



CECS 252 : 2009

中国工程建设协会标准

火灾后建筑结构鉴定标准

Standard for building structural assessment after fire

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

火灾后建筑结构鉴定标准

Standard for building structural assessment after fire

CECS 252 : 2009

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

（原冶金部建筑研究总院）

上海市建筑科学研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 0 9 年 9 月 1 日

中国计划出版社

2009 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 36 号

关于发布《火灾后建筑结构 鉴定标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会(98)建标协字第 08 号文《关于下达 1998 年第一批推荐性标准编制计划的函》的要求,由中冶建筑研究总院有限公司(原冶金部建筑研究总院)、上海市建筑科学研究院编制的《火灾后建筑结构鉴定标准》,经建筑物鉴定与加固专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 252 : 2009,自 2009 年 9 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇〇九年四月九日

前 言

根据中国工程建设标准化协会(98)建标协字第 08 号文《关于下达 1998 年第一批推荐性标准编制计划的函》的要求,制定本标准。

本标准包括总则、术语和符号、基本规定、调查和检测、火灾后结构分析与构件校核、火灾后结构构件鉴定评级等内容。本标准是在总结国内外科研单位和高等院校研究成果以及各检测鉴定单位火灾后结构鉴定工程实践经验,进行试验研究,并参考国内外相关资料的基础上编制的。

根据国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,推荐给检测鉴定、设计、施工单位和工程技术人员采用。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑物鉴定与加固专业委员会(成都市一环路北三段 55 号四川省建筑科学研究院,邮政编码:610081,E-mail:ls@astcc.com)归口管理并负责解释,在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位: 中冶建筑研究总院有限公司

(原冶金部建筑研究总院)

上海市建筑科学研究院

参 编 单 位: 中国人民武装警察部队学院

同济大学

西安建筑科技大学

烟台大学

武汉钢铁集团股份有限公司

主要起草人: 林志伸 王孔藩 李国强 屈立军

(以下姓氏拼音为序)

惠云玲 姜迎秋 蒋首超 李 宁 李一平
李小瑞 楼国彪 陆贻杰 王新泉 许清风
姚继涛 岳清瑞 周新刚

主要审查人员：王庆霖 王永维 朱金铨 韩继云 张家启
牟宏远 张永钧

中国工程建设标准化协会

2009 年 4 月 9 日

目 次

1 总 则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(3)
3 基本规定	(4)
4 调查和检测	(7)
4.1 一般规定	(7)
4.2 火作用调查	(7)
4.3 结构现状检测	(8)
5 火灾后结构分析与构件校核	(10)
6 火灾后结构构件鉴定评级	(11)
6.1 一般规定	(11)
6.2 火灾后混凝土结构构件的鉴定评级	(12)
6.3 火灾后钢结构构件的鉴定评级	(16)
6.4 火灾后砌体结构构件的鉴定评级	(19)
附录 A 常见材料变态温度、燃点	(22)
附录 B 混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应与 温度的关系	(24)
附录 C 纤维素类可燃物轰燃大火当量升温时间的 确定	(26)
附录 D 火灾后混凝土构件材料微观分析	(29)
附录 E 混凝土构件在标准升温条件下温度场实用 曲线图	(31)
附录 F 火灾后混凝土强度折减系数	(51)

附录 G	高温时和高温冷却后钢筋强度折减系数	(52)
附录 H	高温自然冷却后混凝土弹性模量、钢筋与 混凝土粘结强度折减系数	(54)
附录 J	高温过火后结构钢的屈服强度折减系数	(55)
附录 K	火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与 受火温度的折减系数	(56)
本标准用词说明		(57)
引用标准名录		(58)
附:条文说明		(59)

Contents

1	General Provisions	(1)
2	Terms and Symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic Requirements	(4)
4	Investigation and Test	(7)
4.1	General Requirement	(7)
4.2	Investigate of Fire Action	(7)
4.3	Structural Investigation and In-place Performance test	(8)
5	Structural Analysis and Element Check After Fire ...	(10)
6	Assessment Ranking of Structural Element After Fire	(11)
6.1	General Requirement	(11)
6.2	Assessment Ranking of Concrete Structural Element After Fire	(12)
6.3	Assessment Ranking of Steel Structural Element After Fire	(16)
6.4	Assessment Ranking of Masonry Structural Element After Fire	(19)
Appendix A	Transform Temperature and Ignition Point of Common Materials	(22)
Appendix B	Relationship Between Temperature and Surface Color, Cracking and Peeling	(24)
Appendix C	Definition of the Equivalent Time of Fire	

	Exposure Mainly Cellulose Type	
	Fire Load	(26)
Appendix D	Micro-analysis of Concrete Element	
	After Fire	(29)
Appendix E	Temperature Distribution for Concrete	
	Element Cross Section at Standard Raising	
	Temperature	(31)
Appendix F	Reduction Factor of the Compression	
	Strength of Concrete After Fire	(51)
Appendix G	Reduction Factor of the Characteristic	
	Strength of a Steel Bar at High Temperature	
	and Cooling	(52)
Appendix H	Reduction Factor of Elastic Modulus	
	of Concrete and Bond Strength Between	
	Steel Bar and Concrete at High	
	Temperature and After Cooling	(54)
Appendix J	Reduction Factor of Yield Strength of	
	Structural Steel After at High Temperature	
	and After Cooling	(55)
Appendix K	Reduction Factor of the Strength of	
	Brick, Mortar and Block of Masonry	
	Structure After Fire	(56)
	Explanation of Wording in This Standard	(57)
	Normative Standards Directory	(58)
	Attached: Explanation of Standard	(59)

1 总 则

1.0.1 为了规范建筑结构火灾后的检测鉴定工作,给建筑结构火灾后的处理决策提供技术依据,做到技术先进、科学合理、安全适用、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于工业与民用建筑中混凝土结构、钢结构、砌体结构火灾后的结构检测鉴定。

1.0.3 本标准以火灾后建筑结构构件的安全性鉴定为主。结构可靠性鉴定可根据建筑类型,按现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 或《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 进行鉴定。

1.0.4 火灾后建筑结构鉴定工作,应委托具有结构鉴定资质的独立机构承担。

1.0.5 火灾后建筑结构的鉴定,除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

- 2.1.1 火灾后结构鉴定** structural assessment after fire
为评估火灾后结构可靠性而进行的检测鉴定工作。
- 2.1.2 火场残留物** debris in scene of fire
火灾后现场残存物品。
- 2.1.3 火灾荷载密度** fire load density
火场单位建筑面积可燃物的发热量。
- 2.1.4 火灾温度作用过程** temperature-time process
火灾场所从开始燃烧、发展、猛烈燃烧、减弱到熄灭全过程温度与时间关系的历程。
- 2.1.5 火灾后结构构件温度分析** temperature analysis of structural element after fire
根据构件和防火层表面受热作用和构件材料热性能确定构件表面和内部温度的分布状况。
- 2.1.6 结构整体分析(火灾状况下)** global structural analysis (under fire environment)
当整体结构或结构局部遭受火灾时,以整幢结构或某独立区段为对象,对火的直接作用效应和间接作用效应进行的分析。
- 2.1.7 火的间接作用** indirect fire action
火灾作用下由于结构、构件热变形引起的非直接受火结构、构件的内力和变形。
- 2.1.8 标准当量升温时间** normal equivalent temperature rise time
火灾作用达到的最高温度相当于采用国际标准 ISO 834 的标

准升温曲线进行标准火灾试验达到相同温度所对应的升温时间。

2.1.9 重要构件 dominant member

指自身失效将影响或危及承重结构整体或局部安全工作或直接影响结构整体正常使用的构件。

2.1.10 次要构件 common member

其自身失效为孤立事件,不会导致其他构件失效,并不直接影响结构整体正常使用的构件。

2.2 符 号

- t_e ——房间内火灾的当量标准升温时间;
 T ——构件的表面温度;
 v ——火灾后受弯构件实际挠度;
 $[v]$ ——受弯构件的挠度限值;
 w_m ——砌体结构最大裂缝宽度;
 δ ——多层房屋楼层层间位移;
 R_t ——火灾后结构构件的抗力;
 S ——结构构件上的作用效应;
 γ_0 ——结构重要性系数;
 l_0 ——构件计算跨度;
 h ——楼层层高或独立柱高;
 H ——钢结构柱总高或砌体结构房屋总高度;
 H_T ——单层房屋柱脚底面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度。

3 基本规定

3.0.1 建筑物发生火灾后应及时对建筑结构进行检测鉴定,检测人员应到现场调查所有过火房间和整体建筑物。对有垮塌危险的结构构件,应首先采取防护措施。

3.0.2 建筑结构火灾后的鉴定程序,可根据结构鉴定的需要,分为初步鉴定和详细鉴定两阶段进行(图 3.0.2)。

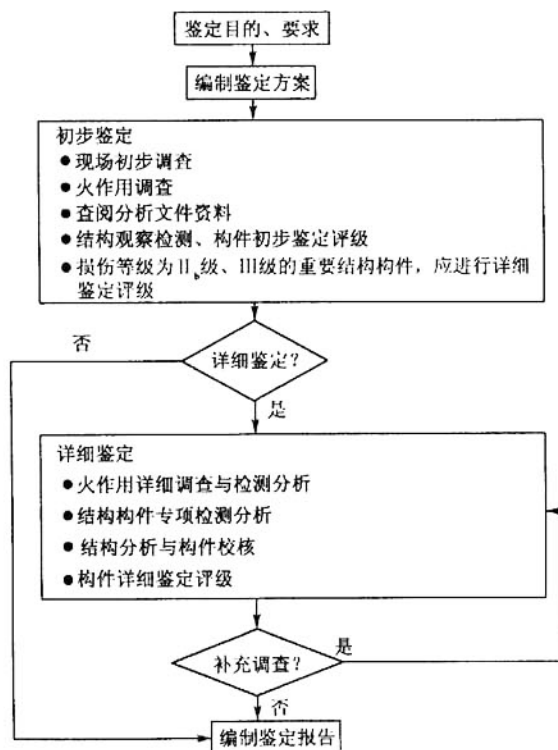


图 3.0.2 火灾后结构鉴定框图

3.0.3 初步鉴定应包括下列内容:

1 现场初步调查。现场勘察火灾残留状况;观察结构损伤严重程度;了解火灾过程;制定检测方案。

2 火作用调查。根据火灾过程、火场残留物状况初步判断结构所受的温度范围和作用时间。

3 查阅分析文件资料。查阅火灾报告、结构设计和竣工等资料,并进行核实。对结构所能承受火灾作用的能力作出初步判断。

4 结构观察检测、构件初步鉴定评级。根据结构构件损伤状态特征,按本标准第 6 章进行结构构件的初步鉴定评级。

5 编制鉴定报告或准备详细检测鉴定。根据本标准第 6.1.3 条规定损伤等级为Ⅱ、Ⅲ级的重要结构构件,应进行详细鉴定评级。对不需要进行详细检测鉴定的结构,可根据初步鉴定结果直接编制鉴定报告。

3.0.4 详细鉴定应包括下列内容:

1 火作用详细调查与检测分析。根据火灾荷载密度、可燃物特性、燃烧环境、燃烧条件、燃烧规律,分析区域火灾温度—时间曲线,并与初步判断相结合,提出用于详细检测鉴定的各区域的火灾温度—时间曲线;也可根据材料微观特征判断受火温度;

2 结构构件专项检测分析。根据详细鉴定的需要作受火与未受火结构的材质性能、结构变形、节点连接、结构构件承载能力等专项检测分析;

3 结构分析与构件校核。根据受火结构的材质特性、几何参数、受力特征进行结构分析计算和构件校核分析,确定结构的安全性和可靠性;

4 构件详细鉴定评级。根据结构分析计算和构件校核分析结果,按本标准第 6 章进行结构构件的详细鉴定评级;

5 编制详细检测鉴定报告。对需要再作补充检测的项目,待补充检测完成后编制最终鉴定报告。

3.0.5 鉴定报告应包括下列内容:

- 1 建筑、结构和火灾概况；
- 2 鉴定的目的、内容、范围和依据；
- 3 调查、检测、分析的结果(包括火灾作用和火灾影响调查检测分析结果)；
- 4 结构构件烧灼损伤后的评定等级；
- 5 结论与建议；
- 6 附件。

4 调查和检测

4.1 一般规定

4.1.1 火灾后建筑结构鉴定调查和检测的内容应包括火灾影响区域调查与确定、火场温度过程及温度分布推定、结构内部温度推定、结构现状检查与检测。

4.1.2 火灾后建筑结构鉴定调查和检测的对象应为整个建筑结构,或者是结构系统相对独立的部分结构;对于局部小范围火灾,经初步调查确认受损范围仅发生在有限区域时,调查和检测对象也可仅考虑火灾影响区域范围内的结构或构件。

4.2 火作用调查

4.2.1 火灾对结构的作用温度、持续时间及分布范围应根据火灾调查、结构表观状况、火场残留物状况及可燃物特性、通风条件、灭火过程等综合分析推断,对于重要烧损结构应有结构材料微观分析结果参与推断。

4.2.2 火场温度过程可根据火荷载密度、可燃物特性、受火墙体及楼盖的热传导特性、通风条件及灭火过程等按燃烧规律推断;必要时可采用模拟燃烧试验确定。

4.2.3 构件表面曾经达到的温度及作用范围可根据火场残留物熔化、变形、燃烧、烧损程度等,按照附录 A 推断。

4.2.4 火灾后结构构件内部截面曾经达到的温度可根据火场温度过程、构件受火状况及构件材料特性按热传导规律推断。

4.2.5 火灾中直接受火烧灼的混凝土结构构件表面曾经达到的温度及范围可根据混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应等,按照附录 B 中表 B-1 推断。

4.2.6 火灾后混凝土结构构件内部截面曾经达到的温度,可根据当量标准升温时间 t_e 按附录 E 推断。当量标准升温时间 t_e 按下列规定取值:

1 若曾经发生猛烈燃烧大火且主要可燃物为纤维素类物品时,当量标准升温时间 t_e 可根据火灾调查和火荷载密度及通风条件按附录 C 推断;

2 若未曾发生猛烈的火时,当量标准升温时间 t_e 可根据构件表面温度按公式(4.2.6)推断。

$$t_e = \exp(T/204) \quad (4.2.6)$$

式中: T ——构件的表面温度($^{\circ}\text{C}$)。

3 对于直接受火的钢筋混凝土楼板,可根据构件表面颜色、裂损状况、锤击声音等特征,按附录 B 中表 B-2 确定当量标准升温时间 t_e 。

4.2.7 火灾后混凝土结构构件截面内部曾经达到的温度,也可根据混凝土材料微观分析结果按照附录 D 推断。

4.3 结构现状检测

4.3.1 结构现状检测应包括下列全部或部分内容:

- 1 结构烧灼损伤状况检查;
- 2 温度作用损伤或损坏检查;
- 3 结构材料性能检测。

4.3.2 对直接暴露于火焰或高温烟气的结构构件,应全数检查烧灼损伤部位。对于一般构件可采用外观目测、锤击回声、探针、开挖探槽(孔)等手段检查,对于重要结构构件或连接,必要时可通过材料微观结构分析判断。

4.3.3 对承受温度应力作用的结构构件及连接节点,应检查变形、裂损状况;对于不便观察或仅通过观察难以发现问题的结构构件,可辅以温度作用应力分析判断。

4.3.4 火灾后结构材料的性能可能发生明显改变时,应通过抽样

检验或模拟试验确定材料性能指标;对于烧灼程度特征明显,材料性能对建筑物结构性能影响敏感程度较低,且火灾前材料性能明确,可根据温度场推定结构材料的性能指标,并宜通过取样检验修正。

5 火灾后结构分析与构件校核

5.0.1 火灾后结构分析应包括下列内容:

1 火灾过程中的结构分析,应针对不同的结构或构件(包括节点连接),考虑火灾过程中的最不利温度条件和结构实际作用荷载组合,进行结构分析与构件校核;

2 火灾后的结构分析,应考虑火灾后结构残余状态的材料力学性能、连接状态、结构几何形状变化和构件的变形和损伤等进行结构分析与构件校核。

5.0.2 结构内力分析可根据结构概念和解决工程问题的需要在满足安全的条件下,进行合理的简化。

1 局部火灾未造成整体结构明显变位、损伤及裂缝时,可仅考虑局部作用;

2 支座没有明显变位的连续结构(板、梁、框架等)可不考虑支座变位的影响;

5.0.3 火灾后结构构件的抗力,在考虑火灾作用对结构材料性能、结构受力性能的不利影响后,可按照现行设计规范和标准的规定进行验算分析;对于烧灼严重、变形明显等损伤严重的结构构件,必要时应采用更精确的计算模型进行分析;对于重要的结构构件,宜通过试验检验分析确定。

6 火灾后结构构件鉴定评级

6.1 一般规定

6.1.1 火灾后结构构件的鉴定评级分初步鉴定评级和详细鉴定评级。

6.1.2 火灾后结构构件的初步鉴定评级,应根据构件烧灼损伤、变形、开裂(或断裂)程度按下列标准评定损伤状态等级:

Ⅱ。级—轻微或未直接遭受烧灼作用,结构材料及结构性能未受或仅受轻微影响,可不采取措施或仅采取提高耐久性的措施。

Ⅲ。级—轻度烧灼,未对结构材料及结构性能产生明显影响,尚不影响结构安全,应采取提高耐久性或局部处理和外观修复措施;

Ⅳ级—中度烧灼尚未破坏,显著影响结构材料或结构性能,明显变形或开裂,对结构安全或正常使用产生不利影响,应采取加固或局部更换措施;

Ⅴ级—破坏,火灾中或火灾后结构倒塌或构件塌落;结构严重烧灼损坏、变形损坏或开裂损坏,结构承载能力丧失或大部丧失,危及结构安全,必须或必须立即采取安全支护、彻底加固或拆除更换措施。

注:火灾后结构构件损伤状态不评Ⅰ级。

6.1.3 火灾后结构构件的详细鉴定评级,应根据检测鉴定分析结果,评为b、c、d级。

b级 基本符合国家现行标准下限水平要求,尚不影响安全,尚可正常使用,宜采取适当措施;

c级 不符合国家现行标准要求,在目标使用年限内影响安全和正常使用,应采取措施;

d级 严重不符合国家现行标准要求,严重影响安全,必须及时或立即加固或拆除。

注:火灾后的结构构件不评a级。

6.2 火灾后混凝土结构构件的鉴定评级

6.2.1 火灾后混凝土楼板、屋面板初步鉴定评级应按表 6.2.1 进行。当混凝土楼板、屋面板火灾后严重破坏,难以加固修复,需要拆除或更换时,该构件初步鉴定可评为IV级。

表 6.2.1 火灾后混凝土楼板、屋面板初步鉴定评级标准

等级评级要素		各级损伤等级状态特征		
		Ⅱ _a	Ⅱ _b	Ⅲ
油烟和烟灰		无或局部有	大面积有或局部被烧光	大面积被烧光
混凝土颜色改变		基本未变或被黑色覆盖	粉红	土黄色或灰白色
火灾裂缝		无火灾裂缝或轻微裂缝网	表面轻微裂缝网	粗裂缝网
锤击反应		声音响亮,混凝土表面不留下痕迹	声音较响或较闷,混凝土表面留下较明显痕迹或局部混凝土酥碎	声音发闷,混凝土粉碎或塌落
混凝土脱落	实心板	无	≤5块,且每块面积≤100cm ²	>5块或单块面积>100cm ² ,或穿透或全面脱落
	肋形板	无	肋部有,锚固区无;板中个别处有,但面积不大于20%板面积,且不在跨中	锚固区有,板有贯通,面积大于20%板面积,或穿过跨中
受力钢筋露筋		无	有露筋,露筋长度小于20%板跨,且锚固区未露筋	大面积露筋,露筋长度大于20%板跨,或锚固区露筋

续表 6.2.1

等级评级要素	各级损伤等级状态特征		
	Ⅱ _a	Ⅱ _b	Ⅲ
受力钢筋粘结性能	无影响	略有降低,但锚固区无影响	降低严重
变 形	无明显变形	略有变形	较大变形

6.2.2 混凝土梁火灾后初步鉴定评级应按表 6.2.2 进行。当火灾后混凝土梁严重破坏,难以加固修复,需要拆除或更换时该构件初步鉴定可评为IV级。

表 6.2.2 火灾后混凝土梁初步鉴定评级标准

等级评级要素		各级损伤等级状态特征		
		Ⅱ _a	Ⅱ _b	Ⅲ
油烟和烟灰		无或局部有	多处有,或局部烧光	大面积烧光
混凝土颜色改变		基本未变或被黑色覆盖	粉红	土黄色或灰白色
火灾裂缝		无火灾裂缝或轻微裂缝网	表面轻微裂缝网	粗裂缝网
锤击反应		声音响亮,混凝土表面不留下痕迹	声音较响或较闷,混凝土表面留下较明显痕迹或局部混凝土粉碎	声音发闷,混凝土粉碎或塌落
混凝土脱落		无	下表面局部脱落,或少量局部露筋	跨中和锚固区单排钢筋保护层脱落,或多排钢筋大面积钢筋深度烧伤
受力钢筋露筋		无	受力钢筋外露不大于30%的梁跨度,单排钢筋不多于一根,多排筋不多于二根	受力钢筋外露大于30%的梁跨度,或单排钢筋多于一根,多排钢筋多于二根
受力钢筋粘结性能		无影响	略有降低,但锚固区无影响	降低严重
变 形		无明显变形	中等变形	较大变形

注:表中梁的跨度按计算跨度确定。

6.2.3 混凝土柱火灾后初步鉴定评级应按表 6.2.3 进行。当混凝土柱火灾后严重破坏,难以加固修复,需要拆除或更换时该构件初步鉴定可评为Ⅳ级。

表 6.2.3 火灾后混凝土柱初步鉴定评级标准

等级评级要素	各级损伤等级状态特征		
	Ⅱ _a	Ⅱ _b	Ⅲ
油烟和烟灰	无或局部有	多处有或局部烧光	大面积烧光
混凝土颜色改变	基本未变或被黑色覆盖	粉红	土黄色或灰白色
火灾裂缝宽度	无火灾裂缝或表面轻微裂缝网	轻微裂缝网	粗裂缝网
锤击反应	声音响亮,混凝土表面不留痕迹	声音较响或较闷,混凝土表面留下较明显痕迹或局部混凝土粉碎	声音发闷,混凝土粉碎或塌落
混凝土脱落	无	部分混凝土脱落	大部分混凝土脱落
受力钢筋外露	无	轻微露筋,不多于一根,露筋长度不大于 20%柱高	露筋多于一根,或露筋长度大于 20%柱高
受力钢筋粘结性能	无影响	略有降低	降低严重
变 形	$\delta/h \leq 0.002$	$0.002 < \delta/h \leq 0.007$	$\delta/h > 0.007$

注:1 表中为层间位移, h 为计算层高或柱高;

2. 截面小于 400mm×400mm 的框架柱,火灾后鉴定评级宜从严。

6.2.4 火灾后混凝土墙初步鉴定评级应按表 6.2.4 进行。当混凝土墙火灾后严重破坏,难以加固修复,需要拆除或更换时该构件初步鉴定可评为Ⅳ级。

表 6.2.4 火灾后混凝土墙初步鉴定评级标准

等级评级要素	各级损伤等级状态特征		
	Ⅱ _a	Ⅱ _b	Ⅲ
油烟和烟灰	无或局部有	大面积有或部分烧光	大面积烧光
混凝土颜色改变	基本未变或被黑色覆盖	粉红	土黄色或灰白色
火灾裂缝	无或轻微裂缝	微细网状裂缝,且无贯穿裂缝	严重网状裂缝,或有贯穿裂缝
锤击反应	声音响亮,混凝土表面不留痕迹	声音较响或较闷,混凝土表面留下较明显痕迹或局部混凝土粉碎	声音发闷,混凝土粉碎或塌落
混凝土脱落	无	脱落面积小于 50×50cm ² ,且为表面剥落	最大块脱落面积不小于 50×50cm ² ,或大面积剥落
受力钢筋外露	无	小面积露筋	大面积露筋,或锚固区露筋
受力钢筋粘结性能	无影响	略有降低	严重降低
变 形	无明显变形	略有变形	有较大变形

6.2.5 火灾后混凝土结构构件的详细鉴定评级应符合下列规定:

1 混凝土结构构件火灾截面温度场取决于构件的截面形式、材料热性能、构件表面最高温度和火灾持续时间。混凝土柱、梁、板的火灾截面温度场可按本标准附录 E 判定。

2 火灾后混凝土和钢筋力学性能指标宜根据钻取混凝土芯样、取钢筋试样检验,也可根据构件截面温度场按本标准附录 F、G 判定。火灾后钢筋与混凝土弹性模量以及钢筋与混凝土粘结强度折减系数可根据构件截面温度场参照本标准附录 H 判定。

3 火灾后混凝土结构和砌体结构构件承载能力可根据表 6.2.5 的分级进行鉴定评级。鉴定评级应考虑火灾对材料强度和构件变形的影响。

表 6.2.5 火灾后混凝土构件承载能力评定等级标准

构件类别		$R_f/(\gamma_0 S)$		
		b	c	d
重要构件	工业建筑	≥ 0.90	≥ 0.85	< 0.85
	民用建筑	≥ 0.95	≥ 0.90	< 0.90
次要构件	工业建筑	≥ 0.87	≥ 0.82	< 0.82
	民用建筑	≥ 0.90	≥ 0.85	< 0.85

注:1 表中 R_f 为结构构件火灾后的抗力, S 为作用效应, γ_0 为结构重要性系数, 按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的规定取值。

2 评定为 b 级的重要构件应采取加固处理措施。

6.3 火灾后钢结构构件的鉴定评级

6.3.1 火灾后钢结构构件的初步鉴定评级, 应根据构件防火保护受损、残余变形与撕裂、局部屈曲与扭曲、构件整体变形四个子项进行评定, 并取按各子项所评定的损伤等级中的最严重级别作为构件损伤等级。

1 火灾后钢构件的防火保护受损、残余变形与撕裂、局部屈曲与扭曲三个子项, 按表 6.3.1-1 的规定评定损伤等级。

2 火灾后钢构件的整体变形子项, 按表 6.3.1-2 的规定评定损伤等级。但构件火灾后严重烧灼损坏、出现过大的整体变形、严重残余变形、局部屈曲、扭曲或部分焊缝撕裂导致承载力丧失或大部丧失, 应采取安全支护、加固或拆除更换措施时评为 IV 级。

3 对于格构式钢构件, 还应按第 6.3.2 条对缀板、缀条与格构分肢之间的焊缝连接、螺栓连接进行评级。

4 当火灾后钢结构构件严重破坏, 难以加固修复, 需要拆除或更换时该构件初步鉴定可评为 IV 级。

表 6.3.1-1 火灾后钢构件基于防火保护受损、残余变形与撕裂、局部屈曲或扭曲的初步鉴定评级标准

等级评级要素		各级损伤等级状态特征		
		II _a	II _b	III
1	涂装与防火保护层	基本无损; 防火保护层有细微裂纹, 但无脱落	防腐涂装完好; 防火涂装或防火保护层开裂但无脱落	防腐涂装碳化; 防火涂装或防火保护层局部范围脱落
2	残余变形与撕裂	无	局部轻度残余变形, 对承载力无明显影响	局部残余变形, 对承载力有一定的影响
3	局部屈曲与扭曲	无	轻度局部屈曲或扭曲, 对承载力无明显影响	主要受力截面有局部屈曲或扭曲, 对承载力无明显影响; 非主要受力截面有明显局部屈曲或扭曲

注: 有防火保护的钢构件按 1、2、3 项进行评定, 无防火保护的钢构件按 2、3 项进行评定。

表 6.3.1-2 火灾后钢构件基于整体变形的初步鉴定评级标准

等级评定要素	构件类别		各级变形损伤等级状态特征	
			II _a 级或 II _b 级	III 级
挠度	屋架、网架		$> l_0/400$	$> l_0/200$
	主梁、托梁		$> l_0/400$	$> l_0/200$
	吊车梁	电动	$> l_0/800$	$> l_0/400$
		手动	$> l_0/500$	$> l_0/250$
	次梁		$> l_0/250$	$> l_0/125$
	檩条		$> l_0/200$	$> l_0/150$
弯曲矢高	柱		$> l_0/1000$	$> l_0/500$
	受压支撑		$> l_0/1000$	$> l_0/500$
柱顶侧移	多高层框架的层间水平位移		$> h/400$	$> h/200$
	单层厂房中柱倾斜		$> H/1000$	$> H/500$

注: 1 表中 l_0 为构件的计算跨度, h 为框架层高, H 为柱总高。

2 评定结果取 II_a 级或 II_b 级, 可根据实际情况由鉴定者确定。

6.3.2 火灾后钢结构连接的初步鉴定评级,应根据防火保护受损、连接板残余变形与撕裂、焊缝撕裂与螺栓滑移及变形断裂三个子项进行评定,并按各子项所评定的损伤等级中的最严重级别作为构件损伤等级。当火灾后钢结构连接大面积损坏、焊缝严重变形或撕裂、螺栓烧损或断裂脱落,需要拆除或更换时,该构件连接初步鉴定可评为Ⅳ级。

表 6.3.2 火灾后钢结构连接的初步鉴定评级标准

等级评级要素		各级损伤等级状态特征		
		Ⅱ。	Ⅱ。	Ⅲ
1	涂装与防火保护层	基本无损;防火保护层有细微裂纹且无脱落	防腐涂装完好;防火涂装或防火保护层开裂但无脱落	防腐涂装碳化;防火涂装或防火保护层局部范围脱落
2	连接板残余变形与撕裂	无	轻度残余变形,对承载力无明显影响	主要受力节点板有一定的变形,或节点加劲肋有较明显的变形
3	焊缝撕裂与螺栓滑移及变形断裂	无	个别连接螺栓松动	螺栓松动,有滑移;受拉区连接板之间脱开;个别焊缝撕裂

6.3.3 火灾后钢结构详细鉴定应包括下列内容:

1 受火钢构件的材料特性:

- 1) 屈服强度与极限强度;
- 2) 延伸率;
- 3) 冲击韧性;
- 4) 弹性模量。

2 受火钢构件的承载力:

- 1) 截面抗弯承载力;
- 2) 截面抗剪承载力;
- 3) 构件和结构整体稳定承载力;
- 4) 连接强度。

注:火灾后钢结构过火钢材力学性能指标宜现场取样检验。如能确定作

用温度,还可根据本标准附录 J 判定不同温度下结构钢的屈服强度。

6.3.4 对于无冲击韧性要求的钢构件,可按承载力评定等级。对于有冲击韧性要求的钢构件,当构件受火后材料的冲击韧性不满足原设计要求,且冲击韧性等级相差一级时,构件承载力评定应评为 c 级;当其冲击韧性等级相差两级或两级以上时,构件的承载力评定应评为 d 级。

6.3.5 构件承载力鉴定时,应考虑火灾对材料强度和构件变形的影响,按表 6.3.5 评定构件承载力等级。

表 6.3.5 火灾后钢结构构件(含连接)按承载力评定等级标准

构件类别	$R_f/(\gamma_0 S)$		
	b 级	c 级	d 级
重要构件、连接	≥ 0.95	≥ 0.90	< 0.90
次要构件	≥ 0.92	≥ 0.87	< 0.87

注:1 表中 R_f 为结构构件火灾后的抗力, S 为作用效应, γ_0 为结构重要性系数,按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定取值。

2 评定为 b 级的重要构件应采取加固处理措施。

6.3.6 受火构件的材料强度与冲击韧性可通过现场取样试验或同种钢材加温冷却试验确定。现场取样应避开构件的主要受力位置和截面最大应力处,并对取样部位进行补强。采用同种钢材加温冷却试验来确定受力构件的材料强度与冲击韧性时,钢材的最高温度应与构件在火灾中所经历的最高温度相同,并且冷却方式应能反映实际火灾中的情况(泼水冷却或是空气冷却)。

6.4 火灾后砌体结构构件的鉴定评级

6.4.1 火灾后砌体结构初步鉴定,根据外观损伤、裂缝和变形分别按表 6.4.1-1 和表 6.4.1-2 进行初步鉴定评级。当砌体结构构件火灾后严重破坏,需要拆除或更换时,该构件初步鉴定可评为Ⅳ级。

表 6.4.1-1 火灾后砌体结构基于外观损伤和裂缝的初步鉴定评级标准

等级评定要素		各级损伤等级状态特征		
		Ⅱ _a	Ⅱ _b	Ⅲ
外观损伤		无损伤、墙面或抹灰层有烟黑	抹灰层有局部脱落或脱落、灰缝砂浆无明显烧伤	抹灰层有局部脱落或脱落部位砂浆烧伤在 15mm 以内、块材表面尚未开裂变形
变形裂缝	墙、壁柱墙	无裂缝,略有灼烤痕迹	有裂痕显示	有裂缝,最大宽度 $w_m \leq 0.6\text{mm}$
	独立柱	无裂缝,无灼烤痕迹	无裂缝,有灼烤痕迹	有裂痕
受压裂缝	墙、壁柱墙	无裂缝,略有灼烤痕迹	个别块材有裂缝	裂缝贯通 3 皮块材
	独立柱	无裂缝,无灼烤痕迹	个别块材有裂缝	有裂缝贯通块材

注:对墙体裂缝有严格要求的建筑物,表中裂缝宽度,对次要建筑可放宽为 1.0mm。

表 6.4.1-2 火灾后砌体结构侧向(水平)位移变形的初步鉴定评级标准 (mm)

等级评定要素		Ⅱ _a 级或Ⅱ _b 级	Ⅲ
多层房屋 (包括多层厂房)	层间位移或倾斜	≤ 20	> 20
	顶点位移或倾斜	≤ 30 和 $3H/1000$ 中的较大值	> 30 和 $3H/1000$ 中的较大值
单层房屋 (包括单层厂房)	有吊车房屋墙、柱位移		$> H_T/1250$, 但不影响吊车运行
	无吊车房屋位移或倾斜	独立柱	≤ 15 和 $1.5H/1000$ 中的较大值
		墙	≤ 30 和 $3H/1000$ 中的较大值

注:1 表中 H 为自基础顶面至柱顶总高度; h 为层高; H_T 为基础顶面至吊车梁顶面的高度;

2 表中有吊车房屋柱的水平位移限值,是在吊车水平荷载作用下按平面结构图形计算的厂房柱的横向位移;

3 在砌体结构中,墙包括带壁柱墙;

4 多层房屋中,可取层间位移和结构顶点总位移中的较低等级作为结构侧移项

目的评定等级;

- 5 当结构安全性无问题,倾斜超过表中Ⅱ级的规定值但不影响使用功能时,仍可评为Ⅱ_b级。

6.4.2 火灾后砌体结构构件的详细鉴定评级应符合下列要求:

1 砌体结构构件火灾后截面温度场取决于构件的截面形式、材料的热性能、构件表面最高温度和火灾持续时间;

2 火灾后砌体、砌块和砂浆强度可按照现行国家标准《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 进行现场检测;也可现场取样分别对砌块和砂浆进行材料试验检测;还可根据构件截面温度场按照本标准附录 K 推定砖和砂浆强度。当根据温度场推定火灾后材料力学性能指标时,宜用抽样试验进行修正;

3 火灾后砌体结构构件承载能力指标,应按表 6.2.5 规定的评级标准执行。

附录 A 常见材料变态温度、燃点

表 A-1 玻璃、金属材料、塑料的变态温度

分类	名称	代表制品	形态	温度 (°C)
玻璃	模制玻璃	玻璃砖、缸、杯、瓶、玻璃装饰物	软化或粘着	700~750
			变圆	750
			流动	800
	片状玻璃	门窗玻璃、玻璃板、增强玻璃	软化或粘着	700~750
			变圆	800
			流动	850
金属材料	铅	铅管、蓄电池、玩具等	锐边变圆,有滴状物	300~350
	锌	锚固件、镀锌材料	有滴状物形成	400
	铝及其合金	机械部件、门窗及配件、支架、装饰材料、厨房用具	有滴状物形成	650
	银	装饰物、餐具、银币	锐边变圆,有滴状物形成	950
	黄铜	门拉手、锁、小五金等	锐边变圆,有滴状物形成	950
	青铜	窗框、装饰物	锐边变圆,有滴状物形成	1000
	紫铜	电线、铜币	方角变圆,有滴状物形成	1100
	铸铁	管子、暖气片、机器支座等	有滴状物形成	1100~1200
建筑塑料	低碳钢	管子、家具、支架等	扭曲变形	>700
	聚乙烯	地面、壁纸等	软化	50~100
	聚丙烯	装饰材料、涂料	软化	60~95
	聚苯乙烯	防热材料	软化	60~100

续表 A-1

分类	名称	代表制品	形态	温度 (°C)
建筑塑料	聚乙烯	隔热、防潮材料	软化	80~135
	硅	防水材料	软化	200~215
	氟化塑料	配管	软化	150~290
	聚脂树脂	地面材料	软化	120~230
	聚氨酯	防水、热材料、涂料	软化	90~120
	环氧树脂	地面材料、涂料	软化	95~290

表 A-2 部分材料燃点

材料名称	燃点温度 (°C)	材料名称	燃点温度 (°C)
木材	240~270	聚氯乙烯	454
纸	130	黏胶纤维	235
棉花	150	涤纶纤维	390
棉布	200	橡胶	130
麻绒	150	尼龙	424
酚醛树脂	571	聚四氟乙烯	550
聚乙烯	342	乙烯丙烯共聚	454

表 A-3 油漆烧损状况

温度 (°C)		<100	100~300	300~600	>600
烧损状况	一般油漆	表面附着黑烟	有裂缝和脱皮	变黑、脱落	烧光
	防锈油漆	完好	完好	变色	烧光

附录 B 混凝土表面颜色、裂损剥落、 锤击反应与温度的关系

表 B-1 混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应与温度的关系

温度 (℃)	<200	300~500	500~700	700~800	>800
颜色	灰青, 近 视正常	浅灰, 略 显粉红	浅灰白, 显浅红	灰白, 显 浅黄	浅黄色
爆裂、 剥落	无	局部粉剥 层	角部混凝 土	大面积	酥松、大面 积剥落
开裂	无	微细裂缝	角部出现 裂缝	较多裂缝	贯穿裂缝
锤击 反应	声音响 亮、表面不 留下痕迹	较响亮、 表面留下较 明显痕迹	声音较 闷、混凝土 粉碎和塌 落, 留下痕 迹	声音发 闷、混凝土 粉碎和塌落	声音发哑、 混凝土严重 脱落

表 B-2 标准耐火试验中混凝土构件的颜色及外观特征

当量标准 升温时间 t_e (min)	炉温 (℃)	外观特征				锤击 声音
		颜色	表面裂纹	疏松脱落	露筋	
20	790	浅灰白, 略显黄色	有少许 细裂纹	无	无	响亮
20~30	790~863	浅灰白, 略显浅黄 色	有较多 细裂纹	表面疏松, 棱 角处有轻度脱 落	无	较响亮
30~45	863~910	灰白, 显 浅黄色	有较多 细裂纹并 伴有少量 贯穿裂纹	表面起鼓, 棱 角处轻度脱落, 部分石子石灰 化	无	沉闷
45~60	910~944	浅黄色	贯穿裂 纹增多	表面起鼓, 棱 角处脱落较重	无	声哑

续表 B-2

当量标准 升温时间 t_e (min)	炉温 (℃)	外观特征				锤击 声音
		颜色	表面裂纹	疏松脱落	露筋	
60~75	944~972	浅黄色	贯穿裂 纹增多	表面起鼓, 棱 角处严重脱落	露筋	声哑
75~90	972~1001	浅黄显 白色	贯穿裂 纹增多	表面严重脱 落, 棱角处露筋	露筋	声哑
100	1026	浅黄显 白色	贯穿裂 纹增多	表面全部脱 落, 棱角处严重 露筋	严重 露筋	声哑

附录 C 纤维素类可燃物轰燃大火当量 升温时间的确定

C.0.1 纤维素类可燃物轰燃大火当量升温时间可按下列步骤确定：

- 1 调查确定在火灾中房间烧掉的可燃物的种类和数量；
- 2 按式(C.0.1)计算室内实耗可燃物总热值 Q ：

$$Q = \sum m_i h_i \quad (\text{MJ}) \quad (\text{C.0.1})$$

式中： m_i ——实际烧掉的第 i 种可燃物质量，kg；

h_i ——第 i 种可燃物的发热量(MJ/kg)，按附表 C.0.1-1 取值。

表 C.0.1-1 可燃材料单位发热量 h

名 称	$h(\text{MJ/kg})$	名 称	$h(\text{MJ/kg})$	名 称	$h(\text{MJ/kg})$
无烟煤	34	橡胶轮胎	32	聚苯乙烯	40
石油沥青	41	丝绸	19	石油	41
纸及制品	17	稻草	16	泡沫塑料	25
炭	35	木材	19	聚碳酸酯	29
衣服	19	羊毛	23	聚丙烯	43
煤、焦炭	31	合成板	18	聚氨酯	23
软木	29	ABS	36	聚氯乙烯	17
棉花	18	聚丙烯	28	甲醛树脂	15
谷物	17	赛璐珞	19	汽油	44
油脂	41	环氧树脂	34	柴油	41
厨房废料	18	三聚氰胺树脂	18	亚麻籽油	39
皮革	19	苯酚甲醛	29	煤油	41

续表 C.0.1-1

名 称	$h(\text{MJ/kg})$	名 称	$h(\text{MJ/kg})$	名 称	$h(\text{MJ/kg})$
油毡	20	聚酯	31	焦油	38
泡沫橡胶	37	聚酯纤维	21	苯	40
异戊二烯橡胶	45	聚乙烯	44	甲醇	23
石蜡	47	甲醛泡沫塑料	14	乙醇	27

3 按式(C.0.1-2)计算房间火灾荷载密度：

$$q_T = \frac{Q}{A_T} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中： q_T ——房间火灾荷载密度，MJ/m²；

A_T ——房间六壁表面面积(包括窗)，m²。

4 按式(C.0.1-3)计算房间的通风系数：

$$F = 0.53 \frac{\sum A_w H^{1/2}}{A_T} \quad (\text{C.0.1-3})$$

式中： F ——计算房间的通风系数，m^{1/2}；

A_w ——房间窗户窗洞面积，m²；

H ——窗户窗洞高度，m。

5 查附表 C.0.1-2 确定当量升温时间。

表 C.0.1-2 当量升温时间 t_e (min)

$F (\text{m}^{1/2})$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
$q (\text{MJ/m}^2)$											
50	21	20	19	17	15	14	13	12	12	10	10
75	32	27	25	23	21	21	19	18	17	16	15
100	40	36	32	29	27	25	23	22	21	20	19
125	51	43	39	35	33	31	29	26	24	23	22
150	60	53	46	41	38	36	34	32	29	28	25
175	70	60	54	48	44	40	37	35	34	32	31
200	79	67	59	54	49	45	41	38	36	35	34
225	88	75	66	59	53	50	47	43	41	39	36
250	99	81	72	64	58	54	51	47	44	42	40

续表 C.0.1-2

$F (m^{1/2})$ $q (MJ/m^2)$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
275	108	89	78	69	64	58	54	51	49	45	43
300	116	97	83	75	68	64	58	54	51	50	46
325	124	103	89	81	73	67	62	58	55	52	49
350	132	110	96	85	78	72	67	63	58	54	53
375	142	117	102	90	82	76	71	65	61	58	55
400	150	124	108	96	86	79	74	69	66	61	58
425	158	130	112	100	91	83	77	73	68	64	61
450	166	136	119	105	96	87	82	76	72	68	64
475			124	109	100	91	85	79	74	71	67
500			128	115	103	96	88	82	78	74	69
525			134	120	108	100	92	86	81	77	74
550			139	124	111	103	96	90	83	79	76
575			144	128	116	107	100	92	87	81	78
600			150	133	121	110	102	96	90	84	80
625			155	138	125	115	106	99	93	88	82
650			160	143	129	118	109	102	97	90	85
675				147	133	122	113	106	99	94	89
700				151	138	126	117	109	102	97	91
725				155	141	129	120	111	105	99	95
750				160	144	132	123	114	108	102	97
775				164	149	136	126	117	110	104	99
800				169	153	139	129	121	113	107	102
825				173	156	143	132	124	117	109	104
850				176	160	147	136	127	119	112	107

注:火灾曾发生轰燃是指:房间平均温度高于 500℃或因温度作用使较多的玻璃窗破碎,从窗洞口大量冒出黑烟。

附录 D 火灾后混凝土构件材料微观分析

D.0.1 在进行详细检查时对拟评定的混凝土构件,根据其烧损的不同程度分别采集各种混凝土小样,并进行 X 衍射分析或电子显微镜分析,观察混凝土样品显微结构特征,并对照表 D.0.1-1 和表 D.0.1-2 中的混凝土微观物相特征。对应其特征温度推定相应的火灾温度和混凝土构件表面灼着温度。

表 D.0.1-1 X 衍射分析

物相特征	特征温度(℃)
水化物基本正常	<300
水泥水化产物水化铝酸三钙脱水 $C_3A \cdot nH_2O \rightarrow C_3A + nH_2O$	280~330
水泥水化产物氢氧化钙脱水 $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$	580
或砂石中 α -石英发生变相 $\alpha-SiO_2 \rightarrow \beta-SiO_2$	570
骨料中白云石分解 $CaMg(CO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + MgO + CO_2 \uparrow$	720~740
骨料中方解石及水泥石碳化生成物分解 $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow$	900

表 D.0.1-2 电镜分析

物相特征	特征温度(℃)
Ⅱ物相基本正常	<300
方解石集料表面光滑、平整,水泥浆体密集,连续性好	280~350
石英晶体完整,水泥浆体中水化产物氢氧化钙脱水,浆体开始发现酥松,但仍较紧密,连续性好,氢氧化钙晶型缺损、有裂纹	550~650
水泥浆体已脱水,收缩成为酥松体,氢氧化钙脱水、分解、并有少量 CaO 生成,而吸收空气中水分产生膨胀	650~700
水泥浆体脱水,收缩成团块板状,并由 CaO 生成吸收空气中水分、内部互相破坏	700~760
浆体脱水放出 CaO 成为团聚体,浆体酥松、孔隙大	760~800
水泥浆体成为不连续团块,孔隙很大,CaO 增加	800~850

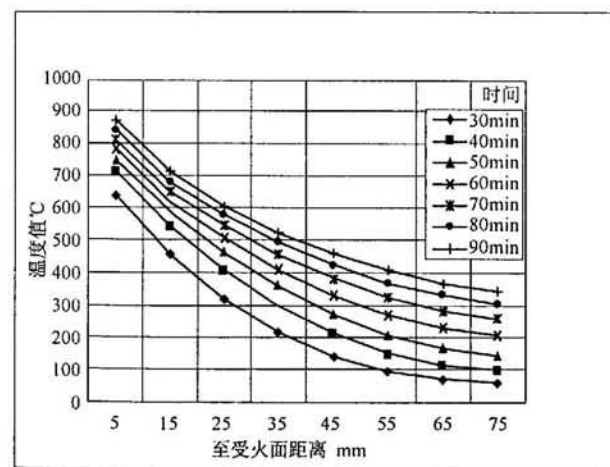
续表 D. 0. 1-2

物 相 特 征	特征温度(℃)
水泥浆体成为不连续的团块,孔隙很大,但石英晶体较完整	850~880
方解石出现不规则小晶体,开始分解	880~910
方解石分解成长方形柱状体浆体脱水、收缩后空隙很大	910~940
方解石分解成柱体状,浆体脱水、收缩后空隙更大	980

附录 E 混凝土构件在标准升温条件下 温度场实用曲线图

E. 0.1 实心板。

说明:图中给出了板厚为 80mm、100mm、120mm、150mm、200mm 5 种规格。图中温度值是厚为 1cm 区间中点处的温度,以℃计。受火表面的距离(包括构件表面抹灰厚度),mm;图中时间 t_e 是指当量标准升温时间,min。

图 E. 0. 1-1 $H=80\text{mm}$

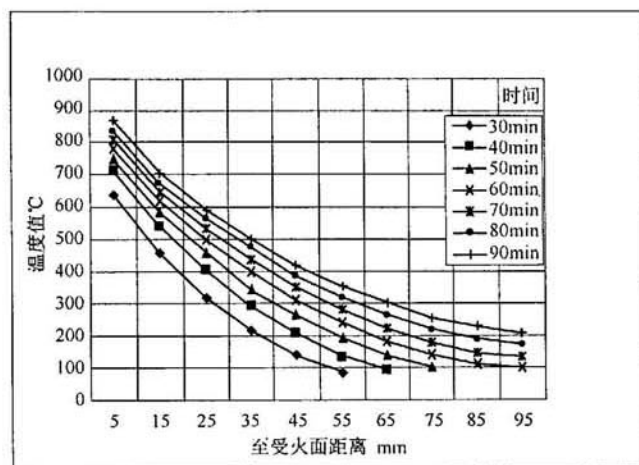


图 E.0.1-2 $H=100\text{mm}$

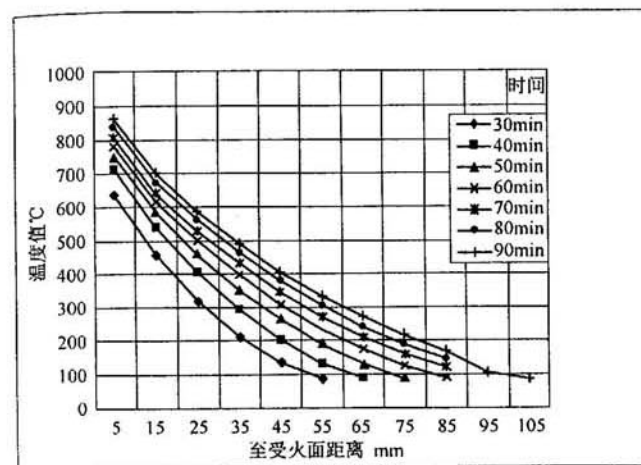


图 E.0.1-4 $H=150\text{mm}$

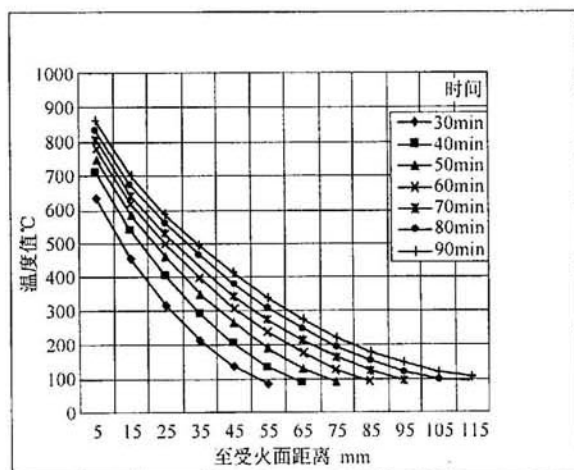


图 E.0.1-3 $H=120\text{mm}$

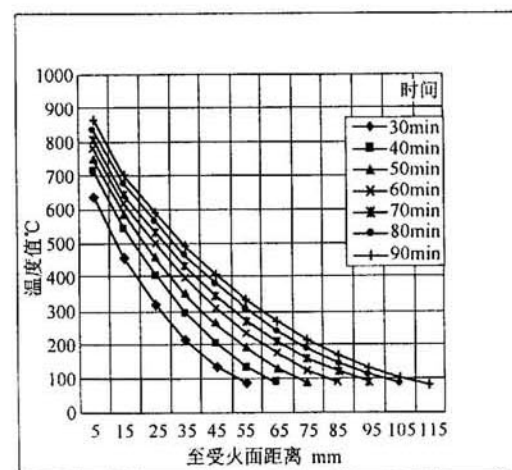


图 E.0.1-5 $H=200\text{mm}$

E.0.2 圆形柱构件。

说明：柱截面半径为 150mm、170mm、200mm、220mm、250mm、270mm、300mm、320mm、350mm 共 9 种。温度值是厚为 1cm 的圆环中点处的温度，以℃计。迎火距离，即所求点到柱外表面的距离（包括构件表面抹灰厚度），mm；图中时间 t_e 为当量标准升温时间，min。

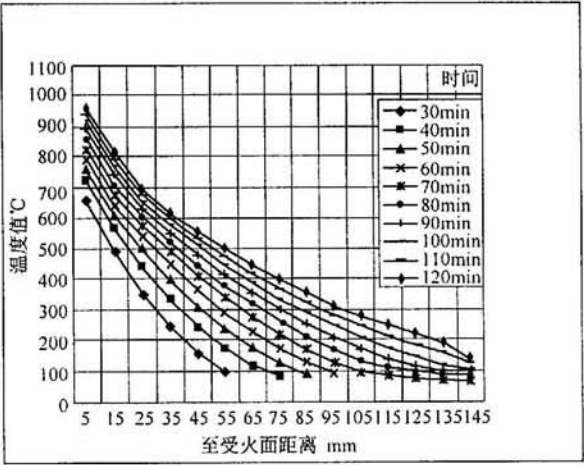


图 E.0.2-1 $R=150\text{mm}$

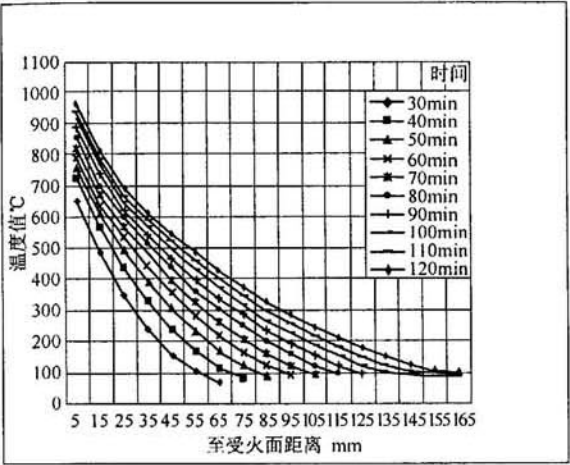


图 E.0.2-2 $R=170\text{mm}$

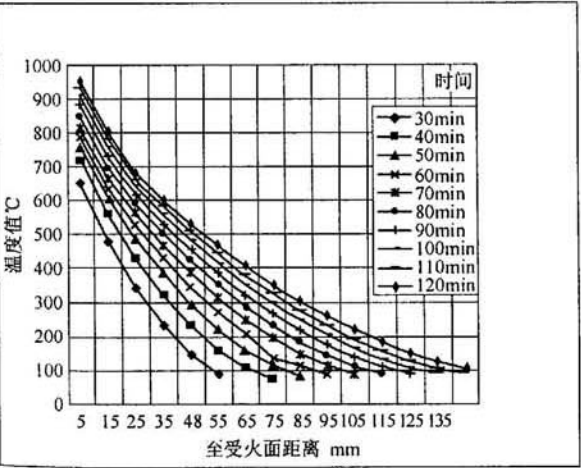


图 E.0.2-3 $R=200\text{mm}$

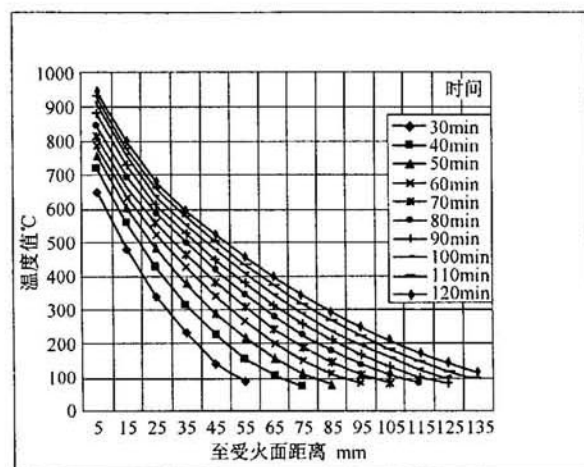


图 E.0.2-4 $R=220\text{mm}$

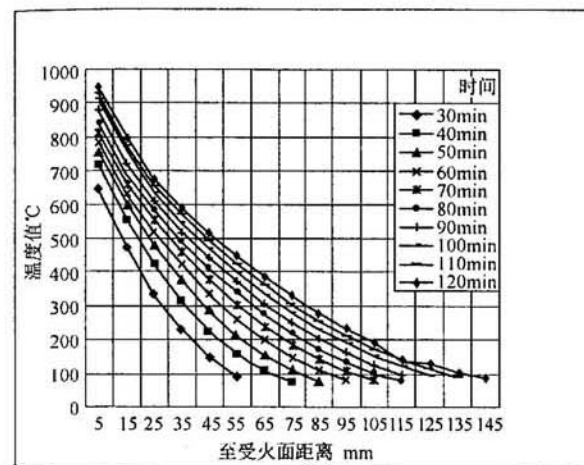


图 E.0.2-6 $R=270\text{mm}$

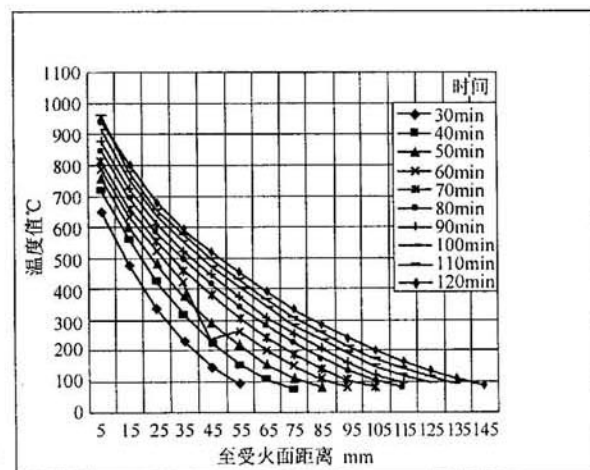


图 E.0.2-5 $R=250\text{mm}$

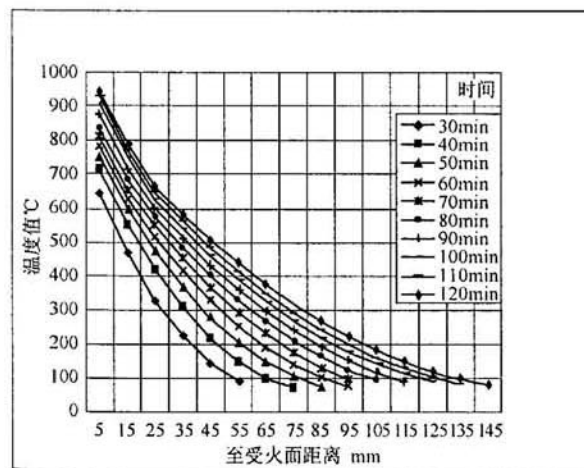


图 E.0.2-7 $R=300\text{mm}$

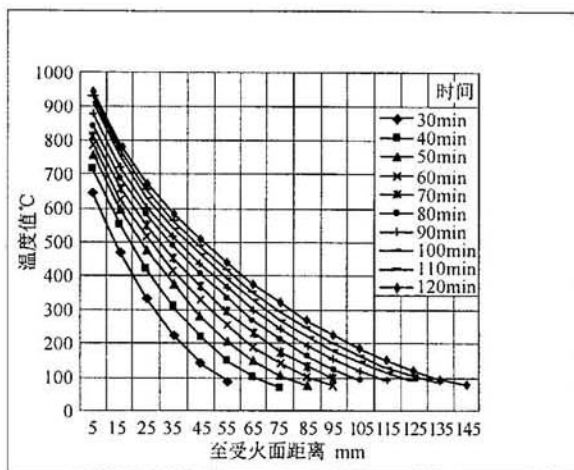


图 E.0.2-8 $R=320\text{mm}$

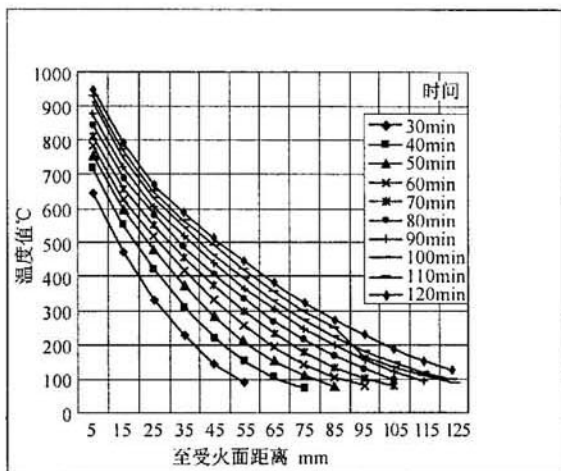


图 E.0.2-9 $R=350\text{mm}$

E.0.3 矩形截面。

说明:表中给出了矩形截面宽度 $b=200\text{mm}\sim 400\text{mm}$,其截面下部 200mm 范围内对称轴左侧的温度。在受火 2.0h 内,如宽度大于 400mm (下部大于 200mm)仍采用 400mm 时的温度值,但把对称轴边上的数值重复外推,直至所研究的宽度为止。图中温度值是边长 20mm 的正方形中心处的温度,以 $^{\circ}\text{C}$ 计;当量标准升温时间 t_e ,以 min 计。确定截面温度时应考虑构件表面抹灰厚度。

1 $b=200\text{mm}$ 矩形截面;

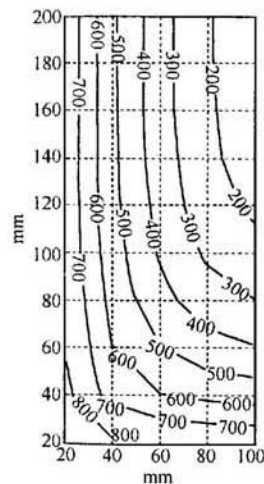


图 E.0.3-1 $b=200\text{mm}, t_e=60\text{min}$

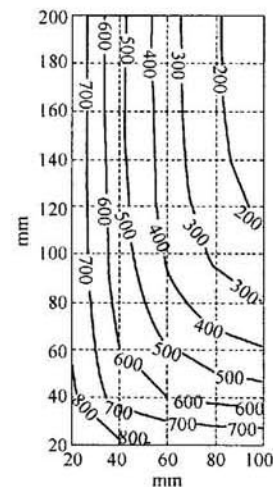


图 E.0.3-2 $b=200\text{mm}, t_e=70\text{min}$

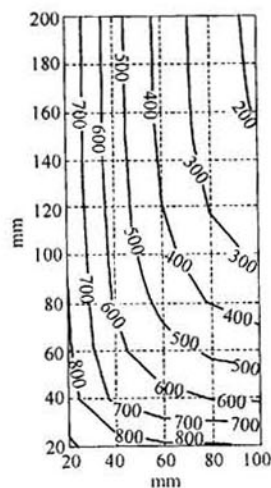


图 E. 0. 3-3 $b=200\text{mm}, t_e=80\text{min}$

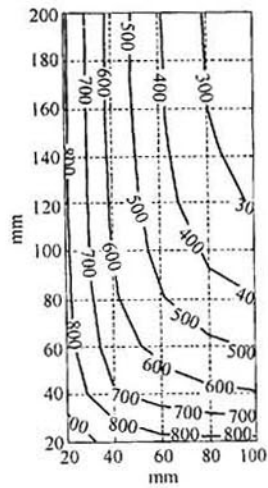


图 E. 0. 3-4 $b=200\text{mm}, t_e=90\text{min}$

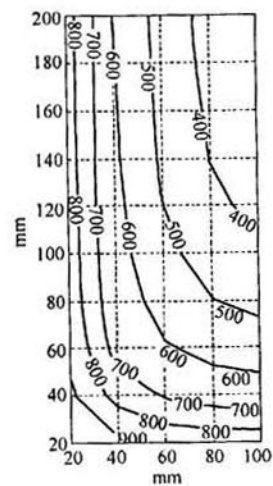


图 E. 0. 3-7 $b=200\text{mm}, t_e=120\text{min}$

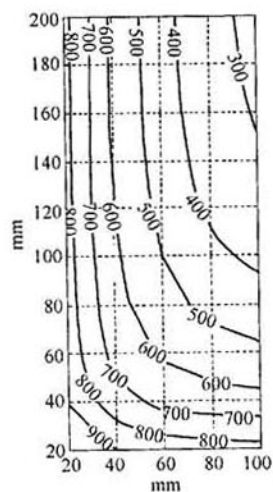


图 E. 0. 3-5 $b=200\text{mm}, t_e=100\text{min}$

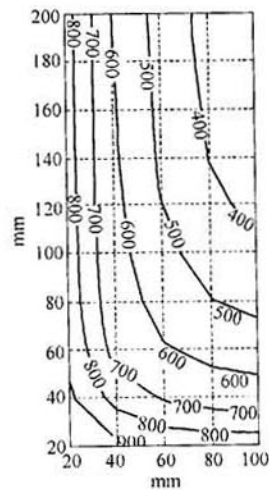


图 E. 0. 3-6 $b=200\text{mm}, t_e=110\text{min}$

2 $b=240$ 矩形截面:

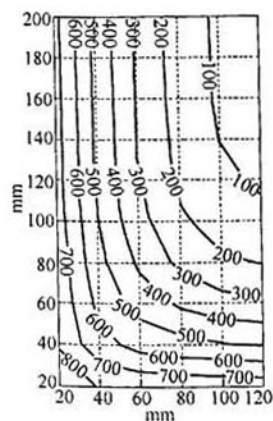


图 E. 0. 3-8 $b=240\text{mm}, t_e=60\text{min}$

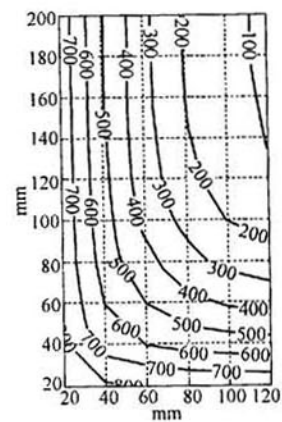


图 E. 0. 3-9 $b=240\text{mm}, t_e=70\text{min}$

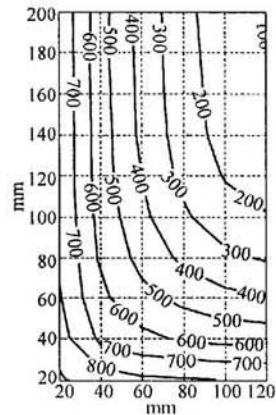


图 E. 0. 3-10 $b=240\text{mm}, t_e=80\text{min}$

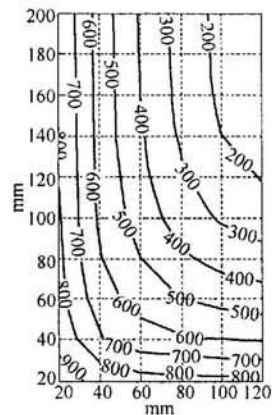


图 E. 0. 3-11 $b=240\text{mm}, t_e=90\text{min}$

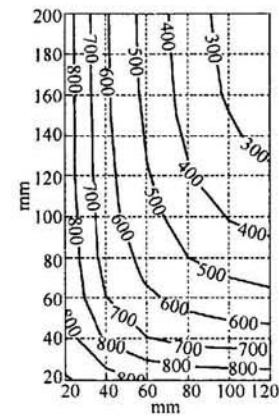


图 E. 0. 3-14 $b=240\text{mm}, t_e=120\text{mm}$

3 $b=280\text{mm}$ 矩形截面;

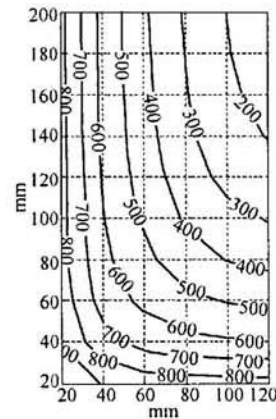


图 E. 0. 3-12 $b=240\text{mm}, t_e=100\text{min}$

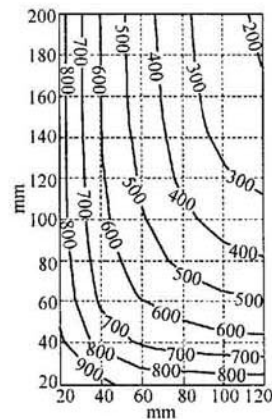


图 E. 0. 3-13 $b=240\text{mm}, t_e=110\text{min}$

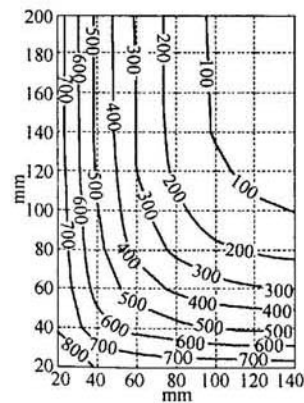


图 E. 0. 3-15 $b=280\text{mm}, t_e=60\text{min}$

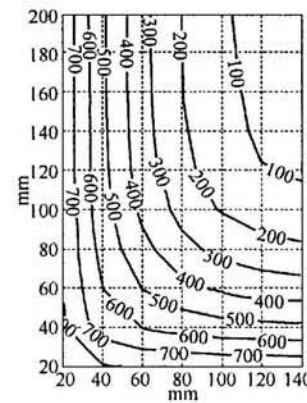


图 E. 0. 3-16 $b=280\text{mm}, t_e=70\text{min}$

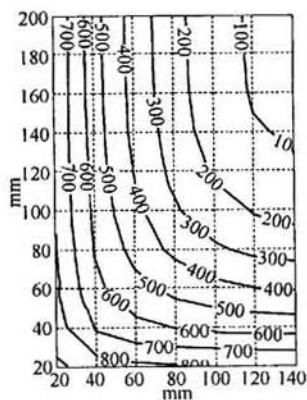


图 E. 0. 3-17 $b=280\text{mm}, t_e=80\text{min}$

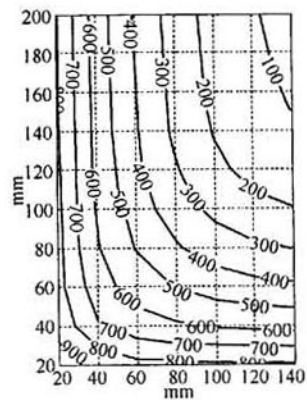


图 E. 0. 3-18 $b=280\text{mm}, t_e=90\text{min}$

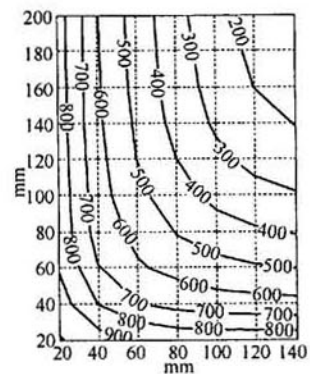


图 E. 0. 3-21 $b=280\text{mm}, t_e=120\text{min}$

4 $b=320\text{mm}$ 矩形截面;

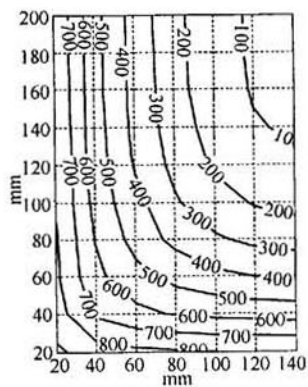


图 E. 0. 3-19 $b=280\text{mm}, t_e=100\text{min}$

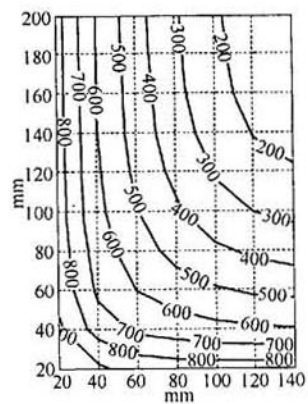


图 E. 0. 3-20 $b=280\text{mm}, t_e=110\text{min}$

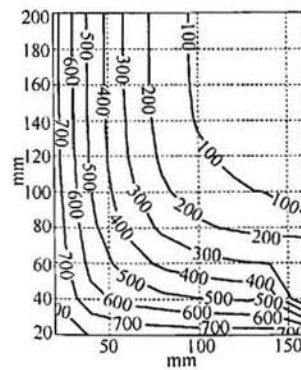


图 E. 0. 3-22 $b=320\text{mm}, t_e=60\text{min}$

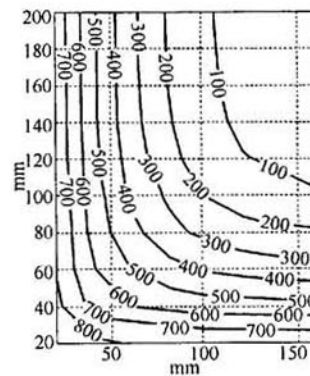


图 E. 0. 3-23 $b=320\text{mm}, t_e=70\text{min}$

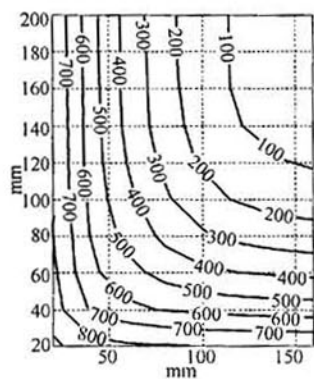


图 E. 0. 3-24 $b=320\text{mm}, t_e=80\text{min}$

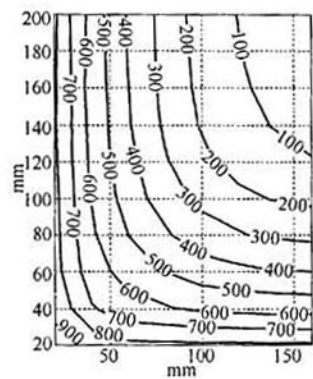


图 E. 0. 3-25 $b=320\text{mm}, t_e=90\text{min}$

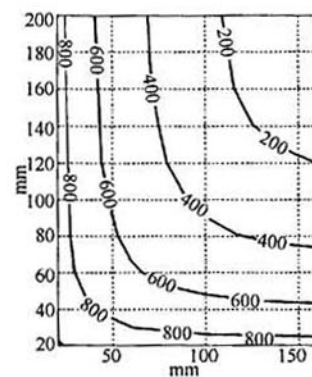


图 E. 0. 3-28 $b=320\text{mm}, t_e=120\text{min}$

5 $b=360\text{mm}$ 矩形截面;

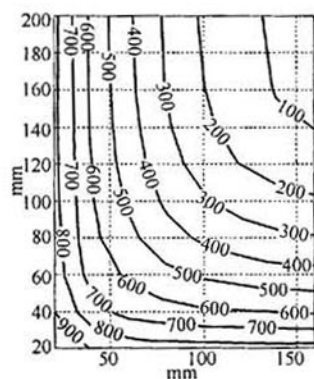


图 E. 0. 3-26 $b=320\text{mm}, t_e=100\text{min}$

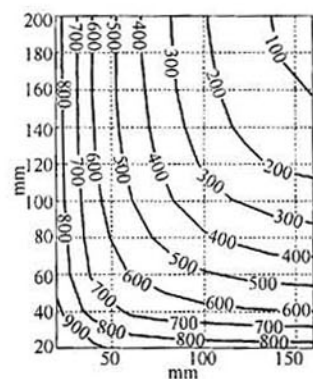


图 E. 0. 3-27 $b=320\text{mm}, t_e=110\text{min}$

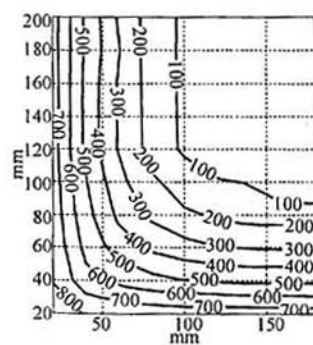


图 E. 0. 3-29 $b=360\text{mm}, t_e=60\text{min}$

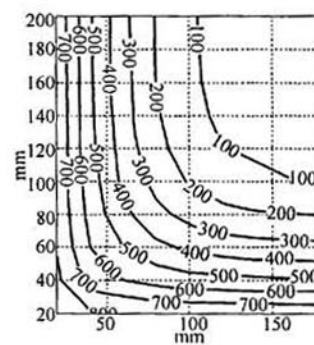


图 E. 0. 3-30 $b=360\text{mm}, t_e=70\text{min}$

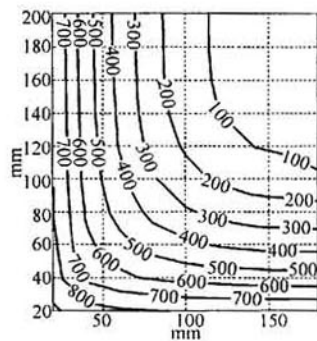


图 E. 0. 3-31 $b=360\text{mm}, t_e=80\text{min}$

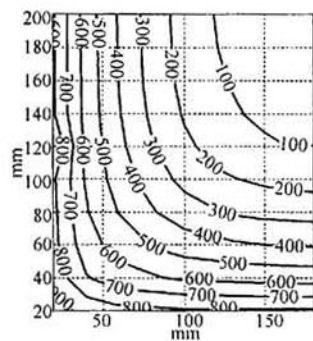


图 E. 0. 3-32 $b=360\text{mm}, t_e=90\text{min}$

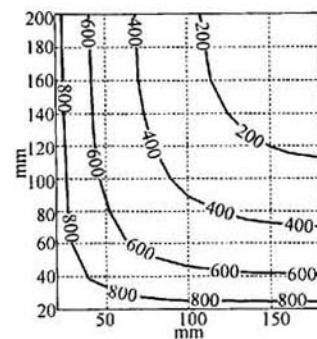


图 E. 0. 3-35 $b=360\text{mm}, t_e=120\text{min}$

6 $b=400$ 矩形截面;

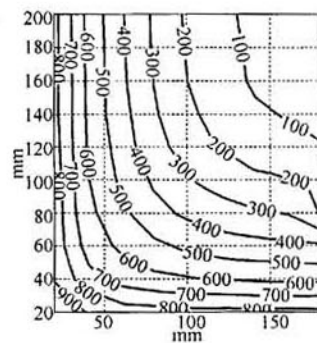


图 E. 0. 3-33 $b=360\text{mm}, t_e=100\text{min}$

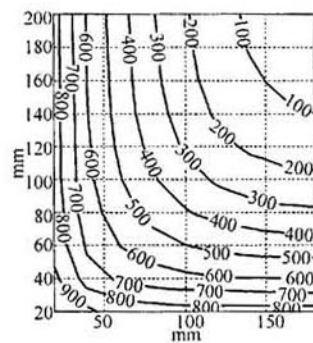


图 E. 0. 3-34 $b=360\text{mm}, t_e=110\text{min}$

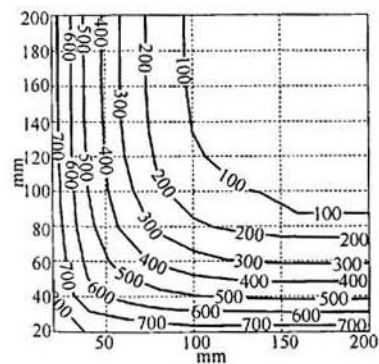


图 E. 0. 3-36 $b=400\text{mm}, t_e=60\text{min}$

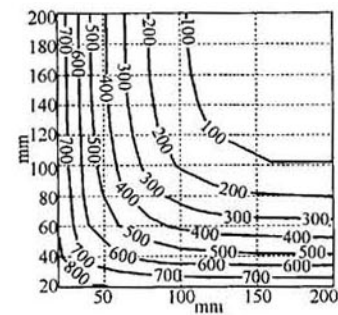


图 E. 0. 3-37 $b=400\text{mm}, t_e=70\text{min}$

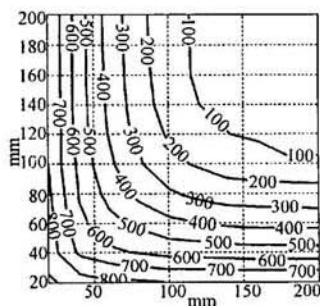


图 E.0.3-38 $b=400\text{mm}, t_e=80\text{min}$

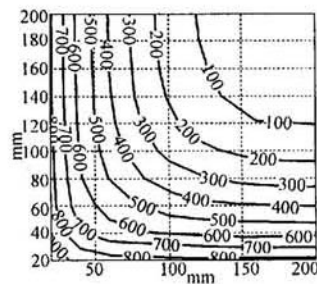


图 E.0.3-39 $b=400\text{mm}, t_e=90\text{min}$

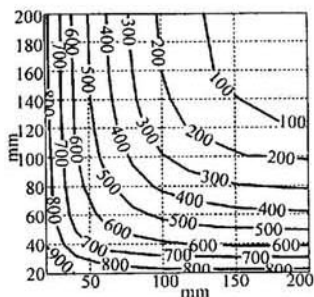


图 E.0.3-40 $b=400\text{mm}, t_e=100\text{min}$

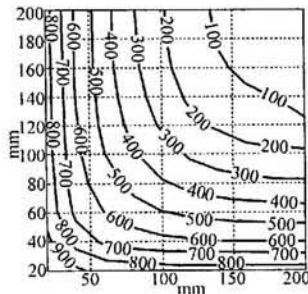


图 E.0.3-41 $b=400\text{mm}, t_e=110\text{min}$

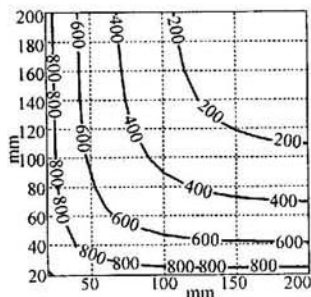


图 E.0.3-42 $b=400\text{mm}, t_e=120\text{min}$

附录 F 火灾后混凝土强度折减系数

F.0.1 在进行初步调查后,根据火场温度确定的混凝土构件表面灼着温度,可按表 F.0.1-1~表 F.0.1-3 的强度折减系数确定火灾后混凝土构件的实际强度。

表 F.0.1-1 混凝土高温时抗压强度折减系数

温度 (°C)	常温	300	400	500	600	700	800
$\frac{f_{cu,t}}{f_{cu}}$	1.00	1.00	0.80	0.70	0.60	0.40	0.20

表 F.0.1-2 高温混凝土自然冷却后抗压强度折减系数

温度 (°C)	常温	300	400	500	600	700	800
$\frac{f_{cu,t}}{f_{cu}}$	1.00	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20

表 F.0.1-3 高温混凝土水冷却后抗压强度折减系数

温度 (°C)	常温	300	400	500	600	700	800
$\frac{f_{cu,t}}{f_{cu}}$	1.00	0.70	0.60	0.50	0.40	0.25	0.10

注:1 表中 $f_{cu,t}$ ——混凝土在高温下或高温冷却后的抗压强度;

f_{cu} ——混凝土原有抗压强度。

2 当温度在二者之间时,采用线性插入法进行内插。

附录 G 高温时和高温冷却后 钢筋强度折减系数

G.0.1 HPB235 钢筋、HRB335 钢筋和冷拔钢丝高温时及高温冷却后的强度折减系数按表 G.0.1-1 和表 G.0.1-2 确定。

表 G.0.1-1 高温时钢筋强度折减系数

温度 (℃)	强度折减系数		
	HPB235	HRB335	冷拔钢丝
室温	1.00	1.00	1.00
100	1.00	1.00	1.00
200	1.00	1.00	0.75
300	1.00	0.80	0.55
400	0.60	0.70	0.35
500	0.50	0.60	0.20
600	0.30	0.40	0.15
700	0.10	0.25	0.05
900	0.05	0.10	0.00

注:对于热轧钢筋 HPB235 和 HRB335,钢筋强度指标为屈服强度;对于冷拔钢丝,钢筋强度指标为极限抗拉强度。

表 G.0.1-2 HRB335 钢筋高温冷却后强度折减系数

温度 (℃)	折减系数	
	屈服强度	极限抗拉强度
室温	1.00	1.00
100	0.95	1.00
200	0.95	1.00

续表 G.0.1-2

温度 (℃)	折减系数	
	屈服强度	极限抗拉强度
250	0.95	0.95
300	0.95	0.95
350	0.95	0.95
400	0.95	0.90
450	0.90	0.90
500	0.90	0.90
600	0.90	0.85
700	0.85	0.85
800	0.85	0.85
900	0.80	0.80

附录 H 高温自然冷却后混凝土弹性模量、
钢筋与混凝土粘结强度折减系数

H.0.1 高温自然冷却后混凝土弹性模量、钢筋与混凝土粘结强度折减系数分别按表 H.0.1-1 和表 H.0.1-2 确定。

表 H.0.1-1 高温自然冷却后混凝土弹性模量折减系数

温度 (°C)	室温	300	400	500	600	700	800
$\frac{E_{h,5}}{E_h}$	1.00	0.75	0.46	0.39	0.11	0.05	0.03

表 H.0.1-2 高温自然冷却后混凝土与钢筋粘结强度折减系数

钢筋种类 \ 温度 (°C)	温度 (°C)						
	常温	300	400	500	600	700	800
HPB235 钢筋	1.00	0.90	0.70	0.40	0.20	0.10	0.00
HRB335 钢筋	1.00	0.90	0.90	0.80	0.60	0.50	0.40

附录 J 高温过火后结构钢的
屈服强度折减系数

J.0.1 结构钢在高温下及高温过火冷却后的屈服强度折减系数，按表 J.0.1 确定。

表 J.0.1 结构钢在高温下及高温过火冷却后的屈服强度折减系数

构件表面温度 (°C)	屈服强度降低系数	
	高温下	高温过火冷却后
20	1.000	1.000
100	1.000	1.000
200	1.000	1.000
300	1.000	1.000
350	0.977	1.000
400	0.914	1.000
450	0.821	0.987
500	0.707	0.972
550	0.581	0.953
600	0.453	0.932
700	0.226	0.880
800	0.100	0.816
900	0.050	—
1000	0.000	—

附录 K 火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与
受火温度的折减系数

K.0.1 火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与受火温度对应关系及折减系数按表 K.0.1 确定。

表 K.0.1 火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与
受火温度对应关系及折减系数

指 标	构件表面所受其作用的最高温度(℃)及折减系数					
	<100	200	300	500	700	900
粘土砖抗压强度	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0
砂浆抗压强度	1.0	0.95	0.90	0.85	0.65	0.35
M2.5 砂浆粘土砖砌体抗压强度	1.0	1.0	1.0	0.95	0.90	0.32
M10 砂浆粘土砖砌体抗压强度	1.0	0.80	0.65	0.45	0.38	0.10

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词,说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。

引用标准名录

《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068

《工业建筑可靠性鉴定标准》 GB 50144

《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292

《砌体工程现场检测技术标准》 GB/T 50315

中国工程建设协会标准

火灾后建筑结构鉴定标准

CECS 252 : 2009

条文说明

目 次

1 总 则	(63)
2 术语和符号	(64)
2.1 术语	(64)
2.2 符号	(64)
3 基本规定	(65)
4 调查和检测	(67)
4.1 一般规定	(67)
4.2 火作用调查	(68)
4.3 结构现状检测	(69)
5 火灾后结构分析与构件校核	(70)
6 火灾后结构构件鉴定评级	(71)
6.1 一般规定	(71)
6.2 火灾后混凝土结构构件的鉴定评级	(72)
6.3 火灾后钢结构构件的鉴定评级	(74)
6.4 火灾后砌体结构构件的鉴定评级	(76)
附录 A 常见材料变态温度、燃点	(77)
附录 B 混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应与 温度的关系	(78)
附录 C 纤维素类可燃物轰燃大火当量标准升 温时间的确定	(79)
附录 D 火灾后混凝土构件材料微观分析	(81)
附录 E 混凝土构件在标准升温条件下温度场实用 曲线图	(82)
附录 F 火灾后混凝土强度折减系数	(85)

附录 G	高温时和高温冷却后钢筋强度折减系数	(87)
附录 H	高温自然冷却后混凝土弹性模量、钢筋与 混凝土粘结强度折减系数	(88)
附录 J	高温过火后结构钢的屈服强度折减系数	(89)
附录 K	火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与 受火温度的折减系数	(90)

1 总 则

1.0.1 制定本标准的目的。

1.0.3 火灾后结构可靠性鉴定应符合现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 的规定。此外,尚应符合其他现行的有关标准的强制性条文规定。

1.0.4 为了保证检测鉴定结果的正确性、严肃性,必须由有资质的、独立的检测鉴定机构和人员承担。

2 术语和符号

2.1 术语

术语是本标准新增的内容,主要是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132、《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083、《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009 等给出的。

2.2 符号

符号主要是参照现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132、《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083、《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017、《砌体结构设计规范》GB 50003 等,根据本标准的需要规定的。

3 基本规定

3.0.1 为掌握火灾信息(火场物品分布及损坏状况;物品的变形、可燃物或残渣数量、分布…)现场不被破坏,以便全面准确推断火灾参数。有些结构表面火灾后会随时间变化的,例如混凝土火灾后 $200^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 表面随时间发生变化,时间长了就看不清楚了。另外,为防止火灾后结构延迟倒塌发生,造成次生灾害,结构鉴定应在火灾后尽快进行;对于确认有塌落风险的建筑物,应采取设置警戒、及时拆除、支承加固等防护措施。进行结构现状鉴定检测、调查应在保障安全的前提下进行,必要时应采取专门的安全措施。

3.0.2 本鉴定工作程序框图根据国际标准《结构设计基础—既有结构的鉴定》ISO 13822 制订的。

3.0.3 大量火灾后建筑结构鉴定的工程实践经验表明,在下列情况下可以在初步鉴定完成后不必再作详细鉴定:

- 1 建筑结构全面烧损严重,应当拆除;
 - 2 建筑结构过火烧损非常轻微,仅仅是表皮损伤的一般建筑结构;
 - 3 建筑结构烧损比较严重,修复费用超过拆除重建费用等。
- 除此之外,大多数需要保留建筑结构均宜进行详细鉴定。

3.0.4 对于混凝土结构和砌体结构,应详细检测构件的破坏、破损、裂缝、变形、颜色、混凝土碳化、敲击声音等,必要时应抽样检验混凝土、钢筋材料的力学性能、微观组织及化学成分变化。

对于钢结构,应详细检测构件的防火保护层、油漆、表面颜色、结构偏差变形、节点连接损伤等。必要时应抽样检验钢材和连接材料的力学性能、微观组织及化学成分变化。

对结构整体应进行结构变形及轮廓尺寸复核检测,包括:整体

位移、侧移或挠曲变形,必要时还应进行结构构件几何(包括截面)尺寸的校核检验。

检查检测结果记录应详细、完整,宜绘制描述损伤的图表,并应有照片或其他影像记录资料。

如果需要采取措施时,应提出修复、加固、更换或拆除的具体建议。

如果可以继续使用时,应提出维护、修复和使用要求。

3.0.5 根据《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 和《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 的有关规定,鉴定报告除本条文规定的内容外,还应包含标题、日期、委托人、承担鉴定的单位、签章、摘要、目录、鉴定目的、范围、建筑结构火灾和火灾后的状况、检测项目、检测依据、取样原则、实验方法、实验分析结果、结构分析与校核、构件可靠性评级、结论、建议和附录(包括相关照片、材质检测报告、证据资料等)内容。

火灾概况叙述的主要内容应包括:起火时间、主要可燃物、燃烧特点和持续时间、灭火方法和手段等。

4 调查和检测

4.1 一般规定

4.1.1 本条文规定了建筑物火灾后结构鉴定应进行调查和检测的主要内容,针对具体项目,可根据结构特点、火灾规模、燃烧和灭火信息掌握情况等,在满足结构鉴定评估要求条件下,简化有关内容。

条文中所谓火灾影响区域,是指火场区域、高温烟气弥漫区域和不可忽略的温度应力作用区域的总称。可能发生的火灾损坏(包括:高温灼烤所致的结构材料劣化损坏和温度应力所致的结构或构件变形开裂损坏)均应分布在火灾影响区域范围。

条文中所谓火场温度过程及温度分布,是指随着火灾引燃、蔓延、熄灭的过程所发生的温度升降变化过程和结构表面受热温度的宏观分布。调查火场温度过程是为了分析结构温度应力或变形的传播规律和特点;调查温度分布是为了宏观上判定不同区域结构相对的烧灼损伤程度。

4.1.2 火灾作用对结构可能造成的损坏,有直接烧灼损坏和温度应力作用损坏两个主要方面,直接烧灼损坏一般局限于火场和高温烟气弥漫区域的结构,但温度应力作用可能遍及整个建筑物,故规定,建筑结构火灾后鉴定调查和检测的对象应当是整个建筑物结构,或者是结构系统相对独立的部分结构。但是,有些建筑物,特别是采用砌体或其他耐火墙体材料分割的小房间建筑,火灾可能仅在少数房间范围、短时间发生,火灾温度应力作用影响有限,此时,经初步调查确认,允许仅仅将火灾影响区域范围内的结构或构件列为鉴定对象,实际操作中,也取得了较好的效果。

4.2 火作用调查

4.2.1 火灾中结构受热温度由于受多种因素影响,任何一种推断方法都存在其局限性。为较准确地推断结构受热温度,应采用多种方法,互相补充印证。其中以结构材料微观分析的方法判断结构受火温度较为直接、可靠,所以,规定对于重要烧损结构,必须要有这种方法参与推断。

4.2.2 规定分析火场温度过程可采用的一般方法。具体计算分析方法和试验方法等,可参考相关文献选用。

4.2.3 规定分析构件受火过程可采用的一般方法。具体计算分析方法,可参考相关文献选用。

4.2.4 规定判断一般结构构件表面受火温度的方法。根据受火构件表面残留判断构件表面曾经达到的温度,操作简单,判断直观。在实际操作中应注意火场残留物的发现位置不一定就是受火作用时的位置,应注意区分。

4.2.5 判断混凝土结构构件表面受火温度的方法之一。应注意,由于混凝土原材料的不同、构件尺寸大小不同、受火后搁置时间的影响等,有关特征可能会存在差异,检测时应注意与未受灾的同类构件进行对比判断。

4.2.6 本条给出的是推断混凝土构件内部截面温度(场)的实用方法。

对第 2.1.8 条给出的标准当量升温时间 t_e 的定义,可理解为:若实际火灾对混凝土结构的热损伤作用与标准火灾的某一特定持续时间下对同一混凝土结构的热损伤作用相等,则可将该标准火灾这一特定的持续时间定义为标准当量时间。

不同的通风系数和火灾荷载,具有不同的温度—时间曲线。如果直接以燃烧理论计算曲线作为升温条件计算构件温度场,由于失火房间通风系数和火灾荷载的多变性,只能采用计算机数值解法而不便使用。使用当量时间 t_e 可把千变万化的火灾下构件

温度场的计算统一为标准升温条件下的计算,同时还考虑了火灾的实际情况,因而较有实用的价值。

第 1 款 基于轴心受压(素)混凝土构件在遭受标准升温火作用和一般火灾火作用后承载能力相等的原则,将一般火灾作用时间 t_e 等效为当量标准升温时间 t_e 。

第 2 款 根据构件受火后的特征推定当量标准升温时间的一个方法。公式(4.2.6)依据标准耐火试验中钢筋混凝土板、墙实测的构件表面温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 与升温时间 $t(\text{min})$ 回归得到,上式的平均回归误差为 2%。

第 3 款 根据构件受火后的特征推定楼板当量标准升温时间的一个方法。

根据构件受火后的特征推定当量标准升温时间,当温度不是很高时(小于 600°C),可能会出现较大误差。

4.2.7 基于材料微观分析结果,推断混凝土构件内部截面温度(场)的实用方法之一。采用衍射分析、电镜分析等手段检验岩相组织等。

4.3 结构现状检测

4.3.1 本条是对结构现状检测内容的一般规定。

4.3.2 本条是对结构烧灼损坏现状检查检测方法的一般规定。

4.3.3 本条是对结构温度应力作用损坏现状检查检测方法的一般规定。

4.3.4 本条是对结构材料性能检验的一般规定。结构材料性能的取样检验,一般采取对比试验法,即,分别在受损程度不同的部位和未受损部位取样,进行对比试验,以确定火作用的影响程度。

5 火灾后结构分析与构件校核

5.0.1 第一类分析,其目的是判断火灾过程中的温度应力对结构造成的损伤或潜在损伤,之所以要针对不同的构件分别进行分析,主要是考虑火灾发生燃烧的顺序、升温、降温过程,会对不同的结构产生不同时点的极值影响。第二类分析,其目的是研究结构火灾后继续使用过程的受力。结构内力分析,应考虑火作用时结构上实际荷载的组合,注意掌握火灾中结构变化全过程(特别应分析最不利状态),火灾后结构的残余状态。

5.0.3 火灾后结构构件强度验算应根据构件材质、尺寸、实际荷载状态和设计状态并考虑火灾造成的残余变形、残余应力及材质性能衰减等因素进行验算。

钢构件强度分析时应考虑由于火作用造成钢构件局部变化带来的影响,火灾作用造成连接螺栓带来连接强度的下降等。

6 火灾后结构构件鉴定评级

6.1 一般规定

6.1.1 火灾后结构构件的鉴定评级分初步鉴定评级和详细鉴定评级二级进行,这是筛选法的具体应用。初步鉴定评级的内容较具直观性,易测,又容易掌握。如遇到火灾燃烧物少灼燃时间短的小火灾,初步鉴定评级评定火灾损伤状态为Ⅱ级者,则可不必进行第二级详细鉴定评级。

第二级详细鉴定评级是在第一级初步鉴定评级的基础上进行,当原结构防火措施好时,剩余承载力的要求可适当降低。

在实际鉴定评级操作中,应该将二级鉴定评级要求紧密地结合起来,使火灾后结构宏观损伤与剩余承载力两组鉴定内容起到互为校核的作用。

6.1.2 火灾后结构构件的初步鉴定评级主要从构件外观和状态进行评级,这对构件火灾损伤的整体了解是非常重要的,也是概念鉴定与火灾后加固概念设计的首要条件,尤其对于混凝土构件,火灾后外观和状态的改变较为明显,且与内部细微观结构及剩余承载力的改变又有密切联系。因此,混凝土构件的初步鉴定在鉴定报告中,起着非常重要的作用。

火灾后结构构件的初步鉴定评级主要根据构件外观损坏状态进行鉴定评级,但为慎重计,一般不评Ⅰ级。

初步鉴定状态分级中的Ⅱ、Ⅱ_b、Ⅲ级的条文原则精神一定要掌握。有时火灾表面现象呈伪状态,例如混凝土表面被黑色覆盖,一般定为Ⅱ级状态,即基本正常,没有明显降低构件承载能力和耐久性。这里应指出的是:也许有人认为仍可评为Ⅰ级,然而考虑到该构件多少已受到火的影响,若评为Ⅰ级,很难令人接受。因为

至少要重新清理和修缮方能使用。另外,在严重火灾后,混凝土构件变形和裂缝非常严重,已严重影响构件承载能力和耐久性,然而其表面由于被碳粒子覆盖,也呈黑色。因此,应先刮去覆盖的碳粒子再检查。此时,构件表面混凝土将呈现出灰白或土黄色。将这一情况与严重变形或裂缝综合考虑,容易确认该构件应定为状态Ⅲ级。因此,在初步鉴定中,首先应掌握Ⅱ_a、Ⅱ_b、Ⅲ级状态的伪象与基本特征,再依据表 6.2.1 的内容进行混凝土构件火灾后的状态检查。

火灾后结构构件初步鉴定状态评级分Ⅱ_a级、Ⅱ_b级和Ⅲ级。其分级标准为:

Ⅱ_a级—轻微或未直接遭受烧灼作用,没有降低构件的承载能力的缺陷和损伤,但影响外观质量。

Ⅱ_b级—轻度烧灼,没有明显降低构件承载能力的缺陷和损伤,但已经引起耐久性的降低。

Ⅲ级—中度烧灼尚未破坏,已产生严重影响构件承载能力和耐久性的缺陷和损伤。评为状态Ⅲ的构件中,对于已严重破坏、且没有加固和保留价值的构件可列为应拆除构件,在初步鉴定报告中应予以明确。

Ⅳ级—破坏或烧塌。

6.1.3 火灾后结构构件的详细鉴定评级是根据结构上的作用及实测的结构参数进行定量的剩余承载力计算分析,然后进行可靠性评级。详细鉴定评级应注意力学计算模型的合理性及火灾后结构物化、几何等各类参数选择的正确性,以便获得正确的计算结果。火灾后构件评级标准与工业与民用鉴定标准基本相同。

6.2 火灾后混凝土结构构件的鉴定评级

6.2.1~6.2.4 表 6.2.1~表 6.2.4 中油烟及烟灰应注意熏黑与碳化变黑的区别,此处指熏黑。

在对火灾后混凝土构件进行初步调查时,除了解混凝土构件

设计施工情况和被调查构件周围各种材料的高温变态情况外,主要还应了解火灾后混凝土构件外观特征情况,作为判断火灾的火场温度及构件灼着温度的主要依据。

从试验结果和大量的调查中可以知道,混凝土构件的外观在受到火灾高温作用后会发生一系列的变化,比如温度不超过 300℃时,混凝土表面仅看见黑烟;当温度在 300℃~600℃时,混凝土表面会逐渐变色,由粉红色加深到铁锈红;当温度在 600℃上升到 700℃~800℃时,混凝土表面颜色逐渐泛黄,由浅黄色到土黄色;当温度超过 800℃后混凝土表面颜色开始由土黄色变到灰白。又比如,混凝土受到高温作用后,其表面会生成许多网状裂缝,特别当混凝土达到临界温度 580℃后,其表面会产生大量裂缝,并会发生爆裂和露筋现象,如果火灾后混凝土构件有爆裂和露筋现象,也说明该构件截面温度梯度变化很大,强度损失亦较大。

在进行混凝土构件外观调查时,还应注意由于构件设计标准不同(如截面尺寸、配筋大小、强度等级),构件形状不同以及所处火灾区域不同,混凝土构件所受温度的作用和强度降低的程度都不尽相同。在同等温度作用下,构件截面设计愈大,因尺寸效应的缘故,构件灼着温度相对较低,构件强度降低也较小,构件的形状不同,如楼板厚度较薄,又直接受到火焰冲击,热量不易逸散,其灼着温度较高,强度降低较大,梁虽截面较大,但三面受火,其灼着温度及强度降低次之,柱因截面较大,且侧面受火,其灼着温度及强度降低相对较小。

6.2.1、6.2.2 条中表 6.2.1 和表 6.2.2 火灾后混凝土楼板、屋面板和梁初步评级中关于火灾裂缝和变形值的定量问题,考虑到混凝土结构火灾裂缝和变形等损伤参数离散性较大,且构件在结构不同部位的重要性不一样,因此正文条文中采取粗线条评判法,由检测鉴定人员在考虑构件火灾损伤程度及构件重要性等诸因素后,综合评定。也可参照下列值评定,即:

裂缝宽度 $<0.1\text{mm}$ 为轻微火灾裂缝;

裂缝宽度 $\leq 1.0\text{mm}$ 为中等火灾裂缝;

裂缝宽度 $> 1.0\text{mm}$ 为火灾粗裂缝。

表中变形主要指火灾引起板的挠度,可参照下列值作初步评定,即:

$\leq [\delta]$ 为Ⅱ_a级,无明显变形;

$[\delta] < \delta \leq 3[\delta]$ 为Ⅱ_b级,中等变形;

$\delta > 3[\delta]$ 为Ⅲ级,较大变形。

其中: δ 为火灾后受弯构件实际挠度; $[\delta]$ 为受弯构件的挠度限值,按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定取值:当 $l_0 < 7\text{m}$ 时, $[\delta] = l_0/200$;当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时, $[\delta] = l_0/250$;当 $l_0 > 9\text{m}$ 时, $[\delta] = l_0/300$ 。其中 l_0 为构件的计算跨度;计算悬臂构件的挠度限值时,其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的2倍取用。

近年来,随着红外热像技术的应用与推广,我国有些单位已开始将该技术应用至混凝土构件灼热温度的判断与火灾损伤的鉴定。本标准仅将红外热像技术火灾损伤鉴定方法作进一步研究,在工程鉴定中作综合判断中的一个技术内容,待理论与试验研究相对成熟,工程实例丰富之后,再列入规范条文。

6.2.5 当采用抽样试验确定火灾后混凝土强度时,混凝土校准芯样高温和常温宜各取6个,若受实际条件限制,至少也应各取3个;必要时,进行钢筋取样试验。

表6.2.5的评级指标取自《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292。对未受火灾作用的构件,可根据检测鉴定结果评定为a、b、c、d四级。

6.3 火灾后钢结构构件的鉴定评级

6.3.1 火灾后钢结构构件的初步鉴定评级主要根据火灾后比较容易观测到的宏观现象,例如构件的防火保护受损情况、残余变形与撕裂、局部屈曲与扭曲、构件的整体变形等,即可初步判断出哪些构件明显损坏(Ⅳ级),哪些构件火灾损伤较小(Ⅱ级),对Ⅳ级构

件一般情况下无需再进行进一步检测,从而可大大减少需要鉴定的构件数量。

对于有防火保护的钢构件,火灾后防火保护基本无损,则表示构件所经历的温度不高,构件的损坏很小,因此评为Ⅱ_a级。至于构件保护层脱落或出现明显裂缝,则表示构件可能在火灾中经历较高的温度,应根据构件的局部屈曲和变形等情况对其损伤作进一步检测。

从火灾后的钢结构建筑案例现场调查来看,局部残余变形与局部屈曲是钢构件在火灾中常见的一种损伤,且构件有局部损伤时,并不一定出现很大的整体变形,因此钢结构的局部残余变形、局部屈曲是独立的火灾损伤现象,应单独评定。

在表6.3.1-2中,Ⅲ级损伤变形界限值取为Ⅱ级损伤变形限值的2倍,当火灾后构件的残余变形超过该值,说明构件的变形很大,损伤已很严重,本条参照《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001制定。

此外,还可借助高温过火冷却后钢材表面的颜色来大致判定构件曾经历的最高温度及损伤,表1列出了结构钢高温过火冷却后的颜色变化情况(曹文衍:《损伤累积条件下钢框架结构火灾反应的分析研究》,同济大学博士学位论文,1998年3月)。大体上,钢材表面颜色随着钢材所经历的最高温度的升高而逐步加深。但是,由于高温过火冷却后钢材表面的颜色与钢材的种类、高温持续时间、冷却方式等因素有关,而实际构件表面在绝大多数情况下或有防腐涂料或有锈蚀,因此钢材的表观颜色只能作为参考。

表1 高温过火冷却后钢材表面的颜色

试件经历的最高温度 (℃)	试件表面的颜色(Q235)	
	初步冷却	完全冷却
240	与常温下基本相同	—
330	浅蓝色	浅蓝黑色
420	蓝色	深蓝黑色

续表 1

试件经历的最高温度 (℃)	试件表面的颜色 (Q235)	
	初步冷却	完全冷却
510	灰黑色	浅灰黑色
600	黑色	黑色

6.3.2 火灾后,钢结构应特别加强对连接节点的检测。连接节点处往往局部应力集中,现场焊接施工质量不易保证,因此在火灾下钢结构连接也时有出现损坏的。对于高强度螺栓连接,只要螺栓出现松动的,就应予以更换。

6.3.3 受火构件的材料特性可能发生较大的变化,故详细鉴定时应应对受火构件的材料特性进行调查,并作为承载力与冲击韧性评定的依据。

6.3.5 表 6.3.5 的指标取自《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144。

6.3.6 一般地,受火构件的材料特性宜采用现场取样,但若现场不易取样,或是现场取样对构件有较大的损害时,可采用同种钢材加温冷却试验确定。

6.4 火灾后砌体结构构件的鉴定评级

6.4.1 本条根据大量砌体结构理论和砌体结构常规鉴定经验制订。其中,有些指标在制订过程中涉及到砖墙内的温度推定问题。为此,采用了它与砖墙表面温度、火场温度之间的关系为:

$$T_s = 1.227T - 315 \quad (T_s \geq 20^\circ\text{C}) \quad (1)$$

式中: T ——火场温度(℃);

T_s ——砖墙表面温度(℃);

砖墙内部温度与表面温度之间的关系为:

$$T_d = T_s - 8.30d \quad (2)$$

式中: T_d ——砖墙内部距迎火面 d (mm)处的温度。

6.4.2 本条根据火灾后建筑结构检测鉴定经验,并参照《建筑物火灾后诊断与处理》、《房屋结构灾害检测与加固》等文献制订的。

附录 A 常见材料变态温度、燃点

附录 A 资料引自段文玺论文《建筑结构的火灾分析和处理》(工业建筑,1985.5-7)。

附录 B 混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应与温度的关系

表 B-1 主要是根据江苏省建筑科学研究院闵明保等《建筑物火灾后诊断与处理》的试验研究;综合前苏联 НИИЖБ СССР《建筑物火灾后混凝土结构鉴定标准》(1987);Н. А. ИЛЫН《火灾损伤建筑物技术鉴定》;李引擎等《建筑防火设计与研究》等、试验资料 and 标准基础上制定的。

表 B-2 引自四川消防科学研究所试验结果,该试验是采用标准火灾——温度曲线进行试验。目前我国采用国际标准化组织 ISO834 的火灾标准时间——温度曲线,其表达式为:

$$T_f(t) = 345 \lg(8t + 1) + 20$$

式中: $T_f(t)$ —— t 时刻的温度(°C);

20——初始环境温度(°C);

t ——升温时间(min)。

试验结果可参阅公安部四川消防科学研究所研究报告《钢筋混凝土建筑火灾烧损程度鉴定技术的研究报告之三》(1990,11)。

附录 C 纤维素类可燃物轰燃大火当量升温时间的确定

本附录是基于轴心受压(素)混凝土构件在遭受标准升温火作用和一般火灾火作用后承载能力相等的原则,将一般火灾作用时间 t 等效为标准升温作用时间,由此可以在实际工程中引用标准火灾试验的一些成果曲线。

之所以用作对比的混凝土构件采用轴心受压素混凝土柱,不考虑钢筋的作用,其原因是火灾后钢筋的强度恢复较大,混凝土的强度损伤较大且不能恢复。

图 1 给出了以 400mm×400mm 混凝土柱为对比对象的计算结果。图中以实际火灾条件下承载力曲线的最小值作水平线相交于标准火灾下柱承载力曲线,该交点所对应的时间即为标准当量时间 t_e 。如图中, $F=0.06\text{m}^{1/2}$, $q_T=300\text{MJ/m}^2$ 时,标准当量时间约为 68min。

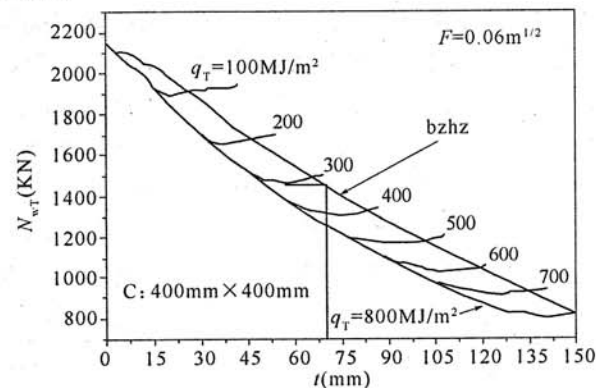


图 1 实际火灾和标准火灾条件下混凝土柱的承载力曲线

计算结果表明,所选柱截面由 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 改变为 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 时,标准当量时间 t_e 基本无变化。

使用附表 C.0.1-2 数据,必须是发生轰燃大火。

附录 D 火灾后混凝土构件材料微观分析

X 衍射分析和电镜观测都是在微观领域中对火灾后混凝土构件进行分析。

X 射线衍射分析首先解决待测物的物相组成,并由此推知混凝土中各种成分的原始状况,经历过哪些变化。由特征峰的弥散或明锐程度(通常用峰的半高宽度),表示结晶的好坏。这些信息与混凝土构件受火损伤的程度相关,从而为评价混凝土构件的强度提供信息。条文中列出这些物相反应的特征温度可以帮助判定混凝土小样所在部位的灼着温度,而混凝土构件的灼着温度一经确定,即可利用混凝土在高温下的折减系数(见附录 F)评定火灾混凝土的实际强度。事实上,混凝土中的各种原始材料以及水泥水化产物,碳化产物等都能在火灾中发生各种变化,其热致相变(脱水、分解、高温相反应等)常需要一定的温度,火灾后各种相变产物的检出都可以对混凝土的灼着温度提供依据。

扫描电镜观测分析也是近几十年发展起来的现代化分析手段,它着眼于待测物的显微形貌,可放大到十万倍,比普通光学显微镜的分辨率高得多。混凝土材料微观晶格结构拍照得到立体感极强。当用于火灾后混凝土构件分析时,用电镜分析获得的各种物相显微形貌变化,如玻璃态化,CSH 凝胶的干缩、产生微裂纹,各种水化产物的变化等与物相组成分析配合,可以从混凝土材质的微观结构变化中找出混凝土强度及混凝土破坏的实质。

X 射线衍射分析和电镜观测都采用分层切片办法试验。分层切片的厚度视构件火灾损伤状况而定,如果截面温度场或火灾伤梯度较大,切片厚度宜小,目前的切片厚度一般在 $5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 之间。

附录 E 混凝土构件在标准升温条件下 温度场实用曲线图

本附录曲线图是按照钢筋混凝土构件的导热微分方程,在标准火灾条件下,按照数值计算结果编制。其中矩型截面温度场表格可用于 3 面受火梁和 4 面受火柱。详细内容可参阅路春森等所编著《建筑结构耐火设计》(建材工业出版社,1995)。

本附录中有关板的部分计算结果与公安部天津消防科学研究所实测数据(参阅公安部天津消防科学研究所研究报告:Fire resistance of beam-slab specimens-experimental studies, 1993)对比,如表 2。

表 2 板厚 80mm 时计算与实验实测温度对比表

t (min)	30		40		50		60	
S (mm)	实/计	误差%	实/计	误差%	实/计	误差%	实/计	误差%
10	524/547	+3.8	592/627	+5.9	651/668	+2.6	688/700	+1.7
20	352/388	+10.2	428/473	+10.5	488/524	+7.3	537/562	+4.7
40	209/177	-18	274/253	-7.7	330/317	-3.9	379/371	+2.1
60	136/81	-40	180/131	-27.2	231/187	-19	279/250	-10.4

从表 2 数值可见,在板内靠近受火面附近处,计算值比实测值大;在距受火面较远点,计算值比实测值小。

由于混凝土构件截面内的温度分布与诸多因素有关,如混凝土的热参数取值、截面尺寸误差、试验炉升温曲线控制水平、热电偶位置误差、受热后构件内水分的迁移等,即使在同一构件中对称位置处(理论上应相等)所测得的温度也相差较大。表 3 数据是由公安部天津消防科学研究所实测数据(参阅公安部天津消防科学研究所研究报告:Fire resistance of reinforced concrete columns-

experimental studies,1993)。试件为 4 根 305mm×305mm,在对称轴上共设置 8 个两两对称的热电偶,分别距受火表面为 12min、25min、38min、63min,在各受火时刻,4 根柱共 8 个热电偶所测温度的最大、最小和平均值列于表 3。最大值与本附录计算值的误差列于表 4。

表 3 温度实测值 (°C)

S (mm)	12			25			38			63		
t (min)	I _{max}	I _{min}	T	I _{max}	I _{min}	T	I _{max}	I _{min}	T	I _{max}	I _{min}	T
60	659	463	548	475	344	390	302	192	260	171	106	142
70	692	496	582	494	377	425	339	221	294	202	125	168
80	723	526	614	528	404	459	373	252	328	231	150	196
90	749	553	649	559	433	496	404	282	362	260	180	225
100	772	577	675	586	460	520	434	311	390	288	205	247
110	792	598	686	610	485	543	461	338	414	316	231	268
120	811	619	706	632	509	566	487	365	441	344	258	296

表 4 温度误差 (%)

S (mm) t (min)	12	25	38	63
60	+8.7	+14.7	+33.7	+20
70	+8	+17.8	+31	+23.8
80	+6.4	+15	+27.6	+24.2
90	+5	+12.2	+24	+23
100	+4	+10.2	+20.5	+21.1
110	+3.2	+8.4	+17.6	+19
120	+2.3	+7	+15.2	+16.6

从表 4 可见,计算值均比实测值大。其中原因之一是计算时混凝土的含水率采用平衡含水率(混凝土质量的 2%~4%),而试件试验时含水率较高,相对含水率达 63%~98%。但是,本附录

计算值要比法国混凝土结构耐火设计规范所给值偏小(参见李引擎等译:混凝土结构耐火设计强度实用算法,中国建筑科学研究院印,1989)。

附录 F 火灾后混凝土强度折减系数

材料折减系数根据已有研究成果和文献资料《火灾后钢筋混凝土结构的力学性能》(吴波著,科学出版社)、《混凝土结构的火安全设计》(董毓利编著,科学出版社),在考虑一定保证率的基础上确定。

试验结果和国内外大量的资料表明,混凝土在高温下及高温冷却后力学性能基本上随温度的升高而降低。混凝土强度随温度的变化与混凝土的强度等级、骨料品种、温度的持续时间和冷却方式等因素有关。但随着温度的升高,这些因素的影响并不明显。从不同的试验条件对高温下及高温冷却后混凝土抗压强度影响来看,总的趋向是随着温度的升高而下降并趋于一致。

从室温开始升温至 100°C ,混凝土毛细孔中的游离水开始大量蒸发,但此时由于温度不高,混凝土内部的微观结构未受到大的影响,混凝土的力学性能虽稍有下降,但基本没有大的改变。当温度上升到 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 时,在混凝土中的物理化学结合水逐步排除并汽化逸出,水泥石有一定收缩而骨料却无大的膨胀,虽然造成了一部分微观破坏,但是由于混凝土内部大量的水份逸出需提供大量的热,使混凝土内受热应力作用减少,同时,在混凝土水泥石未反应的水泥残存熟料重新加速水化,此时使混凝土强度减小的因素小于使混凝土强度增大的因素,因此,在此温度范围内会出现混凝土强度略高于混凝土正常温度下的强度这一有趣现象。当温度上升到 400°C 后,混凝土中的水泥石产生相反的变形——膨胀,因此,在骨料与水泥石界面之间引起变形差异,内应力在水泥石与骨料之间胶结面上产生,混凝土的力学性能进一步下降,随着温度的升高,到达 500°C 以后由于水泥石中的氢氧化钙等水化物的脱

水分解,导致水泥石结构破坏,水泥石与骨料间变形增大,裂缝由此产生。在此温度下,混凝土在高温下的抗压强度下降约 $1/3$;高温混凝土冷却后的抗压强度下降约 $1/2$,其中水冷却比自然冷却的抗压强度下降更大。当温度达到 $700^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 以后,骨料的热膨胀加剧,开始分解,造成骨料与水泥石的热变形差异剧增,使混凝土粘结力破坏,接触界面裂缝进一步发展,此时混凝土在高温下的抗压强度降低约 $2/3$,而高温混凝土在自然冷却后的抗压强度下降也约 $2/3$,而高温混凝土在水冷却后的抗压强度下降更大。

附录 G 高温时和高温冷却后 钢筋强度折减系数

折减系数根据已有研究成果和文献资料,在考虑一定保证率的基础上确定。

钢筋在高温下的抗拉强度随温度的升高而降低,由于各种钢筋所含成分和制造工艺的不同,其抗拉强度的变化也略有不同,普通热轧低碳钢筋在温度大于 200°C 时屈服消失,出现强化现象。各种钢筋在温度小于 400°C 后强度下降不明显,当温度大于 400°C 后强度下降显著。当温度达到 600°C 后,各种钢筋抗拉强度下降趋于相同,说明钢筋此时均已达到了变态点温度。

而钢筋在高温冷却后其屈服点及抗拉强度与常温下相等,降低有限,了解和掌握这一特点对于正确评估和复核火灾后钢筋混凝土构件剩余承载能力以及加固和修复火灾后钢筋混凝土结构构件有很重要的作用。

另外,钢筋在高温下的延伸率随温度的升高而升高,而钢筋在高温冷却后其延伸率与钢筋在高温冷却后的抗拉强度相同,基本能恢复到原来的塑性状态。

附录 H 高温自然冷却后混凝土弹性模量、 钢筋与混凝土粘结强度折减系数

折减系数根据已有研究成果和文献资料,在考虑一定保证率的基础上确定。

火灾后混凝土经高温作用后,其弹性模量及混凝土与钢筋间粘结强度随温度的升高而降低。当温度达到 500℃ 以后,混凝土的弹性模量下降速度比混凝土抗压强度降低速率更为迅速,下降约 60% 左右。在此温度下,由于混凝土与钢筋间的变形差异增大,使得混凝土与钢筋间粘结强度也大为降低,只是由于 HPB235 级钢筋与 HRB335 级钢筋本身的摩阻力和咬合力的不同,因而在高温作用后的粘结强度下降程度也有所不同,HPB235 级钢筋在 500℃ 后粘结强度下降约 50%,而 HRB335 级钢筋下降则不到 20%。当温度达到 700℃~800℃ 以后,混凝土的弹性模量几乎为零,而此时的混凝土与钢筋间的粘结强度,HPB235 级钢筋已全部丧失,HRB335 级钢筋也丧失了 60%,可以看出火灾对 HPB235 级钢筋的粘结强度影响较大。

附录 J 高温过火后结构钢的 屈服强度折减系数

各种钢材由于化学组分及其所经受的一系列加工过程(包括生产轧制、热处理方式、冷加工工艺等)的不同,其常温下的性能、高温下的性能以及高温过火对钢材性能的影响均有较大的差别。本附录“结构钢”是指钢结构中最常用的普通热轧结构钢,如 Q235 钢和 Q345 钢。表中结构钢高温下的屈服强度折减系数取自《建筑钢结构防火技术规范》(CECS 2006:200),高温过火冷却后的屈服强度折减系数取自文献“曹文衍:《损伤累积条件下钢框架结构火灾反应的分析研究》,同济大学博士学位论文,1998 年 3 月”。

普通热轧结构钢在高温下的力学性能有如下特点:1)屈服强度和弹性模量随温度升高而降低,且屈服台阶变得越来越小,在温度超过 300℃ 以后,已无明显的屈服极限和屈服平台;2)极限强度基本上随温度的升高而降低,但在 180℃~370℃ 温度区间内,钢材出现蓝脆现象(钢材表面氧化膜呈现蓝色),即极限强度有所提高,而塑性和韧性下降,材料转脆;3)当温度超过 400℃ 后,强度与弹性模量开始急剧下降;当温度达到 650℃ 钢材已基本丧失承载能力。

一般地,普通热轧结构钢在高温过火冷却后的强度降低很小,而经过热处理、冷拔加工得到的高强度钢(如 35 号钢、45 号钢)以及薄壁冷弯型钢在高温过火冷却后强度降低较多。

附录 K 火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与受火温度的折减系数

本附录表 K.0.1 火灾后粘土砖、砂浆、砖砌体强度与受火温度的对应关系及折减系数,主要是参照《建筑物火灾后诊断与处理》、《房屋结构灾害检测与加固》等文献和工程鉴定中的实验数据研究制订的。根据江苏建筑科学研究院的研究成果,高温作用后砖砌体的砖强度折减系数为:

$$\gamma = \sqrt{1.2857 - T_d/700} \quad (3)$$

式中: γ ——强度折减系数,当 $T_d \leq 200^\circ\text{C}$ 时,取 $\gamma=1$;当 $T_d \geq 900^\circ\text{C}$ 时,取 $\gamma=0$ 。

砖砌体强度折减系数:

当 $\gamma_i f_2 \geq 1$ 时,

$$\gamma_{mi} = \frac{1 + 0.07 \sqrt{1.2857 - T_i/700} f_2}{1 + 0.07 f_2} \quad (4)$$

当 $\gamma_i f_2 < 1$ 时,

$$\gamma_{mi} = \frac{0.6 + 0.442 \gamma_i f_2 + 0.028 \gamma_i^2 f_2^2}{0.6 + 0.442 f_2 + 0.028 f_2^2} \quad (5)$$

式中: γ_i ——砖砌体内 i 点砖强度折减系数;

f_2 ——砂浆强度;

T_i ——砖砌体内 i 点的温度。

按以上公式计算结果,经修正或调整后制定成表 K.0.1。

需本标准可按如下地址索购:

地址:北京百万庄建设部 中国工程建设标准化协会

邮政编码:100835 电话:(010)88375610

不得私自翻印。