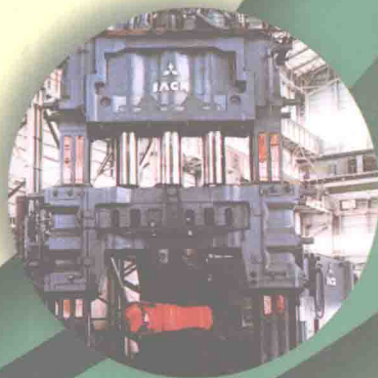




高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

液压与气动技术及应用

● 主 编 许 毅 孙 婧 孙翰英



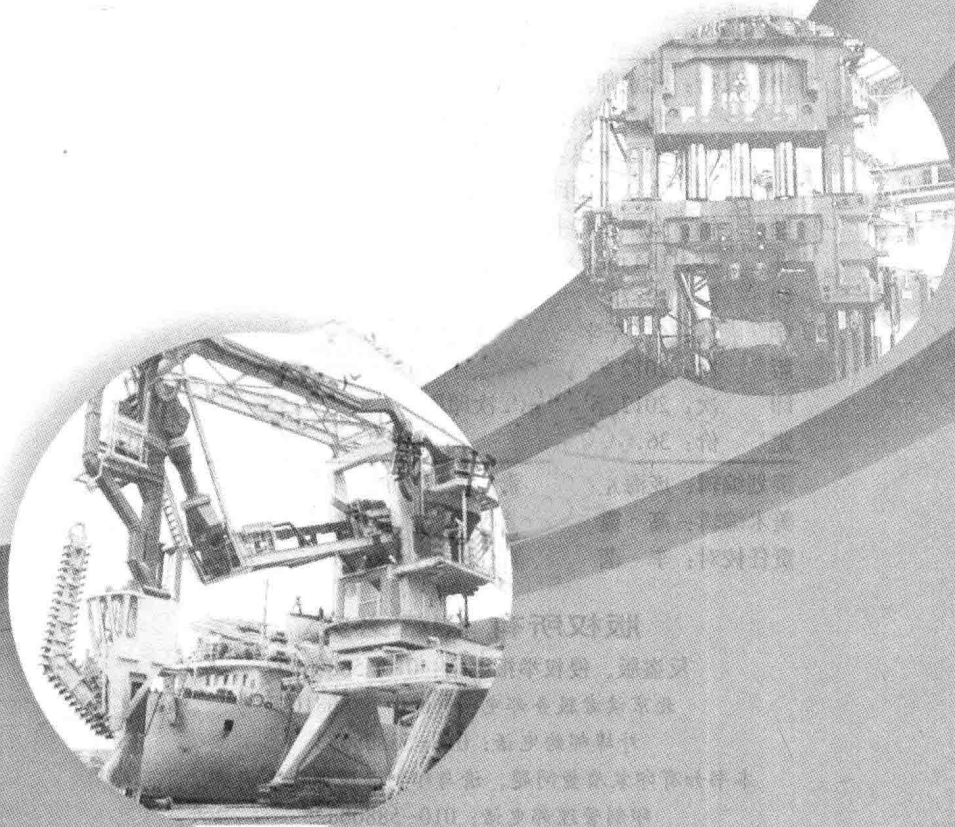
北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

液压与气动技术及应用

● 主 编 许 毅 孙 婧 孙翰英
副主编 杨兆举 赵亮培 陶希海
柳 宏 邹 猛



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术及应用 / 许毅, 孙婧, 孙翰英主编. — 北京:
北京师范大学出版社, 2012.4
(高等职业教育“十二五”规划教材)
ISBN 978-7-303-12921-8

I. ①液… II. ①许…②孙…③孙… III. ①液压传动—高等职业教育—教材②气压传动—高等职业教育—教材
IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 090309 号

营销中心电话 010-58802755 58800035
北师大出版社职业教育分社网 <http://zjfs.bnup.com.cn>
电子信箱 bsdzyjy@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 184 mm × 260 mm
印 张: 19.75
字 数: 445 千字
版 次: 2012 年 4 月第 1 版
印 次: 2012 年 4 月第 1 次印刷
定 价: 36.00 元

策划编辑: 庞海龙 责任编辑: 庞海龙
美术编辑: 高霞 装帧设计: 弓禾碧工作室
责任校对: 李 菡 责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

前言

液压与气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景,按由简单到复杂的逻辑顺序排序,每个学习情景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,故该书突出了掌握技术、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)。

本书由莱芜职业技术学院许毅、北方工业学校孙婧、淄博职业学院孙翰英任主编,莱芜职业技术学院杨兆举、赵亮培、陶希海、柳宏,莱芜钢铁集团邹猛任副主编。

限于编者的水平和经验,书中存在的错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编者
2012年3月

目 录

情境 1 液压与气压传动技术认知	1
任务 1 液压传动系统的工作原理及组成	1
任务 2 液压传动的特点及应用	4
实训 机床工作台模拟液压系统认知实训	6
思考与练习	7
情境 2 液压系统的清洗与过滤	8
任务 1 3 液压油的检查与更换	8
任务 2 液压流体力学的基础知识	13
任务 3 液体流经孔口的压力流量特性	22
任务 4 液压冲击和气穴现象	25
实训 1 液体流态实验实训	28
实训 2 液压油更换实训	30
思考与练习	33
情境 3 液压泵的拆装及故障排除	34
任务 1 液压泵的工作原理及相关参数	34
任务 2 齿轮泵的拆装及选用	38
任务 3 叶片泵的拆装及选用	43
任务 4 柱塞泵的拆装及选用	51
知识链接 1 液压泵的常见故障及排除方法	58
知识链接 2 液压泵的选用	59
实训 液压泵拆装实训	61
思考与练习	64
情境 4 液压执行元件的选用及故障排除	65
任务 1 液压缸的拆装及选用	65
任务 2 液压电动机的拆装及选用	78
实训 液压缸拆装实训	80

思考与练习	83
情境 5 液压调节元件的选用及故障排除	84
任务 1 方向控制阀的拆装及应用	84
任务 2 压力控制阀的拆装及应用	94
任务 3 流量控制阀的拆装及应用	107
任务 4 插装阀、比例阀和叠加阀的应用	112
实训 液压阀的拆装实训	120
思考与练习	125
情境 6 辅助液压系统	127
任务 1 蓄能器安装与充气	127
任务 2 过滤器清洗与更换	131
任务 3 液压油箱清洗	136
任务 4 油管更换	140
任务 5 液压系统密封及排气	144
思考与练习	148
情境 7 液压回路组装	149
任务 1 方向控制回路组装	149
任务 2 压力控制回路组装	151
任务 3 速度控制回路组装	159
任务 4 多执行元件动作控制回路组装	169
实训 1 压力控制基本回路实验实训	176
实训 2 速度控制基本回路实验实训	178
实训 3 多缸工作控制基本回路实验实训	180
思考与练习	181
情境 8 典型液压系统维护及调试	184
任务 1 YT4543 型组合机床动力滑台液压系统	185
任务 2 M1432A 型万能外圆磨床液压系统	188
任务 3 数控机床液压系统	193
任务 4 液压系统安装、调试及故障排除	195
知识链接 1 液压系统的设计与计算	203
实训 1 Q2-8 型汽车起重机液压系统分析实训	220
思考与练习	221
情境 9 气动元件选用及故障排除	225
任务 1 气压传动系统的工作原理及组成	225

任务 2 气动元件工作原理及选用	227
实训 1 气压实验台观摩实训	268
实训 2 气压元件拆装实训	269
思考与练习	269
情境 10 气压基本回路应用及气压系统维护	271
任务 1 气压基本回路	271
任务 2 气压传动系统应用实例	280
任务 3 气压系统安装、调试	283
任务 4 气压系统的使用与维护	283
任务 5 气压系统的常见故障及排除方法	287
实训 1 单作用汽缸的直接控制(全气动)	295
实训 2 单作用汽缸的速度控制(全气动)	297
思考与练习	298
附录 1 液压图形符号(GB/T 786.1—1993)	299
附录 2 气动图形符号(GB/T 786.1—1993)	305
参考文献	308

液压与气压传动技术认知



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。



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。



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。

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, 它包括液力传动和液压传动。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(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。

MISSION 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, 一般用来顶起较重的物体, 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 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 活塞将在重力作用下向下移，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 $p_2 = W/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡定律“平衡液体内某一点的压力值能等值地传递到密闭液体内各点”，则有

$$p_1 = p_2 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{W}{A_2} \tag{1-1}$$

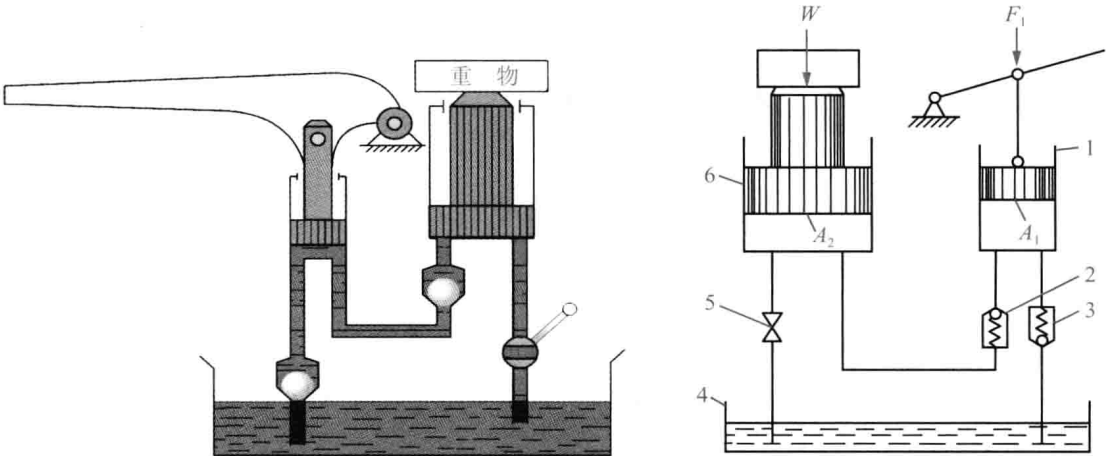


图 1.1 液压千斤顶工作原理图

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。液压传动装置本质上是一种能量转换装置。在这里液压缸 6、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中，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。

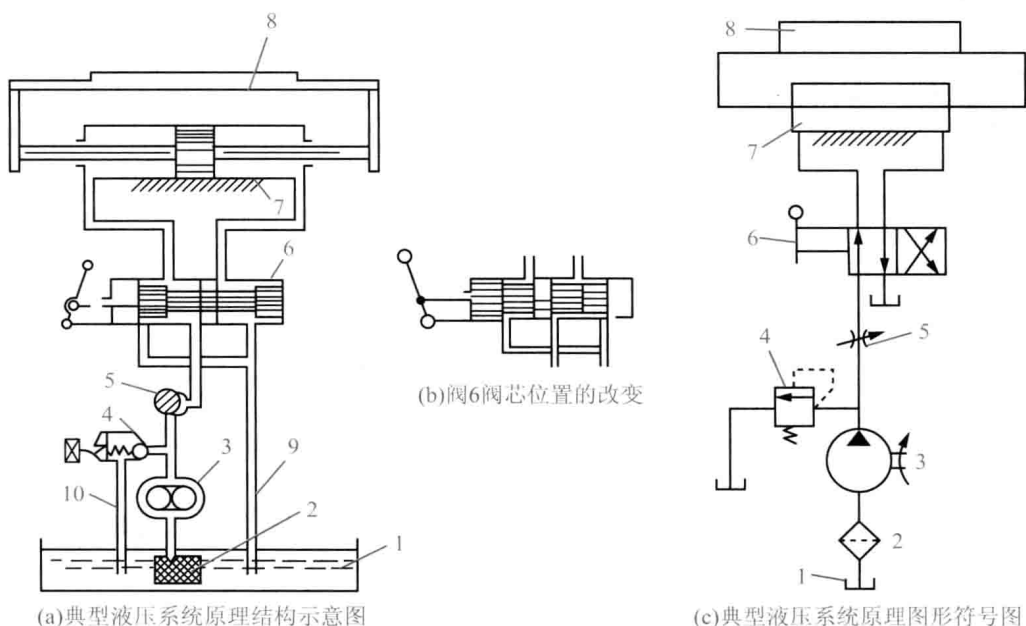


图 1.2 典型液压系统原理图

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。

(2)执行元件。将流体的压力能转换成机械能输出的装置。它可以是做直线运动的液压缸，也可以是做回转运动的液压电动机、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三种以外的装置，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)的各个元件是用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。

MISSION 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 2 000 : 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 32 MPa，个别场合更高)，因此，在同等输出功率下具有体积小、质量轻、运动惯性小、动态性能好等特点。

与机械传动和电力拖动系统相比，液压传动具有以下缺点。

(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不断得到克服。

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。如今,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。

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。

MISSION 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[见图 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。

 思考与练习

- 1-1 什么是液压传动？其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中国液压技术的发展历程。



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。



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。

MISSION 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：

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

式中： m ——液体质量， kg ；

V ——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。

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 ——比例常数，称为黏性系数或黏度； du/dy ——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。

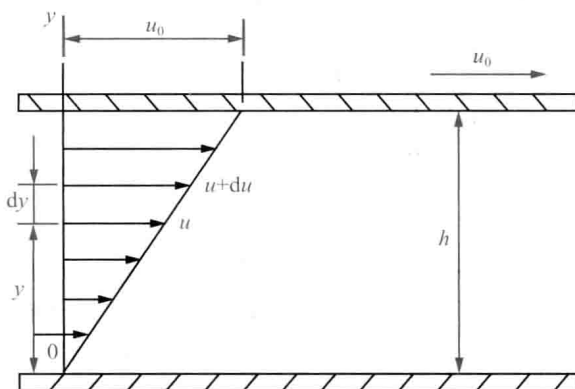


图 2.1 液体的黏性示意图

5. 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三种,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 的物理意义是当速度梯度 $du/dy = 1$ 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,但习惯上常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

$$\nu = \left(7.31^{\circ}E - \frac{6.31}{^{\circ}E} \right) \times 10^6 (\text{m}^2/\text{s}) \quad (2-4)$$

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：

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

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

4. 液体的可压缩性

液体受压力作用而体积减小的特性称为液体的可压缩性。可压缩性用体积压缩系数 κ 表示，并定义为单位压力变化下的液体体积的相对变化量。设体积为 V_0 的液体，其压力变化量为 Δp ，液体体积减小 ΔV ，则体积压缩系数 $\kappa = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V_0}$ 。

5. 其他性质

1) 压力对黏度的影响

在一般情况下，压力对黏度的影响比较小。当液体所受的压力加大时，分子之间的距离缩小，内聚力增大，其黏度也随之增大。

2) 温度对黏度的影响

液压油黏度对温度的变化是十分敏感的，当温度升高时，其分子之间的内聚力减小，黏度就随之降低。

液压油的黏度随温度变化的关系称为液压油的黏温特性。黏度随温度的变化越小越好，即黏温特性要好。黏温特性可用黏度指数 $V \cdot I$ 表示。黏度指数 $V \cdot I$ 是用被测油液黏度随温度变化的程度同标准油液黏度变化程度比较的相对值。黏度指数越高，表示流体黏度受温度的影响越小，其黏温性能越好，反之越差。对于普通的液压传动系统，一般要求 $V \cdot I \geq 90$ 。

2.1.2 对液压油的要求及选用

1. 液压油的功用

液压油的作用：传递能量和信号；润滑液压元件、减少摩擦和磨损；散热；防止锈蚀；传输、分离和沉淀杂质。

2. 对液压油的性能要求

在液压传动中，液压油既是传动介质，又兼起润滑作用，故对液压油的性能提出如下要求。