

中等专业学校教材

# 机械基础

合肥铁路工程学校 庄学功 编  
太原铁路机械学校 张守礼 审

中国铁道出版社

1999年·北京

# (京)新登字 063 号

## 内 容 简 介

本教材根据铁道部中等专业学校企业物资管理专业机械基础课程教学大纲编写。全书共分理论力学、材料力学、机构与机械零件三篇十六章。编者注意把握企业物资管理专业的培养目标和要求,结合实际,力求做到通俗易懂、难易适中。

本教材是中等专业学校企业物资管理专业教材,也可供物资管理在职人员、非机械专业学生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础/庄学功编.-北京:中国铁道出版社,1999  
中等专业学校教材

ISBN 7-113-03188-9

.机... .庄... .机械学-专业学校-教材

.TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 38692 号

书 名:机 械 基 础

著作责任者:合肥铁路工程学校 庄学功

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:李小军

封面设计:马 利

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:78× 1092 1/32 印张:10.625 字数:241千

版 本:1999年4月第1版 1999年4月第1次印刷

印 数:1~2000册

书 号:ISBN7-113-03188-9/TH·73

定 价:12.80元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

# 前 言

本教材是根据铁道部中等专业学校《机械基础》课程教学大纲编写,可供工科四年制中等专业学校企业物资管理专业使用。参考教学时数为 75 学时。

全书分为三篇。第一篇为理论力学,内容包括静力学基础、平面汇交力系、力矩和平面力偶系、平面任意力系、摩擦、功与功率等;第二篇为材料力学,内容包括拉伸与压缩、剪切、圆轴的扭转、直梁弯曲等;第三篇为机构与机械零件,包括机械的基本概念、平面连杆机构、凸轮机构和间歇运动机构、机件的联接、齿轮传动与蜗杆传动、带传动和链传动等。各章内容后附有小结、思考题和习题,便于课后复习巩固。

本书还可作为同类职业技术学校教学用书或职工岗位培训教材。

本教材在编写过程中,强调要准确把握企业物资管理专业培养目标的基本业务规格要求,并能结合实际、精心选材;对基本概念和基本理论的阐述力求通俗易懂;注意协调相关课程内容之间的衔接,合理分工;全书采用了最新国家标准、国际单位制和国际通用的符号。

本书由合肥铁路工程学校庄学功编写,太原铁路机械学校张守礼担任主审。齐齐哈尔铁路工程学校盖祥凌和太原铁路机械学校唐文梅参加了审稿,编者对兄弟学校领导和老师的大力支持表示衷心感谢!

编 者

1998 年 9 月

# 目 录

绪 论.....	1
----------	---

## 第一篇 理论力学

第一章 静力学基础.....	5
----------------	---

§ 1—1 静力学的基本概念.....	5
---------------------	---

§ 1—2 静力学公理.....	8
------------------	---

§ 1—3 约束与约束反力 .....	12
---------------------	----

§ 1—4 物体的受力分析、受力图.....	20
------------------------	----

思考题 .....	26
-----------	----

习 题 .....	28
-----------	----

第二章 平面汇交力系 .....	30
------------------	----

§ 2—1 平面汇交力系合成的几何法 .....	31
--------------------------	----

§ 2—2 平面汇交力系合成的解析法 .....	35
--------------------------	----

§ 2—3 平面汇交力系平衡的解析条件及其平衡 方程的应用 .....	40
--	----

思考题 .....	44
-----------	----

习 题 .....	45
-----------	----

第三章 力矩与平面力偶系 .....	48
--------------------	----

§ 3—1 力矩的概念及其计算 .....	48
-----------------------	----

§ 3—2	力偶及其基本性质 .....	54
§ 3—3	平面力偶系的合成与平衡 .....	57
	思考题 .....	61
	习 题 .....	62
第四章 平面任意力系 .....		65
§ 4—1	力的平移定理 .....	65
§ 4—2	平面任意力系的平衡方程及其应用 .....	68
§ 4—3	平面平行力系的平衡方程 .....	73
§ 4—4	物体系统的平衡 .....	77
	思考题 .....	81
	习 题 .....	82
第五章 摩 擦 .....		85
§ 5—1	滑动摩擦 .....	85
§ 5—2	摩擦角与自锁 .....	88
§ 5—3	考虑摩擦时物体的平衡问题 .....	91
§ 5—4	滚动摩擦简介 .....	95
	思考题 .....	98
	习 题 .....	99
第六章 功与功率 .....		102
§ 6—1	功 .....	102
§ 6—2	功率和机械效率 .....	103
	思考题 .....	107
	习 题 .....	108

## 第二篇 材料力学

第七章 拉伸与压缩.....	113
§ 7—1 拉伸与压缩的概念.....	113
§ 7—2 拉伸与压缩时的内力、截面法 .....	114
§ 7—3 轴向拉伸和压缩时横截面上的应力.....	117
§ 7—4 轴向变形和胡克定律.....	121
§ 7—5 拉伸和压缩时材料的机械性能.....	124
§ 7—6 许用应力与安全系数.....	132
§ 7—7 拉伸与压缩时的强度计算.....	133
思考题.....	138
习 题.....	139
第八章 剪 切.....	143
§ 8—1 剪切和挤压的概念.....	143
§ 8—2 剪切和挤压的实用计算.....	145
思考题.....	151
习 题.....	152
第九章 圆轴的扭转.....	154
§ 9—1 扭转的概念和实例.....	154
§ 9—2 扭矩和扭矩图.....	155
§ 9—3 圆轴扭转时的强度计算.....	163
§ 9—4 圆轴扭转刚度概述.....	166
思考题.....	168
习 题.....	168



第十三章 凸轮机构和间歇运动机构.....	227
§ 13—1 凸轮机构 .....	227
§ 13—2 间歇运动机构 .....	231
思考题.....	236
习 题.....	237
第十四章 机件的联接.....	238
§ 14—1 螺纹联接与螺旋传动 .....	238
§ 14—2 键联接和销联接 .....	253
§ 14—3 联轴器和离合器 .....	258
思考题.....	267
习 题.....	268
第十五章 齿轮传动和蜗杆传动.....	270
§ 15—1 齿轮传动的特点和类型 .....	270
§ 15—2 渐开线及其性质 .....	272
§ 15—3 渐开线齿轮的基本参数及标准直齿圆柱齿 轮的几何尺寸计算 .....	273
§ 15—4 渐开线齿轮的啮合特点 .....	280
§ 15—5 其他齿轮传动简介 .....	285
§ 15—6 变位齿轮简介 .....	292
§ 15—7 蜗杆传动 .....	295
§ 15—8 轮    系 .....	300
思考题.....	306
习 题.....	307

第十六章 带传动和链传动.....	309
§ 16—1 带传动的类型及特点 .....	309
§ 16—2 普通 V 带 .....	311
§ 16—3 带传动的工作能力分析 .....	314
§ 16—4 V 带传动的安装、维护和张紧 .....	318
§ 16—5 链 传 动 .....	321
思考题.....	328
习 题.....	328
参考文献.....	330

# 绪 论

## 一、为什么要学习机械基础

机械是人类进行生产劳动的主要工具,也是社会生产力发展水平的重要标志。早在古代,人类就知道利用杠杆、滚子、绞盘等简单机械从事建筑和运输。18世纪中叶,随着蒸汽机的发明而促进了产业革命,出现了由原动机、传动机、工作机组成的近代机器。从此,机械有了迅猛的发展。

我国古代人民在机械方面有过许多杰出的发明创造。远在五千年前就使用了简单的纺织机械,在夏朝以前就发明了车子,晋朝的连体碓和水碾就应用了凸轮原理。西汉时的指南车和记里鼓车都应用了轮系。现代机械中应用的青铜轴瓦和金属的人字齿轮,在我国东汉年代的文物中都可以找到它们的原始形态。但是,由于我国经历了漫长的封建社会,加上帝国主义的入侵,在新中国成立以前,机械业长期处于非常落后的状态。

新中国成立后,我国的机械工业和科学技术有了较快的发展。在第一个五年计划期间,我国建立了一批大型机械制造厂,使机械工业由过去只能进行零星的修配,而跃进 to 能自行制造飞机、汽车和各种机床。在以后的几个五年计划期间,又从制造设备而发展到能够制造大型、精密、尖端的机械产品。近些年来,机电一体化的发展更加促进了机械生产水平的提高。生产实现机械化、自动化,对于国民经济具有十分重要的

意义。

机械基础所阐述的是机械中最普遍最基本的规律, 这些基础知识具有很大的实用性。掌握一定的机械基础知识, 可以帮助我们分析物体受力变形, 进行强度校核计算, 正确地使用、操作、安装、维护和革新机械, 提高操作技术水平和应用管理水平。机械基础知识还有助于培养正确的思维方法, 为学习其他课程(例如机械产品)打好基础。

## 二、机械基础课程的性质、任务和学习内容

机械基础是企业物资管理专业的一门技术基础课, 共分为三篇。第一篇为理论力学, 重点学习物体受力分析方法与物体平衡的一般规律以及在工程实际中的应用; 第二篇为材料力学, 研究工程构件在载荷作用下变形和破坏的规律, 在保证构件既安全又经济的前提下, 为构件选用合适的材料, 确定合理的截面形状和尺寸, 提供有关基础知识和基本计算方法; 第三篇为机构与机械零件, 主要讨论常用机构的组成、工作原理、运动特性、应用及通用零件的类型、特点、标准和应用。

## 三、如何学好机械基础课程

机械基础课程所讨论的基本规律, 是人们通过长期生产实践和无数次科学实验, 经过综合、分析和归纳而总结出来的。所以, 学习机械基础必须注意理论联系实际。在生活和生产实践中, 通过观察和实验, 将感性认识上升为理性认识, 然后将理论应用到生产和管理实践中加以检验并且指导实践, 这是学好机械基础的一个重要方法。要注意掌握机械基础课程中的基本概念、基础理论和基本运算方法, 应用合理的假定、准确的概括与抽象、严密的推理等科学方法。要注意各篇

及各章节之间的内在联系,运用数学、物理、机械制图等课程的基本概念、基础知识和运算方法来分析、解决机械基础中提出的一些问题。每章以后的小结、思考题和习题,有助于复习、深入思考和掌握这一章的重点内容。完成一定数量的练习题,可以巩固基础知识和提高学用结合的技能,培养综合分析问题和解决问题的能力,以使学习取得良好的效果。

# 第一篇 理论力学

理论力学是研究物体机械运动的规律及其应用的科学。所谓机械运动,是指物体在空间的位置随时间的变化,这是宇宙间物质运动的一种最简单的形式。例如星球的运行,汽车、轮船的行驶,机器的运转等,都是机械运动。若物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动状态,我们称其为平衡。这是机械运动的特殊情形。

理论力学包括静力学、运动学和动力学三个部分,本书着重讨论静力学。静力学研究物体受力分析方法和物体在力系作用下处于平衡的条件,在工程中应用很广。例如在静载荷作用下的工程结构(如桥梁、房屋、起重机、水坝等),常用的机械零件(如轴、齿轮、螺栓等),以及手动工具和低速机械,它们在工作时大多处于平衡状态,或者可以近似地看作平衡状态。为了合理设计或选择这些结构和零件的形状、尺寸,保证构件安全可靠地工作,必须首先运用静力学知识,对构件进行受力分析,并根据平衡条件求出未知力,所以静力学是学习材料力学的基础。此外,静力学知识还可直接用来解决工程技术中的许多力学问题。

# 第一章 静力学基础

本章将阐述静力学中的一些基本概念和静力学公理,还将介绍工程上常见的几种约束及其反力的确定,并在此基础上进行物体的受力分析。由于受力分析不仅是静力学中最关键、最基本的内容,而且是设计工程结构和机器零件的基础,因此对这部分的内容,初学者尤其要深刻领会,牢固掌握。

## § 1—1 静力学的基本概念

### 一、力的概念

力的概念是人们在生活和生产实践中,通过长期的观察和分析而逐步形成的。当人们举起锤子或推动小车时,由于手臂肌肉的紧张和收缩而感到了力的作用。这种作用不仅存在于人与物体之间,而且广泛地存在于物体与物体之间。例如机车牵引车辆加速前进时,机车与车辆之间、车辆与车辆之间都有力的作用。大量事实说明,力是物体间的相互作用,离开了物体,力就不可能存在。力虽然看不见,但它的作用效应完全可以直接观察,或用仪器测量出来。实际上,人们正是从力的作用效应认识力本身的。

#### 1. 力的定义

力是物体之间相互的机械作用,这种作用使物体的机械运动状态发生变化,或者使物体发生变形。前者称为力的运动效应或外效应;后者称为力的变形效应或内效应。

#### 2. 力的三要素

力对物体的作用效应, 取决于力的大小、方向和作用点, 这三个因素称为力的三要素。这三个要素中, 如果改变其中任何一个, 也就改变了力对物体的作用效应。例如沿水平地面推一个木箱, 如图 1-1 所示, 当推力  $F$  较小时, 木箱不动。当推力  $F$  增大到某一数值时, 木箱开始滑动。如果推力  $F$  的指向改变为拉力, 则木箱将沿相反方向滑动。如果推力  $F$  由 A 点移至 B 点, 则木箱的运动趋势就不仅是滑动, 而且可能绕 C 点转动(倾覆)。所以要确定一个力, 必须说明它的大小、方向和作用点, 缺一不可。

图 1-1 平推木箱

为了度量力的大小, 必须确定其度量单位。本书采用我国统一实行的法定计量单位(以国际单位制 SI 为基础), 力的单位为牛顿(N)。过去在工程单位制中, 力的单位用公斤力(kgf)和吨力(tf)。牛顿和公斤力的换算关系是:

$$1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N}$$

力是具有大小和方向的量, 所以力是矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段(矢线)示于物体作用点上(图 1-2), 线段的长度(按一定比例尺画)表示力的大小, 箭头的指向表示力的方向, 线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点, 沿力的方向所画直线, 称为力的作用线。一般用黑体字表示矢量(例如  $F$ ), 手写时也可在字母上方加一箭头

图 1-2 力的矢量表示

(例如  $F$ )。白体字, 如  $F$  表示相应矢量的模(大小)。

### 3. 等效力系

(1) 力系 作用在物体上的若干个力总称为力系, 以  $(F_1, F_2, \dots)$  表示。

(2) 等效力系 如果作用于物体上的一个力系可用另一个力系来代替, 而不改变原力系对物体作用的外效应, 则这两个力系称为等效力系, 以  $(F_1, F_2, \dots, F_n)$   $(F_1, F_2, \dots, F_n)$  表示。

(3) 合力 如果一个力  $(R)$  与另一个力系  $(F_1, F_2, \dots, F_n)$  等效, 则力  $R$  称为此力系的合力, 而力系中的各力则称为  $R$  的分力。由已知力系求合力的过程称为力系的合成。反之, 称为力系的分解。

## 二、平衡的概念

静力学研究物体机械运动的特殊情况, 即物体的平衡问题。所谓物体的平衡, 是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。事实上, 任何物质都处于永恒的运动中, 平衡只是相对的。例如在地面上看来是静止的桥梁房屋, 实际上仍随着地球的自转和公转在太阳系中高速运动。所以说, 静止或平衡总是相对地球而言的。

## 三、刚体的概念

在力作用下形状和大小都保持不变的物体称为刚体。在静力学中常把研究的物体抽象为刚体。实际上, 任何物体在力的作用下都将产生不同程度的变形。不过工程实际中构件的变形都很微小, 略去变形不会对静力学研究的结果有显著影响, 但却会使研究的问题大大简化。显然, 这只是一个理想化

了的力学模型,实际上并不存在。这种抽象简化的方法,虽然在研究许多问题时是必要的,但它是有条件的。当物体的变形在所研究的问题中成为主要因素时(例如在材料力学中),就不能再将物体看成刚体,即使变形很小也应考虑,不能忽略不计。

## § 1—2 静力学公理

静力学公理是人类经过长期的观察和实践,对其加以概括和总结而得到的结论,它的正确性已经被无数次的实践证明。静力学公理概括了力的一些基本性质,是建立静力学全部理论的基础。

### 公理 1 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是,这两个力大小相等,方向相反,且作用于同一直线上(简称等值、反向、共线),如图 1-3(a)所示。

(a)二力平衡

(b)二力杆(杆 CD 重量不计)

图 1-3 二力平衡力系

这个公理揭示了作用于物体上的最简单的力系在平衡时所必须满足的条件,它是静力学最基本的平衡条件。对于刚体来说,这个条件既是必要的又是充分的;但对于非刚体,二力