



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

钢结构设计原理

高强度螺栓的连接计算

主讲：许宏伟

一、高强度螺栓的工作性能及单栓承载力

1、高强度螺栓预拉力的建立方法

通过拧紧螺帽的方法，螺帽的紧固方法：

A、转角法

B、扭矩法

C、扭断螺栓杆尾部法（扭剪型高强度螺栓）

高强度螺栓的施工要求：

由于高强度螺栓的承载力很大程度上取决于螺栓杆的预拉力，因此施工要求较严格：

- 1) 终拧力矩偏差不应大于 $\pm 10\%$ ；
- 2) 如发现欠、漏和超拧螺栓应更换；
- 3) 拧固顺序先主后次，且当天安装，当天终拧完。

如工字型梁为：上翼缘→下翼缘→腹板。

2、高强度螺栓预拉力的确定

高强度螺栓预拉力是根据螺栓杆的有效抗拉强度确定的，并考虑了以下修正系数：

考虑材料的不均匀性的折减系数0.9；

为防止施工时超张拉导致螺杆破坏的折减系数0.9；

考虑拧紧螺帽时，螺栓杆上产生的剪力对抗拉强度的降低除以系数1.2。

附加安全系数0.9。

因此，预拉力：
$$P = \frac{0.9 \times 0.9 \times 0.9}{1.2} A_e f_u \quad (4-72)$$

A_e —螺纹处有效截面积；

f_u —螺栓热处理后的最抵抗拉强度；8.8级，取 $f_u = 830\text{N/mm}^2$ ，

10.9级，取 $f_u = 1040\text{N/mm}^2$

计算出的P值按5kN的倍数取整就形成下面规范规定的表格。

表 7.2.2-2 一个高强度螺栓的预拉力 P (kN)

螺栓的性能等级	螺栓公称直径(mm)					
	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8 级	80	125	150	175	230	280
10.9 级	100	155	190	225	290	355

3、高强度螺栓摩擦面抗滑移系数 μ

- 摩擦型高强度螺栓是通过板件间摩擦力传递内力的，而摩擦力的大小取决于板件间的挤压力（ P ）和板件间的抗滑移系数 μ ；
- 板件间的抗滑移系数与接触面的处理方法和构件钢号有关；

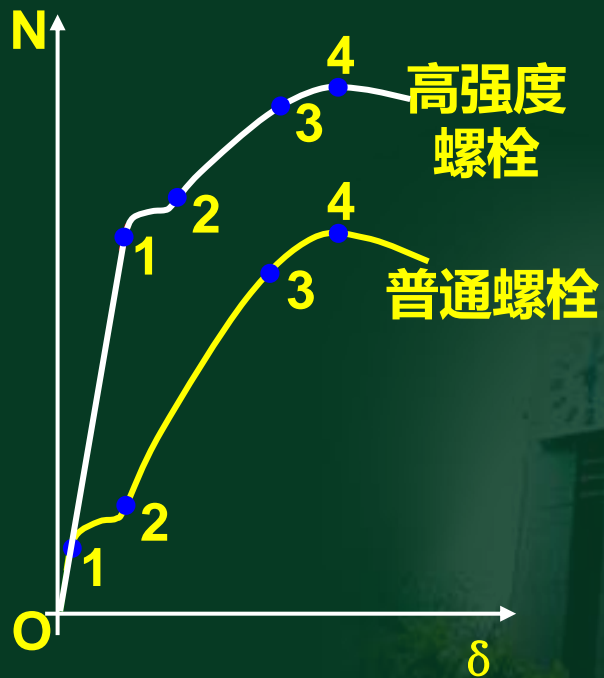
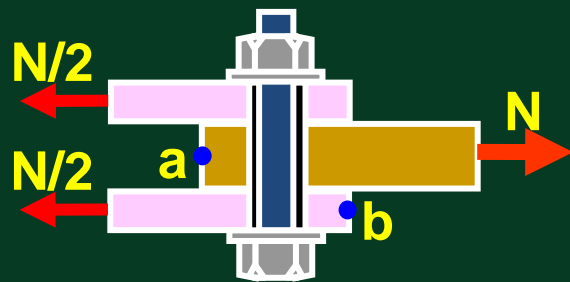
规范给出了不同钢材在不同接触面的处理方法下的抗滑移系数 μ ，如下表

表 7.2.2-1 摩擦面的抗滑移系数 μ

在连接处构件接触面的处理方法	构件的钢号		
	Q235 钢	Q345 钢、Q390 钢	Q420 钢
喷砂(丸)	0.45	0.50	0.50
喷砂(丸)后涂无机富锌漆	0.35	0.40	0.40
喷砂(丸)后生赤锈	0.45	0.50	0.50
钢丝刷清除浮锈或未经处理的干净轧制表面	0.30	0.35	0.40

4、高强度螺栓抗剪连接的工作性能和单栓承载力

- (1)抗剪连接工作性能
- 受力过程与普通螺栓相似，
- 分为四个阶段：**摩擦传力的弹性阶段**、**摩擦传力的弹塑性阶段**、**栓杆传力的弹性阶段**、**栓杆传力的弹塑性阶段**。



(2)、抗剪连接单栓承载力

A、对于高强度螺栓**摩擦型连接**，其破坏准则为板件发生相对滑移，因此其极限状态为**1点**而不是**4点**，所以1点的承载力即为一个高强度螺栓摩擦型连接的抗剪承载力：

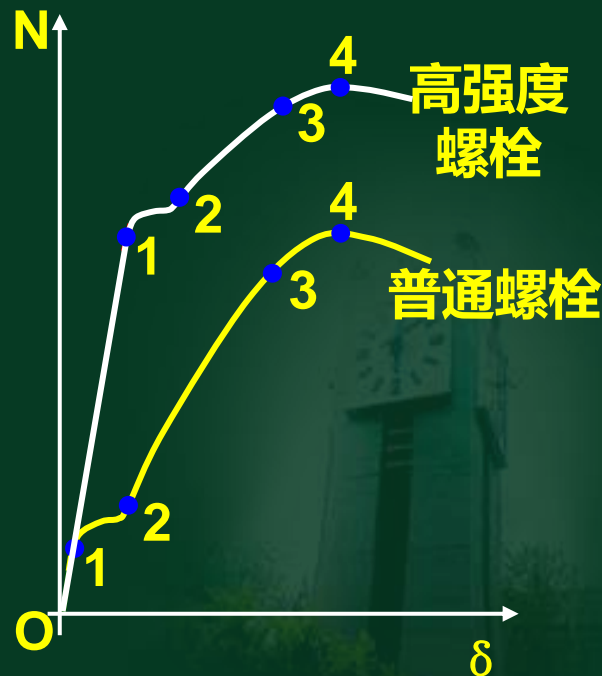
$$N_v^b = 0.9n_f \cdot \mu \cdot P \quad (4-73)$$

式中：0.9—抗力分项系数 γ_R 的倒数($\gamma_R=1.111$)；

n_f —传力摩擦面数目；

μ —摩擦面抗滑移系数；

P —预拉力设计值。



B、对于高强度螺栓**承压型抗剪连接**，允许接触面发生相对滑移，破坏准则为连接达到其极限状态**4点**，所以高强度螺栓承压型连接的单栓抗剪承载力计算方法与普通螺栓相同。

抗剪承载力：

$$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b \quad (4-74)$$

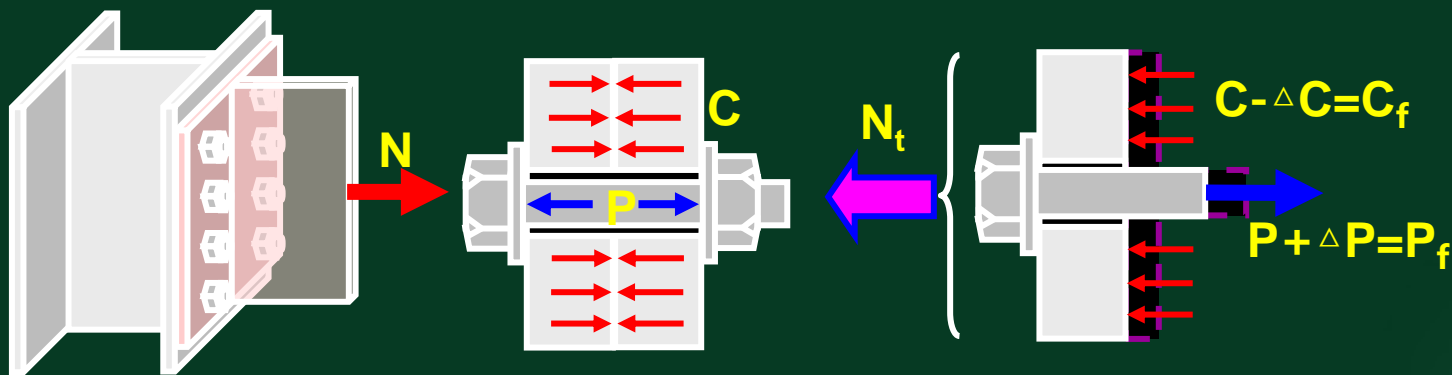
承压承载力：

$$N_c^b = d \sum t f_c^b \quad (4-75)$$

单栓抗剪承载力：

$$N_{\min}^b = \min \left\{ N_v^b, N_c^b \right\} \quad (4-76)$$

5、高强度螺栓抗拉连接工作性能和单栓承载力



- 当外拉力为零，即 $N=0$ 时： $P=C$ ；
- 当外拉力为 N_t 时：板件有被拉开趋势，板件间的压力 C 减小为 C_f ，栓杆拉力 P 增加为 P_f ，由力及变形协调得：

$$P_f = N_t + C_f \quad (4-77)$$

$$\frac{P_f - P}{EA_b} \times \delta = \frac{C - C_f}{EA_p} \times \delta \quad (4-78)$$

$$\therefore P_f = P + \frac{N_t}{A_p/A_b + 1} \quad (4-79)$$

A_b —栓杆截面面积;

A_p —板件挤压面面积;

δ —板叠厚度。

★当板件即将被拉开时： $C_f=0$ ，有 $P_f=N_t$ ，因此：

$$P_f = P + \frac{P_f}{A_p/A_b + 1} \quad (4-80)$$

一般板件间的挤压面面积比栓杆截面面积大的多，近似取 $A_p/A_b=10$ ，得：

$$P_f = P + \frac{P_f}{10+1} \quad (4-81)$$

$$\therefore P_f = 1.1P \quad (4-82)$$

显然栓杆的拉力增加不大。

另外，试验证明，当栓杆的外加拉力大于P时，卸载后螺
栓杆的预拉力将减小，即发生**松弛现象**。但当 **N_t 不大于
 $0.8P$** 时，则无松弛现象，这时 **$P_f=1.07P$** ，可认为螺杆的预
拉力不变，且连接板件间有一定的挤压力保持紧密接触，所
以现行规范规定：

A、摩擦型高强度螺栓的单栓抗拉承载力为：



在线开放课程

$$N_t^b = 0.8P \quad (4-83)$$

B、承压型高强度螺栓的单栓抗拉承载力，因其破坏准则为螺栓杆被拉断，故计算方法与普通螺栓相同，即：

$$N_t^b = A_e f_t^b = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^b \quad (4-84)$$

式中： A_e --螺栓杆的有效截面面积；

d_e --螺栓杆的有效直径；

f_t^b —高强度螺栓的抗拉强度设计值。

上式的计算结果与0.8P相差不多。

谢谢大家！

