

21世纪高职高专机电系列教材辅导丛书

机械设计基础

学习与实训指导

主编 林承全 余小燕 郭建农

主审 郭家旺



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

21 世纪高等院校教材

机械设计基础

学习与实训指导

主编 陈永才 副主编 陈建群
主审 陈永才



清华大学出版社
www.tup.tsinghua.edu.cn

21 世纪高职高专机电系列教材辅导丛书

机械设计基础 学习与实训指导

主 编 林承全 余小燕 郭建农

副主编 刘美玲 陈登祥 王鹏飞

主 审 郭家旺

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础学习与实训指导/林承全 余小燕 郭建农 主编. —武汉:
华中科技大学出版社, 2007 年 9 月

ISBN 978-7-5609-4148-6

I. 机… II. 林… III. 机械设计-高等学校:技术学校-教学参考资料
IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第133615号

机械设计基础学习与实训指导

林承全 余小燕 郭建农 主编

策划编辑:张毅

责任编辑:张毅

责任校对:胡金贤

封面设计:刘卉

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:武汉正风图文照排中心

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:13.25

字数:237 000

版次:2007 年 9 月第 1 版

印次:2007 年 9 月第 1 次印刷

定价:21.50 元

ISBN 978-7-5609-4148-6/TH·161

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是全国高职高专机电、数控和模具专业的系列规划教材辅导书,与新版规划教材《机械设计基础》(含工程力学)配套使用,内容包括各章的基本要求,学习任务,学习指导,典型例题,自测习题,实训实验指导,精选试卷及解答,自测习题提示与参考答案等。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校的二级职业技术学院和民办高校机械及机电类专业学生学习“机械设计基础”课程的辅导教材,也可作为学习“机械设计基础”课程的函授生和工程技术人员的自学教材。

由于对内容深度和广度的适当扩展,本书也可供本科院校相关专业的师生使用。

前 言

如何把理论与实践紧密地结合、提高学生的综合素质和创新能力,是高校教学中一个十分重要的课题。“机械设计基础”是工科院校一门实用性较强的技术基础课,也是一门与工程实际紧密联系的课程。

本书直接以构件和机构为对象,着重建模能力的培养,明确提出教材的目标是使学生具备三个方面的能力:对复杂工程对象正确建立力学模型并对这些力学模型进行力学分析;利用“机械设计基础”的基本概念判断、分析结果正确与否;对工程机械进行结构设计。这一指导思想符合我们对工程型、应用型人才的理解,符合我们对学生学习机械设计的目的和要求。

“机械设计基础”的教学改革最注重的是学生创新能力的培养,也就是工程能力的培养,这也是我们编写该书的目的。首先,为了使學生能够把理论与工程实际有机地结合起来,培养学生的工程能力,本书把静力学、材料力学、机械原理和机械设计有机结合。其次,本书在机构分析中以约束为主线,抓住了关键,并与当前国际先进的计算机辅助分析软件的基本原理相互融会贯通起来,不但提供给学生分析方法,同时拓宽了学生的知识面、启发了学生的创新思维。再次,本书以实训为重要手段前后贯穿,不断加深和强化,使学生具有分析问题和解决问题的能力,为今后在工程实际中设计大型机械打下基础。

好的学习方法、先进的计算手段和工程问题的解决能力都是新世纪工科大学生知识结构的重要组成部分。随着教改的深入,一方面强调加强基础,另一方面强调拓宽知识面、增强学科之间的交叉互补,使学生所要学习和掌握的知识发生“爆炸”,因此不可避免地造成课时的压缩。所以,我们特别编写了与《机械设计基础》(含工程力学)配套使用的《机械设计基础学习与实训指导》,为学生学习教材每一章的知识提供指导。除学习指导外,书中还包含大量的实训、自测题和模拟试卷,每个实训都有详细的讲解并附有实训报告书,自测题和模拟试卷均附有答案,以便师生们选择使用。

全书内容分为学习指导、实训指导和试卷精编3篇。林承全(荆州职业技术学院)编写第1篇第0章、第3章和第5章,郭建农(沙市大学)、林承全编写第1篇第6章和第7章、第2篇实训1和实训2、第3篇和附录;余小燕(荆州职业技术学院)、王鹏飞(荆州职业技术学院)编写第1篇第4章、第9章、第10章和第2篇实训4;刘美玲(广东工贸职业技术学院)编写第1篇第1章、第2章和第2篇实训3;

陈登祥(荆州职业技术学院)、郭家旺(仙桃职业学院)编写第 1 篇第 8 章、第 11 章和第 2 篇实训 5。

全书由林承全负责统稿,由郭家旺担任主审。本书在编写过程中,得到了各参编学校领导及华中科技大学出版社张毅编辑的大力支持和帮助,并参考了许多教材的先进经验,在此均表示由衷的感谢。

由于时间和水平有限,书中存在缺点和错误在所难免,请大家批评指正,以便再版修订。

本书主编林承全的 E-mail:lin8188@163.com。

编 者

2007.7

目 录

第 1 篇 学习指导

第 0 章 绪论	(3)
第 1 章 静力学基础	(5)
第 2 章 材料力学	(18)
第 3 章 常用机构	(30)
第 4 章 机械设计概述	(44)
第 5 章 带传动和链传动	(48)
第 6 章 齿轮传动	(58)
第 7 章 连接	(74)
第 8 章 摩擦、磨损与润滑	(85)
第 9 章 轴承	(91)
第 10 章 轴	(103)
第 11 章 联轴器、离合器和弹簧	(112)

第 2 篇 实训指导

实训 1 平面机构运动简图的绘制与分析	(123)
实训 2 渐开线直齿圆柱齿轮参数测定	(125)
实训 3 齿轮展成原理	(131)
实训 4 轴系结构的分析与测绘	(135)
实训 5 减速器拆装	(137)

第 3 篇 试卷精编

机械设计基础试卷一	(143)
机械设计基础试卷二	(145)
机械设计基础试卷三	(148)
机械设计基础试卷四	(151)
机械设计基础试卷五	(155)
机械设计基础试卷六	(157)

机械设计基础试卷七.....	(159)
机械设计基础试卷八.....	(163)
机械设计基础试卷九.....	(167)
附录.....	(173)
附录一 自测题参考答案.....	(175)
附录二 试卷精编参考答案.....	(195)
参考文献.....	(204)

第 1 篇

学
习
指
导

第0章 绪论

0.1 基本内容

0.1.1 工程力学部分

工程力学部分包括静力学基础和材料力学。要求掌握静力学的公理、受力分析与受力图,掌握平面力系的平衡计算方法。材料力学要掌握杆件的基本变形形式、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转与弯曲的强度计算方法,了解梁的刚度计算和压杆稳定的有关知识。

0.1.2 机械原理与机械零件部分

机械原理是研究机构的结构、运动学和机器动力学的科学。本课程机械原理部分只着重研究常用机构(如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等)的结构和运动特性等。

机械原理的许多知识与静力学有密切联系,学习中感到困难的读者,最好在学习机械原理部分的同时,适当复习静力学的有关知识。除此之外,读者还应尽可能多地观察各种机器实物和机构模型,以增强感性认识。

机械设计是研究机械零件设计的科学。本课程机械零件部分只着重研究通用零件的工作原理、结构、基本设计理论和计算方法。

本部分的内容与材料力学、摩擦学等有密切的联系,在学习时应适当学习材料力学的有关内容,以提高对力矩的分析、应力的计算、疲劳寿命计算等方面的基本理论在具体工程中的应用能力。

0.2 学习要求

- (1) 掌握机器、机构、构件、零件、通用零件和专用零件等概念。
- (2) 初步了解本课程研究的对象和内容,以及本课程的性质和任务。
- (3) 掌握机械零件应满足的要求,零件承载能力的判定条件和有关基础知识。
- (4) 了解和掌握机械零件常用材料及选用原则。

0.3 学习指导

0.3.1 主要任务

- (1) 培养运用基础理论解决机械零件设计问题的能力。
- (2) 掌握通用机械零件的工作原理和特点;掌握选用或计算方法;掌握结构设计和维护知识。
- (3) 具有分析机械零件失效原因和提出改进措施的能力。
- (4) 掌握手册、标准、规范等有关资料的使用能力。
- (5) 具有设计通用机械零件和简单传动装置的能力。

0.3.2 与先修课程的关系

- (1) 机械制图。它解决机械零件设计中的视图选取、结构表达、尺寸标注等问题,是机械零件教学中不可缺少的工具。在大型作业和课程设计阶段,将全面用到机械制图知识。
- (2) 金属工艺学。正确选用零件材料、毛坯类型、热处理方法;确定合理的结构和尺寸;提出适当的公差和检验要求。
- (3) 静力学。对机械零件进行运动和受力分析。
- (4) 材料力学。对机械零件进行应力和变形分析;推导强度和刚度判断。

0.3.3 研究方法

一般机械设计基础教材,对通用机械零件进行六个方面的研究,顺序如下:① 工作原理;② 失效形式;③ 常用材料;④ 承载能力计算;⑤ 参数选取;⑥ 结构设计。

机械设计牵涉知识面较广,各章之间有一定的独立性,例如,可先学习齿轮传动,也可先学习带传动和链传动。另外,机械零件的设计结果也不是唯一的,有些结构尺寸按经验确定,甚至有些零件完全按经验确定,即使计算也不完全是理论公式,而且参数选取允许有一定的范围,因此可导致设计结果多种多样。所有这些,对初学者来说,往往会有“零碎”、“难以捉摸”之感。其实,对于每一章而言,目的都是明确、具体的,即要求掌握某种零件的合理设计方法;对全课程而言,通用的机械零件均可按上述六个方面进行研究。至于设计结果的多样性,本来就是技术领域的正常现象。本课程机械设计部分的学习,就是培养学生理解这些多样性、掌握它们的规律,在各种可能的结果中,寻求最合理的设计方案;否则,如同数学、物理那样,一个问题只有一个或两个固定答案,就达不到上述目的了。

第1章 静力学基础

1.1 基本内容

1.1.1 静力学的基本概念和公理

- (1) 静力学的研究对象;平衡、刚体和力的概念;等效力系和平衡力系。
- (2) 静力学公理;沿直线分布力的合力;力的分解;力在轴上和在平面上的投影;力沿直角坐标轴的分解;合力投影定理;力对一点的矩及其矢积表示。
- (3) 力偶,力偶矩,力偶矩矢;非自由体、约束、约束的基本类型和约束反力。
- (4) 物体的受力分析和受力图。

1.1.2 平面任意力系

- (1) 沿直线分布力的合力;力的平行四边形法则,力在直角坐标轴上的投影,力矩和力偶的概念,力偶的性质。
- (2) 约束和约束反力,物体的受力分析;力线的平移;平面任意力系向作用面内任一点简化;力系的主矢和主矩;力系简化的各种结果;合力矩定理。
- (3) 沿直线分布的平行分布力的简化;平面任意力系的平衡条件;平衡方程的各种形式;平面汇交力系的平衡方程,平面平行力系的平衡方程,平面力偶系的平衡方程;物体系统的平衡;外力和内力。
- (4) 摩擦现象;滑动摩擦定律;摩擦系数和摩擦角;自锁现象;有摩擦时物体和物体系统的平衡;平衡的临界状态和平衡范围。
- (5) 铰链类型约束的性质及其约束反力的画法,物体系统中各个物体及其整体的受力分析;力矩与力偶的本质差别。

1.2 学习要求

- (1) 掌握平面汇交力系合成的几何法和解析法,能熟练地计算力在轴上的投影。
- (2) 会应用平面汇交力系的平衡条件解物体的平衡问题。
- (3) 掌握静力学解题的基本方法和步骤,学会作业的基本格式。

(4) 掌握平面任意力系向平面内任一点的简化和简化结果的分析, 平面任意力系的平衡条件及其应用。摩擦角, 有摩擦时的平衡问题。

(5) 掌握主矢和主矩的概念, 物体系统的平衡。滑动摩擦力的确定, 两类摩擦问题的解法。

1.3 学习指导

1.3.1 静力学的解题步骤和方法

1. 弄清题意明确已知条件和待求量

仔细阅读题目, 搞清题中构件(或机构)的一般情况, 如尺寸、重量、约束和受力等。从而明确什么是已知条件, 什么是待求值? 静力学习题中的待求量通常是某些约束的约束反力, 在有些问题中待求量也可以是某一尺寸或角度, 或其他有关物理量。

2. 选择研究对象画受力图

首先, 从题目所给的物体或物体系中选取某一物体或几个物体的组合体为研究对象画出分离体图。选研究对象的原则是该物体上应具备已知条件和待求量, 同时应尽可能地不出现或少出现不需要的未知量。只有这样才能建立已知和待求的关系。其次, 针对所选的研究对象进行受力分析, 画受力图。

3. 建立方程

为建立已知条件与待求量之间的数量关系, 必须根据所学的力学理论建立方程, 在平衡问题中则要建立平衡方程。为使计算方便起见, 所列方程中最好每一方程中只含有一个未知量, 以避免解联立方程。在应用解析法列平衡方程时, 要恰当选取坐标轴系。

4. 计算结果和讨论

只有前三个步骤都正确时, 才能获得正确的结果。学习和做题, 不要忙于计算和对答案, 而要按步骤仔细分析, 有把握后再进行计算。这样才能提高学习效率, 更好地掌握知识。计算所得结果是否正确, 是否合乎工程实际还需加以讨论。

1.3.2 约束与约束反力

一般所说的支座或支承, 约束是相对的, a 对 b 有一方向的约束, 则 b 对 a 就有同一方向相反的约束, 与约束相对应的约束力也是相对的。

一物体(如一刚性杆件)在平面内确定其位置需要两个垂直方向的坐标(一般水平取 x , 竖直取 y) 和杆件的转角。因此, 对应的约束力是两个力与一个力偶。根据约束(限制)的位移与相应的约束力可以将七种约束形式归纳为以下四类。

1. 一个位移的约束及约束反力

柔索约束:由软绳构成的约束。绳索悬挂重物,物体只能受绳子对其向上的拉力。

光滑面约束:由两个物体光滑接触构成的约束。物体在光滑地面上,只受地面对其向上的压力。

滚动铰支座:将杆件用铰链约束连接在支座上,支座用滚轴支持在光滑面上,这样的支座称为滚动铰支座。表示物体在竖直方向受到约束。

链杆约束:链杆是两端用光滑铰链与其他物体连接,不计自重且中间不受力作用的杆件。物体在竖直方向受到约束,约束力可向上,也可向下。

这部分重点要求:根据约束形式、熟练确定其约束性质,并正确画出约束力。约束力的方向可根据判断确定一个正方向;不易判断的可以任意确定一个正方向。

2. 两个位移的约束及约束反力(固定)

铰支座:分为固定铰支座和滚动铰支座。固定铰支座是将铰链约束与地面相连接的支座;固定铰支座是将杆件用铰链约束连接在支座上,支座用滚轴支持在光滑面上。

3. 三个位移的约束及约束反力

固定端:使杆件既不能发生移动也不能发生转动的约束;

4. 一个位移及一个转角的约束及约束反力

定向支座:将杆件用两根相邻的等长、平行链杆与地面相连接的支座。

1.3.3 结构计算简图

计算简图是实际结构的简化模型。选用原则是:反映实际结构的主要性能;同时便于分析和计算。选用计算简图需要较深厚的力学概念,需要与工程实践相结合,并接受实践的检验。本课程只讨论(典型)计算简图。

1. 支座形式及反力

支座的形式有:链杆支座、铰支座、固定支座及定向支座。支座约束要注意以下几点。

(1) 链杆支座的约束反力必定沿着两铰链中心的连线作用在物体上。准确地说应为约束的位移方向。例如,表示为滚轴支座和可动铰支座形式,则约束反力应为竖直方向,二力杆的杆件只通过两端铰链受力作用,链杆只在两端铰链外受力作用,因此又称为二杆。

(2) 铰支座及反力,这里的铰支座是固定铰支座;约束杆端的轴向、切向位移;相应的约束反力是一个轴力和一个剪力,可以用两个垂直分力表示。

(3) 固定支座:约束杆端的轴向、切向位移及转动,相应的固定端约束反力是一个轴力、一个剪力和一个力偶。

(4) 定向支座:约束杆端的轴向位移及转动,相应的约束反力是沿链杆方向的力和一个力偶。

2. 结点形式及作用力

结构中杆件的交点称为结点。结构计算简图中的结点有铰结点、刚结点、组合结点等三种。

(1) 铰结点。铰结点上的各杆用铰链相连接。相互约束杆端的水平及竖向位移;其约束反力用两对垂直的,互为作用与反作用的分力表示。杆件受荷载作用产生变形时,铰结点上各杆件端部的夹角发生改变,即可以有相对转动。

(2) 刚结点。刚结点上各杆件刚性连接。杆件受载荷作用产生变形时,结点上各杆件端部的夹角不发生改变。相互约束杆端的水平及竖向位移及转动;其相互的约束力用互为作用与反作用的两对垂直的分力及一对力偶表示。

(3) 组合结点。如果结点上的一些杆件用铰链连接,另一些杆件刚性连接,这种结点称为组合结点。

1.3.4 物体受力分析

物体受力分析包含两个步骤:取分离体和画受力图。

1. 取分离体

取分离体是把所要研究的物体解除约束,即解除研究对象与其他部分的联系;

2. 画受力图

用相应的约束力代替解除的约束,画出其简图——受力图。受力图是画出分离体上所受的全部力,即主动力与约束力的作用点、作用线及其作用方向。主动力是荷载产生的力,实际作用的力;约束力是解除联系的作用力。

受力分析应注意柔索、光滑面约束性质。注意约束力的方向。柔索约束力为沿索线方向的拉力;光滑面约束力为压力,方向为光滑面的法线方向,即指向圆心。注意这里不是沿杆轴方向。

1.3.5 本节要点

(1) 约束四种形式的性质及对应的约束力。

(2) 受力分析的步骤:

① 取分离体;② 画受力图。

1.4 典型例题

例 1-1 如图 1.1.1 所示,一梁由支座 A 以及 BE、CE、DE 三杆支承,梁与支承杆的自重不计。已知 $q = 0.5 \text{ kN/m}$, $a = 2 \text{ m}$,求各杆内力。