



第十三章 平衡重式叉车门架

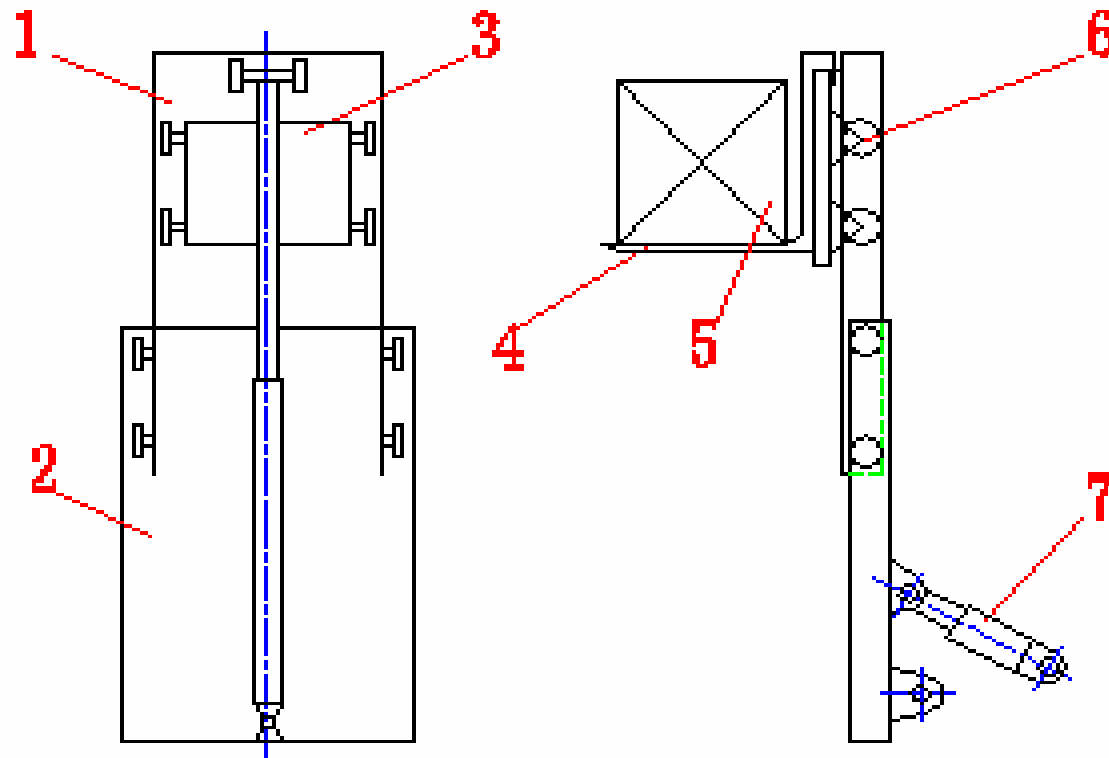
第一节 叉车门架的结构形式

第二节 叉车门架的计算简图和作用载荷

第三节 叉车门架按悬伸简支梁的强度计算

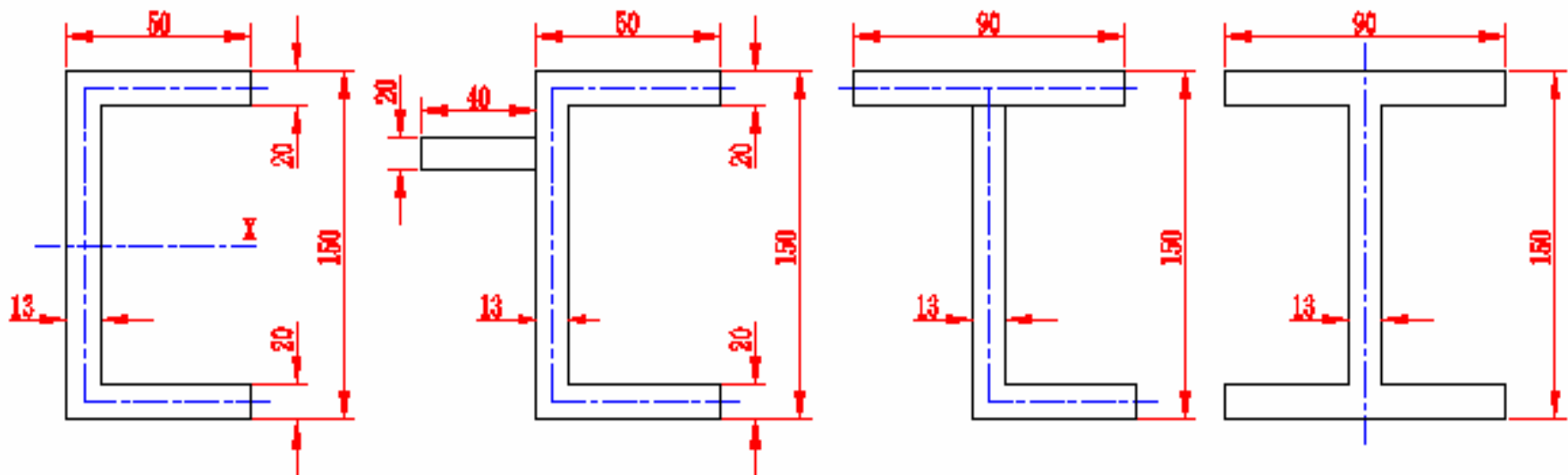


第一节 叉车门架的结构形式

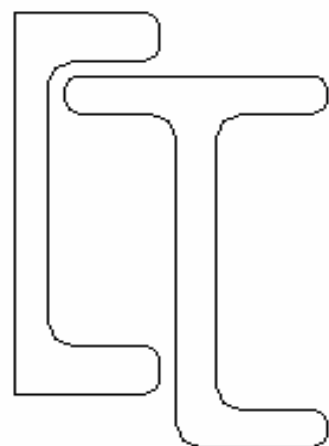


叉车门架结构

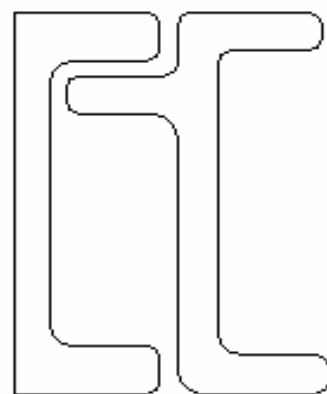
1—内门架； 2—外门架； 3—叉架； 4—货叉；
5—货物； 6—导向滚轮； 7—倾斜油缸。



叉车门架立柱的断面形式



CJ型门架



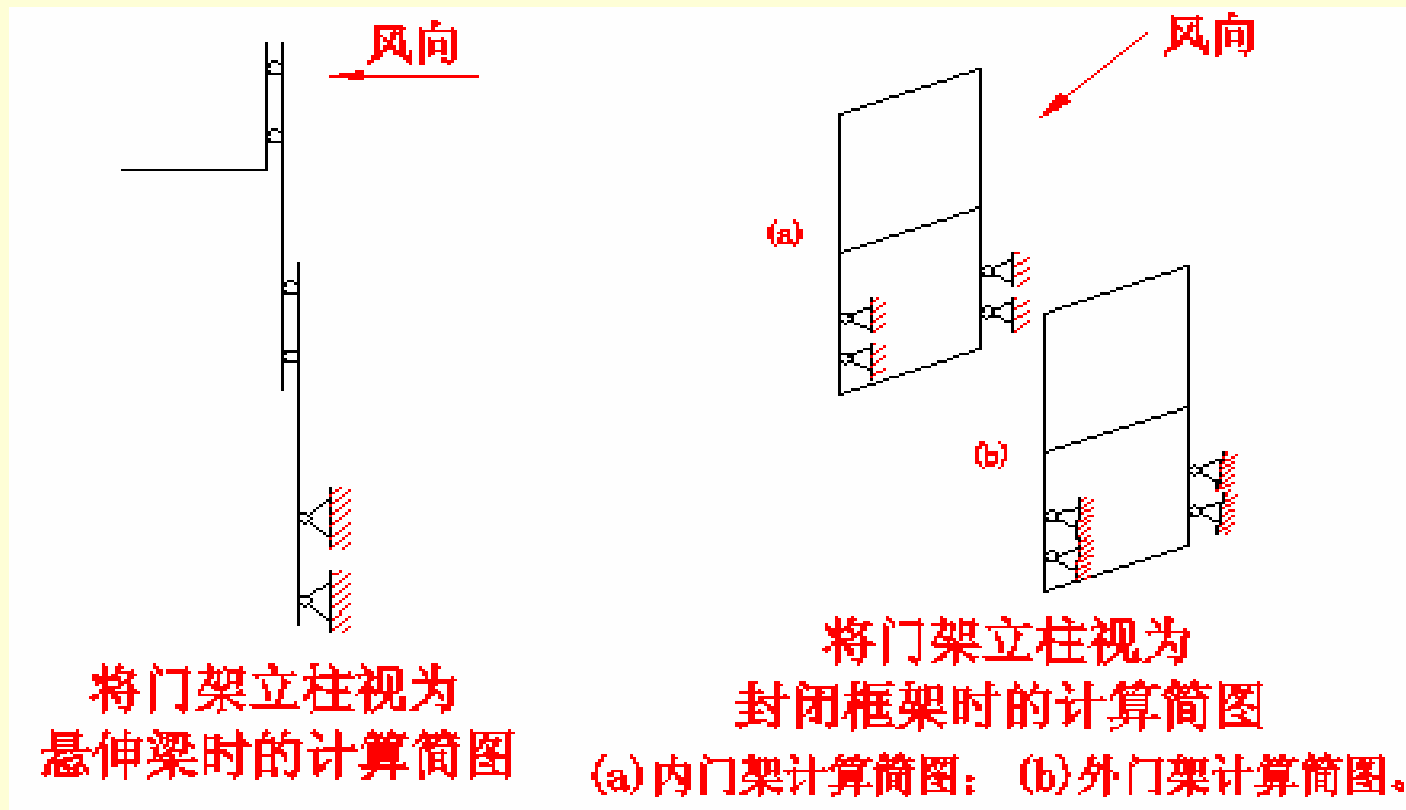
CL型门架

内外门架的组合形式

第二节 叉车门架的计算简图和作用载荷

一、计算简图

叉车门架根据计算方法不同，常采用两种计算简图。



二、计算工况

门架直立，货叉满载升至最大起升高度作为计算工况。

根据叉车操做规程要求，此时叉车既不能高速行驶，也不允许下降制动，所以在计算载荷中，不考虑动力系数和冲击系数。

三、计算载荷

(1)额定起重量 Q_0 。考虑货物在货叉上偏置的情况，对于焊接叉架，应计入偏载系数 M ，其计算载荷为： $Q = MQ_0$ ，货物偏载系数 $M=1.1\sim 1.3$ ；

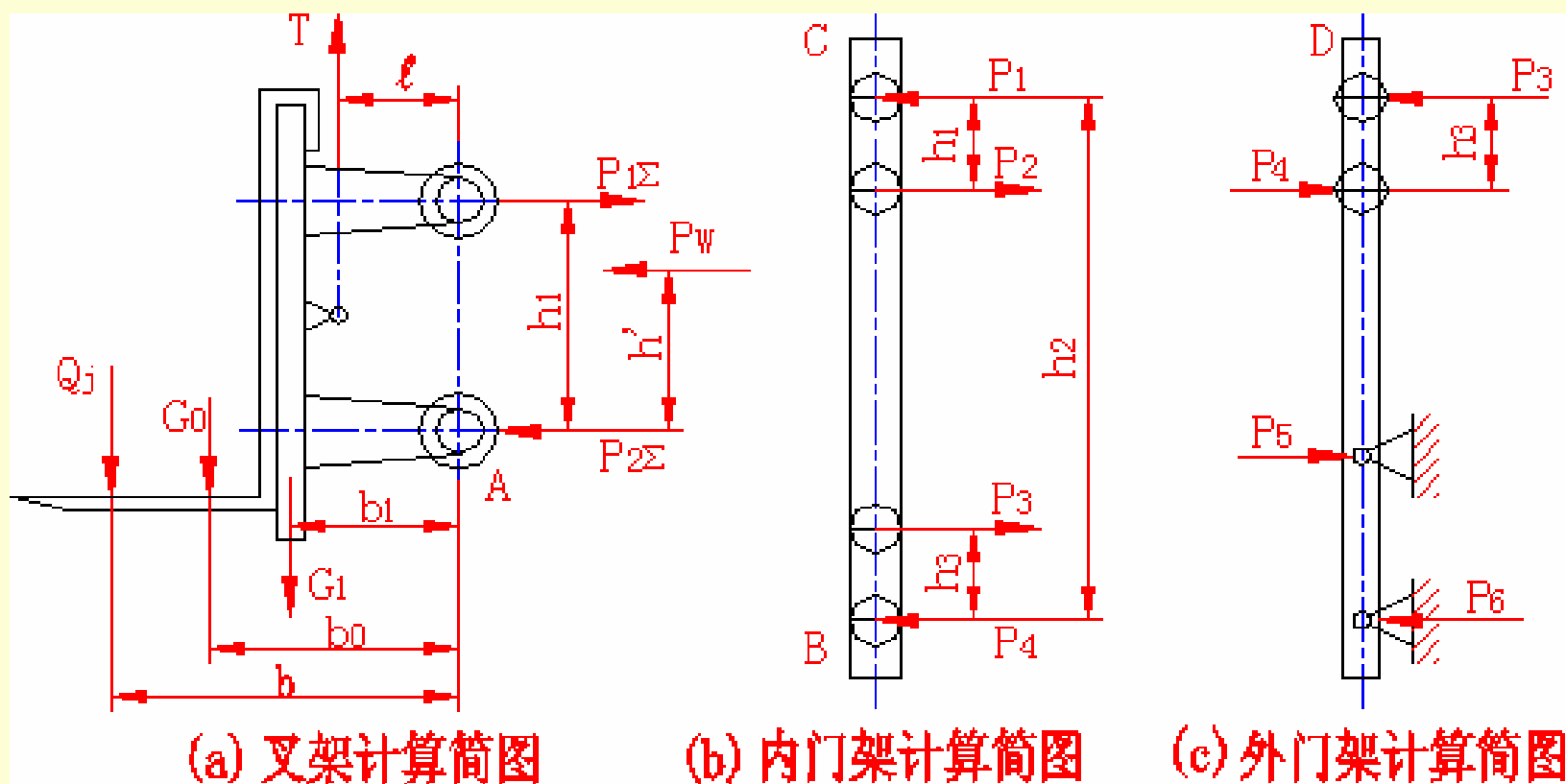
(2)货叉与叉架的重量 G_0 和 G_1 ；

(3)风载荷 P_w 。

采用闭合框架计算简图时，除考虑 Q 、 G_0 、 G_1 以及 P_w 外，还应考虑地面不平使叉车侧倾（侧倾角 $\alpha = 3^\circ$ ）引起的载荷。

第三节 叉车门架按悬伸简支梁的强度计算

一、门架立柱的外力计算



门架立柱的外力计算

1. 叉架滚轮压力

由图(a)力的平衡, 可求出叉架滚轮的压力为:

$$P_{1\Sigma} = \frac{Qb + G_0b_0 + G_1b_1 - Tl + P_W h'}{h_1}$$

$$P_{2\Sigma} = P_{1\Sigma} - P_W$$

2. 内门架滚轮压力

一根门架立柱上作用的叉架滚轮压力为:

$$P_1 = \frac{1}{2} P_{1\Sigma} \quad P_2 = \frac{1}{2} P_{2\Sigma}$$

由图(b)力的平衡, 可求出内门架滚轮的压力为:

$$P_3 = \frac{P_1 h_2 - P_2 (h_2 - h_1)}{h_3}$$

$$P_4 = P_2 - P_1 + P_3$$

3. 外门架的支反力

由图(c)力的平衡，可求出外门架的支反力为：

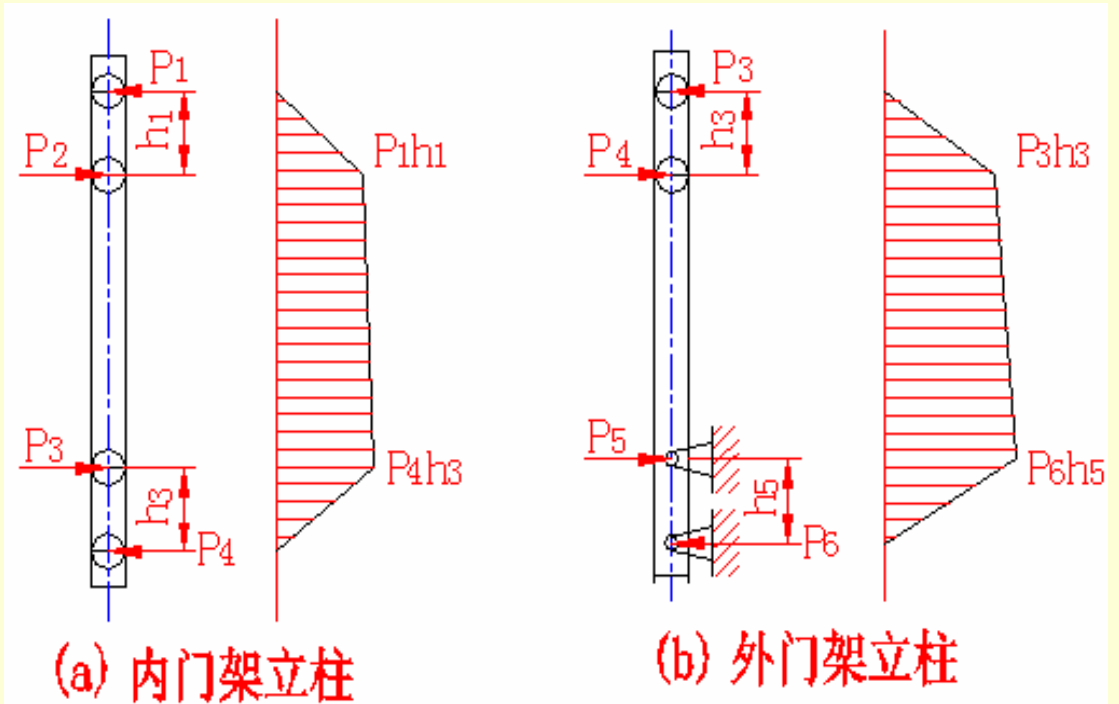
$$P_5 = \frac{P_3 h_4 - P_4 (h_4 - h_3)}{h_5}, \quad P_6 = P_4 + P_5 - P_3$$

二、门架立柱的内力分析

门架立柱在外载荷作用下引起的内力包括弯矩、剪力、轴向力、扭矩和双力矩。

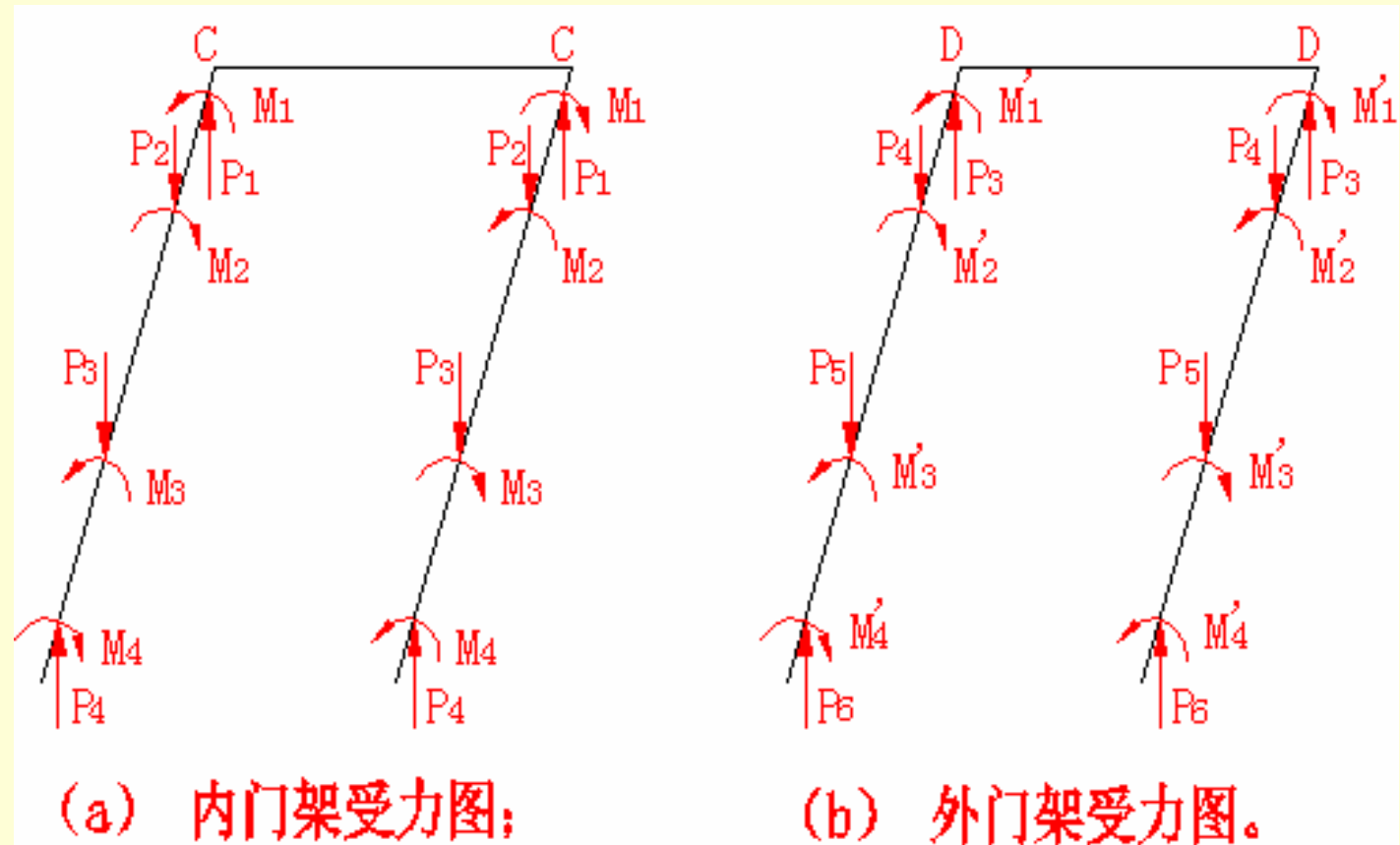
1. 弯矩

内、外门架立柱的弯矩值如图示。



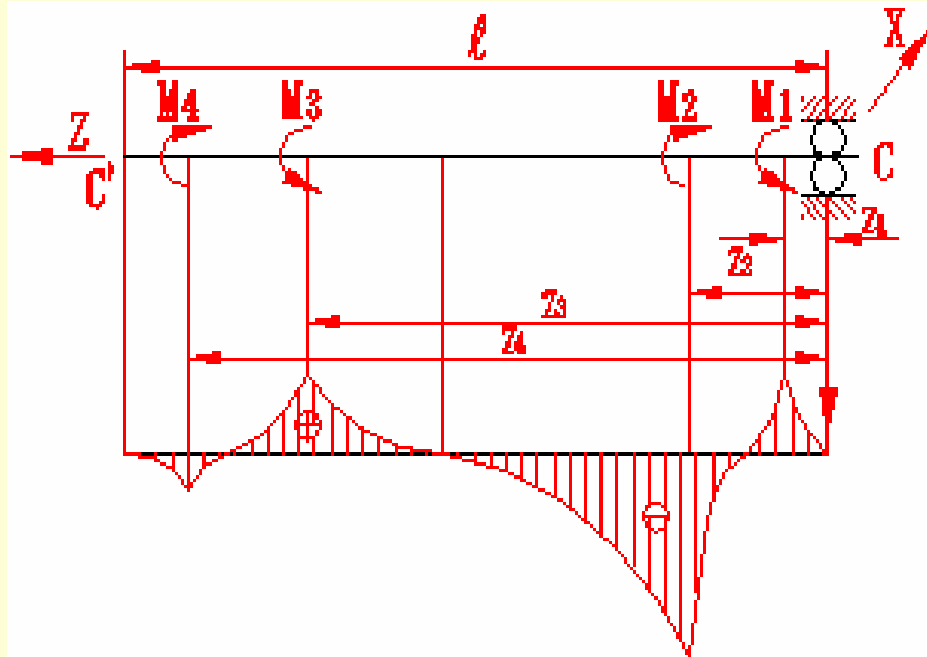
2. 扭矩

内外门架的外力，都不通过门架立柱的弯心。因此，可将其转化为通过弯心的集中力 P_i 和一扭矩 $M_i = P_i X_{ci}$ （ X_{ci} 为滚轮压力作用点至弯心的距离）。内、外门架上作用的集中力和扭矩如图所示。

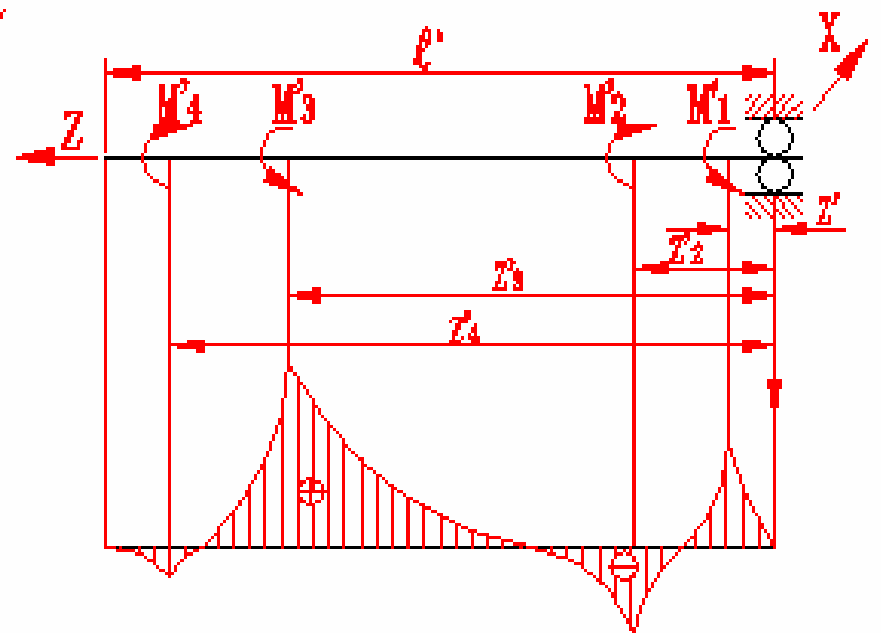


3. 双力矩B

叉车门架立柱属于开口薄壁杆件。当其受扭时，截面上将产生约束扭转正应力。约束扭转正应力的大小与其相应的内力——双力矩 B 成正比。



(a) 内门架立柱计算简图



(b) 外门架立柱计算简图

内门架双力矩方程:

$$B(Z) = \frac{M_i l}{K} \left\{ \frac{Sh \frac{KZ}{l}}{ShK} \left[\sum_{i=1}^4 Sh \frac{K}{l} (l - Z_i) d_i \right] - \sum_{i=1}^4 Sh \frac{K}{l} (Z - Z_i) d_i \right\}$$

外门架双力矩方程:

$$B(Z') = \frac{M_i' l'}{K} \left\{ \frac{Sh \frac{KZ'}{l'}}{ShK} \left[\sum_{i=1}^4 Sh \frac{K}{l'} (l' - Z'_i) d_i \right] - \sum_{i=1}^4 Sh \frac{K}{l'} (Z' - Z'_i) d_i \right\}$$

三、门架立柱的强度验算

强度计算包括：整体弯曲正应力、约束扭转正应力、立柱翼缘局部弯曲正应力及接触应力计算。

1. 门架立柱的整体弯曲正应力计算

$$\text{内门架立柱 } \sigma_{w,n} = \frac{M_{\max, n}}{W_{\min, n}} \leq [\sigma]_{\text{II}}$$

$$\text{外门架立柱 } \sigma_{w,w} = \frac{M_{\max, w}}{W_{\min, w}} \leq [\sigma]_{\text{II}}$$

2. 门架立柱的约束扭转正应力计算

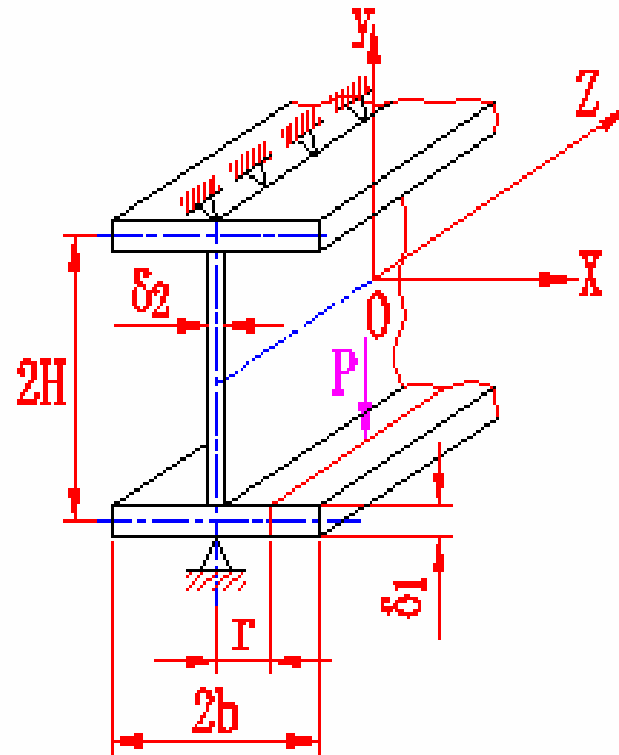
$$\text{内门架立柱 } \sigma_{w,n} = \frac{B_{\max, n} W_n}{I_{w,n}}$$

$$\text{外门架立柱 } \sigma_{w,w} = \frac{B_{\max, w} W_w}{I_{w,w}}$$

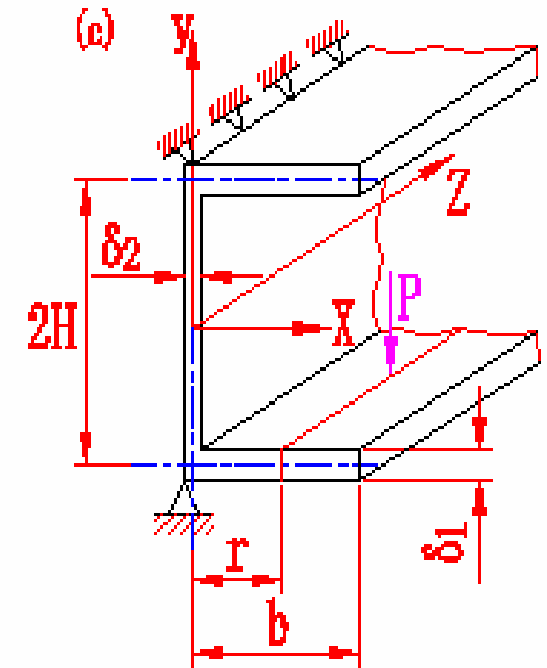
3. 门架立柱翼缘的局部弯曲应力计算

$$S_x = \frac{6 \left(\frac{M_x}{P} \right) P}{d_1^2}$$

$$S_z = \frac{6 \left(\frac{M_z}{P} \right) P}{d_1^2}$$



工字形立柱截面



□形立柱截面

叉车立柱局部应力计算简图

4. 门架立柱的组合应力计算

立柱翼缘的自由边为单向应力状态:

$$s = s_w + s_w + s_z \leq [s]_{II}$$

立柱翼缘的根部可视为平面应力状态:

$$s = \sqrt{(s_w + s_w + s_z)^2 + s_x^2} - s_x (s_w + s_w + s_z) \leq [s]_{II}$$

5. 赫芝应力的计算

在滚轮和立柱翼缘相接触的表面还产生赫芝应力(接触应力):

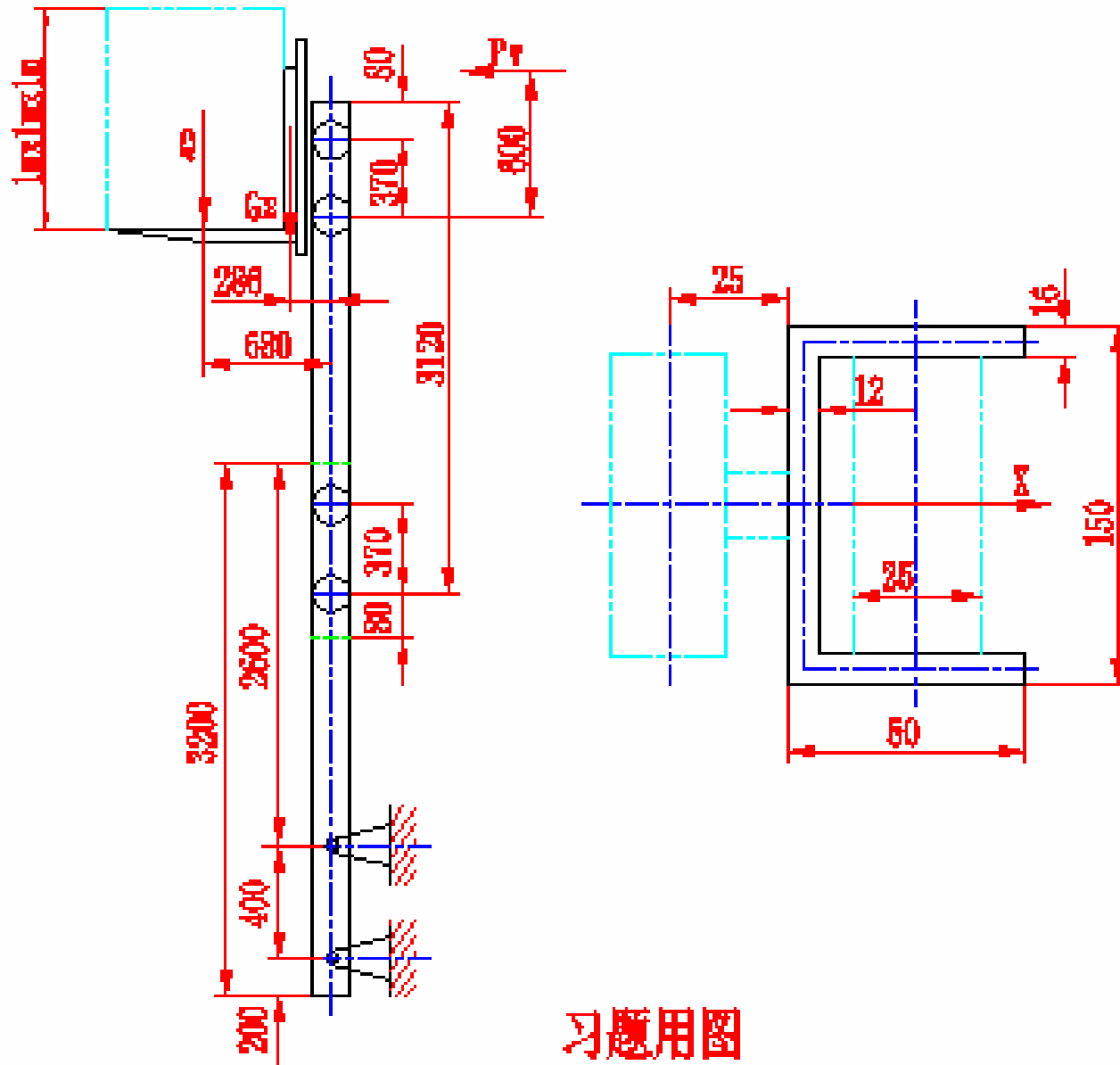
$$s_{Hz} = 0.318 \left[\frac{P_{\max}}{RL(K_1 + K_2)} \right]^{\frac{1}{2}} \leq [s]_{Hz}$$

第十三章 作业

用悬伸简支梁的计算简图，分析计算图示起重量为20kN的内燃叉车门架的强度。

已知：起重重量 $Q = 20\text{kN}$ ，载荷中心距为500mm，货叉和叉架的总重 $G_{\Sigma} = 3000\text{N}$ 。门架的计算状态及各部分尺寸见图。门架材料为16Mn， $G = 8.4 \times 10^4\text{MPa}$ ， $E = 2.1 \times 10^5\text{MPa}$ ，材料的泊桑比 $\mu = 0.3$ 。

叉车工作地点，成都市。



习题用图