

浓相喷煤技术在鞍钢的开发与应用

马 克 王振东

(辽宁省 鞍山市 鞍山钢铁集团公司生产协力中心炼铁工区 114021)

摘 要 本文通过对鞍钢新 2#、新 3#高炉浓相喷吹技术的阐述,旨在对鞍钢的浓相喷煤技术的发展与应用进行较为全面的介绍,并提对鞍钢的浓相喷煤技术提出合理化建议。

关键词 浓相喷吹技术;自动化控制;应用

The development and application of the dense phase injection technique in Anshan Iron & Steel Group Corporation

Ma Ke Wang Zhendong

(The Iron smelting work area of Production assisting Center of Anshan Iron & Steel Group Corporation Liaoning Anshan 114021)

Abstract Based on the describe the concentrated phase injection technique in new 2#,3# BF of Anshan Iron & Steel Group Corporation ,aims to make a more comprehensive introduction in the development and application of the concentrated phase injection technique in Anshan Iron & Steel Group Corporation and make reasonable suggestions.

Key words dense phase injection technique; automatic control; application

0 技术背景

浓相输送技术是指粉料在管道中以低速、浓相及低动力指数的状态下输送。输送的稳定性好,而且随着固气比提高,气力输送的动力指数显著下降。由于粉体气力输送中的功率消耗与输送速度的平方成正比,管道的磨损与输送速度 2~3 次方成正比^[1]。因此,在煤粉喷吹过程中,降低输送速度,提高固气比,采用浓相输送势在必行。一般认为煤粉输送固气比达到 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 以上,即可称为浓相输送。

鞍钢于 1995 年开始在 11 号高炉进行高炉喷煤浓相输送试验,采用流化技术,输送固气比可达 $50\sim 90\text{kg}/\text{m}^3$ ^[2]。近些年通过引进国外先进设备,学习先进技术,提高自身技术力量,经过实验和长时间生产运行实践,目前输送固气比最高可达 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 。本论文选取鞍钢最先进的西区煤粉工艺,阐述鞍钢浓相喷煤技术。

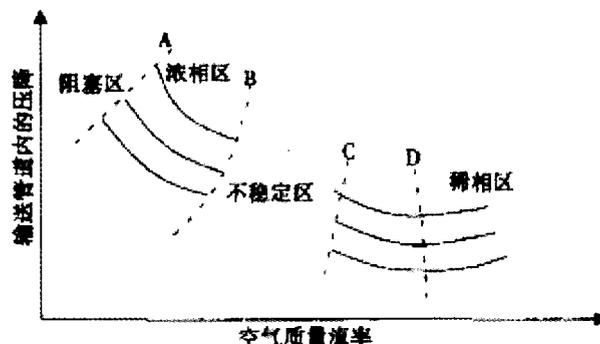


图 1 气力输送分解曲线

Fig. 1 The curve of Pneumatic conveying boundary

1 工艺流程

西区制粉一共有四个制粉系统,其中1#、2#制粉系统负责新3#高炉喷煤,3#、4#负责给新2#高炉喷煤。四个系统工艺流程完全相同,采用吊车给料斗抓煤,然后通过皮带运送到原煤仓,经过给煤机送到磨煤机(中速),利用废气风机抽来的废气、高炉煤气、焦炉煤气在燃烧炉燃烧,产生热气作为干燥剂,使煤粉在磨煤机处瞬间烘干,在负压的作用下煤粉被抽到布袋,进行气粉分离,废气经排煤风机抽走排放,煤粉经过振动筛存至煤粉仓备用。最后经过喷吹罐,利用流化技术,进行浓相输送,在高压全氮气条件下喷吹到高炉中。

2 浓相输送形式及流化技术

2.1 浓相输送形式

鞍钢煤粉气力输送改变以往形式,采取直接向喷吹罐中充压,利用罐体内氮气作为输送气,将处于悬浮状态的气粉混合物推送出去。与此同时,在管道上加装一次混合器,在给管道补充输送压力的同时,通过其产生的涡流负压,能起到上引泵作用,到达管道中的煤粉处于“前拉后推”的效果,促使煤粉能够均匀稳定输送。另外,设备管道中加装 Cabloc 和煤流调节阀,利用 Cabloc 监测实时喷吹量,将测量值经过运算后反馈到煤流调节阀,根据程序设定,自动调节煤流阀开度,进行喷吹量的改变。当喷吹煤粉流量较小时,煤流接近于恒流速变浓度,在粉体流量较大时,煤流接近恒浓度变流速。此种方法相对与以往通过改变浓相输送器插板阀和改变输送风流量的方式来说,具有能够大范围调节煤粉喷吹量,易于自动化控制等优点。

2.2 流化技术

在浓相输送过程中,粉体之所以能够达到高浓度、低速度的输送效果,很大程度上取决于煤粉的流化效果。鞍钢采用多种方式流化技术结合的方式,将煤粉流化理念贯穿于整套喷吹系统。

首先,喷吹罐内流化装置由喷吹罐体底部加装流化装置和锥体流化两部分组成。设备在罐体锥体底部充入流化气,在有锥体处的18块金属丝网多层分布板结构流化板作用下,煤粉在锥体内形成高浓度气粉二相混合状态,同时喷吹罐体底部再次进行煤粉流化,使煤粉处于悬浮状态,使煤粉能够在压力的作用下进入输送管道。

其次,管道的煤粉流化主要由在管道中的一次混合器和二次混合气完成。管道中加装的一次混合气不仅能为管道煤粉输送补充压力,而且能够破坏管道中形成的料柱,达到流化作用。另外,管道中还设置了多处手动的流化阀,在出现管道堵塞时,可起到破坏粉柱作用。

3 关键控制技术

鞍钢喷煤技术之所以能够实现高浓度、高精度的为高炉喷吹煤粉,原因在于利用复杂的自动化控制系统紧密配合浓相输送技术,最大程度利用3大关键控制技术使煤粉浓相喷吹达到形式多样、高效准确的目的。

3.1 自动倒阀喷吹系统

(1) 正常喷吹

高炉喷煤系统控制阀多,工艺复杂,自动喷吹对于系统的逻辑控制顺序要求十分严格,而且相当复杂,喷煤系统中一旦出现阀体不动作情况,将直接影响系统的喷吹,甚至造成严重的安全事故。鞍钢喷煤系统程序对限位开关进行了互锁设计,在处于自动状态时,系统会自动按逻辑控制程序进行工作,操作者此时无法对阀体进行操作,防止了操作人员的误操作行为,给喷煤的安全提供了有力的保障。喷吹过程中,plc根据程序设定顺序动作,装料、加压、等待喷吹、正式喷吹、卸压,整个喷吹过程全自动操作,在一个罐体停止喷吹时,该支路的管线自动开启吹扫风进行管线吹扫,防止管道中的残留煤粉堵塞管道,同时,可以提供一定的阻抗压力,以达到对另一罐体的引风作用。

(2) 系统内循环喷吹

高炉在日常运行中经常有高炉临时休风和计划休风情况发生,一旦有高炉休风时,为防止煤粉在煤粉仓

内的长时间存放造成的煤粉积料、自燃,引发安全事故,系统设计内循环程序,可将休风高炉喷吹系统中的煤粉打入正常运转系统的煤粉仓中,保证煤粉处于流动状态,防止煤粉的停滞、自燃给生产带来的安全隐患。

3.2 自动煤流计算系统

实时煤流的计算可以对喷吹过程进行实时的监测,反馈值将直接调节煤流调节阀动作,以达到小时量的准确喷吹。鞍钢西区煤流计算方式有两种,一种是利用煤流计监测计算,另一种是利用喷吹罐称重计算。

第一种方式如图 2 第一条控制线路所示。煤流浓度、煤流速度作为浓相喷吹的两大关键数据,在浓相输送过程中起到关键作用。鞍钢浓相输送系统引进 PaulWurthS. A 公司研发的 Cabloc 进行实时监测。实时的煤流浓度、煤流速度和瞬时喷吹量直接在 CRT 上显示。同时,系统采用 15 个存储单位的 FIFO 存储器,将管道中 Cabloc 实时流速和煤流浓度计算出的瞬时煤粉喷吹量压入堆栈,然后将 15 个存储值进行平均值计算,利用可编程控制器读取压力值,将两者做运算得出的数据用作喷吹量。

第二种方式利用电子计量称在线、无间断、连续的读取称重信号,使用技术手段去除干扰信号,利用积分器,对罐重进行积分运算,将可编程控制器读取的压力值与积分运算所得的结果利用乘法器做运算,所得数据作为另一个喷吹量。

Cabloc 由于采用监测煤流噪声信号获取煤流浓度和速度,其测量结果受被测煤粉的煤质组成等特性变化的影响。对此,通过对电子称重信号计算方式可以对其起到修正作用。

系统将这两种方式所运算的结果进行比较,根据操作人员对系统选择,定义可编程控制器,选择煤流计算方式,plc 自动选取相应数据,将此喷吹量读取出来作为实际喷吹量,系统控制流程如图 2 所示。

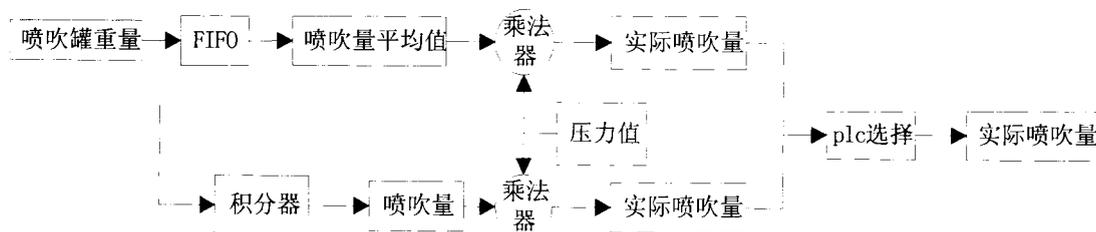


图 2 煤流计算流程图

Fig. 2 The flow chart of coal flow calculation

3.3 压力自动控制系统

系统控制程序在系统中定义两种压力控制方式,一种是人为设定压力,另一种为系统自动反馈调节压力。

对于第一种压力控制方式,操作人员根据系统使用规程,根据设定的煤粉喷吹量,在对应范围内选取的一个压力值,系统将利用可编程控制器自动反馈,plc 控制定压调节阀开度,自动稳定该压力值。

第二种方式是选择压力变量自动调节方式。系统根据操作者敲定的煤粉喷吹量,自动喷吹,选取煤流计算程序所得的实际喷吹值,将该值与设定的喷吹值进行 PID 控制,得到定压调节阀开度,然后算出修正系数,利用乘法器将现实际压力与其做运算,最终得到修正压力值。

通过人为设定,plc 选取相应的压力计算方式,所得压力值作为最终喷吹压力。系统控制流程如图 3 所示。

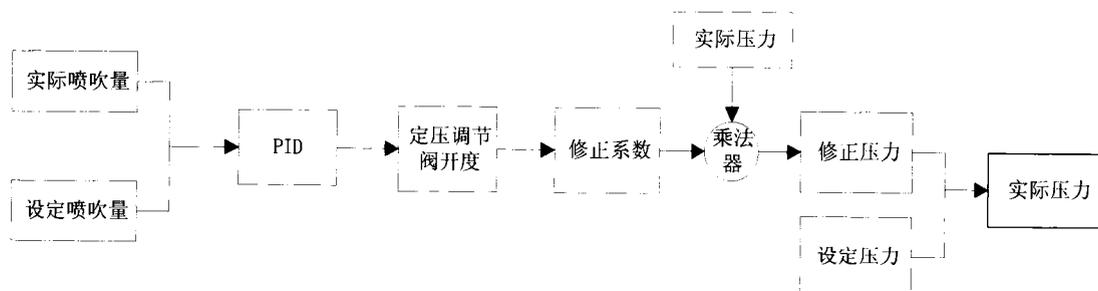


图 3 压力自动调节流程图

Fig. 3 The flow chart of pressure automatic adjustment

3.4 煤流自动修正系统

系统将 Cabloc 采集到的监测值进行数据计算,得出喷吹罐实际煤粉消耗量,同时,可编程控制器将喷吹罐装满值和剩余值进行相减,得出喷吹罐理论煤粉消耗量,将两者进行计算得到修正系数,接着再取两个值,经过 3 次计算,得出修正系数平均值。然后将 Cabloc 监测得到的实际煤粉喷煤量与修正系数平均值相乘,得到煤粉修正喷吹量,最后将结果反馈到煤流调节阀,通过改变其调节阀开度,达到煤流自动修正目的。在煤流自动修正程序的调解下,煤流能够达到快速修正,保证按照高炉炼铁要求精确喷吹煤粉。系统控制流程如图 4 所示。

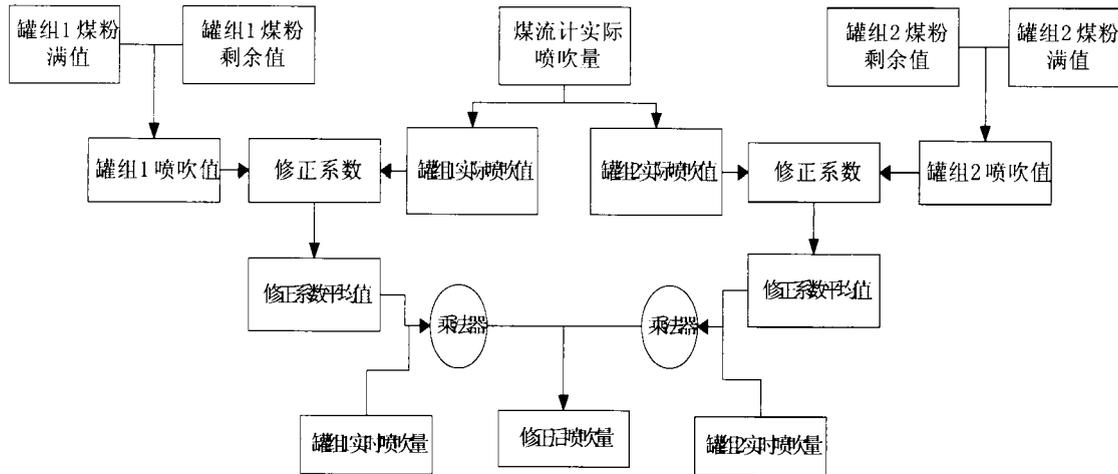


图 4 煤流修正系统流程图

Fig. 4 The flow chart of coal flow correction

4 设备技术创新

4.1 系统采用惰性气体环境

因为煤粉的易燃、易爆特性,系统采用全氮气环境工作。喷吹系统中输送气、流化气、补压风、吹扫风均采用氮气,整个喷吹系统在全氮气环境下运行。通过惰性气体的使用,降低了系统着火爆炸的机率,提高了系统安全工作的系数。

4.2 应用并罐罐组排列形式

西区煤粉喷吹罐组采用并罐排列形式,此种方式避免了串罐形式中各喷吹罐之间产生的称重信号的干扰,称重计量精确。同时,该形式可以交替喷吹煤粉,叠加喷吹煤粉,阀体逻辑控制简单,易于自动化控制。

4.3 优化分配器及支管布线形式

系统采用盘式分配器,通过分配器分出 32 根支管,每根支管均采用流线型亚临界阻尼管路,能够在最大程度上减小阻力,同时支管采用管道环绕方式,保证了每根支管的长度相等,从而确保了各支管压力相同,避免了争风现象,使喷煤均匀、连续,而且降低了氮气用量,减少煤枪堵塞次数。

4.4 增加泄压布袋

系统在制粉布袋箱附近设置泄压布袋,将喷吹结束后罐体卸压过程中,气体中所夹带的煤粉收集起来,利用吸湿管道将搜集到的煤粉回送到煤粉仓内,降低了空气污染,提高了煤粉利用率。

4.5 设立独立氮气罐

在系统喷吹过程中,由于气源处管网波动及在喷吹过程中用气量变化引起的气源压力不稳,系统设立了两个独立的贮气罐,根据程序设定轮流加压,在喷吹过程中,保证氮气压力平稳,减少压力波动对浓相输送的影响。系统可在 0.8 ~ 1.6 MPa 范围内稳定输送煤粉。

表 1 高炉喷吹系统主要参数

Tab 1 The main parameters of blast furnace injection system

项目	2#高炉	3#高炉
高炉容积	3200m ³	3200m ³
喷吹形式	直接喷吹	直接喷吹
工艺形式	两罐并列单分配器	两罐并列单分配器
煤粉仓有效容积	360m ³	360m ³
喷吹罐有效容积	28m ³	28m ³
喷吹罐设计压力	1.8MPa	1.8MPa
分配器分配精度	误差((2%	误差((2%
支管个数	32 支	32 支
流化板直径	600mm	600mm
最小补气量	100m ³ /h	100m ³ /h
最大喷吹能力	83.3t/h	83.3t/h
流化量范围	350m ³ /h	450m ³ /h

5 运行情况

通过使用浓相喷煤技术,鞍钢容量为 3200m³ 的新 2#、新 3#高炉,最大喷煤量为 83.3t/h,系统正常稳定给煤 65 ~ 75t/h。根据对近 3 年的数据统计,煤粉喷吹量误差小于 0.4%,各风口煤粉喷吹量误差小于 5%。系统喷吹过程平稳,无脉动,管道堵塞次数少。同时因浓相输送时,流速在 6m/s 左右,对管道摩擦小,煤枪及管道寿命大幅度提高,从 2006 年建立以来管道运行情况良好。

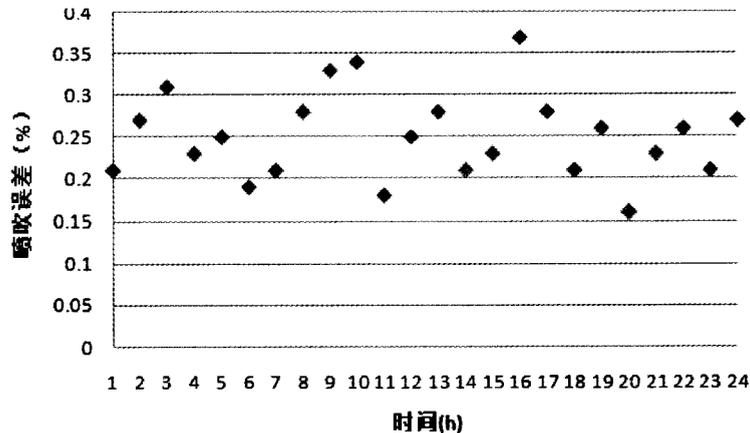


图 5 煤粉喷吹误差

Fig. 5 The error in coal injection

表 2 新 2#高炉喷煤量

Tab 2 The amount of new 2# BF coal injection 单位 t

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2010	45961	40810	42284	39548	41222	36532	31294	38225	37691	40657	41463	39923
2009	42769	40983	42170	30058	44311	41720	43574	42862	30904	418664	40142	40898
2008	45831	40772	45187	45932	45243	43081	41423	34753	37471	36645	39503	41092

表 3 新 2#高炉煤比

Tab 3 The coal replacement of new 2# BF 单位 kg/t

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2010	193	187	178	178	179	168	164	164	168	172	184	176
2009	185	200	194	183	193	190	189	189	170	181	181	176
2008	190	182	187	195	194	193	182	167	163	171	181	178

(下转第 20 页)

3 结语

3.1 通过以上,可以看出沙钢 5800 高炉喷煤制粉系统使用尾气自循环设计是比较大胆的,毕竟在国内乃至国际喷煤史上,在如此大高炉喷煤系统投运尾气自循环是比较少见的,但从实际使用情况来看,是非常成功的。从效益来看,尾气自循环制粉系统与热风炉废气制粉系统相比,节约了大量的前期投资成本,缩小大量占地面积,并有效解决喷煤必需依托高炉来生产的问题,即使高炉休风,喷煤照常生产,为间接喷煤创造了条件。以尾气自循环系统成功磨制含 44% 烟煤的混合煤,这在国内可能尚属首例,但沙钢 5800 高炉喷煤确实做到了,并且成功解决了制粉系统的氧含量及水分的问题,保证制粉系统连续稳定、安全节能的运行。并同时从中探索出一套磨机长寿运行的管理思路来。

3.2 成功在四罐并联双管路加炉前分配器的喷吹模式中,针对中间无备用罐这一问题,成功摸索出一系列设备维保的管理经验。尽量利用高炉定修、喷吹罐倒罐间隙检查处理各类故障,平时加强点检,做到问题早发现、早处理,尽量做到有计划、高炉有准备检修,以减少对高炉的影响。

(上接第 16 页)

6 总结与建议

(1) 技术先进

采用自动喷吹系统,自动计算煤流,自动煤流修正,自动调节压力,多种喷吹方式选择,控制技术先进。

(2) 浓相输送稳定运行

鞍钢以其自身先进的技术,优良的工艺和员工踏实的工作,使煤粉浓相输送能够长期稳定运行,3 年来稳定喷煤量可达 72t/h。

(3) 多项工艺改革

在生产运行中,鞍钢通过自身对浓相喷吹工艺改进,可以保证在各种环境下均能完成高质量浓相输送。

建议:

(1) 现有系统在喷吹罐泄压时,是将排出的 N_2 直接排放到大气中,氮气利用率低。希望能够借鉴太钢技术经验,改进工艺,加装氮气回收装置,提高氮气利用率,减少氮气用量,并且能够减轻泄对压管道的磨损^[4]。

(2) 鞍山地区冬天寒冷,易对冬季保产工作造成威胁。系统应对关键阀体采取伴热保护措施,使阀体能够快速动作,保证自动化程序能够有效运行。

参考文献

- [1] 刘宗明,段广彬,赵军. 低速高效率的浓相气力输送技术. 中国粉体技术,2005 年第 5 期:36-41.
- [2] 周建刚,陈占东. 鞍钢 11 号高炉喷煤浓相输送工业实验,炼铁,1995.6 第 3 期.
- [3] 叶才彦. 高炉喷煤浓相输送技术的探讨. 钢铁研究. 1995.5. No3:7-12.
- [4] 吉永业,兑关镇. 太钢浓相喷煤技术的优化. 世界金属报,2010(3).