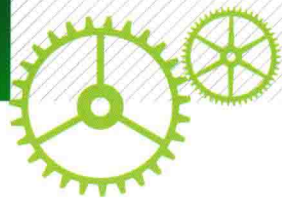
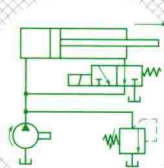
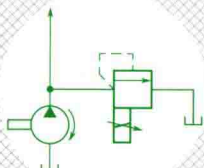
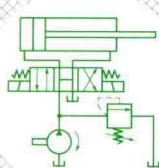


普通高等教育“十三五”规划教材

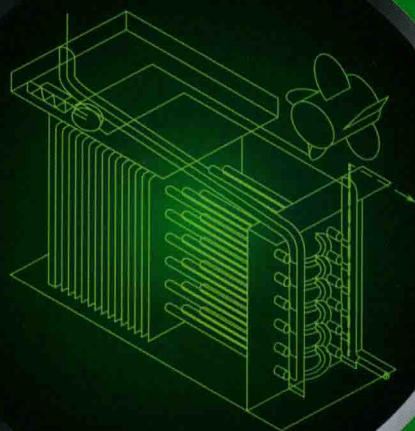


液压与气动技术

■ 宁辰校 主编



扫本书内二维码
可免费获得
教学课件PPT



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

液压与气动技术

■ 宁辰校 主编

扫描各章标题后二维码
免费下载教学课件PPT



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在较全面地阐述液压与气动技术的基本内容的基础上,力求反映我国液压与气动行业发展的最新情况。在液压与气动的基础知识部分,重点介绍基本理论和基本概念;在液压和气动元件部分,强调对各类元件的组成、类型和基本工作原理的理解及掌握;在基本回路和典型系统的介绍中,则尽可能结合生产实际,突出实用性。本书在编写过程中,追求系统性、基础性、先进性和实用性的统一,贯彻通俗易懂、少而精、理论联系实际的原则,在全书结构上,内容完整、循序渐进。

本书主要作为普通高等院校机械类各专业的通用教材,也可作为高等职业教育、成人教育、技术培训的基础教材,同时可供从事流体传动及控制技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术/宁辰校主编. —北京:化学工业出版社, 2017.10

ISBN 978-7-122-30515-2

I. ①液… II. ①宁… III. ①液压传动-高等学校-教材 ②气压传动-高等学校-教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 209890 号

责任编辑:黄 滢

文字编辑:冯国庆

责任校对:宋 夏

装帧设计:刘丽华

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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数381千字 2017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:49.00 元

版权所有 违者必究

前言

液压与气动技术作为动力传递和控制技术的重要组成部分,是当前自动化生产中典型的先进科学技术之一,广泛应用于机械、化工、冶金、汽车、船舶、军工以及轻工、食品等行业中。在几乎所有自动化控制、程序控制和数控加工中发挥了不可替代的重要作用,液压气动技术的发展程度已经成为衡量一个国家工业水平的重要标志。

液压与气动技术既是机械工程学科机械设计制造及其自动化、机械电子工程、过程装备与控制、车辆工程、材料成型及控制工程等专业的专业基础课程,也是自动化、轻工机械等专业的重要支撑性技术课程。

本书分为液压传动和气压传动两大部分,全书共 15 章。第 1~9 章为液压传动,主要内容包括液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统等;第 10~15 章为气动部分,主要内容包括气压传动基础知识、气源装置及气动辅助元件、气动执行元件、气动控制元件和气动基本回路及典型系统等。

本书在编写过程中,追求系统性、基础性、先进性和实用性的统一,贯彻通俗易懂、少而精、理论联系实际的原则,在全书结构上,内容完整、循序渐进。本书在较全面地阐述液压与气动技术的基本内容的基础上,力求反映我国液压与气动行业发展的最新情况。在液压与气动的基础知识部分,重点介绍基本理论和基本概念;在液压和气动元件部分,强调对各类元件的组成、类型和基本工作原理的理解及掌握;在基本回路和典型系统的介绍中,则尽可能结合生产实际,突出实用性。本书的液压气动图形符号、名词术语、物理符号及单位等都统一采用最新国家标准。

本书主要作为普通高等院校机械类各专业的通用教材,也可作为高等职业教育、成人教育、技术培训的基础教材,同时可供从事流体传动及控制技术的工程技术人员参考。

本书由宁辰校主编,编写安排为纪运广(第 1、2 章)、齐习娟(第 3~5 章)、宁辰校(第 6~9 章)、刘永强(第 10~15 章)。

由于编者水平所限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

目录



扫一扫看课件

第1章 液压与气动技术概述	1
1.1 液压与气动技术的研究内容	1
1.2 液压与气压传动系统的工作原理与组成	1
1.2.1 液压与气压传动的工作原理和特征	1
1.2.2 液压与气动传动系统的组成	3
1.2.3 液压与气动系统原理图和图形符号	5
1.3 液压与气动技术的特点	6
1.3.1 液压技术的特点	6
1.3.2 气动技术的特点	7
1.4 液压与气动技术的应用和发展	8
1.4.1 液压与气动技术的应用	8
1.4.2 液压与气动技术的发展	8
思考题与习题	9
第2章 液压工作介质及其力学基础	10
2.1 液压工作介质	10
2.1.1 液压工作介质的物理特性	10
2.1.2 工作介质的种类和特性	12
2.1.3 对工作介质的要求	13
2.1.4 工作介质的选用	14
2.1.5 工作介质的使用和污染控制	15
2.2 液体静力学	15
2.2.1 液体静压力及其特性	15
2.2.2 静压力的分布	15
2.2.3 压力的表示方法、单位和分级	16
2.2.4 液体静压力的传递	17
2.2.5 液压静压力对固体壁面的作用力	18
2.3 液体动力学	19
2.3.1 基本概念	19
2.3.2 连续性方程	20
2.3.3 伯努利方程	21
2.3.4 动量方程	23
2.4 管道内压力损失的计算	24

2.4.1 等径直圆管中的沿程压力损失	24
2.4.2 局部压力损失	25
2.4.3 管路系统中的总压力损失	26
2.5 孔口及缝隙液流特性	26
2.5.1 孔口压力流量特性	26
2.5.2 缝隙压力流量特性	27
2.6 液压冲击及气穴现象	30
2.6.1 液压冲击现象	30
2.6.2 气穴现象	31
思考题与习题	31
第3章 液压能源元件	34
3.1 液压泵的工作原理与类型	34
3.1.1 液压泵的工作原理	34
3.1.2 液压泵的类型及图形符号	35
3.2 液压泵的主要性能参数	35
3.2.1 压力	35
3.2.2 排量和流量	35
3.2.3 功率和效率	36
3.3 齿轮泵	37
3.3.1 外啮合齿轮泵	37
3.3.2 外啮合齿轮泵的结构特点和应用	39
3.3.3 内啮合齿轮泵	40
3.4 叶片泵	41
3.4.1 单作用叶片泵	41
3.4.2 限压式变量叶片泵	42
3.4.3 双作用叶片泵	44
3.5 柱塞泵	46
3.5.1 轴向柱塞泵	46
3.5.2 径向柱塞泵	49
3.6 各类液压泵的性能比较及选择	50
思考题与习题	51
第4章 液压执行元件	52
4.1 液压马达	52
4.1.1 液压马达的工作原理	52
4.1.2 液压马达的类型及图形符号	53
4.1.3 液压马达的主要性能参数	53
4.2 摆动液压马达	55

4.3 液压缸	55
4.3.1 液压缸类型及工作参数	56
4.3.2 液压缸的组成	60
4.3.3 液压缸的选型与设计要点	63
思考题与习题	64
第5章 液压控制元件	65
5.1 液压阀概述	65
5.1.1 液压阀的基本原理及结构	65
5.1.2 液压阀的分类	65
5.1.3 液压阀的基本性能参数	66
5.1.4 对液压阀的基本要求	66
5.2 方向控制阀	66
5.2.1 单向阀	66
5.2.2 换向阀	69
5.3 压力控制阀	78
5.3.1 溢流阀	78
5.3.2 减压阀	81
5.3.3 顺序阀	83
5.3.4 压力继电器	85
5.4 流量控制阀	85
5.4.1 普通节流阀	85
5.4.2 调速阀	87
5.4.3 分流集流阀	88
5.5 其他液压阀	89
5.5.1 插装阀	89
5.5.2 叠加阀	90
5.5.3 电液控制阀	91
思考题与习题	94
第6章 液压辅助元件	97
6.1 油箱	97
6.1.1 油箱的功用和结构	97
6.1.2 油箱的设计要点	98
6.2 过滤器	98
6.2.1 过滤器的功用和类型	98
6.2.2 过滤器的主要性能指标	100
6.2.3 过滤器的选用和安装	100
6.3 蓄能器	102

6.3.1 蓄能器的功用和类型	102
6.3.2 蓄能器的使用 and 安装	103
6.3.3 蓄能器的容量计算	104
6.4 热交换器	104
6.4.1 冷却器	104
6.4.2 加热器	105
6.5 管件及压力表辅件	105
6.5.1 油管	105
6.5.2 管接头	106
6.5.3 压力表辅件	107
6.6 密封装置	108
6.6.1 功用及要求	108
6.6.2 密封装置的类型和特点	108
思考题与习题	111

第7章 液压基本回路 112

7.1 速度控制回路	112
7.1.1 调速回路	112
7.1.2 快速运动回路	122
7.1.3 速度换接回路	124
7.2 压力控制回路	126
7.2.1 调压回路	127
7.2.2 卸荷回路	128
7.2.3 减压回路	130
7.2.4 增压回路	131
7.2.5 平衡回路	131
7.2.6 保压回路	132
7.3 方向控制回路	133
7.3.1 换向回路	133
7.3.2 制动回路	136
7.3.3 锁紧回路	136
7.4 多缸动作控制回路	137
7.4.1 顺序动作回路	137
7.4.2 同步回路	139
7.4.3 多缸动作互不干扰回路	141
思考题与习题	141

第8章 典型液压系统分析 145

8.1 组合机床动力滑台液压系统	145
------------------------	-----

8.1.1 主机功能	145
8.1.2 液压系统组成及工作原理	145
8.1.3 系统特点	147
8.2 压力机液压系统	148
8.2.1 主机功能及结构类型	148
8.2.2 液压机液压系统工作原理	148
8.2.3 液压系统性能分析	150
8.3 汽车起重机液压系统	151
8.3.1 主机功能	151
8.3.2 液压系统工作原理	151
8.3.3 液压系统的特点	153
8.4 塑料注射成型机液压系统	153
8.4.1 主机功能结构	153
8.4.2 注塑机液压系统工作原理	153
8.4.3 液压系统特点	155
8.5 多轴钻床液压系统	156
8.5.1 液压系统工作原理	156
8.5.2 系统组成及特点	157
8.6 机械手液压系统	158
8.6.1 概述	158
8.6.2 液压系统工作原理	158
8.6.3 系统特点	159
思考题与习题	160
第9章 液压系统的设计与计算	162
9.1 明确设计要求,进行工况分析	162
9.1.1 明确设计要求及工作环境	162
9.1.2 工况分析	162
9.2 液压元件的计算和选择	165
9.2.1 执行元件的结构类型及参数确定	165
9.2.2 选择液压泵	166
9.2.3 选择阀类元件	167
9.2.4 选择液压辅助元件	167
9.3 液压系统原理图的拟定	167
9.4 液压系统技术性能验算	168
9.5 绘制工作图和编制技术文件	169
9.6 液压系统设计举例	169
9.6.1 液压系统方案设计	169
9.6.2 选择液压元件	170
思考题与习题	173

第 10 章 气压传动基础知识	174
10.1 空气的物理性质	174
10.1.1 空气的组成	174
10.1.2 空气的密度与比容	175
10.1.3 空气的黏度	175
10.1.4 湿度	176
10.2 空气的状态方程	176
10.2.1 理想气体状态方程	176
10.2.2 实际气体状态方程	176
10.2.3 空气的状态变化	177
10.3 气体流动的基本方程	178
10.3.1 连续性方程	178
10.3.2 伯努利方程	178
10.4 容器的充气 and 排气计算	178
10.4.1 充气温度和时间的计算	178
10.4.2 放气温度和时间的计算	179
思考题与习题	180
 第 11 章 气源装置及辅助元件	 181
11.1 气源装置	181
11.1.1 空气压缩机	181
11.1.2 后冷却器	182
11.1.3 储气罐	183
11.2 气源处理元件	184
11.2.1 概述	184
11.2.2 过滤器	185
11.2.3 干燥器	187
11.2.4 油雾器	188
11.2.5 空气组合元件	188
11.2.6 分水排水器	189
11.3 真空元件	189
11.3.1 真空发生器	190
11.3.2 真空吸盘	190
11.4 其他辅助元件	191
11.4.1 消声器	191
11.4.2 缓冲器	191
11.4.3 气液转换器	192
思考题与习题	192

第 12 章 气动执行元件	194
12.1 气缸	194
12.1.1 标准气缸	194
12.1.2 其他类型的气缸	196
12.2 摆动马达	198
12.2.1 摆动马达概述	198
12.2.2 叶片式摆动马达	198
12.2.3 齿轮齿条式摆动马达	199
12.3 气动手指气缸	199
12.3.1 气动手指气缸概述	199
12.3.2 平行手指气缸	199
12.3.3 3点手指气缸	200
12.3.4 摆动手指气缸	200
12.3.5 旋转手指气缸	200
12.4 气马达	200
12.4.1 气马达概述	200
12.4.2 叶片式气马达	201
12.4.3 活塞式气马达	201
12.4.4 齿轮式气马达	202
思考题与习题	202
第 13 章 气动控制元件	203
13.1 方向控制阀	203
13.1.1 单向型方向控制阀	203
13.1.2 换向型方向控制阀	204
13.2 压力控制阀	208
13.2.1 减压阀	208
13.2.2 安全阀和溢流阀	209
13.2.3 顺序阀	209
13.2.4 增压阀	210
13.3 流量控制阀	210
13.3.1 流量控制原理	210
13.3.2 节流阀	211
思考题与习题	212
第 14 章 气动基本回路	213
14.1 换向回路	213
14.2 调速回路	214
14.3 差动快速回路和速度换接回路	214

14.4	压力控制回路	215
14.5	“与”逻辑的双手操作回路	216
14.6	互锁回路	217
14.7	过载保护回路	217
14.8	往复回路	217
14.9	延时顺序动作控制回路	218
14.10	同步控制回路	219
14.11	计数回路	219
	思考题与习题	220
第 15 章	典型气动系统	221
15.1	气动机械手	221
15.2	工件夹紧气动控制装置	222
15.3	气液动力滑台	223
	习题参考答案	225
	参考文献	227



第1章

液压与气动技术概述

1.1 液压与气动技术的研究内容

一部完整的机器一般由原动机、传动装置、控制系统和工作机构等构成，其中传动装置的作用是把原动机（电动机、内燃机等）输出的能量和动力经过各种形式的转换后传送给工作机构，实现机器对外做功。根据传动件（或工作介质）的类型，可把传动分为机械传动、电气传动、液压传动、气压传动以及它们的组合——复合传动等形式。

机械传动是通过机械构件如杠杆、凸轮、齿轮、轴、皮带、链条等把能量和动力传送给工作机构的传动方式；电气传动是利用电力设备，通过调节电参数来传递或控制能量和动力的传动方式；液压传动与气压传动（简称液压与气动）则是以有压液体或气体为工作介质，通过动力元件（泵或空气压缩机）把原动机输出的机械能转换为液体或气体的压力能，然后借助管道和控制元件（各种控制阀）把有压液体或气体输送到执行元件（缸或马达），从而把压力能转换为机械能，驱动负载，实现直线或回转运动。

液压与气动技术的研究内容包括：液压与气动工作介质的基本物理性质及其力学特性，各种元件的基本结构、工作原理和性能，各种基本回路的构成和性能，以及液压气动系统的分析和设计等。严格来说，液压与气动技术也包括液压与气动控制技术，本书主要讲述液压与气压传动（或统称流体传动）技术。

1.2 液压与气压传动系统的工作原理与组成

1.2.1 液压与气压传动的工作原理和特征

液压与气压传动的工作原理是相似的。液压传动的工作原理，可以用一个液压千斤顶的例子来说明。

图 1-1 中，大液压缸 9 为举升液压缸，其活塞 8 可竖直运动。杠杆手柄 1、小液压缸 2 及其小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞 3 向上移动，则小活塞 3 下腔 b 容积增大，形成局部真空，这时单向阀 4 打开，通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油；用力压下手柄，小活塞 3 下移，小液压缸 2 下腔 b 压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 打开，下腔的油液经管道 6 输入举升缸 9 的下腔 a，迫使大活塞 8 向上移动，顶起重物。再次

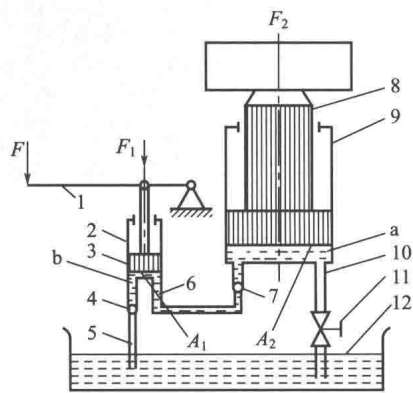


图 1-1 液压千斤顶工作原理图
1—杠杆手柄；2—小液压缸；3—小活塞；
4,7—单向阀；5—吸油管；6,10—管道；
8—大活塞；9—大液压缸；11—截止
阀；12—油箱

提起杠杆手柄 1 吸油时，单向阀 7 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手动液压泵杠杆手柄 1，就能不断地把油液压入举升缸 9 下腔 a，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸 9 下腔 a 的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱，重物就向下移动。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析，可以初步了解到液压传动的基本工作原理和工作特征。液压传动利用有压力的油液作为传递能量和动力的工作介质。压下杠杆时，小液压缸 2 输出压力油，把机械能转换成油液的压力能，压力油经过管道 6 及单向阀 7，推动大活塞 8 举起重物（重力 F_2 ），又将油液的压力能转换成机械能。由此可见，液压传动是一个不同能量的转换过程，其工作特征如下。

① 力的传递是由液体的压力实现的，系统工作压力取决于负载。

以 F_2 表示作用在大活塞 8 上的作用力， A_2 表示大活塞 8 的截面积， p_2 表示力 F_2 在 b 腔中产生的液体压力；以 F_1 表示作用在小活塞 3 上的作用力， A_1 表示小活塞 3 的截面积， p_1 表示力 F_1 在 a 腔中产生的液体压力（液压泵的排油压力），则大活塞 8 与小活塞 3 的静力平衡方程分别为

$$\left. \begin{aligned} F_2 &= p_2 A_2 \\ F_1 &= p_1 A_1 \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

如果不考虑管路的压力损失，则液压泵的排油压力（a 腔中的液体压力） p_1 和 b 腔中的液体压力相等，即

$$p_2 = p_1 = p \quad (1-2)$$

在液压缸活塞受力平衡的状态下，活塞静止或匀速运动，此时系统可以克服的负载为

$$F_2 = p_2 A_2 = p_1 A_1 = p A_2 \quad (1-3)$$

即在系统结构参数（此处为活塞面积 A_1 和 A_2 ）不变的情况下，系统的工作压力 p 取决于负载，而与流入的液体体积大小无关。这是液压与气动的第一个工作特征。

② 运动速度的传递靠容积变化相等原则实现，运动速度取决于负载。

如果不考虑液体的压缩性和泄漏损失等因素，则液体泵排出的液体体积等于进入举升液压缸的液体体积，即容积变化相等，可表示为

$$A_1 x_1 = A_2 x_2 \quad (1-4)$$

式中， x_1 和 x_2 分别为液压泵活塞和举升液压缸活塞的位移。

式(1-4)两边分别除以运动时间 t ，可以得到

$$A_1 \frac{x_1}{t} = A_2 \frac{x_2}{t} \quad (1-5)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1-6)$$

$$A_1 \frac{x_1}{t} = A_2 \frac{x_2}{t} \quad (1-7)$$

式中， v_1 和 v_2 分别为液压泵活塞和举升液压缸活塞的平均运动速度，可以看出，活塞的运动速度与活塞的作用面积成反比。

$A \frac{x}{t}$ 为单位时间内液体流过截面积 A 的液体体积, 称为流量 q , 即

$$q = Av \quad (1-8)$$

如果知道进入液压缸的流量 q , 则活塞的运动速度为

$$v = \frac{q}{A} \quad (1-9)$$

由上可得到液压与气动的第二个工作特征: 在系统结构参数一定的情况下, 运动速度的传递是靠工作容积变化相等的原则实现的。活塞的运动速度取决于输入流量的大小, 与外负载无关。调节进入液压缸(气缸)的流体流量 q , 可以调节活塞的运动速度 v 。

③ 系统的动力传递遵守能量守恒定律, 压力与流量的乘积等于功率。

如果忽略任何损失, 则系统的输出功率 P_2 等于输入功率 P_1 , 有

$$P_1 = F_1 v_1 = P_2 = F_2 v_2 \quad (1-10)$$

由式(1-1)和式(1-9), 可以得到

$$P = P_1 = F_1 v_1 = p A_1 \frac{q_1}{A_1} = P_2 = F_2 v_2 = p A_2 \frac{q_2}{A_2} = pq \quad (1-11)$$

从式(1-11)可以得到液压与气动的第三个工作特征: 液压和气动以流体的压力能传递动力, 并且遵循能量守恒定律, 压力与流量的乘积等于功率。

由上可以看出:

① 液压与气压传动中的工作介质(压力油或压缩气体)是在受调节和控制下工作的, 流体可以传递动力、速度和能量, 即起“传动”作用, 也可以传递控制信号来改变操纵对象的工作状态, 即起到“控制”作用, 两者很难分开;

② 与外负载相对应的流体参数为压力, 与运动速度对应的流体参数为流量, 压力和流量是流体传动中两个最基本的参数;

③ 如果忽略各种损失, 则流体可传递的力与速度无关, 所以流体传动可实现与负载无关的任何运动规律, 也可借助各种控制机构实现与负载相关的各种运动规律;

④ 流体传动遵循能量守恒定律, 因而可以省力(如液压千斤顶), 但不能省功。

1.2.2 液压与气动传动系统的组成

液压千斤顶是一种简单的液压传动装置。下面通过机床工作台液压传动系统来说明液压传动系统的组成。如图1-2所示, 它由油箱19、过滤器18、液压泵17、溢流阀13、换向阀5和10、节流阀7、液压缸2以及连接这些元件的输油管道、接头组成。其工作原理如下: 液压泵17由电动机驱动后, 从油箱19经过过滤器18吸取液压油。油液从泵出口进入管路, 在图1-2(a)所示状态下, 通过换向阀10、节流阀7和换向阀5进入液压缸2左腔, 推动活塞3使工作台1向右移动。这时, 液压缸右腔的油经换向阀5和回油管6排回油箱。

如果将换向阀5的换向手柄4转换成图1-2(b)所示状态, 则压力管中的油将经过换向阀10、节流阀7和换向阀5进入液压缸2右腔, 推动活塞3使工作台1向左移动, 并使液压缸2左腔的油经换向阀5和回油管6排回油箱。当扳动换向阀10的换向手柄9, 使其阀芯处于左端工作位置时, 则油液流经换向阀10和回油管8直接排回油箱19, 不再向液压缸供油, 此时可扳动换向手柄4, 使换向阀5的阀芯处于中间工作位置, 则工作台1停止运动。

工作台1的移动速度是通过节流阀7来调节的。当节流阀开大时, 进入液压缸的油量增多, 工作台的移动速度增大; 当节流阀关小时, 进入液压缸的油量减小, 工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力, 液压缸必须产生一个足够大的推力, 这个

推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大，缸中的油液压力越高；反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——液压缸的工作压力取决于负载。

液压泵 17 的最大工作压力由溢流阀 13 调定，当油液对溢流阀 13 中钢球阀芯 14 的作用力略大于弹簧 15 对钢球阀芯 14 的作用力时，阀芯移动，使阀口打开，油液经溢流阀流回油箱 19，泵出口的压力不再升高。溢流阀的调定值由弹簧调定，应为液压缸的最大工作压力和油液流经各元件（阀和管路等）的压力损失之和，因此液压缸的工作压力不会超过溢流阀的调定压力值，另外，溢流阀还可对系统起到超载保护作用。

如果把图 1-2 中的液压缸 2 竖直安装使活塞升降运动，则可用于起重设备（活塞杆向上）或冲压、铸压设备（活塞杆向下）。如果把液压缸换为液压马达，则可输出回转运动。

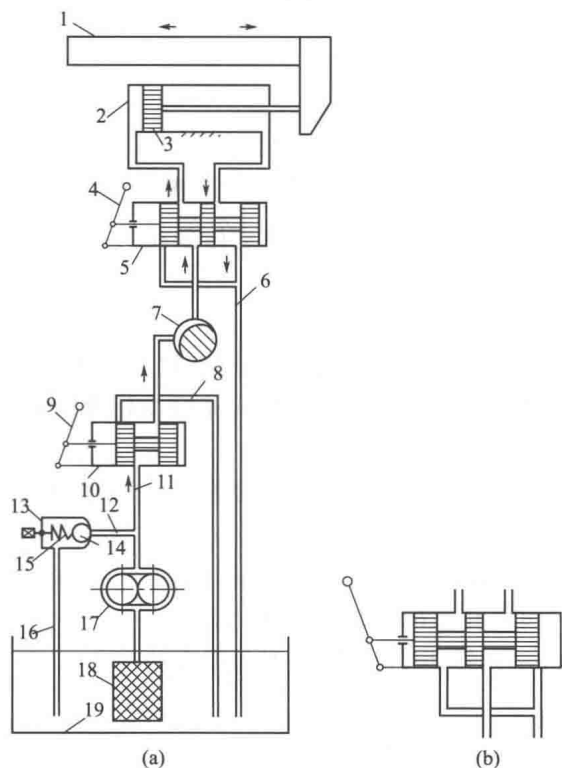


图 1-2 机床工作台液压系统工作原理图

1—工作台；2—液压缸；3—活塞；4、9—换向手柄；
5、10—换向阀；6、8、11、12、16—管路；7—节流阀；
13—溢流阀；14—钢球阀芯；15—弹簧；17—液
压泵；18—过滤器；19—油箱

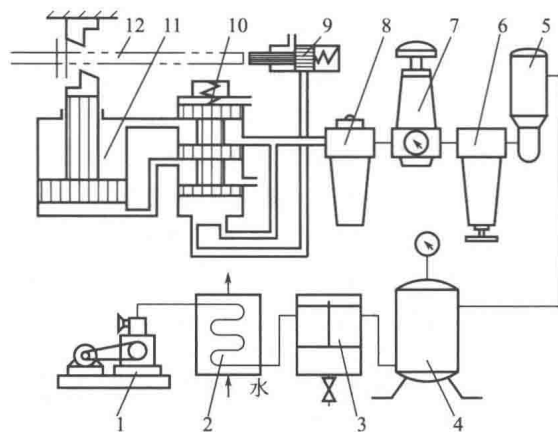


图 1-3 剪切机气动系统

1—空气压缩机；2—冷却器；3—分水排水器；
4—储气罐；5—空气干燥器；6—空气过滤器；
7—减压阀；8—油雾器；9—机动阀；
10—气控换向阀；11—气缸；12—工料

如图 1-3 所示为用于切断金属线材、棒材的剪切机气动系统。工料 12 由上料装置（图中未画出）送入剪切机并到达规定位置时，机动阀 9 的顶杆受压而使阀内通路打开，气控换向阀 10 的控制腔便与大气相通，阀芯受弹簧力作用而下移。由空气压缩机 1 产生并经过初次净化处理后储存在储气罐 4 中的压缩空气，经空气干燥器 5、空气过滤器 6、减压阀 7 和油雾器 8 及气控换向阀 10，进入气缸 11 的下腔；气缸上腔的压缩空气通过气控换向阀 10 排入大气。此时，气缸活塞向上运动，带动剪刀将工料切断。

工料剪下后，即与机动阀脱开，机动阀 9 复位，所在的排气通道被封死，气控换向阀 10 的控制腔气压升高，迫使阀芯上移，气路换向，气缸活塞带动剪刀复位，准备下一次工

作循环。由此可以看出, 剪切机构克服阻力切断工料的机械能是由压缩空气的压力能转换后得到的。同时, 由于换向阀的控制作用使压缩空气的通路不断改变, 气缸活塞带动剪切机构频繁地实现剪切与复位的交替动作。

从以上液压系统和气动系统的例子可以看出, 一个完整的、能够正常工作的液压与气动系统, 除了传递能量的流体工作介质 (液压油液或空气) 外, 一般还由四个主要部分组成。

(1) 能源装置

将原动机 (电动机或内燃机) 输出的机械能转换为流体的压力能, 供给系统具有一定压力的油液或空气。液压 (气动) 系统的能源装置是各种类型的液压泵 (空气压缩机)。

(2) 执行装置

把流体 (油液或空气) 的压力能转换成机械能, 以驱动工作机械的负载做功。形式有做直线运动的液压缸 (气缸), 做回转运动的液压马达 (气马达), 以及做摆动的摆动液压马达 (摆动气缸)。

(3) 控制调节装置

对系统中的流体压力、流量或流动方向进行控制或调节, 从而控制执行元件输出的力 (转矩)、速度 (转速) 和方向, 以满足工作机构的动作规律要求, 如各种压力、流量、方向控制阀、逻辑控制元件及其他控制元件。

(4) 辅助装置

上述三部分之外的其他装置, 例如液压系统油箱、过滤器、管件、热交换器、蓄能器、指示仪表, 气动系统的过滤器、管件、油雾器、消声器等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

1.2.3 液压与气动系统原理图和图形符号

如图 1-2 和图 1-3 所示的液压与气动系统是一种半结构式的工作原理图, 直观性强、容易理解。当液压系统发生故障时, 根据原理图检查十分方便, 但图形比较复杂, 绘制麻烦。因此, 工程上普遍采用的是由元件的标准图形符号绘制的液压与气动原理图。图形符号只表示液压、气动元件的职能、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, 简单明了、绘制方便、图面简明清晰, 并且便于利用计算机图形库软件, 可大大提高液压、气动系统原理图的设计、绘制效率和质量。

我国制定有液压、气动图形符号标准, 规定了液压、气动元件标准图形符号和绘制方法。目前执行的标准是《液压气动图形符号》(GB/T 786.1—2009)。如图 1-4 所示为按标准 GB/T 786.1—2009 绘制的图 1-2 中机床工作台液压系统原理图。如图 1-5 所示为用图形符号绘制的剪切机气动系统原理图。

采用图形符号绘制液压原理图时, 要注意以下几点:

① 符号均以元件的静态位置或零位 (如电磁换向阀断电时的工作位置, 注意图 1-4 中换向阀 4 未以静态位置表示) 表示, 当组成系统其运动另有说明时, 可以例外;

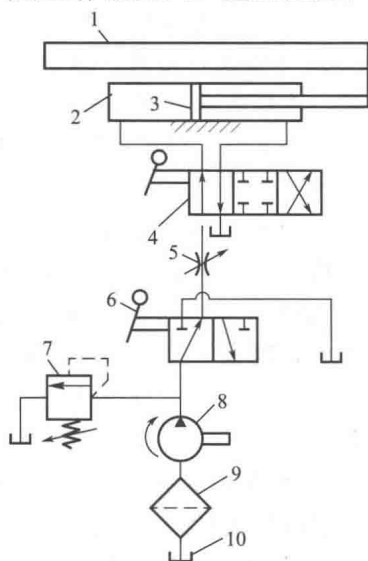


图 1-4 用图形符号绘制的机床工作台液压系统原理图

1—工作台; 2—油管; 3—油缸; 4.6—换向阀; 5—节流阀; 7—溢流阀; 8—液压泵; 9—滤油器; 10—油箱