

Industrial
Hydraulics

Electric Drives
and Controls

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service
Automation

Mobile
Hydraulics

Rexroth
Bosch Group

电液轴控系统的选择



传动与控制系统

- ▶ 传动与控制系统的主要功能是控制系统的：
 - ▶ 位置 (Position)
 - ▶ 速度 (Velocity)
 - ▶ 加 / 减速度 (Acceleration / deceleration)
 - ▶ 加 / 减速度的变化 (Jerk)
 - ▶ 输出力 (Force)

传动与控制参数在液压系统中的变换

- ▶ 在液压系统中，相对应参数是：
 - ▶ 位置（Position）也是位置
 - ▶ 速度（Velocity）对应的是流量（Flow）
 - ▶ 加 / 减速度（Acceleration / deceleration）对应的是阀门开启速度（Ramp）
 - ▶ 加 / 减速度的变化（Jerk）对应的是阀门开启速度的变化
 - ▶ 输出力（Force）对应的是压力（Pressure）

电液控制系统之选择

- ▶ 在选择电液控制系统时, 先要确定液压系统中需要控制什麼参数:
 - ▶ 流量 f – 到驱动元件之流量, 并不理会驱动元件之运动方向
流量= $K_f * A * \sqrt{\Delta P}$
 - ▶ 压力 P – 用以设定系统中不同驱动元件之工作压力
 - ▶ 速度 V – 可控制驱动元件之运动方向及速度
 - ▶ 位置 S – 控制驱动元件之停止位置
 - ▶ 加速度 A – 加速度之控制一般用於模拟器或试验台
- ▶ 按精确度及反应的要求来决定是否采用闭环系统。

电液比例控制系统

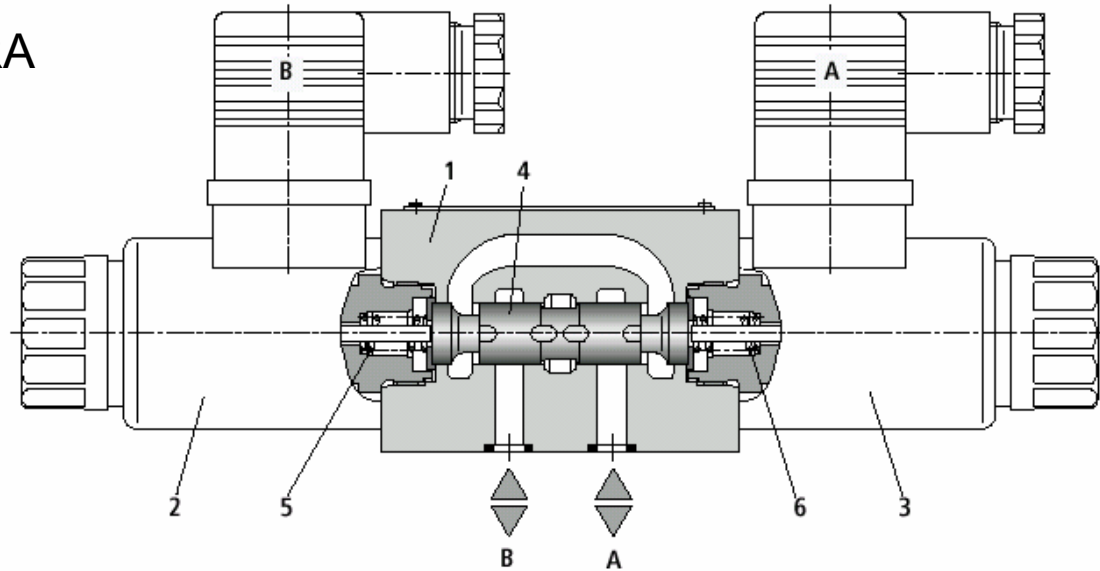
- ▶ 若精度要求不高，可考虑使用电液比例控制系统，一般电液比例控制系统可达至以下精度：
 - ▶ 位置精度 – 3 mm
 - ▶ 速度精度（带压力补偿器） – 3 %
 - ▶ 加 / 减速（斜坡时间） – 0.5 秒
 - ▶ 压力（带位移传感器的产品） – 比例压力阀最高设定的0.3%（如最高压力设定为200bar，精度可达0.6 bar）

电液比例控制系统

- ▶ 电液比例元件
- ▶ 电液比例阀大小的估算
- ▶ 常用之电液比例回路

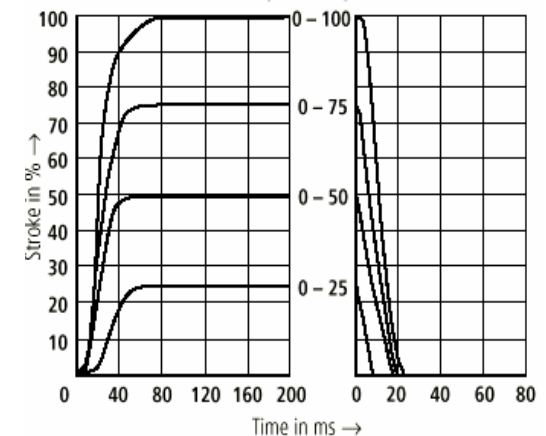
电液比例元件

直控式比例方向阀 4WRA



Type 4WRAP 6 W7.3X/G24...

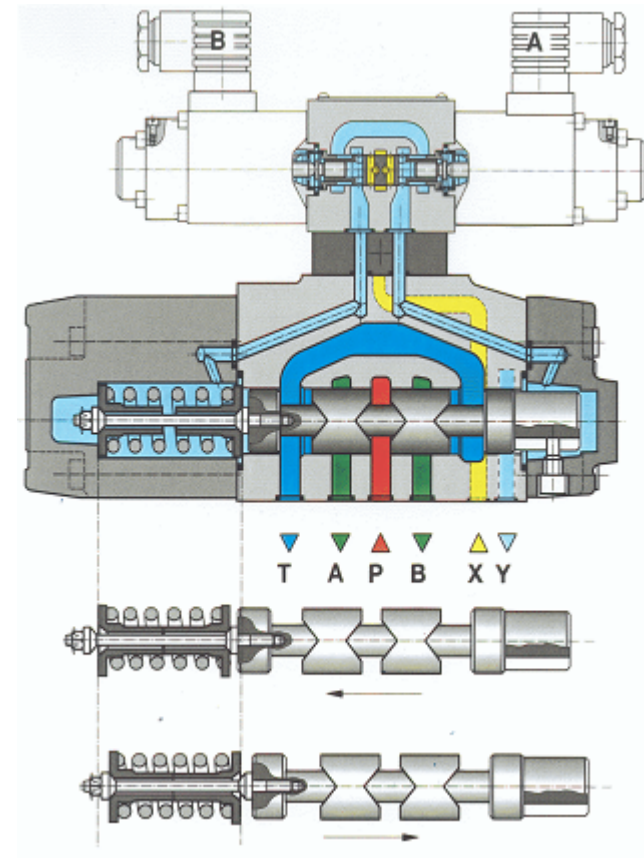
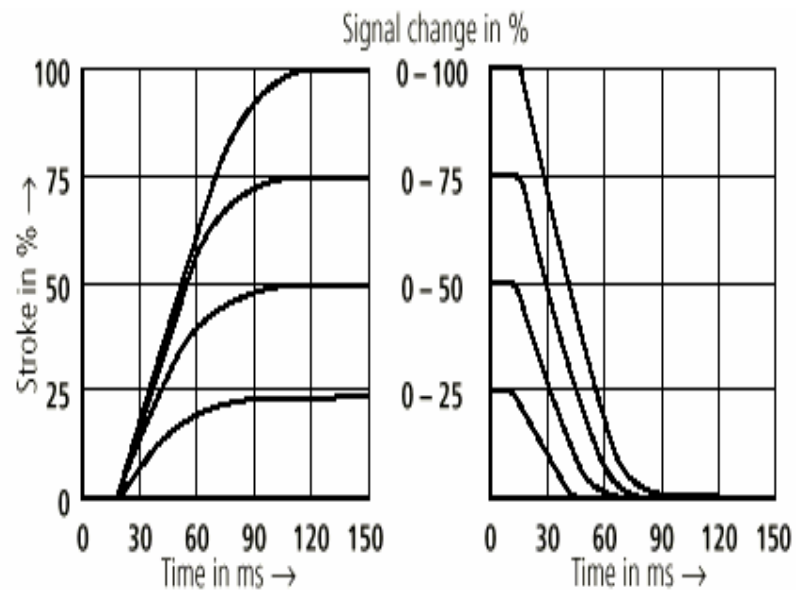
- ▶ 滞环： $\leq 5\%$ ；
- ▶ 灵敏度： $\leq 0.5\%$ ；
- ▶ 反向域： $\leq 1\%$ ；
- ▶ 相频特性 (-90° , 50%输入信号) : $10 \sim 25$ Hz



电液比例元件

先导式比例方向阀：4WRZ

- ▶ 精度较低，响应较慢
- ▶ 滞环： $\leq 6\%$ ；

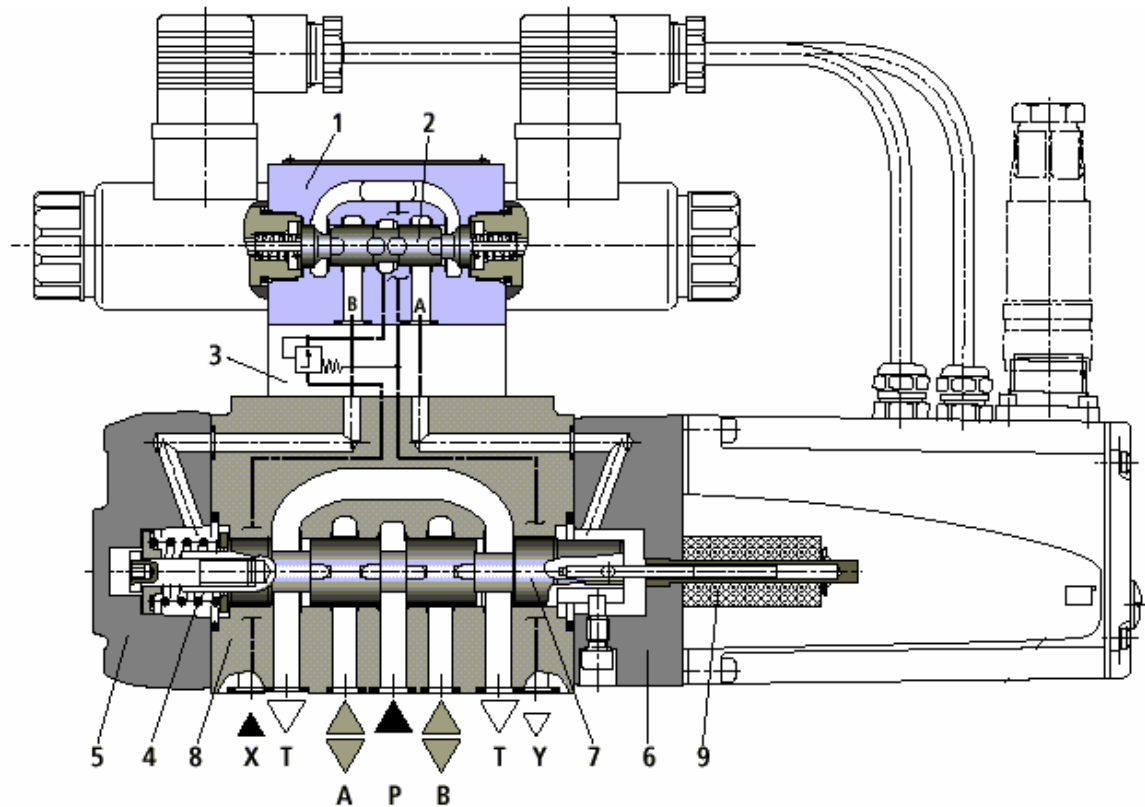


电液比例元件

带反馈的先导式比例方向阀：

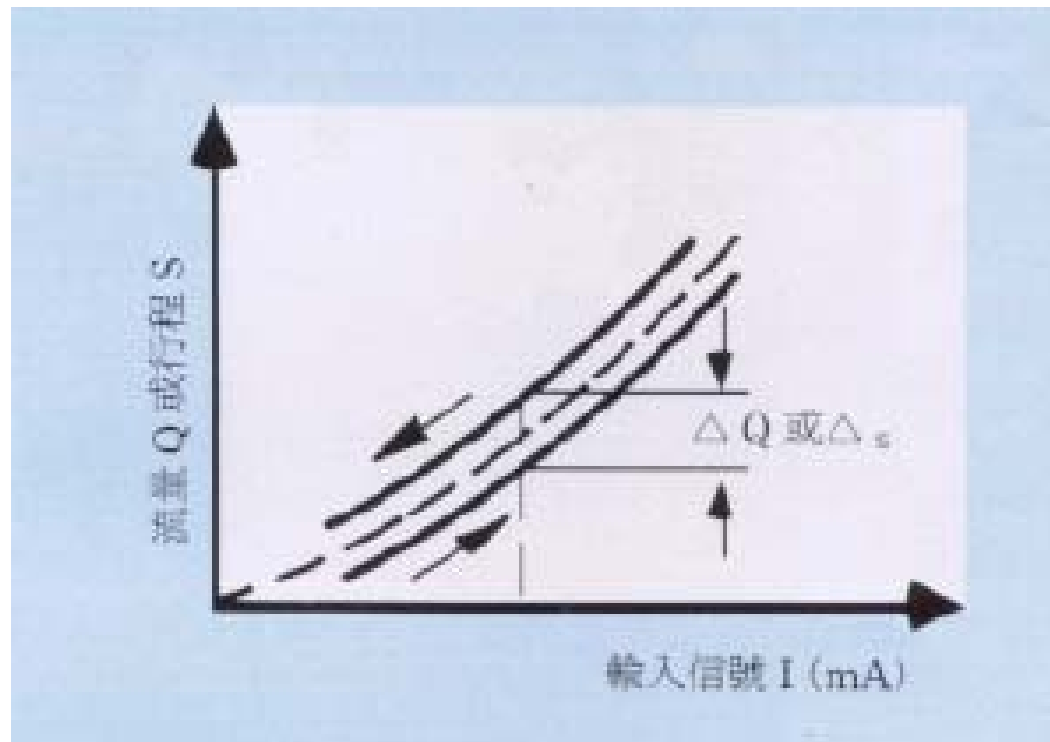
WRKE

- ▶ 精度较高, 响应较快
- ▶ 滞环: $\leq 1\%$;
- ▶ 灵敏度: $\leq 0.5\%$;
- ▶ 频响: 15~20 Hz



电液比例阀的性能

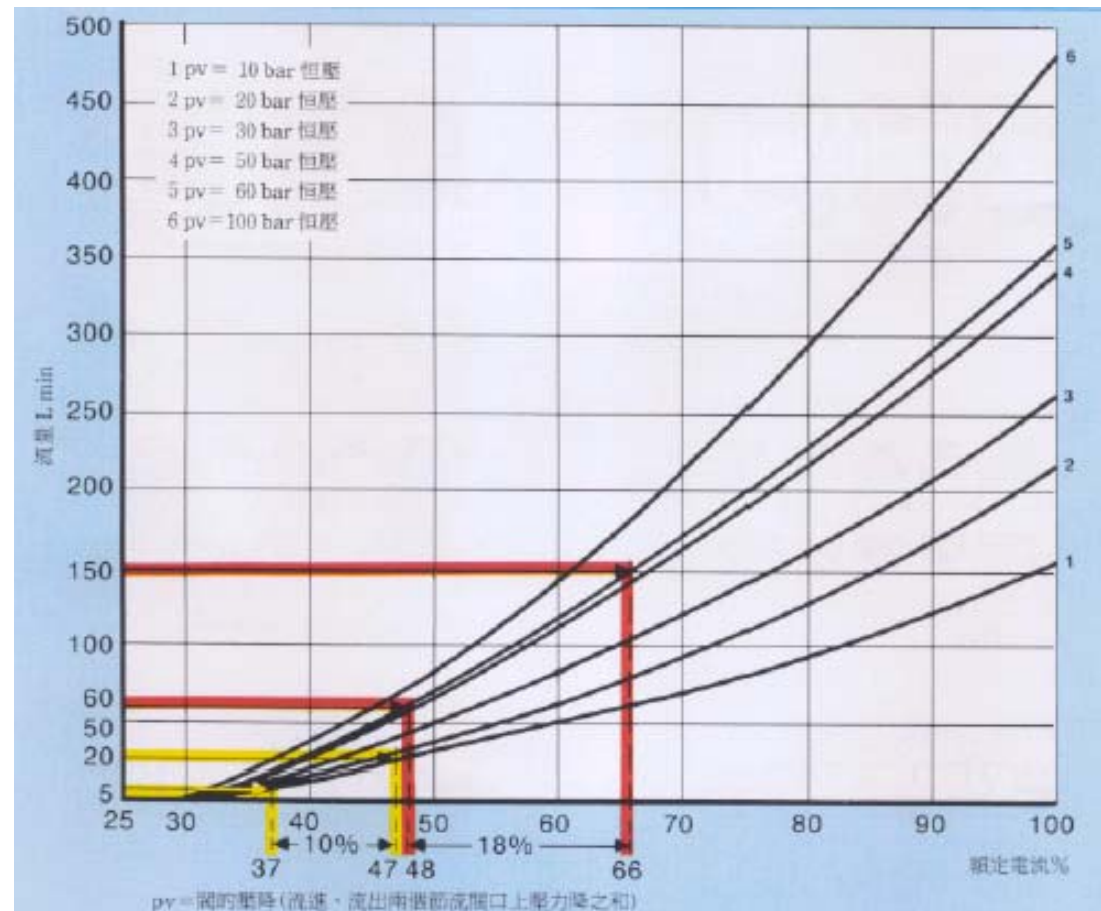
- ▶ 滞环：同一输入讯号上，增量时与减量时所得输出量的偏差。以4WRKE为例，滞环少于1%



重复精度：在重复调节同一输入信号时，输出值所出现的偏差。以4WRKE为例，重复误差少于0.5%

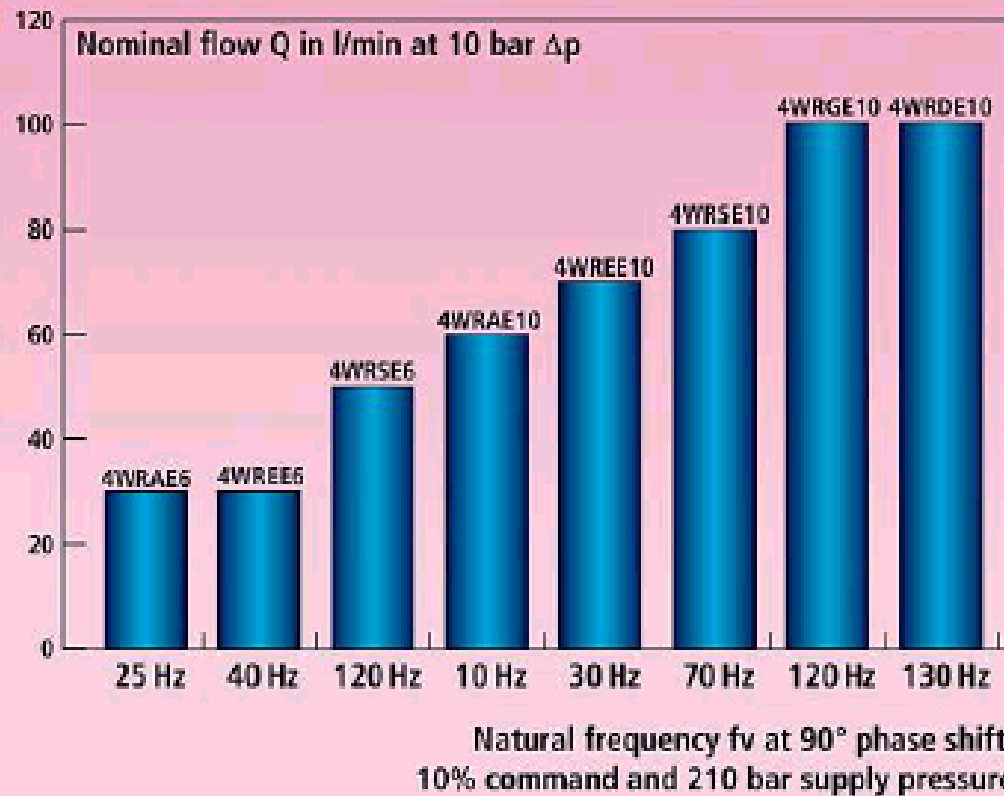
电液比例阀的性能

- ▶ 流量曲线是指在一固定压差下，比例信号与流量之曲线



电液比例阀的性能

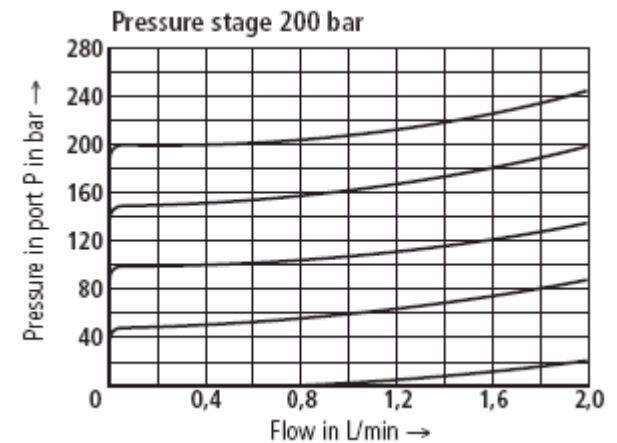
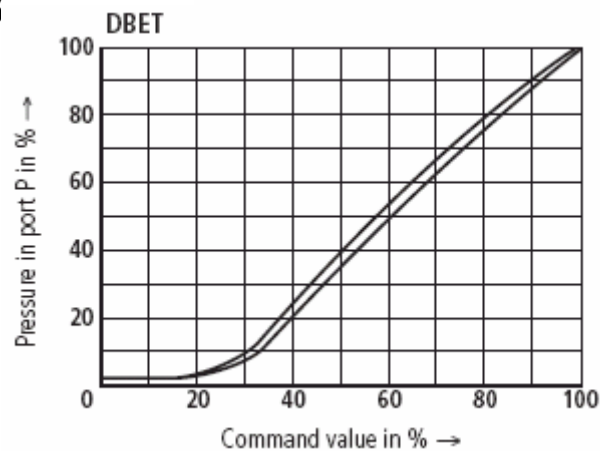
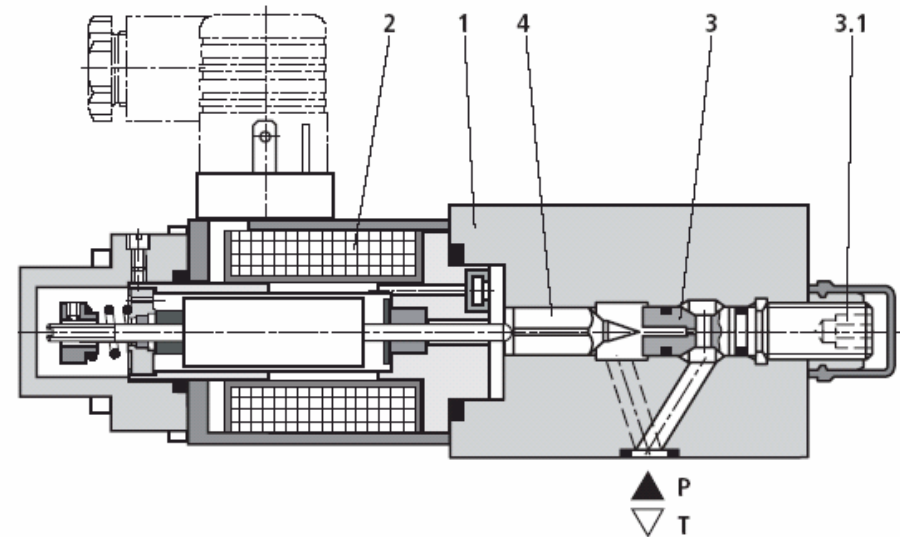
▶ 带内置放大板的比例电磁阀



电液比例元件

比例溢流阀 DBET

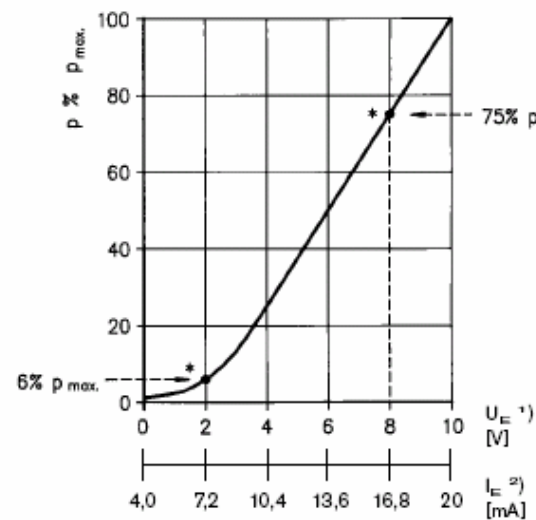
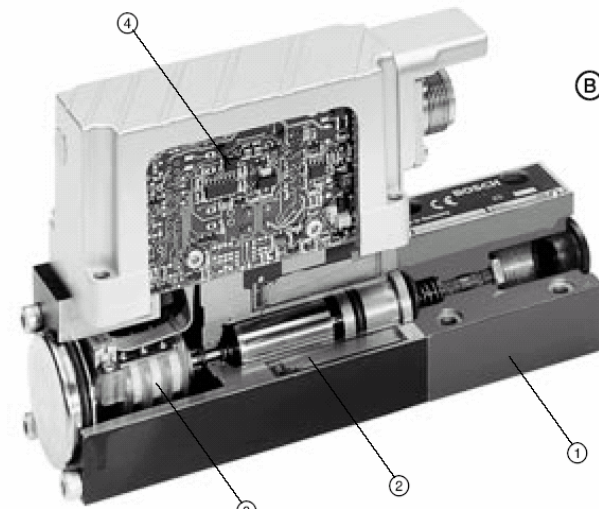
- ▶ 滞环: $\leq \pm 1.5\%$
- ▶ 重复精度: $\leq \pm 2\%$
- ▶ 线性度:
最高压力的 $\pm 3.5\%$
- ▶ 开关时间
30~150ms



电液比例元件

带反馈的比例溢流阀 0 810 402 073

- ▶ 滞环: $\leq \pm 0.2\%$
- ▶ 重复精度: $\leq \pm 0.1\%$
- ▶ 开关时间: $10 \sim 30\text{ms}$

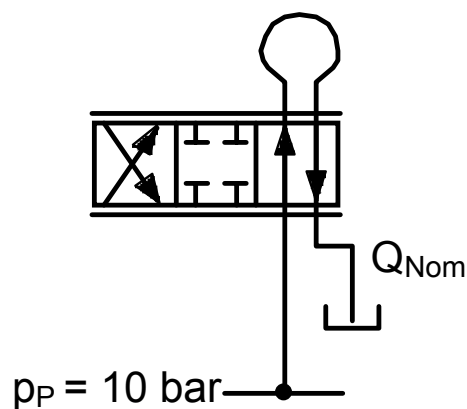


电液比例控制系统

- ▶ 电液比例元件
- ▶ 电液比例阀大小的估算
- ▶ 常用之电液比例回路

阀门的流量曲线

- ▶ 众所周知，阀门进出口之间的压差是系统压力和负载压力之间的差别。
- ▶ 说明书一般提供的“公称流量”是在“公称压力”下量得的。



比例阀

采用的压降 $P_v = 10 \text{ bar}$

阀门由零开启到最大，并记录下典型的非线性流量曲线

阀门压降的选择

试验配置和伺服阀门试验相同。产生出“流量与和阀芯-行程的关系”的图表。

为免需要在不同的压差计算流量，说明书提供了一组在不同压差下的流量曲线：
 $P_v = 20 \text{ bar}$

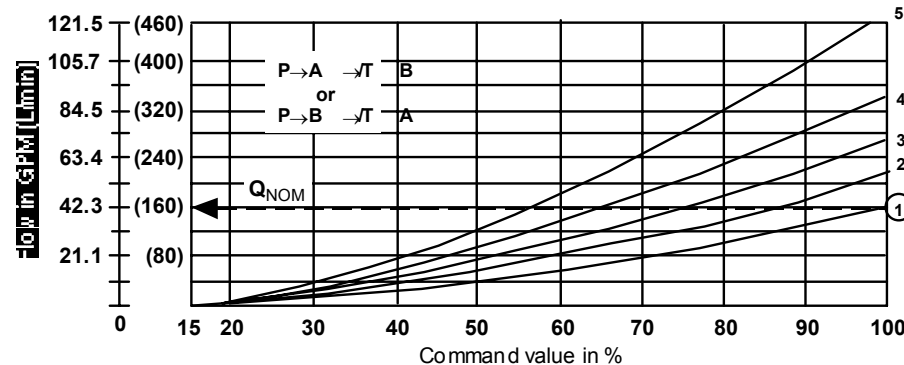
30 bar

50 bar

100 bar

例子：4 WRZ 16 E 150 valve

150 L/min nominal flow with a 10 bar valve pressure differential



- 1 $\Delta p = 10 \text{ bar}$ constant
- 2 $\Delta p = 20 \text{ bar}$ constant
- 3 $\Delta p = 30 \text{ bar}$ constant
- 4 $\Delta p = 50 \text{ bar}$ constant
- 5 $\Delta p = 100 \text{ bar}$ constant

Δp = Valve pressure differential to DIN 24 311 (input pressure p_P minus load pressure p_L minus return line pressure p_T)

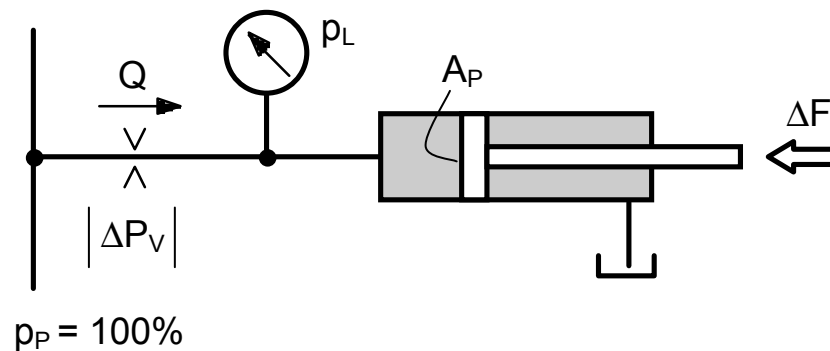
比例阀门大小的估算

压降

压降 (Δp) 的定义为系统 (油泵) 压力与负载压力之间的差别。

负载压力需要使用进口节流回路才能直接量得

例子 1:



$$p_L = \frac{\Delta F}{A_p}$$

$$\Delta p_V = p_P - p_L$$

电液比例阀门选择的例子

设计例子：

二个工程师为相同的应用程序选择阀门。

工程师 #1：计算出工作压力为 $P = 100 \text{ bar}$ ，流量 $Q = 60 \text{ 升 / 分}$

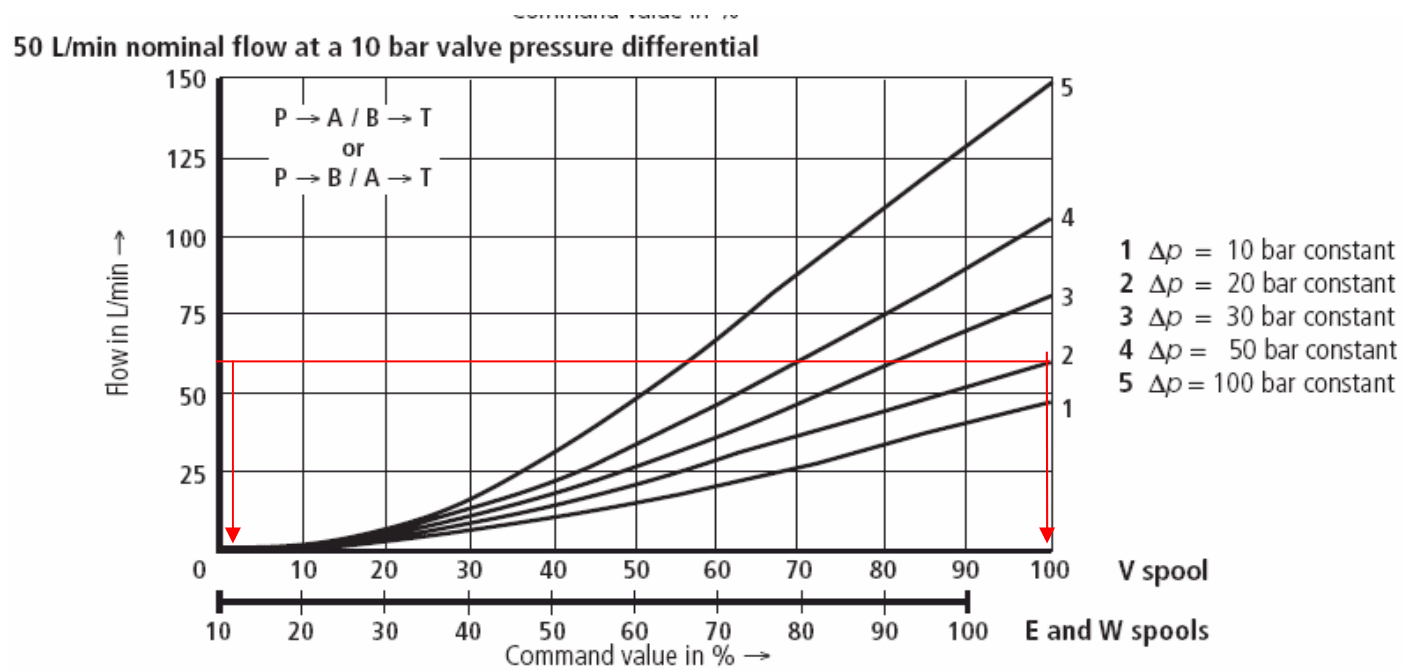
工程师 #2：计算出与上述相同的结果

工程师 #1 选取了4WREE10V50，在 $Q = 60 \text{ 升 / 分}$ 时压降为 20 bar

工程师 #2 选取了4WREE10V75，在 $Q = 60 \text{ 升 / 分}$ 时压降为 10 bar

电液比例阀门选择的例子

► 工程师 #1的选择:

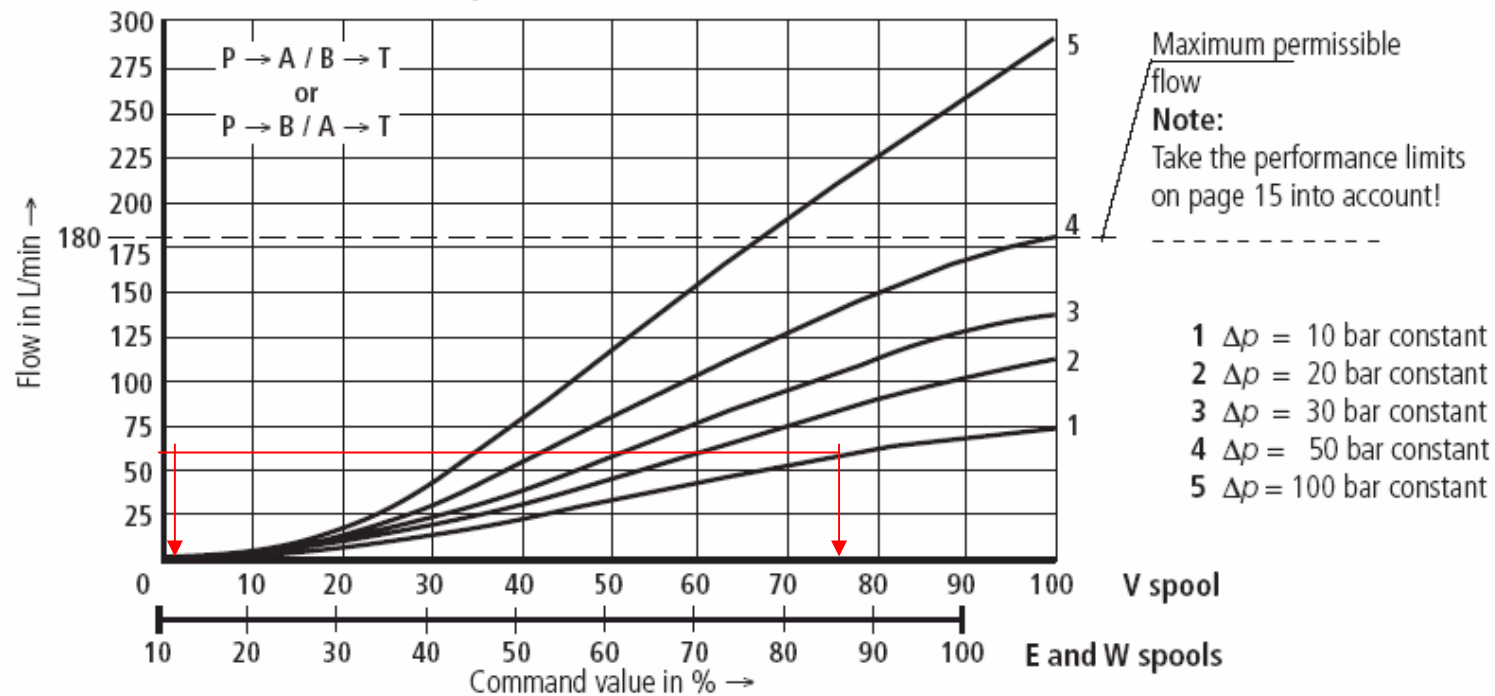


► 可控範圍: 100%

电液比例阀门选择的例子

► 工程师 #2的选择:

75 L/min nominal flow at a 10 bar valve pressure differential



► 可控范围: 75%

比例阀门选择的例子

设计提示:

1. 工程师 #1 的选择**较佳**。原因一般的比例控制系统是恒压差的而压力补偿阀的设定都在 10 Bar 范围内，选用压差高的阀门可提高控制的分解度。若速度未能达到要求，可藉着增加压差来提高速度。
2. 工程师 #2 将会得到一个效益较高的系统，适用于“非动态系统”。因为阀门的压差较小。但由于阀门的压差较小，在阀门的开口度为 75% 时，系统便以最高速度移动。即可控范围只有75%。降低压差来增加分解度并不是好办法，原因是压差会受液压油温度变化所影响，而降低压差则使系统的速度会受油温影响。

电液比例阀门大小的选择

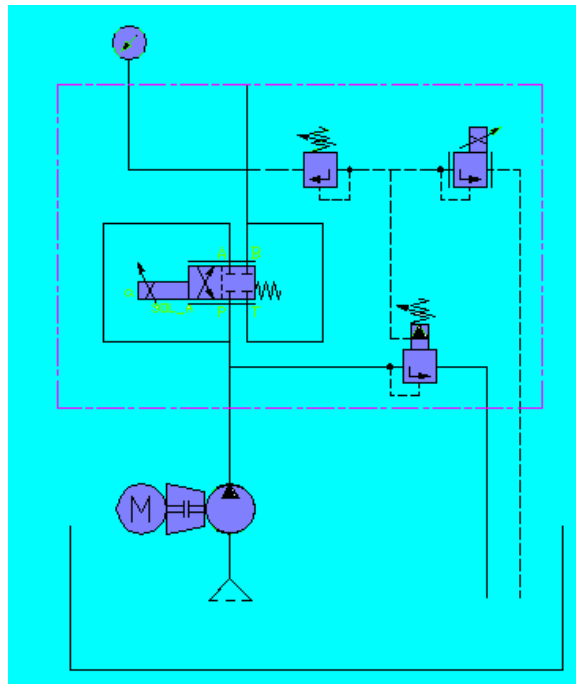
1. 若系统所需流量在两个额定流量之中(如例子中 60 l/min) ， 则选用额定流量中**较低**的阀门(如例子中 4WREE10V50)。
2. 如用变量泵系统，则应使用负荷传感回路；如使用储能系统，则应加上压力补偿器，以保证电液比例阀在工作時之压差不变。

电液比例控制系统

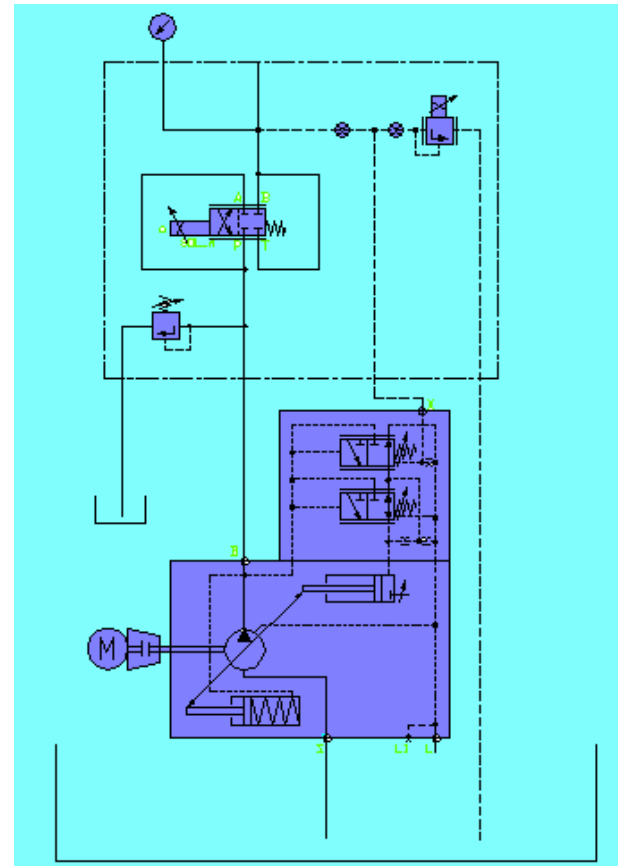
- ▶ 电液比例元件
- ▶ 电液比例阀大小的估算
- ▶ 常用之电液比例迴路

电液比例之压力及流量控制

- ▶ 由於一般的多驱动器液压系统皆要求流量及压力控制, 所以博世力士乐提供比例压力及流量控制系统被广泛地使用。
 - 开环式比例压力及流量控制可用於定量泵及变量泵系统



定量泵系统



变量泵系统

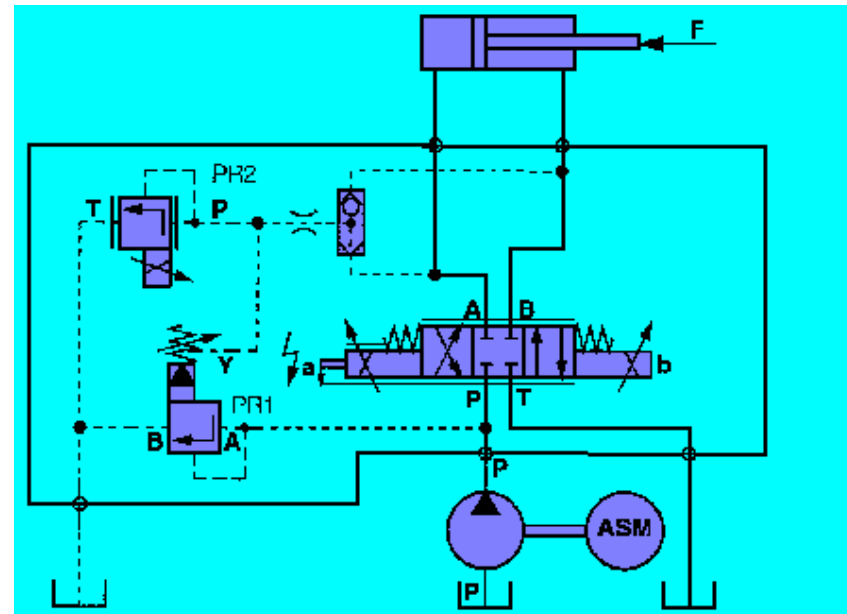
电液比例之速度控制

- ▶ 速度比例控制多用於自动化控制、注塑机、压力机等。
- ▶ 速度和流量比例控制的分别是流量控制是只控制供油量, 并不控制驱动元件之运动方向, 若系统负载及变速要求也高, 则要使用速度控制系统。

配合定量泵使用之速度控制

–速度比例控制可使用多种类的比例方向阀: 如 4WRA, 4WRZ, 4WRE, 及 4WRK 等。

–放大器一般会选用带指令值的产品, 如 VT-VSPA2, VT-VSPD-1 及 VT-VRPD 等。



为何需使用闭环

- ▶ 使用闭环的主要原因：
 - ▶ 保持设定值不受外来干扰所影响：
 - 在不同的工作压力下保持稳定的速度
 - 在不同的输出力下保证相同位置
 - 在带偏载的情况下作同步移动
 - ▶ 提高精度要求：
 - 位置误差低于 1 mm
 - 压力误差低于 1 bar
 - 需要控制加 / 减速度
 - ▶ 高动态要求的系统：
 - 模拟应用
 - 测验应用

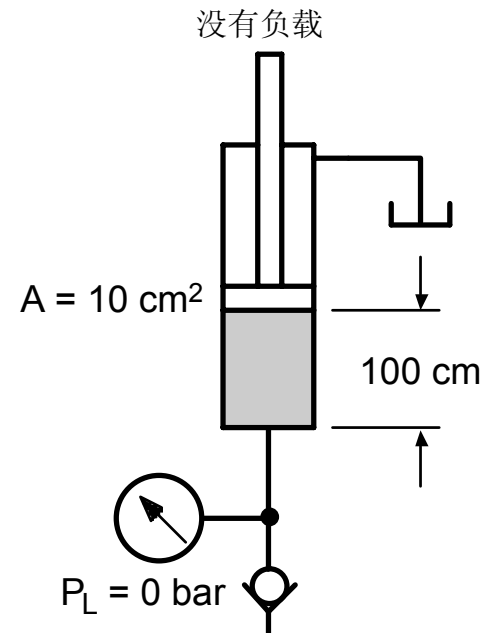
电液闭环上的物理

系统在外力下的变化

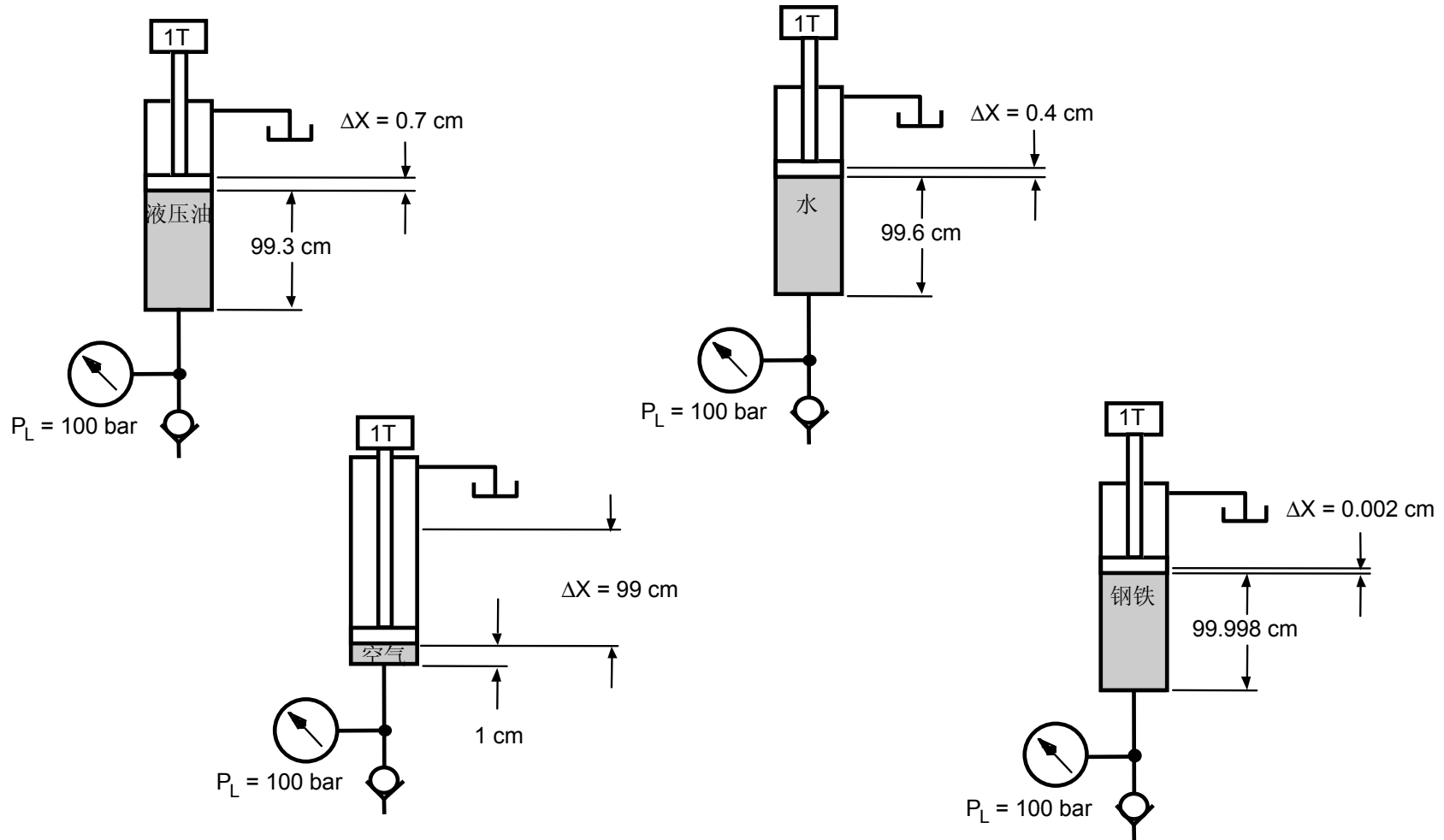
例子：在一液压缸加以一吨之重量，而液压缸在未受压时之位置为100毫米。

当液压缸内充满不同的物质时，我们比较它们的受压时的位置：

1. 液压油
2. 水
3. 空气
4. 钢铁



不同材料的强度



解决刚性限制

为了要维持液压缸固定的位置不受负载变化影响,可使用下列各项方法:

1. 机械限位(金属对金属)

或

2. 闭环控制

相同的条件对于恒速驱动也是需要的, 同样地可使用下列各项解决方法:

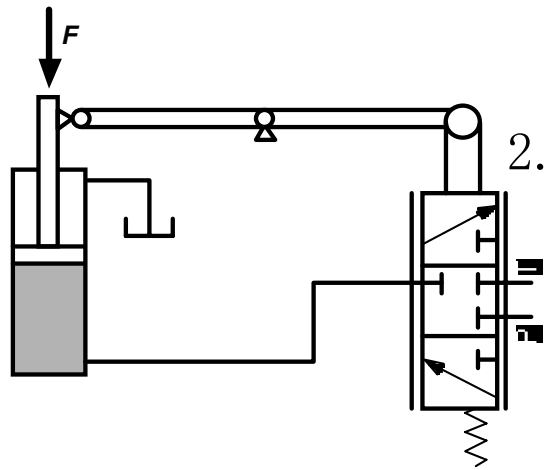
1. 电的伺服驱动 (Indramat of BRC)

或

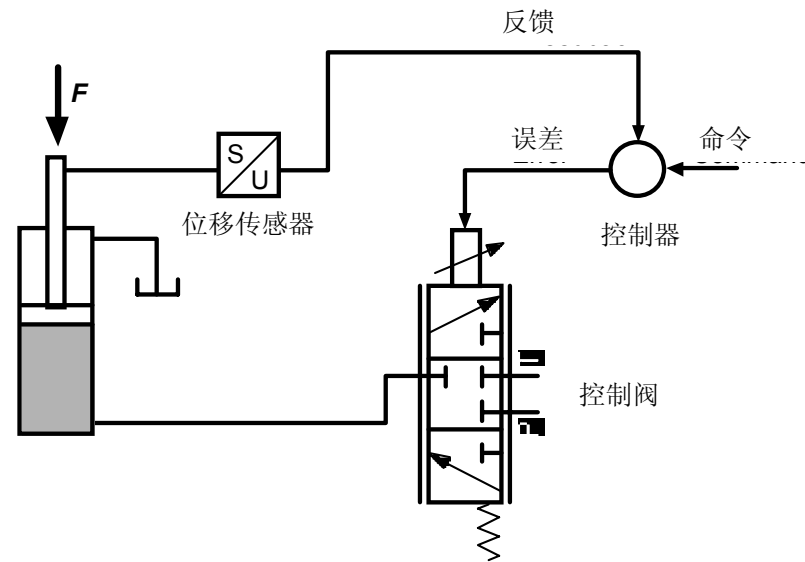
2. 在液压驱动中使用: 负荷传感的闭合回路, 负载补偿器或电液闭环

使用闭环位置控制的例子

1. 机械式液压闭环控制



电控式液压闭环



机械设计对电液闭环系统有甚麽影响？

一个“真正的”液压驱动如何不同于一个“理想”驱动？

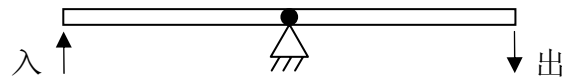
响应

“理想”或“线性”驱动能把所有的输入(指令)讯号转换成输出讯号而没有延迟或失真。

输入信号的例子：

- 开/关, 停止/去
- 模拟电压
- PLC程序的输入 / 输出

例：一枝棒或杆直接地把输入变成对应的输出



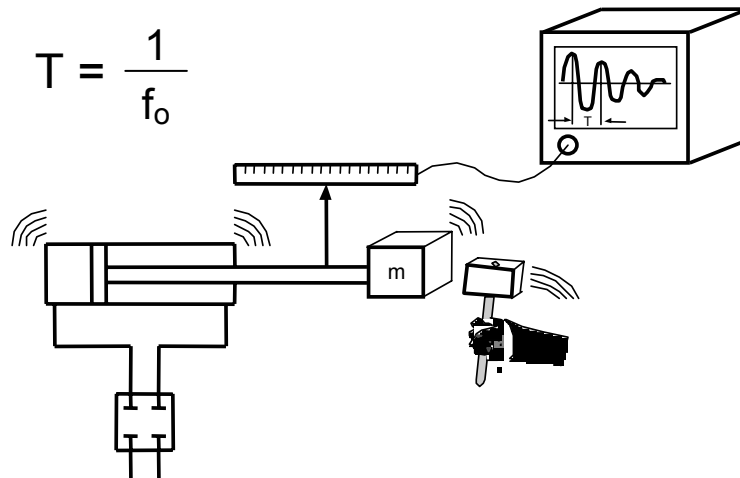
弹簧 - 质量系统的响应

稍後我们会证明，液压传动是“弹簧-质量”系统。

“弹簧-质量”系统有二个观察得出的特性：

1. 固有频率
2. 阻尼

例如：



1. 每秒钟振荡的的次数是
固有频率 “ f_0 ”
2. 在一段时间之后，振荡会在阻尼影响下衰变。

固有频率的计算

固有频率全是有以下项式决定：

- 传动系统的弹性常数 “C”
- 连接到驱动的质量 “M”

$$f_0 = \frac{\sqrt{\frac{C}{M}}}{2\pi}$$

为什么固有频率应该是愈高愈好的？

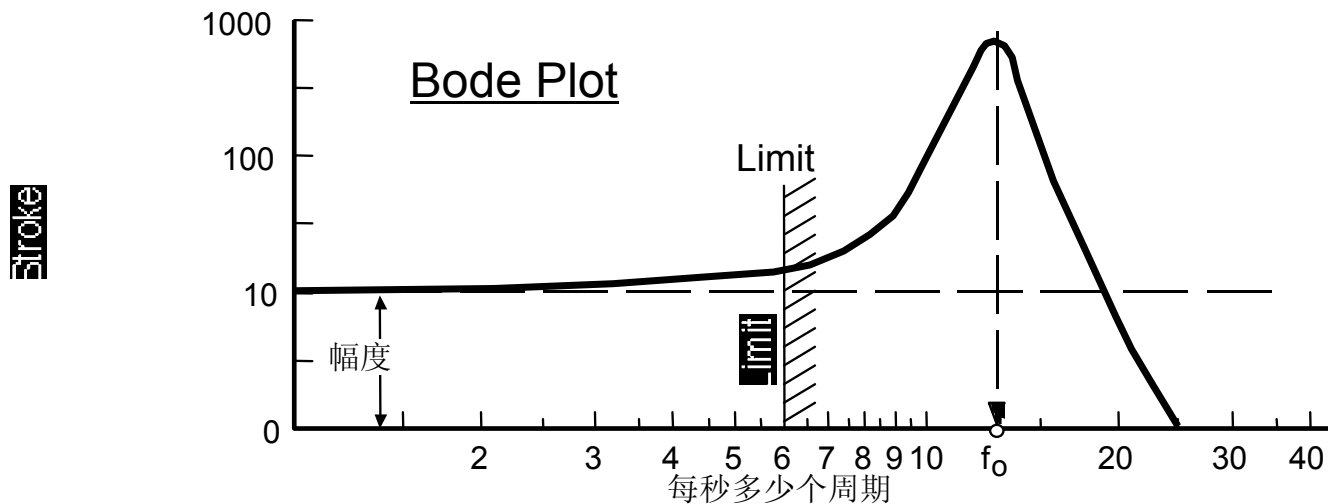
一个简单的实验证明：

每个机器皆有质量并且不是绝对坚硬，结果所有的机器都是“弹簧-质量”系统。

在一个带 f_0 的机器轴上，在二个固定的位置，“0”和“10”之间振动它。

机器的极限被固有频率所限制

如果我们“慢慢地”移动轴，机器将会“理想地”回应，也就是它会按指令从“0”移到“10”



如果我们加大频率，机器输出的幅度将会变大！这可能是危险的及会损坏机器！

每个机器都有一个“工作的极限”，如果我们超过这一个极限而接近机器的固有频率，则会触发机器在那个固有频率而产生的共鸣。

这一定被避免；否则会发生严重事故。

阻尼的效益

该如何控制共鸣的反应

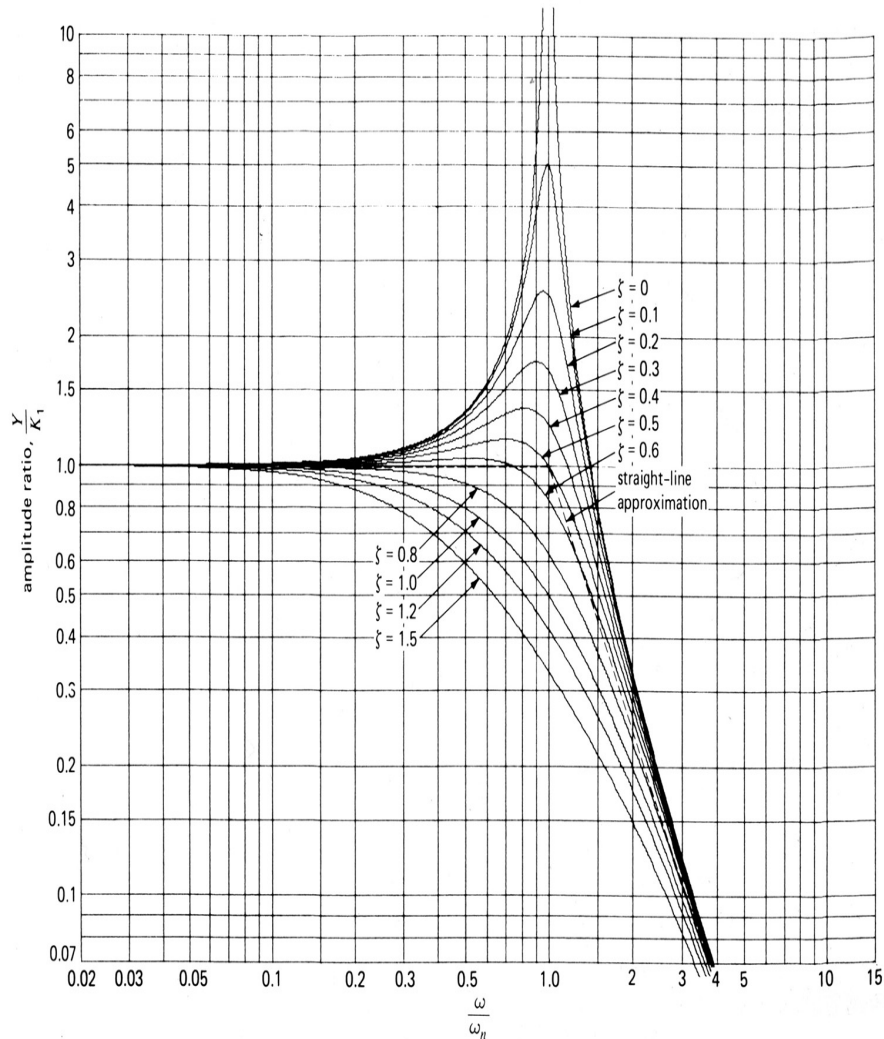
如果“阻尼”在“弹簧-质量”系统增加，波幅可增大或“超调量”可被减少。

后继的图表演示如果我们增加“阻尼”，我们的实验将会如何改变。

为了理解效果，我们把早先实验用的移动元件浸在不同的液体内：

- 水 ($d \approx 0.5$)
- 密糖 ($d \approx 2$)
- 热焦油 ($d \approx 20$)

增加阻尼的效果



阻尼比值 $d \approx 0.7$ 可达至最佳的总体响应。

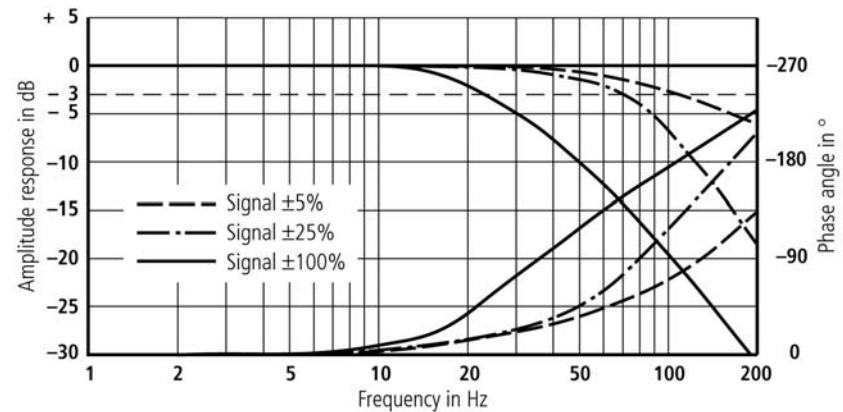
不幸地，增加阻尼会引发另外的一个问题：

在输入和输出之间的时迟，即所谓的“相滞”，会增大。

改善阻尼

附注：一个液压驱动器的阻尼通常在 $0.05 \sim 0.4$ 之间，而将会按此响应。

比例的阀门及伺服阀门
是以阻尼比率 0.75 设计。
它们并没有发生超调。



该如何增加 “阻尼”：

1. 藉由把动能转换成热能消耗掉，称为 “被动阻尼”（在汽车吸震器中使用）或；
2. 使用带反馈的闭合回路抵消振荡，积极地制止动能的产生，叫做主动阻尼。

两个方法在现今的系统上都有被采用。

如何产生阻尼

注意：增加摩擦是看来简单的方法来增大被动阻尼；这是个陷阱！摩擦力在起动时较高，在移动时较低。（动摩擦力比静摩擦力低）高的静摩擦使系统的性能变得差劣，所以要将静摩擦力减到最低。在大部份的闭环应用上都使用线性轴承或滚珠导套就是为了减少摩擦力所引起的影响。若想增大被动阻尼，应从液压系统内着手。

机械设备的刚性

重要的提示:

如果被动的机器结构是可变形的（典型情况），结果是一个二次方的复合式“弹簧 - 质量”系统（在大多数情况下是四次方及更高次方）。由于人工计算这些系统是非常困难的，所以机器设计者总是尽可能地增加被动结构的刚性。

设计的目标要让被动结构的固有频率比液压驱动的固有频率高 3 倍。若机器带这比率，它的动态性能将不会对整体的驱动表现带来很大的影响。当比率是 10:1 的时候，机器可视作一个刚性结构，在设计驱动系统时，可以不考虑它的影响。

闭环液压系统的特性

- ▶ 液压驱动系统的特性：
 - ▶ 液压驱动系统的刚性也就是液压缸和被动物件所组成的系统的刚性

当负荷加到液压缸时, 液压缸的位置会发生变化.

液压缸的弹性常数如下:

$$C = \frac{E \cdot A^2}{V_o}$$

E = bulk modulus of the fluid

A = area of cylinder

V_o = total compressed volume

液压缸的刚性

所以：

$$C = \frac{\Delta F}{\Delta X}$$

ΔF = load

ΔX = deflection

$$\Delta X = \frac{\Delta F}{C}$$

得出的结果便是液压缸的刚性.

若负载突然增加或加速, 整个系统则会变成一个 “弹簧 - 质量” 系统, 这时动态特性便会主宰整个系统的表现.

液压缸的选用是按系统上的静态及动态要求而作出的:

定义传动的需求

1. 静态方面:

- 力的平衡，也就是液压缸一定有充足的输出力来支撑而且移动负载

$$\Delta F = p \cdot A$$

- 必需考虑压杆的稳定性，如有需要，便得更改液压缸的安装方法或加大杆的直径。

2. 动态方面:

- 驱动轴应该有充份的动态响应来适应负载的变化和加速度。如我们先前在波特-曲线图所见，当驱动轴在极限频率以下工作时，它将会显示出刚性及以很少的不利动态的效果。

决定需要的性能

当设计液压驱动系统的时候，在预算范围里尽可能提高固有频率

“好设计”的经验法则 为：

$$f_0 = \frac{\sqrt{\frac{C}{M}}}{2\pi}, \quad C = \frac{E \cdot A^2}{V_0}$$

从上述公式我们得知只能藉由改变液压缸的尺寸及减小在液压缸和阀门之间的管长度来改良驱动轴的固有频率。

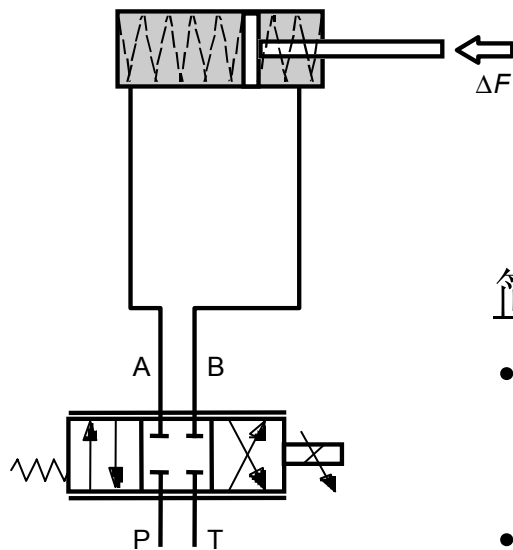
液压缸设计指引

计算出合适液压缸的简便方法：

1. 计算 $F = p \cdot A$
2. 液压缸中推杆的强度是否足够

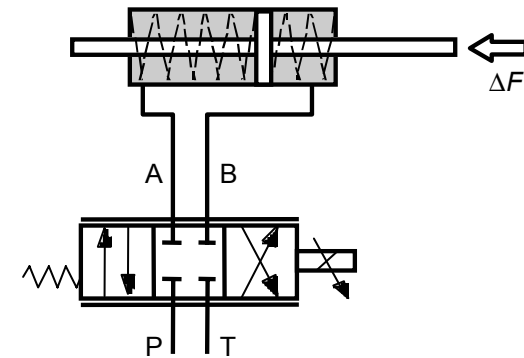
一般的选择

- 单杆液压缸及使用管道把液压缸及阀门连接起来
- f_0 是很难推算的



简单但优良之设计

- 双杆液压缸 (但增加推杆会降低 f_0)
- 把阀门直接安装在液压缸上 (可增加 f_0)



按经验法则的选择

假若增加推杆与把阀门安装在液压缸的效果互相抵消， V_o （在液压缸中位）的值为：

$$V_o = A_A \cdot S/2$$

A_A = Annulus Area
 S = Stroke

因为：

$$f_o = \frac{\sqrt{\frac{C}{M}}}{2\pi}$$

结果：

$$C = C_1 + C_2$$

$$C_1 = C_2 = \frac{E \cdot A^2}{V_o}$$

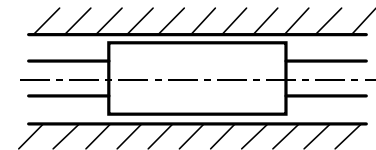
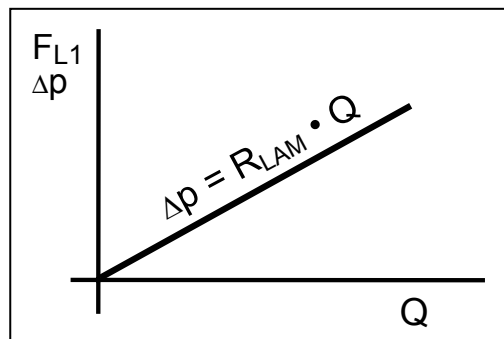
$$V_o = A_A \cdot S/2$$

$$f_o = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot A_A}{S/2 \cdot M}}}{2\pi}$$

减小摩擦力的影响及如何产生阻尼

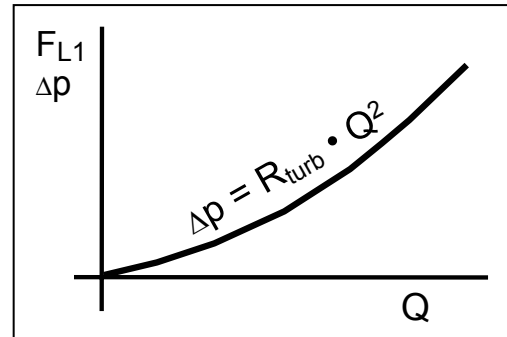
注意：由于摩擦力在启动时较高，在移动时较低，使液压缸在低速时产生爬行现象。为了克服摩擦力的影响，所以低摩擦密封（PTFE），静液压轴乘，间隙密封等会时常用在高动态性能的液压缸上。

由于有内泄漏所以产生被动阻尼

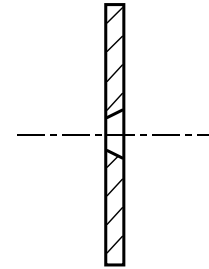


层流

被动阻尼

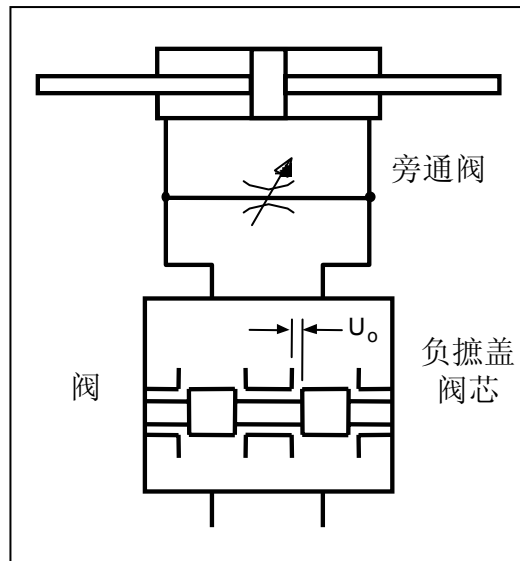


带锐角的节流子



扰流

由液压缸密封、旁通阀及阀门负载盖所引起的漏泄，会增加阻尼。



缺点：

- 损失能量（效率下降）
- 减少了静态的准确度

闭环系统内使用的控制阀

- ▶ 理想的阀门会有零的反应时间并且对任何输入信号都能产生反应。“现实上的”阀门有跃阶响应的的时间，而且有一个称为“分辨率”的最低反应讯号，更加上，真正“零-重叠”的阀芯只能在座子阀中看到。由于一般采用滑阀的设计，“零-重叠”阀在零讯号时总带有漏泄。
- ▶ 设计者因此必定选择在他的预算内最好的元件，来达成最高的静态准确度。

阀门的选择

- ▶ 阀门有三个可选的特性：
 - ▶ 阀门的流量（压降）；
 - ▶ 阀门的反应时间；
 - ▶ 阀芯的功能
- ▶ 阀门的选择受系统需要、预算等影响

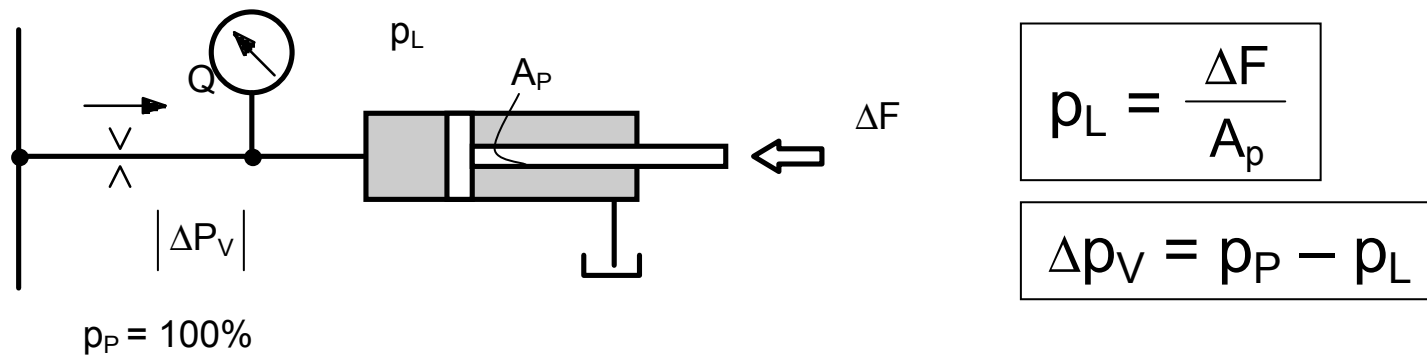
压降

1. 压降

压降 (Δp) 的定义为系统 (油泵) 压力与负载压力之间的差别。

负载压力需要使用进口节流回路才能直接量得

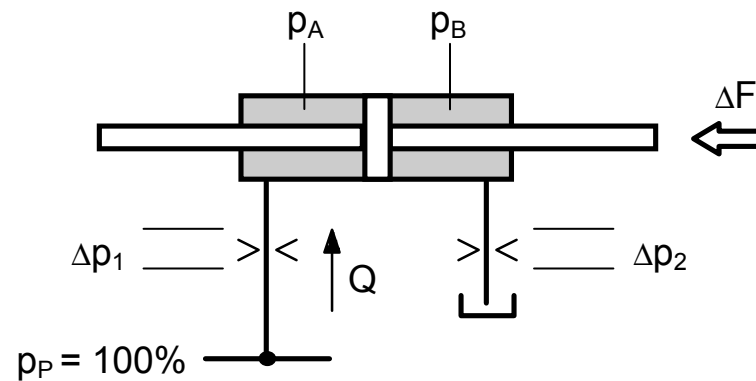
例子 1:



双节流口的压降

很明显地，压降并非不是被设计者“挑选的”。它是系统压力和负载压力的函数。

例子 2:



$$p_L = p_A - p_B = \frac{\Delta F}{A_A}$$

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

$$\Delta p_v = 2 \cdot \Delta p_1$$

阀门的流量曲线

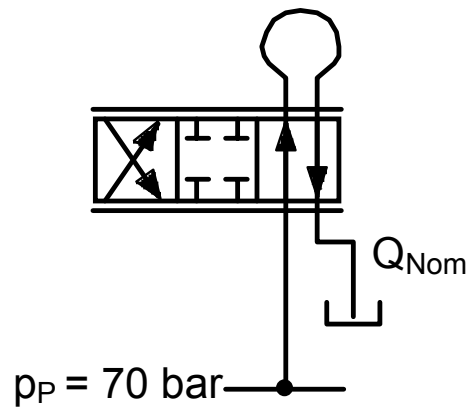
- ▶ 众所周知，阀门进出口之间的压差是系统压力和负载压力之间的差别。
- ▶ 说明书一般提供的“公称流量”是在“公称压力”下量得的。

伺服阀

使用的压差是 70 bar。当阀门全开时，所量得的流量便是在总压差 70 bar 时的“公称流量”

阀门的额定压差

压降测试回路：



由于伺服阀一般带线性流量特性，所以说明书内无需提供“流量-行程”曲线。

阀门的选择：“过大”及“过小”

设计例子：

二个工程师为相同的应用程序选择阀门和泵（系统）压力设定。

工程师 #1：计算出负载压力 $P_L = 66 \text{ bar}$

工程师 #2：计算出与上述相同的负载压力 $P_L = 66 \text{ bar}$

工程师 #1 设定油泵压力为 100 bar 。

因此阀门的压降是 $\Delta P_v = 33 \text{ bar}$ 。

因此从说明书中选了一个当全开时，通过所需的流量时的压降为 33 bar 。

阀门选择的例子

工程师 #2 选了一个双倍流量的阀门（例如以200升的阀门取代100升的）。该阀门在相同该流量下，压降为原来阀门的1/4。

工程师 #2 把他的油泵压力设定为 $P_p = 74 \text{ bar}$ 。

因为该阀门的压降只有 8 bar 而非 33 bar!
(见附图)

设计提示:

工程师 #2 将会得到一个效益较高的系统，适用于“非动态系统”。由于工程师 #1 选用的系统压力较高，所以动态性能更佳。较高的压降会带来较佳的操控性。当使用较高的压降时，对阀门的指令讯号将会被更正确地追随。

压降的关系

Q = Flow
F = Force
v = Velocity
P = Power
p_L = Load pressure
Δp = Valve drop

$$P = F \cdot v$$

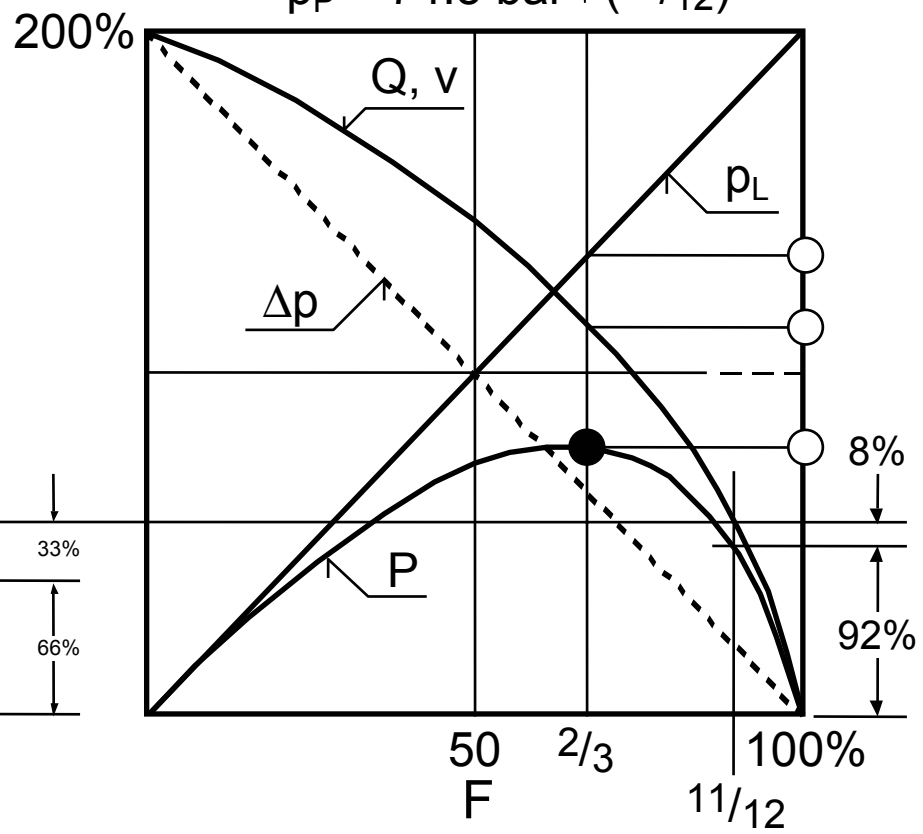
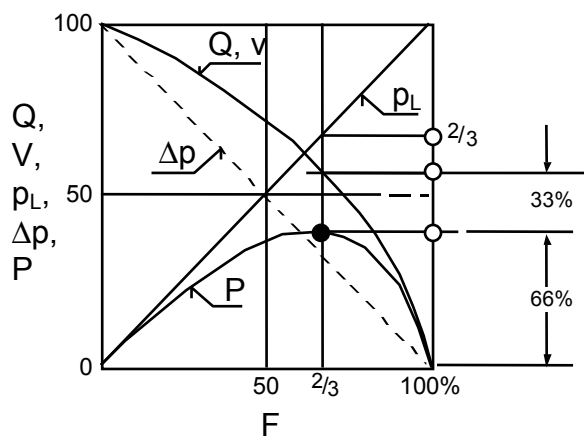
$$P = p_L \cdot Q$$

Engineer #2

$p_L = 66 \text{ bar}$ (11/12)
 $\Delta p_v = 8.5 \text{ bar}$ (1/12)
 $p_P = 74.5 \text{ bar}$ (12/12)

Engineer #1

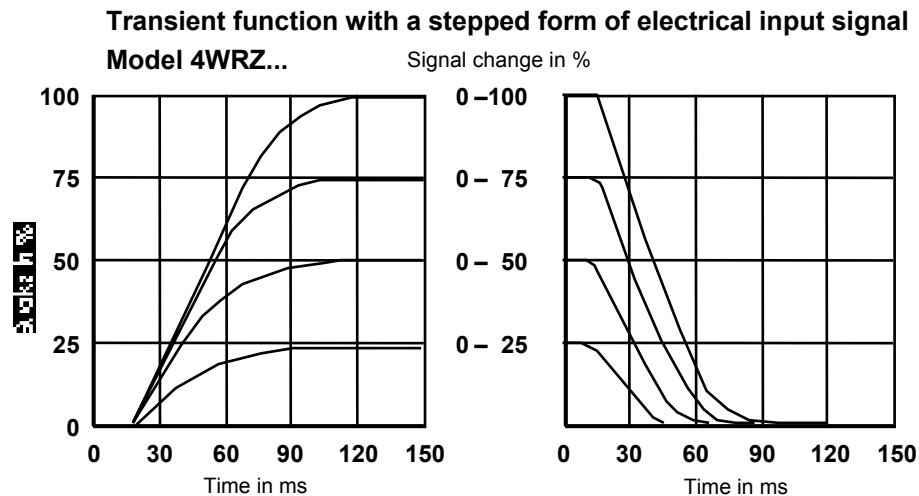
$p_L = 66 \text{ bar}$ (2/3)
 $\Delta p_v = 33 \text{ bar}$ (1/3)
 $p_P = 100 \text{ bar}$ (3/3)



阀门反应的影响

在比例系统应用中，选择阀门的主要标准是要求阀门正确地回应指令讯号。阀门的反应时间需与系统要求的响应比较。

例子：4 WRZ 16



在大多数的开环系统中，液压系统的动态特性决定了整个系统的表现

但在闭环系统内，阀门的滞环及分辨率的影响则更加重要。

供油压力的要求

▶ 供油压力

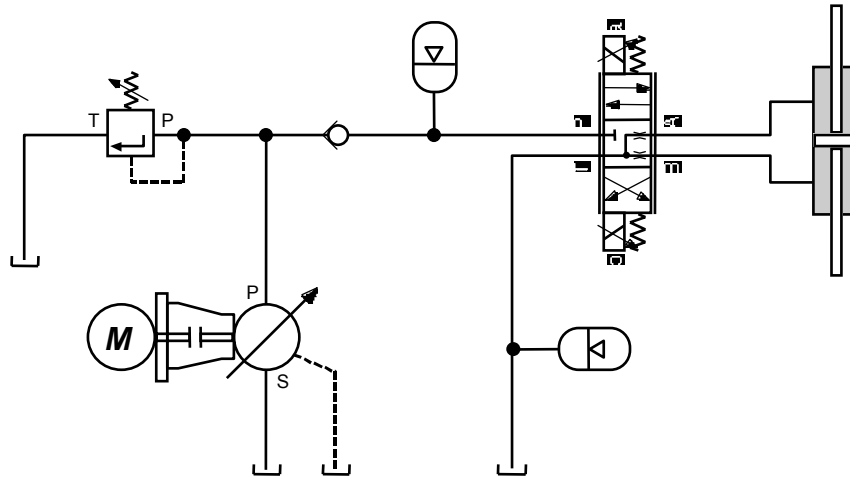
系统压力应该保持不变。但当需要高流量时（高系统动态性能的应用），由于加速在管路中的液压油质量时会损失压力，加上油泵压力控制的反应时间比较慢，压力的波动变得很大。

建议：应在系统内使用蓄能器并安装在控制阀旁

如果系统带有长的回油管路，会发生相似的问题。加速返回油质量能引起返回油压力波尖，因此减少可用的工作压力，这将会降低系统性能。

建议： 当有需要时可在控制阀附接加上回油蓄能器。

供油压力的优化



使用蓄能器来改善动态响应。

提示: 在回油管中的液压油的质量对系统的动态性能是有很大的影响的!

$$M_{\text{eff}_{\text{oil}}} = M_{\text{oil}} \cdot \left(\frac{A_{\text{cyl}}}{A_{\text{pipe}}} \right)^2$$

$M_{\text{eff}_{\text{oil}}}$ = Effective mass of the oil to be accelerated

M_{oil} = Weight of oil in the line

A_{cyl} = Cylinder area

A_{pipe} = Pipe area

按精度要求选用控制阀

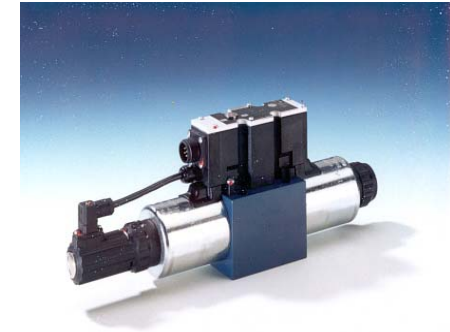
▶ 直控式阀门:

▶ WREE 响应时间 $T_{95} \sim 25\text{msec}$
定位精度可达 $< 10 \mu\text{m}$

▶ WRPE 响应时间 $T_{95} \sim 20\text{msec}$
定位精度可达 $< 3 \mu\text{m}$

▶ WRPEH 响应时间 $T_{95} 10 \sim 20\text{msec}$
定位精度可达 $\sim 1 \mu\text{m}$

- ▶ Note: The above accuracies can only be achieved if the linear transducers accuracy is suitable and the resolution is at least 4 times higher than the requested overall positioning accuracy.



按精度要求选用控制阀

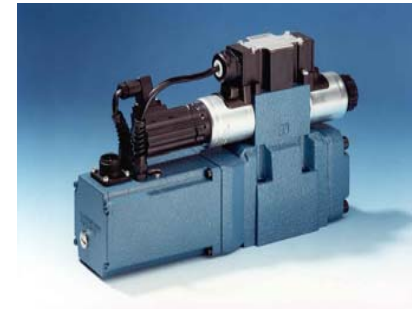
▶ 先导控制制制阀:

▶ WRKE 响应时间 T_{95} 40~160msec
只适用于 PDD (和位置相关的制动)

▶ WRTE 响应时间 T_{95} 15~70msec
定位精度可达 $<5 \mu\text{m}$

▶ 伺服 6&10 响应时间 T_{95} 3~10msec
定位精度可达 $<3 \mu\text{m}$

▶ 伺服 3 级. 响应时间 T_{95} 5~15msec
定位精度可达 $<5 \mu\text{m}$



Note: The above accuracies can only be achieved if the linear transducers accuracy is suitable and the resolution is at least 4 times higher than the requested overall positioning accuracy.

阀门选用指引

- ▶ 选带最小分辨率和滞环的（带电阀芯反馈的高频响阀）
- ▶ 压降在公称负载下愈大愈好（最小为系统压力的 30% ）
- ▶ 尽量使用阀芯的整个行程，但要带一点馀量
- ▶ 当需要作位置及 / 或压力控制时，应选遮盖的中位机能
- ▶ 无超调的跃阶反应
- ▶ 按应用来决定所需的动态响应（市場上响应最快的不一定是最好的选择）
- ▶ 如有需要可选用特殊的阀芯如闭环注塑用的Q3阀芯

位移传感器及控制器选用指引

▶ 传感器的选择：

- 分解度比需要的准确度高五到十倍
- 优良的直线性能
- 小的迟滞（高动态响应）

▶ 控制器的选择：

- 分解度愈高愈好最高
- 如果采用数字式控制器，扫描时间愈短愈好
- 控制算法应专为液压传动作优化：

方向相关的增益，用于位置控制而可开关的积分器，用作阀芯平滑化及遮盖保偿的非线性增益，追踪误差保偿，P-I-DT₁ 比例-积分-微分T₁，及阀门输出控制器等等。

表现与稳定性

► 改良系统阻尼

系统稳定为前提的最大增益（以表现为目标）为：

$$K_{V_{\max}} < 2 \cdot D \cdot 2\pi f_0$$

$$K_{V_{\max}} = \text{增益} \left[\frac{\text{m/s}}{\text{m}} \right]$$

$$D = \text{阻尼比} \frac{\text{m/s}}{\text{m}}$$

$$f_0 = \text{固有频率}$$

增加系统增益的一些方法是什么？

使用以下方法增加阻尼比“D”：

1. 被动阻尼
2. 主动阻尼

阀门动态性能的选择

一般阀门- 液压缸动力学的配置有三类：

第一类： 阀门是高响应的而液压缸是低响应的 (f_0)

第二类： 阀门和液压缸的响应是相似的

第三类： 阀门是低响应的而液压缸是高响应的 (f_0)

f_{0cy1} = 液压缸的固有频率

f_{0v} = 阀门的固有频率

液轴控系统的元件选择—演讲者：萧永明

Thank you for your attention

