

CFPA

中国消防协会团体标准

T/ CFPA - XXX-XXXX

铝合金结构用防火保护材料通用要求

General requirements for fire protection materials of aluminum alloy structures

(征求意见稿)

2021年02月

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国消防协会 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 分类及分级.....	1
5 要求.....	2
6 试验方法.....	3
7 判定准则.....	7
8 检验规则.....	8
9 标志.....	8
10 包装、运输和贮存.....	9
附 录 A.....	10
参 考 文 献.....	13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国应急管理部提出。

本标准由中国消防协会归口。

本标准起草单位：应急管理部四川消防研究所

本标准参加起草单位：上海通正铝合金结构工程技术有限公司，华东建筑设计研究院有限公司，陆宇皇金建材（河源）有限公司

本标准主要起草人：

铝合金结构用防火保护材料通用要求

1 范围

本文件规定了建筑铝合金结构防火保护材料的术语和定义、分类及分级、要求、试验方法、判定准则、检验规则、标志和包装、运输和贮存。

本文件适用于铝合金结构表面使用的各类防火保护材料，如涂覆防火涂料、防火板包覆、柔性毡状隔热材料包覆、复合防火保护等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 5237.1 铝合金建筑型材 第1部分 基材

GB/T 6892 一般工业用铝及铝合金挤压型材

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 9978.1-2018 建筑构件耐火试验方法 第1部分：通用要求

GB/T 9978.6 建筑构件耐火试验方法 第6部分：梁的特殊要求

GB/T 9978.7 建筑构件耐火试验方法 第7部分：柱的特殊要求

GB 14907-2018 钢结构防火涂料

GB/T 20285 材料产烟毒性危险分级

GB 50429 铝合金结构设计规范

GB 51249 建筑钢结构防火技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 铝合金结构用防火保护材料 fire protection material of aluminum alloy structures

包覆或涂覆（或组合使用）于铝合金结构表面，可提高建筑构件的耐火极限，同时满足相应的理化性能、燃烧性能和产烟毒性要求的材料。

3.2 大空间升温曲线 large space fire curve

一种用于模拟建筑构件在大空间结构中发生火灾时的时间温度关系的标准曲线。

4 分类及分级

4.1 分类

建筑铝合金结构用防火保护材料（以下简称防火保护材料）按材料类型分为涂料类和其他类：

- a) 涂料类：包括膨胀型或非膨胀型涂料、喷射纤维材料等，可涂覆于铝合金结构表面；
- b) 其他类：包括无机（纤维）板材、卷材、矿物棉材料等，可包覆或涂覆于铝合金结构表面。

4.2 分级

4.2.1 铝合金结构防火保护材料的耐火极限分为：0.50h、1.00h、1.50h 和 2.00h。

4.2.2 铝合金结构防火保护材料的耐火性能分级代号见表 1。

表 1 耐火性能分级代号

耐火极限 (Fr), h	分级代号	
	标准升温曲线	大空间升温曲线
$0.50 \leq Fr$	BZ0.50	DK0.50
$1.00 \leq Fr$	BZ1.00	DK1.00
$1.50 \leq Fr$	BZ1.50	DK1.50
$2.00 \leq Fr$	BZ2.00	DK2.00

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 防火保护材料所用的原材料及生产过程应符合国家环境保护和安全卫生相关法律法规的规定。

5.1.2 防火保护材料施工时应能在正常的自然环境条件下干燥固化，养护完成后保护层不应有刺激性气味。

5.2 燃烧性能

防火保护材料中除防火涂料外，其他防火保护材料的燃烧性能均应达到GB 8624中B₁级要求。

5.3 产烟毒性

防火保护材料中除防火涂料外其产烟毒性等级应达到GB/T 20285规定的ZA₂级要求。

5.4 理化性能

防火保护材料的理化性能应符合表2的规定。

表 2 防火保护材料的理化性能

序号	理化性能项目	技术指标	
		膨胀型涂料类	其他类（膨胀型涂料类除外）
1	在容器中的状态	经搅拌后呈均匀细腻状态或稠厚流体状态，无结块	—
2	干燥时间(表干)/h	≤12	—
3	初期干燥抗裂性	不应出现裂纹	—
4	粘结强度/MPa	≥0.15	—
5	pH 值	7-9	—
6	耐水性	24 h 试验后，涂层应无起层、发泡、脱落现象	720 h 试验后，试件保护层不开裂、起层、脱落

7	耐冷热循环性	15 次试验后,涂层应无开裂、剥落、起泡现象	15 次试验后,保护层应无开裂、剥落和起泡现象。
8	耐曝热性	720 h试验后,涂层应无起层、脱落、空鼓、开裂	—
9	耐湿热性	504 h试验后,涂层应无起层、脱落现象	—
10	耐冻融循环性	15 次试验后,涂层应无开裂、脱落、起泡现象	—

5.5 耐火性能

防火保护材料按委托方规定的施工工艺施工后,试件的耐火性能应符合表 3 规定。

表 3 耐火性能要求

序号	被保护铝合金结构类别	耐火性能, h
1	铝合金结构梁	≥1.00
2	铝合金结构柱	≥1.00

6 试验方法

6.1 燃烧性能

按GB 8624的规定进行试验。

6.2 产烟毒性

除防火涂料外的防火保护材料的产烟毒性按GB/T 20285的规定进行试验。

6.3 理化性能试件的制备

6.3.1 试件基材

采用牌号为T6061-T6的铝合金材料作为试件基材,试件基材的尺寸及数量见表4。

表4 试件基材的尺寸及数量

序号	试件用途	尺寸 mm	数量 块
1	干燥时间试验	150×70×6	3
2	初期干燥抗裂性试验	300×150×6	2
3	粘结强度试验	70×70×6	5
4	耐曝热性试验	150×70×6	3

序号	试件用途	尺寸 mm	数量 块
5	耐湿热性试验	150×70×6	3
6	耐冻融循环性试验	150×70×6	3
7	耐冷热循环性试验（涂料类）	150×70×6	3
	耐冷热循环性试验（其他类）	150×150×6	3
8	耐水性试验（涂料类）	150×70×6	3
	耐水性试验（其他类）	150×150×6	3

6.3.2 试件的制作和养护

按委托方提供的产品施工工艺进行施工，达到规定厚度后应抹平和修边，保证均匀平整。施工好的试件保护层面向上水平放置在试验台上干燥养护，除用于试验表干时间和初期干燥抗裂性的试件外，按保护材料施工工艺文件规定的养护条件、时间进行养护，待其完全干燥后进行试验。

6.3.3 试件预处理

将用于6.4.6、6.4.7、6.4.8、6.4.9及6.4.10试验的试件养护期满后用1:1的石蜡与松香的溶液封堵其周边（封边宽度不得小于5 mm），再次养护24 h 后方可进行试验。

6.4 理化性能

6.4.1 在容器中的状态

按GB 14907-2018规定的6.4.1进行检验。

6.4.2 干燥时间

按GB 14907-2018规定的6.4.2进行检验。

6.4.3 初期干燥抗裂性

按GB 14907-2018规定的6.4.3进行检验。

6.4.4 粘结强度

按GB 14907-2018规定的6.4.4进行检验。

6.4.5 pH值

按GB 14907-2018规定的6.4.8进行检验。

6.4.6 耐水性

按GB 14907-2018规定的6.4.9进行检验，3个试件中至少2个符合要求判为合格。

6.4.7 耐冷热循环性

按GB 14907-2018规定的6.4.10进行检验，3个试件中至少2个符合要求判为合格。

6.4.8 耐曝热性

按 GB 14907-2018 规定的 6.4.11 进行检验，3 个试件中至少 2 个符合要求判为合格。

6.4.9 耐湿热性

按 GB 14907-2018 规定的 6.4.12 进行检验，3 个试件中至少 2 个符合要求判为合格。

6.4.10 耐冻融循环性

按 GB 14907-2018 规定的 6.4.13 进行检验，3 个试件中至少 2 个符合要求判为合格。

6.5 耐火性能

6.5.1 试验装置

符合 GB/T 9978.1-2008 中第 5 章对试验装置的要求。

6.5.2 试件制作及安装

6.5.2.1 基材选取

铝合金型材应符合现行国家标准 GB/T 5237.1《铝合金建筑型材 第 1 部分 基材》和 GB/T 6892《一般工业用铝及铝合金挤压型材》的规定。试件的基材应与实际使用情况一致，实际工程中工字型铝合金构件使用量大，具有代表性，因此本标准选用牌号为 T6061-T6 工字型铝合金 H350×140×6×10 作为试验基材，还可选用其他型号的铝合金作为铝合金结构柱的试验基材。

为判定保护材料的隔热性，试件内部设热电偶以测定试件规定部位的温度。对于铝合金结构工字梁，按 GB/T 9978.6 的相关规定设置试件内部热电偶（均用于测量试件的平均温度），热电偶数量为 12 支，设置位置见图 1、图 2。

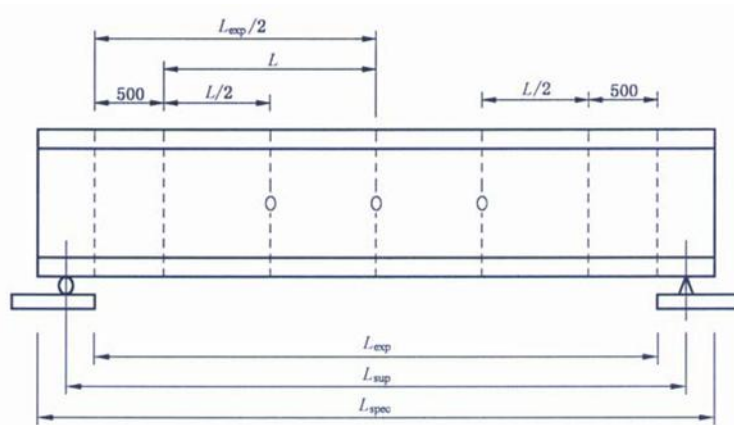


图 1 试件热电偶布置的截面位置

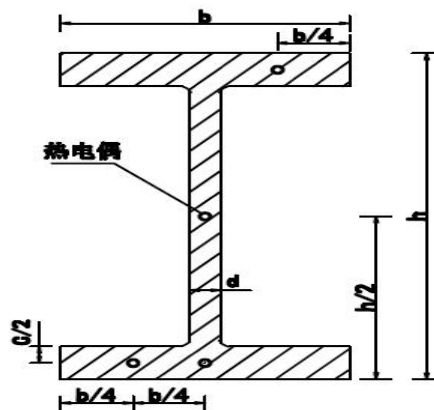


图 2 试件截面上热电偶的典型位置

对于铝合金结构柱，按 GB/T 9978.7 的规定设置试件内部热电偶，热电偶数量为 12 支，试件内部热电偶的布置见图 3。

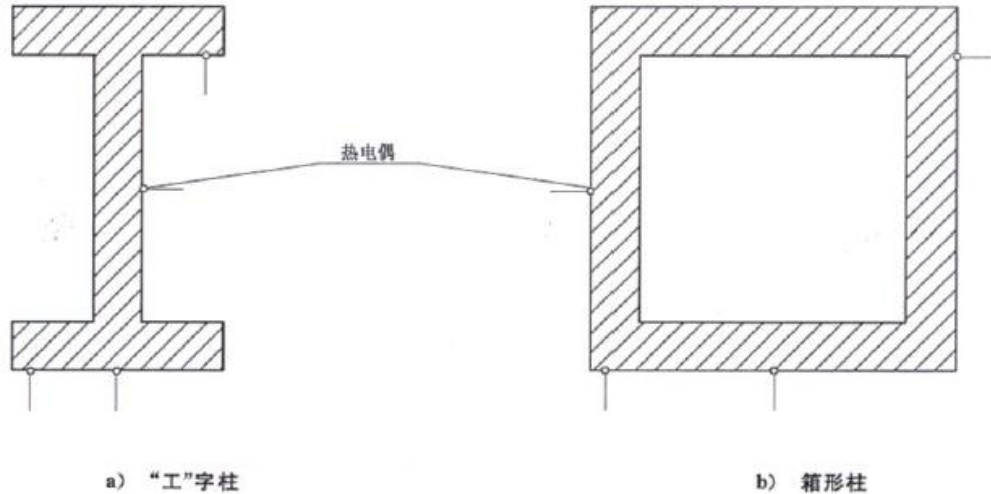


图 3 铝合金结构柱热电偶布置图

试件施工前应对基材表面进行处理。按照产品使用说明书规定的工艺条件对基材受火面进行防火保护，保护方式应与实际使用情况一致，最终形成完整的包覆试件，并放在规定的条件下进行养护。

6.5.2.2 试件数量和尺寸

试件数量为 1 个，应具有工程代表性，按实际约束边界条件进行试验。铝合金结构梁的受火长度不小于 4000mm，铝合金结构柱的受火高度为 2800mm。

6.5.2.3 养护条件

试验前，试件本身和与试件安装相关的支撑结构应按产品的要求进行养护。试验时，可通过自然养护使试件的强度和含水量与预期的实际使用条件相似，养护周期应满足委托方的要求。

6.5.2.4 防火保护材料层厚度的确定

耐火试验前应测量防火保护材料的厚度。对于涂料类构件，按 GB 14907-2018 规定的 6.5.4 进行测量；对于其他类构件，采用游标卡尺或钢直尺测定其厚度。

6.5.2.5 试件安装和约束

铝合金结构梁应水平、简支安装在水平燃烧试验炉上，应符合 GB 14907-2018 中 6.5.5 和 GB/T 9978.6 的相关规定。铝合金结构柱的安装和约束要求应符合 GB/T 9978.7 的有关规定。

6.5.3 试验条件

6.5.3.1 升温条件

当铝合金结构应用在大空间建筑时，依照大空间建筑火灾升温曲线进行试验，大空间建筑火灾中的烟气升温过程可按下式确定：

$$T - T_g(0) = 790 \left[1 - 0.8e^{-0.12t} - 0.2e^{-0.012t} \right]$$

式中 T 对应于 t (单位为 min) 时刻的烟气温度 (°C);

$T_g(0)$ 火灾发生前大空间内平均空气温度, 取 20°C;

大空间建筑火灾升温曲线如下图 4 所示。

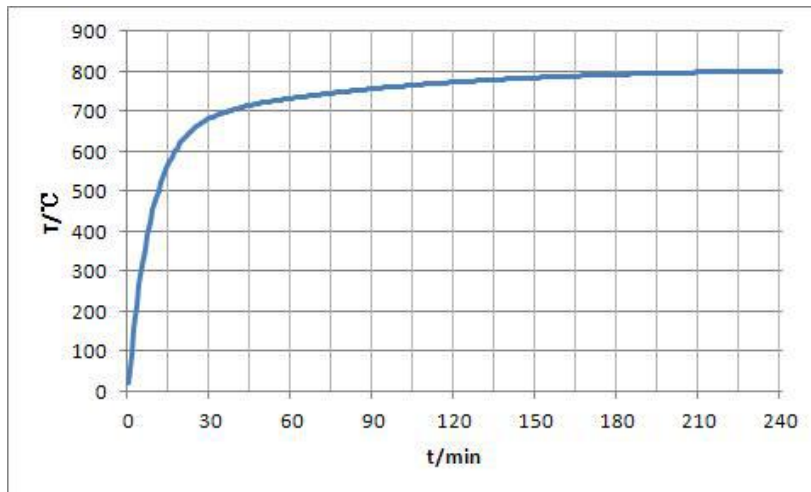


图 4 大空间建筑火灾升温曲线

当大空间建筑中在火焰高度以下且可能直接与火焰接触的铝合金构件或者在一般建筑中的铝合金构件, 应采用 GB/T 9978.1 标准升温曲线进行试验。

6.5.3.2 炉温偏差和炉内压差

试验炉内用于温度和压力测量的仪器设备, 其数量、布置方式、测量要求以及试验程序应符合 GB/T 9978.1-2018 的相关规定。试验期间的炉内实际时间温度曲线与标准时间温度曲线的偏差, 应符合 GB/T 9978.1-2018 中 6.1.2 的规定。对炉内的平均压力值进行监测, 并控制炉内压力的变化, 试验炉内压差应满足 GB/T 9978.1-2008 第 6.2 条的规定。

6.5.3.3 铝合金结构柱

铝合金结构柱, 只需要进行测温试验。采用试件内部热电偶测定试件规定部位的试件温度, 以温度平均值作为判定条件。

6.5.3.4 铝合金结构梁

铝合金结构梁, 加载试验和测温试验在同组试验中均需要进行测试。

试件加载条件应符合 GB/T 9978.6 的相关规定, 试件承受四点集中荷载模拟的均布荷载, 荷载总量对应设计弯矩极限值的 60%, 且应符合整体稳定性的要求。实际加载量的计算示例见附录 A。加载量在整个试验过程中应保持恒定 (偏差在规定值的±5%以内)。试验荷载也可根据建筑结构规范依据实际应用确定的或由试验委托方为某一特定用途提供的实际构件荷载。

采用试件内部热电偶测定试件规定部位的试件温度, 以温度平均值作为判定条件。

7 判定准则

7.1 判定依据

铝合金结构防火保护材料的耐火极限以铝合金结构失去承载能力或达到规定的平均温度的时间来确定。以先达到极限所对应的时间作为耐火极限。

7.2 铝合金结构柱

在整个耐火试验时间内，试件内部的平均温度不应超过**319℃**。

7.3 铝合金结构梁

7.3.1 承载能力

在整个耐火试验时间内，试件的最大弯曲变形量不应超过 **$L_0/250\text{mm}$** （ L_0 为试件的支撑点间距）。

7.3.2 试件温度

在整个耐火试验时间内，试件内部的平均温度不应超过**319℃**。

7.4 耐火性能的表现

耐火性能以保护层厚度（mm）和耐火极限（h）来表示，耐火性能试验结果应包括升温条件、试验基材类型、截面系数、保护层厚度、耐火性能试验时间等信息，并注明保护层构造方式。涂层厚度精确到**0.1mm**，其他保护层厚度精确到**1mm**，耐火极限精确到**0.01h**。

8 检验规则

8.1 检验分类

8.1.1 防火保护材料的检验分为出厂检验和型式检验。

8.1.2 出厂检验项目为耐火性。

8.1.3 型式检验项目为本标准规定的全部项目。有下列情形之一时，产品应进行型式检验：

- a) 新产品投产前或老产品转厂生产时的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，若产品配方、结构、原材料、工艺有较大的变化并可能影响产品质量时；
- c) 停产一年以上，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- e) 发生重大质量事故或对产品质量有重大争议时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

8.2 组批与抽样

8.2.1 组批

组成一个批次的防火保护材料应为同一批原料、同一生产工艺、生产条件下生产的产品。

8.2.2 抽样

检验样品应从批量基数不少于送检样品三倍的产品中随机抽取。

8.3 判定规则

出厂检验项目符合本标准要求时，判定该批产品合格，否则判定为不合格。型式试验项目全部符合本标准要求时，判该产品合格，否则判为不合格。

9 标志

9.1 产品外包装上有牢固、完整的标志。

9.2 产品标志上应清晰、牢固地表明产品名称、类型、商标（若有）、型号规格、执行标准、生产企业名称、生产企业地址、生产日期或批号、联系电话、产品贮存期等。

10 包装、运输和贮存

10.1 产品应进行可靠的包装，包装应能防雨、防潮。

10.2 每批产品还应附合格证和产品使用说明书。

10.3 运输中应防止雨淋，运输过程中不得拖、钩、扎，以免破损。装卸时应轻抬轻放，应避免意外损坏。

10.4 产品应放在通风、干燥的场所。

附录 A

(规范性附录)

铝合金结构防火保护耐火试验加载量计算

A1 已知条件

铝合金牌号为 6061-T6 的工字梁，抗弯强度 f 为 200N/mm^2 。铝合金梁安装方式为水平简支，计算跨度 l 为 4.2m ，铝合金梁自重为 g ，混凝土板/标准盖板自重 q_0 ，强度折减系数 k 取 0.6 ，铝合金梁的截面尺寸为 $\text{H}400 \times 180 \times 8 \times 11$ 。

A2 受弯构件整体稳定系数

依据 GB 50429-2007 附录 C 进行计算：

$$X \text{ 轴的惯性矩 } I_x = \frac{1}{12} \times (\text{BH}^3 - bh^3)$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times (180 \times 400^3 - 172 \times 378^3) = 1.8585 \times 10^8 (\text{mm}^4)$$

X 轴的截面模量：

$$W_{ex} = \frac{2I_x}{H} = 2 \times 1.8585 \times 10^8 / 400 = 9.2925 \times 10^5 (\text{mm}^3)$$

Y 轴的惯性矩：

$$I_y = 2 \times \frac{1}{12} \times 11 \times 180^3 + \frac{1}{12} \times 378 \times 8^3 = 1.0708 \times 10^7 (\text{mm}^4)$$

扇性惯性矩：

$$I_w = \frac{B^3 H^2 c}{24} = \frac{180^3 \times 400^2 \times 11}{24} = 42.768 \times 10^{10} (\text{mm}^6)$$

扭转惯性矩：

$$I_t = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n b_i t_i^3 = \frac{1}{3} \times (180 \times 11^3 \times 2 + 8 \times 378^3) = 1.442 \times 10^8 (\text{mm}^3)$$

对于双轴对称界面的弯扭稳定临界弯矩，采用下式计算得：

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{\pi^2 E I_y}{l^2} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_y} \left(1 + \frac{G I_t l^2}{\pi^2 E I_\omega} \right)} \\ &= \frac{3.14^2 \times 7 \times 10^4 \times 10.708 \times 10^6}{4200^2} \times \sqrt{\frac{42.768 \times 10^{10}}{10.708 \times 10^6} \left(1 + \frac{2.7 \times 10^4 \times 1.442 \times 10^8 \times 4200^2}{3.14^2 \times 7 \times 10^4 \times 42.768 \times 10^{10}} \right)} \\ &= 12.80 \times 10^8 \end{aligned}$$

则相对长细比为：

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{W_{ex} f}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{9.2925 \times 10^5 \times 200}{12.80 \times 10^8}} = 0.381$$

6061-T6 为弱硬化合金,取 $\alpha = 0.20$, $\bar{\lambda}_0 = 0.36$ 则构件的几何缺陷系数:

$$\eta = \alpha(\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) = 0.20 \times (0.381 - 0.36) = 0.0042$$

带入受弯构件整体稳定系数计算公式得:

$$\begin{aligned} \varphi_b &= \frac{1 + \eta + \bar{\lambda}^2}{2\bar{\lambda}^2} - \sqrt{\left(\frac{1 + \eta + \bar{\lambda}^2}{2\bar{\lambda}^2}\right)^2 - \frac{1}{\bar{\lambda}^2}} \\ &= \frac{1 + 0.0042 + 0.381^2}{2 \times 0.381^2} - \sqrt{\left(\frac{1 + 0.0042 + 0.381^2}{2 \times 0.381^2}\right)^2 - \frac{1}{0.381^2}} \\ &= 0.995 \end{aligned}$$

该系数不需要进行修正。

A3 均布荷载计算

$$\text{因为均布荷载的弯矩: } M_{\max} = \frac{q_{\max} L_0^2}{8} \quad \text{式 1}$$

按《铝合金结构设计规范》6.1.1 计算公式应为 $\frac{M_x}{\gamma_x W_{ex}} \leq kf$, 则 $M_{x\text{极限}} = kf \gamma_x W_{ex}$

$$\text{按照 } M_{\max} = M_{x\text{极限}} \times 60\% \quad \text{式 2}$$

$$\text{将式 1 带入式 2 得: } q_{\max} = \frac{8 \times 0.6 \times k \times f \times \gamma_x \times W_{ex}}{L_0^2} \quad \text{式 3}$$

A4 均布荷载设计值

按式 3 计算得:

$$q_{\max} = \frac{8 \times 0.6 \times k \times f \times \gamma_x \times W_{ex}}{L_0^2} = \frac{4.8 \times 0.9 \times 200 \times 1 \times 9.2925 \times 10^5}{4200^2} = 45.51 \text{ N/mm} = 45510 \text{ N/m}$$

A5 外荷载 q

$$\text{铝合金梁自重 } g = 19.8 \text{ kg/m} \times 9.8 \text{ N/kg} = 194.04 \text{ N/m}$$

$$\text{混凝土板自重 } q_0 = 0.55 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 2300 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} = 1860 \text{ N/m}$$

$$\text{标准盖板自重 } q_0 = 573.3 \text{ N/m}$$

因此, 外荷载

$$q = q_{\max} - g - q_0 = 45.51 \times 10^3 - 194.04 - 573.3 = 44742.66 \text{ N/m}$$

A6 外荷载总量 p

$$p = qL_0 = 44742.66 \times 4.2 = 187919 \text{ N} = 188 \text{ kN}$$

A7 稳定性验算

因为 $\frac{L_0}{b} = \frac{4200}{180} = 23.3 \geq 7.8 \sqrt{\frac{240}{f_{0.2}}} = 7.8$ ，应计算梁的整体稳定性。

$$M_{\max} = \frac{q_{\max} L_0^2}{8} = \frac{45.51 \times 4200^2}{8} = 100349.55 \text{N.m}$$

$$\text{而 } kf\varphi_b W_{\text{ex}} = 0.9 \times 200 \times 0.995 \times 9.2925 \times 10^5 = 166429 \text{N.m}$$

所以 $M_{\max} \leq kf\varphi_b W_{\text{ex}}$ ，满足稳定性要求。

综上，外荷载加载量为 188kN。

参 考 文 献
