

烟气自循环在高炉制粉系统的应用

郑 丹

(上海宝钢节能环保技术有限公司 余热余能事业部, 上海 201900)

摘要: 在上海某钢铁厂 COREX 制粉系统的设计过程中, 在理论分析和充分调研的基础上, 对烟气自循环系统中各参数的选择及设备的选型进行分析。结果表明: COREX 高炉制粉系统所用煤气的热值远高于普通高炉煤气的, 在温度为 80 ℃, 磨煤机的出口温度不变的情况下, 自循环烟气量比常规高炉制粉系统的少; 系统配备了保安 N₂ 气系统, 烟气中 O₂ 的体积分数大于 12%, CO 的体积分数大于 0.03% 时, 自动充入 N₂, 确保了系统的安全运行; 与直排式工艺相比, 自循环风可增加磨机的动力, 有利于煤粉载出, 烟气温度也得到利用, 节约了能源, 并且避免了外界因素对系统的干扰, 系统运行更加稳定。

关键词: 制粉系统; 烟气自循环; 工艺参数

中图分类号: TF19

文献标志码: A

文章编号: 1008-5548(2014)00-0080-03

Application of Gas Circulation on Pulverizing System of Blast Furnace

ZHENG Dan

(Residual Heat and Energy Department, Shanghai Baosteel Energy Service Co. Ltd., Shanghai 201900, China)

Abstract: In the design process of the pulverizing system of COREX blast furnace in a certain iron and steel company in Shanghai, the choice of parameters and the type of equipment in the gas circulation were analyzed on the basis of theoretic calculation and enough investigation. The results show that the calorific value of gas in pulverizing system of COREX blast furnace is far higher than that of common blast furnace gas. In the cases that the temperature is 80 ℃, and the outlet temperature of the coal pulverizer is invariant, the gas amount of circulation is less than that of the pulverized coal injection system of blast furnace. Security N₂ gas system is equipped in the system. When the volume fraction of O₂ in gas is larger than 12% and volume fraction of CO is larger than 0.03%, N₂ gas is introduced automatically to ensure safe operation of the system. Comparing with the straight-line process, circulate wind can increase power of the mill, which is in favor of carrying out pulverized coal and utilizing gas temperature. The energy is saved and the interference of external factors on the system is avoided, so that the system runs more stable.

Key words: pulverizing system; gas circulation; process parameter

收稿日期: 2014-01-02, 修回日期: 2014-01-17。

作者简介: 郑丹 (1981—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事余热余能资源利用设计及管理。电话: 021-26088114, 18019037267, E-mail: zhengdan@baosteel.com。

近年来, 高炉制粉系统烟气自循环工艺在我国的一些钢厂, 如河南济源钢铁公司、河南安阳钢铁厂及河北邢台德龙钢铁公司, 相继投入使用^[1-4]。当高炉喷吹制粉车间远离高炉时, 采用烟气自循环系统可以节省投资。烟气自循环工艺将以往直排式工艺中从主排风机出口排出的部分烟气送回到烟气升温炉, 与升温炉产生的高温烟气混合, 形成约 300 ℃ 的混合烟气后, 作为制粉过程中的干燥和动力气体^[5-7]。本文中结合投入运行的上海某钢铁厂 COREX (一种熔融还原炼铁工艺) 喷煤制粉车间的设计, 从参数设计及设备选型上对烟气自循环工艺的关键问题进行探讨。

1 COREX 喷煤制粉工程简介

煤粉制备系统的范围是从原煤仓上部粉煤入口开始到喷吹设施的煤粉仓顶部法兰为止, 主要包括磨煤设备、干燥气升温炉设备及收粉装置以及各类辅助设备。煤粉制备系统共设置 2 个制粉系列, 一次建成。煤粉制备系统的构成有如下特点:

1) 采用负压制粉系统, 磨煤机为中速磨, 制粉系统集中布置。本工程设有 2 个制粉系列, 每个制粉系列制粉能力为 55 t/h, 总制粉能力为 110 t/h;

2) 收粉装置为一级收粉方式, 采用长袋低压脉冲布袋收粉器;

3) 采用制粉尾气自循环工艺技术, 即由系统自身产生的部分尾气与干燥气升温炉产生的高温烟气混合形成满足制粉要求的合格干燥气, 为了保证系统安全运行, 加入少量惰性气体 N₂, 从而降低制粉系统的 O₂ 浓度, 另一部分尾气则排入大气;

4) 设置 2 个有效容积为 560 m³ 的原煤仓, 确保磨煤机连续运行 8 h 以上;

5) 干燥气升温炉采用立式炉, 正常生产燃料为 COREX 煤气, 采用天然气点火。

2 制粉工艺流程

COREX 喷煤制粉系统中烟气自循环工艺流程如图 1 所示。原煤(粉煤)由供煤系统的胶带输送机分别送入每个制粉系列的原煤仓。原煤仓中的煤经过插板

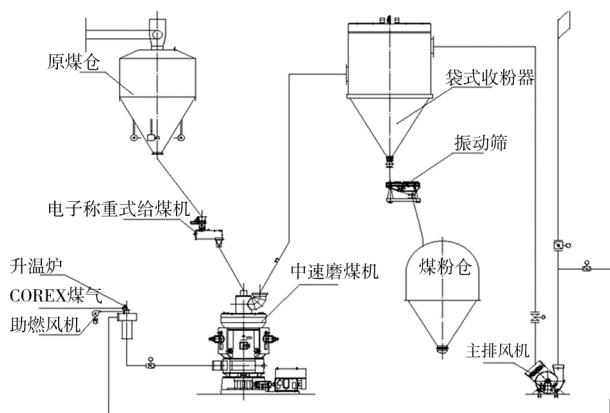


图1 COREX 喷煤制粉系统中烟气自循环工艺流程

Fig. 1 Process flow of gas circulation in pulverizing system of COREX

阀进入给煤机,再由给煤机喂入磨煤机被研磨。原煤在磨煤机中的磨细和干燥同时进行。升温炉利用 COREX 煤气进行燃烧,产生的约 1 600 ℃ 的烟气与制粉系统自身的部分尾气混合成干燥气。从主排风机出口的管道上接出的部分尾气,也称自循环气,与升温炉燃烧产生的高温气体混合进入磨机,温度约为 300 ℃。然后把煤粉带到位于磨机上部的分离器,在分离器中对不同粒度的煤粉进行分离。不合格的粗煤粉重新落回到磨盘上再次碾磨,满足粒度要求的煤粉随干燥气进入收粉器,除了循环气外的剩余尾气经烟囱排放到大气中。由收粉器收集的煤粉经过振动筛除去杂物,进入煤粉仓。收粉器的排气中煤粉标准状态下的质量浓度不大于 20 mg/m³。整个制粉系统的抽力主要由主排风机提供,升温炉出口处负压最小,而磨煤机入口、出口,收粉装置入口、出口,主排风机入口,负压依次逐渐增大。

3 主要设备选型设计

3.1 给煤机

给煤机的作用是将从原煤仓落下的粉煤经皮带输送机送入磨煤机上部的中心落煤管。给煤机设有变速传动装置,可控制给煤量。其工艺参数如下:电子称重式,给煤能力为 10~90 t/h,台数为 2。

3.2 磨煤机

磨煤机采用立式中速磨,由机壳、机座、磨盘、磨辊、加载装置、减速机(包括润滑油装置)、细粉分离器、电动机和石子煤箱等组成。磨煤机输出煤粉能力不低于 55 t/h(在设计煤种条件下),超过 80% 的煤粉粒度为 75 μm,台数为 2。

3.3 收粉器

收粉器为长袋低压脉冲布袋收粉器,采用一级收粉方式。收粉器结构形式为长方形,分上、中、下 3 个

箱体,含有煤粉的气体从中箱体下部进入,经缓冲区通过滤袋,煤粉留在袋外,进入袋内的净化气从上箱体排出。滤袋布置成若干排,每排都有一个脉冲阀和喷吹管,喷吹管上的喷嘴对准滤袋的中心。清灰时,N₂ 气迅速从脉冲阀中释放出来,通过喷嘴送入滤袋内,使滤袋产生很大的向外加速度,使滤袋表面粉尘脱落。温度为 80 ℃ 时每台的处理风量为 160 000 m³/h,阻力损失不超过 1 500 Pa,出口含尘标准状态下的质量浓度不大于 20 mg/m³,台数为 2。

3.4 升温炉

升温炉燃烧 COREX 煤气产生高温气体,并将制粉系统自循环尾气与高温气体混合成干燥气。本工程中采用 2 台立式升温炉,即 1 台磨煤机对应 1 台干燥气升温炉。升温炉由主燃烧器、点火烧嘴、自动点火装置、炉体、火焰监测器和控制系统等设施组成。主燃烧器燃烧 COREX 煤气,点火烧嘴燃烧天然气;炉体内有燃烧室和混合室。制粉系统自身循环尾气进入炉内混合室,升温炉的高温废气混合,产生制粉系统所需的干燥气。升温炉的负荷根据磨煤机出口温度的设定值进行自动调节。干燥气升温炉技术参数如下:升温炉热负荷为 21.2×10⁶ kJ/h,干燥气标准状态下的体积流量为 80 600~95 000 m³/h,干燥气温度为 200~300 ℃,天然气标准状态下的体积流量为 50 m³/h,COREX 煤气标准状态下的体积流量为 1 400~2 500 m³/h,自循环尾气标准状态下的体积流量为 75 000~89 000 m³/h,自循环尾气温度为 60~80 ℃。

3.5 密闭式振动筛

振动筛主要用于清除收粉器收集的煤粉中的纤维类杂物。振动筛产量为 90 t/h,台数为 2。

3.6 主排风机

主排风机是制粉系统输送煤粉的动力源。制粉系统采用负压系统,系统设计的零压点在干燥气升温炉出口处。该零压点以后经磨煤机、收粉装置、主排风机、消音器以及连接管路和烟囱,其总阻力损失达到 16 kPa 以上,均由主排风机提供压头(动力)。主排风机布置在地面,其进口管道沿柱列垂直敷设,与收粉装置相连。其主要工艺参数如下:温度为 80 ℃ 时风量为 180 000 m³/h,全压为 16 kPa,台数为 2。

3.7 原煤仓

每台磨煤机系列设置一个原煤仓。原煤仓有效容积为 580 m³,可贮存原煤 460 t。

4 制粉系统的操作控制方式

制粉系统操作控制方式设有中控室手动、自动和现场手动 3 种操作方式。在 COREX 炉中控楼设置集中控制操作站,设有阴极射线管(CRT)操作器,在 CRT

画面上设有手动和自动的切换功能,及部分设备的现场和中控的切换功能。在自动操作程序中设有几个人工确认的操作点,便于操作人员的灵活操作单元机组。现场手动只是在检修和调试时使用。在中控楼还设有紧急操作开关,其作用是在控制系统发生故障的情况下,通过紧急操作开关能对保安设备进行操作。在所有的操作中,设备之间均设置必要的连锁,保证系统、设备和人员的安全。

5 制粉自循环系统露点与含氧量控制

根据风量平衡计算,进入每台磨煤机的干燥气标准状态下的体积流量约为 80 600~95 000 m³/h。干燥气由升温炉燃烧 COREX 煤气产生的高温气体与制粉系统自身的部分尾气混合而成。由于 COREX 煤气热值为 8 206 kJ/m³,远远大于高炉煤气的热值 3 182 kJ/m³,因此要控制磨煤机出口温度约为 90 ℃,并不需要太多的 COREX 煤气燃烧产生的高温废气,即可将磨煤机入口的气体温度提高到 180~280 ℃。由此可知,单个制粉系列需要用其自身标准状态下的体积流量为 75 000~89 000 m³/h 的尾气,由升温炉燃烧产生高温气体只需标准状态下的体积流量约 6 000 m³/h。

在原煤、煤粉中水的质量分数分别为 5%、1%的条件下计算,磨煤机出口温度控制在 80 ℃,循环尾气露点温度约为 67 ℃,此时袋式收粉器出口的温度控制在 75 ℃,系统不会结露,可以保证系统的安全运行。制粉系统的新鲜空气主要由密封风机提供,标准状态下的体积流量约为 4 320 m³/h。系统中如果不加惰性气体,系统中 O₂ 的体积分数约为 13%,超出国家规范要求的 12%,需要加入 N₂ 气来置换出干燥气中的部分循环尾气,即置换 N₂ 气标准状态下的体积流量约为 4 000 m³/h,计算可得 O₂ 的体积分数约为 7%,满足规范要求。

6 安全措施

制粉喷吹站根据喷吹烟煤的需要,必须考虑以下安全措施,以确保系统的安全运行。

1)制粉系统自循环尾气直接加热形成干燥气,并掺入部分 N₂ 气确保 O₂ 的体积分数小于 12%,CO 的体积分数小于 0.03%。

2)磨煤机入口和袋式收粉器入口管上设置 O₂ 和 CO 气体监测装置。当系统 O₂ 的体积分数大于 8%或 CO 的体积分数大于 0.03%时发出报警信号。当系统

中 O₂ 的体积分数大于 10%或者 CO 的体积分数大于 0.05%时发出紧急报警信号,人工确定紧急停机。紧急停机时,自动向系统内充入 N₂ 气。

3)磨煤机及其后面的煤粉系统温度严格控制在 80~90 ℃。

4)磨煤机进出口管内、袋式收粉器内及其气粉管道内都设置有温度监测和报警装置。

5)在气粉输送管道、袋式收粉器上设置有防爆门。

6)干燥气升温炉设置点火程序控制和熄火安全保护装置。

7)设置消防水灭火系统和必要的消防器材。

8)袋式收粉器采用防静电滤料。

9)制粉喷吹站为敞开式构筑物,不设外墙,通风良好。

10)制粉系统中的煤粉设备及管道均考虑了防静电接地措施,法兰之间用导线连接。

7 结论

1)COREX 高炉制粉系统所用煤气的热值远高于普通高炉煤气的,因此在温度为 80 ℃,磨煤机的出口温度不变的情况下,自循环烟量比常规高炉制粉系统的少。

2)系统配备了保安 N₂ 气系统,烟气中 O₂ 的体积分数大于 12%,CO 含量大于 0.03%时,自动充入 N₂ 气,确保了系统的安全运行。

3)从目前国内外已投入运行的自循环工艺系统来看,自循环工艺与直排式工艺相比,自循环风可增加磨机的动力,有利于煤粉载出,烟气温度也得到利用,节约了能源,并且避免了外界因素对系统的干扰,系统运行更加稳定。

参考文献(References):

- [1] 陈志焕,沈惠国,陈亚. 煤粉制备过程的自循环系统[J]. 江苏冶金, 2005, 33 (2): 63-64.
- [2] 马政峰,吴铿,杨天钧,等. 安阳高炉喷吹瘦煤的安全控制[J]. 钢铁, 2003, 38 (11): 7-10.
- [3] 吴铿,魏欣,左兵,等. 高炉制粉系统的废气循环过程[J]. 钢铁研究学报, 2004, 16 (2): 8-11.
- [4] 唐文权,全强,王艳民. 关于磨机烟气自循环工艺设计概念的探讨[J]. 炼铁, 2005, 24 (5): 54-56.
- [5] 张召春. 高炉喷煤制粉干燥剂种类及其工艺比较[J]. 江苏冶金, 2008, 36 (4): 64-67.
- [6] 韩江文,郭建涛. 喷煤制粉烟气自循环技术的应用[J]. 炼铁, 2005, 24 (3): 38-40.
- [7] 李汉明. 制粉烟气自循环系统工艺剖析[J]. 炼铁, 2007, 26 (3): 82-86.