煤中微量元素磷在炼焦生产中的迁移规律研究*

陈 影[1],杨 雪[2],贾晓宗[1]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司煤焦化工分公司,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术质量部,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 以包钢炼焦用煤磷含量为基础数据,研究各区域炼焦用煤磷含量的差异性。并对同一生产条件下配合煤、焦炭磷含量进行检验分析,得出配合煤与焦炭中磷含量的数据转化关系。同时,分析煤中磷的赋存形态,研究磷含量与灰分、硫分的相关性。结果表明,包钢炼焦用煤有明显的区域性差异,而且配合煤与焦炭含磷量存在正相关性。该结论为预测焦炭磷含量、控制高炉焦炭磷负荷提供重要支撑。

关键词: 炼焦煤; 磷; 赋存形态; 相关性

中图分类号: TF526+.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2019)05-0020-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.05.006

Study on Transferring Disciplinarian of Trace Element Phosphorus in Coal in Coking Production

Chen Ying[1], *Yang Xue*[2], *Jia Xiao-zong*[1]

(1. *Coke Chemical Engineering Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technology Quality Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the differences of phosphorus content in coking coal of each region were studied based on the phosphorus content in coking coal of Baotou Steel as well as the phosphorus contents in blended coal and coke under the same production condition were tested and analyzed to obtain the data transformation relation between them. Meanwhile, the mode of occurrence of phosphorus in coal was analyzed to study the correlation between phosphorus content, ash content and sulfur content. The results showed that there were significant regional differences for coking coal of Baotou Steel as well as there was a positive correlation between phosphorus contents in blended coal and coke, which provide important support for predicting the phosphorus content of coke and controlling the phosphorus load of coke of blast furnace.

Key words: coking coal; P; mode of occurrence; correlation

煤在形成过程中,受地质变化及水文环境等影响,含有多种微量元素[1]。煤中磷属于受环境关注的第二类微量元素,在26种元素中对环境影响的敏感度处于中等水平[2]。在炼焦时,它随着矿物质转入焦炭,在冶炼时易使生铁产生冷脆性,因此,在富磷煤的炼焦时需慎重使用。

本文对包钢所用炼焦煤中磷含量进行了普查,已覆盖了目前本单位炼焦煤种,数据可以反映目前

* 收稿日期: 2019-07-22

作者简介: 陈 影(1983-),女,吉林省榆树市人,工程师,主要从事焦化及质量管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

炼焦精煤的磷含量。同时，通过炼焦精煤中磷在炼焦生产中迁移规律的分析，得出适用于包钢的配合煤与焦炭磷含量数据转化关系，从技术层面上对焦炭中磷含量进行有效预测。

1　磷含量测定方法及分布特征

1.1　炼焦煤中磷含量的测定方法

本文采集炼焦煤 15 个品种，共计 108 个煤样磷含量的分析数据。煤样严格按照规定时间间隔采取，保证取样的代表性，精煤样品涵盖了包钢大部分炼焦用精煤。

检测标准执行 GB/T 216《煤中磷的测定方法》[3]。方法提要如下：煤样灰化后用氢氟酸 - 硫酸分解，除去二氧化硅，然后加入铝酸铵和抗坏血酸，生成磷钼蓝后，用分光光度计测量吸光度。

1.2　炼焦用精煤磷含量分布特征

包钢焦炉所用炼焦精煤主要以山西方向、乌海方向、陕西方向、蒙古方向为主。本文中样品磷含量的统计采用最高值、最低值、平均值等数据。同时，引入了标准偏差的统计工具，目的是在目前样品数量下，反映某一样品磷含量数据的集中度。对全部炼焦精煤的磷含量数据统计见表 1。

表 1　包钢用炼焦精煤磷含量分布情况

分类	煤种名称	最高值/%	最低值/%	算数平均值/%	标准偏差
山西	焦煤 1	0.048	0.027	0.038	0.015
	瘦焦煤 1	0.034	0.011	0.023	0.008
	焦煤 2	0.030	0.011	0.020	0.006
	焦煤 3	0.066	0.032	0.047	0.015
乌海	肥煤 1	0.032	0.012	0.021	0.008
	1/3 焦煤 1	0.039	0.022	0.030	0.007
陕西	1/3 焦煤 2	0.023	0.017	0.019	0.003
	瘦焦煤 2	0.090	0.024	0.038	0.021
蒙古	焦煤 4	0.098	0.038	0.062	0.017
	焦煤 5	0.059	0.052	0.057	0.004
	焦煤 6	0.090	0.042	0.067	0.021
	1/3 焦煤 3	0.032	0.026	0.029	0.003
包头	气肥煤 1	0.070	0.044	0.060	0.014
	焦煤 7	0.043	0.031	0.037	0.008
青海	焦煤 7	0.048	0.026	0.037	0.011

从表 1 数据分析，包钢所用炼焦精煤以蒙古地区磷含量最高，陕西和乌海方向精煤磷含量稍低。在目前数据量下分析，瘦焦煤 2 和焦煤 6 的标准偏差最高，磷含量的波动区间相对较大。1/3 焦煤 2 的磷含量范围相对比较集中。

1.3　炼焦煤磷含量分布差异性分析

通过查阅资料显示，中国煤中磷含量的分布具有明显的规律，磷含量较高的煤主要分布于华南聚煤区，在东北吉林省、西北青海省和陕西省以及华南的江西省有局部磷含量偏高的区域，全国总体上呈“北低南高”的趋势[2]。

2　入炉煤在焦炭中磷含量的转化规律

2.1　入炉煤与炼焦单种煤的关系

由于单种煤和装炉煤中的磷存在形态的一致性，分析基体均为相应的灰，故入炉煤测得的磷含量与按照配煤比计算的磷含量具有一致性。即：

$$P = N_1P_1 + N_2P_2 + \cdots\cdots + N_nP_n$$

式中：P—— 入炉配合煤的磷含量，%；

$N_1 \cdots\cdots N_n$—— 各单种煤的配比；

$P_1 \cdots\cdots P_n$—— 各单种煤的磷含量，%。

在掌握炼焦所用单种煤数据的基础上，重点以入炉煤和焦炭的分析检测为主。以下分析数据采用的是生产所用入炉配合煤及同一配比下焦炭的磷含量，具体趋势见图 1。

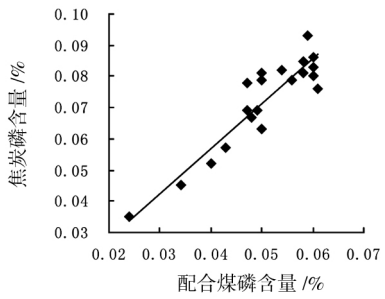


图 1　配合煤与焦炭磷含量关系图

中国知网　https://www.cnki.net

由图1可看出，配合煤中磷含量与焦炭中磷含量存在明显的线性关系，即配合煤磷含量越高，焦炭中的磷含量越高。

2.2 入炉煤与同一条件下焦炭磷含量的关系

配合煤在炼焦过程中，虽磷含量测定的基体都是灰，但由于炼焦煤在高温干馏过程中，发生着一系列的物理和化学反应，因此在理论上配合煤中的磷在焦炭中的转化关系与吨焦耗煤系数有关。由图1分析，入炉煤中的磷与焦炭中的磷都沿着趋势线分布，具有明显的线性关系。因此采用焦炭磷含量与入炉煤磷含量的一元线性方程来表示。得出:

$$y = 1.4259x$$

式中: y—— 焦炭中磷含量量，%;

x—— 配合煤中磷含量量，%。

3 磷的赋存形态以及与灰分硫分关系

3.1 煤中磷的赋存形态

煤中的磷主要是来源于磷酸盐矿物质，主要是由有机磷和无机磷组成，而有机磷富集在植物体内新陈代谢速度高的生长部位和种子中，因此磷在煤中主要以无机磷(磷灰石，$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$)的形态存在，此外，还有微量的有机磷。由于无机磷的沸点很高(一般为1 700 ℃以上)，所以在煤灰化过程中磷不会挥发损失，而含量甚微的有机磷，虽然挥发，但对结果影响不大。同时，通过数据分析，入炉煤中的磷与吨焦耗精煤的量、焦炭中的磷几乎是等同的。因此，可得出煤中的磷几乎都以无机状态存在，而且在炼焦时几乎全部进入到焦炭中。

3.2 炼焦煤中磷与其他物质相关性分析

对采集的77种煤样进行磷含量、灰分、硫分的检验，绘制煤中磷含量与灰分、硫分的散点图，分别见图2、图3。

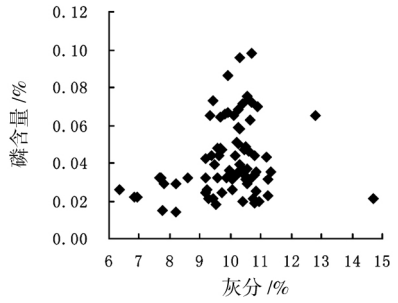


图2 煤中磷含量与灰分散点图

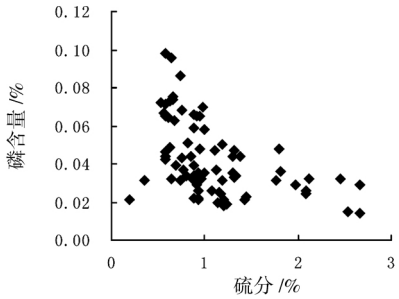


图3 煤中磷含量与硫分散点图

从图2和图3分析，煤中磷含量与灰分、硫分散点图分布不集中。通过分析数据可知，炼焦煤中灰分、硫分与磷含量的相关系数分别为0.23、-0.47，说明煤中含磷与灰分、硫分相关性不大。但从理论分析，煤中的灰除了来自于开采过程中带入的岩石碎片外，其他主要来源于成煤过程中的矿物质。而煤中的磷主要是来源于磷酸盐矿物质。因此，若要进行煤中磷含量与灰分关系的深入分析，需研究煤中的磷与煤灰各成分之间的相关性。

4 结论

(1) 通过对包钢炼焦用煤的磷含量普查，蒙古地区煤磷含量最高，陕西和乌海方向精煤磷含量稍低，而且煤中的磷多以无机物质的形态存在。

(2) 煤在炼焦过程中，煤中的磷大部分转化到焦炭中。要降低焦炭中的磷含量，减轻焦炭带入高炉的磷负荷，需解决炼焦煤磷含量高的问题。

(3) 煤中磷含量与灰分、硫分相关性不大。

参 考 文 献

[1] 姚连杰. 焦炭含磷的预测和控制 [J]. 山西化工，1991，(4)：37-38.

[2] 涂华，李文华，白向飞. 中国煤中磷的分布特征 [J]. 燃料化学学报，2011，39(9)：641-646.

[3] GB/T 216，煤中磷的测定方法 [S].

中国知网 https://www.cnki.net