

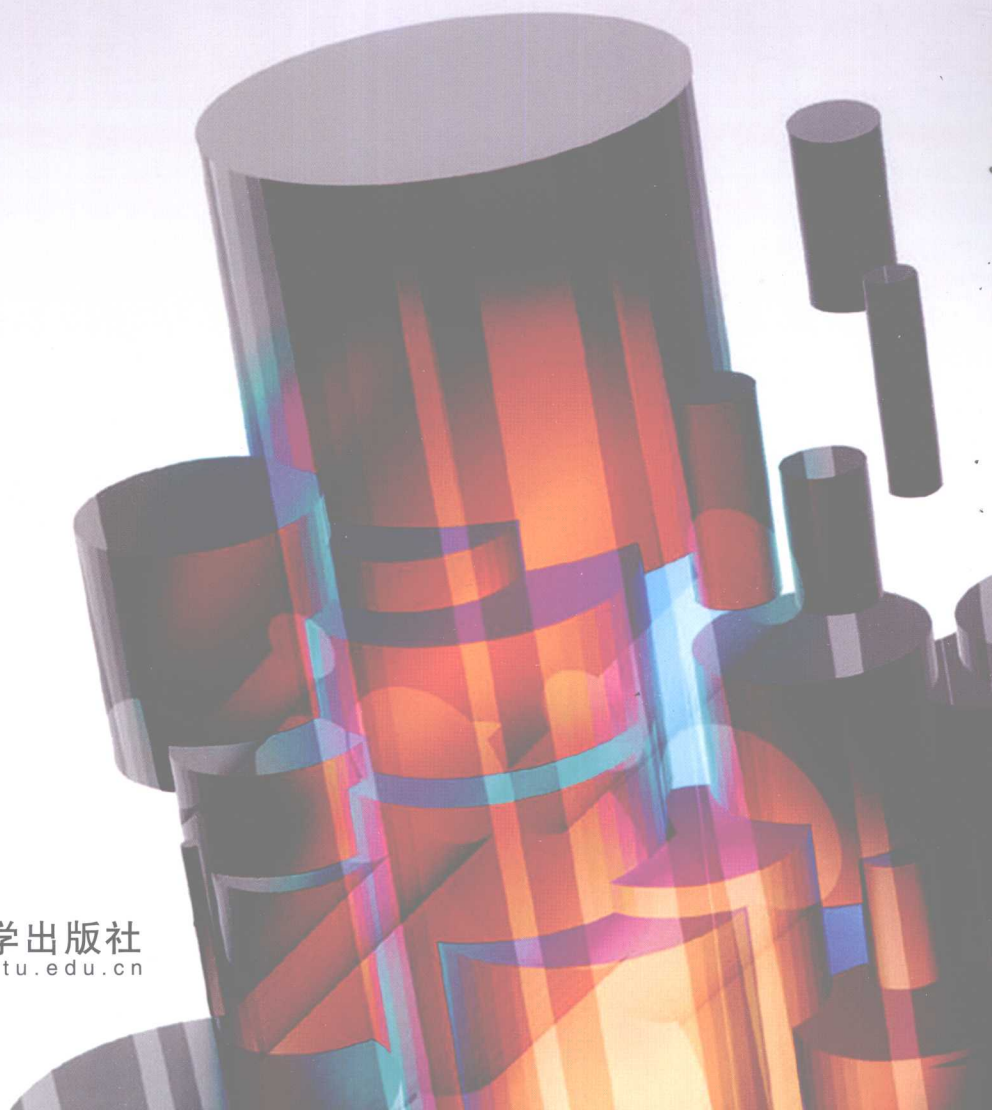


全国高职高专教育精品规划教材

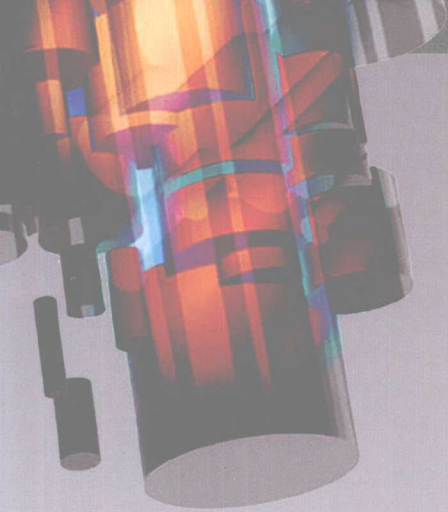
液压与气动技术

YEYA YU QIDONG JISHU

主编 宋正和 曹 燕



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>



责任编辑：潘星泉
封面设计：七星工作室

ISBN 978-7-81123-674-3



定价：30.00元

全国高职高专教育精品规划教材

液压与气动技术

主 编	宋正和	曹 燕
副主编	王 欣	张四军
	李海涛	尹国洪
主 审	滕宏春	
参 编	陈 静	谢向花

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书根据高职高专人才的培养目标,教育部关于高职高专教育液压传动课程教学的基本要求,以及高等职业教育教学和改革的要求,并结合编者多年从事教学、生产实践的经验编写而成。在内容安排上,突出了高等职业教育的特点,并贯彻了最新国家标准。

教材分液压传动和气压传动两部分内容,共15章,主要介绍了液压与气压传动的流体力学基础;液压与气压传动元件的结构、工作原理及应用;液压与气压基本回路和典型系统的组成与分析;液压系统的使用与维护;液压与气压传动的实验教学方案等方面的相关知识。各章内容由内容简介、学习目标、重点、本章系统知识内容,思考题与习题等组成一个完整的课程教学框架,以培养学生的综合能力与创造性思维,便于分层教学。书中带*的章节及专题为拓宽内容,可根据各专业需要进行取舍。

本书注重基本概念与原理的讲解,强调理论知识的实际应用,突出应用能力和创新能力的培养。本书可作为高等职业院校机械类、机电类和近机类专业的教材,也可作为成人教育机电类专业教学教材,还可供从事机械设计、制造和维修等工作的有关工程技术人员阅读和参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术/宋正和,曹燕主编. —北京:北京交通大学出版社,2009.6

(全国高职高专教育精品规划教材)

ISBN 978-7-81123-674-3

I. 液… II. ①宋… ②曹… 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(2009)第088367号

责任编辑:潘星泉

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:17.5 字数:412千字

版 次:2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-674-3/TH·16

印 数:1~3 000册 定价:30.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

全国高职高专教育精品 规划教材丛书编委会

主任：曹 殊

副主任：武汉生（西安翻译学院）

朱光东（天津冶金职业技术学院）

何建乐（绍兴越秀外国语学院）

文晓璋（绵阳职业技术学院）

梅松华（丽水职业技术学院）

王 立（内蒙古建筑职业技术学院）

文振华（湖南现代物流职业技术学院）

叶深南（肇庆科技职业技术学院）

陈锡畴（郑州旅游职业学院）

王志平（河南经贸职业学院）

张子泉（潍坊科技职业学院）

王法能（西安外事学院）

邱曙熙（厦门华天涉外职业技术学院）

逯 侃（步长集团 陕西国际商贸学院）

委员：黄盛兰（石家庄职业技术学院）

张小菊（石家庄职业技术学院）

邢金龙（太原大学）

孟益民（湖南现代物流职业技术学院）

周务农（湖南现代物流职业技术学院）

周新焕（郑州旅游职业学院）

成光琳（河南经贸职业学院）

高庆新（河南经贸职业学院）

李玉香（天津冶金职业技术学院）

邵淑华（德州科技职业学院）

刘爱青（德州科技职业学院）

宋立远（广东轻工职业技术学院）

孙法义（潍坊科技职业学院）

颜 海（武汉生物工程学院）

出版说明



高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，其根本任务是培养生产、建设、管理和
服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的应用型专门人才，所培养的学生在掌握必要的
基础理论和专业知识的基础上，应重点掌握从事本专业领域实际工作的基础知识和职业技
能，因此与其对应的教材也必须有自己的体系和特点。

为了适应我国高职高专教育的发展及满足对教育改革和教材建设的需要，在教育部的指
导下，我们在全中国范围内组织并成立了“全国高职高专教育精品规划教材研究与编审委员
会”（以下简称“教材研究与编审委员会”）。“教材研究与编审委员会”的成员所在单位皆为
教学改革成效大、办学实力强、办学特色鲜明的高等专科学校、成人高等学校、高等职业学
校及高等院校主办的二级职业技术学院，其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术
学院。

为了保证精品规划教材的出版质量，“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“全
国高职高专教育精品规划教材编审委员会”（以下简称“教材编审委员会”）成员和征集教
材，并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的
优秀教师和专家。此外，“教材编审委员会”还组织各专业的专家、教授对所征集的教材进
行评选，对所列选教材进行审定。

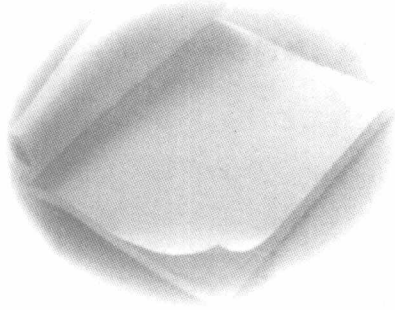
此次精品规划教材按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”而编写。
此次规划教材按照突出应用性、针对性和实践性的原则编写，并重组系列课程教材结构，力
求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向；反映当前教学的新内容，突出基础理论知识
的应用和实践技能的培养；在兼顾理论和实践内容的同时，避免“全”而“深”的面面俱
到，基础理论以应用为目的，以必需、够用为尺度；尽量体现新知识和新方法，以利于学生
综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外，为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性，我们真心希望全国从事
高职高专教育的院校能够积极参与到“教材研究与编审委员会”中来，推荐有特色的、有创
新的教材。同时，希望将教学实践的意见和建议，及时反馈给我们，以便对出版的教材不断
修订、完善，不断提高教材质量，完善教材体系，为社会奉献更多更新的与高职高专教育配
套的高质量教材。

此次所有精品规划教材由全国重点大学出版社——北
京交通大学出版社出版，适应于各类高等专科学校、成人
高等学校、高等职业学校及高等院校主办的二级技术学院
使用。

全国高职高专教育精品规划教材研究与编审委员会

2009年7月



总 序

历史的年轮已经跨入了公元 2009 年,我国高等教育的规模已经是世界之最,2008 年毛入学率达到 23%,属于高等教育大众化教育的阶段。根据教育部 2006 年第 16 号《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,高职高专院校要积极构建与生产劳动和社会实践相结合的学习模式,把工学结合作为高等职业教育人才培养模式改革的重要切入点,带动专业调整与建设,引导课程设置、教学内容和教学方法改革。由此,高职高专教学改革进入了一个崭新阶段。

新设高职类型的院校是一种新型的专科教育模式,高职高专院校培养的人才应当是应用型、操作型人才,是高级蓝领。新型的教育模式需要我们改变原有的教育模式和教育方法,改变没有相应的专用教材和相应的新型师资队伍的现状。

为了使高职院校的办学有特色、毕业生有专长,需要建立“以就业为导向”的新型人才培养模式。为了达到这样的目标,我们提出“以就业为导向,要从教材差异化开始”的改革思路,打破高职高专院校使用教材的统一性,根据各高职高专院校专业和生源的差异性,因材施教。从高职高专教学最基本的基础课程,到各个专业的专业课程,着重编写出实用、适用高职高专不同类型人才培养的教材,同时根据院校所在地经济条件的不同和学生兴趣的差异,编写出形式活泼、授课方式灵活、引领社会需求的教材。

培养的差异化是高等教育进入大众化教育阶段的客观规律,也是高等教育发展与社会发展相适应的必然结果。也只有使在校学生接受差异性的教育,才能充分调动学生浓厚的学习兴趣,才能保证不同层次的学生掌握不同的技能专长,避免毕业生被用人单位打上“批量产品”的标签。只有高等学校的培养有差异性,其毕业生才能有特色,才会在就业市场具有竞争力,从而使高职高专的就业率大幅提高。

北京交通大学出版社出版的这套高职高专教材,是在教育部“十一五规划教材”所倡导的“创新独特”四字方针下产生的。教材本身融入了很多较新的理念,出现了一批独具匠心的教材,其中,扬州环境资源职业技术学院的李德才教授所编写的《分层数学》,教材立意很新,独具一格,提出以生源的质量决定教授数学课程的层次和级别。还有无锡南洋职业技术学院的杨鑫教授编写的一套《经营学概论》系列教材,将管理学、经济学等不同学科知识融为一体,具有很强的实用性。

此套系列教材是由长期工作在第一线、具有丰富教学经验的老师编写的,具有很好的指导作用,达到了我们所提倡的“以就业为导向培养高职高专学生”和因材施教的目标要求。

教育部全国高等学校学生信息咨询与就业指导中心择业指导处处长
中国高等教育学会毕业生就业指导分会秘书长
曹 殊 研究员

前 言

在高等职业技术课程教学体系中,液压与气动技术课程是机械类和近机械类各专业的一门专业基础课程,也是一门实践性较强的课程,在机械类和近机械类专业培养计划、知识结构和能力培养的总休框架中处于非常重要的位置。

本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械基础课程教学基本要求》,结合有关教学经验和多年来的教改实践编写而成,可供机械类、机电类、模具类、近机械类各专业使用。

本书根据高职高专人才培养目标,针对高职高专机电、机械类的岗位技能要求而编写,本着“应用为本、够用为度”的原则,结合本课程的教学规律及提高教学效率,对教学内容和体系进行了适当的综合,编写力求内容少而精,理论联系实际,与传统教材内容相比,具有如下特点:对基本理论与基本概念力求简明清晰,着重讲解它们的物理意义与在工程实践中的应用,并力求使液压与气压传动知识有机结合,避免重复;强化了阀的结构与控制功能及应用之间的联系,将控制阀与相关的基本回路结合讲述,不仅有利于学生对知识的掌握与应用能力的提高,也使内容得到了精简;针对高职教学的特点,本书用相当篇幅讲述液压与气压传动系统的安装、调试、维修和系统干涉的防止等方面的知识,并编入了实验内容,以培养和提高学生的实践能力。

参与本书编写的有泰州职业技术学院宋正和、曹燕、王欣、陈静,淮坊职业学院李海涛,连云港职业技术学院张四军,怀化职业技术学院谢向花及江阴职业技术学院尹国洪。本书由宋正和、曹燕担任主编,李海涛、王欣、尹国洪及张四军担任副主编,并由宋正和负责全书的统稿。承蒙南京工业职业技术学院滕宏春教授细心审阅,提出宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

在编写过程中,我们参考了有关文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中疏漏之处在所难免,恳请广大教师和读者批评指正,我们不胜感谢。

编 者

2009年6月

目 录

绪论	(1)
0.1 液压传动的工作原理	(1)
0.2 液压传动系统的组成及图形符号	(2)
0.2.1 液压传动系统的组成	(2)
0.2.2 液压传动系统图及图形符号	(3)
0.3 液压传动的特点	(4)
0.4 液压传动的应用和发展	(5)
思考题与习题	(5)
第1章 液压传动基础知识	(6)
1.1 液压传动工作介质	(6)
1.1.1 工作介质的物理性质	(6)
1.1.2 液压系统工作介质选用要求	(9)
1.1.3 液压油的污染及其控制	(10)
1.2 液体静力学	(13)
1.2.1 液体静压力的性质和单位	(13)
1.2.2 液体压力的表示方法	(14)
1.2.3 静压力方程及其物理本质	(14)
1.2.4 液体静压力对固体壁面的作用力	(15)
1.3 液体动力学	(16)
1.3.1 基本概念	(16)
1.3.2 连续性方程	(17)
1.3.3 伯努利方程	(18)
1.3.4 动量方程	(21)
1.4 管道中液流的特性	(22)
1.4.1 液体的两种流态及雷诺数判断	(22)
1.4.2 沿程压力损失	(23)
1.4.3 局部压力损失	(25)
1.4.4 管路中总的压力损失	(26)
1.5 液体流经小孔和缝隙的流量压力特性	(27)
1.5.1 液体流经小孔的流量压力特性	(27)
1.5.2 液体流经缝隙的流量压力特性	(29)
1.6 液压冲击和气蚀现象	(32)
1.6.1 液压冲击	(32)

1.6.2 空穴现象	(34)
思考题与习题	(35)
第2章 液压动力元件	(38)
2.1 概述	(38)
2.1.1 液压泵的工作原理	(38)
2.1.2 液压泵的主要性能参数	(39)
2.2 齿轮泵	(41)
2.2.1 齿轮泵的工作原理	(41)
2.2.2 外啮合齿轮泵的结构特点和使用	(43)
2.3 叶片泵	(45)
2.3.1 单作用叶片泵	(45)
2.3.2 限压式变量叶片泵	(46)
2.3.3 双作用叶片泵	(47)
2.4 柱塞泵	(49)
* 2.5 液压泵的噪声和选用	(50)
2.5.1 液压泵的噪声	(50)
2.5.2 液压泵的选用	(51)
思考题与习题	(52)
第3章 液压执行元件	(53)
3.1 液压马达	(53)
3.1.1 液压马达的主要性能参数	(53)
3.1.2 轴向柱塞式液压马达	(54)
3.2 液压缸	(55)
3.2.1 液压缸的主要参数	(55)
3.2.2 液压缸的主要形式	(56)
3.2.3 液压缸的结构	(59)
3.2.4 液压缸主要尺寸的计算	(62)
3.2.5 液压缸的密封	(64)
思考题与习题	(68)
第4章 液压控制元件	(70)
4.1 概述	(70)
4.2 方向控制阀	(71)
4.2.1 单向阀	(71)
4.2.2 换向阀	(72)
4.3 压力控制阀	(79)
4.3.1 溢流阀	(80)

4.3.2 减压阀	(84)
4.3.3 顺序阀	(86)
4.3.4 压力继电器	(88)
4.4 流量控制阀	(89)
4.4.1 节流口的流量特性和形式	(89)
4.4.2 节流阀	(91)
4.4.3 调速阀	(91)
4.4.4 溢流节流阀	(93)
* 4.5 插装阀和叠加阀	(94)
4.5.1 插装阀	(94)
4.5.2 叠加阀	(97)
* 4.6 比例阀	(98)
思考题与习题	(100)

第5章 液压辅助元件	(103)
5.1 油管和管接头	(103)
5.1.1 油管	(103)
5.1.2 管接头	(104)
5.1.3 压力表	(105)
5.2 油箱	(106)
5.2.1 油箱的功用与分类	(106)
5.2.2 油箱的设计要点	(107)
5.3 过滤器	(108)
5.3.1 过滤器的功用	(108)
5.3.2 过滤器的主要性能指标	(108)
5.3.3 过滤器的主要类型	(108)
5.3.4 过滤器的安装位置	(111)
5.4 热交换器	(112)
5.5 蓄能器	(113)
5.5.1 蓄能器的功用	(114)
5.5.2 蓄能器的容量计算	(115)
5.5.3 蓄能器的安装	(116)
思考题与习题	(116)

第6章 液压基本回路	(117)
6.1 概述	(117)
6.2 压力控制回路	(118)
6.2.1 调压回路	(118)
6.2.2 减压和增压回路	(119)

6.2.3	卸荷回路	(120)
6.2.4	平衡回路	(121)
6.2.5	保压回路	(122)
6.3	速度控制回路(一)——调速回路	(123)
6.3.1	调速回路概述	(123)
6.3.2	节流调速回路	(123)
6.3.3	容积调速回路	(129)
6.3.4	容积节流调速回路	(132)
6.3.5	调速回路的比较和选用	(134)
6.4	速度控制回路(二)——快速运动回路和速度换接回路	(134)
6.4.1	快速运动回路	(134)
6.4.2	速度换接回路	(136)
6.5	方向控制回路	(139)
6.5.1	换向回路	(139)
6.5.2	锁紧回路	(140)
6.6	多缸动作回路	(140)
6.6.1	顺序动作回路	(140)
6.6.2	同步回路	(142)
6.6.3	多缸快慢速互不干涉回路	(144)
	思考题与习题	(145)
第7章	典型液压系统	(150)
7.1	组合机床动力滑台液压系统	(151)
7.1.1	概述	(151)
7.1.2	YT 4543 型动力滑台液压系统的工作原理	(151)
7.1.3	YT 4543 型动力滑台液压系统的特点	(154)
7.2	3 150 kN 通用压力机液压系统	(154)
7.2.1	概述	(154)
7.2.2	3 150 kN 通用压力机液压系统工作原理	(155)
7.2.3	系统性能分析	(158)
7.3	注塑机液压系统	(159)
7.3.1	概述	(159)
7.3.2	系统工作原理	(160)
7.3.3	系统性能分析	(163)
7.4	汽车起重机液压系统	(164)
7.4.1	概述	(164)
7.4.2	Q 2—8 型汽车起重机的工作原理	(165)
7.4.3	系统性能分析	(168)
7.5	车床液压系统	(169)

7.5.1 概述	(169)
7.5.2 C 7620 型卡盘多刀半自动车床的工作原理	(169)
7.5.3 C 7620 型卡盘多刀半自动车床的主要性能特点	(170)
7.6 数控加工中心液压系统	(171)
7.6.1 概述	(171)
7.6.2 数控加工中心液压系统的工作原理	(172)
7.6.3 系统特点	(174)
思考题与习题	(175)

第8章 常用液压设备的安装、调试和维护

8.1 液压设备的安装	(178)
8.1.1 安装前的准备工作	(178)
8.1.2 安装时的注意事项	(179)
8.1.3 油泵和液压马达的安装	(179)
8.1.4 油缸的安装	(179)
8.1.5 阀类元件的安装	(180)
8.1.6 其他辅件的安装	(180)
8.2 液压设备的调试	(181)
8.2.1 做好技术准备,熟悉被调试的设备	(181)
8.2.2 调试前的检查	(181)
8.2.3 调试	(181)
8.3 液压系统常见故障分析及排除	(182)
8.3.1 噪声和振动	(182)
8.3.2 爬行	(183)
8.3.3 泄漏	(183)
8.3.4 冲击	(183)
8.3.5 油温过高	(183)
8.3.6 压力不足	(184)
8.3.7 运动部件速度低于规定值或不运动	(184)
思考题与习题	(184)

第9章 液压传动实验

9.1 液压泵拆装实验	(185)
9.1.1 齿轮泵拆装分析	(185)
9.1.2 限压式变量叶片泵拆装分析	(185)
9.1.3 双作用叶片泵	(186)
9.1.4 柱塞泵拆装分析	(186)
9.2 控制阀的拆装实验	(186)
9.2.1 压力控制阀拆装分析	(187)

9.2.2 节流元件拆装分析	(188)
9.2.3 方向控制阀拆装分析	(189)
9.3 液压泵的性能测试	(189)
9.4 节流调速回路性能实验	(191)
第 10 章 气压传动基础知识	(195)
10.1 气压传动系统的工作原理及其组成	(195)
10.1.1 气压传动系统的工作原理	(195)
10.1.2 气压传动系统的组成	(196)
10.2 气压传动特点	(197)
10.3 空气的物理性质	(198)
10.3.1 空气的组成、密度和黏度	(198)
10.3.2 气体状态方程	(199)
思考题与习题	(200)
第 11 章 气压传动元件	(201)
11.1 气源装置与气动辅助元件	(201)
11.1.1 空气压缩机	(202)
11.1.2 气源净化装置	(203)
11.1.3 其他辅助元件	(205)
11.2 气动执行元件	(206)
11.2.1 汽缸	(206)
11.2.2 气马达	(211)
11.3 气动控制元件	(212)
11.3.1 方向控制阀	(212)
11.3.2 压力控制阀	(218)
11.3.3 流量控制阀	(219)
11.3.4 气动逻辑元件	(220)
* 11.4 气动比例阀及气动伺服阀	(225)
思考题与习题	(227)
第 12 章 气动回路	(229)
12.1 气动基本回路	(229)
12.1.1 换向回路	(229)
12.1.2 压力控制回路	(230)
12.1.3 速度控制回路	(231)
* 12.2 其他常用回路	(232)
12.2.1 气液联动回路	(232)
12.2.2 延时控制回路	(233)

12.2.3 计数回路	(233)
12.2.4 安全保护和操作回路	(234)
12.2.5 顺序动作回路	(235)
思考题与习题	(237)
第 13 章 气动系统实例	(239)
13.1 气动机械手气压传动系统	(239)
13.2 气动钻床气压传动系统	(242)
13.3 气液动力滑台气压传动系统	(244)
13.4 工件夹紧气压传动系统	(245)
思考题与习题	(246)
第 14 章 气动系统的使用和维护	(247)
14.1 气动系统的安装和调试	(247)
14.1.1 安装	(247)
14.1.2 调试	(249)
14.2 气动系统的使用与维护	(249)
14.2.1 气动系统使用的注意事项	(249)
14.2.2 压缩空气的污染及预防办法	(249)
14.2.3 气动系统的日常维护	(250)
14.2.4 气动系统的定期检修	(250)
14.3 气动系统主要元件的常见故障及其排除方法	(251)
附录 A 液压与气动图形符号 (GB/T 786.1—1993 摘录)	(255)
附录 B 常用单位符号	(262)
参考文献	(264)

绪 论

【内容简介】

本章主要介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及液压传动的应用和发展等。

【学习目标】

- (1) 掌握液压传动的工作原理、组成；
- (2) 了解液压传动的优缺点、液压传动的应用和发展。

【重点】

液压传动系统图及图形符号。

用液体作为工作介质来实现能量传递的传动方式称为液体传动。液体传动按其工作原理的不同可分为两类。主要以液体动能进行工作的称为液力传动（如离心泵、液力变矩器等）；主要以液体压力能进行工作的称为液压传动。液压传动是本书要讨论的内容，它与单纯的机械传动、电气传动和气压传动相比，具有许多优点，所以在机械设备中，液压传动是被广泛采用的传动之一。特别是近年来，液压与微电子、计算机技术相结合，使液压技术的发展进入了一个新的阶段，成为发展速度最快的技术之一。

本章介绍液压传动的工作原理、组成、优缺点及液压传动的应用和发展等内容。

0.1 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来说明。

图 0-1 所示为液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和单向阀 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 输入举升油缸 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，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。不断地往返扳动手柄，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、截止阀 11 流回油箱，重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。