

十二五

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

液压与气压 传动技术

主编 许毅 李文峰

· 面向就业
· 能力培养
· 任务驱动
· 情景教学



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书采用以行动为导向、基于工作过程的课程开发方法进行设计,整个学习领域由若干个学习情境组成。学习情境1至学习情境8为液压传动部分,主要讲解液压与气压传动认识实训、液压传动系统的工作原理及组成、液压传动系统实例、液压系统的安装调试和故障分析等内容。学习情境9、学习情境10为气压传动部分,主要讲解气压传动系统的工作原理及组成、气压传动系统实例和气压传动系统安装调试以及故障分析等内容。为便于组织教学,在每个学习情境下设置若干典型工作任务,将学科系统化知识融入实际工作当中,学习的内容即工作,通过工作完成学习内容,真正做到“学中做,做中学”。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、成人教育学院等大专层次的机电类及相关专业教学用书,也可作为工程技术人员及工人的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术/许毅,李文峰主编. —北京:国防工业出版社,2011.2

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07190-0

I. ①液... II. ①许... ②李... III. ①液压传动
②气压传动 IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第016151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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张17½ 字数403千字

2011年2月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价33.00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

前 言

液压与气压传动技术是一门现代工业技术,是机械设备与自动化控制技术相结合的重要环节,广泛应用于各个领域。因此,液压与气压传动技术已经成为机电一体化、冶金技术、数控技术、模具制造、机械制造等专业最重要的技术基础课程之一。

在编写本书时,我们遵循的指导思想是:阐明工作原理,拓展专业知识,引入先进技术信息,强化实验实践环节,注重理论联系实际,培养学生理解、分析、应用的综合能力。在编写过程中,力求突出以下特点。

(1) 在内容编排上,注重理论联系实际,注意引用新技术成果,突出高职教育的特点,以高职学生“必须、够用”为度,力求做到少而精。

(2) 以典型工作任务为载体设计学习情境,按由简单到复杂的逻辑顺序排序,每个学习情境下设置若干工作任务,以方便教学实施。通过“任务驱动、理实一体”的设计方式,训练学生的单项技能和综合技能,并能通过任务工单及工单考核表检验、评价自己的学习成果。

(3) 由于高等职业教育的培养目标是高技能型人才,故本书突出了掌握技术、应用技术的特点,着重培养读者分析问题和解决问题的能力。

(4) 采用大量的图示和表格来说明问题,清晰明了,通俗易懂。

(5) 全面贯彻国家标准,液压与气动的图形符号严格执行现行最新的国家标准(GB/T 786.1—1993)。

本书由许毅、李文峰任主编,赵亮培任主审,杨兆举、陶希海、柳宏任副主编。许毅编写学习情境1、学习情境4和附录,柳宏编写学习情境2、学习情境3,赵亮培编写学习情境5,陶希海编写学习情境7、学习情境8,杨兆举编写学习情境6和本书的实践部分,李文峰编写学习情境9、学习情境10。全书由许毅统稿。

本书在编写过程中得到莱芜职业技术学院、泰山职业技术学院、莱芜钢铁集团等部门领导、老师的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中定有一些疏漏、欠妥之处,敬请读者批评指正。如有问题,请与张永生编辑联系,电子邮箱:zhangyongsheng100@163.com。

编 者

目 录

学习情境1 液压与气压传动技术认知	1
学习任务1 液压传动系统的工作原理及组成	1
1.1.1 液压传动的基本原理	1
1.1.2 机床工作台液压传动系统的组成	3
1.1.3 机床工作台液压传动系统的图形符号	4
学习任务2 液压传动的特点及应用	4
1.2.1 液压传动的优缺点	4
1.2.2 液压传动的应用与发展	4
实训 机床工作台模拟液压系统认知实训	5
思考和练习	6
学习情境2 液压系统的清洗与过滤	7
学习任务1 液压油的检查与更换	7
2.1.1 液压油的物理性质	7
2.1.2 对液压油的要求及选用	9
2.1.3 液压油污染及其控制	10
学习任务2 液压流体力学的基础知识	11
2.2.1 液体静力学	11
2.2.2 液体动力学	14
2.2.3 液体流动时的压力损失	18
学习任务3 液体流经孔口的压力流量特性	20
2.3.1 液体流经小孔的流量	20
2.3.2 液体流经间隙的流量	21
学习任务4 液压冲击和气穴现象	23
2.4.1 液压冲击	23
2.4.2 气穴(空穴)现象	23
实训一 液体流态实验与实训	25
实训二 液压油更换实训	26
思考和练习	30
学习情境3 液压泵的拆装及故障排除	31
学习任务1 液压泵的工作原理及相关参数	31

3.1.1	液压泵的工作原理和分类	31
3.1.2	液压泵的主要性能参数	32
学习任务2	齿轮泵的拆装及选用	34
3.2.1	外啮合齿轮泵	35
3.2.2	内啮合齿轮泵	37
3.2.3	拆装与维修齿轮泵	37
学习任务3	叶片泵的拆装及选用	39
3.3.1	单作用叶片泵	39
3.3.2	双作用叶片泵	40
3.3.3	限压式变量叶片泵	43
3.3.4	拆装与维修叶片泵	46
学习任务4	柱塞泵的拆装及选用	47
3.4.1	径向柱塞泵	47
3.4.2	轴向柱塞泵	48
3.4.3	拆装与维修柱塞泵	51
知识链接1	液压泵的常见故障及排除方法	53
3.5.1	液压泵噪声危害	53
3.5.2	液压泵其他常见故障及排除方法	54
知识链接2	液压泵的选用	54
实训	液压泵拆装实训	55
思考和练习		58
学习情境4	液压执行元件的选用及故障排除	60
学习任务1	液压缸的拆装及选用	60
4.1.1	液压缸的类型和特点	60
4.1.2	液压缸的结构	65
4.1.3	液压缸的设计计算	69
4.1.4	拆装与维修液压缸	70
学习任务2	液压马达的拆装及选用	72
4.2.1	液压马达的工作原理	72
4.2.2	拆装与维修液压马达	72
实训	液压缸拆装实训	73
思考和练习		76
学习情境5	液压调节元件的选用及故障排除	78
学习任务1	方向控制阀的拆装及应用	78
5.1.1	单向阀	78
5.1.2	换向阀	79
5.1.3	换向阀的拆装	86

学习任务2 压力控制阀的拆装及应用	86
5.2.1 溢流阀拆装及应用	87
5.2.2 减压阀拆装及应用	93
5.2.3 顺序阀拆装及应用	95
5.2.4 压力继电器拆装及应用	97
学习任务3 流量控制阀的拆装及应用	98
5.3.1 节流阀	98
5.3.2 调速阀	100
5.3.3 流量控制阀的拆装	102
学习任务4 插装阀、比例阀和叠加阀的应用	103
5.4.1 插装阀	103
5.4.2 比例阀	106
5.4.3 叠加阀	107
实训 液压阀的拆装实训	109
思考和练习	115
学习情境6 辅助液压系统	117
学习任务1 蓄能器安装与充气	117
6.1.1 蓄能器的功能及应用	117
6.1.2 蓄能器的类型与工作原理	118
6.1.3 蓄能器的选择计算	120
6.1.4 蓄能器的使用和安装	120
6.1.5 液压蓄能器的维护	121
学习任务2 过滤器清洗与更换	121
6.2.1 过滤器的作用与要求	121
6.2.2 过滤器的类型及特点	122
6.2.3 过滤器的选用和安装	124
学习任务3 液压油箱清洗	125
6.3.1 油箱的功用及类型	125
6.3.2 油箱结构	125
6.3.3 油箱的设计	126
6.3.4 油箱清洗要点	128
学习任务4 油管更换	128
6.4.1 油管	128
6.4.2 管接头	129
学习任务5 液压系统密封及排气	132
6.5.1 密封装置	132
6.5.2 液压系统排气	134
思考和练习	135

学习情境7 液压回路组装	136
学习任务1 方向控制回路组装	137
7.1.1 换向回路	137
7.1.2 闭锁回路	137
学习任务2 压力控制回路组装	138
7.2.1 调压回路	138
7.2.2 减压回路	140
7.2.3 增压回路	141
7.2.4 保压回路	142
7.2.5 卸载回路	143
7.2.6 平衡回路	144
学习任务3 速度控制回路组装	145
7.3.1 调速回路	145
7.3.2 快速回路	151
7.3.3 速度换接回路	152
学习任务4 多执行元件动作控制回路组装	154
7.4.1 顺序动作回路	154
7.4.2 同步回路	156
7.4.3 多缸快慢速互不干扰回路	158
实训一 压力控制基本回路实验与实训	159
实训二 速度控制基本回路实验与实训	160
实训三 多缸工作控制基本回路实验与实训	161
思考和练习	162
学习情境8 典型液压系统维护及调试	165
学习任务1 YT4543 型组合机床动力滑台液压系统	166
8.1.1 概述	166
8.1.2 液压系统的工作原理	167
8.1.3 液压系统的特点	168
学习任务2 M1432A 型万能外圆磨床液压系统	169
8.2.1 概述	169
8.2.2 液压系统的工作原理	169
8.2.3 液压系统的特点	172
学习任务3 数控机床液压系统	172
8.3.1 概述	172
8.3.2 液压系统的工作原理	174
8.3.3 液压系统的特点	174
学习任务4 液压系统安装、调试及故障排除	175

8.4.1	液压系统的安装	175
8.4.2	液压系统的调试	176
8.4.3	液压系统的使用和维护	177
8.4.4	液压系统的故障诊断及排除	178
知识链接	液压系统的设计与计算	182
8.5.1	明确液压系统的设计要求	182
8.5.2	分析系统工况,确定主要参数	182
8.5.3	确定液压系统方案与拟定液压系统原理图	185
8.5.4	计算和选择液压元件	187
8.5.5	验算液压系统的性能	188
8.5.6	绘制工作图与编制技术文件	189
8.5.7	液压系统设计计算举例	190
实训	Q2-8型汽车起重机液压系统分析实训	195
	思考和练习	196
学习情境9	气动元件选用及故障排除	199
学习任务1	气压传动系统的工作原理及组成	199
9.1.1	气压传动的组成及工作原理	199
9.1.2	气压传动的优缺点	200
学习任务2	气动元件工作原理及选用	201
9.2.1	气源装置及辅件	201
9.2.2	气动执行元件	211
9.2.3	气动控制元件	220
9.2.4	气动逻辑控制阀	231
实训一	气压实验台观摩实训	237
实训二	气压元件拆装实训	238
	思考和练习	238
学习情境10	气压基本回路应用及气压系统维护	239
学习任务1	气压基本回路	239
10.1.1	方向控制回路	239
10.1.2	压力控制回路	241
10.1.3	速度控制回路	242
10.1.4	其他回路	245
学习任务2	气压传动系统应用实例	247
10.2.1	工件夹紧气压传动系统	247
10.2.2	气动控制机械手	247
学习任务3	气压系统安装、调试	249
10.3.1	气动系统的安装	249

10.3.2 气动系统的调试	250
学习任务4 气压系统的使用与维护	250
10.4.1 维护保养	250
10.4.2 维修工作	252
学习任务5 气压系统的常见故障及排除方法	253
10.5.1 故障种类	253
10.5.2 常见故障分析及排除	254
实训一 单作用气缸的直接控制(全气动)	260
实训二 单作用气缸的速度控制(全气动)	261
思考和练习	262
附录1 液压图形符号(GB/T 786.1—1993)	263
附录2 气动图形符号(GB/T 786.1—1993)	268
参考文献	270

学习情境 1 液压与气压传动技术认知

J 技能目标

- (1) 能对照千斤顶、组合机床工作台等分析工作原理。
- (2) 能利用帕斯卡原理进行压力计算,能掌握液压系统各组成部分的作用。

Z 知识目标

- (1) 液压传动系统的基本原理和组成。
- (2) 液压传动的优缺点。
- (3) 液压传动的应用与发展。

Q 情感目标

- (1) 培养独立思考能力。
- (2) 培养自主学习能力。
- (3) 能够利用各种媒体查找所需资料。

X 学习任务

总任务:对液压与气压系统有初步认识,分解为以下两项任务。

学习任务1 液压传动系统的工作原理及组成

学习任务2 液压传动的特点及应用

X 相关知识

液压与气压传动技术是机械设备中发展速度最快的技术之一,特别是近年来,随着机电一体化技术的发展,与微电子、计算机技术相结合,液压与气压传动进入了一个新的发展阶段。

液压与气压传动技术是以流体—液压油液(或压缩空气)为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式,它们的工作原理基本相同。液体传动是以液体(油、合成液体)作为工作介质,利用液体的压力能来进行能量传递的传动方式,它包括液压传动和液力传动。液力传动主要利用非封闭状态下液体的动能或位能来进行工作的传动方式(如离心泵、液力变矩器等);液压传动主要利用密闭系统中的受压液体来传递运动和动力。

学习任务1 液压传动系统的工作原理及组成

1.1.1 液压传动的基本原理

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。图 1.1 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 的活塞向上运动, 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, 达到起重的目的。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 $p_1 = F_1/A_1$, 液压缸 6 单位面积上受到的压力 $p_2 = F_2/A_2$ 。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

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

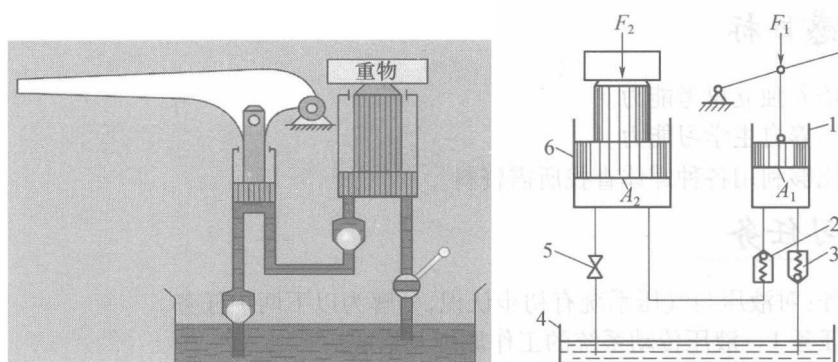


图 1.1 液压千斤顶工作原理图

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。

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、加工中心主轴的松刀和拉刀等都应用了液压系统传动的工作原理。

1.1.2 机床工作台液压传动系统的组成

以图 1.2 所示的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 1.2(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 1.2(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的阻力的需要,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。

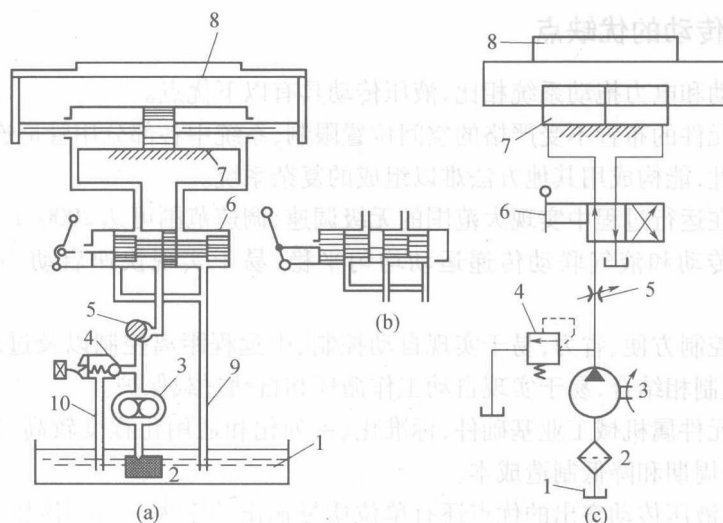


图 1.2 典型液压系统原理图

(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。

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 1.1 中的液压缸 1 所示。

(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压缸,也可以是作回转运动的液压马达、摆动缸,如图 1.1 中的液压缸 6 和图 1.2 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 1.2 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 3 种装置以外的装置,如图 1.2 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。

1.1.3 机床工作台液压传动系统的图形符号

图 1.2(a) 和图 1.2(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 1.2(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”图形符号标准 GB/T 786.1—1993 见附录。以后每介绍一类元件, 都会介绍其图形符号, 要求熟记。

学习任务 2 液压传动的特点及应用

1.2.1 液压传动的优缺点

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間位置限制, 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。

1.2.2 液压传动的应用与发展

液压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。

S 实训模块

实训 机床工作台模拟液压系统认知实训

【实训目的】

通过对机床工作台液压系统的认知,利用液压实验台进行观摩教学,使学生掌握液压传动的基本概念和基本组成,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。

【实训要点】

- (1) 液压实训室使用电、高压油等,要保证实训设备和元器件的完好性。
- (2) 要正确安装和固定液压元件。管路要连接牢固,软管脱出可能会引起事故。
- (3) 要按要求接好设备,检查无误后才能启动电动机。
- (4) 做实验时,不得在有压力的情况下拆卸油管。
- (5) 要严格遵守各种安全操作规程。

【预习要求】

液压传动的概念和工作原理;液压传动系统由哪些部分组成,这些组成部分在液压系统中的作用;液压传动的优缺点。

【实训过程】

(1) 讲解实训室液压实验台的工作原理、实验要求及设备安全操作规程。

(2) 按照机床工作台液压系统工作原理图(图 1.2(c))将所需元件安装在实验台相应位置上。与学生一起认识液压系统各组成部分。

(3) 将各组成部分按照工作原理图用油管连接完整,检查无误后,放松溢流阀,启动电动机。

(4) 观察压力表,在设备允许的压力下,调整溢流阀到规定压力范围内,操作方向控制阀,使工作台液压缸往复运动,观察液压系统各组成部分在液压传动中的作用。

(5) 学生分组讨论,按照实训要点操作实验台。

(6) 实验完成后,放松溢流阀,将电动机关闭,待回路中压力为零时拆卸元件,清理好元件并放入规定抽屉内。

【实训小结】

通过实训,使学生掌握液压传动的工作原理,掌握液压系统的基本组成部分,以及各组成部分在液压系统中的作用。实训结束后,对学生进行测试,检查和评估实训情况。

思考和练习

1-1 什么是液压传动?基本工作原理是什么?

1-2 液压传动系统由哪些部分组成?各部分的作用是什么?

1-3 液压元件在系统图中是怎样表示的?

1-4 和其他传动方式相比较,液压传动有哪些主要优点和缺点?

1-5 通过企业调研,查阅资料,写成小论文(任选一题):①液压传动技术的发展概况;②我国液压技术的发展历程。

学习情境 2 液压系统的清洗与过滤

J 技能目标

- (1) 能为液压系统选择合适的液压油。
- (2) 能利用连续性方程和伯努利方程解决实际问题。

Z 知识目标

- (1) 液压油的物理性质。
- (2) 液体动力学基础知识,即连续性方程和伯努利方程、液体流经管路的压力损失等。
- (3) 流经孔口的流量及其与压力差、孔型的关系等。

X 学习任务

总任务:掌握液压系统的清洗与过滤方法,分解为以下四项任务。

学习任务 1 液压油的检查与更换

学习任务 2 液压流体力学的基础知识

学习任务 3 液体流经孔口的压力流量特性

学习任务 4 液压冲击和气穴现象

X 相关知识

学习任务 1 液压油的检查与更换

2.1.1 液压油的物理性质

1. 液体的密度

单位体积的液体质量称为密度,通常用“ ρ ”表示:

$$\rho = m/V \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2-1)$$

式中: m 为液体质量(kg); V 为液体体积(m^3)。

2. 液体的黏性

液体在外力作用下流动时,由于液体分子间的内聚力而产生一种阻碍液体分子之间进行相对运动的内摩擦力,这一特性称为黏性,液体的黏性示意图如图 2.1 所示。

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 $F = \mu A du/dy$ 。

式中： μ 为比例常数，称为黏性系数或黏度； du/dy 为速度梯度。

如以 τ 表示液体的内摩擦切应力，即液层间单位面积上的内摩擦力，则有

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (2-2)$$

这就是牛顿的液体内摩擦定律。在流体力学中，把黏性系数 μ 不随速度梯度变化而发生变化的液体称为牛顿液体，反之称为非牛顿液体。除高黏度或含有特殊添加剂的油液外，一般液压油均可视为牛顿液体。

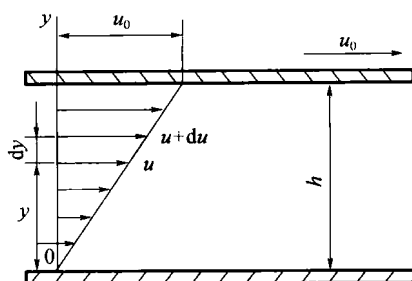


图 2.1 液体的黏性示意图

3. 黏度的分类

黏度是衡量流体黏性的指标。常用的液体黏度表示方法有 3 种，即动力黏度、运动黏度和相对黏度。

1) 动力黏度 μ

动力黏度 μ 在物理意义上讲，是当速度梯度 $du/dy = 1$ 时，单位面积上的内摩擦力的大小，即

$$\mu = \tau \frac{dy}{du} \quad (2-3)$$

它直接表示流体的黏性即内摩擦力的大小。

动力黏度的法定计量单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ($1\text{Pa} \cdot \text{s} = 1\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)。以前沿用的单位为 $\text{dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ ，又称 P(泊) ($1\text{Pa} \cdot \text{s} = 10\text{P} = 10^3\text{cP}$)。

2) 运动黏度 ν

运动黏度是动力黏度 μ 与液体密度 ρ 的比值，即 $\nu = \mu/\rho$ 。

运动黏度的单位是 m^2/s ，通常称为 St(斯)。运动黏度 ν 虽没有明确的物理意义，但习惯上用它来标志液体的黏度，工程中常用运动黏度 ν 作为液体黏度的标志。例如各种矿物油的牌号就是该种油液在 40°C 时的运动黏度 ν (单位为 cSt) 的平均值。

3) 相对黏度 $^\circ E$

相对黏度又称条件黏度。各国采用的相对黏度单位有所不同。有的用赛氏黏度，有的用雷氏黏度，我国采用恩氏黏度。

恩氏黏度和运动黏度的换算关系式为

$$\nu = \left(73.1^\circ E - \frac{6.31}{^\circ E} \right) \times 10^{-6} (\text{m}^2/\text{s}) \quad (2-4)$$

工业上常用 20°C 、 50°C 、 100°C 作为测定恩氏黏度的标准温度，其相应恩氏黏度分别用 $^\circ E_{20}$ 、 $^\circ E_{50}$ 、 $^\circ E_{100}$ 表示。

恩氏黏度与运动黏度之间，可用如下经验公式换算：

$$\text{当 } 1.35 < ^\circ E < 3.2 \text{ 时} \quad \nu = 8^\circ E - \frac{8.64}{^\circ E}$$

$$\text{当 } ^\circ E > 3.2 \text{ 时} \quad \nu = 7.6^\circ E - \frac{4}{^\circ E}$$