

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 6165—2008

代替 GB/T 6165—1985 和 GB/T 6166—1985

## 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

2008-11-04 发布

2009-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国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、定义、符号与缩略语 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 符号与缩略语 .....	4
4 试验方法的选择 .....	4
5 高效及超高效空气过滤器性能试验方法 .....	4
5.1 钠焰法 .....	4
5.2 油雾法 .....	8
5.3 计数法 .....	10
6 高效及超高效滤料性能试验方法 .....	14
6.1 试验要求 .....	14
6.2 钠焰法 .....	14
6.3 油雾法 .....	17
6.4 准单分散气溶胶计数法(用于高效滤料) .....	19
6.5 单分散气溶胶计数法(用于超高效滤料) .....	22
6.6 多分散气溶胶计数法(用于超高效滤料) .....	23
附录 A(规范性附录) 钠焰法过滤器试验装置的构造与维护 .....	25
附录 B(资料性附录) 钠焰法部件构造示意图 .....	29
附录 C(规范性附录) 油雾法过滤器试验装置的构造 .....	33
附录 D(资料性附录) 油雾法试验装置的校对、标定及维护 .....	36
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 .....	38
附录 F(规范性附录) 油雾仪 .....	41
附录 G(规范性附录) 计数法过滤器试验装置的构造及维护 .....	42
附录 H(规范性附录) 钠焰法滤料试验装置的构造及维护 .....	46
附录 I(规范性附录) 滤料试验装置中的油雾发生器 .....	50

## 前 言

本标准代替 GB/T 6166—1985《高效滤料性能试验方法 透过率和阻力》与 GB/T 6165—1985《高效空气过滤器性能试验方法 透过率和阻力》。

本标准与 GB/T 6165—1985 及 GB/T 6166—1985 相比,本标准主要变化如下:

——合并后的标准名称为《高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力》。

——将 GB/T 6165—1985 及 GB/T 6166—1985 中对高效过滤器及滤料的检测方法由两种增加为三种,计数法为新增方法。

——对钠焰法的修改主要如下:

a) 过滤器部分主要修改内容为:

对高效空气过滤器钠焰法试验装置做了两处修改:在系统中标准孔板前增加测量绝对压力的微压计;将系统中的指针式光电测量仪改为数字式光电测量仪,“检测步骤”一节中的相关内容也均做相应修改。

将过滤器透过率的计算改为效率计算,修改了计算公式。

b) 滤料部分的主要修改内容为:

将钠焰法试验气溶胶的粒径分布的描述修订为计数中值直径 $(0.09 \pm 0.02) \mu\text{m}$ ,同时淡化气溶胶发生装置的设计尺寸,而强调其所发生试验气溶胶的粒径分布;

对滤料钠焰法试验台流程图进行了修改;把喷雾压缩空气源与干燥空气源分开,这样更合理,运行更稳定、方便;在缓冲箱中增加了测量系统相对湿度的湿度计;

将透过率的计算改为效率计算,修改了计算公式。

——油雾法的修改主要如下:

a) 过滤器部分主要修改内容为:

将喷雾型油雾发生器试验装置流程示意图进行了如下修改:在系统中标准孔板前增加测量绝对压力的微压计;将 1-90 型浊度计修改为光电雾室;将 2-45 型浊度计改为透过率测定仪;删除了用于水冷却的水管。

将试验装置可测范围进行了修改;

在发雾参数一条中加入油雾浓度基本不变的规定;

将取样管构造和取样系统构造合并为一条,并将流动时间不超过 3 s 改为油雾气溶胶在管内的流速应与试验风道内等流速;

增加了从光电雾室观察窗观察烟柱状态的方法调整控制流量;

将透过率检测改为效率检测,修改了计算公式;

重新编写检测操作步骤;

对采用新光源的光电测油雾仪,给出了新的  $\Delta$  值控制范围。

b) 滤料部分主要修改内容为:

将喷雾型油雾发生器试验装置流程示意图进行了如下修改:将 1-90 型浊度计修改为光电雾室;将 2-45 型浊度计改为透过率测定仪;删除了用于水冷却的水管。

修改了取样流量和清洁空气流量,增加了从光电雾室观察窗观察烟尘状态的方法调整控制流量;

重新编写检测操作步骤;

对采用新光源的光电测油雾仪,给出了新的  $\Delta$  值控制范围;

将过滤器透过率的计算改为效率计算,修改了计算公式。

本部分附录中附录 A、附录 C、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 为规范性附录,其余附录为资料性附录。

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与净化设备标准化技术委员会归口。

本标准的负责起草单位:中国建筑科学研究院;清华大学核能与新能源技术研究院。

本标准的参加起草单位:中国人民解放军防化研究院、北京核工程研究设计院、苏州华泰空气过滤器有限公司、河南核净洁净技术有限责任公司、美国 TSI 公司北京代表处、重庆长江特种造纸厂、上海松华空调净化设备有限公司。

本标准的主要起草人:张益昭、江锋、朱玲英、王智超、冯昕、张振中、温庚寅、刘卫洪、冯朝阳、周楠、郭茂、汪世云。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 6165—1985;

——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的效率和阻力检测的试验方法及其试验装置。

本标准所述试验方法适用于检测过滤空气中粒子所使用的高效、超高效滤料及过滤器。亚高效滤料及过滤器的效率和阻力检测,可参考本方法进行。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1236 工业通风机 用标准化风道进行性能试验

GB/T 2624.2—2006 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—2006 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/T 6167 尘埃粒子计数器性能试验方法

GB 11120 L-TSA 汽轮机油

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

### 3 术语、定义、符号与缩略语

#### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

##### 3.1.1

**透过率 penetration**

指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,单位以百分数%表示。

##### 3.1.2

**效率 efficiency**

指对过滤元件进行试验时,过滤元件过滤掉的气溶胶浓度与过滤前的气溶胶浓度之比,单位以百分数%表示。

##### 3.1.3

**额定风量 rated air flow rate**

由过滤器生产厂家所提供,标识过滤器工作能力的技术参数,表示过滤器在单位时间内所处理的空气最大体积流量,单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

##### 3.1.4

**阻力 resistance**

一定试验风速或风量条件下,过滤元件前、后的静压差,单位以 Pa 表示。对于过滤器而言,是指额定风量下过滤器前、后的静压差。

3.1.5

**滤料 filter medium**

未经折叠的,用于过滤空气粒子的平面过滤材料。

3.1.6

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

用于进行空气过滤且使用本标准所规定的钠焰法进行试验,额定风量下过滤效率不低于 99.9% 的空气过滤器。

3.1.7

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

用于进行空气过滤且使用本标准所规定的计数法进行试验,额定风量下过滤效率不低于 99.999% 的空气过滤器。

3.1.8

**高效滤料 high-efficiency-particulate-air (HEPA) filter medium**

用于制作高效空气过滤器的过滤材料。

3.1.9

**超高效滤料 ultra-low-penetration-air (ULPA) filter medium**

用于制作超高效空气过滤器的过滤材料。

3.1.10

**气溶胶发生器 aerosol generator**

用于发生试验用标准气溶胶的装置。

3.1.11

**粒子发生量 particle output rate**

气溶胶发生器单位时间内产生的粒子数,单位为粒/s。

3.1.12

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

单位体积气体(空气)中粒子的数量。

3.1.13

**粒径 particle size**

用某种方法测量得到的粒子名义直径。

3.1.14

**粒径效率 particle size efficiency**

对特定粒径粒子的过滤效率,该效率是以粒径为横坐标的一条曲线。以百分数表示。

3.1.15

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

粒径效率曲线最低点对应的粒径,简称 MPPS。

3.1.16

**最低过滤效率 minimum filter efficiency**

给定运行条件下滤料粒径效率曲线的最低点的效率,简称 MPPS 效率。以百分数表示。

3.1.17

**中值直径 median particle diameter**

气溶胶粒径累计分布占总量 50% 时所对应的粒径值。

3.1.18

**取样体积流量 sampling flow rate**

粒子计数器在测定过滤元件上游或下游粒子数量时,粒子计数器测量元件取样的空气体积流量。

## 3.1.19

**取样持续时间 sampling duration**

在取样体积流量下,被测高效空气过滤元件上游或下游对粒子进行计数的那一段有效时间。

## 3.1.20

**重合误差 coincide error**

由于在给定时间内粒子计数器的散射腔中含有多个颗粒而产生的误差。重合误差会导致测量结果中数量浓度偏低,以及平均粒径偏高。

## 3.1.21

**单分散气溶胶 monodisperse aerosol**

用分布方程描述时,粒径几何标准差  $\sigma_g < 1.15$  的气溶胶为单分散气溶胶。几何标准差  $1.15 \leq \sigma_g \leq 1.5$  的气溶胶为准单分散气溶胶。

## 3.1.22

**多分散气溶胶 polydisperse aerosol**

粒径尺寸几何标准差  $\sigma_g > 1.5$  的气溶胶为多分散气溶胶。

## 3.1.23

**钠焰法 sodium flame method**

发生多分散相 NaCl 气溶胶,用钠焰光度计检测过滤元件上下游的质量浓度,然后求出过滤元件的质量效率。对于滤料试验,发生试验气溶胶颗粒的质量中值直径约为  $0.4 \mu\text{m}$ ,计数中值直径为  $(0.09 \pm 0.02) \mu\text{m}$ ,数量几何标准偏差小于或等于 1.86;对于过滤器试验,发生试验气溶胶颗粒的质量中值直径为  $0.5 \mu\text{m}$ 。

## 3.1.24

**油雾法 oil mist method**

发生多分散相液体气溶胶,颗粒的质量平均直径为  $(0.28 \sim 0.34) \mu\text{m}$ ,用油雾仪检测过滤元件上下游的质量光学浓度,然后求出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 challenge aerosol**

发生准单分散相气溶胶(可以是固体颗粒如 NaCl 或液体颗粒如 DEHS 或 DOP),颗粒的计数中值直径为  $(0.20 \sim 0.30) \mu\text{m}$ ,几何标准偏差小于或等于 1.5,使用凝结核粒子计数器(CNC)检测滤料上下游的计数浓度,或采用光学粒子计数器(OPC)测量其  $(0.2 \sim 0.3) \mu\text{m}$  间的计数浓度值,然后求出滤料的计数效率。

## 3.1.26

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

发生单分散相气溶胶,用凝结核粒子计数器(CNC)检测过滤元件上下游的计数浓度,然后求出过滤元件的计数效率。

单分散相气溶胶的发生可以有多种方法,例如:微分迁移率分级器(DMA)、扩散电池组、蒸发冷凝法、聚苯乙烯小球(PSL)等。测量仪器为凝结核粒子计数器(CNC)。

## 3.1.27

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

发生多分散相气溶胶,用光学粒子计数器(OPC)检测过滤元件上下游的计数浓度,然后求出过滤元件的计数效率。

多分散相气溶胶可以是固体颗粒,如 NaCl 或液体颗粒如 DEHS 或 DOP 等。

## 3.1.28

**相关系数 correlation ratio**

在试验系统未安装被测过滤器及保持稳定气溶胶浓度的情况下,下游与上游采样系统粒子浓度之比。

当试验系统采用一台光学粒子计数器依次对被测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台光学粒子计数器对被测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 符号与缩略语

下述符号与缩略语适用于本标准。

$d_p$	粒径
$E$	效率
$P$	透过率
RH	相对湿度
$T$	温度
$\sigma_g$	几何标准差
CNC	凝结核计数器
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
DMPS	微分电迁移粒度仪
DOP	邻苯二甲酸二辛酯, Phthalic acid-bis(2-ethyl)-ester(通用名 di-octyl-phthalate)
MPPS	最易透过粒径
OPC	光学粒子计数器
PSL	聚苯乙烯乳胶球
$R$	相关系数
HEPA	高效空气过滤器
ULPA	超高效空气过滤器

## 4 试验方法的选择

4.1 本标准给出钠焰法、油雾法、计数法三种试验方法。对于高效空气过滤器及滤料,可根据用户的要求,用以下三种方法中任何一种进行效率检测。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。

4.2 钠焰法作为进行高效空气过滤器及滤料效率检测的基准试验方法。计数法作为进行超高效空气过滤器及滤料效率检测的基准试验方法。

## 5 高效及超高效空气过滤器性能试验方法

## 5.1 钠焰法

## 5.1.1 原理

用雾化干燥的方法人工发生氯化钠气溶胶,气溶胶颗粒的质量中值直径约  $0.5 \mu\text{m}$ 。将过滤器上下游的氯化钠气溶胶采集到燃烧器中并在氢火焰下燃烧,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,电流值代表了氯化钠气溶胶的质量浓度,用测定的电流值即可求出过滤器的过滤效率。

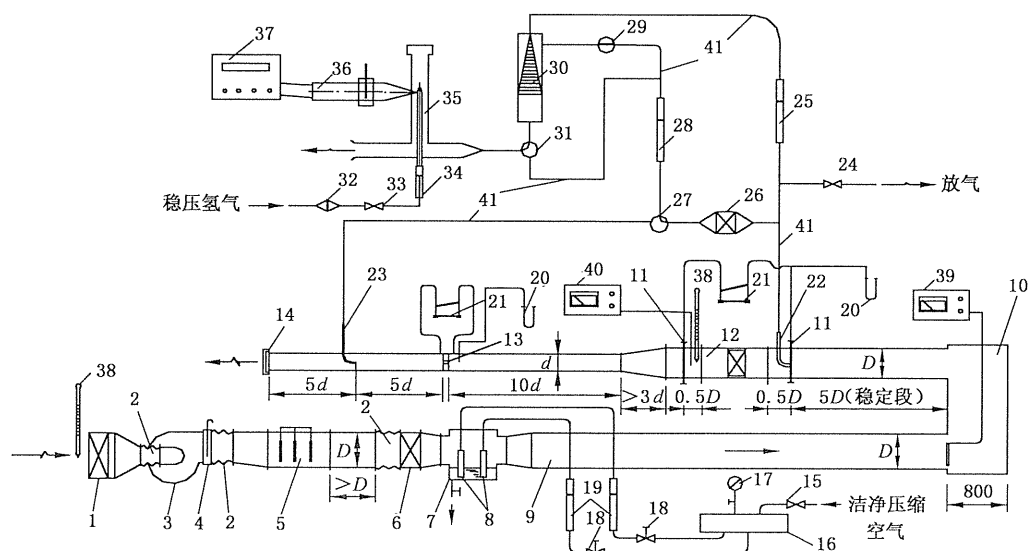


## 5.1.2 试验装置的可测范围

标准状态下试验装置的的最大可测风量可根据用户的要求确定。在气溶胶的原始浓度大于或等于  $2 \text{ mg/m}^3$  时,系统的最高可测效率应大于 99.999%。

## 5.1.3 试验装置原理流程

试验装置主要由发雾装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置三部分组成。试验流程以及设备、仪表和部件的编号见图 1。



- |               |           |
|---------------|-----------|
| 1—预过滤器;       | 22—前取样管;  |
| 2—软管;         | 23—后取样管;  |
| 3—风机;         | 24—放气调节阀; |
| 4—阀门;         | 25—流量计;   |
| 5—加热器;        | 26—本底过滤器; |
| 6—高效过滤器;      | 27—三通切换阀; |
| 7—喷雾箱;        | 28—流量计;   |
| 8—喷雾器;        | 29—通段阀;   |
| 9—混合干燥段;      | 30—混合器;   |
| 10—缓冲箱;       | 31—三通切换阀; |
| 11—静压环;       | 32—氢气过滤器; |
| 12—被测过滤器及其夹具; | 33—调节阀;   |
| 13—标准孔板;      | 34—流量计;   |
| 14—阀门;        | 35—燃烧器;   |
| 15—调节阀;       | 36—光电转换器; |
| 16—分气缸;       | 37—光电测量仪; |
| 17—压力表;       | 38—温度计;   |
| 18—通断阀;       | 39—湿度计;   |
| 19—流量计;       | 40—湿度计;   |
| 20—U型压力计;     | 41—连接管。   |
| 21—倾斜式微压计;    |           |

图 1 钠焰法试验装置原理流程图

用洁净压缩空气,将喷雾箱(7)中质量浓度为 2%的氯化钠水溶液经喷雾器(8)雾化,形成含盐雾滴气溶胶;与来自风机(3)经过加热与过滤的洁净热空气相混合。在混合干燥段(9),雾滴中的水分蒸发,气流到达缓冲箱(10)时,试验气溶胶已形成均匀的多分散相固体气溶胶。气流从缓冲箱流出后有一稳

定过程,以使气溶胶在前取样管(22)口的速度场和浓度场基本均匀。风道系统的风量和静压由阀门(4、14)控制,试验后的气流由风道末端排出。

气溶胶取样是靠风道内的静压,通过被测过滤器前、后取样管(22,23)压入检测系统,通过改变阀门(27,29,31)的位置,交替对过滤器前、后气溶胶进行取样。原始气溶胶在混合器(30)中与经过本底过滤器(26)过滤的洁净空气相混合(即稀释)后,方进入燃烧器(35)。在燃烧器内,气溶胶中的钠原子被氢气火焰高温所激发,发出波长约 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(36)变为光电流值,由数字式光电测量仪(37)检测。过滤段阻力由被测过滤器两侧的静压环(11)连接至倾斜式微压计(21)检测。其结果减去过滤器夹具的阻力即为过滤器阻力。

钠焰法试验装置的结构及设计要求详见附录 A、喷雾器及光度计构造参见附录 B。

试验装置结构允许有所不同,但试验条件和试验结果应与本标准试验装置一致。

## 5.1.4 过滤器的检测

### 5.1.4.1 运行参数

#### a) 风道气流参数

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℃;缓冲箱入口处的相对湿度不高于30%;被测过滤器下游侧相对湿度不高于60%。

#### b) 氯化钠溶液浓度

用干燥的化学纯氯化钠和蒸馏水(严禁使用天然水或自来水)配制成质量浓度为 $(2 \pm 0.1)\%$ 的氯化钠溶液。

#### c) 液面高度

喷雾箱内氯化钠溶液液面距喷雾器喷孔高度应为(90~110)mm。

#### d) 喷雾压力

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

#### e) 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见附录 A 中表 A.1。

#### f) 气溶胶原始浓度

氯化钠原始重量浓度范围为  $2 \text{ mg/m}^3 \sim 8 \text{ mg/m}^3$ 。

#### g) 原始气溶胶稀释倍数

单燃烧器检测系统在测量气溶胶浓度时,必须对原始气溶胶进行稀释,稀释倍数宜为 50 倍。

#### h) 气溶胶取样量

当稀释倍数为 50 倍时,原始气溶胶取样量为 0.4 L/min,稀释空气量为 19.6 L/min,二者之和为 20 L/min;过滤后及本底气溶胶取样量也为 20 L/min;则进入燃烧器的空气量为 20 L/min。

#### i) 氢气

进入燃烧器的氢气量为 200 mL/min,并保持恒定。

### 5.1.4.2 检测步骤

#### 5.1.4.2.1 运行准备

- 1) 预热燃烧器:将光电转换器上的转盘转到“全闭”位置。打开氢气发生器,点燃氢气,调节流量为 200 L/min,燃烧器预热 30 min 后可启动系统开始检测。
- 2) 预热光电测量系统:打开光电测量仪电源开关,将倍率旋钮置于最灵敏档(0.01),检查并调节光电测量仪的零点。1 min 后按下光电测量仪高压开关,稍后按下高压测量键测量高压(光电测量仪的显示屏上将显示高压值)。继续预热 10 min 后,检测并记录光电测量系统的暗电流值,当其不大于  $10 \times 0.01$  时,方可投入检测。
- 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。

- 4) 检查并安装被测过滤器:目测检查被测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。

将被测过滤器置于风道系统的箱体中并夹紧。

#### 5.1.4.2.2 系统启动

- 1) 启动风机,调节阀门(4、14)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 表压时,开启喷雾电磁阀,喷雾压力将逐渐达到 0.6 MPa 表压,应维持压力稳定,每个喷雾器的空气流量计读数应稳定在设计值附近;同时,再次校核试验风量。
- 2) 测量缓冲箱入口处的空气相对湿度,如果相对湿度未达到 30% 以下,应逐步投入电加热器,直至相对湿度达到规定值。

#### 5.1.4.2.3 阻力检测

在倾斜式微压计(21)上测出额定风量下过滤段(12)的阻力。

#### 5.1.4.2.4 效率检测

- 1) 本底光电流值  $A_0$  测量

按下光电测量仪上的测量键  $V_0$ ,将三通切换阀(27、31)置于“本底”的位置,将通断阀(29)置于“断”的位置;调节流量计(28)的流量为 20 L/min;将光电测量仪(37)的倍率旋钮  $K$  置于  $\times 1$  档,将光电转换器(36)上的滤光转盘转到“全通”位置(此时减光倍数  $N=1$ ),打开燃烧器的光窗,显示屏上将显示  $V_0$  值,系统本底光电流值  $A_0 = V_0 \times 1 \times 1$ 。

- 2) 原始光电流值  $A_1$  测量

按下光电测量仪上的测量键  $V_1$ ,将倍率旋钮  $K$  置于  $\times 10$  档;将滤光转盘转到“II”位置(此时减光倍数  $N=100$ ),将通断阀(29)置于“通”的位置,将三通切换阀(27、31)置于“过滤前”的位置,将原始气溶胶取样量和稀释空气量调节到规定值,使过滤前气溶胶稀释倍数  $n$  为 50 或 100(若原始气溶胶取样量为 0.4 L/min,稀释空气量为 19.6 L/min,二者之和为 20 L/min,则稀释倍数  $n$  为 50)。打开光窗,显示屏上将显示  $V_1$  值,系统原始光电流值  $A_1 = V_1 \times 10 \times 100$ 。

- 3) 过滤后光电流值  $A_2$  测量

按下光电测量仪上的测量键  $V_2$ ,将通断阀(29)置于“断”的位置,三通切换阀(27、31)置于“过滤后”的位置,调节流量计(28)的流量为 20 L/min;将倍率旋钮  $K$  置于  $\times 10$  档,将滤光转盘转到“II”位置,打开光窗,显示屏上将显示  $V_2$  值,若显示值  $< 10$ ,则应调小  $K$  值或中性滤光片减光倍数  $N$ ,直至显示值  $\geq 10$ 。系统过滤后光电流值  $A_2 = V_2 \times K \times N$  ( $K=1$  或  $10$ ,  $N=1$ ,  $10$  或  $100$ )。

#### 5.1.4.2.5 其他参数检测

在检测期间,应同时测出被测过滤器处风道内的温度、静压和环境的大气压值及温湿度。

#### 5.1.4.2.6 停机

- a) 切断氢气流;
- b) 断开光电测量仪高压开关及电源开关,并将光电转换器上的转盘转到“全关”位置;
- c) 断开空气压缩机电源开关,关闭供气阀门,并打开旁通放气阀和油水分离器上的排水阀,放空剩余压缩空气和油水;
- d) 断开空气加热器电源开关;
- e) 15 min 后,断开通风机电源开关,关闭风道阀门(4、14)。

#### 5.1.4.3 过滤器效率计算

根据氯化钠气溶胶浓度与钠光强度成比例的关系,而钠光强度又可用光电流值表示,则过滤器的效率  $E(\%)$  可按式(1)计算:

$$E = \left( 1 - \frac{A_2 - A_0}{n A_1 - A_0} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $A_1$ ——过滤器前气溶胶光电流值,  $\mu A$ ;
- $A_2$ ——过滤器后气溶胶光电流值,  $\mu A$ ;
- $A_0$ ——检测系统本底光电流值,  $\mu A$ ;
- $n$ ——过滤器前气溶胶稀释倍数。

$E$  值取最后一个 9 之后的头二位数字为有效数字, 第三位数字进行修约, 例如实测值  $E=99.9764\%$ , 修约后  $E=99.976\%$ ; 实测值  $E=99.9776\%$ , 修约后  $E=99.978\%$ 。

## 5.2 油雾法

### 5.2.1 原理

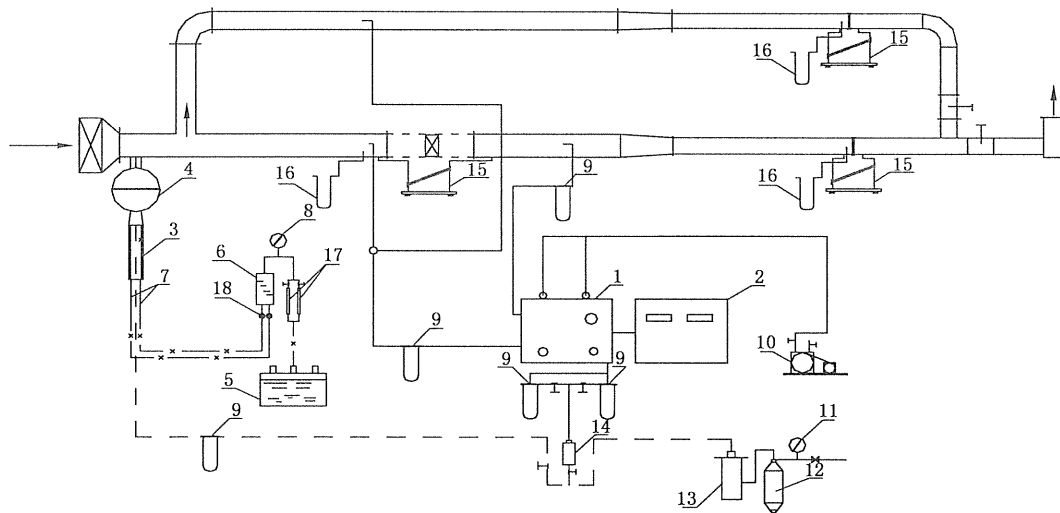
在规定的试验条件下, 用汽轮机油通过汽化—冷凝式油汽发生炉人工发生油雾气溶胶, 气溶胶粒子的质量平均直径为  $0.28 \mu m \sim 0.34 \mu m$ 。使经过与空气充分混合的油雾气溶胶通过被测过滤器, 分别采集过滤器上下游的气溶胶, 通过油雾仪(或浊度计)测量其散射光强度。散射光强度的大小与气溶胶浓度成正比, 由此即可求出过滤器的过滤效率。

### 5.2.2 可测范围

标准状态下的最大可测风量可根据用户的要求确定, 但系统的最高可测效率应为  $99.9999\%$ 。

### 5.2.3 试验装置原理流程

试验装置主要由发雾装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置三部分组成。试验流程以及设备、仪表和部件的编号见图 2。



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

图 2 油雾法试验装置原理流程图

油雾法试验装置的结构及设计要求详见附录 C, 标定、校对与维护参见附录 D。

试验装置结构允许有所不同, 但试验条件和试验结果应与本标准试验装置一致。

#### 5.2.4 过滤器检测

##### 5.2.4.1 过滤器外观检查

检查并安装被测过滤器: 目测检查被测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。

##### 5.2.4.2 运行准备

###### 5.2.4.2.1 风道部件调节和阻力测试

- a) 按箭头指示方向确定被测过滤器的气流方向及上、下位置, 加上密封圈后, 将它均匀地夹紧在主风道上;
- b) 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被测过滤器的额定风量, 测试被测过滤器在额定风量下的阻力;
- c) 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, 使之与被测过滤器的阻力相同。

###### 5.2.4.2.2 试验油雾发生

- a) 向贮油器内添加经预先过滤的汽轮机油;
- b) 接通油雾发生炉电源, 加热炉腔;
- c) 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;
- d) 应按附录 E 的发雾参数, 调节油管数、稀释空气量、加油量等, 并保持稳定。

###### 5.2.4.2.3 油雾仪调校

油雾仪的构造见附录 F。

###### a) 自校

按油雾仪使用说明书的要求接通电源并进行仪器自校。

###### b) 调校

将浓度为  $1\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3$ 、油雾质量平均粒径为  $0.28\ \mu\text{m}\sim 0.34\ \mu\text{m}$  的油雾气溶胶和清洁空气送入雾室。按油雾仪使用说明书的要求调满度并测自身散光值( $K_0$ ),  $K_0$  应小于  $0.000\ 20\%$ 。

###### 5.2.4.2.4 油雾浓度和分散度测量

###### a) 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, 将清洁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( $\text{mg}/\text{m}^3$ )。

###### b) 分散度测量

转动专门用于分散度测量的偏振旋钮分别于  $\perp$  和  $\parallel$  位置上, 得到相应的光电雾室测量值, 并按式(2)计算偏光故障值  $\Delta(\%)$ :

$$\Delta = \frac{T_{\perp}}{T_{\parallel}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$T_{\perp}$ 、 $T_{\parallel}$ ——偏振旋钮分别置于  $\perp$  和  $\parallel$  位置上时, 得到的相应光电雾室测量值。

$\Delta$  值与油雾仪所使用的特定光源有关。在光电测油雾仪使用  $12\ \text{V}$ 、 $50\ \text{W}$  卤钨灯作为光源的条件下, 相应于合格分散度的  $\Delta$  值应为  $45\%\sim 64\%$ 。

###### 5.2.4.2.5 效率检测

用电动阀切换, 开启主风道, 关闭旁风道。将清洁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, 由透过率测定仪测得值  $P'$ 。

$$P = P' - P_0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$E = 100 - P \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$P$ ——被测过滤器透过率，%；

$P'$ ——透过率测定仪测得值，%；

$P_0$ ——透过率测定仪本底测得值，%；

$E$ ——被测过滤器效率，%。

需要连续进行过滤器检测时，一般只需重复试验步骤 5.2.4.2.4 和 5.2.4.2.5。油雾气溶胶通过被测过滤器的时间总计应不超过 1 min。

测定透过率的同时，将清洁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。

#### 5.2.4.3 其他参数检测

检测期间应同时测出室内的温、相对湿度和大气压值。

#### 5.2.4.4 关机

- a) 试验完毕，应以清洁空气通入雾室，将雾室内残留的油雾吹净；
- b) 开启旁风道、关闭主风道；
- c) 停止给油雾发生炉供油；
- d) 关闭发雾压缩空气，从分油罐上部通入压缩空气，将油罐吹洗 10 min；
- e) 关闭风机，切断光源、电源、气源等。

### 5.3 计数法

#### 5.3.1 原理

用气溶胶发生器发生满足试验要求的气溶胶，其计数中值直径应在  $0.1 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$  范围内。用洁净的压缩空气将气溶胶喷射入过滤器检测系统的上游，并保证气溶胶在过滤前取样口前分布均匀。再用气溶胶检测装置（如光学粒子计数器）对过滤器上游、下游的气溶胶分别取样，测量气溶胶某种粒档的浓度。通过上游、下游气溶胶浓度之比计算出被测过滤器的透过率或过滤效率。测量上游气溶胶浓度时，大多数情况下采样空气必须经过稀释，稀释是为了降低上游浓度过高造成光学粒子计数器计数的重合误差。采样空气的稀释可通过稀释器实现，也可通过上游及下游光学粒子计数器取样流量的差异实现。

#### 5.3.2 试验方法

可选择单分散气溶胶计数法进行效率试验，也可选择多分散气溶胶计数法进行试验。两种方法的风道系统基本一致，仅气溶胶发生器及对应检测装置有所区别。

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，并获得其最易透过粒径（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 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。

本标准以下介绍为多分散气溶胶计数法。

#### 5.3.3 可测范围

标准状态下具体风量可根据用户的要求确定，系统最高可测效率应为 99.999 99%。

#### 5.3.4 试验装置

试验装置主要由气溶胶发生器、风道系统与检测装置三部分组成，试验流程见图 3。

计数法试验装置的结构及设计要求详见附录 G。

试验装置结构允许有所不同，但试验条件和试验结果应与本标准试验装置一致。

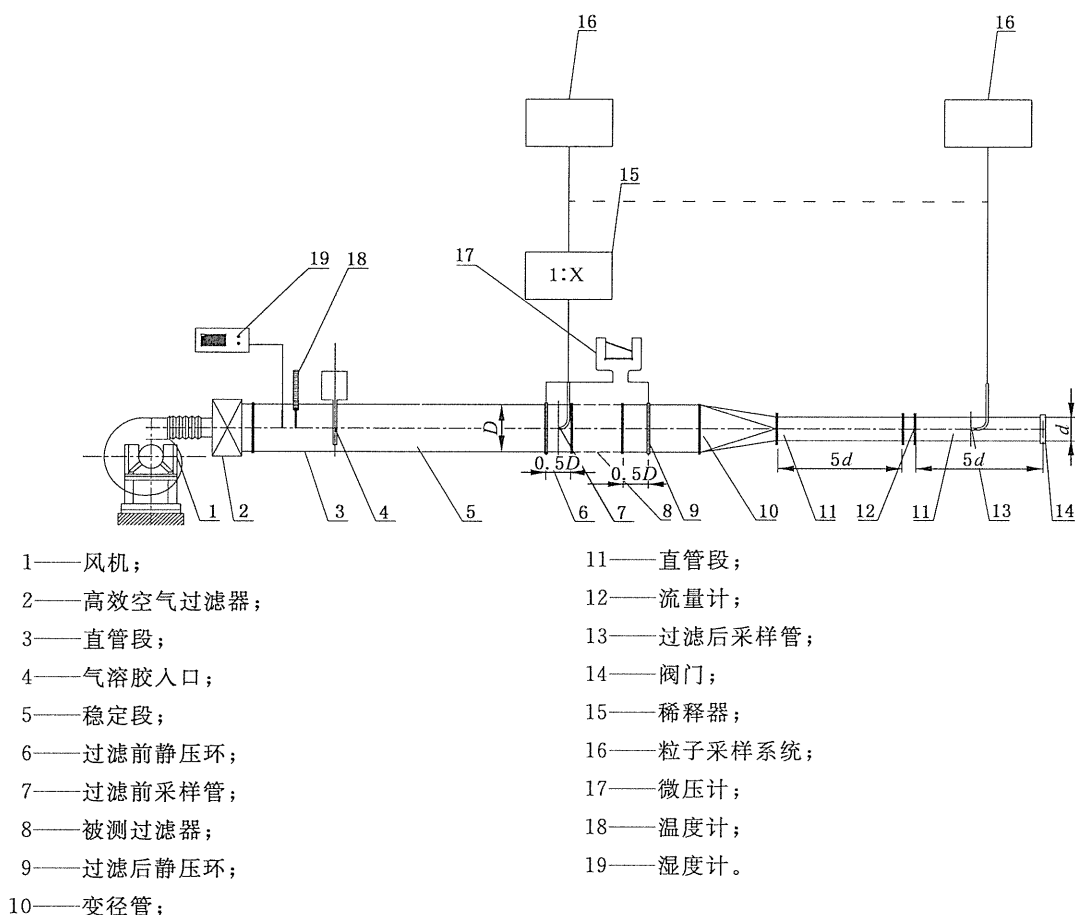


图3 计数法试验装置原理流程图示例

测量装置使用光学粒子计数器(OPC),光学粒子计数器(OPC)在 $(0.1\sim 0.3)\mu\text{m}$ 粒径范围内应至少包括 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 在内的三档。

### 5.3.5 过滤器的检测

#### 5.3.5.1 运行参数

##### a) 风道气流参数

风道系统中可设置电加热器,以保证系统的进风温度在 $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内;相对湿度小于75%。

##### b) 气溶胶物质

气溶胶物质可以是DEHS、DOP、NaCl等。

##### c) 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。

##### d) 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。

##### e) 测试气溶胶

用于试验E类及F类过滤器的多分散气溶胶颗粒产生速率宜为 $10^8$ 粒/s~ $10^{11}$ 粒/s;用于试验的多分散气溶胶计数中值直径在 $0.1\mu\text{m}\sim 0.3\mu\text{m}$ 之间。

##### f) 上游气溶胶稀释

光学粒子计数器在测量气溶胶浓度时,大多数情况下须对原始气溶胶进行稀释,稀释倍数在 $10\sim 1\,000$ 之间,取决于最初的气溶胶浓度和使用的测量设备,以保证测试气溶胶浓度不会超过粒子计数器的最大饱和浓度。

g) 气溶胶取样量

气溶胶取样量由粒子计数器的取样量及采样时间决定,但应保证下游气溶胶计数具有统计意义。

5.3.5.2 检测步骤

5.3.5.2.1 运行准备

- a) 目测检查被测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、构造上有否异常。经外观检查合格的过滤器方可作为检测用。
- b) 按箭头指示方向确定被测过滤器的气流方向及上、下位置,加上密封圈后,将它均匀地夹紧在主风道上。

5.3.5.2.2 启动系统

- a) 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;
- b) 调节系统内的温度达到 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度达到75%。

5.3.5.2.3 预备性检验

在进行过滤器效率试验以前,应先检查或调整以下参数:

- a) 光学粒子计数器的背景计数率  
应该在关闭气溶胶发生器和被测过滤器就位的情况下,通过测量下游的粒子计数浓度检查背景计数率。
- b) 试验空气的洁净度  
应该在关闭气溶胶发生器的情况下,通过测量上游的粒子数量浓度检查试验空气的洁净度。
- c) 上游、下游采样的相关系数测定  
应该在开启气溶胶发生器,试验系统上无被测过滤器的情况下,分别测量上游及下游的粒子数量浓度来计算上游下游采样的相关系数。

5.3.5.2.4 阻力检测

在微压计上测出试验风量下的过滤段的阻力。将其值减去过滤器夹具的阻力即为过滤器阻力。

5.3.5.2.5 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。

5.3.5.2.6 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,应对 $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.2\ \mu\text{m}$ 及 $0.2\ \mu\text{m}\sim 0.3\ \mu\text{m}$ 两档粒径范围进行至少三次试验,并选择其较低值作为被测过滤器的计数法试验效率。进行效率试验时,可以用两台光学粒子计数器同时测量,也可以用一台光学粒子计数器先后在被测过滤器的上下游分别测量。采用第二种测量方式时,应该在每次下游气溶胶浓度检测前对光学粒子计数器进行净吹,以便在开始测量下游浓度之前,光学粒子计数器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。

5.3.5.2.7 其他参数检测

在检测期间,应同时测出被测过滤器处管道内的温度、湿度、静压和环境的大气压值及温湿度。

5.3.5.2.8 停机

- a) 关闭气溶胶发生器;
- b) 粒子计数器自净后关闭;
- c) 断开通风机电源开关。

5.3.6 过滤效率计算

根据粒子计数器对过滤器前后的粒子数测量结果,过滤效率 $E(\%)$ 可按公式(5)计算:



$$E = \left(1 - \frac{A_2}{R A_1}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$A_1$ ——上游气溶胶粒子浓度, (粒/ $m^3$ );

$A_2$ ——下游气溶胶粒子浓度, (粒/ $m^3$ );

$R$ ——相关系数;

$E$ ——过滤器的过滤效率, %。

$E$  值取最后一个 9 之后的头二位数字为有效数字, 第三位数字进行修约, 例如实测值  $E=99.9764\%$ , 修约后  $E=99.976\%$ ; 实测值  $E=99.9776\%$ , 修约后  $E=99.978\%$ 。

置信度为 95% 的置信区间下限效率  $E_{95\%, \min}$  可依据式(6)、式(7)、式(8)计算

$$E_{95\%, \min} = \left(1 - \frac{A_{2,95\% \max}}{R A_{1,95\% \min}}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$A_{1,95\% \min} = \frac{N_{1,95\% \min}}{V_1} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$A_{2,95\% \max} = \frac{N_{2,95\% \max}}{V_2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

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, (粒/ $m^3$ );

$A_{2,95\% \max}$ ——置信度为 95% 的下游气溶胶浓度上限, (粒/ $m^3$ );

$N_{1,95\% \min}$ ——取样周期内, 置信度为 95% 的上游气溶胶计数下限, (粒);

$N_{2,95\% \max}$ ——取样周期内, 置信度为 95% 的下游气溶胶计数上限, (粒);

$V_1$ ——取样周期内, 上游取样量, ( $m^3$ );

$V_2$ ——取样周期内, 下游取样量, ( $m^3$ )。

表 1 给出了依据泊松分布, 取置信度为 95% 的粒子计数置信区间。

表 1 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			

为保证检测结果具有良好的重复性,每个试验周期内,检测到的下游粒子总数不宜少于 100 粒。

## 6 高效及超高效滤料性能试验方法

### 6.1 试验要求

#### 6.1.1 试验样品

试验过程需要至少五件滤料样品。

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为 200 mm×200 mm。

所有试验样品均须有下述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,应取检测前由用户与供货商之间商定的试验滤速。

#### 6.1.3 滤料夹具

试验滤料夹具由可移动的上半段与固定的下半段构成。夹具应保证滤料有 100 cm<sup>2</sup> 的圆形被测面积,除非另有规定。滤料夹紧后其测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都应保持清洁、易于保洁、耐腐蚀、导电并且接地。材料宜采用不锈钢或电镀铝。

试验气溶胶从滤料夹具上半段的入口输入。应该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(标准偏差  $\sigma < 10\%$ )。在滤料夹的底部有试验气溶胶的出口。

本节所提供的滤料夹具对油雾法不适用。

## 6.2 钠焰法

### 6.2.1 试验原理

用雾化干燥的方法人工发生氯化钠气溶胶,气溶胶颗粒的计数中值直径为  $(0.09 \pm 0.02) \mu\text{m}$ ,几何标准偏差小于或等于 1.86。将采集到的滤料上游、下游的氯化钠气溶胶在氢火焰下燃烧,用钠焰光度计通过光电转换器将燃烧产生的钠焰光强值转换为电流信号并由光电测量仪检测,电流值反应了氯化钠气溶胶的质量浓度,用测定的电流值即可求出滤料的过滤效率。

### 6.2.2 试验装置及流程

钠焰法效率检测试验装置主要包括三部分:氯化钠气溶胶发生装置、采样部分和测量装置(见图 4)。

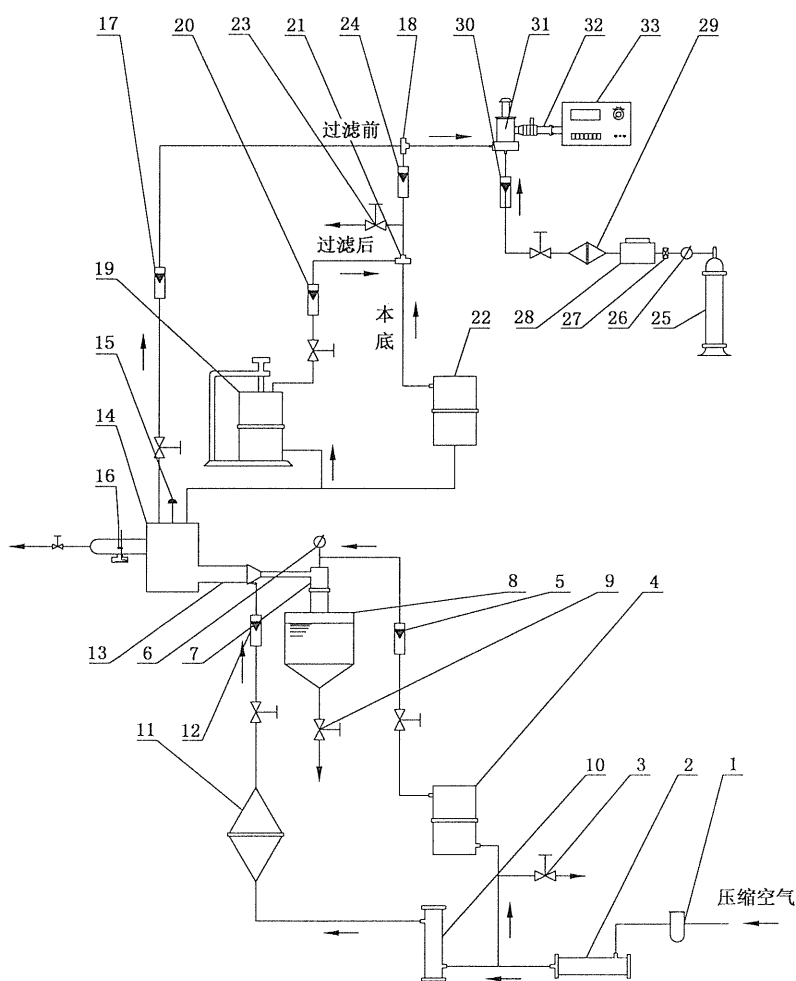
用一股洁净的压缩空气通入专用喷雾器(8),将喷雾箱(9)里的特定浓度氯化钠水溶液雾化成小液滴,含液滴的气流在蒸发管(14)内与另一股洁净的干燥空气混合,使液滴中的水分充分蒸发,形成多分散固体氯化钠气溶胶。

气溶胶经缓冲箱(15)后分为两路:第一路直接引到钠焰光度计的燃烧器(25);第二路经被测滤料后也引到燃烧器。

在燃烧器中有一稳定的氢火焰,当含有氯化钠粒子的空气助燃氢火焰时,氯化钠中钠原子在高温中被激发,发出波长为 589nm 的黄色特征光,其光强与气溶胶质量浓度成比例;特征光通过光电转换器(26)变为光电流;在光电测量仪(27)上读出与该特征光强成比例的光电流值。被测滤料的透过率为过滤后与过滤前气溶胶浓度之比的百分数,即过滤后与过滤前光电流值之比的百分数。

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(21)后,可以近似看作“绝对”洁净空气,引入燃烧器助燃氢火焰。

当气溶胶浓度为 22 mg/m<sup>3</sup>~24 mg/m<sup>3</sup> 时,试验装置的最高可测效率为 99.999 9%。



- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1——气水分离器；       | 18——三通阀；        |
| 2——除油器；         | 19——滤料夹；        |
| 3——放气阀；         | 20——过滤流量计；      |
| 4——高效空气过滤器；     | 21——三通阀；        |
| 5——喷雾空气流量计；     | 22——本底过滤器；      |
| 6——压力表；         | 23——放气阀；        |
| 7——喷雾器；         | 24——过滤后燃烧空气流量计； |
| 8——喷雾箱；         | 25——氢气瓶；        |
| 9——溶液放空阀；       | 26——减压阀；        |
| 10——干燥器；        | 27——阻火器；        |
| 11——高效空气过滤器；    | 28——稳压器；        |
| 12——干燥空气流量计；    | 29——高效空气过滤器；    |
| 13——蒸发管；        | 30——氢气流量计；      |
| 14——缓冲箱；        | 31——燃烧器；        |
| 15——限压阀；        | 32——光电转换器；      |
| 16——干湿球温度计；     | 33——光电测量仪。      |
| 17——过滤前燃烧空气流量计； |                 |

图 4 钠焰法试验流程图

对试验装置中各部件的详细描述见附录 H、喷雾器及光度计构造参见附录 B。  
 试验装置的结构允许有所不同，但试验条件和试验结果应与本标准试验装置一致。

6.2.3 试验步骤

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,并检查或调整以下参数:

- a) 用干燥的化学纯氯化钠和蒸馏水(或去离子水)配制质量浓度为 2% 的氯化钠溶液,将其倒入喷雾箱中,使液面达到距离喷孔(5.5±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) 调整氢气供给系统的运行参数:将氢气流量调节到 200 mL/min,且维持恒定,若低于此值,则检查氢气高效过滤器是否堵塞,管道有无漏气。点燃氢气预热燃烧器 1 h 以上。
- c) 调整钠焰光度计运行参数:当燃烧器预热到 30 min 左右时,将滤光转盘上全闭位置处于光通道中,打开光电测量仪电源开关,把分档旋钮转到最灵敏档,用“调零”旋钮调整零点。再打开高压开关,检查高压是否稳定在光电倍增管的工作电压值。并继续预热光电倍增管 20 min 以上。核对光电倍增管的暗电流值是否超过其合格证上规定值。
- d) 调节压缩空气喷雾系统的运行参数:首先将喷雾压力调到(0.26±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(0.28~0.36)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±0.05)m<sup>3</sup>/h。
- e) 检查缓冲箱上的湿度计,空气的相对湿度是否低于 40%,若高于此值,则应检查吸湿剂是否已饱和和需要更换或再生。

6.2.3.2 过滤前光电流值、本底光电流值的检查

- a) 运行准备工作就绪后,将三通阀(18)处于“过滤前”位置,再将过滤前燃烧空气流量计(17)流量调节到 2 L/min,然后把滤光转盘上光密度值为 3 的孔道处于光通道中,并把分档旋钮转到合适的档。若光电测量仪显示读数在 2 min 内达到规定值,并在以后的 5 min 内稳定不变即可,否则应检查找出原因。
- b) 将三通阀(18)处于“过滤后”位置,再把三通阀(21)转到“本底”位置。
- c) 将滤光转盘上全闭位置处于光通道中,灭氢焰,待冷却后,清洗烧嘴及燃烧器内壁,再点燃氢气,稳定燃烧 10 min。调节过滤后燃烧流量计流量到 2 L/min。将滤光转盘上全通孔道处于光通道中,将光电测量仪的分档旋钮转到合适的档,测量本底光电流值,电流表指针应稳定且不大于规定值为合格。若偏大则重新清洗,重复上述步骤直到合格为止。

6.2.3.3 阻力测量

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。要调节试验体积流量,使得每张滤料样品的流量值的变化不超过要求值的±2%。应该在系统处于稳定运行状态下进行测量。

6.2.3.4 效率测量

- a) 将被测滤料装入滤料夹,把三通阀(18)转到“过滤后”位置。
- b) 将过滤流量计(20)的流量调到所需要的流量。调节放气阀(23),使过滤后燃烧空气流量计(24)的流量为 2 L/min。
- c) 选择合适光密度值的中性滤光片和光电测量仪的分档旋钮位置,读出过滤后的光电流值。
- d) 按效率计算公式求得被测滤料的效率值。

6.2.3.5 滤料的效率计算

计算公式见式(9)。

$$E = 1 - P = \left( 1 - \frac{A_2 - A_0}{\varphi A_1 - A_0} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

*E*——被测滤料效率,%;

*P*——被测滤料透过率,%;

$A_1$ ——过滤前气溶胶光电流值,  $\mu A$ ;

$A_2$ ——过滤后气溶胶光电流值,  $\mu A$ ;

$A_0$ ——本底洁净空气光电流值,  $\mu A$ ;

$\varphi$ ——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  $\varphi=2$ 。

在  $A_1$  远远大于  $A_0$  时,则  $A_0$  可以忽略不计,公式(9)可简化为:

$$E = 1 - P = \left(1 - \frac{A_2 - A_0}{\varphi A_1}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(10)$$

$E$  值取最后一个 9 之后的头二位数字为有效数字,第三位数字进行修约,例如实测值  $E=99.9764\%$ ,修约后  $E=99.976\%$ ;实测值  $E=99.9776\%$ ,修约后  $E=99.978\%$ 。

### 6.3 油雾法

#### 6.3.1 试验原理

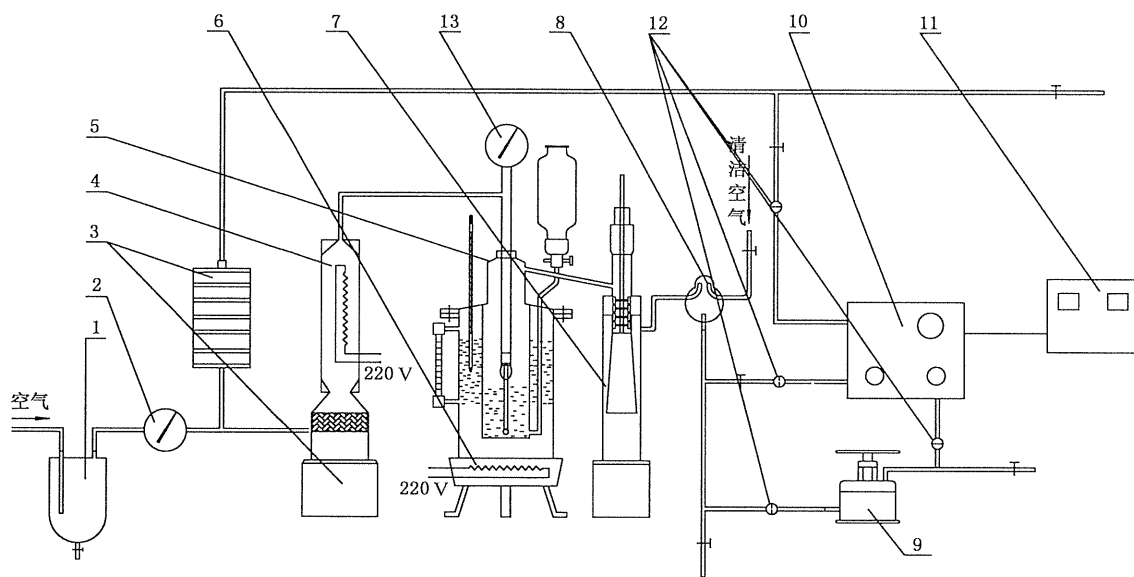
在规定的试验条件下,用汽轮机油通过汽化—冷凝式油雾发生炉人工发生油雾气溶胶,气溶胶粒子的质量平均直径为  $(0.28 \sim 0.34) \mu m$ 。使经过与空气充分混合的油雾气溶胶通过被测滤料,采用油雾仪测量滤料过滤前后的气溶胶散射光强度。散射光强度大小与气溶胶浓度成正比,由此求出过滤器的过滤效率。

#### 6.3.2 试验装置及流程

油雾法效率检测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者汽化—凝聚式油雾发生器,采用喷雾式油雾发生器的试验装置见图 5。

气溶胶发生装置结构不限,但其试验结果应与标准试验装置的实验结果一致。汽化—凝聚式油雾发生器的详细说明见附录 I。



- |           |             |
|-----------|-------------|
| 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 5 油雾法试验流程图

### 6.3.2.1 发雾装置

喷雾式油雾发生器(5)的详细说明见附录 I。

### 6.3.2.2 测量装置

由光电雾室(10)和透过率测定仪(11)组成。

### 6.3.2.3 发雾参数

a) 具有一定大小分布、质量平均直径为  $0.28\ \mu\text{m}\sim 0.34\ \mu\text{m}$  油雾的发生,通过控制压缩空气的压力、空气加热器的温度和加热电炉加热油雾发生炉的温度、发雾剂的量以及调节螺旋分离器的位置等参数可以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及分布和浓度基本保持不变。

b) 发雾剂采用 32 号或 46 号汽轮机油,质量应符合 GB 11120 的要求。

c) 浓度为  $1\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3$  的油雾发雾参数如下:

喷雾空气压力 120 kPa

空气加热温度  $92\ ^\circ\text{C}\pm 2\ ^\circ\text{C}$

水浴温度  $95\ ^\circ\text{C}\sim 100\ ^\circ\text{C}$

油量 约 100 mL

注: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。

### 6.3.2.4 滤料夹具

有效过滤面积为  $50\ \text{cm}^2$  (圆形),周边采用面密封,密合框宽度不应小于 7 mm,夹紧时,夹具上下两部分应同心。

### 6.3.2.5 流量控制

a) 进入光电雾室的清洁空气流量约为  $5\ \text{L}/\text{min}\sim 7\ \text{L}/\text{min}$  或按仪器说明书要求。

b) 进入光电雾室的油雾取样流量约为  $3\ \text{L}/\text{min}\sim 5\ \text{L}/\text{min}$  或按仪器说明书要求。

c) 油雾流从雾嘴喷出,在雾室中始终成圆柱体,且雾室中没有混浊或残留油雾的现象。

## 6.3.3 试验步骤

### 6.3.3.1 预备性检验

在进行滤料试验以前,应先打开试验装置,并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) 检查油容器中的汽轮机油量。

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路。

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  $(0.28\sim 0.34)\ \mu\text{m}$ ,已确定浓度的油雾气溶胶和清洁空气送入雾室。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) 油雾气溶胶浓度一般为  $(1\ 000\pm 10)\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。当有特殊需要(如被测过滤元件过滤效率过

高或过低)时,也可使用(2 000~2 500)mg/m<sup>3</sup>,或 250 mg/m<sup>3</sup>。

### 2) 油雾气溶胶浓度测量

仪器调零。将清洁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(mg/m<sup>3</sup>)。

### 3) 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 $T_{\perp}$ 和 $T_{//}$ 并按式(11)计算偏光故障值 $\Delta(\%)$ :

$$\Delta = \frac{T_{\perp}}{T_{//}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

$T_{\perp}$ 、 $T_{//}$ ——偏振旋钮分别置于⊥和//位置上时,得到的相应光电雾室测量值。

$\Delta$ 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 卤钨灯为光源的条件下,相应于合格分散度的 $\Delta$ 值应为 45%~64%。

#### 6.3.3.2 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。要调节试验体积流量,使得每张滤料样品的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。

#### 6.3.3.3 效率检测

- a) 将被测滤料平整地置于滤料夹具上夹紧,按滤料试验的比速要求调节流量计流量,通入油雾气流。
- b) 将滤料过滤后的气流和清洁空气通入透过率测定仪,调节量程转换旋钮,由透过率测定仪测得值 $P'$ ,由式(12)、式(13)计算得到油雾过滤效率 $E$ 。

$$P = P' - P_0 \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$E = 100 - P \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$P$ ——被测过滤器透过率,%;

$P'$ ——透过率测定仪测得值,%;

$P_0$ ——透过率测定仪本底测得值,%;

$E$ ——被测过滤器效率,%。

当 $P' \geq 20P_0$ 时, $P_0$ 可忽略不计。

注:测定透过率的同时,将清洁空气和过滤前油雾取样通入光电雾室,可监控油雾的浓度和分散度。

- c) 检测完毕,应以清洁空气通入雾室,将雾室内残留的油雾吹净;
- d) 关闭空气加热器和水浴加热电炉的电源;关闭油雾仪电源;
- e) 停止给油雾发生炉供气,切断空气压缩机电源。

## 6.4 准单分散气溶胶计数法(用于高效滤料)

### 6.4.1 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,采集试验装置上滤料上下游的气溶胶,通过凝结核粒子计数器(CNC)测量其计数浓度值,或采用光学粒子计数器(OPC)测量其 $0.2\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ 间的计数浓度值,然后求出滤料的计数过滤效率。

### 6.4.2 试验装置及流程

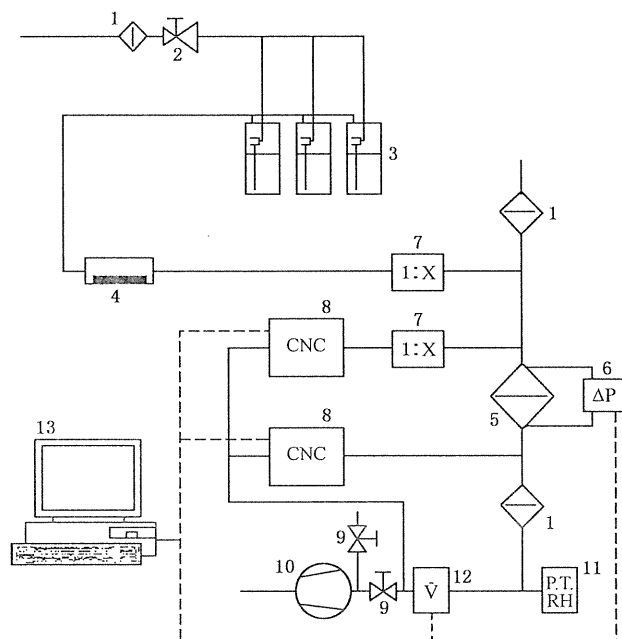
效率检测装置主要包括三部分:气溶胶发生装置、采样部分和测量装置。

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),发生气溶胶计数中值直径为 $0.20\mu\text{m} \sim 0.30\mu\text{m}$ ,粒径分布的几何标准偏差不大于 1.5。

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易于保持清洁、耐腐蚀、导电且应接地。为了避免粒子损失,应使接管尽量短,并避免管道中阀门、收缩管的干扰。

测量装置使用粒子计数器(CNC 或 OPC),如果上游的数量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。

试验流程如图 6。



- |             |                        |
|-------------|------------------------|
| 1——过滤器;     | 8——粒子计数器(CNC 或 OPC);   |
| 2——调压阀;     | 9——针形阀;                |
| 3——气溶胶发生装置; | 10——真空泵;               |
| 4——中和器;     | 11——测量绝对压力、温度和相对湿度的仪器; |
| 5——试验滤料夹;   | 12——体积流量计;             |
| 6——压差计;     | 13——用于控制和存储数据的计算机。     |
| 7——稀释系统;    |                        |

图 6 准单分散气溶胶计数法试验流程示意图

### 6.4.3 试验步骤

#### 6.4.3.1 预备性检验

在进行滤料试验以前,应先打开试验装置,并检查或调整以下参数:

a) 为测量设备的使用做好准备

应遵守测量设备制造商所规定的预热时间;凝结核计数器(CNC)中应灌入工作液;应调节测量设备体积流量。

若设备制造商规定了测量前的进一步的常规检查,则还应进行相应检查工作。

b) 粒子计数器的零计数率

应该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) 试验空气的洁净度

应该在关闭气溶胶发生器的情况下,通过测量上游的粒子数量浓度检查试验空气的洁净度。



d) 试验空气的绝对压力、温度及相对湿度等参数应在试验滤夹下游气流达到试验体积流量时进行测定。

e) 标准滤料的测定

制备不同过滤级别的标准样品用于滤料压差和效率的测量是很有用的。在上述各项检查之后应马上对与待测滤料级别相同的标准滤料进行测定。这种重复性试验的状况会提供有关试验系统可重复性的信息(试验系统的漂移、损坏及误差)。

6.4.3.2 阻力测量

应在系统处于稳定运行状态下进行测量。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。应调节试验体积流量,使得通过每张滤料样品的流量值的变化不超过要求值的±2%。

6.4.3.3 效率测量

试验气溶胶与试验空气均匀混合。在滤料的上游、下游分别测量其计数浓度。可以用两台同样的粒子计数器同时测量,也可以用一台先后在滤料的上游、下游分别测量。使用第二种测量方式时,应该对粒子计数器进行净吹,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。

6.4.3.4 滤料的过滤效率计算

根据凝结核计数器对过滤器前后的粒子数测量结果,过滤效率  $E$  可按公式(14)计算:

$$E = \left(1 - \frac{A_2}{RA_1}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

- $E$ ——滤料的过滤效率, %;
- $A_1$ ——上游气溶胶粒子浓度, (粒/ $m^3$ );
- $A_2$ ——下游气溶胶粒子浓度, (粒/ $m^3$ );
- $R$ ——相关系数。

$E$  值取最后一个 9 之后的头二位数字为有效数字,第三位数字进行修约,例如,实测值  $E=99.9764\%$ ,修约后  $E=99.976\%$ ;实测值  $E=99.9776\%$ ,修约后  $E=99.978\%$ 。

置信度为 95%的置信区间下限效率  $E_{95\%,\min}$  可依据式(15)、式(16)、式(17)计算

$$E_{95\%,\min} = \left(1 - \frac{A_{2,95\%\max}}{RA_{1,95\%\min}}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$A_{1,95\%\min} = \frac{N_{1,95\%\min}}{V_1} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$A_{2,95\%\max} = \frac{N_{2,95\%\max}}{V_2} \quad \dots\dots\dots(17)$$

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, (粒/ $m^3$ );
- $A_{2,95\%\max}$ ——置信度为 95%的下游气溶胶浓度上限, (粒/ $m^3$ );
- $R$ ——相关系数;
- $N_{1,95\%\min}$ ——取样周期内,置信度为 95%的上游气溶胶计数下限, (粒);
- $N_{2,95\%\max}$ ——取样周期内,置信度为 95%的下游气溶胶计数上限, (粒);
- $V_1$ ——取样周期内,上游取样量, ( $m^3$ );
- $V_2$ ——取样周期内,下游取样量, ( $m^3$ )。

依据泊松分布,取置信度为 95%的粒子计数置信区间见表 1。

6.5 单分散气溶胶计数法(用于超高效滤料)

6.5.1 试验原理

首先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,通过凝结核计数器(CNC)测量其计数浓度值,最后求出滤料的最低过滤效率。

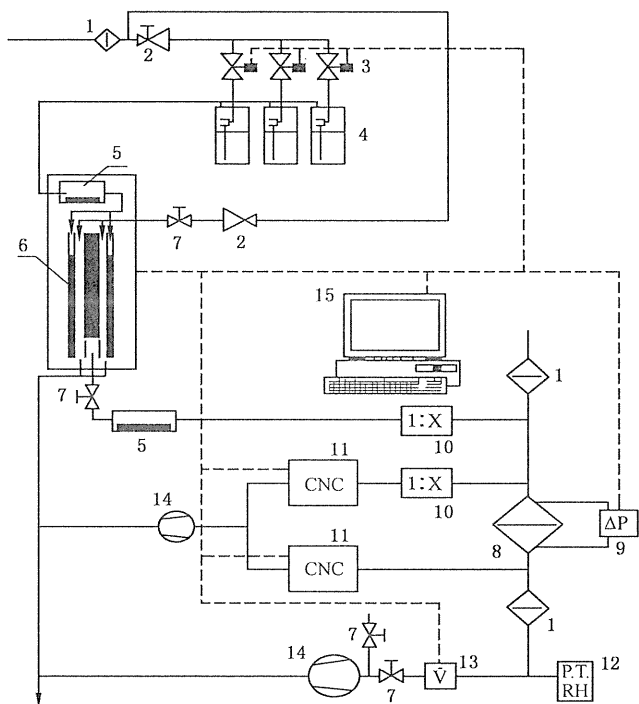
6.5.2 试验装置及流程

单分散相气溶胶计数法效率检测装置主要包括三部分:气溶胶发生装置、采样部分和测量装置。

气溶胶发生方法不限(这里以微分迁移率分级法为例),但发生气溶胶粒径范围应包括最易穿透粒径,在要试验的粒径范围内至少测定四个近似对数等距插值点,且至少分别有一点大于和小于最易穿透粒径。

测量装置使用凝结核计数器(CNC),如果上游的数量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。

试验流程如图 7:



- |              |                        |
|--------------|------------------------|
| 1——过滤器;      | 9——压差计;                |
| 2——调压阀;      | 10——稀释系统;              |
| 3——电磁阀;      | 11——凝结核计数器(CNC);       |
| 4——喷雾器;      | 12——测量绝对压力、温度和相对湿度的仪器; |
| 5——中和器;      | 13——体积流量计;             |
| 6——微分迁移率分析仪; | 14——真空泵;               |
| 7——针形阀;      | 15——用于控制和存储数据的计算机。     |
| 8——试验滤料夹;    |                        |

图 7 单分散气溶胶试验流程图

6.5.3 试验步骤

6.5.3.1 预备性检验

应按 6.4.3.1 执行。

6.5.3.2 阻力测量

应按 6.4.3.2 执行。

### 6.5.3.3 效率测量

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四个近似对数等距插值点,且至少分别有一点大于和小于最易穿透粒径。使用单分散发生装置连续发生四组具有合适的平均粒径的单分散气溶胶,在滤料的上游、下游分别测量其粒数浓度。可以用两台同样的凝结核计数器同时测量,也可以用一台凝结核计数器(CNC)先后在滤料的上下游分别测量。采用第二种测量方式时,应该对凝结核计数器(CNC)进行净吹,以便在开始测量下游浓度之前,凝结核计数器(CNC)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。

### 6.5.3.4 滤料的过滤效率计算

应按 6.4.3.4 执行。

## 6.6 多分散气溶胶计数法(用于超高效滤料)

### 6.6.1 试验原理

首先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游、下游的气溶胶,通过光学粒子计数器(OPC)测量其计数浓度值,最后求出滤料的最低过滤效率。

### 6.6.2 试验装置及流程

多分散相气溶胶计数法效率检测装置主要包括三部分:气溶胶发生装置、采样部分和测量装置。

气溶胶发生装置结构不限,但发生气溶胶粒径范围应包括最易穿透粒径。

测量装置使用光学粒子计数器(OPC),如果上游的数量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。

试验流程如图 8:

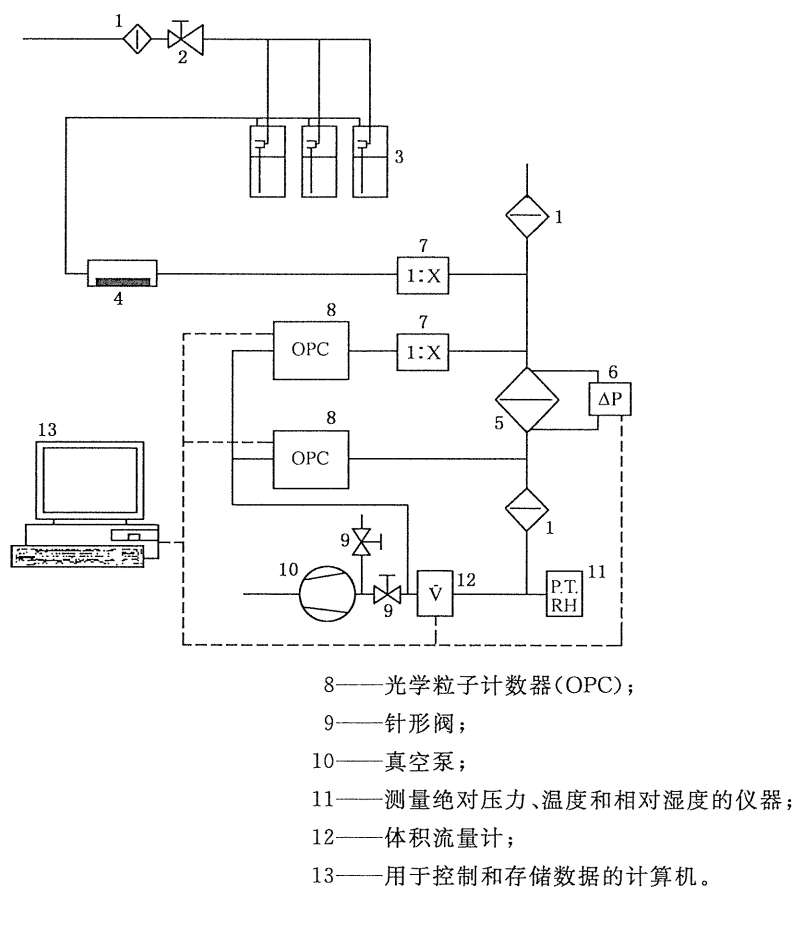


图 8 多分散气溶胶试验流程图

### 6.6.3 试验步骤

#### 6.6.3.1 预备性检验

应按 6.4.3.1 执行。

#### 6.6.3.2 阻力测量

应按 6.4.3.2 执行。

#### 6.6.3.3 效率测量

试验气溶胶应与试验空气均匀混合。选择包括最易穿透粒径范围内有近似几何分布的四个粒径区间,且至少分别有一个区间大于和小于最易穿透粒径(如  $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.15\ \mu\text{m}$ 、 $0.15\ \mu\text{m}\sim 0.2\ \mu\text{m}$ 、 $0.2\ \mu\text{m}\sim 0.25\ \mu\text{m}$ 和  $0.25\ \mu\text{m}\sim 0.3\ \mu\text{m}$ )测定粒数浓度和粒径分布。应使用光学粒子计数器(OPC)测量计数浓度。在测量上游侧测量计数浓度和粒径分布时,特别要注意保证不超过容许的一致性误差。此外,光学粒子计数器(OPC)还应具有足够高的分辨率以满足测量要求。

#### 6.6.3.4 滤料的过滤效率计算

应按 6.4.3.4 执行。

附 录 A  
(规范性附录)

钠焰法过滤器试验装置的构造与维护

### A.1 钠焰法试验装置的组成

试验装置主要由发雾装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置三部分组成。试验装置的设备、仪表和部件编号见图 1。

### A.2 发雾装置

#### A.2.1 组成

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

一般包括空气压缩机、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。喷雾器的工作压力为 0.6 MPa, 喷雾用气量按表 A.1 选用。净化后的气体含尘浓度应小于等于 35 粒/L(粒径等于大于 0.5  $\mu\text{m}$  的粒子)。

喷雾流量计用来监测喷雾流量。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。每支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。

压力测量一般选用分度值为 0.02 MPa 的 1.5 级压力表, 其最大量程宜为 1 MPa。

#### A.2.3 喷雾器(8)

其构造参见附录 B 的图 B.1 喷雾器构造示意图。

喷雾器的材料一般采用耐腐蚀的不锈钢和塑料。喷头分为 3 孔、6 孔、9 孔三种形式, 孔径 0.6 mm。其主要性能参数列于表 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, 采用 3 孔喷头的喷雾器 4 个, 此时气溶胶原始浓度约为  $2 \times 10^{-3} \text{ g}/\text{m}^3$ 。

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
氯化钠发生量/( $\text{g}/\text{h}$ )	约 0.5	<1	<1.5

#### A.2.4 喷雾箱(7)

喷雾箱的材料一般采用塑料和有机玻璃, 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, 且沿气流方向不超过两排, 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 风机(3)

##### A.3.1.1 风量

一般按被测过滤器最大风量的 1.3 倍计算。

##### A.3.1.2 风压

一般包括下列各项之和:

- a) 风道阻力(按计算阻力的 1.2 倍取值);
- b) 进风过滤器阻力(按其初阻力的 2 倍计算);

- c) 被测过滤器最大阻力；
- d) 风量测量装置阻力；
- e) 过滤器后取样所需的正压值(一般不小于 600 Pa)。

### A. 3.2 风道

#### A. 3.2.1 风道系统的相对尺寸

相对尺寸见图 1。注意排风口与障碍物之间应有适当的距离。

#### A. 3.2.2 材料

自喷雾箱至缓冲箱一般采用聚氯乙烯塑料或其他耐腐蚀材料,其余部分可采用金属风道。风道系统应考虑风压较高的因素。

#### A. 3.2.3 混合干燥段(9)尺寸

应满足下列条件:

- a) 长度不小于  $10D$  的直管段;
- b) 气溶胶在本管段流动时间不小于 2 s;
- c) 气溶胶速度一般不超过 5 m/s。

#### A. 3.2.4 风量测量装置前、后管段尺寸

当采用标准孔板(13)时,其前后管段尺寸按 GB/T 2624.2 要求进行设计。

#### A. 3.2.5 被测过滤器连接管的角度

扩散段不大于  $14^\circ$ ,收敛段不大于  $30^\circ$ ,详见 GB/T 1236。

#### A. 3.2.6 阀门

阀门(4)一般采用密闭式插板阀。阀门(14)一般采用光圈阀或瓣阀。

#### A. 3.2.7 风道制作安装

试验装置中的风道属中压系统,风管的制作、安装及检验应符合 GB 50243,其中严密性试验按 5.3.2.8 规定。风管接缝处应采用焊接或采用咬口加锡焊。

#### A. 3.2.8 严密性

整个风道系统要求严密,尤其缓冲箱之后的管段,要求在阀门(4)全开、阀门(14)全闭条件下,对所有接缝用肥皂泡法检漏。

### A. 3.3 进风过滤

#### A. 3.3.1 预过滤器(1)

一般采用中效过滤器。

#### A. 3.3.2 高效过滤器(6)

在额定风量下,钠焰法效率不低于 99.99%,初阻力不高于 250 Pa,耐温不低于  $60^\circ\text{C}$ 。

### A. 3.4 温度、湿度控制

#### A. 3.4.1 加热器(5)

一般采用管状加热器,其容量按: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 ( $15\sim 20$ ) $^\circ\text{C}$  计算,夏季特别潮湿的地区(如青岛)可按温升  $23^\circ\text{C}$  计算。电加热器开关与风机开关应连锁;系统启动时先启动风机,再开电加热器;停机时先关加热器,才能关风机电源开关。

#### A. 3.4.2 温度计(38)

可采用  $0^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 、分度值为  $1^\circ\text{C}$  的普通温度计。

#### A. 3.4.3 湿度计(39,40)

一般采用电阻式湿度计或干湿球温度计。一般情况下只设一个湿度计(39),测点位于缓冲箱入口处,特殊情况<sup>3)</sup>下设两个。

### A. 3.5 风量测量

一般采用标准孔板,按 GB/T 2624.2 进行设计、安装和使用。风量校核可按 GB/T 1236 的规定

进行。

#### A.3.6 压差测量

被测过滤器阻力和流量测量装置压差的测量,要求精度不低于 2 Pa。

### A.4 气溶胶取样和检测装置

#### A.4.1 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(22、23)、通断阀(29)、三通切换阀(27、31)、流量调节阀(24)、流量计(25、28)、本底过滤器(26)、混合器(30)及连接管(41)组成。取样系统应尽量靠近取样点,布置应紧凑,各部件之间连接管应尽量短,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(22、23)

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(1/4~4)倍。取样管的安装应使其管口迎着气流。

##### A.4.1.3 混合器(30)

一般采用聚氯乙烯等耐腐蚀材料焊接而成,接缝处应严格密封,其内壁应光滑。

##### A.4.1.4 本底过滤器

滤料应选用高效滤纸(钠焰法效率不低于 99.999),其层数不小于三层;滤料过滤面积不小于  $3.50 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ (滤速小于 0.01 m/s)。框体材料应耐腐蚀,一般采用聚氯乙烯塑料焊接,结构严密。

##### A.4.1.5 流量计(25、28)

测量原始气溶胶流量、本底流量、过滤后流量及稀释空气流量,一般采用转子流量计,但应为直通式的,转子材料应能耐腐蚀。

##### A.4.1.6 通断阀(29)、三通切换阀(27、31)

应采用耐腐蚀材料制作。阀体与阀心接触面和阀体与连接管嘴的连接处应严密。

#### A.4.2 气溶胶浓度检测装置

##### A.4.2.1 组成

浓度测量采用专用的钠焰光度计,它主要包括燃烧器、光电转换器、光电测量仪三部分(构造示意图见附录 C 图 C.3),并配备一个氢气供给系统。

##### A.4.2.2 燃烧器(35)

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(36)

光电转换器中的聚光镜应有较好的消光差性能,合适的焦距(一般 70 mm 左右),直径应与光电倍增管光阴极直径大小相同或稍大。钠干涉滤光片的波长峰值应为(589~592)nm,半波长宽度(6~10)nm。中性滤光片装在滤光转盘上。转盘上有四个位置:一为全通(无滤光片),二、三分别为光密度值 1(减光 10 倍)、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;同时,也应考虑其体积、重量、安装方便等因素。

##### A.4.2.4 光电测量仪(37)

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,光电测量仪的电路原理参见附录 B 的图 B.5。

##### A.4.2.5 氢气供给系统

氢气供给应用纯度为 99.99% 以上的氢气源,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氯化钠溶液至初始液面,时间间隔一般为 2 h;补充质量浓度为 1%。配置一次溶液最多累积使用 8 h,即须全部更换新液。若有分析浓度条件者,将溶液浓度控制在 2.1%~1.9%范围内,可延长溶液使用时间,但最长不得超过 3 d(按每天运行 8 h 计)。

##### A.5.2 发雾装置清洗周期

发雾装置连续运行 3 d,或停止运行一周以上时,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

试验装置停止使用一周以上时,应将光电转换器中的光电元件放在干燥器内保存。

##### A.5.4 仪表的维护

试验装置所用的钠焰光度计和流量、压力、压差、温度等测量仪表,均按其说明书维护、检查、校正。

##### A.5.5 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(1~2)年更换一次。

##### A.5.6 机电设备的维护

通风机、空气压缩机、电加热器等机电设备,均按其说明书进行维护和检修。

##### A.5.7 机电设备维护一览表见表 A.2

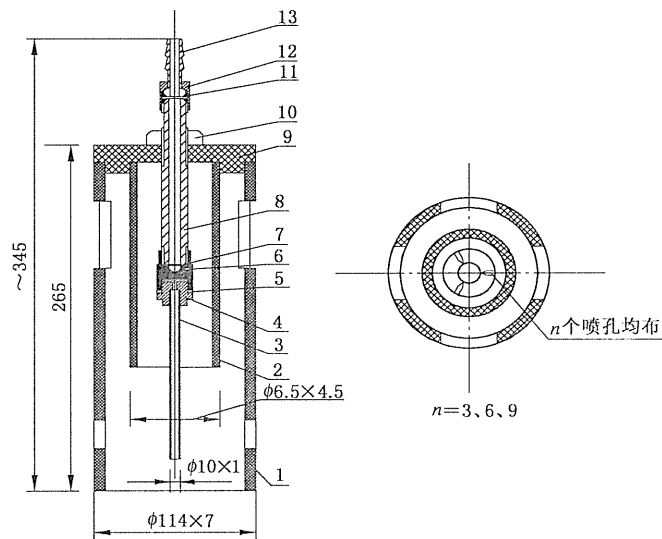
表 A.2 钠焰法试验装置机电设备维护一览表

维护和检查的项目	检修周期	检修内容	备注
喷雾箱中的溶液	见 A.5.1	更换溶液	
流量计	每年一次	标定	
孔板	每年一次	校核	按 GB/T 1236 方法进行
压力表	每年一次	标定	
湿度计	每年一次	标定	



附录 B  
(资料性附录)  
钠焰法部件构造示意图

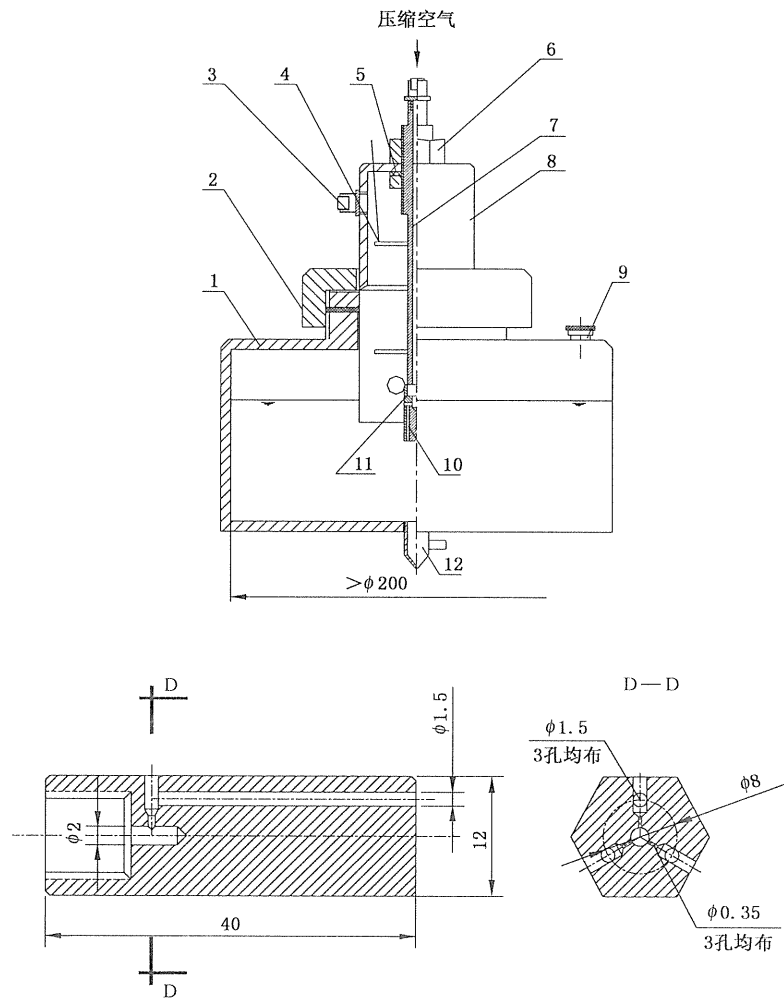
单位为毫米



- |         |          |
|---------|----------|
| 1——筒身；  | 8——进气管；  |
| 2——套筒；  | 9——盖；    |
| 3——吸液管； | 10——螺母；  |
| 4——接头；  | 11——垫圈；  |
| 5——垫圈；  | 12——螺母；  |
| 6——喷头；  | 13——进气嘴。 |
| 7——垫圈；  |          |

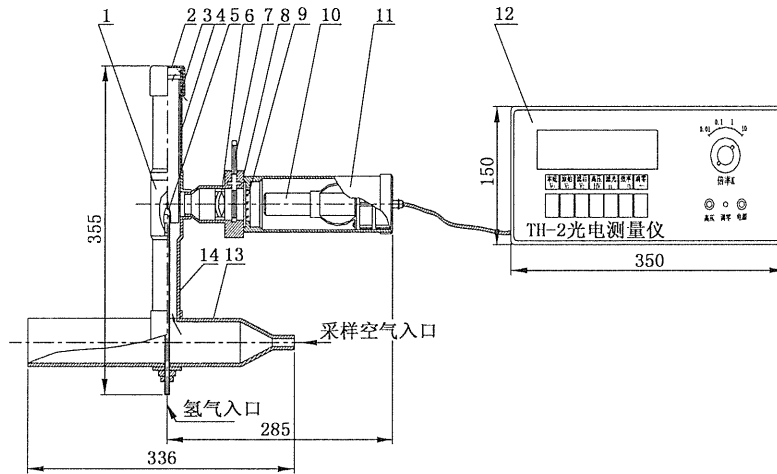
图 B.1 过滤器试验装置喷雾器构造示意图

单位为毫米



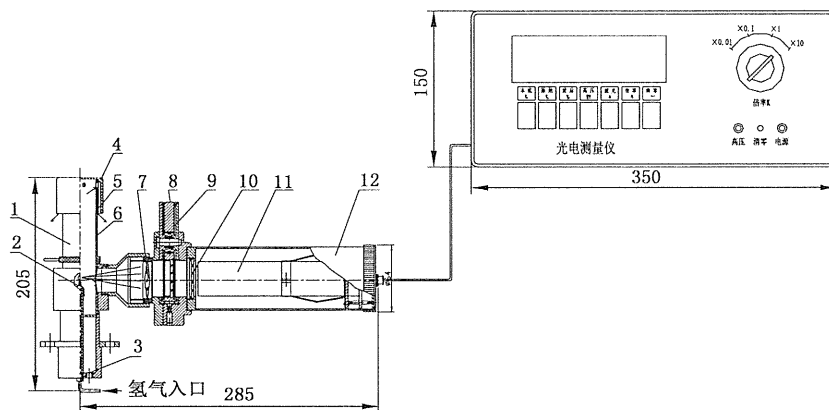
- |          |              |
|----------|--------------|
| 1——喷雾箱；  | 7——进气管；      |
| 2——锁紧盖；  | 8——套筒；       |
| 3——短管；   | 9——加液口；      |
| 4——橡胶挡板； | 10——喷头；      |
| 5——橡胶垫圈； | 11——聚四氟乙烯垫片； |
| 6——喷头螺母； | 12——放液管。     |

图 B.2 滤料试验装置喷雾器构造示意图



- |           |            |
|-----------|------------|
| 1——燃烧器；   | 8——滤光转盘；   |
| 2——上盖；    | 9——钠干涉滤光片； |
| 3——隔热反光层； | 10——光电倍增管； |
| 4——上套筒；   | 11——光电转换器； |
| 5——烧嘴；    | 12——光电测量仪； |
| 6——聚光镜；   | 13——水平管；   |
| 7——中性滤光片； | 14——下套筒。   |

图 B.3 过滤器试验台钠焰光度计构造示意图



- |            |             |
|------------|-------------|
| 1——燃烧器；    | 7——聚光透镜；    |
| 2——烧嘴；     | 8——滤光转盘；    |
| 3——助燃空气入口； | 9——中性滤光片；   |
| 4——上盖；     | 10——钠干涉滤光片； |
| 5——光反射层；   | 11——光电倍增管；  |
| 6——上套筒；    | 12——光电转换器。  |

图 B.4 滤料试验台钠焰光度计构造示意图

数字式光电测量仪硬件包括：电流/电压变换器、模拟/数字变换器、单片机、数码显示器、高压电源、低压电源和控制键盘 7 个部分。其原理框图如下：

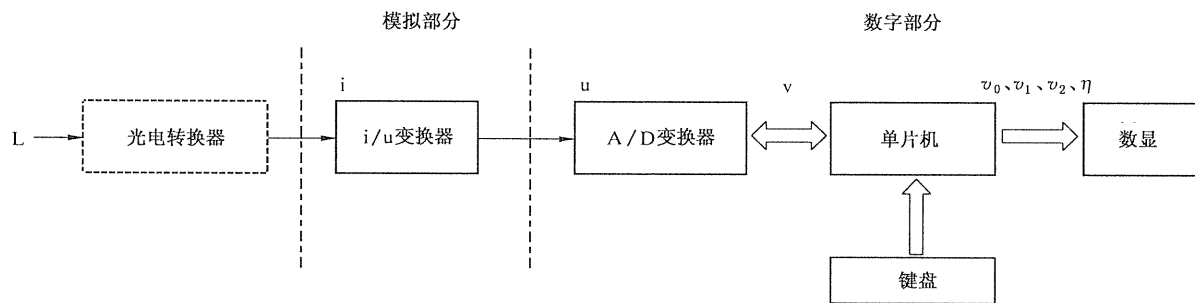


图 B.5 光电测量仪电路原理图

## 附录 C

(规范性附录)

## 油雾法过滤器试验装置的构造

## C.1 油雾法过滤器试验装置的组成

试验装置主要由发雾装置、风道系统、气溶胶取样与检测装置三部分组成。试验流程以及设备、仪表和部件的编号见图 2。

## C.2 发雾装置

## C.2.1 组成

发雾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

- a) 汽化—冷凝式油雾发生炉(3), 详见附录 E;
- b) 空气压缩机(可独立或集中供气);
- c) 缓冲分离器(4), 详见附录 E;
- d) 贮油器(5);
- e) 分油罐(6), 详见附录 E;
- f) 进油流量计(7);
- g) 油压计(8): 可选用量程 0 kPa~100 kPa 的液压表;
- h) 气体流量计(9);
- i) 压力计(11): 一般可选用量程 250 kPa 的气压表;
- j) 空气除油器(12);
- k) 空气过滤器(13);
- l) 压差表(16);
- m) 液体流量计(17);
- n) 流量调节阀(18);
- o) 温度自动控制器;
- p) 发雾剂: 采用 32 号或 46 号汽轮机油(透平油), 质量应符合 GB 11120 L-TSA 的要求。

## 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。油雾浓度可根据被测过滤器的要求选用  $225\ \text{mg}/\text{m}^3\sim 275\ \text{mg}/\text{m}^3$  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三项参数控制所需要的油雾浓度和油雾粒子的平均直径。当三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。

各试验风量下的发雾参数的参考值见附录 E。

## C.3 风道系统

## C.3.1 风机

## C.3.1.1 风量

一般按被测过滤器最大风量的 1.3 倍计算。

## C.3.1.2 风压

一般包括下列之和:

- a) 风道阻力(按计算阻力的 1.2 倍取值);
- b) 进风过滤器阻力(按其初阻力的 2 倍计算);
- c) 被测过滤器最大阻力;
- d) 风量测量装置阻力。

### C.3.2 风道

#### C.3.2.1 风道系统各部分相对尺寸

相对尺寸见图 2。

#### C.3.2.2 材料

一般采用厚度不小于 1 mm 的钢板,外刷防锈漆。

#### C.3.2.3 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 中的规定。

#### C.3.2.4 被测过滤器连接管的角度

扩散段不大于  $14^\circ$ ,收敛段不大于  $30^\circ$ ,详见 GB/T 1236。

#### C.3.2.5 阀门

在风机进口(或出口管段)处和旁通管上各设置风量调节阀一个。在主风道和旁风道的进口段各设电动阀一个。两个电动阀的启闭应以电路连锁控制。

#### C.3.2.6 跨越管

在主风道和旁风道的连接管上设跨越管,跨越管上设置风量调节阀一个。

#### C.3.2.7 阻力模拟器

在旁风道的中间段设一合适的阻力模拟器。阻力模拟器可根据被测过滤器的阻力范围进行阻力调节。

#### C.3.2.8 被测过滤器安装

被测过滤器用法兰与风道夹紧、密封、固定。根据被测过滤器的尺寸、大小、形状,风道部分要有安装变径管的可能。

#### C.3.2.9 风道制作安装

风道的制作、安装及检验,应符合 GB 50243 的规定。风道内表面应平整、光滑,不得有凹凸不平。

#### C.3.2.10 严密性

整个风道系统要求严格密封,对所有接缝用肥皂泡法检漏。

### C.3.3 进风过滤

为了减少室内、外空气尘埃对试验结果的影响,在进风口设置中效或亚高效过滤器一个。

### C.3.4 风量测量

一般采用标准孔板,按 GB/T 2624.2 进行设计、安装和使用。风量校核可按 GB/T 1236 有关规定进行。

### C.3.5 压力测量

被测过滤器阻力和流量测量装置压差的测量,要求灵敏度不低于 2 Pa。

## C.4 油雾气溶胶采样与检测装置

### C.4.1 取样系统

由取样管和真空泵组成。

被测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,并距离被测过滤器  $1/2$  倍风道直径处。被测过滤器后取样的位置应设在距离被测过滤器 5 倍风道直径处。

取样管应位于风道中心,与气流保持平行,管口迎着气流方向。

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。取样管应尽可能的短,管部件应尽可能的少,油雾气溶胶在取样管内的流速应与试验风道内等流速。

取样管采用耐油、耐腐蚀的金属管或玻璃管,管壁厚度小于 2 mm;可用橡胶管连接。

当用一台真空泵时,可选用的泵容量为 60 L/min。如用两台真空泵时,可选用容量为 30 L/min 的真空泵,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

- a) 光电测油雾仪。
- b) 微压差计(15)精度应不低于 2 Pa。

##### C.4.2.2 流量控制

- a) 进入光电雾室的清洁空气流量约为 5 L/min~7 L/min 或按仪器说明书要求。
- b) 进入光电雾室的油雾取样流量约为 3 L/min~5 L/min 或按仪器说明书要求。
- c) 油雾流从喷雾嘴喷出,在雾室中始终应成圆柱状,且雾室中没有混浊或残留油雾的现象。

## 附录 D

(资料性附录)

## 油雾法试验装置的校对、标定及维护

## D.1 流量计的标定

按国家质量监督检验检疫总局仪器检验标准进行标定。

## D.2 浊度计的标定

## D.2.1 油雾重量浓度的标定

用重量法。测定已知体积中沉积下来的沉积物重量。

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,使滤料有恒定的湿度,然后取下,用万分之一天平称量,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。重量浓度  $C$ ,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,按式(D.1)计算:

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

式中:

$g_1$ 、 $g_2$ ——分别为通油雾空气流前、后滤料的质量,mg;

$t$  和  $Q$  相应为油雾空气流通过滤料的时间(s)和流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )。重复试验三次,当其中任意两次测定结果的差别不大于 10%时,取其平均值作为油雾重量浓度。此方法用来标定浊度法所测得的油雾浓度。为确保油雾透过率试验准确,每月应标定一次。

## D.2.2 油雾粒子平均粒径的标定

采用粒重计数法,通过油雾重量浓度( $\text{g}/\text{L}$ ) [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] (重量法测定的)及仪器测定的油雾气溶胶的粒数浓度  $n$  (粒/mL),计算所得。用式(D.2)计算重量粒径  $d$  ( $\mu\text{m}$ ):

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{6c}{3.14n\rho}} \quad \dots\dots\dots(\text{D.2})$$

式中:

$\rho$ ——油雾粒子密度,  $0.87 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

单位体积内的粒子数的测定常采用连续超显微镜或各种凝结核粒子计数器,静电气溶胶分析器等。此方法可标定浊度法测定的油雾分散度。

## D.2.3 透过率测定值的标定

试验方应将测试结果与由受委托的标准油雾台站的测试结果进行比对。

## D.3 油雾法试验装置的维护

D.3.1 应经常检查各连接部件的气密性,橡皮管是否破损。

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两倍时,应及时更换。

D.3.4 随时检查清除管路,缓冲器,螺旋分离器中的积油。

D.3.5 不得在无洁净空气通入浊度计雾室时首先通进油雾。要严格保持雾室的清洁与遮光。

D.3.6 油雾分散度不得中途改变。从油雾气流出口起到油雾气流进入滤料夹具的路程应尽量短。



D.3.7 避免被测滤料通油雾时间太长,应把试验时间限制在浊度计内保持浓度不变所必要的时间,一般不超过 20s。

D.3.8 整个系统搞好通风排气装置。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

汽化—冷凝式油雾发生炉(以下简称油雾发生炉)发生稳定的标准油雾。它主要用于试验 500 m<sup>3</sup>/h ~1 500 m<sup>3</sup>/h 风量的高效过滤器的透过率。其发雾浓度为 250 mg/m<sup>3</sup> ~1 000 mg/m<sup>3</sup>, 油雾粒子的质量平均直径为 0.28 μm ~0.34 μm。

##### E.1 油雾发生炉的炉体结构:见图 E.1。

炉体的中间部分是炉芯,中心是一根直径 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 2.5 mm 的喷孔,周围开有八个与中心轴成 45°、直径 2 mm 的喷孔。不锈钢压缩空气管外套有内径为 16 mm 的瓷管,瓷管外从近喷嘴端由密到疏绕有两组直径 1 mm、长各为 22.5 m 镍铬电阻丝,绝缘装于一个内径 63 mm 的钢制内套管中,内套管外是互相等距离排列的六根直径 14 mm 的不锈钢油汽化管和二支热电偶测插管。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 107 mm、厚 2 mm 的钢制中套筒内,中套筒外均匀的绕有直径 1 mm、长 33 m 的镍铬电阻丝(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 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。

炉体的外部是在中套筒的电炉丝外缠绕厚达 50 mm 的石棉保温层,装在带有法兰的直径为 220 mm 的钢制外壳里。炉体总长约 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。

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 为分油罐的简图,其主要目的为使发雾剂流动稳定,均匀给油。分油罐的底部带有 6 根油管,每根管端均装有玻璃旋塞开关,下部是内径 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(汽轮机油)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)。

缓冲分离器是一个直径 650 mm 的大圆桶(见图 E.3),底部制成锥形,下设放油阀,总高为 1 mm。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。从油雾发生炉喷嘴出的油雾气溶胶从缓冲分离器的下侧进入,经过竖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。

##### E.2 发雾原理

油雾发生炉的发雾原理简单的说是当电炉丝通电后,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

所谓标准油雾是指在试验浓度下具有一定大小分布,质量平均直径在 0.28 μm ~0.34 μm 的油雾气溶胶。标准油雾的发生是靠油雾发生炉的定型化和固定发雾参数来实现的。

本标准中,依靠下列措施发生标准油雾:

E.3.1 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。

E.3.2 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。

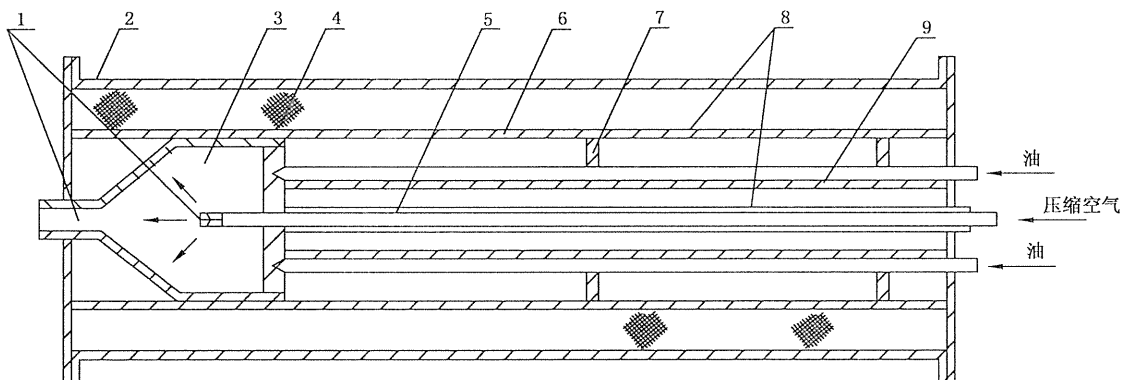
表 E.1 为被测过滤器风量分别为 500 m<sup>3</sup>/h、1 000 m<sup>3</sup>/h、1 500 m<sup>3</sup>/h 发生标准油雾发雾参数的参考值。

表 E.1 过滤器试验风量分别为 500 m<sup>3</sup>/h、1 000 m<sup>3</sup>/h、1 500 m<sup>3</sup>/h 的油雾发雾参数表

试验风量/ (m <sup>3</sup> /h)	试验浓度/ (mg/ m <sup>3</sup> )	炉膛温度/ ℃	稀释空气量/ (L/min)	总给油量/ (mL/min)	输油管数/ 根
500	250	450±10	80±3	2.5~3	3
	1 000	600±10	195±5	10~11	6
1 000	250	450±10	88±3	5~6	3
	1 000	600±10	205±5	20~23	6
1 500	250	500±10	110±3	8~9	3
	1 000	620±10	220±5	30~37	6

E.4 当试验风量不等于上述三种风量时,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.5 当试验风量大于 1 500 m<sup>3</sup>/h 时,可用两台汽化—冷凝式油雾发生炉并联。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,风道管径需要放大。



- 1——喷嘴;
- 2——钢壳体;
- 3——混合室;
- 4——石棉保温层;
- 5——瓷管;
- 6——内套管;
- 7——撑圈;
- 8——电热丝;
- 9——内套管。

图 E.1 炉体构造示意图

单位为毫米

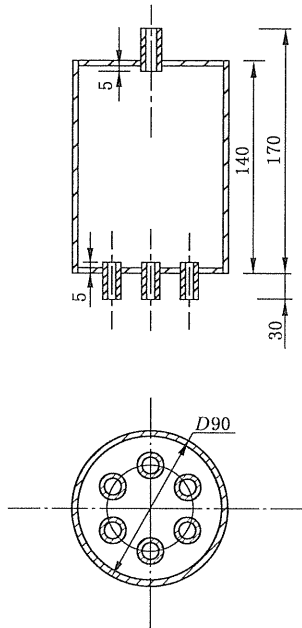


图 E.2 分油罐示意图

单位为毫米

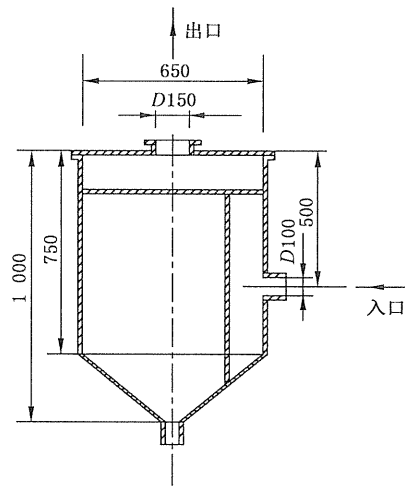


图 E.3 缓冲分离器示意图

附 录 F  
(规范性附录)  
油 雾 仪

F.1 这里使用的油雾仪为采用光电法进行测量的油雾仪。

F.2 光电测油雾仪主要结构

仪器由光电雾室和透过率测定仪组成。

F.2.1 光电雾室

光电雾室分两个光电系统,由光源、雾室、中性滤光器、光电转换器和偏振器等构成。透过率测定仪主要用于油雾透过率的测定,光电雾室主要用于测控油雾浓度和分散度。

F.2.2 透过率测定仪

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,并构成透过率测定仪和光电雾室两个试验系统。其电路原理如图 F.1 所示。

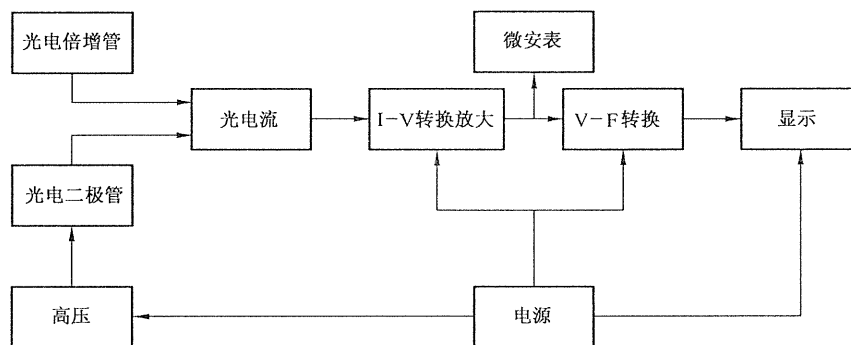


图 F.1 透过率测定仪电路原理示意图

F.3 油雾仪的调校操作和维护等参见光电测油雾仪使用说明书。

## 附录 G (规范性附录)

### 计数法过滤器试验装置的构造及维护

#### G.1 计数法试验装置的组成

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三部分组成。试验装置的设备、仪表和部件编号见图 3。

#### G.2 气溶胶发生器

##### G.2.1 气溶胶发生器的组成

气溶胶发生器通常由液体储存器、洁净压缩空气源、流量控制器、喷雾器和中和器等部件组成。

##### G.2.2 多分散气溶胶的发生

粒子计数法要求气溶胶发生器能产生计数中值直径为  $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.3\ \mu\text{m}$  的多分散气溶胶。

多分散气溶胶通常是用压缩空气通过某种型式的喷嘴将气溶胶物质喷成雾状产生的。可使用挡板等形式的惯性分离器回收粒径较大的颗粒,进而减小气溶胶粒径分布范围。所产生的多分散气溶胶粒径分布的几何标准偏差在  $1.5\sim 2.5$  之间。气溶胶粒径分布可以通过改变喷嘴的工作压力来进行微小调节,也可以通过其他方法如采用无水乙醇与 DOP 或 DEHS 等混合成不同浓度的混合溶液来控制气溶胶粒径的粒径分布。

通过并联使用多个喷嘴可以相对简单的来增加粒子发生量,也可提高喷嘴的工作压力来提高单个喷嘴的颗粒产生速度,使用单个喷嘴可以获得的最大的粒子发生量约为  $5\times 10^{10}$  粒/s。

##### G.2.3 气溶胶中和

因为荷电颗粒比非荷电颗粒可以更有效地被过滤器除去,所以应该使用电中性的颗粒来检测过滤器。电中性状态通常可以理解成一种稳定的平衡,这种平衡是当荷电气溶胶颗粒与足够数量的正、负气体离子一起被带入时发生的,一般是通过使用放射源或者电晕放电电离气溶胶气体载体来完成的。对于过滤过程来说,在中和作用之后气溶胶中低电位的剩余电荷可以忽略不计。

##### G.2.4 气溶胶发生器的最小性能参数

气溶胶发生器发生气溶胶计数中值直径要求在  $0.1\ \mu\text{m}\sim 0.3\ \mu\text{m}$  之间。用于 E 类及 F 类过滤器效率试验的发生器要求粒子发生量宜为  $10^8$  粒/s $\sim 10^{11}$  粒/s。进行效率试验时,可以调节稀释器的倍率,使气溶胶浓度满足试验要求。

##### G.2.5 气溶胶浓度分布均匀性

气溶胶浓度分布均匀性是指粒子计数法检测台风道系统中,在检测台正常运行情况下,气溶胶取样断面上的气溶胶浓度的均匀性,按图 G.1 中的 9 点进行取样,用粒子计数器进行测量,要求各点之间气溶胶浓度的误差不大于 20%。

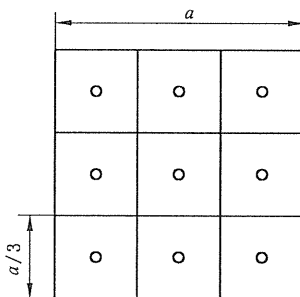


图 G.1 均匀性测点布置图

### G.2.6 误差来源

应当注意供给气溶胶发生器的气体的压力保持稳定。提供的气体应洁净。

较长时间存放的气溶胶物质可能会发生变化,应注意定期更换。

当采用 DOP 或 DEHS 与无水乙醇的混合溶液作为气溶胶物质时,气溶胶物质的浓度会随着无水乙醇的挥发而发生变化,进而对发生气溶胶的浓度以及粒径分布产生影响,应当及时补充溶液以维持气溶胶物质浓度的稳定。但当采用 2 台光学粒子计数器分别对上游以及下游的气溶胶浓度进行试验时,可基本抵消这一影响。

### G.2.7 维护和检查

气溶胶发生器应当按照制造商的说明定期维护;应使用合适的测量系统检查粒径分布,产生速率应在规定的时间内维持不变。

## G.3 风道系统

### G.3.1 风机

#### G.3.1.1 风量

一般按被测过滤器最大风量的 1.3 倍计算,计数法检测台系统风量范围通常为  $200 \text{ m}^3/\text{h} \sim 4\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

#### G.3.1.2 风压

一般包括下列各项之和:

- a) 风道阻力(按计算阻力的 1.2 倍取值);
- b) 进风过滤器阻力(按其初阻力的 1.2 倍计算);
- c) 被测过滤器最大阻力;
- d) 风量测量装置阻力。

### G.3.2 风道

#### G.3.2.1 风道系统的相对尺寸

相对尺寸参见图 3 与 G.3.2.3 和 G.3.2.4 的要求。注意排风口与障碍物之间应有适当的距离。

#### G.3.2.2 材料

根据气溶胶物质的不同性质应选用不同的材料。风道系统应考虑风压较高的因素。

#### G.3.2.3 过滤前直管段尺寸

过滤前直管段尺寸应满足下列条件:

- a) 静压环前后直管段必须大于等于  $0.5D$ ;
- b) 保证气溶胶取样断面上风速以及气溶胶浓度分布的均匀性;
- c) 试验气体风速一般不超过  $5 \text{ m/s}$ 。

#### G.3.2.4 风量测量装置前、后管段尺寸

风量测量可以使用标准孔板和喷嘴流量计测量,当使用标准孔板时,其前后管段尺寸按 GB/T 2624.2 要求进行设计;当使用喷嘴时,其喷嘴箱按 GB/T 2624.3 要求进行设计。

#### G.3.2.5 被测过滤器连接管的角度

扩散管段不大于  $14^\circ$ ,收敛段不大于  $30^\circ$ ,其做法详见 GB/T 1236。

#### G.3.2.6 阀门

系统进气阀门可采用插板阀,末端阀门一般采用光圈阀或瓣阀。

#### G.3.2.7 风道制作安装

试验装置中的风道属于中压系统,风管的制作、安装及检验应符合 GB 50243,其中严密性试验按 G.3.2.8 规定。

### G.3.2.8 严密性

整个风道系统要求严密,尤其混合器之后的管段,要求在风机额定频率下,末端阀门全闭条件下,对所有接缝用肥皂泡法检查。

### G.3.2.9 风速均匀性

风速均匀性是指粒子计数法检测台风系统中,检测台正常运行情况下,气溶胶取样断面上的风速均匀性,按图 G.2 中的 9 点进行取样,用风速仪进行测量,要求各点之间风速值的误差不大于 10%。

## G.3.3 进风过滤

### G.3.3.1 预过滤器

一般采用中效空气过滤器。

### G.3.3.2 高效空气过滤器

钠焰法效率不低于 99.99%,初阻力不高于 220 Pa。

### G.3.4 温度、湿度控制

环境温度要控制,保证进入系统的空气温度不低于 5℃。

### G.3.5 风量测量

一般采用标准孔板或喷嘴,按 GB/T 2624.2 及 GB/T 2624.3 进行设计、安装和使用。风量校核可按 GB/T 1236 的规定进行。

### G.3.6 压差测量

被测过滤器阻力和流量测量装置压差的测量,要求精度不低于 2 Pa。

## G.4 检测装置

### G.4.1 取样系统

#### G.4.1.1 取样系统的组成及设计原则

取样系统由取样管、三通切换阀、流量调节阀、流量计、稀释器及连接管等组成。取样系统应尽量靠近取样点,布置应紧凑,各部件之间连接管应尽量短,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软管,内壁应光滑,使用前应将内壁洗净吹干。

#### G.4.1.2 取样管

取样管内壁应光滑,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处流速相当于风道流速的(1/4~4)倍。取样管的安装应使其管口迎着气流。

#### G.4.1.3 稀释器

稀释用洁净空气的来源可为采样空气直接经绝对过滤器过滤得到,也可为额外补充的洁净空气。但应尽量减少气流在稀释器内的突然转向,以减少粒子沉降聚集的影响。

#### G.4.1.4 流量计

一般采用转子流量计,但应尽量减少气流在流量计内的突然转向,以减少粒子沉降聚集的影响。

### G.4.2 气溶胶浓度检测装置

气溶胶粒子浓度一般采用光学粒子计数器。

#### G.4.2.1 光学粒子计数器的工作原理

在光学粒子计数器中,颗粒被单独的引入通过一个集中的照射散射腔。在通过散射腔时,颗粒散射光线,散射光在规定的立体角下被光电探测器检测,并且转换成电脉冲。脉冲的程度反应颗粒的大小,单位时间内脉冲的数量反映了被分析空气空间中的颗粒浓度。

#### G.4.2.2 光学粒子计数器最小性能参数

光学粒子计数器应具有良好的线性、零点飘移小、测量精度高、可靠性强、抗干扰性强等性能。

光学粒子计数器最大计数要高于 3 000 粒/s,在最大流量不一致性或者电信号损失小于 10%,其取



样流量与其标称流量的误差小于 $\pm 5\%$ 。

#### G.4.2.3 误差来源和误差范围

由于光学粒子计数器检测的粒径是散射光当量直径,它不仅取决于颗粒的几何形状大小,也取决于颗粒的形状和颗粒材料的光学性能。这种依赖关系的特性随着粒子计数器结构类型的变化而变化。

如果颗粒浓度太高,那么就会发生所谓的重合误差。这就意味着几个颗粒同时进入散射腔后,被当作一个较大颗粒。为了确保不超过计数器制造商规定的最大饱和浓度,应当采取适当的稀释方法。

#### G.4.2.4 维护和检查

光学粒子计数器应当有专门的技术人员定期维护和检查。同时也包括使用标准粒子(如聚苯乙烯乳胶球 PSL)来标定。

使用者正规操作检查应该包括流量的检查。也包括通过在上游放入合适的过滤器(高效过滤器)进行仪器零计数率的定期检查。

#### G.4.2.5 光学粒子计数器的标定

光学粒子计数器的标定依据 GB/T 6167 进行。

### G.5 计数法过滤器试验装置的维护

维护和检查的项目	检修周期	检修内容	备注
流量计	每年一次	标定	
标准孔板或者喷嘴	每年一次	校核	按 GB/T 1236 方法进行
压力表	每年一次	标定	
湿度计	每年一次	标定	
温度计	每年一次	标定	
光学粒子计数器零计数率	每天一次	校核	
光学粒子计数器计数效率及分辨率	每年一次	标定	按 GB/T 6167 进行标定
试验空气洁净度	每天一次	校核	
上游下游采样相关系数	每周一次	校核	当连续 2 次检查结果偏差低于 5% 时,可适当放宽检查频率,但最多不应超过每月一次; 当连续 3 次检查结果偏差超过 5% 时,须增加检查频率。
参考过滤器检测	每周一次	校核	当连续 2 次检查结果偏差低于 5% 时,可适当放宽检查频率,但最多不应超过每月一次; 当连续 3 次检查结果偏差超过 5% 时,须增加检查频率。

## 附录 H

(规范性附录)

## 钠焰法滤料试验装置的构造及维护

## H.1 试验装置

试验装置所用设备,仪表编号见图 4。

本试验装置由氯化钠气溶胶发生部分、管道部分和检测部分组成。试验装置的结构允许有所不同,但试验条件和试验结果应与本标准试验装置一致。

## H.1.1 氯化钠气溶胶发生装置

## H.1.1.1 压缩空气供给系统

应包括压缩空气源、气水分离器(1)、除油器(2)、流量计[(5),(12)]、高效过滤器[(4),(11)]、压力表(6)等。各部件应考虑耐压。

H.1.1.1.1 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。

H.1.1.1.2 用于压缩空气系统的高效过滤器的透过率都应不大于 0.01%(钠焰法)。用于喷雾的高效过滤器(5),其过滤面积约为 100 cm<sup>2</sup>。

H.1.1.1.3 流量计[(5),(12)],可采用转子流量计或其他耐压空气流量计。精度不低于 2.5 级。

H.1.1.1.4 压力表(6)的刻度最小分度值为 0.01 MPa。精度不低于 2.5 级。

H.1.1.2 喷雾器(7)[构造示意图附录 D 图 D.1]。由喷头、进气管、套筒和橡胶挡板等组成。

H.1.1.2.1 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.1.1.2.2 套筒宜采用有机玻璃等耐腐蚀材料制造。

H.1.1.2.3 挡板可选用厚度为 5 mm 的橡胶板等耐腐蚀材料制造。

H.1.1.3 喷雾箱(8)(构造示意图 D.1)由锁紧盖、箱体、加液口和放液管等组成。

H.1.1.3.1 应设有观察窗和液位指示标志。

H.1.1.3.2 便于喷雾器的拆装清洗。

H.1.1.3.3 应设置排液口和加液口。

H.1.1.3.4 液面面积一般不小于 100 cm<sup>2</sup>;溶液容积一般不小于 1 L。

## H.1.2 管道部件

## H.1.2.1 蒸发管(13)

H.1.2.1.1 应采用耐盐水腐蚀的材料制造,一般用有机玻璃或塑料。

H.1.2.1.2 氯化钠小液滴在蒸发管内流动蒸发时间不得少于 2 s。蒸发管长度不小于其管径的十倍。

## H.1.2.2 缓冲箱(14)

H.1.2.2.1 应采用耐盐水腐蚀的材料制造,一般用有机玻璃或塑料。

H.1.2.2.2 气溶胶宜由下口进入,由上口流出。

H.1.2.2.3 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而定。

## H.1.2.3 滤料夹(19)

H.1.2.3.1 滤料夹是被测滤料的夹紧装置,气流有效过滤面积可为 100 cm<sup>2</sup>。

H.1.2.3.2 周边密封面宽度不小于 7 mm。

H.1.2.3.3 夹具上下两部分应保持其同轴度。

## H.1.2.4 流量计[(17),(20),(24)]

H.1.2.4.1 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。

H. 1.2.4.2 转子流量计的转子应采用耐腐蚀材料。

H. 1.2.4.3 流量计精度不低于 2.5 级。

#### H. 1.2.5 连接管道

H. 1.2.5.1 各设备、仪器之间的连接管道,内径尺寸应尽量统一。

H. 1.2.5.2 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。

H. 1.2.5.3 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。

H. 1.2.5.4 管道上尽可能少用管接头,各设备、仪器与管道接口应有良好的气密性。

H. 1.2.5.5 管道布置合理,管道长度尽可能短,并使气流通顺。

#### H. 1.2.6 本底过滤器(22)

H. 1.2.6.1 宜用透过率不大于 0.001%(钠焰法)的高效滤料三层以上,使用滤速低于 1 cm/s。

H. 1.2.6.2 过滤器框体应耐腐蚀。

#### H. 1.2.7 三通切换阀[(18),(21)]

H. 1.2.7.1 三通切换阀内外有良好气密性。

H. 1.2.7.2 三通切换阀的各通道之间应有良好气密性,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。

#### H. 1.2.8 氢气供给系统

H. 1.2.8.1 氢气纯度不宜低于 99.99%。

H. 1.2.8.2 氢气流量调节阀要求微量调节性能好,一般采用微调针阀。

H. 1.2.8.3 氢气流量计(30)宜采用量程(40~400)mL/min 的转子流量计,精度不低于 2.5 级。

#### H. 1.3 检测装置

浓度测量采用专用钠焰光度计,构造示意图 C.4。

H. 1.3.1 燃烧器(31)为直通式燃烧器。上套筒内应设耐热玻璃管,其外壁涂反射层(一般镀银),或在耐热玻璃管外壁包铝箔。

H. 1.3.2 光电转换器(32)中聚光透镜应具有较好的消光差性能,焦距一般为 70mm 左右,直径宜与光电倍增管光阴极相同或稍大;钠干涉滤光片的波长峰值应为(589~592)nm,半波宽度为(6~10)nm;中性滤光片装在滤光转盘上,转盘上有四个孔道:一是全通孔道(无滤光片),二、三孔道中分别装有光密度为 1.2 的中性滤光片,四孔道为全闭(不透光);光电倍增管应具有灵敏度高,暗电流小,光谱响应较合适的性能。

H. 1.3.3 光电测量仪(33)应具有线性好,零点漂移小,抗干扰性强等性能并设有补偿电路。其电路原理见图 B.5。

## H.2 注意事项

H. 2.1 装置一经运行,非事故原因不要轻易灭火停运。

H. 2.2 当燃烧器的助燃空气被切断时,应先把滤光转盘的全闭孔道处于光通道中,然后打开燃烧器上套筒的上盖以防灭火。

H. 2.3 在运行中要防止超过最大限度的强光照射光电倍增管阴极。

H. 2.4 本底光电流值可经常检查,过滤前光电流值不宜经常检查,一般根据具体情况可隔 2~4 h 或更长时间检查一次,以光电流值的波动对效率测量结果不造成影响为宜。每一次检查后都要重复 6.2.3.2. 中 1)及 2)规定步骤。

H. 2.5 测定滤料透过率后,关闭装置使装置恢复到备用状态。

## H.3 钠焰法试验装置的维护

H. 3.1 空气压缩机应按照使用和维修说明书进行维护。

H. 3.2 所有仪表应按其说明书规定条件使用和维护,按国家有关规定进行校正。

H. 3.3 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。

H. 3.4 各种高效过滤器应根据具体情况不定期地更换滤料(即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而定)。

H. 3.5 对光学部件和光电元件应特别注意防潮,停运期较长时,有必要采取干燥存放。

H. 3.6 检测装置的管路和阀门应注意保洁和清洗。

#### H. 4 钠焰法自吸收修正系数的测定方法

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。

##### H. 4.1 原理

自吸收现象是发射光谱中的客观现象,即在被激发的钠元素浓度较高时,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。而浓度低到一定程度后,则这种现象就不显著而趋于可以忽略了。

##### H. 4.2 试验装置与方法

试验装置流程示意图如图 H. 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的 1/1 000~1 的不同浓度的气溶胶。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 H. 1 中。

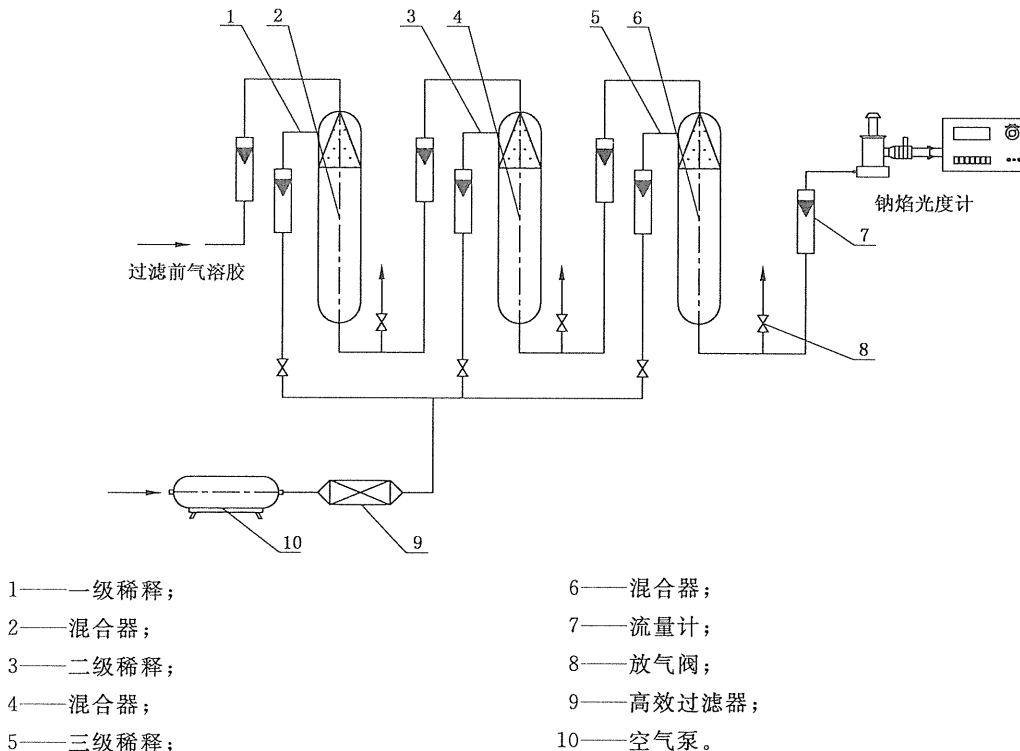


图 H. 1 自吸收修正系数测定装置原理图

表 H.1 自吸收修正系数  $\varphi$  的测定原始浓度: \_\_\_\_\_ mg/m<sup>3</sup>

试验日期: \_\_\_\_\_

试验人员(签名): \_\_\_\_\_

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			

**H.4.3  $\varphi$  值的确定**

将所测得的数据点绘于双对数坐标纸上,联成一条曲线,用实线表示称为“实际曲线”。纵坐标为相对浓度,横坐标为对应的光电流值。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)称为“理想线”,用虚线表示。“理想线”为 45°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。

**H.4.4** 对某一类型的定型装置,自吸收修正系数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,有不同自吸收修正系数,尤其反映在气溶胶原始浓度有较大变化时,必须重新做试验求得新的自吸收修正系数值。

附录 I  
(规范性附录)

滤料试验装置中的油雾发生器

I.1 喷雾式油雾发生器(示意图见图 I.1)

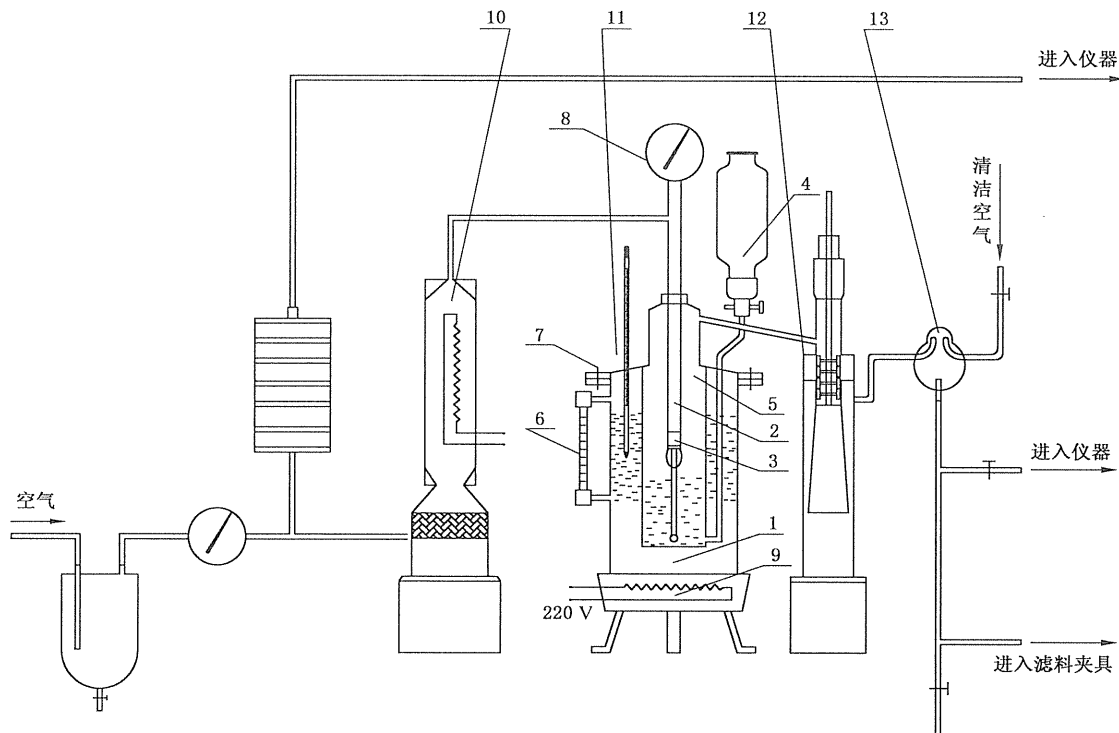
I.1.1 发雾原理

压缩空气流以超音速通过喷嘴,将汽轮机油(透平油)带出分散成雾,藉滤油网子的撞击,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 °C~100 °C。

I.1.2 结构

I.1.2.1 油雾发生炉(结构示意图见图 I.1)是一个钢制水(油)浴容器(1),在其内放有能拧上喷嘴的钢(或铜)管(2)。喷嘴(3)由内径 0.6 mm~0.7 mm 的五个小孔组成。经过管的另一端进入空气,该端的连接螺帽在管接头内。管接头仍拧在油雾发生炉上。汽轮机油(透平油)由漏斗(4)按定量注入油容器(5)内,油容器置于水(油)浴容器(1)内,用水(油)位玻璃管(6)检查圆筒内的水(油)位。水(油)浴温度由控温器恒温。整个发生炉座在自控的加热电炉(9)上。

I.1.2.2 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,从而成一个螺旋的渠道,油雾经渠道以一定线速度通过。



- |               |            |
|---------------|------------|
| 1——钢制水(油)浴容器; | 8——气压表;    |
| 2——钢(铜)管;     | 9——加热电炉;   |
| 3——喷嘴;        | 10——空气加热器; |
| 4——油漏斗;       | 11——油雾发生炉; |
| 5——油容器;       | 12——螺旋分离器; |
| 6——水(油)位玻璃管;  | 13——混合器。   |
| 7——温度计;       |            |

图 I.1 喷雾型油雾发生器示意图

## I.2 汽化—凝聚式油雾发生器(示意图见图 I.2)

### I.2.1 发雾原理

用压缩空气将贮油器中的汽轮机油(透平油)经毛细管流量计控制压入汽化炉中,油通过上接管,进入管状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。

### I.2.2 发生炉结构(结构示意图见 I.2)

#### I.2.2.1 发生炉炉芯的绕制

##### I.2.2.1.1 材料及规格

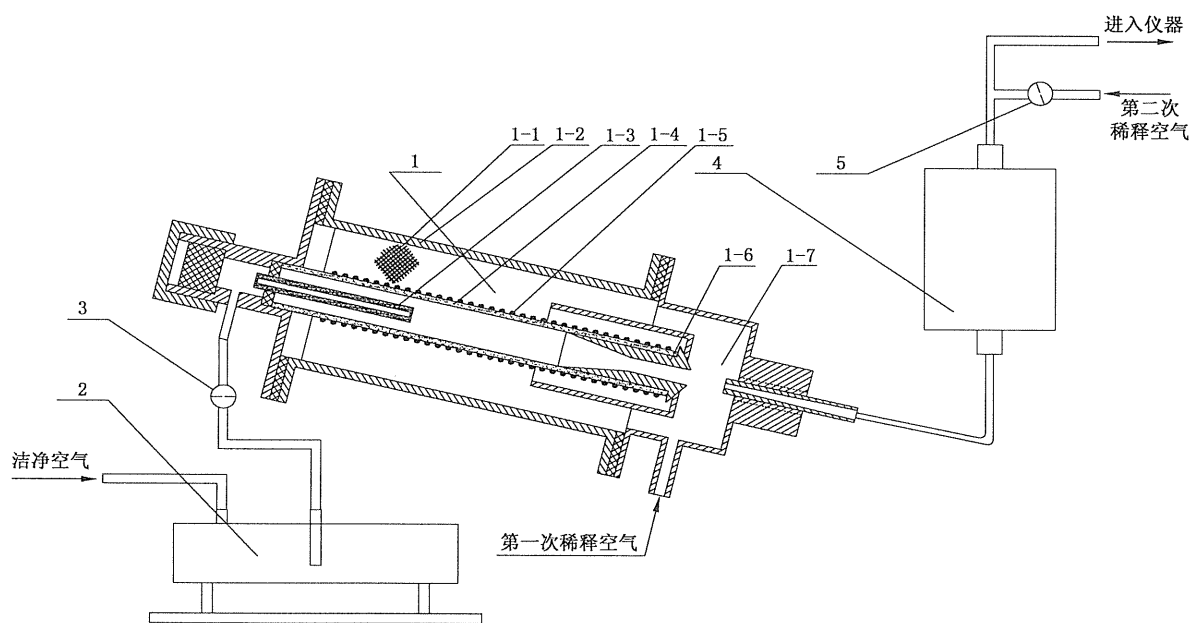
- a) 内瓷管(1-3)内径 1.5 mm±0.05 mm,外径 3.5 mm±0.17 mm,长为 200 mm~300 mm;
- b) 外瓷管(1-4)内径 14 mm,外径 30 mm,长为 440 mm;
- c) 喷嘴(1-6)材料用铜或不锈钢,孔径为 1.2 mm;
- d) 镍铬电阻丝(1-5)直径为 0.5 mm,长为 11.5 m;
- e) 石棉绳;
- f) 水玻璃(工业用)。

##### I.2.2.1.2 炉芯的绕制步骤

- a) 挑选平直、光滑的外瓷管,在离端头 5 mm 处锉一个小槽;
- b) 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,将另一端拉直约 150 mm~200 mm 固定;
- c) 将电阻丝间隙用石棉绳填满,缠紧;
- d) 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;
- e) 在外瓷管的下端紧紧地嵌入金属喷嘴,为使喷嘴严密,在喷嘴涂一层水玻璃,喷嘴孔内插入一小木塞以防喷嘴被水玻璃堵塞;
- f) 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。

##### I.2.2.2 发生炉炉芯的装配

- a) 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(注意绝缘);
- b) 用石棉纤维和汽轮机油(透平油)一起混合均匀的填料填平缝隙,盖好盖子,拧紧螺丝;
- c) 插入内瓷管,用填料压紧、压实,以保证不漏油。最后固定。



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

图 I.2 汽化—凝聚式油雾发生器示意图



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
高效空气过滤器性能试验方法  
效率和阻力  
GB/T 6165—2008

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

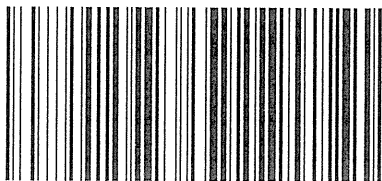
\*

开本 880×1230 1/16 印张 3.75 字数 99 千字  
2009年4月第一版 2009年4月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-35873

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533



GB/T 6165—2008