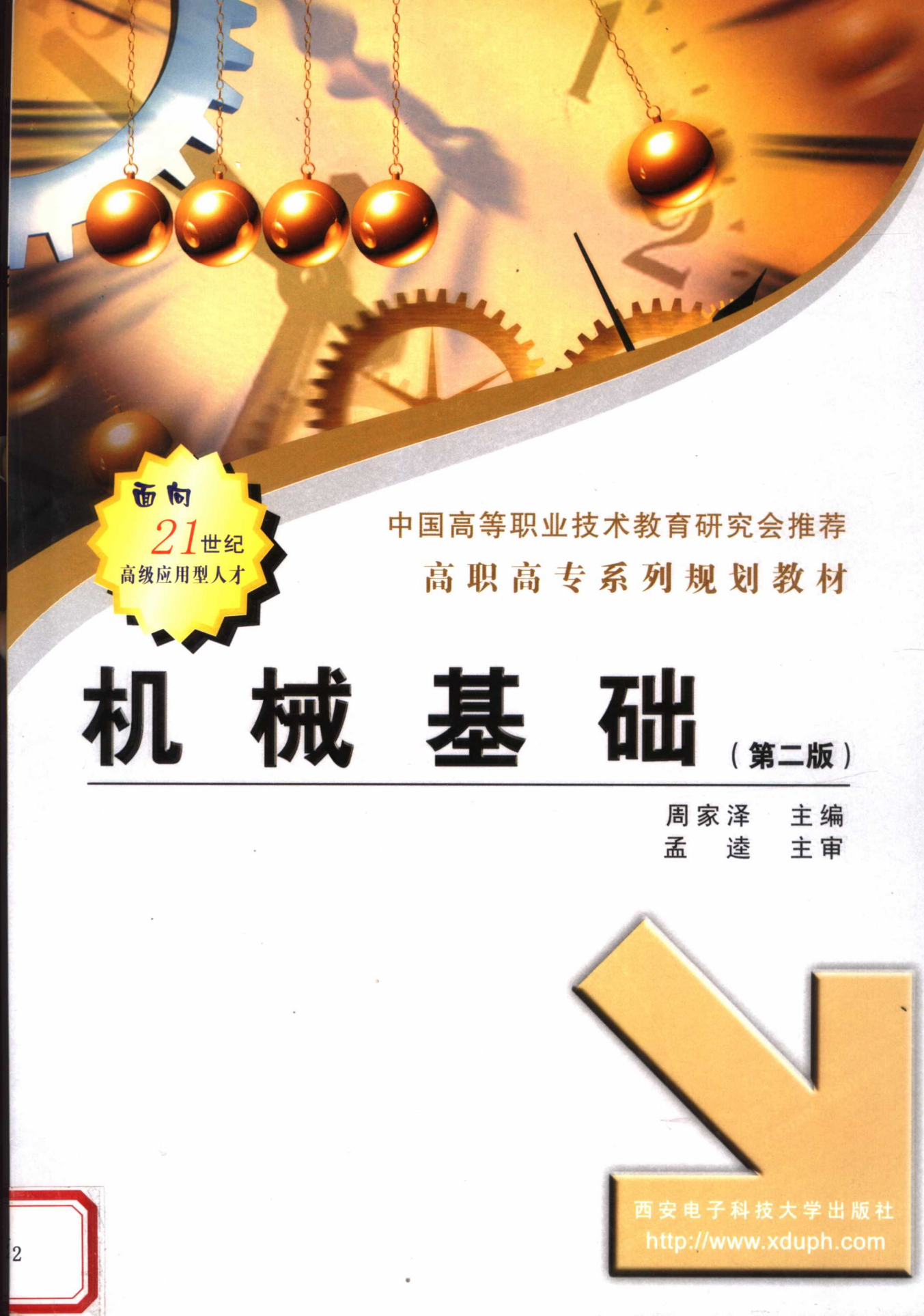




面向
21世纪
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列规划教材

机械基础

(第二版)

周家泽 主编
孟 逵 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

内 容 简 介

本书是为适应我国迅猛发展的高职教育而编写的改革教材。本书结合职业教育的特点,注意取材的应用性与实用性,注重培养学生应用理论知识解决实际问题的能力。全书共 10 章,主要内容有工程材料及热处理、构件的外力和平衡计算、构件的内力和强度计算、极限与配合基础、平面机构运动、平面连杆机构、凸轮机构和齿轮机构、螺纹联接和键联接、轴系零件、机电一体化等。本书适用学时数为 80~100 学时,教师可根据实际情况适当增减。书中带 * 号的章节为选讲内容。

本书可作为高职高专、成教等学校电类、近机械类专业“机械基础”课程的教材,也可作为中等职业学校机械类相关课程的教材,还可供自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/周家泽主编. 2 版. —西安:西安电子科技大学出版社, 2007. 7

(高职高专系列规划教材)

中国高等职业技术教育研究会推荐

ISBN 978-7-5606-1361-1

I. 机… II. 周… III. 机械学—高等学校:技术学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 064154 号

责任编辑 段 蕾 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb@pub. xaoonline. com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2007 年 7 月第 2 版 2007 年 7 月第 4 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16

字 数 370 千字

印 数 16 001~20 000 册

定 价 20.00 元

ISBN 978-7-5606-1361-1/TH·0033

XDUP 1632012-4

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

1999 年以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材预计在 2004 年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李家亮

2002 年 12 月

机电类专业高职高专规划教材编审专家委员会

主任：刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）

副主任：方 新（北京联合大学机电学院副院长，教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑，教授）

成 员：（成员按姓氏笔画排列）

刘守义（深圳职业技术学院工业中心主任，副教授）

李七一（南京工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

李望云（武汉职业技术学院机械系主任，副教授）

宋文学（西安航空技术高等专科学校机械系主任，副教授）

邱士安（成都电子机械高等专科学校机电工程系主任，副教授）

胡德淦（郑州工业高等专科学校机械工程系副教授）

高鸿庭（上海电机技术高等专科学校机械系副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自控与电子工程系主任，副教授）

蒋敦斌（天津职业大学机电工程系教授）

董建国（湖南工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

翟 轰（陕西工业职业技术学院院长，教授）

项目总策划：梁家新

项目策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

为实现高等教育发展的大众化,近十年来,我国高等职业技术教育发展速度迅猛,并随着我国与国际接轨步伐的加快,培养大批具有高级技能的高职人才成为当务之急。高职人才教育是培养综合能力很强的银领型人才,即培养直接在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备调试等的高级技能人才。这类人才要求具备扎实的理论基础与较强的实际动手能力。

为了适应职业教育发展的需要,2004年我们编写了《机械基础》一书,几年来,使用效果反映很好。考虑到读者在使用过程中反映的问题和提出的建议,为了使教材内容更加完善,作者征求了各方面的意见,对第一版的部分内容做了修订。

本次修订的宗旨是使原版教材系统性更强,逻辑更严密,理论知识的介绍更加准确和科学。为此,我们对原版教材的结构稍做了调整,将原来的“极限与配合基础”一章由第1章调到了第4章;对一些理论知识的介绍及其相关例题进行了完善,更正了原版教材中存在的一些错误;另外,对部分章节增加了习题量,使读者能够通过更多的应用更好地掌握理论知识。本教材适用于高职高专院校电类、近机械类专业“机械基础”课程的教学,也适用于工商管理、自动控制、外语翻译等专业人才对机械基础知识的补充与学习。

本书由武汉职业技术学院周家泽副教授主编,并对全书重新做了修订和统稿;参加编写的有武汉职业技术学院吴爱群副教授、艾小玲副教授;全书由郑州工业高等专科学校孟遼副教授主审。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,欢迎同行及广大读者提出批评和改进意见,以期共同推进高职教材的改革。

编 者

2007年4月

第一版前言

为适应现代科学技术和社会经济发展的需求,我国近几年高等技术教育的发展方兴未艾,速度迅猛。高职人才是培养实际能力很强的应用型人才,培养直接在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备的调试与应用的高级技术应用型人才。这类人才要求有较强的理论应用能力与实际动手能力,有较宽较广的知识面,具有机、电的基础知识,而老教材已经不适应当今高职人才培养的需求。

为适应这种形势发展的需要,培养更多更好的学科交叉型人才成为当务之急。我们的这本《机械基础》教材,正是为适应这种形势发展的需要而编写的,它适用于近机械类、非机械类、电类、自动控制、数控加工等专业的高职高专人才对机械基础知识的补充与学习。

根据国家教材规划对职业教育的少学时、宽内容的要求,全书总学时数定在80~120学时。本书内容广泛、通俗易懂、好教好学。基本知识点的选取以机械方面必需的常识为主,一改过去教科书理论过强、内容较深的传统,使学生掌握必需的知识群。

本书有如下特点:

- 重组体系。本书对机械类各学科教材中各章、节进行了分离与综合,把相似相关的内容并在一起,章节既独立又紧密联系,便于教学中取舍。内容包括极限与配合、工程材料、工程力学、机械设计基础等知识。

- 注重应用。本书着重基本知识的应用与实践,尽量减少理论推导与计算部分的内容,列举的工程图例、实例多,便于理解与学习。

- 更新内容。按照国家职教司对高职生宽、专、多、能的要求,对基本知识点进行了扩充,加进机电一体化和工业机器人等内容,使之与平面机构等章节内容紧密配合,便于学习与应用。

- 实用性好。本书收编了较多的与机械基础有关的图表、标准、实用图例,以便查找应用。

本书由武汉职业技术学院周家泽副教授主编,由郑州工业高等专科学校孟遑副教授主审。参加编写的有武汉职业技术学院吴爱群老师(第5、6、8、9章,第7章部分)、艾小玲老师(第2章)、全沅生老师(第3、4章)、周家泽副教授(绪论、第1、10章,第7章部分;全书统稿)。

作为高等教育改革教材的尝试,本书难免存在不足之处,欢迎广大同行及读者提出批评和改进意见。本人愿与同行共同推进教材改革。

编者

2003年11月

目 录

绪论	1
第 1 章 工程材料及热处理	3
1.1 金属材料的力学性能	3
1.1.1 强度和塑性	3
1.1.2 硬度	6
1.1.3 冲击韧性	8
1.1.4 疲劳强度	9
1.2 铁碳合金相图	10
1.2.1 纯铁、铁碳合金相结构	10
1.2.2 铁碳合金相图	13
1.2.3 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	18
1.3 钢的热处理	19
1.3.1 钢的普通热处理	20
1.3.2 钢的表面热处理	23
1.4 碳钢与合金钢	25
1.4.1 碳钢	25
1.4.2 合金钢的分类及编号	27
1.4.3 合金结构钢	28
1.4.4 合金工具钢	31
1.4.5 特殊性能钢	34
1.5 铸铁	35
* 1.6 非金属及新型材料	37
1.6.1 工程塑料	37
1.6.2 陶瓷材料	39
1.6.3 复合材料	39
1.6.4 纳米材料	40
习题 1	42
第 2 章 构件的外力和平衡计算	43
2.1 基本概念	43
2.2 基本理论及定理	44
2.3 构件的受力图	46
2.3.1 约束及约束反作用力	46
2.3.2 受力图	48
2.4 构件的平衡计算	50

2.5 摩擦及考虑摩擦时的平衡问题	53
2.5.1 静滑动摩擦	54
2.5.2 动滑动摩擦	55
2.5.3 考虑摩擦时的平衡问题	55
习题 2	58
 第 3 章 构件的内力和强度计算	65
3.1 强度计算的基本概念	65
3.2 内力与截面法	66
3.2.1 截面法的概念	66
3.2.2 截面法的应用	66
3.3 杆件的内力图	70
3.4 杆件的应力及强度计算	75
3.4.1 杆件应力的概念	75
3.4.2 杆件的强度计算	76
习题 3	84
 第 4 章 极限与配合基础	88
4.1 极限的基本概念	88
4.1.1 互换性及其标准化	88
4.1.2 极限的基本术语和定义	89
4.2 配合的基本概念	92
4.2.1 配合的基本术语和定义	92
4.2.2 配合公差	93
4.2.3 孔与轴	95
4.2.4 极限与配合应用简介	100
4.3 形位公差与表面粗糙度简介	104
4.3.1 形位公差	104
4.3.2 表面粗糙度	107
习题 4	111
 第 5 章 平面机构运动	112
5.1 机器的组成	112
5.2 运动副及机构运动简图	113
5.2.1 平面机构的运动副	113
5.2.2 机构运动简图	114
5.3 平面机构的自由度	117
5.3.1 构件的自由度及其约束	117
5.3.2 平面机构自由度的计算	117
5.3.3 计算平面机构自由度时应注意的问题	118
5.3.4 平面机构具有确定运动的条件	121
习题 5	122

第 6 章 平面连杆机构	123
6.1 铰链四杆机构	123
6.1.1 铰链四杆机构的组成	123
6.1.2 铰链四杆机构的基本类型及应用	123
6.1.3 铰链四杆机构有曲柄的条件	125
6.2 含有一个移动副的平面四杆机构	126
6.2.1 曲柄滑块机构	126
6.2.2 偏心轮机构	127
6.2.3 导杆机构	128
6.2.4 摇块机构和定块机构	129
6.3 平面四杆机构的工作特性	130
6.3.1 急回特性	130
6.3.2 压力角和传动角	131
6.3.3 死点位置	132
* 6.4 平面四杆机构设计简介	134
6.4.1 按给定的行程速比系数设计四杆机构	134
6.4.2 按给定连杆的两个或三个位置设计四杆机构	135
习题 6	136
 第 7 章 凸轮机构和齿轮机构	 138
7.1 概述	138
7.1.1 凸轮机构的组成	138
7.1.2 凸轮机构的分类	139
7.2 从动件的常用运动规律	141
7.2.1 等速运动规律	142
* 7.2.2 等加速等减速运动规律	143
7.3 凸轮轮廓曲线的设计	145
7.3.1 尖顶对心直动从动件盘形凸轮	145
7.3.2 对心滚子移动从动件盘形凸轮	146
7.3.3 摆动从动件盘形凸轮	147
7.3.4 凸轮机构设计中的几个问题	148
7.3.5 凸轮的材料、加工及固定	150
* 7.4 CAD 方法在凸轮轮廓曲线设计中的应用	153
7.4.1 建立平面凸轮轮廓曲线的方程	154
7.4.2 程序运行及框图	155
7.5 齿轮机构简介	157
7.5.1 齿轮机构的特点及分类	157
7.5.2 渐开线齿轮齿廓的形成	158
7.5.3 渐开线齿轮的几何尺寸	158
7.5.4 渐开线齿轮的传动特点	161
* 7.6 其他常用齿轮机构	161
7.6.1 斜齿圆柱齿轮机构	161
7.6.2 圆锥齿轮机构	165

7.7 蜗杆机构	168
7.7.1 蜗杆机构的组成和类型	168
7.7.2 蜗杆传动的特点	168
7.7.3 主要参数	169
7.7.4 蜗杆传动回转方向的确定和几何尺寸计算	171
习题 7	173
第 8 章 螺纹联接和键联接	175
8.1 螺纹的分类与主要参数	175
8.1.1 螺纹的分类	175
8.1.2 螺纹的主要参数	176
8.2 螺纹联接的预紧与防松	177
8.2.1 螺纹联接的基本类型	177
8.2.2 螺纹的预紧	179
8.2.3 螺纹的防松	179
8.2.4 螺栓组联接的结构设计中应注意的问题	180
8.3 键联接的分类及选用	183
8.3.1 键联接的类型	183
8.3.2 键的选用	186
习题 8	187
第 9 章 轴系零件	188
9.1 轴的分类和轴的材料	188
9.1.1 轴的分类	188
9.1.2 轴的材料	190
9.2 轴的结构设计	191
9.2.1 轴头、轴颈和轴身	191
9.2.2 轴上零件的轴向定位与固定	192
9.2.3 轴上零件的周向固定	193
9.2.4 轴的结构工艺性	193
9.2.5 提高轴的疲劳强度的措施	194
9.2.6 轴的强度计算简介	195
9.3 滑动轴承简介	195
9.3.1 滑动轴承的应用、类型及选用	195
9.3.2 滑动轴承的结构形式	196
9.3.3 轴瓦的结构和轴承的材料	199
9.4 滚动轴承的结构、类型及代号	201
9.4.1 滚动轴承的结构和材料	201
9.4.2 滚动轴承的类型和特点	202
9.4.3 滚动轴承的代号	206
9.5 滚动轴承的选择	209
9.6 滚动轴承的组合结构设计	210
9.6.1 滚动轴承的轴向固定	210

9.6.2 滚动轴承支承的轴系结构	213
9.6.3 滚动轴承轴向间隙及其组合位置的调整	214
9.6.4 滚动轴承的游隙和预紧	215
9.6.5 滚动轴承的配合	217
9.6.6 滚动轴承的装拆和润滑	217
习题 9	218
第 10 章 机电一体化	220
10.1 机电一体化概述	220
10.1.1 机电一体化系统的结构要素	220
10.1.2 机电一体化系统的组成	222
10.2 机电一体化系统分析	223
10.2.1 机电一体化对机械传动的要求	223
10.2.2 机电一体化机械系统分析	224
10.2.3 机电一体化机械系统设计	225
10.3 机电一体化典型传动装置及机器	226
10.3.1 精密传动零件	226
10.3.2 谐波齿轮减速器	229
10.3.3 机电一体化的典型机器	231
10.4 工业机器人	234
10.4.1 工业机器人概述	234
10.4.2 机器人的组成	237
10.4.3 工业机器人的类型	238
10.4.4 工业机器人的应用	240
习题 10	242
参考文献	243

绪 论

一、机械基础课程的研究对象和内容

随着以信息科技为重要标志的高新技术的飞速发展,新技术正在改变着世界的面貌,推动着知识经济时代的到来,也对当今的高等教育提出了挑战,即要求人才知识结构的交融性和教学内容的实践性,要求教材降低专业重心,拓宽学科基础。机械基础正是一门这样的应用型学科。它对教学内容进行了整合,涉及实际工作的各个领域,如机械、运输、电子、航空等等,为这些领域的产品开发、设计、制造、维护及运行提供了必要的基础知识,适应现代经济社会发展的需要。

本课程主要研究的是非机械类专业中所必需的机械常识,即非机械类专业的学生应掌握的常用的机械基本理论知识,包括常用的工程材料、力学基础、极限与配合、机构的组成和工作原理及运动的简单特性、常用机械零件、机电一体化、工业机器人等知识。

二、机械基础课程的性质和作用

本课程要求学生的形象思维、感知感觉、实践、空间想象等能力都较好,所以学习者要注重培养自己的这些能力,才能学好本课程。

本书为非机械类专业的学生学习专业课程提供了必要、实用的机械理论基础知识,使从事设计、工艺、翻译、现场管理的非机械类工程师及工程技术人员获得在创新设计、设备使用和维护、营销等方面必要的机械专业基础知识。

机械基础课程可为当今各类人材如电子工程师、外企翻译、经济管理人员等提供必需、够用的机械基础常识,使其拓宽学科知识,提高就业能力,更好地为社会服务。

三、机械基础课程的学习方法和目的

非机械类学生学习本课程应注意各章节的独立性和发散性,还要注意各章节的内在联系和逻辑性。学习本课程时应加强各方面知识的融会贯通。

本课程由工程材料、力学基础、极限与配合、机械原理、机电一体化等几方面内容组成,其基本学习要求如下。

(1) 工程材料方面:了解材料的强度、刚度、塑性、硬度等常用概念;了解钢铁材料热处理工艺在零部件加工过程中的地位和作用;掌握常用工程材料(碳钢、合金钢、不锈钢、铸铁)、非金属及新型材料的分类、牌号、性能和用途,以便认知常用的金属材料。

(2) 力学基础方面:建立力的概念,认识力在我们周围的环境中无处不在,无处不有。例如,人天天要坐在板凳上,构成了人与板凳之间的作用力与反作用力。力学的理论性、应用性较强,特别要注重实践。学习时应在观察工程实际的基础上,了解杆件的外力与内

力,了解力的分析方法,掌握力的基本规律及简单的计算方法。

(3) 极限与配合方面:建立标准与互换性的理念;了解产品规范化的概念;了解尺寸公差、公差带;了解尺寸配合、表面粗糙度、极限与配合的国家标准等基本理论的应用。

(4) 机械原理方面:了解与掌握常用机器和机构(如平面连杆机构、凸轮机构和齿轮机构)的组成形式、运动方式、工作原理、选用原则及在实际中的应用。

(5) 机电一体化方面:了解机电一体化的概念;了解现代工业机器人的发生、发展及在现代化工业生产中的应用。

第1章 工程材料及热处理

提要

本章的内容主要包括金属材料的力学性能(机械性能)、金属学的基本知识、钢的热处理、金属材料的性能及应用等。要求学生通过学习掌握常用机械工程材料的性能与应用;具备合理选择材料和选定一般零件热处理工艺及方法的能力。

1.1 金属材料的力学性能

为了更好地选用工程材料,应充分了解材料的性能。材料的性能包括使用性能和工艺性能。材料的使用性能是指材料在保证机械零件或工具正常使用状态下应具备的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能等;材料的工艺性能是指材料在机械零件或工具制造中应具备的性能,它包括切削加工性能、铸造性能、压力加工性能、焊接性能以及热处理性能等。

材料的力学性能是指材料抵御载荷(即外力)作用的能力,它包括强度、刚度、硬度、塑性、韧性和疲劳强度等。力学性能是设计和制造零件最重要的指标,也是控制材料质量的主要参数。制造各类构件的原料都要满足规定的性能指标。

1.1.1 强度和塑性

1. 强度

材料在受载荷过程中一般会出现三个过程,即弹性变形、塑性变形和断裂。弹性变形是指材料在载荷卸除后能恢复到原形的变形,而塑性变形是指材料在载荷卸除后不能恢复到原形的变形。对于不同类型的载荷,这三个过程的发生和发展是不同的。使用中一般多用静拉伸试验法来测定金属材料的强度和塑性指标。低碳钢试棒的拉伸过程具有典型意义。将拉伸试棒按 GB 6397—86 的规定,制成如图 1-1 所示的形状,在拉伸试验机上缓慢增加载荷,记录载荷与变形量的数值,直至试样被拉断为止,便可获得如图 1-2 所示的载荷与变形量之间的关系曲线,即拉伸曲线。

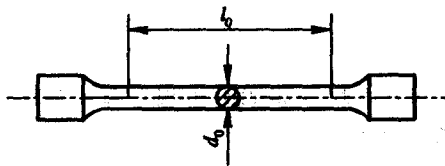


图 1-1 钢的拉伸试棒

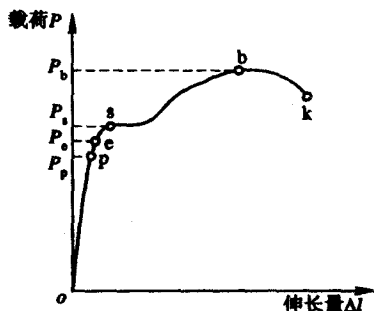


图 1-2 退火低碳钢拉伸曲线

当载荷不超过 P_e 时,若除去载荷,则试棒恢复到原来形状,我们称这一阶段的变形为弹性变形。在此阶段载荷与伸长量成正比关系,载荷 P_e 是使试棒只产生弹性变形的最大载荷。此时若卸除载荷,试样能完全恢复到原来的形状和尺寸,即试样处于弹性变形阶段。

当载荷超过 P_e 时,卸除载荷后,试棒不能恢复到原来的状态,即产生了塑性变形。当载荷增加到 P_s 时,曲线出现一个小平台,此平台表明不增加载荷试棒仍继续变形,好像材料已经失去抵御外力的能力了,这种现象称为屈服。继续增加载荷,材料继续伸长,此时试样已产生很大的塑性变形,直到增至最大载荷 P_b 时为止。在这一阶段,试棒沿整个长度均匀伸长。当载荷达到 P_b 后,试棒就在某个薄弱部分出现“颈缩”。由于试棒局部截面积的逐步减小,试棒所能承受的载荷也逐渐降低,直到最终断裂。

强度是指材料在载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。

无论何种材料,其内部原子之间都具有平衡的原子力相互作用,以使其保持固定的形状。材料在外力作用下,其内部会产生相应的作用力以抵抗变形,这种作用力称为内力。材料单位截面上承受的内力称为应力,用 σ 表示。

$$\sigma = \frac{P}{F_0}$$

式中: σ ——应力(MPa);

P ——载荷(N);

F_0 ——试样的原始截面面积(mm²)。

金属材料的强度是用应力来表示的。常用的强度指标有弹性极限、屈服强度和抗拉强度。

1) 弹性极限

弹性极限是试样在弹性变形范围内所能承受的最大拉应力,用符号 σ_e 表示,即

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0}$$

式中: σ_e ——弹性极限(MPa);

P_e ——试样只产生弹性变形的最大载荷(N);

F_0 ——试样的原始截面面积(mm²)。

2) 屈服强度

试棒屈服时的应力为材料的屈服点,称为屈服强度,用 σ_s 表示。 σ_s 表示金属抵抗少量塑性变形的应力,即

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

式中: σ_s ——屈服强度(MPa);

P_s ——试样屈服时的载荷(N);

F_0 ——试样的原始截面面积(mm²)。

很多金属材料,如大多数合金钢、高碳钢、铸铁等的拉伸曲线不出现平台,即没有明显的屈服现象,因此工程上规定以试样发生某一微量塑性变形(0.2%)时的应力作为这类材料的屈服强度,称为材料的条件屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。屈服强度是评定材料质量的重要力学性能指标。

3) 抗拉强度

抗拉强度是指试样在被拉断前所承受的最大拉应力,即

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

式中: σ_b ——抗拉强度(MPa);

P_b ——试样在断裂前的最大载荷(N);

F_0 ——试样的原始截面面积(mm²)。

σ_b 代表金属材料抵抗大量塑性变形的能力,也是零件设计的主要依据之一。

一般情况下,机器构件都是在弹性状态下工作的,不允许发生微小的塑性变形,所以在机械设计时应采用 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 强度指标,并加上适当的安全系数。

σ_s/σ_b 称为屈强比,是一个很有意义的指标。一般情况下要求屈强比稍高些为好。屈强比值越大,越能发挥材料的潜力,减少结构的自重。但为了安全起见,其值亦不宜过大,适合的比值在 0.65~0.75 之间。

2. 刚度

在外力作用下,材料抵抗弹性变形的能力称为刚度。衡量刚度大小的指标是弹性模量。弹性模量是材料在弹性变形范围内,应力与应变(即试样的相对伸长量 $\Delta l/l_0$) 的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_{弹}}$$

式中: E ——弹性模量(Pa);

σ ——在弹性范围内的应力(Pa);

$\epsilon_{弹}$ ——在弹性范围内的应变(%)。

弹性模量 E 是表征在拉伸力作用下,金属抵抗弹性伸长的能力。金属的 E 愈大,金属抵抗弹性伸长的能力就愈强。

3. 塑性

金属材料在载荷作用下,在断裂前产生塑性变形的能力称为塑性。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 两种。

1) 伸长率

伸长率是试样被拉断时的标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比,用符号 δ 表示,即

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中: L_0 ——试样原始标距长度(mm);

L_1 ——试样拉断时的标距长度(mm)。

在材料手册中常常可以看到 δ_5 和 δ_{10} 两种符号,它分别表示用 $L_0 = 5d_0$ 和 $L_0 = 10d_0$ (d_0 为试样直径)两种不同长度试样测定的伸长率。对同一种材料所测得的 δ_5 和 δ_{10} 的值是不同的, δ_5 要大于 δ_{10} ,如钢材的 δ_5 大约为 δ_{10} 的 1.2 倍,所以相同符号的伸长率才能进行比较。 δ_{10} 常用 δ 来表示。

2) 断面收缩率

断面收缩率是指试样被拉断时,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分

比, 用符号 ψ 表示, 即

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \times 100\%$$

式中: F_k ——试样被拉断时缩颈处最小横截面积(mm^2);

F_0 ——原始截面面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样标距长度的影响, 因此能更可靠地反映材料的塑性。对必需承受强烈变形的材料, 塑性指标具有重要意义。塑性优良的材料冷压成形性好。重要的受力零件都要求具有一定塑性, 以防止超载时发生断裂。

伸长率和断面收缩率也表明材料在静态或缓慢增加的拉伸应力下的韧性。

塑性指标不能直接用于零件的设计计算, 只能根据经验来选定材料的塑性, 一般来说, 伸长率达 5% 或断面收缩率达 10% 的材料, 即可满足绝大多数零件的要求。

1.1.2 硬度

硬度是材料表面抵抗局部塑性变形的能力, 是反映材料软硬程度的力学性能指标。硬度是材料的一个重要指标, 其测试方法简便、迅速, 不需要专门的试样, 也不损坏试样, 设备也很简单, 而且大多数金属材料可以从硬度值估算出其抗拉强度。硬度值是通过试验测得的。目前, 应用最广的测试硬度的方法是布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等试验。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验原理如图 1-3 所示。用一规定直径(D 为 10.5 mm 或 2.5 mm) 的淬火钢球或硬质合金球以一定的试验力压入所测表面, 保持一定时间后卸除试验力, 随即在金属表面出现一个压坑(压痕)。以压痕单位面积上所承受的试验力的大小确定被测材料的硬度值, 用符号 HBS(淬火钢球压头)或 HBW(硬质合金钢球压头)表示, 如 45 钢调质后其硬度为 220~240 HBS。

$$\text{HBS} = \frac{P}{F} = 0.102 \frac{P}{\pi D H} \text{ N/mm}^2$$

式中: P ——试验力(N);

F ——表面积(mm^2);

H ——压痕深度(mm);

D ——压头直径(mm)。

由于压痕深度 H 的测量比较困难, 而测量压痕直径 d 比较方便, 因此上式中 H 可换算成压痕直径 d , 即

$$\text{HBS} = 0.102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中: d ——压痕直径(mm)。

试验时用刻度放大镜测出压痕直径后, 就可以通过计算或查布氏硬度表得出相应的硬度值。布氏硬度习惯上不标注单位。

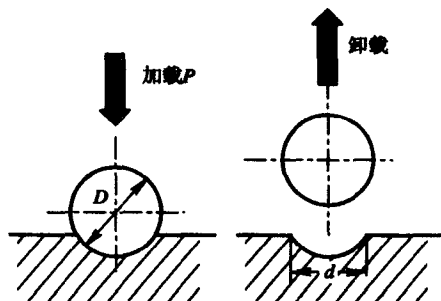


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图