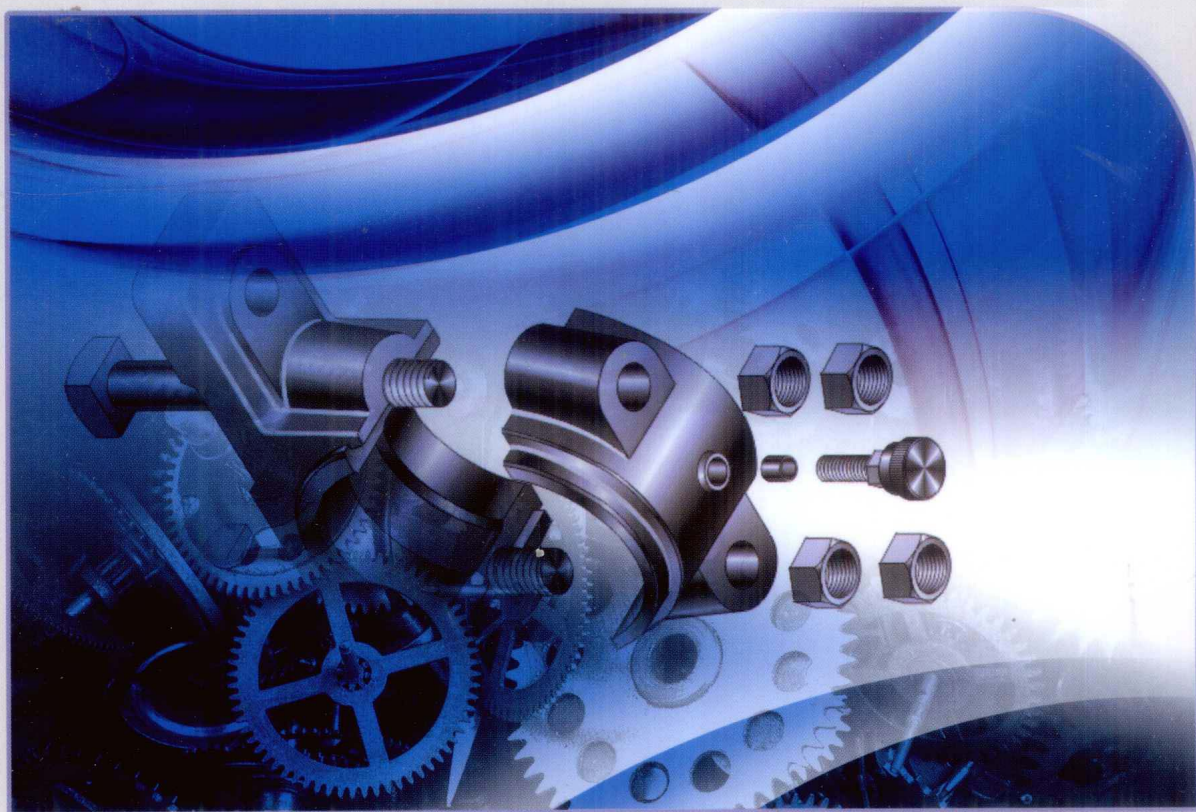




高等院校“十二五”示范性建设成果



机械基础

JIXIE JICHU

■ 主编 牛贵玲 刘慧鹏

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械基础

主 编	牛贵玲	刘慧鹏
副主编	王宝香	孙晓华
	向清然	
参 编	单小明	熊见亮

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书由编者根据多年从事机械基础课程教学的实践经验而编写的。全书共7章,内容包括绪论(机器的基本组成及构件、零部件的概念)、工程力学(静力学基本概念和公理、物体的受力分析与平衡、杆件的变形和强度计算)、常用机构(平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、螺旋机构)、常用的机械传动(带传动及链传动、齿轮传动、轮系)、常用连接和轴系零部件(螺纹连接、键、销连接、联轴器和离合器、滚动轴承和滑动轴承、减速器)、液压传动(液压系统基本组成、液压泵、液压马达和液压缸、阀和液压基本回路)。

本教材可作为高等院校近机类和非机类专业学生学习机械基础课程的教材,也可作为企业有关工作人员培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/牛贵玲,刘慧鹏主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5544 - 8

I. ①机… II. ①牛… ②刘… III. ①机械学 - 高等学校 - 教材
IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 008154 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 307 千字

版 次 / 2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1 ~ 1500 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 36.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

机械是工业发展的基础，各行各业和机械都有着千丝万缕的联系，日常生活更是离不开机械产品。作为工科院校近机类或非机类的学生，机械基础是一门必修的技术基础课程，而与之相应的教材却不多见。现有的教材要么教学内容缺乏，要么教学内容和其他学科重复。在这种形势下，编写一本非机类专业的集综合知识于一体的教材，成为编者的初衷。全书将工程力学、机械原理及机械设计、液压传动等各门课程的内容综合在一起，涉及面广，信息量大，并注重教材的科学性、实用性、通用性。在体系和章节内容的安排上作了精心的编排，注重基础知识，并加强与工程实践的联系，力求简明易懂，充分反映高等应用教育的特点。

本教材具有以下特点：

(1) 面向高等院校近机类和非机类专业的学生。由于学生专业的广泛性，本书的重点是从广度方面传授给学生一般机械的组成、表达、工作原理、结构特点及其应用等方面的知识。

(2) 在章节和内容的编排上，依照认知规律和循序渐进的原则进行编写，重视强基础与宽专业知识面的要求。知识面广，信息量大，并侧重基础。

(3) 注重学生的能力培养，故多从生产实际例子出发，引导学生认识一般机械，以获得机械基础知识。

总之，本教材在章节和内容上进行了合理编排，注意教材各部分之间的联系和衔接，内容合理分配，既相互联系又避免不必要的重复，努力拓宽知识面，在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索。

本书主要作为高等工科院校近机类和非机类各专业“机械工程基础”课程的教材，较适宜的授课学时为 76 学时，现场教学 4 学时。各章的参考教学时数如下：

章 次	建议学时数	章 次	建议学时数
绪论	1	第 4 章 机械传动	20
第 1 章 物体的受力分析与平衡	8	第 5 章 连接	8
第 2 章 杆件的变形与强度计算	8	第 6 章 轴系零部件	8
第 3 章 常用机构	7	第 7 章 液压传动	16

本书由牛贵玲、刘慧鹏主编，王宝香、孙晓华、向清然担任副主编，单小明、熊见亮参编。

由于编写的时间紧和编者水平有限，本教材还存在一些不足和错漏。我相信，在使用本教材的教师和学生的关心和帮助下，本教材会不断改进和完善。

最后，我要感谢参加本教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动，也要感谢北京理工大学的领导和编辑们对顺利出版本教材的支持。

目 录

绪论	1
0.1 机器及其组成	1
0.1.1 机器和机构	1
0.1.2 零件、部件和构件	3
0.2 机械基础课程的性质、内容和任务	4
习题	4
第1章 物体的受力分析与平衡	6
1.1 基本概念	6
1.1.1 力和刚体的概念	6
1.1.2 力的性质	7
习题	9
1.2 物体的受力分析与受力图	9
1.2.1 约束和约束反力	9
1.2.2 受力图	12
习题	14
1.3 力在坐标轴上的投影	15
1.3.1 力在坐标轴上投影的概念	15
1.3.2 合力投影定理	16
1.4 力矩和力偶	16
1.4.1 力矩	16
1.4.2 力偶	17
习题	19
1.5 力系的平衡方程及其应用	19
1.5.1 力系的平衡方程	20
1.5.2 平衡方程的应用	23
习题	27
第2章 杆件的变形与强度计算	29
2.1 概述	29
2.1.1 杆件正常工作的基本要求	29
2.1.2 杆件变形的基本形式	30

2.1.3 内力和应力	31
习题	32
2.2 轴向拉伸和压缩	32
习题	39
2.3 剪切和挤压	40
习题	44
2.4 圆轴扭转	46
习题	52
2.5 梁的弯曲	54
习题	64
第3章 常用机构	66
3.1 运动副及其分类	66
3.2 平面连杆机构	68
3.2.1 铰链四杆机构	68
3.2.2 滑块四杆机构及其演化	71
3.2.3 平面四杆机构的急回特性和死点	73
习题	75
3.3 凸轮机构	76
3.3.1 凸轮机构的应用和类型	76
3.3.2 凸轮机构中从动件的常用运动规律	78
习题	81
3.4 间歇运动机构	82
3.4.1 棘轮机构	82
3.4.2 槽轮机构	83
习题	85
3.5 螺旋机构	85
3.5.1 螺纹概述	85
3.5.2 螺旋机构	91
习题	94
第4章 机械传动	96
4.1 带传动	96
4.1.1 带传动概述	96
4.1.2 带传动的工作能力分析和传动特点	98
4.1.3 V带和V带轮的基本结构	101
4.1.4 带传动的张紧与维护	104
习题	107

4.2 链传动	107
4.2.1 链传动的组成和工作原理	107
4.2.2 链传动的特点	107
4.2.3 链传动的类型	108
4.2.4 链传动的失效形式	110
4.2.5 链轮的结构	111
习题	112
4.3 齿轮传动	112
4.3.1 齿轮传动的特点和类型	112
4.3.2 渐开线直齿圆柱齿轮	113
4.3.3 渐开线齿轮传动及齿廓啮合特性	117
4.3.4 渐开线齿轮轮齿的切削加工	120
4.3.5 齿轮的失效形式及材料选用	122
4.3.6 斜齿圆柱齿轮传动	125
4.3.7 直齿锥齿轮传动	127
4.3.8 齿轮的结构	128
4.3.9 齿轮传动的润滑	129
习题	130
4.4 蜗杆传动	131
4.4.1 概述	131
4.4.2 蜗杆传动的的基本参数、啮合条件和传动比	132
4.4.3 蜗杆传动的材料和结构	133
4.4.4 蜗杆传动特点与维护	134
习题	135
4.5 轮系	136
4.5.1 轮系及其分类	136
4.5.2 定轴轮系的传动比	137
4.5.3 轮系的功用	140
习题	142
第5章 连接	144
5.1 螺纹连接的基本类型	144
5.1.1 螺纹连接的基本类型	144
5.1.2 标准螺纹连接件	146
5.1.3 螺纹连接的预紧和防松	148
习题	150
5.2 键连接和销连接	151

5.2.1 概述	151
5.2.2 键连接类型、特点和应用	151
5.2.3 销连接	155
习题	156
5.3 联轴器和离合器	157
5.3.1 联轴器	157
5.3.2 离合器	162
习题	164
第6章 轴系零部件	166
6.1 轴	166
6.1.1 轴的作用	166
6.1.2 轴的分类	166
6.1.3 轴的材料	168
6.1.4 轴的结构设计	169
习题	175
6.2 滑动轴承	176
6.2.1 滑动轴承的类型及特点	176
习题	180
6.3 滚动轴承	181
6.3.1 滚动轴承的结构	181
6.3.2 滚动轴承的类型及其特点	182
6.3.3 滚动轴承的代号	187
6.3.4 滚动轴承的组合设计	188
6.4 减速器	192
习题	196
第7章 液压传动	198
7.1 液压传动概述	198
7.1.1 液压传动的基本原理	198
7.1.2 液压传动的组成	200
7.1.3 液压传动的特点	200
习题	201
7.2 液压传动的基础知识	201
7.2.1 液压油的性质	201
7.2.2 液压传动的基本参数	203
7.2.3 液压传动的压力和流量损失	205
7.2.4 液压冲击和空穴现象	207

习题	208
7.3 液压泵	209
7.3.1 液压泵的工作原理	209
7.3.2 液压泵的种类及其结构特点	210
习题	215
7.4 液压缸和液压马达	215
7.4.1 液压缸的类型和特点	216
7.4.2 液压缸的结构	219
7.4.3 液压马达的工作原理和结构特点	224
习题	225
7.5 液压控制阀	226
7.5.1 方向控制阀	226
7.5.2 压力控制阀	231
7.5.3 流量控制阀	237
习题	239
7.6 液压辅助装置	239
7.6.1 油箱	240
7.6.2 滤油器	240
7.6.3 蓄能器	242
习题	243
7.7 液压基本回路	244
7.7.1 方向控制回路	244
7.7.2 压力控制回路	245
7.7.3 速度控制回路	247
习题	250
参考文献	252

绪 论

为了满足生活和生产的需要，人类创造并发展机械，从而减轻了体力劳动，提高了生产效率。当今世界，人们已经越来越离不开机械。学习机械知识，掌握一定的机械设计、运用、维护与维修方面的理论、方法和技能是十分必要的。通过本章节的学习，应达到如下目标：

知识目标

- 了解机器的概念及其组成
- 掌握机构、构件及零件的概念及其之间的联系
- 了解机械设计的基本要求和过程

能力目标

- 能对机器的结构进行正确分析，进一步明确机器各部分的结构特点和功能
- 具有机械基础的基本常识，为学好机械基础奠定基础

0.1 机器及其组成

0.1.1 机器和机构

人类为了满足生产和生活的需要，设计和制造了种类繁多、功能各异的机器。如内燃机、电动机、洗衣机、机床、汽车、起重机以及各种食品机械等。虽然它们的结构和用途不同，但却有其共同的特征。

以单缸内燃机（如图 0-1 所示）为例，它是由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和齿轮 10 等组成。通过燃气在汽缸内的进气—压缩—爆燃—排气过程，使其燃烧的热能转变为曲轴转动的机械能。

由上述分析可以看出，机器都具有以下共同特征：

- (1) 都是一种人为的多个实物组合体。
- (2) 各部分形成运动单元，各运动单元之间具有确定的相对运动。

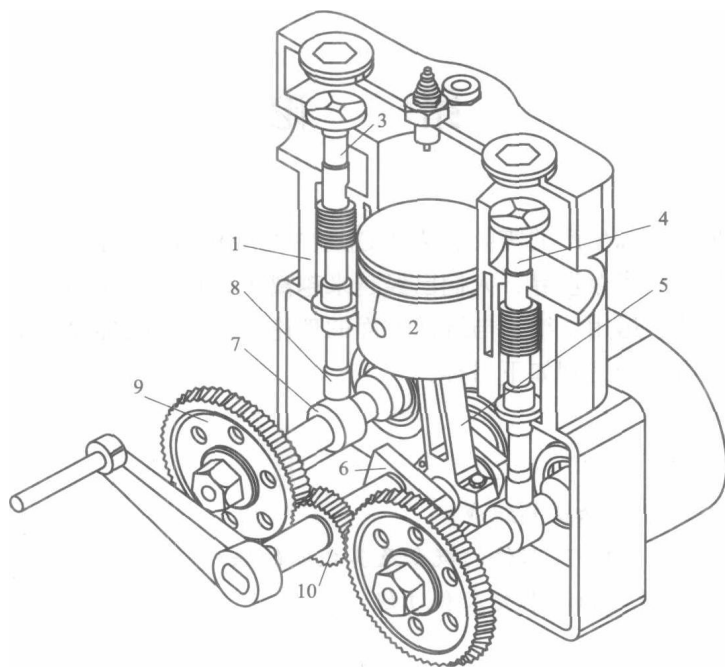


图 0-1 单缸内燃机

1—汽缸体；2—活塞；3—进气阀；4—排气阀；5—连杆；
6—曲轴；7—凸轮；8—顶杆；9，10—齿轮

(3) 能够变换或传递能量、物料和信息。

同时具有以上三个特征的实物组合体称为**机器**。

按照各部分实物体功能不同，一部完整的机器，通常都是由下面三个部分组成：

1) 动力部分 它是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。一般来说，原动机都是把其他形式的能量转换为可以利用的机械能，如内燃机和电动机分别将热能和电能变换为机械能。

2) 工作部分（或执行部分） 它是机器中直接完成工作任务的组成部分。一部机器可以有一个或多个执行部分。机器的功能是各式各样的，所以要求的运动形式也是各式各样的。如车床的刀架、起重机的吊钩、带式输送机上的运输带、轧钢机上的轧辊等运动形式不同，其功能也完全不同。

3) 传动部分 它是介于动力机部分和工作部分之间，其功能是完成运动和动力的传递及转换。利用它可以减速、增速、改变转矩及分配动力等，从而满足工作部分的各种需要。机器的传动部分多数使用机械传动系统，有时也可使用液压或电力传动系统。机械传动是绝大多数机器不可缺少的组成部分。

简单的机器一般有三部分组成，而复杂的机器还会增加其他部分，如控制系

统和辅助系统等。

机械传动通常由各种机构（如齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等）和各种零件（如带-带轮、轴-轴承）组成。

所谓**机构**，是多个实物体的组合体，能实现预期的运动和动力传递。如图 0-1 单缸内燃机作为一台机器，是由连杆机构、凸轮机构和齿轮机构组成的，齿轮 9 和 10 组成的齿轮机构将曲轴的转动传递给凸轮轴；而由凸轮、顶杆、汽缸体组成的凸轮机构又将凸轮轴的转动变换为顶杆的直线往复运动，进而保证进、排气阀有规律的启闭。如图 0-2 所示，由汽缸体、活塞、连杆、曲轴组成的连杆机构，把燃气推动的活塞往复运动，经连杆转变为曲轴的连续转动。

可见，机构主要用来传递和变换运动，而机器主要用来传递或变换能量、物料和信息。若抛开其在做功和转换能量方面所起的作用，仅从结构和运动观点来看两者并无差别，因此，工程上把机器和机构统称为“机械”。

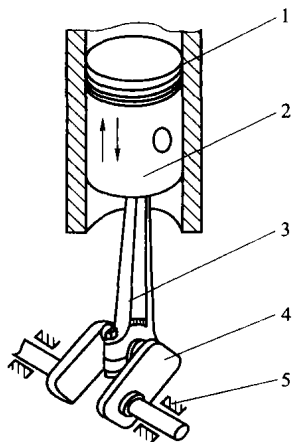


图 0-2 曲柄滑块机构

1—汽缸；2—滑块；3—连杆；
4—曲轴；5—机架

0.1.2 零件、部件和构件

从制造的角度看，机器是由若干个零件装配而成的。零件是机器中不可拆卸的制造单元。按其是否具有通用性，可以将零件分为两大类：一类是通用零件，它的应用广泛，几乎在任何一部机器中都能找到它，例如齿轮、轴、螺母、销钉等；另一类是专用零件，它仅用于某些机器中，常可表示该机器的特点，如内燃机的活塞、起重机的吊钩等。

有时为了装方便，先将一组组协同工作的零件分别装配或制造成一个相对独立的组合体，然后再装配成整机，这种组合体常称为部件，例如内燃机的连杆、车床的主轴箱、滚动轴承以及自行车的脚蹬子等。将机器看成是由零部件组成，不仅有利于装配，也有利于机器的设计、运输、安装和维护等。

从运动的角度看，机器是由若干个运动的单元所组成的，这些运动单元称为构件。构件可以是一个元件，也可以是几个元件的刚性组合体。例如图 0-3 所示的曲轴和图 0-4 所示的连杆都是一个构件。曲轴构件是一个单一的整体，而连杆是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母等多个元件组合而成的一个构件。这些元件之间没有相对运动，构成一个运动单元，构件是机器的运动单元。组成这个构件的几个元件称为零件，零件是机器的制造单元。

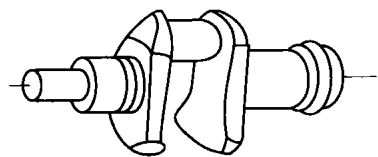


图 0-3 曲轴

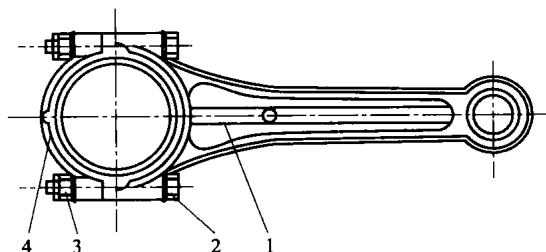


图 0-4 连杆

1—连杆体; 2—螺栓; 3—螺母; 4—连杆盖

0.2 机械基础课程的性质、内容和任务

机械基础是工科院校中的一门重要的技术基础课。具有很强的理论性和实践性，是近机类及非机类专业的一门必修课程。机械基础在教学中具有承上启下的作用，其先必修课程有机械制图、工程力学及金属工艺学等相关课程，然后为后续专业课程的学习和岗位实践奠定理论基础。

课程主要包括：工程力学、机械传动、常用机构、轴系零件和连接。第1~2章主要介绍工程力学（静力学和材料力学）的基本知识和简单力学计算；第3章主要介绍常用机构（平面连杆机构、其他四杆机构、间歇运动机构和凸轮机构等）的工作原理和应用特点；第4章主要介绍常用机械传动（带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系）的工作原理和结构特点；第5章是连接（如螺纹连接、键连接、销连接及其他类型连接）的结构特点及选用；第6章是轴系零部件（轴、轴承、联轴器、离合器）的结构、标准及选用；第7章液压传动的知识（液压系统的组成、液压系统的基本参数、液压系统的动力元件、执行元件和基本回路），还扼要介绍国家标准和有关规范。通过本课程的学习，可为学生学习专业机械设备课程和进行岗位实践操作提供必要的理论基础。本课程的主要任务是培养学生具备以下能力：

- (1) 初步具有对简单构件进行受力分析和计算的能力。
- (2) 初步具有正确使用、操作和维护机械设备的能力。
- (3) 初步具有运用标准、手册、规范、图册和查阅有关技术资料的能力。
- (4) 初步具有液压传动与维护的相关知识，具有对简单的液压系统进行操作、使用和维护的能力。

习 题

一、填空题

1. 构件是机器的_____单元，零件是机器的_____单元。

2. 一部完整的机器，通常是由_____、_____、_____三个部分组成。

3. 零件按其是否具有通用性可分为_____、_____两大类。

4. 机构是多个实物体的_____，能实现预期的_____和_____传递。

二、判断题

() 1. 一台机器中必须有多个机构组成。

() 2. 机构和机器之间没有联系。

() 3. 电动机是机器的动力部分。

() 4. 组成机器的运动单元之间没有相对运动。

三、问答题

1. 试述机械、机构、构件、零件的含义。

2. 指出下列机器的原动部分、工作部分、传动部分、支承部分、控制部分。

(1) 汽车；(2) 自行车；(3) 电风扇；(4) 缝纫机。

3. 指出汽车中三个通用零件和专用零件。

第1章 物体的受力分析与平衡

工程中大部分机器的零件和构件是处于一个平衡状态的，如起重机的底座、桥梁的桁架等。若物体处于一个平衡状态，则作用于物体上的一组力（或力系）必须满足一定的条件，即平衡条件。通过本章学习，应达到如下目标：

知识目标

- 了解力、刚体的基本概念与力的性质、常见的约束及约束反力的特点
- 掌握物体受力分析的方法
- 理解力矩、力偶的概念以及力偶的性质
- 掌握力系平衡方程的应用

能力目标

- 能理解力、刚体的概念
- 能对物体进行受力分析，并能画出研究对象的受力图
- 能对简单的平面平衡力系进行分析计算

1.1 基本概念

1.1.1 力和刚体的概念

1. 力的概念

力的概念是人们在生活和生产实践中，通过观察和分析逐渐形成起来的。例如：扛东西时感到肩膀受力、用手推车时车由静止开始运动。所以，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使物体的形状发生改变。实践表明，力对物体的作用效果取决于力的三个要素：① 力的大小；② 力的方向；③ 力的作用点。当这三个要素中任何一个改变时，力的作用效应也就发生变化。

力是一个既有大小又有方向的量，因此力是矢量，用有向线段表示，如图1-1所示。线段的起点A表示力的作用点，用线段的方位和指向代表力的方向，用线段的长度表示力的大小，线段所在的直线称为力的作用线。

力的单位是牛顿,用 N 表示(或千牛顿,用 kN 表示)。

2. 刚体的概念

所谓**刚体**,是指在力的作用下不变形的物体,即在力的作用下,其内部任意两点的距离永远保持不变的物体。这是一种理想化的力学模型,事实上,在受力状态下不变形的物体是不存在的,不过,当物体的变形很小,在所研究的问题中把它忽略不计,并不会对问题的性质带来本质的影响时,该物体就可近似看做刚体。刚体是在一定条件下研究物体受力和运动规律时的科学抽象,这种抽象不仅使问题大大简化,也能得出足够精确的结果,因此,我们在研究一切变形体的平衡问题时,都是以刚体为基础的。

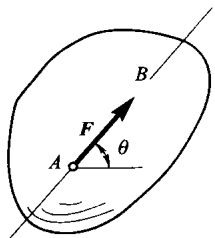


图 1-1 力的矢量图

1.1.2 力的性质

为了讨论物体的受力分析,研究力系的简化和平衡条件,必须先掌握一些最基本的力学规律。这些规律是人们在生活和生产活动中长期积累的经验总结,又经过实践反复检验,被认为是符合客观实际的最普遍、最一般的规律,称为静力学公理。静力学公理概括了力的基本性质,是建立静力学理论的基础。

公理一:二力平衡公理 作用在刚体上的两个力,使刚体处于平衡的充要条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一直线上,如图 1-2 所示。该两力的关系可用如下矢量式表示。

$$\boldsymbol{F}_1 = -\boldsymbol{F}_2$$

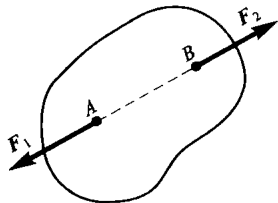


图 1-2 二力平衡

这一公理揭示了作用于刚体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件,满足上述条件的两个力称为一对平衡力。需要说明的是,对于刚体,这个条件既必要又充分,但对于变形体,这个条件是不充分的。如图 1-3 所示,软绳受两个等值反向的拉力作用时可以平衡,当受两个等值反向的压力作用时,就不能平衡了。

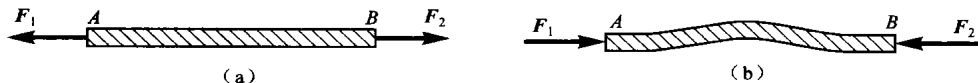


图 1-3 软绳实验

只在两个力作用下而平衡的刚体称为二力构件或二力杆,根据二力平衡条件,二力杆两端所受两个力大小相等、方向相反,作用线沿两个力的作用点的连线,如图 1-4 所示。

公理二: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。这一公理是研究力系等效替换与简化的重要依据。