

首钢高炉喷煤新工艺

孙 国

(北京首钢设计院)

摘 要 首钢高炉喷煤技术起步较早,但三十多年来没有大的发展和进步。2000年11月,首钢建造了新的喷煤系统,该系统采用中速磨制粉,直接喷吹工艺,制粉能力为80t/h,能够满足2号高炉(1726m³)、3号高炉(2536m³)喷吹能力200kg/t的要求,目前煤比已达到167kg/t。新的喷煤系统由首钢设计院设计,采用了长距离直接喷吹、布袋一级收粉、中速磨煤机、封闭式干燥炉、大倾角胶带机、自动可调煤粉给料机以及炉前分配器等先进技术。

关键词 高炉制粉 直接喷吹 设计

1 前言

首钢是我国高炉喷煤技术的先行者,早在1963年,首钢对喷煤技术进行了系统的研究与试验,1964年在高炉生产上应用,1966年在全公司高炉上推广,年平均喷煤量达159kg/t,创造了当时的世界纪录。但30多年来,由于各种原因,首钢喷煤技术一直停滞不前,没有质的飞跃,喷煤工艺和整体技术装备已远落后于国内外先进水平。

到2000年,首钢共有5座高炉,高炉总容积9934m³。现在的喷煤工艺全部为集中制粉间接喷吹。每个高炉均有各自的喷吹站,2号、4号、5号高炉为双罐串联双系列多管路喷吹;1号、3号高炉为3罐串联三系列多管路喷吹。喷吹煤种全部为无烟煤。至2000年,首钢已有四制粉、老五制粉和新五制粉三个制粉车间,分别于1958年、1978年和1993年建造的制粉车间,但生产工艺全部采用球磨机→粗粉分离器→细粉分离器→排粉风机→多管除尘器→布袋除尘器→风机这套传统的制粉工艺。球磨机运行噪声大,能耗高,设备老化严重,制粉能力不足,运行费用

高,制粉能力大大低于当时的设计出力,成为首钢高炉提高喷煤量的主要限制性环节和技术障碍。1998年实际全厂平均制粉量为103t/h,只能满足全厂5座高炉喷煤110kg/t的要求,1999年全厂平均煤比为114kg/t。落后的制粉工艺及制粉能力的不足,已经限制了高炉喷煤量的提高。

2 工程概述

1999年11月底,首钢总公司根据炼铁系统发展规划的要求,决定建设一套新的喷煤系统,经过不到一年的时间,完成了整个设计和施工过程,并于2000年11月1日顺利投产。新的喷煤系统采用直接喷煤工艺,将制粉与喷吹合建在一个厂房内,厂址选择在现有二锅炉房北侧,铁区主干道南侧的一块长45m、宽18m的空地上,厂房占地12×45m²。利用现有的四制粉储煤场,采用两套配置相同的制粉和喷吹设施,制粉以两台中速磨作为主要设备,每台生产能力为40t/h,制粉总能力为80t/h。两个喷煤系统一个对2号高炉(1726m³)直接喷吹,一个对3号高炉(2536m³)直接喷吹,喷煤工艺为双系列

串联罐单管路加炉前分配器, 2号高炉喷煤总管总长为422m, 3号高炉喷煤总管总长为358m。喷煤设计能力为每个高炉煤比200kg/t。

3 工艺流程及设计

喷煤系统的工艺流程见图1, 主要设备参数见表1。

表1 首钢新喷煤系统主要设备参数

序号	名称	规格型号	数量	参数
1	大倾角胶带机	B 800mm	2条	150t/h
2	干燥气混风炉	Φ3200mm	2个	2×75000m ³ /h
3	中速磨煤机	MPS212	2台	2×40t/h
4	高效煤粉收集器	GMZ4200	2台	2×2061m ²
5	排粉风机	TP6-30-14 No20. 2D	2台	全压 14. 1kPa 流量 103100m ³ /h
6	煤粉仓	Φ4300mm	4个	4×140m ³
7	贮煤罐	Φ2800mm	4个	4×25m ³
8	喷煤罐	Φ2800mm	4个	4×30m ³

3.1 供煤系统

高炉喷吹用煤由四制粉储煤场经胶带机输送到原煤仓, 并通过犁式卸料器分别卸入二个原煤仓中。在储煤场新增一台5t抓斗桥式起重机, 跨度26m, 抓斗容积3m³。在储煤场西侧新建3个受煤斗, 总容积60m³, 受煤斗下设置M-1胶带机。原煤通过抓斗吊装入受煤斗, 再经M-1、M-2胶带机转运, M-3(大倾角)、M-4(大倾角)胶带机提升运至原煤仓, 由M-5胶带机(带犁式卸料器)将原煤分别装入两个原煤仓。在M-1胶带上设置2台除铁器, 清除原煤中的含铁物质。

3.2 干燥剂供应系统

从现有的二锅炉房烟道内用引风机抽取锅炉废气, 作为磨煤时的主要干燥介质, 由于锅炉废气温度较低, 而且温度不稳定, 先将废气抽送至制粉车间的烟气干燥炉内, 与干燥炉内燃烧的高温气体充分混合后, 在送入中速磨中。全封闭式干燥炉采用圆筒形双层结构, 炉壳采用锅炉钢板, 外层环缝为锅炉废气, 内筒为衬有耐火材料的燃烧室, 具有结构紧凑、占地面积小、便于控制、节约能源等特点。该炉煤气烧嘴是一种大能量煤气燃烧装置, 采用多种混合和点火方式, 煤气出口为多孔

旋流的外混结构, 在焦炉煤气烧嘴外侧有一个半予混的高炉煤气环形烧嘴, 其结构紧凑, 调节范围大, 基本上消除了脱火和回火的可能。干燥炉最大发生量75000m³/h。

3.3 磨煤制粉系统

采用低噪声、低能耗的MPS型中速磨煤机作为主要制粉设备, 按设计煤种小时产粉量为40t/h。原煤仓两个, 每个有效容积350m³, 可储存原煤4~6小时。仓下通过电子皮带称给煤机均匀定量送入中速磨煤机中。采用高效袋式煤粉收集器, 设计一级收粉工艺, 合格的煤粉由热烟气携带, 通过上升管直接进入高效煤粉收集器, 在收集器中实现气固分离, 煤粉落入积煤斗。布袋采用新型防静电针刺毡, 烟气通过布袋过滤后排入大气, 排放浓度小于30mg/Nm³。排粉风机额定风量103100m³/h, 全压1.41kPa, 位于制粉系统的最末端, 以确保全系统处于负压状态, 也是整个系统的唯一动力来源。

3.4 喷煤系统

喷煤系统分为两部分, 一部分对2号高炉直接喷吹, 另一部分对3号高炉直接喷吹, 全部采用串联罐双系列总管加炉前分配器的喷吹工艺。

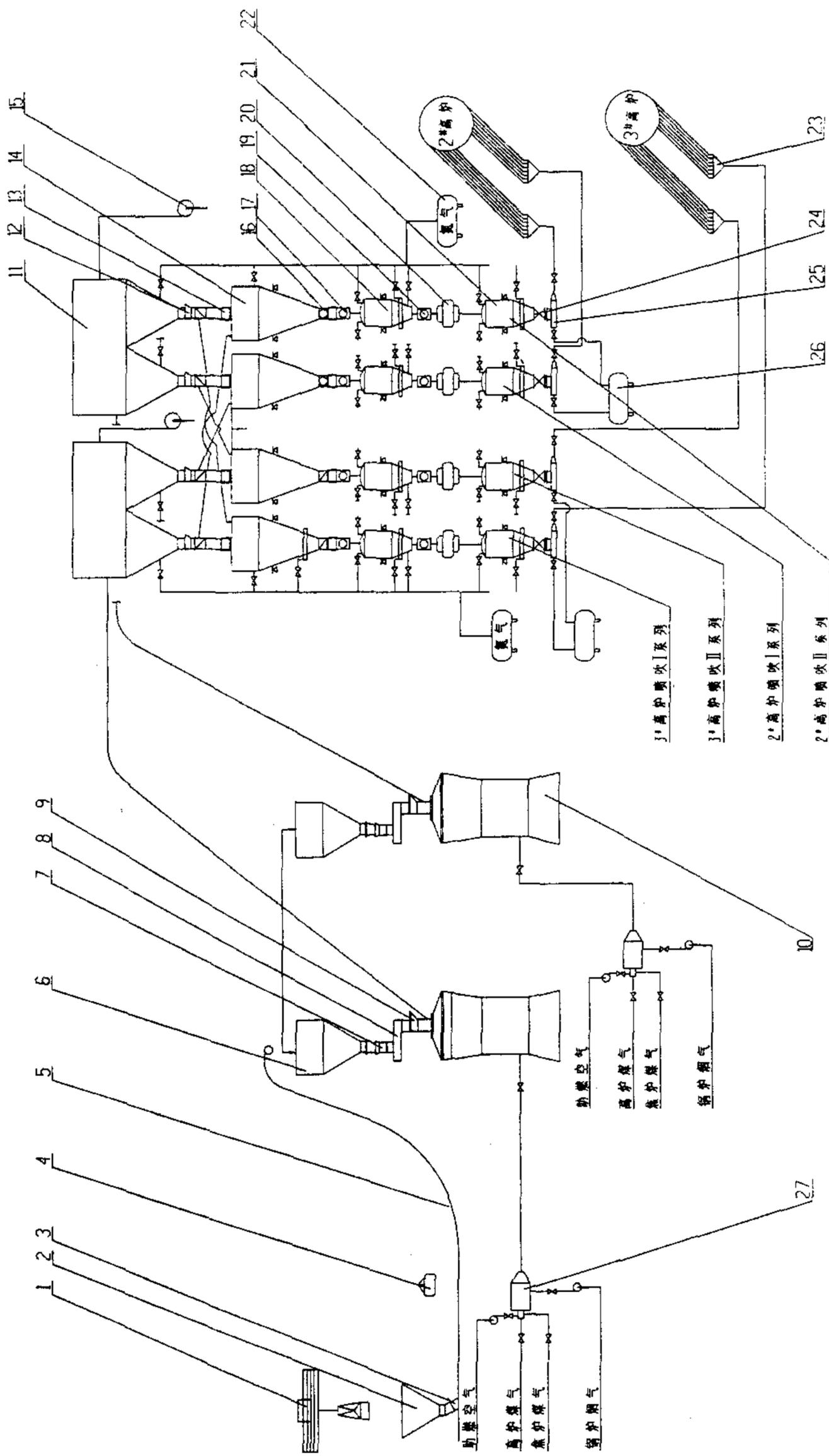


图1 首钢新喷煤系统工艺流程图

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—电子皮带称给煤机；9—锁气器；10—中速磨煤机；11—高效煤粉除尘器；12—插板阀；13—软连接；14—煤粉仓；15—排粉风机；16—球阀；17—球阀；18—贮煤罐；19—代钟球阀；20—压力平衡式波纹补偿器；21—喷煤罐；22—充气气包；23—煤粉分配器；24—下煤球阀；25—自动可调节料机；26—喷吹气包；27—干燥气发生炉

每个高炉的喷吹系统包括二个系列，每个系列由煤粉仓、贮煤罐、喷煤罐、给料机、分配器及喷枪等主要设备组成。煤粉仓和贮煤罐之间采用 DN400 球阀和 DN400 波纹管连接；贮煤罐和喷煤罐之间采用 DN400 代钟球阀和 DN400 压力平衡式波纹补偿器连接。喷煤罐下部设 DN250 总下煤球阀，煤粉通过总下煤球阀进入自动可调煤粉给料机，在经喷煤总管送入炉前分配器中，由分配器分配到各个喷枪，进而喷入高炉。

高炉喷吹气源采用压缩空气，工作压力 1.0MPa。贮煤罐、喷煤罐的充压和流化，以及煤粉收集器反吹，煤粉仓的流化等，则采用氮气。

3.5 煤粉互换

在正常生产中，一台中速磨供应一个高炉喷煤，高炉喷吹处于连续状态，但根据中速磨生产实践，其作业率不到 90%。另外，由于两个高炉的容积不一样，对煤粉量的需求也不一样。为了解决这个矛盾，设计了煤粉互补装置，见图 2。每个煤粉收集器有两个积煤斗，分别对应每个高炉的两个系列。在积煤斗到煤粉仓之间设置交叉溜管，将 2 号炉 1 系列与 3 号炉 1 系列、2 号炉 2 系列与 3 号炉 2 系列联通起来，这样，任意一台中速磨生产的煤粉可以向任意一个高炉的喷吹系统输送，使两个高炉的煤粉可以互相补充和分配，必要时，也可以用一台磨供应两个高炉喷煤。

3.6 安全措施

喷煤系统的设计，严格遵照了《高炉喷吹烟煤系统防爆安全规程》(GB16543-1996)。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，在每个煤粉仓中设置了 CO 浓度分析仪，一旦含量超标均能

自动报警、充氮直至停机；对温度和压力也有严格控制；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，可以由压缩空气改为氮气。整个车间厂房的设计，完全按照规范配备了火灾报警、消防泵自动启动以及相应的消防设备。

3.7 自动化控制系统

本系统采用两套西门子 S7-400PLC 分别控制 2 号，3 号高炉喷煤系统，PLC 之间通过 PROFIBUS-DP 网进行通讯，网上挂有 4 台工控机进行监控。为保证系统连续运行，设有机旁手动、集中手动及自动 3 种操作方式，一些重要的参数除输入 PLC 外，在控制室还设有一次仪表显示，正常生产时采用自动方式，PLC 故障时采用集中手动操作。

(1) 上煤系统的控制

除抓斗天车外，上煤系统的胶带机、分料器等，均采用计算机控制，两个原煤仓内分别设置了高、中、低料位信号，通过仓中的料位信号，控制上煤。

(2) 干燥剂供应系统的控制

根据干燥炉烟气温度和发生量，控制高炉煤气、助燃空气以及锅炉废气的流量，在干燥炉上设置了火焰监视器，可以实时监测干燥炉是否灭火。

(3) 制粉系统的控制

自动控制系统的启动、正常停机和紧急停机。在制粉值班室通过人机对话，按生产要求设定给煤量，并根据风煤比设定相对应的风量。煤粉的粒度通过人工调整分离器的转速来控制。

(4) 喷煤系统的控制

喷煤量由人工设定并输入 CRT 画面，系统根据风压、罐压、喷煤瞬时流量以及喷煤罐内煤粉重量的变化，自动比较设定值和实际值，并通过调节给煤机的开度，控制下煤量，使实际值尽量接近设定值，

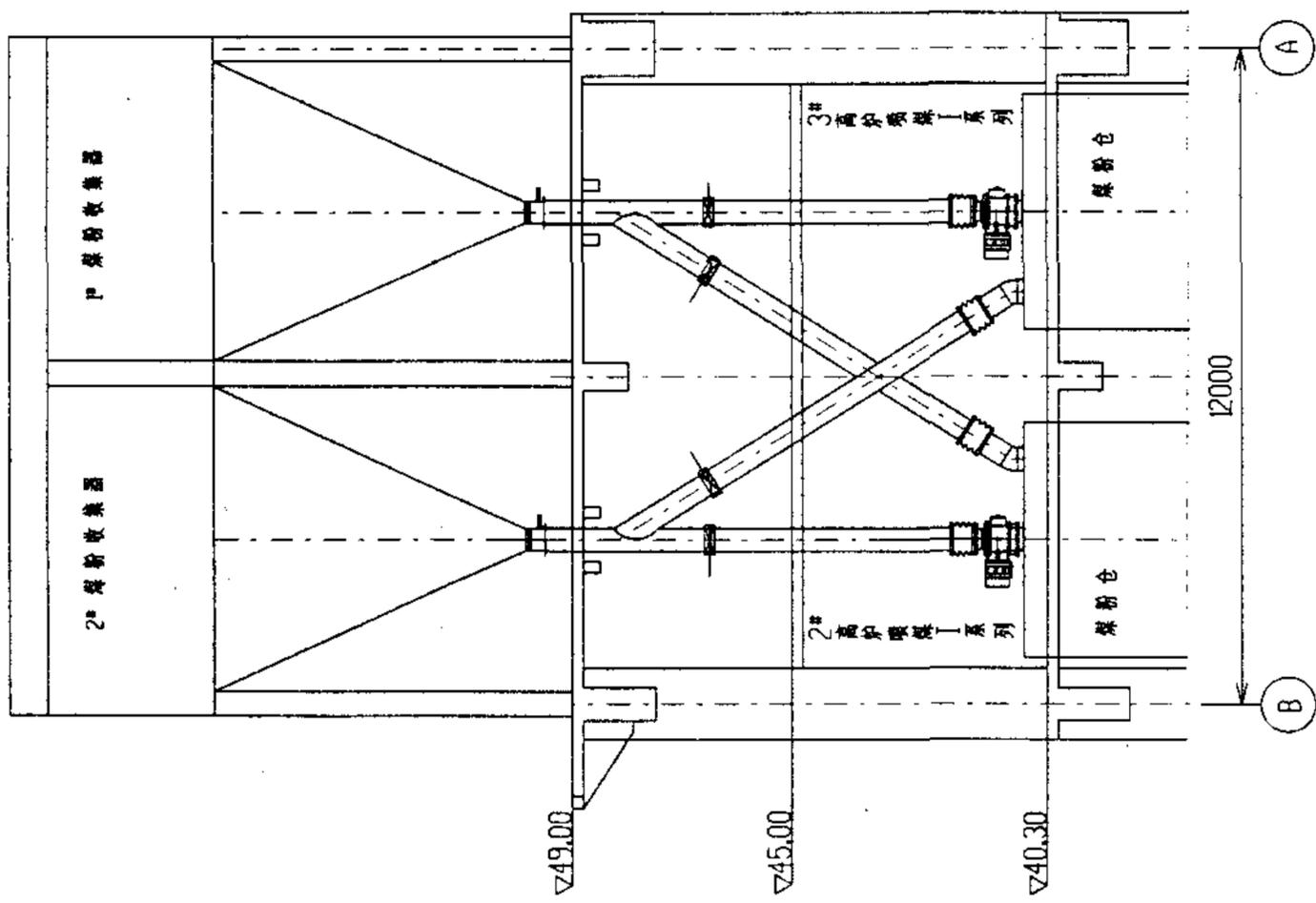
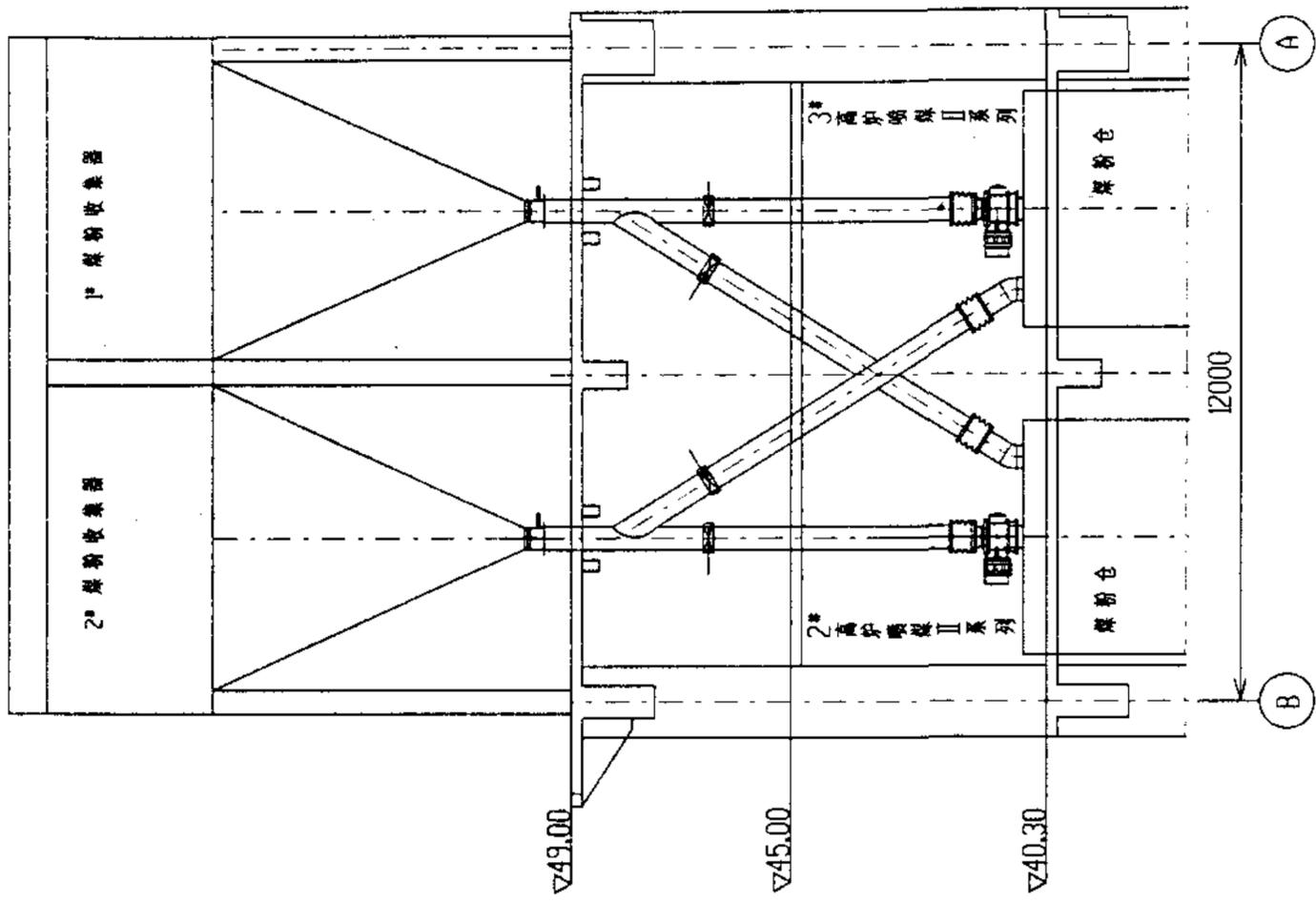


图2 煤粉互相补充装置

实现自动喷煤。由煤粉仓向贮煤罐装煤,以及贮煤罐向喷煤罐的“倒煤”操作,全部由计算机根据料位、压力、重量等信号进行控制,实现自动“倒罐”。

4 新工艺的技术特点

(1) 采用直接喷煤工艺,简化了喷煤流程,在喷吹烟煤时更为安全。厂房布置紧凑,占地面积小,大大节约了投资。喷煤总管总长达到422m,目前是国内最长的。

(2) 大胆地使用了大倾角胶带机,在现有的场地条件下,使利用旧的储煤场上煤成为可能,即节省了投资,又减少了设备。

(3) 采用新型封闭式干燥炉,在满足烟气温度的条件下,使整个煤粉输送管道全部处于封闭状态,减少了系统的漏风率,降低了氧含量,在喷吹烟煤时更为安全。而且合理地利用了锅炉废气,节约了能源。

(4) 采用中速磨煤机制粉,降低了制粉的运行费用,从而减少了煤粉的生产成本。

(5) 采用高效低压脉冲煤粉收集器一级收粉工艺,简化了工艺流程,提高了煤粉收集效率,而且使排尘浓度大大降低,减少了环境污染。

(6) 设计中考虑了两个系统之间煤粉的互相补充和分配,其结构简单实用,给生产创造许多方便。

(7) 贮煤罐与喷煤罐之间设置了压力平衡式波纹补偿器,提高了连续喷煤过程中的计量精度。

(8) 采用自动可调煤粉给料机和高精度煤粉分配器,以流化喷吹为前题,实现时间过程的均匀喷吹,消除了脉动煤流。

(9) 提高了自动化控制水平,实现了喷煤倒罐自动控制和调节。

5 生产实践

本工程于2000年11月投产,投产后,2号、3号高炉煤比得到了较大幅度的提高,尤其是3号高炉,煤比最高时达到167kg/t,目前3号高炉煤量稳定在44t/h,2号高炉煤量稳定在27t/h。两座高炉在新制粉投产前后喷煤操作主要指标见表2。

表2 首钢2号、3号高炉喷煤操作主要指标

炉号	日期	平均日产量 t	利用系数 t/(m ³ d)	焦比 kg/t	煤比 kg/t	燃料比 kg/t	熟料率 %	风温 ℃
2 号 高 炉	2000.9	3850	2.231	389.7	108.2	482	82.42	1051
	200.10	3722	2.157	383.1	117.8	488.1	83.19	1052
	2000.11	3766	2.182	396.2	111.4	498	85.18	1053
	2000.12	3748	2.171	377.2	116.8	481.8	93.79	1050
	2001.1	3790	2.196	393.4	107.5	491.9	90.59	1037
	2001.2	3766	2.182	397.1	89.2	499	88.44	1041
	2001.3	3450	2.002	385.3	120.2	511.6	89.60	1034
	2001.4	3594	2.082	365.4	141.7	512.2	92.67	1031
3 号 高 炉	2000.9	3850	2.308	384	115.9	468.2	83.25	1109
	200.10	5722	2.36	385.8	116.9	490.9	83.33	1112
	2000.11	3181	2.157	384.5	113.6	489.4	83.81	1108
	2000.12	6290	2.26	439.5	103	530.5	87.28	1039
	2001.1	6290	2.48	377.9	118.1	481.5	83.22	1131
	2001.2	6036	2.38	365.6	112.7	474.4	83.72	1132
	2001.3	5890	2.323	346.9	142.8	482.1	83.50	1126
	2001.4	6064	2.382	328.9	162.4	479.7	82.73	1120

6 结语

新的喷煤系统的设计,经过半年多生产实践的验证,基本上是成功的,采用直接喷煤工艺也是非常合理的。但设计上仍有许多不足之处,煤粉喷吹仍然属于稀相输送,而且没有考虑废气再循环利用,将来锅炉房停产或拆除后,还要从热风炉烟道抽引废气。

(1)新的喷煤系统,为首钢进一步扩大喷煤量,提高煤比,创造了必要的先决

条件。

(2)新的喷煤工艺,使首钢喷煤技术发生了质的飞跃。三十多年来,高炉喷煤全部为间接喷吹,多管路喷煤,喷吹煤种也仅为无烟煤。该喷煤工艺,目前国内也属于非常先进的水平。

(3)设计整体构思非常巧妙,布局十分合理,尤其是占地面积非常小,对旧厂改造来说值得借鉴,而且该工程总投资也是国内类似同等项目中最少的。

参 考 文 献

- 1 安朝俊主编.《首钢炼铁三十年》.
- 2 刘凤仪,刘言金,康文进编写.《高炉喷吹煤粉技术》.