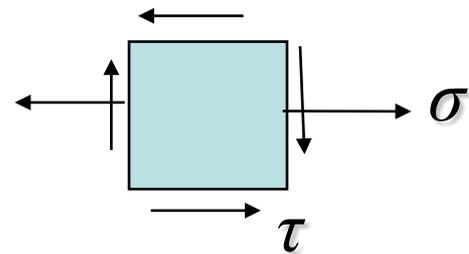


## 6. 铁路迎风板的强度问题

工程中许多轴类构件常处于“弯扭组合”、“拉（压）扭”组合或“拉（压）弯扭”组合变形状态，其危险点的应力状态均可如图所示的平面应力状态。

其强度判据可用第三、第四强度理论。由于其中 $\sigma_y$ （或 $\sigma_x$ ）=0，故有：



$$\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_2 = 0$$

注意到： $\sigma_{r3} = \sigma_1 - \sigma_3$

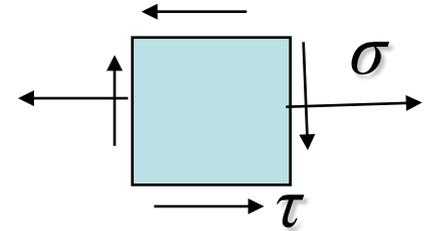
$$\sigma_{r4} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$



对于图示的应力状态，第三、四强度理论的相当应力可简单地写作：

$$\sigma_{r3} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{r4} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$



对于图示应力状态，*若 $\sigma=M/W$ ，且横截面为圆或圆环截面*，由于截面抗扭系数 $W_p$ 是抗弯系数 $W_z$ 的两倍，因此强度条件可写作：

$$\sigma_{r3} = \frac{1}{W_z} \sqrt{M^2 + T^2} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{r4} = \frac{1}{W_z} \sqrt{M^2 + 0.75T^2} \leq [\sigma]$$



对于拉（压）扭、拉（压）弯扭组合、弯扭组合，第三和第四强度理论的相当应力总结如下：

1、对于拉（压）+扭转组合，因其  $\sigma = \frac{N}{A}$

2、对于拉（压）+弯曲+扭转组合，因其  $\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_z}$

$$\sigma_{r3} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

只能使用：

$$\sigma_{r4} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

3、对于弯曲+扭转组合，既可以用

$$\sigma_{r3} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{r4} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{r3} = \frac{1}{W_z} \sqrt{M^2 + T^2} \leq [\sigma]$$

也可以使用：

$$\sigma_{r4} = \frac{1}{W_z} \sqrt{M^2 + 0.75T^2} \leq [\sigma]$$

弯扭组合问题的求解步骤：

- ①外力分析：外力向形心简化并分解。
- ②内力分析：每个外力分量对应的内力方程和内力图，确定危险面。
- ③应力分析：建立强度条件。

$$\sigma_{r3} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T^2}}{W_z}$$

$$\sigma_{r4} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + 0.75T^2}}{W_z}$$

铁路信号板迎风面为直径 $D=500\text{mm}$ 的圆板，安装在外径为 $D_1=60\text{mm}$ 的空心圆柱上。承受的风载 $q=2\text{kN/m}^2$ 。圆柱材料的许用应力 $[\sigma]=60\text{MPa}$ ，试按第三强度理论确定立柱的壁厚 $t$ 。

解：危险截面A

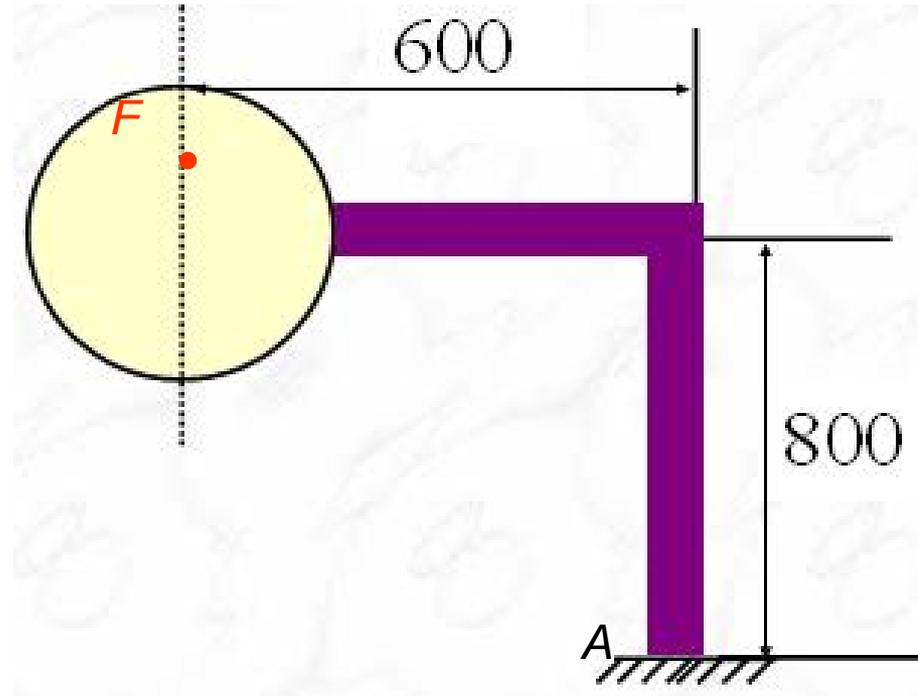
$$F = q \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 392.7\text{N}$$

$$T = F \cdot 0.6 = 235.6\text{Nm}$$

$$M_{\max} = F \cdot 0.8 = 314.2\text{Nm}$$

$$\sigma_{r3} = \frac{\sqrt{M^2 + T^2}}{W_a} \leq [\sigma]$$

$$t = 2.64\text{mm}$$



若考虑圆板自重  $P=200N$ ，则：

危险截面A

$$T = F \cdot 0.6 = 235.6Nm$$

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_P}$$

$$M_1 = F \cdot 0.8 = 314.2Nm$$

$$M_2 = P \cdot 0.6 = 120Nm$$

$$M_{\max} = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} = 336.3Nm$$

$$N = P = 200N(\text{压})$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M_{\max}}{W_z}$$

$$\sigma_{r3} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma] \quad t = 4.24mm$$

