



液压传动及控制I

— 概述、介质与流体力学

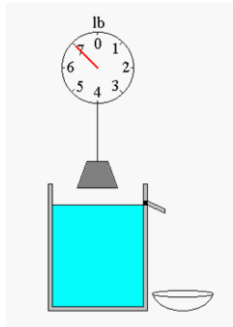
浙江大学
流体动力与机电系统国家重点实验室
2022.11



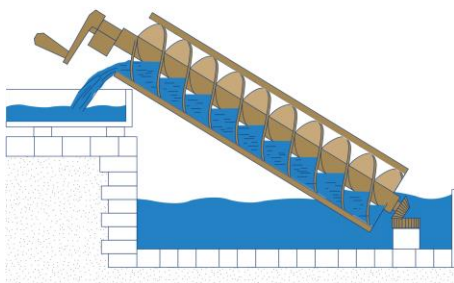
- 发展历史
- 应用领域
- 系统组成与符号
- 控制方式及优缺点
- 工作介质特性
- 液压油污染及控制



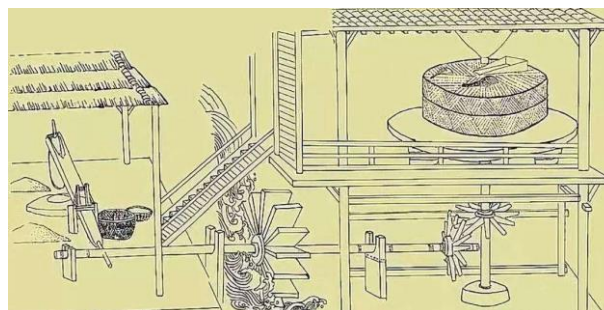
□ 古代流体力学成就



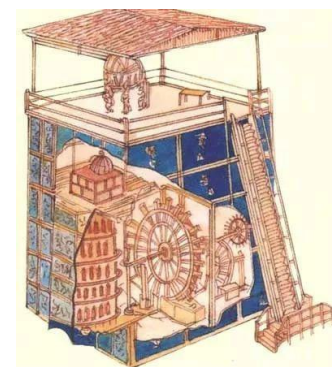
阿基米德原理



阿基米德螺旋泵

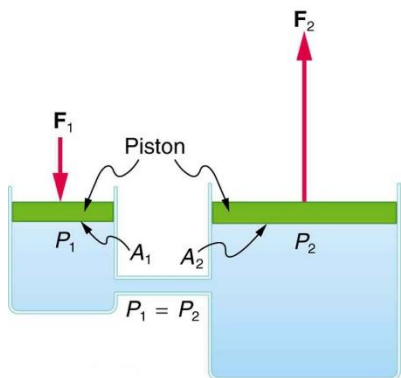


水转连磨

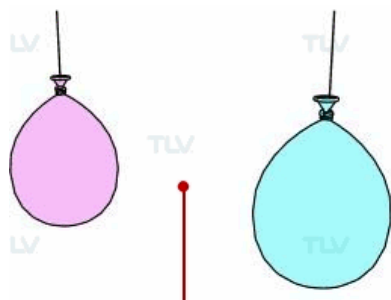


水运仪象台
(水力天文计算机)

□ 近代流体力学成就

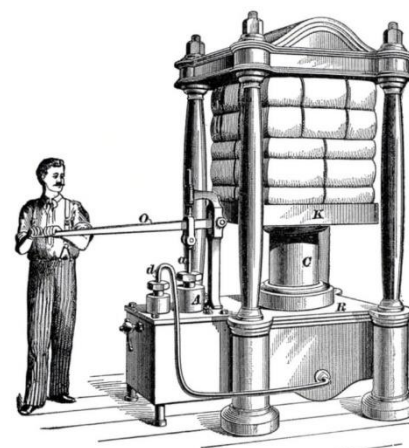


帕斯卡定理



$$\frac{1}{2}\rho V^2 + P + \rho gz = \text{constant}$$

伯努利方程

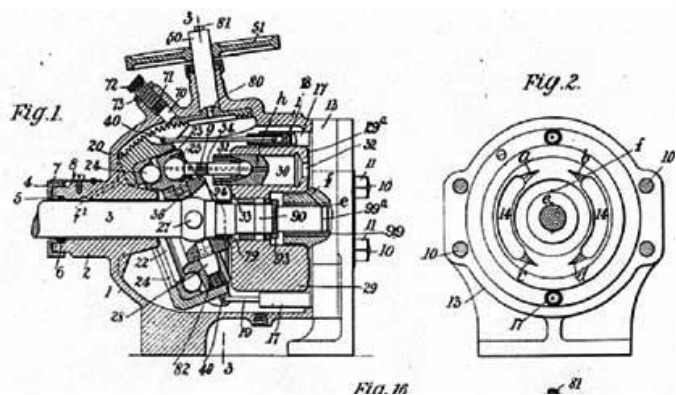


Joseph Bramah申请了第一个液压机专利

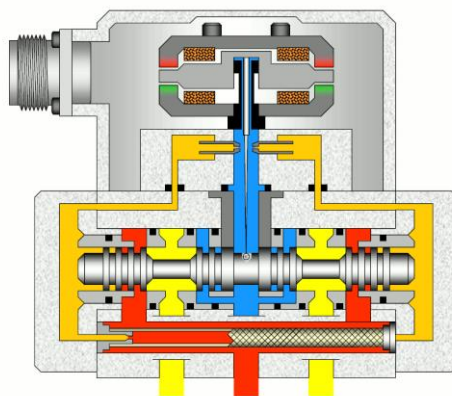


早期水力起重机

现代液压



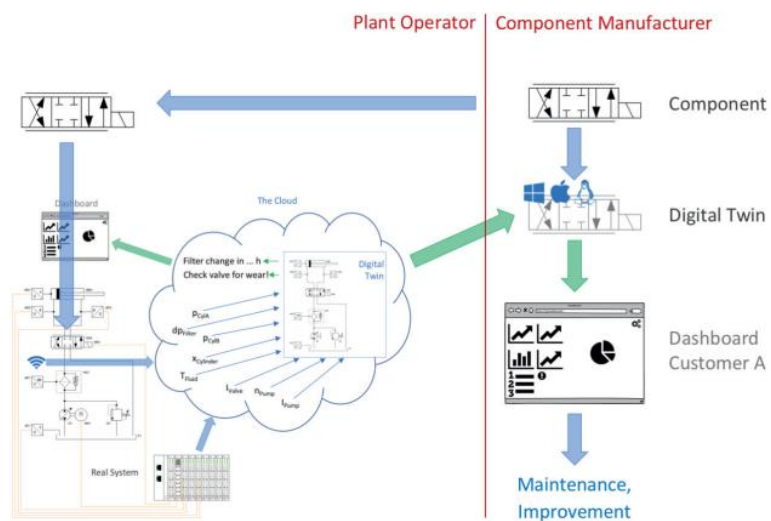
第一台轴向柱塞泵
(首先用矿物油作为传动介质)



机电液一体化



智能液压



液压数字孪生



液压物联网

□ 液压传动广泛应用于各种领域



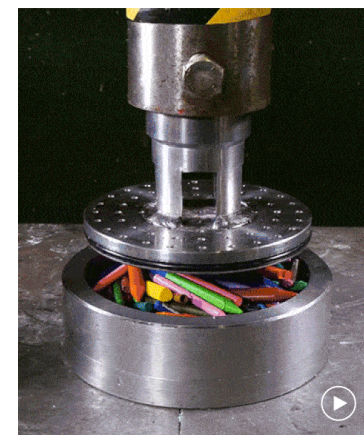
工程机械



汽车工业



海工船舶



工业设备



机器人



深海探测



航空航天



大型试验设备

□ 液压驱动与传动是非道路移动机器动力系统的核心

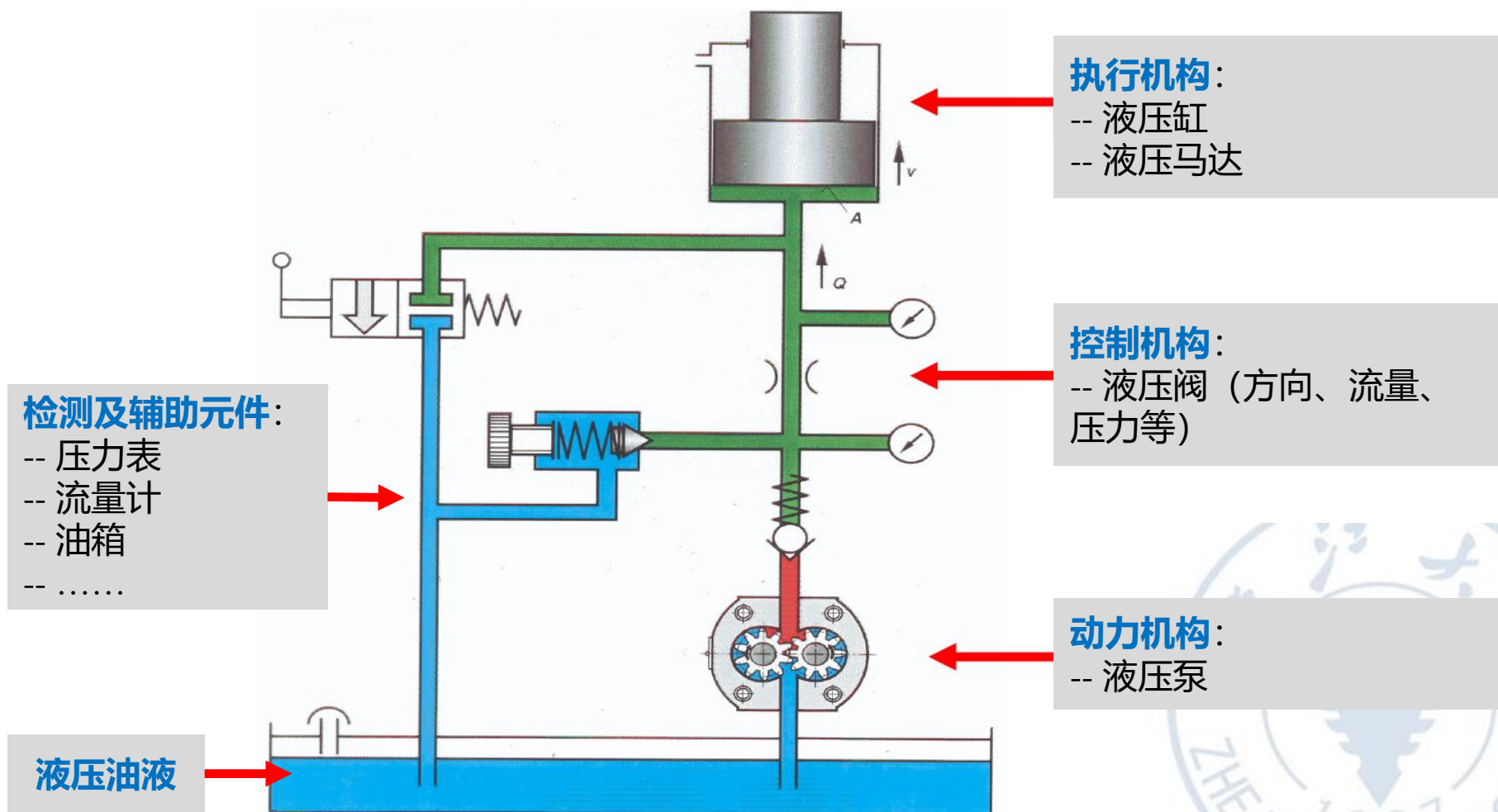
□ 工程机械

□ 农业机械

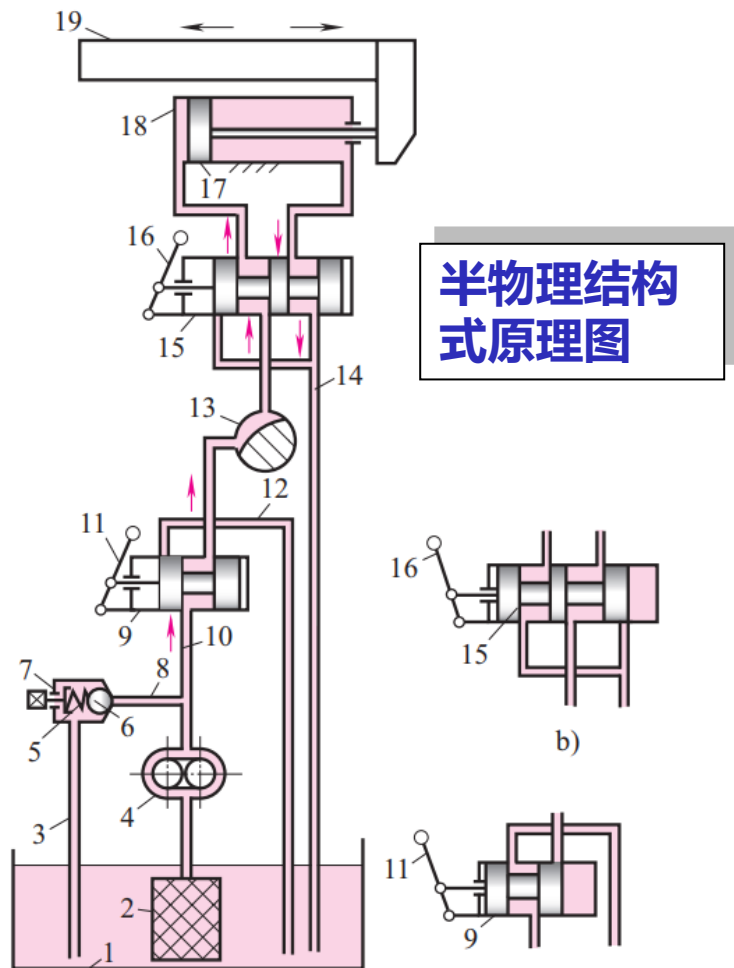
□ 矿山机械



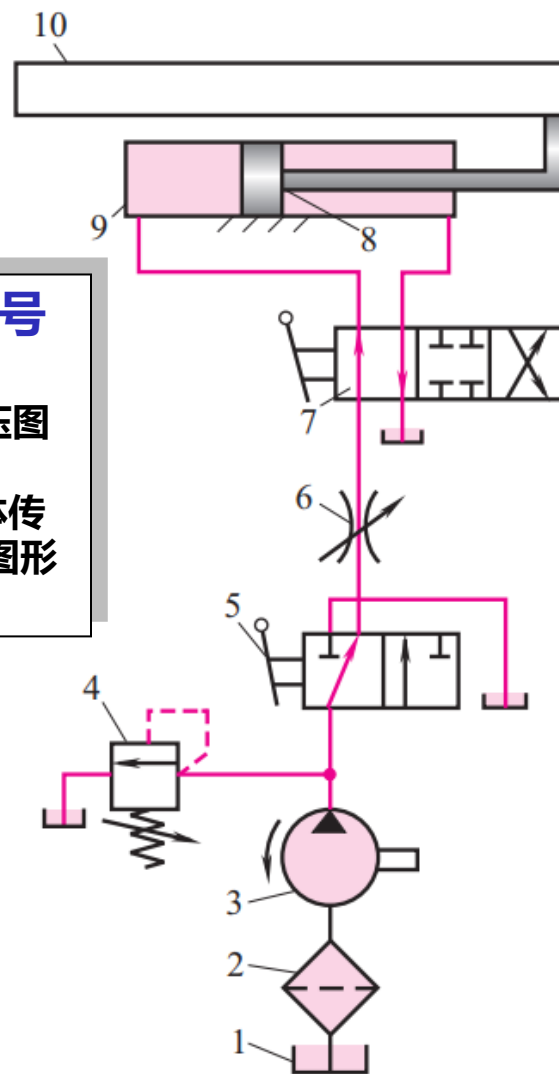
□ 一个完整的液压系统由五个部分组成，即动力元件、液压执行元件、控制元件、检测及辅助元件和液压油液。



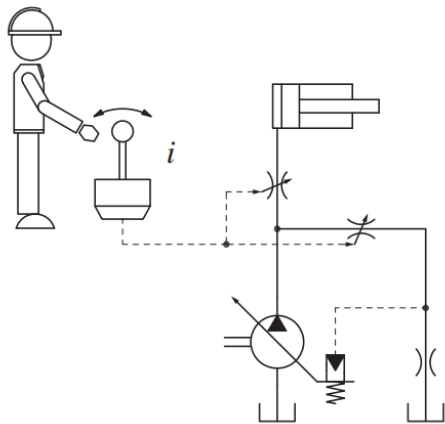
□ 半结构式的工作原理图直观易理解，但绘制麻烦。一般采用**液压图形符号**绘制液压系统工作原理图。



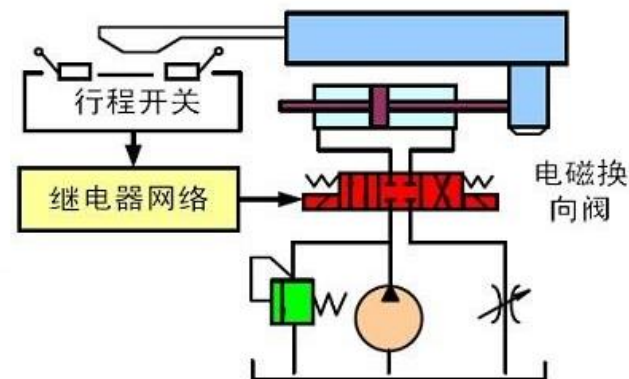
液压图形符号式原理图
 ISO 1219 液压图形符号
 GB/T786 流体传动系统及元件图形符号和回路图



- 液压传动可以分为手动式、半自动式和全自动式三种。

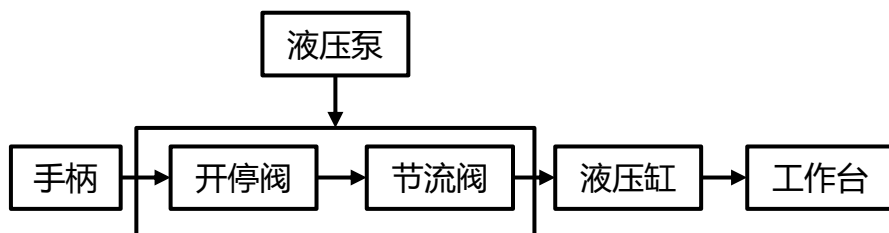


手动式或半自动式

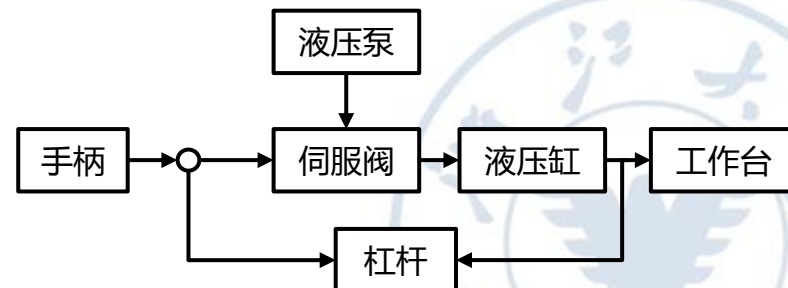


全自动式

- 按控制结构可分为开环式和闭环式。



开环控制



闭环控制

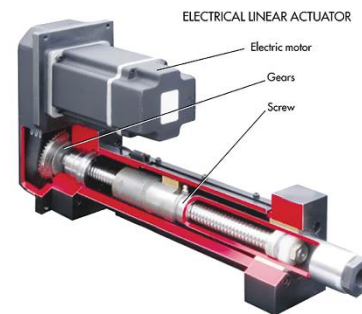
□ 液压传动优点

- 功率密度大
- 易于实现直线运动
- 大范围无级调速
- 工作平稳、冲击小

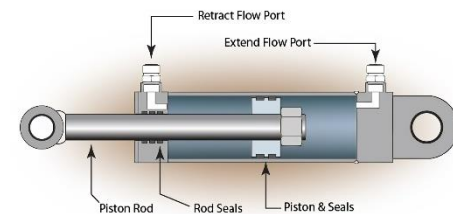


□ 液压传动缺点

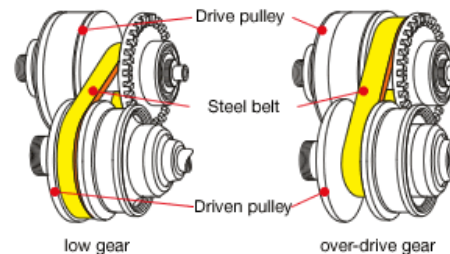
- 能量损失大
- 受温度影响大
- 油液泄漏污染



电动缸



液压缸

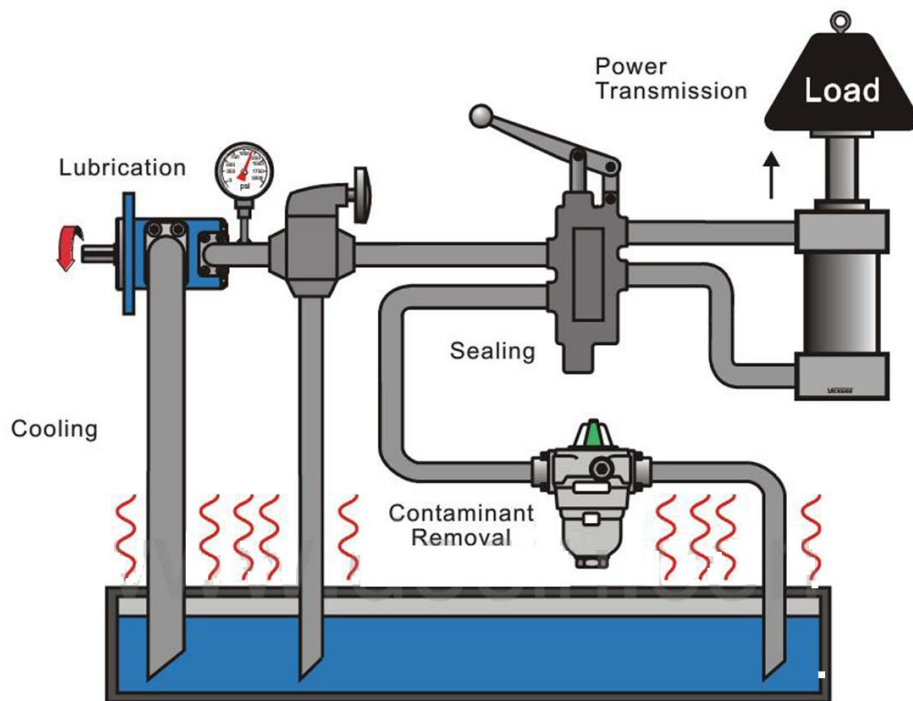


机械无级调速



液压无级调速

- 液压传动及控制所用的工作介质为**液压油液或其他合成液体**



液压液的作用：传动、润滑、冷却、去污和防锈

- 密度 ρ : 单位体积液体所具有的质量;
- 流体的密度随着压力或温度的变化而变化, 但变化量很小。

$$\rho = \frac{m}{v}$$

—— 液体的质量
—— 液体的体积

常用液压传动介质密度(20°C)

工作介质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	工作介质	密度 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
抗磨液压油 L-HM32	0.87×10^3	水-乙二醇液压油 L-HFC	1.06×10^3
抗磨液压油 L-HM46	0.875×10^3	通用磷酸酯液压油 L-HFDR	1.15×10^3
油包水乳化液 L-HFB	0.932×10^3	飞机用磷酸酯液压油 L-HFDR	1.05×10^3
水包油乳化液 L-HFAE	0.977×10^3	10 号航空液压油	0.85×10^3

□ 可压缩性：液体因所受压力增高而发生体积缩小的性质称为可压缩性。

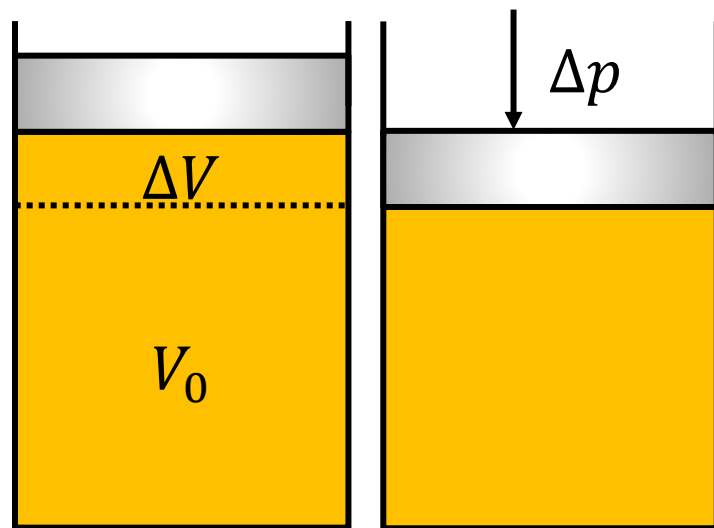
体积压缩系数 $k = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V_0}$

体积弹性模量 $K = \frac{1}{k} = -\frac{\Delta p}{\Delta V} V_0$

Δp —— 液体压力变化量

ΔV —— 液体体积变化量

V_0 —— 被压缩液体体积



□ 可压缩性

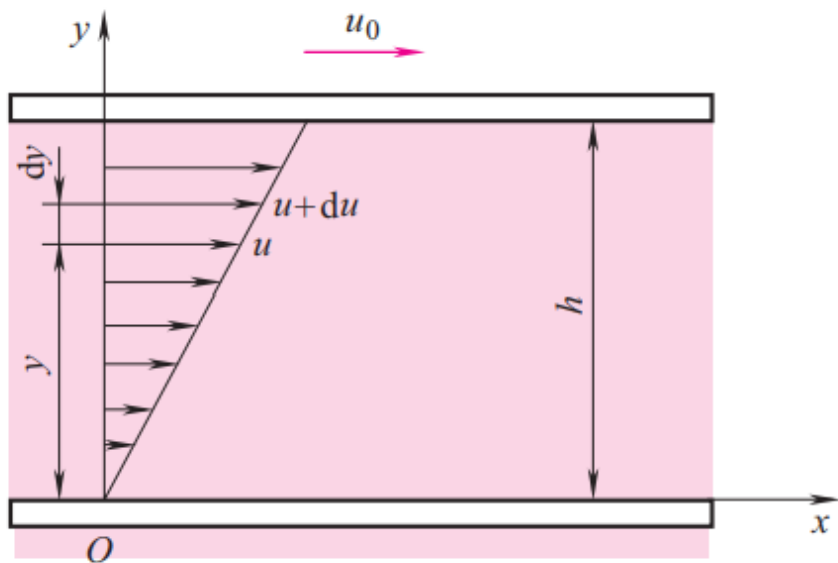
- 油液的可压缩性对液压系统的动态性能影响较大，不可忽略；
- 由于空气的可压缩性很大，空气对液压油当量体积弹性模量影响显著。

常用液压介质体积模量(20°C)

工作介质	体积模量 K/MPa	工作介质	体积模量 K/MPa
石油基液压油	$(1.4 \sim 2) \times 10^3$	水-乙二醇液压液	3.45×10^3
水包油乳化液	1.95×10^3	磷酸酯液压液	2.65×10^3
油包水乳化液	2.3×10^3	水	2.4×10^3

石油基液压油可压缩性是钢的 100 ~ 170 倍(钢的弹性模量为 $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$)

□ 黏性：液体在外力作用下流动时，其流动受到牵制，从而沿其界面产生内摩擦力，这一特性称为液体的黏性。



牛顿内摩擦定律

内摩擦力 $F_f = \mu A \frac{du}{dy}$

切应力 $\tau = \frac{F_f}{A} = \mu \frac{du}{dy}$

当压力增加时，液体黏度有所增加；

液体的黏度对温度很敏感，温度略升高，黏度显著降低。

□黏性的度量

绝对黏度（动力粘度） μ ：液体在单位速度梯度流动时单位面积上的内摩擦力。

$$\mu = \tau / \frac{du}{dy} \quad (N \cdot s / m^2)$$

运动黏度 ν ：液体绝对黏度与其密度之比称为运动黏度

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (m^2 / s)$$

相对黏度：根据特定测量条件制定，又称条件黏度。



□ 液压介质污染源

- 残留物: 元件的冷热加工, 安装, 清洗等
- 生成物: 油温高引起化学反应
- 混入物: 混入水和空气;
- 元件磨损
- 油的生产、储存和运输等过程中受到污染



进入液压装置垃圾的主要发生源

