

# 进口朝鲜无烟煤品质特点及发热量回归分析

胡顺峰,孙艳辉,郭合颜

(日照出入境检验检疫局,山东日照 276826)

**摘要:**通过对山东各口岸进口 118 批次朝鲜无烟煤品质指标的统计分析,并对其一些关键指标进行了回归分析,总结出进口朝鲜无烟煤的主要品质特点:全水、灰分指标波动大,因此固定碳和收到基低位发热量指标波动也较大;挥发分、氢含量较低且稳定;硫含量较低;灰分和高位发热,全水、灰分和低位发热量都有显著的相关性,经销部门和实验室可用其回归方程进行质量控制和检验工作的质量审核。

**关键词:**朝鲜无烟煤;品质特点;回归分析

中图分类号:TQ536

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2010)02-0076-04

近几年,大量的朝鲜无烟煤进入中国煤炭市场,据统计,从 2006 年开始,中国每年进口朝鲜无烟煤均超过 200 万 t,朝鲜无烟煤被广泛应用于中国东部沿海地区的冶金、发电、建材、化工等企业,成为这些企业用煤的重要补充来源。由于过去对朝鲜无烟煤接触不多,对其品质特性不够了解,给进口经营部门和用户带来了不少贸易纠纷和使用问题。笔者通过对 2008~2009 年度山东口岸进口 118 批(船)次朝鲜无烟煤的品质检验数据进行统计处理,汇总出了进口朝鲜无烟煤品质的主要特点,可为进口朝鲜无烟煤营销部门签订合同和用煤企业提供参考。同时利用统计技术对它的一些关键品质指标进行了回归分析,得出了一些行之有效的回归方程,便于经营部门和煤炭实验室对指标的预测和推算,也便于煤炭检验机构对检验工作质量进行控制。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源

2008 年 10 月—2009 年 10 月,山东沿海各口岸

出入境检验检疫局送检的进口朝鲜无烟煤样品 118 批(船)次。

### 1.2 检测项目和方法

检测项目包括全水分、空干基水分、灰分、挥发分、固定碳、硫含量、氢含量和发热量。检测方法:GB/T 211-2007 煤中全水分的测定方法;GB/T 212-2001 煤的工业分析方法<sup>[1]</sup>;SN/T 1083.3-2002 焦炭中硫含量的测定仪器法<sup>[2]</sup>;ISO/TS 12902:2001(E) 固体矿物燃料-碳氢氮的测定-仪器法;GB/T 213-2008 煤的发热量测定方法。

### 1.3 检测仪器设备

马弗炉(长沙三德 SDMFG),红外测硫仪(美国 LECO S-144DR),CHN 测定仪(德国 Elementer MACRO CHNS),量热仪(美国帕尔 PAW6300)。

## 2 结果与分析

118 批次进口朝鲜无烟煤品质指标统计结果见表 1。

收稿日期:2010-01-21

作者简介:胡顺峰(1970—),男,山东日照人,硕士,从事进出口煤炭检验工作,现任日照出入境检验检疫局煤炭实验室主任。

表1 118批次进口朝鲜无烟煤品质指标统计结果

统计特性值	检验项目/%							发热量	
	全水	分析水 (ad)	灰分 (ad)	挥发分 (ad)	固定碳 (ad)	氢 (ad)	全硫 (ad)	$Q_{gr,ad}$	$Q_{net,ar}$
平均值	7.86	2.06	18.73	5.09	73.9	1.18	0.42	5968	5514
最大值	12.4	3.4	30.48	6.57	80.9	1.32	0.76	6582	6256
最小值	3.9	1.18	11.38	3.2	62.2	0.97	0.22	4926	4159
标准差	1.78	0.50	4.14	0.79	4.14	0.08	0.13	350	385

## 2.1 全水分

朝鲜无烟煤的全水分( $M_t$ )平均7.86%,最高12.4%,最低3.9%,标准差为1.78%,质量波动较大。全水分是无烟煤的一项重要指标,若水分超出合同规定,不但要扣除货物的重量,造成运费成本的增加,而且还大大降低了收到基低位发热量,影响用煤企业的燃烧稳定性,消耗潜能并降低热效率。

## 2.2 灰分

朝鲜无烟煤的空气干燥基灰分( $A_{ad}$ )平均18.73%,最高30.48%,最低11.38%,标准差为4.14%,质量波动较大。灰分是无烟煤的一项重要指标,也是评价煤炭质量优劣的标志性指标。灰分高不但会降低固定碳和发热量,还会给用煤企业带来诸多的损失和不利影响。

## 2.3 挥发分

朝鲜无烟煤的空气干燥基挥发分( $V_{ad}$ )比较稳定,平均为5.09%,最高6.57%,最低3.20%,标准差为0.79%,干燥无灰基挥发分大致在2%~6%之间,挥发分是煤炭分类的一项重要指标,从统计数字来看,大多数朝鲜无烟煤类似于中国无烟煤1号(干燥无灰基挥发分小于3.5%)和无烟煤2号(干燥无灰基挥发分3.5%~6.5%),挥发分的高低决定了煤炭的具体用途,也是用煤部门配煤的依据,还可以证实所进煤炭的种类和产地。

## 2.4 固定碳

朝鲜无烟煤的空气干燥基固定碳( $FC_{ad}$ )平均为73.9%,最高80.9%,最低62.2%,标准差为4.14%,质量波动较大,质量波动的原因是灰分较大的起伏所致,从两者的标准差都是4.14%可以看出它们之间的一致性。固定碳是煤炭分类、燃烧和焦化中的一项重要指标,也是化工用煤常用的一个指标。因此,企业若需要高的固定碳,必须控制进口煤中灰分的含量。

## 2.5 氢含量

朝鲜无烟煤的空气干燥基氢( $H_{ad}$ )含量比较稳

定,大都在1%~1.5%的范围内,平均为1.18%,标准差为0.08%。其干燥无灰基氢( $H_{daf}$ )大致在1.2%~1.9%之间,相当于中国无烟煤1号或2号,属于高变质煤。煤中的氢是发热量的来源之一。也是煤炭分类的一项重要指标,特别是在无烟煤分类中,氢含量是其主要的依据。在合同中签订该项指标,可以控制和证实所进煤炭的种类和产地,以防掺假作伪的发生。

## 2.6 硫含量

朝鲜无烟煤的硫含量普遍较低,空气干燥基硫分( $V_{ad}$ )含量平均为0.42%,最高0.76%,最低0.22%,标准差为0.13%,硫含量低是朝鲜无烟煤重要的卖点,中国许多钢厂和电厂常用朝鲜无烟煤来配煤的一个重要原因就是其硫含量较低,硫含量低也是化工用煤的重要优势。

## 2.7 发热量

朝鲜无烟煤收到基低位发热量 $Q_{net,ar}$ 平均为23.05 MJ/kg,最高26.19 MJ/kg,最低17.41 MJ/kg,标准差为3.06 MJ/kg。煤的发热量是煤炭最为重要的指标,发热量越高释放的能量越多。因此,在煤的燃烧和气化过程中,常用煤的发热量来计算热效率、热平衡和耗煤量。在煤炭贸易中常用煤炭发热量作为计价指标。贸易合同中对朝鲜无烟煤的发热量少部分要求的是以空气干燥基高位发热量 $Q_{gr,ad}$ 计价,但大部分要求以收到基低位发热量 $Q_{net,ar}$ 计价。由于其全水分和灰分的波动较大,所以它的 $Q_{net,ar}$ 起伏也较大,从统计数字来看,只要控制了全水分和灰分含量,其收到基低位发热量自然会得到控制和稳定。

## 3 发热量回归方程的建立

通过以上分析,得出了进口朝鲜无烟煤基本质量状况和品质特点,在统计分析过程中,对一些关键指标进行了回归分析,得出了以下几个在实践中具有指导意义的回归方程。

### 3.1 灰分与高位发热量的一元回归

利用最小二乘法分别对空气干燥基灰分  $A_{ad}$  与空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$ , 空气干燥基固定碳与空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$ , 空气干燥基碳含量  $C_{ad}$  与空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$  等指标进行了一系列的一元回归分析, 推导出了相应的回归直线方程和相关系数, 并分别对其进行了显著性检验, 均显示出特别显著相关。

(1) 空气干燥基灰分  $A_{ad}$  与空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$  的回归方程, 见(1)式:

$$y = 7466.979.87x \quad (1)$$

式中  $y$  ——空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$ , kcal/kg;

$x$  ——空气干燥基灰分  $A_{ad}$ , %。

该回归方程的相关系数为 0.970。

(2) 空气干燥基固定碳与空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$  的回归方程, 见(2)式:

$$y = -67.4 + 81.5x \quad (2)$$

式中  $y$  ——空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$ , kcal/kg;

$x$  ——空气干燥基  $FC_{ad}$ , %。

该回归方程的相关系数为 0.990。

通过对 118 批实测值与两个回归直线方程预测值的残差计算, 显示残差均不超过 200 Kcal/kg, (2) 式由于相关系数高于(1)式, 故更为准确。因此, 对于无热量计, 只有马弗炉和烘箱等简单设备的煤炭经营部门和实验室, 可以直接通过工业分析利用灰分含量或固定碳含量较为准确地估算出进口朝鲜无烟煤的高位发热量, 进而还可以依据 GB/T 213—2008《煤的发热量测定方法》标准中的公式计算出它的低位发热量。

### 3.2 全水分、灰分与低位发热量的二元回归

利用统计软件 SPSS 对全水分  $M_t$ , 空气干燥基灰分  $A_{ad}$  与收到基低位发热量  $Q_{net,ar}$  以及空气干燥基碳含量  $C_{ad}$ , 空气干燥基氢含量  $H_{ad}$  与空气干燥基高位发热量  $Q_{gr,ad}$  进行了二元回归分析。推导出了二元回归方程和相关系数, 统计软件结果显示方程相关特别显著。考虑到后者需测定碳氢含量, 使用的仪器设备较昂贵, 测定程序较为繁杂, 并且估算的是空气干燥基高位发热量, 在实际中还须换算为收到基低位发热量。故下面只列出较实用的全水分、空气干燥基灰分与收到基低位发热量二元回归方程。见(3)式:

$$y = 7429.4 - 61.1x_1 - 76.2x_2 \quad (3)$$

式中  $y$  ——收到基低位发热量  $Q_{net,ar}$ , Kcal/kg;

$x_1$  ——全水分  $M_t$ , %;

$x_2$  ——空气干燥基灰分  $A_{ad}$ , %。

该二元回归方程的相关系数为 0.931。

通过对 118 批实测值与二元回归方程(3)式预测值的残差计算, 显示残差均不超过 200 kcal/kg。因此, 煤炭经营部门可以直接通过全水分和空气干燥基灰分较为准确的直接估算出进口朝鲜无烟煤的收到基低位发热量, 这样对煤的质量可随时进行控制。对于煤炭质量检验部门可使用该二元回归方程, 利用全水分、灰分来直接预测低位发热量, 进行无烟煤检验工作质量审核。

## 4 结 论

(1) 进口朝鲜无烟煤水分的不稳定, 多由于煤炭在装运过程中, 加水而造成的。这可从卸货过程中有明显喷水痕迹得到验证。因此中国经销部门在与朝方签订合同时, 要与他们讲明水分超标对买卖双方的危害, 要求全水分控制在合理的范围, 并制定严格的拒收界限。

(2) 进口朝鲜无烟煤灰分的不稳定有以下几个原因: 一是国内煤炭经销公司抢购无烟煤, 朝鲜无烟煤成卖方市场, 朝鲜厂矿不注意控制质量; 二是朝鲜一些小煤矿生产技术水平低下; 三是不排除一些中间贸易商掺杂使假的行为。

(3) 全水分、灰分批次间波动较大, 从而导致固定碳和发热量批次间差异较大。进口朝鲜无烟煤多以收到基低位发热量为计价指标, 在进口贸易中只要控制好全水分和灰分含量就能保证收到基低位发热量的稳定。

(4) 挥发分、氢含量是无烟煤分类最重要的两个指标, 进口朝鲜无烟煤挥发分、氢含量批与批之间差别不大, 数值较稳定, 所以在朝鲜无烟煤经销过程中可以通过这两个指标来判断是否掺杂使假。

(5) 进口朝鲜无烟煤灰分与高位发热量, 固定碳与高位发热量一元回归方程和全水分、灰分与低位发热量的二元回归方程建立, 对于试验条件简陋的经销公司和实验室, 只通过简单的工业分析来对进口朝鲜无烟煤进行质量监控变得可能。对于正规的煤炭质量检验部门可以使用这些回归方程, 进行检验质量监控, 防止较大质量事故的发生。

## 参考文献:

- [1] GB/T 212—2001,煤的工业分析方法[S].
- [2] SN/T 1083.3—2002,焦炭中硫含量的测定仪器法[S].
- [3] ISO/TS 12902—2001(E) 固体矿物燃料-碳氢氮的测定-仪器法[S].
- [4] GB/T 213—2008,煤的发热量测定方法[S].
- [5] 周尊英. 煤炭贸易检验与标准应用[M]. 北京:中国标准出版社, 2006.

## Regressively analyse the North Korean anthracite and thermal value

HU Shun-feng, SUN Yan-hui, GUO He-yan

(Rizhao Entry - Exit Inspection and Quarantine Bureau, Rizhao 276826, China)

**Abstract:** Based on the statistical analysis of quality index on No. 118 North Korean anthracite imported from ports of Shandong, make a regression analysis on some key index. Summarize main quality characteristics on the imported anthracite that are major fluctuation of total moisture(TM) and ash content. Fixed carbon and NAR (Net as received) fluctuate accordingly; volatile matter (VM) and hydrogen content are low and stable; Sulfur is of low content; GCV (Gross Calorific Value) is remarkably related with Ash content, so is the NAR and TM, Ash Content. Referred to the above summarization, Sales department and laboratory are able to make full use of regression equation to verify quality controlling and inspection.

**Key words:** North Korean anthracite; quality characteristics; regression analysis

### 信息检索

### 日本尝试将二氧化碳转化成天然气

日本海洋研究开发机构透露,该机构正在开发一项将二氧化碳转化成甲烷的新技术,其关键是将二氧化碳封存到海底煤层中,然后以细菌为媒介将其转化成天然气。这一尝试尚属首次,该机构期望在未来5年内能够完成。

二氧化碳封存技术被认为是减少温室气体排放的有效途径。日本海洋研究开发机构计划把青森县下北半岛附近的海底煤田作为二氧化碳封存场所。据介绍,在下北半岛附近海底2000米至4000米深处,分布着海绵状的“褐煤”层。这是一种尚未发育成熟的煤炭层,容易吸收气体和液体。

日本海洋研究开发机构称,此前的研究显示,该海域的“褐煤”层中存在着将二氧化碳转化成甲烷的“产甲烷菌”,而甲烷是天然气的最主要成分。在自然条件下,“产甲烷菌”在地层中将二氧化碳转化为甲烷需要1亿年至100亿年的时间。而日本研究人员的目的是开发出提高“产甲烷菌”转化能力的技术,使转化周期缩短到100年以内。

日本海洋研究开发机构预计,分布于日本东北地区到北海道的海底“褐煤”层,最多能够封存2000亿吨二氧化碳,因此这里将来很有可能成为巨大的天然气资源库存。