



# 液压传动及控制I

## — 电液伺服阀

浙江大学  
流体动力与机电系统国家重点实验室  
2022.11





# 液压阀-电液伺服阀

- ◆ 电液伺服阀工作原理
- ◆ 常见结构形式
- ◆ 伺服阀特性分析
- ◆ 电液伺服阀的选用



# 电液伺服阀

## □概述

- 特征：输出流量/压力能够快速跟随输入电信号变化
- 结构组成

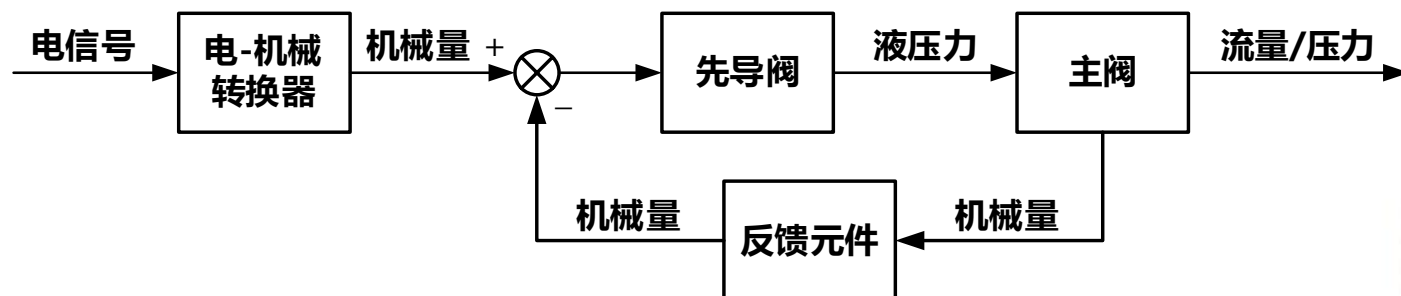


电-机械转换器：电信号→力矩或力→角位移/直线位移

先导阀：角位移/直线位移→液压力

主阀：液压力→流量或压力

反馈元件：控制腔压力/阀芯位移→先导级输入



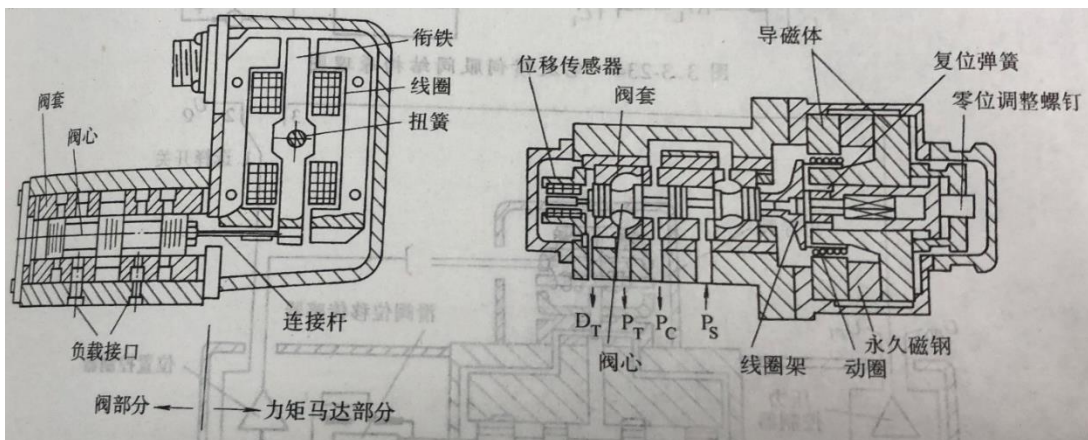
典型电液伺服阀结构组成



# 电液伺服阀

## □分类

- 按级数分：单级阀、两级阀、三级阀
- 按电-机械转换器类型分：力矩马达式、动圈式
- 按先导阀结构分：滑阀式、射流管式、**喷嘴挡板式**
- 按输出量分：流量阀、压力阀、压力流量阀
- 按反馈信号分：力反馈、位移反馈、压力反馈、电反馈

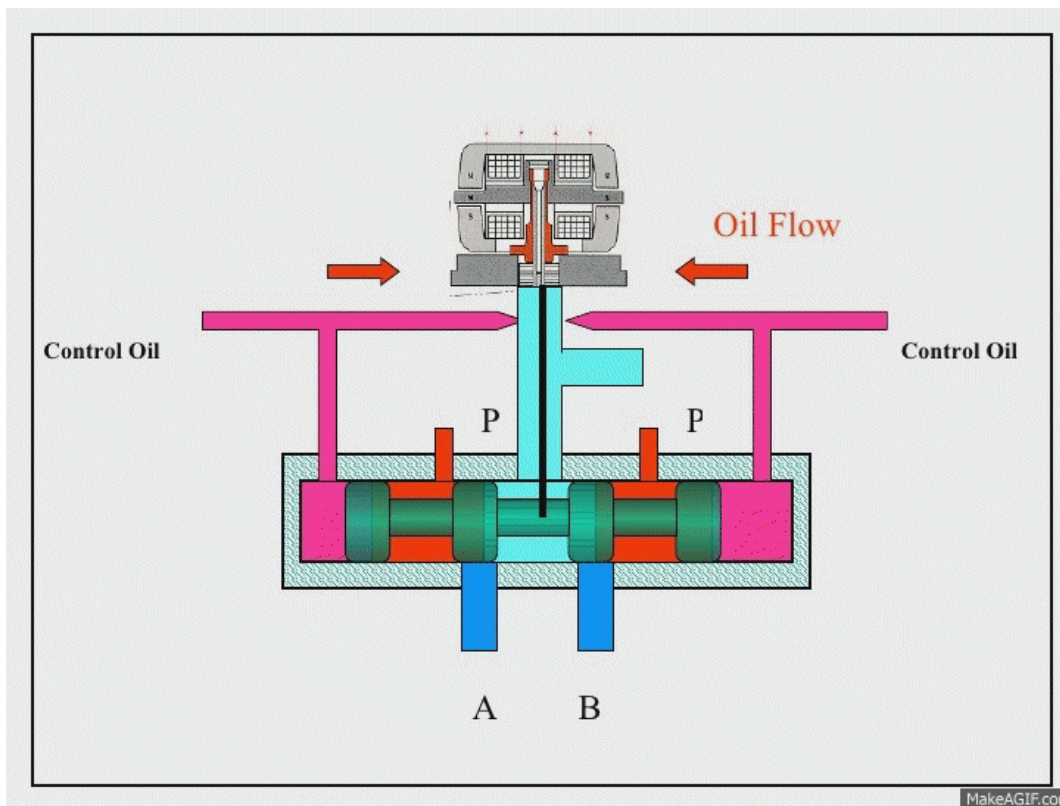




# 电液伺服阀

## □工作原理

- 组成：力矩马达、喷嘴-挡板先导级、功率级滑阀、反馈杆
- 原理：电信号→衔铁偏转→挡板偏移→压力不平衡→主阀芯移动



主阀芯位移  
与输入流量  
呈比例变化

力反馈喷嘴-挡板滑阀式两级电液伺服阀

# 电液伺服阀

## □ 先导阀——滑阀

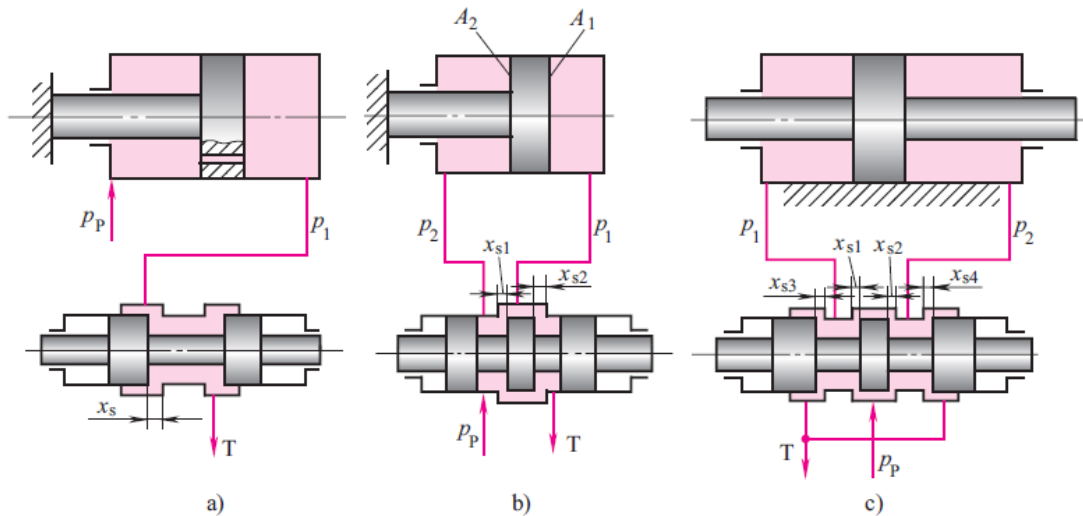
- 按控制边数分

单边：一个控制边，只控制一腔压力

双边：两个控制边，控制两腔压力

四边：四个控制边，控制两腔压力

- 控制边数越多，控制精度越高，加工成本越高

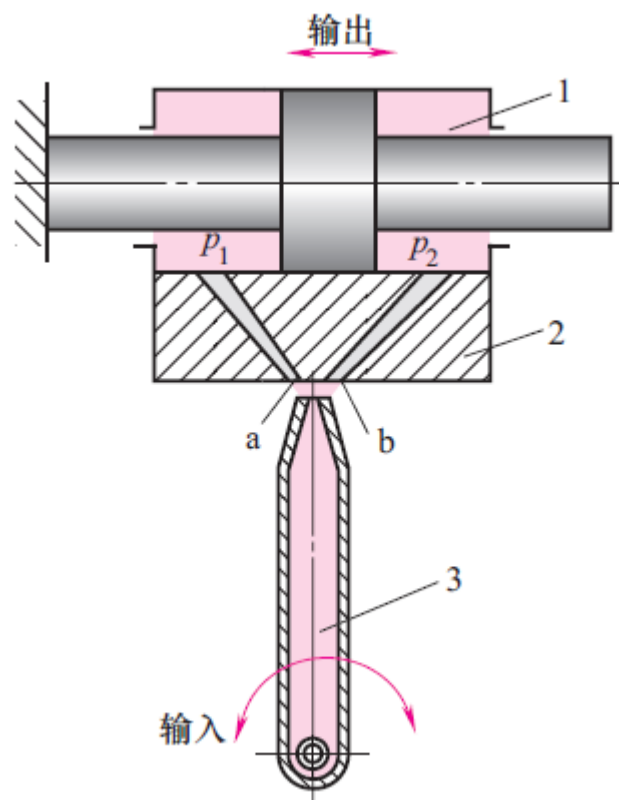


滑阀式先导级装配精度要求高，价格较贵，对油液污染较敏感

# 电液伺服阀

## □ 先导阀——射流管

- 射流管可左右摆动
- 接受板固定在受控对象上
- 射流管偏转角度→两腔压力不等→受控对象和接收板偏移
- 输入信号大小→受控对象运动速度
- 优点：结构简单，加工精度低，抗污染能力强
- 缺点：运动部分惯量较大，响应性能差；射流能量损失大；供油压力高时易振动；较大轴向力

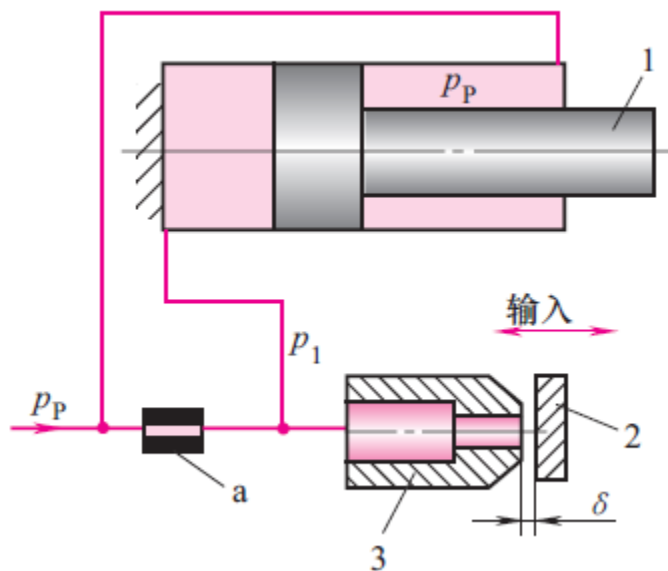


射流管装置工作原理  
1-受控对象，2-接受板，  
3-射流管

# 电液伺服阀

## □ 先导阀——喷嘴-挡板

- 原理：喷嘴-挡板间隙改变→控制压力改变→受控对象移动
- 优点：结构简单，惯量小，位移小，**响应快**，加工要求不高
- 缺点：能量损耗大，**抗污染能力差**



喷嘴-挡板装置工作原理

1-受控对象，2-挡板，3-喷嘴



# 电液伺服阀

## □ 静态特性：流量-压力特性

- 流量-压力系数：

$$K_C = - \left. \frac{\partial q_L}{\partial p_L} \right|_{x_s = \text{const}} = \frac{C_d w x_s}{2 \sqrt{\rho (p_P - p_L)}}$$

$q_L$  — 负载流量

$p_L$  — 负载压力

$p_P$  — 系统供油压力

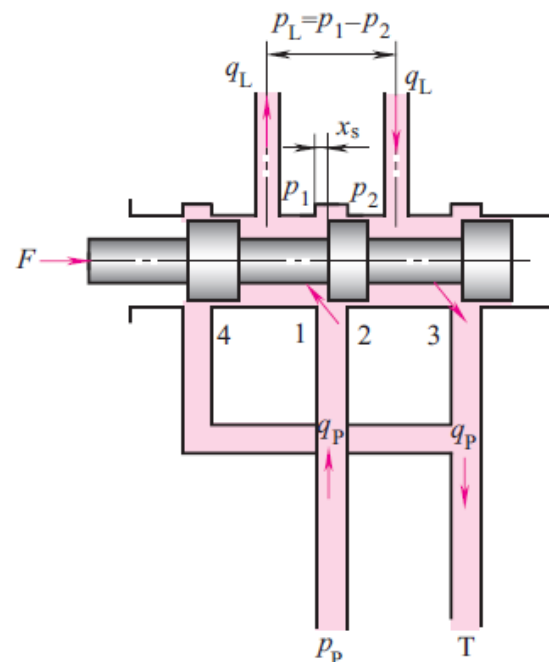
$C_d$  — 流量系数

$w$  — 滑阀面积梯度

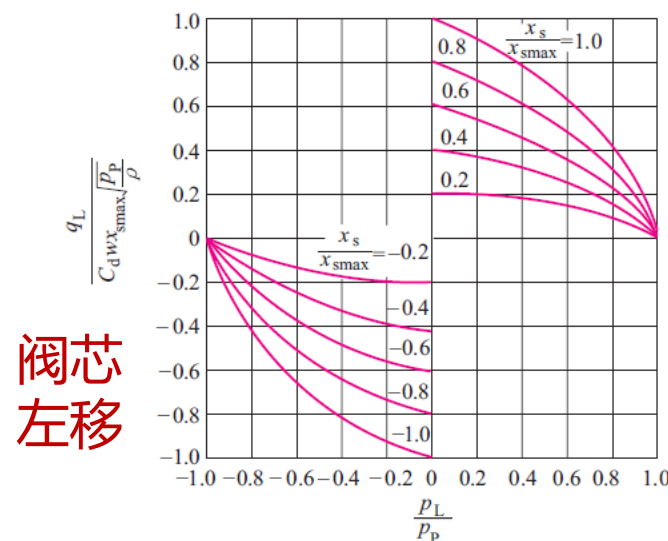
$x_s$  — 阀芯位移

$\rho$  — 液体密度

- 影响系统的阻尼比和刚度



零开口伺服阀结构图



阀芯  
右移

阀芯  
左移

零点对称

零开口伺服阀流量-压力特性曲线

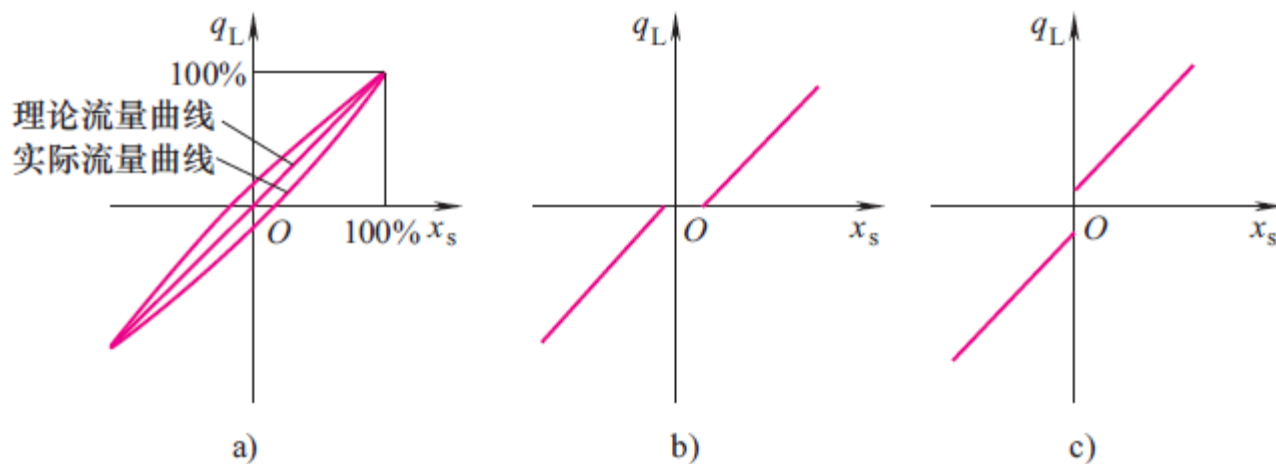
# 电液伺服阀

## □ 静态特性：流量特性

- 流量增益：

$$K_q = \left. \frac{\partial q_L}{\partial x_s} \right|_{p_L = \text{const}} = C_d w \sqrt{\frac{p_P - p_L}{\rho}}$$

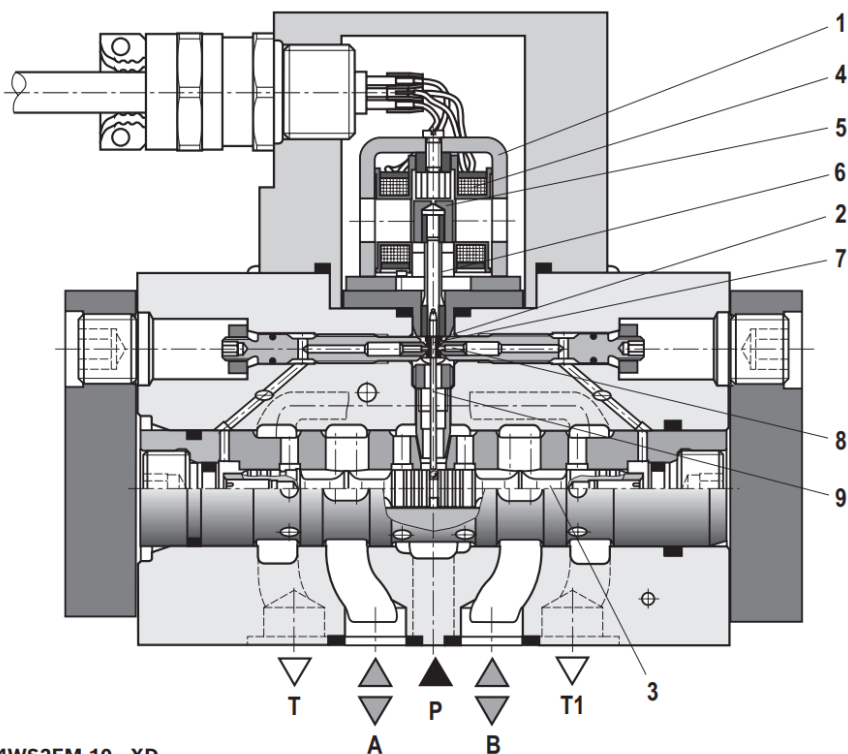
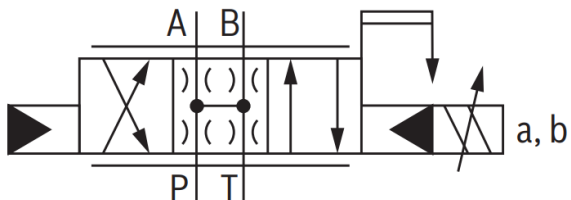
- 影响系统的稳定性



伺服阀流量-压力特性曲线

a)零遮盖, b)正遮盖, c)负遮盖

# 电液伺服阀

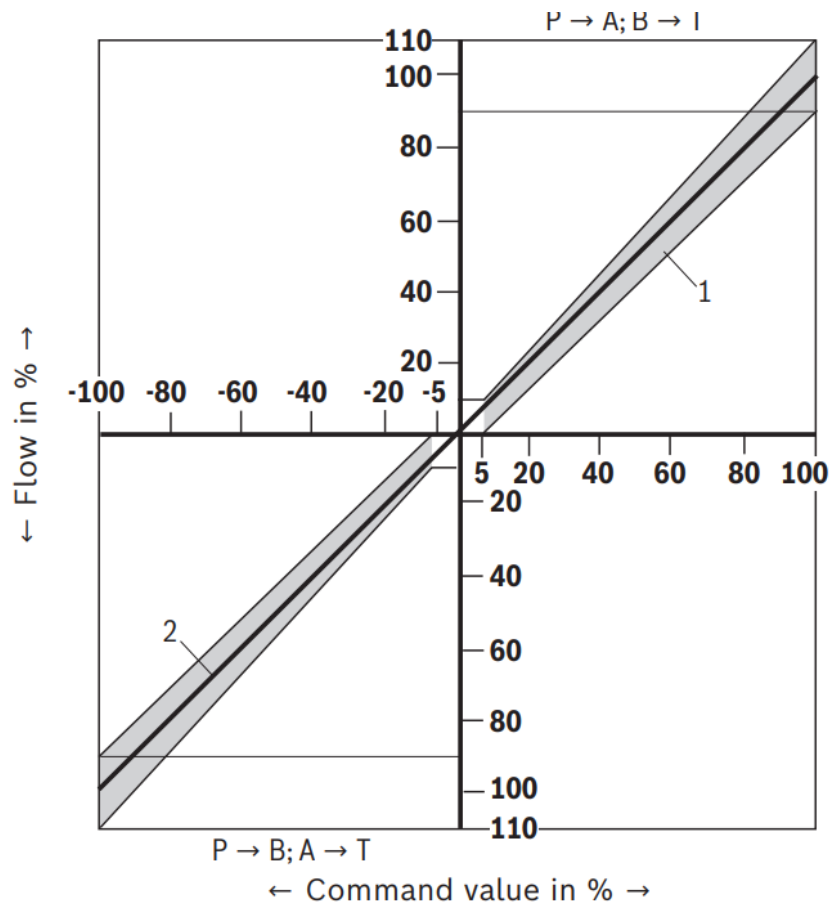


Type 4WS2EM 10...XD

力士乐4WS2EM伺服阀



Standard



- 1 Tolerance field
- 2 Typical flow curve

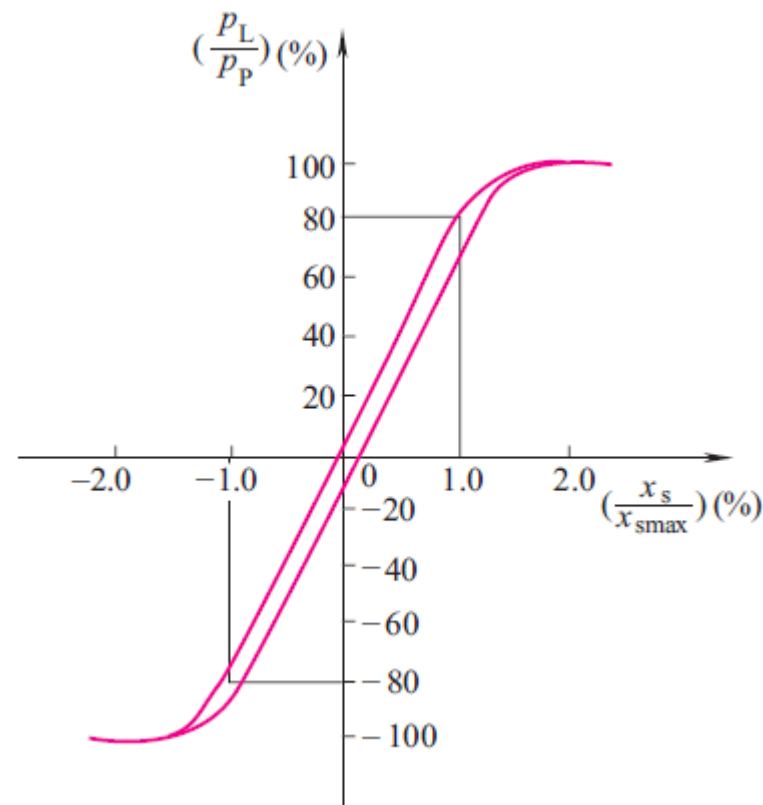
# 电液伺服阀

## □ 静态特性：压力特性

- 压力增益：

$$K_p = \left. \frac{\partial p_L}{\partial x_s} \right|_{q_L = \text{const}} = \frac{2(p_P - p_L)}{x_s}$$

- 表征阀芯在小位移时，系统  
起动负载的能力，影响系统的  
灵敏度



伺服阀压力特性曲线

# 电液伺服阀

## □ 静态特性：内泄漏特性

- 滑阀阀芯和阀孔间有一定的间隙，存在泄漏

- 零遮盖滑阀中位泄漏量：

$$q = \frac{\pi w c_r^3}{32\mu} p_P$$

$c_r$  — 阀芯和阀孔间的半径向缝隙

$\mu$  — 油液动力粘度

$p_P$  — 系统供油压力

$w$  — 滑阀面积梯度

- 负遮盖滑阀中位泄漏量：

$$q = 2C_d w x_{s0} \sqrt{\frac{p_P}{\rho}}$$

$C_d$  — 流量系数

$x_{s0}$  — 阀中位时的预开口量

$\rho$  — 油液密度

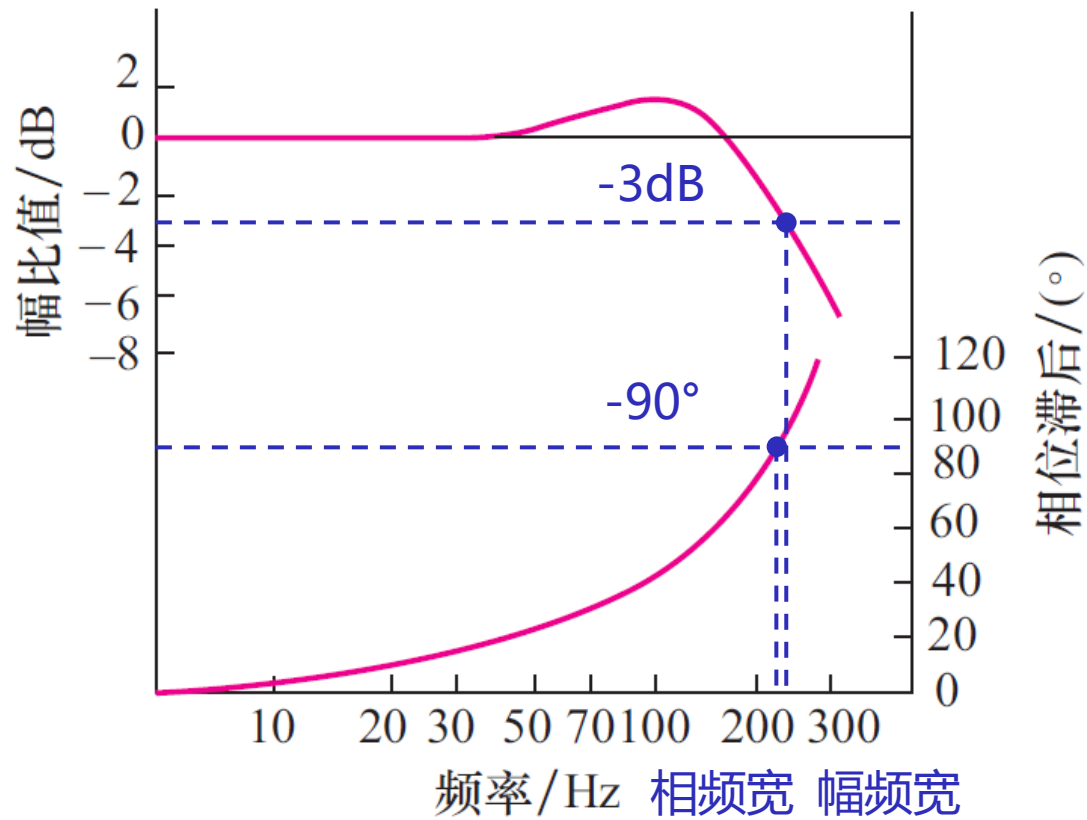
- 正遮盖滑阀阀口有1~3 μm的遮盖量时，可部分补偿泄漏影响



# 电液伺服阀

## □ 动态特性 (频率特性)

- 与输入信号、供油压力有关，由幅频宽和相频宽表示



动态特性曲线

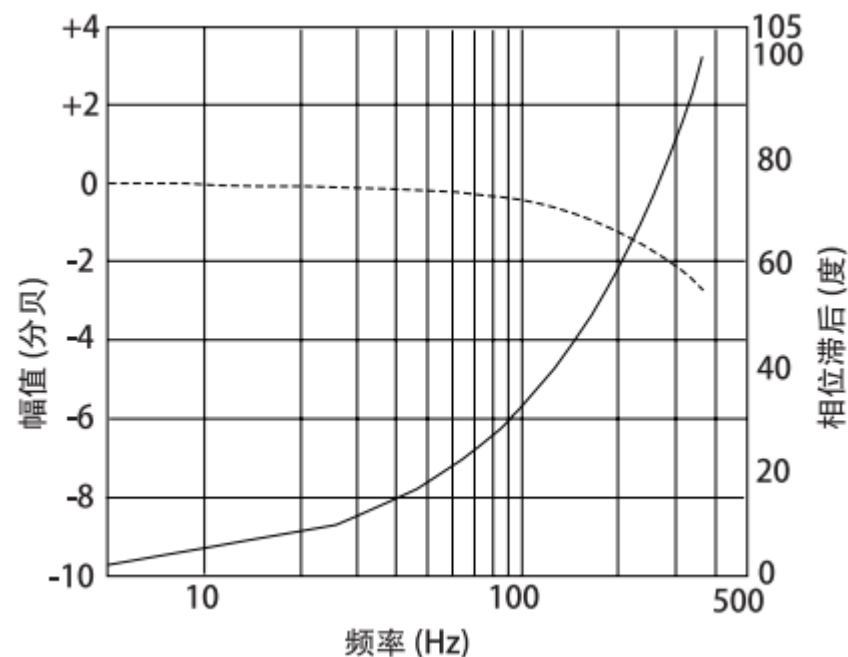
# 电液伺服阀

## □ 动态特性（频率特性）

- Moog G761系列机械反馈**喷嘴-挡板**滑阀式**两级电液伺服阀**
- 在40%信号幅值、先导级或工作压力为210bar、油液粘度为24cSt、油温 40°C条件下测得



类型	-3 dB	90 度相位 滞后	阶跃响应
V02/V04/V10/V19..G	400 Hz	330 Hz	2 ms
V02/V04/V10/V19..X	450 Hz	350 Hz	2 ms
V21/V29..G	350 Hz	280 Hz	4 ms

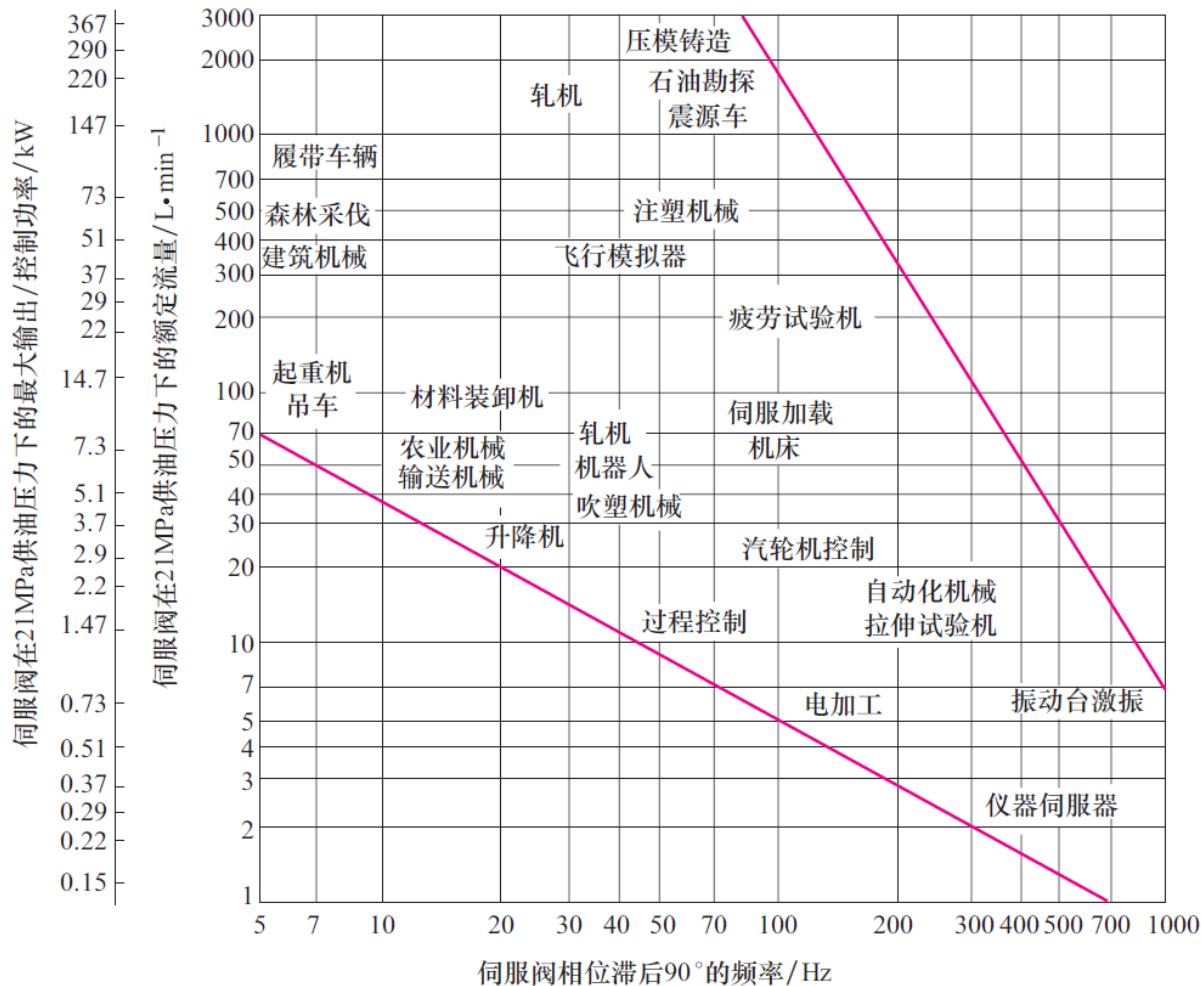


Moog 超高频响应型伺服阀  
频率特性曲线

# 电液伺服阀

## □ 选用

- 根据传递功率大小和动态特性指标选用伺服阀



电液伺服阀应用情况