包钢4 150 m³高炉热风管道快速降温实践*

王永忠,石 钢,高东辉,李智辉,王国新

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章对包钢4 150 m³高炉热风管道快速降温操作进行了总结。热风炉管系检修,检修工期受耐材降温环节限制,常规降温时间较长,且降温过程不受控制。通过本方案的实施,可以快速降低热风管系的温度,且整个降温过程一直处于可控状态,可有效缩短检修工期。

关键词: 热风炉; 管系; 快速降温

中图分类号: TF578.6 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)04-0017-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.005

Practice of Fast Cooling for Warm-air Pipe of 4 150 m³ Blast Furnace of Baotou Steel

Wang Yong-zhong, Shi Gang, Gao Dong-hui, Li Zhi-hui, Wang Guo-xin

(*Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the operation of fast cooling for warm-air pipe of 4 150 m³ blast furnace of Baotou Steel is summarized. The time limit for maintenance of pipeline system of hot blast stove is limited by cooling of refractory materials, conventional temperature fall time is longer and the process is out of control. The temperature of hot blast pipeline system can decrease fast through implementing this scheme and the whole process is always under control so that the time limit for maintenance can be effectively shortened.

Key words: hot blast stove; pipeline system; fast cooling

热风炉是高炉生产必不可少的一部分,一旦出现问题,高炉将面临休风停产的窘境[1-2]。包钢7#高炉设计容积4 150 m³,配备4座卡卢金顶燃式热风炉,设计风温1 250 ℃,于2014年5月27日投产。投产初期热风管系的波纹补偿器就出现了鼓包,进行了包覆处理。运行7年来热风主管斜段、热风支管三岔口部位频繁出现温度高点,最高温度达到560 ℃。热风主管3#—4#热风炉之间补偿器处出现塌砖,2#热风支管与主管三岔口交界处和3#热风支管与主管三岔口交界处也出现塌砖现象,均采取了支模浇注处理。同时,热风管系管皮日常温度高(200~300 ℃),包覆的补偿器失去作用且漏风,很难处理,安全生产存在重大隐患。

1 热风管系改造概况

2019年9月16日对7#高炉热风炉管系进行改造性大修: ①拆除主管斜段部位,用混风室替换; ②更换热风管系波纹补偿器9个,主管末端增加1个单波纹补偿器用以吸收热风主管盲板力; ③拆除更换热风支管和三岔口上方180°范围内的耐材,

* **收稿日期**: 2021-03-30

作者简介: 王永忠(1969-),男,内蒙古包头市人,技师,现从事炼铁工艺生产工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

拆除更换热风主管上方135°范围内的耐材，总拆除长度40 044 mm。由于热风炉管系改造施工计划15天，而且管道内部耐材为保护性拆除，必须在最短的时间内将热风管系内部温度从1 300 ℃降至400 ℃，才能进行人工拆除耐材，为后续耐材砌筑争取时间。

2 热风管系降温方案优化

2.1 降温管道制作

按常规的架设轴流风机进行降温最少需要72 h以上，为了缩短降温时间，优化了管系降温方案，休风前就开始控制管道温度，休风后从热风炉助燃风机管道上接一条直径600 mm的无缝钢管，插入热风主管盲端人孔，作为降温管道，通过降温管道引助燃风机冷风吹入热风管道加速降温，如图1所示。另外，降温管道上增加了一道直径600 mm调节阀配合风机控制吹风流量，即能保证倒流管温度在受控范围又能控制降温节奏。



图1 降温管道安装实物图

2.2 降温过程方案实施

优化后降温方案分两步进行：①休风前控制热风炉烧炉和送风时间，将风温降低到较低水平；②通过制作的降温管道及调节阀配合助燃风机调节吹风流量，控制热风主管道降温的节奏，使整个降温过程处于可控范围内。

2.2.1 休风前利用热风炉降低管道温度

休风前9 h热风炉控制烧炉，降低热风炉蓄热量，控制烧炉和送风时间，将硅砖界面温度控制在600 ℃以上即可，混风阀前主管温度控制在1 300 ℃左右，混风阀后热风温度在休风前从1 180 ℃降到1 100 ℃，为休风后主管、支管降温创造条件。

2.2.2 休风后利用降温管道降温

第一阶段：9月16日凌晨4:36高炉休风完成后，按计划开始破拆主管末端人孔，安装连接降温管道，同时开始进行外部管皮破拆工作。期间支管、主管自然降温，主管温度由1 100 ℃降至1 068 ℃，平均降温速率为8 ℃/h，如表1所示。

表1 降温管道安装前管道降温情况 ℃

时间	5:00	6:00	7:00	8:00
主管温度	1 100	1 085	1 072	1 068

第二阶段：9月16日9:00至13:00，助燃风机降温管道接入主管末端人孔，开始引冷风吹进热风管道降温。此方法的制约因素为助燃风机额定风量为120 000 m^3/h，如控制不好风量与降温幅度，会造成倒流管道温度过高，烧塌倒流管。为防止倒流管道温度急剧上升，逐步增加调节阀开度到70%，并缓慢增加风机压力。风机压力起始设定值1.5 kPa，逐渐增加至6 kPa，倒流管温度最高到283 ℃，主管温度由1 051 ℃降至908 ℃，平均降温速率为35.8 ℃/h，如表2所示。

表2 第二阶段降温情况

时间	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00
风机压力/kPa	1.5	3.0	4.0	4.5	5.0	6.0
阀位开度/%	50	60	70	70	70	70
主管温度/℃	1 068	1 051	1 012	974	944	908
倒流管温度/℃	275	283	271	261	250	255

第三阶段：9月16日14:00至20:00，为加快降温速度，采取固定风机压力6 kPa，全开调节阀开度的降温方式，开度由70%增至100%，倒流管温度最高250 ℃，低温电偶温度由874 ℃降至745 ℃，平均降温速率为21.5 ℃/h，如表3所示。由于温度降低，高温电偶失准，新增一根低温电偶监测主管温度。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　第三阶段降温情况

时间	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
风机压力/kPa	6	6	6	6	6	6	6
阀位开度/%	100	100	100	100	100	100	100
主管温度/℃	874	846	825	805	777	760	745
倒流管温度/℃	250	240	233	221	228	234	230

第四阶段:9 月 16 日 19:00 至 9 月 17 日 2:00,继续加快降温速度,空气压力由 6 kPa 提高至 17 kPa,吹风阀位开度保持 100%,倒流管温度最高 225 ℃,此时管皮破拆部位开始往外喷出高温气体,为降低管道内压力保障外部破拆管皮人员安全,先后打开高炉侧 1#、2#、3#、4#、33#、34#、35#、36#、37#、38#共 10 个直吹管横法兰封板增加出风口。低温电偶温度由 673 ℃降至 512 ℃,平均降温速率为 32.2 ℃/h,如表 4 所示。

表 4　第四阶段降温情况

时间	21:00	22:00	23:00	24:00	1:00	2:00
风机压力/kPa	14	14	15	17	17	17
阀位开度/%	100	100	100	100	100	100
主管温度/℃	673	626	595	577	534	512
倒流管温度/℃	225	190	180	170	150	140

第五阶段:9 月 17 日 2:00 至 16:00,风机满负荷运转,风机压力 17 kPa,阀位开度 100%,倒流管温度降至 128 ℃,低温电偶温度由 494 ℃降至 362 ℃,平均降温速率为 9.4 ℃/h,如表 5所示。

表 5　第五阶段降温情况

时间	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
风机压力/kPa	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
阀位开度/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
主管温度/℃	494	475	461	448	434	419	410	399	390	381	371	370	365	362

第六阶段:9 月 17 日 16:00 管道内温度达到要求停止吹风,自然冷却。同时进行由外及内的耐材拆除作业,通过测温枪对管系内部耐火砖进行测温记录,如表 6 所示。

表 6　第六阶段降温情况　　℃

时间	16:00	20:00	0:00	4:00	8:00	12:00	16:00	20:00	0:00	4:00	8:00
1#支管				220	200	175	155	130	125	115	110
2#支管					215	200	180	150	125	100	70
3#支管				220	205	195	178	155	140	126	105
4#支管			280	265	220	200	175	155	140	125	110
主管末端				275	250	230	210	190	175	150	125
混风阀处				265	240	225	200	185	160	145	125
斜段		330	290	270	250	200	170	150	135	120	110
出铁场处				290	275	250	220	200	175	150	130

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

本次热风炉管系降温时长31 h,管系温度由1 068 ℃降至362 ℃,降温温差706 ℃。平均降温速率22.77 ℃/h,比计划时间72 h缩短41 h,为后续施工奠定了坚实基础。

3 结束语

采用两段式降温,休风前控制热风炉烧炉和送风时间,将风温降低到1 100 ℃的水平;休风后用降温管道冷却,900 ℃前要逐步将调节阀位控制到70%,以便控制好风量与降温幅度,否则会造成倒流管道温度过高,烧塌倒流管。本次降温倒流管温度最高283 ℃,安全可控,后期逐步将阀位开到100%,加快降温速度。实践结果表明,采用两段式降温可以大大缩短热风炉管系耐材的冷却时间。

参 考 文 献

[1] 周传典.高炉炼铁生产技术手册[M].北京:冶金工业出版社,2008.
[2] 朱仁良.宝钢大型高炉操作与管理[M].北京:冶金工业出版社,2015.

中文名称	英文	含义
达因每平方厘米	dyne per square centimetre cubed; dyn/cm^2	静压的厘米克秒制单位,为0.1帕斯卡。
大卡		“千卡”的异名。
担		“市担”的异名。
当量煤		“标准煤”的异名。
当量油	oil equivalent	能量量值的非法定计量单位,是设想1千克石油具有10 000国际蒸汽表卡的能量。
度	degree	电能量的非法定计量单位,等于1千瓦时,为3.6兆焦耳。
短吨	short ton;; sh ton; sh tn	“英吨”为907.185千克时的异名之一,与“净吨”相同。
费密	fermi	长度的非国际单位制计量单位,为0.000 001纳米。
分^1		“市分^1”的异名。
分^2		“市分^2”的异名。
分^3		“市分^3”的异名。
干品脱	dry pint(US); dry pt(US)	美国用于干性物质体积的单位,为0.560 611立方分米。
格令	grain; gr	质量的英制单位,约为64.798 9毫克。
工程大气压	technical atmosphere; at	压力的非法定计量单位,为98 066.5帕斯卡。
公担	metric quintal	质量的旧单位,为100千克。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net