

充填开采与井下原煤分选一体化技术

梁 和 平

(开滦(集团)有限责任公司 河北唐山 063018)

摘要:为解决采动造成地表沉陷、矸石重复提升的问题,以唐山矿为研究对象,采用理论分析和现场实践的方法对唐山矿充填开采和井下原煤分选一体化技术进行研究,并介绍了其系统布置及工艺流程,分析了其经济、社会和环境效益。结果表明:经过井下原煤分选后的矸石直接用于采空区充填,简化了井下矸石提升、地面选煤厂分选矸石、投料井充填系统建设等传统固体充填程序,降低了充填成本,减轻了地表沉陷,避免了矸石重复提升和环境污染。

关键词: 充填开采; 井下选煤; 绿色开采; 地表沉陷

中图分类号: TD823.7 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2013)08-0035-03

Integrated Technology of Backfill Mining and Raw Coal Separation in Underground Mine

LIANG He-ping

(Kailuan Group Co. Ltd., Tangshan, 063018, China)

Abstract: In order to solve the problems of mining subsidence and repeated lifting of gangue, taking Tangshan Coal Mine as a study object, the paper adopted the method of theoretic analysis and site measurement to study the backfilling mining and raw coal separation integrated system. The system layout and process flow were introduced. The economic, social and environmental benefits were analyzed. The results showed that gangue separated from raw coal in underground mine could directly use for backfilling goaf, simplify the traditional solid backfill process and avoid gangue lifting, gangue separation from raw coal in ground surface and feeding well construction. The integrated technology could reduce the expense of backfill coal mining, decrease the surface subsidence, avoid the repeated lifting of gangue and waste pollution to the environment.

Key words: backfill mining; coal preparation in underground mine; green mining; underground surface subsidence

0 引 言

采用常规的综合机械化采煤技术大规模开采易破坏地表^[1-4]。基于资源节约和环境友好的开采理念,我国许多矿区均在积极探索既能大量采出煤炭资源又可保护地表环境和建(构)筑物的绿色开采方法。充填开采方法是绿色开采技术体系之一,最早应用于国外金属矿山的开采^[5]。随着资源开采与环境保护矛盾日渐突出,我国采矿行业相关专家学者对充填开采进行了系统研究,针对不同的开采条件和充填方法,采用现场试验、模拟分析、理论分析等方法得到了一些有益的结论^[6-13]。目前我国充填开采理论日趋成熟,在全国范围内 20 余个矿区

采用不同充填方式的实践,并取得了良好效果^[14]。随着对充填开采研究的不断深入,矸石充填开采从采用的采、充分离方式,逐渐过渡到采充一体化,提高了工作效率。但所采用的矸石仍采用井下矸石提升至地面,分选后,再通过投料井输送至充填系统。该方式不仅增加了矸石提升的能耗和管理,也增加了投料井等相关工程设施的资金投入,且提升至地面的矸石堆放对环境和土地造成了污染和损害。因此,对于地表建筑物分布密集,矸石来源充足的矿区,采用井下矸石直接充填采空区的方式,不仅可以减轻辅助运输的负担,又可有效控制地表沉陷和环境污染^[15-16]。该方法有效实施的基础是拥有充足的矸石量,对于生产矿井来说,一般其掘进矸石量准

收稿日期: 2013-03-20; 责任编辑: 杨正凯

作者简介: 梁和平(1954—),男,河北唐山人,高级工程师。Tel: 13931557619, E-mail: cmyjs@kailuan.com.cn

引用格式: 梁和平. 充填开采与井下原煤分选一体化技术[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(8): 35-37. 41.

以保证充填的需求,因此开展井下原煤与矸石分选技术是保障矸石充填技术实施的有效途径之一。基于此,笔者以唐山矿为研究对象,进行了充填开采与井下原煤分选一体化技术的实践,以期达到控制地表沉陷、提高资源采出率、降低环境污染的目的。

1 工程概况

1.1 采区概况

唐山矿首采区域为铁三采区,该采区开采8号煤层,采区走向长1750 m,倾向长1150 m,采区面积约2 km²。采区上限标高为-450 m,下限标高为-780 m;地面平均标高+17.5 m。铁三采区位于唐山市区下方,地表建筑物众多,地下管线复杂。地面建筑物有老火车站、唐山机车车辆厂、密集的商业区、厂房和居民区;地下管路有供水、供暖、供电及路南区的污水管路等,地面企事业单位多达800余家。设计首个充填开采工作面为T₃281N,采用综合机械化固体充填开采的采煤方法。工作面倾向长120 m,走向长350 m,设计可采储量21.76万t。煤层平均倾角8.5°,煤的密度1.49 g/cm³,平均厚度3.77 m,煤层埋深720.0~731.0 m,地温、地压正常。该工作面北侧和东侧为12水平采空区,南侧为T₃281已采工作面,西侧为新风井工业广场保护煤柱。对应地面为唐山市路南区东部地区,且建设南路从工作面上方穿过。

1.2 矸石充填系统

唐山矿投料井深度为640 m,为国内目前最深的投料井,充填支架为ZZC7000/2.0/4.0型支架。采用的充填材料为煤矿自产矸石,包括井下掘进矸石和选煤厂分选矸石2部分,来源于3个系统,即井下掘进矸石翻笼系统、井下原煤分选系统和投料井系统。

1) 投料井布置。根据投料井和储料仓的空间位置,井下运矸巷道布置在-620 m水平位置,储料仓下口的运矸巷道底板标高-620 m,运矸巷道沿5号煤层顶板向铁三采区方向施工397.15 m之后,按8°6′倾角进行岩巷施工至8号、9号煤层采区上山,经岩石联络巷与8号煤层运料上山联通。运矸路线:投料井→储料仓→矸石运输巷→溜矸眼→T₃280运料上山→工作面运料平巷→工作面。

2) 掘进矸石翻巷系统布置。在11水平8号井出车线巷道内布置一翻笼车场,在翻笼车场与运矸

巷道之间布置一联络巷,在翻笼车场右下侧位置安装破碎机,建立掘进矸石破碎系统。运矸路线:508大巷→矸石翻笼车场→破碎机→矸石运输联络巷→矸石运输巷→溜矸眼→T₃280运料上山→工作面运料平巷→工作面。

3) 井下原煤分选系统布置。唐山矿设计生产能力为528万t/a,7010煤仓运量达450 t/h,5020煤仓运量达550 t/h。考虑尽量减小硐室断面和煤炭(矸石)运转方便,5020原煤运输巷与7010原煤运输巷成直线布置,动筛跳汰机硐室与其呈垂直布置;脱水筛硐室与精煤运输巷布置在一起;为减少对原煤仓壁的破坏,滚轴筛硐室与原煤仓垂直布置。

2 井下原煤分选系统

1) 选矸的必要性。目前国内选煤厂均建于地面,不仅增加了原煤中矸石的运费和排矸费,导致矿井提升能力紧张和吨煤利润降低;而且矸石排放占用土地,污染地面环境。为解决唐山矿矸石反复提升及矸石压占土地和污染环境等问题,采用在井下建选煤厂进行煤矸分选的方法,实现井下原煤分选和充填一体化。选出的矸石作为采空区回填材料,不但可以解决矸石占地和环境污染问题,还可有效控制地表沉陷,从而达到既保护地面环境,又保障地面建(构)筑物安全使用的目的。井下选煤工艺的主要任务是实现煤和矸石分离。与其他选煤工艺相比,井下煤矸的分选过程简单方便。但应保证设备防爆、隔爆、防尘、防静电等技术要求,以达到分选设备在井下安全工作要求。唐山矿年产原煤420万t,由选煤厂煤炭筛分试验报告可知,块煤中块径大于50 mm的矸石,占原煤量的57.72%,表明块煤矸石分选过程必不可少。井下块煤排矸不仅可提高煤炭质量,还可减轻矿井提升负担。

2) 选煤方法。选用动筛跳汰机以水为介质进行筛选,分选粒度较高(一般大于50 mm),工艺布置简单,分选率可达90%~95%。由于设备外形为矩形,工艺系统简单,所需巷道空间较小。从而大幅降低巷道维修量,但运营成本一般比其他方法每吨要高1.0~1.5元。唐山矿原煤属易选煤,因此完全可以采用机械动筛跳汰机进行筛选。采用该方法不仅可满足生产要求,又能节约生产成本,是较为理想的选煤方法。

3) 分选系统主要设备。根据唐山矿生产能力,

确定的主要选煤设备技术特征和数量, 选用 1 台 WD2000 型动筛跳汰机(筛选能力 220 ~ 280 t/h, 入料粒度 50 ~ 300 mm), 选用 2 台齿辊式滚盘筛, 选用 1 台 QZK1533 型煤泥高频筛, 选用 1 台 2PLF70150 型破碎机(破碎能力 150 ~ 200 t/h, 入料粒度 50 ~ 300 mm)。

4) 工艺布置。唐山矿分选排矸系统布置在 7010 煤仓与 5020 煤仓的联络巷内。改造原有 7010 和 5020 两个煤仓, 分别在这 2 个煤仓内设置分级筛, 并新建原煤分选系统及其相关运输巷等; 分选矸石破碎后通过带式输送机输送到矸石仓, 然后作为井下采空区充填物料。分选后的低灰原煤进入 5020 煤仓经主带式输送机运输至立井后提升至地面选煤厂。由带式运输机廊连接分级车间、分选排矸车间、矸石仓以及相关车间(图 1)。



图 1 分选硐室设备布置示意

唐山矿井下煤矸分选系统硐室位于风井 11 水平附近, 标高 -564.5 ~ -587.4 m。巷道工程总量为 939 m, 掘进总体积 11 388 m³。系统由 6 条巷道、7 个硐室、1 个矸石仓、3 个溜煤眼和 13 个交岔点组成, 其中动筛跳汰机硐室和高频脱水筛硐室较大。根据围岩条件, 正常情况下巷道和硐室均采用锚杆 + 锚索 + 金属网 + 钢带 + 喷浆进行支护, 喷射混凝土强度等级为 C20, 锚索长 6 ~ 8 m, 直径 21.6 mm, 锚杆长 1.8 m、直径 20 mm; 在围岩条件较差地段, 采用砌碇加钢筋支护, 混凝土碇体厚度 400 mm, 配双层钢筋网, 网格 200 mm × 200 mm, 钢筋直径 12 mm。起重梁为工字钢 28a 号, 钢材型号 Q235。

5) 工艺流程。5020 煤仓及 7010 煤仓原煤通过除铁器、刮板输送机篦子除去杂质及大煤块后, 进入齿辊式滚盘筛分级, 筛下物落入煤仓, 筛上物通过刮板输送机篦子除去大煤块后, 由带式输送机运入排矸车间, 然后通过动筛跳汰机分选, 分出低灰分原煤和矸石 2 种产品。矸石经破碎处理后通过带式输送机运至矸石仓, 用于采空区充填; 低灰分原煤破碎后经带式输送机输送到煤仓。分选过程的煤泥水, 用

泵打入高频筛, 筛上物与低灰分原煤一起经带式输送机运回 5020 煤仓。分选排矸系统用水采用井下矿井水。

3 效果分析

3.1 地表移动变形预测

采用概率积分法对铁三采区回采后地表移动变形进行预计, 预计参数参考焦作演马庄矿风力充填地表移动概率积分参数, 并参考其他单位充填开采预计经验参数, 取下沉系数 0.24, 水平移动系数 0.29, 主要影响角正切 1.7, 开采影响传播角系数 0.8, 拐点偏移距系数 0.003。预计 T₃281N 开采后地表最大下沉值 $W_{\max} = 875$ mm, 最大水平移动值 $U_{\max} = 302$ mm, 最大水平变形值 $\epsilon_{\max} = 1.7$ mm/m, 最大倾斜变形值 $i_{\max} = 2.0$ mm/m。

按照国家煤炭工业局制定的《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》^[17], 此预计变形为 I 级损害, 即固体充填开采后, 对地表产生轻微影响, 开采沉陷引起的建筑物损害可控制在 I 级采动影响范围内, 部分建筑物产生轻微裂缝。可以满足地面建(构)筑物安全正常使用的要求。

3.2 社会经济效益分析

1) 唐山矿实施充填开采与井下原煤分选一体化技术固定资产投资 2 913.90 万元, 铁三采区采出煤量 2 167.131 万 t, 比原有条带开采(734.83 万 t)多采出煤炭 1 367.131 万 t, 按吨煤利润 80 元计算, 可获得净利润 106 456.58 万元。

2) 掘进及分选矸石不上井, 直接用于工作面采空区充填, 减少了提升运输及投料井建设费用, 降低了成本, 提高了企业经济效益。

3) 利用煤矸石对工作面采空区进行充填, 不仅置换了煤炭资源, 同时减少了矸石地面存放对环境的影响, 实现绿色开采。减少了地表沉陷, 提高了资源采出率, 延长了矿井寿命。

4 结 语

原煤井下分选和充填开采一体化技术, 是煤矿实现绿色开采行之有效的手段之一, 也是充填开采技术的一次技术革新。充填开采与井下原煤分选一体化技术, 可大幅降低矿井无效提升、吨煤能耗及充填开采成本; 既能有效控制地表沉陷, 保障地表建

(下转第 41 页)

模拟分析结果如下:①立柱倾角 85° 时,图4a中的端面顶板较图3a的端面顶板稳定性更好。说明两柱掩护式支架的水平支护力对综放面端面顶板起到了很好的控制效果。②立柱倾角 90° 时,即2种支架的立柱都垂直于顶板时,两柱掩护式支架和四柱支撑掩护式支架控制下的顶板,放煤时和放煤后都发生了较大范围的端面冒落。说明两柱掩护式支架的柱腿如果不是倾斜地支撑在顶梁下,就不会出现指向煤壁方向的水平作用力 T_A ,从而不能起到更好的端面顶板控制效果。③综放两柱掩护式液压支架相对四柱支撑掩护式支架,对端面顶板的控制效果较好;两柱掩护式支架在正常工作时作用于顶板的指向煤壁的水平支护力,可以减小端面冒落拱的高度,从而起到控制端面顶板的效果。

6 结 语

液压支架对顶煤在水平方向的支护力 T_A 的作用方向和大小对冒落拱形态和冒高有显著影响。当水平方向的支护力 T_A 指向煤壁方向时,冒落拱高度减小,有利于支架控制顶煤冒高和形成稳定的冒落拱。指向煤壁方向的水平力 T_A 只有在两柱掩护式支架立柱倾向煤壁方向时才能产生。在综放回采工作过程中,要保证两柱掩护式支架的工作状态稳定。

(上接第37页)

(构)筑物安全使用,又能避免矸石占用土地和污染环境。提高了建(构)筑物下煤炭采出率,延长了矿井服务年限,给企业和社会创造了可观的社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 吴式瑜,岳胜云.选煤基本知识[M].北京:煤炭工业出版社,2003:12-39.
- [2] 张东升,徐金海.矿井高产高效开采模式及新技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003:17-86.
- [3] 蒋翠蓉,刘瑞芹.浅谈煤矸石的综合利用[J].煤质技术,2009(6):54-58.
- [4] 马占国,孙凯,赵国贞等.煤矿井下湿法分选系统设计[J].煤炭科学技术,2011,39(2):119-121.
- [5] 张吉雄,周跃进,黄艳利.综合机械化固体充填采煤一体化技术[J].煤炭科学技术,2012,40(11):10-13.
- [6] 白书民.薄煤层无巷旁充填沿空留巷技术研究[J].煤炭科学技术,2012,40(11):42-44.
- [7] 缪协兴.综合机械化固体充填采煤技术研究进展[J].煤炭学

参考文献:

- [1] 胡省三,刘修源,成玉琪.采煤史上的技术革命:我国综采发展40a[J].煤炭学报,2010,35(11):1769-1771.
- [2] 钱鸣高.煤炭的科学开采[J].煤炭学报,2010,35(4):529-534.
- [3] 王金华.综放开采是解决厚煤层开采难题的有效途径[J].煤炭科学技术,2005,33(2):1-6.
- [4] 王家臣.我国综放开采技术及其深层次发展问题的探讨[J].煤炭科学技术,2005,33(1):14-17.
- [5] 张忠温.平朔矿区两柱掩护式放顶煤支架适应性研究[J].煤炭科学技术,2011,39(11):31-35.
- [6] 翟桂武.两柱式支架放顶煤技术在保德煤矿的应用[J].煤矿安全,2009,40(9):57-60.
- [7] 任永强,于海湧,范志忠.两柱式放顶煤支架支撑效率分析[J].煤炭科学技术,2011,39(4):94-96.
- [8] 王国法.放顶煤液压支架与综采放顶煤技术[M].北京:煤炭工业出版社,2010.
- [9] 朱德仁,蒋永明.二柱掩护式支架水平力的研究[J].中国矿业大学学报,1990,19(9):1-7.
- [10] 孙公赞,张晓东,樊军.两柱与四柱放顶煤液压支架架型及结构浅析[J].煤矿机械,2009,30(2):167-169.
- [11] 王国法.两柱掩护式放顶煤液压支架设计研究[J].煤炭科学技术,2003,31(4):36-41.
- [12] 尚广来,李志强,姚国平等.支架水平力对保持端面顶煤完整的作用[J].矿山压力与顶板管理,1997,3(4):52-54.
- [13] 杨培举.两柱掩护式放顶煤支架与围岩关系及适应性研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2009:1-2.
- [14] 王启春,郭广礼,查剑锋等.厚松散层下矸石充填开采地表移动规律研究[J].煤炭科学技术,2013,41(2):96-99.
- [15] 李永明,刘长友,邹喜正.急倾斜薄煤层胶结充填开采合理参数确定及应用[J].煤炭学报,2011,36(S0):7-12.
- [16] 乔乃琛,姜岩,赵琦等.建筑物下压煤充填开采优化设计研究[J].煤炭科学技术,2012,40(11):19-23.
- [17] 李杨.固体废弃物胶结充填开采上覆岩层移动影响分析[J].煤炭学报,2011,36(S1):370-374.
- [18] 王家臣,杨胜利,杨宝贵等.长壁矸石充填开采上覆岩层移动特征模拟实验[J].煤炭学报,2012,37(8):1256-1262.
- [19] 董守义.充填开采设备综合配套分析与实践[J].煤炭科学技术,2012,40(2):98-101.
- [20] 胡炳南.我国煤矿充填开采技术及其发展趋势[J].煤炭科学技术,2012,40(11):1-5.
- [21] 徐义先.水采原煤井下脱水的技术措施[J].水力采煤与管道运输,2011(2):4-6.
- [22] 焦红光,惠兵,窦阿涛等.关于毛煤井下动筛排矸工艺的探讨[J].选煤技术,2009(4):61-64.
- [23] 国家煤炭工业局.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M].北京:煤炭工业出版社,2000:1-63.