

# 首钢长钢八高炉护炉条件下的封炉与开炉操作实践

## Operation and Practice of Banking and Opening the 8th Blast Furnace under Protective Condition Shougang Changgang

供稿|杨军昌, 刘海峰/YANG Jun-chang, LIU Hai-feng

### 内容摘要

首钢长钢是个有着悠久历史的国有企业,具备年产 360 万 t 的能力。在 2008 年底被首钢控股后,产能得到释放,管理、装备水平得到进一步提升,现正往年产 600 万 t 规模升级改造。通过长钢千吨级高炉第一次封炉与开炉操作实践,积累了宝贵的经验。

八高炉于 2004 年 9 月建成投产,有效炉容  $1080 \text{ m}^3$ ,炉缸采用陶瓷杯碳砖复合砌砖体满铺,炉底采用国产大块半石墨碳砖和微孔碳砖,炉底为水冷炉底,设南北两个铁口,铁口夹角为  $80^\circ$ ,冷却系统采用开路工业净化水冷却,设两路并罐浓相喷煤和富氧设施。八高炉投产后约一个星期时间,炉缸温度开始上升,高炉几年来都是被迫控制冶炼强度进行生产。2010 年 5 月 2 日,因炼钢厂 7 号转炉突然停产,需 10 d 的时间进行大修,不能处理铁水,所以高炉被迫封炉。

### 封炉

#### 封炉操作

由于事发突然,紧急决定封

炉,所以没有足够时间进行相应准备:其一,未能提前提高炉温,使  $[\text{Si}]$  在 0.8% 以上,降低炉渣碱度在 1.0 倍左右;其二,没有提前 3 天停煤转全焦冶炼;其三,没有采取上部发展边沿的装料制度。接公司通知后,于 2010 年 5 月 2 日 18:00 时开始下封炉料,具体封炉料如表 1 所示。封炉采用填充法,把铁口中心线至炉身炉腰结合部以上 2 m 之间的空间全部用净焦置换;炉身以上 2 m 处为软融带的开始,保证铁口中心线以下部分不会再有新的渣铁液。

封炉料体积共计  $1184 \text{ m}^3$ ,其中焦炭密度  $0.55 \text{ t/m}^3$ ,压缩率为 13%,机烧密度  $1.8 \text{ t/m}^3$ ,球团密度  $2.2 \text{ t/m}^3$ ,压缩率 15%;高炉已

运行 5 年多,炉内砖衬已经侵蚀,按整体侵蚀 0.58 m 计,铁口中心线至炉身 2 m 处体积为  $1165 \text{ m}^3$  (实际上可能还有差别,如炉腹部砖衬可能全部脱落,这里按平均侵蚀估算,计算结果与下料体积基本吻合)。对最后一炉铁的铁口加大喷吹力度,一直到铁口不出渣铁而仅有煤气时,高炉于 5 月 3 日 5:55 休风。

#### 休风后操作

休风后及时进行炉体密封与冷却强度的控制,最大程度减少炉内热量损失。具体操作如下:休风后立即组织炉顶点火,并设专人监护;立即组织炉前卸风管,用有水炮泥将风口堵严,严禁漏风;封堵炉顶进水管和气密箱冷却水,严防向炉内漏水;停炉后,

表1 八高炉封炉料清单

项目	矿批/t	焦批/t	批数	烧结比	球团比	负荷	总量/t
净焦	—	6	106	—	—	—	636
封炉料	15	7.5	5	35%	65%	2	—
净焦	—	7.5	5	—	—	—	37.5
覆盖焦丁	—	—	—	—	—	—	10

风口以上冷却设备水量、水压减至正常压力的30%；每天早晚检查风口严密性，判断是否向炉内进风，发现问题及时封堵；每3 h检查一次炉顶情况，根据火焰大小判断是否有进风，并及时处理；积极组织检修，为开风作准备。

### 开风前准备

根据炼钢7号转炉大修进程，八高炉定于5月7日晚21:00复风，考虑长时间封炉会导致炉内残余渣铁凝固，开炉后出渣铁困难，特进行如下准备：风口配置全部使用直径115 mm、长450 mm、斜5°的风口，更换原来4个直径为120 mm的风口，总进风面积为0.2076 m<sup>2</sup>，开北铁口上方1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、19<sup>#</sup>、20<sup>#</sup>共4个风口，送风面积为0.0415 m<sup>2</sup>，其余16个风口全部用有水炮泥堵死，不允许自动吹开；送风前4 h炉前开始开铁口，用直径65 mm的钻头钻至2 m后，用氧气烧通铁口，确保复风后铁口能顺利地将煤气导出，炉缸尽快加热；因复风后前几炉炉温低，渣铁流动性差，不能过撇渣器，只能放红渣，所以提前用水渣将红渣场地进行了围堵，确保红渣不会烧损其他设施；5月7日下午热风炉开始烧炉，确保复风风温能到900℃以上；5

月7日冷却系统开始送水，进行试压和查漏工作；积极做好设备的调试工作，进行单体与联动试车，确保了炉后设备的安全稳定运行；送风前3 h将炉顶人孔封好，之后将炉顶雾化氮气全开，放散阀全开以置换炉顶空气。

### 开风操作

5月7日21:00各项准备工作完毕后送风，送风采用北铁口上方1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、19<sup>#</sup>、20<sup>#</sup>共4个风口，全关混风阀，风量750 m<sup>3</sup>/min，风压206 kPa，风温750℃，料线5 m。送风后铁口开始吹煤气，并且一直持续，5月8日9:48铁口见渣后堵铁口。见渣说明炉料温度达到熔点以上，炉缸具有足够的热量。

高炉复风后，首先加入2批净焦与2批酸料（焦批7.5 t，矿批15 t），料线5 m，其后根据炉况进程综合判断，采用正常复风料逐渐下料。

5月7日21:51时因风温热电偶跑风而休风14 min处理，22:05开风，风压99 kPa，风量500 m<sup>3</sup>/min，23:50加风至670 m<sup>3</sup>/min，风压162 kPa，捅开3<sup>#</sup>、18<sup>#</sup>风口，风压下至137 kPa。5月8日2:00捅开4<sup>#</sup>、17<sup>#</sup>风口后每隔约2 h捅开两个风口，到08:00时捅开7<sup>#</sup>、14<sup>#</sup>风

口，风量加至1320 m<sup>3</sup>/min，风温增加至950℃。9:48时铁口见渣铁堵铁口后，立即组织人员清理主沟，进行出铁准备工作，根据铁水生成量及炉内熔化空间计算到11:00点钟开铁口出铁，并把风量加至1470 m<sup>3</sup>/min。11:00—11:16第一次排渣铁约10 t，[Si]含量3.0%，[S]含量0.05%。11:45时捅开8<sup>#</sup>、13<sup>#</sup>风口，13:40时加风至1700 m<sup>3</sup>/min，风压156 kPa，顶压26 kPa。期间料按顶温350—400℃下料，而不急于下料赶料线。到14:25时发现风口漏水（13<sup>#</sup>、14<sup>#</sup>、17<sup>#</sup>风口，14<sup>#</sup>、16<sup>#</sup>二套），及时出铁后于14:50—19:47时休风更换，开风时考虑到化风口现象出现在偏南方向，于是开19<sup>#</sup>、20<sup>#</sup>、1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>共7个风口，风量800 m<sup>3</sup>/min，风压141 kPa，风温920℃。开风后每隔1 h出铁一次，炉温充沛，[Si]含量在1.5%以上。

其后每天都有化风口现象发生，但数量逐渐减少，整个过程休风18次，损坏风口12个，二套7个。从5月14日开始没有再发生化风口现象。5月14日12:25加风至2150 m<sup>3</sup>/min，风压172 kPa，顶压61 kPa，料线1.1 m正常下料。13:48时富氧，14:18开始喷煤，高炉基本恢复正

常生产。

## 生产总结

### 成功经验

此次停炉虽然时间仓促，但是停炉料布置较为合理，保证了开炉有充足的炉温与合理的炉渣碱度。由于八号高炉炉缸温度高，不能强化冶炼，所以封炉料中没有加入锰矿、萤石等改善渣铁流动性的物质，休风时铁口大喷吹减少了炉缸残留渣铁。

风口堵泥成功，漏风率低，无漏水，每8 h挖泥检查风口一次，料面密封（用焦丁）也较为成功，休风36 h后炉顶火完全熄灭，休风前料线5.0 m，开风时料线仍为5.0 m，风口前焦炭也基本未损失。

开炉前各个系统联动试车，水系统试压查漏，保证了开炉设备正常运行，为炉况恢复创造条件。

复风操作中基本制度的选择也较为到位，送风制度得当，逐渐熔化凝结的渣铁，逐步形成通道；装料制度：采用小角度单环布料，形成两股气流通道，保证了气流的稳定分布，为高炉快速恢复生产创造条件，整个开炉无塌料、悬料；造渣制度：根据入炉料的碱度情况和炉温的情况及时调整配比，保证渣温的同时保证较好流动性和脱硫效果；热制度：全炉焦比和正常料焦比适宜，整个过程炉温始终充足，为恢复炉况打好了基础。

开炉过程中没有发生炉顶温度过高现象；布袋系统、高炉冷却系统没有发生布袋烧损，冷却壁损坏；炉前安全及时的出净渣

铁，没有发生炉外安全事故与工艺事故，为高炉恢复提供了保障。

### 不足之处

在整个开炉过程中，风口烧损多。

八高炉2004年9月建成投产不到一星期，炉缸温度就上升到高位，所以长期以来八高炉以护炉为主，送风制度以低冶炼强度控制，从来没有添加过洗炉料等炉料结构，炉温控制相对偏高，长期以来炉缸工作不活跃。

停炉仓促，没有时间做提前准备工作，正常封炉必须做到：第一，提前3 d提高炉温，[Si]按0.8%以上控制，降低炉渣碱度在1.0倍左右，正常高炉还要加洗炉料清洗炉缸；第二，提前3 d停煤转全焦冶炼；第三，采取上部发展边沿的装料制度。保证以上三条才能确保封炉时炉缸无堆积，炉墙无粘物。而八高炉没有采取任何一项措施。

停炉时使用的生矿比例高达18%，烧结仅为65%，生矿比例高，难还原，给高炉恢复带来了难度。

碱金属富集厉害，更换风口时明显看出锌从风口流出，由于锌富集，频繁的炉墙粘物脱落，极易造成化风口现象；出铁时在大壕内有蓝绿色火苗，并且有铁口流出的严重现象；对除尘灰分析，5月11日布袋灰含锌量30.2%，重力灰含锌量5.21%；5月12日布袋灰含锌量16.772%，重力灰含锌量3.919%；5月13日布袋灰含锌量17.066%，重力灰含锌量1.093%；虽然停炉时炉渣碱度控制的低，但依然不能完全消除长期葫芦带来的影响。好在

对破损的风口发现及时，处理得当，没有形成大的事故。

南铁口没有及时打开，当风口开至南铁口上方的17#风口时，应及时打开南铁口外排渣铁。

## 结束语

炼铁生产是连续性很强的作业流程，停炉与开炉都需要进行充分准备，尤其是在封炉前更应做好准备工作，提前3 d转全焦冶炼，提高炉温，降低炉渣碱度。

开炉后工作重点应放在炉前，对炉前应有全面、系统的安排，要有统一指挥，根据炉温、风量、开风口的方位等情况及时开铁口，及时把排出的渣铁清理干净。

开风口的速度应根据炉缸工作状况、风口明亮程度、渣铁流动性、风量大小等因素综合考虑，越往后速度应越慢，防止炉缸未加热，没有形成空间、通道致使熔化较多的冷渣铁流不到铁口，不能及时排出。

### 参考文献

- [1] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册. 冶金工业出版社, 2008: 454-457
- [2] 王晓留. 高炉生产知识问答. 冶金工业出版社, 2004: 268-271