

唐钢2号高炉高比例球团矿强化冶炼实践

冯兰涛, 客海滨, 董国强, 马明鑫

河钢集团唐山钢铁有限公司, 河北 唐山

收稿日期: 2023年4月11日; 录用日期: 2023年6月8日; 发布日期: 2023年6月20日

摘要

本文制定了逐步增加球团配比的预定模型后, 开始在2号高炉上实践, 通过对原燃料入炉管理、上下部料制调整, 维护合理操作炉型, 球团比例增加到40%后, 高炉稳定顺行取得了较好的经济技术指标。

关键词

高炉, 高比例球团矿, 稳定顺行, 燃料比

Strengthening Smelting Practice of High Ratio Pellet Ore in Tangshan Iron and Steel No. 2 Blast Furnace

Lantao Feng, Haibin Ke, Guoqiang Dong, Mingxin Ma

HBIS Group Co., Ltd., Tangshan Hebei

Received: Apr. 11th, 2023; accepted: Jun. 8th, 2023; published: Jun. 20th, 2023

Abstract

This paper developed gradually increase the proportion of predetermined model, began to practice on no. 2 blast furnace, through the original fuel furnace management, material adjustment maintenance and reasonable operation furnace, pellet proportion increased to 40%, blast furnace stability has achieved good economic and technical indicators.

Keywords

Blast Furnace, High Ratio Pellet Ore, Stable Smooth, Fuel Ratio

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

唐钢 2 号高炉容积 2922 m³, 高炉炉底共砌筑 5 层大块碳砖, 总厚度约 2000 mm, 配备 3 座旋切顶燃式热风炉, 采用串罐式无料钟炉顶, 4 个铁口, 32 个风口, 水渣系统采用循环底滤冲渣技术。炼铁事业部建有 2 台 360 m² 的烧结车间和 2 台日产 6500 t 酸球、12,000 t 碱球的带式焙烧球团车间, 生产的酸性球团矿和碱性球团矿质量良好, 完全可以满足 2 号高炉配加高比例球团的需求。2 号高炉于 2020 年 11 月 17 日 19:16 开炉, 开炉达产后原料配比为 76% 烧结矿 + 16% 球团矿 + 8% 纽混矿。有研究表明, 钢铁行业中 75.97% 的 SO₂、73.09% 的 NO_x、55.38% 的烟粉尘均来自于烧结工序[1], 降低高炉中烧结矿配比, 提高球团配比可以有效地降低排放污染物水平, 而且鉴于目前唐山地区的环保形势, 烧结工艺是现在环保重点监督控制目标, 烧结矿的生产受限, 减少高炉中烧结矿的入炉比例、增加高炉炉料中球团矿的入炉比例, 被认为是有效的方法, 本文通过对现状跟国内同行业安钢[2]首钢京唐进行比对, 研究高炉高比例球团生产的技术特点和经济性, 及本厂现有的物料条件, 唐钢 2 号高炉于 2021 年 3 月开始逐步试配加提高球团矿比例。

2. 制定方案、实践及调整措施

球团矿相比于烧结矿球团矿具有以下优点[3]:

- 1) 使用高品位的精粉矿(浮选的赤铁矿精粉或磁选的磁铁矿精粉)生产, 球团矿品位可达 65%。
- 2) FeO 含量低, 因此高温(1200℃)还原性更优于烧结矿和天然矿。
- 3) 冷强度好, 粒度均匀, 运输性能好。
- 4) 自然堆角小, 在 24°~27°, 在高炉内布料易滚向炉子中心, 有利于高炉中心布料。
- 5) 含硫量低。

在提高高炉球团矿比例时, 首先对现有炉料条件和生产技术进行分析评估, 做出行之有效的实践方案, 再对高炉操作进行相应的调整, 以达到预期目标。

2.1. 设计方案

- 1) 物料平衡计算

2 号高炉产量按照 8750 t/d 测算: 考虑精粉管道输送未投入运行前, 地方粉运输压力较大, 酸性、碱性球团产量按照高炉需求考虑(分别为 6500 t/d 和 12,000 t/d)(见表 1)。

Table 1. Daily material balance

表 1. 物料日平衡

原料	计划产量/t	返矿率/%	结构/%	日需求量/t	剩余/t
生铁	26250				
烧结	25000	11.00	52.00	24999.44	+0.56
酸球	6500	6.00	13.00	5917.42	+582.58
碱球	12,000	6.00	25.00	11379.65	+620.35
纽曼块矿		20.00	10.00	5348.44	

按照烧结单机日产 12,500 吨、返粉 11% 测算, 3 座高炉生产, 入炉烧结比例可以达到 52% (提高球团比例后整体入炉料碱度偏低, 为达到碱度平衡, 渣铁排放顺畅, 因而烧结矿碱度需提至 2.08 倍, 碱性球团碱度需提至 1.10 倍)。

2) 以 2 号高炉为例, 设计炉料结构: 25% 碱球 + 15% 酸球 + 10% 块矿 + 50% 烧结矿, 目前 2 号高炉炉料结构为: 76% 烧结矿 + 16% 自产球 + 8% 块矿。因此, 我们第一步先按照碱性球 10% 配加, 防止炉料结构大的变化引起炉况波动, 提球比过程应控制节奏, 10% 比例稳定 5 天, 15% 比例稳定 10 天, 再配加到 20% 比例。以设计方案 1) 中的表 1 物料日平衡测算为基准, 烧结矿碱度需提至 2.08 倍, 碱性球团碱度需提至 1.10 倍校料。

① 碱性球 10% 配加校料:

炉料配比				碱度(倍)		品位
烧结矿	碱球	酸球	块矿	烧结矿	碱球	
58.90%	10%	21.10%	10%	2.08	1.1	58.411

得出球团矿(酸性 + 碱性)配比 31.1%, 烧结矿配比 58.9%。

② 稳定 5 天周期后, 第二步按照碱性球 15% 配加, 校料:

炉料配比				碱度(倍)		品位
烧结矿	碱球	酸球	块矿	烧结矿	碱球	
56.10%	15%	18.90%	10%	2.08	1.1	58.492

得出球团矿(酸性 + 碱性)配比 33.9%, 烧结矿配比 56.1%。

③ 再稳定 10 天周期后, 第三步按照碱性球 20% 配加, 校料:

炉料配比				碱度(倍)		品位
烧结矿	碱球	酸球	块矿	烧结矿	碱球	
53.20%	20%	16.80%	10%	2.08	1.1	58.58

得出球团矿(酸性 + 碱性)配比 36.8%, 烧结矿配比 53.2%。

④ 设计炉料结构: 25% 碱球 + 15% 酸球 + 10% 块矿 + 50% 烧结矿, 校料:

炉料配比				碱度(倍)		品位
烧结矿	碱球	酸球	块矿	烧结矿	碱球	
50.40%	25%	14.60%	10%	2.08	1.1	58.661

得出球团矿(酸性 + 碱性)配比 39.6%, 烧结矿配比 50.4%

2.2. 第一阶段实践过程

第一阶段: 2021 年 3 月 10 日炉料结构由 16% 青龙球 + 8% 块矿 + 76% 烧结矿逐步增加碱球配比, 到 3 月 24 日炉料结构为 25% 碱球 + 5% 酸球 + 10% 块矿 + 60% 烧结矿。降低烧结矿配比, 球团比例增加到

30%后,风量由 6000 m³/min,逐步萎缩到 5900 m³/min,为适应炉况入炉焦比由 370 kg/t 提高到 390 kg/t,随之高炉燃料比由 505 kg/t 上升 519 kg/t,指标有所下降,但高炉整体稳定顺行,从高炉整体状态上看,球团比例加到 30%,炉况变化在预期范围内,第一阶段按照制定方案基本达到预期目标。

2.3. 第二阶段调整措施

第二阶段:2021年4~10月炉料结构逐步由 25%碱球 + 5%酸球 + 10%块矿 + 60%烧结矿调整到 28%碱球 + 12%酸球 + 10%块矿 + 50%烧结矿。球团比例增加到 40%后,未形成较为合理的基本制度与操作炉型,高炉对外围原燃料条件依赖性强、适应能力差,高炉炉墙出现不同程度结厚,处理结厚导致产量下降,影响了高炉经济技术指标。针对炉料结构调整后较差的高炉顺行状态,通过入炉原燃料质量控制;同时高炉以下部,高风速、动能,确保高炉吹透中心,活跃炉缸,保持充沛热量;上部稳定边缘,打开中心的装料制度。

1) 保持充沛的炉缸热度

保持充沛的炉缸热度,提升炉况抵抗能力、夯实高炉顺行基础。提高[Si]水平,前期保持 0.3%~0.5%,随着球团含 Ti 增加,密切关注 Ti 元素平衡,配加过高的含钛物料后,视[Ti]的含量采取适当降低[Si]的措施,[Si] + [Ti]不大于 0.55%,避免炉温过高造成渣铁排放不畅引起的炉况波动。

2) 加强仓下筛分管控

高炉加强仓下筛分管控,进一步改善入炉原燃料质量,区分块矿筛、球筛筛网孔径[4]。

增加球团比例后,高炉增加球团的仓数及调整筛网,保证上料速度及筛分效果。

3) 适当控制矿边缘与增加中心焦的比例

针对球团堆角小、易滚动的特征,适当控制矿边缘与增加中心焦的比例(见表 2)。炉内煤气流控制原则:通过调整中心加焦量稳定中心煤气,控制边缘煤气,确保大球比生产期间煤气分布稳定,保证炉况平稳运行。大比例球团增加后,采取“压边开中心”的料制,疏导中心气流,防止因为中心气流受抑制造成的炉况波动。

Table 2. Material adjustment

表 2. 料制调整

		料制(料线: 矿焦 1.5 米)					
3 月 10 日	矿角	41	39	37	34.5	32	
	矿圈	3	3	3	2	1	
	焦角	41	39	37	34.5	32	15
	焦圈	2	2	2	2	2	5.5
		料制(料线: 矿焦 1.5 米)					
10 月 10 日	矿角	41	39	37	34.5	32	
	矿圈	4	3	3	2	0.5	
	焦角	41	39	37	34.5	32	15
	焦圈	2	3	2	2	2	5.7

4) 优化上料料序

通过调节料仓排料顺序,以“烧结矿 - 球团 - 块矿 - 球团 - 烧结矿”的顺序,防止球团在布料过程

中向中心滚动, 块矿置于球团中后部; 为改善料柱透气性, 焦丁均匀分布在“球团-块矿-球团”。

5) 入炉品位提高

试验初期随着球团比例增加, 高炉入炉品位由 58.5% 提高到 59% 以上。

6) 控制碱度平衡

按照计划逐步提高碱性球团比例, 注意碱度平衡, 避免配加石灰石, 必要时可适当调整烧结矿碱度。

7) 风口调整

为加高比例球团配后保证中心气流, 提高实际风速, 提高鼓风动能, 下部送风制度采取缩风口调整, 目前风口面积 0.3893 m^2 满足要求。

通过上述措施, 降低了对球团比例增加后高炉顺行的影响, 保证了 40% 球团炉料结构下高炉的稳定顺行, 日产达到 8300 t/d。

3. 验证

通过槽下筛分管理, 改善入炉原燃料条件, 下部调整风口面积, 上部调整气流完成了增加球团比例后对气流的重新分布, 实现了球团比例 40% 的高炉入炉炉料结构的转换, 对高炉技术经济指标进行统计验证, 表明在 40% 球团入炉炉料结构下, 可以达到高炉的长稳高效。经过半年的调整, 高炉在 40% 球团比例的炉料结构下, 炉况保持长时间稳定顺行, 日产达到 8300 t/d 以上, 取得了不错的经济技术指标(见表 3)。

Table 3. Economic and technical indicators of each stage

表 3. 各阶段经济技术指标表

项目	球团比例	利用系数 $\text{t/m}^3\text{d}$	产量(t/d)	煤比 Kg/t	燃料比 Kg/t
调整前 1 月	16%	2.83	8269	137	520
调整前 2 月	16%	2.92	8532	124	516
第一阶段 3 月	30%	2.81	8211	116	517
第二阶段 4 月	40%	2.58	7538	110	525
第二阶段 6 月	40%	2.47	7217	101	535
第二阶段 8 月	40%	2.86	8357	135	524
第二阶段 10 月	40%	2.84	8298	131	523

4. 结语

1) 通过事先分析制定方案措施及后期出现问题后的及时调整, 唐钢 2 号高炉成功完成了炉料结构的高比例球团调整, 证明在保持 40% 球团比例的同时, 保证高炉稳定顺行是可行的。

2) 高比例球团矿冶炼会导致中心气流变差, 会给生产操作造成一定的困难, 但研究其冶金性能及特点后, 采取与之对应的措施, 及时进行分析与调整, 仍然可使高炉达到稳定顺行和高产的目的。

3) 虽然达到了 40% 球团比例, 但距离国内其它使用高比例球团矿先进经验, 仍存在差距, 因此在以后的工作中, 还需要继续摸索提高。

参考文献

- [1] 伯鑫, 甄瑞卿, 屈加豹, 等. 中国钢铁行业大气污染物排放清单管理系统研究[J]. 环境污染与防治, 2017, 39(5): 578-582.

- [2] 焦虎丰, 王雪峰, 牛富军. 大比例球团矿在安钢 2800 m³ 高炉的应用[J]. 河南冶金, 2020, 28(5): 20-25.
- [3] 王筱流. 高炉炼铁生产知识问答[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005: 10.
- [4] 翟新颖. 高炉高比例球团矿冶炼操作实践[J]. 天津冶金, 2021(1): 7-9+16.