

中华人民共和国国家标准

GB/T 10671—2023

代替 GB/T 10671—2008

固体材料产烟的比光密度试验方法

Test method for specific optical density of smoke generated by solid materials

2023-08-06 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 10671—2008《固体材料产烟的比光密度试验方法》，与 GB/T 10671—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了适用材料的种类(见第 1 章)；
- b) 增加了“烟暗化指数”的术语和定义(见 3.7)；
- c) 增加了辐照度为 50 kW/m^2 的试验要求，并将试样总量的下限由 6 个改为 9 个(见 7.2.2)；
- d) 调整了试验前准备的顺序，将辐射炉改为辐射锥，删除了透光率仪表相关内容，增加了气密性检查步骤(见 8.1, 2008 年版的 8.1)；
- e) 删除了透光率与比光密度对照的内容(见 2008 年版的附录 B)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国海洋船标准化技术委员会(SAC/TC 12)提出并归口。

本文件起草单位：中国船舶重工集团公司第七二五研究所、青岛双瑞海洋环境工程股份有限公司。

本文件主要起草人：樊宁波、罗文、王文龙、王方玲、乔冬平、任伟伟、王宇东、王廷勇、王小华。

本文件于 1989 年首次发布，2008 年第一次修订，本次为第二次修订。

固体材料产烟的比光密度试验方法

1 范围

本文件规定了固体材料产烟的比光密度的原理、试验设备、试样、试验程序、试验结果的评定和计算以及试验报告。

本文件适用于在无焰模式或火焰模式条件下,复合材料、橡胶、泡沫、涂料、胶黏剂、薄型材料、绝缘线等固体材料产烟的比光密度的测试。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

透光率 light transmittance

透射光通量(F)与入射光通量(F_0)比值的百分数。

3.2

比光密度 specific optical density

在一定容积的试验箱中,试样燃烧产生烟雾的过程中,测定通过烟层之后光量衰减的程度,推导出相应的光密度。

注:材料燃烧产生烟雾的一种量度,亦可称为烟密度。

3.3

最大比光密度 maximum specific optical density

试验期间透光率最小时的比光密度。

注:亦可称为最大烟密度。

3.4

临界比光密度 critical specific optical density

透光率为 75% 时的比光密度。

3.5

无焰模式 no flaming exposure

用辐射锥对垂直安装的试样表面进行辐照度平均值为 25 kW/m² 或 50 kW/m² 的加热方式。

3.6

火焰模式 flaming exposure

在无焰模式基础上,在试样前安装燃烧器,使火焰直接灼烧试样的加热方式。

3.7

烟暗化指数 smoke obscuration index; SOI

达到临界比光密度时烟气总量与产烟速率的综合指数。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A ——试样暴露面积,单位为平方米(m^2);

D_c ——最大透光率 T_c 对应的光密度值;

D_m ——最大比光密度;

$D_{m(\text{corr})}$ ——最大比光密度修正值, $D_{m(\text{corr})} = D_m - D_c$;

D_s ——比光密度;

D_{16} ——临界比光密度;

L ——光程长度,单位为米(m);

R ——烟平均积聚速度,单位为每分钟(min^{-1});

SOI ——烟暗化指数,单位为每分钟的二次方(min^{-2});

T ——透光率(%);

t ——试验时间,单位为分钟(min);

T_c ——试验终止后,经排烟、通气净化后的最大透光率(%);

t_m ——最大比光密度对应的时间,单位为分钟(min);

$t_{0.1}$ 、 $t_{0.3}$ 、 $t_{0.5}$ 、 $t_{0.7}$ 、 $t_{0.9}$ ——达到最大比光密度 D_m 值的 10%、30%、50%、70%、90% 的时间,单位为分钟(min);

t_{16} ——从试验开始到达临界比光密度时所需的时间,单位为分钟(min);

V ——集烟箱体积,单位为立方米(m^3)。

5 原理

将布格定律应用于光束通过集烟箱后的衰减,即在集烟箱几何尺寸和试样的暴露面积为定值的情况下,测试光束通过烟层后光量衰减的程度,结果用比光密度表示。

6 试验设备

试验设备应满足附录 A 的要求。

7 试样

7.1 取样和制备

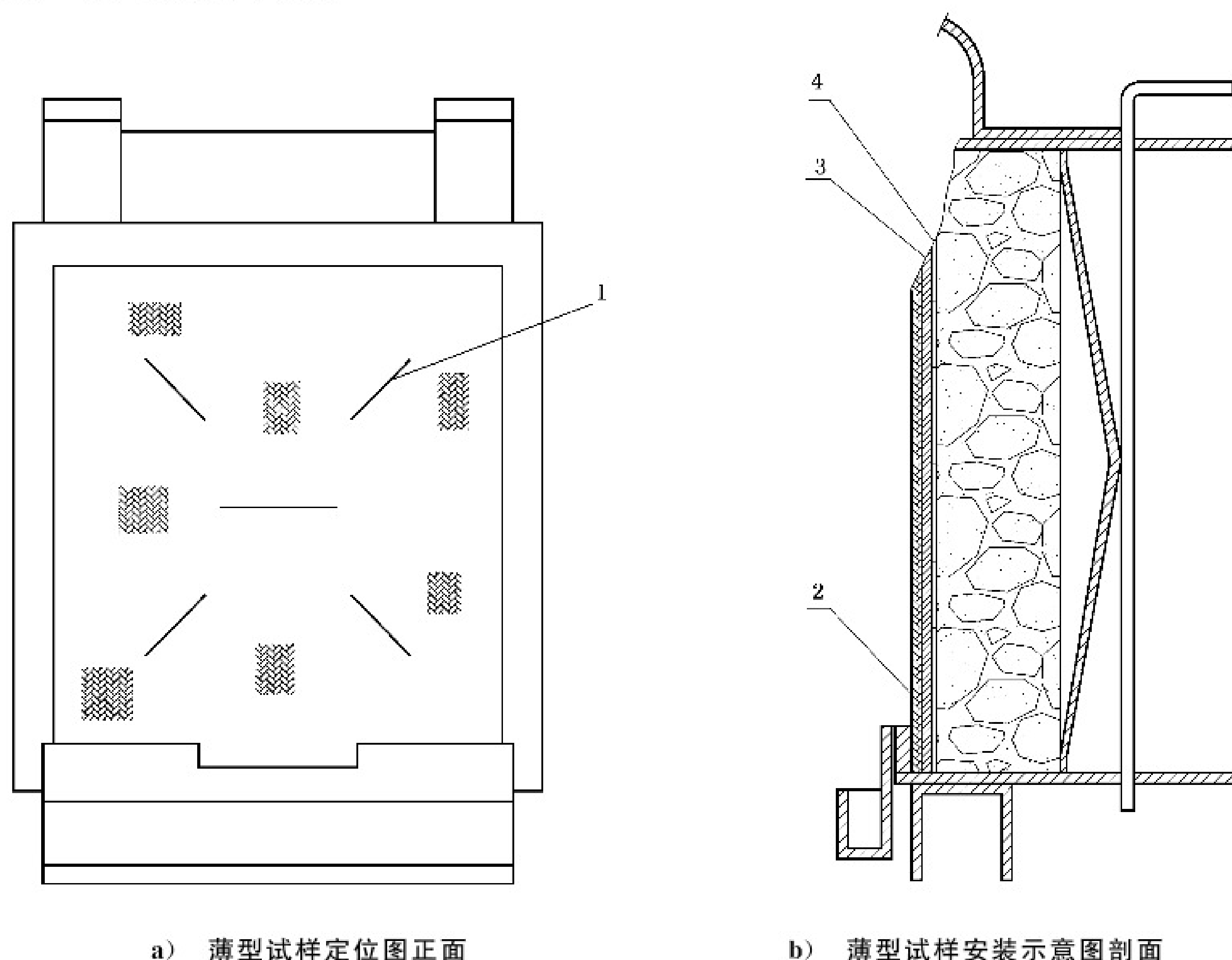
7.1.1 试样一般同组成、同密度、同厚度的平面部分取样,除特殊情况或另有规定外,不应在曲面、模制面、边缘或有缺陷的部位取样。

7.1.2 如试样表面有肉眼可见的纹理或试样为各向异性材料时,则应在不同方向取样试验,分别报告各个方向的试验结果。

7.1.3 被测材料如为复合材料、橡胶、泡沫时,试样的组成、结构及制造工艺均应与预定使用的材料相一致。如复合材料的两面在实际使用时均可能暴露于火焰中,则两个表面均应进行试验。

7.1.4 被测材料为胶黏剂或涂料时,按相关推荐工艺及涂布量涂在厚度约为 0.4 mm、用 0 号砂纸或砂布打磨掉镀锡层的马口铁皮上,完全固化之后进行试验。

7.1.5 对于遇热可能会收缩的薄型试样,如织物、壁纸、塑料膜等,应将其用五只订书钉按图 1 示意方位固定在带有小孔的、厚度为 0.4 mm 的不锈钢板上。薄型试样定位及安装示意图见图 1。图中衬板用于固定支撑试样,铝箔用于隔热。



标引序号说明:

- 1——订书钉;
- 2——薄型试样;
- 3——衬板;
- 4——铝箔。

图 1 薄型试样定位

7.1.6 被测材料如为绝缘线,绝缘线的直径应不大于 6.35 mm,试验前应将其均匀、平整地缠绕在图 2 所示的支撑框架上。其中,当绝缘线直径大于 3.2 mm 时,其标准试样长度应为 152 mm,缠绕在 A 型框架上,两端在框架边缘处折向框架中心,以防松散;当绝缘线直径不大于 3.2 mm 时,其标准试样长度应为 350 mm,缠绕在 B 型框架上,两端分别穿入框架上的孔眼并折弯,以防松散。

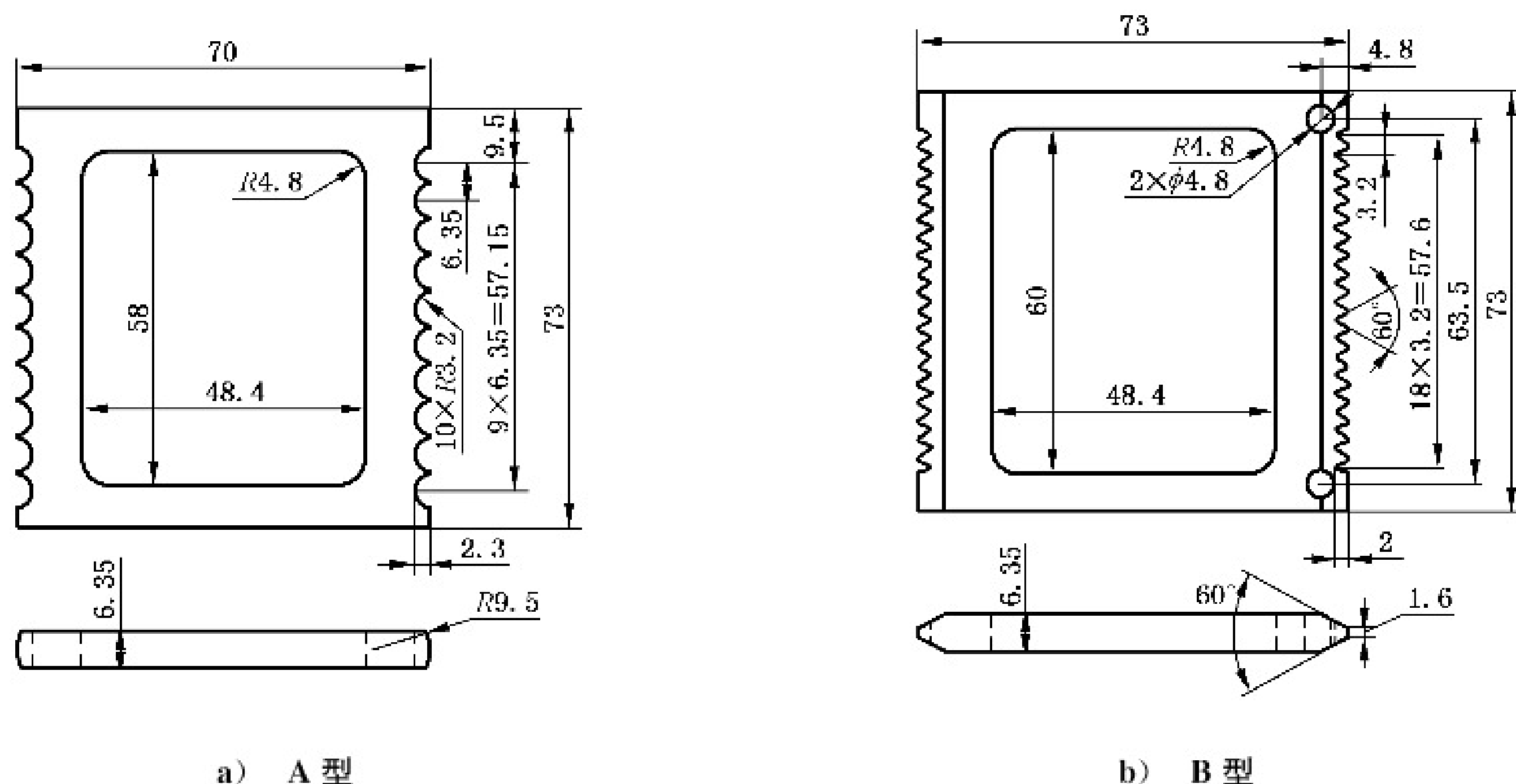


图2 绝缘线支撑框架

7.2 尺寸和数量

7.2.1 除绝缘线外,试样长度为 (75.5 ± 0.5) mm、宽度为 (75.5 ± 0.5) mm,厚度为实际厚度且不大于25.0 mm。除委托双方协商确认外,试样实际厚度超过25 mm时,应从单面加工至厚度不大于25.0 mm,测试面为未加工面。

7.2.2 针对三种试验模式:25 kW/m²热辐射条件下的火焰模式和无焰模式,50 kW/m²热辐射条件下的无焰模式。每种模式下的试样数量不少于3个,每种试样总量不少于9个。

7.3 状态调节

7.3.1 将试样在温度为 (23 ± 2) °C、相对湿度为 (50 ± 10) %的环境中调节24 h。在间隔24 h的两次相继称重中,试样的质量差不大于试样质量的0.1%或不大于0.1 g即为恒重,满足试验要求。

7.3.2 试样在干燥和状态调节时,应采用支架将其固定,以便空气能通过试样的各个表面。

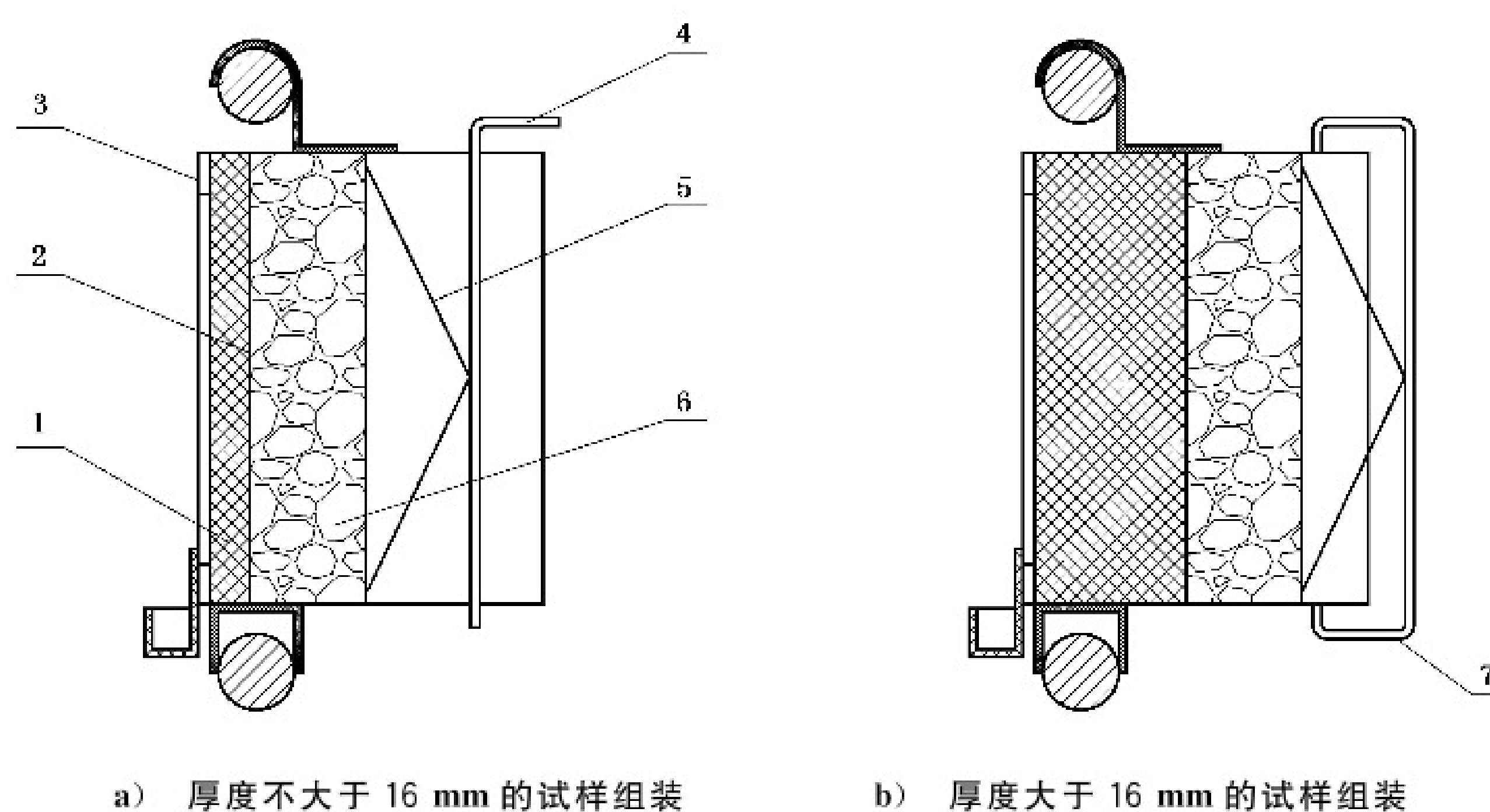
7.4 试样安装

7.4.1 用厚度约为0.03 mm方形铝箔,自试样背面沿其周边包覆至试样的暴露面。在包覆过程中,不应刺破铝箔并尽可能减少折皱。

7.4.2 试样组装见图3。将用铝箔包好的试样放入试样盒中。试样背面衬以石棉板或无机绝热衬垫,然后用弹簧片和挡杆将试样固定,不应使试样产生压缩变形。厚度大于16 mm的试样应采用C型挡杆固定。

7.4.3 试样暴露面应紧贴试样盒前缘。用刀片沿试样暴露面边缘将多余的铝箔切除。

7.4.4 试样盒上的小槽内应铺有铝箔。



标引序号说明：

- 1——试样；
- 2——铝箔；
- 3——试样盒；
- 4——挡杆；
- 5——弹簧片；
- 6——石棉板/无机绝缘衬垫；
- 7——C 型挡杆。

图 3 试样组装

8 试验程序

8.1 试验前准备

试验前按下列步骤进行准备。

- a) 关闭进气孔、抽烟孔和箱门，向箱内充入空气，至箱内气压达到 0.76 kPa，若 5 min 内箱内气压不小于 0.5 kPa，则箱内气密性良好，可以继续试验，反之，需要排除故障，重新校准。
- b) 打开箱门，启动排风机通气净化箱体，时间不少于 2 min。
- c) 关闭箱门、抽烟孔，打开进气孔。
- d) 用毛刷清扫集烟箱内壁、电炉及支架；用酒精脱脂棉球清洁上下光窗。
- e) 调节辐射锥温度，试样表面辐照度达到 25 kW/m² 或 50 kW/m²。
- f) 将“空”试样盒（指未装试样但装有石棉板/无机绝缘衬垫并用弹簧片及挡杆固定的试样盒）置于试验位置。
- g) 进行火焰模式试验时，应将燃烧器按附录 A 的规定，进行精确定位、燃气及空气流量调节并点燃。
- h) 连续试验时，辐射锥每 2 d 校准一次；间歇试验时，辐射锥每次试验前均应校准。
- i) 在箱体通过气密性检查前，不应进行试验。如果怀疑密封件有所损伤，应在试验之前重复气密性检查。

8.2 试验步骤

8.2.1 将“空”试样盒从炉前推开，立即将被测试样放入试样盒内，试样盒推至试验位置。关闭箱门，关

闭空气进气口,同时记录数据。

8.2.2 当测试软件显示透光率降低时,表示已有烟产生,应立即关闭进气孔。

8.2.3 试验时间一般为 20 min,达到最大比光密度后保持 3 min,即可终止试验;如试验进行 20 min 仍未达到最大比光密度,根据需要可适当延长试验时间,并在报告中注明。

8.2.4 火焰模式试验发现火焰出现异常时,应立即停止试验,及时采用弹簧钢丝或其他有效办法清除喷嘴堵塞物,期间不应调节试验参数。如无法清除,应更换新的喷嘴。

8.2.5 每个试样试验后应进行下列操作:

- a) 将试样盒从试验位置上移开,重新放置“空”试样盒;
- b) 关闭气源(当进行火焰模式时);
- c) 打开进气孔,开启排风机除去箱内烟尘,直到透光率不再增加时为止,记录此时的透光率 T_c ;
- d) 用酒精棉球清洁上下光窗。

8.2.6 每种试样试验后,应采用毛刷清洁集烟箱内壁、支架上的烟尘及残渣。

8.2.7 试验结束后,应切断总气源、总电源;卸下燃烧器并应立即清理。

8.2.8 试验期间观察记录试样发生的状态变化。

9 试验结果的评定和计算

9.1 试验结果的评定

9.1.1 试验结果主要以 D_m 、 t_{16} 表示。还可以根据 D_m 、 t_{16} 计算 R 及 SOI , D_c 、 D_{16} 、 t_m 、 $D_{m(\text{corr})}$ 作参考。

9.1.2 每种试验模式应取 3 次平行试验结果的算术平均值作为试验结果,取 3 位有效数字。

9.1.3 每次试验取 3 个平行试样为一组。如任一试样的 D_m 值与一组试样中的最小 D_m 值之差超过最小 D_m 值的 1/2 时,逐步增加试样数量,直至测出 3 个合适的结果。报告取 3 次试验结果的平均值。

9.1.4 一组试验中,如出现下列情况之一时,应再补充一组进行试验:

- a) 试样从试样盒上脱落;
- b) 熔融试样溢满小槽并流出;
- c) 试样进行无焰模式试验时自燃;
- d) 进行火焰模式试验时,任一喷嘴火焰熄灭。

此时试验结果的平均值,应是除去上述 4 种情况的测试值以外的正常试验结果的平均值;如果 3 个试样中有 2 个以上试样出现上述情况,则表明本试验方法不适用于该材料。

9.2 试验结果及计算依据

9.2.1 试验结果通过设备的计算机,可以自动记录、运算。

9.2.2 测试过程中,计算机实时记录试验时间 t 以及对应的透光率 T ,即 $T-t$ 值,按公式(1)计算,得到与 t 相对应的 D_s 值,即 D_s-t 值。

$$D_s = \frac{V}{A \times L} \times \lg \frac{100}{T} \dots\dots\dots(1)$$

9.2.3 通过计算机保存的 $T-t$ 值数据文件的查询以及公式(1)的计算,可获得 $t_{0.1}$ 、 $t_{0.3}$ 、 $t_{0.5}$ 、 $t_{0.7}$ 、 $t_{0.9}$ 、 t_{16} 、 D_m 、 t_m 的值。通过公式(2)、公式(3)计算出 R 及 SOI 。

$$R = \frac{D_m}{20} \left(\frac{1}{t_{0.3} - t_{0.1}} + \frac{1}{t_{0.5} - t_{0.3}} + \frac{1}{t_{0.7} - t_{0.5}} + \frac{1}{t_{0.9} - t_{0.7}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

$$SOI = \frac{D_m^2}{2\ 000 t_{16}} \left(\frac{1}{t_{0.3} - t_{0.1}} + \frac{1}{t_{0.5} - t_{0.3}} + \frac{1}{t_{0.7} - t_{0.5}} + \frac{1}{t_{0.9} - t_{0.7}} \right) \dots\dots\dots(3)$$

10 试验报告

试验报告一般包括下列内容：

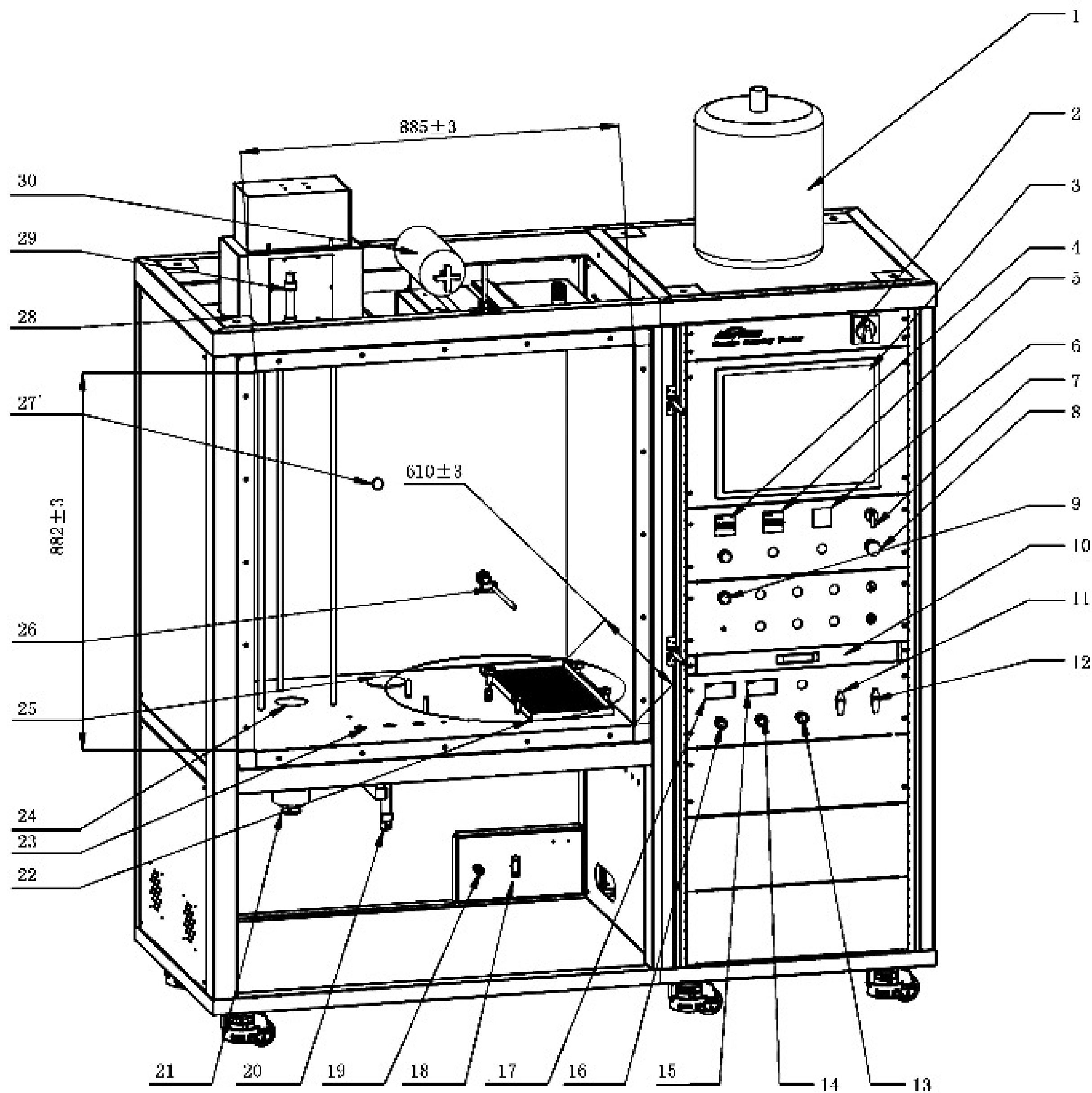
- a) 本文件编号；
- b) 所测材料的名称、牌号、类型、生产厂等；
- c) 试样厚度及取向和特殊的制备工艺、状态调节条件；
- d) 试验模式及试验条件,包括辐照度、燃气种类、环境温度、试验时间等；
- e) 试验期间试样发生的状态变化(如分层、收缩、崩落、熔融等)；
- f) 试验结果包括最大比光密度；
- g) 其他与描述被测试样产烟状况有关的现象,如集烟箱压力变化及烟粒子沉降特征等。

附录 A
(规范性)
试验设备

A.1 设备组成

本试验设备由集烟箱、加热系统、试样盒、光测量系统等四部分构成,见图 A.1。

单位为毫米



标引序号说明:

- | | | |
|-------------|--------------|-------------|
| 1——液压桶; | 11——燃气开关; | 21——光发射端; |
| 2——总开关; | 12——空气开关; | 22——防爆口; |
| 3——电脑; | 13——风冷调节; | 23——快插接口; |
| 4——辐射炉加热控制; | 14——空气流量调节; | 24——光入射口; |
| 5——辐射锥加热控制; | 15——空气流量显示屏; | 25——抽烟孔; |
| 6——箱体加热控制; | 16——燃气流量调节; | 26——试样推杆; |
| 7——测试标准选择; | 17——燃气流量显示屏; | 27——箱体温度点; |
| 8——急停; | 18——空气进气口; | 28——光信号接收端; |
| 9——光信号调节; | 19——燃气进气口; | 29——进气孔; |
| 10——抽屉; | 20——排烟风机; | 30——烟气过滤器。 |

图 A.1 试验设备组成示意图

A.2 集烟箱

A.2.1 集烟箱内腔尺寸至少为 882 mm×610 mm×885 mm,公差±3 mm。内表面应涂黑色无光耐高温防蚀涂料。

A.2.2 集烟箱箱体应由内置隔热材料的双层钢板制成,箱体后壁应设有辅助加热装置,以控制试验开始时的箱内温度。

A.2.3 箱体应设有玻璃观察窗、进气孔、空气进气口、燃气进气口、抽烟孔以及防爆口。

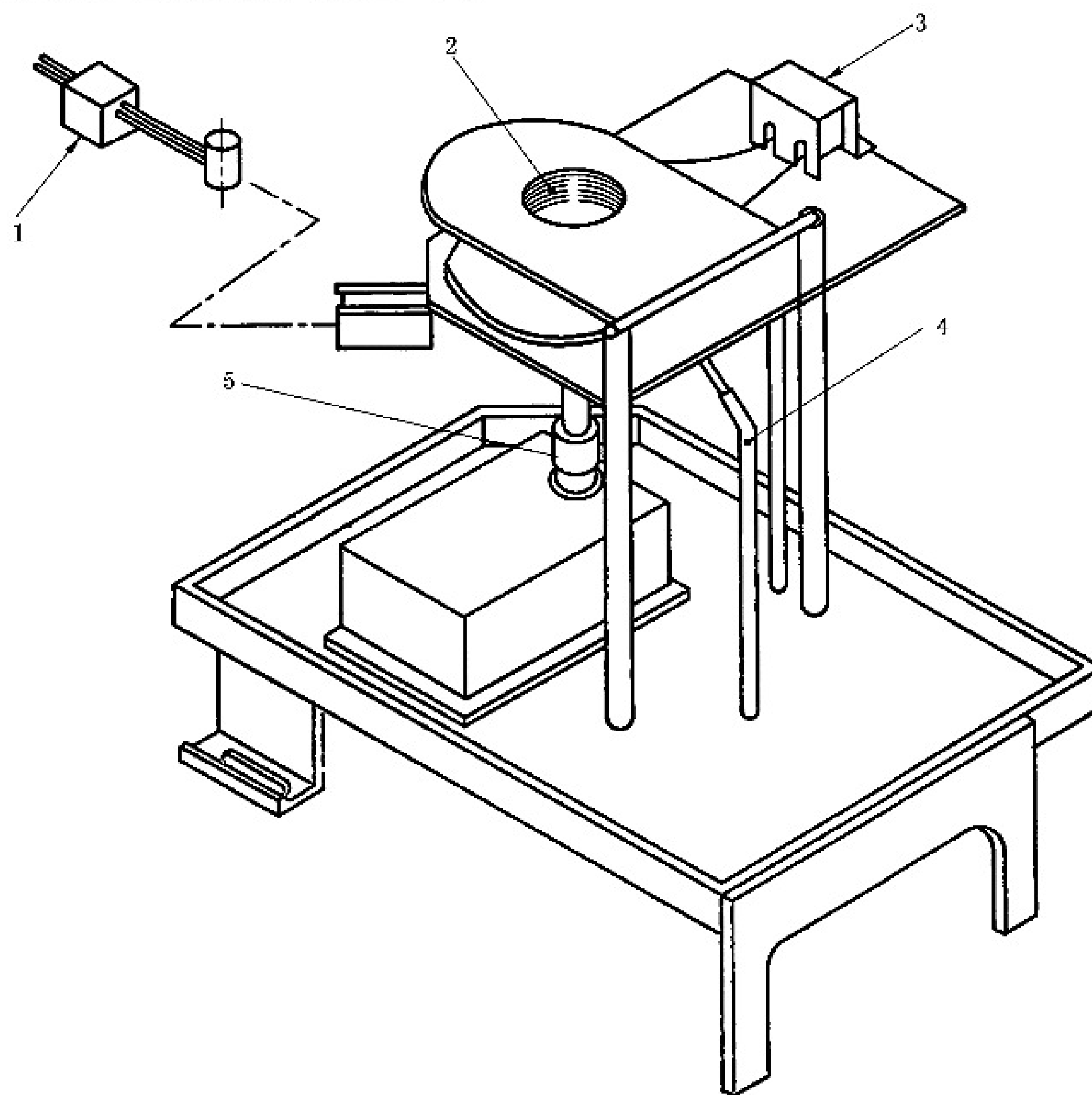
A.2.4 箱体上的门及所有开孔的四周皆应密封。

A.2.5 图 A.1 中阴影部分是加热系统、试样盒的支架放置位置。

A.3 加热系统

A.3.1 结构组成

加热系统包括辐射锥、热流计、燃烧器。加热系统与试样盒在同一个支架上,见图 A.2。辐射锥由支撑构架的垂直定位棒固定和保护,见图 A.3。



标引序号说明:

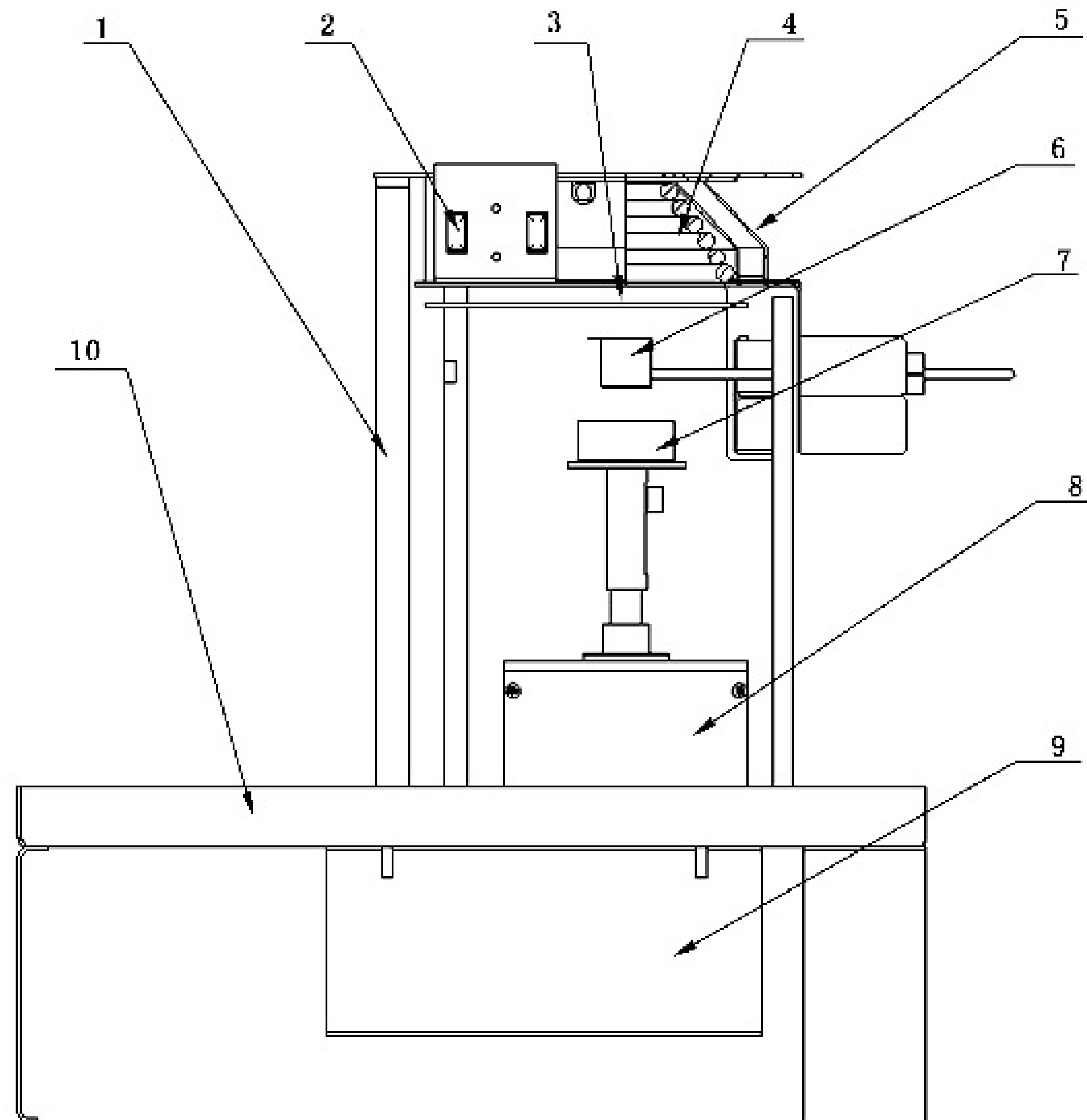
1——热流计和插槽;

2——辐射锥;

3——热电偶插槽和屏蔽罩; 5——试样盒托台。

4——燃烧器;

图 A.2 加热系统与试样盒的支架结构图



标引序号说明：

- | | | |
|-----------|---------|---------|
| 1——托架； | 5——辐射锥； | 9——控制盒； |
| 2——热电偶； | 6——热流计； | 10——底座。 |
| 3——连接器挡板； | 7——试样盒； | |
| 4——加热丝； | 8——称重盒； | |

图 A.3 辐射锥、样品和热流计的分布

A.3.2 辐射锥

A.3.2.1 辐射锥由额定功率为 2 600 W 的加热元件组成，加热元件含有缠绕成圆台形状的长 2 210 mm，直径 6.5 mm 的不锈钢管，并能固定在外罩中。外罩的整体高度为 45 mm±0.4 mm、内部直径为 55 mm±1 mm、底座直径为 110 mm±3 mm。外罩内有 2 个 1 mm 厚度的不锈钢板，钢板间有 10 mm 厚的公称密度为 100 kg/m³ 的陶瓷纤维隔热。加热元件应被夹紧固定在外罩的上下表面。

A.3.2.2 辐射锥应能在试样表面中心提供 10 kW/m²~50 kW/m² 的辐射照度。当测试距离试样中心 25 mm 的其他两个位置的辐射照度时，其辐射照度不应低于试样中心辐射照度的 85%。

A.3.2.3 辐射锥校准按照以下步骤：

- a) 清理上次试验留在设备内的任何残余物，在清理完成后，进行辐射锥校准。用空气冲刷集烟箱（打开门、排气口和进气口）2 min。将热流计安装在试样的位置上，并连接电气和供水设备。
- b) 集烟箱壁温度保持稳定时，移去辐射屏蔽罩。
- c) 关闭集烟箱门、打开进气口以及关闭排气口，往热流计通入水以使其冷却。监控热流计的输出以测定何时达到热平衡，然后调整辐射锥，如有必要，给出辐射照度为 25 kW/m² 或 50 kW/m² 的等效校准值相应的稳定毫伏数。如在校准期间打开了集烟箱门，则在关闭箱门后，等到 30 min 以上并达到热平衡后，再开始读取最后的毫伏数。
- d) 将辐射屏蔽罩复位，并从集烟箱中移除热流计，对试样的测试可立即进行。继续保持循环水通过热流计，直到热流计不会引起屏蔽罩在放置时发生融化或变形。

A.3.3 热流计

A.3.3.1 热流计应是量程为 50 kW/m^2 的热电元件。接收辐射的面积应是直径为 10 mm 的平坦区域,其表面涂覆有哑光黑色。热流计应采用水冷降温。

A.3.3.2 热流计应直接与配套的记录装置或仪表连接,在仪器校准时,热流计应能保证记录的 25 kW/m^2 或 50 kW/m^2 的热通量精确至 $\pm 1 \text{ kW/m}^2$ 。

A.3.4 燃烧器

A.3.4.1 进行火焰模式试验时,除辐射锥外,还应安装六管燃烧器(见图 A.4)。燃烧器主管及 6 根小喷管应由不锈钢管制成,主管规格为 $\phi 8 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$,小喷管规格为 $\phi 3 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$ 。

A.3.4.2 标准型燃烧器的 6 只喷嘴与试样暴露面分别成 0° 、 90° 、 45° 夹角, 90° 喷嘴应在两边, 45° 喷嘴应在中心。

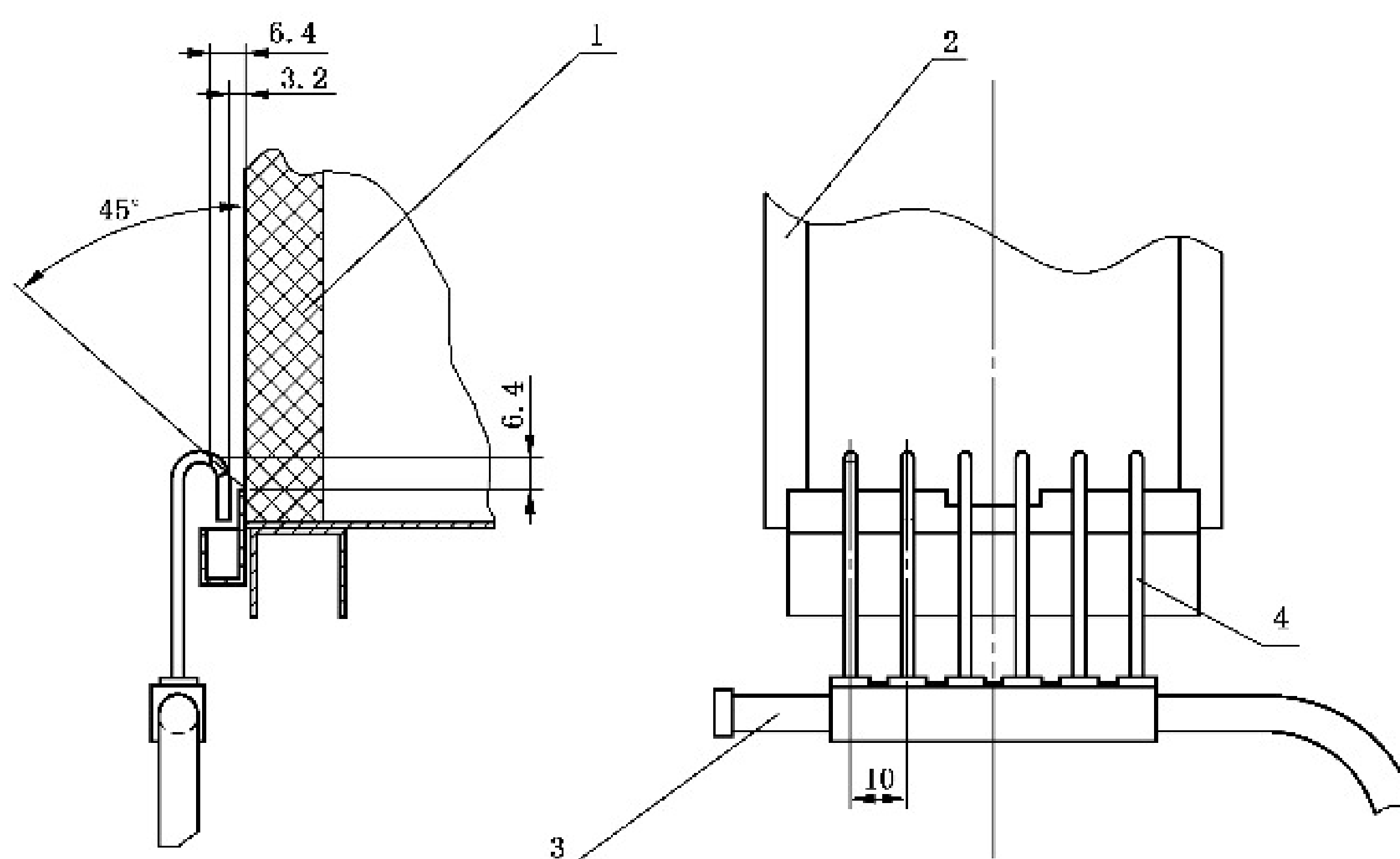
A.3.4.3 特殊型燃烧器的 6 只喷嘴皆与试样暴露面成 90° 夹角,用于绝缘导线试样试验。

A.3.4.4 燃烧器应精确定位,正对试样;主管与试样暴露面平行,与试样暴露面成 90° 的两只喷嘴,其中心线距试样暴露面底边高度应为 $(6.4 \pm 0.8) \text{ mm}$,喷嘴口距试样暴露面距离应为 $(6.4 \pm 0.8) \text{ mm}$ 。

A.3.4.5 燃气应采用纯度不低于 95% 的丙烷。经过滤后的空气和燃气分别通过校准的流量计进入混合器,输入燃烧器。丙烷流量为 $50 \text{ cm}^3/\text{min}$,空气流量为 $500 \text{ cm}^3/\text{min}$ 。如果试验是以相对比较或筛选为目的时,亦可采用液化石油气。

A.3.4.6 燃烧器应可拆卸,在进行无焰模式试验时,应将其卸下。

单位为毫米



标引序号说明:

1——试样;

2——试样盒;

3——燃烧器主管;

4——燃烧器小喷管。

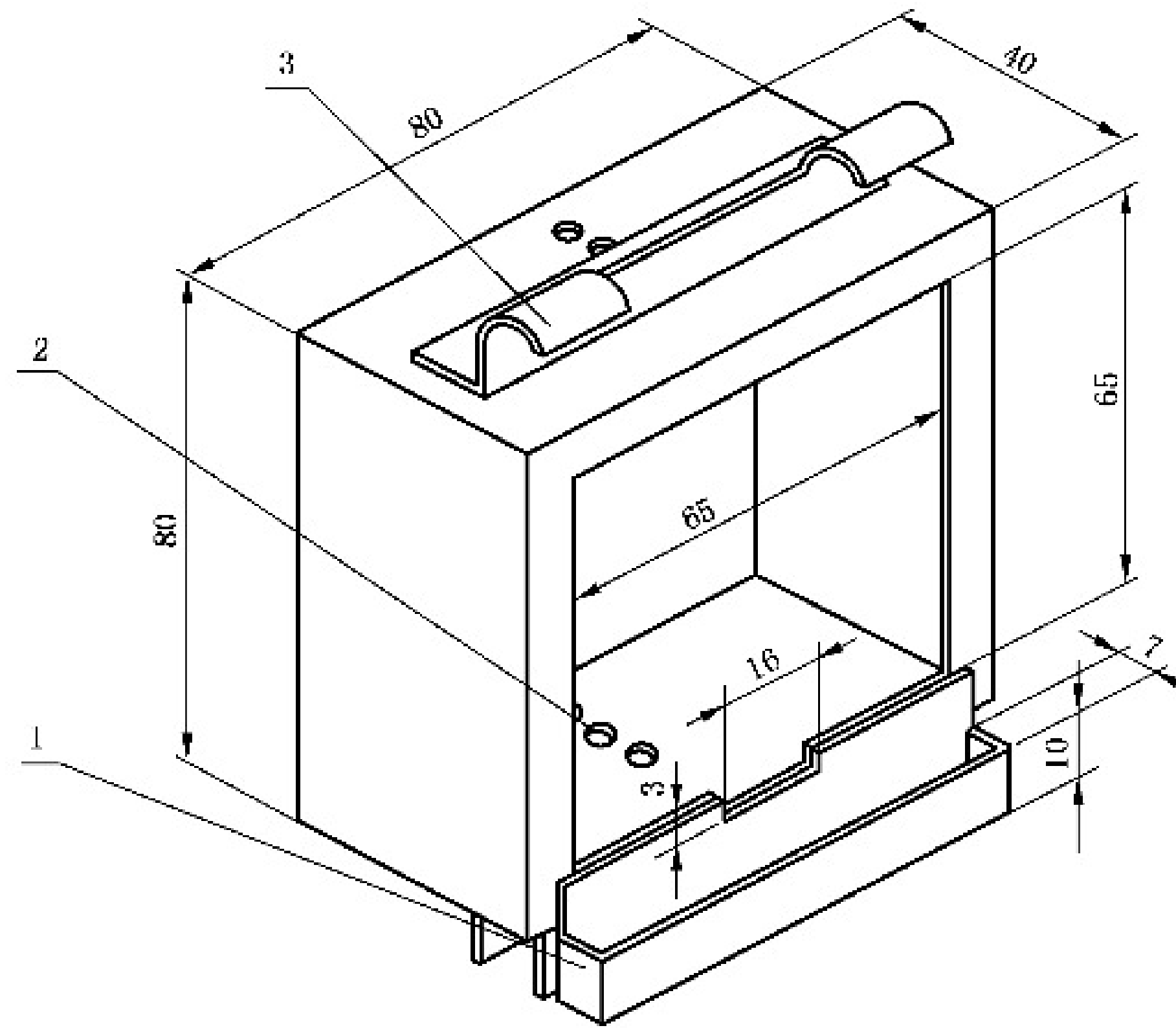
图 A.4 燃烧器及安装位置

A.4 试样盒

试样盒见图 A.5。试样的暴露面积为 $65 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$ 。试样盒下方有一小槽,用来收集试样熔融滴落物,试样盒顶部有导向装置,以便在支架的横杆上滑移。试样盒还应配有石棉衬板、弹簧片及挡

杆,用以固定试样。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——小槽;
- 2——挡杆试样盒;
- 3——导向装置。

图 A.5 试样盒

A.5 光测量系统

A.5.1 光测量系统由光源、滤光片、光电倍增管等组成的垂直光路系统和检测系统所组成。其光路系统的示意图见图 A.6。

A.5.2 垂直光路通过集烟箱左侧,在箱体顶板及底板上镶有对应的两块平板玻璃作为“光窗”,以便垂直的平行光束通过集烟箱。

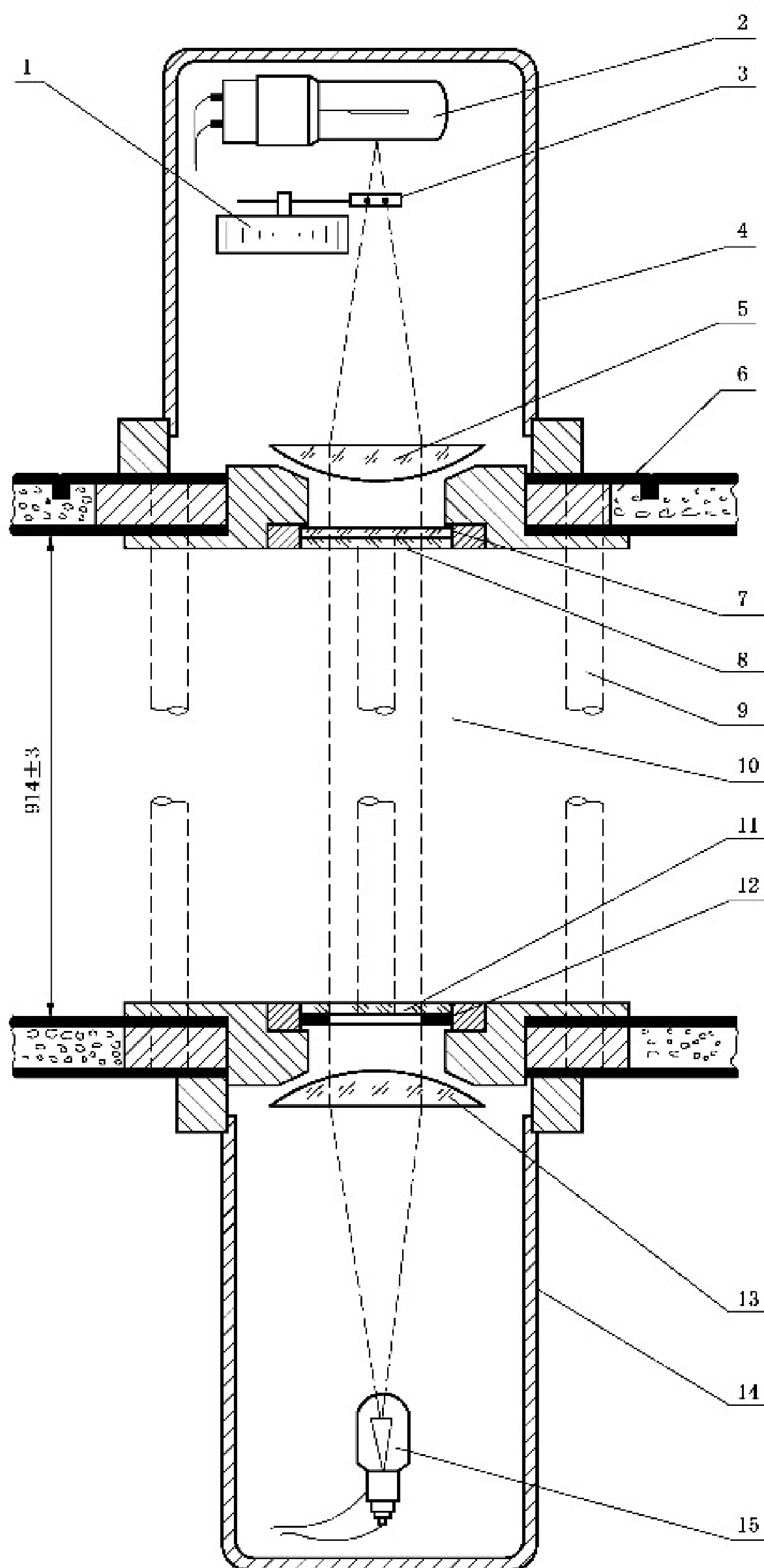
A.5.3 光源为亮度温度为 $(2\ 200 \pm 100)$ K 的白炽灯,其电源电压应经二级稳压。光源应装在位于箱体左下方的密闭不透光的罩中,罩中有一屈光度为 7 的透镜,以形成平行光束通过集烟箱。

A.5.4 光电倍增管应在可见光范围内具有良好的灵敏度,要求暗电流小于 1 mA。光电倍增管安装在与光源相对应的箱顶部的密闭不透光的罩内。罩内有一屈光度为 7 的透镜,将通过集烟箱的平行光束,聚焦于光电倍增管的光窗内。

A.5.5 滤光片分为下列两种:

- a) 减光滤光片:用于减弱进入集烟箱内杂散光线的干扰;
- b) 量程扩展滤光片:1 : 1 000 量程扩展滤光片,用于量程转换。

A.5.6 检测放大器为直流微电流放大器。光电流经此放大器后由仪表指示出透光率,可按 9.2.1 计算,将透光率换算成比光密度。



标引序号说明：

- | | | |
|-------------|-----------|-----------|
| 1——转换电机； | 6——箱体； | 11——下光窗； |
| 2——光电倍增管； | 7——减光滤光片； | 12——加热环； |
| 3——量程扩展滤光片； | 8——上光窗； | 13——下聚光镜； |
| 4——上光罩； | 9——支杆； | 14——下光罩； |
| 5——上聚光镜； | 10——集烟箱； | 15——白炽灯。 |

图 A.6 光测量系统