

孙正培 徐克林 钟经孝 编著

液压技术基础

。基本理论。例解。



重庆大学出版社

液压技术基础·基本理论·例解

版社

TH 157
S 47

液 压 技 术 基 础

· 基本理论 · 例解 ·

孙正培 徐克林 钟经孝 编著

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书共分九章，包含液压流体力学基础、液压元件、各类液压基本回路、液压系统分析与设计计算、液压伺服、比例、逻辑控制技术、计算机仿真、计算机辅助设计等内容。采用基本理论、例解、习题的组合结构，将重点、难点、易错点置于例题中解析，使液压传动的的基本理论变得易学易懂。

此书可作为大专院校机械类专业，近机类专业及函授和夜大的教材或参考书。本书也是自学的良师益友。

液 压 技 术 基 础

· 基本理论 · 例解 ·

孙正培 徐克林 钟经孝 编著

责任编辑 梁 涛

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑工程学院 印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：10.25 字数：256 千

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数：1—3500

标准书号： ISBN 7-5624-0438-0 定价：5.50 元
TH·21

前 言

本书是作者根据多年从事高校《液压传动》课程教学、科研工作的经验和成果，并参考目前国内各高校使用的十多种液压传动教材的基本理论、基本内容而写成的教学用书。

本书的基本内容包括流体力学基础，液压元件的工作原理、结构、性能分析，液压基本回路与液压系统，液压元件与系统的设计计算，并对液压伺服机构、比例控制、逻辑控制、计算机仿真、计算机辅助设计等内容作了介绍。

其特点是：

1. 通过浓缩、对照和比较的方式将液压传动的基本理论、基本内容进行归纳和总结，利于读者记忆和掌握。

2. 书中编著的例题针对“液压传动”中的重点、难点及初学者易出错的问题，作了较为详细、深入浅出的解析，以帮助读者建立基本概念、巩固基础知识。

3. 结合作者从事的科研工作对当前液压技术中的伺服、逻辑、比例和微机应用等较新技术内容作了适当介绍。

本书由重庆建筑工程学院孙正培（主要完成1、6、8、9章和2章部分内容）、徐克林（主要完成3、4、5、7章及1章部分内容）、钟经孝（完成2、9章部分内容）编写，由重庆大学贾鹏光副教授审阅，本书图稿由周艳阳等描绘。

由于编者水平所限，书中缺点、错误在所难免，敬希读者批评指正。

编者

1991.2

目 录

第一章 概述	1
§1-1 液压传动的基本原理及特点.....	1
一、液压传动的概念.....	1
二、液压传动系统的组成.....	1
三、液压传动的特点.....	1
四、液压传动的应用和发展.....	2
例解.....	2
§1-2 液压油.....	2
一、液压油的物理性质.....	3
二、液压油的的选用.....	5
三、液压油的污染与控制.....	6
例解.....	7
习题.....	7
第二章 液压流体力学基础	9
§2-1 流体静力学.....	9
一、液体静压力及其特性.....	9
二、绝对压力、表压力和真空度.....	9
三、液体静压力基本方程式及其物理意义.....	9
四、压力对固体壁面的总作用力.....	10
例解.....	10
§2-2 流体动力学基础.....	12
一、理想液体与稳定流动.....	12
二、液体流动的连续性方程.....	12
三、伯努利方程.....	13
四、动量方程.....	13
例解.....	18
§2-3 管路压力损失计算.....	16
一、液体的流态、雷诺数.....	16
二、沿程压力损失.....	16
三、局部压力损失.....	17
四、管路系统总压力损失.....	17
例解.....	17
§2-4 孔口、缝隙流动和液压冲击.....	19
一、薄壁小孔流量计算.....	19
二、细长小孔流量计算.....	19

三、缝隙流量计算	19
四、液压冲击	20
例解	21
习题	23
第三章 液压泵和液压马达	28
§3-1 液压泵和液压马达的工作原理及基本参量	28
一、液压泵和液压马达的作用、分类及符号	28
二、液压泵和液压马达的工作原理	29
三、液压泵和液压马达的基本参量	29
四、液压泵和液压马达各参量的特点与相互关系	32
例解	32
§3-2 齿轮泵和齿轮马达	34
一、齿轮泵的工作原理	34
二、齿轮泵排量计算	34
三、齿轮泵结构性能分析	35
四、齿轮马达的工作原理	36
例解	36
§3-3 叶片泵和叶片马达	37
一、叶片泵的工作原理	37
二、叶片泵的排量计算	38
三、单、双作用叶片泵结构对照	38
四、双作用叶片马达的工作原理	39
五、叶片泵和叶片马达结构对照	39
例解	39
§4-3 柱塞泵和柱塞马达	41
一、柱塞泵的工作原理	41
二、斜盘式轴向柱塞泵排量计算	41
三、斜盘式变量轴向柱塞泵结构特点	41
四、径向柱塞式低速大扭矩马达	42
例解	43
习题	44
第四章 液压缸	47
§4-1 液压缸的结构和分类	47
一、液压缸的结构	47
二、液压缸的分类	47
§4-2 液压缸的工作原理及基本计算	48
一、柱塞缸	48
二、活塞缸	48
三、摆动缸	48

§4-3 用 dBASE III 数据库设计计算液压缸	49
一、程序框图	49
二、举例说明液压缸设计程序	50
例解	53
习题	58
第五章 液压控制阀	60
§5-1 阀类元件的作用、分类和特点	60
一、控制阀的作用	60
二、控制阀的分类	60
三、控制阀的特点	60
例解	60
§5-2 压力控制阀	61
一、溢流阀	61
二、减压阀	62
三、顺序阀	63
四、溢流阀、减压阀、顺序阀的比较	63
例解	63
§5-3 方向控制阀	66
一、单向阀	66
二、换向阀	66
三、电液换向阀	68
四、多路换向阀	68
例解	69
§5-4 流量控制阀	71
一、节流口的流量特性分析	71
二、节流阀	71
三、调速阀	72
四、溢流节流阀	72
五、同步阀	73
例解	73
习题	74
第六章 液压辅助装置	76
§6-1 蓄能器	76
一、蓄能器的作用、分类及特点	76
二、蓄能器的参数选择及计算	76
例解	79
§6-2 滤油器	80
一、滤油器的作用和分类	80
二、滤油器的典型结构	80

例解	81
§6-3 油箱与热交换器	82
一、油箱	82
二、热交换器	83
例解	84
§6-4 密封件、油管	85
一、密封件	85
二、油管	85
例解	86
习题	88
第七章 液压基本回路	89
§7-1 压力控制回路	89
一、调压回路	90
二、减压回路	90
三、增压回路	90
四、卸荷回路	91
五、平衡回路	92
例解	93
§7-2 速度控制回路	94
一、节流调速回路	94
二、容积调速回路	96
三、快速回路	98
四、速度换接回路	99
五、同步回路	100
例解	101
§7-3 方向控制回路	107
一、换向回路	107
二、锁紧回路	108
三、顺序回路	109
四、浮动回路	110
例解	110
习题	112
第八章 液压系统分析与设计计算	115
§8-1 液压系统图的阅读与典型工况分类	115
一、液压系统图阅读步骤	115
二、液压系统的典型工况分类	116
§8-2 液压系统分析举例	116
一、概述	116
二、系统使用的液压元件	116

三、系统工作油路分析	116
四、液压系统综合分析	118
§8-3 液压系统设计计算	118
一、液压系统的设计步骤	118
二、液压系统设计计算举例	119
例解	123
习题	124
第九章 现代液压控制技术	127
§9-1 液压伺服系统	127
一、液压伺服系统的工作原理、分类及特点	127
二、液压伺服阀	128
三、液压伺服系统应用举例	129
例解	132
§9-2 液压比例阀控制技术	133
一、电液比例阀的工作原理	133
二、电液比例阀的性能指标	134
三、电液比例阀的电-机械比例转换装置	135
四、常用电液比例阀简介	135
例解	137
§9-3 液压逻辑阀控制技术	138
一、逻辑阀的结构及工作原理	138
二、逻辑阀的集成	140
三、逻辑阀与常规液压阀的对照图形符号	142
例解	142
§9-4 液压系统的数字仿真	144
一、液压系统数字仿真概述	144
二、连续系统的数学模型	145
三、连续系统时域模型的数值积分法	149
四、状态方程的数字仿真程序	150
习题	152
主要参考文献	154

第一章 概 述

§ 1-1 液压传动的基本原理及特点

一、液压传动的概念

液压传动是利用密封工作容积内液体的压力能来完成由原动机向工作装置的能量或动力的传递、转换与控制。

二、液压传动系统的组成

液压传动系统由五个部分组成：

- (1) 动力元件——完成机械能至压力能的转换。如液压泵。
- (2) 执行元件——将压力能转换成工作装置的直线往复式，摆动或旋转式的机械能。如液压缸、液压马达。
- (3) 控制元件——对系统压力，对执行机构的运动速度和方向实行控制。如溢流阀、单向节流阀、电磁换向阀等。
- (4) 辅助元件——起辅助作用。如油箱、滤油器、油管、密封装置等分别起贮油、过滤、输送和防漏保压等作用。辅助元件在液压系统中必不可少。
- (5) 工作介质（油液、水基液体）——存在于上述四种元件之中，起传递动力和能量的作用。

它们相互之间的关系用方框图表示如下：

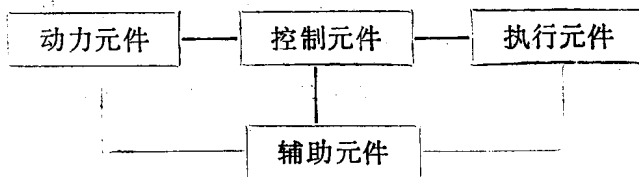


图 1-2 液压系统组成方框图

三、液压传动的特点

- (1) 能实现“力的放大”，达到万吨级力的输出。
- (2) 可大范围内实现无级调速，调速范围 $100:1 \sim 200:1$ 。
- (3) 自重轻，结构尺寸小。
- (4) 易于实现直线往复运动和获得低速大扭矩，可达到 1 r/min 以下的低速。
- (5) 反应速度快，操纵方便、省力，易于自动化。
- (6) 能实现过载保护，并能自行润滑。

但也存在元件制造精度要求较高和漏油、不易实现定比传动等不足。

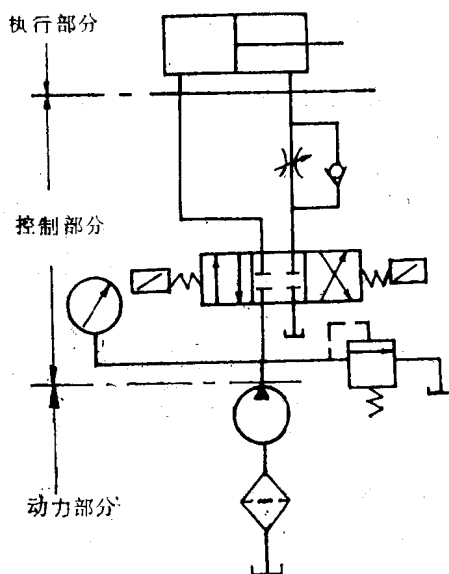


图 1-1 液压系统的组成

四、液压传动的应用和发展

液压传动虽是一门新学科，但发展迅猛，应用范围也很广。从国防工业的坦克、飞机、舰艇、导弹、火箭到民用工业的各种机床，油压机、连铸机、装载机、挖掘机、混凝土泵车、大型材料试验机、大型舵机、采油平台、太阳跟踪系统，地震模拟系统等。总之，一切有机械设备存在的工程领域中都可能采用液压传动。

从1795年第一台水压机问世，到19世纪已制造出了液压传动的龙门刨床和磨床。二次大战中，因军事上的需要又出现了液压伺服系统。近20年来，液压传动又在比例控制、二通插装阀、球式逻辑阀、交流液压技术及液压计算机辅助设计方面出现了大量新技术。使液压传动从一般传动推进到了高精度，全自动、智能化的新技术领域，出现了大量的机、电、液、计算机一体化的现代化设备。

例解

例 1-1 图 1-3 为油压千斤顶工作示意图。试用千斤顶的工作原理来阐明“液压传动”的概念。

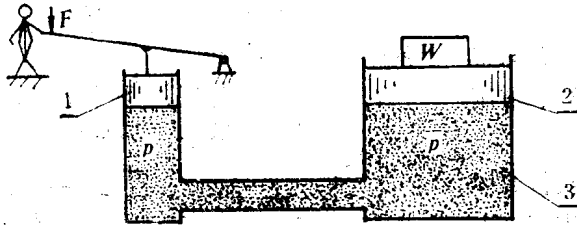


图 1-3 油压千斤顶工作示意图

解：人手加力 F 于杠杆一端，通过杠杆可使小活塞 1 上端受到一个机械力，小活塞 1 下行，密封在容器 3 内的油液受到压迫，产生压力 p （压强）在液体内部等值传递（静压等值传递原理），使大活塞 2 的下表面受到压力的作用，产生向上的推力 W ，重物上移，完成机械移动。把杠杆处的机械能转换为液体的压力能，压力能再转换成大活塞处的机械能，这个过程是利用的液体压力能来传递动力和运动的，即称之为液压传动。在这种能量的层层转换中，虽有损失，但却能实现将大于人力 F 数百倍的重物 W 向上移动的要求。

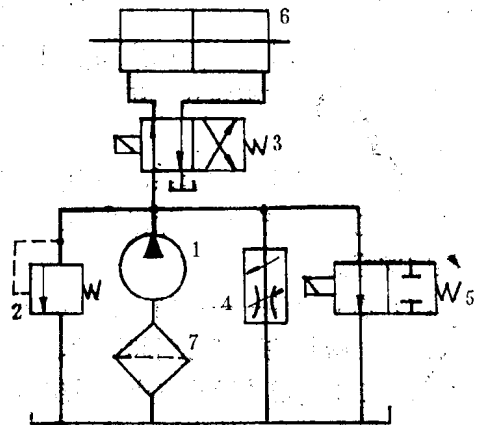


图 1-4 液压系统职能符号图

例 1-2 请查阅液压手册中的液压传动职能符号（GB786—76），将图1-4中的 1 至 7 号元件分类并填入括号中。

解：动力元件（1）

控制元件（2、3、4、5）

执行元件（6）

辅助元件（7）

§ 1-2 液 压 油

液压传动的工作介质是液体，一般用矿物油作为工作介质。为使工作可靠，要求液压油有适当的粘度、良好的润滑性能和化学稳定性。

一、液压油的物理性质

1. 液体的密度与重度

密度：液体中某点处微小质量 ΔM 与其体积 ΔV 之比的极限值，即

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta M}{\Delta V}$$

对均质液压油 $\rho = \frac{M}{V}$

式中 M ——液体质量；

V ——液体体积；

ρ ——液体的密度，矿物油取 $\rho = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

重度：液体中某点处微小重量 ΔG 与其体积 ΔV 之比的极限值。

$$\gamma = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta G}{\Delta V}$$

对均质液压油 $\gamma = \frac{G}{V}$

式中 G ——液体重量；

γ ——液体的重度，矿物油取 $\gamma = 8.8 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

因为 $G = mg$ ，所以液体的重度和密度的关系为

$$\gamma = \rho g$$

油液的密度和重度随温度和压力而变化。但由于两者变化数值都很小，故在工程实用中，可视为是恒定不变的。

2. 液体的可压缩性和膨胀性

(1) 液体的压缩性。液体受压力作用后其体积缩小的性质叫压缩性。压缩性的大小用体积压缩系数 β 表示。其定义为：单位压力变化时液体体积的相对变化值。

$$\beta = - \frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V_0}$$

液体在受压后的体积 V 为

$$V = V_0 - \Delta V = V_0 (1 - \beta \Delta p)$$

式中 β ——压缩系数。矿物油的 $\beta = (5 - 7) \times 10^{-10} (\text{Pa}^{-1})$ ；

Δp ——压力的变化值；

$V_0, \Delta V$ ——分别表示液体的初始体积和受 Δp 作用后的体积变化值。

液体体积压缩系数的倒数称为液体的体积弹性模量 K

$$K = \frac{1}{\beta} = - \frac{V_0 \Delta p}{\Delta V}$$

液压用矿物油的 $K = (1.4 \sim 2.0) \times 10^9 (\text{Pa})$ ，在压力变化不大时，可忽略不计。油中混有空气时， K 值将显著降低。

(2) 液体的膨胀性。液体压力不变，每单位温度变化所发生的体积相对变化量，其大小用体积膨胀系数 β_t 表示

$$\beta_t = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

式中 ΔT ——液体温度变化量；

矿物油的 $\beta_t = (80 \times 90) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，一般情况下，可忽略不计。

3. 粘性

液体在外力作用下流动时，液体分子间的内聚力要阻滞分子间的相对运动，而产生内摩擦力的现象称液体的粘性。

液体只在流动时才会出现粘性，静止液体不呈现粘性。

根据牛顿液体内摩擦定律：流体层间的内摩擦力 F_τ 与层间接触面积 A 及层间相对流速 du 成正比，而与此二层间的距离 dy 成反比。

$$F_\tau = \mu A \frac{du}{dy}$$

$$\tau = \frac{F_\tau}{A} = \mu \frac{du}{dy}$$

式中 du/dy ——速度梯度；

μ ——动力粘度。

动力粘度的物理意义为：液体在单位速度梯度下流动时，单位面积上的内摩擦力。

动力粘度的法定计量单位是帕·秒 (Pa·s)；常用单位是泊 (P) 和厘泊 (cP) ($1 \text{ P} = 10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)

液体动力粘度 μ 与密度 ρ 的比值称为运动粘度 ν

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

运动粘度的计量单位是 $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ，常用斯托克斯 ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) 表示。

恩氏粘度是以该液体相对于水的粘性大小表示粘性的一种相对粘度值。用 200 cm^3 油液在 $t^\circ\text{C}$ 时，通过特定容器上 $\phi 2.8 \text{ mm}$ 小孔所需时间与同体积 20°C 蒸馏水通过同一小孔所需时间之比为该种油在 $t^\circ\text{C}$ 时的恩氏粘度值

$$^\circ E_t = \frac{T_{\text{油 } t^\circ\text{C}}}{T_{\text{水 } 20^\circ\text{C}}}$$

恩氏粘度与运动粘度的经验换算关系式为

$$\nu_t = \left(7.31 \cdot ^\circ E_t - \frac{6.31}{^\circ E_t} \right) \times 10^{-6} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$$

在液压系统中，油的粘度还将受到系统压力和温度的影响。

粘压关系：当压力增大时，液体分子间距缩小，内聚力增加，其粘度也增加，其计算式为

$$\nu_p = \nu_0 e^{bp}$$

式中 ν_0 ——大气压下 (10^5 Pa) 液体的运动粘度；

ν_p ——压力为 $p \times 10^5 \text{ Pa}$ 时，液体的运动粘度；

b ——系数，对液压油 $b = 0.002 \sim 0.003$ ；

e——自然对数之底 $e = 2.7183\dots$ 。

粘温关系：液体的粘度对温度很敏感，温度升高，粘度将显著降低。其近似关系为

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n$$

式中 ν_t ——温度 $t^\circ\text{C}$ 时液体的运动粘度；

ν_{50} ——温度 50°C 时液体的运动粘度；

n ——指数。

n 与 ν_{50} 的对应关系为：

$\nu_{50}(\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	2.5	6.5	9.5	12	21	30	38	45	52	60	68	76
n	1.39	1.59	1.72	1.79	1.99	2.13	2.24	2.32	2.42	2.49	2.52	2.56

另外，粘温关系还可用粘温图或粘度指数 $V \cdot I$ 值表示，可从有关液压手册中直接查出。

二、液压油的选用

1. 液压油的分类

液压传动的工作介质有石油基液压油，合成基液压油和水基液压油三大类。常用油品种可按下表分类：

液 压 油											
矿物油型 (石油基)(易燃)				合成型 (合成基)(难燃)				乳化型 (水基)(不燃)			
机	汽	精	液	专	磷	水	硅	聚	氟	油	水
械	轮	密	压	用	酸	—	—	—	—	包	包
油	机	机	—	液	酯	乙	苯	—	—	水	油
	床	液	导	压	液	二	油	醚	—	乳	乳
	压	压	轧	油	压	醇	油	油	—	化	化
	油	油	油		液	液				液	液
										(W/O)	(O/W)
				抗	低	防	数				
				磨	凝	锈	控				
				油	油	油	油				

2. 液压油的选用

在液压系统中，液压油除用作能量传递介质外，还兼起润滑和冷却系统的作用。正确合理的选用液压油，是保证液压系统高效正常运转的前提。

由于液压系统的压力、流量和温度等参量经常在很大范围内变化，为保证系统工作稳定，对液压油有如下的要求：

(1) 适当的粘度和良好的粘温性能。粘度的选择，应使系统中漏损和摩擦功率损失的总和为最小；粘温性能应满足系统工作温度范围内，粘度变化不超过允许值；

(2) 具有良好的润滑性能和足够的油膜强度，使系统中各摩擦副表面不致磨损；

(3) 对热、氧化、水解有良好稳定性，在贮存和使用过程中不变质；

(4) 不含杂质，无沉淀物，无气泡；

(5) 满足防火要求，闪点和燃点高；

(6) 对液压系统中所用各种材料有良好的相容性。

以上为一般要求，在对具体的液压系统选油时，可按照系统中泵、阀等元件出厂规定的要求选油，同时还应考虑：系统工作压力的高低；系统使用环境温度的高低及变化；运动速度的高低等。通常环境温度高时，采用粘度较高的油；运动速度高的系统，采用粘度低的油；系统工作压力高时宜用粘度高的油。

三、液压油的污染与控制

液压系统中液压油是否清洁，影响到元件及系统工作性能和使用寿命。据统计，液压系统中70%的故障是由于油液选择不当或油液被污染引起的，因此，控制液压油的污染是十分重要的。

1. 液压油污染的途径及其危害

液压油被污染的主要污染物质有固态颗粒、异种油品、水分、空气和油液自身氧化生成物等。其主要的污染途径为：

- (1) 油液炼制、储运过程中尘土、锈垢、水分或其它液体的渗入；
- (2) 元件或系统制造和装配过程中受到的污染，如切屑、型砂、锈垢、涂料、棉纱等；
- (3) 系统工作运行中的生成物造成的污染，如元件磨损剥落的金属末、橡胶末、油液老化生成物以及因油箱密封不严，元件密封损坏由系统外部侵入的污染物如尘土、切屑、水分、空气吸入等。

液压油污染严重时，会使系统经常发生故障甚至造成元件损毁，系统完全不能工作。上述各种污染物中，尤以固体颗粒的危害最大，固体颗粒会使元件滑动部分磨损加剧、堵塞节流孔、阻尼孔或使阀芯卡死，从而造成液压系统的损毁事故。侵入油液中的水分会引起元件表面腐蚀和产生锈斑，使某些添加剂形成酸，加剧元件表面的腐蚀和油液的变质、乳化等。空气的侵入使油液的可压缩性剧增，造成执行机构运动失稳，引起气蚀、噪音、振动等。

2. 油液污染的控制及管理

为了减轻油液污染对液压系统造成的危害，可采取下述净化措施。

(1) 用过滤的方法滤除油中颗粒污染物，其过滤精度要求，可以从两方面考虑：首先根据液压元件对污染的敏感度来选择过滤精度，滤除油中较大的污染颗粒，以保证元件不致被卡住或堵塞；其次，对于微小颗粒的滤除，应在保证液压元件正常使用寿命的前提下，使油中含有的细微颗粒的浓度保持在允许范围之内。例如，系统中在泵吸油口设粗滤器而在个别元件前按需要设精滤器就是基于上述考虑。各种液压元件对污染颗粒尺寸的最大允许值见表1-1：

表1-1 国产液压元件的过滤要求

液 压 元 件 名 称	过 滤 精 度 要 求
柱塞泵与柱塞马达	20 μ
叶片泵与叶片马达	30 μ
普通液压控制阀	30 μ
齿轮泵和齿轮马达	50 μ
液 压 缸	50 μ

2) 为避免或减少系统运行中油液被再污染，运行中要注意油温和油箱油位。油温过高将加速油液老化变质，油位过低会使吸油困难引起噪声和气蚀，加剧油液污染。

(3) 液压系统(含油箱)的密封性良好。在油箱的通气孔及液压缸活塞杆处加防尘装置；外漏油不得直接流回油箱。

(4) 液压系统投入运行前应按规定严格冲洗，运行中要按规定及时更换新油，换油

时新油必须经过滤后才能加入系统中使用。

例解

例 1-3 图1-5 为压力表校正仪原理图，图中 1 号压力表为被校表，2 号为标准表，都与下方密封油液相通。转动手轮 4 通过丝杆 3 带动活塞 5 前进，压迫油液构成油压，这时标准表将能准确显示油液压力，被校表按标准表数值进行调整。

已知活塞直径 $d = 1.2\text{cm}$ ，螺距 $t = 0.2\text{cm}$ ，当压力为 $1 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 时，仪器内油液总体积为 200cm^3 。问当需要校验压力达 $200 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 时，手轮应转多少圈？（油液压缩率 $\beta_V = 4.75 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{N}$ ）

解：由体积压缩系数定义

$$\beta_V = -\frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

$$V = 200\text{cm}^3$$

$$\Delta p = (200 \times 10^5 - 1 \times 10^5) = 1.99 \times 10^7 (\text{N/m}^2)$$

则 $\Delta V = -4.75 \times 10^{-5} \times 1.99 \times 10^7 \times 200 = 1.89 (\text{cm}^3)$

设手轮需要转 x 转，则

$$\frac{\pi}{4} d^2 \times 0.2x = 1.89$$

$$x = \frac{4 \times 1.89}{3.14 \times 1.2^2 \times 0.2} = 8.36 (\text{r})$$

例 1-4 已知某种液压油的动力粘度值为 $\mu = 0.2 \times 10^{-5} \text{N}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ ，密度 $\rho = 0.92 \times 10^{-6} \text{N}\cdot\text{s}^2/\text{cm}^4$ ，求对应的运动粘度。

解：

$$v = \mu / \rho$$

$$\rho = 0.92 \times 10^{-6} \text{N}\cdot\text{s}^2/\text{cm}^4$$

$$\mu = 0.2 \times 10^{-5} \text{N}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$$

$$\therefore v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.2 \times 10^{-5}}{0.92 \times 10^{-6}} = 0.22 (\text{cm}^2/\text{s}) (\text{沲})$$

例 1-5 试说明油液污染的危害。

解：油液中如果有了杂质（固体杂质、水、化学生成物等），就会在循环过程中被带到系统各处，造成拉伤运动件表面，卡死运动件、堵塞元件阻尼孔、缝隙等，引起系统严重故障，同时，由于水的侵入，还会引起锈蚀、化学腐蚀等现象，空气的侵入将使油液可压缩性骤增，使执行机构运动失稳，严重时引起振动和噪音。

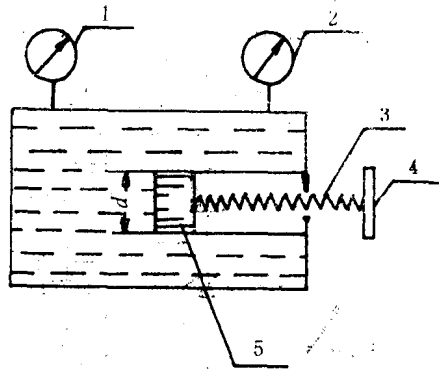


图 1-5 压力表校正仪原理图

习 题

1-1 何谓液压传动？它是由哪些基本部分组成？各部分的作用是什么？

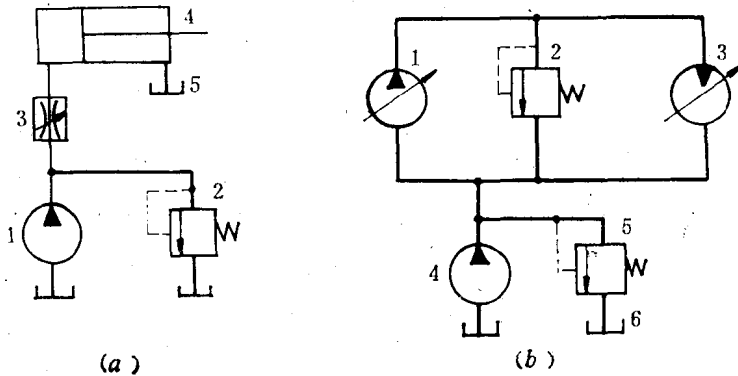
1-2 液压传动的突出优点是“力放大”，即用一个较小的力可以获得一个很大的力输出，这和能量守

恒定律矛盾吗？以液压千斤顶为例说明为什么？

1-3 从日常生活中举出两个液压传动的例子。

1-4 试比较液压传动和机械传动的优缺点。

1-5 查阅液压手册，填写出图 1-5 中的 1 号至 5 号元件的名称，注明该元件属于哪类基本元件。



题 1-5 图

(a)图中：

1号元件名称是（ 泵 ）；属于（ 动力 ）元件；

2号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

3号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

5号元件名称是（ ），属于（ ）元件。

(b)图中：

1号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

2号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

3号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

4号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

5号元件名称是（ ），属于（ ）元件；

6号元件名称是（ ），属于（ ）元件。

1-6 有重度 $\gamma = 8500 \text{ N/m}^3$ 的油液 25L，求其重量和质量。

1-7 在一个油箱内盛有 1800kg 液压油，其体积为 2 m^3 ，试求该液压油的重度 γ 和密度 ρ 。

($\gamma = 9000 \text{ N/m}^3$ ； $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$)

1-8 密闭油缸中有 7000 cm^3 的油液，当液体的温度从 -20°C 上升到 $+20^\circ\text{C}$ 时，液体体积增大多少？

(油的膨胀系数 $\beta_t = 0.0008 \text{ 1/}^\circ\text{C}$) (224 cm^3)。

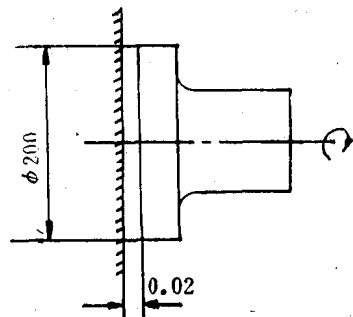
1-9 什么是液体的粘性和粘度？常用液压油粘度单位有哪些？我国液压油的运动粘度与机械油的牌号有何关系？

1-10 如图1-7所示，一直径为200mm的圆盘，与固定端面间的间隙为0.02mm，其间充满润滑油，润滑油运动粘度为 $3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ，密度为 900 kg/m^3 ，转盘以 1500 r/min 的速度旋转，求驱动转盘旋转所需的扭矩。(33.7N·m)

(提示：在圆盘半径 r 上取宽为 dr 的圆环，此环的粘性摩擦力为

$$dT = \mu \frac{U}{h} dA = \mu \frac{2\pi r n}{h} \cdot 2\pi r dr$$

1-11 液压油被污染的途径有哪些？如何减轻和消除污染？



题 1-10 图