



21 世纪高职高专系列教材

ERSHIYI SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE JIAOCAI

机械基础

JIXIE

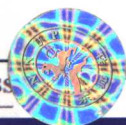
JICHU

崔高键 / 编 写 ●



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NENUP.COM



东北师范大学出版社



21 世纪高职高专系列教材

ERSHIYI SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE JIAOCAI

机械基础

JIXIE JICHU

崔高键 / 编 写 ●



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS
WWW.NENUP.COM

东北师范大学出版社 长春

内 容 提 要

本书介绍工程力学,机械工程材料,公差与配合,机械原理和机械设计等方面的基础知识。为适应大专及高职高专学生的接受水平,注意由工程实例引出基本理论,略去某些繁琐的数学推导,并编入一定数量的例题和习题,便于培养和提高学生分析和解决问题的能力。

本书可作为非机类大专、高职高专纺织及相关专业教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/崔高健主编. —长春:东北师范大学出版社, 2006.7

ISBN 978 - 7 - 5602 - 4608 - 6

I. 机... II. 崔... III. 机械学 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 071814 号

☐责任编辑:王宏志 ☐封面设计:宋 超

☐责任校对:曲 颖 ☐责任印制:张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街5268号(130024)

电话:0431-5687213 5691263

传真:0431-5691969

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: sdcbs@mail.jl.cn

广告许可证:吉工商广字 2200004001001 号

东北师范大学出版社激光照排中心制版

制版热线:0431-5680137 0431-5693036 转 2098

吉林省吉新月历制版印刷有限公司印装

长吉公路南线1公里处(130031)

2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:16.25 字数:383千

印数:0 001 — 3 000 册

定价:20.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,可直接与承印厂联系调换

序 言

本书根据大专及高职高专机械基础课程教学基本要求,编写出版。

《机械基础》内容包括工程力学,机械工程材料(含金属材料热处理),公差与配合,常用机构,机械设计等基础知识和基本理论。

众所周知,机械是工业发展的基础,各行各业不可能与机械截然分开。虽然有关机械的专门书籍颇多,而对于要求面广但不深,涉及综合机械于一体的书几乎不见。本书的出版将给予补足。全书以精辟的语言将机电专业应具备的基础知识,阐明得体,既全面又具有科学性、先进性。也可供其他非机械类和近机械类专业教学使用。

本书第1, 4, 12, 13, 14, 15章由崔高健老师编写,第3, 10, 11, 16章由陈延伟老师编写,第6, 7, 8, 9章由王昕老师编写,第2, 5章由吕长松老师编写。

全书由崔高健主编。

本书由长春工业大学勾治践教授主审,在此全体编者表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免误漏、不足、欠妥与错误之处,恳请读者指正。

编 者

2006年9月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 本课程的性质和主要内容	2
1.2 本课程的主要任务	3
1.3 机械设计的一般过程	3
第2章 工程力学基础	5
2.1 静力学分析基础	5
2.2 平面力系	14
2.3 空间力系简介	20
2.4 直杆的拉伸和压缩	24
2.5 剪切与挤压	30
2.6 扭转与弯曲	33
2.7 组合变形强度概论	42
第3章 公差与配合	44
3.1 互换性与标准化	44
3.2 公差与配合相关的基本术语及定义	47
3.3 公差与配合的选择	53
3.4 公差与配合在工程图上的标注	54
3.5 表面粗糙度的概念及其表达	56
第4章 机械工程材料	62
4.1 金属材料的机械性能	62
4.2 常用的金属材料	65

4.3	金属材料的热处理	69
4.4	非金属材料	71
4.5	选择材料的基本原则	72
第5章	平面连杆机构	75
5.1	平面机构的机构简图和自由度计算	75
5.2	平面连杆机构的基本形式和特性	81
第6章	凸轮机构	91
6.1	凸轮机构的应用及分类	91
6.2	从动件常用运动规律	94
6.3	盘形凸轮轮廓曲线设计	99
第7章	齿轮机构	106
7.1	齿轮机构的特点与分类	106
7.2	齿廓啮合的基本定律	107
7.3	渐开线齿廓的基本定律	109
7.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮基本参数和几何尺寸	111
7.5	渐开线标准齿轮的啮合	113
7.6	渐开线直齿圆柱齿轮的加工	117
7.7	平行轴斜齿圆柱齿轮	119
第8章	间歇运动机构	125
8.1	棘轮机构	125
8.2	槽轮机构	127
8.3	不完全齿轮机构	129
第9章	轮系	131
9.1	轮系的分类及应用	131
9.2	定轴轮系传动比的计算	133
9.3	周转轮系传动比的计算	136

第 10 章 连 接	139
10.1 常用螺纹的类型和应用	140
10.2 螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件	144
10.3 螺纹连接的预紧与防松	147
10.4 螺栓连接的强度计算	151
10.5 轴毂连接	158
10.5 螺旋传动简介	162
第 11 章 带传动和链传动	165
11.1 带传动概述	165
11.2 带传动工作情况分析	171
11.3 普通 V 带传动设计	174
11.4 链传动简介	186
第 12 章 齿轮传动	192
12.1 轮齿失效形式和材料	192
12.2 直齿圆柱齿轮的强度计算	195
12.3 斜齿圆柱齿轮传动简介	200
12.4 蜗杆传动简介	202
第 13 章 轴 承	208
13.1 滑动轴承的类型与结构	208
13.2 机械的润滑和密封	212
13.3 滑动轴承材料	213
13.4 滚动轴承的结构类型与特性	215
13.5 滚动轴承的代号	218
13.6 滚动轴承的选择	220
13.7 滚动轴承的组合设计	221
第 14 章 轴	226
14.1 轴的分类与材料	226

第 15 章 联轴器和离合器	236
15.1 联轴器	236
15.2 离合器	239
 第 16 章 现代设计方法简介	241
16.1 现代设计方法概述	241
16.2 现代设计方法相关概念简介	244
 参考文献	251

第1章

绪论

机械是人类利用能量转换借以减轻体力劳动，提高生产效率的主要工具。机械生产是现代生产的主要方式，其发展程度是衡量一个国家工业化水平的重要标志。

随着我国经济的发展，从事具有工科性质的工程技术人员和工作者，在工作中必然会接触到各种各样的机械设备，处理诸如机械设备的使用、维修、管理、革新、设计及制造等问题，特别是利用机械进行生产是实现生产自动化和生产现代化的基础。因此，学习和掌握有关机械方面的知识尤为必要。

机械的种类繁多，形式各不相同，但却有一些共同的特征。就其组成而言，一部完整的机械主要有以下四个部分：

(1) 动力部分

动力部分是机械的动力来源，把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动并做功，如电动机、内燃机等。

(2) 执行部分

执行部分是直接完成机械预定功能的部分，如机床的主轴和刀架等。

(3) 传动部分

传动部分是将动力部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节，它可以改变运动速度并转换运动形式，以满足工作部分的各种要求，如减速器将高速转动变为低速转动等。

(4) 控制部分

控制部分是用来控制机械的其他部分，使操作者能随时实现或停止各项功能，如机器的开停、运动速度和方向的改变等，这一部分通常包括机械、电子控制系统。

机械的组成不是一成不变的，有些简单机械不一定完全具有上述四个部分，有的甚至只有动力部分和执行部分，如水泵、砂轮机等。而较复杂的机械，除具有上述四个部分外，还有润滑、照明装置等。

在现代机械中，传动部分有机械的、电力的、液压的及气压的，其中，以机械传动应用最广。图 1-1 所示的是单缸四冲程内燃机，它由齿轮、凸轮、排气阀、进气阀、汽缸体、活塞、连杆和曲轴组成。当燃气推动活塞作直线往复运动时，连杆使曲轴作连续转动。凸轮和连杆是用来开启和关闭进气阀和排气阀的。在曲轴和凸轮轴之间，两个齿

轮的齿数比为 1:2, 使其曲轴转两周时, 进、排气阀各启闭一次。这样就把活塞的运动转变为曲轴的转动, 将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。这里包含了汽缸、活塞、连杆、曲轴组成的曲柄滑块机构, 凸轮、顶杆、机架组成的凸轮机构, 齿轮和机架组成的齿轮机构。

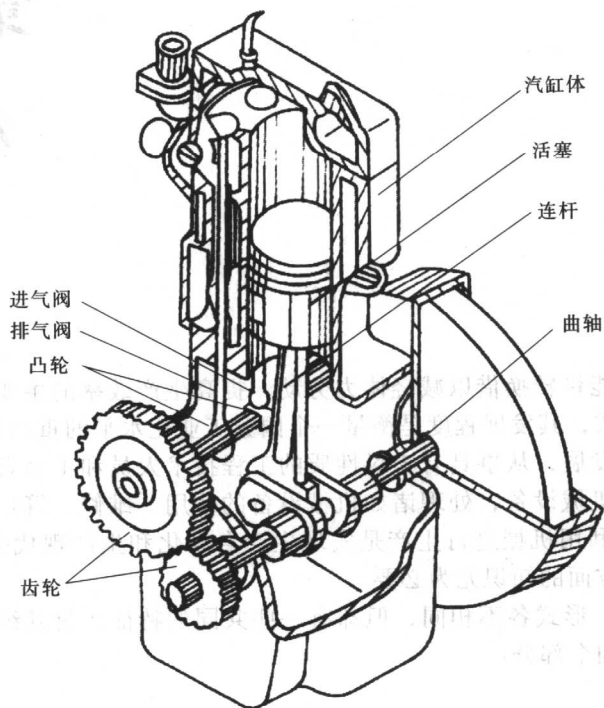


图1-1 单缸四冲程内燃机

各种机器尽管有着不同的形式、构造和用途, 但都具有下列三个共同特征:

① 机器是人为的多种实体的组合;

② 各部分之间具有确定的相对运动;

③ 能完成有效的机械功或变换机械能。

机器是由一个或几个机构组成的, 机构仅具有机器的前两个特征, 它被用来传递运动或变换运动形式。单纯地从结构和运动的观点看, 机器和机构并无区别, 因此, 通常把机器和机构统称为机械。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的整体(如活塞), 也可以是多个零件组成的刚性结构(如曲轴和齿轮作为一个整体转动, 它们构成一个构件, 但在加工时是两个不同的零件)。由此可知, 构件是运动的基本单元, 零件是制造的基本单元。

1.1 本课程的性质和主要内容

任何生产部门都离不开机械装备。从事各种专业工作的工程技术人员和科研人员都

必须了解和熟悉这些机械装备,才能正确使用、管理、维护、设计和制造这些机械装备。

本课程主要讲授机械科学与机械工程方面一些重要的基本知识和基本理论,培养和训练基本技能。因此,本课程是培养各类高级工程技术人员的重要技术基础课程之一。为此,本书内容分为工程力学、机械工程材料、公差与配合、机械原理和机械设计等方面的基础知识。

工程力学主要包括静力学和材料力学两部分,主要介绍物体的受力分析及力系的合成与平衡计算,研究构件的受力变形,破坏的规律,材料的力学性能以及构件承载能力的分析和计算。

机械工程材料主要包括金属材料的机械性能、常用的金属材料、金属材料的热处理、非金属材料 and 机械工程材料的选用等方面的内容。

公差与配合主要包括公差与配合、配合制度、公差与配合的选择及公差与配合的标注等方面的内容。

机械原理和机械设计主要包括机械设备常用的机构和通用零件。机械原理介绍常用机构的类型、结构、工作原理、运动特点和简单的设计方法,机械设计介绍一般通用零件的工作原理、选用原则和设计方法等,是本书的主体。

机械基础是一门技术基础课,其内容理论性强,是一门理论与实际、概念与计算并重的课程。在学习本课程以前,应使学生掌握物理学、数学、工程制图以及金属加工工艺等方面的知识,通过对本课程的学习,可以为一些后继课程打好基础。在本课程的学习过程中,学生应循序渐进,不断分析总结,独立完成作业和实验、培养分析问题和解决问题的能力,以取得良好的学习效果。

1.2 本课程的主要任务

(1) 使学生熟悉常用金属材料的各种性能,了解金属材料热处理方面的基本知识,了解金属材料的各种加工方法及其原理和加工工艺性,从而能够较合理地选用金属材料,正确地选择毛坯和掌握零件的结构工艺性。

(2) 熟悉和掌握常用机构的原理、特点及应用的基本知识,培养具有分析、选用和设计常用机构的能力。

(3) 使学生基本掌握通用零部件的工作原理及失效形式等方面的基本知识和基本设计、验算方法,培养初步运用手册和进行规范设计的能力。

1.3 机械设计的一般过程

机械设计是机械工业中的重要环节。任何机械设备从设计任务的提出到产品成型、

投入使用都必须经历设计过程。机械设计过程的模式可根据具体设计任务而定。一般可简化成以下几个阶段：

(1) 明确设计任务

机械设计任务通常是为实现某种功能而提出的。提出任务时，应首先分析实现机械要求的可能性，然后根据设计机械的功能，确定功能范围和各项技术性能指标等，以明确设计任务。

(2) 方案构思

根据设计任务，设计人员应调查同类产品的设计、开发、制造和使用情况，用户意见和要求，有关的理论研究、应用成果、技术资料、市场情况和发展动态，承制单位的技术水平和设备条件等。在此基础上构思几个方案，最后择优选用。

(3) 初步设计

按构思的方案并经必要的计算后，可初步确定机械的总体布置，并绘制机构的运动简图和传动系统示意图。然后，进行运动、动力分析和强度计算，以确定机构和零件的主要参数和尺寸。

(4) 技术设计

技术设计是使初步设计具体化的过程，应根据初步设计阶段已确定的主要参数和尺寸，并考虑如生产批量、材料供应情况、毛坯类型、加工和装配工艺、有关标准和规范等方面因素，绘制总装配图、部件装配图、零件工作图以及编制技术文件等。

(5) 样机试制、试验

样机试制、试验是验证设计是否合理以及能否转入生产准备的重要阶段，同时，也为进行设计评价提供了依据。样机试制、试验中发现的不合理之处应及时加以修改，以使设计达到最优状态。

(6) 评价

评价内容包括技术和经济两方面。技术评价须对设计是否满足各项技术指标，是否安全可靠，操纵和维护是否方便等作出评价。经济评价须进行成本预测、利润预测等，以评定设计的经济价值。

(7) 提供设计方案

经评价确认设计的技术价值和经济价值合格时，即可向承制部门提供设计方案。提供的设计方案应包括完整的设计图样及各种技术文件，如总装配图、零（部）件图、计算说明书、使用说明书、样机试验报告、技术经济评价报告、有关工艺文件等。

必须指出，以上设计过程的各个阶段不是截然分开的，常常是相互联系、相互影响、相互制约的。因此，设计过程的各个阶段往往需要交叉进行，而且，经常还由于某种原因而使设计过程出现反复，甚至重新设计。

第 2 章

工程力学基础

【基本要求】 本章重点介绍在机械学中使用的力学知识，包括静力学和材料力学的基本知识。在学习过程中重点掌握静力学的基本原理，能正确分析受力情况，理解在外力作用下的变形知识，掌握应力与强度条件的基本概念与应用。

【重点】 在机械学中对机械受力情况的正确分析。

【难点】 在机械设计过程中应力状态和强度条件的分析和应用。

2.1 静力学分析基础

物体在空间的位置随时间的改变，称为机械运动。机械运动是人们在生活和生产实践中最常见的一种运动。作为机械运动的特殊情况，物体处于静止或匀速直线运动状态时，我们就说物体处于平衡状态，这里的平衡是指静力平衡。静力学就是研究作机械运动的物体，即刚体在外力作用下的平衡规律。因此，静力学问题需要研究物体的受力、外力的类型、复杂外力的简化、力相互平衡的条件以及工程结构的静力平衡的数学模型等。静力学的任务是研究处于静止或匀速直线运动状态的刚体或刚体系统所受外力的平衡规律。因此，我们首先要在《物理学》的基础上，统一对力学基本概念的认识。

2.1.1 静力学的基本概念

在物理学中我们已经了解了力的概念。力是指物体之间的相互机械作用，这种作用使物体的机械运动状态发生变化，对于弹性物体，这种作用还使之产生变形。在工程力学中我们将不考虑力的来源，只分析力对刚体的运动状态的效应。因此，我们提到力的时候，必须分清施力者与受力者。

我们已经知道，力的三要素是大小、方向和作用点，它们是相互独立的三个基本要素，其中任何一个要素发生变化就不再是同一个力。这样，在几何上我们可以用一个矢量图形表示一个力，如图 2-1 所示。矢量的长度为力的大小，矢量的起点或终点表示其

作用点, 矢量的箭头表示它的方向。

力对刚体的作用效果是使刚体沿力的作用方向产生移动或具有沿该方向移动的趋势。

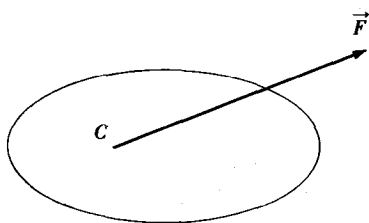


图 2-1 力的三要素

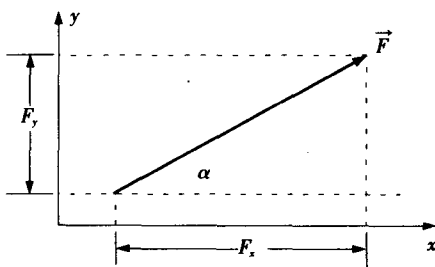


图 2-2 力在坐标轴上的投影

为了描述力的大小, 可以将力向坐标轴上投影, 如图 2-2 所示, 只要已知力的方向与轴的夹角 α , 则力 $\vec{F}$ 在 x 轴上的投影 (或称为 x 轴的分量) $F_x = F \cos \alpha$, 在 y 轴上的投影 (或称为 y 轴的分量) $F_y = F \sin \alpha$ 。

力在坐标轴上投影的符号规定为: 从力矢量起点的垂足到力矢量终点的垂足, 与坐标轴同向为正, 反向为负。

2.1.2 力矢量的表示及运算

1. 力矢量的矩阵表示

由力的概念可以知道, 力是一个空间矢量。一个空间矢量 $\vec{a}$ 可以用一个列矩阵表示为 $\vec{a} = (a_1 \ a_2 \ a_3)^T$, 其中, a_1, a_2, a_3 分别表示矢量 $\vec{a}$ 在笛卡尔坐标系 x, y, z 轴上的投影或坐标, 也称为分量。因此, 力 $\vec{F}$ 可以表示为 $F = (F_x \ F_y \ F_z)^T$ 或 $F = (F_1 \ F_2 \ F_3)^T$, 如果该力位于 xoy 坐标平面内, 则为 $F = (F_x \ F_y \ 0)^T$, 如图 2-2 所示。

2. 力矢量的代数表示

由代数学的知识可知, 一个空间矢量 $\vec{a}$ 可以用其在笛卡尔直角坐标系 x, y, z 轴上的投影及坐标轴的单位矢量 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 表示为

$$\vec{a} = a_1 \vec{i} + a_2 \vec{j} + a_3 \vec{k} \quad (2-1)$$

如图 2-3 所示, 因此, 空间力矢量也可以表示为

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k} \quad (2-2)$$

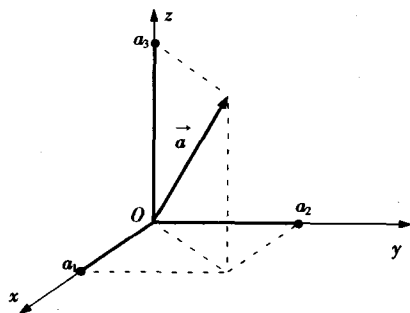


图 2-3 空间力矢量

2.1.3 力偶矩与力矩

1. 力 偶

我们把一对大小相等、方向相反、作用线相互平行的力称为力偶。如图2-4所示，力偶与单个力对刚体的效应不同，它的作用是使刚体发生转动或具有转动趋势，该转动发生在这一对力的作用线所构成的平面内。

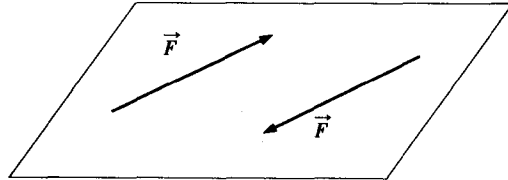


图 2-4 力偶及其作用面

2. 力偶矩

力偶对刚体的转动效应，用力偶矩 $\vec{M}$ 表示，如图2-5所示，它的大小等于构成该力偶的一个力的大小与这对力的作用线之间的距离 d 的乘积，即

$$M = F \cdot d \quad (2-3)$$

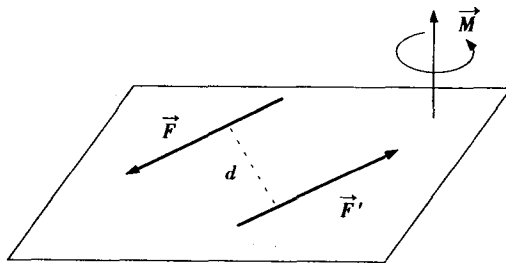


图 2-5 力 偶 矩

力偶矩 $\vec{M}$ 的方向与该力偶的作用面垂直，力偶矩的方向按右手法则确定，即4个手指跟随力偶转动，大拇指为力偶矩的指向。由此可知，力偶矩也是一个矢量。

3. 力对点的矩

前面提到，力对刚体的作用效果是使该刚体沿力的作用方向产生移动或具有沿该方向移动的趋势。但是，如果刚体在该力的作用线以外某一点由于某种限制使之不能移动时，力对刚体的作用将使刚体发生绕该点的转动或转动趋势，如图2-6所示。

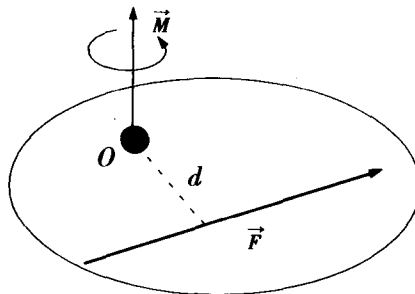


图 2-6 力对点的矩

衡量该力的效应可用力矩描述, 记为 $\vec{M}_O(\vec{F})$, 表示力 $\vec{F}$ 对 O 点之矩, 其大小等于力的大小与该限制点到该力作用线的距离的乘积, 其数学描述为

$$M_O(\vec{F}) = Fd \quad (2-4)$$

力矩的方向与力偶矩的规定一样。

力对点的矩也可以用矢量的叉积表示, 如图2-7所示, 设点 P 上作用有力 $\vec{F}$, 该力对其作用线外某点 O 的矩定义为

$$\vec{M}_O(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F} \quad (2-5)$$

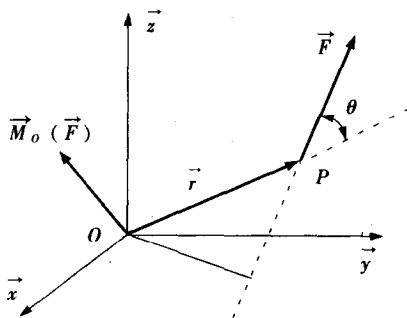


图 2-7 力对点的矩的叉积表示

这里, $\vec{r}$ 表示从 O 到 P 的矢径, 也称向径, O 称为矩心。

2.1.4 静力学基本公理

公理是人们长期生产实践的经验总结, 又经过实践的反复验证的符合客观实际的最普遍、最一般的规律。通过对力的概念的分析, 结合实践, 可以得出静力学的几个基本公理。

公理一 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力, 它们使刚体处于平衡状态的必要充分条件是: 这两个力大小相等、方向相反、并且沿同一作用线。

如图2-8所示, 刚体在一对平衡力 $\vec{F}$ 和 $\vec{F}'$ 的作用下处于平衡, 则力 $\vec{F}$ 和 $\vec{F}'$ 一定大小相等、方向相反、并且沿同一作用线。

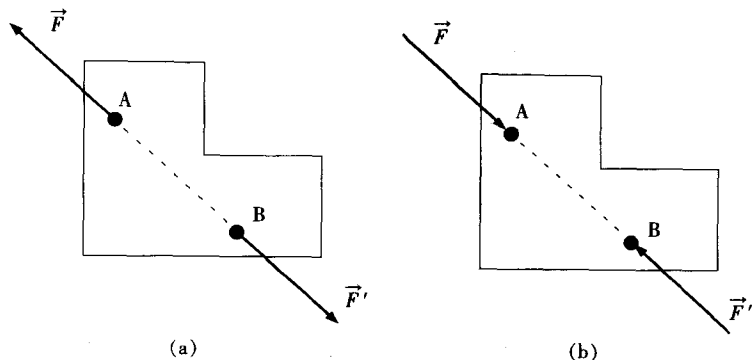


图 2-8 二力平衡

工程上将只受到两个力作用,处于平衡的构件称为二力构件。二力构件在工程上会经常遇到,同时,有的工程构件常常可以简化为二力构件。需要强调的是,找出二力构件,对于刚体特别是刚体系统的静力学分析是非常方便的。

公理二 加减平衡力系公理

在刚体上作用有某一力系时,再加上或减去任意平衡力系,并不改变原有力系对刚体的作用效应。

一个力系的作用效果是使刚体处于静止或匀速直线运动状态,则该力系称为平衡力系。平衡力系不影响刚体的运动状态,这个公理是显而易见的。由这个公理我们可以得到一个重要的推论,即力的可传递性原理。

假设在刚体上某点 A 作用有力 $\vec{F}$,如图 2-9 (a) 所示,如果我们在该力的作用线(或作用线的延长线)上任一点 B 施加一对大小相等、方向相反的平衡力 $\vec{F}'$ 和 $\vec{F}''$,并令这一对力的大小等于力 $\vec{F}$ 的大小,如图 2-9 (b) 所示,此时,力 $\vec{F}$ 和 $\vec{F}'$ 也是一对平衡力,将这一对平衡力减去,并不改变原力系对刚体的作用效应,于是,力 $\vec{F}$ 就沿着它的作用线从 A 点移到了 B 点,如图 2-9 (c) 所示,此时,力 $\vec{F}''$ 并没有改变力 $\vec{F}$ 对刚体的作用效应,这就证明了力的可传性。

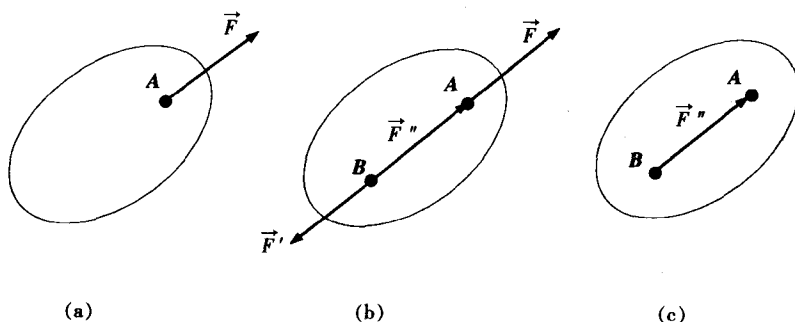


图 2-9 力的可传性

公理三 力的平行四边形法则

作用于刚体上同一点的两个力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 的合力 $\vec{R}$ 也作用于同一点,其大小和方向由这两个力为边所构成的平行四边形的对角线来表示,如图 2-10 (a) 所示。本公理的代数表示为矢量关系式

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (2-6)$$

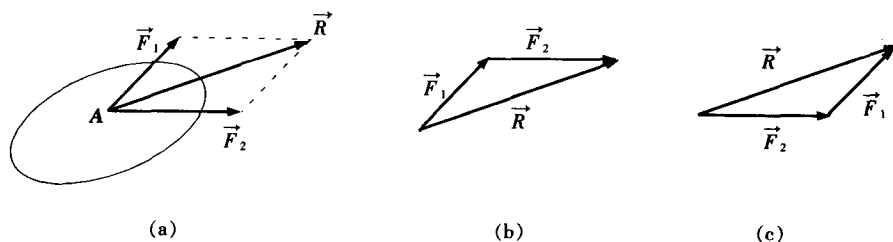


图 2-10 力的平行四边形法则