



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

钢结构设计原理

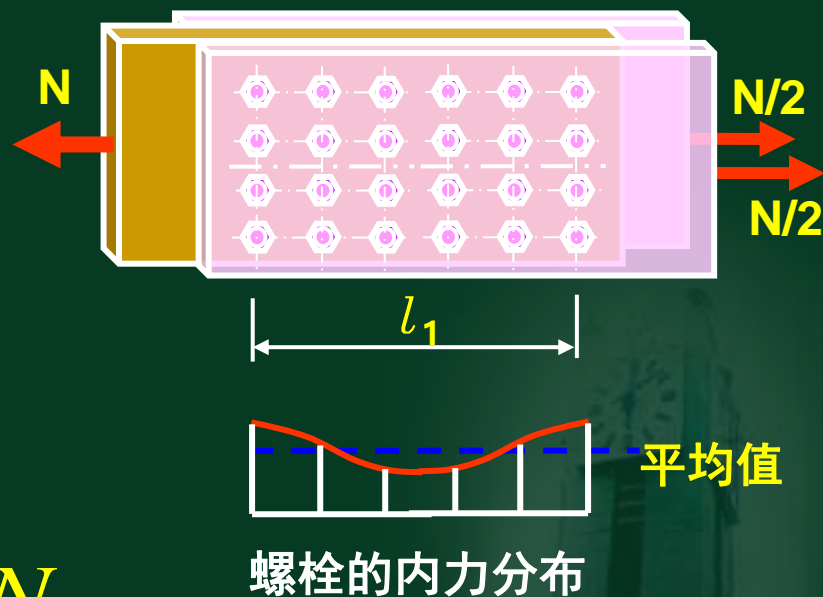
普通螺栓群连接计算（一）

主讲：许宏伟

一、普通螺栓群轴心力作用下抗剪计算

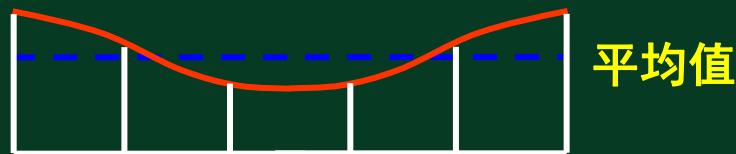
试验证明,栓群在轴力作用下各个螺栓的内力沿栓群长度方向不均匀,两端大,中间小。

当 $l_1 \leq 15d_0$ (d_0 为孔径)时,连接进入弹塑性工作状态后,内力重新分布,各个螺栓内力趋于相同,故设计时假定 N 有各螺栓均担。

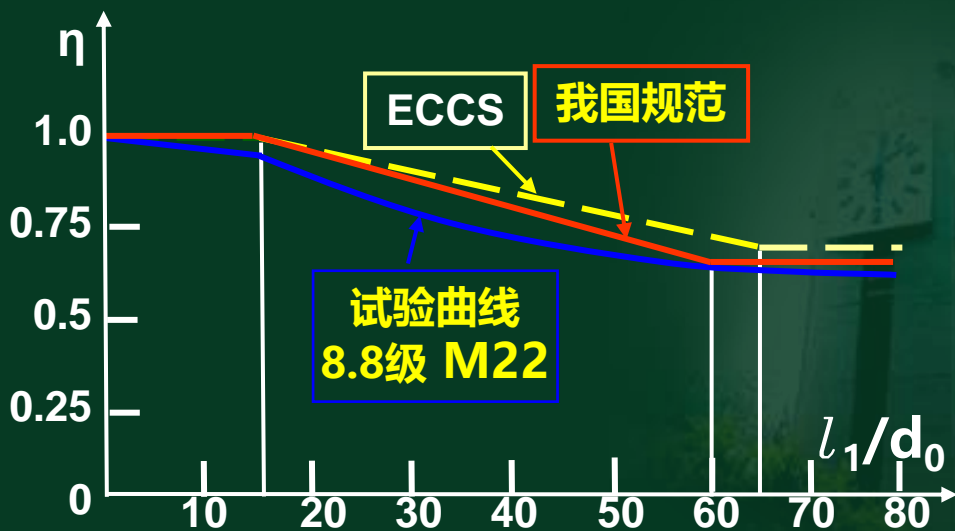


所以, 连接所需螺栓数为:
$$n = \frac{N}{N_{\min}^b}$$

当 $L_1 > 15d_0$ (d_0 为孔径)时, 连接进入弹塑性工作状态后, 即使内力重新分布, 各个螺栓内力也难以均匀, 端部螺栓首先破坏, 然后依次破坏。由试验可得连接的抗剪强度折减系数 η 与 L_1/d_0 的关系曲线。



长连接螺栓的内力分布



$15d_0 \leq l_1 \leq 60d_0$:

$$\eta = 1.1 - \frac{l_1}{150d_0} \quad (4-45)$$

当 $l_1 \geq 60d_0$ 时:

$$\eta = 0.7$$

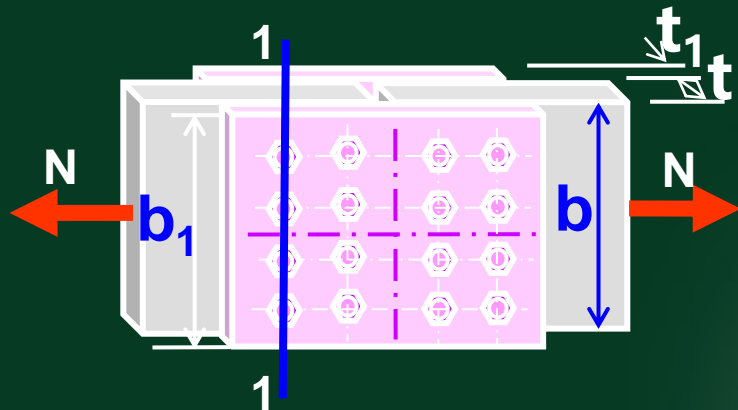
故，连接所需栓数：

$$n = \frac{N}{\eta N_{\min}^b} \quad (4-46)$$

普通螺栓群轴心力作用下，为了防止板件被拉断尚应进行板件的净截面验算。

A、螺栓采用并列排列时：

主板的危险截面为1-1截面：

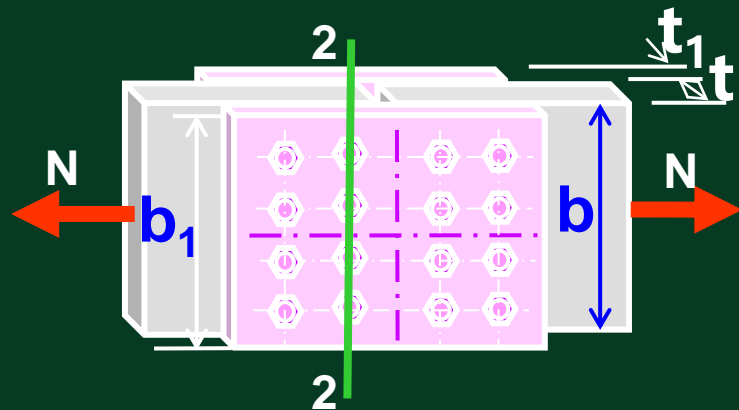


$$\sigma = \frac{N}{A_{n,1}} \leq f$$

$A_{n,1} = (b - m \cdot d_0) \cdot t$; f - 钢材强度设计值; d_0 - 螺栓孔直径;

m - 危险截面上的螺栓数; b - 主板宽度; t - 主板厚度。

拼接板的危险截面为2-2截面:



$$\sigma = \frac{0.5N}{A_{n,2}} \leq f$$

$A_{n,2} = (b_1 - m \cdot d_0) \cdot t_1$; f - 钢材强度设计值; d_0 - 螺栓孔直径;
 b_1 - 拼接板宽度; m - 危险截面上的螺栓数; t_1 - 拼接板厚度。

B、螺栓采用错列排列时：

主板的危险截面为1--1和

1'--1'截面：

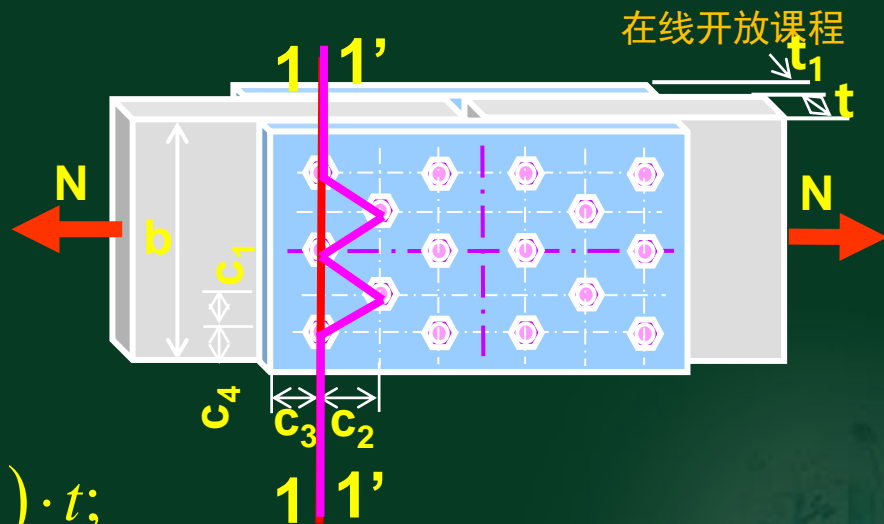
$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f$$

对于1-1截面： $A_n = (b - m \cdot d_0) \cdot t$;

对于1'-1' 截面： $A_n = \left[2c_4 + (m - 1) \sqrt{c_1^2 + c_2^2} - m \cdot d_0 \right] \cdot t$;

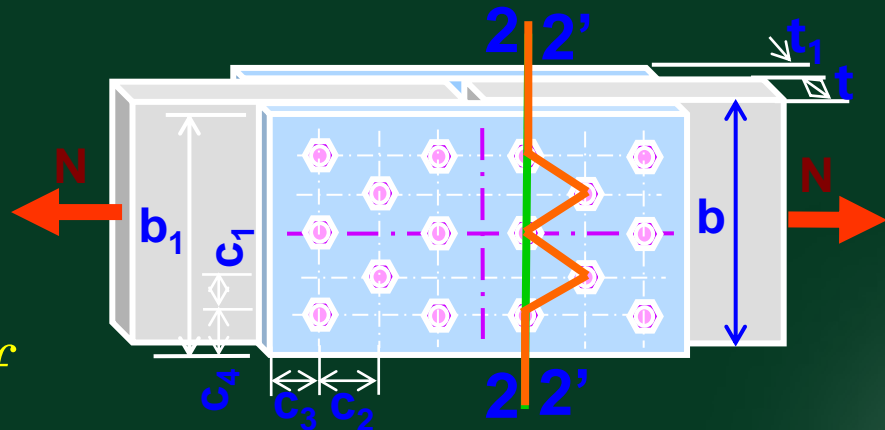
式中： f - 钢材强度设计值； d_0 - 螺栓孔直径；

m - 危险截面上的螺栓数；



拼接板的危险截面为2--2和2'--2'

截面:

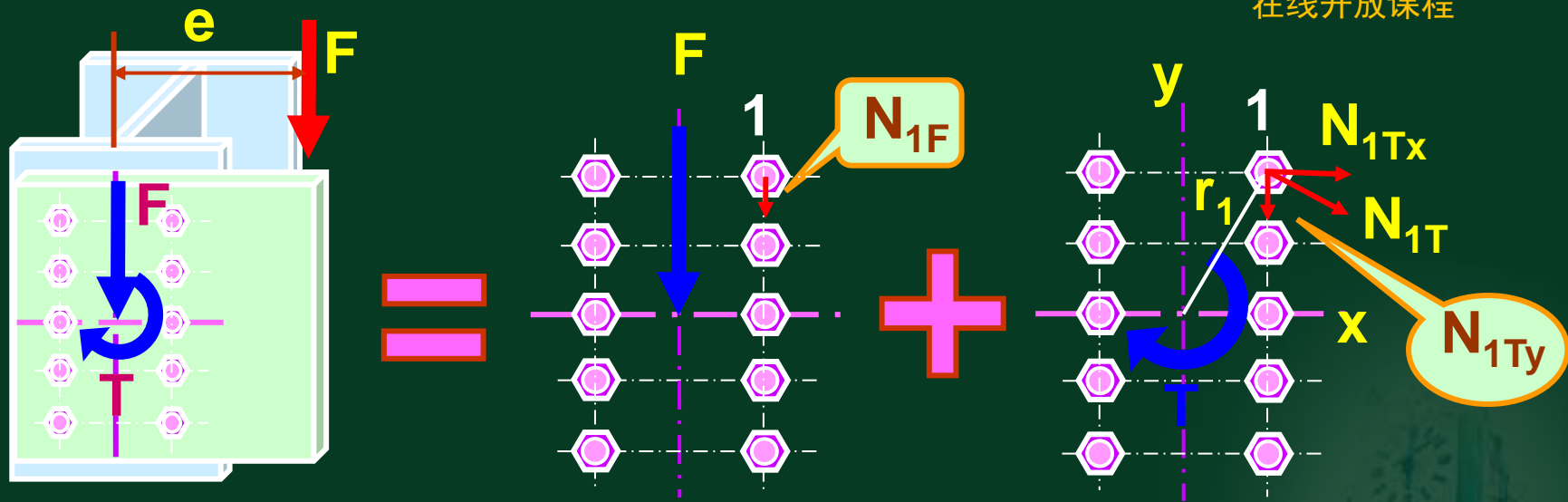


$$\sigma = \frac{0.5N}{A_n} \leq f$$

对于2-2截面: $A_n = (b_1 - m \cdot d_0) \cdot t_1$;

对于2'-2' 截面: $A_n = \left[2c_4 + (m - 1) \sqrt{c_1^2 + c_2^2} - m \cdot d_0 \right] \cdot t_1$;

二、普通螺栓群偏心力作用下抗剪计算



★ F 作用下每个螺栓受力:

$$N_{1F} = \frac{F}{n} \quad (4-47)$$

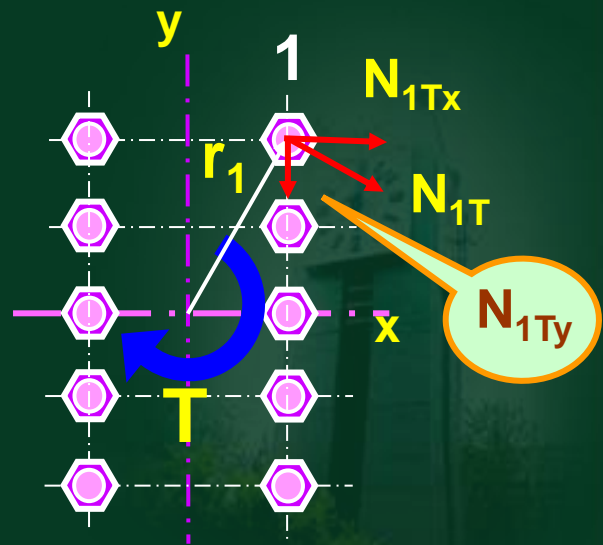
★ T作用下连接按弹性设计，其假定为：

- (1) 连接板件绝对刚性，螺栓为弹性；
- (2) T作用下连接板件绕栓群形心转动，各螺栓剪力与其至形心距离 r_i 成正比，方向与 r_i 垂直。

显然，T作用下 '1'号螺栓所受剪力最大 (r_1 最大)。

由力的平衡条件得：

$$T = N_{1T}r_1 + N_{2T}r_2 + \dots + N_{nT}r_n \quad (4-48)$$



由假定 '(2)'得

$$\frac{N_{1T}}{r_1} = \frac{N_{2T}}{r_2} = \frac{N_{3T}}{r_3} \dots = \frac{N_{nT}}{r_n} \quad (4-49)$$

由式4-49得:

$$N_{2T} = \frac{N_{1T}}{r_1} \cdot r_2; \quad N_{3T} = \frac{N_{1T}}{r_1} \cdot r_3; \dots N_{nT} = \frac{N_{1T}}{r_1} \cdot r_n \quad (4-50)$$

将式4-50代入式4-48得:

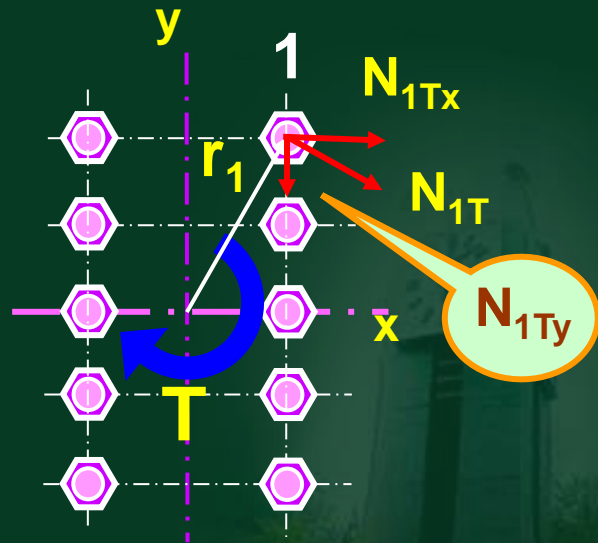
$$T = \frac{N_{1T}}{r_1} \cdot (r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_n^2) = \frac{N_{1T}}{r_1} \cdot \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad (4-51)$$

$$\therefore N_{1T} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n r_i^2} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-52)$$

将 N_{1T} 沿坐标轴分解得:

$$N_{1Tx} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \cdot \frac{y_1}{r_1} = \frac{T \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-53)$$

$$N_{1Ty} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \cdot \frac{x_1}{r_1} = \frac{T \cdot x_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-54)$$



由此可得螺栓1的强度验算公式为:

$$\sqrt{N_{1Tx}^2 + (N_{1Ty} + N_{1F})^2} \leq N_{\min}^b \quad (4-55)$$

另外,当螺栓布置比较狭长(如 $y_1 \geq 3x_1$)时,可进行如下简化计算:

令: $x_i=0$, 则 $N_{1Ty}=0$

$$N_{1Tx} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \cdot \frac{y_1}{r_1} = \frac{T \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-56)$$

$$\sqrt{N_{1Tx}^2 + N_{1F}^2} \leq N_{\min}^b \quad (4-57)$$

谢谢大家！

