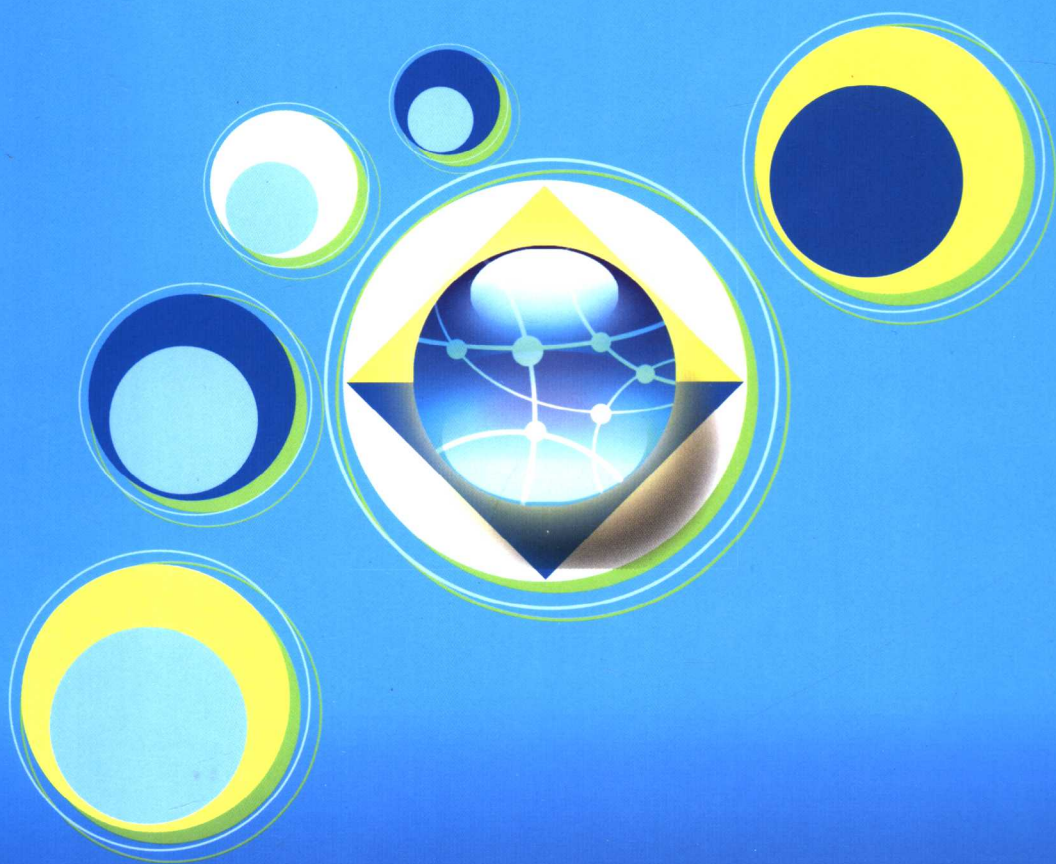



21st CENTURY
规划教材

全国高职高专数控模具规划教材

液压与气动

陆全龙 刘明皓 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

全国高职高专数控模具规划教材

液压与气动

陆全龙 刘明皓 主编

柳舟通 周启银 张丽娅 张 键 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分 13 章, 主要讲述了液压技术的发展史、特点及具体应用, 液压元件及新产品, 流体力学知识, 液压基本回路, 典型液压传动系统, 液压控制系统, 气压传动原理, 气源装置及气压元件, 气动回路及气动系统等。

本书在保留了液压与气动技术的课程体系的基础上, 增加了液压技术的发展史, 斜轴泵、液压万用表等新的液压元辅件, 液压控制系统, 最新的数控、汽车、机电等方面的典型液压、气动系统 18 种, 与新专业结合紧密。

本教材同时配有标准化习题及多媒体 3D 动画助学光盘, 使学习不再枯燥。

本书可作为大专院校机电类各专业教学用书, 也可供从事流体传动及控制技术或机电技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动/陆全龙, 刘明皓主编. —北京: 科学出版社, 2005

(全国高职高专数控模具规划教材)

ISBN 7-03-015884-9

I. 液… II. ①陆…②刘… 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. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 076788 号

责任编辑: 李昱颀 韩 洁/责任校对: 耿 耘

责任印制: 吕春珉/封面设计: 高雪征

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 8 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 8 月第一次印刷 印张: 15 1/4 插页: 1

印数: 1—4 000 字数: 340 000

定价: 25.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换<双青>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135397-8006 (VT04)

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设:一是“新世纪素质教育工程”,以进一步全面推进素质教育;二是“就业为导向的职业教育与培训工程”,以增强学生的就业、创业能力;三是“高等学校教学质量与教学改革工程”,以进一步深化高等学校的教学改革;四是“教育信息化建设工程”,以加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养;五是“高校毕业生就业工程”,以建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系;六是“高素质教师和管理队伍建设工程”,以完善教师教育和终身学习体系,进一步深化人事制度改革。

职业教育事业在改革中加速发展,使我国的经济建设和社会发展服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨、以就业为导向,正大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”,并密切与企业、人才、劳务市场的合作,进一步优化资源配置和布局结构,深化管理体制和办学体制改革,使这一事业发展势头良好。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划,科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中相关行业专家、各职业院校双优型教师,编写了高职高专层次的基础课、公共课教材,各类紧缺专业、热门专业教材,实训教材,以及引进的特色教材,其中包括如下三个部分:

1. 高职高专基础课、公共课教材系列
 - (1) 基础课教材系列
 - (2) 公共课教材系列
2. 高职高专专业课教材系列,又分
 - (1) 紧缺专业
 - 软件类专业系列教材
 - 数控技术类专业系列教材
 - 护理类专业系列教材
 - (2) 热门专业教材
 - 电子信息类专业系列教材
 - 交通运输类专业系列教材

- 财经类专业系列教材
- 旅游类专业系列教材
- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 建筑专业系列教材

3. 高职高专特色教材系列, 又分

(1) 高职高专实训教材系列教材

(2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据, 以方便教师授课为标准, 以理论知识为主体, 以应用型职业岗位需求为中心, 以素质教育、创新教育为基础, 以学生能力培养为本位, 力求突出以下特色:

1. 理念创新: 秉承“教学改革与学科创新引路, 科技进步与教材创新同步”的理念, 根据新时代对高等职业教育人才的需求, 出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

2. 方法创新: 摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法, 专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上, 引进国外先进的教材, 以确保符合职业教育的特色。

3. 特色创新: 加大实训教材的开发力度, 填补空白, 突出热点, 积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材, 提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持, 以方便教师教学与学生学习。对于部分专业, 组织编写“双证教材”, 注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新: 在教材的编写过程中, 力求反映知识更新和科技发展的最新动态, 新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中, 体现了高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材时提出宝贵意见, 以便我们进一步做好修订工作, 出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

随着数控模具等制造技术、微电子技术、计算机技术的发展, 液压与气动技术在 20 世纪 60 年代以来不断得到发展, 是一门高新专业技术, 现作为数控、模具、机电一体化、汽车检测与维修、机械制造与自动化等机电类专业的一门必修的专业基础课。

本书有以下特色:

- (1) 内容创新, 包括液压传动、液压控制、气压传动等内容。
- (2) 叙述了液压技术的发展史和具体应用。
- (3) 增加了液位液温传感器、液压万用表、斜轴泵等新的液压件。
- (4) 拓展了比例阀、伺服阀、数字阀的液压自动控制系统。
- (5) 介绍了最新的数控、汽车、机电等方面的共 18 种典型液压系统、气动系统, 与专业结合紧密。
- (6) 保留了液压与气动技术的课程体系, 对液阻叙述清楚, 并引入了液阻率的概念。
- (7) 配置了由马驰创作的液压机构 3D 动画。

本书的章节前有 * 号的表示可选学。

在本书的编写过程中, 得到了北京华德、上海力士乐、上海敏泰、武钢液压站、武汉工程职业技术学院的大力帮助, 在此深表谢意。

本书配有网络多媒体标准化习题和光盘。

编者水平有限, 书中难免有误, 敬请读者斧正。作者的 E-mail 为: lql728@126.com。

目 录

第1章 液压传动概述	1
1.1 液压技术的发展	1
1.1.1 液压技术发展的历史	1
1.1.2 液压技术主要的发展动向	4
1.2 液压传动的工作原理	4
1.3 液压传动的组成	5
1.4 液压传动的特点、应用	5
1.4.1 液压传动的主要优点	5
1.4.2 液压传动的主要缺点	6
1.4.3 液压技术应用领域	6
习题与思考题	6
第2章 液压流体力学基础	8
2.1 液压油	8
2.1.1 液压油物理性质	8
2.1.2 液压油的选用和分类	10
2.2 液体静力学	11
2.2.1 阿基米德定律	11
2.2.2 液体压力	11
2.2.3 液体静力学基本方程	12
2.2.4 帕斯卡原理	13
2.3 液体动力学	13
2.3.1 液体运动的基本概念	14
2.3.2 连续性方程	16
2.3.3 伯努利方程	16
2.3.4 动量方程	18
2.4 液体流动时的压力损失	18
2.4.1 沿程压力损失	18
2.4.2 局部压力损失	20
2.4.3 管路系统中的总压力损失	20
2.5 小孔流量	20
2.6 气穴现象和液压冲击	22
2.6.1 气穴现象	22
2.6.2 液压冲击	23
习题与思考题	24
第3章 液压泵	27
3.1 液压泵概述	27

3.1.1 液压泵工作原理	27
3.1.2 液压泵主要性能参数	28
3.1.3 液压泵的分类和选用	30
3.2 齿轮泵	31
3.2.1 齿轮泵结构和工作原理	32
3.2.2 齿轮泵的输油量计算	33
3.2.3 齿轮泵的结构特点	33
3.2.4 内啮合齿轮泵	34
3.3 叶片泵	35
3.3.1 双作用叶片泵	35
3.3.2 单作用叶片泵	38
3.3.3 限压式变量叶片泵	39
3.4 轴向柱塞泵	41
3.4.1 径向柱塞泵	42
3.4.2 斜盘式轴向柱塞泵	43
*3.4.3 斜轴式轴向柱塞泵	46
习题与思考题	52
第4章 液压缸与液压马达	54
4.1 液压缸	54
4.1.1 常用液压缸及特点	54
4.1.2 液压缸设计	57
4.1.3 液压缸的设计计算	59
4.2 液压马达	60
4.2.1 液压马达的分类及特点	61
4.2.2 液压马达工作原理	61
4.2.3 液压马达主要性能参数及使用性能	64
习题与思考题	65
第5章 液压控制阀	66
5.1 概述	66
5.1.1 对液压阀的基本要求	66
5.1.2 液压控制阀的类型	66
5.1.3 液压阀的主要性能参数	67
5.2 方向控制阀	67
5.2.1 单向阀	67
5.2.2 换向阀	69
5.3 压力控制阀	76
5.3.1 溢流阀	76
5.3.2 减压阀	81
5.3.3 顺序阀	83
5.4 流量控制阀	85
5.4.1 流量控制原理	85

5.4.2 节流阀	87
5.4.3 调速阀	87
5.4.4 旁通调速阀	87
5.4.5 同步阀	88
5.5 叠加阀	90
5.6 插装阀	92
5.6.1 插装阀组成、工作原理	92
5.6.2 插装方向阀	93
5.6.3 插装压力阀	93
5.6.4 插装流量阀	94
5.6.5 插装阀集成阀块回路原理图	95
习题与思考题	95
第6章 液压辅助元件	97
6.1 测量仪器	97
6.1.1 液位液温传感器	97
6.1.2 压力表	98
6.1.3 压力继电器	98
6.1.4 液压万用表	99
6.2 油箱	101
6.2.1 油箱的作用和分类	101
6.2.2 油箱的典型结构和设计要点	101
6.3 滤油器	103
6.3.1 滤油器主要性能指标	103
6.3.2 滤油器的类型和结构	103
6.3.3 滤油器的选用	105
6.3.4 滤油器的安装位置	105
6.4 蓄能器	106
6.4.1 蓄能器的分类与结构、特点	106
6.4.2 蓄能器的功用	107
6.4.3 蓄能器的安装	108
6.5 其他辅件	108
6.5.1 管道、管接头	108
6.5.2 冷却器与加热器	109
6.5.3 密封装置	111
习题与思考题	113
第7章 液压基本回路	114
7.1 方向控制回路	114
7.1.1 换向回路	114
7.1.2 锁紧回路	115
7.1.3 浮动回路	115
7.1.4 制动回路	115
7.2 压力控制回路	116

7.2.1 调压回路	116
7.2.2 减压回路	117
7.2.3 卸荷回路	117
7.2.4 平衡回路	118
7.2.5 保压回路	118
7.3 速度控制回路	119
7.3.1 调速回路	119
7.3.2 速度换接回路	126
7.4 多缸动作回路	127
7.4.1 顺序动作回路	127
7.4.2 同步回路	129
7.4.3 互不干扰回路	130
7.4.4 多路换向阀动作回路	131
习题与思考题	132
第8章 液压传动系统实例及设计	134
8.1 YT4543 组合机床滑台液压系统	134
8.1.1 YT4543 型动力滑台液压系统工作原理	134
8.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统特点	136
8.2 数控车床液压系统	137
8.3 立式数控加工中心液压系统	139
8.4 汽车起重机液压系统	141
8.4.1 Q2—8 型汽车起重机液压系统原理	141
8.4.2 液压系统的主要特点	144
8.5 机电一体化挖掘机液压系统	144
8.6 液压系统设计	146
8.6.1 明确系统的设计要求	146
8.6.2 分析系统工况, 确定主要参数	146
8.6.3 拟定液压系统原理图	147
8.6.4 液压元件的计算与选择	148
8.6.5 液压系统的性能验算	148
8.6.6 绘制工作图, 编制技术文件	148
习题与思考题	148
* 第9章 液压控制系统	150
9.1 液压控制系统概述	150
9.1.1 液压控制系统原理、组成	150
9.1.2 液压控制系统分类、应用特点	151
9.1.3 液压控制系统的特点和要求	152
9.1.4 液压控制系统的发展和应用	152
9.2 电—机械转换器	153
9.2.1 比例电磁铁	153
9.2.2 伺服电机	154

9.2.3 动圈式力马达	155
9.2.4 动铁式永磁转矩马达	155
9.2.5 步进电机	156
9.3 电液比例阀及系统	157
9.3.1 比例方向节流阀	157
9.3.2 比例流量阀	157
9.3.3 比例压力阀	158
9.3.4 液压电梯的电液比例控制系统	159
9.3.5 机电液一体化注塑机比例液压系统	160
9.3.6 机床微进给的电液比例控制	161
9.4 液压伺服系统	162
9.4.1 电液伺服阀组成和类型	162
9.4.2 四种液压前置放大器	163
9.4.3 滑阀式电液伺服阀	165
9.4.4 二级喷嘴挡板式电液伺服阀	166
9.4.5 电液伺服阀的特性及参数	167
9.5 液压控制系统实例	169
9.5.1 汽轮发电机调速控制系统	169
9.5.2 示教机器人液压控制系统	169
9.6 电液数字阀控制系统	172
9.6.1 电液数字阀控制系统组成和原理	172
9.6.2 增量式数字阀	173
习题与思考题	174
第10章 气压传动概述	176
10.1 气压传动系统工作原理及组成	176
10.2 气压传动的特点	177
10.2.1 气压传动的优点	177
10.2.2 气压传动的缺点	177
* 10.3 空气的基本性质	178
10.3.1 空气的物理性质	178
10.3.2 气体状态方程	180
* 10.4 气体的流动规律	180
习题与思考题	182
第11章 气动元件	183
11.1 气源装置	183
11.1.1 空气压缩机	184
11.1.2 压缩空气的净化装置	187
11.2 气动辅件	192
11.2.1 管道系统	192
11.2.2 消声器	193
11.3 气动执行元件	193

11.3.1 气缸	194
11.3.2 气马达	198
11.4 气动控制元件	200
11.4.1 压力控制阀	200
11.4.2 流量控制阀	204
11.4.3 方向控制阀	207
习题与思考题	209
第 12 章 气动回路	211
12.1 方向控制回路	211
12.2 压力控制回路	212
12.3 速度控制回路	213
12.4 其他控制回路	214
习题与思考题	216
第 13 章 气动系统应用实例	217
13.1 数控机床气压传动	217
13.2 机械手气动系统	217
13.3 汽车门开关气动系统	219
习题与思考题	220
附录	222
1 常用液压图形符号 (摘自 GB/786.1—1993)	222
2 液压系统一览表	227
主要参考文献	229

第1章 液压传动概述

本章要点和教学要求

- 1) 掌握液压传动等基本概念。
- 2) 了解液压技术发展的历史和发展动向。
- 3) 熟悉液压传动的工作原理、组成和特点。

液压传动是以液体为工作介质，利用液体的压力能来转换、传递和控制运动动力的一种传动方式。

传动方式常用的还有机械传动、电气传动、气体传动、液力传动。

气体传动是以气体为工作介质，利用气体的压力能来转换、传递和控制运动动力的一种传动方式。

液力传动是以液体为工作介质，利用液体的动力能来转换、传递和控制运动动力的一种传动方式。

流体传动是液压传动、气体传动、液力传动的总称。液压传动、液力传动合称为液体传动。

液压技术可分为液压传动和液压控制。

1.1 液压技术的发展

“液压技术”从发现到认识、到研究、到实际应用、到深入发展和广泛普及、到当今在各高新技术领域中展现身手，经历了一个漫长的时期。

1.1.1 液压技术发展的历史

公元前200多年，力学家阿基米德（Archimedes）出生在古希腊西西里岛的叙拉古的贵族家庭，父亲是位天文学家兼数学家，他发现了著名的浮力定律，也称阿基米德定律，实际上已发现了存在液体静压力作用这一事实（彩图1）。

阿基米德还提出了用螺旋原理提升水来灌溉农田，螺旋泵的最早原型就是阿基米德螺旋管，如图1.1（a）所示。现代阿基米德螺旋泵（图1.1（b））就是古代阿基米德螺旋管演变改进而来的，这种泵的结构简单、经久耐用、流量大，可以抽送含有固体杂质的流体，维修、保养、运行的费用很低。

公元1600年左右，荷兰人史蒂文纳斯（Stevinus）研究指出：液体静压力随液体的深度而变化，与容器的形状无关。此时，距阿基米德的发现已有1800多年。

17世纪、18世纪是液压理论奠基性发展的历史时期。几位著名的科学家如图1.2所示。

1608年到1647年，意大利物理学家托里塞勒（Torricelli）研究了流体的运动规律。



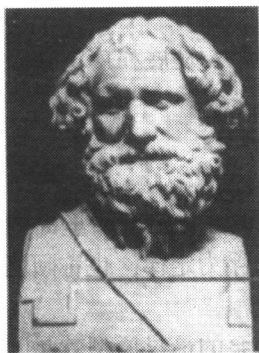
图 1.1 阿基米德螺旋泵

1653 年, 法国数学家、物理学家帕斯卡 (Pascal) 提出了流体静力学的基本定律即帕斯卡定律, 1663 年发表了《液体平衡的论述》一书。帕斯卡被称为液压机之父。

17 世纪末, 英国著名科学家牛顿 (Newton) 对流体的粘度以及侵入运动流体中物体所受的阻力进行了研究, 其中剪切应力与剪切速率的概念是现代流体动力润滑理论的基础。

18 世纪中叶, 瑞士伯努利数学家家族中的巨星丹尼尔·伯努利 (Daniel Bernoulli) 发表了流体动力学和气体力学的重要文献——《流体动力学》, 提出了用流束传递能量的理论, 得出了液体常态运动方程, 即著名的伯努利方程

$$\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + \frac{a_1 v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \frac{a_2 v_2^2}{2} + h_w g$$



阿基米德



帕斯卡



丹尼尔·伯努利

图 1.2 著名科学家

1795 年, 英国伦敦的约瑟夫·布拉默 (Joseph Bramah) 由于研制成功了用牛皮材质制作的碗形密封件, 并根据帕斯卡原理, 创造了世界上第一台水压机 (彩图 2) ——棉花、羊毛液压打包机, 第一次依靠简单的液压泵和液压缸实现了对工作对象施力做功, 理想地代替人类繁重、低效率的压缩打包劳动, 并取得了令人欣喜的综合经济效益, 液压技术从此向全世界证实了自身在工业生产中的实际应用价值, 使液压技术开始

进入工程领域。上海重型机械厂有一台水压机，它能把一块将近百吨重的钢锭像揉面团一样揉来揉去。

后来，液压技术受到了电机驱动的冲击。

19 世纪末，德国、美国分别把液压技术应用于龙门刨床、六角车床和磨床上。

1905 年，美国海威·威廉（Harrey William）教授和雷诺德·詹尼（Reynold Janney）工程师设计了一套带斜盘式轴向柱塞泵的油压传动和控制系统，并于 1906 年装在弗吉尼亚（Virginia）号战斗舰上，用于增加火炮炮塔的俯仰角和回转范围。它将液压系统的大功率、高精度、稳定性、反应快的优点发挥出来了，实际使用后，效能满意到令人吃惊的地步。

1910 年到 1922 年，分别由海勒·肖（Heleshaw）及汉斯·托马（Hans Thoma）研制了径向柱塞泵（彩图 3），同时用于水轮机的调速中。

1930 年，汉斯·托马研制出斜轴式轴向柱塞泵，如图 1.3 所示。

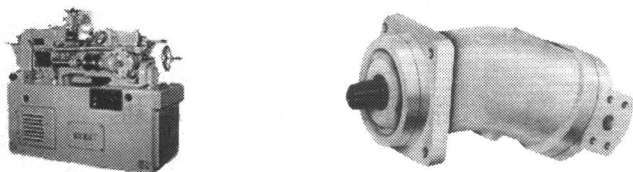


图 1.3 六角车床和斜轴式轴向柱塞泵

20 世纪 30 年代初，美国在波音 247D 双引擎运输机上首先采用液压传动控制起落架、恒速控制变桨距的螺旋桨，随后，在道格拉斯 DC—3 型、DC—4 型以及以后的波音、洛克希德运输机上也迅速推广应用了液压传动。

1936 年，哈里·威格斯（Harry Vickers）提出了包括先导式溢流阀（彩图 4）在内的液压控制元件。

1950 年，琼默·西埃（Jean Mercier）研制了隔离气压式皮囊蓄能器。

第二次世界大战期间，液压技术装备在飞机、坦克、火炮和军舰上，发展了高压元件和电液伺服阀（彩图 5）。

1958 年，美国的布莱克本（Blackburn）、李诗颖等人对液压伺服控制问题做了深入研究，并提出了喷嘴挡板型伺服阀，1960 年发表了《流体动力控制》这本杰出贡献的重要著作。

20 世纪 60 年代后，由于伺服阀造价高、抗污染能力差，比例阀、比例泵的电液比例控制技术得到发展。

20 世纪 70 年代，德、美相继研制成负载敏感泵及低功率电磁铁。

20 世纪 80 年代，浙江大学路甬祥博士在比例技术这方面有五项发明。德国汉堡军事学院成功研制了回收重物下降能量的开式液压节能系统。

20 世纪 90 年代末，美国威格斯（Vickers）公司又成功研制用于功率匹配系统的 CMX 阀；前几年，出现了数字阀、数字泵、数字缸（彩图 6），并把单片机直接装在具有位置或力反馈的闭环控制液压件及装置上，有些装置用一条通信线控制 16 个执行机构。

现在电脑硬件也利用了液压技术,如硬盘采用液态轴承电机。

1952年我国上海机床厂制造第一种液压元件——140bar ($1\text{bar} = 1 \times 10^5\text{Pa}$) 高压齿轮泵,开始了液压技术的快速发展。

1.1.2 液压技术主要的发展动向

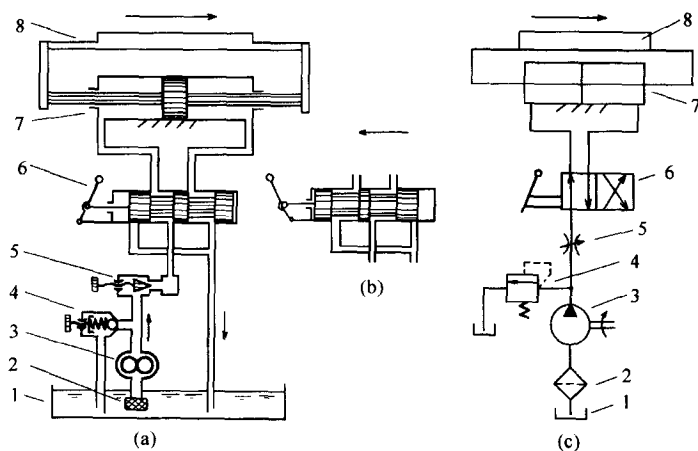
目前,液压技术总体发展方面正向着小型化、超高压、高速、大功率、高效率、高水基、低噪声、经久耐用、高可靠性、高集成化(如汽车管路集成阀体的印刷电路化)、光机电液气计(计算机)一体化的方向发展。

液压技术与计算机科学相结合,最近几年,新型液压元件及液压系统的计算机辅助设计 CAD、计算机辅助制造 CAM、计算机辅助测试 CAT、计算机直接控制(CDC)、计算机实时控制技术、机电一体化技术、计算机仿真技术和优化技术、汽车自动换档技术、计算机辅助工艺、计算机仿真和优化等技术等得到了发展和应用。

液压技术与其他相关科学结合紧密,如数控柔性制造技术 FMS、低污染控制技术、高可靠性技术等方面。

1.2 液压传动的工作原理

图 1.4 为一台简化了的磨床工作台液压传动系统。液压泵 3 由电动机带动旋转,从油箱 1 中吸油,油液经过滤器 2 后流往液压泵 3,向系统输送,再经节流阀 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。同时,液压缸右腔的油液通过换向阀经回油管排回油箱。换向阀 6 手柄换向,如图 1.4 (b) 所示,油液进入液压缸 7 的右腔,推动活塞连同工作台向左移动。调节节流阀 5 的大小,就可以调节液压缸 7 的移动速度,调节调压阀 4 的调定压力,就可以调节液压缸 7 的输出动力的大小。满足了工作机对方向、速度、动力的要求。



1. 油箱 2. 过滤器 3. 液压泵 4. 调压阀 5. 节流阀 6. 换向阀 7. 液压缸 8. 工作台

图 1.4 磨床工作台液压传动系统

图 1.4 (a) 为结构原理图, 直观性好, 但绘制麻烦, 图 1.4 (c) 为职能符号图, 见附录 1。

结论 在液压传动中, 工作压力 p 取决于负载 F , 而与流入的液体体积 V 的多少无关。

活塞移动速度 v 正比于流入液压缸中油液流量 q , 与负载 F 无关。液压传动可以实现无级调速。

能量发生从机械能转化为液压能再转化为机械能的两次转化传递。

1.3 液压传动的组成

液压系统不管多么简单或复杂, 都可分为动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和传动介质五部分。液压系统组成一览表如表 1.1 所示。

表 1.1 液压系统组成一览表

序号	组 成	元 件	作 用
1	动力部分	液压泵	将机械能转化为液体压力能
2	执行部分	油缸、油马达	将液体压力能转化为机械能
3	控制部分	各类控制阀	控制液压系统的方向、压力、流量和性能, 完成不同功能
4	辅助部分	油管、油箱、过滤器等	起连接、输油、储油、过滤、储存压力能和测量等各种辅助作用
5	传动介质	液体	传递运动和动力

1.4 液压传动的特点、应用

1.4.1 液压传动的主要优点

1) 输出功率大。单位输出功率重量轻、体积小、运动惯性小。如直径 10cm 的液压缸, 当压力为 30MPa 时, 输出力高达 23.5t; 如飞机上的液压泵单位 kW 的重量是 0.2kg, 而用电动机单位 kW 的重量是 2kg。

2) 易实现大范围的无级调速。节流阀调节流量可从 0.02L/min 到 100L/min, 调速比达 5000:1; 液压马达最低稳定转速可达 8r/min。

3) 工作平稳, 反应速度快。液压元件布置方便、灵活, 变速变向操纵控制方便, 易实现直线往复运动。液压缸可实现 1mm/min 的稳定的无爬行工作进给。执行机械响应时间可达 0.1s 以下。

4) 使用寿命长。一般采用矿物油为工作介质, 液压件可自行润滑。

5) 容易实现自动化。采用电、液联合控制, 可实现高度的自动控制, 而且可以实现遥控, 可自动实现过载保护。

6) 计算机液压系统方便。比例、伺服、数字液压控制技术与计算机科学、微电子