



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等职业教育规划教材

液压与气压传动 第2版

主编 屈 圭



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



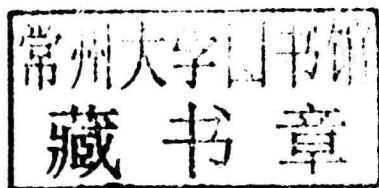
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等职业教育规划教材

液压与气压传动

第2版

主 编 屈 圭
副主编 梅沪光 林 峰
参 编 唐建文 伍世棋 曾豪华
主 审 吴百海 吴晓丹



机械工业出版社

本书第2版共15章,第1~9章为液压传动,第10~14章为气压传动,第15章为液压与气动系统设计仿真软件的应用。本书主要内容为:液压与气压传动的基础知识;常用元件的基本工作原理与应用;液压与气动基本回路和典型回路的组成和功能;系统原理图的读图和分析方法;应用功能的设计与仿真运用;实际系统安装、调试、维修的工作内容和步骤。

本书在内容选择和编写上以工程实际应用为目标,尽可能反映液压与气压传动技术的发展和现状,强调学习的针对性和有效性,加强了基本概念、基本原理、基本功能和基本应用等方面的论述,加强了与其他课程的内在联系,使知识更连续,更加通俗易懂。

本书适用于高职高专院校机类、电类各专业学生学习使用;中等专业学校机械类各专业学生也可选用;也可供广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/屈圭主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2013.9
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-34388-2

I. ①液… II. ①屈… III. ①液压传动—高等职业教育—教材②气压传动—高等职业教育—教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第215679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:吴鸣飞 责任校对:张晓蓉

责任印制:李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·15.5印张·379千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34388-2

定价:34.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材机电类专业 委员会成员名单

主 任 吴家礼

副 主 任 任建伟 张 华 陈剑鹤 韩全立 盛靖琪 谭胜富

委 员 (按姓氏笔画排序)

王启洋	王国玉	王晓东	代礼前	史新民	田林红
龙光涛	任艳君	刘靖华	刘 震	吕 汀	纪静波
何 伟	吴元凯	张 伟	李长胜	李 宏	李柏青
李晓宏	李益民	杨士伟	杨华明	杨 欣	杨显宏
陈文杰	陈志刚	陈黎敏	苑喜军	金卫国	奚小网
徐 宁	陶亦亦	曹 凤	盛定高	程时甘	韩满林

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 郝秀凯

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并多个品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材,同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

第2版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。根据高职高专机电类专业教学的基本要求和特点以及原教材的实际使用情况,本书编者吸收了广大专业教师的教学经验和体会,对本书第1版进行了全面的整理和修订。

在修订过程中,编者坚持培养学生的液压与气动技术工程应用能力的原则,突出体现高职高专院校的教学特点和发展现状,在尽可能保持原书图文并茂、深度合理等特点的基础上,加强了核心内容的阐述和内容的逻辑联系。使学生在学的过程中不断有进步和收获,真正提高学习效率。

本书的内容以适合工程应用为目标,在基本概念、基本原理、基本功能和基本应用等方面加强了论述。对于教学实践中发现的读者不易理解和掌握的部分重新进行编写。既保持了原书的基本风格,又有了新的内容。近年来,在各类设备中采用液压气动技术越来越普遍,技术发展和更新很快,特别是机、电、液复合驱动,机、电、气复合控制和液、气结合以及计算机控制的趋势更加明显。这为教材编写取材提供了丰富的内容。

本书内容以液压传动系统为主线,同时也根据实际设备中气动技术的应用现状,加强了气动部分的相关内容。在讲授液压与气动技术的基本原理和必要元件的结构等知识的基础上,将重心放在元件外部特性与功能方面,形成以核心元件构成基本回路、由基本回路组合完整系统的设计思路。

修订后全书共15章,第1~9章为液压传动,第10~14章为气压传动,第15章为液压与气动系统设计仿真软件应用,并配备多媒体教学课件和习题解答作为教学辅助材料。

本书由屈圭担任主编,梅沪光、林峰担任副主编,唐建文、伍世棋、曾豪华参与本书编写。其中,梅沪光编写第5、6、7章;林峰、唐建文编写第8、9、11章;曾豪华编写第12、14章;伍世棋编写第1、2章;屈圭编写第3、4、10、13、15章。全书由广东技术师范学院吴晓丹教授、广东工业大学吴百海教授主审。

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者



精品教材推荐

机械设计基础

书号: ISBN 978-7-111-30909-3

作者: 闵小琪 定价: 28.00 元

推荐简言:

本书是编者结合多年从事教学、生产的经验编写而成,突出了高等职业教育的特点。本书配有多媒体教学光盘,内容包括教学用 PPT 及动画演示,把教学内容与动画演示完全融合为一体。

本书配有《机械设计基础课程设计》(ISBN 978-7-111-32065-4)。

机械制造基础(第2版)

书号: ISBN 978-7-111-08293-1

作者: 苏建修 定价: 34.00 元

获奖情况:

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言: 本书内容全面,在第2版中介绍了很多新工艺、新技术,编写质量高,非常受读者欢迎。电子教案配有习题答案、测试题等,方便教师选用。

机械制图

书号: ISBN 978-7-111-29611-9

作者: 于景福 定价: 21.00 元

推荐简言:

本书采用我国最新颁布的有关制图标准,主要培养学生的读图和绘图能力。学完本课程后,学生能够绘制和阅读机械零件图和装配图。

本书配有《机械制图习题集》(ISBN 978-7-111-30549-1)。

工程制图(非机械类)

书号: ISBN 978-7-111-33003-5

作者: 于梅 定价: 29.00 元

推荐简言:

本书采用我国最新颁布的有关制图标准,主要培养学生的读图和绘图能力。本书主要供非机械类专业学生使用。

本书配有《工程制图习题集(非机械类)》(ISBN 978-7-111-32548-2)。

冷冲压工艺与模具设计(第2版)

书号: ISBN 978-7-111-25604-

作者: 陈剑鹤 定价: 32.00 元

获奖情况:

2009 年度普通高等教育精品教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言: 内容上兼顾理论基础和设计实践两个方面,用较大篇幅介绍了各种模具的设计案例,体现了项目导向、任务驱动的教学理念。

模具设计基础(第2版)

书号: ISBN 978-7-111-11507-

作者: 陈剑鹤 定价: 32.00 元

推荐简言:

作者陈剑鹤教授是一位具有丰富教学经验和模具设计经验的优秀教师,善于将先进的教学理念和生产实践中的经验总结融入教材当中。

本书通过典型案例讲解了冷冲模和塑料模的工艺与设计,年调拨量近万册。



精品教材推荐

数控机床故障诊断与维修技术 (FANUC 系统)(第2版)

书号: ISBN 978-7-111-27264-9

作者: 刘永久 定价: 36.00 元

推荐简言:

本书作者是长春一汽高等专科学校的骨干教师,经常参与工厂数控机床的维修与改造,积累了大量的实际经验。读者普遍反映通过本书的学习,可以获得实际操作技能。

数控加工编程与操作

书号: ISBN 978-7-111-32784-4

作者: 杨显宏 定价: 22.00 元

推荐简言:

本书以数控加工的编程与操作为主线贯穿全书内容,书中配有大量实例、实训项目和习题,应用实例结合生产实际,突出了内容的先进性、技术的综合性,全面提高高职学生的综合能力。

AutoCAD2010 基础与实例教程

书号: ISBN 978-7-111-32849-0

作者: 陈平 定价: 30.00 元

推荐简言:

本书以典型零件或产品为载体来讲解 AutoCAD 2010,循序渐进地介绍各种常用的绘图命令,以及绘制典型二维图形和三维图形的方法与技巧。

Mastercam 应用教程(第3版)

书号: ISBN 978-7-111-32295-5

作者: 张延 定价: 28.00 元

推荐简言:

本书前两版都经过市场的检验,销量一直非常好。本书是在第2版的基础上,以 MastercamX 为蓝本,通过大量实例,以数控编程方法和思路为导向,讲解 Mastercam 的基础知识和应用技能。

Pro/ENGINEER 5.0 应用教程

书号: ISBN 978-7-111-35772-8

作者: 张延 定价: 32.00 元

推荐简言:

本书详细介绍了 Pro/ENGINEER 5.0 的主要功能和使用方法,突出实用性,采用大量实例,操作步骤详细,系统性强,使读者在实践中迅速掌握该软件的使用方法和技巧。在每章最后均配有习题,便于读者上机操作练习。

UG NX5 中文版数控加工实用教程

书号: ISBN 978-7-111-25479-9

作者: 张小红 定价: 33.00 元

推荐简言:

本书从工程实用角度出发,采用基础加实例精讲的形式,详细介绍了 UG NX5 中文版数控加工的基本功能、基本过程、方法和技巧。本书配套实例和练习有关内容的光盘。



精品教材推荐

S7-200 PLC 基础教程 (第2版)

书号: ISBN 978-7-111-17947-4

作者: 廖常初 定价: 25.00 元

推荐简言: 本书有别于其他 PLC 教材之处在于, 介绍了编程软件和仿真软件的使用方法、模拟量、子程序和中断程序、高速输入高速输出、PID 控制的编程方法等。介绍了只需要输入一些参数, 就能自动生成用户程序的编程向导的使用方法。实验指导书中有 16 个紧密结合教学内容的实验。可以为教师提供电子教案。

PLC 基础及应用 (第2版)

书号: ISBN 978-7-111-12295-1

作者: 廖常初 定价: 23.00 元

获奖情况: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材
推荐简言: 本书以三菱 FX 系列 PLC 为讲授对象, 介绍了 PLC 控制系统的设计和调试方法, 提高系统可靠性和降低硬件费用的方法等内容, 提供了编程器与编程软件的使用指南和内容丰富的实验指导书。为教师提供了制作电子教案用图。本书自 2003 年出版以来已 9 次印刷。

PLC 控制系统设计与运行维护

书号: ISBN 978-7-111-30806-5

作者: 史宜巧 定价: 27.00 元

获奖情况: 省级精品课程配套教材

推荐简言:

本书以 FX 系列 PLC 为对象, 基于工作过程用 4 个情境编排开关量逻辑控制、模拟量控制和通信联网控制 3 大教学内容。选用生产一线的典型案例, 以“功能分析→硬件配置→编程→调试与维护”为主线来讲述控制系统设计。

西门子 S7-300 PLC 基础与应用

书号: ISBN 978-7-111-33160-5

作者: 吴丽 定价: 25.00 元

推荐简言:

本书融入了“工学结合”的教学理念, 通过丰富的实例讲解西门子 S7-300 PLC 的基础知识与应用技巧。每章都配有技能训练项目。本书配有多媒体电子课件和大量的相关技术资料。

传感器与检测技术

书号: ISBN 978-7-111-23503-3

作者: 董春利 定价: 24.00 元

获奖情况: 省级精品课程配套教材

推荐简言:

本书作者董春利教授具有丰富的生产实践和教学经验。本书的特点在于结合工程实践来讲解传感器技术及其应用, 内容简练, 实例丰富, 图文并茂, 每章都配有习题与思考题。

自动化生产线安装与调试

书号: ISBN 978-7-111-34438-4

作者: 何用辉 定价: 39.00 元

推荐简言:

本书为校企合作、工学结合的特色改革教材, 基于工作过程组织内容, 内容充实, 书中重点内容均配有实物图片, 提高学习效率。配套超值光盘, 包含: 教学课件、实况视频、动画仿真等多种课程教学配套资源。

目 录

出版说明	
第2版前言	
绪论	1
第1章 液压传动技术基础	7
1.1 液压传动工作介质的物理性质	7
1.1.1 液体的密度	7
1.1.2 液体的压缩性	7
1.1.3 液体的粘性	7
1.2 液压传动工作介质的特点与选用	8
1.2.1 液压传动工作介质的种类与特点	8
1.2.2 液压传动工作介质的选用	10
1.3 液体静力学基础	11
1.3.1 液体的静压力及其特性	11
1.3.2 液体静压力基本方程及其应用	12
1.3.3 压力的表示方式	13
1.3.4 压力的形成与传递	13
1.3.5 液体压力对容器壁面的作用力	15
1.4 液体动力学基础	15
1.4.1 描述流动液体的几个基本概念	15
1.4.2 流态和雷诺数	16
1.4.3 连续性方程	18
1.4.4 伯努利方程	18
1.4.5 动量方程	20
1.5 管路压力损失计算	21
1.5.1 沿程压力损失计算	22
1.5.2 局部压力损失计算	23
1.5.3 管路系统的总压力损失	23
1.6 元件孔口和缝隙的流量计算	24
1.6.1 流经孔口的流量计算	25
1.6.2 缝隙流量计算	26
1.7 液压冲击和气穴现象	27
1.7.1 液压冲击	27
1.7.2 气穴现象	28
1.8 习题	28
第2章 液压泵与液压马达	31
2.1 液压泵概述	31
2.1.1 液压泵的工作原理及特点	31
2.1.2 液压泵的主要性能参数	32
2.1.3 液压泵的分类	34
2.2 齿轮泵	34
2.2.1 外啮合齿轮泵	34
2.2.2 外啮合齿轮泵存在的几个问题	36
2.2.3 常用外啮合齿轮泵的性能参数	37
2.2.4 外啮合齿轮泵的优缺点及应用	37
2.3 叶片泵	38
2.3.1 双作用式叶片泵	38
2.3.2 单作用式叶片泵	40
2.3.3 常用叶片泵的性能参数	42
2.4 柱塞泵	43
2.4.1 径向柱塞泵	43
2.4.2 轴向柱塞泵	43
2.4.3 常用柱塞泵的性能参数	45
2.4.4 柱塞泵的优缺点及应用	45
2.5 其他类型的液压泵	46
2.5.1 螺杆泵	46
2.5.2 内啮合齿轮泵	46
2.5.3 双联泵	47
2.5.4 凸轮转子泵	47
2.6 液压马达	48

2.6.1 液压马达的分类	48	4.4.2 节流阀和调速阀	90
2.6.2 液压马达的工作原理及 应用	48	4.4.3 流量控制阀的应用	91
2.6.3 液压马达的主要性能 参数	50	4.5 新型液压元件及其应用	92
2.7 液压泵与液压马达的选用	51	4.5.1 比例阀	92
2.7.1 液压泵的选用	52	4.5.2 插装阀	94
2.7.2 液压马达的选用	54	4.5.3 叠加阀	98
2.8 习题	54	4.5.4 电液数字控制阀	100
第3章 液压缸	57	4.6 习题	100
3.1 液压缸的类型与功率参数 计算	57	第5章 液压系统的辅助元件	103
3.1.1 液压缸的有效面积与 负载	57	5.1 过滤器	103
3.1.2 活塞式液压缸	57	5.1.1 过滤器的功能与过滤 精度	103
3.1.3 柱塞式液压缸	60	5.1.2 过滤器的类型与特点	104
3.1.4 摆动式液压缸	61	5.1.3 过滤器的选用与安装	105
3.1.5 数字控制液压缸	61	5.2 蓄能器	106
3.2 液压缸主要结构参数的确定	62	5.2.1 蓄能器的作用	106
3.2.1 液压缸内径和活塞杆 直径的确定	62	5.2.2 蓄能器的种类	107
3.2.2 液压缸缸筒长度的确定	63	5.3 油箱及其附件	108
3.3 液压缸的结构及选用	63	5.3.1 油箱的功用和结构	108
3.3.1 液压缸的典型结构	64	5.3.2 设计油箱时应注意的 问题	109
3.3.2 液压缸的选用	65	5.3.3 热交换器	109
3.4 习题	69	5.4 油路通道元件	111
第4章 液压控制元件	71	5.4.1 管路元件	111
4.1 液压阀概述	71	5.4.2 液压通道集成块	112
4.1.1 液压阀的分类	71	5.5 习题	113
4.1.2 液压阀的参数与型号	72	第6章 液压系统基本回路	114
4.2 方向控制阀及其应用	73	6.1 压力控制基本回路	114
4.2.1 单向阀	73	6.1.1 压力控制的要求与基本 概念	114
4.2.2 换向阀	74	6.1.2 调压回路	115
4.3 压力控制阀及其应用	81	6.1.3 卸荷回路	115
4.3.1 溢流阀	81	6.1.4 保压回路	116
4.3.2 减压阀	85	6.1.5 增压回路	116
4.3.3 顺序阀	86	6.2 速度控制基本回路	117
4.3.4 压力继电器	87	6.2.1 调速的概念和方法	117
4.4 流量控制阀及其应用	89	6.2.2 节流调速	118
4.4.1 节流孔的流量特性公式	89	6.2.3 容积调速回路	119
		6.2.4 容积节流调速回路	121
		6.2.5 快速运动回路	122
		6.2.6 速度转换回路	123

6.3 多缸动作回路	125	组成	149
6.3.1 顺序动作回路	125	8.2.3 液压伺服系统的基本控制形式	150
6.3.2 同步运动回路	126	8.3 电液伺服阀	153
6.3.3 防干扰回路	127	8.3.1 电液伺服阀的结构	153
6.4 习题	128	8.3.2 电液伺服阀的工作原理	154
第7章 典型液压系统实例与液压系统设计	131	8.4 习题	155
7.1 分析液压系统的一般方法	131	第9章 液压系统的运用	156
7.2 组合机床动力滑台液压系统	132	9.1 液压系统的安装调试与维护	156
7.2.1 概述	132	9.1.1 液压系统的安装	156
7.2.2 动力滑台液压系统的工作原理	133	9.1.2 液压系统的调试	157
7.2.3 动力滑台液压系统的特点	134	9.1.3 液压系统的使用与维护	158
7.3 注塑机液压系统	135	9.2 液压系统的故障分析和排除	159
7.3.1 概述	135	9.2.1 故障诊断的步骤	159
7.3.2 SZ-250 型注塑机液压系统的工作原理	136	9.2.2 液压系统常见故障产生的原因及排除方法	160
7.3.3 注塑机液压系统的特点	139	9.3 习题	165
7.4 JS01 工业机械手液压系统	140	第10章 气压传动基础知识	166
7.4.1 概述	140	10.1 空气的基本性质	166
7.4.2 JS01 工业机械手液压系统的工作原理	140	10.1.1 空气的组成和状态变化	166
7.4.3 机械手液压系统的特点	143	10.1.2 气体状态方程	168
7.5 液压系统设计要点	144	10.2 气体流动的基本方程	169
7.5.1 确定对液压系统的要求	144	10.2.1 气体的流动速度与流量	169
7.5.2 拟定液压系统原理图	144	10.2.2 连续性方程	170
7.5.3 计算和选择液压元件	145	10.2.3 伯努利方程	170
7.5.4 对液压系统进行必要的验算	145	10.2.4 气体在管道中流动的压力损失	171
7.5.5 绘制正式工作图和编制技术文件	146	10.3 习题	172
7.6 习题	146	第11章 气压传动元件	173
第8章 液压伺服原理与伺服阀	148	11.1 气压传动系统元件的分类	173
8.1 液压伺服系统的特点与分类	148	11.2 气源装置及气动辅助元件	173
8.2 液压伺服系统的工作原理与应用	148	11.2.1 气源装置与空气压缩机	173
8.2.1 液压伺服系统的工作原理	148	11.2.2 气动辅助元件	175
8.2.2 液压伺服系统的特点及		11.3 气动执行元件	180
		11.3.1 气缸	180
		11.3.2 气动马达	183
		11.4 气动控制元件及其应用	183

11.4.1 方向控制阀及其应用	183	规定	205
11.4.2 压力控制阀及其应用	188	13.2.2 障碍信号的判断	205
11.4.3 流量控制阀及其应用	190	13.2.3 行程程序回路的设计	
11.5 气动逻辑元件	190	步骤	206
11.5.1 高压截止式逻辑元件	190	13.2.4 X-D 状态图设计法	206
11.5.2 用换向阀实现的逻辑		13.3 气动机械手控制系统	209
功能	192	13.3.1 工作程序图	209
11.6 习题	192	13.3.2 X-D 线图	210
第 12 章 气压传动基本回路	194	13.3.3 逻辑原理图	210
12.1 压力控制回路	194	13.3.4 气动回路原理图	210
12.1.1 基本压力控制回路	194	13.4 习题	211
12.1.2 气液增压回路	195	第 14 章 气动系统的使用与维护	212
12.2 换向回路	195	14.1 气动系统的安装、调试与	
12.2.1 基本换向回路	195	维护	212
12.2.2 使用气液转换器的换向		14.1.1 管路系统的安装、调试与	
位置控制回路	195	维护	212
12.3 速度控制回路	196	14.1.2 控制元件的安装、调试与	
12.3.1 基本速度控制回路	196	维护	213
12.3.2 缓冲回路	196	14.2 气动系统的故障分析与	
12.3.3 使用气液转换器的速度		排除	214
控制回路	196	14.2.1 压缩空气杂质引起的	
12.4 顺序动作回路	197	故障	214
12.4.1 往复动作回路	197	14.2.2 气动元件的故障	215
12.4.2 延时控制回路	198	14.2.3 执行元件的故障	217
12.4.3 多执行元件顺序动作		14.2.4 气动辅件的故障	218
回路	199	14.3 习题	218
12.5 计数回路	199	第 15 章 液压与气动系统设计仿真	
12.6 同步动作回路	200	软件应用	219
12.7 安全保护回路	200	15.1 液压与气动系统设计仿真软件	
12.7.1 双手操作安全回路	200	的功能和种类	219
12.7.2 其他安全保护回路	201	15.1.1 液压与气动系统设计仿真	
12.8 习题	202	软件的功能	219
第 13 章 气压传动系统实例与顺序		15.1.2 液压与气动系统设计仿真	
动作系统设计	203	软件的种类	219
13.1 气压传动系统实例	203	15.2 液压与气动系统设计仿真软件	
13.1.1 气液动力滑台气压传动		的应用	220
系统	203	15.2.1 FluidSIM 软件简介	220
13.1.2 工件夹紧气压传动系统	204	15.2.2 运用 FluidSIM 软件进行	
13.2 气动顺序控制系统设计	204	液压与气动系统设计	221
13.2.1 X-D 线图法中的符号		15.2.3 仿真运行	223

15.3	FluidSIM 软件应用的进一步说明	224	附录 B	液压控制阀型号说明	231
15.4	习题	226	附录 C	气动图形符号(GB/T 786.1—2009/ISO 1219—1:2006)	233
附录		227	附录 D	常量及其符号、单位和换算	234
附录 A	液压图形符号(GB/T 786.1—2009/ISO 1219—1:2006)	227	参考文献		235

绪 论

1. 液压与气压传动的研究内容

要了解液压与气压传动,首先要清楚传动的概念。传动就是传递运动和动力,也就是将从能源装置或接点取得的按功率计算的能量,按照一定的方式和目的传递到需要点。在此过程中要经过不同功率形式和量值的转换,这也是所有传动装置的本质和核心。人类的四肢活动都是机械运动,所以替代人类体力劳动的机器必须实现机械运动。这就要求无论输入何种形式的能量,传动设备的最终输出应该是机械能。这与部分替代人类脑力劳动的计算机与信息处理技术和为人类五官功能延伸与扩大服务的信号处理传输设备与技术相比较而言有很大的不同。随着社会进步和科技发展,人类掌握了机械传动、流体传动和电磁(光)传动三大传动方式,并以各自的特点和优势单独或结合使用,形成了各种功能丰富的设备,为人类进行全方位服务。这三大传动方式的本质区别是传动介质不同。其中,流体传动是以液体或气体作为传动介质进行工作的,因而主要涉及流体的能量与机械能量的转换与控制。

常见的挖掘机或机械手等设备中都运用了液压或气压传动技术,使其具有巨大的动力和灵巧的动作。实际上,在工农业生产与生活的各个领域都广泛应用着液压与气压传动技术和装置,其共同特点是:使用压力油或加压空气作为传递能量的载体来实现传动与控制。而实现传动与控制必须要由各类泵、阀、缸及管道等元件组成一个完整的系统。本书的任务就是论述液压和气压传动的基本理论;讨论各类液压与气动元件的工作原理、结构、功能和应用方法;如何使用这些元件组成系统,以及各种装置系统的作用和特点。

要掌握液压与气压传动设备的使用、安装、调试和维修的知识与技能,并熟练地运用这些装置,就要在学习知识的过程中进行拆装、实验和调试等实践活动,这不仅是学习内容的要求,也是工程技术课程的重要学习方法。

2. 流体压力传动的工作原理及系统构成

流体传动的工作介质分为液体和气体。液体传动可分为液压传动和液力传动。液压传动是利用液体压力能进行能量传递的,液力传动则是利用液体的动能实现能量传递的。本书研究的流体传动是指依靠密封容积内流体压力能的变化来传递能量的流体传动技术,通常称为容积式传动。这与依靠流体动能变化传递能量的液力传动在原理、传动特性、元件结构等方面有很大不同。例如,汽车上使用的液压气压制动系统,液压助力装置属于前者,而液力耦合器与液力变距器则属于后者。液力传动不在本书讨论范围内。

(1) 流体压力传动的工作原理

1) 液压传动的工作原理。为了形成一个初步概念,先来看图1所示的液压千斤顶的工作情况。该装置的大活塞4和小活塞7分别可以在大活塞缸3和小活塞缸8内上下移动。因活塞与缸体内壁间有良好的密封,所以形成容积可变的密封空间。两缸体由装有单向阀5的管道互连,大缸体通过排油阀2与油箱1相连,小缸体经由单向阀9与油箱1相连。当人们要举升重物G时,先向上提起手柄6,使手柄带动小活塞7向上移动,这时小活塞下部缸体内的空间增大,造成密封容积内压力低于大气压。同时,在单向阀5的作用下,大缸体内的油

液不能进入小缸。这时油箱内的油液就在大气压的作用下，经管道和单向阀9进入小活塞缸8内。当压下手柄6时，小活塞下移，密封容积减小，压力升高，油液不能通过单向阀9流回油箱，只能通过单向阀5压入大缸内，重物就不断被举升。将排油阀2转动90°，可使大缸内的油液流向油箱，实现大活塞下移。

2) 气压传动的工作原理。如果将图1所示系统中的油液换成空气，再将液压缸改为气缸，而且空气可以直接取自大气，也可直接排放到大气，所以可以去掉回油管与油箱，那么，上述系统就可视为一个气压传动系统。生活中常用的打气筒就与上述小活塞缸的工作原理完全相同。

归纳上述装置的工作原理可以看出，流体压力传动是以密封容器中的受压工作介质传递动力的。它先将机械能转换成压力能，然后通过各种元件组成的控制回路来实现能量的调控，最终再将压力能转换成机械能，使执行机构实现预定的功能，按照设定的程序完成相应的动力输出。

由于工作介质不同，液压传动与气压传动的理论基础也不完全相同。液压装置使用的油液是可压缩性较小的液体，流动过程中其密度可视为常数。在分析液压传动时主要考虑的是力的平衡，即分析液体在运动时的力学平衡问题。而气动装置所用的工作介质是压缩空气，在气压传动中气流低速运动与高速运动状态所采用的计算方法不同。低速运动时的计算方法与液体相似；高速运动时要将气体视为可压缩弹性介质，密度不是常数，要考虑流动过程中体积、压强和温度三个状态参量之间的变化，因而不仅要考虑力学平衡，在一定条件下还要考虑状态平衡和热力学平衡。

(2) 流体压力传动系统的基本组成

流体压力传动系统主要由以下几个部分组成。

- 动力装置：是将机械能转换成压力能的装置（如上例中的小活塞缸）。最常见的是液压泵或空气压缩机。
- 执行装置：把流体的压力能转换成机械能的装置（如上例中的大活塞缸）。一般指作直线或摆动运动的液（气）压缸、作回转运动的液（气）压马达等。
- 控制调节装置：对液（气）压系统中流体的压力、流量和流动方向进行控制和调节的装置，如上例中的单向阀。一般是指流体传动系统中的压力阀、流量阀、方向阀、行程阀、逻辑元件等。这些元件的不同组合，构成了实现不同功能的液（气）压系统。
- 辅助装置：对工作介质起到容纳、净化、润滑、消声和实现元件间连接等作用的装置，如油箱、过滤器、分水滤气器、蓄能器、管件等，它们对保证液（气）压系统可靠和稳定工作是不可缺少的。
- 传动介质：传递能量的流体，如液压油或空气。

3. 流体压力传动的特点

(1) 传动方式的特征

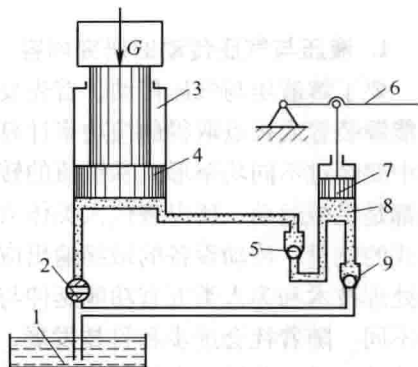


图1 液压千斤顶原理图

- 1—油箱 2—排油阀 3—大活塞缸 4—大活塞 5—单向阀 6—杠杆手柄 7—小活塞 8—小活塞缸 9—单向阀

从总体上看,机械、电磁(光)、流体这三大类传动方式的特征分别为:

1) 机械传动用各类具有不同运动和动力特性的机械零部件直接接触传递功率,其传动比准确,效率高,工作可靠,寿命长,使用范围广,不易实现无级调速且调速范围小,惯性大,传动距离短,不易实现自动控制,主动件与被动件位置相对固定,空间结构可变性差,制造成本高周期长,易产生噪声。

2) 电磁(光)传动,通过导体连接或空间介质传递功率,其传动效率高,响应速度快,易实现复杂控制与变换,易微型化,可实现非接触传动,交流电可实现远距离传动,装置复杂,易受干扰,对传动环境条件要求较高。

3) 流体传动,通过密封容器空间内的流体介质传递功率,调速范围大,易于实现无级调速,惯性小,结构紧凑,易实现快速变换和自动化,流体传动可软连接,适于中等距离传动,液压传动输出功率大,传动比不够精确,要求有连续供压的泵站,微型化困难,噪声大,有泄漏污染,效率较低。

传动必须由上述的一种装置或几种装置相结合来实现,所以在设计、选择和使用传动系统时要充分注意这些特征。

(2) 传动与控制的概念

1) 传动的目的是实现能量的传递与转换,最终的目标是帮助或替代人类的四肢进行工作。在工程中能量用功率来度量,因而也常用功率的概念将能量概念具体化。因为传动主要关心和研究的是系统或装置的驱动元件与执行元件之间能量传递与变换的关系,而功率与能量的形式与具体系统的运动方式直接相关,所以不同系统的传动功率往往用主要参数的乘积来度量。例如,电传动的功率 $P=UI$;机械传动中,曲(直)线运动的功率 $P=Fv$,定轴转动的功率 $P=M\omega$;液、气压传动的功率 $P=pq$ (液压和气压传动中的流量一般均指体积流量 q_v ,为了书写方便,本书采用 q 表示)。当然,系统与装置的功率范围划分完全由研究与设计时的需要来决定。传动可以在不同类型的装置之间进行,如机电系统、电液系统、机液系统、机电液气系统等。随着技术的发展,单一的传动系统越来越少,实现一体化结合是发展的必然趋势。

2) 控制就是使信号有目的的传递与变换,使系统完成预定的功能。控制可分为人工控制和自动控制两大方式。人类从机械化、电气化走向自动化、信息化和智能化的进程中,从人工控制为主进入了自动控制和信息时代。这是因为随着人们对设备系统要求的提高,人工控制已不能满足精确、快速、复杂、实时、多目标等方面的要求。自动控制的最终目标是帮助或替代人类的感官、大脑和四肢,使被控对象自动按照预定规律进行工作。控制要综合运用机、电、液、气、光等装置来实现。控制方法主要分为断续控制和连续控制两大类。断续控制也称为开关控制,以实现设备按预定步骤和顺序进行工作为目标。由于输入和输出信号都是开关量,所以处理信号之间的逻辑关系和逻辑实现就成为主要研究内容。应该说所有设备都有断续控制要求。连续控制能随时检测控制对象的工作状态,自动调整输出量与给定量之间的偏差,使控制精度和速度大为提高。连续控制主要研究系统在输入量或随动信号以及干扰作用下的响应状态,来确定系统参数与性能的关系,完成系统分析与综合。应该说,一个完整的设备或生产线对工作顺序、位置、速度都有控制要求,两种控制方法分别承担着不同的任务,是配合工作的。

3) 要注意传动与控制的区别与联系。首先要清楚传动与控制是实现能量传递时不可分