

国家示范院校重点建设专业

机电一体化技术专业课程改革系列教材

机电系统执行器应用 ——液压与气动技术

◎ 主 编 黄均安 黄明远
◎ 副主编 蒋瑾瑾 张春来
张 萍 金 明
◎ 主 审 曹松华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家示范院校重点建设专业

机电一体化技术专业课程改革系列教材

机电系统执行器应用 ——液压与气动技术

◎ 主 编 黄均安 黄明远

◎ 副主编 蒋瑾瑾 张春来

张 萍 金 明

◎ 主 审 曹松华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是按照高职高专机电工程及相关专业培养目标的要求,以工作过程为导向,从实用的角度,避免高深的理论分析和数学运算,尽量使知识浅显易懂便于学习而编写的。全书共 11 个学习情境,主要讲述了液压传动与气压传动的基本原理、特点、使用,液压元件、液压辅件、气动元件、气动辅件的工作原理、基本结构、特点、使用和维护,常见故障及其排除方法;液压系统及气动系统基本回路及其在典型设备中的应用,常见故障及其排除,以及液压系统的基本设计方法。此外在每个学习情境后配备了相关工作任务,方便读者巩固所学知识。

本教材可作为高职高专院校机电类各专业及其他成人高校相应专业的教材,也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电系统执行器应用:液压与气动技术/黄均安,黄明远主编. — 北京:中国水利水电出版社,2010.3
(国家示范院校重点建设专业、机电一体化技术专业课程改革系列教材)
ISBN 978-7-5084-7295-9

I. ①机… II. ①黄… ②黄… III. ①液压传动—高等学校:技术学校—教材②气压传动—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第039779号

书 名	国家示范院校重点建设专业 机电一体化技术专业课程改革系列教材 机电系统执行器应用——液压与气动技术
作 者	主 编 黄均安 黄明远 副主编 蒋瑾瑾 张春来 张萍 金明 主 审 曹松华
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13印张 316千字
版 次	2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本教材是国家示范院校重点建设专业——机电一体化技术专业的课程改革成果之一。教材内容的深度和难度按照高等职业教育的特点，着重讲授理论知识在工程实践中的应用。按照突出实用性、突出理论知识的应用和有利于实践能力培养的原则，对课程内容进行了较大的调整。

《机电系统执行器应用——液压与气动技术》是机电一体化专业的一门专业必修课，具有实践性较强、与生产实际联系紧密的特点。学生学完本课程后，应达到下列目标：能较好地掌握液压与气压传动的基本概念和基础知识；能较好地掌握各类液压与气压元件的功用、组成、工作原理和应用；具有阅读并分析典型液压与气压传动系统组成、工作原理及特点的能力；根据设备要求，合理选用液压元件和气压元件，并进行简单液压与气压传动装置验算；具有初步的液压与气压传动系统调试和排故的能力。

根据改革实施方案和课程改革的基本思想，《机电系统执行器应用——液压与气动技术》在课程整体设计过程中以职业能力培养为重点，与企业合作，基于工作过程的课程开发与设计。根据专业发展需要和学生未来工作岗位所需要的知识、能力和素质的要求，本书共 11 个学习情境。编写中注重学生职业能力的训练和个性培养，力求实现学生由“会干”向“能干”的转变。

本教材由安徽水利水电职业技术学院黄均安、合肥燃气集团黄明远高工任主编，安徽水利水电职业技术学院蒋瑾瑾、张春来、张萍、金明任副主编，合肥金德电力设备公司曹松华高工任主审。全书共 11 个学习情境，由以下人员参与编写完成：学习情境 1、学习情境 2 由张春来编写，学习情境 3 由张萍编写，学习情境 4、学习情境 5 由黄明远编写，学习情境 6、学习情境 7 由黄均安编写，学习情境 8、学习情境 9 由金明编写，学习情境 10、学习情境 11 由蒋瑾瑾编写。全书由黄均安统稿。

本教材在编写过程中，得到了机电工程系专业建设团队老师和学院及兄弟部门领导的大力支持和帮助，同时还得到了合肥金德电力设备公司、合肥燃气集团等企业的积极参与和大力帮助，在此表示最诚挚的感谢。

由于时间紧，作者水平有限，本书难免有一些疏漏，不足之处在所难免，恳请广大师生和读者提出意见和建议。

编者

2010 年 1 月

前言

学习情境 1 液压与气压传动系统认知	1
1.1 机器的组成	1
1.2 液压传动的工作原理及组成	2
1.2.1 液压传动的工作原理	2
1.2.2 液压传动的组成	3
1.2.3 液压传动系统的图形符号	4
1.3 液压传动和气压传动的优缺点及应用发展	5
1.3.1 液压传动和气压传动的优缺点	5
1.3.2 液压传动技术的应用发展	6
学习情境 2 液压油的使用与维护	7
2.1 液压油	7
2.1.1 液压油的主要物理性质	7
2.1.2 液压油的种类及选用	10
2.1.3 液压油的污染和防治措施	11
2.2 液压传动的基本理论	12
2.2.1 液体的静压力及其特性	12
2.2.2 液体静力学的基本方程	13
2.2.3 压力的测量与表示方法	13
2.2.4 压力的形成与传递	14
2.2.5 液流连续性方程	15
2.2.6 伯努利方程	17
2.2.7 动量方程	19
2.3 定常管流的压力损失计算	19
2.3.1 沿程压力损失	19
2.3.2 局部压力损失	20
2.3.3 管路系统总压力损失	21
2.4 液压冲击和气穴现象	21
2.4.1 液压冲击	21
2.4.2 气穴现象	22
习题	23

学习情境 3 液压泵的拆装与结构分析	24
3.1 液压泵与液压马达的概述	24
3.1.1 容积式液压泵的工作原理及组成条件	24
3.1.2 液压泵的主要性能参数	25
3.1.3 常用液压泵的分类	27
3.2 齿轮泵	28
3.2.1 外啮合齿轮泵	28
3.2.2 内啮合齿轮泵	32
3.2.3 齿轮泵的结构特点与应用	32
3.3 叶片泵	33
3.3.1 双作用式叶片泵	33
3.3.2 单作用式叶片泵	36
3.3.3 限压式变量叶片泵	37
3.3.4 双联叶片泵和双级叶片泵	39
3.4 柱塞泵	40
3.4.1 径向柱塞泵	41
3.4.2 轴向柱塞泵	41
3.5 液压泵的选用	46
习题	46
学习情境 4 液压缸的结构分析	48
4.1 液压缸的分类和特点	48
4.1.1 活塞式液压缸	48
4.1.2 柱塞缸	50
4.1.3 其他液压缸	51
4.2 液压缸的结构	52
4.2.1 液压缸的典型结构举例	52
4.2.2 液压缸的组成	53
习题	57
学习情境 5 液压控制阀作用分析	59
5.1 液压阀的概述	59
5.1.1 液压阀的基本结构与原理	59
5.1.2 阀的分类	59
5.1.3 液压阀的性能参数	61
5.1.4 对液压阀的基本要求	61
5.2 方向控制阀	61
5.2.1 单向阀	61
5.2.2 换向阀	63
5.3 压力控制阀	70

5.3.1	溢流阀	70
5.3.2	顺序阀	73
5.3.3	减压阀	74
5.3.4	背压阀	76
5.3.5	压力继电器	76
5.3.6	压力控制阀经常出现的故障	77
5.4	流量控制阀	78
5.4.1	节流阀	78
5.4.2	调速阀	79
5.5	液压控制阀的选用	80
5.5.1	压力和流量范围	80
5.5.2	机能	80
5.5.3	压力损失	80
5.5.4	连接形式	81
5.5.5	其他注意问题	81
5.6	自动控制阀和阀的集成化配置	82
5.6.1	电液比例控制阀	82
5.6.2	电液数字控制阀	84
5.6.3	插装阀	84
	习题	88
	学习情境 6 液压辅助元件作用分析	90
6.1	密封元件	90
6.1.1	密封的分类及基本原理	90
6.1.2	几种常见的密封元件	91
6.2	过滤器	94
6.2.1	过滤器的主要性能参数	94
6.2.2	过滤器的类型	95
6.2.3	过滤器的选用	96
6.2.4	过滤器的安装	97
6.2.5	过滤器的型号	97
6.3	油箱	98
6.3.1	油箱的功用	98
6.3.2	结构和符号	98
6.4	热交换器	98
6.4.1	冷却器及符号	98
6.4.2	加热器及符号	99
6.5	蓄能器	99
6.5.1	蓄能器的类型及符号	99
6.5.2	蓄能器的选用、安装及型号	101

6.6 管件	101
6.6.1 油管	102
6.6.2 管接头	102
6.7 压力表附件	105
6.7.1 压力表	105
6.7.2 压力表开关	106
习题	106
学习情境 7 液压系统基本回路组建与调试	107
7.1 压力控制回路	107
7.1.1 调压回路	107
7.1.2 减压回路	108
7.1.3 卸荷回路	109
7.1.4 平衡回路	110
7.1.5 保压回路	110
7.2 方向控制回路	111
7.2.1 换向回路	111
7.2.2 锁紧回路	111
7.3 速度控制回路	112
7.3.1 调速回路	112
7.3.2 快速回路	118
7.3.3 换速回路	119
7.4 多缸工作控制回路	120
7.4.1 顺序动作回路	120
7.4.2 同步回路	122
7.4.3 互不干扰回路	123
习题	124
学习情境 8 典型液压传动系统分析及故障排除	126
8.1 组合机床动力滑台液压传动系统	126
8.1.1 概述	126
8.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	128
8.1.3 YT4543 型动力滑台液压系统的特点	129
8.2 液压机的液压系统	130
8.2.1 概述	130
8.2.2 YB32-200 型液压压力机液压系统工作原理	132
8.2.3 YB32-200 型液压压力机液压系统的特点	134
8.3 数控车床液压系统	135
8.3.1 概述	135
8.3.2 液压系统的工作原理	136

8.3.3 液压系统的特点	137
8.4 汽车起重机液压系统	137
8.4.1 概述	137
8.4.2 Q2-8 型汽车起重机液压系统的工作原理	138
8.4.3 Q2-8 型汽车起重机液压系统的特点	140
8.5 塑料注塑成型机液压系统	140
8.5.1 概述	140
8.5.2 SZ-250A 型注塑机液压系统的工作原理	141
8.5.3 SZ-250A 型注塑机液压系统特点	144
8.6 液压系统的安装和调试	144
8.6.1 液压系统的安装	144
8.6.2 液压系统的调试	145
8.7 液压系统的使用维护	146
8.7.1 使用时应注意的事项	146
8.7.2 设备的维护	146
8.8 液压系统故障诊断和排除	147
8.8.1 运动部件速度不够	147
8.8.2 液压系统流量不足	147
8.8.3 液压系统无压力或压力不足	148
8.8.4 液压系统产生噪声和振动	148
8.8.5 液压系统发热和油温过高	148
8.8.6 工作台爬行	149
8.8.7 压力波动及冲击的故障原因及其排除方法	149
习题	150
学习情境 9 液压系统的设计与计算	152
9.1 设计要求与运动、负载分析	152
9.1.1 明确设计要求	152
9.1.2 运动、负载分析	153
9.2 执行元件主要参数的确定	154
9.2.1 初定系统工作压力	154
9.2.2 确定执行元件的主要尺寸	155
9.2.3 绘制执行元件工况图	155
9.3 液压系统原理图的拟定	155
9.3.1 确定系统类型	156
9.3.2 选择液压基本回路	156
9.3.3 液压系统的合成	156
9.4 液压元件的计算和选择	157
9.4.1 液压泵的选择	157
9.4.2 液压阀的选择	157

9.4.3	液压辅助元件的选择	158
9.4.4	液压元件配置形式的选择	158
9.5	液压系统技术性能的验算	158
9.5.1	回路压力损失验算	158
9.5.2	系统发热温升的验算	158
9.6	绘制正式工作图和编制技术文件	159
9.6.1	绘制正式工作图	159
9.6.2	编制技术文件	159
9.7	液压系统设计计算举例	159
9.7.1	负载分析	160
9.7.2	确定液压缸的工作压力和尺寸	160
9.7.3	拟定液压系统原理图	161
9.7.4	计算和选择液压元件	162
9.7.5	液压系统技术性能验算	163
	习题	164
学习情境 10	气压元件与气动回路组建	166
10.1	气压传动概述	166
10.1.1	气压传动系统的工作原理	166
10.1.2	气压传动系统的组成	166
10.1.3	气压传动系统的优缺点	167
10.2	气源装置及辅助元件	167
10.2.1	气源装置	167
10.2.2	辅助元件	170
10.3	气动执行元件	173
10.3.1	气缸的分类	173
10.3.2	气缸的结构	174
10.3.3	气马达	175
10.4	气动控制元件	176
10.4.1	方向控制阀	176
10.4.2	压力控制阀	178
10.4.3	流量控制阀	182
10.4.4	逻辑控制阀	184
	习题	184
学习情境 11	气动回路的组建	185
11.1	气动基本回路	185
11.1.1	方向控制回路	185
11.1.2	压力控制回路	186
11.1.3	速度控制回路	186

11.1.4	顺序动作回路·····	188
11.1.5	安全保护回路·····	188
11.1.6	气液联动速度控制回路·····	189
11.2	气压传动实例·····	189
11.2.1	气液动力滑台气动系统·····	189
11.2.2	机床夹具的气动夹紧系统·····	190
11.2.3	装料装置控制系统·····	191
11.2.4	数控加工中心气动换刀系统·····	191
附录 1	液压图形符号 (GB/T 786.1—1993) ·····	193
附录 2	气动图形符号 (GB/T 786.1—1993) ·····	197

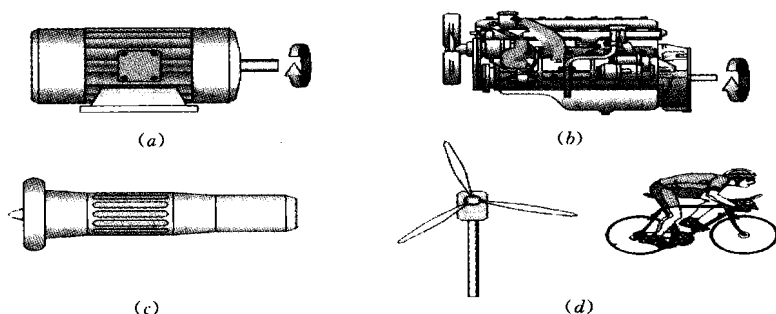


图 1.2 原动机动力装置

(a) 电动机；(b) 内燃机；(c) 燃气轮机；(d) 其他形式的机器

离心泵就是一种液力传动的设备，它就是利用叶片的旋转形成压力差，然后再利用叶轮旋转将液体传送出去，将机械能转换为液体的动能，如图 1.3 所示。

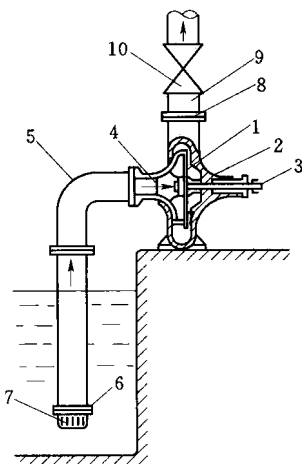


图 1.3 离心泵装置图

1—叶轮；2—泵壳；3—泵轴；4—吸入口；5—吸入管；6—单项底阀；7—滤网；
8—排出口；9—排出管；10—调节阀

1.2 液压传动的工作原理及组成

1.2.1 液压传动的工作原理

液压千斤顶是机械行业常用的工具，常用这个小型工具顶起较重的物体。下面以它为例简述液压传动的工作原理。如图 1.4 所示为液压千斤顶的工作原理图。有两个液压缸 1 和 6，内部分别装有活塞，活塞和缸体之间保持良好的配合关系，不仅活塞能在缸内滑动，而且配合面之间又能实现可靠的密封。当向上抬起杠杆时，液压缸 1 活塞向上运动，液压缸 1 下腔容积增大形成局部真空，单向阀 2 关闭，油箱 4 的油液在大气压作用下经吸油管顶开单向阀 3 进入液压缸 1 下腔，完成一次吸油动作。当向下压杠杆时，液压缸 1 活塞下移，液压缸 1 下腔容积减小，油液受挤压，压力升高，关闭单向阀 3，液压缸 1 下腔的压力油顶开单向阀 2，油液经排油管进入液压缸 6 的下腔，推动大活塞上移顶起重物。



如此不断上下扳动杠杆就可以使重物不断升起，达到起重目的。如杠杆停止动作，液压缸 6 下腔油液压力将使单向阀 2 关闭，液压缸 6 活塞连同重物一起被自锁不动，停止在举升位置。如打开截止阀 5，液压缸 6 下腔通油箱，液压缸 6 活塞将在自重作用下向下移，迅速回复到原始位置。设液压缸 1 和 6 的面积分别为 A_1 和 A_2 ，则液压缸 1 单位面积上受到的压力 $p_1 = F/A_1$ ，液压缸 6 单位面积上受到的压力 $p_2 = W/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡定律“平衡液体中某一点的压强能等值地传递到密闭液体中各点”，则有

$$p_1 = p_2 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1-1)$$

由液压千斤顶的工作原理得知，液压缸 1 与单向阀 2、3 一起完成吸油与排油，将杠杆的机械能转换为油液的压力能输出。液压缸 6 将油液的压力能转换为机械能输出，抬起重物。有了负载作用力，才产生液体压力。因此就负载和液体压力两者来说，负载是第一性的，压力是第二性的。液压传动装置本质是一种能量转换装置。在这里液压缸 6、液压缸 1 组成了最简单的液压传动系统，实现了力和运动的传递。

从液压千斤顶的工作过程，可以归纳出液压传动工作原理如下：

- (1) 液压传动是以液体（液压油）作为传递运动和动力的工作介质。
- (2) 液压传动经过两次能量转换，先把机械能转换为便于输送的液体压力能，然后把液体压力能转换为机械能对外做功。
- (3) 液压传动是依靠密封容积（或密封系统）内容积的变化来传递能量的。

工程机械的起重机、推土机，汽车起重机，注塑机，机床行业的组合机床的滑台、数控车床工件的夹紧、加工中心主轴刀具的加紧等都应用了液压系统传动的工作原理。

1.2.2 液压传动的组成

以图 1.5 所示组合机床工作台液压传动系统为例说明其组成。

液压泵 3 由电动机驱动旋转，从油箱 1 中吸油，经过滤器 2 后被液压泵吸入并输出给系统。当换向阀 6 阀芯处于图 1.5 (a) 所示位置时，压力油经阀 5、阀 6 和管道进入液压缸 7 的左腔，推动活塞向右运动。液压缸右腔的油液经管道、阀 6、管道 9 流回油箱。改变阀 6 阀芯工作位置，使之处于左端位置时，如图 1.5 (b) 所示，液压缸活塞反向运动。

工作台的移动速度是通过流量控制阀来调节的。阀口开大时，进入缸的流量较大，工作台的速度较快；反之，工作台的速度较慢。为适应克服大小不同阻力的需要，泵输出油液的压力应当能够调整。工作台低速移动时，流量控制阀开口小，泵输出多余的油液经溢流阀 4 和管道 10 流回油箱，调节溢流阀弹簧的预压力，就能调节泵输出口的油液压力。

从上面的例子可以看出，液压传动系统主要由以下 5 部分组成：

- (1) 动力元件。将机械能转换成流体压力能的装置。常见的是液压泵，为系统提供压力油液，如图 1.4 中的液压缸 1。
- (2) 执行元件。将流体的压力能转换成机械能输出的装置。它可以是作直线运动的液

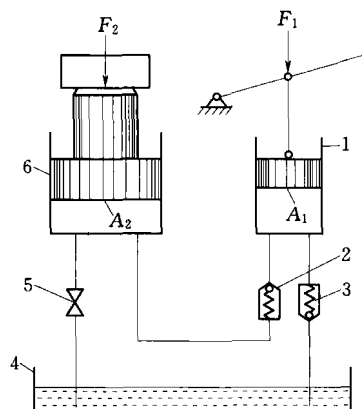


图 1.4 液压千斤顶工作原理图

- 1—小液压缸；2—排油单向阀；
3—吸油单向阀；4—油箱；
5—截止阀；6—大液压缸

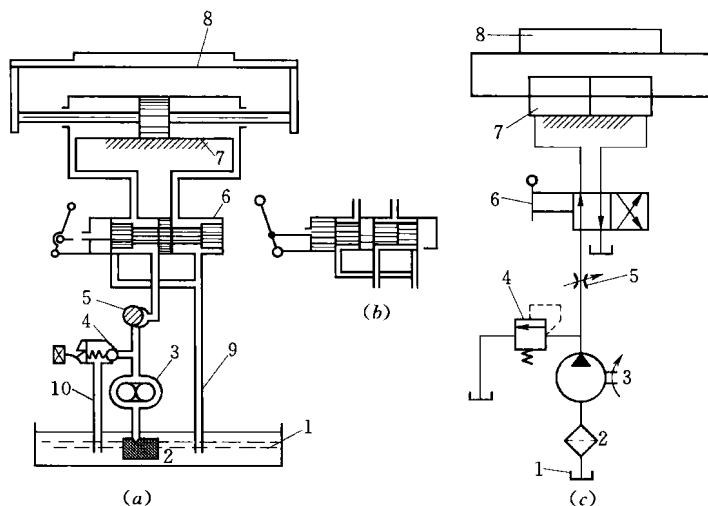


图 1.5 典型液压系统原理图

(a) 典型液压系统原理结构示意图；(b) 阀 6 阀芯位置的改变；(c) 典型液压系统原理图形符号图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—流量控制阀；

6—换向阀；7—液压缸；8—工作台；9、10—管道

压缸，也可以是作回转运动的液压马达、摆动缸，如图 1.4 中的液压缸 6 和图 1.5 中的液压缸 7。

(3) 控制元件。对系统中流体的压力、流量及流动方向进行控制和调节的装置，以及进行信号转换、逻辑运算和放大等功能的信号控制元件，如图 1.5 中的溢流阀、流量控制阀和换向阀。

(4) 辅助元件。保证系统正常工作所需的上述三种以外的装置，如图 1.5 中的过滤器、油箱和管件。

(5) 工作介质。用它进行能量和信号的传递。液压系统以液压油液作为工作介质。

图 1.5 (a) 和图 1.5 (b) 中的各个元件是半结构式图形画出来的，直观性强，易理解，但难于绘制，元件多时更是如此。在工程实际中，除某些特殊情况外，一般都用简单的图形符号绘制，如图 1.5 (c) 所示。图形符号只表示元件的功能，不表示具体结构和参数。我国制定的《液压与气动图形符号》(GB/T 786.1—1993) 见附录。

1.2.3 液压传动系统的图形符号

我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准，即《液压与气动图形符号》(GB/T 786.1—1993)。我国制订的《液压系统图图形符号》(GB/T 786.1—93) 中，对于这些图形符号有以下几条基本规定：

(1) 符号只表示元件的职能，连接系统的通路，不表示元件的具体结构和参数，也不表示元件在机器中的实际安装位置。

(2) 元件符号内的油液流动方向用箭头表示，线段两端都有箭头的，表示流动方向可逆。

(3) 符号均以元件的静止位置或中间零位置表示，当系统的动作另有说明时，可作例外。



1.3 液压传动和气压传动的优缺点及应用发展

1.3.1 液压传动和气压传动的优缺点

与机械传动和电力拖动系统相比, 液压传动具有以下优点:

(1) 液压元件的布置不受严格的空间位置限制, 系统中各部分用管道连接, 布局安装有很大的灵活性, 能构成用其他方法难以组成的复杂系统。

(2) 可以在运行过程中实现大范围的无级调速, 调速范围可达 2000 : 1。

(3) 液压传动和液气联动传递运动均匀平稳, 易于实现快速启动、制动和频繁的换向。

(4) 操作控制方便、省力, 易于实现自动控制、中远程距离控制以及过载保护。与电气控制、电子控制相结合, 易于实现自动工作循环和自动过载保护。

(5) 液压元件属机械工业基础件, 标准化、系列化和通用化程度较高, 有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本。

除此之外, 液压传动突出的优点还有单位质量输出功率大。因为液压传动的动力元件可采用很高的压力 (一般可达 32MPa, 个别场合更高), 因此, 在同等输出功率下具有体积小、质量小、运动惯性小、动态性能好的特点。

液压传动的缺点如下:

(1) 在传动过程中, 能量需经两次转换, 传动效率偏低。

(2) 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素的影响, 不能严格保证定比传动。

(3) 液压传动性能对温度比较敏感, 不能在高温下工作, 采用石油基液压油作传动介质时还需注意防火问题。

(4) 液压元件制造精度高, 系统工作过程中发生故障不易诊断。

总的来说, 液压传动的优点是主要的, 其缺点将随着科学技术的发展会不断得到克服。例如, 将液压传动与气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用, 构成气液、电液 (气)、机液 (气) 等联合传动, 以进一步发挥各自的优点, 相互补充, 弥补某些不足之处。

气压传动与液压传动相比, 气压传动有如下优点:

(1) 空气作为工作介质, 可从大气中直接汲取, 用后直接排入大气, 成本低, 不污染环境。

(2) 空气黏性小, 在管道中流动时损失小, 适用于远程传输和控制。

(3) 工作压力低, 气动元件对材质和精度的要求低, 使用寿命长, 成本低。

(4) 对工作环境的适应性好, 特别是在易燃、易爆、高尘埃、强磁、辐射及振动等恶劣环境中使用时比液压传动要安全得多。

气压传动与液压传动相比, 气压传动有如下缺点:

(1) 空气具有压缩性, 故其工作速度和工作平稳性方面不如液压传动。

(2) 工作压力低, 系统输出力小, 传动效率较低。

(3) 排气噪声大。

(4) 气压传动的信号速度限制在声速 (约 340m/s) 范围内, 故其工作频率和响应速



度不如电子装置,不宜用于信号传递速度要求较高的复杂线路中。

1.3.2 液压传动技术的应用发展

液压传动与气压传动相对于机械传动来说是一门新兴技术。从 1795 年世界上第一台水压机诞生起,已有几百年的历史,但液压传动与气压传动在工业上被广泛采用和有较大幅度的发展是 20 世纪中期以后的事情。在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油、航空和机床行业中,液压技术得到了普遍的应用。随着原子能、空间技术、电子技术等方面的发展,液压技术向更广阔的领域渗透,发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。现今,采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。如发达国家生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动。

随着液压机械自动化程度的不断提高,液压元件应用数量急剧增加,元件小型化、系统集成化是必然的发展趋势。特别是近十年来,液压技术与传感技术、微电子技术密切结合,出现了许多诸如电液比例控制阀、数字阀、电液伺服液压缸等机(液)电一体化元器件,使液压技术在高压、高速、大功率、节能高效、低噪声、使用寿命长、高度集成化等方面取得了重大进展。无疑,液压元件和液压系统的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助试验(CAT)和计算机实时控制也是当前液压技术的发展方向。

人们很早就懂得用空气作为工作介质传递动力做功,如利用自然风力推动风车、带动水车提水灌田,近代用于汽车的自动开关门、火车的自动抱闸、采矿用风钻等。因为空气作为工作介质具有防火、防爆、防电磁干扰,抗振动、冲击、辐射等优点,近年来气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁、机械工业等重工业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。和液压技术一样,当今气动技术亦发展成包含传动、控制与检测在内的自动化技术,作为柔性制造系统(FMS)在包装设备、自动生产线和机器人等方面成为不可缺少的重要手段。

由于工业自动化以及 FMS 的发展,要求气动技术以提高系统可靠性、降低总成本与电子工业相适应为目标,进行系统控制技术和机电液气综合技术的研究和开发。显然,气动元件的微型化、节能化、无油化是当前的发展特点,与电子技术相结合产生的自适应元件,如各类比例阀和电气伺服阀,使气动系统从开关控制进入到反馈控制。计算机的广泛普及与应用为气动技术的发展提供了更加广阔的前景。

任务实施:

(1) 实施条件:多媒体教学设备、液压模拟试验台。

(2) 实施说明:液压实验台观摩教学,通过教师的操作,学生的参与,师生共同对实验现象的分析,增加学生对液压传动的感性认识,激发学生学习液压传动的兴趣。

(3) 实施内容:机床工作台液压系统拆装实验。

学习情境 2 液压油的使用与维护

学习目标：液压油的主要物理性质；液压油的使用要求与选择方法；液压传动的基本理论。

学习任务：能正确选择和使用液压油。

液压传动是以液压油（通常为矿物油）作为工作介质来传递动力和信号的。因此液压油的质量（物理、化学性能）的优劣，尤其是力学性能对液压系统工作的影响很大。所以，在研究液压系统之前，必须对所用的液压油及其性能进行较深入了解，以便进一步理解液压传动的基本原理。本章将着重介绍液压流体力学的一些基础知识。

2.1 液 压 油

2.1.1 液压油的主要物理性质

2.1.1.1 密度

单位体积液体的质量称为该液体的密度。

$$\rho = m/V \quad (2-1)$$

式中： V 为体积； m 为体积为 V 的液体的质量； ρ 为液体的密度， kg/m^3 。

密度是液体一个重要的物理量参数。随着温度或压力的变化，其密度也会发生变化，但变化量一般很小，可以忽略不计。一般液压油的密度为 $900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2.1.1.2 可压缩性

液体受压力的作用而发生体积减小变化称为液体的可压缩性。若液压油中混入空气时，其可压缩性将显著增加，并将严重影响液压系统的工作性能。因此在液压系统中尽量减少油液中混入的气体及其他挥发物质（如汽油、煤油、乙醇和苯等）的含量。

2.1.1.3 黏性

1. 黏性的意义

液体在外力作用下流动时，液体分子间内聚力会阻碍分子的相对运动，即分子之间产生一种内摩擦力，这一特性称为液体的黏性。黏性是液体的重要物理特性，也是选择液压油用油的依据。

实验测定指出，液体流动时相邻液层之间的内摩擦力 F 与液层间的接触面积 A 和液层间的相对速度 du 成正比，而与液层间的距离 dy 成反比，即

$$F = \mu A \frac{du}{dy}$$

式中： μ 为比例常数，称为黏性系数或黏度； $\frac{du}{dy}$ 为速度梯度，如图 2.1 所示。