



“十一五”规划教材

理论力学

(第3版)

主编 冯立富 陈 平
王芳林 黎明安



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



“十一五”规划教材

理论力学

(第3版)

主 编 冯立富 陈 平
王芳林 黎明安
王成章 张烈霞
王 玲 史永高



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书是根据教育部编制的理论力学教学基本要求(2008年版)修订的,保留了前2版尽量避免与高等数学和普通物理相关内容简单重复的特点,内容更加精练。

全书内容分为三篇15章。第一篇静力学,包括静力学基础、力系的简化、物体的受力分析、力系的平衡、摩擦等5章;第二篇运动学,包括运动学基础、点的合成运动、刚体的平面运动等3章;第三篇动力学,包括动量定理、动量矩定理、动能定理、动静法、质点的相对运动、虚位移原理、拉格朗日方程等7章。

本书可作为高等学校理工科各专业理论力学课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学/冯立富等主编. —3版. —西安:西安交通大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5605-3559-3

I. ①理… II. ①冯… III. ①理论力学 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 083320 号

书 名 理论力学(第3版)
主 编 冯立富 陈平 王芳林 黎明安
责任编辑 田华 桂亮

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路10号)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 21.75 字数 402千字
版次印次 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3559-3/O·336
定 价 32.80元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

西安交通大学出版社

82669096(总编办) 82667874(发行中心)

第3版前言

本书的第1版和第2版作为中国人民解放军总参谋部军训部组编的军队高等院校推荐教材,分别于1996年6月和2001年5月由陕西科学技术出版社出版。根据教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学分指导委员会编制的《理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求(试行)》(2008年版),我们对本书的第2版进行了修订,现作为第3版出版。

为了适应21世纪对高等教育的要求,进一步提高教学水平和人才培养质量,在这次修订中,我们保留了第1版和第2版理论严谨、结构合理、逻辑明晰、内容精练的特点,注重理论联系实际,尽量避免与高等教学和普通物理学课程中相关内容的简单重复,删去了第2版中的第十六章“振动理论基础”和附录二中的“数值计算方法”,对非基本要求部分的内容及相应的习题都加了“*”号。

本书适用于高等工科院校四年制本科的机械、土木、水利、航空航天、动力、车辆、采矿、船舶、港口航道及海岸工程等专业使用,也可供材料、能源、化工、环境等专业选用。

参加本次修订工作的有:解放军理工大学陈平、韦忠瑄、孙鹰、杨绪普,西安电子科技大学王芳林、朱应敏、马娟,西安工程大学王玲、贾坤荣,陕西省理工学院张烈霞、张宝中、王谨,西安理工大学黎明安、马凯,西安思源学院岳成章、樊志新、张雪敏、郭虎平,西安工业大学史永高、刘百来,空军工程大学冯立富、李颖、陈兮。由冯立富、陈平、王芳林、黎明安担任主编,岳成章、张烈霞、王玲、史永高担任副主编。全书由冯立富统稿并审定。

由于我们的水平和条件所限,书中难免还会有疏误和不妥之处,恳请广大读者批评指正,以使本书不断完善和提高。

编 者

2010年5月

第2版前言

为了适应军队专业技术院校教学改革的需要,根据我国科学技术发展和生产建设的要求,我们对本书1996年6月的第一版进行了修订,作为第二版出版。

参加本书修订工作的有:海军航空工程学院徐新琦、杨晓冬,空军工程大学导弹学院汪秀君、陈兮,军事交通学院孟泉、王金和,海军航空工程学院青岛分院夏毅锐、李玲、沈国瑾,空军第二航空学院朱晓波、田华奇,空军后勤学院谢永亮、庄惠平、董宪强、陈太林、谢卫红、张伟,解放军理工大学谈志高、陈国良、韦忠瑄、杜茂林,空军工程大学工程学院冯立富、姚宏、郭书祥、徐春玉。由冯立富、徐新琦、谈志高、谢永亮担任主编,朱晓波、孟泉、汪秀君、夏毅锐担任副主编。

在本书修订过程中,得到了各有关院校的领导和、机关和教研室同志们的大力支持和帮助,特别是海军航空工程学院的有关领导、机关和教研室的同志们做了大量工作,谨此一并致谢。

由于我们水平所限,书中一定还有不少缺点和错误,热诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

2001年4月

第 1 版前言

本书是受总参军训部的委托,为了适应军队专业技术院校教学改革的要求,根据国家教委高教司 1995 年修订的高等学校工科本科理论力学课程教学基本要求和总参军训部 1990 年颁发的军队院校工科本科理论力学课程教学基本要求编写的,可作为军队高等院校工科本科各专业的教学用书,也可供有关的工程技术人员参考。

本书吸取了军队院校在教学和教材改革方面的经验,结构合理,内容紧凑;注重概念物理意义的阐述,且力求引入自然;尽量利用学生已有的数学和普通物理基础,适当提高了起点;注意联系工程实际,特别是联系军事工程实际,培养学生分析和解决具体的力学和工程问题的能力;习题数量适中,类型较全。书中还附有应用计算机解题的数值计算程序和动态图象显示资料,以及汉英力学词汇对照表,可供查阅。

本书中凡标有 * 号的部分,均为选修内容。应当指出,即使是基本内容,也不一定要完全讲授。各校可结合本校的实际情况作一些必要的取舍。

参加本书编写工作的同志有:武警技术学院李印生,运输工程学院靳志国,二炮工程学院李学东、廖天宇,空军后勤学院庄惠平、顾红军,工程兵工程学院谈志高、杨效中,装甲兵工程学院王丹杰、潘学琴,武警部队学院孙庭立、周永年,军械工程学院刘协权,空军导弹学院夏之英、张远,海军工程学院王良桂、王德石,空军工程学院冯立富、姚宏、郭书祥。由冯立富、王良桂、夏之英、刘协权、孙庭立担任主编。

应本书编写组的邀请,西北工业大学蔡泰信教授和空军工程学院王永正教授承担了本书的审稿工作。二位教授都分别提出了许多宝贵的修改意见,我们在此表示衷心感谢。根据二位教授的审稿意见,全书最后由冯立富统一修改定稿。

在本书编写过程中,得到了参编各院校有关领导、机关和理论力学教研室(组)同志们的大力支持和帮助,特别是空军工程学院和武警部队学院的有关领导、机关和教研室的同志们做了大量的工作,谨此一并致谢。

由于我们水平所限,书中一定还有不少缺点,恳请广大读者批评指正。

编 者

1996 年 5 月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 静力学

引言	(3)
第1章 静力学基础	(6)
§ 1.1 静力学公理	(6)
§ 1.2 力矩	(12)
§ 1.3 力偶理论	(16)
思考题	(19)
习题	(20)
第2章 力系的简化	(24)
§ 2.1 力的平移定理	(24)
§ 2.2 力系向一点的简化	(25)
§ 2.3 平行力系中心和重心	(31)
思考题	(36)
习题	(37)
第3章 物体的受力分析	(40)
§ 3.1 约束和约束力	(40)
§ 3.2 物体的受力分析和受力图	(45)
思考题	(48)
习题	(50)
第4章 力系的平衡	(52)
§ 4.1 空间力系的平衡方程	(52)
§ 4.2 平面力系的平衡方程	(56)
§ 4.3 物系平衡问题	(60)
§ 4.4 桁架	(65)
思考题	(69)

习题	(71)
第5章 摩擦	(80)
§ 5.1 滑动摩擦	(80)
§ 5.2 滚动摩擦	(87)
思考题	(89)
习题	(90)

第二篇 运动学

引言	(94)
第6章 运动学基础	(96)
§ 6.1 点的运动学	(96)
§ 6.2 刚体的基本运动	(109)
思考题	(114)
习题	(115)
第7章 点的合成运动	(120)
§ 7.1 点的绝对运动、相对运动和牵连运动	(120)
§ 7.2 速度合成定理	(122)
§ 7.3 加速度合成定理	(126)
思考题	(132)
习题	(133)
第8章 刚体的平面运动	(140)
§ 8.1 刚体平面运动的简化和分解	(140)
§ 8.2 平面图形上各点的速度分析	(142)
§ 8.3 平面图形上各点的加速度分析	(149)
思考题	(155)
习题	(157)

第三篇 动力学

引言	(164)
第9章 动量定理	(166)
§ 9.1 动量定理	(166)
§ 9.2 质心运动定理	(171)

*§ 9.3 变质量质点的运动微分方程	(176)
思考题	(179)
习题	(179)
第 10 章 动量矩定理	(185)
§ 10.1 动量矩定理	(185)
§ 10.2 刚体定轴转动微分方程	(193)
§ 10.3 刚体平面运动微分方程	(199)
*§ 10.4 陀螺仪近似理论	(208)
思考题	(212)
习题	(213)
第 11 章 动能定理	(221)
§ 11.1 力的功	(221)
§ 11.2 动能定理	(226)
§ 11.3 机械能守恒定律	(232)
§ 11.4 动力学普遍定理的综合应用	(236)
思考题	(239)
习题	(240)
第 12 章 动静法	(248)
§ 12.1 惯性力的概念	(248)
§ 12.2 动静法	(251)
*§ 12.3 定轴转动刚体的轴承动约束力	(261)
思考题	(268)
习题	(269)
第 13 章 质点的相对运动	(275)
§ 13.1 质点相对运动动力学基本方程	(275)
§ 13.2 地球自转对质点相对运动的影响	(278)
思考题	(282)
习题	(282)
第 14 章 虚位移原理	(285)
§ 14.1 虚位移原理	(285)
§ 14.2 广义坐标形式的虚位移原理·广义力	(292)
思考题	(295)
习题	(296)

第 15 章 拉格朗日方程	(301)
§ 15.1 动力学普遍方程	(301)
§ 15.2 拉格朗日方程	(303)
§ 15.3 拉格朗日方程的第一积分	(310)
思考题	(314)
习题	(314)
附录一 汉英名词对照	(319)
附录二 习题答案	(326)
主编简介	(337)

绪 论

力学是研究物体机械运动规律的科学。

所谓**机械运动**,即**力学运动**,是指物体在空间的位置随时间的变化。它是物质的运动形式中最简单的一种,也是人们的生活和生产实践中最常见的一种运动。为方便计,本书中一般都把机械运动简称为**运动**。

力学是最早产生并获得发展的科学之一。人类开始研究力学理论,大约可以追溯到 2500 年以前。记述我国古代伟大学者墨翟(约公元前 5 世纪上半叶至前 4 世纪初)学说的《墨经》中,在力学方面就有关于力、重心、秤的原理以及材料的性质、运动的分类等的论述。但力学真正成为一门科学,则要从牛顿在 1687 年发表《自然哲学的数学原理》这篇名著时算起。

力学在英语中叫 mechanics,起源于希腊语的 μηχανη,有机械、工具之意。西方的 mechanics 于明末清初传入我国,当时译为“重学”或“力艺”,直到 1903 年才正式译为“力学”。我们汉语中的力学,在字面上的涵义是力的科学,与 mechanics 的原义不尽一致。

从历史上看,力学原是物理学的一个分支,而物理学的建立则是从力学开始的。后来由于数学理论和工程技术的推进,以研究速度远小于光速的宏观物体的机械运动为主的力学逐渐从物理学中独立出来,而物理学中仍保留的有关基础部分则被称为“经典力学”或“古典力学”,以区别于热力学、电动力学、量子力学、相对论等其他分支。

力学与数学和物理学等学科一样,是一门基础科学,它所阐明的规律带有普遍的性质;力学同时又是一门技术科学,它是众多应用科学特别是工程技术的基础,是人类认识自然、改造自然的重要学科。追溯到 20 世纪前,经典力学的发展曾推动了影响整个人类文明进程的第一次工业革命。进入 20 世纪后,高新技术硕果累累,但无论是飞机、导弹、海底遂道、高层建筑、远洋巨轮、海洋平台、精密机械、高速列车、人造卫星、宇宙飞船、机器人等等,无不是在现代力学成就的指导下实现的,甚至在表面上看来似乎与力学关系不大的电子工业、信息科学、生命科学、医学、农学、林学等领域中,哪里有力与运动,哪里就有力学问题需要去解决。马克思说过,力学“是大工业的真正科学的基础”。钱学森说:“不能设想,不要现代力学就能实现现代化。”航空航天工业的发展史已经证明,正是由于一个个力学问题的相继突

破,才促进了航空航天技术的腾飞与繁荣。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学,是高等工科学校各类工程专业的一门重要的技术基础课。本课程不考虑物体的弹塑性、流动性、压缩性、粘滞性等具体属性,只研究机械运动规律中的共性,即研究物体在力的作用下改变机械运动状态(或保持平衡状态)的规律。高等工科学校中的各类工程专业还开设有许多研究物体机械运动规律的课程,如材料力学、结构力学、弹性力学、塑性力学、流体力学、飞行力学、断裂力学、岩土力学、振动理论等,它们都是在理论力学的基础上,结合物体的某些具体属性,或局限于某些具体工程对象(如工程结构、飞行器 etc),对机械运动规律作进一步的深入研究。理论力学还是很多工程专业的专业基础课程(如机械原理、机械设计等)和专业课程的基础。

科学研究的基本方法之一是**抽象化方法**。理论力学在研究客观的复杂力学问题时,总是抓住事物中起决定作用的主要因素,忽略或暂时忽略次要因素,从而抽象出一定的理想化抽象模型作为研究对象。例如,忽略物体受力时发生变形的性质,建立**刚体**的模型;忽略物体的几何尺寸,建立**质点**的模型;抓住物体间机械运动的相互限制之主要特点,建立一些典型的理想化**约束**的模型,等等。这样的抽象,一方面能使问题得到某种程度的简化,另一方面也能更深刻、更正确、更完全地反映事物的本质。当然,任何抽象化的模型都是有条件的、相对的。例如在研究物体的强度问题时,需要分析物体内部的受力状态,刚体的模型就不再适用。这时必须考虑物体的变形,建立理想**弹性体**的模型(弹性体模型是材料力学和结构力学等课程的研究对象)。

在建立理想化抽象模型的基础上,理论力学从少数几个最基本的概念、公理和定律出发,运用逻辑推理和数学演绎的方法,得到了许多概念、定理和公式,形成了一整套严密的理论体系。这一套严密的理论体系是现代工程技术的重要理论基础。学习并理解建立这一整套严密的理论体系的方法和过程,理解和掌握运用这套理论体系分析、研究和解决力学问题的基本思路和方法,有助于培养辩证唯物主义世界观,培养全面、综合、正确、灵活地分析和解决工程技术和日常生活中实际问题的能力。

理论力学的主要内容分为静力学、运动学和动力学三部分。

静力学研究物体受力的基本分析方法,以及力系的简化方法和平衡条件,重点讨论物体平衡时其作用力的平衡条件及应用。

运动学仅从几何观点研究物体的运动,而不涉及物体运动产生的物理原因。

动力学则研究物体的运动与其受力和物体本身的物理性质之间的关系,它比静力学和运动学问题更广泛、更深入。

第一篇 静力学

引言

1. 静力学的任务

静力学是研究物体平衡规律的科学。它主要研究以下三个方面的问题。

1.1 物体的受力分析。所谓受力分析,是指分析物体受到了哪些力的作用,以及每个力的作用位置和作用方向的过程。

1.2 力系的简化。将同时作用在某物体上的多个力(称为力系)用一个较简单的力系代替,而保持其对该物体的作用效应不变,这种方法称为力系的简化,或称为力系的等效替换。若两个力系对同一物体的作用效应相同,则称此二力系互为等效力系。若一个力和一个力系等效,则称该力为此力系的合力(注意,并非所有的力系都有合力),而此力系中的每一个力都是合力的分力。

1.3 建立物体在力系作用下保持平衡的条件。平衡是物体机械运动的一种特殊状态。若物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线平动,则称此物体处于平衡。在一般工程问题中,常把固连于地球上的参考系视为惯性参考系。本书中如无特别说明,都将地球视为惯性参考系。

2. 静力学的基本概念

2.1 力的概念

力是物体间的相互机械作用,这种作用的效应是改变物体的机械运动状态和使物体产生变形。前一种效应称为力的外效应(也称为运动效应),后一种效应称为力的内效应(也称为变形效应)。

实践证明,力对物体的作用效应取决于三个要素:(1)力的大小;(2)力的方向;(3)力的作用点。力的大小反映了物体间相互作用的强度。为了度量力的大小,必须选定力的单位。本书采用国际单位制(SI)。在国际单位制中,力的单位是牛顿

(N)或千牛(kN)。

力的三要素可以用一带箭头的线段表示。如图 1.1 所示。线段的长度 $\overline{AB}$ 按照一定的比例表示力的大小;线段的方位和箭头的指向表示力的方向;线段的始端 A(或末端 B)表示力的作用点。线段 AB 所在的直线称为**力的作用线**。在 § 1.1 中我们将说明,作用在物体上同一点的两个力的合成服从平行四边形公理。根据定义,任何一个具有大小、方向并服从平行四边形公理的物理量才是矢量。因此,力是矢量。由于力的作用点是力的三要素之一,所以力是**固定矢量**。矢量常用黑斜体字母或带箭头的字母表示。本书中一般采用黑斜体字母来表示矢量(如图 1.1 中的力 $\boldsymbol{F}$)。仅表示力的大小和方向的矢量称为**力矢**。力矢的要素中不含作用点,也没有作用线的问题,它是一种**自由矢量**。

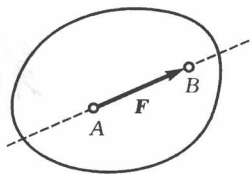


图 1.1

如果力集中作用在物体上的某一个点(作用点),则这种力称为**集中力**。实际上力的作用位置不可能是一个点,而是物体上的某部分面积(**面力**)或体积(**体力**)。例如飞机在飞行中机翼上承受的空气动力是分布在整个机翼表面上的。物体所受的重力是分布在物体的整个体积上的,这种力称为**分布力**。仅当力的作用面积或作用体积不大时,才可以近似地看成集中力。

分布力的表示和处理,要用微积分的概念和方法。以面力为例,在力的作用面上围绕 P 点任取一微面,设其面积为 dA ,其上作用的分布力为 $d\boldsymbol{F}$,则 $\boldsymbol{S} = \frac{d\boldsymbol{F}}{dA}$ 表示面力在 P 点的强度和方向。一般情形下,在力的作用面上的不同点, $\boldsymbol{S}$ 的大小、方向是不同的。 $\boldsymbol{S}$ 的大小 S 称为**面分布力的集度(或强度)**,有时也记为 q ,其单位为 N/m^2 。类似地可用 $\boldsymbol{B} = \frac{d\boldsymbol{F}}{dV}$ 表示体力在某一点的强度和方向,式中 dV 为物体上围绕 P 点任取一微体的体积。 $\boldsymbol{B}$ 的大小 B 称为**体分布力的集度**,其单位为 N/m^3 。用 $\boldsymbol{S}$ 或 $\boldsymbol{B}$ 给定的分布力,可以近似地看成由许多小集中力 $\boldsymbol{S} \cdot dA$ 或 $\boldsymbol{B} \cdot dV$ 组成的力系,有时将它合成为一个合力。例如,将物体各小部分受到的重力合成为一个作用在**重心**上的重力;将机翼表面上各小部分承受的空气动力合成为一个作用在**压力中心**上的总空气动力。

在工程实际问题中常遇到沿着某一狭长面积分布的力,这种力可以看作是沿一条线段分布的,称为**线分布力**或**线分布载荷**,其单位为 N/m 。表示力的分布情况的图形称为**载荷图**。线分布力的合力的大小等于载荷图的面积,作用线通过载荷图的形心。如图 1.2(a)所示,作用在水平梁 AB 上的载荷是均匀分布的,集度为 q ,其合力的大小 $F = ql$;方向与均布载荷相同;作用在梁的中心 C 上(图 1.2

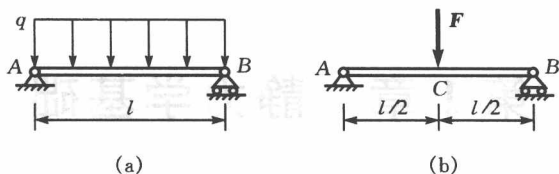


图 1.2

(b))。如图 1.3(a)所示,作用在水平梁 AB 上的载荷是非均匀线性分布的,其中右端的集度为零,左端的集度为 q ,则其合力的大小 $F = \frac{1}{2}ql$,方向与分布载荷相同,作用在梁上的 D 点(图 1.3(b))。

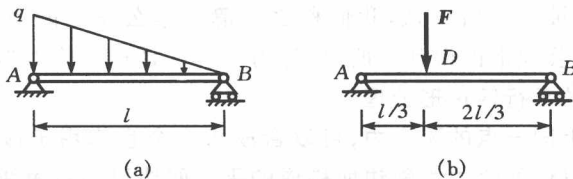


图 1.3

2.2 刚体的概念

刚体是力学中的一种抽象化模型。所谓**刚体**,是指受力时保持其大小和形状不变的物体。刚体内任意两点间的距离永不改变。

实际物体在受力时总是会变形的。但是,如果物体受力时变形很小,且忽略这种变形不致影响所研究问题的实质,则可以把该物体抽象为刚体,这样可以使所研究的问题大为简化。静力学中所研究的物体一般只限于刚体。就这个意义上说,本篇也可称为**刚体静力学**。刚体静力学只研究力的外效应。因此,所谓力系的等效替换是仅就外效应而言的。虽然刚体静力学不研究力的内效应,但是它是研究变形体力学的基础。

第 1 章 静力学基础

§ 1.1 静力学公理

人们在长期的生活和生产实践中,对力的基本性质进行了概括和归纳,得到了一些显而易见的、能更深刻地反映力的本质的一般规律。这些规律的正确性为实践反复证明,从而被人们所公认,我们称之为**静力学公理**。静力学的所有其余内容,都可以由这些公理推论得到。所以,静力学公理是整个静力学的理论基础。

公理一 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个也作用于该点的合力。合力的大小和方向由以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线表示。

图 1.4(a)中,力 F_R 为两共点力 F_1 、 F_2 的合力,力 F_1 、 F_2 为 F_R 的分力,它们之间的关系可写成矢量等式

$$F_R = F_1 + F_2$$

式中的“+”号表示按矢量相加,即按平行四边形公理相加。因此,力的平行四边形公理也可以叙述为:两个共点力的合力矢等于两分力矢的矢量和(几何和)。这种通过作力的平行四边形来求合力的几何方法称为**力的平行四边形法则**。

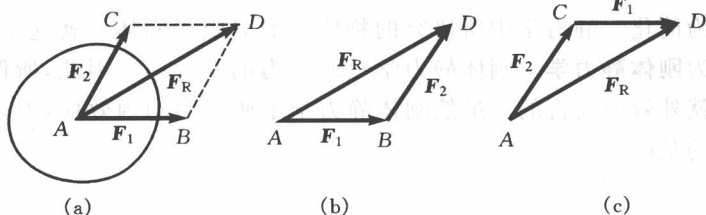


图 1.4

由图 1.4(b)可见,在求合力矢 F_R 时,实际上不必作出整个平行四边形,只要以力矢 F_1 的末端 B 作为力矢 F_2 的始端画出 F_2 ,即两分力首尾相接,则矢量 $\overrightarrow{AD}$ 就代表合力矢 F_R 。如果先画 F_2 ,后画 F_1 (图 1.4(c)),也能得到相同的结果。这样画成的三角形 ABD 或 ACD 称为**力三角形**,这种通过作力三角形来求合力矢的几何

方法称为三角形法则。

如图 1.5(a), 设物体上作用有共点力 F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 。为了求该力系的合力矢, 可连续应用力三角形法则, 把各力两两顺次合成。先从任意点 a 起, 画出 F_1 和 F_2 的力三角形 abc , 求出它们合力矢 F_{12} ; 再画出 F_{12} 和 F_3 的力三角形 acd , 求出它们的合力矢 F_{123} 。显然, F_{123} 也就是 F_1 、 F_2 和 F_3 这三个力的合力矢。继续采用这种方法, 可以求得共点力系的合力矢 F_R 。

由图 1.5(b) 可以看出, 为了求合力矢 F_R , 作图过程中的力矢 F_{12} 和 F_{123} 可不必画出。只须将力系中各力矢按首尾相接的原则顺次画出, 连接第一个力矢的始端与最后一个力矢的末端的矢量, 就是合力矢 F_R , 如图 1.5(c) 所示。这样画出的多边形 $abcde$ 称为力多边形。合力矢为力多边形的封闭边。用力多边形求合力矢的几何方法称为力多边形法则。

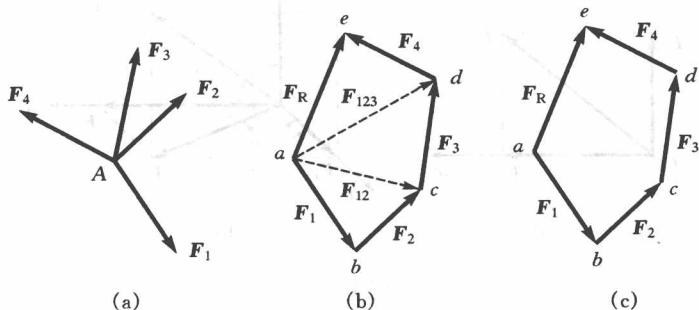


图 1.5

这个方法容易推广到由 n 个力 $F_1, F_2, \dots, F_n$ 组成的共点力系的情形。结论如下: 共点力系可以合成为一个合力, 合力的作用点与各分力相同, 合力的大小和方向由力多边形的封闭边表示。写成矢量等式, 则有

$$F_R = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i$$

或简写为

$$F_R = \sum F \text{ ①} \quad (1-1)$$

这种用作力多边形求共点力系合力的方法称为共点力系合成的几何法。

不难看出, 在一般情况下, 力多边形是空间折线。仅对各力的作用线在同一平

① 为了方便, 以后都用“ $\sum$ ”代替“ $\sum_{i=1}^n$ ”。