

DB 37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4673—2023

公路配筋混凝土桥梁火灾损伤评价技术规 程

Code of practice for fire damage assessment of reinforced concrete bridges on
highways

2023 – 11 – 14 发布

2023 – 12 – 14 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 1

5 程序的确立 1

6 调查与初步鉴定 2

 6.1 一般规定 2

 6.2 火灾工况调查 2

 6.3 初步鉴定 2

7 详细鉴定 2

 7.1 一般规定 2

 7.2 检测内容与方法 3

 7.3 部件损伤指标 3

 7.4 部件损伤评价标度 5

 7.5 桥梁荷载试验 5

8 火灾后结构分析与部件校核 5

 8.1 结构分析 5

 8.2 部件校核 6

9 损伤分类与处治措施 6

 9.1 损伤分类 6

 9.2 处治措施 6

10 评价报告编制 6

11 追溯方法 7

 11.1 过程记录 7

 11.2 试验方法 7

 11.3 结构分析与部件校核 7

附录 A（规范性） 混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应与温度的关系 8

附录 B（规范性） 混凝土构件在标准升温条件下温度场实用曲线图 9

附录 C（规范性） 火灾后混凝土材料微观分析 10

附录 D（规范性） 火灾后混凝土强度折减系数 11

附录 E（规范性） 火灾后受力钢筋强度折减系数 12

参考文献 13

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。

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。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

公路配筋混凝土桥梁火灾损伤评价技术规程

1 范围

本文件确立了火灾后公路配筋混凝土桥梁损伤评价的程序，规定了调查与初步鉴定、详细鉴定、结构分析与部件校核、损伤分类与处治措施等阶段操作指示，以及上述阶段之间的转换条件，描述了过程记录、试验方法、结构分析与部件校核等追溯方法。

本文件适用于公路配筋混凝土桥梁火灾后主要部件及全桥损伤状况的评价。

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。

JTG D60 公路桥涵设计通用规范

JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桥梁火灾损伤评价 fire damage assessment of bridge

为评估桥梁火灾后的技术状况而进行的检测鉴定工作。

3.2

火场残留物 debris in scene of fire

火灾后现场残存的物品。

3.3

当量标准升温时间 nomal standard temprature rise time

采用国际标准ISO 834标准升温曲线进行标准火灾试验达到火灾作用最高温度时所对应的升温时间。

4 总体要求

公路配筋混凝土桥梁发生火灾后应及时委托具有相应资质的单位对其进行损伤鉴定评价。

5 程序的确立

火灾后公路配筋混凝土桥梁损伤评价主要包括2个阶段。其中，调查与初步鉴定阶段细分为4个步骤，即现场调查、技术资料查阅与分析、初步鉴定评级和初步鉴定报告的编制。详细鉴定阶段细分为5个步骤，即火灾工况详细调查与检测、部件损伤评价、结构分析与部件校核、损伤分类与处治措施及评价报告编制。

6 调查与初步鉴定

6.1 一般规定

6.1.1 桥梁火灾后调查内容包括火灾损伤部件调查、火灾历时与温度分布调查、结构内部温度调查、基础状况调查与检测等。

6.1.2 桥梁火灾后调查范围应为桥梁火灾受损孔的部件及其附属结构物；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内，调查对象宜考虑火灾影响区域内的部件。

6.2 火灾工况调查

6.2.1 火灾桥梁部件的作用温度、作用历时和分布范围，应根据火灾调查、结构表面状况、火场残留物状况及现场环境条件等确定，必要时应根据结构材料微观分析结果进行补充。

6.2.2 火灾历时应根据火灾方式、作用密度、可燃物特性、结构材料热传导特性、现场环境条件及灭火过程等按照燃烧规律确定。

6.2.3 火灾后桥梁部件外观特征、锤击反应与温度和时间关系，按照附录 A 确定。火灾中桥梁部件直接受火烧灼的结构表面曾经达到的温度与范围，应根据混凝土表面颜色、裂损状况及锤击反应等，按照表 A.1 确定；对直接受火部件的当量标准升温时间，应根据混凝土表面颜色、裂损状况和锤击反应等，按照表 A.2 确定。

6.2.4 火灾后桥梁部件截面内部曾经达到的温度，应根据当量标准升温时间，按照附录 B 确定，或根据混凝土材料微观分析结果，按照附录 C 确定。

6.3 初步鉴定

6.3.1 初步鉴定应包括现场初步调查、火灾工况调查、查阅分析技术资料、初步鉴定评级并编制初步鉴定报告。

6.3.2 现场初步调查包括现场勘查火场残留物状况、观察结构损伤程度、了解火灾工况并制定检测方案等。

6.3.3 火灾工况调查应根据火灾过程、火场残留物状况等，初步判断桥梁所受的温度范围和火灾历时。

6.3.4 初步鉴定应查阅桥梁设计和竣工、定期技术状况检测报告、养护历史资料等技术资料并进行核实，对桥梁所能承受火灾作用的能力进行初步判断。

6.3.5 初步鉴定应根据烧灼损伤、变形、开裂（或断裂）程度，按照下列标准评价损伤状况等级。

- a) I 级—轻微损伤。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外观修复措施。
- b) II 级—轻度损伤。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，应采取外观修复措施或提高耐久性处理措施。
- c) III 级—中度损伤。显著影响结构材料及结构性能，部件产生明显变形或开裂，对结构安全和正常使用产生不利影响，应进行详细鉴定损伤分类，根据详细鉴定结果确定相应的处治措施。
- d) IV 级—重度损伤。火灾中或火灾后桥梁结构严重烧灼损坏、变形损坏或开裂损坏，结构承载能力丧失（或大部分丧失）而危及结构安全，应进行详细鉴定损伤分类，同时应立即采取安全防护、加固或拆除更换措施。

7 详细鉴定

7.1 一般规定

7.1.1 详细鉴定包括火灾工况详细调查与检测、专项检测分析、结构分析与部件校核、部件详细鉴定评级并编制检测鉴定报告。

7.1.2 火灾工况详细调查与检测，应根据火灾作用密度、可燃物特性、燃烧环境、燃烧条件及燃烧规律等，提出用于详细检测鉴定的受火部件火灾温度—时间曲线；或根据材料表观或微观特征判断受火温度。

7.1.3 专项检测分析应根据详细鉴定的需要，对受火与未受火部件的技术状况和结构变形等进行检测分析。

7.1.4 桥梁结构应根据受火部件的材质特性、几何参数、受力特征等，进行结构分析计算和承载力校核分析，确定桥梁的安全性和可靠性。

7.2 检测内容与方法

7.2.1 桥梁部件火灾损伤检测包括下列内容。

- a) 表观损伤状况检测：应包括混凝土颜色、裂缝、剥落及露筋等。
- b) 材质损伤状况检测：应包括混凝土强度、碳化深度、保护层厚度及钢筋（钢束）强度等。
- c) 截面损伤状况检测：应包括混凝土截面损伤和钢筋（钢束）截面损伤。
- d) 结构模态损伤状况检测：应包括桥梁（或部件）振型和固有频率。
- e) 支座损伤状况检测：应包括材质及组成部件损伤、变形和移位等。
- f) 其他检测：应包括影响桥梁正常使用的其他部件。

7.2.2 对直接暴露于火焰或高温烟气的桥梁（或部件），应全部检查烧灼损伤部位。损伤检测应采用外观目测、锤击回声、开孔探槽、钻芯等手段，必要时应通过材料微观结构分析判断。

7.2.3 对承受温度应力作用的桥梁部件及联接件，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部件，应辅以温度作用应力分析判断。

7.2.4 火灾后桥梁部件材料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。

7.3 部件损伤指标

7.3.1 火灾后桥梁部件详细鉴定按照评价标度划分损伤程度，损伤评价指标包括表观状况、材质状况、截面状况和结构模态状况 4 项内容。

7.3.2 桥梁部件表观状况评价包括颜色、裂缝、剥落、露筋等。根据火灾温度和受损状况，采取定性和定量相结合的方法，将表观损伤状况确定为 4 个标度，表观损伤状况评价标准应按表 1 规定执行。

表1 桥梁部件表观损伤状况评价标准

标度	定性描述	定量描述
1	混凝土颜色为灰青色，无明显变化；部件基本完好；锤击声音响亮，表面不留痕迹	火灾温度200℃以下
2	混凝土颜色由浅灰至略显粉红；局部出现网状裂纹，或出现少量轻微裂缝，缝宽未超限；锤击声音较响亮，表面留有较明显痕迹	火灾温度200℃～500℃；或网状裂纹累计面积≤构件面积的20%，且单处面积≤1.0m ² ；或裂缝长度≤截面尺寸的1/3
3	混凝土颜色由浅灰白至浅红；角部混凝土出现剥落、开裂，且缝宽超限；锤击声音较闷，混凝土粉碎和塌落、留有痕迹	火灾温度500℃～700℃；或网状裂纹累计面积>构件面积的20%，且单处面积>1.0m ² ；或裂缝长度>截面尺寸的1/3，且<2/3

表1 桥梁部件外观损伤状况评价标准（续）

标度	定性描述	定量描述
4	混凝土颜色由浅红至浅黄色；混凝土大面积剥落；出现较多横向裂缝或顺主筋方向出现纵向裂缝并伴有露筋；或出现斜裂缝、水平裂缝、竖向裂缝等；锤击声音发闷（发哑），混凝土粉碎和塌落	火灾温度大于700℃；或裂缝长度>截面尺寸的2/3，且间距<20 cm；或剥落、掉角累计面积>构件面积的5%；或单处面积>0.5 m ²
注：桥梁部件裂缝宽度限值为0.2 mm。		

7.3.3 桥梁部件材质状况评价包括混凝土强度、碳化深度、保护层厚度和钢筋强度等。根据火灾温度和受损状况，采取定性和定量相结合的方法，将材质损伤状况确定为4个标度，材质损伤状况评价标准应按表2规定执行。

表2 桥梁部件材质损伤状况评价标准

标度	定性描述	定量描述
1	混凝土表面较好；沿钢筋出现裂缝，但裂缝宽度小于限值	火灾温度200℃以下
2	混凝土表面损伤较均匀；局部出现网状裂纹，或出现少量轻微裂缝，缝宽未超限	火灾温度200℃~500℃；或混凝土强度损失<10%，钢筋强度损失<10%
3	混凝土出现局部脱落；钢筋外露	火灾温度500℃~700℃；或10%≤混凝土强度损失<20%，10%≤钢筋强度损失<20%
4	混凝土出现大面积脱落、掉角；钢筋裸露并出现落筋	火灾温度大于700℃；或混凝土强度损失≥20%，钢筋强度损失≥20%
注：桥梁部件裂缝宽度限值为0.2 mm。		

7.3.4 桥梁部件截面状况评价包括混凝土截面积和钢筋（钢束）截面积。根据火灾温度和受损状况，采取定性和定量相结合的方法，将截面损伤状况确定为4个标度，截面损伤状况评价标准应按表3规定执行。

表3 桥梁部件截面损伤状况评价标准

标度	定性描述	定量描述
1	混凝土表面较好；沿钢筋出现裂缝，但裂缝宽度小于限值	火灾温度200℃以下
2	混凝土表面损伤较浅；或局部出现网状裂纹，但缝宽未超限	火灾温度200℃~500℃；或混凝土受损面积<5%，钢筋受损面积<5%；或混凝土受损深度小于构件最小尺寸的0.02倍（或保护层厚度）
3	混凝土出现局部脱落；钢筋外露	火灾温度500℃~700℃；或混凝土受损面积5%~10%以内；或混凝土受损深度大于构件最小尺寸的0.02倍（或保护层厚度）；或钢筋受损面积5%~10%以内

表 3 桥梁部件截面损伤状况评价标准（续）

标度	定性描述	定量描述
4	混凝土出现大面积脱落、掉角；钢筋裸露并出现落筋	火灾温度大于700℃；或混凝土受损面积>10%，或混凝土受损深度大于混凝土保护层厚度；或钢筋受损面积>10%
注：桥梁部件裂缝宽度限值为0.2mm。		

7.3.5 桥梁部件结构模态评价指标为结构自振频率，采取定量的分析方法。将结构模态损伤状况确定为4个标度，结构模态损伤状况评价标准应按表4规定执行。

表4 桥梁部件结构模态损伤状况评价标准

标度	定量描述
1	实测自振频率 ≥ 1.1 倍理论自振频率
2	1.0 倍理论自振频率 $\leq$ 实测自振频率 < 1.1 倍理论自振频率
3	0.9 倍理论自振频率 $\leq$ 实测自振频率 < 1.0 倍理论自振频率
4	实测自振频率 < 0.9 倍理论自振频率

7.4 部件损伤评价标度

- 7.4.1 火灾后桥梁部件损伤评价分类，应根据损伤评价标度K确定。
- 7.4.2 火灾后桥梁部件损伤评价标度K，应根据各评价指标的损伤状况采用加权综合评价法或单一指标控制法确定。
- 7.4.3 火灾后桥梁部件损伤评价标度K采用加权综合评价时，各评价指标权重应按表5规定执行。

表5 桥梁部件火灾损伤评价指标权重

评价指标	表观损伤状况	材质损伤状况	截面损伤状况	结构模态损伤状况
权重 α_j	0.2	0.4	0.2	0.2
损伤评价标度K	$K = \sum \alpha_j D_j$ 式中： α_j —某一项检测指标权重值； D_j —某一项检测指标评价标度			
注：以上4项指标中，表观损伤状况、材质损伤状况和截面损伤状况为必测项目，结构模态损伤状况为选测项目；当火灾损伤评价指标未全部检测时，可将未检测项所占权重按比例分配给已检测指标。				

- 7.4.4 火灾损伤评价指标中任意一项指标达到3、4标度，桥梁部件火灾损伤评价标度即评价为3、4标度。
- 7.4.5 根据桥梁火灾后部件损伤评价标度K，按照JTG/T J21的规定进行承载力检算。

7.5 桥梁荷载试验

根据桥梁火灾损伤状况，应选择代表性桥孔进行荷载试验，并按照JTG/T J21的规定进行承载力检测评定。

8 火灾后结构分析与部件校核

8.1 结构分析

- 8.1.1 火灾过程中桥梁结构分析，应针对不同的受力体系或部件，考虑火灾过程中最不利温度条件和实际作用组合，进行结构分析与部件校核。
- 8.1.2 火灾后桥梁结构分析，应考虑火灾后桥梁残余状态的材料力学性能、联接状态、结构几何形态变化和部件变形等，进行结构分析与部件校核。
- 8.1.3 桥梁结构内力分析应根据结构特点和解决工程问题的需要，在满足安全的条件下进行合理简化。其中，局部火灾未造成整体结构明显损伤、变位及裂缝时，可仅考虑局部火灾作用；桥梁支座没有明显损伤、变位时，可不考虑支座变位的影响。

8.2 部件校核

- 8.2.1 火灾后桥梁部件的抗力效应，在考虑火灾作用对其材料、受力性能等不利影响后，按照 JTG D60、JTG 3362 进行验算分析。
- 8.2.2 火灾后桥梁部件应综合考虑表面损伤、材质损伤、截面损伤和结构模态损伤的影响，同时结合桥梁所处环境条件对承载力恶化和耐久性的影响，按照 JTG/T J21 进行承载力检算。
- 8.2.3 火灾后混凝土强度损伤应按照附录 D 确定，钢筋强度损伤应按照附录 E 确定。

9 损伤分类与处治措施

9.1 损伤分类

根据桥梁火灾后详细鉴定的部件技术状况评价标度进行损伤分类，损伤分类应按表6规定执行。

表6 桥梁部件火灾损伤分类

损伤分类	损伤评价标度K	损伤状况特征
A类	$K \leq 1$	部件未发生明显损伤，不影响结构正常使用和耐久性要求
B类	$1 < K \leq 2$	部件损伤程度会影响结构正常使用和耐久性要求
C类	$2 < K \leq 3$	部件损伤程度无法满足桥梁使用性能和耐久性要求，但可通过加固方式继续使用
D类	$K > 3$	部件损伤程度无法满足桥梁使用性能和耐久性要求，必须拆除更换

9.2 处治措施

根据桥梁火灾损伤分类，应采取以下处治措施。

- a) A类：经检算桥梁（或部件）承载力满足既有桥梁荷载等级，对部件进行必要修饰后即可使用。
- b) B类：经检算桥梁（或部件）承载力满足既有桥梁荷载等级，对局部缺损进行维修或加固后使用。
- c) C类：经检算桥梁（或部件）承载力无法满足既有桥梁荷载等级要求，将桥梁（或部件）进行加固。
- d) D类：经检算桥梁（或部件）承载力无法满足既有桥梁荷载等级要求，将桥梁（或部件）拆除重建。

10 评价报告编制

桥梁火灾损伤评价报告应包括以下内容。

- a) 桥梁概况。
- b) 评价目的。
- c) 评价依据。

- d) 桥梁火灾调查与损伤检测情况。
- e) 桥梁结构检算情况。
- f) 桥梁荷载试验及资料整理分析（未做荷载试验的桥梁略去此项）。
- g) 桥梁使用性能评价分析。
- h) 桥梁火灾损伤评价结论及处治意见。

11 追溯方法

11.1 过程记录

建立评价全程记录档案，附必要照片或图像，保证从初步鉴定到详细鉴定全过程关键环节可追溯。过程记录应包括以下内容。

- a) 执行各个阶段程序指示的人员姓名。
- b) 时间。
- c) 地点。
- d) 执行的具体操作内容。
- e) 操作的结果或观察到的现象。

11.2 试验方法

在执行第7章所规定的荷载试验时，按照JTG/T J21的规定进行承载力试验及检测评定。

11.3 结构分析与部件校核

在执行第8章所规定的结构分析与部件校核时，按照JTG D60、JTG 3362进行验算分析。

附 录 A
(规范性)

混凝土表面颜色、裂损剥落、锤击反应与温度的关系

混凝土表面颜色、裂损状况、锤击反应与温度的关系应按表A. 1采用，标准耐火试验中混凝土表面颜色及外观特征，应按表A. 2采用。

表A. 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	200~500	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	局部饰面	角部混凝土	大面积	酥松、大面积剥落
开裂	无	细微裂缝	角部出现裂缝	较多裂缝	贯穿裂缝
锤击反应	声音响亮、表面不留痕迹	较响亮、表面留有较明显痕迹	声音较闷、混凝土粉碎和塌落、留有痕迹	声音发闷、混凝土粉碎和塌落	声音发哑、混凝土严重脱落

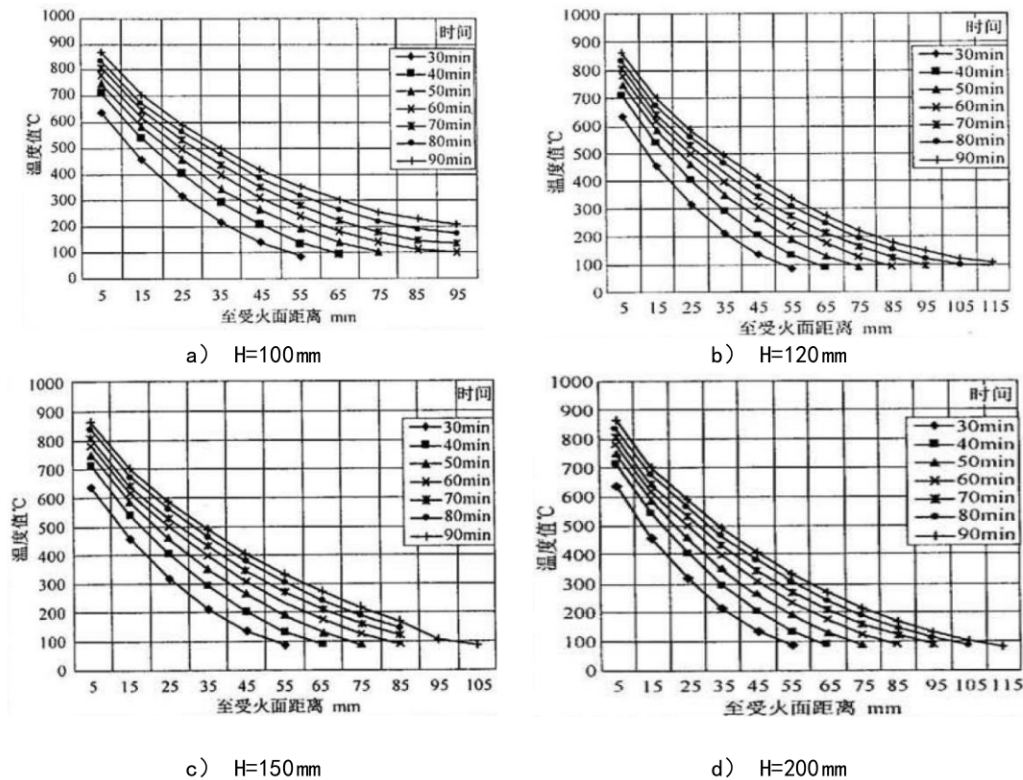
表A. 2 标准耐火试验中混凝土表面颜色及外观特征

当量标准升温时间 min	炉温 ℃	外观特征				锤击反应
		颜色	表面裂纹	疏松脱落	露筋	
20	790	浅灰色、略显黄色	有少许细裂纹	无	无	响亮
20~30	790~863	浅灰色、略显浅黄色	有较多细裂纹	表面疏松、棱角处有轻微脱落	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缝	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	贯穿裂纹较多	表面起鼓、棱角处脱落较重	无	声哑
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 B
(规范性)

混凝土构件在标准升温条件下温度场实用曲线图

混凝土构件距受火表面不同距离的内部温度与受火构件的钢筋保护层厚度H有关，仅考虑火灾对保护层厚度的影响，应根据图B. 1查用。



注：图中温度值是厚度为1 cm区间中点处的温度（℃），至受火面距离指构件内部某测点距受火表面的距离（mm），时间指当量标准升温时间（min）。

图B. 1 混凝土保护层温度场实用曲线图

附录 C
(规范性)
火灾后混凝土材料微观分析

在对火灾后桥梁部件进行详细检测评价时，根据其烧灼的不同程度现场分别采集各种混凝土试样，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C.1和C.2中的混凝土微观物相特征，确定其相应的火灾温度和混凝土表面烧灼温度。

表C.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 $C_3A \cdot aq \rightarrow C_3A + nH_2O$	280~330
水泥水化产物氢氧化钙脱水 $C_a(OH)_2 \rightarrow C_aO + H_2O$ 或砂石中 α -石英发生变相 $\alpha-SiO_2 \rightarrow \beta-SiO_2$	570~580
骨料中白云石分解 $C_aM_g(CO_3)_2 \rightarrow C_aCO_3 + M_gO + CO_2 \uparrow$ 骨料中方解石及水泥石碳化生成物分解 $C_aCO_3 \rightarrow C_aO + CO_2 \uparrow$	720~740/ 900

表C.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，浆体开始出现酥松，但仍较紧密、连续性好，氢氧化钙品型缺损、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，收缩成团块板块状，并由 CaO 生成吸收空气中水分、内部相互破坏	700~750
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
水泥浆体成为不连续团块，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、收缩后孔隙很大	910~940
方解石分解成柱体状，浆体脱水、收缩后孔隙更大	980

附 录 D
(规范性)
火灾后混凝土强度折减系数

在进行初步调查后，根据火灾温度场确定的混凝土表面烧灼温度，应按表D. 1～D. 3的强度折减系数确定火灾后混凝土的实际强度。

表D. 1 混凝土高温时抗压强度折减系数

温度 ℃	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
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； 注2：当温度在二者之间时，采用线性内插计算。							

表D. 2 高温混凝土自然冷却后抗压强度折减系数

温度 ℃	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
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； 注2：当温度在二者之间时，采用线性内插计算。							

表D. 3 高温混凝土水冷却后抗压强度折减系数

温度 ℃	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3：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； 注4：当温度在二者之间时，采用线性内插计算。							

附录 E
(规范性)

火灾后受力钢筋强度折减系数

E.1 HPB235 钢筋、HRB335 钢筋和冷拔钢丝在高温时及高温冷却后的强度折减系数，应按表 E.1 和表 E.2 确定。

表E.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	1.0	1.0	1.0
100	1.0	1.0	1.0
200	1.0	1.0	0.75
300	1.0	0.8	0.55
400	0.6	0.7	0.35
500	0.5	0.6	0.20
600	0.3	0.4	0.15
700	0.1	0.25	0.05
900	0.05	0.10	0.00

表E.2 HRB335 高温冷却后钢筋强度折减系数

温度 ℃	强度折减系数	
	屈服强度	极限强度
室温	1.0	1.0
100	0.95	1.0
200	0.95	1.0
300	0.95	0.95
400	0.95	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

E.2 钢绞线在不同火灾温度下强度折减应按公式 (E.1) 确定。

$$f_{0.2}(T) = \begin{cases} 0.98f_{0.2} & 0^{\circ}\text{C} \leq T \leq 300^{\circ}\text{C} \\ (1.25 - 9 \times 10^{-4}T) f_{0.2} & 300^{\circ}\text{C} < T \leq 400^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (E.1) \\ (1.565 - 0.0017T)f_{0.2} & 400^{\circ}\text{C} < T \leq 700^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

式中：

$f_{0.2}(T)$ ——应力钢绞线在 $T^{\circ}\text{C}$ 时的屈服强度；
 $f_{0.2}$ ——预应力钢丝常温下的屈服强度。

参 考 文 献

- [1] ISO 834 Fire-resistance tests-Elements of building construction
-