

液压与气压 传动技术入门

解同信 金英姬 编



化学工业出版社

液压与气压

传动技术入门

解同信 金英姬 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气压传动技术入门/解同信, 金英姬编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 8
ISBN 978-7-122-00877-0

I. 液… II. ①解…②金… III. ①液压传动②气压传动 IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 113294 号

责任编辑: 宋 辉 刘 哲
责任校对: 周梦华

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: 北京市彩桥印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 8½ 字数 169 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: 18.00 元

版权所有 违者必究

前 言

液压与气压传动是以流体（液压油或压缩气体）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。随着机电一体化技术的发展，液压与气压传动技术已向更广阔的领域渗透。在与微电子技术、计算机技术相结合后，发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。

本书主要讲述液压气压传动的基础知识、液压与气动元件的结构组成与工作原理、液压与气动基本回路、典型液压气压传动系统及液压气压传动系统的安装与故障分析等内容。

本书作为一本基础性、实用性读物，面向仅有中等文化基础的读者，在成书过程中基本坚持了下述原则：

1. 液压气压元件及回路工作原理的阐述尽量采用简单的方式，基本不采用公式分析和数学计算的形式；

2. 在分析液压元件的结构和原理的同时，介绍该元件的图形符号，本书附录中附有常用液压与气压元件的图形符号；

3. 将液压或气压控制阀的讲解与其所控制的基本回路放在同一章节，在学习时可将对控制阀动作原理的理解与液压或气压基本回路的分析相结合，根据编者的教学实践，感到这是一种有效的学习方法；

4. 注重实用性、综合性，如在介绍气压传动回路时，

简单介绍了 PLC 控制气压回路，有兴趣的读者可参阅相关的技术书籍。

本书由解同信、金英姬编写。全书内容共计 12 章，其中第 1 章～第 4 章，第 6 章、第 7 章，第 10 章～第 12 章由解同信编写；第 5 章、第 8 章、第 9 章由金英姬编写。

本书在编写过程中，难免有不足之处，请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 液压与气压传动的基本概念	1
1.1 液压与气压传动技术的工作原理	1
1.1.1 液压传动的工作原理	1
1.1.2 气压传动的工作原理	2
1.2 液压与气压传动系统的组成	4
1.3 液压与气压传动的优缺点	6
1.4 液压油的主要物理性质	8
1.4.1 密度和重度	9
1.4.2 黏性	9
1.4.3 黏度与温度的关系	11
1.4.4 液体的可压缩性	11
1.5 空气的物理性质	12
1.5.1 空气的湿度	12
1.5.2 空气的可压缩性	13
1.5.3 气阻与气容	13
1.5.4 气体的高速流动与噪声	14
1.6 液压油的要求与选用	14
1.6.1 对液压油的要求	14
1.6.2 液压油的种类和选用	16
1.7 流量和压力	17
1.7.1 流量	17
1.7.2 压力	19

1.8 液压冲击和气穴现象	21
1.8.1 液压冲击	21
1.8.2 气穴现象	22
第2章 液压动力元件	24
2.1 液压泵概述	24
2.1.1 液压泵的工作原理和种类	24
2.1.2 液压泵的主要性能参数	26
2.2 齿轮泵	29
2.2.1 外啮合齿轮泵的工作原理	29
2.2.2 齿轮泵的结构	30
2.2.3 齿轮泵存在的问题	31
2.2.4 齿轮泵的特点及用途	33
2.3 叶片泵	33
2.3.1 单作用叶片泵	34
2.3.2 双作用叶片泵	37
2.4 柱塞泵	39
2.4.1 轴向柱塞泵	39
2.4.2 柱塞泵的特点及用途	41
2.5 液压泵的选用	41
2.5.1 液压泵的选用原则	41
2.5.2 使用液压泵的注意事项	42
第3章 液压执行元件	44
3.1 液压缸	44
3.1.1 液压缸的类型及特点	44
3.1.2 液压缸的典型结构和组成	51

3.2 液压马达	56
3.2.1 液压马达的分类	56
3.2.2 液压马达的工作原理	57
3.2.3 液压马达的主要参数	61
第4章 液压控制阀及基本回路	64
4.1 液压控制阀的分类及性能要求	64
4.1.1 液压控制阀分类	64
4.1.2 液压控制阀的性能要求	65
4.2 方向控制阀及方向控制回路	66
4.2.1 单向阀	66
4.2.2 换向阀	68
4.2.3 方向控制回路	78
4.3 压力控制阀及压力控制回路	81
4.3.1 溢流阀和调压回路	82
4.3.2 减压阀及减压回路	89
4.3.3 顺序阀及顺序控制回路	94
4.3.4 压力继电器	98
4.4 流量控制阀及调速回路	100
4.4.1 流量控制阀	100
4.4.2 速度控制回路	105
4.5 其他基本回路	116
4.5.1 快速运动回路	116
4.5.2 速度换接回路	119
4.5.3 多执行元件控制回路	122
4.5.4 增压回路	125
4.5.5 卸荷回路	126

4.5.6	同步回路	127
4.6	其他液压控制阀及其应用	129
4.6.1	电液比例控制阀	129
4.6.2	电液数字阀	131
4.6.3	插装阀	132
第5章	液压辅助元件	135
5.1	管件	135
5.1.1	油管	135
5.1.2	管接头	135
5.2	密封装置	138
5.2.1	密封装置的作用和要求	138
5.2.2	密封装置的类型和特点	141
5.3	过滤器	141
5.3.1	液压油的污染及其控制	141
5.3.2	过滤器的功用及过滤精度	143
5.3.3	过滤器的类型及安装使用	144
5.4	蓄能器	146
5.4.1	蓄能器的功用	146
5.4.2	蓄能器的类型	147
5.4.3	蓄能器的安装	148
5.5	其他辅助元件	149
5.5.1	油箱	149
5.5.2	热交换器	151
5.5.3	压力表附件	153
第6章	液压传动系统实例	155

6.1	如何识读液压系统图	155
6.2	数控机床的液压系统	155
6.2.1	卡盘的夹紧与松开	156
6.2.2	回转刀架动作	157
6.2.3	尾座套筒伸缩动作	157
6.3	Q2-8 型汽车起重机液压系统	158
6.3.1	起重机液压系统的工作原理	159
6.3.2	起重机液压系统的特点	163
第 7 章	液压传动系统的安装调试和故障分析	164
7.1	液压系统的安装	164
7.1.1	液压装置的配置形式	164
7.1.2	液压阀的连接	164
7.1.3	液压系统的安装	167
7.2	液压系统的调试	170
7.2.1	空载调试	170
7.2.2	负载调试	170
7.3	液压系统的使用和维护	171
7.3.1	使用液压设备应具备的基本知识	171
7.3.2	使用与维护工作应注意的事项	172
7.4	液压系统的故障分析与排除	174
第 8 章	气源装置及辅助元件	178
8.1	气源装置	178
8.1.1	气源装置的作用和工作原理	178
8.1.2	空气压缩机	179
8.1.3	空气压缩机的净化装置	181

8.2 其他辅助元件	188
8.2.1 油雾器	188
8.2.2 消声器	190
8.2.3 气液转化器	192
第9章 气动执行元件	193
9.1 气缸	193
9.1.1 气缸的分类	193
9.1.2 常用气缸的工作原理和用途	193
9.1.3 标准化气缸	199
9.2 气动马达	199
9.2.1 气动马达的分类和工作原理	199
9.2.2 气动马达的特点和应用	202
第10章 气动控制元件及其基本回路	204
10.1 压力控制阀及压力控制回路	204
10.1.1 压力控制阀	204
10.1.2 压力控制回路	206
10.2 流量阀及速度控制回路	208
10.2.1 流量控制阀	208
10.2.2 速度控制回路	211
10.3 方向控制阀及方向控制回路	214
10.3.1 方向控制阀	214
10.3.2 方向控制回路	222
10.4 其他常用基本回路	224
10.4.1 过载保护回路	224
10.4.2 互锁回路	224

10.4.3	双手同时操作回路	225
10.4.4	延时回路	226
10.4.5	顺序动作回路	227
第 11 章	气压传动实例	234
11.1	机械手气压传动回路	234
11.2	工件夹紧气压传动系统	236
11.3	自动生产线气压传动系统	237
第 12 章	气压传动系统的安装调试和故障分析	241
12.1	气压传动系统的安装、调试及使用和维护	241
12.1.1	气压传动系统的安装和调试	241
12.1.2	气压传动系统的使用和维护	243
12.2	气压传动系统故障分析	247
12.2.1	气压传动系统的故障种类	247
12.2.2	气压传动系统故障分析方法	248
12.3	气压传动系统故障排除基本方法	250
附录	常用液压与气动元件图形符号	253
参考文献		258

第1章

液压与气压传动的基本概念

1.1 液压与气压传动技术的工作原理

1.1.1 液压传动的工作原理

液压传动的工作原理可以用一个液压千斤顶的工作原理为例来说明。图 1-1 是液压千斤顶的工作原理。

图中大小两个液压缸 6 和 3 的内部分别装有活塞 7 和 2，活塞与缸体配合面之间有可靠的密封，并且能在缸内滑动。当向上提起杠杆 1 时，小活塞 2 就被带动上升，于是小缸 3 的下腔密封容积增大，腔内压力下降，形成部分真空，这时钢球 5 将所在的通路关闭，油箱 10 中的油液

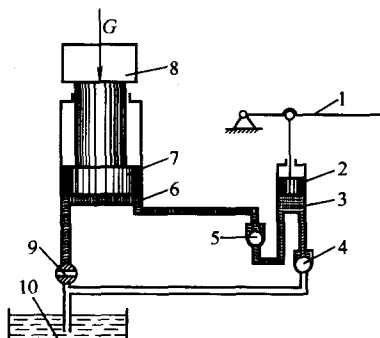


图 1-1 液压千斤顶的工作原理

1—杠杆；2—小活塞；3,6—液压缸；4,5—钢球；
7—大活塞；8—重物；9—放油阀；10—油箱

就在大气压力的作用下推开钢球 4 沿吸油孔道进入小缸的下腔,完成一次吸油动作。当压下杠杆 1 时,小活塞下移,小缸下腔的密封容积减小,腔内压力升高,这时钢球 4 自动关闭了油液流回油池的通路,小缸下腔的压力油就推开钢球 5 进入大缸 6 的下腔,推动大活塞将重物 8 (重力为 G) 向上顶起一段距离。如此反复地提压杠杆 1,就可以使重物不断升起,达到起重的目的。若将放油阀 9 旋转 90° ,则在物体 8 的自重作用下,大缸中的油液流回油箱,大活塞下降到原位。通过分析液压千斤顶的工作过程可以看出,液压传动装置本质上是一种能量转换装置。它先将杠杆 1 的机械能转换为液压缸 3 输出液压油的压力能,又将压力能转换为液压缸 6 活塞输出的机械能。液压传动依靠液体在密封容积变化中的压力能实现运动和动力传递,是一个不同能量的转换过程。

1.1.2 气压传动的工作原理

图 1-2 是气动剪切机的工作原理,图示位置是剪切前的预备状态。

系统的工作过程是:空气压缩机 1 产生的压缩空气→冷却器 2→油水分离器 3 (降温及初步净化)→储气罐 4→分水滤气器 5→减压阀 6→油雾器 7→气控换向阀 9→气缸 10。此时换向阀 A 腔的压缩空气将阀芯推到上位,使气缸上腔充压,活塞处于下位,剪切机的剪口张开,处于预备工作状态。当送料机构将工料 11 送入剪切机并送到规定位置时,工料将行程阀 8 的阀芯向右推动,换

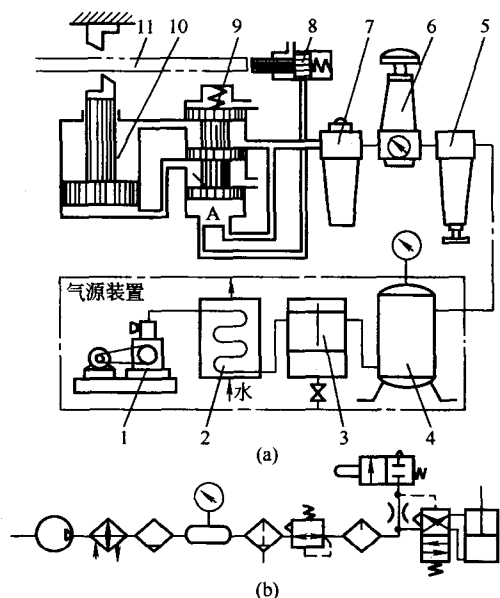


图 1-2 气动剪切机的工作原理

- 1—空气压缩机；2—冷却器；3—油水分离器；4—储气罐；
5—分水滤气器；6—减压阀；7—油雾器；8—行程阀；
9—气控换向阀；10—气缸；11—工料

向阀 A 腔经行程阀 8 与大气相通。换向阀阀芯在弹簧的作用下移到下位，将气缸上腔与大气相通，下腔与压缩空气相通。此时，活塞带动剪刀快速运动，将工料切下。工料被切后，即与行程阀脱开，行程阀在弹簧作用下复位，将排气口封死，换向阀 A 腔压力上升，阀芯上移，使气路换向。气缸上腔进压缩空气，下腔排气，活塞带动剪刀向下运动，系统又恢复到图示预备状态，待第二进料剪切。

1.2 液压与气压传动系统的组成

图 1-3 为一台简化了的机床工作台液压传动系统，通过它可以进一步了解一般液压传动系统应具备的基本性能和组成情况。在图 1-3 (a) 中，液压泵 3 由电动机（图中未示出）带动旋转，从油箱 1 中吸油。油液经过滤器 2 过滤后流往液压泵，经泵向系统输送。来自液压泵的压力油流经节流阀 5 和换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔，推动活塞连同工作台 8 向右移动。这时，液压缸右腔的油通过换向阀经回油管排回油箱。

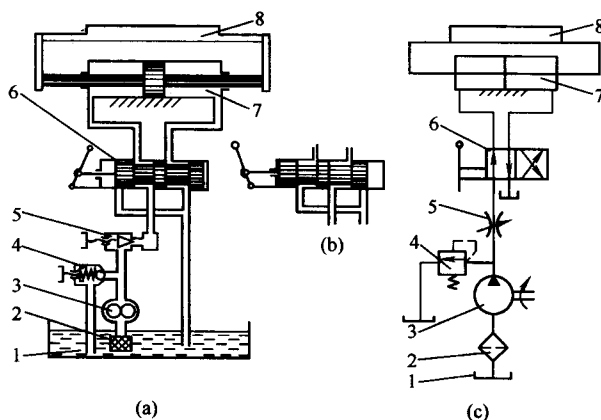


图 1-3 机床工作台液压传动系统

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；

5—节流阀；6—换向阀；7—液压缸；8—工作台。

如果将换向阀手柄扳到左边位置，换向阀处于图 1-3 (b) 所示的状态，则压力油经换向阀进入液压缸的右腔，

推动活塞连同工作台向左移动。这时，液压缸左腔的油亦经换向阀和回油管排回油箱。工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开口较大时，进入液压缸的流量较大，工作台的移动速度也较快；反之，当节流阀开口较小时，工作台移动速度则较慢。工作台移动时必须克服阻力，如克服切削力和相对运动表面的摩擦力等。为适应克服不同大小阻力的需要，泵输出油液的压力应当能够调整。另外，当工作台低速移动时，节流阀开口较小，泵出口多余的压力油亦需要排回油箱。这些功能是由溢流阀4来实现的，调节溢流阀弹簧的预压力就能调整泵出口的油液压力，并让多余的油在相应压力下打开溢流阀，经回油管流回油箱。

由上面的例子可以看出，液压泵（压缩机）将电动机的机械能转换为液体的压力能，然后通过液压缸或液压马达（气缸或气马达）将液体的压力能再转换为机械能，以推动负载运动。

液压与气压传动系统主要由以下几个部分组成。

（1）动力元件

一般最常见的是液压泵或空气压缩机。它的功用是将原动机输入的机械能转换成为流体的压力能，以驱动执行元件运动。

（2）执行元件

一般指作直线运动的液（气）压缸、作回转运动的液（气）压马达等。它们的功用是将流体的压力能转换为机械能，以驱动工作部件。

（3）控制元件