



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 6165—2021  
代替 GB/T 6165—2008

---

## 高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力

Test method of the performance of high efficiency particulate air filter—  
Efficiency and resistance

2021-04-30 发布

2021-11-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、缩略语 .....	1
4 试验方法的选择 .....	4
5 高效及超高效空气过滤器性能装置及试验方法 .....	4
6 高效及超高效滤料性能试验方法 .....	17
附录 A (规范性附录) 钠焰法过滤器性能检测试验装置的构造与维护 .....	28
附录 B (资料性附录) 钠焰法过滤器和滤料试验装置部件构造示意图 .....	33
附录 C (规范性附录) 油雾法过滤器试验装置的构造与维护 .....	36
附录 D (规范性附录) 油雾法滤料试验装置的校对、标定与维护 .....	39
附录 E (规范性附录) 油雾法过滤器试验装置中的汽化—冷凝式油雾发生炉 .....	41
附录 F (规范性附录) 油雾仪 .....	44
附录 G (规范性附录) 钠焰法滤料试验装置的构造与维护 .....	45
附录 H (规范性附录) 滤料试验装置中的油雾发生器 .....	47

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 6165—2008《高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力》，与 GB/T 6165—2008 相比主要技术变化如下：

- 增加了 MPPS $\leq$ 0.1  $\mu$ m 过滤器的效率试验方法(见 4.4)；
- 增加了统一的高效空气过滤器试验装置基本性能要求及维护、标定周期要求(见 5.1)；
- 调整了计数法效率计算公式(见 5.2.5.1、5.2.5.2,2008 年版的 5.3.6)；
- 明确了钠焰法测试气溶胶粒径分布特征描述(见 5.3.1,2008 年版的 6.2.1)；
- 修订了对钠焰法过滤器试验装置采样系统的要求,删除了稀释系统的要求(见 5.3.2.1,2008 年版的 6.2.2)；
- 删除了附录 G(见 2008 年版的附录 G)。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国暖通空调及净化设备标准化技术委员会(SAC/TC 143)归口。

本标准起草单位:中国建筑科学研究院有限公司、清华大学核能与新能源技术研究院、中国人民解放军军事科学院防化研究院、烟台宝源净化有限公司、康斐尔过滤设备(昆山)有限公司、北京昌平长城空气净化设备工程公司、浙江曼瑞德环境技术股份有限公司、美埃(中国)环境净化有限公司、吴江市华宇净化设备有限公司、苏州市计量测试研究所、上海洁斐然环境技术有限公司、东莞市利人净化科技有限公司。

本标准主要起草人:冯昕、江锋、张惠、曹冠朋、张振中、门泉福、孟令坤、杨云涛、沈涛、朱建国、陈巍、张保红、冯伟豪、高正、任志伟、徐军军、谢燕辉、周权。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 6165—1985、GB/T 6165—2008；
- GB/T 6166—1985。



# 高效空气过滤器性能试验方法

## 效率和阻力

### 1 范围

本标准规定了高效、超高效滤料及过滤器效率和阻力检测的术语、定义、符号与缩略语,试验方法的选择,高效及超高效空气过滤器性能试验方法,高效及超高效滤料性能试验方法等。

本标准适用于过滤气溶胶所使用的高效、超高效滤料及过滤器效率和阻力的检测。亚高效滤料及过滤器的效率和阻力检测可参照执行。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1236 工业通风机用标准化风道性能试验

GB/T 2624.2 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第2部分:孔板

GB/T 2624.3 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第3部分:喷嘴和文丘里喷嘴

GB 11120 涡轮机油

GB/T 12564 光电倍增管总规范

GB/T 13554 高效空气过滤器

GB/T 14295 空气过滤器

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

JJF 1190 尘埃粒子计数器校准规范

JJG 172 倾斜式微压计

JJG 875 数字压力计检定规程

### 3 术语和定义、缩略语

#### 3.1 术语和定义

GB/T 13554 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**透过率 penetration**

对过滤元件进行试验时,过滤元件过滤后的气溶胶浓度与过滤前的气溶胶浓度之比。

##### 3.1.2

**效率 efficiency**

对过滤元件进行试验时,过滤元件过滤掉的气溶胶量与过滤前的气溶胶量之比。

##### 3.1.3

**额定风量 rated air flowrate**

标识过滤器工作能力的技术参数,表示保证过滤器效率的单位时间最大空气体积流量。

注:由过滤器生产厂家提供。

3.1.4

**阻力 resistance**

在一定试验风速或风量条件下,过滤元件前后的静压差。对过滤器而言,为额定风量下过滤器前后的静压差。

3.1.5

**滤料 filter medium**

未经折叠、用于过滤气溶胶的平面过滤材料。

3.1.6

**高效空气过滤器 high efficiency particulate air filter; HEPA**

用于空气过滤且使用本标准规定的计数法进行试验,额定风量下未经消静电处理时的过滤效率及经消静电处理后的过滤效率均不低于 99.95% 的空气过滤器。

3.1.7

**超高效空气过滤器 ultra low penetration air filter; ULPA**

用于空气过滤且使用本标准规定的计数法进行试验,额定风量下未经消静电处理时的过滤效率及经消静电处理后的过滤效率均不低于 99.999% 的空气过滤器。

3.1.8

**高效滤料 HEPA filter medium**

用于制作高效空气过滤器的滤料。

3.1.9

**超高效滤料 ULPA filter medium**

用于制作超高效空气过滤器的滤料。

3.1.10

**气溶胶发生器 aerosol generator**

用于产生试验用标准气溶胶的装置。

3.1.11

**粒子计数浓度 particle number concentration**

单位体积气体(空气)中,所测量粒径范围内的粒子数量。

3.1.12

**粒径 particle size**

用某种测定方法(光学或空气动力学等效测试)测出的粒子名义直径。

3.1.13

**计径效率 particle size efficiency**

过滤元件对某一粒径粒子的过滤效率。

3.1.14

**最易透过粒径 most penetrating particle size; MPPS**

按本标准所规定的计数法进行试验时,受试过滤元件计径效率曲线最低点对应的粒径。

3.1.15

**最易透过效率 minimum filter efficiency**

在给定运行条件下,受试过滤元件对最易透过粒径粒子的过滤效率,一般称 MPPS 效率。

3.1.16

**中值直径 median particle diameter**

气溶胶粒径累积分布占总量 50% 时对应的粒径值,常用计数中值直径和质量中值直径表示。

## 3.1.17

**采样流量 sampling flow rate**

检测仪器在测定过滤元件上游或下游粒子浓度时,其测量元件取样的空气体积流量。

## 3.1.18

**采样时间 sampling duration**

在取样体积流量下,受试高效空气过滤元件上游或下游空气采样的有效时间。

## 3.1.19

**重合误差 coincide error**

在给定时间内,由于粒子计数器的散射腔中含有多个颗粒而产生的误差。

注:重合误差会导致测量结果中计数浓度偏低、平均粒径偏高。

## 3.1.20

**单分散气溶胶 monodisperse aerosol**

用分布方程描述时,粒径尺寸几何标准差小于 1.15 即( $\sigma_g < 1.15$ )的气溶胶。

## 3.1.21

**准单分散气溶胶 quasi-monodisperse aerosol**

用分布方程描述时,粒径尺寸几何标准差大于或等于 1.15 且小于或等于 1.50 即( $1.15 \leq \sigma_g \leq 1.50$ )的气溶胶。

## 3.1.22

**多分散气溶胶 polydisperse aerosol**

用分布方程描述时,粒径尺寸几何标准差大于 1.50 即( $\sigma_g > 1.50$ )的气溶胶。

## 3.1.23

**钠焰法 sodium flame method**

发生多分散 NaCl 气溶胶,用钠焰光度计检测过滤元件上、下游的质量浓度,计算过滤元件的质量效率。对于滤料及过滤器试验,发生试验气溶胶颗粒的计数峰值直径为( $0.09 \pm 0.02$ ) $\mu\text{m}$ ,计数几何标准偏差不大于 1.90。

## 3.1.24

**油雾法 oil mist method**

发生多分散液体气溶胶,颗粒的质量平均直径为 0.28  $\mu\text{m}$ ~0.34  $\mu\text{m}$ ,用油雾仪检测过滤元件上、下游的质量浓度,计算过滤元件的质量效率。

## 3.1.25

**准单分散气溶胶计数法 particle counting method with quasi-monodisperse aerosol**

发生准单分散气溶胶(如固体颗粒 NaCl 或液体颗粒 DEHS 等),颗粒的计数中值直径在 0.10  $\mu\text{m}$ ~0.30  $\mu\text{m}$  之间,几何标准偏差不大于 1.50,使用凝结核粒子计数器(CPC)或光学粒子计数器(OPC)检测滤料上、下游的计数浓度,计算滤料的计数效率。

## 3.1.26

**单分散气溶胶计数法 particle counting method with monodisperse aerosol**

发生单分散气溶胶,使用凝结核粒子计数器(CPC)检测过滤元件上、下游的计数浓度,计算过滤元件的计数效率。单分散气溶胶的发生可以有多种方法,如微分电迁移分析仪(DMA)、扩散电池组、蒸发冷凝法、聚苯乙烯乳胶球(PSL)等。

## 3.1.27

**多分散气溶胶计数法 particle counting method with polydisperse aerosol**

发生多分散气溶胶(如固体颗粒 NaCl 或液体颗粒 DEHS 等),使用光学粒子计数器(OPC)检测过

滤元件上、下游的计数浓度,计算过滤元件的计数效率。

### 3.1.28

#### 相关系数 correlation ratio

在试验系统未安装受试过滤器及保持稳定气溶胶浓度的情况下,上、下游采样系统粒子浓度之比。

注:当试验系统采用1台光学粒子计数器(OPC)依次对受试过滤器的上、下游气溶胶浓度进行检测时,相关系数表示由于上、下游采样管路粒子损失、稀释器稀释比(如果上游采样采用稀释器)以及上、下游采样时间的差异所导致的上、下游采样系统差异;当试验系统分别采样2台光学粒子计数器(OPC)对受试过滤器的上、下游气溶胶浓度进行检测时,相关系数表示由于上、下游采样计数器采样流量以及计数效率不同所引起的差异。

## 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CPC:凝结核粒子计数器(condensation particle counter)

DEHS:癸二酸二辛酯[sebacic acid-bis(2-ethyl-)ester(通用名 di-ethyl-hexyl-sebacate)]

DMA:微分电迁移分析仪(differential mobility analyser)

MPPS:最易透过粒径(most penetrating particle size)

OPC:光学粒子计数器(optical particle counter)

PAO:聚 $\alpha$ 烯烃(poly alpha olefin)

PSL:聚苯乙烯乳胶球(polystyrene latex spheres)

HEPA:高效空气过滤器(high efficiency particulate air filter)

ULPA:超高效空气过滤器(ultra low penetration air filter)

## 4 试验方法的选择

4.1 本标准给出计数法、钠焰法、油雾法3种试验方法,基准方法为计数法。

4.2 对于高效空气过滤器及滤料,可根据需求使用3种方法中的任意一种进行效率检测,但同时注明试验方法及试验结果。在高效滤料的生产检测中,宜在与基准方法明确比对关系的条件下,使用钠焰法和准单分散气溶胶计数法等快速试验方法。

4.3 对于超高效空气过滤器及滤料,应使用计数法进行效率检测。在超高效滤料的生产检测中,宜在与基准方法明确比对关系的条件下,使用准单分散气溶胶计数法等快速试验方法。

4.4 对于MPPS不大于 $0.1\ \mu\text{m}$ 的过滤器及滤料,基准方法为单分散气溶胶计数法。在该类过滤器出厂检测中,可在与基准方法明确比对关系的条件下,使用计数法对 $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.2\ \mu\text{m}$ 区间粒子进行试验,并根据与基准方法的比对关系对试验结果进行修正。

## 5 高效及超高效空气过滤器性能装置及试验方法

### 5.1 对于试验装置的要求

#### 5.1.1 风机

##### 5.1.1.1 风量

风量应按受试过滤器最大风量的1.3倍计算。

### 5.1.1.2 风压

风压应至少包括下列各项之和：

- a) 风道阻力(按计算阻力的 1.2 倍取值)；
- b) 进风过滤器阻力(按其初始阻力的 2 倍取值)；
- c) 受试过滤器最大阻力；
- d) 风量测量装置阻力；
- e) 对于钠焰法试验装置,应考虑过滤器后取样所需的正压值(不宜小于 600 Pa)。

### 5.1.1.3 风量稳定性

测试过程中试验装置风量应稳定在设定值的 $\pm 2\%$ 范围内。

## 5.1.2 风道

### 5.1.2.1 材料

钠焰法试验装置自喷雾箱至缓冲箱宜采用聚氯乙烯塑料或其他耐腐蚀材料；钠焰法试验装置的其余部分及其他试验装置宜采用不锈钢风道。风道壁厚宜不小于 1 mm。必要时,风道应进行接地及防腐处理。

### 5.1.2.2 风量测量装置前、后管段尺寸

当采用标准孔板时,其前、后管段尺寸应按 GB/T 2624.2 的相关要求进行设计；当采用标准喷嘴时,其前、后管段尺寸应按 GB/T 2624.3 的相关要求进行设计。

### 5.1.2.3 受试过滤器连接管的角度

受试过滤器连接管扩散段的夹角应不大于  $14^\circ$ ,收敛段的夹角应不大于  $30^\circ$ ,且应满足 GB/T 1236 的相关要求。

### 5.1.2.4 风道密封性

试验装置中风管的制作、安装及检验应满足 GB 50243 对中压系统的相关要求,风管接缝处应采用焊接。风道密封性应在 2 kPa 的压力下进行打压检漏,漏风量应不大于  $1.64 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 。

## 5.1.3 进风过滤

### 5.1.3.1 预过滤器

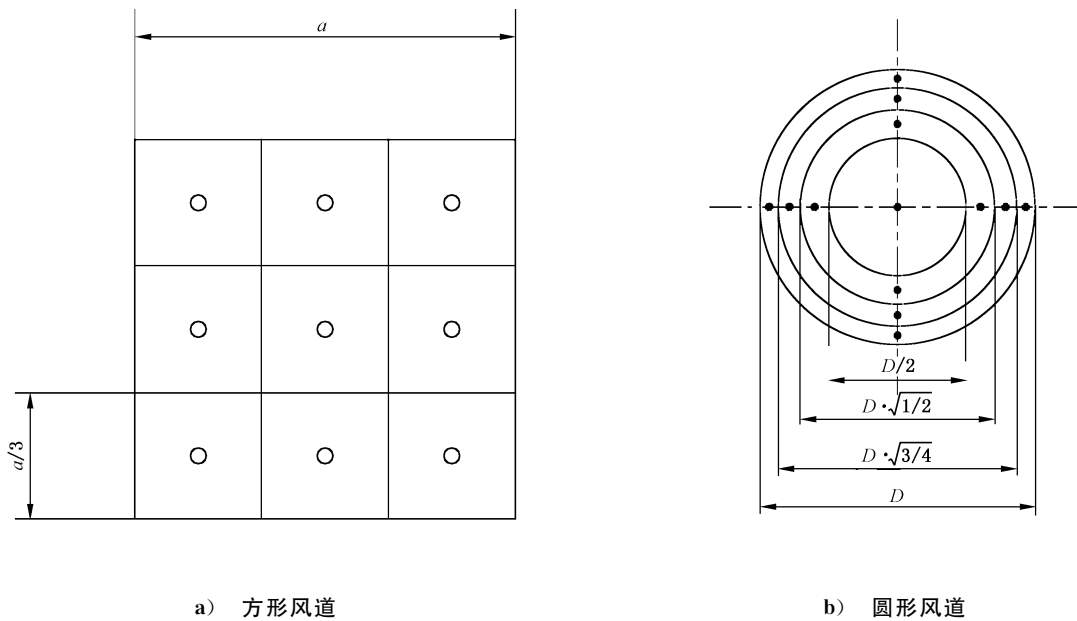
预过滤器应采用满足 GB/T 14295 中效过滤器相关要求。

### 5.1.3.2 高效空气过滤器

高效空气过滤器应满足 GB/T 13554 的相关要求,当过滤器上游设有加热器时,过滤器耐温应不低于  $60^\circ\text{C}$ 。

## 5.1.4 上游采样截面风速均匀性

调整试验装置运行风量至最大测试风量,在试验风道上游采样点所处截面根据风道截面积按图 1 所示平均分布设置 9 个测点,分别测试风速,各测点实测风速与各测点平均值之间的偏差应不大于 10%。



说明:

$a$  —— 方形风道边长;

$D$  —— 圆形风道直径。

图 1 上游采样截面风速和气溶胶浓度均匀性测点布置示意图

### 5.1.5 上游采样截面气溶胶浓度均匀性

调整试验装置运行风量至最大测试风量,启动气溶胶发生器并保持稳定工作,在试验风道上游采样点所处截面根据风道截面积按图 1 所示平均分布设置 9 个测点,分别测试气溶胶浓度,各测点实测气溶胶浓度与各测点平均值之间的偏差应不大于 10%。

### 5.1.6 上游气溶胶浓度稳定性

调整试验装置运行风量至最大测试风量,启动气溶胶发生器并保持稳定工作,在试验风道上游采样点处进行采样,30 min 内所测气溶胶质量浓度或给定粒径范围计数浓度波动应不大于 10%。

### 5.1.7 通用测试仪器要求

风量测试装置可采用标准孔板或喷嘴,按 GB/T 2624.2 及 GB/T 2624.3 的相关要求进行设计、安装、使用和标定,并应符合以下要求:

- a) 用于过滤器阻力和流量测量装置压差测量的压力测试装置,精度应不低于 2 Pa,并应根据所选择压力测试装置的不同,按 JJG 172 或 JJG 875 的相关要求进行检定及校准。
- b) 计数器应按 JJF 1190 的相关要求进行定期进行检定及校准。钠焰光度计中的光电测量仪应按 GB/T 12564 的相关要求进行稳定性测试及校准。油雾仪应按 5.4.3.1.1.4 要求进行标定。

### 5.1.8 上、下游采样相关系数

在气溶胶发生器稳定工作、测试段未安装过滤器且上游采样段未安装稀释器时,各粒径挡相关系数应为  $1.00 \pm 0.03$ 。在上游采样段安装稀释器后,应定期对各粒径挡相关系数进行测试确认。

### 5.1.9 阻力标件

5.1.9.1 采用已知阻力的孔板(或其他阻力标件)按 5.2.4.2.4 进行定期测试。

5.1.9.2 阻力标件在不使用时应妥善储存与保管,防止破损。

5.1.9.3 阻力标件的测试应满足以下要求:

- a) 应在试验装置风量范围内选择至少 4 个风量状态点进行测试。
- b) 每次测试时,每一风量状态点下的阻力测试结果与标定值的偏差应不大于 3%。若阻力标件测试阻力值与标定值的偏差大于 3%,则应对管道密封性、流量测试装置压力计等进行必要的检查、维护和标定。
- c) 可使用阻力标件与参比试验装置进行对比验证测试。

### 5.1.10 参考过滤器

5.1.10.1 试验装置应准备效率已知的参考过滤器,按 5.2、5.3 或 5.4 规定的方法定期进行效率测试。

5.1.10.2 应至少准备 2 台参考过滤器,其中 1 台为主参考过滤器,另 1 台为备用。参考过滤器所选用滤料不应使用难以长期保持稳定过滤效率的材料。参考过滤器在不使用时应妥善储存与保管,防止破损。

5.1.10.3 参考过滤器的使用应满足以下要求:

- a) 参考过滤器每次效率测试值与标定值尾数(效率值第一个非 9 数值)的偏差应不超过±5。
- b) 每次测试时应首先选择主参考过滤器,若主参考过滤器效率测试值与标定值的偏差超出 a) 的要求,则应对备用参考过滤器进行测试。若备用参考过滤器效率测试值符合本标准要求时,应更换主参考过滤器。
- c) 若主参考过滤器及备用参考过滤器效率测试值与标定值的偏差均超过 a) 的要求,应对试验装置采样系统、气溶胶测试装置等进行必要的检查、标定和维修。

### 5.1.11 试验装置标定

试验装置标定周期及要求见表 1。

表 1 试验装置标定周期及要求

项目	标定周期	依据标准及要求
风量稳定性	每次试验	5.1.1.3
风道密封性	试验装置建成及有重大结构调整时	5.1.2.4
上游采样截面风速均匀性	每 2 年	5.1.4
上游采样截面气溶胶浓度均匀性	每 2 年	5.1.5
上游气溶胶浓度稳定性	每年	5.1.6
流量测试装置	每年	5.1.7
压力测试装置	每年	5.1.7
计数器、钠焰光度计及油雾仪	每年	5.1.7
上、下游采样相关系数	每试验日	5.1.8
阻力标件	每 3 个月	5.1.9
参考过滤器	每 3 个月	5.1.10

## 5.2 计数法

### 5.2.1 试验原理

用气溶胶发生器发生满足试验要求的气溶胶,使用 OPC 对受试过滤器上、下游  $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.3\ \mu\text{m}$  粒径范围内的粒子进行检测,并计算计径效率。测量上游气溶胶浓度时,若上游气溶胶浓度超过 OPC 上限浓度,采样空气应经过稀释,以降低 OPC 计数的重合误差。采样空气的稀释可通过稀释器实现,也可通过上、下游 OPC 取样流量的差异实现。

### 5.2.2 试验方法

可选择单分散气溶胶计数法或多分散气溶胶计数法进行效率测试。两种方法的风道系统一致,仅气溶胶发生器及所对应的检测装置有所区别。当采用单分散气溶胶计数法进行试验时,如过滤器所采用滤料已经过单分散气溶胶计数法试验,并已获得其 MPPS,则过滤器试验中所选择的单分散气溶胶计数中值直径应在其 MPPS 的  $\pm 10\%$  以内。否则,过滤器制造商应与用户协商确定试验气溶胶的计数中值直径范围。

### 5.2.3 试验装置

5.2.3.1 计数法过滤器性能检测试验装置主要由气溶胶发生器、风道系统、气溶胶取样与检测装置组成,试验装置示意图见图 2。试验装置允许有所不同,但应满足 5.1 的要求,且对同一过滤器的试验结果应与标准试验装置一致。

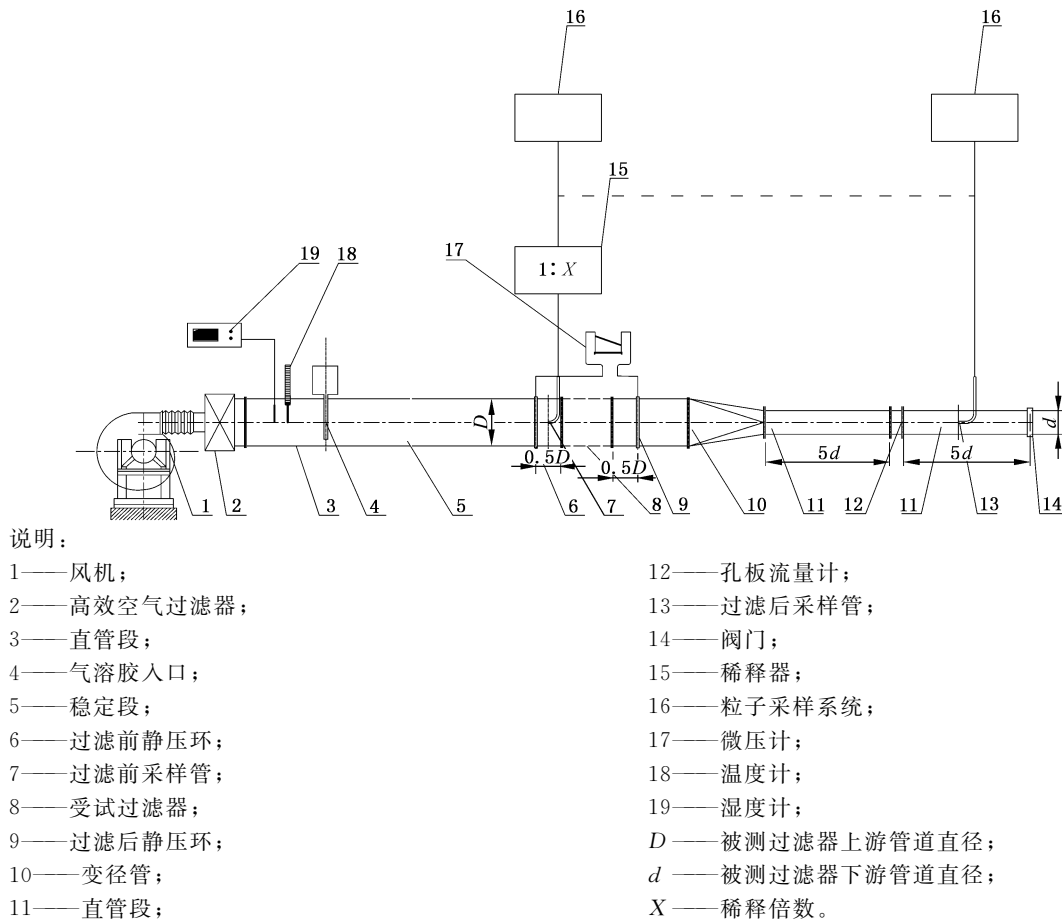


图 2 计数法过滤器性能检测试验装置示意图

5.2.3.2 测量装置应使用 OPC, OPC 粒径测试范围内应至少包括  $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $0.2\ \mu\text{m}$ 、 $0.3\ \mu\text{m}$  三挡。

## 5.2.4 过滤器检测

### 5.2.4.1 运行参数

#### 5.2.4.1.1 试验空气

风道系统中应设置电加热器,以保证系统内的温度在 $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内、相对湿度不大于 75%。

#### 5.2.4.1.2 测试气溶胶

测试气溶胶宜采用喷雾方式发生的 DEHS、PAO 等油性液态气溶胶,当采用固态气溶胶进行测试时,应进行必要的静电中和处理,并利用参考过滤器验证其与油性液态气溶胶测试结果的一致性。

#### 5.2.4.1.3 喷雾空气压力

进入喷雾器的洁净压缩空气的压力应满足气溶胶发生器的要求。

#### 5.2.4.1.4 喷雾空气量

在规定的压力下,进入每个喷雾器的压缩空气量应恒定。

#### 5.2.4.1.5 上游气溶胶稀释

OPC 在测量气溶胶浓度时,大多数情况下应对原始气溶胶进行稀释,稀释倍数应在 10 倍~1 000 倍范围内,具体数值取决于最初的气溶胶浓度和使用的测量设备,应保证测试气溶胶浓度不超过 OPC 的最大饱和浓度。

#### 5.2.4.1.6 气溶胶取样量

气溶胶取样量由 OPC 的取样量及采样时间决定,应保证下游气溶胶计数浓度具有统计意义。

## 5.2.4.2 检测步骤

### 5.2.4.2.1 运行准备

5.2.4.2.1.1 应在开启气溶胶发生器、试验装置中无受试过滤器的情况下,分别测量上、下游的气溶胶计数浓度,并计算上、下游采样的相关系数。

5.2.4.2.1.2 目测检查受试过滤器中的滤料有无缺损、裂缝和孔洞;检查过滤器边框角的结合部位以及边框与滤料之间是否密封、有无间隙、构造上有无异常。经外观检查合格的过滤器方可作为检测用。

5.2.4.2.1.3 将受试过滤器按箭头指示的气流方向紧固安装于测试段上。

### 5.2.4.2.2 系统启动

5.2.4.2.2.1 启动风机,调节风机变频器和风道末端阀门,使风道系统的风量达到试验风量。

5.2.4.2.2.2 调节系统内的温度在 $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内、相对湿度不大于 75%。

5.2.4.2.3 预备性检验

应在关闭气溶胶发生器和受试过滤器就位的情况下,测试下游气溶胶计数浓度,检查背景浓度。

5.2.4.2.4 阻力检测

使用微压计测试试验风量下的过滤段阻力,减去测试段的空阻力,即为过滤器阻力。

5.2.4.2.5 启动气溶胶发生器

启动气溶胶发生器,依据产品说明书调节气溶胶发生器各项参数并保持稳定。

5.2.4.2.6 过滤器过滤效率检测

过滤器效率检测应满足以下要求:

- a) 试验气溶胶应与试验空气均匀混合。为了测定粒径效率,应分别对 0.1 μm~0.2 μm 及 0.2 μm~0.3 μm 两挡粒径范围进行至少 3 次测试,分别计算平均值及置信度为 95% 的过滤效率下限,选择其较低值作为受试过滤器的计数法测试效率。
- b) 进行效率测试时,可用 2 台 OPC 同时测量,也可用 1 台 OPC 先后在受试过滤器的上、下游分别测量。采用第 2 种测量方式时,应在每次下游气溶胶浓度检测前对 OPC 进行净吹,以便在开始测量下游浓度之前,OPC 的计数浓度已经下降到能可靠测定下游气溶胶浓度的水平。
- c) 为保证检测结果具有良好的重复性及统计意义,每个效率测试周期内,检测到的下游粒子总数应不少于 100 粒。

5.2.4.2.7 其他参数检测

在检测期间,应同时测出受试过滤器所处风道内的温度、湿度、静压和环境的温度、湿度、大气压。

5.2.5 过滤器过滤效率计算

5.2.5.1 根据 OPC 对过滤器前后的粒子数测量结果,受试过滤器的过滤效率  $E$  应按式(1)进行计算。 $E$  取最后一个 9 之后的第一位数字为有效数字,第二位数字按四舍五入进行修约。例如,实测值  $E = 99.976\%$ ,修约后  $E = 99.98\%$ 。

$$E = \left(1 - \frac{A_2 - A_0}{RA_1}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $E$  ——受试过滤器过滤效率;
- $A_2$  ——下游气溶胶粒子浓度,单位为粒每立方米(粒/m<sup>3</sup>);
- $A_0$  ——下游气溶胶粒子背景浓度,单位为粒每立方米(粒/m<sup>3</sup>);
- $A_1$  ——上游气溶胶粒子浓度,单位为粒每立方米(粒/m<sup>3</sup>);
- $R$  ——相关系数。

5.2.5.2 置信度为 95% 的置信区间下限效率  $E_{95\%.\min}$  应按式(2)进行计算。

$$E_{95\%.\min} = \left(1 - \frac{A_{2,95\%.\max} - A_0}{RA_{1,95\%.\min}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $E_{95\%.\min}$  ——置信度为 95% 的置信区间下限效率;

- $A_{1,95\%min}$  ——置信度为 95% 的上游气溶胶浓度下限,单位为粒每立方米(粒/ $m^3$ ),依据泊松分布,实测粒子浓度计算置信度为 95% 的粒子计数置信下限见表 2;
- $A_{2,95\%max}$  ——置信度为 95% 的下游气溶胶浓度上限,单位为粒每立方米(粒/ $m^3$ ),依据泊松分布,实测粒子浓度计算置信度为 95% 的粒子计数置信上限见表 2。

表 2 依据泊松分布,置信度为 95% 的粒子计数置信区间

粒子数	置信下限	置信上限	粒子数	置信下限	置信上限
0	0.0	3.7	35	24.4	48.7
1	0.1	5.6	40	28.6	54.5
2	0.2	7.2	45	32.8	60.2
3	0.6	8.8	50	37.1	65.9
4	1.0	10.2	55	41.4	71.6
5	1.6	11.7	60	45.8	77.2
6	2.2	13.1	65	50.2	82.9
8	3.4	15.8	70	54.6	88.4
10	4.7	18.4	75	59.0	94.0
12	6.2	21.0	80	63.4	99.6
14	7.7	23.5	85	67.9	105.1
16	9.4	26.0	90	72.4	110.6
18	10.7	28.4	95	76.9	116.1
20	12.2	30.8	100	81.4	121.6
25	16.2	36.8	$n(n>100)$	$n-1.96\sqrt{n}$	$n+1.96\sqrt{n}$
30	20.2	42.8			

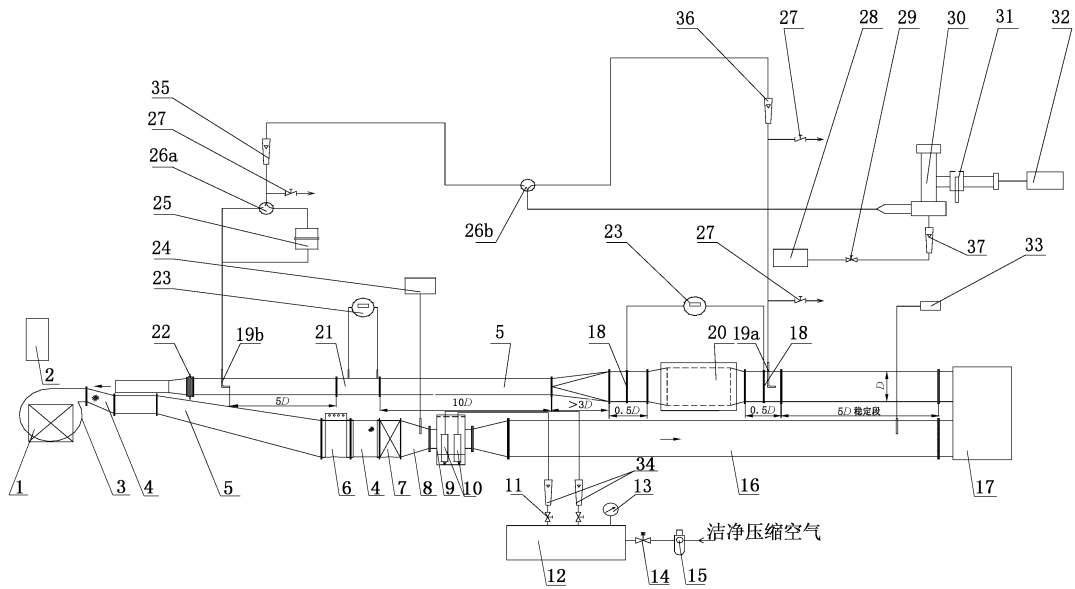
### 5.3 钠焰法

#### 5.3.1 试验原理

用雾化干燥的方法人工发生接近过滤材料 MPPS 范围的 NaCl 气溶胶进行测试,可采用中效过滤器预过滤筛选的方式对干燥后的 NaCl 晶体进行筛选,测试气溶胶颗粒的计数峰值粒径应为 $(0.09 \pm 0.02)\mu m$ ,几何标准偏差应不大于 1.90。将过滤器上、下游的 NaCl 气溶胶采集到燃烧器并在氢火焰下燃烧,将燃烧产生的钠焰光转变为电流信号并由光电测量仪检测,用测定的电流值求出过滤器的过滤效率。

#### 5.3.2 试验装置

5.3.2.1 钠焰法过滤器性能检测试验装置主要由 NaCl 气溶胶发生装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置组成,试验装置示意图见图 3。



说明：

- |               |                           |
|---------------|---------------------------|
| 1 —— 预过滤器；    | 20 —— 过滤器检测箱体；            |
| 2 —— 风机变频柜；   | 21 —— 孔板流量计；              |
| 3 —— 风机；      | 22 —— 光圈阀；                |
| 4 —— 软接头；     | 23 —— 微压计；                |
| 5 —— 风管；      | 24 —— 温控仪；                |
| 6 —— 电加热器；    | 25 —— 本底过滤盒；              |
| 7 —— 高效空气过滤器； | 26a —— 三通切换阀(本底/滤后)；      |
| 8 —— 变径管；     | 26b —— 三通切换阀(原始/本底滤后)；    |
| 9 —— 喷雾箱；     | 27 —— 放气阀；                |
| 10 —— 喷雾器；    | 28 —— H <sub>2</sub> 发生器； |
| 11 —— 通断阀；    | 29 —— H <sub>2</sub> 恒流阀； |
| 12 —— 分气缸；    | 30 —— 燃烧器；                |
| 13 —— 压力表；    | 31 —— 光电转换器；              |
| 14 —— 喷雾电磁阀；  | 32 —— 光电测量仪；              |
| 15 —— 减压阀；    | 33 —— 温湿度仪；               |
| 16 —— 干燥管段；   | 34 —— 喷雾流量计；              |
| 17 —— 缓冲箱；    | 35 —— 本底滤后流量计；            |
| 18 —— 静压环；    | 36 —— 原始流量计；              |
| 19a —— 前取样管；  | 37 —— H <sub>2</sub> 流量计； |
| 19b —— 后取样管；  | D —— 管道直径。                |

图 3 钠焰法过滤器性能检测试验装置示意图

5.3.3.2.2 用洁净压缩空气将喷雾箱中质量浓度为 2% 的 NaCl 水溶液经喷雾器雾化，形成含盐雾滴气溶胶，并与来自风机经过加热与过滤的洁净热空气相混合。在混合干燥段，雾滴中的水分蒸发，气流到达缓冲箱时，试验气溶胶已形成均匀的多分散相固体气溶胶。必要时，可在缓冲箱出口处设一道中效过滤器，筛选出更接近过滤器 MPPS 范围的测试气溶胶。设置中效过滤器时，可将 NaCl 水溶液浓度提高到 10%，以获取满足效率测试需求的测试气溶胶质量浓度。缓冲箱下游管段长度应能满足气溶胶在前取样管口截面处的混匀需求(必要时，可在缓冲箱出口处设分流器)。风道系统的风量和静压分别由风机变频器及光圈阀控制，试验后的气流由风道末端排出。

5.3.2.3 气溶胶取样靠风道内的静压通过受试过滤器前、后取样管压入检测系统,通过改变阀门的位置,交替对过滤器前、后气溶胶进行取样,并将原始、滤后和本底气溶胶分别送入燃烧器。原始气溶胶在混合器中与经过本底过滤器过滤的洁净空气相混合(即稀释)后,方可进入燃烧器。在燃烧器内,气溶胶中的 Na 原子被  $H_2$  火焰高温所激发,发出波长为 589 nm 的特征光,其强度与气溶胶质量浓度成正比。钠光强值通过光电转换器变为光电流值,由光电测量仪进行检测。过滤段阻力由受试过滤器两侧的静压环连接至微压计检测,其结果减去过滤器检测箱体的阻力即为过滤器阻力。

5.3.2.4 钠焰法过滤器性能检测试验装置的构造与维护要求见附录 A、喷雾器及光度计构造参见附录 B。试验装置允许有所不同,但应满足 5.1 的要求,且对同一过滤器的试验结果应与标准试验装置一致。

### 5.3.3 过滤器检测

#### 5.3.3.1 运行参数

##### 5.3.3.1.1 试验空气

风道系统中应设置电加热器,以保证系统的进风温度不低于  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、缓冲箱入口处的相对湿度不高于 30%、受试过滤器下游侧相对湿度不高于 60%。

##### 5.3.3.1.2 NaCl 溶液浓度

用干燥的化学纯 NaCl 和蒸馏水(不应使用天然水或自来水)配制成质量浓度为  $(2.0 \pm 0.1)\%$  的 NaCl 溶液。

##### 5.3.3.1.3 液面高度

喷雾箱内 NaCl 溶液液面距喷雾器喷孔高度应为 90 mm~110 mm。

##### 5.3.3.1.4 喷雾空气压力

进入喷雾器的洁净压缩空气的压力应为 0.6 MPa,允许偏差为  $\pm 0.02$  MPa。

##### 5.3.3.1.5 喷雾空气量

在规定的压力下,进入每个喷雾器的压缩空气量应满足表 A.1 的要求。

##### 5.3.3.1.6 气溶胶原始浓度

NaCl 原始质量浓度范围应为  $2\text{ mg/m}^3 \sim 8\text{ mg/m}^3$ 。

##### 5.3.3.1.7 气溶胶取样量

进入燃烧器的采样空气量应为 2 L/min。

##### 5.3.3.1.8 $H_2$ 量

进入燃烧器的  $H_2$  量应为 200 mL/min,并保持恒定。

#### 5.3.3.2 检测步骤

##### 5.3.3.2.1 运行准备

5.3.3.2.1.1 将光电转换器上的转盘转到“全闭”位置。打开  $H_2$  发生器,点燃  $H_2$ ,调节流量为 200 mL/min,燃烧器预热 30 min 后可启动系统开始检测。

5.3.3.2.1.2 打开光电测量仪电源开关,预热光电测量系统。

5.3.3.2.1.3 将湿敏探头从干燥器皿中取出,与湿度计上引出的信号线连接并放入缓冲箱入口处的测孔中。打开湿度计的电源,按下“测量”键,湿度计上即可显示缓冲箱入口处的湿度。

5.3.3.2.1.4 目测检查受试过滤器中的滤料有无缺损、裂缝和孔洞;检查过滤器边框角的接合部位以及边框与滤料之间是否密封、有无间隙、构造上有否异常。经外观检查合格的过滤器方可作为检测用。

5.3.3.2.1.5 将受试过滤器置于风道系统的箱体中并夹紧。

5.3.3.2.2 系统启动

5.3.3.2.2.1 启动风机,调节风机变频器 and 光圈阀阀门使风道系统的风量和静压达到检测要求。启动空气压缩机,待压力达到 0.5 MPa 时,开启喷雾电磁阀,喷雾压力逐渐达到 0.6 MPa,维持压力稳定,且每个喷雾器的空气流量计读数稳定至设计值,同时再次校核试验风量。

5.3.3.2.2.2 测量缓冲箱入口处的空气相对湿度,如大于 30%,应逐步投入电加热器,直至相对湿度达到规定值。

5.3.3.2.3 阻力检测

使用微压计测试试验风量下的过滤段阻力,减去过滤器检测箱体的空阻力,即为过滤器阻力。

5.3.3.2.4 过滤器过滤效率检测

5.3.3.2.4.1 将三通切换阀(图 3 中 26a、26b)转至“本底”,用放气阀调节本底滤后流量计(图 3 中 35)的流量为 120 L/h,将光电转换器上的滤光转盘转至“全通”位置(此时减光倍数  $N=1$ ),打开光窗,用钠焰光度计测量本底洁净空气光电流值,测量结束后关闭光窗。

5.3.3.2.4.2 将三通切换阀(图 3 中 26b)转至“原始”,用放气阀调节原始流量计(图 3 中 36)流量为 120 L/h,将滤光转盘转至 II,打开光窗,用钠焰光度计测量过滤前气溶胶光电流值,测量结束后关闭光窗。

5.3.3.2.4.3 将三通切换阀(图 3 中 26a、26b)转至“滤后”,用放气阀调节本底滤后流量计(图 3 中 35)的流量为 120 L/h,将滤光转盘转至 II(由于过滤器效率的不同,转盘有可能需要转至 I 或全通),打开光窗,用钠焰光度计测量过滤后气溶胶光电流值,测量结束后关闭光窗。

5.3.3.2.5 其他参数检测

在检测期间,应同时测出受试过滤器所处风道内的温度、湿度、静压和环境的温度、湿度、大气压。

5.3.3.3 过滤器过滤效率计算

受试过滤器过滤效率  $E(\%)$ 可按式(3)进行计算。 $E$ 取最后一个 9 之后的第一位数字为有效数字,第二位数字按四舍五入原则进行修约。例如,实测值  $E=99.976\%$ ,修约后  $E=99.98\%$ 。

$$E = 1 - P = \left(1 - \frac{A'_2 - A'_0}{\varphi A'_1 - A'_0}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$E$  ——受试过滤器过滤效率;

$P$  ——受试过滤器透过率;

$A'_1$  ——过滤前气溶胶光电流值,单位为微安( $\mu A$ );

$A'_2$  ——过滤后气溶胶光电流值,单位为微安( $\mu A$ );

$A'_0$  ——本底洁净空气光电流值,单位为微安( $\mu A$ );

$\varphi$  ——自吸收修正系数。由试验求得,在本标准的设备和运行参数条件下  $\varphi=2$ 。

当  $A'_1/\gg A'_0$  时,  $A'_0$  可以忽略不计, 式(3)可简化为式(4)。

$$E = 1 - P = \left(1 - \frac{A'_2 - A'_0}{\varphi A'_1}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

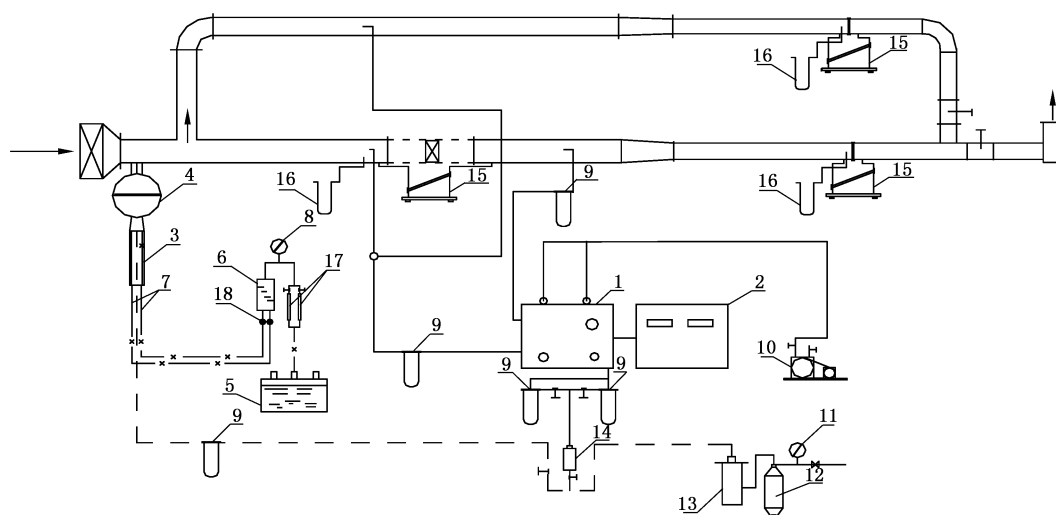
## 5.4 油雾法

### 5.4.1 试验原理

在规定的试验条件下, 用涡轮机油通过汽化—冷凝式油汽发生炉人工发生油雾气溶胶, 气溶胶粒子的质量平均直径范围为  $0.28 \mu\text{m} \sim 0.34 \mu\text{m}$ 。使与空气充分混合的油雾气溶胶通过受试过滤器, 分别采集过滤器上、下游的气溶胶, 通过油雾仪(或浊度计)测量其散射光强度。散射光强度的大小与气溶胶浓度成正比, 由此即可求出受试过滤器的过滤效率。

### 5.4.2 试验装置

5.4.2.1 油雾法过滤器性能检测试验装置主要由油雾气溶胶发生装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置组成, 试验装置示意图见图 4, 宜采用负压系统。



说明:

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1——光电雾室;    | 10——真空泵;     |
| 2——透过率测定仪;  | 11——气压计;     |
| 3——油雾发生炉;   | 12——空气除尘器;   |
| 4——缓冲分离器;   | 13——高效空气过滤器; |
| 5——贮油器;     | 14——滤尘罐;     |
| 6——分油罐;     | 15——微压计;     |
| 7——玻璃毛细管;   | 16——U型压力计;   |
| 8——液压计;     | 17——液体转子流量计; |
| 9——玻璃孔板流量计; | 18——玻璃旋塞。    |

图 4 油雾法过滤器性能检测试验装置示意图

5.4.2.2 油雾法过滤器试验装置的构造与维护要求见附录 C, 其标定、校对与维护要求见附录 D。试验装置允许有所不同, 但应满足 5.1 的要求, 且对同一过滤器的试验结果应与标准试验装置一致。

5.4.3 过滤器检测

5.4.3.1 运行准备

5.4.3.1.1 过滤器外观检查

目测检查受试过滤器中的滤料有无缺损、裂缝和孔洞；检查过滤器边框角的接合部位以及边框与滤料之间是否密封、有无间隙、构造上是否异常。经外观检查合格的过滤器方可作为检测用。

5.4.3.1.2 风道部件调节和阻力测试

按箭头指示方向确定受试过滤器的气流方向及上、下位置，加上密封圈后，将其均匀地夹紧在主风道上。关闭旁风道电动阀，打开主风道电动阀，启动风机，用风量调节阀将风量调到受试过滤器的额定风量，测试受试过滤器在额定风量下的阻力。打开旁风道电动阀，关闭主风道电动阀，调节旁风道上的阻力模拟器的阻力，使之与受试过滤器的阻力相同。

5.4.3.1.3 试验油雾发生

向贮油器内添加经预先过滤的涡轮机油。接通油雾发生炉电源，加热炉膛。当温度升高到适当温度后(视工作风量及试验油雾浓度而定)，向油雾发生炉供给压缩空气。按附录 E 要求的发雾参数调节油管数、稀释空气量、加油量等，并保持稳定。

5.4.3.2 油雾仪调校

油雾仪的构造见附录 F。按油雾仪使用说明书的要求接通电源并进行仪器自校。将浓度为 1 000 mg/m<sup>3</sup>、油雾质量平均粒径为 0.28 μm~0.34 μm 的油雾气溶胶和洁净空气送入雾室。按油雾仪使用说明书的要求调满度并测自身散光值 K<sub>0</sub>，K<sub>0</sub> 应小于 0.000 20%。

5.4.3.3 油雾浓度和分散度测量

5.4.3.3.1 油雾浓度测量

仪器调零，启动真空泵，关闭主风道，开启旁风道，将洁净空气和油雾气溶胶取样通入光电雾室。开启光源，由光电雾室测得油雾浓度。

5.4.3.3.2 分散度测量

转动专门用于分散度测量的偏振旋钮分别于 ⊥ 和 // 位置上，得到相应的光电雾室测量值，并按式(5) 计算偏光故障值。

$$\Delta = \frac{T_{\perp}}{T_{//}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

式中：

Δ ——偏光故障值；

T<sub>⊥</sub> ——偏振旋钮置于 ⊥ 位置上时，得到的相应光电雾室测量值，单位为毫克每立方米(mg/m<sup>3</sup>)；

T<sub>//</sub> ——偏振旋钮置于 // 位置上时，得到的相应光电雾室测量值，单位为毫克每立方米(mg/m<sup>3</sup>)。

5.4.3.3.3 偏光故障值

偏光故障值与油雾仪所使用的特定光源有关。在光电测油雾仪使用 12 V、50 W 卤钨灯作为光源的条件下，相应于合格分散度的偏光故障值应为 45%~64%。

#### 5.4.3.4 过滤器过滤效率检测

过滤器油雾法效率检测与计算应满足以下要求：

- a) 用电动阀切换,开启主风道,关闭旁风道。将洁净空气和过滤后油雾气溶胶取样通入透过率测定仪,调节量程转换旋钮,得到透过率测定仪测得值  $P'$ ,并按式(6)和式(7)计算受试过滤器透过率和过滤效率。

$$P = P' - P_0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$E = 100\% - P \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

$P$  ——受试过滤器透过率, %;

$P'$  ——透过率测定仪测得值, %;

$P_0$  ——透过率测定仪本底测得值, %;

$E$  ——受试过滤器过滤效率, %。

- b) 需要连续进行过滤器检测时,一般只需重复试验步骤 5.4.3.3 和本条。油雾气溶胶通过受试过滤器的时间总计不应超过 1 min。
- c) 测定透过率的同时,将洁净空气和过滤前油雾气溶胶取样通入光电雾室,可监控油雾气溶胶的浓度和分散度。

#### 5.4.3.5 其他参数检测

在检测期间,应同时测出受试过滤器所处风道内的温度、湿度、静压和环境的温度、湿度、大气压。

### 6 高效及超高效滤料性能试验方法

#### 6.1 一般要求

##### 6.1.1 试验样品

对同一试验样品的每次试验应测试不少于 5 件滤料样品。试验样品上不应出现折痕、褶皱、孔洞或其他异常。试验样品的最小尺寸应为 200 mm×200 mm。所有试验样品均应有以下清晰而持久性的标记：

- a) 滤料的设计参数；
- b) 滤料的上游面。

##### 6.1.2 试验滤速

滤料的试验滤速应在检测前由用户与供货商共同商定。

##### 6.1.3 滤料夹具

滤料夹具应满足以下要求：

- a) 试验滤料夹具由可移动的上半段与固定的下半段构成。适用于钠焰法和计数法的滤料夹具应保证滤料有 100 cm<sup>2</sup> 的圆形被测面积,适用于油雾法的滤料夹具应保证滤料有 50 cm<sup>2</sup> 的圆形被测面积,滤料夹具周边密封面宽度应不小于 7 mm。上、下滤料夹具之间应保持同轴度,滤料夹紧后其测试值不应受到旁通泄漏的干扰,所采用的密封圈不应改变滤料的被测面积。与试验气溶胶相接触的滤料夹具的表面应保持清洁,并应易于保洁、耐腐蚀、导电且接地。滤料夹具宜采用不锈钢或电镀铝材料。
- b) 试验气溶胶从滤料夹具上半段的入口输入,应保证通过滤料的试验气溶胶在整个过滤面积上

具有均匀的浓度值(变形系数 $<10\%$ )。在滤料夹的底部应设有试验气溶胶的出口。

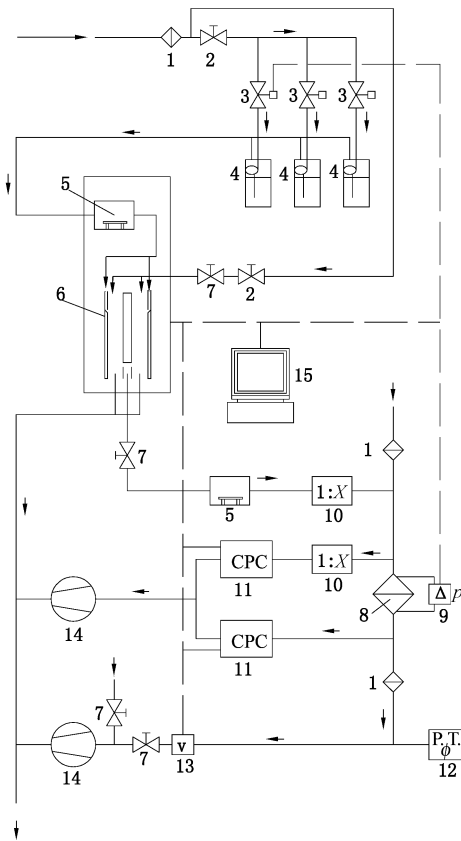
## 6.2 单分散气溶胶计数法

### 6.2.1 试验原理

发生单分散的固态或液态气溶胶,气溶胶通过中和器中和自身所带电荷,采集试验装置中滤料上、下游的气溶胶,通过 CPC 测量其计数浓度值,求出滤料的最低过滤效率。

### 6.2.2 试验装置

单分散气溶胶计数法滤料性能检测试验装置主要由气溶胶发生装置、采样部分和检测装置组成,试验装置示意图见图 5。气溶胶发生方法不限(本标准以微分迁移率分级法为例),但发生气溶胶粒径范围应包括 MPPS,在要试验的粒径范围内应至少测定 6 个近似对数等距插值点,且至少分别有 1 点大于和小于 MPPS。测量装置使用 CPC,如果上游的计数浓度超过了计数器的测量范围,应在采样点与计数器之间设置稀释系统。测量装置使用 CPC,如果上游的计数浓度超过了计数器的测量范围,应在采样点与计数器之间设置稀释系统。



说明:

1——过滤器;

2——调压阀;

3——电磁阀;

4——喷雾器;

5——中和器;

6——微分迁移率分析仪;

7——针形阀;

8——滤料夹具;

9——压差计;

10——稀释系统;

11——CPC;

12——大气压测量仪及温、湿度计;

13——体积流量计;

14——真空泵;

15——用于控制和存储数据的计算机。

图 5 单分散气溶胶计数法滤料性能检测试验装置示意图

### 6.2.3 检测步骤

#### 6.2.3.1 预备性检验

在进行滤料试验以前,应先打开试验装置,检查或调整以下参数:

- a) 遵守试验装置制造商所规定的预热时间;CPC 中灌入工作液;调节试验装置体积流量。若制造商规定了测量前的进一步常规检查,则还应进行相应检查工作。
- b) 在关闭气溶胶发生器和滤料就位的情况下,通过测量下游的粒子计数浓度检查零计数率。
- c) 在关闭气溶胶发生器的情况下,通过测量上游的粒子计数浓度检查试验空气的洁净度。
- d) 在滤料夹具下游气流达到试验体积流量后,对试验空气的大气压、温度及相对湿度等参数进行测定。
- e) 宜准备不同级别的参考滤料标样进行试验装置可靠性及重复性验证。
- f) 在上述各项预备性检查结束后,马上对与待测滤料级别相同的参考滤料标样进行测试,并与之前试验结果进行比对,以对试验装置稳定性及重复性进行验证。

#### 6.2.3.2 阻力检测

阻力检测应在系统处于稳定运行状态下进行。在气溶胶通过滤料之前,采用洁净试验空气,在试验滤速下测定滤料两侧的压降。调节试验体积流量,使得通过每张滤料样品的流量值的变化不超过要求值的 $\pm 2\%$ 。

#### 6.2.3.3 效率检测

试验气溶胶应与试验空气均匀混合。为了测定粒径效率,应在要试验的粒径范围内至少测定 6 个近似对数等距插值点,且至少分别有 1 点大于和小于 MPPS。使用单分散发生装置连续发生 4 组具有合适平均粒径的单分散气溶胶,在滤料的上、下游分别测量其计数浓度。可用 2 台同样的 CPC 同时测量,也可用 1 台 CPC 先后在滤料的上、下游分别测量。采用第 2 种测量方式时,应在每次下游气溶胶浓度检测前对 CPC 进行净吹,以便在开始测量下游浓度之前,CPC 的计数浓度已经下降到能可靠测定滤料下游气溶胶浓度的水平。

#### 6.2.3.4 滤料过滤效率计算

各粒径挡效率计算应满足 5.2.5 的要求,绘制效率(透过率)-粒径曲线,给出 MPPS 及对应效率。

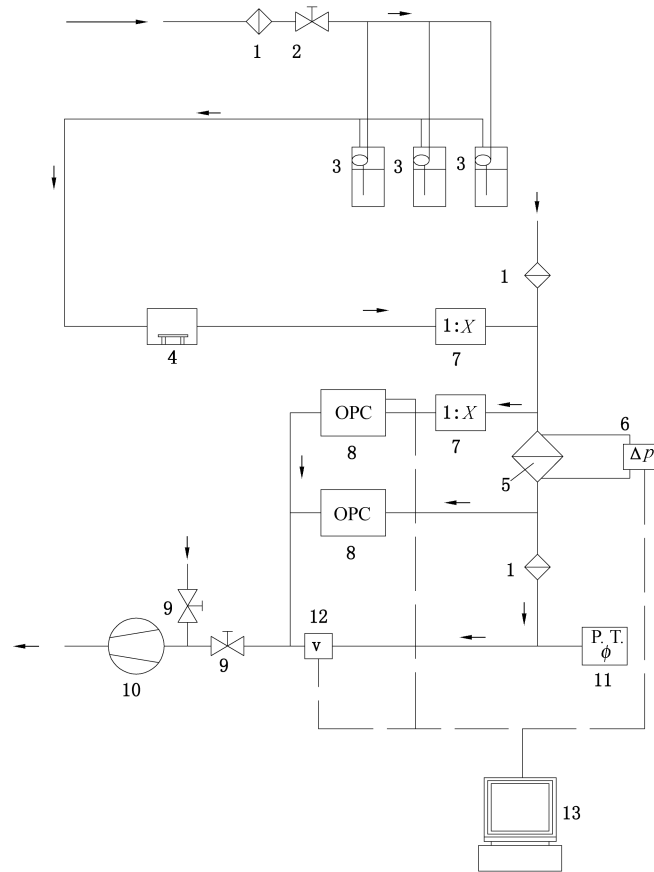
### 6.3 多分散气溶胶计数法

#### 6.3.1 试验原理

发生多分散的固态或液态气溶胶,气溶胶通过中和器中和自身所带电荷,采集试验装置中滤料上、下游的气溶胶,通过 OPC 测量其计数浓度值,并计算滤料的最低过滤效率。

#### 6.3.2 试验装置

多分散气溶胶计数法滤料性能检测试验装置主要由气溶胶发生装置、采样部分和检测装置组成,试验装置示意图见图 6。气溶胶发生装置结构不限,但发生气溶胶粒径范围应包括 MPPS。测量装置使用 OPC,如果上游的计数浓度超过了计数器的测量范围,应在采样点与计数器之间设置稀释系统。



说明：

- 1——过滤器；
- 2——调压阀；
- 3——喷雾器；
- 4——中和器；
- 5——滤料夹具；
- 6——压差计；
- 7——稀释系统；

- 8 —— OPC；
- 9 —— 针形阀；
- 10——真空泵；
- 11——大气压测量仪及温湿度计；
- 12——体积流量计；
- 13——用于控制和存储数据的计算机。

图 6 多分散气溶胶计数法滤料性能检测试验装置示意图

### 6.3.3 检测步骤

#### 6.3.3.1 预备性检验

应满足 6.2.3.1 的要求。

#### 6.3.3.2 阻力检测

应满足 6.2.3.2 的要求。

### 6.3.3.3 效率检测

试验气溶胶应与试验空气均匀混合。应选择包括 MPPS 范围内有近似几何分布的 4 个粒径区间,且至少分别有一个区间大于和小于 MPPS(如  $0.1\sim 0.15$ 、 $0.15\sim 0.2$ 、 $0.2\sim 0.25$  和  $0.25\sim 0.3$ )测定计数浓度和粒径分布。应使用 OPC 测量计数浓度。在上游侧测量计数浓度和粒径分布时,应保证不超过容许的一致性误差。此外,OPC 还应具有足够高的分辨率以满足测量要求。

### 6.3.3.4 滤料过滤效率计算

应满足 5.2.5 的要求。

## 6.4 准单分散气溶胶计数法

### 6.4.1 适用范围

本方法适用于高效滤料和已知 MPPS 的超高效滤料的检测。

### 6.4.2 试验原理

发生固态或液态的准单分散气溶胶,气溶胶通过中和器中和自身所带电荷,采集试验装置中滤料上、下游的气溶胶,使用 CPC 测量其计数浓度值并计算滤料过滤效率,或使用 OPC 测量其  $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.2\ \mu\text{m}$  及  $0.2\ \mu\text{m}\sim 0.3\ \mu\text{m}$  间的计数浓度值,然后求出滤料过滤效率,并取最小值。

### 6.4.3 试验装置

6.4.3.1 准单分散气溶胶计数法滤料性能检测试验装置主要由气溶胶发生装置、采样部分和检测装置组成,试验装置示意图见图 6。气溶胶发生装置结构不限,发生原理一般基于蒸发冷凝技术(或其他准单分散发生技术)。对于已知 MPPS 的滤料,发生气溶胶计数峰值粒径应在  $\text{MPPS}\pm 10\%$  范围内,粒径分布的几何标准偏差应不大于 1.50;对于未知 MPPS 的高效滤料,发生气溶胶计数峰值粒径范围应为  $(0.20\pm 0.02)\ \mu\text{m}$ ,粒径分布的几何标准偏差应不大于 1.50。

6.4.3.2 采样部分应保证采样气流对粒子计数浓度具有代表性。从采样点到测量仪器之间的接管应保持清洁、耐腐蚀、导电且接地。为了避免粒子损失,接管应尽量短,并应避免管道中阀门、收缩管的干扰。

6.4.3.3 测量装置应使用 CPC 或 OPC,如上游的计数浓度超过了计数器的测量范围,应在采样点与计数器之间设置稀释系统。

### 6.4.4 检测步骤

#### 6.4.4.1 预备性检验

应满足 6.2.3.1 的要求。

#### 6.4.4.2 阻力检测



应满足 6.2.3.2 的要求。

#### 6.4.4.3 效率检测

试验气溶胶与试验空气均匀混合,在滤料的上、下游分别测量其计数浓度。可用 2 台(CPC 或 OPC)同时测量,也可用 1 台先后在滤料的上、下游分别测量。采用第 2 种测量方式时,应在每次下游气

溶胶浓度检测前对 CPC 或 OPC 进行净吹,以便在开始测量下游浓度之前,粒子计数器的计数浓度已经下降到能可靠测定滤料下游颗粒浓度的水平。

#### 6.4.4.4 滤料过滤效率计算

应满足 5.2.5 的要求。

### 6.5 钠焰法

#### 6.5.1 试验原理

用雾化干燥的方法人工发生 NaCl 气溶胶,气溶胶颗粒的计数中值直径范围应为  $0.09\ \mu\text{m}\pm 0.02\ \mu\text{m}$ ,几何标准偏差应不大于 1.90。将采集到的滤料上、下游 NaCl 气溶胶在氢火焰下燃烧,通过光电转换器,用钠焰光度计将燃烧产生的钠焰光强值转换为电流信号,并用光电测量仪进行检测,电流值反映了 NaCl 气溶胶的质量浓度,用测定的电流值即可求出滤料的过滤效率。

#### 6.5.2 试验装置

6.5.2.1 钠焰法滤料性能检测试验装置主要由 NaCl 气溶胶发生装置、采样部分和检测装置组成,试验装置示意图见图 7,构造与维护见附录 G。

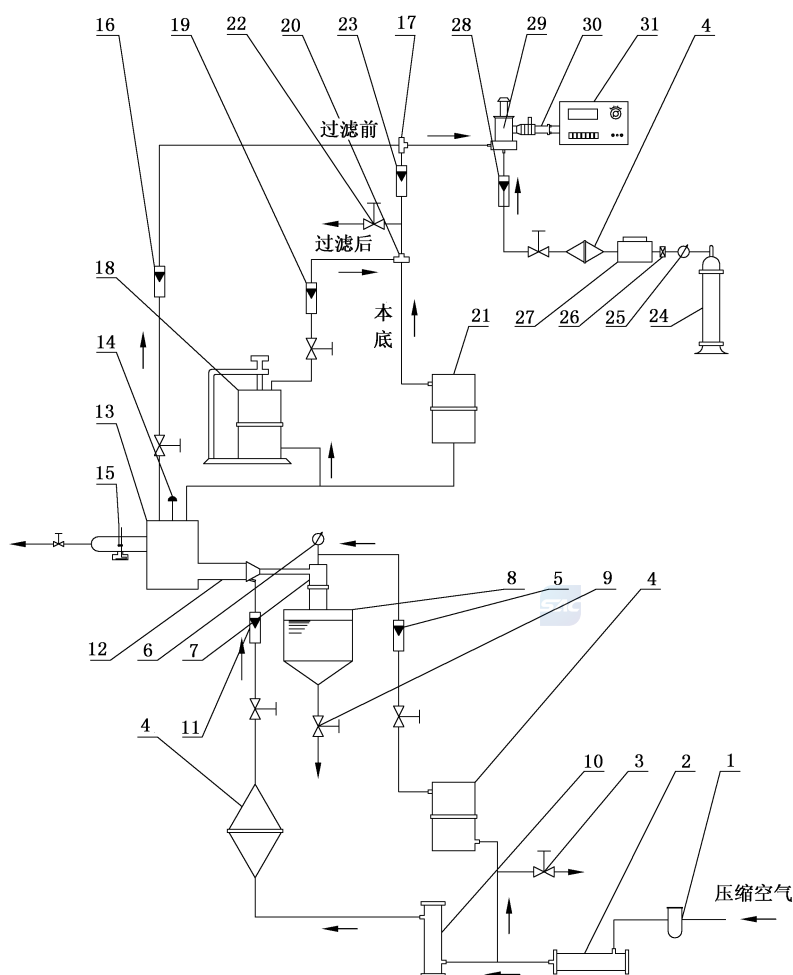
6.5.2.2 用一股洁净的压缩空气通入专用喷雾器,将喷雾箱里的特定浓度 NaCl 水溶液雾化成小液滴,含液滴的气流在蒸发管内与另一股洁净的干燥空气混合,使液滴中的水分充分蒸发,形成多分散固体 NaCl 气溶胶。

6.5.2.3 气溶胶经缓冲箱后分为两路:第一路直接引到钠焰光度计的燃烧器;第二路经受试滤料后也引到燃烧器。

6.5.2.4 在燃烧器中有一稳定的氢火焰,当含有 NaCl 粒子的空气助燃氢火焰时,NaCl 中的 Na 原子在高温中被激发,发出波长为 589 nm 的黄色特征光,其光强与气溶胶质量浓度成正比。特征光通过光电转换器变为光电流,在光电测量仪上读出与该特征光强成正比的光电流值。受试滤料的透过率为过滤后与过滤前气溶胶浓度之比,即过滤后与过滤前光电流值之比。

6.5.2.5 由于氢火焰在“绝对”洁净空气中燃烧也会发出很弱的蓝光,也有一定的光电流值(称为本底光电流值),所以应在所测得的过滤后光电流值中扣除本底光电流值。为了测量本底光电流值,在第二路气溶胶中分出一股气溶胶,当其流过本底过滤器后,可以近似看作“绝对”洁净空气,引入燃烧器助燃氢火焰。

6.5.2.6 对试验装置中各部件的详细描述见附录 A、喷雾器及光度计构造参见附录 B。



说明：

- |                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| 1 —— 气水分离器；     | 17 —— 三通切换阀；            |
| 2 —— 除油器；       | 18 —— 滤料夹；              |
| 3 —— 放气阀；       | 19 —— 过滤流量计；            |
| 4 —— 高效空气过滤器；   | 20 —— 三通切换阀；            |
| 5 —— 喷雾空气流量计；   | 21 —— 本底过滤器；            |
| 6 —— 压力表；       | 22 —— 放气阀；              |
| 7 —— 喷雾器；       | 23 —— 过滤后空气流量计；         |
| 8 —— 喷雾箱；       | 24 —— H <sub>2</sub> 瓶； |
| 9 —— 溶液放空阀；     | 25 —— 减压阀；              |
| 10 —— 干燥器；      | 26 —— 阻火器；              |
| 11 —— 干燥空气流量计；  | 27 —— 稳压器；              |
| 12 —— 蒸发管；      | 28 —— 氢气流量计；            |
| 13 —— 缓冲箱；      | 29 —— 燃烧器；              |
| 14 —— 限压阀；      | 30 —— 光电转换器；            |
| 15 —— 湿度计；      | 31 —— 光电测量仪。            |
| 16 —— 过滤前空气流量计； |                         |

图 7 钠焰法滤料性能检测试验装置示意图

### 6.5.3 检测步骤

#### 6.5.3.1 预备性检验

在进行滤料试验以前,应先打开试验装置,检查或调整以下参数:

- a) 用干燥的化学纯 NaCl 和蒸馏水(或去离子水)配制质量浓度为 2% 的 NaCl 溶液,将其倒入喷雾箱中,使液面达到距离喷孔( $5.5 \pm 0.5$ )mm 的水位指示线。在运行中溶液浓度允许变化范围为 1.9%~2.1%。
- b) 调整 H<sub>2</sub> 供给系统的运行参数:将 H<sub>2</sub> 流量调节到 200 mL/min,且维持恒定。若低于此值,则应检查 H<sub>2</sub> 高效过滤器是否堵塞、管道有无漏气。点燃 H<sub>2</sub> 预热燃烧器 30 min 以上,预热期间,燃烧器上的罩盖应取下以通入助燃空气,此时应关闭光窗,滤光转盘也应处于全闭位置。
- c) 调整钠焰光度计(图 7 中 29、30、31 组成)运行参数:当燃烧器开始预热时,打开光电测量仪电源开关,预热 30 min 以上。
- d) 启动空气压缩机,调节压缩空气喷雾系统的运行参数:将喷雾压力调到( $0.26 \pm 0.01$ )MPa 工作压力,检查高、低压管道的气密性;调整喷雾流量为 0.28 m<sup>3</sup>/h~0.36 m<sup>3</sup>/h,若低于此值,说明喷孔有堵塞现象,需要停运清洗喷孔;调整干燥空气流量为( $1.7 \pm 0.05$ )m<sup>3</sup>/h。
- e) 检查缓冲箱上的湿度计:空气的相对湿度应小于 40%,如大于此值,应检查吸湿剂是否已饱和,需要更换或再生。

#### 6.5.3.2 阻力检测

应在气溶胶通过滤料之前,采用纯净试验空气在试验滤速下测定滤料两侧的压降。调节试验体积流量,使得每张滤料样品流量值的变化不超过要求值的  $\pm 2\%$ 。应在系统处于稳定运行状态下进行测量。

#### 6.5.3.3 效率检测

6.5.3.3.1 将三通切换阀(图 7 中 17)处于“过滤前”位置,调节过滤前空气流量计(图 7 中 16)流量到 2 L/min,然后把滤光转盘转至 II 挡,用钠焰光度计测量过滤前气溶胶光电流值。

6.5.3.3.2 将三通切换阀(图 7 中 17)处于“过滤后”位置,再把三通切换阀(图 7 中 20)转到“本底”位置。将滤光转盘转到全闭位置,灭氢焰,待冷却后,清洗烧嘴及燃烧器内壁,再点燃氢焰,稳定燃烧 10 min。调节过滤后空气流量计(图 7 中 23)流量到 2 L/min。将滤光转盘转到全通位置,用钠焰光度计测量本底洁净空气光电流值。

6.5.3.3.3 将受试滤料装入滤料夹,把三通切换阀(图 7 中 17)转到“滤后”位置,将过滤流量计在(图 7 中 19)的流量调到所需要的流量。调节放气阀,使过滤后空气流量计(图 7 中 23)流量到 2 L/min。选择合适光密度值的中性滤光片,读出过滤后气溶胶光电流值。

#### 6.5.3.4 滤料过滤效率计算

应满足 5.3.3.3 的要求。

### 6.6 油雾法

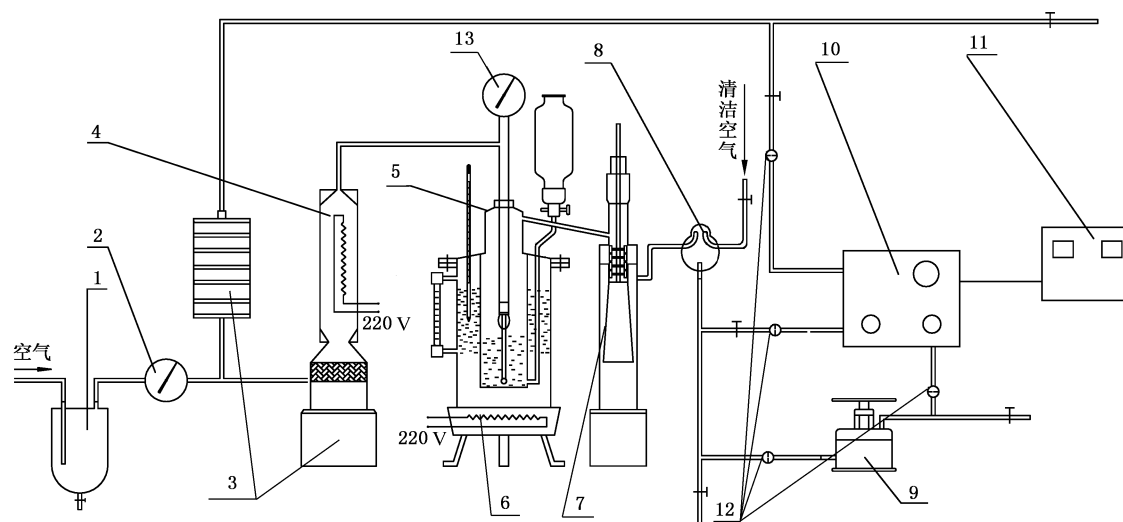
#### 6.6.1 试验原理

在规定的试验条件下,用涡轮机油通过汽化—冷凝式油雾发生炉人工发生油雾气溶胶,气溶胶粒子

的质量平均直径范围应为  $0.28\ \mu\text{m}\sim 0.34\ \mu\text{m}$ 。使与空气充分混合的油雾气溶胶通过受试滤料,采用油雾仪测量滤料过滤前、后的气溶胶散射光强度。散射光强度大小与气溶胶浓度成正比,由此求出受试滤料的过滤效率。

### 6.6.2 试验装置

油雾法滤料性能检测试验装置由发雾装置和试验装置两部分组成。发雾装置可采用喷雾式油雾发生器或汽化—凝聚式油雾发生器,采用喷雾式油雾发生器的试验装置示意图见图 8。



说明:

- |           |             |
|-----------|-------------|
| 1——气水分离器; | 8——混合器;     |
| 2——稳压阀;   | 9——滤料夹具;    |
| 3——空气过滤器; | 10——光电雾室;   |
| 4——空气加热器; | 11——透过率测定仪; |
| 5——油雾发生器; | 12——流量计;    |
| 6——加热电炉;  | 13——气压表。    |
| 7——螺旋分离器; |             |

图 8 油雾法滤料性能检测试验装置示意图

#### 6.6.2.1 发雾装置

喷雾式油雾发生器和汽化—凝聚式油雾发生器应满足附录 H 的要求。

#### 6.6.2.2 测量装置

测量装置由光电雾室和透过率测定仪组成。

#### 6.6.2.3 发雾参数

油雾法滤料试验装置的油雾发生应满足以下要求:

- 发雾装置应生成具有一定大小分布、质量平均直径为  $0.28\ \mu\text{m}\sim 0.34\ \mu\text{m}$  油雾,可通过控制压缩空气的压力、空气加热器的温度、加热电炉加热油雾发生炉的温度和发雾剂的量,同时调节螺旋分离器的位置等参数控制所需要的油雾浓度和油雾粒子的质量平均直径。当发雾参数固

定时,油雾气溶胶的粒径大小分布和浓度基本保持不变。

- b) 发雾剂应采用黏度等级为 32 或 46 的涡轮机油,质量应满足 GB 11120 的相关要求。
- c) 浓度为  $1\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3$  的油雾发雾参数:喷雾空气压力应为 120 kPa、空气加热温度应为  $(92 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、水浴温度应为  $95^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 、油量应为 100 mL。当以上发雾参数不稳定时,可使用螺旋分离器对油雾浓度和分散度进行适当微调。

#### 6.6.2.4 流量控制

油雾法滤料试验装置的流量控制应满足以下要求:

- a) 进入光电雾室的洁净空气流量范围应为  $5\ \text{L}/\text{min} \sim 7\ \text{L}/\text{min}$  或按仪器说明书要求确定;
- b) 进入光电雾室的油雾取样流量范围应为  $3\ \text{L}/\text{min} \sim 5\ \text{L}/\text{min}$  或按仪器说明书要求确定;
- c) 油雾流从雾嘴喷出,应在雾室中始终成圆柱体,且雾室中应无混浊或残留油雾现象。

#### 6.6.3 检测步骤

##### 6.6.3.1 预备性检验

在进行滤料检测前,应先打开试验装置,检查或调整以下参数:

- a) 发生标准油雾:
  - 1) 检查水(油)浴中的水(油)量。
  - 2) 检查油容器中的涡轮机油量。
  - 3) 接通油雾发生炉电源,加热水(油)浴。
  - 4) 按检验要求,将螺旋分离器处于适当位置。
  - 5) 待水(油)浴温度达到控制温度平衡后,启动压缩空气机供气,再接通空气加热器电源;
  - 6) 调节各发雾参数并保持稳定;
  - 7) 适当调节螺旋分离器的位置,得到所需质量浓度和质量平均直径的油雾气溶胶。
- b) 调校油雾仪:
  - 1) 自校:按油雾仪使用说明书的要求接通仪器电源并进行仪器自校。
  - 2) 调校:将质量平均直径为  $0.28\ \mu\text{m} \sim 0.34\ \mu\text{m}$ 、已确定浓度的油雾气溶胶和洁净空气送入雾室。按油雾仪使用说明书的要求调满度,并测量仪器自身散光值  $K_0$ ,当油雾浓度为  $1\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3$  时, $K_0$  应小于 0.000 20%。
- c) 测量油雾气溶胶浓度和分散度:
  - 1) 油雾气溶胶浓度应为  $1\ 000(1 \pm 10\%)\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。当有特殊需要(如受试过滤元件过滤效率过高或过低)时,也可使用  $2\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3 \sim 2\ 500\ \text{mg}/\text{m}^3$ 、 $250\ \text{mg}/\text{m}^3$  或  $100\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。
  - 2) 油雾气溶胶浓度测量:仪器调零,将洁净空气和油雾气溶胶取样通入光电雾室,开启光源,由光电雾室测得油雾气溶胶浓度。
  - 3) 分散度测量:按 5.4.3.3.2 的要求进行分散度测量。

##### 6.6.3.2 阻力检测

在气溶胶通过滤料之前,应采用洁净试验空气,在试验滤速下测定滤料两侧的压降。需调节试验空气体积流量,每张滤料样品的流量值变化不应超过要求值的  $\pm 2\%$ 。应在系统处于稳定运行状态下进行测量。

### 6.6.3.3 效率检测

6.6.3.3.1 将受试滤料平整置于滤料夹具上并夹紧,按滤料试验的比速要求调节流量计流量,通入油雾气流。

6.6.3.3.2 将滤料过滤后的气流和洁净空气通入透过率测定仪,调节量程转换旋钮,得到透过率测定仪测得值  $P$ ,按 5.4.3.4a)的要求计算油雾过滤效率  $E$ 。

6.6.3.3.3 检测完毕后应以洁净空气通入雾室,将雾室内残留的油雾吹净。

6.6.3.3.4 关闭空气加热器和水浴加热电炉的电源,关闭油雾仪电源。

6.6.3.3.5 停止给油雾发生炉供气,切断空气压缩机电源。



## 附 录 A (规范性附录)

### 钠焰法过滤器性能检测试验装置的构造与维护

#### A.1 钠焰法过滤器性能检测试验装置的组成

钠焰法过滤器性能检测试验装置主要由 NaCl 气溶胶发生装置、风道系统、气溶胶取样和检测装置组成。试验装置见图 3。

#### A.2 NaCl 气溶胶发生装置

##### A.2.1 组成

NaCl 气溶胶发生装置主要由压缩空气供给系统、喷雾器和喷雾箱等组成。

##### A.2.2 压缩空气供给系统

###### A.2.2.1 构成

压缩空气供给系统一般应包括空气压缩机、油水分离器、稳压装置、净化装置、电磁阀、分气缸、压力和流量测量仪表。压缩空气应有足够的压力、气量和洁净度。喷雾器的工作压力应为 0.6 MPa,应根据喷雾器数量以及表 A.1 建议的喷雾器喷头性能参数合理设计压缩空气供给系统。

###### A.2.2.2 干燥净化

压缩空气应进行必要的净化及干燥处理,干燥后的气体含尘浓度应不大于 35 粒/L( $\geq 0.5 \mu\text{m}$ )。

###### A.2.2.3 喷雾流量计

喷雾流量计应考虑足够的耐压性能(抗气流冲击、防爆),一般每个喷雾器设一个流量计。每个流量计上游的手动阀门只起开、关作用,不应用其调节喷雾流量。

###### A.2.2.4 压力测量装置

压力测量应选用分度值不大于 0.02 MPa、精度不低于 1.5 级的压力表,其最大量程宜为 1 MPa。

#### A.2.3 喷雾器

喷雾器构造参见附录 B。喷雾器的材料一般应采用耐腐蚀的不锈钢或塑料。喷头可分为 3 孔、6 孔、9 孔三种形式,孔径应为 0.6 mm。其主要性能参数见表 A.1,可根据系统风量大小予以选配。例如,当系统风量为 1 000  $\text{m}^3/\text{h}$  时,应采用 3 孔喷头的喷雾器 4 个,此时气溶胶原始浓度约为 0.002  $\text{g}/\text{m}^3$ 。

表 A.1 喷雾器喷头性能参数

喷头孔数	3 孔	6 孔	9 孔
压缩空气消耗量(折算成常压)/( $\text{m}^3/\text{min}$ )	约 0.09	约 0.18	约 0.27
NaCl 发生量/(g/h)	约 0.5	<1	<1.5

#### A.2.4 喷雾箱

喷雾箱的材料一般应采用塑料或有机玻璃,其上应设置足够大的观察窗和液面指示标尺,在构造上应使多个喷雾器(一般不超过5个)错开布置,且沿气流方向不应超过两排。其下部应有一定容积的液槽,并有补液孔及排液孔,上部应有便于拆卸的箱盖,以便拆洗喷雾器。

### A.3 风道系统

#### A.3.1 风道系统要求

风道系统应满足5.1.2的相关要求,其相对尺寸见图3,排风口处不应有障碍物,且混合干燥段应满足下列条件:

- a) 长度不小于10倍管径的直管段;
- b) 气溶胶在本管段流动时间不小于2 s;
- c) 风速不宜大于5 m/s。

#### A.3.2 温度、湿度控制

##### A.3.2.1 加热器

一般应采用管状加热器,其容量计算方法为:将缓冲箱入口处气体的相对湿度降至30%以下,一般可按温升为15℃~20℃计算,夏季特别潮湿的地区(如青岛)可按温升为23℃计算。电加热器开关与风机开关应连锁:系统启动时先开风机,再开电加热器;停机时先关加热器,再关风机。

##### A.3.2.2 温度计

可采用测量范围为0℃~50℃、分度值为1℃的普通温度计。

##### A.3.2.3 湿度计

一般应采用电阻式湿度计或干湿球温度计。一般情况下可只设一个湿度计,测点应位于缓冲箱入口处,特殊情况(实验室所处气候区常年湿度较大时)可设2个。

#### A.3.3 风量测量

一般应采用标准孔板测量风量,按GB/T 2624.2的相关要求进行设计、安装和使用。风量校核可按GB/T 1236的相关规定进行。

### A.4 气溶胶取样和检测装置

#### A.4.1 气溶胶取样系统

##### A.4.1.1 取样系统的组成及设计原则

取样系统由取样管、本底过滤器、流量计、三通切换阀及连接管组成。取样系统应尽量靠近取样点,布置应紧凑,各部件之间的连接管应尽量短,连接管拐弯处应圆滑。连接管与各部件的连接处应严格密封。取样系统投入使用前,应在风机全压下对各部件及其连接处进行检漏。连接管应选用不易老化的橡皮管,内壁应光滑,使用前应将内壁洗净吹干。

##### A.4.1.2 取样管

取样管所用材料应耐腐蚀,一般采用紫铜管或不锈钢管。其内壁应光滑,拐弯处应圆滑无凹陷、扭

曲,曲率半径应大于 2 倍管径,管口应做成薄壁。管径的选取应使取样管口处流速相当于风道流速的 0.25 倍~4 倍。取样管的安装应使其管口迎着气流。

#### A.4.1.3 本底过滤器

滤料应选用高效滤纸(钠焰法效率应不低于 99.999%),其层数应不少于 3 层;滤料过滤面积应不小于  $0.035 \text{ m}^2$  (滤速应小于  $0.01 \text{ m/s}$ )。框体材料应耐腐蚀,一般采用聚氯乙烯塑料焊接,结构应严密。

#### A.4.1.4 流量计

一般采用直通式转子流量计测量气溶胶的原始流量、本底流量、过滤后流量及稀释空气流量,转子材料应能耐腐蚀。

#### A.4.1.5 三通切换阀

三通切换阀应采用耐腐蚀材料制作。阀体与阀心接触面以及阀体与连接管嘴的连接处应严密。

### A.4.2 气溶胶检测装置

#### A.4.2.1 组成

气溶胶浓度测量应采用专用的钠焰光度计,主要包括燃烧器、光电转换器、光电测量仪三部分(构造示意图见图 B.3),并应配备  $\text{H}_2$  供给系统。

#### A.4.2.2 燃烧器

燃烧器应采用旁通式结构,燃烧器垂直管内壁应有良好的反光性且不易生锈。

#### A.4.2.3 光电转换器

光电转换器中的聚光镜应有较好的消光差性能和合适的焦距(一般为  $70 \text{ mm}$ ),直径应与光电倍增管光阴极直径大小相同或稍大。 $\text{Na}$  干涉滤光片的波长峰值应为  $589 \text{ nm} \sim 592 \text{ nm}$ ,半波长宽度应为  $6 \text{ nm} \sim 10 \text{ nm}$ 。中性滤光片装在滤光转盘上,转盘上有 4 个位置:一为全通(无滤光片),二、三分别为光密度值为 1(减光 10 倍)和 2(减光 100 倍)的中性滤光片,四为全闭(不透光)。光电倍增管应具有灵敏度高、暗电流小、光谱性能较合适的性能,也应考虑其体积、质量、安装方便等因素。

#### A.4.2.4 光电测量仪

光电测量仪应具有良好线性、零点漂移小、测量精度高、可靠性强、抗干扰性强等性能。

#### A.4.2.5 $\text{H}_2$ 供给系统

$\text{H}_2$  供给系统应使用纯度为 99.99% 以上的  $\text{H}_2$  源,其流量与压力均应稳定。流量调节阀应具有较好的微调性能。

### A.5 钠焰法试验装置的维护

#### A.5.1 补液时间和补液浓度

发雾装置在运行过程中应经常补充  $\text{NaCl}$  溶液至初始液面,每连续运行 2 h 应补充规定质量浓度的  $\text{NaCl}$  溶液。配置一次溶液最多可累积使用 8 h,随后应全部更换新液。若将溶液浓度偏差控制在  $\pm 0.1\%$ ,可延长溶液使用时间,但最长应不超过 3 d(按每天运行 8 h 计)。

### A.5.2 发雾装置清洗周期

发雾装置在连续运行 3 d 或停止运行 1 周以上时,应将喷雾器卸下用清水洗净,同时清洗喷雾箱内部。

### A.5.3 光电元件的维护

试验装置停止使用 1 周以上时,应将光电转换器中的光电元件放在干燥器内保存。

### A.5.4 钠焰光度计的标定

应定期对钠焰光度计的电流测试装置进行比对、校准及必要的维护。

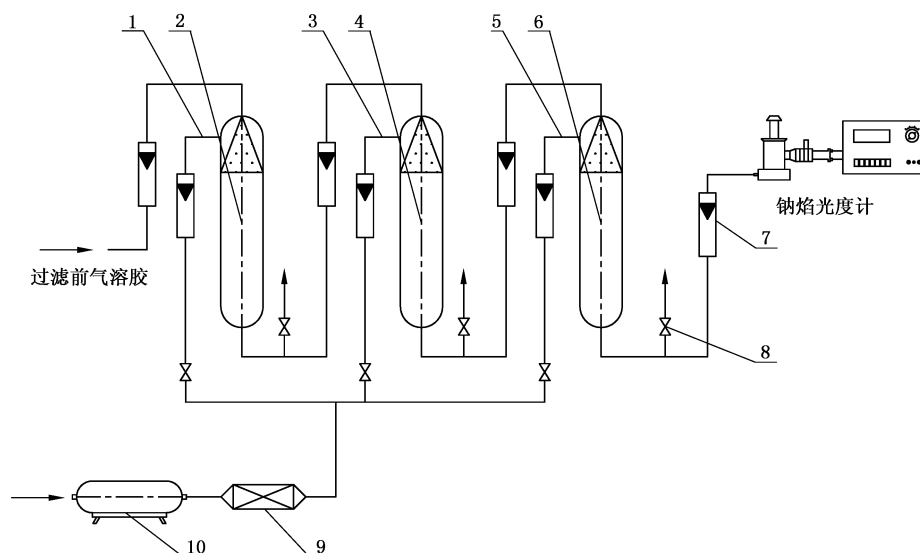
### A.5.5 钠焰法自吸收修正系数 $\varphi$ 的测定方法

#### A.5.5.1 原理

自吸收现象是发射光谱中的客观现象,即在被激发的 Na 元素浓度较高时,在氢火焰中被激发的钠特征光经过火焰外部的钠蒸汽层,一部分特征光被吸收而使总的特征光强减弱。被激发元素浓度越高,这种现象越明显,此时应在相应的光电流值上乘一个大于 1 的修正系数;当浓度低到一定程度后,这种现象不显著,可以忽略。

#### A.5.5.2 试验装置与试验流程

自吸收修正系数  $\varphi$  是气溶胶浓度与其光电流值关系的修正系数。自吸收修正系数  $\varphi$  试验装置及试验流程示意图如图 A.1 所示。采用一套三级定比例稀释装置,用一系列已知量的“绝对”洁净空气稀释气溶胶,从而可得相当于过滤前气溶胶浓度 0.001 倍~1 倍的不同浓度气溶胶。将每种比例的气溶胶引入燃烧器,测量其相应的光电流值,记录在表 A.2 中。



说明:

- 1——一级稀释;
- 2——混合器;
- 3——二级稀释;
- 4——混合器;
- 5——三级稀释;

- 6——混合器;
- 7——流量计;
- 8——放气阀;
- 9——高效空气过滤器;
- 10——空气泵。

图 A.1 自吸收修正系数  $\varphi$  试验装置及试验流程示意图

表 A.2 自吸收修正系数  $\varphi$  的试验测定表格

一级稀释混合		二级稀释混合		三级稀释混合		相对浓度	光电流值 $\mu\text{A}$
含尘空气量	稀释空气量	含尘空气量	稀释空气量	含尘空气量	稀释空气量		
L/min		L/min		L/min			

#### A.5.5.3 自吸收修正系数 $\varphi$ 值的确定

在纵坐标为相对浓度、横坐标为对应的光电流值的双对数坐标纸上,将所测得的数据点连成一条曲线,用实线表示“实际曲线”;假设没有自吸收现象的浓度与光电流值之间的关系线(始终是正比关系)为“理想线”,用虚线表示。“理想线”为  $45^\circ$  角的直线,在低浓度时与“实际曲线”的直线部分重合。对应于同一相对浓度下的理想的光电流值与实际测得的光电流值之比即为自吸收修正系数  $\varphi$  值。

#### A.5.5.4 测定周期

对某一类型的定型装置, $\varphi$  值只需做一次试验即可求得,此后不必再做,但对不同类型装置,有不同的  $\varphi$  值,尤其反映在气溶胶原始浓度有较大变化时,应重新做试验求得新的  $\varphi$  值。

#### A.5.6 过滤部件的更换周期

进风过滤器、压缩空气过滤器内的填料应根据使用情况,分别定期更换,一般可 1 年~2 年更换一次。

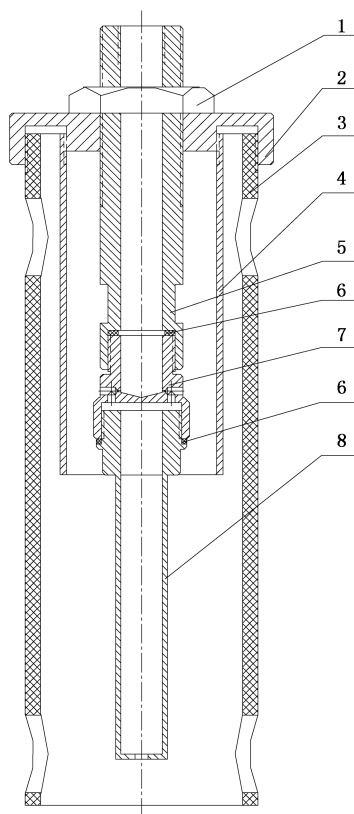
#### A.5.7 机电设备的维护

通风机、空气压缩机、电加热器等机电设备,均应按其说明书进行维护和检修。

附录 B  
(资料性附录)

钠焰法过滤器和滤料试验装置部件构造示意图

B.1 钠焰法过滤器性能检测试验装置喷雾器构造示意图见图 B.1。



说明：

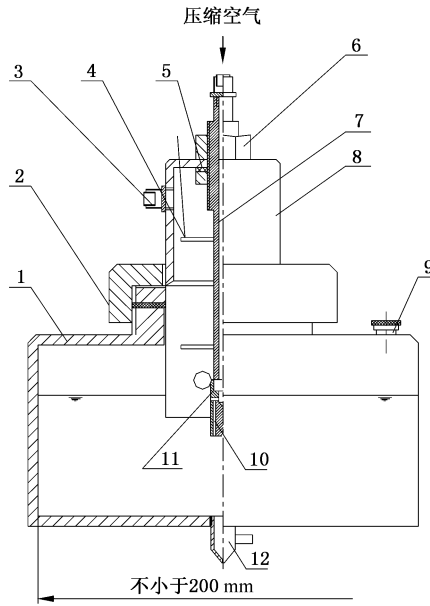
1——螺母；  
2——盖；  
3——外筒；  
4——内筒；

5——上喷头管；  
6——垫圈；  
7——主喷头；  
8——吸液管。

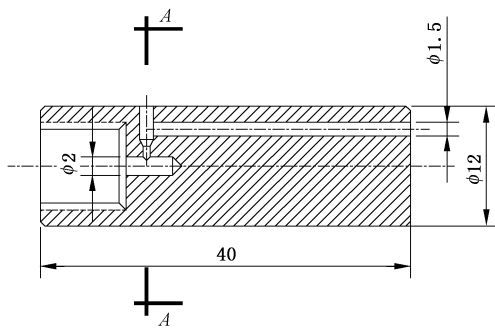
图 B.1 钠焰法过滤器性能检测试验装置喷雾器构造示意图

B.2 钠焰法滤料性能检测试验装置喷雾器构造示意图见图 B.2。

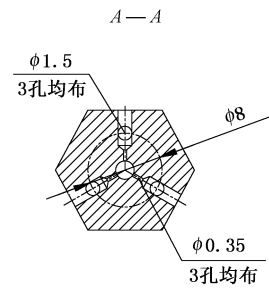
单位为毫米



a) 钠焰法滤料试验装置喷雾器构造示意图



b) 喷嘴剖面图



c) A-A 剖面图

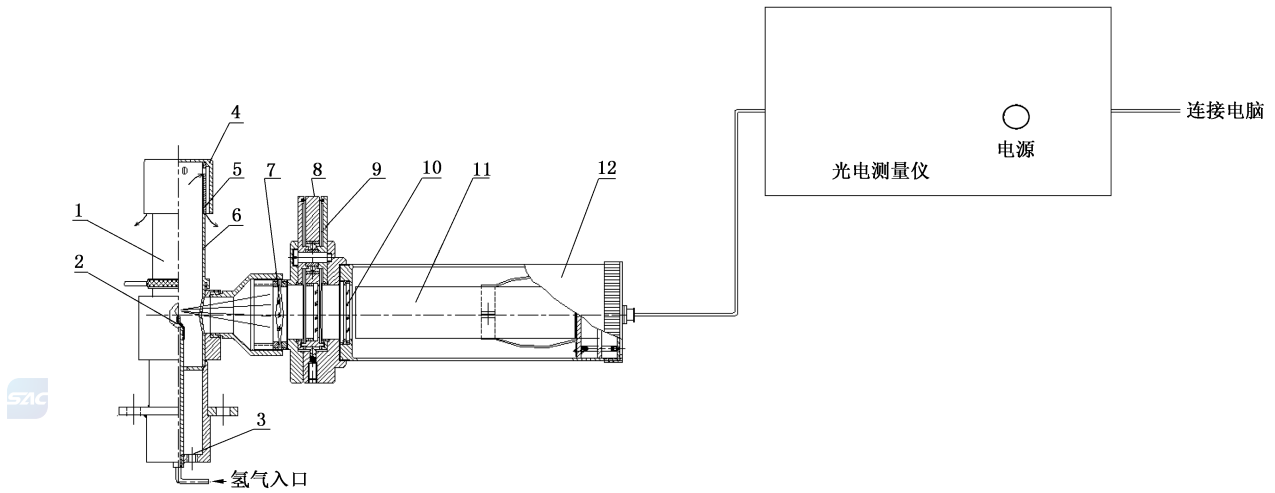
说明：

- 1——喷雾箱；
- 2——锁紧盖；
- 3——短管；
- 4——橡胶挡板；
- 5——橡胶垫圈；
- 6——喷头螺母；

- 7——进气管；
- 8——套筒；
- 9——加液口；
- 10——喷嘴；
- 11——聚四氟乙烯垫片；
- 12——放液管。

图 B.2 钠焰法滤料性能检测试验装置喷雾器构造示意图

B.3 钠焰光度计构造示意图见图 B.3。



说明：

- 1——燃烧器；
- 2——烧嘴；
- 3——助燃空气入口；
- 4——上盖；
- 5——光反射层；
- 6——上套筒；

- 7——聚光透镜；
- 8——滤光转盘；
- 9——中性滤光片；
- 10——钠干涉滤光片；
- 11——光电倍增管；
- 12——光电转换器。

图 B.3 钠焰光度计构造示意图

附 录 C  
(规范性附录)

油雾法过滤器试验装置的构造与维护

C.1 油雾法过滤器性能检测试验装置的组成

油雾法过滤器性能检测试验装置主要由油雾气溶胶发生装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置组成。试验装置见图 4。

C.2 油雾气溶胶发生装置

C.2.1 组成

油雾气溶胶发生装置主要由油雾发生炉、压缩空气源、发雾剂供给系统等组成。

C.2.2 主要设备和材料

油雾法气溶胶发生装置的主要设备及材料包括：

- a) 汽化—冷凝式油雾发生炉,见附录 E;
- b) 空气压缩机(可独立或集中供气);
- c) 缓冲分离器,见附录 E;
- d) 贮油器;
- e) 分油罐,见附录 E;
- f) 进油流量计;
- g) 油压计:可选用量程为 0 kPa~100 kPa 的液压表;
- h) 气体流量计;
- i) 压力计:可选用量程为 0 kPa~250 kPa 的气压表;
- j) 空气除油器;
- k) 空气过滤器;
- l) 压差表;
- m) 液体流量计;
- n) 流量调节阀;
- o) 温度自动控制器;
- p) 发雾剂:可采用黏度等级为 32 或 46 的涡轮机油,应满足 GB 11120 的相关要求。

C.2.3 发雾参数

标准油雾是指在试验浓度下具有质量平均直径为  $0.28\ \mu\text{m}\sim 0.34\ \mu\text{m}$  的油雾气溶胶。油雾浓度可根据受试过滤器的要求选用  $225\ \text{mg}/\text{m}^3\sim 275\ \text{mg}/\text{m}^3$  或  $900\ \text{mg}/\text{m}^3\sim 1\ 100\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。通过调节油雾发生炉的炉温、发雾剂的加入量和稀释空气量 3 项参数控制所需要的油雾浓度和油雾粒子的平均直径。当 3 项发雾参数控制适当并稳定时,油雾浓度和油雾气溶胶的大小分布基本不变。各试验风量下发雾参数的参考值见附录 E。

### C.3 风道系统

#### C.3.1 风道系统示意图

风道系统构成示意图见图 4,且应满足 5.1.2 的相关要求。

#### C.3.2 混合装置和整流格栅

风道中设有混合装置(搅拌用的风扇或混合挡板)和整流格栅,整流格栅的尺寸应符合 GB/T 1236 的相关规定。

#### C.3.3 阀门

在风机进口(或出口)管段处和旁通管上各设置 1 个风量调节阀。在主风道和旁风道的进口段各设置 1 个电动阀,2 个电动阀的启闭应连锁控制。

#### C.3.4 跨越管

在主风道和旁风道的连接管上应设跨越管,跨越管上应设置 1 个风量调节阀。

#### C.3.5 阻力模拟器

在旁风道的中间段应设一合适的阻力模拟器,可根据受试过滤器的阻力范围进行阻力调节。

### C.4 气溶胶取样与检测装置

#### C.4.1 气溶胶取样系统

油雾法过滤试验装置的气溶胶取样系统应满足以下要求:

- a) 取样系统由取样管和真空泵组成。
- b) 受试过滤器前的取样口位置应设在距离整流格栅 5 倍风道直径、且距离受试过滤器 1/2 倍风道直径处。受试过滤器后取样的位置应设在距离受试过滤器 5 倍风道直径处。
- c) 取样管应位于风道中心,与气流保持平行,管口应迎着气流方向。
- d) 取样管内径一般为 8 mm~12 mm,弯曲部分的曲率半径应大于采样管直径的 2 倍。从取样口到弯曲管的距离应为取样管外径的 10 倍。取样管应尽量短,管部件应尽量少,油雾气溶胶在取样管内的流速应与试验风道内流速相等。
- e) 取样管应采用耐油、耐腐蚀的金属管或玻璃管,管壁厚度应小于 2 mm。取样管可用橡胶管连接。
- f) 如用 1 台真空泵,可选用的泵容量应为 60 L/min;如用 2 台真空泵,可选用的泵容量为 30 L/min,真空泵的抽力应大于 4 kPa。

#### C.4.2 检测装置

##### C.4.2.1 主要检测设备

油雾法过滤试验装置的主要检测设备包括:

- a) 光电测油雾仪;
- b) 微压差计,精度应不低于 2 Pa。

#### C.4.2.2 流量控制

检测装置流量控制应满足以下要求：

- a) 进入光电雾室的清洁空气流量范围应为 5 L/min~7 L/min 或按仪器说明书要求确定；
- b) 进入光电雾室的油雾取样流量范围应为 3 L/min~5 L/min 或按仪器说明书要求确定；
- c) 油雾流从雾嘴喷出，应在雾室中始终成圆柱状，且雾室中应没有混浊或残留油雾的现象。

#### C.5 油雾法试验装置的维护

油雾法过滤器试验装置的维护应满足以下要求：

- a) 应经常检查各连接部分的气密性，以及橡皮管是否有破损；
- b) 试验装置中使用的玻璃孔板流量计和液体转子流量计应按有关规定期限进行标定；
- c) 当试验装置中过滤空气用的过滤器阻力达到初始阻力 2 倍时，应及时更换或拆洗；
- d) 随时检查并清除缓冲分离器和管路中的积油；
- e) 油雾仪雾室应先通入洁净空气，然后再通入油雾，以保证雾室和透镜的清洁。



## 附 录 D (规范性附录)

### 油雾法滤料试验装置的校对、标定与维护

#### D.1 流量计的标定

流量计的标定应符合 5.1.7 要求。

#### D.2 浊度计的标定

##### D.2.1 油雾质量浓度的标定

D.2.1.1 将高效玻璃纤维滤料置于滤料夹具中,首先通洁净空气 10 min,使滤料在与试验空气相同温、湿度条件下恒重,然后取下,用精度为万分之一的天平称量,并记下数字。再将其放回夹具中,通油雾空气流 10 min,再取下称其质量,并记下数字。质量浓度  $c$  应按式(D.1)进行计算。

$$c = \frac{g_2 - g_1}{Q \cdot t} \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- $c$  ——质量浓度,单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ );
- $g_1$  ——通油雾空气流前滤料的质量,单位为毫克( $\text{mg}$ );
- $g_2$  ——通油雾空气流后滤料的质量,单位为毫克( $\text{mg}$ );
- $t$  ——油雾空气流通过滤料的时间,单位为秒( $\text{s}$ );
- $Q$  ——试验空气体积流量,单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

D.2.1.2 重复试验 3 次,当其中任意 2 次测定结果的差别不大于 10%时,取其平均值作为油雾质量浓度。

D.2.1.3 此方法可标定浊度法所测得的油雾质量浓度。为确保油雾透过率试验准确,每月应标定一次。

##### D.2.2 油雾粒子质量平均粒径的标定

油雾粒子质量平均粒径应按式(D.2)进行计算。

$$\bar{d} = 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{6c}{\pi n \rho}} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

- $\bar{d}$  ——质量平均粒径,单位为微米( $\mu\text{m}$ );
- $c$  ——按 D.2.1 测得的油雾质量浓度,单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ );
- $\rho$  ——油雾粒子密度,0.87 g/mL;
- $n$  ——采用连续超显微镜、凝结核粒子计数器或静电气溶胶分析器等设备所测定的油雾气溶胶计数浓度,单位为粒每毫升(粒/mL)。

##### D.2.3 透过率测定值的标定

试验方应将测试结果与受委托的标准油雾台站的测试结果进行比对,以标定透过率测定值。

### D.3 油雾法滤料试验装置的维护

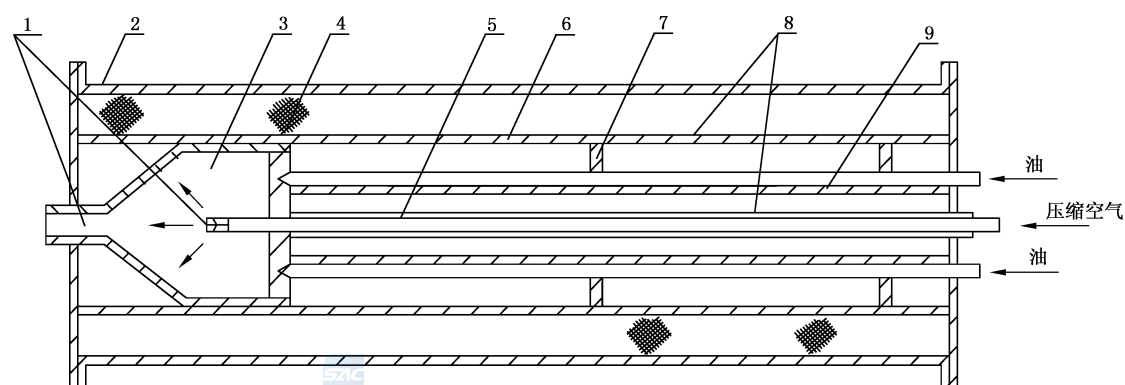
- D.3.1 应经常检查各连接部件的气密性,以及橡皮管是否有破损。
- D.3.2 试验装置中使用的玻璃孔板或毛细管流量计应按有关规定期限进行标定。
- D.3.3 当试验装置中过滤空气用的过滤器阻力达到初始阻力的 2 倍时,应及时更换。
- D.3.4 随时检查并清除管路、缓冲器、螺旋分离器中的积油。
- D.3.5 油雾仪雾室应先通入洁净空气,然后再通入油雾,以保证雾室和透镜的清洁。
- D.3.6 检测过程中不得改变油雾分散度。从油雾气流出口到油雾气流进入滤料夹具的路程应尽量短。
- D.3.7 为避免受试滤料通油雾时间太长,应在保持浊度计内浓度不变所必要的时间内完成试验,一般不超过 20 s。
- D.3.8 应保持系统良好的通风排气。油雾发生情况若有变化,应检查发雾剂质量、发生炉喷嘴是否通畅、喷嘴系统是否严密无漏,并应对发生炉内部件进行定期清洗。
- D.3.9 为保证试验结果的一致性,发雾剂应有一定储量。

附录 E  
(规范性附录)

油雾法过滤器试验装置中的汽化—冷凝式油雾发生炉

E.1 汽化—冷凝式油雾发生炉

E.1.1 汽化—冷凝式油雾发生炉(以下简称油雾发生炉)可发生稳定的标准油雾,主要用于试验 500 m<sup>3</sup>/h~1 500 m<sup>3</sup>/h 风量的高效空气过滤器的透过率。其发雾浓度范围为 250 mg/m<sup>3</sup>~1000 mg/m<sup>3</sup>,油雾粒子的质量平均直径为 0.28 μm~0.34 μm。油雾发生炉的炉体构造示意图见图 E.1。



说明:

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1——喷嘴;    | 6——钢制中套筒; |
| 2——钢壳体;   | 7——撑圈;    |
| 3——混合室;   | 8——镀铬电阻丝; |
| 4——石棉保温层; | 9——钢制内套管。 |
| 5——瓷管;    |           |

图 E.1 油雾发生炉炉体构造示意图

E.1.2 炉体的中间部分是炉芯,中心是一根直径为 14 mm 的不锈钢压缩空气管,管端装一喷嘴,伸入混合室内。喷嘴的中间有一直径为 2.5 mm 的喷孔,周围开有 8 个与中心轴成 45°、直径为 2 mm 的喷孔。不锈钢压缩空气管外套有一内径为 16 mm 的瓷管,瓷管外从近喷嘴端由密到疏绕有两组直径为 1 mm、长为 22.5 m 的镀铬电阻丝,绝缘装于一个内径为 63 mm 的钢制内套管中,内套管外是互相距离排列的 6 根直径为 14 mm 的不锈钢油汽化管和 2 支热电偶测插管。油管的一端拧于混合器上,中间和另一端以环圈固定,连同混合器一起装在内径为 107 mm、厚为 2 mm 的钢制中套筒内,中套管外均匀绕有直径为 1 mm、长为 33 m 的镀铬电阻丝(电阻丝外套有小瓷管),使油管内的发雾剂受热更为均匀,并有利保温。混合器的端部是一直径为 20 mm 的喷嘴,高浓度的油雾气溶胶由此喷出进入缓冲分离器。

E.1.3 炉体的外部是在中套筒的电炉丝外缠绕厚为 50 mm 的石棉保温层,装在带有法兰且直径为 220 mm 的钢制外壳内里。炉体总长为 1.5 m,置于支架上,支架为可调式,以便能在 20°范围内调节炉体的倾斜度。

E.1.4 油雾发生炉的主要附属设备有分油罐和缓冲分离器。图 E.2 为分油罐构造示意图,其主要是为了发雾剂流动稳定,均匀给油。分油罐的底部有 6 根分油管,每根管端均装有玻璃旋塞开关,下部是内径为 1 mm 的玻璃毛细管,另一端接于油雾发生炉上油管的进口。来自贮油器的发雾剂(涡轮机油)在

空气压力作用下经过分油罐均匀地向发生炉连续供油(见图 E.1)。

E.1.5 缓冲分离器是一个直径为 650 mm 的圆筒(见图 E.3),底部制成锥形,下设放油阀,总高为 1 m。桶内水平和垂直方向各装一挡板,挡板用开孔率约为 43%的多孔板制成。从油雾发生炉喷嘴喷出的油雾气溶胶从缓冲分离器的下侧进入,经过垂直挡板到缓冲器桶内,再经水平挡板由上部孔口被风机吸入风道。

单位为毫米

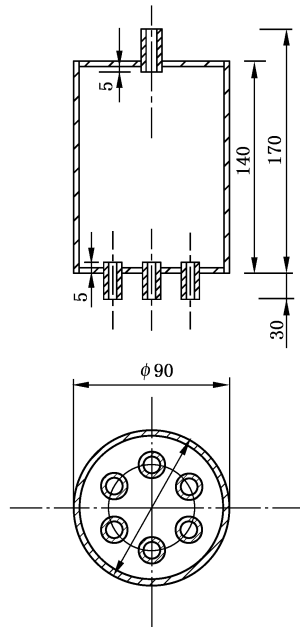


图 E.2 分油罐构造示意图

单位为毫米

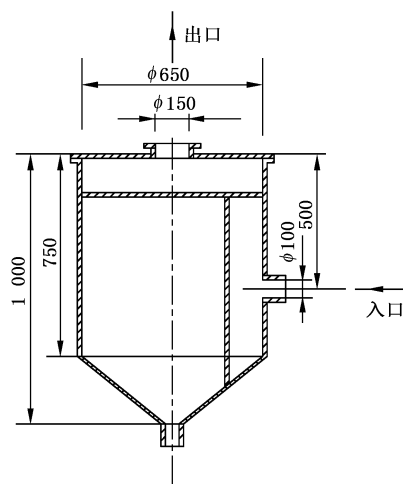


图 E.3 缓冲分离器构造示意图

## E.2 发雾原理

当电炉丝通电后,加热炉膛使油管内的发雾剂加热、蒸发、汽化。压缩空气经喷嘴喷出,与油蒸汽在混合室混合、冷凝,形成浓度很高的油雾气溶剂。在缓冲分离器中,因流速骤然减小,并经与挡板的碰

撞,使大颗粒的油雾粒子沉淀而被分离,其余被风机吸入风道后,与大流量的冷空气均匀混合、充分冷凝成具有一定大小分布的油雾气溶剂。

### E.3 标准油雾的发生

E.3.1 标准油雾是指在试验浓度下具有一定大小分布、质量平均直径范围为  $0.28\ \mu\text{m}\sim 0.34\ \mu\text{m}$  的油雾气溶胶,其可靠发生可依靠油雾发生炉的定型化和固定发雾参数来实现。本标准中,依靠下列措施发生标准油雾:

- a) 发生油雾气溶胶的压缩空气经过空气除油器和空气过滤器净化。吸入风道内的空气经中效或亚高效过滤器过滤。
- b) 用热电偶作为温度敏感元件,通过温度自动调节器控制炉膛温度。用气体流量计和液体流量计分别控制稀释空气量和给油量。

E.3.2 表 E.1 为受试过滤器风量分别为  $500\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$  的发生标准油雾发雾参数的参考值。

表 E.1 过滤器试验风量分别为  $500\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$  的发生标准油雾发雾参数表

试验风量 $\text{m}^3/\text{h}$	试验浓度 $\text{mg}/\text{m}^3$	炉膛温度 $^{\circ}\text{C}$	稀释空气量 $\text{L}/\text{min}$	总给油量 $\text{mL}/\text{min}$	输油管数 根
500	250	$450\pm 10$	$80\pm 3$	2.5~3	3
	1 000	$600\pm 10$	$195\pm 5$	10~11	6
1 000	250	$450\pm 10$	$88\pm 3$	5~6	3
	1 000	$600\pm 10$	$205\pm 5$	20~23	6
1 500	250	$500\pm 10$	$110\pm 3$	8~9	3
	1 000	$620\pm 10$	$220\pm 5$	30~37	6

### E.4 其他试验风量风况

E.4.1 当试验风量不等于表 E.1 中 3 种风量时,应从主风道和旁风道连结段上的跨越管把多余的风量通过旁通风道由风机排走。

E.4.2 当试验风量大于  $1\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$  时,可用 2 台油雾发生炉并联。此时,试验装置中的其他设备,如风机、标准孔板等,应与试验风量配套,风道管径应放大。

附录 F  
(规范性附录)  
油雾仪

F.1 油雾仪

标准所指油雾仪为采用光电法进行测量的油雾仪。

F.2 光电测油雾仪的组成



F.2.1 光电测油雾仪由光电雾室和透过率测定仪组成。

F.2.2 光电雾室分 2 个光电系统,由光源、雾室、中性滤光器、光电转换器和偏振器等组成,主要用于测控油雾浓度和分散度。

F.2.3 透过率测定仪的电路安装在一个机箱内,由光源可调变压稳压电路、供光电倍增管工作的高压电路(稳压并可调)、放大和 A—F 转换电路及显示电路等组成,主要用于油雾透过率的测定。其电路原理示意图如图 F.1 所示。

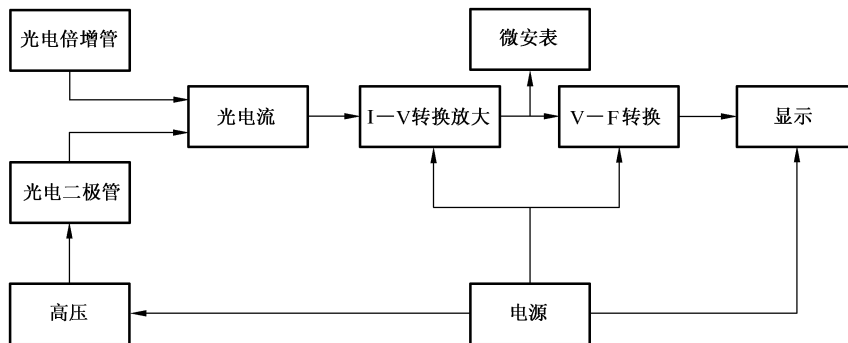


图 F.1 透过率测定仪电路原理示意图

F.3 油雾仪的调校和维护

油雾仪的调校操作和维护应按照产品使用说明书进行。

## 附录 G (规范性附录)

### 钠焰法滤料试验装置的构造与维护

#### G.1 钠焰法滤料性能检测试验装置

钠焰法滤料性能检测试验装置主要由 NaCl 气溶胶发生装置、采样部分和检测装置组成。试验装置见图 7。

##### G.1.1 NaCl 气溶胶发生装置

NaCl 气溶胶发生装置应满足以下要求：

- a) 压缩空气供给系统应包括压缩空气源、气水分离器、除油器、流量计、高效空气过滤器、压力表等,各部件应考虑耐压。
- b) 压缩空气源应有足够容量并能保持喷雾器所需的稳定压力。
- c) 压缩空气应使用满足 GB/T 13554 相关要求的高效空气过滤器进行净化处理。用于喷雾的高效空气过滤器的过滤面积应为 100 cm<sup>2</sup>。
- d) 流量计可采用转子流量计或其他耐压空气流量计,精度应不低于 2.5 级。
- e) 压力表的刻度最小分度值应为 0.01 MPa,精度应不低于 2.5 级。
- f) 喷雾器的构造示意图见图 B.2,由喷头、进气管、套筒和橡胶挡板等组成。
- g) 喷头和进气管宜用耐高速气流和耐盐水腐蚀的不锈钢等金属材料制造。
- h) 套筒采用有机玻璃等耐腐蚀材料制造。
- i) 挡板可选用厚度为 5 mm 的橡胶板等耐腐蚀材料制造。
- j) 喷雾箱的构造示意图见图 B.2,由锁紧盖、箱体、加液口和放液管等组成。
- k) 应设有观察窗和液位指示标志。
- l) 应便于喷雾器的拆装清洗。
- m) 应设置排液口和加液口。
- n) 液面面积不小于 100 cm<sup>2</sup>,溶液容积不小于 1 L。

##### G.1.2 采样部分

###### G.1.2.1 蒸发管

应采用耐盐水腐蚀的材料制造,一般为有机玻璃或塑料。蒸发管长度应不小于其管径的 10 倍,NaCl 小液滴在蒸发管内流动蒸发时间应不少于 2 s。

###### G.1.2.2 缓冲箱

应采用耐盐水腐蚀的材料制造,一般为有机玻璃或塑料。气溶胶宜由下口进入,由上口流出。应设有湿度计和限压装置,限压装置的限压值可根据系统低压部分工作耐压值确定。

###### G.1.2.3 流量计

测量过滤前气溶胶流量应采用直通式连接的转子流量计,其他的可采用带调节阀的转子流量计。转子流量计的转子应采用耐腐蚀材料制造。转子流量计的精度应不低于 2.5 级。

#### G.1.2.4 连接管道

各设备、仪器之间的连接管道,内径尺寸应尽量统一。高压管道应采用耐压橡胶管,低压管道宜采用优质橡胶管或优质塑料管。管道上应尽可能少用管接头,安装前管道内壁应清洗干净,各设备、仪器与管道接口应有良好的气密性。管道应布置合理,管道长度应尽可能短,并应保证气流畅通。

#### G.1.2.5 本底过滤器

宜用3层以上且效率不低于99.999%的高效滤料,使用滤速应低于1 cm/s。过滤器框体应耐腐蚀。

#### G.1.2.6 三通切换阀

三通切换阀内外应有良好的气密性。三通切换阀的各通道之间应有良好的气密性,应尽量减少气流在阀内的突然转向,以减少粒子沉降聚集的影响。

#### G.1.2.7 H<sub>2</sub> 供给系统

H<sub>2</sub> 纯度不宜低于99.99%。H<sub>2</sub> 流量调节阀应微量调节性能好,一般可采用微调针阀。H<sub>2</sub> 流量计宜采用量程为40 mL/min~400 mL/min的转子流量计,精度应不低于2.5级。

#### G.1.3 检测装置

检测装置应符合A.4.2的规定。

### G.2 钠焰法滤料性能检测试验装置的维护

G.2.1 空气压缩机应按照使用和维修说明书进行维护。

G.2.2 所有仪表应按其说明书规定条件使用和维护,并按国家有关规定进行校正。

G.2.3 喷雾器在停运期间应从喷雾箱中取出浸泡在清水中或清洗后干燥存放。喷雾箱内的溶液应加盖存放,若停运期较长,应将溶液倒掉,清洗喷雾箱后干燥加盖存放。

G.2.4 各种高效过滤器应根据具体情况不定期地更换滤料(由管道内剩余压力及流量是否能够满足运行要求和本底光电流值有无变化等确定)。

G.2.5 光学部件和光电元件应注意防潮湿,停运期较长时,应干燥存放。

G.2.6 检测装置的管路和阀门应注意保洁和清洗。

### G.3 钠焰法自吸收修正系数 $\varphi$ 的测定方法

钠焰法自吸收修正系数 $\varphi$ 的测点方法应符合A.5.5的规定。

## 附录 H

(规范性附录)

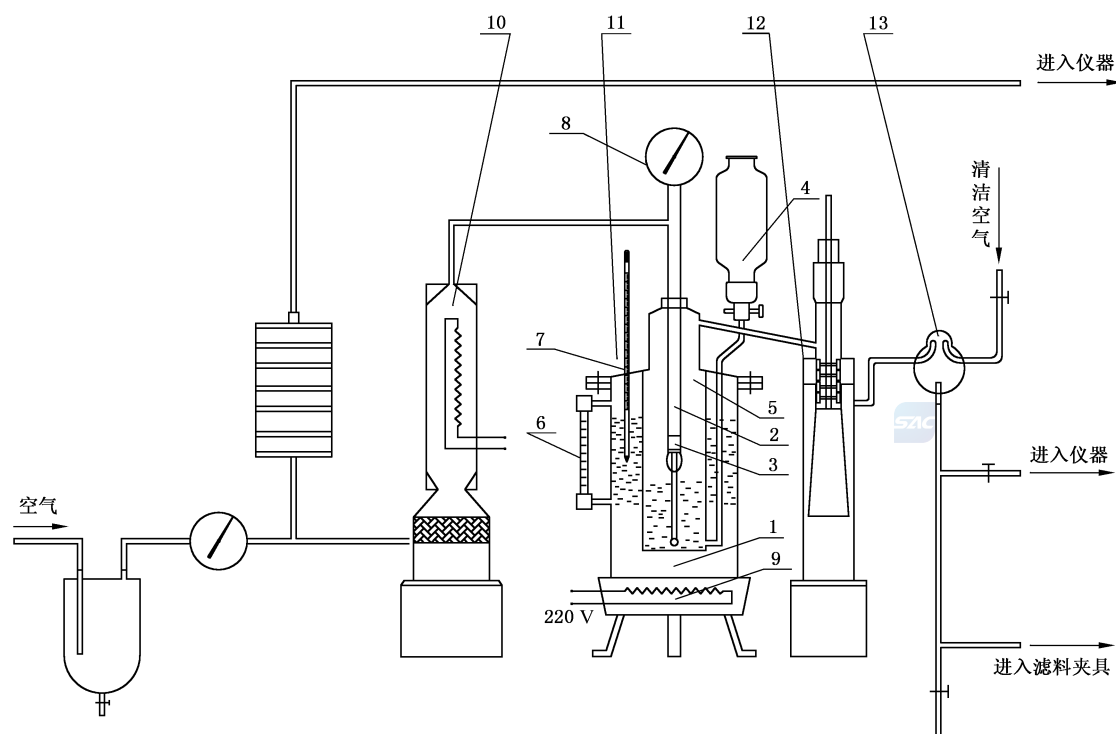
## 滤料试验装置中的油雾发生器

## H.1 喷雾式油雾发生器发雾原理

压缩空气流以超音速通过喷嘴,将涡轮机油带出并分散成雾,借滤油网子的撞击,大的油滴基本被油面捕获,只有较小的油雾随空气流出,经螺旋分离器进一步分离,去掉较大的粒子。喷雾时油温应保持在  $95\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

## H.2 喷雾式油雾发生器的结构

H.2.1 喷雾式油雾发生器的结构示意图见图 H.1。



说明:

- 1——钢制水(油)浴容器;
- 2——钢(铜)管;
- 3——喷嘴;
- 4——油漏斗;
- 5——油容器;
- 6——水(油)位玻璃管;
- 7——温度计;

- 8——气压表;
- 9——加热电炉;
- 10——空气加热器;
- 11——油雾发生炉;
- 12——螺旋分离器;
- 13——混合器。

图 H.1 喷雾式油雾发生器结构示意图

H.2.2 油雾发生炉是一个钢制水(油)浴容器,其内置带有喷嘴的钢(或铜)管。喷嘴由内径为0.6 mm~0.7 mm 的5 个小孔组成。经过钢(或铜)管的另一端进入空气,该端的连接螺帽在管接头内,管接头拧在油雾发生炉上。涡轮机油按定量注入油容器内,油容器置于水(油)浴容器内,用水(油)位玻璃管检查圆筒内的水(油)位。水(油)浴温度由控温器控制恒温。整个发生炉应座在自控的加热电炉上。

H.2.3 螺旋分离器是一个金属圆筒,在盖上压入一个金属管,管子上接有一个方形螺纹螺杆,由于螺杆外径与分离器内径有一定的配合关系,可形成一个螺旋的渠道,油雾经渠道以规定线速度通过。

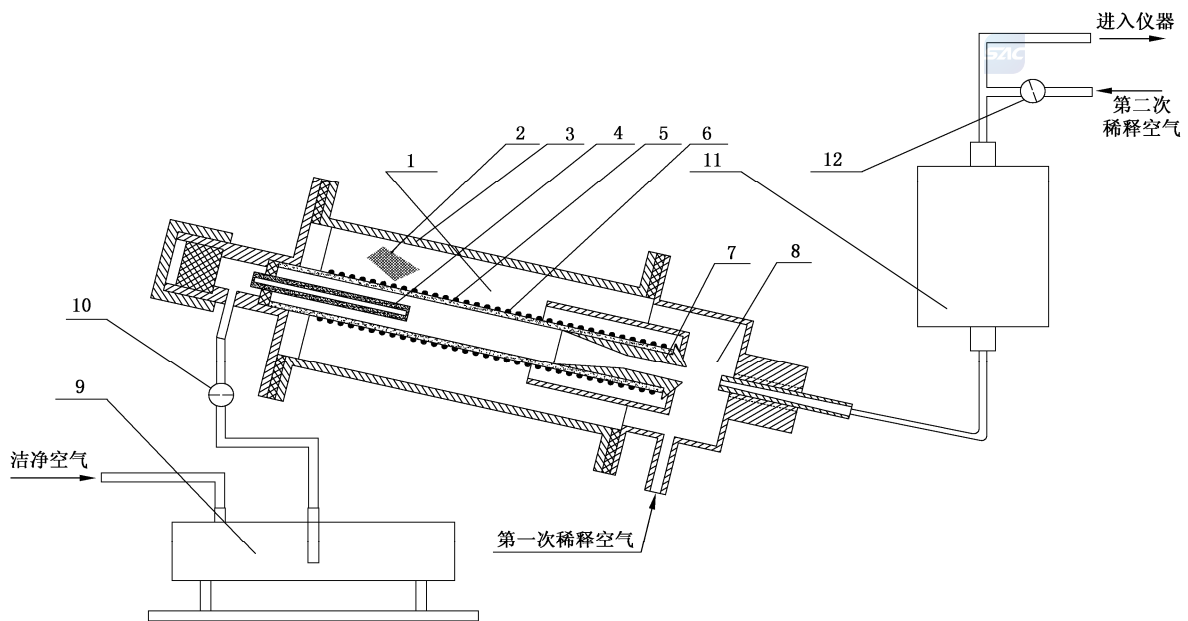
### H.3 汽化—凝聚式油雾发生器发雾原理

用压缩空气将储油器中的涡轮机油经毛细管流量计控制压入汽化炉中,机油通过上接管进入经电炉加热到给定温度的直径为 1.5 mm 的内(素)瓷管内,受热汽化。汽化的油蒸汽经过喷嘴与稀释空气混合而凝聚成雾。油雾经过缓冲器并根据试验要求再经空气稀释调节到所需要浓度(用玻璃孔板流量计控制稀释比)。电炉温度由变压器调节输入电压或电流来控制。

### H.4 汽化—凝聚式油雾发生器结构

#### H.4.1 汽化—凝聚式油雾发生器结构示意图

汽化—凝聚式油雾发生器结构示意图见图 H.2。



说明:

- |           |                 |
|-----------|-----------------|
| 1——油雾发生炉; | 7 ——喷嘴;         |
| 2——石棉保温层; | 8 ——混合室;        |
| 3——钢外壳;   | 9 ——储油器;        |
| 4——内瓷管;   | 10——毛细管流量计(输油); |
| 5——外瓷管;   | 11——缓冲器;        |
| 6——电阻丝;   | 12——孔板流量计(空气)。  |

图 H.2 汽化—凝聚式油雾发生器结构示意图

#### H.4.2 材料及规格

汽化—凝聚式油雾发生器各部件材料以及相应规格应满足以下要求：

- a) 内瓷管内径为 $(1.5 \pm 0.05)$  mm、外径为 $(3.5 \pm 0.17)$  mm、长为 200 mm~300 mm；
- b) 外瓷管内径为 14 mm、外径为 30 mm、长为 440 mm；
- c) 喷嘴材料用铜或不锈钢,孔径为 1.2 mm；
- d) 镍铬电阻丝直径为 0.5 mm、长为 11.5 m；
- e) 石棉绳；
- f) 水玻璃(工业用)。

#### H.4.3 炉芯的绕制步骤

H.4.3.1 挑选平直、光滑的外瓷管,在离端头 5 mm 处锉一个小槽。

H.4.3.2 将电阻丝一端拉直约 600 mm~700 mm,固定在小槽上。以 1 mm~2 mm 的间隔均匀地绕在外瓷管上,将另一端拉直 150 mm~200 mm 固定。

H.4.3.3 将电阻丝间隙用石棉绳填满、缠紧。

H.4.3.4 将两端拉直的电阻丝套上瓷管,顺外瓷管引出,用石棉绳紧密、均匀地缠绕至与炉子壳体长度相近为止。在缠好石棉绳的表面涂一层水玻璃。

H.4.3.5 在外瓷管的下端紧紧地嵌入金属喷嘴,为使喷嘴严密,在喷嘴上涂一层水玻璃,喷嘴孔内插入一木塞,以防止喷嘴被水玻璃堵塞。

H.4.3.6 将缠好的炉芯接通电源,慢慢升高电压,烘干炉芯(也可放入烘箱内烘干)。烘干后取出喷嘴孔中的木塞。

#### H.4.4 发生炉炉芯的装配

H.4.4.1 烘干的炉芯插入钢外壳内正中并固定。把炉芯的电阻丝接在炉子外壳的接线柱上(应绝缘)。

H.4.4.2 用石棉纤维和涡轮机油混合均匀的填料填平缝隙,盖好盖子,拧紧螺丝。

H.4.4.3 插入内瓷管,用填料压紧、压实,以保证不漏油,最后加以固定。