

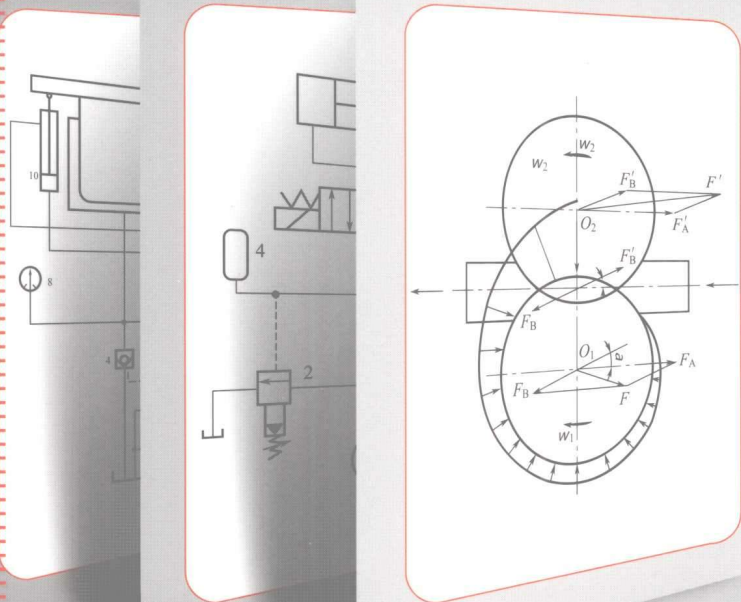
KRANTU XUÉYI ZHUANYEPÍAN

看图学艺

专业篇

液压元件与系统识图

董林福 赵艳春 王树强 等编著



化学工业出版社

看学图艺

专业篇

KANTU XUEYI ZHUANYEPIAN

液压元件与系统识图

ISBN 978-7-122-04980-3



9 787122 049803 >

销售分类建议：机械 / 液压

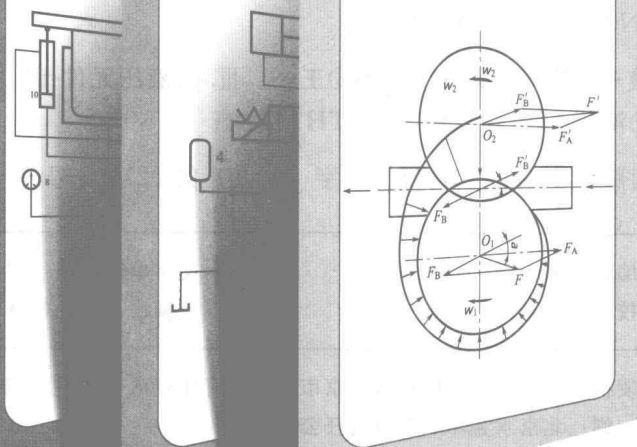
定价：46.00元

看图
学艺

专业篇

液压元件与 系统识图

董林福 赵艳春 王树强 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

全书共分 12 章。第 1 章主要介绍液压传动的组成及基本原理；第 2 章主要介绍液压油（液）品种、其性质和选用；第 3~6 章介绍液压泵、液压马达、液压缸、液压阀及液压辅件的工作原理、结构、应用与安装。第 7、8 章介绍新型液压阀（叠加阀和插装阀、电液控制阀）的工作原理、结构、应用与安装；第 9 章介绍液压元件的故障分析与排除；第 10、11 章介绍液压基本回路的工作原理、故障分析与排除。第 12 章介绍典型液压机械液压系统的性能分析、常见故障与排除。

本书可作为液压设备的生产、使用、维护保养和管理人员的培训教材和自学使用，也可作为科研设计单位、厂矿、企业技术人员和大专院校的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压元件与系统识图/董林福, 赵艳春, 王树强等编
著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 4

(看图学艺·专业篇)

ISBN 978-7-122-04980-3

I. 液… II. ①董…②赵…③王… III. ①液压元件-识图法②液压系统-识图法 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 027957 号

责任编辑: 宋 薇 杜进祥

文字编辑: 高 震

责任校对: 王素芹

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 16¼ 字数 324 千字 2009 年 5 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: 46.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是编著者根据多年从事液压技术教学、科研设计与工程实践的经验和体会，参考有关文献而编著的。

本书在撰写过程中，充分考虑了液压传动技术和液压工作者的特点。

(1) 根据液压元件和系统的特点、难易程度，本书采取了由浅入深、从简单到复杂、从局部到整体，逐步培养读者对液压传动的基本理论的掌握与应用，力求使读者具备液压传动所必需的专业知识。

(2) 在元件、回路和系统的讲解上引入了大量的图例，力图做到图文并茂，通俗易懂。尽量避免繁杂的公式推导、数学处理。为了使读者能直观明了地了解液压元件的原理、结构，书中不但有原理图和结构图，还附有相关元件的外观图。

(3) 力图体现先进性、系统性、实用性和指导性。将基本原理与实际应用、现场操作、系统综合分析等知识点有机地结合到一起。在讲清基本原理的基础上，力图反映典型元件的结构原理、应用、安装和故障排除以及回路、系统的工作原理和故障排除。

(4) 本着少而精、学以致用原则，书中所列举的元件、回路及系统都是实际工程中的典型例子，避免了罗列和重复的现象出现。

本书编著人员有：沈阳化工学院董林福（第1章～第5章、第10章、第11章）；沈阳化工学院赵艳春（第8章、第12章）；沈阳化工学院王树强（第6章、第9章）；沈阳化工学院张金萍（第7章）。全书由董林福统稿；由沈阳化工学院连永祥、倪洪启主审。

由于作者水平有限，书中不足之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

2009年2月

目 录

第 1 章 液压传动概述	1
1.1 液压传动的概念与基本性能参数	1
1.2 液压传动的工作原理	2
1.3 液压传动系统的组成	3
1.4 液压传动系统图的表示方法	4
1.5 液压传动的优缺点	6
1.5.1 液压传动的优点	6
1.5.2 液压传动的缺点	6
思考题	7
第 2 章 液压传动工作介质	8
2.1 工作介质的主要性质	8
2.1.1 工作介质的密度	8
2.1.2 工作介质的可压缩性	8
2.1.3 工作介质的黏性	9
2.1.4 工作介质的其他性质	11
2.2 液压系统对工作介质的要求	12
2.3 工作介质的品种	12
2.3.1 工作介质的代号命名	12
2.3.2 工作介质的品种组别、组成、特性与应用	13
2.4 工作介质的选用	14
2.4.1 按液压泵要求的黏度进行选用	14
2.4.2 按工作环境、工作压力和工作温度选择液压油（液）	14
2.4.3 按工作机械的要求选用液压油（液）	15
思考题	15
第 3 章 液压泵的工作原理、结构、应用与安装	16
3.1 液压泵概述	16

3.1.1	液压泵的基本工作原理、分类与职能符号	16
3.1.2	液压泵的主要性能参数	18
3.2	齿轮泵的工作原理、典型结构与拆装	19
3.2.1	外啮合齿轮泵	19
3.2.2	内啮合齿轮泵	26
3.3	叶片泵的工作原理、典型结构与拆装	27
3.3.1	单作用叶片泵	27
3.3.2	双作用叶片泵	30
3.4	柱塞泵的工作原理、典型结构与拆装	37
3.4.1	斜盘式轴向柱塞泵	37
3.4.2	斜轴式轴向柱塞泵	42
3.4.3	径向柱塞泵	45
3.5	螺杆泵	46
3.6	液压泵的安装	46
3.6.1	安装法兰与轴伸	47
3.6.2	液压泵的进、出口	48
3.6.3	液压泵的安装位置	48
3.6.4	液压泵的安装注意事项	50
3.7	液压泵的初步选用	52
	思考题	53

第4章 液压执行元件的工作原理、结构、应用与安装 55

4.1	液压马达	55
4.1.1	液压马达概述	55
4.1.2	高速小扭矩液压马达	58
4.1.3	低速大扭矩液压马达	61
4.1.4	液压马达的选用	64
4.2	液压缸	65
4.2.1	液压缸的类型及特点	65
4.2.2	液压缸的结构组成与拆装	72
4.2.3	液压缸选用时应注意的问题	78
4.2.4	液压执行元件的安装	79
	思考题	83

第5章 普通液压阀的工作原理、结构、应用与安装 84

5.1	概述	84
-----	----	----

5.2 方向控制阀	84
5.2.1 单向阀	85
5.2.2 换向阀	88
5.3 压力控制阀	98
5.3.1 溢流阀	98
5.3.2 减压阀	102
5.3.3 顺序阀	104
5.3.4 压力继电器	108
5.4 流量控制阀	108
5.4.1 常用的节流口形式及特点	108
5.4.2 影响流量稳定性的因素	110
5.4.3 节流阀	111
5.4.4 调速阀	113
5.4.5 溢流节流阀	114
5.5 普通液压阀的安装	115
5.5.1 安装连接形式与特点	115
5.5.2 液压阀的安装注意事项	116
思考题	116

第6章 液压辅件的工作原理、结构、应用与安装

6.1 油箱	119
6.1.1 油箱的分类及典型结构	119
6.1.2 油箱的制造与安装应注意的问题	119
6.1.3 油箱内壁处理	120
6.2 蓄能器	121
6.2.1 蓄能器的分类	121
6.2.2 蓄能器的使用与安装	123
6.3 滤油器	124
6.3.1 滤油器的主要性能指标	124
6.3.2 液压系统对滤油器的要求	125
6.3.3 滤油器分类	125
6.3.4 滤油器的选用与安装	127
6.4 热交换器	127
6.4.1 冷却器	127
6.4.2 加热器	128
6.5 油管及管接头	128

6.5.1	油管种类与性能特点	129
6.5.2	硬管的尺寸要求	129
6.5.3	管接头	130
6.5.4	油管的安装	131
6.6	密封件	135
6.6.1	密封件的分类	135
6.6.2	橡胶密封圈的种类和特点	135
	思考题	138
第7章 叠加阀与插装阀的工作原理、结构、应用与安装		139
7.1	叠加阀	139
7.1.1	工作原理与典型结构	139
7.1.2	叠加阀的应用	141
7.1.3	叠加阀的安装	142
7.2	插装阀	142
7.2.1	插装阀的结构组成	143
7.2.2	插装阀的工作原理	144
7.2.3	插装阀的应用	144
7.2.4	插装阀的安装	150
	思考题	151
第8章 电液控制阀的工作原理、结构、应用与安装		152
8.1	电液伺服阀	152
8.1.1	电液伺服阀的组成	152
8.1.2	电液伺服阀的工作原理	152
8.1.3	电液伺服阀的类型	153
8.1.4	电液伺服阀的典型结构	156
8.1.5	电液伺服阀的应用	157
8.1.6	电液伺服阀的安装与使用	158
8.2	电液比例阀	161
8.2.1	比例电磁铁	161
8.2.2	电液比例压力阀	162
8.2.3	电液比例流量阀	166
8.2.4	电液比例方向阀	166
8.3	电液数字控制阀	167
8.3.1	功能及特点	167

8.3.2	增量式数字阀	167
8.3.3	脉宽调制式高速开关数字阀	170
8.3.4	电液数字阀的应用	171
	思考题	171
第9章	液压元件的常见故障与排除	173
9.1	液压泵的常见故障与排除	173
9.1.1	齿轮泵的常见故障与排除	173
9.1.2	叶片泵的常见故障与排除	174
9.1.3	轴向柱塞泵的常见故障与排除	175
9.2	液压执行元件的常见故障与排除	177
9.2.1	液压马达的常见故障与排除	177
9.2.2	液压缸的常见故障与排除	178
9.3	控制阀的常见故障与排除	179
9.3.1	溢流阀的常见故障与排除	179
9.3.2	减压阀的常见故障与排除	180
9.3.3	顺序阀的常见故障与排除	180
9.3.4	压力继电器的常见故障与排除	181
9.3.5	流量控制阀的常见故障与排除	181
9.3.6	单向阀的常见故障与排除	182
9.3.7	换向阀的常见故障与排除	182
9.4	液压附件的常见故障与排除	183
9.4.1	蓄能器的常见故障与排除	183
9.4.2	滤油器的常见故障与排除	184
9.4.3	油箱的常见故障与排除	184
	思考题	185
第10章	液压基本回路的工作原理	186
10.1	压力控制回路	186
10.1.1	调压回路	186
10.1.2	减压回路	187
10.1.3	保压回路	188
10.1.4	增压回路	189
10.1.5	平衡回路	190
10.1.6	卸荷回路	190
10.1.7	缓冲回路	191

10.2	速度控制回路	192
10.2.1	调速回路	192
10.2.2	快速运动回路	198
10.2.3	速度换接回路	200
10.3	方向控制回路	201
10.3.1	换向回路	202
10.3.2	锁紧回路	204
10.4	多缸动作控制回路	204
10.4.1	顺序动作回路	204
10.4.2	同步回路	206
10.4.3	多缸工作互不干扰回路	207
10.5	插装基本回路	209
	思考题	211
第 11 章 液压基本回路的故障分析与排除		214
11.1	压力控制回路的故障现象与排除	214
11.1.1	压力控制回路的常见故障与产生原因	214
11.1.2	压力控制回路的故障实例分析	215
11.2	速度控制回路的故障现象与排除	221
11.2.1	速度控制回路的常见故障与产生原因	221
11.2.2	速度控制回路的故障实例分析	222
11.3	方向控制回路的故障与排除	225
11.3.1	方向控制回路的常见故障与产生原因	225
11.3.2	方向控制回路的故障实例分析	225
	思考题	228
第 12 章 典型液压机械液压系统的性能分析、常见故障与排除		229
12.1	概述	229
12.2	C7620 型卡盘多刀半自动车床液压系统工作原理、常见故障与排除	230
12.2.1	C7620 型卡盘多刀半自动车床液压系统工作原理及特点	230
12.2.2	C7620 型卡盘多刀半自动车床液压系统的常见故障与排除	232
12.3	M1432A 型万能外圆磨床液压系统工作原理、常见故障与排除	234
12.3.1	M1432A 型万能外圆磨床液压系统的工作原理及特点	234
12.3.2	M1432A 型万能外圆磨床液压系统的常见故障及排除	237
12.4	XS-ZY-250A 型注塑机液压系统工作原理、常见故障与排除	239
12.4.1	XS-ZY-250A 型注塑机液压系统工作原理	239

12.4.2	XS-ZY-250 型注塑机液压系统常见故障与排除	241
12.5	大型胶带平板硫化机液压系统工作原理、常见故障与排除	242
12.5.1	大型胶带平板硫化机液压系统工作原理	242
12.5.2	大型胶带平板硫化机液压系统常见故障与排除	244
	思考题	245
附录	液压传动常用图形符号	246
	参考文献	250

第 1 章

液压传动概述

液压传动是属于自动控制领域的一门重要学科。它的发展已有二三百年的历史。然而它在工业上真正得到推广和使用,是 20 世纪中叶以后的事。近几十年,控制技术、微电子技术、计算机技术和传感技术的发展,极大地推动了液压与气压传动技术的迅速发展,使其成为包括传动、控制、检测在内的一门完整的自动控制技术。液压传动技术广泛应用于国民经济的各个领域,已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

1.1 液压传动的概念与基本性能参数

(1) 液压传动的概念

液压传动是以有压液体作为工作介质来实现能量传递、转换和控制的一种传动形式。将各种液压元件组成不同功能的基本控制回路,若干基本控制回路再经过有机组合,就构成一个完整的液压传动系统。

(2) 液压传动的性能参数

液压传动的性能参数是压力和流量

① 压力:液体单位面积上所受到的垂直作用力。物理学称之为压强。压力的计算公式为:

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

式中 p ——液体压力, Pa;

F ——面积 A 上的垂直作用力, N;

A ——承压面积, m^2 。

压力的单位为 Pa (帕), $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$, 实际应用中常用 MPa 来表示压力, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。

② 流量:单位时间内流入某一通流截面的液体体积。流量的计算公式为:

$$q = vA \quad (1-2)$$

式中 q ——流量, L/min 或 mL/s;

v ——平均流速, m/s;

A ——通流截面的面积, m^2 。通常情况下,通流截面的面积等于管道的横断面积。

液压传动所用的传动介质都具有黏性，具有黏性的液体流过某一通流截面时，各点的瞬时速度不等，为计算方便，引入了平均流速的概念。平均流速是指液体以同一速度 v 流过通流截面 A ，用平均流速 v 计算的流量与实际流速所计算的流量相等。在液压传动中，若没有特殊说明，则液体流速就是指平均流速。由式(1-2)得：

$$v = \frac{q}{A} \quad (1-3)$$

式中符号意义同前。

压力和流量是液压传动中最基本，也是最重要的两个参数，其乘积称为液压功率，即：

$$P = pq \quad (1-4)$$

式中 P ——液压功率，W；

其他符号意义同前。

1.2 液压传动的工作原理

各种传动形式都有其理论基础和传动原理，液压传动也不例外。下面以液压千斤顶的工作过程为例说明液压传动工作原理。

如图 1-1 所示，当向上提杠杆 1 时，小缸 3 内的小活塞 2 上移，小缸 3 下部形成真空，此时单向阀 4 关闭，油箱 6 内的液压油通过油管 and 单向阀 5 被吸入小缸 3 下腔。当向下压杠杆 1 时小活塞 2 下移，油液被挤出，压力升高，此时单向阀 5 关闭，小缸 3 内的油液顶开单向阀 4 进入大缸 8 的下腔，迫使大活塞 9 向上移动举起重物。经过反复提升和压杠杠杆，就能将油箱的油液不断吸入小缸 3，压入大缸 8，推动大活塞 9 逐渐上移而将重物举起。为使被举高的重物顺利放下，设置了截止阀 7。

上述液压千斤顶的工作过程充分揭示了液压传动的以下三个基本原理。

(1) 力的传递原理

液压传动的理论基础是帕斯卡原理。在图 1-1 中，由大、小液压缸下腔和连通导管所形成的密闭容器内的油液，具有相等的压力值。液压传动就是利用液体的这一性质来进行力的传递的。设大、小活塞的面积分别为 A_2 和 A_1 ，作用在大活塞上的负载为 W ，大活塞下端受力为 F_2 ，施加于小活塞上的作用力为 F_1 。由式(1-1)可知，液体的压力 $p = F_1/A_1 = W/A_2$ ，负载 W 增大（或减小）时，压力 p 随着 W 增大（或减小）。据此，可得出液压传动中力的传递原理：液压传动是用液体作为工作介质来进行力的传递，液体的工作压力取决于负载的大小，而与流入的液体体积多少无关。

(2) 速度调节原理

在图 1-1 中,若忽略泄漏、液体的压缩性、缸和油管的弹性变形,则从小缸中压出的液体体积一定等于大缸中由于活塞上升而扩大的体积。单位时间流入大缸的液体体积越大,大缸活塞举起重物的速度就越快。由此得出液压传动中的速度调节原理:液压执行元件的运动速度取决于输入流量的大小,而与液体压力大小无关。

(3) 能量转换原理

如图 1-1 所示,当下压杠杆使小活塞向下运动时,实际上是外力对小活塞做功,使小活塞的机械能增加,小活塞将输入的机械能转化为液体的压力能,再由大活塞将液体的压力能转化为机械能,以推动负载。由此可得液压传动中的能量转换原理:液压传动实际上就是机械能—压力能—机械能的能量转换过程。

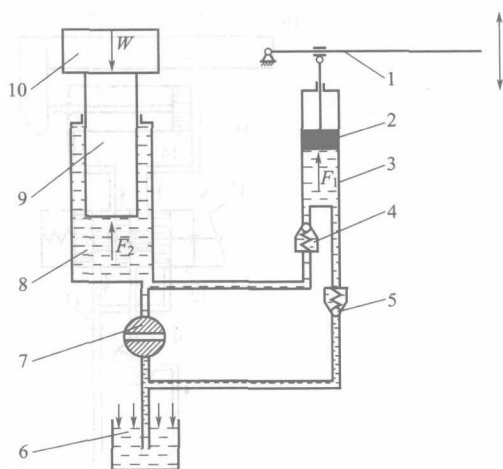


图 1-1 液压千斤顶的传动原理

1—杠杆; 2—活塞; 3、8—液压缸;
4、5—单向阀; 6—油箱; 7—截
止阀; 9—柱塞; 10—重物

1.3 液压传动系统的组成

液压传动系统由能源装置、执行元件、控制元件和辅助元件组成。下面以图 1-2 中的磨床工作台液压系统工作原理图为例,说明这四部分的功能和元件作用。

(1) 能源装置

将机械能转化为液体的压力能的装置。液压传动的能源装置是液压泵。

在图 1-2 中,液压泵 4 由电动机带动旋转后,从油箱 1 吸油,当阀 12 的阀芯处于图 1-2(a) 所示位置时,压力油经滤油器 2、液压泵 4、压力管 9,节流阀 10,换向阀 12 进入液压缸 15 的左腔,推动活塞 14 向右移动,工作台 16 克服阻力而做功。在这一过程中,油泵将电动机旋转的机械能转化为输入到管道中的液压能。

(2) 执行元件

将液体的压力能转化为机械能的元件。在液压传动中的执行元件是液压缸和液压马达。

在图 1-2 所示的液压缸 15 中,输入到缸内的为压力油,压力油具有一定压力能,液压缸将此压力能转化为活塞 14 往复运动的机械能,输出力和速度。

(3) 控制元件

用来控制液体的压力、流量和流动方向的元件。如压力控制阀、流量控制阀和

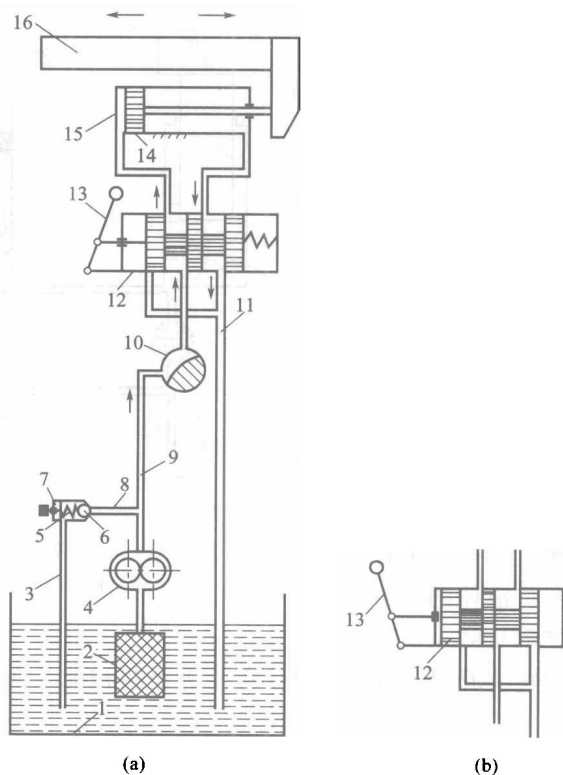


图 1-2 磨床工作台液压系统工作原理图

1—油箱；2—滤油器；3、11—回油管；4—液压泵；5—弹簧；6—钢球；7—溢流阀；8—压力支管；
9—压力管；10—节流阀；12—换向阀；13—换向手柄；14—活塞；15—液压缸；16—工作台

方向控制阀等。

在图 1-2 中，液流方向由换向阀 12 控制，当其处于图 1-2(b) 所示的位置时，油液进入缸 15 的右腔，缸左腔的压力油经换向阀 12 流回油箱。调节节流阀的开口，就可以改变进入油缸的流量，从而改变活塞的运动速度。溢流阀 7 与节流阀 10 相配合，节流阀开口关小时，多余的油液顶开钢球 6 流回油箱，油泵的输出压力由溢流阀 7 确定，它的最大调定压力是油缸的最大工作压力和油液的压力损失之和。

(4) 辅助元件

除上述元件以外的其他元件，它是保证系统正常工作的其他辅助元件。如：油箱、滤油器、蓄能器、管道、管接头、压力计等。

1.4 液压传动系统图的表示方法

液压传动系统的工作原理，是以传动原理图来表示的。所谓液压传动原理图是指由代表各种液压元件、辅助元件及连接形式的图形符号组成，用来表示液压工作

原理的简图。

液压传动的原理图通常有两种表示方法，一种是以元件的结构简图表示的原理图，如图 1-2(a) 所示，这种图形比较直观，但图形太烦琐，绘制麻烦，元件多时几乎不可能绘制出来。另一种是用图形符号绘制的原理图，如图 1-3 所示，它简单明了，便于绘制，是常用的方法。

我国制定的液压、气动图形符号标准为 GB/T 786.1—93（本书附录中列出了液压传动常用图形符号）。

在绘制和读识用图形符号所表示的液压原理图时，应注意以下几个问题。

(1) 绘制原理图时，应注意的问题：

① 图形符号应以静态或零位来表示，当组成系统的动作另有说明时，可以例外；

② 在系统中，若元件无法用图形符号表示时，允许用结构简图表示；

③ 元件符号只表示元件的职能和连接系统的通路，不表示元件的具体结构和参数，也不表示系统管路的具体位置和元件的安装位置；

④ 元件的图形符号在传动系统中的布置，除有方向性的元件符号（如油箱、仪表等）外，可根据具体情况水平或垂直绘制；

⑤ 元件符号的大小以清晰、美观为原则，可根据图样幅面的大小做相应的调整，但应注意保证图形符号本身的比例。

(2) 读识原理图时，应注意的问题：

① 分清元件的职能符号，以免混淆。液压元件的种类繁多，每一种液压元件都有其职能符号，有的职能符号比较相像，应加以区别。如溢流阀与顺序阀、单向阀与液控单向阀等；

② 一个完整的液压原理图，除了图本身以外，还应注明元件的规格、参数，并附有电磁铁、行程阀及其他控制元件动作顺序表。在读识时做到全面完整的了解，不能忽略这些因素；

③ 对于较复杂的系统，可以将其分解为几个基本回路，先读懂基本回路的原理，再将基本回路联系起来，读识整个系统的原理；

④ 注意识别回路中换向阀的滑阀机能（不工作时各油口的连通状态）。滑阀机能不同，系统的功能也不相同；

⑤ 弄清执行元件的类型、规格和运动情况，以便了解液压设备性能；

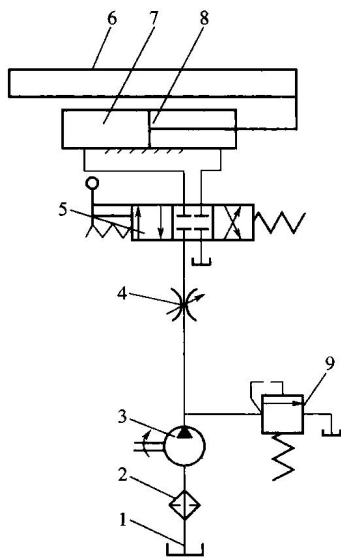


图 1-3 机床工作台面液压系统的图形符号原理图

1—油箱；2—滤油器；3—液压泵；
4—节流阀；5—换向阀；6—工作台；
7—液压缸；8—活塞；
9—溢流阀