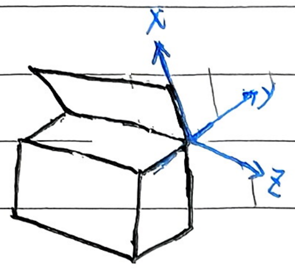
9-2



	运动学	静力学
自然约束	$V_x=V_y=V_z=0$ $\omega_x=\omega_y=0$	$\tau_z=0$
人工约束	$\omega_z<0$	$f_x=f_y=f_z=0$ $\tau_x=0,\ \tau_y=0$

9-3

由关节空间运动学: $M(\theta)\ddot{\theta}+V(\theta,\dot{\theta})+G(\theta)=\tau+J_a^T(\theta)F_a$ ①

笛卡尔空间: $M_x(\theta)\ddot{x}+V_x(\theta,\dot{\theta})+G_x(\theta)=J_a^{-T}(\theta)\tau+F_a$ ②

内环控制律: $\tau=J_a^T(\theta)[M_x(\theta)a_d+V_x(\theta,\dot{\theta})+G_x(\theta)-F_a]$ ③，代入②得闭环(双积分)系统

闭环系统: $\ddot{x}=a_d$ ④

期望阻抗关系 $M_d\ddot{\tilde{x}}+B_d\dot{\tilde{x}}+K_d\tilde{x}=F_a$ ⑤

则取外环控制律 $a_d=\ddot{x}_d+M_d^{-1}(-B_d\dot{\tilde{x}}-K_d\tilde{x}+F_a)$ ⑥

根据:
$$\begin{cases} M_x(\theta)=J_a^{-T}(\theta)M(\theta)J_a^{-1}(\theta) & ⑦ \\ V_x(\theta,\dot{\theta})=J_a^{-T}(\theta)V(\theta,\dot{\theta})-M_x(\theta)\dot{J}_a(\theta)\dot{\theta} & ⑧ \\ G_x(\theta)=J_a^{-T}(\theta)G(\theta) & ⑨ \end{cases}$$

∵ $\dot{x}=J_a(\theta)\theta$

∴ $\ddot{x}=\dot{J}_a(\theta)\dot{\theta}+J_a(\theta)\ddot{\theta}$ ⑩

∴ 联立②~⑩得

$$\tau=M(\theta)J_a^{-1}(\theta)(\ddot{x}_d-\dot{J}_a(\theta)\dot{\theta}+M_d^{-1}(-B_d\dot{\tilde{x}}-K_d\tilde{x}))+V(\theta,\dot{\theta})+G(\theta)$$
$$+J_a^T(\theta)[M_x(\theta)M_d^{-1}-I]F_a$$

No.

Date / /

9-5

对x轴方向 $(m_1+m_2)a=\tau_1$

对y轴方向 $m_2 g+m_2 a=\tau_2+F$

动力学模型 $M\ddot{x}+G=\tau+F$ why?

$M=\begin{bmatrix} m_1+m_2 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix}$ $G=\begin{bmatrix} 0 \\ m_2 g \end{bmatrix}$ $\tau=\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix}$ $F=\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix}$

期望阻抗模型 $M_m(\ddot{x}-\ddot{x}_d)+D_m(\dot{x}-\dot{x}_d)+K_m(x-x_d)=F$

其中 $x=\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}$

取 $e=x-x_d$，$M_m=\begin{bmatrix} M_{m,x} & 0 \\ 0 & M_{m,y} \end{bmatrix}>0$，$D_m=\begin{bmatrix} D_{m,x} & 0 \\ 0 & D_{m,y} \end{bmatrix}>0$

$K_m=\begin{bmatrix} K_{m,x} & 0 \\ 0 & K_{m,y} \end{bmatrix}>0$

因为无力矩传感器，取 $M_m=M$ ⟹ why?

则 $\tau=M\ddot{x}_d+G+D_m\dot{e}-K_m e$

又有 $F(s)=(Ms^2+D_m s+K_m)e(s)$

$\therefore Is^2+M^{-1}D_m s+M^{-1}K_m=\begin{bmatrix} (s+\lambda)^2 & 0 \\ 0 & (s+\lambda)^2 \end{bmatrix}$

化为1

$\therefore D_{m,x}=2(m_1+m_2)\lambda$，$D_{m,y}=2m_2\lambda$

$K_{m,x}=(m_1+m_2)\lambda^2$，$K_{m,y}=m_2\lambda^2$