



普通高等教育“十一五”规划教材

流体传动与控制

主 编 周 忆 于 今

副主编 黄 放 熊瑞平 唐全波



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

流体传动与控制

主编 周 忆 于 今

副主编 黄 放 熊瑞平 唐全波

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是普通高等学校教材。本书分为液压传动篇和气压传动篇两个部分。

液压传动篇系统地介绍了液压传动的流体力学基础理论,各种液压元件的工作原理、性能特点和基本结构,常用基本回路的原理、性能和应用,典型液压系统和液压系统设计的方法与步骤,以及液压伺服系统的一般工作原理和具体实例。

气压传动篇则着重于气压传动与液压传动不同的方面并注重了气压传动的系统性,对气压传动系统的基本组成及其设计方法和应用作了较充分的介绍。

本书可作为高等院校机械设计及制造、机械电子工程、车辆工程专业的流体传动与控制课程的教材,也可作为机械类其他专业的流体传动与控制课程教材或参考书,还可供工厂和研究单位的技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

流体传动与控制/周忆,于今主编. —北京:科学出版社,2008

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-03-021826-1

I. 流… II. ①周…②于… III. ①液压传动-高等学校-教材②气压传动-高等学校-教材 IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 062066 号

责任编辑:段博原 孙明星 于宏丽/责任校对:包志虹

责任印制:张克忠 /封面设计:陈 敬

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年9月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2008年9月第一次印刷 印张:27 1/4

印数:1—4 000 字数:573 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

液压与气压传动技术是现代传动和控制技术的一种重要形式,微电子技术和控制理论学科的发展促进了液气压技术与控制技术的紧密结合和互相渗透,这种技术被广泛地应用于机床、工程机械、冶金机械、农业机械、塑料机械、锻压机械、航空、航天、航海、石油与煤炭等工业领域。为了满足现代工业对人才培养的要求,适应高等学校本科专业设置、教学计划、教学内容和课程体系改革的需要,编写了流体传动与控制教材。

本课程属专业基础课,适用于机械类各专业,且本课程涉及的知识面比较独立,也覆盖了有关专业基础理论、元器件及系统分析与设计等较多的教学和实践环节。通过本课程的学习,学生能较全面地掌握液压传动与气压传动系统的基础知识和专业技能,为后续专业课程的学习做知识准备,并为学生今后从事机电液、气设备的设计、制造及使用方面的工作打下基础。

本书具有以下几个特点:

(1) 本书分为液压传动篇和气压传动篇两个独立的部分,各自保持了所讲授知识的完整性。

(2) 本书注意到液压、气动元件及回路在结构、原理等方面具有的共性,因而在液压部分尽可能介绍流体传动基础的内容,而在气动部分则主要讲授气压传动与液压传动差异较大的地方,以利于学生对知识的理解和掌握。

(3) 编写中,注意处理好教材内容与讲授内容的关系,教材内容尽量突出重点、系统详细,采用直观的原理图和结构图,并配以应用实例,有利于教师讲授和自学。

(4) 编写的内容力求反映国内外有关液气压传动的新技术,气压传动部分介绍了国际先进的阀岛技术、现场总线控制技术、真空元件、气动逻辑控制回路、电-气控制系统设计等,突出了液气压技术的应用。

(5) 为了巩固所学的知识,每章之后都提供思考题与习题,通过思考练习使学生掌握重点、难点。

本书分液压传动篇和气压传动篇。液压传动篇共10章,第1章绪论,介绍液压传动系统的基本工作原理、组成和特点,液压技术的应用与发展概况。第2章液压流体力学基础,介绍液压系统工作介质的特性和选用、液体静力学、动力学、能量损失及与液压传动相关的其他基础知识。第3章液压泵和液压马达,介绍各种液压泵和液压马达的工作原理、结构特点、正确选择和应用。第4章液压

缸, 介绍各种类型液压缸的特点、参数计算、使用和设计计算。第 5 章液压阀, 介绍各种液压阀的工作原理、结构特点和应用。第 6 章液压辅助装置, 介绍液压系统各种辅件的工作原理、类型、特点、选择与应用。第 7 章液压基本回路, 介绍各类基本回路的工作特性, 分析各类回路的特点及其应用。第 8 章典型液压传动系统分析, 介绍典型液压传动系统的读图及分析方法。第 9 章液压系统设计计算, 介绍液压系统的设计步骤、设计计算方法和实例。第 10 章液压伺服控制系统, 简要介绍液压伺服控制系统的分类、工作原理和应用。

气压传动篇共 6 章, 第 1 章气动基础及气源系统, 介绍气动系统的组成、特点, 空气压缩站及其处理和传输的基本知识。第 2 章气动执行元件, 针对气动执行元件的特殊性, 重点介绍各种形式的气缸、气马达结构和特点及其使用和维护。第 3 章气动控制元件, 在与液压阀比较的基础上, 介绍气动系统常用的压力阀和流量阀, 以及阀岛。第 4 章气动辅助元件, 介绍气动系统中常用且必需的辅助元件。第 5 章真空元件, 在介绍真空发生器的工作原理和特点基础上, 对真空吸盘和其他真空元件的基本知识进行了介绍。第 6 章气动程序控制系统, 介绍气动常用回路, 重点介绍气动逻辑基本知识、气动逻辑控制回路、电 - 气程序控制回路的设计方法。

本书由重庆大学周忆、于今任主编, 贵州大学黄放、四川大学熊瑞平、重庆工商大学唐全波任副主编。周忆编写液压传动部分第 3、4、5、10 章, 于今编写气压传动部分第 1、5、6 章, 黄放编写液压传动部分第 6、7、8 章, 熊瑞平编写液压传动部分第 1、2、8、9 章, 唐全波编写气压传动部分第 2、3、4 章, 贵州大学教师姜云、卢剑锋、尹瑞雪和重庆大学研究生何洁、杨淑娟参与本书液压传动部分章节的图表绘制工作, 重庆大学研究生杨震、李绍军、谈进等参与了气压传动部分章节的编写和图表绘制工作。液压传动部分由周忆统稿, 气压传动部分由于今统稿。

本书参考了大量文献, 在此谨向有关作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限, 书中难免存在不足, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 3 月

目 录

前言

第一部分 液压传动篇

第 1 章 绪论	3
1.1 液压传动技术的研究对象	3
1.2 液压传动的工作原理及系统构成	3
1.2.1 工作原理	3
1.2.2 液压系统的工作特性	6
1.2.3 液压传动系统组成	6
1.2.4 液压传动系统原理图及图形符号	7
1.3 液压传动系统的特点及应用	7
1.3.1 液压传动系统的特点	7
1.3.2 液压传动系统的应用	8
1.4 液压传动系统的发展概况	9
思考题和习题	10
第 2 章 液压流体力学基础	11
2.1 液压系统的工作介质	11
2.1.1 液压工作介质的类型	11
2.1.2 液压工作介质的性能	12
2.1.3 对液压工作介质的要求	14
2.1.4 液压工作介质的选用	15
2.2 液体静力学基础	16
2.2.1 压力及其性质	16
2.2.2 液体静力学方程	16
2.2.3 液体静压力的传递	17
2.2.4 液体作用在固体壁面上的静压力	17
2.2.5 压力的表示方法及单位	19
2.3 液体动力学基础	19
2.3.1 几个基本概念	20
2.3.2 连续性方程	20

2.3.3 伯努利方程	21
2.3.4 动量方程	25
2.4 液体在管道中的流动状态和压力损失	27
2.4.1 液体的流态及其判别	27
2.4.2 液体在管中流动的压力损失	28
2.5 液体流经孔口及缝隙的特性	31
2.5.1 液体流经孔口的流量-压差特性	31
2.5.2 液体流经缝隙的流量	32
2.6 液压冲击和空穴现象	36
2.6.1 液压冲击	36
2.6.2 空穴现象	37
思考题和习题	37
第3章 液压泵和液压马达	40
3.1 概述	40
3.1.1 液压泵和液压马达的基本工作原理	40
3.1.2 液压泵和液压马达的分类	41
3.1.3 液压泵的主要性能参数	42
3.1.4 液压马达的主要性能参数	43
3.2 齿轮泵和齿轮马达	45
3.2.1 齿轮泵	45
3.2.2 齿轮马达	52
3.3 叶片泵和叶片马达	53
3.3.1 单作用叶片泵	54
3.3.2 双作用叶片泵	55
3.3.3 限压式变量叶片泵	56
3.3.4 叶片式液压马达	59
3.4 柱塞泵和柱塞马达	60
3.4.1 轴向柱塞泵和轴向柱塞马达	61
3.4.2 径向柱塞泵和径向柱塞马达	72
3.5 泵和马达的性能比较和选用	77
3.5.1 泵和马达的性能比较和应用范围	77
3.5.2 泵和马达的选择	79
3.5.3 泵和马达的使用、保养	80
思考题和习题	81

第4章 液压缸	83
4.1 液压缸的类型及其特点	83
4.1.1 液压缸的类型	83
4.1.2 常用液压缸及其特点	84
4.1.3 其他液压缸及其特点	88
4.1.4 液压缸的结构和材料	89
4.2 液压缸的设计计算	94
4.2.1 设计依据、原则和步骤	94
4.2.2 基本参数计算	96
4.2.3 液压缸强度计算	98
思考题和习题	102
第5章 液压阀	103
5.1 概述	103
5.1.1 液压阀的分类	103
5.1.2 对液压阀的基本要求	104
5.2 液压阀的力学知识	104
5.2.1 液动力	104
5.2.2 液压卡紧力	106
5.3 方向控制阀	107
5.3.1 单向阀	108
5.3.2 液控单向阀	108
5.3.3 换向阀	109
5.4 压力控制阀	119
5.4.1 溢流阀	119
5.4.2 减压阀	126
5.4.3 顺序阀	129
5.4.4 压力继电器	130
5.5 流量控制阀	131
5.5.1 节流阀	131
5.5.2 调速阀	134
5.5.3 溢流节流阀	137
5.6 插装阀	139
5.6.1 插装阀的基本结构和工作原理	139
5.6.2 插装方向阀	141
5.6.3 插装压力阀	143

5.6.4 插装流量阀	145
5.6.5 插装阀的优缺点	145
5.7 电液比例控制阀	147
5.7.1 电液比例压力阀	147
5.7.2 电液比例流量阀	150
5.7.3 电液比例方向阀	151
5.8 电液数字控制阀	152
5.8.1 概述	152
5.8.2 脉宽调制式数字阀	152
5.8.3 增量式数字阀	153
思考题和习题	154
第6章 辅助装置	156
6.1 密封装置	156
6.1.1 对密封装置的要求	156
6.1.2 密封装置的类型	156
6.2 蓄能器	160
6.2.1 蓄能器的功用和分类	160
6.2.2 充气式蓄能器容量的计算	161
6.2.3 蓄能器的安装	162
6.3 过滤器	162
6.3.1 对过滤器的要求	162
6.3.2 过滤器的类型及典型结构	163
6.3.3 过滤器的安装	166
6.4 油箱	167
6.5 热交换器	168
6.5.1 冷却器	168
6.5.2 加热器	170
6.6 管系元件	170
6.6.1 油管的选用和计算	170
6.6.2 管接头	171
思考题和习题	174
第7章 液压基本回路	175
7.1 方向控制回路	175
7.1.1 换向回路	175
7.1.2 连续往复运动回路	176

7.2 压力控制回路	177
7.2.1 调压回路	177
7.2.2 减压回路	180
7.2.3 增压回路	180
7.2.4 保压回路	182
7.2.5 卸压回路	184
7.2.6 卸荷回路	185
7.2.7 平衡回路	188
7.3 速度控制回路	190
7.3.1 调速回路	190
7.3.2 快速回路	201
7.3.3 速度换接回路	205
7.4 多缸控制回路	207
7.4.1 同步动作回路	208
7.4.2 顺序动作回路	212
7.4.3 多缸快慢速互不干扰回路	216
7.5 其他回路	218
7.5.1 锁紧回路	218
7.5.2 制动回路	219
思考题和习题	220
第8章 典型液压传动系统分析	224
8.1 组合机床动力滑台液压系统	224
8.1.1 概述	224
8.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	225
8.1.3 YT4543 型动力滑台液压系统的特点	227
8.2 Q2-8 型汽车起重机液压系统	228
8.2.1 概述	228
8.2.2 Q2-8 型汽车起重机液压系统工作原理	228
8.2.3 Q2-8 型汽车起重机液压系统的特点	231
8.3 ZB318 型高压造型机液压系统	231
8.3.1 概述	231
8.3.2 ZB318 型高压造型机液压系统的工作原理	232
8.3.3 ZB318 型高压造型机液压系统的特点	236
8.4 YB32-200 型四柱万能液压机液压系统	236
8.4.1 概述	236

8.4.2	YB32-200 型四柱万能液压机液压系统的工作原理	237
8.4.3	YB32-200 型四柱万能液压机液压系统的特点	239
8.5	SZ-250A 型塑料注射成形机液压系统	239
8.5.1	概述	239
8.5.2	SZ-250A 型塑料注射成形机液压系统的工作原理	240
8.5.3	SZ-250A 型塑料注射成形机液压系统的特点	244
8.6	机械手液压系统	245
8.6.1	概述	245
8.6.2	JS01 工业机械手液压系统的工作原理	245
8.6.3	JS01 工业机械手液压系统的特点	247
	思考题和习题	247
第 9 章	液压系统设计计算	250
9.1	液压系统设计计算步骤和内容	250
9.1.1	液压系统设计计算的步骤和要求	250
9.1.2	液压系统的工况分析计算	251
9.1.3	液压系统的主参数设计计算	252
9.1.4	液压系统拟定及元件选择	255
9.1.5	液压系统性能验算	258
9.1.6	液压系统结构设计	260
9.1.7	绘制工作图及编制技术文件	262
9.2	液压系统设计举例	263
	思考题和习题	271
第 10 章	液压伺服系统	274
10.1	液压伺服控制系统概述	274
10.1.1	液压伺服系统工作原理	274
10.1.2	液压伺服系统的组成和特点	275
10.1.3	液压伺服系统的分类	276
10.2	液压伺服阀	276
10.2.1	液压伺服阀	276
10.2.2	电液伺服阀	278
10.3	液压伺服系统应用举例	280
	思考题和习题	284

第二部分 气压传动篇

第 1 章 气动基础及气源系统	289
1.1 概述	289
1.1.1 气动及其系统组成	289
1.1.2 气动特点	290
1.2 压缩空气	291
1.2.1 压缩空气的几个基本概念	291
1.2.2 压缩空气的污染	293
1.2.3 空气的质量等级	293
1.2.4 空气的净化处理	294
1.3 空气压缩站	294
1.3.1 空气压缩站的组成	294
1.3.2 空压站机组的选择	297
1.4 空气净化处理装置	299
1.4.1 干燥器	299
1.4.2 过滤器	300
1.4.3 油雾器	301
1.5 管道网络	302
1.5.1 管道设计	302
1.5.2 管道布置的基本原则	303
思考题和习题	305
第 2 章 气动执行元件	306
2.1 概述	306
2.2 气缸	306
2.2.1 分类	306
2.2.2 普通气缸	309
2.2.3 普通气缸的设计计算	312
2.2.4 标准气缸	317
2.2.5 变形气缸	318
2.2.6 无杆气缸	321
2.2.7 磁性气缸	322
2.2.8 异形气缸	323
2.2.9 手指气缸	324
2.2.10 膜片气缸	326

2.2.11 气囊式气缸	327
2.2.12 摆动马达	328
2.3 气马达	328
2.3.1 概述	328
2.3.2 结构和原理	328
2.3.3 特性	329
2.4 气缸的选择与使用	331
2.4.1 气缸的选择	331
2.4.2 安全规范	332
2.4.3 工作环境	332
2.4.4 安装操作注意事项	333
2.4.5 维护保养	334
思考题和习题	334
第3章 气动控制元件	335
3.1 概述	335
3.1.1 分类	335
3.1.2 气动控制元件的特点	335
3.1.3 阀的结构特性	336
3.2 压力控制阀	337
3.2.1 减压阀	337
3.2.2 溢流阀(安全阀)	343
3.3 流量控制阀	344
3.3.1 流量控制原理	344
3.3.2 先导式速度控制阀	344
3.3.3 排气节流阀	344
3.4 方向控制阀	345
3.4.1 人工控制阀	346
3.4.2 气控阀	347
3.4.3 单向型控制阀	351
3.5 阀岛	354
思考题和习题	358
第4章 气动辅助元件	359
4.1 转换器	359
4.1.1 气-电转换器	359
4.1.2 压力开关	360

4.1.3 磁性开关	361
4.2 气-液元件	363
4.2.1 气-液转换器	363
4.2.2 气-液阻尼缸	364
4.3 缓冲器	366
4.3.1 自调式液压缓冲器	366
4.3.2 可调式液压缓冲器	366
4.4 消声器	367
4.4.1 对消声器的基本要求	367
4.4.2 阀用消声器	367
思考题和习题	368
第5章 真空元件	369
5.1 概述	369
5.2 真空发生器	370
5.2.1 真空发生器的工作原理	370
5.2.2 真空发生器的主要性能	371
5.3 真空吸盘	373
5.3.1 结构	373
5.3.2 性能	373
5.4 其他真空元件	375
5.4.1 真空电磁阀	375
5.4.2 真空安全阀	376
5.4.3 真空顺序阀	376
5.4.4 真空减压阀	377
5.4.5 真空气-电信号转换器	378
思考题和习题	379
第6章 气动程序控制系统	380
6.1 引言	380
6.2 气动常用回路	380
6.2.1 操作回路	380
6.2.2 安全保护回路	382
6.2.3 速度控制回路	384
6.2.4 位置控制回路	384
6.2.5 同步动作回路	386
6.3 气动逻辑控制回路	387

6.3.1	概述	387
6.3.2	逻辑回路	387
6.3.3	延时回路	389
6.4	程序控制回路	390
6.4.1	行程程序控制	390
6.4.2	时间程序控制	391
6.4.3	混合程序控制	391
6.5	程序设计方法	391
6.5.1	基本单元	391
6.5.2	程序表示方法	392
6.5.3	障碍信号	393
6.5.4	障碍信号的判别	395
6.5.5	障碍信号的排除方法	398
6.6	电-气程序控制	403
6.6.1	电-气控制的基本知识	403
6.6.2	电-气逻辑回路	404
6.6.3	典型的电控气动回路	405
6.6.4	电控气动程序回路的设计	406
6.7	气动程序控制系统设计	408
6.7.1	了解工况和明确设计依据	408
6.7.2	方案的选择	409
6.7.3	系统设计	409
	思考题和习题	411
	参考文献	413
	附录 液压与气压传动常用图形符号	414

第一部分 液压传动篇

