

上海市工程建设规范

大跨度铝合金结构防火技术标准

Technical Standard for Fire Protection of Large-span Aluminum Structures

(征求意见稿)

2021年05月 上海

目录

1 总则	1
2 术语与符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	7
3.1 一般规定	7
3.2 建筑防火设计	9
4 防火保护措施	12
4.1 一般规定	12
4.2 防火保护	13
4.3 喷水保护	14
5 材料特性	15
5.1 铝合金	15
5.2 防火保护材料	16
6 温度计算	17
6.1 火灾升温曲线	17
6.2 铝合金构件温升计算	18
7 结构耐火验算	23
7.1 一般规定	23
7.2 高温下轴心受力构件承载力验算	24
7.3 高温下受弯构件承载力验算	26
7.4 高温下拉弯、压弯构件承载力验算	27
8 施工与验收	30
8.1 一般规定	30
8.2 防火保护材料进场	31
8.3 防火涂料保护工程	32
8.4 防火板保护工程	33
8.5 水保护工程	34
8.6 复合防火保护工程	34
8.7 防火保护分项工程验收	35
9 维护	37
9.1 一般规定	37
9.2 防火材料的维护与保养	37
附录 A 大跨铝结构防火保护检验批质量验收记录	38
附录 B 大跨铝结构防火保护分项工程质量验收记录	40
本标准用词说明	41
引用标准名录	42

1 总则

1.0.1 为促进大跨度铝合金结构的应用与发展，减少火灾危害，做到技术先进、安全适用、经济合理，根据上海地区的技术经济发展要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于上海地区的大跨度铝合金结构防火工程的设计、施工、验收与维护，对存储爆炸性危险品的铝合金结构防火应做专门的技术论证。

【条文说明】 本标准适用于跨度不小于 45m 的民用大跨度铝合金结构防火设计、施工、验收与维护，包括交通建筑、体育场馆、展览温室、文化建筑等。对于跨度小于 45m 的其他民用铝合金建筑、一般性工业建筑可参照执行；对于存储具有爆炸危险性的铝合金建筑，应根据爆炸危险品类型进行专门的防火技术论证。

1.0.3 大跨度铝合金结构防火，除应符合本标准外，尚应符合现行国家和上海市有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 大跨度铝合金结构 large-span aluminum structure

采用铝合金型材作为主承重构件的空间网格结构。

【条文说明】本标准所指的大跨度铝合金结构，是指铝合金空间网格结构，并无具体的跨度界定。本标准重在解决铝合金空间网格结构的防火问题，不包括框架等类型。实际工程应用中，铝合金空间网格结构一般跨度不小于45m。

2.1.2 截面形状系数 section factor

构件的受火表面积与其相应的体积之比。

2.1.3 标准火灾升温曲线 standard fire temperature-time curve

在标准耐火试验中，耐火试验炉内的空气平均温度随时间变化的曲线。

2.1.4 标准火灾 standard fire

热烟气温度按标准火灾升温曲线确定的火灾。

2.1.5 等效曝火时间 equivalent time of fire exposure

构件受标准火灾作用后的温度与其受实际火灾作用时达到相同温度的时间。

2.1.6 耐火承载力极限状态 fire limit state

结构或构件受火灾作用达到不能承受外部作用或不适于继续承载的变形的状态。

2.1.7 临界温度 critical temperature

构件受火灾作用达到其耐火承载力极限状态时的温度。

2.1.8 水灭火系统 water-based fire protection system

以水为主要介质用于灭火、控火和构件冷却的灭火系统。

2.1.9 等效热阻 equivalent thermal resistance

在特定试验条件下测得的表征防火保护材料阻抗传热能力的物理量，单位为 $\text{m}^2 \cdot \text{C}/\text{W}$ 。

2.2 符号

A ——构件的毛截面面积；

A_n ——构件的净截面面积；

c_{al} ——铝合金的比热容，单位($J/kg \cdot ^\circ C$)；

$c_{al,T}$ ——温度 T 下的铝合金材料比热容 ($J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

c_i ——防火保护材料的比热容 ($J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

D ——火源等效直径 (m)；

d_i ——防火保护层的厚度 (m)；

F ——单位长度构件的受火表面积 (m^2)；

f ——常温下铝合金强度设计值；

F/V ——无防火铝合金构件的截面形状系数 (m^{-1})；

F_i ——有防火保护铝合金构件单位长度的受火表面积 (m^2)；

F_i/V ——有防火保护铝合金构件的截面形状系数 (m^{-1})；

H ——构件微元面与火源辐射面的垂直距离 (m)；

h_c ——烟气热对流传热系数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

H_f ——火焰辐射面的高度 (m)；

$h_{f,r}$ ——火焰热辐射传热系数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

h_r ——烟气热辐射传热系数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

K ——综合传热系数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

k_T ——高温下铝合金名义屈服强度折减系数；

K' ——考虑火焰辐射修正的综合传热系数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)；

M_{cr} ——受弯构件的临界弯矩；

M_x ——高温下最不利截面处绕 x 轴弯矩设计值；

M_y ——高温下最不利截面处绕 y 轴弯矩设计值；

N ——高温下构件的轴力设计值；

$N_{Ex,T}$ —— $T^\circ C$ 下理想轴压构件绕 x 轴失稳的欧拉荷载；

$N_{Ey,T}$ —— $T^\circ C$ 下理想轴压构件绕 y 轴失稳的欧拉荷载；

Q ——火源热释放速率设计值 (kW);
 Q_c ——火源的对流热释放速率 (kW);
 r ——所计算构件距火源形心点的距离 (m);
 R_i ——防火保护层的等效热阻 ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);
 S_m ——荷载 (作用) 效应组合的设计值;
 S_{Gk} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值;
 S_{Tk} ——按火灾下结构的温度变化标准值计算的作用效应值;
 S_{Qk} ——按楼面或屋面活荷载标准值计算的荷载效应值;
 S_{Wk} ——按风荷载标准值计算的荷载效应值;
 R_d ——结构构件抗力的设计值;
 T ——构件温度, 单位 $^\circ C$;
 t ——火灾持续时间 (min);
 T_{al} ——铝合金构件的温度, 单位 $^\circ C$;
 T_d ——构件的临界温度, 单位 $^\circ C$;
 t_d ——火灾持续时间 (s);
 T_g ——火灾发展到 t 时刻的热烟气平均温度 ($^\circ C$);
 T_{g0} ——火灾前室内环境的温度, 单位 $^\circ C$;
 T_m ——在设计耐火极限时间内构件的最高温度;
 t_m ——火灾下铝合金结构构件的实际耐火极限;
 T_z^{\max} ——火源中心距地面垂直距离为 z (m) 处的最高空气升温 ($^\circ C$);
 ΔT_{al} ——铝合金构件在时间 $(t, t+\Delta t)$ 区间内的温升 ($^\circ C$);
 Δt ——时间步长 (s);
 V ——单位长度构件的体积 (m^3);
 W_{lex} ——在弯矩作用平面内对较大受压纤维的有效截面模量;
 W_{en} ——截面有效净截面模量;
 W_{enx} ——绕 x 轴的有效净截面模量;
 W_{eny} ——绕 y 轴的有效净截面模量;
 W_{ex} ——截面绕强轴的抗弯模量;
 W_{ey} ——截面绕弱轴的抗弯模量;

z (m) 处的空气温度 ($^{\circ}\text{C}$);
 z_1 ——临界高度 (m);
 $\alpha_{b,T}$ ——受弯构件初始缺陷计算参数;
 α_g ——烟气吸收率;
 α_T ——轴压构件初始缺陷计算参数;
 β ——形状系数;
 β_{mx} ——等效弯矩系数;
 γ_x ——截面塑性发展系数;
 γ_{0T} ——结构重要性系数;
 λ ——铝合金轴心受压构件的长细比;
 λ_{al} ——铝合金的热传导系数, 单位($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$);
 $\bar{\lambda}$ ——铝合金轴心受压构件的相对长细比;
 $\bar{\lambda}_{0,T}$ ——轴压构件初始缺陷计算参数;
 $\bar{\lambda}_{0b,T}$ ——受弯构件初始缺陷计算参数;
 $\bar{\lambda}_b$ ——受弯构件的相对长细比;
 λ_i ——防火保护层的等效热传导系数 ($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$);
 ρ_{al} ——铝合金材料密度 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$);
 ε_{al} ——铝合金构件辐射率;
 σ ——黑体辐射常数, 其值为 $5.67\times 10^{-8}\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-4}$;
 φ ——辐射角系数, 应按第 6.2.4 条计算;
 ρ_i ——防火保护材料的密度 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$);
 ξ_G ——永久荷载折减系数;
 ψ_w ——风荷载的频遇值系数, 可取 $\psi_w = 0.4$;
 ψ_f ——楼面或屋面活荷载的频遇值系数;
 ϕ_Q ——楼面或屋面活荷载的准永久值系数;
 $\varphi_{b,T}$ ——高温下铝合金受弯构件的整体稳定系数;
 $\varphi_{bx,T}$ —— $T^{\circ}\text{C}$ 下铝合金受弯构件的整体稳定系数;
 $\varphi_{by,T}$ —— $T^{\circ}\text{C}$ 下铝合金纯弯构件的整体稳定系数;

φ_T ——温度为 $T^\circ\text{C}$ 时铝合金轴心受压构件的整体稳定系数；

$\bar{\varphi}_T$ ——铝合金轴心受压构件的稳定计算系数；

$\bar{\varphi}_{x,T}$ ——高温下铝合金轴压构件绕 x 轴的整体稳定系数；

$\bar{\varphi}_{y,T}$ ——高温下铝合金轴压构件绕 y 轴的整体稳定系数；

$\bar{\varphi}_{x,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下铝合金轴压构件的整体稳定系数；

η ——截面影响系数；

$\eta_{b,T}$ ——受弯构件考虑初始弯曲及初偏心的系数；

η_e ——考虑板件局部屈曲的修正系数；

η_{haz} ——焊接缺陷影响系数；

η_T ——轴压构件考虑初始弯曲及初偏心的系数；

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 大跨度铝合金结构建筑的耐火等级应根据现行国家规范《建筑设计防火规范》GB50016 确定。

3.1.2 大跨度铝合金结构可按照建筑空间的火灾特点分为以下四类：

第一类：具有燃料岛，但不具备防火分隔条件且不具备蔓延条件的高大公共场所。

第二类：使用功能单一、火灾荷载较小且不具备防火分隔条件的高大活动场所。

第三类：高大空间一般工业建筑。

第四类：敞开空间，能有效排烟、排热。

【条文说明】本条根据空间火灾特点，将建筑分为四类，其中第一类的代表建筑为候车（船）厅、机场航站楼等；第二类的代表建筑为体育馆、游泳馆、温室等；第三类为展览、机场的货运配送中心，集装箱码头的拆件库，邮件分拣中心等；第四类为敞开空间建筑，能有效排烟、排热，对防火要求较低或不需要进行防火处理。燃料岛是指，在大空间建筑的空间内，零散设置的移动的或固定的售货亭和商务办公模块，并在没有任何灭火设备对火灾规模进行抑制，也能够保证火灾不会通过辐射蔓延到其它区域。

3.1.3 大跨度铝合金结构的防火设计应根据结构的重要性、结构类型和荷载特征等选用基于整体结构耐火验算或基于构件耐火验算的防火设计方法。其中跨度不小于 60m 的铝合金结构宜采用基于整体结构耐火验算的防火设计方法；特别重要建筑、采用预应力技术和跨度不小于 120m 的铝合金结构，应采用基于整体结构耐火验算的防火设计方法。

【条文说明】预应力结构在高温作用下会产生较大的预应力损失，对结构的变形和受力状态影响较大，甚至会引起结构到倒塌，因此要求预应力铝合金结构采用整体结构耐火验算方法。

3.1.4 基于整体结构耐火验算的防火设计方法应符合下列规定：

- 1 各防火分区应分别作为一个火灾工况并选用最不利火灾场景进行验算。
- 2 应考虑结构的热膨胀效应、结构材料性能受高温作用的影响，必要时，还

应考虑结构几何非线性的影响。

【条文说明】参照《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249-2017。

3.1.5 基于构件的铝合金结构防火设计方法应符合下列规定：

1 计算火灾下构件的组合效应时，对于受弯构件、拉弯构件和压弯构件等以弯曲变形为主的构件，可忽略热膨胀效应；对于轴心受拉、轴心受压等以轴向变形为主的构件，应计入热膨胀效应对内力的影响。

2 计算火灾下构件的承载力时，构件温度应取其截面的最高平均温度，并应采用结构材料在相应温度下的强度与弹性模量。

3.1.6 大跨度铝合金结构建筑，应按不同火灾荷载、不同空间高度、不同结构形式确定选用标准火灾升温曲线或者大空间火灾升温曲线进行结构耐火计算。

【条文说明】通过火灾模拟计算确定直接受火区、非直接受火区。直接受火区的结构应按标准火灾升温曲线对结构进行耐火计算；非直接受火区应采用大空间火灾升温曲线对结构进行耐火计算。

3.1.7 铝合金结构的耐火极限经耐火验算不低于设计耐火极限时，可不采用防火保护措施；经耐火验算低于设计耐火极限时，应采取喷涂防火涂料、水喷淋、外包敷不燃材料、防火分隔、排烟排热控制空间温度等防火保护措施。

3.1.8 下列建筑的承重铝合金结构构件可不采取防火保护措施：

1 单、多层丁、戊类厂、库房（使用甲、乙、丙类液体或气体的部位除外），且建筑面积小于 8000 m²的单层丙类厂房。设有自动喷水灭火系统全保护，离地（楼）面的高度不小于 6m 的屋顶承重构件；

2 未设自动喷水灭火系统全保护且独立空间的面积不小于 500 m²的单、多层一般公共建筑中，离火源净空高度不小于 12m 的铝合金构件；

3 设有自动喷水灭火系统全保护，且承重铝合金构件中均灌注防冻、防腐并能循环的溶液的建筑；

4 体育建筑室外观众看台上面的罩棚、室内净空大于 8m 的游泳馆中非观众区的屋顶承重结构。

5 设置有足够的直通室外的开口，能进行有效排烟、排热，且空间温度在火灾中不高于 200℃。

3.1.9 铝合金结构的防火设计文件应注明建筑的耐火等级、构件的设计耐火极限、

构件的防火保护措施、防火材料的性能要求及设计指标。

3.2 建筑防火设计

3.2.1 铝合金结构建筑各功能场所之间应进行防火分隔，并符合现行国家规范《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。

3.2.2 大跨度铝合金结构建筑的承重柱、梁，应按一级耐火等级的有关要求进行防火保护。

3.2.3 大跨度铝合金结构建筑的屋顶承重构件，应按一级耐火等级的有关要求进
行防火保护，但符合下列要求之一的除外：

- 1 屋架上设置自动喷水灭火系统的。
- 2 第一、二、四类大跨度铝合金结构建筑，火灾荷载不大于 1MW 的部位上方。
- 3 经烟气计算，烟层温度不超过 80℃。
- 4 按照本标准计算达到耐火极限的。

3.2.4 大跨度铝合金结构建筑应设置消防车道，并应符合下列规定：

1 应设置环形消防车道，确有困难时，可沿建筑物的两个长边设置消防车道。消防车道靠建筑外墙一侧的边缘距离建筑外墙不宜小于 5m，且不应大于 30m，距离最远的建筑安全疏散出入口不应大于 60m。

2 第三类大跨度铝合金结构建筑的消防车道净宽不宜小于 6.0m。

3.2.5 大跨度铝合金结构建筑宜设置灭火救援场地，

1 第三类大跨度铝合金结构建筑应至少沿建筑的一个长边设置灭火救援场地，当建筑高度大于 24m 或建筑的进深大于 120m 时，应沿建筑的两个长边设置灭火救援场地。

2 灭火救援场地的宽度不应小于 10m。场地靠建筑外墙一侧的边缘距离建筑外墙不应小于 5m，且不应大于 15m，场地的坡度不宜大于 3%。

3.2.6 当大跨度铝合金结构建筑的一边长度大于 220m 时，应在首层设置防火分隔通道或非分隔的通道等中部通道，且应符合下列规定：

1 防火分隔通道净宽度不得小于 4.0m，非分隔的通道净宽度不得小于 9.0m。第三类大跨度铝合金结构建筑应设置为防火分隔通道，并应同其他部分采取耐火极

限不小于 3.00h 的防火隔墙进行分隔。

2 通道同建筑外墙间以及通道间的间距不宜大于 150m。

3 通道内应设置独立报警阀组的自动喷水灭火系统，系统的用水量不应小于其相邻防火分区的最大用水量，系统泵组流量应叠加计算。

4 通道区域应设置独立的排烟系统，其排烟量不应小于 $50\text{m}^3/\text{s}$ ；采用自然排烟时，排烟口面积不应小于隔离带地面面积的 10%，并宜布置在屋顶。

5 通道应直通室外，不得在通道上设置门或者卷帘等遮挡物。

6 通道内不应设置任何可燃物和影响疏散的物品。

7 通道可结合防火隔离带设置。

3.2.7 大跨度铝合金结构建筑内的人员疏散应满足双向疏散。每个防火分区的安全出口不应少于 2 个，且应分散布置。

3.2.8 大跨度铝合金结构建筑的防火分区划分不应跨越功能区进行划分，防火分区内应根据火灾场景设置相匹配的自动灭火系统、火灾自动报警系统和排烟系统。

3.2.9 除第四类建筑外，大跨度铝合金结构建筑防火分区应采用防火墙、防火卷帘、甲级防火门等进行防火分隔。当建筑防火分隔设置固定分隔物确有困难时，可采用防火隔离带，但应符合下列规定：

1 防火隔离带的宽度不应小于 12m，其两端应设置直通室外的安全出口或防烟楼梯间。

2 防火隔离带区域应设置独立报警阀组的自动喷水灭火系统，系统的用水量不应小于其相邻防火分区的最大用水量，系统泵组流量应叠加计算。

3 防火隔离带区域应设置独立的排烟系统，其排烟量不应小于 $50\text{m}^3/\text{s}$ ；采用自然排烟时，排烟口面积不应小于隔离带地面面积的 10%，并宜布置在屋顶。

4 防火隔离带内不应设置任何可燃物和影响疏散的物品。

3.2.10 第一类大跨度铝合金结构建筑内需设置商店、休闲、餐饮等商业服务设施时，除满足国家现行相关规范的规定外，还应满足下列规定：

1 除民用机场航站楼外，其他第一类大跨度铝合金结构建筑内确需设置商店、休闲、餐饮等商业服务设施的，其建筑面积不宜大于 20m^2 。

2 民用机场航站楼内设置商店、休闲、餐饮等商业服务设施时，应符合现行国家标准《民用机场航站楼设计防火规范》GB 51236 的相关规定。

3.2.11 大跨度铝合金结构建筑应设置室内外消火栓系统和自动喷水灭火系统。

条文说明：自动喷水灭火系统为自动跟踪定位射流灭火系统。

3.2.12 大跨度铝合金结构建筑应设置火灾自动报警系统，火灾自动报警系统的设计应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB50116 和上海市《民用建筑电气防火设计规程》DGJ08—2048 的相关要。

3.2.13 大跨度铝合金结构建筑应设置排烟系统，建筑内设置的排烟系统应能有效控制建筑内的火灾和烟气的流动与蔓延，并应能使建筑内的环境条件满足人员的安全疏散需要，其设计应符合现行国家标准《建筑防排烟系统技术标准》GB51251 和现行上海市工程建设规范《建筑防排烟系统设计标准》DG/TJ08 的有关规定。

3.2.14 大跨度铝合金结构建筑消防用电应按一级负荷供电。大跨度铝合金结构建筑的消防配电设计应符合现行国家标准《民用建筑电气设计规范》GB 51348 和现行上海市工程建设规范《民用建筑电气防火设计规程》DGJ08—2048 的相关要求。

3.2.15 大跨度铝合金结构建筑应设置电气火灾监控系统。电气火灾监控系统的设计应符合现行上海市工程建设规范《民用建筑电气防火设计规程》DGJ08—2048 的相关要求。

3.2.16 电气火灾监控器应设置在消防控制室内或保护区域附近；设置在保护区域附近时，应将报警信息和故障信息反馈至消防控制室。

4 防火保护措施

4.1 一般规定

4.1.1 火灾下铝合金构件和结构应保持稳定的承载能力，且应符合下列规定：

1 建筑承重铝合金构件的设计耐火极限不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定，经验算低于设计耐火极限时应采取防火保护措施。

2 结构节点的防火保护应与被连接构件中防火保护要求最高者相同。

【条文说明】承重铝合金构件的设计耐火极限经验算低于设计耐火极限时，可采取喷涂防火涂料、水喷淋、外包敷不燃材料、排烟排热控制空间温度等措施。

4.1.2 铝合金结构可采取下列防火保护措施：

1 涂敷铝结构专用防火涂料；

2 包覆防火板保护；

3 包覆柔性毡状隔热材料保护；

4 施加水喷淋或水喷雾进行保护；

5 采用其他外包轻质混凝土或砌筑砌体、隔热材料包覆等措施；

6 其他有效的防火保护措施。

4.1.3 铝合金结构防火保护措施应符合下列规定：

1 在要求的耐火极限内应能有效地保护铝合金构件。

2 防火材料及其辅助材料应易于和铝合金构件相容，并对铝合金构件不产生有害影响。

3 当铝合金构件受火后发生允许变形时，防火保护材料不应发生结构性破坏，仍能保持原有的保护作用直至规定的耐火时间。

4 防火保护材料不应对人体有害，且在防火保护施工时，不产生对人体有害的粉尘或气体。

5 施工方便，易于保证施工质量。

4.1.4 大跨度铝合金结构的防火保护措施，可以采用喷涂防火涂料、水喷淋、外包敷不燃材料、排烟排热控制空间温度等单一防火措施，也可以同时采用其中两种或多种组合的复合防火保护措施。

4.2 防火保护

4.2.1 铝合金结构采用喷涂防火涂料保护时，应符合下列规定：

1 室外、半室外铝合金结构采用膨胀型防火涂料时，应选用符合环境要求的产品。

2 非膨胀型防火涂料涂层的厚度应经计算确定，且不应小于 10mm。

3 防火涂料应与铝合金表面处理材料相容、匹配。

4.2.2 建筑铝合金结构采用喷涂防火涂料保护时，遇下列情况之一，应在涂层内设置与铝合金构件相连接的镀锌铁丝网：

1 构件承受冲击、振动荷载；

2 构件的腹板高度超过 500mm，涂层厚度不小于 30mm 或涂层长期暴露在室外。

4.2.3 铝合金结构采用包覆防火板保护时，应符合下列规定：

1 防火板应为不燃材料，且受火时不应出现炸裂和穿透裂缝等现象；

2 防火板的包覆应根据构件形状和所处部位进行构造设计，并应采取确保安装牢固稳定的措施；

3 固定防火板的龙骨及粘结剂应为不燃材料。龙骨应便于与构件及防火板连接，粘接剂在高温下应能保持一定的强度，并应能保证防火板的包敷完整；

4 固定防火板的龙骨、紧固件宜采用不锈钢、铝、镀锌件等可以直接接触铝合金材料的材料。

4.2.4 铝合金结构采用包覆柔性毡状隔热材料保护时，应符合下列规定：

1 不应用于易受潮或受水的铝合金结构；

2 毡状材料包覆后应厚度均匀。

4.2.5 铝合金结构可采用岩棉、陶瓷纤维、石膏、纳米微孔隔热材料、膨胀多孔材料等其他隔热材料作为防火保护层。

4.2.6 建筑铝合金结构采用外包轻质混凝土或砌筑砌体保护时，外包混凝土宜配

构造筋，且混凝土不应含有腐蚀性添加剂。

4.3 喷水保护

4.3.1 铝合金构件可采用水喷淋、水喷雾、水幕或其他自动喷水灭火系统进行防护。

4.3.2 水灭火系统用于直接冷却铝合金构件时，且喷头宜直接朝向结构构件，并应符合现行国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084 的有关规定。除本标准另有规定外，水灭火系统的持续喷水时间，应按火灾延续时间不小于 1h 确定。

5 材料特性

5.1 铝合金

5.1.1 常温下铝合金材料的性能应符合现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429、《铝及铝合金轧制板材》GB/T 3880、《铝及铝合金冷轧带材》GB/T 8544、《铝及铝合金挤压棒材》GB/T 3191、《铝及铝合金拉（轧）制无缝管》GB/T 6893、《铝及铝合金热挤压管》GB/T 4437、《铝合金建筑型材》GB/T 5237、《工业用铝及铝合金热挤压型材》GB/T 6892 的有关规定。

5.1.2 高温下铝合金强度设计值 f_T 应按下式计算：

$$f_T = k_T f \quad (5.1.3)$$

式中 k_T ——高温下铝合金名义屈服强度折减系数。常用铝合金的高温强度折减系数可按表5.1.3取值；

f ——常温下铝合金名义屈服强度设计值。

表 5.1.3 常用铝合金高温强度折减系数 k_T

铝合金牌号	20℃	100℃	150℃	200℃	250℃	300℃	350℃	550℃
3004-H34	1.00	1.00	0.98	0.57	0.31	0.19	0.13	0
5083-O	1.00	1.00	0.98	0.90	0.75	0.40	0.22	0
5083-H32	1.00	1.00	0.80	0.60	0.31	0.16	0.10	0
6061-T4	1.00	0.92	0.85	0.83	0.71	0.40	0.25	0
6061-T6	1.00	0.95	0.91	0.79	0.55	0.31	0.10	0
6063-T5	1.00	0.92	0.87	0.76	0.49	0.29	0.14	0
6063-T6	1.00	0.91	0.84	0.71	0.38	0.19	0.09	0
6082-T4	1.00	1.00	0.84	0.77	0.77	0.34	0.19	0
6082-T6	1.00	0.88	0.79	0.69	0.59	0.48	0.37	0
6013-T4	1.00	0.92	0.85	0.83	0.71	0.40	0.25	0
6013-T6	1.00	0.95	0.91	0.79	0.55	0.31	0.10	0
6N01-T6	1.00	0.89	0.82	0.76	0.71	0.61	0.54	0
7020-T6	1.00	0.92	0.90	0.78	0.65	0.44	0.28	0
7075-T6	1.00	0.94	0.76	0.50	0.22	0.10	0.06	0

【条文说明】本条给出了常用的几种铝合金材料在不同温度时的强度折减系数，表格中未包含的其他材料的强度折减系数应通过试验确定；20℃~550℃之间表格中未给出的温度情况，可以按照线性插值取用。

5.1.3 高温下铝合金的弹性模量折减系数 E_T/E 可采按表 5.1.4 选取。

表 5.1.3 结构用铝合金高温弹性模量折减系数 E_T/E

温度 $T/^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	100 $^\circ\text{C}$	150 $^\circ\text{C}$	200 $^\circ\text{C}$	250 $^\circ\text{C}$	300 $^\circ\text{C}$	350 $^\circ\text{C}$	550 $^\circ\text{C}$
E_T/E	1.00	0.97	0.93	0.86	0.78	0.68	0.54	0

【条文说明】本条给出了常用铝合金材料在不同温度时的弹性模量强度折减系数，新材料的弹性模量折减系数应通过试验确定；20 $^\circ\text{C}$ ~550 $^\circ\text{C}$ 之间表格中未给出的温度情况，可以按照线性插值取用。

5.1.4 高温下铝合金的比热容可以按照下式进行计算：

$$c_{al} = 0.41T_{al} + 903 \quad 0^\circ\text{C} < t < 500^\circ\text{C} \quad (5.1.4)$$

式中： c_{al} ——铝合金的比热容，单位(J/kg $^\circ\text{C}$)；

T_{al} ——铝合金构件的温度，单位 $^\circ\text{C}$ 。

5.1.5 高温下铝合金的热传导系数可以按照下式进行计算：

$$\begin{cases} \lambda_{al} = 0.07T_{al} + 190 & 3xxx \text{ \& } 6xxx \text{ 系列} \\ \lambda_{al} = 0.1T_{al} + 140 & 5xxx \text{ \& } 7xxx \text{ 系列} \end{cases} \quad (5.1.5)$$

式中： λ_{al} ——铝合金的热传导系数，单位(W/m $^\circ\text{C}$)；

【条文说明】比热容、热传导系数参考欧标。

5.2 防火保护材料

5.2.1 非膨胀型防火涂料、防火板的等效热传导系数宜通过标准耐火试验确定。

5.2.2 膨胀型防火涂料应给出最大使用厚度、最小使用厚度的等效热阻以及防火涂料使用厚度按最大使用厚度与最小使用厚度之差的 1/4 递增的等效热阻，其他厚度下的等效热阻可采用线性插值方法确定。

5.2.3 其他防火保护材料的等效热阻或等效热传导系数，应通过试验确定。

6 温度计算

6.1 火灾升温曲线

6.1.1 常见建筑的室内火灾升温曲线可按下列规定确定:

1 对于以纤维类物质为主的火灾, 可按下式确定:

$$T_g - T_{g0} = 345 \lg(8t + 1) \quad (6.1.1-1)$$

2 对于以烃类物质为主的火灾, 可按下式规定确定:

$$T_g - T_{g0} = 1080 \times (1 - 0.325e^{-t/6} - 0.675e^{-2.5t}) \quad (6.1.1-2)$$

式中: t ——火灾持续时间 (min);

T_g ——火灾发展到 t 时刻的热烟气平均温度 (°C);

T_{g0} ——火灾前室内环境的温度 (°C), 可取 20 °C。

6.1.2 对于高大空间建筑火灾中的空气升温过程可按下式确定计算:

$$T(x, z, t) - T_{g0} = T_z^{\max} (1 - 0.8e^{-\beta t} - 0.2e^{-0.1\beta t}) \left[\eta + (1 - \eta)e^{-\frac{D-2x}{14}} \right] \quad (6.1.2)$$

式中: $T(x, z, t)$ —— 对应于 t 时刻, 与火源中心水平距离为 x (m)、与地面垂直距离为 z (m) 处的空气温度 (°C);

T_z^{\max} —— 火源中心距地面垂直距离为 z (m) 处的最高空气升温 (°C),

应按式(6.1.2-2)计算:

$$T_z^{\max} = \begin{cases} (0.071Q_c^{-2/3} z^{5/3} + 0.0018)^{-1} + T_0 & z > z_1 \\ 31.125Q_c^{2/5} z^{-1} + T_0 & z \leq z_1 \end{cases} \quad (6.1.2-2)$$

z_1 —— 临界高度 (m), 应按式(6.1.2-3)计算:

$$z_1 = 0.166Q_c^{2/5} \quad (6.1.2-3)$$

Q_c —— 火源的对流热释放速率 (kW), 可取为 $0.7Q$;

Q —— 火源热释放速率设计值 (kW);

β —— 形状系数, 对慢速、中速、快速和极快速火分别取为 0.001、0.002、0.003 和 0.004;

D —— 火源等效直径 (m), 非圆形截面火源应按面积相等原则换算;

η —— 温度衰减系数（无量纲），应根据建筑面积 A 及高度 z 按表 6.1.2 确定，当 $x < D/2$ 时， $\eta = 1$ ；

表 6.1.2 温度衰减系数 η

A / m^2	z / m				
	6	9	12	15	20
500	0.60	0.65	0.70	0.80	0.85
1000	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75
3000	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
6000	0.25	0.30	0.40	0.45	0.50

【条文说明】（高大空间建筑，本规范中指高度不小于 6m、独立空间地（楼）面积不小于 500 m² 的建筑空间）

6.1.3 当能准确确定建筑的火灾功率、可燃物类型及其分布、几何特征等参数时，火灾升温曲线可按其他有可靠依据的火灾模型确定。

6.2 铝合金构件温升计算

6.2.1 当闭口截面铝合金构件的板件厚度小于 40 mm，或开口截面铝合金构件的板件厚度小于 80 mm 时，可忽略构件截面的温度梯度，否则应通过火灾下温升试验或数值模拟等方法确定构件截面的温度分布和温升。

6.2.2 当铝合金构件板件截面满足第 6.2.1 条的要求时，火灾下无防火保护措施的铝合金构件的温度可按下列各式计算：

$$\Delta T_{\text{al}} = \begin{cases} \frac{K'}{\rho_{\text{al}} c_{\text{al},T}} \cdot \frac{F}{V} (T_{\text{g}} - T_{\text{al}}) \Delta t & t \leq t_{\text{d}} \\ \frac{K}{\rho_{\text{al}} c_{\text{al},T}} \cdot \frac{F}{V} (T_{\text{g}} - T_{\text{al}}) \Delta t & t > t_{\text{d}} \end{cases} \quad (6.2.2)$$

$$K' = h_{\text{r}} + h_{\text{c}} + h_{\text{r},\text{r}} \quad (6.2.2)$$

$$K = h_{\text{r}} + h_{\text{c}} \quad (6.2.2)$$

$$h_{\text{r}} = \frac{\varepsilon_{\text{al}} \sigma \left[(T_{\text{g}} + 273)^4 - (T_{\text{al}} + 273)^4 \right]}{T_{\text{g}} - T_{\text{al}}} \quad (6.2.2)$$

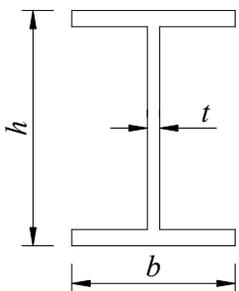
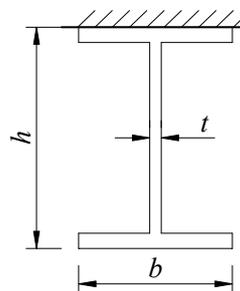
式中： t —— 需计算温升的时刻（s）；

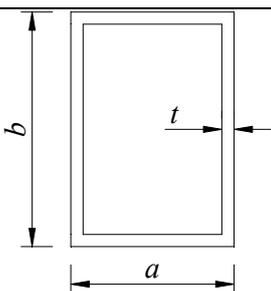
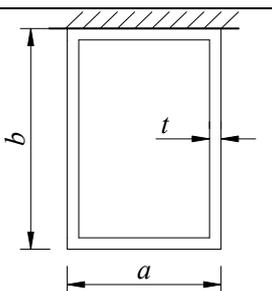
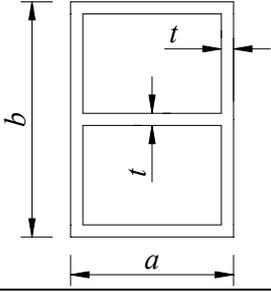
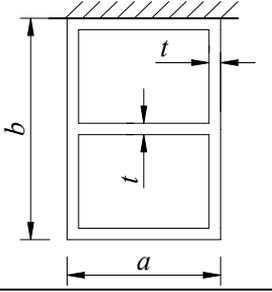
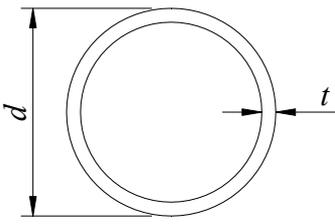
Δt —— 时间步长（s），取值不宜大于 5 s；

t_{d} —— 火灾持续时间（s）；

ΔT_{al} —— 铝合金构件在时间 $(t, t + \Delta t)$ 区间内的温升 ($^{\circ}\text{C}$);
 T_g —— t 时刻热烟气的平均温度 ($^{\circ}\text{C}$);
 T_{al} —— t 时刻铝合金构件的温度 ($^{\circ}\text{C}$);
 ρ_{al} —— 铝合金材料密度 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$);
 $c_{al,T}$ —— 温度 T 下的铝合金材料比热容 ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 F —— 单位长度构件的受火表面积 (m^2);
 V —— 单位长度构件的体积 (m^3);
 F/V —— 无防火铝合金构件的截面形状系数 (m^{-1}), 按表 6.2.2 确定;
 K —— 综合传热系数 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 K' —— 考虑火焰辐射修正的综合传热系数 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 h_c —— 烟气热对流传热系数 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$), 采用标准升温曲线、
 烃类物质燃烧升温曲线和简化火源模型计算时, 分别取值为
 25、50 和 $35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$;
 h_r —— 烟气热辐射传热系数 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 ε_{al} —— 铝合金构件辐射率, 无特殊说明时可取为 0.3;
 σ —— 黑体辐射常数, 其值为 $5.67\times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-4}$;
 $h_{f,r}$ —— 火焰热辐射传热系数 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$), 应按第 6.2.3 条的规定
 计算。

表 6.2.2 常见铝合金构件截面的形状系数

构件截面	形状系数 F/V	构件截面	形状系数 F/V
四面受火的工字型构件 	$\frac{2h + 4b - 2t}{A}$ (A 为截面积)	三面受火的工字型构件 	$\frac{2h + 3b - 2t}{A}$ (A 为截面积)
四面受火的方管构件	$\frac{a + b}{t(a + b - 2t)}$	三面受火的方管构件	$\frac{a / 2 + b}{t(a + b - 2t)}$

构件截面	形状系数 F/V	构件截面	形状系数 F/V
			
四面受火的日字形构件		三面受火的日字形构件	
	$\frac{2b + 2h}{t(3b + 2h - 6t)}$		$\frac{b + 2h}{t(3b + 2h - 6t)}$
四面受火的圆管构件			
	$\frac{d}{t(d - t)}$		

6.2.3 当构件与火源间的直线距离大于 5m 时,火焰热辐射传热系数 $h_{f,r}$ 可取为零, 否则应取为下列各式所计算的较大值:

$$h_{f,r} = \frac{\varepsilon_{al} \varphi F \sigma [\alpha_g (T_f + 273)^4 - (T_{al} + 273)^4]}{T_g - T_{al}} \quad (6.2.3-1)$$

$$h_{f,r} = \frac{0.35 Q \varepsilon_{al} \alpha_g e^{-0.05D}}{4\pi r^2 (T_g - T_{al})} \quad (6.2.3-2)$$

式中: α_g —— 烟气吸收率, 应按式(6.2.3-3)计算;

$$\alpha_g = -0.00061(T_g - T_{g0}) + 1 \quad (6.2.3-3)$$

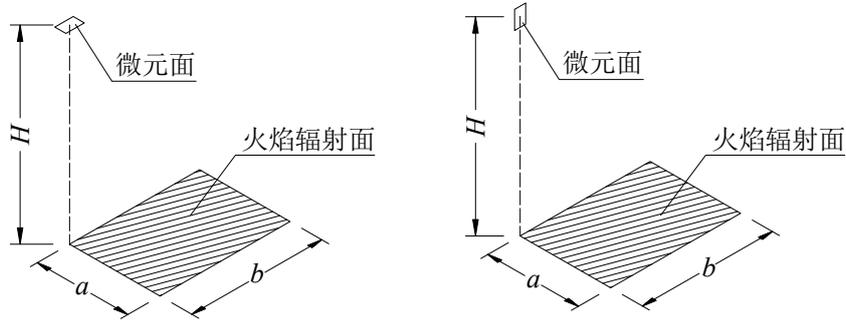
φ —— 辐射角系数, 应按第 6.2.4 条计算;

Q —— 火源功率设计值 (kW);

r —— 所计算构件距火源形心点的距离 (m);

D —— 火源等效直径(m), 非圆形截面火源应按面积相等原则换算。

6.2.4 对于图 6.2.4 所示构件微元面与火焰辐射面的相对关系, 辐射角系数 φ 应分别按下列方法计算:



(a) 微元面与火焰辐射面平行 (b) 微元面与火焰辐射面垂直

图 6.2.4 板件微元面与火焰辐射面的基本相对位置

1 构件微元面与火焰辐射面平行

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \arctan \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \arctan \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \quad (6.2.4-1)$$

2 构件微元面与火焰辐射面垂直

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \left(\arctan y - \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \arctan \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) \quad (6.2.4-2)$$

式中: x, y —— 无量纲参数, 分别按式(6.2.4-3)和(6.2.4-4)计算:

$$x = \frac{a}{H - H_f} \quad (6.2.4-3)$$

$$y = \frac{b}{H - H_f} \quad (6.2.4-4)$$

a, b —— 火源辐射面的长度 (m) 和宽度 (m), 见图 6.2.4;

H —— 构件微元面与火源辐射面的垂直距离 (m), 见图 6.2.4;

H_f —— 火焰辐射面的高度 (m), 当构件位于火源正上方时取火源高度, 按式(6.2.4-5)计算。

$$H_f = -1.02D + 0.235Q^{2/5} \quad (6.2.4-5)$$

6.2.5 火灾下有防火保护铝合金构件的温度可按下式计算。

$$\Delta T_{al} = \alpha \cdot \frac{1}{\rho_{al} c_{al}} \cdot \frac{F_i}{V} \cdot (T_g - T_{al}) \Delta t \quad (6.2.5-1)$$

1 当防火保护层为非轻质防火保护层, 即 $2\rho_i c_i d_i F_i > \rho_{al} c_{al} V$ 时:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{\rho_i c_i d_i F_i}{2\rho_{al} c_{al} V}} \cdot \frac{\lambda_i}{d_i} \quad (6.2.5)$$

2 当防火保护层为轻质防火保护层，即 $2\rho_i c_i d_i F_i \leq \rho_{al} c_{al} V$ 时：

对于膨胀型防火涂料防火保护层：

$$\alpha = \frac{1}{R_i} \quad (6.2.5)$$

对于非膨胀型防火涂料、防火板等防火保护层：

$$\alpha = \frac{\lambda_i}{d_i} \quad (6.2.5)$$

- 式中：
- c_i —— 防火保护材料的比热容 ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$)；
 - ρ_i —— 防火保护材料的密度 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)；
 - R_i —— 防火保护层的等效热阻 ($\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$)；
 - λ_i —— 防火保护层的等效热传导系数 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{C}$)；
 - d_i —— 防火保护层的厚度 (m)；
 - F_i/V —— 有防火保护铝合金构件的截面形状系数 (m^{-1})；
 - F_i —— 有防火保护铝合金构件单位长度的受火表面积 (m^2)；对于外边缘型防火保护，取单位长度铝合金构件的防火保护材料内表面积，对于非外边缘型防火保护，取沿单位长度铝合金构件所测得的可能的矩形包装的最小内表面积；
 - V —— 单位长度铝合金构件的体积 (m^3)。

6.2.6 在标准火灾下，采用轻质防火保护层的铝合金构件的温度可按式近似计算：

$$T_{al} = \begin{cases} \left(\sqrt{8.36 \times 10^{-3} + 4.78 \times 10^{-5} \alpha \frac{F_i}{V}} - 9.15 \times 10^{-2} \right) \cdot t + T_{al0} \leq 400^\circ\text{C} & 0 < \alpha \frac{F_i}{V} \leq 100 \\ \left(\sqrt{8.31 \times 10^{-2} + 1.17 \times 10^{-4} \alpha \frac{F_i}{V}} - 0.284 \right) \cdot t + T_{al0} \leq 400^\circ\text{C} & 100 < \alpha \frac{F_i}{V} \leq 1000 \end{cases} \quad (6.2.6)$$

式中： t —— 火灾持续时间 (s)。

6.2.7 进行铝合金结构的火致响应分析时，可忽略沿构件长度方向的温度变化。

7 结构耐火验算

7.1 一般规定

7.1.1 大跨度铝合金结构构件的设计耐火极限应根据建筑的耐火等级确定。

7.1.2 大跨度铝合金构件耐火承载力极限状态的最不利荷载（作用）效应组合设计值，应考虑火灾时结构上可能同时出现的荷载（作用），且应按下列组合值中的最不利值确定：

$$S_m = \gamma_{0T} (\xi_G S_{Gk} + S_{Tk} + \psi_f S_{Qk}) \quad (7.1.2)$$

$$S_m = \gamma_{0T} (\xi_G S_{Gk} + S_{Tk} + \phi_Q S_{Qk} + \psi_w S_{wk}) \quad (7.1.2)$$

式中： S_m —— 荷载（作用）效应组合的设计值；

S_{Gk} —— 按永久荷载标准值计算的荷载效应值；

S_{Tk} —— 按火灾下结构的温度变化标准值计算的作用效应值；

S_{Qk} —— 按楼面或屋面活荷载标准值计算的荷载效应值；

S_{wk} —— 按风荷载标准值计算的荷载效应值；

γ_{0T} —— 结构重要性系数，对于耐火等级为一级的建筑， $\gamma_{0T}=1.1$ ；对于其他建筑， $\gamma_{0T}=1.0$ ；

ξ_G —— 永久荷载折减系数，当永久荷载有利时取 $\xi_G=0.9$ ；此外取 $\xi_G=1.0$ ；

ψ_w —— 风荷载的频遇值系数，可取 $\psi_w = 0.4$ ；

ψ_f —— 楼面或屋面活荷载的频遇值系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值；

ϕ_Q —— 楼面或屋面活荷载的准永久值系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

7.1.3 铝合金结构构件的耐火验算和防火设计，可采用耐火极限法、承载力法或临界温度法，并应符合下列规定：

1 耐火极限法：在设计荷载作用下，火灾下铝合金结构构件的实际耐火极限不应小于构件的设计耐火极限，并按下式进行验算。

$$t_m \geq t_d \quad (7.1.3-1)$$

2 承载力法：在设计耐火极限时间内，火灾下铝合金结构构件的承载力设计值不应小于构件最不利的荷载（作用）组合效应设计值，并按下式进行验算：

$$R_d \geq S_m \quad (7.1.3-2)$$

3 临界温度法：在设计耐火极限时间内，火灾下铝合金结构构件的最高温度不应高于构件的临界温度，并按下式进行验算：

$$T_d \geq T_m \quad (7.1.3-3)$$

式中： t_m —— 火灾下铝合金结构构件的实际耐火极限；

t_d —— 铝合金结构构件的设计耐火极限；

S_m —— 荷载（作用）效应组合的设计值；

R_d —— 结构构件抗力的设计值；

T_m —— 在设计耐火极限时间内构件的最高温度；

T_d —— 构件的临界温度。

7.2 高温下轴心受力构件承载力验算

7.2.1 高温下铝合金轴心受力构件的强度应按下列式验算：

$$\frac{N}{A_n} \leq k_T f \quad (7.2.1)$$

式中： N —— 火灾下构件的轴向拉力或轴向压力设计值；

A_n —— 构件的净截面面积；

k_T —— $T^\circ\text{C}$ 下铝合金强度折减系数；

T —— 构件温度。

7.2.2 高温下铝合金轴心受压构件的稳定承载力应按下列式验算：

$$\frac{N}{\bar{\varphi}_T A} \leq k_T f \quad (7.2.2-1)$$

式中： N —— 高温下构件的轴向压力设计值；

A —— 构件的毛截面面积；

$\bar{\varphi}_T$ —— 铝合金轴心受压构件的稳定计算系数，应按式(7.2.2-2)计算；

$$\bar{\varphi}_T = \eta_e \eta_{\text{haz}} \varphi_T \quad (7.2.2-2)$$

η_e ——考虑板件局部屈曲的修正系数，按《铝合金结构技术标准》GB50429确定；

η_{haz} ——焊接缺陷影响系数，按《铝合金结构技术标准》GB50429确定；若无焊接时，取 $\eta_{\text{haz}}=1$ ；

φ_T ——温度为 $T^\circ\text{C}$ 时铝合金轴心受压构件的整体稳定系数，应按式(7.2.2-3)计算；

$$\varphi_T = \frac{1}{2\bar{\lambda}^2} \left[\left(\bar{\lambda}^2 + 1 + \eta_T \right) - \sqrt{\left(\bar{\lambda}^2 + 1 + \eta_T \right)^2 - 4\bar{\lambda}^2} \right] \quad (7.2.2-3)$$

$\bar{\lambda}$ ——铝合金轴心受压构件的相对长细比，应按式(7.2.2-4)计算；

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{\eta_e f}{E}} \quad (7.2.2-4)$$

λ ——铝合金轴心受压构件的长细比；

η_T ——轴压构件考虑初始弯曲及初偏心的系数，应按式(7.2-5)计算；

$$\eta_T = \alpha_T (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_{0,T}) \quad (7.2.2-5)$$

α_T ——轴压构件初始缺陷计算参数，应按式(7.2.2-6a)和(7.2.2-7a)计算，式中，温度 T 的适用范围为 $20^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ ；

$\bar{\lambda}_{0,T}$ ——轴压构件初始缺陷计算参数，应按式(7.2.2-6b)和(7.2.2-7b)计算，式中，温度 T 的适用范围为 $20^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ 。

对于热处理状态为T6的铝合金：

$$\alpha_T = 1.5027 \times 10^{-8} T^3 - 6.1711 \times 10^{-6} T^2 + 8.7545 \times 10^{-4} T + 0.1848 \quad (7.2.2-6a)$$

$$\bar{\lambda}_{0,T} = -1.9894 \times 10^{-8} T^3 + 9.7313 \times 10^{-6} T^2 - 1.5348 \times 10^{-3} T + 0.1769 \quad (7.2.2-6b)$$

对于热处理状态为其他情况的铝合金：

$$\alpha_T = 1.5988 \times 10^{-8} T^3 - 4.3079 \times 10^{-6} T^2 + 3.2619 \times 10^{-4} T + 0.3451 \quad (7.2.2-7a)$$

$$\bar{\lambda}_{0,T} = -1.0980 \times 10^{-8} T^3 + 5.5581 \times 10^{-6} T^2 - 9.0582 \times 10^{-4} T + 0.1160 \quad (7.2.2-7b)$$

7.3 高温下受弯构件承载力验算

7.3.1 高温下，在主平面内受弯的构件，其抗弯强度应按下式计算：

$$\frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{M_y}{W_{eny}} \leq k_T f \quad (7.3.1)$$

式中： M_x —— 高温下最不利截面处绕x轴弯矩设计值；

M_y —— 高温下最不利截面处绕y轴弯矩设计值；

W_{enx} —— 绕x轴的有效净截面模量，应同时考虑局部屈曲、焊接热影响区以及截面孔洞的影响；

W_{eny} —— 绕y轴的有效净截面模量，应同时考虑局部屈曲、焊接热影响区以及截面孔洞的影响。

7.3.2 高温下，在主平面内受弯的构件，其整体弯扭稳定承载力应按下式计算：

$$\frac{M_x}{\varphi_{b,T} W_{ex}} \leq k_T f \quad (7.3.2-1)$$

式中： M_x —— 高温下最不利截面处绕x轴弯矩设计值；

W_{ex} —— 截面绕强轴的抗弯模量；

$\varphi_{b,T}$ —— 高温下铝合金受弯构件的整体稳定系数，应按式(7.3.2-2)计算；
对闭口截面，取1.0；

$$\varphi_{b,T} = \frac{1 + \eta_{b,T} + \bar{\lambda}_b^2}{2\bar{\lambda}_b^2} - \sqrt{\left(\frac{1 + \eta_{b,T} + \bar{\lambda}_b^2}{2\bar{\lambda}_b^2} \right)^2 - \frac{1}{\bar{\lambda}_b^2}} \quad (7.3.2-2)$$

$\bar{\lambda}_b$ —— 受弯构件的相对长细比，应按式(7.3.2-3)计算；

$$\bar{\lambda}_b = \sqrt{W_{ex} f / M_{cr}} \quad (7.3.2-3)$$

M_{cr} —— 受弯构件的临界弯矩，应按《铝合金结构技术标准》GB50429的规定计算；

$\eta_{b,T}$ —— 受弯构件考虑初始弯曲及初偏心的系数，应按式(7.3.2-4)计算；

$$\eta_{b,T} = \alpha_{b,T} (\bar{\lambda}_b - \bar{\lambda}_{0b,T}) \quad (7.3.2-4)$$

$\alpha_{b,T}$ —— 受弯构件初始缺陷计算参数，应按式(7.3.2-5a)和(7.3.2-6a)计算，
式中，温度 T 的适用范围为20℃~350℃；

$\bar{\lambda}_{0b,T}$ ——受弯构件初始缺陷计算参数，应按式(7.3.2-5b)和(7.3.2-6b)计算，
式中，温度 T 的适用范围为 $20^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。

对于热处理状态为T6的铝合金：

$$\alpha_{b,T} = -8.5744 \times 10^{-9} T^3 + 5.8146 \times 10^{-6} T^2 - 1.1752 \times 10^{-3} T + 0.2212 \quad (7.3.2-5a)$$

$$\bar{\lambda}_{0b,T} = -4.4298 \times 10^{-8} T^3 + 2.2884 \times 10^{-5} T^2 - 3.8192 \times 10^{-3} T + 0.4276 \quad (7.3.2-5b)$$

对于热处理状态为其他情况的铝合金：

$$\alpha_{b,T} = 9.0794 \times 10^{-9} T^3 - 1.6026 \times 10^{-6} T^2 - 2.6777 \times 10^{-4} T + 0.2559 \quad (7.3.2-6a)$$

$$\bar{\lambda}_{0b,T} = 1.5179 \times 10^{-10} T^3 - 9.1107 \times 10^{-7} T^2 + 1.0870 \times 10^{-4} T + 0.2982 \quad (7.3.2-6b)$$

7.4 高温下拉弯、压弯构件承载力验算

7.4.1 高温下，弯矩作用在两个主平面内的铝合金拉弯、压弯构件的强度应符合下列规定：

1 除圆管截面外，弯矩作用在两个主平面内的拉弯构件和压弯构件，其截面强度应按下列式计算：

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{W_{\text{enx}}} + \frac{M_y}{W_{\text{eny}}} \leq k_T f \quad (7.4.1-1)$$

2 弯矩作用在两个主平面内的圆形截面拉弯构件和压弯构件，其截面强度应按下列式计算：

$$\frac{N}{A_n} + \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{W_{\text{en}}} \leq k_T f \quad (7.4.1-2)$$

式中： N —— 高温下构件的轴力设计值；

M_x —— 高温下最不利截面处绕 x 轴弯矩设计值；

M_y —— 高温下最不利截面处绕 y 轴弯矩设计值；

A_n —— 最不利截面的净截面面积；

W_{enx} —— 绕 x 轴的有效净截面模量，应同时考虑局部屈曲、焊接热影响区以及截面孔洞的影响；

W_{eny} —— 绕 y 轴的有效净截面模量，应同时考虑局部屈曲、焊接热影响区

以及截面孔洞的影响；

W_{en} —— 截面有效净截面模量，应同时考虑局部屈曲、焊接热影响区以及截面孔洞的影响。

7.4.2 高温下弯矩作用在对称平面内（绕强轴）的铝合金实腹式压弯构件，其稳定承载力应按下列规定验算：

1 弯矩作用平面内的稳定承载力

$$\frac{N}{\bar{\varphi}_{x,T}A} + \frac{\beta_{mx}M_x}{\gamma_x W_{1ex}(1-\eta_1 N/N_{Ex,T})} \leq k_T f \quad (7.4.2-1)$$

式中： N —— 高温下构件的轴力设计值；

M_x —— 高温下构件的弯矩设计值；

f —— 常温下铝合金材料的强度设计值；

$\bar{\varphi}_{x,T}$ —— 高温下铝合金轴压构件绕 x 轴的整体稳定系数，可根据式(7.2.2-2)计算；

β_{mx} —— 等效弯矩系数，应根据《铝合金结构技术标准》GB50429的规定确定；

γ_x —— 截面塑性发展系数，应根据《铝合金结构技术标准》GB50429的规定确定；

W_{1ex} —— 在弯矩作用平面内对较大受压纤维的有效截面模量，应同时考虑局部屈曲和焊接热影响区的影响；

η_1 —— 系数，对于热处理状态为T6的铝合金取0.75，对其他铝合金取0.9；

$N_{Ex,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下理想轴压构件绕 x 轴失稳的欧拉荷载， $N_{Ex,T}=\pi^2 E_T A / (1.1 \lambda_x^2)$ 。

2 弯矩作用平面外的稳定承载力

$$\frac{N}{\bar{\varphi}_{y,T}A} + \frac{M_x}{\varphi_{b,T}W_{1ex}} \leq k_T f \quad (7.4.2-2)$$

式中： $\bar{\varphi}_{y,T}$ —— 高温下铝合金轴压构件绕 y 轴的整体稳定系数，可根据式(7.2.2-2)计算；

$\varphi_{b,T}$ —— 高温下铝合金受弯构件的整体稳定系数，可根据式(7.3.2-2)计算。

7.4.3 高温下，弯矩作用在两个主平面内的双轴对称实腹式工字形和箱形截面的

压弯构件，其稳定承载力应按下列规定验算：

$$\frac{N}{\bar{\varphi}_{x,T}A} + \frac{M_x}{\gamma_x(1-\eta_1N/N_{Ex,T})W_{ex}} + \frac{\eta M_y}{\varphi_{by,T}W_{ey}} \leq k_T f \quad (7.4.3-1)$$

$$\frac{N}{\bar{\varphi}_{y,T}A} + \frac{\eta M_x}{\varphi_{bx,T}W_{ex}} + \frac{M_y}{\gamma_y(1-\eta_1N/N_{Ey,T})W_{ey}} \leq k_T f \quad (7.4.3-2)$$

式中： $\bar{\varphi}_{x,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下铝合金轴压构件的整体稳定系数，应按式(7.2.2-3)计算；

$\bar{\varphi}_{y,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下铝合金轴压构件的整体稳定系数，应按式(7.2.2-3)计算；

$\varphi_{bx,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下铝合金受弯构件的整体稳定系数，应按式(7.3.2-2)计算；
对闭口截面，取1.0；

$\varphi_{by,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下铝合金纯弯构件的整体稳定系数，应按式(7.3.2-2)计算；
对闭口截面，取1.0；

$N_{Ey,T}$ —— $T^\circ\text{C}$ 下理想轴压构件绕 y 轴失稳的欧拉荷载， $N_{Ey,T}=\pi^2 E_T A / (1.1 \lambda_y^2)$ ；

η ——截面影响系数。对于闭口截面取0.7，开口截面取1.0；

W_{ex} ——截面绕强轴的抗弯模量，应同时考虑局部屈曲和焊接热影响区的影响；

W_{ey} ——截面绕弱轴的抗弯模量，应同时考虑局部屈曲和焊接热影响区的影响。

8 施工与验收

8.1 一般规定

8.1.1 施工现场应具有健全的质量管理体系、施工技术方案和施工质量检验制度。

8.1.2 大跨度铝结构防火保护工程施工的承包合同、工程技术文件对施工质量的要求不得低于本规范的规定。

8.1.3 大跨度铝结构防火保护工程的施工，应按照批准的工程设计文件及施工技术方案进行。当需要变更设计时，必须征得设计单位同意并出具设计变更文件。

8.1.4 大跨度铝结构防火保护工程施工前应具备下列条件：

- 1 相应的工程设计技术文件、资料齐全；
- 2 设计单位已向施工、监理单位进行技术交底；
- 3 施工现场及施工中使用的水、电、气满足施工要求；
- 4 铝合金结构安装分项工程质量验收合格；
- 5 主体结构隐蔽工程验收合格，隐蔽工程验收记录表及工序交接记录文件齐全。

8.1.5 大跨度铝结构防火保护工程的施工过程质量控制应符合下列规定：

1 采用的主要材料、半成品及成品应进行进场检查验收；凡涉及安全、功能的原材料、半成品及成品应按本标准和设计文件等的规定进行复检，并应经监理工程师检查认可；

2 相关专业工种之间应进行工序交接，并应经监理工程师见证检验。

8.1.6 防火保护工程应作为大跨度铝结构工程的分项工程，分成一个或若干个检验批次进行质量验收。检验批可按铝结构制作或铝结构安装工程检验批划分成一个或若干个检验批，一个检验批内应采用相同的防火保护方式、同一批次的材料、相同的施工工艺，且施工工艺、养护条件等相近。

8.1.7 大跨度铝结构防火保护分项工程的质量验收，应在所含检验批质量验收合格的基础上检查质量验收记录，并应符合下列规定：

- 1 所含检验批的质量均应验收合格；
- 2 所含检验批的质量验收记录应完整。

8.1.8 检验批的质量验收应包括下列内容：

1 实物检查：对所采用的主要材料、半成品、成品和构配件应进行进场复检，进场复检应按进场的批次和产品的抽样检验方案执行；

2 资料检查：包括主要材料、成品和构配件的产品合格证（中文产品质量合格证明文件、规格、型号及性能检测报告等）及原材料见证取样复检报告、隐蔽工程验收记录等。

8.1.9 大跨度铝结构防火保护检验批、分项工程质量验收的程序和组织，应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的相关规定。

8.2 防火保护材料进场

I 主控项目

8.2.1 防火涂料、防火板等防火保护材料的质量，应符合国家现行产品标准的规定和设计要求，并应具备产品合格证、有相应资质的质量监督检验机构出具的检验合格报告和型式认可证书。

检查数量：全数检查。

检验方法：查验产品合格证、检验合格报告和型式认可证书。

8.2.2 对于大跨度铝结构所采用的防火涂料、防火板等防火保护材料，在材料进场后，应对其隔热性能进行见证检验。非膨胀型防火涂料和防火板等实测的等效热传导系数不应大于等效热传导系数的设计取值，其允许偏差为+10%；膨胀型防火涂料实测的等效热阻不应小于等效热阻的设计取值，其允许偏差为-10%。

检查数量：按防火保护材料的生产批次确定，每一批次抽检一次。

检查方法：按现行国家标准《建筑构件耐火试验方法第 1 部分：通用要求》GB/T 9978.1、《建筑结构耐火试验方法第 7 部分》GB/T 9978.7 规定的耐火性能试验方法测试，试件可采用 H 形铝合金型材，长度 500mm，数量 3 个，试件应四面受火且不加载。

8.2.3 防火涂料的粘结强度应符合现行国家标准的规定，其允许偏差为-10%。

检查数量：按防火保护材料的生产批次确定，每一批次抽检一次。

检查方法：参照现行国家标准《钢结构防火涂料》GB14907 的相关规定。

8.2.4 防火板的抗折强度应符合产品标准的规定和设计要求，其允许偏差为-10%。

检查数量：按防火板的生产批次确定，每一批次抽检一次。

检查方法：按产品标准进行抗折试验。

II 一般项目

8.2.5 防火涂料的外观、在容器中的状态等，应符合产品标准的要求。

检查数量：按防火涂料施工进货批次确定，每一批次抽检一次。

检查方法：可参照现行国家标准《钢结构防火涂料》GB14907 的规定。

8.2.6 防火板表面应平整，无孔洞、突出物、缺损、裂痕和泛出物。有装饰要求的防火板，表面应色泽一致、无明显划痕。

检查数量：全数检查。

检查方法：直观检查。

8.3 防火涂料保护工程

I 主控项目

8.3.1 防火涂料涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求。当产品说明书无要求时，环境温度宜为 5℃~38℃，相对湿度不应大于 85%。涂装时，构件表面不应有结露，涂装后 4.0h 内应保护免受雨淋、水冲等，并应防止机械撞击。

检查数量：全数检查。

检验方法：直观检查。

8.3.2 防火涂料的涂装遍数和每遍涂装的厚度均应符合产品说明书的要求。防火涂料涂层的厚度不得小于设计厚度。非膨胀型防火涂料涂层最薄处的厚度不得小于设计厚度的 85%；平均厚度的允许偏差应为设计厚度的-10%且不应大于-2mm。膨胀型防火涂层最薄处厚度的允许偏差应为设计厚度的-5%且不应大于-0.2mm。

检查数量：按同类构件基数抽查 10%且均不应少于 3 件。

检查方法：每一构件选取至少 5 个不同的涂层部位，用测厚仪分别测量其厚度。

8.3.3 超薄型防火涂料涂层表面不应出现裂纹；薄涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 0.5mm；厚涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 1.0mm。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

检验方法：观察和用尺量检查。

II 一般项目

8.3.4 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥沙等污垢。

检查数量：全数检查。

检验方法：直观检查。

8.3.5 防火涂层不应有误涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷，乳突应剔除。

检查数量：全数检查。

检验方法：直观检查。

8.4 防火板保护工程

I 主控项目

8.4.1 防火板保护层厚度允许偏差为设计厚度的-10%且不应大于-2mm。

检查数量：按同类构件基数抽查 10%且均应不少于 3 件。

检查方法：每一构件选取至少 5 个不同的部位，用游标卡尺分别测量其厚度；防火板保护层厚度为测点厚度的平均值。

8.4.2 防火板的安装龙骨、支撑固定件等应固定牢固，现场拉拔强度应符合设计要求，其允许偏差值应为设计值的-10%。

检查数量：不少于 3 个且不超过同类构件基数的 10%。

检查方法：查验进场验收记录、现场拉拔检测报告。

II 一般项目

8.4.3 防火板安装应牢固稳定、封闭良好。

检查数量：按同类构件基数抽查 10%且均应不少于 3 件。

检查方法：直观检查。

8.4.4 防火板的安装允许偏差应符合表 8.4.4 的规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：用 2m 垂直检测尺、2m 靠尺、塞尺、直角检测尺、钢直尺实测。

表格 8.4.4 防火板安装允许偏差

检查项目	允许偏差(mm)	检查仪器
------	----------	------

立面垂直度	±4	2m 垂直检测尺
表面平整度	±2	2m 靠尺、塞尺
阴阳角正方	±2	直角检测尺
接缝高低差	±1	钢直尺、塞尺
接缝宽厚	±2	钢直尺

8.4.5 防火板分层安装时，应分层固定、相互压缝。

检查数量：全数检查。

检查方法：查验隐蔽工程质量验收记录和施工过程质量检查记录。

8.4.6 防火板的安装接缝应严密、顺直，接缝边缘应对齐。

检查数量：全数检查。

检查方法：直观和用尺量检查。

8.5 水保护工程

8.5.1 水灭火系统用于直接冷却铝合金构件时，系统的设置应符合下列规定：

- 1 应设置地面排水设施。
- 2 当消防冷却水源为地面水时，宜设置过滤器和防堵设施。

8.5.2 系统施工前应具备下列技术资料：

- 1 经审核批准的设计施工图、设计说明书。
- 2 主要组件的安装及使用说明书。
- 3 消防泵、雨淋报警阀（或电动控制阀、气动控制阀）、沟槽式管接件、水雾喷头等系统组件应具备符合相关准入制度要求的有效证明文件和产品出厂合格证。
- 4 阀门、压力表、管道过滤器、管材及管件等部件和材料应具备产品出厂合格证。

8.6 复合防火保护工程

I 主控项目

8.6.1 采用复合防火保护时，后一种防火保护的施工应在前一种防火保护检验批的施工质量检验合格后进行。

检查数量：全数检查。

检查方法：查验施工记录和验收记录。

8.6.2 采用复合防火保护时，单一防火保护主控项目的施工质量检查应符合本规范第 8.2 节~8.5 节的规定。

II 一般项目

8.6.3 采用复合防火保护时，单一防火保护一般项目的施工质量检查应符合本规范第 8.2 节~8.5 节的规定。

8.7 防火保护分项工程验收

8.7.1 大跨度铝结构防火保护工程施工质量验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程竣工图纸和相关设计文件、设计变更文件。
- 2 原材料出厂合格证与检验报告，材料进场复验报告。
- 3 防火保护施工、安装记录。
- 4 观感质量检验项目检查记录。
- 5 分项工程所含各检验批质量验收记录。
- 6 隐蔽工程检验项目检查验收记录。
- 7 分项工程验收记录。
- 8 不合格项的处理记录及验收记录。
- 9 重大质量、技术问题处理及验收记录。
- 10 其他必要的文件和记录。

8.7.2 隐蔽工程验收项目应包括下列内容：

- 1 吊顶内、夹层内等隐蔽部位的防火保护。
- 2 防火板保护中龙骨、连接固定件的安装。
- 3 复合防火保护中的基层防火保护。

8.7.3 大跨度铝合金结构防火保护分项工程质量验收记录可按下列规定填写：

- 1 检验批质量验收记录可按本标准附录 A 的规定填写，填写时应具有现场验收检查原始记录。

2 分项工程质量验收记录可按本标准附录 B 的规定填写。

8.7.4 大跨度铝合金结构防火保护分项工程施工质量验收合格后，应将所有验收文件存档备案。

9 维护

9.1 一般规定

9.1.1 维护与保养的过程应在维保记录清单中详细描述并存档，以便日后查阅。

9.1.2 维保材料在进场前应校验合格证并留样待查。

9.1.3 对于不同的防火措施，应设定相应的维保周期，其中铝合金构件防火涂料的维保周期一般不大于 2 年。

9.2 防火材料的维护与保养

9.2.1 大跨度铝合金结构防火材料的维护与保养应由专业人员进行维保检查。

9.2.2 对于需要涂刷防火涂料的铝合金构件，进行全数检查。铝合金防火涂料的检查项目包括但不限于防火涂料是否有脱落、缺失、损耗等情况。

9.2.3 铝合金构件防火板维护与保养时应检查防火板的安装是否牢固、封闭是否良好。

附录 A 大跨铝结构防火保护检验批质量验收记录

A.0.1 大跨铝结构防火保护检验批的质量验收记录应由施工项目专业质量检查员填写,专业监理工程师组织项目专业质量检查员、专业工长等进行验收并记录。

A.0.2 大跨铝结构防火涂料保护检验批的质量验收应按表 A.0.2 进行记录。

表 A.0.2 大跨铝结构防火涂料保护检验批质量验收记录

单位(子单位)		分部(子分部)		分项工程		
工程名称		工程名称		名称		
施工单位		项目负责人		检验批容量		
分包单位		分包单位项目负责人		检验批部位		
施工依据			验收依据			
验收项目			设计要求及规范规定	最小/实际抽样数量	检查记录	检查结果
主控项目	1	材料产品进场	第 8.2.1 条			
	2	隔热性能试验	第 8.2.2 条			
	3	粘结强度试验	第 8.2.3 条			
	4	涂装环境条件	第 8.3.1 条			
	5	保护层厚度	第 8.3.2 条			
	6	表面裂纹	第 8.3.3 条			
	7					
	1	产品进场	第 8.2.5 条			
	2	涂装基层表观	第 8.3.4 条			
	3	涂层表面质量	第 8.3.5 条			
	4					
施工单位检查结果			专业工长: 项目专业质量检查员: 年月日			
监理单位验收结论			专业监理工程师: 年月日			

A.0.3 大跨铝结构防火板保护检验批的质量验收应按表 A.0.3 进行记录。

表 A.0.3 大跨铝结构防火板保护检验批质量验收记录

单位(子单位)		分部(子分部)		分项工程	
工程名称		工程名称		名称	
施工单位		项目负责人		检验批容量	
分包单位		分包单位项目 负责人		检验批部位	
施工依据			验收依据		
验收项目		设计要求及 规范规定	最小/实际 抽样数量	检查记录	检查结果
主控 项目	1	材料产品进场	第 8.2.1 条		
	2	隔热性能试验	第 8.2.2 条		
	3	抗折强度试验	第 8.2.4 条		
	4	保护层厚度	第 8.4.1 条		
	5	支撑件抗拔强度	第 8.4.2 条		
	6				
	1	产品进场	第 8.2.6 条		
	2	防火板密闭性	第 8.4.3 条		
	3	安装允许偏差	第 8.4.4 条		
	4	分层与接缝	第 8.4.5 条 第 8.4.6 条		
	5				
施工单位 检查结果		专业工长： 项目专业质量检查员： 年月日			
监理单位 验收结论		专业监理工程师： 年月日			

附录 B 大跨铝结构防火保护分项工程质量验收记录

大跨铝结构防火保护分项工程质量应由专业监理工程师组织施工单位项目专业技术负责人等进行验收，并应按表 G 记录。

表 G 大跨铝结构防火板保护分项工程质量验收记录

单位(子单位) 工程名称		分部(子分部)工程名称			
分项工程数量		检验批数量			
施工单位		项目负责人	项目技术负责人		
分包单位		分包单位项目负责人	分包内容		
序号	检验批名称	检验批容量	部位/区段	施工单位检查结果	监理单位验收结论
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
说明：					
施工单位 检查结果	专业工长： 项目专业质量检查员： 年月日				
监理单位 验收结论	专业监理工程师： 年月日				

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用语说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《建筑设计防火规范》 GB50016
2. 《铝合金结构设计规范》 GB 50429
3. 《铝及铝合金轧制板材》 GB/T 3880
4. 《铝及铝合金冷轧带材》 GB/T 8544
5. 《铝及铝合金挤压棒材》 GB/T 3191
6. 《铝及铝合金拉（轧）制无缝管》 GB/T 6893
7. 《铝及铝合金热挤压管》 GB/T 4437
8. 《铝合金建筑型材》 GB/T 5237
9. 《工业用铝及铝合金热挤压型材》 GB/T 6892
10. 《自动喷水灭火系统设计规范》 GB 50084
11. 《建筑钢结构防火技术规范》 CECS 200
12. 《消防给水及消火栓系统技术规范》 GB50974
13. 《水喷雾灭火系统技术规范》 GB50219