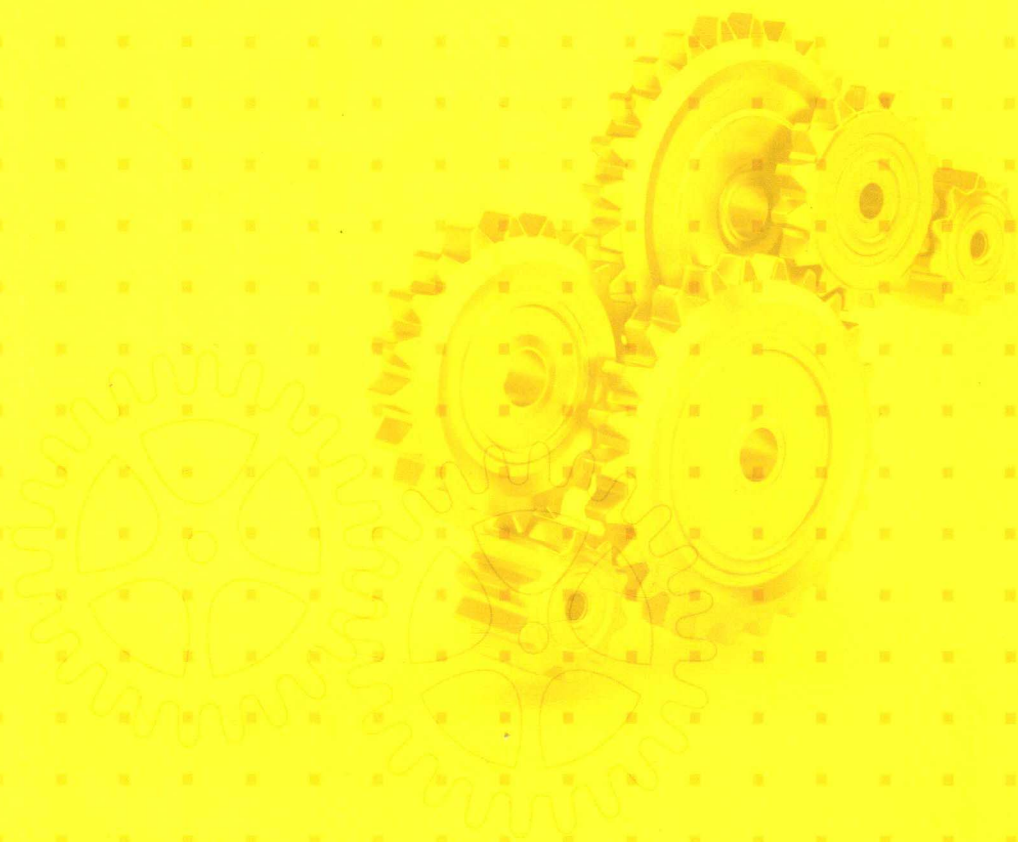




机械基础

● 主 编 牛贵玲 李 丽

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

机械基础

主 编	牛贵玲	李 丽	
副主编	张 宁	秦 英	胡正乙
参 编	刘惠鹏	王宝香	李媛华



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据教育部高等学校规划教材的指导思想和原则,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)、物体的受力分析与平衡、杆件的变形与强度计算、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(螺纹连接、键连接、销连接、联轴器和离合器)、轴系零部件(轴、滑动轴承和滚动轴承)和液压传动(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的培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/牛贵玲,李丽主编. —北京:北京理工大学出版社,2017.8

ISBN 978-7-5682-4466-4

I. ①机… II. ①牛… ②李… 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(2017)第181851号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市天利华印刷装订有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/15.25

字 数/360千字

版 次/2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

定 价/63.00元

责任编辑/刘永兵

文案编辑/刘 佳

责任校对/周瑞红

责任印制/李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,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。现有的教材现状是有的教学内容缺乏, 有的教学内容和其他学科有重叠部分。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做了精心的编排, 注重基础知识, 并加强与工程实践的联系, 力求简明易懂。

本教材具有以下特点:

(1) 本书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, 本书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) 本书的编写突出高等院校的教育特色, 注重学生的能力培养, 故多从实际生产例子出发, 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, 内容分配合理, 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械类和非机械类各专业“机械基础”课程的教材。较适宜的授课学时数为 76 学时, 现场教学 4 学时。各章的建议学时数如下:

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、李丽担任主编, 张宁、秦英、胡正乙担任副主编, 刘惠鹏、王宝香、李媛华参编。

由于编写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出版社的领导和编辑们对本教材的支持和编审。

编 者

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	3
习题	4
第1章 物体的受力分析与平衡	5
1.1 基本概念	5
1.1.1 力和刚体的概念	5
1.1.2 力的性质	6
习题	8
1.2 物体的受力分析与受力图	8
1.2.1 约束和约束反力	8
1.2.2 受力图	11
习题	13
1.3 力坐标轴上的投影	14
1.3.1 力坐标轴上投影的概念	14
1.3.2 合力投影定理	14
1.4 力矩和力偶	14
1.4.1 力矩	14
1.4.2 力偶	16
习题	17
1.5 力系的平衡方程及其应用	17
1.5.1 力系的平衡方程	18
1.5.2 平衡方程的应用	21
习题	24
第2章 杆件的变形与强度计算	26
2.1 概述	26
2.1.1 构件正常工作的基本要求	26
2.1.2 杆件变形的基本形式	27
2.1.3 内力和应力	28

目 录 >>>

习题	28
2.2 轴向拉伸和压缩	29
习题	35
2.3 剪切和挤压	36
习题	40
2.4 圆轴扭转	41
习题	47
2.5 梁的弯曲	48
习题	57
第3章 常用机构	59
3.1 运动副	59
3.1.1 运动副概念	59
3.1.2 运动副分类及表示方法	59
3.2 平面连杆机构	61
3.2.1 铰链四杆机构	61
3.2.2 滑块四杆机构及其演化	63
3.2.3 平面四杆机构的急回特性和死点	65
习题	67
3.3 凸轮机构	68
3.3.1 凸轮机构的应用和类型	68
3.3.2 凸轮机构中从动件的常用运动规律	70
习题	72
3.4 间歇运动机构	73
3.4.1 棘轮机构	73
3.4.2 槽轮机构	74
习题	77
3.5 螺旋机构	77
3.5.1 螺纹概述	77
3.5.2 螺旋机构	82
习题	85
第4章 机械传动	86
4.1 带传动	86

《《《 目 录

4.1.1	带传动概述	86
4.1.2	带传动的工作能力分析和传动特点	88
4.1.3	V 带和 V 带轮的基本结构	91
4.1.4	带传动的张紧与维护	94
	习题	96
4.2	链传动	97
4.2.1	链传动的组成和工作原理	97
4.2.2	链传动的特点	97
4.2.3	链传动的类型	98
4.2.4	链传动的失效形式	100
4.2.5	链轮的结构	100
	习题	101
4.3	齿轮传动	102
4.3.1	齿轮传动的特点和类型	102
4.3.2	渐开线直齿圆柱齿轮	102
4.3.3	渐开线齿轮传动及齿廓啮合特性	107
4.3.4	渐开线齿轮轮齿的切削加工	109
4.3.5	齿轮的失效形式及材料选用	111
4.3.6	斜齿圆柱齿轮传动	114
4.3.7	直齿锥齿轮传动	116
4.3.8	齿轮的结构	116
4.3.9	齿轮传动的润滑	117
	习题	118
4.4	蜗杆传动	119
4.4.1	概述	119
4.4.2	蜗杆传动的基本参数、啮合条件和传动比	120
4.4.3	蜗杆和蜗轮的材料与结构	121
4.4.4	蜗杆传动特点与维护	122
	习题	124
4.5	轮系	124
4.5.1	轮系及其分类	124
4.5.2	定轴轮系的传动比	125

录 目 录 >>>

4.5.3 轮系的功用	128
习题	130
第5章 连接	132
5.1 螺纹连接的基本类型	132
5.1.1 螺纹连接的基本类型	132
5.1.2 标准螺纹连接件	134
5.1.3 螺纹连接的预紧和防松	136
习题	138
5.2 键连接和销连接	138
5.2.1 概述	138
5.2.2 键连接的类型、特点和应用	139
5.2.3 销连接	143
习题	143
5.3 联轴器和离合器	144
5.3.1 联轴器	145
5.3.2 离合器	149
习题	152
第6章 轴系零部件	153
6.1 轴	153
6.1.1 轴的作用	153
6.1.2 轴的分类	154
6.1.3 轴的材料	155
6.1.4 轴的结构设计	156
习题	161
6.2 滑动轴承	162
习题	166
6.3 滚动轴承	167
6.3.1 滚动轴承的结构	167
6.3.2 滚动轴承的类型及其特点	168
6.3.3 滚动轴承的代号	171
6.3.4 滚动轴承的组合设计	172
6.4 减速器	176
习题	180

第7章 液压传动	182
7.1 液压传动概述	182
7.1.1 液压传动的基本原理	182
7.1.2 液压传动的组成	184
7.1.3 液压传动的特点	184
习题	185
7.2 液压传动的基础知识	185
7.2.1 液压油的性质	185
7.2.2 液压传动的基本参数	186
7.2.3 液压传动的压力和流量损失	189
7.2.4 液压冲击和空穴现象	190
习题	191
7.3 液压泵	192
7.3.1 液压泵的工作原理	192
7.3.2 液压泵的种类及其结构特点	193
习题	198
7.4 液压缸和液压马达	199
7.4.1 液压缸的类型和特点	199
7.4.2 液压缸的结构	202
7.4.3 液压马达的工作原理和结构特点	206
习题	208
7.5 液压控制阀	208
7.5.1 方向控制阀	209
7.5.2 压力控制阀	213
7.5.3 流量控制阀	218
习题	220
7.6 液压辅助装置	221
7.6.1 油箱	222
7.6.2 滤油器	222
7.6.3 蓄能器	224
习题	225
7.7 液压基本回路	226

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。



学习目标

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、各种食品机械等。它们的结构和用途不同,但却有共同的特征。

以单缸内燃机(图0-1)为例,它是由气缸体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。通过燃气在气缸内的进气—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;

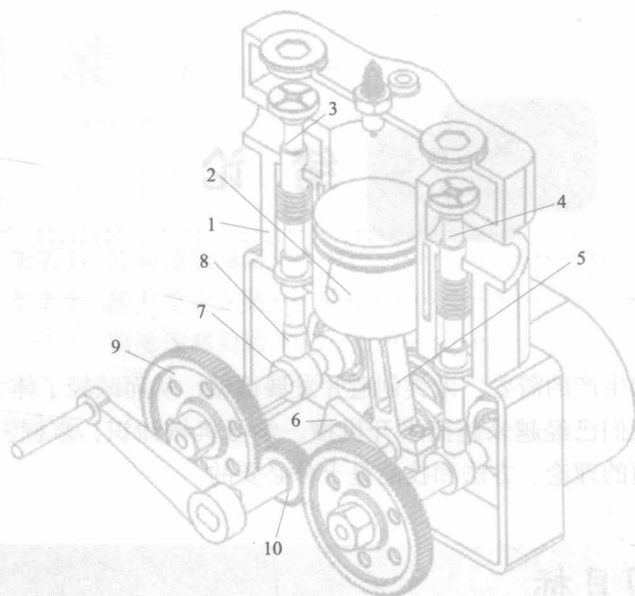


图 0-1 单缸内燃机

1—气缸体；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的不同，一部完整的机器通常都是由以下三个部分组成的：

(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、轧钢机上的轧辊等的运动形式不同，其功能也完全不同。

(3) 传动部分。其介于动力机部分和工作部分之间，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。

简单的机器一般由三部分组成，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。

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。

单缸内燃机中的平面连杆机构（图 0-2），可以将活塞的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

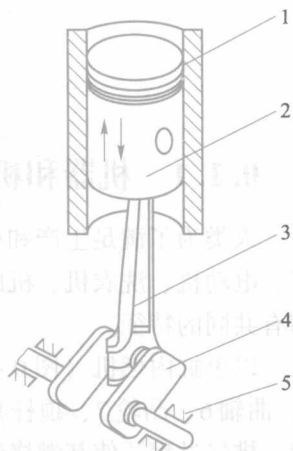


图 0-2 平面连杆机构

1—气缸；2—活塞；3—连杆；
4—曲轴；5—机架

递和变换能量, 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”。

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分的制造单元。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。

有时为了装配方便, 先将一组组协同工作的零件分别装配或制造成一个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踏板等。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。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而构成一个运动单元, 构件是机器的运动单元。组成构件的几个元件称为零件, 零件是机器的制造单元。

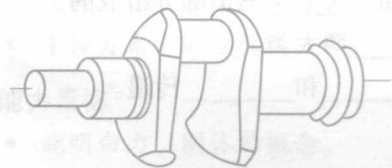


图 0-3 曲轴

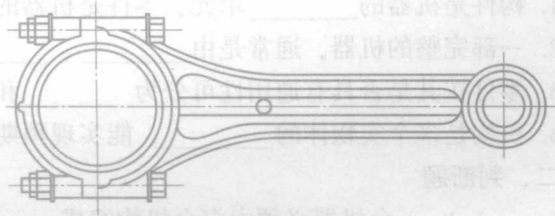


图 0-4 连杆

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, 是近机械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, 其先修课程为机械制图、工程力学及金属工艺学等, 并为后续专业课程的学习和岗位实践奠定理论基础。

本课程的主要内容包括: 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)的基本知识和简单的力学计算; 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、蜗杆传动和轮系)的工作原理和结构特点; 第 5 章主要介绍连接(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章主要介绍轴系零部件(轴、轴承、联轴器和离合器)的结构、标准及选用;第7章主要介绍液压传动的知识(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),还简要介绍了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_____、_____和_____三个部分组成的。
3. 零件按其是否具有通用性可分为_____和_____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. 一台机器必须由多个机构组成。
- () 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、支承部分和控制部分。
 - (1) 汽车;
 - (2) 自行车;
 - (3) 电风扇;
 - (4) 缝纫机。
3. 指出汽车中的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。

学习目标

知识目标

- 了解力、刚体的基本概念和力的性质、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、力偶以及力偶的性质。
- 掌握力系平衡方程的应用。

能力目标

- 能明白力、刚体的概念。
- 能对物体进行受力分析并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,力对物体的作用效应取决于力的三个要素:力的大小;力的方向;力的作用点。当这三个要素中任何一个改变时,力的作用效应也会发生变化。

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。本书中, 力的矢量用黑体字母 F 表示。

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, 该物体就可近似看作刚体。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。

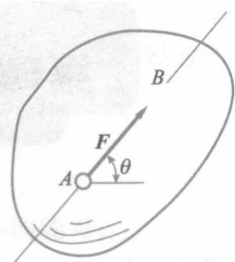


图 1-1 力的矢量图

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。该两力的关系可用以下矢量式表示。

$$F_1 = -F_2$$

这一公理揭示了作用于刚体上的最简单的力系平衡时必须满足的条件, 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。

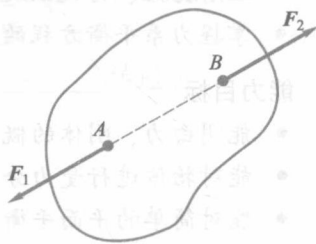


图 1-2 二力平衡

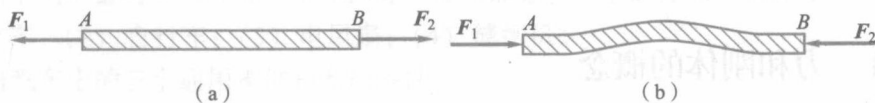


图 1-3 软绳实验

只在两个力的作用下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, 作用线是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。根据上述公理可以得出如下两个重要推论。

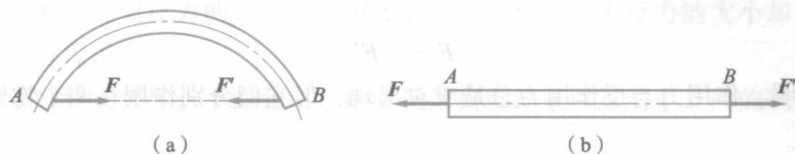


图 1-4 二力杆

推论 1: 力的可传性定理。

作用于刚体上某点的力, 可以沿着它的作用线滑移到刚体内任意一点, 并不改变该力对刚体的作用效果。如图 1-5 所示, 作用于刚体 A 点的力 F , 在 B 点加上一对平衡力系, 其大小与 A 点力的大小相等。因此, 可以得出 A 点的力传到 B 点是等效的。

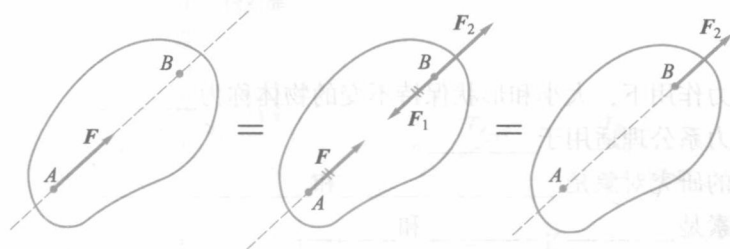


图 1-5 力的可传性

由此可见, 对刚体而言, 力的作用点不是决定力的作用效应的要素, 它已被作用线所代替。因此作用于刚体上的力的三要素是: 力的大小、方向和作用线。作用于刚体上的力可以沿着其作用线滑移, 这种力的矢量称为滑移矢量。

推论 2: 三力平衡汇交定理。

若刚体受三个力作用而平衡, 且其中两个力的作用线相交于一点, 则此三个力必共面且汇交于同一点, 如图 1-6 所示。

公理三: 力的平行四边形法则。作用在物体上同一点的两个力, 可以合成为一个合力。合力的作用点也在该点, 合力的大小和方向用这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线来表示, 如图 1-7 所示。

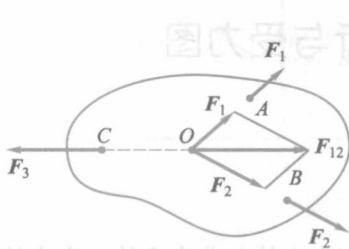


图 1-6 三力平衡汇交

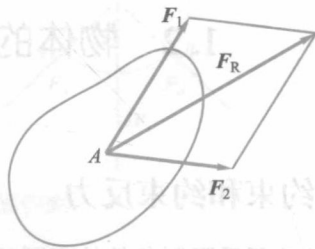


图 1-7 力的平行四边形法则

这一公理提供了力的合成与分解的方法, 合力 F_R 称为 F_1 和 F_2 的矢量和, 用公式表示为

$$F_R = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

公理四: 作用与反作用公理。两个物体间的作用力与反作用力总是同时存在, 且大小相等、方向相反, 沿着同一条直线分别作用在两个物体上。若用 F 表示作用力、 F' 表示反作