

The Operational Practice of Using Economic Burden in Blast Furnaces of Hanzhong Steel

Chenchen Sun¹ Lijuan Qiang² Hongzhi Hui¹ Fan Yang¹ XinLi Huang¹

1. Shaanxi Iron and Steel Group Hanzhong Iron and Steel Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

2. Hanzhong Yulong Technology New Materials Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723000, China

Abstract

As the steel market continues to decline, HanZhongsteel is facing a huge existential challenge. Based on the advantages of the surrounding mineral resources, adjust the feedstock scheme to “economic furnaces,” with low-cost smelting technology line as the core. The cost of iron production is reduced by appropriately relaxing the control standards for harmful elements, increasing the proportion of low-priced defective minerals in the furnace, reducing the taste of the furnace and adjusting the furnace structure. At present, the Zn load is 0.50kg/t, the alkali load is 4.5kg/t, the furnace taste is about 54.5%, and the sintering minerals in furnace rate is 80%. At present, the blast furnace coke load is 4.98, the blast furnace coke ratio is 355kg/t, the fuel ratio is 528kg/t, the pig iron cost is reduced 80 yuan/t.

Keywords

low-cost smelting; harmful elements; economic burden; low grade; pig iron cost;

汉钢公司高炉经济炉料路线冶炼实践

孙晨晨¹ 强丽娟² 惠宏智¹ 杨帆¹ 黄欣力¹

1. 陕钢集团汉中钢铁有限责任公司, 中国·陕西 汉中 723000

2. 汉中禹龙科技新材料有限责任公司, 中国·陕西 汉中 723000

摘 要

由于钢铁市场持续下行, 汉钢公司面临巨大的生存挑战, 根据周边矿产资源优势情况, 将用料方案调整为“经济炉料”, 以低成本原燃料冶炼的技术路线为核心, 通过适当放宽有害元素控制标准、增加缺陷矿入炉比例、降低入炉品味、调整炉料结构等措施降低生铁成本, 目前锌负荷0.50kg/t、碱负荷4.5kg/t、入炉品味54.5%左右, 烧结矿入炉率80%, 铁前系统通过加强高炉操作管理, 监控关键参数等措施, 1#高炉焦炭负荷4.98且顺行, 高炉焦比355kg/t、燃料比528kg/t, 生铁成本降低80元/t, 最终实现了成本和指标的较大进步。

关键词

低成本冶炼; 有害元素; 经济炉料; 低品位; 生铁成本

1 引言

当前钢铁行业形势极为严峻, 市场需求萎缩, 价格持续低迷, 汉钢公司由于内部没有焦化厂, 所需燃料方面全部需要外购, 损耗和运输成本高, 导致生铁成本高于行业平均水平^[1]。同时汉钢公司也有自身优势, 周边存在着丰富的含铁料资源, 除了主流精矿粉、褐铁矿和菱铁矿外, 还包含硫酸渣、钒钛磁铁矿、高硅高铝矿等运输成本低、性价比高的缺陷物料。为充分利用国内矿资源优势, 汉钢公司通过配加缺陷矿, 放宽有害元素控制^[2]和优化高炉操作等措施, 在确保高炉顺行的前提下有效降低生铁成本。

2 经济炉料的控制思路

2.1 解放配矿思路, 适当放开有害元素控制范围

首先充分利用地域优势采购周边国内矿, 选择性价比高的中品进口矿、周边国内主流矿, 合理配加硫酸渣、高铝矿、高硅矿、除尘灰等低价缺陷矿, 按上限控制入炉有害元素: 锌负荷 $\leq 0.50\text{kg/t}$ 、碱负荷 $\leq 5.0\text{kg/t}$ 、硫负荷 $\leq 5.0\text{kg/t}$, 综合入炉品位由56.5%降至54.5%以下, 炉渣 $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 16.0\%$ 。根据控制标准, 烧结缺陷矿配加比例提升至15%, 关键成分按 $\text{SiO}_2 \leq 6.50\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.60\%$ 控制要求进行配矿。

2.2 充分利用干湿焦价差和煤焦价差的降本思路

(1) 目前干湿焦价差55元/吨, 配加湿焦具有效益, 要求采购的湿焦热态指标必须符合 $\text{CRI} \leq 28.0$ 、 $\text{CSR} \geq 62.0$ 管控标准, 灰分 $\leq 13.0\%$ 和硫含量 $\leq 0.80\%$ 控制较干焦标准适

【作者简介】孙晨晨(1992-), 男, 中国河南洛阳人, 硕士, 助理工程师, 从事铁前配矿、高炉操作与分析等研究。

当放宽。

(2) 目前焦面与喷吹煤价差在 150 元以上，其固定碳 76.12%、硫含量 0.29%、发热值 5500cal/g 可满足高炉使用。喷吹煤粉性价比排序为焦面>低烟煤>无烟煤>高烟煤，焦面性价比最高，可通过煤粉结构调整将焦面和低烟煤逐步替换无烟煤和高烟煤，降低燃料成本。

3 高炉经济炉料冶炼的实践方法

3.1 高比例国内矿烧结的优化生产实践

3.1.1 烧结杯实验验证

通过含铁料资源情况和成本性价比测算，按照混匀矿化学成分和平均粒度的要求，计算出配矿方案后进行烧结杯实验，根据烧结杯试验结果(对烧结矿产质量指标的影响)，最终得到表 4 配矿比例和烧结矿成分，并进行矿相分析。

通过测算制定的 60% 国内矿烧结成本最优配矿比例，进行烧结杯实验和矿相分析，如表 1 所示烧结杯实验结果进行成品率、转鼓指数、抗磨指数等各项理化指标的检测，均达到标准要求。实验结果为实际生产进行了指导，也为烧结优化配矿模型的建立提供了实验基础。

如图 1 所示对烧结矿进行矿相分析，针状铁酸钙呈棕

灰色，穿插于赤铁矿晶粒间，形成网络状黏结结构，对烧结矿强度有利，另外赤铁矿与铁酸钙呈交织结构，晶粒边界清晰，烧结矿呈多孔状构造，孔隙以不规则状为主，孔径分布较均匀，有利于还原。

3.1.2 烧结生产实践及指标情况

相比较进口矿，国内矿多为精矿，粒度较细水分较高，FeO 普遍在 25-28% 以上(降本硫酸渣和高铝矿除外)，有害元素含量较高^[3]，其中硫含量 0.1-0.3%，由于烧结脱硫脱硝能力的限制，增加国内矿比例时需控制混匀矿硫含量 < 0.18%。结合国内矿特性和前期烧结经验，制定了烧结工艺控制方案和 60% 以上国内矿烧结工艺参数标准。

如表 2 可知，通过调整烧结工艺参数，烧结流量、料层厚度、点火温度以及负压来改善高国内矿配比的烧结矿质量。国内矿比例提升后，烧结过程透气性波动相对较大，烧结厂为改善造球性能，对熔剂结构进行优化，熔剂生料比由 55% 降至 35%，操作中 将 烧 结 负 压 控 制 标 准 从 -16.5 ~ -17.0kPa 降低至 -15.0 ~ -15.5kPa，料层厚度降低 150mm，控制在 750-800mm，根据透气性适当降低料层厚度保证烧结的均匀性以及终点控制达标。

表 1 配矿比例和烧结矿成分

项目	配比 / 化学成分 %								成品率	转鼓指数	抗磨指数	烧损率
成分	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	碱度				
配比	20% 金布巴粉 +20% 超特粉 +45% 主流矿 +15% 缺陷矿								81.45	65.87	6.13	12.27
烧结矿	53.2	9.65	6.30	12.28	2.25	2.50	0.55	1.95				

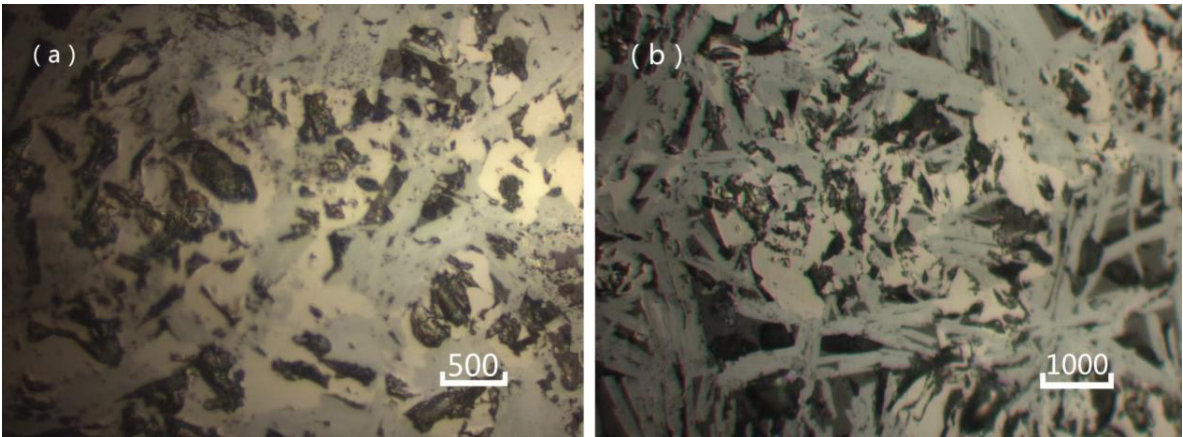


图 1 配加 60% 国内矿烧结矿相

表 2 烧结工艺参数标准

项目	流量 t/h	机速 mm/min	料层厚度 mm	负压 kPa	点火温度 °C	废气温度 °C	混合料水分
25% 国内矿	480 ~ 500	1.50	900 ~ 950	-16.5 ~ -17.0	1150 ± 50	120 ± 10	7.4 ± 0.1
60% 国内矿	430 ~ 450	1.60	750 ~ 800	-15 ~ -15.5	1160 ± 50	130 ± 10	7.1 ± 0.1
对比	-50	+0.1	-150	-1.5	+10	+10	-0.3

表 3 烧结矿成分及性能

TFe %	FeO %	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	碱度	转鼓指数	≥16mm 粒级 %	低温还原粉化 RDI %			还原性 RI %
									+6.3mm	+3.15mm	-0.5mm	
53.37	9.23	6.31	12.30	2.35	2.45	1.95	76.65	58.08	53.37	75.29	7.25	77.97

由表 3 可以看出，通过优化配矿后烧结矿成分稳定，主要的热态指标、粒级、品位、FeO、碱度均在要求范围内，烧结利用系数不断提升，烧结矿合格率达到 99.5%，优质品率高达 80% 以上。另外高炉有害元素和部分关键参数情况，综合入炉品味降低至 54.53%，碱负荷、锌负荷等有害元素控制均按上限控制。

3.2 炉料优化结构降本

(1) 以“高比例烧结矿、性价比块矿、含钛球团矿”为基础，开展炉料结构优化降本。经过对块矿、球团矿以及烧结矿的成本性价比测算，如表 4 所示，酸性料综合吨度价排序为：进口块矿>自产球团>外购球团>自产高钛球团。目前自产高钛球团性价比最低已暂停配加，进口块矿性价比最高，热裂指数为 15%，通过高炉配加块矿实践，块矿配

加 ≤5% 时炉况长周期稳定顺行。

(2) 燃料结构优化降本，通过配加有性价比湿焦，充分利用热风炉烟气余热回收系统烘干焦炭技术，解决湿焦含水量高、含末量高的问题。通过不断地尝试摸索高炉在配加 40% 湿焦时，焦炭烘干效果最好，炉况长期稳定顺行，炼铁指标和生产成本最优。

(3) 强化外围筛分管理降本，2# 高炉 5 个烧结矿仓筛板均为上 7mm 下 5mm，为进一步降低成本，在确保高炉顺行的情况下更换两个槽下筛板为上 6mm 下 4.5mm；要求每班对筛分设备进行检查，查看筛网是否有破损、堵塞，设备的传动部件、振动部件是否运行正常，及时清理筛面，防止物料在筛面上堆积或结块，影响筛分效果。

表 4 酸性料性价比测算

品种	TFe%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P%	S%	吨度价	性价比排序
进口块矿	57.40	6.54	1.41	0.14	0.024	17.23	1
自产球团	61.80	8.62	1.80	0.01	0.010	17.45	2
外购球团	62.45	6.00	1.12	0.02	0.007	17.73	3
自产高钛球团	54.89	6.87	3.35	0.02	0.025	20.37	4

3.3 高炉应对经济炉料的措施

(1) 实行大风量、高富氧、高顶压操作，抑制硅的还原，改善了品位低、炉渣高 Al₂O₃ 条件下高炉中心气流偏弱的情况，为增加风量、增大炉缸工作截面积提供了有力条件。2# 高炉通过调整风口面积，将铁口区域的风口直径由 115mm 缩小为 110mm，减少伴随低硅冶炼造成流动性变差，风口频繁烧损的现象^[4]；并全部使用 620mm 长风口小套，稳定操作炉型的同时，兼顾炉缸侧壁温度偏高的区域，为改善中心气流提供了下部基础。

结合冶炼高 Al₂O₃ 渣实践摸索，选择适宜的镁铝比是改善风口区、炉腹及炉腰粘结、提升炉缸整体活性和炉渣流动性的重要因素^[5]。烧结矿中 Al₂O₃ 由 2.03% 提高至 2.50%，通过实践摸索渣中镁铝比 0.50 时流动性较差，炉内压力波动大，对产量与指标影响较大；通过将烧结矿中 MgO 按 2.25±0.1%、渣中镁铝比 0.65-0.70 控制，与此同时炉渣二元碱度按 1.20±0.02 控制，高炉的渣铁排放、脱硫效果得到明显改善。

(3) 疏导两股气流，实现大矿批、平台+漏斗的上部操作，经过不断地探索和尝试中心加焦和不带中心加焦两种布料矩阵^[6]，根据炉况运行以及指标等情况，确定了使用中心加焦布料模式。2# 高炉基准布料矩阵 C^{38.5 36.5 34.0 31.5 28.5 25}_{3 2 2 2 2 2}

^{5 13 37.5 35.5 33.5 31.0 28.5}_{2 4 2 3 3 2 2}，为了给大风量操作提供支撑，将成分稳定质量合格的干熄焦作为中心骨架焦炭，同时为了避免焦层厚度降低，在稳定焦窗的情况下，矿批由 61t 逐步扩大到 64t，实施大矿批、大风量、中心加焦的布料操作，高炉炉况稳定运行，各项指标进入良性循环，煤气利用率 44.5% 提升至 46.0%。

(4) 热制度方面以低硅冶炼为核心，通过稳定 1250℃ 的高风温操作、优化煤气利用率、适当调整炉渣碱度、细化炉温调剂手段以及加强外围出铁管理等技术措施^[7]，两座高炉铁水月平均 [Si]:0.30%、物理热 1492℃ 以上，硅偏差均在 0.09% 以内。

4 高炉降本炉料冶炼实践效果

(1) 通过优化炉料结构，使用周边国内矿、降本物料以及冶金副产品（钢渣、除尘灰）替代高价进口矿，直接降低采购成本，国内矿配比从 25% 提高至 60% 以上，同时，利用焦煤差价和焦炭烘干技术项目配加 40% 湿焦，降低燃料成本，使生铁成本下降 80 元以上。

(2) 铁前系统通过不断摸索和技术优化，烧结利用系数不断提升，烧结矿合格率达到 99.5%，优质品率高达 80% 以上；炼铁在品位降低冶炼难度增大的情况下，1# 高炉炉

况长周期稳定顺行, 利用系数月均 3.15 以上, 最高达 3.25, 高炉焦比(含焦丁)由 365kg/t 降低至 355kg/t。

(3) 经济炉料冶炼需配套精细化管理与技术创新, 原料质量的动态监测、操作人员的技能提升等。针对有害元素的控制, 要敢于尝试和突破, 高炉锌负荷 0.50kg/t, 碱负荷 4.50kg/t, 硫负荷 4.52kg/t, 炉渣 Al_2O_3 含量 15.82%, 均突破历史管控水平, 但通过操作优化降低有害元素的影响, 调整镁铝比 0.65, 渣铁流动性良好, 炉况长周期稳定顺行。

5 结语

汉钢公司通过走“经济炉料”路线, 适当放宽有害元素控制、优化铁前操作, 高炉运行情况和成本、指标均有较大进步, 为进一步增加国内矿配比至 70%-80% 以上提供实践依据, 对持续配加降本物料和突破有害元素控制上限奠定了操作基础。

参考文献

[1] 吴诚诚, 卞卫新, 张宝婷. 汉钢 1 号高炉经济炉料下快速开炉实

践[J]. 山西冶金, 2025, 48(04): 146-148. DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1167/tf.2025.04.053.

- [2] 陈小敏, 邓勇. 新钢 8 号高炉经济炉料操作实践[J]. 江西冶金, 2015, 35(04): 9-12.
- [3] 刘璐, 王艺慈, 贾西明. 包钢 4150 m^3 高炉使用经济炉料操作实践[J]. 包钢科技, 2019, 45(02): 19-22. DOI: 10.13647/j.cnki.btgkj.2019.02.007.
- [4] 王尚东. 莱钢 1880 m^3 高炉炉役后期经济冶炼实践[J]. 山东冶金, 2017, 39(04): 14-16. DOI: 10.16727/j.cnki.issn1004-4620.2017.04.006.
- [5] 王震. 天铁 6 号高炉经济炉料条件下的生产实践[J]. 天津冶金, 2016, (03): 3-5.
- [6] 卢建光, 魏航宇, 高远, 等. 邯钢 5 号高炉“经济炉料”条件下的生产实践[J]. 炼铁, 2015, 34(05): 29-32.
- [7] 关中. 天铁 6 号高炉高产技术攻关实践[J]. 天津冶金, 2021, (06): 8-10+14.