

第二章 钢结构的材料

- ❖ 第一节 钢材的主要机械性能
- ❖ 第二节 影响钢材性能的因素
- ❖ 第三节 复杂应力下的性能
- ❖ 第四节 钢材的疲劳和疲劳计算
- ❖ 第五节 钢材的种类及选用
- ❖ 第六节 钢材的规格

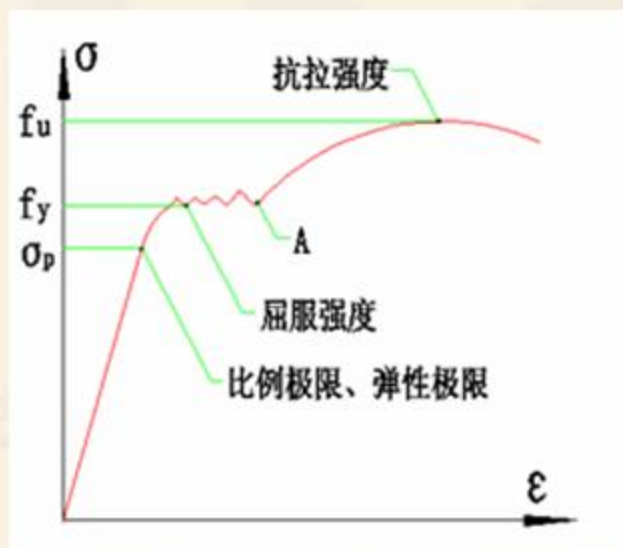
第一节 钢材的主要机械性能

一、强度

钢材均匀受拉应力应变图

1、钢材工作的五个阶段

- (1) 弹性阶段
- (2) 弹塑性阶段
- (3) 屈服阶段
- (4) 强化阶段
- (5) 颈缩阶段



2、 钢材的拉伸试验所得屈服点，抗拉强度和伸长率是钢材机械性能的重要三项指标。

3、 钢材属于理想的弹-塑性材料

4、 钢材的两种破坏形式

(1) 塑性破坏——构件产生很大的变形和明显的“颈缩”现象，端口呈纤维状，色泽发暗，破坏前有明显的预兆，破坏常可以预防和避免。

(2) 脆性破坏——构件变形很小，断口平直和呈有光泽的晶粒状，破坏前没有明显的预兆，破坏是突然发生的。

二、塑性

衡量钢材塑性好坏的主要指标是伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

伸长率：
$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

断面收缩率：
$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_1} \times 100\%$$

三、冷弯（180°）

四、韧性

五、可焊性

六、耐久性

第二节 影响钢材性能的因素

- 1、化学成份
- 2、冶炼浇注轧制的影响
- 3、残余应力的影响
- 4、温度的影响
- 5、钢材的硬化
- 6、应力集中

1、化学成份的影响

基本成份为Fe，碳钢中含量占99%，C、Si、Mn为杂质元素，S、P、N、O为冶炼过程中不易除尽的有害元素。

- **C**: 含C↑使强度↑塑性、韧性、可焊性↓，应控制在 $\leq 0.22\%$ ，焊接结构应控制在 $\leq 0.20\%$ 。
- **Si**: 含Si适量使强度↑ 其它影响不大，有益，应控制在 $\leq 0.1\sim 0.3\%$
- **Mn**: 含Si适量使强度↑ 降低S、O的热脆影响，改善热加工性能，对其它性能影响不大，有益。
- **S**: 含量↑使强度↑塑性、韧性、性能冷弯、可焊性↓；
高温时使钢材变脆—**热脆现象**。
- **P**: 低温时使钢材变脆—**冷脆现象**；其它同S
- **O、N**: O同S；N同P，控制含量 $\leq 0.008\%$

2、冶炼浇注轧制的影响

- 冶金的影响主要为脱氧方法：沸腾钢用Mn为脱氧剂，时间快，价格低，质量差；镇静钢用Si为脱氧剂，时间慢，价格高，质量好。
- 反复的轧制可以改善钢材的塑性，同时可以使钢材中的气孔、裂纹、疏松等缺陷焊合，使金属晶体组织密实，晶粒细化，消除纤维组织缺陷，使钢材的力学性能提高。

3、残余应力的影响

钢材在轧制、焊接、切割等过程中会产生在构件内部自相平衡的内力，残余应力虽对构件的强度无影响，但对构件的变形（刚度）、疲劳以及稳定承载力产生不利影响。

4、温度的影响

温度的影响，一般可分正温与负温影响两部分。

■ 正温影响

- 钢材在温度达**600°**左右时，强度几乎为零，而塑性、韧性极大，易于进行热加工，此温度称之为**热煨温度**。
- 钢材在**300°**左右时，强度提高，塑性、韧性下降，钢材表面呈蓝色，这一反覆现象称之为**蓝脆现象**。钢材在**300°**以上时应采取**隔热措施**。

■ 负温影响

- 随着温度的降低钢材的强度提高，塑性、韧性降低，脆性增大，称之为**低温冷脆**，当温度降至某一特定温度时钢材的脆性急剧增大，称此温度点为**转脆温度**。

5、钢材的硬化

冷加工时（常温进行弯折、冲孔剪切等），钢材发生塑性变形从而使钢材变硬的现象称之为冷作硬化。

钢材中的C、N，随着时间的推移，而形成碳化物和氮化物，使钢材变脆的“老化”现象称之为时效硬化。

使试件先产生塑性变形，然后加热至250℃并保温1小时，再在空气中冷却，这一过程称为人工硬化

6、应力集中

当钢材的试件截面有突变（如空洞、缺口）时，在轴力作用下截面应力分布不均匀，突变处将产生局部高峰应力，这种截面应力分布极不均匀而且是复杂的应力状态的现象

第三节 复杂应力下的性能

钢材在单向拉伸时，以屈服点为界。正应力小于屈服点为弹性工作状态，大于屈服点为塑性状态。实际钢结构中，钢材常是在两向或三向的复杂应力状态下工作，这时钢材的屈服并不取决于一个方向的应力，而是由反映各方向应力综合影响的应力，用“折算应力”来表示。折算应力根据能量强度理论可得：

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (2.4a)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - (\sigma_x\sigma_y + \sigma_x\sigma_z + \sigma_y\sigma_z) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)} \quad (2.4b)$$

以折算应力为分界标志仍然分为两个阶段，弹性和塑性阶段。由折算应力计算公式可知，钢材处于同号应力场时，三个主应力符号相同，折算应力始终小于屈服点，钢材不会有明显的塑性变形，总是发生脆性破坏。

各种情况下的折算应力

两向应力

$$\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0 \quad (2.5)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

纯剪应力

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$$

$$\tau_{xy} = \tau \quad \sigma_{eq} = \sqrt{3\tau^2} \quad (2.6)$$

则

$$\tau = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \approx 0.58f_y = f_{vy} \quad (2.7)$$

钢材常用的几个参数：

弹性模量 $E = 206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$

剪切模量 $G = 79 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$

质量密度 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

线膨胀系数 $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

泊松比 $\nu = 0.3$

第四节 钢材的疲劳和疲劳计算

❖ 一、疲劳破坏的特征

疲劳破坏属于脆性破坏，破坏面较整齐，表面有较清楚的疲劳纹理，破坏时没有明显的变形。

❖ 二、钢构件和连接的疲劳计算

规范规定，当应力变化的循环次数 $n \geq 5 \times 10^4$ 时，应对应力循环中出现拉应力的部位进行疲劳计算。对不出现拉应力的部位一般可不计算疲劳。计算时，不乘分项系数和动力系数。

第五节 建筑结构用钢的种类与选用

一、钢材的牌号表示方法及结构用钢的种类

- ❖ 钢材牌号由：“**Q**、屈服点值、质量等级、脱氧方法”四部分组成。
- **Q**：表示“屈”字拼音首位字母，意为“屈服强度”；
- 质量等级：分**A~D**四级（字序越高质量越好）；
- 脱氧方法：**F**—沸腾钢；**Z**—镇静钢（一般省略）；
b—半镇静钢；**TZ**—特殊镇静钢。

建筑结构用钢，宜选炭素结构钢中的**Q235**及低合金钢中的**Q345**、**Q390**、**Q420**四种钢材。

第六节 钢材的规格

❖ 一、钢板

钢板有薄板、厚板、特厚板和扁钢等

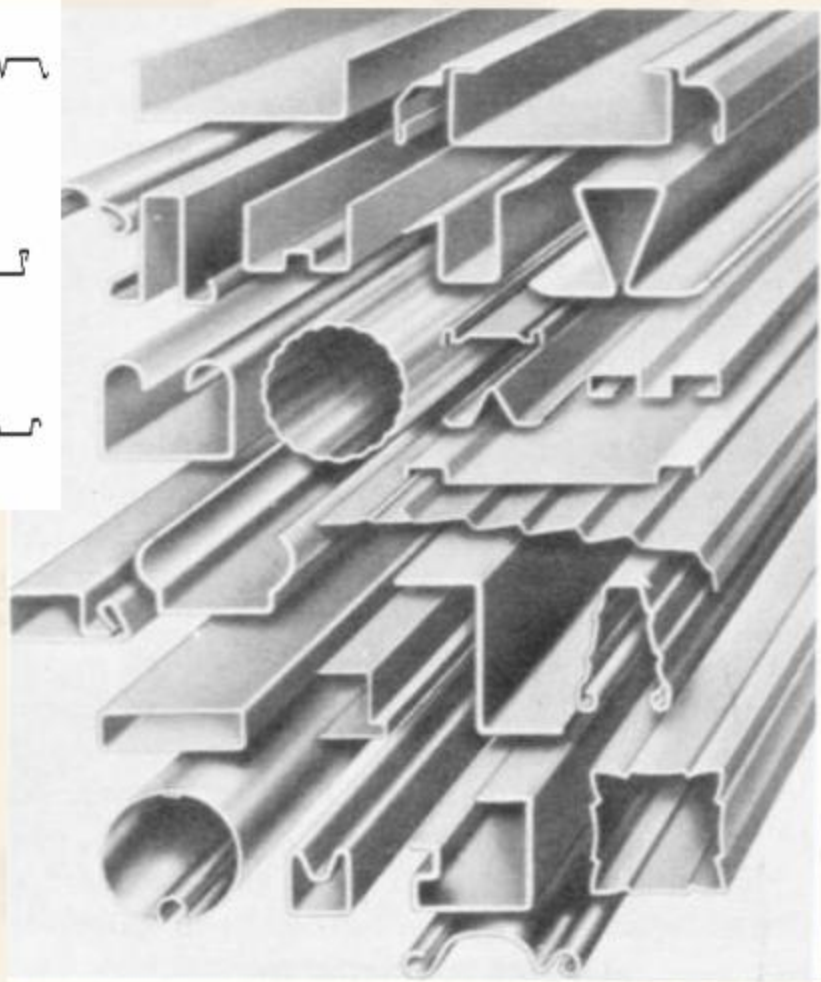
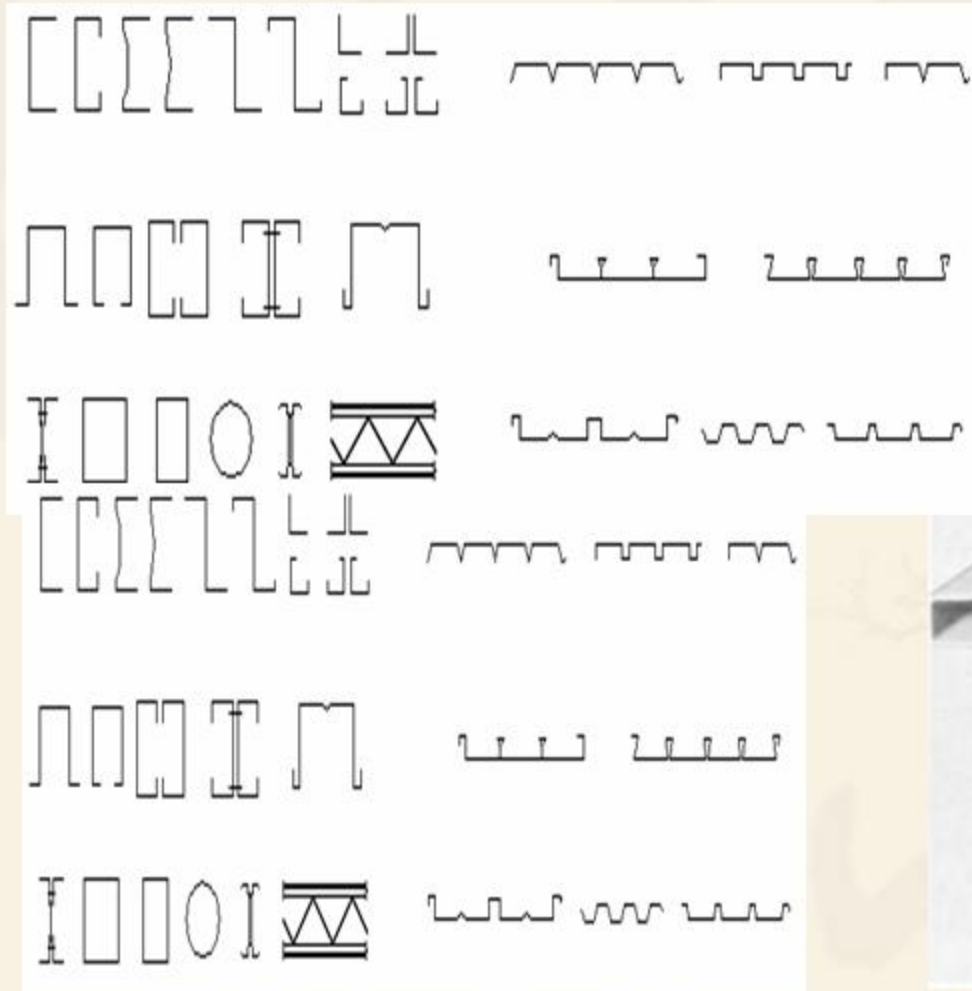
❖ 二、型钢

型钢有角钢、工字钢、槽钢、H型钢和T型钢、钢管等

❖ 三、冷弯薄壁型钢

其具体形式如下：

冷弯薄壁型钢的截面型式



房屋建筑中的冷弯型钢截面形式