



普通高等教育“十二五”机械类规划教材

精品推荐



机械设计基础

乔峰丽 郑江 主编

- 精品课程配套教材
- 采用最新国家标准
- 配套习题、答案、课件等丰富资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机械类规划教材

机械设计基础

乔峰丽 郑江 主 编

吴秀玲 苗鸿宾 薄瑞峰 副主编
张清 李瑞琴 梅瑛

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书的主要内容包括机械运动与动力设计、机械精度设计、机械工作能力与结构设计三篇内容。其中第一篇主要包括典型机构的运动分析、设计与工作综合应用和机器运动速度波动调节与回转件平衡；第二篇主要包括光滑圆柱表面的公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、圆柱齿轮传动公差、典型零件的公差选用与标注实例；第三篇主要包括连接件的设计与应用、机械传动及总体方案分析与工程应用、联轴器与离合器的选用、弹簧的设计等内容。

本书既注重每章内容的工程背景材料，又注重各章内容之间的综合及其工程应用分析，并引入了大量的工程实例，以加强读者的工程意识和创新意识的培养。同时增加了机械精度设计的内容，这样就使得没有“公差与互换性”基础的读者也能够在这本书基础上进行机械系统及机械整体的结构设计。

本书可作为高等院校机械及其他相关专业的教材，也可作为机械行业广大从业者的自学教材和参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 乔峰丽, 郑江主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.1

普通高等教育“十二五”机械类规划教材

ISBN 978-7-121-12166-1

I. ①机… II. ①乔…②郑… III. ①机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 213695 号

责任编辑: 朱清江 特约编辑: 钟永刚

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 26.5 字数: 678 千字

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着科学技术的发展和制造过程的机械化、自动化水平的提高,在冶金、石油、化工、采矿、动力、土建、轻纺、交通运输和食品加工等行业工作的工程技术人员,都会不同程度地接触到各种类型的通用、专用机械装备的使用、维护、改进等问题,并必须应用一定的机械设计基础知识予以解决。“机械设计基础”是高等工科院校培养学生具有一定机械设计能力的一门技术基础课程。通过本课程的学习,可以获得认识、使用和维修机械装备的基本知识,并具有运用机械设计图册、标准、规范、手册及设计简单机械传动装置的能力,为深入学习有关专业机械装备的课程和提高分析解决机械工程技术问题的能力奠定必要的基础。

但是,以往的课程教学往往存在着重视理论知识培养,轻视应用能力和创造能力培养的问题,使传授知识与培养能力相脱离,造成工程实践环节教学薄弱,使得学生实践知识少与课程实践性强形成了突出的矛盾,已不适应我国改革开放的新形势和社会主义市场经济体制的新要求,也不适应世界科学技术发展的新趋势和新特点,难以培养 21 世纪我国社会主义市场经济和激烈的国际竞争中需要占据主动地位的人才。

为此,我们组织并完成了“机械设计课程实践性环节的教学改革”,“机械基础系列课程和教学改革综合研究与实践”等重点教学研究课题,获得多项教学成果奖。本教材正是以教学改革成果为基础,打破传统的教材模式和体系,以学生机械设计能力和创新能力的培养为主线,以加强工程实践教育为核心,以机械设计与创新过程为内容,建立新的教材模式和体系而编写的。本教材既注重了每章内容的工程背景材料,又注重了各章内容之间的综合及其工程应用分析,并引入了大量的工程实例,以加强学生的工程意识和创新意识的培养。各章内容之后都安排了一节工程应用的内容,相关章节之后,还安排了一章综合应用的内容。

《机械设计基础》教材编写指导思想是贯彻教育部关于面向 21 世纪高等工程教育内容和课程体系改革指示精神和高等学校工科机械原理与设计教学指导小组《机械设计课程教学改革指南》文件精神,结合《高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求》,以培养学生工程实践能力、综合机械设计能力和创新能力为核心,以机械产品创新过程为主线,更新教学内容,优化课程体系,加强课程内容之间在逻辑和结构上的联系与综合。删除繁杂陈旧并与其他课程内容孤立割裂的旧理论和方法,增加反映现代科学技术发展的新内容,采用与机械设计有关的最新国标内容,对教材内容进行重组、融合和整体优化,使整个教材内容形成一个以培养学生工程实践和创新能力为目标的机械设计基础课程体系,充分体现系统分析和综合设计能力培养的宗旨;突出创新设计和总体方案设计能力的培养。本教材着重基本概念的理解和基本设计方法的掌握,不强调系统的理论分析;着重理解公式建立的前提、意义和运用,不强调对理论公式的具体推导;注意密切联系生产实际,努力培养解决工程实际问题的能力。

本教材主要包括机械运动与动力设计、机械精度设计和机械工作能力与结构设计等三篇。其中第一篇主要包括典型机构的运动分析、设计与工程综合应用;机器运动速度波动调



节与回转件平衡。第二篇主要包括光滑圆柱表面的公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、圆柱齿轮传动公差和典型零件的公差选用与标注实例。第三篇主要包括连接件的设计与应用、机械传动及总体方案分析与工程应用、联轴器与离合器的选用、弹簧的设计等内容。

本书由中北大学机械设计课程组组织编写，乔峰丽、郑江担任主编，吴秀玲、苗鸿宾、薄瑞峰、张清、李瑞琴、梅瑛担任副主编。参加本教材编写的人员有：乔峰丽（第1章、第2章）、郑江（绪论、第21章）、吴秀玲（第9章、第10章）、薄瑞峰（第15章、第17章、第18章、第19章）、苗鸿宾（第3章、第4章、第5章）、张清（第24章、第25章、第26章）、梅瑛（第22章）、李瑞琴（第14章）、孙虎儿（第16章、第20章）、李戈（第6章）、马长安（第7章）、董亚峰（第8章）、程志刚（第11章、第12章、第13章）、闫建新（第23章）。

在本教材编写过程中，曾得到许多专家和同行的热情支持，并参考和借鉴了许多国内外公开出版和发表的文献，在此一并致谢。

尽管编者已经竭尽全力，但由于时间仓促，水平有限，书中可能存在不妥或疏漏之处，恳请广大师生、读者批评指正。

编 者



目 录

绪论	1	2.1 铰链四杆机构的基本形式	23
课程的性质、地位、研究对象和任务	1	2.1.1 曲柄摇杆机构	24
一、课程的性质和地位	1	2.1.2 双曲柄机构	24
二、课程的研究对象	2	2.1.3 双摇杆机构	26
三、课程的任务	3	2.2 铰链四杆机构曲柄存在条件	26
课程研究的主要内容	4	2.3 铰链四杆机构的传动特性	27
一、机械系统运动学和动力学分析	4	2.3.1 急回特性及其应用	27
二、机械精度设计	4	2.3.2 压力角与传动角的概念	29
三、机械的工作能力和结构设计	5	2.3.3 死点	30
机械设计的基本要求和一般进程	6	2.4 铰链四杆机构演化	31
一、机械设计的基本要求	6	2.4.1 转动副转化成移动副	31
二、机械设计人员应有的素质	6	2.4.2 扩大转动副	32
三、机械设计的一般进程	7	2.4.3 取不同的构件为机架	32
习题	7	2.5 四杆机构的设计与工程应用	34
		2.5.1 四杆机构的设计	34
		2.5.2 平面连杆机构的工程应用	38
		习题	40
第一篇 机构运动与动力设计		第3章 凸轮机构	45
第1章 平面机构运动简图及其自由度	10	3.1 凸轮机构的类型和应用	45
1.1 平面机构的运动副及其分类	10	3.1.1 凸轮机构的组成和工程应用	45
1.1.1 运动副的定义	10	3.1.2 凸轮机构的类型	47
1.1.2 运动副的分类	10	3.2 从动件常用运动规律	49
1.2 平面机构的组成及其运动简图的绘制	11	3.2.1 等速运动	50
1.2.1 机构的组成	11	3.2.2 等加速等减速运动	50
1.2.2 机构运动简图的绘制	12	3.2.3 余弦加速度运动	51
1.3 平面机构的自由度	14	3.2.4 正弦加速度运动	52
1.3.1 平面机构自由度计算公式	14	3.3 凸轮机构压力角	52
1.3.2 机构具有确定运动的条件	14	3.3.1 凸轮机构压力角与作用力	52
1.3.3 机构自由度计算注意事项	15	3.3.2 凸轮机构压力角与基圆半径的关系	53
1.4 速度瞬心及其应用	16	3.4 凸轮轮廓设计与工程应用	54
1.4.1 速度瞬心及其求法	17	3.4.1 图解法	55
1.4.2 速度瞬心的应用	18	3.4.2 解析法	58
习题	19		
第2章 平面连杆机构	23		



3.4.3 工程应用实例	60	4.9.3 蜗杆转向与蜗轮转向的判定	96
习题	62	4.10 齿轮机构综合应用	96
第 4 章 齿轮机构	66	4.10.1 综合应用实例一	96
4.1 齿轮机构的组成和分类	66	4.10.2 综合应用实例二	97
4.1.1 齿轮机构的组成	66	习题	99
4.1.2 齿轮机构的分类	67	第 5 章 轮系	102
4.2 齿廓啮合基本定律及渐开线齿形	69	5.1 概述	102
4.2.1 齿廓啮合基本定律	69	5.1.1 工程问题索引	102
4.2.2 渐开线齿廓	70	5.1.2 轮系的分类	103
4.3 渐开线直齿圆柱齿轮各部分名称及尺寸	71	5.2 定轴轮系	103
4.3.1 渐开线直齿圆柱齿轮各部分名称和基本参数	71	5.2.1 平面定轴轮系传动比的计算	103
4.3.2 渐开线直齿圆柱齿轮的尺寸计算	74	5.2.2 空间定轴轮系传动比的计算	104
4.4 渐开线标准齿轮的啮合	75	5.3 周转轮系	105
4.4.1 正确啮合条件	76	5.3.1 周转轮系的分类	105
4.4.2 标准中心距和重合度	76	5.3.2 周转轮系传动比计算	106
4.5 渐开线齿轮的切齿原理	79	5.3.3 复合轮系传动比的计算	107
4.5.1 仿形法	79	5.4 轮系的应用	109
4.5.2 范成法	80	5.4.1 实现分路传动	109
4.6 渐开线直齿圆柱齿轮的根切、最少齿数和变位	81	5.4.2 实现换向传动	109
4.6.1 根切和最少齿数	81	5.4.3 实现变速传动	110
4.6.2 齿轮的变位及其特点	82	5.4.4 实现大传动比	110
4.7 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	83	5.4.5 实现运动分解与合成	110
4.7.1 齿面的形成和几何尺寸计算	83	习题	112
4.7.2 平行轴斜齿圆柱齿轮的啮合传动	86	第 6 章 其他常用机构及其应用	114
4.7.3 当量齿数计算	87	6.1 万向联轴节	114
4.7.4 斜齿圆柱齿轮的优缺点	88	6.1.1 单万向联轴节	114
4.8 直齿圆锥齿轮机构	88	6.1.2 双万向联轴节	115
4.8.1 特点及应用	88	6.2 螺旋机构及其应用	115
4.8.2 齿廓曲线、背锥和当量齿数	89	6.2.1 螺旋机构工作原理及类型	115
4.8.3 直齿圆锥齿轮的基本参数及几何尺寸计算	90	6.2.2 螺旋机构的功能及应用	116
4.8.4 正确啮合条件	92	6.3 间歇运动机构	117
4.9 蜗杆机构	92	6.3.1 棘轮机构及其应用	117
4.9.1 蜗杆传动的特点和类型	92	6.3.2 槽轮机构及其应用	119
4.9.2 主要参数和几何尺寸计算	93	6.3.3 不完全齿机构及其应用	120
		习题	121
		第 7 章 机械的运转及其速度波动的调节	122
		7.1 概述	122
		7.1.1 机器运转及其速度波动调节的目的	122



7.1.2 机械运转的三个阶段	122	10.2.1 基本术语及其定义	159
7.2 机器速度波动的调节方法	123	10.2.2 形状公差	160
7.2.1 周期性速度波动的调节方法	124	10.2.3 位置公差	162
7.2.2 非周期性速度波动的调节方法	124	10.3 几何公差的标注	166
7.3 飞轮设计	125	第 11 章 表面粗糙度	169
7.3.1 飞轮的设计原理	125	11.1 表面粗糙度的评定标准	169
7.3.2 飞轮尺寸的确定	128	11.1.1 评定表面粗糙度的基本规定	169
习题	130	11.1.2 表面粗糙度的评定参数	170
第 8 章 回转件的平衡	132	11.1.3 评定参数和有关长度的数值	172
8.1 回转件平衡的目的	132	11.2 表面粗糙度的标注及选用	173
8.2 回转件的平衡计算	132	11.2.1 表面粗糙度的基本符号及标注	173
8.2.1 质量分布在同一回转面内	133	11.2.2 表面粗糙度的选用	174
8.2.2 质量分布不在同一回转面内	135	第 12 章 圆柱齿轮传动公差	175
8.3 回转件的平衡实验法	136	12.1 对齿轮传动公差的基本要求	175
8.3.1 静平衡及其应用	137	12.2 齿轮、齿轮副误差及侧隙的评定	
8.3.2 动平衡及其应用	137	指标	176
习题	138	12.2.1 齿距精度	176
		12.2.2 齿廓精度	177
		12.2.3 齿向精度	178
		12.2.4 综合精度	178
		12.2.5 齿轮副的安装精度	180
		12.2.6 齿轮副的配合	180
		12.2.7 其他检验项目	182
		12.3 齿轮精度及公差标准	184
		第 13 章 典型零件的公差选用与标注	
		实例	186
		第三篇 机械工作能力与结构设计	
		第 14 章 机械创新设计方法	190
		14.1 机器的功能结构与系统组成	190
		14.1.1 机器的功能结构分析	190
		14.1.2 机器的系统组成	191
		14.2 机械设计的一般方法和约束分析	193
		14.2.1 机械设计的一般方法	193
		14.2.2 机械设计的约束分析	195
		14.3 机械设计的经济分析与社会环境	196
		14.3.1 机械设计的经济分析	196
		14.3.2 机械设计的社会环境	198
		14.4 机械系统创新设计及总体方案设计	198

第二篇 机械精度设计

第 9 章 光滑圆柱表面的公差与配合

9.1 公差与配合的基本术语	142
9.1.1 公差术语及其定义	142
9.1.2 配合的术语及其定义	145
9.2 公差与配合的基本规定	147
9.2.1 标准公差	147
9.2.2 基本偏差	149
9.2.3 基准制	150
9.2.4 公差带	151
9.2.5 配合	153
9.2.6 未注公差尺寸的极限偏差	153
9.3 公差与配合标准的选用	153
9.3.1 公差等级的选择	153
9.3.2 基准制的选择	154
9.3.3 配合的选择	155

第 10 章 几何公差

10.1 基本概念	157
10.1.1 几何公差的符号及代号	157
10.1.2 零件的几何要素	158
10.2 几何误差和几何公差	159



14.4.1 机械系统创新思维和技法	198	准则	234
14.4.2 机械系统总体方案设计原则与 实例	201	16.5.2 松螺栓连接强度的计算	234
习题	207	16.5.3 紧螺栓连接强度的计算	234
第 15 章 机械零件结构工艺性设计	208	16.5.4 铰制孔螺栓连接强度计算	237
15.1 概述	208	16.5.5 螺栓材料和许用应力	238
15.1.1 零件结构工艺性的概念	208	16.5.6 提高螺栓连接强度的措施	239
15.1.2 零件的结构工艺性的基本 问题	209	16.6 螺栓组连接结构与工程应用	241
15.1.3 零件结构工艺性的基本要求	209	16.6.1 螺栓组连接的受力分析	241
15.2 零件结构的切削加工工艺性举例	210	16.6.2 螺栓组连接的结构设计与工程 实例	245
15.2.1 零件应便于在机床或夹具上 安装	210	16.7 螺旋传动与工程应用	247
15.2.2 零件应尽量采用标准化参数	212	16.7.1 螺旋传动简介	247
15.2.3 零件应便于加工, 提高切削 效率	212	16.7.2 螺旋传动设计计算	248
15.2.4 便于度量	216	16.7.3 螺旋传动工程应用	251
15.3 零件结构的装配工艺性举例	216	16.8 键及花键连接	252
15.3.1 零件的结构要便于装配	216	16.8.1 键连接	252
15.3.2 零件的结构要便于维修	218	16.8.2 花键连接	256
15.3.3 应有正确的装配基面	219	16.8.3 键的公差与配合	258
15.3.4 机器部件应尽可能分解成独立 装配单元	219	16.9 销连接	259
习题	220	习题	260
第 16 章 连接	222	第 17 章 带传动	263
16.1 螺纹	222	17.1 带传动的类型、特点及应用	263
16.1.1 螺纹类型与应用	222	17.1.1 带传动的组成和工作原理	263
16.1.2 螺纹的主要参数	224	17.1.2 带传动的类型	263
16.2 螺纹副受力分析、效率及自锁	225	17.1.3 带传动的张紧方式	264
16.2.1 矩形螺纹	225	17.1.4 带传动的特点	265
16.2.2 非矩形螺纹	226	17.2 带传动的工作情况分析	265
16.2.3 螺纹副的效率	227	17.2.1 带传动的受力分析	265
16.3 螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件	227	17.2.2 带传动的应力分析	266
16.3.1 螺纹连接的基本类型	227	17.2.3 弹性滑动和打滑	267
16.3.2 螺纹紧固件	229	17.3 V 带传动的设计计算	268
16.4 螺纹连接的预紧与防松	231	17.3.1 V 带的结构和标准	268
16.4.1 拧紧力矩	231	17.3.2 V 带轮设计	270
16.4.2 螺纹连接的防松	232	17.3.3 带传动的设计准则和单根 V 带的许用功率	271
16.5 螺纹连接强度的计算	234	17.3.4 普通 V 带传动的设计计算	274
16.5.1 螺栓连接的失效形式和计算 准则	234	习题	278
16.5.2 松螺栓连接强度的计算	234	第 18 章 链传动	279
16.5.3 紧螺栓连接强度的计算	234	18.1 链传动的类型、特点及应用	279
16.5.4 铰制孔螺栓连接强度计算	237	18.1.1 滚子链的结构和规格	280
16.5.5 螺栓材料和许用应力	238		
16.5.6 提高螺栓连接强度的措施	239		
16.6 螺栓组连接结构与工程应用	241		
16.6.1 螺栓组连接的受力分析	241		
16.6.2 螺栓组连接的结构设计与工程 实例	245		
16.7 螺旋传动与工程应用	247		
16.7.1 螺旋传动简介	247		
16.7.2 螺旋传动设计计算	248		
16.7.3 螺旋传动工程应用	251		
16.8 键及花键连接	252		
16.8.1 键连接	252		
16.8.2 花键连接	256		
16.8.3 键的公差与配合	258		
16.9 销连接	259		
习题	260		



18.1.2 滚子链链轮的结构	281	第 20 章 蜗杆传动	315
18.2 链传动的工作情况分析	283	20.1 蜗杆传动的材料和失效形式	315
18.2.1 链传动的运动分析	283	20.1.1 蜗杆传动的材料	315
18.2.2 链传动的受力分析	284	20.1.2 蜗杆传动的失效形式	315
18.3 滚子链的设计计算	285	20.1.3 蜗杆传动的结构设计	316
18.3.1 链传动的失效形式及功率曲线	285	20.2 蜗杆传动的受力和强度计算	317
18.3.2 滚子链的设计步骤及参数选择	287	20.2.1 蜗杆传动的受力分析	317
18.4 链传动的布置与润滑	289	20.2.2 蜗杆传动的强度计算	318
18.4.1 链传动的布置	289	20.3 蜗杆传动的效率、润滑和	
18.4.2 链传动的润滑	290	热平衡计算	320
习题	291	20.3.1 蜗杆传动的效率和润滑	320
第 19 章 齿轮传动	293	20.3.2 蜗杆传动的热平衡计算	321
19.1 齿轮传动的失效形式及计算准则	293	习题	323
19.1.1 齿轮的失效形式	293	第 21 章 机械传动方案综合分析与	
19.1.2 齿轮传动计算准则	295	工程应用	325
19.2 齿轮材料及精度	295	21.1 机械传动系统设计	325
19.2.1 齿轮材料和热处理	295	21.1.1 各种机械传动主要性能的	
19.2.2 齿轮传动的精度	297	比较分析	325
19.3 直齿圆柱齿轮传动受力和分析		21.1.2 摩擦传动与啮合传动的比较	327
计算载荷	297	21.1.3 选择机械传动的一般原则	328
19.3.1 受力分析	297	21.1.4 机械传动系统的设计过程	329
19.3.2 计算载荷	298	21.2 机械传动工程应用实例	336
19.4 直齿圆柱齿轮传动强度计算	298	21.2.1 机械传动系统设计实例分析	336
19.4.1 齿面接触强度计算	299	21.2.2 机械设计基础课程设计	
19.4.2 轮齿弯曲强度计算	300	题目综合	342
19.4.3 齿轮传动设计参数的选择和		习题	347
设计步骤	301	第 22 章 滚动轴承	349
19.5 斜齿圆柱齿轮传动受力和分析		22.1 滚动轴承的主要类型	349
强度计算	305	22.1.1 滚动轴承的基本组成	349
19.5.1 受力分析	305	22.1.2 滚动轴承的主要类型	349
19.5.2 强度计算	306	22.2 滚动轴承的代号	351
19.6 直齿圆锥齿轮传动受力和分析		22.2.1 基本代号	352
强度计算	308	22.2.2 前置代号与后置代号	353
19.6.1 受力分析	308	22.3 滚动轴承类型的选择	353
19.6.2 强度计算	309	22.4 滚动轴承的尺寸选择	354
19.7 齿轮的结构设计	310	22.4.1 失效形式和计算准则	354
19.8 齿轮传动的润滑和效率	312	22.4.2 滚动轴承的寿命计算	355
19.8.1 齿轮传动的润滑	312	22.4.3 滚动轴承的静强度计算	358
19.8.2 齿轮传动的效率	312	22.5 滚动轴承的润滑和密封	360
习题	313	22.5.1 滚动轴承的润滑	360



22.5.2 滚动轴承的密封	360	24.1.1 轴的类型与功用	382
22.6 滚动轴承的使用	361	24.1.2 轴的材料及其选择	383
22.6.1 轴承的配置	361	24.1.3 轴的设计准则与步骤	384
22.6.2 轴承的轴向紧固	362	24.2 轴系结构组合设计与工程应用	384
22.6.3 轴承的预紧	363	24.2.1 轴的结构设计要求	384
22.6.4 轴承间隙的调整	363	24.2.2 轴系结构组合设计实例	389
22.6.5 轴承的配合	363	24.3 轴的强度计算	391
22.6.6 轴承的装拆	364	24.3.1 按扭转强度计算	391
22.6.7 轴承组合位置的调整	364	24.3.2 按弯扭合成强度计算	392
习题	365	习题	395
第 23 章 滑动轴承	366	第 25 章 联轴器与离合器	397
23.1 摩擦状态	366	25.1 概述	397
23.2 滑动轴承的结构形式	367	25.2 联轴器的分类及应用	398
23.2.1 向心滑动轴承	367	25.2.1 联轴器的分类	398
23.2.2 推力滑动轴承	369	25.2.2 常用联轴器	398
23.3 轴承材料	370	25.3 离合器的分类及应用	401
23.3.1 金属材料	370	25.3.1 离合器的分类	401
23.3.2 非金属材料	371	25.3.2 常用离合器	401
23.4 润滑剂和润滑装置	371	习题	404
23.4.1 润滑剂	371	第 26 章 弹簧	405
23.4.2 润滑装置	373	26.1 弹簧的功用和类型	405
23.5 非液体摩擦滑动轴承的计算	374	26.1.1 弹簧的功用	405
23.5.1 失效形式与设计准则	374	26.1.2 弹簧的类型	405
23.5.2 向心滑动轴承	374	26.2 弹簧的材料与制造	406
23.5.3 推力滑动轴承	374	26.2.1 弹簧的材料	406
23.6 动压润滑	375	26.2.2 弹簧的制造	407
23.6.1 动压润滑的形成原理	375	26.3 圆柱形螺旋压缩、拉伸弹簧的 应力分析	407
23.6.2 一维雷诺方程	376	26.3.1 弹簧的应力	407
23.6.3 向心动压轴承的承载量计算	377	26.3.2 弹簧的变形	408
23.7 其他轴承简介	379	26.4 圆柱形螺旋压缩、拉伸弹簧的设计	409
23.7.1 多油楔轴承	379	26.4.1 弹簧的结构和特性曲线	409
23.7.2 静压轴承与空气轴承	380	26.4.2 弹簧的设计步骤	411
习题	381	习题	412
第 24 章 轴	382	参考文献	413
24.1 轴的类型、材料和设计准则	382		



绪 论



教学提示：机械设计基础课程是一门综合应用各先修课程（如数学、物理学、材料力学、理论力学、金属工艺、机械制图等）的基础理论和实践性质的设计性技术基础课，是机械工程的一门主干课程。学生刚接触到这门课程时，可能会感到与以往学习的理论性课程有很大的差别，主要体现在本课程的结构体系没有一般理论性课程那么严密，内容多、杂、散，理论性不强；加上许多问题的解答不唯一，不同的新理论、新技术、新材料、新工艺以及新的市场信息都将使答案发生变化。所以学习本课程时，让学生及时明确这门课程的性质和特点，掌握一定的学习方法，以尽快适应本课程的学习，将显得特别重要。本章是机械设计基础课程的绪论，又是本课程的总纲。因此，它的内容要贯穿全课程的始末，并涉及本课程的前后关联。所以，学好本章对于了解本课程及做好学习本课程的思想准备等，是至关重要的。

教学要求：了解本课程的性质、任务、内容及学习方法，机器的构成及其功能结构，机械设计的一般程序，方案设计、技术设计的主要内容，机器设计的基本原则，标准化等。

课程的性质、地位、研究对象和任务

一、课程的性质和地位

随着机械化生产规模的日益扩大，除机械制造部门外，在动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等各部门工作的工程技术人员，将会经常接触到各种类型的通用和专用机械，他们应当对机械具备一定的基础知识。因此，机械设计基础同机械制图、电学一样，是高等学校工科有关专业一门重要的技术基础课。

科学技术是第一生产力，但其价值的实现离不开机械设计与制造。因此，从广义上讲，工科大学生不论学习何种专业，都离不开机械基础知识的融合。从狭义上讲，制造业是国民经济的支柱，发达国家的社会财富有 60%~80% 是由制造业创造的，国民收入的 45% 均由制造业提供。

机械设计基础将为有关专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。

机械设计基础将使从事工艺、运行、管理的技术人员，在了解各种机械的传动原理、设备的正确使用和维护及设备的故障分析等方面获得必要的基本知识。



通过本课程的学习和课程设计实践,可以培养学生初步具备运用手册设计机械传动装置和简单机械的能力,为以后从事技术革新创造条件。

机械设计是许多理论和实际知识的综合运用。机械设计基础的先修课程主要是机械制图、工程材料及机械制造基础、金工实习、理论力学和材料力学等。除此以外,考虑到许多近代机械设备包含复杂的动力系统和控制系统,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气压传动、电子技术和计算机等有关知识。

在各个生产部门实现机械化,对于发展国民经济具有十分重要的意义。为了加速社会主义建设的步伐,应当对原有机械设备进行技术改造,以充分挖掘企业潜力;应当设计出各种高质量的成套设备来装备各个生产部门;还应当研究和设计出完善的机械手和机器人,从事空间探测、海底开发和实现生产过程自动化。可以预计,在实现四个现代化的进程中,机械设计这门学科必将发挥越来越大的作用,它本身也将得到更大的发展。

二、课程的研究对象

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的重要的生产工具,用来减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高产品质量、提高劳动生产率,帮助人们创造更多的社会财富。尤其现在,在现代化生产中根本离不开机械,机械必将随着生产的不断发展而发展。使用机械的水平已成为衡量一个国家现代化程度的重要标志。

生产中应用的机械种类很多,结构及用途又各不相同,但从机械组成的角度来分析,它们又有着共同点。下面从实例分析入手来研究机械的组成。

图 0.1 所示为卷扬机(又称绞车),由电动机 1、联轴器 2、制动器 3、减速器 4、联轴器 5、卷筒 6、钢丝绳 7 等组成,是一种通用的起重机械,可用于提升、装卸或牵引重物,

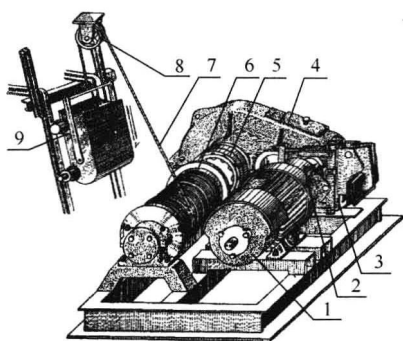


图 0.1 卷扬机

1-电动机; 2、5-联轴器; 3-制动器; 4-减速器;
6-卷筒; 7-钢丝绳; 8-滑轮; 9-料斗

广泛地应用在工厂、矿山、建筑、安装等各个部门。图中加上滑轮 8 和料斗 9 即为提升上料机械。

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料、信息等,凡将其他形式能量变换为机械能的机器称为原动机,如内燃机、电动机(分别将热能和电能变换为机械能)等都是原动机。凡利用机械能去变换或传递能量、物料、信息的机器称为工作机,如发电机(机械能变换为电能)、起重机(传递物料)、金属切削机床(变换物料外形)、录音机(变换和传递信息)等都属于工作机。

机器中保持相同运动的单元称为构件,静止不动的构件称为机架。机器的主体部分是由许多运动构件组成的。用来传递运动和力的、有一个构件为机架的、用构件间能够相对运动的连接方式组成的构件系统称为机构。

就功能而言,一般机器包含四个基本组成部分:动力部分、传动部分、控制部分、执行部分。动力部分可采用人力、畜力、风力、液力、电力、热力、磁力、压缩空气等作动力源,其中利用电力和热力的原动机(电动机和内燃机)使用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成,是机器的主体。控制部分包括各种控制机构(如内燃机中的凸轮机构)、电气装置、计算机和液压系统、气压系统等。



机构与机器的区别在于：机构只是一个构件系统，而机器除构件系统之外还包含电气、液压等其他装置；机构只用于传递运动和力，机器除传送运动和力之外，还应当具有变换或传递能量、物料、信息的功能。但是，在研究构件的运动和受力情况时，机器与机构之间并无区别。因此，习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

构件是运动的单元，可以是单一的整体，也可以是由几个零件组成的刚性结构。这些零件之间没有相对运动，构成一个运动单元，成为一个构件。零件是制造的单元。机械中的零件可以分为两类：一类称为通用零件，它在各种机械中都能遇到，如齿轮、螺钉、轴、弹簧等；另一类称为专用零件，它只出现于某些机械之中，如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。

机械设计基础主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。本书共分为三篇：第1章至第8章为第一篇，机构运动和动力设计篇，着重研究机械中的常用机构（连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构）及机器动力学的基本知识（如机械的调速和平衡）；第9章至第13章为第二篇，机械的精度设计篇，着重研究机械零部件的尺寸、形状、位置精度及表面粗糙度设计基础；第14章至第26章为第三篇，机械工作能力与结构设计篇，着重研究机械设计方法及约束分析、机械结构工艺性设计、常用的连接（如螺纹连接、键连接），机械传动（螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动），轴系零部件（轴、轴承、联轴器）和弹簧等，并扼要介绍国家标准和有关规范。这些内容对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。

三、课程的任务

本课程培养学生的主要任务如下。

（1）树立正确的设计思想，掌握常用机构和通用零件的一般设计规律，了解整机设计的一般程序。

（2）掌握常用机构和通用零部件的设计和计算方法，具有设计通用机械传动装置和简单机械的能力。

（3）具有熟悉和运用机械设计手册、图册、标准、规范等有关技术资料的能力。

（4）初步了解本课程中的一些基本实验方法，获得实验技能的基本训练。

（5）对现代设计方法有所了解。

（6）对国家颁布的有关技术经济政策和法规有所了解。

为了学好本课程，还应注意以下几个问题。

（1）在学习过程中，应注意把一般的原理和方法与对各种具体机构和机械零件、部件的研究结合起来，并随时注意联系在日常生活和生产中所遇到的各种机械和机械设计问题，根据所学到的知识进行观察和分析，做到理论与实际紧密联系。

（2）本课程是一门技术基础课，它不像其他的理论基础课程，而是更结合实际。其所阐述的各部分内容之间，既有共同性也有一定的独立性。例如在齿轮机构与连杆机构之间，虽然有一些共性问题，而更重要的则是它们有各自的特性。学习本课程时必须注意到技术基础课程的这一特点。

（3）工程实际问题往往是比较复杂的，牵涉到许多方面的因素。解决工程实际问题，有些需要有严格的理论分析和公式推导，有些则是依据可靠的实验数据，或大量的实践经验。在机械设计中也常引用实验数据和经验公式。对于这些实验数据和经验公式，应像对待理论分析的结果一样加以重视。这就是说，在学习本课程时要有一定的工程观念。总之，本课程



与理论基础课程有许多不同的地方,因此,在学习方法上也必须适当加以改变。

课程研究的主要内容

一、机械系统运动学和动力学分析

以研究机构和机器为对象,专门讨论各种机构与机器的共同性问题,其主要内容有以下几个方面。

1. 机构分析

对已经设计出来或正在使用的机器中的机构进行结构分析、运动分析、动力学分析等是评价设计质量或合理使用现有机器的前提。掌握其分析方法是工程技术人员应具备的能力。

(1) 机构的结构分析:研究机构的运动确定性、机构的组成原理以及机构的结构分类。此外还研究机械运动简图的绘制方法,即研究如何用简单的图形把机构的结构状况表示出来的方法。

(2) 机构的运动分析:不考虑引起机构运动的力的作用,而从几何的观点来研究机构在给定原动件运动的条件下,求解其他构件各点的轨迹、位移、速度、加速度的基本原理和方法,进而考察输出构件的运动变化规律。对机构进行运动分析,将为机构受力和动力学分析提供依据。

(3) 机械的动力学分析:机械的动力学分析一方面将研究机构在给定运动及已知外力条件下,求解各运动副的反力,以便了解机构上的动压力及其变化情况;研究机械在运转过程中各运动副中的摩擦、构件受力及其所做的功、机械的效率。另一方面将研究由于各构件质量、转动惯量以及在惯性力(矩)和其他外力作用下机构各构件的真实运动规律。

2. 机构设计

机构设计是指机构的运动设计和动力学设计,即根据运动和动力要求,对机构各部分的尺度关系进行设计;降低速度波动的调整装置设计;提高机械效率的机构参数设计;消除惯性力影响的平衡设计。

机构的运动设计主要介绍组成机器的基本机构如齿轮机构、连杆机构、凸轮机构及间歇运动机构的运动设计方法。

3. 机械系统方案设计

机械系统方案设计包括机械总体方案的拟定、机械执行系统的设计、机械传动系统的设计及原动机的选择等。这部分内容的重点是机械执行系统的方案设计,主要包括:根据机械预期实现的功能,确定机械的工作原理;根据工艺动作的分解,确定机械的运动方案;合理地选择机构的形式并将其恰当地组合起来,实现机械的预期动作;根据工艺动作的要求,使各机构协调配合工作等。

二、机械精度设计

1. 互换性的含义及精度设计

日常生活中可以找到许多有关互换性的例子。一个灯泡和任何一个灯头,不管它们来自哪一个工厂,都可以安装在一起;自行车、手表、计算机等的零件坏了,可买上一个,迅速换上,并且,更换后能很好地满足使用要求。之所以这样方便,就是因为灯泡、灯头以及自



行车等的零件都具有互换性。

为了保证一批零件具有互换性,最理想的方法是将这批零件的实际参数(尺寸、形状等几何参数及强度、刚度等其他物理参数)的数值做得完全一样,均等于其理论值。但这是不可能的,也没有这个必要。实际上,只要制成的零件,其实际参数值变动不大,在允许的最大变动量(称为“公差”)的范围之内,保证零件充分近似即可。因此,机械精度设计就是根据互换性的要求,确定几何、物理及其他质量参数的公差,来分别设计机器的各个组成部分,使其在装配与更换时,不需要辅助加工及修配,便能很好地满足使用和生产上的要求。

2. 互换性在机械制造中的作用

互换性在机械制造中的主要作用如下。

(1) 机器中某一零件损坏后可迅速地用一新的备件换上,使机器修理的时间和费用显著减少,保证机器工作的连续性和持久性,从而可提高机器的使用价值。

(2) 互换性是提高生产水平和文明程度的有力手段。由于规定了公差,可实现生产专业化和技术协作;由于有互换性,装配时,不需辅助加工和修配,能减轻装配工的劳动量,缩短装配周期,大大提高装配的生产率。

(3) 按互换性原则设计和生产的标准零件和部件,可简化绘图和计算等工作,缩短设计周期,有利于促进计算机辅助设计。

因此,在机械制造中遵循互换性原则,可以缩短机械产品的生产周期,提高产品质量和降低产品成本,快速响应市场的需求。

3. 互换性的种类

根据互换性的形式和程度的不同,互换性可分为完全互换、不完全互换等。

(1) 完全互换。若零件在装配或更换时,不仅不需辅助加工与修配,而且不需选择,则其互换性为完全互换。采用完全互换,要求零件的公差很小,加工困难,成本较高。

(2) 不完全互换。不完全互换主要包括概率互换、分组互换、调整互换等,如加工时,将零件的公差适当放大,加工后,再按零件的实际尺寸大小分成若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按组进行(如大孔配大轴、小孔配小轴)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又可解决加工困难,降低成本。这种仅组内可以互换,组与组之间不可互换者,即为不完全互换(分组互换)。单件生产的机械产品(如特重型机器、特高精度仪器等)通常采用不完全互换。

三、机械的工作能力和结构设计

机械设计的主要任务是根据各种技术性能约束组成的边界条件寻找能满足预定功能和性能要求的最优设计方案即根据机器的工作能力要求进行结构设计。

机器的工作能力是指包括产品的功能、制造和运行状况在内的一切性能,既指静态性能,也指动态性能。例如,机器所能传递的功率、效率、使用寿命、强度、刚度、抗摩擦、抗磨损、振动稳定性、热特性等性能。技术性能约束,是指相关的技术性能必须达到规定的要求。例如,刚度是指零件受载时抵抗弹性变形的能力,而刚度约束则是指零件受载时产生的弹性变形不允许超过规定的许用值。又如,振动会产生附加的动载荷和变应力,尤其是当振动的频率接近机械系统或零件的固有频率时,将发生共振现象,可能导致零件甚至整个系统的迅速损坏。振动也还会导致机器功能和性能的下降,例如,机床主轴振动会降低加工精度等。振动稳定性约束是指限制机械系统或零件的相关振动参数,如固有频率、振幅、噪声等在规



定的允许范围之内。机器工作时都要发热,可能会发生热应力、热应变,甚至会造成热损坏,因此,热特性约束是指限制各种相关的热参数(如热应力、热应变、温升等)在规定范围之内。

机械设计的基本要求和一般进程

一、机械设计的基本要求

机械的类型虽然很多,但其设计的基本原则却大致相同,主要有以下几个方面。

(1) 满足使用要求。首先是能够按照预期的技术要求顺利地执行机械的全部职能;其次是在预定的寿命期限内可靠地工作而不发生破坏,不致因过度的磨损或产生过度的变形而导致机械的失效,也不会因机械的运转不准确,以及强烈的冲击振动等而影响机械的正常工作质量。

(2) 满足经济性的要求。机械的经济性是指在设计、制造上要求成本低、生产周期短;在使用上要求生产率高,效率高,适应范围大,能源和辅助材料消耗少,操作方便,以及维护费用低廉等。

(3) 满足工艺要求。机械的工艺性要求是指在不影响机械工作性能的前提下,应使机械的结构尽可能简化,选用最简单合理的机构组合方案,尽量采用标准的零部件,并要求制造装配的劳动量最少,装拆维修方便。

(4) 满足劳动保护的要求。劳动保护是指操作的安全性,最大限度地减少工人操作时的体力和脑力消耗,改善操作者的工作条件,降低噪声等。

(5) 满足其他特殊要求。有些机械还有本身的特殊要求,如航空航天产品要求质量小,经常搬动的机械要便于拆、装和运输等。

二、机械设计人员应有的素质

机械设计是一项综合性很强的工作,机械设计人员为了能很好地适应这一工作,必须具备下列基本素质。

1. 深厚的理论基础和广博的专业知识

机械设计涉及数学、力学、摩擦学、制造工程学、工程图学、工艺学、系统工程学、计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、工业美学、设计方法学等学科,因此,机械设计人员,只有理论扎实、知识广博,才能充分考虑、理解并正确处理机械设计中的各种问题,才能进行创造性的设计工作,才能在工作中获得最佳的设计成果。

2. 丰富的实践经验

有人认为,设计工作就是绘图和编写说明书,这是对设计工作的片面理解。正确的设计概念,应把从市场分析、研究开发、设计制造直到销售服务等视为一个整体,统一考虑,综合平衡。只有这样,才能在设计工作中取得良好的效果。为此,要求设计者应具有丰富的工作和社会实践经验,这对设计人员来说,是一个终身不断积累和学习的过程。

3. 高度的责任感,严谨的工作作风

设计人员应对其承担的设计的技术合理性和设计后果负责。因此,设计时,必须高度负责、一丝不苟地工作,做到所承担的设计工作,原理正确、方案先进与可行;所设计的产品,制造、安装、使用、维修均方便;在思想上,把提高机械产品质量、降低产品成本、合理利

