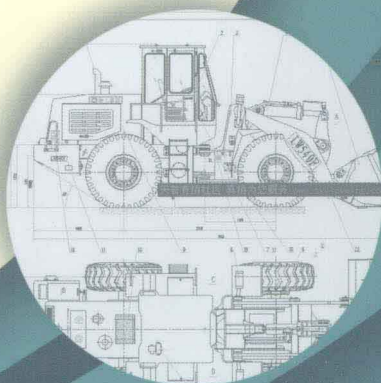
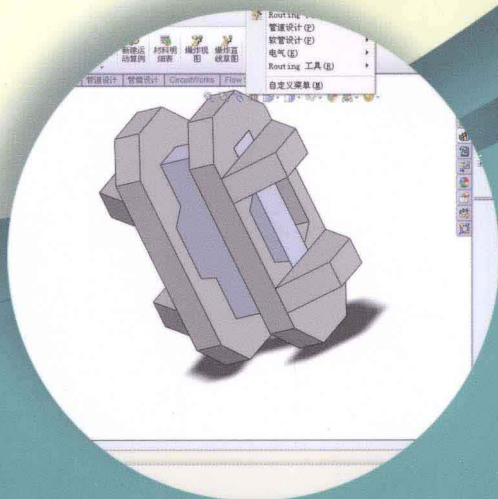




高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

机械设计与创新

● 主 编 朱秀娟



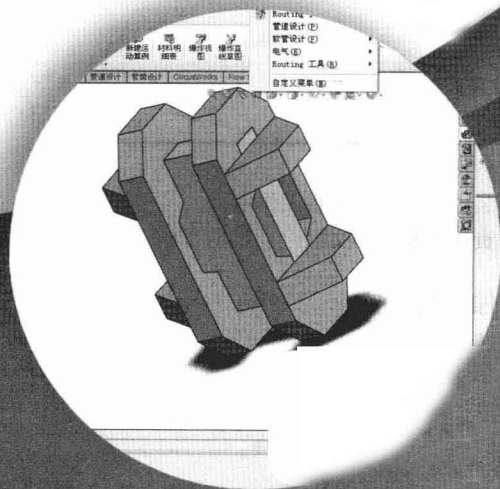
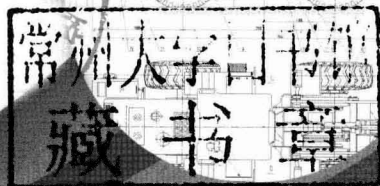
北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

机械设计与创新

● 主 编 朱秀娟
副主编 裴小英 谢海东 杨振国 贾凤英
参 编 郭志刚 董文杰 冯安平 石亚平



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

机械设计与创新 / 朱秀娟主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.7

(高等职业教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-303-12500-5

I. ①机… II. ①朱… 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(2011)第 058115 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京市易丰印刷有限责任公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 24

字 数: 480 千字

版 次: 2011 年 7 月第 1 版

印 次: 2011 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 茵

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。
2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。
3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。
4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。
5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

前 言

本教材秉承“校企合作、工学结合”的高职教育理念，结合企业需求及最新工艺，将工程力学、机械设计、创新设计、机械设计课程设计等课程的主要内容进行优化组合，使本书成为一本综合性较强且体系相对完整的教材。

本书除绪论介绍课程的基本情况外，共分为四编 20 章。第 1 编是第 1~5 章，是力学分析部分，为机械设计提供力学分析基础，为机械零件设计确定合理的材料、截面形状和几何尺寸，提供理论依据；第 2 编为第 6~9 章，介绍常用机构及机械创新设计基础，包括常用机构的工作原理、结构特点及运动特性，创新设计的原理及方法，尤其是机构创新设计，为机械传动方案的选取和设计打下基础；第 3 编是第 10~16 章，主要讲授机械通用零部件的设计，包括工作原理、结构特点、选用、设计计算和创新设计原理的应用；第 4 编为第 17~20 章，是本门课程的实训环节，提供了减速器和多功能搅拌机 2 个项目 3 种方案的选题，并以减速器为项目，提供完整的设计思路和方法，以巩固和提高学生对本门课程所学知识的掌握程度。

本教材的编写特色体现在：

1. 为校企合作教材，教材内容基于工作过程，实施任务驱动法(第 1 编、第 2 编)、项目驱动法(第 3 编、第 4 编)编写，且任务及项目均能取自企业一线设计实例(如多功能搅拌机两种设计方案)；

2. 各章包括任务及分析、相关知识、任务实施、拓展训练等环节，且均以工程实际案例及广东省技能竞赛作品，为拓展训练或任务实施案例，以锻炼学生利用所学知识进行分析问题、解决问题的能力等；

3. 本书除了介绍传统的机械零件的设计要点，同时介绍了企业的新工艺和设计新要求等，比如轴毂配合方式、塑料齿轮的设计、同步带的设计计算方法等；

4. 本书实训设计指导有两个课题 3 种方案，有利于因材施教，其中部分方案有利于提高学生的创新设计能力。

参加本书编写的有佛山职业技术学院朱秀娟(绪论、第 7 章、第 9 章、第 10 章、第 12 章、第 15 章、第 16 章、第 17 章、第 18 章、第 20 章)、郭志刚(第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章)、董文杰(第 14 章)、石亚平(第 8 章及各章习题)、冯安平(第 19

章,并参与部分产品的图片处理)、广东交通职业技术学院裴小英(第6章)、广东轻工职业技术学院谢海东(第11章)、广州城建职业学院贾凤英(第13章)。本书由朱秀娟担任主编,并负责全书统稿。另外,在本教材编写过程中,得到了三水合成电器实业有限公司邝穗渝副厂长、余永进主管、杨振国副主管的大力支持,编者在此表示衷心感谢。

在编写过程中,我们参考了有关文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中疏漏及不当之处,恳请广大读者批评指正,编者不胜感谢。

目 录

绪论	1
0.1 本课程的研究对象和内容	1
0.1.1 本课程研究的对象	1
0.1.2 本课程的内容及学习特点	2
0.1.3 本课程的任务	2
0.1.4 本课程在机械工程中的意义和应用	2
0.1.5 本课程的学习方法	2
0.2 机械设计的基本要求	3
0.3 机械设计的一般过程	4

第1编 力学计算基础

第1章 静力学基础	9
1.1 静力学基本概念	9
1.1.1 刚体的概念	9
1.1.2 力的概念	10
1.1.3 平衡的概念	11
1.2 静力学公理	11
1.2.1 公理一 二力平衡公理	11
1.2.2 公理二 加减平衡力系公理	12
1.2.3 公理三 力的平行四边形公理	12
1.2.4 公理四 作用和反作用公理	13
1.2.5 公理五 刚化公理	13
1.3 约 束	13
1.3.1 约束和约束力	13
1.3.2 常见的约束类型	14
1.4 物体受力分析和受力图的画法	17
1.5 平面力系的简化	18
1.5.1 力的平移定理	18
1.5.2 平面一般力系的简化	19

1.6 平面力系的平衡条件及应用	23
练习题	27
第2章 轴向拉伸和压缩	28
2.1 轴向拉伸和压缩时的内力	28
2.1.1 轴向拉伸和压缩的概念	28
2.1.2 内力的概念	29
2.1.3 截面法、轴力、轴力图	29
2.2 轴向拉(压)时横截面上的应力	31
2.2.1 应力的概念	31
2.2.2 横截面上的应力	32
2.3 材料在拉伸和压缩时的力学性能	32
2.3.1 材料在拉伸时的力学性能	33
2.3.2 材料在压缩时的力学性能	36
2.4 轴向拉(压)杆的强度条件及其应用	37
2.4.1 材料的极限应力	37
2.4.2 许用应力	38
2.4.3 轴向拉(压)杆的强度条件和强度计算	39
练习题	41
第3章 剪切与挤压	42
3.1 剪切与挤压的概念	42
3.1.1 剪切的概念	42
3.1.2 挤压的概念	43
3.2 剪切与挤压的实用计算	43
3.2.1 剪切的实用计算	43
3.2.2 挤压的实用计算	44
练习题	47
第4章 轴的扭转	49
4.1 扭转的概念及外力偶矩的计算	49
4.1.1 扭转的概念	49
4.1.2 外力偶矩的计算	50
4.2 圆轴扭转时横截面上的内力及扭矩图	50
4.2.1 扭矩	50
4.2.2 扭矩图	51
4.3 等直圆轴扭转时横截面上的切应力	53
4.3.1 实心圆轴横截面上的切应力	53
4.3.2 极惯性矩和抗扭截面系数	54

4.4 等直圆轴扭转时的强度计算	55
4.5 等直圆轴扭转时的变形及刚度条件	56
4.5.1 圆轴扭转时的变形	56
4.5.2 圆轴扭转刚度条件	57
练习题	58
第5章 弯曲变形分析	60
5.1 梁的内力	60
5.2 梁的内力—剪力和弯矩	61
5.2.1 计算梁的内力的截面法	61
5.2.2 剪力图和弯矩图	64
5.3 纯弯曲梁强度条件	66
5.3.1 纯弯曲时梁横截面上的正应力	66
5.3.2 强度条件	67
5.4 弯曲变形	68
5.5 提高梁承载能力的一些措施	69
练习题	72

第2编 常用机构及创新设计基础

第6章 平面机构的结构分析	75
6.1 平面机构的组成	75
6.1.1 机械基本概念	76
6.1.2 平面机构的组成	77
6.2 平面机构的运动简图	79
6.3 平面机构具有确定运动的条件	80
练习题	86
第7章 平面连杆机构	87
7.1 平面连杆机构的类型及应用	88
7.1.1 平面连杆机构的基本形式	88
7.1.2 平面四杆机构的演化形式	90
7.2 平面连杆机构的基本特性	92
练习题	96
第8章 其他常用机构	97
8.1 凸轮机构	97
8.1.1 凸轮机构类型	97
8.1.2 凸轮机构中的从动件常用运动规律	100
8.1.3 凸轮机构的轮廓设计	105

8.2 棘轮机构	108
8.3 棘轮机构设计计算	112
8.4 槽轮机构概述	113
8.4.1 槽轮机构概述	113
8.4.2 槽轮机构的运动系数	114
8.4.3 槽轮机构的优、缺点和应用	115
8.5 螺旋机构	116
练习题	118
第9章 机械创新设计基础	120
9.1 创新原理	120
9.2 机械创新常用方法	121
9.3 机构创新设计	123
9.4 反求设计与创新设计	126
9.4.1 反求设计的过程	127
9.4.2 反求设计的创新内容	127
练习题	130

第3编 机械设计

第10章 带传动	133
10.1 带传动的类型及工作原理	133
10.2 带传动的工作情况分析	135
10.2.1 带传动的受力分析	135
10.2.2 带传动的应力分析	137
10.2.3 带传动的弹性滑动及打滑	138
10.3 V带和V带轮	139
10.3.1 普通V带的结构和标准	139
10.3.2 普通V带轮的结构	141
10.3.3 带传动的张紧装置	144
10.4 设计同步带传动	145
练习题	158
第11章 链传动	159
11.1 链传动的特点和组件结构与参数	159
11.1.1 链传动的组成、特点和类型	159
11.1.2 链传动的组件结构与参数	160
11.2 链传动的运动和受力分析	164
11.2.1 链传动的运动分析	164

11.2.2 链传动的受力分析	166
11.3 链传动的设计计算	167
11.3.1 链传动的基本参数	167
11.3.2 链传动的失效形式	168
11.3.3 滚子链的功率曲线	169
11.3.4 链传动的设计	170
11.4 链传动的布置、张紧和润滑	171
11.4.1 链传动的布置	171
11.4.2 链传动的张紧	172
11.4.3 链传动的润滑	173
练习题	177
第12章 齿轮传动	178
12.1 轮系	178
12.1.1 定轴轮系传动比的计算	180
12.1.2 行星轮系传动比的计算	182
12.1.3 混合轮系传动比的计算	184
12.1.4 齿轮系的功用	185
12.2 齿轮传动的特点、类型及其应用	187
12.2.1 平面齿轮传动(平行轴传动)	187
12.2.2 空间齿轮传动	188
12.3 齿廓啮合的基本定律	189
12.4 渐开线齿廓及其啮合特性	190
12.4.1 渐开线的形成及渐开线性质	190
12.4.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称、基本参数和 几何尺寸的计算	193
12.4.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算	194
12.4.4 任意圆弧齿厚和公法线长度	195
12.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	197
12.5.1 渐开线齿轮的正确啮合条件	197
12.5.2 渐开线齿轮的连续传动条件	197
12.5.3 齿轮传动的中心距及标准齿轮的安装	198
12.5.4 齿轮和齿条传动	200
12.6 渐开线齿廓的根切现象、变位齿轮的概念	201
12.6.1 渐开线齿轮轮齿的加工	201
12.6.2 渐开线齿廓的根切	202
12.6.3 变位齿轮传动	203

12.7 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	206
12.7.1 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	206
12.7.2 交错轴斜齿轮机构简介	209
12.8 直齿圆锥齿轮机构	211
12.9 齿轮传动受力分析	214
12.9.1 圆柱齿轮传动的受力分析	214
12.9.2 圆锥齿轮传动的受力分析	215
12.10 齿轮传动的失效形式、设计准则和齿轮材料	216
12.10.1 齿轮轮齿的失效形式	216
12.10.2 设计准则	218
12.10.3 齿轮材料	218
12.11 轮齿的强度计算	219
12.11.1 齿轮的精度	219
12.11.2 计算荷载	220
12.11.3 许用应力	220
12.11.4 齿面接触疲劳强度计算	221
12.11.5 弯曲疲劳强度计算	223
12.12 设计齿轮传动零件	225
12.13 齿轮的结构设计和润滑	228
12.13.1 齿轮的结构	228
12.13.2 齿轮传动的润滑	230
12.14 多功能搅拌机(方案一)设计:塑料齿轮的设计	231
12.15 多功能搅拌机(方案二)分析及设计:轮系的创新应用	232
练习题	237
第13章 蜗杆传动	238
13.1 蜗杆传动概述	238
13.1.1 蜗杆传动类型	239
13.1.2 蜗杆传动的特点和应用	240
13.2 蜗杆传动的基本参数和尺寸	240
13.2.1 蜗杆传动的基本参数	240
13.2.2 蜗杆传动的基本尺寸计算	243
13.2.3 蜗杆传动的变位	244
13.3 蜗杆传动的承载能力计算	245
13.3.1 蜗杆传动的失效形式	245
13.3.2 蜗杆传动的材料	246
13.3.3 蜗杆传动的受力分析	246

13.3.4 蜗杆传动的强度条件	247
13.4 蜗杆传动的效率和热平衡	249
13.4.1 蜗杆传动的滑动速度	249
13.4.2 蜗杆传动的效率和润滑	249
13.4.3 蜗杆传动的热平衡计算	251
13.5 蜗杆和蜗轮的结构	252
13.5.1 蜗杆结构	252
13.5.2 蜗轮结构	252
练习题	256
第14章 轴 承	257
14.1 滚动轴承概述	257
14.1.1 滚动轴承的组成	257
14.1.2 滚动轴承的类型及特点	258
14.2 滚动轴承的代号	262
14.3 滚动轴承类型的选择	265
14.4 滚动轴承的工作情况分析 & 计算	266
14.4.1 滚动轴承的受载情况分析	266
14.4.2 滚动轴承的失效形式和计算准则	267
14.4.3 滚动轴承的寿命计算	268
14.4.4 滚动轴承的静强度计算	272
14.5 滚动轴承的组合设计	272
14.5.1 滚动轴承的轴向固定	272
14.5.2 轴组件的轴向固定	273
14.5.3 轴承组合的调整	275
14.5.4 轴承组合支承部分的刚度和同轴度	276
14.5.5 轴承的预紧	276
14.5.6 滚动轴承的配合与装拆	277
14.5.7 滚动轴承的润滑	278
14.5.8 多功能搅拌机轴受力计算	279
14.5.9 轿车变速箱球轴承的寿命提高过程	279
14.6 滑动轴承	280
14.6.1 滑动轴承的特点、应用及分类	280
14.6.2 滑动轴承的典型结构	281
14.6.3 滑动轴承的结构和滑动轴承的材料	283
14.6.4 滑动轴承的润滑	285
14.7 滚动轴承与滑动轴承的性能比较	287

练习题	288
第 15 章 轴及轴系	289
15.1 概述	289
15.1.1 轴的功用与种类	289
15.1.2 轴的设计中应考虑的问题	290
15.1.3 轴的材料与热处理	291
15.2 轴及轴系的结构设计	292
15.2.1 轴的结构设计	292
15.2.2 轴系的结构设计	295
15.3 轴的工作能力计算	299
15.3.1 轴径的估算和强度计算	299
15.3.2 多功能搅拌机(方案一)轴Ⅱ、轴Ⅲ的设计与校核	304
15.3.3 案例分析	307
练习题	308
第 16 章 键连接与其他联接	309
16.1 键连接	309
16.1.1 平键联接	310
16.1.2 半圆键	312
16.1.3 楔键联接	312
16.1.4 花键联接	313
16.2 销联接	313
16.2.1 按销联接的用途分类	313
16.2.2 按销的形状分类	314
16.3 无键联接	314
16.3.1 型面联接	314
16.3.2 过盈联接	314
16.3.3 胀紧联接	315
16.4 联轴器和离合器	315
16.4.1 联轴器	316
16.4.2 离合器	319
16.4.3 制动器	320
16.4.4 确定多功能搅拌机轴Ⅱ、轴Ⅲ3 处键的选择,并校核 其强度	322
16.4.5 确定多功能搅拌机轴Ⅱ、轴Ⅲ无键联接方式	322
练习题	323

第4编 机械设计课程设计

第17章 课程设计总论	327
第18章 传动装置的总体设计	330
18.1 传动装置的整体设计	330
18.1.1 传动方案分析	330
18.1.2 选择电动机	330
18.1.3 计算总传动比和分配传动比	334
18.1.4 计算传动装置的运动和动力参数	335
18.2 传动零件的设计计算	336
第19章 减速器结构尺寸及图形绘制	338
19.1 减速器的结构尺寸	338
19.2 装配工作图的设计和绘制	344
19.3 减速器零件工作图的设计	358
19.3.1 零件工作图的设计要点	358
19.3.2 轴类零件工作图的设计要点	359
19.3.3 齿轮类零件工作图的设计要点	360
第20章 编写设计计算说明书并准备答辩	361
附录A 多功能搅拌机设计的两种设计方案	363
附录B 《机械设计基础》课程设计任务书	364
参考文献	367

绪 论



教 学 目 标

本章任务是以图 0-1 所示多功能搅拌机为例，要求学生了解机械产品设计的基本要求和一般过程，学生必须了解：

1. 本课程研究的对象、内容及学习特点
2. 本课程的学习方法
3. 机械设计的基本要求
4. 机械设计的一般过程

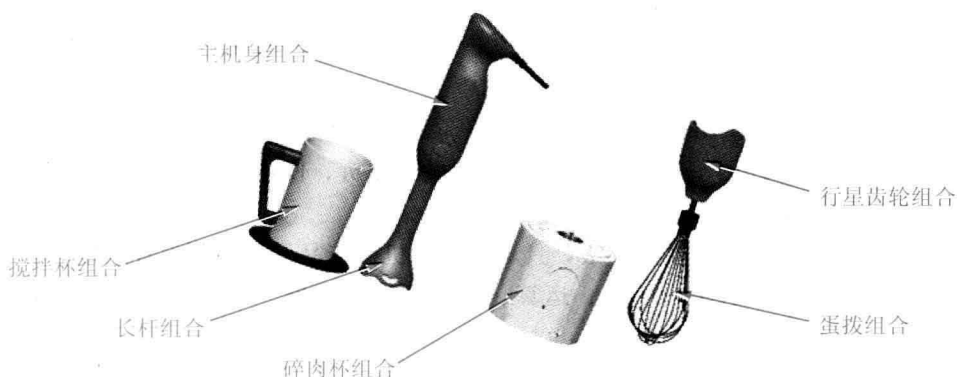


图 0-1 多功能搅拌机整机组件爆炸图

0.1 本课程的研究对象和内容

0.1.1 本课程研究的对象

人们在生产和生活中为了节省劳动，提高效率，不断改进所使用的工具，从而创造、发展了机械和机械学科，从最早的杠杆、斜面等最简单的机械发展到起重机、汽车、飞机、各种机床设备、缝纫机、机器人、计算机、现代航天器等种类繁多、结构复杂、技术先进、功能全面的机械。可以说正是机械科学的不断发展，推动着生产力的进步和社会的向前发展，因此，随着科学技术的发展，使用机器进行生产的水平已经成为衡量一个国家生产技术和现代化程度的重要标志之一。为了承担设计、制造、使用和管理机器的任务，从事生产第一线技术、管理工作的技术人员必须熟悉机器知识，掌握机械

设计、制造、使用和维修技术。由此看来,机械设计基础课程无疑是十分重要的。

0.1.2 本课程的内容及学习特点

本课程是机械设计制造类专业的主干课程,讲授学生必备的专业技术基础知识。研究的对象和内容分别是:第1篇的力学部分研究对象分别是刚体和变形固体,其中构件的静力分析主要研究刚体在荷载作用下的平衡问题,为构件承载能力提供依据。构件承载能力分析主要研究变形固体的强度和刚度问题,为机械零件设计确定合理的材料、截面形状和几何尺寸提供理论依据;第2篇研究对象为常用机构,包括工作原理、结构特点及运动特性,为机械传动方案的选取和设计打下基础;第3篇主要研究机械通用零部件的设计和创新设计,包括工作原理、结构特点、选用、设计和创新设计的基本原理和计算方法;第4篇是本门课程的实训环节,提供减速器和多功能搅拌机2个项目3种方案的设计思路和方法,以巩固和提高学生对本门课程所学知识的掌握程度。

0.1.3 本课程的任务

通过对本课程的学习,应达到以下基本要求。

- 1)熟练运用力学知识处理简单的力系平衡问题和零部件的受力分析及强度、刚度的计算方法。
- 2)熟悉常用机构、常用机械传动和通用零部件的工作原理、结构特点、应用和标准,掌握它们的选用和设计的基本原理方法,具备正确分析、使用、维护机械的能力,初步具备设计简单机械传动装置的能力。
- 3)熟悉创新设计原理及常用方法,具备对一般机械产品进行创新设计的能力。
- 4)具备与机械设计有关的解题、运算、绘图和运用标准、手册、图表等技术资料的能力。

0.1.4 本课程在机械工程中的意义和应用

本课程主要研究机械设计中的基本问题,是机型机械设计工作的技术基础,在日常生活和工程实践中都具有广泛的应用。在进行机械设计工作时,首先,都是根据产品功能需求确定机构组成;其次,分析各构件在工作过程中的运动情况及受载时的平衡问题;然后,根据不同构件具体的受载情况,合理选择材料、热处理,确定构件的形状、结构、几何尺寸、制造工艺等,或根据要求进行创新设计;最后,根据上述各环节的结果绘制零件工作图。机械设计的这一设计流程就是本课程所研究内容的系统应用过程。

0.1.5 本课程的学习方法

由于本课程是一门专业技术基础课,因此在学习过程中,除了应坚持做好课前预习,认真听课,及时复习,独立完成作业、实训等基本学习环节外,还应注意以下几个方面。

- 1)学会综合应用所学知识、融会贯通。综合运用本课程及其他课程的知识解决生产和生活中所遇到的简单机械设计问题是本课程的教学目标。