

新疆八钢 2500 m³ 高炉炉体热负荷管理实践

许晓兵 金松

(新疆八一钢铁集团有限责任公司)

摘要 针对八钢 A 高炉薄壁炉型的特点,完善炉体热负荷的管理,建立合适的冷却制度,并结合上下部调剂,控制合理的煤气流分布,取得了较好的效果。

关键词 大型高炉 冷却制度 热负荷

Practice of Heat Load Management on 2500 m³ BF in Xinjiang Bayi Iron & Steel Group Co., Ltd.

Xu Xiaobing Jin Song

(Xinjiang Bayi Iron and Steel Group Co., Ltd.)

Abstract Considering the features of blast furnace A in Xinjiang Bayi Iron and Steel Group Co., Ltd. a complete heat load management is applied on the furnace stack based on an applicable cooling system, resulting in good operation which is also benefited from proper regulation of heat load on the lower and upper part of furnace stack and rationally controlled gas distribution.

Key words large sized blast furnace cooling system heat load

1 概况

宝钢集团八钢公司新区 A 高炉有效容积 2500 m³, 设有 30 个风口, 3 个铁口半岛式布置。采用了无钟炉顶、皮带上料、砖壁合一的薄壁内衬、铜冷却壁、软水密闭循环炉体全冷却结构、炉缸陶瓷杯等技术, 设计利用系数 2.2 (设备能力 2.5), 焦比 360 kg/t, 煤比 160 kg/t (设备能力 220 kg/t), 一代炉役 (不中修) 寿命 15 年。

A 高炉 2500 m³ 于 2008 年 2 月 27 日点火开炉, 投产后迅速达到了设计目标。在高炉不同阶段操作中, 结合炉顶测温装置、炉身热电偶和炉身测压装置, 确定了对炉墙热负荷、炉底热负荷、气流分布指数的监控指标, 对开炉的全焦冶炼、不同强化阶段的各项参数做出调整, 使高炉的各项指标趋于合理 (见表 1)。

2 A 高炉的冷却特点

2.1 全冷却壁结构

A 高炉为全冷却壁结构, 共有冷却壁 16 层。其中, 位于炉腹、炉腰和炉身下部的 4 层冷却壁 (第 6

表 1 八钢 A 高炉开炉生产技术指标

日期	利用系数		焦比	铁水温度	风温	热风压力	风量
	$\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	kg/t	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	MPa	m^3/min	
2008-02-28	0.8536	648	1460	950	0.297	3600	
2008-02-29	0.6444	615	1445	1031	0.282	3249	
2008-03-01	1.3652	595	1495	1135	0.270	3300	
2008-03-11	1.0196	580	1481	1102	0.275	3381	
2008-03-20	1.6760	548	1499	1121	0.280	3605	

~9 层) 为铜冷却壁, 铁口区域的冷却壁为铜冷却壁。针对 A 高炉全冷却壁结构特点, 并根据冷却壁工作条件和侵蚀机理, 对炉衬结构和冷却形式进行优化组合, 着重解决高炉强化冶炼和长寿之间的矛盾。但是, 串联冷却水路结构仍限制了操作中对高炉冷却强度的调节。

炉底和炉缸按照高导热、防渗漏的理念, 采用超微孔炭砖, 并采用陶瓷衬加以保护。炉底 5 层炭砖, 上部立砌陶瓷杯。炉缸内砌陶瓷杯, 外砌超微孔炭砖。

炉腹、炉腰和炉身下部处于软熔带生成范围, 并面对高速、高温的煤气流的冲刷, 工作环境恶劣, 且

热流负荷大,化学侵蚀严重,属于高热负荷区。为此,按照强化冷却保护的理念,在炉腹、炉腰和炉身下部4层冷却壁使用镶砖铜冷却壁。用铜作为冷却壁本体材质的基本出发点在于利用它的高导热性能,而且铜冷却壁不铸入水管,消除了气隙热阻。这样,不仅降低了冷却壁本体的温度,而且有利于形成能够保护冷却壁自身的渣皮。在高炉正常操作条件下,铜冷却壁的最高工作温度 $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$,而在渣皮脱落条件下,短期的峰值热流密度达到 $30\text{ kW}/\text{m}^2$ 时,其最高工作温度也将低于 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此,可以认为,铜冷却壁是一种无过热的冷却设备。

炉身中上部工作温度达到 $800\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$,为此在炉身中部第10层和第11层两段冷却壁使用双层水冷管镶砖冷却壁。即使内部直管损坏,外部蛇形管也可保证冷却能力。外部镶砖足以抵抗炉料和煤气流机械冲刷和碱金属侵蚀,形成稳定的操作炉型。A高炉设计炉型为薄壁炉型,设计炉型基本上为操作炉型,属于矮胖型,有利于改善料柱透气性,稳定炉料和煤气流的分布,进而强化高炉冶炼。

高炉冷却水路由下部向上串联冷却(如图1所示)。软水分为中套4个区冷却,冷却壁4个区冷却,炉底和大套2个区冷却。圆周方向的配水不均匀使高炉冷却圆周上不均匀,冷却壁单支冷却水管最大值和最小值的流量差在 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 。而炉体冷却壁串联冷却流程,使新区A高炉冷却调节参数困难,对高炉的炉体分区和分段热负荷检测存在难度,进而对高炉各部分热负荷监控难度增加。A高炉必须建立合适的冷却制度,才能维护高炉长寿。

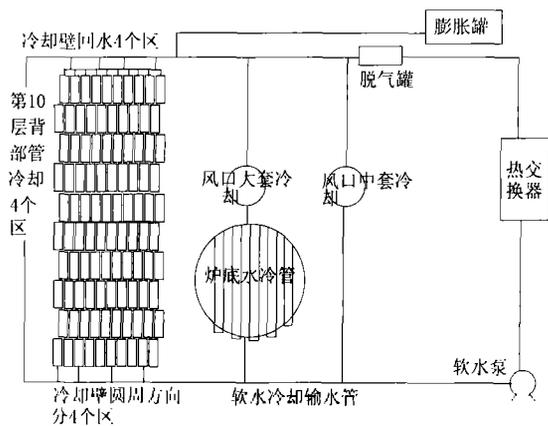


图1 八钢A高炉冷却水路结构示意图

2.2 热负荷大于设计冷却强度,整体热负荷分布不均匀

A高炉冷却系统的配水条件和参数见表2。总

体上来说,设计的冷却壁水量偏小,炉底冷却强度不足。铜冷却壁的冷却流速在 $1.5\text{ m}/\text{s}$ 时,是满足高炉 $3200\text{ m}^3/\text{min}$ 风量的下限冷却水量。当高炉的风量到 $3600\text{ m}^3/\text{min}$ 以上,冷却壁的冷却流速在 $1.7\text{ m}/\text{s}$ 以上时,还需配合使用降低软水进水温度,才能满足热负荷平衡要求。因大套水阻损,导致炉底流速低于设计值。中套因配水原因,冷却强度无法达到设计要求,对于炉墙变薄后中套的水冷却保护存在难度。

表2 八钢A高炉冷却系统的配水条件和参数

冷却部位	冷却介质	冷却器	设计流量	实际流量
		材质	m^3/h	m^3/h
炉底	软水	钢	420	390
冷却壁4个区	软水	铸铁、铜	3330	4000
风口中套	软水	铜	600	400
风口大套	软水	铸铁	420	288
冷却壁背部管	软水	铸铁	400	400
风口小套	高压净环水	铜	1050	1000

2.3 炉体水路的保安上存在不足

A高炉本体软水供水泵共有4台,其中1台为备用泵。因软水串入风口中套,在软水出现停泵的紧急休风过程中,会导致中套汽化烧损。

高炉高压净环水对风口小套的紧急供水为高位水库供水,供水的要求和实际演练时的要求见图2。实际出现断水状况下,紧急休风的时间在 120 s 左右,在此过程中,会出现个别风口小套分水量过小而汽化结垢的现象。

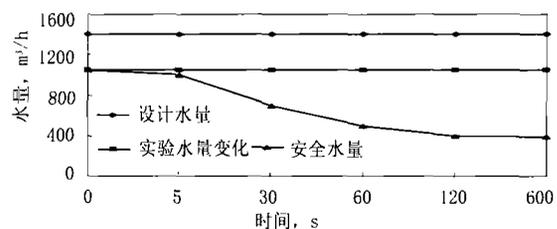


图2 八钢A高炉供水的要求和实际要求比较

3 A高炉炉体热负荷分析

A高炉总体热负荷由炉底、风口大套2个区,风口中套4个区,炉体冷却壁4个区等部分组成,总体热负荷在 $12000\sim 19000\text{ MJ}/\text{h}$ 左右。A高炉各部分热负荷分布比例见表3。当炉体热负荷出现变化时,炉身下部的热负荷波动可达 $1000\text{ MJ}/\text{h}$,

3.1 炉体热负荷的变化因素分析

(1)鼓风动能对高炉的炉体热负荷的影响产生

表3 八钢A高炉各部分热负荷分布比例

项目	比例, %
炉体冷却壁1区	18
炉体冷却壁2区	24
炉体冷却壁3区	21
炉体冷却壁4区	19
风口大套热负荷区	1
风口中套热负荷区	2
工业水热负荷	14
炉底热负荷	1

的影响。随着鼓风动能的增加,炉体热负荷也增加。当鼓风动能 104.8 kJ/s 时,高炉整体热负荷增加缓慢。随着鼓风动能的增加,对高炉炉底炉芯温度的影响较为明显,炉芯温度上升,炉底的热负荷也从 80 MJ/h 增加到 120 MJ/h (如图 3、4 所示)。

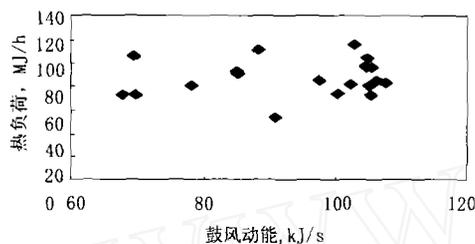


图3 八钢A高炉鼓风动能对炉底热负荷的影响

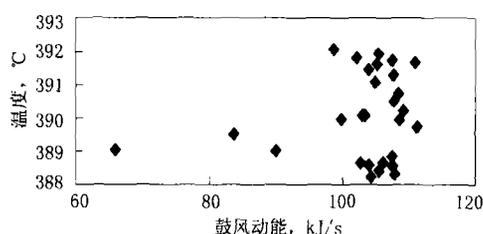


图4 八钢A高炉鼓风动能和炉底二层中心温度的关系

(2) 风口的配置对高炉炉体各区热负荷产生影响。高炉 4 个区冷却壁的热负荷占整个高炉热负荷的 82% 以上。随着高炉炉内煤气流出现的变化,影响到高炉冷却壁的传热条件,炉体热负荷发生变化。对于高炉冷却壁 4 个区的热负荷分布,受到煤气流分布不均匀的影响,高炉冷却壁 4 个区的热负荷也出现改变 (如图 5 所示)。图中,系列 1 的送风面积为 0.3114 m^2 , 及 30 个风口全部使用 $\phi 115 \text{ mm}$ 的风口; 系列 2 的送风面积为 0.3524 m^2 , 即 30 个风口交叉使用 $\phi 115 \text{ mm}$ 和 $\phi 120 \text{ mm}$ 的风口。在风口面积调整后,冷却壁 4 个区的热负荷都出现了上升,边缘煤气流增加,但 2 区的热负荷影响更大。

• 16 •

(3) 喷煤和风量对炉体热负荷产生的变化。高炉从全焦冶炼到综合冶炼,高炉炉腹煤气增加。随着煤比上升,边缘气流发生变化,高炉的热负荷呈上升趋势。当煤比上升到 70 kg/t 时,炉体热负荷的上升趋势减缓。煤比与热负荷的关系如图 6 所示。

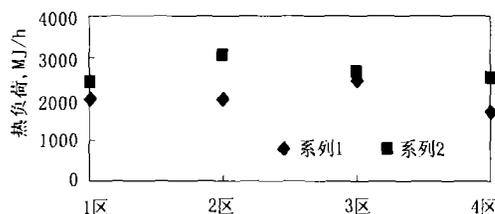


图5 八钢A高炉送风面积对冷却壁热负荷的影响

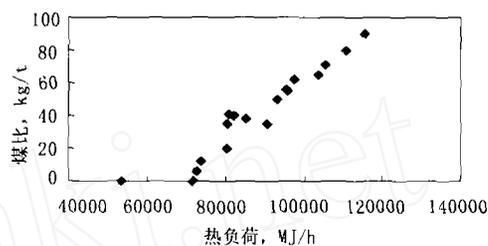


图6 八钢A高炉煤比与热负荷的关系

4 高炉热负荷变化的应对措施

热负荷的增加会导致冷却器烧损。铜冷却壁长期承受热负荷的交变热应力,会使铜冷却壁失效,开裂。对热负荷上升采取及时监控、及时处理的措施,从操作上和冷却上进行调整,如调整风口送风面积,调整布料模式,调整煤枪的煤量等。

4.1 利用布料对热负荷的调整

针对 A 高炉的炉型结构以及薄壁炉墙容易发展边缘气流等特点,调整不同布料模式下的炉体热负荷变化范围。如 2008 年 4 月,因高炉布料调整,确定了 4 种布料模式下的炉体热负荷变化范围 (见表 4),炉体热负荷变化范围如图 7 所示。在不断改善料柱透气性的基础上,将料的特性和软融带的形状、煤气流的分布作为操作控制的关键。控制边缘煤气流,利用中心煤气流,控制其合理分布,稳定煤气流温度和热流强度,以保护炉墙。

4.2 完善炉墙监测系统,加强对炉墙热负荷的管理

A 高炉的串联冷却方式,使高炉具体部位的热负荷监控存在难度。在相对敏感的炉腹和炉身下部的 4 层铜冷却壁上,实施冷却壁壁体热电偶温度监控措施。取每个区的 2~3 个热电偶的平均温度作

表4 八钢A高炉不同布料模式下的炉体热负荷变化范围

布料模式	C ³⁴⁵⁶⁷⁸ O ³⁴⁵⁶ ₂₂₂₂₂₁ ₃₃₃₁	C ³⁴⁵⁶⁷⁸ O ³⁴⁵⁶ ₂₂₂₂₂₁ ₃₃₂₂	C ³⁴⁵⁶⁷ O ³⁴⁵⁶ ₃₂₂₂₂ ₃₃₃₁	C ³⁴⁵⁶⁷ O ³⁴⁵⁶ ₃₂₂₂₂ ₂₃₃₂
使用特点	中心漏斗宽,用来调整中心煤气流	调整中心煤气流	透指、压差高,调整中心煤气流	休风前煤气流乱、复风,调整煤气流
矿角(°)	36.75	36.50	36.75	36.15
焦角(°)	34.18	34.18	35.27	35.27
料线,m	1.5	1.5	1.5	1.5
热负荷,MJ/h	11000~16000	12000~17000	11000~19000	12000~16000

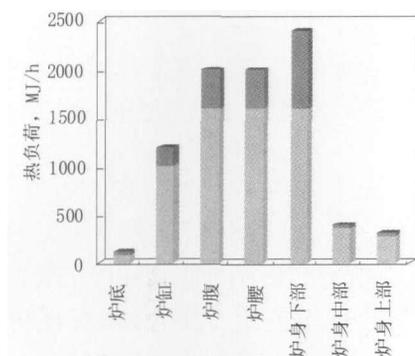


图7 八钢A高炉炉体热负荷波动范围

为监控温度。炉腹和炉腰的铜冷却壁热电偶温度在45~50℃之间为正常。而炉身下部第8和第9层冷却壁温度要小于100℃。当出现高于100℃点时,要对相应部位排汽栓处理,并测量相应炉皮的温度作为补充手段。通过人工干预排气,铜冷却壁温度波动时间由30min降低为15min左右(见图8)。

对铜冷却壁温度监控有2个依据:温度的波动范围和温度值。当铜冷却壁温度低于45℃,进入警戒温度。铜冷却壁温度持续无起伏,则对应区域出现结厚;出现波动,则未出现结厚。在炉腰铜冷却壁温度出现大的上升趋势时,要及时检查风口是否有渣皮滑下,及时检查,并对炉缸补充热量。在不断总结中发现,少数风口下渣皮与对应的风口面积不合适有关。大量的风口下渣皮,则需要调整冷却强度来强化冷却。

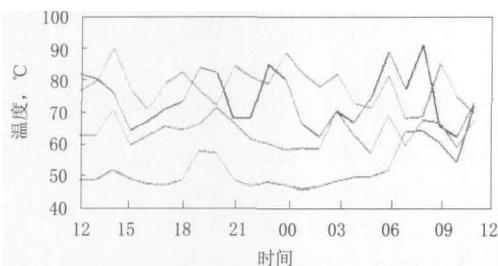


图8 八钢A高炉炉身2段铜冷却壁温度波动趋势

在对A高炉的炉缸壁耐材的热电偶温度和炉底第3层炭砖的温度TE1129变化趋势看,其数值变化与铁口深度和炉缸的活跃程度有关系。当炉缸工作差,TE1129温度下行;当炉缸工作正常时,炉缸TE1129温度在440~460℃之间波动。在铁口深度低于3000mm时,炉缸测壁耐材的热电偶温度呈上行趋势。

4.3 强化冷却的措施

薄壁炉墙的边缘煤气流容易发展,加上使用风口的长度为470mm,高炉的送风面积在0.32620675m²和0.32620675m²之间调整。当焦炭的质量下降,导致炉况出现异常,炉墙热负荷会出现大的波动,超过上限热负荷值,就要实施强化冷却,其主要措施有增加冷却水流速和降低进水温度。

目前,A高炉的流量用到了最大,铜冷却壁的水速最大达到了2.1m/s,最小也在1.596m/s。当A高炉的铜冷却壁水速每降低0.084m/s,铜冷却壁整体温度会上升2~5℃,其中炉身下部第8、9层铜冷却壁热电偶上升快;当水速降低到1.596m/s时,第8、9层铜冷却壁上升到90~120℃。

还可利用调整进水温度来调整炉体的冷却强度。目前,A高炉冷却参数控制如下:软水进水温度38℃,压力0.8MPa,流量为5500~6000m³。温度范围设定在30~40℃之间,原则上冬季上限,夏季调整靠下限。

4.4 对温度高处的炉体采取炉皮压浆,消灭炉皮“热点”

开炉至今,先后对炉体压浆点压浆30.5t,分为炉缸压浆和炉皮压浆,炉缸压浆的效果较好。图9中压浆后温度得以控制,炉底热负荷由120MJ/h降低到60MJ/h。通过压浆,填充了冷却壁和炉皮间孔隙,改善了传热条件。

4.5 合理热负荷的确立

合理的热负荷,主要依据铜冷却壁的温度以及

大型高炉高余压发电技术的实践

李军

朱锦明

(北京科技大学) (宝山钢铁股份有限公司宝钢分公司)

摘要 对宝钢大型高炉在强化冶炼生产条件下的高余压发电技术进行了总结分析。认为,通过采取高顶压操作、适当增加煤气发生量、加强发电设备改造和维护等措施,可以努力增加余压发电的能力,达到节能和降低吨铁成本的目的。

关键词 大型高炉 TRT 节能

1 概述

从钢铁生产流程的特点来看,高炉炼铁工序是钢铁生产流程的最大能耗工序。通常情况下高炉炼铁能耗占整个流程能耗的70%~80%,因此,实现高炉炼铁工序节能降耗至今仍然是钢铁企业降本增效的主要形式。高炉炼铁在耗能的同时又是产生可利用能源的主要单元,如化学能、热能和压力能等等。如何有效地回收利用这些数量可观的二次能

源,成为了当前钢铁企业节能研究的主要方向。利用高炉煤气行程中的压力变化,来实现功能转换(即余压发电),成为了高炉炼铁工艺中比较成熟的高效回收能源的新技术。

富氧大喷煤技术是当前高炉炼铁生产技术的主要发展方向,同时也是高炉炼铁过程得到高速发展的节能技术。余压发电的动力来源是必须具备一定压力和速度的流体介质,如正常生产中的煤气除尘

炉况顺行。表5为八钢A高炉合理热负荷对应的

炉底热电偶温度和铜冷却壁壁体热电偶温度。

表5 八钢A高炉合理热负荷对应的热电偶温度

项目	炉底	炉体1区	炉体2区	炉体3区	炉体4区
热负荷, MJ/h	80~110	2000~2500	2000~2500	2000~2500	2000~2500
对应热电偶温度, °C	400	45~80	45~80	45~80	45~80

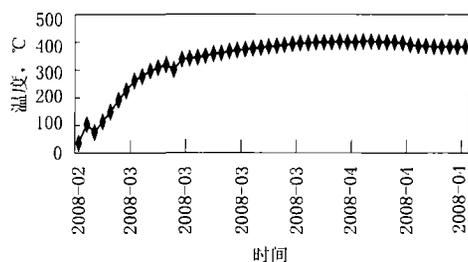


图9 八钢A高炉炉缸压浆后温度(TE1129)变化趋势

5 结语

(1)八钢A高炉的中套和小套冷却系统的安全保障存在瑕疵,无法在极端断水条件下,对中小套起到完全的保护。

(2)八钢A高炉的热负荷影响因素有多种,主

要是布料方式和送风量的影响。

(3)八钢A高炉特殊的串联冷却结构,对高炉炉体分段热负荷监控影响较大。热负荷超过警戒与否,主要依据铜冷却壁壁体热电偶温度检测。

(4)强化冷却是A高炉冷却壁长寿的措施之一。

(5)准备细化A高炉炉体热负荷分区和分段的补充监测仪表方案,不断改进高炉热负荷管理工作。

联系人:许晓兵 电话:0991-3907101

(830022)新疆乌鲁木齐新疆八一钢铁(集团)有限责任公司高炉分厂

收稿日期:2008-08-20