

首钢京唐公司1号高炉工艺技术特点

王涛 张卫东 任立军 魏红旗

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司)

摘要 对首钢京唐公司1号高炉工艺技术特点进行了阐述。1号高炉以“高效、低耗、优质、长寿、清洁”为设计理念,优化集成了国内外先进的新技术、新工艺,以实现高炉生产的大型化、高效化、现代化、长寿化、清洁化。

关键词 特大型高炉 设计 炉型 长寿

Technical Process Features of No. 1 Blast Furnace in Shougang Jingtang Co., Ltd.

Wang Tao Zhang Weidong Ren Lijun Wei Hongqi

(Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd.)

Abstract The technical process features of No. 1 blast furnace in Shougang Jingtang Co., Ltd. are described. As large sized blast furnace, it is designed based on the concept of high efficiency, low consumption, long campaign and clean environment and integrated with advanced new technologies and processes home and abroad with aim of realizing the said concept.

Key words super larged blast furnace design furnace shape long campaign

按照规划,首钢京唐公司一期建设2座5500 m³高炉,年产炼钢生铁898万t。京唐1号高炉于2007年3月12日开工建设,以“高效、低耗、优质、长寿、清洁”为设计理念,优化集成了国内外先进的新技术、新工艺,以实现高炉生产的大型化、高效化、现代化、长寿化、清洁化。

1 主要设计指标

首钢京唐1号高炉有效容积为5500 m³,主要设计指标如下:年平均利用系数2.3,焦比290 kg/t,煤比200 kg/t,燃料比490 kg/t,熟料率90%,入炉综合品位61%,渣比250 kg/t,风温1300℃,顶压0.28 MPa,富氧率3.5%,综合冶炼强度1.035,净煤气含尘量5 mg/m³,TRT吨铁发电量45 kW·h/t,工序能耗404 kg标煤/t,高炉一代炉役寿命25年。

2 工艺技术特点

2.1 高炉本体

为实现高炉25年的长寿设计,高炉采用了综合长寿技术:优化设计炉型和炉底炉缸结构,采用全冷却炉体结构,采用优质冷却壁耐材以及先进的冷却制度,并配置完善的检测系统和高炉专家系统。

(1) 优化设计炉型。1号高炉借鉴国内外4000 m³以上大型高炉的设计经验,对高炉炉型进行合理优化,高炉矮胖,高径比为1.93。为减小铁水环流对炉缸内衬的冲刷侵蚀,保证炉缸热量储备,死铁层加深为3.0 m。为煤气和渣皮的稳定,适当减小炉腹角。为有利于强化冶炼、铁口的维护和有效地延长炉缸寿命,炉缸高度增加为5.4 m。

(2) 优化炉底和炉缸结构。1号高炉炉底铺设水冷支管,通除盐水冷却。炉底采用日本黑崎播磨株式会社产大块炭砖:第1层为NDK高导热石墨炭砖,第2、3层为NDK微孔炭砖,第4层为超微孔炭砖。4层炭砖的上面立砌2层陶瓷垫。炉缸环砌美国UCAR公司NMA、NMD热压小块炭砖,风口采用大块风口组合砖砌筑。通过优化炉缸和炉底结构,保护工况最为恶劣的炉缸区域以延长高炉寿命。

(3) 采用全冷却炉体结构。1号高炉采用铸铁、铜冷却壁和水冷炉喉钢砖的全冷却炉体结构,高炉共有18段冷却壁:炉缸区域的第1段和第4段~第6段为光面铸铁冷却壁;炉身中上部的第11段~第17段为镶砖铸铁冷却壁;第18段为无内衬C型铸

铁冷却壁;炉喉采用2段水冷钢砖;在其他工作条件恶劣的区域大面积使用铜冷却壁;第2、3段(炉缸“象脚状”侵蚀区域)采用光面铜冷却壁;4个铁口区域采用小块铜冷却壁;第7、8、9、10段(炉腹、炉腰、炉身下部)采用镶砖铜冷却壁。

(4)采用优质冷却壁耐材。为实现高炉长寿,炉腹区堆砌12层NDK炉腹砖,炉腰至炉身中部冷却壁采用赛隆结合碳化硅砖,炉身上部冷却壁采用高密度磷酸浸渍粘土砖。

(5)先进冷却制度。高炉冷却水系统大面积采用除盐水密闭循环系统冷却,个别区域采用工业净环水系统冷却。

除盐水系统以炉体A系统为主,另有炉体B系统、热风炉系统两个辅助子系统。炉体A系统循环水量为 $5900\text{ m}^3/\text{h}$,供炉体1~18段冷却壁串联冷却用水、炉底冷却用水,实现了炉体全部使用除盐水冷却。炉体B系统循环水量为 $2900\text{ m}^3/\text{h}$,供风口后腔、中套、大套用水。除盐水在工况条件恶劣的风口区域的使用大大延长风口大、中、小三套使用寿命。热风炉系统循环水量为 $1160\text{ m}^3/\text{h}$,供热风阀和干法除尘散热塔用水。

工业净环水系统分为高压、中压、常压工业水3个子系统。高压工业水循环水量为 $1800\text{ m}^3/\text{h}$,供风口前腔、固定测温及炉顶打水。中压工业水循环水量 $1500\text{ m}^3/\text{h}$,供炉喉钢砖、直吹管冷却和除盐水备用。常压工业水循环水量 $152\text{ m}^3/\text{h}$,供其他用水。

(6)完善的炉体检测和高炉操作专家系统。1号高炉建有完善的炉体检测系统,配置高炉操作专家系统。炉缸和炉底设置的548个炉衬热电偶来检测炉底温度场分布,可以监测炉底的侵蚀状况,推断炉缸工作状态。炉体设置460个冷却壁热电偶来推断软熔带位置,检测炉衬侵蚀状况,推断操作炉型。15个炉喉热电偶和十字测温装置来监测高炉炉身上部的煤气分布,指导装料调整。在高炉冷却水系统中,设置水系统进出口压力、流量、温度检测,推断风口及冷却设备的破损状况,可以辅助检漏。

2.2 上料布料系统

1号高炉上料布料系统以实现分级入炉、提高原燃料利用率、提高布料调剂灵活性为核心,通过采用无中转站、胶带机直接上料工艺、分级入炉工艺、焦丁矿丁回收工艺、并罐炉顶布料工艺,实现了特大型高炉炉料分布控制技术的优化。

(1)无中转站、胶带机直接上料工艺。1号高炉

和正建的2号高炉共用1座联合料仓,以减低投资。焦炭、矿石料仓采用并列式布置。原燃料采用分散筛分和分散称量、无中转站、胶带机直接上料工艺,取消传统的中间集中称量罐。这样既降低投资成本,同时降低了物料转运的落差高度,减少原燃料的机械破碎。

(2)分级入炉工艺。烧结矿按照烧结分厂运送来的大成品(粒度 $>20\text{ mm}$)、小成品($6.3\sim20\text{ mm}$)分别入仓,实现烧结矿分级入炉。焦炭按照焦炭运送来的大粒度焦(粒度 $>60\text{ mm}$)、中粒度焦($25\sim60\text{ mm}$)分别入仓,实现焦炭分级入炉。烧结矿、焦炭分级入炉大大提高了炉料透气性,为高炉提升生产指标创造了条件。

(3)焦丁矿丁回收工艺。在高炉返矿、返焦中回收粒度分别为 $10\sim25\text{ mm}$ 的焦丁和 $3\sim8\text{ mm}$ 的矿丁。焦丁、矿丁的回收利用提高了原燃料的利用率,降低了高炉投料量,从而降低铁水成本。焦丁与矿石混装入炉,有利于提高料柱透气性,有利于降低焦比。矿丁的回收有利于降低高炉返矿在烧结矿中的配比,有利于提高烧结矿强度、粒度,降低炼铁工序能耗。1号高炉5月21日开炉后,逐步加大焦丁、矿丁的回收比例,进入8月,实现了自产焦丁、矿丁的全部回收消化。

(4)并罐炉顶布料工艺。1号高炉采用成熟的水冷气封并罐式无料钟炉顶设备,实现布料调剂的灵活性。炉顶设置 $2\times80\text{ m}^3$ 料罐,上下密封阀直径为 1100 mm ,节流阀直径为 1000 mm ,中心喉管直径为 730 mm ,溜槽长 4500 mm ,设计炉顶压力为 0.28 MPa ,设备最大能力为 0.30 MPa 。

2.3 制粉喷煤系统

采用大型中速磨煤机制粉、封闭式混风炉干燥、高效布袋一级收粉、三罐并列喷吹、长距离浓相输送、喷煤总管流量检测及调节直接喷吹工艺。

1号高炉采用2台中速磨制粉,设备出力大,制粉能力 $\geq150\text{ t/h}$,高效中速磨为高炉打出高煤比创造条件。高炉采用2座卧式混风炉,干燥剂由高炉热风炉废气与高温烟气混合而成,以热风炉废气为主。煤粉全程氮气浓相输送,效率高,更为安全。氧煤枪的使用可以有效促使煤粉充分燃烧,为高炉大喷吹创造条件。整个系统自动化程度高,实现倒罐、喷吹自动控制。

5月21日开炉后,1号高炉从5月23日23:15开始喷吹煤粉。初期受公司管网氮气压力不稳定的

影响,高炉有断煤现象。在氮气问题得到解决后设备运行正常,喷吹均匀稳定,喷吹量控制准确。

2.4 鼓风系统

1号高炉和在建的2号高炉共配备了3台全静叶可调轴流式压缩机(2用1备),设备最大能力:风量 $9\,300\text{ Nm}^3/\text{min}$,风压 0.55 MPa ,配备脱湿装置。鼓风系统有操作迅速、运行简便、结构紧凑、调节性能良好、噪音低等优点。冷风管道设有富氧和加湿系统,富氧率设计值为 3.5% ,设备最大能力 5.5% 。加湿系统既可以稳定综合鼓风中的蒸汽含量,也可以作为一种炉况日常调剂的手段,有利于高炉综合负荷的稳定、高风温使用以及热制度的稳定。

2.5 热风系统

1号高炉配置4座卡鲁金顶燃式高风温长寿热风炉和2座预热炉,这是顶燃式热风炉首次在 5000 m^3 以上特大型高炉应用。热风炉均采用喷射旋流式无焰陶瓷燃烧器、 $19\text{孔}\times\phi 30\text{ mm}$ 的高效格子砖、高性能Mo合金铸铁炉箅子及支柱等设备。高温区采用硅砖。高温阀门使用除盐水密闭循环冷却。热风炉系统燃烧、送风、换炉实现自动控制。

为实现热风炉寿命达到高炉两代炉役的目标,热风炉采用优质耐火材料,并合理优化炉体结构。热风炉采用了喷射旋流式无焰陶瓷燃烧器,有效降低了拱顶的温度,有利于拱顶温度的稳定。采用含Mo合金铸铁炉箅子后,最高烟气温度可以达到 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。为了防止出现晶间应力裂纹腐蚀,拱顶钢壳内表面进行涂以防晶间应力腐蚀涂料。蓄热室顶部与拱顶之间采用独立结构,使拱顶及上部直筒砌砖完全脱离。管道钢壳内表面涂防腐涂料以延长热风总管和支管的寿命。所有主要阀门采用除盐水密闭循环冷却,延长其使用寿命。

热风炉烟道废气预热回收系统采用分离型换热器,同时预热助燃空气和高炉煤气。在采用空气换热器将助燃空气预热到 $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的基础上,经2座预热炉预热后,助燃空气可达 $450\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。通过助燃空气及煤气预热,高炉热风围管处可达 $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.6 出铁场

1号高炉采用矩形双出铁场和出铁场公路引桥,设置4个铁口,出铁场平坦化。德国TMT公司液压泥炮、开口机采用同侧布置,配备换风口机、拆沟机等大型机械,泥炮与开口机和天车实现远程遥控控制,炉前操作机械化、自动化水平的提高减轻了工人劳动强度,提高了劳动效率。

采用大型铁水包车运送铁水的“一包到底”技术。高炉铁水运输车进入炼钢车间,取消铁水倒罐工序,并可在铁水运输车上完成部分铁水处理工序,其主要优点为:取消铁水倒罐作业工序,减少铁水温度;降低铁损、减少环境污染;降低大型天车的吊运次数,加快生产节奏。

开炉后5月22日20:59,高炉出第1次铁。出铁非常顺利,先见铁后见渣,渣铁流动良好,铁水温度为 $1426\text{ }^{\circ}\text{C}$,渣铁分离良好,炉渣全部冲水渣。此后出铁逐步过渡到正常。目前日出铁次数在10次左右,适应高炉日益强化冶炼的需求。

2.7 渣处理系统

渣处理采用明特法炉渣处理工艺。高炉熔渣经过渣沟进入冲渣喷嘴,从冲渣喷嘴喷出的高速水流使熔渣水淬冷却,形成颗粒状水渣,渣水混合物经水渣沟通过冷却塔输送到搅笼池,渣水混合物在搅笼池中经过螺旋搅笼机分离出水渣,水渣经溜槽落到水渣胶带上,输送到堆渣场。冲渣水在搅笼池中经过电动过滤器过滤后,溢流到冲渣泵房的吸水井中,循环使用。

冲渣水循环使用,减少水量消耗。熔渣全部水淬粒化,干渣坑仅作为事故备用,有利于环保和水渣综合利用。冲渣产生的大量蒸汽经过冷却塔实现回收,再经过开式散热塔处理后循环使用,有利于减少二氧化硫、硫化氢排放量,防止酸雨形成。

明特法炉渣处理工艺流程短、可靠,关键设备为螺旋搅笼机、电动过滤器,设备控制简单,维护工作量小。搅笼投产后设备运行可靠,尚未使用干渣坑。

2.8 粗煤气系统

高炉粗煤气除尘系统包括煤气导出管、上升管、五通球、下降管、切向旋风除尘器、中间罐及卸灰装置、放散阀和检修设施等组成。高炉煤气经4根 $\phi 2700\text{ mm}$ 的煤气导出管和上升管在高端的直径 $\phi 7000\text{ mm}$ 五通球汇合,然后经过1根 $\phi 4100\text{ mm}$ 的下降管进入直径为 $\phi 7000\text{ mm}$ 的切向旋流除尘器进行粗除尘。五通球连接技术的好处是降低高度、节省投资;切向旋流除尘器除尘效果高于重力除尘;除尘器中的瓦斯灰定期由密闭罐车运到烧结厂配料使用,避免了二次污染。1号高炉煤气系统工艺流程如图1所示。

2.9 全干法布袋除尘系统

首钢京唐1号高炉放弃大高炉常见的“干法备湿法”除尘工艺,采用“低压脉冲干式布袋除尘”的

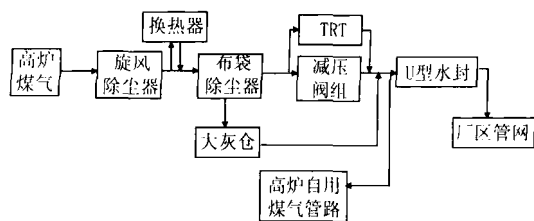


图1 首钢京唐1号高炉煤气系统工艺流程示意

全干法除尘工艺,共设置2列15个除尘箱体和1个大灰仓,标况流速1.18 m/min。滤经旋风除尘器初步除尘后,高炉煤气进入干法布袋除尘器箱体进一步过滤。在干法除尘系统入口前并联3座散热塔控制荒煤气温度,使得布袋室入口温度在120~220℃,瞬时温度不大于260℃。反吹清灰系统选用定压差或定时脉冲反吹操作方式。当除尘器箱体进出口压差或过滤时间达到设定值时,程序自动启动脉冲反吹清灰系统通过压力为0.6 MPa的氮气反吹扫。吹落的除尘灰落到箱体下部灰斗,最后采用氮气吹送至灰仓集中,最后由密闭罐车定时排放。灰斗设置上下灰位指示计,达到上限,自动输灰;达到下限,停止输灰。

采用干法除尘工艺可以大幅降低水电消耗,而且比湿法除尘后的煤气热值高、TRT发电量高(约20%~30%)、不需要污泥、污水处理设施。系统投入后运行良好,在解决了初期因氮气管路脏引气脉冲阀堵塞的问题后,箱体压差控制在2.5~3.0 kPa,净化后净煤气含尘量在2~4 mg/m³,达到设计不大于5 mg/m³的要求,完全能满足生产需要,开创超大型高炉“干法备干法”全干法除尘的先例。

2.10 干法 TRT

经旋风除尘器和干法除尘净化后的高炉净煤气

表1 首钢京唐1号高炉主要技术经济指标统计

月份	日均产量 t	利用系数 t/(m ³ ·d)	焦比 kg/t	煤比 kg/t	燃料比 kg/t	风温 ℃	工序能耗 kg 标准煤/t
5	4840	0.88	551	83	634	914	799
6	7425	1.35	503	62	565	998	538
7	8525	1.55	483	49	532	1063	461
8	11000	2.01	372	94	481	1166	409
9	11660	2.12	354	101	483	1212	419
10	12210	2.22	340	117	488	1262	414

4 结语

京唐1号高炉采用先进实用、成熟可靠、节能环保、优质长寿的工艺技术,经过开炉后生产实践证明,各系统均能稳定运行。先进工艺技术的应用为把京唐1号高炉建设成为21世纪国际先进、竞争力强的特大型高炉提供技术保障,也为其他新建的超

进入1号高炉配置的干式TRT系统进行余压发电,和TRT系统并列布置的减压阀组作为辅助备用装置。引进的干式TRT系统是和干法除尘系统配套的新一代余压透平系统,能充分利用高炉煤气的热能、动能。TRT系统采用轴流干式上下分离全静叶可调的透平机,发电机的额定功率36.5 MW,设计发电能力为45 kW·h/t。8月13日TRT系统正式投产以来,高炉顶压调控稳定,TRT系统可靠性强,出力大,噪音小。

2.11 环境保护

1号高炉作为可持续发展示范项目,从设计到生产都非常重视环保问题。上料系统分级入炉、矿丁焦丁回收的先进设计和热风炉系统提供的高风温为高炉降焦、节能提供了便利。“旋风除尘器+干法布袋除尘+干式TRT”煤气处理系统实现能源的最大回收,炼铁工序能耗设计值为404 kg 标煤/t。

炼铁设置独立的净、浊循环水处理系统,废水经处理后循环(或串级)使用,提高水的重复利用率,节省水资源。制粉系统的废气通过煤粉收集器中的布袋进行过滤,由排废风机排入大气。煤粉收集系统的除尘效率>99%,出口粉尘浓度<20 mg/m³。高炉料仓及出铁场均设有布袋除尘系统。高炉鼓风机、热风炉助燃风机、放风阀、高炉炉顶均压放散阀、TRT、减压阀组等设消声装置以降低噪声。

3 生产实践

1号高炉于2009年5月21日开炉,经过5个月的生产实践后,现在正处于强化达产、稳步提升各项生产指标阶段。高炉主要技术经济指标见表1。

大型高炉提供借鉴,提升超大型高炉的整体工艺技术水平。

联系人:魏红旗 工程师 电话:0315-8871113

E-mail: weihq1113@163.com

(063200)河北省唐山市曹妃甸首钢京唐公司炼铁部生产技术室

收稿日期:2009-11-18