

ICS 13.220.20、13.220.10

CCS C 82、C 85

XF

中华人民共和国消防救援行业标准

XF/T XXXX—20XX

特殊空间结构建筑消防安全技术要求

Technical requirements for fire safety in buildings with special spatial structures

（报批稿）

（此稿完成时间：2026 年 6 月）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家消防救援局 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 评估提升基本规定 2

5 材料特性 4

6 性能验算 6

7 防火保护 7

8 防火构造 8

9 维护与管理 10

10 灾后防护修复 12

11 救援处置 13

附录 A（资料性）防火保护和防火构造的可恢复性评估方法 15

附录 B（规范性）第 II 类空间结构耐火功能评估 19

附录 C（资料性）典型建筑钢索涉及高温力学性能 20

附录 D（资料性）典型建筑铝材涉及高温力学性能 21

附录 E（资料性）典型防火板材、防火棉毡高温热工性能 22

附录 F（资料性）荷载及作用效应组合的最不利工况确定 24

附录 G（资料性）建筑火灾防次生爆炸事故安全评估 26

参考文献 31

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。

本文件由国家消防救援局提出。

本文件由全国消防标准化技术委员会建筑消防安全工程分技术委员会（SAC/TC113/SC13）归口。

报批稿

特殊空间结构建筑消防安全技术要求

1 范围

本文件规定了特殊空间结构建筑的消防安全评估及提升方法、维护管理要求、灾后防护修复和救援处置。

本文件适用于使用特殊空间结构的工业与公共建筑。

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 50009 建筑结构荷载规范
GB 50016—2014（2018年版） 建筑设计防火规范
GB 50156—2021 汽车加油加气加氢站技术标准
GB 51249—2017 建筑钢结构防火技术规范
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

特殊空间结构 **special spatial structure**

覆盖有建筑大空间场所的屋盖及自延伸下部支承结构，包括空间网格结构、膜结构、索结构、薄壳结构、排架结构、刚架结构、库架一体结构等及其相互组合。

3.2

大空间场所 **large space site**

内部空间特殊空间结构屋盖水平投影面积不小于500 m²、可燃物表面或楼地面与屋盖结构垂直净距不小于6.0 m、设定火灾场景为可持续燃料控制型局部火灾的场所。

3.3

空间网格结构 **space latticed structure**

由按一定规律布置的杆件、构件通过节点连接构成的空间结构，包括网架、曲面型网壳和桁架等，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%。

[来源：JGJ 7—2010，2.1.1，有修改]

3.4

膜结构 **membrane structure**

由膜材和其他构件组成的空间结构，包括整体张拉式、索系支承式、骨架支承式、充气式等，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%。

3.5

索结构 cable structure

由拉索作为主要受力构件形成的预应力结构体系空间结构，包括悬索结构、斜拉结构、张弦结构和索穹顶等，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。

[来源：JGJ 257—2012，2.1.3，有修改]

3.6

小室房间 common size room

建筑面积为 $20\text{ m}^2 \sim 80\text{ m}^2$ 、房间净高为 $2.6\text{ m} \sim 3.5\text{ m}$ 、可燃物及通风条件容易形成轰燃火灾的房间。

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°C 的屋面区域。

3.9

防爆单元 explosion control unit

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

3.10

设计耐火时间 design fire resistance rating

火灾模拟试验的设定火灾场景中，建筑空间结构及其子结构、构件从受到火的作用时起，能够持续保持承载能力、耐高温能力或安全疏散能力等的设计预期时间，用小时或分钟表示。

4 评估提升基本规定**4.1 一般规定**

4.1.1 特殊空间结构屋盖的耐火性能评估应包括整体屋盖结构及构件耐火承载能力验算、构件防火保护和防火构造性能校核。

4.1.2 特殊空间结构建筑的防爆性能评估应包括防止形成爆炸条件措施性能校核、泄压设施功能校核、防爆单元整体结构及构件抗爆承载能力验算、构件抗爆防护和防爆构造性能校核。

4.1.3 特殊空间结构耐火、防爆安全评估应适用于下列情形：

- 屋盖结构的耐火性能在长期使用中退化或受到非破坏性灾害事故影响，且屋盖结构需要继续使用；
- 建筑场所用途改变、既有防爆单元功能退化，威胁屋盖结构消防安全；
- 具有固定使用人群的临时屋盖结构。

4.1.4 特殊空间结构建筑的防火、防爆安全评估及提升应基于特定性能目标。

4.1.5 涂覆或包覆于特殊空间结构构件的防火保护和防火构造，应具备适应受保护构件弹性变形和振

动的可恢复性，评估方法宜参照附录 A 的规定。

4.2 工业建筑

4.2.1 工业建筑特殊空间结构满足下列情况时，结构消防安全评估可仅对构件进行验算、校核。

- 工业建筑中的空间网格结构以及排架结构、刚架结构、库架一体结构的屋盖部分耐火性能符合屋顶承重构件的耐火极限规定。
- 工业建筑中库架一体结构连接于仓库外墙的货架以累计层高不大于 6.0 m 水平向设置与仓库外墙直接连接的不燃性防火隔层，仓库外墙、水平向防火隔层、防火隔层所连非货架柱竖向支撑的耐火性能分别符合防火墙、楼板、柱的耐火极限规定。
- 有爆炸危险的单层工业建筑采用排架结构、刚架结构或采用空间网格结构屋盖。
- 储存丙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整体划分为防爆单元，在屋面或顶盖设置泄压设施，外墙或筒壁构件满足抗爆要求且以高度间隔不大于 6.0 m 设置水平环绕的拉结加强措施。

4.2.2 排架结构或刚架结构的甲、乙、丙类厂房、仓库建筑中，可在火灾危险性较大区段的屋面及纵向外墙上设置围护结构应急破拆带且应具备外部破拆所需场地条件。破拆带间应以 50.0 m 为边缘间隔沿建筑纵向设置。单条破拆带在建筑纵向的宽度不应小于 2.0 m，位于屋面的长度不应小于屋面横跨长度的 1/3，且构造应易于外部灭火救援破拆，并应设置易于室外识别的永久性明显标志。

4.2.3 使用空间网格结构、排架结构、刚架结构的甲、乙类厂房和仓库建筑应具备火灾时屋盖结构坍塌变形监测功能，可在屋面关键部位通过近屋面空间温度探测设施进行监测，且可在近柱顶和屋盖结构跨内分别通过横向和竖向等变形探测设施进行监测。

4.3 公共建筑

4.3.1 公共建筑特殊空间结构基于耐火性能评估采取的安全目标应分为以下两类：

- a) 第 I 类空间结构同时满足人员安全和屋盖结构财产保护目标，包括空间网格结构、索结构、薄壳结构、排架结构和刚架结构；
- b) 第 II 类空间结构满足人员安全目标，包括膜结构在内，除第 I 类空间结构外的其余建筑特殊空间结构。

4.3.2 公共建筑特殊空间结构的耐火功能要求如下：

- a) 对第 I 类空间结构，在设计耐火时间内、各设定火灾场景下，屋盖结构的竖向变形应未达到失效判定准则，构件宜未发生塑性变形；
- b) 对第 II 类空间结构，在人员安全疏散及灭火救援需求时间内、各设定火灾场景下，屋盖结构坍塌不应引起人员受到伤害。

4.3.3 公共建筑特殊空间结构耐火功能评估的实施应符合下列要求：

- 第 I 类空间结构通过整体屋盖结构耐火承载能力验算；
- 第 II 类空间结构通过对人员安全疏散及灭火救援可用时间进行预测，并符合附录 B 的规定；
- 校核第 I 类和第 II 类空间结构满足规定的防火构造。

4.3.4 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、影响人员疏散位置、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 类空间结构耐火性能评估的设定火灾场景，应包括场所内排烟系统、灭火系统失效场景。

4.3.5 确定设定火灾时，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，且总时长不应小于 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。

4.3.6 公共建筑大空间场所设定火灾的增长阶段应按 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，并可参照 GB 51251 的有关规定。

4.3.7 公共建筑中的空间网格结构已符合屋顶承重构件耐火极限规定时，应判定为耐火功能符合 4.3.2 a) 的规定，可仅进行构件防火保护和防火构造性能校核。

4.3.8 公共建筑中的空间网格结构进行耐火性能评估时,在各设定火灾场景中及相应设计耐火时间的任意连续 20 s 内,燃烧物正上方构件周围的烟气温度均值,对于钢构件不超过 300℃、铝合金构件不超过 150℃,应判定为耐火功能符合 4.3.2 a) 的规定。

4.3.9 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公式 (1) 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,单位为摄氏度(℃);

Q ——局部火灾稳定燃烧阶段热释放速率,单位为兆瓦(MW);

H ——燃烧物表面与正上方构件间垂直净距,单位为米(m);

A_{sp} ——大空间场所内地面面积,单位为平方米(m²);

$T_g(0)$ ——起火前场所环境温度,单位为摄氏度(℃)。

4.3.10 公共建筑中的第 I 类空间结构屋盖,同时覆盖大空间和非大空间场所时,非大空间场所屋盖部分及场所间承重或非承重耐火垂直分隔构件耐火性能评估使用的升温曲线,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耐火垂直分隔构件,屋盖结构构件穿透耐火垂直分隔构件的洞口应采用满足相应耐火极限规定的不燃性封堵构造。

4.3.11 公共建筑特殊空间结构满足下列情况时,结构防爆性能评估可仅对构件进行验算、校核。

——位于屋盖结构与楼地面之间的使用天然气场所单独划分为防爆单元。泄压设施设置在防爆单元向上投影的第 I 类空间结构屋盖局部时,泄压面积不小于防爆单元占地,或借助大空间场所外墙设置。

——允许储存含甲、乙类物质生活用物品的第 I 类空间结构公共建筑,在作为防爆单元的小室房间内集中储存,房间使用不燃性实体抗爆水平分隔构件且耐火极限不小于 1.50 h,房间之间使用具有抗爆功能的实体防火墙,泄压设施借助大空间场所外墙设置。

4.4 膜结构

4.4.1 气承式膜结构的建筑高度应按场所内气压稳定时的外膜面或其附属物顶点高度确定,气压值应采用基准工作内压上限值或 400 Pa。

4.4.2 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,消防设施应根据物料、工艺特点配备。当占地超过 13 000 m² 或膜面外附着除索网外的其他附属物时应按有关设计规定提供消防安全分析依据。

4.4.3 公共建筑中的气承式膜结构,使用功能应使人员活动于与疏散门等高的地面,不应用作体育比赛设施。当用于人员密集场所或占地超过 4 000 m² 时应按有关设计规定提供消防安全分析依据。膜面外不准许附着除索网外的其他附属物。

4.4.4 内嵌或覆盖于空间网格结构屋盖且占其面积大于 10% 的气枕或单层膜单元,宜依靠自身火灾受热破裂或主动熔断破裂形成满足面积和分布要求的可燃性采光带。

4.4.5 商业路演以及增建于单、多层建筑屋面的气承式膜结构,当用作临时结构时,应采取与使用功能相匹配的消防安全措施。

4.4.6 遮罩于设置有满均布支护基坑上部的气承式膜结构,在其与基坑共同封闭构成的施工作业空间内,可不限制作业人数,应具备火灾时排烟功能,且应具备起火后 1 min 内将全部作业人员疏散至膜结构外部地面或内部疏散缓冲区的条件。

4.4.7 遮罩于设置有满均布支护基坑上部的气肋式、骨架支承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。

4.4.8 矩形平面气承式膜结构应沿其单侧长边外墙设置消防救援口,中心间距不应大于 30.0 m;圆形平面气承式膜结构应在建筑两相互垂直半径指向的外墙设置消防救援口。消防救援口室内侧上部应设不燃性实体支护结构,宽度不应小于 1.2 m 且耐火极限不应小于 1.00 h。

5 材料特性

5.1 主体结构材料

5.1.1 建筑特殊空间结构耐火性能评估用材料的涉及高温性能、构件规格应计入长期使用环境因素的劣化影响，取值宜参照下列规定且不应高于原设计要求：

- 建筑钢材的高温热工性能，结构钢和耐火钢的高温下弹性模量、屈服强度折减系数参照 GB 51249 的有关规定；
- 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参照 GB 51249 的有关规定；
- 木材有效炭化速率参照 GB 50005 和 GB/T 50708 的有关规定；
- 典型建筑钢索、铝材的短时热暴露下及热暴露后力学性能折减系数分别参照附录 C、附录 D 的规定。

5.1.2 建筑特殊空间结构提升防火性能的结构选材不应低于原设计要求，并要求如下。

- 膜结构选用的膜面材料燃烧性能不应低于 B₁ 级，且燃烧滴落物或微粒等级应为 d0 级，产烟毒性危险级别应为 AQ 级。敷设于膜面内的线缆应采用穿有伸缩镀锌金属管的阻燃线缆且适应膜结构极端天气下的变形。
- 屋面封闭的公共建筑大空间场所，索结构屋盖宜选用封闭索、高钒镀层索、锌铜合金热铸锚，不宜选用聚乙烯（PE）护套索、冷铸锚，有耐火要求的建筑不准许选用巴氏合金热铸锚，使用非钢质索材时应按有关设计规定提供消防安全分析依据。
- 屋面围护板材、保温和防水层材料燃烧性能均不应低于 B₁ 级，且燃烧滴落物或微粒等级均应为 d0 级，产烟毒性危险级别均应为 AQ 级。
- 屋盖结构木构件材料、加固材料的燃烧性能均不应低于 B₁ 级。

5.2 防火保护及抗爆防护材料

5.2.1 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应计入长期使用环境因素的劣化影响，计算宜参照 GB 51249 的有关规定，且取值不应高于原设计要求。

5.2.2 防火板材和防火棉毡的高温热工性能应计入长期使用环境因素的劣化影响，且取值不应高于原设计要求。典型防火板材、防火棉毡高温热工性能可参照附录 E 的规定。

5.2.3 建筑特殊空间结构提升防火性能的构件防火保护和防火构造选材不应低于原设计要求，并要求如下。

- 防火保护材料产烟毒性危险级别应为 AQ 级。
- 防火涂料产品应具有符合相应标准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脱落，且表面裂纹宜呈致密蜂窝状。
- 防火板材、防火棉毡、防火布毡的燃烧性能应为 A 级。
- 防火棉毡实际容重不应小于 120 kg/m³。卷状防火棉毡自一端拎起时应担负 1.5 m 长度自身重量且不发生断裂。
- 不准许使用水泥成分含量大于 70% 的防火板材。

5.2.4 特殊空间结构建筑提升防爆性能的构件抗爆防护和抗爆构造选材不应低于原设计要求，并应采用高吸能、高强度、轻量化的阻燃功能材料。典型抗爆防护材料可参照表 1 选用。

表 1 典型抗爆防护材料

材料种类	材料名称
混凝土	UHPC 混凝土、ECC 混凝土、碱激发混凝土
纤维复合材料	玻璃纤维复合材料、凯夫拉纤维复合材料、碳纤维复合材料
发泡材料	高密度聚氨酯、泡沫铝
多胞材料	铝蜂窝、点阵式多孔材料、折纸类多孔材料、负泊松比材料
涂料	聚脲涂料
注：对于火灾引发次生爆炸场景，由以上材料组成的构件应满足规定的防火性能。	

6 性能验算

6.1 一般规定

6.1.1 在公共建筑大空间场所各设定火灾场景下，应评估高温影响区内的第 I 类空间结构节点或连接部位以及支座或锚固部位不先于被连接构件发生破坏的能力；当不满足时，应对屋盖结构相应部位采取耐火性能提升措施，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原设计要求或 1.00 h。

6.1.2 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的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，试验设计等应符合有关试验方法标准规定，并宜进行专项论证。

6.1.3 整体屋盖结构耐火承载能力验算可采用包括近屋面空间温度场计算、构件内温度场计算、屋盖结构受火行为热力耦合计算等在内的有限元热力耦合分析法。

6.1.4 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进行协同分析。

6.1.5 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耐火性能评估时，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间作为该构件在标准升温曲线下的等效曝火时间。

6.1.6 第 I 类空间结构受火行为有限元热力耦合计算宜进行精细化建模分析，数值模型应计入材料非线性、几何非线性，对特殊连接部位宜计入接触非线性，且应计入屋盖结构金属材料的热膨胀效应。

6.1.7 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。

6.1.8 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并采用炭化前的原始线重量。

6.2 荷载效应与抗力

6.2.1 第 I 类空间结构耐火承载能力验算应采用计入火灾作用的偶然荷载效应组合，并按承载能力极限状态确定，应根据实际情况计入可变荷载种类及量值，包括屋面活荷载、风荷载和雪荷载，对结构材料强度应按不高于原设计要求取值或采用实测确定的标准值。

6.2.2 计算荷载效应和有关系数的取值应符合 GB 50009 和 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宜参照附录 F 的规定。

6.2.3 火灾条件下，无防火保护措施钢构件、铝合金构件、钢索索体的升温计算应符合 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 的钢质拉索，索体温度可直接使用周围高温烟气温度。

6.3 判定准则

6.3.1 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公式(2)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：

$$t_m \geq t_d \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

t_m ——实际耐火时间，单位为秒（s）；

t_d ——设计耐火时间，单位为秒（s）。

6.3.2 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耐火性能提升措施，并应继续评估屋盖结构实际耐火时间，直到满足公式(2)的要求为止。

6.3.3 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能力判定准则应符合表 2 的规定。

表 2 第 I 类空间结构屋盖耐火承载能力判定准则

屋盖结构体系、形态	判定失效条件 (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、悬索结构、张弦结构	屋盖结构任一点挠度达到短向跨度的 1/200	单根索体破坏, 节点、锚固部位破坏, 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	

6.3.4 大空间场所索结构屋盖锚固部位的耐火性能提升应采用附加温度判定准则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, 并应符合下列要求:

- 锌铜合金热铸锚填料临界温度取 250℃;
- 环氧树脂冷铸锚填料临界温度取 150℃。

6.3.5 对于火灾发生后存在次生爆炸可能的特殊空间结构建筑, 防爆安全评估宜参照附录 G 的规定。

7 防火保护

7.1 一般规定

7.1.1 构件防火保护性能校核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。

7.1.2 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校核应符合 GB 51249—2017 中 5.3 和 6.2.2 的规定, 且涂覆厚度不应小于原设计要求或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对应的厚度。

7.1.3 第 I 类空间结构需要采取耐火性能提升措施的构件、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。

7.1.4 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原设计要求且不小于 1.00 h 的防火保护。

7.2 保护方案

7.2.1 确定工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构构件局部耐火性能提升方案应符合原设计要求且因地制宜地兼顾大空间场所用途、美观需求、性能造价比、长期使用可靠性等因素, 其要求如下。

- 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选用非膨胀型防火涂料, 其他场所和部位的屋盖结构构件宜选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 的屋盖结构构件可选用膨胀型防火涂料。
- 支座或锚固部位宜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, 宜采用外包湿作业防火保护。
- 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, 可采用自动喷水系统防火保护。对于混凝土结构屋盖, 不应采用喷水防火保护。
- 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。

7.2.2 建筑特殊空间结构构件局部耐火性能提升用防火保护材料的组合使用方式应符合原设计要求, 并要求如下。

- 膨胀型防火涂料不宜与其他防火保护材料组合使用。

- 非膨胀型防火涂料可与防火板材组合使用，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材之间存在空腔时，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质检机构耐火性能检验的除外。
- 防火棉毡应与防火板材组合使用，且应界面接触密实。

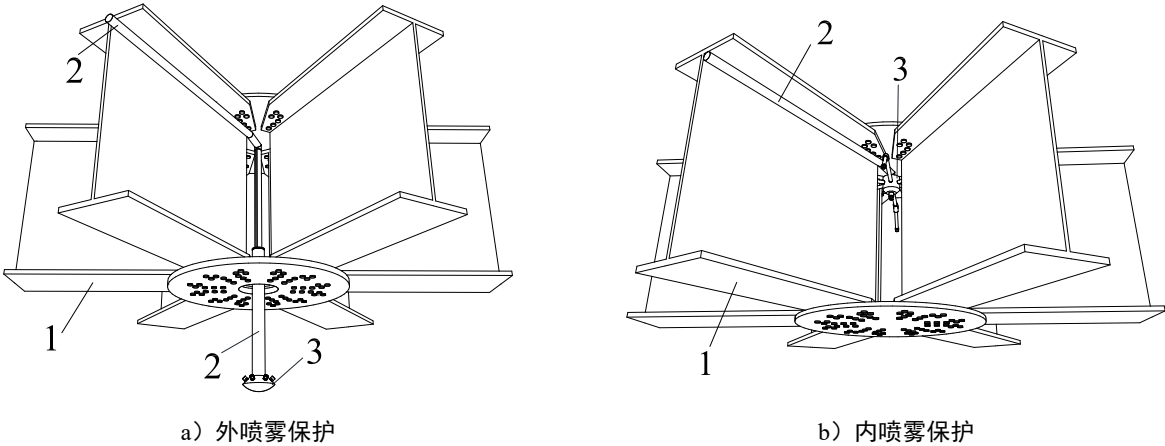
7.3 公共建筑屋盖结构保护

- 7.3.1 当建筑特殊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。
- 7.3.2 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特殊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。
- 7.3.3 屋面封闭且内部地面面积不大于 2 000 m² 的大空间场所，当评估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和 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。
- 7.3.4 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防火保护，单片吊顶的短边或直径不应小于 6.0 m。

8 防火构造

8.1 构造要求及样式

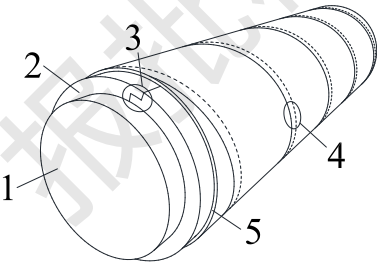
- 8.1.1 当采用 GB 50016 附录各类建筑构件的燃烧性能和耐火极限中列举的相应耐火极限防火构造样式对第 I 类空间结构构件进行保护时，可仅进行构件防护保护和防火构造性能校核。
- 8.1.2 采用防火涂料、防火板材、防火棉毡及其相互组合对大空间场所钢结构屋盖构件、下部单柱、平面框架构件进行局部耐火性能提升的构造样式应符合原设计要求或可参照 GB 51249 的有关规定。
- 8.1.3 建筑特殊空间结构构件局部耐火性能提升的防火构造应符合原设计要求，并要求如下。
- 采用膨胀型防火涂料保护第 I 类空间结构构件时，涂覆厚度不应小于 1.5 mm；采用非膨胀型防火涂料保护第 I 类空间结构构件时，涂覆厚度不应小于 15.0 mm。
 - 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、防火棉毡与防火板材间填塞密实。
 - 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。
 - 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。
- 8.1.4 使用自动喷水系统对铝合金板式节点网壳结构屋盖进行局部耐火性能提升的构造样式宜参照图 1 选用，其水雾喷头的启闭及流量控制可通过监测板式节点温度或节点域近屋面空间温度，采取水量分级自动响应。



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

8.1.5 使用包覆法对索结构屋盖中钢索索体进行局部耐火性能提升的基本构造样式宜参照图 2，其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

8.2 公共气承式膜结构

8.2.1 气承式膜结构内可燃物与内膜面间的垂直净距不应小于 4.0 m，设计使用人数大于 40 人时，膜面在疏散门处的支承边界距人员活动平台的垂直净距不应小于 3.0 m。

8.2.2 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，并要求如下。

- 疏散缓冲区水平投影面积不应小于 0.25 m²/人，向室内宽度不应小于 1.2 m，应于地面设置明显标识，且区域内不准许放置可燃物、地面不应设置补风口或排风口。
- 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小于 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标示疏散缓冲区的连续灯光指示标识，且紧急状态下应为室内提供疏散照明。
- 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。

- 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，且疏散设施均应符合 GB 50016—2014（2018 年版）的有关规定。
- 8.2.3 气承式膜结构场所内的疏散指示标志、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室外。
- 8.2.4 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下工作内压为目标的持续运行状态且应在场所内采取不超过事故内压的措施。
- 8.2.5 火灾探测器报警后 150 s 内应确保疏散门全部向室外开启，且应确保内部人员可以自行开启。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。
- 8.2.6 气承式膜结构建筑室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，并应配备消防应急照明。
- 8.2.7 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。距离不足时，应增加防火遮罩的耐火极限且不应小于 1.00 h。附属机电设备起火时，相连的地下风道应自动关闭。
- 8.2.8 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 GB 50016—2014（2018 年版）的有关规定基础上增加 3.0 m，或应在靠近室外膜面部位设置高出相邻建筑外立面开口上沿 1.0 m 以上的不燃性连续耐火垂直分隔构件且耐火极限不小于 1.00 h。
- 8.2.9 气承式膜结构场所内独立小室房间与内膜面的垂直净距不应小于 6.0 m 并应采用耐火极限不小于 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。
- 8.2.10 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小于 2.00 h 的不燃性耐火垂直分隔构件。
- 8.2.11 对于场所使用功能无法使人员全部活动于与疏散门等高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。
- 8.2.12 设置于气承式膜结构场所外墙的窗应满足 800 Pa 设定内压下的气密性和面外抗压能力要求。
- 8.3 其他膜结构
- 8.3.1 可溶性采光带选用主动熔断破裂气枕单元时，要求如下，且应符合有关试验方法标准规定：
- 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；
 - 在设计最低使用环境温度下，气枕单元主动熔断破裂响应时间不应大于 60 s，且应提供质检机构出具的检验报告。
- 8.3.2 整体张拉式膜结构桅杆、柱底端应设置限位装置等提升火灾条件下防倒塌能力的措施。
- 8.3.3 索系支承式膜结构配备的安全提升措施，应确保火灾条件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。
- 8.3.4 临时搭建于大空间场所内的膜结构方舱应符合下列要求：
- 结构选型及构造有利于维持火灾中自身稳定；
 - 搭建于场所内地面，舱体高度不大于 3.5 m，与场所内原有非不燃性固定设施的间距不小于 4.0m；
 - 结合舱体使用功能进行消防安全评估、规划应急逃生路线并标识；
 - 在贴邻火灾危险性较大的舱体外设置临时不燃性连续耐火垂直分隔构件且耐火极限不小于 1.00 h、高出舱体不小于 1.0 m。
- 8.3.5 工业大空间场所气承式膜结构附属的物料运输、装卸作业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。

9 维护与管理

9.1 使用维护

9.1.1 对于工业建筑屋盖结构和第 I 类空间结构构件，防火涂料保护应每 3 年进行一次检查维护，防火板材和防火棉毡保护应每 5 年进行一次检查维护；当遭遇非破坏性地震、火灾爆炸等灾害、事故后应检查维护。

9.1.2 对于甲、乙、丙类工业建筑、GB 50156—2021 中 B.0.1 和 B.0.2 规定的重要公共建筑 and 一类保护物建筑的特殊空间结构屋盖，应保证至少每 10 年进行一次耐火性能评估；或结合建筑改扩建或改造需求、大空间场所用途改变、重大赛事用途等对既有特殊空间结构屋盖进行评估。

9.1.3 有火灾次生爆炸危险的特殊空间结构工业建筑、GB 50156—2021 中 B.0.1 和 B.0.2 规定的重要公共建筑 and 一类保护物建筑的防爆单元，应保证至少每 10 年进行一次防爆性能评估；或结合防爆单元内扩展既有、新增有爆炸危险使用功能的需要进行评估。

9.1.4 气承式膜结构补风、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有关规定，且应能有效维持消防系统的联动工作状态。

9.1.5 气承式膜结构应以防风灾、雪灾等极端天气的目标工作内压为保压值进行保压性能测试，且应于每年夏初、冬初分别进行，单次设计保压时间不应小于 2.0 h。

9.2 防火管理

9.2.1 建筑产权方、使用方或管理方应及时掌握屋盖结构构件防火保护功能及自身局部锈蚀现状、大空间场所使用功能现状及业态种类，检查日常维护记录并整改消除屋盖结构火灾隐患。

9.2.2 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。

9.2.3 膨胀型防火涂料的膨胀倍数现场测试应符合 XF 588 的有关规定，并应据此判定膨胀型防火涂料功能现状并作为管理、维护的依据。

9.2.4 对于建筑特殊空间结构构件防火保护和防火构造的检查应根据原设计要求或符合下列要求：

- a) 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 条及以上宽度大于 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；
- b) 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 条及以上宽度大于 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；
- c) 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；
- d) 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、振动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。

9.2.5 对于检查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记录并及时更换。

9.3 其他防灾管理

9.3.1 气承式膜结构在外部环境风力达到 6 级及以上时，应根据运维技术资料适当增加场所内气压，且风灾极端天气时应确保主动排风阀关闭。公共建筑气承式膜结构不准许在外部环境风力达到 8 级以上天气运营。

9.3.2 气承式膜结构在大雪、暴雪天气来临前，应根据运维技术资料增加场所内气压至防雪灾工作内压且不应低于 450 Pa。降雪中，应防止充气设备的进风口、出风口、回风口及滤网堵塞，且雪灾极端天气时应确保主动排风阀关闭。公共建筑气承式膜结构不准许在大雪、暴雪天气运营。

9.3.3 对于积雪较厚的建筑特殊空间结构屋盖，应根据屋面即时积雪分布及厚度、屋盖结构构型及变形情况确定除雪除冰方案，应设置警戒区域防止雪块滑落产生危险。

9.3.4 对于积雪导致局部下凹的气承式膜结构，不应通过增加场所内气压除雪且应采取主动除雪措施

避免膜面长期积雪，应避免支承边界上的膜面周边被积雪堆积覆盖。

10 灾后防护修复

10.1 一般规定

10.1.1 灾害事故后，建筑特殊空间结构屋盖的耐火性能评估应包括构件防火保护和防火构造性能校核、整体屋盖结构及构件剩余或加固后耐火承载能力复算。

10.1.2 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鉴定无损伤、建筑场所用途未发生改变的屋盖结构，可不进行剩余耐火承载能力复算。

10.1.3 屋盖结构构件防火保护简单修复过程中变更材料及构造时，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。

10.1.4 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、建筑场所用途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。

10.1.5 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、节点或连接部位等进行防火保护修复，并应继续评估屋盖结构实际耐火时间，直到满足公式(2)的要求为止，之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。

10.2 损坏程度校核

10.2.1 火灾后防火保护材料及构造损坏程度的判别应符合表3的规定。

表3 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 ^a	
	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	板材受火面已完全无纸面，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，颜色向灰黄转变	表面出现密集的孔洞，颜色偏灰及橘黄，厚度方向变薄可达30%，且凹凸不平，局部已硬化或粉化
^a 主要痕迹现象为定性描述，可进行原位取样并开展耐火隔热性能见证检验。		

10.2.2 风灾、地震灾害及无次生火灾的爆炸事故后典型防火保护材料及构造的损坏程度判别应符合9.2.4的规定。

10.2.3 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。受水浸泡的防火涂料，当涂层出现起层、发泡、脱落现象时，应整构件拆除涂层。

10.3 防火保护修复

10.3.1 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评估，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。

10.3.2 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参照表4的规定。

表 4 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，在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，在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

10.3.3 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，并应符合原设计要求。

11 救援处置

11.1 灭火处置

11.1.1 应结合建筑特殊空间结构体系确定是否开展屋面围护破拆及选择破拆部位，屋面围护破拆过程中不应重击屋盖结构。

11.1.2 火灾现场应结合探测设施对近屋面空间温度、屋面围护完整性、支座或锚固部位防火保护破损状况、屋盖结构整体或局部变形、下部支承柱或外墙中上部平面外变形进行重点连续监测。

11.1.3 内攻灭火战术选择应评估火势与场所空间高度关系、空间跨度，场所内燃烧物种类、数量和分布等因素。

11.1.4 消防射水在抑制或扑灭着火部位的同时宜阻隔羽流冲击屋盖结构，不应主动向索结构、混凝土结构屋盖射水冷却。

11.1.5 进入场所内攻灭火的消防救援人员宜以离火焰边缘较远的掩体作为安全防护，同时应观察站位上方高温烟气沉降程度、屋盖结构响动，并应在收到屋盖结构失效预警后后撤。

11.1.6 灭火救援中，屋面或屋盖结构发生下列情况时，应明确发出预警及后撤指令：

- 屋面及屋盖结构向上膨胀发展结束，局部凹陷开始发生；
- 单根拉索自节点或连接部位、支座或锚固部位发生脱开或索体发生断裂；
- 铝合金结构屋盖构件受烧蚀脱落；
- 气承式膜结构膜面发生破裂、高温烟气喷出，坍塌膜面降至消防救援口高度处。

11.1.7 气承式膜结构膜面未发生破裂时，可采取内攻灭火及救援战术并应配备移动支护装备；膜面明显破裂坍塌时，应采取外部灭火战术并配备搜救人员及破拆膜面索网装备。

11.1.8 钢和铝合金结构屋盖大空间场所，火灾时门洞高度处溢出烟气温度分别达到 200℃和 120℃时，宜采取外部灭火战术。

11.2 其他灾后救援

11.2.1 建筑特殊空间结构的地震救援应了解建筑内各场所使用功能，并应对发生次生火灾、水灾、燃气及危险化学品泄漏爆炸等危险进行分析。

11.2.2 对于地震后已完全坍塌建筑特殊空间结构屋盖下方的埋压救援，应在辨识屋盖结构体系及检查屋面围护板材单元、组件连接情况后选择破拆部位并配备破拆工具装备，可设置与屋盖结构节点可靠连接的临时支护结构。

11.2.3 进入地震后未完全坍塌的空间网格结构、索结构、排架结构大空间场所内救援，应检查屋盖结构支座或锚固部位及连接杆件的损坏情况，应规避存在屋面围护、屋盖结构下方悬挂物脱落危险的区域并应搭建稳固救援通道，应配备移动支护装备开展救援，收到余震预警后应撤离。

11.2.4 进入无次生火灾的爆炸事故后特殊空间结构建筑内救援，应对建筑外部飞溅物分布情况、建筑内部结构构件保护层及构件自身损坏情况、轻质隔墙等非结构构件破坏情况进行侦查，应在辨识爆炸核心区域、评估主体结构和非结构构件的倒塌或脱落危险后采取支护或破拆措施以搭建稳固救援通道。

11.2.5 搜救受风灾损坏的气承式膜结构坍塌膜面扣压人员时，应配备破拆膜面索网装备，宜辅助使用低空大范围红外定位搜寻。

报批稿

附录 A
(资料性)

防火保护和防火构造的可恢复性评估方法

A.1 适用场景

适用于小震、尚不构成灾害的风荷载、伴随振动的工业生产等偶然或长期引起特殊空间结构弹性变形和振动的场景。

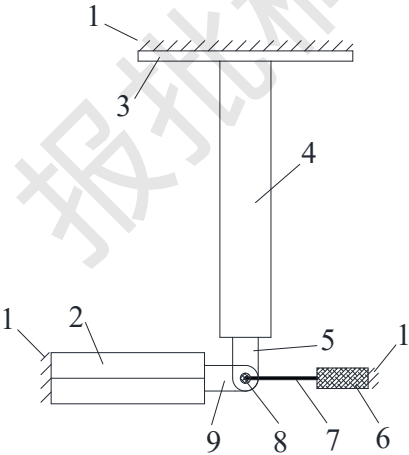
A.2 功能要求

- 判定防火保护和防火构造自身具备适应受保护构件弹性变形和振动的可恢复性应符合下列要求：
- 使用防火涂料的受保护构件，执行本附录规定的评估方法，作为评估对象的防火涂料与标准构件间不发生界面分离及自身脱落且符合 9.2.4 a)和 b)中有关裂纹宽度的规定；
 - 单独或组合使用防火板材、防火棉毡的受保护构件，执行本附录规定的评估方法，作为评估对象的防火板材和防火棉毡不发生破损、开裂、起层、脱落，与受保护构件连接可靠且符合 9.2.4 c)和 d)中有关拼缝宽度的规定。

A.3 试验装置

A.3.1 加载装置

试验加载装置的简化结构宜如图A.1所示：



- 标引序号说明：
- | | |
|----------|------------|
| 1——固接端； | 6——机械位移计； |
| 2——作动器； | 7——顶杆； |
| 3——端板； | 8——销轴； |
| 4——标准构件； | 9——作动器伸缩杆。 |
| 5——耳板； | |

图 A.1 试验装置示意图

标准构件应满足试验期间纯弯构件变形且长度不应小于1200 mm。

A.3.2 仪器

A.3.2.1 加载系统

作动器可采用液压驱动，按位移控制往复运动的可加载频率范围0.1 Hz ~ 10 Hz，加载控制精度应为毫米级，试验试件的反力通过作动器自带力传感器实时测量。

A.3.2.2 变形测量仪

实测并记录变形的位移计可使用机械、光学或电子仪器，测量精度应为毫米级，记录频率不低于10Hz。

A.4 试验条件

A.4.1 环境条件

试验环境应满足温度20℃~25℃、湿度40%~70%。

A.4.2 加载

使用A.3.2.2规定的位移计测试销轴实时运动变形的水平分量并满足水平往复运动加载幅值为 $1/250 L$ 。作动器采用固定加载频率1.0 Hz且加载时间不少于2.00 h。

注： L 为标准构件实测长度。

A.4.3 约束和连接

如图A.1所示，正式试验时，标准构件顶端连接于端板且端板顶面固接，标准构件底端通过连接的耳板与作动器的伸缩杆通过销轴无间隙铰接。

A.5 试件准备

A.5.1 试件设计

防火保护和防火构造使用的材料及涂覆或包覆于标准构件的施工工艺、连接方式应能代表原位构件的实际使用情况，并以此作为试验试件。

A.5.2 试件数量

试验试件应与原位构件同批次加工3件，并全部按本附录规定的评估方法进行试验。

A.5.3 试件养护

试件加工期间的养护应符合所用防火保护材料的产品说明。

试验前可通过自然养护使试件的含水量等与原位构件使用环境相似，且自然养护时间不低于48 h。同批次3件试验试件应采用相同的养护条件。

A.5.4 试件的确认

试验前，委托方应向试验室提供试验试件及其所有结构细节、图纸、主要组成、生产商和供应商信息列表。由试验室根据提供的资料信息对试件进行一致性检验。

A.6 仪器使用

A.6.1 加载系统

作动器按位移控制加载且采用的固定方式应确保试验前后水平。

A.6.2 变形测量

机械位移计通过顶杆与销轴连接且固定方式应确保试验前后水平。位移计应按A.4.2规定的加载频率的10倍进行水平变形测试记录。

A.7 试验程序

A.7.1 试件安装及约束应用

首先将符合A.5.1规定的试验试件连接于端板底面。

然后将作动器的伸缩杆通过销轴与试验试件底端连有的耳板铰接，后将作动器调整至水平并固接另一端。

最后将机械位移计通过顶杆与销轴连接，后将位移计及顶杆拉紧且调至水平并固接位移计另一端。

A.7.2 荷载使用

按A.4.2的规定设定作动器加载。微调作动器伸缩杆使试验试件的中心线竖直向下。

A.7.3 试验开始

作动器开始运动后的1 min内为预加载，然后试验开始计时，同时启动反力和变形测量记录。

A.7.4 试验观察

试验期间应对试件的现象进行观察，如果试件的防火保护和防火构造出现破损、开裂、分层、脱落等相关现象，应记录在报告中。

A.7.5 试验终止

试验有以下任意一个原因即可终止：

- a) 达到 A.4.2 规定的加载时间；
- b) 试验试件防火保护材料出现脱落；
- c) 委托方提出要求。

A.8 判定条件

按照构件防火保护和防火构造所用防火保护材料种类执行A.2的规定。

A.9 试验的有效性

当可恢复性评估试验的试验装置、试验条件、试件准备、仪器使用、试验程序等均在本附录规定的限制条件之内时，试验结果有效。

防火保护和防火构造的可恢复性评估试验结果仅对试验室现场检验的试验试件有效。

A.10 试验结果表示

防火保护和防火构造的可恢复性指满足A.8相应判定条件的等效时间。

示例1和示例2给出了可恢复性评估试验结果的表示方法。

示例1：试验开始2.50 h后终止试验，表示为“2.50 h内合格”；

示例2：试验开始1.50 h后委托方要求终止试验，表示为“1.50 h内合格（委托方要求终止试验）”。

A.11 试验报告

试验报告应在显著位置描述以下内容。

“试验报告应提供试验试件详细的结构和构造资料、试验条件及试件按本附录规定的方法程序进行试验所获得的试验结果”。声明“试验结果仅代表与送检试验试件相对应的原位防火保护和防火构造对构件弹性变形和振动的可恢复性，对采用其他防火保护和防火构造的原位构件，试验结果无参考价值。”

试验报告应含与试验试件弹性变形和振动可恢复性评估试验相关的所有重要信息，包括但不限于以下项目：

- a) 试验室的名称和地址，唯一编号和试验日期；
- b) 委托方的名称和地址，试验试件所有组成部分的产品名称和制造厂，如果缺少该信息应进行说明；
- c) 试验试件的详细构造以及加工安装程序方法，在示意图中含有结构和构造尺寸，如可能可附带照片、使用材料的相关性能和规格参数；
- d) 对试验试件弹性变形和振动可恢复性的判定及判定方法有一定影响的信息，例如：试验试件的含水率及养护时间信息；
- e) 对不同试验试件的加载幅值变形量计算依据；
- f) 位移计的型号信息和试验时以其所记录数据制成的曲线或图表；

- g) 作动器自带力传感器所记录数据制成的曲线或图表；
- h) 试验期间试件发生现象的描述，并且依据 A.8 规定的判定条件所确定试验的终止；
- i) 防火保护和防火构造在弹性变形和振动下的可恢复性，表示见 A.10 的规定。

报批稿

附录 B

(规范性)

第 II 类空间结构耐火功能评估

B.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。

B.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。

B.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公式 (B.1) 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：

$$t_s \geq \mu_T t_n \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

t_s ——人员安全疏散及灭火救援可用时间，单位为秒 (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，单位为秒 (s)。

附录 C

(资料性)

典型建筑钢索涉及高温力学性能

C.1 钢索及钢丝短时热暴露下力学性能折减系数参考值见表 C.1。

表 C.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

C.2 钢索及钢丝短时热暴露后力学性能折减系数参考值见表 C.2。

表 C.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的结果。

附录 D

(资料性)

典型建筑铝材涉及高温力学性能

D.1 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小于设计耐火时间。6061-T6 牌号建筑铝材的热暴露效应起始温度应为 175℃，6082-T6 牌号建筑铝材的热暴露效应起始温度应为 160℃。

D.2 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见表 D.1。

表 D.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的结果。

D.3 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见表 D.2。

表 D.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的结果。

附录 E

(资料性)

典型防火板材、防火棉毡高温热工性能

E.1 防火板材

E.1.1 防火纸面石膏板、玻镁板相对密度参考值见表E.1。

表 E.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的结果。

E.1.2 防火纸面石膏板、玻镁板比热容参考值见表E.2。

表 E.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的结果。

E.1.3 防火纸面石膏板、玻镁板导热系数参考值见表E.3。

表 E.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	△	0.400	650	0.1200/0.2175 ^a	△
100	0.2500/0.1200 ^a	△	800	0.2700	△
200	△	0.160	1000	0.5300	0.285
300	△	0.140	—	—	—

注：△表示可通过对前后数据使用内插法计算该温度点下的结果。

^a 数据表示在同一温度下导热系数值突变后的结果。

E.2 防火棉毡

E.2.1 硅酸铝棉、岩棉不同温度下的相对密度参考值为1.0。

E.2.2 硅酸铝棉、岩棉不同温度下的比热容参考值分别为800 kJ/(kg·℃)、900 kJ/(kg·℃)。

E.2.3 硅酸铝棉、岩棉导热系数参考值见表E.4。

表 E.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的结果。					

附录 F

(资料性)

荷载及作用效应组合的最不利工况确定

F.1 第 I 类空间结构耐火承载能力验算的最不利工况确定宜参照下列要求。

a) 荷载及作用效应组合的设计值按公式 (F.1) 计算：

$$S_{mT} = \gamma_{0T} S_d \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

S_{mT} ——依据结构耐火重要性的荷载及作用效应组合的设计值；

γ_{0T} ——火灾条件下屋盖结构的重要性系数；

S_d ——荷载及作用效应组合的设计值。

b) 上人的平板网架、桁架结构屋盖按公式 (F.2) 计算：

$$\begin{cases} S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{f_Q} S_{Qk} + \phi_{qs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{q_Q} S_{Qk} + \phi_{fs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{q_Q} S_{Qk} + \phi_{qs} S_{Sk} + \phi_{fw} S_{Wk} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

S_d ——荷载及作用效应组合的设计值；

γ_{GT} ——火灾条件下永久荷载的分项系数；

S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值；

S_T ——按火灾条件下屋盖结构温度计算的作用效应值；

ϕ_{f_Q} ——屋面活荷载的频遇值系数；

S_{Qk} ——按屋面活荷载标准值计算的荷载效应值；

ϕ_{qs} ——雪荷载的准永久值系数；

S_{Sk} ——按雪荷载标准值计算的荷载效应值；

ϕ_{q_Q} ——屋面活荷载的准永久值系数；

ϕ_{fs} ——雪荷载的频遇值系数；

ϕ_{fw} ——风荷载的频遇值系数；

S_{Wk} ——按风荷载标准值计算的荷载效应值。

c) 不上人的平板网架及其他结构屋盖按公式 (F.3) 计算：

$$\begin{cases} S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{f_Q} S_{Qk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{fs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{qs} S_{Sk} + \phi_{fw} S_{Wk} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

式中：

S_d ——荷载及作用效应组合的设计值；

γ_{GT} ——火灾条件下永久荷载的分项系数；

S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值；

S_T ——按火灾条件下屋盖结构温度计算的作用效应值；

ϕ_{f_Q} ——屋面活荷载的频遇值系数；

S_{Qk} ——按屋面活荷载标准值计算的荷载效应值；

ϕ_{fs} ——雪荷载的频遇值系数；

S_{Sk} ——按雪荷载标准值计算的荷载效应值；

ϕ_{qs} ——雪荷载的准永久值系数；

ϕ_{fw} ——风荷载的频遇值系数；

S_{wk} ——按风荷载标准值计算的荷载效应值。

报批稿

附录 G

(资料性)

建筑火灾防次生爆炸事故安全评估

G.1 一般规定

G.1.1 特殊空间结构建筑防爆性能评估的安全目标应包括人员安全和屋盖结构财产保护目标，对于公共建筑还应包括商业和社会活动持续性目标。

G.1.2 特殊空间结构建筑防爆功能应满足在有爆炸危险场所具有相匹配的主动抑爆措施，各设定爆炸场景下被动泄压设施有效开启、防爆单元结构及构件整体性完好且构件具备抗爆剩余承载能力，并结合使用需求，通过在建筑内划分防爆单元实现。

G.1.3 有爆炸危险的工业和公共建筑中，对防爆泄压设施可靠性的提升要求如下：

- a) 建筑中泄压设施的泄压面积应结合防爆单元整体结构及构件抗爆承载能力验算结果确定，且对于工业建筑应符合 GB 50016—2014（2018 年版）中 3.6.4 的规定；
- b) 泄压设施的设置应避开人员密集通行和暂驻部位，宜靠近建筑外墙及立面交角部位设置；
- c) 可采用的泄压设施种类包括采用轻质屋面板、轻质墙体和易于泄压的非结构构件，如门、窗等，不应含有受爆炸作用易形成飞溅尖锐碎片的材料；
- d) 对于屋盖结构的原设计计入雪荷载、积灰荷载的特殊空间结构建筑，应对安装在屋面的泄压设施采取防冰雪、尘灰积聚措施；
- e) 泄压设施宜使用敞开洞口替代。

G.1.4 建筑防爆性能评估时设定爆炸场景的要求如下：

- a) 应根据即时建筑防爆安全目标设定可燃气体、蒸汽、粉尘、纤维易爆物质的建筑空间分布范围和浓度或固体易爆物质的位置和数量；
- b) 点火源位置应选择生产、储存或使用易爆物质建筑空间内的易产生火花、动火作业或化学作用蓄热等可能部位；
- c) 应仅计入由单点火源引爆的一次爆炸全过程；
- d) 爆炸作用空间范围应包含可燃气体类易爆物质的设定分布范围或固体易爆物质所在建筑空间，且均不应小于单个防爆单元；
- e) 防爆单元整体结构抗爆承载能力验算的设定爆炸场景不应计入空间内惰化抑爆等系统作用。

G.2 评估流程及方法

G.2.1 有爆炸危险的特殊空间结构建筑防爆功能的关键评估流程应符合图G.1规定。

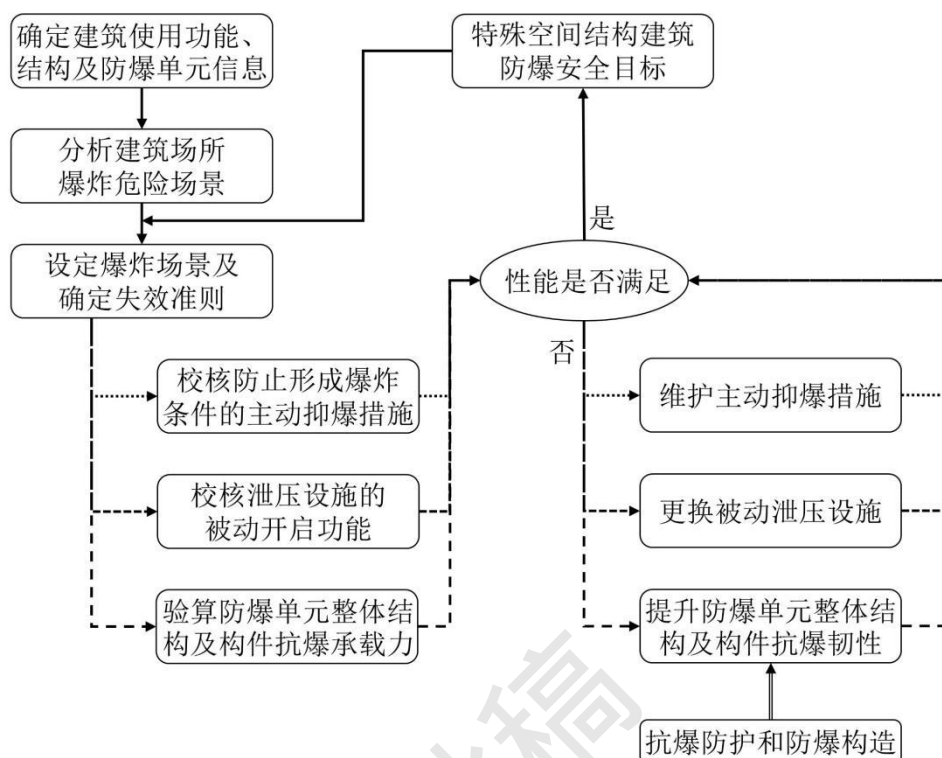


图 G.1 建筑防爆功能关键评估流程

G.2.2 有爆炸危险的特殊空间结构建筑防爆功能的关键评估方法应符合下列要求。

- a) 明确工业和公共建筑使用功能、场所用途、重要程度、耐火等级、结构体系、外部环境条件。
- b) 明确组成防爆单元的泄压设施和抗爆构件的分布、种类、泄压面积，主动抑爆措施的种类、数量、位置。
- c) 检查当前有爆炸危险的生产物质和储存物品种类、数量及建筑场所内所处位置。
- d) 明确建筑的防爆安全目标、分析建筑场所爆炸危险场景并按 G.1.4 的规定设定爆炸场景。
- e) 采用防爆单元结构模型实体爆炸模拟试验或有限元顺序耦合分析方法获得内部空间压力场时程。
- f) 选取典型部位主动抑爆措施，对响应灵敏度及作用效果进行检查校核。对判定失效的，进行维护且直到满足性能要求。
- g) 选取典型部位泄压设施，对单位面积质量、连接部位破断强度、妨碍泄压因素进行检查校核。对判定失效的，选用满足功能要求的进行更换。
- h) 直接使用实体爆炸模拟试验结果或继续使用有限元计算整体结构及构件受爆炸荷载作用响应方法对防爆单元进行性能校核。施加于试验或有限元模型的荷载效应组合按 G.3.6 的规定，失效准则分别按 G.3.7、G.3.8 的规定。
- i) 对判定失效的防爆单元整体结构或构件采取抗爆韧性提升措施并满足 G.3.9 或有关标准的规定。

G.3 抗爆验算及提升

G.3.1 爆炸物模型的选择应根据不同种类可燃气体、蒸汽、粉尘、纤维和固体易爆物质的爆炸特性确定，可根据需要开展爆炸性能测试。

G.3.2 防爆单元整体结构及构件抗爆承载能力检验或验证宜采用防爆单元结构模型实体爆炸模拟试验法。搭建防爆单元结构模型宜采用使用全尺寸构件的含抗爆构件及连接部位的单元子结构模型，可采用等效爆炸荷载，试验设计宜进行专项论证。

G.3.3 防爆单元整体结构及构件抗爆承载能力验算可采用有限元顺序耦合分析法,包括防爆单元内部空间压力场时程计算、防爆单元整体结构及构件受爆炸荷载作用响应计算等。计算防爆单元内部空间压力场时,可设定整体结构为绝热刚性、泄压设施达到设计动作压力后开启。

G.3.4 防爆单元整体结构及构件抗爆承载能力验算应通过提高计算出的空间压力场时程以获得安全储备,且压力时程提高系数不应低于2.0,验算中应计入构件材料的应变率效应。

G.3.5 防爆单元整体结构及构件,包括使用带屋面围护的特殊空间结构屋盖作为防爆单元顶板或顶盖,抗爆承载能力验算应根据实际情况计入可变荷载种类,可包括屋面活荷载、雪荷载和积灰荷载。当用于设定爆炸引发火灾场景,应验算爆炸发生后剩余结构的耐火承载能力并应符合本文件的有关规定。

G.3.6 计算荷载效应和有关系数的取值应符合GB 50009的有关规定,且爆炸条件下荷载效应组合工况中的最不利工况确定应按公式(G.1)计算:

$$S_{mp} = \gamma_{0P} \left(\gamma_{GP} S_{Gk} + S_p + \sum_i \phi_{LP} S_{LPk} \right) \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

S_{mp} ——荷载效应组合设计值;

S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值;

S_{LPk} ——按可变荷载标准值计算的荷载效应值;

S_p ——按爆炸下防爆单元结构所受爆炸荷载计算的作用效应值;

γ_{0P} ——爆炸下防爆单元结构的重要性系数;

γ_{GP} ——爆炸下永久荷载的分项系数;

ϕ_{LP} ——可变荷载分项系数,对第1个可变荷载取频遇值系数,对其余可变荷载取准永久值系数。

G.3.7 防爆单元结构整体性完好应以各设定爆炸场景下不同方向的抗爆构件未沿连接部位产生通长延伸或贯通的裂缝为判定准则,且贯通裂缝以 $\Phi 3.0$ mm的钢棒穿透构件为判定失效条件。

G.3.8 防爆单元抗爆构件整体性完好应以各设定爆炸场景下构件表面未产生贯通裂缝为判定准则,抗爆剩余承载能力可以构件平面外残余变形或其他可定量检验的指标条件为判定准则,且分别以 $\Phi 3.0$ mm的钢棒穿透构件、平面外残余变形为构件短向边长或直径的1/200为判定失效条件。

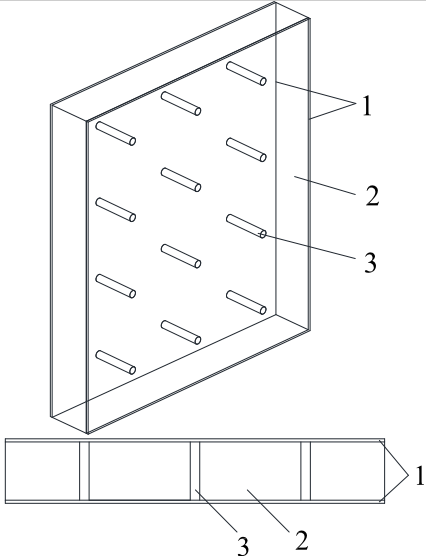
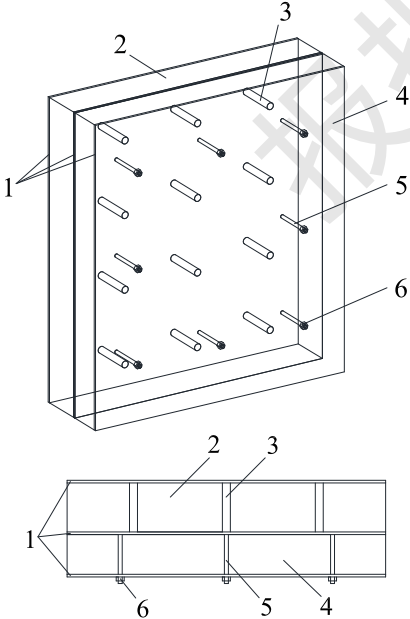
G.3.9 判定整体性失效的防爆单元整体结构应对抗爆构件连接部位采取加强措施,且不应先于被连接抗爆构件发生破坏;判定整体性或剩余承载能力失效的抗爆构件应采取构件抗爆防护并满足规定的抗爆构造。

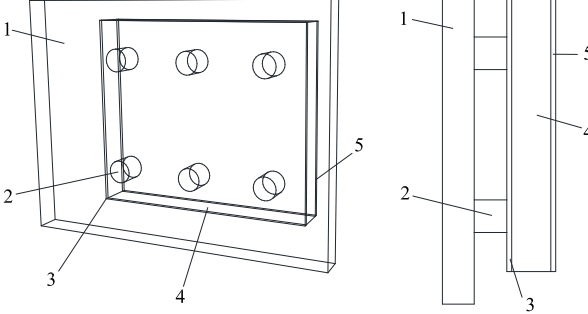
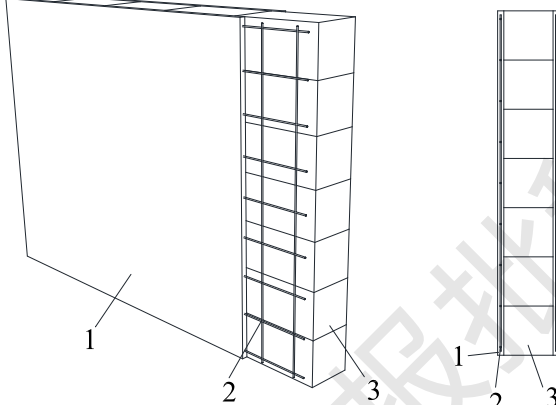
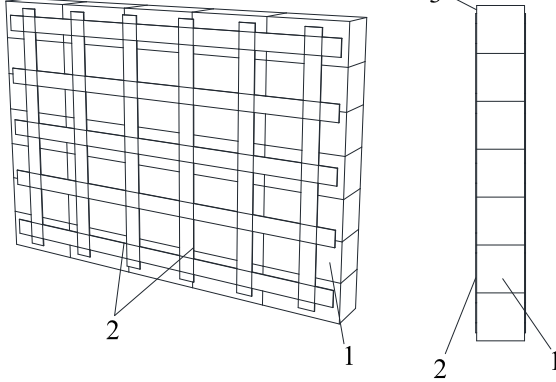
G.3.10 可根据符合原设计要求或G.2.8规定的特定构造抗爆构件的超压-冲量(P-I)曲线校核现有或直接选用抗爆构件,以及对判定剩余承载能力失效的抗爆构件采取防护加强措施。

G.3.11 特殊空间结构建筑的防爆单元应符合原设计要求或符合下列要求:

- 提升构件抗爆防护性能宜采取外缠纤维复合材料,包覆耗能材料、多层夹芯,喷涂聚脲层等复合防护措施;
- 当易于泄压的门、窗等泄压设施或敞开洞口安装开设于单个抗爆构件内时,应环绕泄压面周边对抗爆构件采取加强措施;
- 抗爆门或抗爆窗的耐火极限应与被连接抗爆构件相同、受爆炸荷载作用不应先于被连接抗爆构件发生破坏,且应对环绕门或窗的嵌固部位采取抗爆和耐火加强措施;
- 可参照表 G.1 规定的适用条件选用抗爆墙体构件并应符合相应的构造要求和样式。

表 G.1 典型抗爆墙体构件构造

序号	构造样式	构造要求	适用条件
1	 标引序号说明： 1——钢板； 2——核心混凝土； 3——贯穿式连接件。	双钢板-混凝土墙的钢板选用Q345、Q390、Q420等低合金高强度结构钢或Q235碳素结构钢，质量等级不宜低于B级；混凝土强度不低于C30，最大骨料直径不大于25 mm；墙体两侧钢板采用贯穿式连接件连接，且水平及竖向设置间距不大于300 mm。使用螺栓连接件时，强度不低于5.6级，直径不小于10 mm。	适用于可燃气体类和固体易爆物质爆炸，承受爆炸超压峰值不高于5.0 MPa。
2	 标引序号说明： 1——钢板； 2——核心混凝土； 3——连接件； 4——吸能层； 5——螺杆； 6——螺母。	吸能层材料选用具有高吸能和阻燃功能的泡沫材料，如泡沫铝、铝蜂窝等多胞材料。吸能层的强度和厚度根据抗爆防护需求经计算确定；螺杆与双钢板-混凝土墙采用焊接连接，或直接将螺杆预埋在双钢板-混凝土墙中。螺杆直径不小于10 mm，水平及竖向设置间距不小于100 mm且不大于300 mm。	适用于可燃气体类和固体易爆物质爆炸，适宜经设计用于承受爆炸超压峰值不高于10.0 MPa。

序号	构造样式	构造要求	适用条件
3	 标引序号说明： 1——受保护墙体； 2——缓冲器； 3——背爆侧钢板； 4——吸能层； 5——迎爆侧钢板。	背爆侧及迎爆侧选用厚度2~10 mm低碳钢板； 吸能层材料选用具有高吸能和阻燃功能的泡沫材料，如泡沫铝、铝蜂窝等多胞材料，厚度不小于50 mm，吸能层与背爆侧、迎爆侧钢板均使用环氧树脂粘接或者机械连接； 缓冲器选用胀管式、缩管式、切削管式等类型，其两端分别用螺栓连接至背爆侧钢板与受保护墙体。	适用于爆炸危险及超压峰值较大部位的局部墙体防护，适宜经设计用于承受爆炸超压峰值不高于10.0 MPa。
4	 标引序号说明： 1——砂浆层； 2——钢筋网； 3——砌体墙。	砌体墙使用强度$\geq$MU15的非黏土实心砖，厚度不小于240 mm，宽度和高度不大于6.0 m，并与钢筋混凝土框架结构连接； 砌体墙两侧配置$\Phi 8@200$双向钢筋网，并采用$\Phi 8$拉接筋$@600$梅花状布置固定于墙面，表层抹30 mm厚且强度$\geq$MU15水泥砂浆层。	适用于可燃气体类易爆物质爆炸，承受爆炸超压峰值不高于0.2 MPa。
5	 标引序号说明： 1——砌体墙； 2——聚合物材料网状加固带； 3——背爆侧墙面。	砌体墙使用强度$\geq$MU15的非黏土实心砖，厚度不小于240 mm，宽度和高度不大于6.0 m，并与钢筋混凝土框架结构连接； 在砌体墙背爆侧墙面设置如纤维增强塑料FRP、聚脲材料等高延性的聚合物材料网状加固带，且使用环氧树脂胶体或喷涂方式与砌体墙粘接，加固带宽度不小于50 mm，间距不大于200 mm。	适用于可燃气体类易爆物质爆炸，承受爆炸超压峰值不高于0.2 MPa。

注：本表中所列墙体构件的抗爆构造未涉及耐火性能。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4968—2008 火灾分类
 - [2] GB/T 9978.1—2008 建筑构件耐火试验方法 第1部分：通用要求
 - [3] GB 14907—2018 钢结构防火涂料
 - [4] GB/T 26784—2011 建筑构件耐火试验 可供选择和附加的试验程序
 - [5] GB/T 31593.4—2015 消防安全工程 第4部分：设定火灾场景和设定火灾的选择
 - [6] GB 50005—2017 木结构设计标准
 - [7] GB/T 50708—2012 胶合木结构技术规范
 - [8] GB 51236—2017 民用机场航站楼设计防火规范
 - [9] GB 51251—2017 建筑防烟排烟系统技术标准
 - [10] GB 55037—2022 建筑防火通用规范
 - [11] JGJ 7—2010 空间网格结构技术规程
 - [12] JGJ 257—2012 索结构技术规程
 - [13] DB23/T 3996—2026 寒区建筑空间结构消防安全技术规程
 - [14] CECS 158:2015 膜结构技术规程
 - [15] T/CECS 736—2020 民用建筑防爆设计标准
 - [16] T/CECS 1852—2025 建筑空间结构防火技术规程
 - [17] T/CECS 10527—2025 建筑空间结构火灾模拟试验要求及方法
 - [18] T/CECS 200—2025 建筑钢结构防火技术标准
-