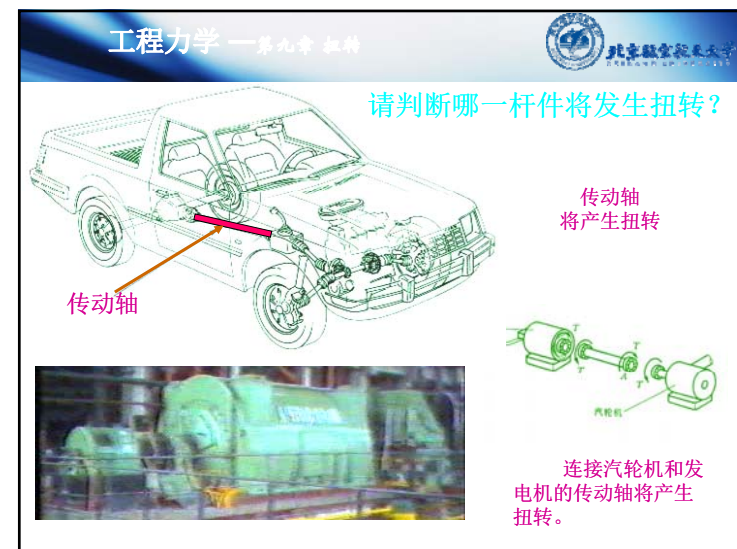
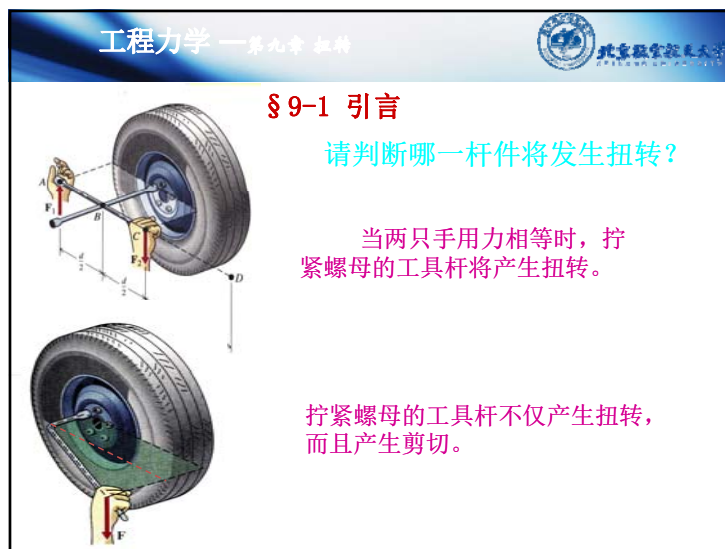


工程力学 第九章 扭转

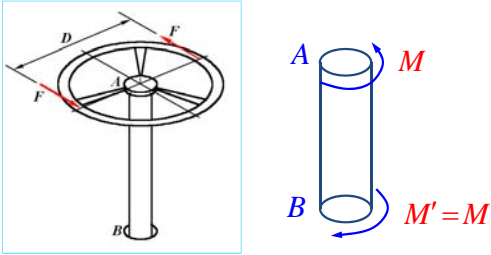
第九章 扭转

- § 9-1 引言
- § 9-2 动力传递与扭矩
- § 9-3 切应力互等定理与剪切胡克定律
- § 9-4 圆轴扭转截面上的应力
- § 9-5 极惯性矩与抗扭截面系数
- § 9-6 圆轴扭转破坏与强度条件
- § 9-7 圆轴扭转变形与刚度条件
- § 9-8 非圆截面轴的扭转

2



工程力学 一四课



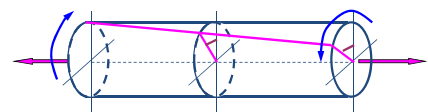
归纳与比较:

- 1、受扭圆轴的外力与变形特征如何?
- 2、与拉压杆比较的异同?

5

工程力学 一四课

➤ **基本概念**



外载荷: 外力矩的矢量沿轴线 \rightarrow **扭矩**

变形: 各横截面绕轴线作相对旋转 轴线保持直线 \rightarrow **扭转**

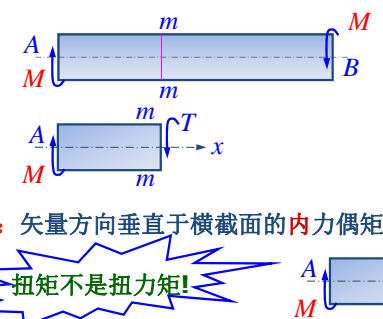
横截面间绕轴线的相对角位移 \rightarrow **扭转角**

外力矩的矢量沿轴线, 以扭转变形为主要变形形式的杆件——**轴**

6

工程力学 第九章 扭转

扭矩与扭矩图



扭矩: 矢量方向垂直于横截面的内力偶矩, 并用 T 表示。

扭矩不是扭力矩!

符号规定: 矢量方向(按右手定则)与横截面外法线方向一致的扭矩为正, 反之为负。

7

工程力学 第九章 扭转

扭矩图: 扭矩随杆轴线变化的图线。

例: 画扭矩图。

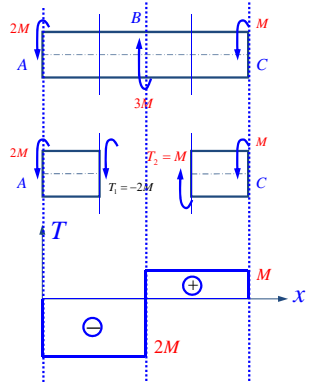
在AB和BC段分别切开, 分别考察左与右段平衡 (设正)

AB段: $T_1 = -2M$

BC段: $T_2 = M$

画扭矩图。

注意: 扭矩图与受扭轴对齐, 标注正负号。



8

工程力学 第九章 扭转

例：画扭矩图(m ：单位长度的扭力偶矩)。

在AB、BC和CD段分别由三截面切开，考察左（或右）段平衡

AB段： $T_1(x) = mx$

BC段： $T_2 = ml$

CD段： $T_3 = -2ml$

画扭矩图

•以右段作为研究对象时，不要忘记约束反力！

工程力学 第九章 扭转

2. 对应的轴力图与扭矩图

对应拉压问题与轴力图

工程力学 第九章 扭转

§ 9-2 圆轴的动力传递与扭矩

已知传动构件的转速与所传递的功率，计算轴所承受的扭矩。

$P = M\omega$

功率: KW 力偶矩: N.m 角速度 $= \frac{2\pi n}{60}$ n : 转速 (r/min)

$P \times 10^3 = M \times \frac{2\pi n}{60}$ $|M|_{N\cdot m} = 9549 \frac{|P|_{kW}}{|n|_{r/min}}$

工程力学 第九章 扭转

§ 9-3 切应力互等定理与剪切胡克定律

一、薄壁圆管扭转实验

变形前：等距地画上纵向线和圆周线

变形后：

- 各圆周线的形状不变，仅绕轴线作相对转动
- 当变形很小时，各圆周线的大小与间距也不变
- 各纵向线倾斜相同角度，所有矩形网格变为同样大小的平行四边形

工程力学 第九章 扭转

变形前的微体 剪切变形后的微体

内部变形：管壁很薄，近似地认为管内变形与管表面相同

各点应变：沿周向和纵向，所有微体的变形相同

- 微体既无轴向正应变，也无横向正应变
- 微体相对截面存在错动，也即剪切变形

13

工程力学 第九章 扭转

■ 微体变形与切应变

纵向线倾斜角 γ 扭转角 ϕ

试验段内微体剪切变形对应着纵向线的倾斜角 γ

试验段内任一点 a 处的切应变： $\gamma = \phi R_0 / l$

14

工程力学 第九章 扭转

► 薄壁圆管的扭转切应力

近似计算

管壁薄——假设切应力沿管壁均匀分布

当 $\delta \leq R_0/10$ 时，足够精确

适用于弹性、非弹性、各向同性、各向异性的均质材料薄壁管。

$$T = \tau A R_0$$

$$A \approx 2\pi R_0 \delta \quad \rightarrow \quad \tau = \frac{T}{2\pi R_0^2 \delta}$$

15

工程力学 第九章 扭转

二、剪切胡克定律

实验表明：当切应力小于某极限值（称为比例极限）时，切应力 τ 与切应变 γ 成正比：

$$\tau = G\gamma$$

切变模量： G

钢： $G=75\sim 80\text{GPa}$

铝： $G=26\sim 30\text{GPa}$

各向同性材料： $G=E/2(1+\mu)$

三个弹性常数： G, E, μ ，只有两个是独立的

16