

ICS 91.040.10

CCS P 30

DB 23

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB23/T XXXX—XXXX

寒地建筑空间结构消防安全技术规程

Technical specification for fire safety of building spatial structures in cold regions

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发 布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 防火基本规定 2

6 材料特性 5

7 耐火验算 7

8 防火保护设计 9

9 防火构造 10

10 施工与验收 13

11 维护与管理 14

12 评估与修复 15

附 录 A （规范性） 第II类空间结构失效判别方法 17

附 录 B （规范性） 典型建筑钢索涉及高温性能 18

附 录 C （规范性） 典型建筑铝材涉及高温性能 19

参 考 文 献 20

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。

本文件由黑龙江省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

为解决黑龙江省建筑空间结构消防工程实践方面仍存在标准不统一、规范化程度较低的问题，实现顺应空间网格结构、膜结构、索结构、排架结构、刚架结构、库架一体结构等新材料、新体系建筑空间结构蓬勃发展趋势，解决火灾防控疑难，夯实消防本质安全，制定本文件。

寒地建筑空间结构消防安全技术规程

1 范围

本文件规定了黑龙江省建筑空间结构消防安全的术语和定义、总则、防火基本要求、材料特性、耐火验算、防火保护设计、防火构造、施工与验收、维护与管理、评估与修复。

本文件适用于黑龙江省工业与公共建筑空间结构防火设计与消防安全评估。

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 50005 木结构设计标准
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50156 汽车加油加气加氢站技术标准
- GB/T 50708 胶合木结构技术规范
- GB 50720 建设工程施工现场消防安全技术规范
- GB 51249 建筑钢结构防火技术规范
- GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准
- XF 588 消防产品现场检查判定规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑空间结构 building spatial structure

包括空间网格结构、膜结构、索结构、排架结构、刚架结构、库架一体结构等及相互组合在内，形成建筑大空间场所屋盖及下部支撑的结构。

3.2

空间网格结构 spatial grid structure

包括网架、曲面型网壳和桁架等在内，由按一定规律布置的杆件、构件通过节点连接构成的建筑空间结构，且不涉及使用拉索、使用张紧膜材时覆盖网格结构屋盖面积不大于 10%。

3.3

膜结构 membrane structure

包括整体张拉式、索系支承式、骨架支承式、充气式等在内，由膜材和其他构件组成的建筑空间结构，且骨架支承式膜结构使用的骨架不为空间网格结构、使用张紧膜材时覆盖骨架结构屋盖面积不小于 90%。

3.4

索结构 cable structure

包括悬索结构、斜拉结构、张弦结构和索穹顶等在内，由拉索作为主要受力构件形成的预应力结构体系建筑空间结构，且不包括由气枕或单层膜单元与索直接构成的张拉体系屋盖结构、由骨架支承式膜结构与索构成的斜拉结构。

3.5

大空间场所 large space site

内部空间水平投影面积不小于 500 m²、可燃物表面与屋盖结构垂直净距不小于 6.0 m 且火灾场景为可持续燃料控制型局部火灾的建筑场所。

3.6

小室房间 common size room

建筑面积为 20 m² ~ 80 m²、房间高度为 2.6 m ~ 3.5 m 且可燃物及通风条件容易产生轰燃火灾的房间。

3.7

热暴露效应 thermal exposure effect

未受力材料长时间处于高温环境而引发的高温下和冷却至室温后强度下降、脆性增加现象。

3.8

高温影响区 high temperature impact region

在大空间场所设定火灾场景下，近屋面空间温度场稳定后，烟气温度高于 120℃ 的屋面区域。

3.9

防爆单元 explosion control unit

由具备规定耐火极限或设计耐火时间的抗爆构件和泄压设施或敞开洞口围合而成，生产、储存或使用易爆物质的建筑空间。

4 总则

4.1 为规范黑龙江省内建筑空间结构防火技术及应用，兼顾灭火救援和全寿命期消防安全评估需求，指导灾后耐火性能评估与防火保护修复，制定本文件。

4.2 本文件适用于黑龙江省内新建、扩建、改建和改造的工业与公共建筑内覆盖大空间场所的空间网格结构、膜结构、索结构、排架结构、刚架结构、库架一体结构等建筑空间结构的防火设计、施工与验收、维护与管理、灾后评估与修复。

4.3 在黑龙江省实施的建筑空间结构消防安全技术除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关法律、法规、规章及相关标准的规定。

5 防火基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 建筑空间结构应按被动防火原则进行防火设计，包括整体屋盖结构及构件耐火承载能力验算、构件防火保护设计和规定的防火构造。

5.1.2 建筑空间结构的防火设计方法应将执行处方式防火技术要求与采用性能化防火设计方法相结合。

5.2 工业建筑

5.2.1 工业建筑中的空间网格结构、排架结构、刚架结构的屋盖部分应按照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中不同耐火等级厂房和仓库建筑屋顶承重构件的耐火极限规定进行构件防火设计。

5.2.2 工业建筑中库架一体结构连接于仓库外墙的货架应以累计层高不大于 6.0 m 设置与仓库外墙直接紧密连接的不燃性水平防火分隔，仓库外墙、水平防火分隔、水平防火分隔非货架柱竖向支撑的耐火性能应分别符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中不同耐火等级厂房和仓库建筑防火墙、楼板、柱构件的耐火极限规定。

5.2.3 工业建筑中使用气承式膜结构的无机原料仓、工业固体废物仓、储煤仓、粮仓等物料种类的仓储大空间场所，内部同时容纳作业人数不应超过 10 人；消防设施应根据物料、工艺特点配备，当占地超过 15000 m² 或膜面外附着有除索网外的其他附属物时应采取消防安全专项论证。

5.2.4 有爆炸危险的工业建筑屋盖结构宜采用空间网格结构、排架结构和刚架结构。

5.2.5 储存甲、乙类物品的库架一体结构自动化立体仓库和有粉尘爆炸危险的空间网格结构顶盖大型粮食筒仓应整体划分为防爆单元，应在屋面或顶盖集中设置泄压设施并采取防止渗水措施，外墙或筒壁构件应满足抗爆要求且应以高度间隔不大于 6.0 m 采取水平环绕拉结加强措施。

5.3 公共建筑

5.3.1 公共建筑空间结构防火设计基于安全目标应分为下列类型：

- a) 第 I 类空间结构应同时满足人员安全和财产保护目标，包括空间网格结构、索结构、排架结构和刚架结构；
- b) 第 II 类空间结构应满足人员安全目标，包括膜结构在内，除第 I 类空间结构外的其余建筑空间结构。

5.3.2 公共建筑空间结构防火设计功能，第 I 类空间结构应满足在设计耐火时间内、全部设定火灾场景下，屋盖结构的竖向变形未达到失效判定准则，构件宜未发生塑性变形；第 II 类空间结构应满足在人员安全疏散及灭火救援需求时间内、对人员安全疏散最不利的全部设定火灾场景下，屋盖结构坍塌不致引起人员受到伤害的因素。

5.3.3 公共建筑空间结构防火设计功能的实现方法，第 I 类空间结构应通过整体屋盖结构耐火承载能力验算；第 II 类空间结构应通过对人员安全疏散及灭火救援可用时间进行预测，并应符合本文件附录 A 的规定。且第 I 类和第 II 类空间结构均应满足规定的防火构造。

5.3.4 设定火灾场景的火源位置应选择大空间场所内火灾危险性或火灾荷载较大位置、对使用人员安全疏散明显不利位置、影响整体屋盖结构耐火性能的局部关键构件下方位置。第 I 类空间结构防火设计的设定火灾场景，不应计入场所内排烟系统、灭火系统作用。

5.3.5 公共建筑空间结构防火设计的设定火灾，第 I 类空间结构应包括建筑火灾全过程，相应的设计耐火时间应为单次建筑火灾全过程持续时间，且总时长不应低于 1.00 h；第 II 类空间结构应包括建筑火灾的增长和完全发展阶段。

5.3.6 公共建筑大空间场所设定火灾的增长阶段应符合 t^2 火灾增长特点，火灾增长系数和完全发展阶段的火灾热释放速率应根据场所安全性需求分析、潜在起火点位置等因素确定，并可符合现行国家标准《建筑排烟系统技术标准》GB 51251 的有关规定。

5.3.7 公共建筑中的空间网格结构按照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中不同耐火等级民用建筑屋顶承重构件的耐火极限规定进行构件防火设计时，应判定为防火设计功能符合本文件第 5.3.2 条的规定，可不进行整体屋盖结构耐火承载能力验算。

5.3.8 公共建筑中的空间网格结构，在全部设定火灾场景中及相应设计耐火时间的任意 20 s 内，燃烧物正上方钢构件周围的烟气温度均值不超过 300℃、铝合金构件不超过 150℃时，应判定为防火设计功能符合本文件第 5.3.2 条的规定，可不进行整体屋盖结构耐火承载能力验算。

5.3.9 在近似立方体的大空间场所内，对于由钢网架、桁架结构支承的混凝土板屋面围护，当纤维素类燃烧物位于地面中央附近时，燃烧范围正上方屋盖结构构件周围烟气温度可按下式计算：

$$T_g = (20Q + 80) - (0.4Q + 3)H + (52Q + 598) \times 10^2 / A_{sp} + T_g(0) \dots\dots\dots(1)$$

式中： T_g ——近屋面空间温度场稳定后温度（℃）；
 Q ——局部火灾稳定燃烧阶段热释放速率（MW）；
 H ——燃烧物表面与正上方构件间垂直净距（m）；
 A_{sp} ——大空间场所内地面面积（m²）；
 $T_g(0)$ ——起火前室内环境温度（℃）。

5.3.10 公共建筑中的第 I 类空间结构同时用作大空间和非大空间场所屋盖时，非大空间场所屋盖部分及场所间竖向防火分隔结构防火保护设计使用的升温曲线，应根据非大空间场所使用功能选取，且应采用与屋面围护直接紧密连接的不燃性竖向防火分隔，屋盖结构构件穿透竖向防火分隔的洞口应采用满足相应耐火极限要求的不燃性封堵构造。

5.3.11 使用标准升温曲线对大空间场所第 I 类空间结构构件进行防火保护设计时，应以标准升温曲线下构件表面温度达到大空间场所设定火灾场景下构件表面全时程最高温度的时刻作为该构件在标准升温曲线下的等效曝火时间。

5.3.12 位于公共建筑空间结构屋盖直接水平投影范围内楼地面使用天然气的场所应单独划分为防爆单元。泄压设施可设置在爆炸危险源向上投影的第 I 类空间结构屋盖局部且泄压面积不低于防爆单元占地 2.0 倍，或可借助大空间场所外墙设置。

5.3.13 允许储存甲、乙类生活物品的第 I 类空间结构公共建筑，应在作为防爆单元的小室房间内集中储存，房间应采用不燃性实体抗爆水平分隔构件且耐火极限不应低于 1.50 h，房间之间应采用具有抗爆功能的实体防火墙，泄压设施宜借助大空间场所外墙设置。

5.4 膜结构

5.4.1 公共建筑中的气承式膜结构，使用人员应活动于场所内地面，不应作为体育比赛设施。当占地超过 4000 m²时应采取消防安全专项论证。膜面外严禁附着有除索网外的其他附属物。

5.4.2 内嵌或覆盖于空间网格结构的气枕或单层膜单元，且占网格结构屋盖面积大于 10%时，宜采用依靠自身火灾受热破裂或主动熔断破裂实现大空间场所排烟排热。

5.4.3 商业路演以及增建于单多层建筑屋面的气承式膜结构应按临时结构采取与使用功能相匹配的消防安全措施。

5.4.4 遮罩于设置均布支护基坑上部的气承式膜结构与基坑共同封闭构成的施工作业空间内，可不限制熟练作业人员人数，应具备火灾时正压或负压排烟功能，且应具备 1 min 内将全部作业人员疏散至外部地面的条件。

5.4.5 遮罩于设置均布支护基坑上部的气肋式膜结构应具备火灾时屋面移动开启或山墙主动打开功能。

5.5 其他

5.5.1 屋面围护板材单元及支承、固定边框等屋面围护组件与屋盖结构应确保火灾下连接可靠，设计耐火时间内不应发生脱落。

5.5.2 应急和救援用临时建筑空间结构的消防安全应符合本文件的有关规定。

6 材料特性

6.1 屋盖结构材料

- 6.1.1 钢材的高温热工性能，结构钢和耐火钢的高温下弹性模量、屈服强度折减系数应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。
- 6.1.2 普通混凝土和轻骨料混凝土的高温下热工性能、弹性模量和轴心抗压强度折减系数应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。
- 6.1.3 木材有效炭化速率应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005 和《胶合木结构技术规范》GB/T 50708 的有关规定。
- 6.1.4 膜结构用膜面材料燃烧性能不应低于 B₁ 级，且燃烧滴落物及微粒等级应为 d0 级，产烟毒性危险级别必须为 AQ 级。
- 6.1.5 屋面封闭的公共建筑大空间场所，索结构屋盖宜使用封闭索、高钒镀层索、锌铜合金热铸锚，不宜使用聚乙烯（PE）护套索、冷铸锚，有耐火要求的建筑严禁使用巴氏合金热铸锚。建筑钢索的短时热暴露下及热暴露后力学性能折减系数不应低于本文件附录 B 的规定。
- 6.1.6 屋面围护板材的燃烧性能不应低于 B₁ 级，且燃烧滴落物及微粒等级应为 d0 级，产烟毒性危险级别必须为 AQ 级。
- 6.1.7 人工时效合金在热暴露效应起始温度以上进行短时高温拉伸测试采用的保温时间不应低于设计耐火时间。
- 6.1.8 6061-T6 建筑铝材的热暴露效应起始温度应为 175℃，6082-T6 建筑铝材的热暴露效应起始温度应为 160℃。建筑铝材的短时热暴露下及热暴露后力学性能折减系数不应低于本文件附录 C 的规定。
- 6.1.9 建筑空间结构用加固材料的燃烧性能不应低于 B₁ 级。

6.2 防火保护材料

- 6.2.1 建筑空间结构构件防火设计选用的保护材料必须符合下列规定：
- a) 防火保护材料产烟毒性危险级别必须为 AQ 级；
 - b) 防火涂料产品应具备国家质检机构出具的耐火性能检验报告，非膨胀型防火涂料经标准耐火测试后不应从试件表面脱落，且表面裂纹宜呈致密蜂窝状；
 - c) 防火板材、防火棉毡、防火布毯的燃烧性能应为 A 级；
 - d) 防火棉毡实际容重不应小于 120 kg/m³，且卷状棉毡自角部拎起时应担负 1.5 m 长度自身重量；
 - e) 严禁使用水泥含量大于 70%的防火板材。
- 6.2.2 非膨胀型防火涂料等效热传导系数、膨胀型防火涂料保护层等效热阻的计算应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。
- 6.2.3 防火板材中，防火纸面石膏板、玻镁板的高温热工性能应符合下列规定：
- a) 防火纸面石膏板、玻镁板的相对密度应符合表 1 的规定；

表1 防火纸面石膏板、玻镁板相对密度

板材名称	温度（℃）									
	5	30	100	140	200	300	400	600	700	1000
防火纸面石膏板（%）	1.00	△*	1.00	0.83	△	△	△	0.83	0.80	0.80
玻镁板（%）	1.00	1.00	△	△	0.78	0.73	0.52	0.46	△	0.46

注：*△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下结果。

b) 防火纸面石膏板、玻镁板的比热容应符合表 2 的规定；

表2 防火纸面石膏板、玻镁板比热容

温度 (℃)	板材名称		温度 (℃)	板材名称	
	防火纸面石膏板 (kJ/(kg•℃))	玻镁板 (kJ/(kg•℃))		防火纸面石膏板 (kJ/(kg•℃))	玻镁板 (kJ/(kg•℃))
5	1	1.5	300	△	1.5
50	△*	1.5	390	△	9.0
85	1	△	450	△	2.4
100	△	7.5	525	△	4.0
122	△	5.0	600	1	1.5
130	22	△	660	3	△
160	1	△	700	1	△
170	△	7.0	1000	1	1.5
200	△	1.5	—	—	—

注：*△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下结果。

c) 防火纸面石膏板、玻镁板的导热系数应符合表 3 的规定。

表3 防火纸面石膏板、玻镁板导热系数

温度 (℃)	板材名称		温度 (℃)	板材名称	
	防火纸面石膏板 (W/(m•℃))	玻镁板 (W/(m•℃))		防火纸面石膏板 (W/(m•℃))	玻镁板 (W/(m•℃))
5	0.2500	0.400	450	△	0.120
50	△ ^①	0.400	650	0.1200/0.2175 ^②	△
100	0.2500/0.1200 ^②	△	800	0.2700	△
200	△	0.160	1000	0.5300	0.285
300	△	0.140	—	—	—

注：①△表示可通过对前后数据使用内插值法计算该温度点下结果；

②标识的数据表示在同一温度下导热系数值突变后的结果。

6.2.4 防火棉毡中，硅酸铝棉、岩棉的高温热工性能应符合下列规定：

- a) 硅酸铝棉、岩棉的不同温度下相对密度为 1.0；
- b) 硅酸铝棉、岩棉的不同温度下比热容分别为 800 kJ/(kg•℃)、900 kJ/(kg•℃)；
- c) 硅酸铝棉、岩棉的导热系数应符合表 4 的规定。

表4 硅酸铝棉、岩棉导热系数

棉毡名称	温度 (℃)				
	5	400	600	900	1000
硅酸铝棉 (W/(m•℃))	0.05	0.05	△*	0.20	1.00
岩棉 (W/(m•℃))	0.036	△	0.168	△	1.000

注：*△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下结果。

7 耐火验算

7.1 一般规定

- 7.1.1 整体公共建筑大空间场所在全部设定火灾场景下，高温影响区内的第Ⅰ类空间结构节点或连接部位以及支座或锚固部位应确保不先于被连接构件发生破坏；当不满足时，应对屋盖结构相应部位采取防火保护设计，且位于大空间场所内的支座或锚固部位设计耐火时间不应低于 1.00 h。
- 7.1.2 整体屋盖结构耐火承载能力检验或验证宜采用原位空间结构屋盖或屋盖结构模型实体火灾模拟试验法。搭建屋盖结构模型宜采用全尺寸构件，试验方案设计应符合相应试验方法标准规定并宜采取消防安全专项论证。
- 7.1.3 整体屋盖结构耐火承载能力验算可采用有限元热力耦合分析法，步骤可包括近屋面空间温度场计算、构件内温度场计算、屋盖结构火灾行为热力耦合计算。
- 7.1.4 第Ⅰ类空间结构的耐火承载能力验算，数值模型计算边界应从与地面或下部钢筋混凝土、钢结构空间框架房间顶板的连接部位算起。应确保自平衡体系完整及传力路径延伸至支座、锚固部位，当屋盖结构边缘支承于单柱、平面框架及跨内支承于单柱时应采用协同分析。
- 7.1.5 第Ⅰ类空间结构火灾行为有限元热力耦合计算宜采取精细化分析，数值模型应计入材料非线性、几何非线性，宜对特殊连接部位计入接触非线性，且应计入屋盖结构金属材料的热膨胀效应。
- 7.1.6 铝合金结构屋盖耐火承载能力验算中，板式节点可作为刚接，应计入 H 形截面杆件吸热和挡烟垂壁效应对近屋面空间温度场的影响，且应计入建筑铝材的高温蠕变效应。
- 7.1.7 木结构屋盖耐火承载能力验算中，木构件应仅计入设计耐火时间对应的剩余截面，且采用炭化前原始线重量。

7.2 荷载效应与抗力

- 7.2.1 火灾作用于建筑空间结构引起的荷载应属于偶然荷载。
- 7.2.2 第Ⅰ类空间结构耐火承载能力验算应根据实际情况计入可变荷载种类，包括屋面活荷载、风荷载和雪荷载。
- 7.2.3 计算荷载效应和有关系数的取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定，且火灾条件下荷载及作用效应组合工况中的最不利工况确定应符合下列规定：

a) 荷载及作用效应组合的设计值应按下列式计算：

$$S_m = \gamma_{0T} S_d \dots\dots\dots(2)$$

式中： S_m 、 S_d ——荷载及作用效应组合的设计值；
 γ_{0T} ——火灾下屋盖结构的重要性系数。

b) 上人的平板网架、桁架结构屋盖应按下列式计算：

$$\begin{cases} S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{iQ} S_{Qk} + \phi_{qs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{qQ} S_{Qk} + \phi_{is} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{qQ} S_{Qk} + \phi_{qs} S_{Sk} + \phi_{iw} S_{Wk} \end{cases} \dots\dots\dots(3)$$

式中： S_{Gk} 、 S_{Qk} 、 S_{Sk} 、 S_{Wk} ——按永久荷载、屋面活荷载、雪荷载、风荷载标准值计算的荷载效应值；

S_T ——按火灾下屋盖结构温度计算的作用效应值；

γ_{GT} ——火灾下永久荷载的分项系数；

ϕ_{fQ} 、 ϕ_{fS} 、 ϕ_{fW} ——屋面活荷载、雪荷载、风荷载的频遇值系数；

ϕ_{qQ} 、 ϕ_{qS} ——屋面活荷载、雪荷载的准永久值系数。

c) 不上人的平板网架及其他结构屋盖应按下式计算：

$$\begin{cases} S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{fQ} S_{Qk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{fS} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{qS} S_{Sk} + \phi_{fW} S_{Wk} \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

7.2.4 整体屋盖结构耐火验算应按承载力极限状态确定，并应满足下列公式要求：

$$S_m \leq R_d = R(f_{dT}) \dots\dots\dots (5)$$

$$f_{dT} = f_{kT} / \gamma_{MT} \dots\dots\dots (6)$$

式中： R_d ——屋盖结构或构件的抗力设计值；

f_{dT} ——不同温度下材料性能的强度设计值；

f_{kT} ——不同温度下材料性能的强度标准值；

γ_{MT} ——火灾下材料性能的分项系数，取1.0。

7.2.5 火灾下，无防火保护钢构件、铝合金构件、索体的升温计算应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。对于金属实腹深梁可按梁高范围内的温度梯度划分条状等温带；对于直径不大于 30 mm 的拉索，索体温度可直接使用周围高温烟气温度。

7.3 判定准则及方法

7.3.1 对于第 I 类空间结构，当按火灾条件下的各荷载及作用效应组合工况加载，在一次设定火灾场景下获得的实际耐火时间与设计耐火时间相比不满足下式要求时，应判定在本次设定火灾场景下屋盖结构耐火性能失效：

$$t_m \geq t_d \dots\dots\dots (7)$$

式中： t_m ——实际耐火时间（s）；

t_d ——设计耐火时间（s）。

7.3.2 对于判定耐火性能失效的第 I 类空间结构应对设定火灾场景下高温影响区内的构件及节点采取防火保护设计，并应重新评估屋盖结构实际耐火时间，直到满足本文件式（7）的要求为止。

7.3.3 对采用不同体系、形态的第 I 类空间结构，确定屋盖结构实际耐火时间的承载力判定准则应符合表 5 的规定。

表5 第 I 类空间结构屋盖耐火承载力判定准则

屋盖结构体系、形态	无室外悬挑屋面	附加条件
上凸形及平板屋面空间网格结构	屋盖结构起拱膨胀结束、开始出现局部凹陷	带悬挑屋面，悬挑末端挠度达到悬挑跨度的 1/200
下凹形屋面空间网格结构、悬索	屋盖结构任一点挠度达到短向跨度的	单根索体破坏，节点、锚固部位破

结构、张弦结构	1/200	坏，或屋盖结构自平衡体系失效
与拉索连接部位在屋面围护外的斜拉结构	屋盖结构任一点起拱变形达到短向跨度的 1/200	

7.3.4 大空间场所索结构屋盖的锚固部位应满足下列附加温度判定准则规定以辅助确定屋盖结构实际耐火时间，判定失效条件应以锚具内填料块体表面任意位置达到临界温度计，并应符合下列规定：

- a) 锌铜合金热铸锚填料临界温度取 250℃；
- b) 冷铸锚填料临界温度取 150℃。

8 防火保护设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 第 I 类空间结构需要采取防火保护设计的构件、节点或连接部位以及支座或锚固部位应由设定火灾场景下耐火承载能力验算结果确定且应满足对特殊部位的补充要求。
- 8.1.2 大空间场所设定火灾场景高温影响区内的索结构屋盖不同方向索节点、木结构屋盖钢木连接部位应采用设计耐火时间不低于 1.00 h 的防火保护。
- 8.1.3 构件防火保护设计可采用基于等效曝火时间的耐火性能检验法、大空间实体火灾模拟试验验证法、等效热传导系数或等效热阻计算法、有限元传热分析法。
- 8.1.4 膨胀型防火涂料与单独施用的非膨胀型防火涂料的涂覆厚度的计算应符合国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249－2017 中第 5.3 节和第 6.2.2 条的规定，且涂覆厚度不应小于由国家质检机构出具的耐火性能检验报告中耐火极限达到等效曝火时间要求时所对应的厚度。

8.2 保护方案与组合

- 8.2.1 确定工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构构件防火保护方案应因地制宜的兼顾大空间场所使用功能、美观需求、性能造价比、服役可靠性等因素，并应符合下列规定：
 - a) 对于工业建筑场所及不突出结构观赏性场所、吊顶上方及其他隐蔽部位、等效曝火时间大于 1.00 h 的屋盖结构构件均应使用非膨胀型防火涂料，其他场所和部位的屋盖结构构件宜使用非膨胀型防火涂料，突出结构观赏性场所、等效曝火时间不大于 1.00 h 的屋盖结构构件可使用膨胀型防火涂料；
 - b) 支座或锚固部位宜优先采用预制化程度较高的包覆法干作业防火保护；当支座或锚固部位暴露于 0℃以下环境或相对湿度大于 80%、小于 20%环境时间大于全年的 1/3 时，宜选用外包湿作业防火保护；
 - c) 对于自身耐锈蚀或通过处理满足耐锈蚀要求的金属结构、木结构屋盖构件、节点或连接部位以及支座或锚固部位，可使用自动喷水系统防火保护；对于混凝土结构屋盖，不应使用喷水防火保护；
 - d) 不应采用向构件内注水或其他液体冷却保护等导致火灾前后屋盖结构或屋面系统自重增减突变的保护方案。
- 8.2.2 确定建筑空间结构构件防火保护材料组合使用方式应符合下列规定：
 - a) 膨胀型防火涂料不宜与其他防火保护材料组合使用；
 - b) 非膨胀型防火涂料可与防火板组合使用，不宜与其他防火保护材料组合使用。当非膨胀型防火涂料与防火板之间存在空腔时，应折减计算组合使用的耐火隔热效果，但按实际组合使用方式及固定关系通过国家质检机构耐火性能检验的除外；

c) 防火棉毡应与防火板组合使用，且应界面接触密实。

8.3 公共建筑屋盖结构保护范围

8.3.1 当建筑空间结构下方垂直净距不小于 6.0 m 的小室房间采用不燃性实体屋面并达到 1.50 h 耐火极限，且确定实体屋面向上投影范围内屋盖结构不在小室房间占地区域外设定火灾场景的高温影响区内时，向上投影范围内屋盖结构构件可不采取防火保护。

8.3.2 当大空间场所内地面的部分区域不存在可燃物或不存在引起火灾的使用功能，且确定部分区域向上投影范围内的建筑空间结构不在此区域外设定火灾场景的高温影响区内时，向上投影范围内屋盖结构构件可不采取防火保护。

8.3.3 屋面封闭且内部地面面积不大于 2000 m² 的大空间场所，当燃烧物在设定火灾的稳定燃烧阶段热释放速率不大于 5.0 MW 时，与燃烧物表面净高 8.0 m 以上的钢空间网格结构构件或 10.0 m 以上的铝合金、木空间网格结构构件可不采取防火保护。

8.3.4 位于与大空间场所第 I 类空间结构连接可靠且满足 0.75 h 耐火极限不燃性装饰吊顶上方的屋盖结构构件可不采取其他防火保护，单片吊顶的边长或直径不应小于 6.0 m。

9 防火构造

9.1 构造要求

9.1.1 采用膨胀型防火涂料保护第 I 类空间结构构件时，涂覆厚度不应小于 1.5 mm；采用非膨胀型防火涂料保护第 I 类空间结构构件时，涂覆厚度不应小于 15.0 mm。

9.1.2 防火棉毡与防火板材组合使用时，宜根据构件尺寸将防火棉毡平整预制填塞于轻钢龙骨内，再将轻钢龙骨与防火板材固定。对于各种截面构件，均应同时确保防火棉毡与构件外表面贴紧、防火棉毡与防火板间填塞密实。

9.1.3 防火板材宜先通过自攻螺钉固定于轻钢龙骨，再平面对接或直角顶接。螺钉距离板边缘不应小于 18.0 mm，钉头宜沉入板内 1.0 mm ~ 1.5 mm 且应使用防火腻子或耐火胶封堵抹平钉孔。平面对接或直角顶接处拼缝宽度不应大于 3.0 mm，且应使用防火腻子或耐火胶嵌缝封堵。

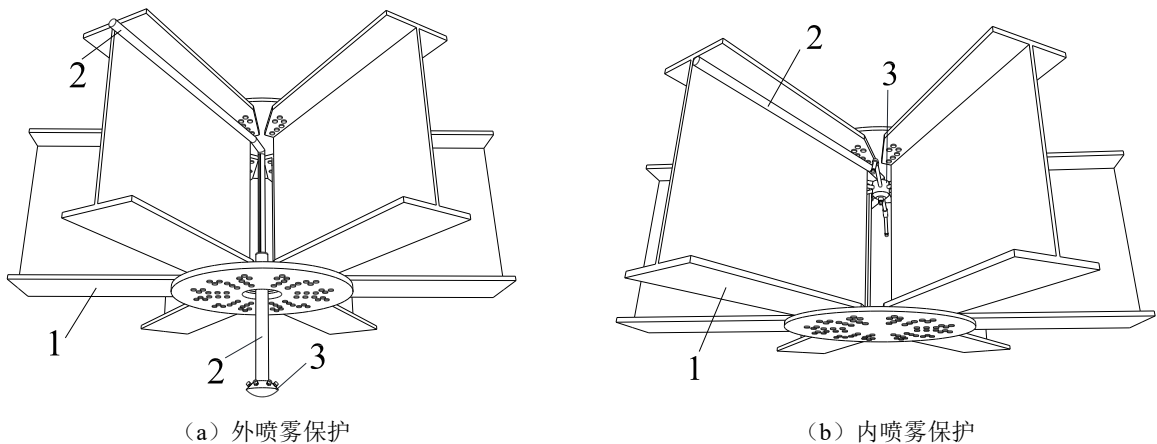
9.1.4 木结构屋盖节点螺栓组件末端宜沉入所连接的木构件内且不小于 15.0 mm，并应使用防火腻子填塞密实找平。

9.2 构造样式

9.2.1 当采用现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 附录各类建筑构件的燃烧性能和耐火极限中列举的特定耐火极限防火构造样式对第 I 类空间结构构件进行保护时，可不采取构件防火保护设计。

9.2.2 采用防火涂料、防火板材、防火棉毡及相互组合对大空间场所钢结构屋盖构件、下部单柱、平面框架构件进行防火保护的构造样式应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。

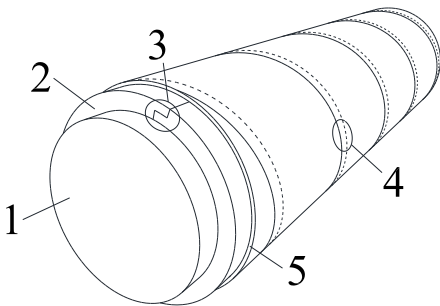
9.2.3 使用自动喷水系统对铝合金板式节点网壳结构屋盖采取防火保护的构造样式宜按图 1 选用，水雾喷头的启闭及流量控制可通过对板式节点温度或节点域近屋面空间温度监测采取分级自动响应。



标引序号说明：1 — 板式节点；2 — 管路；3 — 水雾喷头

图1 自动喷水系统保护铝合金板式节点构造示意图

9.2.4 使用包覆法对索结构屋盖中钢索索体采取防火保护的基本构造样式宜按图 2 选用，防火棉毡的压层宽度不宜小于 15.0 mm，且螺旋缠绕防火布毡的压层宽度不宜小于 20.0 mm，可在防火布毡表面增加其他耐火隔热及加强紧固构造。



标引序号说明：1 — 钢索索体；2 — 防火棉毡；3 — 棉毡压层；4 — 布毡压层；5 — 防火布毡

图2 包覆法保护钢索索体构造示意图

9.3 公共建筑气承式膜结构

9.3.1 气承式膜结构内可燃物与膜面间垂直净距不应小于 4.0 m，设计使用人数大于 40 人时，膜面支承边界距人员活动平台垂直净距不应小于 3.0 m。

9.3.2 人员密集场所内应至少沿装有疏散门的墙边设置向两侧延伸的疏散缓冲区，并应符合下列规定：

- a) 疏散缓冲区水平投影面积不应小于 0.25 m²/人，宽度不应小于 1.2 m，应于区域内外交界地面设置明确分隔标识；区域内严禁放置可燃物，地面不应设置补风口、排风口；
- b) 疏散缓冲区上部应设不燃性实体支护结构且耐火极限不应低于 1.00 h 并应担负坍塌膜面重量。支护结构朝向室内的前端边沿应设置连续指示标识，且紧急状态下应为室内提供疏散照明；
- c) 疏散缓冲区应采取避免火灾烟气侵入区域内及区域内人员受到焰体辐射侵害的措施；
- d) 矩形平面场所位于两长边的疏散缓冲区间距不应大于 50.0 m，圆形平面场所围绕周边的疏散缓冲区间距不应大于 60.0 m，且疏散设计均应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定；

- 9.3.3 气承式膜结构场所内的疏散指示标识、应急广播系统应与火灾报警联动或手动启动，指引室内人员进入疏散缓冲区并继续有序疏散至户外。
- 9.3.4 火灾探测器报警后，回风系统应联动关闭，机械单元应切换至以事故内压为目标的持续运行状态且应对场所内采取不超过事故内压的措施。
- 9.3.5 火灾探测器报警后 150 s 内应确保疏散门全部向户外开启，且应确保内部使用人员可以自行开启。应配置动作状态下利于维持气承式膜结构工作内压的疏散门系统。
- 9.3.6 气承式膜结构建筑户外应具备使人员安全疏散至距膜面支承边界 4.0 m 以外宽敞地带的条件并应配备户外夜间应急照明。
- 9.3.7 气承式膜结构建筑室外附属机电设备应采取不燃性防火遮罩且应与膜面支承边界保持不小于 3.0 m 的水平净距，不足时应增设不燃性竖向连续防火分隔。附属机电设备起火时，相连的地下风道应自动关闭。
- 9.3.8 气承式膜结构的膜面与有外立面开口的相邻建筑间的防火间距应在现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定基础上增加 3.0 m，或应在靠近室外膜面部位采用高度高于相邻建筑外立面开口上沿 1.0 m 以上的不燃性竖向连续防火分隔。
- 9.3.9 气承式膜结构场所内独立小室房间与膜面垂直净距不应小于 6.0 m 并应采用耐火极限不低于 1.50 h 的不燃性实体屋面和洞口挑檐，且挑檐向洞口两侧延伸不应小于 0.2 m、宽度不应小于 0.5 m，其他构件的耐火极限要求应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。
- 9.3.10 支承气承式膜结构边界的小室房间面向膜结构场所内的立面应采用耐火极限不低于 2.00 h 的不燃性竖向防火分隔构件。
- 9.3.11 对于场所使用功能使内部人员无法全部位于地面的气承式膜结构，应在跨内设置膜面坍塌支护装置并应配备应急避险自救工具。支护装置可与室内其他构筑物共建，高度距上方膜面宜为 2.0 m~3.0 m，且应具备下穿地面排烟、补风以及应急照明功能。
- 9.3.12 设置于气承式膜结构场所外墙的窗应满足 800 Pa 内压下的气密性和面外抗压能力要求。

9.4 其他膜结构

- 9.4.1 使用主动熔断破裂实现排烟的气枕单元时，应符合下列规定：
- 加热丝应压紧于气枕单元固定边框内，且可预制于膜材层间；
 - 加热丝应围绕气枕单元周边连续设置，且应预留气枕单元一角部作为膜面材料熔断破裂后提吊端；
 - 除预留的提吊端外，气枕单元不大于 45° 夹角的端部应增加膜面配重辅助熔断破裂；
 - 在最低服役环境温度下，气枕单元自动熔断破裂响应时间不应大于 60 s，且应提供国家质检机构出具的检验报告。
- 9.4.2 整体张拉式膜结构桅杆、柱底端应设置限位装置等防倒塌措施。
- 9.4.3 索系支承式膜结构应采取安全防护措施，确保火灾下张紧膜面局部破裂后屋盖结构自平衡体系不连续失效，且剩余屋盖结构不应降至人员活动平台以上 2.2 m 高度处。
- 9.4.4 临时搭建于大空间场所内的膜结构方舱，结构选型及构造应有利于维持火灾中自身稳定，应搭建于场所内地面，舱体高度不应大于 3.5 m，与场所内原非不燃性固定设施间距不应小于 4.0 m，且应结合舱体使用功能评估火灾危险性、规划应急逃生路线并标识，并应在贴邻火灾危险性较大的舱体外设置临时不燃性竖向连续防火分隔且高度应大于舱体高度 1.0 m 及以上。

9.4.5 工业建筑气承式膜结构附属的物料运输、装卸压力过渡室不宜布置于膜结构水平投影范围内。压力过渡室的楼板、墙体及与膜结构大空间场所共同保压的卷帘均应满足 1.00 h 耐火极限要求。卷帘应确保发生火灾后即时动作，使压力过渡室内的火灾不发生蔓延。

10 施工与验收

10.1 防火保护施工现场消防安全应符合现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 的有关规定，施焊作业点周围严禁存放可燃物。

10.2 工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构构件防火保护施工技术文件对施工质量要求不应低于本文件的规定。

10.3 设计单位应向施工单位及监理单位做技术交底，内容应包括项目特点、防火要点、防火保护材料、防火保护部位、质量关键控制点等，并提供相应记录表模板及填写说明。

10.4 防火保护分项工程施工单位应根据设计技术文件制定施工工艺流程文件，内容应包括施工环境条件、质量控制点保障措施、施工程序步骤、养护条件等，并组织施工文件评审及工艺流程演示且应获得监理单位书面认可。

10.5 监理单位应对照设计技术文件及产品出厂说明书对进场防火保护材料实施检查，严禁使用进场检验不合格的产品。进场检查判定为不合格的条件应符合下列规定：

- a) 外观：防火板材出现孔洞、裂痕、泛出物、翘曲，岩棉呈现碎絮状、纤维不连续，指压瘫软；
- b) 含水率：防火板材和防火棉毡受潮或含水率超出产品出厂说明书；
- c) 容重或密度：防火板材和防火棉毡的实际容重或实测密度低于设计要求；
- d) 产品说明及检验报告：涂料产品信息遗漏、失效，持有非同批次有效耐火性能检验报告。

10.6 对于国家标准《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156—2021 中第 B.0.1 条和 B.0.2 条规定的重要公共建筑中第 I 类空间结构构件使用的防火涂料、防火板材和防火棉毡应开展进场耐火隔热性能见证检验。

10.7 监理单位应对照设计技术文件及时控制防火保护施工过程质量，并应包括下列要点：

- a) 施工工序是否符合施工工艺流程；
- b) 防火板材、防火棉毡的固定和连接部位是否满足封堵要求；对于平面对接或直角顶接的防火板材，嵌缝防火腻子或耐火胶与两侧板面是否牢固粘接；
- c) 防火涂料涂覆完工后的厚度及表面是否满足设计要求；膨胀型防火涂料成型表面的裂纹宽度不应大于 0.3 mm，且一个节点或构件在 1.0 m 长度内裂纹不应多于 1 条，并应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定；
- d) 施工和养护完成后，防火保护材料实际厚度平均值与设计值的允许偏差，非膨胀型防火涂料和防火板材应为±10%，膨胀型防火涂料应为±5%；任意 10m² 区域内防火保护材料的最大和最小厚度与平均值间允许偏差不应超过 10%。

10.8 防火保护材料一致性验收应包括下列要点：

- a) 阶段性验收中，应对使用的防火涂料现场抽样，送交国家质检机构开展耐火性能委托检验，并将检验报告与材料供应商提供的耐火性能检验报告进行耐火极限一致性判别，相对偏差在-10%以内可认为合格。每批次产品抽样不应少于 1 件；
- b) 阶段性验收中，使用的防火棉毡应现场抽样、观察外观、测试含水率和容重，并与技术文件进行一致性判别，可根据需要开展耐火隔热性能见证检验。每批次产品抽样不应少于 1 件；
- c) 完工验收中，对已安装防火板材应原位取样，并就板材材质、容重、厚度与技术文件进行一致性判别。可根据需要开展耐火隔热性能见证检验。

11 维护与管理

11.1 使用维护

11.1.1 对于工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构构件，采用防火涂料保护的应每 3 年进行一次检查维护，采用防火板材和防火棉毡保护的应每 5 年进行一次检查维护；当遭遇地震、火灾爆炸等意外灾害、事故后应检查维护。

11.1.2 对于判定失去耐火隔热性能的防火保护材料和构造及发生部位应由日常消防安全责任人记录，并按计划安排更换。当使用不同防火保护材料、不同施工工艺时，应重新设计并组织专业施工。

11.1.3 对于丙类及以上工业建筑、国家标准《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156 – 2021 中第 B.0.1 条和 B.0.2 条规定的重要公共建筑和一类保护物建筑特殊空间结构屋盖，根据建筑使用功能必须连续生产或运营时，应对屋盖结构至少每 10 年进行一次耐火性能评估；或结合建筑改扩建、大空间场所使用功能转变、重大赛事用途等对既有特殊空间结构屋盖进行评估，且均应采取消防安全专项论证。

11.1.4 气承式膜结构建筑补风、防烟系统维护保养周期不应超过 2 个月，其他消防设施的维护保养应符合具体产品标准的有关规定，且应有效维持消防系统的联动工作状态。

11.2 服役现状检查

11.2.1 对于保护第 I 类空间结构构件的膨胀型防火涂料，当一个节点或构件在 1.0 m 长度内涂料表面出现 2 条及以上大于 0.5 mm 的裂纹或 2 处及以上起层、发泡、脱落、局部变色、粉化时，应判定已失去耐火隔热性能。

11.2.2 对于保护工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构构件的非膨胀型防火涂料，当一个节点或构件在 1.0 m 长度内涂料表面出现 2 条及以上大于 1.2 mm 的裂纹或 2 处及以上起层、发泡、脱落、局部变色、粉化时，应判定已失去耐火隔热性能。

11.2.3 对于保护支座或锚固部位的防火板材，当拼缝宽度增加到 5.0 mm，嵌缝封堵材料与一侧或两侧板材粘接失效，或某一边缘出现 2 处及以上板材沿钉孔脱出时，应判定已失去耐火隔热性能。

11.2.4 对于保护支座或锚固部位的防火棉毡，当棉毡在受潮或重力作用下发生坍塌致使棉毡之间的拼缝敞开至 8.0 mm 时，应判定已失去耐火隔热性能。

11.3 防火管理

11.3.1 消防安全管理应及时了解屋盖结构构件防火保护服役现状、大空间场所使用功能现状及业态种类，应检查日常维护记录、指导建筑管理方整改消除屋盖结构火灾安全隐患。

11.3.2 膨胀型防火涂料的膨胀倍数现场测试应符合现行行业标准《消防产品现场检查判定规则》XF 588 的有关规定，并应据此判定膨胀型防火涂料服役现状且作为管理、维护依据。

11.3.3 屋盖结构防火检查应配备的工具包括照相机、垂直度测定仪、多功能坡度测量仪、激光测距仪、测厚仪、破拆取样工具、衡器、回弹仪、碳化深度测定仪，同时宜配备具有裂纹扫描、材质智能识别等功能的专业化装备。

12 评估与修复

12.1 一般规定

- 12.1.1 灾害事故后，建筑空间结构耐火性能评估应包括构件防火保护和防火构造性能评估、整体屋盖结构及构件剩余或加固后耐火承载能力复算。
- 12.1.2 对于灾害事故后仅有防火保护轻微损坏并经简单修复还原、整体屋盖结构及构件经权威检测部门鉴定无损伤、建筑场所使用功能未发生改变的屋盖结构可不进行剩余耐火承载能力复算。
- 12.1.3 简单修复过程中变更防火保护材料及构造时，应确保耐火隔热性能不降低，可根据需要开展耐火隔热性能见证检验。
- 12.1.4 对于灾害事故后防火保护严重损坏、整体屋盖结构及构件需采取加固措施、建筑场所使用功能发生改变的屋盖结构应进行剩余或加固后耐火承载能力复算。
- 12.1.5 经耐火承载能力复算判定耐火性能失效的第Ⅰ类空间结构，应对设定火灾场景下高温影响区内构件、节点或连接部位等采取防火保护修复设计，并应重新评估屋盖结构实际耐火时间，直到满足本文件式（7）的要求为止后再进行构件防火保护修复施工。修复的第Ⅰ类空间结构还应满足规定的防火构造。

12.2 损坏程度评估

12.2.1 火灾后防火保护材料及构造损坏程度的判别应符合表6的规定。

表6 典型防火保护材料及构造的损坏程度判别依据

防火保护 材料名称	损坏程度及主要痕迹现象*	
	轻微损坏	严重损坏
膨胀型 防火涂料	涂料表面刚出现膨胀发泡	涂料已完全膨胀发泡，局部从构件表面脱落
非膨胀型 防火涂料	涂料表面刚出现硬化及致密裂纹	涂料表面仍有致密裂纹，厚度方向已完全板结，边角部位出现局部通缝或脱落，手持呈砂质状
防火纸面 石膏板	纸面烧焦变黑、发生龟裂，板材受火面有石膏露出但相对完好，有潮湿痕迹	板材受火面已全无纸面，石膏呈蜂窝状开裂，已大面积脱落或经轻微振动即可脱落，板材已从大量钉孔脱出
玻镁板	板材受火面无明显变化，指压尚坚硬，轻敲声脆	板材受火面略微起鼓、颜色纯白至黑灰，轻微指压即可穿透；板材之间拼缝宽度增加到 5.0 mm，嵌缝封堵材料与一侧或两侧板材粘接失效
纤维增强型 硅酸钙板	板材受火面无明显变化或颜色轻微变灰，指压坚硬，轻敲声脆	板材受火面明显起鼓、颜色发白，沿钉孔出现明显裂纹并向板中心延伸，碎板块坚硬；板材之间拼缝宽度增加到 5.0 mm，嵌缝封堵材料与一侧或两侧板材粘接失效
硅酸铝棉	颜色由白向深灰发展，表层略微硬化	颜色变为纯白，硬化厚度达到 70%
岩棉	表面出现较薄硬化层，内层棉絮尚软，颜	表面出现密集的孔洞，颜色偏灰及橘黄，厚度方向变薄

	色向灰黄转变	可达 30%，且凹凸不平，局部已硬化或粉化
注：*主要痕迹现象为定性描述，根据需要可进行原位取样并开展耐火隔热性能见证检验。		

12.2.2 风灾、地震灾害后典型防火保护材料及构造的损坏程度判别应符合本文件第 11.2.1 条 ~ 第 11.2.4 条的规定。

12.2.3 受水浸泡的防火板材、防火棉毡应拆除，宜使用原性能材料和施工工艺重新施工。受水浸泡时间小于 6.0h 的防火涂料，涂层出现起层、发泡、脱落现象应拆除，反之则应判定耐火隔热性能仍满足。

12.3 防火保护修复

12.3.1 工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构的加固部位应进行防火保护修复设计，应根据加固材料高温特性确定附加温度判定准则以辅助评估屋盖结构实际耐火时间。

12.3.2 火灾后不同损坏程度的防火保护材料及构造的处理和修复宜符合表 7 的规定。

表7 典型防火保护材料及构造的处理和修复

损坏程度	处理方式	适用防火保护材料
轻微损坏	更换防火保护材料，进行修复施工并满足规定的防火构造	膨胀型防火涂料 非膨胀型防火涂料 防火纸面石膏板 硅酸铝棉 岩棉
	无需处理及修复	玻镁板 纤维增强硅酸钙板
严重损坏	逐一观察并清除严重损坏层防火保护材料，判断是否存在轻微损坏层；必要时进一步依据结构鉴定以及加固结果，采取屋盖结构耐火承载能力复算后进行构件防火保护修复	防火纸面石膏板 玻镁板 纤维增强硅酸钙板 硅酸铝棉 岩棉
	清除全部防火保护材料，进一步依据结构鉴定以及加固结果，采取屋盖结构耐火承载能力复算后进行构件防火保护修复	膨胀型防火涂料 非膨胀型防火涂料

12.3.3 火灾后判定为无需处理的防火板材，当识别出曾暴露于火场的高温影响区时，应对板间嵌缝防火腻子或耐火胶进行修复施工，并应满足规定的防火构造。

附 录 A
(规范性)

第 II 类空间结构失效判别方法

- A.1 第 II 类空间结构的人员安全疏散及灭火救援需求时间应计入火灾报警时间、人员响应时间、进入疏散缓冲区的行走时间及灭火救援需求时间等因素，并应计入保证系数。
- A.2 第 II 类空间结构的人员安全疏散及灭火救援可用时间应自火灾发生起至半数疏散门开启情况下，膜面任意点坍塌至人员活动平台以上 2.2 m 高度处止。
- A.3 第 II 类空间结构的人员安全疏散及灭火救援的可用时间与需求时间应满足下式要求，当不满足时应减少场所内可燃物或对可燃物采取不燃性遮罩等防火措施：

$$t_s \geq \mu_T t_n \dots\dots\dots(8)$$

式中： t_s ——人员安全疏散及灭火救援可用时间（s）；
 μ_T ——需求时间保证系数，不应低于 1.2；
 t_n ——人员安全疏散及灭火救援需求时间（s）。

附 录 B
(规范性)
典型建筑钢索涉及高温性能

B.1 钢索及钢丝短时热暴露下力学性能折减系数参考值应符合表 B.1 的规定。

表B.1 钢索及钢丝短时热暴露下力学性能折减系数

暴露温度（℃）	弹性模量	0.2%残余应变下 规定塑性延伸强度	抗拉强度
常温	1.000	1.000	1.000
100	0.960	0.940	0.980
200	0.920	0.840	0.900
300	0.830	0.680	0.710
400	0.640	0.470	0.430
500	0.370	0.220	0.200
600	0.160	0.074	0.070
700	0.060	0.026	0.025
800	0.040	0.021	0.020

B.2 钢索及钢丝短时热暴露后力学性能折减系数参考值应符合表 B.2 的规定。

表B.2 钢索及钢丝短时热暴露后力学性能折减系数

暴露温度（℃）	弹性模量	0.2%残余应变下 规定塑性延伸强度	抗拉强度
常温	1.00	1.00	1.00
100	△*	1.00	△
200	△	0.98	1.00
300	△	0.95	0.98
400	△	0.86	0.87
500	△	0.70	0.59
600	△	0.53	0.39
700	△	0.36	0.33
800	△	0.27	△
900	△	0.25	△
1000	1.00	0.25	0.33
注：*△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下结果。			

附录 C
(规范性)
典型建筑铝材涉及高温性能

C.1 牌号为 6061-T6、6082-T6 的建筑铝材短时热暴露下力学性能折减系数参考值应符合表 C.1 的规定。

表C.1 6061-T6、6082-T6 建筑铝材短时热暴露下力学性能折减系数

暴露温度 (℃)	6061-T6			6082-T6		
	弹性模量	0.2%残余应变下 规定塑性延伸强度	抗拉强度	弹性模量	0.2%残余应变下 规定塑性延伸强度	抗拉强度
常温	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
100	0.964	0.948	0.910	0.927	0.881	0.811
150	0.917	0.898	0.839	0.883	0.774	0.792
200	0.859	0.766	0.690	0.832	0.645	0.745
250	0.780	0.468	0.446	0.780	0.374	0.585
300	0.679	0.255	0.257	0.679	0.199	0.393
350	0.539	0.099	0.125	0.539	0.109	0.261
400	0.399	0.065	0.065	0.399	0.082	0.127
450	0.267	0.040	0.042	0.267	0.056	△*
500	0.132	0.016	0.017	0.132	0.026	0.046
550	0	—	—	0	—	—

注：*△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下结果。

C.2 牌号为 6061-T6、6082-T6 的建筑铝材短时热暴露后力学性能折减系数参考值应符合表 C.2 的规定。

表C.2 6061-T6、6082-T6 建筑铝材短时热暴露后力学性能折减系数

暴露温度 (℃)	6061-T6			6082-T6		
	弹性模量	0.2%残余应变下 规定塑性延伸强度	抗拉强度	弹性模量	0.2%残余应变下 规定塑性延伸强度	抗拉强度
常温	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
100	△*	0.969	0.973	△	△	△
150	△	△	△	△	1.000	1.000
200	△	0.962	0.976	△	0.967	0.962
250	△	1.000	0.970	△	0.817	0.851
300	△	1.000	0.964	△	0.459	0.597
350	△	0.778	0.733	1.000	0.244	0.469
400	△	0.560	0.622	0.285	0.143	0.389
450	△	0.171	0.423	0.691	0.139	0.408
500	△	0.261	0.459	0.910	0.397	0.704
550	1.000	0.292	0.562	—	—	—

注：*△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下结果。

参 考 文 献

- [1] Y. Du, G.-Q. Li. A new temperature-time curve for fire-resistance analysis of structures, *Fire Saf. J.* 54(11) (2012) 113-120.
- [2] L. Yin, Z.-P. Ni, F. Fan, P.-F. Qiu, Q. Kan, Y.-W. Ou-yang, Temperature field characteristics of cylindrical aluminum alloy reticulated roof system under localized fire, *Fire Saf. J.* 121(5) (2020) 103267.
- [3] W. Chen, J.-H. Ye, X.-Y. Li, Thermal behavior of gypsum-sheathed cold-formed steel composite assemblies under fire conditions, *J. Constr. Steel Res.* 149 (2018) 165–179.
- [4] 尹亮, 倪照鹏, 范峰, 叶继红. 6061-T6 铝合金力学性能试验研究, *建筑结构学报* 44(8) (2023) 196–206.
-