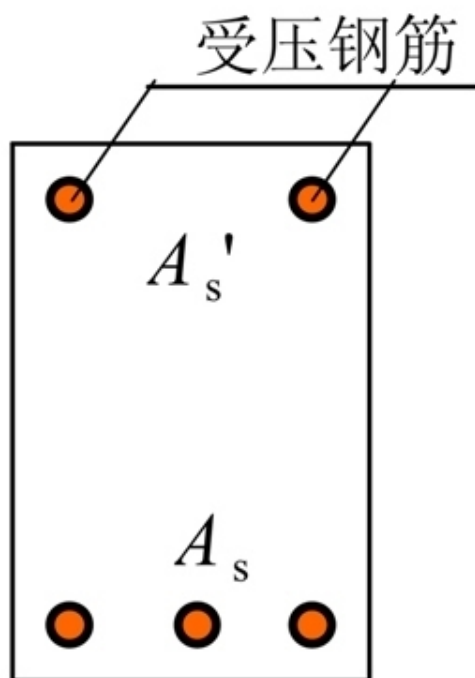


# 作业:

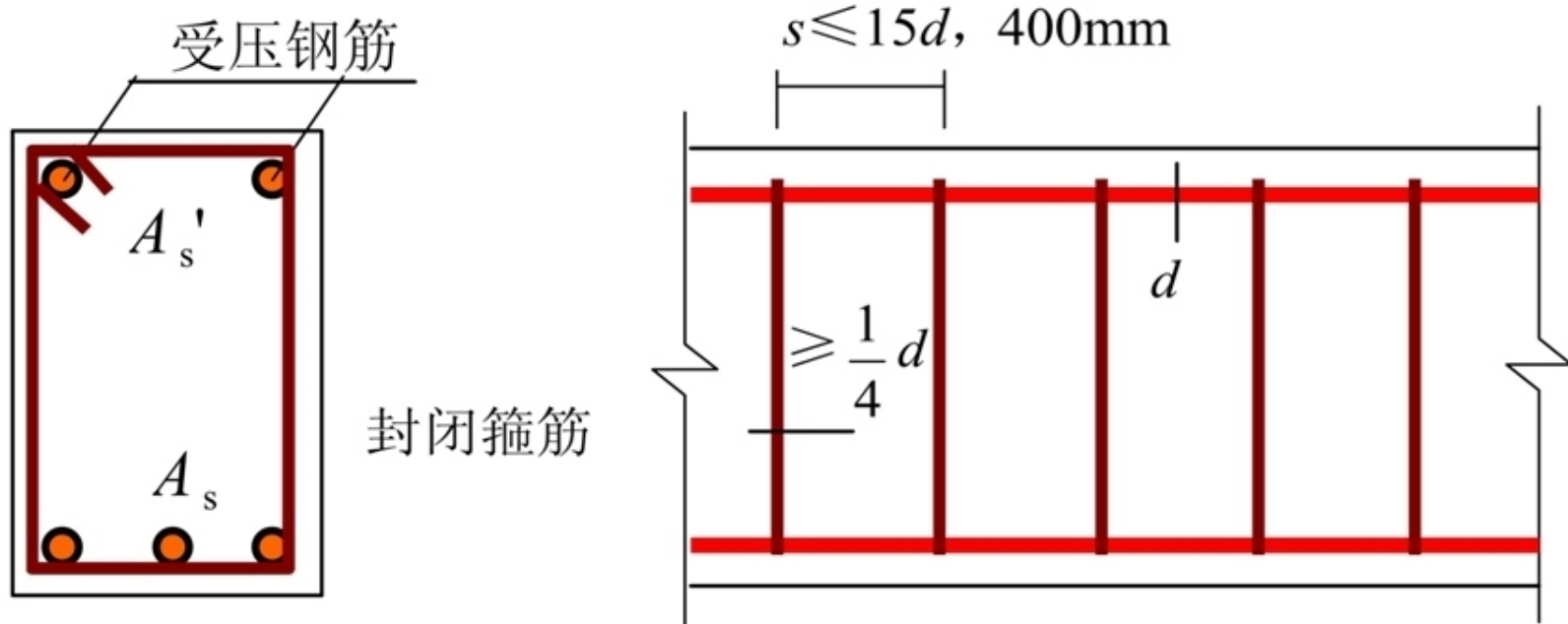
5-1 (1) 5-4 (1) (2) 5-8

## 二、双筋矩形截面 (Doubly Reinforced Section)

双筋截面是指同时配置受拉和受压钢筋的情况。

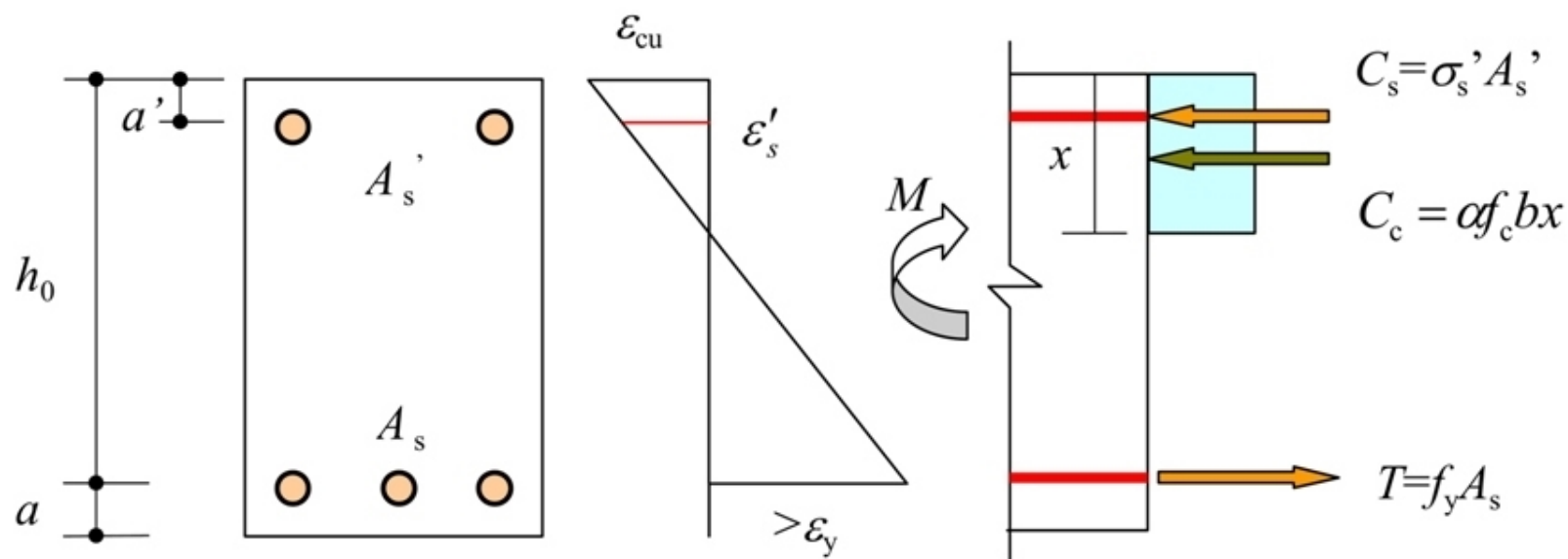


## ◆ 受压钢筋强度的利用

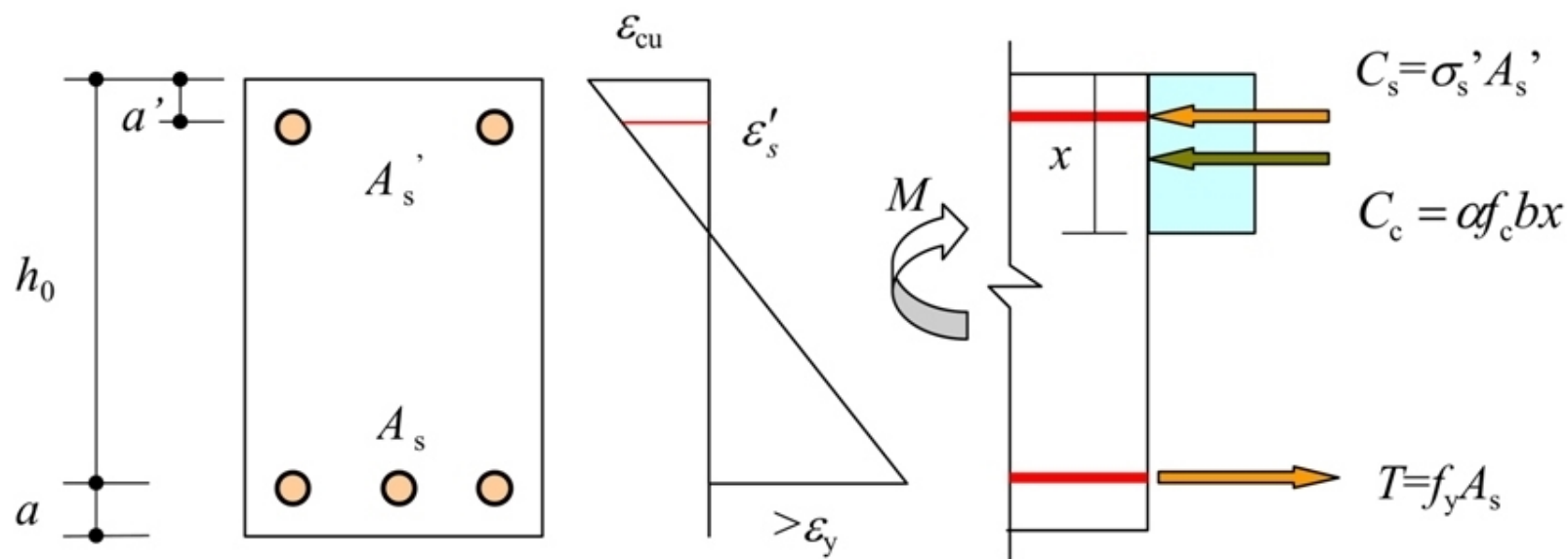


配置受压钢筋后，为防止受压钢筋压曲而导致受压区混凝土保护层过早崩落影响承载力，**必须**配置**封闭箍筋**。

当受压钢筋多于**3**根时，应设复合箍筋。



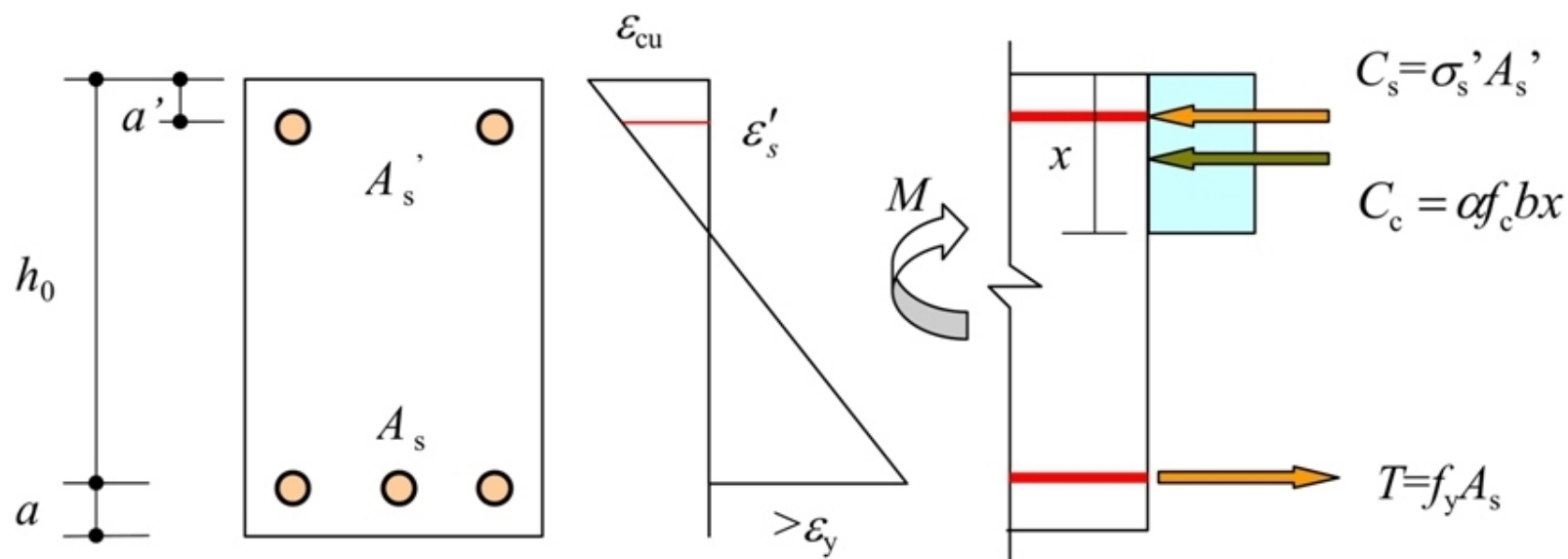
- ◆ 双筋截面在满足构造要求的条件下，截面达到 $M_u$ 的标志仍然是受压边缘混凝土达到 $\epsilon_{cu}$ 。
- ◆ 在受压边缘混凝土应变达到 $\epsilon_{cu}$ 前，如受拉钢筋先屈服，则其破坏形态与适筋梁类似，具有较大的延性。
- ◆ 在截面受弯承载力计算时，受压区混凝土的应力仍可按等效矩形应力图考虑。



当相对受压区高度  $\xi \leq \xi_b$  时，截面受力的平衡方程为

$$\alpha f_c b x + \sigma_s' A_s' = f_y A_s$$

$$M_u = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + \sigma_s' A_s' (h_0 - a')$$



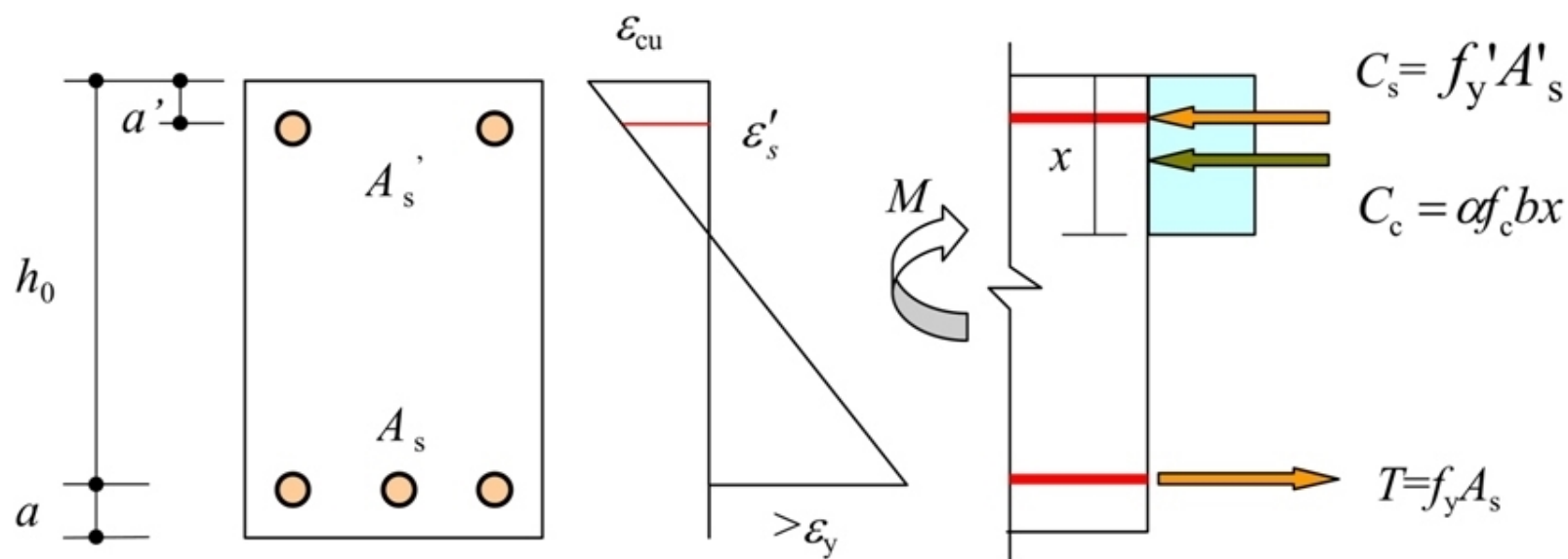
如轴心受压构件所述，**钢筋的受压强度  $f_y' \leq 400 \text{ MPa}$** 。  
 为使受压钢筋的强度能充分发挥，**其应变不应小于 0.002**。  
 由平截面假定可得，

$$\epsilon_s' = \epsilon_{cu} \left(1 - \frac{a'}{x_n}\right) \geq 0.002 \quad \xrightarrow{\epsilon_{cu}=0.0033} \quad \boxed{x \geq 2a'}$$

## ◆ 基本公式

$$\alpha f_c b x + f_y' A_s' = f_y A_s$$

$$M \leq M_u = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a')$$



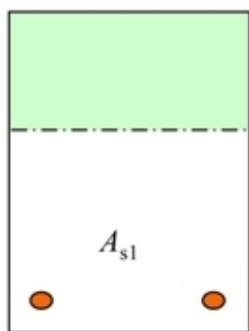
## ◆ 基本公式

$$\alpha f_c b x + f'_y A'_s = f_y A_s$$

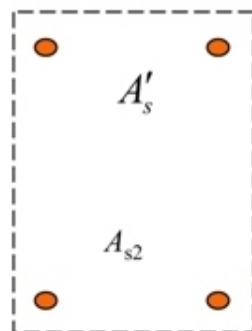
$$M \leq M_u = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a')$$

$$\begin{cases} \alpha f_c b x = f_y A_{s1} \\ M_1 = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \end{cases} + \begin{cases} f'_y A'_s = f_y A_{s2} \\ M' = f'_y A'_s (h_0 - a') \end{cases}$$

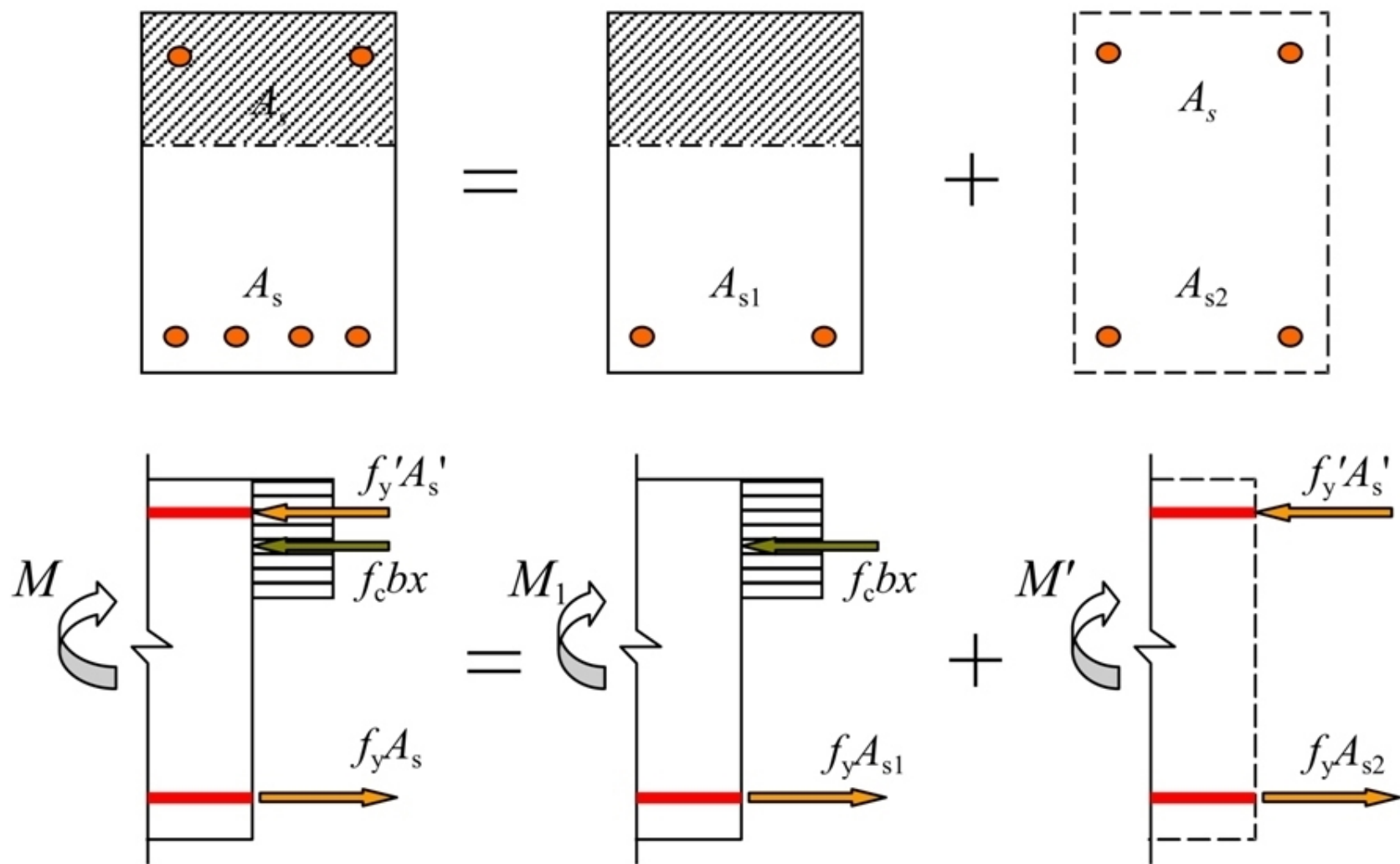
单筋部分



纯钢筋部分







双筋截面的分解

## ◆ 基本公式

$$\alpha f_c b x + f'_y A'_s = f_y A_s$$

$$M \leq M_u = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a')$$

$$\begin{cases} \alpha f_c b x = f_y A_{s1} \\ M_1 = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \end{cases} + \begin{cases} f'_y A'_s = f_y A_{s2} \\ M' = f'_y A'_s (h_0 - a') \end{cases}$$

单筋部分

纯钢筋部分

受压钢筋与其余部分受拉钢筋 $A_{s2}$ 组成的“纯钢筋截面”的受弯承载力与混凝土无关。

因此截面的破坏形态不受 $A_{s2}$ 配筋量的影响，理论上这部分配筋可以很大，如形成钢骨混凝土构件。

## ◆ 适用条件

- 防止超筋脆性破坏

$$x \leq \xi_b h_0 \quad \text{或} \quad \xi \leq \xi_b$$

$$\rho = \frac{A_{s1}}{bh_0} \leq \rho_{\max} = \xi_b \frac{\alpha f_c}{f_y}$$

$$M_1 \leq \alpha_{s,\max} \cdot \alpha f_c b h_0^2 \quad \text{或} \quad \alpha_{s1} \leq \alpha_{s,\max}$$

只要保证单筋部分不超筋即可。

- 保证受压钢筋强度充分利用

$$x \geq 2a'$$

或

$$\gamma_s h_0 \leq h_0 - a'$$

双筋截面一般不会出现少筋破坏情况，可不必验算最小配筋率。

## ★ 截面复核

已知:  $b$ 、 $h$ 、 $a$ 、 $a'$ 、 $A_s$ 、 $A_s'$ 、 $f_y$ 、 $f_y'$ 、 $f_c$

求:  $M_u \geq M$

未知数: 受压区高度  $x$  和受弯承载力  $M_u$  两个未知数, 有唯一解

$$\alpha f_c b x + f_y' A_s' = f_y A_s$$

$$M \leq M_u = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a')$$

问题1: 当  $\xi > \xi_b$  时,  $M_u = ?$

$$M_1 = \alpha_{s, \max} \cdot \alpha f_c b h_0^2$$

$$M_u = M_1 + f_y' A_s' (h_0 - a')$$

## ★ 截面复核

已知:  $b$ 、 $h$ 、 $a$ 、 $a'$ 、 $A_s$ 、 $A_s'$ 、 $f_y$ 、 $f_y'$ 、 $f_c$

求:  $M_u \geq M$

未知数: 受压区高度  $x$  和受弯承载力  $M_u$  两个未知数, 有唯一解

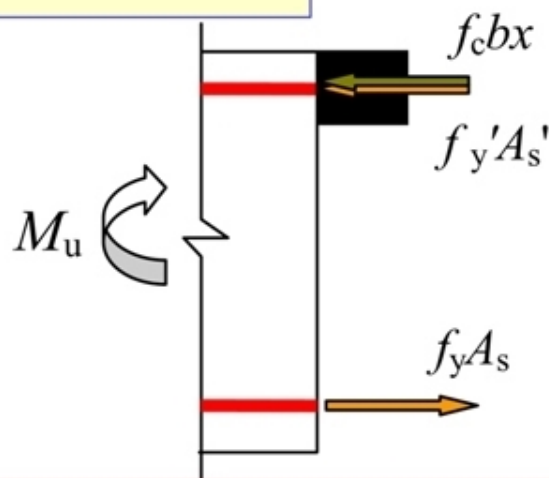
$$\alpha f_c b x + f_y' A_s' = f_y A_s$$

$$M \leq M_u = \alpha f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + f_y' A_s' (h_0 - a')$$

问题2: 当  $x < 2a'$  时,  $M_u = ?$

可偏于安全的按下式计算

$$M_u = f_y A_s (h_0 - a')$$



## ★ 截面设计

**已知：** 弯矩设计值 $M$ ，截面 $b$ 、 $h$ 、 $a$ 和 $a'$ ，材料强度 $f_y$ 、 $f_y'$ 、 $f_c$

**求：** 截面配筋

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha f_c b h_0^2} < \alpha_{s,\max}$$

Y

按单筋计算

N

**未知数：**  $x$ 、 $A_s$ 、 $A_s'$

**基本公式：** 两个

$$\min(A_s + A_s')$$

$$\alpha f_c b x + f_y' A_s' = f_y A_s$$

$$M = \alpha f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a')$$

$$A_s + A_s' = \frac{\alpha f_c}{f_y} b \cdot \xi h_0 + 2 \cdot \frac{M - \alpha f_c b h_0^2 \xi (1 - 0.5 \xi)}{f_y (h_0 - a')}$$

## ★截面设计

**已知：** 弯矩设计值 $M$ ，截面 $b$ 、 $h$ 、 $a$ 和 $a'$ ，材料强度 $f_y$ 、 $f_y'$ 、 $f_c$

**求：** 截面配筋

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha f_c b h_0^2} < \alpha_{s,\max}$$

Y

按单筋计算

N

**未知数：**  $x$ 、 $A_s$ 、 $A_s'$

**基本公式：** 两个

$$\min(A_s + A_s')$$

$$A_s + A_s' = \frac{\alpha f_c}{f_y} b \cdot \xi h_0 + 2 \cdot \frac{M - \alpha f_c b h_0^2 \xi (1 - 0.5 \xi)}{f_y (h_0 - a')}$$

$$\frac{d(A_s + A_s')}{d\xi} = 0$$

$$\xi = 0.5 \left( 1 + \frac{a'}{h_0} \right) \approx 0.55$$

$$\xi = 0.5\left(1 + \frac{a'}{h_0}\right) \approx 0.55$$

表 5-3 相对界限受压区高度 $\xi_b$ 和 $\alpha_{s,max}$

混凝土强度等级		$\leq C50$	C60	C70	C80
HRB335 钢筋	$\xi_b$	0.550	0.531	0.512	0.493
	$\alpha_{s,max}$	0.399	0.390	0.381	0.372
HRB400 钢筋	$\xi_b$	0.518	0.499	0.481	0.462
	$\alpha_{s,max}$	0.384	0.375	0.365	0.356

$$\xi = \xi_b$$

充分利用混凝土受压能力



## ★截面设计

**已知：** 弯矩设计值 $M$ ，截面 $b$ 、 $h$ 、 $a$ 和 $a'$ ，材料强度 $f_y$ 、 $f_y'$ 、 $f_c$

**求：** 截面配筋

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha f_c b h_0^2} < \alpha_{s,\max}$$

Y

按单筋计算

N

**未知数：**  $x$ 、 $A_s$ 、 $A_s'$

**基本公式：** 两个

$$\min(A_s + A_s')$$

$$A_s' = \frac{M - M_1}{f_y'(h_0 - a')}$$

$$A_s + A_s' = \frac{\alpha f_c}{f_y} b \cdot \xi h_0 + 2 \cdot \frac{M - \alpha f_c b h_0^2 \xi (1 - 0.5 \xi)}{f_y (h_0 - a')}$$

$$\frac{d(A_s + A_s')}{d\xi} = 0$$

$$\xi = 0.5 \left( 1 + \frac{a'}{h_0} \right) \approx 0.55$$

$$\xi = \xi_b \quad \text{即取} \quad M_1 = \alpha_{s,\max} \cdot \alpha f_c b h_0^2$$

宜取  $\xi = 0.8 \xi_b$

已知:  $M, b, h, a, a', f_y, f_y', f_c, A_s'$

求:  $A_s$

未知数:  $x, A_s$

$$M' = f_y' A_s' (h_0 - a')$$



$$\alpha_{s1} = \frac{M - M'}{\alpha f_c b h_0^2} < \alpha_{s, \max}$$

N  
→

按  $A_s'$  未知重  
算



求  $x, \gamma_s$  若

Y ↓  $x > 2a'$

N  
→

$$A_s = \frac{M}{f_y (h_0 - a')}$$

$$A_s = \frac{M_1}{f_y \cdot \gamma_s h_0} + \frac{f_y'}{f_y} A_s'$$

一般来说采用双筋是不经济的，工程中通常仅在以下情况时采用：

- ◆ 当截面尺寸和材料强度受建筑使用和施工条件（或整个工程）限制而不能增加，而计算又不满足适筋截面条件时，可采用双筋截面，即在受压区配置钢筋以补充混凝土受压能力的不足。
- ◆ 另一方面，由于荷载有多种组合情况，在某一组合情况下截面承受正弯矩，另一种组合情况下承受负弯矩，这时也出现双筋截面。
- ◆ 此外，由于受压钢筋可以提高截面的延性，因此，在抗震结构中要求框架梁必须必须配置一定比例的受压钢筋。

## ◆ 基本公式

$$\alpha_1 f_c b x + A_s' f_y' = A_s f_y$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + A_s' f_y' (h_0 - a_s')$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_y' A_s' = A_{s1} f_y \\ M_{u1} = A_s' f_y' (h_0 - a_s') \end{array} \right. + \left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 f_c b x = A_{s2} f_y \\ M_{u2} = \alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \end{array} \right.$$

纯钢筋部分

单筋部分

受压钢筋与其余部分受拉钢筋 $A_{s2}$ 组成的“纯钢筋截面”的受弯承载力与混凝土无关

因此截面破坏形态不受 $A_{s2}$ 配筋量的影响，理论上这部分配筋可以很大，如形成钢骨混凝土构件。

解两个联立方程，求两个未知数 $x$ 和 $A_s$ ：

$$M_u = M_{u1} + M_{u2}$$

$$M_{u1} = A_s' f_y' (h_0 - a_s')$$

$$M_{u2} = M_u - M_{u1} = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2})$$

由求出 $x$ ，然后由式出 $A_{s2}$ ：

$$A_{s2} = \frac{\alpha_1 f_c b x}{f_y} = \alpha_1 \frac{M_{u2}}{f_y (h_0 - \frac{x}{2})}$$

而

$$A_{s1} = \frac{A'_s f'_y}{f_y}$$

最后可得：

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = \frac{A'_s f'_y + \alpha_1 f_c b x}{f_y}$$

当  $\xi > \xi_b$

表明  $A'_s$  太少，应加大截面尺寸或按  $A'_s$  未知的情况 I 分别求  $A_s$  及  $A'_s$ 。

当  $x < 2a'_s$

说明  $A_s$  过大, 受压钢筋应力达不到  $f_y'$ , 式已不适用, 此时可假定: 力臂  $= (h_0 - a'_s)$

则 
$$A_s = \frac{M}{f_y (h_0 - a'_s)}$$

当  $a'_s/h_0$  较大

若  $a_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b \xi h_0} < 2 \frac{\alpha'_s}{h_0} (1 - \frac{\alpha'_s}{h_0})$  时

按单筋梁确定受拉钢筋截面面积  $A_s$ , 以节约钢材。

## 2. 截面校核：

已知：正截面弯矩设计值 $M$ 、混凝土强度等级及钢筋强度等级、构件截面尺寸 $b$ 及 $h$ 、受拉钢筋截面面积 $A_s$ 及受压钢筋截面面积 $A_s'$ 。

求：正截面受弯承载力设计值 $M_u$



当  $x < 2a_s'$ ,

截面此时  $A_s'$  并未充分利用, 由求得

$$M_u = A_s f_y (h_0 - a_s')$$

当  $2a_s \leq x \leq \xi_b h_0$

截面处于适筋状态, 将  $x$  代入式求得  $M_u$ :

$$M_u = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + A_s' f_y' (h_0 - a_s')$$

当  $x > \xi_b h_0$

截面处于超筋状态, 应取  $x = x_b$ , 则由式求得:

$$M_u = A_s' f_y' (h_0 - a_s') + \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2})$$

## 【例5-4】

已知：矩形截面梁 **$b \times h = 200 \times 500\text{mm}$** ；弯矩设计值 **$M = 330\text{kNm}$** ，混凝土强度等级为**C40**，钢筋采用**HRB335**级钢筋，即**II级**钢筋；环境类别为**一级**。

求：所需受压和受拉钢筋截面面积 **$A_s$** 、 **$A'_s$**

## 【解】

由附表（纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度表）知，环境类别为一级，假定受拉钢筋放两排，设保护层最小厚度为  $a_s$ ，故设  $a_s=60\text{mm}$ ，则

$$h_0=500-60=440\text{mm}$$

由混凝土和钢筋等级，查附表（混凝土强度设计值表、普通钢筋强度设计值表），得：

$$f_c=19.1\text{N/mm}^2, f_y=300\text{N/mm}^2, f_y'=300\text{N/mm}^2,$$

由表知：

$$\alpha_1=1.0, \beta_1=0.8$$

由表知：

$$\xi_b=0.55$$

1) 求计算系数:

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = \frac{330 \times 10^6}{1.0 \times 19.1 \times 200 \times 400^2}$$
$$= 0.446$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.446}$$
$$= 0.672 > \xi_b = 0.55$$

∴应设计成双筋矩形截面。

取  $\xi = \xi_b$ ,

$$\begin{aligned}M_u &= \alpha_1 f_c b h_0^2 \xi \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) \\&= 1.0 \times 19.1 \times 200 \times 440^2 \times 0.55 \times (1 - 0.5 \times 0.55) \\&= 294.9 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s' &= \frac{M - M_{u2}}{f_s' (h_0 - \alpha_s')} = \frac{330 \times 10^6 - 294.9 \times 10^6}{300 \times (400 - 35)} \\&= 288.9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

由式：

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\alpha_1 f_c b \xi_b h_0 + A_s' f_y'}{f_y} \\ &= \frac{1.0 \times 19.1 \times 0.55 \times 200 \times 440}{300} + 288.9 \times \frac{300}{300} \\ &= 3370.4 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

受拉钢筋选用7  $\phi 25$ ， $A_s=3436\text{mm}^2$ 。受压钢筋选用

2  $\phi 12$ mm的钢筋， $A_s' = 308\text{mm}^2$

## 【例5-5】

已知：矩形截面梁 $b \times h = 200 \times 500\text{mm}$ ；弯矩设计值 $M = 330\text{kNm}$ ，混凝土强度等级为C40，钢筋采用HRB335级钢筋，即II级钢筋；环境类别为一级。受压钢筋选用 $3 \phi 20\text{mm}$ 钢筋， $A_s' = 941\text{mm}^2$ 。

求：所需受拉钢筋截面面积 $A_s$

## 【解】

由附表（纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度表）知，环境类别为一级，假定受拉钢筋放两排，设保护层最小厚度为  $a_s$ ，故设  $a_s=60\text{mm}$ ，则

$$h_0=500-60=440\text{mm}$$

由混凝土和钢筋等级，查附表（混凝土强度设计值表、普通钢筋强度设计值表），得：

$$f_c=19.1\text{N/mm}^2, f_y=300\text{N/mm}^2, f_y'=300\text{N/mm}^2$$

,

由表知： $\alpha_1=1.0, \beta_1=0.8$

由表知： $\xi_b=0.55$



$$\begin{aligned}M_{u1} &= f_y' A_s' (h_0 - \alpha_s') = 300 \times 941 \times (400 - 35) \\ &= 215.7 \times 10^6\end{aligned}$$

则：

$$\begin{aligned}M_{u2} &= M_u - M_{u1} = 330 \times 10^6 - 114.3 \times 10^6 \\ &= 215.7 \times 10^6\end{aligned}$$

已知 $M_1$ 后，就按单筋矩形截面求 $A_{s1}$ 。设

$$a_s=60\text{mm}、h_0=500-60=440\text{mm}。$$

$$\alpha_s = \frac{M_{u2}}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = \frac{215.7 \times 10^6}{1.0 \times 19.1 \times 200 \times 440^2}$$
$$= 0.292$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.292}$$
$$= 0.355$$

$< \xi_b = 0.55$ , 满足使用条件)

$$x = \xi b_0 = 0.355 \times 440 = 156 \text{ mm}$$

$> 2a'_s = 120 \text{ mm}$ , 满足使用条件).

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/176203111151011005>