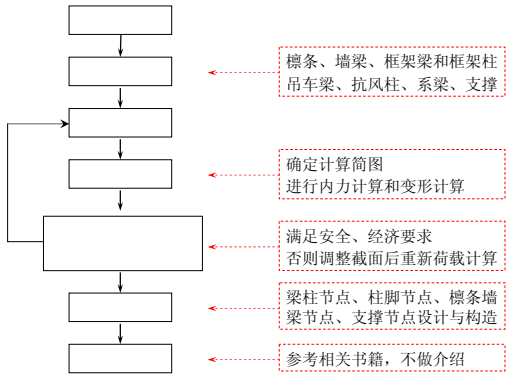
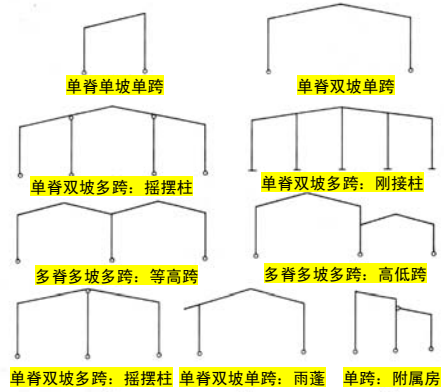


把握整体
关注细节

轻型门式刚架的设计过程



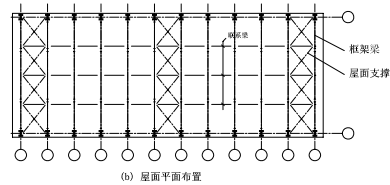
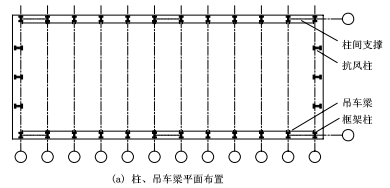
结构形式和布置



结构形式和布置

- ❖ 柱网布置:
- ❖ 温度区段:
- ❖ 跨度:
- ❖ 柱距:
- ❖ 轴线:
- ❖ 平面布置图:

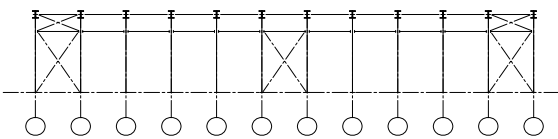
结构形式和布置



屋面支撑与抗风柱

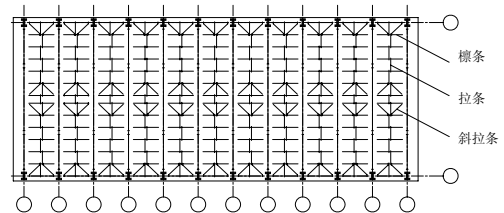
结构形式和布置

- ❖ 高度:
- ❖ 纵向框架:
- ❖ 立面布置图:



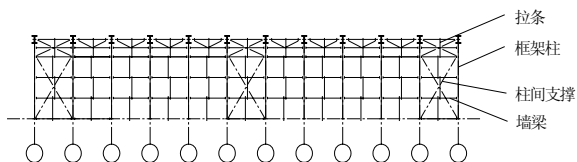
结构形式和布置

- ❖ 等间距布置:
- ❖ 檩条间距确定:
- ❖ 屋脊和天沟应布置檩条:
- ❖ 拉条:



结构形式和布置

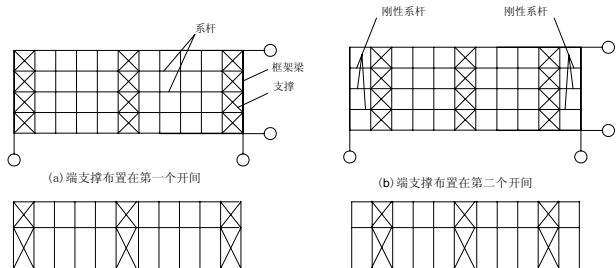
- ❖ 等间距布置:
- ❖ 檩条间距确定:
- ❖ 檐口应布置檩条
- ❖ 拉条:



结构形式和布置

- ❖ 每一温度区段内，设置独立构成空间稳定的支撑体系
- ❖ 设置柱间支撑的开间，应设置屋面支撑
- ❖ 支撑宜设置在第一或第二开间
- ❖ 房屋高度较大时，分层设置柱间支撑
- ❖ 屋脊、边柱顶等应沿纵向设全长刚性系杆
- ❖ 刚性系杆可由檩条兼任
- ❖ 支撑可采用张紧圆钢；5t以上吊车时刚性支撑

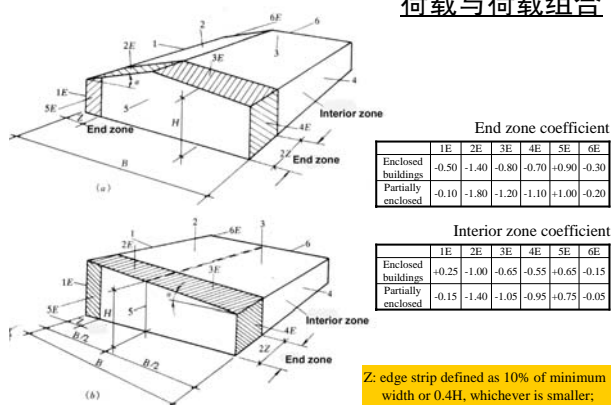
结构形式和布置



荷载与荷载组合

- ❖ 恒载D:
- ❖ 活载L:
- ❖ 积雪荷载S:
- ❖ 积灰荷载A:
- ❖ 吊车荷载C:
- ❖ 风荷载W:
- ❖ 地震作用E
- ❖ 温度作用T
- ❖ 雨水荷载R
- ❖ 基础沉降

荷载与荷载组合

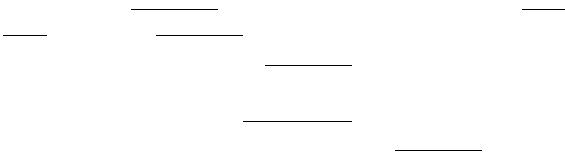


荷载与荷载组合

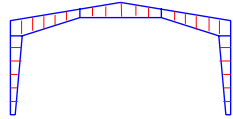
序号	D	Max {L,S}	W	C	E
1	1.2	1.4			
2	1.2		1.4		
3	1.0		1.4		
4	1.2			1.4	
5	1.2	1.4	1.4 x 0.6		
6	1.2	1.4 x 0.7	1.4		
7	1.2	1.4		1.4 x 0.7	
8	1.2	1.4 x 0.7		1.4	
9	1.2		1.4	1.4 x 0.7	
10	1.2		1.4 x 0.6	1.4	

作用效应计算

❖ 计算原则



❖ 计算方法



作用效应计算

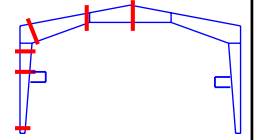
❖ 控制截面

❖ 控制截面的内力组合

$$N_{\max} + M + V$$

$$M_{\max} + N + V$$

$$N_{\min} + M + V$$

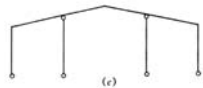


作用效应计算

❖ 计算方法



❖ 提高侧移刚度的方法



刚架柱和梁的设计

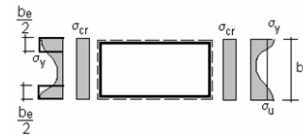
❖ 工字形截面构件受压翼缘宽厚比

$$\frac{b_1}{t} \leq 15 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

❖ 工字形截面构件的腹板宽厚比

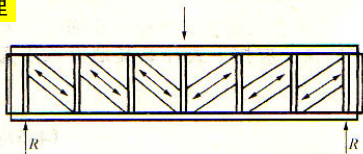
$$\frac{h_w}{t_w} \leq 250 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

❖ 腹板可利用屈曲后强度



刚架柱和梁的设计

计算原理



☑

☑

$$V_d = V_{cr} + V_t$$

刚架柱和梁的设计

计算公式 $V_d = h_w t_w f_v'$

$$\lambda_w \leq 0.8 \text{ 时, } f_v' = f_v$$

$$0.8 < \lambda_w \leq 1.4 \text{ 时, } f_v' = [1 - 0.64(\lambda_w - 0.8)] f_v$$

$$\lambda_w \geq 1.4 \text{ 时, } f_v' = (1 - 0.275\lambda_w) f_v$$

f_v —— 钢材抗剪强度设计值

f_v' —— 腹板屈曲后抗剪强度设计值

h_w —— 腹板高度, 对楔形腹板取板腹平均高度

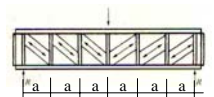
$$\text{换算高厚比: } \lambda_w = \frac{h_w / t_w}{37 \sqrt{k_r} \sqrt{235 / f_y}}$$

(K_r 为凸曲系数)

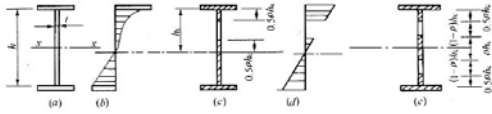
$$a / h_w < 1 \text{ 时, } k_r = 4 + 5.34 / (a / h_w)^2$$

$$a / h_w \geq 1 \text{ 时, } k_r = 5.34 + 4 / (a / h_w)^2$$

当不设横向加劲肋时, $k_r = 5.34$

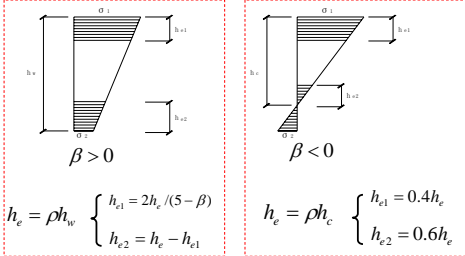


刚架柱和梁的设计



有效宽度

$$\beta = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$



刚架柱和梁的设计

3 有效宽度系数 ρ 应按下列公式计算:

$$\text{当 } \lambda_p \leq 0.8 \text{ 时 } \quad \rho = 1 \quad (6.1.1-2a)$$

$$\text{当 } 0.8 < \lambda_p \leq 1.2 \text{ 时 } \quad \rho = 1 - 0.9(\lambda_p - 0.8) \quad (6.1.1-2b)$$

$$\text{当 } \lambda_p > 1.2 \text{ 时 } \quad \rho = 0.64 - 0.24(\lambda_p - 1.2) \quad (6.1.1-2c)$$

式中 λ_p ——与板件受弯、受压有关的参数,按本条4款的规定采用。

4 参数 λ_p 应按下列公式计算:

$$\lambda_p = \frac{h_w/t_w}{28.1 \sqrt{k_s} \sqrt{235/f_y}} \quad (6.1.1-3)$$

$$k_s = \frac{16}{\sqrt{(1+\beta)^2 + 0.112(1-\beta)^2} + (1+\beta)} \quad (6.1.1-4)$$

$$\beta = \sigma_2/\sigma_1 \quad (6.1.1-5)$$

式中 β ——截面边缘正应力比值(图6.1.1), $1 \geq \beta \geq -1$;

k_s ——杆件在正应力作用下的凸曲系数。

当板边最大应力 $\sigma_1 < f$ 时,计算 λ_p 可用 $\gamma_R \sigma_1$ 代替式(6.1.1-3)中的 f_y , γ_R 为抗力分项系数。对 Q235 和 Q345 钢, $\gamma_R = 1.1$ 。

刚架柱和梁的设计

1) 在 M、V 作用下:

$$\text{当 } V \leq 0.5V_d \text{ 时, } M \leq M_e$$

$$\text{当 } 0.5V_d < V \leq V_d \text{ 时, } M \leq M_f + (M_e - M_f) \left[1 - \left(\frac{V}{0.5V_d} - 1 \right)^2 \right]$$

$$\text{当截面为双轴对称时, } M_f = A_y (h_w + t) f$$

2) 在 M、N、V 作用下:

$$\text{当 } V \leq 0.5V_d \text{ 时, } M \leq M_e^N, M_e^N = M_e - NW_e / A_e$$

$$\text{当 } 0.5V_d < V \leq V_d \text{ 时, } M \leq M_f^N + (M_e^N - M_f^N) \left[1 - \left(\frac{V}{0.5V_d} - 1 \right)^2 \right]$$

$$\text{当截面为双轴对称时, } M_f^N = A_y (h_w + t) (f - N/A)$$

刚架柱和梁的设计

☑

☑

☑

$$N_e = V - 0.9h_w t_w \tau_{cr}$$

$$\text{当 } 0.8 < \lambda_w \leq 1.25 \text{ 时, } \tau_{cr} = [1 - 0.8(\lambda_w - 0.8)] f_y$$

$$\text{当 } \lambda_w > 1.25 \text{ 时, } \tau_{cr} = f_y / \lambda_w^2$$

☑

$$h_w = 15t_w \sqrt{235/f_y}$$

刚架柱和梁的设计

$$\frac{N}{\phi_x A_e} + \frac{\beta_{mx} M_x}{(1 - \frac{N}{N_{Ex}}) \phi_x W_{e1}} \leq f$$

$$N_{Ex} = \pi^2 EA / 1.165 \lambda_x^2$$

$$\frac{N_0}{\phi_{xy} A_{e0}} + \frac{\beta_{mx} M_1}{(1 - \frac{N_0}{N_{Ex0}}) \phi_{xy} W_{e1}} \leq f$$

$$N_{Ex0} = \pi^2 EA_{e0} / 1.1 \lambda^2$$

N_0 :

M_1 :

A_{e0} :

W_{e1} :

ϕ_{xy} :

β_{mx} :

$$\beta_{mx} = 1$$

N_{Ex0} :

刚架柱和梁的设计

楔形截面的计算长度: $h_0 = \mu_y h$

计算长度系数 μ_y 的计算:

☑ 查表法

☑ 一阶分析法

☑ 二阶分析法

刚架柱和梁的设计

查表法：铰接单跨楔形柱

表 6.1.3 柱脚铰接楔形柱的计算长度系数 μ_1

K_1/K_2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.75	1.0	2.0	≥ 10.0
0.01	0.428	0.368	0.349	0.331	0.320	0.318	0.315	0.310
0.02	0.600	0.502	0.470	0.440	0.428	0.420	0.411	0.404
0.03	0.729	0.599	0.558	0.520	0.501	0.492	0.483	0.473
0.05	0.931	0.756	0.694	0.644	0.618	0.606	0.589	0.580
0.07	1.076	0.873	0.801	0.742	0.711	0.697	0.672	0.650
0.10	1.252	1.027	0.935	0.857	0.817	0.801	0.790	0.739
0.15	1.518	1.235	1.109	1.021	0.965	0.938	0.895	0.872
0.20	1.745	1.395	1.254	1.140	1.080	1.045	1.000	0.969

I_a, I_b ——分别为柱小头和大头的截面惯性矩；
 I_{\min} ——梁最小截面惯性矩；
 s ——半跨斜梁长度；
 ψ ——斜梁换算长度系数，由本规程附录 D 图 D.0.2(a) ~ (e) 的曲线查得，当梁为等截面时， $\psi=1$ 。

$$K_2 = I_{b0} / 2\psi s$$

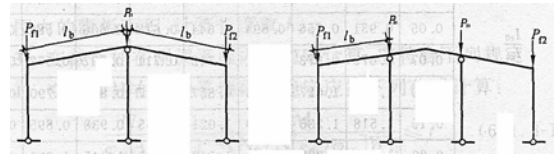
$$K_1 = I_{c1} / h$$

刚架柱和梁的设计

查表法：铰接多跨楔形柱（含摇摆柱）

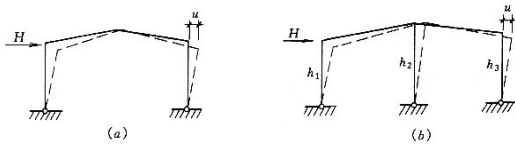
$$h_0 = \eta \mu_\gamma h \quad \eta = \sqrt{1 + \frac{\sum (P_i / h_i)}{\sum (P_j / h_j)}}$$

$$h_0 = \mu_\gamma h \quad \mu_\gamma = 1.0$$



刚架柱和梁的设计

一阶分析法：侧移刚度



$$\text{柱顶侧移刚度: } K = H / u$$

刚架柱和梁的设计

一阶分析法：

$$\text{当柱脚铰接时, } \mu_\gamma = 4.14 \sqrt{EI_{c0} / (Kh^3)}$$

$$\text{当柱脚刚接时, } \mu_\gamma = 5.85 \sqrt{EI_{c0} / (Kh^3)}$$

$$\mu'_\gamma = \eta \cdot \mu_\gamma \quad \eta = \sqrt{1 + \frac{\sum (P_i / h_i)}{1.2 \sum (P_j / h_j)}}$$

$$\mu_\gamma = 1.0$$

刚架柱和梁的设计

一阶分析法：

$$\text{当柱脚铰接时, } \mu_\gamma = 0.85 \sqrt{\frac{1.2 P'_{E0i}}{K} \sum \frac{P_i}{h_i}}$$

$$\text{当柱脚刚接时, } \mu_\gamma = 1.20 \sqrt{\frac{1.2 P'_{E0i}}{K} \sum \frac{P_i}{h_i}}$$

$$P'_{E0i} = \frac{\pi^2 EI_{0i}}{h_i^2}$$

h_i, P_i, P'_{E0i} 分别为第 i 根柱的高度、竖向荷载和以小头为准的参数

刚架柱和梁的设计

二阶分析法：

$$P-\Delta$$

$$\mu_\gamma = 1 - 0.375\gamma + 0.08\gamma^2 (1 - 0.0775\gamma)$$

$$\gamma = (d_1 / d_0) - 1$$

式中 γ ——构件的楔率，不大于 $0.268h/d_0$ 及 6.0 ；
 d_0, d_1 ——分别为柱小头和大头的截面高度(图 6.1



刚架柱和梁的设计

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \eta \frac{\beta_{lx} M_x}{\varphi_b W_{lx}} \leq f$$

$$\frac{N_0}{\varphi_y A_{e0}} + \frac{\beta_l M_1}{\varphi_{by} W_{e1}} \leq f$$

N_0 :

M_1 :

A_{e0} :

W_{e1} :

β_l :

对一端弯矩为零的区段: $\beta_l = 1 - N / N'_{E0} + 0.75(N / N'_{E0})^2$

对两端弯曲应力基本相等的区段: $\beta_l = 1.0$

N'_{E0} :

刚架柱和梁的设计

$$\frac{N_0}{\varphi_y A_{e0}} + \frac{\beta_l M_1}{\varphi_{by} W_{e1}} \leq f$$

φ_y :

φ_{by} :

$$\varphi_{by} = \frac{4320 A_y h_0}{\lambda_{y0}^2 W_{y0}} \sqrt{\left(\frac{\mu_x}{\mu_w}\right)^4 + \left(\frac{\lambda_{y0} t_0}{4.4 h_0}\right)^2} \left(\frac{235}{f_y}\right)$$

$$\lambda_{y0} = \frac{\mu_x l}{i_{y0}}$$

$$\mu_x = 1 + 0.023 \gamma \sqrt{I b_0 / A_f}$$

$$\mu_w = 1 + 0.00385 \sqrt{I / i_{y0}}$$

$$i_{y0} \leq \frac{1}{3} \lambda_{y0}$$

y

$\varphi_{by} > 0.6$

刚架柱和梁的设计

☑

☑

$$\frac{N_0}{\varphi_y A_{e0}} + \frac{\beta_l M_1}{\varphi_{by} W_{e1}} \leq f$$

$$\frac{N_0}{\varphi_{xy} A_{e0}} + \frac{\beta_{lx} M_1}{(1 - \frac{N_0}{N'_{E0}} \varphi_{xy}) W_{e1}} \leq f$$

斜梁坡度不超过1:5

☑

☑

☑

$$16\sqrt{235/f_y}$$

刚架柱和梁的设计

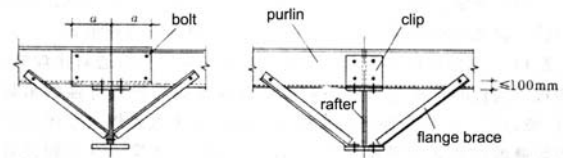
☑

☑

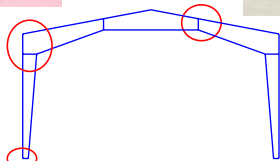
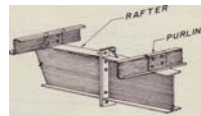
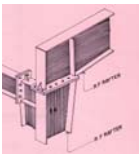
☑

$$16\sqrt{235/f_y}$$

$$N = \frac{Af}{60 \cos \theta} \sqrt{\frac{f_y}{235}}$$



节点的设计



☑ 梁梁连接

☑ 梁柱连接

☑ 柱脚节点

◇ 关注细节 - 节点

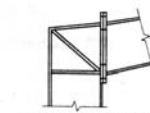
◇ 细节是实现整体的保证

节点的设计

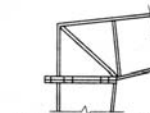
☑

☑

☑



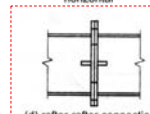
(a) column-rafter connection vertical



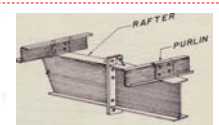
(b) column-rafter connection horizontal



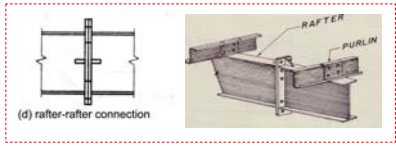
(c) column-rafter connection diagonal



(d) rafter-rafter connection



节点的设计

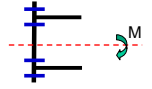


-
-
-
-
-

节点的设计



-
- ◆
- ◆
-
- ◆
- ◆
- ◆



高强螺栓	孔径	预紧力	摩擦系数	螺栓间距
摩擦型	d+1.5~2.0	✓	✓	✓
承压型	d+1.0~1.5	✓	×	✓

节点的设计



-

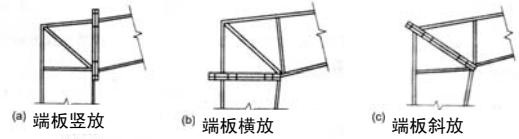
- ◆
- ◆
- ◆

	伸臂类端板	$t \geq \sqrt{\frac{6e_1 N_1}{bf}}$
	无肋类端板	$t \geq \sqrt{\frac{3e_0 N_1}{(0.5a + e_0)f}}$
	两边支承端板	$t \geq \sqrt{\frac{6e_1 e_2 N_1}{[e_0 b + 2e_1(e_1 + e_2)]f}}$
	三边支承端板	$t \geq \sqrt{\frac{6e_1 e_2 N_1}{[e_0(b + 2b_1) + 4e_1^2]f}}$

节点的设计

-
-
-

$$\tau = \frac{M}{d_b d_c t_c}$$



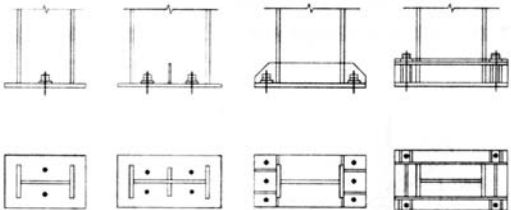
- ◆
- ◆
- ◆
- ◆

- ◆
- ◆
- ◆
- ◆

- ◆
- ◆
- ◆
- ◆

节点的设计

刚接或铰接



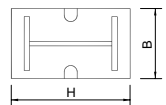
节点的设计



-
- ◆
- ◆
-
- ◆
- ◆
-
- ◆
- ◆

$$\frac{N}{A_n} = \frac{N}{B \times H - A_d} \leq f_c$$

$$t \geq \sqrt{\frac{6M}{J}}$$



节点的设计



☑

$$V \leq 0.4N$$

- ① N V
- ② N
- ③ N

V

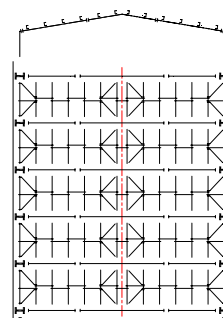
- ① ()
- ②

屋面结构的设计

☑

☑

- ①
- ②
- ③
- ①
- ②



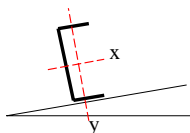
屋面结构的设计

☑

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

☑

$$\frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{M_y}{W_{eny}} \leq f$$



屋面结构的设计

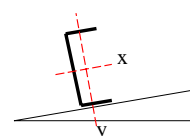
☑

$$\frac{M_x}{\phi_{nx} W_{ex}} + \frac{M_y}{W_{ey}} \leq f$$

$$\phi_{nx} = \frac{4320Ah}{\lambda^2 W_x} \xi_1 (\sqrt{\eta^2 + \zeta} + \eta) \times \frac{235}{f_y}$$

$$\eta = 2\xi_2 e_a / h, \quad \zeta = \frac{4M_y}{h^2 I_y} + \frac{0.156 I_1}{I_y} \left(\frac{l_0}{h}\right)^2$$

☑



屋面结构的设计

☑

- ◆
- ◆
- ◆

☑

- ◆