



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

钢结构设计原理

高强度螺栓群的连接计算

主讲：许宏伟

一、高强度螺栓群的抗剪计算

1、轴心力作用

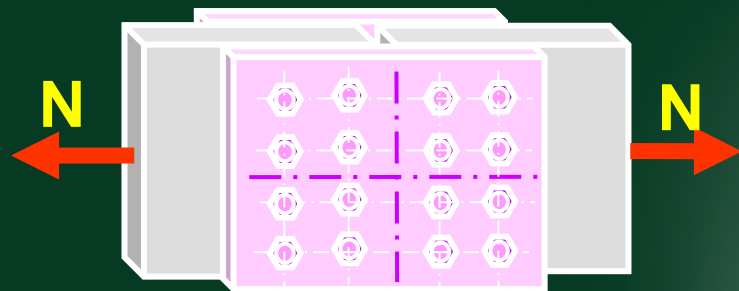
假定各螺栓受力均匀，故所需螺栓数：

对于摩擦型连接：

$$n \geq \frac{N}{N_v^b}$$

对于承压型连接：

$$n \geq \frac{N}{N_{\min}^b}$$



高强度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、高强度螺栓摩擦型连接

主板的危险截面为1-1截面。

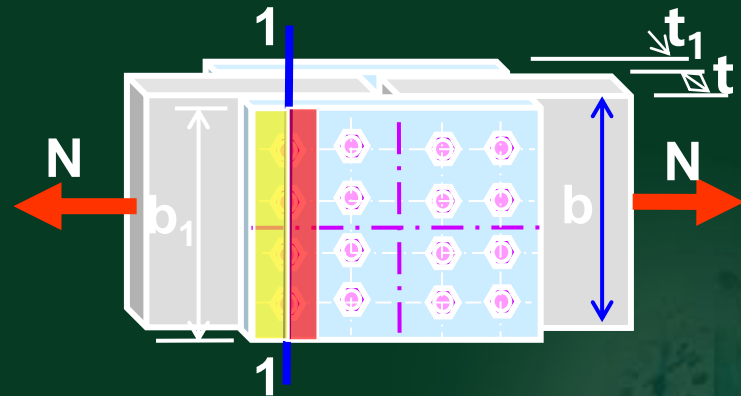
考虑孔前传力50%得：

1-1截面的内力为：

$$N' = N \left(1 - \frac{0.5n_1}{n} \right)$$

n_1 - 计算截面上的螺栓数； n - 连接一侧的螺栓总数。

$$\sigma = \frac{N'}{A_{n,1}} \leq f \quad \text{其中：} A_{n,1} = (b - n_1 \cdot d_0) \cdot t$$



拼接板的危险截面为2-2截面。

考虑孔前传力50%得：

2-2截面的内力为：

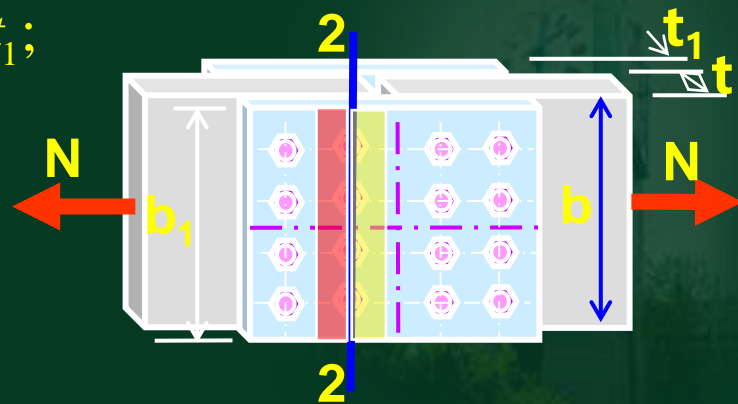
$$N' = 0.5N \left(1 - \frac{0.5n_2}{n} \right)$$

n_2 - 计算截面上的螺栓数； n - 连接一侧的螺栓总数。

$$\sigma = \frac{N'}{A_{n,2}} \leq f \quad \text{其中：} A_{n,2} = (b_1 - n_2 \cdot d_0) \cdot t_1;$$

f - 钢材强度设计值； d_0 - 螺栓孔直径；

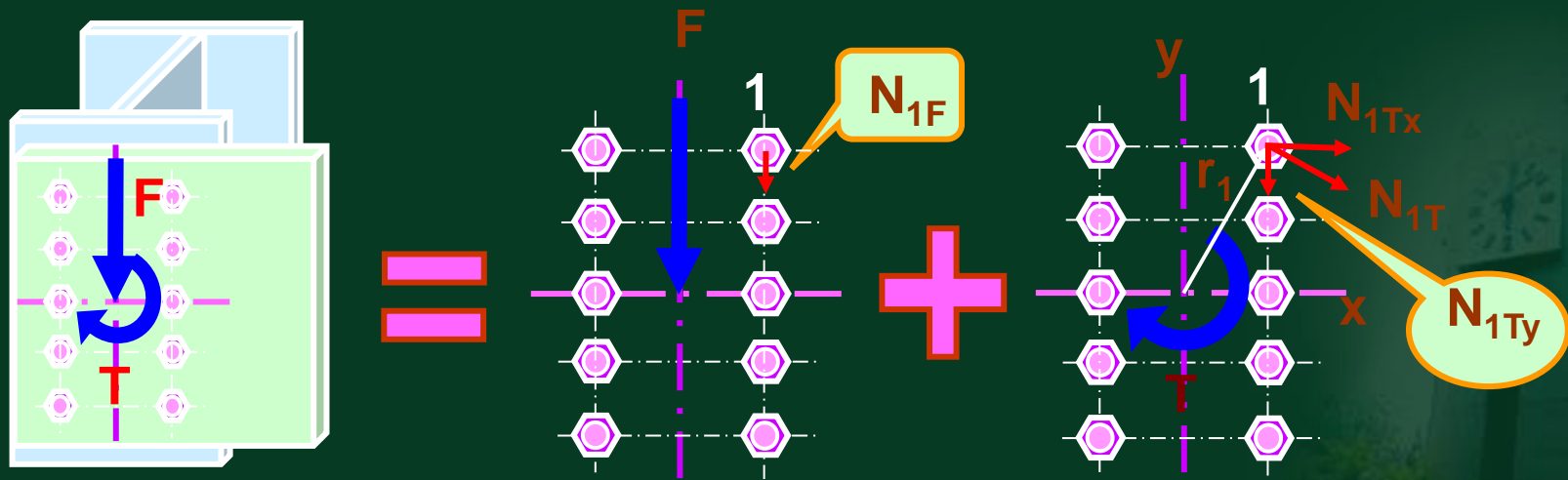
b_1 - 拼接板宽度； t_1 - 拼接板厚度。



B、高强度螺栓承压型连接的净截面验算与普通螺栓的净截面验算完全相同。

2、扭矩或扭矩、剪力共同作用下

计算方法与普通螺栓相同，即：



剪力F作用下每个螺栓受力:

$$N_{1F} = \frac{F}{n}$$

扭矩T作用下:

$$N_{1Tx} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \cdot \frac{y_1}{r_1} = \frac{T \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-88)$$

$$N_{1Ty} = \frac{T \cdot r_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \cdot \frac{x_1}{r_1} = \frac{T \cdot x_1}{\sum_{i=1}^n x_i^2 + \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-89)$$

由此可得螺栓1的强度验算公式为:

摩擦型连接:

$$\sqrt{N_{1Tx}^2 + (N_{1Ty} + N_{1F})^2} \leq N_v^b \quad (4-90)$$

承压型连接:

$$\sqrt{N_{1Tx}^2 + (N_{1Ty} + N_{1F})^2} \leq N_{\min}^b \quad (4-91)$$

二、高强度螺栓群的抗拉计算

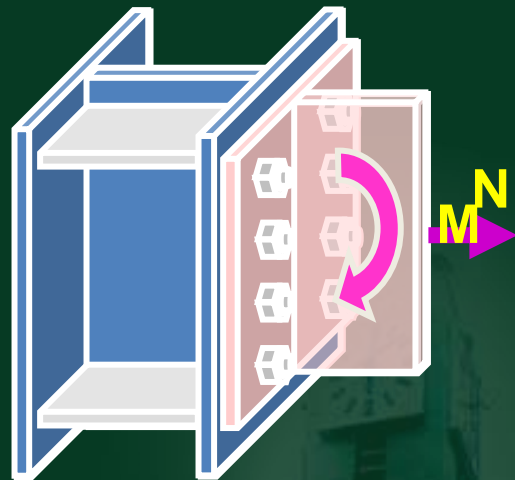
1、轴心力作用

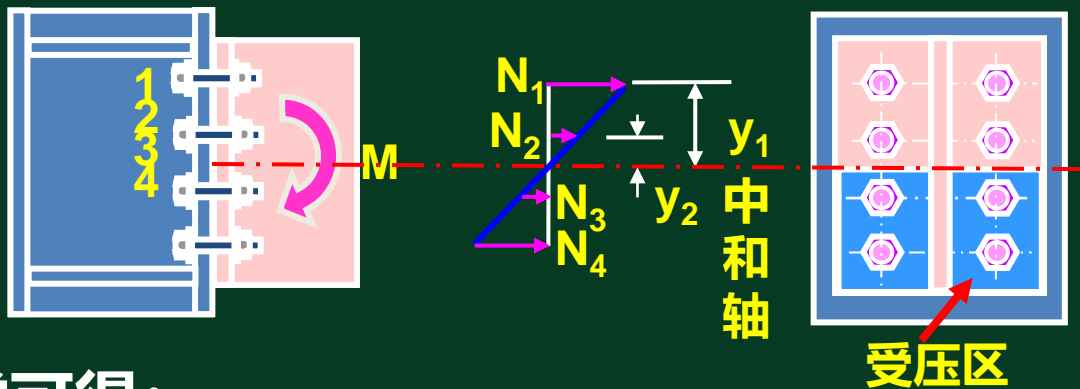
假定各螺栓均匀受力，故所需螺栓数：

$$n \geq \frac{N}{N_t^b}$$

2、弯矩作用下

由于高强度螺栓的抗拉承载力一般总小于其预拉力 P ，故在弯矩作用下，连接板件接触面始终处于紧密接触状态，弹性性能较好，可认为是一个整体，所以假定连接的中和轴与螺栓群形心轴重合，最外侧螺栓受力最大。





由力学可得：

$$\frac{N_1}{y_1} = \frac{N_2}{y_2} = \frac{N_3}{y_3} \dots = \frac{N_n}{y_n} \quad (4-92)$$

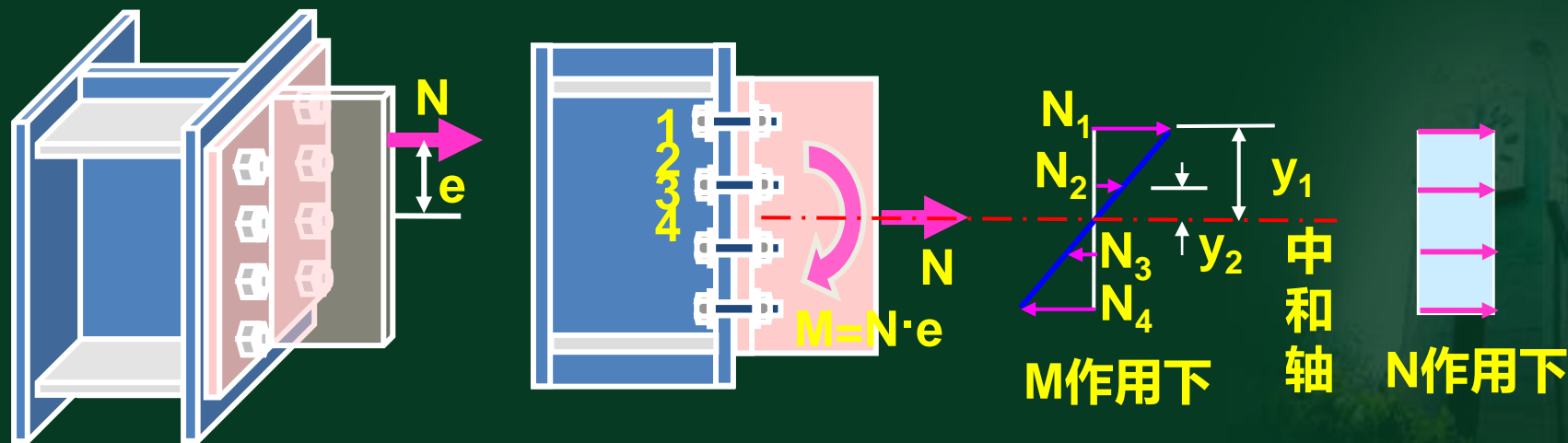
$$M = N_1 y_1 + N_2 y_2 + \dots + N_n y_n \quad (4-93)$$

$$\therefore N_1 = \frac{M \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-94)$$

因此，设计时只要满足下式即可：

$$N_1 \leq N_t^b \quad (4-95)$$

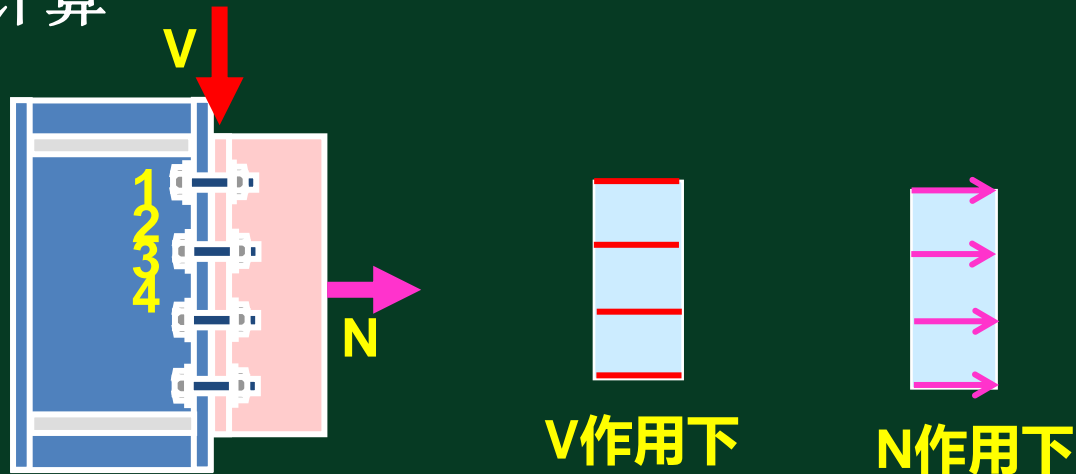
3、偏心拉力作用下



偏心力作用下的高强度螺栓连接，螺栓最大拉力不应大于**0.8P**，以保证板件紧密贴合，端板不会被拉开，所以摩擦型和承压型均可采用以下方法（**叠加法**）计算：

$$N_1 = \frac{N}{n} + N_{1M} = \frac{N}{n} + \frac{M \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \leq N_t^b \quad (4-96)$$

三、高强度螺栓群在拉力和剪力共同作用下的连接计算



单个螺栓所受的剪力：
$$N_v = \frac{V}{n}$$

单个螺栓所受的拉力：
$$N_t = \frac{N}{n}$$

对于受拉受剪的高强螺栓连接应满足：

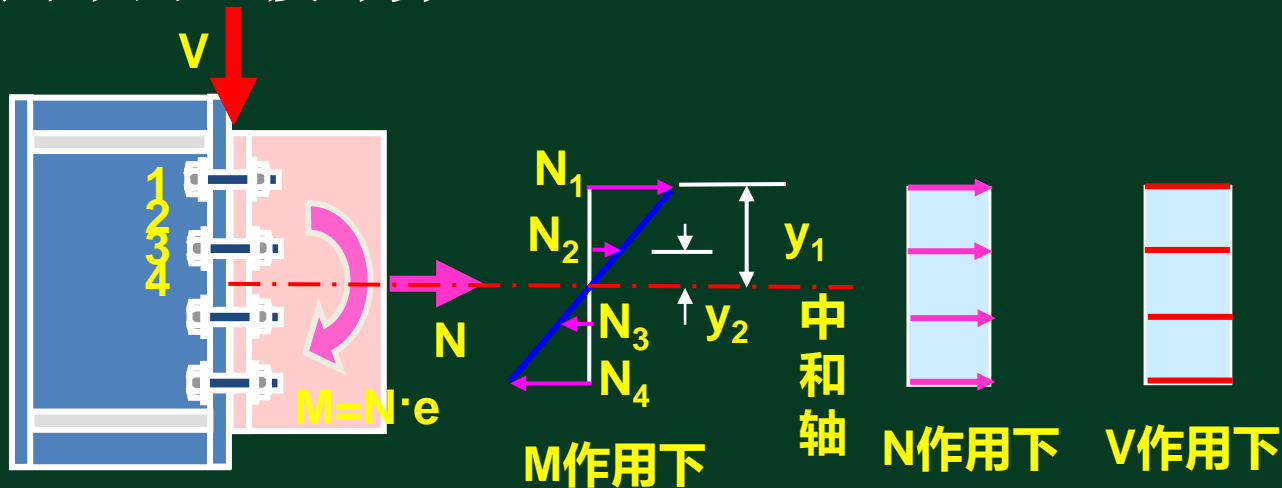
I、对于高强度螺栓摩擦型连接应满足：

$$\frac{N_t}{N_t^b} + \frac{N_v}{N_v^b} \leq 1$$

II、对于高强度螺栓承压型连接应满足：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad N_v \leq \frac{N_c^b}{1.2}$$

五、高强度螺栓群在拉力、弯矩和剪力共同作用下的连接计算



1、采用高强度螺栓摩擦型连接时

1号螺栓在 N 、 M 作用下所受拉力如前所述应满足：

$$N_{t1} = \frac{N}{n} + \frac{M \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \leq N_t^b = 0.8P$$

单个螺栓所受的剪力:
$$N_{v1} = N_v = \frac{V}{n}$$

对于高强度螺栓摩擦型连接，在拉力和剪力共同作用下，单栓抗剪承载力如前所述为：

$$\frac{N_{t1}}{N_t^b} + \frac{N_{v1}}{N_v^b} \leq 1$$

上式中:
$$N_v^b = 0.9n_f \cdot \mu \cdot P$$

$$N_t^b = 0.8P$$

2、采用高强度螺栓承压型连接时

单个螺栓所受的剪力:

$$N_{v1} = \frac{V}{n}$$

单个螺栓所受的最大拉力:

$$N_{t1} = \frac{N}{n} + \frac{M \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

螺栓的强度计算公式:

$$\sqrt{\left(\frac{N_{v1}}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_{t1}}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad \text{且: } N_{v1} \leq \frac{N_c^b}{1.2}$$

谢谢大家！

