

# 包钢捣固炼焦配煤结构优化研究

付利俊<sup>1</sup>, 李晓灵<sup>2</sup>, 周艳春<sup>2</sup>, 江鑫<sup>1</sup>

- (1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司制造部, 内蒙古 包头 014010;  
2. 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)

**摘要:**通过自主开发并引进了山西地区和蒙古地区新煤种, 并利用 SXLLSJM、SXJM 及 HDSJM, 部分替代 ZYDM 和 LLGHM 等供应紧张煤种, 增加 4 个新煤种, 扩大了捣固炼焦用煤范围, 缓减用煤紧张趋势, 同时优化现有捣固炼焦配煤结构, 改善了焦炭质量, 焦炭灰分降低, 焦炭热强度提高, 为包钢高炉稳定顺行提供了强有力的燃料支撑。

**关键词:**捣固炼焦; 配煤结构; 优化

中图分类号: TQ520.62

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)01-0020-05

## Study on Optimizing Coal Blending Structure of Rammed-coal Coking in Baotou Steel

Fu Li-jun<sup>1</sup>, Li Xiao-jing<sup>2</sup>, Zhou Yan-chun<sup>2</sup>, Jiang Xin<sup>1</sup>

- (1. Manufacturing Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd.,  
Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;  
2. Coal Coking Chemical Industry Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd.,  
Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** Four new types of coal are increased through developing independently and introducing the new types of coal in Shanxi and Inner Mongolia as well as utilizing the SXLLSJM, SXJM and HDSJM, part of which is instead of such types of coal with tension supply as ZYDM and LLGHM. As a result, the scope of coal used for rammed-coal coking is expanded, tension trend of using coal is relieved, the existing coal blending structure of rammed-coal coking is optimized and coke quality is improved. The ash content of coke is reduced and the hot strength of coke is increased, which provide the strong fuel support for the stable and trouble-free operation of blast furnaces of Baotou Steel.

**Key words:** rammed-coal coking; coal blending structure; optimize

近年来,随着高炉的大型化,其料柱增高和入炉料压缩比提高,导致高炉的透气性不好,另外富氧喷煤等技术的发展,都对焦炭质量提出了愈来愈高的要求,稳定和改善焦炭质量已成为焦化行业所面临的主要难题之一<sup>[1]</sup>。捣固炼焦是将配合煤在入炉前用捣固机捣实成体积略小于炭化室的煤饼后,从

焦炉机侧推入炭化室内炼焦,捣固后的堆密度可由原来散装煤的 0.70 ~ 0.75 t/m<sup>3</sup> 提高到 1.00 ~ 1.15 t/m<sup>3</sup>。

捣固炼焦与常规炼焦相比最明显的特征是在配合煤进入焦炉之前利用机械力将煤料堆积密度提高约 20% ~ 30%,结焦过程中由于煤颗粒之间距离减

小,即使在胶质液相比较少的条件下也可以满足煤颗粒之间的黏结。一般条件下,捣固炼焦可以在保证焦炭冷态强度的前提下多配入弱黏结性煤,因此,捣固炼焦具有成本优势,其焦炭呈现低显气孔率、高冷态强度和反应性偏高等特点,在大中型高炉生产很难应用,使用时会造成高炉经济技术指标变差等情况,如焦比升高、高炉透气性变差等<sup>[2]</sup>。为此,包钢需要立足现有炼焦煤资源,不断研究新的炼焦煤资源和新的煤种,优化配煤结构,减少市场波动对炼焦煤供应和成本的影响,生产稳定的捣固焦炭,为高炉顺行提供优质的燃料。

## 1 捣固炼焦煤资源的研究

捣固炼焦提高焦炭性能指标分两个方面,一方面是配合煤比例不变的条件下,通过捣固工艺生产出比常规顶装煤炼焦指标更好的焦炭,但黏结性较好的焦煤或是肥煤比例较高时会失去捣固工艺的优势,或是炼焦过程中产生胶质体膨胀压力过大,对炉墙产生破坏;另一方面是配入更多比例的弱黏结性煤,通过捣固工艺生产出指标较好满足高炉使用的焦炭。为了改善焦炭质量同时降低配煤成本,需要

开发应用新煤种,优化现有捣固炼焦配煤结构,对山西方向煤、蒙古煤以及俄罗斯煤进行了应用研究。

### 1.1 山西焦煤研究

山西地区煤炭资源多,但低硫低灰煤种资源逐渐减少,煤种价格贵,只有高灰煤种价格相对便宜<sup>[3]</sup>,利用 SXGHM 作为改善焦炭强度的主要煤种之一,充分发挥山西地区煤种强结焦性、低挥发分优势。

#### 1.1.1 SXLLGLSJM 应用

为了进一步降低焦炭灰分和提高焦炭强度,经考察发现一种 SXLLGLSJM,比较适合捣固炼焦配煤需要,对其进行了关键指标分析,具体结果见表1。

表1 SXLLGLSJM 关键指标分析结果

煤种	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{1,d}/\%$	G 值	CSR/ $\%$
SXLLGLSJM	7.35	20.02	2.21	86.90	78.45

由表1数据分析,该煤灰分偏低,硫分较高,黏结性较好,焦炭热强度高,属于优质炼焦煤种。

依据 SXLLGLSJM 关键指标分析结果,通过测算分析后在生产中使用,初始配入4%部分替代 ZYDM,具体煤种应用配比见表2。

表2 1#—4#焦炉生产配煤情况(质量分数)

配比调整日期	1/3JM	SBSM	2#MGM	5#MGM	CYM	SXQM	LLGHM	ZLM	3#MGM	XYQM	HD2#DHM	ZYDM	SXLLGLSJM
1日	33	8	11	5	3	3	6	13	10	4	0	4	0
3日	32	9	6	5	3	4	6	12	14	5	0	4	0
9日	32	9	6	6	3	4	6	10	15	5	0	4	0
12日	32	6	6	6	3	5	6	8	19	5	0	0	4
15日	32	6	8	6	3	5	6	7	19	0	4	0	4
17日	32	6	7	6	3	5	6	7	19	0	4	0	5
18日	32	8	11	0	3	5	5	7	19	0	4	0	6
22日	32	8	11	0	3	5	5	8	19	0	4	0	5
24日	32	8	11	0	3	5	5	9	19	0	4	0	4
27日	30	8	12	0	3	6	5	9	19	0	4	0	4
29日	35	6	22	0	3	5	6	6	9	0	4	0	4
31日	31	6	24	0	3	6	5	8	9	0	4	0	4

由表2数据分析,使用 SXLLGLSJM 部分替代 ZYDM,配比最高达到6%,缓解了 ZYDM 紧缺对生产组织影响。

#### 1.1.2 SXJM 和 HDSJM 应用

近年来包钢炼焦煤资源供应极为紧张,一方面

受新冠疫情影响,部分煤种供应不足,特别是汽车运输的煤种,受疫情影响比较严重,煤种严重供应不足甚至出现断供现象;另一方面由于受我国与澳大利亚煤炭政策影响,沿海地区钢厂和独立焦化厂进口澳大利亚煤受限,许多厂家转为内地采购,蒙古煤市

场也供应紧张,同时炼焦用煤价格急剧上涨,导致配合煤成本大幅升高。为了应对部分煤种断供,根据包钢煤焦化工分公司使用煤种情况和配合煤配比情况,将 SXJM 和 HDSJM 应用到捣固炼焦配煤中,各项指标分析结果见表 3。

表 3 SXJM 和 HDSJM 各项指标分析

煤种	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	G 值	CSR/%
SXJM	10.33	20.35	1.29	79.84	63.95
HDSJM	10.26	21.37	1.37	78.00	59.03

2021 年 2 月将 SXJM 应用在生产中,由于山西焦煤集团 MLM 供应极其紧张,仅能满足包钢煤焦化工分公司使用,为此利用 SXJM 替代,见表 4。另外,2021 年 4 月把 HDSJM 应用在生产中,替代 LLGHM 供应不足,配比情况见表 5。

由表 4 数据分析,SXJM 替代 MLM,稳定了焦炭质量,节约了优质肥煤 MLM 用量,降低了配煤成本。

表 4 2 月 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>焦炉生产配煤情况(质量分数)

配比调整日期	1/3JM	SBSM	2 <sup>#</sup> MGM	CYM	SXQM	LLGHM	ZLM	5 <sup>#</sup> MGM	HD2 <sup>#</sup> DHM	SXLLGLSJ	MLM	SXJM
1 日	46	7	16	2	5	3	5	6	3	3	4	0
2 日	46	7	16	2	3	3	5	6	5	3	0	4
5 日	46	7	16	2	4	3	5	6	4	3	0	4
9 日	46	7	17	2	3	3	4	6	5	3	0	4
10 日	50	6	13	2	3	3	4	6	5	3	0	5
18 日	45	6	16	2	4	3	6	6	4	3	0	5
22 日	45	6	16	2	4	3	6	6	4	0	0	8

表 5 4 月 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>焦炉生产配煤情况(质量分数)

配比调整日期	1/3JM	3 <sup>#</sup> MGM	2 <sup>#</sup> MGM	CYM	SXQM	ZLM	SXJM	5 <sup>#</sup> MGM	ZYDM	HDSJM	LLGHM
18 日	33	5	8	4	7	8	17	8	7	0	3
23 日	33	5	8	4	7	8	17	8	7	0	3
24 日	33	5	8	3	7	8	17	8	7	4	0
27 日	28	6	9	3	7	8	20	8	7	4	0
29 日	21	8	10	3	7	10	20	10	7	4	0

由表 5 数据分析,HDSJM 的应用,替代紧缺煤种 LLGHM,缓解了用煤紧张趋势,稳定了配煤生产秩序。

## 1.2 蒙古 1/3 焦煤应用

蒙古煤炭资源丰富,据蒙古国燃料能源部统计,截至 2015 年底,资源储量达 1 624 亿 t,其中探明储量为 176 亿 t,约占总储量的 10.8%。蒙古炼焦煤资源是世界上品种最齐全、储量最丰富的地区之

一<sup>[4]</sup>,普遍埋藏浅,具有良好的开采条件,是世界上最适合露天开采的资源地之一。其中 MG1/3JM 具有灰分、硫分较低、挥发分较高、G 值衰减较快,结焦性较差的特点,配加 MG1/3JM 可降低焦炭灰分。

鉴于包钢庆华焦炭灰分居高不下,对 MG1/3JM (如 HD2<sup>#</sup>DHM)开展了分析研究,HD2<sup>#</sup>DHM 关键指标分析见表 6。

表 6 HD2<sup>#</sup>DHM 关键指标分析结果

名称	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	G 值	Y/mm	CSR/%	$R_{max}$
HD2 <sup>#</sup> DHM	4.87	34.81	0.78	71	12.0	7.6	0.944

从表 6 数据分析,该煤灰分比较低,硫分适中。通过优化配煤结构,该煤种可有效降低焦炭灰分。MG1/3JM(如 HD2<sup>#</sup>DHM)的应用能够解决焦炭灰分较高问题,但由于该煤热性能比较差,不能大量配入,需要与热性能高的煤种搭配使用。

对包钢庆华 1<sup>#</sup>—4<sup>#</sup>焦炉 4—9 月的焦炭指标开展对比,其焦炭灰分和硫分指标对比分析趋势见图 1 和图 2。

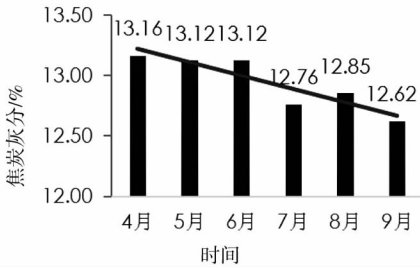


图 1 焦炭灰分统计趋势图

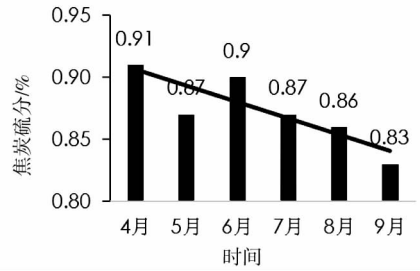


图 2 焦炭硫分统计趋势图

由图 1 和图 2 数据分析,通过新煤种应用,优化配煤结构,合理用煤,捣固焦的灰分和硫分在 7 月份有了明显下降,为大中型高炉提供了优质燃料支撑。

### 1.3 俄罗斯煤

#### 1.3.1 煤种关键指标分析

考察调研的新煤种来自俄罗斯远东亚库特地区,煤矿产能在 2020 年达到 500 万 t。该煤矿主产 K4 焦煤、K10 焦煤、丹妮湾焦煤、伊娜林肥煤等(见表 7),对中国年出口量达 240 ~ 260 万 t。

表 7 包钢庆华指标检测结果

煤种	$A_d/\%$	$S_{t,d}/\%$	$V_{daf}/\%$	G 值	Y/mm	CSR/%
K4 焦煤	10.04	0.31	23.43	99	22.0	19.0
K10 焦煤	11.80	0.22	19.35	74	9.0	27.9
丹妮湾焦煤	10.17	0.38	26.96	104	28.5	30.0
伊娜林肥煤	9.82	0.70	31.17	100	30.0	29.7

由表 7 可看出,以上煤种最大的优势是硫分低,黏结性较好,焦炭反应后强度一般,可以在捣固炼焦中使用。

#### 1.3.2 捣固小焦炉试验研究

为了满足捣固焦强度,同时降灰降硫的需求,选用灰分和挥发分适中、硫分较低、G 值和 CSR 较好

的丹妮湾焦煤作为配煤试验的煤种。

在包钢庆华煤化工公司捣固小焦炉进行炼焦试验,配加 3%、5% 丹妮湾焦煤替代 5<sup>#</sup>MGM,为保证样品的代表性,各方案均是在仓下取单种煤试样,并在实验室内配煤,数据分析结果见表 8。

表 8 配合煤和焦炭分析结果

方案	配合煤				焦炭			
	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	G 值	$A_d/\%$	$S_{t,d}/\%$	CRI/%	CSR/%
基础方案	9.67	27.93	1.05	82	12.32	0.91	29.2	61.6
配加 3%	9.59	27.92	1.06	87	12.32	0.95	28.9	59.3
配加 5%	9.75	28.45	1.03	86	12.43	0.93	31.3	56.9

从表 8 数据分析,丹妮湾焦煤属灰分适中、低硫煤种,在配入 3% 时配合煤硫分基本与基础持平,配

加 5% 时硫分有所降低。从焦炭反应后强度看,配加丹妮湾焦煤后焦炭反应后强度下降,说明该煤种

对焦炭热反应后强度负向作用较大,因此,该煤性价比不高,不建议在生产中应用。

## 2 捣固焦炭生产质量情况

为了了解近几年焦炭质量情况,对 2019 年、

2020 年和 2021 年的捣固焦关键指标进行了统计,其关键指标分析结果见表 9。

表 9 捣固焦关键指标分析结果(质量分数)

%

时间	$M_t$	$A_d$	$S_{t,d}$	$M_{40}$	$M_{10}$	$CRI$	$CSR$	焦炭综合合格率
2019 年	6.56	13.10	0.86	86.56	6.18	29.19	64.00	94.89
2020 年	5.57	12.94	0.87	87.91	6.08	27.02	67.82	95.63
2021 年	6.11	12.89	0.86	88.09	6.19	27.64	66.60	97.24

从表 9 数据分析,捣固焦灰分经过优化配煤结构,应用新煤种,2020 年和 2021 年焦炭灰分大幅下降。捣固焦反应后强度 2020 年和 2021 年较 2019 年有了较大幅度提高,焦炭综合合格率逐年上升,为大中高炉稳定顺行提供了优质焦炭。

## 3 结论

(1)MG1/3JM 作为低灰低硫煤种,结合配煤优化,在保证焦炭强度的前提下,降低了焦炭灰分和硫分。

(2)通过引进山西方向的煤种,补充了优质炼焦煤 MLM 和 LLGHM 供应量不足问题,扩大了捣固炼焦用煤范围,缓减了用煤紧张趋势,节约了优质炼

焦煤。

(3)通过合理优化配煤结构,能够改善捣固焦炭质量。

## 参 考 文 献

- [1] 雍永枯,冯孝庭. 21 世纪中国煤化工展望[J]. 煤化工,2002,30(3):3-7.
- [2] 郑文华. 捣固炼焦技术的发展和应[J]. 河南冶金,2008,16(1):6-8.
- [3] 范荣香. 我国炼焦煤资源与煤焦化产业发展分析[J]. 化学工业,2008,26(5):1-8.
- [4] 高明利,杨华,郑文华. 国内外焦化前沿技术的研究[J]. 燃料与化工,2008,39(3):1-4.

(上接第 19 页)

(3)严格管理平煤操作,对煤车各加煤口加煤顺序、间隔及平煤操作进行优化调整,严格执行操作规程。

### 4.3 管控炉头温度

对开闭器进行密封减少漏气,个别低温炉号采取调整牛舌砖、加强蓄热室密封墙的密封、提高焦炉煤气混合比、对阻力大的小烟道及蓄热室进行清扫等措施,焦炉炉头温度机焦侧均提高约 30℃,炉头焦和焦饼成熟情况明显改善。

### 4.4 提高干熄炉的操作水平

为降低干熄炉内焦炭的氧化,降低循环风量,减少因料位偏低造成焦炭在干熄炉内停留时间长,进而影响焦炭质量。减少干熄炉空气导入量,干熄炉内主要循环气体成分 CO 控制由以前的 4%~6% 调整 6%~8%,降低了焦炭烧损。

## 5 结论

(1)大容积焦炉泡焦率与焦炭反应后强度、焦炭冷强度  $M_{10}$  及焦炭灰分相关性较差,它们之间没有关联性。

(2)大容积焦炉焦炭泡焦率与焦炉结焦时间直接相关,延长结焦时间有利于降低焦炭泡焦率。

## 参 考 文 献

- [1] 陈鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京:化学工业出版社,2001.
- [2] 潘立慧,魏松波,常红兵,等. 炼焦技术问答[M]. 北京:冶金工业出版社,2008.
- [3] 张前香,宋子远,陈鹏. 泡焦和炉头焦对焦炭热性能检测稳定性的影响[J]. 武钢科技,2008,46(5):2-3.