

动力煤弹筒发热量快速检测方法

蒋涵元

(神华国能(神东电力)集团公司 上榆泉煤矿,山西 河曲 036500)

摘要:为实现动力煤选煤厂煤质指标的快速准确检测,上榆泉煤矿洗选中心参考炼焦煤选煤厂常用的灰分快速检测方法,采取精煤胶带机人工采样灰分快速检测和火车商品煤灰分快速检测2种方案进行灰分测定。针对动力煤选煤厂的特点提出弹筒发热量快速检测方法,并对火车商品煤弹筒发热量快速检测和精煤胶带机自动采样弹筒发热量快速检测2种方案的应用效果进行分析。结果表明,灰分快速检测对于动力煤选煤厂存在结果滞后、误差大、指导性差等缺点;采用火车商品煤弹筒发热量快速检测后,化验周期从原来的1 h降至15 min左右,化验时间大幅缩短,但生产参数调整仍相对滞后,无法及时反映煤质的实时变化。精煤胶带机自动采样弹筒发热量快速检测发热量与正常化验发热量的绝对误差平均值仅为-0.12 MJ/kg,相对误差平均值仅为-0.64%,化验周期由灰分快速检测的1 h减至15 min,时效性也由最初的3 d减至2.75 h,增强了化验结果对于生产的指导性。考虑到弹筒发热量快速检测目的是为了指导生产而非结算用,因此其指导生产能够满足要求。

关键词:弹筒发热量;动力煤;水分;灰分

中图分类号:TQ533.4

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2018)03-0118-05

Rapid detection of bomb calorific value for steam coal

JIANG Hanyuan

(Shangyuquan Coal Mine, Shenhua Guoneng (Shandong Power) Group Co., Ltd., Hequ 036500, China)

Abstract: In order to achieve rapid and accurate detection of coal quality indicators for steam coal preparation plant, rapid detection of ash in manual sampling of coal belt conveyor and in trains were performed in Shangyuquan Coal Mine Washing Center referred to the rapid ash detection method commonly used in coking coal preparation plants. According to the features of steam coal preparation plant, a rapid detection method for calorific value was proposed, and the application effects of the two schemes, i. e., rapid detection of bomb calorific value for train commercial products and rapid detection of bomb calorific value by automatic sampling of corrugated coal belt machine, were analyzed. The results show that the rapid detection of ash has disadvantages, such as lagging results, large errors and poor guidance in steam coal preparation plant. After rapid detection of bomb calorific value for train commercial products, the test period is reduced from 1 h to about 15 min, and the optimal time is significantly shortened. However, the adjustment of production parameters still lags behind, which can't reflect the real-time changes of coal quality. The average absolute error between rapid detection of bomb calorific value by automatic sampling of corrugated coal belt machine and normal detected calorific value is only -0.12 MJ/kg, and the average relative error is only -0.64%. The test period is reduced from 1 h to 15 min, and timeliness is from 3 d to 2.75 h. Taking into account the rapid detection of bomb calorific value is intended to guide the production rather than settlement, above method can meet the requirements.

Key words: bomb calorific value; steam coal; moisture; ash

0 引 言

上榆泉煤矿洗选中心是上榆泉煤矿配套的选煤

厂,设计处理能力8.0 Mt/a,采用块煤动筛跳汰、末煤有压两产品重介旋流器、粗煤泥螺旋分选、煤泥压滤回收的生产工艺,原煤全入选^[1],仅出一种商品

收稿日期:2018-03-01;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2018.03.022

作者简介:蒋涵元(1988—),男,河南永城人,工程师,硕士,从事选煤厂管理工作。E-mail:jiangyanzhao1988@126.com

引用格式:蒋涵元.动力煤弹筒发热量快速检测方法[J].洁净煤技术,2018,24(3):118-122.

JIANG Hanyuan. Rapid detection of bomb calorific value for steam coal[J]. Clean Coal Technology, 2018, 24(3): 118-122.

煤,所有产品汇集到精煤上仓皮带,并最终进入产品仓。商品煤为单一用户河曲发电公司,要求发热量为 17.58、18.84 和 20.10 MJ/kg。上榆泉煤矿原煤煤质较差,以 2017 年为例,原煤发热量平均为 13 MJ/kg,无法满足电厂用煤要求。为稳定商品煤煤质,煤炭行业一般采用炼焦煤选煤厂常用的灰分快速检测,俗称“快灰”。但由于动力煤的关键经济指标为发热量,不同于炼焦煤的灰分,灰分与发热量之间并非严格的一一对应关系,加之灰分化验周期较长,因此灰分快速检测对于动力煤选煤厂存在结果滞后、指导性不强等缺点。

目前,动力煤煤质快速检测研究多集中在建立数学模型方面,即将参数代入数学模型通过程序计算得到发热量,但由于不同矿区煤层、煤种煤质差别较大,利用数字分析得出的回归公式适用性不强,不同选煤厂产品具有很大局限性^[2]。乔改瑞等^[3]以宁东煤化工红柳矿煤层煤质数据为研究对象,得出红柳矿煤发热量与工业分析的数学模型,模型能准确反应发热量 $Q_{gr,d}$ 与灰分 A_{ad} 之间的变化规律,但该规律仅对特定煤层煤质具有指导意义,且须提前获得准确的灰分值。王振龙等^[4]利用在线煤质分析仪对动力煤选煤厂产品煤发热量进行在线检测,但该方法需不断与实际化验数据进行比对,及时调整发热量与水分、灰分之间的数学模型,且预测数据与实际化验结果出入较大。王宏伟等^[5]基于配煤入选时发热量可加性原则,建立了配煤入选时的发热量预测模型,应用于伊泰准格尔召选煤厂产品发热量预测,取得了较好效果,但该方法需提前准确检测原煤煤质指标,且在原煤、生产参数等指标均不变的情况下方可行。因此,适合动力煤选煤厂特点的煤质快速检测方法比较少,且准确性、可靠性不强,鉴于此,本文结合上榆泉煤矿洗选中心煤质化验中实际存在的问题,提出了适用于动力煤选煤厂的弹筒发热量快速检测,用来指导动力煤选煤厂生产,从而提高经济效益。

1 存在问题及解决措施

上榆泉煤矿化验室从采样到煤质化验需要 3 d,滞后严重,煤质指标管控基本处于失控状态,无法及时准确反馈生产过程中商品煤的煤质变化,商品煤合格率仅为 40%~80%。2017 年,上榆泉煤矿洗选中心根据化验室实际情况,配齐和修复了快水仪、定硫仪、马弗炉、粉碎机、电热板、自动采样机等设备,

增加末矸石、末精煤、煤泥、螺旋精煤、螺旋矸石等中间产品检测,掌握各生产环节实际情况,采制化员工三班倒,采制样、化验一次性完成,提高了化验结果的时效性,为生产调整提供了及时、可靠的依据。

上榆泉煤矿洗选中心先后采取了精煤胶带机人工取样灰分快速检测、火车商品煤灰分快速检测、火车商品煤弹筒发热量快速检测、精煤胶带机自动取样弹筒发热量快速检测等措施,并最终确定采用精煤胶带机自动取样弹筒发热量快速检测。经调试,弹筒发热量快速检测能够提供及时、可靠的化验数据,商品煤煤质指标测量稳定。

2 灰分快速检测方法

上榆泉煤矿洗选中心灰分快速检测采取 2 项方案:方案 1 是在精煤胶带机机头用采样铲接取煤样后进行灰分快速检测;方案 2 是使用人工采取的火车煤样进行灰分快速检测。

2.1 精煤胶带人工取样灰分快速检测

方案 1 主要考虑精煤胶带机更接近生产系统,能及时反映商品煤煤质变化。但实施过程中发现人工采取的精煤皮带煤样灰分化验结果与商品煤实际灰分相差很大(表 1)。

表 1 商品煤灰分与皮带煤样快速检测灰分对比
Table 1 Comparison of commercial ash and rapid detection ash for belt coal samples

化验日期	商品煤 灰分/%	皮带样 灰分/%	绝对误 差/%	相对误 差/%
2017-02-15	22.24	19.82	-2.42	-10.88
2017-02-16	24.95	21.40	-3.55	-14.23
2017-02-17	21.55	21.21	-0.34	-1.58
2017-02-18	22.53	20.04	-2.49	-11.05
2017-02-19	25.67	20.98	-4.69	-18.27
2017-02-20	23.47	21.63	-1.84	-7.84
2017-02-21	28.75	22.55	-6.20	-21.57
2017-02-23	25.61	21.38	-4.23	-16.52
2017-02-24	25.45	22.63	-2.82	-11.08
2017-02-25	25.66	22.41	-3.25	-12.67
2017-02-27	23.45	23.41	-0.04	-0.17

由表 1 可知,商品煤实际灰分与人工采取的精煤皮带样灰分相对误差最高达到 -21.57%,最低为 -0.17%,平均为 -11.44%。其原因首先是人工采样的子样数不足,根据 GB 475—2008《商品煤人工采取方法》,胶带机机头采样属煤流中采样,而精

煤流中每个基本采样单元每小时采子样数不少于15个(标称粒度为50 mm),但人工采样子样数难以达到;其次是难以截取煤流断面,采样铲仅采取了煤流截面的一小部分;最后子样不能充满采样器或从采样器中溢出,而采样铲采样瞬间基本采满,精煤中稍大煤块采满后滚落,粒度小的则停留在采样铲上,上榆泉煤矿洗选中心末精煤发热量高,导致胶带机机头人工采样快速检测灰分低于商品煤实际灰分^[6]。因此方案1不可行。

2.2 火车商品煤灰分快速检测

方案2采用火车商品煤灰分快速检测。上榆泉煤矿化验室在每列火车采取商品煤煤样后制成综合样进行分析化验,时效性差。火车商品煤灰分快速检测要对每列火车采取的煤样制成分析样化验灰分,化验结果与商品煤实际灰分相近,但由于灰分与动力煤煤质评价关键指标发热量之间并非一一对应的线性关系^[7-8],使得灰分无法直观指导生产。主要原因是发热量指标除受灰分影响外,受水分影响也比较大,而水分、灰分、发热量多元回归线性公式的预测性并不理想^[9-10]。此外,灰分快速检测还存在化验周期偏长、时效性较差等缺点,仍不能及时有效指导动力煤选煤厂生产参数的调整。

3 弹筒发热量快速检测方法

3.1 实施方案

鉴于灰分快速检测时效性差,无法直观准确指导煤质调整,上榆泉煤矿洗选中心提出了商品煤弹筒发热量快速检测设想,根据商品煤弹筒发热量检测结果指导生产参数调整,稳定了商品煤煤质指标。针对商品煤弹筒发热量快速检测,洗选中心采取了2项方案,分别是对每列火车煤进行弹筒发热量快速检测(方案3),引进安装胶带机自动采样机对精煤皮带煤样进行弹筒发热量快速检测(方案4)。

3.2 水分快速检测

商品煤弹筒发热量快速检测离不开水分检测和弹筒发热量化验结果的换算。水分检测按照 GB/T 212—2008《煤的工业分析方法》^[11]以及 GB/T 211—2007《煤中全水分的测定方法》^[12]执行,全水分和分析水检测时间至少要3 h,时效性较差,为此上榆泉煤矿洗选中心专门购置了用于水分快速检测的 MB23 型红外水分测定仪,并对水分快速检测结果与正常水分化验结果进行对比,结果见表2。

表2 商品煤水分与快速检测水分对比

Table 2 Comparison of commercial coal moisture and rapid detection moisture

化验日期	化验水分/%	快速检测水分/%	绝对误差/%	相对误差/%
2017-12-02	8.4	8.4	0	0
2017-12-03	9.2	9.6	0.4	4.35
2017-12-04	9.3	9.5	0.2	2.15
2017-12-05	9.4	9.2	-0.2	-2.13
2017-12-06	9.4	9.4	0	0
2017-12-07	9.1	9.4	0.3	3.30
2017-12-08	9.4	9.2	-0.2	-2.13
2017-12-09	9.4	9.2	-0.2	-2.13
2017-12-10	9.5	9.2	-0.3	-3.16
2017-12-11	10.7	9.4	-1.3	-12.15

为快速检测全水分及分析水,将快水仪工作温度设定为150℃,煤样质量损失低于0.01%/min时自动停止检测。由表2可知,在随机截取的10 d,快速检测水分与正常化验水分接近,相对误差、绝对误差的平均值仅为-1.19%和-0.1%。而2017年12月2日者相对误差、绝对误差平均值分别为0.31%和0。快速检测精度要求不高,因此使用快水仪进行水分快速检测可行。

2017年12月快速检测水分与正常化验水分对比如图1所示。

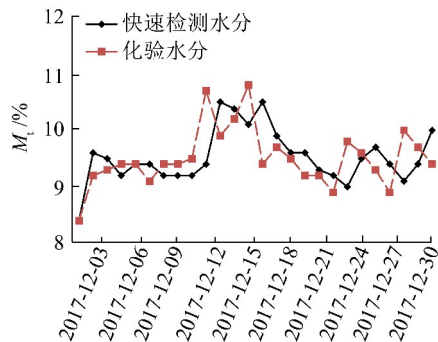


图1 2017年12月快速检测水分与正常化验水分对比

Fig. 1 Comparison of rapid detection moisture and normal detected moisture in December 2017

3.3 实施效果

3.3.1 火车商品煤弹筒发热量快速检测

因前期上榆泉煤矿洗选中心无精煤胶带机自动采样设备,且胶带机机头人工煤流中采样不具有代表性,因此上榆泉煤矿洗选中心首先将火车商品煤灰分快速检测改为弹筒发热量快速检测。将采取的

火车煤样一分为二,一份作为全水分样使用快水仪进行全水化验,另一份通过电热板干燥后制取分析样进行分析水化验,使用量热仪进行弹筒发热量检测,因单一煤层硫分和氢值^[13-14]等变化不大,且对发热量影响较小,则不再单独化验,仅使用经验值。根据弹筒发热量检测结果,结合全水分、分析水以及其他经验值可得低位发热量,供生产车间调整生产参数。发热量换算公式如下:

$$Q_{gr,ad} = Q_{b,ad} - 95S_{b,ad} - aQ_{b,ad} \quad (1)$$

$$Q_{net,ar} = (Q_{gr,ad} - 206H_{ad})(100 - M_t) / (100 - M_{ad}) - 23M_t \quad (2)$$

式中, $Q_{gr,ad}$ 为分析煤样的高位发热量, MJ/kg; $Q_{b,ad}$ 为分析煤样的弹筒发热量, MJ/kg; $S_{b,ad}$ 为由弹筒洗液测得的煤硫含量 ($Q_{b,ad} > 16.70$ MJ/kg 或 12.50 MJ/kg $< Q_{b,ad} < 16.70$ MJ/kg, 且 $S_{b,ad} \leq 2\%$ 时, 可用 $S_{t,ad}$ 代替 $S_{b,ad}$), %; a 为硝酸校正系数 ($Q_{b,ad} \leq 16.70$ MJ/kg 时, $a = 0.001$; 16.70 MJ/kg $< Q_{b,ad} < 25.10$ MJ/kg 时, $a = 0.0012$; $Q_{b,ad} \geq 25.10$ MJ/kg 时, $a = 0.0016$)。

采用该方案后,化验周期从原来的 1 h 降至

15 min 左右,化验时间大幅缩短,方便选煤厂生产参数调整。但由于是火车商品煤样,而精煤仓有 1.5 万 t 的仓储能力,生产参数调整仍然相对滞后,时效性仅由 3 d 减至 1 d,无法及时反映煤质的实时变化。

3.3.2 精煤胶带自动采样弹筒发热量快速检测

西山煤电晋兴能源公司斜沟煤矿选煤厂在原煤入选、精煤、装车等胶带机上全部装有自动采样设备,实现在线采样、采制一体、弃样返回等功能,使用效果理想。2017 年 10 月,参照斜沟煤矿选煤厂自动采样机采购的胶带机自动采样设备安装完成,每隔 150 s 自动采制样设备运转一次,每小时采样 24 次(国标要求为 16 次^[15]),每次均采取精煤胶带机全断面样并自动实现制样、缩分、弃样返还。对于采取的煤样,按照 3.3.1 节所述方法每 2 h 进行一次弹筒发热量快速检测,实现了精煤煤质指标及时、准确检测,为生产参数调整提供了可靠依据。精煤胶带自动采样弹筒发热量快速检测数据与正常化验数据对比见表 3,2018 年 1 月快速检测发热量与正常化验发热量对比如图 2 所示。

表 3 精煤胶带自动采样弹筒发热量快速检测数据与正常化验数据对比

Table 3 Comparison of rapid detection of bomb calorific value by automatic sampling of corrugated coal belt machine and normal detected data

日期	水分/%		$Q_{b,ad}/(MJ \cdot kg^{-1})$		$Q_{net,ar}/(MJ \cdot kg^{-1})$		绝对误差/ (MJ · kg ⁻¹)	相对误差/ 差/%
	正常化验	快速检测	正常化验	快速检测	正常化验	快速检测		
2018-01-14	9.0	9.7	20.84	21.51	19.36	19.28	-0.08	-0.41
2018-01-15	9.0	9.1	21.53	21.59	19.44	19.50	0.06	0.31
2018-01-16	9.4	9.0	21.53	21.28	19.49	19.23	-0.26	-1.33
2018-01-17	8.6	9.4	21.64	21.39	19.57	19.27	-0.30	-1.53
2018-01-18	8.3	9.0	21.12	21.15	19.34	19.08	-0.26	-1.34
2018-01-19	8.9	8.3	20.68	20.67	18.82	18.82	0	0
2018-01-20	8.8	8.6	20.10	20.57	18.78	18.63	-0.15	-0.80
2018-01-21	8.9	8.8	21.18	20.82	19.09	18.85	-0.24	-1.26
2018-01-22	9.3	8.8	21.50	21.41	19.54	19.40	-0.14	-0.72
2018-01-23	9.3	9.1	21.45	21.22	19.03	19.16	0.13	0.68

由表 3 可知,正常化验发热量与弹筒快速检测发热量绝对误差平均值仅为 -0.12 MJ/kg,相对误差平均值仅为 -0.64%,2018 年 1 月绝对误差平均值为 0.27 MJ/kg、相对误差平均值为 0.05%。通过图 2 可以看出,2018 年 1 月全月弹筒发热量快速检测数据与正常化验数据极为接近。考虑到弹筒发热

量快速检测的目的是为了指导生产而非结算用,因此其指导生产能够满足要求。采用精煤胶带自动采样机煤样进行弹筒发热量快速检测后,化验周期由灰分快速检测的 1 h 减至 15 min,时效性也由最初的 3 d 减至 2.75 h(制样周期 2 h,制样 30 min,化验 15 min),增强了化验结果对于生产的指导性。

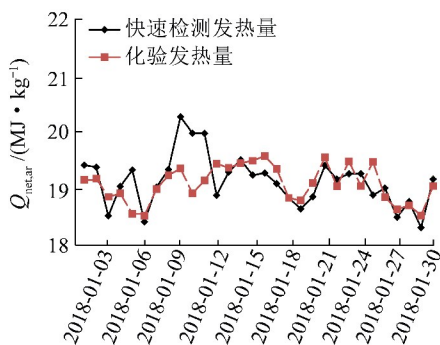


图2 2018年1月快速检测发热量与正常化验发热量对比

Fig. 2 Comparison of rapid detection calorific value and normal detected calorific value in January 2018

4 结 语

采用商品煤弹筒发热量快速检测,化验周期从灰分快速检测的1 h降至15 min左右。精煤胶带自动采样并结合弹筒发热量快速检测,煤质化验时效性由原来的3 d减至2.75 h,便于及时掌握煤质指标变化情况。精煤胶带机自动采样弹筒发热量快速检测值与正常化验发热量的绝对误差平均值仅为-0.12 MJ/kg,相对误差平均值仅为-0.64%,说明在缩短化验周期、增加煤质化验时效性的同时,该快速检测方法完全满足动力煤选煤厂指导生产参数调整的目的。

参考文献 (References)

- [1] 宋万军,蒋涵元,朱子祺. 上榆泉选煤厂煤泥浮选提质的可行性研究[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(S2): 170-174.
- [2] 邵金元. 无烟煤发热量与水分、灰分、挥发分的回归分析[J]. 煤炭工程, 2012, 43(S2): 125-126.
- [3] 乔改瑞,蔡会武,周安宁,等. 宁东煤化工气化用煤发热量与工业分析指标的预测模型研究[J]. 煤炭技术, 2016, 35(1): 300-302. QIAO Gairui, CAI Huiwu, ZHOU Anning, et al. Study on prediction model of Ningdong coal chemical gasification coal calorific value and industry analysis[J]. Coal Technology, 2016, 35(1): 300-302.
- [4] 王振龙,蒋涵元. 在线煤质分析仪ECA在神东洗选中心的应用[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(6): 105-108. WANG Zhenlong, JIANG Hanyuan. Application of ECA on-line coal quality analyzer in Shendong washing center[J]. Clean Coal Technology, 2013, 19(6): 105-108.
- [5] 王宏伟,张国栋,张斌,等. 配煤入洗选煤厂中煤炭发热量的预测研究[J]. 煤炭技术, 2015, 34(6): 270-272. WANG Hongwei, ZHANG Guodong, ZHANG Bin, et al. Prediction of coal calorific value in coal blending coal preparation plant[J]. Coal Technology, 2015, 34(6): 270-272.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 商品煤样人工采取方法: GB/T 475—2008[S].

北京: 中国标准出版社, 2008.

- [7] 詹云杰. 浅析煤的发热量与灰分的对应关系[J]. 中国煤炭, 2004, 30(11): 52-53.
- [8] 张亚兰. 动力煤的灰分计价与发热量计价及它们之间的关系[J]. 质量指南, 2000, 21(4): 13-14. ZHANG Yalan. Counted value by ash and heat-productivity for power coal and their relationship[J]. Reporting of Standardization, 2000, 21(4): 13-14.
- [9] 冯桂东. 用回归方法研究煤的灰分、水分与发热量的关系[J]. 能源技术与管理, 2001(1): 33-35.
- [10] 张贝贝, 薛彦东, 黄成玉. 不同变质程度煤的发热量与水分和灰分的多元线性回归分析[J]. 煤田地质与勘探, 2014, 42(4): 8-10. ZHANG Beibei, XUE Yandong, HUANG Chengyu. Multivariable linear regression of the correlation between calorific value and moisture and ash content of coal[J]. Coal Geology & Exploration, 2014, 42(4): 8-10.
- [11] 中国煤炭工业协会. 煤的工业分析方法: GB/T 212—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 煤中全水分的测定方法: GB/T 211—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [13] 陈见行, 张德海. 组成成分对煤炭发热量的影响研究[EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线(2010-08-17) [2018-03-01]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/2010-08-23>.
- [14] 宋金玲. 计算氢值在低位发热量计算中的应用[J]. 中国电力(技术版), 2011(1): 58-60.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 煤炭机械化采样 第1部分: 采样方法: GB/T 19494.1—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.

(上接第117页)

- [9] NING Y, ZHOU Y, MIAO Y. Analysis and modeling of wangqing oil shale drying characteristics in a novel fluidized bed dryer with asynchronous rotating air distributor[J]. China Petroleum Processing & Petrochemical Technology, 2016, 18(2): 70-79.
- [10] 姚艺彬, 于才渊. 油页岩干燥与热解性能的研究[C]//第十四届全国干燥技术交流会论文集. 大连: 大连理工大学, 2013: 328-332.
- [11] 秦宏, 李建坡, 王擎, 等. 油页岩气体热载体干馏炉内干馏特性研究[J]. 化学工程, 2015, 43(5): 11-15. QIN Hong, LI Jianbo, WANG Qing, et al. Retorting characteristics of oil shale retort with gas heat carrier[J]. Chemical Engineering (China), 2015, 43(5): 11-15.
- [12] XIA L, ZHANG H, WANG B, et al. Experimental and numerical analysis of oil shale drying in fluidized bed[J]. Drying Technology, 2016, 35(7): 802-814.
- [13] 靳小萌. 基于油页岩气流干燥的CFD模拟和实验研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.