

第五章 实腹式受弯构件—梁

§5—1 梁的种类和截面式

§5—2, 型钢梁的设计

§5—3 组合梁设计

§5—4变截面组合梁

§5—5, 梁的整体稳定性

§5—6, 组合梁的局部稳定性

§5—7组合梁的构造设计和工艺设计

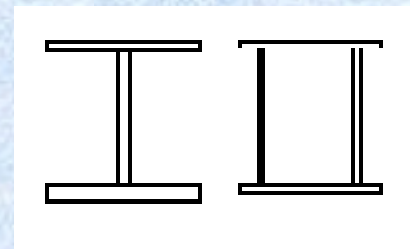
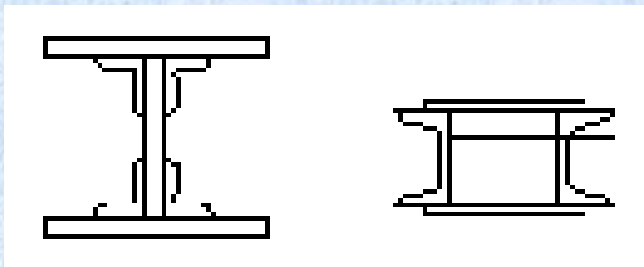
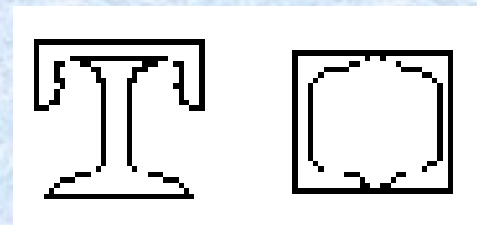
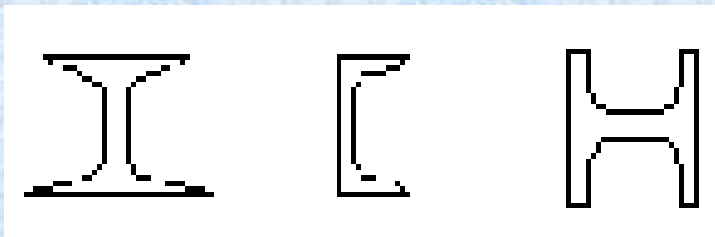
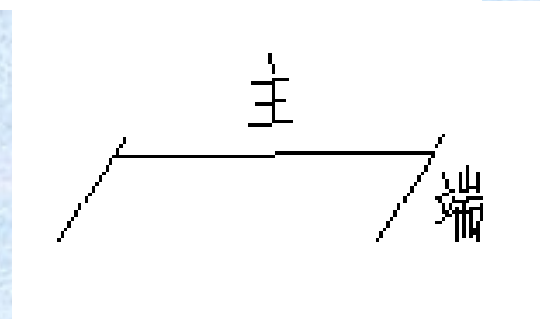
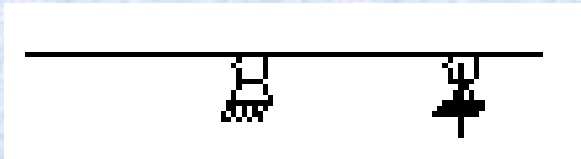
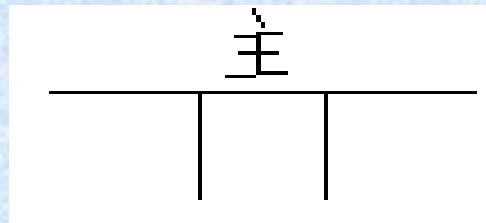
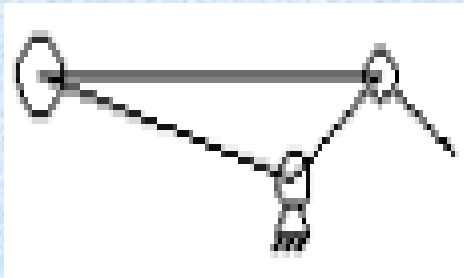
梁——主要承受横向弯曲的突
腹构件

梁在起重机中的应用举例：

桥式起重机的主端梁

门式起重机的桥架主梁

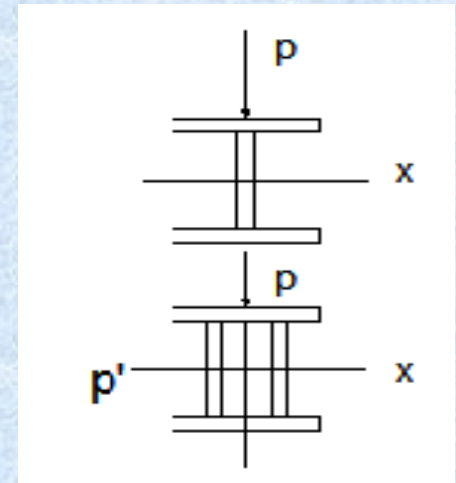
门坐起重机的转台梁，平衡梁



§5—1 梁的种类和截面式

- 一 种类：（1）型钢梁
- （2）结合梁：
 - ①型钢——型钢
 - ②型钢——钢板
 - ③钢板——钢板
- 型钢梁：
 - 优点——制造简朴，周期短，成本低
 - 缺陷——截面尺寸受限，厚度大，自重
大，不经济。

- 结合梁：优点——尺寸能够任选，易到达设计要求
- 缺陷——制造费工，成本较高
- 一，梁的截面形式
- 详见P118
- 常用截面形式
 工字形——用于单向受弯
 箱形——用于双向受弯



§5—2， 型钢梁的设计

- 一， 型钢安全正常工作条件：

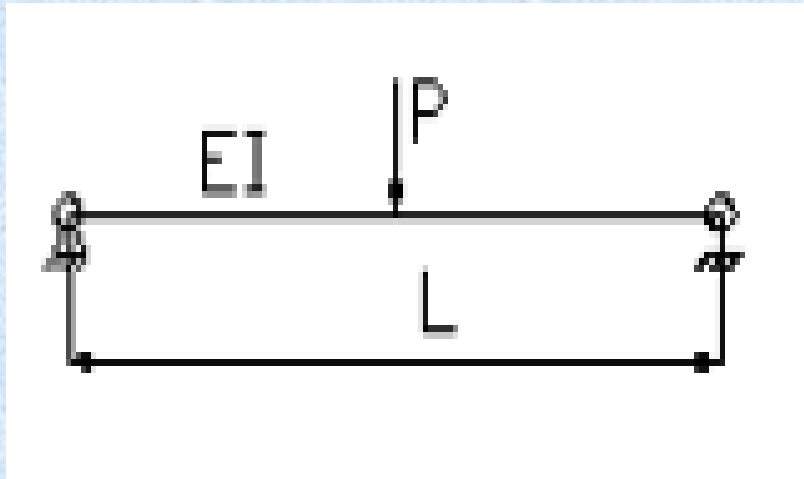
满足： $\left\{ \begin{array}{l} \text{强度} \\ \text{刚度} \\ \text{整体稳定性} \end{array} \right.$

- 二， 设计环节（以两端简支， 受一集中力的梁为例）

与轴心受力构件设计不同， 轴心受力构件

$\sigma=N/A_j \leq [\sigma]$ ， 或 $\sigma=A/A \leq [\sigma]$ 中，

- 求 $A_{需}$ ，以及从 $\lambda = \mu l / r \leq [\lambda]$ 中求 $r_{需}$ ，根据 A ， $r_{需}$ ($h_{需}$) 选型钢，而梁从 $\sigma = M / W \leq [\sigma]$ 中求 $W_{需}$ ，和从 $y = PL^3 / (48EI)$ (两端铰支梁) 中求 $I_{需}$ ，然后根据 $W_{需}$ ， $I_{需}$ 查表选型钢



- 1, 由强度条件拟定 $W_{需}$.

$$W_{需} \geq M / [\sigma] \quad (\text{按组合 II 计算内力})$$

M —最大弯矩

$[\sigma]$ —材料的许用应力

- 2, 由刚度条件拟定 $I_{需}$.

$$y_L = pL^3 / 48EI \leq [y_L]$$

$$I_{需} \geq pL^3 / 48EI \leq [y_L]$$

$[y_L]$ ——许用饶度，查P56，表2—15.

阐明：两个集中力的情况.

$$I_{\text{需}} \geq \delta \sum pl^3 / (48E[y_L])$$

δ — 绕度系数

当 $n = n$ 时 $\delta = (1 - h) \sqrt[3]{I^3 - (1 - h)^2 I^3}$

当 $p_1 \neq p_2$ 时， α 由P383附表21查取

($\delta \leq 1$ ，也可偏安全地视为集中力作用于跨中来求)

3. 由 W 需, I 需查型钢表选型钢。

4. 验算

1) 强度:

(1) 正应力: $\sigma = M/W \leq [\sigma]$ 单向弯曲.

$\sigma = M_x/W_{jx} + M_y/W_{jy} \leq [\sigma]$ 双向弯曲

M_x, M_y —同一截面内力

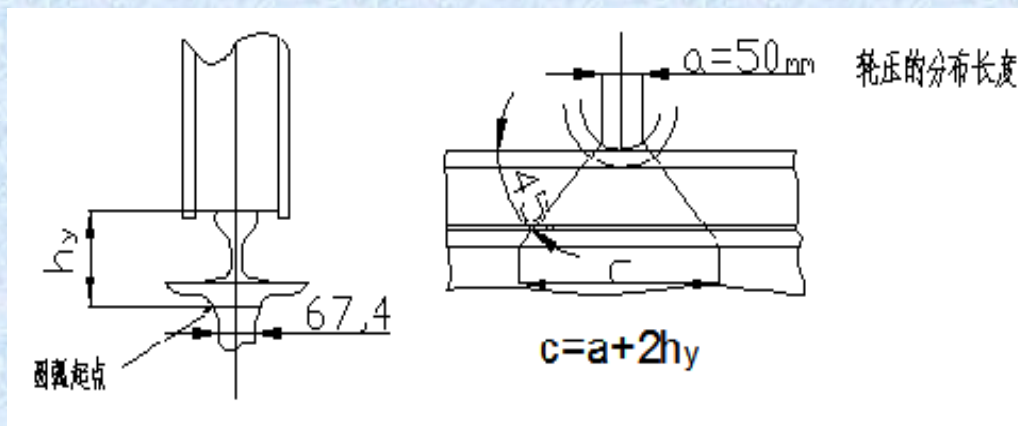
W_{jx}, W_{jy} —同一点的值

(2) 剪应力: $\tau = Q \cdot S / (I \cdot \delta) \leq [\tau]$

- Q —梁的最大剪力
- S —梁截面的最大面积矩
- δ —腹板厚度

(3) 局部压应力:

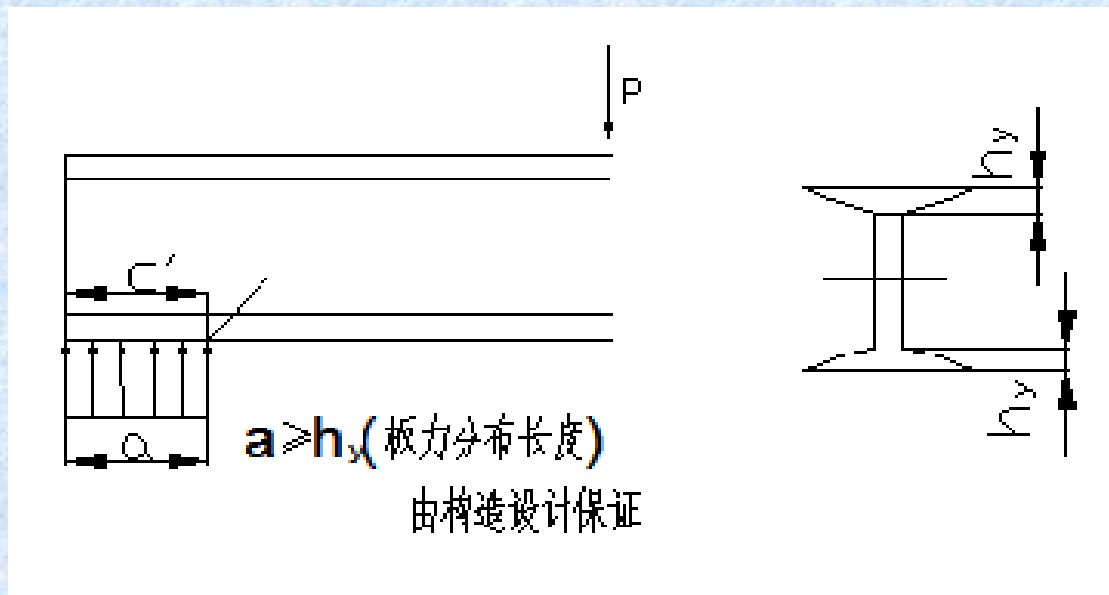
①跨中由集中载产生的局部压应力
(对腹板而言)



$$\sigma_m = \frac{p}{\delta \cdot c} \leq [\sigma]$$

其中c——集中力分布长度 $c=a+2h_y$

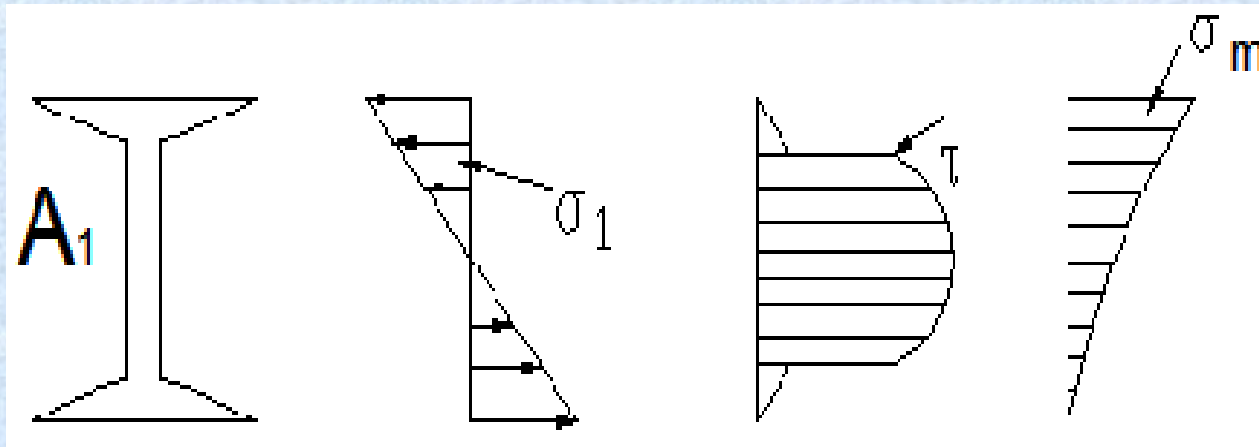
②跨端支座处:



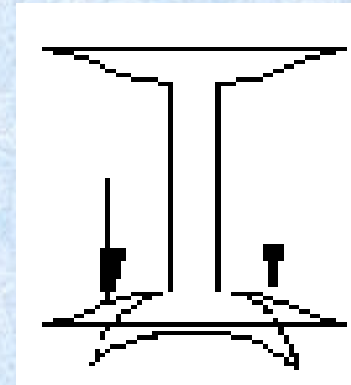
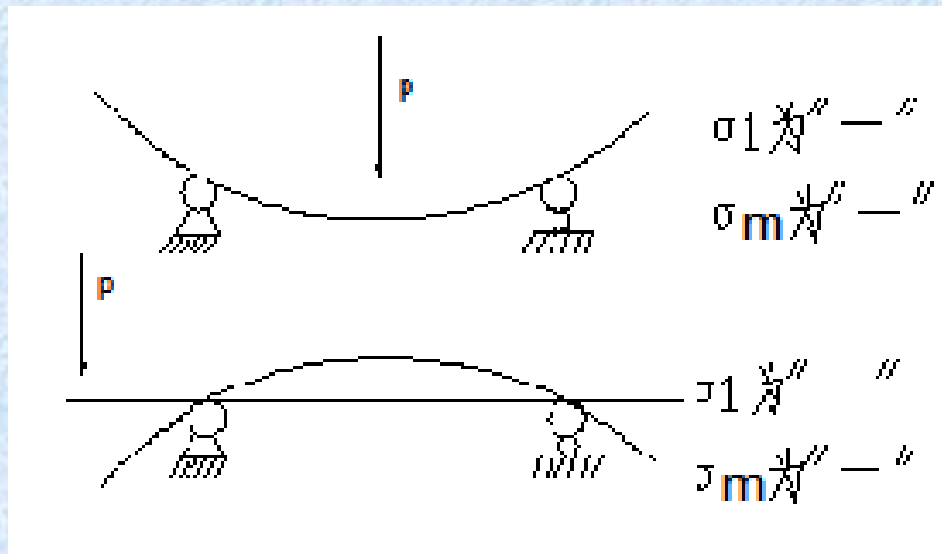
$$\sigma_m = \frac{p}{\delta \cdot c} \leq [\sigma]$$

$$c = a + h_y$$

$$(4) \text{折算应力} \sigma_{zSA} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_m^2 - \sigma_1 \sigma_m + 3\tau^2} \leq 1.1[\sigma]$$



- σ_1, σ_m — 应带各自的正负号
- 1.1 — 考虑验算点处材料强度为最低的概率较小而提升许用应力的倍数。



(5) 当集中轮压 P 作用于工字钢下板时, 还应考虑由轮压引起的局部弯曲应力, 验算由整体弯曲和局部弯曲产生的总应力 (详见p224-225) .

2) 刚度:

静刚度: $y=PL^3/(48EI)\leq [y_L]$ 或:
 $y=\delta \sum PL^3/(48EI)\leq [y_L]$

动刚度: (顾客有要求时)

式中符号意义详见P120~121

3) 整体稳定性:

- $\sigma = \frac{M}{\phi_w \bullet W} \leq [\sigma]$ 在§5—5中讨论

- §5—3 组合梁设计

-

- 一，组合梁合理梁高的拟定

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma]$$

- 观察：强度：

$$W = \frac{I}{y} = \frac{I}{h/2} = \frac{2I}{h} = \frac{2 \times \frac{bh^3}{12}}{h} = \frac{bh^2}{6}$$

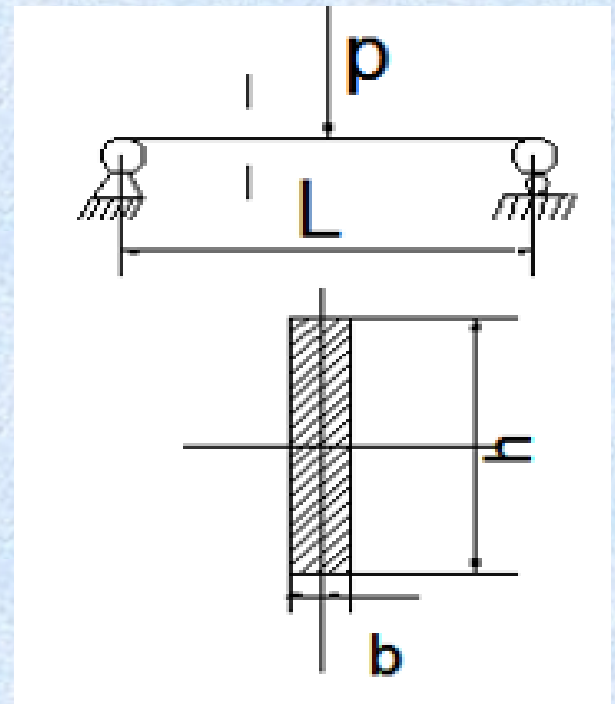
$$\sigma \downarrow \rightarrow \omega \quad \begin{cases} b & , w \propto b \\ h & , w \propto h^2 \text{ (最有效)} \end{cases}$$

$$y_L = \frac{pL^3}{48EI} \leq [y_L]$$

刚度:

$$y_L \downarrow \rightarrow I \quad \begin{cases} b & , I \propto b \\ h & , I \propto h^3 \text{ (最有效)} \end{cases}$$

结论：梁高h是设计的关键尺寸



- 1, 由强度条件拟定的经济梁高 h_σ

梁自重 $G_\sigma = G + \beta G$ 腹

思绪：设法将 G_σ 表为梁高 h 的函数：

$$G_\sigma = f(h)$$

$$\frac{dG_\sigma}{dh} = 0, \text{ 得出 } h \text{ (即 } h_\sigma \text{)}$$

$$G_\sigma = (2A_y + \beta h \sum \delta) \cdot L \cdot \gamma$$

$$\because I = w \cdot h/2 \quad \text{又} \because \quad I = 2A_y \left(\frac{h}{2}\right)^2 + \frac{\sum \delta \cdot h^3}{12}$$

$$w \frac{h}{2} = 2A_y \bullet \left(\frac{h}{2}\right)^2 + \frac{\sum \delta \bullet h^3}{12}$$

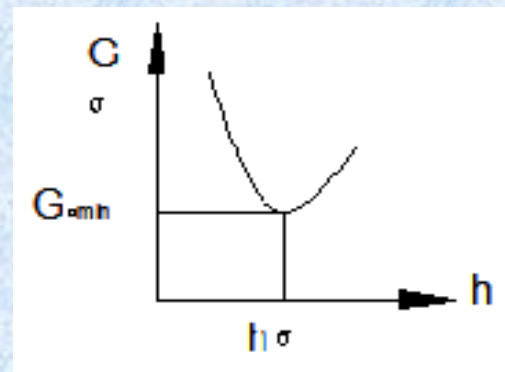
$$A_y = \frac{w}{h} - \frac{h \sum \delta}{6}, \text{代} G_\sigma \text{计算得} \quad G_\sigma = \left[\frac{\alpha w}{h} + \left(\beta - \frac{1}{3} \right) h \sum \delta \right] L \bullet \gamma$$

$$\text{令} \frac{dG_\sigma}{dh} = 0, (\text{重量有极值}) \text{得: } h_\sigma = \sqrt{\frac{\alpha w}{\left(\beta - \frac{1}{3} \right) \sum \delta}}$$

$$\text{又令: } k_\sigma = \sqrt{\frac{2}{\beta - \frac{1}{3}}}$$

$$h_\sigma = k_\sigma \sqrt{\frac{w}{\sum \delta}}$$

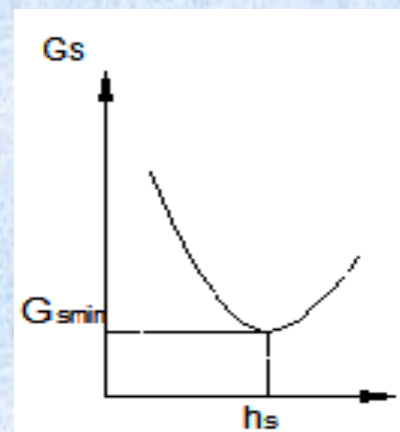
- 式中： $w=M/(\sigma)$
- $\sum\delta$ —腹板总厚，参照表5—1选用
- k_σ —系数，与构造有关，根据经验由p124中的统计值选用。



1.由刚度条件拟定的

经济梁高： h_σ

同理：
$$G_s = \left[\frac{4I_s}{h^2} + \left(\beta - \frac{1}{3} \right) h \sum \delta \right]$$



$$\text{令 } \frac{dG_s}{dh} = 0, \text{ 得: } h_s = k_s \sqrt[3]{\frac{I_s}{\sum \delta}}$$

式中: k_s —系数。 $k_s = \sqrt[3]{\frac{8}{\beta - \frac{1}{3}}}$, 参考p124中的统计枝选取

$\sum \delta$ —同上 I_s —由刚度条件确定的梁截面所需的惯性矩

$$\text{令有静刚度要求时, 取: } I_s = I_1 = \frac{\partial \sum pL^3}{48E [y_L]}$$

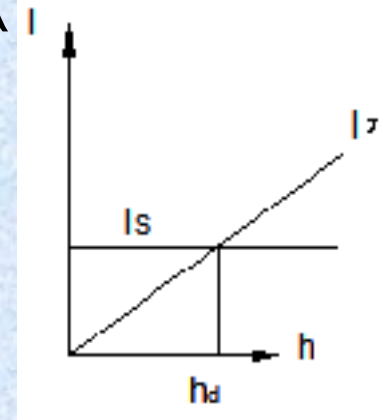
有静刚度要求时:

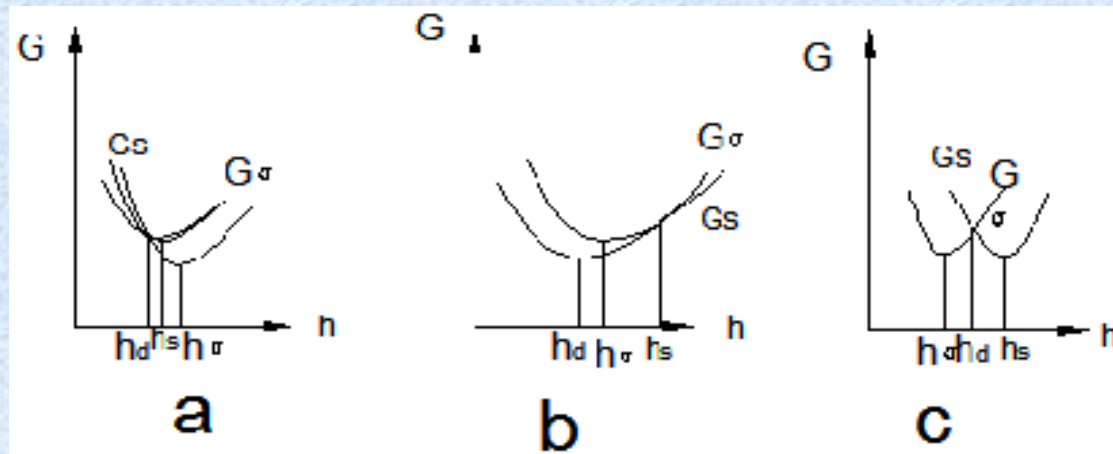
$$I_s \text{ 取 } \left\{ \begin{array}{l} I_1 = \frac{\partial \sum pL^3}{48E [y_L]} \text{ (静)} \\ I_2 = \frac{\partial p_Q L^3}{48k_l [y_o]} \text{ (动)} \end{array} \right\} \text{ 中的大者 (} I_s = \text{常数)}$$

p_Q —稳定起升载荷

$[y_o]$ 由式(5—4)取等式求得

- 1.同时满足强度，刚度条件的特征梁高 h_d
- 满足强度条件所需的 $I_{\sigma} = hw/2$
- 令 $I_{\sigma} = I_s$ ，即： $hw/2 = I_s$ ，得 $h_d = 2I_s/W$
- 由图可见：当 $h > h_d$ 时， h 由（强度条件）
- 控制；当 $h < h_d$ 时， h 由 I_s （刚度条件）控
- 制。
- 2.合理梁高 h 的拟定：





- 情形： (a) $h_{\sigma} > h_d, h_s > h_d$, 合理梁高 h_{σ} (由强度控制)
- 情形： (b) $h_{\sigma} < h_d, h_s < h_d$, 合理梁高 h_s (由刚度控制)
- 情形： (c) $h_{\sigma} > h_d, h_s > h_d$, 合理梁高 h_d
- 结论：对有效曲线（图中红线）最小值相应的高 h 即为合理的梁高，设计时，先分别计算出 h_{σ} ， h_d ， h_s 进行比较，拟定合理的梁高

一， 组合梁的截面设计：

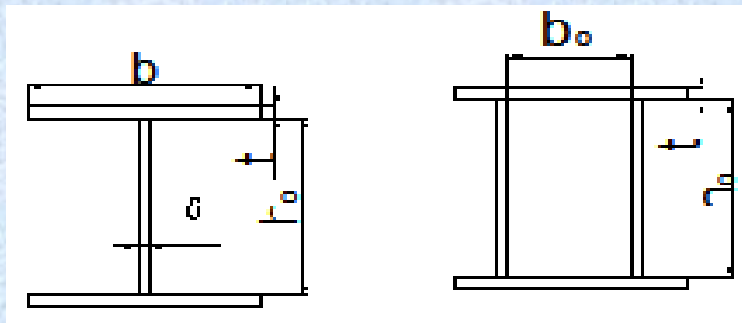
- 1 .腹板尺寸： h_0, δ 拟定

取 $h_0 = h$ 是园整数（10mm的倍数）

δ ： 对工字形 $\delta = 6 + 2h/1000$ （mm）

箱形： $\delta = 4 + 2h/1000$ （mm）（单块）

一般： $\delta = 6 \sim 16\text{mm}$ 中选用， 且以2mm为间隔。



2. 翼板尺寸**b**(**b_o**),**t**,拟

定:

$$I = I_f + I_y$$

$$I_y = I - I_f$$

$$I_y = 2A_y \left(\frac{h_o}{2} \right)^2$$

$$A_y = \frac{2(I - I_f)}{h_o^2}$$

⇓

$$w = \frac{M}{[\sigma]}$$

$$I = w \cdot \frac{h}{2}$$

$$I_f = \frac{\sum \delta \cdot h_o^3}{12}$$

} 已知

$$b \cdot t = \frac{2(I - I_f)}{h_o^2}$$

- 综合考虑整体稳定性，局部稳定性等等条件拟定**b**，**t**的分配
- **b₀**：由整体稳定性条件：
 - 工字形： $b=(1/2\sim 1/6)h$
- 箱形： $b_0\geq h/3$
- 由水平刚度条件：
 - 箱形： $b_0\geq L/60$ (或 $h/3.5$)
- 由工艺条件：箱形： $b_0\geq 300\text{mm}$ ，
当 $h_0 > 650$ 时 $b_0\uparrow$

t:由局部稳定性条件:

$$\text{工字形: } \frac{b_e}{t} \leq 15 \sqrt{\frac{235}{\sigma_s}}$$

$$\text{箱形: } \frac{b_0}{t} \leq 50 \sqrt{\frac{235}{\sigma_s}}$$

$$\text{由工艺条件: } 6 \leq t \leq 40 \sqrt{\frac{235}{\sigma_s}}, \text{通常 } t \geq \delta$$

注: 截面尺寸往往参照同类产品类比初定, 然后验算, 调整—常用措施.

3. 验算:

1) 强度:

$$\sigma = \frac{M}{W_j} \leq [\sigma], \text{单弯}$$

$$\textcircled{1} \quad \sigma = \frac{M_x}{W_{jx}} + \frac{M_y}{W_{jy}} \leq [\sigma], \text{双弯}$$

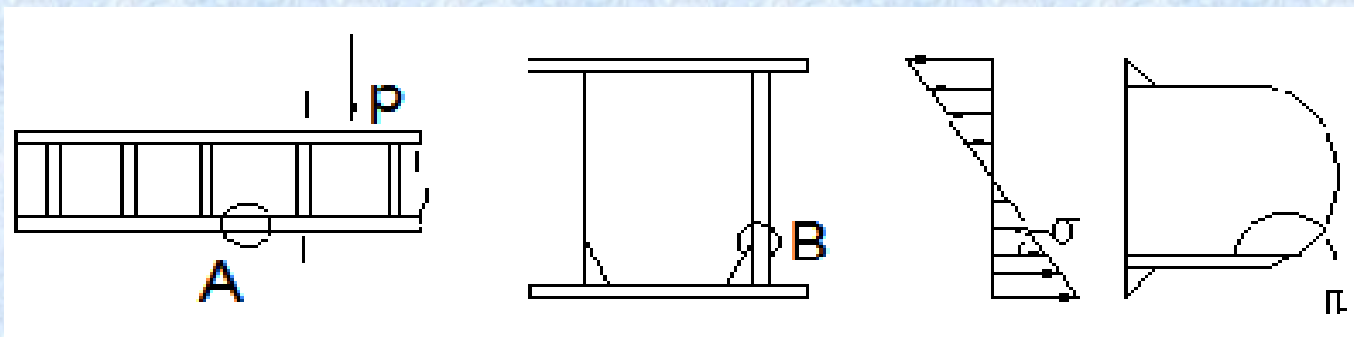
$$\textcircled{2} \quad \tau = \frac{Q_s}{I \bullet \delta} \leq [\tau]$$

$$\textcircled{3} \quad \sigma_m = \frac{P}{c \bullet \delta} \leq [\sigma], \text{跨中} \quad \sigma_m = \frac{P}{c \bullet \delta} \leq [\sigma], \text{支座处}$$

$$\textcircled{4} \quad \sigma_{zs} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_m^2 - \sigma_1 \sigma_2 + 3\tau^2} \leq 1.1[\sigma]$$

⑤当集中轮压在正轨箱形梁或半偏轨箱形梁的上翼板时，还应考虑集中轮压引起的局部弯曲应力，验算由整体弯曲和局部弯曲产生的总应力，详见 p234~p238

- ⑥疲劳验算（A6以上） 部位：
- a)受拉翼板的对接焊缝及近缝区基本金属
- b)横隔板下端（腹板受拉区）焊缝及腹板近缝区基本金属。



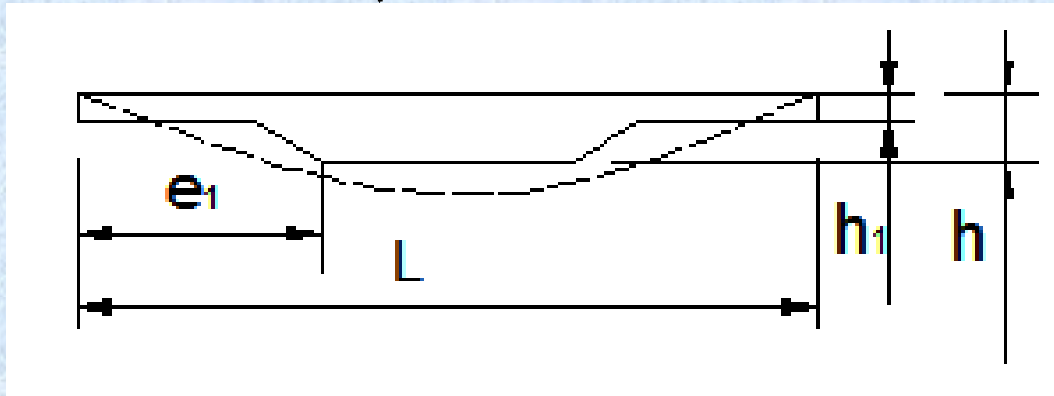
$$A: \sigma_{ma} = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{rt}] \quad B: \left(\frac{\sigma_{\max}}{[\sigma_{rt}]} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{[\tau_r]} \right)^2 \leq 1.1$$

式中各符号意义及计算详见p128至129

2) 刚度:

$$\text{静: } y = \frac{pL^3}{48EI} \leq [y_L] \text{ 或 } y = \frac{\partial \sum pL^3}{48EI} \leq [y_L]$$

$$\text{动: } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{(\lambda_o + y_o)\delta}} \geq [f]$$



3) 整体稳定性 (在§5—5中讨论)

4) 局部稳定性 (在§5—6中讨论)

§5—4 变截面组合梁

一，设计目的： $G \downarrow$ ，
合用于大跨度梁。

二，设计根据：等强度条件

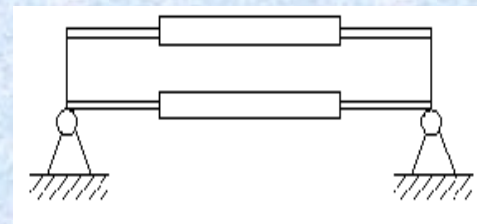
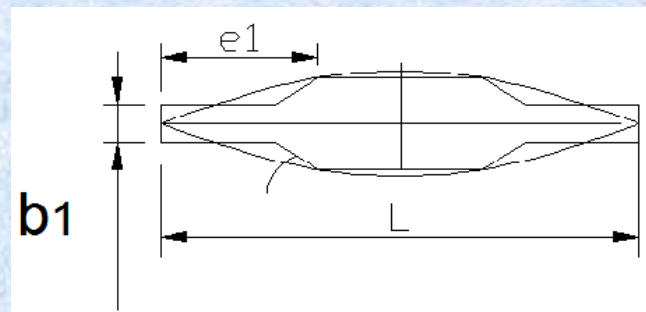
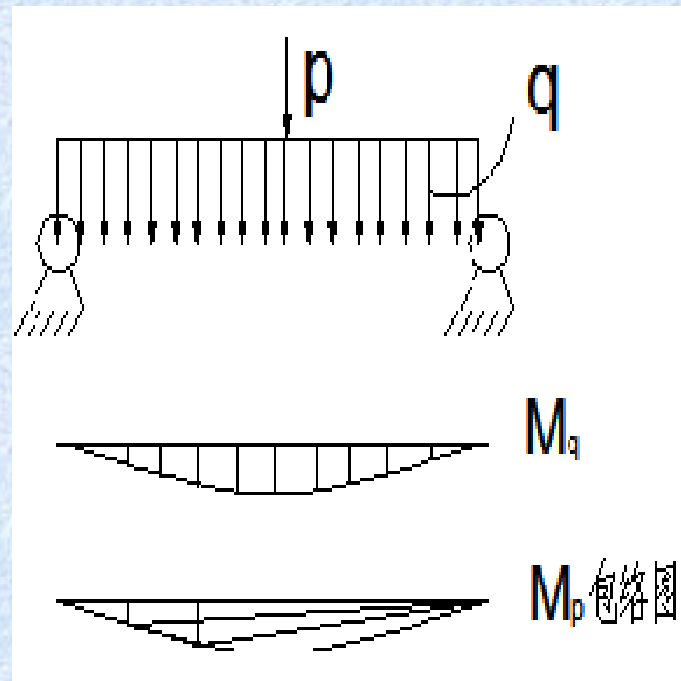
任一截面处。

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W_i} = \text{常数}, \text{ 且 } \sigma_i \leq [\sigma]$$

三，设计措施：

1. 变化翼板宽

$$b_1 \leq \frac{1}{10} h \quad l_1 = \left(\frac{1}{6} L \right)$$



2.变化翼板厚（不常用）

3.变化腹板高（常用）

$$h_1=0.5h \quad l_1=(1/4 \sim 1/8)L$$

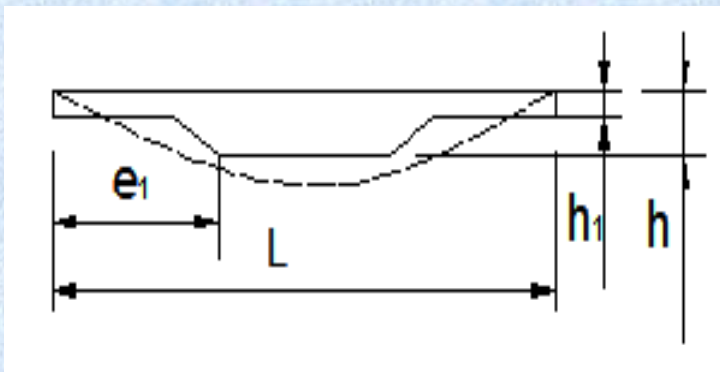
注意：①应使截面平缓过渡

②突变部位应验算 σ_{zs}

③绕度计算与等截面不同，

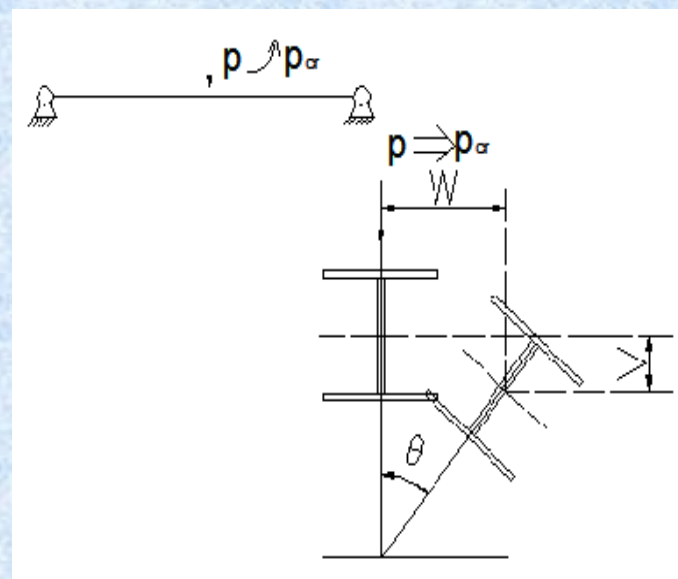
按p130~131式（5—33），

（5—34）计算



§5—5, 梁的整体稳定性

- 一.概念
- 梁在横向载荷 P 作用下, 当 P 增大到临界值 P_{cr} 时, 梁就会发生侧向弯曲且伴随扭转变形而丧失承载能力——称为梁整体失稳。
- 失稳时的临界载荷: P_{cr}
- 失稳时的临界弯矩: M_{cr}
- 失稳时的临界应力: σ_{cr}



二，整体稳定性计算是式：

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq \frac{\sigma_{cr}}{n} = \frac{\sigma_{cr}}{n} \cdot \frac{1}{[\sigma]} = \frac{\sigma_{cr}}{n} \cdot \frac{1}{\frac{\sigma_s}{n}} [\sigma] = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_s} [\sigma]$$

$$\text{令：} \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_s} = \varphi_w, \sigma = \frac{M}{W} \leq \varphi_w [\sigma] \text{ 或 } \sigma = \frac{M}{\varphi_w W} \leq [\sigma]$$

φ_w —梁的整体稳定性系数

1. 计算式： $\sigma = \frac{M}{W} \leq \frac{\sigma_{cr}}{n_{cr}}$ ，取 $n_{cr} = n$ (强度安全系数)

2. φ_w 的一般表达式 $\varphi_w = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_s}$

$\varphi_w = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_s}$ ，由弹性稳定性理论，应用能量法导出

$$M_{cr} = \frac{W \sqrt{EI_y GI_n}}{L_C}$$

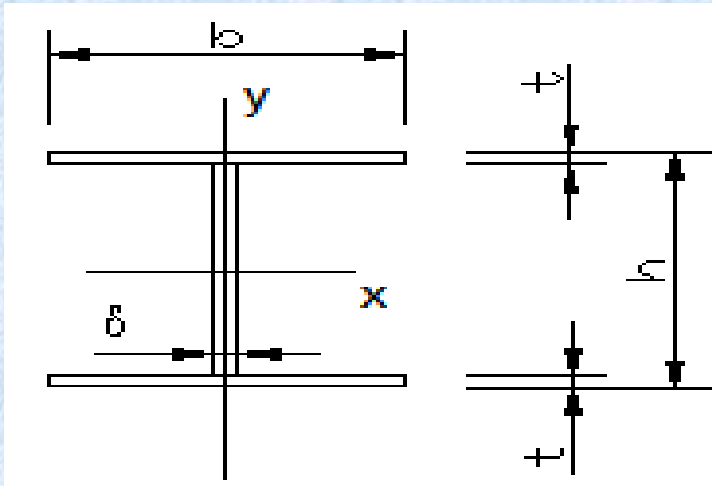
- k —屈服系数，与载荷情况，种类，作用位置和支撑条件有关
- E_{ly} —对截面弱轴 y 的抗弯刚度
- G_{In} —截面抗扭刚度
- L_C —梁的设计长度

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{W} = \frac{k \sqrt{EI_y \bullet GI_n}}{L_C \bullet W} \quad \varphi_w = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_s} = \frac{k \sqrt{EI_y \bullet GI_n}}{L_C \bullet W \bullet \sigma_s}$$

3. 几种经典常见截面梁计算或取值。

1) 组合工字形截面简支梁

(1) 双轴对称



$$\varphi_w = k_1 \left(k_2 + k_3 \frac{L_c \bullet t}{b \bullet h} \right) \frac{I_y}{I_x} \left(\frac{h}{Lc} \right)^2 \bullet \frac{235}{\sigma_s} \text{---} \otimes$$

式中：当 $\frac{t}{\delta} > 3$ 时， k_1 - 系数

$k_1 = 0.9$, 当 $\frac{t}{\delta} \leq 3$ 时 $k_1 = 1$

k_2, k_3 —系数，查p135, 表5—3

L_c —梁的计算长度（受压翼板的自由度）

(2) 单轴对称

φ_w 按 \oplus 式计算，但应以 b_1, t_1 替代式中的 b, t, k_1 的取值按下列要求：

$$\text{当 } \frac{L_c \cdot t}{bh} \leq 1.0 \text{ 时, } k_1 = \frac{(2m+1)y_1}{h}$$

$$\text{当 } \frac{L_c \cdot t}{bh} > 1.0 \text{ 时, } k_1 = \frac{0.8(m+1)y_1}{h}$$

$$m = \frac{I_1}{I_1 + I_2} \quad I_1, I_2 \text{—分别为受压翼板和翼板对} y \text{轴的惯性矩}$$

y_2 —型心轴 x 到受压翼板最外侧纤维的距离

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/055224043040012022>