# 包钢7#高炉长期休风后出铁实践*

曲云玉[1],季文东[2],贾西明[1],闫 风[1],李 亮[1],吴建光[1],李瑞杰[1]

(1. 内蒙古包钢金属制造有限责任公司,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司生产部,内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 文章主要对包钢7#高炉长期休风后顺利出铁进行了总结。首次使用高炉复风前预埋可观察式氧枪技术,通过休风前方案制定、前期准备以及氧枪的合理使用等措施保证了高炉长期休风后的顺利出铁,总结出一套高炉长期休风后出铁的方法,为快速恢复炉况奠定基础。

**关键词:** 高炉; 休风; 出铁

**中图分类号:** TF542+.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)06-0008-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.06.003

# Practice on Tapping of 7# Blast Furnace of Baotou Steel after Long-term Blowing Down

*Qu Yun-yu*[1], *Ji Wen-dong*[2], *Jia Xi-ming*[1], *Yan Feng*[1], *Li Liang*[1], *Wu Jian-guang*[1], *Li Rui-jie*[1]

(1. *Inner Mongolia Baotou Steel Metal Manufacturing Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Productive Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

**Abstract:** In this paper, the successful tapping of 7# blast furnace of Baotou Steel after long-term blowing down is mainly summarized. It is the first time to use the "embedded observable oxygen lance technology before reblowing of blast furnace" and a set of methods are summarized by taking such measures as the scheme formulation before blowing down, previous preparation and rational use of oxygen lance to guarantee the successful tapping of blast furnace after long-term blowing down, which lays a foundation for rapid recovery of furnace condition.

**Key words:** blast furnace; blowing down; tapping

包钢7#高炉有效容积4 150 $m^3$,设计高径比为2.05,属于矮胖型设计的现代化大型高炉,是包钢目前投产的容积最大的高炉,于2014年5月27日投产[1]。从2016年8月起,热风主管斜段部位、主管与支管三岔口部位、主管段波纹补偿器部位出现管皮温度升高现象,当时采取的主要措施是在高炉休风时对管皮开孔灌浆处理,但是高温部位仍需支风带物理降温。2018年10月16日高炉定修时发现

* **收稿日期:** 2020-05-21

**作者简介:** 曲云玉(1976-),男,山东省牟平县人,高级技师,现从事高炉炉前技术与管理工作。

2#、3#热风炉三岔口大面积塌砖，采取了灌浆浇注处理。进入 2019 年后，热风炉管系频繁出现问题，高温点持续增多。7#高炉于 2019 年 9 月 16 日计划休风 15 天对热风管道系统进行改造，增加混风室，对 1#—4#热风支管及部分热风主管重新砌砖。由于此次休风是 7#高炉开炉以来时间最长的休风，为保证送风后高炉顺利出铁以及炉况的快速恢复，在休风前制定了严密的方案和大量的前期准备工作，同时在包钢首次使用“高炉复风前预埋可观察式长寿命氧枪技术”。7#高炉在休风 14 天后顺利送风，送风后炉况整体恢复顺利，9 h 后顺利出铁，23 h 达到全风状态，实现了长期休风后的快速恢复。

## 1　休风前准备工作

### 1.1　休风前负荷及矿石调整

表 1 为高炉停风前负荷以及矿石调整情况。

表 1　停风前负荷以及矿石调整

| 日期 | 时间 | 批数 | 批重/t | 焦批/t | 焦丁/t | 矿石/t | 负荷/(t·t$^{-1}$) | 炉渣碱度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 月 13 日 | 8:00 | 62 回 | 123 | 27.3 | 3.0 | 1.0 | 4.06 | 1.16 |
| 9 月 14 日 | 6:30 | 53 回 | 118 | 27.6 | 3.0 | 1.5 | 3.86 | 1.12 |
| 9 月 14 日 | 23:30 | 17 回 | 118 | 28.0 | 3.0 | 1.5 | 3.81 | 1.12 |
| 9 月 15 日 | 0:30 | 22 回 | 118 | 28.0 | 3.0 | 1.8 | 3.81 | 1.06 |
| 9 月 15 日 | 9:00 | 65 回 | 118 | 28.0 | 3.0 | 2.1 | 3.81 | 1.07 |
| 9 月 15 日 | 9:50 | 69 回 | 115 | 27.8 | 3.0 | 2.1 | 3.73 | 0.97 |

如表 1 所示，为保证出净渣铁，降低炉渣碱度，活跃炉缸，从 9 月 13 日开始逐步调整焦炭负荷以及矿石用量。从 9 月 13 日 8:00 开始，每批增加矿石 0.5 t；9 月 14 日 6:30 调整焦炭负荷、缩批重 5 t，焦炭负荷 3.86；9 月 14 日 23:30，再次调整焦炭负荷至 3.81；9 月 15 日分两步增加矿石用量至 2.1 t/批，炉渣碱度逐步由 1.16 降低至 1.00 左右；9 月 15 日 9:50 再次调整焦炭负荷至 3.73；9 月 15 日 16:18 开始装焖炉料，当时焦炭负荷 3.73，炉渣碱度 1.00。

### 1.2　休风前出铁操作

7#高炉于 9 月 15 日 16:18 开始装焖炉料，焖炉料总体积为 3 927 m$^3$，冶炼周期为 37 批，之前正常料矿批 115 t，焦批 27.8 t，焦丁 3 t，炉内铁量共 2 629.22 t。在装焖炉料过程中加强炉前出铁工作，合理调整钻头直径，严防铁口冒泥，保证出净渣铁。表 2 为装焖炉料过程中出铁情况。

表 2　装焖炉料过程中出铁情况

| 铁次 | 铁口 | 开口时间 | 堵口时间 | 出铁时间/min | 出铁量/t | 铁水物理温度/℃ | 铁水成分(质量分数)/% | | | | | 炉渣碱度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | w[Si] | w[Mn] | w[P] | w[S] | w[Ti] | |
| 21287 | 4# | 17:04 | 19:28 | 144 | 785.9 | 1 518 | 0.68 | 0.54 | 0.154 | 0.024 | 0.104 | 0.97 |
| 21288 | 2# | 19:26 | 22:15 | 169 | 631.4 | 1 500 | 0.39 | 0.45 | 0.126 | 0.038 | 0.055 | |
| 21289 | 4# | 22:20 | 0:10 | 110 | 428.7 | 1 508 | 0.48 | 0.55 | 0.145 | 0.022 | 0.091 | |
| 21290 | 2# | 0:26 | 1:59 | 93 | 293.2 | 1 510 | 1.25 | 0.53 | 0.199 | 0.044 | 0.116 | 1.01 |
| 21291 | 4# | 2:40 | 4:17 | 83 | 212.5 | 1 518 | 0.53 | 0.59 | 0.157 | 0.022 | 0.103 | 1.00 |
| 21292 | 2# | 3:30 | 4:30 | 60 | | | | | | | | |

从 16:18 装焖炉料开始，到 17:04 铁口堵口，共 4 批料，出铁量为 284 t。从表 2 可以看出，从 21287 次铁口开口到 21291 次铁口堵口，共计出铁 2 351.7 t，则炉缸余铁量为 6.48 t，渣铁出净；16 日 3:30 打开 2#铁口后未见铁，开始减风，4:36 停风。

## 2　复风前准备工作

### 2.1　主沟的处理

复风前要保证四个铁口都具备出铁条件，根据炉内开风口的位置选择 1#、4#铁口出铁，同时为主沟

制作临时砂口，具体如图1所示。

(1) 在复风后首次出渣铁前，主沟铺好河沙；

(2) 在砂口前端设置好挡渣板，同时注意挡板不能离过道眼太近，太近抽挡板时沙子容易把过道眼堵死；

(3) 砂口过道高度为250 mm；

(4) 排渣口与铁沟头液面差为220～250 mm，下渣沟头不易过高，防止主沟憋满；

(5) 铁口出渣铁前在主沟上方两侧铺加300 mm厚河沙。

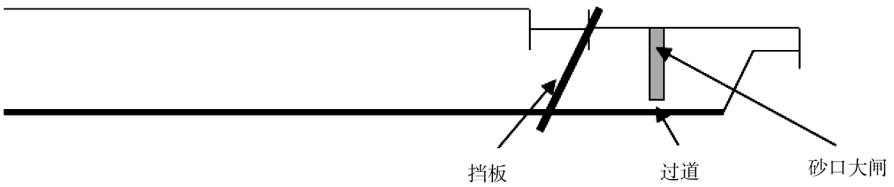



图1 主沟的处理方法

2.2 铁沟与渣沟处理方法

针对铁沟、渣沟的处置方法如下：

(1) 沟内全部铺河沙；

(2) 铁沟、渣沟沟帮上做沙堤；

(3) 在渣铁流动性未改善前所有沟盖全部吊开。确认渣铁流动性良好以后渣铁沟盖板按每间隔2块横盖1块设置，以确保引流、行走安全。

2.3 铁口氧枪的埋设

大型高炉长时间休风后，炉内热量处于严重亏损状态，由于大型高炉风口中心线和炉底之间的距离相对较大，高炉在送风后渣铁容易在铁口的上部凝结成壳，造成铁口和风口之间不能贯通，进而导致复风后熔化的渣铁不能下渗通过铁口流出。由于熔化的渣铁液不能及时从铁口排出，引起渣铁液面不断上升直至风口，最终导致风口前涌渣、灌渣以及风口爆炸等一系列恶性生产事故的发生[2]。只有风口和铁口之间是贯通的，才能确保复风后熔化的渣铁渗透到炉缸并从铁口排出。预埋铁口氧枪技术是在高炉复风前将氧枪经由铁口埋入炉缸，熔化炉缸内部的凉渣铁并将其排出，为炉料的下降提供了空间，从而保证了风口和铁口之间的贯通。在复风前显著提高炉缸温度，在很大程度上改善了复风后第一次渣铁的流动性，同时氧枪的使用也有利于在炉缸的局部形成小范围的活跃区，由这些小范围的活跃区逐渐带动整个炉缸工作活跃，有利于复风后的快速恢复。由于从根本上解决了风口和铁口之间的贯通问题，大大提高了炉况恢复的进程和成功率。

由于是首次使用预埋铁口氧枪技术，为了防止使用过程中出现问题，决定在9月29日12:00开始准备预埋氧枪，氧枪直径80 mm，为了保证氧枪能够顺利插入铁口，1#、4#铁口均使用Φ100 mm钻头，钻进深度约4.0 m，随后将氧枪插入。为了避免氧枪烧坏炉缸内侧碳砖，确定氧枪插入深度为3.1 m，氧枪外侧与铁口之间的缝隙用休风泥封堵，13:30，4#铁口埋好氧枪，14:30，1#铁口埋好氧枪，两个氧枪均通压缩空气，压缩空气压力为0.6 MPa。

## 3 复风后出渣铁情况

高炉复风后，两个氧枪全部通氧气，压力1.1 MPa，通入氧气的目的是为了提高炉缸温度，促进铁口和风口贯通，熔化炉缸内的凉渣铁以及改善第一次铁的渣铁流动性。为了促进复风后铁口和风口之间的贯通，从9月30日10:30开始，依次打开2#、3#铁口空喷，其中2#铁口开口性差，处理时间较长，3#铁口打开后大喷且见渣，但渣量较少。两个铁口可能存在“透气不透液”的情况，随后损坏风口的位置也证明了这一点[3]。在处理2#铁口期间，1#氧枪烧漏损坏，在拔出未果的情况下用氧气烧开，出渣2 t后堵口。4#铁口氧枪也未成功拔出，用氧气烧开，出渣约3 t后堵口。累积风量达到165万$m^3$后使用1#铁口出铁。表3为复风后出铁情况。

表 3　复风后出铁情况

| 日期 | 铁次 | 铁口 | 开口时间 | 见渣时间 | 堵口时间 | 出铁时间/min | 出渣时间/min | 干渣量/t | 水渣量/t | 出铁量/t | 铁水物理温度/℃ | 铁水 $w$[Si]/% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 月 30 日 | 21292 | 1# | 14:36 | | 17:29 | 173 | 0 | 0 | 0 | 288.6 | 1 333 | 2.56 |
| | 21293 | 1# | 18:42 | 19:35 | 21:05 | 143 | 90 | 300 | 0 | 220.2 | 1 417 | 2.77 |
| 10 月 1 日 | 21294 | 1# | 22:45 | 23:49 | 1:08 | 143 | 83 | 125 | 0 | 1 014.6 | 1 449 | 2.47 |
| | 21295 | 3# | 1:32 | 2:44 | 5:20 | 228 | 156 | | 456 | 588.0 | 1 445 | 2.79 |
| | 21296 | 1# | 4:48 | 4:54 | 9:28 | 80 | 274 | 370 | 0 | 749.2 | 1 420 | 1.59 |
| | 21297 | 1# | 14:25 | 15:05 | 16:26 | 121 | 81 | | 162 | 684.8 | 1 413 | 1.69 |
| | 21298 | 3# | 16:36 | 17:14 | 19:49 | 193 | 155 | | 310 | 499.9 | 1 418 | 0.94 |

14:36 打开 1#铁口后铁水流动性可，物理温度 1 333 ℃，但始终未见渣，再次打开 1#铁口后于 19:35见渣，1#铁口连出两次后 21295 次铁走水渣。整个出铁过程较为顺利，渣铁流动性及分离良好，未出现渣铁沟凝结以及溢流情况。10 月 1 日 21298 次铁 16:36 开口后 $w$[Si] 下降至 0.94%，铁水物理温度1 418℃，至此标志着 7#高炉休风 14 d 后出铁工作转向正常。

7#高炉本次休风进行了充足的准备工作，休风前通过降低焦炭负荷，调整矿石用量以达到活跃炉缸、降低炉渣碱度的目的，为在休风料装入过程中出净渣铁创造了有利条件。在高炉复风前对主沟和渣沟进行预先处理，在两个铁口插入氧枪，增加炉缸热量，促进风口和铁口之间的贯通。7#高炉的快速恢复表明该方法是可行、有效的，可以为其它高炉长期休风后的出铁工作提供借鉴。

## 4　结论

(1) 由于休风前对焦炭负荷和矿石用量进行了调整，活跃了炉缸，降低了炉渣碱度，有利于出净渣铁，减少炉缸内部存留渣铁数量。

(2) 铁口氧枪的使用起到了很好的效果，促进了风口和铁口的贯通，保证了出渣铁工作的顺利进行，为高炉的快速恢复奠定了基础。

### 参　考　文　献

[1] 李亮，潘喜顺，贾西明，等. 包钢 7#高炉长期休风快速恢复实践[J]. 包钢科技，2017，43(1)：15－18.

[2] 张寿荣，于仲洁. 高炉失常与事故处理[M]. 北京：冶金工业出版社，2015.

[3] 刘现生. 大型高炉长期非计划休风炉况快速恢复技术[J]. 河南冶金，2019，27(4)：35－38.

(上接第 4 页)

## 4　结论

(1) 针对包钢带式球团膨润土配比高的生产现状，开展了使用新型粘结剂替代膨润土的试验研究，研究结果表明，采用 1.6% 新型粘结剂替代 2.5% 膨润土进行球团生产是可行的。

(2) 新型粘结剂替代膨润土后可提高球团矿品位 0.45 个百分点，可降低球团矿 $SiO_2$ 含量 0.60 个百分点，同时其还原膨胀率可控制在 20% 以内。

### 参　考　文　献

[1] 黄艳芳. 复合粘结剂铁矿球团氧化焙烧与还原行为研究[D]. 长沙：中南大学，2012.

[2] 李金莲，刘万山，任伟，等. 配加高铁赤泥降低球团矿膨润土用量的研究[J]. 烧结球团，2012，37(3)：31－34.