

高等工科院校“十二五”规划教材

机械基础简明教程

● 王秀田 于冰 杨枫 主编 ● 孟庆东 主审

JIXIE JICHU
JIANMING
JIAOCHENG



化学工业出版社

高等工科院校“十二五”规划教材

机械基础简明教程

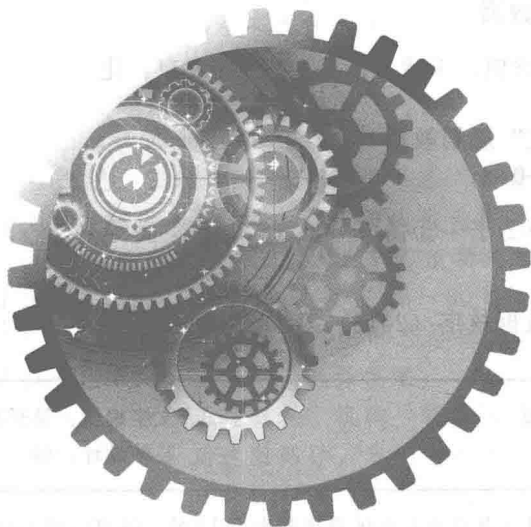
王秀田 于 冰 杨 枫 主编

马迎亚 王沙沙 田俊峰

刘 营 闫 芳 戚丽丽 参编

陆银梅 姜振华 徐博成

孟庆东 主审



JIXIE JICHU
JIANMING JIAOCHENG



化学工业出版社

· 北京 ·

《机械基础简明教程》是为众多工艺、工程类专业开设的一门综合性技术基础课程。内容包括一般工程技术人员机械方面必需的基础理论和基础知识：工程力学基础、工程材料、机构 机械传动与零件基础、液压与气压传动共四篇。还设计制作了相配套的电子课件，包括电子教案、动画演示、对教材中的复习题给出了参考解答（或提示）等。

《机械基础简明教程》可以作为工艺、工程类专业及其他近机械类专业的本科、专科教学用书。亦适合高职、高专或成人教育使用，也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械基础简明教程/王秀田, 于冰, 杨枫主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 9

高等工科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-24765-0

I. ①机… II. ①王…②于…③杨… III. ①机械学-高等学校-教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 173516 号

责任编辑: 刘俊之 王清颢

责任校对: 王素芹

文字编辑: 吴开亮

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 高教社 (天津) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 466 千字 2015 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

前言

现代工业生产中,广泛地使用着各种机械设备和工程结构。在机械以外的众多工程领域,如纺织、冶金、电力、运输、采矿、石化、高分子材料加工成型工艺、工业电气化、制冷与空调、电子技术应用、工业自动化及仪表、造纸、电子技术应用及土建(可统称为工艺、工程类专业,或非机械类专业)等工程技术人员及管理人员必然要经常接触到工程设备的安装、使用、改造、检修、起重、维护等问题。具备机械方面的基础知识,对工程技术人员来说是必不可少的。由于专业要求不同和学时的限制,机械方面最必要的基础理论和基础知识就通过学习本课程来完成。

可见,“机械基础”是为众多工艺、工程类专业开设的一门综合性技术基础课程。该课程的开设,将改善学生的知识结构,提高学生的技术应用能力,更好地为社会服务,更广泛地适应人才市场的需求。

本教材内容的编写以“必须、够用”为度。精选内容、保证基础、加强实践、重在应用,讲究教学方法为原则。

考虑到学习本课程的学生先修的与之相关的基础课一般较少,并且各校本、专科各专业对这门课的教学要求差异比较大等特点,我们在编写时有针对性地考虑了三条。

1. 内容的选取着眼于加强实践和学以致用。
2. 讲述方法要适应工艺、工程类专业学生的特点,力求做到由浅入深,循序渐进,实例较多,分析步骤较简明,并且有相当部分适合自学。
3. 不同的层次、不同的专业对本课程的深度和广度要求有较大差异,即教学要求有较大的弹性。为了适应这一特点,使学时数在45~60学时之间均可使用本教材,所以本书采编内容较广泛,分为基本、基础部分和选学部分,如书中标有*号的章节一般为加深加宽或根据专业不同的要求,供选择使用。

本书内容包括工程力学基础、工程材料、机构 机械传动与零件基础、液压与气压传动基础,共四篇的基础知识。对这四部分,我们在既要尊重它们原学科体系、保证相对的独立性,同时又在分析这几部分内容内在联系的基础上,探讨改变某些传统讲法,力求更贴近实际应用,为使本课程逐步形成自己的课程体系方面作了初步的尝试。

另外还设计制作了相配套的电子课件,内容包括电子教案、动画演示、对教材中的复习题给出了参考解答(或提示)等。受篇幅所限,有些内容如极限与配合、附录 机械零件制造工艺简介也与电子课件放在网上(www.cipedu.com.cn),供选用本教材的教师和读者下载使用。

参加本书编写的人员(以姓氏笔画排序)及分工如下:

于冰 (第5~9章);

马迎亚 (附录 机械零件制造工艺简介);

王秀田 (绪论, 第12~19章);

王沙沙、刘菅 (极限与配合);

田俊峰 (第10章);

闫芳、徐博成 (设计制做了与本教材相配套的电子课件);

戚丽丽 (第11章);

陆银梅 (设计制做本教材的大部分图表);

杨枫 (第1~4章);

姜振华 (附录 型钢表);

王秀田、于冰负责统稿。

参加本书编写的单位有青岛科技大学、青岛技师学院、烟台南山学院和青岛市职业教育公共实训基地等。

本书聘请青岛科技大学孟庆东教授担任主审,他对全书内容取舍、编写风格等做了具体指导,提出了许多宝贵建议,表示深切的感谢。

本书可以作为工艺、工程类专业及其他近机械类专业的本专科教学用书。亦适合上述专业的高职、高专、函授、夜大等成人教育使用,也可供工程技术人员参考。

本书在编写过程中曾参阅了多本同类教材和习题集,采用了其中部分素材和插图,得到有关院校教学主管部门的协助和支持,在此一并致谢。

因水平所限,书中定有不妥之处,望各位读者不吝赐教。

编者

2015年7月

目 录

绪 论

1

第一篇 工程力学基础

第一章 力的基本概念和物体的受力分析

5

第一节 力学基础的几个基本概念	5
一、力的概念	5
二、力的三要素	5
三、力对物体作用的两种形式——集中力和载荷集度	5
四、平衡的概念	6
五、力系、平衡力系、等效力系、合力的概念	6
六、刚体的概念	6
第二节 力的四个公理	6
第三节 约束和约束反力	8
一、主动力和约束反力	8
二、常见的约束形式和确定约束反力的分析	8
三、物体的受力分析与受力图	10
复习题	12
习题	13

第二章 平面力系

14

第一节 平面汇交力系的简化与平衡	14
一、平面汇交力系的概念与实例	14
二、平面汇交力系的简化	14
三、平面汇交力系平衡的解析条件和平衡方程	17
第二节 力矩和平面力偶系	18
一、力矩	18
二、平面力偶系的简化与平衡	20
第三节 平面任意力系	22
一、力的平移定理	22

二、固定端约束	23
三、平面任意力系的简化与平衡的条件	24
四、平面任意力系的平衡方程	25
五、平面任意力系平衡方程式的应用举例	25
第四节 物体系统的平衡	27
第五节 滑动摩擦简介	28
一、滑动摩擦力	28
二、考虑滑动摩擦的平衡问题	29
* 三、摩擦角的概念和自锁现象	31
* 第六节 空间平衡力系	32
一、空间力系的概念	32
二、径向轴承(向心轴承)	32
三、空间平衡力系的平面解法	32
四、物体的重心和形心	34
复习题	35
习题	36

第三章 轴向拉伸与压缩 39

第一节 轴向拉伸与压缩的概念与实例	40
第二节 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力	41
一、构件内力的概念	41
二、截面法、轴力	41
三、轴力图	42
第三节 轴向拉伸(压缩)时横截面上的应力	43
一、应力的概念	43
二、拉(压)杆截面上的应力	43
第四节 轴向拉伸或压缩时的应变	44
一、变形和应变的概念	44
二、胡克定律	45
第五节 应力集中	45
一、应力集中现象	45
二、理论应力集中系数	46
三、应力系中的利弊及其应用	46
第六节 材料在拉伸或压缩时的力学性质	47
一、拉伸时材料的机械性质	47
二、材料在压缩时的力学性能	49
第七节 拉伸和压缩的强度计算	49
一、许用应力	49
二、拉伸和压缩时的强度条件	50
* 第八节 圆柱形薄壁容器的计算	51

一、纵截面上的应力	51
二、横截面上的应力	52
第九节 压杆稳定的概念及失稳分析	52
一、压杆稳定问题的提出	52
二、失稳分析	53
三、构件稳定性的概念	53
四、提高压杆稳定性的措施	54
复习题	55
习题	56

第四章 剪切和挤压 58

第一节 剪切和挤压的概念	58
第二节 剪切的实用计算	59
一、剪力	59
二、切应力	59
三、剪切强度条件	59
第三节 挤压实用计算	60
一、挤压力和挤压应力	60
二、挤压强度条件	61
复习题	64
习题	64

第五章 圆轴扭转 66

第一节 扭转概念·外力偶矩和扭矩的计算	66
一、扭转概念	66
二、外力偶矩和扭矩的计算	66
第二节 圆轴扭转时的应力与强度计算	69
一、圆轴扭转时的应力	69
二、圆轴扭转强度条件	70
第三节 圆轴扭转变形和刚度条件	72
一、圆轴扭转时的变形计算	72
二、刚度条件	72
复习题	73
习题	74

第六章 直梁平面弯曲 75

第一节 弯曲和平面弯曲的概念与实例	75
第二节 梁的计算简图及分类	76
第三节 梁横截面上的内力——剪力和弯矩	76

第四节 剪力图和弯矩图	78
一、剪力图和弯矩图绘制的基本方法	78
二、弯矩图的查表法与叠加法	80
第五节 弯曲时的正应力	81
一、纯弯曲时梁横截面上的正应力	82
二、纯弯曲梁正应力公式的推广	84
第六节 梁弯曲时的强度计算	84
一、梁的强度条件	84
二、梁的强度条件计算举例	84
第七节 梁的弯曲变形计算和刚度校核	85
一、弯曲变形的概念	85
二、挠度和转角	86
第八节 简单超静定梁的解法	87
一、超静定梁的概念	87
二、用变形比较法解超静定梁	87
第九节 提高梁的承载能力的措施	88
一、采用合理的截面形状	88
二、合理布置支座位置,降低梁上的最大弯矩值	89
复习题	90
习题	91

第七章 工程力学的其他常用知识

第一节 杆件组合变形的强度计算	93
一、组合变形的概念	93
二、拉伸(或压缩)与弯曲的组合变形	93
三、圆轴弯曲与扭转的组合变形	95
第二节 交变应力与疲劳破坏的概念	96
一、交变应力的概念	96
二、疲劳破坏的特点	97
三、疲劳破坏的危害	97
第三节 动荷应力的概念	98
复习题	98
习题	99

第二篇 工程材料

第八章 金属材料及其热处理

第一节 金属材料的力学性能和工艺性能	103
一、金属材料的力学性能	103

二、金属材料的工艺性能	105
第二节 金属材料的种类和用途	105
一、金属材料综述	105
二、金属材料的分类	107
三、黑色金属(铁碳合金)材料	107
第三节 钢铁材料的热处理	109
一、热处理的综述	109
二、热处理工艺过程和分类	109
三、普通热处理	110
四、表面热处理	111
第四节 有色金属及其合金	112
一、铝及铝合金	112
二、铜及铜合金	114
复习题	115

第九章 非金属材料 and 复合材料 116

第一节 非金属材料	116
一、有机非金属材料	116
二、无机非金属材料	120
第二节 复合材料	121
一、复合材料的组成和分类	121
二、常用纤维增强复合材料	121
第三节 机械工程材料的选用	122
一、机械零件的失效形式	122
二、选材的基本原则	122
复习题	123

第三篇 机构 机械传动与零件基础

第十章 常用机构 126

第一节 机构分析基本知识	126
一、机器、机构和机械	126
二、构件和零件	126
第二节 平面机构的组成	127
一、平面运动副及其分类	127
二、构件的分类	128
第三节 平面连杆机构	128
一、平面四杆机构的基本形式	128
二、平面四杆机构的演变形式	130

第四节 凸轮机构	131
一、凸轮机构的应用及特点	131
二、凸轮机构的分类	132
三、凸轮轮廓曲线与从动杆运动规律的关系	133
四、常用从动件的运动规律	133
五、凸轮的材料和热处理	134
六、凸轮与轴的固定	134
第五节 间歇运动机构	134
一、棘轮机构	134
二、槽轮机构	136
复习题	137
第十一章 螺纹连接与螺旋传动机构	138
第一节 螺纹的基本知识	138
一、螺纹的类型	138
二、常用螺纹的特点及应用	139
第二节 螺纹连接的基本类型和螺纹连接件	140
一、螺纹连接的基本类型	140
二、螺纹连接的预拧紧和防松	141
三、标准螺纹连接零件	143
第三节 螺栓连接的强度计算	144
一、松螺栓连接	144
二、紧螺栓连接	144
三、受横向载荷的配合（铰制孔）螺栓连接	145
四、螺纹连接许用应力	146
第四节 螺旋传动机构	147
复习题	148
习题	149
第十二章 带传动 链传动	150
第一节 带传动的概述	150
一、带传动的组成及工作原理	150
二、摩擦式带传动的特点和类型	150
三、带传动的应用	151
第二节 V带和V带轮	152
一、V带结构和类型	152
二、普通V带轮的材料及结构选择	153
第三节 带传动的失效、张紧、安装与维护	155
一、带传动的失效	155
二、带传动的张紧	155

三、带传动的安装与维护	156
第四节 链传动	157
一、链传动的工作原理、类型、特点及应用	157
二、链传动的布置、张紧及润滑	158
复习题	159

第十三章 齿轮传动 161

第一节 齿轮传动的原理、特点、类型、应用及传动比	161
一、齿轮传动的原理和特点	161
二、齿轮传动的类型及应用	161
三、齿轮传动的传动比	161
第二节 渐开线直齿圆柱齿轮传动	162
一、标准直齿圆柱齿轮各部分名称及符号	162
二、渐开线直齿圆柱齿轮的主要参数	163
三、标准直齿圆柱齿轮几何尺寸的计算	164
四、直齿圆柱齿轮的正确啮合条件	164
五、直齿圆柱齿轮的结构	164
第三节 斜齿圆柱齿轮传动	165
一、斜齿圆柱齿轮的形成	165
二、斜齿圆柱齿轮传动的特点	166
第四节 齿轮传动的失效形式	166
第五节 齿轮常用材料及润滑	167
一、齿轮常用材料	167
二、齿轮润滑	168
第六节 蜗杆传动简介	168
一、蜗杆传动组成、原理、传动比	168
二、蜗杆传动的类型及应用场合	169
三、蜗杆传动的特点	169
*第七节 轮系与减速器	170
*一、轮系	170
二、齿轮减速器简介	171
复习题	173

第十四章 轴及轴毂连接 175

第一节 概 述	175
一、轴的分类	175
二、轴的结构	176
三、轴的设计要求和一般设计步骤	177
第二节 轴的材料	177
一、碳素钢	177

二、合金钢	177
第三节 轴结构的选择设计	178
* 一、确定装配方案	178
二、轴上零件的定位和固定	179
三、轴上各段的结构尺寸	180
第四节 轴的强度计算	180
一、传动轴的强度计算	180
二、心轴的强度计算	181
* 三、转轴的强度计算	182
第五节 轴的刚度校核	182
第六节 轴毂连接	183
一、键连接	183
* 二、花键连接	186
三、销	187
复习题	188
习题	188

第十五章 轴承 190

第一节 滑动轴承的类型与构造	190
一、向心滑动轴承	191
二、推力滑动轴承	191
第二节 轴瓦的材料与结构	192
一、轴瓦的结构	192
二、轴瓦材料	193
第三节 滑动轴承的润滑及润滑装置	194
一、润滑剂的种类、性能及其选择	194
二、润滑方式和润滑装置	194
第四节 滚动轴承的基本构造和类型	195
一、滚动轴承的基本构造	195
二、常用滚动轴承的类型	196
三、滚动轴承的代号	197
四、滚动轴承的选用	199
五、滚动轴承的润滑、密封与维护	199
复习题	201

第十六章 其他常见的零件和部件 202

第一节 联轴器	202
一、联轴器的功用	202
二、联轴器的分类	203
三、联轴器的选择	205

第二节 离合器	207
一、牙嵌式离合器	207
二、摩擦离合器	208
第三节 制动器	209
一、对制动器的要求	209
二、几种典型的制动器	209
第四节 联轴器、离合器、制动器的使用和维护	210
第五节 弹 簧	210
复习题	212
习题	213

第四篇 液压与气压传动

第十七章 液压传动基本知识 216

第一节 液压传动的基本概念	216
一、概述	216
二、液压传动的工作过程	216
三、液压传动装置的组成	217
四、液压传动系统的图示方法	217
五、液压传动的优缺点	218
第二节 液压油	218
一、液压油的物理性质	218
二、对液压油的基本要求及选用	220
三、使用液压油的注意事项	221
第三节 液压传动的的基本参数及压力损失	222
一、液压传动中最基本的参数	222
二、液流连续性原理	223
三、压力的建立与压力的传递	224
四、压力损失及其与流量的关系	226
五、泄漏和流量损失	226
六、液压传动功率的计算	227
复习题	228
习题	228

第十八章 液压元件 230

第一节 液压泵	230
一、液压泵的工作原理及必备条件	230
二、常用液压泵的种类	231
三、液压泵的选择	234
四、使用液压泵的的注意事项	235

* 五、液压泵的故障分析与排除	235
第二节 液压缸和液压马达	235
一、液压缸	235
二、液压缸的密封、排气和缓冲	240
三、液压马达	241
* 四、液压缸的故障分析与排除	243
第三节 液压控制阀	243
一、方向阀	243
二、压力阀	248
第四节 液压辅助装置	252
一、过滤器	252
二、蓄能器	253
三、油管 and 管接头	253
四、油箱	253
第五节 液压系统基本回路	254
一、几种典型的基本回路	254
* 二、基本回路应用的举例	256
第六节 液压系统的使用维护和保养	257
一、使用液压设备应具备的基本知识	257
二、液压系统的维护保养	257
复习题	258

第十九章 气压传动基础

第一节 气压传动概述	259
一、气压传动的特点	259
二、气压传动与液压传动的区别	260
第二节 气压传动系统的工作原理和组成	260
一、气压传动系统的工作原理	260
二、气压传动系统的组成	260
三、气动元件	261
第三节 气动基本回路	262
第四节 气动系统的故障分析与排除	264
一、压缩空气杂质引起气动系统的故障	264
二、气动元件的故障	265
复习题	267

附录 型钢表

参考文献



绪 论

人类通过长期的生产实践活动,创造了各种劳动工具和机械,增强了同大自然斗争的本领,发展了生产力,推进了社会进步。

迄今为止,各行各业以及国防和科学研究中都离不开机械设备。或者说,用机械设备进行生产是现代化生产的主要方式。可靠的,高效能的机械设备是保证生产实施和确保产品质量的必要条件。因此,在生产、科研实际活动中,各行各业的工程技术人员和管理人员不可避免地会遇到许多机械设备方面的问题,如机械设备的选用,安装、调试、使用、维护以至对机械设备进行必要的改造、革新等。要想妥善地解决这些问题,就应了解或掌握必要的机械方面的知识。因此,各类专业技术、管理人员不仅需要掌握足够的专业知识,还必须掌握一定的机械基础知识,才能适应现代化工业生产的要求。

作为高等工科院校,责无旁贷地应培养出上述的适应社会发展需要的人才。但是,由于专业要求不同及学时数的限制,在非机械类专业的教学中,不可能设置有关机械方面的一系列课程。因此,把有关机械方面必要的基础知识和技术理论结合起来,培养学生对机械方面的基本分析能力及进行简单设计和选择设备的初步能力的任务,就由本课程来完成。

对机械的研究是以力学理论为基础的,工程材料是制造机械的物质基础,常用的“机构、机械传动与零件”是机械基础的主题部分。另外,液压与气压传动是近几十年来的一类较新的传动方式,在现代化生产中,液、气压装置的应用日益广泛,具备这方面的知识对很多专业也是很必要的。考虑到这些情况,并照顾到有关学科的传统体系和便于组织教学,本书共由四部分内容组成。

1. 工程力学:主要介绍物体的受力分析和计算,构件在外力作用下的变形和破坏规律,强度和刚度的计算方法及相关知识。是本书和机械工程计算的理论基础。

2. 工程材料:主要介绍工程中常用的金属和非金属材料的性能、特点、应用场合等基础知识。

3. 机械基础知识:主要介绍机械中常用的机构、机械传动和通用零件的工作原理、结构特点和简化计算方法,为选择、使用和维护机械设备中常用的机械传动装置提供必要的基础知识。

4. 液压传动与气压传动:主要介绍液压传动与气压传动的原理,常用元件的工作原理、特点和应用,基本液压传动与气压回路等基本内容。

由以上论述可见,机械基础是一门包含广泛内容的技术基础课,学生不仅要学会必要的机械基础知识,而且还需要受到一定的基础技能(如正确运算、查阅手册、图文表达等)训练,为以后顺利学习专业课和从事技术工作、管理工作奠定基础。

应该指出,本书旨在对机械方面的一般知识作一较系统的介绍。并不要求读者通过本书学习能具备复杂设计计算的能力。但是,本书在内容和编排上又具有一定的广度和深度,以

便读者掌握必要的基本理论、基本知识和基本方法。

还应指出,本书所介绍的许多设计计算方法是尽可能简化了的。用它们可以解决一些简单的生产实际问题,但对于重要的复杂机械,则应采用更加精确和完善的设计方法。这类方法一般都比较复杂,牵涉因素较多,需要较为深厚的理论作基础和完成较大的计算工作量,因此应参阅有关专著方能解决;本书一般仅提示解决方向,不做具体研究。

关于学习方法,应该注意到本书是属于应用性质的课程,具有综合性和实践性较强的特点。在学习时,不仅要注重理论性内容的学习,通过解题来提高运用基本理论去分析和解决问题的能力;还应注意实践能力的培养,并考虑通过实验以及对生活和生产中的现有机械观察、分析和比较,逐步掌握设计的基本方法。因此,学习时应做到理论与实践并重。