



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

钢结构设计原理

轴心受力构件

理想轴心受压构件整体稳定理论

主讲：李海云

轴心受力构件计算内容

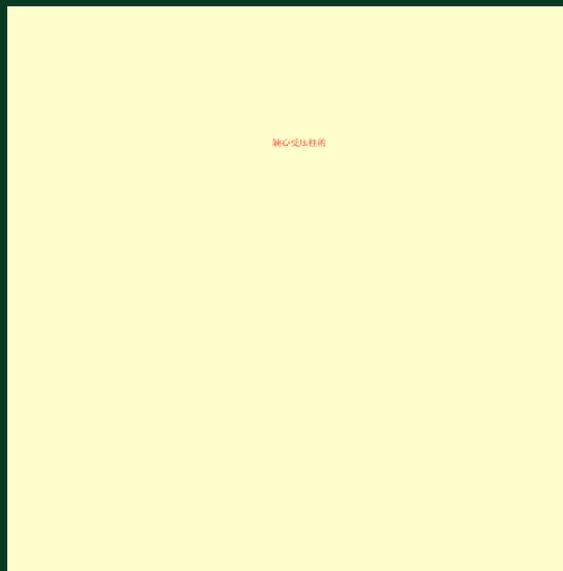
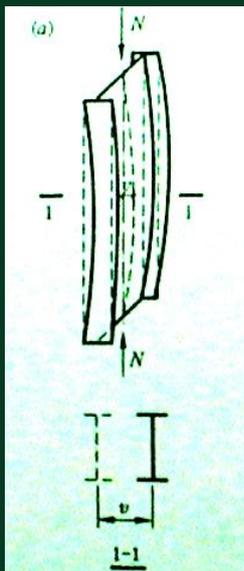
轴心受拉构件 { 强度 (承载能力极限状态)
刚度 (正常使用极限状态)

轴心受压构件 { 强度 } (承载能力极限状态)
稳定 }
刚度 (正常使用极限状态)

轴心受压构件的屈曲形式

1. 弯曲屈曲

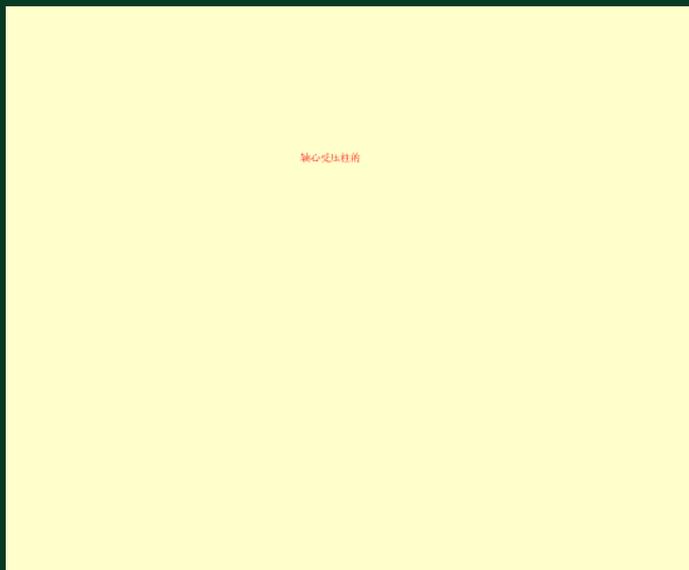
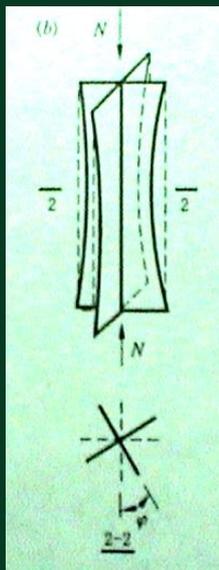
只发生弯曲变形，截面只绕一个主轴旋转，杆纵轴由直线变为曲线，是双轴对称截面常见的失稳形式；



轴心受压构件的屈曲形式

2. 扭转屈曲

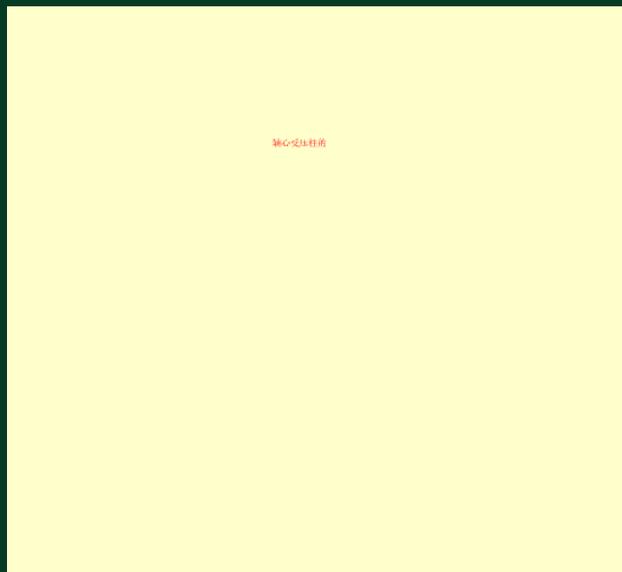
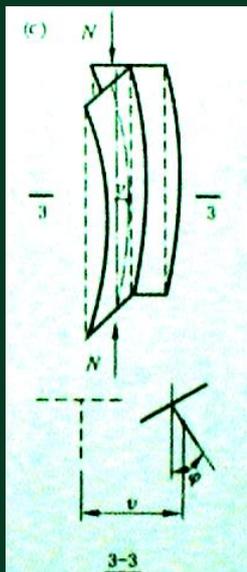
失稳时除杆件的支撑端外，各截面均绕纵轴扭转，是某些双轴对称截面可能发生的失稳形式；



轴心受压构件的屈曲形式

3. 弯扭屈曲

单轴对称截面绕对称轴屈曲时，杆件发生弯曲变形的同时必然伴随着扭转。



轴心受压构件的屈曲形式

思考：试分析双对称轴截面、单对称轴截面、无对称轴截面的理想轴心受压构件的失稳形式？

- (1) **双对称轴截面：**如工字型、箱型截面，绕对称轴失稳形式为**弯曲失稳**，而“十”字型截面还有可能发生**扭转失稳**。
- (2) **单对称轴截面：**绕对称轴**弯扭失稳**，绕非对称轴**弯曲失稳**
- (3) **无对称轴截面：****弯扭失稳**

轴心受压构件的整体稳定理论



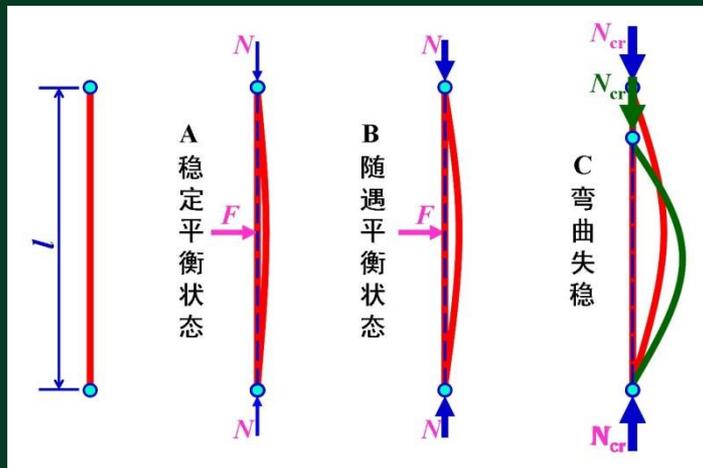
网络精品课程

理想轴心受压构件

- (1) 杆件为等截面理想直杆；
- (2) 压力作用线与杆件形心轴重合；
- (3) 材料为匀质，各项同性且无限弹性，符合虎克定律；
- (4) 构件无初应力，节点铰支。

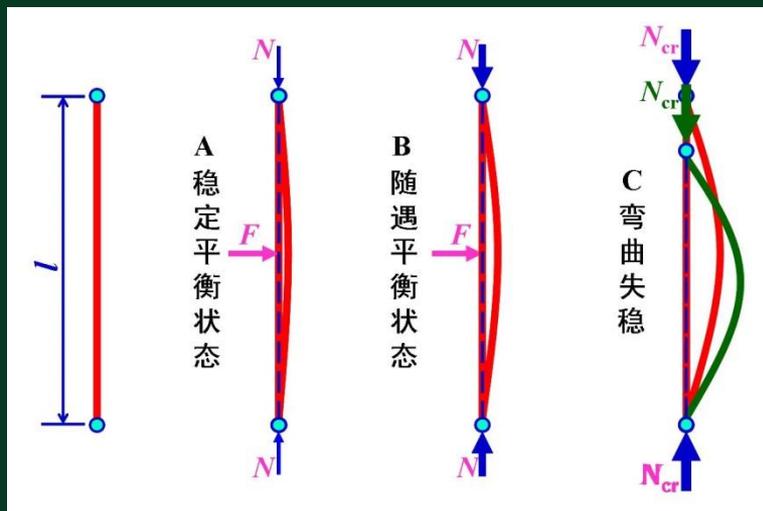
轴心受压构件的整体稳定理论

在荷载作用下，构件的外力和内力必须保持平衡。但平衡状态有**稳定**和**不稳定**之分，当为不稳定平衡时，轻微扰动将使结构或其组成构件产生很大的变形而最后丧失承载能力，这种现象就称为**结构失去稳定性**。



轴心受压构件的整体稳定理论

随遇平衡是从稳定平衡过渡到不稳定平衡的临界状态，发生随遇平衡时的轴心压力称为**临界力 N_{cr}** ，相应的截面应力称为**临界应力 σ_{cr}** 。



轴心受压构件的整体稳定理论



网络精品课程

1、弹性弯曲屈曲

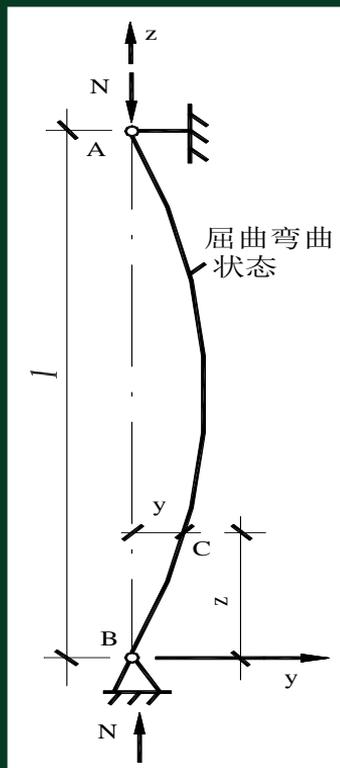
欧拉（Euler）早在1744年通过对理想轴心压杆的整体稳定问题进行的研究，当轴心力达到临界值时，压杆处于屈曲的微弯状态。在弹性微弯状态下，根据外力矩平衡条件，可建立平衡微分方程，求解后得到了著名的**欧拉临界力**和**欧拉临界应力**。

轴心受力构件的整体稳定理论

欧拉公式: $EI d^2 y / dz^2 + Ny = 0$

临界力: $N_{cr} = \pi^2 EI / l^2 = \pi^2 EA / (l / i)^2$
 $= \pi^2 EA / \lambda^2$

临界应力: $\sigma_{cr} = \frac{N_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$



轴心受力构件的整体稳定理论

临界力:

$$N_{cr} = N_E = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda^2}$$

临界应力:

$$\sigma_{cr} = \sigma_E = \frac{N_E}{A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

- 1、理想轴心受压构件弯曲屈曲临界力随抗弯刚度的增加和构件长度的减小而增大；
- 2、理想轴心受压构件弯曲屈曲临界力与材料的强度无关。

轴心受力构件的整体稳定理论

在欧拉临界力公式的推导中，假定材料无限弹性、符合虎克定理（ E 为常量），因此当截面应力超过钢材的比例极限 f_p 后，欧拉临界力公式不再适用，上式应满足：

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq f_p$$

或

$$\lambda \geq \lambda_p = \pi \sqrt{\frac{E}{f_p}}$$

轴心受力构件的整体稳定理论

2、弹塑性弯曲屈曲

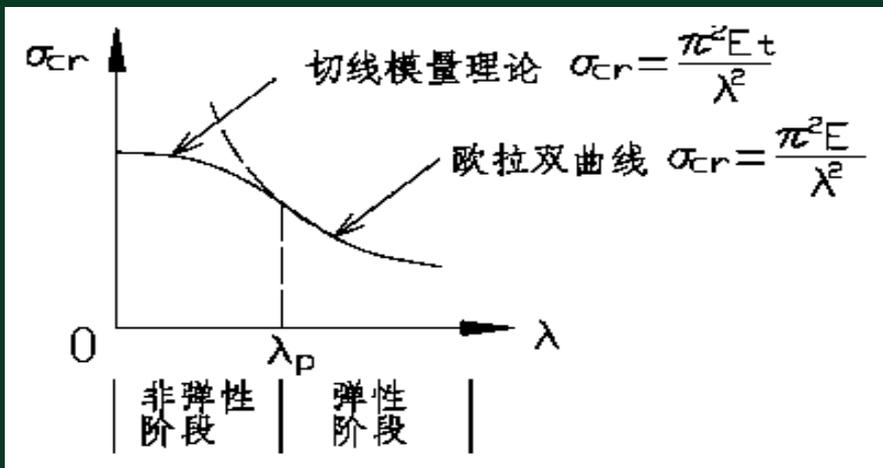
根据香莱理论，用应力—应变曲线的切线模量 E_t 代替欧拉公式中的弹性模量 E ，将欧拉公式推广应用于非弹性范围，即：

$$N_{\text{crt}} = \frac{\pi^2 E_t I}{l^2} = \frac{\pi^2 E_t A}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{\text{crt}} = \frac{\pi^2 E_t}{\lambda^2}$$

轴心受力构件的整体稳定理论

3、临界应力与长细比的关系



欧拉及切线模量临界应力
与长细比的关系曲线

结语



网络精品课程

- ◆ 轴心受压构件的屈曲形式
- ◆ 线弹性弯曲屈曲的临界力和临界应力
- ◆ 弹塑性弯曲屈曲的临界力和临界应力