

21

世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类

JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

主 编 ■ 王 健
副主编 ■ 蒋祖信
主 审 ■ 陈思义



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类

TH122

621

2007

机械设计基础

主 编 王 健

副主编 蒋祖信

主 审 陈思义

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书根据高职人才培养目标和对机械类专业基础课的要求编写, 突出了高等教育的特点, 并贯彻最新的国家标准及规范。

全书共 4 篇 21 章, 主要内容包括: 绪论、构件的静力分析基础、构件的变形及强度与刚度计算、机械中的常用机构、机械传动与机械零件设计等。每章后面均附有思考题和习题。全书内容精练、叙述简明、实用性强, 反映了编者多年的教学经验及实践能力。

本书为高等职业技术学院机械类、近机类专业基础课教材, 也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

机械设计基础 / 王健主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2007.2

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 机械工程类 (数控专业)

ISBN 978-7-81104-507-9

I. 机… II. 王… III. 机械设计—高等学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 019641 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类

机械设计基础

主 编 王 健

*

责任编辑 李晓辉

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 20.375

字数: 504 千字 印数: 1—3 000 册

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-507-9

定价: 29.80 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类

主编院校名单（排名不分先后）

四川工商职业技术学院

四川机电职业技术学院

四川交通职业技术学院

中国工程物理研究院工学院

四川工程职业技术学院

四川建筑职业技术学院

成都航空职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

泸州职业技术学院

四川航天职业技术学院

前 言

本书是根据高职人才培养目标和对机械类专业基础课的要求编写的，是高职高专机械类的规划教材。

本书对机械设计所涉及的工程力学、机械原理与机械零件等机械工程基础课程进行了整合，基本理论以“必需”和“够用”为度，突出了工程力学与机械设计间的紧密联系。本书内容上在工程力学部分重点突出构件的受力分析和强度计算；机械原理部分则重点讲述常用机构的工作原理、结构和用途；机械零件部分重点讲述通用零部件的结构、用途、选用原则和设计方法。书中带“*”的内容，可根据需要作为选修内容。

根据社会对高等职业技术专门人才技能的要求和高等职业院校在校学生的实际情况，本书在编写过程中力求做到：内容精选、叙述简明、深度适中、实用性强，突出了高等职业教育的特点，使本教材更适应教学需求（参考教学时数为120~150学时）。

本书涉及的设计计算方法、名词术语及标准均采用国家最新标准。

参加本书编写的有四川工商职业技术学院王健（绪论、第十章、第十一章、第十五章、第十六章），四川机电职业技术学院蒋祖信（第一章、第二章、第七章、第九章）、古道凤（第五章、第六章、第十二章、第十三章）、陈春（第二十一章），四川交通职业技术学院孙莹（第十四章、第十七章、第十九章）、席刚平（第三章、第四章、第十八章），中国核物理研究院工学院廖海平（第八章、第二十章）。全书由王健担任主编，蒋祖信担任副主编。

四川工商职业技术学院陈思义担任主审，对全书进行了认真细致的审阅，提出了许多具体的修改意见。

由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

2007年1月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 构件的静力分析基础

第一章 力的基本性质	7
第一节 力与刚体的概念	7
第二节 静力学公理	7
第三节 约束和约束反力	9
第四节 物体受力分析和受力图	12
思考题与习题	13
第二章 力偶、力矩与合力矩定理	15
第一节 平面力对点之矩	15
第二节 合力矩定理	16
第三节 力 偶	17
思考题与习题	19
第三章 力系的合成与平衡	20
第一节 力系合成的解析法	20
第二节 力的平移定理	22
第三节 平面力系的简化和平衡	23
第四节 考虑摩擦的平衡问题	29
思考题与习题	33
第四章 空间力系和重心	37
第一节 力在空间直角坐标系上的投影	37
第二节 空间力对轴之矩	39
第三节 空间力系的平衡方程	41
第四节 轮轴类平衡问题的平面解法	42
第五节 重 心	44
思考题与习题	48

第二篇 构件的变形及强度与刚度计算

第五章 构件的变形及其应力分析概论	53
第一节 工程构件的基本要求	53
第二节 变形固体的基本假设	53
第三节 杆件变形的基本形式	53
第四节 内力、截面法和应力	54
思考题与习题	56
第六章 杆件的内力	57
第一节 杆件拉伸和压缩时横截面上的内力	57
第二节 杆件扭转时的内力	59
第三节 杆件弯曲时的内力	61
思考题与习题	72
第七章 杆件的应力与强度计算	76
第一节 拉伸和压缩时材料的力学性能	76
第二节 杆件拉伸和压缩时的应力与强度计算	80
第三节 圆轴扭转时的应力与强度计算	83
第四节 连接件的实用计算	87
第五节 杆件弯曲时的应力与强度计算	89
第六节 杆件在弯曲和扭转组合变形时的强度计算	95
思考题与习题	97
第八章 杆件的变形与刚度计算	100
第一节 杆件拉伸和压缩时的变形	100
第二节 圆轴扭转时的变形和刚度计算	102
第三节 杆件弯曲时的变形和刚度计算	104
思考题与习题	109
第九章 动载荷和交变应力的概念	111
第一节 动载荷	111
第二节 交变应力	113
思考题与习题	115

第三篇 机械中的常用机构

第十章 平面机构的组成和运动简图	119
第一节 机构的组成、运动副及其分类	119

第二节 平面机构的运动简图	121
第三节 平面机构的自由度和机构具有确定相对运动的条件	123
思考题与习题	126
第十一章 平面连杆机构	128
第一节 平面四杆机构的组成、类型及演化	128
第二节 平面四杆机构的基本特性	132
第三节 图解法设计简单平面四杆机构	134
思考题与习题	136
第十二章 凸轮机构	138
第一节 凸轮机构的基本类型	138
第二节 常用的从动件运动规律	140
第三节 图解法设计盘形凸轮的轮廓曲线	143
第四节 凸轮机构设计中的几个问题	145
思考题与习题	149
第十三章 间歇运动机构简介	150
第一节 棘轮机构	150
第二节 槽轮机构	152
第三节 不完全齿轮机构	153
思考题与习题	154

第四篇 机械传动与机械零件设计

第十四章 机械设计概述	157
第一节 机械设计的基本要求	157
第二节 机械零件的失效形式及设计计算准则	158
思考题与习题	160
第十五章 齿轮传动	161
第一节 齿轮传动的特点和类型	161
第二节 渐开线齿轮的齿廓及传动比	161
第三节 直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	163
第四节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	167
第五节 渐开线齿轮的切齿原理和根切	168
第六节 渐开线变位齿轮传动简介	171
第七节 齿轮常见的失效形式与设计准则	171
第八节 齿轮常用材料及许用应力	173

第九节 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	175
第十节 圆柱齿轮传动的设计步骤及参数选择	178
第十一节 斜齿圆柱齿轮传动	181
第十二节 标准直齿圆锥齿轮传动简介	187
第十三节 齿轮的结构设计及齿轮传动的润滑	189
思考题与习题	192
第十六章 蜗杆传动与螺旋传动	194
第一节 蜗杆传动的组成和特点	194
第二节 蜗杆传动的主要参数、几何尺寸计算	196
第三节 蜗杆传动的失效、材料、散热与润滑	200
第四节 蜗杆、蜗轮的结构	202
第五节 螺旋传动简介	203
思考题与习题	208
第十七章 轮系与减速器	209
第一节 轮系概述	209
第二节 定轴轮系传动比	209
*第三节 行星轮系传动比	211
*第四节 混合轮系传动比	213
*第五节 轮系的应用	214
第六节 减速器	215
思考题与习题	218
第十八章 机械的平衡与调速	220
第一节 转子的平衡	220
第二节 转子的平衡试验	221
第三节 机械的速度波动及其调节	222
思考题与习题	223
第十九章 带传动与链传动	224
第一节 带传动的工作原理、类型及特点	224
第二节 普通 V 带和带轮的结构	225
第三节 带传动的工作能力分析	230
第四节 普通 V 带传动的设计计算	233
第五节 带传动的张紧、安装与维护	241
*第六节 链传动简介	242
思考题与习题	248
第二十章 常用联接、联轴器、离合器和弹簧	249
第一节 螺纹联接	249

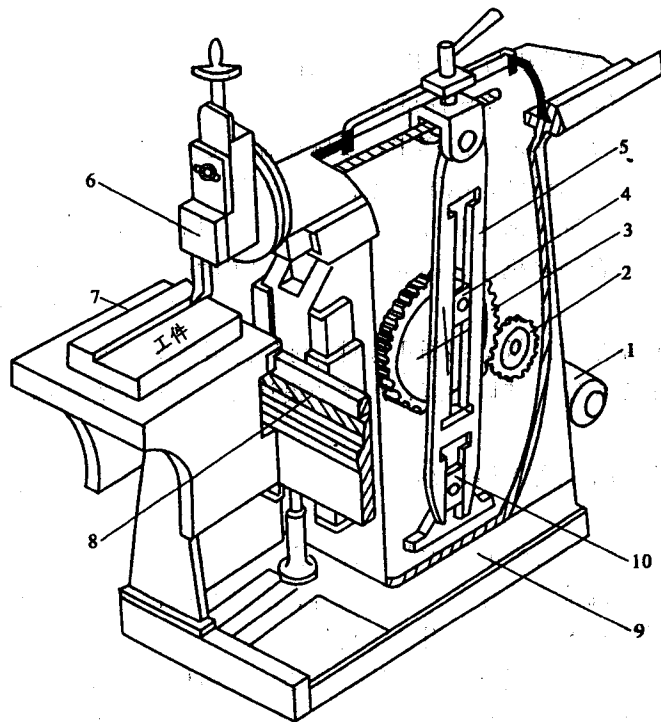
第二节 螺纹联接的强度计算	255
第三节 键联接和销联接	258
第四节 联轴器和离合器	263
*第五节 弹 簧	268
思考题与习题	271
第二十一章 轴及轴承	273
第一节 轴的分类、材料及设计的基本准则	273
第二节 轴的结构设计	276
第三节 轴的失效分析与强度计算	281
第四节 滚动轴承的类型、代号及选择原则	287
第五节 滚动轴承的受力分析、失效形式及计算准则	292
第六节 滚动轴承的组合设计	301
第七节 滑动轴承	306
思考题与习题	311
参考文献	313

绪 论

一、本课程的研究对象

人类通过长期的生产实践，创造和发展了机器。在生产活动中，常见的机器有电动机、内燃机、机床、汽车、机器人等。随着社会生产力和科学技术水平的不断提高，各种机器不断得到发展和完善。

机器种类极其繁多，其构造、工作原理和用途各不相同。图 0.1 所示为牛头刨床，它由电动机 1 通过带传动（图中未画出）和齿轮 2、3 来实现减速，又通过齿轮 3 上的滑块 4 带动导杆 5 摆动，使导杆 5 上的销钉带动刨头 6 作往复直线运动而完成刨削动作。牛头刨床就是通过这些协同动作的传动装置，利用电动机输出的机械能完成有用机械功（刨削工件）的机器。又如，电动机由定子和转子组成，是使电能转换为机械能的一种机器。



1—电动机；2、3—齿轮；4、10—滑块；5—导杆；6—刨头；7—工作台；8—导轨；9—机座

图 0.1

由以上实例可知，机器是人类用来减轻或替代体力劳动和提高劳动生产率的主要生产工具。它的特征为：① 机器是人为的各种实物的组合；② 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（如刨削工件、起吊重物等）或转换机械能（如电动机等）。

机构符合机器的前两个特征。

机器与机构的主要区别是：机器能完成有用的机械功或转换机械能，而机构只是完成传递运动、力或改变运动形式的实物组合。机器包含着机构，机构是机器的主要组成部分，一台机器可以只含有一个机构，也可含有多个机构。

机器由若干不同零件组装而成，零件是组成机器的基本要素，即机器的最小制造单元。各种机器经常用到的零件称为通用零件，如螺钉、轴、齿轮、弹簧等。在特定的机器中用到的零件称为专用零件，如汽轮机的叶片、起重机的吊钩、电动机的转子、内燃机的活塞和曲轴等。

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，如牛头刨床中导杆。机构是机器的重要组成部分。机器和机构统称为机械。

机器的功能需要多种机构配合才能完成。按照各部分实体的不同功能，一台完整的机器，通常由以下几部分组成：

(1) 原动机部分，例如电动机，它是机器的动力来源。常用的原动机有电动机、内燃机及液压机等。

(2) 执行部分，也称工作部分（装置）。它是机器中直接完成具体工作任务的部分，例如刨头、汽车的车轮、缝纫机的机头等。

(3) 传动部分。介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 0.1 中的带传动、齿轮传动与导杆机构。

(4) 操纵或控制部分。这部分的作用是反映机器的运行位置和状态，控制机器的正常运行和工作。控制装置可采用机械、电子、电器、光波等。

简单的机器一般由上述的前 3 部分组成，有的甚至只有原动机和执行部分，如水泵、排风扇等。而现代新型的自动化机器，如数控机床、加工中心等，控制部分（包括检测）的地位越来越重要。

本课程研究的对象是常用机构和通用零件，讨论常用机构和通用零件的受力平衡、强度、刚度、稳定性及其工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法等。

二、本课程的性质和内容

本课程的性质是一门综合性的技术基础课。所谓具有综合性，是因为这门课程内容包括工程力学、机械原理及机械零件等多方面的内容；所谓基础，是因为无论从事制造或维修，还是使用、研究机械或机器，都要运用这些基本知识。

在生产实践中，常用的机械设备和工程部件是由许多构件组成的，当它们承受载荷或传递运动时，每个构件必须具有足够的承载能力以保证安全可靠地工作。要安全可靠地工作，构件必须具有足够的强度、刚度和稳定性。在实际工作中，为了安全则要求选用较好的材料或采用较大的截面尺寸。工程力学为此提供了基本理论与方法，为分析构件的强度、刚度和稳定性提供了基本理论与方法。

为了正确使用和管理机器，必须了解机器的组成。从运动上看，机器由若干传动机构组成。从结构上看，机器由若干零件组成。要了解机器，就要了解机构的工作原理、特点及应用，并要了解通用零件的类型、结构、材料、标准及选择方法。

综上所述,要制造、维修、使用常用的机械设备和工程结构,必须具有力学、材料、机构与机械零件的相关知识,并能综合运用。而这些正是本课程的主要内容,因而本课程是一门综合介绍机械或机器的基本课程。

三、本课程的任务

通过本课程的学习,可以了解机器的组成,了解构件受力分析、基本变形方式和强度计算方法,了解常用机械工程材料的种类、牌号、性能和应用,明确热处理目的;可以熟悉通用机械零件和机械传动的能力,初步具有分析一般机械功能和动作的工作原理和特点,初步具有使用和维护一般机械的能力;还将学会使用标准、规范手册和图册等有关技术资料,从而为学习职业岗位技术、形成职业能力打下基础。

学习本课程要以辩证唯物论为指导,贯彻理论联系实际的原则,并注意在实验、实习、生产劳动中积累经验,观察思考问题,运用知识、深化知识、拓展知识,提高专业素质和能力。

第一篇 构件的静力 分析基础

第一章 力的基本性质

第一节 力与刚体的概念

一、力的概念

1. 力的定义

力是物体间的相互机械作用。这种作用对物体产生两种效应：① 使物体的机械运动状态发生变化；② 使物体产生变形。前者称为力的外效应或运动效应，是本篇研究的内容；后者称为力的变形效应或内效应，属第二篇研究的内容。

2. 力的三要素

实践证明，力对物体的作用效应取决于力的大小、方向、作用点，这三个因素称为力的三要素。当这三个要素中有一个发生改变时，力对物体的作用效应也将改变。

3. 力的单位

在我国法定计量单位中，力的单位用N或kN表示。

4. 力的表示方法

力是矢量（也称向量）。图示时，常用一条带箭头的有向线段表示（见图 1.1），这条线段 AB 的长度按一定的比例尺表示力的大小，线段的方位和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，与线段重合的直线称为力的作用线。本书中，矢量用黑体字母表示，如 $\mathbf{F}$ ；力的大小是标量，用一般字母表示，如 F 。

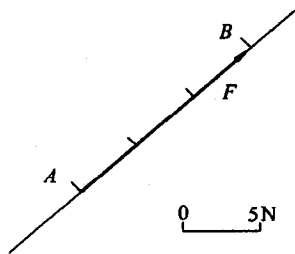


图 1.1

二、刚体的概念

在构件静力分析中所用的力学模型是刚体。所谓刚体，是指在力的作用下不变形的物体。实际上，任何物体受力后都会有变形，但是工程上常用的材料（如钢、铸铁、混凝土等）制成的机器零件或结构构件，通常都具有足够的刚度，它们在载荷作用下发生的变形与构件的几何尺寸相比是微小的，因此在构件静力分析中，变形因素可以略去不计。

第二节 静力学公理

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，因其正确性已被实践反复证明，为大家所公认，所以称为静力学公理。

公理 1 力的平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力的合力也作用于该点，且合力的大小与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。