

# 首钢高炉铁口区域的维护操作

张贺顺 温太阳 李树春  
(首钢总公司)

**摘 要** 重点分析了铁口区域的设计、选材以及开铁口的合理深度,并结合首钢高炉实际炉役情况,阐述了炉役末期铁口操作的变化及维护的特点,认为大型高炉为了实现长寿,使用的炮泥应和铁口区域温度分布相匹配,以达到更高的强度。

**关键词** 高炉 铁口区域 长寿 维护

## Maintenance of Taphole Area for the Long Campaign of Shougang's BF

ZHANG He - shun WEN Tai - yang LI Shu - chun  
(Shougang Group)

**Abstract** This article introduces the characteristics of taphole operation and its maintenance at the post campaign stage of the furnace by focusing on the design, material selection and rational length of taphole in combination with actual situation of the furnaces and proposed that the mud used should be compatible with the temperature distribution at taphole area to achieve higher strength with ultimate aim of long campaign.

**Key words** blast furnace taphole area long campaign maintenance

随着高炉炼铁技术不断进步,高炉大型化、长寿化、节能环保已是当今发展的方向。高炉良好的铁口工作状况是高炉保持长期稳定顺行、高效、低耗、长寿的重要基础,直接影响高炉生产指标和经济效益。在已报道的炉缸烧穿事故中,绝大部分烧穿位置都集中在渣铁口下方区域(“象脚状”侵蚀)。因此,铁口区域的安全运行是高炉长寿的关键因素之一。合理、有效的铁口区域的维护,不仅包括合理的铁口设计参数与材质、炉前设备和炮泥的选择,而且在日常生产过程中,炉前操作管理、炉缸工作状况和原燃料变化,都影响着铁口区域工作状况,在高炉炉役末期,显得尤为突出。

### 1 铁口区域的设计与选材

高炉铁口区域设计主要包括铁口数量、铁口角度、铁口通道耐火材料材质、铁口框架结构及填充料。好的设计,不仅能满足出净渣铁、日常维护的需要,也能为日后炉前操作、长寿维护创造条件。如通过炉容、炉前机械化水平和经验计算,确定铁口数量、夹角与倾角等。

### 1.1 铁口区域冷却

出净炉内渣铁是出铁口的主要任务。长期、持续、高强度的渣铁冲刷,以及出铁过程中炉缸周边的铁水环流,给铁口区域带来极高的热负荷冲击。良好的冷却,能快速、及时带走热量,避免局部区域温度过高而破坏砖衬,影响寿命。

首钢高炉铁口区域采用灰铸铁光面冷却壁,采用中高压工业水加大冷却模式。通过对该区域热流强度及水温差连续监测,运行平稳,高炉安全生产运行16年之久,其最大的特点是冷却能力均匀分布。实践表明,此模式冷却设计,满足高炉长寿、高效设计和生产的需要。

随着高炉设计技术进步,铜冷却壁技术的成功应用并逐步推广,已经有高炉在铁口区域应用铜冷却壁,期望提高该区域的冷却能力,其应用效果有待于进一步验证。

### 1.2 铁口区域耐火材料

铁口区域耐火材料包括铁口区域砖衬、铁口通道耐火材料。炉缸铁口区域砖衬设计主要取决于高

炉缸砖衬整体设计,有高导热热压小块炭砖、大块高导热微孔炭砖、陶瓷杯+高导热炭砖复合砖衬等模式。首钢3、4号高炉炉缸采用全联碳热压小块炭砖,1号高炉采用热压小块炭砖+陶瓷杯,均达到了高炉长寿的目的。炉缸砖衬耐火材料选型时,主要考虑其导热性能、抗渣铁侵蚀性、抗碱性、抗渗透性和砖衬结构的抗应力破坏能力等。

铁口通道耐火材料主要有铁口通道陶瓷组合砖和高导热炭砖,如首钢高炉采用全联碳高导热NMD砖砌筑铁口通道,利用其较高的导热性能(传热速度快),在出铁过程中,快速提高铁口区域砖衬温度,保证堵口后炮泥的烧结温度,提高强度,减少潮泥现象。

## 2 铁口深度

有效的高炉铁口区域维护和炉前操作,根据不同高炉的生产需要,保持稳定、合适的铁口深度,有利于促进高炉中心渣铁流动,抑制渣铁对炉缸侧壁的环流侵蚀,起到保护炉缸的效果(尤其是抑制象脚部位侵蚀)。同时,足够的铁口深度,铁口通道沿程阻力增加,有利于铁口前泥包稳定,钻铁口时不易断裂。稳定的铁口通道、铁口深度,也有利于出净渣铁,促进炉况稳定顺行。

在设计、维护合理的铁口深度时,根据铁口的构造,一般铁口深度应稍大于铁口区砖衬厚度,首钢1、3号高炉铁口深度规定在2.5m以上(铁口区设计砖衬厚度为1.7m)。在整个炉役生产过程中,根据炉内生产需要(尤其是末期高炉倒塌)和炮泥性能,首钢高炉正常生产铁口维护深度为2.8~3.0m。

## 3 末期高炉铁口区域侵蚀状况

(1)铁口区域侵蚀。由于铁口区域长期经受高温渣铁侵蚀的侵蚀、冲刷,开口机和泥炮等炉前设备的震动、炉门使用氧气等作用,工作环境极其恶劣。高炉投产后不久,铁口区域前端耐火砖衬就有可能被侵蚀掉,铁口区域始终由泥包保护着。

铁口区域砖衬侵蚀呈上口大下口小喇叭口型,向外(炉内中心)扩张,砖衬侵蚀程度、外形不一,侵蚀内型由一个圆弧状微下垂的泥包充填。2008年8月,3号高炉检修,开炉前炉缸扒料,到铁口区域时,发现北铁口区有一大块略微外凸的非渣铁物。经检测,应为炮泥入炉后经渣铁浸泡后的残存物,南铁口区域沿着炉墙有炮泥与渣铁混合物成波浪状向上延伸。

(2)铁口区域串煤气现象。在高炉开炉初期和

末期生产过程中,易出现铁口区域冷却壁水温差上升现象,关系到高炉的安全生产,担心铁口区域砖衬异常侵蚀,发生高炉炉缸烧穿等恶性事故。根据水温差升高现象,研究分析后,大部分原因都归咎于铁口区域串煤气现象造成的。

开炉初期,由于新建高炉开炉达产,高炉经过烘炉后,砌筑的耐火材料的水分、挥发分未能全部释放,其过程延续到开炉初期生产。这个过程在炉缸区域,尤其在铁口区域砖衬、冷却壁与炉壳之间灌浆料衬,易形成煤气通路。高温煤气的串煤气现象,尤其形成通路后,可能造成炉缸区域冷却壁水温差异常上升现象。常常表现为,通过热电偶温度监控的热流强度小于通过冷却水温差计算出来的热流强度。

末期高炉生产过程中,铁口区域冷却壁水温差上升,主要由于长期的生产过程中,检修中停开炉操作、多铁口倒塌操作等,造成该区域砖衬热胀冷缩,尤其炭砖侵蚀和外力作用后,炭砖砌体放射缝由于砖本身错位,易形成缝隙(或炉壳与冷却壁间充填的无水压入料衬体收缩),串通高温煤气。在不出铁时,铁口泥套周围串出的煤气火焰多时,能达1m左右。在首钢高炉长寿维护过程中,该区域开孔压入灌浆时,发现有孔洞内存在明显空隙层。

(3)非正常铁口区域。高炉喷涂造衬工艺的应用,通过再造炉衬,形成一个规整的、近似高炉操作炉型,实现高炉长寿。但是喷涂过程中反弹料和降料面后表面覆盖压火料,为高炉送风开炉人为地造成困难,必须要通过扒料的方式将其清理干净,提高铁口区域炉缸透气性。

铁口区域放炮,崩开铁口前区域的炉料和渣铁混合物,打通上下通道,有利于送风后第一次出铁的顺利进行。但炸药的威力,也把铁口区域的泥包破坏,还松动了铁口区域砖衬。这种人为破坏铁口通道,易造成铁口区域异常串煤气,炉门过浅等隐患,炉前出铁组织按非正常铁口维护,直至正常生产。

## 4 末期高炉炉门维护

随着高炉炉龄的增加,铁口区域砖衬乃至整个炉缸区域砖衬都在不断侵蚀,砖衬厚度不断减小。对于维护正常的炉门深度、保证泥包稳定、确保出铁时间、出净渣铁,都极大的考验炉前工作的组织是否有效、合理,末期高炉铁口维护工作对于高炉一代寿命起着关键的作用。

#### 4.1 渣铁自动流出

通常在没有开铁口时,铁水自动从铁口流出的现象叫渣铁自动流出。这种状况多发生在渣铁连续排不净、打泥量少、打泥压力低、铁口连续过浅时发生。出现类似状况时,如出铁准备工作未准备好,将严重威胁高炉安全生产。做好前期准备工作,每次出净渣铁,每次严格执行打泥操作,提高炮泥强度,都有利于减少渣铁自动流出现象的发生。

#### 4.2 末期铁口倒场操作,铁口过浅、喷焦卡焦

末期高炉生产中,伴随着炉缸砖衬的侵蚀,炉膛越来越大,各项技术经济指标的提升、原燃料的变化,这些因素都有可能影响到高炉铁口区域的维护工作,尤其是多铁口的高炉。

末期高炉炉前倒场,由于铁口前泥包(长期停用 20~30 天)遭到破坏,铁口深度过浅(铁口孔道深度由 2.8 m 折损到 2.0 m 左右),容易出现出铁不及时不顺畅、卡焦喷焦、跑“大流”等问题,影响炉内顺行,不但制约高炉生产,还给炉前增加了大量工作。

(1)停场前的工作。停场前,要保持好铁口深度,倒场禁止憋炉门,开口困难可采取二次出铁。保持铁口孔道的完整及泥包强度。同时选择高强度、抗渣铁侵蚀性好的炮泥,提高泥包的强度,使其在炉缸内不会出现大块塌落,致使铁口深度失效。

在炉前操作上,禁止跑泥、连续跑泥和打不进泥的现象发生。逐渐增加打泥量,可比平时适当增加打泥量,尽量增加铁口孔道深度,加大泥包,为下一次再出铁打好基础。

(2)倒场过程中易出的问题。末期高炉炉前倒场工作就是一次无泥包或泥包较小、铁口深度过浅,需要重新生成、维护,从无到有从浅到深的过程。炉前铁口维护的重点工作就是为泥包的快速恢复,尽可能的创造有利条件,在不影响高炉顺行的情况下,短时间内使新的铁口达到使用要求。

倒场操作时,要严细出铁前准备工作,同时要求冲渣按非常时期操作开起双泵,防止放炮。钻铁口时,钻头尽量使用小的钻头钻到一定时期开动打击,一次钻开。最好不用氧气,因为会加剧旧泥包损坏。

由于可能存在铁口深度过浅,铁出来后炉门前不能有积渣积铁,随时准备堵口(时间不会长),堵口时不能跑泥,泥量按铁口通道容积估算量进行。确保炮泥良好烧结后,二次出铁,开口时边钻边烤,不能潮铁口出铁,更不能出现“放火箭”,把刚补入

的新泥喷出。

在倒场初期几次铁,出铁过程中容易出现卡焦喷焦现象,要将卡焦及时捅开,要求随卡随捅。卡焦严重捅不开时可堵口打少量泥,二次出铁。

(3)炉内、外协调统一。高炉炉况顺行,较高的炉温[Si](0.4%~0.5%)和充沛的物理热(1500℃以上),有利于炉前倒场工作和新泥包的重新生成。当出现炉况不顺时,可适当延缓甚至停止倒场工作。倒场第一次铁,不要急于开口,铁量多一些也有利于尽快提高新铁沟的温度,有利于炉前工作组织。铁量少,过早喷花,被迫堵口将会大大影响新泥包的生成。

当出现出铁困难、开口不顺、卡焦等状况影响铁水流速时,可能影响到炉内操作,出现憋风,要及时采取措施,捅开铁口或用开口机拉通孔道,甚至打开另一铁口,千方百计出净渣铁。

#### 4.3 增加铁口角度

随着高炉寿命的延长,高炉炉底的侵蚀逐渐加重,炉内铁水层液面下降,下渣量增加,铁口不易维护。在高炉末期生产中,铁口角度要随之增加,以适应出净渣铁的需要,同时也有利于维护合格炉门深度,有效维护铁口区域长寿运行。

首钢 1 号高炉在开炉中前期,铁口角度采用 10°~12°,设计角度为 10°,目前铁口按 15°出铁,很好了保护了该区域砖衬长寿运行,状况良好,未出现水温差异异常升高现象。同时,由于及时排净渣铁,铁次维持在 10 次左右,高炉生产操作长期高效、顺行。

#### 5 末期高炉炮泥的选用

末期高炉生产操作不同于其他高炉,既要生产又要兼顾护炉,才能进一步延长高炉寿命。同时,高炉强化冶炼、及炉缸砖衬侵蚀后、炉缸直径加大,都导致高炉产铁量增多和出铁时间延长。维护好铁口通道完整、炮泥是否能适应满足生产要求,很大程度影响到铁口区域长寿维护工作是否有效。

炮泥是一种既要满足抗渣铁侵蚀、冲刷,具有一定强度和耐侵蚀性,又要满足中低温烧结快、且强度适中,保持合适的开口性能的特殊耐火材料。其主要成分有:焦粉、粘土、绢云母、碳化硅、刚玉。近年来,随着为适应高炉大型化、高冶炼强度、零间隔出铁的操作特点,炮泥中添加有微粉甚至纳米粉、氮化硅、氮化硅铁等优质的合成原料,提高其综合强度和抗渣铁侵蚀性能。

(1)首钢 1、3 号高炉炮泥。首钢高炉炮泥应用

至今,经历了从有水炮泥到无水炮泥(油泥)的转换。其中无水炮泥随着高炉寿命的延长和炮泥技术的进步,由单一的煤焦油结合,逐步改为树脂(改性树脂)、树脂-煤焦油结合复合炮泥。复合炮泥的应用,在大幅度降低炮泥强度的基础上,适当减少了炮泥中树脂的加入量,既改善了树脂炮泥打泥压力高、开口困难的状况,又降低了炮泥成本。

整个炉役生产过程中,不同高炉生产时期,选择

适合高炉生产需要和与炉前设备能力匹配的炮泥,既满足了高炉出铁堵口、稳定出铁、稳定泥包、保证合理的出铁口深度的需要(近年来1号高炉出铁情况见表1),又有效地保护了炉缸铁口区域砖衬,维护高炉长寿[高炉铁口区域二段冷却壁水温差0.5~0.6℃,最高热流强度41868 kJ/(m<sup>2</sup>·h)左右]。

表1 首钢1号高炉近年来出铁情况

年份	产量 t	平均日产 t/d	利用系数 t/(m <sup>3</sup> ·d)	炉门合格率 %	日均出铁 次数	铁水流速 t/min
2007	2213318	6063.9	2.39	98.0	14.0	8.1
2008	2248436	6143.3	2.42	98.5	12.5	7.5
2009	2255597	6179.7	2.44	99.0	10.0	6.5

(2)大型高炉、长寿高炉炮泥应用发展。高炉的大型化、长寿化是今后高炉发展趋势,如何维护好高炉铁口区域安全、有效运行,满足高炉生产需要,将激励炮泥应用技术、研发向更高层次、“个性化”发展,新型合成原料、非金属氧化物、结合剂应用将进一步细化。

高炉炉缸耐火材料砖衬结构、材质及生产操作,对高炉铁口通道的温度、及炮泥泥包状况影响较大。如生产中期,首钢1号高炉采用法国陶瓷杯+美联碳NMA砖砌筑的铁口通道温度为680~1020℃,3号高炉采用美联碳NMA砖砌筑的铁口通道温度为820~1150℃,1、3号高炉末期生产铁口通道温度均为820~1150℃。

为适应高炉不同时期生产需要和大型高炉零间隔出铁、叠加出铁需要,炮泥供应商必然要更细致、

动态地了解高炉生产状况、炉前设备能力、高炉炉前操作、铁水运输条件等。

6 结语

(1)炉前生产组织安全、按时出净渣铁,是炼铁整个生产工艺环节极为关键的一环,良好的出铁、高炉铁口区域维护是高炉长寿的关键因素之一。

(2)良好的出铁口区域设计为日后维护打下坚实的基础,尤其是末期高炉铁口区域维护,至关重要。认真分析、组织好末期高炉出铁工作,合理有效地选择末期高炉用炮泥,对铁口区域维护及高炉平稳生产、高炉长寿,意义重大。

联系人:温太阳 工程师

E-mail:wcoolsun@163.com

(100041)北京市石景山区首钢总公司炼铁厂技术科研科

收稿日期:2010-06-03

· 会议报道 ·

“第十一届全国大高炉炼铁学术年会”在承德召开

2010年8月10-12日,由中国金属学会炼铁分会大高炉炼铁学术委员会主办,河北钢铁集团承德钢铁集团有限公司炼铁厂承办的“第十一届全国大高炉炼铁学术年会”在承德召开,来自全国炼铁生产、科研设计、高等院校和设备制造等单位的150余位代表参加了会议。会议文集共收录论文140余篇,主要内容涵盖了烧结球团、高炉冶炼、设备及自动化等有关方面的科研成果和生产技术经验。

这次会议的主题是“科学发展,节能减排,全面提高大高炉炼铁技术,促进钢铁行业协调发展”。会议期间,与会代表重点交流了大型高炉的生产技术、经验,探讨了大高炉稳定、高产、低耗、长寿、环保的方法和途径,认为,在新形势下,大高炉必须通过调整产业结构,采用节能环保、低碳技术,走持续发展的道路。

(本刊讯)