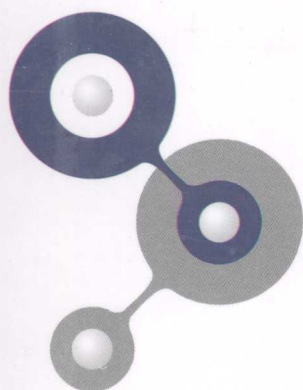




高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材



液压与气压传动

主编 刘军营
主审 陈建文



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

液压与气压传动

主 编 刘军营

副主编 贺利乐

凌智勇

主 审 陈建文

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书由液压传动和气压传动两篇及绪论,共16章组成。第一篇液压传动,主要讲述流体传动基础理论、液压泵、液压执行件、液压控制元件、液压基本回路、典型液压系统及其设计计算、现代液压控制技术基础知识;第二篇气压传动,主要讲述气压传动基础知识、气源装置及气动元件、气动基本回路与常用回路、气动逻辑系统设计和气压传动系统实例。各篇内容先后相互照应,同时又有一定的独立性。为了便于学生预习和复习,本书绝大多数章有重点、难点、学习方法、小结和习题。

本书兼顾了液压和气动元件,回路的通用性和专门化,同时考虑了液压与气动技术的传统体系和发展趋势,增加了对液压与气动行业一些较新技术成果的介绍,特别注意传授知识与培养能力之关系的并重。

本书内容精简,突出工科教学特色,注重加强学生工程技术能力的训练。

本书可作为高等学校机械类专业本科生教学用书和参考书,也可作为相关专业的学生以及工程技术人员参考用书。

★ 本书配有电子教案,有需要者可与出版社联系。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/刘军营主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2008.3

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1948 - 4

I. 液… II. 刘… III. ① 液压传动—高等学校—教材

② 气压传动—高等学校—教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 189608 号

策 划 毛红兵

责任编辑 陈 婷 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 23.375

字 数 548千字

印 数 1~4000册

定 价 34.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1948 - 4/TH · 0082

XDUP 2240001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦 力 王建中 巨永锋 孙 强 陈在平 李正明
吴 斌 杨马英 张九根 周玉国 党宏社 高 嵩
秦付军 席爱民 穆向阳

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉 李荣正 余健明
段晨东 郝润科 谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋 刘晓婷 朱建公 朱若燕 何法江 李鹏飞
麦云飞 汪传生 张功学 张永康 胡小平 赵玉刚
柴国钟 原思聪 黄惟公 赫东锋 谭继文

项目策划：马乐惠

策 划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

本书是根据 2006 年在西安召开的“机械制造工艺及设备专业和机械电子工程专业教材讨论会”精神编写的。

液压与气压传动技术是机械类专业人才必备的知识之一。“液压与气压传动”课程的任务是向学生传播液压与气压传动的基础知识,使学生掌握各种液压与气动元件的工作原理、结构、应用及选用方法,熟悉各类液压与气动基本回路的组成和应用,了解国内外先进的液压与气动技术成果。

本书在编写过程中,贯彻了少而精和理论联系实际的原则,根据液压与气动技术发展的最新动态,针对近几年各学校机械类专业知识体系变化的现实情况,着重考虑如下几个关系:

(1) 全书注重体系的基本结构,强调基本概念、基本理论和基本工程的应用;在理论综述和公式推导中,尽量精选内容,用经典例题代替一般性的文字叙述,增加例题和练习题的数量,加强学生工程技术方法的训练。

(2) 内容精简,突出工科特点,充分考虑到教学计划的变更和相关专业不同课时的要求,尽量多地采用图表,以代替论述性内容。

(3) 本书在内容上共分两篇,各篇内容先后相互照应,浑然一体,同时又有一定的独立性,可以分别选之。

(4) 采用基本理论—元件—回路—系统的构成体系,参考液压和气动技术的发展趋势,将伺服控制和比例控制的内容融入其中。

(5) 以学生为本,加强能力培养,遵照认识规律,内容叙述力求深入浅出、层次分明。

书中的元件图形符号、回路和系统原理图符合中华人民共和国标准 GB/T 786.1—1993。

本书适用于普通工科院校机械类各专业本科生,也适用于各类成人院校、自学考试等有关机械类专业的学生,亦可供从事流体传动及控制技术的工程技术人员参考。

本书由刘军营任主编,贺利乐和凌智勇任副主编,编写分工如下:

第 1、7、8 章由山东理工大学刘军营编写,第 2 章由山东理工大学李军伟编写,第 3、6、10 章由西安建筑科技大学贺利乐编写,第 4 章由山东理工大学田立超编写,第 5 章由山东理工大学许同乐和李军伟编写,第 9 章由山东理工大学刘同义编写,第 11~16 章由江苏大学凌智勇编写。

本书由东北大学陈建文博士主审。陈博士提出了许多准确而可贵的修改意见,提高了本书的编写质量,在此深表谢意。

限于编者水平,书中难免有错漏、不妥不处,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 11 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 流体传动概况	1
1.2 液压与气压传动的工作原理与组成	2
1.2.1 液压与气压传动的工作原理	2
1.2.2 液压与气压传动的组成	4
1.2.3 液压与气压传动的图形符号和系统图	4
1.3 液压与气压传动的特点及应用	6
1.3.1 液压与气压传动的特点	6
1.3.2 液压与气压传动的应用	7
小结	7
习题	8

第一篇 液 压 传 动

第2章 液压流体力学基础	9
2.1 液压传动的工作介质	10
2.1.1 液压油的性质	10
2.1.2 液压介质的使用要求和选用	14
2.2 液体静力学基础	16
2.2.1 液体静压力及特征	16
2.2.2 静力学基本方程	17
2.2.3 帕斯卡原理	18
2.2.4 液体作用于固体表面上的力	19
2.3 流体动力学基础	20
2.3.1 流动液体的基本概念	20
2.3.2 流量连续性方程	22
2.3.3 伯努利方程	23
2.3.4 动量方程	26
2.3.5 液体流动时的压力损失	27
2.3.6 液体流经小孔的流量	32
2.3.7 液体流经缝隙的流量	34
2.4 液压冲击和气穴现象	37
2.4.1 液压冲击	37
2.4.2 气穴现象	39
小结	40
习题	40

第3章 液压泵和液压马达	43
3.1 概述	43
3.1.1 液压泵和液压马达的工作原理	43
3.1.2 液压泵和液压马达的主要性能参数	44
3.2 齿轮泵和齿轮马达	45
3.2.1 外啮合齿轮泵	46
3.2.2 内啮合齿轮泵	50
3.2.3 螺杆泵	50
3.2.4 齿轮马达	51
3.3 叶片泵和叶片马达	52
3.3.1 叶片泵	52
3.3.2 叶片马达	56
3.4 柱塞泵和柱塞马达	58
3.4.1 柱塞泵	58
3.4.2 柱塞马达	66
3.5 液压泵和液压马达的选择与应用	70
3.5.1 液压泵的选择	70
3.5.2 液压马达的选择	71
3.5.3 液压泵和液压马达的使用	72
小结	72
习题	74
第4章 液压缸	75
4.1 概述	75
4.1.1 液压缸的工作原理	75
4.1.2 液压缸的类型与图形符号	76
4.2 液压缸的典型结构	78
4.2.1 活塞式液压缸	78
4.2.2 柱塞式液压缸	80
4.2.3 伸缩套筒缸	81
4.2.4 增压液压缸	82
4.2.5 齿条活塞式液压缸	83
4.2.6 摆动式液压缸	83
4.3 液压缸的设计	84
4.3.1 液压缸主要参数的设计计算	84
4.3.2 液压缸的强度计算与校核	86
小结	88
习题	88
第5章 液压控制阀	89
5.1 概述	89
5.1.1 液压控制阀的类型	89
5.1.2 液压控制阀的共同点和使用要求	90
5.2 方向控制阀	91

5.2.1 单向阀	91
5.2.2 换向阀	95
5.3 压力控制阀	104
5.3.1 溢流阀	104
5.3.2 减压阀	110
5.3.3 顺序阀	112
5.3.4 压力继电器	113
5.4 流量控制阀	114
5.4.1 节流阀	115
5.4.2 调速阀	118
5.4.3 溢流节流阀	120
5.4.4 分流—集流阀	121
5.5 插装阀	124
5.5.1 插装阀的结构与工作原理	124
5.5.2 插装阀的功能	126
5.6 多路换向阀	127
5.6.1 多路换向阀的类型与机能	127
5.6.2 多路换向阀的结构	127
小结	128
习题	128
第6章 液压系统的辅助装置	132
6.1 蓄能器	132
6.1.1 蓄能器的作用	132
6.1.2 蓄能器的工作原理	133
6.1.3 蓄能器的分类及特点	134
6.1.4 蓄能器的容量计算	135
6.1.5 蓄能器的使用和安装	136
6.2 过滤器	136
6.2.1 过滤器的作用与种类	136
6.2.2 过滤器的结构	137
6.2.3 过滤器的选择与安装	139
6.3 密封与密封元件	140
6.3.1 密封的作用与要求	140
6.3.2 密封元件的种类及特点	140
6.4 管件	145
6.4.1 油管	145
6.4.2 管接头	149
6.5 油箱与热交换器及仪表附件	152
6.5.1 油箱	152
6.5.2 冷却器	153
6.5.3 加热器	154
6.5.4 仪表附件	155
小结	155

习题	156
第7章 液压基本回路	157
7.1 压力控制回路	157
7.1.1 调压回路	157
7.1.2 减压回路	159
7.1.3 保压回路	160
7.1.4 增压回路	162
7.1.5 平衡回路	162
7.1.6 卸荷回路	164
7.2 速度控制回路	166
7.2.1 节流调速回路	166
7.2.2 容积调速回路	173
7.2.3 容积节流调速回路	179
7.2.4 快速回路和速度换接回路	181
7.3 方向控制回路	185
7.3.1 换向回路	185
7.3.2 制动回路	186
7.3.3 锁紧回路和往复直线运动换向回路	187
7.4 多执行元件控制回路	189
7.4.1 顺序动作回路	190
7.4.2 同步回路	192
7.4.3 互不干扰回路	194
7.5 液压系统回路的操纵控制方式	195
小结	196
习题	197
第8章 现代液压控制技术基本知识	200
8.1 概述	200
8.2 伺服阀与伺服控制系统	202
8.2.1 伺服阀	202
8.2.2 液压伺服控制系统	210
8.3 比例阀与比例控制系统	214
8.3.1 比例阀的工作原理和类型	215
8.3.2 比例阀的选用	216
8.3.3 比例控制系统	216
8.4 电-液数字控制阀	217
8.4.1 电-液数字控制阀的工作原理	217
8.4.2 电-液数字控制阀的典型结构	218
8.5 微机-液压控制系统简介	219
小结	221
习题	221
第9章 典型液压系统分析	222
9.1 液压系统的分类和分析方法	222

9.2 组合机床动力滑台液压系统	223
9.2.1 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	224
9.2.2 YT4543 型动力滑台液压系统的特点	226
9.3 塑料注射成型机液压系统	226
9.3.1 SZ-250A 型注射成型机液压系统的工作原理	227
9.3.2 SZ-250A 型注射成型机液压系统的特点	230
9.4 液压压力机液压系统	230
9.4.1 YA32-200 型液压压力机液压系统的工作原理	230
9.4.2 YA32-200 型液压压力机液压系统的特点	233
9.5 汽车起重机液压系统	234
9.5.1 Q2-8 汽车起重机液压系统的工作原理	234
9.5.2 Q2-8 汽车起重机液压系统的特点	236
小结	236
第 10 章 液压系统的设计计算	237
10.1 液压系统的设计步骤	237
10.1.1 液压系统的设计要求与工况分析	237
10.1.2 液压系统的设计方案	240
10.1.3 液压系统的计算与元件选择	242
10.1.4 液压系统的校核	245
10.1.5 绘制液压系统工作图和编写技术文件	247
10.2 液压系统设计实例	247
10.3 液压系统的安装、使用与维护	254
10.3.1 液压元件的清洗与安装	254
10.3.2 液压系统的压力试验与调试	255
10.3.3 液压系统的使用与维护	257
小结	258
习题	258

第二篇 气压传动

第 11 章 气压传动基础知识	260
11.1 空气的物理性质	260
11.1.1 空气的组成	260
11.1.2 空气的密度与黏度	261
11.1.3 空气的压缩性与膨胀性	262
11.1.4 空气的湿度与析水量	262
11.2 理想气体状态方程式	264
11.2.1 理想气体的状态方程	264
11.2.2 其它状态变化过程	264
11.3 气体的流动规律	266
11.3.1 气体流动基本方程	266
11.3.2 声速与马赫数	267

11.3.3 气体在管道中的流动特性	268
11.3.4 气体元件的流通能力	268
11.3.5 气体元件的充气与放气	269
小结	271
习题	271
第 12 章 气源系统及元件	273
12.1 气源系统	273
12.1.1 气源装置	273
12.1.2 气体净化装置	276
12.1.3 管道系统	279
12.2 压缩空气的调整元件	281
12.2.1 空气过滤器	281
12.2.2 油雾器	282
12.2.3 消声器	283
小结	284
习题	284
第 13 章 气动执行元件与控制元件	285
13.1 气缸	285
13.1.1 气缸的分类	285
13.1.2 典型气缸结构	286
13.1.3 气缸的选择与使用	292
13.2 气马达	293
13.2.1 叶片式气马达	293
13.2.2 活塞式气马达	294
13.2.3 气马达的特点及应用	294
13.3 气动控制阀	295
13.3.1 压力控制阀	295
13.3.2 流量控制阀	298
13.3.3 方向控制阀	300
小结	310
习题	310
第 14 章 气动回路	311
14.1 气动基本回路	311
14.1.1 压力控制回路	311
14.1.2 换向回路	312
14.1.3 速度控制回路	313
14.1.4 位置控制回路	316
14.2 气动常用回路	318
14.2.1 安全保护回路	318
14.2.2 同步回路	319
14.2.3 往复动作回路	319
14.2.4 振荡回路	321

14.2.5 计数回路	321
小结	322
习题	322
第 15 章 逻辑元件及气动逻辑回路	323
15.1 气动逻辑元件	323
15.1.1 气动逻辑元件的种类	324
15.1.2 高压逻辑元件	324
15.1.3 其它逻辑元件	328
15.1.4 逻辑元件的应用	333
15.2 逻辑控制回路	334
15.2.1 逻辑运算基本符号和术语	334
15.2.2 逻辑运算	336
15.2.3 逻辑函数的简化及应用	338
小结	348
习题	348
第 16 章 气压传动系统实例	350
16.1 门户自动开闭系统	350
16.2 气动机械手	352
16.3 夹紧松开装置气动控制系统	355
16.4 组合机床动力头控制系统	357
小结	359
参考文献	360

第1章 绪 论

1.1 流体传动概况

流体分可压缩流体和不可压缩流体两类,可压缩流体是气体,不可压缩流体是液体,它们都可以用作能量传递的介质。流体通过各种元件组成不同功能的基本回路而形成具有一定功能的传动系统。

通常,一台完整的机器设备由原动机、传动装置和工作机构三大部分组成。原动机是机器的动力源,包括电动机、内燃机等;工作机构即指完成该机器之工作任务的直接工作部分。由于原动机的功率和转速变化范围有限,为了适应工作机构的工作力及工作速度变化范围较宽以及控制性能等要求,在原动机和工作机构之间设置了传动装置,而传动装置的作用就是传递能量和进行控制。

在各类机械设备中,传动是指能量或动力由发动机向工作装置的传递,通过不同的传动方式使发动机的转动变为各种工作装置的不同运动形式。如推土机推土板的升降,起重机转台的回转,挖掘机铲斗的挖掘工作等。

根据传递能量的工作介质的不同,传动可分为机械传动、电气传动和流体传动。流体传动是以流体为工作介质传递能量和进行控制的一种传动方式,是利用流体的压力能来传递能量的,具体分为液压传动(Hydraulics)和气压传动(Pneumatics)。

相对于机械传动而言,流体传动还是一门较新的学科,从17世纪中叶(1648年)法国人帕斯卡(B. Pascal)提出液体压力传递的基本定律算起,液压传动已有三百多年的发展历史。这期间随着科学技术的不断发展,流体传动技术本身也在不断发展,18世纪末(1795年),英国制造出世界上第一台液压机,特别是在第二次世界大战期间及战后,由于军事及民用需求的刺激,流体传动技术得到了迅猛发展,出现了以电液伺服系统为代表的响应快、精度高的液压元件和控制系统。20世纪50年代以后,随着战后世界各国经济的恢复和发展,生产过程自动化不断增长,流体传动技术很快转入民用工业。与此同时,流体传动在随动和伺服方面的研究取得了很大进展,美国麻省理工学院(MIT)出版了著名的《液压气动控制》一书。20世纪60年代出现了板式、叠加式液压系列阀。流体传动随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展。当前流体技术正向快速、高压、大功率。高效、低噪声、经久耐用、高度集成化的方向发展。特别是近二十多年航空航天技术、控制技术、微电子技术、材料科学技术等学科的发展,使得流体技术已发展成为集传动、控制和检测于一体的一门完整的自动化技术,同时新型液压元件、气压元件和系统的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助测试(CAT)、计算机直接控制(CDC)、机电一体化技术、可靠性技术等也是当前流体传动及控制技术研究的主要内容和发展方向。流体传动在国民经济的各个部门都得到了广泛应用,如建设工程机械、机械制造业、航空航天、石油化工等都离

不开流体传动。流体传动的发展水平和应用程度已经成为衡量一个国家工业化程度的重要标志之一。

我国的液压和气动工业始于 20 世纪 50 年代,从 1952 年上海机床厂试制出我国第一只液压元件——液压泵开始,我国的液压技术经历了创业奠基、体系建立、成长壮大、引进提高等发展阶段,最初应用于机床和锻压设备上,后来又用于拖拉机和工程机械。特别是 20 世纪 70 年代以后,我国的液压和气动工业随着从国外引进一些液压元件和气压元件生产技术以及自行设计制造技术的完善和提高,相继开发了电液伺服阀、电液比例溢流阀、电液比例流量阀、液压集成块、电液脉冲马达、摆线转子泵、电液比例复合阀、电液数字阀等元件,建成了从低压到高压的成套化和系列化的制造生产基地和企业,流体产品在各类设备上得到广泛的使用。但是在产品品种、性能、可靠性等方面与国外发达国家还有一定的差距,尚不能满足主机配套和国民经济发展的需求。目前需要提高液压元件的制造精度,进一步开发质量稳定、可靠性好、技术含量高、互换性好以及具有高度集成化、模块化、智能化和网络化的液压元件和系统,以满足整个国民经济的需求。

在科研与生产发展的同时,我国液压行业的标准化工作也在逐步完善,目前我国已有液压和气动标准约 150 项,其中国家标准约 80 项,行业标准 70 项,国家标准已经和国际标准化组织(ISO)所颁布的同类标准一致,基本满足了与国际间技术和产品交流的需要,也反映了我国液压和气动行业发展的水平。

由于液压技术应用广泛,如自动控制技术、计算机技术、微电子技术、摩擦磨损技术、可靠性技术及新工艺和新材料等高新技术成果,使液压系统和元件的质量水平有快速的提高。21 世纪的液压技术将向高性能、高质量、高可靠性、系统成套性、低能耗、低噪声、低振动、无泄漏以及污染控制、应用水基介质等适应环保要求的方向发展;液压器件积极采用新工艺、新材料和电子、传感等高新技术,开发出高集成化、高功率密度、智能化、机电一体化以及轻型、小型和微型液压元件。气动技术向着体积小、重量轻、功耗低、组合集成化方向发展;执行元件向着种类多、结构紧凑、定位精度高方向发展;气动元件与电子技术相结合,向着智能化方向发展;元件性能向高速、高频、高响应、高寿命、耐高温、耐高压方向发展,并普遍采用无油润滑器件和自润滑材料。

1.2 液压与气压传动的工作原理与组成

1.2.1 液压与气压传动的工作原理

液压与气压传动的工作原理是相似的,现在通过图 1-1 所示的工程机械上常见的一种举升机构(如液压起重机的变幅机构、液压挖掘机动臂的升降机构等)来简述液压系统的工作原理。在图 1-1 中,当换向阀处于图 1-1(a)所示的位置时,原动机带动液压泵 8 从油箱 10 经单向阀 1 吸油,并将有压力的油经单向阀 2 排至管路,压力油沿管路经过节流阀 4 进入换向阀 5,经过换向阀 5 阀芯左边的环槽,经管路进入液压缸 7 的下腔。液压缸 7 的缸体被铰接在机座上,在压力油的推动下,活塞向上运动,通过活塞杆带动工作机构 6 产生举升运动。同时液压缸 7 上腔中的油液被排出,经管路、换向阀 5 阀芯右边的环槽和管路流回油箱 10。

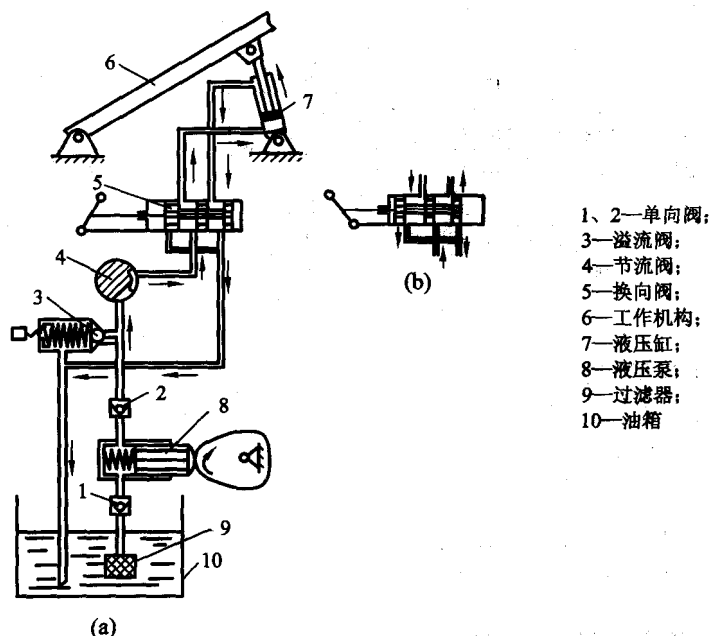


图 1-1 液压举升机构结构原理图

(a) 系统结构原理图; (b) 换向阀

如果扳动换向阀 5 的手柄使其阀芯移到左边位置, 如图 1-1(b) 所示, 此时压力油经过阀芯右边的环槽, 经管路进入液压缸 7 的上腔, 使举升机构降落。同时, 从液压缸 7 下腔排出的油液, 经阀芯左边的环槽流回油箱。

从图中可以看出, 液压泵输出的压力油流经单向阀 2 后分为两路: 一路通向溢流阀 3, 另一路通向节流阀 4。改变节流阀 4 的开口大小, 就能改变通过节流阀的油液流量, 以控制举升速度。而从定量液压泵输出的油液除进到液压缸外, 其余部分通过溢流阀 3 返回油箱。

这里溢流阀 3 起着过载安全保护和配合节流阀改变进到液压缸的油液流量的双重作用。当溢流阀 3 中的钢球在弹簧力的作用下将阀口堵住时, 压力油不能通过溢流阀 3; 如果油液的压力增高到使作用在钢球上的液压作用力能够克服弹簧的作用力而将钢球顶开时, 压力油就通过溢流阀 3 和管路直接流回油箱, 油液的压力就不会继续升高。因此, 只要调节溢流阀 3 中弹簧的压紧力大小, 就可改变压力油顶开溢流阀钢球时压力的大小, 这样也就控制了液压泵输出油液的最高压力, 使系统具有过载安全保护作用。通过改变节流阀 4 的开口大小改变通过节流阀的油液流量, 就可调节举升机构的运动速度(同时改变了通过溢流阀 3 的分流油液流量)。

此系统中换向阀 5 用来控制运动的方向, 使举升机构既能举升又能降落; 节流阀 4 控制举升的速度; 溢流阀 3 控制液压泵的输出压力。图中 9 为网式滤油器(过滤器), 液压泵从油箱吸入的油液先经过过滤器, 以滤清油液, 保护整个系统不受污染。

气压传动与控制系统的组成如图 1-2 所示, 气压发生器是产生和储存压缩气体的装置, 气缸是系统的执行装置。除此之外, 还有控制压缩气体压力、流量、流动方向的控制元件和压缩空气净化、润滑、消声和传输所需要的一些装置。

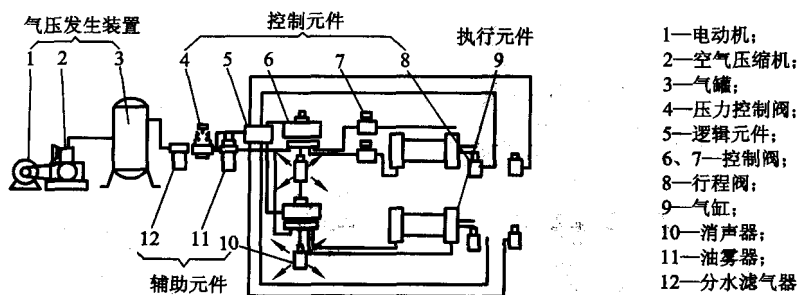


图 1-2 气压传动与控制系统结构示意图

从上面这两个简单的例子可以得出以下结论：

- (1) 流体传动是以液体或者气体为工作介质传递动力的。
- (2) 流体传动是用流体的压力能传递动力的，系统的工作压力取决于负载，运动速度取决于流量。
- (3) 流体传动中的工作介质（液体或者气体）是在受控制和调节的状态下进行工作的，因此流体传动与流体控制是融为一体的。

1.2.2 液压与气压传动的组成

经过上述分析可知，一个完整的液压系统或气压系统要能正常工作，一般要包括以下 5 个组成部分：

(1) 动力元件，即能源装置。液压系统的动力元件一般是液压泵或蓄能器，气动系统的是空气压缩机和储气罐。其作用是将原动机输出的机械能转换成流体压力能，并向系统或用气点供给压力流体。

(2) 执行元件，包括液压缸或气缸、液压马达或气马达，前者实现往复运动，后者实现旋转运动。其作用是将液体压力能转化成机械能，输出到工作机构上。

(3) 控制元件，包括压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等，其作用是控制和调节流体系统的压力、流量和液流方向以及作为实现信号转换、逻辑运算、放大等功能的信号控制元件，以保证执行元件能够得到所要求的力（或扭矩）、速度（或转速）和运动方向（或旋转方向）。

(4) 辅助元件，包括油箱、管路、管接头、过滤器、消声器、油雾器、滤气器以及各种仪表等。这些元件也是流体系统所必不可少的。

(5) 工作介质，主要用以传递能量，同时还起散热和润滑的作用。液压系统用液压油作为工作介质，气动系统用压缩空气作为工作介质。

1.2.3 液压与气压传动的图形符号和系统图

由图 1-1 和图 1-2 可以看出，液压与气压传动结构式原理图近似于实物的剖面图，虽然其直观性强，比较容易理解，且当液压系统出现故障时，根据此原理图进行检查、分析也比较方便，但是绘制麻烦，特别是当系统中元件较多时，绘制非常不方便，并且反映不出元件的职能作用，必须根据元件的结构进行分析才能了解其作用。另有一种职能符号式液压与气压系统原理图，能极大地简化液压和气压系统原理图的绘制。在这种原理图

中, 各类元件都用符号表示, 这些符号只表示元件的职能和连接系统的通路, 并不表示元件的具体结构, 这对专利元件结构更具有保密性。我国制定的液压与气动系统图形符号标准(GB/T 786.1 - 1993)就是采用职能式符号, 其中规定符号都以元件的静止位置或零位置表示。因此, 图 1-1 所示的液压系统结构式原理图可用职能式符号表示成图 1-3 所示; 图 1-2 所示的气压系统结构式原理图可用职能式符号表示成图 1-4 所示。

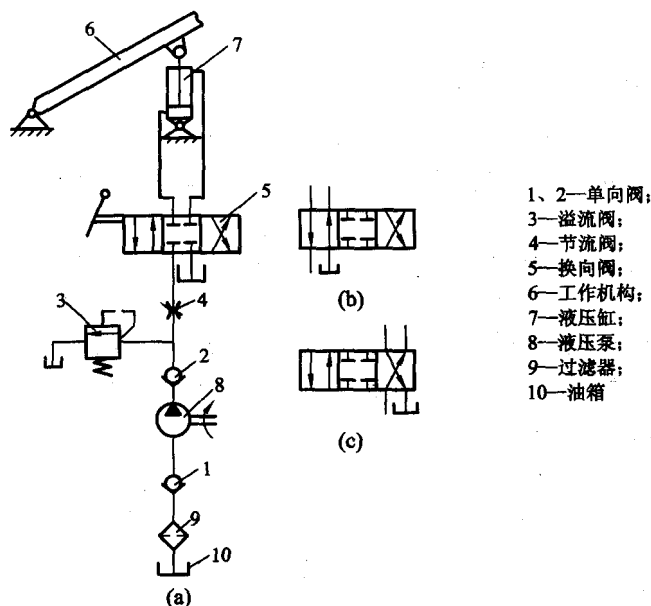


图 1-3 用图形符号表示的液压系统原理图

(a) 系统原理图; (b)、(c) 换向阀

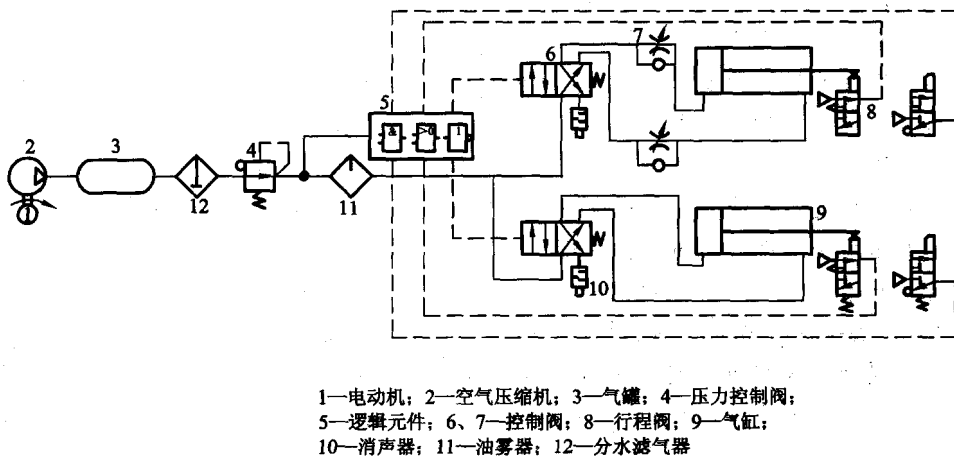


图 1-4 气压传动与控制系统图形符号原理图

在图 1-3(a)中, 换向阀 5 处于中间位置, 其压力油口、通液压缸的两个油口以及回油口, 均被阀芯堵住。这时液压泵输出的油液全部通过溢流阀 3 流回油箱, 工作机构 6 不动。如操纵手柄将换向阀 5 的阀芯向右推, 油路连通情况就如图 1-3(b)所示, 这时液压缸 7 下腔通压力油, 上腔通油箱, 液压缸活塞带动工作机构向上举升。如将换向阀 5 的阀芯向