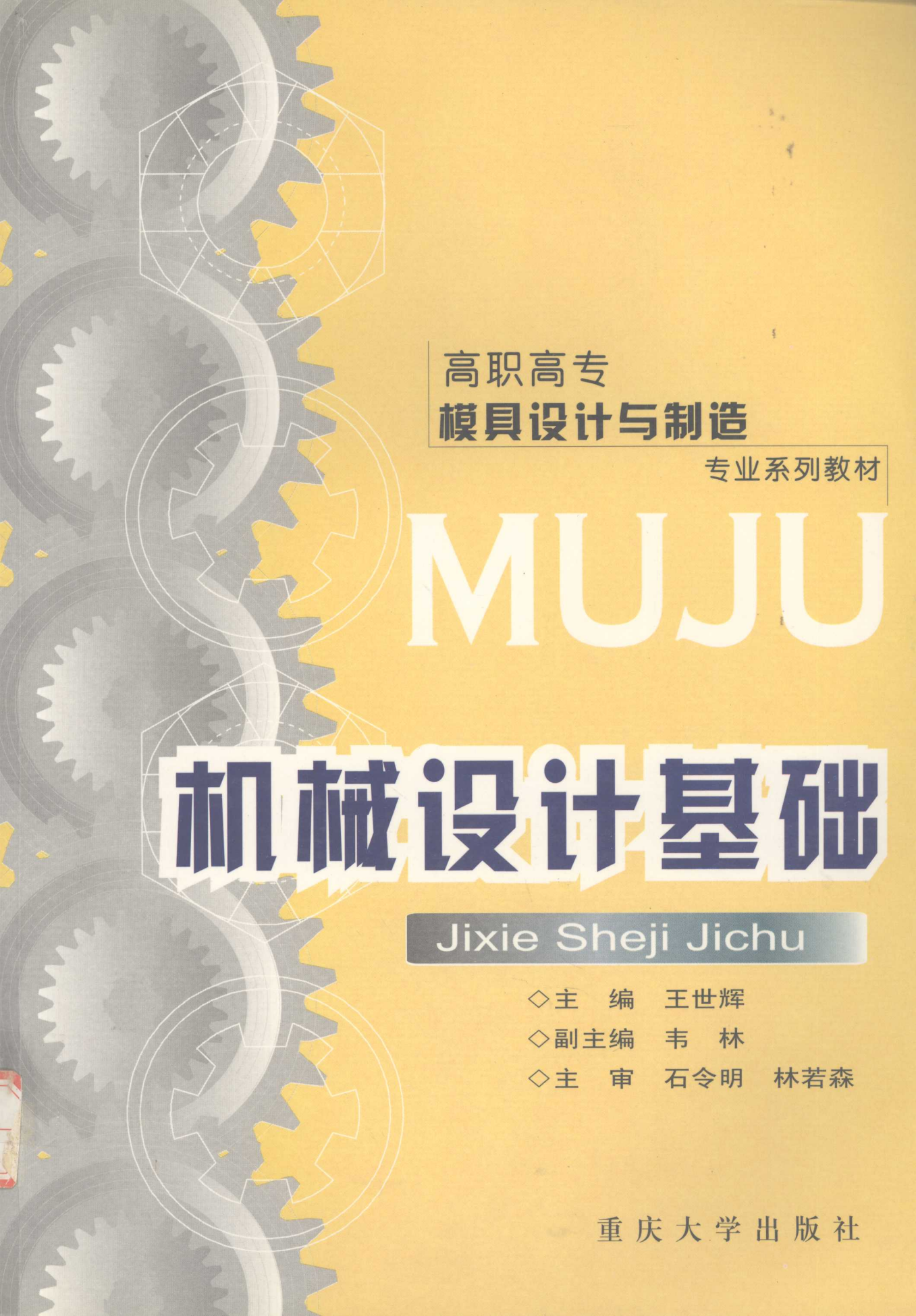




高职高专  
模具设计与制造

专业系列教材

MUJU

# 机械设计基础

Jixie Sheji Jichu

◇主 编 王世辉  
◇副主编 韦 林  
◇主 审 石令明 林若森

重庆大学出版社

# 机械设计基础

主 编 王世辉

副主编 韦 林

主 审 石令明 林若森

重庆大学出版社

## 内 容 简 介

本书是根据高职高专机械类专业教学改革实践,对传统的力学和机械设计基础教材进行整合,结合多年教学经验编写而成。全书共分15章,主要内容包括:构件与机构的静力分析、杆件的变形及强度计算、平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、带传动与链传动、齿轮传动、轴及其零部件、联接、轴承、机械设计综述、计算机辅助设计等。

本书可作为高职院校机械类、近机类机械设计基础课程教材,也可供相关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王世辉主编. —重庆:重庆大学出版社,2005.2

(高职高专模具设计与制造专业系列教材)

ISBN 7-5624-3329-1

I. 机... II. 王... 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 003873 号

## 机械设计基础

主 编 王世辉

副主编 韦 林

主 审 石令明 林若森

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:廖应碧 责任印制:秦 梅

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:487千

2005年2月第1版 2005年2月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-3329-1 定价:25.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

# 前言

由于职业教育的特点,决定了理论课教学时数的压缩成为必然,但如何在有限的学时内使学生掌握机械设计必备的基本理论知识和基本技能,为后续学习奠定良好基础是许多同类学校都在积极探讨的问题。

为了适应高等职业教育蓬勃发展及教学改革不断深入的需要,针对机械类及相近专业培养目标的要求,本编写组围绕技术应用型人才培养,对机械基础类课程及相关教学环节进行了积极的改革探索,取得了许多成功的经验。本书在高职机械类专业教学改革实践的基础上,对传统的力学和机械设计基础课程教材进行整合,结合多年教学经验编写而成。本书适用于高职院校机械类、近机类机械设计基础课程教材,课内教学参考学时数为 100 ~ 120 学时。

本书的特点如下:

①将工程力学、机械原理、机械零件的内容有机地结合在一起,科学地解决学时减少而内容扩张的矛盾。

②以培养技术应用型人才为目标,贯彻基本理论以“必须、够用”为度的原则,减少了繁琐的理论推导,突出实用性强的教学内容。

③适当介绍了计算机辅助设计(CAD)的基本理论和方法。

④采用已正式颁布的最新国家标准。

⑤全书语言简洁,推导严谨,阐述深入浅出,利于学生阅读。

⑥配有与教材配套的教师光盘,可供教师在备课时参考或在教学中直接选用。

参加本书编写工作的有:王世辉(绪论、第 10 章、第 14 章);韦林(第 8 章、第 9 章、第 15 章第 2 节);邓海英(第 11 章、第 12 章);林泉(第 1 章、第 2 章);欧艳华(第 7 章);蒋智庆(第 3 章、第 4 章);梁永江(第 5 章、第 6 章);黄锡光(第 13 章);关意鹏(第 15 章第 1、3 节)。全书由王世辉、韦林统稿。

本书由石令明、林若森审稿,并在审阅过程中对书稿提出了许多宝贵的修改意见。

本书在编写过程中,得到了柳州职业技术学院教务处、柳州职业技术学院科研处的诸多支持和热情帮助,在此一并表示感谢。

由于高等职业教育教学改革还将不断地深化进行,加之我们的水平所限,疏漏之处在所难免,教材的完善尚需一个较长的过程,恳请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 10 月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第0章 绪论 .....            | 1  |
| 0.1 机械的组成 .....         | 1  |
| 0.2 本课程的性质、内容和任务 .....  | 3  |
| 0.3 本课程的特点和学习方法 .....   | 3  |
| 第1章 构件与机构的静力分析 .....    | 5  |
| 1.1 静力学基本概念和公理 .....    | 5  |
| 1.2 构件的受力分析 .....       | 8  |
| 1.3 平面机构力的计算 .....      | 12 |
| 1.4 平面力系 .....          | 19 |
| 思考题与练习题 .....           | 30 |
| 第2章 杆件的变形及强度计算 .....    | 35 |
| 2.1 变形体静力学分析基础 .....    | 35 |
| 2.2 杆件的内力分析 .....       | 37 |
| 2.3 轴向拉伸与压缩变形 .....     | 38 |
| 2.4 材料拉伸与压缩时的力学性能 ..... | 41 |
| 2.5 许用应力 强度条件 .....     | 45 |
| 思考题与练习题 .....           | 48 |
| 第3章 平面机构的结构分析 .....     | 50 |
| 3.1 运动副及其分类 .....       | 50 |
| 3.2 平面机构的运动简图 .....     | 52 |
| 3.3 平面机构的自由度 .....      | 55 |
| 思考题与练习题 .....           | 59 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第4章 平面连杆机构                      | 61  |
| 4.1 铰链四杆机构的基本形式及其演化             | 61  |
| 4.2 平面四杆机构的基本特性                 | 68  |
| 4.3 平面四杆机构的图解法设计                | 72  |
| 思考题与练习题                         | 75  |
| 第5章 凸轮机构                        | 77  |
| 5.1 概述                          | 77  |
| 5.2 常用的从动件运动规律                  | 79  |
| 5.3 图解法设计凸轮轮廓                   | 82  |
| 5.4 凸轮机构基本尺寸的确定                 | 84  |
| 思考题与练习题                         | 87  |
| 第6章 其他常用机构                      | 88  |
| 6.1 棘轮机构                        | 88  |
| 6.2 槽轮机构                        | 89  |
| 6.3 不完全齿轮机构                     | 91  |
| 6.4 螺旋机构                        | 92  |
| 思考题与练习题                         | 95  |
| 第7章 带传动与链传动                     | 96  |
| 7.1 带传动的主要类型、特点和应用              | 96  |
| 7.2 带传动的工作情况分析                  | 98  |
| 7.3 普通V带传动的设计计算                 | 101 |
| 7.4 V带轮的材料和结构设计                 | 109 |
| 7.5 带传动的张紧、安装和维护                | 110 |
| 7.6 链传动概述                       | 112 |
| 7.7 滚子链和链轮                      | 113 |
| 7.8 滚子链传动的设计计算                  | 116 |
| 7.9 链传动的布置与维护                   | 119 |
| 思考题与练习题                         | 121 |
| 第8章 平面齿轮传动                      | 122 |
| 8.1 齿轮传动的特点和类型                  | 122 |
| 8.2 齿廓啮合基本定律及渐开线齿廓              | 124 |
| 8.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸<br>计算 | 127 |
| 8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动            | 130 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 8.5 切齿原理和根切现象·····          | 133        |
| 8.6 齿轮传动的失效形式与设计准则·····     | 137        |
| 8.7 齿轮常用材料、热处理方法及传动精度·····  | 139        |
| 8.8 直齿圆柱齿轮传动的受力分析及设计计算····· | 142        |
| 8.9 渐开线斜齿圆柱齿轮传动·····        | 150        |
| 8.10 齿轮的结构·····             | 158        |
| 8.11 齿轮传动的效率与润滑·····        | 159        |
| 思考题与练习题·····                | 160        |
| <b>第9章 空间齿轮传动</b> ·····     | <b>162</b> |
| 9.1 圆锥齿轮传动·····             | 162        |
| 9.2 蜗杆传动·····               | 166        |
| 思考题与练习题·····                | 175        |
| <b>第10章 轮系</b> ·····        | <b>176</b> |
| 10.1 定轴轮系及其传动比·····         | 176        |
| 10.2 周转轮系及其传动比·····         | 178        |
| 10.3 混合轮系及其传动比·····         | 180        |
| 10.4 轮系的功用·····             | 182        |
| 思考题与练习题·····                | 183        |
| <b>第11章 联接</b> ·····        | <b>185</b> |
| 11.1 螺纹联接·····              | 185        |
| 11.2 剪切与挤压强度实用计算·····       | 191        |
| 11.3 单个螺栓联接的强度计算·····       | 194        |
| 11.4 键联接·····               | 198        |
| 11.5 销联接·····               | 203        |
| 11.6 联轴器与离合器·····           | 204        |
| 思考题与练习题·····                | 209        |
| <b>第12章 轴</b> ·····         | <b>212</b> |
| 12.1 轴的分类、轴设计的基本准则·····     | 212        |
| 12.2 轴的结构设计·····            | 216        |
| 12.3 传动轴的强度和刚度计算·····       | 220        |
| 12.4 心轴的强度和刚度计算·····        | 227        |
| 12.5 转轴的组组合变形·····          | 235        |
| 12.6 轴的设计计算·····            | 236        |
| 思考题与练习题·····                | 242        |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| <b>第 13 章 轴承</b> .....                 | 246 |
| 13.1 滚动轴承的构造、材料、类型及其性能特点 .....         | 246 |
| 13.2 滚动轴承的代号及类型选择 .....                | 250 |
| 13.3 滚动轴承的寿命计算 .....                   | 253 |
| 13.4 滚动轴承的组合设计 .....                   | 261 |
| 13.5 滑动轴承的类型、结构和材料 .....               | 266 |
| 13.6 滑动轴承与滚动轴承的性能比较 .....              | 270 |
| 思考题与练习题 .....                          | 270 |
| <b>第 14 章 机械设计综述</b> .....             | 272 |
| 14.1 机械设计的基本要求 .....                   | 272 |
| 14.2 机械传动方案的选择 .....                   | 274 |
| 14.3 机械设计中的标准化、系列化和通用化 .....           | 276 |
| 14.4 机械设计课程设计的内容及一般步骤 .....            | 277 |
| 思考题与练习题 .....                          | 283 |
| <b>第 15 章 计算机辅助设计</b> .....            | 285 |
| 15.1 概述 .....                          | 285 |
| 15.2 CAD 硬件和软件系统 .....                 | 285 |
| 15.3 机械设计手册(软件版)使用简介 .....             | 287 |
| 思考题与练习题 .....                          | 297 |
| <b>附录 机械设计课程设计任务书</b> .....            | 298 |
| 附录 I 带式运输机上的单级圆柱齿轮减速器设计<br>任务书 .....   | 298 |
| 附录 II 带式运输机上的单级圆锥齿轮减速器设计<br>任务书 .....  | 299 |
| 附录 III 带式运输机上的两级圆柱齿轮减速器设计<br>任务书 ..... | 300 |
| <b>参考文献</b> .....                      | 301 |

# 第 1 章

## 绪 论

机械工程学科是一门应用型技术科学,是人类在长期的生产实践中不断地创造、总结和  
研究过程中发展起来的。人类从使用简单工具到今天能够设计、利用复杂的现代机械改造自然,  
造福社会,经历了漫长的过程。当今,机械的设计水平和机械现代化的程度已成为衡量一个国  
家工业发展水平的重要标志之一。另外,在现代社会,机械在人们生活和生产的各个领域承担  
着大量人力所不及的或不便进行的工作,大大改善了劳动条件,提高了劳动生产率。因此,对  
于机械类和近机类专业的学生而言,努力学习和掌握有关机械和机械设计的基础知识和基本  
技能是必不可少的,也是十分重要的。

### 0.1 机械的组成

机械是工程中对机器与机构的统称。

#### 0.1.1 机器与机构

在人们的生产和生活中广泛使用着各种机器,如人们熟悉的汽车、火车、轮船、飞机、发电  
机、洗衣机和各种机床等。图 0.1.1 所示为单缸内燃机,它由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、  
齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8 等组成。内燃机以燃料燃烧的化学能为动力,通过燃气在气缸内的  
进气、压缩、爆燃、排气过程,将燃料的化学能转换为曲轴转动的机械能。

尽管机器种类繁多,形式多样,用途各异,但都具有如下共同的特征:

- ①都是一种人为的实物组合;
- ②各部分形成运动单元,各单元之间具有确定的相对运动;
- ③能实现能量的转换或完成有用的机械功。

凡具备上述三个特征的实物组合称为机器。

所谓机构,它具有机器的前两个特征,即机构是具有确定相对运动的实物组合,能实现各  
种预期的机械运动。从组成上看,机器是由机构组成的,一台机器可以含有一个机构,也可以  
包含多个机构。图 0.1.1 所示的内燃机中,就含有连杆机构、齿轮机构和凸轮机构等多个机  
构。从功能上讲,机器能完成有用的机械功或完成能量形式的转换,而机构主要用于传递和转

换运动。若单从运动观点来看,机器和机构并无区别。

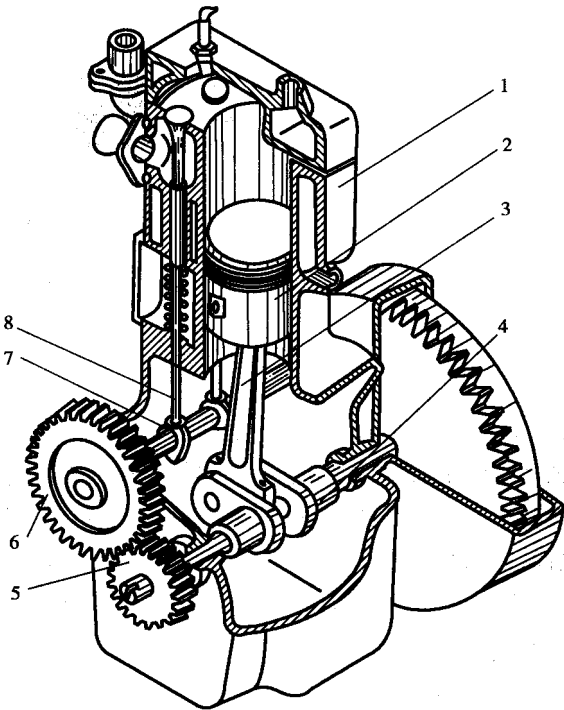


图 0.1.1 单缸内燃机

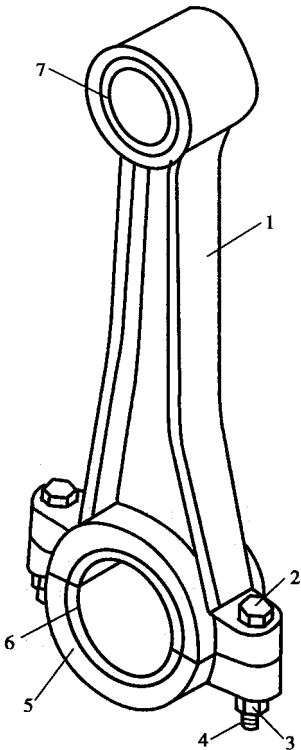


图 0.1.2 内燃机连杆

从运动和动力传递的路线来对机械各个功能部分进行分析,机械由以下几部分组成:原动机部分、传动部分和工作机部分。原动机是机械的动力来源,常用的原动机有电动机、内燃机、液压机等。传动部分处于原动机和工作机之间,其作用是将原动机的运动和动力传递给工作机。工作机是完成工作任务的部分,处于整个传动路线的终端。随着微电子技术的发展,现代机械又增加了检测部分和控制部分,使机械的结构、功能达到了更高和更新的水平。

0.1.2 零件与构件

机器是由若干零件组装而成的,零件是构成机器的基本要素,是机器的最小制造单元。构件是机器的运动单元,一般由若干个零件刚性联接而成,也可以是一个单一零件。如图 0.1.2 所示的内燃机连杆构件,由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、连杆盖 5、轴瓦 6 和轴套 7 刚性联接在一起组成,组成构件的各元件之间没有相对运动,而是形成一个整体,与其他构件之间有相对运动。组成构件的这些元件即为零件。

机器中的零件分为两类:一类是通用零件——在各类机器中普遍使用的零件,如螺钉、螺栓、螺母、轴、齿轮、轴承、弹簧等;另一类是专用零件——只在特定的机器中使用的零件,如内燃机的曲轴、连杆、活塞、汽轮机中的叶片、起重机的吊钩等。

0.1.3 部件

在机器中,对于一套协同工作来完成共同任务的零件组合,称为部件。部件也可分为通用

部件和专用部件,例如,减速器、轴承、联轴器等属于通用部件,而汽车转向器等则属于专用部件。

## 0.2 本课程的性质、内容和任务

### 0.2.1 课程的性质和内容

本课程是一门理论性和实践性都很强的专业技术基础课,是后续专业课程学习的重要基础,是机械类和近机类专业的主干基础课程。本课程研究的对象为机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件。主要研究其工作原理、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和选用及维护方法;通过对本课程的学习,解决常用机构及通用零部件的分析和设计问题。

### 0.2.2 课程任务

通过对本课程的学习,使学生达到以下基本要求:

①能够建立一般构件的力学模型并进行力学分析,能较熟练地运用平面一般力系的平衡方程对单个物体及简单物系进行受力分析及计算。

②能分析杆件在各种基本变形时的内力,熟练绘出内力图;掌握拉(压)、剪、弯、扭四种基本变形的构件或零件的强度计算方法,正确确定杆件危险截面,并能熟练应用变形的强度条件求解实际工程问题;了解刚度的计算知识。

③掌握机械中常用机构和通用零件的结构特点、工作原理及应用;掌握机械设计的基本方法,初步具备运用机械设计手册、图册、标准、规范等有关技术资料设计机械传动装置和简单机械的基本能力。

④掌握典型机械零件的实验方法。

⑤了解机械设计的最新发展状况及现代设计方法在机械设计中的应用。

以上要求就是学习本课程的基本学习任务要求。

## 0.3 本课程的特点和学习方法

### 0.3.1 本课程的特点

①本课程实践性较强,在学习过程中需要综合应用先修课程的知识,如《机械制图》、《金属工艺学》、《公差配合与技术测量》等,先修课程的掌握程度直接影响到本课程的学习。

②经验公式多,参数多,系数多。由于实践中发生的问题很复杂,许多情况下很难用纯理论的方法来解决,因此,往往会应用很多的经验公式、参数、系数等来简化计算,这点与以往所学的课程不同,这也是实践性较强的工程设计的特点之一。

③计算步骤和计算结果不具有惟一性。由于许多参数、系数都是范围值,由设计者选取,

因此,即使用相同的方法来进行设计计算,不同的人计算的结果常常是不一样的。

### 0.3.2 本课程的学习方法

①注意在学习过程中要尽可能有意识地去多看、多接触实际的机器和机构,以增加感性认识。要学会运用所学的理论知识去认识在生活、学习环境中所能接触到的机械设备,努力使枯燥抽象的理论学习变得生动而具体,通过对真实、具体的研究对象的分析和思考来培养创造性思维。

②在学习过程中要注意各章节之间的共性,要学会对所学内容进行相互联系,相互比较,以达到融会贯通和提高学习效率的目的。

③要注意避免因偏重于理论计算而忽视结构设计,若是没有正确的结构设计,再好的理论计算也无法解决具体的工程实践问题。因此,在学习中注重培养自身的结构设计能力,这是学好本课程的关键。

④在学习中要特别注重理论与实践的结合,重在应用。要重视生产实习、课程设计等多种学习形式,在实践过程中不断巩固和加深已学过的理论知识,提高分析和解决工程实际问题的综合运用能力。

# 第 1 章

## 构件与机构的静力分析

机器是在力的作用下运行的,构件的受力情况直接影响机器的工作能力,因此,在设计和使用机器时,都需要对构件进行受力分析。机器平稳工作时,许多构件处于相对地面静止或匀速直线运动状态(即平衡状态)。例如,厂房、静止的物体和做匀速直线运动的汽车等均处于平衡状态。静力学研究物体在力系作用下处于平衡状态时所受各力之间的关系。其主要任务是:对单个物体和物系进行受力分析;将作用在物体上的复杂力系进行简化;讨论和建立各种力系处于平衡状态时的平衡条件。

在静力学中,要用到“刚体”的概念。刚体是指无论在多大的外力作用下形状和尺寸都不发生改变的物体。它是一种抽象的力学模型,在实际中并不存在,但如果物体的尺寸和运动范围都远大于其变形量,则可不考虑变形的影响,将它视为刚体。

### 1.1 静力学基本概念和公理

#### 1.1.1 力的概念

力的概念是人们在长期的生活和生产实践中逐渐形成的。例如,当人踢球时,踢球的脚感到受压;球在脚的作用下,其运动状态将发生改变。可见,在脚与球之间存在一种相互的机械作用,抽象地称为力。由此得出:力是物体之间相互的机械作用,这种作用的结果是使物体的机械运动状态发生改变(外效应),或使物体产生变形(内效应)。静力学将不考虑力的内效应,而只研究力的外效应。

由实践可知,力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点,通常称为力的三要素。力是矢量,通常以一个带有方向的直线段表示力,如图 1.1.1 所示。有向线段的起点(或终点)表示力的作用点;有向线段的方位和箭头指向表示力的方向;线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小。在静力学中,用黑体字母  $\boldsymbol{F}$  表示力矢量,而普通字母  $F$  表示力的大小。

在国际单位制中,力的单位为牛顿(N)或千牛顿(kN)。

力系指作用于物体上的一群力,若一个力系作用于物体而不改变物体原有的运动状态,则称此力系为平衡力系。如两个力系对物体的作用效应完全相同,则称这两个力系互为等效力

系。当一个力系与一个力的作用效应完全相同时,将这一个力称为该力系的合力,而该力系中的每一个力称为合力的分力。刚体平衡时,作用在刚体上的力应满足的条件称为平衡条件。

### 1.1.2 静力学基本公理

公理就是人们在生产和生活中长期积累的经验总结,又经过实践的反复检验,证明符合客观实际的普遍规律,为人们所公认。而静力学公理是对力的基本性质的概括和总结,静力学的全部理论,都是建立在下面的四个静力学公理基础之上。

#### (1) 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分的条件是:这两个力的大小相等,方向相反,且作用在同一条直线上。

二力平衡公理对刚体来说既必要又充分;对于变形体,却是不充分的。比如绳索受两个等值反向的拉力作用可以平衡,而受到两个等值反向的压力作用就不平衡。在后面物体进行受力分析时,常遇到只受两个力作用而平衡的构件,工程上称为二力构件或二力杆,如图 1.1.2 所示。二力构件受力特点是该两力必沿作用点的连线,且等值、反向。掌握二力构件的概念对今后准确、迅速地画出物体受力图是很重要的。

#### (2) 力的平行四边形公理

作用在物体同一点上的两个力,可以合成为一个合力。合力作用点仍在该点,合力的大小和方向,由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。

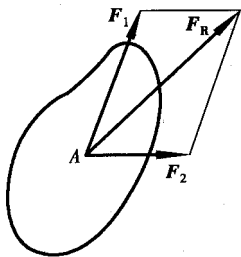


图 1.1.3 力的平行四边形法则

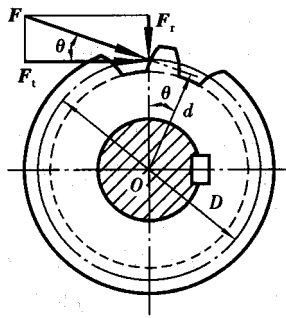


图 1.1.4 力的分解

力的平行四边形公理是求两个共点力合力的基本运算法则(图 1.1.3),其数学表达式为  $F_R = F_1 + F_2$ 。

已知合力求分力的过程,称为力的分解。应用平行四边形公理,也可将一个力按已知方向

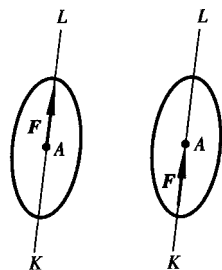


图 1.1.1 力矢

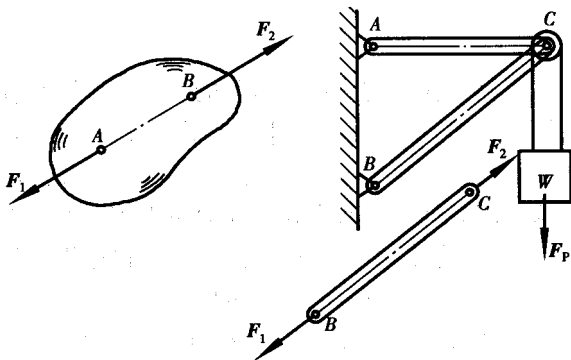


图 1.1.2 二力平衡及二力构件

分解为交于一点的两个分力。在工程上常将一个力分解为相互垂直的两个分力。如图 1.1.4 中啮合齿轮所受的力为  $F$ , 为了方便计算, 将力  $F$  分解为两个相互垂直的分力  $F_t$  和  $F_r$ , 其大小分别为  $F_t = F \cos \theta$ ,  $F_r = F \sin \theta$ 。

### (3) 加减平衡力系公理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效应。

这一公理对研究力系的简化有重要的意义。依据该公理, 还可以导出以下推理:

推理一 力的可传性

作用于刚体上的力可以沿其作用线移至刚体内任一点, 而不改变原力对刚体的作用效应。

证明: 设有力  $F$  作用于刚体上  $A$  点, 如图 1.1.5(a) 所示, 在该力作用线上任取一点  $B$ , 根据加减平衡力系公理, 可在  $B$  点加上一对平衡力  $F_1$  和  $F_2$ , 且使  $F_1 = F_2 = F$ , 其作用效果与原力系等效, 如图 1.1.5(b) 所示。由于  $F_1$  和  $F$  也是一平衡力系, 再根据该公理, 可将它们从力系中除去, 不改变刚体的运动状态, 如图 1.1.5(c) 所示, 于是刚体只剩一个力  $F_2$ , 它的大小和方向与  $F$  相同, 只是作用点移到了  $B$  点。

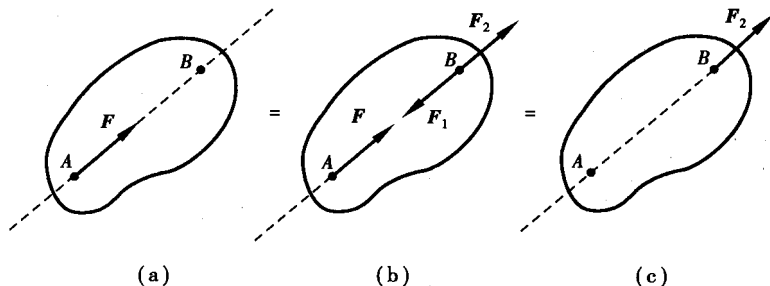


图 1.1.5 力的可传性

必须注意, 该推理不适用于变形体, 当作用在变形体的力沿作用线移动时, 力对物体的变形效应将不同。

推理二 三力平衡汇交定理

刚体受到三个共面但不平行的力作用而处于平衡状态时, 此三个力的作用线必然汇交于一点。

如图 1.1.6 所示, 读者可利用以上叙述的公理和推理自行做出证明。

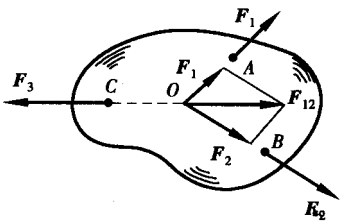


图 1.1.6 三力平衡汇交定理

### (4) 作用力与反作用力公理

任意两个相互作用物体之间的作用力和反作用力同时存在, 这两个力大小相等, 作用线相同且指向相反, 分别作用在这两个物体上。

该公理表明力总是成对出现的, 它们同时产生, 同时消失。应当注意, 作用力和反作用力公理中的一对力, 与二力平衡条件中的一对力是有区别的。作用力和反作用力分别作用在不同的物体上, 而二力平衡条件中的两个力则作用在同一刚体上。

## 1.2 构件的受力分析

在工程实际问题中,构件上的载荷和支承是两种性质的作用力,要根据平衡条件来确定两者的关系。正确分析物体受力情况,将物体合理地抽象成可以应用平衡条件求解的力学模型,这是解决工程问题的关键。

### 1.2.1 约束和约束反力

在机械中,许多构件的运动都受到周围其他构件的限制,如机床刀架受到床身导轨的限制,使刀架只能沿床身导轨做平移运动;传动轴受轴承的限制,使传动轴只能绕轴心线转动等。凡因受到周围其他物体限制而不能做任意运动的物体,称为非自由体,如前述刀架和传动轴。而周围物体的这种限制称为约束,周围物体称为约束体,如机床导轨和传动轴的轴承。

在分析物体的受力情况时,应分清物体受力的类型。具体地讲,物体受力分为两类:一类是使物体产生某种形式的运动或运动趋势的作用力,称为主动力;另一类为约束对物体的作用力,称为约束反力。因此,判断作用力是主动力还是约束反力,应从使物体产生运动还是限制物体运动这两个角度来分析。

约束反力阻止物体运动的作用是通过约束体与物体间相互接触来实现的,所以,它的作用点应在相互接触处,它的方向总是与约束体所能阻止的运动方向相反。约束反力的大小,在静力学中利用平衡条件求出。

下面介绍几种工程上常见的约束,并说明约束反力的方向和约束简图的画法。

#### (1) 柔索约束

工程上常见的绳索、胶带、链条等都属于柔索约束。这类物体的特点是只能承受拉伸,不能承受压缩和弯曲,如图 1.2.1 所示。柔索约束的约束特点是限制物体沿柔索伸长方向的运动,相应的约束反力则是沿柔索背离物体,作用在连接点或假想截割处,常用符号  $F_T$  或  $T$  表示。

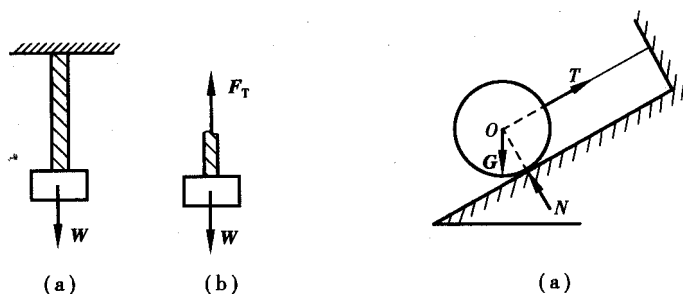


图 1.2.1 柔索约束

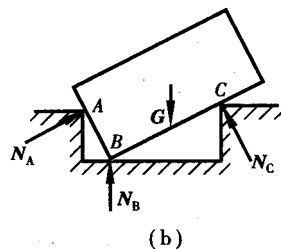


图 1.2.2 光滑接触面约束

#### (2) 光滑接触面约束

光滑接触面是指物体与约束体之间的接触面是理想光滑的,如图 1.2.2 所示。这类约束的特点是物体不能沿接触点公法线压入约束体,但可以离开约束体。所以,光滑接触面的约束