

建筑材料燃烧或热解
发烟量的测定方法 (双室法)

Test method for smoke generation from burning or pyrolysis
of building materials(dual-chamber test)

本标准非等效采用 ISO/DIS 5924《燃烧试验—对火反应—建筑制品的发烟量 (双室法)》(1991 年版)。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了建筑材料燃烧或热解发烟量的测定方法。

本标准适用于测定厚度不大于 70mm 的建筑材料及其制品、复合材料及其固体材料在燃烧或热分解时的发烟量。

2 术语

2.1 受火面 exposed surface

试样承受加热条件的表面。

2.2 烟密度 (D) smoke density

烟密度是试样在规定的试验条件下发烟量的量度,它是用透过烟的光强度衰减量来描述的。

设入射光强度为 I_0 , 透过烟以后的光强度为 I , 透光率为 T , 则:

定义 $D = \log_{10} (100/T)$

式中: $T = (I/I_0) \times 100$

2.3 最大烟密度 (D_m) maximum smoke density

每次试验中 D 的最大值,记为 D_m 。出现 D_m 的试验时间,记为 t_m , 单位 s。

2.4 最大烟密度平均值 (D_{mm}) mean maximum smoke density

在同一辐照度等级下试验所得到的 D_m 的算术平均值,记为 D_{mm} 。 t_m 的算术平均值称为出现最大烟密度平均时间,记为 t_{mm} , 单位 s。

2.5 最高烟密度 (D_{hm}) highest mean maximum smoke density

在不同辐射等级下试验所得到的全部 D_{mm} 中的最高值,记为 D_{hm} 。

2.6 残余烟密度(D_r) residual smoke density

每次试验结束并排烟完毕后,系统所显示的烟密度值,记为 D_r 。

2.7 质量损失 (W_l) mass loss

每次试验结束,待样品冷却后称量,该值与试验前样品称量的减少值,记为 W_l , 单位 g。

2.8 质量损失的平均值 (W_m) mean mass loss

同一辐照度等级下试验所得到的全部 W_l 的算术平均值,记为 W_m , 单位 g。

2.9 着火 ignition

样品在试验中出现明火苗即为着火。对应着火的试验时间,记为 t_1 , 单位 s。

2.10 辐照度 irradiance

样品的单位受火面承受的热辐射通量密度称为辐照度,单位 kW/m^2 。本标准采用 10、20、30、40、 $50\text{kW}/\text{m}^2$ 五种辐照度等级。

2.11 恒定质量 constant mass

试验前,样品在相间 24h 的两次称量中,其差值小于试样质量的 0.1%,或差值小于 0.1g,取其大者,作为恒定质量标准。

2.12 试样 specimen

由被测试材料按规定的尺寸加工成的测试试件称为试样。

2.13 样品 wrapped specimen

样品是进行测试的试样,它是由试样与基板重叠后,用铝箔包缠起来的一个组合体(如图 1 示)。

2.14 空气隙 air gap

当被测试的样品在实际使用时为背靠空间时,则试样和基板间要加一个空隙,称为空气隙。空气隙长和宽均为 120_{-5}^{0}mm ,其高度与试样的厚度之和不大于 70mm。

3 试样制备

3.1 对试样材料的要求

3.1.1 具备下列表面特征之一的试样适合作试验。

- 表面上任何一点相对于水平面的不规则度不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。
- 对凹凸不平整表面,应取其受火面中心部位直径为 150mm 的圆面积为基准面,基准面中最高凸点到最低凹点的深度不大于 10mm。

不符合 a、b 规定的试样必须进行加工,使之符合规定,并在试验报告中注明。

3.1.2 对于表面与底面不对称的试样,应根据该试样在实际情况中的使用情况来取样,其受火面可选用表、底两个面进行试验。

3.1.3 复合试样

对于厚度小于 70mm 的复合试样,应就整个厚度来取样;厚度大于 70mm 的复合试样应打磨非受火面,以满足厚度为 70_{-3}^{0}mm 的要求。

3.1.4 组合试样

当被测试样在实际使用中,依附于某一衬底材料时,则应将两者按实际的粘接方式接合起来进行取样。

3.2 试样制作

3.2.1 在被测材料中取 25 个试样,试样长 165_{-5}^{0}mm 、宽 165_{-5}^{0}mm ,厚度为试样实际使用情况下的厚度,其厚度应不大于 70mm。

3.2.2 每一试样需一块基板作衬垫。基板长、宽与试样相同,厚度 6mm。材质

由不燃绝热的硅酸钙制成，其密度为 $(825 \pm 125) \text{ kg/m}^3$ 。

3.2.3 试样和基板的状态调节

将试样和基板放在温度为 (23 ± 2) ，相对湿度为 $(50 \pm 5) \%$ 的环境中，放置 24h 以上，并使其达到恒定质量。

3.3 样品制备

将状态调节后的试样和基板重叠后，用厚 0.02mm 的铝箔缠包在一起制成样品。受火面的中心部位的铝箔应去掉一个直径为 140mm 的圆孔作为直接暴露的受火面（如图 1 示）。制备完毕后的样品应再放入状态调节环境中备用。

4 试验装置

4.1 双室烟箱（ISO 烟箱）

双室烟箱由分解室和测量室两部分组成（如图 2 示）。分解室内安装有使样品发烟的主机，测量室两侧面上安装光密度计。

4.1.1 测量室

测量室由厚度为 18mm 的胶合板制成（如图 3 示）。长 1500mm、宽 600mm、高 1300mm。在测量室两侧的中心位置各留有一个开口用来安装光密度计。两侧前方离顶面 250mm、离前侧 150mm 处各留有一个开口，作为搅拌烟气的风机定位口，后侧门可打开。顶面后端离后侧面 150mm 的居中处留有直径为 100mm 的排烟口，作为排烟和泄压的通道。烟箱内的烟气压力应不大于 150Pa。分解室与测量室密封交连的前侧门上下两端都留有一个矩形开口，开口长 550mm、宽 150mm 作为两室烟气的通道。

4.1.2 分解室

分解室由双层不锈钢板制成（如图 2 示）。层间距 18mm，内填绝热岩棉。分解室内部长 600mm、宽 325mm、前侧高 1150mm、后侧高 1300mm。顶盖面为斜面，居中处留有长 300mm、宽 100mm 的长方形孔，用来安装厚 0.02mm 铝箔。这是当加热试验时会产生可燃气体，为预防着火时有可能产生的压力冲击对箱体的破坏而设置的。前侧门长 540mm、宽 540mm，可以打开，门上嵌有观察试验情况的玻璃窗。

4.2 分解装置

分解装置内的主机由支撑框架、滑动杆、压板机构、配置机构、热辐射锥、试样托盘及掩蔽板等组成（如图 5 示）。当试验需要在引火条件下测试烟密度值时，应按附录 A（参考件）进行。

4.2.1 支撑框架

支撑框架由底架、支柱和罩板组成。底架长 275mm、宽 230mm，由 30mm 正方形条钢围成。底架下面装有可调节高度的四只支脚。底架上面垂直立有四根直径为 16mm 的支柱，它用来定位罩板。罩板由厚度为 4mm 边长为 220mm 正方形钢板制成，罩板居中处留有直径为 150mm 的圆孔，以作为辐射锥对样品的加热通道。圆孔上缘应倒角 45° 。

4.2.2 滑动杆

滑动杆高 380mm，直径为 16mm，材质为不锈钢。它垂直安装在底架宽边

上的中心部位，用来定位横梁和热辐射锥处于适当位置。

4.2.3 压板机构

压板机构由压板、横梁、推杆、导向杆组成。压板由厚 4mm、宽 180mm 的不锈钢板制成。推杆长 148mm 由直径为 12mm 不锈钢柱制成，它固定在压板中心位置。导向杆长 140mm，由直径为 6mm 的不锈钢柱制成。推杆和导向杆都可以在横梁的套孔中上下滑动，在配重系统的压力作用下，使压板上的样品紧贴罩板并受力 $(20 \pm 2) \text{ N}$ 。

4.2.4 配重机构

配重机构由不锈钢制成。它由配重臂、重块、支撑臂、推杆、底托组成。配重臂长 260mm 左右，重块质量 3kg 左右。重块可以在配重臂上滑动，调节重块位置，使之对样品产生 $(20 \pm 2) \text{ N}$ 的力。

4.2.5 热辐射锥

热辐射锥是试验中对样品产生热辐射的装置（如图 4 示）。它由锥套、加热器及热电偶组成。锥套由 1mm 厚的不锈钢板制成。锥套有两层，间距 10mm，内装密度为 100 kg/m^3 隔热岩棉。锥套上孔内直径为 $(66 \pm 1) \text{ mm}$ ，下孔面内径为 $(200 \pm 3) \text{ mm}$ ，锥体高 $(75 \pm 1) \text{ mm}$ 。在离锥套上孔面 1mm 处，留有直径为 10mm 的圆孔作为加热器插入口，在锥套中部留有对称的直径为 2mm 的两个圆孔作为两支铠装热电偶的插入口，一支热电偶用作温度控制；一支用作温度监视。

加热器为铠装电热管，管长 3500mm，外直径 8.5mm，功率 3kW。电热管绕成锥状并紧固在锥套内罩上。电热管上部绕成圆型，其截面会挡住一部分锥套上孔的圆面空间，挡住部分的面积空间，挡住部分的面积不能大于锥套上孔圆面积的 10%，热辐射锥安装在滑动杆上，其锥套下孔面距罩板面 $(22 \pm 1) \text{ mm}$ 。

热辐射锥能提供样品表面 $10 \sim 50 \text{ kW/m}^2$ 且均匀分布的辐射度。在离中心点直径为 50mm 的范围内各点部位的辐照度平均值与中心部位辐照度的偏差不大于 $\pm 3\%$ ；离中心点直径为 50 ~ 100mm 的圆带面内各点部位的辐照度平均值与中心部位辐照度的偏差不大于 $\pm 5\%$ （如图 6 示）。

4.2.6 样品托盘及掩蔽板

样品托盘是用来定位试验样品的（如图 8 示）。定位后的样品中央的暴露面应置于罩板开孔的中央位置。掩蔽板是用来掩蔽样品的，试验前放在罩板上，试验时抽出。

4.3 光密度计

光密度计由测量光源装置和光接收转换器两部分组成，它们分别安装在测量室两侧面的居中处（如图 7 示）。

4.3.1 测量光源装置

测量光源采用色温为 $(2856 \pm 30) \text{ K}$ 的光源灯，其功率为 10 ~ 15W。灯光通过一组透镜后形成一束直径为 25mm 的准平行光束。测量时，应通过一组滤光片，使之测量光束到达接收器的光为可见函数光波（如图 7a，7b 示）。

4.3.2 光接收器

光接收器的波长主体响应范围为 400 ~ 750nm，在测量量程内，其光电转换的非线性度不大于 2.5%（如图 7b 示）。

4.3.3 气体清洗系统

为避免烟尘附着在光学系统上,在测量光源装置和光接收转换器的前面要装有空气清洗系统,试验时的空气流量为 (6 ± 2) mL/s,其流动状态为旋转气流。

4.4 灭火箱

灭火箱内充有氮气,用以阻止样品在试验结束后放入箱中的继续燃烧。

4.5 模拟试样板

模拟试样板由不燃隔热板和模拟试样组成。隔热板密度 (825 ± 125) kg/m³。模拟试样用密度为 (200 ± 50) kg/m³的陶瓷棉(或岩棉)制成(如图9示)。

4.6 附加仪器及设备

4.6.1 控温装置

控温装置可选用DWK-702型精密温度控制器。负载功率为3.5kW,准确度为 $\pm 0.16\%$,控温范围为 $0 \sim 1200$ 。当试验选用某一辐照度等级时,其对应的温度值的变化不大于 ± 5 。

4.6.2 热流计

热流计是测定热辐射锥在样品表面提供辐照度大小的仪表。可选用CR5-2-10型热流传感器,其量程为 $0 \sim 100$ kW/m²,精度为 ± 0.5 kW/m²。

4.6.3 试验纪录和运算设备

在进行样品的测试过程中,可选用计算机及相应的AD/DA板来完成试验的操作、记录和计算结果的打印。

4.6.4 横流搅拌风机

为使分解室产生的烟气均匀分布于测量室中进行测试,应采用圆型横流风扇来搅拌。

4.6.5 计时器

计时器可选用电子秒表,量程为1h,分辨力为0.01s,精度为 $\pm 0.2\%$ 。

4.6.6 天平

对样品的称重的天平量程为2000g,感量为0.1g,精度为 $\pm 0.2\%$ 。

5 标定

5.1 光学测量系统的标定

5.1.1 使用一组标准的滤光片(在透光率为 $0 \sim 100\%$ 范围内选三种),垂直放入光路中,计算机显示的透光率值与滤光片的标准值的误差平均值不大于 5% ,否则应作出显示值的校正曲线来对试验结果进行校正。

5.1.2 标定周期

在每次开机测量前,应作透光率为0和 100% 的标定。

5.2 热辐射锥的标定

5.2.1 辐照度的标定

在模拟试样板中放入热量计,热流计的接受面应在模拟试样的表平面内,将带有热流计的模拟试样板置于测试位置,由热辐射锥提供 $10 \sim 50$ kW/m²五个等级的辐照度。其辐照度分布应满足第4.2.5条要求。

5.2.2 标定条件

在标定时,应启动横流风机和热辐射锥、控温装置和温度显示仪。当调节到预定的辐照度等级时,稳定 5min 再测定辐照度分布并绘制分布图。在标定过程中,温度设定值的变化不大于 ± 5 。

5.2.3 标定检查

通常在试验 150h 后要进行常规标定。常规标定选用 30 kW/m^2 等级,其偏差应不大于 0.6 kW/m^2 ,否则应重新全面标定。

6 试验程序

6.1 试验前的准备

试验前必须完成第 5 章的装置标定,按第 3 章制好样品和进行状态调节。

6.2 试验步骤

6.2.1 根据样品质量来调节重块位置,使样品受力 $(20 \pm 2) \text{ N}$ 。

6.2.2 取出样品后放入模拟试样板并把它置于测试的位置。

6.2.3 关闭分解室的前门和测量室的后门。启动横流风机和温度控制仪,按确定的辐照度设定相应的温度。

6.2.4 接通光学系统和测量系统并预热 10min 左右。

6.2.5 当控制温度达到设定值时,需稳定 5min 后放入样品。

6.2.6 打开分解室前门,在罩板上方放入掩蔽板后再将安放有样品的样品托盘置于测试位置。

6.2.7 抽出掩蔽板,迅速关闭分解室前门并启动测试系统,试验开始(6.2.6 和 6.2.7 条的操作应在 20s 内完成)。

6.2.8 在同一个辐照度等级下需重复作三次试验,每次试验进行 20min。

6.3 试验观察

在整个试验过程中应观察并记录试验情况,如样品发泡、软化、熔融、膨胀、皱缩及着火等现象,并记录着火时间(t_i)和熄灭时间(t_e)。

6.4 试验结束后,打开排烟阀,打开分解室前门并启动抽油烟机排除烟箱内的烟气。试验结束 30s 后在罩板上面放入掩蔽板灭火,然后取出样品托盘并放入灭火箱中冷却。

6.5 对试验后的样品称量并计算质量损失值(W_i)。

6.6 重复试验

待烟气清除后,重复 6.2.5 ~ 6.2.7 条步骤。直至在不同的辐照度下对样品测试完毕。

7 试验报告

试验报告必须包括以下几个方面的内容:

7.1 试验方法的依据,承接试验的单位、地点及试验日期。

7.2 送样单位名称、地点、联系人。

7.3 样品的组份、结构和形状及尺寸。

7.4 试验结果的内容包括:试验采用的辐照度等级;在每一种辐照度试验条件下出现最大烟密度的平均值及其出现最大烟密度的平均时间;在每一种辐照度试

验条件下样品质量损失的平均值；样品着火的平均试验时间及熄灭的平均时间；全部试验中最大烟密度平均值的最高值（即最高烟密度值）。

7.5 试验全过程中的现象纪录如样品发泡、熔融、膨胀、皱缩等。

推荐的试验报告格式如附录 C（参考件）示。

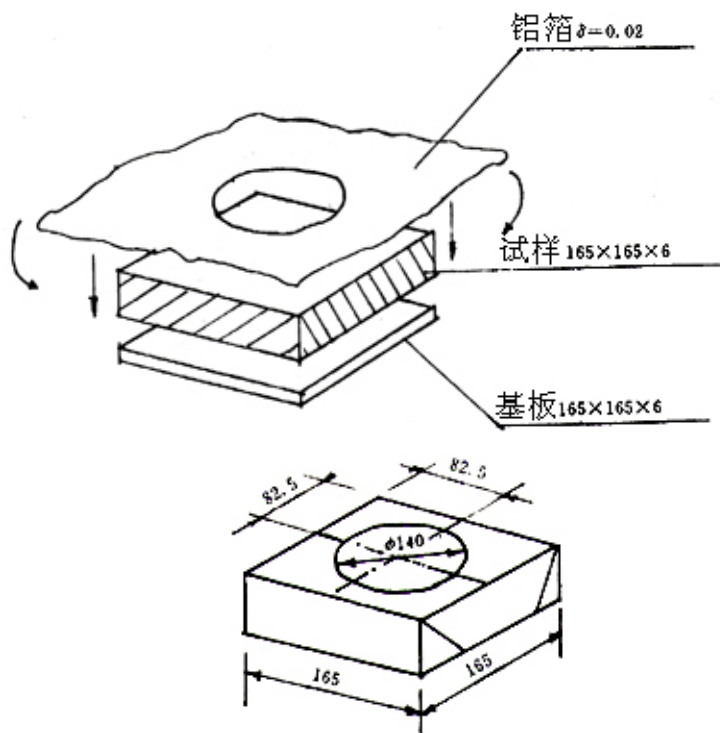


图 1 样品制作

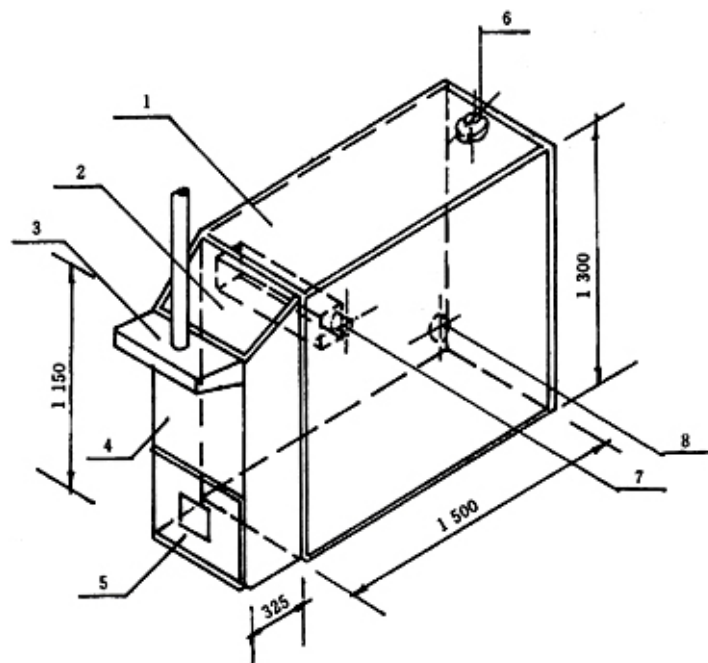
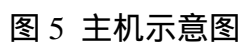
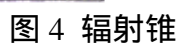


图 2 烟箱示意图

- 1- 测量室；2-顶盖；3-抽烟机；4-分解室；5-分解室前门；
6-泄压排烟阀；7-横流风扇；8-光密度计安装口



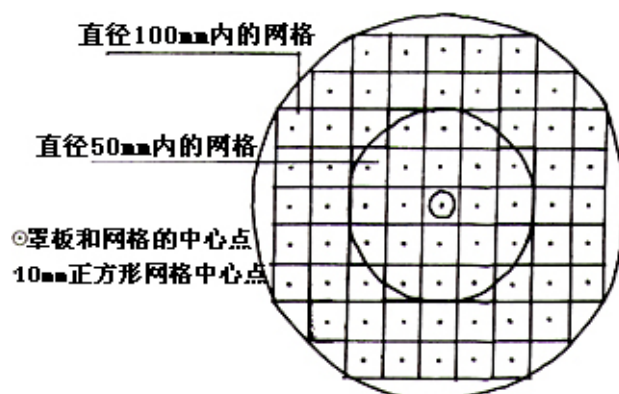


图6 辐射照度分布网格

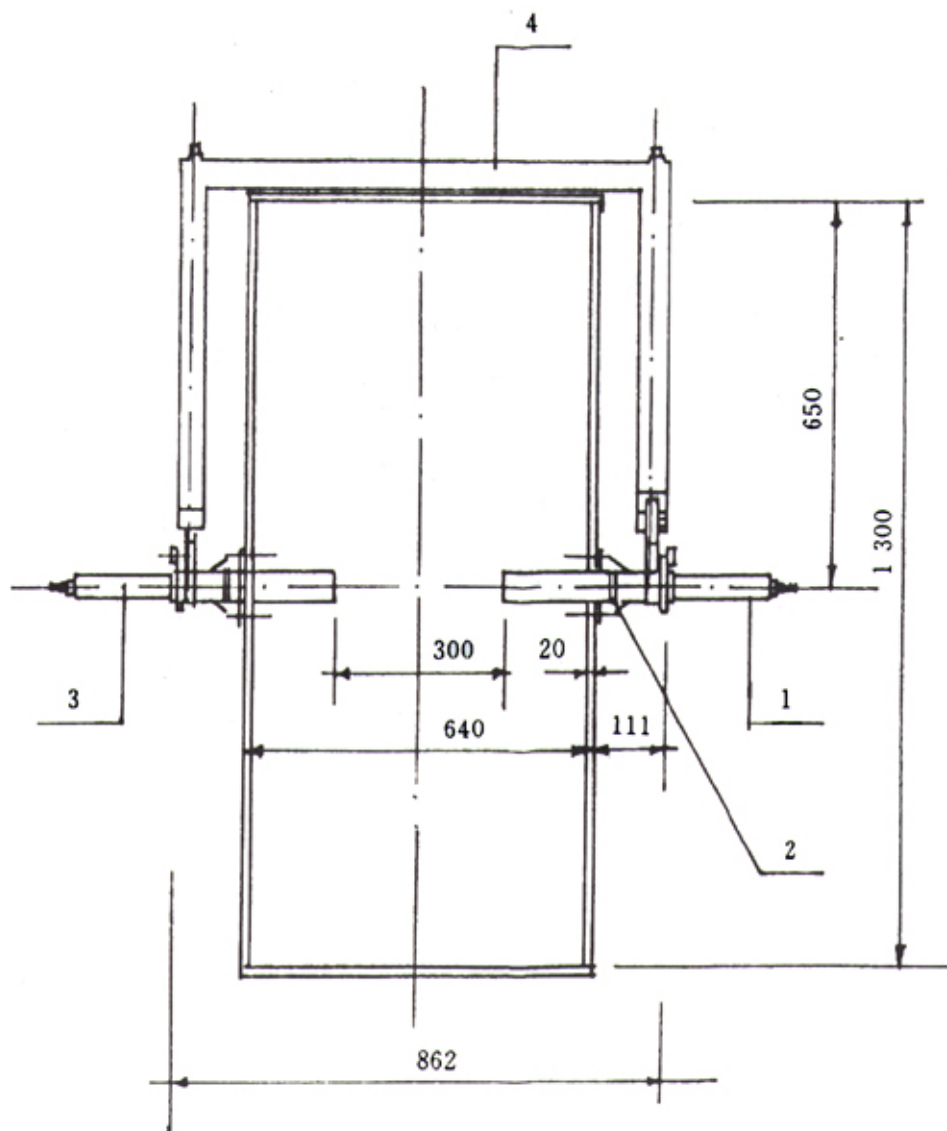


图7 光密度计安装图

1-光源系统；2-空气清洗口；3-光接收系统；4-框架

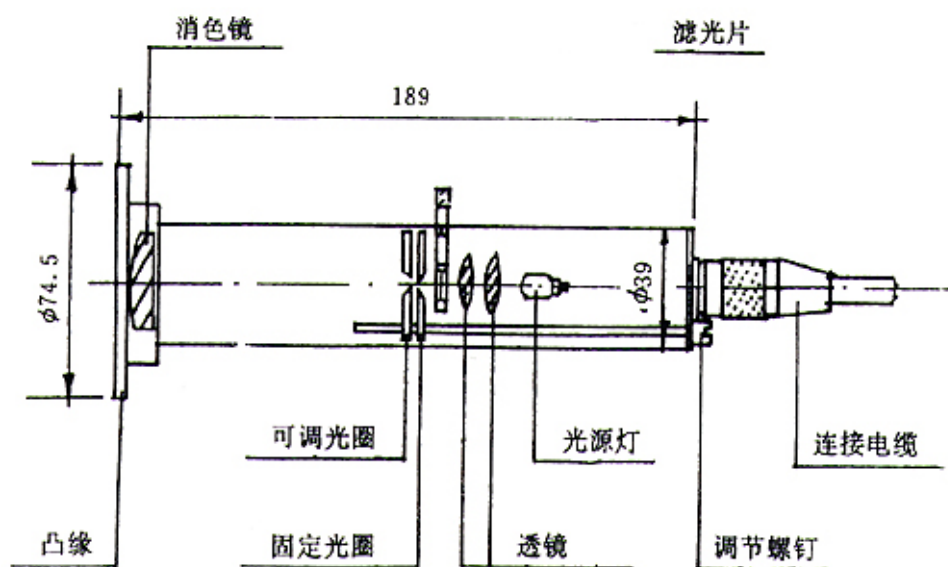


图 7a 光源系统

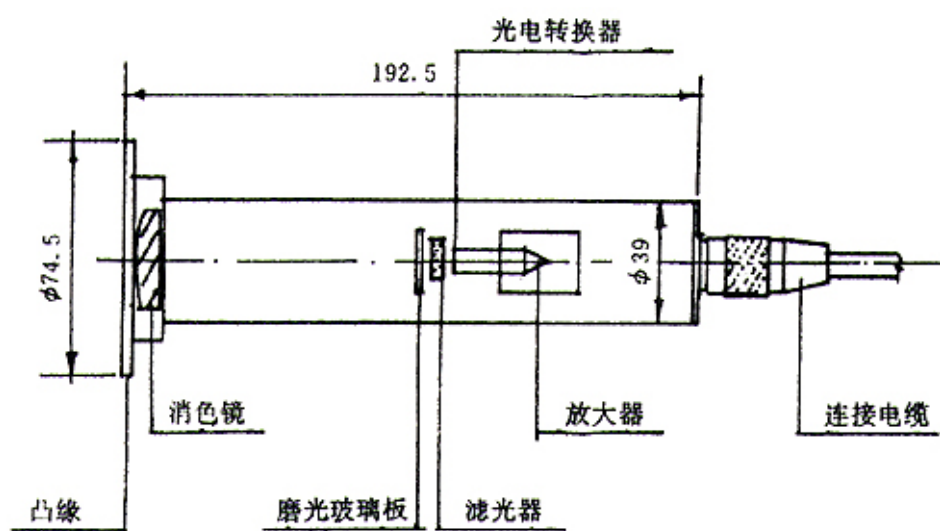


图 7b 光接收系统

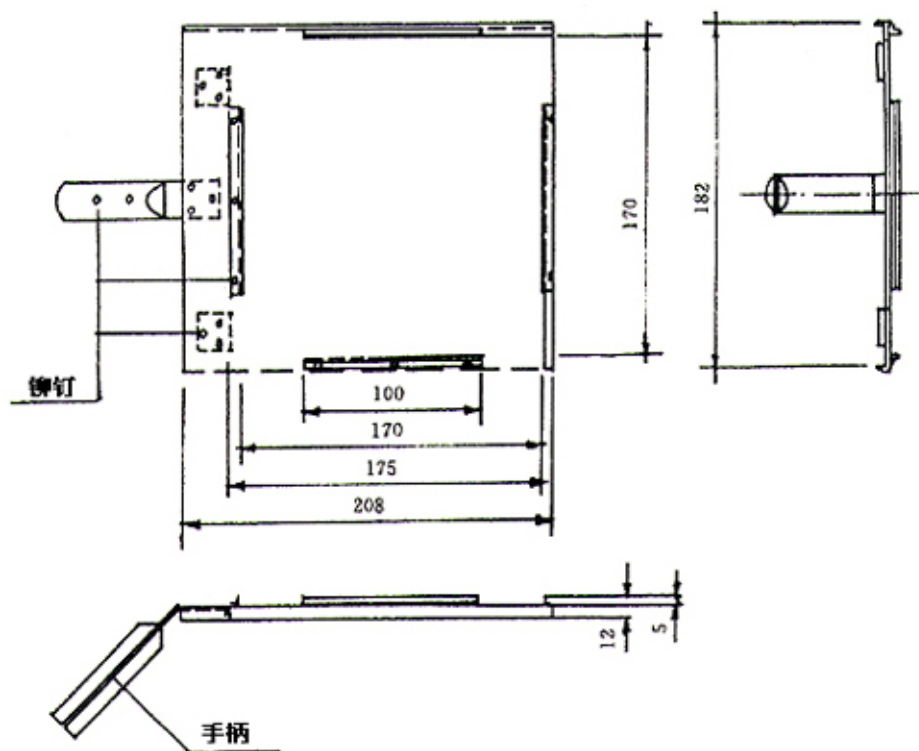


图 8 样品托盘

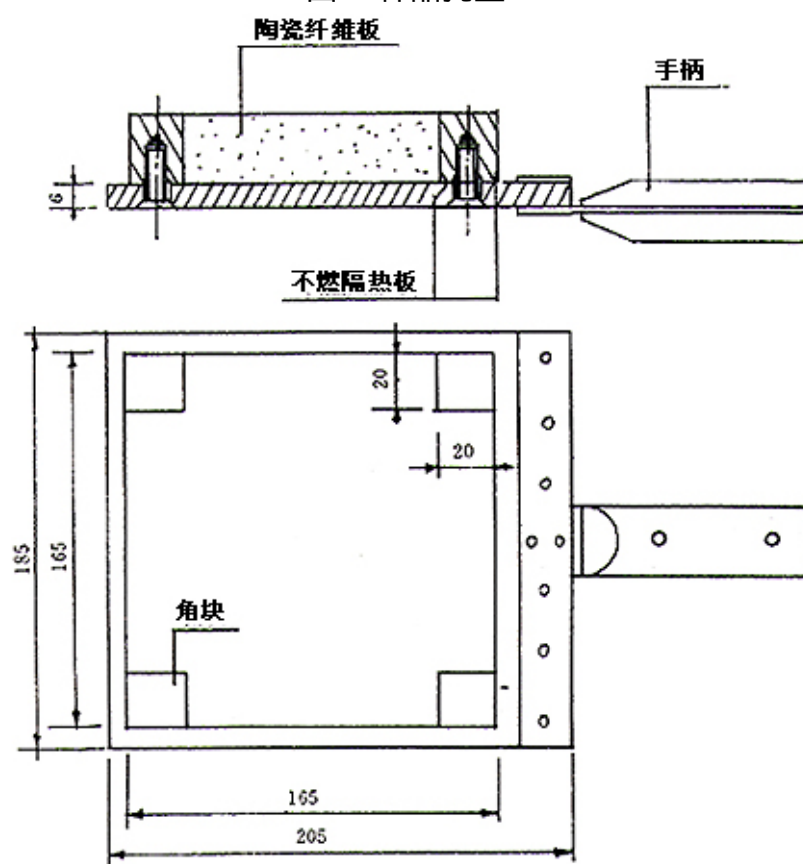


图 9 模拟试样板

附录 A

引火状态下的烟密度测试

(参考件)

A1 意义

参照 ISO/DIS 5924 附录 A.2 及 A.5.4 条建议,编写了本标准的附录 A.这对于在 $50\text{kW}/\text{m}^2$ 辐照度下,只有借助附加点火源才能使样品着火的某些阻燃建筑材料烟密度测试,有着重要意义。同时,可对比大型火灾试验或其他烟密度的测试方法的测试结果,也有着重要意义。由于引火装置与 ISO 5657 相同,这就可以在测试建筑材料烟密度的同时又考查建材的着火性。

A2 引火装置

引火装置由电机、限位凸轮、调节轮、从动凸轮、引火臂、次点火源、调节重块等组成。(如图 A1 示)

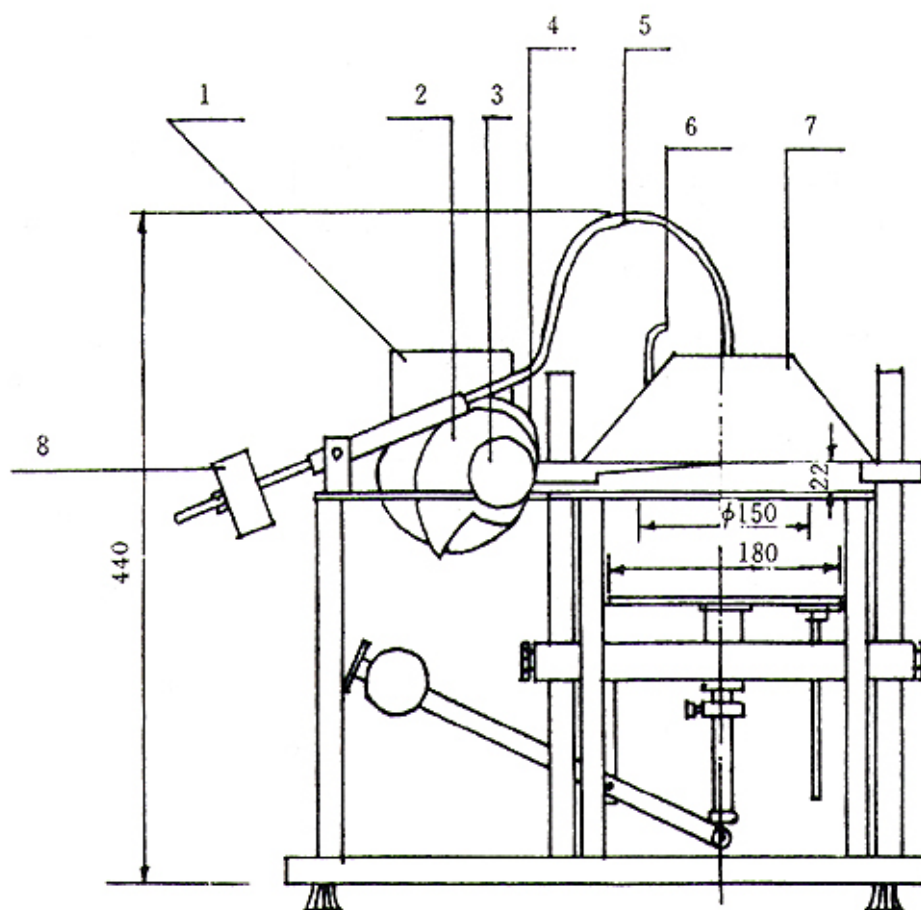


图 A1 附有引火装置的主机

- 1- 电机 ; 2-限位凸轮 ; 3-调节轮 ; 4-从动凸轮 ; 5-引火臂 ;
6-次点火源 ; 7-辐射锥 ; 8-调节重块

A2.1 引火臂

引火臂的端部安有与臂垂直的火焰喷嘴。喷嘴喷出引火用的燃气。燃气采用丙烷气和空气的混合气体。丙烷气流量 19 ~ 20mL/min；空气流量 160 ~ 180mL/min，引火火焰长 (10 ± 1) mm。引火臂在传动机构作用下，穿过热辐射锥上孔中心位置作往返不停的引火运动，每隔 $4^{+0.4}$ s 引火一次，往、返穿过热辐射锥的时间都不大于 0.5s，停留在样品表面时间为 (1 ± 0.1) s，对样品表面施力 0.1 ~ 0.2N。

A2.2 次点火源

次点火源用来对引火臂喷嘴喷出的燃气进行多次点火。次点火源由孔径 1 ~ 2mm 的喷嘴喷出已燃烧的火焰，其焰长 (15 ± 1) mm。

A3 操作程序

完成第 6.2.1 ~ 6.2.6 条的试验步骤。

A3.1 将次点火源和引火臂喷出的燃气点燃，立即启动电机来传动引火臂作往返引火运动。

A3.2 继续第 6.2.7 条试验步骤，直至全部试验结果。

A4 试验报告

推荐的试验报告如附录 C。引火条件下的烟密度测试应在备注中注明。

附 录 B

试验结果的误差分析

(参考件)

系统误差可通过调校仪器和用高一级的测量仪器对本装置校正来解决。随机误差符合正态分布，但因其测试次数 $n < 30$ 则可通过 t 分布来计算。本试验取其置信概率为 95 %。在同一辐照度下，当 D_m 值的变化系数大于 28 % 时，应重复该项试验。计算方法可表示为：

设 θ 为真值， \bar{x} 为给定值， x_i 为试验值，

则： $P\{\bar{x} - \theta \leq (x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \bar{x} + \theta\} = 1 -$

设 \bar{x} 为试验平均值， n 为试验次数， S 为试验值的方差， t_a 为 $(n-1)$ 自由度时、置信度为 $(1 - \alpha)$ 的分布值， $\bar{\theta}$ 、 θ 为置信上、下限值则：

$$\theta = \bar{x} \pm t_a \frac{S}{\sqrt{n}} \quad S = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] (n-1)^{-1}}$$

$$\Delta = t_a \frac{S}{\sqrt{n}}$$

则 $\frac{\Delta}{x} \times 100\%$ 是 $100(1 - a)\%$ 置信度内的变化系数。

附录 C 试验报告格式 (参考件)

编号：

试验项目						试验依据：GB × × × - × ×		
试验地址					试验日期 年 月 日			
电 话			邮 编			电 挂		
送样单位						送样人		
地 址			电 话			邮 编		电 挂
试样组份								
试样结构								
试样尺寸(mm)	长：		宽：		厚：		质量/表面积 (g/mm ²)	
试样质量 (平均值)						受火面		
辐照度	kW/m ²		10	20	30	40	50	备注
最大烟密度平均值 D _{mm}	-							
出现 D _m 时间的平均值 t _{mm}	s							
质量损失的平均值 W _m	g							
平均着火时间 t _{ii}	s							
平均熄灭时间 t _{ee}	s							
最高烟密度 D _{hm}								
试验观察：A 发泡 B 熔融 C 膨胀 D 皱缩 结果出现 ()								
主检			审核			批准	年 月 日	
备注								

附加说明：

本标准编制由中华人民共和国公安部提出。

本标准由全国消防标准化技术委员会第七分技术委员会归口。

本标准由公安部四川消防科学研究所负责起草、公安部天津消防科学研究所参加起草。

本标准主要起草人杜懋焉、傅学成、盛文克、杨泽安。