

# The Applied Study of Petroleum Coke's Application of Coking in Baosteel

Quan Liu, Qifeng Zhang

Department of Manufacturing Management, Baosteel Co., Ltd., Shanghai  
Email: liuquan0129@baosteel.com

Received: Jul. 2<sup>nd</sup>, 2017; accepted: Jul. 16<sup>th</sup>, 2017; published: Jul. 19<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Through series of experiments, the characteristics of petroleum coke are analyzed. And the characteristic of petroleum coke are obtained. By taking the advantage of the characteristic of petroleum coke, the applied characteristic of petroleum coke in the coal blending is well obtained through industrial experiments.

## Keywords

Petroleum Coke, Quality, The Coal of Blending, Study

---

# 石油焦在宝钢的炼焦配煤应用研究

刘 全, 张启锋

宝山钢铁股份有限公司制造管理部, 上海  
Email: liuquan0129@baosteel.com

收稿日期: 2017年7月2日; 录用日期: 2017年7月16日; 发布日期: 2017年7月19日

---

## 摘 要

通过全面分析和比较石油焦的性质, 认识了石油焦的特点。利用石油焦的比较优势, 通过部分工业配煤试验, 掌握了其在配煤中的应用特性, 为炼焦配煤技术进步, 及开发炼焦原料新资源做出了有益探索。

## 关键词

石油焦, 性质, 炼焦配煤, 研究

---

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着高炉大型化与高炉喷吹燃料技术的发展, 对焦炭的质量要求越来越高, 尤其是降低焦炭灰分方面提出了更高要求。降低焦炭灰分可以降低原燃料的消耗, 尤其可有效降低高炉焦比和燃料比, 这对高炉经济运行具有重要意义。为了满足高炉降低焦炭灰分要求, 开展了资源摸索等工作, 而超低灰石油焦成为了研究对象。

石油焦是炼油工艺的副产品, 具有低灰分和低挥发分的特性, 宝钢此前还未对石油焦进行系列炼焦配煤研究, 因此加强石油焦的配煤技术研究十分必要, 不仅可开拓炼焦用料渠道, 也可提升宝钢配煤技术水平。因此, 本课题对石油焦在宝钢炼焦配煤中的使用可行性及对焦炭质量的影响, 开展了系列试验和研究, 以达到有效改善焦炭质量, 尤其是改善焦炭灰分的目的。

## 2. 分析和试验方法

### 2.1. 炼焦煤工业检验方法

炼焦单种煤及配合煤的工业分析按照有关国家标准进行, 其具体分析标准见表 1。

### 2.2. 炼焦煤结焦及粘结性能检验方法

炼焦单种煤及配合煤的 G 值及其他粘结性等工艺指标分析方法按照有关国家标准进行, 其具体分析标准见表 2。

**Table 1.** Industrial standards for analysis of coking coal samples

**表 1.** 煤质工业分析检验方法

序号	工业分析指标	检验方法
1	全水分	GB/T211-2007
2	灰分	GB/T212-2008
3	挥发分	GB/T212-2008
4	硫分	GB/T25214-2010
5	粒度	GB/T477-2008

**Table 2.** Process standards for analysis of coking coal samples

**表 2.** 煤质工艺指标检验方法

序号	指标	检验方法
1	黏结指数(G)	GB/T5447-1997
2	胶质层最大厚度(Y)	GB/T479-2000
3	基氏流动度	JISM8801
4	奥亚膨胀度	GB/T5450

### 2.3. 炼焦试验

多年来, 宝钢单种煤炼焦使用 70 kg 模拟焦炉(SIMULATED COKE OVEN)进行配煤试验。70kg 模拟焦炉是 1985 年宝钢一期投产时从新日铁引进的配套设备, 为炼焦煤单种煤质量评价、配煤试验等提供了重要的支撑。其设备参数及控制情况如下:

- 炉子尺寸: 400 (宽) × 500 (高) × 700 (长) mm;
- 装箱煤饼尺寸: 380 (宽) × 610 (长) × 350 (高) mm;
- 装煤量为 58.41 Kg/炉(常规干基);
- 堆积密度为 0.72 t/m<sup>3</sup>;
- 装炉煤水分: 10%;
- 炉内温度: 最高约 1250℃, 常用为 1100℃, 焦饼中心温度 1050℃;
- 总炭化时间: 18 小时 30 分钟, 采用干法熄焦;
- 落下试验: 2 米 3 次落下, JIS K 2151;
- 焦炭强度试验: DI150 15, JIS K 2151;
- 焦炭热强度: CSR, CRI JIS K 2151;
- 焦炭工业分析, 全硫: GB/T2001。

### 3. 石油焦性质分析

经过资源调查和性价比研究后, 选用了国内石油焦进行炼焦配煤试验。石油焦和常规瘦煤的性质对比数据, 具体如表 3。

由表 3 可见: 石油焦的性质特点是灰分低, 挥发份低, 硫分较高, 无粘结性。常规瘦煤的特点是灰分高, 硫分低, 有一定粘结性, 但很弱。鉴于石油焦灰分远远低于常规使用瘦煤, 因此极具开发优势, 只要适当控制比例, 硫分指标也能得到平抑。为此开展相关炼焦配煤试验, 合理替代瘦煤, 必将有利于满足高炉降低焦炭灰分的需求。

### 4. 炼焦配煤试验及配比确定

经上述分析, 石油焦与瘦煤在煤质上比较接近, 故认为石油焦配入时的破碎粒度可同瘦煤一样。为此, 我们根据炼焦配煤要求和石油焦的性质有针对性的制定了多种小焦炉配煤炼焦方案, 然后通过 70 kg 小焦炉进行配石油焦炼焦对比实验, 得到大量的实验数据, 从而找出最佳的石油焦配煤炼焦方案, 为工业焦炉生产使用提供依据和支持。表 4 列出了实验方案及结果。

通过小焦炉实验数据分析可以看出, 在石油焦配比为 2%至 3%时, 焦炭质量没有变差, DI 冷强度指标最佳, 反应后热强度 CSR 处于较好水平, 可满足高炉需要。当石油焦配入 4%~5%时, 再配入 2%~3%的瘦煤, 对焦炭质量产生一定影响, 焦炭冷强度有了一定程度的下降, 热强度下降相对明显。由此可见, 随着石油焦比例提升, 对配煤强粘煤需求增加, 尤其是肥煤比例需增加, 以使配合煤中形成大量胶质体,

**Table 3.** Quality indexes comparison of petroleum coke and lean coal

**表 3.** 石油焦和瘦煤的质量指标对比

项目	Ad, %	Vd, %	Std, %	G 值
石油焦	0.50	11.44	1.20	0
瘦煤	10.60	16.50	0.50	20

注: Ad——干燥基灰分; Vd——干燥基挥发分; Std——干燥基全硫分; G——粘结性指标

**Table 4.** Experimental data with petroleum coke**表 4.** 配加石油焦的实验数据

配比号	焦煤, %	肥煤, %	气煤, %	1/3 焦煤, %	瘦煤, %	石油焦, %	焦炭质量				
							Ad, %	Std, %	DI, %	CRI, %	CSR, %
S1	31	21	30	11	7	0	12.30	0.62	83.57	24.5	68.6
S2	31	21	30	11	5	2	12.15	0.63	83.68	25.9	68.2
S3	31	21	30	11	4	3	12.10	0.64	83.60	25.1	67.3
S4	31	21	30	11	3	4	11.97	0.64	83.32	26.0	66.5
S5	31	21	30	11	2	5	11.88	0.65	83.30	26.1	65.9

注: DI——焦炭转鼓强度; CRI——焦炭反应性; CSR——焦炭反应后强度

增强对惰性物质的浸润力和附着力, 更好的熔融石油焦等未液化物质和其他惰性物质, 从而形成强度高的焦炭。

而按照炭化与石墨化理论, 炼焦煤、冶金焦属于难石墨化碳, 石油焦属于易石墨化碳, 在炼焦配煤中加入石油焦, 按理论是有利于促进冶金焦各向异性的发展。且其他相关研究[1]表明, 在配煤中加入石油焦可以促进焦炭的各向异性发展和完善。但此次随着石油焦比例的逐步提升, 并未直接显示出焦炭热强度的逐步提升, 也并非焦炭异性组织越多, 反应性越低, 反应后强度越大, 其原因还有待于进一步研究。

从焦炭灰分和硫分看, 随着石油焦比例的增加, 焦炭灰分逐步改善, 降灰效果明显, 石油焦的低灰优势得到体现。但由于其硫份相对常规瘦煤偏高, 焦炭硫份有一定上升。

依据上述分析数据, 我们把石油焦的工业配煤试验比例确定在 2%~6%, 因为在该配煤方案下, 既能保证焦炭强度稳定, 又可以明显降低焦炭灰分。

## 5. 工业焦炉试验

### 5.1. 石油焦替代瘦煤试验及分析

根据基础试验情况, 按照 2%~6% 的石油焦配比投入了正常的工业焦炉生产, 实践以来, 取得了显著效果。表 5 列出了实验方案及结果。

从上表数据可以看出, 当石油焦配入 3% 的比例时, 焦炭转鼓强度 DI 良好, 热强度 CSR 良好, 达到了高炉要求。石油焦比例提高至 4% 时, 冷热强度有一定下降, 基本满足了高炉需要, C74 配比随着肥煤的适当提升, 冷热强度还得到提升, 说明保持较高的肥煤比例, 有利于产生更多胶质体, 流动性好[2], 能更好的熔融石油焦等惰性物, 形成更致密的焦炭结构, 焦炭的骨架作用更突出, 对保持和改善强度具有重要作用。其焦炭灰分下降明显, 约下降 0.1 个百分点, 硫份有所上升, 石油焦的降灰效果再次得到了试验验证。

在强粘煤比例保持稳定的前提下, 当石油焦配入 5%~6% 时, 焦炭冷强度 DI 受到了影响, 有所下降。同时, 合理提升肥煤比例, 保证充足的粘结性, 石油焦配入 4% 可以保证焦炭冷强度, 由此可以证明, 石油焦比例适当时, 可以改善焦炭质量; 当同时配入瘦煤等弱粘结性煤时, 其使用比例应该有所控制, 不易提高过多, 否则会影响焦炭质量。

### 5.2. 石油焦全部替代瘦煤试验及分析

依据小焦炉试验情况, 同时为避免大比例配入石油焦, 影响焦炭强度, 我们开展了单独配入石油焦的配煤试验, 以进一步了解其应用特点。表 6 列出了部分实验方案及结果。

**Table 5.** Experimental data of petroleum coke as a substitute for lean coal  
**表 5.** 石油焦替代瘦煤的实验数据

配比号	焦煤, %	肥煤, %	气煤, %	1/3 焦煤, %	瘦煤, %	石油焦, %	焦炭质量				
							Ad, %	Std, %	DI, %	CRI, %	CSR, %
C66	30	21	31	11	5	2	12.32	0.65	87.50	24.6	68.6
C72	29	22	31	11	4	3	12.22	0.67	87.52	24.3	68.9
C73	29	22	31	11	3	4	12.18	0.67	87.47	24.8	68.8
C74	29	22	31	11	2	5	12.15	0.68	87.32	26.6	66.7
C75	28	24	31	11	0	6	12.00	0.70	87.00	27.9	65.9

注: DI——焦炭转鼓强度; CRI——焦炭反应性; CSR——焦炭反应后强度

**Table 6.** Experimental data for the addition of petroleum coke  
**表 6.** 单独配入石油焦的实验数据

配比号	焦煤, %	肥煤, %	气煤, %	1/3 焦煤, %	瘦煤, %	石油焦, %	焦炭质量				
							Ad, %	Std, %	DI, %	CRI, %	CSR, %
C68	29	22	32	14	0	3	12.10	0.62	87.10	26.5	66.0
C69	29	22	32	14	0	3	12.16	0.65	87.53	25.7	67.6
C70	30	22	32	13	0	3	12.09	0.66	87.67	26.0	66.8
C71	30	23	30	14	0	3	12.04	0.62	87.31	25.2	67.9
C72	31	23	31	11	0	4	12.02	0.67	88.21	25.1	68.0
C73	29	24	32	11	0	4	12.06	0.65	87.89	25.9	68.1
C74	28	25	32	11	0	4	12.05	0.65	88.04	23.4	70.2

注: DI——焦炭转鼓强度; CRI——焦炭反应性; CSR——焦炭反应后强度

由表 6 可以看出, 单独配入 3% 的石油焦后, 其强粘比为 51% 左右, 1/3 焦煤比例有所上升, 焦炭的质量指标基本满足高炉生产需要, 其强度波动很小, 且提高肥煤比例, 焦炭热强度得到改善。可初步证明, 石油焦发挥了瘦煤的作用, 起到瘦化剂和骨架作用。

单独配入 4% 的石油焦时, 为避免焦炭质量较大波动, 再次提高了肥煤比例, 强粘比达到了 53%, 降低了 1/3 焦煤比例, 从所得焦炭质量看, 灰分也得到明显改善, 硫份有一定上升。焦炭冷热强度明显提高。肥煤比例提至 25% 时, 焦炭热强度得到进一步提升, 说明石油焦的比例提升应对更高水平的粘结性, 达到石油焦与充足胶体充分熔融的效果, 以期得到较好的焦炭强度。

由此也说明, 石油焦比例的提升, 其带来的焦炭各向异性发展效果, 还比不上充足粘结性带来的效果显著。

总之, 焦炭总体质量指标改善明显, 证明石油焦配入 4% 是可行的, 但需要配煤结构作相应变化, 如肥煤和强粘比的提升等, 因此石油焦配入的具体比例, 应考虑高炉对焦炭质量的要求, 及配煤成本的变化等情况, 以取得较好的综合效益。

## 6. 结论

经过石油焦炼焦配煤的实践, 证明运用石油焦进行配煤炼焦是可行的, 而且可以初步得出以下结论。

1) 石油焦具有明显低灰优势, 配煤试验中已经显现出良好的降灰效果, 证明石油焦降灰效果显著。

2) 从基础试验看, 强粘比相对稳定的情况下, 石油焦比例应控制在 4%以内, 可以兼顾焦炭灰分和强度, 比例继续提升会带来焦炭强度的波动。

3) 工业试验中, 配入 3%至 4%的石油焦时, 需要保证较高的强粘煤比例, 尤其肥煤比例, 以确保充足的胶质体熔融结焦。石油焦自身带来的焦炭各向异性发展效果, 还比不上充足粘结性带来的效果显著。

4) 石油焦的使用, 拓宽了炼焦煤的使用渠道, 可以适当替代瘦煤, 由于其是石油化工衍生品, 资源相对紧张, 价格相对偏高, 还必须合理加以利用, 以寻求焦炭灰分、强度及生产成本的最佳平衡。

### 参考文献 (References)

- [1] 何选明, 刘武庸, 赵敏伦, 周学鹰, 潘立慧, 刘智平. 在配煤中添加石油焦对焦炭质量的影响[J]. 燃料与化工, 2006(4): 1-4.
- [2] 虞继舜. 煤化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000: 201-202.

#### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [meng@hanspub.org](mailto:meng@hanspub.org)