

前 言

本标准非等效采用 ISO/FDIS 834-1:1997(E)。

本标准从实施之日起,同时代替 GB/T 9978—1988。

本标准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归口。

本标准由公安部天津消防科学研究所负责起草。

本标准主要起草人:胡纪玉、甘家林、吴海江。

本标准 1988 年 9 月首次发布,1999 年 6 月第一次修订。

本标准委托公安部天津消防科学研究所负责解释。

建筑构件耐火试验方法

代替 GB/T 9978—1988

Fire-resistance tests—Elements of building construction

1 范围

本标准规定了建筑构件耐火试验的试验装置、试验条件、试件要求、试验程序、耐火极限判定条件和试验报告。

本标准适用于墙、梁、柱、楼板、吊顶和屋顶等承重和非承重构件,其他的构件、配件或结构可参照采用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 5907—1986 消防基本术语 第一部分

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 耐火极限

在标准耐火试验条件下,建筑构件、配件或结构从受火的作用时起,到失去稳定性、完整性或隔热性时止的这段时间。

3.2 耐火稳定性

在标准耐火试验条件下,承重或非承重建筑构件在一定时间内抵抗垮塌的能力。

3.3 耐火完整性

在标准耐火试验条件下,建筑分隔构件当某一面受火时,能在一定时间内防止火焰和热气穿透或在背火面出现火焰的能力。

3.4 耐火隔热性

在标准耐火试验条件下,建筑分隔构件当某一面受火时,能在一定时间内其背火面温度不超过规定值的能力。

4 试验装置

4.1 耐火试验炉

耐火试验炉应满足 5.1、5.2、5.3、6.2 的要求并便于试件安装与试验观察。

4.2 炉压测量与控制设备

炉内压力测量可采用压力传感器,传感器应能准确测量静压头,传感器不应布置在易受火焰或烟气直接冲击的地方。炉内压力可通过控制通风和调节烟道闸板来调节。

4.3 燃烧系统

国家质量技术监督局 1999-06-29 批准

1999-12-01 实施

可采用轻柴油、天然气、煤气或丙烷气作为燃烧系统的燃料。燃料由贮油(气)罐通过管道输送到喷嘴与高压鼓风机送来的空气混合,喷入炉内燃烧。燃烧产生的烟气由烟道经烟道闸板进入烟囱。

4.4 试件变形测量仪器

试件变形测量可采用机械、力学、光学或电子技术方式测量。

4.5 加载设备

加载设备可采用液压方式、机械方式或荷重块方式。

加载设备应满足下列要求:

- a) 加载设备应能模拟均布荷载、集中荷载、轴心荷载和偏心荷载;
- b) 试验期间,试验荷载的大小、方向应保持稳定不变;
- c) 设备本身变形不应影响试件变形测量、热电偶绝缘垫的使用产生影响;
- d) 测量设备应不影响试件背火面的空气流通和冷却以及妨碍其他项目的测量、观察和操作。

4.6 约束设备

可采用液压系统或其他加载系统作为试件的约束设备,约束设备应能为试件提供合适的边界条件。

4.7 仪器设备的精确度

温度测量设备:对于炉内温度 $\pm 15^{\circ}\text{C}$;

对于试件背火面温度 $\pm 4^{\circ}\text{C}$;

对于试件内部温度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$;

炉压测量设备: $\pm 3\text{ Pa}$;

荷载测量设备:应加荷载值的 $\pm 2.5\%$;

时间测量设备: $\pm 2\text{ s}$;

试件变形测量设备:对于轴向收缩或膨胀 $\pm 0.5\text{ mm}$;

对于其他变形 $\pm 2\text{ mm}$;

试件缝隙测量探棒:直径 6 mm 的 $\pm 0.1\text{ mm}$;

直径 25 mm 的 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。

5 试验条件

5.1 升温条件

5.1.1 炉温控制

耐火性能试验应采用明火加热,使试件受到与实际火灾相似的火焰作用。试验炉炉内温度随时间而变化,其变化规律应满足下列函数关系:

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1)$$

式中: T ——升温到 t 时刻的平均炉温, $^{\circ}\text{C}$;

T_0 ——炉内的初始温度,应在 $5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围之内, $^{\circ}\text{C}$;

t ——试验所经历的时间,min。

表示以上函数的曲线,即“标准时间—温度曲线”,如图1所示。

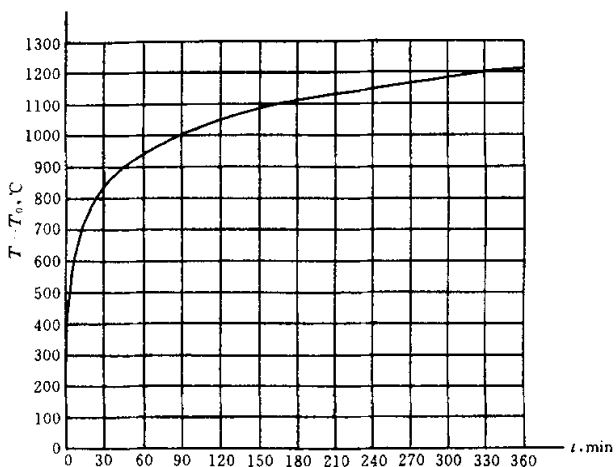


图1 标准时间—温度曲线

5.1.2 允许控温偏差

a) 试验期间的炉内实际平均温度与标准时间—温度曲线的偏差值“ d ”用下式确定：

$$d = \left| \frac{A - A_s}{A_s} \right| \times 100\%$$

式中： A ——实际平均炉温曲线下的面积；

A_s ——标准温度曲线下的面积。

炉温允许偏差为：

0 min < t ≤ 10 min 时： d ≤ 15% (1)

10 min < t ≤ 30 min 时： d ≤ 10% (2)

t > 30 min 时： d ≤ 5% (3)

面积计算的方法是：(1)的时间间隔不超过 1 min；(2)的时间间隔不超过 2 min；(3)的时间间隔不超过 5 min。

b) 在试验开始 10 min 后的任何时间里，由任何一个热电偶测得的炉温与标准时间—温度曲线所对应的标准炉温不能相差 ±100℃。

5.1.3 炉内温度测量

采用丝径为 0.75~1.00 mm 的热电偶，其热端伸出套管的长度不少于 25 mm。试验开始时，热电偶的热端与试件受火面的距离应为 100±10 mm；试验过程中，上述距离应控制在 50~150 mm 之内。热电偶应保持良好的工作状态，累计使用 20 h 后，应使用热电偶校验机校验，符合其精度要求的方可继续使用。热电偶产生的电信号可经温度变送器或直接送到记录仪或计算机。试验过程中标准温度、单点温度、平均温度以及偏差温度应能随时显示。

5.1.4 试件背火面温度测量

采用丝径为 0.5 mm 的热电偶，其热端应与直径为 12 mm、厚度为 0.2 mm 的圆形铜片的圆心焊接。铜片用长、宽均为 30 mm、厚度为 2.0±0.5 mm 的石棉衬垫或类似材料覆盖，该材料的密度为 900±100 kg/m³、导热系数为 0.117~0.143 W/(m·K)。石棉衬垫或类似材料可用耐热胶粘贴在试件表面上，但铜片与试件表面之间不应有任何残留胶浆。

热电偶产生的电信号可经温度变送器或直接送到记录仪或计算机，试验过程中，平均温度、单点温度应能随时显示。

5.1.5 试件内部温度测量

采用与被测温度范围相适应的热电偶。应把热电偶安装在试件内部选定的部位，但不能因此影响试

件的性能。热电偶的热端应保证有 50 mm 以上的一段处于等温区内。

5.2 压力条件

试验开始 5 min 后,炉内应达到以下规定的正压条件:

- a) 水平构件——在试件底面以下 100 mm 处的水平面上,炉压为 $15 \text{ Pa} \pm 5 \text{ Pa}$;
- b) 垂直构件——在炉内 3 m 高度,离试件表面 100 mm 处,炉压为 $15 \text{ Pa} \pm 5 \text{ Pa}$ 。

试验开始 10 min 后,炉内应达到以下规定的正压条件:

- a) 水平构件——在试件底面以下 100 mm 处的水平面上,炉压为 $17 \text{ Pa} \pm 3 \text{ Pa}$;
- b) 垂直构件——在炉内 3 m 高度,离试件表面 100 mm 处,炉压为 $17 \text{ Pa} \pm 3 \text{ Pa}$ 。

5.3 加载条件

5.3.1 试验荷载

承重构件的试验荷载应按国家有关设计规范来确定,并在试验报告中予以说明。对于按实际使用情况确定的试件的试验荷载,应按有关设计单位正式提供的技术依据来确定并在试验报告中予以详细说明。

5.3.2 加载型式

承重构件的加载型式如下:

- a) 墙——垂直加载。荷载沿着试件的整个宽度,通过加载梁均匀施加或用千斤顶在选定的各点上施加。
- b) 梁——垂直加载。在梁的计算跨度的 $1/8$ 、 $3/8$ 、 $5/8$ 和 $7/8$ 处四点加载,加载点的最小间距为 1 m。荷载应通过荷载分配板传递到梁上,分配板的宽度不超过 100 mm。
- c) 柱——垂直加载。中心受压柱应沿试件轴线方向加载;偏心受压柱应采用偏心加载与轴心加载相结合的方法进行加载。
- d) 楼板、屋顶——均匀加载,其任何单点的荷载不应超过总荷载的 10%。如果必须模拟集中荷载,加载头与楼板或屋顶表面之间的接触面积分别不大于 400 cm^2 或总表面积的 16%。

5.4 受火面

- 墙——一面受火;
- 梁——两侧和底部三面受火;
- 柱——垂直方向的所有面受火;
- 楼板、吊顶与屋顶——下面受火。

6 试件要求

进行耐火试验时,试件应与该试件实际使用情况相同。

6.1 结构

试件所用的材料、制作工艺、拼接与安装方法应足以反映相应构件在实际使用中的情况。为使试验能够进行而作的安装型式的修改应对试件无重大影响,并应对修改作详细说明。

6.2 尺寸

试件应与实际使用的尺寸相同。如果构件大于试验炉所能容纳的尺寸,则该试件在炉内暴露部分的尺寸不应小于下列规定:

- a) 墙:高 3 m、宽 3 m;
- b) 梁:计算跨度 4 m;
- c) 柱:高 3 m;
- d) 楼板、吊顶与屋顶:长 4 m、宽 3 m。

6.3 数量

试件数量为 1 个,按实际约束/边界条件进行试验。通常情况可按无约束/边界条件进行试验。

a) 墙:两侧都要求耐火的不对称结构构件,应分别对两侧进行试验。如果预先能够确定其中一侧为耐火薄弱面,也可进行一次试验,但耐火薄弱面应作为受火面;

b) 梁:按实际约束条件进行试验,通常情况按无约束条件进行试验;

c) 柱:按实际约束条件进行试验;

d) 楼板、吊顶与屋顶:按实际约束条件进行验证,通常情况按无约束条件进行试验。

7 试验程序

7.1 试验的开始与结束

试验开始前要记录环境温度。当试验炉内接近试件中心的热电偶记录到 50℃时,便可将其作为试验开始时间。同时,所有手动和自动的观察测量系统都应开始工作。

试验应按 5.1~5.3、6.1~6.3、7.2、7.3、8.1、8.2 的有关要求进行测量和记录。当试验中试件出现 8.1a)、8.1b)、8.2 中所规定的一条或几条时,试验应立即终止;或虽没有出现 8.1a)、8.1b) 和 8.2 中所规定的任何一条,但已到达预定的时间,试验也可结束。

7.2 加载和约束应用

7.2.1 加载的应用

承重构件应在开始试验前 15 min 加载到确定值。在试验过程中,荷载误差不应超过确定值的 ±5%。加载系统应具有快速响应能力,以保持荷载稳定。试验结束后,如果试件尚未损坏,应立即卸载。

7.2.2 约束的应用

根据试件的设计,相应的约束力可由试件框架提供,该试件的边缘与框架的间隙要用硬性材料堵塞。约束也可利用液压系统或其他加载系统来施加。

7.3 测量与观察

7.3.1 炉内温度测量

炉内温度测量应按 5.1.1、5.1.2 和 5.1.3 的规定进行,温度应连续测量。热电偶布设的规定如下:

水平或垂直分隔构件:试件表面每 1.5 m² 至少有一个热电偶,热电偶总数不少于 5 个;

横梁:在每隔 1 m 的长度上至少有两个热电偶,热电偶总数不得少于 6 个。

柱子:在每隔 1 m 的高度上至少有一个热电偶,热电偶总数不少于 6 个,呈螺旋形布置。

7.3.2 炉内压力测量

炉内压力测量应按 4.2 和 5.2 的规定进行,测量应连续进行或每隔 2 min 测量一次。

7.3.3 荷载测量

荷载测量应按 5.3 的规定进行,应记录荷载性质、施加方法和试件支撑不住荷载的时间。

7.3.4 试件背火面温度测量

试件背火面的温度测量应按 5.1.4 规定进行,温度应连续测量。热电偶的布设规定如下:

水平或垂直分隔构件,热电偶数量不得少于 5 个,其中一个设在试件的中心,其余分设在试件各四分之一部位的中心。

热电偶应距离接缝、边缘、螺栓、螺钉头以及金属连接件至少 50 mm。

对于瓦垅或肋形结构,热电偶的数目可以增加,最厚处和最薄处的热电偶数目应相同,但试件槽沟或凸脊的尺寸满足热电偶与该试件表面完全接触。

7.3.5 试件内部温度测量

试件内部温度应按 5.1.5 规定进行,温度应连续测量。

7.3.6 试件变形测量

试件变形测量应按 4.4 的规定进行,变形应连续测量。

墙——加载开始至试验结束,测量其中心点水平方向的变形值;

板——加载开始至试验结束,测量其中心点垂直方向的变形值;

梁——加载开始至试验结束,测量其跨度中间的变形值;

柱——加载开始至试验结束,测量其轴向变形值。

7.3.7 试件完整性测量

a) 在试验过程中,当试件有火焰和气体在孔洞或其他空隙出现时,都应在这些出现处用棉垫进行测量。棉垫与试件之间保持 20~30 mm 的距离并应将棉垫中心靠近裂纹,测量时间 10~30 s。如果棉垫前一次使用时已经吸潮或被烧焦,就不应再使用。

棉垫尺寸为长 100 mm、宽 100 mm、厚 30 mm。棉垫应由新的、未染色的柔软棉纤维制成,不应混有人造纤维,其重量为 3~4 g。

棉垫使用前应先放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的干燥箱中,干燥时间不得少于 30 min。干燥后在干燥箱内存放 24 h。在进行完整性测量时,应将棉垫安装在为图 2 所示的框架内。

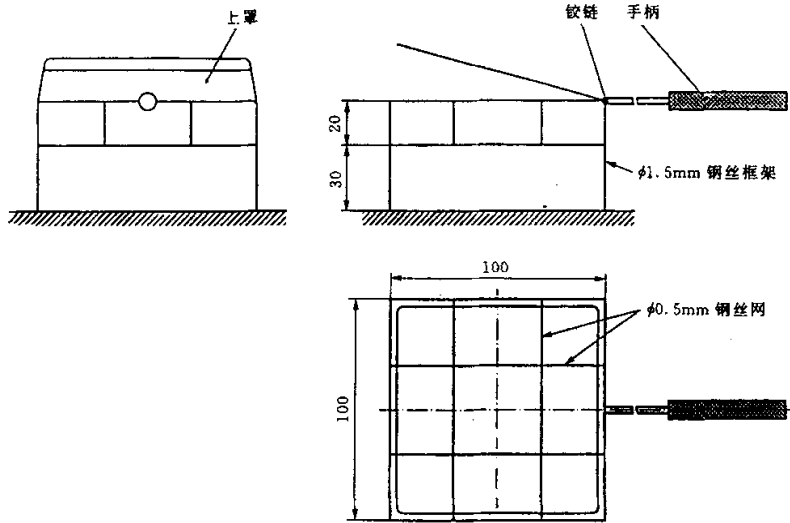


图 2 棉垫框架

棉垫试验不适用于炉内负压区。如果试验裂缝或开口在负压区,可采用临时增加炉压的方法进行完整性测量。

b) 在试验过程中,当试件的背火面出现贯通至试验炉内的裂缝时,可以使用直径为 6 mm \pm 0.1 mm 和直径为 25 mm \pm 0.2 mm 的不锈钢探棒进行完整性测量。探棒结构如图 3 所示。

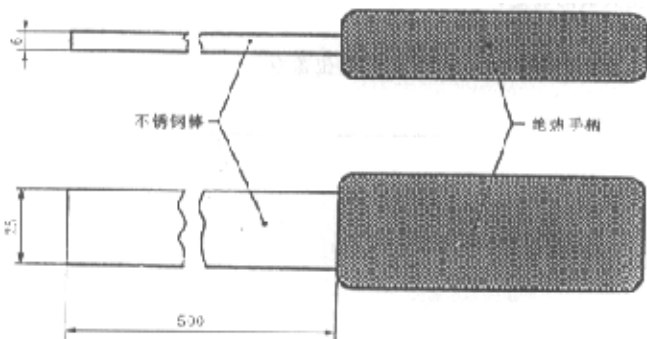


图 3 试件缝隙测量探棒

7.3.8 试验现象观察

观察试件在试验过程中的变形、开裂、熔化或软化、剥落或烧焦等现象。如果有大量的烟雾从背火面冒出,应进行记录,但耐火试验不检验这些烟雾的危险性。

8 耐火极限判定条件

试验过程中当 8.1、8.2 条中规定的任一项出现时,则表明试件达到耐火极限。

耐火极限以小时计,小数点后保留两位有效数字。

8.1 非承重构件

a) 失去完整性。按 7.3.7 的规定进行测量,当棉垫被点燃或背火面窜火达 10 s 以上时,则认为试件失去完整性;当试件背火面出现贯通至试验炉内的裂缝,直径 6 mm 的探棒可以穿过裂缝进入炉内且探棒可以沿裂缝长度方向移动不小于 150 mm,或直径 25 mm 的探棒可以穿过裂缝进入炉内时,则认为试件失去完整性。

b) 失去隔热性。试件背火面的平均温升超过试件表面初始平均温度 140℃或背火面上任何一点的温升超过该点初始温度 180℃时,则认为试件失去隔热性。

8.2 承重构件

a) 失去稳定性。在试验过程中试件发生垮塌;或梁板构件的最大挠度、柱构件的轴向变形、柱构件的轴向变形速率超过规定值时,则表明试件失去稳定性。即:

梁或板构件的最大挠度超过 $L/20(\text{mm})$, L 为试件计算跨度,单位:mm。

柱构件轴向变形大于 $h/100(\text{mm})$ 或轴向变形速率大于 $3 h/1\,000(\text{mm}/\text{min})$ 。 h 为柱构件在加载后,耐火试验前的初始受火高度,单位:mm。

b) 当承重构件同时起分隔作用时,还应按 8.1 的规定进行判定。

9 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 试验委托单位名称;
- b) 样品制造单位名称和样品名称;
- c) 试验名称和日期;
- d) 试件构造、照片以及所用材料的技术数据;
- e) 试验荷载的计算方法、荷载值及加载方法;
- f) 试件约束/边界条件;
- g) 温度、变形、数据及其说明;
- h) 非对称构件受火面的确定;
- i) 试件的耐火极限;
- j) 试验主持人及试验单位负责人签字,试验单位盖章。