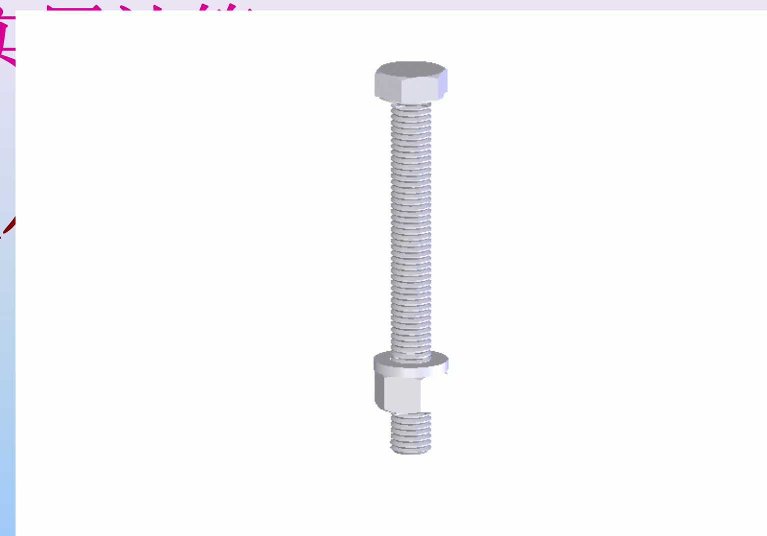
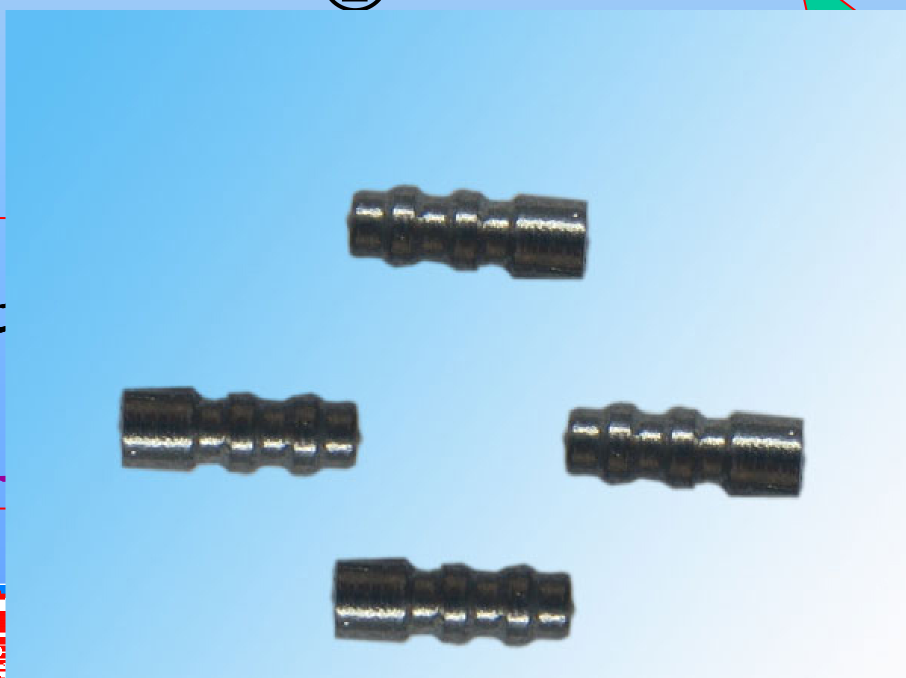
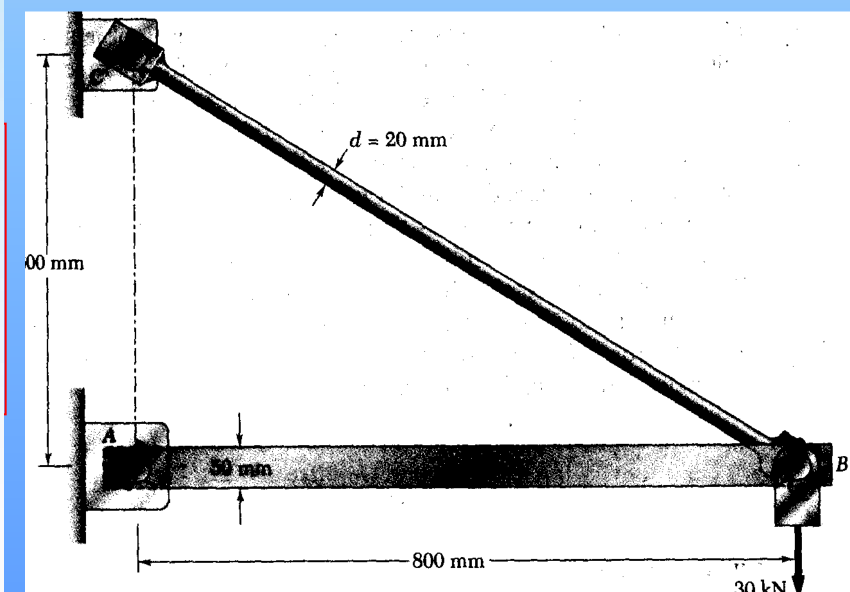
第三章 剪切实用计算

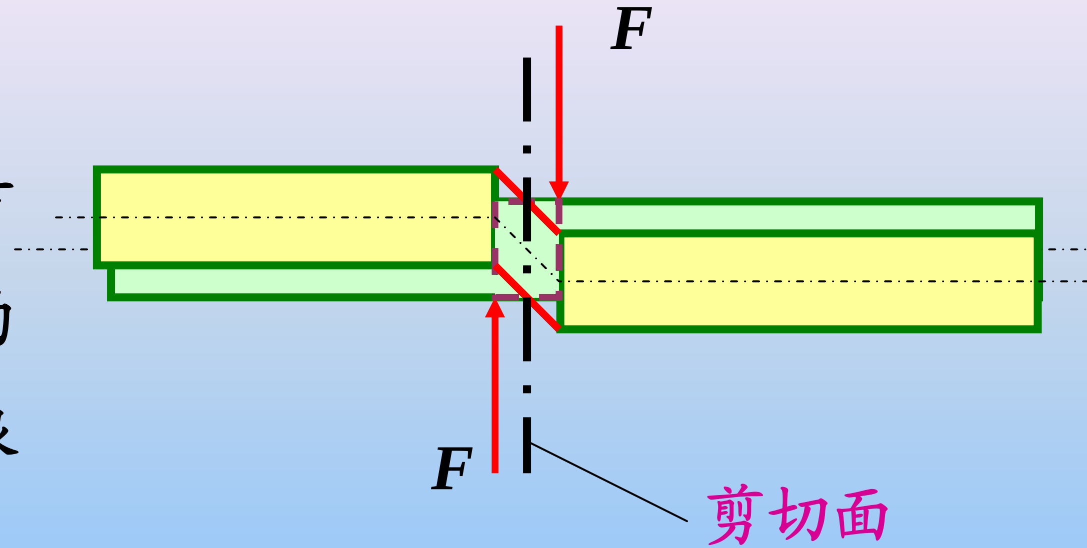






d = 20 mm
00 mm
A
50 mm
B
800 mm
30 kN

*受力特征:



杆件受到两个大小相等，方向相反、作用线垂直于杆的轴线并且相互平行且相距很近的力的作用。

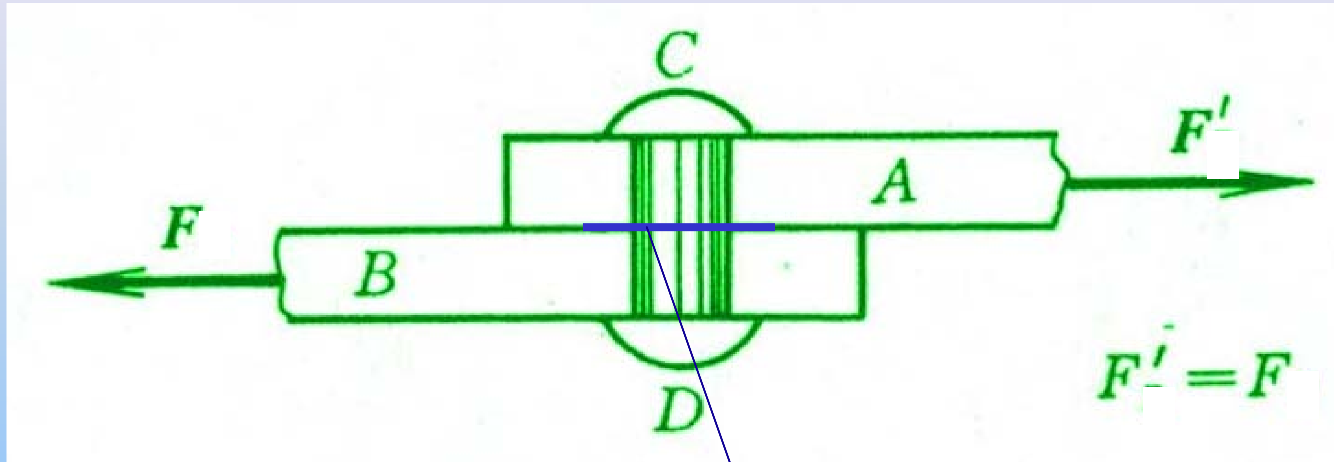
*变形特征:

杆件沿两力之间的截面发生错动，直至破坏（小矩形 ）。

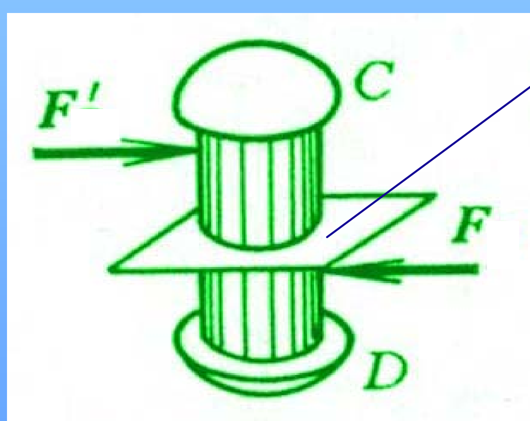
剪切面： 发生错动的面。

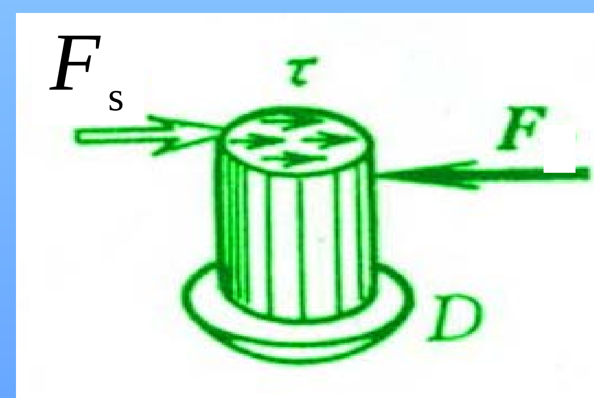
单剪： 有一个剪切面的杆件，如铆钉。

单剪

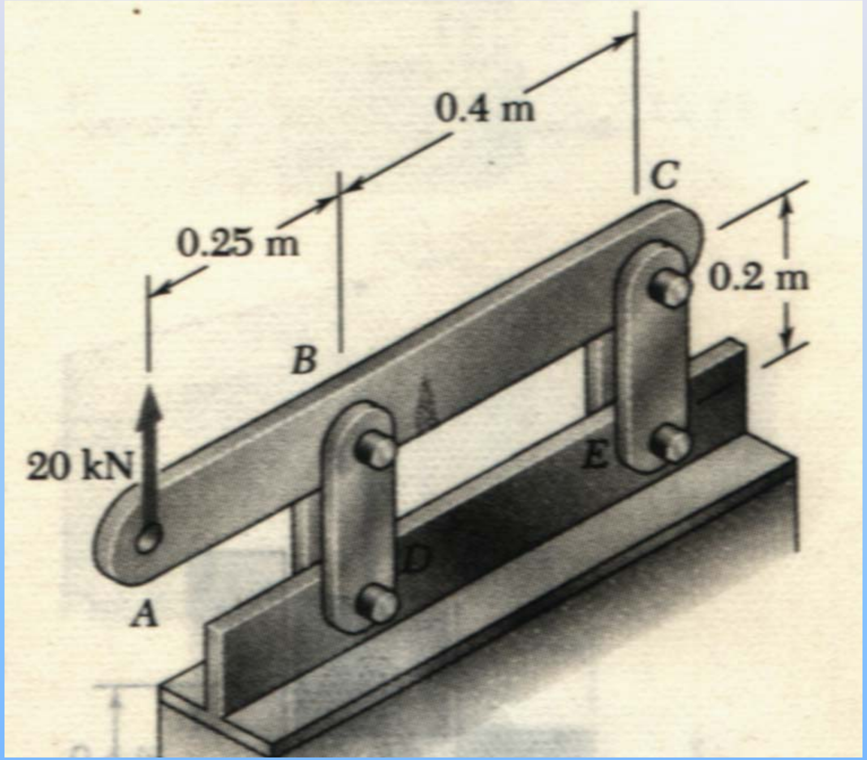


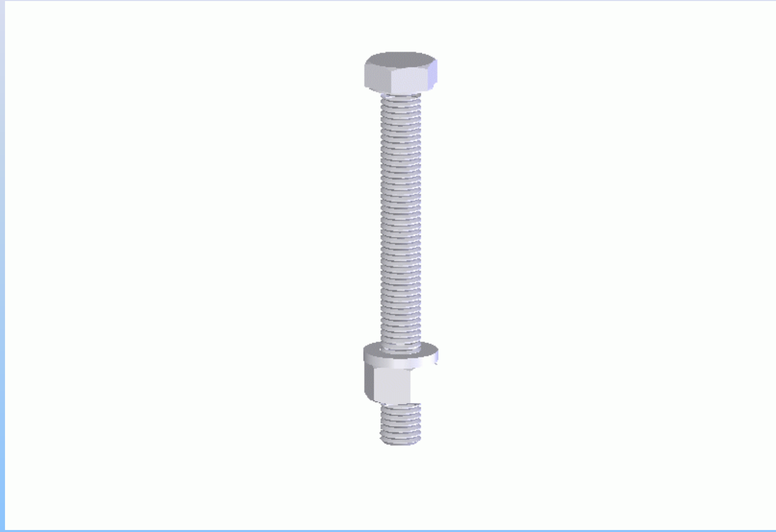
一个剪切面

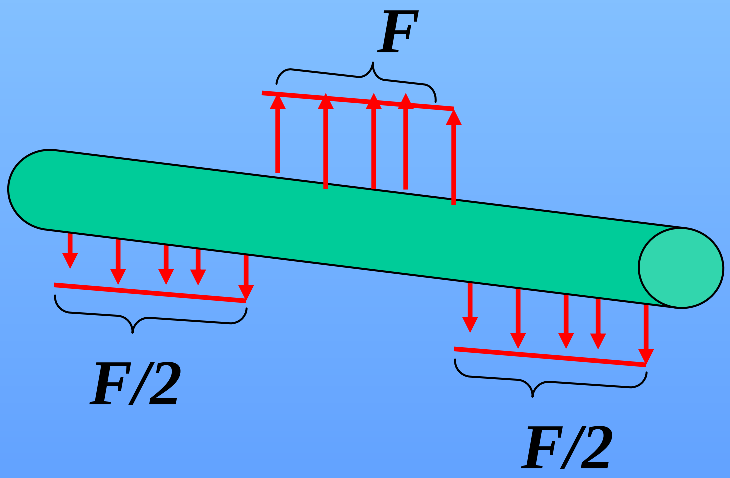




双剪：有两个剪切面的杆件，如螺栓。







求应力（剪应力）：

*实用计算方法：根据构件破坏的可能性，以直接试验为基础，以较为近似的名义应力公式进行构件的强度计算。

名义剪应力：假设剪应力在整个剪切面上均匀分布。

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

剪切强度条件：

$$\tau = \frac{F_{\mathrm{s}}}{A} \le [\tau]$$

名义许用剪应力

在假定的前提下进行实物或模型实验，确定许用应力。

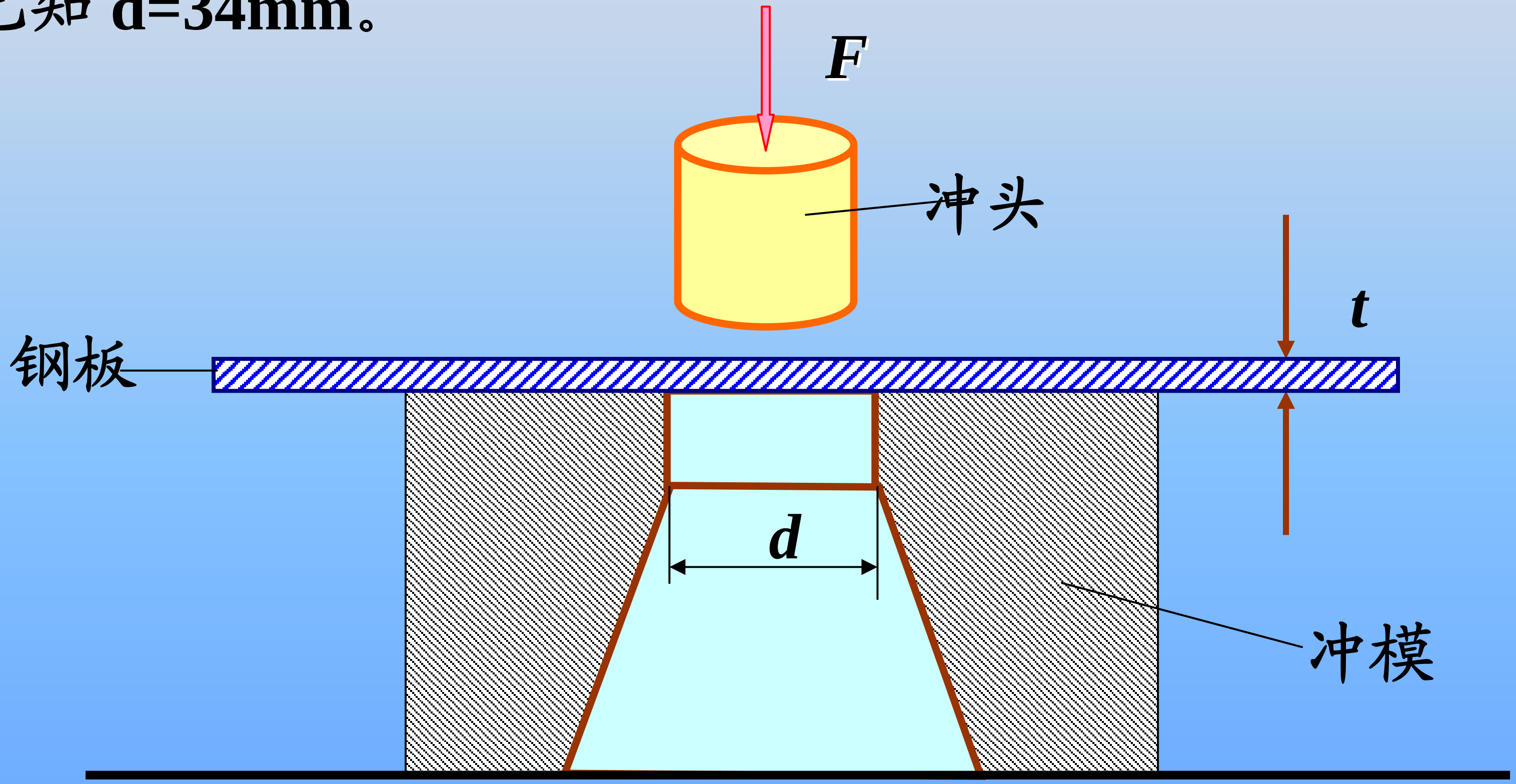
可解决三类问题：

1、选择截面尺寸;

2、确定最大许可载荷，

3、强度校核。

例题3-1 图示冲床的最大冲压力为400KN，被冲剪钢板的剪切极限应力为 $\tau^{\circ}=300\times10^{3}KN/m^{2}$,试求此冲床所能冲剪钢板的最大厚度t。已知 d=34mm。



解：剪切面是钢板内被冲头冲出的圆柱体的侧面：

$$A = \pi d t$$

冲孔所需要的冲剪力：

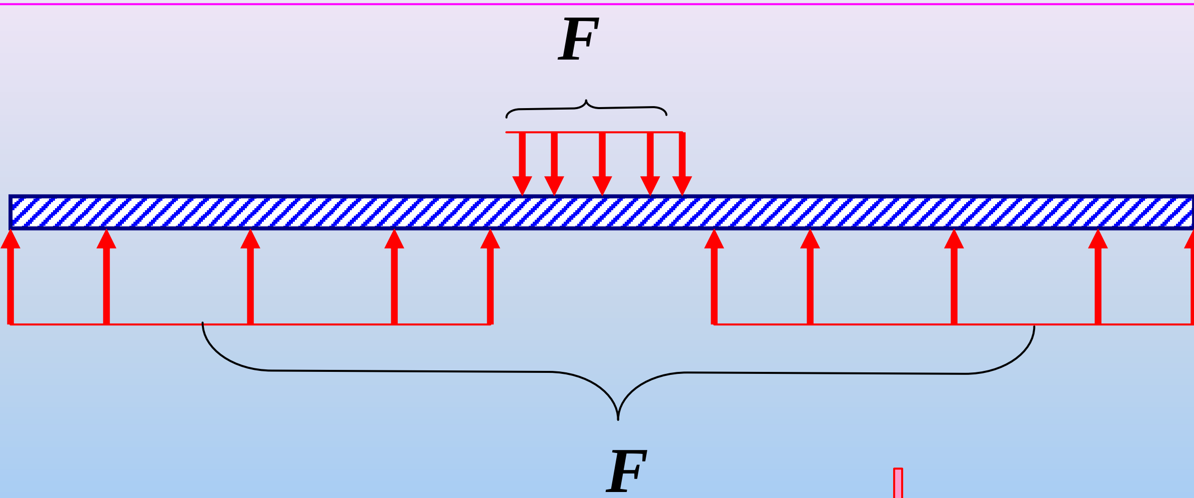
$$F \geq A\tau^0$$

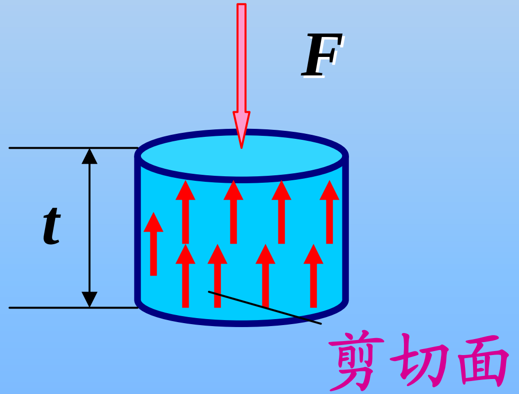
故

$$A \leq \frac{F}{\tau^0} = \frac{400\times10^3}{300\times10^6} = 1.33\times10^{-3}\,m^2$$

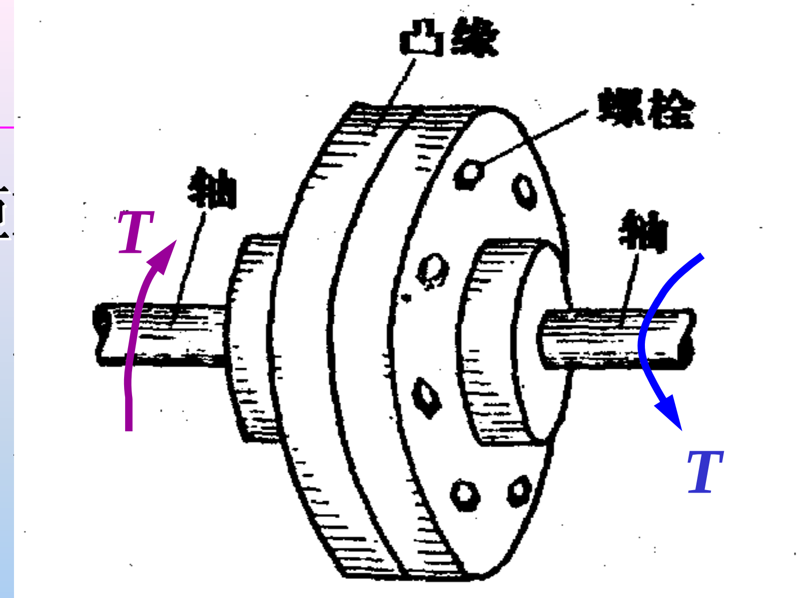
即

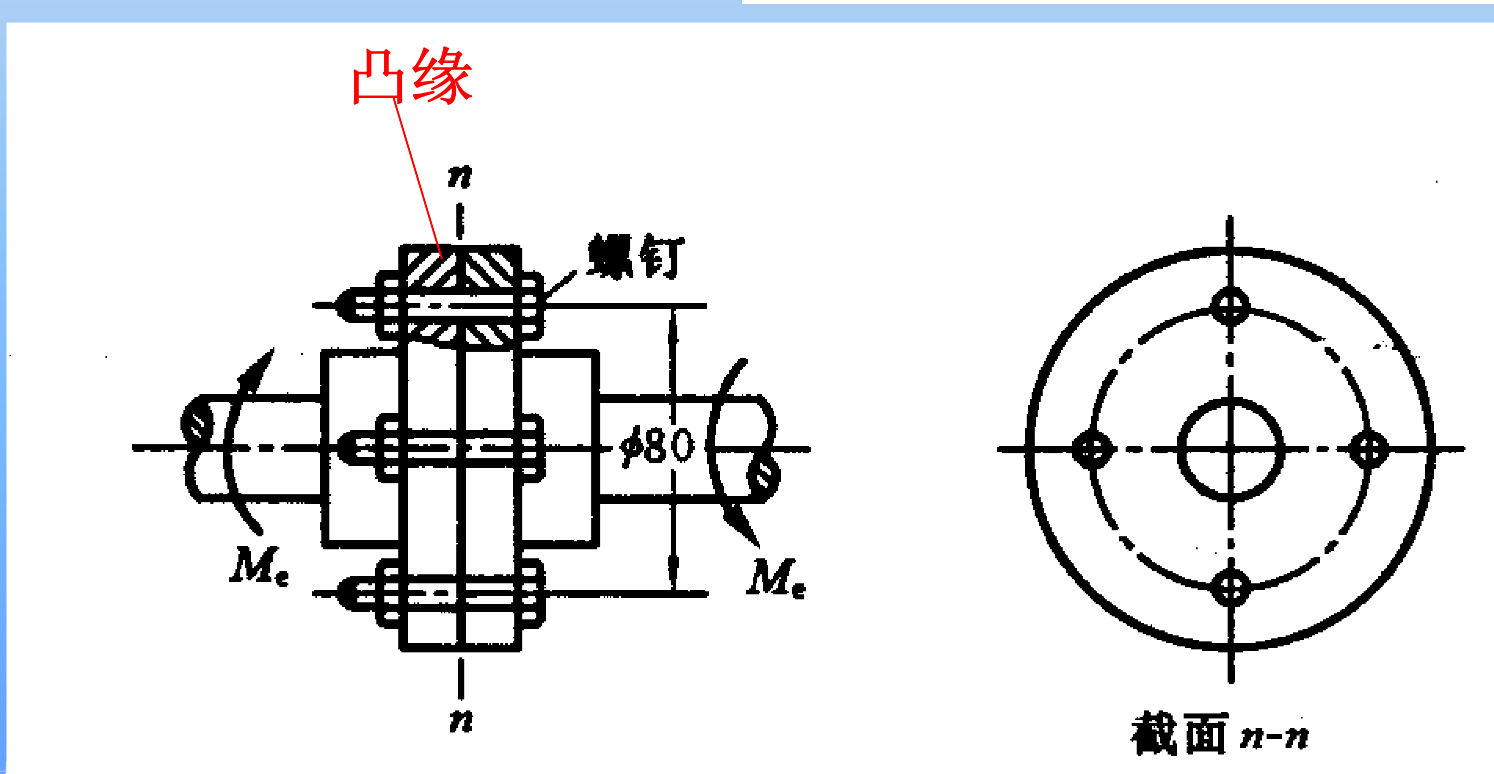
$$t \leq \frac{1.33\times10^{-3}}{\pi d} = 0.1245\,m = 12.45\,mm$$





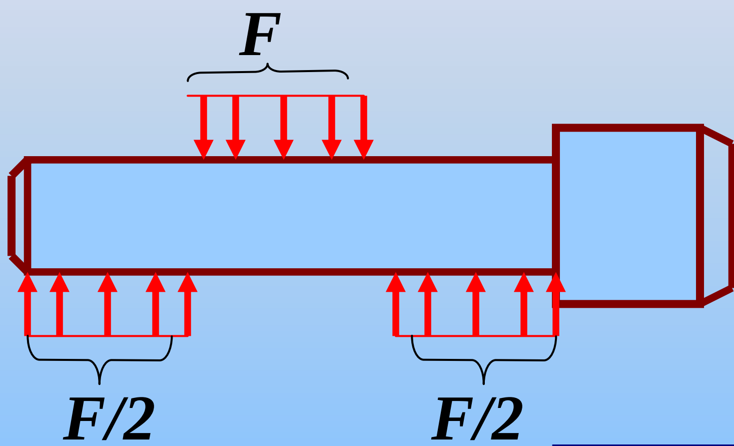
例题3-2 凸缘联轴节传递的力偶矩 只
螺栓相联接，螺栓直径d＝10 mm， 上，
已知螺栓和轴的材料均为35号钢， 核
螺栓的剪切和强度。

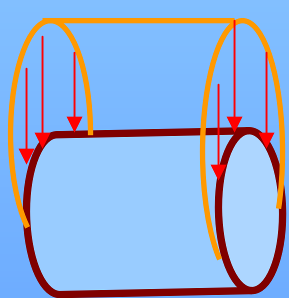


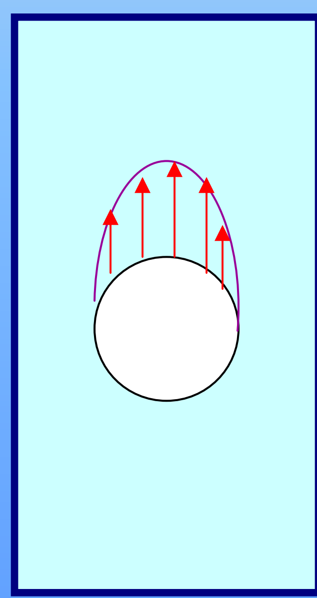


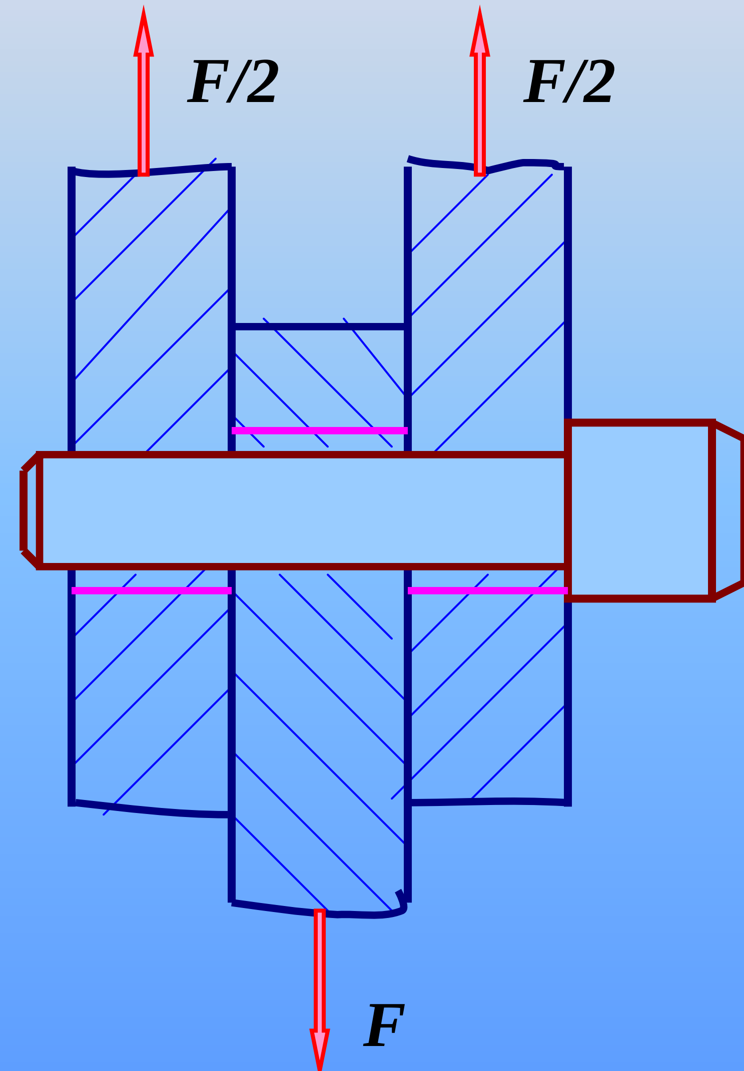
二、挤压概念及其实用计算

挤压：连接件和被连接件在接触面上相互压紧的现象。

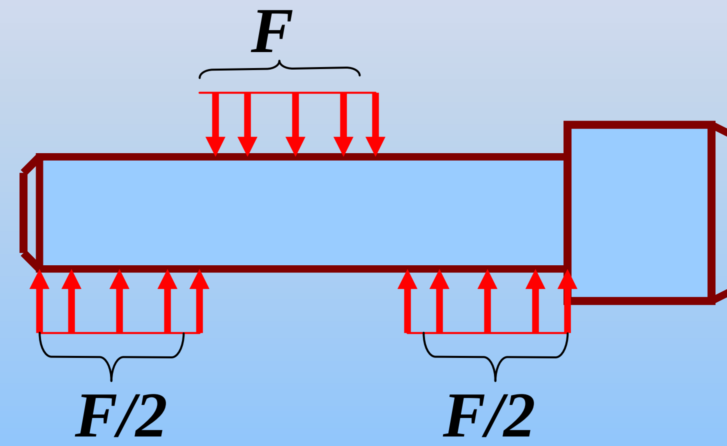








挤压引起的可能的破坏：在接触表面产生过大的塑性变形、压碎或连接件（如销钉）被压扁。

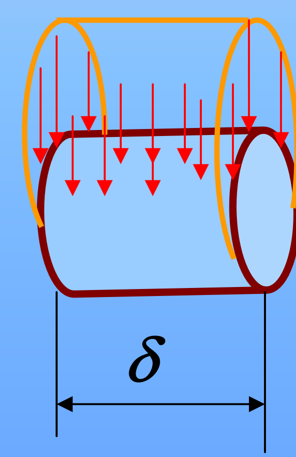


*挤压强度问题（以销为例）

挤压力（中间部分）：

$$F_b = F$$

挤压面 A_{bs}：直径等于d，高度为接触高度的半圆柱表面。



挤压应力 σ_{bs}：挤压面上分布的正应力。

*挤压实用计算方法:

假设挤压应力在整个挤压面上均匀分布。

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

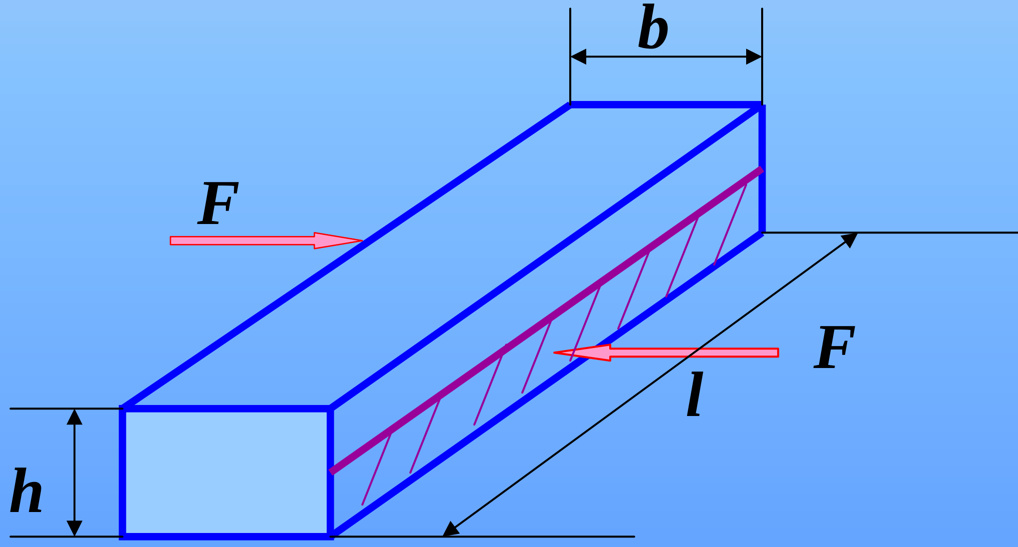
挤压面面积的计算:

1、平面接触（如平键）：挤压面面积等于实际的承压面积。

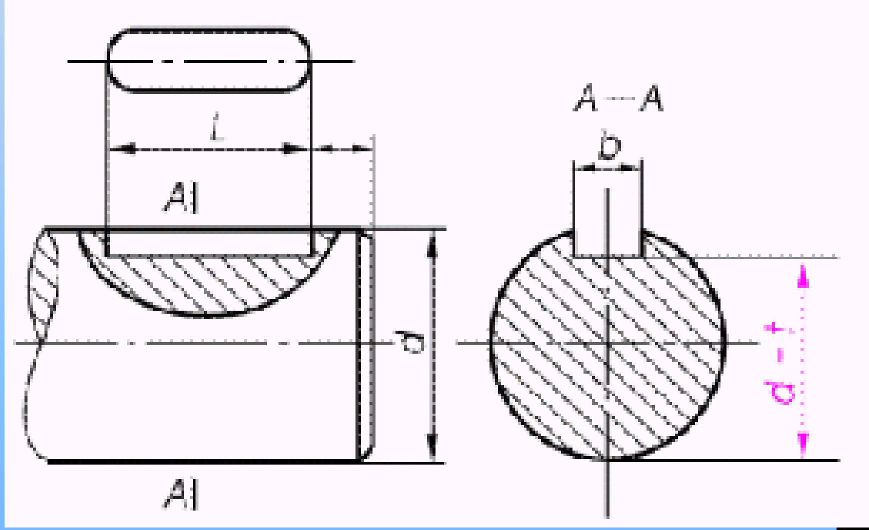
$$A_{bs}=\frac{hl}{2}$$

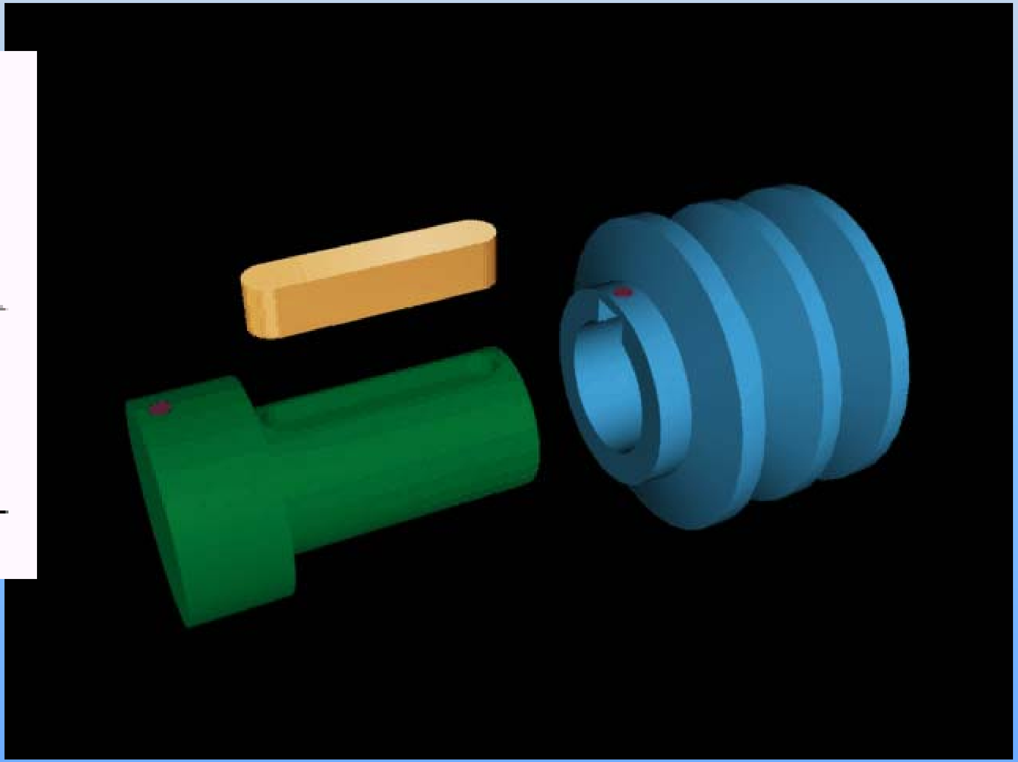
h——平键高度

l——平键长度

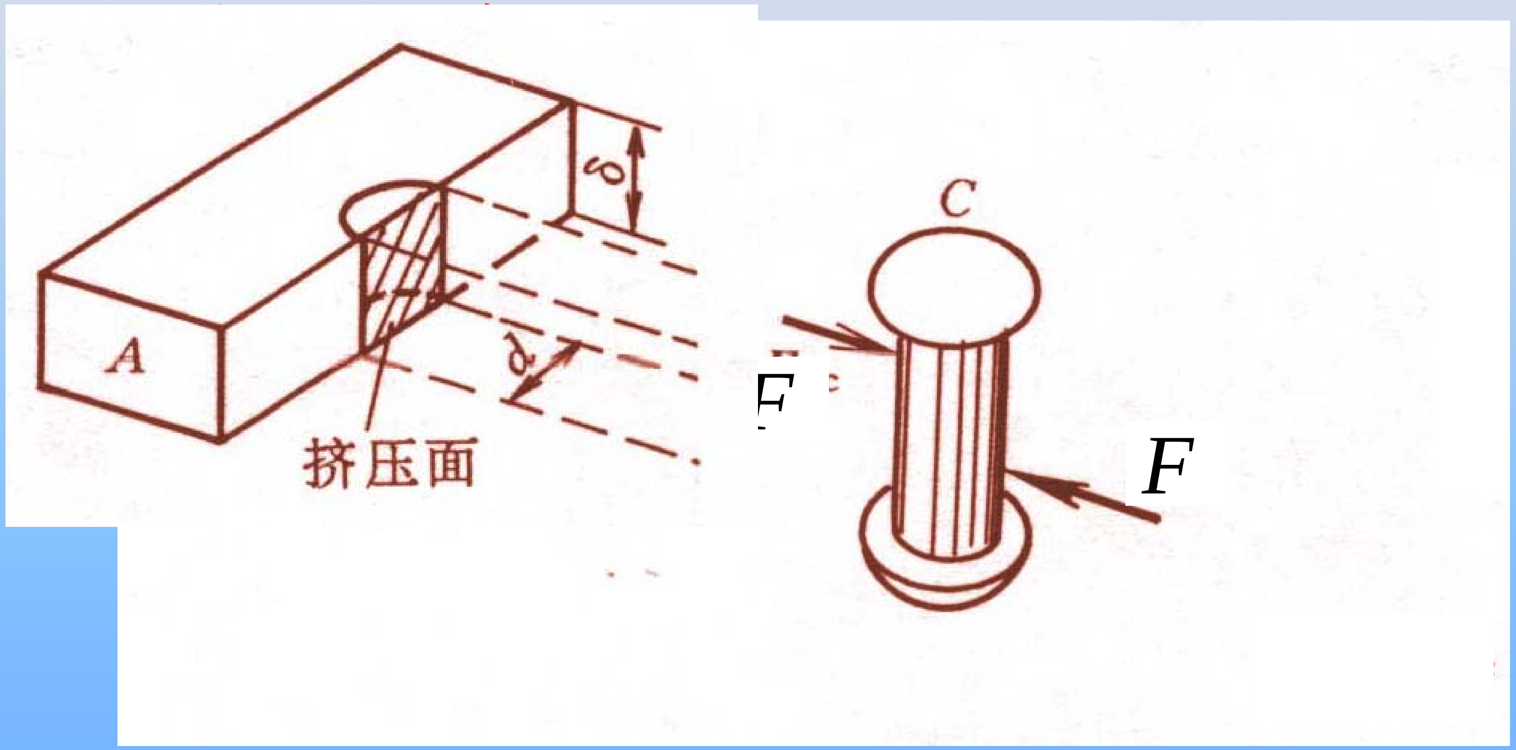


键: 连接轴和轴上的传动件（如齿轮、皮带轮等），使轴和传动件不发生相对转动，以传递扭矩。





2、柱面接触（如铆钉）：挤压面面积为实际的承压面积在其直径平面上的投影。



$$A_{bs} = d\delta$$

d——铆钉或销钉直径，　δ ——接触柱面的长度

*挤压强度条件:

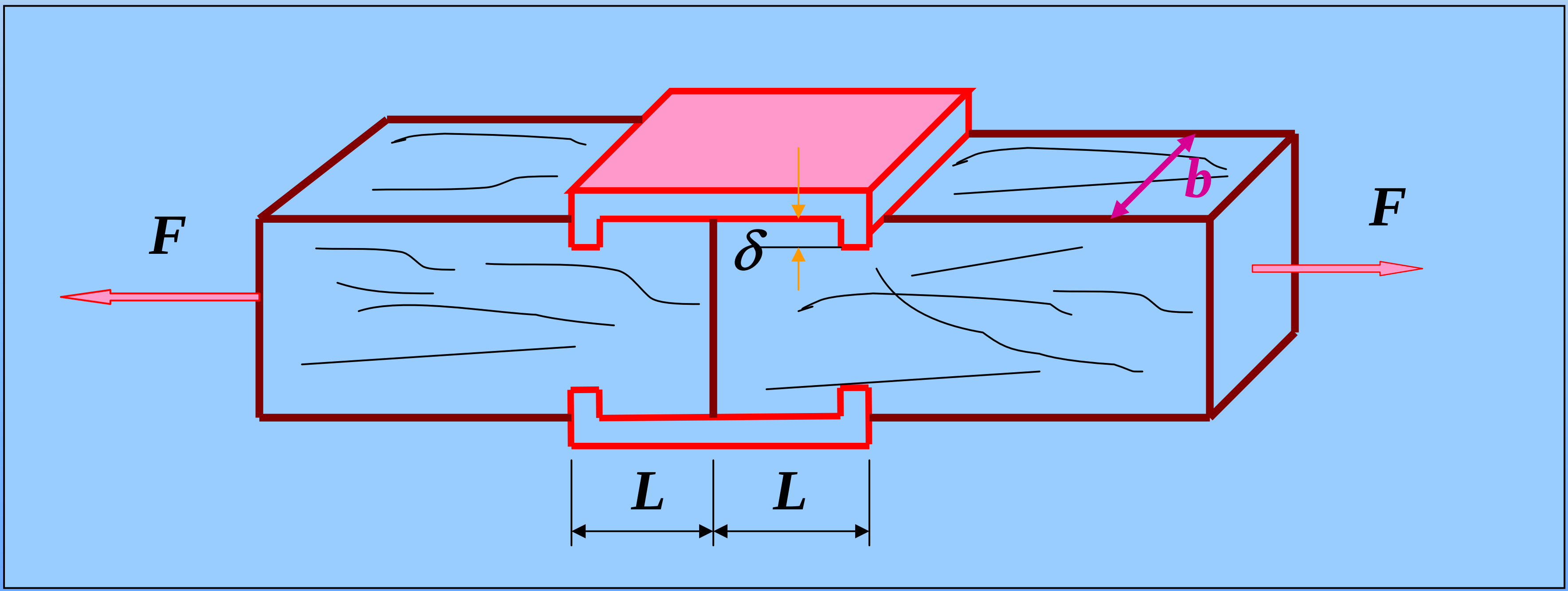
$$\sigma_{bs}=\frac{F_{\mathrm{b}}}{A_{bs}}\leq[\sigma_{bs}]$$

名义许用挤压应力，由试验测定。

*注意:

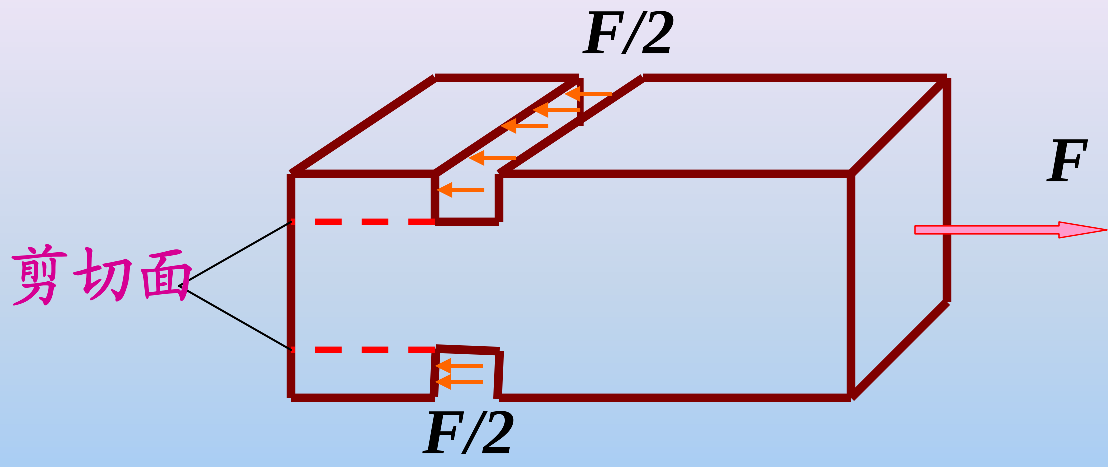
在应用挤压强度条件进行强度计算时，要注意连接件与被连接件的材料是否相同，如不同，应对挤压强度较低的材料进行计算，相应的采用较低的许用挤压应力。

例题3-3 两矩形截面木杆，用两块钢板连接如图示。已知拉杆的截面宽度 b=25cm，沿顺纹方向承受拉力F=50KN，木材的顺纹许用剪应力为 $[\tau_j]=1MPa$ ，顺纹许用挤压应力为 $[\sigma_{jy}]=10MPa$ 。试求接头处所需的尺寸L和δ。



解：剪切面如图所示。剪切面面积为：

$$A = Lb$$



由剪切强度条件：

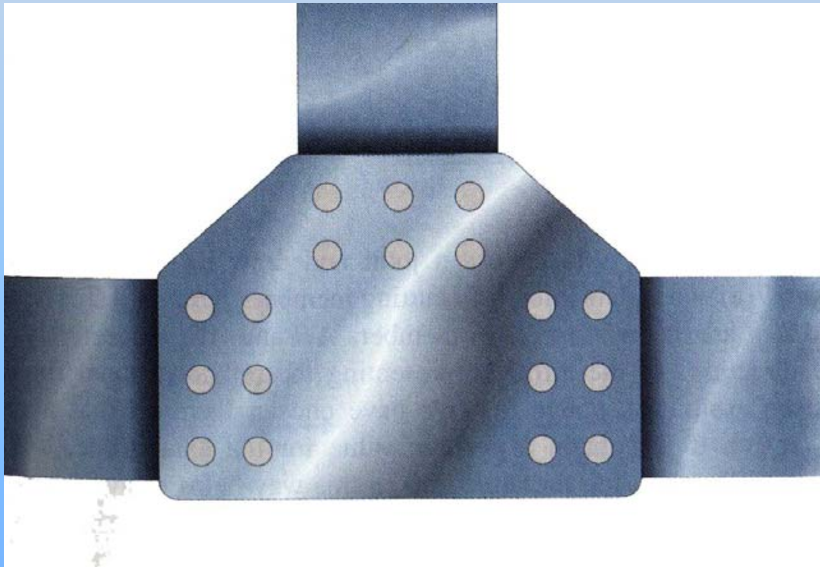
$$\tau = \frac{F_s}{A} = \frac{F/2}{Lb} \le [\tau] \qquad \therefore L \ge \frac{F}{2b[\tau_j]} = 100\ mm$$

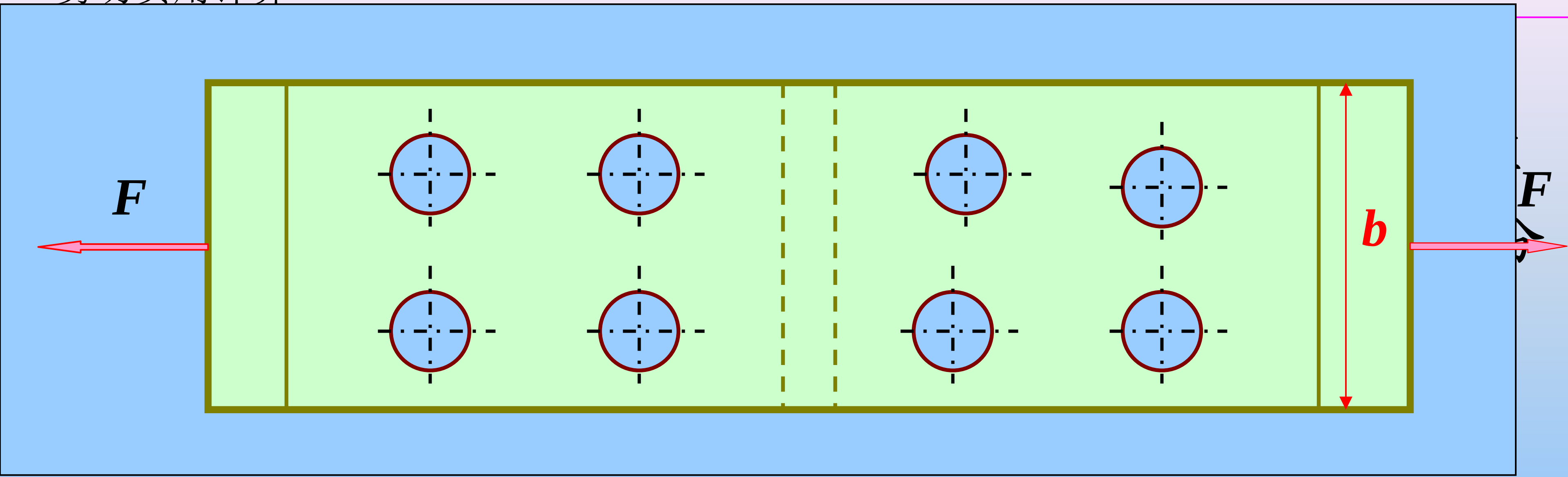
由挤压强度条件：

$$\sigma_{jy} = \frac{F_b}{A_{jy}} = \frac{F/2}{b\delta} \le [\sigma_{jy}]$$

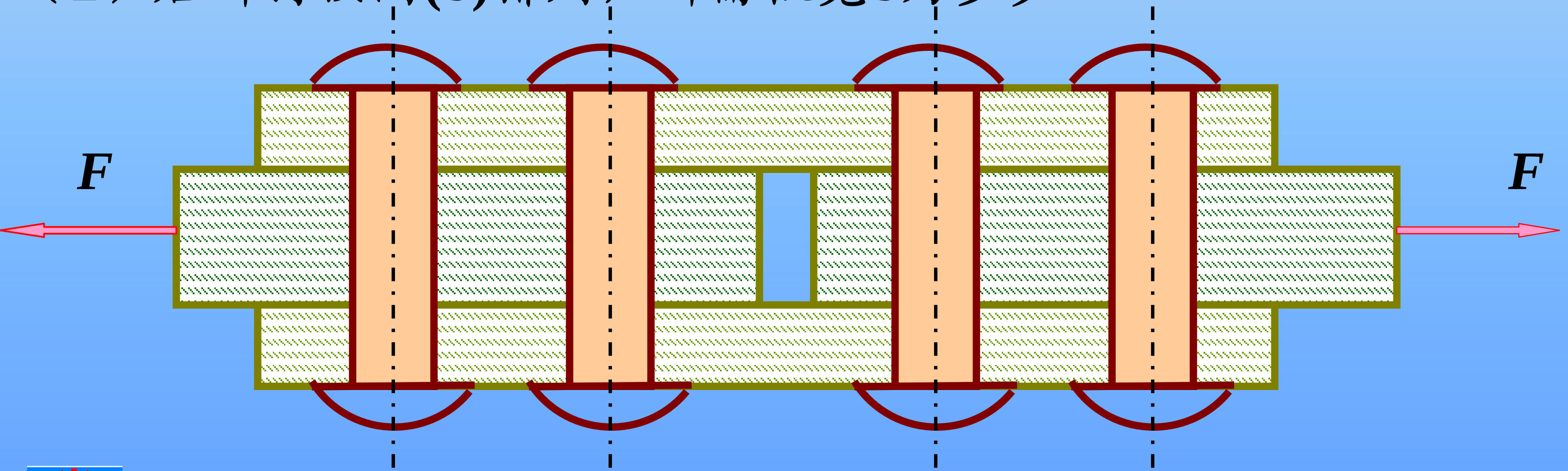
$$\therefore \delta \ge \frac{F}{2b[\sigma_{jy}]} = 10\ mm$$

剪切实用计算

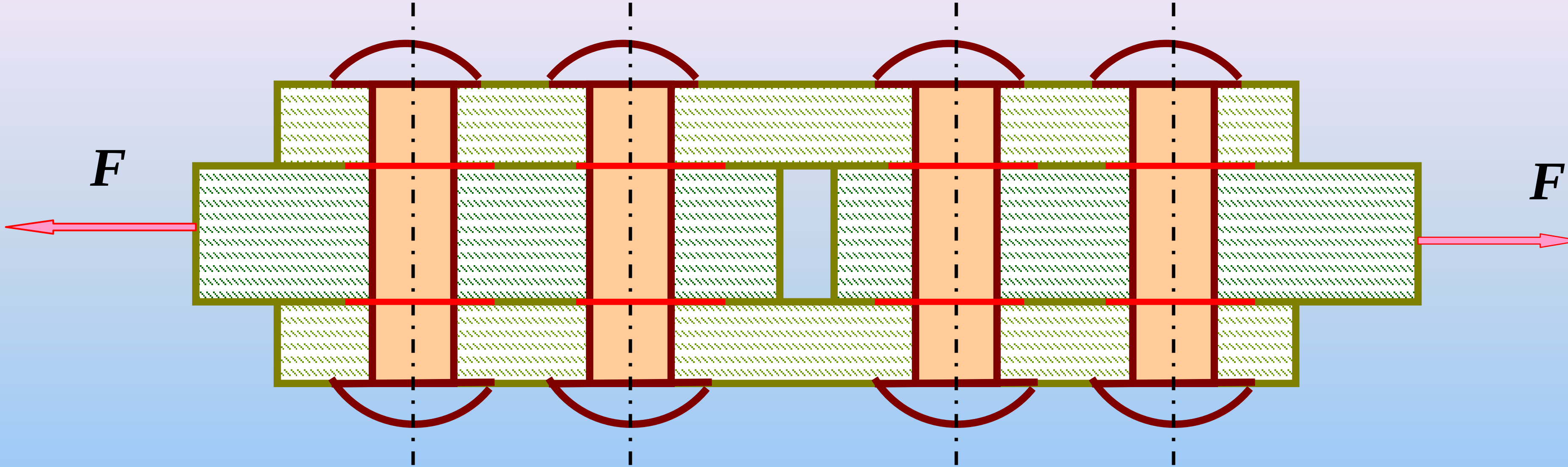




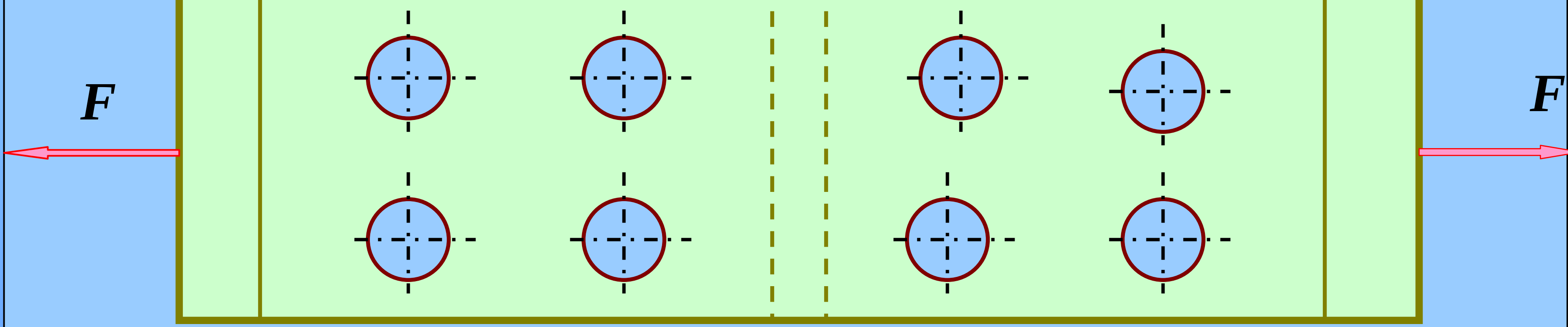
（2）若铆钉按图(b)排列，所需板宽b为多少？



剪切实用计算



图(a)



图(b)

解： 可能造成的破坏：

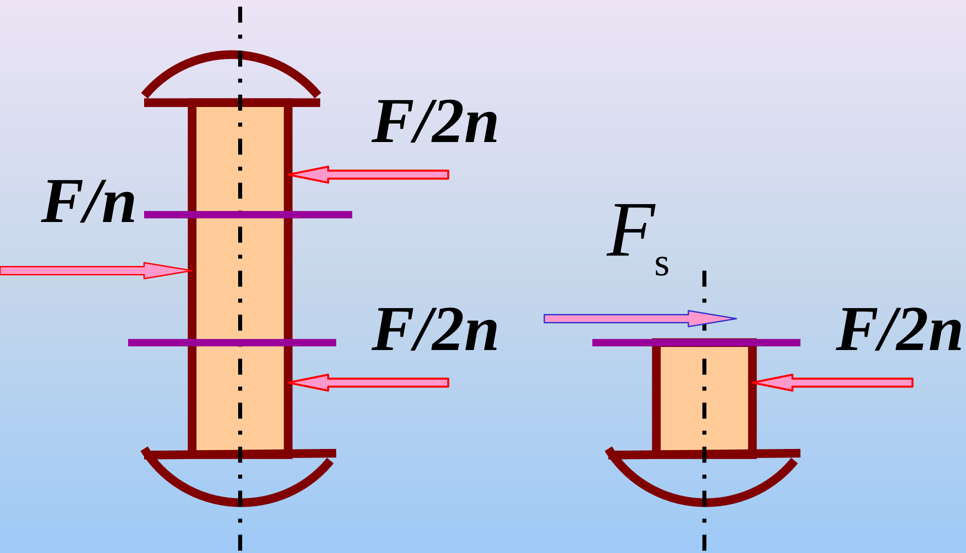
（1）因铆钉被剪断而使铆接被破坏；

（2）铆钉和板在钉孔之间相互挤压过大，而使铆接被破坏；

（3）因板有钉孔，在截面被削弱处被拉断。

可采用假设的计算方法：

假定每个铆钉所受的力都是一样的。



（1）铆钉剪切计算

$$\tau = \frac{F_s}{A} = \frac{F/2n}{\frac{1}{4}\pi d^2} \le [\tau_j]$$

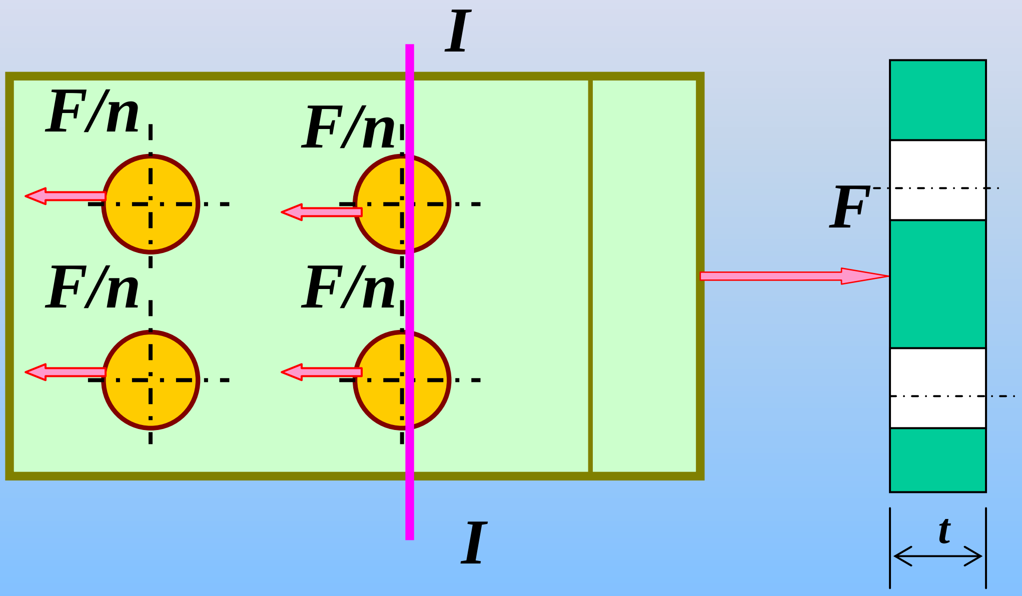
$$\therefore n \ge \frac{2F}{\pi d^2[\tau_j]} = 3.98$$

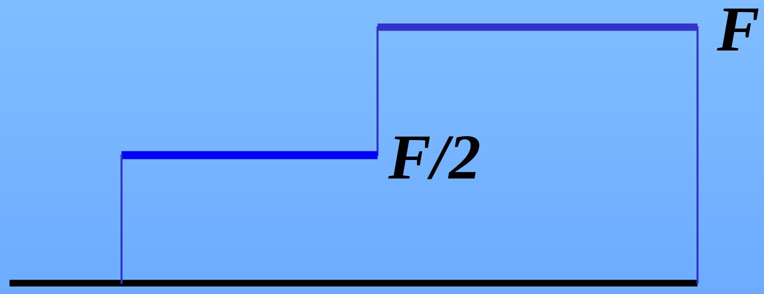
（2）铆钉的挤压计算

$$\sigma_{jy} = \frac{F_b}{A_{jy}} = \frac{F/n}{t_1 d} \le [\sigma_{jy}]$$

$$\therefore n \ge \frac{F}{t_1 d[\sigma_{jy}]} = 3.72$$

因此取 n=4.





（3）主板拉断的校核。

危险截面为**I-I**截面。

主板的强度条件为（忽略应力集中的影响）：

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{(b-2d)t_1} \le [\sigma]$$

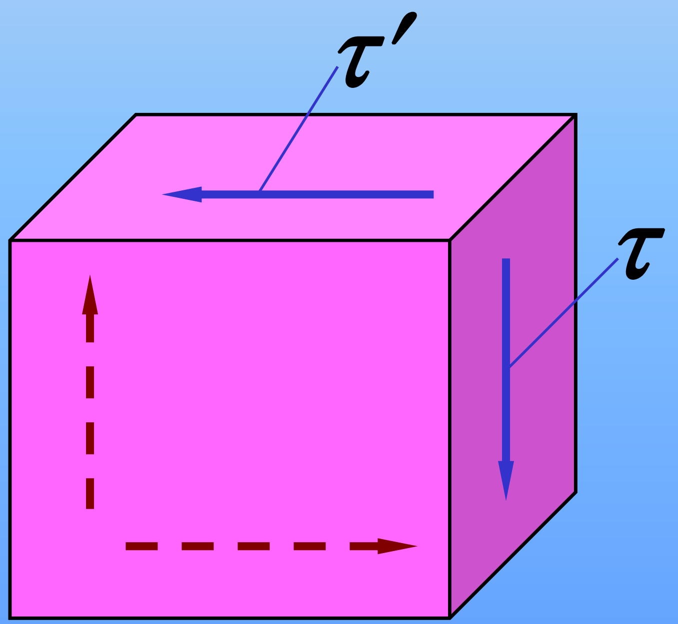
$$\therefore b \ge \frac{F}{[\sigma]t_1} + 2d$$

$$= 0.17\,m = 17\,cm$$

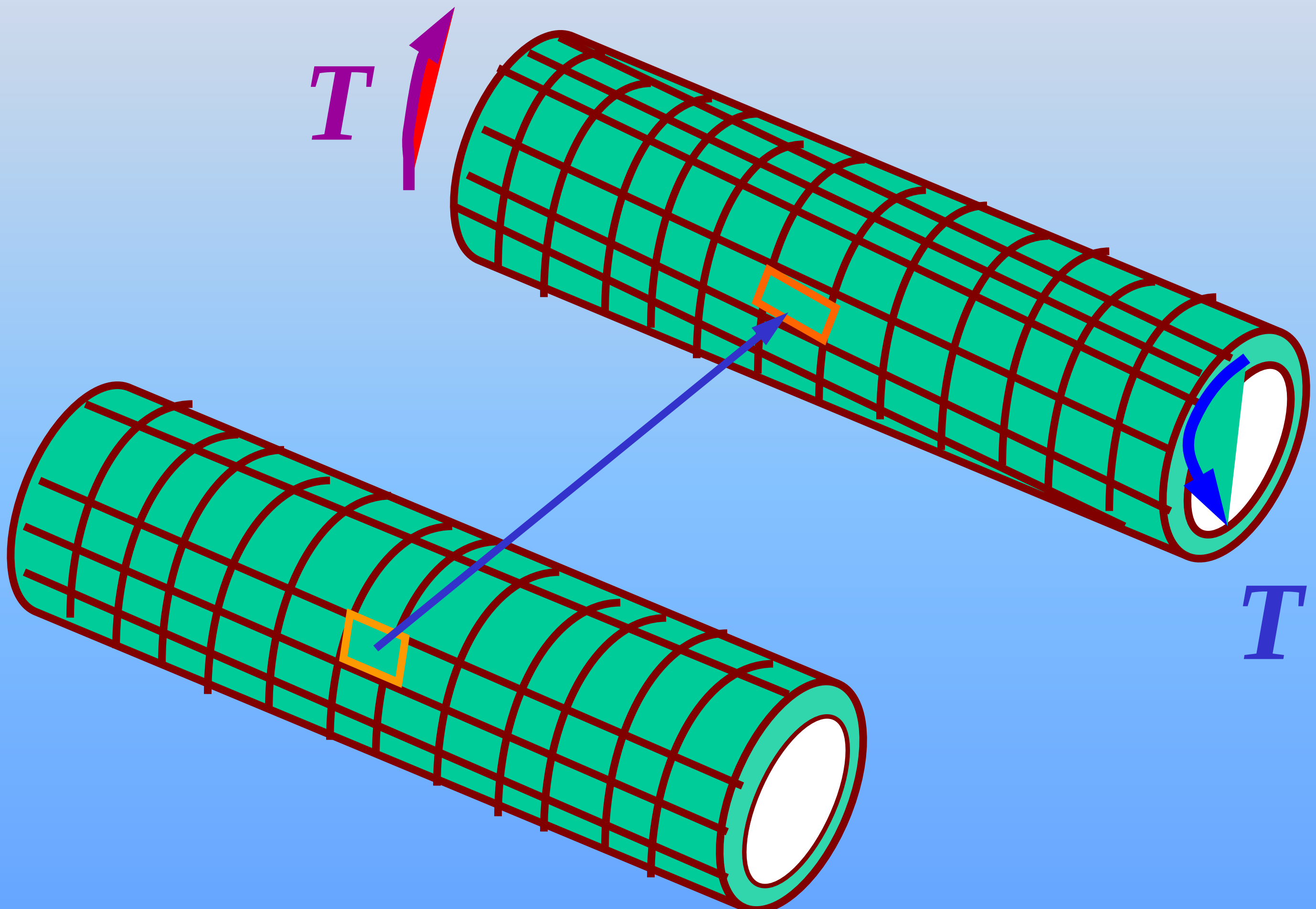
三、纯剪切的概念

纯剪切——若单元体各个面上只承受剪应力而没有正应力。

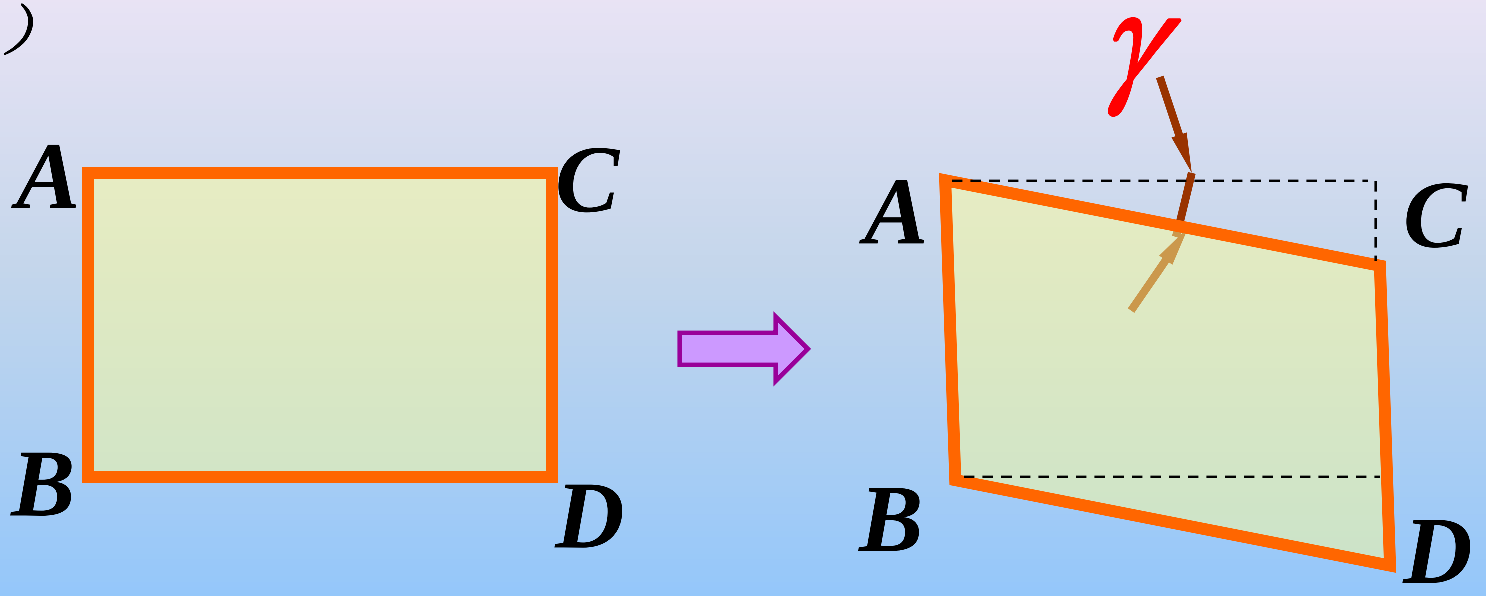
单元体——是指围绕受力物体内一点截取一边长为无限小的正立方体，以表示几何上的一点。



纯剪切的变形规律与材料在剪切下的力学性质，通过薄壁圆筒的纯扭转进行研究。



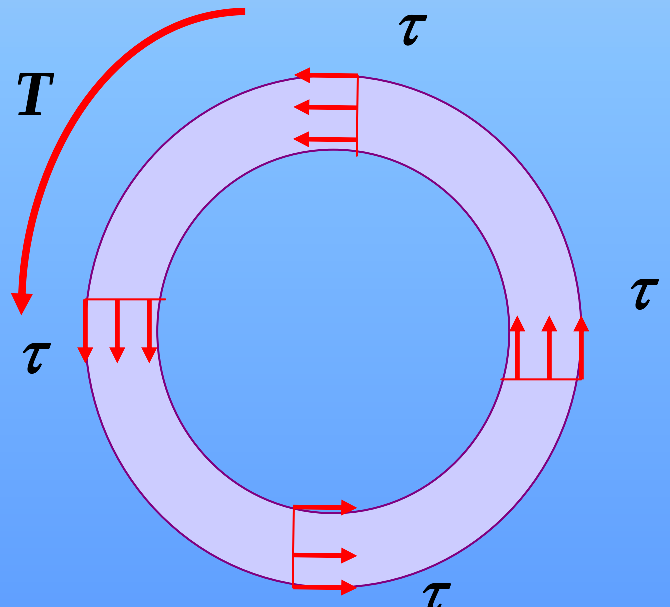
（1）



横截面上存在剪应力

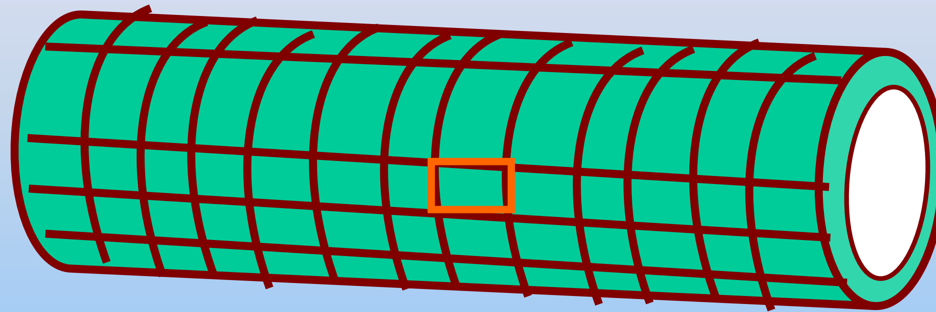
（2）其他变形现象：圆周线之间的距离保持不变，仍为圆形，绕轴线产生相对转动。

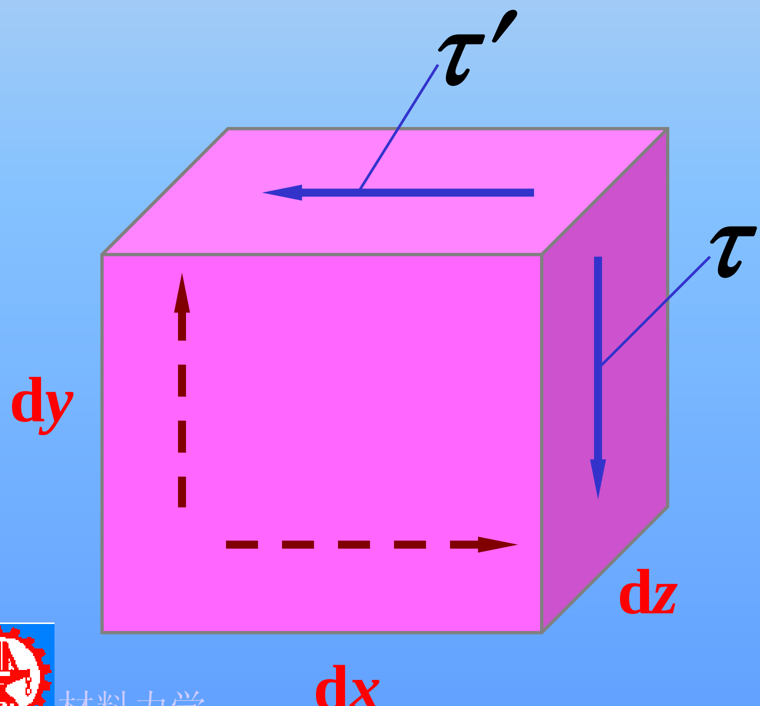
横截面上不存在正应力，且横截面上的剪应力的方向是沿着圆周的切线方向，并设沿壁厚方向是均匀分布的。



薄壁圆筒横截面上的剪应力分布

*薄壁圆筒纵截面上的剪应力



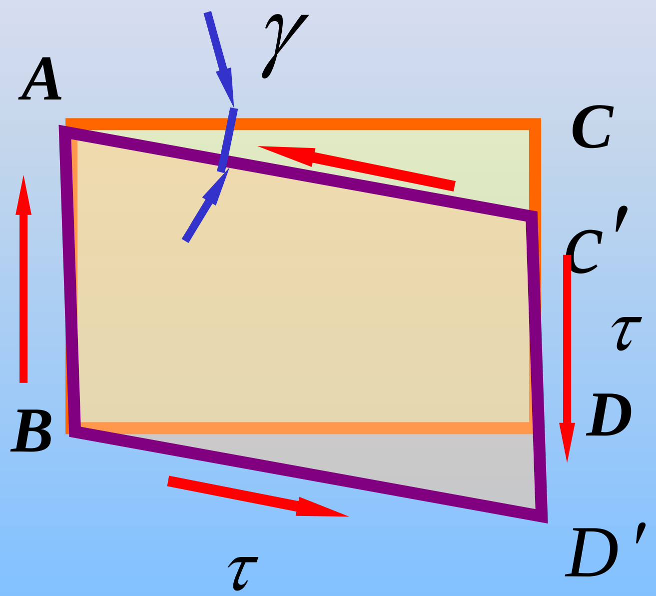


$$\tau \cdot (dy \cdot dz) \cdot dx = \tau' \cdot (dx \cdot dz) \cdot dy$$

$$\boxed{\tau = \tau'}$$

剪应力互等定理： 二个相互垂直的截面上，剪应力大小相等方向相反。

*剪切虎克定律



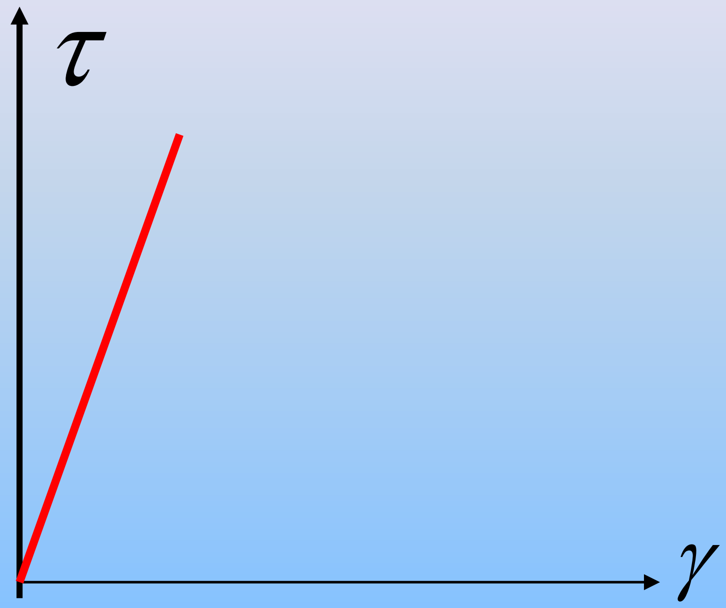
实验证明：当剪应力不超过材料的比例极限 τ_p 时，剪应力 τ 与剪应变 γ 成正比。即

$$\boxed{\tau = G\gamma}$$

其中G是材料的剪切弹性模量。

单位：**Mpa**、**Gpa.**　　且

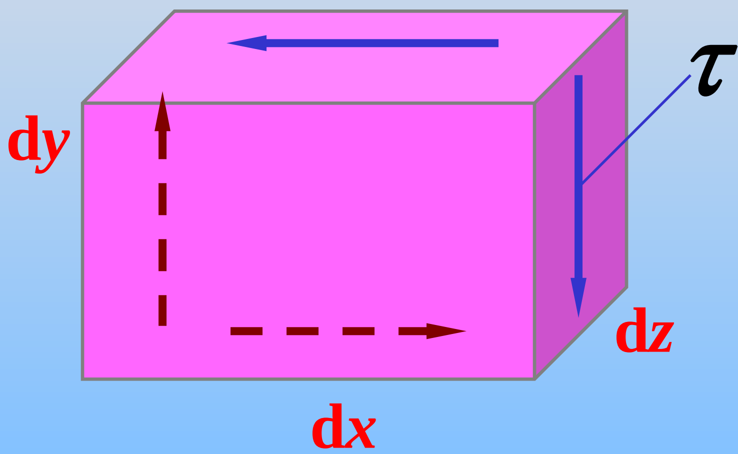
$$\boxed{G = \frac{E}{2(1+\mu)}}$$

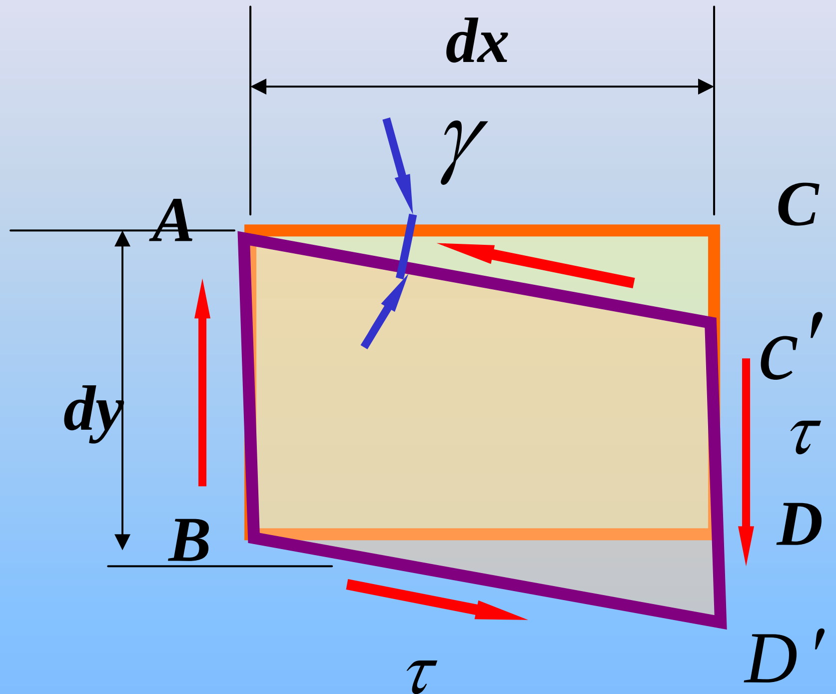


* 剪切虎克定律

$$\boxed{\tau = G\gamma}$$

*剪切应变能





外力 $\tau(dzdy)$ 位移 $tg\gamma\cdot dx\approx\gamma\cdot dx$

$$dW=\frac{1}{2}\cdot\tau(dzdy)\cdot\gamma dx=\frac{1}{2}\tau\gamma(dxdzdy)=\frac{1}{2}\tau\gamma dV$$

不计能量损耗，外力功转换为单元体内所积蓄的变形能，即

$$dU = dW = \frac{1}{2}\tau\gamma dV$$

因此单元体的**剪切应变能密度**为

$$u = \frac{dU}{dV} = \frac{1}{2}\tau\gamma = \frac{1}{2}G\gamma^2 = \frac{\tau^2}{2G}$$