

铝合金立柱校核分析



风荷载分析

工程所在地

苏州市

50年基本风压

$$w_0 := 0.45 \text{ kPa}$$

地面粗糙度类别

B类

B类

$$\beta = 1$$

$$\mu_{z,\min} = 1$$

B类

$$\alpha_1 = 0.3$$

计算高度

$$Z_i := 16.4 \text{ m}$$

风压高度变化系数

$$\mu_z := \beta \cdot \left(\frac{Z_i}{10 \cdot \text{m}} \right)^{\alpha_1}$$

参考《荷规》8.2.1
条文说明

$$\mu_z := \max(\mu_{z,\min}, \mu_z) = 1.16$$

地面粗糙度类别

B类

B类

$$\alpha = 0.15$$

$$\beta_{gz,\max} = 1.7$$

B类

$$I_{10} = 0.14$$

高度Z处阵风系数

$$\beta_{gz} := 1 + 2 \cdot 2.5 \cdot I_{10} \cdot \left(\frac{Z_i}{10 \text{ m}} \right)^{-\alpha}$$

参考《荷规》8.6.1
条文说明

$$\beta_{gz} := \min(\beta_{gz,\max}, \beta_{gz}) = 1.65$$

立柱分格宽度(左)

$$a_1 := 1550 \text{ mm}$$

立柱分格宽度(右)

$$a_2 := 1550 \text{ mm}$$

立柱跨距

$$L_0 := 6600 \text{ mm}$$

玻璃总厚度

$$t_{bl} := 35 \text{ mm}$$

玻璃板块的计算面积

$$A_g := \frac{(a_1 + a_2)}{2} \cdot L_0 = 10.23 \cdot \text{m}^2$$

风荷载局部体型系数折减系数

$$\eta_s := 1.0 + \frac{(0.8 - 1.0)}{1.4} \cdot \log \left(\frac{A_g}{\text{m}^2} \right)$$

$$\eta_s = 0.856$$

风荷载局部体型系数

$$\mu_{s1} := \eta_s \cdot 1.4 + 0.2$$

$$\mu_{s1} = 1.398$$

风荷载标准值

$$w_k := \max(\beta_{gz} \cdot \mu_{s1} \cdot \mu_z \cdot w_0, 1 \text{ kPa})$$

$$w_k = 1.204 \cdot \text{kPa}$$

重力荷载计算

玻璃重度

$$\rho_{bl} = 25.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

铝合金的重度

$$\rho_{lv} = 28 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

立柱型材面积

$$A_v := 2391 \text{ mm}^2$$

横梁型材面积

$$A_h := 1550 \text{ mm}^2$$

竖向立柱长度

$$L_v := L_0 = 6.6 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

横梁长度

$$L_h := 4 \cdot \frac{(a_1 + a_2)}{2} = 6.2 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

重力荷载标准值
(考虑10%附属构件重)

$$F_g := 1.1 \cdot (\rho_{bl} \cdot A_g \cdot t_{bl} + A_v \cdot L_v \cdot \rho_{lv} + A_h \cdot L_h \cdot \rho_{lv})$$

$$F_g = 1.086 \times 10^4 \text{ N}$$

重力荷载分项系数

$$\gamma_g := 1.3$$

重力荷载设计值

$$DL := \gamma_g \cdot F_g$$

$$DL = 14.124 \cdot \text{kN}$$

地震作用分析

抗震设防烈度

七度 (0.1g)

水平地震影响系数(标准设防地震作用计算取值)

$$\alpha_{\max} := 0.08$$

动力放大系数

$$\beta_e := 5.0$$

$$G_{kA} := \frac{F_g}{A_g} = 1.062 \cdot \text{kPa}$$

参考《抗规》
表5.4.1-1

地震作用标准值

$$q_{ek} := \alpha_{max} \cdot \beta_e \cdot G_{kA}$$

参考《玻璃幕墙规范》5.3.4

$$q_{ek} = 0.425 \cdot \text{kPa}$$

水平荷载组合

风荷载分项系数

$$\gamma_w := 1.5$$

地震作用分项系数

$$\gamma_{ek} := 1.4$$

风荷载组合系数

$$\psi_w := 1.0$$

地震作用组合系数

$$\psi_{ek} := 0.5$$

承载力极限状态组合线性荷载设计值

$$ULS := \psi_w \cdot \gamma_w \cdot w_k + \psi_{ek} \cdot \gamma_{ek} \cdot q_{ek}$$

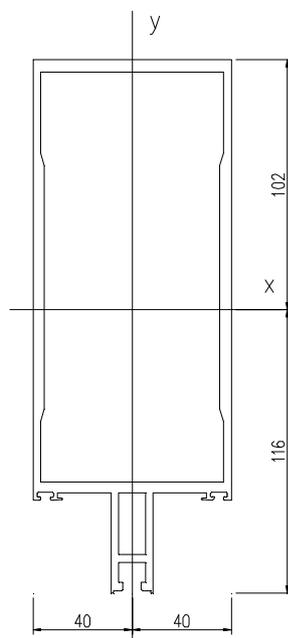
$$ULS = 2.103 \cdot \text{kPa}$$

正常使用极限状态组合荷载标准值

$$SLS := \psi_w \cdot w_k$$

$$SLS = 1.204 \cdot \text{kPa}$$

立柱截面特性



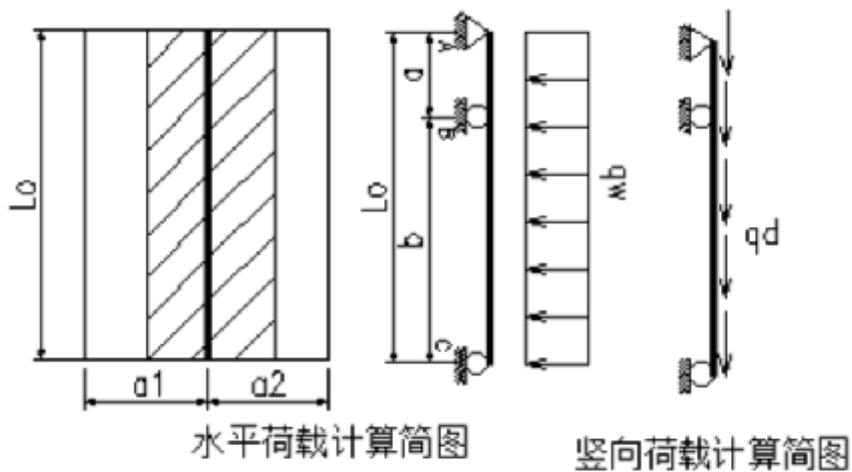
截面几何参数表 (主单位为cm)

A (cm ²)	23.9148	I _p (cm ⁴)	1393.0472
I _x (cm ⁴)	1157.7884	I _y (cm ⁴)	235.2588
i _x	6.9580	i _y	3.1365
W _x (上) (cm ³)	113.5203	W _y (左) (cm ³)	58.8048
W _x (下) (cm ³)	99.8961	W _y (右) (cm ³)	58.8091
绕X轴面积矩	73.6571	绕Y轴面积矩	34.0031
形心离左边缘距离	4.0007	形心离右边缘距离	4.0004
形心离上边缘距离	10.1990	形心离下边缘距离	11.5899
主矩I1 (cm ⁴)	1157.7884	主矩1方向	(1.000, 0.000)
主矩I2 (cm ⁴)	235.2588	主矩2方向	(0.000, -1.000)

采用6063-T6型材

弹性模量	$E_{lv} = 70 \cdot \text{GPa}$
抗拉压弯强度设计值	$f_{ts.6063_T6} = 150 \cdot \text{MPa}$
抗剪强度设计值	$f_{vs.6063_T6} = 85 \cdot \text{MPa}$
端面承压强度设计值	$f_{cb.6063_T6} = 240 \cdot \text{MPa}$
截面面积	$A_{sec} := 42.248 \text{cm}^2$
截面惯性矩	$I_x := 2011 \text{cm}^4$
截面抵抗矩	$W_x := 201.073 \text{cm}^3$
截面面积矩	$S_x := 73.6571 \text{cm}^3$

相关计算模型



立柱强度校核

立柱分格宽度	$a_1 = 1.55 \times 10^3 \cdot \text{mm}$
	$a_2 = 1.55 \times 10^3 \cdot \text{mm}$
立柱跨距	$L_0 = 6.6 \times 10^3 \cdot \text{mm}$
立柱短跨	$L_1 := 1100 \text{mm}$
立柱长跨	$L_2 := 5500 \text{mm}$

线荷载设计值

$$q_{uls} := \text{ULS} \cdot \frac{(a_1 + a_2)}{2} = 3.26 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

线荷载标准值

$$q_{sls} := \text{SLS} \cdot \frac{(a_1 + a_2)}{2} = 1.866 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

支座反力 (O处)

$$R_A(q) := 0.5 \cdot q \cdot L_0 - \frac{L_2}{L_0} \cdot \frac{q \cdot L_0 \cdot (L_0^3 - 2 \cdot L_1^2 \cdot L_0 + L_1^3)}{8 \cdot L_1 \cdot L_2^2}$$

$$R_A(q_{uls}) = -7.621 \times 10^3 \text{ N}$$

中支座反力

$$R_B(q) := \frac{q \cdot L_0 \cdot (L_0^3 - 2 \cdot L_1^2 \cdot L_0 + L_1^3)}{8 \cdot L_1 \cdot L_2^2}$$

$$R_B(q_{uls}) = 2.206 \times 10^4 \text{ N}$$

支座反力 (L处)

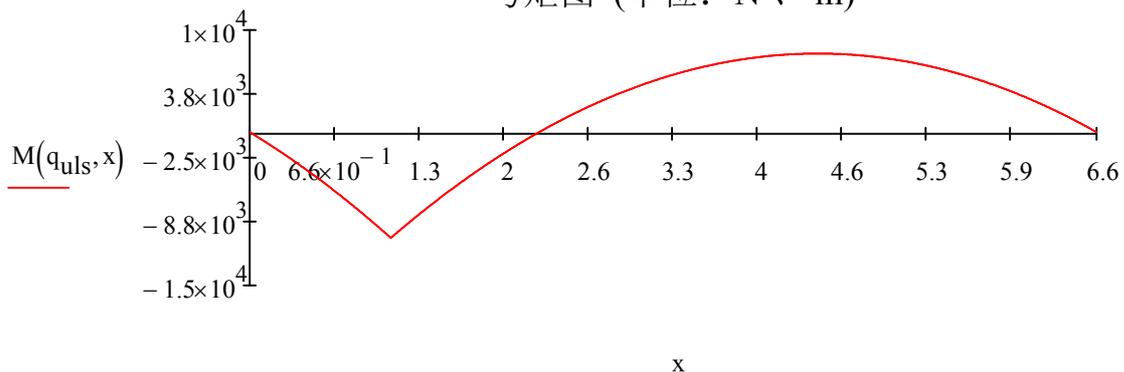
$$R_C(q) := 0.5 \cdot q \cdot L_0 - \frac{L_1}{L_0} \cdot \frac{q \cdot L_0 \cdot (L_0^3 - 2 \cdot L_1^2 \cdot L_0 + L_1^3)}{8 \cdot L_1 \cdot L_2^2}$$

$$R_C(q_{uls}) = 7.083 \times 10^3 \text{ N}$$

弯矩计算公式

$$M(q, x) := \begin{cases} R_A(q) \cdot x - \left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2\right) & \text{if } 0 \leq x \leq L_1 \\ R_A(q) \cdot x + R_B(q) \cdot (x - L_1) - \left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2\right) & \text{if } L_1 < x \leq L_0 \end{cases}$$

弯矩图 (单位: N、m)



$$\text{slopM}(x) := \frac{d}{dx} M(q_{uls}, x)$$

$$z_{\text{max}} := \text{root}(\text{slopM}(z_{\text{max}}), z_{\text{max}})$$

$$z_{\text{max}} = 4.428 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$M_{x1} := M(q_{uls}, z_{max}) = 7.694 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{x2} := M(q_{uls}, L_1) = -10.356 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

最大弯矩

$$M_x := \max(|M_{x1}|, |M_{x2}|)$$

$$M_x = 10.356 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

截面塑性发展系数

$$\gamma_x := 1.0$$

竖料正应力

$$\sigma_{severe} := \frac{DL}{A_{sec}} + \frac{M_x}{\gamma_x \cdot W_x}$$

$$\sigma_{severe} = 54.846 \cdot \text{MPa}$$

应力分析

$$\text{HENCE}(\sigma_{severe} \leq f_{ts.6063_T6}) = \text{"满足规范要求"}$$

立柱挠度校核

水平方向最大刚度

$$D_t := E_{lv} \cdot I_x$$

$$D_t = 1.408 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

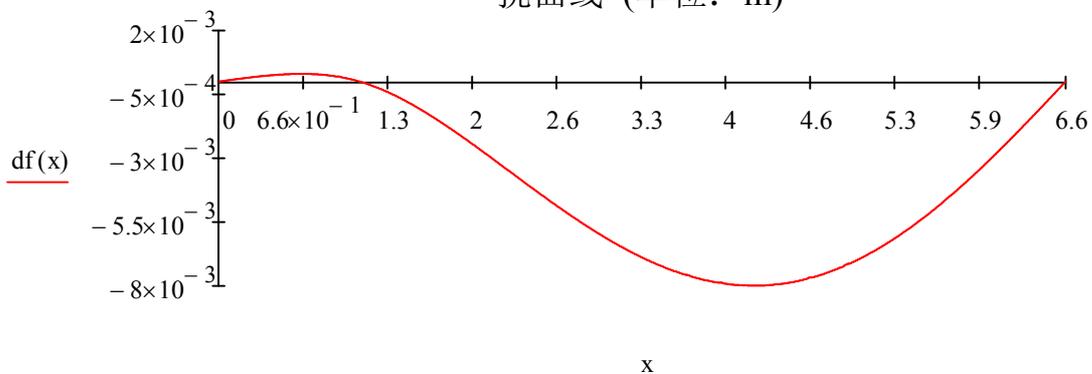
任意位置在基本体系中的单位弯矩

$$M_d(x, \text{long}) := \begin{cases} -\frac{L_0 - \text{long}}{L_0} \cdot x & \text{if } 0 \leq x \leq \text{long} \\ \frac{\text{long}}{L_0} \cdot x - \text{long} & \text{if } \text{long} < x \leq L_0 \end{cases}$$

挠度计算公式

$$df(\text{long}) := \int_0^{L_0} \frac{M_d(x, \text{long}) \cdot M(q_{sls}, x)}{D_t} dx$$

挠曲线 (单位: m)



实际挠度

$$\delta_{actual} := d_f = 7.989 \cdot \text{mm}$$

铝合金立柱扰度限值按照最新规范DB 32T 4065-2021第8.5.7条，计算如下：

$$L_{\text{span}} := L_0$$

$$\delta_{\text{lim}} := \begin{cases} \frac{L_{\text{span}}}{180} & \text{if } L_{\text{span}} \leq 3.6\text{m} \\ \frac{L_{\text{span}}}{180} + \frac{L_{\text{span}} - 3.6\text{m}}{4.5\text{m} - 3.6\text{m}} \cdot \left(\frac{L_{\text{span}}}{225} - \frac{L_{\text{span}}}{180} \right) & \text{if } 3.6\text{m} < L_{\text{span}} \leq 4.5\text{m} \\ \min\left(\frac{L_{\text{span}}}{225}, 30\text{mm}\right) & \text{if } L_{\text{span}} \geq 4.5\text{m} \end{cases}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 29.333 \cdot \text{mm}$$

挠度分析

HENCE($\delta_{\text{actual}} \leq \delta_{\text{lim}}$) = "满足规范要求"

剪力计算

中支座产生剪力

$$V_1(x) := \begin{cases} \frac{-R_B(q_{\text{uls}}) \cdot L_2}{L_0} & \text{if } 0 \leq x \leq L_1 \\ \frac{R_B(q_{\text{uls}}) \cdot L_1}{L_0} & \text{if } L_1 < x \leq L_0 \end{cases}$$

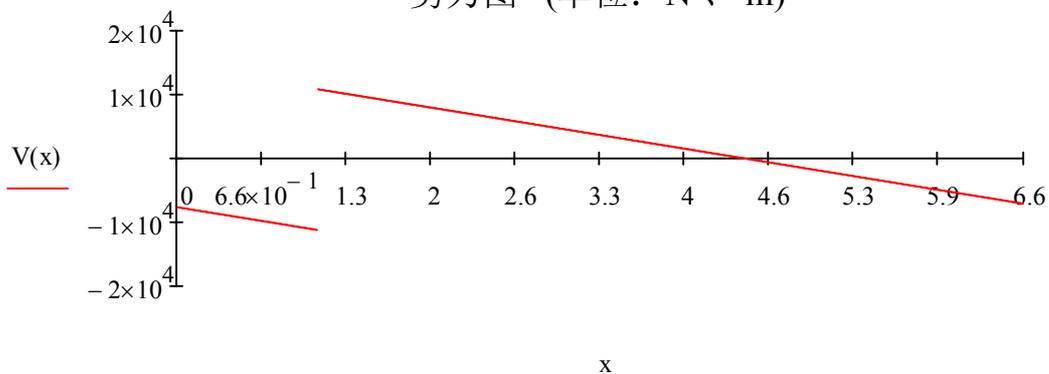
均布荷载产生的剪力

$$V_2(x) := \frac{-q_{\text{uls}} \cdot L_0}{2} + q_{\text{uls}} \cdot x$$

均布荷载在双跨梁中产生的剪力

$$V(x) := V_1(x) - V_2(x)$$

剪力图 (单位: N、m)



最大剪力剪力位置

$$L_1 = 1.1 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

最大剪力

$$V_{\max} := |V(L_1)| = 1.121 \times 10^4 \text{ N}$$

沿x轴面积距

$$S_x = 73.657 \cdot \text{cm}^3$$

沿x轴惯性矩

$$I_x = 2.011 \times 10^3 \cdot \text{cm}^4$$

腹板截面总厚度

$$t_x := 6 \text{ mm}$$

$$\tau := \frac{V_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_x}$$

$$\tau = 6.842 \cdot \text{MPa}$$

抗剪强度设计值

$$\tau_{\text{allow}} := f_{\text{vs.6063_T6}} = 85 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{HENCE}(\tau \leq \tau_{\text{allow}}) = \text{"满足规范要求"}$$