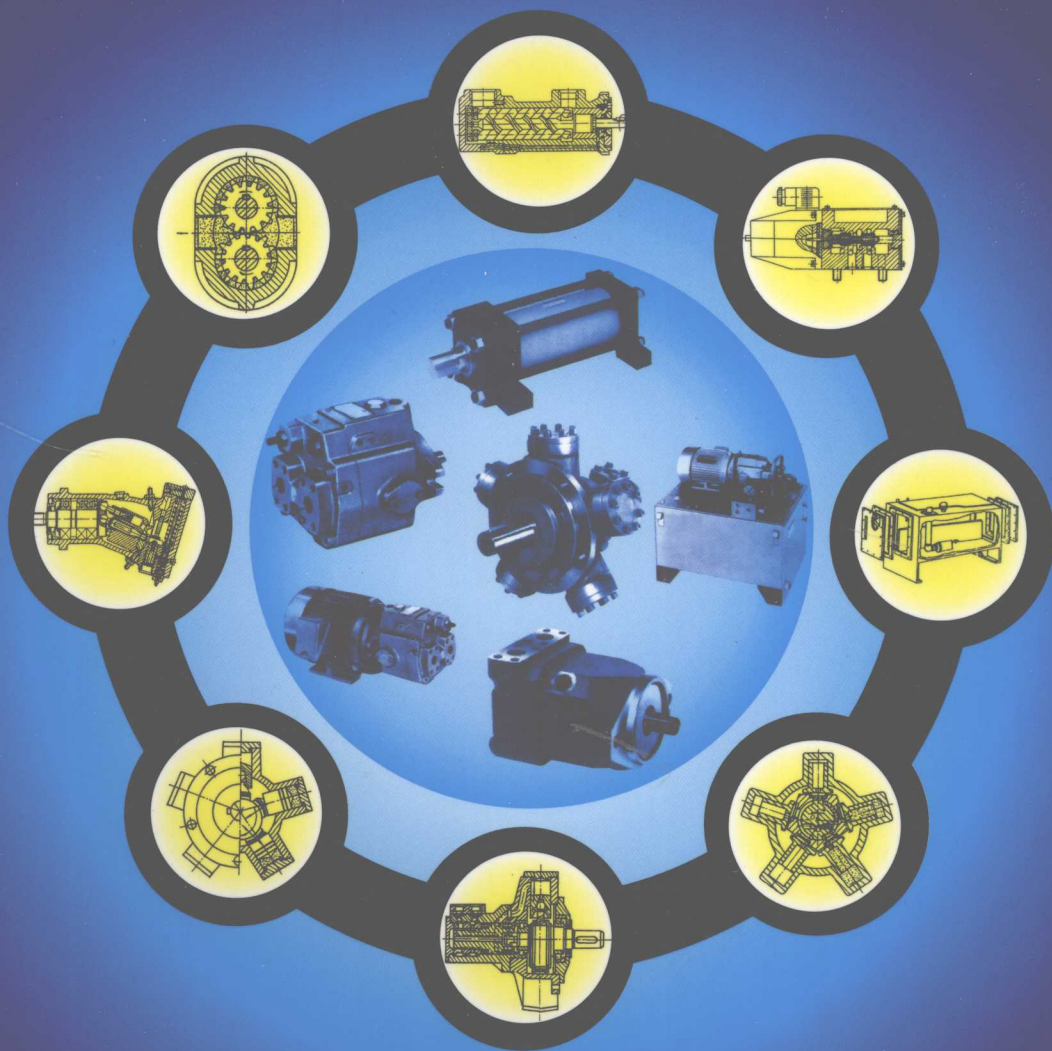


Y E Y A S H I T U

液压识图

张应龙 主编

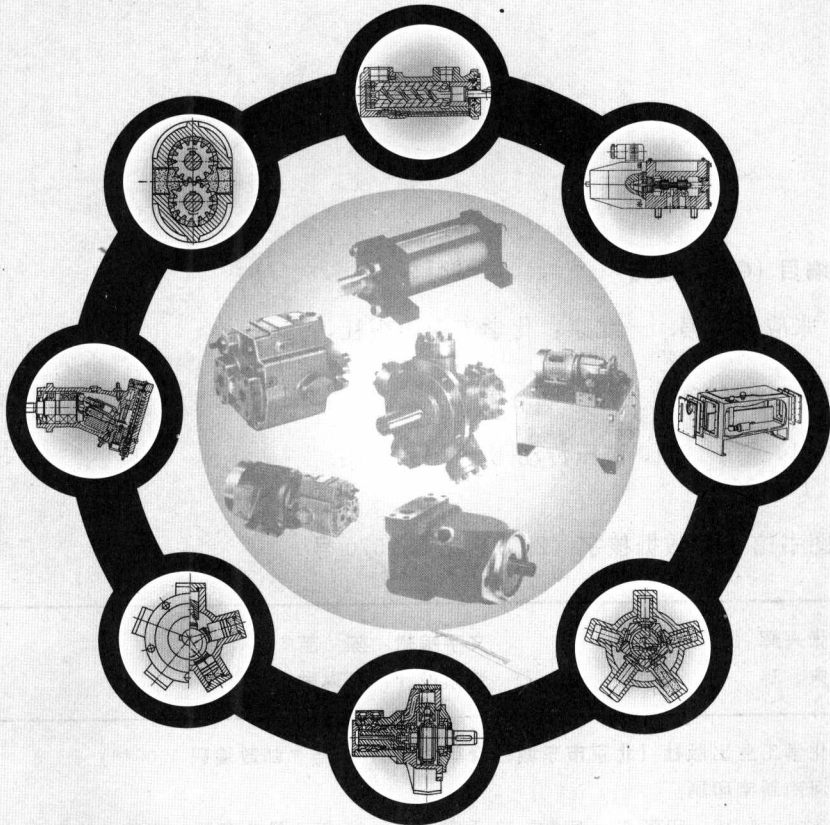


化学工业出版社

Y E Y A S H I T U

液压识图

张应龙 主编



化学工业出版社

·北京·

本书按照“液压元件—液压回路—液压系统”的体系进行论述,采用最新的液压技术标准,主要介绍了识读液压系统图的基础知识,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,以及由各类液压元件组成的各种液压基本回路,在此基础上详细介绍了液压系统图的识读方法和步骤。为满足机械类不同行业的需要,书中穿插介绍了较多的典型的液压传动和控制系统的结构、工作原理和特点。

本书主要面向初级的液压工程技术人员、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

液压识图/张应龙主编. —北京:化学工业出版社,
2007.6

ISBN 978-7-122-00299-0

I. 液… II. 张… III. 液压传动-机械图-识图法
IV. TH137 TH126.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第057570号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈喆

责任校对:宋玮

装帧设计:尹琳琳

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:河南新丰印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张13 字数318千字 2007年6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:28.00元

版权所有 违者必究

前言

液压技术以其独特的技术优势，在国民经济的各个领域不断拓展，发挥着越来越大的作用，液压传动与控制元件、设备日新月异。但是除了一些专业书籍以外，社会上难得见到以介绍有关液压基础知识为主要内容的普及读本。为了培养液压方面的技术人才，满足广大机械工程类从事液压技术工作的各类人员的需要，我们编写了《液压识图》一书。

本书从基本原理和基本结构两方面展开叙述，在内容安排上，既保留了有价值的经典理论和技术，又反映了近年来液压传动与控制技术的最新技术，液压传动系统与控制系统并重，全书较全面、系统，突出了“新颖”和“实用”的特点。本书共8章，在体系上按照液压元件—液压回路—液压系统的顺序进行论述，采用最新的液压技术标准，介绍了识读液压系统图的基础知识，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，以及由上述各类液压元件组成的各种液压基本回路，在此基础上详细介绍了液压系统图的识读方法和步骤，并为满足机械类不同行业的需要，介绍了较多的典型的液压传动和控制系统的结构、工作原理和特点。

20世纪90年代以来，随着我国国民经济的快速发展，各行各业对新技术、新产品、新材料、新工艺有了更多的需求，由开关阀组成的液压系统已不能满足社会的需要，液压元器件也取得了飞速发展，许多进口和国产设备上已大量采用电液伺服阀、电液比例阀和插装阀，本书用较大的篇幅介绍了相关的阀体、回路和系统。

本书由张应龙编写、统稿。在本书的编写过程中，江苏大学陆一心教授、李金伴教授、王维新高级工程师、杨宁川技师，怀特（中国）驱动产品有限公司的武长山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。

本书可供具有初中以上文化程度、刚开始从事和即将从事液压系统使用、维护和维修等的工程技术人员、技术工人阅读，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压传动与控制技术相关人员的参考用书。

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。

欢迎订阅液压气动技术及机械设计图书

液压气动技术

液压工必读	2007年/大32开/25元
液压气动技术速查手册	2007年/16开/86元
液压系统设计丛书-液压元件及选用	2007年/16开/58元
液压系统设计丛书-液压控制系统及设计	2006年/16开/49元
液压系统设计丛书-液压系统使用与维修	2006年/16开/35元
液压系统设计丛书-液压传动系统及设计	2005年/16开/56元
液压阀原理、使用与维护	2005年/16开/76元
现代液压技术应用 220例	2004年/16开/69元
机械设计手册(单行本) 液压传动	2005年/16开/88元
机械设计手册(单行本) 液压控制	2006年/16开/42元
机械设计手册(单行本) 气压传动	2006年/16开/78元
液力传动理论及设计	2004年/16开/40元

机械设计工具书系列

润滑设计手册	2006年/16开/112元
齿轮传动设计手册	2005年/16开/168元
现代机械设计方法实用手册	2004年/16开/80元
光机电一体化设计使用手册(上、下册)	2003年/16开/216开
机械设计手册(第四版,共5卷)	2002年/16开/598元
机械设计手册(单行本,共15分册)	2002年/16开/798元
机械设计图册(共6卷)	2000年/16开/666元
机械设计实用手册	2003年/16开/170元
离合器、制动器选用手册	2003年/16开/56元
电动滚筒设计与选用手册	2002年/16开/48元
机械无级变速器设计与选用指南	2002年/16开/38元
减速器选用手册	2002年/16开/120元
联轴器选用手册	2001年/16开/72元
现代机械优化设计方法	2005年/16开/39元
机械工程师电子手册(普及版)	2006年/16开/98元
现代连杆机构设计	2006年/16开/18元

以上图书由**化学工业出版社 机械·电气分社**出版。如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录 www.cip.com.cn。如要出版新著,请与编辑联系。

地址:北京市东城区青年湖南街13号(100011)

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

编辑:010-64519270

E-mail: zxh@cip.com.cn

目 录

第1章 液压识图的基础知识	1
1.1 什么是液压系统图	1
1.2 液压系统图种类和画法	2
1.2.1 装配结构图	2
1.2.2 结构原理示意图	2
1.2.3 职能符号图	3
1.3 液压系统的工作原理及组成特点	3
1.3.1 液压传动系统的工作原理	3
1.3.2 液压传动系统的组成	4
1.3.3 液压传动系统的特点	4
1.3.4 液压控制系统的工作原理	5
1.3.5 液压控制系统的组成	5
1.3.6 液压控制系统的特点	6
第2章 液压动力元件	8
2.1 概述	8
2.1.1 液压泵的基本工作原理	8
2.1.2 液压泵的分类	9
2.2 齿轮泵	9
2.2.1 外啮合式齿轮泵	9
2.2.2 内啮合式齿轮泵	10
2.3 叶片泵	10
2.3.1 单作用叶片泵	10
2.3.2 双作用叶片泵	11
2.4 柱塞泵	12
2.4.1 轴向柱塞泵	12
2.4.2 径向柱塞泵	14
2.5 螺杆泵	15
第3章 液压系统的执行元件	17
3.1 液压马达	17
3.1.1 液压马达的分类	17
3.1.2 高速液压马达	17
3.1.3 低速液压马达	19
3.2 液压缸	22

3.2.1	单作用液压缸	22
3.2.2	双作用液压缸	23
3.2.3	组合液压缸	25
3.2.4	液压缸的安装方式	26
第4章 液压控制阀		28
4.1	液压控制阀的分类	28
4.1.1	按功能分类	28
4.1.2	按阀的控制方式分类	28
4.1.3	按结构形式分类	28
4.1.4	按连接方式分类	29
4.2	方向控制阀	29
4.2.1	单向阀	29
4.2.2	换向阀	31
4.3	压力控制阀	35
4.3.1	溢流阀	35
4.3.2	减压阀	36
4.3.3	顺序阀	38
4.3.4	压力继电器	40
4.4	流量控制阀	40
4.4.1	节流阀	41
4.4.2	调速阀	42
4.4.3	溢流节流阀	43
4.4.4	分流集流阀	43
4.5	插装阀	44
4.5.1	插装阀的工作原理	45
4.5.2	插装方向控制阀	45
4.5.3	插装压力控制阀	47
4.5.4	插装流量控制阀	48
4.6	叠加阀	48
4.6.1	叠加式溢流阀	49
4.6.2	叠加式调速阀	49
4.6.3	带叠加阀的插装阀方向控制组件	49
4.6.4	叠加阀液压系统	49
4.7	电液比例阀	50
4.7.1	电液比例阀的工作原理	50
4.7.2	比例电磁铁	50
4.7.3	电液比例压力阀	51
4.7.4	电液比例流量阀	54
4.7.5	电液比例方向阀	55
4.8	电液伺服阀	57
4.8.1	电液伺服阀的组成和分类	57

4.8.2	液压放大器	58
4.8.3	电液伺服阀的典型结构与工作原理	60
4.9	电液数字阀	63
4.9.1	电液数字阀的工作原理	63
4.9.2	电液数字阀的典型结构	64
4.10	其他专用液压阀	66
4.10.1	多路换向阀	67
4.10.2	平衡阀	68
4.10.3	双向液压锁	69
4.10.4	恒流阀	70
第5章	液压辅助元件	71
5.1	油箱	71
5.1.1	油箱的功能	71
5.1.2	油箱的容量	71
5.1.3	油箱的结构特点	71
5.2	滤油器	73
5.2.1	过滤精度	73
5.2.2	滤油器的典型结构	73
5.2.3	滤油器的安装位置	75
5.3	蓄能器	76
5.3.1	蓄能器的分类与结构	76
5.3.2	蓄能器的功用	77
5.4	热交换器	78
5.4.1	冷却器	78
5.4.2	加热器	79
5.5	管件及管接头	80
5.5.1	油管	80
5.5.2	管接头	80
5.6	密封装置	81
5.6.1	密封装置的类型	82
5.6.2	常用密封元件的结构和特点	82
5.7	压力表及压力表开关	85
5.7.1	压力表	85
5.7.2	压力表开关	85
第6章	液压基本回路	87
6.1	由普通液压控制元件构成的基本回路	87
6.1.1	方向控制回路	87
6.1.2	压力控制回路	91
6.1.3	速度控制回路	97
6.1.4	多执行元件控制回路	107
6.1.5	其他回路	111

83	6.2	液压伺服控制基本回路	112
88	6.2.1	电液伺服阀位置控制回路	112
88	6.2.2	电液伺服阀速度控制回路	112
88	6.2.3	电液伺服阀压力控制回路	113
89	6.2.4	采用伺服阀的同步回路	113
88	6.2.5	电液伺服阀两液压缸同步控制回路	113
88	6.2.6	其他物理参数的电液伺服阀控制回路	113
86	6.3	液压比例控制基本回路	114
88	6.3.1	电液比例压力控制回路	114
88	6.3.2	电液比例速度控制回路	115
88	6.3.3	电液比例方向速度控制回路	117
88	6.3.4	电液比例方向阀节流压力补偿回路	118
88	6.3.5	电液比例压力/速度控制回路(节能回路)	120
88	6.4	插装阀基本回路	121
88	6.4.1	简单换向回路	121
88	6.4.2	调压换向回路	122
88	6.4.3	保压调压换向回路	123
88	6.4.4	卸压换向回路	123
88	6.4.5	卸荷回路	124
88	6.4.6	顺序换向回路	125
88	6.4.7	支承换向回路	126
88	6.4.8	调速调压换向回路	127
88	6.4.9	调速换向回路	127
88	6.4.10	差动增速回路	128
88	6.4.11	增速缸增速调压换向回路	129
88	6.4.12	高低压泵增速回路	129
88	6.4.13	自重增速回路	129
88	6.4.14	自锁回路	130
88	6.4.15	安全回路	131
	第7章	如何识读液压系统图	132
88	7.1	液压系统图的识读方法	132
88	7.2	液压系统图的识读步骤	132
88	7.3	识读液压系统图的主要要求	133
88	7.4	液压传动系统的分类和特点	133
88	7.4.1	按油液循环方式分类	133
88	7.4.2	按液压能源的组成形式分类	134
88	7.4.3	按系统回路的组合方式分类	137
88	7.5	液压控制系统的分类和特点	138
88	7.5.1	按系统的输出量分类	138
88	7.5.2	按控制方式分类	138
88	7.5.3	按控制信号传递介质分类	138

7.6	各种液压图形符号的绘制规划	138
7.6.1	符号要素和功能要素	138
7.6.2	控制机构符号的绘制规划	140
7.6.3	旋转式能量转换元件的标注规则与符号示例	142
7.7	液压泵和液压马达图形符号的识读	143
7.8	各种液压阀的识读	144
7.8.1	机械控制装置和控制方法	144
7.8.2	压力控制阀的图形符号	146
7.8.3	方向控制阀的图形符号	146
7.8.4	流量控制阀的图形符号	146
7.8.5	油箱的图形符号	150
7.8.6	流体调节器的图形符号	150
7.8.7	检测器、指示器的图形符号	151
7.8.8	其他辅助元器件的图形符号	151
7.8.9	管路、管路接口和接头的图形符号	152
7.9	液压缸的图形符号的识读	152
7.10	蓄能器的图形符号的识读	153
7.11	识读液压系统图实例	153
第8章	典型液压系统	156
8.1	液压机液压系统	156
8.1.1	概述	156
8.1.2	YB32-200型液压机的工作原理	156
8.1.3	液压系统的特点	158
8.2	组合机床动力滑台液压系统	159
8.2.1	概述	159
8.2.2	YT4543型动力滑台液压系统的工作原理	159
8.2.3	系统的特点	160
8.3	万能外圆磨床液压系统	161
8.3.1	概述	161
8.3.2	液压系统工作原理	161
8.3.3	换向分析	164
8.3.4	M1432A型磨床液压系统的特点	165
8.4	数控车床液压系统	165
8.4.1	卡盘支路	166
8.4.2	液压变速机构	166
8.4.3	刀架系统的液压支路	166
8.5	数控加工中心液压系统	167
8.5.1	概述	167
8.5.2	数控加工中心液压系统工作原理	168
8.5.3	系统特点	170
8.6	叉车液压系统	171

8.6.1	概述	171
8.6.2	工作原理	171
8.7	汽车起重机液压系统	173
8.7.1	概述	173
8.7.2	汽车起重机的液压系统	173
8.7.3	汽车起重机液压系统的特点	175
8.8	采煤机牵引部液压系统	175
8.9	机械手液压系统	176
8.9.1	概述	176
8.9.2	JSOI工业机械手液压系统原理及特点	177
8.9.3	JSOI工业机械手电气控制系统	178
8.10	塑料注射成形机电液比例控制系统	179
8.10.1	塑料注射成形机的功用及工艺流程	179
8.10.2	全液压驱动的塑机液压系统的构成	181
8.10.3	塑机液压系统的要求	181
8.10.4	塑机电液比例控制系统的工作原理	182
8.10.5	技术特点	184
8.11	客货两用液压电梯的电液比例控制系统	184
8.11.1	概述	184
8.11.2	客货两用液压电梯的液压控制系统	185
8.11.3	系统特点	185
8.12	单臂液压仿形刨床液压伺服系统	185
8.12.1	工作台往复运动系统	186
8.12.2	仿形刀架系统	187
8.12.3	系统特点	188
8.13	中空挤坯吹塑挤出机型坯壁厚电液伺服系统	188
8.14	带钢跑偏光电液伺服控制系统	189
8.15	采用插装阀控制的塑料注射成形机液压系统	191
8.15.1	动力源回路	191
8.15.2	合模控制回路	191
8.15.3	注射控制回路	193
8.15.4	顶出缸控制回路	194
8.16	采用插装控制的快速锻造液压机液压系统	195
附录 常用电气简图用图形符号 (摘自 GB/T 4728—2000)		197
参考文献		198

第 1 章

液压识图的基础知识

液压技术最古老的应用可以追溯到古希腊人发明的螺旋提水工具和我国古代的水车。但作为一门技术，液压技术只有 200 年左右的历史。

1648 年法国的 B. 帕斯卡提出了液体中压力传递的基本定律，1681 年 D. 帕潘发明了带安全阀的压力釜，1850 年英国工程师威廉姆·乔治·阿姆斯特朗发明了液压蓄能器，19 世纪中叶英国工程师佛莱明·詹金发明了世界上第一台差压补偿流量控制阀，1795 年英国人约瑟夫·布瑞玛申请了第一台液压机的英国专利。这些贡献与成就为 20 世纪液压技术的发展提供了科学与工艺基础。

19 世纪在工业中所使用的液压传动装置是以水作为工作介质，因其密封问题一直未能得到很好的解决，导致液压技术一度停滞不前。此种情况在 1905 年美国入詹涅首先用矿物油代替水作液压介质后才有所改观。20 世纪 30 年代后，由于车辆、航空、舰船等功率传动技术的推动，相继出现了斜轴式及弯轴式轴向柱塞泵、径向和轴向液压马达。1936 年发明了以先导控制压力阀为标志的管式系列液压控制元件。第二次世界大战期间，由于军事上的需要，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，从而使液压技术得到了迅猛发展。

20 世纪 50 年代，随着第二次世界大战后各国经济的恢复和发展，生产过程自动化的不断提高，液压技术很快转入民用工业，特别是在机械制造、起重运输机械及各类施工机械、船舶、航空等领域得到了广泛的发展和应。

20 世纪 60 年代以来，随着原子能、航空航天技术、微电子技术的发展，液压技术也在更深更广阔的领域得到了发展。20 世纪 60 年代出现了板式、叠加式液压阀系列，发展了以比例电磁铁为电气-机械转换器的电液比例控制阀，并被广泛用于工业控制中，提高了电液控制系统的抗污染能力和性能价格比；20 世纪 70 年代出现了插装式系列液压元件；20 世纪 80 年代以来，液压技术与现代数学、力学和微电子技术、计算机技术、控制科学等紧密结合，出现了微处理机、电子放大器、传感测量元件和液压控制单元相互集成的机电一体化产品，提高了液压系统的智能化程度和可靠性，使得液压技术的应用领域不断拓展，几乎囊括了国民经济的各个部门。

1.1 什么是液压系统图

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的机床工作台液压系统工作原理图。图 1-2 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。

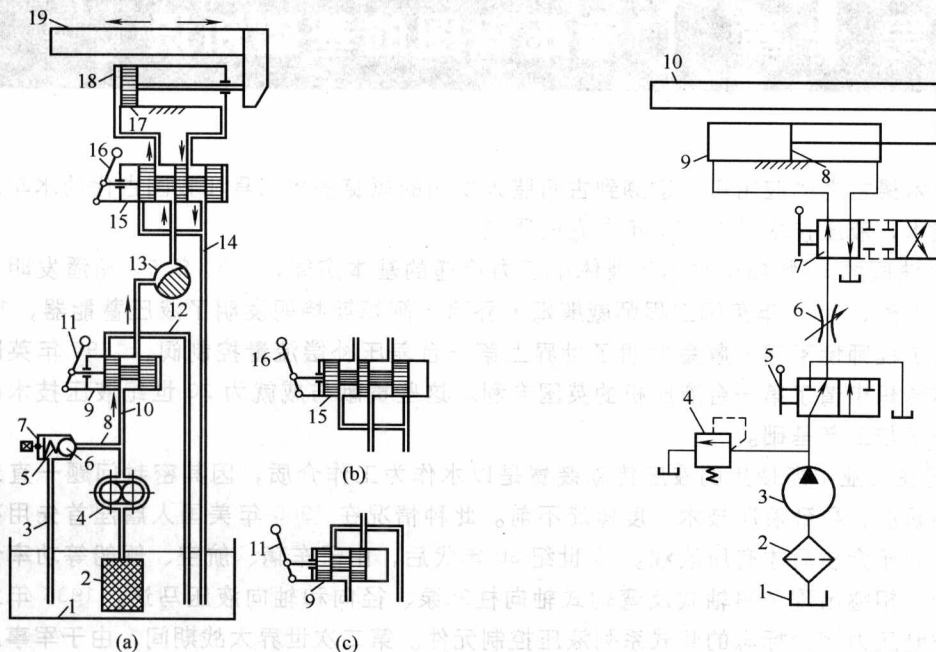


图 1-1 半结构式机床工作台液压系统的工作原理图

- 1—油箱; 2—滤油器; 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

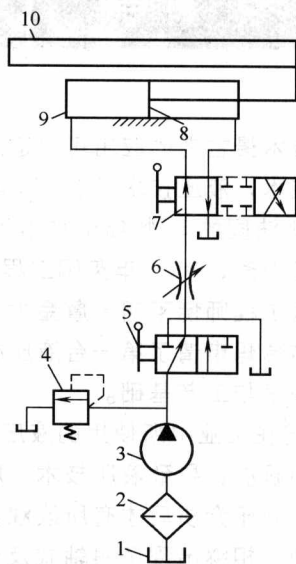


图 1-2 机床工作台液压系统的图形符号

- 1—油箱; 2—滤油器; 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等三种图示方法。

1.2.1 装配结构图

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、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。

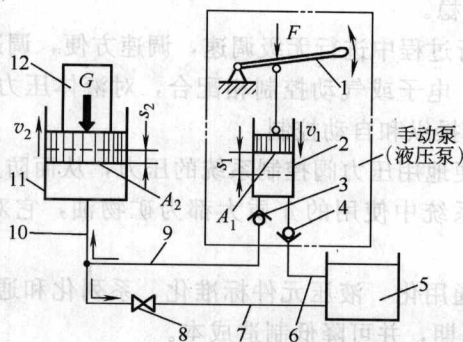


图 1-3 液压千斤顶工作原理图

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、滤油器等为辅助元件。

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、滤油器、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 液压传动系统的特点

与机械传动和电气传动相比，液压传动有以下优点。

① 功率质量比大 在同等功率下，液压装置的体积小，质量轻，即功率密度大。如液压马达的体积约为同等功率电动机的 12%，质量约为同等功率电动机的 12%~20%。

② 工作平稳 由于体积小、质量轻、惯性小，因而启动、制动迅速，变速、换向快速而无冲击，液压装置运动平稳。

③ 无级调速 能在运行过程中进行无级调速，调速方便，调速范围大（可达 2000:1）。

④ 自动控制 与电气、电子或气动控制相配合，对液体压力、流量和方向进行调节或控制，易于实现系统的远程操纵和自动控制。

⑤ 过载保护 可以方便地用压力阀控制系统的压力，从而防止过载，避免事故发生。

⑥ 元件寿命长 液压系统中使用的介质大都为矿物油，它对液压元件产生润滑作用，因而元件寿命较长。

⑦ 标准化、系列化和通用化 液压元件标准化、系列化和通用化程度较高，有利于缩短液压系统的设计、制造周期，并可降低制造成本。

液压传动的缺点如下。

① 易出现泄漏 液压系统的油压较高，液压油容易通过密封或间隙产生泄漏，引起液压介质消耗，并引起环境污染。

② 传动效率低 液压传动在能量传递过程中，常存在较多的能量损失（压力损失和流量损失等），使传动效率较低。

③ 传动比不准确 由于传动介质的可压缩性、泄漏和管路弹性变形等因素影响，液压系统不能严格保证定比传动。

④ 对温度敏感 油液的黏度随温度而变,黏度变化引起流量、泄漏量和阻力变化,容易引起工作机构运动不稳定。

⑤ 制造成本高 为了减少泄漏,液压元件的制造精度要求较高,从而提高了制造成本。

1.3.4 液压控制系统的工作原理

图 1-4 所示为一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。因阀体与缸体为一体,故阀体也右移 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。

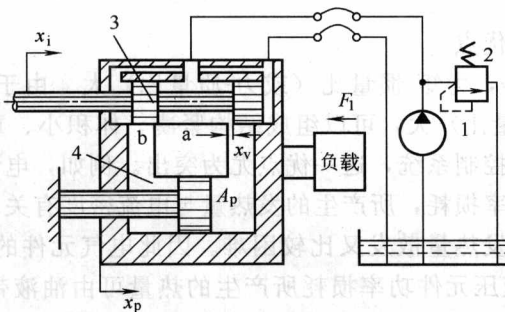


图 1-4 液压伺服控制系统原理图

1—液压泵; 2—溢流阀; 3—四通控制滑阀; 4—液压缸

1.3.5 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)、执行器和受控对象等部分。

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反馈检测元件。

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、反馈检测元件或放大装置一起,共同完成比

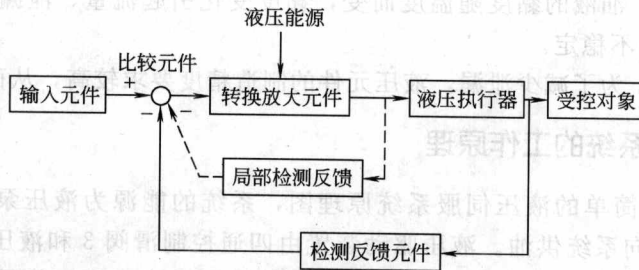


图 1-5 液压伺服系统的构成

较、反馈或放大功能。

④ 转换放大装置 它的功用是将偏差信号的能量形式进行变换并加以放大，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 其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 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。

1.3.6 液压控制系统的特点

(1) 液压控制系统的优点

① 单位功率的重量轻，力矩-惯量比（或力-质量比）大 由于液压元件的功率-质量比和力矩-惯量比（或力-质量比）大，可以组成结构紧凑、体积小、重量轻、加速性好的控制系统。对于中、大功率的控制系统，这一优点尤为突出。例如，电气元件的最小尺寸取决于最大的有效磁通密度和功率损耗，所产生的发热量与电流密度有关，最大有效磁通密度受磁性材料的磁饱和限制，而发热量散发又比较困难。因此电气元件的结构尺寸较大，功率-质量比和力矩-惯量比小。液压元件功率损耗所产生的热量可由油液带到散热器去散发，它的尺寸主要取决于最大工作压力。由于最大工作压力可以很高（目前可达 32MPa 甚至更高），所以液压元件的体积小、重量轻，而输出力或力矩却很大，使功率-质量比和力矩-惯量比（或力-质量比）大。统计资料表明，一般液压泵的重量只是同功率电动机重量的 10%~20%，几何尺寸约为后者的 12%~13%。液压马达的功率-质量比一般为相当容量电动机的 10 倍，而力矩-惯量比为电动机的 10~20 倍。

② 负载的刚度大，精度高 液压控制系统的输出位移（或角度）受负载变化的影响小，即有较大的速度-负载刚度（速度-力或转速-力矩曲线斜率的倒数很大），定位准确，控制精度高。由于液压固有频率高，允许液压控制系统特别是电液伺服系统有较大的开环放大系数，因此可以获得较高的精度和响应速度。另外，由于液压系统中油液的压缩性很小，同时泄漏也很小，故液压动力元件的速度刚度大，组成闭环系统时其位置刚度也大。液压马达的开环速度刚度约为电动机的 5 倍，电动机的位置刚度很低，更无法与液压马达相比。因此，电动机只能用来组成闭环位置控制系统，而液压执行器（液压马达或液压缸）却可以用来进行开环位置控制，当然闭环液压位置控制系统的刚度比开环时要高得多。

③ 液压控制系统快速性好，响应快 由于液压动力元件的力矩-惯量比（或力-质量比）大，因此可以安全、可靠并快速地带负载启动、制动与反向，而且具有很大的调速范围。例