



全国高等教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材

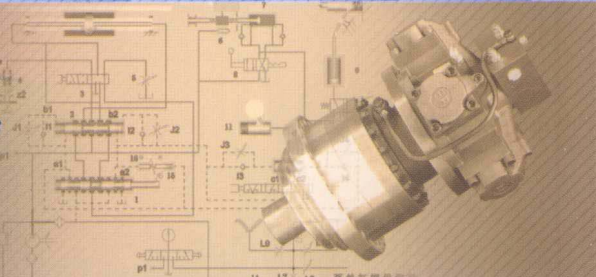
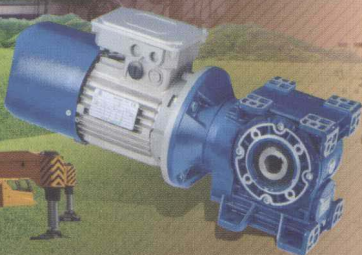
省级精品课
配套教材

液压与气压传动技术

◎ 凤鹏飞 满维龙 主编

◎ 周金霞 马东升 崔昭霞 副主编

- 液压传动的概念
- 液压传动工作原理
- 液压传动系统组成与特点
- 液压流体力学基础知识
- 液压泵和液压马达的类型、工作原理与性能参数
- 液压泵与液压马达的选用及维护
- 液压缸及辅助元件的类型、结构、选用与安装
- 液压控制元件的作用、分类与使用要求
- 液压基本回路及典型液压传动系统
- 液力传动的概念、工作原理及与液压传动的区别
- 气动元件的结构与特点
- 气动基本控制回路
- 气动系统的分析与应用
- 液压传动系统的常见故障及消除方法



- ◆ 根据最新课程改革成果和不同地区机电行业企业职业技能需求，结合多年的校企合作经验进行编写
- ◆ 按照省级精品课程建设内容要求，强化与优化基础知识，通过典型案例进行教学，突出应用技能培养
- ◆ 考虑到液力传动在现代机械中的应用越来越广，从企业实践拓展到课程教学，增加液力传动内容
- ◆ 提供免费的电子教学课件、练习题参考答案和精品课网站，以方便教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国高等教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材

省级精品课
配套教材

液压与气压传动技术

凤鹏飞 满维龙 主 编
周金霞 马东升 崔昭霞 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

本书根据教育部最新的专业与课程改革要求,在征求有关院校意见后,结合不同地区机电行业企业需求及编者多年的教学经验,按照“少而精、理论联系实际、学以致用”的原则编写。本书是在传统教学基础上进行新的课程改革和内容优化编写而成的。全书共分为三大部分:第1部分为液压传动(第1章至第6章),第2部分为液力传动(第7章),第3部分为气压传动(第8章至第11章)。本书主要内容包括液压、液力与气压传动元件的结构、工作原理及应用,液压与气压传动基本回路和典型系统的组成与分析,液压与气压传动设备的使用和维护等。在每一章后设置有实训指导和适量的思考与练习题,以巩固和强化所学的知识。书后附录为液压传动系统和液压元件的常见故障及消除方法,以供学生和工程技术人员查表处理故障。

本书为高等院校“液压与气压传动技术”课程的教材,也可作为职业院校、成人教育、自学考试、电视大学及培训班的教材,还可作为机电行业工程技术人员的参考书。

本书配有免费的电子教学课件、练习题参考答案,详见前言。

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。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术/凤鹏飞,满维龙主编. —北京:电子工业出版社,2012.9

全国高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-121-17264-9

I. ①液… II. ①凤… ②满… III. ①液压传动-高等学校-教材 ②气压传动-高等学校-教材 IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第116523号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:韩玉宏

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17 字数:435千字

印 次:2012年9月第1次印刷

定 价:33.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言



随着经济建设的快速发展,我国正逐步成为世界性制造业大国。机电设备的生产制造及应用非常广泛,对懂得液压与气压传动技术的人才需求量很大。为了给机电行业培养更多的高级技能型人才,根据教育部最新的专业与课程改革要求,在征求有关院校意见后,结合不同地区机电行业企业需求及编者多年的教学经验编写了本书。

本书按照“少而精、理论联系实际、学以致用”的原则编写,在传统教学基础上进行了新的课程改革和内容优化,主要体现以下几个方面特点。

(1) 考虑到液力传动在现代机械中的应用越来越广泛,而液力传动与靠液体压力能来传递能量的液压传动相比在原理、结构和性能上都有较大差别,本书增加了液力传动内容。本书按照液压传动、液力传动和气压传动的顺序,分别对这3个部分内容设立不同章节,让学生易于掌握和查阅。

(2) 本书系安徽省级精品课程的配套建设项目之一,按照精品课程的内容设置,强化与优化基础知识,力求准确、简练、明了;突出应用技能培养,尽量拓宽专业适用范围,使本书适合于机电类、机械制造类、汽车类、冶金类、轻工类专业。

(3) 本书本着理论联系实际的原则,在讲清传动系统和元件基本原理的基础上,突出合理、正确地应用液压传动与气压传动知识进行系统的分析与设计,还列举了大量实例,使读者对本学科知识有概括性的了解,并将对未来从事液压与气压传动设计有较大的帮助。

(4) 为了适应21世纪科技发展的需要,考虑到电子技术在液压和气压传动中的广泛应用,本书除了介绍普通元件和系统外,还注意介绍该学科国内外的最新技术和发展趋势,增加了液压伺服控制阀、电液数字控制阀及其控制等新技术内容。

(5) 本书所使用的名词术语、图形符号和单位都符合国家最新标准。

全书共分为三大部分:第1部分为液压传动(第1章至第6章),第2部分为液力传动(第7章),第3部分为气压传动(第8章至第11章)。本书主要内容包括液压、液力与气压传动元件的结构、工作原理及应用,液压与气压传动基本回路和典型系统的组成与分

析, 液压与气压传动设备的使用和维护等。在每一章后设置有实训指导和适量的思考与习题, 以巩固和强化所学的知识。书后附录为液压传动系统和液压元件的常见故障及消除方法, 以供学生和工程技术人员查表处理故障。

本书为高等院校“液压与气压传动技术”课程的教材, 也可作为职业院校、成人教育、自学考试、电视大学及培训班的教材, 还可作为机电行业工程技术人员的参考书。

本书由安徽三联学院凤鹏飞、满维龙担任主编, 由安徽三联学院周金霞、安徽文达信息工程学院马东升、内蒙古工业大学崔昭霞担任副主编, 铜陵职业技术学院范容郡、安徽三联学院刘海娟、安徽粮食工程职业学院高悦参加编写。全书由凤鹏飞统稿与定稿, 由安徽三联学院副院长李杰菊、安徽文达信息工程学院机电工程系主任陈忠建负责主审。在本书的编写过程中, 得到长源液压有限公司等合作企业工程技术人员的大力支持和帮助, 本书还参考了许多文献资料, 编者在此一并致谢。

由于编者水平有限, 书中难免存在着不少错误和不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

为了方便教师教学及学生学习, 本书配有免费的电子教学课件、练习题参考答案, 请有需要的教师登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 免费注册后再进行下载, 有问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系 (E-mail: hxedu@phei.com.cn)。读者也可通过该精品课网站 (<http://jpkc.slu.edu.cn/jpkcweb/jpkc/index.htm>) 浏览和参考更多的教学资源。



读者意见反馈表

书名: 液压与气压传动技术

主编: 凤鹏飞 满维龙

策划编辑: 陈健德

感谢您关注本书! 烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学, 十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作, 请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录, 或者寄送相关样书。

个人资料

姓名_____年龄_____联系电话_____ (办) _____ (宅) _____ (手机)
学校_____专业_____职称/职务_____
通信地址_____邮编_____E-mail_____

您校开设课程的情况为:

本校是否开设相关专业的课程 ☐ 是, 课程名称为_____ ☐ 否

您所讲授的课程是_____课时_____

所用教材_____出版单位_____印刷册数_____

本书可否作为您校的教材?

☐ 是, 会用于_____课程教学 ☐ 否

影响您选定教材的因素 (可复选):

☐ 内容 ☐ 作者 ☐ 封面设计 ☐ 教材页码 ☐ 价格 ☐ 出版社
☐ 是否获奖 ☐ 上级要求 ☐ 广告 ☐ 其他_____

您对本书质量满意的方面有 (可复选):

☐ 内容 ☐ 封面设计 ☐ 价格 ☐ 版式设计 ☐ 其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进?

☐ 内容 ☐ 篇幅结构 ☐ 封面设计 ☐ 增加配套教材 ☐ 价格

可详细填写: _____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息?

感谢您的配合, 可将本表按以下地址反馈给我们。

邮局邮寄: 北京市万寿路 173 信箱华信大厦 1104 室 职业教育分社 邮编: 100036

如果您需要了解更详细的信息或有著作计划, 请与我们联系。

电话: 010-88254585 电子邮件: chenjd@phei.com.cn

目 录



第1部分 液压传动

第1章 液压传动基础	1
1.1 液压传动的发展与定义	2
1.2 液压传动的工作原理	2
1.2.1 液压传动模型	2
1.2.2 力比、速比及功率关系	3
1.2.3 压力与负载的关系	4
1.2.4 速度与流量的关系	4
1.3 液压传动系统的组成及液压传动的特点	5
1.3.1 液压传动系统的组成	5
1.3.2 液压传动系统的图形符号	6
1.3.3 液压传动的特点	6
实训1 认识液压传动系统	8
本章小结	10
思考与练习题1	10
第2章 液压流体力学基础知识	11
2.1 液压传动油液的主要性能	12
2.1.1 密度	12
2.1.2 压缩性和热膨胀性	12
2.1.3 黏性	13
2.2 液压传动油液的选用	15
2.3 静止液体的力学规律	16
2.3.1 静压力的概念	16
2.3.2 静压力基本方程	17
2.3.3 压力的表示方法和单位	17
2.3.4 静压力对固体壁面的作用力	18
2.4 流动液体的力学规律	20
2.4.1 基本概念	20
2.4.2 流动液体的连续原理	23

2.4.3	流动液体的能量守恒原理	24
2.4.4	流动液体的动量守恒原理	26
2.5	管路内压力损失计算	27
2.5.1	沿程压力损失	28
2.5.2	局部压力损失	29
2.5.3	阀的压力损失	29
2.5.4	管路系统的总压力损失	30
2.6	孔口的流动特性	30
2.6.1	薄壁小孔	30
2.6.2	细长孔	32
2.6.3	短管型孔	32
2.7	缝隙的流动特性	32
2.7.1	平行平板缝隙流	32
2.7.2	环形缝隙流	34
2.8	液压冲击与气穴现象	35
2.8.1	液压冲击	35
2.8.2	气穴现象	37
实训2	液体观察与力学参数测量	38
本章小结		41
思考与练习题2		41
第3章	液压泵与液压马达	45
3.1	液压泵和液压马达的工作原理与性能参数	46
3.1.1	液压泵的工作原理和特点	46
3.1.2	液压泵的主要性能参数	47
3.1.3	液压马达的主要性能参数	48
3.1.4	液压泵和液压马达的类型和要求	50
3.2	齿轮泵的工作原理与性能参数	50
3.2.1	外啮合齿轮泵	50
3.2.2	内啮合齿轮泵	53
3.3	叶片泵的工作原理与性能结构	54
3.3.1	单作用叶片泵	54
3.3.2	双作用叶片泵	56
3.3.3	叶片泵的优缺点及使用	57
3.4	柱塞泵的工作原理与主要性能	57
3.4.1	径向柱塞泵	58
3.4.2	轴向柱塞泵	59
3.4.3	柱塞泵的优缺点及使用	60
3.5	液压马达的特点与工作原理	61

3.5.1 液压马达的特点及类型	61
3.5.2 液压马达的工作原理	62
3.6 液压泵与液压马达的选用及维护	63
3.6.1 液压泵的选用	63
3.6.2 液压马达的选用	64
3.6.3 液压泵的常见故障及消除	65
3.6.4 液压马达的常见故障及消除	67
实训3 液压泵的结构认识和拆装	68
本章小结	70
思考与练习题3	71
第4章 液压缸及辅助元件	72
4.1 液压缸的类型和结构	73
4.1.1 液压缸的类型和特点	73
4.1.2 液压缸的典型结构和组成	78
4.2 蓄能器的结构与容量选择	80
4.2.1 蓄能器的作用	80
4.2.2 蓄能器的结构	81
4.2.3 液压消声器	82
4.2.4 蓄能器容量的选择计算	82
4.2.5 蓄能器的安装使用	83
4.3 滤油器的类型与安装	83
4.3.1 滤油器的类型	84
4.3.2 滤油器的选用和安装	85
4.4 热交换器的工作原理	86
4.4.1 冷却器	86
4.4.2 加热器	88
4.5 油箱的结构与设计注意事项	88
4.5.1 油箱的功能	88
4.5.2 油箱的结构	88
4.5.3 设计注意事项	89
4.6 油管及管接头的选用	90
4.6.1 油管的种类与适用场合	90
4.6.2 管接头的种类与结构特点	91
4.6.3 配管注意事项	94
4.7 密封装置的要求与类型	94
4.7.1 密封装置的重要性和要求	94
4.7.2 密封装置的类型与特点	95
实训4 液压缸的拆装	97

本章小结	99
思考与练习题4	99
第5章 液压控制元件	101
5.1 液压控制阀的作用和分类	102
5.1.1 液压控制阀的作用	102
5.1.2 液压控制阀的分类	102
5.1.3 液压控制阀的使用要求	103
5.2 方向控制阀	103
5.2.1 单向阀	103
5.2.2 换向阀	105
5.3 压力控制阀	112
5.3.1 溢流阀	112
5.3.2 减压阀	115
5.3.3 顺序阀	118
5.3.4 溢流阀、减压阀、顺序阀的比较	120
5.4 流量控制阀	121
5.4.1 流量控制阀的作用和要求	121
5.4.2 流量控制原理	121
5.4.3 节流阀	122
5.4.4 调速阀	123
5.4.5 旁通式调速阀	124
5.5 液压伺服控制阀	126
5.5.1 机液伺服阀	126
5.5.2 电液伺服阀	126
5.6 电液数字控制阀	131
5.6.1 电液数字控制阀的出现及类型	131
5.6.2 增量式数字阀	132
5.6.3 脉宽调制式数字阀	133
实训5 先导式溢流阀的拆装	134
本章小结	135
思考与练习题5	136
第6章 液压基本回路及典型液压传动系统	139
6.1 方向控制回路	140
6.1.1 换向回路	140
6.1.2 锁紧回路	142
6.2 压力控制回路	143
6.2.1 调压回路	143

6.2.2 减压回路	144
6.2.3 增压回路	145
6.2.4 保压回路	146
6.2.5 平衡回路	147
6.2.6 卸荷回路	148
6.3 速度控制回路	149
6.3.1 调速回路	150
6.3.2 快速运动回路	160
6.3.3 速度换接回路	161
6.4 多执行元件控制回路	164
6.4.1 顺序动作回路	164
6.4.2 同步回路	166
6.4.3 多缸执行元件互不干扰回路	169
6.5 组合机床动力滑台液压传动系统分析	170
6.5.1 YT4543 型动力滑台液压传动系统	170
6.5.2 YT4543 型动力滑台液压传动系统工作原理	170
6.5.3 YT4543 型动力滑台液压传动系统特点	172
实训 6 TND360 数控机床的液压回路分析	172
实训 7 汽车 ABS 液压回路分析	175
本章小结	177
思考与练习题 6	177

第 2 部分 液力传动

第 7 章 液力传动	181
7.1 液力传动的概念	182
7.1.1 液力传动原理	182
7.1.2 液力传动与液压传动的区别	183
7.2 液力传动的特点	183
7.3 液力耦合器	185
7.3.1 液力耦合器的工作原理	185
7.3.2 典型液力耦合器的结构	186
7.4 液力变矩器	187
7.4.1 液力变矩器的工作原理	187
7.4.2 液力变矩器的结构	189
实训 8 汽车自动变速器的液力变矩器	191
本章小结	193
思考与练习题 7	193

第3部分 气压传动

第8章 气压传动基础	194
8.1 气压传动系统的工作原理和组成	195
8.2 压缩空气性质	196
8.2.1 压缩空气的物理性质	196
8.2.2 压缩空气的污染	198
8.2.3 空气的质量等级	198
8.3 供气系统管道	199
8.3.1 气动系统的供气系统管道的内容	199
8.3.2 供气系统管道的设计原则	199
8.4 气压传动的特点	200
本章小结	201
思考与练习题8	201
第9章 气动元件	202
9.1 气动执行元件	203
9.1.1 气缸	203
9.1.2 气马达	206
9.2 气动控制元件	208
9.2.1 压力控制阀	208
9.2.2 流量控制阀	213
9.2.3 方向控制阀	214
9.3 气动逻辑元件	218
9.3.1 气动逻辑元件的特点	218
9.3.2 高压截止式逻辑元件	218
9.4 气源装置	223
9.5 气动辅助元件	225
实训9 气动元件的认识	229
本章小结	231
思考与练习题9	231
第10章 气动基本回路	233
10.1 方向控制回路	234
10.1.1 单作用气缸换向回路	234
10.1.2 双作用气缸换向回路	234
10.2 速度控制回路	235
10.2.1 节流调速回路	235

10.2.2 快速往复运动回路	235
10.2.3 速度换接回路	236
10.2.4 缓冲回路	236
10.3 压力控制回路	236
10.3.1 调压回路	237
10.3.2 增压回路	237
10.4 其他回路	238
10.4.1 同步动作控制回路	238
10.4.2 安全保护回路	238
10.4.3 往复动作回路	239
实训 10 数控加工中心气动换刀系统分析	240
本章小结	241
思考与练习题 10	242
第 11 章 气动系统的分析与应用	243
11.1 气动机械手气压传动系统	244
11.2 加工中心刀库气压传动系统	245
11.3 数控加工中心气动换刀系统	246
11.4 门户开闭装置	247
11.5 气动夹紧系统	249
11.6 气动系统的使用与维护	250
本章小结	252
思考与练习题 11	252
附录 A 液压传动系统的常见故障及消除方法	253
附录 B 液压缸的常见故障及消除方法	256
参考文献	259



第1部分 液压传动

第1章 液压传动基础

学习目标

- 了解液压传动的发展概况和定义。
- 理解液压传动的工作原理及液压传动系统的组成。
- 理解用液压传动图形符号表达液压传动的意义。
- 熟悉液压传动的优缺点。

学习重点

1. 液压传动的起源与发展过程。
2. 压力与负载、速度与流量的关系分析。
3. 从液压千斤顶实例出发，掌握液压传动的工作原理。
4. 液压传动的优缺点分析。



1.1 液压传动的发展与定义

1. 液压传动的发展

自从 1795 年英国制造出世界上第一台水压机至今, 已经历了二百多年的历史, 但广泛应用和推广仅有六七十年。19 世纪末, 德国制造出液压龙门刨床, 美国制成液压六角车床和磨床, 但因当时没有成熟的液压元件及受制造工艺水平的限制, 液压传动技术的应用仍不普遍。“二战”期间, 一些兵器由于采用了反应快、精度高、功率大的液压传动装置, 大大提高了兵器的性能, 同时推动了液压传动技术的发展。战后, 液压传动技术迅速转向民用, 广泛地应用于机械制造、工程建设、石油化工、交通运输、军事器械、矿山冶金、航空航海、轻工业、农机、林业、渔业等行业, 在宇宙航行、海洋开发、核能建设、地震预测等新的技术领域中也得到了应用。20 世纪 60 年代后, 随着原子能、空间技术、计算机技术的发展, 液压传动技术的应用更加广泛。

目前, 该项技术正在向高压、高速、高效、大流量、大功率、低噪声、长寿命、高度集成化和模块化、高可靠性及有效污染控制的方向发展。同时, 随着计算机辅助设计、计算机仿真和优化、微机控制等技术在液压元件和液压传动系统设计中的快速应用, 又使液压传动技术的发展进入了一个新的阶段。

2. 液压传动的定义

传动机构通常分为机械传动机构、电气传动机构和流体传动机构。流体传动是以流体为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动。它包括液压传动、液力传动和气压传动。

液体传动包括液压传动和液力传动, 它们均是以液体作为工作介质来进行能量传递的传动方式。液压传动主要是利用液体的压力能来传递能量, 而液力传动则主要是利用液体的动能来传递能量。

由于液压传动有许多突出的优点, 因此, 它被广泛地应用于机械制造、工程建设、石油化工、交通运输、军事器械、矿山冶金、轻工业、农机、渔业、林业等各方面, 同时, 也被应用到航空航天、海洋开发、核能工程和地震预测等各个工程技术领域。

1.2 液压传动的工作原理

1.2.1 液压传动模型

在机械传动中, 人们利用各种机械构件来传递力和运动, 如杠杆、凸轮、轴、齿轮和皮带等。在液压传动中, 则利用没有固定形状但具有确定体积的液体来传递力和运动。图 1.1 所示为一个简化的液压传动模型。图中有两个直径不同的液压缸 2 和 4, 缸内各有一个与内壁紧密配合的活塞 1 和 5。假设活塞能在缸内自由(无摩擦力)滑动, 而液体不会通过配合面产生泄漏。缸 2、4 下腔用一管道 3 连通, 其中充满液体。这些液体是密封在缸内壁、活塞和管道组成的容积中的。如果活塞 5 上有重力为 W 的重物, 则当在活塞 1 上施加的力 F 达



到一定大小时,就能阻止重物下降,这就是说可以利用密封容积中的液体传递力。当活塞1在力 F 作用下向下运动时,重物将随之上升,这说明密封容积中的液体不但可传递力,还可传递运动。所以,液体是一种传动介质,但必须强调指出,液体必须在封闭的容器中才能起到传动的作用。这里,我们可以回想一下中学所学过的帕斯卡定律:加在密闭液体上的压强,能够大小不变地由液体向各个方向传递。

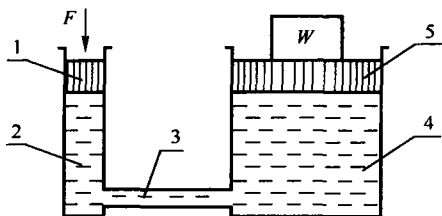


图 1.1 简化的液压传动模型

1—小活塞; 2—小液缸; 3—管道; 4—大液缸; 5—大活塞

1.2.2 力比、速比及功率关系

设图 1.1 中活塞 1、5 的面积分别为 A_1 、 A_2 , 当作用在大活塞 5 的负载为 W 、作用在小活塞 1 的作用力为 F 时, 根据帕斯卡原理, 即“在密闭容器内, 施加于静止液体上的压力将同时以等值传递到液体各点”。设缸内压力为 p , 运动摩擦力忽略不计, 则有

$$p = \frac{F}{A_1} = \frac{W}{A_2} \quad (1.1)$$

或

$$\frac{W}{F} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1.2)$$

式中 A_1 、 A_2 ——分别为小活塞和大活塞的作用面积;

F ——作用在小活塞上的力;

W ——作用在大活塞上的负载。

如果不考虑液体的可压缩性、泄漏损失和缸体、油管的变形, 设 h_1 为小活塞 1 的下降距离, h_2 为大活塞 5 的上升距离, 则被小活塞压出的液体的体积必然等于大活塞向上升起后大缸扩大的体积, 即

$$A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2 \quad (1.3)$$

将式 (1.3) 两端同除以活塞移动的时间 t , 得

$$A_1 \frac{h_1}{t} = A_2 \frac{h_2}{t}$$

$A \frac{h}{t}$ 的物理意义是单位时间内, 液体流过截面积为 A 的体积, 称为流量 q , 即

$$q = A \cdot v \quad \text{或} \quad v = \frac{q}{A} \quad (1.4)$$

因此, 得 $q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$, 即

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1.5)$$

式中 v_1 、 v_2 ——分别为小活塞和大活塞的运动速度。



使负载 W 上升所需的功率为

$$P = W \cdot v_1 = p \cdot A_2 \frac{q}{A_2} = pq \quad (1.6)$$

式中, p 的单位为 Pa (N/m²); q 的单位为 m³/s; P 的单位为 W (N·m/s)。

由此可见, 压力 p 和流量 q 是液压传动中最基本、最重要的两个参数, 它们相当于机械传动中的力和速度, 它们的乘积即为功率, 可称为液压功率。

由于计算时功率 P 的常用单位为 kW, 而压力 p 的常用单位为 MPa, 流量 q 的常用单位为 L/min, 所以还必须进行单位换算。经换算可得

$$P(\text{kW}) = \frac{p(\text{MPa}) q(\text{L/min})}{60}$$

从以上分析可知, 液压传动是以液体的压力能来传递动力的。

液体的压力是指液体在单位面积上所受的作用力, 确切地说应该是压力强度 (或压强), 工程上习惯称为压力, 单位为 Pa (N/m²)。

1.2.3 压力与负载的关系

在如图 1.1 所示的液压传动模型中, 只有大活塞上有了负载 W , 小活塞上才能施加作用力 F , 而有了负载和作用力, 才产生液体压力 p 。有了负载, 液体才会有压力, 并且压力大小取决于负载, 而与流入的流体多少无关。这是一个很重要的关系。这在后面分析液压传动系统中元件和系统的工作原理时经常要用到它。实际上, 液压传动中液体的压力相当于机械传动中机械构件的应力。机械构件的应力是取决于负载的, 同样液体的压力也是取决于负载的。机械构件在传动时可以承受拉、压、弯、剪等各种应力, 而液压传动中液体只能承受压力, 这是二者的重要区别。

1.2.4 速度与流量的关系

同样在如图 1.1 所示的模型中, 我们调节进入缸体的流量 q , 即可调节活塞的运动速度 v , 这就是液压传动能实现无级调速的基本原理, 即活塞的运动速度 (马达的转速) 取决于进入液压缸 (马达) 的流量, 而与液体压力大小无关。

压力与负载的关系及速度与流量的关系将在本门课程的学习和应用中贯穿始终, 必须熟练掌握运用。

实例 1 液压千斤顶的工作原理

液压千斤顶常用于顶升重物, 其工作原理如图 1.2 所示。实际上它是在如图 1.1 所示的模型上进一步完善而成的。当用手向下压杠杆 1 时, 小活塞 3 使小缸 2 下腔油液经管道 6、阀 7 进入大缸 9, 大活塞 8 上升, 顶起重物, 适当选择大、小活塞的直径和杠杆比, 就可以用人力顶起很重的重物。

这在实用中还需要解决两个问题: ①在杠杆上没有作用力时, 防止负载在自重作用下下降; ②负载要有足够的提升高度。为此, 增加了两个只允许油液单向流动的单向阀 4、7。单向阀 7 的存在, 使得在向上提升小活塞 3 时, 防止大缸 9 中油液经管道 6 流回小缸 2, 这就