

液压气动系统图识读从入门到精通

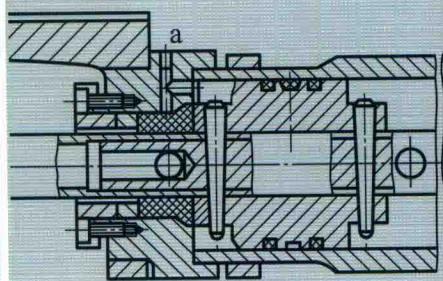
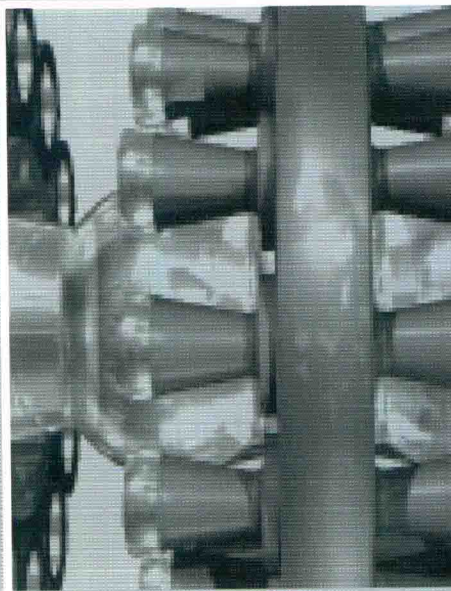
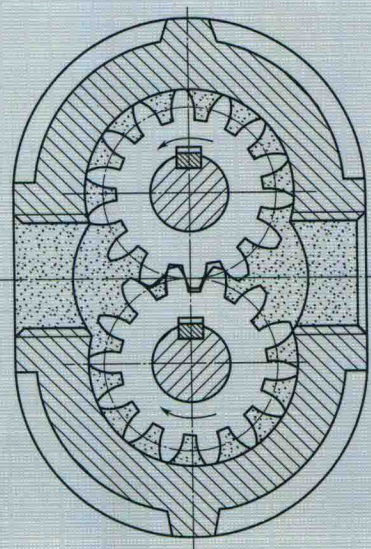
按照“元件-回路-系统”识读规律编写

结构图、实物图、图形符号完全对照

液压与气动 识图

第三版

张应龙 主编



YEYA
YU
QIDONG
SHITU



化学工业出版社

液压与气动识图

第三版



张应龙 主编

YEYA
YU
QIDONG
SHITU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书按照“元件—回路—系统”的体系分上、下两篇进行论述。上篇介绍了常见的液压动力元件、执行元件、液压控制阀、液压辅助元件的工作原理和结构，介绍了由上述液压元件组成的各种液压基本回路和典型液压系统；下篇介绍了常见的气源装置及辅件、气动执行元件、气动控制元件的工作原理和结构，介绍了各种气动基本回路和典型的气动系统。并比较系统地摘录了2009版液压、气动传动国家标准中的流体传动系统及常用元件图形符号，在作了大量的融合后作为附录集中附于书后，以方便广大读者学习和工作查询之用。为满足机械类不同行业的需要，书中穿插介绍了较多典型的液压、气动系统。

本书主要面向初级液压和气动工程技术人员、高级技术工人，也可作为高职院校、技工学校机械制造专业的培训教材和工矿企业液、气压传动与控制技术相关人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动识图/张应龙主编. —3版. —北京: 化学工业出版社, 2017. 5

ISBN 978-7-122-29187-5

I. ①液… II. ①张… III. ①液压传动-识图②气压传动-识图 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 040891 号

责任编辑: 张兴辉

责任校对: 边涛

文字编辑: 陈喆

装帧设计: 王晓宇



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: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19½ 字数519千字 2017年6月北京第3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: 98.00 元

版权所有 违者必究

第三版前言

为了满足越来越多企事业单位和读者对液压和气动传动识图的需求,《液压与气动识图》(第三版)增加了气动传动识图方面的内容。与第二版相比,《液压与气动识图》(第三版)主要有以下三点变化:

① 增加了气压传动识图方面的内容,并在介绍气动元件的原理结构时,插入了大量的立体外形图,以方便广大初学者学习识别之用。

② 本书分成上、下两篇,分别介绍液压系统和气压系统的知识,并采用最新的液压传动和气压传动相关国家标准。

③ 比较系统地摘录了2009版液压、气动传动国家标准中的流体传动系统及常用元件图形符号,并作了大量的融合,作为附录集中附于书后,以方便广大读者学习和工作查询之用。

本书在体系上仍按照“元件—回路—系统”的顺序进行论述。

上篇共8章,分别介绍了常见的液压动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件的工作原理和结构,介绍了各种常用的液压基本回路;在此基础上介绍了液压系统图的识读方法,介绍了不同机械行业典型的由开关阀、电液比例阀、插装阀等常用液压元件组成的液压传动和控制系统。

下篇共6章,分别介绍了常见的气源装置及辅件、气动执行元件、气动控制元件的工作原理和结构,介绍了各种常用的气动基本回路,在此基础上介绍了典型的气动系统。

本书由张应龙担任主编和统稿工作,顾佩兰高级工程师、汪光远高级工程师、张松生高级技师、杨宁川高级技师、冯伟玲高级技师参加了有关章节的编写工作。在编写过程中,参阅了有关教材、资料和文献,并特别参阅、引用了国家标准 GB/T 786—2009/ISO 1219-1:2006《流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》。在此对有关专家、学者和作者表示衷心感谢。

在本书第三版的编写过程中,江苏大学陆一心教授、李金伴教授、葛福才高级工程师、王维新高级工程师给予了精心的指导和热情的帮助,提出了许多宝贵的意见,全书由江苏大学陆一心教授担任主审,在此谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平所限,编写时间比较仓促,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

目录

上篇 液压系统

第 1 章 液压识图的基础知识

1.1 认识液压系统图	1	1.3.1 液压传动系统的工作原理	3
1.2 液压系统图种类和画法	2	1.3.2 液压传动系统的组成	3
1.2.1 装配结构图	2	1.3.3 液压控制系统的工作原理	4
1.2.2 结构原理示意图	2	1.3.4 液压控制系统的组成	4
1.2.3 职能符号图	2		
1.3 液压系统的工作原理及组成特点	3		

第 2 章 液压动力元件

2.1 液压泵工作原理及分类	6	2.3.1 单作用叶片泵	9
2.1.1 液压泵的基本工作原理	6	2.3.2 双作用叶片泵	10
2.1.2 液压泵的分类	7	2.4 柱塞泵	11
2.2 齿轮泵	7	2.4.1 轴向柱塞泵	11
2.2.1 外啮合式齿轮泵	8	2.4.2 径向柱塞泵	13
2.2.2 内啮合式齿轮泵	8	2.5 螺杆泵	15
2.3 叶片泵	9		

第 3 章 液压系统的执行元件

3.1 液压马达	16	3.2 液压缸	22
3.1.1 液压马达的分类及图形符号	16	3.2.1 单作用液压缸	22
3.1.2 高速液压马达	17	3.2.2 双作用液压缸	23
3.1.3 低速液压马达	19	3.2.3 组合式液压缸	26
		3.2.4 液压缸的安装方式	27

第 4 章 液压控制阀

4.1 液压控制阀的分类	28	4.3 压力控制阀	37
4.2 方向控制阀	29	4.3.1 溢流阀	37
4.2.1 单向阀	29	4.3.2 减压阀	39
4.2.2 换向阀	31	4.3.3 顺序阀	42

4.3.4 压力继电器	43	4.7.1 电液比例阀的工作原理	55
4.4 流量控制阀	44	4.7.2 电液比例电磁铁	56
4.4.1 节流阀	45	4.7.3 电液比例压力阀	56
4.4.2 调速阀	46	4.7.4 电液比例流量阀	60
4.4.3 溢流节流阀	46	4.7.5 电液比例方向阀	62
4.4.4 分流集流阀	47	4.8 电液伺服阀	65
4.5 插装阀	49	4.8.1 电液伺服阀的组成和分类	65
4.5.1 插装阀的工作原理	49	4.8.2 液压放大器	65
4.5.2 插装方向控制阀	50	4.8.3 电液伺服阀的典型结构与工作 原理	67
4.5.3 插装压力控制阀	51	4.9 电液数字阀	71
4.5.4 插装流量控制阀	52	4.9.1 电液数字阀的工作原理	71
4.6 叠加阀	53	4.9.2 电液数字阀的典型结构	72
4.6.1 叠加式溢流阀	53	4.10 其他专用液压阀	73
4.6.2 叠加式调速阀	53	4.10.1 多路换向阀	73
4.6.3 带叠加阀的插装阀方向控制 组件	54	4.10.2 平衡阀	75
4.6.4 叠加阀液压系统	55	4.10.3 双向液压锁	77
4.7 电液比例阀	55	4.10.4 恒流阀	78

第 5 章 液压辅助元件及液压油

5.1 油箱	79	5.5.1 油管	89
5.1.1 油箱的功能	79	5.5.2 管接头	89
5.1.2 油箱的容量	79	5.6 密封装置	91
5.1.3 油箱的结构特点	80	5.6.1 密封装置的类型	91
5.2 过滤器	81	5.6.2 常用密封元件的结构和 特点	91
5.2.1 过滤精度	81	5.7 压力表及压力表开关	95
5.2.2 过滤器的典型结构	81	5.7.1 压力表	95
5.2.3 过滤器的安装位置	84	5.7.2 压力表开关	96
5.3 蓄能器	85	5.8 液压油	96
5.3.1 蓄能器的分类与结构	85	5.8.1 黏度的选用原则	96
5.3.2 蓄能器的功用	85	5.8.2 液压系统对工作介质的 要求	97
5.4 热交换器	86	5.8.3 液压介质的种类与牌号	97
5.4.1 冷却器	87		
5.4.2 加热器	88		
5.5 管件及管接头	88		

第 6 章 液压基本回路

6.1 由普通液压控制元件构成的基本 回路	99	6.1.3 速度控制回路	108
6.1.1 方向控制回路	99	6.1.4 多执行元件控制回路	117
6.1.2 压力控制回路	103	6.1.5 其他回路	121
		6.2 液压伺服控制基本回路	122

6.2.1	电液伺服阀位置控制回路	122	6.4	插装阀基本回路	130
6.2.2	电液伺服阀速度控制回路	122	6.4.1	简单换向回路	130
6.2.3	电液伺服阀压力控制回路	122	6.4.2	调压换向回路	131
6.2.4	采用伺服阀的同步回路	123	6.4.3	保压调压换向回路	131
6.2.5	电液伺服阀两液缸同步控制回路	123	6.4.4	卸压换向回路	132
6.2.6	其他物理参数的电液伺服阀控制回路	123	6.4.5	卸荷回路	133
6.3	液压比例控制基本回路	123	6.4.6	顺序换向回路	133
6.3.1	电液比例压力控制回路	123	6.4.7	支撑换向回路	134
6.3.2	电液比例速度控制回路	125	6.4.8	调速调压换向回路	135
6.3.3	电液比例方向速度控制回路	126	6.4.9	调速换向回路	135
6.3.4	电液比例方向节流压力补偿回路	127	6.4.10	差动增速回路	136
6.3.5	电液比例压力/速度控制回路(节能回路)	129	6.4.11	增速缸增速调压换向回路	136
			6.4.12	高低压泵增速回路	137
			6.4.13	自重增速回路	137
			6.4.14	自锁回路	138
			6.4.15	安全回路	138

第 7 章 识读液压系统图

7.1	液压系统图的识读方法	140	7.4.3	按系统回路的组合方式分类	144
7.2	液压系统图的识读步骤	140	7.5	液压控制系统的分类	145
7.3	识读液压系统图的主要要求	141	7.5.1	按系统的输出量分类	145
7.4	液压传动系统的分类	141	7.5.2	按控制方式分类	145
7.4.1	按油液循环方式分类	141	7.5.3	按控制信号传递介质分类	145
7.4.2	按液压能源的组成形式分类	142	7.6	识读液压系统图实例	145

第 8 章 典型液压系统

8.1	液压机液压系统	147	8.3.2	M1432A 型万能外圆磨床液压系统工作原理	154
8.1.1	YB32-200 型液压机液压系统	147	8.3.3	M1432A 万能外圆磨床液压系统的换向分析	157
8.1.2	人造板热压机液压系统	150	8.3.4	M1432A 型万能外圆磨床液压系统的特点	158
8.2	组合机床动力滑台液压系统	152	8.4	CK3225 型数控车床液压系统	159
8.2.1	概述	152	8.4.1	卡盘支路	159
8.2.2	YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	152	8.4.2	液压变速机构	159
8.2.3	YT4543 型动力滑台液压系统的特点	154	8.4.3	刀架系统的液压支路	160
8.3	M1432A 型万能外圆磨床液压系统	154	8.5	数控加工中心液压系统	161
8.3.1	概述	154	8.5.1	概述	161
			8.5.2	数控加工中心液压系统的工作	

原理	161	构成	175
8.5.3 数控加工中心液压的系统		8.10.3 注塑机液压系统的要求	175
特点	164	8.10.4 由普通开关组成的注塑机液压	
8.6 叉车液压系统	164	系统	176
8.6.1 概述	164	8.10.5 由电液比例阀组成的注塑机液压	
8.6.2 叉车液压系统的工作原理	164	控制系统	179
8.7 汽车起重机液压系统	166	8.10.6 采用插装阀控制的注塑机液压	
8.7.1 概述	166	系统	181
8.7.2 汽车起重机液压系统的工作		8.11 客货两用液压电梯的电液比例控制	
原理	166	系统	185
8.7.3 汽车起重机液压系统的		8.11.1 概述	185
特点	168	8.11.2 客货两用液压电梯液压系统的	
8.8 采煤机牵引部液压系统	169	工作原理	185
8.9 机械手液压系统	170	8.11.3 客货两用液压电梯的液压系统的	
8.9.1 概述	170	特点	186
8.9.2 JS01 工业机械手液压系统的工作		8.12 单斗液压挖掘机液压系统	186
原理及特点	171	8.13 中空挤坯吹塑挤出机型坯壁厚电液伺服	
8.9.3 JS01 工业机械手电气控制		系统	192
系统	172	8.14 带钢跑偏光电液伺服控制	
8.10 塑料注射成型机液压系统	173	系统	193
8.10.1 塑料注射成型机的功用及工艺		8.15 采用插装阀控制的快速锻造压机液压	
流程	173	系统	195
8.10.2 全液压驱动的注塑机液压系统的			

下篇 气动系统

第 9 章 气压传动基础知识

9.1 气压传动的概念	197	9.3.3 气动系统的特点	199
9.2 气动系统图种类和画法	197	9.4 气动工作介质	200
9.3 气动系统的工作原理及组成		9.4.1 气动工作介质的组成	200
特点	199	9.4.2 气动工作介质的基本状态	
9.3.1 气动系统的工作原理	199	参数	200
9.3.2 气动系统的组成	199		

第 10 章 气源装置及辅件

10.1 气源装置	203	10.2 气动辅件	206
10.1.1 气源装置的组成	203	10.2.1 分水过滤器	207
10.1.2 空气压缩机	204	10.2.2 油雾器	207
10.1.3 气源净化装置	204	10.2.3 消声器	208

10.2.4 转换器	208	10.3.3 真空用气阀	214
10.3 真空元件	210	10.3.4 真空压力开关	215
10.3.1 真空发生器	211	10.3.5 其他真空元件	216
10.3.2 真空吸盘	212		

第 11 章 气动执行元件

11.1 气缸	219	11.2.1 叶片式气动马达	229
11.1.1 普通气缸	219	11.2.2 活塞式气动马达	230
11.1.2 特殊气缸	221	11.2.3 齿轮式气动马达	230
11.2 气动马达	228		

第 12 章 气动控制元件

12.1 方向控制阀	231	12.3.2 单向节流阀	239
12.1.1 单向型控制阀	231	12.3.3 排气节流阀	239
12.1.2 换向型控制阀	234	12.3.4 柔性节流阀	240
12.2 压力控制阀	237	12.4 气动逻辑元件	240
12.2.1 减压阀	237	12.4.1 高压截止式逻辑元件	241
12.2.2 安全阀	238	12.4.2 高压膜片式逻辑元件	243
12.2.3 顺序阀	238	12.5 气动比例与伺服控制阀	244
12.3 流量控制阀	239	12.5.1 气动比例控制阀	244
12.3.1 节流阀	239	12.5.2 气动伺服控制阀	246

第 13 章 气动基本回路

13.1 压力与力控制回路	249	13.3.2 双作用气缸速度控制 回路	253
13.1.1 压力控制回路	249	13.3.3 气液联动速度控制 回路	253
13.1.2 力控制回路	250	13.4 其他常用回路	254
13.2 方向控制回路	250	13.4.1 位置控制回路	254
13.2.1 单作用气缸换向回路	250	13.4.2 安全保护回路	256
13.2.2 双作用气缸换向回路	251	13.4.3 同步控制回路	258
13.2.3 气动马达换向回路	251	13.4.4 缓冲回路	259
13.2.4 差动换向回路	252	13.4.5 气动逻辑回路	259
13.3 速度控制回路	252	13.4.6 真空吸附回路	260
13.3.1 单作用气缸速度控制 回路	252		

第 14 章 典型气动系统

14.1 数控加工中心气动换刀 系统	261	14.2 气动机械手系统	262
		14.3 机床夹具气动系统	263

14.4 铸造振压造型机气动系统	264	14.6 全自动灌装机气动控制	
14.5 气动张力控制系统	265	系统	266

附录 流体传动系统及常用元件图形符号

附表 1 图形符号的基本要素	269	附表 3 图形符号	285
附表 2 图形符号的应用规则	280	附表 4 CAD 制图符号	297

参考文献

上篇 液压系统

第1章

液压识图的基础知识

1.1 认识液压系统图

液压系统是利用液压泵将原动机的机械能转换为液体的压力能，通过液体压力能的变化来传递能量，经过各种控制阀和管路的传递，借助于液压执行元件（缸或马达）把液体压力能转换为机械能，从而驱动工作机构，实现直线往复运动或回转运动。液压系统一般用液压系统图来表示。

在液压传动和控制技术中，一般用标准图形符号或半结构式符号将各个液压元件及它们之间的连接与控制方式画在图纸上，这就是液压系统图。

图 1-1 所示的液压系统图是一种半结构式机床工作台液压系统的工作原理图。图 1-2

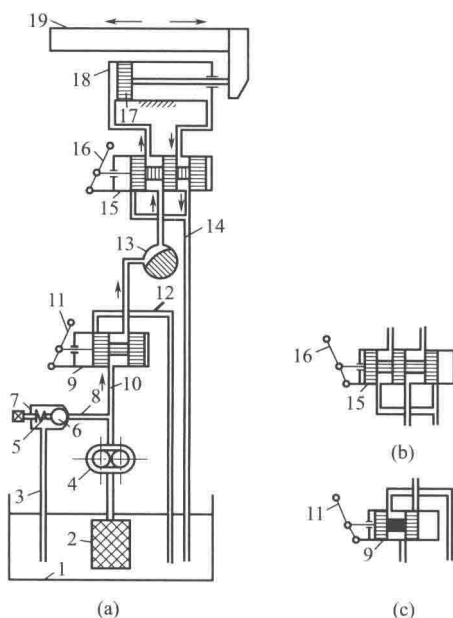


图 1-1 半结构式机床工作台液压系统的工作原理图

- 1—油箱；2—过滤器；3,12,14—回油管；4—液压泵；5—弹簧；
6—钢球；7—溢流阀；8—压力支管；9—开停阀；10—压力管；
11—开停手柄；13—节流阀；15—换向阀；16—换向手柄；
17—活塞；18—液压缸；19—工作台

所示为同一个液压系统用液压图形符号绘制成的工作原理图。

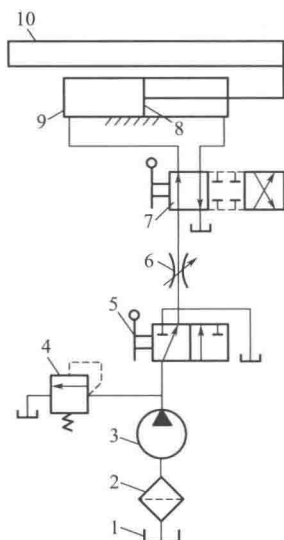


图 1-2 机床工作台液压系统的图形符号

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—开停阀；6—节流阀；7—换向阀；8—活塞；9—液压缸；10—工作台

1.2 液压系统图的种类和画法

液压系统及其组成的元件可采用装配结构图、结构原理示意图和职能符号图三种图示方法。

1.2.1 装配结构图

这种表示方法能准确地表达出系统和元件的结构形状、几何尺寸和装配关系。但是，绘制复杂，不能直观地表示出各元件在传动系统中的功能作用。它主要用于施工设计、制造、安装和拆卸及维修等场合，而在分析系统性能时不宜采用。

1.2.2 结构原理示意图

这种表示方法近似实物的剖面图，如图 1-1 所示。该种表示方法可以直观地表示出各液压元件的工作原理。但绘制仍然比较复杂，尤其是在负载动作要求多而复杂的情况下，绘制系统原理示意图比较困难。该种表示方法不能直接地反映各元件的职能作用，对于系统性能的分析也过于复杂。

1.2.3 职能符号图

这种表示方法将系统中各液压元件都用职能符号来表示，如图 1-2 所示（该图为结构原理示意图 1-1 的职能符号图）。职能符号图能直观地反映出各液压元件的功能作用，绘制相当方便。对于了解和掌握液压系统工作原理和分析判断系统性能和故障，职能符号图起到重要作用。但是，这种表示方法反映不出各元件的结构和参数，也反映不出系统管路和元件的具体位置。我国制定常用的液压系统图图形符号见附录。

我国制定的液压系统图图形符号中规定，职能符号都以静止位置或零位置表示，另有说

明除外。

1.3 液压系统的工作原理及组成特点

按工作特征和控制方式的不同, 液压系统可划分为液压传动系统和液压控制系统两大类。

1.3.1 液压传动系统的工作原理

以液压千斤顶为例来说明液压传动的工作原理。

如图 1-3 所示, 手柄 1 带动活塞上提, 泵缸 2 容积扩大形成真空, 排油单向阀 3 关闭, 油箱 5 中的液体在大气压力作用下, 经管 6、吸油单向阀 4 进入泵缸 2 内; 手柄 1 带动活塞下压, 吸油单向阀 4 关闭, 泵缸 2 中的液体推开排油单向阀 3、经管 9、10 进入液压缸 11, 迫使活塞克服重物 12 的重力 G 上升而做功; 当需液压缸 11 的活塞停止时, 使手柄 1 停止运动, 液压缸 11 中的液压力使排油单向阀 3 关闭, 液压缸 11 的活塞就自锁不动; 工作时截止阀 8 关闭, 当需要液压缸 11 的活塞放下时, 打开此阀, 液体在重力 G 作用下经此阀排往油箱 5。

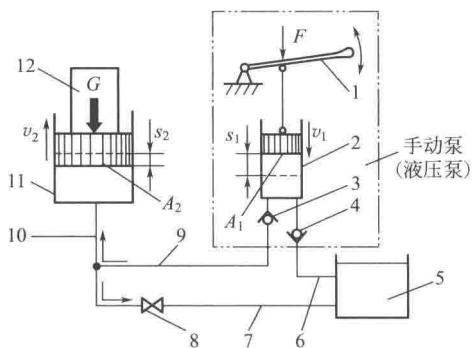


图 1-3 液压千斤顶的工作原理图

1—手柄; 2—泵缸; 3—排油单向阀; 4—吸油单向阀; 5—油箱; 6, 7, 9, 10—管; 8—截止阀; 11—液压缸; 12—重物

上述内容为液压千斤顶的工作原理。液压千斤顶作为简单又较完整的液压传动装置由以下几部分组成。

① 液压泵 是把机械能转换成液体压力能的元件。泵缸 2、吸油单向阀 4 和排油单向阀 3 组成一个阀式配流的液压泵。

② 执行元件 是把液体压力能转换成机械能的元件, 如液压缸 11 (当输出不是直线运动而是旋转运动时, 则为液压马达)。

③ 控制元件 是通过对液体的压力、流量、方向的控制, 来实现对执行元件的运动速度、方向、作用力等的控制的元件, 用以实现过载保护、程序控制等。如截止阀 8 即属控制元件。

④ 辅助元件 除上述三个组成部分以外的其他元件, 如管道、管接头、油箱、过滤器等为辅助元件。

1.3.2 液压传动系统的组成

分析液压千斤顶的原理图, 可以看出液压传动系统是由以下五部分组成的。

① 动力元件 把机械能转换成液压能的装置, 由泵和泵的其他附件组成。最常见的动力元件是液压泵, 它给液压系统提供压力油。

② 执行元件 把液压能转换成机械能带动工作机构做功的装置。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马达。

③ 控制元件 对液压系统中油液压力、流量、运动方向进行控制的装置, 主要是指各种阀。

④ 辅助元件 由各种液压附件组成, 如油箱、油管、过滤器、压力表等。

⑤ 工作介质 液压系统中用量最大的工作介质是液压油, 通常指矿物油。

1.3.3 液压控制系统的工作原理

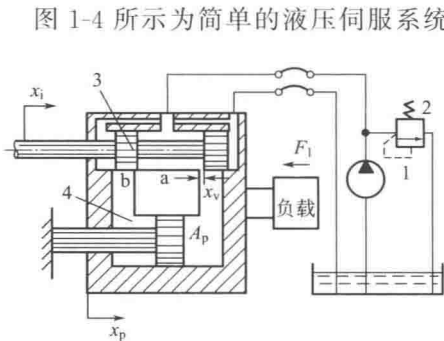


图 1-4 液压伺服控制系统的原理图

1—液压泵；2—溢流阀；3—四通控制滑阀；4—液压缸

图 1-4 所示为简单的液压伺服系统原理图，系统的能源为液压泵 1，以恒定的压力（由溢流阀 2 设定）向系统供油。液压驱动装置由四通控制滑阀 3 和液压缸 4（杆固定）组成。滑阀 3 是一个转换放大元件，它将输入的机械信号转换成液压信号（流量、压力）输出，并加以功率放大。液压缸为执行器，输入是压力油的流量，输出是运动速度或位移。此系统中阀体与液压缸体连成一体，从而构成反馈控制。其反馈控制过程是：当滑阀处于中间位置（零位，即没有信号输入， $x_i=0$ ）时，阀的四个窗口均关闭，阀没有流量输出，液压缸体不动，系统的输出量 $x_p=0$ ，系统处于静止平衡状态。给滑阀一个输入位移，如阀芯向右移动一个距离 x_i ，则节流窗口 a、b 便有一个相应的开口量

$x_v=x_i$ ，压力油经窗口 a 进入液压缸无杆腔，推动缸体右移 x_p ，左腔油液经窗口 b 回油。因为阀体与缸体为一体，所以阀体也右移 x_p ，使阀的开口量减小，即 $x_v=x_i-x_p$ ，直到 $x_p=x_i$ （即 $x_v=0$ ）时，阀的输出流量等于 0，缸体停止运动，处在一个新的平衡位置上，从而完成了液压缸输出位移对滑阀输入位移的跟随运动。如果滑阀反向运动，液压缸也反向跟随运动。

1.3.4 液压控制系统的组成

实际的液压控制系统不论如何复杂，都是由一些基本元件构成的，并可用图 1-5 所示的方块图表示。这些基本元件包括检测反馈元件、比较元件及转换放大装置（含能源）、执行器和控制对象等部分。

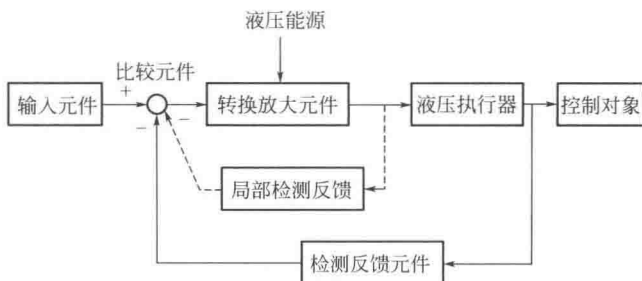


图 1-5 液压伺服系统的构成

① 输入元件 输入元件也称指令元件，它给出输入信号（也称指令信号），加于系统的输入端。机械模板、电位器、信号发生器或程序控制器都是常见的输入元件。输入信号可以手动设定或由程序设定。

② 检测反馈元件 检测反馈元件用于检测系统的输出量并转换成反馈信号，加于系统的输入端与输入信号进行比较，从而构成反馈控制。各类传感器为常见的检测反馈元件。

③ 比较元件 比较元件将反馈信号与输入信号进行比较，产生偏差信号加于放大装置。比较元件经常不单独存在，而是与输入元件、检测反馈元件或放大装置一起，共同完成比

较、反馈或放大功能。

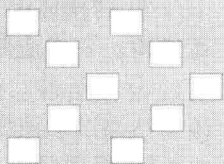
④ 转换放大元件 它的功用是将偏差信号的能量形式进行转换并加以放大，输入到执行机构。各类液压控制放大器、伺服阀、比例阀、数字阀等都是常用的转换放大装置。

⑤ 执行器 执行器的功用是驱动控制对象动作，实现调节任务。它可以是液压缸或液压马达及摆动液压马达。

⑥ 控制对象 控制对象是指被控制的主机设备或其中一个机构、装置。

⑦ 液压能源 即液压泵站或液压源，它为系统提供驱动负载所需的具有压力的液流。

第2章



液压动力元件

2.1 液压泵工作原理及分类

液压泵在原动机带动下旋转，吸进低压液体，将具有一定压力和流量的高压液体送给液压传动系统。它将驱动电动机的机械能转换为液体压力能，为系统提供压力油液。因此，液压泵是一种能量转换装置，是液压传动系统中的动力元件。

2.1.1 液压泵的基本工作原理

液压泵靠密封的容积变化来进行工作，其结构原理如图 2-1 所示。图 2-1 为手动单柱塞泵的结构原理示意图，该泵由把手 1、柱塞 2、缸筒 3、单向阀 4、单向阀 6 和油箱 5 等部件组成。进油口上的单向阀 4 只允许油液单向进入工作腔；排油口上的单向阀 6 只允许油液从工作腔排出。缸筒 3 与柱塞 2 形成一个密封工作容积 V 。

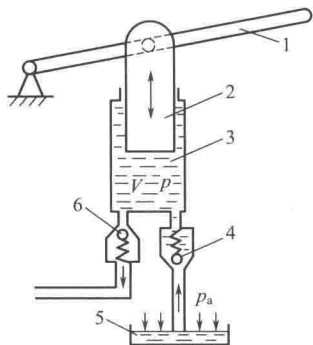


图 2-1 手动单柱塞泵的结构原理示意图

1—把手；2—柱塞；3—缸筒；
4、6—单向阀；5—油箱

(1) 吸液过程

当上提把手 1 时，柱塞 2 在把手 1 带动下向上运动，密封容积 V 的体积随之增大，从而使密封容积 V 中的液体压力下降，出现真空现象（密封容积 V 的压力 $p <$ 油箱中液体表面压力 p_a ），此时单向阀 6 在弹簧和系统压力油作用下关闭；而油箱中的液体在压力差（ $\Delta p = p_a - p > 0$ ）作用下，顶开单向阀 4 而被压入到密封容积 V 中。这个过程称为液压泵的吸液过程。当柱塞 2 上升到极限位置时，吸液结束，缸筒 3 内充满了液体。

(2) 排液过程

当下压把手 1 时，柱塞 2 在把手 1 带动下向下运动，密封容积 V 的体积减小，因油液被压缩使密封容积 V 的液体压力 p 升高。当压力 p 高于系统压力时，顶开单向阀 6，油液进入系统中，这就是排液过程。在此过程中，单向阀 4 关闭。

这样，柱塞 2 在把手 1 带动下，连续往复运动，即可将油箱中的液体连续地吸入，并不断地为系统提供具有一定压力和流量的工作液体。这就是单柱塞泵不断地把手上的机械能转变为工作液体的液压能的过程，即单柱塞泵的基本工作原理。

单柱塞泵基本工作原理的分析方法完全适合于其他结构形式的液压泵，只是结构形式不同的液压泵，其密封容积的变化形式不同而已。

液压泵是基于工作腔的容积变化吸油和排油的。实际上,为了输出连续而平稳的液体,液压泵通常是由连续旋转的机械运动(如电动机驱动液压泵工作)而不是单个柱塞的往复运动,来产生工作腔的容积变化,从而不断地吸油和排油。图2-2所示是液压泵、电动机-液压泵装置的外形图。

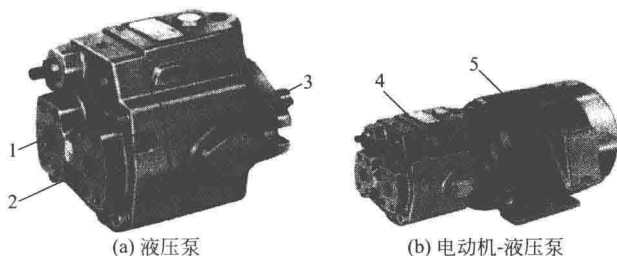


图2-2 液压泵、电动机-液压泵装置的外形图

1—排油口; 2—吸油口; 3—驱动轴; 4—液压泵; 5—电动机

2.1.2 液压泵的分类

液压泵按内部主要运动构件的形状和运动方式的不同,可分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵。若按液压泵的吸、排油方向能否改变,可分为单向泵和双向泵。单向泵是指吸、排油方向不能改变的泵,而双向泵是指吸、排油方向可以改变的泵。

若按泵的排量是否能够调整,又可分为定量泵和变量泵。

排量是指液压泵在没有泄漏的情况下,泵轴每旋转一周所能排出液体的体积,排量的大小仅与泵的几何尺寸的大小有关。排量的常用单位是 m^3/r 和 mL/r 。

所谓定量泵是指排量不能调整的泵,而变量泵是指排量能调整的泵。

图2-3所示为常见几种液压泵的1993旧标准图形符号。图2-4所示为常见几种液压泵的2009新标准图形符号。

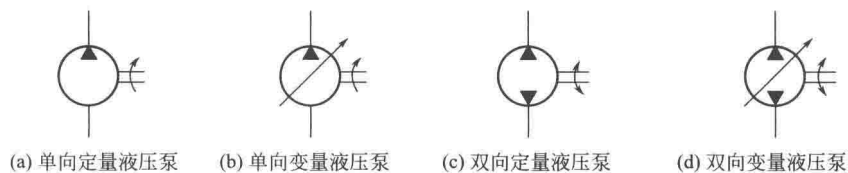


图2-3 液压泵的图形符号(1993旧标准)



图2-4 液压泵的图形符号(2009新标准)

2.2 齿轮泵

齿轮泵是液压泵中结构最简单的一种。齿轮泵自吸能力好,对油液的污染不敏感,工作可靠,制造容易,体积小,价格便宜,广泛应用在各种液压机械上。齿轮泵的主要缺点是不