

普通高等教育“九五”国家级重点教材



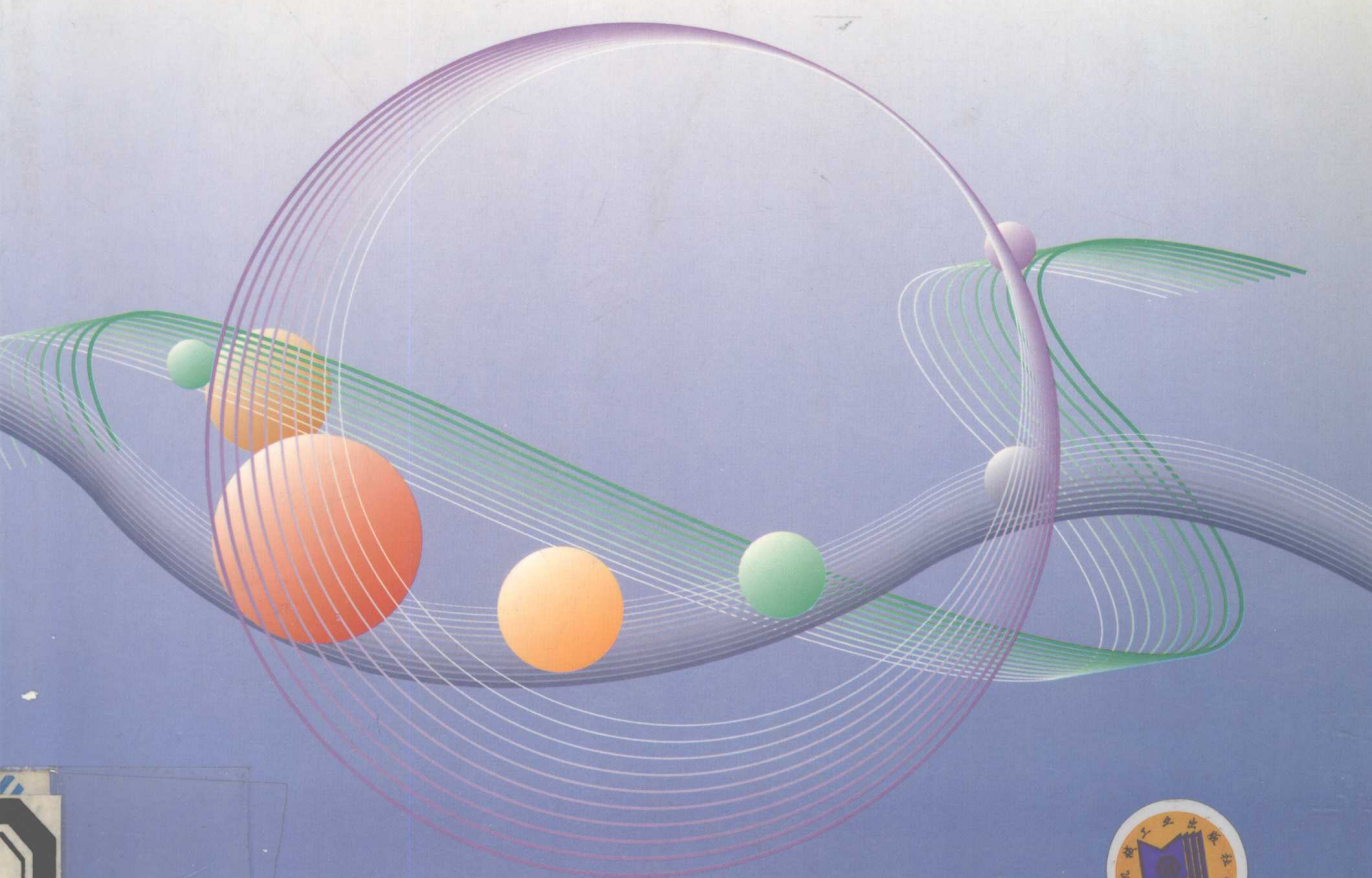
B

普通高等工科教育机电类规划教材

液压与气压传动

第2版

左健民 主编



机械工业出版社
China Machine Press

普通高等工科教育机电类规划教材

液 压 与 气 压 传 动

第 2 版

主编 左健民
参编 王芙蓉
 陈国强
主审 韩屋谷



机械工业出版社

本书分液压传动和气压传动两篇,共十六章。第一篇为液压传动,主要讲述了液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统、液压伺服和电液比例控制技术及液压传动系统设计。第二篇为气压传动,主要讲述了气压传动基础知识、气源装置、气动元件、气动回路以及气动程序控制系统的设计方法。本书在着重基本概念与原理阐述的同时,突出其应用,旨在培养学生的工程应用和设计能力。

本书可供高等工科院校机械设计制造及其自动化、机械电子工程(机电一体化)、材料成型及控制工程、模具设计与制造、轻工机械等机械工程类专业的学生使用,也适用于各类成人高校、自学考试有关机械工程类专业的学生,还可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/左健民主编. —2版. —北京:机械工业出版社,1999,10

普通高等工科教育机电类规划教材

ISBN 7-111-07128-X

I. 液… II. 左… III. ①液压传动-高等学校-教材②气压传动-高等学校-教材 N. H13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 61649 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:林松 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧
封面设计:姚毅 责任印制:何全君
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 6 月第 2 版第 4 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·17.5 印张·426 千字
87 801—94 800 册
定价:22.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527
封面防伪标均为盗版

第 1 版 前 言

本书是为高等学校机械制造、机械设计、机电一体化、模具设计与制造、纺织机械等机械工程类专业编写的《液压与气压传动》教材。全书共两篇、十五章。第一篇为液压传动，主要内容包括液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统及其设计；第二篇为气压传动，主要内容包括气压传动基础知识、气源装置、气动元件、气动基本回路以及气动程序控制系统的分析和设计等。

本书在编写过程中，力求贯彻少而精、理论联系实际的原则，在较全面地阐述有关液压与气动的基本内容的基础上，力求反映我国液压与气动行业发展的最新情况。为此，在本书中介绍了液压油的使用和抗污染知识、新型全端面配油轴向柱塞泵、液压马达的低速稳定性、叠加式和插装式液压阀及其应用、组合式密封装置、节能回路等内容。在具体讲述液压与气动元件时侧重于基本原理而不过多涉及具体结构，在气压传动的讲述中，既考虑到其内容的独立性和完整性，又考虑到它与液压传动方面的共同点，力求使读者学完本书后，能真正掌握液压与气压传动的主要内容和设计方法。本书元件的图形符号、回路和系统原理图采用国家最新图形符号绘制。

本书适用于普通工科院校机械制造类专业，也适用于各类成人高校、自学考试等有关机械类的学生。本书教学时数为 75 学时左右，两篇既有联系，又相互独立，可根据需要选用。本书也可供工程技术人员参考。

本书由左健民主编，樊瑞、陈国强为副主编，参加编写工作的有：左健民、朱建新、汪虹、陈国强、高佩川、韩淑英、樊瑞等。

本书由燕山大学韩屋谷教授主审，张怀德工程师为副主审。在编写过程中得到了东南大学王积伟教授的众多指点，沙洲工学院茹逸樵副教授、上海纺织工业专科学校杨培元副教授、江苏海门液压件厂张国如高级工程师等对编者给予了很大的帮助，在此一并表示感谢。

由于我们编写水平有限，书中难免有不到之处，敬请广大读者指正。

编者

1992 年 11 月于南京

第 2 版 前 言

本书是为高等学校机械设计制造及其自动化、机械电子工程(机电一体化)、材料成型及控制工程,模具设计与制造、轻工机械等机械工程类专业编写的《液压与气压传动》教材,本书第 1 版于 1993 年 11 月正式出版后,得到了教育界同行和企业界工程技术人员的肯定,作为全国第一本采用国家最新图形符号(GB786.1-93)标准的教材,为新标准的贯彻执行起到了良好的推动作用。近 6 年来,我国液压与气动技术得到了进一步发展,特别是机、电、液、气复合控制技术的应用日趋广泛。为了适应培养面向 21 世纪应用型工程技术人才的需要,为了更充分地反映我国液压与气动技术的发展,为了更好地为工程实际服务,根据高等工科教育机电类“九五”教材建设规划,特对教材第 1 版进行修订。

本书在修订过程中,力求体现教材应有的稳定性、先进性、一定的理论性和系统性,着重基本观点、基本原理和基本方法的介绍,力求保持原书的风格,贯彻少而精和理论联系实际的原则。在较全面地阐述有关液压与气动技术基本内容的基础上,力求反映我国液压与气动技术发展的最新成就。为此,本书介绍了液压传动介质的选用、污染的测定、污染的等级以及污染的防治等知识,还介绍了新型端面配油轴向柱塞泵、液压马达的低速稳定性、叠加式和插装式液压阀及其应用、组合式密封装置、节能回路、电液比例及液压伺服控制、液压系统的计算机控制技术、气动比例和气动伺服阀等内容。在内容编排上,以液压为主线,并将比例和伺服控制作为液压控制的有机组成部分单独列章;在讲述液压与气动元件时,侧重于基本原理而不过多地涉及具体结构;在气压传动的讲述中,既考虑到它与液压传动方面的共同点,又照顾到其内容的独立性和完整性。力求使读者学完本书后,能真正掌握液压与气压传动的主要内容和设计方法,具备一定的工程应用能力。

全书共两篇十六章。第一篇为液压传动。主要内容包括液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统、液压伺服和电液比例控制技术及液压传动系统设计。第二篇为气压传动。主要内容包括气压传动基础知识、气源装置、气动元件、气动基本回路以及气动程序控制系统的分析和设计等。两篇既有联系,又相互独立,可根据需要选用。

第 2 版由左健民、王芙蓉、陈国强编写。其中,王芙蓉编写了第二、三、六、七、十一、十二、十三章,陈国强编写了第五章、附录以及第四章第五节,其余由左健民编写。全书由左健民主编,燕山大学韩屋谷教授主审。

作为“九五”国家级重点教材和江苏省“青蓝工程”资助项目,编写前广泛征求了有关院校使用本教材(第 1 版)的意见。在编写过程中得到东南大学王积伟教授、江苏诚德钢管集团总经理张怀德高级工程师、江苏海门液压件厂陈广副厂长的大力支持。在此一并表示感谢。

由于我们编写水平有限,书中难免有不到之处,敬请广大读者指正。

编 者

目 录

第 1 版前言	
第 2 版前言	
绪论	1

第一篇 液压传动

第一章 液压传动基础知识	7
第一节 液压传动工作介质	7
第二节 液体静力学	15
第三节 液体动力学	19
第四节 定常管流的压力损失计算	29
第五节 孔口和缝隙流动	33
第六节 空穴现象	40
第七节 液压冲击	41
习 题	44
第二章 液压动力元件	47
第一节 液压泵概述	47
第二节 齿轮泵	50
第三节 叶片泵	54
第四节 柱塞泵	62
第五节 液压泵的噪声	67
第六节 液压泵的选用	68
习 题	69
第三章 液压执行元件	70
第一节 液压马达	70
第二节 液压缸	74
习 题	84
第四章 液压控制元件	85
第一节 概述	85
第二节 方向控制阀	85
第三节 压力控制阀	96
第四节 流量控制阀	103
第五节 叠加式液压阀	109
第六节 二通插装阀	112
第七节 液压阀的连接	116
习 题	118
第五章 液压辅助元件	120

第一节 管路和管接头	120
第二节 油箱	122
第三节 过滤器	123
第四节 密封装置	126
第五节 蓄能器	129
习 题	131
第六章 液压基本回路	132
第一节 压力控制回路	132
第二节 速度控制回路	137
第三节 多缸工作控制回路	149
第四节 其它回路	153
习 题	154
第七章 典型液压传动系统	157
第一节 组合机床动力滑台液压系统	158
第二节 万能外圆磨床液压系统	160
第三节 液压压力机液压系统	164
第四节 装卸堆码机液压系统	167
习 题	169
第八章 液压伺服和电液比例 控制技术	171
第一节 液压伺服控制	171
第二节 电液比例控制	175
第三节 计算机电液控制技术	177
习 题	180
第九章 液压系统的设计与计算	181
第一节 明确设计要求、进行 工况分析	181
第二节 拟定液压系统原理图	184
第三节 液压元件的计算和选择	185
第四节 液压系统的性能验算	186
第五节 绘制工作图和编制技术文件	188
第六节 液压系统设计计算举例	189
习 题	196

第二篇 气压传动

第十章 气压传动基础知识	197
--------------	-----

第一节 空气的物理性质	197	第二节 速度控制回路	244
第二节 气体状态方程	199	第三节 压力控制回路	246
第三节 气体流动规律	200	第四节 气液联动回路	246
第四节 逻辑运算简介	204	第五节 计数回路	248
习 题	205	第六节 延时回路	248
第十一章 气源装置及气动		第七节 安全保护和操作回路	249
辅助元件	206	第八节 顺序动作回路	250
第一节 气源装置	206	习 题	252
第二节 气源净化装置	208	第十五章 气动程序系统	
第三节 其它辅助元件	210	及其设计	253
第四节 供气系统的管道设计	215	第一节 行程程序控制系统的	
习 题	216	设计步骤	253
第十二章 气动执行元件	217	第二节 多缸单往复行程程序	
第一节 气缸	217	回路设计	254
第二节 气动马达	224	第三节 多缸多往复行程程序	
习 题	226	回路设计	260
第十三章 气动控制元件	227	习 题	262
第一节 方向控制阀	227	第十六章 气压传动系统实例	263
第二节 压力控制阀	233	第一节 气动机械手气压传动系统	263
第三节 流量控制阀	235	第二节 气动钻床气压传动系统	265
第四节 气动逻辑元件	235	第三节 气液动力滑台气压传动系统	267
第五节 气动比例阀及气动伺服阀	239	第四节 工件夹紧气压传动系统	268
习 题	242	习 题	269
第十四章 气动基本回路	243	附录 叠加阀系列型谱	270
第一节 换向回路	243	参考文献	273

绪论

一、液压与气压传动的研究对象

液压与气压传动是研究以有压流体（压力油或压缩空气）为能源介质，来实现各种机械的传动和自动控制的学科。液压传动与气压传动实现传动和控制的方法是基本相同的，它们都是利用各种元件组成所需要的各种控制回路，再由若干回路有机组合成能完成一定控制功能的传动系统来进行能量的传递、转换与控制。因此，要研究液压与气压传动及其控制技术，就首先要了解传动介质的基本物理性能及其静力学、运动学和动力学特性；要了解组成系统的各类液压与气动元件的结构、工作原理、工作性能以及由这些元件所组成的各种控制回路的性能和特点，并在此基础上进行液压与气压传动控制系统的设计。

液压传动所用的工作介质为液压油或其它合成液体，气压传动所用的工作介质为空气，由于这两种流体的性质不同，所以液压传动和气压传动又各有其特点。液压传动传递动力大，运动平稳，但由于液体粘性大，在流动过程中阻力损失大，因而不宜作远距离传动和控制；而气压传动由于空气的可压缩性大，且工作压力低（通常在1.0MPa以下），所以传递动力不大，运动也不如液压传动平稳，但空气粘性小，传递过程中阻力小、速度快、反应灵敏，因而气压传动能用于远距离的传动和控制。

二、液压与气压传动的工作原理

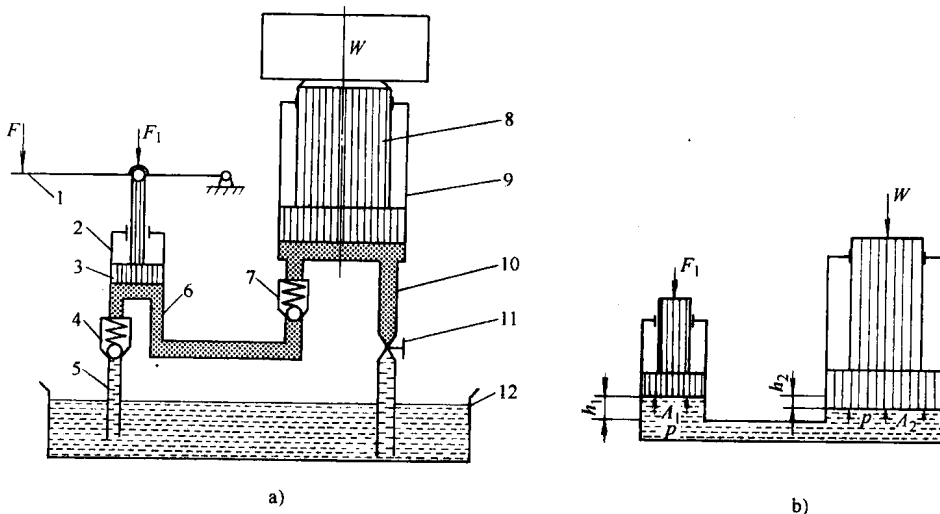


图 0-1 液压千斤顶

a) 液压千斤顶原理图 b) 液压千斤顶简化模型

1—杠杆手柄 2—小缸体 3—小活塞 4、7—单向阀 5—吸油管 6、10—管道
8—大活塞 9—大缸体 11—截止阀 12—通大气式油箱

液压与气压传动的 basic 工作原理是相似的，现以图 0-1 所示的液压千斤顶来简述液压传动的工作原理。由图 0-1a 可知，大缸体 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小缸体

2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动，小活塞下端油腔容积增大，形成局部真空，这时单向阀 4 打开，通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油；用力压下手柄，小活塞下移，小活塞下腔压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 打开，下腔的油液经管道 6 输入大缸体 9 的下腔，迫使大活塞 8 向上移动，顶起重物。再次提起手柄吸油时，举升缸下腔的压力油将力图倒流入手动泵内，但此时单向阀 7 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄，就能不断地把油液压入举升缸下腔，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸下腔的油液通过管道 10、阀 11 流回油箱，大活塞在重物和自重作用下向下移动，回到原始位置。

图 0-1b 为液压千斤顶的简化模型，据此可分析两活塞之间的力比例关系、运动关系和功率关系。

1. 力比例关系

当大活塞上有重物负载 W 时，大活塞下腔的油液就将产生一定的压力 p ， $p=W/A_2$ 。根据帕斯卡原理“在密闭容器内，施加于静止液体上的压力将以等值同时传到液体各点”。因而要顶起大活塞及其重物负载 W ，在小活塞下腔就必须产生一个等值的压力 p ，也就是说小活塞上必须施加力 F_1 ， $F_1=pA_1$ ，因而有

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{W}{A_2}$$

$$\text{或} \quad \frac{W}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (0-1)$$

式中 A_1 、 A_2 分别为小活塞和大活塞的作用面积； F_1 为杠杆手柄作用在小活塞上的力。

式 (0-1) 是液压传动和气压传动中力传递的基本公式，由于 $p=W/A_2$ ，因此，当负载 W 增大时，流体工作压力 p 也要随之增大，亦即 F_1 要随之增大；反之若负载 W 很小，流体压力就很低， F_1 也就很小。由此建立了一个很重要的基本概念，即在液压和气压传动中工作压力取决于负载，而与流入的流体多少无关。

2. 运动关系

如果不考虑液体的可压缩性、漏损和缸体、油管的变形，则从图 0-1b 可以看出，被小活塞压出的油液的体积必然等于大活塞向上升起后大缸扩大的体积。即

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$\text{或} \quad \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (0-2)$$

式中 h_1 、 h_2 分别为小活塞和大活塞的位移。

从式 (0-2) 可知，两活塞的位移和两活塞的面积成反比，将 $A_1 h_1 = A_2 h_2$ 两端同除以活塞移动的时间 t 得

$$A_1 \frac{h_1}{t} = A_2 \frac{h_2}{t}$$

$$\text{即} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (0-3)$$

式中 v_1 、 v_2 分别为小活塞和大活塞的运动速度。

从式 (0-3) 可以看出，活塞的运动速度和活塞的作用面积成反比。

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页