

中华人民共和国国家标准

GB/T 9978.3—2008

建筑构件耐火试验方法 第3部分：试验方法和试验数据应用注释

Fire-resistance tests—Elements of building construction—
Part 3: Commentary on test method and test data application

(ISO/TR 834-3:1994, MOD)

2008-06-26 发布

2009-03-01 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 术语和定义 1

4 标准试验程序 1

5 耐火性能指标 7

6 分级 8

7 可重复性和可复现性 9

8 内插法和外推法..... 10

9 耐火性能与建筑火灾的关系..... 11

附录 A(资料性附录) 本部分章条编号与 ISO/TR 834-3:1994 章条编号对照 12

附录 B(资料性附录) 本部分与 ISO/TR 834-3:1994 技术性差异及其原因 14

参考文献 16

前 言

GB/T 9978《建筑构件耐火试验方法》分为如下若干部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：耐火试验炉的校准；
- 第3部分：试验方法和试验数据应用注释；
- 第4部分：承重垂直分隔构件的特殊要求；
- 第5部分：承重水平分隔构件的特殊要求；
- 第6部分：梁的特殊要求；
- 第7部分：柱的特殊要求；
- 第8部分：非承重垂直分隔构件的特殊要求；
- 第9部分：非承重吊顶构件的特殊要求；

.....

本部分为 GB/T 9978 的第 3 部分。

本部分修改采用 ISO/TR 834-3:1994《耐火试验 建筑构件 第3部分：试验方法和试验数据应用注释》(英文版)。

本部分根据 ISO/TR 834-3:1994 重新起草。在附录 A 中列出了本部分章条编号与 ISO/TR 834-3:1994 章条编号的对照一览表。

考虑到我国国情,在采用 ISO/TR 834-3:1994 时,本部分做了一些修改。有关技术性差异已编入正文中并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 B 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表,以供参考。

为便于使用,对应于 ISO/TR 834-3:1994,本部分还做了下列编辑性修改：

- “ISO 834 本部分”修改为“GB/T 9978 本部分”；
- 用小数点“.”代替 ISO/TR 834-3:1994 中作为小数点的逗号“,”；
- 规范性引用文件“ISO 834-1:”修改为“GB/T 9978.1—”；
- 删除 ISO/TR 834-3:1994 的前言。

本部分的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本部分由中华人民共和国公安部提出。

本部分由全国消防标准化技术委员会第八分技术委员会(SAC/TC 113/SC 8)归口。

本部分起草单位：公安部天津消防研究所。

本部分主要起草人：韩伟平、赵华利、王颖、黄伟、李博、安冰、李希全、阮涛、刁晓亮、俞颖飞、董学京、白淑英。

建筑构件耐火试验方法

第3部分:试验方法和试验数据应用注释

1 范围

GB/T 9978 本部分提供的信息是建议性的,目的是为耐火试验方法和试验数据的应用提供指南。

GB/T 9978 本部分也确定了将来的修订版可能通过研究而获得改进的内容,如:与试件组件性能相关的试验现象及其与实际建筑结构之间的关系,与试验仪器和试验方法相关的技术。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 9978 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

GB/T 5907 消防基本术语 第一部分¹⁾

GB/T 9978.1—2008 建筑构件耐火试验方法 第1部分:通用要求(ISO 834-1:1999,MOD)

3 术语和定义

GB/T 5907 和 GB/T 9978.1 确立的术语和定义适用于 GB/T 9978 的本部分。

4 标准试验程序

4.1 概述

实际情况表明,对耐火试验的标准试验程序进行一些简化是必要的,以供所有实验室能在可控制条件下进行试验,并使试验结果获得期望的可重复性和复现性。

某些可导致试验结果发生一定程度偏差的因素,未包含在标准试验程序规定的范围内,在这一点上,材料与结构的不同变化显得尤其重要。已经在本部分中确定的其他因素,在标准使用者能够接受的能力范围之内。如果标准使用者对这些因素给予适当的关注,就能够将试验程序的可重复性和复现性提高到一个可以接受的水平。

4.2 加热模式

GB/T 9978.1—2008 中 6.1.1 描述的试验炉内标准升温曲线,与过去几十年里一直使用的耐火试验时间-温度曲线基本一致。采用诸如在火场中观测到的已知熔点材料开始熔化的时间等作为参考因素,该温度曲线与某些建筑火灾的实际火场温度具有明显的相关性。

标准升温曲线的实质是提供一个能合理代表火灾发生条件的标准试验环境条件,在该试验环境条件下,可以比较建筑结构中具有代表性的不同构件的耐火性能。但要特别注意的是,标准耐火试验环境不一定代表了实际火灾发生的情况,也不一定表明建筑构件在标准耐火试验条件下的耐火性能就是在真实火灾中的耐火性能。标准耐火试验只是在通常(正常)情况下,对建筑物的分隔构件和结构构件的耐火性能进行等级划分。此外,耐火性能只与标准耐火试验的持续时间有关,与实际火灾的持续时间

1) 该标准将在整合修订 GB/T 5907—1986、GB/T 14107—1993 和 GB/T 16283—1996 的基础上,以《消防词汇》为总标题,分为 5 个部分。其中,第 2 部分为 GB/T 5907.2《消防词汇 第2部分:火灾安全词汇》,将修改采用 ISO 13943:2000。

无关。

有关实际火灾环境的加热条件与标准耐火试验的加热条件之间的联系,以及火灾后的环境冷却温度曲线等信息,可参见参考文献[1]的内容。

值得注意的是,标准升温曲线可以用一个指数公式来描述,该曲线非常接近于式(1)所示的曲线,此公式表示方式比较有利于计算。

$$T = 345 \lg(480t + 1) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

T ——温度升高值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t ——温度升高值达到 T 时所持续的升温时间,单位为小时(h)。

公式(1)可以转换成:

$$T = 1\,325(1 - 0.325e^{-0.2t} - 0.204e^{-1.7t} - 0.471e^{-19t}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

T ——温度升高值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t ——温度升高值达到 T 时所持续的升温时间,单位为小时(h)。

采用试验记录的实际升温曲线的面积和上述标准升温曲线的面积进行比较,可以获得试验炉内温度偏差,用 de 表示,如 GB/T 9978.1—2008 中 6.1.2 所述,可以通过对标绘点使用求面积仪测量得到,或采用辛普森法则和梯形法进行计算而获得。

GB/T 9978.1—2008 中 6.1.1 描述的升温条件是本部分中要求的构件耐火试验的温度条件,不适用于代表真实的火灾环境温度条件,例如含有烃类燃料的火灾。含有烃类燃料的火灾环境更适合于用非建筑构件的耐火试验标准来描述。最近提出的关于烃类火灾的升温条件,举例如下:

$$T = 1\,100(1 - 0.325e^{-0.1667t} - 0.204e^{-1.1417t} - 0.471e^{-15.833t}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

T ——温度升高值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t ——温度升高值达到 T 时所持续的升温时间,单位为小时(h)。

实际应用时,式(3)可以表示为:

$$T = 1\,100(1 - 0.33e^{-0.17t}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

T ——温度升高值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t ——温度升高值达到 T 时所持续的升温时间,单位为小时(h)。

4.3 耐火试验炉

GB/T 9978.1—2008 中 6.1.1 描述的升温条件,不足以确保采用不同设计方案制造的耐火试验炉对试件提供同样的耐火试验环境,也不足以确保从这些不同的耐火试验炉得到试件试验结果的一致性。

用来控制试验炉温度的热电偶处在一个动态热平衡状态的环境中,受到加热炉内存在的热辐射和热对流的影响。通过对流把热量传递到一个无遮蔽物体的过程,取决于受热物体的大小和形状,通常小的受热物体(如热电偶接头)的温度要高于大的受热物体(如试件)的温度。因而对流热对热电偶温度有较大的影响,传递到试件的热量主要受到试验炉炉壁辐射热和火焰辐射热的影响。

试验炉中,同时存在气体热辐射和炉壁表面之间的热辐射。气体热辐射取决于试验炉内的温度和气体的吸收特性,同时受可见火焰部分的辐射影响显著。

试验炉炉壁表面之间的热辐射取决于炉壁的温度、炉壁的吸收特性与发射特性以及试验炉的大小和构造。因此,试验炉炉壁的温度取决于其热力学特性。

对任一物体的对流热传递,取决于该物体所在局部环境气体温度与该物体表面温度的差异以及气体的流速。

试验炉内气体产生的辐射热与其温度相关,试件吸收的辐射热是试验炉内气体辐射热和试验炉炉壁辐射热的总和。后者开始时很小,随着炉壁温度的升高而逐渐增加。本部分中描述的热电偶很小,适宜于测量气体温度。另一方面,试件温度对辐射热更为敏感。

根据上述讨论,在不同测试机构中使用本部分的试验要求时,为了实现试验结果的一致性,其最终的解决方法是使用标准的测试机构对耐火试验炉进行理想化设计。这些设计应精细到试验炉尺寸、构造、材料、建造技术以及使用燃料的类型等方面。

有一种方法可以减少目前在用耐火试验炉之间存在的试验结果不一致的问题。采用温度易随炉内气体温度变化而变化的热惰性材料,把耐火试验炉炉壁表面填满,该材料的特征性能应符合 GB/T 9978.1—2008 中 5.2 的规定。这样,试验炉内气体和试验炉炉壁之间的温差会降低,由燃料供给的不断加热的热量,通过试验炉炉壁辐射到达试件表面。因而,采用不同设计的耐火试验炉,测试相同试件得到的耐火试验结果的可通用性会得到加强。

在可能的情况下,应重新检查、优化现有耐火试验炉有关燃料喷嘴和可能使用燃料的设计方案,以避免可能导致试件表面受热不均的气流紊乱和相关压力波动的发生。

尽管 GB/T 9978.1—2008 中 5.5.1.1 对用于测量并控制炉内温度的热电偶设计有所说明,但仍然建议在试验操作中尽可能使用对于辐射热和对流热综合效应更为敏感的热电偶,以进一步减少试验炉热性能变化带来的影响。

为了完善试验结果的一致性,调整现有试验炉设计的最为有效的“工具”之一是使用校准程序(见 4.12)。

4.4 试件养护

4.4.1 混凝土材料非标准含水量的校正

GB/T 9978.1—2008 中 7.4 规定,试验时,试件的含水量应与通常的实际使用情况一致。

除非在有持续空调和中央供暖系统的建筑物中,否则,建筑构件均暴露在空气中,不同程度地受到大气环境温度和/或湿气条件的循环影响。构件所使用材料的性能及其尺寸,决定了构件含水量达到平衡条件时受到环境湿度影响而波动的程度。

把试件的养护条件与其在通常情况下的使用条件进行比较,可以得到试件在养护前后的含水量变化量,尤其是构件中具有高吸湿能力的吸湿性组分,如普通水泥、石膏和木材等,其含水量变化量尤为明显。但是,对于 GB/T 9978.1—2008 中 7.4 描述的内容,在普通无机建筑材料制品中,只有含有水分的普通水泥产品的耐火试验结果会受到其含水量变化的影响。

为了比较试验结果,试件含水量需要在标准环境条件下进行调节,即把试件置于温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50 \pm 20)\%$ 的大气环境条件下进行养护,直至达到平衡含水量。

如果已知试件在某一含水量下按隔热性判定的耐火极限,则可根据公式(5)计算该试件在其他含水量下的耐火极限:

$$T_d^2 + T_d(4 + 4b \times \Phi - T_\Phi) - 4T_\Phi = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Φ ——试件的单位体积含水量;

T_Φ ——试件在含水量为 Φ 时的耐火极限,单位为小时(h);

T_d ——试件在烘箱干燥条件下干燥后的耐火极限,单位为小时(h);

b ——随试件渗透性能而变化的因素。对于砖、密实混凝土和喷射混凝土试件, b 取 5.5;对于轻质混凝土试件, b 取 8.0;对于加气混凝土试件, b 取 10.0。

根据试件在某一含水量下按隔热性判定的耐火极限值来计算该试件在其他含水量下的耐火极限,也可以通过使用参考文献[2]和[3]中描述的方法来求得。

如果采用人工干燥技术使试件达到标准环境条件下的平衡含水量,则进行试件调节工作的试验室有责任避免采用可能明显影响试件组分性能的试验程序。

4.4.2 根据相对湿度来测定固化混凝土的湿度条件

参考文献[4]描述了采用带有电感元件的仪器测定硬化混凝土样品相对湿度的推荐方法。类似于采用带有电感元件仪器的测量方法,可用来测定其他材料制备的耐火试验样品的相对湿度。

对于木结构构件,在适当的情况下可以使用基于电阻原理的湿度表来测定耐火试验样品的相对湿度,以确定木材是否达到了恰当的湿度含量。这种基于电阻方法的湿度表在参考文献[5]和[6]有所描述。

4.5 燃料输入量和产热量

目前,燃料输入量并不是构件耐火试验过程中必须测量的数据。当然,这个数据经常由试验室进行测量,同时鼓励 GB/T 9978 本部分的使用者获得此信息,这将对其进一步进行研究开发工作有所帮助。

当记录燃料的输入速率时,下列有关试验过程的指南,或许有助于记录工作的开展。

每间隔 10 min(如果需要,可以缩短间隔时间)记录一次输入试验炉喷嘴的燃料总量(累积量)。同时,应确定在整个试验过程中需要的燃料总输入量。使用可连续记录的流量计,比只能阶段性读取瞬时流量或总流量的流量计更为方便。选择使用的流量测量和记录系统,应能确保流量速率读数的准确度在±5%的范围内。应报告燃料的类型、每一段时间的燃料燃烧总热量值和输入燃料的累计流量值(换算到温度为 15℃,压力为 100 kPa 标准条件下的数值)。

已经完成的燃料输入量的测量结果表明,含有可燃组分的试件组件在进行耐火试验时,试验后期,试件中的可燃材料对试验炉内环境存在有热贡献。在我国建筑法规中,建筑构件的可燃组分是否对火灾产生热贡献可不予以考虑,但应根据建筑物的类别、耐火等级等要求,来控制所使用构件的整体燃烧性能(一般为不燃烧体或难燃烧体)。

还应注意的是,对水冷却保护的钢结构或大型隔断进行耐火试验时,测量燃料输入量的方法可能会明显不同。

4.6 压力测量技术

安装管式压力传感器的管组时,传感管和参比管通常应配对使用,它们的通道是共同从与测量相关的水平位置一直通向测量装置。至于参比管,可能在某些地方并不实际存在,但应视作是隐含存在的(在这种情况下,同一房间中两个特定平面之间的空气层可代表参比管)。

在同一水平面上的参比管和传感管,可能处于不同的温度。

参比管和传感管从一个水平面弯曲到另一个水平面时,很可能(在每一平面上)处于相同的温度。参比管和传感管的顶部可能很热,而在底部可能很凉,但在同一个水平面上的温度应该相同(参见参考文献[7])。

在试验炉内安装传感管时,应该注意避免传感管受到试验炉内气体流动和紊乱扰动引起的动力学影响(参见参考文献[8])。

4.7 停止加热后的延续试验程序

GB/T 9978.1 对试验炉停止加热后的延续试验程序没有提出要求,也没有在参考文献中涉及到。

在实际操作中,可在耐火试验后继续对承重构件试件维持试验荷载或计算荷载至一定时间(通常是 24 h),以便于得到试件代表的建筑构件在火灾后的剩余强度或刚性数据,但由于该数据很难与某一火灾条件(或某一火灾后的条件)进行对应,所以该项试验未包含在本部分规定的要求范围内。

对于分隔构件试件,可通过在耐火试验后立即进行某种形式的冲击试验,对其耐火性能进行附加评估。冲击试验是为了模拟考察火灾中燃烧物碎块或消防灭火水龙的冲击作用对防火分隔构件性能的影响,因为某些场所的防火分隔构件在火灾中受到冲击作用时或在冲击作用后的一段时间内仍需要维持有效的防火分隔功能。这种冲击试验可以在一个完整的耐火试验全部结束后(即达到了预先设定的耐火试验时间)进行,也可以在耐火试验进行到一定阶段(例如,达到了预先设定的耐火试验时间的一半)时进行;这种试验是考察分隔构件稳定性的一种测量方法,不是消防员使用消防水龙模拟灭火的方法。

值得注意的是,上述两种附加试验在多数情况下都可能影响继续进行超过耐火极限时间以后的耐

火试验。随着外推计算方法和其他计算方法对试验数据需求的不断增加,耐火试验机构应尽可能地延长耐火试验时间,直至试件安全地达到限定的耐火极限判定标准。

4.8 试件尺寸

GB/T 9978.1 规定了应对全尺寸试件进行耐火试验的总要求。GB/T 9978.1 中也认识到这种情况并不总是可以实现的,因为它受到了采用的耐火试验设备尺寸的限制。在不可能使用全尺寸试件进行耐火试验的情况下,提出了克服这一不足的尝试方法,即规定试件的标准最小尺寸是能代表高为 3 m、横截面尺寸为 3 m×4 m 的房间构件所需的尺寸。

强烈建议采用全尺寸试件进行耐火试验的原因,是因为建筑结构的大多数承重构件和某些分隔构件在火灾下的特性,难以采用其模型尺寸试件的试验结果来完全代表。

对于大多数非承重建筑构件,为了试验需要,把试件尺寸从全尺寸减少到一个较为方便的尺寸并不会带来任何严重的问题,特别是对于那些结构构造是模型化的构件更是如此。

对于承重结构构件,减小耐火试验试件尺寸的同时保持其功能指标不变是很重要的。例如,全尺寸的地板尺寸减小时,边长之间的比例应保持不变。同样,建筑结构单元尺寸与其所支撑构件尺寸的相对比例应保持不变,即具有代表性的缩尺构件承受的不同应力之间应维持平衡。同时,应建立所讨论缩尺建筑结构的正确的应力表示方法。

4.9 试件结构

GB/T 9978.1 规定了耐火试验试件所使用的材料、试件结构和试件构造方法等,应能代表构件的实际使用情况。这意味着耐火试验试件应包括节点、膨胀伸缩缝和特有的固定方法或装配特点等特征结构,并以能代表实际使用情况的方式进行构造。

值得注意的是,除非有其他特殊设计方法,否则存在着一种构造比实际应用情况更高标准的耐火试验试件的发展趋势。此外,关注耐火试验试件的构造一致性也很重要,从而可以避免因为试件的构造缺陷而导致形成额外的无关结果。

所以,对试件情况和试验条件的准确而细致的描述,是耐火试验数据最为必要的附件;必要时,应强调试件的这些特征,以合理解释表面上显得不规律的试验结果。

4.10 试件加载

在耐火试验中,施加在试件上的荷载对试件的耐火性能有重要影响。同时,对试验数据的进一步应用,及其与其他试验或相似试验得到试验数据之间的关系,也是一个重要补充。

GB/T 9978.1 中 6.3 确定了选择试验荷载的不同依据。第一个方法,能够对试验数据提供广泛应用的试验荷载确定方法,是依据构成试件的结构组件材料的实际测试性能和国家认可的建筑法规规定的设计方法;实际构件施加前述确定的试验荷载之后,导致其临界区域的材料产生应力,这些应力是国家认可建筑法规中的设计方法所规定允许的最大应力。此方法提供的试验荷载是最严格的,同时也为试验数据的外推及其在计算程序中的应用提供了一个现实可行的依据。

第二个方法,是依据构成试件的材料的理论性能和国家认可的建筑规范规定的特定设计方法。这个性能特征值通常由材料的生产者提供,或通过查阅有关材料的标准性能参数的参考文献来获得(通常给出一个范围)。大多数情况下,此方法确定的试验荷载的值有一点保守,因为材料性能的实际值大多数情况下高于其特征值,并且建筑构件不会承受到设计方法所预期的极限应力的作用。另一方面,这个方法与典型的国家规范规定的荷载设计方法及其相关的关于建筑构件中使用材料性能的设计说明,具有更密切的关系。如果材料的实际性能已经确定,且/或耐火试验试件的结构组件的应力已经在耐火试验过程中得到测量,则从这样的耐火试验中获得的结果的有效性可能加强。

第三个方法,不同于前述的两种方法,因为此方法确定的荷载与某些特定要求相关,因此也限制了试验结果的应用。由于试验荷载总是小于实际情况下构件应承受的荷载,所以根据现行建筑法规规定必须承受的标准设计荷载来选择建筑构件,比按照上述第一和第二种方法加载试件测试得到的性能来选择建筑构件,有更大的安全系数和更高的耐火性能。此外,如果根据建筑构件中结构材料的实际物理

性能以及这些构件按规定值施加荷载时所承受的应力来获得有关试验数据,则试验结果的有效性也会进一步得到增强。

除了研究试验过程中确定试验荷载的各个依据之外,应注意与这些依据有关的,在建筑结构设计时采用的国家认可的建筑法规,这些法规可能会提供一系列不同的构件设计方法,这些设计方法通常因考虑建筑的不同使用环境而不完全一样,尤其是当考虑对风、雪、地震等荷载因素的适应性时,建筑结构的设计有着显著不同。

因此,需要重点注意的是,在耐火试验过程中无论选取哪种方法来确定施加荷载,都宜考虑与试件所代表构件在实际中未受热时荷载的相关性;另外,确定试验荷载的依据以及其他影响试验结果数据有效性和可适用性的相关信息,如材料特性和应力水平等信息,应在试验报告中明确给出。

荷载的集中加载点,能够在极大程度上为建筑梁和柱提供与实际情况十分接近的应力条件。对于楼板和墙,应更加注意均布荷载的模拟加载效果,应采用最多的荷载加载点,而且加载系统应能适应试验过程中试件的全部预期挠度,并确保试件维持规定的荷载分布。

4.11 边界条件和约束

4.11.1 概述

GB/T 9978.1—2008 中 6.4 对不同承重系统试件的约束应用、试件对热膨胀或热转动的抵抗作用给出了一些供选择的方法,反映了在 GB/T 9978.1 中描述的试验方法的内在本质,即以最能代表在实际中最严酷应用情况的方法对试件进行耐火试验。

为了把应用于试件的约束条件与构件在实际建筑结构中的约束条件进行关联,以下观点适用:

- a) 当试件的周围环境条件和支撑结构能够在标准时间-温度曲线表示的整个高温范围内,为构件提供因热膨胀和/或热转动而产生应力的足够抵抗力时,可以认为实际建筑中的楼板和屋顶组件、墙体结构、柱和独立的梁能够抵抗热膨胀和/或热转动应力。
- b) 虽然,确定如何实现“构件因热膨胀和/或热转动而产生应力的足够抵抗力”的方法,需要工程实践来判断。但是,这些必要的抵抗力可以由构件的一些结构特性来提供,如楼板和屋顶组件的支撑结构产生的侧向刚性作用、某一结构组件内连接梁的支撑结构产生的侧向刚性作用以及被支撑结构的重力等。与此同时,结构连接节点应足以充分地把热膨胀和/或热转动产生的应力传递给上述支撑结构或其他产生抵抗力的结构。某一结构的联接板或相邻结构的刚性,也应在评估该结构抵抗热膨胀应力的能力时予以考虑。根据这一原理,建筑梁的两个以上的连续支撑结构会对梁的预期热转动应力产生抵抗力。
- c) 耐火试验结果表明,试件约束条件的变化可以显著影响建筑构件或组件的耐火时间。在大多数情况下,在耐火试验中应用约束,对试件耐火性能的测试结果有益。但有时,过分的轴向约束会加速试件耐火稳定性的失效或引起诸如在混凝土结构中可能发生的加速爆裂现象;有时,例如一面受火的非静定钢筋混凝土楼板,瞬间约束可能导致未增强区域或增强较薄弱的区域形成严重破裂变形,从而导致结构的剪切破坏。

随着受约束结构的耐火试验经验的增加,可以预测上面提及的某些不规律的特性,而且还有可能在通常方式下将受约束试件的试验条件与实际建筑结构条件进行关联。然而,还有很多工作需要继续完成,而且在不可能将试件试验时所需要的边界条件与构件在实际建筑结构中可能承受的边界条件进行关联的情况下,耐火试验可以在很少或者没有对试件热膨胀或热转动应力进行约束的条件下完成。

4.11.2 抗弯构件(梁、楼板、屋顶)

抗弯构件试件可以静置于滚动支座上或安装在约束结构界限内进行耐火试验。在后一种情况中,对于试件的轴向或旋转热膨胀可以采用多种约束方法。在复杂程度低的设备中,试件安装在约束结构的部分结构内进行试验,该部分结构能够响应试件结构构件的轴向推力而不发生明显的变形。这种轴向推力有时可以通过校准约束结构进行调节;有时可以通过在结构构件末端与约束结构之间预留膨胀伸缩缝的方法,在一定程度上控制这种轴向推力。这种结构安排,对试件也提供了热转动约束。在更为

复杂的约束结构布置中,通常使用相对于构件轴向布置的液压装置来实现约束及其测量。

在存在热膨胀约束的情况下,试件在耐火试验中受热会引起轴向压缩力。大多数情况下,这种轴向压缩力出现在构件横截面的某一位置上,使得与该轴向压缩力相关的弯曲力矩趋向于抵消由试件加载产生的弯曲力矩,除非试件爆裂的可能性或不稳定性失效超过了这个有利效应,否则,将会导致试件承载能力和耐火性能的提高。

在多数情况下,如果一个抗弯构件试件在不受约束的条件下进行耐火试验,则采用此耐火试验结果来选用在火灾状态下可能受到热约束的对应抗弯构件是安全的。

4.11.3 轴向构件(柱、承重墙)

在实验室进行的柱和承重墙的耐火试验,表明的是这些构件在实际火灾中经受应力情况的理想化状态。例如,在耐火试验中不可能重现轴向构件在实际火灾中可能出现的末端弯矩的变化情况。实际上,约束的效应取决于防火分区中火灾的局部情况,如果防火分区中提供的是充分均匀的加热环境,则对试件受热膨胀延长的约束力会大大降低。

柱和承重墙的承载能力及其相关的试验荷载值,在很大程度上取决于它的支撑结构状况。对于铰链约束的细长型建筑构件,即使是支撑结构内由于摩擦引起的很小的力,都会显著增加该构件的承载能力。在耐火试验中,作用于试件末端的无意约束也会显著增加试件的承载能力。在某些实验室中也出现过这样的情况,对于柱构件,尽管使用的是球形的末端支撑结构,但通常很难提供真实的同心轴向支撑(或承载)点,推荐的做法是采用已知小偏心率的支撑结构。

基于以上原因,对于柱或承重墙而言,最好是在无热膨胀抵抗力或末端完全受限的情况下进行耐火试验。

4.11.4 非承重墙和隔断

从理论上讲,所有的非承重墙和隔墙均在不施加外部荷载的情况下进行耐火试验。然而从实际建筑来看,这些构件会受到从其他建筑构件传递荷载的影响,或者在火灾中受到构件自身膨胀产生应力的影响。因此,此类构件的耐火试验应在具有足够硬度的封闭受限框架内进行,此框架应能够抵抗试件热膨胀产生的作用力而不发生任何变形或只有微小变形。

4.11.5 试验室测量

考虑到目前缺乏关于热膨胀或热转动抵抗效能的信息,因此,在对任何约束形式的试件进行耐火试验时,试验室应尝试确定约束结构的约束力大小和方向。

4.12 校准

校准包含这样一个工作程序,其目的是确保根据 GB/T 9978 本部分的要求,在不同耐火试验炉或同一耐火试验炉在不同时间对相同样品进行耐火试验的结果具有可比性。如果校准程序达到了这一目标,则规定试件在不同耐火试验炉或同一耐火试验炉在不同时间进行耐火试验时,达到与承载能力和隔热性相关性能指标的时间不会出现明显的差异。

所有耐火试验校准的主要特征,包括控制和测量试验炉炉温、压力和试验环境条件的程序和仪器使用。校准试验的目标是确保在试件受火面上建立均匀统一的受热条件并达到规定的受热水平,并确保垂直方向安装试件的受火面上能获得线性静压力梯度,水平方向安装试件的受火面上能获得均匀统一的静压力。

试件的承载能力受到以下因素的影响:试件支撑结构,约束和边界条件,设计载荷的应用,使用已按标准进行校准的设备对载荷大小、试件变形和偏转进行瞬时测量的操作过程。目前,还没有能够直接评估这些因素特性的校准程序,赖以信任的是试验方法中有关这些因素的说明信息的一致性。

5 耐火性能指标

5.1 目的

如 GB/T 9978.1 所述,确定耐火性能的目的是评价建筑结构构件在标准受热和压力条件下的性

能。GB/T 9978 本部分描述的试验方法是通过建立性能指标,来提供确定构件耐高温能力的一个量化方法。这些耐火性能指标是为了确保试验构件在试验条件下,持续发挥其作为一个承重支撑结构或作为一个分隔构件的设计功能,或者兼有两者的功能。这些性能指标要求确定了构件的承载能力和抗火灾蔓延性能。火灾可以有两种方式从一个分隔区域蔓延到另一个分隔区域,一种是由于分隔构件完整性的破坏而造成火灾蔓延,另一种是由于分隔构件因过分受热导致其背火面温度高于一个可接受的温度值而造成火灾蔓延。

GB/T 9978 本部分规定的时间-温度曲线,只是代表了在火灾发展阶段可能出现的多种温升情况中的一种,该方法不能量化构件在真实火灾中某一精确时间阶段内的性能(见 4.2)。

5.2 承载能力

承载能力指标是为了确定承重构件在耐火试验中不出现坍塌的情况下支撑试验载荷的能力。由于对承载能力的测量是期望在不必将试件持续试验至坍塌的情况下进行,所以对楼板、梁和柱试件规定了极限变形速率和极限变形(挠度或轴向变形)量。然而,对墙试件还不可能作出这一指标限定,因为试验表明,墙试件在坍塌以前记录的变形值会因墙体类型的不同而有很大的差异。

5.3 完整性

完整性指标适用于分隔构件,该指标为试件抵抗火焰或热气从迎火面向背火面传播的能力提供一种度量标准,并根据试件的任何裂缝或开口处放置的棉垫被点燃之前的实测时间来确定。棉垫被点燃的难易程度,取决于开口的尺寸、开口处试验炉内的压力、温度以及氧含量。

构件背火面的火焰可能造成不可接受的危害,因此,若试件出现导致棉垫被点燃的裂缝或开口,则判定为不满足完整性指标要求。

5.4 隔热性

隔热性指标适用于分隔构件,该指标为试件保持其背火面温度升高值低于规定值的能力提供一种度量标准。

如果所测试的分隔构件不具备隔热性能或其背火面温度超过了规定值,则其背火面自身产生的辐射热即足以点燃棉垫。

规定的背火面温度指标是为了确保任何与背火面接触的可燃材料在该温度以下不会被点燃。隔热性指标同时包含了对试件背火面最大温升值的规定,当依据 GB/T 9978.1 中 8.1.2 的规定测量试件背火面温度时,可以指明试件结构背火面出现热传递通道或灼热点的潜在区域。

有建议指出,GB/T 9978.1 规定的试件背火面温升限定值有点保守,因为该值的确定明显是基于假设在明火从试验装置处移开之后,试件背火面温度仍能继续升高。曾经做过这样一个试验(参见参考文献[9]),把填满棉花或木屑的盒子放置在按标准耐火试验状况受火的砖墙背火面处,在耐火试验持续进行的 1.5 h 至 12 h 时间范围内,当砖墙背火面温度低于 204 °C(温度升高 163 °C)时,未发生木屑或棉花被点燃的现象。当砖墙背火面温度在 204 °C 到 232 °C 之间时,观察到了木屑或棉花接近被点燃的现象;当砖墙背火面温度在 232 °C 到 260 °C 之间时,观察到了木屑或棉花完全被点燃的现象。

5.5 其他性能

虽然按照本试验方法进行耐火试验的试件所包含的材料,可能在试验过程中出现不期望的性能,如释放出烟气等,但是这种现象并不受本试验方法规定性能指标的限定。材料受火释放烟气的性能,由其特定的测试方法来进行更为恰当的评价。

6 分级

一般,依据建筑物的高度、大小、使用性能和内部空间分隔等特性来对建筑进行常规控制管理,要求建筑物的基本分隔构件和支撑构件具有规定的耐火极限,该耐火极限的确定依据是代表建筑分隔构件和支撑构件的试件进行标准耐火试验的结果。

GB/T 9978 的本部分提出建筑构件进行耐火试验时测量耐火性能的代表方法,即有关建筑构件的

耐火稳定性、耐火完整性和耐火隔热性的表征方法。这些性能采用时间单位来表示,在这样的时间段内,试件的相关性能应符合规定的指标要求。

实际上,建筑法规中可采用多种不同的方法对建筑构件的耐火性能作出规定。其一,可以规定建筑构件的耐火极限应达到某一值,其内涵是指在该耐火极限指明的时间段内,建筑构件应达到其应有的所有耐火性能要求;其二,可以针对不同建筑构件在建筑中的功能要求,对其耐火稳定性、耐火完整性或耐火隔热性指标分别规定指标要求。当采用第二种方法时,应在相关建筑法规中明确其适宜且重要的限定使用条件。

建筑构件的耐火性能要求通常表示为耐火性能等级(耐火极限)或耐火时间。耐火性能等级的划分通常以半个小时或一个小时为间隔来表示,范围从 0.5h 至 4h;同时,可针对建筑构件的燃烧性能的不同(燃烧体、难燃烧体、不燃烧体),来区分耐火性能等级的划分。

7 可重复性和可复现性

7.1 概述

尽管 GB/T 9978 的本部分已经根据提高可重复性和可复现性的目的,对试验程序提出了一些改进措施建议,但迄今为止还没有一个完整全面的试验程序,可用于得到耐火试验结果可重复性和可复现性统计评估的数据。由于不要求对名义上相同的样品进行重复试验,而且进行重复试验也不是惯例,所以很少有关于重复试验结果变化的统计数据。然而,还是有一些系统的数据资料可查询(参见参考文献[10])。

可重复性和可复现性通常用标准偏差或偏差系数(标准偏差和总平均值的比值,用百分比表示)来表示;也可以用临界差值或相对准确度来表示。

目前还没有很好的方法可用于评估表示可复现性的偏差系数,然而试验经验表明,试验室间可复现性的偏差系数是试验室内可重复性的偏差系数的两至三倍。

为了进一步改善耐火试验结果的可重现性和可重复性,应考虑 7.2、7.3 规定的一些因素。

7.2 可重复性

可重复性是在单个试验室内完成的对相同组件试件进行重复耐火试验,得到耐火时间可变性的度量方法。测定的耐火时间的可变性归因于一些随机因素或系统因素的影响,可能与下述因素有关:

- a) 试件装配;
- b) 仪器(试验炉和加载设备);
- c) 控制设备;
- d) 操作人员(控制和观察);
- e) 试验环境影响。

随机因素包括:材料变化和材料成型工艺改变;荷载大小及应用方式(如约束的程度、末端固定、荷载偏心率等);传感器及仪器的变化;操作条件影响;试验环境变化(温度、湿度等)。

系统因素包括上述列举的几方面因素,如人工操作设备的不同操作人员、试验炉温度或压力的系统变化(高或低)、传感器及仪器校准的偏移。

在某些情况下,决定性的因素可能包含随机因素和系统因素两方面。例如,试验炉炉压的大小和变化有可能引起构成楼板——吊顶组件的悬挂吊顶结构在试验结束前就失效。这种现象,可能在某一受控的炉压值上随机出现,也可能系统地出现在某一稍高的炉压值上。

7.3 可复现性

可复现性是在不同试验室间完成的对相同组件试件进行重复耐火试验,得到耐火时间可变性的度量方法。上面提到的随机因素和系统因素,也对试验室间耐火试验结果的可变性产生影响,可能会增加耐火试验结果可变性的具体系统因素包括:

- a) 耐火试验炉之间的差别(例如:试件尺寸,燃料类型,试验炉喷嘴的数量、类型和方向);

- b) 结构荷载(例如:施加荷载的方法,荷载分布,荷载偏心率);
- c) 边界条件(例如:约束,环向冷却);
- d) 控制和记录仪器的使用(例如:自动或手动,温度仪器,压力仪器);
- e) 试验条件和性能指标的解释。

8 内插法和外推法

8.1 概述

8.1.1 内插法

内插法,是指根据某一类建筑构件中已完成的,一系列特定构件的耐火试验及给出的各耐火等级结果,分析确定构件进行耐火试验时各种参数变量对其耐火等级的影响,并试图对一个未经试验的同类构件推导出耐火等级,该等级应介于原来由耐火试验建立的同类构件的耐火等级范围之内。使用内插法需要至少以两个构件的试验结果为基础,建立一个数学关系式或经验关系式。建立关系式时可以考虑的因素有:构件尺寸、构件材料或者试验测定的变量范围内的设计变更。

8.1.2 外推法

外推法,是指根据某一类建筑构件中已完成的耐火试验及给出的一个耐火等级结果,分析确定构件进行耐火试验时各种参数变量对其耐火等级的影响,并试图对一个未经试验的同类构件推导出耐火等级,该等级应延伸超过原来由耐火试验建立的同类构件的耐火等级范围之外。使用外推法需要以一个或多个耐火试验结果及其他与火灾性能相关的数据为基础,建立一个火灾模型。建立火灾模型可以考虑的因素有:试件尺寸、试件材料或者在试验测定变量范围以外的设计变更。外推法的可靠性取决于所使用火灾模型的准确性,而且当采用外推法时,应指定使用的火灾模型。

8.2 内插法和外推法的应用

8.2.1 影响因素

有许多参数影响内插法和外推法的应用。当进行耐火试验前知道试验结果数据有扩展应用的要求时,则进行试验时应控制相关试验参数,在必要的时候还需要进行一些附加数据的测量,用以协助试验数据的内插或外推应用工作。为了达到这一目的,需要考虑以下三类主要参数:

- a) 试件尺寸的变量——长度、宽度、厚度等;
- b) 试件所用材料的变量——强度、密度、隔热性、湿度;
- c) 试件荷载或设计方面的变量——荷载、边界条件、节点、安装方法。

这些参数的影响作用取决于试件的种类和所需要考虑的变化情况,仅有可能指明其中一些参数在少数典型情况下的影响作用。基于这个目的,可以把试件分为承重构件和分隔构件两类。对承重构件,主要是确保参数的变化应足以支撑荷载;而对分隔构件,主要是确保其满足完整性和隔热性要求。在某些情况中(如承重分隔构件),上述两种要求都需要满足。

在内插法和外推法的应用中,可以应用简单规则的承重构件主要有具有隔热性能的钢结构构件、取决于增强保护的混凝土结构构件以及耐火性能影响参数中炭化速率是关键参数的木结构构件。对于钢结构构件,尺寸、荷载和设计内容的改变会导致所使用的隔热材料指标要求的改变。对于混凝土结构构件,可以对一些单一结构系统做类似的近似处理,在这些单一结构系统中,混凝土钢筋的布置要么是简单布置以达到其使用强度要求,要么作出更为复杂的布置并考虑应力和应变的重新分配。对大多数木质结构构件,可以根据未成炭区域的木材最终剩余强度进行分析。

8.2.2 应用方法

内插法和外推法可以分为下列四种应用方法,复杂程度依次递增。需要使用这些方法的机构,在详细的使用规则和应用限制条件上应达成一致:

- a) 以耐火试验结果和一般概念为基础的定量设计规则,这些规则仅适用于该领域内的专家使用。
- b) 以特定耐火试验结果为基础的定量设计规则(或经验规则),这种特定的耐火试验是为测试构

件中使用的材料或制品对构件耐火性能的贡献而进行,并采取安全措施,以避免出现不切实际的结果。

- c) 回归方法:在一系列的试验中测量一系列参数,并采用回归方法确定一个关系式,以获得最佳结果。
- d) 物理模型:根据基本原理或采用对测试数据进行计算研究的方法,建立构件耐火性能与其材料性能相关关系的模型;模型确立后,通过输入适当的材料性能即可确定相应构件的耐火性能。

如果数据不充足,或考察的结构明显不能代表内插法或外推法中作为基础的耐火试验结构时,应考虑采用内插法和外推法确定构件耐火等级时出现的偏差。

上述内容可参见参考文献[11]。

9 耐火性能与建筑火灾的关系

在考虑构件耐火性能与建筑火灾的关系时,应明确构件的耐火性能是通过完整的耐火试验过程来确定的。当把耐火试验时的火灾场景与实际建筑火灾进行比较时,通常应该注意的是时间-温度曲线及其与各种不同火灾场景下室内“真实”火灾的环境温度和火灾发展速率之间的关系。

需要采用试验证明建筑结构是合格的,能在火灾中提供需要的安全水平。这可以通过一些规范或说明性文件,引用构件耐火试验结果的方法来实现,这些规范或说明性文件将决定建筑结构中具体部位的耐火性能要求。应用方法的适当性由实际使用效果的反馈来监控,以避免不可接受的耐火等级失效。

试验结果采用以时间表示的耐火性能分类或等级来表达,在这一时间段内,建筑构件的耐火性能满足规定的指标要求。

耐火试验测试的耐火时间表明了构件耐火性能的相对等级,不能直接与特定建筑的耐火等级相联系。从一个耐火试验时间基数到建筑规范规定的建筑物火灾特性的转换关系的识别,是十分重要的。

建筑构件在耐火试验中表现的实际性能,与试验条件、试件模拟实际建筑构件的程度和用于确定试件失效的判定指标等因素紧密相关。试件失效判定指标的微小变化,就会对试验得到的耐火极限产生重大影响,特别是需要考察试件完整性和隔热性指标的试验。

应特别注意,在考察试件完整性和隔热性指标的耐火试验中记录的构件耐火时间,与真实火灾中实际构件的失效时间没有直接关系。在建筑构件进行耐火试验的起初阶段,已经从试验原理上认识到了这一事实(参见参考文献[12]、[13])。

耐火试验是对不同建筑构件在火灾场景中的对火反应性能进行测量比较的一种方法,这些火灾场景在火灾模型和物理模型方面进行了近似处理。

应谨慎考虑为使耐火试验“更真实”而进行的尝试。按照使用试验结果的责任者的要求,应考虑任何显著改变耐火试验现有分级的测量方法,而且仅在可能引起安全水平的变化已经得到识别、有需要且得到认可的情况下,才采用该方法。

附 录 A
(资料性附录)

本部分章条编号与 ISO/TR 834-3:1994 章条编号对照

表 A.1 给出了本部分章条编号与 ISO/TR 834-3:1994 章条编号对照一览表。

表 A.1 本部分章条编号与 ISO/TR 834-3:1994 章条编号对照

本部分章条编号	对应的 ISO/TR 834-3:1994 章条编号
1	1
2	2
3	—
4	3
4.1	3 与 3.1 之间的悬置段
4.2	3.1
4.3	3.2
4.4	3.3
4.4.1	3.3.1
4.4.2	3.3.2
4.5	3.4
4.6	3.5
4.7	3.6
4.8	3.7
4.9	3.8
4.10	3.9
4.11	3.10
4.11.1	3.10.1
4.11.2	3.10.2
4.11.3	3.10.3
4.11.4	3.10.4
4.11.5	3.10.5
4.12	3.11
5	4
5.1	4.1
5.2	4.2
5.3	4.3
5.4	4.4
5.5	4.5
6	5

表 A.1 (续)

本部分章条编号	对应的 ISO/TR 834-3:1994 章条编号
7	6
7.1	6 与 6.1 之间的悬置段
7.2	6.1
7.3	6.2
8	7
8.1	7 的第 1 段、第 2 段
8.1.1	7 的第 1 段
8.1.2	7 的第 2 段
8.2	7 的第 3 段至第 8 段
8.2.1	7 的第 3 段至第 5 段
8.2.2	7 的第 6 段至第 8 段
9	8
附录 A	—
附录 B	—
参考文献	附录 A

附 录 B
(资料性附录)

本部分与 ISO/TR 834-3:1994 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本部分与 ISO/TR 834-3:1994 技术性差异及原因一览表。

表 B.1 本部分与 ISO/TR 834-3:1994 技术性差异及原因

本部分章条编号	技术性差异	原 因
2	增加引用 GB/T 5907—1987《消防基本术语 第一部分》;引用我国标准 GB/T 9978.1,代替引用国际标准 ISO 834-1 删除 ISO/TR 834-3 中的两个规范性引用文件 ISO/TR 3956:1975、ISO/TR 10158:1991	以适合我国国情和方便使用 根据两个文件在标准正文中提及的情况分析,按照我国标准 GB/T 1.1—2000 的规定,此两个文件属于参考文献,不属于规范性引用文件
3	增加术语和定义一章	完善标准内容并方便使用
4.3 倒数第 2 段	删除了“(参见参考文献[1])”内容	此参考文献内容是关于板式热电偶的说明内容,而 GB/T 9978.1 中并未使用板式热电偶
4.4.1 第 4 段	“相对湿度为 50、温度为 20℃”改为“温度为 (23±5)℃、相对湿度为(50±20)%”	与 GB/T 9978.1 的内容保持一致
4.5 第 4 段	修改了原标准中有关不同国家的建筑法规中对构件可燃组分控制的表述内容,按照我国情况进行表述	以适宜于我国使用
4.10 第 2 段	采用“构成试件的材料的实际测试性能和国家认可的建筑规范规定的特定设计方法”,代替“建立试验荷载及其产生的应力与构成试件的结构组件材料的实际测试性能之间的相关关系”	依据 GB/T 9978.1 的相关内容修改,便于使用
4.10 第 3 段	采用“构成试件的材料的理论性能和国家认可的建筑规范规定的特定设计方法”,代替“建立要求的试验荷载与构成试件的材料的性能特征值之间的相关关系”	依据 GB/T 9978.1 的相关内容修改,便于使用
4.12	删除 ISO/TR 834-3 中 3.11 中一段“在参考文献[9]中描述了关于温度和压力条件的校准程序”内容	有关耐火试验炉的温度和压力条件的校准程序,将依据目前正在制定过程中的 ISO 834-2 标准,来制定我国标准 GB/T 9978.2
4.7	修改了原标准中有关不同国家采用不同的后续试验程序的内容	以适宜于我国使用
6	修改了原标准中有关不同国家的建筑法规中对耐火性能等级的划分、表述等内容,按照我国情况进行表述	以适宜于我国使用
9	删除了原标准中第 7 段至第 11 段有关国外建筑构件耐火试验方法研究历史的内容	以适宜于我国使用
附录 A	增加了资料性附录《本部分章条编号与 ISO/TR 834-3:1994 章条编号对照》	了解本部分与 ISO/TR 834-3:1994 条款对应关系,便于本部分的使用和理解

表 B. 1 (续)

本部分章条编号	技术性差异	原 因
附录 B	增加了资料性附录《本部分与 ISO/TR 834-3: 1994 技术性差异及原因》	了解本部分与 ISO/TR 834-3:1994 内容的技术性差异和原因,便于本部分的使用和理解
参考文献	删除了 ISO/TR 834-3 中的原参考文献[1]、[9]、[14]、[15] 和[16],增加在规范性引用文件中删除的两个文献,并重新对文献进行排序	本部分标准的正文中已删除有关内容,故删除相关的参考文献

参 考 文 献

- [1] ISO/TR 3956:1975, Principles of structural fire-engineering design with special regard to the connection between real fire exposure and the heating conditions of the standard fire-resistance test (ISO 834).
- [2] HARMATHY, T. Z. Experimental Study on Moisture and Fire Endurance, Fire Technology, 1(1), 1986.
- [3] ASTM E119, Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials.
- [4] MENZEL, C. A. A Method for Determining the Moisture Condition of Hardened Concrete in Terms of Relative Humidity. In: Proceedings American Society for Testing and Materials ASTM. 55, 1955, page 1085.
- [5] Wood Handbook of the Forest Products Laboratory, US Department of Agriculture, 14-2~14-3, 1987.
- [6] ASTM D4444, Standard Test Methods for Use and Calibration of Hand-Held Moisture Meters.
- [7] NBSIR 81-2415, Furnace Pressure Probe Investigation. National Bureau of Standards.
- [8] OLSSON, S. Swedish National Testing Institute Technical Report of Standards. SP-RAPP 1985:2.
- [9] INGERG, S. H. Fire Test of Brick Walls, Building Materials and Structures Report 143, US Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1954.
- [10] Task Group Report on Repeatability and Reproducibility of ASTM E119 Fire tests. ASTM Research Report RR: 05-1003(1981).
- [11] ISO/TR 10158:1991, Principles and rationale underlying calculation methods in relation to fire resistance of structural elements.
- [12] BLETZACKER, R. W. The Role of Research and Testing in Building Code Regulation. News in Engineering. The Ohio University, 1962.
- [13] BS 476-10:1983, Guide to the Principles and Application of Fire Testing.
- [14] GB/T 14107—1993 消防基本术语 第二部分.
- [15] GB/T 16283—1996 固定灭火系统基本术语.
- [16] ISO 13943:2000 Fire safety—Vocabulary.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
建筑构件耐火试验方法
第 3 部分:试验方法和试验数据应用注释
GB/T 9978.3—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

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

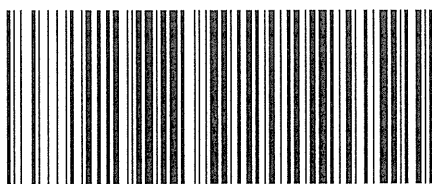
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 34 千字
2008 年 9 月第一版 2008 年 9 月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-33449

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 9978.3—2008