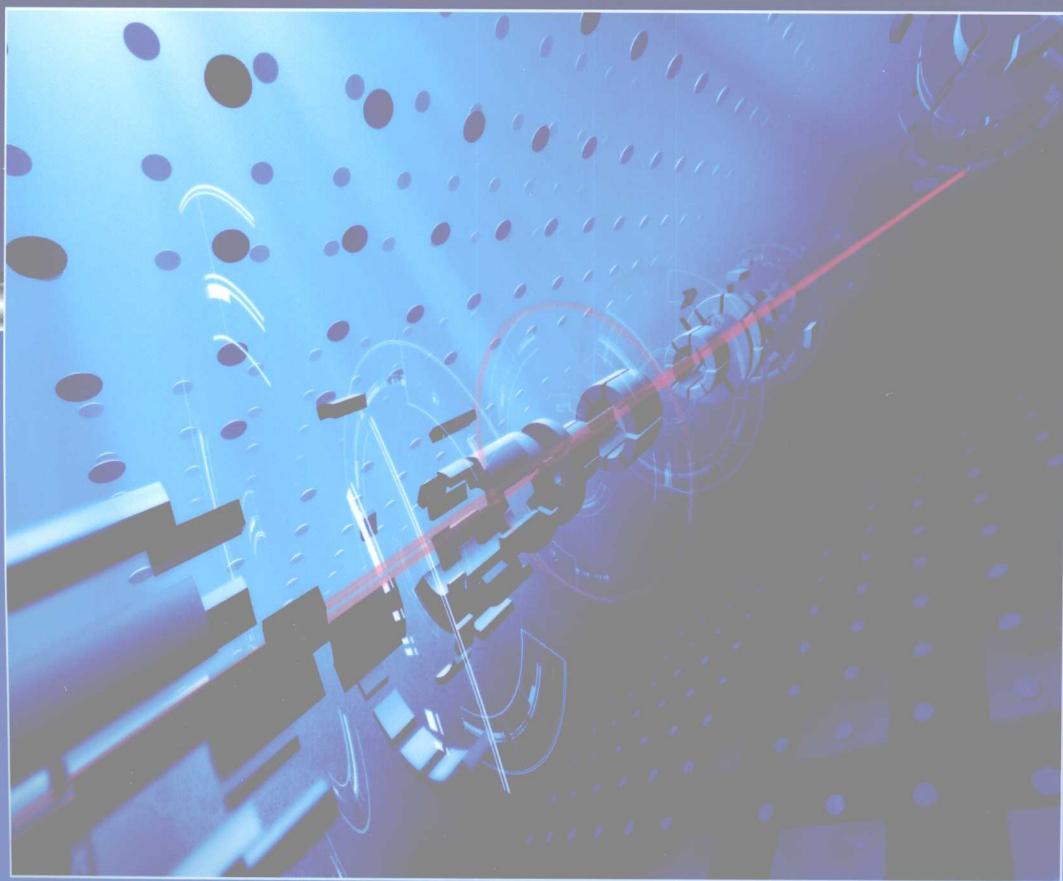


中等职业教育规划教材

机械设备 控制技术

JIXIE SHEBEI KONGZHI JISHU

赵世友 李铁军 主编



化学工业出版社

中等职业教育规划教材

机械设备控制技术

赵世友 李铁军 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：25.00元

本书主要包括机械设备系统的液压与气压传动控制和机床电气控制。教学内容以工程应用为目的,以理论适度、强化应用为重点,突出实用性和综合性,注重学生基本技能的训练和综合能力的培养。全书共分10章,内容有液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统、气压传动与控制、常用低压电器、电气控制线路的基本环节、典型电气控制系统、可编程控制器、数控机床电气控制。

本书可作为三年制和四年制中等职业院校机电类专业的教材,也可供相关专业教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设备控制技术/赵世友,李铁军主编. —北京:
化学工业出版社,2008.8
中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-122-03429-8

I. 机… II. ①赵…②李… III. 机械设备-控制系统-专业学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第112678号

责任编辑:王金生 石磊

文字编辑:徐卿华

责任校对:洪雅姝

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张12¼ 字数303千字 2008年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:23.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书是根据中等职业教育机电类专业“机械设备控制技术”教学基本要求编写的。本书编写力求符合中等职业教育机电类专业的培养目标与方向,从实际应用角度,综合液压与气动技术、电气控制技术,以机械设备控制技术为主线,充分考虑实际应用和发展现状,编写内容上以实用为主、够用为度,着重作定性分析。

在本书编写过程中,注重机械设备控制的典型性、代表性、实用性和先进性,全书的重点放在控制元件的工作原理及应用,常见故障及排除方法;在液压与气压传动控制方面介绍了系统的使用维护、安装调试、故障诊断和维修方面知识内容;在电气控制方面既介绍了继电器-接触器控制技术,还专门介绍了近年来迅速发展的可编程控制器(PLC)的原理及应用。书中的术语、图形符号均采用最新的国家标准;书中采用了较多的原理图、结构图、产品图片、系统图及表格,实现了文字、图表有机结合,达到图文并茂效果,使教材具有直观性,便于学生深入理解和掌握课程内容,以提高学习效果。

本教材教学时数为42~60学时。对书中加“*”号的部分,不同学校可根据实际情况选用。

本书由沈阳职业技术学院赵世友、沈阳市工贸学校李铁军担任主编,赵世友编写绪论及第1章、第6~8章,李铁军编写第2~5章,沈阳市装备制造工程学校康素坤编写第9、10章。

本书在编写中参考了一些科技书籍、教材和手册,在此,编者对于在本书编写中给予支持和帮助的有关同志表示衷心感谢。由于水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便修订。

编 者

2008年5月

目 录

绪论	1
第1章 液压传动基础知识	3
1.1 概述	3
1.1.1 液压传动工作原理	3
1.1.2 液压系统的组成	4
1.1.3 液压传动系统的优缺点	5
1.2 液压油	5
1.2.1 液压油的性质	6
1.2.2 液压油的选用	6
1.3 液体力学	7
1.3.1 液体的静压力	7
1.3.2 流体动力学	9
复习思考题	12
第2章 液压元件	13
2.1 液压泵和液压马达	13
2.1.1 概述	13
2.1.2 液压泵的结构	15
2.1.3 液压泵常见故障及排除方法	20
2.1.4 液压马达	21
2.2 液压缸	22
2.2.1 活塞式液压缸	23
2.2.2 其他缸	25
2.2.3 液压缸的结构分析	26
2.3 液压控制元件	28
2.3.1 压力控制阀	28
2.3.2 流量控制阀	31
2.3.3 方向控制阀	33
2.3.4 其他控制阀	39
2.4 液压辅助元件	41
2.4.1 管道及管接头	42
2.4.2 油箱	43
2.4.3 蓄能器	43
2.4.4 过滤器	45
2.4.5 密封装置	47
复习思考题	49
第3章 液压基本回路	50

3.1 压力控制回路	50
3.1.1 调压回路	50
3.1.2 减压回路	51
3.2 速度控制回路	53
3.2.1 调速回路	53
3.2.2 快速运动回路	58
3.2.3 速度换接回路	59
3.3 方向控制回路	59
3.3.1 换向回路	60
3.3.2 锁紧回路	60
3.4 多缸动作控制回路	60
3.4.1 顺序动作回路	61
3.4.2 同步回路	62
3.4.3 互不干扰回路	63
复习思考题	64
第4章 典型液压传动系统	65
4.1 组合机床动力滑台液压系统	65
4.1.1 概述	65
4.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	66
4.1.3 YT4543 型动力滑台液压系统的特点	67
4.2 压力机液压系统	68
4.2.1 液压压力机概述	68
4.2.2 YB32-200 型压力机液压系统工作原理	68
4.2.3 YB32-200 型压力机液压系统的特点	70
* 4.3 数控机床液压系统	71
4.3.1 数控车床概述	71
4.3.2 MJ50 数控车床液压系统的工作原理	72
4.3.3 MJ50 数控车床液压系统的特点	73
4.4 液压设备的使用与维护	73
4.4.1 液压设备的使用要求	73
4.4.2 液压设备的维护和保养	73
4.5 液压系统常见故障的分析和排除方法	73
4.5.1 液压系统发生故障的规律	73
4.5.2 液压系统常见故障的分析和排除方法	74
复习思考题	75
* 第5章 气压传动与控制	76
5.1 气压传动基础	76
5.1.1 气压传动的特点	76
5.1.2 气压传动系统的组成	76
5.2 气源装置及气动辅件	77
5.2.1 气源装置	77
5.2.2 气动辅件	80

5.3 气动执行元件	81
5.3.1 气缸	81
5.3.2 气动马达	83
5.4 气动控制元件	84
5.4.1 压力控制阀	84
5.4.2 流量控制阀	86
5.4.3 方向控制阀	86
5.4.4 气动逻辑元件	88
5.5 气动基本回路	90
5.5.1 方向控制回路	90
5.5.2 压力控制回路	90
5.5.3 速度控制回路	91
5.5.4 其他常用基本回路	93
5.6 气压传动系统	95
5.6.1 气动机械手气压传动系统	95
5.6.2 工件夹紧气压传动系统	96
5.6.3 气液动力滑台气压传动系统	97
5.7 气压传动系统的安装调试和故障分析	98
5.7.1 气压传动系统的安装	98
5.7.2 气动系统的调试、使用维护	98
5.7.3 气动系统的故障诊断	99
复习思考题	102
第6章 常用低压电器	103
6.1 开关与主令电器	103
6.1.1 开关	103
6.1.2 主令电器	106
6.2 熔断器	107
6.3 接触器	108
6.3.1 接触器的结构	108
6.3.2 接触器的工作原理	109
6.4 继电器	109
6.4.1 电磁式继电器	110
6.4.2 时间继电器	110
6.4.3 热继电器	111
6.4.4 速度继电器	112
6.5 低压电子电器	113
6.5.1 低压电子电器简介	113
6.5.2 低压电子电器特点	113
复习思考题	114
第7章 电气控制线路的基本环节	115
7.1 电气控制系统图	115
7.1.1 电气控制图中的图形符号和文字符号	115

7.1.2 电气原理图	115
7.1.3 电器元件布置图	116
7.1.4 电器安装接线图	117
7.2 三相异步电动机的直接启动控制电路	117
7.2.1 电动机单向运转控制电路	118
7.2.2 三相异步电动机的正反转控制电路	121
7.3 三相异步电动机降压启动控制电路	123
7.3.1 星形-三角形 (Y- Δ) 降压启动	123
7.3.2 定子绕组串电阻降压启动	124
7.3.3 自耦变压器降压启动	125
7.4 三相异步电动机制动控制线路	126
7.4.1 机械制动控制线路	126
7.4.2 电力制动控制线路	127
7.5 三相异步电动机转速控制	128
7.5.1 变极调速控制	129
7.5.2 变频调速控制	130
复习思考题	130
第8章 典型电气控制系统	132
8.1 车床的电气控制线路	133
8.1.1 车床主要结构和运动形式	133
8.1.2 车床电气原理图分析	133
8.1.3 车床电气控制线路常见故障分析	135
8.2 铣床的电气控制线路	135
8.2.1 铣床主要结构和运动形式	135
8.2.2 铣床的电气原理图分析	136
8.2.3 铣床电气控制线路常见故障分析	140
8.3 摇臂钻床的电气控制线路	141
8.3.1 摇臂钻床主要结构和运动形式	141
8.3.2 摇臂钻床的电气原理图分析	141
8.3.3 摇臂钻床电气控制线路常见故障分析	144
*8.4 组合机床的电气控制线路	144
8.4.1 组合机床主要结构和运动形式	144
8.4.2 组合机床的电气原理图分析	145
8.5 机床电气维修方法	147
8.5.1 机床电气设备的维护与保养	147
8.5.2 机床控制线路的检修	147
复习思考题	148
第9章 可编程控制器	149
9.1 概述	149
9.2 PLC 的结构及工作原理	150
9.2.1 PLC 的基本结构	150
9.2.2 PLC 的工作原理	151

9.3 PLC 的技术性能	152
9.4 CPM1A 系列小型机简介	153
9.4.1 CPM1A 的规格与型号	153
9.4.2 主机的面板结构	154
9.4.3 主要技术性能	155
9.4.4 CPM1A 的地址分配	156
9.5 可编程控制器指令系统	158
9.5.1 梯形图	158
9.5.2 CPM1A 的指令系统	159
9.6 PLC 的编程方法及编程器的使用	166
9.6.1 梯形图编程	166
9.6.2 编程器的结构和使用	168
9.6.3 PLC 的应用	171
复习思考题	172
* 第 10 章 数控机床电气控制	173
10.1 数控机床概述	173
10.2 数控机床 PLC	174
10.2.1 数控机床 PLC 的控制对象	174
10.2.2 数控机床 PLC 的形式	176
10.2.3 数控机床常用 I/O 元件	177
复习思考题	179
附录 1 常用液压与气动元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—93)	180
附录 2 电气图常用图形符号 (摘自 GB 4728—84)	183
参考文献	185

绪 论

机械设备控制技术是机械制造技术的主要内容,生产中使用的各种设备,按照规定的加工与制造工艺的动作运行都离不开设备控制技术。

现代企业的生产水平、产品质量和经济效益等各项指标,在很大程度上取决于生产设备的先进性和控制的自动化程度。机械设备种类繁多,功能各异,大都是由工作机构、传动机构、原动机和控制系统四个部分组成。实现自动控制的手段是多种多样的,可以用机械的、液压的、气动的等方法来实现自动控制,也可以用电气的方法来实现自动控制。机械设备控制主要涉及液压、气动控制技术和电气控制技术。

(1) 机械设备控制技术课程的性质与任务 机械设备控制技术课程是机械制造与控制专业的一门主干课程。其主要内容是机械制造设备的液压与气压传动控制、电气控制原理及其应用。介绍液压和机床电气控制的基本原理、实际控制线路及常见故障与排除方法,以控制元件的基本结构、作用、主要技术参数、应用范围、选用为基础,从应用角度出发,讲授上述几方面的内容,培养学生对设备控制系统进行日常维护、分析排除常见故障及正确选用常用元器件的基本能力。

本课程的主要任务如下。

① 理解液压传动的基本概念,掌握液压系统基本回路的组成及工作原理,具有阅读机械设备说明书中液压传动系统图和分析、排除系统常见故障的初步能力。

② 了解气压传动的基本知识,掌握气动基本回路的组成及工作原理,具有阅读机械设备说明书中气动系统图的能力;并具有分析、排除气动系统常见故障的初步能力。

③ 了解常用低压电器元件的结构、工作原理、用途、型号,达到能正确选择和使用的目的。

④ 掌握继电器-接触器控制线路基本组成环节的工作原理、维护常识、常见故障排除方法;具有阅读、分析一般机械设备电气控制电路图的能力,并初步具有设计简单电气控制系统的能力。

⑤ 了解可编程控制器的原理,具有使用可编程控制器的初步能力。

⑥ 了解数控机床电气控制工作原理,具有使用数控机床可编程控制器的初步能力。

(2) 机械设备控制技术的发展概况 随着科学技术的不断发展,机械设备控制技术也在不断进步。在控制方法上,主要是从手动控制到自动控制;在控制功能上,从简单到复杂;在操作规程上,由笨重到轻巧;从控制系统组成上,由单一的电气控制、液压控制和气动控制转向电、液联合控制或电、气联合控制;从控制原理上,由电气、液压、气动元件组成的硬件控制系统转向以微处理器为中心的软件控制系统。随着新的控制理论和新型电气、液压、气动元件的出现,机械设备控制技术的发展将日新月异。

自 18 世纪末,英国制成世界上第一台水压机算起,液压技术已有近 300 年的历史,但其真正的发展是在第二次世界大战后 50 余年内,在机床、工程机械、农业机械、汽车行业中逐步得到推广。近年来,液压技术得到了很大的发展,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阀、数字阀、电液伺服液压缸等机(液)电一体化元

件,使液压技术正向高压、高速、大功率、高效、低噪声、低能耗、经久耐用、高度集成化方向迅速发展。液压技术在机械设备控制技术中的作用越来越重要。

气动传动技术在科技飞速发展的当今世界,其发展更加迅速。随着工业的发展,气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁等行业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。气动技术已发展成为包含传动、控制与检测在内的自动化技术。气动元件当前发展的特点和研究方向主要是节能化、小型化、轻量化、位置控制高精度化,以及与电子技术相结合的综合控制技术。

最早的电气控制方式是采用手动控制,这种控制只能用于小型电动机。以后逐渐发展到用按钮、继电器、接触器和行程开关等电器组成的控制线路对电动机进行控制。控制设备简单,容易掌握,价格低廉,便于维修,所以得到了广泛应用。目前很多机械设备的电动机还是用这种方法控制。随着工业自动化和生产过程变动节奏的加快,电气控制逐步采用程序控制技术。所谓程序控制,就是对生产过程按预先规定的逻辑顺序自动地进行工作的一种控制。

20世纪60年代出现了由分立元件组成的顺序控制器。随着大规模集成电路的发展和微处理器技术的应用,可编程控制器(PLC)已经开始在一系列机械设备中得到应用,它集自动技术、计算机技术、通信技术于一身,具有编程灵活、功能齐全、使用方便、体积小及抗干扰能力强等一系列优点。它不但可以进行开关量控制,而且还具有逻辑和算术运算、数据传递以及对模拟量进行采集和控制的功能,为机械设备控制技术的发展开辟了广阔的前景。

第 1 章 液压传动基础知识

液压传动是利用密闭系统中的受压液体来传递运动和动力的一种传动方式。液压控制技术是研究以液体作为工作介质，利用液体压力进行能量传递和自动控制的一门技术。液压控制技术具有许多优点，被广泛地应用于机械制造、工程建筑等各个领域。特别是近年来，随着机电一体化技术的发展，与微电子、计算机技术互相结合，液压控制技术进入了一个崭新的阶段。

1.1 概述

1.1.1 液压传动工作原理

图 1-1(a) 所示为液压千斤顶的工作原理图，图 1-1(b) 是其简化模型图。液压千斤顶由液压泵和液压缸两部分构成。液压泵（手动柱塞泵）由杠杆 1、泵体 2、小活塞 3 及单向阀 5 和 7 组成。液压缸由缸体 10 和大活塞 9 组成，为确保液压千斤顶正常工作，活塞与缸体、活塞与泵体接触面之间的配合既要使活塞在缸体和泵体中移动，又要形成可靠的密封。

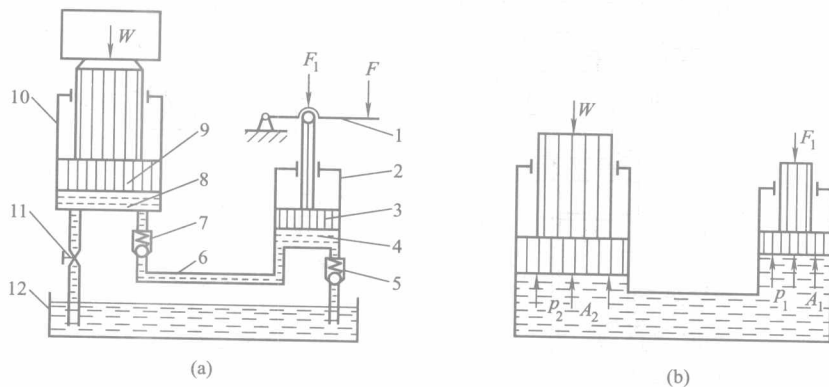


图 1-1 液压千斤顶

1—杠杆；2—泵体；3—小活塞；4,8—油腔；5,7—单向阀；
6—油管；9—大活塞；10—缸体；11—放油阀；12—油箱

液压千斤顶工作时，先关闭放油阀 11，上提杠杆 1，小活塞 3 被带动上升使油腔 4 的密封容积增大，此时单向阀 7 因受油腔 8 中的油液压力作用而关闭，使油腔 4 形成局部真空，油箱 12 中的油液在大气压力作用下，推开单向阀 5，沿着吸油管道进入油腔 4。接着下压杠杆 1，小活塞 3 下移，油腔 4 的密封容积减少，油液受到外力挤压作用而产生压力，迫使单向阀 5 关闭；当压力大于油腔 8 中的油液对单向阀 7 的作用力时，单向阀 7 打开，油腔 4 中的油液经油管 6 被压入油腔 8，迫使它的密封容积变大，从而推动大活塞 9 连同重物 (W) 一起上升。反复上提、下压杠杆 1，油液就不不断地被压入油腔 8，使大活塞 9 和重物不断上升。

若将放油阀 11 打开,油腔 8 与油箱 12 接通,油液在重物的作用下,使油腔 8 中的油液流回油箱,大活塞 9 下降并回到原位(即油腔 8 的下部)。

从液压千斤顶的工作过程可得出如下结论:液压传动是依靠密封容积的变化来传递运动,依靠油液内部的压力来传递动力的。液压传动装置实质上就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,然后将液压能转换为机械能,以驱动工作机构完成要求的各种动作。

如果将液压千斤顶中油液换成气体,就是气压传动的工作原理,且上面得到的结论也同样适用于气压传动。

1.1.2 液压系统的组成

通过对液压千斤顶的工作原理分析可以看出,液压传动系统除工作介质外,主要由动力元件、执行元件、控制调节元件和辅助元件组成。现以图 1-2 所示一个能实现工作台往复运动的典型液压控制系统为例进一步说明液压传动系统的组成及作用。图 1-2(a) 为结构图,液压泵 3 由电动机驱动旋转,从油箱 1 经过滤器 2 吸油。当换向阀 5 的阀芯处于图示位置时,液压油经阀 4、阀 5 和管道 9 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 6、阀 5 和管道 10 流回油箱。

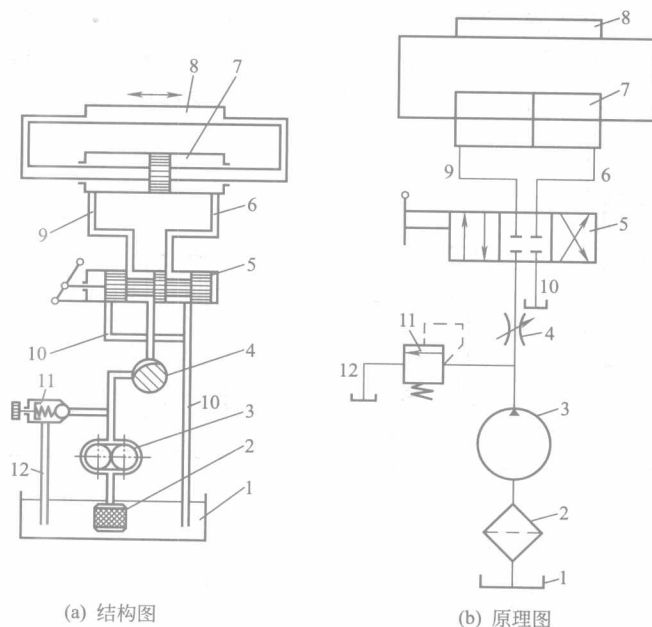


图 1-2 液压控制系统的组成

1—油箱; 2—过滤器; 3—液压泵; 4—流量控制阀; 5—换向阀;
6,9,10,12—管道; 7—液压缸; 8—工作台; 11—溢流阀

改变换向阀 5 的阀芯工作位置,液压缸活塞反向运动,以实现工作台往复运动的需要。工作台的运动速度是通过调节流量控制阀 4 的开口大小来控制的。

液压泵的輸出压力由溢流阀 11 控制,其调定压力应略高于液压缸的工作压力(其大小由负载决定),以克服负载和管路压力损失。系统中多余的油液经溢流阀 11 和管道 12 流回油箱。

从以上例子可以看出, 液压控制系统由以下五部分组成。

(1) 动力元件 即液压泵。其作用是将电动机输入的机械能转化为液压能, 为系统提供液压油, 是一种能量转化装置。

(2) 执行元件 即液压缸或液压马达。其作用是将液体的液压能转化为机械能做功, 也是一种能量转化装置。

(3) 控制元件 即各种液压控制阀。其作用是控制系统中的压力、流量和液流方向, 以保证执行元件完成预期的工作运动。

(4) 辅助装置 即油箱、油管、管接头、过滤器、压力表等。这些元件分别起储油、输油、连接、过滤、测量压力等作用, 是液压系统中不可缺少的组成部分。

(5) 工作介质 如液压油。其作用是实现运动和动力的传递。

图 1-2(a) 反映的是一种结构式的工作原理图。它虽然直观性强, 易为初学者接受, 但因图形比较复杂, 元件较多时就显得更加繁琐, 也不易绘制。为了简化液压系统的表示方法, 通常采用国家标准统一规定的图形符号来绘制液压系统原理图。图形符号只表示元件的职能, 使液压系统图简单明了, 便于阅读、分析和绘制。图 1-2(b) 即是用图形符号绘制的图 1-2(a) 的液压系统原理图。

图形符号脱离了元件的具体结构, 只表示元件的职能, 使系统图大大简化, 工作原理简单明了, 便于阅读、分析、设计和绘制。按照规定, 液压元件图形符号应以元件的静止位置或零位来表示; 液压元件无法用图形符号表达时, 仍允许采用结构式的工作原理图表示。附录 1 中部分摘录了我国目前采用的液压元(辅)件的图形符号(GB/T 786.1—93)。

1.1.3 液压传动系统的优缺点

液压传动系统与机械、电气控制系统相比较, 具有下列优缺点。

(1) 液压传动系统的优点

- ① 易于获得很大的力或力矩, 并易于控制。
- ② 易于在较大范围内实现无级调速。
- ③ 传动平稳, 便于实现频繁换向和自动防止过载。
- ④ 便于采用电液联合控制以实现自动化。
- ⑤ 各液压元件在油中工作, 润滑性好, 使用寿命长。
- ⑥ 液压元件易于实现标准化、通用化、系列化。

(2) 液压传动系统的缺点

- ① 由于泄漏及液体的可压缩性, 无法保证严格的传动比, 影响执行元件运动的准确性。
- ② 液压油对温度的变化比较敏感, 不宜在很高或很低的温度条件下工作。
- ③ 由于不可避免的泄漏及能量损失, 因而效率较低, 不宜作远距离传动。
- ④ 液压系统出现故障时, 不易查找原因。

综上所述, 液压控制技术的优点是十分突出的, 它的缺点随着科学技术和生产水平的提高正在逐步克服, 因而它在现代生产中有着广阔的应用前景。

1.2 液压油

液压油是液压传动的工作介质, 了解液压油的工作性质, 掌握其正确的选用方法, 才能保证系统可靠有效地工作。

表 1-2 为按液压泵类型推荐用油表，可供选取油液时参考。

表 1-2 按液压泵类型推荐用油表

名 称		黏度范围/(mm ² /s)		工作压力/MPa	工作温度/℃	推荐用油
		允许	最佳			
叶片泵	叶片泵 (1200r/min)	16~220	26~54	7	5~40	L ^① -HH ^② 32、L-HH46
					40~80	L-HH46、L-HH68
	叶片泵 (1800r/min)	20~220	25~54	14 以上	5~40	L-HL ^③ 32、L-HL46
					40~80	L-HL46、L-HL68
齿轮泵		4~220	25~54	12.5 以下	5~40	L-HL32、L-HL46
					40~80	L-HL46、L-HL68
				10~20	5~40	L-HL46、L-HL68
					40~80	L-HM ^④ 46、L-HM68
				16~32	5~40	L-HM32 ^⑤ 、L-HM68
					40~80	L-HM46、L-HM68
柱塞泵	径向柱塞泵	10~65	16~48	14~35	5~40	L-HM32、L-HM68
					40~80	L-HM46、L-HM68
	轴向柱塞泵	4~76	16~47	35 以上	5~40	L-HM32、L-HM68
					40~80	L-HM68、L-HM100

- ① 石油产品的总分类代号。
- ② HH 精制矿物油-无添加剂的石油型液压油。
- ③ HL 普通液压油-HH 抗氧化剂、防锈剂的石油型液压油。
- ④ HM 抗磨液压油-HL 抗磨剂的石油型液压油。
- ⑤ 数字表示工作介质的黏度等级。

1.3 液体力学

液体静力学是研究液体处于相对平衡状态下的力学规律和这些规律的实际应用。所谓“相对平衡”，是指液体内部各质点间没有相对运动，即不呈现黏性。对液体的整体可以看成是刚体在作各种运动。

1.3.1 液体的静压力

1.3.1.1 静压力

当液体处于相对静止时，液体单位面积上所受的法向力称为压力，在物理学中称为压强，通常用 p 表示。若在面积为 A 的液体上作用力为 F ，则压力的计算公式为

$$p = \frac{F}{A}$$
 (1-2)

在 SI 制中压力的单位为 Pa (N/m²)。由于 Pa 单位太小，工程上常用 kPa、MPa 表示。
1MPa=10³ kPa=10⁶ Pa

液体静压力具有下列两个特性。

- ① 液体静压力垂直于其受压平面，且方向与该面的内法线方向一致。

② 静止液体内任意点处所受到的静压力在各个方向上都相等。

1.3.1.2 压力的表示方法

压力的表示方法有两种,即绝对压力和相对压力。绝对压力是以零压力为基准的压力,相对压力是以大气压力为基准的压力。绝大多数测压仪表所测得的压力都是相对压力,所以相对压力也称为表压力。相对压力与绝对压力的关系为

$$\text{相对压力} = \text{绝对压力} - \text{大气压力}$$

当绝对压力低于大气压力时,比大气压力小的那部分数值称为真空度。即

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力}$$

绝对压力、相对压力和真空度的相对关系如图 1-3 所示。

1.3.1.3 压力的传递——帕斯卡原理

在密闭容器中的静止液体,由外力作用在液面上的压力能等值地传递到液体内部的所有各点,这就是帕斯卡原理或称为静压传递原理。

【例 1-1】 图 1-4 所示为相互连通的两个液压缸,已知大缸直径 $D=100\text{mm}$,小缸直径 $d=20\text{mm}$,大活塞上放一重物, $W=20000\text{N}$,问在小活塞上加多大的力才能使大活塞顶起重物?

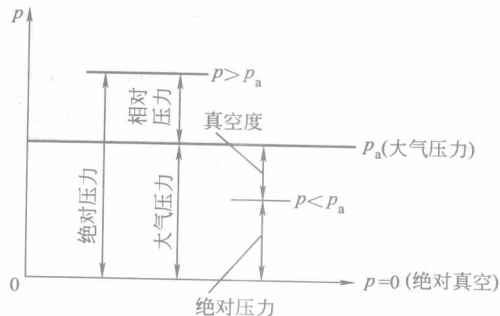


图 1-3 绝对压力、相对压力和真空度的相对关系

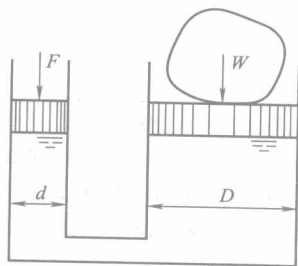


图 1-4 帕斯卡原理应用实例

解 作用在小活塞液压缸内的压力 p_1 为

$$p_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{4F}{\pi d^2}$$

作用在大活塞液压缸内的压力 p_2 为

$$p_2 = \frac{W}{A_2} = \frac{4W}{\pi D^2}$$

根据帕斯卡原理,由外力产生的压力在两缸中相等,即

$$\frac{4F}{\pi d^2} = \frac{4W}{\pi D^2}$$

故顶起重物时小活塞上应加的力为

$$F = \frac{d^2}{D^2} W = \frac{20^2}{100^2} \times 20000\text{N} = 800\text{N}$$

由例 1-1 可知,液压装置具有力的放大作用。液压压力机和液压千斤顶就是利用这个原理工作的。

1.3.1.4 液体作用在固体壁面的力

静止液体和固体壁面相接触时,固体壁面上各点在某一方向上所受静压力作用力总和,