



高职高专“十一五”规划教材

机械设计基础

• 曾宗福 主编 •



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械设计基础

曾宗福 主编

沈 梅 叶贵青 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育培养专业人才培养目标及规格》，以及当前教学改革发展的要求编写的，突出了高等职业教育的特点，并贯彻最新国家标准。

全书主要内容包括：绪论、机械设计概论、平面机构的结构分析、平面四连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮机构、齿轮系、机械的调速和平衡、键联接和销联接、螺纹联接及螺旋机构、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆蜗轮传动、轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器。各章末都编写了本章小结、思考题和习题，少数重点章还编写了大型设计的典型例题。

本书基本理论以“必须”和“够用”为度，突出应用性教学，强化培养学生分析问题和解决问题的能力，以期达到培养高等技术应用性专门人才之目的。此外，为了便于学生熟悉专业英语词汇，在本书第一次出现专有名词时，注出了相应的英语词汇。

本书可作为普通高等职业院校、高等专科学校和普通本科院校举办的二级职业技术学院机械类、机电类和近机械类各专业，如机械设计与制造、机械制造及自动化、数控机床及加工、机电一体化、机电技术应用、模具设计与制造、汽车拖拉机制造、精密机械设计及制造、高分子材料成型机械及设备、过程装备与控制工程等专业（三年制、二年制或五年制）的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

主编 曾宗福
主审 青贵州 游 光

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/曾宗福主编. —北京：化学工业出版社，
2007.11

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-01444-3

I. 机… II. 曾… III. 机械设计-高等学校：技术学院-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 169301 号

责任编辑：高 钰

文字编辑：李 娜

责任校对：吴 静

装帧设计：尹琳琳

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：化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 489 千字 2008 年 1 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：29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

高等职业技术教育是与经济建设和社会发展关系最为密切,而又与传统的学科型的高等教育不同的另一种类型的新型高等教育,“培养拥护党的基本路线,适应生产、建设、管理、服务第一线需要的,德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用性专门人才。”本书正是为适应我国高等教育进入大众化阶段,高等职业技术教育迅速发展的新形势而编写的。

作为高职高专规划教材,本书是根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育培养专业人才培养目标及规格》,以及当前教学改革发展的要求编写的。本书内容的编写,充分考虑了我国高等职业教育发展的实际情况,特别是近几年来高职高专院校学生基础知识的实际情况,本着理论上以应用为目的,以“必须、够用”为度,不求系统性;力求体现高等职业技术教育的特色,注意与生产实践相结合;同时又适当扩大学生的知识面,注意与人文素质教育相结合,并为学生的继续教育和终身教育打下一定的基础。此外,为了便于学生熟悉专业英语词汇,在本书第一次出现专有名词时,力求注出相应的英文词汇。加*为选学内容,可根据专业实际需要决定取舍。

本书适用于普通高等职业技术学院、高等专科学校和普通本科院校举办的二级职业技术学院机械类、机电类和近机械类各专业,如机械设计与制造、机械制造及自动化、数控机床及加工、机电一体化、机电技术应用、模具设计及制造、汽车拖拉机制造、精密机械设计及制造、高分子材料成型机械及设备、过程装备与控制过程等专业(三年制或二年制专科)的教学用书,也可作为上述各专业五年制高等职业教育的教学用书,还可作为广播电视大学和成人高校三年制或二年制、五年制上述各专业的教学用书,亦可供有关工程技术人员参考。

为了配合《机械设计基础》教学和满足课程设计需要,特编写了《机械设计基础课程设计》教材,必要的设计资料也收入其中,与本书配套使用。

参加本书编写工作的人员及分工如下:绪论、第三、六、九、十、十一、十三、十四章由曾宗福编写;第一、二章由陆文灿编写;第四、十二章由沈梅编写;第五、十八章由涂杰编写;第七章由杨印安编写;第八、十五、十六章由叶贵青编写;第十七章由孙笈忠编写。全书由曾宗福担任主编并最后定稿,沈梅、叶贵青担任副主编。

本书的编写工作,得到了各有关院校的大力支持,在此谨向他们致以诚挚的谢意。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中的不妥之处,恳请有关专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2007年10月

目

录

绪论	1
第一节 引言	1
一、机械、机器、机构及其组成	1
二、机械制造业在国民经济中的地位	4
第二节 本课程学习的内容、目的和方法	5
一、本课程研究的内容	5
二、本课程学习的目的和要求	5
三、本课程学习的方法	5
绪论小结	6
思考题	6
习题	6
第一章 机械设计概论	7
第一节 机械设计的基本要求和一般过程	7
一、机械设计的基本要求	7
二、机械设计的类型	8
三、机械设计的一般过程	9
第二节 机械零件的设计	11
一、机械零件的失效形式	11
二、机械零件的设计准则	11
三、机械零件的设计计算	13
第三节 机械零件设计的结构工艺性和标准化	13
一、机械零件设计的结构工艺性	14
二、机械零件设计的标准化	14
本章小结	15
思考题	15
习题	16
第二章 平面机构的结构分析	17
第一节 平面机构的组成	17
一、平面运动副	17
二、平面运动副的类型及其特点	17
三、平面运动链和平面机构	18
第二节 平面机构运动简图	18
一、平面机构运动简图概念	19
二、带有运动副元素的构件的表示	19
三、平面机构运动简图的绘制	20
第三节 平面机构的自由度	21

一、自由构件的自由度	21
二、平面运动副的自由度与约束	21
三、平面机构的自由度计算	21
四、机构具有确定的相对运动的条件	21
第四节 计算平面机构自由度时的注意事项	22
一、复合铰链	22
二、局部自由度	23
三、虚约束	23
本章小结	25
思考题	25
习题	25
第三章 平面四连杆机构	27
第一节 平面四连杆机构的类型及其应用	27
一、曲柄摇杆机构	27
二、双曲柄机构	27
三、双摇杆机构	29
第二节 平面四连杆机构的演化	29
一、扩大转动副	29
二、取不同构件为机架	30
三、将转动副化成移动副	31
四、其他含有一个移动副的四连杆机构	31
五、含有两个移动副的四连杆机构	32
第三节 铰链四连杆机构的基本性质	33
一、曲柄存在的条件	33
二、急回运动特性	34
三、压力角和传动角	35
四、死点状态	35
第四节 平面四连杆机构的设计	36
一、按给定的连杆长度及其位置设计四连杆机构	37
二、按给定的行程速比系数 K 设计四连杆机构	37
* 三、按给定的运动轨迹设计四连杆机构简介	39
本章小结	40
思考题	41

习题	41	三、槽轮机构的运动系数、槽数和圆销数	67
第四章 凸轮机构	43	第三节 凸轮式间歇运动机构	67
第一节 概述	43	一、凸轮式间歇运动机构的类型和工作原理	67
一、凸轮机构的应用	43	二、凸轮式间歇运动机构的特点及应用	68
二、凸轮机构的类型	44	本章小结	68
三、凸轮机构维持高副接触的方式	45	思考题	69
第二节 常用的从动杆运动规律	45	习题	69
一、凸轮机构的工作原理和运动分析	45	第六章 齿轮机构	70
二、常用的从动杆运动规律简介	46	第一节 概述	70
三、从动杆运动规律的选择	49	一、齿轮机构的应用和特点	70
第三节 移动从动杆盘状凸轮轮廓曲线的设计	51	二、齿轮机构的类型	70
一、尖顶对心移动从动件盘状凸轮轮廓曲线的设计	51	第二节 齿廓啮合基本定律	71
二、滚子移动从动件盘状凸轮轮廓曲线的设计	52	第三节 渐开线及渐开线齿轮	72
三、对心移动平底从动杆凸轮轮廓曲线的设计	52	一、渐开线的形成	73
* 第四节 盘状凸轮轮廓曲线的解析法设计	53	二、渐开线的数学方程式	73
一、滚子从动杆盘状凸轮理论轮廓曲线的数学方程式	53	三、渐开线的性质	74
二、滚子从动杆盘状凸轮工作轮廓曲线的数学方程式	54	四、渐开线齿轮的啮合特点	75
三、加工凸轮轮廓时刀具中心运动轨迹的数学方程式	54	第四节 渐开线齿轮各部分的名称及标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸	76
第五节 凸轮机构设计中应注意的问题	55	一、外齿轮各部分的名称和符号	76
一、凸轮机构的压力角	55	二、渐开线直齿圆柱齿轮的基本参数	77
二、凸轮机构的压力角与凸轮基圆半径的关系	56	三、渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	78
三、滚子半径的选择	56	四、齿条和内齿轮简介	80
四、凸轮加工方法和精度要求	57	第五节 标准直齿圆柱齿轮的其他几何尺寸	81
五、凸轮在轴上的固定	59	一、任意半径圆周上的齿厚	81
本章小结	59	二、分度圆弦齿厚和分度圆弦齿高	82
思考题	60	三、固定弦齿厚和固定弦齿高	83
习题	60	四、公法线长度和跨齿数	83
第五章 间歇运动机构	62	第六节 一对渐开线齿轮的啮合传动	86
第一节 棘轮机构	62	一、一对渐开线齿轮的啮合过程	86
一、棘轮机构的组成及工作原理	62	二、渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合的条件	86
二、棘轮机构的类型	62	三、渐开线直齿圆柱齿轮连续传动的条件	88
三、棘轮机构的特点及应用	63	第七节 渐开线齿轮的切削加工原理	88
四、棘轮转角的调节方法	65	一、成形法加工	88
第二节 槽轮机构	65	二、范成法加工	89
一、槽轮机构的工作原理及类型	66	三、渐开线齿轮的根切现象和不发生根切的最少齿数	92
二、槽轮机构的特点及应用	66	* 第八节 变位齿轮概念	93

一、标准齿轮的局限性	93
二、变位齿轮	94
三、最小变位系数	94
第九节 标准斜齿圆柱齿轮机构	95
一、斜齿圆柱齿轮齿廓曲面的形成及啮合特点	95
二、斜齿圆柱齿轮的基本参数	96
三、斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	97
四、斜齿圆柱齿轮正确啮合的条件和重合度	98
五、斜齿圆柱齿轮的当量齿数	99
第十节 标准直齿圆锥齿轮机构	99
一、直齿圆锥齿轮的齿廓	99
二、标准直齿圆锥齿轮的基本参数	100
三、标准直齿圆锥齿轮的几何尺寸计算	101
第十一节 蜗杆机构	101
一、蜗杆机构的特点和类型	102
二、蜗杆与蜗轮的基本参数	102
三、蜗杆机构的几何尺寸计算	104
本章小结	105
思考题	105
习题	106
第七章 齿轮系	107
第一节 概述	107
一、齿轮系的类型	107
二、齿轮系的传动比	108
第二节 定轴齿轮系的传动比	108
一、平面定轴齿轮系的传动比	108
二、空间定轴齿轮系的传动比	109
第三节 行星齿轮系的传动比	111
第四节 混合齿轮系的传动比	113
一、混合齿轮系的传动比概念	113
二、如何分离定轴齿轮系	113
三、如何分离行星齿轮系	113
第五节 齿轮系的功用	115
一、获得较大的传动比	115
二、实现远距离的传动	115
三、实现转速大小和转向的改变	115
四、实现分路传动	115
五、实现运动的合成与分解	116
六、实现工艺动作和特殊运动轨迹	116
本章小结	116
思考题	117
习题	117

* 第八章 机械的调速和平衡	118
第一节 机械运转速度波动的调节	118
一、机械运转速度波动的原因及类型	118
二、周期性速度波动的调节	119
三、非周期性速度波动的调节	120
第二节 回转件的静平衡	121
一、回转件的静平衡计算	121
二、回转体的静平衡试验	122
第三节 回转件的动平衡	123
一、回转件的动平衡计算	123
二、回转体的动平衡试验	124
本章小结	124
思考题	125
习题	125
第九章 键联接和销联接	126
第一节 键联接的类型	126
一、平键联接	126
二、半圆键联接	127
三、楔键联接	128
四、切向键联接	128
第二节 平键联接的设计	128
一、平键的类型选择	128
二、平键的尺寸选择	128
三、平键联接的失效形式和强度计算	129
* 第三节 花键联接	130
一、花键联接的特点	130
二、花键联接的类型	130
三、花键联接的强度计算简介	131
第四节 销联接	131
一、销联接的类型及应用	132
二、销联接的强度计算	132
本章小结	133
思考题	134
习题	134
第十章 螺纹联接和螺旋机构	135
第一节 概述	135
一、螺纹的形成	135
二、螺纹的主要参数	135
三、常用螺纹的特点及应用	136
第二节 螺旋副的受力分析	137
一、矩形螺旋副的受力分析	137
二、非矩形螺旋副的受力分析	138
第三节 螺纹联接的类型和螺纹联接件	138
一、螺纹联接的基本类型	139
二、标准螺纹联接件	140

第四节 螺纹联接的预紧和防松	141
一、螺纹联接的预紧	141
二、螺纹联接的防松	141
第五节 螺栓联接的强度计算	143
一、螺栓联接的失效形式	143
二、松螺栓联接的强度计算	143
三、受轴向载荷作用的紧螺栓联接的强度计算	144
四、铰制孔用螺栓联接的强度计算	145
第六节 螺纹联接件的材料和许用应力	146
一、螺纹联接件的力学性能级别	146
二、螺纹联接件的材料	146
三、螺纹联接件的许用应力	146
第七节 提高螺栓联接强度的措施	148
一、改善螺纹牙之间的载荷分布	148
二、减小螺栓的应力变化幅度	148
三、减小应力集中	149
四、避免附加弯曲应力	149
五、改进螺栓制造工艺	150
* 第八节 螺旋机构	150
一、螺旋机构的类型	150
二、调整螺旋机构	151
本章小结	152
思考题	152
习题	152
第十一章 带传动	154
第一节 概述	154
一、带传动的类型	154
二、带传动的布置形式	155
三、带传动的特点及应用	155
第二节 带传动的工作情况分析	156
一、带传动的受力分析	156
二、带传动的运动分析	157
三、带传动的应力分析	158
四、带传动的失效形式及设计准则	159
五、提高带传动承载能力的措施	159
第三节 普通 V 带标准和 V 带带轮	160
一、V 带的结构和普通 V 带标准	160
二、普通 V 带带轮设计	161
第四节 普通 V 带传动设计	162
一、确定普通 V 带的型号和带轮的基准直径	162
二、确定传动的中心距和 V 带基准长度	164
三、确定 V 带的根数	164

四、计算作用在轴上的载荷	165
五、设计带轮并绘制带轮零件工作图	165
第五节 V 带传动的安装、张紧和维护	167
一、V 带传动的安装	168
二、V 带传动的张紧	168
三、V 带传动的维护	169
本章小结	169
思考题	170
习题	170
第十二章 链传动	171
第一节 概述	171
一、链传动的特点、类型和应用	171
二、滚子链的结构和标准	172
三、滚子链链轮设计	173
第二节 链传动的工作情况分析	175
一、链传动的运动分析	175
二、链传动的受力分析	176
第三节 滚子链传动的失效形式和功率曲线	177
一、滚子链传动的失效形式	177
二、滚子链传动的功率曲线	177
第四节 滚子链传动的设计计算	179
一、链传动主要参数的选择	179
二、链传动的设计计算	180
第五节 链传动的布置使用和维护	182
一、链传动的布置	182
二、链传动的安装	183
三、链传动的维护	183
本章小结	183
思考题	184
习题	184
第十三章 齿轮传动	185
第一节 概述	185
一、齿轮传动的失效形式	185
二、齿轮传动的设计准则	187
第二节 齿轮的常用材料及许用应力	188
一、齿轮的常用材料	188
二、齿轮材料的热处理	190
三、齿轮材料的许用应力	190
第三节 渐开线圆柱齿轮的精度简介	194
一、工程上对齿轮传动的基本要求	194
二、渐开线圆柱齿轮的精度	195
三、渐开线圆柱齿轮的接触斑点	196
四、渐开线圆柱齿轮的侧隙	196
五、渐开线圆柱齿轮毛坯和箱体的	

精度	196
六、圆柱齿轮精度等级的图样标注	196
第四节 直齿圆柱齿轮传动的轮齿受力分析和载荷计算	197
一、齿轮轮齿的受力分析	197
二、载荷计算	198
第五节 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	198
一、齿面接触疲劳强度计算	199
二、齿根弯曲疲劳强度计算	201
三、齿轮传动设计参数的选择	203
第六节 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	207
一、斜齿圆柱齿轮轮齿的受力分析	207
二、齿面接触疲劳强度计算	208
三、齿根弯曲疲劳强度计算	209
第七节 标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算	212
一、直齿圆锥齿轮轮齿的受力分析	213
二、齿面接触疲劳强度计算	213
三、齿根弯曲疲劳强度计算	214
第八节 齿轮的结构设计	216
一、齿轮的结构型式	216
二、齿轮的表面结构	219
本章小结	223
思考题	224
习题	225
第十四章 蜗杆传动	226
第一节 概述	226
一、蜗杆传动的失效形式和计算准则	226
二、蜗杆和蜗轮的常用材料	226
三、蜗轮材料的许用应力	227
四、圆柱蜗杆传动的精度简介	228
第二节 蜗杆传动的强度计算	229
一、蜗杆传动的受力分析和载荷计算	229
二、蜗轮的齿面接触强度计算	230
三、蜗轮的齿根弯曲疲劳强度计算	231
第三节 蜗杆传动的效率、热平衡计算和润滑	231
一、蜗杆传动的效率	231
二、蜗杆传动的热平衡计算	232
三、蜗杆传动的润滑	233
第四节 蜗杆和蜗轮的结构设计	236
一、蜗杆的结构设计	236
二、蜗轮的结构设计	236

本章小结	239
思考题	239
习题	239
第十五章 轴	241
第一节 概述	241
一、轴的分类	241
二、轴的组成	242
三、工程上对轴设计的基本要求	242
第二节 轴的常用材料	243
第三节 轴的结构设计	244
一、影响轴结构的主要因素	244
二、轴上零件的轴向固定	244
三、轴上零件的周向固定	246
四、各轴段直径和长度的确定	246
五、轴的结构工艺性	247
六、提高轴的疲劳强度的措施	248
第四节 轴的设计计算	249
一、轴的失效形式和设计准则	249
二、按扭矩概略计算轴的最小直径	250
三、轴的弯曲-扭转复合强度校核	250
* 第五节 轴的刚度计算和临界转速	255
一、轴的刚度计算	255
二、轴的临界转速的概念	256
本章小结	256
思考题	256
习题	257
第十六章 滑动轴承	258
第一节 概述	258
一、滑动轴承工作时的摩擦润滑状态	258
二、滑动轴承的特点和应用	258
第二节 滑动轴承的类型和结构	259
一、向心滑动轴承的结构型式	259
二、轴瓦的结构	260
三、推力滑动轴承的结构型式	261
四、滑动轴承的配合间隙	261
第三节 滑动轴承的材料	261
一、轴承盖和轴承座的材料	261
二、轴瓦的材料	261
第四节 非液体摩擦滑动轴承的校核计算	262
一、向心滑动轴承的校核计算	263
二、推力滑动轴承的校核计算	263
第五节 滑动轴承的润滑	264
一、常用润滑剂及其选用	264
二、润滑方式及润滑装置	265

本章小结	267
思考题	267
习题	267
第十七章 滚动轴承	268
第一节 概述	268
一、滚动轴承的组成和特点	268
二、滚动轴承的类型	269
三、滚动轴承的代号	271
第二节 滚动轴承类型的选择	273
一、滚动轴承类型选择的基本原则	273
二、滚动轴承类型选择时要注意的问题	274
第三节 滚动轴承的受力分析和失效形式	274
一、滚动轴承元件的受力分析	274
二、滚动轴承失效的主要形式	274
三、滚动轴承的计算准则	275
第四节 滚动轴承的寿命计算	275
一、滚动轴承的寿命	275
二、滚动轴承的寿命计算简介	276
三、滚动轴承的当量动载荷计算	277
四、圆锥滚子轴承和角接触球轴承的轴向载荷计算	277
第五节 滚动轴承的静强度计算	280
一、滚动轴承的基本额定静载荷	280
二、滚动轴承的静强度计算简介	280
第六节 滚动轴承的组合设计	281

一、滚动轴承组合的轴向固定	281
二、滚动轴承组合的调整	282
三、滚动轴承的配合	284
四、滚动轴承的轴向固定和装拆	284
五、滚动轴承的预紧	285
六、滚动轴承组合支承部分的刚度和同轴度	286
七、滚动轴承的润滑	287
八、滚动轴承的密封	288
本章小结	289
思考题	289
习题	290
第十八章 联轴器和离合器	291
第一节 联轴器	291
一、固定式刚性联轴器	291
二、可移式刚性联轴器	291
三、弹性联轴器	292
四、联轴器的选用	293
第二节 离合器	294
一、牙嵌式离合器	294
二、摩擦式离合器	294
三、特殊功能离合器	295
本章小结	296
思考题	296
习题	296
参考文献	297



绪 论

第一节 引 言

机械是人类改造自然、社会发展进步的主要工具。自从瓦特发明蒸汽机促使欧洲发生工业革命以来,人类用于生产的工具和手段产生了飞跃,各种各样结构复杂、功能理想的工具——机器大量涌现,使人类社会进入了工业化的时代。在现代社会,机器已经广泛用于工业、农业、国防和科学技术等各个方面。现在,机器的使用程度已经成为人类文明进步的重要标志,一个国家的机器制造业已经成为其国民经济的重要支柱。

一、机械、机器、机构及其组成

机器(machine)的种类繁多,形状万变,性能各异,用途也各不相同。从机器的结构组成和机械运动的特点分析,不同的机器都是由能产生一定相对运动的单元体组合而成的,这些单元体称为构件,而具有特定形状和运动特征的构件组合称为机构。

(一) 机器的结构组成

如图 0-1 所示为某型号的电动助力自行车,就是一台简单的机器。骑行时,先靠人力脚踏蹬作用于大链轮曲柄 16,经过链条 14,将运动传至小链轮(飞轮) 11,驱动后轮转动。如果需要助力,可将控制器 17 上的电源锁旋开,蓄电池 21 提供的电源与各控制线路接通,电子显示器(盘)上的绿色电量指示灯亮(红色指示灯亮时表明电量已经快要耗尽,应予充电),右手向后缓慢转动调速把手 6,外转子为驱动轮轮毂的直流电动机 12 启动,使车速稳步提高,并有时速显示。右手松开调速把手,把手自动回位并切断电源,则恢复到人力驱动的状态。骑车时若需紧急刹车,两手握紧刹车闸把 7,控制线路与电源切断,车轮随即停转。上坡或逆风中采用电力驱动时,还可以脚踏助力。这样,电动助力自行车就利用机械能(人力驱动)或电能(电力驱动)来完成有用的机械功,把我们送到欲到达的地方。电动助力自行车的操作简单,骑行舒适,也不污染空气,具有电力驱动、人力驱动和电力人力共同驱动三种功能。

由上述例子以及对其他各种不同机器的分析,可以得出机器在结构上的共同特征,即:

- ① 机器是人们根据某种使用要求而人为创造出来的若干实物的组合;
- ② 机器的各部分之间具有确定的相对运动;
- ③ 机器能完成有用的机械功或实现机械能的转换。

由上所述可知,凡同时具备上述三个特征的装置称为机器;而只具备前两个特征的装置则称为机构(mechanism)。机器与机构的区别仅在于能否完成有用的机械功或进行机械能的转换,但从运动的观点来看,两者没有差别,所以工程上把机器和机构统称为“机械”。

组成机械的各个相对运动的部分(即运动单元)称为构件(component),而把机械中

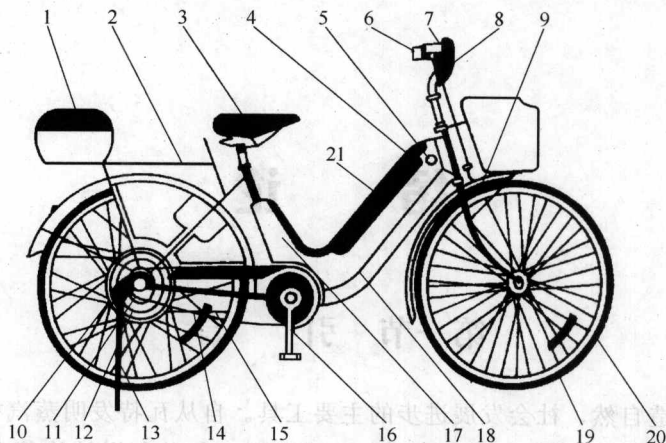


图 0-1 电动助力自行车

- 1—工具箱；2—货架；3—鞍座；4—充电插孔（左侧）；5—电源锁；6—调速把手；7—刹车闸把；
8—电子显示器；9—前闸；10—后闸（左侧）；11—小链轮（飞轮）；12—直流电动机（轮毂）；
13—支架；14—链条；15—辐条；16—大链轮曲柄；17—控制器（盖板内）；
18—护板；19—轮辋；20—轮胎；21—蓄电池

不可拆分的制造单元体称为零件（part）。显然，构件可以由单一零件组成，也可以是多个零件的刚性组合。零件可分为两大类：一类是通用零件，即在各种机器中都广泛使用的零件，如螺栓、螺母、齿轮、轴等；另一类是专用零件，即只在某种特定类型的机器中才使用的零件，如活塞、叶片、曲轴等。

需要指出的是，随着科学技术的进步，组成机构的构件已不能都一概简单地作为刚体处理，某些构件可以是挠性的或弹性的；有时候液体、气体及电磁也参与实现机械运动的传动和变换。因此，机器也有了新的更加广泛的含义：机器是一种用来转换或传递能量、物料和信息的能执行机械运动的装置。

（二）机器的功能组成

机器的发展经历了一个由简单到复杂的过程。18 世纪蒸汽机的出现使机器的功能开始完善。从功能和系统的角度来看，机器一般由五大部分组成，如图 0-2 所示。

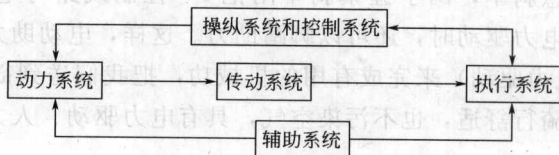


图 0-2 机器的功能组成

（1）动力部分 动力部分即动力系统，是机器能量的来源，它将各种能量（如电能、热能等）转变为机械能。从历史发展看，最早的动力源是人力和畜力，后来是水力和风力。工业革命后蒸汽机为机器的动力源；而现代机器常见的动力系统大多为电动机、内燃机和汽轮机。

（2）工作部分 工作部分又称执行系统，是直接实现机器特定功能，完成预期工作任务的部分。例如汽车的车轮、挖土机的挖斗、起重机的卷筒和吊钩、机器人的执行部分等。一台机器可以只有一个执行系统，也可以有多个执行系统。例如，牛头刨床只有刨头一个执行

系统；而桥式起重机有三个执行系统，卷筒和吊钩部分执行上下吊放重物的任务，小车行走部分执行横向移动重物的任务，大车行走部分执行纵向移动重物的任务。

(3) 传动部分 传动部分又称传动系统，是按照机器的工作要求将动力系统所提供的运动形式、运动参数和动力参数，转换或分配给工作部分的中间传动装置。例如，牛头刨床通过带传动、齿轮传动、平面连杆机构，将电动机输出的圆周运动转换成刨头的匀速直线运动等。

(4) 控制部分 控制部分也就是机器的控制系统，是控制机器的启动、停车、改变控制对象的运动参数和动力参数，使动力部分、传动部分和执行部分彼此协调工作，并能准确可靠地实现整个机器功能的装置。它又分为机械式控制器（如开关、离合踏板等）和电气式控制器（如电磁铁、电控换向阀等）。

(5) 辅助部分 辅助部分是指根据机器的功能要求而设置的一些其他系统，如润滑系统、冷却系统、显示系统、照明系统等。

任何复杂的机器都是由上述五个部分组成的，但前三个部分是机器的基本组成部分。以汽车为例，发动机是它的动力部分；车轮、悬架系统、底盘及车身是执行部分；离合器、传动轴和差速器是传动部分；转向盘及其转向装置、换挡杆、制动器和油门是控制部分；其辅助装置包括油量表、速度表、里程表等仪表构成显示系统，前后灯、仪表盘灯构成照明系统，转向信号灯和车尾红灯构成信号系统，还有后视镜、刮雨器、车门锁等其他辅助装置。

(三) 现代机器及其特点

随着伺服驱动技术、检测传感技术、自动控制技术、信息处理技术、材料及精密机械制造技术、系统总体技术等的高速发展，使传统的机械在产品结构和生产系统结构等方面发生了质的飞跃。现代机器已经成为一个以机械技术为基础，以电子技术为核心的高新技术的综合系统，而计算机在其中起着协调和控制的核心作用，但其功能仍然是执行机械运动、完成有用的机械功或实现机械能的转换。

可以说，现代机器是由计算机协调与控制的、用于完成包括机械力、运动和能量转换等动力学任务的机械和（或）机电部件相互联系的系统。如图 0-3 所示的焊接机器人就是大型的现代机器，1 为机座；2 为控制器，即自动控制系统；3 为焊接电源装置；4 是操作机，是它的执行系统，可以实现 6 个独立的回转运动，完成焊接操作。焊接机器人由计算机控制协调操作机的运动，以完成各种焊接工作。

现代机器与传统机器相比较，有以下主要特点。

(1) 功能增加，柔性提高 只要改变控制器的控制程序，就能改变加工工序，完成不同的工作，并且还可自动检测、自动诊断、自动保护及自动显示等，实现了机器的多功能化和柔性化。改变了传统机床功能单一、操作复杂等缺点，可以将多道工序在一台机器上一次装夹下完成。

(2) 结构简化，性能改善 由于控制技术、驱动技术、检测传感技术及精密机械加工技术的发展，现代机器的传动系统和执行系统在结构上得以大大简化，因而结构更加紧凑，重量更轻，而工作精度、可靠性和稳定性却大大提高，工作寿命大大延长。

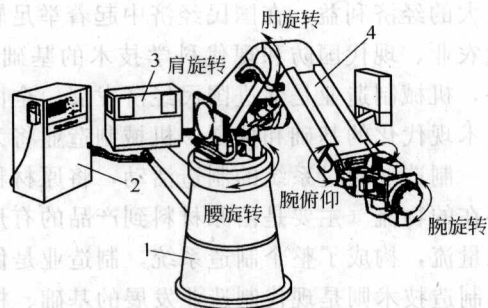


图 0-3 焊接机器人

(3) 效率提高, 成本降低 例如图 0-3 所示的机器人, 如果再配置变位机(工作台)等, 就可以组成焊接工作站, 可以 24h 连续自动焊接, 大大提高了劳动生产率, 成本大大降低。

还需指出的是, 在现代机器中, 机械系统仍然是必不可少的主要组成部分, 机械系统和电子系统在不同的场合具有不同的优势。因此, 现代机器要求综合考虑机、电、硬件、软件等多方面的特性, 使整个系统的各部分合理协调, 实现整体的最佳组合。

二、机械制造业在国民经济中的地位

马克思主义认为, 物质资料的生产, 是人类赖以生存和发展的基础。在古代, 人类在长期的生产实践活动中创造了各种劳动工具和机械, 增强了同大自然斗争的能力, 发展了生产, 推动了社会的发展和进步。自英国工业革命以来, 世界各国都先后大量采用机器生产, 生产力得到了迅速发展。现代化的机器生产, 已经成为一个国家生产高度发展的重要标志。

实现社会主义现代化, 全面建设小康社会, 就是大量采用先进技术, 广泛使用技术先进的高效能的现代化机器进行生产, 实现生产过程的机械化和自动化, 大大提高了劳动生产率和产品质量, 大大促进了国民经济的飞速发展。现在, 我国机械制造业有了强势发展, 能制造基本满足国民经济各行各业以及国防和科学研究所需要的各种机械设备。

要制造出高效能、高精度、高科技的机械产品, 优良的设计是保证各种产品具有预期的特殊使用功能, 并是使其能耗降低、效率高而成本低、操作安全、工作寿命足够长的前提; 合理的材料为各种产品提供必要的基本功能, 是产品质量的重要基础; 先进的制造技术是把设计的产品变成现实的产品的手段, 是产品质量的最后保证。只有三者最佳结合, 才能制造出优质的机械产品。不难想象, 如果没有这样的前提、基础和保证, 就不会有火车、汽车和飞机, 不会有洗衣机和冰箱, 更不会有人造卫星和飞船, 我们也就不能享受现代文明生活。

现代化生产和科学技术的日益发展, 无论在产品的品种上、数量上和质量上, 对机器都提出了更新更高的要求, 同时也为机械制造业的发展, 开辟了更广阔的前景。现代社会物质文明的高度发展, 首先要归功于制造业的进步。只有机械制造业才能够为国民经济各部门、为国防和科学研究提供技术装备; 机械制造业在为社会创造大量物质财富的同时, 也创造了巨大的经济利益, 在国民经济中起着举足轻重的作用。现代化的机械制造业是现代工业、现代农业、现代国防和现代科学技术的基础, 也是人类现代文明的基础。因此从某种意义上讲, 机械制造业是促进国民经济发展、全面建设小康社会以及实现工业、农业、国防和科学技术现代化的基础和保证。机械制造业将为我国的社会主义现代化建设做出重要贡献。

制造业通过系统的制造活动, 将原材料变成各种产品提供给社会。产品制造全过程中所存在的物流(主要是由原材料到产品的有形物质的流动)、信息流(主要是产品设计等)及能量流, 构成了整个制造系统。制造业是促进国民经济发展和实现四个现代化的基础产业, 而制造技术则是现代制造业发展的基础、核心和强大后盾。没有先进的制造技术的支持, 就没有发达的制造业, 也就不可能使一个国家的国民经济具有强大的竞争力。

随着科学技术的进步, 机械制造技术也在不断地发展。现代电子技术、计算机技术、信息技术也使传统的制造技术有了飞速的发展和革命性的变化。信息技术向制造技术的渗入和融合, 促进着设计技术的现代化、加工制造的精密化和快速化、自动化技术的柔性化和智能化、制造过程的网络化和全球化, 促进制造技术不断发展。现代制造技术正向着高精度、自动化和集成化的方向发展。微米技术、亚微米技术已在航空航天领域、微电子产品加工领域得到广泛应用。计算机辅助设计与制造、数控加工技术、柔性制造系统、计算机集成制造系

统等一系列制造技术加速了新产品开发,并适应了多品种和批量生产的模式。

第二节 本课程学习的内容、目的和方法

机械设计基础是机械类和近机械类专业的一门重要的专业基础课。它以已经学习过的高等数学、机械制图、工程力学、工程材料、电工技术基础、机械制造基础等专业基础课以及金工实习课为基础。特别是机械制图课程,使读者具有相应的读图能力和绘制简单机械图样的能力;金工实习课使读者对机械工程材料、机械零件的结构、制造过程及相关设备有了必要的感性认识,为本课程的学习奠定了一定的基础。

一、本课程研究的内容

本课程研究的内容包括机械原理和机械零件两个部分。机械原理主要研究常用机构(即常用于各种机器中的机构,如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等)的组成、运动特性以及基本设计理论和设计方法。机械零件主要研究在一般条件下使用的一般尺寸和常用参数范围内的通用零部件的工作原理、结构特点、运动性能、动力性能、设计(或选用)原理(计算方法)等,涉及零件最适当的外形和尺寸、如何选择合适的材料、公差、表面质量,以及规定的制造上的技术条件等。这些都是属于各种机械中的共性问题。

二、本课程学习的目的和要求

机械工程技术人员,特别是处于机械产品的生产(含维修)、管理第一线的人员,除了掌握必要的工程材料和机械制造方面的基本知识外,还应掌握必要的机械设计方面的知识。

学习本课程有两个方面的目的。一是为学习后续课程和专业课程奠定基础,为从事专业工作创造必要的条件。二是有助于提高学生分析问题和解决问题的能力,也就是提高学生的综合素质。

通过本课程的学习,使学生对机械产品的设计过程有一个总体的了解,具体应达到以下基本要求:

- ① 熟悉常用机构的组成、工作原理、特点、应用,以及运动特性和设计的基本知识;
- ② 熟悉通用零部件的工作原理、特点、结构(标准零件的标准),掌握通用零件的设计(或选用)的基本方法;
- ③ 学会使用设计资料进行简单机械传动装置的设计;
- ④ 能对一般机构的特性和一般使用条件下的通用零部件常见失效原因进行分析,解决生产实际中有关机械零部件结构设计方面的问题。

三、本课程学习的方法

与工程材料及机械制造基础课程一样,本课程内容的特点是实践性很强,在学习过程中要采用与之相适应的学习方法。

首先,要重视实践性教学环节。本课程作为一门实践性很强的课程,没有足够的实践基础,对机械设计知识很难有准确的理解并真正掌握。所以,在学习本课程之前,应先参加金工实习,具有一定的感性认识;在学习过程中要注意理论联系实际,加深对课程内容的理解,切实掌握好有关的理论知识和实践知识。

其次,要注意运用辩证唯物主义的观点和方法。鉴于本课程的特点,在学习本课程时,

要注意运用辩证唯物主义的观点和方法,认真理解基本概念,并通过教师所举实例、思考题和习题予以巩固,提高分析问题和解决问题的能力,切忌死记硬背,生搬硬套地被动学习。

再次,认真做好课程的复习。在学习过程中,要认真做好复习,它包括两个方面,即在学习本课程后面内容的同时,要适时复习本课程已学过的相关内容;在学习本课程的同时,要适时复习先修课程的相关内容。只有这样,才能使整个学习内容前后融会贯通。

最后,要善于做好学习内容的阶段总结。对学习内容总结的过程,就是将厚书变成薄书的过程,更是复习、归纳、提高的过程,并且也有助于对知识的记忆。

我们相信,只要有认真的学习态度,注意不断改进学习方法,尽快适应本课程的特点,就一定能有较大收获。

绪论小结

机械的产生和发展与人类社会发展进步紧密相联,它是人类改造自然的主要工具。

① 机器在结构上有三个共同特征:机器是人们根据某种使用要求而人为创造出来的若干实物的组合;机器的各部分之间具有确定的相对运动;机器能完成有用的机械功或实现机械能的转换。机构只具备机器的前两个特征。机器与机构的区别仅在于能否完成有用的机械功或进行机械能的转换。从运动的观点来看,两者没有差别,工程上把机器和机构统称为“机械”。组成机械的各个相对运动的部分(即运动单元)称为构件,机械中不可拆分的制造单元体称为零件。构件可以由单一零件组成,也可以是多个零件的刚性组合。零件又分为通用零件和专用零件,前者在各种机器中都广泛使用,后者只在某种特定类型的机器中才使用。机器在功能上由五个部分组成:动力系统、工作系统、执行系统、操纵系统和控制系统、辅助系统。

② 机械设计基础是机械类专业的一门重要的专业基础课,研究内容包括机械原理和机械零件两个部分,机械原理是以常用机构作为研究对象,机械零件是以通用零件作为研究对象。学习本课程的目的,一是为学习后续课程和专业课奠定基础,为从事专业工作创造必要的条件。二是提高学生分析问题和解决问题的能力,也就是提高学生的综合素质。通过本课程的学习,应达到四方面的基本要求:一是熟悉常用机构的组成、工作原理、特点、应用,以及运动特性和设计的基本知识;二是熟悉通用零件的工作原理、特点、结构(标准零件的标准),掌握通用零件设计(或选用)的基本方法;三是学会使用设计资料进行简单机械传动装置的设计;四是能对一般机构的特性和一般使用条件下的通用零件常见失效原因进行分析,解决生产实际中有关机械零部件结构方面的问题。在学习过程中,要重视实践性教学环节(如机械设计基础实验和相关内容的实训),要注意运用辩证唯物主义的观点和方法,认真做好课程的复习,要善于做好学习内容的阶段总结。

思考题

0-1 什么是机械?什么是机器?什么是机构?机器与机构有何联系和区别?

0-2 什么是构件?什么是零件?构件与零件有何联系和区别?

0-3 从功能系统的角度来看,机器是由哪些部分组成的?各部分的作用是什么?

0-4 以自行车为例,列举两个构件,说明其主要由哪几个零件组成?

习题

试分析家用缝纫机、洗衣机、机械式钟表是机器还是机构?为什么?

第一章 机械设计概论

机械设计 (machine design) 是指从社会的需要出发, 创造性地设计出具有特定功能的新机械或改进原有机械的性能的全过程。机械设计的最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机械产品, 在市场竞争中取得优势, 赢得用户, 取得良好的经济效益。机械设计质量的高低直接关系到机械产品的性能、质量、使用安全性、能耗、使用寿命、价格及经济效益等。

第一节 机械设计的基本要求和一般过程

机械产品的质量和经济效益取决于设计、材料、制造和管理的综合水平, 而产品的设计则是关键。没有高质量的设计, 就不可能有高质量的产品; 没有经济观念的设计者, 绝不可能设计出性能好、价格相对比较低廉的产品来。

一、机械设计的基本要求

据统计, 产品质量事故, 约有 50% 是设计不当造成的; 产品的成本, 60%~70% 取决于设计。因此, 在机械产品设计中, 应特别强调和重视从系统的观点出发, 合理地确定系统的功能; 应重视机、电技术的有机结合, 注意新技术、新工艺及新材料的采用; 应努力提高产品的可靠性、经济性及保证使用安全性。机械产品设计应满足以下几个方面的基本要求。

(1) 满足功能要求 机械产品的设计总是以满足功能要求为前提的, 一项产品的性能应最大限度地满足用户的功能要求, 也就是要实现预定的功能, 并在规定的工作环境下、规定的工作期限内正常地服役。机械产品的功能要求, 也即对运动学和动力学方面的要求, 这也是对机械产品最基本的要求, 如果不能满足产品的功能要求, 也就失去了产品设计和存在的意义。设计者必须以满足用户对机械产品功能要求为最基本的出发点, 进行市场调查和用户访问, 清楚市场当前和预测今后对产品功能的要求, 然后对产品进行功能分析, 遵循保证基本功能、满足使用功能、剔除多余功能、增加新颖功能、恰到好处地利用功能原则, 提高功能价值, 降低实现功能的成本, 力求提高产品的竞争力。

(2) 保证可靠性要求 可靠性是指机械产品在规定的条件下和规定的工作期限内实现规定功能的能力。为此, 设计时必须选择合适的零件材料并设计合适的零件结构和尺寸, 以保证零件具有足够的强度、刚度、耐磨性、耐热性和振动稳定性。机器是由许多零件和部件组成的, 其可靠性取决于零部件的可靠度, 机械产品的零件、部件越多, 其可靠度也就越低。因此在设计机械产品时, 应尽量减少零件的数目。

可靠性是衡量机械产品质量的一个重要指标, 提高产品可靠性的最有效的方法是进行可靠性设计。设计者应从整机系统出发, 对可能发生的故障和失效进行预测和分析, 采取相应的预防措施; 对整机系统可靠性有关键影响的零部件应进行可靠性分析和设计。

设计者在设计阶段就应当考虑机器的易维修性, 使机器易于检查、发现和排除故障。