

影响煤炭验收结果的因素及煤质指标间相关性研究

曾彬¹, 左丹², 秦岭¹, 周瑜¹

(1. 华电电力科学研究院, 浙江 杭州 310030;

2. 杭州君维化工有限公司, 浙江 杭州 310030)

摘要:为研究影响煤炭采样验收代表性的因素及更好的指导用煤单位做好煤炭验收,对30家煤炭供应商近一年的供煤情况及验收数据进行了分析。分析发现,同一煤炭供应商全年的煤炭低位热值存在2 MJ/kg的差异,该范围内的煤量占全年总煤量的80%左右。由于来煤差异的存在,采样验收过程中存在多种可能影响最终验收结果的因素。本文对影响采样验收的各种因素进行分析并提出了相关建议。此外,对煤质化验结果进行了分析,建立了煤质指标间相关关系的数学模型,可有效指导用煤单位的日常验收。

关键词:煤炭;采样验收;煤质指标;回归分析

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.04.027

中图分类号:TD951 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)04-0119-05

煤炭在进行商品交易时,由于受煤炭形成的地质状态和开采过程中众多因素的影响,产品质量大多不均一,因而在采制化过程中产生误差和不确定性在所难免^[1]。在煤质较为均匀的情况下,完全按照国家标准中的方法可取得理想的效果^[2]。煤是火力发电厂最主要的燃料,资金消耗要占到火力发电厂总的生产成本的70%左右^[3]。在煤炭验收过程中,需通过对煤炭化验结果构建定量关系的回归方程,有效针对各种煤炭的发热量和其它煤质指标进行相关性分析,降低所测发热量测定的误差,对煤炭的验收过程起到一定的辅助作用^[4]。

本文通过对全国30家煤炭供应商近一年的供煤情况及验收数据进行统计,分析影响采样验收结果的因素,并针对存在的问题提出相关建议。此外,对煤质化验结果进行分析,建立煤质指标间相关关系的数学模型,旨在为用煤单位做好煤炭验收起到

一定的借鉴作用。

1 影响采样验收结果的因素分析

1.1 煤炭供应商供煤情况统计

表1为30家煤炭供应商给集团内燃煤企业的全年供煤情况统计表。由表可知,全年收到基低位发热量 $Q_{\text{net,ar}}$ 是存在差异的,且差异在2 MJ/kg范围内的供应量占全年总供应量的比重最大,平均在82%左右。目前,煤炭供应商与用煤单位进行结算时,大部分以 $Q_{\text{net,ar}}$ 作为依据,而2 MJ/kg的热值差异的存在,不可避免每天或每个采样单元或每辆运煤车辆等均会存在煤质的差异,同时在煤炭质量验收采、制、化三个过程中,采样过程对验收结果的影响最大。因而,为了保证采样的代表性,维护供应商和用煤单位的利益,需关注和加强对采样验收过程的监管。

收稿日期:2016-04-13;改回日期:2016-05-26

作者简介:曾彬(1986-),男,硕士,工程师,主要从事集团内燃料监督及煤炭应用研究工作。

表 1 煤炭供应商全年供煤情况
Table 1 Coal providing by suppliers in the whole year

供应商	全年供煤占比重 较大的 $Q_{\text{net},\text{ar}}$ 的范围 $/(MJ \cdot kg^{-1})$	占全年总 煤量比例	全年验收 单元数	发热量与灰分的相关关系 $x=A_d, y=Q_{\text{gr},d}, y=kx+c$			
				V_{daf}	k	c	相关系数 R
1	20.5 ~ 22.5	96.11%	132	4 ~ 6	-0.2915	32.07	0.9227
2	20.5 ~ 22.5	90.55%	216	3 ~ 6	-0.2109	29.53	0.8443
3	20.0 ~ 22.0	97.42%	333	4 ~ 6	-0.3382	33.58	0.9630
4	19.0 ~ 21.0	90.60%	187	3 ~ 5	-0.3409	32.83	0.9412
5	18.0 ~ 20.0	58.31%	99	8 ~ 10	-0.3720	35.04	0.9937
6	20.5 ~ 23.5	76.80%	233	8 ~ 12	-0.4137	36.26	0.9970
7	19.7 ~ 21.7	74.21%	181	10 ~ 12	-0.4052	36.32	0.9960
8	19.0 ~ 21.0	96.96%	155	12 ~ 16	-0.3237	33.37	0.9058
9	22.6 ~ 24.6	71.26%	86	10 ~ 12	-0.4157	36.38	0.9940
10	17.0 ~ 19.0	57.57%	256	10 ~ 14	-0.3992	35.87	0.9896
11	18.5 ~ 20.5	69.66%	66	18 ~ 21	-0.4056	36.23	0.9916
12	15.5 ~ 18.5	72.67%	141	20 ~ 30	-0.3930	35.54	0.9936
13	17.5 ~ 20.0	74.71%	172	25 ~ 32	-0.3874	35.91	0.9961
14	17.0 ~ 19.0	84.57%	118	25 ~ 35	-0.3178	33.59	0.9322
15	15.1 ~ 17.1	77.42%	81	30 ~ 35	-0.2110	26.88	0.8645
16	17.0 ~ 19.0	93.16%	126	30 ~ 35	-0.3884	35.25	0.9795
17	18.0 ~ 20.0	79.56%	87	30 ~ 35	-0.4215	35.45	0.9505
18	20.0 ~ 22.0	87.73%	421	35 ~ 40	-0.2524	30.66	0.9144
19	18.5 ~ 20.5	94.71%	155	35 ~ 40	-0.3137	31.31	0.9161
20	19.5 ~ 21.5	87.98%	147	38 ~ 42	-0.3605	31.78	0.9865
21	16.5 ~ 22.0	78.50%	124	35 ~ 40	-0.3202	32.52	0.9028
22	20.5 ~ 22.5	92.42%	169	35 ~ 40	-0.3491	34.45	0.9909
23	15.0 ~ 17.0	88.49%	494	34 ~ 38	-0.3516	33.09	0.9838
24	20.0 ~ 22.0	75.83%	176	35 ~ 40	-0.3476	33.35	0.9809
25	22.5 ~ 24.5	87.29%	140	38 ~ 41	-0.3747	33.45	0.9874
26	20.9 ~ 22.9	81.29%	160	30 ~ 40	-0.3828	35.73	0.9877
27	16.5 ~ 19.5	81.79%	185	32 ~ 40	-0.2704	31.13	0.9369
28	16.0 ~ 18.0	87.64%	93	40 ~ 45	-0.2779	28.88	0.9291
29	20.0 ~ 22.0	72.95%	234	45 ~ 50	-0.3323	31.03	0.9824
30	14.0 ~ 16.0	89.64%	248	40 ~ 50	-0.3372	32.90	0.9594

注: A_d 表示干基灰分, $Q_{\text{gr},d}$ 表示干基高位发热量。

1.2 影响因素分析

为更好的说明各种可能因素对验收结果的影响,假定采用机械采样对汽车来煤进行验收,且每车来煤均匀,采制化过程均按标准进行操作验收,车辆固有装载量设定为 20 t,来煤粒度 50 mm,标煤单价设为 400 元/t。

(1) 来煤车辆对验收结果的影响

供煤单位的收到基低位发热量平均值在 18 ~ 20 MJ/kg,假定某一煤炭供应商供给用煤单位 18 MJ/kg、19 MJ/kg、20 MJ/kg 三种热值的煤炭,来煤量一定,车辆按固有装载量装煤,则车辆数一定,来煤按一个采样单元进行验收。将三种不同热值的来煤作为一个采样单元进行验收,其真实的热值应为三种不同来煤的加权平均值,计算公式见式 1。为便

于计算,假定标煤单价一定,换算成不同热值的原煤的单价,计算公式见 2,标煤热值按 29.27 MJ/kg 计。

$$\text{真实热值 (MJ/kg)} = \text{验收热值 (MJ/kg)} = \frac{(M_1 \times Q_1 + M_2 \times Q_2 + M_3 \times Q_3)}{(M_1 + M_2 + M_3)} \times 100\% \quad (1)$$

折算成原煤的单价(元/t)=

$$\frac{(M_1 \times Q_1 + M_2 \times Q_2 + M_3 \times Q_3)}{29.27} \times \frac{\text{标煤单价}}{(M_1 + M_2 + M_3)} \times 100\% \quad (2)$$

若由于车辆装煤量超载或其他原因造成实际的来煤车辆数与固有的车辆数不相符,验收热值相当于对三种不同热值的试样进行合并,其品质参数值应为各合并前试样品质参数的加权平均值^[5],验收热值的计算公式见式 3。则验收热值为:

$$\text{验收热值 (MJ/kg)} =$$

$$\frac{(C_1 \times A_1 \times Y_1 \times Q_1 + C_2 \times A_2 \times Y_2 \times Q_2 + C_3 \times A_3 \times Y_3 \times Q_3)}{(C_1 \times A_1 \times Y_1 + C_2 \times A_2 \times Y_2 + C_3 \times A_3 \times Y_3)} \times 100\% \quad (3)$$

表2为举例计算按此种方式对来煤进行验收的结果。由于车辆数的改变,若继续按正常的采样方案对来煤进行采样,当高热值的煤来煤车辆数多时,则会造成验收的热值比真实的热值要高,按表2中的数值进行计算,验收数值比真实的热值高0.2 MJ/kg,两者所造成的差价约2700元,这仅是一个采样单元的价格差,若全年按100个采样单元计算,一个供应商与用煤单位的结算就会达到27万元的差价。因而,用煤单位在进行煤炭验收时,需在一段时间内关注来煤车辆的装载量情况,按车辆的实际装载量建立不同的采样方案,或制定相关方案,对来煤车辆抽查采样,与正常验收结果进行比对。

(2)机械采制样装置对验收结果的影响

表3为用机械采制样装置进行煤炭验收时,固有部件或程序改变后对最终验收结果的影响,验收热值按式3进行计算。从表中可以看出,初级子样量的变化和采制样装置缩分比的变化,最终均会导致子样量的变化。初级子样量的变化,即是采制样装置的初级采样器开口尺寸或初级缩分比等发生了变化,在采制样装置缩分器的缩分比一定的情况下,由于初级子样量的变化,缩分后的子样量也会发生改变。若高热值煤缩分后的子样量增加时,则会导致验收数值比真实的热值偏高。因而,用煤单位使用机械采制样装置进行采样验收,特别是两台或多

台采制样装置对同一批煤作为一个采样单元进行采样验收时,来煤车辆应随机分配到两台或多台采制样装置进行采样,且对一段时间内的每台采制样装置收集的煤样单独进行制样化验,对比采制样装置间是否存在明显的差异。

表2 来煤车辆数变化对验收结果的影响

Table 2 Effect of change of amount of cars on the inspection results

序号	1	2	3
收到基低位热值 $Q/(MJ \cdot kg^{-1})$	18.00	19.00	20.00
来煤量 M/t	300	300	300
固有车辆数/台	15	15	15
实际车辆数/台	10	15	20
实际每车煤重 m/t	30.0	20.0	15
每车采样子样数 A	3	3	3
每个初级子样量 B/kg	20	20	20
破碎缩分后的子样(13mm)质量 C/kg	0.5	0.5	0.5
验收的热值/ $(MJ \cdot kg^{-1})$		19.22	
真实热值/ $(MJ \cdot kg^{-1})$		19.00	
(验收)折算成原煤的单价/ $(元 \cdot t^{-1})$		262.69	
(真实)折算成原煤的单价/ $(元 \cdot t^{-1})$		259.65	
(验收-真实)折算成标煤的单价/元		3.04	
总差价/元		2733.17	

从表3也可以看出,尽管减少采样子样数,批煤验收的采样精密度仍能满足国标的要求,但若仅减少了低热值煤的采样数,最终的验收结果也会受到影响。因而,对于同一批来煤,运输车辆固定、装载量无差异的情况下,不能随意更改采样方案。

表3 机械采制样装置对验收结果的影响

Table 3 Effect of the mechanical sampling device on the inspection results

影响因素	缩分器的缩分比(1:40) 一定,初级子样量变化, 相应的子样量增加			采制样装置缩分比的变化, 则相应的子样量增加			缩分器的缩分比(1:40) 一定,采样数改变		
	18	19	20	18	19	20	18	19	20
收到基低位热值 $Q/(MJ \cdot kg^{-1})$									
来煤量 M/t	300	300	300	300	300	300	300	300	300
固有车辆数/台	15	15	15	15	15	15	15	15	15
实际车辆数/台	15	15	15	15	15	15	15	15	15
实际每车煤重/ $(m \cdot t^{-1})$	20	20	20	20	20	20	20	20	20
每车采样子样数/ A	3	3	3	3	3	3	2	3	3
每个初级子样量 B/kg	20	20	30	20	20	20	20	20	20
破碎缩分后的子样(13mm)质量 C/kg	0.5	0.5	0.75	0.5	0.5	0.67	0.5	0.5	0.5
验收的热值/ $(MJ \cdot kg^{-1})$		19.14			19.10			19.13	
真实热值/ $(MJ \cdot kg^{-1})$		19.00			19.00			19.00	
(验收)折算成原煤的单价/ $(元 \cdot t^{-1})$		261.60			261.02			261.36	
(真实)折算成原煤的单价/ $(元 \cdot t^{-1})$		259.65			259.65			259.65	
(验收-真实)折算成原煤的单价/元		1.95			1.37			1.71	
总差价/元		1757.04			1229.93			1537.41	

2 煤炭验收结果相关性分析

2.1 发热量与灰分的相关性

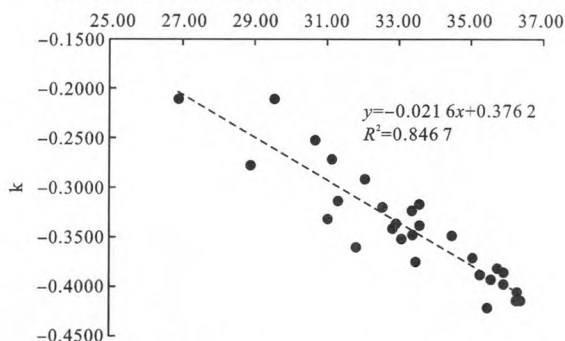


图1 不同供应商煤炭的 k 与 c 值关系

Fig. 1 K and C relation of different offer

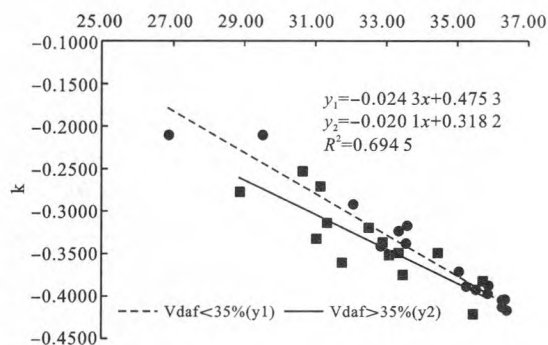


图2 不同 V_{daf} 煤炭 k 与 c 值的关系

Fig. 2 K and C relation of different V_{daf}

从表1 发热量与灰分的相关关系可以看出,同一供应商全年供给用煤单位的煤炭,发热量与灰分

之间具有良好的相关性。从表2 中能看出供应商提供供给用煤单位的煤炭,灰分大部分处于10%~40%之间,且同一供应商的煤炭,灰分差异大约在10%左右,因此,用煤单位在进行日常验收时,可以通过对日常灰分的检测,监测供应商的来煤情况,在煤质检验结果变化较大时可对情况进行分析,查明原因。

从表1 可以看出,不同供应商供给的煤炭,发热量与灰分关系式是不同的,即关系式中 k 与 c 值是不同的。图1 为不同供应商煤炭发热量与灰分线性关系式中 k 和 c 的关系图。从图中可以看出,随着 c 值的增大, k 值的绝对值是增加的。由此表明,不同煤源的煤炭,发热量与灰分的线性相关性是不同的,且高热值的煤炭,干基高位发热量值随干基灰分变化也越大。此外,从图2 中可以看出,干燥无灰基挥发分 $V_{daf} < 35\%$ 的煤炭, k 与 c 值有更好的相关性。

2.2 收到基低位发热量与水分、灰分、挥发分的相关性

表4 为对30家煤炭供应商近一年来煤化验结果拟合的收到基低位热值与水分、灰分、挥发分间的线性回归式。从表中可以看出,各煤炭供应商提供的煤炭,其收到基低位发热量和煤炭的全水分、干基灰分及干基挥发分具有良好的线性相关性,且用拟合的公式对热值进行计算,具有较小的误差。因而,用煤单位进行日常的煤质验收时,可针对不同的煤炭供应商建立适合于本单位的回归方程式,工作中充分利用此手段,可减少化验的失误,提高采制化的准确程度。

表4 收到基低位热值与水分、灰分、挥发分间的线性回归式

Table 4 The linear regression between the low temperature of the base and the water, ash and volatilization received

供应商	M_t /%	A_d /%	V_d /%	收到基低位热值与水分、灰分、挥发分的关系式					误差(实测值-计算值)/(MJ·kg ⁻¹)
				$Q_{net,ar} = C + K_1 M_t + K_2 A_d + K_3 V_d$	C	K_1	K_2	K_3	
								相关系数 R	
1	8~10	25~30	3~4	31.782	-0.281	-0.281	-0.038	0.9225	0.01
2	8~12	20~30	3~4	32.235	-0.421	-0.246	-0.091	0.9105	-0.01
3	8~10	28~32	3~4	31.969	-0.198	-0.303	-0.086	0.9581	0.01
4	9~12	25~30	2~3	32.088	-0.280	-0.300	-0.108	0.9560	0.00
5	5~7	35~45	5~6	34.593	-0.294	-0.348	-0.091	0.9945	0.01
6	6~9	25~35	24~28	3.652	-0.268	-0.027	0.854	0.9990	0.01
7	8~12	25~35	22~26	0.150	-0.259	0.016	0.943	0.9990	0.00
8	6~8	33~36	8~10	31.586	-0.248	-0.303	0.075	0.9311	0.01
9	6~8	20~30	8~9	35.157	-0.281	-0.378	-0.032	0.9960	0.00
10	8~14	30~40	7~8	36.674	-0.253	-0.355	-0.365	0.9945	0.00
11	2~6	30~40	12~14	36.524	-0.223	-0.392	-0.113	0.9905	0.00
12	3~6	40~50	12~18	36.259	-0.161	-0.392	-0.112	0.9960	0.03

供应商	收到基低位热值与水分、灰分、挥发分的关系式								误差(实测值-计算值)/(MJ·kg ⁻¹)
	M_t	A_d	V_d	$Q_{\text{net,ar}} = C + K_1 M_t + K_2 A_d + K_3 V_d$					
	%	%	%	C	K_1	K_2	K_3	相关系数 R	
13	4~8	35~45	17~20	37.119	-0.235	-0.371	-0.131	0.9970	-0.02
14	4~12	35~45	10~20	28.693	-0.195	-0.234	0.028	0.8769	0.00
15	5~10	35~45	18~21	30.098	-0.321	-0.257	-0.058	0.8136	-0.01
16	10~15	35~40	18~22	37.271	-0.245	-0.387	-0.124	0.9778	0.00
17	3~7	33~39	20~24	37.227	-0.266	-0.380	-0.175	0.9675	0.02
18	6~18	15~30	27~33	34.424	-0.367	-0.303	-0.074	0.8597	0.02
19	15~20	20~24	28~30	30.741	-0.335	-0.276	0.007	0.9586	0.01
20	15~20	10~20	32~36	31.633	-0.281	-0.302	-0.046	0.9884	0.01
21	5~10	25~35	20~30	33.570	-0.395	-0.345	-0.037	0.9899	0.01
22	10~14	18~24	27~30	33.272	-0.300	-0.300	-0.057	0.8832	0.00
23	4~12	40~50	18~21	33.759	-0.191	-0.333	-0.041	0.9946	0.02
24	9~12	20~25	25~30	36.735	-0.368	-0.359	-0.113	0.9884	0.00
25	14~16	10~15	30~35	34.620	-0.368	-0.316	-0.048	0.9859	0.00
26	8~12	16~24	30~32	32.442	-0.290	-0.334	-0.016	0.9930	0.01
27	4~8	36~48	16~22	37.976	-0.230	-0.388	-0.13	0.9945	0.00
28	5~10	36~42	18~24	35.107	-0.207	-0.378	-0.089	0.9844	0.00
29	10~20	15~25	28~32	37.473	-0.372	-0.355	-0.137	0.9793	-0.01
30	30~40	10~20	35~40	26.077	-0.250	-0.175	0.001	0.9675	0.08

3 结 语

(1)煤炭作为一种不均匀的商品,验收过程存在一定的难度。验收时不仅需要按照国家或行业的相关标准进行,而且需加强对每个验收环节的监管,有效避免经济损失。

(2)由于供应商供给的来煤煤质指标质检具有良好的相关性,用煤单位可建立煤炭供应商来煤情况的分析和评价机制,帮助煤炭贸易、质量管理和技术人员在日常工作中对煤炭发热量快速做出评价,同时对煤炭实验室质量管理和分析结果审查也会具

有一定的指导意义。

参考文献:

- [1]张宪民,单天泉,李海量.浅谈如何提高商品煤人工采样精密度[J].煤质技术,2013,(增刊):65-66.
- [2]窦中秋.电厂入厂煤全水分测定的影响因素及解决方法[J].电力与能源,2007(19):610.
- [3]江秀梅,姚立坤,王京翔.火力发电厂燃煤验收及控制[J].华北电力技术,2012(6):58-61.
- [4]夏瑛.浅析煤的发热量与灰分相关性[J].科技创新与应用,2015(2):20-21.
- [5]GB 474-2008 煤样的制备方法[S].

Research on the Factors Influencing the Result of Coal Acceptance and Correlative Analysis of Coal Quality Characteristic Indexes

Zeng Bin¹, Zuo Dan², Qin Ling¹, Zhou Yu¹

(1. Huadian Electric Power Resterch Institute, Hengzhou, Zhejiang, China;

2. Hangzhou Junwei Chemical Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, China)

Abstract: The supply situation and acceptance data of 30 coal suppliers in almost a year were analyzed, in order to study the factors which influence the result of coal acceptance. The analysis found that there is 2MJ/kg difference in the $Q_{\text{net,ar}}$ of the coal receipts by coal using enterprises in a year, accounting for 60% of the annual coal. The result of acceptance check will be affected by many uncertain factors in sampling for acceptance test, the factors were analyzed and the author put forward correlated suggestions. The mathematical model of characteristic indexes of coal quality related relationships is built, which can be used to direct daily coal acceptance of coal using enterprises.

Keywords: Coal; Sampling for acceptance test; Characteristic indexes of coal quality; Regression analysis