

# 首钢2号高炉喷煤降焦生产实践

张贺顺 刘利锋 马洪斌

(首钢总公司)

**摘 要** 首钢2号高炉在精料的基础上,通过积极调整送风制度和装料制度,合理采用强化冶炼措施,加强系统管理和设备管理,实现了焦比280 kg/t、煤比185 kg/t的生产指标,在喷煤降焦方面取得了新的进展。

**关键词** 高炉 喷煤 降焦

## Practice on pulverized coal injection and reducing coke consumption in No. 2 blast furnace of Shougang

Zhang Heshun Liu Lifeng Ma Hongbin

(Shougang Corporation)

**Abstract** On the basis beneficiated burden material, Shougang No. 2 blast furnace realizes the production target of 280 kg/t coke ratio and 185 kg/t coal ratio by adjusting blowing-in system and material charging, taking proper smelting strength and enhancing system and equipment management. It achieves new progress in injecting pulverized coal and reducing coke consumption.

**Key words** blast furnace pulverized coal injection coke consumption reduction

### 1 引言

首钢2号高炉第8代炉役于2002年5月23日开炉,有效容积1726 m<sup>3</sup>,24个风口。炉缸部位采用美国热压小块炭砖,炉底采用法国莫来石质陶瓷垫,风口采用法国大型组合砖,满铺炉底采用国产大型微孔炭砖和半石墨高炉炭砖,炉底采用水冷。炉腹6层至炉身15层冷却壁为软水密闭循环系统,1层、4层、5层冷却壁和16层、17层冷却壁通常压工业水,2层、3层冷却壁通高压工业水,其中,7层、8层、9层为铜冷却壁。2006年4月18日,利用4天计划检修对风口带以上进行了喷涂造衬,4月22日14:30送风后,炉内恢复顺利,焦炭负荷4月30日达到5.16,5月份平均风温1235℃,6月全月平均焦比291.3 kg/t,平均煤比161.9 kg/t,7月4日负荷达到6.03,生产指标实现了焦比280 kg/t、煤比185 kg/t,在喷煤降焦、降低综合燃料比方面取得了新的进展。在实际生产中,2号高炉主要解决了以下几方面问题。

### 2 精料

#### 2.1 原燃料质量

高炉强化冶炼后,为保持炉况顺行、高产低耗,

原燃料质量成为决定性的因素。首钢2号高炉所用焦炭为干熄焦和外购焦,干熄焦比例50%,质量稳定,其余为外购焦,采取混焦入炉,在一段时间内稳定外购焦炭品种,尽量减少外购焦对炉内顺行和热制度的影响。喷吹用煤粉质量相对稳定,灰分基本保持在12%以下。含铁原料为烧结矿(自产二烧)、球团矿(矿山球)和块矿(哈默斯利),3种原料的质量波动不大,综合入炉品位保持在59.5%左右。

#### 2.2 含铁炉料结构

适当提高含铁炉料结构中酸性料的比,球团矿加块矿的比例由27%提高至33%,改善渣铁的渗透性能。同时,通过对送风制度和装料制度的调整,保持炉缸工作活跃,从冶炼效果看,并没有出现铁水高硫的现象,且渣铁在炉缸的循环性好、易出净。

#### 2.3 原燃料筛分

原燃料筛分不好,大量粉末入炉,容易在块状带堵塞料柱空隙,使阻损增加,大量不合格的碎焦在软熔带会影响“焦窗”的透气性,进入炉缸又影响炉缸死焦柱的透气、透液性,使煤气初始分布紊乱。2号高炉借检修机会,对所有原燃料筛网进行了清扫或

更换,特别是将焦炭筛2层网眼尺寸由20 mm调整为25 mm,提高了焦炭筛分效果,定时清扫筛网,尽最大限度筛除<5 mm的原料粉末,提高料柱的空隙度,保证煤气流的合理分布。

2.4 原燃料比例

2号高炉由于上料设备陈旧,在实际生产中供料准确性差。如焦炭同时启动两个振动筛,且两个筛子上分别是干熄焦和外购焦,由于两种焦炭的粒度、水分差别较大,比例难以控制,从而给炉内顺行和热制度稳定带来影响。2号高炉根据焦炭实际情况,制定了详细的闸口牙板开度管理办法,严格控制焦炭比例,对于烧结矿、球团矿同样处理,以尽量消除各仓原燃料差异对炉况的影响。

3 送风制度及初始煤气分布

3.1 炉型及风口设置

2号高炉有效高度26.70 m,高径比为2.46,高径比大,煤气行程长,易提高煤气利用率、降低综合燃料比,但强化冶炼的难度较大。高炉的炉型特点对其煤气分布有一定影响,2号高炉中心煤气流容易

控制,但中心无矿区不能太宽,边缘煤气不能太重,适宜高风速、大动能冶炼。由于2号高炉风机供风能力制约,借检修机会将24个风口调整为 $\phi 130\text{ mm} \times 18 + \phi 120\text{ mm} \times 6$ ,风口面积缩小为 $0.3066\text{ m}^2$ ,6月进一步调整为 $\phi 130\text{ mm} \times 12 + \phi 120\text{ mm} \times 12$ ,风口面积 $0.2948\text{ m}^2$ ,且12个直径120 mm风口沿圆周均匀布置(2号高炉风口布置见表1),全开风口冶炼。

3.2 喷煤对煤气初始分布的影响及对策

在原燃料稳定的前提下,要实现炉况的稳定、顺行,就得解决好物料下降和煤气上升的矛盾。通过适当的送风制度,配合相应的装料制度,达到合理的煤气分布。大喷煤冶炼后,2号高炉的经验:煤比在 $120\text{ kg/t}$ 以下,有利于发展中心; $120 \sim 150\text{ kg/t}$ ,回旋区径向长度缩短,边缘煤气流强,有利于发展边缘;大于 $150\text{ kg/t}$ ,对中心起抑制作用。针对大喷煤对2号高炉煤气分布的影响特点,随着炉内焦炭负荷的增加,煤比逐步达到 $150\text{ kg/t}$ 以上,随之对送风制度进行调整,实际风速提高到 $240\text{ m/s}$ ,确保强大、稳定的中心煤气流。

表1 首钢2号高炉风口布置情况

风口	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号	11号	12号
直径/mm	120	130	120	130	120	130	120	130	120	130	120	130
风口	13号	14号	15号	16号	17号	18号	19号	20号	21号	22号	23号	24号
直径/mm	120	130	120	130	120	130	120	130	120	130	120	130

3.3 全风冶炼

高炉稳定、顺行的关键是保持炉缸活跃,初始煤气流稳定、合理。要保持炉缸活跃就需要合适的高风速、大动能,使炉缸径向工作均匀。保持风量、风温相对稳定,靠煤粉来调剂热制度,使热制度平稳,炉内的软熔带长久成型稳定,使煤气流形成稳定的上升通道。全风一方面使高炉持续强化冶炼,另一方面为高风速、大动能提供了基础,使煤气流初始分布稳定、合理,炉缸始终处于活跃状态。

3.4 高风温

高风温一方面提高了实际风速,活跃了炉缸;另一方面给炉内带来了大量直接热收入,为煤粉分解提供了热量补偿,保证一定的理论燃烧温度,促进了煤粉的燃烧。大喷煤一定要维持合适的煤粉燃烧率,否则既不能降低成本,又破坏高炉顺行。伴随着煤比的提高,2号高炉风温逐步提高到 $1240\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,同时保证全风口喷吹,提高煤粉的燃烧率,

使各风口的风口回旋区尺寸大致相等,使初始煤气流分布均匀。

4 装料制度及原料在炉内分布

4.1 装料制度的调整

2号高炉紧紧围绕“打开中心、稳定边缘”的煤气分布思路,在一定程度上分步对原有的装料制度进行了调整。焦角由4个发展到5个,向内拓宽焦平台,适当减轻中心矿焦比,中心形成坡度较小的漏斗,既为煤气流提供了稳定、畅通的中心煤气通路,又减少了矿石向中心的滚动;边缘环带形成稳定的焦炭平台,减少了矿石向边缘的滚动,达到稳定的边缘矿焦比;焦炭层形成了平台+中心小坡度漏斗的料面形状。矿角由2个逐步发展到5个,矿石逐渐平铺,有利于减少矿石的滚动,达到矿石层的稳定分布,且随着料面的下移,矿石层趋于平坦,这又为焦炭的稳定分布提供了条件;矿石堆尖在中间环带,有利于提高煤气利用率;在原燃料条

件较好的情况下适当提高中心矿焦比,进一步提高煤气利用率。

由于物料在炉内的径向下料是不均匀的,靠近炉墙的下料速度快,所以要保证在布料初期料面呈小斜角向内倾斜,待下一次布料开始,料面呈平坦状,保证了布料的准确性。鉴于此特性,2号高炉装料制度经过不断调整,逐渐发展为 $O_{12335}^{33^{\circ}35^{\circ}37^{\circ}39^{\circ}40^{\circ}}C_{53121}^{40^{\circ}38^{\circ}35^{\circ}32^{\circ}28^{\circ}}$ 。在对布料调整时,不只参考十字测温温度,还要综合考虑炉墙热负荷变化情况、铜冷却壁壁后温度变化情况、煤气利用率变化情况以及通过炉顶摄像观察到的煤气火柱变化情况等。2号高炉十字测温温度如图1所示。

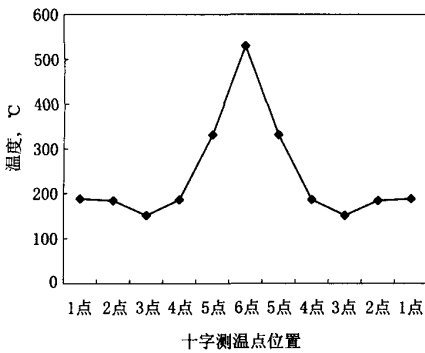


图1 首钢2号高炉十字测温温度

#### 4.2 原料在炉内分布

利用上料N1皮带铺料的时间差,控制不同原料在N1皮带的前后顺序,从而相对控制了不同原料在炉喉不同环带的分布,使小焦块远离中心,球团矿和块矿尽量布在中间环带,最大限度减少小焦块对煤气流分布和中心死焦柱透气、透液性的影响,减少球团矿和块矿冶金性能差、熔融滴落区间大给边缘煤气分布和高炉顺行带来的影响。

前后两批料入炉间隔合适,则装料前的料面平坦,下一批入炉的料就更容易控制布料位置,减少料的滚动,大矿批适当延长了布料间隔,能够进一步稳定矿石的径向分布,保证布料的稳定性和准确性。注意对料速的控制,保持在6.8批/h左右,合适料速既保证了适当的布料间隔,同时顶温也控制在范围之内。

#### 4.3 大矿批

适当增大矿石批重,矿石分布均匀,有利于煤气流的稳定,减少矿焦界面效应,且增大矿石批重可以相应增加焦炭批重,保持相对较厚的焦炭层,有利于增加软熔带的透气性。2号高炉矿批44.0 t/批(最

大矿批47.0 t/批,炉顶装料设备极限),同时坚持“小矿批当药吃,大矿批当饭吃”,根据炉况表现及时调整矿批大小,以保证炉况的顺行。

### 5 强化冶炼措施

#### 5.1 综合喷吹

煤气流分布合理,炉况就顺行、生产指标就改善。大喷吹后,炉腹煤气量大幅增加,又由于焦炭量减少,焦炭自身消耗提供的炉料下降空间变小,下部压差升高,同时未燃煤粉的增加,易堵塞料柱,使煤气分布紊乱。

采用高温、富氧鼓风与喷吹煤粉的综合喷吹,可以改善喷吹煤粉的燃烧条件,提高煤粉燃烧率,增加其替代焦炭的比例,进一步降低焦比。同时富氧鼓风可以提高风口区的理论燃烧温度,弥补增加喷吹煤粉所需的热补偿。2号高炉根据喷煤量的大小,调整氧气用量在1500~3000 m<sup>3</sup>/h,在风温、煤粉极限操作情况下,有效改善了煤粉的燃烧,保持炉内顺行。

#### 5.2 高顶压

提高炉顶压力,使煤气在炉内的流速降低,延长了煤气在炉内停留的时间,改善了煤气利用,促进了间接还原的发展,有利于高炉的稳定、顺行。2号高炉原来在风量3800 m<sup>3</sup>/min水平,将顶压控制在0.176 MPa,2号高炉风机能力不足后,在风量3500 m<sup>3</sup>/min水平,将顶压逐步提高至0.179 MPa,在顶压的使用上实现了突破,顶压提高后紧张的炉内压力关系得到缓和,高炉的顺行和稳定性得到提高。

#### 5.3 高压差

通过对送风制度和装料制度的调整,保证了炉缸的长期活跃、炉况的稳定顺行。在此基础上,通过抓好原燃料筛分、出铁排渣,针对2号高炉自身特点,做好日常调剂,配合精心操作,高炉逐步适应高压差生产,正常生产时压差保持在0.165 MPa,瞬时压差不超过0.175 MPa。压差提高使风量增加,提高了实际风速和鼓风动能,有利于活跃炉缸和促进煤气的合理分布,提高煤气利用率,达到高产、低耗、稳定、顺行的目的。

### 6 设备管理

#### 6.1 料面连续监测

利用6台雷达探尺探测的料面高度数据,对炉内的料面形状实时监测,并综合运用测量技术、数据采集技术、数据传输技术对高炉料面进行连续的高度测量,给出不同炉料的截面分布状态和变化规律,

实现高炉料面连续监测及料面形状的动态仿真。

高炉料面连续监测及料面形状动态仿真,可以为调整装料制度提高技术参考,进而优化高炉基本冶炼制度,特别是高炉检修降料面时,可以为高炉操作者提供准确的料面高度、形状信息。2号高炉料面形状动态仿真(焦炭入炉后)如图2所示。

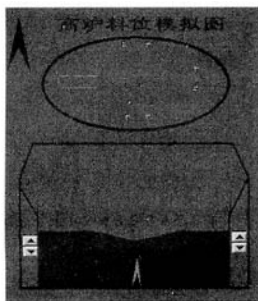


图2 首钢2号高炉料面形状动态仿真

## 6.2 精确布料

炉顶装料 $\alpha$ 角控制精度由 $\pm 0.5^\circ$ 提高到 $\pm 0.25^\circ$ ,保证多环布料的准确性、均匀性,为高炉精确布料奠定了基础。

为准确控制高炉布料圈数及料流量,将节流阀的控制精度由 $\pm 0.5^\circ$ 提高到 $\pm 0.25^\circ$ ,有效地控制了下料的料流量,进而更准确地控制了每批料的布料厚度、环数及布料的起点与终点,保证了煤气的合理、稳定分布,进一步改善煤气利用。

## 7 系统管理

坚持各项工作超前、主动,抓住苗头,把一切影响高炉的因素消除在萌芽状态;做好天、周、月、年的阶段性总结,坚持继承创新;加强原燃料管理,抓好炉前出铁;炉内规范化、标准化操作,四班统一;各班组合实际,制定更高标准,向精细管理、精细操作要效益。

在重负荷、大喷煤生产情况下,炉内操作者要勤于观察、细心分析、精心操作、严格管理,随时了解风口工作状况、渣铁热度变化,对原燃料成分、综合负荷的变化和冶炼强度进行综合分析、判断,避免人为造成炉况波动。日常坚持定风温操作,煤粉的使用可以根据原料的变化情况,灵活掌握,综合负荷可以在小范围波动,通过控制冶炼强度来稳定热制度,保证炉缸热量充足,铁水物理热稳定在 $1500^\circ\text{C}$ 以上,

提高高炉的适应能力。

炉前高度重视排渣、出铁,在现有条件下尽可能缩短出铁间隔,加强炮泥的管理和炉前操作管理,加强铁口维护,及时出净渣铁。精料是炉况长期稳定、顺行的关键,及时检查并清理筛网,严格控制筛分速度,保证筛分效果,严格控制混料准确,避免人为原燃料质量波动。

## 8 生产指标的提

2006年4月22日中修开炉后,2号高炉围绕高炉煤气流分布的特点,借高炉内型规整、各子系统设备得到强化的时机,在抓好精料工作的基础上,通过上下部装料制度和送风制度的综合调整,在高炉强化冶炼和炉况稳定、顺行的情况下,克服5月和6月炉顶装料设备 $\beta$ 角堵转、6月风机能力不足及鹅颈管跑风、7月风机突然停风及TRT煤气管道泄露造成多次无计划休风的困难,焦炭负荷逐步提高,2号高炉生产指标情况如图3所示。

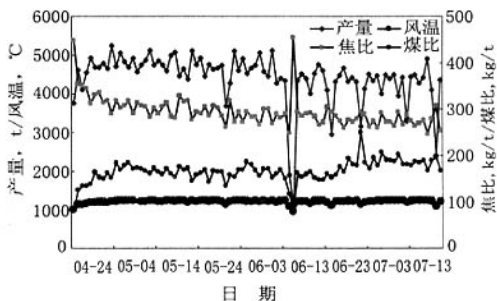


图3 首钢2号高炉生产指标

## 9 结语

2号高炉的煤气分布调整思路是“打开中心、照顾边缘”。在装料制度上保持较轻的中心矿焦比,发展中心煤气流,在送风制度上有意识地提高实际风速和鼓风动能,保持炉缸活跃,径向工作均匀,压量关系稳定,煤气利用大幅度改善。基于此煤气调整思路,并通过对高炉各岗位的科学实践和系统管理,2号高炉实现了焦比 $280\text{ kg/t}$ 、煤比 $185\text{ kg/t}$ 的生产指标,在喷煤降焦方面取得了新的进展。

联系人:刘利锋 工程师 电话:010-88295603

(100041)北京市石景山区首钢炼铁厂2号高炉

E-mail:liuliyifeng@sina.com

收稿日期:2006-07-26