

高等學校教材

# 建筑力学 第一分册

## 理论力学 第4版

*Theoretical Mechanics*

重庆大学 邹昭文 程光均 张祥东 编



高等教育出版社  
Higher Education Press

TU311  
75=2  
:1

高等学校教材

# 建筑力学 第一分册

# 理论力学

(第4版)

重庆大学 邹昭文 程光均 张祥东 编

高等教育出版社

## 内容提要

本套《建筑力学》共分三册,本书为第一分册《理论力学》(第4版)。本书注意贯彻“理论联系实际”的方针和“少而精”的原则。本版仍保持前三版简明严谨、逻辑清晰、由浅入深的特点,对定理、推论等都给予简明的数学推导或相应的说明,并保留了前三版重视工程背景,突出土木工程各相关专业的特色。在本次修订中,与第三版相比,调整并精简了部分内容,更换并增加了部分习题,能适应更多专业的教学要求。

全书共三篇,分别为静力学、运动学、动力学,各专业可根据教学需要来选取。

本书适用于高等工科院校本科建筑学、工程管理、环境工程、给水排水工程、采暖通风、建筑材料等专业,亦可作为高等工科院校本科其他专业教材使用,本书还可作为函授教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑力学. 第一分册, 理论力学/邹昭文, 程光均, 张祥东编. —4版. —北京: 高等教育出版社, 2006.6

ISBN 7-04-019330-2

I. 建... II. ①邹...②程...③张... III. ①建筑力学-高等学校-教材 ②理论力学-高等学校-教材 IV. ①TU311②O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 032340 号

|      |     |      |     |      |     |      |    |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|
| 策划编辑 | 黄毅  | 责任编辑 | 李淑  | 封面设计 | 张楠  | 责任绘图 | 朱静 |
| 版式设计 | 马静如 | 责任校对 | 朱惠芳 | 责任印制 | 毛斯璐 |      |    |

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 16.5  
字 数 400 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1978 年 12 月第 1 版  
2006 年 6 月第 4 版  
印 次 2006 年 6 月第 1 次印刷  
定 价 19.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19330-00

## 第一版编者的话

根据1977年11月教育部委托召开的高等学校工科基础课力学教材会议讨论的《建筑力学》编写大纲,湖南大学、哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院三院校为土建类的建筑学、给水排水、采暖通风、建筑材料等专业编写了这套中学时的《建筑力学》教材。全书共分三个分册:第一分册为理论力学,第二分册为材料力学,第三分册为结构力学。为了便于选用,在编写时我们既注意了这三部分内容的相互联系和配合,又保持了各自相对的独立性和理论的系统性。

本书是《建筑力学》的第一分册——理论力学。我们在编写过程中注意做到:以马列主义、毛泽东思想为指导;贯彻理论联系实际的原则;并考虑有关专业的要求,使教材有一定的针对性;内容叙述由浅入深,力求精简,在加强物理概念叙述的同时,略去了某些次要的证明。

由于本书兼顾了几个专业的某些不同要求,因此,全部讲授完本书的内容需80~90学时。采用本教材时,可根据本专业的教学要求,对运动学和动力学两部分的内容酌情取舍。

本书由天津大学和西安冶金建筑学院主审,参加审稿会的还有北京工业大学、武汉建筑材料工业学院、南京工学院、北京建筑工程学院等院校。清华大学、同济大学等校还对本教材提出了宝贵的书面意见。

参加本书编写工作的有:湖南大学黎邦隆(第一、二章)、彭绍佩(第三、四章),重庆建筑工程学院周光坝(第五、七章),王云祜(第六章),孟怀江(第八、十一、十二、十三章),胡楚雄(第九、十章)。由于编者水平有限,缺点和错误必定不少,希望使用本书的同志批评指正。

编 者

1978年12月

## 第二版前言

本版是第二版。

由于1979年版与1980年5月在南京审订的《建筑力学教学大纲》(草案)(180学时)中的理论力学部分内容差别较大,为能更好地符合该大纲(草案)中的要求并使1979年版中所存在的其它问题得到一定程度的解决,特根据1980年大纲(草案)同时结合1982年12月工科理论力学教材编审小组扩大工作会议的精神对1979年版进行了修订。本修订版保留了原版中的主要内容和教学体系,但基本内容的深广度有所增加,并增添了备选内容。

本版主要在下列几方面作了修改:

(一) 根据当前学生的入学水平、大学普通物理和高等数学的教学情况,适当地增加了理论力学教学的基本内容,并且在力求减少不必要的重复的情况下,仍注意有一定的复习和衔接。在点的运动学、刚体的平面运动和势力场与势能等处均作了较大的改动。

(二) 为了加强基本内容和适应各有关专业后继课程的需要,本版删去了旧版中的一些章节,增加了新的内容。例如,删去了角速度矢量和角加速度矢量一节和单自由度体系的振动一章;加强了点的空间曲线运动和动量矩定理以及质心的概念;充实了刚体平面运动的内容并将它独立成章;增加了虚位移原理一章。同时,为能与动力学中惯性力系的简化相衔接并适当加强理论的完整性,也简略地阐述了空间一般力系的简化问题。此外,对旧版中个别比较陈旧的定义(如力场),也作了修改,以使它符合近代科学的发展。

(三) 在保证基本内容学到手的前提下,为适应不同程度和不同学时学生的需要,本版按1982年工科理论力学编审小组扩大工作会议《关于解决当前工程力学和建筑力学中理论力学部分教学及教材问题的几点原则意见》增加了一部分备选内容以供教师选讲或学生自学,如用基点法研究平面运动刚体上点的加速度等。此外,也将旧版中的牵连运动为平动时的加速度合成定理与平面运动刚体惯性力系的简化划入备选内容。凡属备选内容均于标题上附加“\*”号以表明之。

本修订稿曾由修订者在教学实践中试用过两届,并经重庆建筑工程学院理论力学教研组多数同志分别审阅和多次集体讨论。

修订工作由重庆建筑工程学院周光坝负责并执笔,李明孝协助并写出静力学部分的修改初稿,刘天予描图。此外,胡楚雄同志也曾多方给予帮助。

本版由同济大学余文铎、南京工学院胡乾善、鲍恩湛三位同志分别审稿,他们都从各方面提出了许多宝贵的意见,特此表示衷心的感谢。

本书适用于土建类建筑学、给水排水、供热和建筑材料等专业。

由于修订者的水平所限,本版中缺点和错误必仍不少,诚恳希望使用本书的同志批评指正。

修订者

1984年6月

## 第三版前言

本版是第三版。初版于1979年出版,1984年出版了第二版。本书第二版保留了第一版中的主要内容和教学体系,但基本内容的深广度有所增加,并增添了备选内容,既有利于教师的讲授,又便于学生自学,在国内得到了广泛的选用。

为了适应当前教学改革的形势和学生水平的普遍提高,现对本书第二版又作了较全面的修订。在修订中,本书仍沿用原有的公理体系,对定理、推论等都给予简明的数学推导或相应的说明。在论述中,力求注意力学现象的物理概念和内在联系,以及思路的严密性和逻辑性,以期在培养学生的正确思维方法方面能起到一定作用。

另一方面,对传统体系和内容也作了一些调整,力求提高起点,减少相关内容的重叠,精简理论篇幅,加强结合专业和工程应用的内容。例如,在静力学中,采取由基本力系到一般力系,由空间到平面的讲法;运用矢量合成法,则使力矩、力偶理论简化;动力学普遍定理直接从质点系讲起,质点情形只作为特例略加说明。本书内容覆盖了1995年修订的“理论力学课程教学基本要求(中、少学时)”的全部内容。

本版采用了国家标准 GB 3100—3102—93《量和单位》中规定的有关符号。

修订工作由重庆建筑大学邹昭文负责,修订者有程光均(静力学)、邹昭文(运动学)、张祥东(动力学)等,全部插图由曾令彬重新绘制。

北京理工大学吕哲勤教授详细审阅了本稿,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。本书修订过程中,得到重庆建筑大学理论力学教研室全体同事的大力支持,并提出了许多中肯的意见,特此致谢。

由于修订者水平有限,书中难免有缺点,恳请广大教师和读者提出宝贵意见,以便今后改进。

修订者

1998年12月

## 第四版前言

为了适应当前教学改革的形势,我们对本书的第三版进行了修订。修订中,注意了贯彻“理论联系实际”的方针和“少而精”的原则。

修订时,考虑到目前本科各专业的培养计划学时在不断精简,静力学部分力系的简化与平衡改为先讲述平面力系,然后过渡到空间一般力系,由浅入深,循序渐进,以减轻学生学习的难度。在论述中,仍保留前三版的特点,对定理、推论等都给予简明的数学推导或相应的说明,力求注意力学现象的物理概念和内在联系,以及思路的严密性和逻辑性;适当精简了运动学和动力学的篇幅,更换并增加了部分习题。保留了前三版重视工程背景,突出土木工程各相关专业的特色。

本书适用于高等工科院校本科建筑学、工程管理、环境工程、给水排水工程、采暖通风、建筑材料等专业,也可供高等工科院校本科其他专业教材使用,或作为自学、函授教材。

本次修订工作由邹昭文、程光均、张祥东负责。第一、二、三、四、六、八章由邹昭文修订,第五、九、十一、十二章由程光均修订,第七、十、十三、十四章由张祥东修订。邹昭文负责全书的统稿工作。

本书由北京航空航天大学谢传锋教授审阅,提出了宝贵的意见,在此深表感谢。

由于修订者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请广大教师和读者提出宝贵意见,以便不断改进和完善。

修订者

2005年12月

# 目 录

|          |   |
|----------|---|
| 绪论 ..... | 1 |
|----------|---|

## 第一篇 静 力 学

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 静力学基本公理与物体的受力分析 .....    | 5  |
| § 1-1 静力学基本概念 .....            | 5  |
| § 1-2 静力学公理 .....              | 6  |
| § 1-3 约束与约束反力 .....            | 9  |
| § 1-4 物体的受力分析和受力图 .....        | 14 |
| 思考题 .....                      | 18 |
| 习 题 .....                      | 19 |
| 第 2 章 汇交力系 .....               | 21 |
| § 2-1 汇交力系合成与平衡的几何法 .....      | 21 |
| § 2-2 力在坐标轴上的投影 .....          | 24 |
| § 2-3 汇交力系合成与平衡的解析法 .....      | 26 |
| 思考题 .....                      | 32 |
| 习 题 .....                      | 33 |
| 第 3 章 平面一般力系 .....             | 36 |
| § 3-1 平面力对点之矩的概念与计算 .....      | 37 |
| § 3-2 力偶及其性质·平面力偶系的合成与平衡 ..... | 38 |
| § 3-3 力的平移定理 .....             | 41 |
| § 3-4 平面一般力系向作用面内一点简化 .....    | 42 |
| § 3-5 平面一般力系的平衡条件和平衡方程 .....   | 46 |
| § 3-6 物体系统的平衡·静定与超静定问题 .....   | 51 |
| § 3-7 滑动摩擦 .....               | 55 |
| 思考题 .....                      | 63 |
| 习 题 .....                      | 63 |
| 第 4 章 空间力系 .....               | 72 |
| § 4-1 力对点之矩与力对轴之矩 .....        | 72 |
| § 4-2 空间力偶系 .....              | 77 |
| § 4-3 空间一般力系的平衡条件与平衡方程 .....   | 78 |
| § 4-4 重心 .....                 | 84 |
| 思考题 .....                      | 90 |
| 习 题 .....                      | 90 |

## 第二篇 运 动 学

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第 5 章 点的运动学 .....             | 97  |
| § 5-1 运动学的基本概念 .....          | 97  |
| § 5-2 用矢量法研究点的运动 .....        | 98  |
| § 5-3 用直角坐标法研究点的运动 .....      | 99  |
| § 5-4 用自然法研究点的运动 .....        | 103 |
| 思考题 .....                     | 108 |
| 习 题 .....                     | 109 |
| 第 6 章 刚体的基本运动 .....           | 112 |
| § 6-1 刚体的平行移动 .....           | 112 |
| § 6-2 刚体绕定轴的转动 .....          | 113 |
| § 6-3 转动刚体内各点的速度和加速度 .....    | 116 |
| 思考题 .....                     | 121 |
| 习 题 .....                     | 121 |
| 第 7 章 点的合成运动 .....            | 124 |
| § 7-1 点的合成运动的概念 .....         | 124 |
| § 7-2 速度合成定理 .....            | 125 |
| § 7-3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理 ..... | 128 |



|                            |     |                         |     |
|----------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 思考题 .....                  | 131 | § 8-3 瞬时速度中心 .....      | 139 |
| 习题 .....                   | 132 | § 8-4 平面图形内各点的加速度 ..... | 143 |
| <b>第 8 章 刚体的平面运动</b> ..... | 134 | 思考题 .....               | 146 |
| § 8-1 刚体的平面运动及其分解 .....    | 134 | 习 题 .....               | 146 |
| § 8-2 平面图形内各点的速度 .....     | 136 |                         |     |

### 第三篇 动 力 学

|                            |     |                             |     |
|----------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| <b>第 9 章 动力学基本方程</b> ..... | 153 | § 12-1 力的功 .....            | 190 |
| § 9-1 动力学基本定律 .....        | 153 | § 12-2 动能 .....             | 194 |
| § 9-2 质点运动微分方程 .....       | 155 | § 12-3 质点系的动能定理 .....       | 196 |
| § 9-3 质点动力学的两类基本问题 .....   | 156 | § 12-4 势力场·势能·机械能守恒定律 ..... | 201 |
| 思考题 .....                  | 160 | 思考题 .....                   | 204 |
| 习 题 .....                  | 160 | 习 题 .....                   | 205 |
| <b>第 10 章 动量定理</b> .....   | 162 | <b>第 13 章 动静法</b> .....     | 209 |
| § 10-1 动力学普遍定理概述 .....     | 162 | § 13-1 质点和质点系的达朗贝尔原理 .....  | 209 |
| § 10-2 质点系的动量定理 .....      | 162 | § 13-2 刚体惯性力系的简化 .....      | 213 |
| § 10-3 质心运动定理 .....        | 166 | 思考题 .....                   | 218 |
| 思考题 .....                  | 169 | 习 题 .....                   | 218 |
| 习 题 .....                  | 170 | <b>第 14 章 虚位移原理</b> .....   | 221 |
| <b>第 11 章 动量矩定理</b> .....  | 173 | § 14-1 约束·自由度与广义坐标 .....    | 221 |
| § 11-1 转动惯量 .....          | 173 | § 14-2 虚位移 .....            | 223 |
| § 11-2 动量矩 .....           | 177 | § 14-3 理想约束 .....           | 226 |
| § 11-3 质点系的动量矩定理 .....     | 178 | § 14-4 虚位移原理 .....          | 227 |
| § 11-4 刚体定轴转动微分方程 .....    | 181 | 思考题 .....                   | 233 |
| 思考题 .....                  | 186 | 习 题 .....                   | 233 |
| 习 题 .....                  | 186 |                             |     |
| <b>第 12 章 动能定理</b> .....   | 190 |                             |     |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>主要参考书目</b> .....   | 236 |
| <b>习题答案</b> .....     | 237 |
| <b>索引</b> .....       | 244 |
| <b>Synopsis</b> ..... | 247 |
| <b>Contents</b> ..... | 248 |
| <b>作者简介</b> .....     | 251 |

# 绪 论

建筑力学包括理论力学、材料力学和结构力学三门学科。理论力学研究物体机械运动的一般规律,即力学中最普遍、最基本的规律,这些规律是学习材料力学、结构力学的重要理论基础。材料力学和结构力学分别着重研究杆状结构及杆系结构的强度、刚度及稳定性,为设计构件和结构提供理论依据和方法。这三门课之间有着密切的内在联系并相互衔接。

物体机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。平衡是机械运动的特殊情况,它也包含在理论力学所研究的内容之中,而且对土木工程各专业来讲,这一部分是很重要的。

理论力学是以伽利略和牛顿所总结的基本规律为基础的,属于古典力学的范畴。所谓“古典”是相对于近代出现和发展起来的相对论和量子力学而言的。相对论力学研究速度可与光速( $300\,000\text{ km/s}$ )相比较的运动;量子力学研究微观粒子的运动;而古典力学则研究速度远小于光速的宏观物体的运动。因此,古典力学的研究范围有其局限性。但是,在现代科学技术中,古典力学仍有其重要的现实意义。这是因为,不仅在一般工程技术中,即使在一些尖端科学,如火箭技术、宇宙航行等方面,所研究的物体都是宏观物体,而且其运动速度也都是远小于光速,所以也仍然是用古典力学的原理去解决有关的力学问题。

理论力学的内容,一般分为静力学、运动学和动力学三部分。静力学研究物体平衡时作用于其上的诸力之间的关系;运动学研究物体机械运动的几何特征而不涉及力的作用;动力学研究物体的机械运动与受力之间的关系。

机械运动现象十分普遍,在我们的周围处处可见。如车辆的行驶、机器的运转、水的流动、人造卫星和宇宙飞船的运行、建筑物的振动,等等,都是机械运动。学习理论力学,了解机械运动规律,就不仅能使人们理解机械运动的现象,更为重要的是为了应用这些规律去解决工程技术问题。现在,当全国人民为实现我国的工业、农业、国防和科学技术现代化而努力工作的时候,随着国民经济的迅速发展,在生产建设的各个领域里,必然会产生许多新的复杂的工程技术问题,需要人们加以解决。工程技术问题是复杂的,有的可以直接应用理论力学基本理论去解决,有的则需要理论力学知识和其他专门知识共同来解决。所以,对于一个工程技术人员来说,理论力学知识是必不可少的。又由于理论力学是研究机械运动的基本理论,它是一系列后继的技术基础课和专业课的理论基础,所以学好理论力学,也是为学习一系列学科作好了准备。

在形成理论力学的概念和理论系统的过程中,抽象化和数学演绎这两种方法起着重要的作用。抽象化方法,就是在一定的研究范围内,根据问题的性质,抓住主要的、起决定作用的因素,撇开次要的、偶然的因素,深入事物的本质,了解其内部联系的方法。例如,在研究地球绕太阳运行的轨道、周期等问题时,不考虑地球的大小和形状而将它抽象为一个点。又如,在研究物体的机械运动时,往往忽略物体受力时要变形的性质,而将物体简化为刚体等。数学演绎的方法,就是在经过实践证明为正确的理论基础上,经过严密的数学推演,得到定理和公式构成系统理论的方法。理论力学中许多定理都是以牛顿定律为基础,经过严密推导得到的。但是,抽象必须是“科学的抽象”,如不顾条件随意取舍,则其结果将是荒谬的。同时,数学推演的结果也只是在一

定范围内成立,不能绝对化;此外,也不能把力学理论单纯地看成是数学演绎的结果而忽视其实践的作用。将实际工程中提出的问题,抽象化为力学问题,以已有的力学理论为依据,运用数学工具进行演绎求得解决,然后将结果运用到实践中去检验其正确性。如此循环往复使认识不断深化,这是力学理论发展的道路,也是所有科学发展的道路。

# 第一篇 静 力 学



# 第 1 章

## 静力学基本公理与物体的受力分析

### §1-1 静力学基本概念

静力学主要研究力的基本性质和力系的合成规律以及力系的平衡理论。

在静力学中所指的物体都是刚体。所谓刚体是指在运动中和受力作用后,其形状和大小都不发生改变,而且内部各点之间的距离不变的物体。实际上,任何物体在力的作用下都将发生变形。但有许多物体(例如,工程结构物的构件或机器的零件)受力时其变形很小,以致在所研究的问题中忽略此变形后对研究结果的精度并无显著影响,而且还可使问题大为简化,因此对这样的物体就应撇开其变形不管而将它们视为刚体。由此可见,刚体是从实际物体抽象得来的一个理想化的力学模型。对刚体而言,力就只有运动效应。

力,是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态发生改变,同时使物体产生变形。

力使物体改变运动状态的效应称为力的运动效应(或外效应),使物体产生变形的效应称为力的变形效应(或内效应),理论力学只研究力的运动效应。

实践表明,力对物体的作用效应取决于力的大小、方向和作用点这三个要素。力的三要素中任何一个如有改变,则力对物体的作用效应也将改变。故力应以矢量表示,本书中用黑体字母  $F$  表示力矢量,而用普通字母  $F$  表示力的大小。在国际单位制中,力的单位是 N 或 kN。

平衡,是指物体相对于惯性参考系(如地面)处于静止的或匀速直线平移的状态。在一般工程技术问题中,平衡常常是指相对于地球而言。在静力学中,平衡主要是指物体相对于地球处于静止状态。应当指出,一切平衡都是相对的、暂时的和有条件的,而运动则是绝对的和永恒的。

力系,是指作用于物体上的一群力。工程中,根据力系中各力作用线分布情况的不同有下列几种:若各力的作用线在同一平面内时,称为平面力系;否则称为空间力系。若各力的作用线都相互平行时,称为平行力系;否则称为一般力系。而各力的作用线汇交于同一点时,称为汇交力系。若两个力系分别作用于同一物体上,其效应相同,则这两个力系互为等效力系。用一个简单力系等效地替换一个复杂力系称为力系的简化。特别地,如用一个力就可等效地代替原力系,则称此力为原力系的合力,而原力系中的各力称为此力的分力。若力系中各力对于物体作用的效应相互抵消而使物体处于平衡状态,则该力系称为平衡力系。

#### 1. 物体的受力分析和力系的等效简化。

## 2. 力系的平衡条件及其应用。

在工程实际中,作用于物体上的力系往往较为复杂。无论是研究物体的静力学问题或是动力学问题,都需要对力系进行简化(或合成),以便了解原来力系对物体作用的总效应。例如,在研究飞机的飞行规律等问题时必须知道飞机所受诸力的总效应;在设计水坝时也应先了解坝身所受重力和坝面所受水压力的总效应,否则便不能确定飞机飞行的规律和水坝是否安全。

根据力系合成的结果,找出力系的平衡条件后,在工程实际中才可能使某些工程结构物(如水坝、房屋或机床)所受的力系符合平衡条件以保证它们处于平衡状态。可见,静力学在工程技术中有着重要的地位和作用,同时它也是动力学的基础。

## §1-2 静力学公理

静力学公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,又经过实践反复检验,被确认为符合客观实际的最普遍的规律。是人们关于力的基本性质的概括和总结,是研究静力学的基础。

### 一、力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力,可以合成为作用于该点的一个合力。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,如图1-1所示。以 $F_R$ 表示合力,以 $F_1$ 和 $F_2$ 分别表示原来的两力(称为分力),则有

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

即合力等于两分力的矢量和。

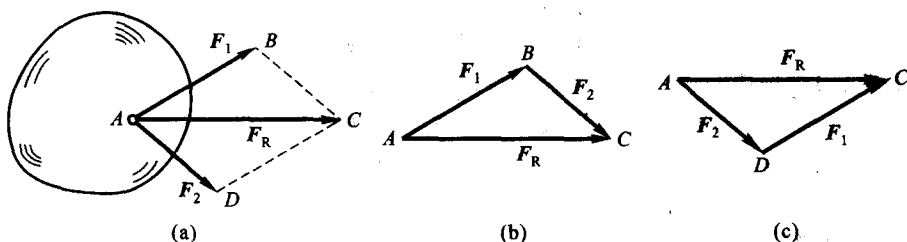


图 1-1

为了简便,在利用作图法求两共点力的合力时,只需画出力平行四边形的一半即可,其方法是:先从两分力的共同作用点A画出某一分力,再自此分力的终点画出另一分力矢(力矢指仅代表力的大小和方向这两个要素的矢量),最后由A点至第二个分力矢的终点作一矢量,它就是合力 $F_R$ ,这称为力的三角形法则(图1-1b或c)。

这个公理揭示了力的矢量特征。这是人类对力的认识的一个飞跃,由此产生数学上的矢量代数和矢量分析。

这个公理总结了最简单力系的简化规律,它是复杂力系简化的基础。而且,它既是力的合成

的基本法则,也是力的分解的基本法则。根据这个法则,可将一个力分解为作用于同一点的两个分力。由于用同一对角线可作出无穷多个不同的平行四边形,因此解答是不确定的。只有在另外附加足够的条件的情况下(如还已知某分力的大小和方向,或已知两分力的方位等),才能得到确定的解答。

## 二、二力平衡公理

刚体在两个力作用下保持平衡的必要与充分条件是:此二力大小相等,方向相反,且作用在同一直线上(图 1-2)。

此公理表明了作用于刚体上最简单力系的平衡条件,又称为二力平衡条件。

仅在两点受力作用而处于平衡的构件,称为二力构件。二力构件所受的两力必沿此两力作用点的连线,且等值、反向,如图 1-3 所示。

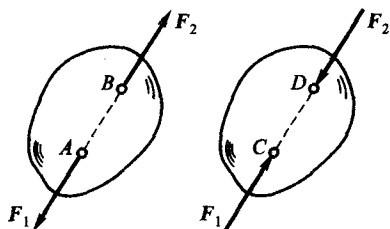


图 1-2

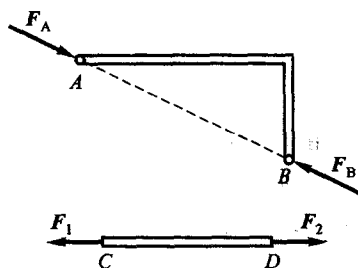


图 1-3

## 三、加减平衡力系原理

在作用于刚体上的任一力系中加入或减去一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。

这个公理只对刚体成立;对于变形体来说,增加或减去一个平衡力系,改变了变形体各处的受力状态,将引起其外效应和内效应的变化。

根据此公理,可在已知力系上加上或减去任一平衡力系,使此力系简化。可见,它是研究力系等效变换的重要依据。

根据上述公理可以导出下列推理:

### 推理 1 力的可传性

作用于刚体上某点的力,可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点,并不改变该力对刚体的作用。

此等效的性质,称为力的可传性。

证明:设力  $F$  作用于刚体上的  $A$  点(图 1-4a)。在力  $F$  的作用线上任取  $B$  点,并在  $B$  点加一对沿  $AB$  线的平衡力  $F_1$  和  $F_2$ ,且使  $F_1 = -F_2 = F$ (图 1-4b)。由加减平衡力系公理可知, $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F$  三个力组成的力系与原力  $F$  等效。再从该力系中去掉  $F$  与  $F_2$  组成的平衡力系,则剩下的力  $F_1$ (图 1-4c)与原力  $F$  等效。这样,就把原来作用在  $A$  点的力  $F$  沿其作用线移到了  $B$  点。

由力的可传性得知,作用于刚体上的力的三要素应改为:力的大小、方向和作用线。因此,作



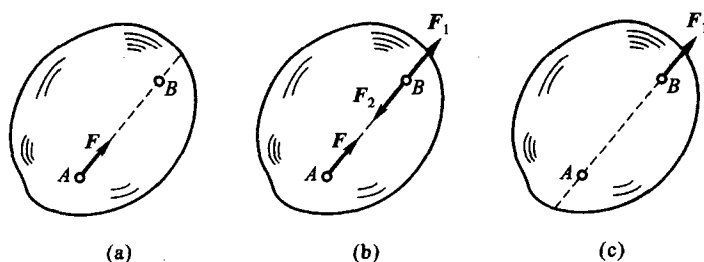


图 1-4

用于刚体上的力是滑动矢量。

显然,力的可传性不适用于变形体。而且只适用于同一刚体,不能将力的作用线由一个刚体移到另一个刚体上去。

### 推理 2 三力平衡汇交定理

作用于刚体上不平行的三力平衡时的必要条件是:此三力作用线共面且汇交于同一点。

证明:设作用在刚体上的平衡力系由三个不平行的力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  组成(图 1-5),根据力的可传性将力  $F_1$ 、 $F_2$  移到其汇交点  $O$ ,然后根据力的平行四边形法则,得合力  $F_{R12}$ 。则力  $F_3$  应与  $F_{R12}$  平衡,由于二力平衡必共线,所以力  $F_3$  的作用线必通过  $O$  点并与力  $F_1$ 、 $F_2$  共面,于是定理得证。

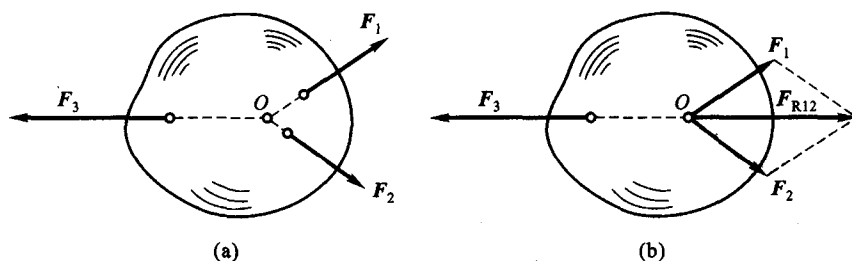


图 1-5

三力平衡汇交定理只说明了不平行的三力平衡的必要条件,而不是充分条件。它常用来确定刚体在不平衡三力作用下平衡时,其中某一未知力的作用线。

## 四、作用与反作用定律

两物体相互作用的力(作用力和反作用力),总是大小相等、方向相反、沿着同一直线,分别而且同时作用在这两个物体上。

这个公理概括了物体之间相互作用力的关系,同时也表明力有成对出现的性质。由于作用力与反作用力分别作用在两个物体上,因此不能视为平衡力系。

## 五、刚化原理

变形体在某力系作用下处于平衡,如将此变形体刚化为刚体,则其平衡状态保持不变。