



第11章

联接件的剪切与挤压的工程实用计算



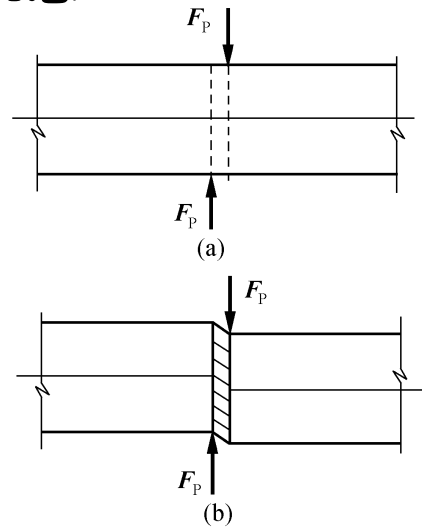
主要内容

- 剪切与挤压的概念
- 剪切与挤压的工程实用计算
- 联接件的剪切与挤压强度计算算例

剪切与挤压的概念

• 剪切变形

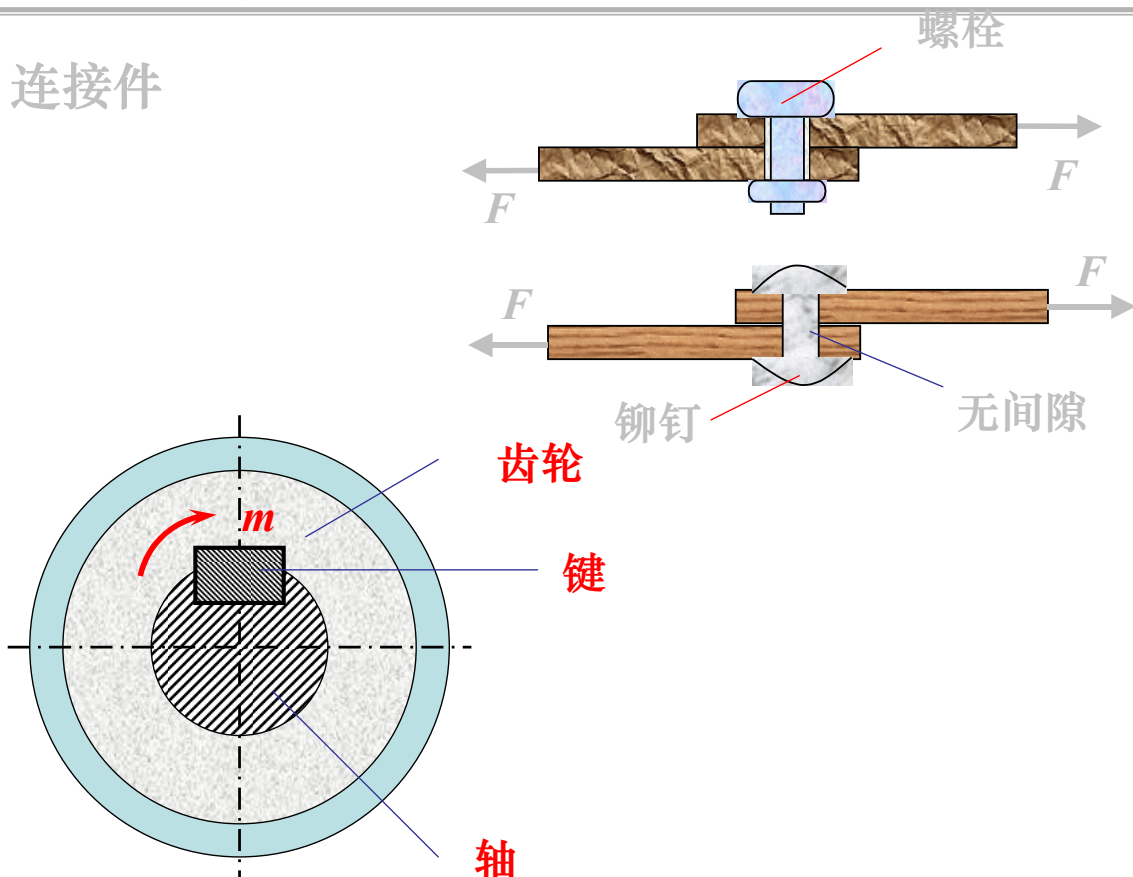
- 当杆件受到一对大小相等、方向相反、作用线很接近的横向力（即垂直于杆轴方向的力）作用时，两力间的截面将沿着力的作用线方向发生相对的错动。

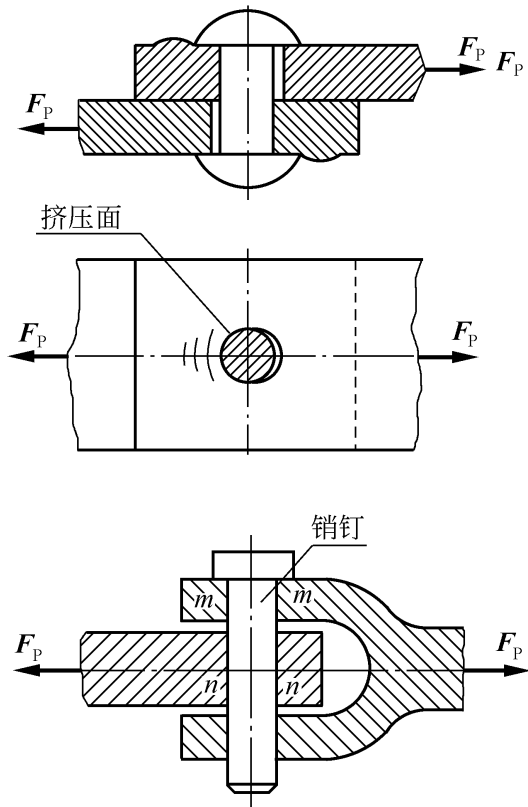


• 联接件

- 在构件连接处起连接作用的部件，称为联接件。例如：螺栓、铆钉、销钉、键等。联接件虽小，起着传递载荷的作用。

联接件

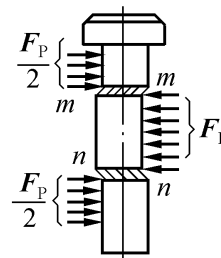




• **剪切面：**
- 发生相对错动的截面。

- **单剪：** 构件上只有一个剪切面。
- **双剪：** 构件上同时存在两个剪切面。

• **挤压变形：**
- 联接件与被联接件在相互接触表面上发生的局部受压现象。
- 挤压（接触）面



剪切与挤压的工程实用计算

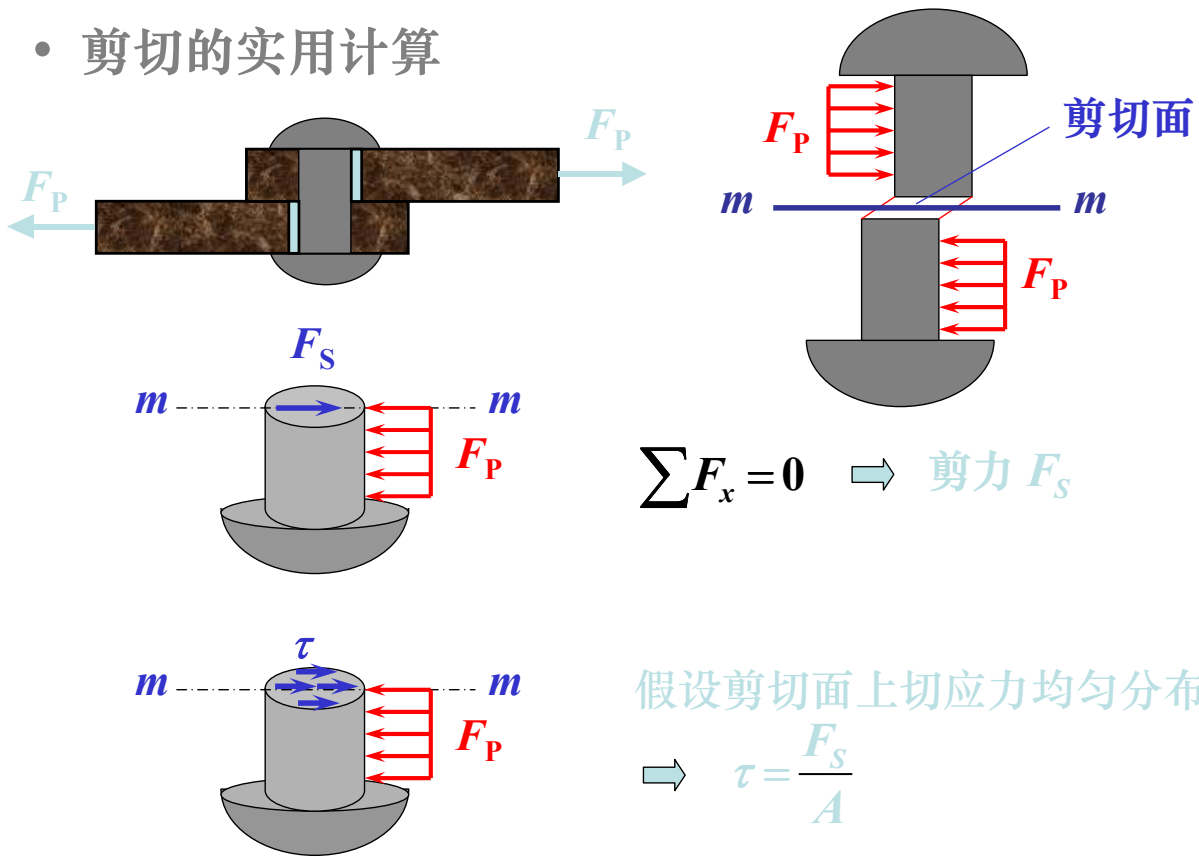
实用计算方法： 根据构件的破坏可能性，采用能反映受力基本特征，并简化计算的假设，计算其名义应力，然后根据直接试验的结果，确定其相应的许用应力，以进行强度计算。

适用： 构件体积不大，真实应力相当复杂情况，如联接件等。

实用计算假设：

- 假设切应力在整个剪切面上均匀分布，等于剪切面上的平均应力。
- 假设挤压应力在计算挤压面上均匀分布，等于计算挤压面上的平均应力。

• 剪切的实用计算



• 强度条件

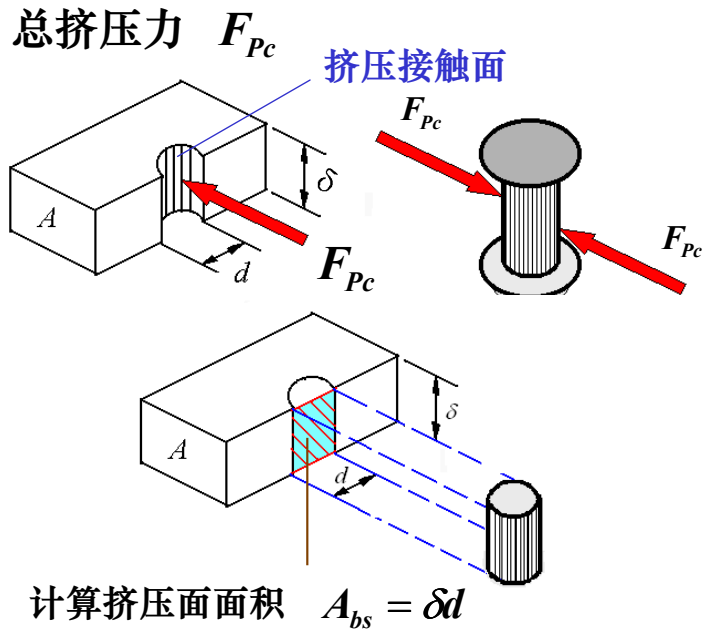
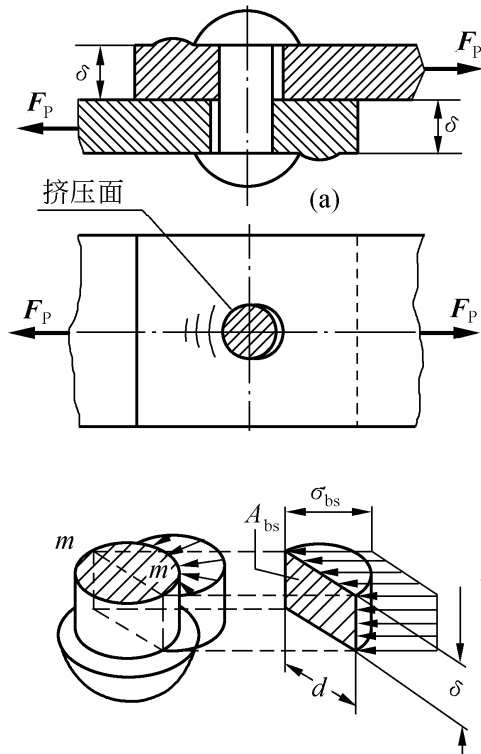
剪切强度极限 $\tau_b = \frac{F_{Sb}}{A}$ 剪切破坏实验确定

许用切应力 $[\tau] = \frac{\tau_b}{n_b}$

剪切实用计算的强度条件 $\tau = \frac{F_S}{A} \leq [\tau]$

对于钢材 $[\tau] = (0.75 \sim 0.8)[\sigma]$

• 挤压的实用计算



假设挤压应力在计算挤压面上均匀分布。

$$\Rightarrow \text{名义挤压应力 } \sigma_{bs} = \frac{F_{Pc}}{A_{bs}}$$

• 强度条件

挤压强度条件
$$\sigma_{bs} = \frac{F_{Pc}}{A_{bs}} \leq [\sigma_{bs}]$$

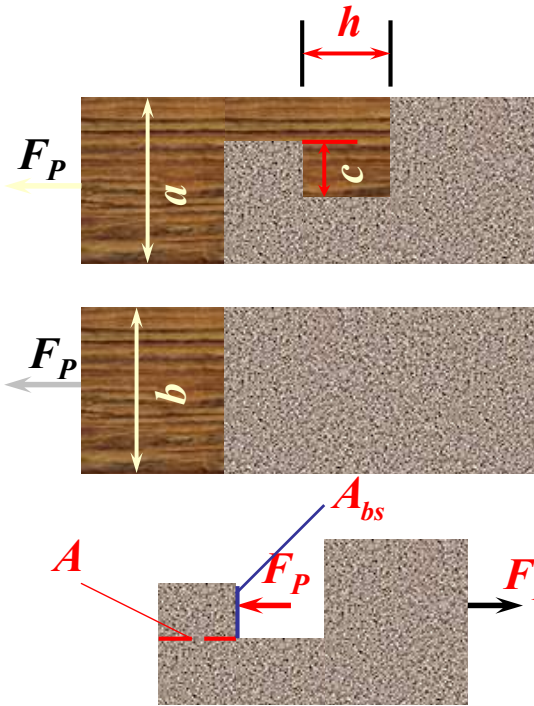
许用挤压应力 $[\sigma_{bs}]$

对于钢材 $[\sigma_{bs}] = (1.7 \sim 2.0)[\sigma]$

- * 当联接件与被联接件材料不同时，应对许用挤压应力较低的构件进行挤压强度计算。

练习 木榫接头如图所示， $a = b = 12\text{cm}$ ， $h = 35\text{cm}$ ， $c = 4.5\text{cm}$ ，

$F_P = 40\text{kN}$ 试求接头的切应力和挤压应力。



解：① 受力分析

剪切 $A = bh$, $F_S = F_P$

挤压 $A_{bs} = cb$, $F_{Pc} = F_P$

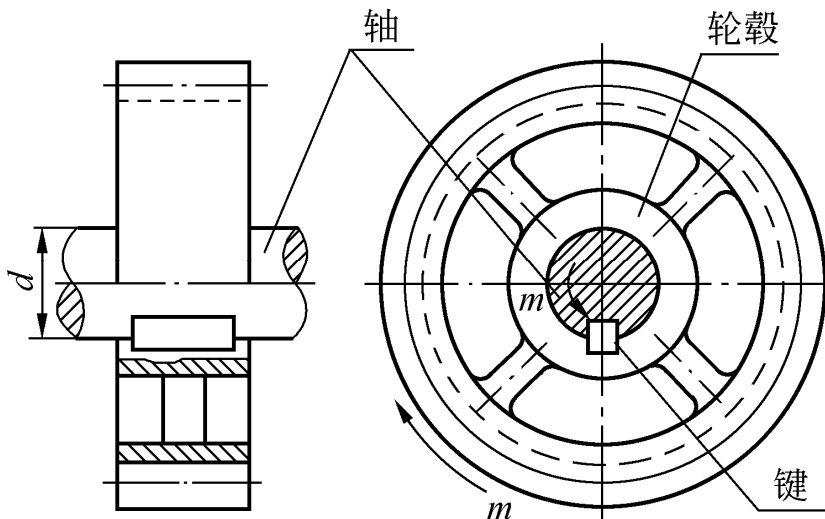
② 切应力和挤压应力

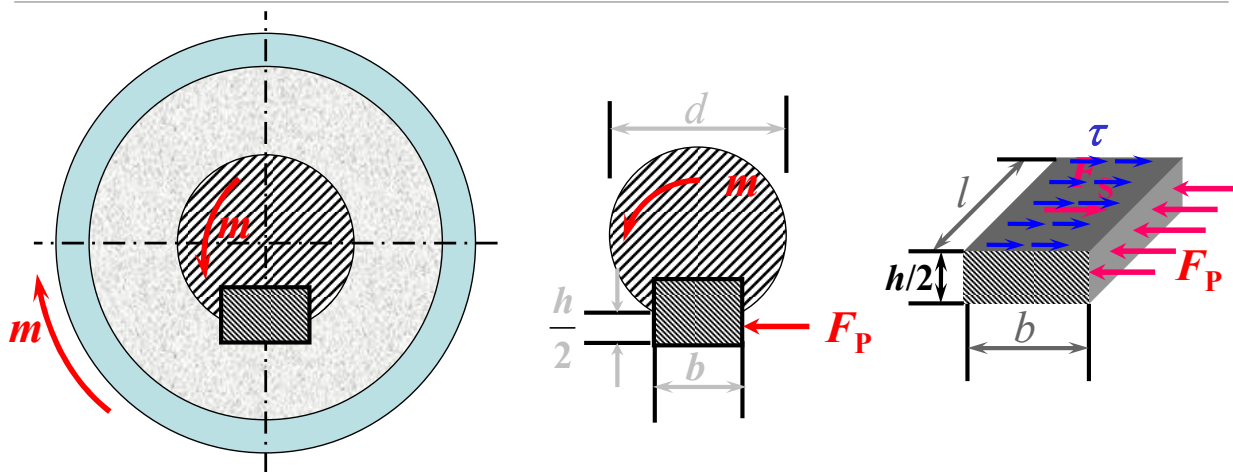
$$\tau = \frac{F_S}{A} = \frac{F_P}{bh} = 0.952\text{MPa}$$

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{Pc}}{A_{bs}} = \frac{F_P}{cb} = 7.4\text{MPa}$$

• 联接件的剪切与挤压强度计算算例

- 例11-1 齿轮传动轴，直径 $d = 50\text{mm}$ ，通过平键将转矩 $m = 720\text{N}\cdot\text{m}$ 传递给齿轮。已知平键键宽 $b = 16\text{mm}$ ，键高 $h = 10\text{mm}$ ，键长 $l = 45\text{mm}$ ，键材料的许用切应力 $[\tau] = 110\text{MPa}$ ，许用挤压应力 $[\sigma_{bs}] = 250\text{MPa}$ 。试校核平键的强度。



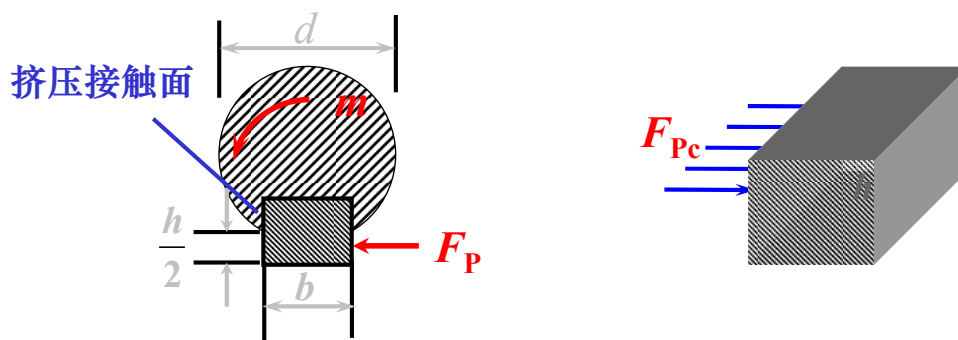


• 解： (1) 剪切强度校核 $\sum M_O = m - F_P \frac{d}{2} = 0 \Rightarrow F_P = 28.8kN$

$\sum F_x = 0 \Rightarrow$ 剪力 $F_S = F_P = 28.8kN$

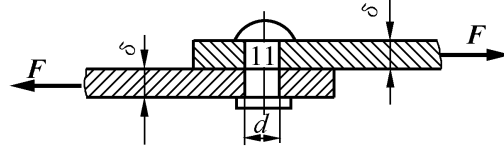
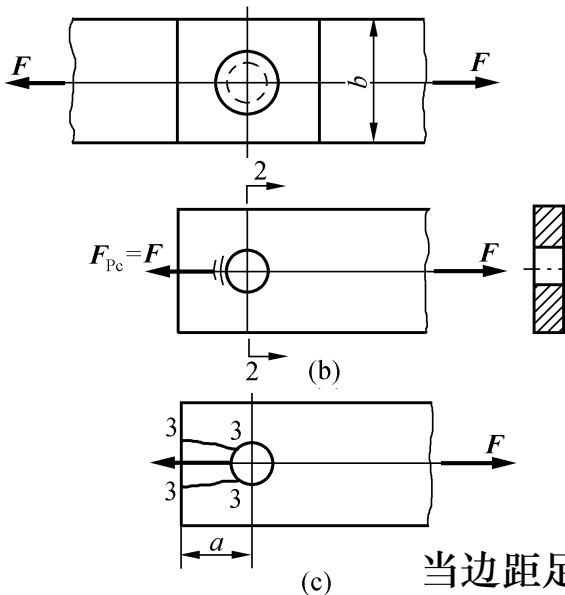
切应力 $\tau = \frac{F_S}{A} = \frac{F_S}{bl} = 40MPa$

$\tau < [\tau] = 110MPa$ 满足剪切强度条件



(2) 挤压强度校核

- 例11-2 铆钉接头承受拉力 F 作用，板厚 $\delta=2\text{mm}$ ，板宽 $b=15\text{mm}$ ，铆钉直径 $d=4\text{mm}$ ；铆钉和钢板材料相同，许用切应力 $[\tau]=100\text{MPa}$ ，许用挤压应力 $[\sigma_{bs}]=300\text{MPa}$ ，许用拉应力 $[\sigma]=160\text{MPa}$ 。试确定拉力 F 的许可值。



• 铆接接头的破坏形式：

- 铆钉沿横截面1-1被剪断；
- 铆钉与钢板孔壁产生挤压破坏；
- 钢板沿截面2-2被拉断；
- 钢板沿截面3-3被剪断。

当边距足够大，钢板被剪断的破坏通常可以避免。

- 解：（1）铆钉的剪切强度分析

$$\text{剪力 } F_S = F \quad \text{切应力 } \tau = \frac{F_S}{A} = \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$\tau \leq [\tau] \Rightarrow F \leq \frac{\pi d^2 [\tau]}{4} = 1256\text{N}$$

- （2）铆钉及钢板的挤压强度分析

$$\text{挤压力 } F_{Pc} = F \quad \text{名义挤压应力 } \sigma_{bs} = \frac{F_{Pc}}{A_{bs}} = \frac{F}{\delta d}$$

$$\sigma_{bs} \leq [\sigma_{bs}] \Rightarrow F \leq \delta d [\sigma_{bs}] = 2400\text{N}$$

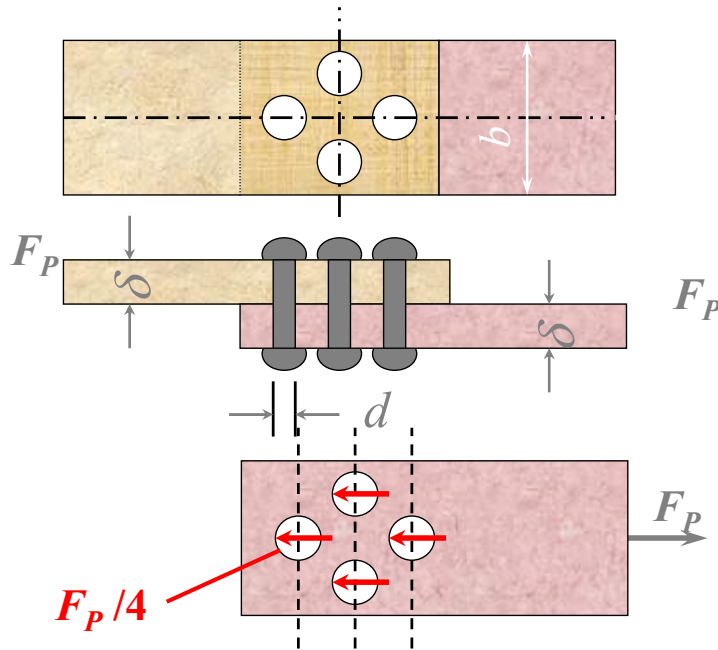
- （3）钢板的拉伸强度分析

$$\text{拉力 } F_N = F \quad \text{最大拉应力 } \sigma = \frac{F_N}{A_{\min}} = \frac{F}{(b-d)\delta}$$

$$\sigma \leq [\sigma] \Rightarrow F \leq (b-d)\delta [\sigma] = 3520\text{N}$$

$$\Rightarrow \text{综上，许可拉力 } [F] = 1256\text{N}$$

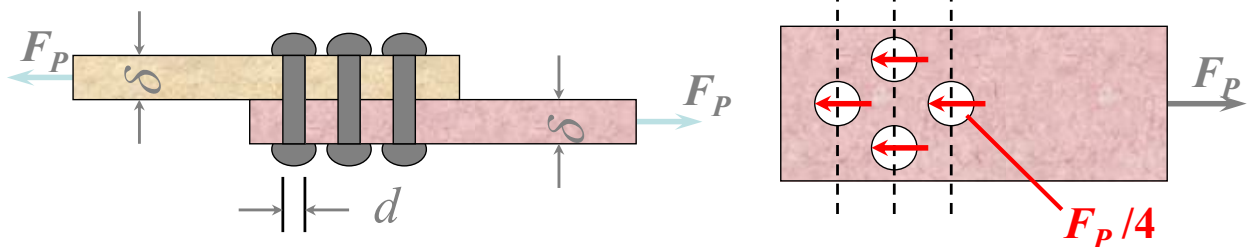
- 例11-3** 搭接铆接件所受拉力 $F_P = 100\text{kN}$ ，试校核该铆接头的强度。已知板厚 $\delta = 10\text{mm}$ ，板宽 $b = 100\text{mm}$ ，铆钉直径 $d = 16\text{mm}$ ；钢板和铆钉的材料相同，其许用拉应力 $[\sigma] = 170\text{MPa}$ ，许用切应力 $[\tau] = 140\text{MPa}$ ，许用挤压应力 $[\sigma_{bs}] = 200\text{MPa}$ 。



解： 受力分析

外力作用线通过铆钉组横截面的形心，且各铆钉的材料和直径均相同，可假设每个铆钉受力相等。

$$F_{Pi} = F_P/4$$



(1) 各铆钉的剪切强度校核

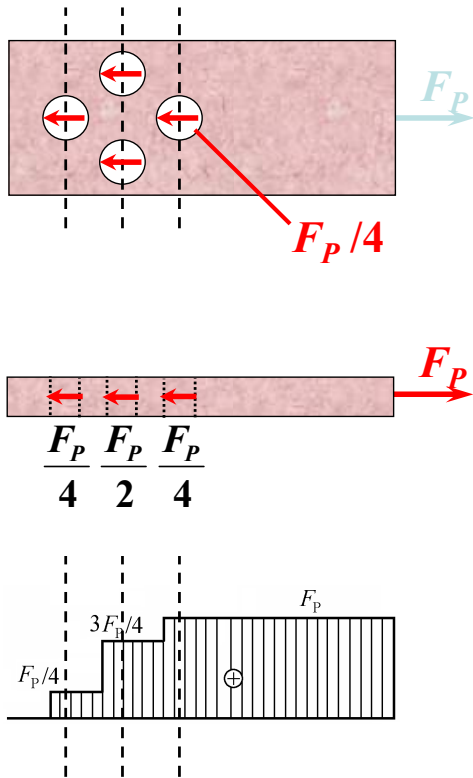
$$\text{剪力 } F_S = \frac{F_P}{4} \quad \text{切应力 } \tau = \frac{F_S}{A} = \frac{F_P/4}{\pi d^2/4} = 124\text{MPa}$$

$$\tau < [\tau] = 140\text{MPa} \Rightarrow \text{铆钉满足剪切强度条件}$$

(2) 铆钉及钢板的挤压强度校核

$$\text{挤压力 } F_{Pc} = \frac{F_P}{4} \quad \text{名义挤压应力 } \sigma_{bs} = \frac{F_{Pc}}{A_{bs}} = \frac{F_P/4}{\delta d} = 156\text{MPa}$$

$$\sigma_{bs} < [\sigma_{bs}] = 200\text{MPa} \Rightarrow \text{铆钉及钢板满足挤压强度条件}$$



(3) 钢板的拉伸强度校核

受力 \Rightarrow 轴力

$$(\sigma)_{1-1} = \frac{F_{N1}}{(b-d)\delta} = \frac{F_P}{(b-d)\delta} = 119\text{MPa}$$

$$(\sigma)_{2-2} = \frac{F_{N2}}{(b-2d)\delta} = \frac{3F_P/4}{(b-2d)\delta} = 110\text{MPa}$$

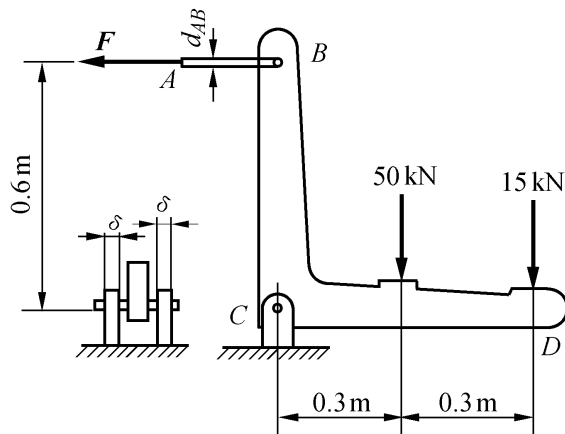
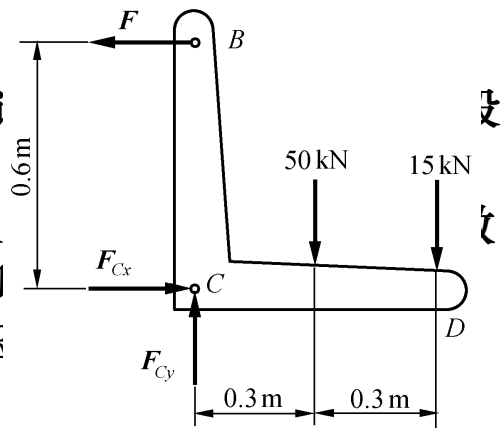
$$\sigma_{\max} = 119\text{MPa} < [\sigma] = 170\text{MPa}$$

\Rightarrow 钢板满足拉伸强度条件

\Rightarrow 综上，整个搭接接头是安全的。

例11-4 托架受力如图，试分析：

- (1) 已知控制杆AB由钢制成，拉伸许用应力的直径 d_{AB} 。
- (2) C处销钉由钢制成，剪切强度极限 $n_b=3.3$ ，按剪切强度条件设计销钉的
- (3) 已知C处支承板材料的许用挤压强度条件确定支承板的厚度 δ 。



解： 受力分析

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 &\Rightarrow F = 40\text{kN} \\ \sum F_y = 0 &\Rightarrow F_{Cx} = 40\text{kN} \\ \sum M_C = 0 &\Rightarrow F_{Cy} = 65\text{kN} \end{aligned}$$

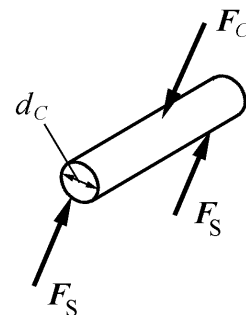
(1) 设计AB杆的直径 d_{AB}

$$\sigma = \frac{F_N}{A} = \frac{F}{\pi d_{AB}^2/4} \leq [\sigma] \Rightarrow d_{AB} \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]}} = 16.83\text{mm}$$

(2) 按剪切强度条件设计销钉的直径 d_C

$$F_S = F_C/2 \quad \tau = \frac{F_S}{A} = \frac{F_C/2}{\pi d_C^2/4} \leq [\tau] = \frac{\tau_b}{n_b}$$

$$\Rightarrow d_C \geq \sqrt{\frac{2F_C n_b}{\pi \tau_b}} = 21.4\text{mm}$$



(3) 确定支承板的厚度 δ

$$F_{Pc} = F_C/2 \quad A_{bs} = d_C \delta$$

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{Pc}}{A_{bs}} = \frac{F_C/2}{d_C \delta} \leq [\sigma_{bs}]$$

$$\Rightarrow \delta \geq \frac{F_C}{2d_C [\sigma_{bs}]} = 5.78\text{mm}$$

