



高等职业教育“十二五”规划教材



机械零部件 设计基础

主编 吴海艳 王平 王凤云



航空工业出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

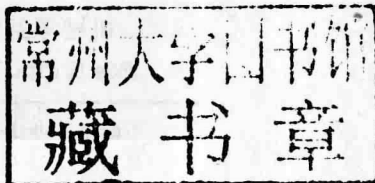
机械零部件设计基础

主 编 吴海艳 王 平 王凤云

副主编 方春慧 韩秋燕 王宝华

康爱静 初钧亮 钟少茵

姜玉素



航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

《机械零部件设计基础》是机械类专业核心课程之一,是一门培养学生具有一定工程技术分析能力和机械设计能力的技术基础课。通过本课程的学习,使学生掌握常用机构和通用机械零部件的基本知识、基本理论和基本技能,初步具有分析和设计常用机械零件和简单传动装置的能力。

本教材依据近几年高职教育发展的实际需求编写而成,在内容的选择上,既充分吸收高职教育机械设计课程改革的成果,又渗透了作者长期教学积累的经验 and 体会。本教材综合了《机械设计基础》和《工程力学》两门至关重要的基础课程。它在作为专业基础课服务于专业课教学的同时,其讲授的知识、所培养的能力又为学生毕业后从事机械设计、设备维护等工作打下了基础。

图书在版编目(CIP)数据

机械零部件设计基础 / 吴海艳, 王平, 王凤云主编

— 北京: 航空工业出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5165-0245-7

I. ①机… II. ①吴… ②王… ③王… III. ①机械元件—设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第206194号

机械零部件设计基础

Jixie Lingbujian Sheji Jichu

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2013年9月第1版

2013年9月第1次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 19.75

字数: 407千字

印数: 1—3000

定价: 39.80元



教材是课程的重要载体和教学资源,对于提高人才培养质量发挥着不可或缺的重要作用。在近几年我国高等职业教育教学改革与发展过程中,理念的更新和人才培养模式的转变推动了专业建设和课程建设,人们积极探索基于工作体系、工作过程、行动导向等的教材设计和创新。本教材根据教育部制定的“高等职业教育技能型人才培养方案”的教学要求,本着“突出技能,重在实用,淡化理论,够用为度”的指导思想,突出了高等职业教育的特点,并贯彻最新国家标准。

作为一本机械类专业核心课程的教材,本教材依据近几年高等职业教育发展的实际需求编写而成,既充分吸收高等职业教育机械设计课程改革的成果,又渗透了作者长期教学积累的经验和体会。在内容的选排上,本教材综合了《机械设计基础》和《工程力学》两门至关重要的基础课程,内容包括常用机构和通用机械零件的基本知识和基本理论。通过学习,学生可以初步掌握分析和设计常用机械零件和简单传动装置的知识和技能。总之,该教材在作为专业基础课服务于专业课教学的同时,其讲授的知识、所培养的能力又为学生毕业后从事机械设计、设备维护等工作打下了基础。

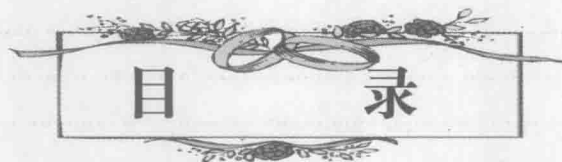
总体而言,本教材的编写具有以下几个特点:

- ✧ 充分考虑高等职业机械类专业特点,特别强调实践性环节;
- ✧ 以来源于生产和生活中的典型案例作为学习载体,力求提高学生的理解能力,激发学生的学习兴趣;
- ✧ 教学内容编排图文并茂,以图优先,文字表达力求深入浅出;
- ✧ 对原有知识领域进行了大胆整合,力求前后连贯、够用为度,打破传统教材体系束缚,对现有知识体系的合理性进行了有益探索。

本教材由烟台汽车工程职业学院吴海艳、王平、王凤云担任主编,方春慧、韩秋燕、王宝华、康爱静、初钧亮、钟少茵和姜玉素担任副主编。鉴于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2013年8月



绪 论	1
第一篇 常用机构	4
任务一 平面连杆机构	5
任务目标	5
任务描述	5
任务分析	6
任务实施	7
巩固练习	38
任务二 凸轮机构	42
任务目标	42
任务描述	42
任务分析	43
任务实施	44
巩固练习	60
任务三 间歇机构	62
任务目标	62
任务描述	62
任务分析	63
任务实施	63
巩固练习	74
第二篇 机械传动	75
任务四 带传动	76
任务目标	76
任务描述	76
任务分析	77
任务实施	78
巩固练习	105
任务五 链传动	107

任务目标	107
任务描述	107
任务分析	108
任务实施	109
巩固练习	126
任务六 齿轮传动	128
任务目标	128
任务描述	128
任务分析	129
任务实施	130
知识拓展一	170
知识拓展二	175
巩固练习	179
任务七 蜗杆传动	182
任务目标	182
任务描述	182
任务分析	183
任务实施	184
巩固练习	204
任务八 轮系	207
任务目标	207
任务描述	207
任务分析	208
任务实施	209
巩固练习	225
第三篇 机械联接与轴系零部件	228
任务九 机械联接	229
任务目标	229
任务描述	229
任务分析	230
任务实施	230
知识拓展一	249
知识拓展二	253
巩固练习	254
任务十 轴系零部件	257

任务目标	257
任务描述	257
任务分析	258
任务实施	259
巩固练习	303
参考文献	306

绪 论

人们的生活离不开机械，从小小的螺钉到计算机控制的机械设备，机械在现代化建设中有着重要的作用。机械通常分为以下两类：一类是可以使物体运动加速的机械，被称为加速机械，如汽车、自行车、飞机等；另一类是使人们能够对物体施加更大力机械，被称为加力机械，如旋具、扳手、机床和挖掘机等。如图 0-1 所示。

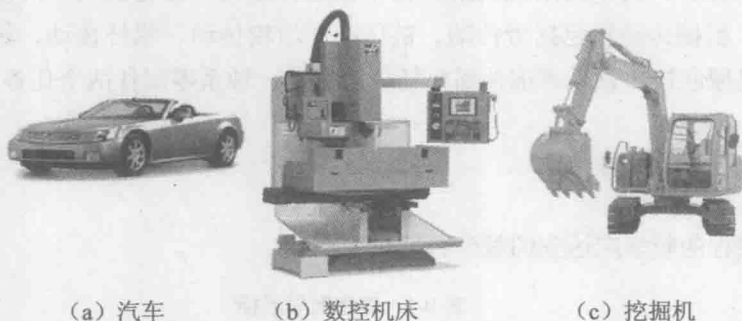


图 0-1 常见机械

你想知道常用机械设备是怎么工作的，想控制、驾驭或者设计它们吗？

无论是简单机器，还是复杂机器，尽管它们的构造、性能和用途各不相同，但它们都是独立完整的机器，都是由若干机械零部件组成，都具有原动部分、传动部分、执行部分和控制部分等构成机器的组合要素，如图 0-2 所示为某典型轿车构造图。认真学习本课程，就可以知道常用机械设备是如何工作的，从而很好的控制和驾驭它们。



图 0-2 典型轿车构造图



课程性质

《机械零部件设计基础》是高职高专类学校机械制造专业、机电一体化等专业必修的专业技术基础课，主要讲授机械零部件设计的基本知识、基本理论及设计方法等内容，培养学生综合应用所学知识分析和解决工程中实际问题的能力，是使学生具有创造性思维和设计能力的课程。



课程内容

本课程主要包括常用机构、机械传动、机械联接与轴系零部件三篇，共十个教学任务。其中常用机构篇包括平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构三个任务，机械传动篇包括带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系五个任务，机械联接与轴系零部件篇包括机械联接、轴系零部件两个任务。



课程教学目标

本课程的教学应达到的教学目标见表 0-1。

表 0-1 课程教学目标

知识目标	➤ 能熟练地运用力系平衡条件求解简单力系的平衡问题； ➤ 掌握零部件的受力分析和强度计算方法； ➤ 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、选用和基本设计方法
能力目标	➤ 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； ➤ 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
职业素养	➤ 良好的分析问题、解决问题的能力； ➤ 严谨的工作态度、团队协作



课程的教学方法

课程的教学可结合本教材采用任务驱动式教学，注意问题引导、启发式教学，学生在学习的过程中，应注意以下方面：

(1) 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简单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) 注重实际应用

学习过程中应注意联系实际, 以达到活学活用。

(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

学习机械设计不仅在于继承, 更重要的是应用创新。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。



下面就让我们一起来探索机器世界的秘密吧!

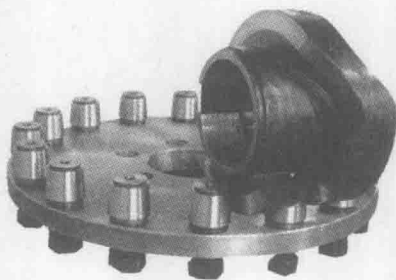
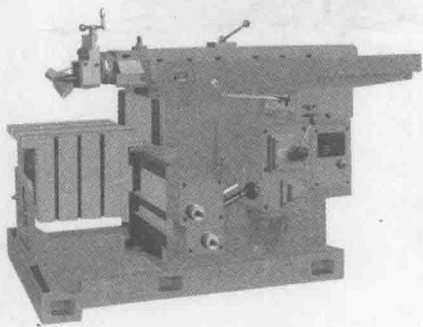
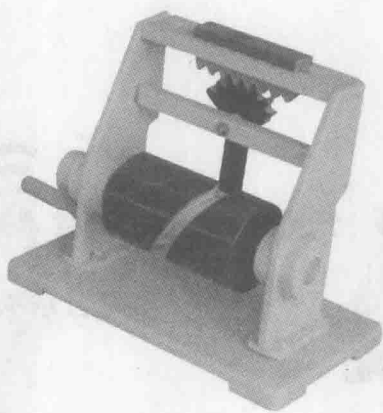
ARE YOU READY?

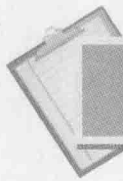




第一篇

常用机构





任务一 平面连杆机构



任务目标

【知识目标】

- ◇ 掌握杆件受力分析要领，能够熟练进行受力分析图的绘制；
- ◇ 掌握运动副、约束、构件、机构等概念，并能够熟练将实际零部件转换成示意图结构；
- ◇ 掌握平面机构的特征及分类；
- ◇ 掌握铰链四杆机构的基本特征、基本形式以及演化形式的性质。

【能力目标】

- ◇ 能够熟练拆装机械零部件，并结合所学知识，确定工作原理；
- ◇ 能够熟练举出平面连杆机构的典型案例，并可自行设计运动过程；
- ◇ 能够熟练绘制平面机构及平面连杆机构简图。

【职业目标】

- ◇ 培养勤学好问的学习习惯以及自主获取知识的自学能力；
- ◇ 培养团队协作、共同解决问题的精神品质。



任务描述

如图 1-1-1 所示为家用缝纫机踏板机构示意图，试分析家用缝纫机踏板机构原理、受力分析及其机构的简图绘制。



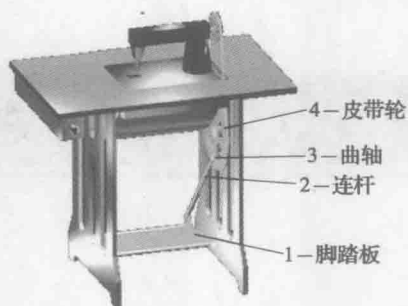


图 1-1-1 家用缝纫机踏板机构示意图

想一想：缝纫机是如何通过脚踏板 1 的旋转最终带动皮带轮转动的？

分析与说明	初步结果
缝纫机脚踏板机构运动过程调查分析：	



任务分析

20 世纪中期，缝纫机作为女方陪嫁“三大件”之一，广泛进入中国家庭，成为家庭妇女的好帮手。发展至今天，缝纫机经历了 150 多年的历史，已经演变出形式多样、功能各异的品种，除了老式的纯机械结构，还出现了电动的、电子的缝纫机。而老式缝纫机凭借纯粹的典型机械结构出色地完成了电动的功能，长久以来彰显着先人的智慧，为后人所学习。老式缝纫机如图 1-1-2 所示。



图 1-1-2 德国百年老缝纫机

通过本任务的学习，我们需要了解缝纫机脚踏机构的基本构造及各零部



件的名称、功用；熟悉机构的工作原理和结构特点，对曲柄摇杆机构等相关常用平面机构及平面连杆机构的相关知识点以及其工作原理、结构及应用形成感性认识，最终掌握缝纫机脚踏机构的原理分析，并绘制机构简图，进行简单的受力分析。

学习任务分解

步骤一	静力学基础知识
步骤二	机构中运动副及简图表示
步骤三	平面连杆机构原理分析与设计
步骤四	缝纫机踏板机构原理、受力分析及简图绘制



任务实施

步骤一 静力学基础知识

由两个或两个以上机械零件通过活动联接形式形成的机械系统称为机构，机构是机器实现机械运动不可缺少的组成部分。

机构的种类很多，在工程和生活中得到广泛应用：门可以自由地关闭和开启、汽车刮水器自动刮除水滴、自卸车翻斗倾倒沙土、自行车左右拐弯……机构在机器中不断地传递运动、转换运动形式。例如，将回转运动转换为摆动或往复直线运动；将匀速转动转换为非匀速转动或间歇性运动等。



想一想



阅读如下“相关知识”，想一想如何对组成整套机器的零部件（即机构）进行受力分析以及绘制受力分析图？



相关知识

一、力

1. 力和力系的概念

(1) 刚体

在一般情况下，工程上物体的变形都是微小的，对物体的平衡没有实质



性的影响。这样就可以忽略这种微小变形而将物体视为刚体。刚体是在力的作用下不变形的物体。这种抽象会使问题简化,所以说刚体是在静力学中对物体进行抽象后得到的一种理想模型。在不加说明时,工程力学分析中所指的物体都视为刚体。

(2) 平衡

指物体相对地球保持静止或作匀速直线运动,是物体机械运动的一种特殊状态。

(3) 力

① 定义。是物体之间的相互机械作用。这种作用将产生两种效应:外效应使物体的运动状态发生改变;内效应使物体的形状发生改变。

② 力的三要素。大小、方向和作用点,力的作用效应取决于力的三要素。

③ 力的单位。牛(N),千牛(kN)。

(4) 力系

① 力系。作用于被研究物体上的一组力。

② 平衡力系。如果力系可使物体处于平衡状态,则称此力系为平衡力系。

③ 等效力系。若两个力分别作用于同一物体上时其作用效应相同,则这两个力系是等效力系。

④ 合力。若力系与一力等效,则称此力为该力系的合力。

⑤ 力系的简化。用简单的力系等效代替复杂力系的过程。

2. 力的性质

人们经过长期的生活 and 实践积累,总结出了几条力的基本性质,因正确性已被反复实践论证证明,所以大家所公认,被称为静力学公理。力的性质是静力学全部理论的基础。

(1) 性质1(二力平衡条件)

刚体上仅受两力($\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$)作用而平衡的充分必要条件是:此两力必须等值、反向、共线,即 $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ 。如图1-1-3和图1-1-4所示。

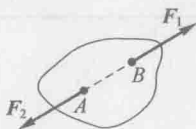


图 1-1-3 二力平衡条件

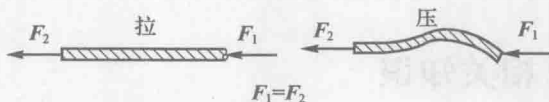


图 1-1-4 二力构件的受力分析

二力构件:工程上受两个力作用而平衡的刚体称为“二力构件”或“二力体”。二力构件平衡时其所受的两个力必沿着两个力作用点的连线,而且两力大小相等、方向相反。



小提示

在进行构件受力分析时，能正确判断其是否为二力构件，可使问题顺利解决。这点很重要！

(2) 性质 2 (加减平衡力系原理)

对于作用于刚体上的任何一个力系，加上或减去任一平衡力系，并不改变力系对刚体的作用效应。

推论 1 (力的可传性): 刚体上的力可沿其作用线移动到该刚体上任一点而不改变此力对刚体的作用效应。如图 1-1-5 所示。

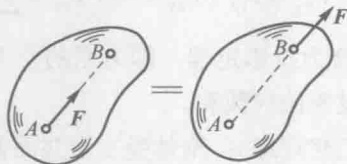


图 1-1-5 力的可传性示意

小提示

力的可传性只能适用于刚体，而且力只能在刚体自身上沿其作用线移动，不能移到其他刚体上去。

(3) 性质 3 (力的平行四边形法则)

作用于物体上同一点的两个力的合力也作用于该点，且合力的大小和方向可用这两个力为邻边所作的平行四边形的对角线来确定。

该公理说明：力矢量可按平行四边形法则进行合成与分解，同时合力矢量 $\vec{F}_R$ 与分力矢量 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 间的关系符合矢量运算法则，即合力等于两个分力的矢量和，如图 1-1-6 所示。

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1-1-1)$$

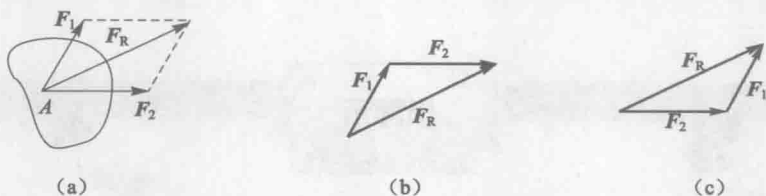


图 1-1-6 力的平行四边形法则

平行四边形法则可推广到作用在同一点的 n 个力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 $\dots$ 、 F_n 作用的情况:

$$F_R = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum F \quad (1-1-2)$$

可见, 平面汇交力系的合力矢量等于力系各分力的矢量和。

根据式 (1-1-2), 将各分力向直角坐标系 xoy 的两个坐标轴上投影, 得到:

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum F_x \\ F_{Ry} &= F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum F_y \end{aligned} \quad (1-1-3)$$

那么式 (1-1-3) 称合力投影定理, 即力系的合力在某轴上的投影等于力系中各分力在同一轴上投影的代数和。

推论 2 (三力平衡汇交定理): 刚体受三个共面但互不平行的力作用而平衡时, 三力必汇交于一点。

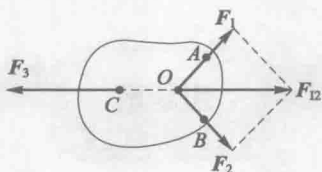


图 1-1-7 三力平衡汇交定理

说明: 平衡时 F_3 必与 F_{12} 共线则三力必汇交 O 点, 且共面。

(4) 性质 4 (作用与反作用定律)

两物体间相互作用的力总是同时存在, 并且两力等值、反向、共线, 分别作用于两个物体。这两个力互为作用与反作用的关系。

说明: 一切力总是成对出现的, 是力的存在形式和力在物体间的传递方式。

二、约束与反约束力

1. 约束力与反约束力基本性质

在运动副中, 相互联接的构件的运动都受到了与它联系的其他构件的限制, 比如飞轮受到轴承的限制, 只能绕轴旋转; 列车上的卧铺受到合页和撑杆的限制, 保持稳定的平衡状态。一个物体的运动受到周围其他物体的限制, 这种限