



# 煤岩配煤及焦炭质量检验系统的开发与应用

江中砥<sup>1</sup>,李明富<sup>2</sup>

(1 安徽工业大学,安徽 马鞍山 243002;2 莱芜钢铁集团有限公司,山东 莱芜 271104)

**摘要:**根据阿莫索夫-夏皮洛配煤原理,结合我国煤炭资源性质,研发了煤岩配煤技术及焦炭质量检验系统。CBI和SI是影响焦炭强度的两个主要指标,可以指导炼焦煤选购、确定最佳配煤比和预测焦炭强度。通过实例证明了可利用煤岩配煤技术控制调整焦炭质量。

**关键词:**煤岩配煤;自动显微镜;配煤软件;焦炭强度预测

**中图分类号:**TQ520

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-4620(2010)04-0001-02

## 1 国内配煤状况

在配煤技术方面国内做过一些工作,也提出和试验过很多方法。国内研究配煤时往往以现行煤分类为基础,从煤的成因等方面寻找指标,与研究煤分类方法接近,但仍没有跳出经验配煤的范畴。问题出在对配煤性质的认识上,研究煤分类和研究配煤都要研究煤的性质,但目的不同,所以研究的思路、内容、方法也不同。从科学配煤看,是从配煤到焦炭生产过程中,研究焦炭质量有哪些主要影响因素,它们与配煤性质之间的关系,再去设计配煤指标。城博早已找到了影响焦炭强度的两个主要因素,但他无法与配煤性质之间建立定量和计算关系,因为他用的是抽提方法。阿莫索夫采用了煤岩学方法,经过美国、日本等不断改进,确立了阿-夏配煤方法,是研究配煤技术的典型案例。

从炼焦配煤实践中认识到,配煤需要解决3个问题:1)选择炼焦煤;2)确定最佳配煤比;3)准确预测焦炭强度。这3个问题是配煤的核心问题,配煤方法好坏主要看这3个问题解决到什么程度。

## 2 配煤原理发展

### 2.1 萨保什尼柯夫经验配煤

在1930年代提出,原理是配煤中各种煤的胶质体温度范围要相互搭接,搭接得范围愈多愈好。

提出选用气煤、肥煤、焦煤、瘦煤4类炼焦煤,是固定的。设有一个配煤区域,只要配入这个区域内,应获得较好质量的焦炭,但结果是不成功的,只能用铁箱试验或后来用小焦炉试验来确定配煤比。不能准确预测焦炭强度,只能用铁箱试验或小焦炉试验来确定。

这种方法费时费力,盲目性大,通过经验来确

收稿日期:2010-05-31

**作者简介:**江中砥,男,1935年生,1958年毕业于浙江大学燃料化工专业。现为安徽工业大学教授,研究方向:科学配煤技术和焦炭强度预测;焦炭结构\焦炭强度及其指标性质。

定配煤比,要获得一个好的配煤比需要花费很多时间,而要获得一个最佳配煤比几乎是不可能的。

### 2.2 城博配煤

在1947年提出,城博提出的配煤理念打破了经验配煤原理,但没有提出具体方法,所以它是从经验配煤过渡到科学配煤的一个转折点。原理是认为煤是由两部分组成,一部分具有粘结性的成分称为粘结组分,另一部分是不粘结的,是焦炭中骨架,称为纤维状组分。

影响焦炭强度的主要因素是粘结组分和纤维状组分比例要合适,而纤维状组分的强度要大。配煤就是调整粘结组分数量和纤维状组分强度:当配煤中粘结组分少时,可添加沥青黏结剂,如瘦煤;当纤维状组分强度低或粘结组分过多时,可添加无烟煤,如肥煤;当两者都缺时,则可同时添加沥青黏结剂和无烟煤,如长焰煤一类变质程度低的煤等。选择炼焦煤没有限制。提出了合适配煤比概念,即粘结组分和纤维状组分比例要合适,纤维状组分强度要大,这样就能得到优质焦炭,这样的配煤比可以理解为最佳配煤比,但没有提出具体方法,没有预测焦炭强度。

城博配煤是生产实践和抽提试验的总结,受历史条件和采用方法的限制,未能完成。

### 2.3 阿-夏科学配煤

在1957年由阿莫索夫提出,1961年夏皮洛作了重大改进,1971年小岛鸿次郎将计算机用于该法计算CBI(组成平衡指数)、SI(强度指数)及对氧化煤进行校正,1980年代日本再次改进,对CBI作校正,用JIS转鼓预测焦炭强度与实测强度差仅为0.3%(DI<sup>30</sup><sub>15</sub>)。原理是通过煤岩分析测出煤的岩相组分,即稳定组、镜质组、半丝质组和惰质组,从而可以计算出煤的组成,即活性组分和惰性组分的数量。影响焦炭强度主要因素:一是配煤中活性组分与惰性组分比例要达到平衡,并提出判断达到平衡的指数CBI,计算出CBI大小,就可以判断配煤中煤岩组分

的组成是否已达到平衡,或是活性组分多了或是少了。二是配煤的结焦性要足够,并提出一个结焦性指数 $K$ (后改称强度指数 $SI$ ),其大小即表示配煤的结焦性强弱。因此通过计算 $CBI$ 与 $SI$ 并加以调整,就可以使配煤中煤岩组成达到平衡,同时使配煤有足够的结焦性,这时配煤比就是最佳配煤比。由于找到了影响焦炭强度的主要因素: $CBI$ 和 $SI$ ,它们与焦炭强度之间必然有密切关系,用 $CBI$ 和 $SI$ 就可以准确预测出焦炭强度。阿莫索夫用松格林转鼓,预测焦炭强度与实测的相差 $\pm 1.5\%$ ,夏皮洛用 $ASTM$ 转鼓相差 $\pm 1\%$ ,日本用 $JIS$ 转鼓 $DI^{90}_{15}$ 相差 $\pm 0.5\%$ ,之后又提高到 $\pm 0.3\%$ 。

通过计算 $CBI$ 、 $SI$ ,可以准确选择所要的炼焦煤,也可以确定最佳配煤比。由于每个配煤方案都有 $CBI$ 和 $SI$ 值,所以能够做到焦炭质量稳定,可以准确预测焦炭强度。因此,根据 $CBI$ 、 $SI$ ,很容易调整焦炭强度,特别适用于配煤煤种多、比例经常变化的焦化厂。这种方法不但在实际生产中得到应用,而且在理论上有所创新,结合中间相成焦机理,对煤的活性组分在成焦过程中的作用及对焦炭强度的影响有新的认识。

### 3 煤岩配煤及焦炭质量检验系统

根据阿-夏科学配煤原理结合中国煤质情况,于1997年3~6月在莱钢焦化厂 $JZD40$ 模拟试验焦炉上进行配煤试验;2000年1月又进行补充试验,使预测与实测焦炭强度之差,在 $1/4$ 米库姆转鼓中达到 $M_{25}$ 在 $\pm(0.8\% \sim 1.5\%)$ ,并进一步开发了预测配煤中添加无烟煤(或焦粉)最佳数量的方法。在硬件方面,除 $JZD40$ 模拟试验焦炉(在1995年研制并投入使用)外,已研制成全自动显微镜,使图象质量大大提高,测量中误差减小,并减轻操作人员的劳动强度。在软件方面,完成了煤岩组成半自动分析,配煤比自动计算并优化,焦炭气孔结构自动分析,焦炭光学组织自动分析和图象自动采集5个软件。形成了煤岩配煤与焦炭质量检验两个系统,目的是使焦化厂能用最合理的配煤比生产出合格焦炭,在生产过程中能及时发现焦炭质量变化,使焦炭质量稳定,并可对配煤和焦炭质量做更深入研究。

1)煤岩及配煤系统:由煤岩分析软件、配煤软件、 $JZD-40$ 模拟试验焦炉和自动分析显微镜组成。主要功能:①通过显微镜和软件测定并计算单种煤的显微组分、反射率分布、 $CBI$ 、 $SI$ 等参数,为合理选择炼焦用煤提供科学依据。选煤是生产优质焦炭的第一步,并监督和控制进厂煤的质量。②根据对焦炭质量的要求,用配煤软件自动或人工分析,找

出最佳配煤比或接近最佳配煤比方案,可生产出符合要求的、质量稳定的焦炭。③将找出的配煤方案用 $JZD-40$ 模拟试验焦炉检验,符合要求的方案即可交付生产使用。④根据煤源灵活配煤,不受传统的气煤、肥煤、焦煤、瘦煤等限制。⑤准确预测焦炭强度,不同配煤比都能同时显示出预测的焦炭强度、焦炭的工业分析和配煤成本等技术经济指标。

2)焦炭质量检验系统:由自动显微镜、焦炭气孔结构分析软件、焦炭光学组织分析软件和焦炭反应性测定装置组成。主要功能:①根据焦炭气孔及光学组织分析软件与配煤软件的多次调整,可以生产出符合要求的焦炭。②通过焦炭质量检验系统可以了解焦炭的冷态性质及热态性质,全面掌握焦炭质量。③通过焦炭气孔与光学组织软件中一些参数的变化,可以及时发现焦炭质量变化,及时检查、调整配煤比,从而避免因焦炭质量波动影响后序生产,可以减少损失,使生产稳定。④经过长期分析检验,可以找到其中的某些参数与焦炭质量、配煤之间的关系,建立新的参数,能更直接地监督焦炭质量。在一般情况下,焦炭质量主要是通过配煤来调整,也可进一步研究焦炭结构等。

### 4 应用举例

曾受南钢委托做配煤试验,南钢提供10种单煤,用配煤软件提出配煤方案。配煤试验在莱钢焦化厂 $JZD-40$ 模拟试验焦炉上进行。步骤如下:

1)将单煤的工业分析、煤岩组分和反射率分布数据输入配煤软件,计算出10种单煤的 $CBI$ 、 $SI$ 。2)根据对焦炭灰分、硫分和焦炭强度的要求,进行自动配煤计算,将符合要求的配煤方案选出,用模拟试验焦炉检验,合格的即可用于生产,如对某个配煤方案做修改可用人工配煤进行调整。3)通过配煤计算,在这10种煤中当主焦煤配入量在65%时,最大焦炭强度 $M_{25}=89.7\%$ ,当主焦煤配入量为30%~70%时,预测 $M_{25}=85.6\% \sim 88.8\%$ ,实测为85.4%~89.1%。4)模拟试验焦炉性能、操作和软件性能,对预测焦炭强度准确性影响较大。检验数据见表1。

由表1第一次试验数据可以看出,模拟试验焦炉性能稳定,焦炭强度预测准确。此外,通过本次试验,也可以看到选择煤的重要性,可以更好地控制焦炭质量。选择的几组试验结果见表1第二次试验数据。

由第二次试验数据可得出以下结论:1)1#和4#试验相比,表明了在选择炼焦煤时,虽然都是主焦煤,但在主焦煤的结焦性即 $SI$ 值不相同,应选择 $SI$ 大的,在4#试验中主焦煤用量可节(下转第4页)

段出口温度与焦炉煤气和高炉煤气流量及压力串级调节,有效解决了煤气压力不稳带来的问题。目前二段出口温度波动 $<4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,杜绝了高温现象,减少了炉管结焦现象。

4)保持稳定均匀的蒸汽供给量。为保持过热蒸汽量加入稳定,在过热蒸汽管路上设置了电动调节阀。通过自动控制,保持过热蒸汽压力始终在 $0.1\text{ MPa}$ 左右,解决了蒸汽加入量不稳定的问题,降低了一次汽化温度,提高了沥青软化点和分离效率。

5)保持稳定的碳酸钠加入量。通过改变 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 加入方式,采用虹吸原理自流来稳定 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 加入量,保证了 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 与固定铵盐的充分反应,减少了固定铵盐受热分解成游离酸对设备的腐蚀。

6)对设备进行预防性处理。①利用停产检修期间,对部分炉管和弯头结焦情况进行检查,定期对炉管进行烧焦和更换,防止结焦情况进一步扩大。②将二次蒸发器缓冲板改为耐腐蚀、抗冲击的不锈钢板,定期对二次蒸发器筛板进行清理。③改

变馏分塔大修时泡罩清理方式,采用先烧后喷砂清理,减少了泡罩铁锈的生成和脱落;同时根据馏分塔主要是进料口以下几层易堵塞的特点,将进料口及以下几层塔板的降液管截短,防止塔板上的杂质堆积堵住降液管,解决了进料口处堵塞的问题。④探索工艺管道使用周期,通过提前进行更换、改变材质和对易发生泄漏的管道、弯头加厚来提高工艺管道使用寿命,减少泄漏发生概率。

## 4 结 论

工艺操作指标和设备对焦油蒸馏系统的高效运行起着决定性的作用。通过控制原料焦油质量、焦油处理量、二段出口温度、过热蒸汽及碳酸钠加入量等操作指标,加大设备维护力度等措施,系统设备故障停机率明显降低,馏分塔分离效率明显提高,焦油加工主要指标-工业萘收率较去年同期提高 $0.8\%$ ,能耗指标基本控制在吨焦油 $1.5\text{ GJ}$ 左右,经济效益明显提高。

## Effect Factors Analysis and Improvement Measures of the Tar Distillation System in Laiwu Steel

WEI Bao-zhong, LUAN Zhao-ai, GUAN Bing

(The Coke Plant of Laiwu Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

**Abstract:** The tar distillation system in Laiwu Steel Coke Plant adopted single tower atmospheric process. Because of the unstable moisture in tar, much tar slag and large throughput of the tar etc, the blockage appeared in the tube furnace and fraction tower and some problems emerged in the secondary evaporator and process pipeline. Therefore, some improvement measures such as increasing super centrifuge to treat the tar, adjusting some process parameters and making preventive maintenance for the equipment were taken. Then it insured the system operation safely and efficiently.

**Key words:** tar distillation; tube furnace; fraction tower; secondary evaporator

(上接第2页)

表1 模拟试验焦炉试验数据

项目	第一次试验数据					第二次试验数据				
	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25
焦煤比/%	50	60	60	66	66	59	65	65	70	70
CBI	1.04	0.98	0.98	1.08	1.08	1	1	1	1	1
SI	4.19	4.48	4.48	4.41	4.41	4.57	4.60	4.64	4.47	4.85
预测 $M_{25}/\%$	86.1	88.0	88.0	87.5	87.5					
实测 $M_{25}/\%$	86.7	87.0	87.5	87.1	86.4	88.5	88.7	89.0	88.0	90.1

省 $11\%$ 。2)2#和3#主焦煤用量相同,虽然配煤组成不同,但CBI、SI基本相同,因此焦炭强度也基本相

同,这表明只要配煤的CBI、SI调整到相同,就有可能生产出质量稳定的合格焦炭。3)同样4#和5#主焦煤用量相同,配煤组成不同,SI不相同,因此焦炭强度也不相同。以上说明最佳配煤比就是CBI要达到平衡,SI要足够大。当预测的配煤强度达不到要求时,如果CBI没平衡,则先使CBI平衡,再达不到要求,则更换煤种使SI提高,就可满足要求了。当CBI达到平衡时,预测强度超过要求的强度时,表明配煤的结焦性过大了,可调整减少SI。这些都由系统软件完成,在电脑上进行操作,配煤工作简便快捷。

## Development and Application of Coal Petrography Blending and Coke Quality Test System

JIANG Zhong-di<sup>1</sup>, LI Ming-fu<sup>2</sup>

(1 Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China; 2 Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

**Abstract:** Under AMMOB and Shapiro coal blending theory, combined with the nature of Chinese coal resources, we researched and developed the blending of coal petrography technology and the coke quality test system. CBI and SI is the impact of two major indicators of coke strength, which can guide us buy coking coal and determine optimal coal blending ratio and the best test the strength of coke. It was proven through the examples that using the blending technique of coal petrography can control and adjust coke quality.

**Key words:** coal petrography blending; automated microscope; coal blending software; prediction of coke strength