

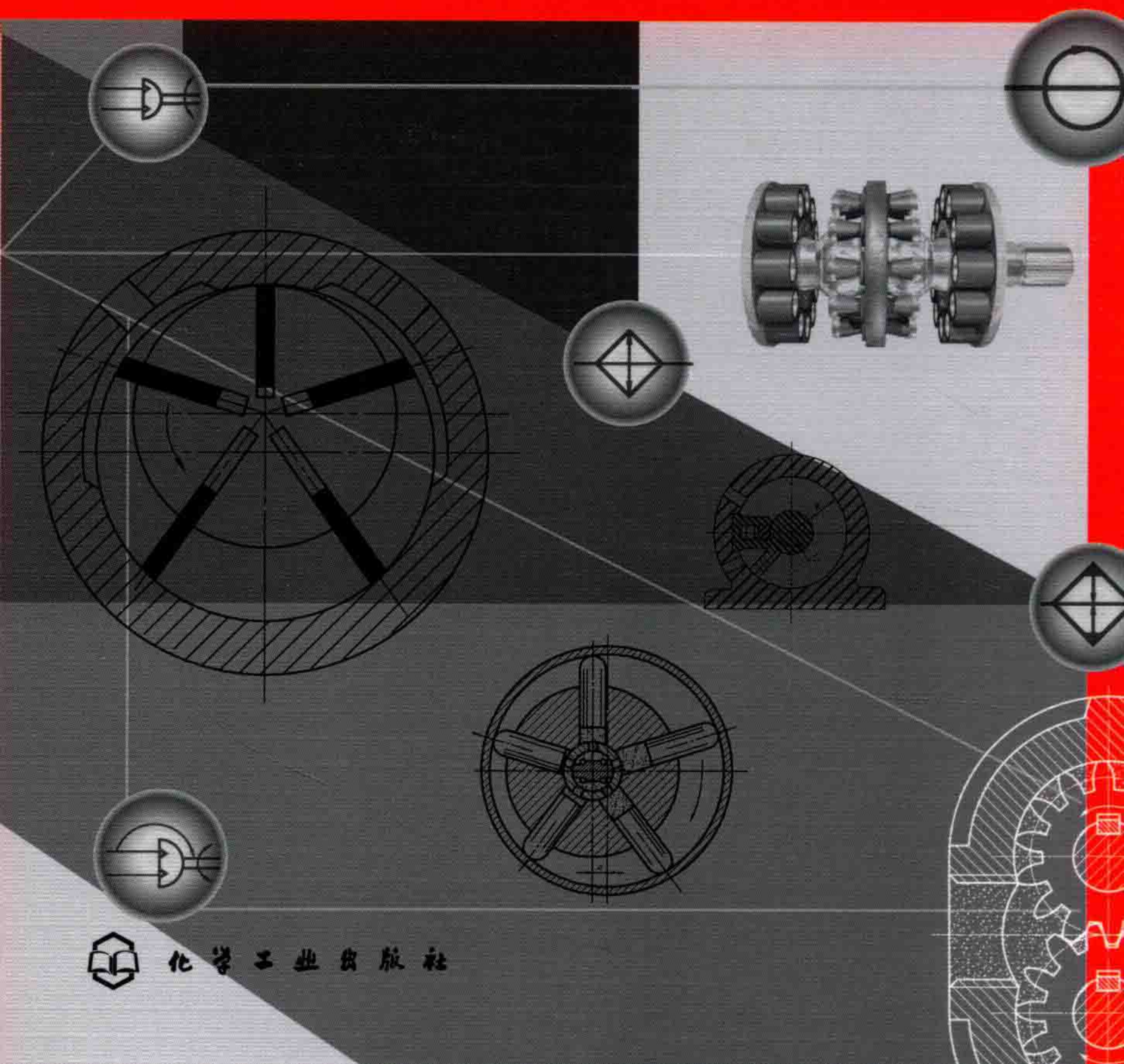


KUAI SU KAN DONG
YE YA QI DONG XI TONG TU

快速看懂

液压气动系统图

张应龙 主编



化学工业出版社



KUAI SU KAN DONG
YE YA QI DONG XI TONG TU

快速看懂

液压气动系统图

张应龙 主编



化学工业出版社

北京·

本书按照“常用元件—基本回路—典型系统”的体系进行论述，以2009版最新国家标准为准，介绍了识读液压与气动系统图的基础知识，常见的动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件的工作原理和结构，以及由上述各类元件组成的各种基本回路；在此基础上，为满足机械类不同行业的需要，介绍了典型的液压与气动系统。

本书主要面向初级液压与气动工程技术人员、高级技术工人，也可作为中、高等职业院校机械制造专业的培训教材和工矿企业液压与气动技术相关人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

快速看懂液压气动系统图/张应龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2017.5
ISBN 978-7-122-29414-2

I. ①快… II. ①张… III. ①液压系统-原理图②气压系统-原理图 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 066748 号

责任编辑: 张兴辉
责任校对: 王素芹

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市瞰发装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 8³/₄ 字数 251 千字
2017 年 7 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: 49.80 元

版权所有 违者必究

液压与气动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，应用日益广泛，已经成为现代传动与控制的主要技术手段之一。改革开放 30 多年来，液压与气动技术的发展日新月异，时至今日，液压与气动元件的门类繁多、系统功能各异，与之相适应的是各类液压与气动技术专门人才及专业书籍的大量需求。但是社会上除了专业书籍以外，以介绍有关液压与气动技术基础知识为主要内容的普及读本较少。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，我们组织编写了《快速看懂液压气动系统图》一书。

本书共 8 章，分两部分介绍液压与气动相关知识，从基本原理和基本结构两方面展开叙述，在体系上按照“常用元件—基本回路—典型系统”的顺序，采用最新的流体技术标准，介绍了识读液压与气动系统图的基础知识，常见的液压与气动动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件的工作原理和结构，以及由上述各类元件组成的各种基本回路；在此基础上，为满足机械类不同行业的需要，介绍了较多的典型的液压与气动系统。

本书由张应龙主编。在编写过程中，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》的第 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、顾佩兰高级工程师、张松生高级技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。

第1章 液压识图基础知识

1 /

1.1	什么是液压系统图	1
1.2	液压系统图种类和画法	1
1.2.1	装配结构图	1
1.2.2	结构原理示意图	2
1.2.3	职能符号图	2
1.3	液压系统的分类、工作原理及组成	3
1.3.1	液压传动系统	3
1.3.2	液压控制系统	5
1.4	各种液压图形符号的绘制规划	7
1.4.1	图形符号的基本要素	7
1.4.2	图形符号的应用规划	30
1.4.3	CAD制图符号	33

第2章 常用液压元件及图形符号

38 /

2.1	概述	38
2.2	液压控制阀	39
2.2.1	液压控制阀的分类与结构特点	39
2.2.2	方向控制阀	40
2.2.3	压力控制阀	44
2.2.4	流量控制阀	53
2.2.5	插装阀	56
2.2.6	电液比例阀	59
2.3	液压泵	64

2.3.1	齿轮泵	65
2.3.2	叶片泵	67
2.3.3	柱塞泵	68
2.4	液压缸和液压马达	71
2.4.1	液压缸	71
2.4.2	液压马达	74
2.5	液压辅助元件	76
2.5.1	连接器件	78
2.5.2	压力表及压力表开关	81
2.5.3	过滤器	82
2.5.4	热交换器	84
2.5.5	蓄能器	86
2.5.6	油箱	87

第3章 液压基本回路

90 /

3.1	方向控制回路	90
3.1.1	电磁换向阀换向回路	90
3.1.2	采用双向变量泵的换向回路	91
3.1.3	采用插装阀的换向回路	91
3.2	压力控制回路	94
3.2.1	调压回路	94
3.2.2	减压回路	97
3.2.3	增压回路	98
3.2.4	卸荷回路	100
3.2.5	保压回路	102
3.2.6	平衡回路	104
3.3	速度控制回路	105
3.3.1	节流调速回路	106
3.3.2	容积调速回路	109
3.3.3	容积节流调速回路	111
3.3.4	快速运动回路	113

3.3.5	速度换接回路	115
3.4	多执行元件控制回路	117
3.4.1	顺序动作回路	117
3.4.2	同步回路	120
3.5	其他回路	122
3.5.1	缓冲制动回路	122
3.5.2	浮动回路	123

第4章 典型液压系统

124 /

4.1	液压机液压系统	124
4.1.1	YB32-200 型液压机液压系统	124
4.1.2	人造板热压机液压系统	129
4.2	组合机床动力滑台液压系统	132
4.2.1	概述	132
4.2.2	YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	132
4.2.3	系统的特点	134
4.3	万能外圆磨床液压系统	135
4.3.1	概述	135
4.3.2	液压系统工作原理	136
4.3.3	换向分析	139
4.3.4	M1432A 型磨床液压系统的特点	142
4.4	数控车床液压系统	143
4.4.1	卡盘支路	143
4.4.2	液压变速机构	144
4.4.3	刀架系统的液压支路	145
4.5	数控加工中心液压系统	146
4.5.1	概述	146
4.5.2	数控加工中心液压系统工作原理	147
4.5.3	系统特点	150
4.6	叉车液压系统	151
4.6.1	概述	151

4.6.2	工作原理	152
4.7	汽车起重机液压系统	154
4.7.1	概述	154
4.7.2	汽车起重机的液压系统	155
4.7.3	汽车起重机液压系统的特点	157
4.8	采煤机牵引部液压系统	158
4.9	机械手液压系统	160
4.9.1	概述	160
4.9.2	JS01 工业机械手液压系统原理及特点	160
4.9.3	JS01 工业机械手电气控制系统	163
4.10	塑料注射成型机液压系统	165
4.10.1	塑料注射成型机的功用及工艺流程	165
4.10.2	全液压驱动的塑机液压系统的构成	167
4.10.3	塑机液压系统的要求	168
4.10.4	由普通开关阀组成的塑料注射成型机液压系统	168
4.10.5	由电液比例阀组成的塑料注射机液压控制系统	173
4.10.6	采用插装阀控制的塑料注射成型机液压系统	176
4.11	客货两用液压电梯的电液比例控制系统	182
4.11.1	概述	182
4.11.2	客货两用液压电梯的液压控制系统	183
4.11.3	系统特点	184
4.12	单斗液压挖掘机液压系统	184
4.13	中空挤坯吹塑挤出机型坯壁厚电液伺服系统	192
4.14	带钢跑偏光电液伺服控制系统	194
4.15	采用插装控制的快速锻造液压机液压系统	197

第5章 气压传动基础知识

201 /

5.1	气压传动的概念	201
5.2	气压传动系统图的种类和画法	202
5.3	气压传动系统的工作原理及组成特点	203
5.3.1	气压传动系统的工作原理	203

5.3.2	气压传动系统的组成	204
5.3.3	气压传动系统的特点	204
5.4	气动工作介质	205
5.4.1	气动工作介质的组成	205
5.4.2	气动工作介质的基本状态参数	206

第6章 常用气动元件及图形符号

209 /

6.1	气源装置及辅件	209
6.1.1	气源装置	209
6.1.2	气动辅件	214
6.1.3	真空元件	217
6.2	气动执行元件	220
6.2.1	气缸	220
6.2.2	气动马达	224
6.3	气动控制元件	226
6.3.1	方向控制阀	226
6.3.2	压力控制阀	234
6.3.3	流量控制阀	237
6.3.4	气动逻辑元件	239

第7章 气动基本回路

244 /

7.1	压力控制回路	244
7.1.1	压力控制回路	244
7.1.2	力控制回路	245
7.2	方向控制回路	246
7.2.1	单作用气缸换向回路	246
7.2.2	双作用气缸换向回路	247
7.2.3	气动马达换向回路	248
7.2.4	差动控制换向回路	248
7.3	速度控制回路	248

7.3.1	单作用气缸速度控制回路	248
7.3.2	双作用气缸速度控制回路	249
7.3.3	气液联动速度控制回路	249
7.2.4	缓冲回路	251
7.4	其他常用回路	252
7.4.1	位置控制回路	252
7.4.2	安全保护回路	255
7.4.3	同步控制回路	257
7.4.4	气动逻辑回路	258
7.4.5	真空吸附回路	261

第8章 典型气动系统

262 /

8.1	数控加工中心气动换刀系统	262
8.2	气动机械手系统	263
8.3	机床夹具气动系统	265
8.4	铸造震压造型机气动系统	267
8.5	气动张力控制系统	269

参考文献

271 /

第1章

液压识图的基础知识

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 中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 为同一个液压系统用液压图形符号绘制成的工作原理图。

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。

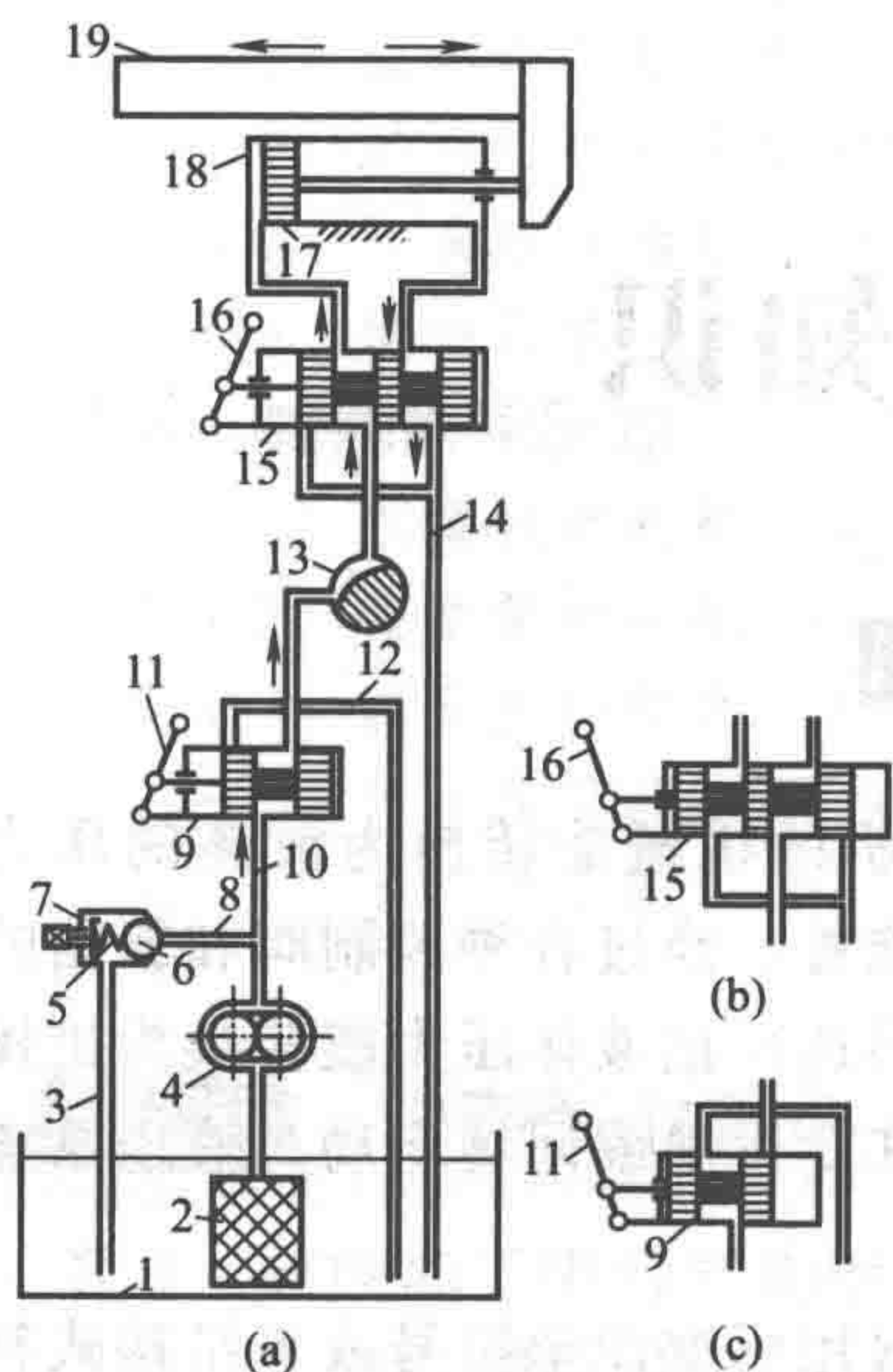


图 1-1 半结构式机床工作台
液压系统的工作原理图

- 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

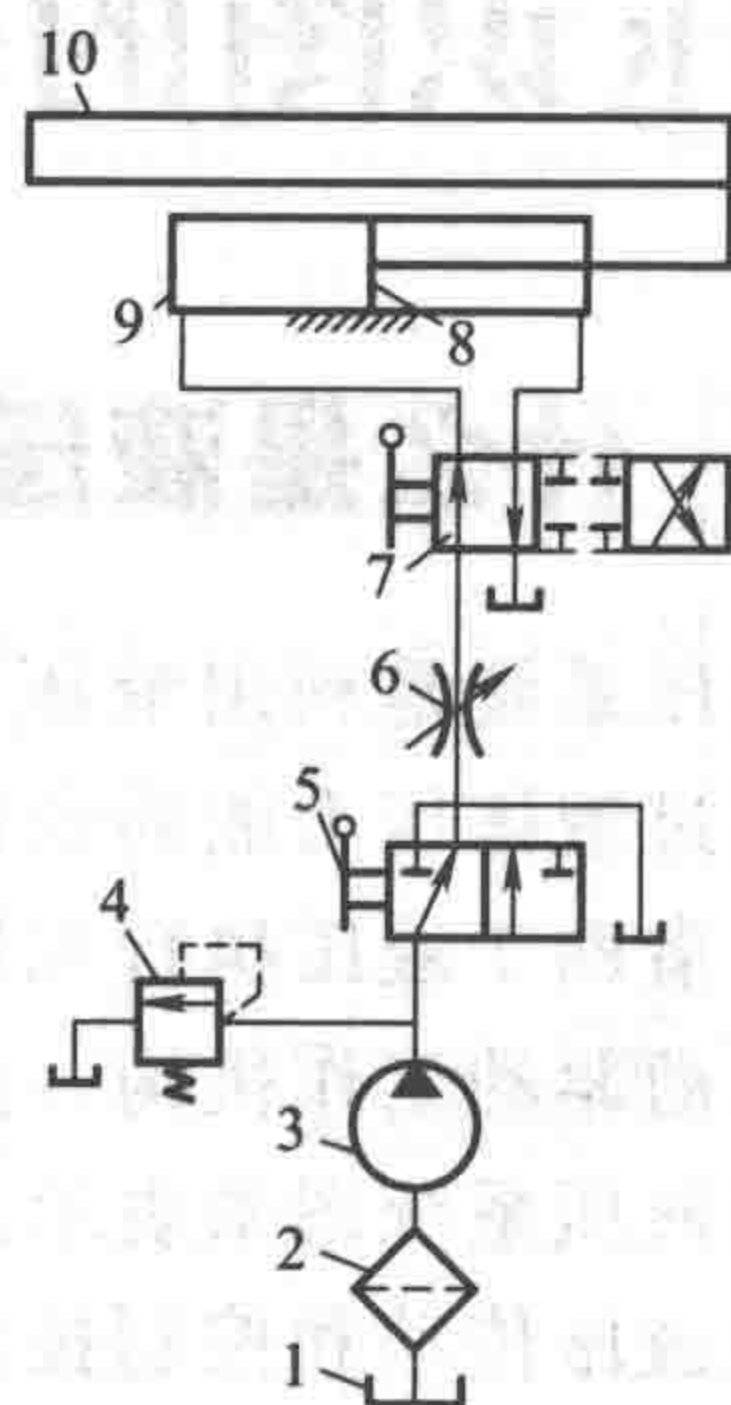


图 1-2 机床工作台液压
系统的图形符号

- 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

1.2.2 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 (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与分析判断系统性能和故障, 职能符号图起到了重要作用。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。

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》的第 1 部分: 用于常规用途和数据处理的图形符号给出了液压系统图的图形符号。

标准中规定: 元件符号表示的是元件未受激励的状态 (非工作状态), 对于没有明确定义未受激励的状态 (非工作状态) 的元件的符号, 应按符号创建的特定规则给出。

1.3 液压系统的分类、工作原理及组成

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

(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。

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:

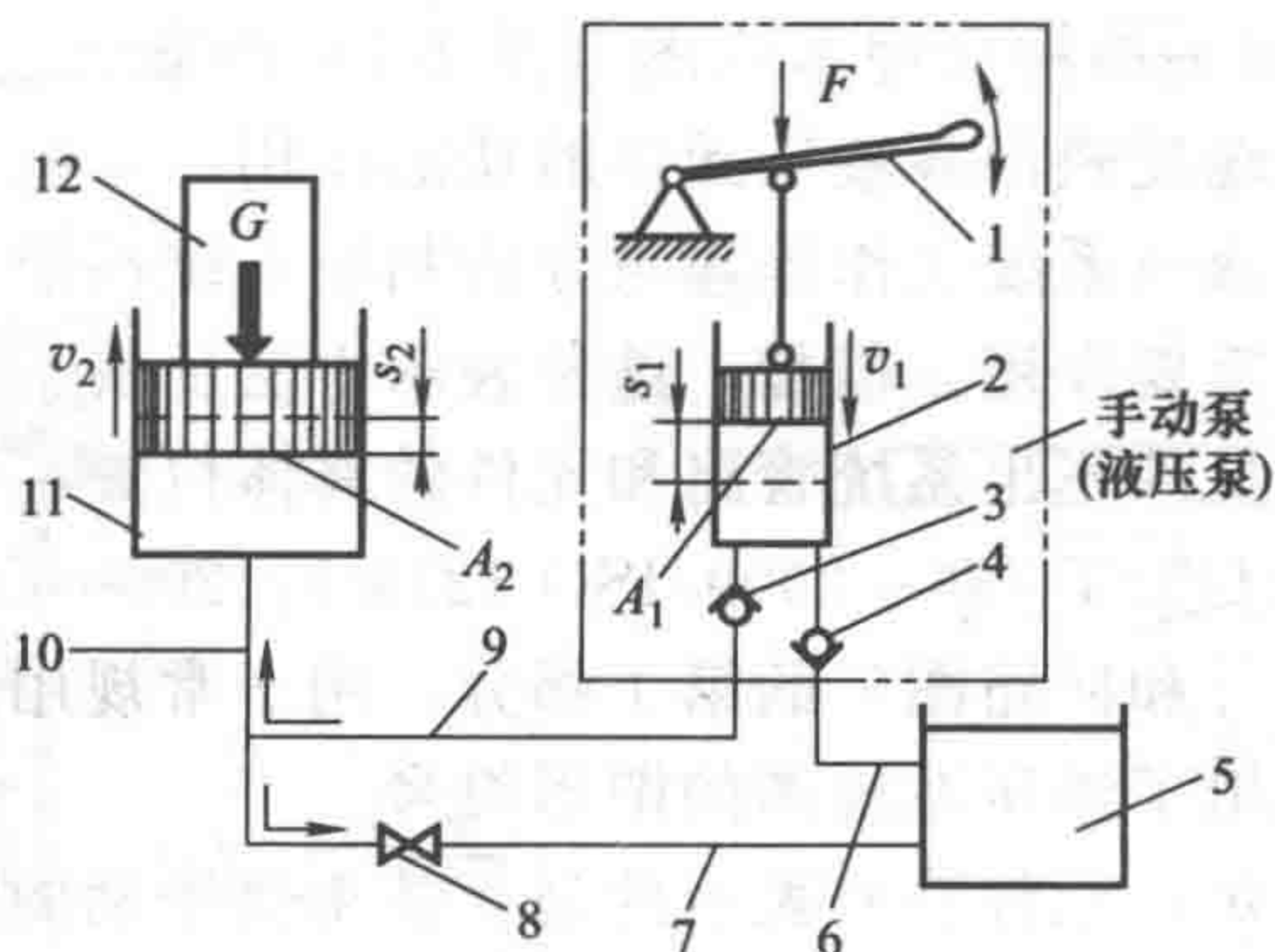


图 1-3 液压千斤顶工作原理图

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

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）即为执行元件。

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、滤油器等。

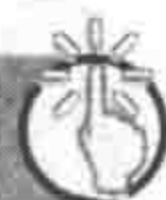
(2) 液压传动系统的组成

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。它可以是作直线运动的液压缸，也可以是作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。

1.3.2 液压控制系统

(1) 液压控制系统的工作原理

图 1-4 为一简单的液压伺服系统原理图，系统的能源来自液压泵 1，其以恒定的压力（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

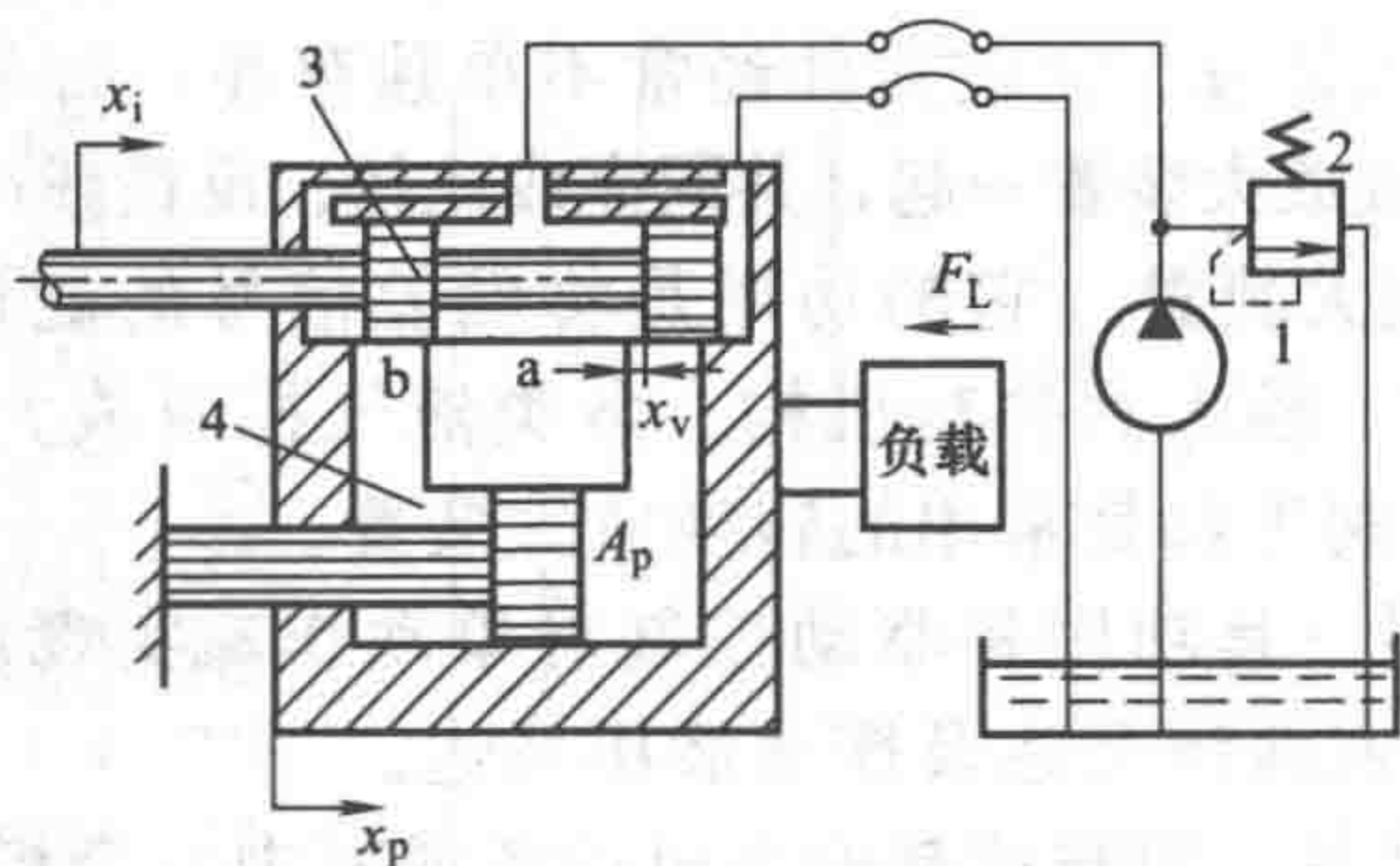


图 1-4 液压伺服控制系统原理图

1—液压泵；2—溢流阀；3—四通控制滑阀；4—液压缸

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，则液压缸也反向跟随运动。

(2) 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 中的方块图表示。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。

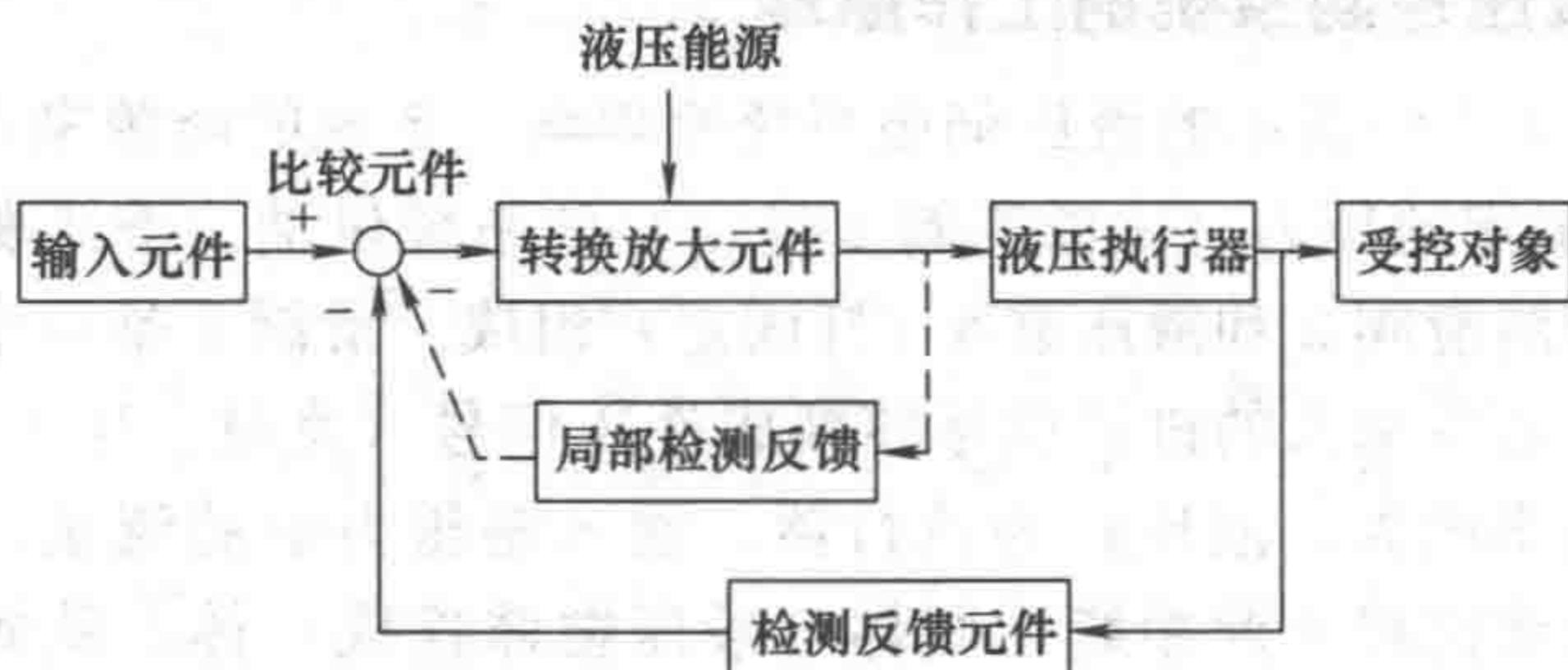


图 1-5 液压伺服系统的构成

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、反馈检测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 即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。


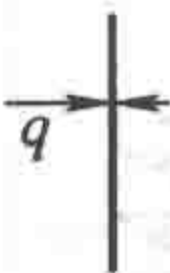

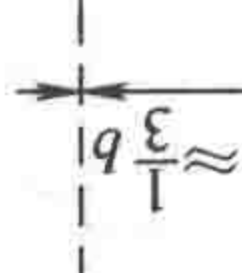




1.4 各种液压图形符号的绘制规划

1.4.1 图形符号的基本要素

(1) 线 (表 1-1)

表 1-1 线

序号	2009 新标准		1993 旧标准	
	图形	描述	符号	用途或符号解释
1		供油管路, 回油管路, 元件外壳和外壳符号 (见 GB/T 4457.4、GB/T 17450、GB/T 18686)	 图线宽度 b 按 GB/T 4457.4 规定	工作管路; 控制供给管路; 回油管路; 电气线路
2		内部和外部先导(控制)管路, 泄油管路、冲洗管路、放气管路(见 GB/T 4457.4、GB/T 17450、GB/T 18686)		控制管路; 泄油管路或放气管路; 过滤器; 过渡位置
3		组合元件框线(见 GB/T 4457.4、GB/T 17450、GB/T 18686)		组合元件框线