

(修 订 版)

液压技术基础

胜 帆 编
罗 志 骏

机 械 工 业 出 版 社

液 压 技 术 基 础

(修订版)

胜 帆 罗志骏 编



机 械 工 业 出 版 社

本书比较全面地介绍了液压传动的基础理论、液压油、密封、液压设备中常用的各类液压元件和辅件、液压系统基本回路、液压系统设计及应用回路等。

本书可供具有中等文化程度的液压传动设备的使用、维修人员和简单液压系统的设计人员参考。

液 压 技 术 基 础

(修 订 版)

胜 帆 罗志骏 编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $18 \frac{5}{8}$ · 字数 407 千字

1985 年 9 月北京第一版·1985 年 9 月北京第一次印刷

印数 00,001—17,300 · 定价 3.65 元

*

统一书号: 15033 · 4243

序 言

这本书的读者对象是液压设备的使用、维修人员和简单液压系统设计者。通读此书，感到编者的目的已较好地达到了。本书内容突出基本原理及公式、基本结构、特性和基本系统，内容充实齐全，阐述清楚，通俗易懂，文图并茂，实用性较强。

书中关于液压油、密封、管路及液压辅件、液压阀中的逻辑阀部分及国际单位制（SI）的介绍等内容比较充实，补充了目前国内常见的有关液压技术书籍中的不足。

本书不仅对上述读者对象有用，也可用作大专院校学生的参考书。

刘庆和

1982年12月于哈尔滨

编 者 的 话

液压传动是一门较新的技术。它与机械传动和电传动相比，具有一系列的优点。例如，输出功率大、设备运转平稳、易于实现无级变速和自动控制、易于实现标准化系列化等。近年来，液压传动已广泛应用于矿山冶金机械、农业机械、机床、锻压设备、建筑机械、起重运输机械等设备中。

本书 1975 年出版以来，很多读者对本书的内容、编写方法和读者对象等方面，提出了很多宝贵意见和建议，希望我们能根据国内液压元件和设备的生产、使用情况，对本书作进一步的修改和补充，把它写成一本对液压设备的使用、维修人员和简易液压系统的设计人员有更大实用价值的参考书。

为了适应我国四个现代化建设事业的需要和读者的要求，我们在大量收集资料的基础上，化了三年多时间，对本书作了全面修订。为使本书的内容更加完善，欢迎读者对本书修订版提出更多的批评和意见。

本书四、五、六章由罗志骏编写，其余各章由胜帆编写。全书由哈尔滨工业大学刘庆和评审，并得到官忠范、高向平、朱仁杰等同志的大力支持。

在本书修订过程中，编者参阅了很多资料和研究成果。在此，我们对有关单位和作者表示感谢。

编者

1982年12月

目 录

第一章 液压传动的基础理论	1
第一节 液压传动的原理	1
一、液压传动的特点	1
二、静止液体的压力特性	2
三、液压传动的原理	3
四、液压传动系统的基本构成	4
第二节 液体的一些物理性质	5
一、重度	5
二、密度	5
三、压缩性	6
四、粘度	7
第三节 流体力学的几个基本公式	11
一、连续性方程式	11
二、伯努利方程式	11
三、动量定理	12
第四节 流体的粘性流动	13
一、层流与紊流	13
二、边界层	13
三、压力损失的计算	14
四、液体经小孔和缝隙的流动	20
第五节 液压系统中的空气及气穴现象	24
一、液压系统中的空气	24
二、气穴现象	25
第六节 噪声	28
一、什么是噪声	28
二、液压设备的噪声及防止	28

第二章 液压油	31
第一节 发展概况	31
第二节 对液压油的要求和分类	33
一、对液压油的要求	33
二、液压油的分类	34
第三节 常用液压油	34
一、普通矿物油	34
二、专用液压油	35
三、抗燃液压油	38
第四节 液压油的选用	41
第五节 液压油的污染控制	43
一、油液污染的害处	43
二、油液污染的原因	44
三、油液污染程度的测定方法简介	45
四、液压油污染控制的措施	48
第三章 密封	50
第一节 对密封装置的基本要求和密封件的分类	50
一、对密封装置的基本要求	50
二、密封件的分类	51
第二节 O形密封圈	55
一、O形密封圈的特点	55
二、O形密封圈的用途及其密封原理	55
三、设计、安装和使用中的几个问题	59
四、特殊O形圈	66
第三节 唇形密封圈	71
一、Y形密封圈	71
二、V形密封圈	78
三、防尘圈	81
四、特殊形状唇形密封圈	82

第四节 油封和机械密封	83
一、油封	83
二、机械密封	89
第五节 其它密封	90
一、活塞环	90
二、间隙密封	91
三、密封垫圈	93
四、密封胶	94
五、聚四氟乙烯密封带	97
第四章 液压泵和液压马达	98
第一节 概述	98
一、液压泵和液压马达的工作原理	99
二、液压泵和液压马达的分类与特性	99
第二节 齿轮泵和齿轮马达	106
一、齿轮泵	106
二、外啮合齿轮泵的结构	107
三、外啮合齿轮泵的特点	109
四、其它型式齿轮泵	111
五、齿轮泵的理论排量	115
六、齿轮马达	117
第三节 螺杆泵和螺杆马达	132
一、螺杆泵的特点和分类	132
二、三螺杆泵的工作原理	134
三、三螺杆泵的齿形结构尺寸	136
四、三螺杆泵的排量和流量	138
五、螺杆马达	140
第四节 叶片泵和叶片马达	142
一、叶片泵的特点	142
二、叶片泵的结构和分类	143

三、变量叶片泵	143
四、定量叶片泵	149
五、叶片马达	161
六、凸轮转子式叶片泵和叶片马达	167
第五节 轴向柱塞泵和马达	169
一、柱塞泵和马达的类型和特征	169
二、轴向柱塞泵和马达	171
三、斜盘式轴向柱塞泵	174
四、斜轴式轴向柱塞泵	178
五、轴向柱塞泵的基本参数计算	185
六、轴向柱塞泵的效率	186
七、轴向柱塞马达	190
第六节 径向柱塞泵和马达	196
一、分类结构和特点	196
二、转子缸体式径向柱塞泵	197
三、固定缸体式径向柱塞泵	200
四、直列式柱塞泵	205
五、径向柱塞泵的参数计算	207
六、径向柱塞泵的主要零件	208
七、径向柱塞式液压马达	214
第七节 液压泵和马达的变量控制与调节机构	228
一、变量机构的控制方式	228
二、控制方式和控制机构的结构和原理	230
第八节 液压泵-马达传动装置	238
一、组成和特性	239
二、泵-马达传动装置的结构	242
三、液压-机械式泵-马达传动装置	244
四、高速比液压-机械式传动装置	246
第五章 液压缸和摆动液压马达	248

第一节 液压缸的种类	248
一、按液压缸结构形式的分类	248
二、按安装形式对液压缸分类	252
三、按公称压力对液压缸分类	257
四、按工作介质和工作温度对液压缸分类	257
第二节 液压缸的结构	258
一、缸筒	259
二、活塞杆和柱塞	260
三、活塞	265
四、缸盖和缸底	269
五、缓冲装置	273
六、排气装置	275
七、油口和液压缸的管路连接	276
八、液压缸的安装和连接	278
第三节 液压缸的设计和计算	284
一、缸筒壁厚的计算	284
二、缸底或缸盖的厚度计算	285
三、缸筒与缸盖或缸底的连接计算	286
四、缸盖和安装法兰计算	290
五、活塞杆的计算	292
六、缓冲装置的计算	299
第四节 液压缸的性能	302
一、液压缸的输出力	302
二、液压缸的容积	302
三、液压缸的速度	302
四、液压缸的加速力、加速时间和加速距离	302
五、液压缸的输出功率	303
六、液压缸的效率	303
七、最低动作压力	304

八、外漏	304
九、内漏	305
十、耐压性	306
第五节 摆动液压马达	306
一、叶片式摆动马达	307
二、活塞式摆动马达	308
三、摆动液压马达的应用	309
四、使用注意事项	309
第六章 液压控制阀	311
第一节 液压控制阀的分类和规格	311
一、按用途分类	311
二、按结构形式分类	312
三、按安装方式分类	314
四、液压阀的规格、压力和流量	315
第二节 压力控制阀	315
一、溢流阀	315
二、减压阀	323
三、顺序阀和平衡阀	328
四、压力控制阀的基本特性	331
第三节 流量控制阀	334
一、节流阀	334
二、调速阀和溢流节流阀	336
三、分流阀和集流阀	339
第四节 方向控制阀	343
一、方向控制阀的功用、分类和特性	343
二、换向阀	344
三、滑阀式换向阀	345
四、多路换向阀	352
五、转阀式换向阀	354

六、座阀式换向阀	354
七、单向阀和液控单向阀	359
八、行程减速阀	363
九、组合控制阀	363
第五节 逻辑阀	367
一、逻辑单元的结构和工作原理	367
二、逻辑阀式方向控制阀	370
三、逻辑阀式压力控制阀	372
四、逻辑阀式流量控制阀	374
五、逻辑阀式复合控制阀(集成油路块)	375
六、逻辑阀的优缺点	378
第六节 液压阀控制回路的集成化	378
一、共体式液压操纵箱	379
二、油路板式集成化	379
三、油路块式集成化	380
四、叠加阀式集成化	381
五、插装阀式集成化	383
六、逻辑阀式集成化	383
第七节 电液比例阀	385
一、电液比例阀的用途和特点	385
二、电液比例阀的基本性能要求	386
三、电液比例压力阀	388
四、电液比例流量阀	391
五、电液比例换向阀	393
六、电-机械比例转换装置	395
第七章 管路及液压辅件	398
第一节 管路	398
一、管道	398
二、刚性管道的连接和管件	401

Ⅱ

三、软管连接和管件	407
四、管路安装	409
第二节 油箱	413
一、对油箱的要求	413
二、油箱的类型	414
三、典型油箱的结构要点	416
四、油箱容量的计算	420
第三节 滤油器	422
一、滤油器的分类及常用滤油器	422
二、滤油器的安装位置	429
三、选用滤油器时应考虑的几个方面	434
四、滤油器的清洗	435
第四节 蓄能器	437
一、蓄能器的分类	437
二、蓄能器的用途	442
三、气液式蓄能器的容量计算	446
四、蓄能器的安装和维护	449
第五节 油冷却器	450
一、油冷却器的结构型式	451
二、油冷却器的选定	454
三、冷却器油路及其在安装和使用中的几个问题	460
第八章 液压系统基本回路	463
第一节 压力(或力、力矩)控制回路	463
一、调压回路	463
二、减压回路	465
三、增压(或增力)回路	466
四、卸荷回路	467
五、平衡回路	469
第二节 速度(或流量)控制回路	470

一、节流调速回路	471
二、容积调速回路	473
三、容积-节流调速回路	475
四、速度变换回路	476
五、微小流量控制回路	479
第三节 换向回路	484
一、自动换向回路	484
二、串联和并联回路	486
第四节 其它回路	486
一、制动回路	486
二、缓冲回路	487
三、锁紧回路	489
四、同步回路	490
五、顺序动作回路	493
第九章 液压系统设计	495
第一节 明确设计依据, 进行工况分析	496
一、明确设计依据	496
二、工况分析	497
第二节 拟定液压系统图	506
一、调速方式的选择	507
二、油路循环形式的选择	507
三、减少系统发热的措施	509
四、防止冲击的措施	509
五、需要考虑的其它问题	510
第三节 液压元件的选定	512
一、液压泵的选定	512
二、液压阀的选定	515
第四节 验算液压系统性能	516
第五节 绘制液压系统图和装配图, 编写技术文件	519

一、绘制液压系统图和装配图	519
二、编写技术文件	520
第十章 应用回路	521
第一节 组合机床液压回路	521
第二节 注塑成形机回路	528
第三节 压铸机液压回路	532
第四节 液压机回路	536
第五节 转炉活动烟罩升降用液压回路	540
第六节 船用舵操纵装置的液压回路	546
第七节 叉车液压回路	550
第八节 液压挖掘机回路	556
附录	560
一、液压系统图形符号	560
二、国际单位制简介	572
主要参考文献	579

第一章 液压传动的基础理论

第一节 液压传动的原理

一、液压传动的特点

液压传动是一门较新的技术，它的发展只有几十年的历史，但目前已广泛应用于矿山、冶金机械，农业机械，机床，锻压设备，工程机械、建筑机械，起重、运输机械等各种机械及一些武器装备中。

液压传动与机械、电气传动相比具有以下优点：

- 1) 液压传动容易获得很大的力或力矩；
- 2) 比较容易实现较大范围的无级变速；
- 3) 体积小、重量轻、反应快；
- 4) 易于实现过载保护；
- 5) 传递运动平稳；
- 6) 液压设备和元件有自润滑作用；
- 7) 易于实现标准化、系列化。

液压传动的缺点是：

- 1) 液压设备和元件存在内、外泄漏；
- 2) 油温变化会影响系统稳定工作；
- 3) 对液压油的清洁程度有很高要求；
- 4) 对液压元件的加工精度要求较高。

应该指出，液压传动的优点是主要的，其缺点将随着技术水平和工艺水平的不断提高而逐渐克服。

二、静止液体的压力特性

如作用在流体中某一假想的面积 ΔA 上的垂直作用力为 ΔF ，则压力 P 由下式给出

$$P = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \Delta F / \Delta A \quad (1-1)$$

当力 F 均匀地作用于整个面积 A 时，压力 P 的公式为

$$P = F / A \quad (1-2)$$

压力的国际单位制单位 (SI 单位) 是帕斯卡，工程制单位是公斤力/厘米²，也有采用标准大气压和巴作为压力单位的^①。表 1-1 所列为液压技术中常用压力单位的换算表。

表 1-1 常用压力单位换算表

单 位	$P_a = N/m^2$	bar	atm	Torr = mmHg	mmH ₂ O	kgf/cm ²
帕斯卡 (Pa)	1	10^{-5}	$9.869 \times 10^{-6} \approx 10^{-5}$	7.5×10^{-3}	$0.102 \approx 10^{-1}$	$10.2 \times 10^{-6} \approx 10^{-5}$
巴 (bar)	10^5	1	$0.987 \approx 1$	750	$10.2 \times 10^3 \approx 10^4$	$1.02 \approx 1$
标准大气压 (atm)	101325	$1.013 \approx 1$	1	760	$10.33 \times 10^3 \approx 10^4$	$1.033 \approx 1$
托 (Torr = mmHg)	133.322	1.333×10^{-3}	1.316×10^{-3}	1	13.60	1.360×10^{-3}
毫米水柱 (mmH ₂ O)	$9.81 \approx 10$	$98.1 \times 10^{-6} \approx 10^{-4}$	$0.968 \times 10^{-3} \approx 10^{-4}$	0.0736×10^{-3}	1	10^{-6}
公斤力/ 厘米 ² (kgf/cm ²)	$98.1 \times 10^3 \approx 10^5$	$0.981 \approx 1$	$0.968 \approx 1$	736	10^4	1

在静止的理想流体中，压力的传递具有以下三个基本性质：

1) 压力和作用面垂直；

① 本书采用工程制单位。