

大型高炉紧凑型长距离喷煤技术

张福明

(首钢总公司 北京 100043)

摘要 首钢 2、3 号高炉制粉喷煤系统技术改造中,采用自行设计开发的紧凑型长距离直接喷煤技术。制粉系统采用大型中速磨、高效袋式煤粉收集器、大倾角胶带机,喷煤系统采用双系列串联罐、总管——分配器、自动给煤机、流化喷吹、压力平衡型波纹补偿器、直接喷吹等技术,在生产实践中获得了成功。

关键词 高炉 喷煤 直接喷吹 中速磨

1 概况

我国是煤炭资源丰富的国家,但我国的炼焦煤资源匮乏。随着我国钢铁工业的迅猛发展,炼焦煤供需矛盾日益突出。面对有限的炼焦煤资源,大力发展高炉喷煤技术已经成为必然。对于地处首都、需大量高价采购外地焦炭的首钢而言,提高喷煤量具有更特殊的战略、环境和经济意义。

1999 年,首钢根据长远发展规划的要求,决定建设一套新的高炉制粉喷煤系统,结合首钢现役高炉的生产状况和技术装备,决定对 2 号(1726m³)、3 号(2536m³)高炉的喷煤系统进行全面新技术改造。该项目的实施,可以降低首钢高炉生产成本,降低能源消耗,实现清洁化生产,淘汰能耗高、污染大的落后工艺和设备,提高高炉喷煤整体技术装备水平和综合技术经济指标。

2 技术方案的确

由于首钢是国有特大型老企业,制粉喷煤系统工艺设备老化,场地拥挤,工艺落后,存在诸多问题。实施制粉喷煤系统的新技术改造存在着相当大的困难,技术观点上也存在着分歧。首钢现有制粉喷煤系统存在的突出问题是:①制粉能力严重不足,只能维持高炉喷煤量 110kg/t;②工艺技术落后,设备老化;③安全措施不完善,不能喷吹烟煤和混煤;④场地狭小,建设新的制粉喷煤车间存在很大难度;⑤原有煤场储量偏小,很难适应大喷煤量的要求。

为解决上述问题,在技术方案设计时,对目前国内外现行的各种高炉制粉喷煤技术进

行了分析研究和技术对比,吸收国际上最新的设计理念和设计思想,结合我国和首钢的实际情况,对于大型高炉采用短流程中速磨制粉、长距离直接喷吹技术进行了重点技术研究和开发创新。

结合首钢的实际条件和国内外高炉制粉喷煤技术的发展趋势,经过充分地技术研究和论证,决定在首钢原四制粉车间附近,利用原有的储煤场,新建一个高炉制粉喷煤车间,将制粉、喷煤系统合建在一个厂房内。采用大倾角胶带机、大型中速磨、高效袋式煤粉收集器、双系列串联罐组、总管—分配器长距离直接喷吹新工艺。首钢新型高炉喷煤技术工艺流程见图 1。

3 工艺设计与技术特点

新的高炉制粉喷煤系统由北京首钢设计院设计,采用长距离直接喷吹、大型中速磨、引射式燃烧炉、低压脉冲高效袋式煤粉收集器、大倾角胶带机、自动可调式给煤机以及煤粉分配器等国产化先进技术和设备,并且设计了两套喷煤系统之间煤粉的互相供给和分配装置。

北京市优秀青年科技基金资助课题

联系人:张福明,教授级高级工程师,北京(100043)首钢设计院

3.1 工艺总体布置

首钢是具有 80 多年历史的老厂,由于生产能力的不断扩大,使首钢厂区十分拥挤,场地非常紧张。在满足生产和工艺要求的前提下,充分利用炼铁厂现有场地,利用原有四制粉车间的储煤场,新建的制粉喷煤车间位于首钢原四制粉车间北侧,采用紧凑型工艺布置,将制粉、喷煤系统合建在一个厂房内。制粉喷煤主厂房占地 $12 \times 45\text{m}^2$,其它附属设施布置在车间附近。

3.2 上煤系统

由于利用首钢原有四制粉车间的储煤场,场地拥挤、狭窄,无法采用普通胶带机上煤,使原煤的运输成为一个重要的技术问题,设计开发了采用大倾角胶带机(75°)上煤工艺。设计中在原四制粉车间储煤场进行了改造,适当扩大了煤场的存储能力,在不影响原有生产设施的条件下,采用 2 条大倾角胶带机,将原煤提升至高度 40m 的原煤仓。设计 2 个双曲线原煤仓,单仓有效容积 350m^3 ,可存储原煤 7h。

采用大倾角胶带机上煤的新工艺,特别适用于场地拥挤的老企业制粉喷煤系统新技术改造,而且占地面积少,投资省,设备简化。

3.3 干燥气供应系统

设计中不同的干燥气供应工艺进行了研究分析,结合首钢的实际条件,采用混合干燥气供应工艺。但由于新建的制粉喷煤车间距离 2、3 号高炉较远,因此采用距离较近的 4 号高炉(2100m^3)热风炉烟气。2002 年,在首钢 2 号高炉技术改造过程中,又新建了一套由 2 号高炉热风炉抽引热风炉烟气的干燥气供应系统,以实现干燥气的稳定供应。

由于热风炉烟气温度较低,而且温度不稳定,先将热风炉烟气抽送至制粉车间的燃烧炉内,与燃烧炉所产生的高温烟气充分混合后,再进入中速磨中。

采用的全封闭引射式燃烧炉为圆筒形双层结构,燃烧炉尾部为燃烧室,前端为环状引射式混合室。全封闭引射式燃烧炉具有结构紧凑、调节范围大、占地面积小、便于控制、节约能源等特点。引射式燃烧炉主要技术性能见表 1。

表 1 引射式燃烧炉主要技术性能

项 目	参 数
最大流量 Nm^3/h	75000
额定流量 Nm^3/h	68000
烟气入口温度 $^\circ\text{C}$	130 ~ 150
混合后温度 $^\circ\text{C}$	240 ~ 280
出口处压力设定 Pa	-100 ~ -200
高炉煤气热值 kJ/m^3	2973
燃烧器长度 mm	1630
炉体长度 mm	7400
炉体直径 mm	3200
管道直径 mm	1600

3.4 磨煤制粉系统

3.4.1 中速磨选型

我国从 80 年代中期开始和国外中速磨制造厂商合作,通过技术引进和消化吸收,我国在中速磨设计、制造技术上已经取得突破,在大型电厂和高炉上都已能够采用我国自行设计、制造的中速磨。设计中中速磨制造企业及其用户均进行了技术考察,对中速磨的设备结构特点、运行特点、使用情况等进行了客观的分析对比,最终选用了 MPS 型中速磨。

3.4.2 中速磨生产能力的确定

(1) 煤种的选择

近 30 年来,首钢高炉一直喷吹京西无烟煤,由于京西煤矿已开采多年,煤质条件不断恶化,煤质硬、灰分高且价格较贵。因此首钢专门成立了煤种调研小组对今后拟采用的煤种进行了考察调研,并委托有关部门

对所选煤种进行了全面检验分析和评价。表 2 是根据原煤检验分析数据,经过优选以后作为中速磨设备选型的煤质数据。

(2)中速磨生产能力的确定

根据所确定的煤种和煤质条件,经过计算分析,采用了 2 台 MPS212 型中速磨,配置 SLS225 型动—静态煤粉分离器。MPS212 型中速磨标准出力为 67.7t/h,在 $HGI \geq 55$, $R_{90} \leq 20\%$, $W^Y \leq 10\%$ 的设计条件下,其实际出力可以达到 40t/h,可以满足 2 座大型高炉正常生产时煤比达到 200kg/t 的要求。MPS212 型中速磨主要技术性能见表 3。

表 2 中速磨设备选型的煤质数据

项 目	数 据
全水份 $M_f, \%$	≤ 10
空气干燥基水份 $M_{ad}, \%$	≤ 1
干燥无灰挥发份 $V_{daf}, \%$	≤ 25
灰份 $A_{ad}, \%$	12
硫份 $S_{o.ar}, \%$	≤ 0.8
低发热值 $Q_{net.v.ar}, MJ/kg$	29.57
可磨系数 $HGI, \%$	≥ 55
冲刷磨损指数 $K_e, \%$	3.5

表 3 MPS212 型中速磨主要技术性能

项 目	参 数
标准出力 ($HGI = 80$, $R_{90} = 16\%$, $W^Y = 4\%$) t/h	67.7
实际出力 ($HGI \geq 55$, $R_{90} \leq 20\%$, $W^Y \leq 10\%$) t/h	40
原煤粒度 μm	≤ 40
一次风量(标准状态) kg/s	21.65
磨盘工作直径 μm	2120
磨辊直径/宽度 μm	1650/560
磨辊数量,个	3
磨盘转速 r/min	24.8
传动速比	39.7
主电机功率 kW	560
主电机转速 r/min	985
主电机电压 V	6000
主电机防护等级	IP54
中速磨阻损 Pa	6700
分离器型号	SLS225
分离器电机功率 kW	37
分离器电机电压 V	380
分离器旋转速度 r/min	11~115
密封风流量 kg/s	0.57

3.5 煤粉收集系统

随着技术进步,煤粉收集的工艺流程和主要设备不断地更新和改进。90 年代以后,我国吸收国外成功经验,开发研制成功了低压脉冲高效煤粉收集器。中速磨设备自身已经配置了粗粉分离器,而高效袋式煤粉收集器的允许入口浓度已经达到 $500 \sim 1000 g/Nm^3$,出口排放浓度低于 $30 mg/Nm^3$ 。设计中采用高效袋式煤粉收集器一级收粉短流工艺,仅在煤粉收集器后设一台抽风机,取消了排粉风机、细粉分离器等设备,优化了工艺流程。抽风机流量 $103100 m^3/h$,全压 $14100 Pa$,电机功率 $630 kW$ 。高效袋式煤粉收集器的主要技术性能见表 4。

表4 GMZ4200 高效袋式煤粉收集器技术性能

项 目	参 数
过滤面积 m^2	2061
处理风量 m^3/h	102000
过滤风速 m/min	0.823
滤袋尺寸 mm	$\Phi 120 \times 6000$
滤袋数量 /个	1824
滤袋材质	抗静电针刺毡 NOMEX(500g/m ²)
入口浓度 g/m^3	≤ 1000
出口浓度 mg/m^3	≤ 30
入口温度 / $^{\circ}C$	≤ 120
喷吹压力 /MPa	0.25
氮气消耗量 m^3/min	6~10
设备耐压 /Pa	14000
设备阻力 /Pa	≤ 1200

3.6 喷煤系统

3.6.1 喷煤工艺流程

通过对串罐式和并罐式、总管—分配器和多管路系统的技术研究和对比,结合首钢高炉的生产工艺特点,采用了串罐式、总管—分配器喷煤工艺。设2个喷煤系统分别对2号、3号高炉进行直接喷吹,均采用串联罐双系列总管—分配器的喷吹工艺。喷煤系统的主要工艺参数见表5。

每座高炉的喷煤系统设有A、B两个喷吹系列,每个系列由煤粉仓、储煤罐、喷煤罐、给煤机、喷煤总管、分配器、喷煤支管及喷枪等主要设备组成。煤粉仓和储煤罐之间采用DN400球阀和DN400波纹器连接,储煤罐和喷煤罐之间采用DN400代钟式球阀和DN400压力平衡式波纹补器连接。喷煤罐下部设有DN250下煤球阀,煤粉通过下煤球阀进入自动可调煤粉给料机,在经喷煤总管输送至炉前分配器中,再由分配器分配到各个喷煤支管,经喷枪、风口喷入高炉。自动可调式给煤机、煤粉分配器、压力平衡型波纹补偿器、高温合金喷枪等全部为国产设备。

高炉喷吹气源采用压缩空气,由已投产的喷煤专用空压站供应,气源压力为1.2MPa。储煤罐、喷煤罐的充压和流化、煤粉收集器的脉冲反吹、煤粉仓的流化与惰化等,全部采用氮气。

3.6.2 煤粉交叉供给

正常生产中,一台中速磨对应一个高炉喷煤系统。由于2座高炉的生产能力不同,对煤粉量的需求量也不一样,因此设计了煤粉交叉互给装置。在每个煤粉收集器下设有2个收煤斗,分别对应每座高炉的2个系列。在收煤斗与煤粉仓之间设置交叉溜管,这样任意一台中速磨生产的煤粉可以向任意一座高炉的喷煤系统输送,使2座高炉的煤粉可以互相补充和分配,在一台中速磨出现故障时,也可以由一台中速磨供应2座高炉喷煤。

表5 喷煤系统主要工艺参数

项 目	2号高炉	3号高炉
高炉有效容积 m^3	1726	2536
利用系数 $t/(m^3 \cdot d)$	2.25	2.25
日产铁量 t/d	3884	5706
煤比 kg/t	200	200
热风压力 /MPa	0.35	0.35
喷煤量 t/h	32.37	47.55
喷煤罐有效容积 m^3	30	30
气源压力 /MPa	1.2	1.2
气固比 kg/kg	25	25
喷煤总管直径 mm	100	100
喷煤支管直径 mm	25	25
输送距离 m	452	358

3.7 煤粉长距离直接喷吹工艺

由于新建的高炉制粉喷煤车间距离 2、3 号高炉较远,设计中 对煤粉的输送方式进行了研究和论证。采用传统的输煤工艺可以解决煤粉长距离输送的问题,但是要增加输煤设备、喷煤设施等,煤粉输送到高炉附近还要进行再次收集,然后再经喷煤系统喷入高炉。这样设备复杂,工艺环节多,占地面积大,工程投资高。采用长距离煤粉直接喷吹工艺可以简化工艺流程,节约工程投资和占地,但是大型高压高炉煤粉直接喷吹距离长达 450m 的工艺在我国尚无先例,而且在国际上也不多见,设计中重点对煤粉长距离直接喷吹工艺进行了可靠性计算和研究,对煤粉直接喷吹管路系统进行了优化,实现了煤粉长距离直接喷吹。其中 2 号高炉喷煤总管长度达到 452m,3 号高炉喷煤总管长度达到 358m。

3.8 安全防火防爆系统

设计中严格执行《高炉喷吹烟煤系统防爆安全规程》(GB 16543-1996)的有关规定。在中速磨入口烟气管道上、煤粉收集器入口和出口管道上分别设置了氧浓度分析仪,在线监测系统的氧浓度;在每个煤粉仓上设置了 CO 浓度分析仪;一旦 O₂、CO 含量超标均能自动报警、充氮直至停机;对系统的温度和压力进行严格控制;干燥炉装有火焰监测器及熄火保护装置,喷吹气体在紧急状态下,可以由压缩空气切换为氮气。整个车间厂房的设计,完全按照有关规程要求配备了火灾报警、消防泵自动启动以及相应的消防设备。制粉、喷煤系统按照喷吹烟煤设计,在整个系统的设计中采取了防静电措施。

4 生产实践与应用

首钢新型高炉制粉喷煤工程于 2000 年 11 月投入运行。工程投产以后,解决了首钢制粉能力不足的矛盾,制粉能力达到了 80t/h,2 号、3 号高炉喷煤量得到了较大幅度的提高。3 号高炉最高月平均煤比达到 165kg/t,2002 年该高炉年平均利用系数达到 2.3t/(m³·d),入炉焦比为 351.1kg/t,煤比为 138.5kg/t。2 号高炉于 2002 年 3~5 月停炉进行大修技术改造,投产后的 2 号高炉生产指标不断攀升,2002 年 10 月,高炉利用系数达到 2.5t/(m³·d),入炉焦比为 296.8kg/t,煤比为 170kg/t,喷煤率达到 36.4%。

首钢 2 号、3 号高炉制粉喷煤技术改造工程采用自行设计开发的紧凑型长距离直接喷煤技术,经过 3 年的生产运行实践,大幅度提高了喷煤量,节约了焦炭、电力等资源消耗,实现了清洁化生产,有效地控制了粉尘排放,降低了环境污染,改善了劳动条件,取得了巨大的经济效益和显著的社会效益、环境效益。生产实践证明,首钢大型高炉紧凑型长距离制粉喷煤工艺技术的设计是成功的,达到了国际先进水平,该项技术成果于 2003 年 12 月通过了北京市科技成果鉴定。

5 结语

大型高炉紧凑型长距离制粉喷煤系统的建成投产,为首钢进一步提高喷煤量、扩大喷吹煤种、节能降耗,创造了必要的先决条件。新型高炉制粉喷煤工艺,使首钢喷煤技术发生了质的飞跃。高炉制粉喷煤系统完全采用国产化技术和设备,整体设计理念先进,工艺布局合理,特别是采用紧凑型短流程工艺,占地面积小,工程投资低,对我国高炉制粉喷煤技术改造提供了有益的借鉴和参考,成为我国老企业高炉制粉喷煤技术改造的示范,具有较高的推广应用价值和广阔的推广应用前景。

(1)采用国产化技术和设备,自行设计开发了大型高炉紧凑型长距离制粉喷煤技术。首钢新型高炉制粉喷煤技术完全依靠我国自有技术和工艺设备,自行设计开发成功的。

(2)采用紧凑型工艺布局。在首钢现有的场地条件下,采用紧凑式布置,节约了占地和工程投资,也使新型高炉制粉喷煤技术在首钢得以实现。

(3)采用长距离直接喷煤工艺,取消了煤粉输送工艺环节,优化了喷煤工艺流程。2、3 号高炉喷煤总管总长分别达到 452m、358m,使首钢高炉喷煤技术实现了质的飞跃。

(4)采用自动化检测与过程控制技术,实现了喷煤自动控制和喷煤量调节。采用 O₂ 浓度、CO 浓度、温度、压力、流量、质量等参数的在线监测技术,全部实现计算机联锁控制,使整体技术装备和控制水平达到国际先进水平。

(5)大型高炉紧凑型长距离制粉喷煤技术为我国高炉制粉喷煤技术的设计和和应用提供了有益的参考和借鉴,在国内外高炉制粉喷煤系统中具有广泛的推广应用价值和推广应用前景。

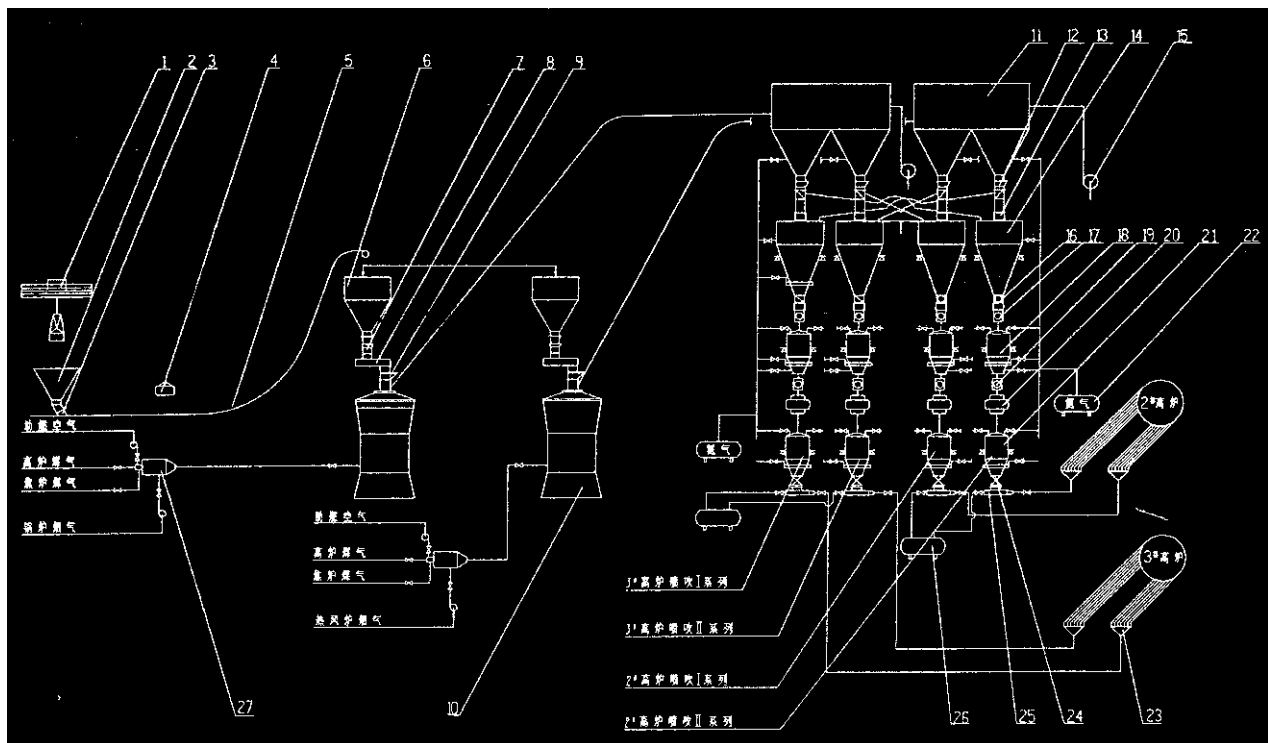


图1 首钢大型高炉制粉喷煤工艺流程图

1—抓斗吊 2—受煤斗 3—闸门 4—除铁器 5—上煤胶带机 6—原煤仓 7—闸门 8—电子胶带给煤机 9—锁气器 10—中速磨 11—高效袋式煤粉收集器 12—插板阀 13—软连接 14—煤粉仓 15—排风机 16—球阀 17—球阀 18—储煤罐 19—代钟式球阀 20—压力平衡型波纹补偿器 21—喷煤罐 22—充气气包 23—煤粉分配器 24—下煤球阀 25—自动可调式给煤机 26—喷吹气包 27—燃烧炉

(上接第 728 页)

5)随着喷吹量的增加,高炉透气性指数也升高。增加煤比时,要密切注意高炉的顺行基础,不考虑高炉承受能力,盲目上煤比必将破坏高炉顺行。

6)高煤比操作,由于脱离软熔带滴下的渣铁液偏流加剧,导致风口易灌渣和烧损。改善焦炭的 CRI、CSR 性能是减小偏流的有效手段之一。

参 考 文 献

- [1] 由文泉. 实用高炉炼铁技术. 北京: 冶金工业出版社, 2002. 330
- [2] 金觉生. 长期高煤比生产炉缸活跃的实践. 宝钢技术. 2002, 3: 13~14
- [3] 王国雄. 现代高炉煤粉喷吹. 北京: 冶金工业出版社, 1997. 251
- [4] 徐万仁. 宝钢高炉高煤比低燃料比生产实践. 炼铁. 2003, 2: 8~11
- [5] 周传典. 高炉炼铁生产技术手册. 北京: 冶金工业出版社, 2002. 154