



普通高等学校“十二五”规划教材

液压传动

(第2版)

许贤良 王传礼 张军 张立祥 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等学校“十二五”规划教材

液 压 传 动

(第2版)

许贤良 王传礼 张 军 张立祥 编著

國防工業出版社

40757488 (010) 68437488 · 北京 · 62144888 (010) 62144888

内 容 简 介

本书是在第 1 版的基础上经过适当删增而成的。全书共分 10 章: 绪论、工作介质、液压泵、执行元件、辅助元件、液压控制阀、调速回路、基本液压回路、典型液压系统分析和液压系统的设计; 其中, 删去第 1 版中的第 11 章液压系统安装调试及维护、第 10 章液压系统的设计作了精简, 除第 1 章绪论、第 2 章工作介质、第 7 章调速回路基本未动外, 其他章节内容均有一定增加。

本书主要介绍液压传动基础知识, 力求理论的完整性、系统性、实用性, 尽量反映液压技术的最新科学研究和教学成果。本书可作为高等学校机械工程专业或相近专业本科生教材或教学参考书, 也可供工程技术人员作参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压传动 / 许贤良等编著. —2 版. —北京: 国防工业出版社, 2011.3

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07099-6

I. ①液… II. ①许… III. ①液压传动-高等学校-教材
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 235936 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 1/2 字数 606 千字

2011 年 3 月第 2 版第 1 次印刷 印数 10001—14000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

第2版前言

本书第1版自2006年出版以来,得到同行的普遍认同,为众多高等院校所选用。近几年来,我国液压传动与控制技术得到了进一步发展,特别是机、电、液一体化技术和数字化技术的应用日趋广泛,同时也对技术人才的培养提出了更新和更高的要求。为适应培养新世纪应用型工程技术人才的需要,并充分反映国内外液压技术的发展,对本书作一次比较全面的修订是必要和适时的。

本书在修订过程中,力求体现教材的稳定性、先进性、一定的理论性和系统性,着重基本原理、基本结构和基本方法的介绍,力求保持原书的风格,力求贯彻理论联系实际和学以致用原则。本次修订工作体现在以下几个方面:

(1) 删去第1版中的第11章液压系统的安装、调试及维护;对第10章液压系统的设计作了较大篇幅的精简而又不失其参考价值。

(2) 在第3章液压泵中,对概述、柱塞泵、齿轮泵作了较大幅度的修订,使内容趋于完整和系统;补加了液压泵的计算例题。

(3) 在第4章执行元件中,除摆动液压马达少数章节外,都作了较大的变动,使内容丰富、完整和系统;补加了液压马达、液压泵—液压马达计算例题。

(4) 在第5章辅助元件中加强了密封元件和其他辅助元件的内容。

(5) 对第7章调速回路和第8章基本液压回路作了部分修订。

(6) 对第1版中部分插图进行了重新绘制,使图形符号符合国家 GB/T786.1—2001 的规定。

参与本书修订的有:许贤良(第1、2章),王传礼(第3、5章),张军(第4章),张立祥(第6章),邓海顺(第9、10章及附录),李义(第7章),袁圆(第8章),全书由许贤良统一定稿。研究生李义和袁圆负责插图绘制和文字录入工作。

浙江大学流体传动与控制国家重点实验室博士生导师丁凡教授审阅了本次修订稿,提出了许多意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,谬误和不妥之处难免,敬请读者指正。

编者谨识

第 1 版前言

液压传动是工科诸多专业的基础课，因专业不同，曾先后出现过机床类、工程机械类、矿山机械类及冶金机械类的液压传动教材，版本有几十种之多。就内容而言可分为四大类：液压传动、液压传动与控制、液压与气动和液压与液力传动。本书定位机械类液压传动教材，考虑到液压伺服系统为机械学科的选修课程，因而没有涉及控制部分内容；考虑到课时有限，也没有涉及气动内容。

本书立足于培养 21 世纪需要的宽口径、厚基础的高素质综合人才，贯彻理论联系实际和学以致用原则，重点讲授液压传动的基础知识，同时注意反映该学科国内外的最新研究成果和发展趋势。内容上兼顾机械各行业的需要，而不局限于某一领域的应用，本书编写了较多的典型回路和典型系统的应用实例，供教师根据实际情况作出取舍和讲课参考。为了学生巩固所学知识点和提高实际应用能力，每章附有小结、习题和思考题。

本书是按照液压传动系统的构成部分编写的，共分 11 章：绪论、工作介质、液压泵、执行元件、辅助元件、液压控制元件、调速回路、基本液压回路、典型液压系统分析、液压系统的设计、液压系统安装调试使用和维护。液压马达和液压缸及摆动马达，都是执行元件，故将三者并为一章。液压回路内容较多，考虑到调速回路的特性和重要性，单列一章，将压力回路、方向回路、其他速度回路、多执行元件回路等单列一章。在编写中，力求术语规范，叙述简明，重要术语加注英文。本书内容比较齐全，教师可根据不同课时作出取舍。

本书由安徽理工大学、合肥工业大学和江南大学联合编写。主要编写人员有：安徽理工大学许贤良教授、王传礼教授和张军教授，合肥工业大学曾亿山博士，江南大学刘利国博士。具体分工情况如下：张军编写第 1 章和第 3 章，王传礼编写第 2 章和第 4 章，曾亿山编写第 5 章和第 6 章，许贤良编写第 7 章和第 8 章，刘利国编写第 9 章，邓海顺编写第 10 章和第 11 章。全书由许贤良统一定稿。安徽理工大学研究生宋艳亮、周大鹏和朱兵协助编写并做文字、图形、表格等事务性工作，特别感谢这三位同学为本书付出的辛勤劳动。

承蒙浙江大学丁凡教授审阅书稿并提出宝贵意见，在此表示感谢。

由于作者水平有限，谬误和不妥之处在所难免，恳请读者不吝赐教。

编者谨识

目 录

第1章 绪论	1
1.1 液压传动的概念和原理	1
1.1.1 液压传动的概念	1
1.1.2 液压传动的工作原理	1
1.1.3 液压系统的组成部分及作用	2
1.1.4 液压传动系统的图示方法	3
1.2 液压传动的特点及应用	4
1.2.1 液压传动的优点	4
1.2.2 液压传动的缺点	5
1.2.3 液压传动的应用	5
1.3 液压技术发展简况及趋势	6
1.3.1 液压技术发展简述	6
1.3.2 液压技术的发展趋势	7
本章小结	8
思考题	8
习题	8
第2章 工作介质	10
2.1 液压油液的主要物理特性	10
2.1.1 密度和重度	10
2.1.2 黏性和黏度	10
2.1.3 可压缩性	13
2.1.4 热力学特性	14
2.1.5 其他物理特性	14
2.1.6 液体中的气体对液体性能的影响	15
2.2 液压油的化学特性及对液压油的一般要求	15
2.2.1 液压油液的有关化学特性	15
2.2.2 对液压油的一般要求	17
2.3 液压工作介质的类型	18
2.3.1 矿物(石)油基液压力	18
2.3.2 难燃液压力	19
2.4 工作介质选择使用和维护	20
2.4.1 工作介质的选择	20
2.4.2 工作介质的使用和维护	21

本章小结	24
思考题	24
习题	24
第3章 液压泵	26
3.1 概述	26
3.1.1 液压泵的概念及分类	26
3.1.2 液压泵工作原理	27
3.1.3 液压泵性能参数及计算	27
3.1.4 液压泵参数计算举例	31
3.2 齿轮泵	33
3.2.1 齿轮泵结构和工作原理	34
3.2.2 齿轮泵的几何排量 and 流量	34
3.2.3 齿轮泵的主要问题及解决办法	39
3.2.4 提高外啮合齿轮泵压力的措施	43
3.2.5 齿轮泵设计要点	44
3.2.6 内啮合齿轮泵	46
3.2.7 复合齿轮泵	49
3.2.8 螺杆泵	50
3.3 叶片泵	51
3.3.1 双作用式叶片泵	51
3.3.2 单作用式叶片泵	57
3.3.3 限压式变量叶片泵	60
3.4 轴向柱塞泵	62
3.4.1 斜盘泵工作原理和几何排量	62
3.4.2 柱塞运动分析及瞬态流量特性	63
3.4.3 直轴式柱塞泵典型结构	66
3.4.4 通轴式轴向柱塞泵	71
3.4.5 斜轴式轴向柱塞泵	72
3.4.6 斜盘泵典型零件的力学分析	75
3.4.7 几种关键零部件的设计计算	79
3.4.8 主要零件的材料与技术要求	83
3.5 径向柱塞泵	84
3.5.1 工作原理	84
3.5.2 排量和流量	85
3.5.3 阀配流径向柱塞泵的工作原理	86
3.5.4 径向柱塞泵的典型结构	86
3.6 各类液压泵的性能比较及应用	88
本章小结	89
思考题	90
习题	90

第4章 执行元件	92
4.1 液压马达的分类和主要性能参数计算	92
4.1.1 液压马达的分类	92
4.1.2 液压马达主要参数及计算	92
4.1.3 例题	96
4.2 高速液压马达	101
4.2.1 液压马达基本工作原理	101
4.2.2 叶片马达	102
4.2.3 齿轮马达	104
4.2.4 轴向柱塞马达	108
4.3 低速大转矩液压马达	109
4.3.1 单作用曲轴连杆式径向柱塞马达	110
4.3.2 静力平衡式径向柱塞马达	114
4.3.3 多作用式内曲线式径向柱塞马达	115
4.4 摆动液压马达(摆动液压缸)	121
4.4.1 单叶片式摆动液压马达	121
4.4.2 双叶片式摆动马达	122
4.5 液压缸类型及基本计算	123
4.5.1 液压缸分类	123
4.5.2 柱塞式液压缸	126
4.5.3 单活塞杆(单杆)液压缸	127
4.5.4 差动液压缸	131
4.5.5 双杆作用液压缸	132
4.5.6 伸缩液压缸	135
4.6 典型液压缸的结构	137
4.6.1 缸筒、缸底、端盖和导向套	137
4.6.2 活塞组件	138
4.6.3 密封装置	139
4.6.4 缓冲装置	140
4.6.5 排气装置	141
4.7 液压缸设计	141
4.7.1 收集原始资料,整理设计依据	141
4.7.2 设计的一般步骤及其注意的问题	141
4.7.3 液压缸基本参数选择	142
4.7.4 缸筒的设计与校核	144
4.7.5 缸底结构及厚度计算	145
4.7.6 缸盖的结构形式、设计计算及校核	146
4.7.7 活塞组件设计	147
4.7.8 活塞杆(液压缸)强度及稳定性校核	148
4.7.9 其他设计计算	152

本章小结	153
思考题	154
习题	154
第5章 辅助元件	159
5.1 油管及管接头	159
5.1.1 油管	159
5.1.2 管接头	162
5.1.3 管路安装与布置	163
5.2 油箱	165
5.2.1 油箱功用和要求	165
5.2.2 油箱的分类和结构	165
5.2.3 油箱容积计算	166
5.2.4 油箱附件	167
5.3 滤油器	167
5.3.1 功用和要求	167
5.3.2 滤油器的类型	168
5.3.3 滤油器的主要性能指标	170
5.3.4 滤油器的选用	171
5.3.5 滤油器的安装位置	171
5.4 蓄能器	172
5.4.1 蓄能器的作用及应用	172
5.4.2 蓄能器的种类和特点	173
5.4.3 蓄能器主要参数选择和计算	174
5.4.4 蓄能器的安装和使用	176
5.5 密封装置	177
5.5.1 密封件的类型、要求和材料	177
5.5.2 O形密封圈	179
5.5.3 Y形密封圈和V形密封圈	181
5.5.4 新型密封圈	182
5.5.5 旋转密封圈	183
5.5.6 防尘圈	185
5.6 冷却器、加热器	185
5.6.1 冷却器的作用及性能要求	185
5.6.2 冷却器的类型及特点	186
5.6.3 冷却器的安装	187
5.6.4 加热器	187
5.7 压力表及开关	188
5.7.1 压力表	188
5.7.2 压力表开关	189
本章小结	189

思考题	190
习题	190
第6章 液压控制阀	192
6.1 概述	192
6.1.1 液压控制阀的功能	192
6.1.2 液压控制阀的分类	192
6.1.3 对阀的基本要求	193
6.2 方向控制阀	193
6.2.1 单向阀	193
6.2.2 换向阀	195
6.2.3 换向阀的结构	199
6.2.4 换向滑阀阀芯上的液动力和卡紧力	202
6.2.5 多路换向阀	205
6.3 压力控制阀	207
6.3.1 溢流阀	208
6.3.2 减压阀	214
6.3.3 顺序阀	218
6.3.4 平衡阀	220
6.3.5 压力继电器	220
6.4 流量控制阀	222
6.4.1 流量控制原理和节流口形式	222
6.4.2 普通节流阀	224
6.4.3 调速阀	225
6.4.4 溢流节流阀(旁通型调速阀)	227
6.4.5 分流集流阀	228
6.5 叠加阀、插装阀	230
6.5.1 叠加阀	230
6.5.2 叠加阀应用例	232
6.5.3 插装阀	232
本章小结	238
思考题	239
习题	240
第7章 调速回路	244
7.1 概述	244
7.1.1 回路和系统	244
7.1.2 调速回路的分类	244
7.1.3 对调速回路的基本要求	245
7.1.4 调速回路的研究内容	245
7.2 节流调速回路	245
7.2.1 进油节流调速回路	246

7.2.2	回油(出口)节流调速回路	250
7.2.3	旁路节流调速回路	251
7.2.4	三种节流调速系统的特点	253
7.2.5	例题	254
7.3	容积调速回路	261
7.3.1	概述	261
7.3.2	静态特性分析	262
7.4	容积节流调速回路	267
7.4.1	限压式变量泵—调速阀调速回路	267
7.4.2	压差式变量泵—节流阀调速回路	268
7.5	三种调速回路的比较和应用	269
7.5.1	三种调速回路性能比较	269
7.5.2	调速回路的选择	270
	本章小结	270
	思考题	271
	习题	271
第8章	基本液压回路	277
8.1	快速和速度转换回路	277
8.1.1	使用液压泵的有级调速回路	277
8.1.2	差动快速回路	277
8.1.3	使用增速缸的快速回路	278
8.1.4	两种工作速度切换回路	279
8.2	方向控制回路	280
8.2.1	使用换向阀的换向回路	280
8.2.2	连续换向回路	281
8.2.3	双向液压泵换向回路	283
8.2.4	锁紧回路	284
8.2.5	定向回路	284
8.3	压力控制回路	284
8.3.1	调压回路	284
8.3.2	增压和减压回路	287
8.3.3	平衡回路	288
8.3.4	卸载回路	289
8.3.5	保压回路	289
8.4	多执行元件回路	291
8.4.1	顺序动作回路	291
8.4.2	同步回路	292
8.5	多执行元件互不干扰回路	295
8.6	其他液压回路	297
8.6.1	液压马达制动回路	297

8.6.2	液压马达串并联回路	298
8.6.3	液压马达缓冲回路	298
8.6.4	过滤回路	299
8.6.5	冷却回路	300
8.6.6	热交换和辅助补油回路	300
本章小结		301
思考题		301
习题		302
第9章 典型液压系统分析		305
9.1	液压系统的分类及阅读的基本方法	305
9.1.1	按液体循环方式分类	305
9.1.2	按执行元件类型分类	306
9.1.3	按系统的回路组合方式分类	308
9.1.4	液压系统阅读的一般方法	310
9.2	组合机床的液压系统	311
9.2.1	概述	311
9.2.2	YT4543 型动力滑台液压系统工作原理	311
9.2.3	系统的特点	313
9.3	压力机液压系统	314
9.3.1	概述	314
9.3.2	液压系统工作原理	314
9.3.3	液压系统的特点	317
9.3.4	YB32-200 型压力机液压系统简介	317
9.4	磨床液压系统	318
9.4.1	概述	318
9.4.2	平面磨床液压系统	319
9.4.3	万能外圆磨床液压系统	322
9.4.4	磨床液压系统的特点	324
9.5	汽车起重机液压系统	324
9.5.1	概述	324
9.5.2	QY-8 型汽车起重机液压系统工作原理	324
9.5.3	QY-40 型汽车起重机液压系统原理	327
9.5.4	汽车起重机液压系统的特点	332
9.6	单斗液压挖掘机液压系统	333
9.6.1	概述	333
9.6.2	典型液压系统	334
9.6.3	挖掘机液压系统的特点	339
9.7	塑料注射成型机液压系统	340
9.7.1	塑料注射成型机组成和注塑工作程序	340
9.7.2	SZ-250A 型注塑机液压系统	341

895	9.7.3 注塑机液压系统的特点	346
895	本章小结	346
895	习题	346
	第10章 液压系统的设计	351
000	10.1 液压系统的设计内容和步骤	351
100	10.2 液压系统设计计算实例	353
100	10.2.1 负载与运动分析	353
500	10.2.2 确定液压缸参数	354
200	10.2.3 拟定液压系统图	356
200	10.2.4 液压元件、辅件的选择	357
200	10.2.5 液压系统主要性能验算	358
	附录1	362
	附录2	373
	参考文献	379

第1章 绪论

1.1 液压传动的概念和原理

1.1.1 液压传动的概念

一部机器通常由原动机、传动装置和工作机构三部分组成，另外，控制装置和辅助装置也是不可少的组成部分。原动机的作用是进行能量的转换，即将其他形式的能转换成机械能，是机器的动力源；工作机构的作用是耗能对外做功；传动装置和控制装置介于原动机和工作机构之间，进行动力传递、控制和分配。辅助装置的作用是次要的，又是必不可少的。按照传动的机件或工作介质，传动可分为机械传动、电力传动和流体传动。

流体传动可分为气压传动和液体传动。按工作原理不同，流体传动又可分为液力传动和液压传动，前者是利用流体的动能传递动力的，后者是利用液体的静压力进行能量转换和传递动力的，因而称之为静压传动。

液压传动是以密闭管路中的受压液体为工作介质，进行能量的转换、传递、分配和控制的技术，也被称为液压技术。

在上述概念中，将液体换成气体，便是气压传动。两者并在一起，简称液压与气动。

1.1.2 液压传动的工作原理

液压传动工作原理可用图 1-1 所示的液压千斤顶工作原理来说明。图中缸体 3 和柱塞 4 组成提升液压缸；杠杆 5、缸体 6、柱塞 7 和单向阀 8、9 组成手摇动力缸；2 为控制阀；10、11 和 1 分别为管道和油箱。当动力缸柱塞 7 向上运动时，油腔 A 密封容积变大，压力降低，形成局部真空，油箱 1 中的油液在大气压力作用下，顶开单向阀 8，经吸油管 11 进入 A 腔。当柱塞 7 向下运动时，A 腔油液受挤压，压力升高，迫使单向阀 8 关闭，单向阀 9 被打开而向 B 腔输送压力油，推动柱塞 4 上移，使负载 G 的位置升高。柱塞 7 动作快，重物 G 升高就快。如果杠杆 5 停止动作，B 腔油液压力迫使单向阀 9 关闭，重物 G 停止在新的位置上。如果打开控制阀 2，则 B 腔中油液经阀 2 流回油箱 1，重物 G 在重力作用下下降。阀 2 开度大，重物 G 下降快。

由液压千斤顶工作原理可以看出，手摇动力缸（手摇泵）的作用是将输入的机械能转变

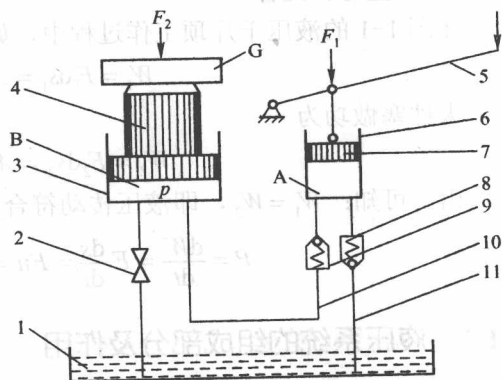


图 1-1 油液液压千斤顶工作原理图

1—油箱；2—控制阀；3、6—缸体；4、7—柱塞；5—杠杆；
8、9—单向阀；10、11—管道。

成液体的压力能，利用密闭管路传递到提升缸，提升缸消耗液体压力能而做功（举起重物）。在这种能量转换和传递过程中，遵循如下基本原理。

1. 帕斯卡 (Pascal) 原理

帕斯卡静压传递原理即“施加于密封容器内平衡液体中的某一点的压力等值地传递到全部液体”，在图 1-1 所示的液压千斤顶中，不计管路和阀口损失，动力缸和提升缸两腔的液体压力 p 相等。因此有

$$F_1 / A_1 = p_1 = p = p_2 = F_2 / A_2 \quad (1.1.1)$$

或者

$$F_2 = p A_2 = F_1 A_2 / A_1 \quad (1.1.2)$$

式中 A_1, A_2 —— 柱塞 7、4 的面积；

F_1, F_2 —— 柱塞 7、4 上的作用力；

p —— 液压的静压力。

2. 液体连续性原理

如果不考虑液体的可压缩性、泄漏和构件的变形，则图 1-1 中小柱塞 7 下行挤压出的液体的体积等于推动大柱塞 4 上升的液体体积。即

$$A_1 ds_1 = A_2 ds_2 = dV \quad (1.1.3)$$

或者

$$A_1 \frac{ds_1}{dt} = A_2 \frac{ds_2}{dt} = \frac{dV}{dt} \quad (1.1.4)$$

$$A_1 u_1 = A_2 u_2 = Q \Rightarrow u_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{A_1}{A_2} u_1 \quad (1.1.5)$$

式中 u_1, u_2 —— 分别为小柱塞和大柱塞的运动速度； $u_1 = ds_1 / dt$ ， ds_1 为小柱塞的位移；

$u_2 = ds_2 / dt$ ， ds_2 为大柱塞位移。

Q —— 管路中或大小柱塞腔的流量，指的是单位时间内通过过流断面的体积，即体积流量，简称流量。本书中无特别说明的流量即是指体积流量； $Q = dV / dt$ ，

dV 为小柱塞腔输出或大柱塞腔输入的液体的体积； dt 为时间。

上式表明，在流量一定的情况下，大柱塞的运动速度与面积成反比，在柱塞面积一定的条件下，与流量成正比。只要连续改变手摇泵的流量，便可连续地改变提升缸活塞速度。

3. 能量守恒定律

在图 1-1 的液压千斤顶工作过程中，如果不计摩擦损失等因素，小柱塞做功为

$$W_1 = F_1 ds_1 = A_1 p ds_1 = p dV \quad (1.1.6)$$

大柱塞做功为

$$W_2 = F_2 ds_2 = A_2 p ds_2 = p dV \quad (1.1.7)$$

由上可知： $W_1 = W_2$ ，即液压传动符合能量守恒定律。如果以功率形式表示而有

$$P = \frac{dW}{dt} = F \frac{ds}{dt} = Fu = A p u = p Q = p \frac{dV}{dt} \quad (1.1.8)$$

1.1.3 液压系统的组成部分及作用

由若干液压元件和管路组成以完成一定动作的整体称液压系统。如果液压系统中含有伺服控制元件（如伺服阀和伺服变量泵），则称液压伺服（控制）系统。如果不使用或明确说明使用了伺服控制元件，则称液压传动系统。本书中的液压系统即液压传动系统。液压系

统功能不一，形式各异，无论是简单的液压千斤顶，还是其他复杂的液压系统，都包括如下部分（见图 1-2 和图 1-3）。

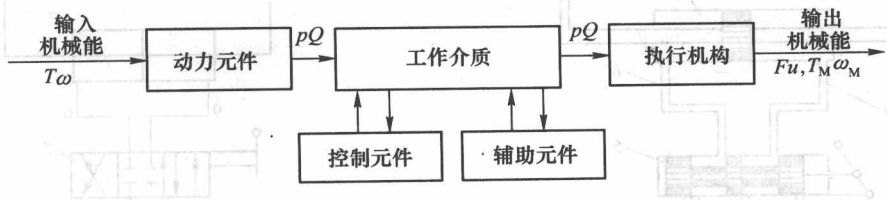


图 1-2 液压系统的能量转换及构成元件示意图

1. 动力元件

动力元件又称液压泵，其作用是利用密封的容积变化，将原动机（如内燃机，电动机）的输入机械能转变为工作液体的压力能（即液压能），是液压系统的能源（动力）装置。

2. 执行元件

将液压能转换成机械能的装置称为执行元件。这是与液压泵作用相反的能量转换装置，是液压缸和液压马达的总称。前者是将液压能转换成往复直线运动的执行元件，它输出力和速度；后者是将液压能转换成连续旋转运动的执行元件，它输出扭矩和转速。摆动液压马达（习惯称摆动液压缸）不可连续回转，只能往复摆动（摆动角小于 360° ）。

3. 控制元件

液压系统中控制液体压力、流量和流动方向的元件，总称为控制元件，通常称为液压控制阀，简称液压阀、控制阀或阀。

4. 辅助元件

辅助元件包括油箱、管道、管接头、滤油器、蓄能器、加热器、冷却器等。它们虽然称为辅助元件，但在液压系统中是必不可少的。它们的功能是多方面的，各不相同。

5. 工作介质

液压系统中工作介质为液体，通常是液压油，它是能量的载体，也是液压传动系统最本质的组成部分。系统没有工作介质也就不能构成液压传动系统，其重要性不言而喻。

某液压系统的构成元件如图 1-4 所示。

1.1.4 液压传动系统的图示方法

液压传动系统的图示方法有三种。

1. 装配结构图

装配结构图能准确地表达系统和元件的结构形状、几何尺寸和装配关系。但绘制复杂，不能简明、直观地表达各元件的功能。它主要用于设计、制造、装配和维修等场合，而在系统性能分析和设计方案论证时不宜采用。

2. 结构原理图（图 1-3）

结构原理图可以直观地表达各种元件的工作原理及在系统中的功能，并且比较接近元件的实际结构，故易于理解接受。但图形绘制仍比较复杂，难于标准化，并且它对元件的结构形状、几何尺寸和装配关系的表达也很不准确。这种图形不能用于设计、制造、装配和维修，对于系统分析又过于复杂，常用于液压元件的原理性解释和说明，在液压元件的理论分析和研究中也常用到。

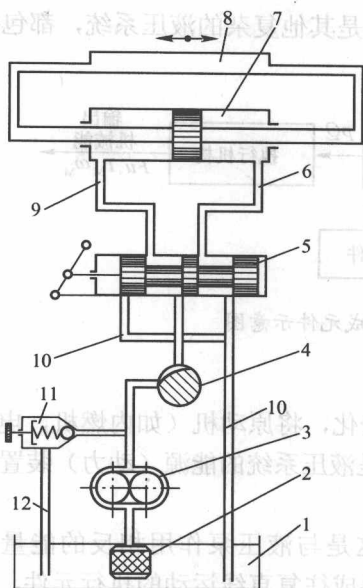


图 1-3 磨床工作台液压系统
工作原理结构示意图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；
4—流量控制阀；5—换向阀；6、9、10、12—管道；
7—液压缸；8—工作台；11—溢流阀。

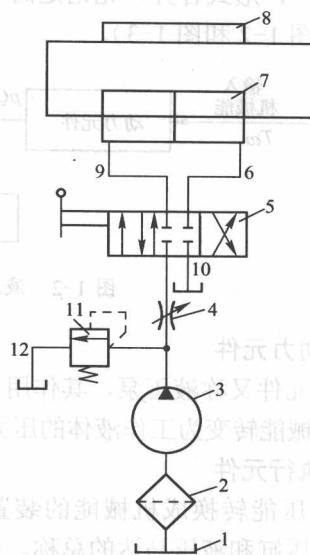


图 1-4 磨床工作台液压
系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；
4—流量控制阀；5—换向阀；6、9、10、12—管道；
7—液压缸；8—工作台；11—溢流阀。

3. 职能符号图 (图 1-4)

在液压系统中，凡是功能相同的元件，尽管结构和原理不同，均用同一种符号表示。这种仅仅表示功能的符号称为液压元件的职能符号。因此，用职能符号绘制液压系统图时，它们只表示系统和各元件的功能，并不表示具体结构和参数以及具体安装位置。

职能符号图是一种工程技术语言，其图形简洁标准、绘制方便、功能清晰、阅读容易，便于液压系统的性能分析和设计方案的论证。我国制定的液压及气动图形符号标准，与国际标准和多数发达国家的标准十分接近，是一种通用的国际工程语言。常用职能符号见附录。

用职能符号绘制液压系统图时，如无特别说明，均指元件处于静态或零位而言。常用方向性的元件符号（如油箱等）必须按规定绘制，其他元件符号也不得任意倾斜。但必须特别说明某元件在液压系统中的动作原理或结构时，允许局部采用结构原理图（亦称半结构图）表示。

1.2 液压传动的特点及应用

1.2.1 液压传动的主要优点

液压传动的主要优点如下。

(1) 可方便地实现大范围内的无级调速。调速范围可达 $1000:1$ ；调速功能不受功率大小的限制。这是机械传动和电传动都难以做到的。

(2) 与电传动相比，液压传动具有质量轻、体积小、惯性小、响应快等突出优点。统