



T/CECS XXXX — 202X

中国工程建设标准化协会标准

建筑空间结构防火技术规程

Technological Specification for Fire Safety of
Spatial Structures in Buildings

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

建筑空间结构防火技术规程

Technological Specification for Fire Safety of
Spatial Structures in Buildings

T/CECS XXXX - 202X

主编单位：哈 尔 滨 工 业 大 学

批准单位：中国工程建设标准化协会

批准日期：20××年×月×日

中国计划出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2018〕030 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结工程实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 11 章和 3 个附录（其中附录 A 为规范性附录，其它附录为资料性附录），主要技术内容包括：总则、术语和符号、设防要求、材料性能、耐火验算、防火保护设计、防火构造、施工与验收、维护与监督、鉴定与修复、应急救援等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会消防系统专业委员会归口管理，由哈尔滨工业大学负责具体内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：哈尔滨市南岗区黄河路 73 号，邮编：150096，电子邮箱：yinliang@tfri.com.cn），以供修订时参考。

主 编 单 位： 哈尔滨工业大学

参 编 单 位： 应急管理部天津消防研究所
中国矿业大学
中国钢结构协会空间结构分会
南京工业大学
同济大学
天津大学
北京工业大学
河北工程大学
华侨大学
上海理工大学
中国建筑科学研究院有限公司
北京市规划和自然资源委员会
徐州市消防救援支队
江苏省体育装备中心
陆军工程大学
中国民航大学
大连海事大学
中国建筑西南设计研究院有限公司

中国建筑设计研究院有限公司
中建钢构有限公司
浙江东南网架股份有限公司
华东建筑设计研究院有限公司
中国联合工程有限公司
上海通正铝合金结构工程技术有限公司
深圳市博德维环境技术股份有限公司
天津泰达消防科技有限公司
广东坚朗五金制品股份有限公司
中国建筑第八工程局有限公司
中国铁路设计集团有限公司
山东圣光化工集团有限公司
中国-巴基斯坦重大基础设施智慧防灾“一带一路”
联合实验室

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总 则.....	1
2	术语和符号.....	1
2.1	术 语.....	1
2.2	符 号.....	2
3	设防要求.....	2
4	材料性能.....	5
4.1	一般规定.....	5
4.2	保护材料热工性能.....	5
5	耐火验算.....	6
5.1	一般规定.....	6
5.2	荷载（作用）效应与抗力.....	7
5.3	判定准则及方法.....	8
6	防火保护设计.....	9
6.1	一般规定.....	9
6.2	屋盖保护范围.....	11
7	防火构造.....	11
7.1	构造要求.....	11
7.2	构造样式.....	12
7.3	公共建筑气承式膜结构.....	13
7.4	其它膜结构.....	14
8	施工与验收.....	15
8.1	一般规定.....	15
8.2	监理及验收要点.....	15
9	维护与监督.....	17
9.1	维护要求.....	17
9.2	服役性能判别.....	17
9.3	监督要求.....	18

10	鉴定与修复.....	18
10.1	一般规定.....	18
10.2	防火保护的损坏鉴定.....	19
10.3	防火保护的修复.....	20
11	应急救援.....	20
11.1	救援设计.....	20
11.2	处置方法.....	21
11.3	失效预警.....	21
附录 A	气承式膜结构的失效判别方法	23
附录 B（资料性附录）	典型建筑铝材的涉及高温性能	23
附录 C（资料性附录）	典型索材及配件的涉及高温性能	24
	本规程用词说明.....	26
	引用标准名录.....	27
附：条文说明.....		29

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols.....	1
2.1	Terms.....	1
2.2	Symbols.....	2
3	Fire fortification requirements	2
4	Material Properties	5
4.1	General requirements	5
4.2	Thermal properties of protection materials	5
5	Fire resistance bearing capacity verification.....	6
5.1	General requirements	6
5.2	Load effect (action) and resisting force.....	7
5.3	Judgment criteria and methods.....	8
6	Design of fire protection	9
6.1	General requirements	9
6.2	Roofing structure protection zone	11
7	Fire protection configuration.....	11
7.1	Configuration requirements	11
7.2	Configuration patterns.....	12
7.3	Air-supported membranes in public buildings	13
7.4	Other membrane structures	14
8	Construction and acceptance.....	15
8.1	General requirements	15
8.2	Essentials of surveillance and acceptance	15
9	Maintenance and fire supervision	17
9.1	Maintenance requirements	17
9.2	Service Performance Judgment.....	17
9.3	Supervision requirements.....	18

10	Appraisal and restoration	18
10.1	General requirements	18
10.2	Appraisal of damages	19
10.3	Restoration of fire protection	20
11	Emergency rescue	20
11.1	Design for rescue.....	20
11.2	Disposal method.....	21
11.3	Failure warning	21
Appendix A	Failure judgment method of air-supported membrane structures	23
Appendix B (Informative appendix)	High-temperature performance of typical building aluminum alloys.....	23
Appendix C (Informative appendix)	High-temperature performance of typical ropes and assemblies	24
	Explanation of wording.....	26
	List of quoted standards	27
	Addition: Explanation of standards.....	29

1 总 则

- 1.1.1 为合理进行建筑大空间场所屋盖结构的防火设计并与灭火应急救援战术制定相结合，鼓励空间结构创新发展，确保施工质量，规范验收、日常维护及防火监督，指导灾后屋盖结构耐火性能鉴定及修复，保障人员及财产安全，制定本规程。
- 1.1.2 本规程适用于工业与公共建筑中覆盖大空间场所的空间网格结构、索结构、膜结构和排架、刚架结构的防火设计、审查、施工、验收、日常维护、防火监督、灾后鉴定及修复和灭火应急救援。
- 1.1.3 涉及本规程的工程项目，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业现行有关规范、标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 建筑空间结构 Building spatial structures

指建筑内覆盖有大空间场所的屋盖结构，具体包括空间网格结构、索结构、膜结构和排架、刚架结构。

2.1.2 空间网格结构 Space frame structures

包括网架、曲面型网壳和桁架。本规程中空间网格结构不涉及拉索，无张紧的膜材（或占网格屋盖面积 $\leq 10\%$ ）。

2.1.3 膜结构 Membrane structures

包括整体张拉式、索系支承式、骨架支承式、充气式。其中充气式膜结构可采用气承式、气枕式和气肋式。本规程中骨架支承式膜结构的骨架不为空间网格结构，且张紧的膜材占骨架屋盖面积 100 %。

2.1.4 索结构 Cable structures

包括悬索结构、斜拉结构、张弦结构和索穹顶。其中悬索结构可采用单层

索系（单索、索网）、双层索系和横向加劲索系。本规程中由单层膜或气枕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均视为膜结构。当支承垂直玻璃幕墙的索结构与屋盖索结构无传力关系时，不属于本规程规定范围。

2.1.5 大空间场所 Large space sites

场所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 且火灾时门或立面室外窗均可开启的场所。

2.1.6 房中房 Rooms in large space sites

位于大空间场所屋盖结构下方楼面，且与屋盖结构垂直净距不小于 3.0 m 的一般尺寸房间（防火单元）。

2.2 符 号

Q —燃烧物在稳定燃烧阶段的热释放速率；

H —燃烧物表面与所关注构件间的垂直净距；

A_{sp} —大空间场所内首层楼面面积；

$T_g(0)$ —起火前室内环境温度。

3 设防要求

3.1.1 建筑大空间场所屋盖结构的防火设计应按照被动防火原则，包括整体屋盖结构及构件的耐火承载能力验算、构件防火保护设计和规定的防火构造。

3.1.2 建筑大空间场所屋盖结构的防火设计应采取执行“处方式”防火技术要求与性能化防火设计方法相结合的思路。

3.1.3 工业建筑中的空间网格结构，排架、刚架结构应按《建筑设计防火规范》GB 50016 中“屋顶承重构件”的耐火极限要求进行构件防火设计。

- 3.1.4 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、粮仓等大空间场所，内部同时容纳人数不应超过 10 人，并应依据物料、工艺特点配备消防设施。占地超过 15000 m² 或膜面外附着有除索网外的其它附属物时应进行消防安全专项论证。
- 3.1.5 公共建筑大空间场所屋盖结构的防火设计按照安全目标分为两类。第一类应同时满足人员安全目标和财产保护目标，包括空间网格结构、索结构和排架、刚架结构；第二类应满足人员安全目标，为膜结构。
- 3.1.6 对于公共建筑大空间场所屋盖结构防火设计的功能要求，第一类应满足在设计耐火时间（ t_d ）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；第二类应满足在人员安全疏散及应急救援需求时间（ t_n ）内、对人员安全疏散最不利的设定火灾场景下，屋盖结构坍塌不致引起人员受到伤害的因素。
- 3.1.7 对于实现公共建筑大空间场所屋盖结构防火设计的功能要求，第一类应通过整体屋盖结构的耐火承载能力验算；第二类应通过对人员安全疏散及应急救援可用时间（ t_s ）进行预测（执行附录 A 的规定）。且两类空间结构均应满足规定的防火构造。
- 3.1.8 对于公共建筑大空间场所屋盖结构防火设计采用的设定火灾，第一类应包括建筑火灾的全过程（增长、完全发展和衰退阶段），相应的设计耐火时间（ t_d ）应为单次建筑火灾全过程的持续时间，且总时长不应低于 1.00 h；第二类应包括建筑火灾的增长和完全发展阶段。
- 3.1.9 对于公共建筑大空间场所的设定火灾在增长阶段应符合 t^2 火的增长特点，其火灾增长系数 α 和完全发展阶段的火灾热释放速率 Q 应由对具体场所的安全需求分析、可能起火点位置等因素综合确定，并应参考《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251 - 2017 中第 4.6.10 条和第 4.6.7 条的规定。
- 3.1.10 第一类大空间场所屋盖结构防火设计采用的设定火灾场景，不应计入场

所内排烟系统、灭火系统的作用。

- 3.1.11 对于公共建筑中的空间网格结构，当按照《建筑设计防火规范》GB 50016 中“屋顶承重构件”的耐火极限要求进行构件防火保护设计时，认为满足第 3.1.6 条规定的功能要求，可不进行整体屋盖结构的耐火承载能力验算。
- 3.1.12 对于公共建筑中的空间网格结构，在设计耐火时间内、全部设定火灾场景下，当任意 10 s 内，燃烧物正上方钢构件周围的烟气温度均值不超过 300 °C、铝合金构件不超过 150 °C 时，认为满足第 3.1.6 条规定的功能要求，可不进行整体屋盖结构的耐火承载能力验算。
- 3.1.13 在近似立方体大空间场所内，对于由钢网架、桁架结构支承的混凝土屋面系统，当纤维素类燃烧物位于地面中央附近时，屋盖结构构件周围烟气温度可按式（3.1.13）估算：
- $$T_g = (20Q + 80) - (0.4Q + 3)H + (52Q + 598) \times 10^2 / A_{sp} + T_g(0) \quad (3.1.13)$$
- 3.1.14 公共建筑中，覆盖有大空间场所的屋盖结构同时覆盖非大空间场所（一般尺寸房间、走廊）时，此部分屋盖结构防火设计使用的温升曲线，应根据场所具体用途，选取《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1 或《建筑构件耐火试验可供选择和附加的试验程序》GB/T 26784 规定的标准升温曲线。
- 3.1.15 使用标准升温曲线对第一类大空间场所屋盖结构进行构件防火保护设计时，应以大空间场所的设定火灾场景中构件表面的全时程最高温度与标准升温曲线下构件表面的温度相等所对应的时刻作为该构件在标准升温曲线下的等效曝火时间 t_e 。
- 3.1.16 商业路演以及增建于单多层建筑屋面的气承式膜结构仅可作为临时结构，应采取与临时使用功能相匹配的消防安全措施，并应在完成临时使用功能后对结构进行拆除。
- 3.1.17 公共建筑中的气承式膜结构，使用人员应绝大多数位于地面，不应作为体育比赛设施。占地超过 4000 m² 应进行消防安全专项论证。膜面外严

禁附着有除索网外的其它附属物。

- 3.1.18 内嵌或覆盖于空间网格结构的膜单元（气枕或单层膜，占网格屋盖面积 $> 10\%$ ），宜通过自身火灾下熔融破裂或辅助自动熔断技术破裂实现大空间场所排烟排热。

4 材料性能

4.1 一般规定

- 4.1.1 结构钢（耐火钢）的热工性能、高温力学性能（弹性模量、屈服强度）折减系数应按《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 有关要求执行。
- 4.1.2 木材的碳化速率应按《木结构设计标准》GB 50005、《胶合木结构技术规范》GB/T 50708 有关要求执行。
- 4.1.3 整体张拉式、骨架式、充气式膜结构的膜面材料燃烧性能不应低于 B_1 级，且在火灾下不应发生熔融滴落。
- 4.1.4 屋面封闭的公共建筑大空间场所，其索结构屋盖不应使用 PE 索、碳纤维索、冷铸锚。
- 4.1.5 人工时效合金的高温短时拉伸测试保温时间不应低于设计耐火时间。
6061-T6 建筑铝材的热暴露效应起始温度应为 $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，6082-T6 建筑铝材的热暴露效应起始温度应为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 4.1.6 6082-T6 建筑铝材经短时热暴露后需要考虑强度损伤的起始温度应为 200°C 。

4.2 保护材料热工性能

4.2.1 防火板材

纸面防火石膏板、玻镁板随温度变化热工性能的最低要求值应符合下表规定：

相对密度 (%)			30	—	1
温度 ($^{\circ}\text{C}$)	纸面防火石膏板	玻镁板	100	1	—
5	1	1	140	0.83	—

200	—	0.78
300	—	0.73
400	—	0.52
600	0.83	0.46
700	0.8	—
1000	0.8	0.46

450	—	2.4
525	—	4
600	1	1.5
660	3	—
700	1	—
1000	1	1.5

比热容 (kJ/(kg · °C))		
温度 (°C)	纸面防火石膏板	玻镁板
5	1	1.5
50	—	1.5
85	1	—
100	—	7.5
122	—	5
130	22	—
160	1	—
170	—	7
200	—	1.5
300	—	1.5
390	—	9

导热系数 (W/(m · °C))		
温度 (°C)	纸面防火石膏板	玻镁板
5	0.25	0.4
50	—	0.4
100	0.25/0.12	—
200	—	0.16
300	—	0.14
450	—	0.12
650	0.12/0.2175	—
800	0.27	—
1000	0.53	0.285

4.2.2 防火棉

硅酸铝棉、岩棉随温度变化热工性能的最低要求值应符合下表规定：

相对密度 (%)		
温度 (°C)	硅酸铝棉	岩棉
恒定	1	1

比热容 (kJ/(kg · °C))		
温度 (°C)	硅酸铝棉	岩棉
恒定	800	900

导热系数 (W/(m · °C))		
温度 (°C)	硅酸铝棉	岩棉
5	0.05	0.036
400	0.05	—
600	—	0.168
900	0.2	—
1000	1	1

5 耐火验算

5.1 一般规定

5.1.1 对于公共建筑的大空间场所，在全部设定火灾场景下，高温影响区内的第一类屋盖结构节点（连接部位）和支座（锚固）部位应确保不先于被连接构件发生破坏。当不满足时，应对相应部位进行防火保护设计，且

位于大空间场所内的支座（锚固）部位耐火极限不应低于 1.00 h。

- 5.1.2 进行耐火承载能力验算的第一类大空间场所屋盖结构，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。当边界支承于单柱（钢柱、钢管混凝土柱）、单榀框架及跨中局部支承于单柱时，应进行协同分析。
- 5.1.3 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。
- 5.1.4 屋盖火灾行为有限元热力耦合计算宜进行精细化分析，应计入材料非线性、几何非线性，宜对特殊部位计入接触非线性。
- 5.1.5 铝合金屋盖结构耐火承载能力验算中，板式节点可视为刚接，应计入杆件的吸热和挡烟垂壁效应对近屋面空间温度场的影响，且应计入材料的膨胀、应力-应变、蠕变性能。
- 5.1.6 木屋盖结构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，且采用碳化前原始线重量。

5.2 荷载（作用）效应与抗力

- 5.2.1 火灾作用于建筑空间结构引起的荷载属于偶然荷载。
- 5.2.2 对第一类大空间场所屋盖结构进行耐火承载能力验算应根据实际情况选择需要计入的可变荷载种类，包括：屋面活荷载、风荷载和雪荷载。
- 5.2.3 火灾条件下的荷载（作用）效应组合，应按下列组合工况中的最不利工况确定：

$$S_m = \gamma_{0T} S_d \quad (5.2.3-1)$$

S_m 、 S_d 为荷载（作用）效应组合的设计值；

γ_{0T} 为火灾下屋盖结构的重要性系数。

1. 上人的平板网架、桁架屋盖结构：

$$\begin{cases} S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{f_Q} S_{Qk} + \phi_{qs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{q_Q} S_{Qk} + \phi_{fs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{q_Q} S_{Qk} + \phi_{qs} S_{Sk} + \phi_{fw} S_{Wk} \end{cases} \quad (5.2.3-2a)$$

2. 不上人的平板网架及其它屋盖结构：

$$\begin{cases} S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{f_Q} S_{Qk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{fs} S_{Sk} \\ S_d = \gamma_{GT} S_{Gk} + S_T + \phi_{qs} S_{Sk} + \phi_{fw} S_{Wk} \end{cases} \quad (5.2.3-2b)$$

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

S_T 为按火灾下屋盖结构（构件）温度计算的作用效应值；

γ_{GT} 为火灾下永久荷载的分项系数；

ϕ_{f_Q} 、 ϕ_{fs} 、 ϕ_{fw} 为屋面活荷载、雪荷载、风荷载的频遇值系数；

ϕ_{q_Q} 、 ϕ_{qs} 为屋面活荷载、雪荷载的准永久值系数。

上述荷载效应和系数的取值应符合《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的规定。

5.2.4 整体屋盖结构应按承载能力极限状态进行耐火验算，并应满足如下要求：

$$S_m \leq R_d = R(f_{dT}) = R(f_{kT} / \gamma_{MT}) \quad (5.2.4)$$

R_d 为结构或构件的抗力设计值；

f_{dT} 为不同温度下材料性能的强度设计值；

f_{kT} 为不同温度下材料性能的强度标准值；

γ_{MT} 为火灾下材料性能的分项系数，取 1.0。

5.2.5 火灾下，无防火保护钢构件、铝合金构件、索体的温升计算应按《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017 第 6.2.1 条执行。对于金属实腹深梁应按照梁高范围内的温度梯度进行温度分区。对于直径 $\leq 30 \text{ mm}$ 的拉索，可直接使用周围高温烟气温度。

5.3 判定准则及方法

5.3.1 对于第一类大空间场所屋盖结构，当按照火灾条件下的各荷载（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 t_m 与设

计耐火时间 t_d 相比不满足式（5.3.1）时，则应判定在此设定火灾场景下屋盖结构耐火性能失效。

$$t_m \geq t_d \quad (5.3.1)$$

5.3.2 对于判定耐火性能失效的屋盖结构应对设定火灾场景下高温影响区内的构件（节点）应进行防火保护设计，并应重新评估屋盖结构实际耐火时间 t_m ，直到满足式（5.3.1）为止。

5.3.3 对于第一类大空间场所的不同体系、形态屋盖结构，用于确定屋盖结构实际耐火时间 t_m 的承载能力判定准则如下：

承载能力判定准则		
屋盖结构体系及形态	屋面范围内 (无悬挑情况)	附加条件
空间网格结构 (上凸及平板屋面)	屋面结构起拱膨胀结束、局部凹陷开始发生的时刻	带悬挑屋面：悬挑末端挠度达到悬挑跨度 1/200 的时刻
空间网格结构（下凹屋面）、悬索结构、张弦结构	屋面结构任一点挠度达到短向跨度 1/200 的时刻	单根索索体或自锚固（节点）部位失效；自平衡体系破坏
斜拉结构（与拉索的连接部位在屋面室外一侧）	屋面结构任一点起拱变形达到短向跨度 1/200 的时刻	

5.3.4 对于第一类大空间场所中的索结构屋盖，其热铸锚填料临界温度为 250 °C，冷铸锚填料临界温度为 150 °C。临界温度应以填料块体表面任意位置达到该温度计。

6 防火保护设计

6.1 一般规定

6.1.1 第一类大空间场所屋盖结构需要进行防火保护设计的构件、节点（连接部位）和支座（锚固）部位应由设定火灾场景下的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。

6.1.2 对于大空间场所索结构屋盖，在设定火灾场景高温影响区内的不同方向索节点（末端对接部位）应采用耐火极限不低于 1.00 h 的防火保护。

6.1.3 构件的防火保护设计可采用基于等效曝火时间的耐火试验检测法、大空间局部模拟火灾试验验证法、等效热传导系数（等效热阻）计算法和有限元传热分析法。

6.1.4 大空间场所屋盖结构构件防火保护方法的选择需因地制宜，并应满足以下原则：

1. 膨胀型与非膨胀型防火涂料：对于工业建筑场所及不突出结构观赏性的场所，吊顶上方及其它隐蔽部位的屋盖结构构件，需要等效曝火时间大于 1.50 h 的构件均应选用非膨胀型防火涂料。其它场所和部位宜使用非膨胀型防火涂料。

2. 干作业与湿作业耐火隔热保护：支座（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。对于暴露于 0℃ 以下环境，相对湿度大于 80 %、小于 20 % 环境时间大于全年 1/3 的支座（锚固）部位，宜选用外包湿作业防火保护。

3. 对于自身耐锈蚀或通过工厂处理满足耐锈蚀要求的金属屋盖结构构件、支座（锚固）部位，可使用水系统防火保护。对于混凝土屋盖结构，则不应使用。

4. 不应采用构件内注水冷却保护等导致火灾前后屋盖结构（屋面系统）自重增减较大的保护方式。

6.1.5 大空间场所屋盖结构构件防火保护材料的选择及其组合使用应兼顾场所使用功能、美观及性能造价比，并应满足以下原则：

1. 膨胀型防火涂料不宜与其它防火保护材料组合使用。

2. 非膨胀型防火涂料可与防火板组合使用，不宜与其它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，应折减计入防火板的隔热效果，但按照实际使用的组合方式及固定关系通过国家质检机构耐火性能测试的除外。选用的非膨胀型防火涂料经过标准耐火测试后外观宜呈致密蜂窝状裂纹，且未从试件表面脱落。

3. 严禁使用水泥含量较高（70 %及以上），质地硬脆，在标准耐火测试中出现炸裂、分层脱落现象的防火板。

4. 防火棉毡应与防火板组合使用,自角部拎起时应能承受 1.5 m 长度的自身重量,实际容重不小于 120 kg/m³。

5. 防火保护材料产烟毒性危险级别必须为安全级。

6.1.6 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应按《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017 第 6.2.2 - 1 条、第 5.3 节计算,且不应小于由国家质检机构出具的耐火性能测试报告中耐火极限达到等效曝火时间要求时所对应的厚度。

6.2 屋盖保护范围

6.2.1 公共建筑中,当大空间场所内的房中房采用实体屋面并能够达到 1.00 h 耐火极限,且确定其向上投影范围内的屋盖结构不在房中房占地区域外所设定火灾场景的高温影响区内时,此向上投影范围内的屋盖结构构件可不采取防火保护。

6.2.2 公共建筑中,当大空间场所内楼面的部分区域不存在可燃物或不存在能够引起火灾的使用功能,且确定其向上投影范围内的屋盖结构不在此区域外所设定火灾场景的高温影响区内时,此向上投影范围内的屋盖结构构件可不采取防火保护。

6.2.3 屋面封闭的公共建筑大空间场所,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部分或 11.0 m 以上的铝合金空间网格结构部分可不采取防火保护。

6.2.4 位于与屋盖结构连接可靠,且满足 0.75 h 耐火极限要求的装饰吊顶上方的屋盖结构构件,可不采取其它防火保护。

7 防火构造

7.1 构造要求

7.1.1 当采用《建筑设计防火规范》GB 50016 附录列举的特定耐火极限防火

构造样式对构件进行保护时，可不再进行构件防火保护设计。

7.1.2 采用膨胀型防火涂料保护构件时，涂覆厚度不应小于 2.0 mm。采用非膨胀型防火涂料保护构件时，不应小于 15 mm。

7.1.3 防火棉毡与防火板组合使用时，应根据构件尺寸将防火棉毡平整地预制填塞于轻钢龙骨内，再与防火板固定。对于各种截面构件，均应确保防火棉毡与构件外表面贴紧。

7.1.4 防火板应先通过自攻自钻螺钉固定于轻钢龙骨，再进行对接或垂直顶接。螺钉距离板边缘不应小于 18.0 mm，钉头宜沉入板内 1.0 ~ 1.5 mm 且应使用防火腻子或耐火胶封堵抹平钉孔。对接或垂直顶接处的拼缝宽度不应大于 3.0 mm，且应使用防火腻子或耐火胶嵌缝封堵。

7.2 构造样式

7.2.1 采用防火涂料、防火板、防火棉毡及其相互组合对大空间场所钢屋盖结构构件、下部单柱、单榀框架构件进行防火保护的构造样式应参照《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 有关内容执行。

7.2.2 使用水雾对板式节点空间网格结构进行防火保护的构造样式宜按图 7.2.2 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的近屋面空间温度进行分级自动响应。

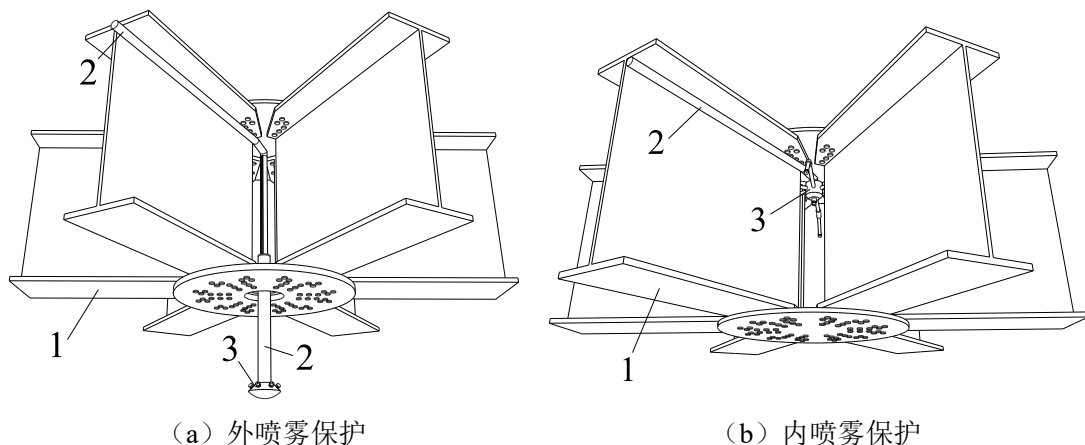


图 7.2.2 水雾保护板式节点构造图

1 — 板式节点；2 — 管路；3 — 水雾喷头

7.3 公共建筑气承式膜结构

7.3.1 气承式膜结构内可燃物与膜面净距不应小于 4.0 m，设计使用人数大于 40 人时，膜面支承边界距地面不应小于 3.0 m。

7.3.2 人员密集场所内至少应沿装有疏散门和气密门的墙边设置疏散缓冲区，其中：

1. 疏散缓冲区水平投影面积不小于 $0.25 \text{ m}^2/\text{人}$ ，宽度不小于 1.2 m，其所属地面与区域外应有明确的分隔标识。区域内严禁放置可燃物，地面不应设置补、排风口；

2. 疏散缓冲区上部应设实体支护结构(挑檐)，其耐火极限不应低于 1.00 h，且应能够承受坍塌膜面的重量。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；

3. 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；

4. 矩形平面场所位于两长边的疏散缓冲区间距不应大于 60 m，圆形平面场所不应大于 80 m，且均应符合《建筑设计防火规范》GB 50016 有关疏散的规定。

7.3.3 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，进而疏散至户外。

7.3.4 气承式膜结构建筑户外应具备使人员安全疏散至 4.0 m 以外宽敞地带的条件，应配备户外夜间应急照明。

7.3.5 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，且应采取不超过这一压力的措施。

7.3.6 火灾探测器报警后 150 s 内应保证疏散门全部打开，且保证一般使用人员能自行打开。宜优先使用气密门有序疏散。

7.3.7 气承式膜结构建筑室外附属机电设备（不包括机械单元）应采取防火围护，且与膜面应保持不小于 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，相连的地下风道应能自动关

闭。

- 7.3.8 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参照《建筑设计防火规范》GB 50016 有关要求的基础上增加 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。
- 7.3.9 气承式膜结构场所内独立房中房应采用耐火极限不低于 1.00 h 的实体屋面和挑檐，且洞口上方的挑檐宽度不应小于 0.5 m，其它构件的耐火极限要求应按《建筑设计防火规范》GB 50016 有关要求执行。
- 7.3.10 支承气承式膜结构边界的房间面向膜结构场所内的立面应采用耐火极限不低于 1.50 h 的竖向防火分隔构件，如：实体墙、甲级防火门、防火卷帘、A 类或带有水保护的 C 类防火玻璃。
- 7.3.11 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，应在跨中设置膜面坍塌支护装置，并配备应急避险自救工具。支护装置可与室内其它构筑物共建，且应具备下穿地面排烟、补风以及应急照明功能。
- 7.3.12 设置于气承式膜结构场所外墙的窗应满足 800 Pa 压力下的气密性和面外抗压能力。

7.4 其它膜结构

- 7.4.1 应在整体张拉式膜结构桅杆、柱的末端设置限位装置等安全防护措施，确保火灾下张紧的膜面发生局部破裂后不致引起整体屋盖结构连续坍塌及造成人员伤亡。
- 7.4.2 应通过安全防护措施确保索系支承式膜结构在火灾下张紧的膜面发生局部破裂后，屋盖结构的自平衡体系不致破坏而发生连续性坍塌，且不降至人员活动平台以上 2.2 m 高度处。
- 7.4.3 临时搭建于大空间场所内的膜结构方舱，应位于场所内首层地面，舱体高度不应大于 3.0 m，与场所内原非不燃性固定设施间距不应小于 4.0

m，并应结合舱体使用功能评估火灾危险性且在舱体间设置临时不燃性竖向连续防火分隔。防火分隔高度应大于舱体高度 0.5 m 及以上。

8 施工与验收

8.1 一般规定

- 8.1.1 防火保护施工现场的防火应符合《建筑工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 的规定。施焊作业点周围严禁存放可燃物。
- 8.1.2 第一类大空间场所屋盖结构防火保护施工的全部工程技术文件对施工质量的要求不应低于本规程的规定。
- 8.1.3 设计单位应向施工单位及监理单位进行技术交底，内容包括：项目特点、防火要点、防火保护材料、防火保护部位、防火保护施工工艺流程、质量关键控制点等并提供相应记录表模板及填写说明。

8.2 监理及验收要点

- 8.2.1 监理单位应对照技术交底文件及产品出厂说明书对进场的防火保护材料进行检验，内容包括：

- 1. 外观：出现孔洞、裂痕、泛出物、翘曲的防火板严禁使用；碎絮状、纤维不连续，指压瘫软的岩棉严禁使用；

- 2. 含水率：受潮或含水率超出产品出厂说明书的防火板和防火棉毡严禁使用；

- 3. 容重（密度）：实际容重低于设计单位技术交底文件的防火板和防火棉毡严禁使用；

- 4. 产品说明及质检报告：产品信息遗漏、失效，非持有同批次有效耐火质检报告的涂料产品严禁使用；

- 5. 对于《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156 中重要公共建筑大空间场所屋盖结构使用的防火涂料、防火板和防火棉毡应开展“隔热性能见证检验”。

8.2.2 监理单位应对照技术交底文件对防火保护施工过程中的质量进行及时控制，主要包括：

1. 施工工序是否符合技术交底文件规定的施工工艺流程；
2. 防火板、防火棉毡的固定和连接部位是否满足封堵要求。对于对接或垂直顶接的防火板，其嵌缝的防火腻子或耐火胶应与两侧板面牢固粘接；
3. 防火涂料涂覆完工后的厚度及外观是否符合要求。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 1.0 m 长度范围内不多于 1 条，并应符合《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 第 9.3.2 条、第 9.3.3 条的规定；
- 4 施工和养护完成后，防火保护材料的厚度平均值与设计值之间的误差对非膨胀型防火涂料和防火板材，应为 $\pm 10\%$ ；对膨胀型防火涂料应为 $\pm 5\%$ 。任意 10 m² 区域范围内防火保护材料的最大和最小厚度与其平均值的误差不应超过 10 %。

8.2.3 防火保护材料一致性验收，应主要包括：

1. 在阶段性验收中，验收单位对防火保护施工过程中所使用的防火涂料应进行现场直接抽样，送交国家质检机构进行型式检验，并将检验报告与材料供应商提供的耐火性能测试报告进行一致性判别，耐火极限偏差在-10 %以内仍可认为合格。每批次产品抽样不少于 1 件；
2. 在阶段性验收中，验收单位对防火保护施工过程中所使用的防火棉毡应进行现场直接抽样，观察其外观，对其含水率和容重进行测试，并与技术交底文件进行一致性判别。必要时开展“隔热性能见证检验”。每批次产品抽样不少于 1 件；
3. 在完工验收中，验收单位对已安装的防火板应进行原位取样，并就板材材质、容重、厚度与技术交底文件进行一致性判别。必要时开展“隔热性能见证检验”。

9 维护与监督

9.1 维护要求

- 9.1.1 对于屋盖结构构件，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。当遭遇地震等意外灾害后应进行检查维护。
- 9.1.2 对于判断失去耐火隔热性能的防火保护材料及发生部位应由日常消防安全责任人明确记录，有计划的安排更换。当使用不同防火保护材料、不同施工工艺时，应交由设计单位进行重新设计并组织专业施工。
- 9.1.3 气承式膜结构建筑的补风（防烟）系统维护保养周期不应超过 2 个月，其它消防设施的维护保养应参照《膜结构技术规程》CECS 158 及相应产品标准的规定，且应有效的维持消防联动工作状态。

9.2 服役性能判别

- 9.2.1 对于保护的屋盖结构构件的膨胀型防火涂料，当一个节点或构件 1 m 长度范围内涂料表面出现 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，应认为失去耐火隔热性能。
- 9.2.2 对于保护的屋盖结构构件的非膨胀型防火涂料，当一个节点或构件 1 m 长度范围内涂料表面出现 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，应认为失去耐火隔热性能。
- 9.2.3 对于保护支座（锚固）部位的防火板，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，应认为失去耐火隔热性能。
- 9.2.4 对于保护支座（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，应认为失去耐火隔热性能。

9.3 监督要求

- 9.3.1 消防安全监督中必须及时了解屋盖结构构件防火保护的服役现状、大空间场所业态现状，应检查日常维护记录、指导业主整改消除屋盖结构火灾安全隐患。
- 9.3.2 对于膨胀型防火涂料，应参照《消防产品现场检查判定规则》XF 588 - 2012 的要求，对膨胀倍数进行现场测试并以此为依据进行性能判定，并作为监督、维护依据。
- 9.3.3 屋盖结构防火监督配备的工具应包括且不限于照相机、垂直度测定仪、多功能坡度测量仪、激光测距仪、（磁性）测厚仪、破拆取样工具、衡器、回弹仪、碳化深度测定仪，宜配备具有裂纹扫描、材质智能识别等功能的专业化装备。

10 鉴定与修复

10.1 一般规定

- 10.1.1 灾害事故后，对于大空间场所屋盖结构耐火性能的鉴定应包括构件防火保护耐火隔热性能评估，整体屋盖结构及构件的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可经简单修复还原、整体屋盖结构及构件经权威部门鉴定无损伤、建筑场所使用功能不发生改变的房屋盖结构可不进行剩余耐火承载能力复算。
- 10.1.3 对于简单修复过程中变更防火保护材料及构造的，应确保耐火隔热性能不降低，必要时开展“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进行加固、建筑场所使用功能发生改变的屋盖结构必须进行剩余或加固后耐火承载能力复算。
- 10.1.5 对于经耐火承载能力复算判定耐火性能失效的屋盖结构，应对（新）设

定火灾场景下高温影响区内的构件（节点）进行防火保护重新设计，并重新评估屋盖结构实际耐火时间 t_m ，直到满足式（5.3.1）为止，然后进行防火保护修复施工。防火保护修复还应满足本规程规定的防火构造。

10.2 防火保护的损坏鉴定

10.2.1 火灾后，典型防火保护材料及构造的损坏程度应按如下依据判别：

材料名称	主要现象	
	轻微损坏（A 级）	严重损坏（B 级）
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	涂料表层刚出现硬化及致密裂纹；	涂料表层仍有致密裂纹，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；
纸面防火石膏板	纸面烧焦变黑、发生龟裂。受火板面石膏露出但相对完好，有潮湿痕迹；	板面已无纸面，石膏呈蜂窝状开裂，已大面积脱落或经轻微振动即可脱落。板面已从大量钉孔脱出；
玻镁板	板面无明显变化、指压尚坚硬、轻敲声脆；	^a 板面略微起鼓、颜色纯白至黑灰、轻微指压即可穿透； ^b 板材之间拼缝宽度增加到 5.0mm，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	板面无明显变化或颜色轻微变灰、指压坚硬、轻敲声脆；	^a 板面明显起鼓，沿钉孔出现明显裂纹并向板中心延伸，颜色发白，碎板块坚硬； ^b 板材之间拼缝宽度增加到 5.0mm，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，颜色偏橘黄，厚度方向变薄可达 30%，且凸凹不平，局部已硬化或粉化；

注：本表所述主要现象为定性描述，应根据需要进行原位取样并开展“隔热性能见证检验”。

10.2.2 风灾与地震灾害后典型防火保护材料及构造的损坏程度判别应按照本规程 9.2.1 条 ~ 9.2.4 条执行。

10.2.3 受水浸泡的防火板、防火棉毡应拆除，宜使用原始材料和施工工艺重新施工。受水浸泡时间小于 6.0 h 的防火涂料，应视涂层的起层、发泡、脱落现象确定，若无上述现象，则应判定耐火隔热性能仍满足。

10.3 防火保护的修复

10.3.1 屋盖结构加固应使用不燃、难燃材料。应确保高温下不先破坏于粘接部位。

10.3.2 针对火灾后典型防火保护材料及构造的不同程度损坏，宜按如下方式处理和修复：

损坏程度	处理方式	适用材料
A 级	更换材料并重新施工；	膨胀型防火涂料 非膨胀型防火涂料 纸面防火石膏板 硅酸铝棉 岩棉
	无需处理；	玻镁板 纤维增强硅酸钙板
B 级	清除材料，进一步观察里层材料（若有）。进一步依据结构鉴定（及加固）结果，进行屋盖结构耐火承载能力复算；	纸面防火石膏板 玻镁板 纤维增强硅酸钙板
	清除材料，进一步依据结构鉴定（及加固）结果，进行屋盖结构耐火承载能力复算；	膨胀型防火涂料 非膨胀型防火涂料 硅酸铝棉 岩棉

10.3.3 火灾后，对于判定无需处理的玻镁板、纤维增强硅酸钙板等，当判定曾暴露于火场的高温影响区时，其板间嵌缝的防火腻子或耐火胶应重新施工，并满足规定的防火构造。

11 应急救援

11.1 救援设计

11.1.1 在甲、乙、丙类厂房、仓库建筑的屋面及外墙应以 50 m 为边缘间隔设置应急破拆带。该破拆带在建筑纵向上宽度不应小于 2.0 m，单条破拆带位于屋面的长度不应小于屋面跨向长度的 1/3，且应易于外部应急救援破拆，并应设置可在室外易于识别的明显标志。

11.1.2 矩形平面气承式膜结构应沿建筑单侧长边外墙设置供消防人员进入的窗口，中心间距不应大于 30 m。圆形平面气承式膜结构应在建筑两相互垂

直的半径指向的外墙设置供消防人员破拆进入的窗口。窗口外侧应具备供消防救援人员操作的场地条件。

11.2 处置方法

- 11.2.1 灭火应急救援中应首先对大空间场所屋盖结构的结构体系进行侦查辨识，然后确定是否开展屋面围护破拆及最佳破拆部位。屋面围护破拆过程中不应重击屋盖结构引起振动。
- 11.2.2 应根据火势与场所空间高度的关系、空间的跨度，并结合场所内燃烧物的种类、数量和分布判断是否选择内攻灭火。
- 11.2.3 火灾下，气承式膜结构膜面未发生破裂时，应采取内攻灭火及救援战术，并配备移动支护装备；膜面明显破裂坍塌时，应采取外部灭火战术，并配备人员搜救及索网破拆装备。
- 11.2.4 对于钢屋盖结构大空间场所，立面洞口溢出烟气温度达到 200℃，对于铝合金屋盖结构大空间场所，立面洞口溢出烟气温度达到 120℃，宜谨慎决策开展内部救援处置。
- 11.2.5 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，厘清撤退路线再实施灭火作业，同时注意观察站位上方的高温烟气沉降程度、屋盖结构响动，并在收到预警后迅速撤离。
- 11.2.6 消防射水宜重点用于抑制或消灭着火部位，谨慎用于屋盖结构降温，不应向索结构屋盖射水冷却。

11.3 失效预警

- 11.3.1 应设置高位安全观察员并结合探测装备对近屋面的空间温度、屋面围护的完整性、支座（锚固）处的防火保护破损状态、屋盖结构的整体或局部变形、下部支承柱或墙的中上部平面外变形进行重点连续监测。
- 11.3.2 在屋面结构发生如下情况时，应发出明确的预警撤离指令：
 - 1. 屋面（屋盖结构）的向上膨胀发展结束，局部凹陷开始发生；

2. 单根拉索自支座（锚固）部位、节点部位发生脱开或索体发生断裂；
3. 铝合金屋盖结构构件发生翼缘脱落；
4. 气承式膜结构膜面发生破裂、高温烟气喷出。

附录 A 气承式膜结构的失效判别方法

A.1.1 气承式膜结构的人员安全疏散及应急救援需求时间（ t_n ，类比于设计耐火时间）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应急救援需求时间等因素，并计入一定安全系数。

A.1.2 气承式膜结构的人员安全疏散及应急救援可用时间（ t_s ，类比于实际耐火时间）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.1.3 对于气承式膜结构，人员安全疏散及应急救援的可用时间与需求时间应满足式（A.1.3）。当不满足时，应减少场所内的可燃物或对可燃物采取不燃性遮罩等针对性防火构造。

$$t_s \geq \mu_T t_n \quad (\text{A.1.3})$$

μ_T 为需求时间的保证系数，取值不应低于 1.1。

附录 B 典型建筑铝材的涉及高温性能

（资料性附录）

B.1.1 6061-T6、6082-T6 建筑铝材高温下力学性能折减系数参考值见下表：

温度 /°C	6061-T6			6082-T6		
	弹模 E	规定塑性 延伸强度 $R_{p,0.2}$	抗拉强度 R_m	弹模 E	规定塑性 延伸强度 $R_{p,0.2}$	抗拉强度 R_m
20	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	—	—

B.1.2 6061-T6、6082-T6 建筑铝材短时热暴露后力学性能折减系数参考值见下

表：

暴露 温度 /°C	6061-T6			6082-T6		
	弹模 E	规定塑性 延伸强度 $R_{p,0.2}$	抗拉强度 R_m	弹模 E	规定塑性 延伸强度 $R_{p,0.2}$	抗拉强度 R_m
20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
100		0.969	0.973			
150		—	—			
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		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		0.292	0.562	—	—	—

附录 C 典型索材及配件的涉及高温性能

（资料性附录）

C.1.1 钢丝/索材高温下力学性能折减系数参考值见下表：

温度 /°C	钢丝/拉索		
	弹模 E	规定塑性 延伸强度 $R_{p,0.2}$	抗拉强度 R_m
20	1	1	1
100	0.96	0.94	0.98
200	0.92	0.84	0.90
300	0.83	0.68	0.71
400	0.64	0.47	0.43
500	0.37	0.22	0.20
600	0.16	0.074	0.070
700	0.060	0.026	0.025
800	0.040	0.021	0.020

C.1.2 钢丝/索材热暴露后力学性能折减系数参考值见下表：

暴露 温度 /°C	钢丝/拉索		
	弹模 E	规定塑性 延伸强度 $R_{p,0.2}$	抗拉强度 R_m
20	1	1	1
100	1	1	1

200	1	0.98	1
300	1	0.95	0.98
400	1	0.86	0.87
500	1	0.70	0.59
600	1	0.53	0.39
700	1	0.36	0.33
800	1	0.27	0.33
900	1	0.25	0.33
1000	1	0.25	0.33

C.1.3 热铸锚节点高温下力学性能折减系数参考值见下表：

温度 /°C	热铸锚节点高温下 承载力折减系数
20	1
200	0.80
300	0.43
400	0.19

C.1.4 索夹节点高温下及高温后抗滑移承载性能折减系数参考值见下表：

温度 /°C	索夹节点抗滑移承载力 折减系数	
	高温下	高温后
20	1	1
200	0.97	0.75
300	0.88	0.54
400	0.50	0.47
500	0.27	0.45

本规程用词说明

1、为便于在执行本规程条文时区别对待，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：

正面词用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在有条件许可时首先应这样做的：

正面词用“宜”，反面词用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2、条文中指明应按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

本过程引用下列标准。

其中，条文注明年份日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注明日期的，其最新版适用于本规程。

《空间网格结构技术规程》 JGJ 7

《索结构技术规程》 JGJ 257

《膜结构技术规程》 CECS 158

《建筑钢结构防火技术规范》 CECS 200

《大空间智能型主动喷水灭火系统技术规程》 CECS 263

《建筑设计防火规范》 GB50016

《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分：通用要求》 GB/T 9978.1

《建筑构件耐火试验 可供选择和附加的试验程序》 GB/T 26784

《消防安全工程 总则》 GB/T 31592

《消防安全工程指南 第 3 部分：结构响应和室内火灾的对外蔓延》 GB/T 31540.3

《消防安全工程 第 4 部分：设定火灾场景和设定火灾的选择》 GB/T 31593.4

《建筑防烟排烟系统技术标准》 GB 51251

《人员密集场所消防安全管理》 GB/T 40248

《建筑钢结构防火技术规范》 GB 51249

《木结构设计标准》 GB 50005

《胶合木结构技术规范》 GB/T 50708

《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624

《建筑结构荷载规范》 GB 50009

《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153

《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068

《材料产烟毒性危险分级》 GB/T 20285

《钢结构防火涂料》 GB 14907

《建设工程施工现场消防安全技术规范》 GB 50720

《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156

《消防产品现场检查判定规则》XF 588

《消防监督技术装备配备》GB 25203

中国工程建设标准化协会标准

建筑空间结构防火技术规程

T/CECS XXXX — 202X

条 文 说 明

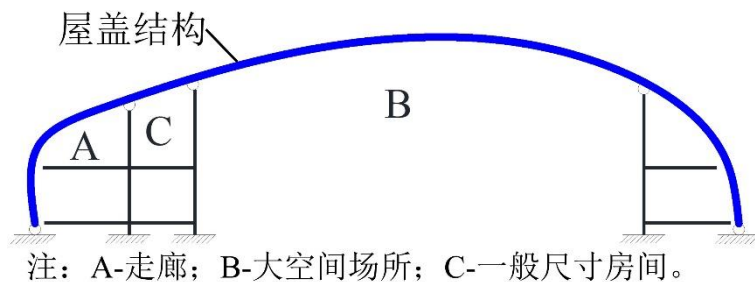
目 次

1	总 则.....	32
2	术语和符号.....	32
2.1	术 语.....	32
3	设防要求.....	33
4	材料性能.....	35
4.1	一般规定.....	35
4.2	保护材料热工性能.....	36
5	耐火验算.....	36
5.1	一般规定.....	36
5.2	荷载（作用）效应与抗力.....	37
5.3	判定准则及方法.....	38
6	防火保护设计.....	38
6.1	一般规定.....	38
6.2	屋盖保护范围.....	39
7	防火构造.....	39
7.1	构造要求.....	39
7.2	构造样式.....	39
7.3	公共建筑气承式膜结构.....	40
7.4	其它膜结构.....	40
8	施工与验收.....	40
8.1	一般规定.....	40
8.2	监理及验收要点.....	41
9	维护与监督.....	41
9.2	服役性能判别.....	41
9.3	监督要求.....	41
10	鉴定与修复.....	41
10.3	防火保护的修复.....	41

11	应急救援.....	42
11.1	救援设计.....	42
附录 B（资料性附录）	典型建筑铝材的涉及高温性能	42
附录 C（资料性附录）	典型索材及配件的涉及高温性能	42

1 总 则

- 1.1.2 覆盖有大空间场所的屋盖结构即属于本规程适用范围，这些屋盖结构还可能同时覆盖走廊、一般尺寸房间等非大空间场所，如郾县体育馆的横切面图。



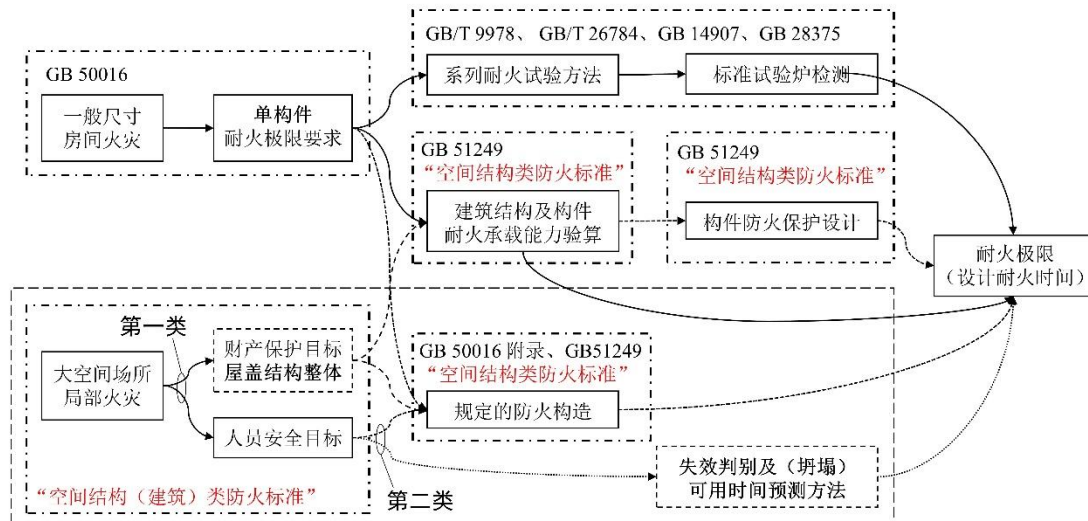
2 术语和符号

2.1 术 语

- 2.1.1 本规程“建筑空间结构”考虑勘察设计行业“空间结构”与消防行业“大跨度、大空间建筑”的概念差异，立足防火设计、监督和灭火应急救援需要。
- 2.1.2 本条参考《空间网格结构技术规程》JGJ 7 - 2010，并结合本规程对建筑空间结构进行分类设防的目的。桁架包括平面桁架、双向桁架、立体桁架等。由波纹腹板钢梁等实腹梁构成的大跨结构参照本条。
- 2.1.3 本条参考《膜结构技术规程》CECS 158 : 2015，并结合本规程对建筑空间结构进行分类设防的目的。
- 2.1.4 本条参考《索结构技术规程》JGJ 257 - 2012，并结合本规程对建筑空间结构进行分类设防的目的。
- 2.1.5 本条参考《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200 : 2006、《大空间智能型主动喷水灭火系统技术规程》CECS 263 : 2009 的相关规定；可类比厂房、展览馆、商场的中庭、体育馆（场）、机场航站楼、铁路旅客车站等建筑内的大空间场所；定量基本原则为场所内空间体量不小于 3000 m³，通风条件易于形成燃料控制型火灾。

3 设防要求

3.1.1 本条规定了工业和公共建筑大空间场所屋盖结构防火设计基本内容，是《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018 年版）中建筑结构及构件被动防火设计理念的明确表述。保证了“单构件”设防体系的延续性，突出了大空间场所屋盖结构整体作为一个“水平承重构件”的特殊性。其中：构件耐火承载能力验算对应于《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1-2008 中承载能力判定准则；构件防火保护设计与规定的防火构造用于提高构件的耐火承载能力，同时对应于《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1-2008 中隔热性和完整性判定准则；规定的防火构造包括原则性（政策性）、经验性（大火烧出来的经验和教训）或已被实践证明了的必须要达到的构造要求，以及可直接使用的构造样式。当前通过实现“梁、板、柱、墙、门（防火门、防火卷帘）、窗”等单构件耐火极限，使建筑火灾限定在一般尺寸房间（单个非大空间场所）或一定防火分区的“单构件”设防体系已很成熟。本规程对完善建筑结构防火设防体系的作用如下图：



3.1.2 大空间场所屋盖结构的防火设防体系应区别于《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018 年版）中基于一般尺寸房间火灾特点的“单构件”防火设防体系，借鉴后者并考虑大空间场所火灾特点；建筑空间结构的防火设计执行本规程的“处方式”防火技术要求优先，且采用消防

安全工程方法时获得的消防安全储备严禁低于“处方式”要求的整体安全水平。

- 3.1.3 工业建筑一般火灾危险性较大，本条是对已往工程实践做法的总结；现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016—2014（2018 年版）；“耐火极限”概念与《建筑构件耐火试验方法第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1—2008 规定的标准升温曲线、《建筑构件耐火试验 可供选择和附加的试验程序》GB/T 26784 - 2011 规定的其它升温曲线相对应；涉及的飞机库、船坞以及军事建筑宜参照本条执行。
- 3.1.4 气承式膜结构工业建筑属新兴建筑，存在天然的消防安全不足，应寻求与传统工业建筑等价的消防安全技术要求。本条仅对当前工业建筑中应用气承式膜结构的场所进行了业态类型总结，未做指引性推介。出于与其它材料、体系屋盖结构技术要求相均衡的目的（无屋盖结构体系倾向性推介），以及保障场所内人员安全，对同时容纳人数进行了严格限定，且符合该类场所向自动化方向发展的趋势；场所内的容纳人员应为经常在场所内开展作业的人员，均应熟悉应急逃生路线；物料特点包括燃烧特点、空间摆放特点等；火灾事故中，其它附属物的重量有加速膜面坍塌风险。
- 3.1.5 本条对建筑空间结构进行设防分类；首先考虑人的安全，其次考虑屋盖结构火灾下是否能够保全、是否需要保全。
- 3.1.6 本条参考《消防安全工程 总则》GB/T 31592 - 2015、《消防安全工程指南 第 3 部分：结构响应和室内火灾的对外蔓延》GB/T 31540.3 - 2015，“设定火灾场景”的一般方法为选择场所内火灾危险性（荷载）较大部位、对使用人员安全疏散明显不利部位以及影响屋盖结构整体耐火性能的局部关键构件下方部位；导致人员受到伤害的因素包括：直接伤害，如被屋盖结构坍塌击中致伤；间接伤害，如屋面坍塌迫使烟气沉降进而引起伤害。
- 3.1.7 本条规定了功能要求的实现方法。

- 3.1.8 本条参考《消防安全工程 第4部分：设定火灾场景和设定火灾的选择》GB/T 31593.4 - 2015。
- 3.1.10 一般情况下，不考虑场所内（屋面）排烟时，高温烟气在近屋面的影响范围更大，对屋盖结构更为不利；采用喷水降温方法对屋盖结构构件进行高温防护时，不考虑喷水与近屋面高温烟气的相互作用。
- 3.1.11 、3.1.12 本条是对当前工程实践防火设计的总结。
- 3.1.13 公式（3.1.13）引自 Y. Du, G.Q. Li, A new temperature-time curve for fire-resistance analysis of structures, Fire Saf. J. 54 (2012) 113–120.
- 3.1.14 本条参考《建筑构件耐火试验 可供选择和附加的试验程序》GB/T 26784 - 2011。
- 3.1.15 本条基于“效果等效（构件表面温度）”原则，对等效爆火时间 t_e 进行了定义。
- 3.1.17 本条所述“体育比赛设施”相对于“体育训练设施”而言，不应设有看台，场所使用功能限定在社区训练馆、全民健身馆等；特别当应用于室内游乐、室内展览等火灾荷载较大、使用功能导致疏散路径复杂的人员密集场所（参见《人员密集场所消防安全管理》GB/T 40248 - 2021 第3.3条）时，应仔细论证消防安全。
- 3.1.18 本条填补了2.1.2条与2.1.3条间的概念空白。空间网格结构作为膜结构的骨架且膜结构占屋盖面积较大或分布考虑设定火灾场景时，火灾下将实现大空间场所排烟排热，减少了近屋面高温烟气积聚，对屋盖结构安全是有利的。

4 材料性能

4.1 一般规定

- 4.1.1 本条参照《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 – 2017 第5.1.1条 ~ 第5.1.5条。

- 4.1.2 本条参照《木结构设计标准》GB 50005 – 2017 第 10.1.4 条、《胶合木结构技术规范》GB/T 50708 – 2012 第 7.1.4 条。
- 4.1.3 材料的燃烧性能执行《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 – 2012；熔融滴落将影响人员疏散和可能导致火灾蔓延。膜面材料包括组成膜面的母材及其连接部位的材料，还包括夹层内的保温隔热等材料。
- 4.1.4 屋面封闭的大空间场所火灾下近屋面空间热量积聚，将导致 PE 护套熔化且可能发生滴落，引起屋盖结构及人员疏散危险。
- 4.1.5 参考尹亮，倪照鹏，范峰，叶继红. 6061-T6 铝合金力学性能试验研究[J/OL]. 建筑结构学报.。

4.2 保护材料热工性能

- 4.2.1 表中纸面防火板、玻镁板的室温参考密度分别为 680 kg/m^3 、 890 kg/m^3 ；考虑目前市面防火板材热工性能差异较大，且又为防火保护设计的常用关键材料，因此本条对高温热工性能规定最低要求。
- 4.2.2 表中硅酸铝棉、岩棉的室温参考密度分别为 130 kg/m^3 、 130 kg/m^3 ，数据引自 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., 并经由 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.验证。

5 耐火验算

5.1 一般规定

- 5.1.1 “高温影响区”指设定火灾场景下，近屋面空间温度场稳定后（特定位置在任意 20 s 内平均温度波动 $\leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ），高于 $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 的屋面区域。

- 5.1.2 本条规定了采用数值模型分析结构耐火承载能力的建模范围。当屋盖结构支承于单（榀）构件时，应将其纳入到数值模型中进行协同分析。
- 5.1.4 本条所述“接触非线性”如索结构屋盖的“索体-索夹”高温（后）滑移关系。
- 5.1.5 参考 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., 以及国家重点研发计划项目专题“大跨空间铝合金网壳结构耐火技术”（编号：2018YFC0807601-6，所属课题“特殊建筑结构耐火性能评价与耐火技术”）、公安部技术研究计划重点项目“铝合金网壳结构火灾下破坏机理及防火技术研究”（编号：2016JSYJA22）成果。
- 5.1.6 金属-木组合空间网格结构参照本条执行。

5.2 荷载（作用）效应与抗力

- 5.2.1 本条参考《建筑结构荷载规范》GB 50009 - 2012 第 10.1.1 条，明确了火灾作为事故之一作用于建筑结构引起的荷载类别。
- 5.2.2 本条规定了建筑空间结构进行耐火承载能力验算需要考虑的可变荷载种类。大空间场所的屋盖结构属于《建筑结构荷载规范》GB 50009 - 2012 第 7.1.2 条指出的对雪荷载敏感的结构，局部火灾难以将屋面积雪全部融化，因此在进行耐火承载能力验算时需要考虑雪荷载，且应考虑不同分布情况。
- 5.2.3 本条参照《建筑结构荷载规范》GB 50009 - 2012、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017；火灾对屋盖结构（构件）的作用效应主要包括膨胀内力和 $P-\Delta$ 效应；首先对屋盖结构引入除火灾温度效应外的其它荷载效应值，然后对高温影响区内的各构件引入各自温度时程，开展屋盖结构火灾行为热力耦合计算。
- 5.2.4 本条参照《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 - 2008；火灾下材

料性能的分项系数取 1.0 是基于与按照《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978 进行的结构构件耐火性能测试结果尽可能接近的原则；提高防火设防的安全储备可通过增加设计耐火时间（耐火极限）实现。

- 5.2.5 本条参照《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017，且应注意毕渥数 $Bi = \frac{h(V/A)}{k} < 0.1$ 的成立条件。

5.3 判定准则及方法

- 5.3.1 本条与《建筑设计防火规范》GB50016 - 2014（2018 年版）规定“构件耐火极限”、《建筑构件耐火试验方法第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1 - 2008 第 10.2.1 条规定“承载能力判定准则（试件在耐火试验期间能够持续保持其承载能力的时间。）”、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017 第 3.2.6 条规定“耐火极限法”思路一致。
- 5.3.3 本条参考《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 - 2018、《消防安全工程指南 第 3 部分：结构响应和室内火灾的对外蔓延》GB/T 31540.3 - 2015、《空间网格结构技术规程》JGJ 7 - 2010、《索结构技术规程》JGJ 257 - 2012。
- 5.3.4 本条是针对索结构屋盖特殊部位的补充判定标准（失效准则）。

6 防火保护设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 本条规定了需要进行防火保护设计的构件范围。
- 6.1.3 本条建议了进行构件防火保护设计可采用的方法，其中的耐火试验检测方法一般使用《建筑构件耐火试验方法第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1 - 2008 规定的标准升温曲线。
- 6.1.4 本条对防火保护方法的选择提出了要求。2.“相对湿度大于 80%、小于 20%环境”系指过于潮湿或干燥的服役环境；3.水系统防火保护包括水雾和细水雾，宜优先使用水雾并综合考虑供水系统成本及可靠性。应注意

用于灭火的水系统与构件高温防护的水系统不可相互替代。喷水可能导致混凝土屋盖受火表面发生爆裂，因此不适合使用。

6.1.5 本条规定了使用材料及组合样式的选择；材料产烟毒性危险级别划分参照《材料产烟毒性危险分级》GB/T 20285 - 2006。

6.1.6 本条规定了涂料防火保护的具体设计方法。

6.2 屋盖保护范围

6.2.1 “实体屋面”与镂空格栅的装饰吊顶屋面相对应；

6.2.2 本条中“不存在能够引起火灾的使用功能”的区域如包含游泳池的大空间场所。

6.2.3 对于屋面非封闭的公共建筑大空间场所，参照本条执行，稳定燃烧阶段热释放速率可放宽至 8.0 MW 或适当降低净高要求。

6.2.4 本条规定了利用具备一定耐火极限装饰性吊顶的替代化保护方案。

7 防火构造

7.1 构造要求

7.1.2 参考《钢结构防火涂料》GB 14907 - 2018 相关要求。

7.2 构造样式

7.2.1 本条参照现行《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017 第 4.2.1 条 ~ 第 4.2.5 条。

7.2.2 实际工程中板式节点的圆盘盖板厚度一般大于 H 型截面铝梁翼缘厚度，贴近 H 型截面铝梁的管路位置亦有设置管线盒工程案例；板式节点域截面形状系数小于临近 H 型截面铝梁构件，升温较慢；管路穿透圆盘盖板无需较大孔洞。综上，火灾下板式节点的强度、刚度有所保证且对建筑美观影响较小；分级自动响应的目的是节约用水负荷，减少和避免次生事故；参考国家重点研发计划项目专题“大跨空间铝合金网壳结构耐火

技术”（编号：2018YFC0807601-6，所属课题“特殊建筑结构耐火性能评价与耐火技术”）成果。

7.3 公共建筑气承式膜结构

本节将气承式膜结构视为一种“定制化特殊结构建筑”，用基于人员安全目标的防火构造，弥补其在防排烟、膜面火灾下坍塌、人员疏散方面的不足，弥补其难以系统执行《建筑设计防火规范》GB 50016 – 2014（2018 年版）中“建筑分类、分级 - 构件耐火极限”、“排烟强制性技术要求”的不足，为促进气承式膜结构行业健康发展、消防安全技术创新提供可选路径。虽然膜面的火灾下坍塌是不可避免的，坍塌引起的恐慌心理对人员疏散的不利影响仍难以定量评估，但尚能采取技术措施延缓坍塌，同时引导使用人员进入疏散缓冲区，进而有序疏散至室外，避免人员受到坍塌膜面扣压、高温烟气及焰体辐射侵害。

7.3.1 本条地面指人员常规活动可到达的位置。

7.3.4 本条规定了气承式膜结构建筑疏散门向室外开启不应被阻挡，室外路面应平整、夜晚应具备照明条件。

7.3.7 本条规定的附属机电设备主要为柴油发电机。

7.3.11 本条针对室内游乐、室内展览等新兴气承式膜结构场所业态，使用人员可能位于高空的情况；应急避险自救工具包括但不限于防毒面具、破拆刀斧等，并应确保在紧急情况下易于识别取用。

7.4 其它膜结构

7.4.3 方舱的结构选型及构造应有利于在火灾中维持自身稳定。

8 施工与验收

8.1 一般规定

8.1.1 本条参照《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 – 2011。

8.2 监理及验收要点

8.2.1 本条参照《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156 - 2021。“隔热性能见证检验”的方法及判定标准可按《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017 第 9.2.2 条执行。

8.2.2 3. 本条参照《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 - 2017。

9 维护与监督

9.2 服役性能判别

9.2.2 本条参照《钢结构防火涂料》GB 14907 - 2018 第 5.2.1 条，包括开裂、起层、发泡（发胀、空鼓）、脱落、变色、粉化等现象。

9.3 监督要求

9.3.3 本条参考《消防监督技术装备配备》GB 25203 - 2010，并结合当前建筑钢结构防火监督需求。

10 鉴定与修复

本章内容针对构件防火保护进行灾害事故后鉴定及修复，不针对屋盖主体结构，仍遵照被动防火原则，遵守屋盖结构及构件防火设计流程。“灾害”包括地震、风灾、水灾等，“事故”包括火灾、爆炸等。部分内容参考公安部技术研究计划重点项目“装配式钢结构体系建筑关键消防技术研究”（编号：201302ZDYJ014）、公安部科技强警基础专项项目“预制包覆法构件防火技术研究”（编号：2017GABJC18）成果。

10.3 防火保护的修复

10.3.1 本条针对碳纤维布加固等现有或新研发屋盖主体结构加固方法或技术。

11 应急救援

11.1 救援设计

11.1.1 出于大空间排烟、排热，减少救援人员灭火过程中受到伤害的目的提出面向救援的设计要求，不涉及膜结构。

附录 B 典型建筑铝材的涉及高温性能

本附录 6061-T6、6082-T6 建筑铝材材性取值综合比较了国内外不同学者的成果以及不同标准、手册的建议值。

附录 C 典型索材及配件的涉及高温性能

本附录钢丝、索材、热铸锚节点、索夹节点材性取值综合比较了国内外不同学者的成果以及不同标准、手册的建议值，部分数据引自 L.-L. Guo, Z.-H. Chen, H.-B. Liu, et al. Study on mechanical properties of locked coil wire rope under and post fire, Construction and Building Materials [J]. 2022., 等。

（尾页）