



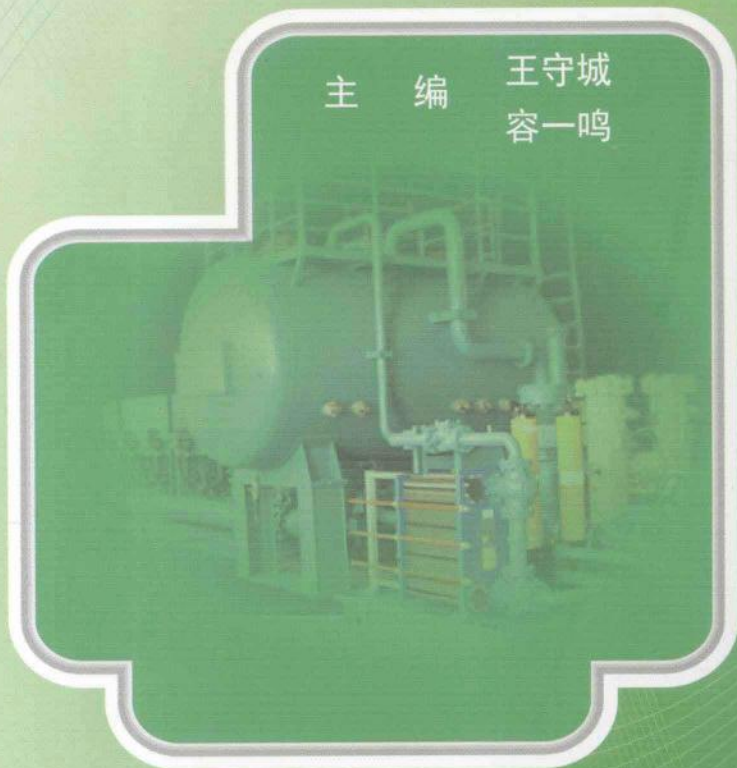
全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

液压传动

(第2版)

主 编 王守城
容一鸣

内容紧密结合液压技术最新成果
强化理论分析注重介绍应用实例
侧重对工程技术应用人才的培养



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

液压传动(第2版)

主 编	王守城	容一鸣		
副主编	段俊勇			
参 编	郭秀云	王保卫	周国芬	
	金 昕	郭克红	张卫锋	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是在《液压传动》第1版的基础上改编而成的。本书共分10章。主要介绍液压传动的基本知识、液压油和液压流体力学基础；液压元件的结构、原理、性能和选用；液压基本回路、典型液压系统的组成、功能、特点以及应用情况；液压系统的设计计算方法与应用实例；液压比例与伺服控制技术的工作原理与应用实例。

本书适用于普通工科院校机械类、自动化类各专业的学生，也适用于各类成人高校、自学考试等有关机械类、自动化类各专业的学生，还可供从事流体传动与控制技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动/王守城，容一鸣主编. —2版. —北京：北京大学出版社，2013.7

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-19507-9

I. ①液… II. ①王…②容… 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(2011)第 189556 号

书 名：液压传动(第2版)

著作责任者：王守城 容一鸣 主编

策 划 编 辑：童君鑫

责 任 编 辑：周 瑞

标 准 书 号：ISBN 978-7-301-19507-9/TH·0267

出 版 发 行：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址：<http://www.pup.cn> 新浪官方微博：@北京大学出版社

电 子 信 箱：pup_6@163.com

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者：北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者：新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 449 千字

2006 年 8 月第 1 版

2013 年 7 月第 2 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价：38.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024 电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是在《液压传动》第1版的基础上改编而成的。全书共分10章。第1章、第2章主要介绍液压传动的基本知识、液压油和液压流体力学基础；第3章至第6章主要介绍液压元件的结构、原理、性能和选用；第7章、第8章介绍液压基本回路、典型液压系统的组成、功能、特点以及应用情况；第9章介绍液压系统的设计计算方法与应用实例；第10章介绍液压比例与伺服控制技术的工作原理与应用实例。根据21世纪高等教育的发展现状和人才培养目标，本书在编写过程中，力求贯彻少而精、理论与实践相结合的原则，紧密结合液压技术的最新成果，重点介绍了液压传动在机床工业、工程机械、橡塑机械、汽车工业等行业的应用实例。在元件选择上，突出应用量较大的二通插装阀以及代表液压发展方向的电液比例阀；侧重对工程技术应用方面的人才培养，适当淡化纯理论分析，加强学生创新能力的培养。本书元件的图形符号、回路以及系统原理图全部按照国家最新图形符号绘制，并摘录于附录中。

本书适用于普通工科院校机械类、自动化类各专业的学生，也适用于各类成人高校、自学考试等有关机械类、自动化类各专业的学生，还可供从事流体传动与控制技术的工程技术人员参考。

本书由青岛科技大学王守城、武汉理工大学容一鸣担任主编；青岛科技大学段俊勇担任副主编；参编人员有河北建筑工程学院郭秀云、鲁东大学王保卫、东北林业大学周国芬、北华大学金昕、青岛科技大学郭克红、张卫锋。全书由王守城、容一鸣负责统稿。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年于青岛

北京大学出版社教材书目

◇ 欢迎访问教学服务网站 www.pup6.com, 免费查阅已出版教材的电子书(PDF 版)、电子课件和相关教学资源。

◇ 欢迎征订投稿。联系方式: 010-62750667, 童编辑, 13426433315@163.com, pup_6@163.com, 欢迎联系。

序号	书 名	标准书号	主 编	定价	出版日期
1	机械设计	978-7-5038-4448-5	郑 江, 许 瑛	33	2007.8
2	机械设计	978-7-301-15699-5	吕 宏	32	2009.9
3	机械设计	978-7-301-17599-6	门艳忠	40	2010.8
4	机械设计	978-7-301-21139-7	王贤民, 霍仕武	49	2012.8
5	机械设计	978-7-301-21742-9	师素娟, 张秀花	48	2012.12
6	机械原理	978-7-301-11488-9	常治斌, 张京辉	29	2008.6
7	机械原理	978-7-301-15425-0	王跃进	26	2010.7
8	机械原理	978-7-301-19088-3	郭宏亮, 孙志宏	36	2011.6
9	机械原理	978-7-301-19429-4	杨松华	34	2011.8
10	机械设计基础	978-7-5038-4444-2	曲玉峰, 关晓平	27	2008.1
11	机械设计基础	978-7-301-22011-5	苗淑杰, 刘喜平	49	2012.12
12	机械设计课程设计	978-7-301-12357-7	许 瑛	35	2012.7
13	机械设计课程设计	978-7-301-18894-1	王 慧, 吕 宏	30	2011.5
14	机电一体化课程设计指导书	978-7-301-19736-3	王金娥 罗生梅	35	2013.5
15	机械工程专业毕业设计指导书	978-7-301-18805-7	张黎骅, 吕小荣	22	2012.5
16	机械创新设计	978-7-301-12403-1	丛晓霞	32	2010.7
17	机械系统设计	978-7-301-20847-2	孙月华	32	2012.7
18	机械设计基础实验及机构创新设计	978-7-301-20653-9	邹 旻	28	2012.6
19	TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程	978-7-301-18945-0	蒯苏苏, 马履中	45	2011.6
20	TRIZ 理论及应用	978-7-301-19390-7	刘训涛, 曹 贺等	35	2011.8
21	创新的方法——TRIZ 理论概述	978-7-301-19453-9	沈萌红	28	2011.9
22	机械工程基础	978-7-301-21853-2	潘玉良, 周建军	34	2013.2
23	机械 CAD 基础	978-7-301-20023-0	徐云杰	34	2012.2
24	AutoCAD 工程制图	978-7-5038-4446-9	杨巧绒, 张克义	20	2011.4
25	AutoCAD 工程制图	978-7-301-21419-0	刘善淑, 胡爱萍	38	2013.4
26	工程制图	978-7-5038-4442-6	戴立玲, 杨世平	27	2012.2
27	工程制图	978-7-301-19428-7	孙晓娟, 徐丽娟	30	2012.5
28	工程制图习题集	978-7-5038-4443-4	杨世平, 戴立玲	20	2008.1
29	机械制图(机类)	978-7-301-12171-9	张绍群, 孙晓娟	32	2009.1
30	机械制图习题集(机类)	978-7-301-12172-6	张绍群, 王慧敏	29	2007.8
31	机械制图(第 2 版)	978-7-301-19332-7	孙晓娟, 王慧敏	38	2011.8
32	机械制图	978-7-301-21480-0	李风云, 张 凯等	36	2013.1
33	机械制图习题集(第 2 版)	978-7-301-19370-7	孙晓娟, 王慧敏	22	2011.8
34	机械制图	978-7-301-21138-0	张 艳, 杨晨升	37	2012.8
35	机械制图习题集	978-7-301-21339-1	张 艳, 杨晨升	24	2012.10
36	机械制图与 AutoCAD 基础教程	978-7-301-13122-0	张爱梅	35	2011.7
37	机械制图与 AutoCAD 基础教程习题集	978-7-301-13120-6	鲁 杰, 张爱梅	22	2010.9
38	AutoCAD 2008 工程绘图	978-7-301-14478-7	赵润平, 宗荣珍	35	2009.1
39	AutoCAD 实例绘图教程	978-7-301-20764-2	李庆华, 刘晓杰	32	2012.6
40	工程制图案例教程	978-7-301-15369-7	宗荣珍	28	2009.6
41	工程制图案例教程习题集	978-7-301-15285-0	宗荣珍	24	2009.6
42	理论力学	978-7-301-12170-2	盛冬发, 闫小青	29	2012.5
43	材料力学	978-7-301-14462-6	陈忠安, 王 静	30	2011.1
44	工程力学(上册)	978-7-301-11487-2	毕勤胜, 李纪刚	29	2008.6
45	工程力学(下册)	978-7-301-11565-7	毕勤胜, 李纪刚	28	2008.6
46	液压传动(第 2 版)	978-7-301-19507-9	王守城, 容一鸣	38	2013.7

47	液压与气压传动	978-7-301-13179-4	王守城, 容一鸣	32	2012.10
48	液压与液力传动	978-7-301-17579-8	周长城等	34	2010.8
49	液压传动与控制实用技术	978-7-301-15647-6	刘 忠	36	2009.8
50	金工实习指导教程	978-7-301-21885-3	周哲波	30	2013.1
51	金工实习(第2版)	978-7-301-16558-4	郭永环, 姜银方	30	2013.2
52	机械制造基础实习教程	978-7-301-15848-7	邱 兵, 杨明金	34	2010.2
53	公差与测量技术	978-7-301-15455-7	孔晓玲	25	2011.8
54	互换性与测量技术基础(第2版)	978-7-301-17567-5	王长春	28	2010.8
55	互换性与技术测量	978-7-301-20848-9	周哲波	35	2012.6
56	机械制造技术基础	978-7-301-14474-9	张 鹏, 孙有亮	28	2011.6
57	机械制造技术基础	978-7-301-16284-2	侯书林, 张建国	32	2012.8
58	机械制造技术基础	978-7-301-22010-8	李菊丽, 何绍华	42	2013.1
59	先进制造技术基础	978-7-301-15499-1	冯宪章	30	2011.11
60	先进制造技术	978-7-301-22283-6	朱 林, 杨春杰	30	2013.4
61	先进制造技术	978-7-301-20914-1	刘 璇, 冯 凭	28	2012.8
62	先进制造与工程仿真技术	978-7-301-22541-7	李 彬	35	2013.5
63	机械精度设计与测量技术	978-7-301-13580-8	于 峰	25	2008.8
64	机械制造工艺学	978-7-301-13758-1	郭艳玲, 李彦蓉	30	2008.8
65	机械制造工艺学	978-7-301-17403-6	陈红霞	38	2010.7
66	机械制造工艺学	978-7-301-19903-9	周哲波, 姜志明	49	2012.1
67	机械制造基础(上)——工程材料及热加工工艺基础(第2版)	978-7-301-18474-5	侯书林, 朱 海	40	2013.2
68	机械制造基础(下)——机械加工工艺基础(第2版)	978-7-301-18638-1	侯书林, 朱 海	32	2012.5
69	金属材料及工艺	978-7-301-19522-2	于文强	44	2013.2
70	金属工艺学	978-7-301-21082-6	侯书林, 于文强	32	2012.8
71	工程材料及其成形技术基础(第2版)	978-7-301-22367-3	申荣华	58	2013.5
72	工程材料及其成形技术基础学习指导与习题详解	978-7-301-14972-0	申荣华	20	2009.3
73	机械工程材料及成形基础	978-7-301-15433-5	侯俊英, 王兴源	30	2012.5
74	机械工程材料(第2版)	978-7-301-22552-3	戈晓岚, 招玉春	36	2013.6
75	机械工程材料	978-7-301-18522-3	张铁军	36	2012.5
76	工程材料与机械制造基础	978-7-301-15899-9	苏子林	32	2009.9
77	控制工程基础	978-7-301-12169-6	杨振中, 韩致信	29	2007.8
78	机械工程控制基础	978-7-301-12354-6	韩致信	25	2008.1
79	机电工程专业英语(第2版)	978-7-301-16518-8	朱 林	24	2012.10
80	机械制造专业英语	978-7-301-21319-3	王中任	28	2012.10
81	机床电气控制技术	978-7-5038-4433-7	张万奎	26	2007.9
82	机床数控技术(第2版)	978-7-301-16519-5	杜国臣, 王士军	35	2011.6
83	自动化制造系统	978-7-301-21026-0	辛宗生, 魏国丰	37	2012.8
84	数控机床与编程	978-7-301-15900-2	张洪江, 侯书林	25	2012.10
85	数控铣床编程与操作	978-7-301-21347-6	王志斌	35	2012.10
86	数控技术	978-7-301-21144-1	吴瑞明	28	2012.9
87	数控技术	978-7-301-22073-3	唐友亮, 余 勃	45	2013.2
88	数控加工技术	978-7-5038-4450-7	王 彪, 张 兰	29	2011.7
89	数控加工与编程技术	978-7-301-18475-2	李体仁	34	2012.5
90	数控编程与加工实习教程	978-7-301-17387-9	张春雨, 于 雷	37	2011.9
91	数控加工技术与实训	978-7-301-19508-6	姜永成, 夏广岚	33	2011.9
92	数控编程与操作	978-7-301-20903-5	李英平	26	2012.8
93	现代数控机床调试及维护	978-7-301-18033-4	邓三鹏等	32	2010.11
94	金属切削原理与刀具	978-7-5038-4447-7	陈锡渠, 彭晓南	29	2012.5
95	金属切削机床	978-7-301-13180-0	夏广岚, 冯 凭	28	2012.7
96	典型零件工艺设计	978-7-301-21013-0	白海清	34	2012.8
97	工程机械检测与维修	978-7-301-21185-4	卢彦群	45	2012.9
98	特种加工	978-7-301-21447-3	刘志东	50	2013.1

99	精密与特种加工技术	978-7-301-12167-2	袁根福, 祝锡晶	29	2011.12
100	逆向建模技术与产品创新设计	978-7-301-15670-4	张学昌	28	2009.9
101	CAD/CAM 技术基础	978-7-301-17742-6	刘 军	28	2012.5
102	CAD/CAM 技术案例教程	978-7-301-17732-7	汤修映	42	2010.9
103	Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程	978-7-5038-4437-X	黄卫东, 任国栋	32	2007.7
104	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 实例教程	978-7-301-12359-1	张选民	45	2008.2
105	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 曲面设计实例教程	978-7-301-13182-4	张选民	45	2008.2
106	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实用教程	978-7-301-16841-7	黄卫东, 郝用兴	43	2011.10
107	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实例教程	978-7-301-20133-6	张选民, 徐超辉	52	2012.2
108	SolidWorks 三维建模及实例教程	978-7-301-15149-5	上官林建	30	2009.5
109	UG NX6.0 计算机辅助设计与制造实用教程	978-7-301-14449-7	张黎骅, 吕小荣	26	2011.11
110	Cimatron E9.0 产品设计与数控自动编程技术	978-7-301-17802-7	孙树峰	36	2010.9
111	Mastercam 数控加工案例教程	978-7-301-19315-0	刘 文, 姜永梅	45	2011.8
112	应用创造学	978-7-301-17533-0	王成军, 沈豫浙	26	2012.5
113	机电产品学	978-7-301-15579-0	张亮峰等	24	2009.8
114	品质工程学基础	978-7-301-16745-8	丁 燕	30	2011.5
115	设计心理学	978-7-301-11567-1	张成忠	48	2011.6
116	计算机辅助设计与制造	978-7-5038-4439-6	仲梁维, 张国全	29	2007.9
117	产品造型计算机辅助设计	978-7-5038-4474-4	张慧姝, 刘永翔	27	2006.8
118	产品设计原理	978-7-301-12355-3	刘美华	30	2008.2
119	产品设计表现技法	978-7-301-15434-2	张慧姝	42	2012.5
120	CorelDRAW X5 经典案例教程解析	978-7-301-21950-8	杜秋磊	40	2013.1
121	产品创意设计	978-7-301-17977-2	虞世鸣	38	2012.5
122	工业产品造型设计	978-7-301-18313-7	袁涛	39	2011.1
123	化工工艺学	978-7-301-15283-6	邓建强	42	2009.6
124	构成设计	978-7-301-21466-4	袁涛	58	2013.1
125	过程装备机械基础(第2版)	978-301-22627-8	于新奇	38	2013.7
126	过程装备测试技术	978-7-301-17290-2	王毅	45	2010.6
127	过程控制装置及系统设计	978-7-301-17635-1	张早校	30	2010.8
128	质量管理与工程	978-7-301-15643-8	陈宝江	34	2009.8
129	质量管理统计技术	978-7-301-16465-5	周友苏, 杨 飒	30	2010.1
130	人因工程	978-7-301-19291-7	马如宏	39	2011.8
131	工程系统概论——系统论在工程技术中的应用	978-7-301-17142-4	黄志坚	32	2010.6
132	测试技术基础(第2版)	978-7-301-16530-0	江征风	30	2010.1
133	测试技术实验教程	978-7-301-13489-4	封士彩	22	2008.8
134	测试技术学习指导与习题详解	978-7-301-14457-2	封士彩	34	2009.3
135	可编程控制器原理与应用(第2版)	978-7-301-16922-3	赵 燕, 周新建	33	2010.3
136	工程光学	978-7-301-15629-2	王红敏	28	2012.5
137	精密机械设计	978-7-301-16947-6	田 明, 冯进良等	38	2011.9
138	传感器原理及应用	978-7-301-16503-4	赵 燕	35	2010.2
139	测控技术与仪器专业导论	978-7-301-17200-1	陈毅静	29	2012.5
140	现代测试技术	978-7-301-19316-7	陈科山, 王燕	43	2011.8
141	风力发电原理	978-7-301-19631-1	吴双群, 赵丹平	33	2011.10
142	风力机空气动力学	978-7-301-19555-0	吴双群	32	2011.10
143	风力机设计理论及方法	978-7-301-20006-3	赵丹平	32	2012.1

相关教学资源如电子课件、电子教材、习题答案等可以登录 www.pup6.com 下载或在线阅读。

扑六知识网(www.pup6.com)有海量的相关教学资源和电子教材供阅读及下载(包括北京大学出版社第六事业部的相关资源),同时欢迎您将教学课件、视频、教案、素材、习题、试卷、辅导材料、课改成果、设计作品、论文等教学资源上传到 pup6.com, 与全国高校师生分享您的教学成就与经验,并可自由设定价格,知识也能创造财富。具体情况请登录网站查询。

如您需要免费纸质样书用于教学,欢迎登陆第六事业部门户网(www.pup6.com)填表申请,并欢迎在线登记选题以到北京大学出版社来出版您的大作,也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱,我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

扑六知识网将打造成全国最大的教育资源共享平台,欢迎您的加入——让知识有价值,让教学无界限,让学习更轻松。

目 录

第1章 绪论 1

1.1 液压传动的工作原理及组成 2

1.1.1 液压传动的工作原理 2

1.1.2 液压传动系统的组成 4

1.2 液压传动系统的职能符号 4

1.3 液压传动的优缺点、应用 与发展 6

1.3.1 液压传动的优缺点 6

1.3.2 液压传动的应用 7

1.3.3 液压传动的发展 8

习题 9

第2章 液压油与液压流体力学基础 ... 10

2.1 液体的物理性质 11

2.1.1 液体的密度和重度 11

2.1.2 液体的可压缩性 12

2.1.3 液体的粘性 13

2.1.4 对液压油的要求、选用 和使用 16

2.2 液体静力学基础 19

2.2.1 液体中的作用力 19

2.2.2 静压力基本方程 21

2.2.3 静压力传递原理 22

2.2.4 液体作用于容器壁面 上的力 22

2.3 流动液体力学基础 24

2.3.1 基本概念 24

2.3.2 流量连续性方程 26

2.3.3 伯努利方程 28

2.3.4 动量方程 33

2.4 管道内压力损失的计算 38

2.4.1 液体的流动状态 39

2.4.2 沿程压力损失 43

2.4.3 局部压力损失 44

2.4.4 管路中的总压力损失 46

2.5 孔口和间隙的流量—压力特性 ... 46

2.5.1 孔口的流量—压力特性 ... 46

2.5.2 液体流经间隙的流量 50

2.6 液压冲击和气穴现象 55

2.6.1 液压冲击 55

2.6.2 气穴现象 59

习题 62

第3章 液压泵与液压马达 65

3.1 液压泵与液压马达概述 66

3.1.1 液压泵的工作原理 66

3.1.2 液压泵的主要性能参数 ... 67

3.1.3 液压马达的主要性能 参数 70

3.1.4 液压泵和液压马达 的分类 72

3.2 齿轮泵 73

3.2.1 齿轮泵的工作原理 73

3.2.2 齿轮泵的排量 and 流量 计算 74

3.2.3 齿轮泵的结构特点分析 ... 75

3.2.4 提高齿轮泵压力的措施 ... 77

3.2.5 内啮合齿轮泵 77

3.2.6 螺杆泵 77

3.3 叶片泵 78

3.3.1 单作用叶片泵 78

3.3.2 双作用式叶片泵 80

3.3.3 限压式变量叶片泵 81

3.4 柱塞泵 82

3.4.1 径向柱塞泵 83

3.4.2 轴向柱塞泵 84

3.5 液压泵的选用 87

3.6 液压马达 88

3.6.1 叶片马达 88

3.6.2 轴向柱塞马达	89	5.6 综合例题	163
习题	90	习题	165
第4章 液压缸	92	第6章 液压辅助元件	168
4.1 液压缸的类型、特点和基本 参数计算	93	6.1 管道和管接头	169
4.1.1 活塞式液压缸	94	6.1.1 油管的种类和选用	169
4.1.2 柱塞式液压缸	97	6.1.2 管接头的种类和选用	169
4.1.3 摆动式液压缸	97	6.2 密封件	172
4.1.4 其他液压缸	98	6.2.1 密封件的作用和分类	172
4.2 液压缸的典型结构	99	6.2.2 橡胶密封圈的种类 和特点	172
4.2.1 缸体组件	100	6.2.3 密封垫圈	174
4.2.2 活塞组件	100	6.3 过滤器	175
4.2.3 密封装置	101	6.3.1 液压油的污染度等级和 污染度等级的测定	175
4.2.4 缓冲装置	103	6.3.2 过滤器的过滤精度	176
4.2.5 排气装置	104	6.3.3 滤油器的典型结构	176
4.3 液压缸的设计计算	105	6.3.4 过滤器的选用和安装	179
4.3.1 液压缸的主要尺寸 计算	105	6.4 热交换器	180
4.3.2 液压缸的校核	107	6.4.1 液压系统的发热和 散热	180
习题	108	6.4.2 冷却器的结构与选用	181
第5章 液压控制阀	111	6.4.3 加热器的结构和选用	182
5.1 液压阀概述	112	6.5 液压油箱	183
5.2 方向控制阀	113	6.6 蓄能器	185
5.2.1 单向阀	113	6.6.1 蓄能器的作用	185
5.2.2 换向阀	115	6.6.2 蓄能器的类型	185
5.3 压力控制阀	130	6.6.3 蓄能器的容量计算	187
5.3.1 溢流阀	130	6.6.4 蓄能器的安装	188
5.3.2 减压阀	138	习题	188
5.3.3 顺序阀	142	第7章 液压基本回路	189
5.3.4 压力继电器	145	7.1 压力控制回路	190
5.4 流量控制阀	147	7.1.1 调压回路	190
5.4.1 节流阀	147	7.1.2 减压回路	191
5.4.2 调速阀	150	7.1.3 卸荷回路	192
5.4.3 溢流节流阀	152	7.1.4 保压回路	193
5.4.4 分流集流阀	153	7.1.5 背压回路	194
5.5 其他控制阀	156	7.1.6 平衡回路	195
5.5.1 逻辑阀	156	7.1.7 增压回路	196
5.5.2 电液数字阀	160		

7.2 调速回路	197	液压系统	238
7.2.1 概述	197	8.4.1 SZ-250A 型塑料注射成型	
7.2.2 节流调速回路	198	机液压系统概述	238
7.2.3 容积调速回路	204	8.4.2 注塑机液压系统的	
7.2.4 容积节流调速回路	208	特点	242
7.2.5 3 种调速回路的比较	211	8.5 加工中心液压系统	243
7.3 速度换接回路	211	8.6 M1432B 型万能外圆磨床液压	
7.3.1 采用行程阀(或电磁换向阀)		系统	245
的速度换接回路	211	8.6.1 M1432B 型外圆磨床的	
7.3.2 采用差动连接的速度换接		液压系统	246
回路	212	8.6.2 M1432B 型外圆磨床液压	
7.3.3 采用双泵供油的速度换接		系统的特点	251
回路	212	习题	251
7.3.4 两种工作速度的换接			
回路	213	第 9 章 液压传动系统的设计计算 ...	252
7.4 方向控制回路	213	9.1 液压系统的设计依据和工况	
7.4.1 换向回路	214	分析	253
7.4.2 锁紧回路	216	9.1.1 液压系统的设计依据	253
7.5 多缸动作回路	218	9.1.2 液压系统的工况分析	253
7.5.1 顺序动作回路	218	9.2 液压系统主要参数的确定	256
7.5.2 同步回路	220	9.3 液压系统原理图的拟定和方案	
7.5.3 多缸工作时互不干涉		论证	258
回路	224	9.4 计算和选择液压元件	259
习题	224	9.4.1 液压泵的确定与驱动功率	
第 8 章 典型液压传动系统	229	的计算	259
8.1 组合机床动力滑台液压系统	230	9.4.2 液压控制阀的选择	260
8.1.1 YT4543 型动力滑台液压		9.4.3 液压辅件的计算与选择 ...	260
系统	230	9.5 液压系统性能验算	261
8.1.2 YT4543 型动力滑台液压		9.5.1 液压系统压力损失验算 ...	262
系统的特点	232	9.5.2 液压系统发热和温升	
8.2 压力机液压系统	232	验算	262
8.2.1 YB32-200 型液压机的		9.6 绘制正式工作图、编制技术	
液压系统	233	文件	264
8.2.2 YB32-200 型液压机液压系统		9.7 液压系统设计计算举例	265
的特点	235	9.7.1 负载分析	265
8.3 汽车起重机液压系统	236	9.7.2 液压缸主要参数的确定 ...	267
8.3.1 汽车起重机液压系统	236	9.7.3 液压系统图的拟订	268
8.3.2 汽车起重机液压系统		9.7.4 液压元件的选择	270
的特点	238	9.7.5 液压系统的性能验算	271
8.4 SZ-250A 型塑料注射成型机		习题	272

第10章 液压比例与伺服控制技术 ... 273

10.1 比例技术	274
10.1.1 比例电磁铁	275
10.1.2 力调节型电磁铁	275
10.1.3 行程调节型电磁铁	276
10.2 比例方向阀	276
10.2.1 直动式比例方向阀	276
10.2.2 先导式比例方向阀	277
10.3 比例压力阀	279
10.3.1 直动式比例溢流阀	279
10.3.2 先导式比例溢流阀	280
10.3.3 先导式比例减压阀	282
10.4 比例流量阀	283

10.5 电液伺服阀	284
10.5.1 电液伺服阀的分类	284
10.5.2 电液伺服阀的组成	285
10.5.3 电液伺服阀的工作原理	285
10.5.4 液压放大器的结构形式	286
10.5.5 典型电液伺服阀的工作原理	289
10.6 机液伺服阀	290
习题	292

附录 常用液压与气动元件图形符号 ... 293

参考文献 ... 299

第 1 章

绪 论



教学提示

液压传动是以液体作为工作介质，以液体的压力能进行运动或动力传递的一种传动形式。它首先通过能量转换装置(如液压泵)，将原动机(如电动机)的机械能转变为压力能，然后通过封闭管道、控制元件等，由另一能量转换装置(液压缸、液压马达)将液体的压力能转变为机械能，驱动负载，使执行机构得到所需的动力，完成所需的运动。

液压传动和传统的机械传动相比，具有许多优点，因此液压传动系统在现代工业中得到广泛的应用。本章主要介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及液压传动的应用与发展。



教学要求

本章要求掌握液压传动的基本概念，液压传动的基本原理，液压传动系统的组成及职能符号，了解液压传动的特点及应用和发展。

一部机器主要由动力装置、传动装置、操纵或控制装置、工作执行装置4个部分构成。动力装置的性能一般都不可能满足执行装置各种工况的要求,这种矛盾就由传动装置来解决。所谓传动就是指能量(动力)由动力装置向工作执行装置的传递,即通过某种传动方式,将动力装置的运动或动力以某种形式传递给执行装置,驱动执行装置对外做功。一般工程技术中使用的动力传递方式有机械传动、电气传动、气压传动、液体传动以及由它们组合而成的复合传动。

以液体作为工作介质进行能量(动力)传递的传动方式称为液体传动,液体传动分为液力传动和液压传动两种形式。液力传动主要是利用液体的动能来传递能量;而液压传动则主要是利用液体的压力能来传递能量。

本章主要介绍以液压油为工作介质的液压传动技术。液压传动利用液压泵,将原动机(电动机)的机械能转变为液体的压力能,然后利用液压缸(或液压马达)将液体的压力能转变为机械能,以驱动负载,并获得执行机构所需的运动速度。液压传动的理论基础是液压流体力学。

与机械传动相比,液压传动具有许多优点,因此在机械工程中被广泛应用。本章主要介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及液压传动的应用。

1.1 液压传动的工作原理及组成

1.1.1 液压传动的工作原理

1. 液压千斤顶的工作原理

液压千斤顶是常见的液压传动装置。如图1.1所示,大小两个液压缸2和11内分

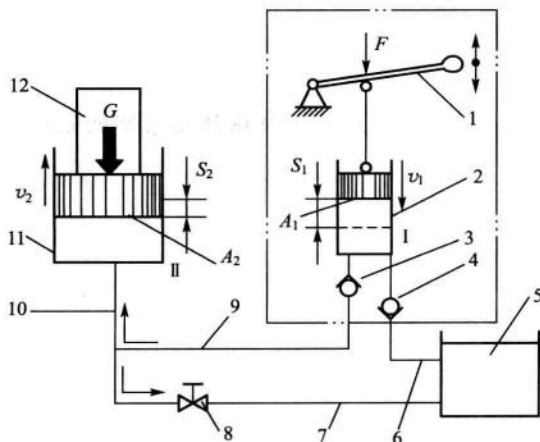


图 1.1 液压千斤顶的工作原理

- 1—杠杆 2—液压缸 I 3—排油单向阀
4—吸油单向阀 5—油箱
6、7、9、10—油管 8—截止阀
11—液压缸 II 12—重物

别装有活塞,活塞可以在缸内滑动,且密封可靠。要举升重物12时,截止阀8应关闭。当向上提起杠杆1时,小活塞向上移动,液压缸I下腔的密封容积增大,腔内压力下降,形成一定的真空度,这时排油单向阀3关闭,油箱5中的油液在大气压力的作用下推开吸油单向阀4进入液压缸I的下腔,从而完成了一次吸油过程。接着,压下杠杆1,小活塞下移,液压缸I下腔密封容积减小,油液受到挤压,压力上升,关闭吸油单向阀4,压力油推开排油单向阀3进入液压缸II的下腔,从而推动大活塞克服重物12的重力G上升而做功。如此反复地提压杠杆1,就可以将重物12逐渐升起,从而达到起重的目的。若杠杆1不

动, 液压缸Ⅱ中的液压力使排油单向阀3关闭, 大活塞不动。当需要将大活塞放下时, 可打开截止阀8, 液压油在重力作用下经截止阀8排回油箱5, 大活塞下降到原位。

2. 磨床工作台液压传动系统的工作原理

图1.2为磨床工作台液压传动系统的工作原理图。这个系统可克服各种阻力使工作台作直线往复运动, 并且工作台的运动速度可以调节。图1.2中, 液压泵3由电动机驱动旋转, 从油箱1中吸油, 油液经过滤器2进入液压泵。当液压油从液压泵输出进入油管后, 通过节流阀4流至换向阀6。换向阀6有左、中、右3个工作位置。当换向阀的阀芯处于中位时如图1.2(a)所示, 由于所有油口P、T、A、B均封闭, 油路不通, 液压油不能进入液压缸8, 活塞9停留在某个位置上, 所以工作台10不动。此时, 液压泵输出的液压油只能在一定压力下通过溢流阀5流回油箱。

若将阀芯推到右边如图1.2(b)所示, 液压泵3输出的液压油将流经节流阀4、换向阀6的P口、A口进入液压缸8左腔, 推动活塞(和工作台)向右移动。与此同时, 液压缸右腔的油液经换向阀6的B口、T口经回油管排回油箱。

若将阀芯推到左边如图1.2(c)所示, 则液压油经P口、B口进入液压缸8右腔; 液压缸左腔的液压油经A口、T口排回油箱, 工作台向左移动。

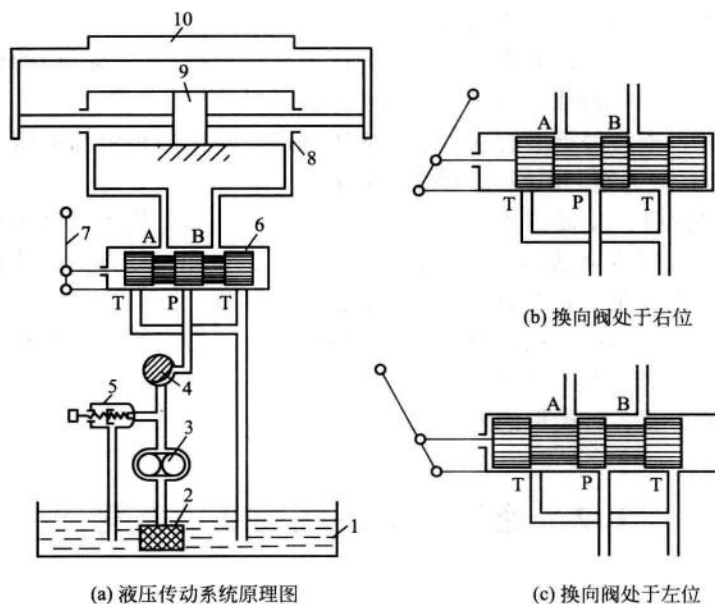


图1.2 磨床工作台液压传动系统原理图

- 1—油箱 2—过滤器 3—液压泵 4—节流阀 5—溢流阀
6—换向阀 7—手柄 8—液压缸 9—活塞 10—工作台

由此可见, 由于设置了换向阀6, 所以可改变液压油的流向, 使液压缸不断换向实现工作台的往复运动。

工作台的运动速度可通过节流阀4来调节。节流阀的作用是通过改变节流阀开口量的

大小来调节通过节流阀油液的流量,从而控制工作台的运动速度,此时,液压泵输出的多余的油液通过溢流阀 5 流回油箱。当节流阀口开大时,进入液压缸的油液增多,活塞(和工作台)移动速度增大,当节流阀口关小时,进入液压缸的油液减少,活塞(和工作台)的移动速度减小。

工作台运动时,要克服阻力,主要是磨削力和工作台与导轨之间的摩擦力等,这些阻力,由液压油的压力能来克服;要克服的阻力越大,液压缸内的油压越高;反之压力就越低。根据工作情况的不同,液压泵输出油液的压力可以通过溢流阀 5 进行调整。另外,由于节流阀有调节进入液压缸流量的作用,泵排出的油液的流量往往多于液压缸所需的流量,多余的油液经溢流阀 5 流回油箱。只有在液压泵出口处的油液对溢流阀 5 阀芯的作用力等于或略大于弹簧的预紧力时,油液才能推开阀芯流回油箱。所以,在图 1.2 所示的液压系统中,液压泵出口处的油液压力是由溢流阀决定的,它和液压缸中的压力不一样大。图 1.2 中 2 为过滤器,用于滤去油液中的杂质。

综上所述,可以得出如下结论:液压传动系统是依靠液体在密封油腔容积变化中的压力能来实现运动和动力传递的。液压传动装置从本质上讲是一种能量转换装置,它先将机械能转换为便于输送的液压能,然后再将液压能转换为机械能做功。

1.1.2 液压传动系统的组成

液压传动系统主要由以下 5 个部分组成。

(1) 动力元件。主要指各种液压泵。它的作用是把原动机(电动机)的机械能转变成油液的压力能,给液压系统提供压力油,是液压系统的动力源。

(2) 执行元件。指各种类型的液压缸、液压马达。其作用是将油液压力能转变成机械能,输出一定的力(或力矩)和速度,以驱动负载。

(3) 控制调节元件。主要指各种类型的液压控制阀,如上例中的溢流阀、节流阀、换向阀等。它们的作用是控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向,从而保证执行元件能驱动负载,并按规定的方向运动,获得规定的运动速度。

(4) 辅助装置。指油箱、过滤器、油管、管接头、压力表等。它们对保证液压系统可靠、稳定、持久的工作,具有重要作用。

(5) 工作介质。指各种类型的液压油。

1.2 液压传动系统的职能符号

图 1.2 是采用半结构式图形表示的液压系统原理图。这种原理图,直观性强,容易理解,但图形较复杂,绘制很不方便。为简化原理图的绘制,在工程实际中,除某些特殊情况外,系统中各元件一般采用国家标准规定的图形符号来表示,这些符号只表示元件的职能,不表示元件的结构和参数,通常称为职能符号。我国国家标准 GB/T 786.1—1993 规定了液压传动图形符号。

图 1.3 所示为用职能符号绘制的上述磨床工作台液压传动系统原理图。为便于读者看懂用职能符号表示的液压系统图,现将图 1.3 中出现的液压元件的职能符号介绍如下。

1. 液压泵图形符号

由一个圆加上一个实心等边黑三角来表示，三角箭头向外，表示向外输出油液。如箭头向里，则表示液压马达。图中若无斜箭头，为定量泵；若有斜箭头，则为变量泵。

2. 换向阀的图形符号

为改变油液的流动方向，换向阀阀芯的工作位置要变换，它一般可变动 2~3 个工作位置，通常简称为“位”，换向阀阀芯有几个工作位置，就称为几位阀。换向阀阀体上与外界通油的主油口数，通常简称为“通”，有几个主通油口，就称为几通。根据阀芯可变动的位置数和阀体上的通路数，可组成×位×通阀。其图形意义如下。

(1) 换向阀的工作位置用方格表示，有几个方格即表示几位阀。

(2) 方格内的箭头符号表示两个油口连通，“⊥”或“┐”表示油路关闭，这些符号在一个方格内和方格的交点数即表示阀的通路数。

(3) 方格外的符号表示阀的控制方式，控制方式有手动、机动、电动和液动等。

图 1.3 所示的换向阀称为三位四通手动换向阀。

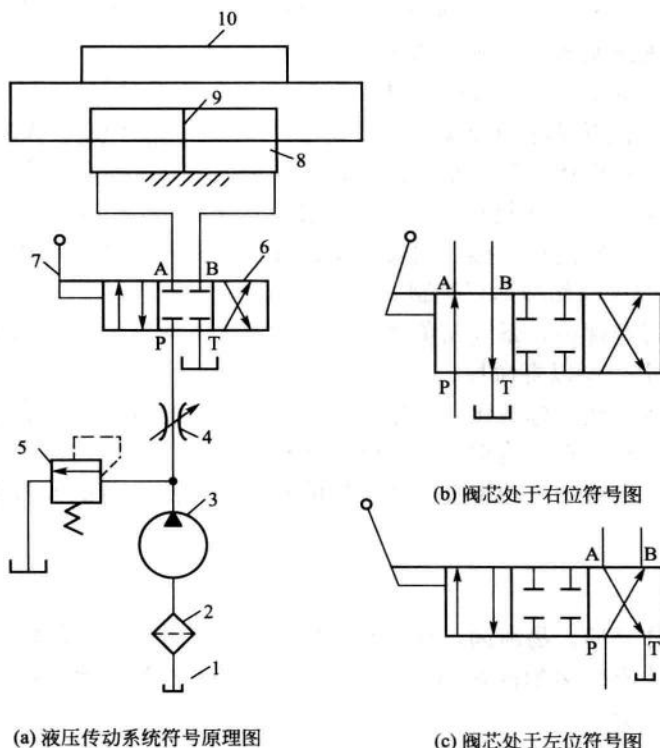


图 1.3 用图形符号绘制液压传动系统原理图

3. 溢流阀图形符号

方格相当于阀芯，方格中的箭头表示油流的主通道，两侧的直线代表进出油管。图 1.3 中的虚线表示控制油路。溢流阀就是利用控制油路的液压作用力与另一侧弹簧力相平

衡的原理进行工作的。

4. 节流阀图形符号

节流阀图形符号中的两圆弧所形成的缝隙表示节流孔道,油液通过节流孔使流量减少,图1.3中的箭头表示节流孔的大小可以改变,亦即通过该阀的流量是可以调节的。

需要说明的是,液压元件图形符号表示的是元件的常态(静止状态)或零位,未必是其工作状态。元件图形符号只表示元件的职能和连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示系统管路的具体位置和元件的安装位置。

1.3 液压传动的优缺点、应用与发展

1.3.1 液压传动的优缺点

1. 主要优点

液压传动与机械传动、电力传动和气压传动相比,主要具有下列优点。

- (1) 便于实现无级调速,调速范围比较大,可达100:1至2000:1。
- (2) 在同等功率的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑(如液压马达的重量只有同功率电机重量的10%~20%),而且能传递较大的力或扭矩。
- (3) 工作平稳、反应快、冲击小,能频繁启动和换向。液压传动装置的换向频率,回转运动每分钟可达500次,往复直线运动每分钟可达400~1000次。
- (4) 控制、调节比较简单,操纵比较方便、省力,易于实现自动化,与电气控制配合使用能实现复杂的顺序动作和远程控制。
- (5) 易于实现过载保护,系统超负载,油液经溢流阀流回油箱。由于采用油液作为工作介质,能自行润滑,所以寿命长。
- (6) 易于实现系列化、标准化、通用化,易于设计、制造和推广使用。
- (7) 易于实现回转、直线运动,且元件排列布置灵活。
- (8) 在液压传动系统中,功率损失所产生的热量可由流动着的油带走,故可避免机械本体产生过度温升。

2. 主要缺点

- (1) 液体为工作介质,易泄漏,且具有可压缩性,故难以保证严格的传动比。
- (2) 液压传动中有较多的能量损失(摩擦损失、压力损失、泄漏损失),传动效率低,所以不宜做远距离传动。
- (3) 液压传动对油温和负载变化敏感,不宜于在很低或很高温度下工作,对污染很敏感。
- (4) 液压传动需要有单独的能源(例如液压泵站),液压能不能像电能那样远距离传输。
- (5) 液压元件制造精度高、造价高,须组织专业化生产。
- (6) 液压传动装置出现故障时不易查找原因,不易迅速排除。