

H&M 铝合金门工程 设计计算书

上海美岚新型建材有限公司

二〇一三年六月二十一日

目录

1 计算引用的规范、标准及资料	1
1.1 幕墙设计规范:	1
1.2 门窗及相关设计规范:	1
1.3 建筑设计规范:	1
1.4 铝材规范:	1
1.5 玻璃规范:	1
1.6 胶类及密封材料规范:	1
1.7 五金件规范:	1
2 基本参数	2
2.1 幕墙所在地区	2
2.2 地面粗糙度分类等级	2
2.3 抗震设防	2
3 幕墙承受荷载计算	3
3.1 风荷载标准值的计算方法	3
3.2 计算支撑结构时的风荷载标准值	5
3.3 计算面板材料时的风荷载标准值	5
3.4 垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值	5
3.5 平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值	5
3.6 作用效应组合	5
4 玻璃板块的选用与校核	6
4.1 玻璃板块荷载计算	6
4.2 玻璃的强度计算	7
4.3 玻璃最大挠度校核	7
4.4 玻璃边缘到边框槽底间隙计算	8

1 计算引用的规范、标准及资料

1.1 幕墙设计规范:

《铝合金结构设计规范》	GB50429-2007
《玻璃幕墙工程技术规范》	JGJ102-2003

1.2 门窗及相关设计规范:

《铝合金结构设计规范》	GB50429-2007
《玻璃幕墙工程技术规范》	JGJ102-2003
《建筑玻璃应用技术规程》	JGJ113-2009
《建筑幕墙》	GB/T21086-2007
《铝合金门窗工程技术规范》	JGJ214-2010
《铝合金门窗》	GB/T8478-2008
《未增塑聚乙烯(PVC-U)塑料窗》	JGT/140-2005
《塑料门窗工程技术规程》	JGJ103-2008
《建筑幕墙工程技术规范》	DGJ08-56-2012

1.3 建筑设计规范:

《地震震级的规定》	GB/T17740-1999
《钢结构设计规范》	GB50017-2003
《民用建筑设计通则》	GB50352-2005

1.4 铝材规范:

《变形铝及铝合金化学成份》	GB/T3190-2008
《建筑用隔热铝合金型材》	JG175-2011

1.5 玻璃规范:

《镀膜玻璃 第1部分:阳光控制镀膜玻璃》	GB/T18915.1-2002
《镀膜玻璃 第2部分:低辐射镀膜玻璃》	GB/T18915.2-2002
《平板玻璃》	GB11614-2009
《建筑用安全玻璃 第3部分:夹层玻璃》	GB15763.3-2009
《建筑用安全玻璃 第2部分:钢化玻璃》	GB15763.2-2005

1.6 胶类及密封材料规范:

《建筑用硅酮结构密封胶》	GB16776-2005
《建筑用硬质塑料隔热条》	JG/T174-2005
《建筑表面用有机硅防水剂》	JC/T902-2002
《钢结构防火涂料》	GB14907-2002

1.7 五金件规范:

《紧固件螺栓和螺钉通孔》	GB/T5277-1985
《紧固件公差螺栓、螺钉、螺柱和螺母》	GB/T3103.1-2002

《紧固件机械性能螺母、细牙螺纹》	GB/T3098. 4-2000
《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》	GB/T3098. 1-2010
《紧固件机械性能自攻螺钉》	GB/T3098. 5-2000
《紧固件术语盲铆钉》	GB/T3099. 2-2004
《铜合金铸件》	GB/T13819-1992

2 基本参数

2.1 幕墙所在地区

上海地区；

2.2 地面粗糙度分类等级

幕墙属于外围护构件，按《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)

A类：指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；

B类：指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区；

C类：指有密集建筑群的城市市区；

D类：指有密集建筑群且房屋较高的城市市区；

依照上面分类标准，本工程按C类地形考虑。

2.3 抗震设防

按《建筑工程抗震设防分类标准》，建筑工程应分为以下四个抗震设防类别：

1. 特殊设防类：指使用上有特殊设施，涉及国家公共安全的重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果，需要进行特殊设防的建筑，简称甲类；

2. 重点设防类：指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑，以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果，需要提高设防标准的建筑，简称乙类；

3. 标准设防类：指大量的除1、2、4款以外按标准要求进行设防的建筑，简称丙类；

4. 适度设防类：指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害，允许在一定条件下适度降低要求的建筑，简称丁类；

在围护结构抗震设计计算中：

1. 特殊设防类，应按高于本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施，同时，应按批准的地震安全性评价的结果且高于本地区抗震设防烈度的要求确定其地震作用；

2. 重点设防类，应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施，同时，应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用；

3. 标准设防类，应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用；

4. 适度设防类，应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用；

根据国家规范《建筑抗震设计规范》GB50011-2010，上海地区地震基本烈度为：7度，地震动峰值加速度为0.1g，由于本工程是标准设防类，因此实际抗震计算中的水平地震影响系数最大值应按本地区抗震设防烈度选取，也就是取： α

$w_{\max}=0.08$;

3 幕墙承受荷载计算

3.1 风荷载标准值的计算方法

幕墙属于外围护构件，按《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)计算：

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_z w_0 \quad \dots\dots 8.1.1-2[\text{GB50009-2012}]$$

上式中：

w_k ：作用在幕墙上的风荷载标准值(MPa)；

z ：计算点标高：3m；

β_{gz} ：高度 z 处的阵风系数；

根据不同场地类型，按以下公式计算：

$$\beta_{gz} = 1 + 2gI_{10}(z/10)^{-\alpha} \quad \dots\dots \text{条文说明部分 8.6.1}[\text{GB50009-2012}]$$

其中A、B、C、D四类地貌类别截断高度分别为：5m、10m、15m、30m；

A、B、C、D 四类地貌类别梯度高度分别为：300m、350m、450m、550m；

也就是：

对A类场地：当 $z > 300\text{m}$ 时，取 $z=300\text{m}$ ，当 $z < 5\text{m}$ 时，取 $z=5\text{m}$ ；

对B类场地：当 $z > 350\text{m}$ 时，取 $z=350\text{m}$ ，当 $z < 10\text{m}$ 时，取 $z=10\text{m}$ ；

对C类场地：当 $z > 450\text{m}$ 时，取 $z=450\text{m}$ ，当 $z < 15\text{m}$ 时，取 $z=15\text{m}$ ；

对D类场地：当 $z > 550\text{m}$ 时，取 $z=550\text{m}$ ，当 $z < 30\text{m}$ 时，取 $z=30\text{m}$ ；

g ：峰值因子，取2.5；

I_{10} ：10m高名义湍流度，对应A、B、C、D地面粗糙度，可分别取0.12、0.14、0.23和0.39；

α ：地面粗糙度指数，对应A、B、C、D地面粗糙度，可分别取0.12、0.15、0.22和0.30；

对于C类地形，3m高度处的阵风系数为：

$$\beta_{gz} = 1 + 2 \times 2.5 \times 0.23 \times (15/10)^{-0.22} = 2.0519$$

μ_z ：风压高度变化系数；

根据不同场地类型，按《建筑结构荷载规范》条文说明部分8.2.1提供的公式计算：

$$\text{A类场地：} \mu_z^A = 1.284 \times (z/10)^{0.24}$$

$$\text{B类场地：} \mu_z^B = 1.000 \times (z/10)^{0.30}$$

$$\text{C类场地：} \mu_z^C = 0.544 \times (z/10)^{0.44}$$

$$\text{D类场地：} \mu_z^D = 0.262 \times (z/10)^{0.60}$$

公式中的截断高度和梯度高度与计算阵风系数时相同，也就是：

对A类场地：当 $z > 300\text{m}$ 时，取 $z=300\text{m}$ ，当 $z < 5\text{m}$ 时，取 $z=5\text{m}$ ；

对B类场地：当 $z > 350\text{m}$ 时，取 $z=350\text{m}$ ，当 $z < 10\text{m}$ 时，取 $z=10\text{m}$ ；

对C类场地：当 $z > 450\text{m}$ 时，取 $z=450\text{m}$ ，当 $z < 15\text{m}$ 时，取 $z=15\text{m}$ ；

对D类场地：当 $z > 550\text{m}$ 时，取 $z=550\text{m}$ ，当 $z < 30\text{m}$ 时，取 $z=30\text{m}$ ；

对于C类地形，3m高度处风压高度变化系数：

$$\mu_z = 0.544 \times (15/10)^{0.44} = 0.6502$$

μ_{s1} ：局部风压体型系数；

按《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 第 8.3.3 条：计算围护结构及其连接的风荷载时，可按下列规定采用局部体型系数 μ_{s1} ：

- 1 封闭矩形平面房屋的墙面及屋面可按表 8.3.3-1 的规定采用；
- 2 檐口、雨篷、遮阳板、边棱处的装饰条等突出构件，取 -2.0；
- 3 其它房屋和构筑物可按本规范第 8.3.1 条规定体型系数的 1.25 倍取值。

本计算点为墙面大面位置，按如上说明，查表得：

$$\mu_{s1}(1)=1$$

按《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 第 8.3.4 条：计算非直接承受风荷载的围护构件风荷载时，局部体型系数可按构件的从属面积折减，折减系数按下列规定采用：

- 1 当从属面积不大于 1m^2 时，折减系数取 1.0；
- 2 当从属面积大于或等于 25m^2 时，对墙面折减系数取 0.8，对局部体型系数绝对值大于 1.0 的屋面区域折减系数取 0.6，对其它屋面区域折减系数取 1.0；
- 3 当从属面积大于 1m^2 且小于 25m^2 时，墙面和绝对值大于 1.0 的屋面局部体型系数可采用对数插值，即按下式计算局部体型系数：

$$\mu_{s1}(A)=\mu_{s1}(1)+[\mu_{s1}(25)-\mu_{s1}(1)]\log A/1.4 \quad \dots\dots 8.3.4[\text{GB50009-2012}]$$

其中：

$$\begin{aligned}\mu_{s1}(25) &= 0.8\mu_{s1}(1) \\ &= 0.8 \times 1 \\ &= 0.8\end{aligned}$$

计算支撑结构时的构件从属面积：

$$\begin{aligned}A &= 0.492 \times 9 \\ &= 4.428\text{m}^2\end{aligned}$$

当 $A > 25$ 时取 $a=25$ ，当 A 小于 1 时取 $A=1$ ；

$$\log A = 0.646$$

则：

$$\begin{aligned}\mu_{s1}(A) &= \mu_{s1}(1) + [\mu_{s1}(25) - \mu_{s1}(1)] \log A / 1.4 \\ &= 1 + [0.8 - 1] \times 0.646 / 1.4 \\ &= 0.908\end{aligned}$$

按《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 第 8.3.5 条：计算围护结构风荷载时，建筑物内部压力的局部体型系数可按下列规定采用：

- 1 封闭式建筑物，按其外表面风压的正负情况取 -0.2 或 0.2；
- 2 仅一面墙有主导洞口的建筑物：
 - 当开洞率大于 0.02 且小于或等于 0.10 时，取 $0.4\mu_{s1}$ ；
 - 当开洞率大于 0.10 且小于或等于 0.30 时，取 $0.6\mu_{s1}$ ；
 - 当开洞率大于 0.30 时，取 $0.8\mu_{s1}$ ；
- 3 其它情况，应按开放式建筑物的 μ_{s1} 取值；

注：1：主导洞口的开洞率是指单个主导洞口与该墙面全部面积之比；

2： μ_{s1} 应取主导洞口对应位置的值；

本计算中建筑物内部压力的局部体型系数为 0.2 (封闭式建筑内表面)；

因此，计算非直接承受风荷载的支撑结构时的局部风压体型系数为：

$$\mu_{s1} = 0.908 + 0.2$$

$$=1.108$$

而对直接承受风压的面板结构来说，其局部风压体型系数为：

$$\mu_{s1}=1+0.2$$

$$=1.2$$

w_0 ：基本风压值(MPa)，根据现行《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 附表 E.5 中数值采用，但不小于 0.3KN/m^2 ，按重现期 50 年，上海地区取 0.00055MPa ；

3.2 计算支撑结构时的风荷载标准值

$$w_k = \beta_{gz} \mu_z \mu_{s1} w_0$$

$$= 2.0519 \times 0.6502 \times 1.108 \times 0.00055$$

$$= 0.000813\text{MPa}$$
 因为 $w_k < 0.001\text{MPa}$ ，所以按 JGJ102-2003，取 $w_k = 0.001\text{MPa}$ 。

3.3 计算面板材料时的风荷载标准值

$$w_k = \beta_{gz} \mu_z \mu_{s1} w_0$$

$$= 2.0519 \times 0.6502 \times 1.2 \times 0.00055$$

$$= 0.000881\text{MPa}$$
 因为 $w_k < 0.001\text{MPa}$ ，所以按 JGJ102-2003，取 $w_k = 0.001\text{MPa}$ 。

3.4 垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{max} G_k / A \quad \dots\dots 5.3.4 [\text{JGJ102-2003}]$$

q_{Ek} ：垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值(MPa)；

β_E ：动力放大系数，取 5.0；

α_{max} ：水平地震影响系数最大值，取 0.08；

G_k ：幕墙构件的重力荷载标准值(N)；

A ：幕墙构件的面积(mm^2)；

3.5 平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{max} G_k \quad \dots\dots 5.3.5 [\text{JGJ102-2003}]$$

P_{Ek} ：平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值(N)；

β_E ：动力放大系数，取 5.0；

α_{max} ：水平地震影响系数最大值，取 0.08；

G_k ：幕墙构件的重力荷载标准值(N)；

按照 JGJ102 规范 5.4 节条文说明部分的规定，对于竖向幕墙和与水平面夹角大于 75 度、小于 90 度的斜玻璃幕墙，可不考虑竖向地震作用效应的计算和组合。

3.6 作用效应组合

荷载和作用效应按下式进行组合：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} + \psi_E \gamma_E S_{Ek} \quad \dots\dots 5.4.1 [\text{JGJ102-2003}]$$

上式中：

S ：作用效应组合的设计值；

S_{Gk} ：重力荷载作为永久荷载产生的效应标准值；

S_{wk} 、 S_{Ek} ：分别为风荷载，地震作用作为可变荷载产生的效应标准值；

γ_G 、 γ_w 、 γ_E ：各效应的分项系数；

ψ_w 、 ψ_E ：分别为风荷载，地震作用效应的组合系数。

上面的 γ_G 、 γ_w 、 γ_E 为分项系数，按 5.4.2、5.4.3、5.4.4 [JGJ102-2003] 规定如下：

进行幕墙构件强度、连接件和预埋件承载力计算时：

重力荷载： γ_G ：1.2；

风荷载： γ_w ：1.4；

地震作用： γ_E ：1.3；

进行挠度计算时：

重力荷载： γ_G ：1.0；

风荷载： γ_w ：1.0；

地震作用：可不作组合考虑；

上式中，风荷载的组合系数 ψ_w 为 1.0；

地震作用的组合系数 ψ_E 为 0.5；

4 玻璃板块的选用与校核

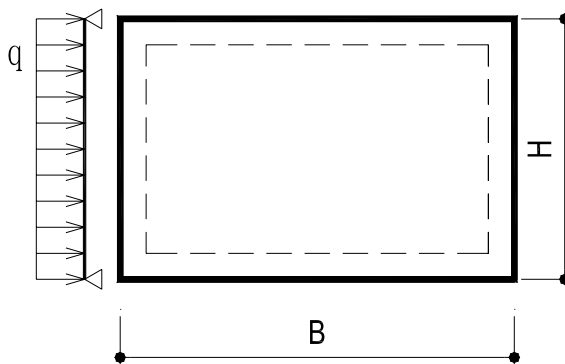
基本参数：

1：计算点标高：3m；

2：玻璃板尺寸：宽×高=B×H=984mm×2900mm；

3：玻璃配置：单片玻璃，钢化玻璃 10mm；

模型简图为：



四边简支板

4.1 玻璃板块荷载计算

(1) 玻璃板块自重：

G_{Ak} ：玻璃板块单位面积自重(仅指玻璃) (MPa)；

t：玻璃板块厚度 (mm)；

γ_g ：玻璃的体积密度 (N/mm^3)；

$$G_{Ak} = \gamma_g t$$

$$= 0.0000256 \times 10$$

$$= 0.000256 \text{ MPa}$$

(2) 垂直于板块平面的分布水平地震作用：

q_{EAK} ：垂直于板块平面的分布水平地震作用 (MPa)；

β_E : 动力放大系数, 取 5.0;
 α_{\max} : 水平地震影响系数最大值, 取 0.08;
 G_{Ak} : 玻璃单位面积自重 (MPa);

$$q_{Eak} = \beta_E \alpha_{\max} G_{Ak} \\ = 5.0 \times 0.08 \times 0.000256 \\ = 0.000102 \text{MPa}$$

(3) 作用在玻璃上的风荷载及地震作用荷载组合:

用于强度计算时, 采用 $S_w + 0.5S_E$ 设计值组合:5.4.1 [JGJ102-2003]

$$q = 1.4w_k + 0.5 \times 1.3q_{Eak} \\ = 1.4 \times 0.001 + 0.5 \times 1.3 \times 0.000102 \\ = 0.001466 \text{MPa}$$

$S_w + 0.5S_E$ 标准值组合为:

$$q_k = w_k + 0.5 \times q_{Eak} \\ = 0.001 + 0.5 \times 0.000102 \\ = 0.001051 \text{MPa}$$

用于挠度计算时, 采用 S_w 标准值:5.4.1 [JGJ102-2003]

$$w_k = 0.001 \text{MPa}$$

4.2 玻璃的强度计算

校核依据: $\sigma \leq [f_g]$

θ : 玻璃的计算参数;
 η : 玻璃的折减系数;
 q_k : 作用在玻璃上的荷载组合标准值 (MPa);
 a : 分格短边长度 (mm);
 E : 玻璃的弹性模量 (MPa);
 t : 玻璃厚度 (mm);

$$\theta = q_k a^4 / Et^4 \quad \text{.....6.1.2-3 [JGJ102-2003]} \\ = 0.001051 \times 984^4 / 72000 / 10^4 \\ = 1.369$$

按系数 θ , 查表 6.1.2-2 [JGJ102-2003], $\eta = 1$;

σ : 玻璃在组合荷载作用下的板中最大应力设计值 (MPa);

q : 作用在板块玻璃上的荷载组合设计值 (MPa);

a : 玻璃短边边长 (mm);

b : 玻璃长边边长 (mm);

t : 玻璃厚度 (mm);

m : 玻璃弯矩系数, 按边长比 a/b 查表 6.1.2-1 [JGJ102-2003] 得 $m = 0.1171$;

$$\sigma = 6mq a^2 \eta / t^2 \quad \text{.....6.1.2 [JGJ102-2003]} \\ = 6 \times 0.1171 \times 0.001466 \times 984^2 \times 1 / 10^2 \\ = 9.973 \text{MPa}$$

$9.973 \text{MPa} \leq f_g = 84 \text{MPa}$ (钢化玻璃)

玻璃的强度满足要求!

4.3 玻璃最大挠度校核

校核依据:

$$d_f = \eta \mu w_k a^4 / D \leq d_{f,lim} \quad \dots\dots 6.1.3-2 [JGJ102-2003]$$

上面公式中:

d_f : 玻璃板挠度计算值(mm);

η : 玻璃挠度的折减系数, 按 $\theta = w_k a^4 / Et^4$ 查表, 为 1;

μ : 玻璃挠度系数, 按边长比 a/b 查表 6.1.3 [JGJ102-2003] 得 $\mu = 0.01211$;

w_k : 风荷载标准值(MPa)

a : 玻璃板块短边尺寸(mm);

D : 玻璃的弯曲刚度(N·mm);

$d_{f,lim}$: 许用挠度, 取短边长的 1/60, 为 16.4mm;

其中:

$$D = Et^3 / (12(1 - \nu^2)) \quad \dots\dots 6.1.3-1 [JGJ102-2003]$$

上式中:

E : 玻璃的弹性模量(MPa);

t : 玻璃的厚度(mm);

ν : 玻璃材料泊松比, 为 0.2;

$$\begin{aligned} D &= Et^3 / (12(1 - \nu^2)) \\ &= 72000 \times 10^3 / (12 \times (1 - 0.2^2)) \\ &= 6250000 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_f &= \eta \mu w_k a^4 / D \\ &= 1 \times 0.01211 \times 0.001 \times 984^4 / 6250000 \\ &= 1.817 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$1.817 \text{ mm} \leq d_{f,lim} = 16.4 \text{ mm} \text{ (钢化玻璃)}$$

玻璃的挠度能满足要求!

4.4 玻璃边缘到边框槽底间隙计算

u_{lim} : 由主体结构层间位移引起的分格框的变形限值(mm);

H : 矩形玻璃板块竖向边长(mm);

B : 矩形玻璃板块横向边长(mm);

c_1 : 玻璃与左、右边框的平均间隙, 另考虑 1.5mm 施工偏差;

c_2 : 玻璃与上、下边框的平均间隙, 另考虑 1.5mm 施工偏差;

$$\begin{aligned} &2c_1(1 + H/B \times c_2/c_1) \quad \dots\dots 4.3.12 [JGJ102-2003] \\ &= 2 \times 10.5 \times (1 + 2900/984 \times 10.5/10.5) \\ &= 82.89 \text{ mm} \end{aligned}$$

按表 20 [GB/T21086-2007], 有 $u_{lim} = 15.819$;

另对于单玻璃应满足 $2c_1 \geq 10 \text{ mm}$, $2c_2 \geq 10 \text{ mm}$

对中空及夹层玻璃 $2c_1 \geq 10 \text{ mm}$, $2c_2 \geq 12 \text{ mm}$ 。

所以, 本计算中玻璃边缘到边框槽底间隙满足要求。