

中华人民共和国推荐性国家标准

《建筑构件耐火试验方法 第 10 部分：结构体系的特殊要求》

（报批稿）

编 制 说 明

标准编制组

2025年8月

一、工作简况

（一）任务来源

根据国家标准化管理委员会《关于下达 2021 年第二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2021〕23 号）的要求，推荐性国家标准《建筑构件耐火试验方法 第 10 部分：结构体系的特殊要求》制定项目由国家消防救援局归口，计划编号为 20212919-T-450。国家消防救援局委托全国消防标准化技术委员会建筑构件耐火性能分技术委员会（TC113/SC8）承担起草和技术审查任务。

（二）制定背景

《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）（2018 年版）根据建筑物的建筑高度、使用功能、重要性和火灾扑救难度等因素，将建筑的耐火等级分为一、二、三、四级。建筑整体结构的耐火性能是保证建筑结构在火灾时不发生较大破坏的根本，单一建筑结构构件的燃烧性能和耐火极限是确定建筑整体结构耐火性能的基础，目前《建筑设计防火规范》是通过标准耐火试验确定实际建筑构件的耐火时间，若耐火时间符合对应耐火等级下相应构件耐火极限的要求，则认为这个构件满足设计要求，从而保证建筑整体结构达到需要的耐火极限。由于建筑整体结构一般为超静定结构形式，而耐火试验验证时，开展的单一建筑结构构件为静定结构形式，其耐火极限与相同结构形式的位于建筑整体结构内的构件存在差异。

火灾下建筑结构中单个构件的破坏，并不意味着建筑结构

体系的破坏。一般情况下，结构局部少数构件破坏将引起结构内力重分布，结构体系仍具有一定的承载能力。根据近年来国内外的研究发现，由于单一构件耐火试验时的试件约束状态难以与实际情况保持较高程度的相似，所以采用单一构件的耐火性能试验数据应用于整体建筑结构耐火极限的判定方法，与建筑结构的真实耐火极限存在一定的偏差，而基于结构体系的承载能力极限状态来进行耐火设计可能更为合理。基于结构体系火灾反应的耐火设计理论，需要一定规模的火灾试验进行验证，所以发展新的结构体系耐火试验技术，建立以结构体系为对象的耐火试验方法更显重要。

因此，研究人员开展了以节点结构体系、单榀框架结构体系等试件为对象的耐火试验研究工作，以完善建筑结构耐火设计理论和工程应用要求。本标准对于应用较为广泛的建筑结构体系（如梁柱节点、梁柱单榀平面框架、梁柱单榀空间框架等）建立了标准化的耐火试验方法。本标准的制定发布对完善现有建筑结构体系的耐火设计标准，提升目前建筑结构体系的耐火性能测试水平和科研能力具有重大意义。

二、国家标准编制原则、主要技术要求的依据及理由

（一）编制原则

为了适应国家标准化管理工作需要，本标准的工作组遵循我国的《标准化工作导则》（GB/T 1）、《标准化工作指南》（GB/T 20000）和《标准编写规则》（GB/T 20001）等系列国家标准的要求，完成本标准的制定工作。

编制组在标准编制期间，根据收集文献资料，主要参考相关国际试验测试标准如 ISO 834“Fire-resistance tests — Elements of building construction”系列标准（共 12 个部分）以及我国国家标准 GB/T 9978《建筑构件耐火试验方法》系列标准（共 9 个部分）。标准的编写符合《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1）的规定，计量单位和符号、代号符合《国际单位制及其应用》（GB 3100）的规定。

（二）主要技术要求的确定依据

本标准主要技术内容包括：（1）范围；（2）规范性引用文件；（3）术语和定义；（4）符号和缩略语；（5）试验装置；（6）试验条件；（7）试件准备；（8）仪器使用；（9）试验方法；（10）判定准则；（11）试验的有效性；（12）试验结果表示；（13）试验报告等。

对标准的各部分内容说明如下：

（1）标准的“名称、前言、引言”

我国已建立针对单一建筑构件的耐火试验方法，形成了以《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分：通用要求》（GB/T 9978.1）为建筑构件耐火试验的通用标准，GB/T 9978.4 至 GB/T 9978.9 为特定建筑构件耐火试验的特殊要求针对性标准。本标准作为系列标准的第 10 部分，标准名称的制定与其他部分协调一致。

已经颁布的 GB/T 9978 系列标准第 1 至第 9 部分均参照 ISO 834 系列标准第 1 至第 9 部分内容，并根据我国国情进行了适当修

改。

本标准的内容与 ISO 834 的第 10 部分内容不同, ISO 834 的第 10 部分是关于钢结构构件防火保护材料的特殊要求, 本标准是关于结构体系的特殊要求。

(2) 第 1 章“范围”

根据《工程结构设计基本术语标准》(GB/T 50083—2014), “结构构件”是指: “结构在物理上可以区分出的部分。如柱、梁、板、基础桩等。”, 而“结构体系”是指: “结构中的所有承重构件及其共同工作的方式。”

本标准以评估建筑结构体系整体耐火性能为目标, 适用于梁柱节点、梁柱平面框架、梁柱空间框架等结构体系的耐火性能试验。

(3) 第 2 章“规范性引用文件”

本标准术语部分引用了《工程结构设计基本术语标准》(GB/T 50083)、《消防词汇 第 1 部分: 通用术语》(GB/T 5907.1) 和《消防词汇 第 2 部分: 火灾预防》(GB/T 5907.2) 的部分术语。条文部分主要引用了《建筑构件耐火试验方法》(GB/T 9978) 的第 1 部分、第 4 部分、第 5 部分、第 6 部分、第 7 部分的相关内容。

(4) 第 3 章“术语和定义”

按照新的编写规则编写术语和定义, 本标准内容中, 术语参考 GB/T 50083、GB/T 5907.1 和 GB/T 5907.2 进行定义。

GB/T 50083—2014 的 2.1.2、2.4.1、2.4.33 和 2.4.34 分别定义了“结构”“结构体系”“静定结构”和“超静定结构”, GB/T 5907.1-2014

的 2.51 定义了“耐火性能”，GB/T 5907.2—2015 的 2.1.12、2.1.13、2.1.14 和 2.1.15 分别定义了“耐火极限”“耐火稳定性”“耐火完整性”和“耐火隔热性”术语。

本标准是关于结构体系耐火试验的要求，根据《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）中 8.7.3.2 的要求：“术语和定义中宜尽可能界定表示一般概念的术语，而不界定表示具体概念的组合术语。”，对于“结构体系耐火稳定性”等同于“结构体系”和“耐火稳定性”两个一般概念之和，“结构体系耐火完整性”等同于“结构体系”和“耐火完整性”两个一般概念之和，“结构体系耐火隔热性”等同于“结构体系”和“耐火隔热性”两个一般概念之和。为了方便使用，本标准采用“结构体系”“耐火稳定性”“耐火完整性”和“耐火隔热性”的术语定义。

（5）第 4 章“符号和缩略语”

本标准是 GB/T 9978 系列标准的一部分，GB/T 9978.1 规定的符号和缩略语适用于本标准。

（6）第 5 章“试验装置”

建筑构件耐火试验装置通过模拟火灾升温环境对建筑构件开展耐火试验，是建筑构件耐火性能研究中必不可少的硬件设备。耐火试验炉主要功能包括：一是通过模拟火灾升温环境，检测建筑构件在火灾发生时所产生的物理变化以及这些变化对建筑构件耐火性能的影响，为建筑构件耐火设计提供必要的基础数据；二是通过对建筑构件进行耐火性能试验，测试其耐火极限，按照不同的耐火

极限将其使用在不同的场合，具有预防和降低火灾损失的目的。三是对建筑构件进行不同等级的火灾强度测试，判断其受火后力学性能的降低程度，以此作为建筑构件是否可以继续使用的判定标准，为建筑物的修复加固提供决策依据。

目前，国外众多的实验室建有建筑结构耐火试验装置，主要是按照 ISO 834—1 标准规定的要求建造，其中，法国的 Efectis 实验室建有大型的结构体系耐火试验装置，但是尚未制定相关标准，都是参照 ISO 834—1 标准。

在国内，应急管理部天津消防研究所、应急管理部四川消防研究所、中国建筑科学研究院建筑防火研究所等科研院所，苏州科技大学、华南理工大学、华侨大学等高等院校，以及众多的可开展建筑构件耐火试验的检验检测中心等，均建有不同类型耐火试验设备，试验装置形式多样，技术参数均以 GB/T 9978.1 规定的要求为标准。上述研究机构的试验装置中可进行建筑结构体系耐火试验的试验装置相对较少，苏州科技大学、华南理工大学、华侨大学等高等院校的试验装置，可开展建筑结构节点和简单的柱、梁组合结构耐火试验。应急管理部天津消防研究所依托公安部重点研究计划项目《建筑构件组合耐火性能多功能试验装置及测控系统的研究》（项目编号 201201ZDYJ019）建立了目前国内外体量最大的建筑结构体系耐火性能试验装置，并且在国家重点研发计划课题《特殊建筑结构耐火性能评价与耐火技术》（项目编号 2018YFC0807601）的支持下开展了建筑结构体系的耐火试验方法研究，为本标准制定提

供了技术支撑。

因此,综合考虑国内外有关试验装置情况,本标准中规定的结构体系耐火试验装置要求也是以 GB/T 9978.1 的规定为基础。本标准的试验试件是“结构体系”,与单一建筑构件相比,具有形式多样,结构相对复杂的特点。根据结构体系的特性,在试验炉的空间尺寸、加载装置、安全保障等方面提出了一些相应的规定。

(7) 第 6 章“试验条件”

主要考虑试验炉的炉内升温条件、炉内压差条件、边界条件和加载条件。

对于炉内升温条件,建筑结构体系耐火试验装置的温度条件按照 GB/T 9978.1 规定的炉内升温曲线及温度偏差控制要求,结构体系的耐火试验一般情况下采用 GB/T 9978.1 规定的标准的时间—温度曲线升温方式。

对于炉内压差条件,一般情况下,与建筑构件耐火试验装置相比,结构体系的耐火试验装置的体积普遍较大,在相同升温条件下,送风系统风量和引风系统风量都相对较大,造成炉内压差的控制相对困难。本标准规定了炉内升温条件采用 GB/T 9978.1 规定的炉内压差要求,与 GB/T 9978.1 相比,本标准规定的沿炉内高度处每米的压力梯度值为一个范围要求,既包含 GB/T 9978.1 规定的 8Pa 的压力梯度值,又考虑了由于试验装置体积增大导致的压力梯度值的变大,压力梯度的最大数值(18Pa)是项目组根据大型耐火试验装置进行耐火试验调试过程中得到的结论。

对于加载、约束和边界条件的控制，结构体系相对复杂，所以规定了除应符合 GB/T 9978.1 相关规定和本标准要求外，尚应符合结构体系的实际情况。

为了验证大型试验炉内开展结构体系耐火试验的炉内温度、压力等试验条件控制要求，项目组以应急管理部天津消防研究所建立的模块化、尺寸可调的大型耐火试验装置为依托，开展了相关试验研究。

试验装置采用模块化结构设计，包含试验炉、加载装置、约束和支承框架、安全监测防护设施、测控系统和仪器，能够开展多种类型的结构体系整体或局部受火试验。试验炉受热空间净尺寸为长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $= (9/6)\text{m} \times (6/3)\text{m} \times (3/6.6/10.2)\text{m}$ ，侧墙和炉底多点均匀分散设置排烟口，加载装置采用液压加载方式，能够实现集中加载或均布加载，最大加载能力 10000kN。测控系统采用“主站+子站”的分布式测量系统架构，能够根据试验炉工况模式实现一键自动点火和紧急停止功能，信号采集包括温度、炉压、变形、加载等，控制信号包括空气调节阀、烟气调节阀和燃烧器等，测控间隔时间不大于 1s。试验装置由数十块墙板和炉顶拼装而成，形成封闭的受热空间，每块墙板均匀设置燃烧器和观察孔，墙板和顶板为加载装置设置有预留孔口，炉底设置耐高温的支承基础，承载能力和位置能够满足加载和支撑的要求。

为了掌握建筑结构体系耐火性能试验装置受热空间温度分布和炉压变化规律，编制组选取试验炉尺寸为长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $= 9\text{m} \times 6\text{m} \times 3\text{m}$

的部分，部分设备见图 1-图 3，开展了三维立体温度、压力测量与控制试验。

在受热空间内搭建立体框架形式的温度测量热电偶支架，热电偶支架外形尺寸为长×宽×高=8m×5m×3m，立体网架形式，内部空间在长度、宽度方向间隔 1.5m 左右加 1 根刚玉管、高度方向间隔 1m 左右加一根刚玉管，并使用耐高温性能较好的镍丝将热电偶捆绑于刚玉管支架上对应位置，然后用补偿导线依次连接至测控系统的对应信号通道，见图 4。



图 1 建筑结构体系耐火性能试验装置外观照片

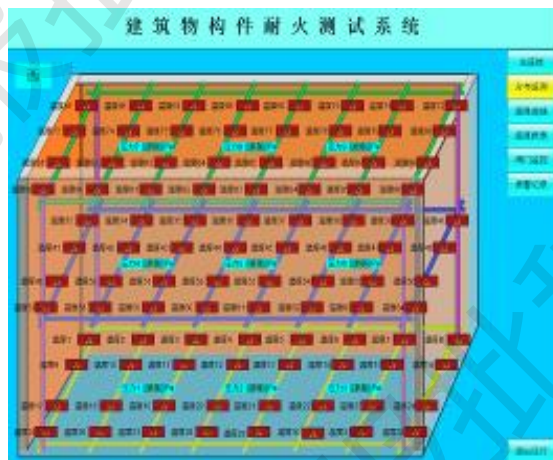


图 2 可燃气体检测仪



(a) 分布式 PLC 测量控制主站 (b) 分布式 PLC 测量控制一层子站

图 3 测控系统



(a) 炉内温度热电偶三维立体布置 (b) 温度、压力采集界面

图 4 炉内温度热电偶三维立体布置及测量试验情况

通过温度测量和分析，受热空间平均温度变化和控温精度均符合 GB/T 9978.1 的要求，见图 5 和图 6。试验装置外侧设置有 4 台微差压变送器，通过气管和耐高温金属管伸至受热空间，见图 7。

在受热空间内设置的炉压测点位置高度差为 2m。通过炉压测量和分析，试验过程压力变化见图 8。本标准规定“保证沿炉内高度处每米的压力梯度值为 $(13 \pm 5) \text{ Pa}$ ”，当压力梯度处于下限值 8Pa 时，满足 GB/T 9978.1 对于压力梯度的要求；当压力梯度处于上限值 18Pa 时，炉内试件顶部的最大压力值不超过试验测得的最大压力值。“试验炉运行时，可控制距加热空间炉底 500mm 高度处的理论中性压力面炉内压力值为零”，既方便操作，又能保证国内相关试验装置易于满足此条件。

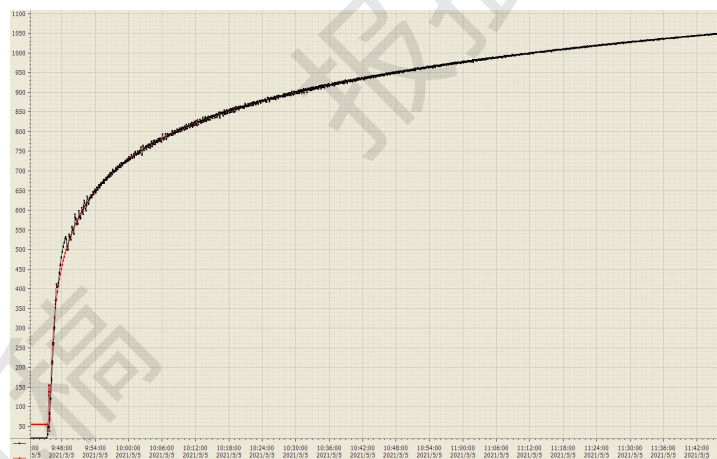


图 5 标准升温曲线与实际平均升温曲线对比

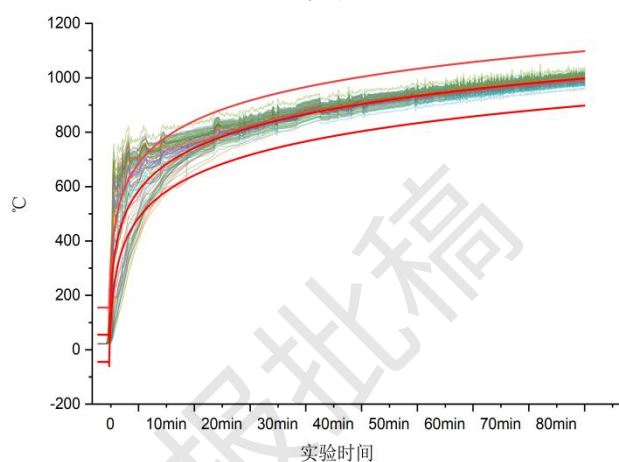


图 6 标准升温曲线与所有热电偶升温曲线对比图



图 7 微差压变送器设置安装情况

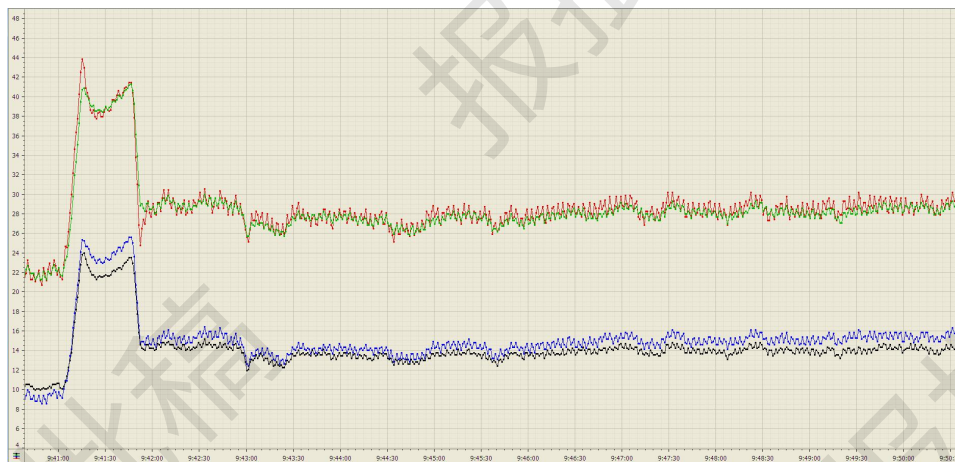


图 8 炉内压力变化曲线

(8) 第 7 章“试件准备”

主要从一般要求、试件尺寸、试件数量、试件养护、试件安装和约束、试件确认等方面规定了对试件准备的要求，相关要求以遵从 GB/T 9978.1 的规定为主。具体的特定要求中，提出了“试件在炉内安装后的周边部分与试验炉壁的间距不应小于 500mm”的规定，考虑尽量避免炉内烧嘴系统与试件的相互影响。

(9) 第 8 章“仪器使用”

本章主要给出了有关温度、压力、变形和完整性测量等仪器设备使用要求，相关要求以遵从 GB/T 9978.1 的规定为主。

对于炉内温度测量热电偶，结构体系试件的具体结构形式具有多样性，并且试验装置内部空间相对较大导致了其内部温度场控制难度加大，因此对炉内温度测量热电偶的布置提出了呈三维均匀分布的规定，同时考虑了结构体系中包含的单一建筑构件对应 GB/T 9978 标准中的有关要求。

(10) 第 9 章“试验方法”

一般情况下，建筑结构体系试件的跨度和高度等尺寸较大，试验过程中的安全风险比单一建筑构件耐火试验有显著提高，因此试验前首先检查试验炉和安全监测防护设施是否处于正常工作状态，做好一切安全防护措施。建筑结构体系耐火性能试验装置含有大量测量仪器、控制设备和关键部件，一旦个别设备出现故障，往往影响耐火试验的正常开展，因此试验前应对装置所有设备进行逐一检查确认，重点关注排烟系统、通风系统和燃料供给系统中的各类调节控制阀门、监控探头以及前端测量传感器等。在检查工作全部完成后，根据工况模式启动控制柜的一键自动点火按钮，试验装置会根据预设的安全规则控制烧嘴点火，若个别燃烧器点火失败，立即进行人工手动点火。当所有计划开启的烧嘴按照程序全部点火成功后，按照 GB/T 9978.1 或规定的升温曲线进行测量和控制炉内温度。

（11）第 10 章“判定准则”

考虑到结构体系是由若干单一建筑构件相互连接而组成有机统一整体，在耐火试验过程中每个承重建筑构件的耐火性能，体现了整个结构体系的综合耐火能力，因此结构体系试件应满足的耐火性能主要包括：对于承重构件，应满足稳定性要求；对于分隔构件，应满足完整性和隔热性要求；对于承重分隔构件应同时满足稳定性、完整性和隔热性要求。

结构体系达到耐火极限的判定准则应根据结构体系的类型进行分类，对于静定结构体系，当结构体系中的任意构件达到其耐火极限判定要求时，即表明结构体系达到了耐火极限。对于超静定结

构体系，列出了可以判别结构体系破坏的工况，例如当底层竖向承重构件，其他层的承重墙、边柱或角柱、相邻的两根中柱、连续两跨的水平承重构件、转换结构构件等，上述所列中的任一情形达到其耐火性能判定要求时，即表明结构体系达到了耐火极限。对于超静定结构，当楼板破坏时，结构体系仍然可以继续承受荷载，实际火灾案例中，也有破拆建筑中的楼板进行灭火救援的情况，所以本标准规定，连续两跨的楼板达到耐火极限判定要求，并不意味着超静定结构达到了耐火极限。

（12）第 11 章“试验的有效性”

当试验炉内温度、炉内压力和试验环境温度等试验条件超出 GB/T 9978.1 和本标准规定的偏差上限时，说明试验条件更为不利，也可以考虑试验结果的有效性。

（13）第 12 章“试验结果表示”

结构体系耐火试验结果的表示按 GB/T 9978.1 中的相应规定执行。

（14）第 13 章“试验报告”

本部分内容主要参考了 GB/T 9978.1 中的规定，为了方便应用，直接引用了部分条款。

（15）标准的“附录 A”

说明了耐火试验结果可以直接应用的情况。如果符合所有条件，耐火试验结果可以直接应用于类似的未经耐火试验的结构体系。如果有条件不符合，结构体系仍需要开展耐火试验确定其耐火极限。

（16）标准的“参考文献”

附录 A 中 g) 条的“截面形状系数”参考了《建筑钢结构防火技术规范》（GB 51249—2017）中“2 术语和符号”章的术语定义。

三、与法律法规及其他强制性标准的关系，配套推荐性标准的制定情况

（一）与法律法规及其他强制性标准的关系

本标准作为现行国家系列标准《建筑构件耐火试验方法》（GB/T 9978）的重要补充，与有关法律法规以及其他强制性标准协调一致，无冲突。

对于建筑物的耐火性能要求，《建筑设计防火规范》（GB 50016）采用的方法是按照重要性将建筑物分成不同的耐火等级，通过要求不同类型建筑构件的耐火极限达到建筑物的耐火等级要求，从而满足建筑物的耐火性能。但是单一建筑构件的耐火极限与相同结构形式的位于建筑物内的构件存在差异。本标准规定的耐火试验方法，可作为结构体系耐火性能的试验标准，对于《建筑设计防火规范》（GB 50016）的规定形成配套和补充。

（二）配套推荐性标准的制定情况

无。

四、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的对比分析（或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况）

（一）与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

目前，国外标准中尚未有对于建筑结构体系耐火试验方法的规

定。

(二) 以国际标准为基础的起草情况

未采标，国外无相应标准。

五、重大分歧意见的处理过程、处理意见和依据

无重大分歧意见。

六、标准实施过渡期建议

标准实施过渡期建议 6 个月，以便各实验室、大专院校、检测机构等使用 GB/T 9978.10 开展建筑结构体系的耐火试验。

七、实施国家标准的有关政策措施

目前《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)(2018 版)规定的建筑构件耐火极限，主要通过标准耐火试验测试得出，若耐火时间符合对应耐火等级下相应构件耐火极限的要求，则认为这个构件满足设计要求，从而保证建筑整体结构达到需要的耐火极限。本标准发布后，对于重要的建筑物可以通过开展建筑结构体系的耐火试验确定耐火时间是否符合对应耐火等级下建筑结构体系耐火极限的要求，从而确定建筑物的耐火性能。

八、对外通报的建议及理由

无。

九、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定发布。

十、涉及专利的有关说明

本标准起草过程中未识别出专利。

十一、国家标准所涉及产品、过程或服务的目录

建筑结构体系的耐火性能试验。

十二、其他应予说明的事项

无。