

教育部规划教材

中等职业学校机械专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

液压与气动

(第二版)

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编

徐永生 主编



高等教育出版社

内容简介

教育部规划教材中等职业学校机械专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

液压与气动

(第二版)

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编

徐永生 主编

本书的修订工作由徐永生完成。

本书可作为中等职业学校机械制造专业、机电一体化专业及机械类专业的培训教材。

由于编者水平有限,书中存在的错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

中国标准书号(CIP)数据(2007)第049012号

责任编辑	王树红	封面设计	王树红	文字编辑	王树红	校对	王树红
责任编辑	王树红	封面设计	王树红	文字编辑	王树红	校对	王树红

出版发行	高等教育出版社	地址	北京市西城区德胜门外大街4号	邮政编码	100011	总机	010-28281000
发行	北京地区发行所	电话	010-28281000	网址	http://www.hep.com.cn	电子邮箱	http://www.hep.com.cn
印刷	北京地区印刷有限公司	开本	787×1092 1/16	印张	15.2	字数	300 000
版次	1998年3月第1版	印次	2007年2月第2版	印次	2007年2月第1次印刷	定价	12.70元

高等教育出版社

书号: 51045-00

内容简介

本书是教育部职业教育与成人教育司组织编写的全国中等职业学校机械类专业教材，是教育部规划教材。

本书内容有液压与气动的共性与特点，液压传动基础知识，液压元件及液压回路，典型液压传动系统，气压传动基本知识，气动元件及气动回路，典型气压传动系统，液压与气动的维护保养等共十二章。

本书的编写力求贯彻少而精的原则，体现职教教学内容的实用性、先进性，尽可能使液压与气动有机结合，以建立合理紧凑的框架体系。本书还在一定程度上反映了近期液压与气动技术的进步与发展。

本书参照劳动部颁发的中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范，结合中等职业教育的特点编写，可以作为中等职业学校机械类专业、机电一体化专业教材，也可作为机械行业的技术人员岗位培训教材及工程技术人员自学用书。

(张二策)

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动/徐永生主编；全国中等职业学校机械专业教材编写组编. —2版. —北京：高等教育出版社，2007.5

ISBN 978 - 7 - 04 - 021045 - 3

I. 液… II. ①徐…②全… III. ①液压传动—专业学校—教材②气压传动—专业学校—教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 049012 号

策划编辑	张春英	责任编辑	薛立华	封面设计	李卫青	责任绘图	朱 静
版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲	责任印制	尤 静		

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 12.5

字 数 300 000

购书热线 010 - 58581118

免费咨询 800 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1998 年 7 月第 1 版

2007 年 5 月第 2 版

印 次 2007 年 5 月第 1 次印刷

定 价 15.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21045 - 00

原 因	排 除 方 法
① 没有产生油雾下落的压力	① 文丘里管或换成小的细管
② 油雾器反向安装	② 改变安装方向
③ 油道堵塞	③ 拆卸, 进行修理
④ 油杯未加压	④ 通往油杯的空气通道堵塞, 需拆
500S, 并取出异物	500S, 取出异物

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话: (010) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100011

购书请拨打电话: (010)58581118

第二版前言

本书是在1998年出版的教育部规划教材《液压与气动》的基础上修订而成的。为了贯彻和落实《面向21世纪教育振兴行动计划》的精神，全面推进素质教育，反映近年来液压与气动技术领域的迅速发展，作者对原版做了必要的修订。

本书的液压与气动元件图形符号全部按国家最新标准绘制。修订后的教材除基本保持原版的框架结构，继承原版少而精、深入浅出、突出实用性和应用性的优点外，还按照职业教育的特点，重点补充了一些成熟、典型、先进而又易于推广的液压与气动元件及其回路(如插装阀、电液数字控制阀、带阀气缸、磁性开关气缸、磁性无活塞杆气缸及真空吸附回路等)；对于污染的控制、环保液压油、磁流变液阻尼缸等均作了介绍；还增添了液压与气动的维护保养方面的内容。

本书的修订工作由徐永生完成。

本书可作为中等职业学校机械制造专业、机电一体化专业的教材，也可作为机械行业职工的培训教材。

由于编者水平有限，书中存在的错误和不妥之处敬请广大读者批评指正。

编者
2007年3月

第一章 绪论	1	第八章 气压传动基本知识	111
第一节 液压与气动技术	1	第一节 空气的主要性质及气体定律	111
第二节 液压与气动技术的发展	2	第二节 气压装置	112
第三节 液压与气动技术的应用	3	第三节 气压调节装置	113
第二章 液压泵和液压马达	23	复习思考题	113
第一节 液压泵概述	23	第九章 气动执行元件	124
第二节 常用液压泵的工作原理	24	第一节 气缸	124
第三节 液压泵的选用	33	第二节 真空吸附回路	144
第三章 液压回路	34	第三节 气动逻辑元件	145
第一节 液压回路的基本概念	34	复习思考题	152
第二节 方向控制回路	39	第十一章 典型气压传动系统	153
第三节 压力控制回路	49	第一节 阅读气压传动系统图的一般步骤	153
第四节 流量控制回路	50	第二节 气液动力滑台	154
第五节 气压传动回路	51	第三节 气动换向	154
第一节 概述	51		
第二节 方向控制回路	52		
第三节 压力控制回路	53		
第四节 流量控制回路	54		

第一版前言

本书是根据江苏省教育委员会 1997 年制定的中等专业学校和职业学校机电一体化专业教学计划及液压与气动课程教学大纲编写的，同时并入中等职业学校机械类专业教育部规划教材。

本教材的任务是阐明液压与气动的工作原理，着重培养学生理解和分析液压与气动系统的能力。本书内容力求体现职教定向性、实用性和先进性的要求，贯彻少而精、理论联系实际、框架合理紧凑的原则。对数控机床、加工中心等典型的机电一体化产品亦有较详细的叙述。同时，还附有按教学大纲规定所需开设的实验课题 4 个。

本书的附录有：常用液压及气动元件图形符号；目前正在推广使用的叠加阀系列型谱；液压系统常见故障的产生原因及排除方法；气动系统常见故障的产生原因及排除方法。附录中有关内容可供教师和学生课内外学习或进一步提高时参考。

本教材的教学时数为 50 学时，各章学时分配见下表(供参考)。

章 次	学 时 数	章 次	学 时 数
第一章	2	第七章	6
第二章	6	第八章	3
第三章	6	第九章	2
第四章	2	第十章	7
第五章	12	第十一章	2
第六章	2	共计	50(包括实验)

本书由无锡机械制造学校徐永生担任主编。第一、二、三、四、八、九、十、十一章、实验课题、附录由徐永生编写；第五、六、七章由苏州机械学校龚肖新编写。

常州刘国钧职教中心蒋仁达为本书主审。

本书在编写过程中曾得到有关兄弟学校和工厂等大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中存在的错误和不妥之处敬请广大读者批评指正。

编 者
1997 年 12 月

定 价 15.00 元

目 录

第一章 概论	1	第五节 多缸工作控制回路	79
第一节 液压与气动系统的工作原理及 组成部分	1	第六节 其他液压控制阀	83
第二节 液压与气动系统中的图形符号	3	复习思考题	88
第三节 液压与气动的优缺点	4	第六章 液压辅助元件	91
第四节 液压与气动的应用	5	第一节 概述	91
第五节 液压与气动的发展概况	5	第二节 常用液压辅助元件	91
复习思考题	7	复习思考题	98
第二章 液压传动基础知识	8	第七章 典型液压系统	100
第一节 液压油	8	第一节 YT4543 型动力滑台液压系统	100
第二节 液压传动中的两个主要参数	13	第二节 机械手液压系统	103
第三节 液体流动时的能量	16	第三节 数控车床液压系统	105
第四节 液体流经小孔和间隙时的流量	18	第四节 液压伺服系统	107
第五节 液压冲击和空穴现象	19	复习思考题	110
复习思考题	21	第八章 气压传动基本知识	112
第三章 液压泵和液压马达	22	第一节 空气的主要性质及气体状态方程	112
第一节 液压泵概述	22	第二节 气源装置	114
第二节 常用液压泵的工作原理和应用	24	第三节 气源调节装置	118
第三节 液压泵的选用	33	复习思考题	123
第四节 液压马达	34	第九章 气动执行元件	124
复习思考题	37	第一节 气缸	124
第四章 液压缸	39	第二节 气动马达	130
第一节 液压缸的分类和特点	39	复习思考题	133
第二节 液压缸结构上的几个问题	44	第十章 气动控制阀和气动回路	134
第三节 液压缸主要尺寸的确定	47	第一节 常用气动控制阀及其基本回路	134
第四节 液压缸的安装和调整	49	第二节 其他常用气动回路	139
复习思考题	50	第三节 真空吸附回路	144
第五章 液压控制阀及液压回路	51	第四节 气动逻辑元件	145
第一节 概述	51	复习思考题	152
第二节 方向控制阀及方向控制回路	51	第十一章 典型气压传动系统	153
第三节 压力控制阀及压力控制回路	60	第一节 阅读气压传动系统图的一般步骤	153
第四节 流量控制阀及速度控制回路	70	第二节 气液动力滑台	154
		第三节 气动机械手	154

第四节 气动系统在数控机床上的应用	156
第五节 公共汽车车门气压传动系统	162
复习思考题	162
第十二章 液压与气动的维护保养	164
第一节 液压系统的维护保养	164
第二节 气动系统的维护保养	165
第三节 液压与气动系统的故障诊断	168
实验课题	170
附录	173

A 常用液压气动图形符号 (摘自 GB/T 786.1—1993)	173
B 叠加阀系列型谱	180
C 液压系统常见故障的产生原因及 排除方法	185
D 气动系统常见故障的产生原因及 排除方法	188
参考文献	193

101	101
102	102
103	103
104	104
105	105
106	106
107	107
108	108
109	109
110	110
111	111
112	112
113	113
114	114
115	115
116	116
117	117
118	118
119	119
120	120
121	121
122	122
123	123
124	124
125	125
126	126
127	127
128	128
129	129
130	130
131	131
132	132
133	133
134	134
135	135
136	136
137	137
138	138
139	139
140	140
141	141
142	142
143	143
144	144
145	145
146	146
147	147
148	148
149	149
150	150
151	151
152	152
153	153
154	154
155	155
156	156
157	157
158	158
159	159
160	160
161	161
162	162
163	163
164	164
165	165
166	166
167	167
168	168
169	169
170	170

第一章 概 论

液压传动与气压传动(简称液压与气动)是以流体(液压油或空气)为工作介质,把原动机(或电动机)的机械能先转化为工作介质的压力能,再由受压流体(液体或气体)来进行运动和动力传递的一种传动方式。近五十多年来,这门技术得到了迅速的发展和广泛应用,特别是近年来,它与微电子、计算机等技术相结合,更使它的发展进入了一个崭新的阶段,并已成为自动控制系统中的一个重要组成部分。

下面介绍液压与气动系统的工作原理、组成部分、优缺点及其应用和发展。

第一节 液压与气动系统的工作原理及组成部分

一、液压与气动系统的工作原理

图 1-1 是一个能实现工作台往复运动的简单的液压系统工作原理图。电动机(图中未示出)带动液压泵 3 旋转,泵 3 从油箱 1 吸油,然后将具有压力能的油液输入管路,油就通过节流阀 4 再经过换向阀 6(此时换向阀的阀芯要处在图 b 所示的位置),进入液压缸左腔,液压缸

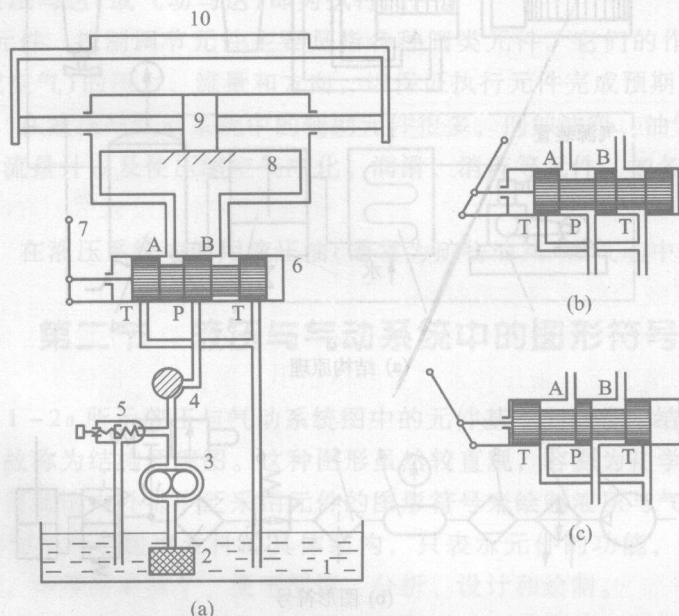


图 1-1 液压传动系统工作原理图

1—油箱; 2—过滤器; 3—液压泵; 4—节流阀; 5—溢流阀; 6—换向阀;
7—操纵手柄; 8—液压缸; 9—活塞; 10—工作台

右腔的油液则经过换向阀后流回油箱，此时活塞带动工作台向右运动。若换向阀的阀芯是处在图 c 所示的位置，则从液压泵输出的压力油经过节流阀 4、换向阀 6 后进入液压缸右腔，液压缸左腔的油则经过节流阀 6 后流回油箱，此时活塞带动工作台向左运动。

由上面分析可看出，由于设置了换向阀 6，就能改变油液流动方向，并最终使执行件(这里是工作台)的运动方向改变，以实现工作台所需要的往复运动。

工作台运动速度的调节，可以通过改变节流阀开口的大小，以调节通过节流阀的流量来达到。

工作台要移动，必须克服负载的阻力(如切削力、摩擦力等)，当负载不同时，所需要的工作压力也应不同，因此液压泵输出的压力应能调整。另外，由于工作台速度需要调节，所以进入液压缸的流量也要改变，一般情况下，液压泵输出的压力油多于液压缸所需要的油液，因此，多余的油液应及时排回油箱，这些功能由溢流阀 5 来完成。图中的 2 为网式过滤器(滤油器)，起滤清油液的作用。

图 1-2a 是气动剪切机的结构原理图。图示位置为剪切前的情况。当工料 11 由上料装置

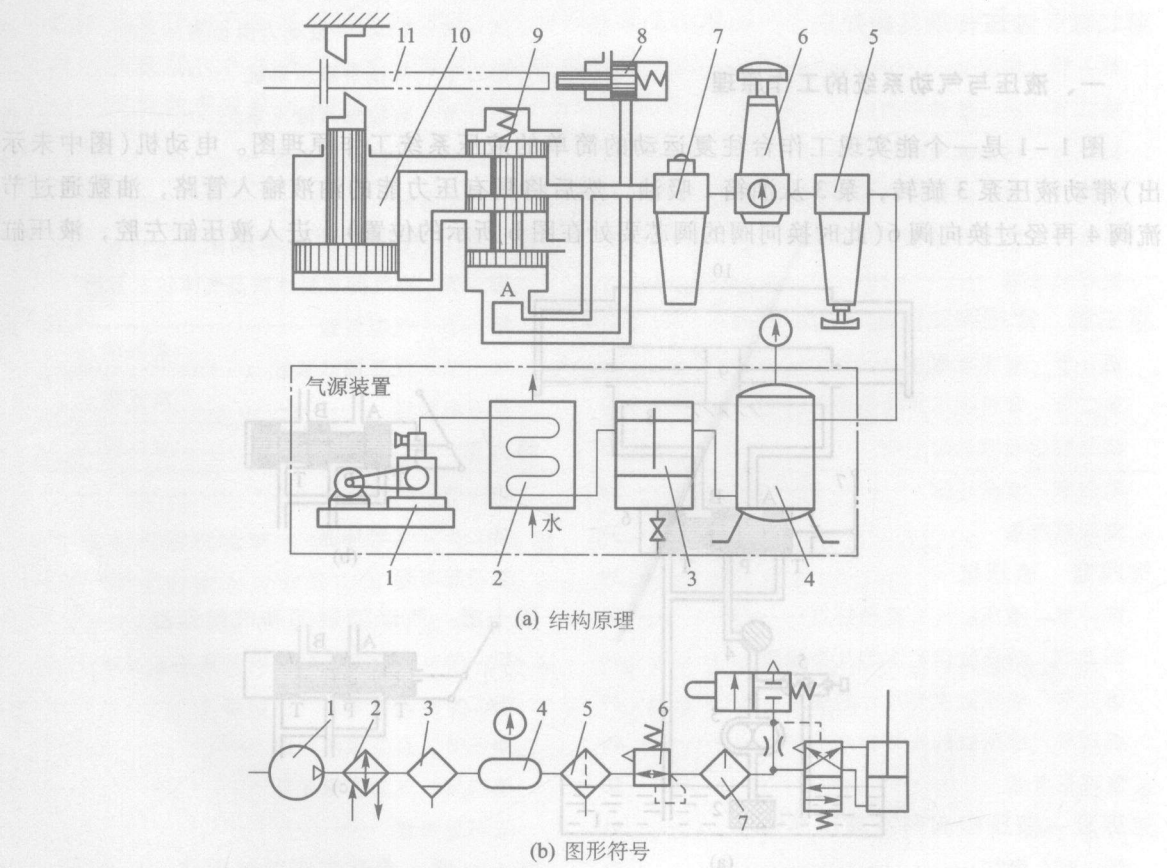


图 1-2 气动剪切机的工作原理

- 1—空气压缩机；2—后冷却器；3—分水排水器；4—贮气罐；5—空气过滤器；6—减压阀(带溢流)；
7—油雾器；8—行程阀；9—气控换向阀；10—气缸；11—工料

(图中未画出)送入剪切机并到达规定位置时,将行程阀8的按钮压下后,换向阀9的控制腔A通过行程阀8与大气相通,使换向阀阀芯在弹簧力的作用下向下移动,由空气压缩机1产生并经过初次净化处理(后冷却器2、分水排水器3)后储藏在贮气罐4的压缩空气,经过空气过滤器5、减压阀6和油雾器7(简称气动三大件)以及换向阀9,进入气缸10的下腔;气缸10上腔的压缩空气通过换向阀9排入大气。这时,气缸活塞在气体压力的作用下向上运动,带动剪刀将工料11切断。工料剪下后,随即与行程阀8脱开,行程阀复位,阀芯将排气通道封死,换向阀9的控制腔A中的气压升高,迫使换向阀的阀芯上移至图示位置,气路换向,压缩空气进入气缸10的上腔,气缸10的下腔排气,气缸活塞向下运动,带动剪刀复位,准备第二次下料。由此不难看出,剪切机构克服阻力切断工料的机械能是由压缩空气的压力能转换后得到的。同时由于在气路中设置了换向阀9,根据行程阀8的指令不断改变压缩空气的通路,使气缸活塞带动剪切机构实现剪切工料、剪刀复位的动作。此外,还可根据实际需要,在气路中加入流量控制阀或其他调速装置,以控制剪切机构的运动速度。

二、液压与气动的组成

由上面两个例子中可以看出,无论是液压还是气压传动系统,都是由以下五个部分组成:

- 1) 动力元件 它是将原动机输入的机械能转换为液压能(或气压能)的装置。液压泵(或空气压缩机)即为动力元件。
- 2) 执行元件 它是将液体(或气体)的压力能转换为机械能的装置,以驱动工作部件。液压缸(或气缸)和液压马达(或气动马达)即为执行元件。
- 3) 控制调节元件 控制调节元件主要是指各种阀类元件。它们的作用是控制液压(或气动)系统中油液(或空气)的压力、流量和方向,以保证执行元件完成预期的工作运动。
- 4) 辅助元件 在液压与气动系统中的辅助元件很多,例如油箱、油管、管接头、密封件、过滤器、压力计、流量计以及使压缩空气净化、润滑、消声等元件,如各种空气过滤器、油雾器、消音器等。
- 5) 工作介质 在液压系统中使用液压油(通常为矿物油),在气动中则利用空气。

第二节 液压与气动系统中的图形符号

图1-1a和图1-2a所示液压与气动系统图中的元件基本上都是用结构(或半结构)式的图形画出的示意图,故称为结构原理图。这种图形虽然较直观,容易为初学者所接受,但图形较复杂难画。为此,目前国内外都广泛采用元件的图形符号来绘制液压与气动的系统原理图。液压(或气动)元件的图形符号脱离元件的具体结构,只表示元件的功能,这样用它们绘制的系统原理图就能简化,原理简单明了,便于阅读、分析、设计和绘制。

图1-3即为用图形符号绘制的图1-1所示的液压系统原理图;图1-2b是用元件的图形符号来绘制的气动系统原理图。

本书附录中摘录了我国目前采用的常用液压与气动元件图形符号(GB/T 786.1—1993)。

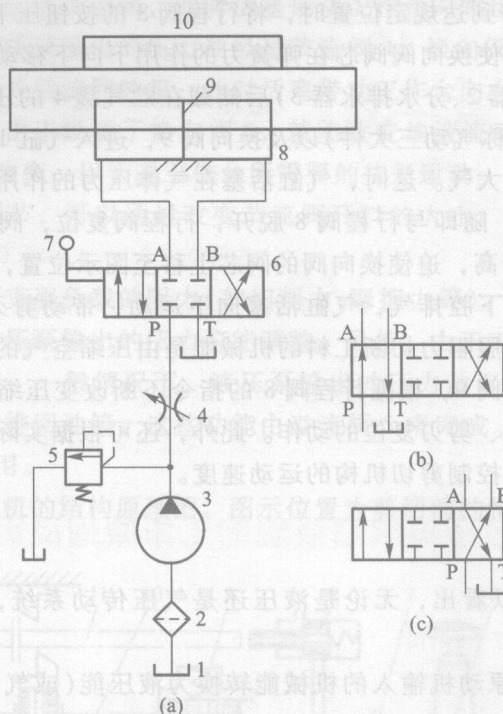


图 1-3 液压传动系统工作原理图(用图形符号)

第三节 液压与气动的优缺点

液压与气动目前之所以能得到如此迅速的发展和广泛的应用,是由于它与其他传动方式相比具有许多突出的优点:

- 1) 液压与气动系统执行元件的速度、转矩、功率均可作无级调节,且调节简单、方便。
- 2) 液压与气动系统容易实现自动化的工作循环。
- 3) 液压与气动系统均能实现过载保护。
- 4) 液压与气动元件易于实现系列化、标准化和通用化,故便于设计、制造、维修。
- 5) 在相同功率的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑。
- 6) 气压传动的工作介质用之不尽、取之不竭,且不易污染。

当然,液压与气动也存在一些缺点:

- 1) 由于泄漏及流体的可压缩性,使它们无法保证严格的传动比,这一缺点对气动尤为显著。
- 2) 液压传动常常因为存在泄漏,所以易污染环境。
- 3) 气压传动传递的功率较小,气动装置的噪声也较大。

尽管液压与气动有上述缺点,但总的说来,它的优点是主要的,它的缺点随着生产技术的提高正在被逐步缩小与克服,因而液压与气动技术在现代化生产中有着广阔的发展前景。液压传动、气压传动与其他传动的性能比较见表 1-1。

表 1-1 几种传动方式性能比较

比较项目 传动方式		操作力	动作 快慢	环境 要求	构造	负载变化 影响	操纵 距离	无级 调速	工作 寿命	维护	价格
气压传动		中等	较快	适应性好	简单	较大	中距离	较好	长	一般	便宜
液压传动		最大	较慢	不怕振动	复杂	有一些	短距离	良好	一般	要求高	稍贵
电传动	电气	中等	快	要求高	稍复杂	几乎没有	远距离	良好	较短	要求较高	稍贵
	电子	最小	最快	要求特高	最复杂	没有	远距离	良好	短	要求更高	最贵
机械传动		较大	一般	一般	一般	没有	短距离	较困难	一般	简单	一般

第四节 液压与气动的应用

液压与气动是工农业生产中广为应用的一门技术，目前该项技术水平的高低已成为一个国家工业发展水平的重要标志之一。

在工业生产的各个部门应用液压与气动技术的目的是不尽相同的。例如：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取其结构简单、体积小、重量轻、输出力大；机床上采用液压传动是取其能在工作过程中方便地实现无级调速，易于实现频繁的换向，易于实现自动化；在电子工业、包装机械、印染机械、食品机械等方面应用气压传动主要是取其操作方便，无油、无污染的特点。表 1-2 是液压与气动在各类机械中的应用情况。

表 1-2 液压与气压传动在各类机械中的应用

行业名称	应用举例	行业名称	应用举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机	轻工机械	打包机、注塑机
矿山机械	凿岩机、开掘机、提升机、液压支架	灌装机械	食品包装机、真空镀膜机、化肥包装机
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机	汽车工业	高空作业车、自卸式汽车、汽车起重机
冶金机械	轧钢机、压力机、步进加热炉	铸造机械	砂型压实机、加料机、压铸机
锻压机械	压力机、模锻机、空气锤	纺织机械	织布机、抛砂机、印染机
机械制造	组合机床、冲床、自动线、气动扳手、磨床		

第五节 液压与气动的发展概况

液压与气动相对于机械传动来说，是一门发展较晚的技术。若从 1795 年英国制成第一台水压机开始算起，液压传动也只有二百多年的历史。虽然在 19 世纪末英国就制成了第一台液

压龙门刨床,美国制成了液压转塔车床和磨床,但是,由于当时缺乏成熟的液压元件,一些通用机床到20世纪30年代才开始使用液压传动。第二次世界大战以后,随着各种液压元件的迅速发展和性能的日趋完善,出现了精度高及响应快的伺服阀和伺服控制系统,特别是电子技术和计算机技术进入了液压技术领域后,更使其得以蓬勃发展,并渗透到各个工业领域中。目前,液压技术正在向高压化、小型化、集成化、复合化、智能机电一体化、长寿命、高可靠性、低能耗、低噪声、低振动、无泄漏等方向发展。

气动技术的雏形可以以 John Wilkinson 于 1776 年发明的能产生 1 个标准大气压的空气压缩机为标志,但长期以来,人们不能从流体力学的理论高度来解释和掌握气动控制元件的特性,气源处理不当,经常出现元件堵塞、动作失灵等情况,因而曾一度使气动控制技术处于停滞不前的状态。20 世纪 60 年代中期,法国 LECO 等公司首先研制成功对气源要求低、动作灵敏可靠的第二代气动元件,打破了气动技术停滞不前的状态,接着各工业发达国家在气动元件及系统的研究、应用方面相继都取得了很大的进展。近年来,新型气动元件、辅件的不断涌现,使气动技术的应用更加广泛,气动技术作为一种工业自动化的廉价、工作环境适应性好的有效手段的特征更加凸现。目前气动技术正向高速、高响应、高压、高可靠性、长寿命、轻量化、小型化、集成化、模块化、智能化、无油化(由不供油润滑元件和无油润滑元件组成的系统)、电/气一体化(如压力比例阀、流量比例阀、数字控制气缸等由气动与电子技术相结合的自适应控制元件)等方向发展。

我国在解放前是一个半封建、半殖民地国家,经济极端落后,液压与气动工业完全是空白。解放后,液压与气动工业也和其他工业一样迅速发展。1952 年起,我国即开始生产液压泵和控制阀等液压元件,1961 年开始在拖拉机上推广液压悬挂系统,1964 年我国开始自行设计液压产品,1965 年开始研究液压驱动拖拉机及液压驱动联合收割机。目前,我国生产的液压元件已经形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛的应用;另外,我国在消化、推广国外先进液压技术的同时,大力开展国产液压新产品的研制工作,并已取得一定成效。例如,已开发研制了中高压齿轮泵、插装式锥阀、电液比例阀、叠加阀以及新系列中、高压控制阀等。

我国在 20 世纪 60 年代中期开始建立气动元件厂,生产气动产品。1984 年组建了气动行业技术归口所——无锡气动技术研究所,它的职能是研究开发、产品监测、系统成套、技术培训、咨询服务等。1987 年还建立了“无锡-日本 CKD 气动技术培训中心”。近年来通过技术引进和研制开发,已生产出了一些具有先进水平的产品,如电气伺服阀、无油润滑气动元件、低功率电磁气动阀等。目前,我国的气动技术已发展成为包括传动、控制与检测在内的自动化技术,并广泛应用于机械、电子、食品、轻工业等各个工业部门。

据统计,目前我国液压、液力、气动、密封四类为机械配套的基础件产品的企业共有一千多家,2003 年统计总产值 111 亿元,其中液压 63 亿元,气动 19 亿元。近十年来液压、气动工业生产增长情况见图 1-4。

尽管我国的液压与气动技术发展相当迅猛,但其技术水平与先进国家相比差距还是很大,为了能尽快赶上世界先进水平,振兴我国的液压与气动行业,我们应坚定不移地走引进先进技术与国内独立研制相结合的道路,合理调整产品结构,大力开展产品国产化工作,积极开展科技新产品的研究和自主开发。可以预见,我国的液压与气动技术在 21 世纪必将获得更快的发展。

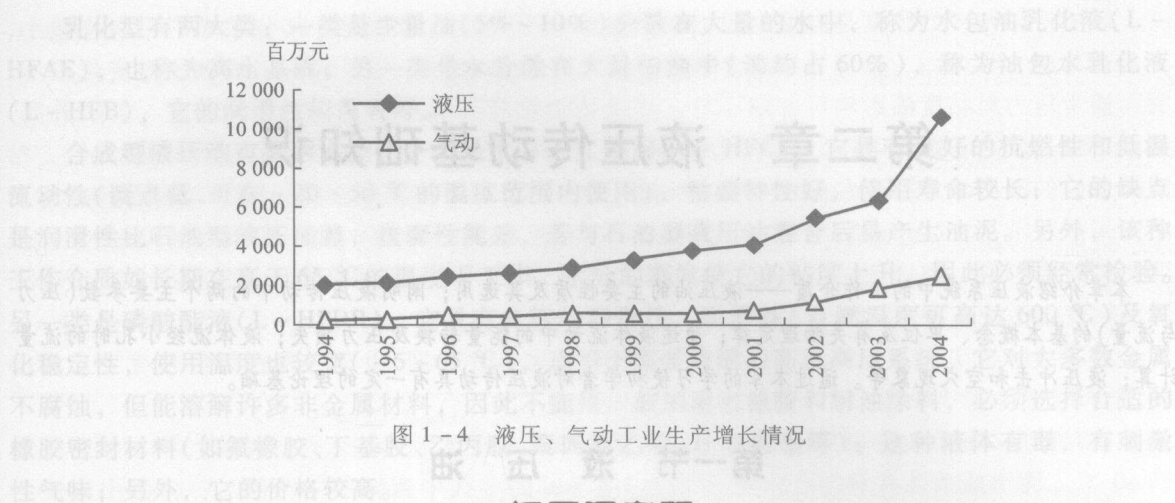


图 1-4 液压、气动工业生产增长情况

复习思考题

二、液压油的主要性质

- 1-1 什么叫液压传动？什么叫气压传动？
- 1-2 液压与气压传动分别由哪几个部分组成？试说明各部分的作用。
- 1-3 绘制液压或气动系统原理图时，为什么要用图形符号来绘制？
- 1-4 简述液压、气动与机械传动的比较。
- 1-5 目前液压技术和气动技术正向什么方向发展？

应用场合	粘度等级	工作介质
机床液压系统及精密机床液压系统	32, 46, 68	通用液压油 L-HL
工程机械液压系统，如装载机、挖掘机、推土机等	32, 46, 68	液压油 L-HC
工程机械液压系统，如装载机、挖掘机、推土机等	32, 46, 68	液压油 L-HM
工程机械液压系统，如装载机、挖掘机、推土机等	32, 46, 68	液压油 L-HV
工程机械液压系统，如装载机、挖掘机、推土机等	32, 46, 68	液压油 L-HR
工程机械液压系统，如装载机、挖掘机、推土机等	32, 46, 68	液压油 L-HH

第二章 液压传动基础知识

本章介绍液压系统中的工作介质——液压油的主要性质及其选用；阐明液压传动中的两个主要参数(压力与流量)的基本概念、单位及有关物理定律；简述液体流动中的能量转换及压力损失；液体流经小孔时的流量计算；液压冲击和空穴现象等。通过本章的学习使初学者对液压传动具有一定的理论基础。

第一节 液 压 油

一、液压油种类

在 GB/T 7631.1—1987 中，我国将润滑油和有关产品(L类产品)按应用场合分为 19 个组，H 组用于液压系统。H 组主要可分为石油型、乳化型和合成型三大类。

石油型的液压油以机械油(它是一种工业用润滑油)为基料，经精炼、去除杂质，再根据需要加入适当的添加剂而制成。添加剂有两类：一类是用以改善其物理性质的，如抗磨剂、增凝剂、防爬剂等；另一类是用以改善其化学性能的，如抗氧化剂、防腐剂、防锈剂等。这种油液的润滑性能好，但抗燃性差。石油型液压油主要有通用液压油(L-HL)、液压导轨油(L-HG)、抗磨液压油(L-HM)、低温液压油(L-HV)、高粘度指数液压油(L-HR)和机械油(L-HH)。上述各种油的适用范围见表 2-1。

表 2-1 石油型液压油的使用范围

工 作 介 质	粘 度 等 级	应 用 场 合
通用液压油 L-HL	32, 46, 68	7~14 MPa 的液压系统及精密机床液压系统
液压导轨油 L-HG	22, 32, 46, 68	液压与导轨合用的系统，如万能磨床、轴承磨床、螺旋磨床、齿轮磨床等
抗磨液压油 L-HM	32, 46, 68	-15~70℃ 的高压、高速工程机械和车辆等的液压系统
低温液压油 L-HV	32, 46, 68	-25℃ 以上的高压、高速工程机械、农业机械和车辆等的液压系统
高粘度指数液压油 L-HR	22, 32, 46	数控机床及高精密机床的液压系统，如高精度坐标镗床
机械油 L-HH	15, 22, 32, 46, 68	7 MPa 以下的液压系统，如普通机床液压系统

在一些高温、易燃、易爆的工作场合，为安全起见，其液压系统常使用乳化型和合成型工作介质。

乳化型有两大类：一类是少量油(5%~10%)分散在大量的水中，称为水包油乳化液(L-HFAE)，也称为高水基液；另一类是水分散在大量的油中(油约占60%)，称为油包水乳化液(L-HFB)，它的润滑性较前者好。

合成型液压油也有两大类：一类是水-乙二醇液(L-HFC)，它具有良好的抗燃性和低温流动性(凝点低,可在-20~50℃的温度范围内使用)，粘温特性好，使用寿命较长；它的缺点是润滑性比石油型液压油差，抗磨性能差，若与石油型液压油混合后易产生油泥。另外，该种工作介质如长期在高于65℃的温度下工作，水分的蒸发使它的粘度上升，因此必须经常检验。另一类是磷酸酯液(L-HFDR)，它具有良好的润滑性、阻燃性(自燃温度可高达600℃)及氧化稳定性，使用温度也较宽(-6~65℃)，适用于需要防燃的高温高压系统。它对大多数金属不腐蚀，但能溶解许多非金属材料，因此不能用一般的耐油橡胶和耐油涂料，必须选择合适的橡胶密封材料(如氟橡胶、丁基胶、乙丙胶、聚四氟乙烯、环氧树脂等)；这种液体有毒，有刺激性气味；另外，它的价格较高。

二、液压油的主要性质

作为液压系统的工作介质，液压油应该具有良好的粘温特性、润滑性、防锈性、抗氧化性、抗泡沫性、密封兼容性、低凝固点、高闪点等性能。上述一些性质均可在液压工程手册中查到，对一般液压系统来说，液压油最重要的性质是它的粘性和可压缩性。

1. 粘性

液体在流动中，液体与管子的摩擦力称为外摩擦力；液体内部各点由于运动速度不等而产生的摩擦力称为内摩擦力，该种摩擦力阻止液层间的相对滑动。液体在流动时产生内摩擦力的性质称为粘性。因而粘性的物理意义为：既反映液体流动时内摩擦力的大小，也反映液体流动性能的好坏。也就是说粘性大的液体，意味着它流动时的内摩擦力大，流动性能差。

液体粘性的大小可用粘度来表示。在实际应用中，常用运动粘度作为粘度的衡量制。运动粘度的符号为 ν ，其法定计量单位是 m^2/s ，由于该单位偏大，实际上常用的实用单位为 mm^2/s (厘沲)，它们之间的关系为

$$1\text{ m}^2/\text{s} = 10^6\text{ mm}^2/\text{s}$$

我国液压油在20世纪80年代以前，是采用按温度为50℃时运动粘度(mm^2/s)的平均值来标号的，习惯上称为旧牌号，国标标准ISO和我国新标准均规定是按温度为40℃时的运动粘度(mm^2/s)平均值来标号的(称为新牌号)。而在80年代期间，为了使50℃值表示的粘度等级过渡到40℃值表示的粘度等级，避免新旧牌号的混淆，采取了在40℃值为基础的新牌号之前冠以前缀“N”的过渡性牌号，并规定此前缀只使用到1990年底为止，过期即自动取消。例如L-HH32是指在40℃时的运动粘度平均值为32 mm^2/s 的机械油。机械油新旧牌号对照表可参考表2-2。

表 2-2 机械油新牌号(40℃时运动粘度等级)与旧牌号(50℃时运动粘度等级)对照

新牌号(1991年起)	L-HH15	L-HH22	L-HH32	LH-46	LH-68
旧牌号(1982年前)	10	15	20	30	40
过渡期牌号(1983—1990)	N15	N22	N32	N46	N68