

高等院校机械类专业应用人才培养规划教材
GAODENGYUANXIAOLIXUELEIZHUANYEYINGYONGREN
CAIPEIYANGGUIHUAJIAOCAI

业界资深的专家执笔 全面完整的知识体系
深入浅出的理论阐述 实用典型的案例引导

液压技术 基础 (第2版)

登陆网站索取授课PPT



主 编 周长城
副主编 李承军 田立忠
蔡艳辉 赵以强
胡仁喜

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

液压技术基础

第2版

主 编 周长城

副主编 李承军 田立忠 蔡艳辉 赵以强 胡仁喜



机械工业出版社

本书结合高等学校机械制造、机械设计、机电一体化、模具设计与制造、纺织机械等机械工程类专业的教学要求,根据相关教学标准编写。全书共9章,内容包括绪论、液压流体力学基础、液压泵与液压马达、液压缸、液压控制阀、液压辅助装置、液压基本回路、典型液压系统分析、液压系统的设计计算等。

本书适用于普通工院校机械类各专业,也适合于各类成人教育、自学考试等有关机械类各专业的学生,亦可供从事液压传动及控制技术的工程技术人员参考。

(授课 PPT 可以联系 win760520@126.com 索取)

图书在版编目(CIP)数据

液压技术基础/周长城主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-111-46984-1

I. ①液… II. ①周… III. ①液压技术—高等学校—教材
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 124276 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曲彩云 责任印制:刘 岚

北京中兴印刷有限公司印刷

2014 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.25 印张·398 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-46984-1

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

液压技术基础是机械类专业人才必备的知识之一。《液压技术基础》课程的主要任务是传播液压技术的基础知识,使学生掌握液压技术基础元件的工作原理、结构、应用、特点和选用方法,熟悉各类液压技术基础的基本回路组成和应用,了解国内外先进的液压技术的技术成果。本书在编写过程中,贯彻了理论分析与实际应用相结合的原则,书中既有理论分析,也有结构和原理的讲解,还有自己科研相关的内容。通过理论分析内容的讲解培养学生如何通过建立数学模型提高理论分析的能力;通过液压元件的结构、原理、优缺点的讲解,培养学生创新思维能力;通过科研实例的讲解,提高学生对该课程的兴趣和积极性,培养学生分析解决实际问题的能力。具体特点表现在:

(1) 各章首页给出了学习目标、教学要点和学习方法。指出了各章学习应达到的学习目标要求,给出了各章节的知识要点、能力要求和相关知识,以及各章的学习方法,以便让学生明确学习目标、把握知识要点、了解相关知识、注重能力要求、采取相应学习方法。

(2) 通过变换内容编排形式,使得书稿能够更加活泼生动,图文并茂,进而增强图书的生命力,体现教材的时代性和新颖性。通过“阅读案例”,加强理论联系实际,扩大知识面。

(3) 个别章节侧重理论分析,通过数学模型的建立、公式的推导,培养学生理论分析能力。对关键液压零部件加强其结构、原理的分析,通过对关键零部件的结构、原理、特点以及存在缺点的分析,启发学生如何通过创新思维,改善目前零部件存在的缺点,培养学生创新思维能力。

(4) 本书还将作者在科研过程中所遇见的问题以及取得的创新成果,与课程内容相结合,目的是激发学生的学习兴趣 and 积极性,培养学生创新能力及分析解决实际问题的能力。

(5) 内容精简、突出机械类专业特点,充分考虑教学计划的变更和相关专业不同课时的要求,尽量采用图表代替文字论述性内容。

(6) 采用基本理论—元件—回路—系统的构成体系,参考液压传动的发展趋势,将液压伺服控制和比例控制的最新内容融入其中。

(7) 以学生为本,加强能力培养,内容叙述力求深入浅出、层次分明。

本书适用于普通工科院校机械类各专业,也适合于各类成人教育、自学考试等有关机械类专业的学生,也可供从事液压传动及控制技术的工程技术人员参考。

为便于各大院校老师授课方便，作者还精心准备了授课 PPT 课件，可以联系 win760520@126.com 索取。

本书第1版由山东理工大学的周长城教授和赵以强讲师，山东民族技师学院的李承军讲师，淄博职业学院的田立忠副教授，以及威海职业技术学院的蔡艳辉讲师编写，其中，第1、2、4、5、6章由周长城编写，第7章由李承军编写，第8章由田立忠编写，第9章由蔡艳辉编写，第3章由赵以强编写。全部书稿由周长城教授负责修改和统稿。本书第2版由机械工程学院的胡仁喜老师进行了必要的改编和修订。

赵雷雷、郭剑、毛少坊、王艳池、刘昌丽、王培合、张日晶、王义发、董荣荣和王敏也参加了部分编写工作。

限于编者水平、书中难免有错漏、不妥之处，恳请读者登录网站 www.sjzsanweishuwu.com 或联系 win760520@126.com 批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 流体传动发展概况	1
1.2 液压传动的特点及应用	3
1.2.1 液压传动的特点	3
1.2.2 液压传动的应用	4
1.3 液压传动工作原理与组成	5
1.3.1 液压传动工作原理	5
1.3.2 流体传动的组成	6
1.3.3 液压传动的图形符号	6
1.4 液压传动的工作介质	7
1.4.1 液压介质的种类	7
1.4.2 液压油的性质	8
1.4.3 液压介质的使用要求	12
1.4.4 液压油的选用	13
1.4.5 液压油的污染与防护	14
1.5 本章小结	15
1.6 综合练习	15
第 2 章 液压流体力学基础	17
2.1 流体静力学基础	17
2.1.1 液体静压力及特征	18
2.1.2 静力学基本方程	18
2.1.3 帕斯卡原理	20
2.1.4 液体作用于固体表面上的力	20
2.2 流体动力学基础	21
2.2.1 基本概念	22
2.2.2 连续性方程	24
2.2.3 伯努利方程	25
2.2.4 动量方程	28
2.3 管道压力损失的计算	30
2.3.1 沿程压力损失	30
2.3.2 局部压力损失	32
2.3.3 管道系统中的总压力损失	33
2.4 液体流经小孔及缝隙的流量	35
2.4.1 液体流经小孔的流量	35
2.4.2 液体流经缝隙的流量	37

2.5	液压冲击和气穴现象.....	47
2.5.1	液压冲击	47
2.5.2	气穴现象	49
2.6	本章小结	51
2.7	综合练习	51
第 3 章	液压泵与液压马达	55
3.1	概述	55
3.1.1	液压泵工作原理及分类.....	55
3.1.2	主要性能参数	56
3.2	齿轮泵和齿轮马达	59
3.2.1	外啮合齿轮泵	59
3.2.2	内啮合齿轮泵	62
3.2.3	螺杆泵	63
3.2.4	齿轮马达	64
3.3	叶片泵和叶片马达	65
3.3.1	叶片液压泵	65
3.3.2	叶片马达	68
3.4	柱塞泵和柱塞马达	69
3.4.1	柱塞泵	69
3.4.2	柱塞马达	77
3.5	液压泵与液压马达的选择与应用.....	81
3.5.1	液压泵的选择	82
3.5.2	液压马达的选择.....	82
3.5.3	液压泵和液压马达的使用.....	83
3.6	本章小结	84
3.7	综合练习	84
第 4 章	液压缸	86
4.1	概述	86
4.1.1	液压缸的工作原理.....	86
4.1.2	液压缸的分类与图形符号.....	87
4.2	液压缸的典型结构	88
4.2.1	活塞式液压缸	88
4.2.2	柱塞式液压缸	93
4.2.3	伸缩套筒缸	94
4.2.4	增压液压器	94
4.2.5	齿条活塞式液压缸.....	95
4.2.6	摆动式液压缸	96
4.3	液压缸的设计	97

4.3.1	液压缸主要参数的设计计算.....	97
4.3.2	液压缸的强度计算与校核.....	99
4.4	本章小结	100
4.5	综合练习	100
第 5 章	液压控制阀	102
5.1	概述	102
5.1.1	液压控制阀的类型.....	102
5.1.2	液压控制阀的共同点和使用要求.....	103
5.2	方向控制阀	103
5.2.1	单向阀	103
5.2.2	换向阀	107
5.3	压力控制阀	115
5.3.1	溢流阀	116
5.3.2	减压阀	121
5.3.3	顺序阀	123
5.3.4	压力继电器	125
5.4	流量控制阀	125
5.4.1	节流阀	126
5.4.2	调速阀	128
5.4.3	溢流节流阀	131
5.4.4	分流-集流阀	131
5.5	插装阀	134
5.5.1	插装阀的结构与工作原理.....	134
5.5.2	插装阀的功能	136
5.6	多路换向阀	136
5.6.1	多路换向阀的类型与机能.....	136
5.6.2	多路换向阀的结构.....	137
5.7	本章小结	138
5.8	综合练习	138
第 6 章	液压辅助装置	142
6.1	蓄能器	142
6.1.1	蓄能器的作用	142
6.1.2	蓄能器工作原理.....	143
6.1.3	蓄能器的分类及特点.....	144
6.1.4	蓄能器的容量计算.....	145
6.1.5	蓄能器的使用和安装.....	146
6.2	过滤器	146
6.2.1	过滤器的作用与种类.....	146

6.2.2	过滤器的结构形式	147
6.2.3	过滤器选择与安装	148
6.3	密封与密封元件	149
6.3.1	密封的作用与要求	149
6.3.2	密封元件的种类及特点	150
6.4	管件	154
6.4.1	油管	154
6.4.2	管接头	157
6.5	油箱及仪表附件	160
6.5.1	油箱	160
6.5.2	仪表附件	161
6.6	热交换器	162
6.6.1	冷却器	162
6.6.2	加热器	163
6.7	本章小结	164
6.8	综合练习	164
第 7 章	液压基本回路	166
7.1	压力控制回路	166
7.1.1	调压回路	167
7.1.2	减压回路	168
7.1.3	保压回路	169
7.1.4	增压回路	170
7.1.5	平衡回路	171
7.1.6	卸荷回路	172
7.2	速度控制回路	174
7.2.1	节流调速回路	174
7.2.2	容积调速回路	181
7.2.3	容积节流调速回路	187
7.2.4	快速回路和速度换接回路	190
7.3	方向控制回路	194
7.3.1	换向回路	194
7.3.2	制动回路	195
7.3.3	锁紧回路和往复直线运动换向回路	196
7.4	多执行元件控制回路	199
7.4.1	顺序动作回路	199
7.4.2	同步回路	200
7.4.3	互不干扰回路	203
7.5	液压系统回路的操纵控制方式	204

7.6	本章小结	205
7.7	综合练习	205
第 8 章	典型液压系统分析	208
8.1	液压系统分类和分析方法	208
8.1.1	液压系统的分类	208
8.1.2	液压系统的分析	209
8.2	组合机床动力滑台液压系统	210
8.2.1	YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	210
8.2.2	YT4543 型动力滑台液压系统的特点	212
8.3	塑料注射成型机液压系统	212
8.3.1	SZ-250A 型注射成型机液压系统的工作原理	213
8.3.2	SZ-250A 型注射成型机液压系统的特点	216
8.4	液压压力机液压系统	216
8.4.1	YA32-200 型液压压力机液压系统工作原理	216
8.4.2	YB32-200 型液压压力机液压系统的特点	218
8.5	汽车起重机液压系统	919
8.5.1	Q2-8 汽车起重机液压系统的工作原理	219
8.5.2	Q2-8 汽车起重机液压系统的特点	221
8.6	车辆典型液压系统	221
8.6.1	汽车动力转向液压系统	221
8.6.2	履带车辆的转向液压系统	222
8.7	本章小结	223
8.8	综合练习	223
第 9 章	液压系统的设计计算	225
9.1	液压系统的设计步骤	225
9.1.1	液压系统的设计要求与工况分析	226
9.1.2	液压系统的设计方案	228
9.1.3	液压系统计算与元件选择	230
9.1.4	液压系统的校核	233
9.1.5	绘制液压系统工作图和编写技术文件	235
9.2	液压系统的安装、使用和维护	242
9.2.1	液压元件的清洗和安装	242
9.2.2	液压系统的压力试验与调试	243
9.2.3	液压系统的使用与维护	245
9.3	本章小结	246
9.4	综合练习	246

第1章 绪 论

【本章学习目标】

- ★了解液压传动及其发展状况。
- ★掌握液压传动的工作原理及其组成。
- ★了解液压传动的特点及其应用，激发学生学习该课程的积极性。
- ★了解液压油粘度的物理意义、表示方法以及液压油的选用。

【本章教学要点】

知识要点	能力要求	相关知识
液压传动概况	了解液压传动及其发展状况	通过机械设备自动化水平的发展，了解液压传动及其发展状况
液压传动工作原理及组成	掌握液压传动的工作原理，了解液压传动的基本组成	通过液压举升机构的结构和原理图，了解液压传动系统的工作原理和组成
液压传动的特点及应用	了解液压传动的特点及其应用	通过与机械传动和电气传动对比分析，了解液压传动的特点
液压传动的工作介质	了解液压油的物理特性、选用和注意事项	液压油粘度的物理意义、表示方法和影响因素

【本章学习方法】

通过课堂学习与课下查阅图书资料或网络资料信息相结合的方法，对液压传动及其发展概况、液压传动的工作原理及其组成、液压传动的特点及其应用有更加深刻的了解和认识，意识到液压传动对国家工业化发展的重要性，从而对该课程产生浓厚的学习兴趣。

1.1 流体传动发展概况

流体分为可压缩流体和不可压缩流体两类，其中可压缩流体是气体，不可压缩流体是液体，它们都可以用作能量传递的介质。流体通过各种元件组成不同功能的基本回路，从而形成具有一定功能的传动系统。

通常情况下，一台完整的机器设备由原动机、传动装置和工作机构（含辅助装置）三大部分组成。原动机是机器的动力源，包括电动机、内燃机等。工作机构是指完成该机器之工作任务的直接工作部分，如剪床的剪刀，车床的刀架、车刀、卡盘等。由于原动机的功率和转速变化范围有限，为了适应工作机构的工作力、工作速度变化范围和控制性能等要求，在原动机和工作机构之间设置了传动装置，其作用是把原动机输出功率，经过变换后传递给工作机构并进行控制。

在各类机械设备中，传动是指能量或动力由原动机向工作装置的传递，通过不同的传动方式，使原动机的转动变为各种工作装置的不同运动形式，如推土机推土板的升降、起重机转台的回转、挖掘机铲斗的挖掘工作等。

根据传递能量的不同工作介质，将传动分为机械传动、电气传动和流体传动。流体传

动是以流体为工作介质进行传递能量和控制的一种传动方式，即利用流体的压力能来传递能量，具体分为液体传动 (Hydraulics) 和气体传动 (Pneumatics)，如图 1-1 所示。其中，利用液体的静压能来传递动力的为液压传动，而利用液体的动能来传递动力的为液力传动。

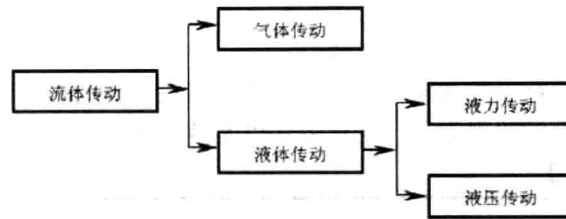


图 1-1 流体传动分类示意图

流体传动相对于机械传动而言还是一门较新的学科，从 17 世纪中叶 (1648 年) 法国人帕斯卡 (B. Pascal) 提出液体压力传递的基本定律，流体传动经历了 300 多年的发展历史。随着科学技术的不断发展，流体传动技术本身也在不断发展，18 世纪末 (1795 年) 英国制造出世界第一台液压机，特别是在第二次世界大战期间及战后，由于军事及民用需求的刺激，流体传动技术得到了迅猛发展，出现了以电液伺服系统为代表的响应快、精度高的液压元部件和控制系统。20 世纪 50 年代以后，随着战后世界各国经济的恢复和发展，生产过程自动化程度的不断提高，流体传动技术很快转入民用工业。与此同时，流体传动在随动和伺服方面的研究取得了很大进展，美国麻省理工学院 (MIT) 出版了著名的《液压气动控制》一书。20 世纪 60 年代出现了板式、叠加式液压系列阀。流体传动技术随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展，当前流体传动技术正向快速、高效、高压、大功率、低噪声、经久耐用、高度集成化等方向发展。特别是近二十年航空航天技术、控制技术、微电子技术、材料科学技术等学科的发展，使得流体技术已发展成为集传动、控制和检测于一体的一门完整的自动化技术，同时新型液压元件、气压元件和计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助测试 (CAT)、计算机直接控制 (CDC)、机电一体化技术、可靠性技术等也是当前流体传动及控制技术研究的主要内容和发展方向。流体传动在国民经济的各个部门都得到了广泛应用，如机械制造、航空航天、石油化工等都离不开流体传动。流体传动在某些领域甚至已经具有压倒性的优势，目前国外生产的 95% 的工程机械、90% 的数控机床、95% 的自动流水线都采用了流体传动，因此，流体传动的发展水平和应用程度已经成为衡量一个国家工业化程度的重要标志之一。

我国的流体传动行业始于 20 世纪 50 年代，最初产品只用于机床和锻压设备，后来才用到拖拉机和工程机械上。从 1952 年上海机床厂试制出我国第一只液压元件即液压泵开始，我国的液压技术经历了创业奠基、体系建立、成长壮大、引进提高等发展阶段。自 1964 年以来我国从国外引进一些液压元件和气压元件生产技术，以及自行设计制造技术的完善和提高，液压和气动行业相继开发了电液伺服阀、电液比例溢流阀、电液比例流量阀、液压集成块、电液脉冲马达、摆线转子泵、电液比例复合阀、电液数字阀等元件，建成了从低压到高压的成套化和系列化的制造生产基地和企业，流体产品在各类设备上得到广泛使用。特别是自 20 世纪 80 年代起，我国加快了对西方先进液压产品和技术有计划引进、消化、吸收和国产化工作，我国液压产品重量、经济效益、研究开发等方面有了突飞猛进

的提高,但是在产品品种、性能、可靠性等方面与国外发达国家还存在一定的差距,尚不能满足主机配套和国民经济发展的需求。目前需要提高液压元件的制造精度,进一步开发生产重量稳定、可靠性好、技术含量高、互换性好以及具有高度集成化、模块化、智能化和网络化的液压元件和系统,以满足我国国民经济发展的需求。

自动控制技术、计算机技术、微电子技术、摩擦磨损技术、可靠性技术及新工艺和新材料等高新技术成果,促使液压系统和元件的重量和水平快速提高。在 21 世纪,液压技术将向高性能、高重量、高可靠性、系统成套性、低能耗、低噪声、低振动、无泄漏以及污染控制、应用水基介质等适应环保要求的方向发展;液压元件积极采用新工艺、新材料和电子等高新技术,开发出高集成化、高功率密度、智能化、机电一体化以及轻型、小型和微型液压元件;气动技术向着体积小、重量轻、功耗低、组合集成化方向发展;执行元件向种类多、结构紧凑、定位精度高的方向发展;气动元件与电子技术相结合,向智能化方向发展;元件性能向高速、高频、高响应、高寿命、耐高温、耐高压方向发展,并普遍采用无油润滑器件和自润滑材料。

1.2 液压传动的特点及应用

与其他传动方式相比较,液压传动有其独有的特点,这些优良的特点也推动着液压传动在工程界的广泛应用。

1.2.1 液压传动的特点

液压传动与机械传动相比,具有以下优点:

1) 液压传动操作控制方便,易于实现无级调速而且调速范围大,调速范围可达数百,最大至 2000。

2) 液压传动体积小,单位功率的重量轻,单位重量输出功率大,一般只有电动机的十分之一,容易获得较大的力和力矩,具有运动惯性小、动态性能好的优点。因而起动、制动迅速,运动平稳,利于相关部件和控制系统的小型化和微型化。如轴向柱塞泵的重量仅是同功率直流发电机重量的 10%~20%,前者尺寸仅为后者的 12%~13%。对于工程建设机械,这个优点表现得尤为突出。

3) 可以简便地与电控部分结合,组成电液控制、气电控制或气液控制的传动和控制一体化系统,实现各种自动控制优势互补。这种控制既具有流体传动输出功率适应范围大的特点,又具有电子控制方便灵活的特点,现代机械装备已越来越多的采用此种方法。

4) 工作安全性好,具有过载保护功能,并有自润滑作用。

5) 易于实现标准化、系列化和通用化,便于设计、制造和推广使用。

由于液压传动有突出的优点,目前在国内外机械设备上得到了广泛的应用。从挖掘机、装载机、机床、航运船舶、航空飞行器、民用娱乐装置、戏剧舞台等都实现了液压传动。这些机械装置采用液压传动后,普遍比原来同规格的机械传动产品减小了外形尺寸,减轻了重量,提高了产品性能。由于采用了各种液压助力装置而使操作大大简化,变得轻巧和灵便,大大提高了作业效率、作业重量和运行安全保障。尤其是近年来,微电子技术 in 流体技术上的应用,使各类机械装置的综合自动化水平越来越高,提升了机械设备的使用可

靠性、操作安全性、适用性和使用寿命。

液压传动具有以下主要缺点：

- 1) 液压传动经过两次能量转换，传动效率低。再加上受泄漏和流动阻力的影响，其传动效率一般为 75%~85%。
- 2) 工作性能易受温度影响。温度的变化引起液压油粘度的变化，不能在高温情况下工作，温度波动影响其工作性能。
- 3) 液压元件的制造和维护要求较高，价格也较贵。
- 4) 液压系统容易泄漏，当油液中有空气和水分会影响系统的传动比。
- 5) 液压系统出现故障时查找困难。

总之，液压传动的优点是显而易见的，随着设计制造和使用水平的不断提高，其缺点正在逐步被克服，液压传动有着更广泛的发展前景。

1.2.2 液压传动的应用

驱动机械运动的机构和操纵装置有多种形式。根据所用的部件和零件不同，具体形式可分为机械、电气、气动、液压等，还可将不同的形式组合起来，形成四位一体的综合传动形式。液压传动是一种新颖的传动方式，广泛应用于金属切削机床也不过五六十年的历史，航空工业在 20 世纪 30 年代以后才开始采用，但是液压传动具有独特的优点和技术优势，成为了现代机械工程的基本技术构成和现代控制工程的基本技术要素，特别是最近二三十年来，在各种工业行业中的应用程度与日俱增，越来越广泛。液压传动在各类机械行业应用实例见表 1-1。

表 1-1 液压传动在各类机械行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
起重机械	汽车起重机、港口起重机、叉车、装卸机械、运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

在国防军事工业中，海、陆、空各种作战武器均采用了液压和气动技术。如飞机起落架和机翼动作及控制、舰艇炮塔运动控制、导弹导向飞行及控制、雷达动作及控制等。

在工程建设施工设备方面，从挖掘机、装载机、推土机、铲运机、平地机到混凝土泵、振动压路机等都实现了液压和气动化。这些机械采用流体技术后外形尺寸减小、重量减轻、产品性能提高、操作轻巧灵便，提高了作业效率和作业质量，尤其是提高了机械设备的使用可靠性、操作安全性、舒适性和使用寿命，使其适用性更强。

在机床上，磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动；车床、转塔车床、自动车床的刀架或转塔刀架，铣床、刨床、组合机床等的工作台进给运动也都采用了液压传动。龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕，由于要求作高速往复直线运动，并且

要求换向冲击小、换向时间短、能耗低,因此都可以采用液压传动。仿形装置车床、铣床、刨床上的仿形加工常采用液压伺服系统来完成,其精度可达 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 。机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杆螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等,也采用气压或液压机构。在机床上采用液压和气动机构利于简化机床结构,提高机床自动化程度。

1.3 液压传动工作原理与组成

1.3.1 液压传动工作原理

通过图 1-2 所示的工程机械上常见的一种举升机构(如液压起重机的变幅机构、液压挖掘机动臂的升降机构等)来简述液压系统的工作原理。图 1-2 中当换向阀处于图 1-2a 所示位置时,原动机带动液压泵 8 从油箱 10 经单向阀 1 吸油,并将有压力的油经单向阀 2 排至管路,压力油沿管路经过节流阀 4 进入换向阀 5,经过换向阀 5 阀芯左边的环槽,经管路进入液压缸 7 的下腔。液压缸 7 的缸体被铰接在机座上,在压力油的推动下,活塞向上运动,通过活塞杆带动工作机构 6 产生举升运动,同时液压缸 7 上腔中的油液被排出,经管路、换向阀 5 阀芯右边的环槽和管路流回油箱 10。

如果扳动换向阀 5 的手柄使其阀芯移到左边位置,如图 1-2b 所示,此时压力油经过阀芯右边的环槽,经管路进入液压缸 7 的上腔,使举升机构降落,同时从液压缸 7 下腔排出的油液,经阀芯左边的环槽流回油箱。

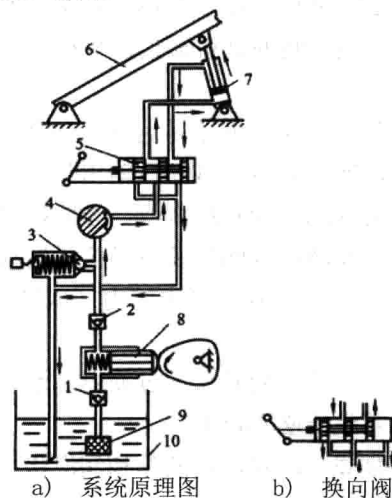


图 1-2 液压举升机构结构原理图

1、2—单向阀 3—溢流阀 4—节流阀 5—换向阀 6—工作机构
7—液压缸 8—液压泵 9—过滤器 10—油箱

从图 1-2 中可以看出,液压泵输出的压力油流经单向阀 2 后分为两路:一路通向溢流阀 3,另一路通向节流阀 4。改变节流阀 4 的开口大小,就能改变通过节流阀的油液流量,以控制举升速度。而从定量液压泵输出的油液除进到液压缸外,其余部分通过溢流阀 3 返回油箱。

这里溢流阀 3 起着过载安全保护和配合节流阀改变进到液压缸的油液流量的双重作

用。当溢流阀 3 中的钢球在弹簧力的作用下将阀口堵住时，压力油不能通过溢流阀 3；如果油液的压力增高到使作用在钢球上的液压作用力能够克服弹簧的作用力而将钢球顶开时，压力油就通过溢流阀 3 和管路直接流回油箱，油液的压力就不会继续升高。因此，只要调定溢流阀 3 中弹簧的压紧力大小，就可改变压力油顶开溢流阀钢球时压力的大小，这样也就控制了液压泵输出油液的最高压力，使系统具有过载安全保护作用。通过改变节流阀 4 的开口大小改变通过节流阀的油液流量，就可调节举升机构的运动速度（同时改变了通过溢流阀 3 的分流油液流量）。

此系统中换向阀 5 用来控制运动的方向，使举升机构既能举升又能降落；节流阀 4 控制举升的速度；由溢流阀 3 来控制液压泵的输出压力。图中，9 为网式过滤器，液压泵从油箱吸入的油液先经过过滤器，以滤清油液，保护整个系统不受污染。

从上面这个简单的例子可以得出以下结论：

- 1) 流体传动是以液体或者气体为工作介质传递动力的；
- 2) 流体传动是用流体的压力能传递动力的，系统的工作压力取决于负载，运动速度取决于流量；
- 3) 流体传动中的工作介质（液体或者气体）是在受控制和调节的状态下进行工作的，因此，流体传动与流体控制是融为一体的。

1.3.2 流体传动的组成

通过上述分析可知，一个完整的液压系统要能正常工作，一般要包括五个组成部分：

- 1) 动力元件 即能源装置，液压系统一般以液压泵或蓄能器作为动力元件，气动系统是空气压缩机和储存罐。其作用是将原动机输出的机械能转换成液体压力能，并向系统或用气点供给压力流体。
- 2) 执行元件 包括液压缸或气缸、液压马达或气动马达，前者实现往复运动，后者实现旋转运动，其作用是将液压能转化成机械能，输出到工作机构上。
- 3) 控制元件 包括压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀和行程阀等，其作用是控制和调节流体系统的压力、流量和液流方向以及充当信号转换、逻辑运算、放大等功能的信号控制元件，以保证执行元件能够得到所要求的力（或转矩）、速度（或转速）和运动方向（或旋转方向）。
- 4) 辅助元件 包括油箱、管路、管接头、过滤器、消声器、油雾器、滤气器以及各种仪表等。这些元件也是流体系统所必不可少的。
- 5) 工作介质 用以传递能量，同时还起散热和润滑作用。液压系统用液压油作为工作介质，气动系统用压缩空气作为工作介质。

1.3.3 液压传动的图形符号

由图 1-2 可以看出，液压与气压传动结构式原理图近似于实物的剖面图，虽然直观性强，比较容易理解，并且在液压系统出现故障时，根据此原理图进行检查、分析也比较方便，但是绘制麻烦，特别是当系统中元件较多时，绘制非常不方便，并且反映不出元件的职能作用，必须根据元件的结构进行分析才能了解其作用。另有一种职能符号式液压与气动系统原理图，能极大地简化液压和气动系统原理图的绘制。在这种原理图中，各液压元

件都用符号表示, 这些符号只表示元件的职能和连接系统的通路, 并不表示元件的具体结构, 这对专利元件结构更具有保密性。我国制定的液压与气动系统图形符号标准 (GB/T 786.1—2009) 就是采用图形符号, 其中规定符号都以元件的静止位置或零位置表示。所以图 1-2 所示的液压系统结构式原理图可用图形符号表示成图 1-3 所示。

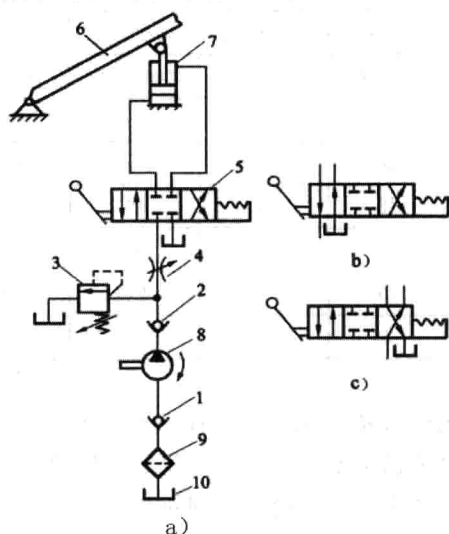


图 1-3 用图形符号表示的液压系统原理图

a) 系统原理图 b)、c) 换向阀图形符号

1、2—单向阀 3—溢流阀 4—节流阀 5—换向阀 6—工作机构

7—液压缸 8—液压泵 9—过滤器 10—油箱

在图 1-3a 中, 换向阀 5 处于中间位置, 其压力油口、通液压缸的两个油口以及回油口, 均被阀芯堵住, 这时液压泵输出的油液全部通过溢流阀 3 流回油箱, 工作机构 6 不动。如操纵手柄将换向阀 5 阀芯向右推, 油路连通情况就如图 1-3b 所示, 这时液压缸 7 下腔通压力油, 上腔通油箱, 液压缸活塞带动工作机构向上举升。如将换向阀 5 阀芯向左推, 油路就如图 1-3c 所示, 工作机构向下降落。溢流阀 3 上的虚线代表控制油路, 控制油路中油液的压力即为液压泵的輸出油压, 当该压力油的作用力能够克服弹簧力时, 即下压溢流阀的阀芯使液压泵出口与回油管构成通路, 产生溢流作用。

1.4 液压传动的工作介质

在液压传动系统中, 液压油具有良好的润滑性能, 是传递能量的优秀工作介质。另外还有各种特性不同的液压介质可供选择, 以满足各类应用场合的需要。为合理选择与使用液压油, 必须了解液压油的一些重要特性。

1.4.1 液压介质的种类

液压介质的品种很多, 主要可分为三大类型: 石油型、合成型和乳化型。液压介质的主要种类和性能见表 1-2。

石油型液压油是以矿物油为原料, 精炼后按需要加入适当添加剂而成。这类液压油润