



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（二）

主讲：许宏伟

三、普通螺栓的抗拉连接

(一) 普通螺栓抗拉连接的工作性能

抗拉螺栓连接在外力作用下，连接板件接触面有脱开趋势，螺栓杆受杆轴方向拉力作用，以栓杆被拉断为其破坏形式。

(二) 单个普通螺栓的抗拉承载力设计值

$$N_t^b = A_e f_t^b = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^b \quad (4-58)$$

式中： A_e --螺栓的有效截面面积；

d_e --螺栓的有效直径；

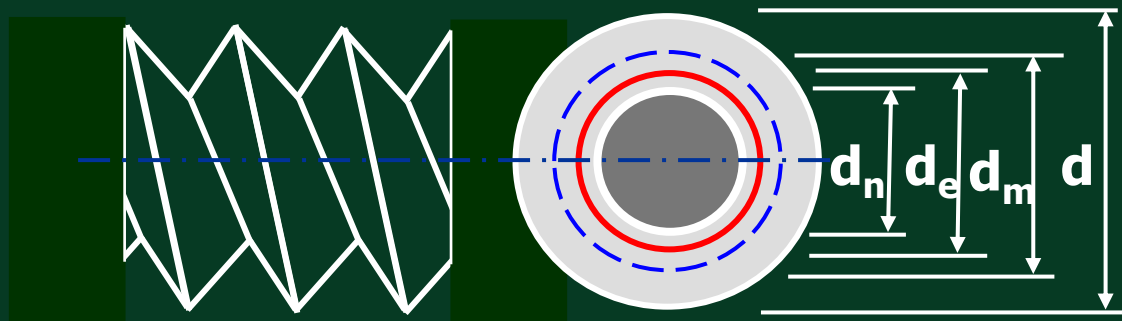
f_t^b --螺栓的抗拉强度设计值。

公式的两点说明：

(1) 螺栓的有效截面面积

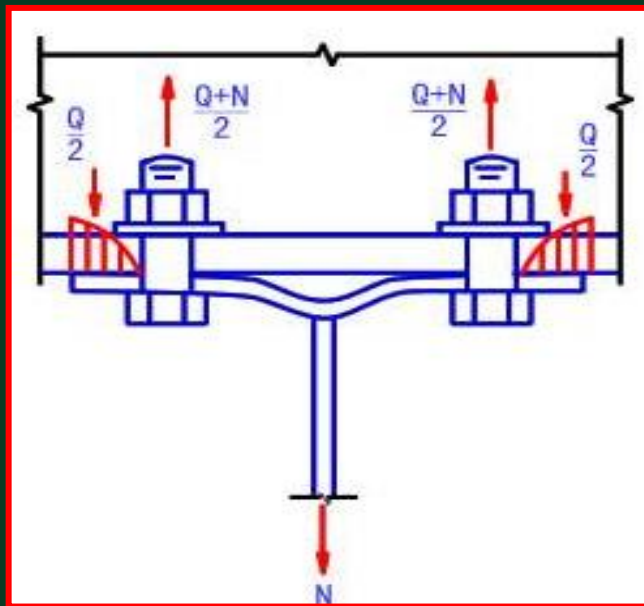
因栓杆上的螺纹为斜方向的，所以公式取的是有效直径 d_e 而不是净直径 d_n ，现行国家标准取：

$$d_e = d - \frac{13}{24} \cdot \sqrt{3} \cdot t \quad (t - \text{螺距}) \quad (4-59)$$



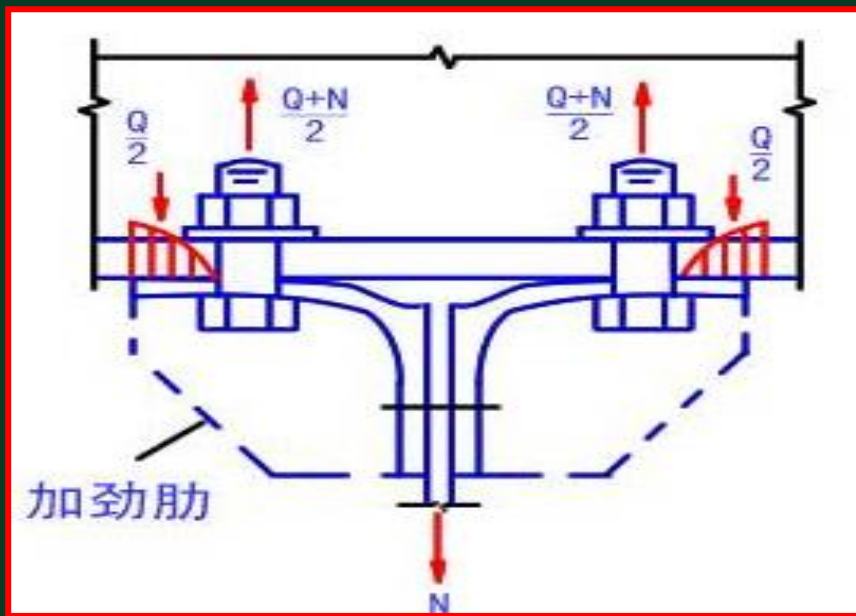
(2) 螺栓垂直连接件的刚度对螺栓抗拉承载力的影响

A、试验证明影响撬力的因素较多，其大小难以确定，规范采取简化计算的方法，取 $f_t^b=0.8f$ （ f —螺栓钢材的抗拉强度设计值）来考虑其影响。



$$N_t = \frac{N}{2} + \frac{Q}{2} \quad (4-60)$$

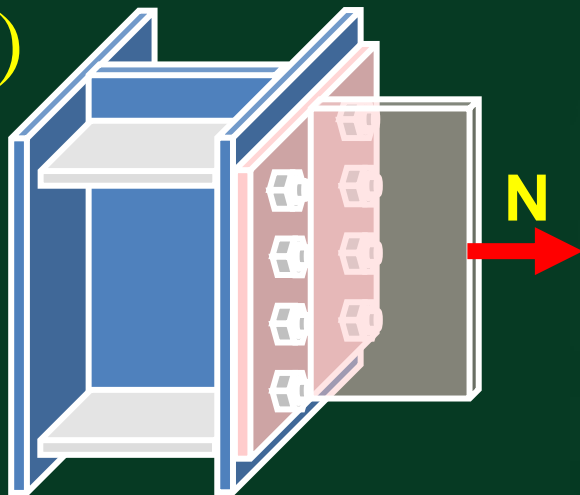
B、在构造上可以通过加强连接件的刚度的方法，来减小杠杆作用引起的撬力，如设加劲肋，可以减小甚至消除撬力的影响。



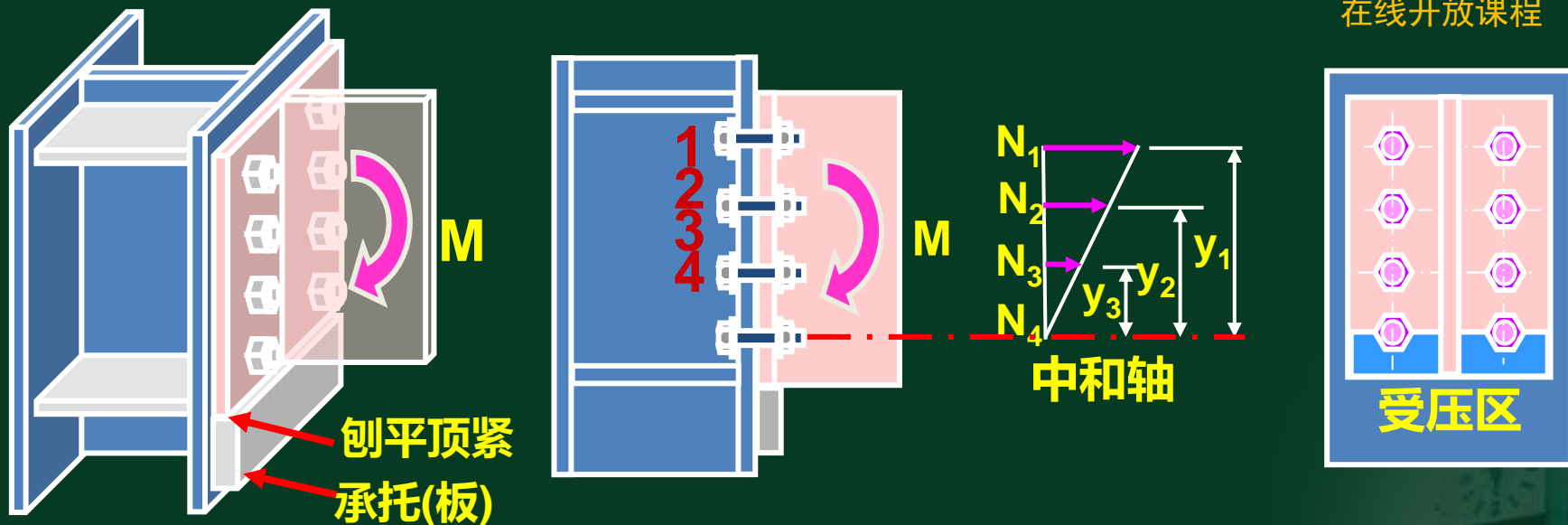
(三) 普通螺栓群的轴拉设计

一般假定每个螺栓均匀受力，因此，连接所需的螺栓数为：

$$n = \frac{N}{N_t^b} \quad (4-61)$$



(四) 普通螺栓群在弯矩作用下



☺ M作用下螺栓连接按弹性设计，其假定为：

- (1) 连接板件绝对刚性，螺栓为弹性；
- (2) 螺栓群的中和轴位于最下排螺栓的形心处，各螺栓所受拉力与其至中和轴的距离成正比。

显然 ‘1’号螺栓在M作用下所受拉力最大

由力学及假定可得：

$$\frac{N_1^M}{y_1} = \frac{N_2^M}{y_2} = \frac{N_3^M}{y_3} \cdots = \frac{N_n^M}{y_n} \quad (4-62)$$

$$M = m(N_1^M y_1 + N_2^M y_2 + \cdots + N_n^M y_n) \quad (4-63)$$

由式4--62得：

$$N_2^M = \frac{N_1^M}{y_1} \cdot y_2; \quad N_3^M = \frac{N_1^M}{y_1} \cdot y_3; \cdots N_n^M = \frac{N_1^M}{y_1} \cdot y_n \quad (4-64)$$

将式4--64代入式4--63得:

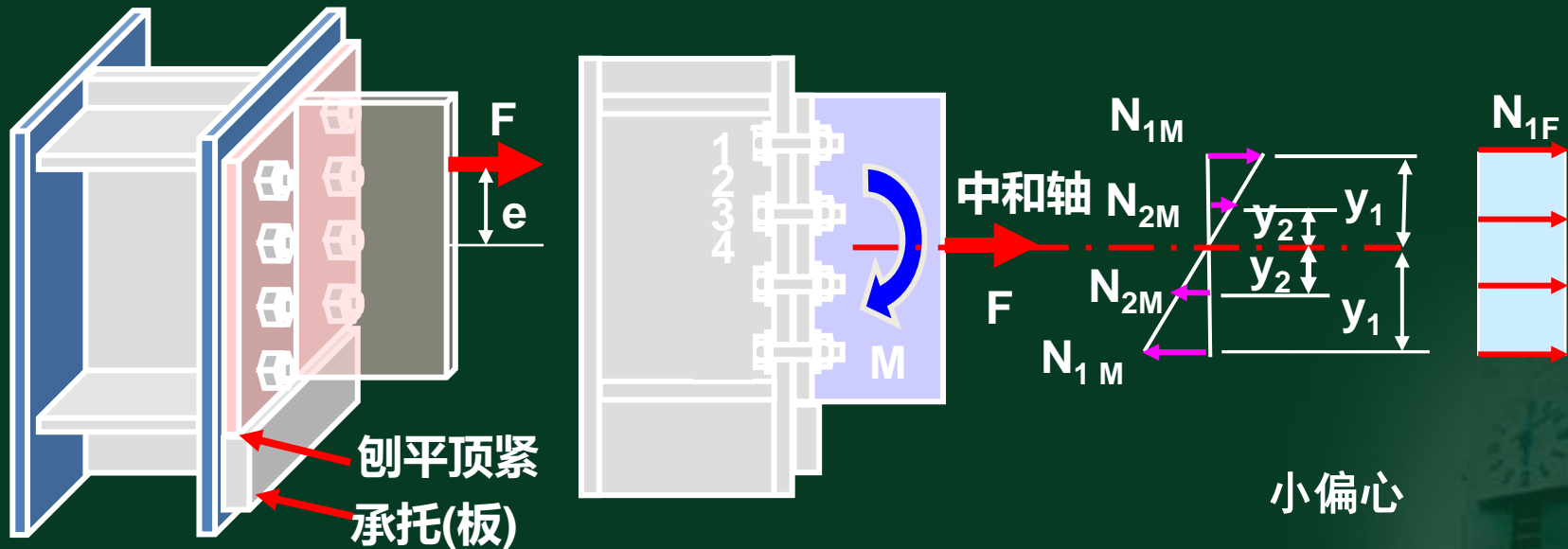
$$M = m \cdot \frac{N_1^M}{y_1} \cdot (y_1^2 + y_2^2 + \cdots + y_n^2) = \frac{N_1^M}{y_1} \cdot m \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (4-65)$$

$$\therefore N_1^M = \frac{M \cdot y_1}{m \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (4-66)$$

因此，设计时只要满足下式，即可：

$$N_1^M \leq N_t^b \quad (4-67)$$

(五) 普通螺栓群在偏心拉力作用下



先按小偏心计算 (M较小, N较大)

假定旋转轴过栓群形心

$$M = F \cdot e$$

$$N_{\min} = \frac{F}{n} - \frac{M \cdot y_1}{m \sum_{i=1}^{n'} y_i^2} \quad (4-68)$$

m为螺栓列数

若 $N_{\min} \geq 0$ ，则小偏心假设成立，要求：

$$N_{\max} = \frac{F}{n} + \frac{M \cdot y_1}{m \sum_{i=1}^{n'} y_i^2} \leq N_t^b$$

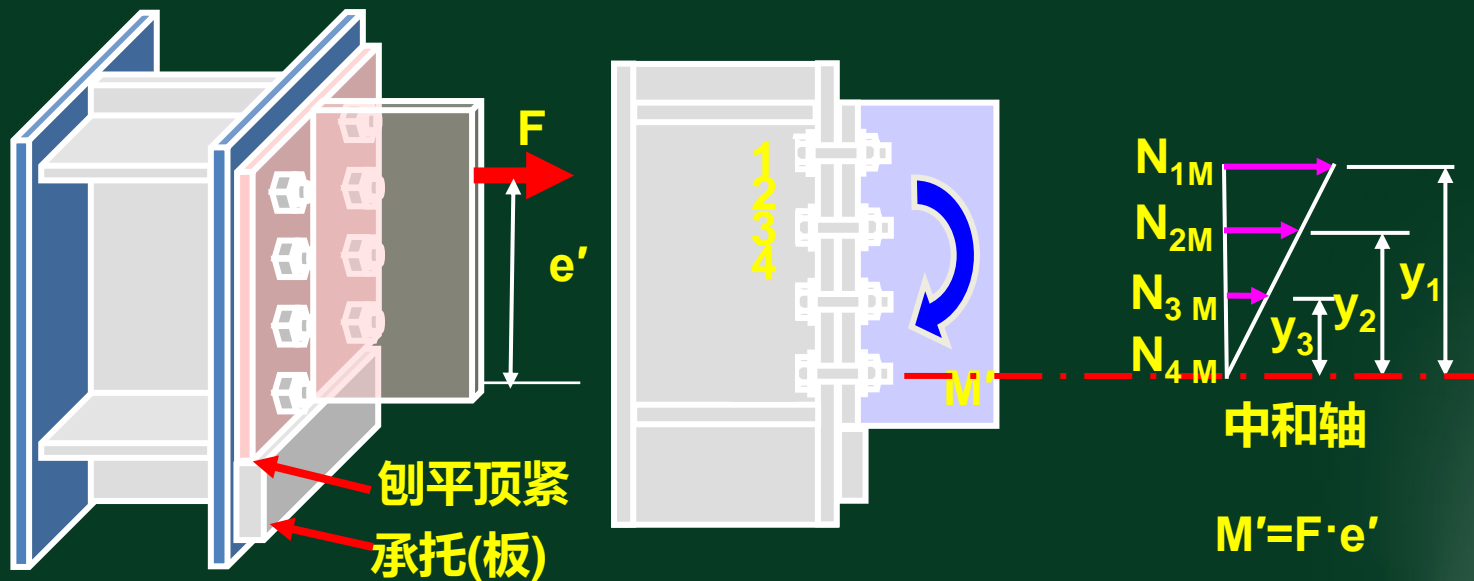
若 $N_{\min} < 0$ ，则小偏心假设不成立
，应按大偏心计算。这时，**旋转轴应在最下排螺栓线上**，根据平衡，则

$$N_{\max} = \frac{M' \cdot y_1'}{m \sum_{i=1}^{n'} y_i'^2} \leq N_t^b$$

$$M' = F \cdot e'$$

(M较大，N较小)

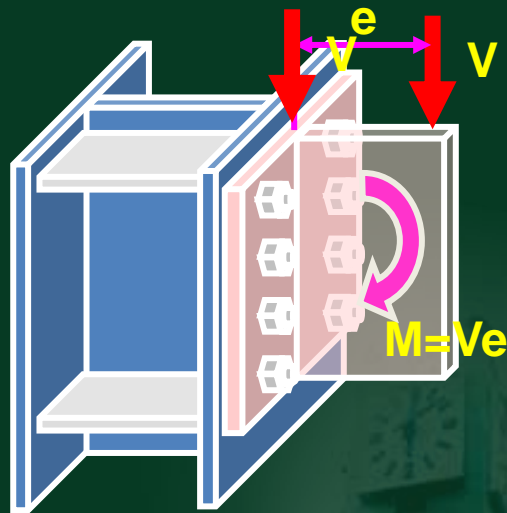
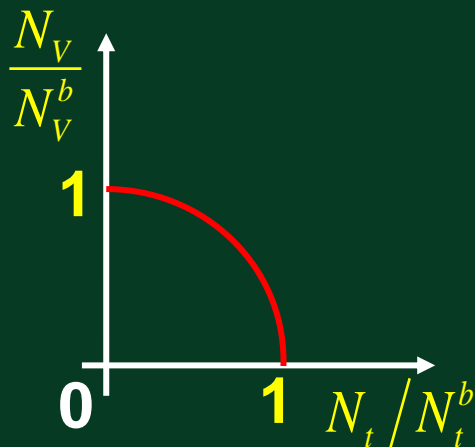
大偏心计算模型



四、普通螺栓拉、剪联合作用

1、普通螺栓在拉力和剪力的共同作用下，可能出现两种破坏形式：**螺杆受剪兼受拉破坏、孔壁的承压破坏**；

2、由试验可知，兼受剪力和拉力的螺杆，其承载力无量纲关系曲线近似为一“四分之一圆”。



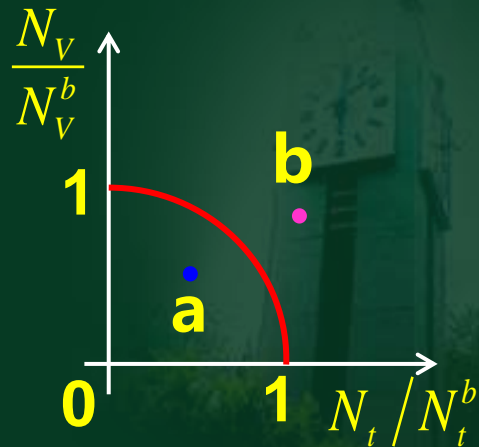
3、计算时，假定剪力由螺栓群均匀承担，拉力由受力情况确定。

因此：

$$N_V = \frac{V}{n}$$

规范规定：普通螺栓拉、剪联合作用为了防止螺杆受剪兼受拉破坏，应满足：

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1 \quad (4-69)$$



为了防止孔壁的承压破坏，应满足：

$$N_v \leq N_c^b \quad (4-70)$$

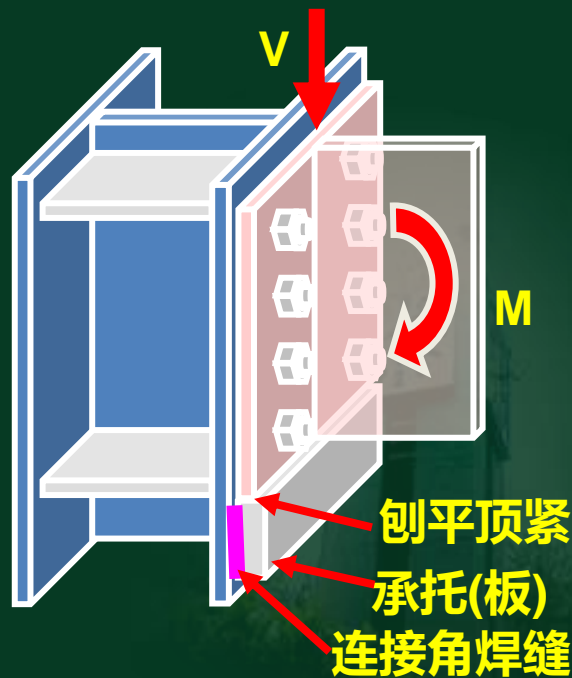
另外，拉力和剪力共同作用下的普通螺栓连接，当有承托承担全部剪力时，螺栓群按受拉连接计算。

承托与柱翼缘的连接角焊缝按下式计算：

$$\tau_f = \frac{\alpha \cdot N}{\sum l_w h_e} \leq f_f^w \quad (4-71)$$

式中：

α —增大系数，一般取 $\alpha=1.25\sim1.35$ 。



谢谢大家！

