

材料力学 (乙)

Mechanics of Materials



第三章 扭转



第三章 扭转

§3.1 扭转的概念和实例

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

§3.3 纯剪切

§3.4 圆轴扭转时的应力

§3.5 圆轴扭转时的变形

§3.6 圆柱形密圈螺旋弹簧的应力与变形

§3.7 非圆截面杆扭转的概念

§3.8 薄壁杆件的自由旋转

§3.1 扭转的概念与实例

扭转实例



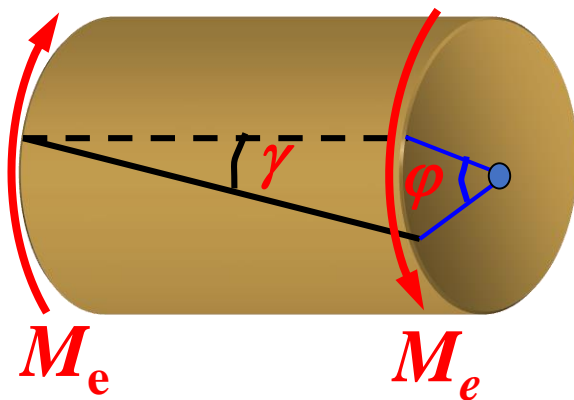
拧毛巾



拧螺丝

§3.1 扭转的概念与实例

1、扭转的受力特点：杆件受到大小相等、方向相反的一对外力偶矩作用。

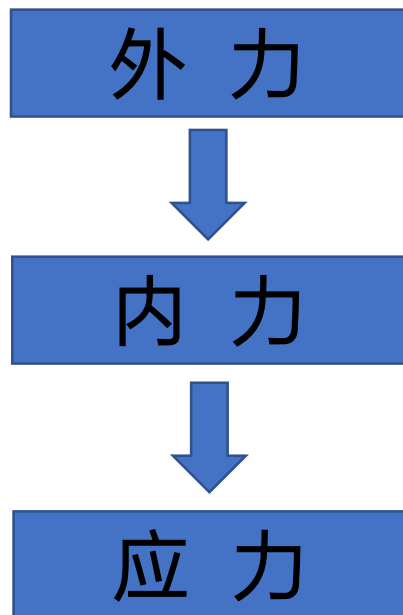


2、扭转的变形特点：杆件的各横截面发生绕轴线的相对转动。

3、受扭转变形杆件通常为轴类零件，其横截面大都是圆形的，故本章主要介绍圆轴扭转。

§3.1 扭转的概念与实例

材料力学问题步骤



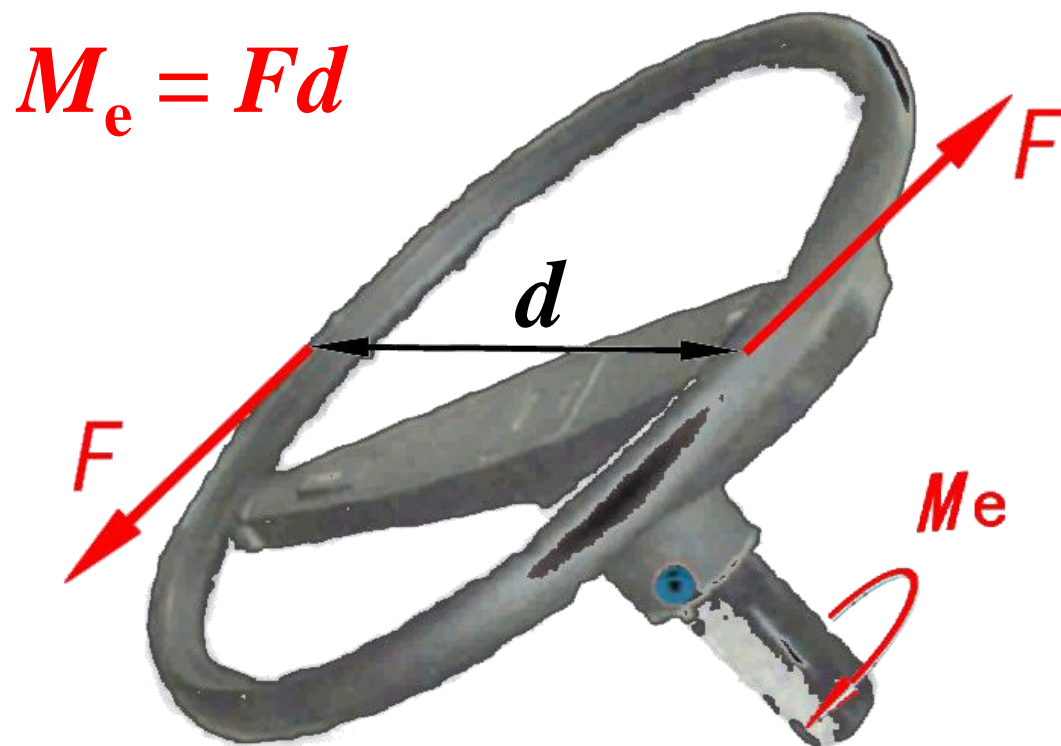
扭转问题步骤



§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

外力偶矩的计算

直接计算



§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

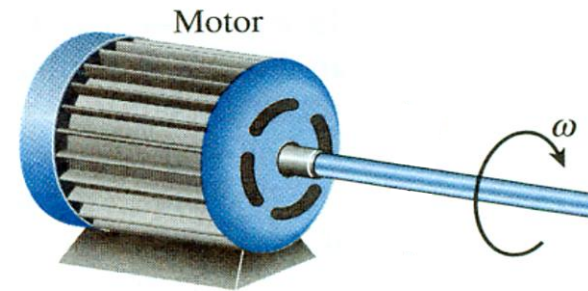
外力偶矩的计算

作用于构件（传动轴）的外力偶矩与电机的功率和转速有关。

通常给定功率和转速：

转速 n （转/分钟, r/min）

转动功率 P （千瓦, kW）



电机每秒输出功： $W = P \times 1000 \text{ (N} \cdot \text{m)}$

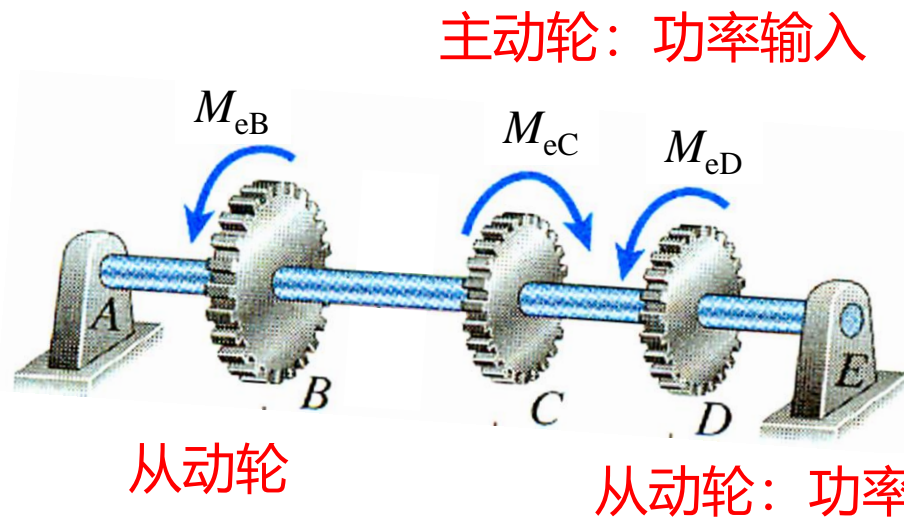
外力偶每秒做功： $W = M_e \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60} \text{ (N} \cdot \text{m)}$

$$P \times 1000 \text{ N} \cdot \text{m} = M_e \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60}$$

$$M_e = \frac{60000P}{2\pi n} \text{ N} \cdot \text{m} = 9549 \frac{P}{n} \text{ N} \cdot \text{m}$$

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

转动轴上的主动轮和从动轮的外力偶矩计算



$$M_e = 9549 \frac{P}{n} \text{ N} \cdot \text{m}$$

主动轮上的外力偶矩的方向与转轴的转动方向相同

从动轮上的外力偶矩的方向与转轴的转动方向相反

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

扭矩和扭矩图

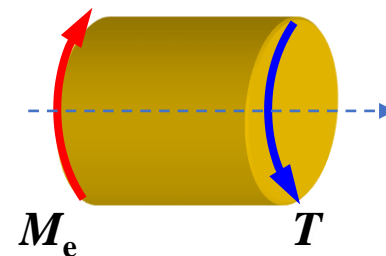
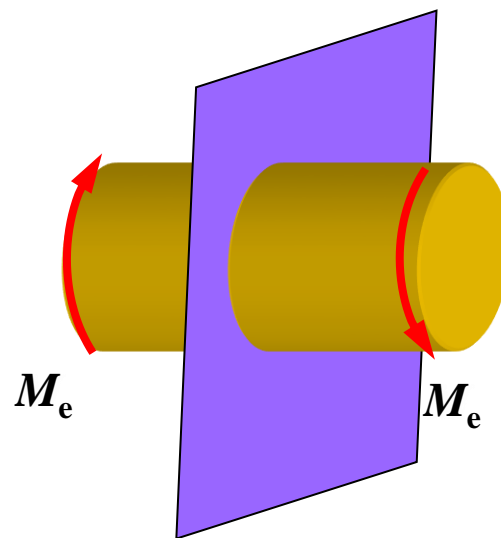
确定外力偶矩 M_e 后，采用截面法确定横截面上的扭矩， T (Torque)

在 $n-n$ 截面处假想将轴截开
取左侧为研究对象

$$\sum M_x = 0$$

$$T = M_e$$

扭矩与哪个应力分量有关？



§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

扭矩的符号规定



右手螺旋法则

扭矩方向（即右手拇指）

指向截面外法线方向为**正(+)**，反之为**负(-)**。

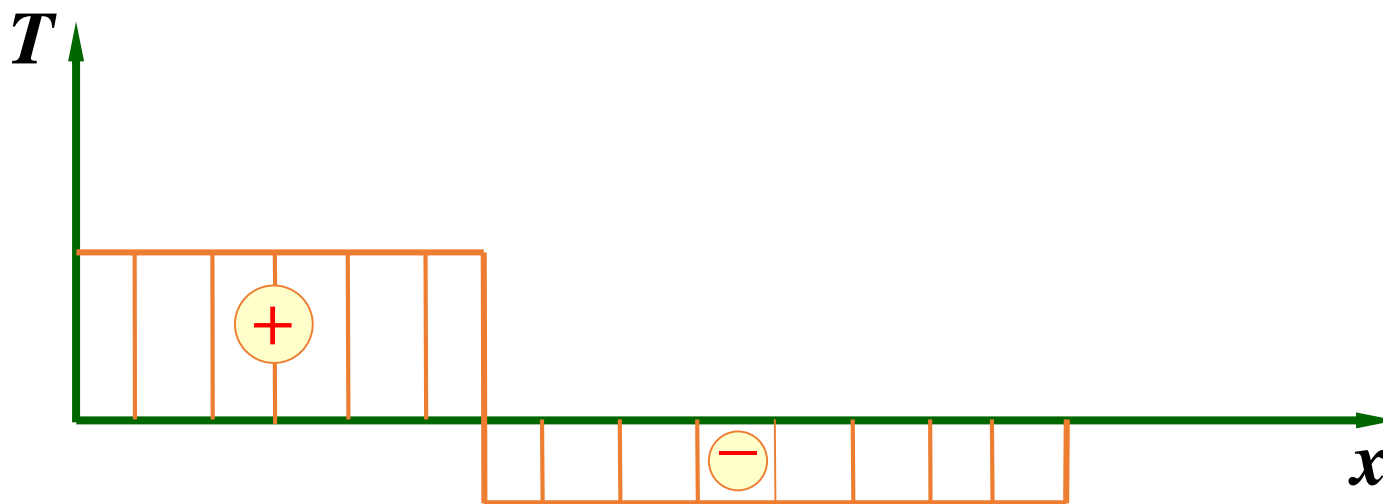
§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

扭矩图

用平行于杆轴线的坐标 x 表示横截面的位置；

用垂直于杆轴线的坐标 T 表示横截面上的扭矩；

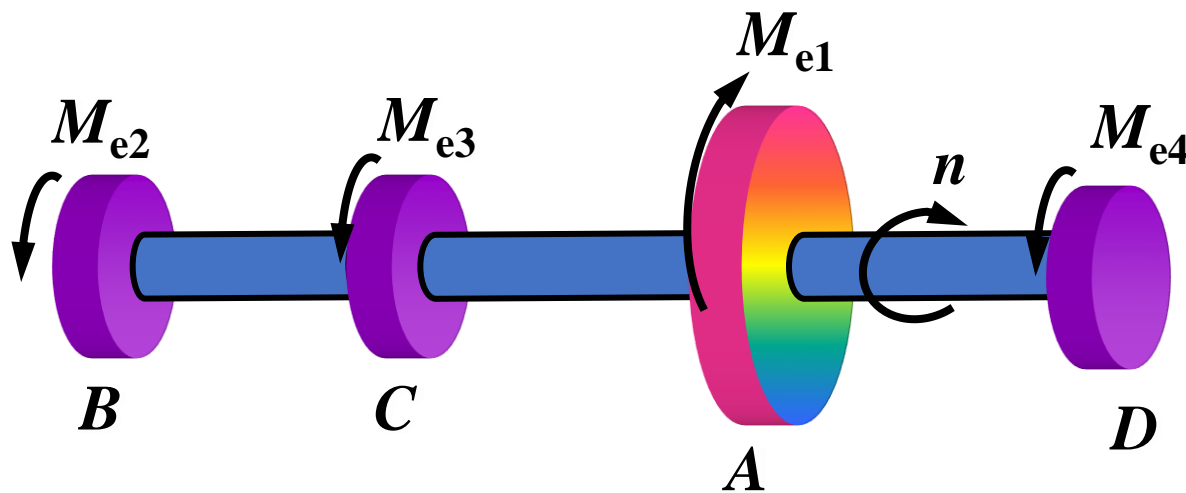
正的扭矩画在 x 轴上方，负的扭矩画在 x 轴下方。



§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

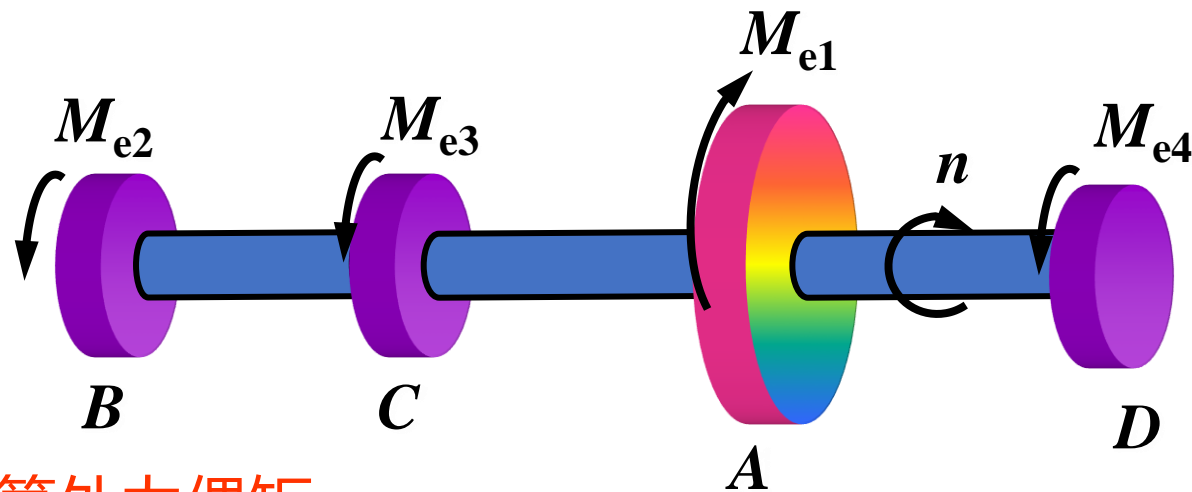
例题3.1

一传动轴如图所示，主动轮A输入的功率为 $P_1 = 500 \text{ kW}$ ，三个从动轮B、C、D输出的功率分别为 $P_2 = 150 \text{ kW}$ 、 $P_3 = 150 \text{ kW}$ 及 $P_4 = 200 \text{ kW}$ ，轴的转速为 $n = 300 \text{ r/min}$ ，试画出该轴的扭矩图。



§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

例题3.1



解: 计算外力偶矩

$$M_e = 9549 \frac{P}{n}$$

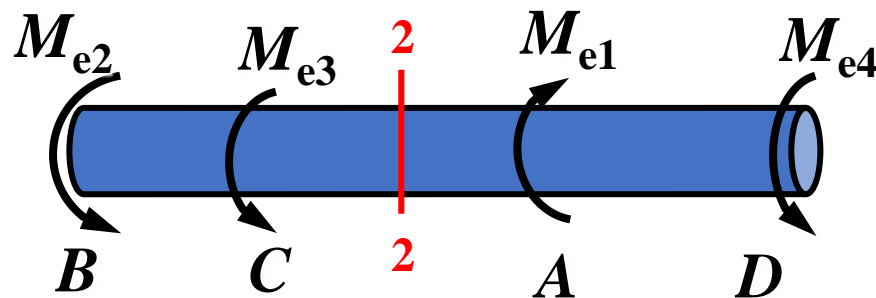
$$M_{e1} = 15915 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{e2} = M_{e3} = 4774.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{e4} = 6366 \text{ N} \cdot \text{m}$$

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

例题3.1



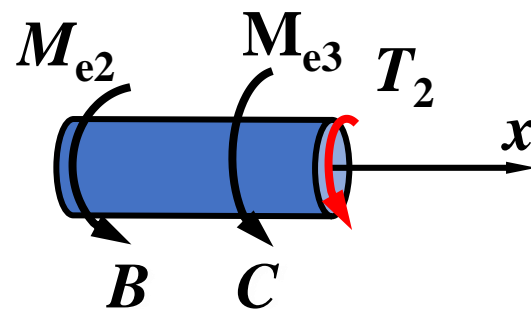
解：计算 CA 段内任横一截面2-2截面上的扭矩。

假设 T_2 为正值。

$$\sum M_x = 0$$

$$M_{e2} + M_{e3} + T_2 = 0$$

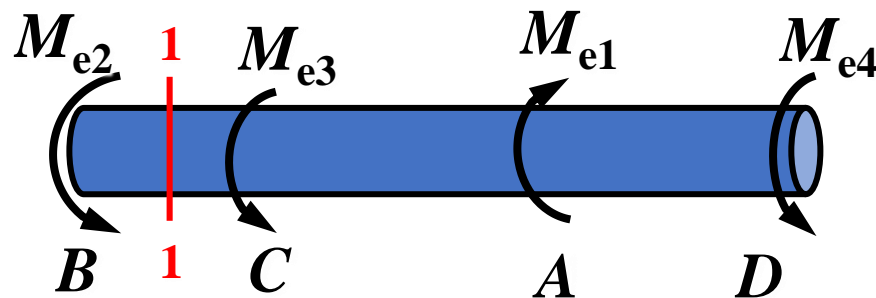
$$T_2 = -(M_{e2} + M_{e3}) = -9549 \text{ N} \cdot \text{m}$$



结果为负号，说明 T_2 应是负值扭矩

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

例题3.1

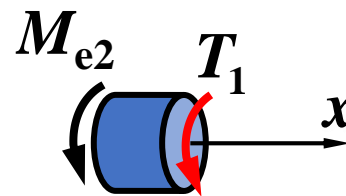


解: 同理, 在BC段内, 假设 T_1 为正值

$$\sum M_x = 0$$

$$M_{e2} + T_1 = 0$$

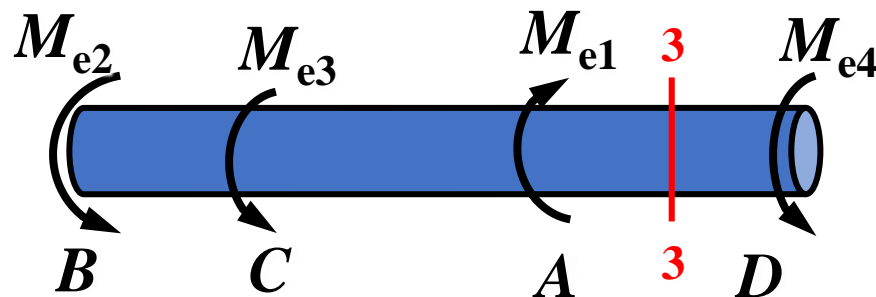
$$T_1 = -M_{e2} = -4774.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$



结果为负号, 说明 T_1 也应是负值扭矩

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

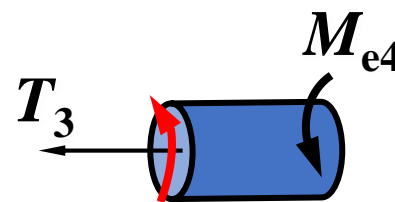
例题3.1



解: 在AD段内, 假设 T_3 为正值

$$\sum M_x = 0$$

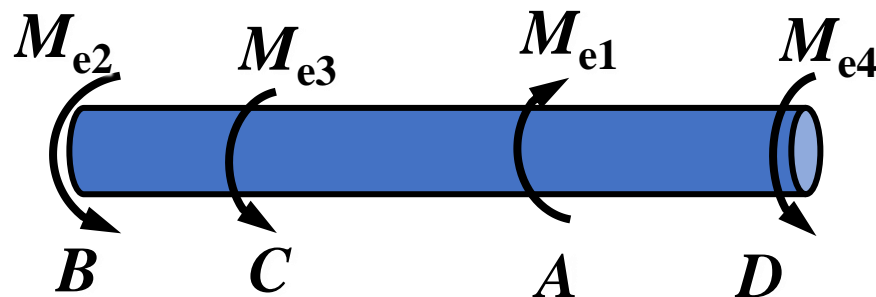
$$T_3 = M_{e4} = 6366 \text{ N} \cdot \text{m}$$



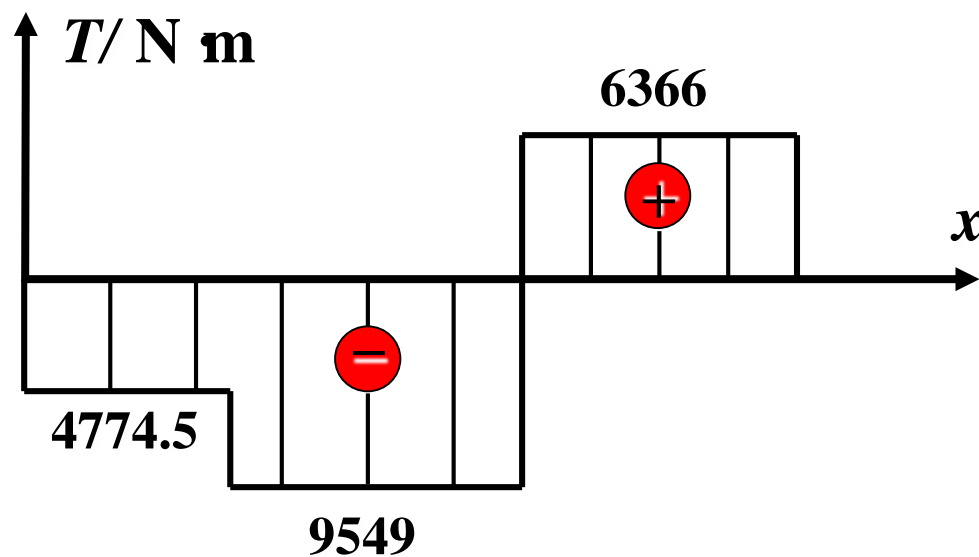
结果为正号, 说明 T_3 的实际符号与计算符号相同, 是正值扭矩。

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

例题3.1



解：做出扭矩图

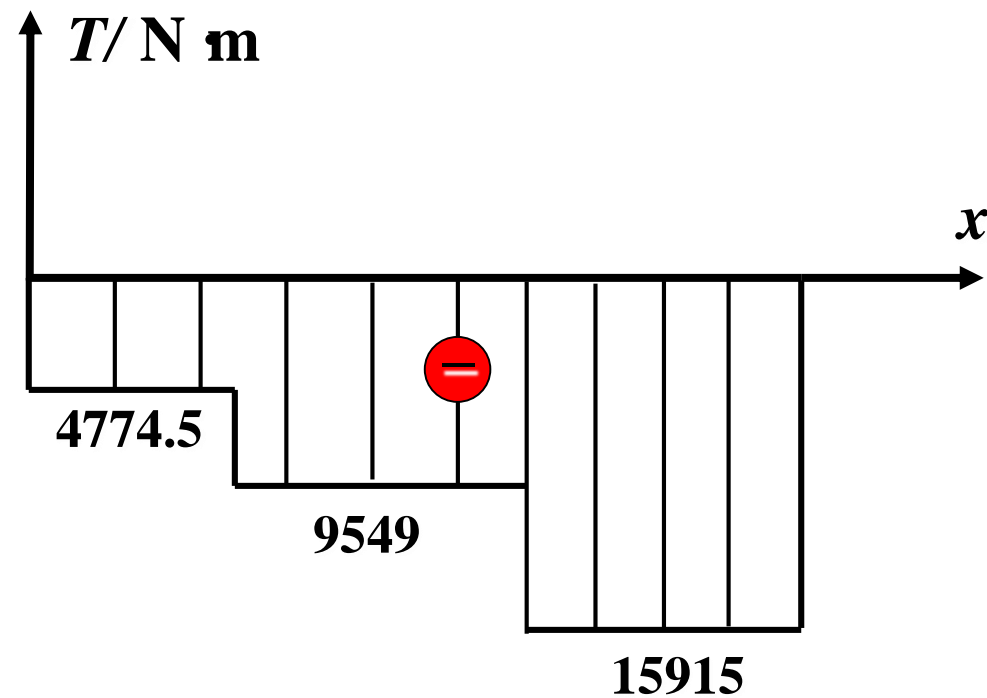
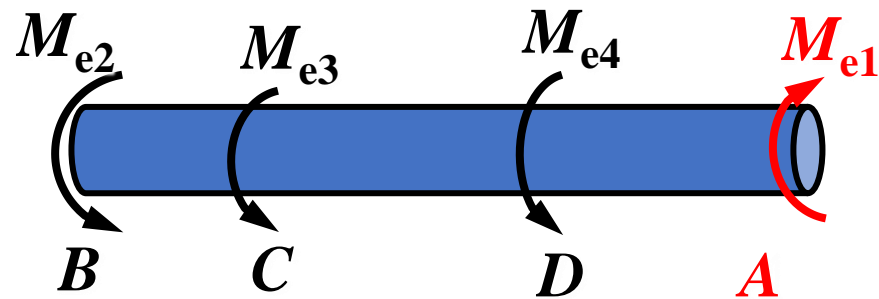
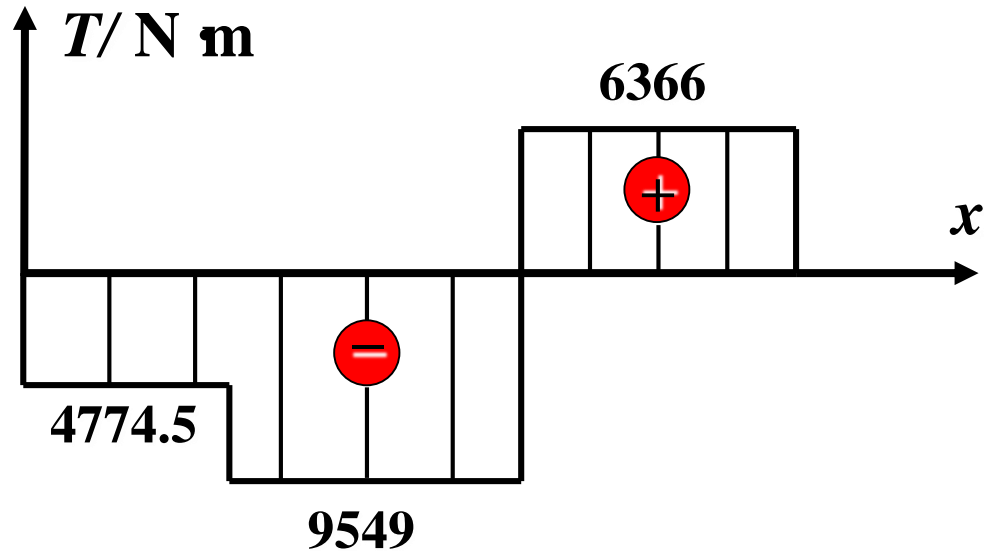
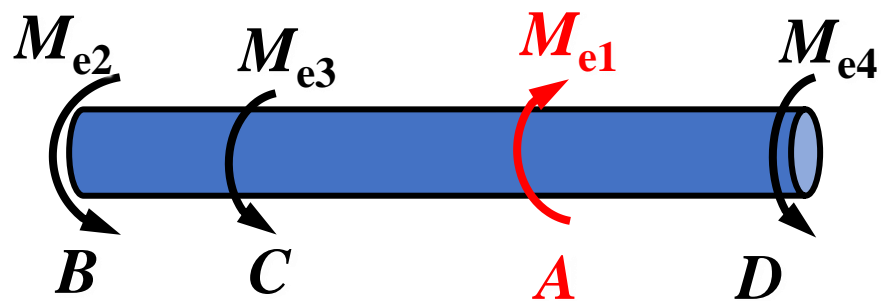


从图可见，最大扭矩在CA段内。

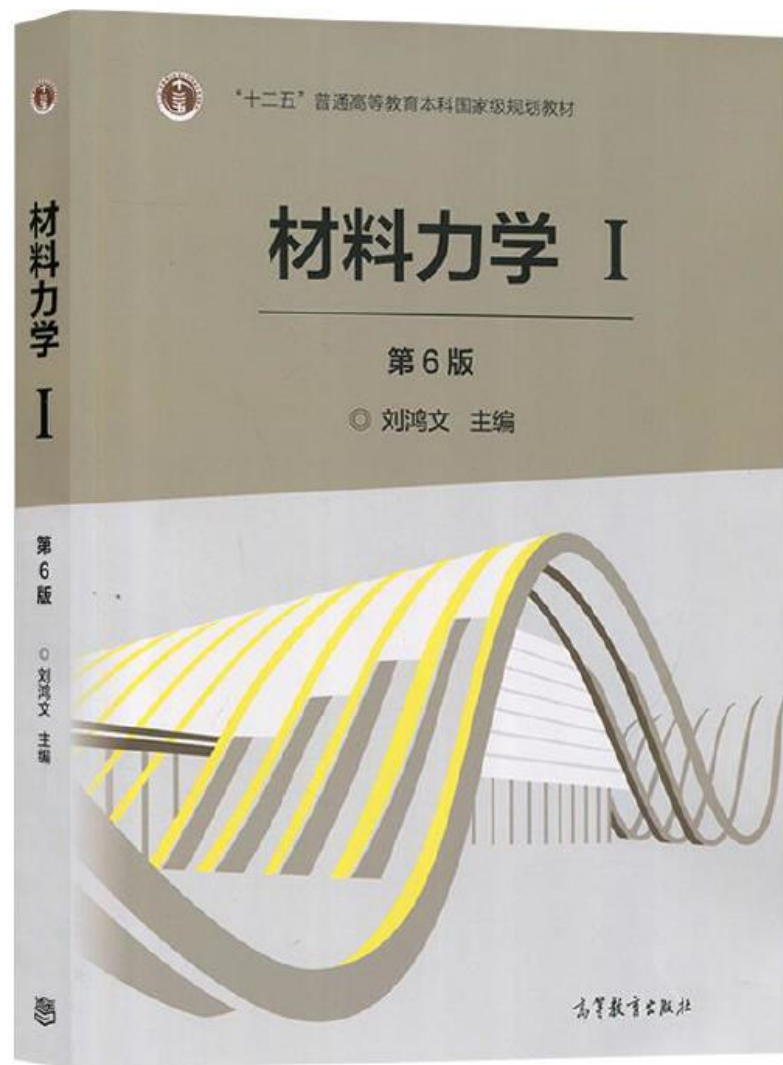
$$T_{\max} = 9549 \text{ N} \cdot \text{m}$$

§3.2 外力偶矩的计算，扭矩和扭矩图

讨论



作业



2.51 (装配应力)

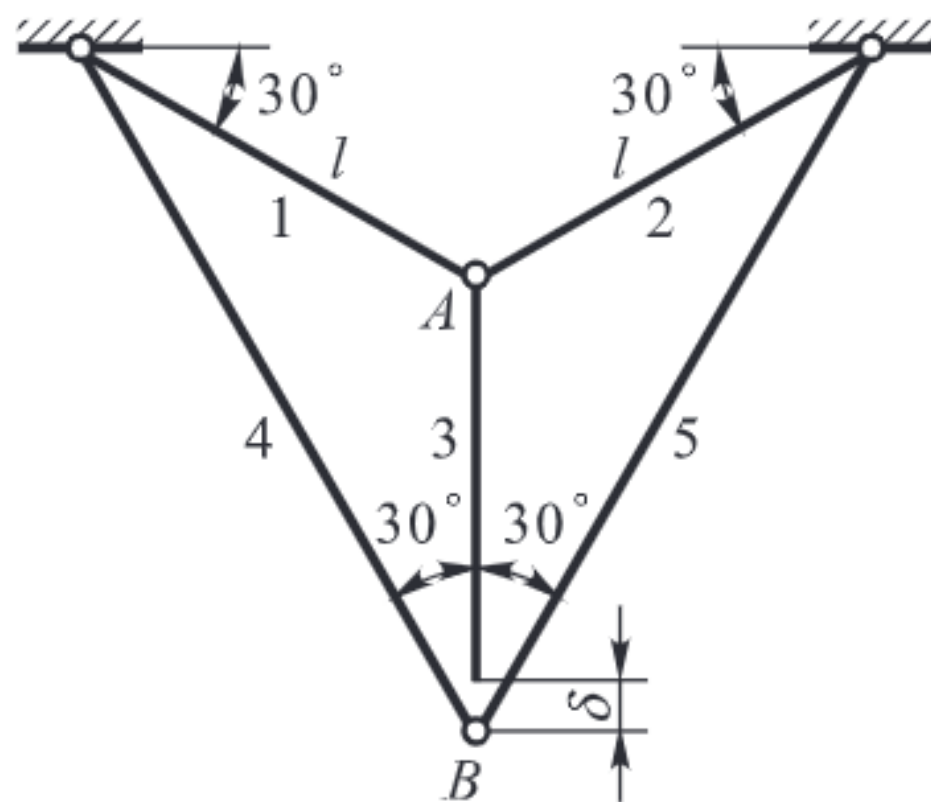
2.59 (强度准则)

3.1c (扭矩图)

3.26日(下周二) 交

作业

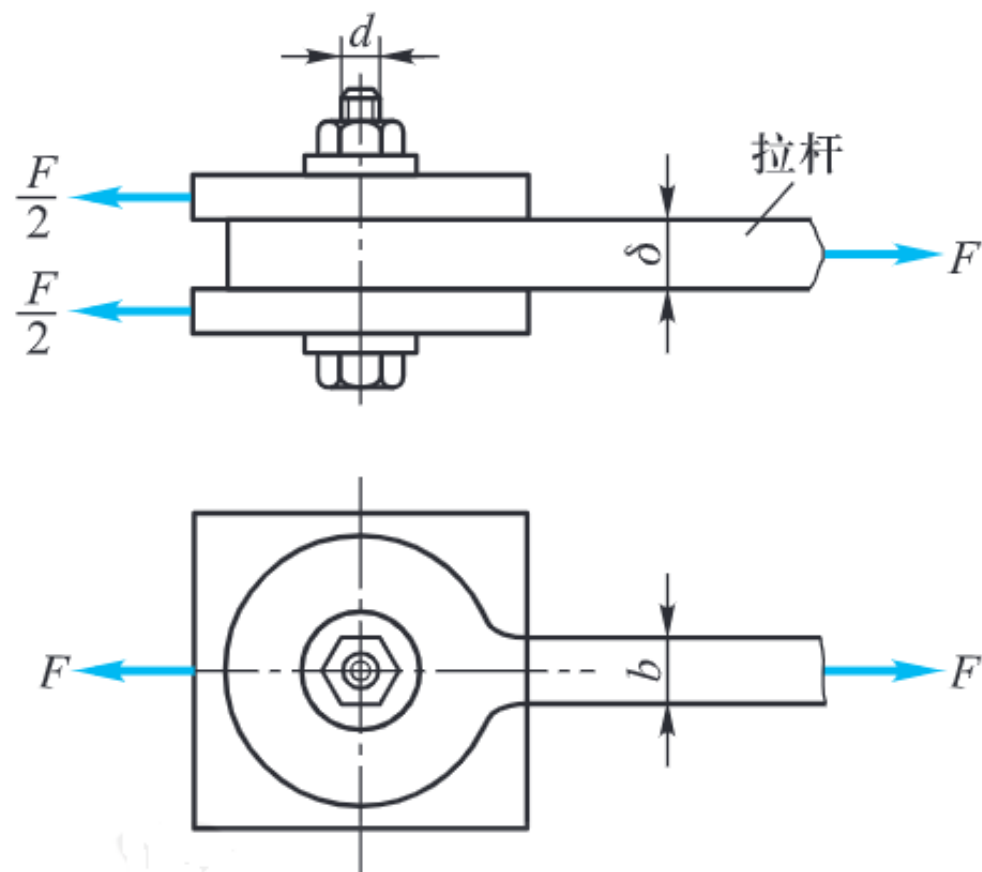
2.51 在图示杆系中, AB 杆比名义长度略短, 误差为 δ 。若各杆材料相同, 横截面面积相等, 试求装配后各杆的轴力。



题 2.51 图

作业

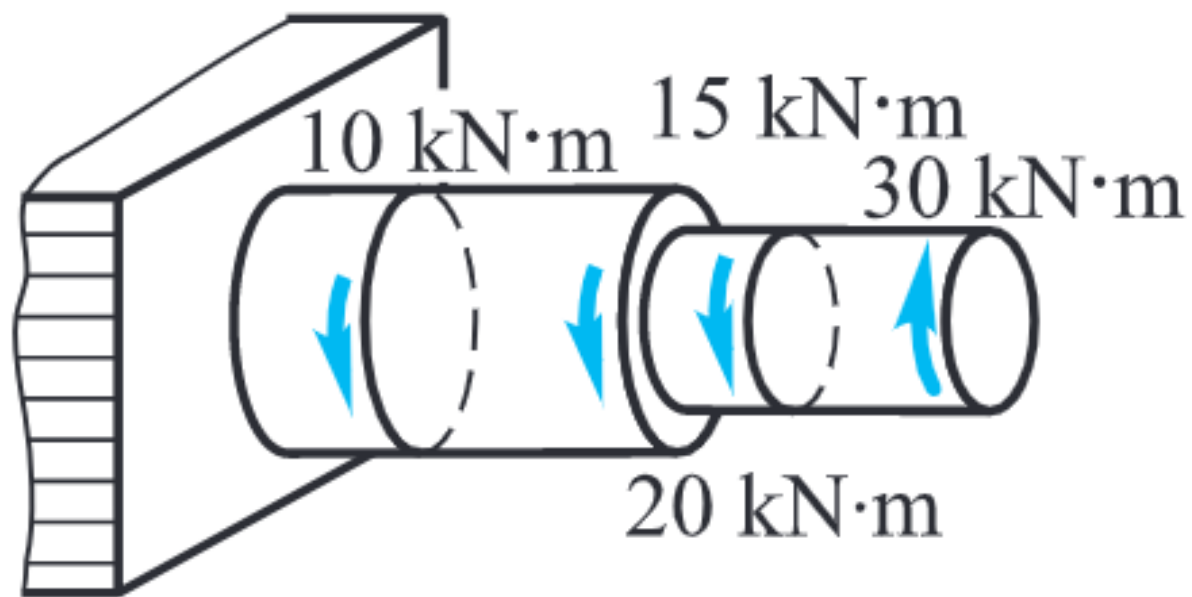
2.59 一螺栓将拉杆与厚为 8 mm 的两块盖板相连接,如图所示。各零件材料相同,许用应力均为 $[\sigma] = 80 \text{ MPa}$, $[\tau] = 60 \text{ MPa}$, $[\sigma_{bs}] = 160 \text{ MPa}$ 。若拉杆的厚度 $\delta = 15 \text{ mm}$,拉力 $F = 120 \text{ kN}$,试设计螺栓直径 d 及拉杆宽度 b 。



题 2.59 图

作业

3.1c 作图示杆件的扭转图。



题 3.1 图(c)