

较大,风机能耗增加。为了降低除尘器压力损失,可以在除尘器出口装设消旋导流器。

(5) 运转维护要点

①重视对文丘里洗涤器的运行管理,尤其是建立一套定期清洗除尘水的砾石过滤系统和环形喷嘴的制度,保证除尘用水的水质良好,水压稳定适中。每根供水管上的表均需定期校验,保证压力指示数据正确可信。

②应注意使喷嘴供水管系统分配合理,避免多层喷嘴供水方式中出现的喷嘴水不均匀造成水膜不连续,以及喉管底部缺水导致积灰等现象。

③精心安装文丘里管喷嘴装置,每次检修更换喷嘴时,都要进行封喉效果的冷态测试,保证喷嘴正确到位,封喉良好。对检修后的捕滴器,也要进行环形喷嘴静态喷水的收保证。

④控制捕滴器环形喷嘴供水压力不大于0.02MPa。定期检查捕滴器入口蜗壳、排口等易磨损腐蚀的部位,及时修补堵漏,保证捕滴器良好的工作状态,避免烟气带水。

(6) 处理效果

用文丘里除尘器以后,虽然烟囱较低,但飞灰的排放浓度仍可达到环保要求。除尘器排水的pH值为3.5~4.5。但在流动过程中,pH值逐渐增大,流至灰场时pH值7~9,符合排放标准。

4.5 除尘装置选择

除尘装置的种类和形式很多,具有不同的性能和使用范围。正确选择除尘器并进行科学的维护管理,是保证除尘设备正常运转并完成除尘任务的必要条件。如果除尘器选择不当,就会使除尘设备达不到应有的除尘效率,甚至无法正常运转。如果选择了合适的除尘器而不进行认真的维护和管理,同样也会降低除尘器的除尘效率,并缩短除尘器的使用寿命。



4.5.1 除尘装置的选择原则

选择除尘器时,必须全面考虑有关因素,包括:除尘效率、阻力损失、设备投资、占用空间、操作费用及维修管理的技术水平等,其中最主要的是除尘效率。一般来说,选择除尘器时应该注意以下几个方面的问题:

(1) 排放标准和除尘器进口含尘浓度

在除尘系统中设置除尘器的目的是保证排至大气的气体含尘浓度能够达到排放标准的要求。因此,选用除尘器必须满足排放标准规定的排放要求。

《锅炉大气污染物排放标准》(GB 13271—2014)规定,锅炉大气污染物排放浓度限值如表 4.25 所示,新建锅炉自 2014 年 7 月 1 日起执行,10t/h 以上在用蒸汽锅炉和 7MW 以上在用热水锅炉自 2015 年 10 月 1 日起执行,10t/h 及以下在用蒸汽锅炉和 7MW 及以下在用热水锅炉自 2016 年 7 月 1 日起执行。

表 4.25 锅炉大气污染物排放浓度限值

污染物项目	颗粒物(mg/m ³)		烟气黑度(林格曼黑度,级)
	燃煤锅炉	燃油/燃气锅炉	
在用锅炉限值	燃煤锅炉	80	≤1
	燃油锅炉	60	
	燃气锅炉	30	
新建锅炉限值	燃煤锅炉	50	
	燃油锅炉	30	
	燃气锅炉	20	
特别排放浓度限值	燃煤锅炉	30	
	燃油锅炉	30	
	燃气锅炉	20	
污染物排放监测位置	烟囱或烟道		烟囱排放口

依照排放标准,根据除尘器进口气体的含尘浓度,确定除尘器的除尘效率。要达到同样的排放标准,进口含尘浓度越高,要求除尘器的除尘效率也必须越高。若废气的含尘浓度较高时,在电除尘器或袋式除尘器前应设置低阻力的初级净化设备。一般来说,文丘里、喷淋塔等洗涤式除尘器的理想含尘浓度应在 10g/m³ 以下;袋式除尘器的理想含尘浓度范围是 0.2~10g/m³;电除尘器的理想含尘浓度应在 30g/m³ 以下。

(2) 粉尘的性质

粉尘的性质对除尘器性能和运行具有较大的影响。例如,黏附性大的粉尘容易黏结在除尘器表面,不宜采用干法除尘,最好采用湿式除尘器;水硬性和疏水性的粉尘不宜采用湿法除尘;比电阻过大或过小的粉尘不宜采用电除尘;处理磨损性粉尘时,旋风除尘器内壁应衬垫耐磨材料,袋式除尘器应选用耐磨滤料。具有爆炸性危险的粉尘,必须采取防爆措施等。

另外,不同除尘器对不同粒径尘粒的除尘效率是完全不同的。选择除尘器时,必须



了解所处理粉尘的粒径分布和除尘器的分级效率,再根据粒径分布和分级效率计算总效率并选择除尘器。表 4.26 列出了用二氧化硅粉尘(密度 $\rho_s = 2700\text{kg/m}^3$)进行试验得出不同除尘器的分级效率,可供选用除尘器时参考。一般情况,当粒径较小时,应选择湿式、过滤式或电除尘器;当粒径较大时,可以选择机械式除尘器。

表 4.26 除尘器的分级效率

除尘器名称	全效率(%)	不同粒径的分级效率(%)				
		0~5 μm	5~10 μm	10~20 μm	20~44 μm	>44 μm
		(20%)	(10%)	(15%)	(20%)	(35%)
带挡板的沉降室	56.8	7.5	22	43	80	90
普通的旋风除尘器	65.3	12	33	57	82	91
长锥体旋风除尘器	84.2	40	79	92	99.5	100
喷淋塔	94.5	72	96	98	100	100
电除尘器	97.0	90	94.5	97	99.5	100
文丘里除尘器 ($\Delta p = 7.5\text{Pa}$)	99.5	99	99.5	100	100	100
袋式除尘器	99.7	99.5	100	100	100	100

注：“()”中的数值为粒子的粒径分布。

(3) 含尘气体性质

含尘气体的温度、湿度等性质和气体的组成也是选择除尘设备时必须考虑的因素。对于高温、高湿的气体不宜采用袋式除尘器。当气体中含有 SO_2 、 NO_x 等有毒有害气体时,可适当考虑湿式除尘器,但要注意设备的防腐蚀。对于气体中含有 CO 等易燃易爆的气体时,应将 CO 转换为 CO_2 后再进行除尘。

(4) 气体的含尘浓度

气体的含尘浓度较高时,可选用机械式除尘器;含尘浓度较低时,可选用文丘里洗涤器、袋式除尘器或静电除尘器等高效除尘器;若进口气体含尘浓度高,而要求出口气体的含尘浓度低时,可选用多级除尘器串联的组合方式除尘,即先设置低阻力的初级净化设备除去粗大的尘粒,降低后面除尘器入口含尘浓度,再设置袋式除尘器或静电除尘器等高效除尘器,以便发挥更好的作用。例如:可以防止电除尘器由于粉尘浓度过高而产生的电晕闭塞;可以减少洗涤式除尘器的泥浆处理量;可以防止文丘里除尘器喷嘴堵塞和减少喉管磨损等。

(5) 设备投资和运行费用

在选择除尘器时还必须考虑设备的一次投资(设备费、安装费、基建费)以及日常运行和维修费用等经济因素。表 4.27 给出了常见除尘系统投资费用和运行费用的比例。需要指出的是:任何除尘系统的一次投资只是总费用的一部分。所以,仅以一次投资作为选择的依据是不全面的,还必须考虑易损配件的价格、动力消耗、维护管理费、除尘器的使用寿命、回收粉尘的利用价值等。



表 4.27 常见除尘设备的投资费用和运行费用的比例

常见除尘设备	高效旋风除尘器	袋式除尘器	电除尘器	塔式洗涤器	文丘里洗涤器
投资费用比例(%)	50	50	75	51	30
运行费用比例(%)	50	50	25	49	70

总之,选择除尘器时要结合本地区和使用单位的具体情况,综合考虑各方面的因素。表 4.28 是各种除尘器的综合性能,可供选用除尘器时作为参考。

表 4.28 各种除尘器的综合性能

除尘器名称	适用的粒径范围 (μm)	除尘效果 (%)	压力损失(Pa)	设备费用	运行费用
重力沉降室	>50	<50	50~130	少	少
惯性除尘器	20~50	50~70	300~800	少	少
旋风除尘器	5~30	60~70	800~1500	少	中
冲击水浴除尘器	1~10	80~95	600~1200	少	中下
旋风水膜除尘器	≥ 5	95~98	800~1200	中	中
文丘里除尘器	0.5~1	90~98	4000~10000	少	大
电除尘器	0.5~1	90~98	50~130	大	中上
袋式除尘器	0.5~1	95~99	1000~1500	中上	大

4.5.2 除尘装置性能比较

(1) 机械式除尘器

机械式除尘器造价比较低、维护管理方便、耐高温高湿烟气、耐腐蚀性气体。但对粒径在 $5\mu\text{m}$ 以下的尘粒去除率较低,当气体含尘浓度高时,这类除尘器可作为初级除尘,以减轻二级除尘的负荷。

(2) 电除尘器

电除尘器除尘效率高,压力损失低,运行费用较低,但电除尘器的设备投资大、设备复杂、占地面积大,对操作、运行、维护管理都有较严格的要求。同时,对粉尘的电阻比也有要求。目前,电除尘器主要用于处理气量大,对排放浓度要求较严格,又有一定维护管理水平的大企业,如电厂、建材、冶金等行业。

(3) 湿式除尘器

湿式除尘器结构比较简单、投资少,除尘效率比较高,能除去小粒径粉尘。并且可以同时除去一部分有害气体。湿式除尘器的缺点是用水量比较大,泥浆和废水需进行处理,设备易腐蚀。寒冷地区要注意防冻。

(4) 过滤式除尘器

过滤式除尘器以袋式除尘器为主。袋式除尘器的除尘效率高,能除掉微细的尘粒。对处理气量变化的适应性强,最适宜处理有回收价值的细小颗粒物。但袋式除尘器的投



资比较高,允许使用的温度低,操作时气体的温度需高于露点温度;否则,不仅会增大除尘器的阻力,甚至由于湿尘黏附在滤袋表面而使除尘器不能正常工作。当尘粒浓度超过尘粒爆炸下限时也不能使用袋式过滤器。表 4.29 是几种除尘器的综合比较。

表 4.29 几种除尘器的综合比较

内容	旋风除尘器	湿式除尘器	静电除尘器	布袋除尘器
净化效率	对 $5\mu\text{m}$ 以上的尘粒,效率在 80% ~ 90% 之间	对 $1\mu\text{m}$ 以上的尘粒,效率在 90% 以上	对 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ 的尘粒,效率可达 99% 以上	99%
压力损失			200~300Pa	1500Pa 以内
处理烟气流	较小	较小	大	大
占地面积	大	较大	较大	小
粉尘性质对净化效率的影响	适合于粒径与密度较大的粉尘	水硬性与憎水性粉尘的影响较大	高比电阻的粉尘影响较大	黏附性强的粉尘影响较大
烟气温度的影响	影响不大	适合于处理高温高湿烟气	耐高温	不适应于高温烟气
安装要求	容易	较容易	严格	较严格
经济性	投资低	投资较低	达到小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求,初次投资大	初次投资比电除尘的小,运行费用较高
能耗			采用电控系统节能技术,电场能耗低	清灰能耗低,但引风机能耗高
对超细粉尘的捕集效果	差	较差	较差	较好
维护	较简单	较简单	检修工作量小,但需停机检修	换袋工作量大,可以不停机检修

思考与练习题

1. 旋风除尘器的分割粒径是指_____。除尘器的分割粒径越小,则除尘效率_____。
2. 提高旋风除尘器的进口风速,除尘效率_____。
3. 温度为 200°C , 压力为 0.101MPa 的含尘气体通过一旋风除尘器,筒体直径为 D ,筒长度 $L=2D$,锥体高度 $H=2D$,进口宽度 $b=D/5$,进口高度 $h=3D/5$,尘粒密度为 $2000\text{kg}/\text{m}^3$ 。若旋风除尘器筒体直径为 0.65m ,进口风速为 $21\text{m}/\text{s}$ 。试求:(1)气体处理量(标准状况);(2)气体通过旋风除尘器的压力损失;(3)尘粒的分割粒径。

