

21 世纪高职高专系列规划教材 · 机电类



主编 贺敬宏 宋敏

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

机械设计基础

J I X I E S H E J I J I C H U

主 编 贺敬宏 宋 敏

副主编 何克祥 郭红星

西 北 大 学 出 版 社

【内容提要】 本书是根据高等职业教育技能型紧缺人才培养指导方案中《机械设计基础》课程教学基本要求编写的,可以满足教学计划 80 ~ 120 课时的教学需要,是 21 世纪高职高专系列规划教材之一。

本书分为五篇,共十七章。主要内容包括:构件静力分析基础;平面力系;空间力系;轴向拉伸与压缩;剪切和挤压;圆轴的扭转;直梁的弯曲;平面机构的运动简图;平面连杆机构;凸轮机构;间歇运动机构;齿轮传动;齿轮系;带传动;联接;轴系零部件;机械的润滑与密封;机械设计基础综合训练等。

本书适用于高职高专机电类专业;也可供成人高校、中职学校使用;还可供从事机械设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/贺敬宏主编. —西安:西北大学出版社,2005. 2

ISBN 7-5604-1987-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010654 号

书 名: 机械设计基础

主 编: 贺敬宏 宋 敏

副 主 编: 何克祥 郭红星

出版发行: 西北大学出版社

通信地址: 西安市太白北路 229 号 邮编: 710069 电话: 029 - 88302590

经 销: 新华书店经销

印 刷: 陕西向阳印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 21.25

字 数: 340 千字

版 次: 2005 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-5604-1987-9/TH · 9

定 价: 32.00 元

前言

高等职业教育教学改革,缩短了课堂有效教学时间,为了实现课程教学目标,必须对课程进行综合化与模块化改革。《机械设计基础》就是在这样的背景下诞生的,它以机械设计为主线,将工程力学、机械原理、机械零件等课程的主要内容进行精选,优化组合,使其成为一门系统的综合性课程。

培养高等技术应用型人才是高等职业教育的培养目标,也是高等职业教育的特色。因此,本书内容以应用为目的,以必须、够用为度,不求理论的系统性、完整性,突出实用性、知识的综合应用性和能力素质培养,通过典型实验、现场教学、综合设计训练等将课堂教学与实践训练融为一体,同时也注意了适当扩大学生的知识面,为学生的继续教育和终身教育打下一定的基础。

参加本书编写的有:陕西国防工业职业技术学院贺敬宏(第七章)、任青剑(第十七章、实验、专题);西安航空技术高等专科学校宋敏(第十六章);陕西工业职业技术学院何克祥(第十二章)、陶静(第十三章);西安航空职业技术学院郭红星(第一、二、三章)、张超(第十四、十五章);西安理工大学高等技术学院李钧瑞(第四、五、六章);西安铁路运输职工大学史富强(第八、九、十、十一章)。全书由贺敬宏、宋敏任主编,何克祥、郭红星任副主编。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2004年12月于西安

目 录

绪 论	/1
0.1 引言	/1
0.2 机械概述	/3
0.3 《机械设计基础》课程的性质、内容、任务和学习方法	/5
思考题	/6

第一篇 构件静力分析

第一章 构件静力分析基础	/8
1.1 静力分析的基本概念	/8
1.2 静力学公理	/9
1.3 约束和约束反力	/11
1.4 受力图	/14
思考题	/17
习题	/18
第二章 平面力系	/20
2.1 平面汇交力系	/20
2.2 力矩与平面力偶系	/24
2.3 平面一般力系	/29
2.4 考虑摩擦时的平衡问题	/35
思考题	/40
习题	/41
第三章 空间力系	/44
3.1 力的投影和力对轴之矩	/44

3.2 空间力系的平衡	/47
3.3 空间力系平衡问题的平面解法	/49
思考题	/50
习题	/51

第二篇 构件的承载能力分析

第四章 轴向拉伸与压缩	/57
4.1 轴向拉伸与压缩的概念	/57
4.2 拉(压)杆的轴力和轴力图	/58
4.3 拉(压)杆横截面的应力和变形计算	/60
4.4 材料拉伸和压缩时的力学性能	/63
4.5 拉(压)杆的强度计算	/67
思考题	/69
习题	/69
第五章 剪 切	/71
5.1 剪切和挤压的概念	/71
5.2 剪切和挤压的实用计算	/73
思考题	/77
习题	/78
第六章 圆轴扭转	/79
6.1 圆轴扭转的概念	/79
6.2 扭矩和扭矩图	/79
6.3 圆轴扭转时横截面上的应力和强度计算	/82

目 录

6.4 圆轴扭转时的变形和刚度计算	/84
思考题	/87
习题	/87
第七章 直梁的弯曲	/89
7.1 梁的类型及计算简图	/89
7.2 梁弯曲时的内力	/91
7.3 梁纯弯曲时的强度条件	/96
7.4 提高梁强度的主要措施	/99
7.5 梁弯曲时的变形和刚度条件	/102
思考题	/103
习题	/104
第三篇 常用机构	
第八章 平面机构的运动简图	/108
8.1 平面运动副	/108
8.2 平面机构的运动简图	/110
思考题	/114
习题	/114
第九章 平面连杆机构	/116
9.1 平面四杆机构的类型	/116
9.2 铰链四杆机构的基本性质	/122
9.3 平面四杆机构的设计	/125
思考题	/129

习题	/129
第十章 凸轮机构	/131
10.1 凸轮机构的应用与分类	/131
10.2 从动件的常用运动规律	/134
10.3 移动从动件盘形凸轮轮廓曲线的图解设计	/137
思考题	/144
习题	/144
第十一章 间歇运动机构	/145
11.1 棘轮机构	/145
11.2 槽轮机构	/149
思考题	/150

第四篇 常用机械传动

第十二章 齿轮传动	/152
12.1 齿轮传动概述	/152
12.2 渐开线齿轮	/154
12.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	/160
12.4 渐开线齿轮的切齿原理及变位齿轮的概念	/165
12.5 渐开线直齿圆柱齿轮传动的设计	/170
12.6 其他齿轮传动	/187
思考题	/197
习题	/197
第十三章 齿轮系	/199

目 录

13.1 齿轮系概述	/199
13.2 定轴轮系传动比的计算	/200
13.3 周转轮系传动比的计算	/203
13.4 混合轮系传动比的计算	/205
13.5 轮系的功用	/206
思考题	/208
习 题	/208
第十四章 带传动	/210
14.1 带传动概述	/210
14.2 普通 V 带和 V 带轮	/212
14.3 普通 V 带传动的设计	/216
14.4 V 带传动的张紧、安装和维护	/225
思考题	/227
习题	/227

第五篇 通用机械零部件

第十五章 联 接	/230
15.1 键联接	/230
15.2 花键联接	/236
15.3 销联接	/237
15.4 螺纹联接	/237
思考题	/245
习题	/246

目 录

第十六章 轴系零部件	/247
16.1 轴	/247
16.2 滚动轴承	/257
16.3 联轴器与离合器	/271
思考题	/275
习题	/276
第十七章 机械的润滑与密封	/277
17.1 润滑	/277
17.2 密封	/285
思考题	/287
实验一 低碳钢、铸铁的拉伸和压缩试验	/288
实验二 机构运动简图的测绘	/294
实验三 渐开线齿廓的展成实验	/297
实验四 渐开线直齿圆柱齿轮的参数测定	/302
实验五 减速器的拆装及其轴系的结构分析	/306
专题:机械设计基础综合训练	/312
参考文献	/326

绪 论

0.1 引 言

0.1.1 机械科学发展简史

人类在长期的生产实践中创造、发展了机械和机械科学。早在古代,人类为了生存,创造了一些原始的简单机械,并开始研究一些简单的力学问题。例如,古希腊、古罗马、古埃及,应用杠杆、斜面、滚筒等简单机械从事运输和建筑,古希腊哲学家亚里士多德对杠杆平衡问题的研究。我国西周时期就已应用绳索来带动纺车,这是最早的带传动,比西方早 2000 多年,公元前五世纪时,墨翟在所著的《墨经》中就论述了杠杆平衡原理,比亚里士多德早几十年。古希腊科学家阿基米德在《比重论》中总结了前人一千多年间积累起来的静力学知识,建立了有关杠杆平衡、重心、流体中浮体的平衡等问题,奠定了静力学的基础。

进入封建社会后直到明朝,我国的机械科学取得了相当大的成就,并造就了许多杰出的科学家。例如,汉朝我国已有利用定轴齿轮系的指南车,东汉时期经学家郑玄首先发现了弹性定律(英国人虎克在 1678 年才发现此定律),元朝时,人们利用曲柄、滑块和飞轮制成了纺织机等,对零件的受力、强度、刚度、结构、制造工艺、材料的性能以及金属冶炼技术等都有较深的研究,直到 17 世纪,我国机械科学的水平一直处于领先地位。

在西方,从 15 世纪文艺复兴之后,商业资本开始发达,机械科学也得到了空前的发展。意大利科学家达·芬奇在机械学、刚体力学等方面做了许多研究,伽利略对刚体力学进行了深入研究,开始建立动力学基本定律。英国科学家牛顿总结了前辈的成就,于 1687 年提出了动力学的三条基本定律,从而奠定了古典力学的基础。达·芬奇和伽利略对很多结构和材料的强度、刚度问题进行的实验研究和理论分析,标志着材料力学这门学科的开始,到 19 世纪末形成了一门独立的学科。英国发

明家瓦特发明蒸汽机以来,促使欧洲发生了产业革命,大大推动了机械学的发展,20世纪初,机械学形成了一门完整的学科。

我国近代,由于帝国主义入侵,朝廷腐败,闭关锁国,长年战乱,使得机械工业和其他科学技术领域一样,长期得不到应有的发展而处于落后状态。新中国成立以来,我国的工农业生产、科学技术取得了前所未有的巨大发展,机械工业和机械科学水平相应有了很大提高。万吨水压机、万吨远洋货轮的制造,大型精密成套高新技术设备的生产,以及神舟五号载人宇宙飞船的成功发射与回收等,都标志着我国为数不少的科技门类已接近和赶上先进工业国家水平,有的已处于领先地位。同时,还建立了学科齐全、装备精良的机械科学设计和研究体系。

0.1.2 机械在社会主义现代化建设中的作用

机械和机械科学的发展,大大改善了劳动条件,发展了生产力,提高了生产率,推动了社会进步。

实现我国农业、工业、国防和科学技术的社会主义现代化,必然要建立很多新的工业和农业生产基地、国防装备、科学技术研究设施、运输系统和能源开发设备,对已有的设备也要实行技术改造和扩建,采用先进技术,实现生产过程的机械化和自动化,提高生产率和产品质量。而只有机械工业才能够起到为国民经济各部门,为国防和科学研究提供技术装备和促进技术进步的作用,从而为我国的社会主义现代化建设提供重要的保证。因此,机械工业是促进国民经济发展和实现四个现代化的基础,必将起到极其重要的作用。

0.1.3 《机械设计基础》在工程技术中的地位和应用

《机械设计基础》所研究的是机械设计中的共性问题,是机械设计工程的技术基础,在工程实践中应用广泛。

工程上进行机械设计时,首先,将构件按照机械的工作原理要求组成机构;其次,分析各构件的运动情况及构件在外力作用下的平衡问题;再次,分析构件在外力作用下的承载能力问题,合理地选择材料、热处理,确定构件(零件)的形状、具体结构、几何尺寸、制造工艺;最后,绘制零件工作图,待加工。机械设计的这一程序,实际上是对《机械设计基础》所研究内容的系统应用过程。

0.2 机械概述

0.2.1 机器和机构

蒸汽机、内燃机、发电机及各种机床等,是人们感性认识中的机器。它品种繁多,形式多样,用途各异,但都具有以下三个共同特征:

- (1) 都是人为的各种实物的组合;
- (2) 组成机器的各种实物间具有确定的相对运动;
- (3) 可代替或减轻人的劳动,完成有用的机械功或转换机械能。

所以,将具备上述三个特征的实物组合体称为机器。

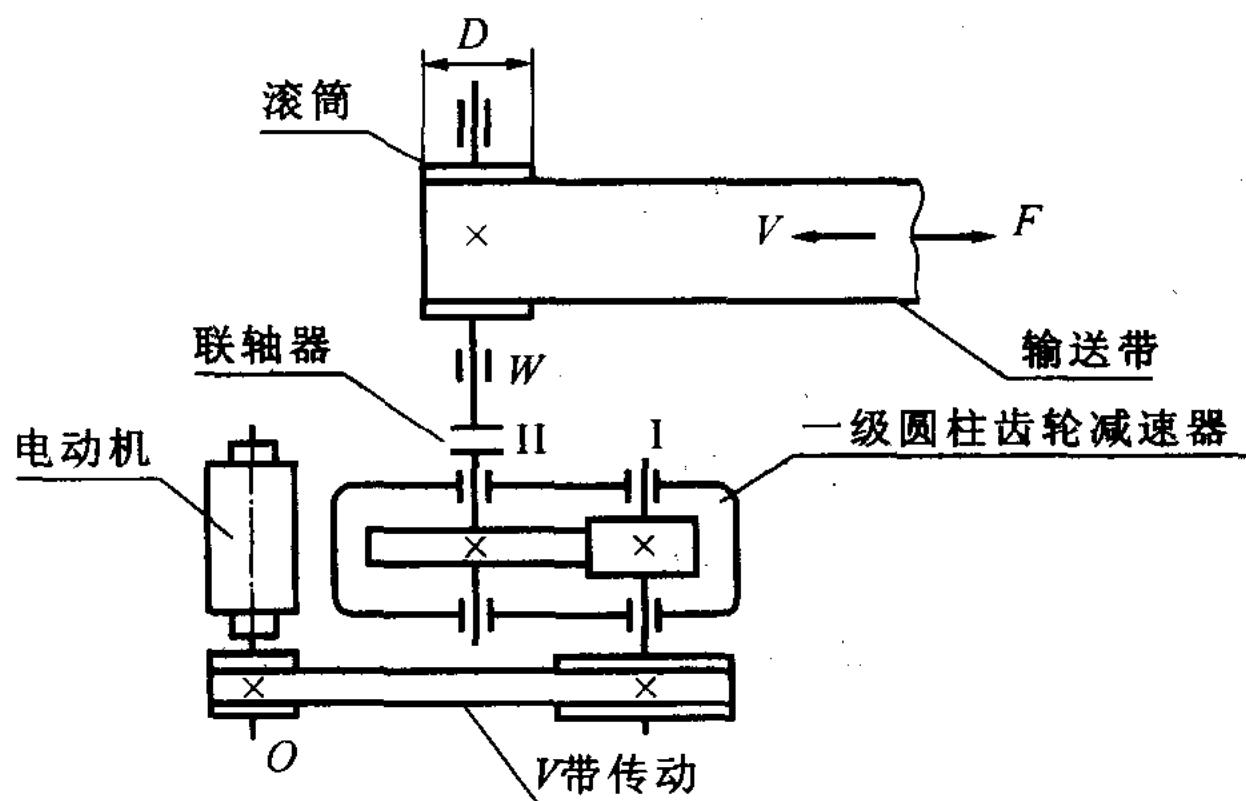


图 0-2-1 带式输送机传动简图

图 0-2-1 所示为带式输送机示意图,它由电动机、V带传动(包括主动带轮、从动带轮及传动带)、圆柱齿轮减速器(包括主动齿轮、从动齿轮、箱体、轴及轴承)、联轴器、滚筒、输送带等组成,以电动机为动力,通过带传动、齿轮传动使得滚筒转动,从而实现输送带运送物料的功能。

机构是具有确定相对运动的各种实物的组合,它只符合机器的前两个特征。如图 0-2-1 中的齿轮机构。机构主要用来传递和变换运动,而机器主要用来传递和变换能量。但从结构和运动学的角度分析,机器和机构之间并无区别,都是具有确定相对运动的各种实物的组合,所以,通常将机器和机构统称为机械。

0.2.2 零件和构件

机械零件简称零件,是组成机器的最小单元,也是机器的制造单元,机器是由若干个不同的零件组装而成的。各种机器经常用到的零件称为通用零件,如螺钉、螺母、轴、齿轮、弹簧等。在特定的机器中用到的零件称为专用零件。如汽轮机中的叶片、内燃机中的曲轴、连杆、活塞等。

构件是机器的运动单元,一般由若干个零件刚性联接而成,也可以是单一的零件。若从运动的角度来讲,可以认为机器是由若干个构件组装而成的。

0.2.3 机器的组成

根据功能的不同,一部完整的机器由以下四部分组成:

(1) 原动部分 是机器的动力来源,如图0-2-1中的电动机,常用的原动机有电动机、内燃机等。

(2) 工作部分 处于整个机械传动路线终端,是完成工作任务的部分,如图0-2-1中的滚筒和输送带。

(3) 传动部分 处于原动机与工作机之间,作用是把原动机的运动和动力传递给工作机,如图0-2-1中的带传动和齿轮传动。

(4) 控制部分 作用是使机器的原动部分、传动部分和工作部分按一定的顺序和规律运动,完成给定的工作循环。如汽车的转向控制系统,数控机床的控制系统等。

0.2.4 机械的类型

根据用途不同,机械可分为:

(1) 动力机械 主要用来实现机械能与其他形式能量间的转换。如电动机、内燃机、发电机等。

(2) 加工机械 主要用来改变物料的结构形状、性质及状态。如轧钢机、包装机及各类机床。

(3) 运输机械 主要用来改变人或物料的空间位置。如汽车、飞机、轮船、输送机等。

(4) 信息机械 主要用来获取或处理各种信息。如复印机、传真机、摄像机等。

0.3 《机械设计基础》课程的性质、内容、任务和学习方法

0.3.1 《机械设计基础》课程的性质与研究对象

《机械设计基础》是一门综合性技术基础课,其研究对象如下:

第一篇 构件静力分析 研究对象为刚体或刚体系统,即忽略构件的变形,将构件视为在力作用下大小和形状不变的物体。

第二篇 构件承载能力计算 研究对象为变形固体。具体地讲,是经过力学模型化处理的杆状构件。

第三篇 常用机构 研究对象为常见于各种机器中的机构。如平面连杆机构,凸轮机构等。

第四篇 常用机械传动 研究对象为常见于各种机器中的机械传动。如齿轮传动,带传动等。

第五篇 通用机械零部件 研究对象是在各种机器中普遍使用的零部件。如轴、键、轴承等。

0.3.2 《机械设计基础》课程的内容

第一篇 构件静力分析 主要研究刚体在力作用下的平衡问题,即根据力系平衡条件分析平衡刚体的受力情况,确定各未知力的大小和方向,是构件承载能力计算的基础。

第二篇 构件承载能力计算 主要研究变形固体的强度和刚度问题,为机械零件确定合理的材料、截面形状和尺寸,为达到既安全又经济的目的提供理论基础。

第三篇 常用机构 主要研究机器中常用机构的组成、工作原理、运动特性、动力特性以及设计的基本原理和方法。

第四篇 常用机械传动 主要研究机器中常用机械传动的工作原理、结构特点和运动特性,以及设计的基本原理和方法。

第五篇 通用机械零部件 主要研究机械中通用零部件的工作原理、结构特点、选用、设计原理和方法。

0.3.3 《机械设计基础》课程的任务

- (1) 能熟练地运用力系平衡条件求解简单力系的平衡问题。
- (2) 掌握零部件的受力分析和强度计算方法。
- (3) 熟悉常用机构、常用机械传动及通用零部件的工作原理、特点、应用、结构和标准,掌握常用机构、常用机械传动和通用零部件的选用和基本设计方法,具备正确分析、使用和维护机械的能力,初步具有设计简单机械传动装置的能力。
- (4) 具有与本课程有关的解题、运算、绘图能力和应用标准、手册、图册等有关技术资料的能力。

0.3.4 《机械设计基础》课程的学习方法

学习《机械设计基础》课程,除坚持抓好课前预习、认真听课、及时复习、独立完成作业等基本学习环节外,还要注意以下几点:

- (1) 学会综合运用知识 本课程是一门综合性课程,综合运用本课程和其他课程所学知识解决机械设计问题是本课程的教学目标,也是设计能力的重要标志。
- (2) 学会知识技能的实际应用 本课程又是一门能够应用于工程实际的设计性课程,除完成教学大纲安排的实验、实训、设计训练外,还应注意设计公式的应用条件,公式中系数的选择范围,设计结果的处理,特别是结构设计和工艺性问题。
- (3) 学会总结归纳 本课程的研究对象多,内容繁杂,所以必须对每一个研究对象的基本知识、基本原理、基本设计思路方法进行归纳总结,并与其他研究对象进行比较,掌握其共性与个性,只有这样才能有效提高分析和解决设计问题的能力。
- (4) 学会创新 机械科学产生与发展的历程,就是不断创新的历程。只有学会创新,才能把知识变成分析问题与解决问题的能力。

思考题

- 0-1 试简述机械在社会主义现代化建设中的作用。
- 0-2 试简述《机械设计基础》在工程技术中的地位和应用。
- 0-3 试简述机器的组成和类型。
- 0-4 什么叫机械、机器、机构、构件、零件?机器与机构有何异同?构件与零件有何异同?
- 0-5 简述《机械设计基础》课程的性质、研究对象、主要内容、任务和学习方法。

第一篇 构件静力分析

在工程实践中,平衡是指物体相对于地面处于静止或匀速直线运动的状态。静力分析主要研究物体在力系作用下平衡的普遍规律,其主要内容有:① 物体的受力分析;② 力系的简化;③ 物体在力系作用下处于平衡的条件及其在工程实践中的应用。物体在力的作用下会产生变形,但在工程实践中这种变形通常很小,可以忽略不计,可将物体抽象为在力作用下大小和形状不变的刚体。静力分析的研究对象为刚体或刚体系统。

静力分析在工程实际中有着广泛的应用,常见的机械零件和构件,如机器中的传动轴、机架、齿轮等,它们在工作中处于平衡状态或可近似地看作处于平衡状态,且可视为刚体。为了合理地设计这些零件和构件的形状、尺寸,往往需要对它们进行强度、刚度和稳定性等承载能力分析计算,这些问题的分析和解决,都是以构件静力分析为基础的。例如在设计机械零件、构件时,首先要进行静力分析,用力的平衡条件求出未知力,然后才能进一步研究机械零件、构件的承载能力。

通过本篇学习,使学生掌握构件静力分析的基本方法技巧。即掌握构件及构件系统受力图的画法,力系的简化与合成原理,力系的平衡条件及其在工程实际中的应用方法。