

首钢1号高炉增产节焦生产实践

张思斌 霍吉祥

(首钢总公司)

摘要 对首钢1号高炉焦炭质量恶化后增产节焦的生产经验进行了总结分析。认为提高入炉原燃料质量,综合优化高炉基本制度,合理控制稳定的操作炉型是保证炉况长期顺稳、实现效益最大化的有效手段。

关键词 高炉 煤气分布 管理 指标

Practice of increasing productivity & reducing coke consumption on No. 1 BF in Shougang Corporation

Zhang Sibin Huo Jixiang

(Shougang Corporation)

Abstract The paper summarizes the production experiences on increasing productivity and reducing coke consumption with respect to poor coke quality, the author thinks the quality improvement of raw materials and fuel, comprehensive optimization of basic operation system of BF and stable furnace operation profile are effective measures to keep stable operation status of BF and maximize economic benefit.

Key words blast furnace gas flow distribution management index

1 概况

首钢1号高炉有效容积 2500 m^3 , $H_u/D = 1.98$, 炉龄已长达11年。作为矮胖型高炉的典型,曾经达到过高水平指标,摸索出一套系统的矮胖高炉冶炼规律。2003年焦炭质量恶化后,连续两年技术经济指标远远落后于国内同级别高炉。2005年立足务实原则,提高利用系数及降焦喷煤作为生产主线贯穿全年,外部最大限度挖掘炉料筛分潜力,内部根据原料变化及操作炉型发展,适时进行基本制度调整,使高炉始终处于高水平运行状态,炉缸工作活跃,指标大幅提高。主要指标见表1、2。

表1 2004年与2005年指标对比

年份	焦比 kg/t	煤比 kg/t	风温 ℃	利用系数 $\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	风口损坏 个	冷却壁 损坏,块
2004年	449	58.9	1012	2.16	94	5
2005年	356	114	1120	2.34	11	1

2 合理控制煤气流

煤气流分布直接影响高炉顺行状况。根据原燃料条件,高炉操作上主要通过调整装料制度和送风

制度控制煤气流分布,以达到接受风量、活跃炉缸的目的。

2.1 装料制度

(1) 2005年一季度焦炭质量差,平均灰分达13%以上, M_{40} 不足80%,反应后强度仅有55.76% (见表3),炉料筛分仍沿用2004年设备。此阶段高炉操作以防守型措施为主,矿石环位相对集中,矿石批重稳定在偏小的50~53t,适当保持焦层边沿与中心厚度,以确保稳定通畅的两股煤气出路,既可获得较好的煤气利用,又可依靠有效的疏导缓解因原料劣化所引起的高压差,从而为加重焦炭负荷提供了空间,焦比水平逐月降低至365 kg/t,煤比提高至120 kg/t。

(2) 二季度对筛分设备进行改造,入炉原料粒度改善,焦炭内在质量略有好转。因此,高炉压差明显下降,顶温升高,焦炭冶炼强度降低。5月初,对布料制度进行调整,矿石角度连续外扬,扩大矿石批重,效果适得其反,小时料速显著放慢,顶温高而散且呈锯齿状,并依靠频繁打水控制(如图1所示)。

表 2 2005 年各月指标

项 目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
焦比,kg/t	377.4	369.7	369	364	368	362	360.6	361.1	335	340.6	322
煤比,kg/t	97.9	100.4	107.9	116.4	109.3	115.7	112.8	114.2	126.7	126.3	130
风温,℃	1120	1127	1114	1110	1098	1104	1117	1113	1140	1145	1136
利用系数,ℓ/(m ³ ·d)	2.3	2.36	2.36	2.3	2.31	2.27	2.26	2.32	2.43	2.38	2.46
综合燃料比,kg/t	507.3	500.4	497.3	493	499	500	501.4	495	488.2	488	485

注:11 月指标截止到 21 日降料面喷涂。

表 3 焦炭质量变化,%

项 目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
灰分	13.04	13.00	12.99	13.06	12.96	12.85	12.92	12.71	12.58	12.66	12.54
CSR	60.5	61.4	58.6	59.6	61.5	59.3	59.7	63.2	61.3	61.9	62.7
M ₄₀	80.6	79.6	79.8	79.8	79.6	79.8	80.0	81.0	80.5	81.4	82.45

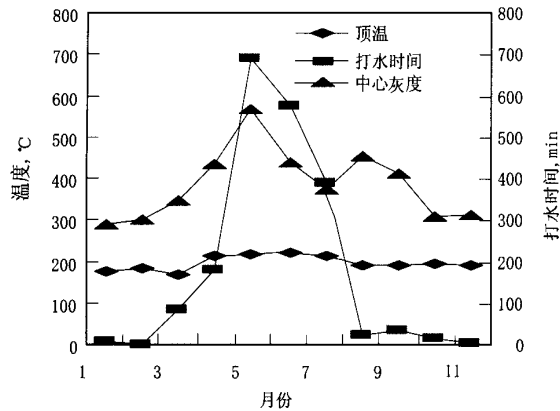


图 1 煤气温度控制

随着矿批不断扩大,中心煤气 CO₂值持续降低,边缘值快速上升,吨铁瓦斯灰量呈增加趋势(如图 2 所示)。由炉喉成像观测,发现中心火柱大而不稳,可反映炉喉截面温度分布的灰度曲线值明显提高,煤气的大量损失使炉内矿石得不到有效加热预还原,铁水物理热不足,连续两周平均铁水温度低于正常的 1500℃。由于煤气平衡破坏,形成边缘过重中心过分发展的煤气分布,致使风压时有波动,高炉吃热吃风能力降低,工长操作时常采用降风温,不足两个月烧坏 6 个风口,占全年风口损坏的 55%。其间边缘热负荷大幅降低,软水温差从 2.5℃ 降至 1.0℃ 以下,为防止炉墙粘结被迫使用中部调剂,软水流量由 2700 m³/h 减至 2100 m³/h。

由于炉内各项参数退步与炉料改善的矛盾日益突出,6 月中旬改变调整方向,针对矮胖炉型及焦炭质量提高后中心死焦堆透气透液性改善易于打开中心的特点,矿石角度缩回,以控制中心煤气,炉况趋

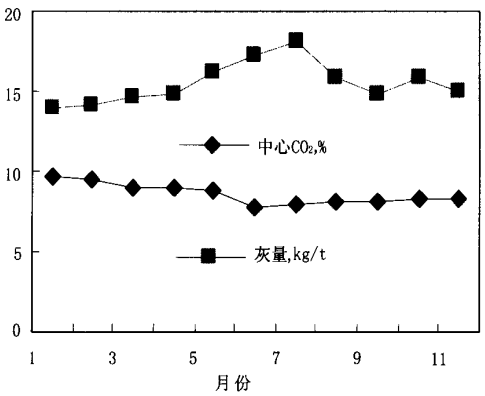


图 2 煤气中心 CO₂和灰量变化趋势

于稳定,指标略有回升。图 3 为调整前后的操作曲线比较。

(3) 进入三季度,焦炭质量进一步改善。随着焦炭负荷加重,煤比提高,1120℃ 的风温能力显然无法满足理论燃烧温度 2000℃ 以上的要求,铁水温度不足成为高炉指标进步的限制性环节。围绕改善煤气利用、降低综合燃料比对布料制度进行调整。鉴于块状带透气性良好,适当抑制两头煤气有利于提高整个横断面的煤气利用。采取焦炭平铺、矿石双向摊开的调整思路,既保证了软熔带焦窗足够厚度,又使矿石得到充分的间接还原,同时入炉原料粒级的不断改善极大地削弱了界面效应的负面影响,配以均衡搭配的煤气分布,矿批从 52t 逐渐扩大到 60t,炉内压差未见上升,而焦比降至 320 kg/t,煤比达到 130 kg/t。布料调整过程见表 4。

2.2 送风制度

相对稳定、合理的送风制度直接影响初始煤气

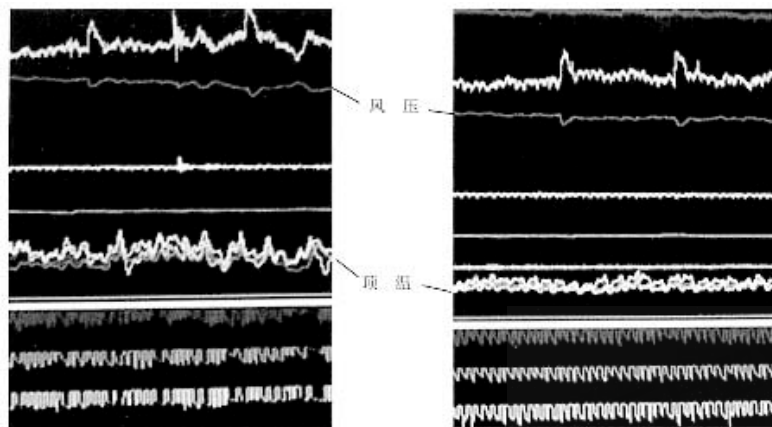


图3 首钢1号高炉布料调整前后操作曲线比较

表4 布料调整过程

日期	矿石角度和环数	焦炭角度和环数
1月1日	$O_{4\ 2\ 3}^{28^{\circ}31^{\circ}28^{\circ}}$	$C_{5\ 3\ 2\ 1\ 1\ 2}^{38^{\circ}35^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}26^{\circ}23^{\circ}}$
2月27日	$O_{4\ 2\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}}$	$C_{5\ 3\ 2\ 1\ 1\ 2}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
3月8日	$O_{4\ 2\ 3}^{30^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}}$	中心发展,边缘加重,压差升高
3月24日	$O_{4\ 2\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}}$	适当抑制中心,减轻边缘,稳定性增加
3月25日		$C_{5\ 2\ 2\ 1\ 2\ 2}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
4月30日	$O_{3\ 3\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}}$	$C_{5\ 2\ 2\ 2\ 1\ 2}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
5月9日	$O_{3\ 4\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}}$	中心略有减轻,边缘略重,煤气利用降低,灰量增加
5月13日	$O_{3\ 4\ 3}^{30^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}}$	中心过分发展,边缘加重,软水温差大幅降低
5月15日	$O_{4\ 3\ 3}^{30^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}}$	适当抑制中心,疏导边缘
6月1日		$C_{5\ 2\ 2\ 2\ 1\ 1\ 1}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
6月17日	$O_{4\ 3\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}}$	$C_{5\ 2\ 2\ 1\ 2\ 2}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
6月20日	$O_{4\ 3\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}28.5^{\circ}}$	抑制中心煤气
7月7日		$C_{5\ 2\ 2\ 2\ 1\ 2}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
7月16日	整理焦炭平台,稳定边缘	$C_{4\ 3\ 2\ 2\ 1\ 2}^{38^{\circ}36^{\circ}33^{\circ}30^{\circ}27^{\circ}23^{\circ}}$
7月26日	$O_{4\ 1\ 1\ 1\ 2\ 1}^{29^{\circ}32^{\circ}34^{\circ}32^{\circ}29^{\circ}27^{\circ}}$	适当加重两头煤气,煤气利用率提高
7月28日	$O_{3\ 1\ 2\ 1\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}34^{\circ}32^{\circ}28^{\circ}}$	
8月30日	$O_{2\ 2\ 2\ 1\ 3}^{29^{\circ}32^{\circ}34^{\circ}32^{\circ}28^{\circ}}$	
8月31日	$O_{2\ 2\ 2\ 2\ 2}^{29^{\circ}32^{\circ}34^{\circ}32^{\circ}28^{\circ}}$	煤气趋于均衡,燃料比降低10 kg/t,焦比335 kg/t

分布。全风全风温作业作为操作纪律纳入考核制度。1号高炉风口为 $\phi 130\text{ mm} \times 28 + \phi 120\text{ mm} \times 2$,随着原料改善及风温水平提高,实际风速由260 m/s提高至275 m/s,鼓风动能在128 ~ 140 kJ/s,全年风

口面积、风量规范未做调整。实践证明,该送风制度在当前原料条件、煤比120 ~ 130 kg/t情况下对于活跃炉缸是合理的,结合配套的上部装料制度即可达到吹透中心、保持适当边缘煤气通路的目的。三季度针对顶温高频繁打水造成炉喉钢瓦上翘(见图4)而引起的局部气流不稳,调整了 $\phi 120\text{ mm}$ 风口位置,使其正处变形钢瓦下部,意在减少局部煤气发生量,并配合富氧投入,完全消除了单方向顶温分散的气流现象。

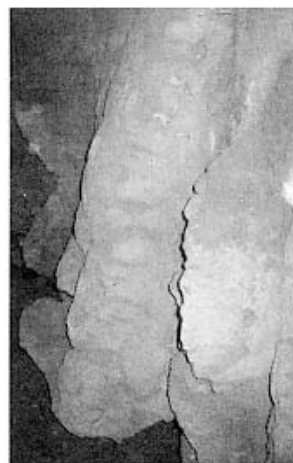


图4 首钢1号高炉炉喉钢瓦翘起情况

3 强化基础管理,制定缜密的攻守退措施和标准

狠抓设备维护与技术操作,降低高炉生产中最为频繁的两类事故发生率,以减少其对高炉顺行的影响。①设备管理从控制苗头着手,严格落实责任与措施,全年未发生设备故障引起的无计划休风。②

技术管理上超前掌握征兆与趋势,综合分析不同阶段的技术参数,制定切实可行的操作方案,炉况调整上为工长操作创造有利条件,同时高质量的操作又促进高炉顺行,继而在达到进攻标准下不失时机地加重焦炭负荷,形成良性循环。对非操作性炉况波动及时采取减轻焦炭负荷措施。③加大遵守操作规范与执行操作纪律的力度,统一协调工长操作,减少人为操作造成的炉况波动。

4 配套设施改进

4.1 改造焦筛和烧结矿筛

从二季度陆续对 14 台焦筛改造,由方孔筛网过渡为聚氨酯梳齿形筛网,筛面光滑有弹性,矿筛 5 台改为棒条筛,其余二层均为聚氨酯梳齿形筛网。全部下料口均装有自动联锁气动闸口,以保证筛料前后的筛网空振。实测焦炭筛网的透孔率由 75% 提高到 90%,烧结矿筛网的透孔率由 65% 提高到 85%,焦矿筛下物分别增加 40%、25%。

4.2 提高风温

相继投入残氧分析、空气预热、自动燃烧、煤气富化等设施手段,风温由年初的 1120℃ 高到 1160℃。

4.3 延长风口寿命

随着煤比提高,风口前段上部极易磨损,造成不必要的无计划休风。利用例休分批进行更换,因前段堆焊加厚,使用寿命显著延长。

5 炉体维护

鉴于炉龄已超 11 年,长寿工作尤显重要。虽然每年的喷涂造衬可有效保护冷却壁,但如何延长喷

涂层寿命以及避免喷涂末期冷却壁损坏仍是日常生产管理重点。首先,喷涂初期即开始加强冷却水控制,保持较高的软水流速及较低的温差是行之有效的;其次,要减少使用中部调剂手段;再次,要保持长期稳定的热制度与造渣制度,减少软熔带位置及炉渣理化指标波动;最关键的还在于煤气流的稳定,避免局部气流过盛或塌悬料,周向均匀的煤气分布有利于稳定渣皮的形成,对炉体起到很好的保护作用。1 号高炉通过采取上述措施,取得良好效果,仅在喷涂 12 个月后损坏 1 块钩头。

6 结语

(1) 炉内布料调整不存在固定模式,它与不同的送风制度、原料条件、炉缸工作、炉型状态紧密相连,炉缸活跃时微小调整即可达到较好效果。

(2) 煤气分布要为顺行创造条件,高产、低耗、长寿是检验煤气分布是否合理的标准。

(3) 加强综合管理,降低休风及慢风率,保持长期顺稳是高炉技术经济指标提高的基础。

(4) 在焦比、煤比指标达到一定水平后,必须对设备、工艺提出改良措施,以满足高水平指标下的技术参数要求。实践中发现,煤比达到 120 ~ 130 kg/t 时,中心煤气发展明显,有关更高煤比对煤气分布的影响尚待进一步验证。

联系人:张思斌 高级工程师 电话:010-88291621

E-mail: zhangsibin@yahoo.com.cn

(100041)北京市石景山区首钢炼铁厂 1 号高炉

收稿日期:2005-12-16

中国金属学会 2006 年炼铁会议预告

(1)2006 年全国炼铁生产技术会暨炼铁学术年会	时间:4 月	地点:杭州	联系人:王维兴(010-65133322-1623) 顾 飞(010-84857738)
(2)高炉技术研讨会	时间:待定	地点:鞍山	联系人:黄晓煜(0412-6725837) 顾 飞(010-84857738)
(3)转底炉熔融还原研讨会	时间:二季度	地点:山西临汾	联系人:孔令坛(010-62333254) 顾 飞(010-84857738)
(4)1000m ³ 以下高炉炼铁技术研讨会	时间:10 月	地点:宜昌	联系人:程 宜(0717-6560766)
(5)第四届全国烧结球团设备技术研讨会	时间:10 月	地点:成都	联系人:叶恒棣(0731-2760528) 管克智(010-62332835)
(6)第四届国际炼铁科技大会	时间:11 月	地点:日本	联系人:宋 青(010-65211206)