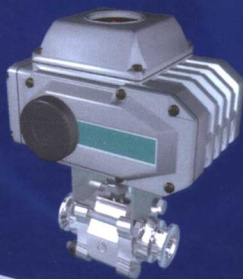
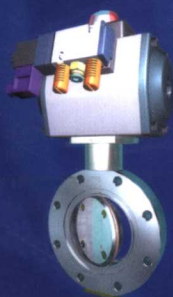


YEYA YU QIDONG YUANJIAN

CAOZUO XUNLIAN

液压与气动元件 操作训练

◎ 宋建武 赵冬梅 主编



化学工业出版社

YEYA YU QIDONG YUANJIAN

CAOZUO XUNLIAN

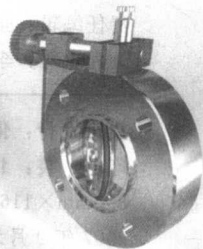
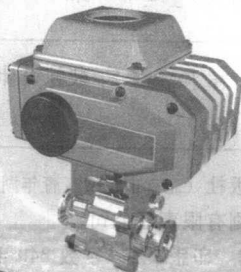
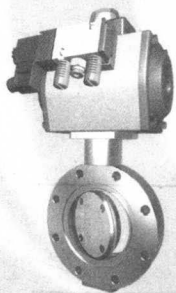
液压与气动元件

TH137.5/19

2007

操作训练

◎ 宋建武 赵冬梅 主编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动元件操作训练/宋建武, 赵冬梅主编.
北京: 化学工业出版社, 2007. 9
ISBN 978-7-122-00987-6

I. 液… II. ①宋…②赵… III. ①液压元件②气动
元件 IV. TH137.5 TH138.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 126148 号

责任编辑: 张兴辉 黄 滢 装帧设计: 潘 峰
责任校对: 李 林

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: 北京彩桥印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 9¼ 字数 249 千字
2007 年 9 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: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

液压与气动技术是现代工业技术中发展最快的技术之一。特别是近年来与微电子、计算机技术相结合,使液压与气动技术进入了一个崭新的发展阶段。基于现代企业对液压与气动技术人才的迫切需求,我们编写了此书。

本书内容主要包括液压元件、典型液压系统、气动元件、典型气压传动系统、气动系统故障诊断与使用维护方面的内容,同时还叙述了液压与气压传动的组成、工作原理、优缺点及发展等。

本书的编写紧密联系生产实际,坚持够用、实用的原则,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,简明扼要地阐述工作原理,系统全面地介绍常用元件,联系实际地列举典型系统,充分体现内容的实用性、时代性和拓展性,力求使读者认识、熟悉、理解液压与气动元件;从简单到复杂、从局部到整体,逐步培养读者对液压与气压元件的基本理论的掌握与应用,使其具备本专业必需的液压与气动元件的基本知识和基本技能,初步具备机床等液压与气动系统的安装调整、使用维护、故障诊断和排除的职业能力,为解决生产实际问题及继续学习打下良好基础。本书在编写时力求通过大量生产中的案例和图文并茂的表现形式进行阐述,文字简练、通俗易懂、方便自学。

本书可作为液压、气动设备的生产、使用、维护和管理人员培训和自学使用,也可作为高职高专等职业院校机械工程和自动化专业师生的参考用书。

本书第1章、第2章、第3章由赵冬梅编写;第4章由宋建武编写;第5章、第6章由杨丽编写。宋建武、赵冬梅任主编。

由于编者水平有限,书中不足之处,恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 液压与气压传动的工作原理	1
1.2 液压与气压传动系统的组成和图形符号	2
1.2.1 液压与气压传动系统的组成	2
1.2.2 液压与气压传动的图形符号	3
1.3 液压与气压传动的优缺点及发展	4
1.3.1 液压传动的主要优缺点	4
1.3.2 气压传动的优缺点	5
1.3.3 液压与气压传动的应用	6
第 2 章 液压元件	7
2.1 液压泵与液压马达	7
2.1.1 液压泵与液压马达的工作原理	7
2.1.2 液压泵与液压马达的主要性能参数	9
2.1.3 齿轮泵	11
2.1.4 叶片泵	18
2.1.5 柱塞泵	24
2.1.6 螺杆泵	30
2.1.7 液压马达	31
2.1.8 液压泵和液压马达的选用	35
2.1.9 液压泵和液压马达的常见故障及排除	38
2.2 液压缸	41
2.2.1 液压缸类型及其特点	41
2.2.2 液压缸的密封、缓冲和排气	48
2.2.3 液压缸结构与拆装	52

2.2.4	液压缸常见故障及排除	54
2.3	液压控制元件	56
2.3.1	液压阀的分类及基本要求	56
2.3.2	方向控制阀	57
2.3.3	压力控制阀	67
2.3.4	流量控制阀	79
2.3.5	其他液压控制阀简介	82
2.3.6	液压阀的选择与使用	92
2.3.7	液压阀常见故障及排除	93
2.4	液压辅助元件	96
2.4.1	油管及管接头	97
2.4.2	过滤器	98
2.4.3	蓄能器	104
2.4.4	油箱	107
2.4.5	热交换器	109
2.4.6	压力表和压力表开关	111
第3章	典型液压系统	114
3.1	阅读液压传动系统图的一般步骤	114
3.2	组合机床动力滑台液压系统	115
3.2.1	概述	115
3.2.2	工作原理	115
3.2.3	特点	119
3.2.4	调整	119
3.2.5	常见故障及排除方法	122
3.3	数控加工中心液压系统	122
3.3.1	概述	122
3.3.2	工作原理及调整	122
3.3.3	特点	125
3.3.4	常见故障及排除方法	126
3.4	M1432B型万能外圆磨床液压系统	127

3.4.1	概述	127
3.4.2	工作原理	128
3.4.3	特点	132
3.4.4	调整	133
3.4.5	常见故障及排除方法	134
3.5	SZ-250 型注塑机液压系统	135
3.5.1	概述	135
3.5.2	工作原理	135
3.5.3	注塑机液压系统的特点	140
3.5.4	调整	141
3.5.5	常见故障及排除方法	142
第 4 章	气动元件	145
4.1	气源装置	145
4.1.1	空气压缩机	146
4.1.2	后冷却器	151
4.1.3	储气罐	153
4.2	气源处理装置	155
4.2.1	概述	155
4.2.2	过滤器	157
4.2.3	自动排水器	162
4.2.4	干燥器	165
4.3	气动执行元件	169
4.3.1	分类和特点	169
4.3.2	常用气缸的结构特点和工作原理	172
4.3.3	气缸的安装及使用注意事项	187
4.3.4	气缸常见故障及排除	188
4.3.5	气动马达的结构和工作原理	190
4.3.6	气动马达的特点和应用	193
4.4	气动控制阀	194
4.4.1	方向控制阀	194

4.4.2	压力控制阀	209
4.4.3	流量控制阀	216
4.4.4	气动控制阀常见故障及排除	220
4.5	气动辅助元件	222
4.5.1	润滑元件	222
4.5.2	空气处理组件	227
4.5.3	消声器	228
4.5.4	气动传感器	232
4.5.5	气动放大器	239
4.5.6	转换器	240
4.5.7	管道系统	244
4.5.8	气动辅助元件常见故障及排除	247
4.6	真空元件	249
4.6.1	真空发生装置	249
4.6.2	真空吸盘	254
4.6.3	真空用气阀	255
4.6.4	真空压力开关	257
4.6.5	其他真空元件	259
4.6.6	安装及使用注意事项	261
第5章	典型气压传动系统	264
5.1	阅读气压传动系统图的一般步骤	264
5.2	气液动力滑台气压传动系统	265
5.3	气动机械手	266
5.4	气动系统在数控机床上的应用	269
5.4.1	H400 加工中心的气压传动系统	269
5.4.2	VMC750E 加工中心的气压传动系统	269
第6章	气动系统故障诊断与使用维护	272
6.1	气动系统故障诊断与排除	272
6.1.1	气动系统故障种类	272

6.1.2	气动系统故障诊断方法	273
6.1.3	气动系统常见故障及排除方法	278
6.2	气动系统维护保养	279
6.2.1	气动系统维护保养的要点	279
6.2.2	气动系统维护保养	280
6.3	气动系统维修工作	282
参考文献	285

第 1 章

概 述

液压与气压传动，是以流体（液压油液或压缩空气）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。

液压传动利用液压泵，将原动机提供的机械能转变为液体的压力能，然后利用液压缸（或液压马达）将液体的压力能转变为机械能，以驱动负载，并获得执行机构所需的运动速度。气压传动利用气源装置，将原动机提供的机械能转变为气体的压力能，通过气动执行元件将压缩空气的压力能转变为机械能对外做功。

与机械传动相比，液压传动、气压传动具有许多优点，因此在机械工程中被广泛应用。本章介绍液压与气压传动的工作原理、组成、优缺点及其应用。

1.1 液压与气压传动的工作原理

液压千斤顶是常见的液压传动装置，图 1.1 为其工作原理示意图。图中，大小两个液压缸 10 和 2 内分别装有活塞，活塞可以在缸内往复移动，且密封可靠。要举升重物 11 时，截止阀 8 应关闭。当向上提起杠杆 1 时，小液压缸的活塞向上移动，小液压缸 2 下腔的密封容积增大，腔内形成一定的真空度，这时排油单向阀 3 关闭，油箱 5 中的油液在大气压力的作用下通过油管 6 推开吸油单向阀 4 进入小液压缸 2 的下腔，从而完成了一次吸油过程。接着，压下杠杆 1，小液压缸的活塞下移，液压缸 2 下腔密封容积减小，油液受到挤压，压力上升，关闭吸油单向阀 4，压力油推开排油单向阀 3，通过油管 9 进入大液压缸 10 的下腔，从而推动大活塞克服重物 11 上升而做功。如此反复地提压杠杆 1，就可以将重物逐渐

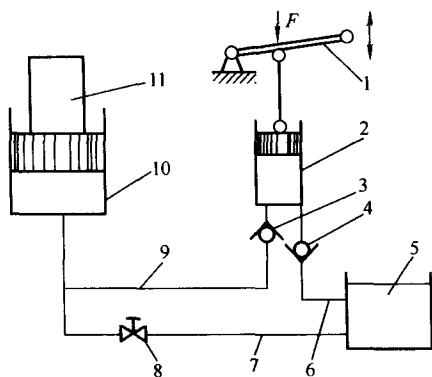


图 1.1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆；2—小液压缸；3,4—单向阀；5—油箱；6,7,9—油管；
8—截止阀；10—大液压缸；11—重物

升起，从而达到起重的目的。若杠杆 1 不动，大液压缸 10 中的液压力使单向阀 3 关闭，大液压缸的活塞不动。当需要将大活塞放下时，打开截止阀 8，液压油在重力作用下经截止阀 8 排回油箱 5，大液压缸的活塞下降到原位。

可见，液压传动系统是依靠液体在密封容积变化时产生的压力能来实现运动和动力传递的。液压传动装置从本质上讲就是一种能量转换装置，先将机械能转换为压力能，再将压力能转换为机械能做功。

气压传动与液压传动系统的主要区别是工作介质分别为气体和液体。气体具有明显的可压缩性，而液体的可压缩性相对很小，在许多情况下液压传动系统中的液体可视为不可压缩。介质上的这种差别使气压传动与液压传动系统亦存在一定的差异，但它们的基本工作原理是一致的。

1.2 液压与气压传动系统的组成和图形符号

1.2.1 液压与气压传动系统的组成

液压与气压传动系统主要由以下五个部分组成。

① 动力元件。主要指各种液压泵或获得压缩空气的装置与设备。它的作用是把原动机的机械能转变成流体的压力能，是液压与气压传动系统的动力源。

② 执行元件。指各种类型的液压缸或气压缸、液压马达或气压马达。其作用是将流体的压力能转变成机械能，输出一定的力（或力矩）和速度，用以驱动负载做功。

③ 控制调节元件。主要指各种类型的控制阀，其作用是控制系统中流体的压力、流量和流动方向，从而保证执行元件能驱动负载，并按规定的方向运动，获得规定的运动速度。

④ 辅助元件。指油箱、过滤器、管道、管接头、压力表等。它们对保证系统可靠、稳定、持久地工作，具有重要作用。

⑤ 工作介质。指各种类型的液压油、空气等。

1.2.2 液压与气压传动的图形符号

如图 1.1 所示的液压千斤顶工作原理图是以结构图方式绘制的。如果按照同样方法描述一个复杂的液压系统显然非常困难。为此，工程上约定，系统中各元件均采用国家标准规定的图形符号来表示，这些符号只表示元件的职能，不表示元件的结构和参数，通常称为职能符号（图形符号）。我国国家标准 GB/T 786.1—1993 规定了液压传动的图形符号。

按照这一标准绘制成的液压千斤顶的工作原理图如图 1.2 所示。使用这些图形符号可使液压系统图简单明了，且便于绘制。

图形符号作为一种通用的约定，只有完全按照国家标准绘制，才能保证液压或气压传动系统原理图的正确性。国家标准对于这些图形符号有以下几条基本规定。

① 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，也不表示元件在机器中的实际安装位置。

② 元件符号内的流体流动方向用箭头表示，线段两端都有箭头的，表示流动方向可逆。

③ 符号均以元件的静止位置或中间零位置表示，当系统的动

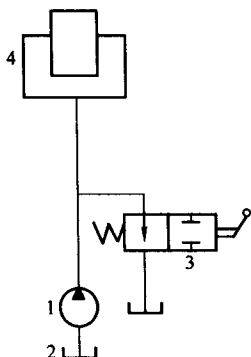


图 1.2 用图形符号表示的液压千斤顶工作原理图

1—液压泵；2—油箱；3—换向阀；4—柱塞液压缸

作另有说明时，可作例外。

1.3 液压与气压传动的优缺点及发展

1.3.1 液压传动的主要优缺点

(1) 液压传动的优点

- ① 液压传动采用油管连接，可以方便灵活地布置传动机构。
- ② 液压传动装置的质量小、结构紧凑、惯性小。
- ③ 液压传动可在大范围内实现无级调速。
- ④ 液压传动传递运动均匀平稳，负载变化时速度较稳定。
- ⑤ 液压装置易于实现过载保护，因此使用寿命长。
- ⑥ 液压传动容易实现自动化，而且可以实现遥控。
- ⑦ 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，便于设计、制造和推广使用。

(2) 液压传动的缺点

- ① 液压系统中的漏油等因素，会影响运动的平稳性和正确性，使得液压传动不能保证严格的传动比。
- ② 液压传动对油温的变化比较敏感，温度变化时，液体黏性变化，引起运动特性的变化，使得工作的稳定性受到影响，所以不

宜在温度变化很大的环境条件下工作。

③ 为了减少泄漏和满足某些性能上的要求，对液压元件的配件制造精度要求较高，加工工艺较复杂。

④ 液压传动要求有单独的能源，不如电能使用方便。

⑤ 液压系统发生故障不易检查和排除。

随着设计制造和使用水平的不断提高，液压传动的缺点正在逐步加以克服，因此，液压传动有着广泛的发展前景。

1.3.2 气压传动的优缺点

(1) 气压传动的优点

① 空气来源没有特定要求，无介质供应问题和费用支出；用后的空气直接排入大气，对环境无污染，处理方便。不必设置回收管路，因而也不存在介质变质、补充更换等问题。

② 因空气黏度小（约为液压油的万分之一），在管内流动阻力小，压力损失小，便于集中供气和远距离输送。

③ 与液压传动相比，气压传动反应快，动作迅速，维护简单，管路不易堵塞。

④ 气动元件结构简单、制造容易，便于标准化、系列化、通用化。

⑤ 气动系统对工作环境适应性好，特别在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射、振动等恶劣工作环境中工作时，安全可靠性能优于液压、电子和电气系统。

⑥ 空气具有可压缩性，可使气动系统实现过载自动保护，也便于贮气罐贮存能量，以备急需。

⑦ 排气时气体因膨胀而温度降低，因而气动设备可以自动降温，长期运行也不会发生过热现象。

(2) 气压传动的缺点

① 排气噪声处理不当，会造成噪声污染。

② 出力较小。

③ 空气压缩性大，影响执行元件运动的平稳性。

1.3.3 液压与气压传动的应用

(1) 液压传动的应用

工程机械、矿山机械、压力机械和航空工业中采用液压传动的主要原因是其结构简单、体积小、质量小、输出力大；机床上采用液压传动是因其能在工作过程中方便地实现无级调速，易于实现频繁换向，易于实现自动化等。

我国的液压工业始于 20 世纪 50 年代，最初只是应用于机床和锻压设备，后来发展到拖拉机和工程机械上。如今液压传动在各行各业均得到广泛应用。表 1.1 为液压传动在一些行业的应用情况。

表 1.1 液压传动的应用

行业名称	应用举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、带式运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

(2) 气压传动的应用

国内外自 20 世纪 60 年代以来，气压传动发展迅速，目前气压传动元件的发展速度已超过了液压元件，气压传动已成为一个独立的专门技术领域。

许多机器设备中装有气压传动系统，在各工业领域，如机械、电子、钢铁、运输车辆及制造、橡胶、纺织、化工、食品、包装、印刷和烟草领域等，气压传动技术已成为基本组成部分。在尖端技术领域，如核工业和航空航天工业中，气压传动技术也占据着重要的地位。

第 2 章

液压元件

构成液压系统的元件有动力元件（液压泵）、执行元件（液压缸或液压马达）、控制调节元件（控制阀）和辅助元件。本章介绍各种液压元件的作用、图形符号、结构与工作原理等方面的知识。

2.1 液压泵与液压马达

液压泵与液压马达是液压系统中的能量转换装置。液压泵将原动机输出的机械能转换成压力能，属于动力元件，而液压马达将输入的液体压力能转换成工作机构所需要的机械能，属于执行元件。液压泵按其在单位时间内所能输出的油液体积是否可以调节可以分为定量泵和变量泵两大类；按照结构形式可以分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵、螺杆泵等。液压马达的分类与液压泵类似，按结构可分为齿轮马达、叶片马达、柱塞马达和螺杆马达；按单位时间内所能输出的油液体积能否改变可分为定量马达和变量马达；按其工作转速的高低分为高速液压马达和低速液压马达。其中额定转速在 $500\text{r}/\text{min}$ 以上的马达称为高速小转矩马达，图 2.1 所示为各种液压泵和液压马达的图形符号。

2.1.1 液压泵与液压马达的工作原理

图 2.2 所示为一柱塞式液压泵的工作原理图，柱塞 4 装在泵体 3 中形成的一个密封容腔 a 中，柱塞在弹簧 2 的作用下始终压紧在偏心轮 5 上。偏心轮旋转使柱塞 4 做往复运动，密封容腔 a 大小发生周期性的交替变化。当 a 由小变大时形成部分真空，油箱中的

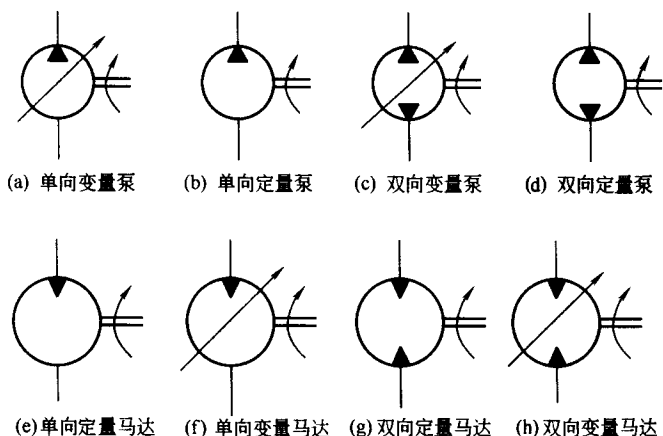


图 2.1 液压泵与液压马达的图形符号

油液在大气压作用下，经吸油管顶开单向阀 6 进入密封容腔 a 而实现吸油；反之，当 a 由大变小时，a 腔中吸满的油液将顶开单向阀 1 流入系统而实现压油。这样液压泵就将原动机输入的机械能转换成液体的压力能，原动机驱动偏心轮不断旋转，液压泵就不断地吸油和压油。

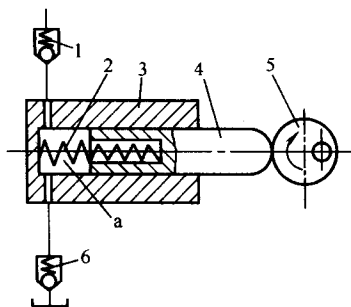


图 2.2 柱塞式液压泵工作原理图

1,6—单向阀；2—弹簧；3—泵体；4—柱塞；5—偏心轮；a—密封容腔

可见上述泵是靠密封容积的变化来工作的，故这种泵被称为容积式泵。构成容积式液压泵必须具备如下三个条件：

- ① 容积式泵必须有一个或几个密封油腔；