64-340

ICS 13.220.50
CCS C 82

中华人民共和国国家标准

GB/T 9978.3—2026
代替 GB/T 9978.3—2008

受控

建筑构件耐火试验方法
第3部分：试验方法和试验结果应用指南

**Fire-resistance tests of building elements—
Part 3: Guide to application of test methods and results**

存档 64-340

2026-03-31 发布　　2026-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
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
4.1　概述 …… 1
4.2　加热模式 …… 1
4.3　耐火试验炉 …… 2
4.4　试件调节 …… 2
4.5　燃料输入量和产热量 …… 3
4.6　压力测量技术 …… 3
4.7　停止加热后的附加试验程序 …… 3
4.8　试件设计 …… 4
4.9　试件结构 …… 5
4.10　试件方向 …… 5
4.11　试件加载 …… 5
4.12　边界条件和约束及其对承载力的影响 …… 6
4.13　校准 …… 7
5　耐火性能指标 …… 7
5.1　目的 …… 7
5.2　承载能力 …… 8
5.3　完整性 …… 8
5.4　隔热性 …… 8
5.5　热辐射 …… 8
5.6　其他性能 …… 8
6　分级 …… 9
7　可重复性和可复现性 …… 9
7.1　概述 …… 9
7.2　可重复性 …… 9
7.3　可复现性 …… 10
8　试验结果的应用范围 …… 10
8.1　概述 …… 10

8.2 内插法 …… 10
8.3 外推法 …… 11
8.4 应用 …… 11
9 耐火性能与建筑火灾的关系 …… 12
附录 A（资料性） 耐火试验的不确定因素 …… 13
A.1 概述 …… 13
A.2 重要因素 …… 13
A.3 次要因素 …… 14
A.4 试件 …… 15
参考文献 …… 17

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。

本文件是 GB/T 9978《建筑构件耐火试验方法》的第 3 部分。GB/T 9978 已经发布了以下部分：

——第 1 部分：通用要求；

——第 2 部分：耐火试验试件受火作用均匀性的测量指南；

——第 3 部分：试验方法和试验结果应用指南；

——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；

——第 10 部分：结构体系的特殊要求。

本文件代替 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》，与 GB/T 9978.3—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 增加了试验炉尺寸要求（见 4.3.2）；

b) 更改了试件设计要求（见 4.8，2008 年版的 4.8）；

c) 增加了试件方向要求（见 4.10）；

d) 更改了校准相关要求（见 4.13，2008 年版的 4.12）；

e) 增加了耐火性能指标热辐射要求（见 5.5）；

f) 更改了试验结果的应用范围的概述（见 8.1，2008 年版的 8.1）。

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。

本文件由国家消防救援局提出。

本文件由全国消防标准化技术委员会（SAC/TC 113）归口。

本文件起草单位：应急管理部天津消防研究所、中国科学技术大学、山东省消防救援总队、新兴际华科技集团有限公司、无锡市捷晟消防控制系统有限公司、铜陵狮达防火门有限责任公司、新多集团股份有限公司、富新泰丰门业有限公司、四川兴事发门窗有限责任公司、南昌洪都消防设备有限公司、浙江星月安防科技有限公司、河南瑞安盾门业有限公司、广东华棱安防科技有限公司。

本文件主要起草人：冯伟、阮涛、李希全、胡隆华、张晓磊、李晓琦、付萍、武辊、杨玲、蒋黎明、周志、胡和平、严建新、刘诗兵、周先恩、倪晓波、李栓柱、高元吉。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2008 年首次发布为 GB/T 9978.3—2008；

——本次为第一次修订。

引　言

建筑构件耐火试验方法是为了评价建筑构件耐火性能。由于火灾条件的多样性与复杂性，采用真实火灾条件对建筑构件耐火性能进行评价存在较大技术难度，因此需要确定统一的试验条件，遵循标准化的试验程序对建筑构件进行耐火性能测试，这样，同类建筑构件获得的试验结果才具有可比性，并可用于进一步比较与分析。

GB/T 9978 系列标准旨在为各类建筑结构构件的耐火性能评价提供统一的试验方法，拟由十个部分构成。

——第 1 部分：通用要求。目的在于确定各种结构构件在标准受火条件下耐火性能的通用试验方法。

——第 2 部分：耐火试验试件受火作用均匀性的测量指南。目的在于确定一种用以测量试件在耐火试验过程中受火均匀性的试验方法。

——第 3 部分：试验方法和试验结果应用指南。目的在于为耐火试验方法和试验数据的应用提供指南。

——第 4 部分：承重垂直分隔构件的特殊要求。目的在于确定测试承重垂直分隔构件一面受火时的耐火性能试验方法。

——第 5 部分：承重水平分隔构件的特殊要求。目的在于确定表面为受火面的承重水平分隔构件的耐火性能试验方法。

——第 6 部分：梁的特殊要求。目的在于确定梁构件的耐火性能试验方法。

——第 7 部分：柱的特殊要求。目的在于确定柱构件的耐火性能试验方法。

——第 8 部分：非承重垂直分隔构件的特殊要求。目的在于确定一面受火的非承重垂直分隔构件的耐火性能试验方法。

——第 9 部分：非承重吊顶构件的特殊要求。目的在于确定下部受火的非承重吊顶构件的耐火性能试验方法。

——第 10 部分：结构体系的特殊要求。目的在于确定结构体系在整体受火或局部受火时的耐火性能试验方法。

建筑构件耐火试验方法
第3部分：试验方法和试验结果应用指南

1 范围

本文件提供了建筑构件耐火试验方法和试验结果应用的指导和建议，给出了进行耐火试验以及使用试验结果需要考虑的相关信息。

本文件适用于GB/T 9978系列标准的理解和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 5907.1 消防词汇 第1部分：通用术语

GB/T 9978.1—2008 建筑构件耐火试验方法 第1部分：通用要求

3 术语和定义

GB/T 5907.1和GB/T 9978.1—2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耐火试验 fire-resistance tests

在相同的条件下，对建筑分隔构件和结构构件的耐火性能进行测试的过程。

注：构件的耐火性能只与试验的持续时间有关，与实际火灾的持续时间无关。

4 标准试验程序

4.1 概述

耐火试验主要目的是确认建筑构件遭受建筑物内部或其围护空间内火灾充分发展时的热响应。基于耐火试验结果可对建筑构件进行分级。耐火试验适用于实验室环境中的特定火灾场景，但在了解其局限性和目标性的情况下，也可参考应用于其他建筑火灾场景。

为了能在实验室条件下开展试验，并获得可复现和可重复的试验结果，宜对标准试验程序进行简化，一些可能导致试验结果发生变化的因素，特别是材料或结构的重要差异，未包含在标准试验程序规定的范围内。

注：在试验程序使用过程中注意这些因素，就能提高其可复现性和可重复性水平。

4.2 加热模式

GB/T 9978.1—2008中6.1.1描述的耐火试验炉内标准升温曲线采用在火场中已知熔点材料开始熔化的时间等作为参考，提供了一种能代表暴露于充分发展火灾条件下的标准试验环境，在该试验环境条件下，可比较不同具有代表性建筑构件的耐火性能。

注：标准升温曲线与建筑火灾实际火场温度有明显的关联性，但不能代表实际的火灾情况。

4.3 耐火试验炉

4.3.1 影响热量的因素

4.3.1.1 热辐射和对流传热

GB/T 9978.1—2008 中 6.1.1 描述的升温条件，不能保证对采用不同设计方案制造的耐火试验炉（以下简称“试验炉”）提供相同的温度条件并获得一致的试验结果，主要存在以下影响因素。

a) 用来控制试验炉温度的热电偶，会受到试验炉内的热辐射和对流传热的影响。

b) 试验炉中同时存在气体热辐射和表面热辐射。气体热辐射会受炉内气体的温度和吸收特性的影响，同时也受到火焰可见部分的影响。表面热辐射会受炉壁温度、炉壁吸收特性与发射特性以及试验炉尺寸和结构的影响，而试验炉炉壁温度也会影响其吸收特性与发射特性。

c) 热电偶温度主要受对流传热的影响，试件温度主要受试验炉炉壁和炉内气体热辐射的影响。

d) 试件吸收的辐射热是试验炉炉壁辐射热和试验炉内气体辐射热的总和。辐射热会随着温度的升高而逐渐增加。

4.3.1.2 试验炉设计

为实现不同实验室使用本文件开展耐火试验时结果的一致性，可采用以下方法：

a) 试验炉的设计精确到试验炉尺寸、结构、材料、工艺以及燃料类型等方面；

b) 设计燃烧器和烟道的安装位置，避免其产生的气流紊乱或压力波动导致试件表面受热不均；

c) 在试验炉炉壁表面敷设低热惯性材料，其性能符合 GB/T 9978.1—2008 中 5.2 的规定，以减小试验炉内气体和试验炉炉壁之间的温差。

4.3.2 试验炉尺寸

试验炉的尺寸宜容纳全尺寸的构件或结构。对于实际建筑构件的尺寸大于试验炉情况，需将构件加工成与试验炉尺寸相匹配的试件进行试验，并通过适当的方法将其试验结果外推至实际使用情况。

4.4 试件调节

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要与实际使用情况相似。构件所使用材料的性能及其尺寸，决定了构件在通常使用条件下含水量变化的程度。通过比较试件的养护条件与通常使用条件的差异，可得到试件在养护前后的含水量变化量。

对于混凝土材料构成的试件，将试件在温度(23±5)℃相对湿度为(50±20)%的环境中干燥并达到平衡状态下的含水量作为参考标准，对试件的含水量进行校正。如果已知试件在某一含水量下隔热性耐火极限，可根据公式(1)计算该试件在其他含水量下的隔热性耐火极限：

$$T_d^2 + T_d(4 + 4b \times \phi - T_\phi) - 4T_\phi = 0 \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

ϕ ——试件的单位体积含水量，以百分数表示；

T_ϕ ——试件在含水量为 ϕ 时的隔热性耐火极限，单位为小时(h)；

T_d ——试件在烘箱干燥条件下干燥后的隔热性耐火极限，单位为小时(h)；

b ——随试件渗透性变化的因数。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。

如果采用人工干燥技术使试件达到标准环境条件下的含水量，该技术不能明显改变试件组分的

性能。

4.4.2 根据相对湿度测定吸湿材料的含水量

利用带有电感元件的仪器可测定硬化混凝土样品相对湿度，该方法也可用来测定其他吸湿材料制备的耐火试验样品的相对湿度。

可使用基于电阻原理的水分测定仪测定木结构构件含水量。

4.4.3 非吸湿性构件的养护

部分材料在进行耐火试验前需要经历足够的养护时间，通过化学过程达到材料的最佳性能。对于新材料，在养护过程中需要定期监测相关产品的性能。

4.5 燃料输入量和产热量

4.5.1 燃料输入量

燃料输入量并不是构件耐火试验过程中必须测量的数据。需要记录燃料输入量时，宜使用可连续记录的流量计，不宜使用只能阶段性读取瞬时流量或总流量的流量计。流量读数准确度在±5%的范围内。可记录以下内容：

a) 时间间隔不超过 10 min 记录一次输入试验炉燃烧器的燃料总量(累积量)；
b) 记录燃料的类型；
c) 记录燃料的高位热值和每一段时间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)；
d) 确定在整个试验过程中需要的燃料总输入量。

注：对有水冷却保护的钢结构或大型隔断，使用该方法测量燃料输入量可能偏差较大。

4.5.2 产热量

燃料输入量测量结果表明含有可燃组分的试件在进行耐火试验的试验后期，试件中的可燃材料燃烧会影响试验炉内的热量。

4.6 压力测量技术

安装使用的管式压力传感器，其测量管和参考管需配对使用，且管道均要从与测量相关的水平面通向测量装置。在某些情况下，参考管可能并不实际存在，在这种情况下，同一空间中两个特定高度之间的空气可代表参考管。

参考管和测量管从一个高度弯曲到另一个高度，在同一高度上他们的温度需相同。

试验炉内安装测量管时，避免测量管受到试验炉内气体冲击和湍流扰动的影响。

4.7 停止加热后的附加试验程序

4.7.1 概述

GB/T 9978.1—2008 对试验炉停止加热后的附加试验程序没有提出要求。附加试验在多数情况下会终止耐火试验，使得在到达预期的时间后无法继续延长耐火试验时间。随着外推计算方法和其他计算方法对试验数据的需求不断增加，即使超出标准规定的耐火试验时间限制，也鼓励实验室在保证安全的前提下尽可能延长耐火试验的时间。常见的附加试验有承重构件附加试验和分隔构件附加试验。

4.7.2 承重构件附加试验

停止加热后继续对承重构件施加一定时间(通常是 24 h)的试验荷载，以便得到试件代表的建筑构

件在火灾后冷却过程的剩余强度数据。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,所以该项试验未在 GB/T 9978.1—2008 提出要求。楼板等水平构件由于加载方式简单,可在其加热和冷却过程中得到与荷载、挠度相关的试验数据,如果已经充分获得预期的数据,冷却后可继续施加荷载并测量对应挠度,直至将试件压至垮塌。

4.7.3 分隔构件附加试验

分隔构件可通过在耐火试验后立即进行冲击试验,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性能有效性的一种测试方法,不是消防员使用消防水龙模拟灭火的方法。

4.8 试件设计

4.8.1 试件尺寸要求

GB/T 9978.1—2008 规定了试件进行全尺寸耐火试验的要求。在不能使用全尺寸试件进行耐火试验的情况下,使用的试验模型尺寸可是满足高为 3 m、占地面积为 3 m×4 m 房间需求的典型构件最小尺寸。

4.8.2 试件自由边设置

对于实际使用宽度大于试验炉宽度的试件,试验时要设置一个或多个自由边。宽度大于 3 m 的墙体或隔断进行耐火试验时,一般需要设置一个自由边,并采用耐高温柔性材料(如:高密度岩棉板或陶瓷纤维棉等,当其压缩时会提高其密封性)对自由边进行密封。

可参照构件的实际使用情况设置自由边和选择密封材料。自由边不能造成试件性能提前失效或发生不符合实际的破坏,例如:金属面夹芯板隔墙通常依靠连接件来保证其稳固,如果在其一侧设置自由边,并使用了较厚的可压缩密封材料,试验时面板受热自由膨胀会导致其连接件分离。

标准宜对垂直分隔构件试验时对一侧边进行约束,而另一侧边为自由边,这种设计可适用于普遍工况。在使用该试验结果时,需要考虑试件在实际应用中的边界约束条件。

4.8.3 试件直接应用

大多数承重构件和非承重构件在火灾下的特性,很难用缩尺试件的试验结果来完全代表,因此在本文件中,宜对建筑构件进行全尺寸耐火试验。通常不能将尺寸为 3 m×3 m 或 3 m×4 m 试件的试验结果,直接应用于其他尺寸的建筑构件。当建筑构件存在以下尺寸变化时,已有的试验结果才可"直接应用":

a) 建筑构件尺寸比试件更厚或者更短;

b) 尺寸增幅不足以降低试件的性能或者能通过达到耐火极限的余量进行弥补。

4.8.4 试件扩展应用

在构件应用到建筑环境之前,需要判断构件性能是否满足要求,这个过程被称为建立扩展应用。需要制定特定的扩展应用程序,通过工程评价确定构件满足试验标准要求的关键参数,分析可能导致性能变化的因素,并预测构件在新尺寸下的性能。如果分析表明存在性能降低的风险,就需要对构件采取补救措施,重新进行试验来确定这些措施的效果,并通过可量化的或判断性的方法对补救效果进行评价。

对于全尺寸的楼板进行缩尺时，边长之间的比例应保持不变，其结构构件与其支撑构件的相对比例也应保持不变。不仅要确保缩尺后的代表性构件所承受的各类应力之间保持平衡，还需准确体现该缩尺建筑构造中应力的实际分布情况。

4.9 试件结构

GB/T 9978.1—2008 中第 7 章规定了耐火试验试件所使用的材料、结构和安装方法。耐火试验试件应能代表实际使用状态，包括节点、膨胀伸缩缝和特有的固定或装配特征。当试件是整个系统结构的一部分时，单一试验难以体现整个系统的所有特征变化，宜开展一系列的试验，系列试验的结果可出具扩展应用报告，不是单个测试报告。对试件及其状况的准确而细致的描述，是耐火试验数据最重要的附件。这些描述能使构件在使用时得到充分的评估，准确的产品描述将有助于分析试验结果。

4.10 试件方向

对于混凝土或钢材等均质固体材料制作的试件，试验时一般是垂直或水平的，这与实际使用情况并不完全相同，但对其结果的应用影响不大。

如果构件采用了防火保护措施来提高其耐火性能，需考虑方向改变对防火保护效果带来的影响。

复合结构的构件可能受到倾斜影响明显，尤其是框架结构两侧安装耐火材料保护层的情况，在这种结构中耐火材料保护层可能会受到重力的不利影响，倾斜角度的变化可能会导致不同的耐火性能。

膨胀型防火涂料、密封胶和单片玻璃等也容易受到试件不同倾斜程度的影响，其中单片玻璃随着温度升高会表现出流动的趋势，更易受倾斜影响。

4.11 试件加载

4.11.1 试验荷载选择

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。GB/T 9978.1—2008 中 6.3 确定了选择试验荷载的三种方式。

a) 依据构成试件材料的实际测试性能和国家认可的建筑规范规定的设计方法。该方法用于确定对试验数据提供广泛应用的试验荷载，实际构件施加确定的试验荷载，导致其临界区域的材料产生应力，是国家认可建筑规范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可行的依据。

b) 依据构成试件材料的理论性能和国家认可的建筑规范规定的设计方法。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获得。如果材料的实际性能已经确定，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适用性更强。

c) 建筑结构规范依据实际应用确定的或由试验委托者为某一特定用途提供的实际构件荷载。由于试验荷载总是小于实际情况下构件承受的荷载，所以根据现行建筑法规规定应承受的标准设计载荷来选择建筑构件，有更大的安全系数和更高的耐火性能，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获得有关试验数据，试验结果的适用性进一步得到提高。

4.11.2 荷载选择环境因素

试验过程中确定试验荷载通常需考虑建筑的不同使用环境，尤其是考虑对风、雪、地震等荷载因素的适应性。在耐火试验过程中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，确定试验荷载的依据以及材料特性和应力水平等其他影响试验结果数据有效性和可适用性的信息，并在试验报告

中明确给出。

4.11.3 荷载加载点选择

集中荷载能为梁或柱构件提供与实际情况接近的应力条件。对于楼板和墙，采用均布荷载模拟加载效果，而且加载系统满足试验过程中试件的全部预期变形，并确保试件保持规定的荷载分布。如果采用分配梁增加施加荷载的面积或长度，避免出现可能会导致加载面积减少和局部荷载过于集中的“架桥”现象。如果采用梁形加载块来模拟楼板的均布荷载，加载位置也要避免出现“架桥”现象。

4.12 边界条件和约束及其对承载力的影响

4.12.1 概述

GB/T 9978.1—2008 中 6.4 对不同承重系统试件的约束应用、试件对热膨胀或转动的抵抗作用给出了一些供选择的方法，即以代表实际中最严酷应用情况的方法对试件进行耐火试验。为了使试件约束条件与构件在实际建筑结构中的约束条件相关，宜考虑以下情形。

a) 当试件周围环境条件和支撑结构能在标准时间—温度曲线整个高温范围内，为构件提供足够抵抗力抵抗热膨胀或转动应力时，可认为实际建筑中的楼板和屋顶组件、墙体结构、柱和独立的梁能抵抗热膨胀或转动应力。

b) 确定实现“为构件提供足够抵抗力抵抗热膨胀或转动应力”的方法，需要工程实践来判断，但是，这些必要的抵抗力可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、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，结构连接节点能充分地把热膨胀或转动应力传递给上述支撑结构或其他产生抵抗力的结构。在评估该结构抵抗热膨胀应力的能力时需考虑结构的联接板或相邻结构的刚性，例如，建筑梁的两个以上的连续支撑结构会对梁的预期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。但过量的轴向约束可能会加速试件耐火稳定性的丧失或引起诸如在混凝土结构中发生的加速爆裂现象，例如一面受火的钢筋混凝土楼板，力矩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，可预测以上无规律的特性，而且还可将一般情况约束试件条件与实际建筑结构的条件进行关联。在不确定构件在实际建筑结构中边界条件的情况下，耐火试验可在热膨胀或转动应力约束很小甚至没有的条件下进行。

4.12.2 受弯构件(梁、楼板、屋顶)

受弯构件可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。试件安装在约束结构内进行试验，可采用多种方式对试件的热膨胀进行轴向和转动约束，该约束结构能承受试件结构构件的轴向推力而不发生明显的变形。轴向推力可通过调节约束结构，或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进行控制，对试件提供转动约束。

4.12.3 轴向构件(柱、承重墙)

在实验室进行柱和承重墙的耐火试验，体现了构件在实际火灾中受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不断变化的弯矩。

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。对于铰接的细长型建筑构件，即使是支撑结构内摩擦引起的较小的力，都会显著增加该构件的承载能力。在耐

火试验中，无意中作用于试件末端的约束也会显著增加试件的承载能力。对于柱构件，尽管使用球形的末端支撑结构，但很难提供真实的同心轴向支撑（或承载）点，宜引入一个已知小偏心距。

4.12.4 非承重墙和隔断

非承重墙和隔断在不施加外部荷载的情况下进行耐火试验，但从实际建筑来看，这些构件会受到从其他建筑构件传递过来荷载的影响。对于金属或玻璃构件，在火灾中也会受到构件自身产生膨胀应力的影响。因此，此类构件的耐火试验宜在具有足够刚度的封闭框架内进行。

4.12.5 实验室测量

由于目前缺乏约束对热膨胀或转动影响的了解，因此实验室宜在对以任何约束方式的试件进行试验时，通过安装在框架中的力传感器来确定约束力的大小和方向。

4.13 校准

4.13.1 校准目的

校准的目的是确保根据本文件的要求，在不同试验炉或同一试验炉，在不同时间对相同样品进行耐火试验的结果误差控制在一定范围之内。

4.13.2 定期校准

为了实现可重复性和可复现性，需对仪器设备按照设备说明书或相关管理制度规定的周期进行定期校准，对于无法校准的设备可通过试验进行验证。用于温度、压力、炉内环境和荷载控制的仪器需进行定期校准。

4.13.3 压力校准

通过校准试验使试验过程中垂直构件能在受火面上获得线性梯度的静压力，水平试件能在受火面上获得均匀的静压力，并控制湍流对耐火试验的结果产生影响。

4.13.4 承载能力影响因素

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，以及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测量的操作过程。目前，还没有能直接评估这些因素的校准程序，需要保持试验方法中有关这些因素信息的一致性来确保试验结果的一致性。

4.13.5 标准试件

校准需要一个标准试件，该试件无论何时何地进行测试都始终得出相似的结果，结果误差要控制在一定范围之内。由于耐火试验具有破坏性，有必要制定一个结构模板，保证采用该结构进行试验时可忽略加工质量差异对结果造成的影响。由于不同的材料受火后表现有所差异，可按照材料热性能的不同设计一系列标准试件，如：高热惯性的、低热惯性的、可燃的、不可燃的等。

5 耐火性能指标

5.1 目的

GB/T 9978.1—2008 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。通过建立性能指标，提供确定构件耐高温能力的量化方法，确保试验构件在试验条件下，持续发挥其作

为承重支撑结构或作为分隔构件的设计功能，或者兼有两者的功能。性能指标要求确定了构件的承载能力和抵抗火灾蔓延性能，火灾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造成火灾蔓延，另一种是由于分隔构件通过过多的热量传递，导致其背火面温度或热辐射高于可接受的极限数值而造成火灾蔓延。GB/T 9978.1—2008 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。

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持续试验至试件坍塌的情况下进行，所以对楼板、梁和柱试件规定了极限变形速率和最大变形(挠度或轴向变形)量，对墙试件还不能给出这一指标限值，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受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。

非隔热试件或部分隔热试件背火面的高温也可能会引燃棉垫，如果出现这种情况，标准允许使用探棒测量缝隙的临界尺寸，完整性要求探棒不能穿透试样缝隙而使其末端进入试验炉内。使用探棒测量得到的危险程度与棉垫不一样，从生命安全方面考虑，探棒通常给出更宽松的结果。

构件背火面的火焰可能造成极大的危害，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，该指标为使试件背火面温升限制在规定值以下提供了衡量标准。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高温升值的规定，当依据 GB/T 9978.1—2008 中 8.1.2 的规定测量试件背火面温度时，可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。

注：GB/T 9978.1—2008 规定的试件背火面温升限定值有些低，该值的确定可能考虑在明火从试验装置处移开之后，试件背火面温度仍会继续升高。曾经做过试验，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 ℃(温度升高 163 ℃)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 ℃到 232 ℃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 ℃到 260 ℃之间时，观察到了木屑或棉花完全被点燃的现象。

5.5 热辐射

对构件的热辐射性能进行分类时，热辐射等级采用构件背火面固定距离处(通常为 1 m)的热通量(单位：kW/m^2)来评价，通常这些标准都会设定热通量上限值。从生命安全方面考虑临界条件是累积热通量，计算方式为接收到的热通量与暴露时间的乘积。

测量仪器不同，对应的测量结果也会存在差异。有的测量仪器中的传感器由一个透明的视窗保护，通过视窗可测量到热辐射，有的测量仪器中的传感器没有透明视窗保护，会受到空气热对流的影响。

5.6 其他性能

防火保护系统的一个关键特性是保护材料的“黏附性”，即保护材料对荷载或温度引起变形的承受

能力。在对防火保护系统进行热分析时需要充分考虑材料“黏附性”对结构耐火性能的影响，否则很难保证结果的重复性。

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，由其他特定的测试方法来进行评价。

6 分级

一般根据建筑物的高度、规模、使用性能和内部空间分隔等特征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 9978.1 中给出建筑构件进行耐火试验时衡量耐火性能的表示方法，即有关建筑构件的承载能力、耐火完整性和耐火隔热性。这些性能采用时间单位来表示，在相应的时间段内，试件的相关性能应符合规定的指标要求。

建筑规范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，可规定建筑构件的耐火极限达到某一值，其内涵是指在该耐火极限指明的时间段内，建筑构件达到其应有的耐火性能要求；其二，可针对不同建筑构件在建筑中的功能要求，对其承载能力、耐火完整性或耐火隔热性指标分别规定要求。当采用第二种方法时，需明确其限定使用条件。

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 0.5 h 或 1 h 为间隔来表示，范围从 0.5 h～4.0 h；同时，可针对建筑构件的燃烧性能的不同(可燃、难燃、不燃)，来进行耐火性能等级的划分。

7 可重复性和可复现性

7.1 概述

本文件根据提高耐火性能试验可重复性和可复现性的目的，已经对试验程序提出了一些改进措施建议，但目前还没有一个完整全面的试验程序，用于获得耐火试验结果可重复性和可复现性统计评估的数据。附录 A 列举了影响耐火试验的不确定因素，显现出耐火试验结果获得良好可重复性和可复现性的困难程度。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的统计数据。

可重复性和可复现性对生命安全造成的直接影响并不明显。可重复性和可复现性通常用标准偏差或偏差系数(标准偏差与总平均值的比值，用百分比表示)来表示，也可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，实验室间可复现性的偏差系数是实验室内可重复性的偏差系数的两倍至三倍。

7.2 可重复性

可重复性是在单个实验室内完成的对相同组件试件进行重复耐火试验，衡量耐火时间变化的指标。测定的耐火时间的变化归因于一些系统因素或随机因素的影响，可能与以下因素有关。

a) 系统因素：
   1) 试件装配；
   2) 试件管理；
   3) 仪器(试验炉和加载设备)；
   4) 控制设备；

5） 操作人员(控制和观察)；
6） 试验环境影响。

b） 随机因素：
1） 材料变化和材料成型工艺改变；
2） 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)；
3） 传感器及仪器的变化；
4） 操作条件影响；
5） 试验环境变化(温度、湿度等)。

决定性的因素可能包含系统因素和随机因素两方面。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。这种提前失效可能在某个(受控的)压力等级下随机发生，而在略高的压力等级下则呈现系统性发生的特点。

7.3 可复现性

可复现性是在不同实验室间完成的对相同组件试件进行重复耐火试验，衡量耐火时间变化的指标。上面提到的随机因素和系统因素，也对实验室间耐火时间的变化产生影响。引起耐火时间变化的具体系统因素还包括：

a） 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 试验结果的应用范围

8.1 概述

不可能对构件的所有变化都进行试验，因此需要通过专业人员对试验结果进行分析和评估才能确定其应用范围。

试验结果的应用分为两类：直接应用和扩展应用。直接应用一般适用于对构件性能有利的变化的情况，例如：构件相同但应力水平较低或者被测构件截面尺寸更大等。扩展应用一般适用于与被测试件相比性能发生了不利的变化，但可通过措施进行弥补的情况。

在进行扩展应用分析时，需要确定所有可能发生变化的参数，并依次确定每个参数变化对其构件性能的影响。通常，专业人员可通过适当的数学方法对其进行量化，然后将结果扩展应用到未进行试验的构件上。基本的量化方法有内插法和外推法两种，建筑构件的耐火完整性和耐火隔热性评估较为复杂，内插法和外推法更适合用于评估承重构件的承载能力。

8.2 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性能结果，分析确定构件进行耐火试验时各种参数变量对其耐火性能的影响，并对一个未经试验的同类构件推导出耐火性能，该性能介于原来由耐火试验建立的同类构件的耐火性能范围之内。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。

该方法允许通过在关键参数变化的极限范围内对试件进行一系列的耐火试验，以确定其性能在该范围内的变化趋势。因为参数变化之间的关系复杂，所以不宜简单对变化趋势进行线性假定。在耐火

试验缺乏重复性和复现性验证的情况下，对试验结果进行单项曲线拟合的方法可能会导致错误的结论。由于试件关键参数的一系列耐火试验已经完成，因此在试验结果直接应用时采用内插法更加合适。

8.3 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性能结果，分析确定构件进行耐火试验时各种参数变量对其耐火性能的影响，并对一个未经试验的同类构件推导出耐火性能，该性能延伸超过原来由耐火试验建立的同类构件的耐火性能范围之外。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，需指定使用的火灾模型。

该方法主要在构件的参数变化超出试验已确定的极限范围时使用。对于任何有效的外推法，能获得可能的失效模型并对其进行预估是十分重要的。

8.4 应用

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，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，适用简单规则进行分析的承重构件主要有：具有隔热性能的钢结构构件、取决于钢筋防护的混凝土结构构件，以及炭化速率为影响耐火性能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，需防止钢筋或混凝土本身达到临界状态，而更复杂的结构布置则还需考虑应力与应变的重分布；对于大多数木结构可基于未炭化截面的极限强度进行分析。

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可达成一致。内插法和外推法分为下列四种应用方法，复杂程度依次递增。

a) 基于火灾试验及通用原理的定量设计规则，这些规则仅适用于该领域内的专家使用。

b) 基于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：在一系列的系统试验中测量一系列参数，并采用回归方法确定参数间的关系，以获得最优拟合结果。

d) 物理模型法：基于基本原理或试验数据，建立耐火性能与材料特性相关联的物理模型。模型经验证后，可通过输入相应的材料特性参数计算得出耐火性能结果。

若存在数据不充分的情况，或者所考量的建筑构造与内插法或外推法所依据的火灾试验构造存在显著差异、不具代表性，则使用内插法或外推法推导耐火性能分级结果时应格外谨慎。

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，需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，需要注意时间－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。该试验用于评定建筑结构的合格性，确保其在火灾中能提供所需的安全水平。这一目标通过以下方式实现：将耐火试验结果纳入相关规范或指令性文件，由这些文件明确特定场景下所需的构件性能；同时，通过非正式的随机反馈对该方法的适用性进行监测，以避免出现不可接受的失效概率。

试验结果以耐火性能分级（或耐火等级）表示，具体体现为构件满足既定相关判定标准的持续时间。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火灾场景相联系。

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，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，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，随着消防性能化设计的日益增多，在规范或标准的框架内对耐火试验结果进行直接应用或扩展应用是十分必要的。同时，耐火试验也需要不断地改进，以使试验结果与其在真实火灾中的表现更具有可比性。

附 录 A
（资料性）
耐火试验的不确定因素

A.1 概述

下面列出了影响隔热型建筑构件耐火试验结果的重要和次要因素，并注明了其中不可量化的部分，这些因素虽然不能被测量和量化，但是会增加试验结果的不确定性。本附录以木质门为例，介绍了这些因素对耐火测试的影响。

A.2 重要因素

A.2.1 受火条件

A.2.1.1 温度控制

以下因素会影响温度控制：

——热电偶未校准(不可量化)；

——试验期间，炉内实际平均温度和标准规定值之间的允许偏差；

——由试件表面气流温度和热辐射值改变造成的热通量变化；

——试验过程中炉内氧含量及分布；

——炉内气流速度和湍流扰动及其随时间的变化(不可量化)。

A.2.1.2 炉压控制

以下因素会影响炉压控制：

——炉内压力的大小和梯度，即使在允许的公差范围内；

——炉内压力的波动。

A.2.2 试件测量过程与标准的符合性

A.2.2.1 隔热性-平均温升测量

平均温升由五个固定在试件表面并由隔热垫覆盖的铜圆片热电偶确定。以下因素会影响平均温升测量：

——铜片与试件内局部构造的相对位置(不可量化)；

——试样背火面的表面结构(不可量化)；

——铜片与试件表面的接触质量(不可量化)；

——铜片的表面状况(不可量化)；

——铜片表面的平整度(不可量化)；

——铜片之外的形成的热电势(不可量化)。

A.2.2.2 隔热性-最高温升测量

A.2.2.2.1 附加固定热电偶

为了确定最高温升，需要选择温升可能会超过上述五支固定热电偶的位置布置附加热电偶进行测量。这些位置都是根据实际情况自由选择的(不可量化)。

A.2.2.2.2 移动热电偶的使用

以下因素会影响移动热电偶的温度测量：

——铜片上是否覆盖隔热垫(不可量化)；

——铜片上隔热垫的状况(不可量化)；

——操作人员使用移动热电偶的意愿或时机判断(不可量化)；

——使用的时长(不可量化)；

——使用的压力(不可量化)；

——表面接触质量，如铜片和表面的平整度(不可量化)；

——高温点附加的探测范围(不可量化)。

A.2.2.3 完整性

A.2.2.3.1 棉垫试验判定

以下因素会影响棉垫试验：

——棉垫的成分，纤维的尺寸、形状、分布(不可量化)；

——含水量，指从干燥箱中取出后一段时间的变化(不可量化)；

——使用位置(不可量化)；

——燃烧的程度；

——缝隙中排出气体的氧含量，受试验炉的氧含量、压力条件和试件耗氧量影响(不可量化)；

——相邻试件散发的热量(不可量化)。

A.2.2.3.2 连续火焰判定

以下因素会影响连续火焰的可见度：

——实验室环境照明；

——火焰亮度(不可量化)；

——试样释放气体的氧含量(不可量化)。

A.2.2.3.3 缝隙探棒判定

以下因素会影响缝隙探棒的使用：

——在非隔热试件上使用探棒的可能性(不可量化)；

——试验人员寻找缝隙的能力(不可量化)；

——判断或确认缝隙穿透程度的能力(不可量化)；

——缝隙长度的测量精度。

A.3 次要因素

A.3.1 受火条件

A.3.1.1 温度控制

以下因素会影响温度控制：

——炉内热通量差异造成的影响；

——试验期间热电偶的表面特性(不可量化)；

——与试验炉形状结构相关的热通量变化，包括观察窗、烟道、燃烧器等；

——炉内热电偶与试件表面的距离(不可量化);
——温度测量数据从热电偶传输至测控系统的精度。

A.3.1.2 压力控制

以下因素会影响压力控制:
——压力测量数据从传感器传输至测控装置的精度;
——调节阀的动作响应时间;
——气流对烟道的影响(不可量化)。

A.3.2 对试件进行测量

A.3.2.1 隔热性

以下因素会影响温度测量:
——试样表面固定热电偶的精度(不可量化);
——温度测量数据从热电偶传输至采集装置的精度(包括铜片厚度、接触质量、隔热垫的厚度、隔热值和含水量、导线的类型、数据采集装置的校准、采集信号补偿等);
——移动热电偶的精度(不可量化);
——实验室的空气流动和环境条件(不可量化)。

A.3.2.2 完整性

A.3.2.2.1 棉垫应用

以下因素会影响棉垫应用:
——支架与标准的符合性;
——支架中棉垫的填充情况;
——棉垫试验的执行速度和方式。

A.3.2.2.2 缝隙探棒应用

缝隙探棒应用时力量的大小(不可量化)。

A.4 试件

A.4.1 门试件加工材料的可变性

以下参数的变化会影响试件的耐火性能:
——填充材料或面板的组成;
——各个部件的密度;
——各个部件的厚度和产品的总厚度;
——各部件加工的一致性;
——木材的种类和等级;
——各部件的含水量;
——木材部件纹理和切割方式;
——紧固件的种类和分布情况。

除非能充分获得上述材料或部件的特性参数,否则其对试件耐火性能的影响是不可量化的。

A.4.2 门试件的制造过程和加工工艺对耐火性能的影响

以下参数变化会影响试件的耐火性能：

——空隙；

——结构或部件的垂直度；

——紧固件的设置；

——胶黏剂的均匀性；

——关键接头的数量和分布。

除非能充分获得上述因素的特性参数，否则其对试件耐火性能的影响是不可量化的。

A.4.3 门试件的安装对耐火性能的影响

以下参数变化会影响试件的耐火性能：

——门扇与门框的垂直度和门框与支撑结构的垂直度；

——整个试件的垂直度；

——门框与支撑结构之间所有缝隙的密封情况；

——门扇和门框之间的缝隙情况。

上述前三个因素很少作为试件量化的一部分，但缝隙的影响是有可能量化的。

参 考 文 献

[1] GB/T 5907.5—2015 消防词汇 第5部分:消防产品

[2] ISO/TR 10158 Principles and rationale underlying calculation methods in relation to fire resistance of structural elements

[3] ISO 13943:2017 Fire safety—Vocabulary

[4] ASTM D7438 Standard practice for field calibration and application of hand-held moisture meters

[5] ASTM E119 Standard methods of fire tests of building construction and materials

[6] BS 476-10:1983 Guide to the principles and application of fire testing [under revision]

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：试验方法和试验结果应用指南
GB/T 9978.3—2026
*
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
网址 www.spc.net.cn
总编室：(010)68533533 发行中心：(010)51780238
读者服务部：(010)68523946
中国标准出版社印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 37 千字
2026 年 3 月第 1 版 2026 年 3 月第 1 次印刷
*
书号：155066·1-84482 定价 50.00 元

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)68510107

GB/T 9978.3-2026