

京唐 5500m³ 高炉热风炉系统长寿型两级双预热系统设计

梅丛华 张福明 毛庆武 银光宇 倪苹

(北京首钢国际工程技术有限公司)

摘 要: 本文对首钢京唐钢铁厂 5500m³ 高炉热风炉系统长寿型两级双预热系统进行了阐述, 该系统的设计和实施满足了热风炉系统在采用单一高炉煤气的情况下, 能够实现 1300℃ 风温。整个系统既能高效使用低热值的高炉煤气, 又能够长期可靠运行, 为高炉可靠、经济、环保地运行打下了坚实的基础。

关键词: 热风炉 两级双预热 高风温 热效率 长寿

1 目前国内热风炉系统预热系统的现状

从全世界范围来看, 大家都在努力提高热风温度, 从而提高喷煤量, 节约宝贵的焦炭而创造条件。热风温度在 1150℃ 以上时, 提高 100℃ 风温, 可以节约焦炭 8~15kg/tFe^[1]。少数钢铁企业由于拥有多余的高热值煤气(焦炉煤气或转炉煤气), 故获得 1250℃ 及以上高风温比较容易实现。但是由于各钢铁厂高热值煤气越来越紧张, 这就迫使人们考虑在采用单一高炉煤气的情况下如何获得 1250℃ 以上的风温(对于大型高炉要求 1300℃ 及以上的风温)。目前国内许多钢铁厂在这方面做了大量的工作, 涌现出了各种各样的工艺流程。实践证明, 各种各样的工艺流程, 都有其特点, 为推动热风炉风温水平的提高做出了一定的贡献。但是仔细分析目前各厂采用的工艺流程, 又或多或少的存在一定的缺陷。在新设计的热风炉或者旧热风炉改造时, 应该仔细研究, 从而推动我国热风炉高风温技术的进一步发展。

目前我国高炉热风炉系统为了获得高风温所采取的措施中存在如下一些缺陷:

1.1 热风温度偏低。对于仅采用低温热管换热器而预热高炉煤气和助燃空气的热风炉系统, 在采用单一高炉煤气的情况下, 其风温水平一般不会超过 1200℃, 故这种工艺流程已经不能满足高风温的要求。

1.2 预热系统的寿命不能与热风炉本体同步, 且在大型高炉热风炉系统上应用有一些缺陷。为了达到 1250℃ 热风温度, 目前国内普遍采用的是附加燃烧炉加中温换热器的组合方式, 将助燃空气和煤气预热到较高温度, 从而满足 1250℃ 的高风温。中温换热器主要有两种类型, 一种为扰流子中温管式换热器(烟气温度一般不超过 600℃), 另外一种为强制油循环中温管式换热器(此流程目前在台湾中钢采用, 使用较少)。前者由于工艺特点及制造水平限制, 目前运行结果表明不能和高炉寿命同步, 更不能和热风炉寿命同步, 其使用寿命约为 10 年左右; 当高炉大型化以后, 这种换热器的体积也变得非常庞大, 节省投资的优势不明显; 而且一般只能将煤气和空气预热到 300℃, 风温最高一般只能达到 1250℃ 而无法达到 1300℃ 及以上, 且一旦系统出现故障, 对热风温度的影响较大。由于没有充分回收热风炉废烟气余热, 故系统尚有一定改进余地。

目前国内一些高炉上使用了高风温组合换热系统。该系统从原理上讲是对附加燃烧炉加中温换热器的组合方式的一种改进, 提高了整个热风炉的热效率, 充分回收了热风炉废烟气余热, 且热风炉助燃空气采用了两级预热。该系统关键部件为空气二级扰流子换热器, 如何提高其使用寿命是该工艺需要重点解决的

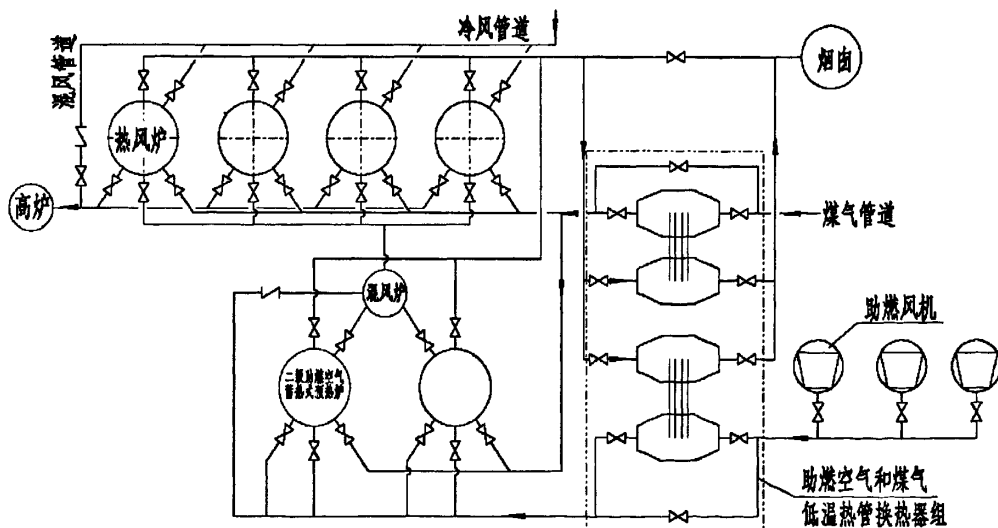
问题。

1.3 对热风炉系统总体热效率重视不够。首钢2号高炉率先利用旧的热风炉,加以适当的改造,用来预热助燃空气,以获得 600°C 的助燃空气。国内很多高炉也采用了类似的系统,从而获得 1250°C 的风温。但是在采用这样的系统时,往往对热风炉系统的总体热效率重视不够。在国内已经投产的高炉的热风炉系统中,在配置蓄热式热风炉预热助燃空气的情况下,一般只配置助燃空气低温热管或者煤气低温热管换热器,而不是两者同时配置。这样做的缺点有二条:一是根据热风炉系统的热平衡计算,在只配置一种介质低温预热的情况,将导致大量烟气余热排向大气,不仅导致环境的恶化,也降低了整个热风炉系统的总体热效率,一些观点认为,由于现在的高炉都在提高喷煤比,故喷煤系统需要一部分热风炉烟气用来制粉。但是通过整个喷煤系统和热风炉系统烟气平衡的计算,喷煤制粉系统需要的热风炉烟气量占热风炉系统的烟气只是很小一部分,根本无法全部消化。还有一部分人认为,部分没有换热的热风炉烟气可以直接用来制粉,取消制粉系统的烟气炉。实践证明这样的系统存在一些缺陷,因而未得到钢铁厂的普遍采用(只有个别钢铁厂采用,国内某钢铁厂采用的条件,是热风炉距制粉距离较近)。第二个缺点是目前普遍的做法是只进行空气的低温热管换热,而不进行煤气的低温热管换热。这样做其实并不好,因为,为了环保和节能,各钢铁厂目前普遍采用了高炉煤气干法除尘系统,不仅在中型高炉上得到了大量使用,而且在国内大型高炉上($3200\sim 5500\text{m}^3$)也获得了应用。在实践过程中发现,采用干法除尘系统煤气的低温冷凝液具有很强的酸腐蚀性,在许多钢铁厂出现了管道和设备的点腐蚀。而进行煤气的低温热管换热,既提高了热风炉系统总的热效率,又减少甚至消除了煤气的低温冷凝,从而为热风炉系统的长期安全生产创造了条件。

2 首钢京唐钢铁厂 5500m^3 高炉热风炉系统长寿型两级双预热系统设计

综合国内各种预热工艺流程的优缺点,并且结合首钢在该领域积累的大量工程实践,在首钢京唐钢铁厂 5500m^3 高炉热风炉预热系统设计中,采用了具有我公司自主知识产权的长寿型两级双预热系统。

2.1 工艺流程



热风炉系统长寿型两级双预热系统设工艺流程见图1。

图1 热风炉系统高风温的长寿型两级双预热系统流程图

二级助燃空气蓄热式预热炉的助燃空气和煤气分别通过其助燃空气燃烧阀和煤气燃烧阀进入预热炉混合燃烧，完成对二级助燃空气蓄热式预热炉蓄热。二级助燃空气蓄热式预热炉蓄热完成后，将其切换到送风状态，这时来自低温空气总管的空气（ $\sim 190^{\circ}\text{C}$ ）通过二级助燃空气蓄热式预热炉冷风管道和冷空气阀进入二级助燃空气蓄热式预热炉，与其内的格子砖换热后，产生的高温空气经过热空气阀进入混风炉，与流经冷空气混风管道和冷空气混风阀进入混风炉的低温空气（ $\sim 190^{\circ}\text{C}$ ）混合，产生的中温助燃空气（ $450\sim 700^{\circ}\text{C}$ ）通过中温助燃空气管道输送到热风炉，用于热风炉的燃烧。

来自管网的高炉煤气（包括所有的热风炉和二级助燃空气蓄热式预热炉燃烧需要的所有高炉煤气），经过煤气低温热管换热器预热到约 200°C 后，然后通过两根煤气管道分别输送到二级助燃空气蓄热式预热炉和热风炉，与各自的助燃空气混合燃烧，完成各自的燃烧过程。

二级助燃空气蓄热式预热炉和热风炉各自燃烧产生的高温烟气，其热量被各自蓄热室的格子砖吸收后，通过各自烟道阀的废烟气最高温度被控制在 450°C ，然后通过各自的烟气管道汇总到烟气换热器入口，这样所有的废烟气都尽可能参与助燃空气和煤气的低温换热。完成换热后的废烟气最终通过共用烟囱排入大气。

2.2 工艺流程的特点

在配置二级助燃空气蓄热式预热炉预热助燃空气的情况下，同时配置助燃空气低温热管和煤气低温热管换热器，且二级助燃空气蓄热式预热炉用助燃空气也利用废烟气预热，大大提高了整个热风炉系统的热效率，整个预热系统的使用寿命与热风炉本体同步，满足了现代高炉长期高温稳定运行的要求。国内现有的预热系统追求的只是最高 1250°C 的风温水平，而本工艺流程满足了 1300°C 及以上的风温水平要求。煤气采用低温热管换热器进行预热的目的，不仅利用废烟气的余热，提高热风炉系统总的热效率，而且根据目前国内的生产实践，煤气采用低温热管换热器进行预热后，其温度大大超过煤气结露温度，消除煤气低温冷凝，减少了煤气管道的酸腐蚀，从而为热风炉系统的长期安全生产创造了条件。

热风炉和二级助燃空气蓄热式预热炉所需要的所有助燃空气都由集中助燃风机提供，而不是将两者分开，使设备功能集中，减少了设备的台数，简化了工艺流程，为热风炉和二级助燃空气蓄热式预热炉所有助燃空气都经过助燃空气低温热管换热器创造了条件。

在煤气和空气低温热管换热器长期使用以后换热效率变低而需要重新充填换热介质时，热风炉系统仍然能够稳定地为高炉提供 1250°C 的热风温度。

而这种预热系统的配置，反过来又为热风炉本体的优化设计创造了条件。由于采用了这种完善的预热系统，热风炉的废气温度可以提高到 450°C ，可以有效提高热风温度，减少热风炉本体的格子砖使用量，热风炉本体的建设投资可以降低 5%。

2.3 煤气低温热管换热器和助燃空气低温热管换热器配置

煤气低温热管换热器和助燃空气低温热管换热器的设计参数见下表 1。

煤气和助燃空气低温热管换热器设计参数表 表 1

名 称	单 位	烟 气	煤气低温热管换 热 器	助燃空气低温 热管换热器
流 量	Nm^3/h	700000	505349	319000

进口温度	℃	350	45	20
出口温度	℃	~165	215	200
流动阻力	Pa	≤500	≤550	≤600
最高管内蒸汽温度	℃		260	248
换热面积	m ²	6811+14224(热侧)		
回收热量	Kw	21461+35373=56833		

由于低温换热器区域管道直径较大，低温换热系统的各种阀门均选择了液动阀门，并且具有调节功能，简化了阀门选型和工艺操作的需要。

2.4 二级助燃空气蓄热式预热炉设计参数

二级助燃空气蓄热式预热炉采用顶燃式热风炉，其工艺设计参数见表2

二级助燃空气蓄热式预热炉参数表

表 2

名称	单位	参数
空气蓄热式预热炉座数	座	2
周期	小时	1.50
送风时间	小时	0.75
拱顶温度	℃	1315
热空气温度	℃	1200
空气入口温度	℃	190
助燃空气温度	℃	190
煤气温度	℃	190
废烟气平均温度	℃	340
废烟气最高温度	℃	450
介质消耗量		
加热空气量	m ³ /h	129149
煤气消耗量	m ³ /h	99083
助燃空气消耗量	m ³ /h	68888
烟气量	m ³ /h	161866
格子砖重量	t	768.8
加热面积（一座预热炉）	m ²	35865
煤气热值	Kcal/m ³	720
热效率	%	76.40

3 结语

在首钢京唐钢铁厂 5500m³ 高炉热风炉预热系统设计中,总结了国内相关工艺流程的优缺点,结合首钢的工程实践,提出了长寿型两级双预热系统。该系统已于 2009 年 5 月投入运行,从运行情况看,系统能够满足在使用单一高炉煤气的情况下,获得 1300℃的热风温度,目前高炉风温月平均水平已经达到 1300℃,技术优势已初步呈现出来。长寿型两级双预热系统优点体现在:

- (1) 提高热风炉烟气温度,缩小热风炉尺寸,从而减少热风炉本体投资;
- (2) 助燃空气采用二级预热,即助燃空气预热由一级热管换热器和二级蓄热式预热炉组合而成:煤气采用热管换热器。
- (3) 获得了较高的助燃空气温度和适当的煤气预热温度,从而在使用单一高炉煤气的情况下获得 1300℃以上的热风温度;
- (4) 在获得 1300℃以上的热风温度的情况下,整个热风炉系统的热效率仍保持在很高的水平;
- (5) 助燃空气二级预热采用蓄热式热风炉,与热风炉本体寿命保持同步;
- (6) 在助燃空气和煤气低温预热系统失效而进行检修时,仍然能够获得较高的热风温度,从而保证高炉始终在高风温水平下操作。

参考文献

- [1] 项钟庸 王筱留等编著. 高炉设计-炼铁工艺设计理论与实践. 北京: 冶金工业出版社, 2007