

Meitan Kaicai Xinlilun Yu Xinjishu

中国矿业大学图书馆藏书



C01548587

国家自然科学基金项目资助 (50774079)

煤炭开采新理论与新技术

——中国煤炭学会开采专业委员会2009年学术年会论文集

主 编 刘长友 李建胜 张能虎

副主编 廖拴柱 侯水云

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

TD82-53
L-237
2009

项目资助(50774079)

煤炭开采新理论与新技术

——中国煤炭学会开采专业委员会 2009 年学术年会论文集

主 编 刘长友 李建胜 张能虎

副主编 廖拴柱 侯水云

中国煤炭学会开采专业委员会

中国矿业大学矿业工程学院

中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室

山西焦煤西山煤电集团公司

主办

协办

承办

中国矿业大学图书馆藏书



C01548587

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是中国煤炭学会开采专业委员会 2009 年学术年会论文集,分为开采理论与工艺技术、采场岩层控制理论与技术、巷道矿压理论与支护技术、冲击地压及其他采矿理论与技术等四个部分,较为全面地讲述了广大工程技术人员和科研人员在本职岗位上结合工作实践,勇于创新和攻克难关的新理论、新技术和新方法,具有科学性、先进性和实用性等特点。

本书可作为煤炭开采工程技术人员、科研工作者及相关专业学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤炭开采新理论与新技术:中国煤炭学会开采专业委员会 2009 年学术年会论文集/刘长友,李建胜,张能虎

主编.—2 版.—徐州:中国矿业大学出版社,2009.11

ISBN 978-7-5646-0106-5

I. 煤… II. ①刘…②李…③张… III. 煤矿开采—学术会议—文集 IV. TD82-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 198569 号

书 名 煤炭开采新理论与新技术——中国煤炭学会开采专业委员会 2009 年学术年会论文集
主 编 刘长友 李建胜 张能虎
责任编辑 何 戈
责任校对 张 岩 时应征
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 431 千字
版次印次 2009 年 11 月第 2 版 2009 年 11 月第 1 次印刷
定 价 68.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《煤炭开采新理论与新技术》编写委员会

主 任 王悦汉

副主任 汪理全 金 太 张能虎 刘长友 李新宝
翟德元

主 编 刘长友 李建胜 张能虎

副主编 廖拴柱 侯水云

委 员 (按姓氏笔画排序)

卫修君	王卫军	王玉怀	毛德兵	冯学武
朱 林	朱亚平	刘东才	刘克功	孙广义
孙希奎	严贤红	杨双锁	杨本生	李佩全
李建民	李树刚	李震寰	吴定洲	吴爱民
何长海	何卓军	余学义	张希平	张宗玟
张党育	陈启永	郁钟铭	周 英	周秀隆
孟宪锐	赵宁德	赵庆彪	赵景礼	郝海金
胡永忠	姜 澍	贺爱民	袁 亮	倪兴华
郭连生	唐清松	涂 敏	黄成麟	曹树刚
常兴民	康立勋	梁 袁	屠世浩	蒋金泉
翟新猷	樊克恭			

前 言

新中国成立 60 年,特别是改革开放 30 年来,中国煤炭工业取得了举世瞩目的成就。全国煤炭产量快速增加,大型煤炭企业不断发展壮大,科技进步加快,自主创新能力显著增强,大型现代化煤矿生产比重逐渐增长,行业经济效益增加,全国煤矿安全生产形势稳步好转。

产量快速增加。全国煤炭产量由 1978 年的 6.18 亿 t 快速增长到 2008 年的 27.93 亿 t。中国煤炭产量占世界产量 42% 左右,其增量占世界 80% 以上,为国民经济发展提供了有力支撑。

生产集中度大幅提高。到 2008 年底,全国规模以上煤炭生产企业 8 226 家,原煤产量 26.2 亿 t,占全国总产量的 93.8%。其中有 43 户煤炭企业年产量超过 1 000 万 t,总产量 15.01 亿 t,占全国产量的 53.8%。

自主创新能力显著增强。以企业为主体、产学研结合的煤炭科技创新机制开始建立,具有自主知识产权的综采放顶煤、大采高年产 600 万 t 综采成套技术装备、千万吨矿井建设和深厚冲击层建井等技术已经成熟,井下大型无轨运输成套装备投入使用,煤矿装备国产化水平不断提高。成功地研制了 2 500 kW 大功率电牵引采煤机,世界最大的竖井钻机和年处理 400 万 t 煤的煤炭洗选技术装备,具备设计、施工、装备及管理千万吨级露天矿和大中型矿区的能力,综合机械化采煤等现代化成套设备广泛使用,特殊凿井技术、综合机械化放顶煤技术、“三下”采煤技术、瓦斯抽放技术、民用型煤和水煤浆技术等达到和接近世界先进水平。“厚煤层大采高综放开采成套技术与装备研发”被列入国家科技支撑计划重大项目,“深厚冲积层千米深井快速建井关键技术”被列入煤炭行业国家“十一五”科技支撑计划重点项目,获得国家财政支持超亿元。

大型现代化煤矿建设速度加快。初步统计,全国已建成年产量达千万吨级煤矿 25 座,生产能力 3.4 亿 t,在建千万吨级煤矿 14 座,设计生产能力 1.72 亿 t;已建成安全高效矿井(露天)268 处,煤炭产量达到 8.4 亿 t,单井规模 280 万 t,综合单产 14.92 万 t/(个·月),原煤工效 15.25 t/工,盈利 1.61 亿元,人均年收入 4.34 万元,百万吨死亡率 0.053;已建成年产 120 万 t 以上的大型煤矿 469 座,产量 14.23 亿 t。

煤矿安全生产形势稳步好转。国家加大煤矿安全整治力度,煤矿安全投入大幅增加,安全监测监控技术装备水平不断提高。煤矿事故起数和死亡人数大幅下降。全国煤矿死亡人数由 2002 年的 6 995 人减少到 2008 年的 3 214 人,百万吨死亡率由 4.94 下降到 1.18。神华集团百万吨死亡率 0.04,已达到美国等发达国家水平。

科技是支撑煤炭工业快速发展的主要动力,其所取得的成就极大地推动了煤炭开采新理论和新技术的发展。为了及时总结、交流煤炭开采新技术和新理论,进一步促进煤炭工业

发展和提升煤炭生产技术水平,中国煤炭学会开采专业委员会每年召开一次学术研讨会。今年,我们组织的“煤炭开采新理论和新技术”研讨会论文征集工作,得到了煤炭企业领导、工程技术人员及高校、设计研究院所的大力支持,共收到了论文 70 余篇。组织撰写论文较多的单位有:徐州矿务集团、兖矿集团、中国矿业大学、西安科技大学、冀中能源集团、中煤国际工程集团等。

我们对收到的论文组织了编审工作,论文集由中国矿业大学出版社出版,共分开采理论与工艺技术、采场岩层控制理论与技术、巷道矿压理论与支护技术、冲击地压及其他采矿理论与技术等四个部分。这些论文是广大工程技术人员和科研人员在本职岗位上结合工作实践,勇于创新 and 攻克技术难关的新理论、新技术和新方法的总结,具有科学性、先进性及应用性。研究成果对煤炭生产的现场管理和技术发展都会起到积极的推动作用,可供煤炭行业广大工程技术人员和高校师生参阅。

由于本次研讨会的主题是煤炭开采新理论与新技术,受篇幅所限,各单位选送的论文未能全部入选,请论文作者谅解。

由于水平所限,时间仓促,难免在编辑中出现错误,望读者不吝提出宝贵意见。

编委会

2009 年 10 月

目 录

第一篇 开采理论与工艺技术

大采高综放工作面煤矸流场规律及放煤工艺参数研究	刘长友 黄炳香 吴锋锋	(3)
刑东矿绿色矿山技术体系建设实践与展望	赵庆彪 祁泽民	(11)
黄土沟壑区采动地表裂缝破坏特征及机理分析	余学义 张 平 范京道	(18)
急倾角综采工作面设备稳定性分析与控制	曹树刚 王 军 刘玉成等	(23)
孟津煤矿立井施工综合防治水技术	杨 龙 翟新献	(30)
螺旋钻采和普采工作面联合布置在韩桥煤矿的应用	张开玉 王启之	(36)
夹河矿深部采场矿压显现规律及其控制技术研究	杨善冲	(42)
东滩煤矿 1304“刀把式”综放工作面快速合面		
技术研讨	史之印 齐高连 王 兵等	(48)
下分层综采工作面优化设计	王广大 宋海兵 窦 伟等	(55)
特厚软煤层综放开采支承压力分布规律研究	李西蒙 姬寿德 卞 勇等	(58)
深部困难条件煤层高效开采实践	杨善冲	(62)

第二篇 采场岩层控制理论与技术

韩家湾煤矿 2303 工作面矿压观测研究	余学义 雷薪雍 张 杰	(69)
极软双突煤层大采高综采面矿压规律实测研究	李西蒙 王建树 杨 伟等	(77)
首采大采高综采面矿压规律分析	王 瑛 屠洪盛 吴 其等	(83)
巨厚岩浆岩下开采覆岩移动规律及动力灾害危险性分析与		
防控技术	刘心广 朱孔盛	(88)
特厚坚硬煤层综放面煤岩运移规律实测研究	刘跃俊 刘长友 张宁波等	(92)
泉店煤矿大倾角“三软”煤层综放开采分析与研究	王景余 杨 垂 陈成宇等	(98)
9115 工作面过伪顶发育区的顶板管理	张黎明 宋永健 张怀礼	(101)
含黄铁矿结核薄煤层综合机械化开采设备配套及		
研究方向	李 伟 刘 勇 宁 建等	(104)
特厚煤层综放面超前支承压力分布规律实测研究	刘 锋 范 扩 卞 勇等	(109)
急倾斜煤层支架控制工艺研究	沈志东	(114)
急倾斜煤层综采安全控制重点浅析	朱庆华	(116)
垫底支架在机采薄煤层工作面的研制与应用	宁 建 刘 勇 李 伟等	(119)

综采工作面末采掩护式支架快速上网技术研究·····	齐高连 史之印 王 兵(124)
---------------------------	------------------

第三篇 巷道矿压理论与支护技术

沿空留巷煤与瓦斯共采关键技术与实践·····	张 农(131)
开滦唐山矿高应力软岩巷道锚网喷支护实践·····	李建民 张连海 章之燕(140)
工作面区段煤柱合理宽度留设的综合方法研究·····	孟宪锐 赵振宇 柯福祥等(148)
沿空留巷围岩应力分析与控制技术研究·····	陈昌云 郑西贵 于宪阳等(155)
综放工作面跨巷回采巷道加固技术的探索·····	陆宏金(161)
利用中空注浆锚索加固松软围岩巷道技术·····	刘祥秋(165)
高应力煤巷锚网支护系统优化研究与实践·····	侯端明 李伟清 李小平(171)
EBZ160TY 型掘进机在全岩巷道中的推广应用 ·····	贺向明 胡树伟(177)
大倾角切眼支架安装工艺的研究与探讨·····	樊郑如 王耀光 万立新(181)
单孔探放快速封孔新技术的应用·····	宋海兵 王化均(183)

第四篇 冲击地压及其他采矿理论与技术

采动煤岩震动冲击机理与防治研究·····	窦林名 陆莱平 牟宗龙等(187)
基于红外吸收技术的矿井瓦斯监测系统设计·····	余学义 陈强强 施文刚(200)
华亭煤矿煤柱冲击机理及防冲对策·····	巩思园 窦林名 周 澎等(206)
饱和充填开采工业广场煤柱·····	赵鹏飞 段文军(216)
落实科学发展观 推动煤炭企业可持续发展·····	吴爱民(221)
无限煤田井田境界划分问题探讨·····	胡锡奎 董向中(225)
夹河煤矿千米轨道暗斜井运输装备技术研究与应·····	赵 玮 张 雷(229)
建筑物下采煤方案比较及可行性分析·····	曲 臣(233)
采矿工程专业本科教材建设探讨·····	黄炳香(238)
综掘机截割部人体自动检测报警保护装置研究·····	刘银根(241)
提升容器载荷及钢丝绳张力监测保护系统在张双楼煤矿主井的应用·····	华 虎 程 稳(247)
天然焦地下导控气化洁净开采新技术·····	徐成斌 陆爱民 王士兵等(250)
坚硬顶板短壁工作面的瓦斯治理·····	郑友刚 姚志勇(256)
夹河煤矿低浓度瓦斯发电可行性及方案分析·····	张法权(260)
变频器在煤矿斜巷绞车系统中的应用·····	王怀强(264)
综放工作面上出口电缆自动推移装置的研制与应用推广·····	刘 伟(266)

第一篇 开采理论与工艺技术

大采高综放工作面煤矸流场规律及放煤工艺参数研究

刘长友 黄炳香 吴锋锋

(中国矿业大学矿业工程学院煤炭资源与安全开采国家重点实验室 江苏徐州 221116)

摘 要 大采高综放开采由于增大了顶煤破碎冒落的空间,大采高综放支架的掩护梁倾角变大,导致放煤口位置和放煤口尺寸发生变化,使得放煤过程中散体煤矸的运移流动呈现新的特征。主要表现为:①支架移架后放落顶煤层位线和煤矸分界线的斜率变陡,明显比普通采高条件下的斜率大;②放煤过程中煤矸的流动速度变快,在相同放煤步距条件下,在支架采高水平上煤矸分界线与支架顶梁末端的距离缩小;③受采放比、掩护梁角度和放煤口尺寸影响而易于混矸。合理的放煤步距应使移架后煤矸分界线略偏后于尾梁下部边界。分析确定了大采高条件下的合理放煤步距。

关键词 大采高放顶煤 煤矸流场 放煤工艺参数 回收率

1 引言

目前,我国放顶煤支架最大高度一般在 3.5 m 以下,机采高度在 3.2 m 以下。随着我国煤矿机械化开采装备水平的不断提高,支架最大高度和机采高度的进一步加大,采用大采高综放开采是进一步发挥放顶煤工艺优势,实现厚及特厚煤层安全高效开采的新途径。

大采高综放开采,即工作面采煤机割煤高度大于 3.5 m 的综放开采。在大采高综放开采条件下,机采高度增加,相应减小了顶煤厚度,采放比变化导致了顶煤破碎冒落的空间增大,有利于改善顶煤的破碎效果;同时,由于大采高放顶煤支架的掩护梁倾角变大,导致放煤口位置和放煤口尺寸发生变化,使得放煤过程中散体煤矸的运移流动呈现新的特征。大采高综放工作面现场放煤试验也表明了煤矸流动形态及混矸程度与普通综放工作面差异较大。因此,结合兴隆庄煤矿大采高综放工作面地质与技术条件,进行大采高综放工作面煤矸流场特征研究,进而确定其合理的放煤工艺参数,为大采高综放工作面的安全高效高回收率开采提供依据和保障。

2 模拟实验条件及设计

根据相似理论,运用散体物理模拟实验方法^[1~3]研究厚煤层大采高综放开采在不同放煤步距下煤矸的流动与放出规律及顶煤放出率,研究机采高度对顶煤放出和混矸的影响规律,确定合理的放煤工艺参数。

2.1 大采高综放工作面地质及生产技术条件

兴隆庄煤矿 1308 工作面煤层平均厚 8.6 m,采高 3.5~4 m,顶煤厚度 5.1~4.6 m,采放比 1:1.46~1.15。直接顶为 3.2 m 的粉砂岩;基本顶为粉、中砂岩互层,厚度 11.5 m。煤层倾角 2~10°,平均 6°。工作面采用 ZFS7200/20/40 型大采高低位放顶煤液压支架,其主要技术参数如表 1 所示。

表 1 ZFS7200/20/40 型大采高放顶煤液压支架主要技术参数

型式	四柱低位放顶煤支架	工作阻力	7 200 kN($P=36.76$ MPa)
高度	2 000~4 000 mm	支护强度	0.88~0.91 MPa
中心距	1 500 mm	底板前端比压	1.03~2.03 MPa
初撑力	6 184 kN($P=31.5$ MPa)	适应煤层倾角	15°

2.2 模型设计

实验采用长 120 cm、宽 8 cm 的二维模型架。现场所用放顶煤支架宽度为 1.5 m。综合考虑研究内容及模型尺寸,为减少边界效应^[4,5],使模型架的宽度为两个模拟支架的宽度。因此,模型与原型的几何相似比为: $C_1=8/300=1:37.5$ 。

根据研究内容,模型实验研究了机采高度分别为 3.0 m、3.5 m、4.0 m、4.5 m、5 m,放煤步距为一采一放、两采一放和三采一放等多种条件。

模型中顶煤的上、中、下层位分别取其厚度的 1/3,直接顶的上、下层位分别取其厚度的 1/2。模拟实验方案如表 2 和表 3。

表 2 相似材料顶煤模拟实验方案

方 案	层 位		原 型		模 型	
			厚度/m	块度/mm	厚度/cm	块度/mm
模型一	顶煤	下位顶煤	1.87	150	5.0	4.0
		中位顶煤	1.87	250	5.0	6.7
		上位顶煤	1.87	425	5.0	11.3
模型二	顶煤	下位顶煤	1.7	150	4.5	4.0
		中位顶煤	1.7	250	4.5	6.7
		上位顶煤	1.7	425	4.5	11.3
模型三	顶煤	下位顶煤	1.53	150	4.1	4.0
		中位顶煤	1.53	250	4.1	6.7
		上位顶煤	1.53	425	4.1	11.3
模型四	顶煤	下位顶煤	1.37	150	3.7	4.0
		中位顶煤	1.37	250	3.7	6.7
		上位顶煤	1.37	425	3.7	11.3
模型五	顶煤	下位顶煤	1.2	150	3.2	4.0
		中位顶煤	1.2	250	3.2	6.7
		上位顶煤	1.2	425	3.2	11.3

根据放煤工艺,把模型分为两部分,即底部机采空间和其上方的顶煤空间,机采空间安放顶煤模拟支架,不同机采高度时支架掩护梁倾角和放煤口高度根据现场实测数据确定,见表 4。

表 3 相似材料顶板模拟试验方案

层 位		原 型		模 型	
		厚度/m	块度/mm	厚度/cm	块度/mm
直接顶	下位	1.6	625	4.3	16.7
	上位	1.6	750	4.3	20.0
基本顶	下位	3.8	1 000	10.1	26.7

表 4 液压支架尺寸

机采高度		放煤口高度		最小控顶距		支架掩护梁倾角 /(°)	放煤口长度	
原型/m	模型/cm	原型/m	模型/cm	原型/m	模型/cm		原型/m	模型/cm
3.0	8.0	1.00	2.7	4.59	12.2	28	1.60	4.3
3.5	9.3	1.18	3.0	4.59	12.2	33	1.52	4.0
4.0	10.7	1.38	3.4	4.59	12.2	38	1.42	3.8
4.5	12.0	1.59	3.8	4.59	12.2	43	1.32	3.5
5.0	13.3	1.83	4.4	4.59	12.2	48	1.21	3.2

2.3 实验方法

根据循环进尺和模拟的放煤步距进行移架和放煤,放煤模拟过程为:

- (1) 在模型下部的采高空间内安放放煤支架;
- (2) 抽出放煤插板,放落顶煤;
- (3) 打开支架窗口,把顶煤放出;
- (4) 当放矸率为1%时关闭窗口;
- (5) 按设计的移架步距前移放煤支架;
- (6) 重复(2)~(5)的过程。

实验过程中观测顶煤及矸石的移动和放出规律,分析大采高低位放煤支架放煤区上方顶煤的下落过程,掌握不同放煤工艺参数下的煤矸流动场形态。

3 大采高综放工作面煤矸流场特征

由于机采高度增加,导致顶煤厚度减小,采放比增大,顶煤破断冒落的空间增大,改善了顶煤的冒放性。大采高低位综放工作面两采一放时煤矸流场形态如图1。采高增大,支架掩护梁的倾角增大,导致支架移架后放落顶煤层位线和中上部煤矸分界线明显比普通采高条件下的斜率大,如图2。当放煤步距为两采一放时,移架后煤矸分界线中上部的倾角达 85° ,散体煤矸在运动方向上的重力分量增大,导致大采高综放开采放煤过程中煤矸的流动速度变快。同时,在相同放煤步距条件下,在支架采高水平上煤矸分界线与支架顶梁末端的距离缩小。而散体煤矸的自然安息角,即煤矸流动的后边界线基本不变,特别是在放煤口附近的煤矸混合区流动边界线的斜率不变。因此,在煤矸流动区域内,矸石占的区域比普通采高条件下的大。放煤过程中矸石向放煤口的侧向滑移距离虽然变短,但由于支架掩护梁倾角变大而使得前部顶煤放落速度加快,所以在放出的顶煤中混矸相对于普通采高综放开采增加程度不大。而当机采高度增加到5 m时,由于顶煤到放煤口的距离很大,导致在移架

过程中采空区靠近放煤口下部的矸石超前顶煤移动到放煤口,打开放煤口后,很快就见矸,放煤效果不好,如图3。由于机采高度增加后,放煤口高度也随之增高,放煤口及其上部的煤块流动速度加快,因而放煤速度加快,这也是现场经常出现满仓的原因之一。大采高综放开采由于采放比、掩护梁倾角和放煤口尺寸变化导致的放煤速度加快和混矸程度增加已被现场放煤实践所证实。

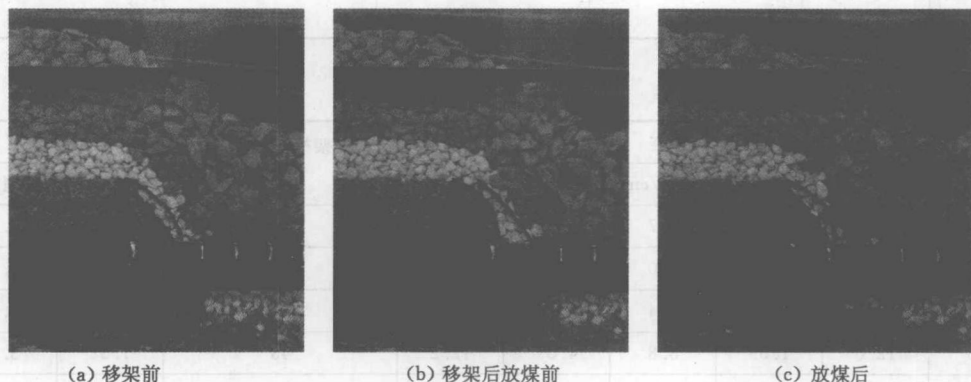


图1 大采高综放工作面煤矸流动形态

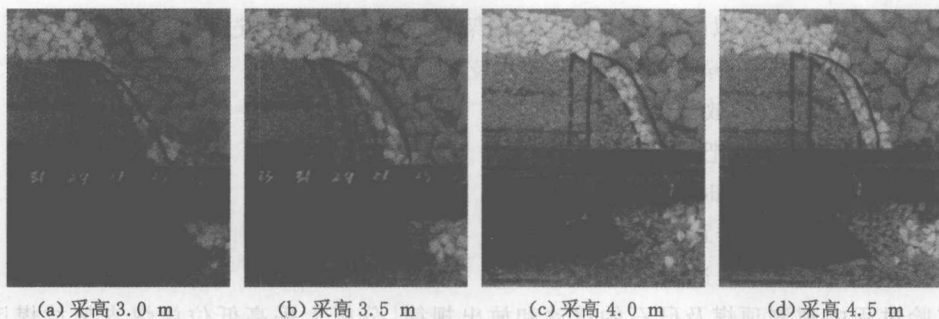


图2 不同采高时煤矸及层位分界线形态



图3 机采高度5.0 m时的煤矸形态

4 合理放煤工艺参数确定

由于大采高综放工作面煤矸流场受采放比和放煤口空间尺寸变化的影响而具有新的特征,因此,必须有合理的放煤工艺参数,最大限度地提高回收率,降低含矸率。由于放煤步距是影响煤矸放落流动规律和混矸程度以及顶煤损失的关键参数,因此,应重点确定合理的放煤步距。

放煤步距太大,顶煤就有可能窜入采空区,造成丢煤;放煤步距太小,矸石容易混入窗口,不仅影响煤质,而且造成操作上的丢煤。影响放煤步距的主要因素是顶煤的厚度、支架放煤口的几何尺寸及采煤机截深。同时,还应考虑不同煤层硬度和直接顶条件下的煤矸流场规律。

4.1 放煤过程中煤矸流动形态

为了分析大采高低位放顶煤工作面支架移架后顶煤的放落和放出过程两个阶段煤矸分界线和流动边界线特征,实验统计分析了放煤工序中煤矸的流动形态,如图4。图中分别标记了移架后放煤前和放煤前后的煤矸分界线与顶煤始动线(简称双线)形态、位置的变化。

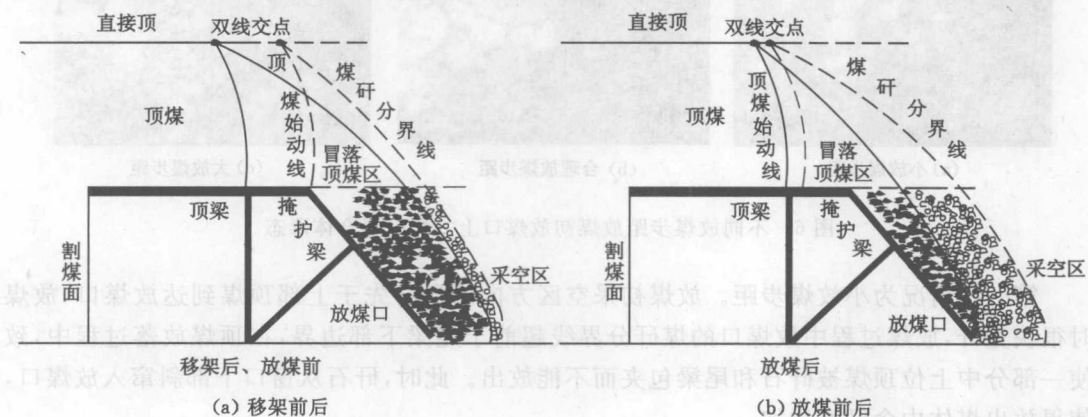


图4 放煤工序煤矸流动标记示意图

由图4可见,在每个放煤循环中,顶煤经过两次有规律的流动。第一次是移架后顶煤较大幅度的下落,此时,双线交点、煤矸分界线和顶煤始动线快速前移。由于顶煤未放,松散区域大,顶梁水平上双线间距较大,同时也因此导致双线交点超前尾梁距离小。第二次是顶煤从放煤口放出,其上煤矸的随动流动过程。此时,随着松散煤体的放出,煤矸分界线进一步向前移动,煤矸分界线的整体斜率减小,同时受松散煤体放出的影响,顶煤产生位移的范围进一步增大。顶煤始动线也继续前移,但由于支架顶梁对上部煤体的约束作用,使得顶煤产生位移的范围受到限制,双线前移距离较小,尤其是双线交点位置变化不大,存在零位移的现象。放煤结束后,顶煤松散区域变小,顶梁水平上双线间距随之减小。

4.2 放煤步距对煤矸流动形态的影响

大采高综放工作面不同放煤步距下的煤矸流动形态如图5所示。实验表明,不同放煤步距结束关窗时,放煤口附近煤矸混合体状态主要有三种情况,如图6。

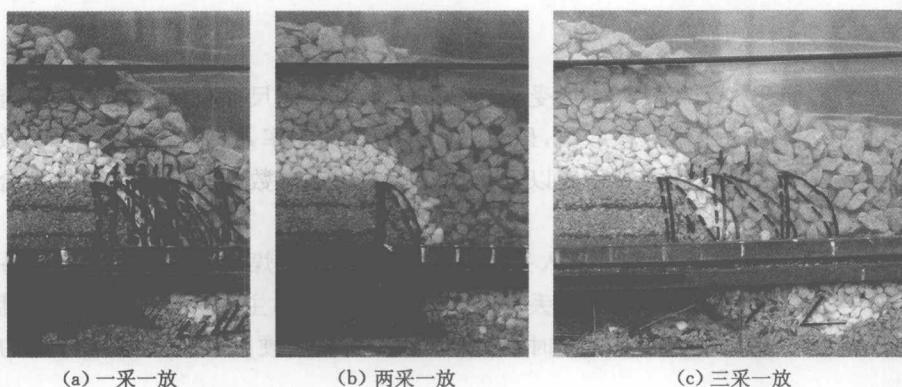


图5 采高 3.5 m 时不同放煤步距煤矸流动形态



图6 不同放煤步距放煤初放煤口上方煤矸混合体形态

第一种情况为小放煤步距。放煤初采空区方向的矸石先于上部顶煤到达放煤口,放煤时很快见矸,放煤过程中放煤口的煤矸分界线超前于尾梁下部边界,在顶煤放落过程中,致使一部分中上位顶煤被矸石和尾梁包夹而不能放出。此时,矸石从窗口下部斜窜入放煤口,使得放出煤体中含矸率增加。

第二种情况为合理放煤步距。放煤初采空区方向的矸石和上部顶煤几乎同时到达放煤口,放煤过程中放煤口的煤矸分界线略滞后于尾梁下部边界,采空区矸石在水平方向上的运移较小,在顶煤放出过程中,煤体能够顺利到达放煤口。随着下部和中部顶煤的放落,煤体上方的矸石也随之下落,在上部顶煤放出的过程中出现混矸,此时混合矸石主要来源于煤体上部,并随着上位顶煤的放出而窜入放煤口。

第三种情况为大放煤步距。放煤初上部顶煤先于采空区方向的矸石到达放煤口,放煤过程中放煤口的煤矸分界线明显滞后于尾梁下部边界,采空区矸石不能接近放煤口。大采高放煤条件下,掩护梁倾角变大,放煤口过煤高度增大,在放煤过程中,放煤口上部顶煤能够快速放出,顶煤上部的矸石也随之快速下落,此时放煤口采空区侧煤矸自然安息角内的煤体因不能向放煤口滑移而不能放出,导致步距损失,顶煤放出率降低。

4.3 合理放煤步距确定

上述实验结果可以看出,放煤步距不同时,放煤口上方顶煤量、煤矸分界线及顶煤层位界线的斜率均不同,导致放煤时煤与矸石的运移、放出规律和混矸程度都有变化。在兴隆庄煤矿大采高综放开采条件下,不同采高时不同放煤步距时的顶煤放出率和含矸率对比见表 5。

表 5 不同采高时不同放煤步距的顶煤放出率和含矸率对比

方 案	采高/m	放高/m	放煤步距	顶煤放出率/%	含矸率/%
模型一	3.0	5.6	一采一放	86.24	3.67
			两采一放	82.33	3.79
			三采一放	84.90	3.81
模型二	3.5	5.1	一采一放	87.08	3.30
			两采一放	81.76	5.92
			三采一放	82.50	6.36
模型三	4.0	4.6	一采一放	97.08	3.16
			两采一放	70.15	3.86
			三采一放	75.89	4.68
模型四	4.5	4.1	一采一放	85.05	1.87
			两采一放	80.50	2.49
			三采一放	75.84	2.74
模型五	5.0	3.6	一采一放	83.83	5.61
			两采一放	86.55	6.44
			三采一放	83.84	6.49

实验结果表明:在采高为 3.0 m、3.5 m、4.0 m 和 4.5 m 时,顶煤放出率一采一放最高;而采高为 5.0 m 时,顶煤放出率两采一放最高。说明随采高的增大,当采放比减小到一定程度时,应适当增大放煤步距。由表 5 还可以看出,在相同采高时,随着放煤步距的增大,含矸率逐渐增高。

5 结论

(1) 大采高综放开采煤矸流场特征主要表现为:① 支架移架使顶煤放落后顶煤层位线和煤矸分界线的斜率变陡,明显比普通采高条件下的斜率大;② 放煤过程中煤矸的流动速度变快,在相同放煤步距条件下,支架采高水平上煤矸分界线与支架顶梁末端的距离缩小;③ 受采放比、掩护梁角度和放煤口尺寸影响而易于混矸。

(2) 随着放煤步距的加大,煤矸分界线和顶煤始动线前移的间隔也逐渐增加。双线位移幅度在移架顶煤放落过程时要大于顶煤放出过程。放煤结束后,双线在顶梁水平上的间距随顶煤的放出而收缩减小,合理的放煤步距应使移架后放煤前的煤矸分界线略偏后于尾梁下部边界。

(3) 在兴隆庄煤矿煤层条件下,大采高综放开采合理机采高度的上限为 4 m,在给定的采放比和放煤口尺寸条件下,合理放煤步距应是一采一放,放煤步距为 0.8 m。

参考文献

- [1] 古德生,王惠英,李觉新. 振动出矿技术[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1989.
- [2] 黄松元. 散体力学[M]. 北京:机械工业出版社,1992.
- [3] 刘长友,黄炳香,吴锋锋,等. 综放开采顶煤破断冒放的块度理论及应用[J]. 采矿