

硅铁电炉烟气净化系统设计

武刚

(中冶集团包头钢铁设计研究总院 包头 中国 014010)

摘要 通过对正压和负压除尘器的比较,介绍了正压除尘系统在硅铁电炉烟气净化系统中组合方案的选择,简述了系统中非标设备的性能及设计方法,并通过实例简要介绍了正压除尘系统在实际中的应用。

关键词 硅铁电炉 正压除尘系统 玻纤覆膜滤袋 双级旋风除尘器

中图分类号 X753 文献标识码 B 文章编号 1001-1943(2003)06-0027-04

THE DESIGN OF FLUE GAS CLEANING SYSTEM OF FERRO-ALLOY ELECTRIC FURNACE

Wu Gang

(Baotou Engineering and Research Corp of Iron & Steel Industry, Baotou, China 014010)

Abstract It introduces the advantages of positive pressure dust cleaning system as the flue gas cleaning system of silicon metal furnace through comparing positive pressure dust collector with negative pressure dust collector. It also introduces briefly the features and design of non-standard equipment of the system. The example is mainly about the practical application of positive pressure dust cleaning system.

Keywords silicon metal furnace, positive pressure dust cleaning system, class-fiber filmed filter bag, cyclone dust collector.

1 前言

随着钢铁产量的不断增长,我国的铁合金工业也得到了飞速的发展,铁合金年产量由20世纪80年代的100万t,发展到今年的700多万t。目前我国拥有6300~25000kVA铁合金电炉约1000多台,但配置烟气净化系统设施的仅占少数。

电炉在冶炼过程中,将产生大量的烟尘,每生产1t硅铁将产生250kg硅尘,全年生产各类铁合金将向大气中排放约100多万t粉尘,如不治理将严重污染环境。硅尘中SiO₂含量在90%左右,粒度小于1μm的占90%,硅粉的比表面积大,细度只有水泥的1/50~1/100,即使在常温下也显现出较大的火山灰活性,是优良的水泥掺和剂,对于提高水泥的强度和加强混凝土的致密性,十分有效。同时,硅粉在耐火材料、石油工业等方面均有广泛的用途。目前,硅粉SiO₂含量达到90%~92%的市场售价近2000元/t。

保护生产环境和生态资源,是我国的一项基本

国策。对铁合金电炉的烟气进行治理,从废物资源的综合利用上看亦是十分有利的,既有环境效益和社会效益,又有明显的经济效益。

2 烟气净化系统的流程

目前,国内外几乎所有的硅铁电炉均采用袋式除尘器。袋式除尘器的系统分为正压和负压两种形式。正压除尘器的优点是:①可不考虑袋式除尘器的漏风,风机风量可减少,电机功率可降低。②除尘器结构不要求密封,耗钢量少,造价低。③系统布置灵活,可多台电炉除尘共用一台除尘器。④管理维护简单,管理人员可随时进入除尘器内部检查或更换滤袋。

正压系统中风机在未净化的烟气中运行,过去普遍认为风机叶轮容易磨损,通过90年代初,在民和镁厂工业硅电炉除尘系统,采用正压袋式除尘器和以后西北铁合金厂多年应用正压系统的实际运用和观察,风机叶轮不但未发生磨损,反而在叶轮上薄

作者简介 武刚 男,1962年1月出生,1987年毕业于内蒙古青城大学工民建专业,工程师。现从事采暖通风专业的工程设计工作。

收稿日期 2003-09-23

薄的粘结一层粉尘的保护层,对风机叶轮起到了保护作用。由于粉尘粘结均匀,风机运行时并不影响动平衡。

表 1 是正压与负压除尘系统的比较 (以西北铁合金厂 25 MVA 电炉为例)

表 1 正压与负压除尘系统比较

Tab.1 Comparison between positive pressure dust cleaning system and negative one

| 项 目 | 系 统 风 量/ ($10^4\text{m}^3/\text{h}$) | 主风机 配电机 容 量 /kW | 除 尘 器 过 滤 面 积/ m^2 | 除 尘 器 单 位 过 滤 面 积 耗 钢 量 /(kg/m^2) |
|--------|--|--------------------------|-----------------------------------|--|
| 正压除尘系统 | 32 | 800 | 6700 | 30 |
| 负压除尘系统 | 36 | 1000 | 7500 | 42 |
| 正压/负压 | 88.9% | 80% | 89% | 71% |

3 正压除尘系统工艺流程的确定

正压除尘系统工艺流程如图 1 所示。

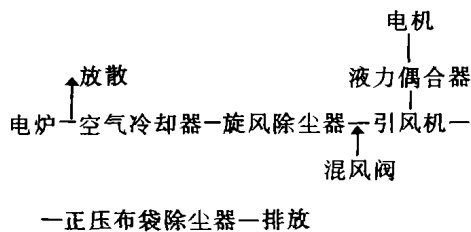


图 1 电炉除尘系统工程图

Fig.1 Flow diagram of dust cleaning system of electric furnace

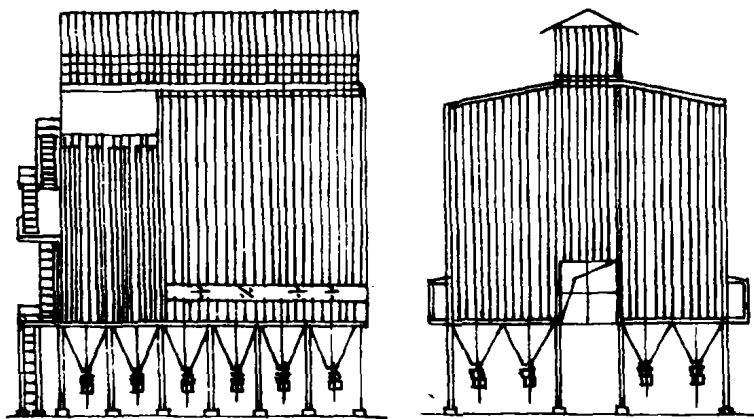


图 2 正压袋式除尘器

Fig.2 Positive pressure dust collector

室外廊两侧用透明玻璃钢采光,便于除尘器内检修换袋工作。袋室外廊底部和顶部吊挂布袋层都作成格栅,不仅减轻了结构重量,而且有利于自然通风。

用于硅铁电炉烟气除尘的布袋,前几年普遍使用玻璃纤维经硅油和石墨处理后的滤袋,此种滤袋

在系统流程中有多种组合方案,可根据电炉电容量和现场面积的大小来确定。

第一种组合方案:

一台电炉、一台风机为一个子系统,多个子系统共用一台除尘器。在子系统风机出口设电动阀门,风机可不设调速装置。此方案适用于容量为 12 500 kVA 以上的大型电炉。

第二种组合方案:

多台电炉共用一台风机和除尘器,适用于容量为 6 300 kVA 以下的小型电炉。本方案在各电炉支管上设电动阀门、风机设调速装置(液力耦合器或变频电机),用于解决系统的阻力平衡和电炉不同时生产的问题。

由于上述两种组合为多台电炉合用一台正压布袋除尘器,可大大节约除尘系统的占地面积。如西北铁合金一分厂 7 台 5 MVA 电炉共用一台风机和一台除尘器。二分厂 2 台 12.5 MVA 电炉共用一台风机,4 台电炉共用一台除尘器的方案在实践中取得了很好的效果。

4 除尘设备的设计

4.1 除尘器结构和滤料的选择

大型正压袋式除尘器采用双列分室组合的形式,中间进风,如图 2 所示。净化后的烟气由除尘器顶部排出,如原料中含硫量高,可在除尘器顶部设烟囱排放。除尘器围护结构采用彩色瓦楞形钢板,在袋

允许使用温度在 250~280 $^{\circ}\text{C}$,但玻璃纤维强度较低,允许过滤风速一般不超过 0.5 m/min 。滤袋阻力随运行的时间逐渐增大。

近几年多采用玻璃纤维覆膜滤袋,由于是靠薄膜作为过滤介质,可以防止粉尘渗入纤维,薄膜表面

很光滑,当除尘器反吸清灰时,粉尘都能掉下来,因此滤袋阻力随运行时间的变化不大。且玻璃纤维覆膜后,其强度提高,过滤风速可达 0.9 m/min ,从而减少过滤面积使除尘器体积成倍减小。由于薄膜的纤维组织极为细密,可使粉尘排放浓度很低。

4.2 旋风除尘器

设置旋风除尘器的目的:去除烟尘中的大颗粒和杂质,提高硅粉的品质;去除烟尘中可能带有的火星,以防带入除尘器烧坏布袋。

旋风除尘器有各种形式,常用的有单级旋风除尘器和双级旋风除尘器。双级旋风除尘器是由一个蜗壳形惯性分离器和一个“C”形除尘器组合而成,如图 3 所示。其工作原理为含尘烟气以较高的流速由切线方向进入惯性分离器,尘粒在离心力的作用下向壳体外缘分离,在壳体外缘形成一个尘粒浓缩层,烟气带着被浓缩的尘粒由分流口进入“C”形除尘器。经第一级浓缩后的高浓度含尘烟气由切向进入第二级除尘器,尘粒在离心力的作用下沿筒壁向下降落到灰斗,净化烟气在中心作螺旋上升运动,流至排烟管与一级除尘器的净化烟气汇合后排出。

4.3 空气冷却器

空气冷却器分大气自然风冷和机械通风空冷两

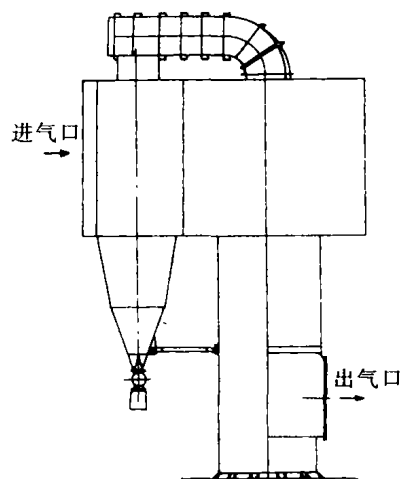


图 3 双级旋风除尘器
Fig.3 Cyclone dust collector

种。后者虽然传热系数高,而电耗却可观,实际采用者不多。

目前国内空气冷却器大多采用大气自然风冷,冷却器由多排“U”形钢管组合而成。

空气冷却器设计,在结构上首先应确定传热面积、冷却管管径和高度以及平面管子排列节距,如图 4 所示。

管径选择和所需总的传热面积有关。对于管道

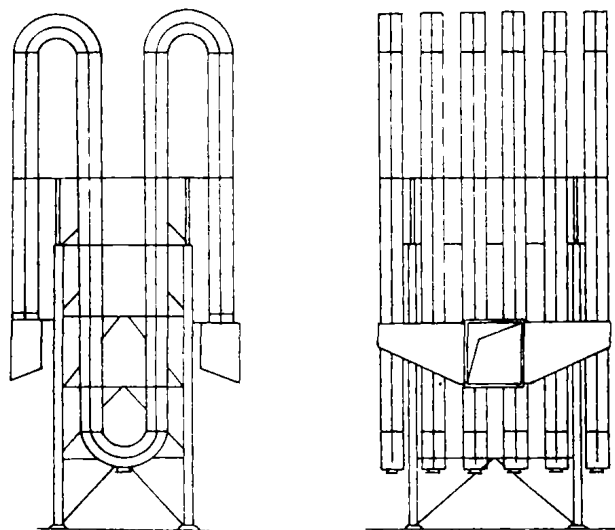


图 4 空气冷却器
Fig.4 Air cooler

的材质,烟温高于 $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的管段,应选用耐热合金钢; $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下管段采用优质炭素钢或低合金结构钢。炭素钢和低合金钢应考虑 1 mm 外腐蚀余量。由于所有管段均处于高温状态,建议管段可不作粉刷处理。如必须刷漆应在管段上涂耐热漆。

管束排列,采用顺列(棋盘格排列)的较多,以便于布置支架的梁柱,利于安装和检修。

冷却管的支架,应考虑抗风和抗震的需要。

5 除尘系统的控制

5.1 除尘器清灰

采用压差程序自控清灰,由 PLC 控制整个过程。

5.2 除尘风机的控制

当除尘系统采用第一种组合方案时,风机的调

节主要采取改变风机进口调节阀的开度来实现风机的经济运行。各子系统调节应各自独立,因电炉可能在不同负荷下运行,所以风机运转状态应该不一样。当某台炉发生故障时,可停止风机运转并关闭风机出口阀门。

当除尘系统采用第二种组合方案时,可通过调速装置(液力偶合器或变频电机),来实现风机的经济运行。

5.3 系统温度、压力的监控

风机入口前管道上设自动混风阀门,此阀与除尘器入口温度测点联锁,当温度大于 250℃时阀门自动开启,混入冷风降低烟气温度,以确保除尘器安全运行。在风机前后,除尘器灰斗上设压力测点

用于系统监控。

为便于系统的控制调节和管理,将所有检测项目、控制项目均输入 PLC 计算机系统,计算机负责整个系统的监控、执行命令、打印记录等项使命。

6 应用实例

西北铁合金有限公司 4×12.5 MVA 硅铁电炉烟气净化工程。

6.1 除尘系统流程

四台硅铁电炉除尘分两个子系统,每个子系统由两台电炉和一台风机组成,四台电炉共用一台正压布袋除尘器。其工艺流程见图 5。

6.2 简述

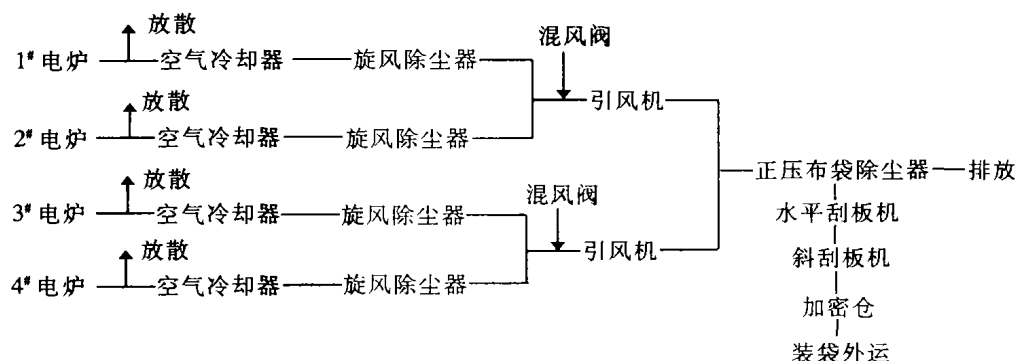


图 5 四台硅铁电炉除尘系统流程图

Fig.5 Flow diagram of dust cleaning system of four ferrosilicon electric furnaces

含尘烟气由烟罩通过风管引至空气冷却器,冷却器将烟温从 400℃冷却至 230℃,然后进入旋风除尘器将烟气中的大颗粒粉尘和带有火星碳粒除掉。再由引风机压入正压布袋除尘器过滤,含尘烟气经玻纤覆膜滤料过滤后排放的含尘浓度小于 20 mg/Nm³。净化后的烟气由位于除尘器顶部排气室排放。

风机入口前管道上设自动混风阀,此阀与除尘器入口温度测点联锁,当温度大于 250℃时阀门自动开启。除尘器采用压差程序自控清灰,由 PLC 控制整个过程。

空气冷却器进出口、主风机进出口和除尘器入口设温度、压力测点,各测点均输入计算机,并将整个系统的画面显示在计算机显示器上。

除尘器除下的粉尘,经水平刮板机、斜刮板机输入加密仓,然后装袋外运。

出硅口排烟为:由出硅口烟罩捕集的烟尘经设在电炉车间内的排烟风机,部分压入电炉下料管进入炉膛,一部分对炉门形成热风幕。

6.3 总结

该除尘系统于 2000 年 2 月投入运行以来,运行

比较正常,除由于电炉故障停机以外,基本上没有因系统问题而停机。目前,日收尘量约 30t 左右,年回收硅粉 1 万多 t,按 1800 元/t 价格销售,减去运行成本约 700 元/t,年获利可达 1100 万元。

实践证明:该除尘系统工艺流程、非标设备参数选择和设计合理,控制系统先进,系统连续运行稳定,操作方便,安全可靠,取得了社会效益和经济效益的双赢。

7 结束语

通过对十几个项目的设计及除尘系统的实际运行总结,笔者认为在硅铁电炉烟气净化中,采用正压除尘系统与玻纤覆膜滤袋是一最佳选择。该方案充分利用了硅粉在高温下流动性好,粒度细而软的特点,使系统风机能耗大大降低。在维护管理方面,可大大减轻管理人员的劳动强度。由于除尘风机安装在除尘器之前,除尘器起到了消声器的作用,使环境噪声比负压系统明显降低。可以说硅铁电炉烟气除尘技术已相当成熟。希望通过讨论和交流,活跃设计思路,以期共同进步。