



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

轴

# 轴的强度计算（一）

主讲：范晓珂

# 目录

---

- 轴的设计计算内容
- 轴的力学模型
- 按许用扭转应力设计轴径和校核轴的强度

# 轴的设计计算内容

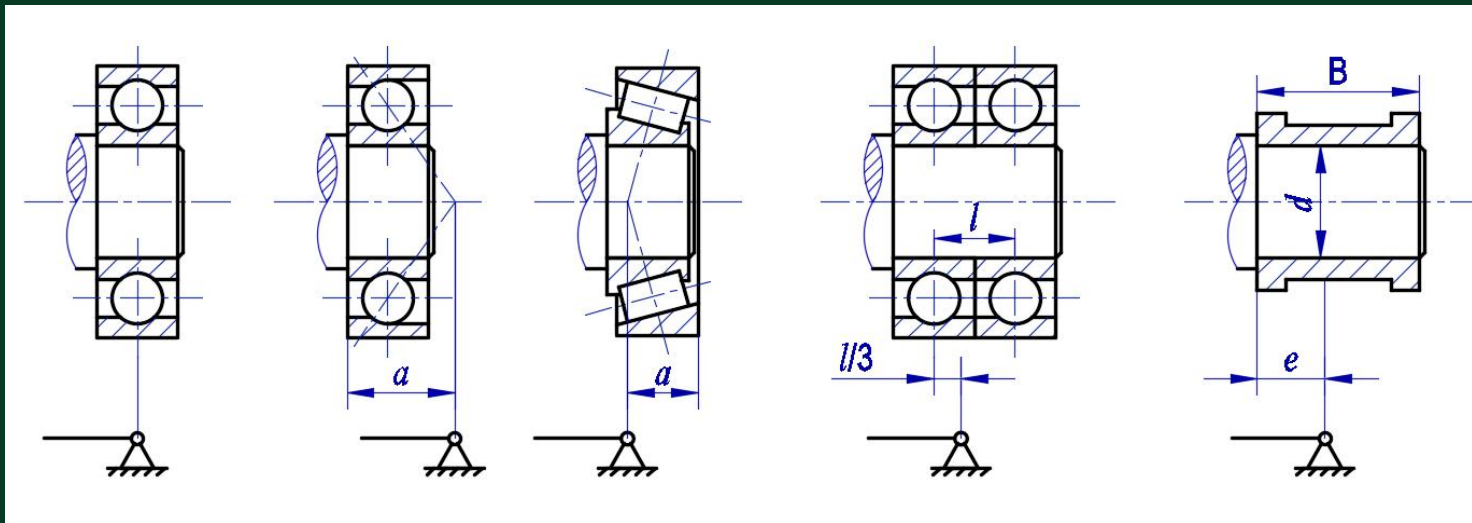
- 根据轴的失效形式，轴的设计计算内容包括
  - 强度计算
    - 防止轴疲劳断裂或过载产生塑性变形
    - 按扭转强度计算
    - 按弯扭合成强度计算
    - 安全系数校核计算
    - 静强度计算

# 轴的设计计算内容

- 根据轴的失效形式，轴的设计计算内容包括
  - 刚度计算
    - 轴的刚度分为弯曲刚度和扭转刚度。
    - 轴受载后发生弯曲、扭转等变形，如果变形过大，超过允许变形范围，轴上零件就不能正常工作，甚至影响机器的性能。
  - 振动稳定性计算
    - 高速运转的轴，由于质量分布不均匀、制造安装误差、轴的变形等原因，因离心力产生周期性激振力。

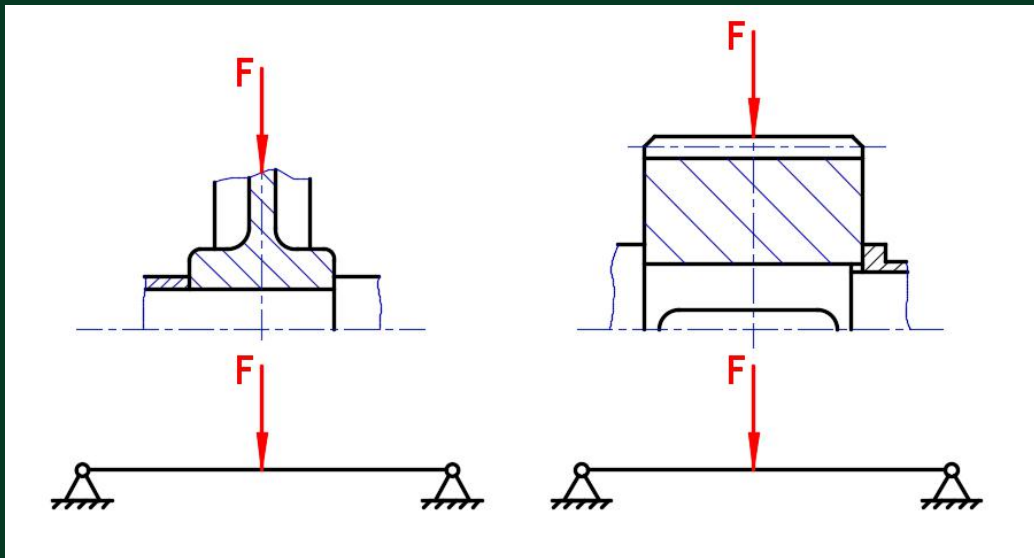
# 轴的简化力学模型

- 轴的支点位置
  - 根据支承类型和安装方式，查机械设计手册确定。



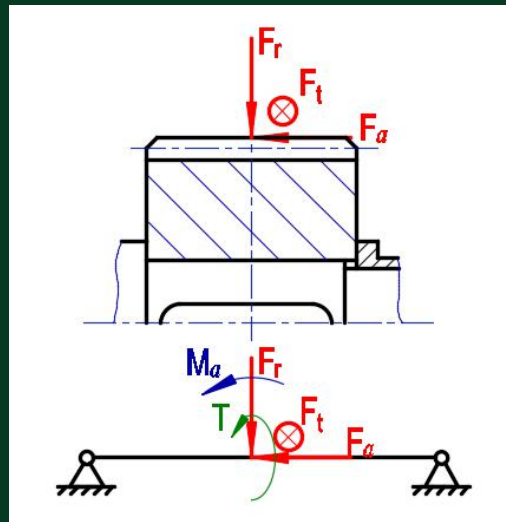
# 轴的简化力学模型

- 轴上载荷
  - 将分布力简化为集中力，作用于载荷分布区域中心。



# 轴的简化力学模型

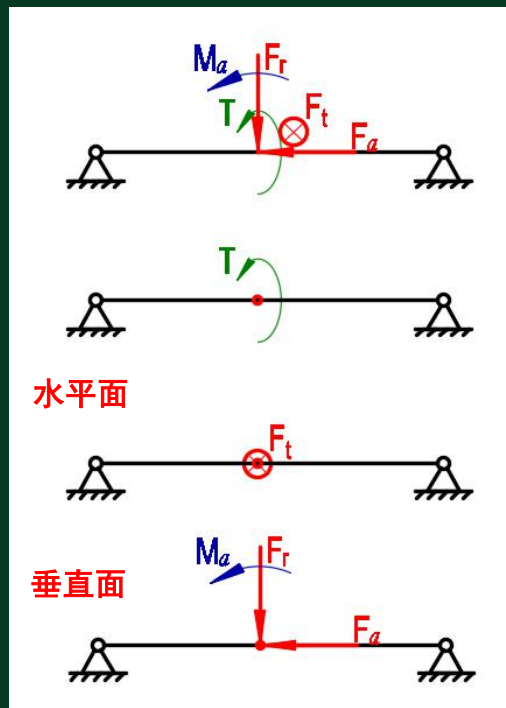
- 轴上载荷
  - 将分布力简化为集中力，作用于载荷分布区域中心。
  - 将空间力系分解为轴向力、径向力和圆周力，并将力的作用点转化到轴上。



# 轴的简化力学模型

## • 轴上载荷

- 将分布力简化为集中力，作用于载荷分布区域中心。
- 将空间力系分解为轴向力、径向力和圆周力，并将力的作用点转化到轴上。
- 分别在水平面和垂直面内进行分析。





# 按许用扭转应力设计轴径和校核轴的强度

- 按许用扭转应力设计
  - 适用于仅（主要）承受扭矩的轴，如传动轴。
  - 对于弯矩尚不能确定的转轴，可按其传递的扭矩初步估算轴径，**作为最小直径，以便进行结构设计**；
  - 可作为不重要的转轴的最终计算。

# 按许用扭转应力设计轴径和校核轴的强度

- 扭转强度条件

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}}{W_T} \leq [\tau_T]$$

- T为轴传递的扭矩 (N·mm)
- $W_T$ 为轴的抗扭截面系数 ( $\text{mm}^3$ )
- P为轴传递的功率 (KW)
- n为轴的转速 (r/min)
- $[\tau_T]$ 为许用切应力 (MPa)

# 按许用扭转应力设计轴径和校核轴的强度

- 扭转强度条件

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}}{W_T} \leq [\tau_T]$$

– 实心圆轴，取  $W_T = \pi d^3 / 16 \approx 0.2d^3$

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}}{0.2d^3} \leq [\tau_T] \quad \rightarrow \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 P}{0.2[\tau_T]n}} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$$

- $A_0 = \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6}{0.2[\tau_T]}}$ ，取决于材料

# 按许用扭转应力设计轴径和校核轴的强度

- 常用材料的 $[\tau_T]$ 、 $A_0$ 值

轴的材料	Q235-A 20	Q275 35 1Cr18Ni9Ti	45	40Cr 35SiMn 38SiMnMo 3Cr13
$[\tau_T]$	15~25	20~35	25~45	35~55
$A_0$	149~126	135~112	126~103	112~97

- 当作用在轴上的弯矩比传递的转矩小或只传递转矩、载荷较平稳、无轴向载荷或只有较小的轴向载荷、减速器的低速轴、轴只作单向旋转， $[\tau_T]$ 取较大值， $A_0$ 取较小值；否则 $[\tau_T]$ 取较小值， $A_0$ 取较大值。

# 按许用扭转应力设计轴径和校核轴的强度

- 空心圆轴，取  $W_T = \frac{\pi d^3}{16} (1 - \beta^4) \approx 0.2d^3 (1 - \beta^4)$

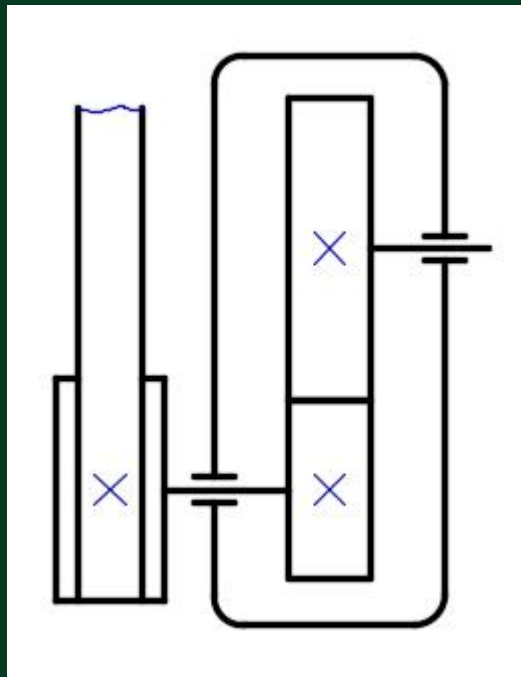
$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}}{0.2d^3 (1 - \beta^4)} \leq [\tau_T] \quad \rightarrow \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 P}{0.2[\tau_T]n(1 - \beta^4)}} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n(1 - \beta^4)}}$$

- 键槽对轴的强度有削弱，按以下方式修正轴径

	一个键槽	两个键槽
$d \leq 100\text{mm}$	$d$ 增大5%~7%	$d$ 增大10%~15%
$d > 100\text{mm}$	$d$ 增大3%	$d$ 增大7%

# 例题14-2

- 设计减速器主动轴。
  - 轴端装有带轮
    - 带压轴力 $F_Q=1000\text{N}$
    - 输入功率 $P=5\text{kW}$
    - 输入轴转速 $n=520\text{r/min}$
  - 轴上斜齿圆柱齿轮传动
    - $b=60\text{mm}$
    - $z=40$
    - $m_n=3\text{mm}$
    - $\beta=8^\circ 24'$



# 例题14-2

- 1、选择轴的材料
  - 选择轴的材料为45号钢，调质处理，硬度217~255HBS。  
查表得对称循环弯曲许用应力 $[\sigma_{-1}] = 60\text{MPa}$ 。

- 2、初步计算轴径

- 选 $A_0 = 105$
- 按传递的扭矩初步估算轴径，**作为最小直径**

$$d_{\min} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = 105 \times \sqrt[3]{\frac{5}{520}} = 22.328\text{mm}$$

- 轴端安装带轮需开键槽，会削弱轴的强度，将轴径增加5%~7%，取 $d_{\min} = 23\text{mm}$ 。

# 小结

- 按许用扭转应力设计
  - 适用于仅（主要）承受扭矩的轴，如传动轴。
  - 对于弯矩尚不能确定的转轴，可按其传递的扭矩初步估算轴径，**作为最小直径，以便进行结构设计**；
  - 可作为不重要的转轴的最终计算。