

袋式除尘器在高效煤粉工业锅炉中的应用

王实朴^{1 2 3}

- (1. 煤炭科学研究总院 节能工程技术研究分院 北京 100013;
2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室 北京 100013;
3. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室 北京 100013)

摘要:根据袋式除尘器除尘原理,结合煤粉工业锅炉系统特征,从袋式除尘器的清灰方式及经济性等方面分析了脉冲喷吹式除尘器和气箱式脉冲除尘器在煤粉工业锅炉系统中的适用范围。结合内蒙古神东集团寸草塔二矿其中一台煤粉工业锅炉袋式除尘器滤袋氧化失效情况分析,总结出适用于煤粉工业锅炉系统中袋式除尘器结构特点及运行维护中影响袋式除尘器的因素,为日后设计、安装、使用除尘器提供了参考。

关键词:脉冲喷吹袋式除尘器;气箱式脉冲袋式除尘器;二次扬尘;偏吹;在线清灰;离线清灰

中图分类号:X701.2

文献标识码:B

文章编号:1006-6772(2013)04-0100-05

Application of bag filter in efficient pulverized coal industrial boiler

WANG Shipu^{1 2 3}

- (1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
2. National Energy Technology & Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China;
3. State Key Laboratory of Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

Abstract: Analyze the scope of pulse jet dust collector and air box pulse dust collector system in pulverized coal industrial boilers through investigating the principle and deashing modes of bag filter, characteristics of pulverized coal industrial boiler system as well as the practical application of collectors. Taking one bag filter in Cuncaotao NO.2 coal mine as research object, its main problem is that the filter bag lose effectiveness due to oxidation. According to the transformation of bag filter, provide its appropriate structure and maintenance methods, which is beneficial for design, installation and use of bag filter.

Key words: pulse jet bag filter; air box pulse bag filter; secondary dust; deflective blow; on-line cleaning; off-line cleaning

0 引 言

高效煤粉工业锅炉是一种以煤粉燃烧技术为核心的新型燃煤工业锅炉,将燃煤研磨成细度为

0.074 mm 的煤粉,使燃煤在炉膛内充分燃烧从而提高煤燃烧效率,煤粉燃尽率可达 98% 以上,锅炉热效率达 88% 以上,充分实现了国家“十二五”节能减排政策中节能的要求。而布袋除尘器作为一种高

收稿日期:2013-04-19 责任编辑:孙淑君

基金项目:国际科技合作项目(2011DFA60390)

作者简介:王实朴(1985—),男,河南平顶山人,助理工程师,主要从事非标设备研发工作。E-mail:11141903@qq.com。

引用格式:王实朴.袋式除尘器在高效煤粉工业锅炉中的应用[J].洁净煤技术,2013,19(4):100-104.

效除尘设备在煤粉工业锅炉中不可或缺,主要通过过滤的方式将烟气中的粉尘过滤出来以达到环保、低排放的要求,其排放质量浓度低至 5 mg/m^3 以下,远低于现行国家燃煤锅炉排放标准,甚至接近或达到燃油、燃气锅炉的污染物排放要求,对 $\text{PM}_{2.5}$ 细颗粒污染物也能够达到良好的净化效果,满足日益严格的环保标准要求。

高效煤粉工业锅炉由于其出色的节能减排效果,加之其高度自动化的操作,近年来在国内不断推广,目前已在内蒙、山西、山东、天津、福建、广东、辽宁等地市政、工业园区和大型煤炭企业建成或在建百余套,其出色的节能环保性已得到用户的广泛认可^[1]。

1 布袋除尘器原理与清灰

布袋除尘器除尘原理运用过滤机理,是重力、筛滤、惯性碰撞、吸附效应和扩散与静电吸引等各种力的综合效应。当含尘气流经滤布时,比滤布空隙大的微粒,由于重力作用而沉降,或由于惯性作用而被滤布挡住;比滤布空隙小的微粒,由于和滤布发生碰撞或被滤布纤维吸附,停留在滤布表面和空隙中,并形成附着在滤布上的一次尘,用来过滤后来的二次尘,即用粉尘过滤粉尘,从而进一步提高除尘器的除尘效率。通过机械振动、压缩空气反吹、脉冲喷吹等手段使滤袋产生形变振动从而将附着在滤袋上的粉尘清除,称为清灰。由于布袋除尘器的清灰工作是使滤袋产生振动,若清灰方式不当,会直接影响除尘器的除尘效果及滤袋的寿命^[2]。布袋除尘器的粉尘过滤如图1所示。

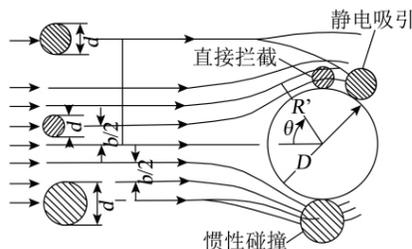


图1 布袋除尘器的粉尘过滤

2 煤粉工业锅炉系统布袋除尘器清灰方式

在煤粉工业锅炉应用中,常用的布袋除尘器为脉冲喷吹除尘器和气箱式脉冲除尘器,这2种除尘器的清灰方式虽然都是利用瞬间喷入高压压缩空气使滤袋变形膨胀,使附着于滤袋上的灰尘脱离落

入灰斗,但二者清灰方式有所不同。

脉冲喷吹式除尘器(也称行喷吹除尘器)在接到清灰指令后,控制喷吹的脉冲阀立刻使压缩空气在极短时间内($\leq 0.2\text{ s}$)高速喷入滤袋,同时诱导数倍于喷射气流的空气形成空气波,使滤袋由袋口至底部产生急剧的膨胀和冲击振动,造成积灰下落的作用。在进行脉冲喷吹时,滤袋仍然进行烟气过滤。喷吹气流阻挡过滤烟气的同时,用瞬间的脉冲振荡使粉尘剥落进入灰斗,这种清灰方式叫做在线清灰。

气箱式脉冲除尘器的本体分隔成若干箱室,每箱按过滤面积有若干条滤袋,并在每箱侧边出口管道上有一个气缸带动的提升阀。当过滤含尘气体一定时间后(或阻力达到预先设定值),清灰控制器发出信号,第一个箱室的提升阀开始关闭切断过滤气流,脉冲阀开启,使 0.6 MPa 压缩空气冲入净气室,净气室内空气瞬间膨胀使滤袋剧烈振动清除滤袋上的粉尘,之后提升阀重新打开,使箱室重新进入工作状态。这种清灰方式称做离线清灰^[3]。离线清灰原理如图2所示。

3 脉冲喷吹式和气箱式脉冲除尘器的应用

3.1 在线清灰和离线清灰

在线清灰过程中,滤袋由于脉冲气流冲击产生振动,附着在上面的灰尘脱离滤袋后,较大的粉尘颗粒因其自重落入灰斗,部分较小的粉尘颗粒则在受到振动脱离滤袋后随含尘气流再次附着于相邻的其他滤袋上(粉尘的二次飞扬),系统阻力不能有效降低,如此往复,会增加除尘器的清灰频率,降低电磁阀和滤袋的寿命。

相对于在线清灰,离线清灰工作需要的气量较少。清灰开始时,独立的箱室受主气流干扰较小,从滤袋表面清除下来的粉尘有足够的沉降时间,不会造成粉尘二次飞扬,清灰效率提高,清灰频率下降,有助于延长滤袋及电磁阀的寿命。

3.2 更换滤袋

煤粉工业锅炉实际应用中,由于锅炉调试,不同煤粉质量、天气等原因导致锅炉尾部烟气的温度、腐蚀性元素及氧元素的含量不能维持在一个稳定范围内,导致部分滤袋失效,所以更换滤袋成为布袋除尘器维护工作的重点。

脉冲喷吹式除尘器在更换滤袋时,需要先将喷吹管取下再更换滤袋,更换完毕后再将喷吹管复

位。若压缩空气射流中心线和滤袋中心线有偏移,高压脉冲气体通过滤袋上方的喷吹孔直接作用于滤袋侧壁,造成偏吹,则高速气流对滤袋的损伤很大,直接影响除尘效果和滤袋的使用寿命。这对除尘器的喷吹管上的喷吹孔加工精度、喷吹管的安装精度及滤袋垂直度有严格的要求。

大,直接影响除尘效果和滤袋的使用寿命。这对除尘器的喷吹管上的喷吹孔加工精度、喷吹管的安装精度及滤袋垂直度有严格的要求。

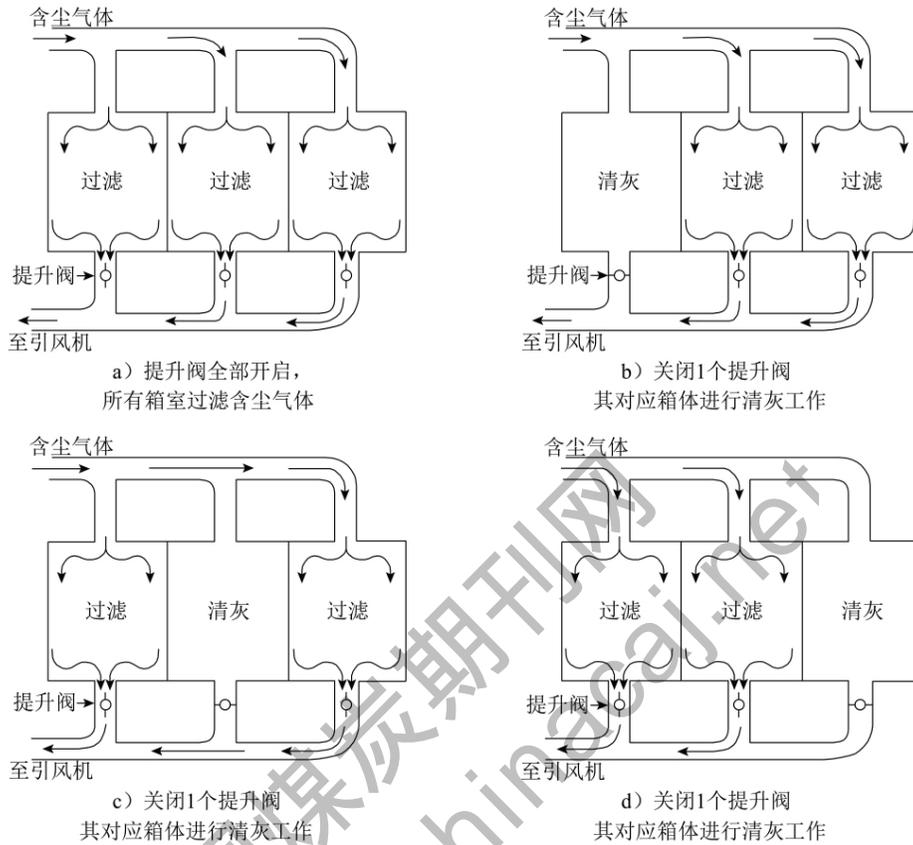


图2 离线清灰原理示意

气箱式脉冲除尘器采用高压脉冲气体喷吹气箱,气箱内空气整体瞬间膨胀使滤袋剧烈振动,高速脉冲气流不直接作用于滤袋,对滤袋损伤小。更换滤袋时,气箱式脉冲除尘器可通过关闭提升阀单独切断某一箱室的过滤气流使其独立进行更换工作,更换完毕后可以立刻恢复正常运行,做到不停机检修而不影响其他系统工作,且不需要很高的安装精度。相对于脉冲喷吹除尘器,大大提高了维护工作的效率和质量。

变化从而完成清灰。在保证清灰效果的前提下,其滤袋的尺寸不能过大,长度一般不超过3 m,直径不超过140 mm;而脉冲喷吹式除尘器滤袋的长度可达6 m,直径可达170 mm。因此,在相同过滤面积下,脉冲喷吹式除尘器的体积和占地面积相对更小。

气箱式脉冲除尘器采用离线清灰方式,清灰后不会造成二次扬尘,提高了除尘效率,同时压缩空气的高速气流不会直接作用于滤袋从而延长了滤袋的使用寿命^[4-5]。

另外,在煤粉工业锅炉系统中,布袋除尘器设计选型时需要综合考虑用户使用锅炉的频率、锅炉实际运行负荷及用户场地、资金的投入等因素。脉冲喷吹除尘器结构简单,投资少,占地面积较小,适合在锅炉使用频率不高,不经常高负荷运行的小型煤粉工业锅炉使用。对于24 h长期高负荷运行的煤粉工业锅炉而言,保证炉膛负压的稳定对锅炉整体正常运行有很大关系,气箱式脉冲除尘器在清灰过程中,清灰气流对主系统整体负压影响很小,即使需要检修更换滤袋时也不需系统停机,有利于保证煤粉锅炉系统的稳定运行^[6-12]。

3.3 布袋除尘器的选型

3.4 滤料的选择

由于脉冲喷吹式和气箱式脉冲除尘器使用压缩空气的方式不同,气箱式脉冲除尘器对压缩空气的压力要求比脉冲喷吹式高。并且气箱式除尘器的压缩空气是对箱室喷吹,造成箱室整体气压剧烈

传统燃煤锅炉的烟气主要成分是CO₂, SO₂, N₂,

O₂, H₂O, 而煤粉工业锅炉煤粉燃烧器采用空气分级低温燃烧设计, 温度场均匀, 使烟气中的酸碱等腐蚀性元素相对传统锅炉明显降低。在系统中加入省煤器, 使锅炉烟气中的剩余温度得到有效利用, 同时也将正常烟气温度控制在 150 ℃ 左右。PPS 滤料的最高连续使用温度理论上可达到 190 ℃, 耐酸碱腐蚀性强。因此, PPS 滤料比较适合应用在煤粉锅炉系统的烟气处理中。需要注意的是, 如果烟气中氧含量超过额定值 (7%~8%) 将会加速 PPS 在这个温度下氧化的过程。烟气中的氧含量主要与

煤粉锅炉的负荷、燃烧效率以及系统的漏风率有关。实际应用时, 应从设备生产、调试、运行等环节来控制烟气中的氧含量以减少滤料氧化^[12-14]。

4 煤粉锅炉布袋除尘器的应用

内蒙古鄂尔多斯市神东集团寸草塔二矿 (简称寸二矿) 20 t 蒸汽煤粉工业锅炉系统配套 96-6 气箱式脉冲除尘器。

4.1 煤粉成分及特性

煤粉成分分析见表 1。

表 1 煤粉成分

M _{ar} / %	工业分析								ω(S _{t,ad}) / %	ω(S _d) / %	CRC			
	M _{ad} / %	A _{ad} / %	A _d / %	V _{ad} / %	V _d / %	V _{daf} / %	FC _{ad} / %							
20.0	8.03	6.73	7.32	26.22	28.51	30.76	64.17	1.51	1.64	2				
元素分析 / %								发热量 / (MJ · kg ⁻¹)			灰熔融性 / ℃			
ω(C _{ad})	ω(C _d)	ω(H _{ad})	ω(H _d)	ω(N _{ad})	ω(N _d)	ω(O _{ad})	ω(O _d)	Q _{gr,ad}	Q _{gr,d}	Q _{net,ar}	DT	ST	HT	FT
69.34	75.39	3.55	3.86	0.70	0.76	10.14	11.03	27.42	29.81	22.76	1120	1130	1150	1170

4.2 除尘器参数

4.2.1 环境条件

年平均气温 / ℃	14.1
最高气温 / ℃	40.5
最低气温 / ℃	-23.4
年平均气压 / kPa	101
海拔高度 / m	50
地震基本烈度 / 度	8

4.2.2 设计参数

寸二矿气箱式脉冲布袋除尘器设计参数见表 2。

4.3 技术特点

- 1) 为防止结露, 除尘器整体均做保温;
- 2) 为提高除尘效率, 在除尘器进气口斜隔板上安装预沉降及导流装置;
- 3) 在除尘器净气室与上箱体间设差压变送器实时监测布袋阻力, 并由上位机根据差压变送器实时传回的布袋阻力数据自动控制喷吹清灰;
- 4) 在锅炉烟气出口设置氧含量监测仪, 实时监测烟气中氧含量以判断锅炉燃烧情况, 也可判断除尘器过滤烟气的氧含量, 在不影响锅炉燃烧的情况下调整运行负荷及通风量以减少滤料的氧化程度。

4.4 使用情况

在运行一个采暖季后, 发现其中一台袋式除尘器滤料失效, 通过实验分析确定为氧化失效。从系统工艺、设备维护角度分析失效原因为锅炉长期低负荷运行, 烟气中排烟温度及含氧量较高导致滤料

加速氧化, 影响了使用寿命。

表 2 寸二矿气箱式脉冲布袋除尘器设计参数

项目	参数	
工况风量 / (m ³ · h ⁻¹)	33000	
处理烟气温度 / ℃	150 ℃ (要求耐 160 ℃, 瞬时最高 190 ℃)	
处理烟气质量浓度 / (g · m ⁻³)	≤200	
技术 参 数	过滤面积 / m ²	毛 750 净 625 (一室清灰)
	过滤风速 / (m · min ⁻¹)	毛 0.73 净 0.88
	除尘器运行阻力 / Pa	≤1500
	除尘器排放质量浓度 / (mg · m ⁻³)	≤30
	漏风率 / %	<3
结 构 参 数	压缩空气	压力 / MPa 0.6~0.7 耗量 / m ³ 1.8
	除尘器室数 / 个	6
	每室滤袋数 / 条	96
	滤袋规格 / mm	φ130×3200
	滤袋材质	550 g/m ² PPS 针刺毡
	滤袋数量 / 条	576
	壳体耐压 / Pa	-7000

更换滤袋后在运行中采取了以下预防措施:

- 1) 增加锅炉负荷或降低通风量, 以降低烟气中的氧含量;

2) 锅炉运行时,控制燃烧以保证烟气温度和含氧量在额定范围内运行^[15]。

5 结 论

1) 脉冲喷吹式除尘器占地面积相对较小,一次性投资较少,对喷吹系统的加工工艺,喷吹系统及滤袋的安装精度要求较高,同时更换滤袋时需反复拆装喷吹系统,很容易因安装不当造成偏吹从而影响滤袋寿命。所以适用于运行负荷较小或运行频率不高,布袋除尘器工作负荷不高的煤粉锅炉系统中。

2) 气箱式脉冲除尘器需要一定量的压缩空气压力,且滤袋尺寸相对固定,若要增加过滤面积只能通过增设箱体、增加滤袋数量的方式,相对占地面积较大,一次性投资较高,但在后期使用维护中,可以做到不停机检修,并且对整体系统影响很小,维护成本和精度要求较低。适用于锅炉长期高负荷运转,布袋负荷较高的煤粉锅炉系统中。

3) 要保持滤料性能,需要在锅炉系统运行中,控制烟气温度和含氧量均在额定范围内波动,检修维护或运行季结束时,应对滤袋进行清理保养。而脉冲喷吹除尘器,不仅要在生产安装时保证其精度,在运行中也要检查气路系统是否干净,避免气路系统进入杂质损坏滤袋。

参考文献:

[1] 纪任山,王乃继,肖翠微,等. 高效煤粉工业锅炉技术现状及应用[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(5): 52-56.
 [2] 余云进. 除尘技术问答[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
 [3] 张殿印,张学义. 除尘技术手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.

(上接第95页)

[27] Chu Libing, Wang Jianlong, Dong Jing, et al. Treatment of coking wastewater by an advanced Fenton oxidation process using iron powder and hydrogen peroxide [J]. Chemosphere 2012, 86(4): 409-414.
 [28] Zhu Xiaobiao, Tian Jingping, Liu Rui, et al. Optimization of Fenton and electro-Fenton oxidation of biologically treated coking wastewater using response surface methodology [J]. Separation and Purification Technology, 2011, 81(3): 444-450.

[4] 陈隆枢. 脉冲喷吹装置的清灰特性及相关技术[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 厦门: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 2005: 252-259.
 [5] 毛志伟, 胡建鹏. 气箱脉冲袋收尘器的开发研究和应用[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 杭州: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 1994: 127-136.
 [6] 韦鸣瑞, 陈志炜, 刘晨. 燃煤电厂锅炉袋式除尘技术与工程应用[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 厦门: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 2005: 6-11.
 [7] 江得厚, 郝党强, 王勤. 燃煤电厂袋式除尘器发展趋势及其运行寿命的音响因素[J]. 中国电力, 2008(5): 86-91.
 [8] GB/T 6719—2009 袋式除尘器技术要求[S].
 [9] 杨复沫. 脉冲袋式除尘器清回能力评价方法和手段的实验研究[D]. 北京: 冶金部安全环保研究院, 2009.
 [10] 胡国忠. 袋式除尘器在国外电站 CFB 锅炉烟气除尘上的应用的研究[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 杭州: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 1999: 208-212.
 [11] 刘亚洲, 王自宽. 内蒙古丰泰发电有限公司 2X200MW 机组袋式除尘器使用情况介绍[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 厦门: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 2005: 12-20.
 [12] 毛健雄, 毛健全, 赵树民. 煤的洁净燃烧[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
 [13] 罗祥波, 王顺. PPS 滤料在火电厂燃煤锅炉烟气除尘中的应用[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 厦门: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 2005: 215-220.
 [14] 姚宇平. 袋式除尘器滤料及脉冲喷吹技术探讨[C]//全国袋式过滤技术研讨会论文集. 厦门: 中国环保产业协会袋式除尘器委员会, 2005: 197-201.
 [15] 徐尧, 张鑫, 梁兴, 等. 袋式除尘器滤袋失效原因分析及预防措施[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(6): 112-115.
 [29] Ren Hongqiang, Yang Yunjun, Ding Lili, et al. Method integrating electrochemical oxidation and flocculation processes for pretreatment of coking wastewater: USA, 20110220585 [P]. 2001-09-15.
 [30] 陈振飞, 卢桂军, 李茂静, 等. 超声波技术降解焦化废水中有机的研究[J]. 工业水处理, 2011, 31(4): 39-42.
 [31] 武思拓. 组合工艺处理难降解焦化废水试验研究[J]. 广东化工, 2012, 10(39): 144-145.