

第四章 轴心受力构件

- ❖ 第一节 轴心受力构件的应用及截面形式
- ❖ 第二节 轴心受力构件的强度与刚度
- ❖ 第三节 轴心受压构件的整体稳定
- ❖ 第四节 实腹式轴心受压构件的局部稳定
- ❖ 第五节 实腹式轴心受压构件设计
- ❖ 第六节 格构式轴心受压构件设计
- ❖ 第七节 轴心受压柱柱头和柱脚的构造与计算
- ❖ 第八节 钢索的力学性能和分析方法

第一节 轴心受力构件的应用及截面形式

一、轴心受力构件的应用

- 1、轴心受力构件：承受通过截面形心的轴向力作用的一种受力构件。
- 2、在进行设计时，构件应同时满足承载力极限状态和正常使用极限状态的要求。对极限承载力极限状态，在轴心受压构件需同时满足强度和稳定性的要求；对正常使用极限状态，通过限制构件的长细比保证构件的刚度。

二、截面形式

按生产制作情况分为型钢截面和组合截面，组合截面又分为实腹式组合截面和格构式组合截面。

第二节 轴心受力构件的强度和刚度

❖ 一、轴心受力构件的强度

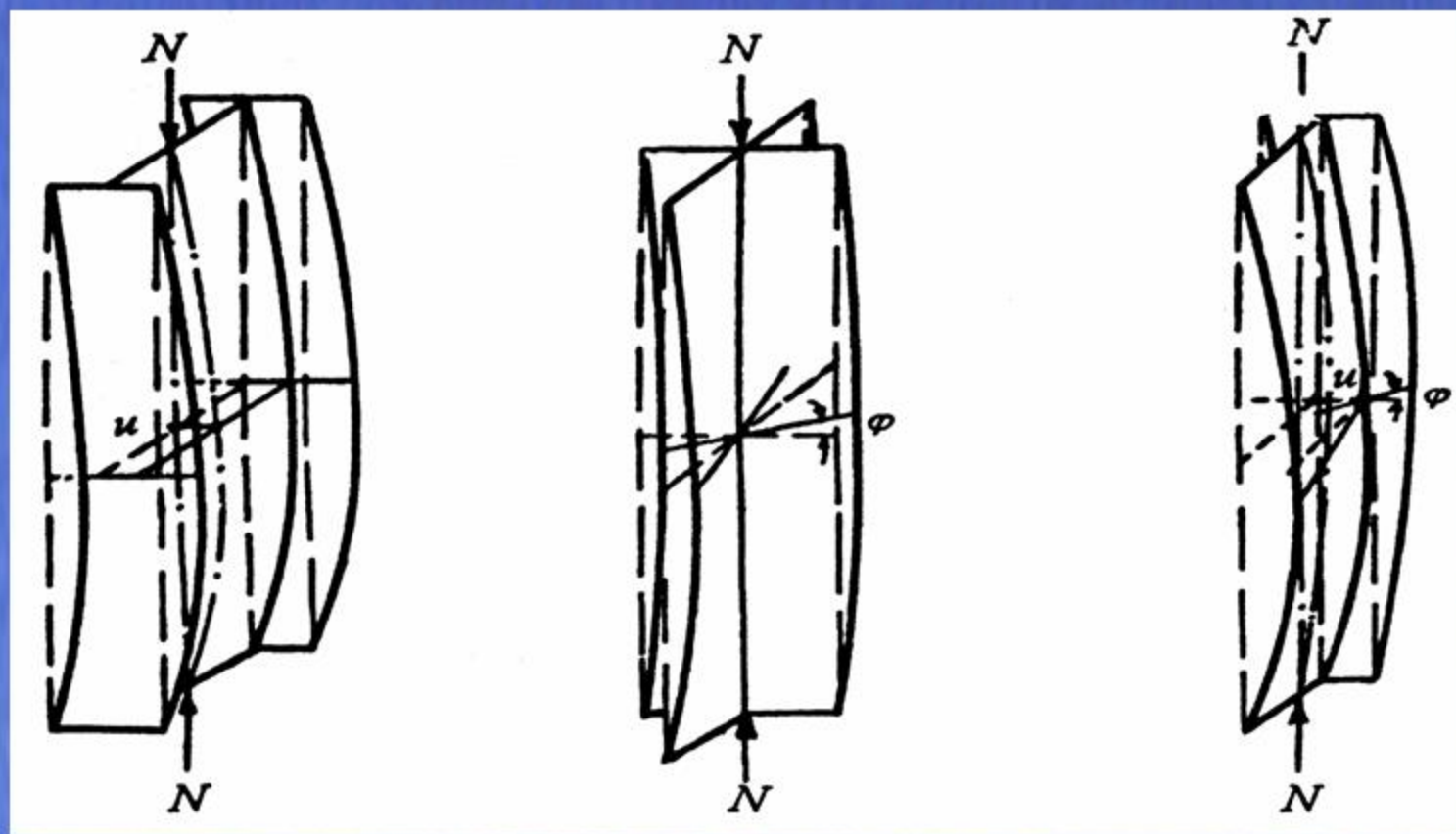
$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f$$

❖ 二、轴心受拉构件和轴心受压构件的刚度

$$\lambda_{\max} = \frac{l_0}{i} \leq [\lambda]$$

第三节 轴心受压构件的整体稳定

一、理想轴心受压构件的屈曲形式



(a) 弯曲屈曲

(b) 扭转屈曲

(c) 弯扭屈曲

二、理想轴心压杆的整体稳定临界力的确定

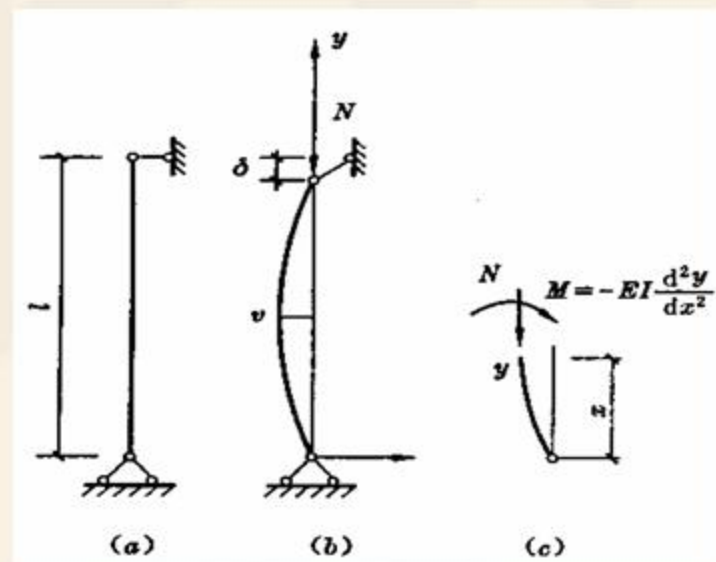
根据右图列平衡方程

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} + Ny = 0$$

解平衡方程：得

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_0^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A$$

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



4、理想构件的弹塑性弯曲失稳构件失稳时如果截面应力超出弹性极限，则构件进入弹塑性工作阶段，这时应按切线模量理论进行分析

$$\sigma_{cr} = \frac{N_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E_{\tau}}{\lambda^2}$$

三、初始缺陷对轴心压杆稳定性的影响

实际构件与理想构件间存在着初始缺陷，缺陷主要有：残余应力、初始弯曲、初始偏心

1、残余应力的影响

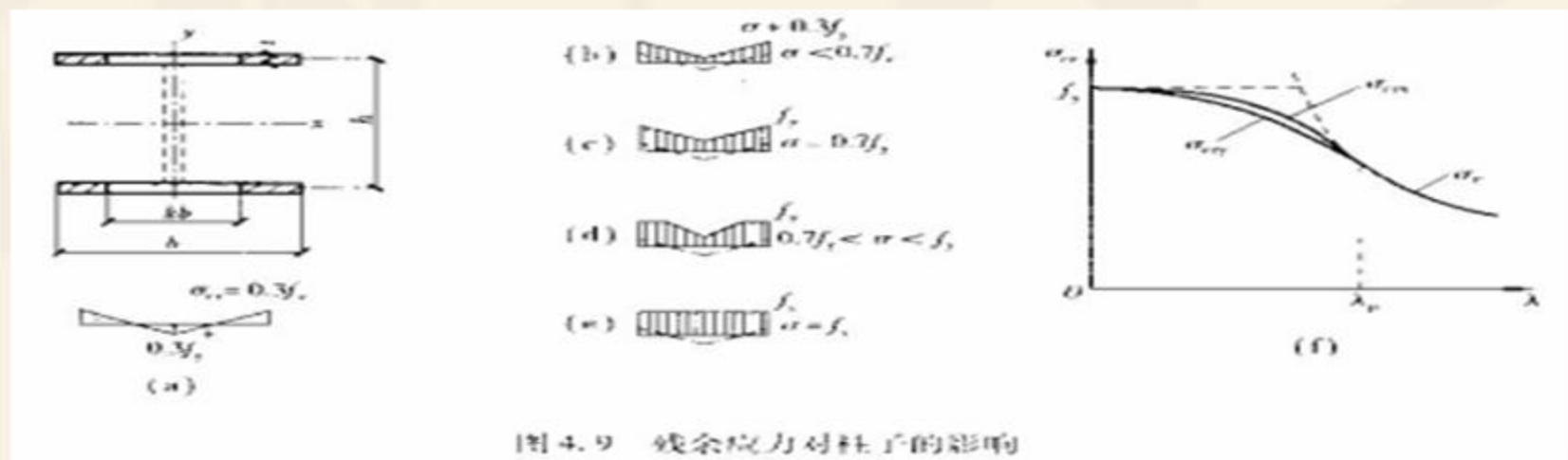


图 4.9 残余应力对柱子的影响

$$\sigma_{cry} = \frac{\pi^2 Ek}{\lambda_y^2}$$

$$\sigma_{crx} = \frac{\pi^2 Ek^3}{\lambda_x^2}$$

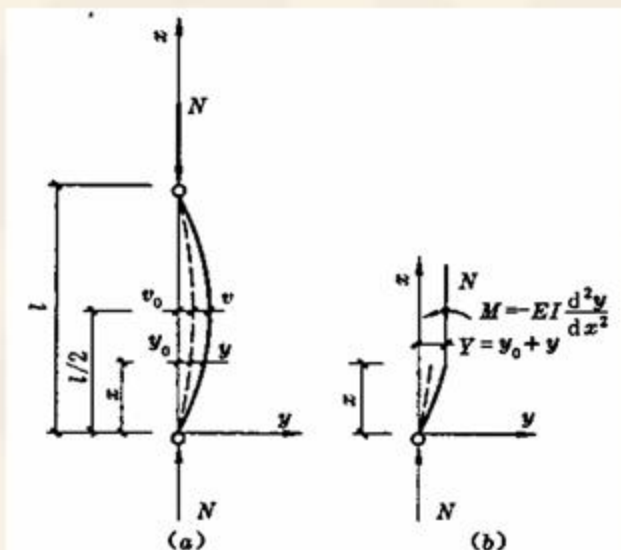
$$k = \frac{I_e}{I} \leq 1$$

注：残余应力对弱轴的影响大于对强轴的影响

2、初始弯曲的影响

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} + N(y + v_0 \sin \frac{\pi x}{l}) = 0$$

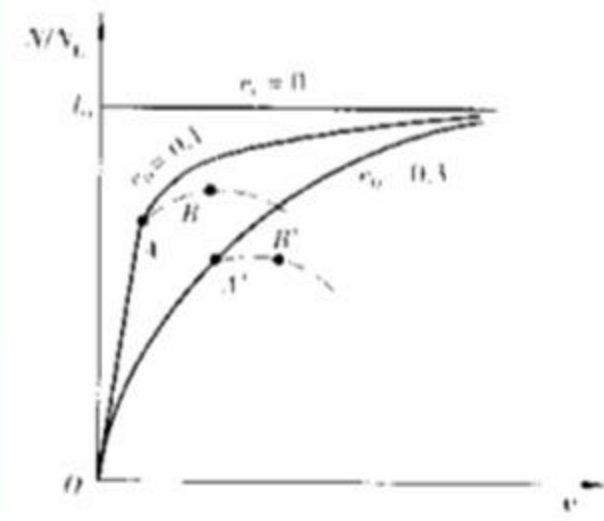
$$v_m = v_0 + v = \frac{v_0}{1 - N / N_{cr}}$$



3、初始偏心的影响

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} + N(y + e_0) = 0$$

$$v = e_0 \left(\sec \frac{\pi}{2} \sqrt{N / N_{cr}} - 1 \right)$$



四、轴心受压构件整体稳定计算

❖ 1、轴心受压构件整体稳定计算式

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \varphi f \quad \text{或} \quad \frac{N}{\varphi A} \leq f$$

N ——轴心压力设计值

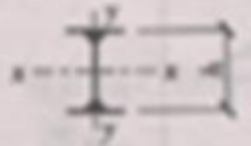

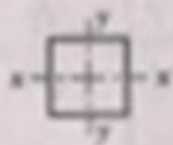
A ——构件毛截面积

f ——钢材抗压强度设计值

φ ——轴心受压构件整体稳定系数

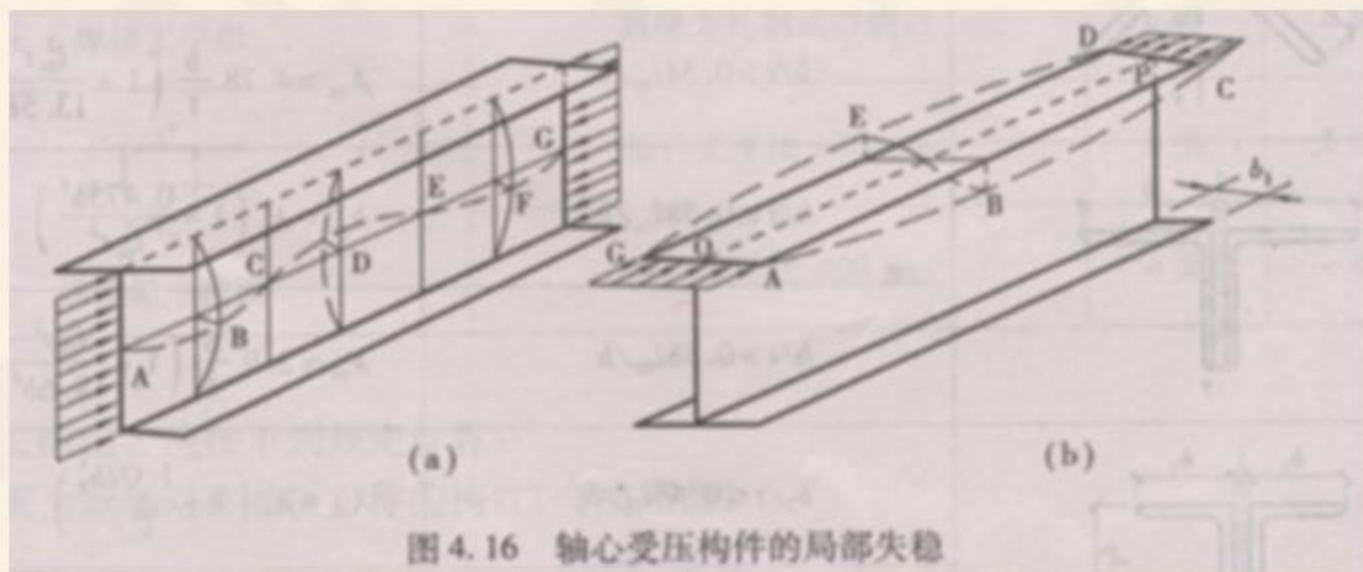
2、其中截面的分类

表 4.5.2 轴心受压构件的截面分类(板厚 ≥ 40 mm)

| 截面形式 | | 对 x 轴 | 对 y 轴 |
|---|--------------------|-------|-------|
|  轧制工字形或 H 形截面 | $t < 80$ mm | b 类 | c 类 |
| | $t \geq 80$ mm | c 类 | d 类 |
|  焊接工字形 | 翼缘为焰切边 | b 类 | b 类 |
| | 翼缘为轧制或剪切边 | c 类 | d 类 |
|  焊接箱形截面 | 板件宽厚比 > 20 mm | b 类 | b 类 |
| | 板件宽厚比 ≤ 20 mm | c 类 | c 类 |

第四节 实腹式轴心受压构件的局部稳定

- ❖ 实腹式轴心受压构件是靠腹板和翼缘来承受轴向压力的，当腹板和翼缘较薄时，在轴心压力作用下，腹板和翼缘都有可能达到临界承载力而丧失稳定



一、单向均匀受压矩形板的稳定

1、四边简支的矩形板

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{b^2} \left(\frac{mb}{a} + \frac{n^2 a}{mb} \right)^2$$

2、三边简支一边自由的矩形板

$$\sigma_{cr} = \frac{\sqrt{\eta k} \pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2$$

3、轴心受压构件局部稳定与宽厚比

上述理论分析表明：板件厚度 t 和板件宽度 b 是影响板件稳定性的重要因素之一，当其中条件取定后，若厚度增大，则稳定性增强；若宽度增加，则稳定性减弱。

二、自由外伸翼缘厚宽比的限值

$$\frac{b_1}{t} \leq (10 + 0.1\lambda) \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

三、腹板高厚比的限值

$$\frac{h_0}{t_w} \leq (25 + 0.5\lambda) \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

四、轴心受压钢管截面尺寸限值

$$\frac{d}{t} \leq 100 \bullet \left(\frac{235}{f_y} \right)$$

第五节 实腹式轴心受压构件设计

一、设计原则

- 1、等稳定性原则
- 2、宽肢薄壁
- 3、制造省工
- 4、连接方便

二、截面设计

- 1、初选截面
- 2、确定型钢型号或组合截面各板尺寸
- 3、验算（强度验算、刚度验算、整体稳定性验算、局部稳定验算）
- 4、有关构造

第六节 格构式轴心受压构件设计

❖ 一、格构式轴心受压构件的组成

格构式构件由肢件和肢间组成，其中肢间用缀条或缀板将其连成整体

❖ 二、格构式轴心受压构件的整体稳定

1、对实轴的整体稳定性验算

格构式双肢柱相当与两个并列的实腹式杆件，故其对实轴的整体稳定承载力与实腹式相同，因此可用对实轴的长细比 λ_x 查得稳定性系数 ψ

2、对虚轴的整体稳定性计算

1) 双肢缀条柱的换算长细比

$$\lambda_{oy} = \sqrt{\lambda_y^2 + 27 \frac{A}{A_1}}$$

2) 双肢缀板柱的换算长细比

$$\lambda_{oy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$$

由于考虑剪切变形的换算长细比 λ_{oy} 总是大于截面对虚轴的长细比 λ_y 。在计算格构式轴心受压构件绕虚轴的稳定性时，用换算长细比 λ_{oy} 去查稳定性系数 φ ，与实腹式构件相比，相当于提高了对构件的整体稳定性要求

四、缀件的计算

1、格构式轴心受压构件的横向剪力

$$V = \frac{Af}{85} \sqrt{\frac{f_y}{235}}$$

2、缀条设计

$$N_1 = \frac{V_1}{n \cos \theta}$$

3、缀板的设计

剪力

$$T = \frac{V_1 l_1}{a}$$

弯矩

$$M = T \cdot \frac{a}{2} = \frac{V_1 l_1}{2}$$

4、连接节点和构造要求

缀板与肢件的搭接长度一般取20~30mm，缀条的轴线交点应在肢间纵轴线上，缀板不宜小于6mm厚。

第七节 轴心受压柱柱头和柱脚的构造与计算

一、轴心受压柱头

1、设计原则

准确可靠、便于制作和安装、经济合理

2、梁与柱的铰接连接

梁与柱的连接由铰接连接和钢接连接

二、柱脚的形式、构造和计算

柱脚分为铰接柱脚和钢接柱脚，一般情况下，轴心受压柱用铰接柱脚，而由偏心受压柱（框梁柱）多用钢接柱脚。