

袋式除尘器在 20t/h 锅炉除尘器改造中的应用

彭乃文

(中平能化集团天成环保工程有限公司,河南平顶山 467000)

摘要: 燃煤锅炉在运行过程中会排放出大量的烟尘,而使用电除尘器除尘,效率较低,已经不能满足新的排放要求,采用低压脉冲袋式除尘器对原电除尘器进行技术改造,结果表明,袋式除尘器的除尘效率达到 99.9%,使烟尘排放浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$,达到了当地环保部门的排放要求,取得了良好的社会和环境效益。

关键词: 锅炉;袋式除尘器;改造;烟尘

中图分类号: X701.2 文献标识码: B 文章编号: 1006-8759(2011)03-0042-04

APPLICATION OF BAG FILTER IN THE RETROFIT OF 20t/h BOILER DUST

PENG Nai-wen

(Taincheng Environmental Engineering Limited Company of Zhong Ping Energy
Chemical Group, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: The process of coal-fired boilers will be running a lot of smoke and dust emissions. And the use of electrostatic precipitator is low collection efficiency. It can not meet new emissions requirements. Low pressure pulse bag filter is used for the technological transformation of the original electrical precipitator. The results show that the bag filter collection efficiency will be to 99.9%, and the dust emission concentration will be not higher than $50\text{mg}/\text{Nm}^3$. It will be to the local environmental protection department of the discharge requirements. And it will achieve good social and environmental benefits.

Keywords: boiler; bag filter; transformation; smoke and dust

燃煤锅炉在运行过程中,会排放大量的烟尘,排放的粉尘 30%是 PM_{10} 以下的“可吸入粉尘”,其中 $\text{PM}_{2.5}$ 以下的超细粉尘,对人类健康危害极大。平顶山市空气中主要污染物污染负荷最大的为可吸入颗粒物,2009 年可吸入颗粒物年均值浓度 $0.096\text{ mg}/\text{m}^3$,降尘量年平均值为 $10\text{ t}/\text{km}^2\cdot\text{月}$ 。平顶山市环保部门要求市区范围内的燃煤锅炉烟气中烟尘排放浓度 $\leq 50\text{ mg}/\text{m}^3$ 。平煤股份八矿位于平顶

山市东部,现有 1 台型号为 SHXF20-1.520 t/h 循环硫化床锅炉,配备静电除尘器进行除尘,并采用钠钙双碱法湿式脱硫。电除尘器由于当初制造安装质量问题,加之年久失修,除尘效率低下,烟尘严重超标排放,也影响了后续的脱硫系统的效率, SO_2 超标排放,污染环境,同时威胁着八矿的安全生产和生活用气的保障。经多方考察、调研,对方案技术、经济、占地面积的分析比较,平煤股份八矿采用袋式除尘技术对 20 t/h 循环硫化床锅炉电除尘器进行了改造。

1 原电除尘器及脱硫系统状况

收稿日期: 2011-03-31

第一作者简介: 彭乃文(1968-),女,河南信阳人,毕业于阜新矿院,本科,工程师,中平能化集团天成环保公司副总工程师,主要从事环保工程的设计与施工管理。

20 t/h 循环硫化床锅炉配备 JD20-2 型两电场电除尘器,烟气经除尘后进入不锈钢制脱硫塔,采用纳钙双碱法湿式对烟气脱硫。锅炉烟气工艺参数见表 1。

表 1 锅炉烟气工艺参数

工况烟 气量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	烟气 温度/ $^{\circ}\text{C}$	应用基 含硫量/%	入口烟尘 浓度/($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	要求排放 浓度/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
48 000	150~190	0.2~0.5	25~34.5	≤ 50

灰分主要成分组成: SiO_2 50.98%、 Al_2O_3 32.08%、 CaO 4.12%、 MgO 1.44%、 Na_2O 0.14%。

静电除尘器总高 12 m, 除尘器壳体尺寸为: $12\text{m} \times 9\text{m} \times 5.5\text{m}$ (B \times L \times H), 除尘器共有 2 个灰斗, 灰斗高 5.4m, 灰斗上口尺寸为: $4.9\text{m} \times 4.9\text{m}$ 。外壳体及灰斗受腐蚀, 内部积灰严重, 极线出现松动、断裂, 个别极线甚至变形、脱落, 极线尖部结球, 部分极板出现松动、变形, 致使静电除尘器净化效率大幅下降。由于电除尘器出口烟尘浓度较高, 大量的烟尘进入脱硫液中, 脱硫塔除尘负荷加大, 长期运行, 造成了旋流板腐蚀, 局部有堵塞结垢现象, 脱硫液喷淋不均匀, 致使烟气与碱性溶液不能充分接触, 脱硫效率大大下降。

2 袋式除尘器的工作原理及技术特点

袋式除尘器是利用纤维编制物制作的袋式过滤元件来捕集含尘气体中固体颗粒物的除尘装置, 对含尘气体具有筛分、惯性碰撞、拦截、扩散、静电及重力作用。当粉尘粒径大于滤料纤维间孔隙或滤料上沉积的粉尘间孔隙时, 粉尘即被筛滤下来。在最初运行时, 织物滤料纤维间的孔隙大于粉尘粒径, 主要是靠惯性碰撞、拦截、扩散、静电及重力作用, 在滤布上逐渐形成粉尘粘附层(即过滤层)后, 则碰撞、扩散等作用变得很小, 而主要靠筛分作用。

袋式除尘器根据清灰方法的不同, 主要分为机械振动式、烟气反吹式、脉冲清灰式。脉冲袋式除尘器由于其脉冲喷吹强度和频率可进行调节, 清灰效果好, 是目前世界应用最为广泛的除尘装置之一。

袋式除尘器的技术特点是:

(1) 除尘效率高, 粉尘排放浓度低, 能满足新的环保标准。布袋除尘器的除尘效率大于 99.9%, 特别是对于亚微米级的粉尘有很好的收集效果, 一般可低于 $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, 除尘器初期投运时甚至

可低于 $20 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, 比四电场的电除尘器除尘效果还要好。

(2) 除尘效率稳定。排放浓度不受粉尘的比电阻、浓度、粒度的影响, 以及锅炉负荷变化。

(3) 除尘器采用分室结构, 可以分室轮换检修, 而不影响锅炉运行。

(4) 布袋除尘器占地面积小, 技术结构简单, 易维护, 运行和维护较简易, 可实现无人操作。

(5) 布袋除尘器捕集粉尘范围广, 尤其适用于燃煤灰分高、比电阻值大、硫分低和电除尘器难以收集的煤灰。

3 除尘器技术改造的方案

结合八矿 SHXF20-1.25 型循环硫化床锅炉及现有静电除尘器的实际情况, 将原有静电除尘器改成低压脉冲袋式除尘器。

低压脉冲袋式除尘器主要由上箱体、中箱体、灰斗、卸灰装置、喷吹装置和控制仪等几部分组成。含尘烟气通过位于收尘器中部的进风管道, 在布气器作用下进入整个气室的中下部, 由于空间的骤然增加, 风速急剧下降, 大颗粒灰尘落入灰斗, 大部分灰尘随烟气缓慢上升, 均匀进入每个气室进行净化。当含尘气流通过骨架支撑的滤袋时, 粉尘被阻留在滤袋外面, 干净烟气进入袋内, 并经袋口和上箱体由出风口排出。当滤袋表面的粉尘不断增加, 导致设备阻力上升到设定值时, 微压差控制器有信号输出, (或到达设定时间) 电控仪便发出信号, 使喷吹系统工作, 压缩空气从气包经脉冲阀和喷吹管上的喷嘴向滤袋喷射, 在滤袋膨胀产生的加速度和反向气流的作用下, 附于滤袋外的粉尘脱离滤袋落入灰斗, 粉尘由卸灰阀排出, 脉冲阀依次打开约 0.1 min, 喷吹结束后, 第二个脉冲阀进行喷吹, 依次所有脉冲阀喷吹完毕, 实现清灰。

3.1 袋式除尘器设计与原有设施改造

充分利用原有静电除尘器的灰斗、气力输灰系统及配套设施, 拆除电除尘器除灰斗以外的内极板、极限及清灰装置, 在除尘器灰斗上部增加支撑立柱、框架、壳体, 并根据袋式除尘需要增加隔板, 将袋式除尘器隔断为 8 个并联运行的气室(每 4 个气室对准一个灰斗), 每个气室设一个手动离线检修阀, 用以保证在提升阀出故障时, 系统正常运行; 每 4 个气室作为一个小系统, 用一个手动离

线检修阀作为总控阀;每个收尘室设计安装一个提升阀,用以控制布袋除尘器清灰,提升阀采用错位安装,保证换袋空间的正常需要;每个收尘室设计安装7个2.5"淹没式脉冲阀,每个脉冲阀控制8条布袋的清灰。为保证清灰效果,设置稳定的气源、储存装置及输送管路,在管路上安装减压阀、脱水除油过滤装置,每个气室设置一个分气包。为方便检修和更换滤袋,除尘器上部净气室高度要预留足够的空间,净气室分为8个;滤袋室为密封结构,滤袋室分开独立设计,每个滤室上装置多个人孔门,用来检查更换滤袋;一进气口和一个出气口,分别用于连接废气和净气;根据电除尘器出口尺寸,在本体内设一同面积的烟道,作为内置旁路烟道,用以在超温超湿情况下烟气的通路,从而有效保护滤袋。

3.2 滤袋的选择

袋式除尘器设计滤速0.9 m/min,总过滤面积为889 m²。电改袋的滤袋选用φ133×4 000 mm,滤袋数量为560条,滤袋材质选用纯P84针刺毡。实际过滤面积为890 m²,实际过滤速度为0.90 m/min,每个气室安装70条滤袋,当进行离线清灰时,有7个室的滤袋工作,实际滤速为1.02 m/min。

滤袋材质选用了P84针刺毡耐高温滤料,P84学名聚酰亚胺(Polyimide PI),比重1.4g/cm³,是一种抗高温的合成纤维,横截面为不规则的叶片状截面,比一般圆形截面增加了80%的表面积;失效率低、工作寿命更长,适用于很广的范围,过滤效率高、清灰效果好,压差低、使得运行成本降低、适合于最严格的环境标准

P84纤维具有以下几方面的特点:

(1)耐高温性能好,可在260℃以下温度连续使用,瞬时温度可达280℃(每年累计少于200 h),具有安全的空间以应付停机和意外事件。

(2)具有良好的抗化性:具有良好的耐酸碱性和抗氧化性,有一定的耐水解性。

(3)低逆洗压力并高弹泥饼效率:P84特性因纤维本身的细度而显著,更因不规则的纤维横断面使纤维表面积增加到最大而提供很多的微小孔隙致使表面过滤效果优于深度过滤。粉尘只停留在滤毡表面而没能穿入滤毡中,因此逆洗压力小而滤饼弹脱效率得以显著改善,具有极佳的微细粉粒收集效率,且作业压差小。

滤袋上口为弹簧形式,采用不锈钢钢带,弹性

好,不易腐蚀,寿命长;滤袋上部和底部设计增加了加固布,增强易破部位的强度,延长了滤袋的使用寿命。

3.3 清灰系统的设计

脉冲清灰装置是除尘器的心脏部位,涉及除尘器的使用效果好坏。

脉冲阀为双膜片直通结构,其喷吹输出口为双扭线形式。当控制仪发出信号时,使电磁阀开启,小膜片动作。使两膜片间的空腔卸压,大膜片即动作,开放输出口,实现喷吹。当控制仪信号消失时,电磁阀即关闭。小膜片和大膜片相继关闭,停止喷吹。这种脉冲阀两个膜片的节流通分开设,启闭时不会互相干扰。因而大大加快了启闭速度。脉冲阀阻力低、启闭快、清灰能力强、喷吹系统各部件都具有优良的空气动力特性,且直接利用袋口起引射作用,省去了传统的引射器。因此运行能耗低于反吹风袋式除尘器,对高浓度及含湿量大的烟气净化,仍有良好的清灰效果。

喷吹管采用喷插接结构,拆装方便,喷口采用弧形拉伸,减少喷吹阻力;喷吹管的喷口能够按气流分配确定,保证每个叶口通过的气流误差小,喷吹管的喷孔增设喷嘴,使喷吹气流不易分散。

脉冲阀采用整体铝合金材料,不易腐蚀阀体口,与分气包的喷管采用“O”型密封,维修更换方便、快捷。

分气包配以安全阀、压力表、排污阀、使分气包安全、洁净。每个气室设一个分气包,即8个分气包,保证清灰的效果。

3.4 脉冲清灰的控制

低压脉冲袋式除尘器以PLC控制器承担除尘器清灰控制和对温度等运行参数的实时控制,控制器功能齐全,且运行可靠性强,具有自动化程度高、运行管理方便等特点。

控制系统采用可靠的可编程控制器,具有很高的适应性和可靠性。所有设备具有两种控制方式,既可在机旁直接控制,也可以通过中央控制室远程控制。

3.5 应急的烟气旁路系统及烟气超温报警系统

在锅炉投油、烟温异常、“四管”爆裂等状态下使烟气经旁路管道排放而不经滤袋,从而有效地保护布袋除尘器,提高滤袋的使用寿命。方案设计采用旁路烟道,设在布袋除尘器本体内,在烟道装设2个电动提升阀进行烟气流向的切换,当温度

超过设定温度时,旁路烟道的电动阀自动打开,布袋除尘器电动阀关闭,使烟气从旁通烟道进入下一级处理系统,从而绕过袋式除尘器,以保护滤袋,在除尘器内安装测温、测湿及测压装置,并安装烟气超温报警系统。

4 系统的阻力分析及风机的选型

SHXF20-1.25 型循环硫化床锅炉原有风机型号为 Y₅48N₀12.5 D,功率 110 kW,全压 4 230 Pa,风量 48 000 m³/h。

(1) 烟道阻力

本锅炉的结构参数为:烟温 150 ℃,烟气流 48 000 m³/h,烟道尺寸 φ1.0 m,管道内气体流速 17 m/s,烟气密度 0.86 kg/m³ 烟道长度 45 m,弯头 6 个,圆形插板阀 2 个。烟道阻力为:

$$\Delta P_{\text{烟道}} = \Delta P_{\text{沿程阻力}} + \Delta P_{\text{局部阻力}} + \Delta P_{\text{插板阀}} \\ = 559 + 529 + 522 = 1610 \text{ Pa}$$

(2) 袋式除尘器系统阻力:袋式除尘器的阻力由 3 部分组成:①设备本体结构的阻力指气体从除尘器入口,至除尘器出口产生的阻力;②滤袋的阻力,指来滤粉尘时滤料的阻力,约 50~150 Pa;③滤袋表面粉尘层的阻力,粉尘层的阻力约为干净滤布阻力的 1~10 倍。

一般的过滤风速为 0.5~3 m/h 时,本体阻力大体在 50~500 Pa 之间。但是,在考虑本体结构阻力时,应同时考虑一定的储备量。故本设计中除尘器系统阻力取为 1 500 Pa。

(3) 湿式脱硫系统阻力:脱硫系统的阻力主要由旋流板和塔体本身造成的,其阻力为 750 Pa。

(4) 锅炉本体阻力为 1 400 Pa。

(5) 系统总阻力:

$$\Delta P_{\text{总}} = \Delta P_{\text{烟道}} + \Delta P_{\text{袋式除尘器}} + \Delta P_{\text{湿式脱硫系统}} + \Delta P_{\text{锅炉本体}} \\ = 1610 + 1500 + 750 + 1400 = 5260 \text{ Pa}$$

经过以上计算分析,系统总阻力为 5 260 Pa 大于现有风机全压,需更换风机,风机选型为:Y6-51No.12D 型,风量:51 800 m³/h,全压 5877 Pa,电机功率:132 kW。

5 改造后袋式除尘器参数

型式:低压脉冲袋式除尘器,外滤式、分室离线清灰。设计技术参数见表 2。

6 改造后运行效果及效益分析

表 2 设计技术参数

项 目	数 值
处理风量(160℃工况下)/(m ³ ·h ⁻¹)	48 000
过滤面积/m ²	889
过滤风速(m·m ⁻²)	1.02
除尘器阻力/Pa	<1500
出口含尘浓度/(mg·m ⁻³)	≤50
净化效率/%	>99.9
滤袋规格	133×4 000mm(448 只)
滤袋材质	纯 P84 针刺毡
电磁脉冲阀	淹没式(56 只)
进气温度/℃	≤160
漏风率/%	<2
耐压等级/Pa	8 000
喷吹起源压力/MPa	0.3~0.5
耗气量(m ³ ·min ⁻¹)	10

6.1 运行效果

八矿将原电除尘器改造为低压脉冲袋式除尘器,自 2010 年 8 月投入运行以来,经过 2 周时间的调试,烟尘浓度达到了设计要求,设备运行良好,达到了预期目标,并通过环保部门的监测验收,监测数据见表 3。

表 3 锅炉监测数据 mg/m³

频次	烟尘		SO ₂	
	除尘器进口	除尘器出口	脱硫塔进口	脱硫塔出口
1	3.58×10 ⁴	30	1550	328
2	3.60×10 ⁴	32	1558	356
3	3.56×10 ⁴	28	1549	347
均值	3.58×10 ⁴	30	1552	344

从表 3 中可以看出,采用低压脉冲袋式除尘器对锅炉烟气中的烟尘进行除尘后,烟尘平均排放浓度达到了 30 mg/m³,除尘效率为 99.9%,达到当地环保部门的排放要求;而且大大减少了进入后续脱硫塔中烟尘含量,降低脱硫废水处理负荷,提高了脱硫液的水质,有效地改善脱硫塔内喷头的堵塞及结垢问题,比改造前脱硫效率提高了 18%,达到 78%,SO₂ 排放浓度也大大降低。

6.2 经济效益分析

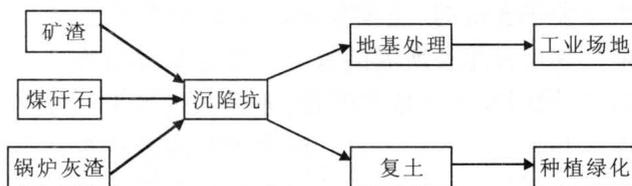
经计算,年减少烟尘排放量约 3748 t,SO₂158.7 t,可节约排污费 113.2 万元。

年耗电量 4.0×10⁵ kWh,工业电价 0.7 元/kWh,人员 5 人,人工费用 4 万元(人·年),设备折旧 14.7 万元;年运行成本费用 62.7 万元。年节约费用 40 余万元。

(下转第 64 页)

矸石堆放的土地整治与生态恢复,是指建井过程和生产初期,矿区还没有形成明显的沉陷坑时,在首采区上方,根据地表下沉预测的深度、范围,预先排放废渣、煤矸石,等到地表有明显的沉陷或地表下沉基本终止时,再将沉陷区的堆体按照3%~6%的坡度整理,进行利用。

(2)首采区地表沉陷生态恢复可采用矿渣、煤矸石以及锅炉灰渣充填沉陷区的方式进行土地整治与综合整治,首采区一般离矿井地面工业场地



较近,填平处理后的沉陷区可成为建筑用地,扩大了生产和生活区,又避免了压煤。

(3)全井田地表沉陷生态恢复可采用水土保持和生态治理相结合的方式进行土地整治与综合整治。当达到设计服务年限后,煤炭资源已经得到充分的开发和利用,保护区域生物多样性和景观多样性就成为生态恢复工作的重点,而水土保持和生态治理则最能体现干旱区生态保护的特点。

(上接第45页)

6.3 环境效益和社会效益

通过对除尘器的改造,采用低压脉冲袋式除尘器替代原两电场静电除尘器,使锅炉废气中烟尘达到排放标准,同时也提高了脱硫效率,污染物排放总量大大降低,减少了对当地周围大气环境的污染,提高了企业形象,取得了很好的环境和社会效益。

7 结语

(1)采用低压脉冲袋式除尘器对电除尘器进行改造,锅炉废气的烟尘排放浓度达到当地环保部

水土保持和生态治理模式是指以生态修复为主、人工辅助修复为辅,尽量避免不必要的开发建设,要给沉陷区的自然生态以必要的休养、恢复、生长的时间和空间。对水土流失轻度区通过封育保护,尽快遏制水土流失,大面积地进行生态修复,加快治理进度;对水土流失中度区进行灌草补植、封育保护;在水土流失强的部分区域,可先进行简单的水土流失治理,控制大的水土流失,在此基础上再进行生态修复。

参考文献

- [1] 纪万斌.我国采煤沉陷生态环境的恢复及开发利用[J].中国地质灾害与防治学报,1999,(19):45~50.
- [2] 邹友峰,邓喀中,马伟.矿山开次沉陷工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003,317~318.
- [3] 贺林.乌鲁木齐矿区急倾斜煤层开采地表移动变形规律研究[D].西安科技大学硕士论文,2008.
- [4] 何国清,杨轮,凌耿娣.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1991,116~132.
- [5] (波)J 李特威尼申著,何国清译.颗粒体力学中的随机方法[M].徐州:中国矿业学院科技情报室,1984.
- [6] 刘宝琛,廖国华.煤矿地表移动的基本规律[M].北京:中国工业出版社,1965.
- [7] 崔亚莉,邵景力,韩双平.西北地区地下水的地质生态环境调节作用研究[J].地学前缘,2001,8(1):192~193.

门的要求,除尘效率达到了99.9%,减轻后续脱硫塔除尘负荷,改善了脱硫水质,提高了脱硫效率。

(2)低压脉冲袋式除尘技术具有除尘效率高、占地面积小、机构简单、运行维护容易、自动化操作等优点,应用前景广泛。

参考文献

- [1] 杨叙军.布袋除尘器在处理锅炉烟尘应用和优点[J].江苏锅炉,2007,1:30~31.
- [2] 赵欣华,梁冬.布袋除尘器技术在火电厂锅炉烟气除尘的应用[J].黑龙江电力,2005,27(3):154~157.
- [3] 孙熙.袋式除尘技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2004.