

低品质动力煤跳汰选二段 最佳切割点动态模型的研究

于海波¹, 于潇宇¹, 张宝玉², 曲德庭², 胡洪明², 刘景文³

(1. 抚顺市三元工业测控技术研究所, 辽宁 抚顺 113008;

2. 铁法能源公司 煤炭销售分公司; 3. 小青煤矿选煤厂, 辽宁 调兵山 112700)

摘要: 针对低品质动力煤跳汰入洗净煤灰分变化引起二段最佳分选密度变化、影响分选效果的问题, 提出了二段最佳切割点的动态模型转换图、最佳分选密度 / 最佳灰分切割点相关关系的新观点; 在研究分析的基础上结合实例比对, 说明原有技术的欠缺和应用新技术后的显著效果。

关键词: 动力煤; 跳汰选; 最佳切割点; 分选密度; 灰分闭环控制

中图分类号: TD922.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-8397 (2017) 11-0010-06

1 概述

中国煤炭储量中低品质煤约占 40%, 作为动力煤的低品质煤, 不均匀入洗^[1]易引起入洗净煤 (-1.8 g/cm^3 含量) 灰分大范围波动, 导致两段同时排矸定筛跳汰机的二段最佳切割点发生变化, 引起精煤产品质量大幅度波动和矸中带煤损失。这种影响已经超出了传统的跳汰机、风、水、给、排五大环节^[2,3]的控制范围, 成为低品质动力煤跳汰选提质、增效的关键性难点。

“自动跟踪的灰分闭环控制”(ATACC) 新技术^[4-6]有效地解决了这个难题。在此基础上本文进一步提供的最新研究成果包括, 在入洗净煤灰分变化条件下跳汰二段最佳切割点的动态模型、动态模型转换图以及最佳分选密度和最佳灰分切割点的相关关系, 并配合实例比对, 说明原有技术的欠缺和应用新技术后的显著效果。

2 入洗净煤灰分变化下的二段最佳切割点动态模型

2.1 最佳切割点和对准最佳切割点的简易方法

在两段定筛跳汰机同时排矸条件下、在二段

末端实现精煤不含矸, 矸中带煤量最小的分选状态时对应的两个不同物理量——分选密度与灰分切割点, 称为二段最佳分选密度与二段最佳灰分切割点, 可统称为最佳切割点。

在风、水、给、排运行稳定后, 观察精煤筛面, 调整二段排料量 (砵码粗调, 设定值细调), 当 2 min 内精煤筛面偶见 1~2 块小矸石时, 即为对准最佳切割点。

2.2 跳汰机二段三个测量 / 分选密度与灰分闭环控制的关系

跳汰机二段存在着三个测量 / 分选密度, 即浮标测量位置与密度、二段最佳分选密度、二段实际分选密度; 浮标测量位置与密度通过跳汰控制系统构成与二段实际分选密度的相关性; 根据精煤灰分与设定灰分的偏差, 调节浮标的测量位置 (同时改变浮筒式浮标的测量密度), 使二段实际分选密度追踪二段最佳分选密度, 达到精煤灰分 $\approx$ 设定灰分的目标, 即为灰分闭环控制^[7,8]。

收稿日期: 2017-09-26 DOI: 10.16200/j.cnki.11-2627/td.2017.11.003

作者简介: 于海波 (1954—), 男, 辽宁抚顺人, 1991 年毕业于哈尔滨工业大学精密仪器及机械专业, 工学硕士, 抚顺市三元工业测控技术研究所所长, 教授级高工。

引用格式: 于海波, 于潇宇, 张宝玉, 等. 低品质动力煤跳汰选二段最佳切割点动态模型的研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2017 (11): 10-15.

2.3 二段最佳分选密度的动态模型

2.3.1 低灰状态下对准最佳切割点的模型

图 1 为在风阀休止期内, 入洗净煤灰分为低灰状态下, 跳汰机二段对准最佳切割点的等效模型。由图可见其特点为:

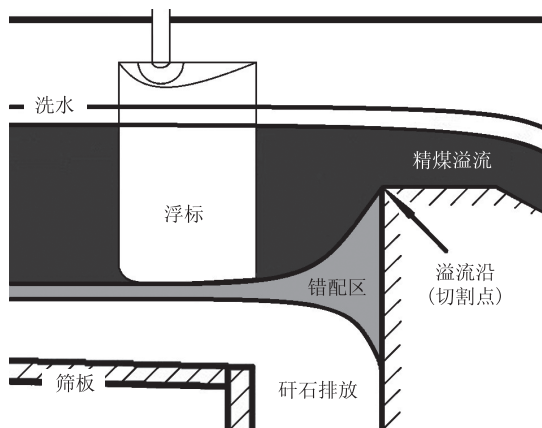


图 1 低灰状态下对准最佳切割点的模型

(1) 床层自下而上由矸石层、错配区(矸石与精煤未能明显分离的区域)、精煤层组成;

(2) 当作为切割点的溢流沿与精煤和错配区的交界线重合时, 该切割点即为此刻的最佳切割点;

(3) 调整浮标测量位置使浮标着床落在精煤与错配区交界线上, 排料控制系统根据错配区和矸石层的总厚度来控制矸石排放的速度, 在保证矸石不溢流的同时, 保证最佳切割点位置的稳定;

(4) 在净煤灰分为低灰状态时, 最佳分选密度呈现为高值状态。

2.3.2 净煤灰分变高时切割点模型的变化

图 2 为净煤灰分由低变高时切割点模型发生的变化。由图 2 可见:

(1) 净煤灰分变高时, 净煤密度增加趋向于矸石密度, 促使形成矸石上混的效应, 使错配区变宽, 最佳分选密度降低, 最佳切割点的位置升高。原来净煤低灰状态的高分选密度状态不再适应于高灰状态下的低分选密度的操作, 错配区会部分进入精煤溢流, 出现精煤含矸现象。此时操作工人可以观察到筛面的精煤含矸现象, 及时通过降低浮标的测量位置来降低实际分选密度, 对准新的最佳切割点。

(2) 应用自动跟踪的灰分闭环控制 ATACC

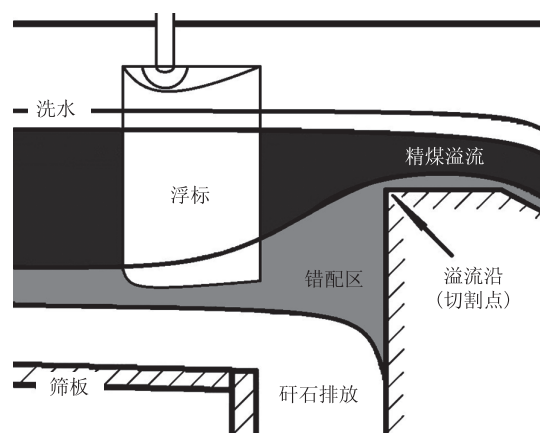


图 2 净煤灰分变高时切割点模型的变化

技术, 可根据精煤灰分的增加实现自动调整浮标的测量位置, 来降低实际分选密度。

2.3.3 高灰状态下对准最佳切割点的模型

经调整后, 构成高灰状态下对准最佳切割点的模型如图 3 所示。

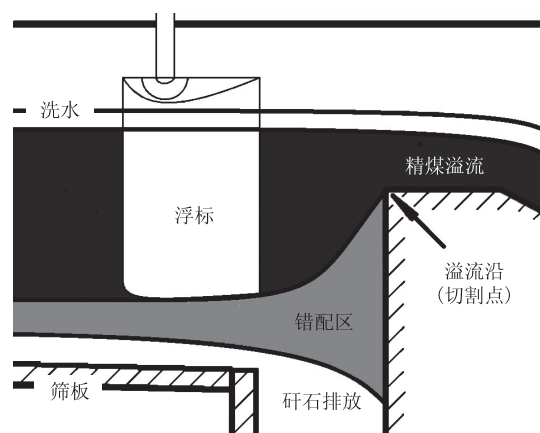


图 3 高灰状态下对准最佳切割点的模型

在净煤灰分为高灰状态时, 最佳分选密度呈现为低值状态。

2.3.4 净煤灰分变低时切割点模型的变化

由图 4 可见:

(1) 净煤灰分由高变低时, 错配区变窄, 最佳分选密度变高, 原来高灰状态的低分选密度状态不再适应于低灰状态下的高分选密度的操作, 如不能及时调节, 极易引起过排, 出现矸中带煤现象。

(2) 对于人工操作(操作条件: 数控风阀、自动给煤、自动排料), 由于排料道较深、人工难于及时发现矸中带煤现象, 以至于不能及时调节对准新的最佳切割点, 由此引起矸中带煤。

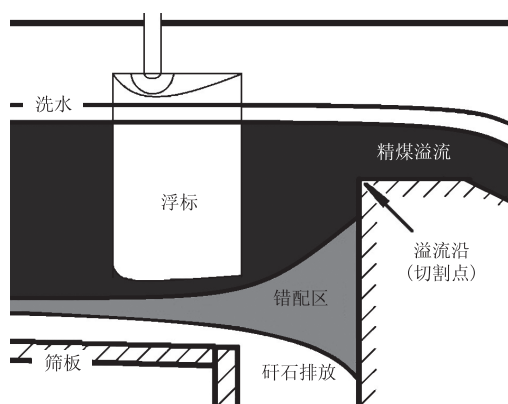


图4 净煤灰分变低时切割点模型发生的变化

(3) 应用自动跟踪的灰分闭环控制 ATACC 技术, 可通过跟踪精煤灰分变化实现自动调整浮标测量位置, 提高分选密度。

2.3.5 二段最佳分选密度动态模型的深入分析

由入洗净煤灰分变化引起最佳分选密度变化的四种动态模型, 构成状态转换图, 如图5所示。

(1) 状态1 → 状态2, 入洗净煤灰分由低变高, 最佳分选密度由高变低进入调节状态。

(2) 状态2 → 状态3, 人工根据精煤含矸率调整或采用自动跟踪的灰分闭环控制进行调整均有效。

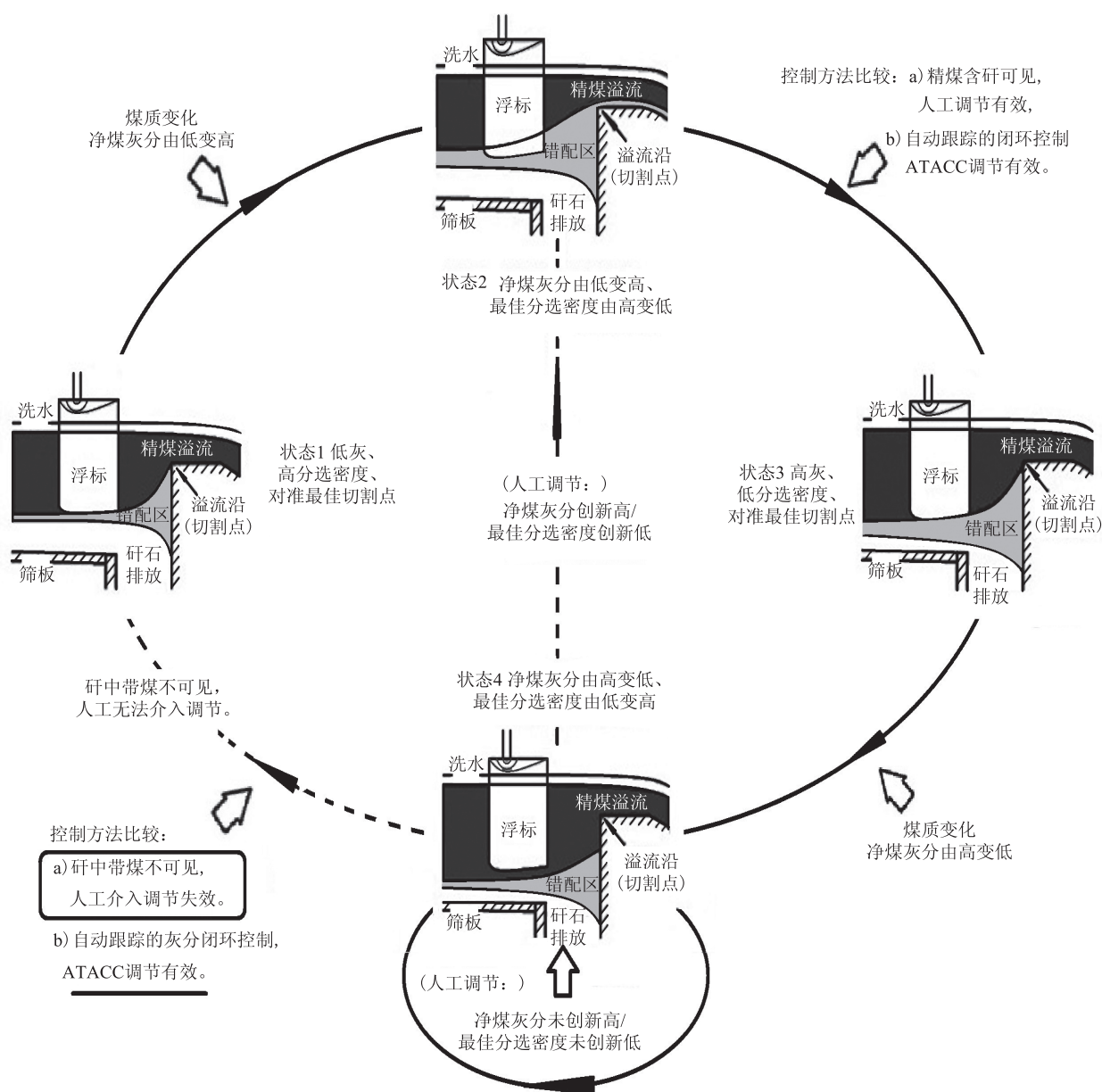


图5 由净煤灰分变化引起最佳分选密度变化的动态模型状态转换图

(3) 状态3→状态4,入洗净煤灰分由高变低,最佳分选密度由低变高进入调节状态。

(4) 状态4→状态1: ①人工无法及时观测矸中带煤进行调节,不能实现状态4→状态1; ②在状态4人工调节下:若净煤灰分未创新高即最佳分选密度未创新低,会形成状态4的内循环(如图5中状态4下部的椭圆环);若净煤灰分创新高即最佳分选密度创新低,会产生状态4→状态2→状态3→状态4的新一轮人工调节过程(如图5中虚线所示),由此形成恶性循环会使实际分选密度大为降低,产生低灰状态下矸中带煤,造成精煤产品灰分过低。③采用ATACC控制技术时,在自动跟踪灰分的闭环控制作用下,会有效地克服人工操作的缺陷,按照状态1→状态2→状态3→状态4→状态1,正常循环追踪最佳切割点的变化进行调整。

2.3.6 大兴矿选煤厂应用实例

图6为大兴矿选煤厂应用ATACC技术前人工控制下(数控风阀、自动给煤、自动排料)连续24h的精煤灰分数理统计曲线,方框为精煤灰分指标区间。由于上述原因,图6中低于灰分指标的曲线包络面积已达到总面积的2/3,形成大量的超低灰。图7为应用ATACC技术后,克服了人工操作的弊病,在同样的煤质和精煤灰分指标条件下,精煤灰分统计曲线的包络面积基本上与灰分指标区间重合,意味着矸中带煤大幅减少和精煤量回收率大幅提升。

3 最佳分选密度和最佳灰分切割点的相关关系

了解了入洗净煤灰分变化引起二段最佳分选密度变化的动态模型状态转换过程中人工调节的缺陷后,自然会想到下一个焦点问题——跳汰二段最佳分选密度的波动范围有多大?能否忽略不计呢?

3.1 最佳分选密度和最佳灰分切割点的相关关系

每一个二段最佳切割点对应着两个不同的物理量——最佳分选密度和最佳灰分切割点。通过实践总结归纳出二段最佳分选密度与二段最佳灰分切割点相关关系趋势图,如图8所示。

横坐标为二段最佳灰分切割点的灰分,纵坐标为二段最佳分选密度,两者的相关关系为由线段A1-A2与平行线段B1-B2构成的区域;而二段最佳分选密度与二段最佳灰分切割点相关关系

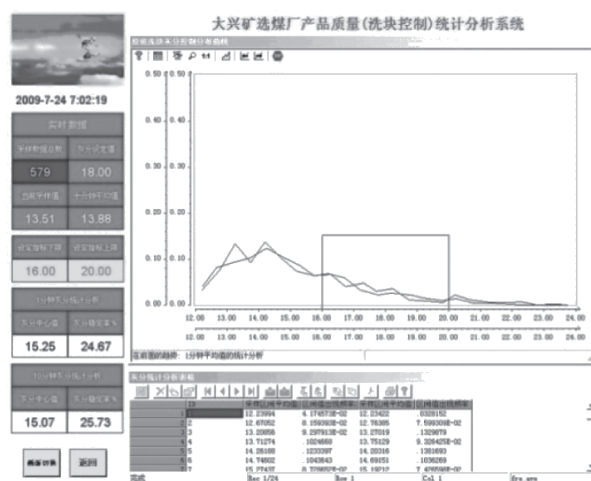


图6 大兴矿选煤厂应用ATACC技术前的洗块灰分统计分析

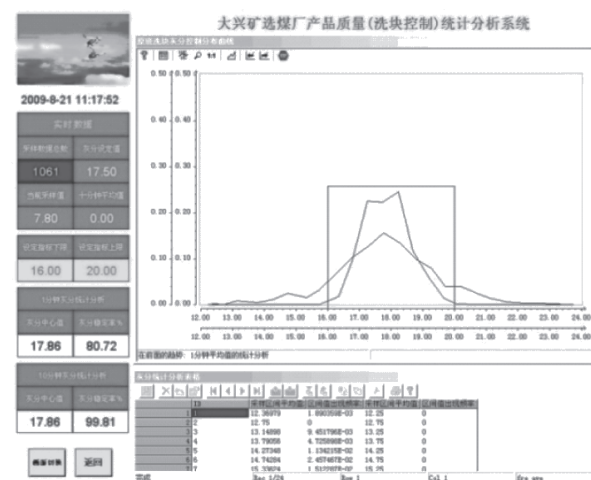


图7 大兴矿选煤厂应用ATACC技术后的洗块灰分统计分析

曲线则是在这一区域中的某条趋势曲线;该曲线的形态受到跳汰机、风、水、给、排五大控制参数和入洗煤质变化的影响。假设相关关系曲线为C1-C2,进一步考察二段最佳分选密度与二段最佳灰分切割点的相关关系。

在入洗净煤灰分为“中灰”的最佳灰分切割点为 $a_1=23.0\%$ 时,在C-C线上的S点对应的最佳分选密度 $\approx 1.77 \text{ g/cm}^3$;

在入洗净煤灰分为“中高灰”的最佳灰分切割点为 $a_2=35.0\%$ 时,在C-C线上的T点对应的最佳分选密度 $\approx 1.73 \text{ g/cm}^3$;

在入洗净煤灰分为“低灰”的最佳灰分切割点为 $a_3=15.0\%$ 时,在C-C线上的R点对应的最佳分选密度 $\approx 1.80 \text{ g/cm}^3$;

从趋势上看,二段最佳灰分切割点偏低时,

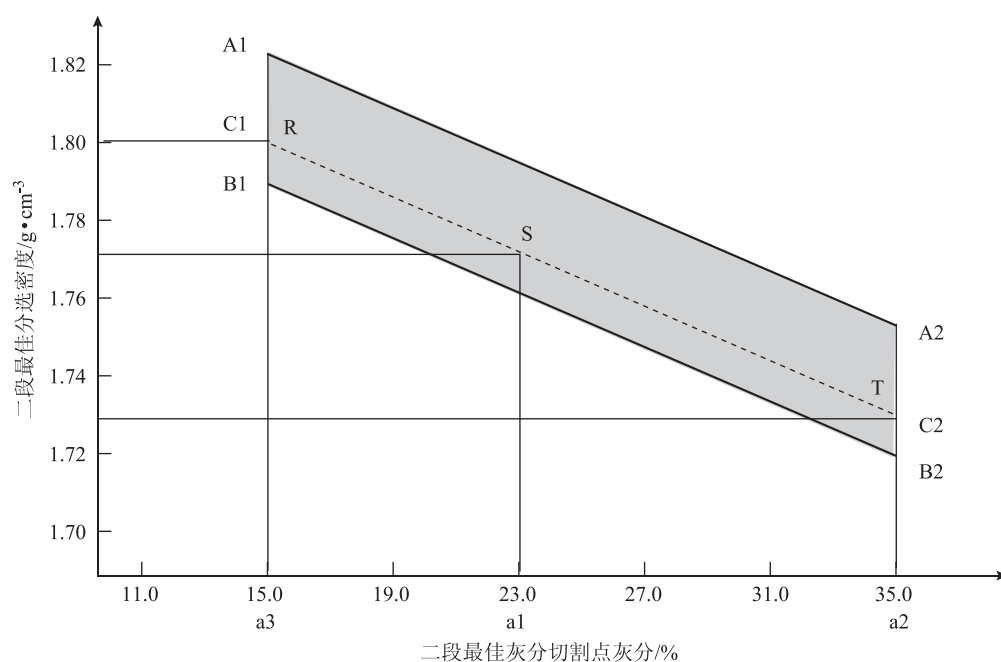


图8 二段最佳分选密度与二段最佳灰分切割点相关关系

对应最佳分选密度值偏高；随着二段最佳灰分切割点走高时，最佳分选密度值走低；

从量值特点上看，二段最佳灰分切割点为15.0%~35.0%时，对应最佳分选密度值为1.80~1.73 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，包括了动力煤跳汰选分选密度的全部范围。

相关关系趋势图给出的变化趋势、数量级范围概念，在针对入洗净煤灰分大范围波动的现场条件下实施ATACC实时、精细调节的控制时，具有重要的参考价值。

3.2 在小青矿选煤厂的应用实例

小青矿选煤厂为井下四层煤、七层煤、掘进煤混合入洗，每天的入洗净煤灰分波动范围宽达15.00%~40.00%。图9所示为小青矿在人工操作（数控风阀、自动给煤、自动排料）下24 h内洗块精煤灰分数统计曲线。在图9中，尽管洗块的统计灰分上限已达30%，但是由于现场检测矸中带煤量高，估计精煤灰分指标的上限还会提高^[9]。

图10所示为将精煤灰分控制指标区域扩展到17.00%~35.00%（见图10中的直线方框区域）、应用自动跟踪的灰分闭环控制（ATACC）技术之后连续24 h内的洗块精煤灰分统计曲线。与图9相比较可见，图10中在精煤灰分30.00%~35.00%区间增加的面积约占当天精煤灰分统计曲线包络

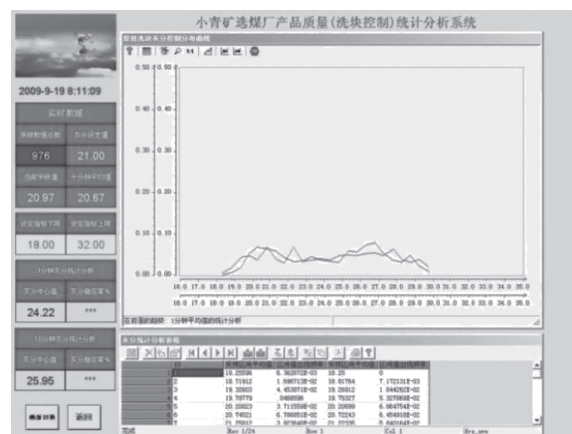


图9 人工操作下24小时内洗块精煤灰分曲线

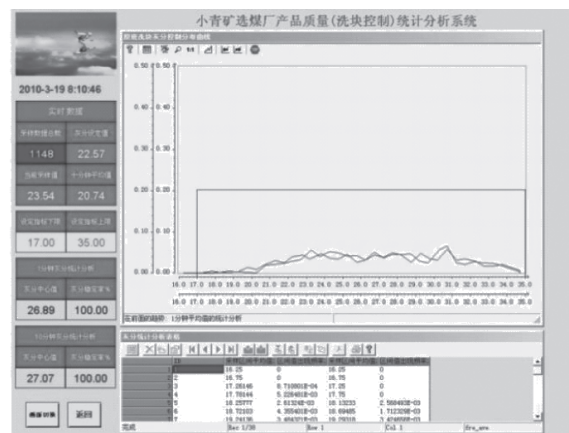


图10 应用ATACC技术之后洗块精煤灰分曲线

面积的 1/4; 而低灰区域灰分包络明显提升。根据前述理论分析, 说明低、中、中高灰煤的回收均得到大幅度地提升。

与此同时, 对应用 ATACC 技术后的跳汰机一、二段综合矸中带煤连续进行了 15 d 的检测, 统计分析结果如图 11 所示, 矸中带煤中心值大幅度下降到 2.61%, 进一步验证了在入洗净煤灰分大幅度波动下取得高效跳汰选的显著效果(注: 此种控制方法应配合后续配仓、配煤工艺实现优质化)。

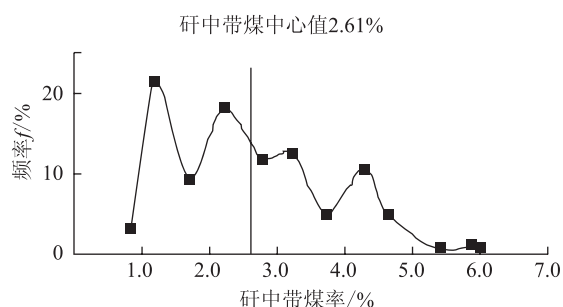


图 11 放宽精煤灰分区间的矸中带煤统计曲线

4 结 语

(1) 跳汰机、风、水、给、排五大控制环节是应用 ATACC 新技术的基础^[10]。在讨论“二段最佳切割点的动态模型”过程中, 五大控制环节的作用贯穿始终, 主要体现在“错配区”厚度的变化上。五大环节配合得好, 错配区的厚度变窄, 对准最佳切割点后产生的矸中带煤量就少。因此需要“跳汰机、风、水、给、排、ATACC”六大控制环节相互紧密配合, 才能提升低品质动力煤的跳汰分选效果。

(2) 跳汰选煤工艺及控制装备的配套。应根据不同煤质条件和需求, 选择入洗均质化、配

仓、配煤不同生产工艺配合。

(3) 探寻一种低成本、提质、增效的动力煤跳汰选控制方法一直是国内外选煤工作者的所求。二段最佳切割点动态模型的深入研究和关键性技术创新的应用证明, 自动跟踪的灰分闭环控制(ATACC)是低品质动力煤跳汰选不可缺失的重要环节。

参考文献

- [1] 刘炯天, 等. 煤炭提质技术与输配方案的战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [2] 吴式瑜, 等. 选煤基本知识 (第四版) [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012.
- [3] 于尔铁. 跳汰选煤技术的再定位 [J]. 选煤技术, 2006 (2): 55-57.
- [4] Xiaoyu Yu, Haibo Yu, Chunhui Yu. Progress of Steam Coal Clean Efficient Jigging Technology in China[C], XVIII International Coal Preparation congress/28 June-01 July 2016/ Saint-Petersburg Russia: 519-524.
- [5] Xiaoyu Yu, Haibo Yu, Chunhui Yu. Efficient and Quality Steam Coal Jigging applied in TieFa. China[C], Proceedings of the 17th international coal preparation congress/1-6 OCTOBER 2013/TURKEY: 225-230.
- [6] 于海波, 于潇宇. 动力煤的高效、优质跳汰选控制方法. 中国, ZL2011100928346 [P]. 2013-9-18.
- [7] 于海波, 等. 跳汰机实时分选密度测控及灰分闭环控制的探讨 [J]. 选煤技术, 2002 (2): 16-17.
- [8] 于海波, 等. 中国跳汰选自动控制新技术 [C]. 第十五届国际选煤大会论文集, 2006/ 中国北京: 213-218.
- [9] 刘景文, 等. 小青矿选煤厂跳汰机灰分闭环控制系统改造及应用 [J]. 洁净煤技术, 2011, 17 (3): 22-25.
- [10] 于潇宇, 等. 跳汰精煤灰分自动跟踪的闭环控制与跳汰机五大控制环节的相关性 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2014 (7): 8-11.

(上接第 9 页)

质旋流器的潜力可以进一步发挥, 可加大处理能力, 降低吨煤电耗。

S-3GHMC 型超级重介质旋流器在南关等选煤厂的应用, 象征着我国久已领先的三产品重介质旋流器选煤设备与工艺又迈入了一个崭新的阶段。

参考文献

- [1] 庾朝富, 王传金, 石 郡, 等. 3GHMC1500/1100 型无压给料三产品重介质旋流器分选潘一选煤厂极难选煤的工艺

效果研究 [J]. 选煤技术, 2014 (6): 24-29.

- [2] 韩万松, 闫锐敏, 庾朝富, 等. 适用于炼焦煤选煤厂技术经济考核的四项指标 [J]. 选煤技术, 2015 (2): 64-68.
- [3] 韩万松, 丁光耀, 王书快, 等. 重选产物产率的简便计算及可靠性分析 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2016 (5): 6-11.
- [4] 赵树彦. 重介质旋流器选煤技术的热点问题 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2017 (3): 1-5.
- [5] 赵树彦, 袁红军, 徐学武, 等. 大型无压给料两段两产品重质旋流器分选动力煤的研究和应用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2013 (1): 1-4, 7.