

系统建模与动力学分析

学 时 数：48学时

学 分：3

任 课 教 师：闫 涛

工 作 单 位：电信学部自动化学院综合所

办 公 地 点：兴庆校区东二楼344B

创新港4-6168

邮 箱：yantao@xjtu.edu.cn

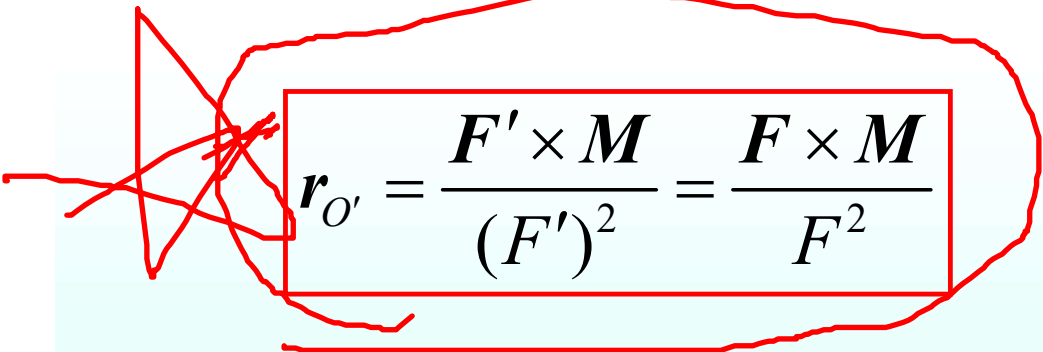
第二章 机械系统（上：静力学建模）

$$\mathbf{F} = F_x \mathbf{i} + F_y \mathbf{j} + F_z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

$$\mathbf{M}_O(\mathbf{F}) = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

$$\mathbf{F} \Leftrightarrow (\mathbf{F}', \mathbf{M})$$


$$\mathbf{r}_{O'} = \frac{\mathbf{F}' \times \mathbf{M}}{(F')^2} = \frac{\mathbf{F} \times \mathbf{M}}{F^2}$$

$$\mathbf{r} = \frac{\mathbf{F}' \times \mathbf{M}}{(F')^2}$$

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{M}_O(\mathbf{F}_i) = \sum_{i=1}^n \mathbf{r} \times \mathbf{F}_i = \mathbf{r} \times \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \mathbf{M}_O(\mathbf{F})$$

第二章 机械系统（上：静力学建模）

$$(F_1, F_2, \dots, F_n) \Leftrightarrow (F, M)$$

$$(F, M') \Leftrightarrow (F, M + r \times F)$$

$$M_z(F) = (r_{xy} \times F_{xy}) \cdot k$$

$$M' = \frac{(M \cdot F)F}{F^2}$$

力系向任一点O简化的结果		力系简化的最后结果	说明
主矢	主矩		
$F_R' = 0$	$M_O = 0$	平衡	平衡力系
	$M_O \neq 0$	合力偶	此时主矩与简化中心的位置无关
$F_R' \neq 0$	$M_O = 0$	合力	合力作用线通过简化中心
	$F_R' \perp M_O$	合力	合力作用线离简化中心O的距离为 $d = \frac{M_O}{F_R'}$
	$F_R' \parallel M_O$	力螺旋	力螺旋的中心轴通过简化中心
	F_R' 与 M_O' 成 α 角	力螺旋	力螺旋的中心轴离简化中心O的距离为 $d = \frac{M_O \sin \alpha}{F_R'}$

各种力系的平衡方程汇总表

力系的类型	方程形式	方程个数
空间任意力系	$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0$ $\sum M_x(F) = 0 \quad \sum M_y(F) = 0 \quad \sum M_z(F) = 0$	6
空间汇交力系	$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0$	3
空间平行力系	$\sum F_z = 0 \quad \sum M_x(F) = 0 \quad \sum M_y(F) = 0$	3
空间力偶系	$\sum M_x = 0 \quad \sum M_y = 0 \quad \sum M_z = 0$	3
平面任意力系	$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_O(F) = 0$	3
平面汇交力系	$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$	2
平面平行力系	$\sum F_y = 0 \quad \sum M_O(F) = 0$	2
平面力偶系	$\sum M = 0$	1

第二章 机械系统（上：运动学建模）

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \rho \frac{d\omega}{dt} = \rho \dot{\omega} = \rho \alpha$$

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} = \frac{(\rho\omega)^2}{\rho} = \rho\omega^2$$

$$\mathbf{v}_a = \mathbf{v}_e + \mathbf{v}_r$$

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_a &= \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_r + 2\boldsymbol{\omega}_e \times \mathbf{v}_r \\ &= \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_r + \mathbf{a}_C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \dot{\mathbf{v}} = \frac{d}{dt}(\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) = \dot{\boldsymbol{\omega}} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times \dot{\mathbf{r}} \\ &= \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v} = \underbrace{\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}}_{\text{切向加速度}} + \underbrace{\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}}_{\text{法向加速度}} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n \end{aligned}$$

第二章 机械系统（下：动力学建模）

$$x = R\theta \quad v = R\omega \quad a = R\alpha$$

$$F < \mu_k N$$

$$\mathbf{F} + \mathbf{F}_N + \mathbf{F}^* = 0$$

$$Q_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, k$$

$$\delta W = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \cdot \delta \mathbf{r}_i = 0$$

$$\delta W = \sum_{i=1}^n (F_{xi} \delta x_i + F_{yi} \delta y_i + F_{zi} \delta z_i) = 0$$

$$\delta W_j = Q_j \delta q_j$$

$$Q_j = \frac{\delta W_j}{\delta q_j}$$

第二章 机械系统（下：动力学建模）

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} - Q_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, k$$

$$L = T - V$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = 0 \quad j = 1, 2, \dots, k$$

第四章 电系统

机械系统	电系统
力 F (力矩 T)	电压 e
质量 m (惯性矩 J)	电感 L
粘性摩擦系数 b	电阻 R
弹簧常数 k	电容的倒数 $1/C$
位移 x (角位移 θ)	电荷 q
速度 v (角速度 ω)	电流 i

机械系统	电系统
力 F (力矩 T)	电流 i
质量 m (惯性矩 J)	电容 C
粘性摩擦系数 b	电阻的倒数 $1/R$
弹簧常数 k	电感的倒数 $1/L$
位移 x (角位移 θ)	磁通量 Φ
速度 v (角速度 ω)	电压 e

第五章 电机系统

$$F = \sum_i R_{mi} \Phi$$

$$C_T = \frac{n_p N}{2a\pi} = \frac{60}{2\pi} C_E = 9.55 C_E$$

$$\Phi = BS \quad Ni = Hl \quad B = \mu H$$

$$P_N \neq U_N I_N$$

$$E_a = C_E \Phi n$$

$$\eta = P_2 / P_1$$

$$T_e = C_T \Phi I_a$$

$$\eta_N = P_N / P_1$$

第六、七章 液压系统、气动系统

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{常数} \quad \gamma = \rho g$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$\text{气阻} = \frac{\text{压力差的变化}}{\text{质量流量的变化}} \quad \frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/s}} \text{ 或 } \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}$$

$$R = \frac{d\Delta p}{dq}$$

$$\text{气容 } C = \frac{\text{空气质量的变化}}{\text{压力的变化}} \quad \frac{\text{kg}}{\text{N/m}^2}$$

$$C = \frac{V}{nR_{\text{空气}}T} \quad \frac{\text{kg}}{\text{N/m}^2}$$

$$\text{气感 } I = \frac{\text{压力变化}}{\text{质量流量每秒的变化}} \quad \frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/s}^2}$$