自洁式空气过滤器的选型设计

冯宁军

(西安陕鼓动力股份有限公司 陕西 西安 710075)

摘要: 空气过滤器是空分制氧工程的一个重要前端设备,对空气的清洁、过滤起着至关重要的作用,影响着空压机的稳定安全运行。本文对空气过滤器分类进行了介绍,在此基础上提出了自洁式空气过滤器结构,并对效率计算进行了计算,最后进行了造型设计,该自洁式空气过滤器可以满足空压机稳定运行的需要。

关键词:分类;效率;滤筒;选型

0 引言

随着国内煤化工行业发展、钢铁企业合并等趋势, 空分制氧工程的规模越来越大,从两万等级发展到十万 等级空分,目前国内已有十二万等级的在建空分制氧项 目。空气过滤器作为空分装置里面的第一个处理空气的 设备,将空气粗过滤,除掉灰尘、絮状物等大颗粒物质, 对核心设备空压机的稳定运行起着至关重要的作用。

1 过滤器分类

根据 GB/T 14295-2008《空气过滤器》可分为粗效、中效、高中效和亚高效空气过滤器四类,见表 1。

表 1 空气过滤器分类

类别性能	额定风量	额定风量下	通常提法	备注			
指标	下的效率	初阻力 /Pa	旭 帝征/広	亩注			
粗效	粒径≥5μm,	≤ 50					
	80%> η ≥ 20%	<u> </u>					
中效	粒径≥ 1μm,	≤ 80	效率为大				
	70%> η ≥ 20%	<u> </u>	文章为人 气尘计数				
高中效	粒径≥1μm,	≤ 100	(主 N 数 效率	文率 文率			
	99%> η ≥ 20%	<u> </u>	X T	X T			
亚高效	粒径≥ 0.5 μ m,	≤ 120					
	$99.9\% > \eta \ge 95\%$	120					

GB/T 13554-2008《高效空气过滤器》将高效过滤器按过滤效率分为高效 A、高效 B、高效 C 和高效 D 四种类型,见表 2。

2 自洁式空气过滤器结构

空分装置目前主要使用脉冲反吹自洁式过滤器,由空气滤筒、脉冲反吹系统、净气室、框架、控制系统组成。 其中,反吹系统由气动隔膜阀、电磁阀、专用喷嘴及压

表 2 高效空气过滤器分类

类别性能 指标	额定风量 下的效率	额定风量下 初阻力 /Pa	通常提法	备注
高效 A	η ≥ 99.9%	≤ 190	高效 过滤器	A 、 B 、 C 三 类 效 率
高效 B	η ≥ 99.99%	≤ 220	高效 过滤器	为 钠 焰 法 效率;
高效 C	η ≥ 99.999%	≤ 250	高效 过滤器	D 类效率为 计数效率;
高效 D	粒径≥ 0.1 μm, η ≥ 99.999%	≤ 250	超高效过滤器	C、D 类 出 厂要检漏

缩空气管路组成,控制系统主要由脉冲控制仪、差压变 送器、控制电路等组成。

自洁式空气过滤器的净气室出口与空压机入口连接,在负压的作用下,从大气中吸入加工空气。空气经过过滤筒,灰尘被滤料阻挡,无数小颗粒粉尘在滤料的迎风表面形成一层尘膜。尘膜可使过滤效果有所提高,同时也使气流阻力增大。当阻力增至高限 600Pa 时,由压差变送器将阻力信号传给脉冲控制仪中的电脑,电脑发出指令,自洁系统开始工作,电磁阀接到指令后,按程序控制驱动隔膜阀,隔膜阀瞬间释放出压缩空气,其压力为 600~800kPa,经喷嘴整流后,自滤筒内部反吹滤筒,将滤料外表面的粉尘吹落,阻力随之下降。当阻力达到滤料的初始阻力(约150Pa)时,自洁系统停止工作。

自洁式过滤器的滤筒分成多组,每组包括多个滤筒, 每组都设置一个隔膜阀。某一个阀门动作,只反吹它涉 及的那组滤筒,其余各组照常工作,因此自洁系统不影 响过滤器的连续工作。

滤筒实际是由褶皱滤料构成的分子筛过滤器,滤

材决定了滤料微孔的大小,从而筛选通过滤料尘埃的 大小。例如,好的 PTFE 覆膜滤筒,阻力小,微孔尺 寸小,可以拦截 1 μ m 大小的粉尘。对于"滤料微孔 越小,阻力越大"的担忧,利菲尔特早就研发出了孔 径小、阻力低的过滤材质,并且先进的技术还在不断 创新。

脉冲式反吹自洁式空气过滤器对 2 μ m 粒子过滤效率大于 98%;初始阻力小于 150Pa,正常状态阻力为 400 ~ 600Pa,报警阻力为 800Pa,最大安全阻力为 1500Pa;反吹压缩空气压力为 600 ~ 800kPa,流量小于 0.15m³/min。每个滤筒的有效过滤面积为 21.4m³。

滤筒的过滤效率高,阻力低,使用寿命长,且能抗水雾;自动反吹清扫灰尘,达到自洁。可保证空压机连续2年以上不间断运行。实验证明,连续运行5~10年的离心式空压机内部无明显结垢,叶片毫无粉尘磨损的痕迹;设备检修维护方便,费用低。滤筒寿命长,更换方便,且可以不停机更换。滤料为优质防水纸料,价格便宜;反吹耗气量少,一般为0.1~0.3m³/min(吸入状态);压力为0.4~0.6MPa;脉冲反吹自洁式空气过滤器为干式空气过滤器,与湿式空气过滤器相比,加工空气不带油,没有危及空分装置安全的问题。

3 效率计算

效率是评价过滤器的重要性能指标之一。根据含 尘浓度计量方法的不同,过滤器的效率可分为计重效 率、计数效率等,一般采用过滤器的进出口浓度表示, 如下式:

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} = \frac{Q (N_1 - N_2)}{N_1} = 1 - \frac{N_2}{N_1}$$

式中: η -过滤器效率(%);

 G_1 、 G_2 - 进 / 出口气流中颗粒物的质量或数量 (μ g/h);

 N_1 、 N_2 – 进 / 出口气流的含尘浓度 (µg/m³);

Q - 过滤器的风量 (m^3/h) 。

例如,一过滤器进口浓度为 $50 \mu g/m^3$,出口浓度为 $0.2 \mu g/m^3$,则过滤器效率 $\eta = 1-0.2 \div 50 = 99\%$;

对于多级过滤器,过滤器的效率

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \cdots (1 - \eta_N)$$

式中: η -过滤器总效率;

 η_1 - 第一级过滤器效率;

 η_0 - 第二级过滤器效率;

 η_N - 第 N 级过滤器效率。

例如,某三级过滤器,第一级、第二级、第三级过

滤器的过滤效率分别为 0.9、0.95、0.96,则该过滤器的 总效率

 $\eta = 1 - (1 - 0.9)(1 - 0.95)(1 - 0.96) = 99.98\%$

4 选型设计

人口过滤器滤筒的选型和使用还是存在很多问题 的,主要体现在以下几点。

一是没有预过滤。大颗粒粉尘(粒径≥5µm)撞击滤筒和气流通道,造成表面磨损。使得滤筒的使用寿命很短,滤筒容易破损。

二是滤筒精度低。小颗粒粉尘(粒径<5µm)在设备内部形成坚实的结垢,这些结垢影响气流运动,造成设备运行效率降低,使喘振曲线漂移,有时还会破坏动平衡。

三是滤筒不能防腐蚀性粉尘。腐蚀性粉尘引起设备 化学腐蚀,缩短滤筒及设备的使用寿命。

出现以上问题的根源在于滤筒的选型与应用问题。 滤筒按照材质分类,可分为滤筒除尘器,按不同材质划 分,通常可以分为长纤维聚酯滤筒、复合纤维滤筒、防 静电滤筒、阻燃滤筒、PTFE 覆膜滤筒、防爆滤筒、纳 米滤筒等。

滤筒设计选型主要考虑到安装方式、过滤面积、滤筒护网、密封圈和滤筒选材等,每一项都有不同的要求,如安装方式涉及空间位置、维护更换,过滤面积会影响到过滤风量,滤筒护网涉及到反吹和滤筒强度,密封圈则会影响滤筒密封性能的稳定,滤筒的选材则会影响到整个滤筒的使用寿命、过滤精度等。因此,每一项选择都有其详细的考量,而不是一成不变地使用一种滤筒就可以适用所有的工况。

根据过滤精度、处理气量、结构形式等,可根据表 3 进行初步选型。

从人口过滤器的滤筒安装方式进行选型,主要有小 孔吊装式、竖装卡盘式、竖装三爪旋转式和卧式几种。 小孔吊装式设备结构简单,但是安装维护麻烦;竖装卡 盘式安装维护方便,但是相对体积较大,竖装三爪式安 装方便,但是密封性能要求高;卧式安装维护方便、体 积小,但是滤筒上有一定死角。

不管是哪种安装方式都有其优缺点,没有哪种是最好的方式,只有选择最合适的滤芯安装方式才能取到最优的效果。所以对于人口过滤来说选择滤芯安装方式也 是很重要的。

再从材质上主要分为玻璃纤维、聚酯纤维、木浆纤维三大类。玻璃纤维有过滤精度高、防湿性强、透气度

表 3 滤筒设计选型主要参数

序号	规格	LFZK 225	LFZK 300	LFZK 380	LFZK 500	LFZK 625	LFZK 910	LFZK 1000	LFZK 1250	LFZK 1500	LFZK 2100
1	空气过滤量 / (m³/min 吸入)	225	300	380	500	625	910	1000	1250	1500	2100
2	结构型式	单层									
3	初阻损 /Pa	≤ 150									
4	过滤精度 / (μm/效率)	≥ 1/99.96; ≥ 2/99.99; ≥ 3/100									
5	消耗功损 /W	100					150				
6	反吹气量 / (m³/min)	0.1				0.2					
7	反吹气压/MPa	0.4 ~ 0.6									
8	外形尺寸/m	长	1.5	1.8	2.1	2.1	2.1	2.9	3.3	4.1	4.9
		宽	1.5	1.5	1.5	1.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
		高	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
9	质量 /t	1.6	1.9	2.0	2.4	2.8	3.2	4.2	4.7	6.0	7.0

好等突出优点,但是由于它的耐破度很低(仅 3kPa),所以不能作为反吹脉冲滤芯材料,聚酯纤维虽然耐破性能好,但是透气性差,也很少用在人口过滤。现在使用的空气人口过滤的滤芯主要采用木浆纤维、木浆纤维和其他纤维的混合材料、纳米滤材等。

用于空气人口过滤的高效滤芯的滤材国内暂时还不能生产,目前还是主要由美国 HV 公司和美国 Ahlstrom公司供货。根据不同的使用工况,需要有针对性地选择人口过滤滤芯:有湿度的工况,滤芯必须保证疏水性;恶劣的工况,滤芯很容易被堵塞,因为有粘性的合成粉尘,如碳氢化合物(油雾烟尘),脉冲清洁程序后的压力恢复必须要足够;盐腐蚀性的工况,滤芯必须保证盐不能渗入到主机造成腐蚀。

5 结语

人口空气过滤器是空分装置的关键前序设备,对空 压机的长期安全运行起到重要的作用。需要根据工艺参 数、周围环境、空气湿度、检修条件等因素综合考虑人 口空气过滤器的选择,才能保证空分装置的长期、安全、 高效运行,避免停机等事故的发生。

参考文献:

[1] 王鹏. 自洁式空气过滤器的改进[J]. 深冷技术,2012(5):19-22.

[2] 张小永. 自洁式空气过滤器使用维护探讨 [J]. 冶金动力,2012,151(3):25-26.