-63.
- [13] 鲁岩, 樊胜强, 邹喜正. 工作面超前支承压力分布规律 [J]. 辽宁工程技术大学学报 (自然科学版), 2008, (2): 184-187.
- [14] 张恩强, 吴蒸, 侯育道, 等. 厚硬顶板条件下综采面液压支架工作状态分析 [J]. 煤炭工程, 2016, 48 (9): 87-90.

作 者 简 介

于秋鸽 (1989—), 男, 河南信阳人, 博士研究生, 从事开采沉陷方面的研究。

浅谈别斯库都克露天煤矿降低剥采比的措施

马婧佳 张 洪

(中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015)

摘 要 别斯库都克露天煤矿降低生产剥采比的措施提出远期与近期两种规划, 结合露天矿境界形态, 远期规划通过比较经济合理的开采深度, 圈定分期境界, 近期方案采用靠界开采和提前坑内回填等措施进而调整生产剥采比降低成本。

关键词 剥采比 开采深度 靠界开采 坑内回填

0 引言

新疆巴里坤县别斯库都克露天煤矿建设规模为 3.0 Mt/a, 2009 年 1 月该煤矿开始基建剥离, 剥离采用单斗-卡车开采工艺, 采煤采用单斗-卡车-地面半移动式破碎站-带式输送机半连续开采工艺, 剥离和采煤全部采用外包方式完成。

2015 年实际生产剥采比达到 $6.60 \text{ m}^3/\text{t}$ 。在煤炭环境日益严峻的市场下, 当期生产剥采比较不乐观, 故提出浅部资源采用露天开采时, 分远期与近期规划, 共同降低剥采比, 深部资源露天与矿井统一考虑, 进而提高经济效益。

1 降低剥采比主体思路

针对单斗-卡车开采工艺的露天矿, 以降低露天矿生产剥采比为出发点, 最终将体现在运量和运距两大方面。

在煤量不变的前提下, 运量与剥离量直接相关, 剥离量与开采深度直接影响剥采比, 因此通过圈定不同采深的露天矿境界分期开采(分期境界)可有效降低剥采比。同时端帮适度提高帮坡角^[1], 在分期境界的基础上靠界开采, 加之部分资源可实现露井联采, 从而将有效降低剥采比, 提高经济效益。

减少运距的合理措施主要有以下三点: 一是开采工艺、开采程序和推进方式的优化^[1]; 二是开拓运输系统的优化, 如将煤破碎站移至坑底; 三是提前实现内排。该方案在 2017 年可实现完全坑内回填。

因此露天矿优化方向为, 通过分期境界、靠界开采、提前坑内回填三大措施进而调整生产剥采比, 降低成本。

2 分期境界的提出

根据露天矿不同的开采深度可圈定出不同的开采境界, 不同开采境界对应不同的生产剥采比, 分期境界的提出就是在经济剥采比的基础上, 确定合理境界分期开采、统筹规划。因此, 在满足服务年限的前提下, 兼顾露井联采的合理化范围, 开采深度越浅, 剥采比越小, 效益越可观。

结合该矿赋存条件, 煤田构造为短轴向斜构造, 该矿经济合理剥采比即为盈亏平衡点, 因此在小于经济合理剥采比的前提下, 提出三种不同采深方案, 进而圈定不同开采境界。通过分期境界找到合理开采范围。