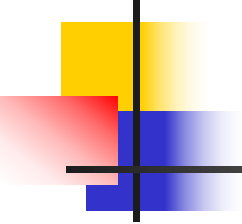


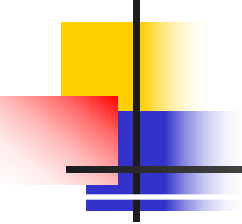
学习情境 七

工程构件剪切与挤压承载能力设计



能力目标

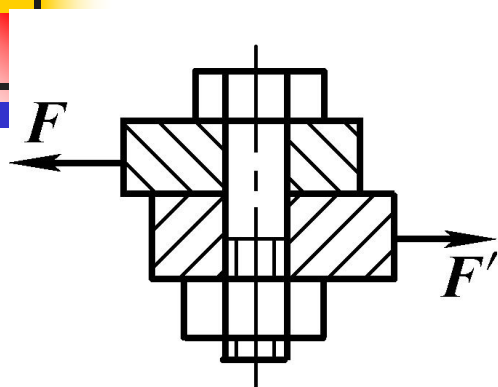
- 能够分析哪些工程构件受剪切与挤压作用，并求其内力。
- 能够根据工程需要设计合格的承受剪切与挤压作用的构件或校核构件的强度。
- 能够确定某一杆件所能承受的最大剪切与挤压载荷。



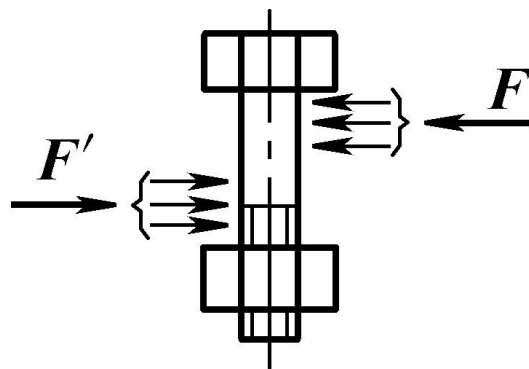
学习内容

- ◆ 7.1 剪切的工程实例及应用计算
- ◆ 7.2 挤压的工程实例及应用计算

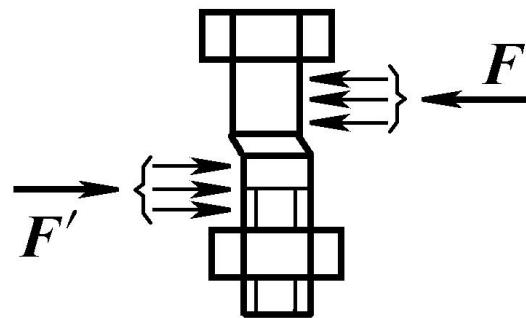
案例导入



a)



b)



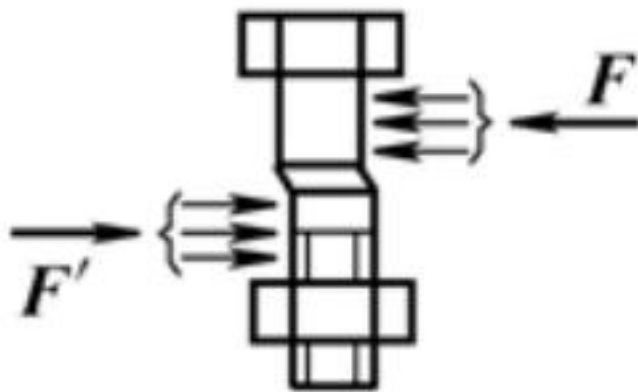
c)

螺栓联接

在 F 和 F' 的作用面上，会产生局部压缩变形，称为**挤压**。
发生挤压作用面称为**挤压面**，挤压面上的内力称为**挤压力**。

在 F 和 F' 两个力的交界面处，发生相对错动，称为**剪切**。
发生剪切的面称为**剪切面**，在剪切面上的内力称为**剪力**。

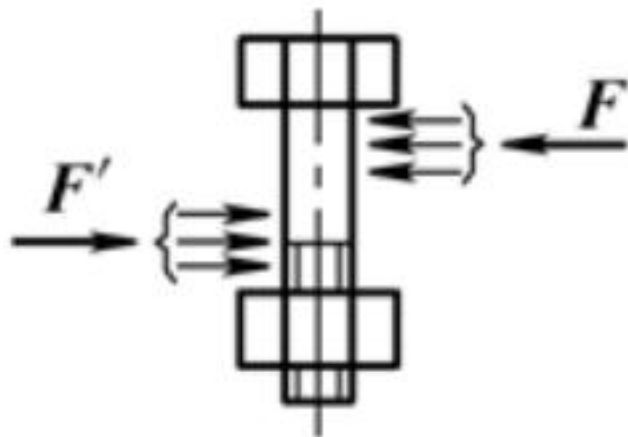
剪切的受力与变形特点



剪切的受力特点：沿构件横向作用等值、反向、作用线相距很近的一对外力。

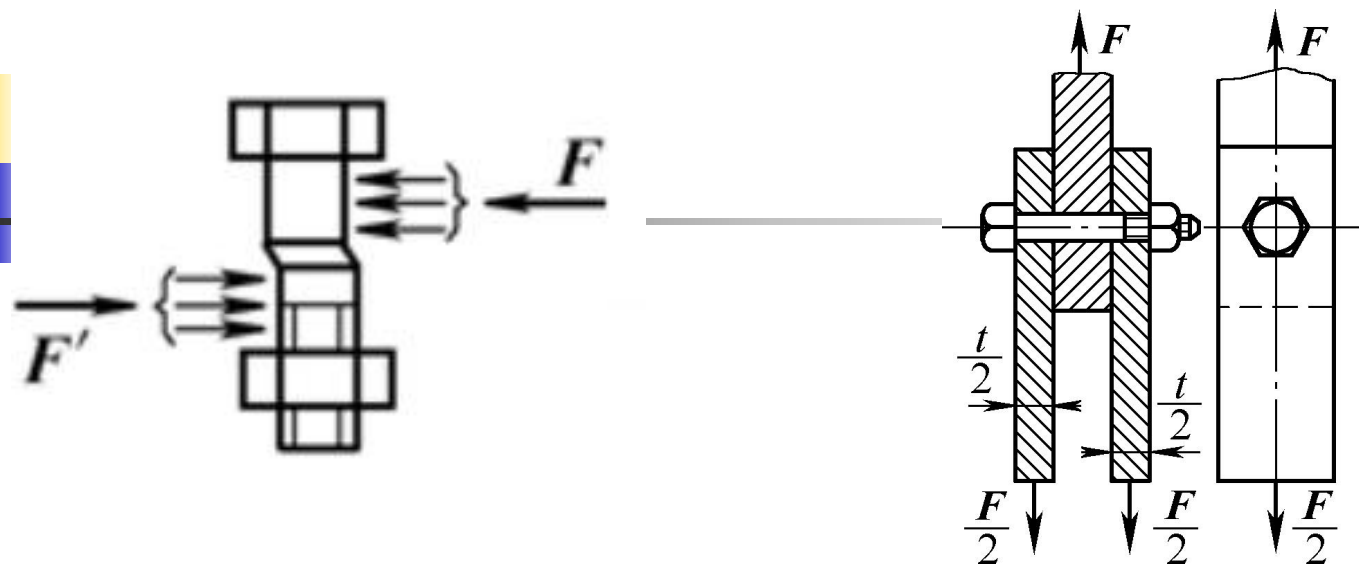
剪切的变形特点：夹在两外力作用线之间剪切面发生了相对错动。

挤压的受力与变形特点



挤压的受力特点：联接件接触面相互作用而压紧。

挤压的变形特点：联接件接触面局部范围内发生塑性变形或压溃。



- 剪切面与外力方向平行

如果构件只有一个剪切面，称为**单剪**，如左图所示；
如果有两个剪切面称为**双剪**，如右图所示。

- 挤压面与外力方向垂直。

7.1 剪切的工程实例及应用计算

一、剪切的内力和应力分析

以图示的螺栓为例进行分析

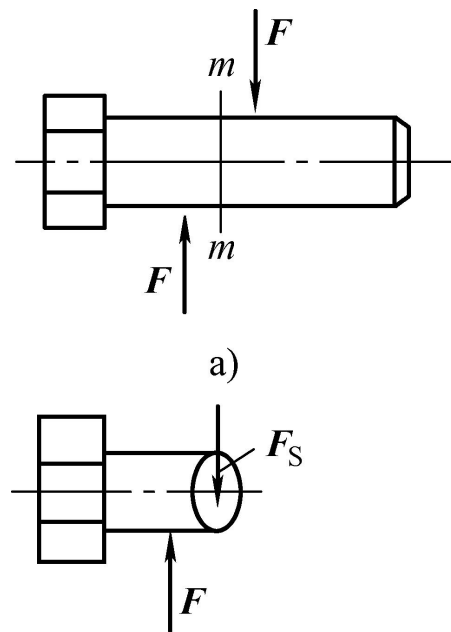
将螺栓假想地沿剪切面 $m-m$ 切开，
取左边为研究对象

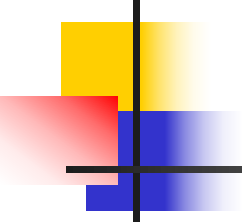
根据静力平衡条件 $\sum F = 0$

在剪切面上必然有一个与 F 平行的分布内力系的合力 F_S 作用，且

$$F_S = F$$

F_S 与剪切面 $m-m$ 相切，就是截面 $m-m$ 上的内力，称为**剪力**。

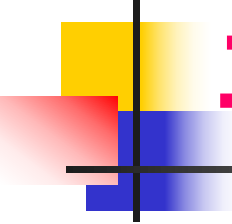




联接件一般实际受力和变形情况比较复杂，工程中为了便于计算，通常认为应力在剪切面内是均匀分布的，若 A 为剪切面面积，则应力为

$$\tau = \frac{F_s}{A}$$

τ 称为切应力。



二、剪切的强度条件及应用计算

为了保证联接件工作时的安全可靠，要求切应力不超过材料的许用切应力。

剪切的强度条件为：

$$\tau = \frac{F_s}{A} \leq [\tau]$$

式中， $[\tau]$ 为材料的许用切应力。

此公式也可以通过转换用于计算联接件满足剪切强度的最小面积和联接件承受的最大载荷。

【例7-1】 如图所示联接件中，已知 $F = 200\text{kN}$ ， $t = 20\text{mm}$ ，螺栓之 $[\tau] = 80\text{MPa}$ 、 $[\sigma_{bs}] = 200\text{MPa}$ （暂不考虑板的强度），试求所需螺栓的最小直径。

解： 螺栓受力情况如图b所示
可求得：

$$F_s = F / 2$$

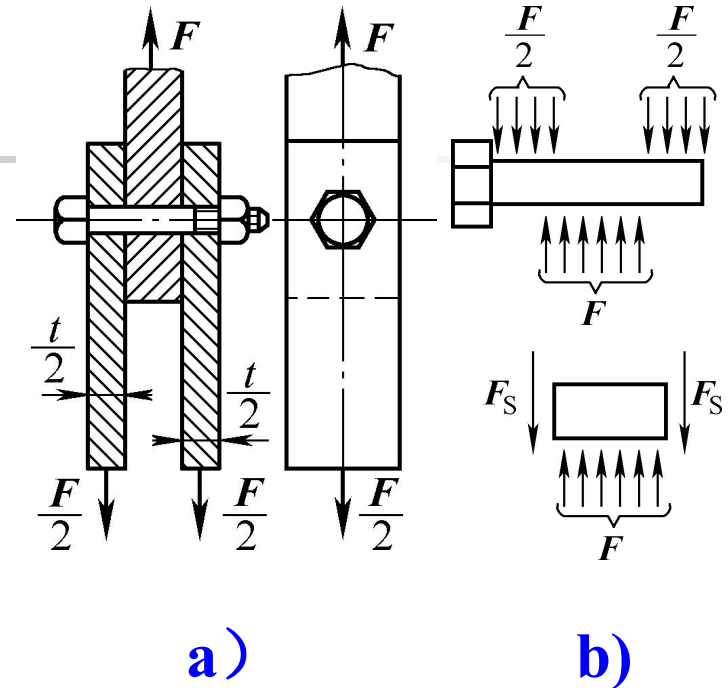
按剪切强度设计：两个剪切面的受力情况是一样的。
设螺栓直径为 d 。则：

$$A = \pi d^2 / 4$$

根据 $\tau = \frac{F_s}{A} \leq [\tau]$ 即 $\tau = \frac{2F}{\pi d^2} \leq [\tau]$

得 $d \geq \sqrt{\frac{2F}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{2 \times 200 \times 10^3 \text{ N}}{\pi \times 80 \text{ MPa}}} = 31.6 \text{ mm}$

故取螺栓最小直径为**32mm**。



7.2 挤压的工程实例及应用计算

用 F_{bs} 表示挤压力，用 A_{bs} 表示挤压面面积，由挤压力引起的应力称为挤压应力，用 σ_{bs} 表示。

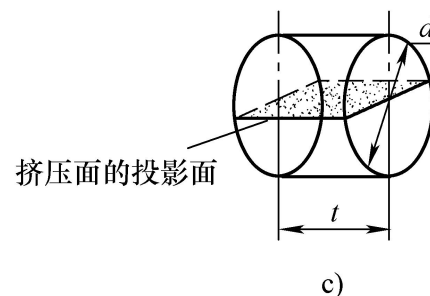
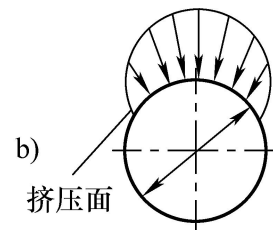
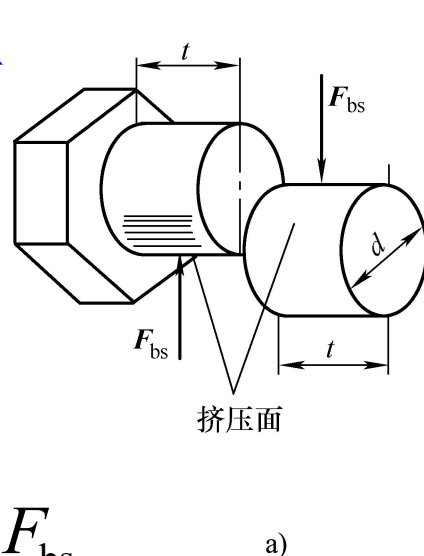
在挤压面上的挤压应力分布相当复杂，工程中通常认为挤压应力在挤压面上是均匀分布的。

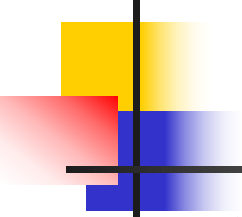
挤压应力计算公式：

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{bs}}{A_{bs}}$$

当挤压面为平面时，挤压面积等于实际挤压面积；

当挤压面为圆柱面时，挤压面积等于半圆柱面的正投影面积，即 $A_{bs}=td$ ，如图c所示。





为了保证构件在挤压的情况下能够正常工作，必须限制其挤压应力不超过材料的许用挤压应力 $[\sigma_{bs}]$ 。

挤压的强度条件：

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{bs}}{A_{bs}} \leq [\sigma_{bs}]$$

许用挤压应力 $[\sigma_{bs}]$ 可从有关手册中查得。

此公式也可以通过转换用于计算联接件满足挤压强度的最小面积和联接件承受的最大载荷。

【例7-1】续 如图所示联接件中，已知 $F = 200\text{kN}$ ， $t = 20\text{mm}$ ，螺栓之 $[\tau] = 80\text{MPa}$ 、 $[\sigma_{bs}] = 200\text{MPa}$ （暂不考虑板的强度），试求所需螺栓的最小直径。

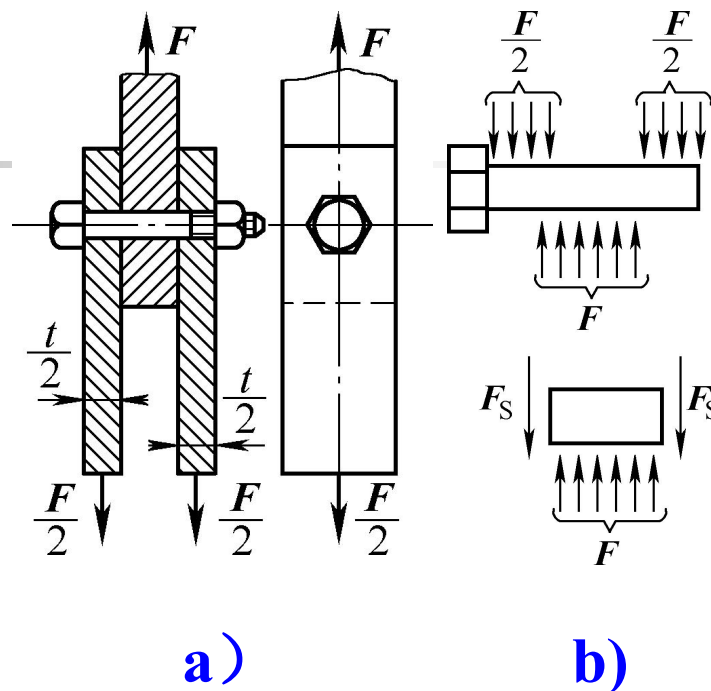
前面解决满足剪切强度的螺栓最小直径，下面按照挤压强度计算。

挤压力为 F ，挤压面积为 $A_{bs} = td$ ，因此

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{bs}}{A_{bs}} = \frac{F}{td} \leq [\sigma_{bs}]$$

得：

$$d \geq \frac{F}{t[\sigma_{bs}]} = \frac{200 \times 10^3 \text{ N}}{20 \times 200 \text{ MPa}} = 50 \text{ mm}$$



按剪切强度计算最小直径为32mm，而按挤压强度计算最小直径为50mm，要同时满足剪切强度和挤压强度的要求，应该取50mm。

【例7-2】 如图所示冲床的最大冲压力为400kN，冲头材料的 $[\sigma_{bs}] = 440\text{MPa}$ ，被冲剪钢板的需用剪应力 $[\tau] = 360\text{MPa}$ ，求在最大冲压力作用下所能冲剪的圆孔的最小直径 $d_{\min}$ ，以及这时所能冲剪的钢板的最大厚度 $t_{\max}$ 。

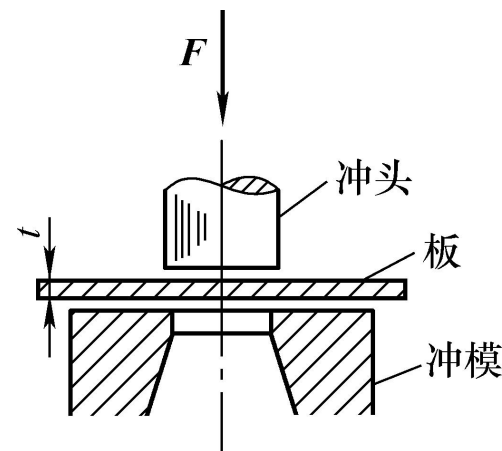
解 (1) 确定圆孔的最小直径 d 。

冲剪的孔径等于冲头的直径，冲头工作时需要满足抗挤压强度条件，即

$$\sigma_{bs} = \frac{F_{bs}}{A_{bs}} = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\sigma_{bs}]$$

得
$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma_{bs}]}} = \sqrt{\frac{4 \times 400 \times 10^3 \text{ N}}{\pi \times 440 \times 10^6 \text{ Pa}}} = 0.034\text{m} = 34\text{mm}$$

取最小直径为34mm。



(2) 确定钢板的最大厚度 t 。

冲剪时钢板剪切面为与 F 平行的圆柱面，面积 $A = \pi dt$

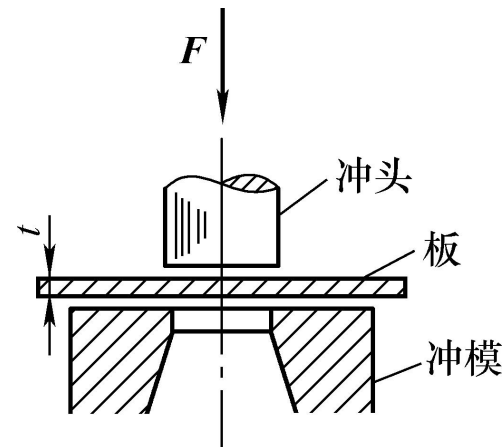
剪切力 $F_S = F$

为能冲剪成孔，需要满足条件：

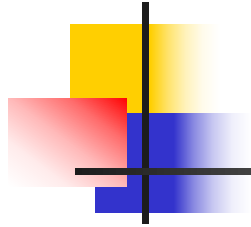
$$\tau = \frac{F_S}{A} = \frac{F}{\pi dt} \geq [\tau]$$

得

$$t \leq \frac{F}{\pi d [\tau]} = \frac{400 \times 10^3 \text{ N}}{\pi \times 35 \times 10^{-3} \times 360 \times 10^6 \text{ Pa}}$$
$$= 10.1 \times 10^{-3} \text{ m} = 10.1 \text{ mm}$$



故取钢板的最大厚度为**10.1mm**。



END