

 CECS XXX：201X

中国工程建设协会标准

**建筑铝合金结构防火技术规程**

**Technical specification for**

**fire safety of aluminum structures in buildings**

（征求意见稿）

XXX出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会建标协字[2016]038号文《关于印发〈2016年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》的要求，制定本规程。本规程由公安部四川消防研究所会同有关单位共同制定。

金属材料在常温和高温下的力学性能具有很大差异。当温度升高时铝合金材料的强度和弹性模量下降很快，200℃时，结构用铝合金的强度开始明显下降；300℃时强度下降到常温下强度的50%以下；温度达到550℃时，结构用铝合金材料的强度和弹性模量基本丧失。火灾下铝合金结构可能会发生严重的破坏,甚至可能会发生导致整个结构倒塌的严重后果。因此，铝合金结构抗火设计、防火设计极为重要，至今尚无专门标准规定。

根据国家计委计标[1986]1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，现批准协会标准《建筑铝合金结构防火技术规程》，编号为CECS\*\*\*\*，推荐给设计、施工、验收和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会防火防爆专业委员会CECS/TC20归口管理，由公安部四川消防研究所（四川省成都市金牛区金科南路69号，邮编610036）负责具体技术内容的解释工作。

主编单位：公安部四川消防研究所

参编单位：华东建筑集团股份有限公司上海建筑科创中心

上海通正铝业工程技术有限公司

同济大学

贵州省公安消防总队

重庆大学

南京理工大学

上海市建设工程监理咨询有限公司

四川天府防火材料有限公司

目 次

[1 总 则 1](#_Toc495392841)

[2 术语和符号 2](#_Toc495392842)

[2.1术语 2](#_Toc495392843)

[2.2符号 5](#_Toc495392844)

[3 铝合金结构防火要求 1](#_Toc495392845)

[4 铝合金材料特性 3](#_Toc495392846)

[4.1铝合金的力学性能 3](#_Toc495392847)

[4.2高温下铝合金的力学性能 5](#_Toc495392848)

[5 铝合金结构建筑抗火验算 6](#_Toc495392849)

[5.1 一般规定 6](#_Toc495392850)

[5.2 火灾升温计算模型 7](#_Toc495392851)

[5.3 铝合金结构建筑框架梁、柱的抗火承载力验算 11](#_Toc495392852)

[5.4铝合金结构建筑框架梁、柱的临界温度 14](#_Toc495392853)

[5.5 结构整体抗火验算 19](#_Toc495392854)

[6 防火保护措施 21](#_Toc495392855)

[6.1 一般要求 21](#_Toc495392856)

[6.2 防火涂料 21](#_Toc495392857)

[6.3 结构防护冷却水灭火系统 22](#_Toc495392858)

[6.4 其他措施 23](#_Toc495392859)

[7 防火保护施工及验收 25](#_Toc495392860)

[附录A 铝合金承重构件升温曲线及耐火极限判定标准 26](#_Toc495392861)

# 1 总 则

1. 为防止和减小建筑铝合金结构的火灾危害，保护人身和财产安全，经济、合理地进行铝合金结构抗火设计和采取防火保护措施，制定本规程。
2. 本规程适用于新建、扩建和改建的建筑铝合金结构的抗火设计和防火保护。
3. 本规程是以火灾高温下铝合金结构的承载能力极限状态为基础，根据概率极限状态设计法的原则制定的。
4. 建筑铝合金结构的抗火设计和防火保护，除应符合本规程的规定外，尚应符合我国现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1术语

1. 火灾荷载密度 fire load density

单位楼（地）面面积上可燃物的燃烧热值，单位为MJ/m2。

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

国际标准ISO834给出的用于进行建筑构件耐火试验的炉内平均温度与时间的关系曲线。

1. 等效曝火时间 equivalent time of fire exposure

在非标准火灾升温条件下，火灾在时间内对构件或结构的作用效应与标准火灾在时间内对同一构件或结构（外荷载相同）的作用效应相同，则时间称为前者的等效曝火时间。

1. 抗火承载力极限状态 limit state for fire resistance

在火灾条件下，构件或结构的承载力与外加作用（包括荷载和温度作用）产生的组合效应相等时的状态。

1. 临界温度 critical temperature

假设火灾效应沿构件的长度和截面均匀分布，当构件达到抗火承载力极限状态时构件截面上的温度。

1. 荷载比 load ratio

火灾下构件的荷载效应与常温下相应的设计承载力的比值称为构件荷载比；火灾下结构的荷载效应与常温下结构相应的设计承载力的比值称为结构荷载比。

1. 屋顶承重构件 load bearing roof component

用于承受屋面荷载的主要结构构件。例如，组成屋顶网架、网壳、桁架的构件和屋面梁、支撑等。屋面檩条一般不当作屋盖承重构件，但当檩条同时起屋盖结构系统的支撑作用时，则应当作屋盖承重构件。

1. 自动喷水灭火系统全保护 total sprinkler system

建筑物内除面积小于5m2的卫生间外，均设有自动喷水灭火系统的保护。

1. 大空间建筑 large space building

单体空间的净空高度不小于6m，且楼（地）面面积不小于500m2的建筑。

1. 临界温度法 critical temperature method

以结构构件（或整体结构）在火灾下的最高温度不超过相应临界温度为抗火设计准则的设计方法。

1. 承载力法 load-bearing capacity method

以结构构件（或整体结构）在火灾下的受力不超过相应承载力为抗火设计准则的设计方法。

1. 特别重要建筑 very important building

设计使用年限为100年或以上的建筑，以及性质重要、火灾危险性大、发生火灾后损失大、影响大的建筑，如国家级行政办公建筑、纪念性建筑、博物馆、档案馆、图书馆、展览馆，重要的金融、电力调度、广播电视、通信枢纽，机场航站楼、车站、医院等。

1. 部分结构 part of structure

 整体结构中独立的构件，具有适当的支撑和边界条件。

1. 受保护构件 protected members

采取了可在火灾中减少构件内温度上升措施的构件。

1. 标称曲线（常规曲线） nominal curves

用于对建筑材料耐火性能的检验或分类的升温曲线，如标称升温曲线、外部火灾曲线、烃类火灾曲线。

1. 参数曲线 parametric curves

在火灾模型和定义了火灾环境条件的详细物理参数的基础上确定的升温曲线。

1. 构造因子 configuration factor

从表面A传递至表面B的辐射热的构造因子定义为离开表面A的辐射能与进入表面B的辐射能之比。

1. 对流换热系数 convective heat transfer coefficient

根据相关构件表面周围的空气总体温度和此表面温度上的不同来确定构件的对流换热系数。

1. 辐射率 emissivity

等于表面的吸收率，即所给表面吸收的辐射热和黑体表面吸收的辐射热之比。

1. 净热流 net heat flux

构件在单位时间内和表面积上明确吸收到的能量。

1. 合成辐射率 resulting emissivity

实际传递到构件的辐射热流与当构件及其辐射环境被视为黑体时出现的净热流之间的比值。

1. 截面系数 section factor

对于一个铝构件，截面系数为暴露于火中的面积和铝的整个体积之比；对于一个封闭的构件，截面系数为暴露范围的内表面积和铝的整个体积之比。

1. 截面系数的箱值 box value of section factor

截面的理论边界箱体的暴露表面积与铝体积之比。

1. 有效0.2%弹性极限强度 effective 0,2 % proof strength

在给定的温度条件下，根据铝的应力-应变关系，会产生0.2%永久变形的应力等级。

1. 外部构件 external member

位于建筑外部的通过建筑外框开口可以暴露于火的结构构件。

1. 水灭火系统 water-based fire protection system

 以水为主要介质用于灭火、控火和冷却等的系统。

## 2.2符号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 构件的毛截面面积； |
|  | —— | 一个翼缘的截面面积； |
|  | —— | 梁腹板的截面面积； |
|  | —— | 构件单位长度综合传热系数； |
|  | —— | 与梁端部约束情况有关的常数； |
|  | —— | 铝合金的比热容； |
|  | —— | 防火保护层的比热容； |
|  | —— | 保护层的厚度； |
|  | —— | 常温下铝合金的弹性模量； |
|  | —— | 高温下铝合金的弹性模量； |
|  | —— | 常温下铝合金的设计强度； |
|  | —— | 常温下铝合金的屈服强度； |
|  | —— | 高温下铝合金的屈服强度； |
|  | —— | 常温下混凝土的抗压强度； |
|  | —— | 高温下混凝土的抗压强度； |
|  | —— | 单位长度构件的受火表面积； |
|  | —— | 单位长度构件保护层的内表面积； |
|  | —— | 构件的截面高度或楼板厚度； |
|  | —— | 梁腹板的高度； |
|  | —— | 压型铝合金板截面高度； |
|  | —— | 构件截面惯性矩； |
|  | —— | 火灾下铝合金管混凝土柱承载力影响系数； |
|  | —— | 构件的长度、跨度； |
|  | —— | 构件的计算长度； |
|  | —— | 受火构件按等效作用力分析得到的杆端弯矩； |
|  | —— | 塑性弯矩； |
|  | —— | 受火构件的杆端温度弯矩； |
| 、 | —— | 构件的最大弯矩设计值； |
|  | —— | 构件的轴力设计值； |
| 、 | —— | 高温下构件的承载力参数； |
|  | —— | 受火构件按等效作用力分析得到的轴力； |
|  | —— | 受火构件的轴向温度内力； |
|  | —— | 保护层中的含水率（质量百分比）； |
|  | —— | 梁（板）所受的均布荷载或等效均布荷载； |
|  | —— | 考虑薄膜效应后楼板的极限承载力； |
|  | —— | 楼面或屋面活荷载的标准值； |
| 、、、 | —— | 荷载比； |
|  | —— | 高温下结构或构件的设计承载力； |
|  | —— | 保护层的热阻； |
|  | —— | 结构或构件的荷载效应组合； |
|  | —— | 高温下结构或构件内的作用效应组合； |
|  | —— | 受火时间或耐火时间； |
|  | —— | 构件温度达到100℃所需的时间； |
|  | —— | 结构或构件的耐火时间； |
|  | —— | 等效曝火时间； |
|  | —— | 结构或构件的耐火极限； |
|  | —— | 延迟时间； |
|  | —— | 梁腹板的厚度； |
|  | —— | 受火前铝合金构件的内部温度； |
| 、 | —— | 受火构件两侧或上、下翼缘的温度； |
|  | —— | 结构或构件的临界温度； |
|  | —— | 实际的室内火灾升温； |
|  | —— | 火灾发生前的室内平均空气温度； |
|  | —— | 对应时刻的室内平均空气温度； |
|  | —— | 铝合金构件温度； |
|  | —— | 在耐火极限时间内结构或构件的最高温度； |
|  | —— | 单位长度构件的体积； |
|  | —— | 构件的截面塑性模量； |
| 、 | —— | 构件绕*x*轴和绕*y*轴的毛截面模量； |
|  | —— | 火焰高度； |
|  | —— | 铝合金的热膨胀系数； |
| 、 | —— | 等效弯矩系数； |
|  | —— | 结构抗火重要性系数； |
|  | —— | 铝合金构件的抗力分项系数，抗火设计中铝合金强度调整系数； |
| 、 | —— | 截面塑性发展系数； |
|  | —— | 高温下铝合金弹性模量折减系数； |
|  | —— | 高温下铝合金强度折减系数； |
|  | —— | 铝合金的泊松比； |
|  | —— | 构件的长细比； |
|  | —— | 保护材料的热传导系数； |
|  | —— | 铝合金的热传导系数； |
|  | —— | 保护层的密度； |
|  | —— | 铝合金的密度； |
|  | —— | 对流传热系数； |
|  | —— | 辐射传热系数； |
|  | —— | 常温下轴心受压构件的稳定系数； |
|  | —— | 常温下铝合金梁的整体稳定系数； |
|  | —— | 高温下铝合金梁的整体稳定系数； |
|  | —— | 时间增量； |
|  | —— | 构件或结构的温度变化； |

#

# 铝合金结构防火要求

3.0.1 单、多层建筑和高层建筑的耐火等级及其承重铝合金构件、组合构件的耐火极限不应低于《建筑设计防火规范》GB 50016中的相关规定，其中，柱间支撑的耐火极限要求可参照柱的规定，楼面支撑的耐火极限要求可参照楼板的规定，屋面支撑和干系的耐火极限要求可参照屋顶承重构件的规定。

3.0.2 承重铝合金构件、组合构件自身的耐火极限不应低于第3.0.1条和本节的有关规定，否则应采取水喷淋保护、外包敷不燃材料或喷涂防火涂料等防火措施。

3.0.3 丙类及丙类以上生产、仓储的工业铝合金结构建筑和任一层建筑面积大于500m2 或总建筑面积大于1000m2公共民用铝合金结构建筑，应设自动喷水灭火系统全保护。

3.0.4 当单、多层一般公共建筑和单、多层丙类厂房中设自动喷水灭火系统全保护时，承重铝合金结构构件的耐火极限可按第3.0.1条的规定降低0.5h。

3.0.5 多层建筑中的敞开楼梯、敞开楼梯间采用铝合金结构时，应采取有效的防火保护措施。

3.0.6 多层、高层建筑中当设有自动喷水灭火系统全保护（包括封闭楼梯间、防烟楼梯间），高层建筑的防烟楼梯间及其前室设正压送风系统时，楼梯间中的承重铝合金结构构件可不采取其它防火保护措施。

下列建筑的承重铝合金结构构件、组合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）。设有自动喷水灭火系统全保护的高层丁、戊类厂、库房。

2 设自动喷水灭火系统全保护，且建筑面积小于8000m2单层丙类厂房。

3 设自动喷水灭火系统全保护，建筑面积小于1000m2 的单层公共建筑。

4 设自动喷水灭火系统的单、多层一般公共建筑、居住建筑中，离地（楼）面的高度不小于6m 的屋顶承重构件。

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

6 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。

3.0.8铝合金结构的表面长期受辐射温度达80℃以上时，应加隔热层或采用其他有效的防护措施。

3.0.9 火灾下铝合金构件和结构应保持稳定的承载能力，并满足建筑使用功能的要求。设计火灾作用下，铝合金结构不应因局部破坏而发生整体式的连续性倒塌。铝合金结构的防火措施可采取有效的水喷淋系统进行防护或消防部门认可的防火喷涂材料。

#

# 4 铝合金材料特性

**4.1铝合金的力学性能**

4.1.1 常温下铝合金材料的强度标准值应按现行国家标准《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采用。

4.1.2常温下铝合金材料的强度设计值应按表4.1.2 采用。

表4.1.2 铝合金材料强度设计值（N/mm2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **铝合金材料** | **用于构件计算** | **用于焊接连接计算** |
| 牌号 | 状态 | 厚度（mm） | 抗拉、抗压和抗弯*f* | 抗剪*fv* | 焊件热影响区抗拉、抗压和抗弯*fu,haz* | 焊件热影响区抗剪*fv,haz* |
| 6061 | T4 | 所有 | 90 | 55 | 140 | 80 |
| T6 | 所有 | 200 | 115 | 100 | 60 |
| 6063 | T5 | 所有 | 90 | 55 | 60 | 35 |
| T6 | 所有 | 150 | 85 | 80 | 45 |
| 6063A | T5 | ≤10 | 135 | 75 | 75 | 45 |
| >10 | 125 | 70 | 70 | 40 |
| T6 | ≤10 | 160 | 90 | 90 | 50 |
| >10 | 150 | 85 | 85 | 50 |
| 5083 | O/F | 所有 | 90 | 55 | 210 | 120 |
| H112 | 所有 | 90 | 55 | 170 | 95 |
| 3003 | H24 | ≤4 | 100 | 60 | 20 | 10 |
| 3004 | H34 | ≤4 | 145 | 85 | 35 | 20 |
| H36 | ≤3 | 160 | 95 | 40 | 20 |

4.1.3常温下铝合金结构普通螺栓和铆钉连接的强度设计值应按表4.1.3-1和4.1.3-2采用。

表4.1.3-1 普通螺栓连接的强度设计值（N/mm2）

|  |  |
| --- | --- |
| 螺栓的材料、性能等级和构件铝合金牌号 | 普通螺栓 |
| 铝合金 | 不锈钢 | 钢 |
| 抗拉 | 抗剪 | 承压 | 抗拉 | 抗剪 | 承压 | 抗拉 | 抗剪 | 承压 |
| 普通螺栓 | 铝合金 | 2B11 | 170 | 160 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2A90 | 150 | 145 | - | - | - | - | - | - | - |
| 不锈钢 | A2-50、A4-50 | - | - | - | 200 | 190 | - | - | - | - |
| A2-70、A4-70 | - | - | - | 280 | 265 | - | - | - | - |
| 钢 | 4.6、4.8级 | - | - | - | - | - | - | 170 | 140 | - |
| 构件 | 6061-T4 | - | - | 210 | - | - | 210 | - | - | 210 |
| 6061-T6 | - | - | 305 | - | - | 305 | - | - | 305 |
| 6063-T5 | - | - | 185 | - | - | 185 | - | - | 185 |
| 6063-T6 | - | - | 240 | - | - | 240 | - | - | 240 |
| 6063A-T5 | - | - | 220 | - | - | 220 | - | - | 220 |
| 6063A-T6 | - | - | 255 | - | - | 255 | - | - | 255 |
| 5083-O/F/H112 | - | - | 315 | - | - | 315 | - | - | 315 |

表4.1.3-2 铆钉连接的强度设计值（N/mm2）

|  |  |
| --- | --- |
| 铝合金铆钉牌号及构件铝合金牌号 | 铝合金铆钉 |
| 抗剪 | 承压 |
| 铆钉 | 5B05-HX8 | 90 | - |
| 2A01-T4 | 110 | - |
| 2A10-T4 | 135 | - |
| 构件 | 6061-T4 | - | 210 |
| 6061-T6 | - | 305 |
| 6063-T5 | - | 185 |
| 6063-T6 | - | 240 |
| 6063A-T5 | - | 220 |
| 6063A-T6 | - | 255 |
| 5083-O/F/H112 | - | 315 |

4.1.4常温下铝合金结构焊缝的强度设计值应按表4.1.4采用。

表4.1.4 焊缝的强度设计值（N/mm2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 铝合金母材牌号及状态 | 焊丝型号 | 对接焊缝 | 角焊缝 |
| 抗拉 | 抗压 | 抗剪 | 抗拉、抗压和抗剪 |
| 6061-T4 | SAIMG-3(Eur 5356) | 145 | 145 | 85 | 85 |
| 6061-T6 | SAlSi-1(Eur 4043) | 135 | 135 | 80 | 80 |
| 6063-T5 6063-T66063A-T5 6063A-T6 | SAIMG-3(Eur 5356) | 115 | 115 | 65 | 65 |
| SAlSi-1(Eur 4043) | 115 | 115 | 65 | 65 |
| 5083-O/F/H112 | SAIMG-3(Eur 5356) | 185 | 185 | 105 | 105 |

注：对于两种不同种类合金的焊接、焊缝的强度设计值应采用较小值。

4.1.5常温下铝合金材料的物理性能指标应按表4.1.5采用。

表4.1.5 常温下铝合金的物理性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 弹性模量（N/mm2） | 泊松比 | 剪切模量（N/mm2） | 线膨胀系数（以每℃计） | 质量密度（kg/m3） |
| 70000 | 0.3 | 27000 |  | 2700 |

**4.2高温下铝合金的力学性能**

**4.2.1**高温下铝合金材料的弹性模量、屈服强度、极限强度等参数的折减系数可按照表4.2.1-1、表4.2.1-2采用，也可以根据试验研究确定。

表4.2.1-1 高温下铝合金材料的弹性模量折减系数

|  |  |
| --- | --- |
| 铝合金温度 | 6系列铝合金 |
| /℃ | *E*m/*E* |
| 24 | 1.00 |
| 93 | 1.00 |
| 100 | 0.96 |
| 149 | 0.92 |
| 177 | 0.90 |
| 204 | 0.87 |
| 232 | 0.84 |
| 260 | 0.80 |
| 316 | 0.69 |
| 371 | 0.56 |
| 538 | 0.00 |

表4.2.1-2 高温下铝合金材料的强度折减系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 铝合金温度 | 6061-T6 | 6063-T5 | 6063-T6 |
| /℃ | *Ft*ym/*F*ty | *F*tum/*F*tu | *Ft*ym/*F*ty | *F*tum/*F*tu | *Ft*ym/*F*ty | *F*tum/*F*tu |
| 24 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 93 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 100 | 0.95 | 0.91 | 0.93 | 0.91 | 0.90 | 0.89 |
| 149 | 0.90 | 0.84 | 0.89 | 0.84 | 0.84 | 0.80 |
| 177 | 0.88 | 0.80 | 0.89 | 0.84 | 0.77 | 0.71 |
| 204 | 0.75 | 0.67 | 0.68 | 0.63 | 0.58 | 0.57 |
| 232 | 0.58 | 0.53 | 0.50 | 0.50 | 0.42 | 0.43 |
| 260 | 0.40 | 0.40 | 0.36 | 0.38 | 0.29 | 0.29 |
| 316 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.11 | 0.11 |
| 371 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.07 |
| 538 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

注：表中未列入的中间温度，可按线性内插法求取。

# 5 铝合金结构建筑抗火验算

## 5.1 一般规定

1. 铝合金结构的抗火设计应满足在规定的受火时间内承重构件保持其承载能力，分隔构件保持其隔离功能，并满足建筑使用功能的要求。
2. 除第5.1.5条规定以外的一般单层和多高层建筑铝合金结构，可仅对构件进行抗火计算，并采用临界温度法进行构件抗火设计验算。
3. 对于除第5.1.5条规定以外的单层和多高层建筑铝合金结构，当按结构构件进行抗火设计时，可只考虑各构件的受火升温。
4. 对于除第5.1.5条规定以外的大空间建筑铝合金结构，可采用临界温度法按第5.5节的规定进行结构整体抗火验算。
5. 对于跨度大于60m或高度大于65m的铝合金结构，宜按最不利工况对结构进行整体抗火验算。
6. 进行结构整体抗火验算时，应考虑可能的最不利火灾工况。
7. 铝合金结构抗火验算应同时考虑恒荷载、活荷载、雪荷载、风荷载、火灾荷载的效应及组合。
8. 铝合金结构抗火验算时，可按偶然设计状况的作用效应组合，采用下列较不利的设计表达式：

  （5.1.8-1）

 （5.1.8-2）

式中：

——作用效应组合的设计值；

——永久荷载标准值的效应；

——火灾下结构的标准温度作用效应；

——楼面或屋面活荷载标准值的效应；

——风荷载标准值的效应；

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

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

——结构抗火重要性系数，对于耐火等级为一级的建筑取1.15，对其他建筑取1.05。

1. 当满足下列条件之一时，应视为铝合金结构构件达到抗火承载能力极限状态：

1 轴心受力构件截面屈服。

2 受弯构件产生足够的塑性铰而形成可变机构。

3 构件整体丧失稳定。

4 构件达到不适于继续承载的变形。

1. 当满足下列条件之一时，应视为铝合金结构整体达到抗火承载能力极限状态：

1 结构产生足够的塑性铰形成可变机构。

2 结构整体丧失稳定。

1. 铝合金结构的抗火设计应满足下列要求之一：

1 在规定的结构耐火极限时间内，结构或构件的承载力不应小于各种作用产生的组合效应。

  （1）

2 在各种荷载效应组合下，结构或构件的耐火时间不应小于规定的结构或构件的耐火极限。

  （2）

3 结构或构件的临界温度不应低于在耐火极限时间内结构或构件的最高温度。

  （3）

## 5.2 火灾升温计算模型

1. **一般室内火灾空气温度的计算应符合以下规定：**

 1 一般室内火灾空气温度可按如下标准火灾升温公式计算：  (5.2.1-1)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中 | (*t*)—— | 对应于时刻的室内平均空气温度（℃）； |
|  | —— | 火灾发生前的室内平均空气温度，取20℃； |
|  | —— | 升温时间（min）。 |

 2 当能准确确定建筑室内有关参数时，可按《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006附录B方法计算一般室内火灾的空气温度，也可采用其它有可靠依据的轰燃后火灾模型计算一般室内火灾的空气温度。

 3 当采用《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006附录B方法计算一般室内火灾的空气温度时，其对铝合金构件升温的影响，可等效为式（5.2.1-1）所规定的标准火灾升温在等效曝火时间对铝合金构件升温的影响。等效曝火时间可按下式计算：

 (5.2.1-2)

 (5.2.1-3)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中 | —— | 等效曝火时间（min）； |
|  | —— | 开口因子（m1/2）； |
|  | —— | 设计火灾荷载密度（MJ/m2），按附录C计算； |
|  | —— | 按门窗开口尺寸计算的房间开口面积（m2）； |
|  | —— | 房间门窗洞口高度（m）； |
|  | —— | 包括门窗在内的房间六壁面积之和（m2）。 |

 4 一般情况下，单层和多高层建筑铝合金结构的抗火设计，可采用一般室内火灾空气升温。

1. **大空间建筑火灾的烟气升温计算应符合以下规定：**

 1 大空间建筑火灾中的烟气升温过程可按下式确定：

 (5.2.2)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中 | —— | 对应于时刻，与火源中心水平距离为(m)、与地面垂直距离为(m)处的烟气温度（℃）； |
|  | —— | 火灾发生前大空间内平均空气温度，取20℃； |
|  | —— | 火源中心距地面垂直距离为(m)处的最高空气升温（℃），按《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006附录D确定； |
|  | —— | 根据火源功率类型和火灾增长类型，按《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006附录D确定； |
|  | —— | 火源形状中心至火源最外边缘距离（m）； |
|  | —— | 与火源中心水平距离为(m)的温度衰减系数（无量纲），按《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006附录D确定；且当时，； |
|  | —— | 系数，按《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006附录D确定。 |

 2 大空间火灾的火源功率类型，可根据火源功率设计值按表5.2.2-1确定。火源功率设计值应根据建筑物实际可燃物的情况，按附录E确定。

表5.2.2-1火源功率类型

|  |  |
| --- | --- |
| 火源类型 | （MW） |
| 小功率火灾 | <3.5 |
| 中功率火灾 | 3.5~15 |
| 大功率火灾 | >15 |

 3 火灾增长类型可根据可燃物类型按表5.2.2-2确定。

表5.2.2-2 火灾增长类型

|  |  |
| --- | --- |
| 可燃物类型 | 火灾增长类型 |
| 密实木材，废纸筐 | 慢速 |
| 实木家俱，塑料制品，化学纤维填充物 | 中速 |
| 部分聚合物家俱，木板垛 | 快速 |
| 大部分聚合物家俱，塑料垛，薄板家俱 | 极快速 |

5.2.3 模拟参数选取

由于铝合金的熔较低，温度对铝合金的材料特性和力学特性有很大的影响，随着温度的升高，铝合金的材料性质会发生很大的变化。例如随着温度的升高，铝合金结构构件的弹性模量、屈服强度、极限强度会显著的降低，其他方面的性质如极限应变、延伸率以及截面伸缩率等也会表现出与常温下截然不同的性质。

1）热膨胀系数

在火灾下，随着温度的升高，由铝合金结构的吸热率较大，吸热较快，先会发生膨胀变形，对静定结构而言，膨胀只会对其挠度产影响，由其轴力可以释放，不会产附加轴力；对于超静定结构中，膨胀仪不会对挠度产生影响，还会产生加轴力，要考虑这方面的影响。铝合金的密度与温度无关：$ρ=2700$（kg/m3）。

英国《铝合金结构设计规范》关于热膨胀系数的取为2.3e-5，中国《铝合金结构设计规范》关于热膨胀系数接取为2.3e-5。

2）铝合金的热传导系数

在常温下，铝合金的热传导系数大约处于100～250W/m.k之间。当0℃<.al<500℃，铝合金的导热系数.al应由下式确定：

a）对于3xxx、6xxx系列铝合金：

b）对于5xxx、7xxx系列铝合金：

*注：铝合金导热系数随温度的变化如图5所示。*



A：3xxx和6xxx系列；B：5xxx和7xxx系列

图5 铝合金导热系数随温度的变化曲线

3）铝合金的比热

当0℃<.al<500℃，铝的比热容应由下式确定：

1. 

注：铝合金比热容随温度的变化如图4所示。



图4 铝合金比热容随温度的变化曲线

## 5.3 铝合金结构建筑框架梁、柱的抗火承载力验算

**5.3.1 基本规定**

1 假定铝合金结构或构件经过一定的受火时间*t*后仍保持其承载功能，即满足：

$$E\_{fi,d}\leq R\_{fi,d,t}$$

式中:

$E\_{fi,d}$—火灾中热作用和力学作用产生的效应 (单个或多个内力和力矩的组合)；

$R\_{fi,d,t}$—在火灾情况下*t*时刻铝合金结构或构件的设计承载力($M\_{fi,t,Rd}$，$N\_{fi,t,Rd}$，$N\_{b,fi,t,Rd}$，$V\_{fi,t,Rd}$单个或多个组合)。

2 $R\_{fi,d,t}$的计算应采用铝合金在高温下的性能参数。

3如果构件连接处防火措施的耐热能力$\left({d\_{p}}/{λ\_{p}}\right)\_{c}$不小于任何一个构件连接处防火措施的最小耐热能力$\left({d\_{p}}/{λ\_{p}}\right)\_{M}$，则不需要检查构件之间连接处的抵抗力。

4 对于焊接连接处，应考虑热影响区内的强度下降.

5 若在t时刻铝合金任意截面的温度（$θ\_{al}$）都不超过170℃，则上式成立。

**5.3.2受拉构件**

（1）对于*t*时刻时构件横截面上的温度呈不均匀分布的张力构件，其设计抵抗力可由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | .i温度时净截面的主要面积，包括因热影响区软化而允许扣除掉的面积，该扣除面积取决于减少的厚度；  |
|  | —— | .i温度时有效0.2%弹性极限强度的衰减系数，.i为主要面积中的温度。 |

（2）对于构件横截面上的温度呈均匀分布的张力构件，其设计抵抗力可由下式确定：

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 常温设计中的设计抗力，可分为或；  |
|  | —— | 材料系数，与 结合使用，与结合使用。  |

设计抵抗力通过产生最小容量的和的组合形式给出。

**5.3.3 梁**

（1）对于*t*时刻时温度呈不均匀分布的1类横截面或2类横截面，其设计受弯承载力可由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.4) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 塑料中性轴与主要面积*A*i的几何中心的间距。  |

（2）对于*t*时刻时温度呈非均匀分布的横截面3或横截面4，其设计受弯承载力可由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.7) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | .al温度（等于到达*t*时刻横截面的最大温度.al，max）时铝合金强度的0.2%弹性极限强度比；  |
|  | —— | 横截面在常温设计时的受弯承载力，可分为或； |
|  | —— | 材料系数，与 结合使用，与结合使用。  |

设计抵抗力通过产生最小容量的和的组合形式给出。

（3）对于*t*时刻时温度呈均匀分布的1类、2类、3类或4类横截面上，其设计受弯承载力可由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.8) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 横截面在常温设计时的受弯承载力，可分为或； |
|  | —— | 材料系数，与 结合使用，与结合使用。  |

设计抵抗力通过产生最小容量的和的组合形式给出。

（4）对于受到侧向扭转屈曲的梁，其旁边不受限制的梁的设计抗弯力矩可通过下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.9) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 常温设计时的设计抗弯力矩。 |

（5）*t*时刻，梁的设计抗剪强度可通过下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.10) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | .al温度时铝合金强度的0.2%弹性极限应力比，其中.al为有剪切力的横截面相应部位上的最高温度； |
|  | —— | 常温设计时净截面的抗剪强度。  |

**5.3.4柱**

（1）受压构件在*t*时刻的设计抗屈强度可通过下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.11) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 常温设计时的抗屈强度。； |
| 1.2 | —— | 因铝合金随温度而变的蠕变引起的设计抵抗力的衰减系数。  |

（4）当建筑构件分隔层材料的耐火性能强于或等于被考虑的柱的耐性性能，该柱与上下两层完全相接，可以认为它是被有效约束的。

（5）对于刚性构架，每个楼层都设有足够耐火性能的防火分区，中间楼层的柱的压屈长度可取，顶层的压屈长度可取，其中L为相应楼层支撑系统之间的长度，详见图6。

*注：公式（4.11）给出的设计抵抗力是以0.2%弹性极限强度和弹性模量相同的相对下降值为基础的。若考虑到弹性模型的实际下降值，则可获得以大容量值。为考虑这一点，国家版附录将给出相应规定。*



A：剪切墙或其他支撑系统 B：每一楼层的独立防火分区

C：柱的压屈长度 D：火灾情况下的变形模式

图6 刚性构架中柱的压屈长度

（6）受到弯曲和轴向力的构件的设计抗屈强度（或设计荷载）可通过使用常温设计的组合规则和下列关系式确定：







可通过本标准的4.2.2.3和4.2.2.4确定构件在火灾情况下的相应强度。

## 5.4铝合金结构建筑框架梁、柱的临界温度

**5.4.1不受保护的内部铝构件**

（1）若无保护构件横截面上的温度等均匀分布，在时间间隔内其温升应由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.12) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 3.2.3.1（2）中阴影效应的校正系数； |
|  | —— | 无保护铝构件的截面系数（m-1）； |
|  | —— | 单位面积净热流的设计值。 |

（2）对于标称火灾作用下的工字钢截面，阴影效应的校正系数可由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.13) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 截面系数的箱值； |

所有其他情况，可取如下值：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.14) |

*注1：对于完全置于火灾中具有凸形的横截面（如矩形或圆形空心截面），阴影效应的影响无关紧要，所以校正系数ksh是一致的。*

*注2：忽略阴影效应（即取ksh=1.0）属于保守解决方法。*

（3）应根据和（=1.0）来确定。

（4）.*t*的取值应不超过5s。

（5）式（4.12）中，截面系数应不小于10m-1。

（6）对于构件暴露于火的表面积的计算，表面上带有缺口的凹槽小于20mm时应不列入暴露于火的表面积；大于20mm时，应列入暴露于火的表面积，见图7。

*注：表3列出了无保护铝构件截面系数的设计值的部分计算表达式。*



图7 构件表面上的凹槽

表3 应用集中质量法时的无保护铝结构构件截面系数

|  |  |
| --- | --- |
| 开口断面各面受火： | 圆管各面受火： |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\11.jpg |  | 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\22.jpg |  |
| 开口断面三面受火： | 空心型材（或焊接的等厚方管）各面受火： |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\33.jpg |  | 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\44.jpg | 若： |
| 工字型法兰三面受火: | 箱型断面各面受火： |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\11.jpg | 若： | 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\22.jpg |  |
| 角（或任一等厚开口断面）各面受火： | 箱加固的工字型断面各面受火： |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\33.jpg |  | 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\44.jpg |  |
| 条型材各面受火： | 条型材三面受火： |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\55.jpg | 若： | 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\66.jpg | 若： |

**5.4.2敷有绝缘防火材料的内部铝结构**

（1）对于温度均匀分布的截面，绝缘构件在时间间隔.*t*内的温升..al(t)应由下式确定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.15) |

但

其中：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.16) |

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  | —— | 敷有绝缘防火材料的铝构件的截面系数（m-1）； |
| .(t) | —— | t时刻环境气体温度（℃）； |
| .al(t) | —— | t时刻铝构件的温度（℃）； |
| . .(t) | —— | 时间间隔. *t*内环境温度的温升（℃）。 |

（2）时间间隔. *t*的取值应不超过30s。

（3）表4列出了绝缘铝构件截面系数 的部分设计值。

（4）对于大部分敷有防火材料的铝构件，可对其温升..al(t)的计算进行修订以允许当铝温度达100℃时其温升的延时。

**5.4.3受热屏保护的空间内的内部铝结构**

（1）下列规定适应于如下情况：

- 由天花板和水平热屏构成的空间内的铝构件；

- 两垂直热屏之间的铝构件。

（2）对于受热屏保护的内部铝结构，其温升..al(t)的计算应适当根据前文的方法进行。环境温度取铝结构所处空间内的气体温度。

（3）热屏的特性和性能应适当通过试验确定。

（4）铝结构所处空间的温度发展应适当通过标准燃烧试验确定，或通过已获批准的方法来计算确定。

（5）对流和辐射的传热系数（分别表示为和）应适当通过试验确定。

表4 应用集中质量法时的敷有绝缘防火材料的铝结构构件截面系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 草图 | 说明 | 截面系数 |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\1.jpg | 外包装等厚四面受火 |  |
|  说明: C:\Users\Administrator\Desktop\2.jpg | 外包装等厚且中空四面受火 |  |
| 说明: C:\Users\Administrator\Desktop\3.jpg | 外包装等厚三面受火 |  |
|  说明: C:\Users\Administrator\Desktop\4.jpg | 外包装等厚且中空四面受火 |  |

**5.4.4外部铝结构**

（1）外部铝结构的温度应以考虑下列因素来确定：

- 防火分区的辐射热流；

- 从开口窜出的火焰的辐射热流和对热流；

- 铝结构向环境空间热辐射和热对流产生热损耗；

- 结构构件的尺寸和位置。

（2）为避免铝构件遭受热辐射，可在其某一侧、两侧或三侧采用热屏进行保护。

（3）热屏应符合下列条件：

- 直接附设于铝构件所需保护的一侧；

- 尺寸足够大以充分掩蔽住预期受辐射热流的某一侧；

（4）热屏应由不燃材料制成且其耐火极限至少为1h。

*注：详细信息参见附录B。*

（5）受热屏保护的外部铝结构的温度应按照上述第（1）条规定来确定，并假设结构受热屏保护的面无辐射热传递。

（6）计算可基于由固定热平衡引起的稳定条件。

##  结构整体抗火验算

* + 1. 铝合金结构的整体抗火验算应采用考虑几何非线性、材料非线性的静力或动力计算分析方法。
		2. 铝合金网壳结构的整体抗火验算应包括极限强度承载力验算和极限稳定承载力验算。
		3. 铝合金结构的整体抗火验算应采用考虑温度效应的铝合金材料本构模型。
		4. 铝合金结构的整体抗火验算宜考虑受火过程、受火时间的影响。
		5. 高温下的铝合金材料的弹性模量Em应当由表5.5.4-1或试验数据确定，屈服强度Fym和极限强度Fum应当由表5.5.4-2或试验数据确定。

表5.5.4-1 高温下6系列铝合金的弹性模量折减系数

|  |  |
| --- | --- |
| 铝合金温度 | 6系列铝合金 |
| /℃ | *E*m/*E* |
| 24 | 1.00 |
| 93 | 1.00 |
| 100 | 0.96 |
| 149 | 0.92 |
| 177 | 0.90 |
| 204 | 0.87 |
| 232 | 0.84 |
| 260 | 0.80 |
| 316 | 0.69 |
| 371 | 0.56 |
| 538 | 0.00 |

表5.5.4-2 高温下铝合金材料的强度折减系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 铝合金温度 | 6061-T6 | 6063-T5 | 6063-T6 |
| /℃ | *Ft*ym/*F*ty | *F*tum/*F*tu | *Ft*ym/*F*ty | *F*tum/*F*tu | *Ft*ym/*F*ty | *F*tum/*F*tu |
| 24 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 93 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 100 | 0.95 | 0.91 | 0.93 | 0.91 | 0.90 | 0.89 |
| 149 | 0.90 | 0.84 | 0.89 | 0.84 | 0.84 | 0.80 |
| 177 | 0.88 | 0.80 | 0.89 | 0.84 | 0.77 | 0.71 |
| 204 | 0.75 | 0.67 | 0.68 | 0.63 | 0.58 | 0.57 |
| 232 | 0.58 | 0.53 | 0.50 | 0.50 | 0.42 | 0.43 |
| 260 | 0.40 | 0.40 | 0.36 | 0.38 | 0.29 | 0.29 |
| 316 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.11 | 0.11 |
| 371 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.07 |
| 538 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

* + 1. 受火构件达到下列任一条件时，可认为其失效：
1. 受弯构件最大挠度D为L2/（400d）（mm），或者挠度超过L/30（mm）后变形速率dD/dt为L2/（9000d）（mm/min）。
2. 竖向承重构件轴向压缩量C为0.01H（mm），且轴向压缩速率dC/dt为0.003H（mm/min）。
	* 1. 对于铝合金网壳等大跨度屋面结构，整体抗火验算可按照“荷载-位移”曲线出现下降段作为结构破坏和失效的判断标准。（此条目的是用强度控制，而不是变形控制，可供大家讨论。因为变形指标难以界定，目前缺少相关研究，火灾下铝合金弹性模量降低明显，也很难用常温情况下的变形参考。）

# 6 防火保护措施

## 6.1 一般要求

6.1.1 采用铝合金承重结构时，应按现行国家规范《建筑防火设计规范》GB50016根据建筑物的耐火等级来确定耐火极限。对于大空间场所的铝合金结构，其保护范围需按照第5章抗火设计结果确定。

6.1.2 铝合金结构的防火、隔热措施应符合现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429第10.4节的有关规定：铝合金结构的防火措施可采用有效的水喷淋系统进行防护或消防部门认可的防火喷涂材料。根据项目实际需求，按照安全可靠、经济实用的原则选用。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 施加水喷淋或水喷雾进行保护。

3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。

6.1.3 铝合金结构防火保护措施应按照安全可靠、经济实用的原则选用，并应符合下述条件：

1 在要求的耐火极限内能有效地保护铝合金构件。

2 防火材料应易于和铝合金构件结合，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 施工方便，易于保证施工质量。

5 防火保护材料不应对人体有害。

##  防火涂料

6.2.1 建筑铝合金结构采用喷涂防火涂料保护时，防火保护构造宜按图6.2.1选用。有下列情况之一时，应在涂层内设置与铝构件相连接的镀锌铁丝网：

1 构件承受冲击、振动荷载；

2 防火涂料的粘结强度不大于0.05MPa；

3 构件的腹板高度超过500mm且涂层厚度不小于30mm；

4 构件的腹板高度超过500mm且涂层长期暴露在室外。



(*a*) 不加钢丝网



(*b*) 加钢丝网

图6.2.1 防火涂料保护构造

## 6.3 结构防护冷却水灭火系统

6.3.1 根据具体工程条件可采用有效的水喷淋、水喷雾、水幕或其它有效的水灭火系统进行防护。

6.3.2 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 应设置冷却喷头，喷头的喷水方向与竖向构件的夹角应在$30^{°}\~60^{°}$。

2 竖向构件上应设导流设施或冷却水环管，必要时可设置多圈冷却水环管。

3 应设置地面排水设施。

4 当消防冷却水水源为地面水时，宜设置过滤器。

5 水灭火系统的火灾持续时间应符合现行国家标准《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974第3.6.2的规定。

6.3.3 当采用水灭火系统直接冷却铝合金结构或构件时，系统的设计基本参数应不低于表6.3.3的规定：

表 6.3.3 水灭火系统设计基本参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冷却方式 | 喷水点高度  | 喷水强度 | 喷头工作压力  |
| 水幕 | ≤4(m) | 0.5 (L/s·m) | 0.1(MPa) |
| 水喷淋 | ≤8(m) | 6(L/min·m2) | 0.05(MPa) |
| 水喷雾 | ≤8(m) | 6(L/min·m2) | 0.2(MPa) |

注：防护冷却水幕的喷水点高度每增加 1m，喷水强度应增加 0.1L/s•m，但超过 9m 时喷水强度仍采用 1.0L/s•m。

6.3.4水灭火系统用于直接冷却铝合金构件时喷水强度应符合本规范要求，且自动喷水灭火系统、水炮系统的设置应符合现行国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084、《固定消防炮灭火系统设计规范》GB 50338的有关规定。除本规范另有规定外，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。

6.3.5 铝合金建筑除按《建筑设计防火规范》GB50016设置相应灭火措施外。如采取防护措施困难的，经相关部门批准同意采用额外水喷淋、水喷雾、细水雾或水炮等灭火措施来灭火，从而实现对结构的保护时，其设计需按[《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084](http://www.so.com/link?m=aSjiko1d5Lb7wu%2F7A0TqdwQlKo4V7f0ht%2F5FU0D%2F%2B81AtsFLPbQp5nDy3ZnIuQh2kOhTvSCGjlmkmuiFzBX3A58eqop%2B%2BXx6sHLgfLF5lZrv2H%2BzziivRp2VzO3%2B8EvaVgIgvtPI6r3VSP38qtoS%2BgbefkLXJZNu5MY%2B1adJ4AmSESZ58uf0br%2BfG6MCPQb56HKXMYiNrrLcvpWByCiR1cYjCXj0%3D)，《水喷雾灭火系统设计规范》GB 50219，《细水雾灭火系统技术规范》GB 50898或《固定消防炮灭火系统设计规范》GB 50338等执行。

## 6.4 其他措施

6.4.1 铝合金结构也可采用防火板、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。建筑铝合金结构采用包覆柔性毡状隔热材料保护时，防火保护构造宜按图6.4.1选用。



(*a*) 用龙骨支撑



(*b*) 用圆弧形防火板支撑

图6.4.1 柔性毡状隔热材料的防火保护构造

6.4.2 建筑铝合金结构采用外包轻质混凝土或砌筑砌体保护时，防火保护构造宜按图6.4.2选用，外包混凝土宜配构造筋。



图6.4.2 外包混凝土的防火保护构造

# 7 防火保护施工及验收

7.0.1防火工程应按照《建筑消防设施检测规程》、《建筑工程消防验收标准》等技术标准进行竣工验收。

7.0.2防火工程验收时应提供以下报告：国家检测机构的耐火极限检测报告和理化性能检测报告，防火监督部门核发的生产许可证和生产厂方的产品合格证；施工现场质量管理检查记录和施工过程中重大问题处理意见书；隐蔽工程检验项目检查验收记录；竣工后的完工报告单及自检报告；涂层边施工边检查记录等。

7.0.3采用的水灭火系统防护时应能在铝合金结构表面形成一层水膜，并能使铝合金结构表面温度降至临界温度以下。并应符合[《自动喷水灭火系统施工及验收规范》GB 50261的规定。](http://www.so.com/link?m=aVY5MfeEkQ9U9LyMbNJHdb1Xa4dso%2BvV6LoCkGNTf5DUbG3X9QTRB0v78Q9%2Fab01BkeKbyw06AVVY%2FKgrVIGu1h8D565yEhD1KVbRxviTuzAQyH03AiOXsElptU9MTwfzcEVyp3h4RyaiOOTsPDpjGQ7Ix8Zl6PVf2AFx08aw6daAoHL6fT4QefXF8DgfKGYU6bpa7hrt4EqDdEKvsPvtUA%3D%3D)

# 附录A 铝合金承重构件升温曲线及耐火极限判定标准

A.0.1 铝合金承重构件应按照标准升温曲线进行耐火极限试验：

 (A.0.1)

式中：**——火灾升温时间（min）；

——对应于**时刻的室内平均空气温度（℃）；

——火灾发生前的室内平均空气温度（℃），可取20℃。

A.0.2 铝合金承重构件受到火的作用后，当下列任一项出现时，则表明试件达到耐火极限：

1根据《建筑构件耐火试验方法》（GB/T9978）），承重梁达到耐火极限的判定准则为：受弯构件最大挠度D为L2/（400d）（mm），或者挠度超过L/30（mm）后变形速率dD/dt为L2/（9000d）（mm/min），其中L为试件净跨度， d为试件载面上抗压点与抗拉点之间的距离，单位均为毫米（mm）。承重柱达到耐火极限的判定准则为：受弯构件最大挠度C为h/100（mm），或者挠度超过L/30（mm）后变形速率dC/dt为3h/1000（mm/min），其中h为初始高度，单位为为毫米（mm）。

2 在整个耐火试验时间内，试件平均温度不应超过170 ℃。

A.0.3 耐火性能以涂层厚度（mm）和耐火性能试验时间或耐火极限（h）来表示，并注明耐火性能的升温方式和涂层构造方式。涂层厚度精确至1mm，耐火性能试验时间或耐火极限精确至0.01h。