



21世纪全国高职高专机电类规划教材

液压与气动技术

YEYA YU QIDONG JISHU

吴春玉 辛莉 主编



北京大学出版社

PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电类规划教材

液压与气动技术

吴春玉 辛 莉 主 编

第2版 (CIP) 已备案

本书可作为高职高专机电类专业的教材

本书可作为高职高专机电类专业的教材

本书可作为高职高专机电类专业的教材

ISBN 978-7-301-13017-2

出版 北京 清华大学出版社

地址 北京市海淀区学院路25号 100084

电话 编辑部 010-62770175 发行部 010-62770176

http://www.tup.tsinghua.edu.cn

http://www.cvip.com.cn

印刷 北京 清华大学出版社

发行 北京 清华大学出版社

定价 30.00元

787mm×1092mm 16开 308页 8.5万字

2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

01-000000



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

地址 北京市海淀区学院路25号 100084
电话 编辑部 010-62770175 发行部 010-62770176

内 容 简 介

本书紧紧围绕高职高专教学基本要求,按照必需够用为度、培养技能、重在应用的原则编写而成。全书共分 12 章,内容包括:液压传动基础知识,液压元件的工作原理、性能及应用,液压基本回路及典型系统,气源装置,气动元件的工作原理、性能及应用,气压常见回路等主要内容。简明地介绍了液压与气动系统使用中常见故障诊断、排除故障及维护方面的基本知识。

本书适合作为高职高专院校机械工程类各专业教材使用,还可作为各类业余大学、函授大学、电视大学、自学考试及中等职业学校相关专业的教学参考书,也可作为机械类工程技术人员、液压与气压设备维护人员培训之用。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术/吴春玉,辛莉主编. —北京:北京大学出版社, 2008.8
(21 世纪全国高职高专机电类规划教材)
ISBN 978-7-301-13077-3

I. 液… II. ①吴… ②辛… III. ①液压传动—高等学校:技术学校—教材②气压传动—高等学校:技术学校—教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 192192 号

书 名: 液压与气动技术

著作责任者: 吴春玉 辛莉 主编

责任编辑: 桂 春

标准书号: ISBN 978-7-301-13077-3/TH·0069

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 334 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高职高专机电类规划教材

编 委 会

编委会主任：黄泽森 闫瑞涛

编委会副主任（排名不分先后）

栾敏 秦庆礼 张晓翠 赵世友

编委会委员（排名不分先后）

邓先智 耿南平 何 晶 侯长来 胡育辉 黄仕君

马光全 汤承江 王军红 王新兰 吴春玉 谢婧

辛 莉 宇海英 袁晓东 张 琳 张 明 朱福明

前 言

当前,我国高等职业技术教育和高等专科教育正处于一次深层次重大改革中。培养能学会学、实用型和应用型的技术人才是职业技术教育的发展方向和最终目标。本书正是顺应这种理念,参照高等职业技术和高等专科教育机械电气类专业的人才培养目标和岗位技能需要,广泛吸取相关教材优势,并突出针对性和实用性编写而成。

全书包含液压传动和气压传动两部分内容,共12章。第1~9章主要论述了液压传动的流体力学基础知识,液压元件的工作原理和结构特点,液压基本回路的组成和典型系统分析,液压伺服控制系统;第10~12章主要论述了气源装置和气动元件的工作原理以及结构特点,气动基本回路。此外,对液压与气动系统常见故障分析与排除方法也作了适当的介绍。

本书以液压为主线,对一些理论和经验着重讲解其在实际生产中的应用;介绍的液压与气压元件工作原理图与实物非常贴近,基本回路讲述详细以便与实际应用相结合;典型结构示例配以常用新型的结构图;液压气动图形符号全部采用国家最新标准;同时考虑到液压与气压传动之间存在较多的共性,为避免不必要的重复,教材中对气动技术的相关内容适当进行了删减与突出。全书充分突出“教”、“学”、“做”三结合,各章节叙述通俗易懂以便学生阅读和理解,基础知识部分以必需够用为度,专业知识部分和范例实用性强,注意理论教学与实训教学的密切结合,注重培养学生应用技术和综合素质方面的能力,此外各章末均有复习思考题。

本书编写过程中注重内容新颖,深入浅出,通俗易懂。同时增加了部分新型元件实例图片和实例内容,力求反映我国液压与气动发展的最新情况。本书每章配有思考题,供读者参考,以加深对本书内容的理解。本书同时出版的还有配套习题集和操作实训内容。

本书吴春玉和辛莉任主编,全书由吴春玉统稿。参加编写工作的有(按章节为序):天津电子信息职业技术学院王新兰(第1章),黑龙江农业职业技术学院辛莉(第2、6章及附录1、2),黑龙江农业经济职业学院樊昱(第3、8章),天津电子信息职业技术学院陶群利(第4章),天津电子信息职业技术学院吴春玉(第5、7、9章),天津电子信息职业技术学院刘建敏(第10、11、12章)。在本书的编写过程中,天津大学曹玉平教授对本书的编写提出了十分有益的建议和修改意见,在此表示衷心感谢!同时,还要感谢中国国际航空公司天津分公司维修基地冯昕先生鼎力协助,提供大量宝贵资料 and 实践经验。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有误,敬请广大读者批评指正。

作者联系方式 E-mail: suny99311@sina.com

编者

2008年5月

目 录

第1章 液压传动概述.....	1
1.1 液压传动的工作原理.....	1
1.2 液压传动的系统组成.....	2
1.2.1 简单机床的液压系统.....	2
1.2.2 液压传动系统组成.....	3
1.3 液压传动的优缺点及应用.....	4
1.3.1 液压传动的优点.....	4
1.3.2 液压传动的缺点.....	4
1.3.3 液压传动技术的应用.....	4
1.3.4 液压传动技术的发展概况.....	5
1.4 思考题.....	6
第2章 液压传动基础知识.....	7
2.1 液压传动工作介质.....	7
2.1.1 液压油的主要性质.....	7
2.1.2 对液压油的基本要求和选用.....	10
2.1.3 液压系统的污染控制.....	12
2.2 液体静力学.....	13
2.2.1 液体的压力.....	13
2.2.2 液体静力学基本方程.....	14
2.2.3 压力的表示方法和单位.....	14
2.2.4 帕斯卡原理.....	15
2.2.5 液体对固体壁面的作用力.....	16
2.3 液体动力学.....	16
2.3.1 基本概念.....	16
2.3.2 液体流动的连续性方程.....	18
2.3.3 液体流动的能量方程——伯努利方程.....	19
2.4 液体流动时的压力损失.....	21
2.4.1 沿程压力损失.....	21
2.4.2 局部压力损失.....	22
2.4.3 管路系统的总压力损失.....	22
2.5 孔口和缝隙流量.....	23
2.5.1 小孔流量.....	23
2.5.2 缝隙流量.....	23
2.6 液压冲击和气穴现象.....	24
2.6.1 液压冲击.....	24

2.6.2	气穴现象	25
2.7	思考题	26
第3章	液压动力元件	27
3.1	液压泵概述	27
3.1.1	液压泵的工作原理及种类	27
3.1.2	液压泵的主要性能参数	28
3.2	齿轮泵	30
3.2.1	齿轮泵的工作原理	30
3.2.2	齿轮泵的结构	30
3.2.3	外啮合齿轮泵在结构上存在的问题	31
3.2.4	齿轮泵的特点及应用	33
3.3	叶片泵	33
3.3.1	双作用叶片泵	33
3.3.2	单作用叶片泵	35
3.3.3	双联叶片泵	37
3.4	柱塞泵	37
3.4.1	径向柱塞泵	38
3.4.2	轴向柱塞泵	38
3.5	液压泵的选用	41
3.6	思考题	42
第4章	液压执行元件	43
4.1	液压马达	43
4.1.1	液压马达的分类及特点	43
4.1.2	液压马达的图形符号	44
4.1.3	液压马达的工作原理	44
4.1.4	液压马达的主要参数	46
4.2	液压缸概述	46
4.2.1	液压缸的类型及其特点	46
4.2.2	活塞式液压缸	47
4.2.3	柱塞式液压缸	50
4.2.4	摆动缸	50
4.2.5	其他液压缸	51
4.3	液压缸的结构和组成	52
4.3.1	液压缸的典型结构	52
4.3.2	液压缸的组成	53
4.4	思考题	56
第5章	液压控制元件	57
5.1	概述	57
5.2	方向控制阀	57
5.2.1	单向阀	57

5.2.2	换向阀	59
5.3	压力控制阀	68
5.3.1	溢流阀	68
5.3.2	减压阀	72
5.3.3	顺序阀	74
5.3.4	压力继电器	76
5.4	流量控制阀	77
5.4.1	节流口的流量特性及节流口形式	77
5.4.2	节流阀	78
5.4.3	调速阀	80
5.5	新型液压元件	81
5.5.1	插装阀	81
5.5.2	叠加阀	84
5.6	思考题	85
第6章	液压辅助元件	88
6.1	油管和管接头	88
6.1.1	油管	88
6.1.2	管接头	89
6.2	油箱	90
6.2.1	油箱的结构	91
6.2.2	油箱的容量	91
6.2.3	油箱的结构设计要点	92
6.3	过滤器	92
6.3.1	对过滤器的基本要求	92
6.3.2	过滤器的类型与典型结构	93
6.3.3	过滤器的安装	94
6.4	蓄能器	95
6.4.1	蓄能器的类型与结构特点	95
6.4.2	蓄能器的功用	96
6.4.3	蓄能器的安装与使用	96
6.5	密封装置	96
6.5.1	对密封装置的要求	97
6.5.2	密封装置的类型	97
6.6	热交换器	100
6.6.1	冷却器	100
6.6.2	加热器	101
6.7	思考题	102
第7章	液压系统基本回路	103
7.1	方向控制回路	103
7.1.1	换向回路	103

42	7.1.2 锁紧回路.....	103
44	7.2 压力控制回路.....	104
46	7.2.1 调压回路.....	104
47	7.2.2 卸荷回路.....	106
48	7.2.3 减压回路.....	107
49	7.2.4 增压回路.....	108
50	7.2.5 保压回路.....	108
51	7.2.6 平衡回路.....	110
52	7.3 速度控制回路.....	111
54	7.3.1 调速回路.....	111
58	7.3.2 快速运动回路.....	117
58	7.3.3 速度换接回路.....	119
63	7.4 多缸动作回路.....	121
63	7.4.1 顺序动作回路.....	121
64	7.4.2 同步回路.....	123
64	7.4.3 多缸快慢互不干扰回路.....	125
64	7.5 思考题.....	126
66	第8章 液压系统应用实例及液压系统设计.....	129
66	8.1 组合机床动力滑台液压系统.....	129
69	8.1.1 概述.....	129
69	8.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理.....	130
69	8.1.3 YT4543 型动力滑台液压系统的特点.....	131
69	8.2 汽车起重机液压系统.....	132
69	8.2.1 概述.....	132
69	8.2.2 Q2-8 型起重机液压系统的工作原理.....	132
69	8.2.3 Q2-8 型汽车起重机液压系统的特点.....	134
70	8.3 液压系统设计简介.....	134
70	8.3.1 明确系统设计要求.....	135
70	8.3.2 分析系统工况并确定主要参数.....	135
70	8.3.3 拟定液压系统图.....	137
70	8.3.4 选择液压元件.....	137
70	8.3.5 液压系统性能验算.....	138
70	8.4 思考题.....	138
72	第9章 液压伺服和电液比例控制技术.....	140
72	9.1 概述.....	140
72	9.1.1 液压伺服系统的工作原理.....	140
72	9.1.2 液压伺服系统的特点.....	141
72	9.1.3 液压伺服系统的组成.....	142
72	9.2 液压伺服系统的类型.....	142
72	9.2.1 滑阀式伺服系统.....	142

9.2.2 喷管式液压伺服系统	143
9.2.3 喷嘴-挡板式液压伺服系统	144
9.2.4 阀控马达式液压伺服系统	145
9.3 电液伺服阀	146
9.3.1 概述	146
9.3.2 电液伺服阀的工作原理	146
9.4 电液比例控制阀	147
9.4.1 电液比例换向阀	148
9.4.2 电液比例溢流阀	148
9.4.3 电液比例调速阀	149
9.5 思考题	149
第 10 章 气压传动概述	150
10.1 气压传动的工作原理及组成	150
10.1.1 气压传动的工作原理	150
10.1.2 气压传动系统的组成	151
10.2 气压传动的特点	151
10.2.1 气压传动的优点	151
10.2.2 气压传动的缺点	151
10.3 气压传动系统的应用及发展	152
10.3.1 气压传动系统在工业中的应用	152
10.3.2 气动技术的发展简况	152
10.4 思考题	153
第 11 章 气压传动元件	154
11.1 气源装置及气动辅助元件	154
11.1.1 气源装置的组成及工作原理	154
11.1.2 气动辅助元件	157
11.2 气动执行元件	159
11.2.1 气缸	159
11.2.2 气动马达	163
11.3 气动控制元件	165
11.3.1 压力控制阀	165
11.3.2 流量控制阀	169
11.3.3 方向控制阀	171
11.4 气动逻辑元件	176
11.4.1 气动逻辑元件的分类	176
11.4.2 高压截止式逻辑元件	176
11.5 思考题	180
第 12 章 气压传动常用回路	181
12.1 方向控制回路	181
12.1.1 单作用气缸换向回路	181

12.1.2 双作用汽缸换向回路	181
12.2 压力控制回路	182
12.2.1 一次压力控制回路	182
12.2.2 二次压力控制回路	183
12.2.3 多级压力控制回路	183
12.3 速度控制回路	184
12.3.1 单作用汽缸的速度控制回路	184
12.3.2 双作用汽缸的速度控制回路	184
12.3.3 气-液调速回路	185
12.4 其他常用气动回路	185
12.4.1 安全保护回路	185
12.4.2 程序动作回路	186
12.4.3 延时回路	188
12.4.4 同步回路	188
12.5 思考题	189
附录1 常用液压与气动元件图形符号(摘自 GB/T 786.1—1993)	190
附录2 液压与气动元件及系统常见故障及排除	195
参考文献	205

第 1 章 液压传动概述

液压传动是以液体作为工作介质，利用液体的压力能来实现能量传递的传动方式。相对于机械传动来说，液压传动是一门较新的技术。由于它具有许多突出的优点，近年来被广泛应用在工业、农业、交通、军事等各方面，也被应用在宇宙航行、海洋开发、核能建设等新的技术领域中。

1.1 液压传动的工作原理

液压传动的应用领域很广，具体的液压传动结构也比较复杂。下面仅以图 1-1 所示的液压千斤顶为例，简述液压传动的工作原理。

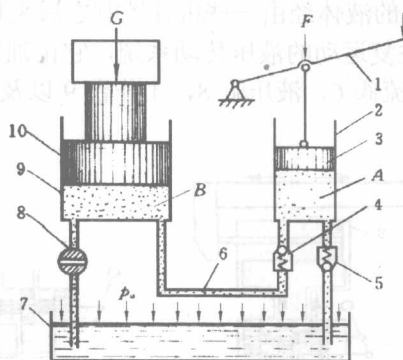


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆手柄 2—小缸体 3—小活塞 4、5—单向阀
6—油管 7—油箱 8—截止阀 9—大缸体 10—大活塞

图中，大小两个缸体 9 和 2 分别装有活塞 10 和 3，活塞和缸体之间配合良好，不仅活塞能在缸体内滑动，而且配合面之间又能实现可靠密封，液体不会产生泄漏，加之单向阀 4、5 和截止阀 8 的作用，便形成两个密封容腔。而杠杆手柄 1、小缸体 2、小活塞 3 及两个单向阀组成手动液压泵；大缸体 9 和大活塞 10 组成举升液压缸。当提起手柄使小活塞上移时，其下端油腔容积增大，形成局部真空，油箱中的油液在大气压作用下，通过吸油管，顶开单向阀 5，补充到小活塞下端，完成吸油过程；用力压下手柄时，小活塞下移，其下腔油液受到挤压作用压力升高，使单向阀 5 关闭，有效防止了油液向油箱倒流，同时受压力作用单向阀 4 开启，小活塞 3 下腔的油液输入到大缸体 9 的下腔，迫使大活塞 10 上移，重物被顶起，完成一次压油过程。再次提起手柄完成吸油过程时，小缸体内再次形成的局部真空导致单向阀 4 自动关闭，使大活塞下腔油液不能倒流，从而保证重物不会因再次吸油而下滑。不断的

往复扳动手柄,就能不断地把油液压入举升缸下腔,使重物逐渐升起。适当的选择两个大、小活塞面积和杠杆比,就可以很小的外力升起很重的负载重物 G ,重物举升的速度决定于小活塞的下移速度和大、小活塞的面积之比。

千斤顶工作时,截止阀 8 关闭。当需要将大活塞(重物)放下时,打开截止阀 8,大缸中的油液在重力作用下经此阀流回油箱,大活塞下降到原位实现回程。

液压千斤顶是一个简单的液压传动装置。其右部分的手动液压泵不断地从油箱吸油并将油液压入举升液压缸,向举升缸提供具有一定流量的压力油液。举升缸用以带动负载,使之获得所需要的运动。从分析液压千斤顶的工作过程可知,液压传动是以密封容腔中的液体作为工作介质,利用密封容积变化过程中的液体压力能来实现动力和运动传递的一种能量转换装置。液压泵将输入的机械能转化为便于输送的液体压力能,然后液压缸又将液压能转换为机械能输出而做功。所以,在液压传动中,在传递能量的同时,还存在着能量形式的转换。

1.2 液压传动的系统组成

1.2.1 简单机床的液压系统

液压传动,是指利用高压的液体经由一些机件控制之后来传递运动和动力。图 1-2 (a) 所示为一驱动机床工作台做往复运动的液压传动系统,它由油箱 1,滤油器 2,液压泵 3,溢流阀 4,换向阀 5 和 7,节流阀 6,液压缸 8,工作台 9 以及连接这些元件的油管、管接头等组成。

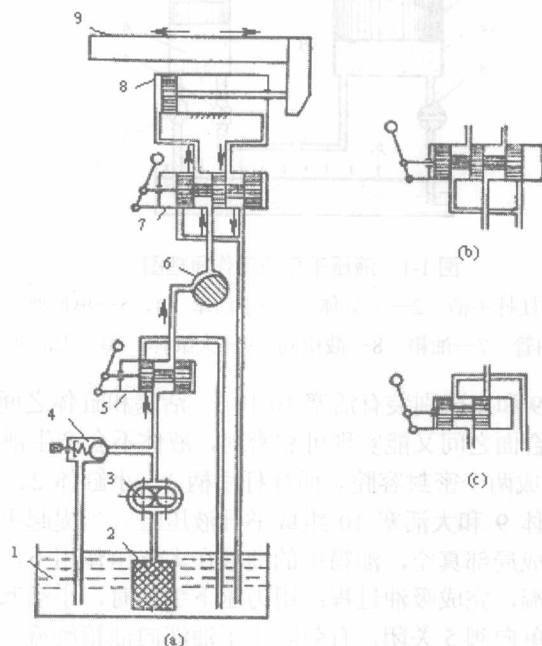


图 1-2 机床工作台液压系统的工作原理

1—油箱; 2—滤油器; 3—液压泵; 4—溢流阀;

5、7—换向阀; 6—节流阀; 8—液压缸; 9—工作台

液压泵由电机驱动旋转,油液经滤油器从油箱中吸入液压泵,泵输出的压力油经换向阀5、节流阀6、换向阀7进入液压缸左腔。此时,液压缸右腔的油液经换向阀7和回油管排回油箱,液压缸推动工作台9向右移动。

当把换向阀7的手柄移动到图1-2(b)所示状态时,经节流阀6的压力油由换向阀7进入液压缸右腔。此时液压缸左腔的油经换向阀7和回油管排回油箱,液压缸推动工作台向左移动。因而换向阀7的主要功能是控制液压缸机工作台的运动方向。

工作台的移动速度就是液压缸活塞运动速度,由节流阀6调节。改变节流阀的开口量大小,便可调节流入液压缸油液的流量,以控制工作台的运动速度。液压泵输出的多余油液,经溢流阀4和回油管溢回油箱。

液压缸推动工作台移动时必须克服液压缸受到的各种阻力,因而液压缸必须产生一个足够大的推力。这个推力是由液压缸中的油液压力产生的。要克服的阻力越大,液压缸中的油液压力越高;反之,压力就越低。系统中由于节流阀调节输入油缸油液,而液压泵输出的多余油液则经溢流阀排回油箱。只有在压力管路中的油液压力等于或略大于溢流阀中弹簧的预压力时,油液才能打开溢流阀流回油箱,所以图示系统中液压泵出口处的油液压力是由溢流阀调定的。一般情况下,液压泵出口处溢流阀的调定压力值大于液压缸的工作压力(由负载决定),以克服负载和油液流经各种阀体和油管的压力损失。因而溢流阀在液压系统中的主要功能是控制系统的工作压力。

当需要短期停止工作台运动时(如在装卸工件或测量尺寸时),可以拨动换向阀5的操纵手柄,使其阀芯处于左位,如图1-2(c)所示状态。此时,液压泵输出的油液不能流入液压缸,而是经换向阀5直接排回油箱,同时液压缸的进油管路被关闭,工作台停止运动。所以换向阀5通常又称为开停阀。这种情况液压泵没有负载,泵输出的油液便没有压力(忽略管路压力损失),这种状态称为卸荷。

液压系统中的滤油器2用以限制油液中的杂质进入泵和液压系统,保证油液的清洁度,使系统工作正常。

1.2.2 液压传动系统组成

液压装置一般由动力元件、执行元件、控制调节元件、辅助元件和工作介质组成。

(1) 动力元件。它将机械能转换成液体压力能。常见液压泵由电动机带动,它提供一定流量的压力油液。

(2) 执行元件。它将液体压力能转换成机械能。液压系统最终目的是要推动负载运动,执行装置分为液压缸与液压马达(或摆动缸)两类;液压缸使负载作直线运动,液压马达(或摆动缸)使负载转动(或摆动)。

(3) 控制调节元件。液压系统除了让负载运动以外还要完全控制负载的整个运动过程。在液压系统中,用压力阀来控制力量,流量阀来控制速度,方向阀来控制运动方向。

(4) 辅助元件。用来储存液压油的油箱,增强液压系统功能需有去除油内杂质的过滤器,还有冷却器及蓄能器等液压元件,我们称这些元件为辅助元件。

(5) 工作介质。传动液体,通常采用液压油。它用于实现动力和运动的传递。

1.3 液压传动的优缺点及应用

1.3.1 液压传动的优点

与机械传动、电气传动相比, 液压传动具有以下优点。

(1) 在传递同等功率的情况下, 液压传动装置的体积小、重量轻、结构紧凑。据统计, 液压马达的重量只有同功率电动机重量的 10%~20%, 而且液压元件可在很高的压力下工作, 因此液压传动能够传递较大的力或力矩。

(2) 液压装置由于重量轻、惯性小、工作平稳、换向冲击小, 易实现快速启动, 制动和换向频率高。对于回转运动每分钟可达 500 次, 直线往复运动每分钟可达 400~1000 次。这是其他传动控制方式无法比拟的。

(3) 液压传动装置易实现过载保护, 安全性好, 不会有过负载的危险。

(4) 液压传动装置能在运动过程中实现无级调速, 调速范围大(可达范围 1:2000)速度调整容易, 而且调速性能好。

(5) 液压传动装置调节简单、操纵方便, 易于自动化, 如与电气控制相配合, 可方便的实现复杂的程序动作和远程控制。

(6) 工作介质采用油液, 元件能自行润滑, 故使用寿命较长。

(7) 元件已标准化, 系列化和通用化。便于设计、制造、维修、推广使用。

(8) 液压装置比机械装置更容易实现直线运动。

1.3.2 液压传动的缺点

(1) 由于接管不良等原因造成液压油外泄, 它除了会污染工作场所外, 还有引起火灾的危险。

(2) 液压系统大量使用各式控制阀、接头及管子, 为了防止泄漏损耗, 元件的加工精度要求较高。

(3) 液压传动不能保证严格的传动比, 这是由于液压油的可压缩性和泄漏造成的。

(4) 油温上升时, 粘度降低; 油温下降时, 粘度升高。油的粘度发生变化时, 流量也会跟着改变, 造成速度不稳定。

(5) 系统将机械能转换成液体压力能, 再把液体压力能转换成机械能做功, 能量经两次转换损失较大, 能源使用效率比传统机械低。

(6) 液压传动由于在两次能量转换过程中存在机械摩擦损失、液体压力损失和泄漏损失等, 故不宜远距离传输。

(7) 液压传动装置出现故障时不易追查原因, 不易迅速排除。

综上所述, 液压传动的优点是主要的、它的缺点会随生产技术水平提高被逐步克服。因此, 液压技术的发展十分迅速, 它将在现代化生产中发挥越来越重要的作用。

1.3.3 液压传动技术的应用

由于液压传动优点很多, 因而在国民经济的各个部门得到了广泛应用(见表 1-1)。目前, 其应用领域仍在不断扩展, 从组合机床、机械手、自动加工及装配线到金属及非金属压延、

注射成型设备，从材料及机构强度试验机到电液仿真试验平台，从建筑、工程机械到农业、环保设备，从能源机械调整控制到热力与化工设备过程控制，从橡胶、皮革、造纸机械到建筑材料生产自动线，从采煤机械到石油钻探及采收设备，从航空航天器控制到船舶、火车、汽车等运输设备等等，液压传动与控制技术已成为现代机械制造业的基本要素和工程控制关键技术之一。

液压传动与控制技术在各个领域和部门中应用的出发点不尽相同。例如，工程机械、矿山机械、起重运输机械、压力机械等领域采用液压传动技术的重要原因是取其结构简单、体积小，可输出大力、大功率；航空、航天等领域采用液压传动技术的主要原因是取其单位功率的重量轻、结构尺寸小；机床及其加工自动线上采用液压传动技术是取其能在工作过程中实现无级调速，易于实现频繁启动、制动及换向，易于实现自动化，等等。

表 1-1 液压传动在各类机械行业中的应用

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	凿石机、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
冶金机械	轧钢机、压力机、步进加热炉	汽车工业	高空作业机、自卸式汽车、汽车起重机
锻压机械	液压机、模锻机	铸造机械	砂型压石机、加料机、压铸机
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机	纺织机械	织布机、抛砂机、印染机
机械制造	组合机床、车床、自动线	电子机械	IC 制造业

1.3.4 液压传动技术的发展概况

对于机械传动来说，液压传动是一门新兴的技术。如果从 17 世纪中叶帕斯卡提出静压力传递原理、18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起，液压传动已有三百年的历史。然而广泛应用于工业、农业和国防等各个部门，还是近五六十年的事。

19 世纪是液压传动技术走向工业应用的世纪。18 世纪以前奠定的流体力学、热力学、摩擦学、机构学及控制理论等科学基础及机器制造工艺基础，为 20 世纪流体传动与控制技术的发展提供了科学与技术条件。值得一提的事，1905 年美国人 Janney 首先将矿物油引入液体传动作为传动介质，并设计研制了第一台轴向柱塞泵及其液压驱动装置。液压油的引入，为改善液压元件的摩擦、润滑和泄漏，为提高液压系统工作压力创造了条件。由于没有成熟的液压元件，一些通用的机床设备及机械直到 20 世纪 30 年代才开始采用液压传动技术，而且很不普遍。第二次世界大战期间，大规模的武器生产促进了机械制造工业化、模块化概念与技术的形成和发展，车辆、舰船、航空、兵器等采用了反映快、动作准、功率大的液压传动装置，推动了液压元件功率密度和控制性能的提高，推动了液压技术的发展。战后，液压技术迅速转向民用，在机床、工程机械、汽车等行业中逐步推广。20 世纪 60 年代以后，随着原子能、空间技术、计算机技术等的发展，液压技术已渗透到国民经济的各个领域，得到了长足发展。

我国的液压工业起步较晚，开始于 20 世纪 50 年代，但发展很快，现已形成了具有一定独立开发设计能力，能生产一批技术先进、质量较好的液压元件和系统，产品门类比较齐全，具有一定技术水平和相当规模的液压工业体系。可以预期，随着我国国民经济飞速的发展，

必将促进液压技术得到更为广泛的应用和发展，在我国现代化建设的进程中起到重要作用。

通过回顾历史可看出，液压传动技术是机械设备中发展速度最快的技术之一。特别是近年来液压与微电子、计算机技术相结合，是液压技术进入了一个新的发展阶段，使未来的液压技术变得更为机械电子一体化、模块化、智能化和网络化。按照可持续发展理念，未来液压传动介质、材料、工艺及产品应符合生态与环保要求，符合可再生、可持续发展要求，新的液压传动介质将可能具有自洁净、自补偿（压敏、场敏、温敏）、自降解（光敏或生物降解），更适应传动、润滑和生态环境友好的要求。随着材料科学的发展，新材料、新工艺引入液压技术，将使液压传动与控制元器件加工精度及表面质量达到新的量级，从而使元器件效率、寿命得以数量级的提高。

1.4 思考题

1. 液压系统通常由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
2. 液压系统的优缺点各是什么？
3. 液压千斤顶的工作原理是什么？