

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6040—2017  
代替 MH/T 6040-2006

---

航空材料烟密度试验方法

Test method for smoke density generated by aircraft materials

2017 - 03 - 17 发布

2017 - 06 - 01 实施

中国民用航空局 发布



## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替并废除MH/T 6040—2006《航空材料烟密度试验方法》，与MH/T 6040—2006相比主要技术变化如下：

- 修改了图1“烟密度测定仪结构示意图”（见4.1.2，2006年版4.1.2）；
- 修改辐射炉功率为650 W（见4.1.3，2006年版4.1.3）
- 增加了试验设备“试样背衬”及其描述（见4.1.6）；
- 增加了图5“绝缘导线架B示意图”（见4.1.7，2006年版4.1.6）；
- 修改了“热流计”及其描述（见4.1.10，2006年版4.1.9）；
- 修改了“一般要求”，删除了对燃气的要求（见4.1.15.1，2006年版4.1.14.1）；
- 增加了图10“直管燃烧器示意图”（见4.1.15.3，2006年版4.1.14.2）；
- 增加了“燃气”及其要求（见4.1.16）；
- 修改了“试样取向”，增加了“报告中取最大值并报告试样取向方向”（见5.2，2006年版5.2）；
- 修改了“试样安装”，修订了导线直径（见5.4.2.3，2006年版5.4.2.3）；
- 修改了“辐射炉保护”，修订了石棉板厚度（见7.1，2006年版7.1）；
- 增加了对无焰燃烧时的要求“进行无焰燃烧时，应将燃烧器取下后再开始试验”（见8.2.3c）；

本标准由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本标准由中国民用航空局航空器适航审定司批准立项。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准起草单位：中国民用航空局第二研究所。

本标准主要起草人：刘又瑞、于新华、苏正良、包雯婷、陈元、刘晓杰、夏祖西。

本标准于2006年6月首次发布。



# 航空材料烟密度试验方法

## 1 范围

本标准规定了固体航空材料或部件（包括绝缘导线）燃烧或热分解的烟密度的测定方法。

本标准适用于测量和描述航空材料在受控条件下的对热反应和对火反应，不适用于描述或评价材料、产品、结构或部件在实际着火条件下的危害或危险性。

## 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 2.1

烟密度 **smoke density**

$D_s$

材料或部件在规定的试验条件下的产烟浓度。

### 2.2

最大烟密度 **maximum smoke density**

$D_m$

规定的时间内烟密度的最大值。

示例：4 min 内的最大烟密度记为<sup>4</sup> $D_m$ ，20 min 内的最大烟密度记为<sup>20</sup> $D_m$ 。

## 3 试验原理

本标准规定的试验方法的基本原理是布格定律（Bouguer's Law），即根据被测材料燃烧或热分解而积聚在密闭箱内的烟（固体悬浮物或液体颗粒）产生的光衰减，通过几何因子和测得的透光率而导出烟密度来表示。

## 4 试验设备

### 4.1 烟密度测定仪

#### 4.1.1 组成

烟密度测定仪的组成如图1所示。

#### 4.1.2 烟密度箱体

如图1所示，烟密度箱内腔宽、深、高尺寸分别为： $(914\pm 3)$  mm、 $(610\pm 3)$  mm、 $(914\pm 3)$  mm。制作烟密度箱的材料宜为搪瓷钢板或不锈钢板，以防止化学腐蚀，并易于定期清洁。箱体的正面应装有带玻璃观察窗的门。竖直的光路通过烟密度箱左侧，在箱体的底板和顶板上镶有对应的两块平板玻璃作为光窗，以便竖直的平行光束通过烟箱。箱体应设有进气口、排气口、取样口、混合气入口、泄压口以及压力测量口等，箱体上的门以及所有开口的四周均应密封，确保在试验过程中，当箱门关闭时，箱内物质没有泄漏并可能产生小的正压保持在箱内。箱壁上的适当位置应设有防爆板。

#### 4.1.3 辐射炉

辐射炉采用开口直径应为76 mm，功率约为650 W的电炉，具体结构如图2所示。电炉应位于与箱体前、后壁等距离的中心线上，开口端距右箱壁305 mm，炉中心线高于箱底195 mm。在关闭箱门后的稳定状态下，辐射炉控制系统应保持热量为 $(2.50\pm 0.05)$  W/cm<sup>2</sup>。控制系统应有一个自耦变压器或交流控制设备。

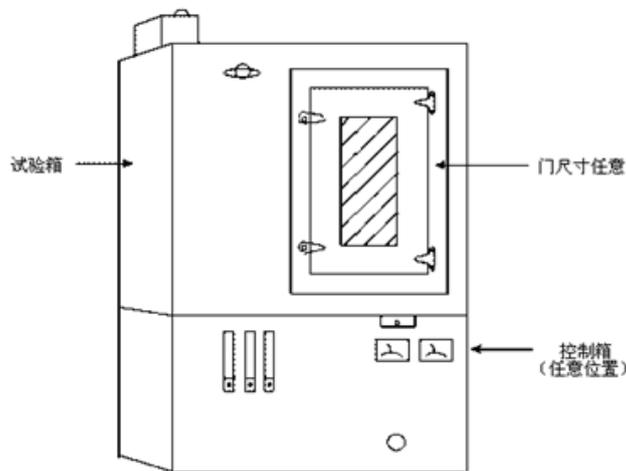


图1 烟密度测定仪结构示意图

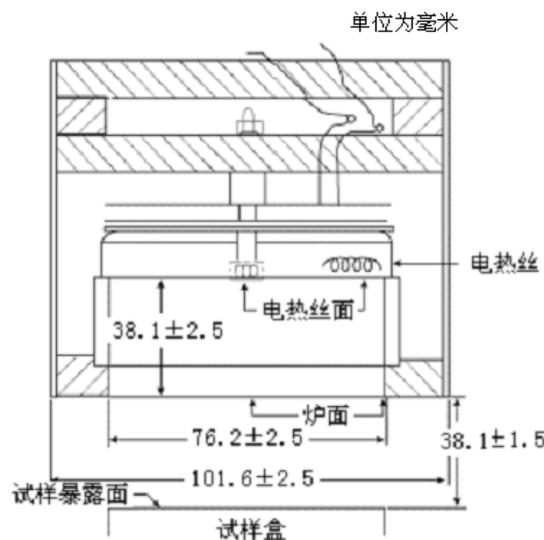


图2 辐射炉剖面示意图

#### 4.1.4 电源

应按烟密度测定仪元件的要求配置稳定的电源，如果电压值波动超过了额定值的2.5%，则还应配备一个稳压器。

#### 4.1.5 试样盒

试样盒如图3所示，试样暴露面积应为 $(65.0 \pm 1.5) \text{ mm} \times (65.0 \pm 1.5) \text{ mm}$ ，试样盒框里应另有固定试样的背衬板、弹簧片和挡杆。

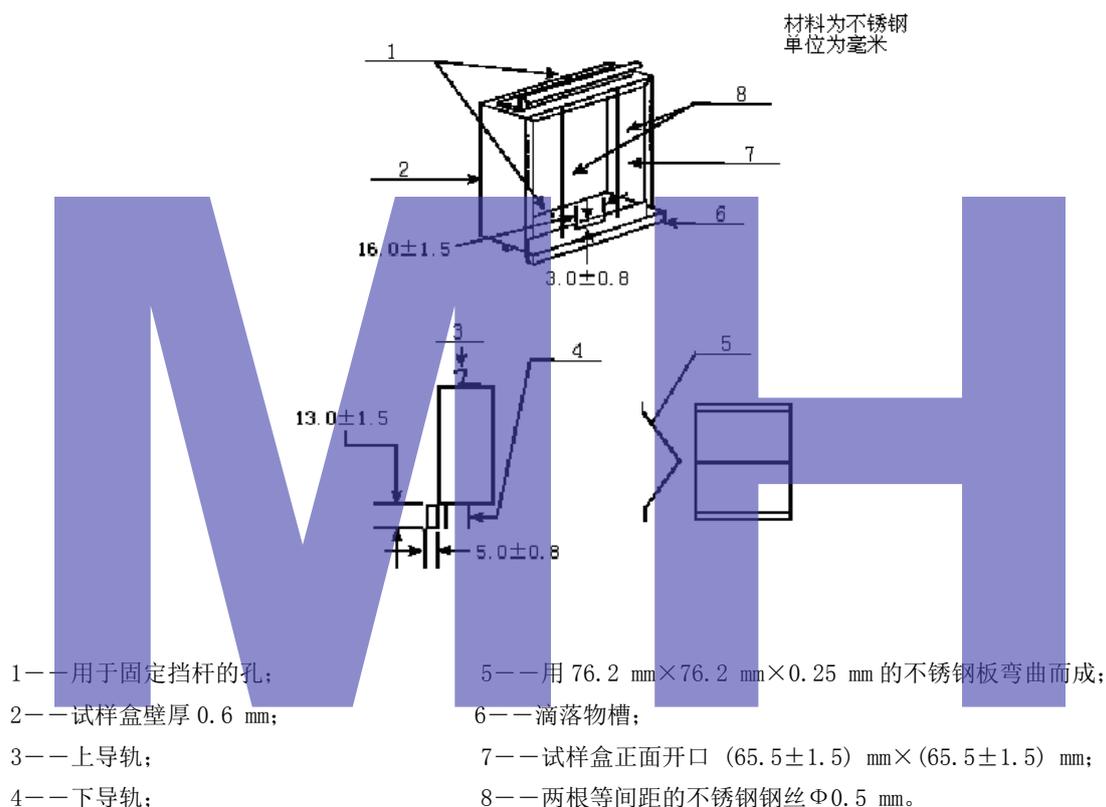


图3 试样盒示意图

#### 4.1.6 试样背衬

用一片隔热板作为试样的背衬和空白试样。隔热板应切成 $(74 \pm 1) \text{ mm} \times (74 \pm 1) \text{ mm} \times (13 \pm 1) \text{ mm}$ 。

#### 4.1.7 绝缘导线架

绝缘导线架用于支撑试验导线，其材料为不锈钢，结构和尺寸见图4、图5。

单位为毫米

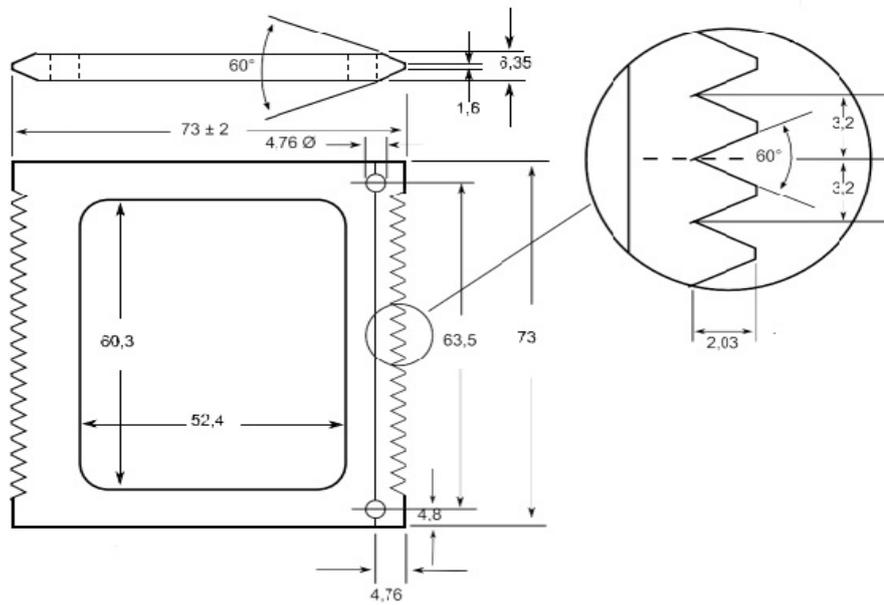


图4 绝缘导线架 A 示意图

单位为毫米

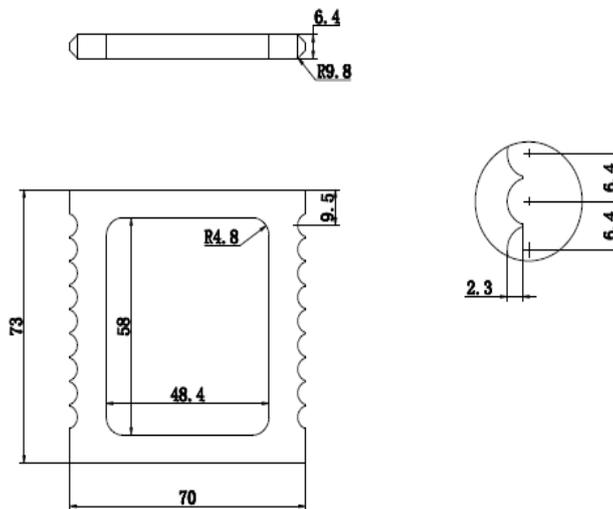


图5 绝缘导线架 B 示意图

#### 4.1.8 辐射炉和试样盒的支架

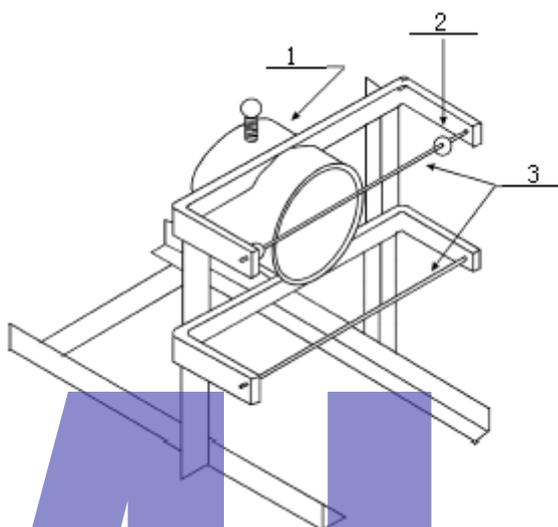
辐射炉和试样盒的支架应按图6进行装配，辐射炉的炉口端面距离试样暴露面应为  $(38 \pm 1)$  mm。

#### 4.1.9 光测量系统

4.1.9.1 光测量系统由光源和光电探测器组成，光电探测器用于测量垂直方向的光经过测试材料所释放的烟后的变化情况。系统在烟密度箱中的位置如图7所示，结构如图8所示。

4.1.9.2 光源应是一个白炽灯，安装在烟密度箱的左下方的密闭不透光的罩中，罩中有光学器件以形成平行光束通过烟箱。光源应在一恒压电路中工作，色温应为 $(2200 \pm 100)$  K。

4.1.9.3 光电探测器是一暗电流小于 $10^{-9}$  A的光电倍增管。光电倍增管安装在与光源对应的箱顶部的密闭不透光的罩内，同样罩内也有相应的光学器件将通过烟箱的平行光束聚焦到光电倍增管的光窗内。



- 1—辐射炉定位环；  
2—中心调节栓；  
3—试样盒支撑杆。

图6 辐射炉支架示意图

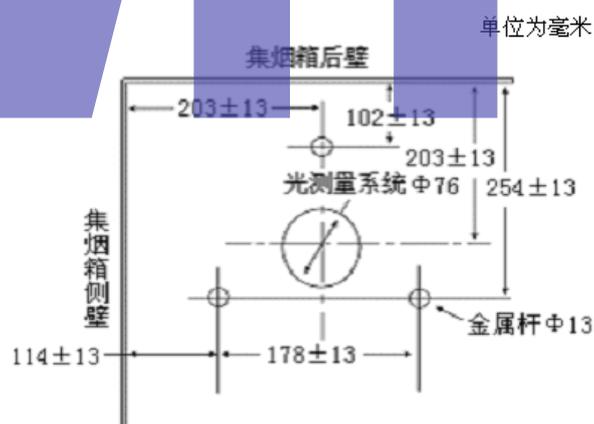
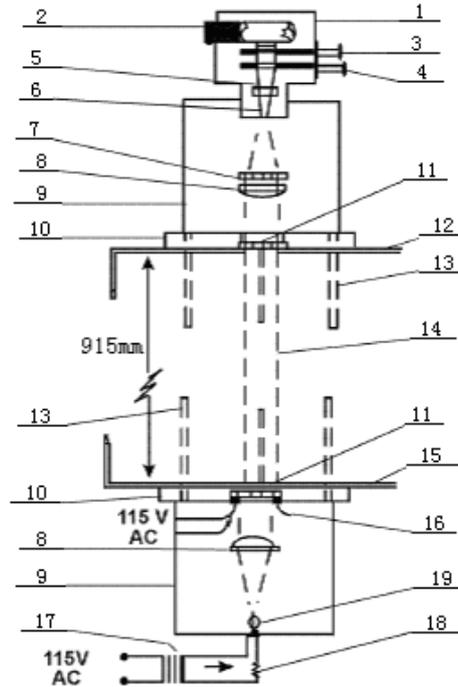


图7 光测量系统在烟密度箱中的位置



- |                   |             |             |
|-------------------|-------------|-------------|
| 1—光电倍增管管罩；        | 8—屈光度为7的透镜； | 15—箱底板；     |
| 2—光电倍增管和插座；       | 9—光学系统罩；    | 16—光窗加热器；   |
| 3—带多孔ND2过滤片的上部盖板； | 10—光学系统平台；  | 17—光源可调变压器； |
| 4—带单孔的下部盖板；       | 11—光窗；      | 18—可调电阻器；   |
| 5—半透明的扩展滤光片；      | 12—箱顶；      | 19—光源       |
| 6—孔板；             | 13—平行定位杆；   |             |
| 7—中性密度补偿（9片一组）；   | 14—平行光柱；    |             |

图8 光测量系统示意图

#### 4.1.10 热流计

应有一风冷式或水冷式热流计校准辐射炉的输出。

#### 4.1.11 压力调节器

压力调节器应由一只注满水的开口瓶和长度不超过305 cm、内径为25 mm~30 mm的管子组成。管子的一端与箱内的端口相连（该端口位于距烟密度箱顶部152 mm范围内），另一端位于瓶内水平面下102 mm处。

#### 4.1.12 烟密度箱壁热电偶

烟密度箱壁热电偶用来监测烟密度箱壁的温度。热电偶应有绝缘盖盘，并安装在箱后壁内表面的几何中心处。

#### 4.1.13 压力计

压力计用于监测箱内压力的变化，宜采用测量范围能达到152 mm水柱的水压计。

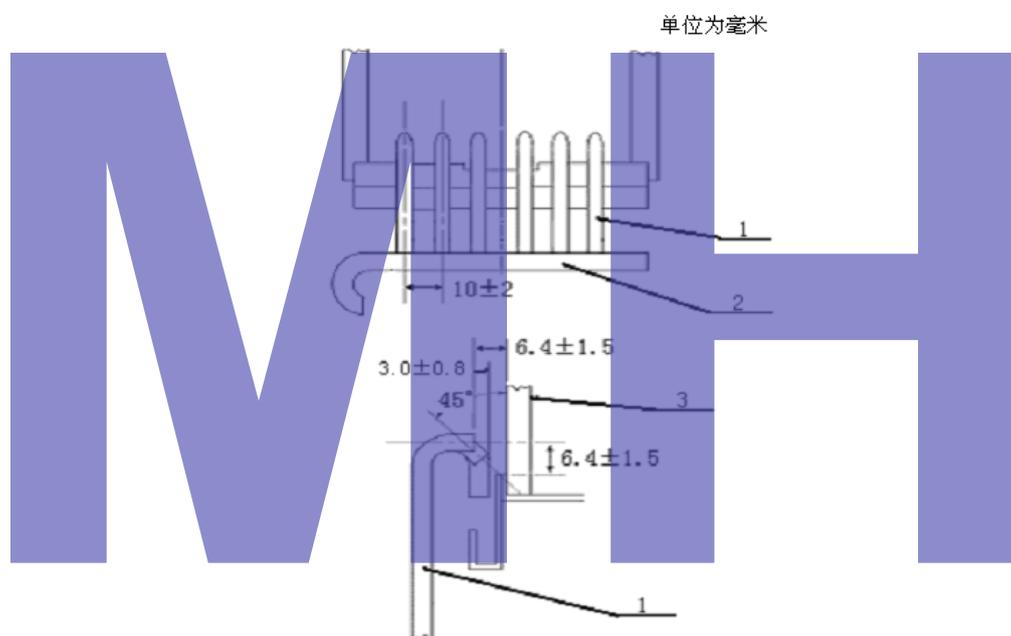
#### 4.1.14 排烟装置

排烟装置用于每次试验后排除试验箱内残留的气体和烟雾。

#### 4.1.15 燃烧器

##### 4.1.15.1 一般要求

燃烧器由六个燃烧支管和一个母管组成,如图9、图10所示。六个燃烧支管应用外径为3.2 mm、内径为 $(1.4 \pm 0.025)$  mm的不锈钢管制成,全部连到外径为6.4 mm、壁厚为0.9 mm的不锈钢母管上。母管的一端应封闭,另一端连接到箱底气源连接接头上。燃烧器应居中并平行放置于试样盒的前面,水平支管的喷嘴中心线位于试样暴露面底边上方 $(6.4 \pm 1.5)$  mm处,距离试样表面 $(6.4 \pm 1.5)$  mm,如图9、图10所示。燃烧器应是可拆卸的,以便于不同的试验换用不同的燃烧器。另外,喷嘴孔内若附有试样滴落物或残渣,应及时用弹簧钢丝或其他有效的方法清除,以免影响试验结果。燃烧器的燃烧管可视火焰长度应为6 mm,内焰长度应为3 mm。



- 1—燃烧管;
- 2—母管;
- 3—试样。

图9 标准型燃烧器示意图

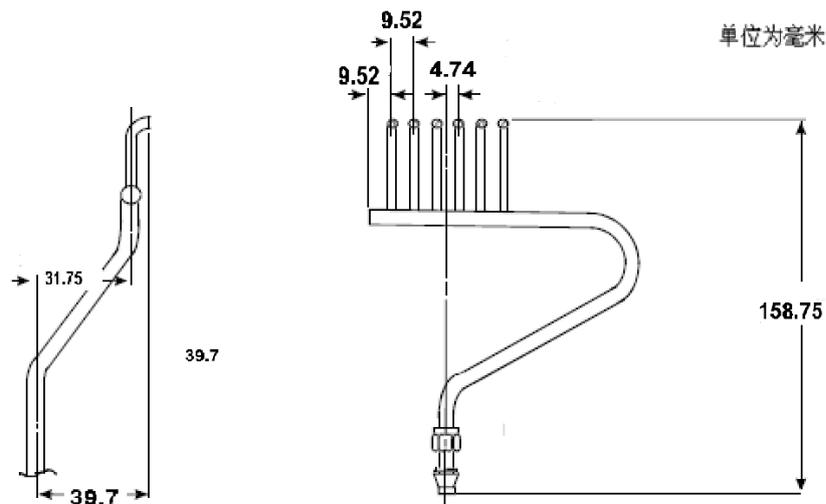


图10 直管燃烧器示意图

#### 4.1.15.2 标准型燃烧器

标准型燃烧器（如图9所示）的六只支管的喷嘴与试样暴露面分别成 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 夹角，中间两根的喷嘴与试样暴露面成 $45^\circ$ 夹角，两侧两根的喷嘴与暴露面成 $90^\circ$ 夹角，其余两根与暴露面成 $0^\circ$ 夹角。

#### 4.1.15.3 直管燃烧器

直管燃烧器（如图10所示）的六只支管的喷嘴均与试样暴露面成 $90^\circ$ 夹角，该燃烧器用于绝缘导线烟密度试验。

#### 4.1.16 燃气

燃烧器使用的燃气由经过滤的无油空气和纯度至少为95%的丙烷混合而成，然后被输送到燃烧器中。每种气体分别通过经校准的流量计，空气和丙烷的混合物是由标准温度和压力下流量为 $(500 \pm 20) \text{ cm}^3/\text{min}$ 的空气和流量为 $(50 \pm 3) \text{ cm}^3/\text{min}$ 的丙烷组成。流向流量计的压缩空气压力为 $(0.14 \pm 0.03) \text{ MPa}$ ，丙烷压力为 $(0.1 \pm 0.02) \text{ MPa}$ 。

#### 4.2 预处理箱

预处理箱用于处理试样，应将试样保持在温度为 $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 的状态下。

#### 4.3 其他设备

其他设备指试验过程中所用到的一些辅助设备，如记录仪、计算机数据采集系统等。

### 5 试样

#### 5.1 尺寸

试样的长和宽均应为 $(73 \pm 2) \text{ mm}$ ，厚度应不大于 $25 \text{ mm}$ 。应将未切削面作为暴露面。

#### 5.2 试样取向

如目测试样表面有明显纹理或各向异性，则试样应在两个或更多方向上取样并报告所有的试验结果，报告中取最大值并报告试样取向方向，导线只测试垂直方向。

### 5.3 试样数量

每种材料、产品、结构或部件应至少准备三个试样。

### 5.4 试样制备

#### 5.4.1 取样

试样对所测试材料或部件应具充分的代表性，并按照指定的程序准备。应在同厚度、同组成的平面部分而不是弯曲面、模制面或特殊部位取样。如果所试材料的任一面都有可能暴露在火焰中，则两个面都应测试，应相应地准备两组试样。

#### 5.4.2 试样安装

5.4.2.1 所有的试样都应用 0.04 mm 厚的铝箔包覆其背火面及四周边缘，且用无光面接触试样。在包覆过程中，铝箔不应被刺穿或产生不必要的褶皱，试样装好后，应修整多余的铝箔。

5.4.2.2 应用一弹簧片和挡杆固定试样和背衬板。对 16 mm~25 mm 厚的试样，不应使可压缩试样厚度变形到低于正常厚度。

5.4.2.3 在安装导线试样时，对直径为 1.29 mm 或更细的导线，应将导线绕在图 4 所示的绝缘导线架 A 上。将一段长约 2.5 m 导线的一端穿在试样架的一个孔上，然后依次绕在框架上的凹槽内，绕完最后一圈后将端头穿在试样架另一个孔上以防松开。对直径为 1.29 mm~1.63 mm 的导线，应将导线绕在图 5 所示的绝缘导线架 B 上。对直径为大于 1.63 mm 的导线，应将导线剪成 75 mm 长的导线段，然后挨个排列在试样架的前面。

5.4.2.4 用铝箔将试样包好，依次将试样、背衬板和弹簧片装入试样盒固定好，使导线垂直固定在试验盒的最前面，如图 11 所示。

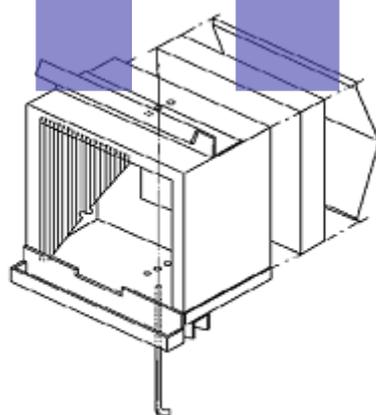


图11 直径大于 1.63 mm 的导线的固定示意图

## 6 状态调节

试验前应将试样放置在温度为  $(21 \pm 3)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $(50 \pm 5)\%$  的环境中至少 24 h。试样应放在架子上使空气接触所有表面，箱内通风，有助于加速平衡过程。

## 7 试验设备的校准和维护

### 7.1 辐射炉保护

准备一个由 $(13 \pm 1)$  mm厚的石棉板组成的空白试样，为保证辐射炉辐射的热流稳定，在没有进行试验或校准时，将空白试样放置在辐射炉前。

### 7.2 定期校准步骤

#### 7.2.1 光测量系统

应至少每两个月用一组中性滤光片或等效物对光路系统进行校准。

#### 7.2.2 辐射炉

应用经校准的热流计来监测辐射炉产生的热量。将热流计安装在辐射炉支架的水平杆上，通过滑动或移动空白试样盒来准确定位热流计与辐射炉口的相对位置。调节辐射炉控制系统的设置，使热量为 $(2.50 \pm 0.05)$  W/cm<sup>2</sup>。当热量达到规定的要求并至少稳定5 min后，从箱内取出热流计，将空白试样盒移至辐射炉口。

#### 7.2.3 箱体泄漏试验

烟密度箱泄漏试验至少每个月应进行一次，试验步骤如下：

- a) 关闭进气阀和箱门；
- b) 往箱内加压，使箱内压力不低于大气压 76.2 mm 水柱；
- c) 监测箱内压力，确认箱内压力泄漏在 2 min 内小于 50.8 mm 水柱。

#### 7.2.4 总系统

应至少每月进行一次试验来检查整个系统。试验材料应采用稳定的、4 min 之内的最大烟密度值 (<sup>4</sup>D) 在 150~220 之间的标准样。

## 8 试验步骤

### 8.1 试验前的准备工作

- 8.1.1 应清扫试验箱内壁、电炉及支架，并清洁光测量系统的上、下光窗。
- 8.1.2 将燃烧器和试验位置进行精确定位，然后将空白试样置于试验位置（只在校准辐射炉以及试验时从该位置上移开）。
- 8.1.3 接通总电源，通过加热电源及排风扇调节箱内壁的温度到 $(35 \pm 2)$  °C，调节辐射炉电压，使试样表面热量达到 $(2.50 \pm 0.05)$  W/cm<sup>2</sup>。
- 8.1.4 分别对光测量系统进行调零和调 100%。
- 8.1.5 调节丙烷气和空气流量分别为 $(50 \pm 3)$  cm<sup>3</sup>/min 和 $(500 \pm 20)$  cm<sup>3</sup>/min，点燃燃烧器的六个火焰口，保证火焰符合 4.1.15.1 的要求。

### 8.2 试验

- 8.2.1 将试样固定在试样盒上，并将试样盒置于试验位置，同时启动计时器并立即关闭箱门。

8.2.2 试验时应检查箱内压力,当出现负压时,应稍微打开进气口;当出现正压时,应注意压差变化;压差过大时,应打开排气阀,以防爆炸或其他事故发生。

8.2.3 试验过程中,应仔细观察燃烧管的燃烧情况。当:

- a) 对绝缘导线进行试验时,在试验刚开始时(5 s 内),若有燃烧支管火焰熄灭,则应停止试验,重新点火再进行试验;若有燃烧支管火焰在前 10 min 内熄灭,则该试验应为无效,用新试样重新试验;若有燃烧支管火焰在 10 min 之后熄灭,则应继续进行试验,记录熄灭的火焰数及熄灭时间;
- b) 对其他试样进行试验时,应注意垂直于试样表面和与试样表面成 45° 角的四根燃烧管,若这四根燃烧管中的任意一根熄灭时间超过 3 s,则该试验应视为无效,用新试样重新试验;
- c) 进行无焰燃烧时,应将燃烧器取下后再开始试验。

8.2.4 绝缘导线试验时间为 20 min,其他试样试验时间为 4 min。试验结束后,应用空白试样盒替换试样盒,打开排气阀,将箱体内烟雾彻底排除,准备下一个试样的试验。

8.2.5 每次试验后,应清洁光测量系统玻璃光窗、观察窗、箱壁、试样盒。

### 8.3 试验记录

8.3.1 应连续记录试验箱内的透光率,直至试验结束。

8.3.2 详细记录试验过程中出现的各种现象,如试样的收缩、熔化、分层、滴落、下陷等。

## 9 计算

9.1 应按公式(1)计算烟密度:

$$D_s = \frac{V \log_{10}(100/T)}{LA} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$D_s$ —烟密度;

$V$ —密闭箱的体积,单位为立方米( $m^3$ );

$T$ —百分透光率;

$L$ —通过烟的光程长度,单位为米(m);

$A$ —试样的暴露面积,单位为平方米( $m^2$ )。

注:按照本标准制作的设备,辐射炉的体积和门凹进去的体积总共小于箱体体积的1%,因此 $V/AL$ 等于132。

9.2 记录和计算规定时间内的最大烟密度值,分别以 $^4D_m$ 、 $^{20}D_m$ 表示。

## 10 报告

报告应至少包含以下内容:

- a) 试样名称、型号、批号、生产厂家等;
- b) 详细地描述试样,包括层状或夹芯结构、特殊的制作工艺、装配、形状、厚度、质量、颜色或其他相关尺寸、试样的取向等;
- c) 试样的预处理条件及时间;
- d) 试样的数量;
- e) 箱壁的温度;
- f) 试验期间观察到的试验现象(如试样的收缩、熔化、分层、滴落、下陷等)以及现象发生时间;

- g) 试样的试验数据  $D_m$  及其平均值以及对应的时间图表或曲线图;
  - h) 试验人员、审核人员、批准人员签名, 试验单位以及试验日期等。
-