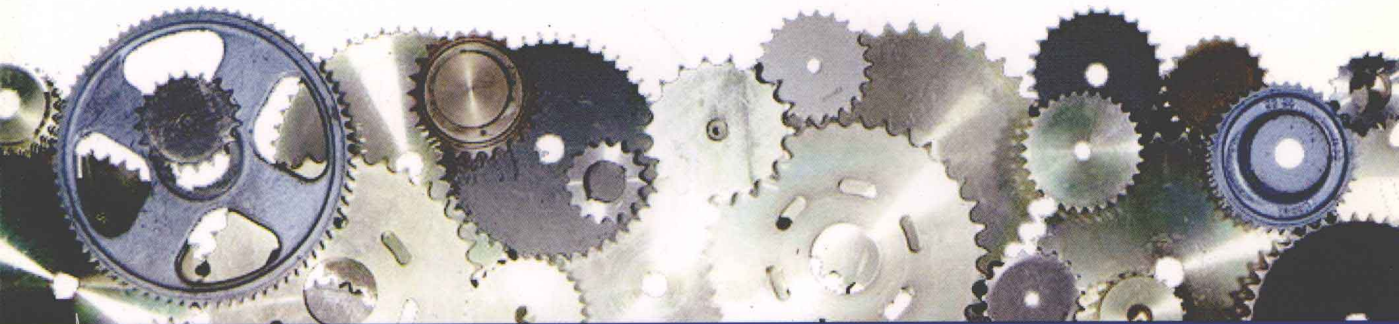




21世纪高职高专规划教材
·机·械·基·础·系·列·



机械设计基础

唐剑兵 主 编
张 欢 郑向华 副主编
李刚俊 主 审

清华大学出版社





21世纪高职高专规划教材
·机·械·基·础·系·列·

机械设计基础

唐剑兵 主 编
张 欢 郑向华 副主编
李刚俊 主 审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据高职高专机械基础课程教学基本要求组织编写的,内容包括机械设计基础概述、结构的静力分析、机械零件工作能力计算的理论基础、摩擦与润滑、机构的组成和运动分析、常用机构及运动分析、其他常用机构、齿轮传动、挠性传动及摩擦传动、螺旋传动、机械连接、支承及导轨、弹性元件、机械产品的总体方案设计和机械创新设计简介。全书共 15 章,除第 15 章外每章后面均附有习题,供读者练习。

本书从工程实际出发,重点放在工程应用中的基本知识、分析问题的思路和解决问题的方法上,通过一定量的工程例题,使读者较快掌握课程主要知识,并能灵活运用。

本书适用于机械及近机械类教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/唐剑兵主编. —北京:清华大学出版社, 2010. 11

(21 世纪高职高专规划教材. 机械基础系列)

ISBN 978-7-302-23214-8

I. ①机… II. ①唐… III. ①机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 125842 号

责任编辑:胡连连

责任校对:袁芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:23.75

字 数:542 千字

版 次:2010 年 11 月第 1 版

印 次:2010 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:38.00 元

产品编号:031220-01

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来自教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富的教学经验和多年实践经验的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

前 言

机械设计基础

机械设计基础是高职高专院校中机械类和近机械类专业的一门重要的技术基础课。本教材根据人才培养目标的要求,从工程实际出发,重点放在工程应用中的基本知识、分析问题的思路和解决问题的方法上,并通过一定量的例题细致讲解,力求达到使读者能较快地掌握该课程的主要知识点并能灵活运用的目的。在课程内容的安排上拓宽了基础知识的范围,突出了设计主线,兼顾了偏电和仪器类专业的特点。教材在编写过程中始终贯彻“够用为度”的方针来安排相关内容,使学生在学学习时正确处理好知识的广度和深度,强调理论知识与工程实践的联系。

本教材的内容涵盖了理论力学、材料力学、机械原理和机械零件等课程的主要知识,并按机械设计这条主线对课程的内容进行了复合、衔接和综合,使其有机地串联起来,成为一门完整、系统的综合课程。

本书适用于机械类、近机械类专业,特别适用于机、电结合,仪器类的诸多应用技术类专业。

本书可以满足 80~120 学时的教学需要,在教学时各专业可根据教学需求,对相关章节内容进行取舍。

参加本书编写的有:唐剑兵(绪论、第 1~7 章、第 14、15 章)、张欢(第 8 章)、刘晓红(第 9 章)、王付军(第 10 章)、郑向华(第 11、12 章)、何畏(第 13 章),全书由唐剑兵教授任主编,张欢、郑向华任副主编。李刚俊教授审阅了全书,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

在编写中,参考了国内大量教材、手册,在此对原书出版社和作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限,加之时间仓促,疏漏之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正,编者再次表示衷心的感谢。

编 者

2010 年 5 月

目 录

机械设计基础

绪论	1
0.1 机器的组成及其特征	1
0.2 基本概念	2
0.3 本课程的内容、性质和任务	4
习题 0	5
第 1 章 机械设计基础概述	6
1.1 机械设计的基本要求和方法	6
1.2 机械零件常用材料的选用	10
1.3 机械零件的结构工艺性	14
1.4 机械设计中的标准化	16
习题 1	17
第 2 章 结构的静力分析	18
2.1 静力分析基础	18
2.2 平面力系的简化与平衡	24
2.3 空间力系简介	39
习题 2	41
第 3 章 机械零件工作能力计算的理论基础	44
3.1 概述	44
3.2 构件的拉伸和压缩	46
3.3 剪切和挤压	56
3.4 圆轴的扭转	59
3.5 直梁的弯曲	64
3.6 构件组合变形的强度计算	71
3.7 交变应力作用下零件的疲劳强度	72
习题 3	75

第 4 章 摩擦与润滑	78
4.1 机械中的摩擦、磨损与润滑	78
4.2 滑动摩擦简介	80
4.3 常用润滑剂的选择	84
4.4 常用传动装置的润滑	88
4.5 机械装置的密封	90
习题 4	94
第 5 章 机构的组成和运动分析	96
5.1 平面机构的组成	96
5.2 平面机构运动简图	98
5.3 平面机构的自由度	99
5.4 平面机构运动分析	102
习题 5	111
第 6 章 常用机构及运动分析	114
6.1 平面连杆机构	114
6.1.1 平面四杆机构的特点及应用	114
6.1.2 平面四杆机构的基本特性	121
6.1.3 平面四杆机构的设计	125
6.2 凸轮机构	127
6.2.1 凸轮机构的组成、特点与分类	127
6.2.2 常用的从动件的运动规律	130
6.2.3 图解法设计凸轮轮廓	134
6.2.4 设计凸轮机构应注意的问题	137
习题 6	140
第 7 章 其他常用机构	144
7.1 间歇机构	144
7.1.1 棘轮机构	144
7.1.2 槽轮机构	148
7.1.3 不完全齿轮机构	151
7.2 微位移机构	151
习题 7	156

第 8 章 齿轮传动	158
8.1 齿轮传动的特点和类型	158
8.2 渐开线齿廓	160
8.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	162
8.4 渐开线直齿圆柱齿轮传动的性质	165
8.5 渐开线齿轮的加工方法及根切现象	167
8.6 轮齿的失效和齿轮的材料	170
8.7 标准直齿圆柱齿轮传动的设计	172
8.8 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	184
8.9 圆锥齿轮传动简介	194
8.10 蜗杆传动.....	196
8.11 齿轮系.....	208
习题 8	215
第 9 章 挠性传动及摩擦传动	217
9.1 带传动的的基本类型及特点	217
9.2 V 带传动的结构参数	219
9.3 V 带传动工作能力分析	222
9.4 带传动的设计计算	225
9.5 链传动	233
9.6 摩擦轮传动	236
习题 9	237
第 10 章 螺旋传动	239
10.1 螺旋传动机构概述.....	239
10.2 螺纹的形成、类型及参数	241
10.3 螺旋机构的受力分析及效率.....	244
10.4 滑动螺旋传动机构的误差分析.....	247
10.5 消除或减小误差的措施.....	249
10.6 滚动螺旋传动简介.....	251
习题 10	254
第 11 章 机械连接	256
11.1 连接概述.....	256
11.1.1 可拆卸连接.....	257
11.1.2 不可拆卸连接.....	266

11.2	轴	270
11.2.1	轴的类型与功用	270
11.2.2	轴的材料及其选择	271
11.2.3	轴的结构设计	272
11.2.4	轴的强度计算	277
11.3	联轴器、离合器	282
11.3.1	联轴器	282
11.3.2	离合器	286
11.4	轴承	288
11.4.1	滚动轴承	288
11.4.2	滑动轴承	298
	习题 11	299
第 12 章	支承及导轨	302
12.1	支承	302
12.2	导轨	307
12.2.1	导轨概述	307
12.2.2	滑动导轨	308
12.2.3	滚动导轨	313
12.2.4	静压导轨	315
12.3	箱体	316
	习题 12	318
第 13 章	弹性元件	319
13.1	概述	319
13.2	螺旋弹簧	326
13.2.1	螺旋弹簧的分类	326
13.2.2	圆柱螺旋弹簧的计算	326
13.3	片板弹簧设计	335
	习题 13	336
第 14 章	机械产品的总体方案设计	339
14.1	产品功能分析	339
14.2	机械系统的方案设计	340
14.3	机械执行系统的方案设计	343
14.4	机械传动系统方案设计	345
14.5	原动机的选择	351
	习题 14	353

第 15 章 机械创新设计简介	354
15.1 机械创新设计的基本原理	354
15.2 机构组合与创新	357
15.3 机构演化与创新	358
15.4 机械运动方案与创新设计	361
参考文献	366

绪 论

〔教学目标〕

通过本章的学习,要求掌握机器、机构、构件、零件等基本概念。了解机械的类型、机器的功能组成和机械设计的一般要求和过程。

〔教学提示〕

本章的重点和难点:

- ① 机器的功能组成。
- ② 机器与机构的结构特征。

0.1 机器的组成及其特征

1. 机器的组成

回顾机械的发展历史,人类从使用简单工具到今天能够设计和制造类型繁多、功能各异的机械装置,从杠杆、斜面、滑轮到起重机、内燃机、电动机、加工机械、运输机械、印刷机械、食品机械、机械手、机器人等经历了漫长的过程。都说明机械的进步,标志着生产力不断向前发展。机械的发展程度无疑是国家工业水平的重要标志之一。机器是执行机械运动的装置,用来变换能量或传递物料等。机器的种类繁多,性能、构造、工作原理、用途各异,所以有必要从各类机器的共同特征出发,剖析其结构、研究其组成原理,以达到掌握、运用的目的。通常,一台完整的机器包括以下几个基本部分。

① 动力部分:其功能是将其他形式的能量变换为机械能(如内燃机和电动机分别将热能和电能变换为机械能)。动力部分是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。

② 工作部分(或执行部分):其功能是利用机械能去变换或传递能量、物料、信号,如发电机把机械能变换成为电能,轧钢机变换物料的外形等。

③ 传动部分:其功能是把原动机的运动形式、运动和动力参数转变为工作部分所需的运动形式、运动和动力参数。

④ 控制部分:其功能是控制机器各部分的运动。

2. 机器的特征

在讨论机器时,不但要注意其实体运动关系,更要注重其实体的形状结构和尺寸关系。例如图 0.1 所示的弹簧管压力表,从机器的角度来看,不但通过指针摆动可以反映出压力变化的运动关系,还要考虑如何把一定压力介质能量引入压力表,并从结构上考虑实现指针摆动的实体形状关系。不难得出,机器具有以下共同特征。

- ① 机器是人为的实体组合。
- ② 各实体之间依次构成可动连接,并能实现确定的相对运动。
- ③ 在工作时能实现能量转换或做有效的机械功。

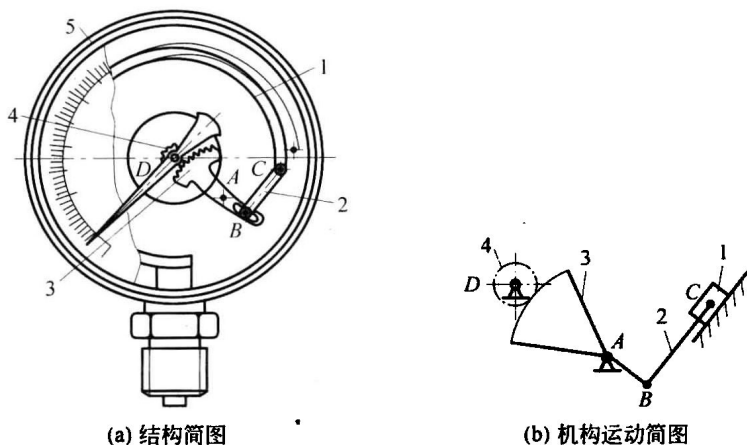


图 0.1 弹簧管压力表

1—弹簧管; 2—连杆; 3—扇形齿轮; 4—指针齿轮; 5—表体

0.2 基本概念

要研究机械,首先要了解几个基本概念。

(1) 零件

零件是机械制造的最小单元。机械中的零件分为两类:通用零件和专用零件。通用零件是指在各类机器中经常用到的尺寸一般、使用频率高、普通工作环境下的零件,如螺栓、轴、齿轮等;专用零件只出现在某些机械中,如曲轴、活塞、叶轮等。

(2) 构件

构件是机械运动的最小单元。它由一个或一个以上的零件组成。构件按其运动特性可分为固定构件(或机架)、原动件和从动件三大类。原动件和从动件又统称活动构件;与机架相连的构件又称为连架件。如图 0.2 所示的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3~5、螺栓 6、螺母、开口销等组成的运动构件。而曲轴是只有一个零件组成的构件。

固定构件是支承活动构件的构件,所谓固定是相对的。如果设备安装在地基或固定设备上,其机架相对地面则是固定的;如果安装在其他运动的设备上,机架相对于运动设备则是固定的,而相对于地面是运动的。在研究活动构件的运动时,通常以机架作为参考

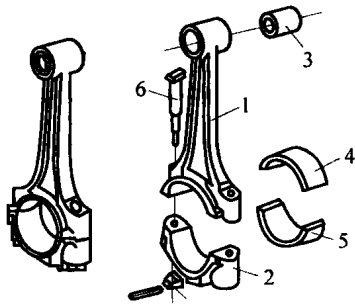


图 0.2 连杆简图

1—连杆体；2—连杆盖；3~5—轴瓦；6—螺栓

坐标系。

一个构件可以由一个零件构成,也可以由若干个零件刚性连接而成。构件只需要位置尺寸即可完整描述,而零件还需要形状尺寸才能确定。

(3) 部件

部件是装配的最小单元,如减速器、离合器、滚动轴承等。

(4) 机构

机构是具有确定相对运动的人为实体组合,具有确定的机械运动,它可以用来传递和转换运动。如图 0.1 所示的弹簧管压力表,如果只关注其运动关系,它是由弹簧管 1、连杆 2、扇形齿轮 3、指针齿轮 4 和表体 5 组成。被测介质通过弹簧管的固定端进入管腔,连杆一端与弹簧管密封的自由端在 C 处活动连接,连杆另一端与扇形齿轮在 B 点活动连接,扇形齿轮可绕表壳上的 A 点转动,同时,扇形齿轮与可绕表壳上 D 点转动的指针齿轮啮合。被测介质压力的变化使弹簧管自由端 C 处产生位移,此位移经连杆带动扇形齿轮传递给指针齿轮,指针齿轮带动与其固联的指针绕 D 点摆动,在刻度盘上指示出相应压力数值。由于弹簧管的位移量能够相应地转换为压力表的指针(齿轮)摆动,所以说弹簧管 1 的移动端、连杆 2、扇形齿轮 3、指针齿轮 4 和表体 5 通过可动连接组成仪表的传动机构,如图 0.1(b)所示。

机构关注的是各实体之间的运动关系,而不注重实体的形状尺寸,它只具备机器的前两个特征。图 0.1 所示的弹簧管压力表机构就实现了把弹簧管移动端的位移转换为指针摆动的目的,它是由曲柄滑块机构和齿轮机构组合而成。

机构按运动传递特征可分为连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、螺旋机构等,按运动性质可分为平面机构和空间机构。

(5) 机械

一般情况下,在不强调研究对象的运动关系和结构关系时,把机构或机器统称为机械。机械按用途可分为加工机械、化工机械、食品机械、办公机械、运输机械等多种类型。如图 0.3 所示是用于自动线上的机械手。由凸轮控制抓取工件坯料、送达到加工位置,放下工件进行加工,然后回复到取料位置进行下一个工件的取料,这样不断循环进行,在这个机器中用到的齿轮、连杆、凸轮、弹簧等机构将在以后的章节做介绍。

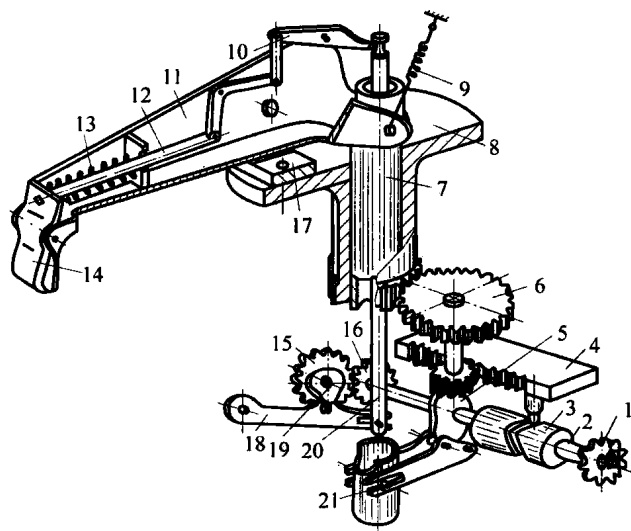


图 0.3 机械手的凸轮控制机构

1—链轮；2—分配轴；3—圆柱凸轮；4—齿条；5—平面凸轮；6—同轴凸轮；7—圆筒；
8—轴套；9、13—弹簧；10—杠；11—手臂；12—杠杆；14—活动手指；15、16—齿轮；
17—支承座；18、21—从动杠杆；19—凸轮；20—圆柱杆

0.3 本课程的内容、性质和任务

1. 课程的内容

机械设计基础课程主要讲述工程力学、机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、运动特点、结构特点，基本设计理论和计算方法，以及机械动力学中的一些问题。同时扼要地介绍国家标准和规范，某些标准零部件的选用原则和方法，以及通用零部件的一般使用及维护知识。总之，本课程主要是讲述与常用机构和通用零部件设计有关的内容。

2. 课程的性质

本课程是一门技术基础课。它综合运用高等数学、机械制图、金属工艺学、金属材料及热处理、互换性与技术测量、计算机程序设计等课程的基本知识，去解决常用机构、通用零部件设计等问题。

本课程的科学性、综合性、实践性都比较强，是机械类或近机类专业的主干课之一，在相应各专业的教学计划中占有重要的地位，是培养机械或机械管理工程师的必修课。

3. 课程的任务

本课程的主要任务是培养学生：

- ① 掌握工程力学、机械零件工作能力计算的基础理论知识。
- ② 掌握机构的结构、运动特性，初步具有分析和设计常用机构的能力。对机械动力学的某些基本知识有所了解。

③ 掌握通用机械零件的工作原理、结构特点、设计计算和维护等基本知识,并初步具有设计机械传动装置的能力。

④ 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

⑤ 获得本学科实验技能的初步训练。

总之,通过本课程的学习,应使学生具备使用、维护和改进机械设备的基本知识和分析设备事故的基本能力。培养学生能运用手册、设计简单机械传动机构的能力,为今后技术革新创造条件,并为学习有关专业机械设备课程奠定必要的基础。

习 题 0

- 0.1 试述机械、机构、构件、零件的含义。
- 0.2 试各举出下述机器的两个实例: ①加工机械, ②化工机械, ③食品机械, ④办公机械, ⑤运输机械。
- 0.3 指出下列机器的原动部分、工作部分、传动部分、支承部分、控制部分: ①汽车, ②自行车, ③电风扇, ④缝纫机。
- 0.4 列举出汽车中三个通用零件和专用零件。

第 1 章

机械设计基础概述

[教学目标]

通过本章的学习,要求掌握机械设计的基本要求和方法、机械零件的设计准则、材料选择的基本原则、机械零件的失效形式,了解机械零件的结构工艺性和设计的标准化要求。

[教学提示]

本章的重点和难点:

- ① 强度、刚度、可靠性的基本概念。
- ② 机械零件常用材料的选用。
- ③ 机械零件的失效形式。

1.1 机械设计的基本要求和方法

1. 机械设计产生的历史背景及其含义

“设计”的历史源远流长,设计的理论与方法是随着社会的发展而逐步完善与提高的,一般情况下,依“设计”的不同发展进程,可将其划分为以下几个阶段。

① 直觉设计阶段 最初,人们无经验可以借鉴和参考,根据直觉需要因时制宜地进行设计。采用直觉设计的设计质量不易把握,它取决于设计者的智力、灵感与不断地试验和摸索,通常,设计周期漫长。这是一种具有很大随意性的自发性设计。

② 经验设计阶段 自从数学与力学在 17 世纪中叶建立起密切联系,且当人们进行了丰富的设计实践以后,把设计经验加以总结,作为设计计算和模拟的主要依据,于是利用经验设计公式进行设计就成为可能。这是一种具有经验性的设计方法。

③ 辅助设计阶段 在 20 世纪中期科学技术高速发展的强劲推动下,工程测试技术有了显著进步,人们有可能动态和适时地获取能反映系统或机器工作过程内在规律的资料和信息,于是开始采用局部试验和模拟试验,作为设计过程的辅助手段。在辅助设计的阶段,产品试制周期缩短、设计质量获得提高。

④ 创新设计阶段 20 世纪 60 年代后期,设计工作开始采用计算机。表征零部件、子系统、工作过程及其他机理的数学模型不断涌现,计算机辅助设计使设计质量大幅度提高、设计周期大幅度缩短,使设计的理论分析、物理模拟和数值解析等工作大大向前推进。