

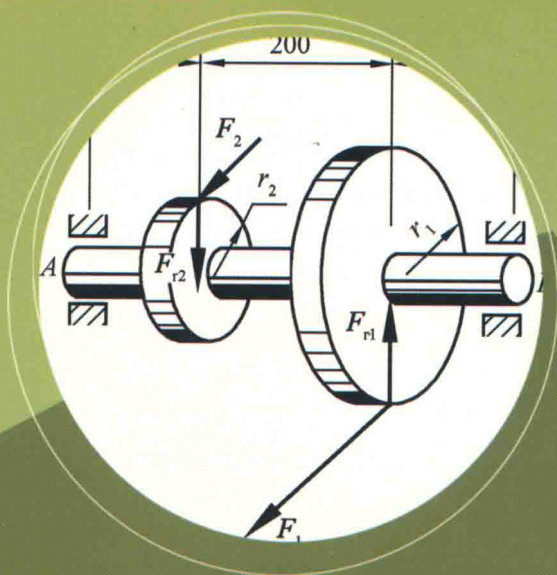


高职高专“十二五”规划教材

工程力学

主编 张春梅 段翠芳

主审 雷贤卿



高职高专“十二五”规划教材

工 程 力 学

主 编 张春梅 段翠芳

参 编 郝文思 王文堂 李 伟

董 娜 齐远征

主 审 雷贤卿



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内容提要

本书根据近几年来高职高专教育发展的实际教学需求,本着“理论推导从简、突出工学结合、提高力学素质”的原则,依据教育部最新制定的“高职高专教育机械类专业力学类课程教学基本要求”编写而成,内容编排上提倡“够用”为度同时兼顾层次高的读者力学能力的提升。全书共三篇十五章。第一篇“静力学”部分包括:静力学基础、平面汇交力系与平面力偶系、平面任意力系、空间力系。第二篇“运动力学”部分包括:运动学基础、动力学基础、达朗贝尔原理。第三篇“材料力学”部分包括:轴向拉伸与压缩、剪切和挤压、圆轴扭转、弯曲、应力状态与强度理论、组合变形、压杆稳定、动载荷和交变应力。每章后均有思考与练习。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校机械类和近机械类专业力学课程的教材,也可供相关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/张春梅等主编. —哈尔滨: 哈尔滨
工程大学出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-81133-997-0

I. ①工… II. ①张… III. ①工程力学
IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 261761 号

出版发行: 哈尔滨工程大学出版社

社 址: 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮 编: 150001

发行电话: 0451-82519328

传 真: 0451-82519699

经 销: 新华书店

印 刷: 北京市通州京华印刷制版厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 18

字 数: 449 千字

版 次: 2011 年 1 月第 1 版

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: jixie_book@sina.com

出版说明

近年来,我国的高等职业教育事业实现了跨越式发展,为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类人才,在提高劳动者的素质、建设社会主义精神文明、促进社会进步和经济发展方面发挥了重要的作用。

随着我国科技的发展和经济的腾飞,高技能人才的缺乏逐渐成为影响社会快速、健康发展的瓶颈。高等职业院校作为培养各类高素质人才的重要基地,必然要对教育教学制度进行改革,以转变教育思想和教育观念为先导,以促进就业为目标,实行多样、灵活、开放的人才培养模式,把教育教学与生产实践、社会服务、技术推广结合起来,逐步形成适应我国社会主义现代化建设需要的高等职业教育思想和教育理念。

要加快高等职业教育改革和发展的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高等职业教育教材作为知识的载体和教学的基本工具,直接关系到高等职业教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为推动高等职业教育教材的建设,加快高等职业教育改革和发展的步伐,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的教师,针对高等职业院校的教学特点,编写了“高职高专“十二五”规划教材”,旨在使学生在具有必备的基础理论知识和专业知识的基础上,重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能,致力于培养基础理论知识适度、技术应用能力强、知识面宽、素质高的应用型人才。

本系列教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化对学生实际操作能力的培养。在编写过程中,教材力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本位,以学生为中心”的特色,更具有实用性和前瞻性,与就业市场结合更为紧密。

本系列教材的编写力求突破陈旧的教育理念,采用了“以案例导入教学”的编写模式。在对某一理论进行讲解的同时,紧密结合实际,援引大量鲜明、实用的案例进行分析说明,以达到编写高质量教材的目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时还可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本系列教材可供高等职业院校、成人高校及各类培训学校相关专业使用。在编写过程中,得到了许多教师的大力支持,在此特向他们致以衷心的感谢,同时也对所有参与本系列教材出版工作的人员表示感谢!

哈尔滨工程大学出版社

前 言

工程力学是高等工科院校许多专业必修的技术基础课,属于古典力学的范畴。工程力学作为工科教育中重要的技术基础课,是系统地引导学生结合工程实际的一门理论课程,在学生能力和素质的培养中占有重要地位。由于科技的发展,高校的教学结构做了调整,随着一些前沿、时尚学科的增加,工程力学的授课时间普遍减少。但由于专业的需要,工程力学基本理论又是不可或缺的,这就对教材提出了新的要求。本书正是基于当前教学需要为高等职业教育工程力学课程编写的教材。

在编写本书时,编者本着高等职业教育的特色和“必需够用”的原则,对诸多力学教材进行借鉴,结合编者的教学及实践经验,对教材内容作了精心的选择和编排。繁琐的推导过程和没有实用价值的内容尽可能省略,增加了与实践结合的工程示例,注重强化学生的工程意识,培养学生解决工程实际问题的能力,尽量将抽象的力学理论具体化,深入浅出、简明易懂,进一步突出了实用性,为学生后续专业的学习打好基础。

本书内容涵盖工程力学课程的基本要求。全书内容包括静力学公理和物体的受力分析、平面汇交力系与平面力偶系、平面任意力系(摩擦)、空间力系、运动学基础、动力学基础、达朗贝尔原理、材料力学等。编者本着加强力学基本概念、基本理论、基本解题方法训练的指导思想,力求在70~80学时内使学生掌握高职高专学生应掌握的力学知识。每章后附有思考题与习题,在加强系统性理论学习的同时,突出对基本理论、基本概念的理解。

本书适用于高等职业教育院校机械、机电、化工、纺织、地质和水利等专业,可作为工科类高等职业学校和大专院校的教材,也可供夜大、函授大学、职工大学相应专业使用及工程技术人员参考。

本书内容分三篇,共有十五章。张春梅、段翠芳担任主编,郝文思、王文堂、李伟、董娜、齐远征参与编写。具体分工如下:河南机电高等专科学校张春梅老师负责编写绪论和第4、5、6、7章,段翠芳老师负责编写第11、12章,郝文思老师负责编写第1、2、3章,王文堂老师负责编写第13、14章,李伟老师负责编写第9、10章,董娜老师负责编写第15章、附录,新乡市职工大学齐远征老师负责编写第8章。河南科技大学雷贤卿教授通审全稿,并提出许多宝贵的修改意见。在出版过程中,哈尔滨工程大学出版社的编辑人员付出了辛勤的劳动,在此一并表示诚挚的谢意。

鉴于编者水平和时间因素,书中难免有疏漏或不妥之处,竭诚欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 静 力 学

第 1 章 静力学基础	5
1.1 静力学的基本概念	5
1.2 静力学公理	6
1.3 约束和约束反力	9
1.4 物体的受力分析和受力图	13
第 2 章 平面汇交力系与平面力偶系	21
2.1 平面汇交力系的合成	21
2.2 平面汇交力系的平衡	23
2.3 平面力对点之矩的概念及计算	26
2.4 平面力偶	28
第 3 章 平面任意力系	37
3.1 平面任意力系的简化	37
3.2 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	39
3.3 物体系的平衡——静定和超静定问题	44
3.4 考虑摩擦时物体的平衡问题	47
第 4 章 空间力系	62
4.1 力在空间直角坐标轴上的投影	62
4.2 空间力对点的矩和力对轴的矩	64
4.3 空间任意力系的平衡	67
4.4 重心	74

第二篇 运动力学

第 5 章 运动学基础	82
5.1 刚体上一点的运动	82
5.2 刚体的基本运动	89
第 6 章 动力学基础	102
6.1 质点动力学基本方程	102
6.2 质点运动微分方程	103
6.3 刚体平移动力学基本方程	106
6.4 刚体转动动力学基本方程	106
6.5 刚体对轴的转动惯量	107
6.6 刚体转动动力学基本方程的应用	110
第 7 章 达朗贝尔原理	115
7.1 质点的达朗贝尔原理	115
7.2 刚体的达朗贝尔原理	117

第三篇 材料力学

第 8 章 轴向拉伸与压缩	127
8.1 轴向拉伸与压缩的概念与实例	127
8.2 截面法、轴力与轴力图	128
8.3 轴向拉(压)杆截面上的应力	130
8.4 轴向拉(压)杆的变形	134
8.5 材料在轴向拉(压)时的力学性能	136
8.6 轴向拉(压)杆的强度计算	141
8.7 拉(压)超静定问题简介	143
8.8 应力集中的概念	145
第 9 章 剪切和挤压	150
9.1 剪切的观念和实用计算	150
9.2 挤压的观念和实用计算	152

第 10 章 圆轴扭转	158
10.1 圆轴扭转的概念与实例	158
10.2 扭矩和扭矩图	159
10.3 圆轴扭转时的应力与变形	161
10.4 极惯性矩和抗扭截面系数	165
10.5 圆轴扭转时的强度和刚度计算	166
10.6 提高圆轴扭转强度和刚度的措施	170
第 11 章 弯曲	175
11.1 平面弯曲的概念	175
11.2 梁的计算简图及分类	177
11.3 剪力和弯矩 剪力图和弯矩图	178
11.4 剪力、弯矩与分布载荷集度间的微分关系	185
11.5 纯弯曲梁横截面上的正应力	188
11.6 截面惯性矩和平行移轴公式	192
11.7 梁的切应力简介	194
11.8 梁弯曲时的强度计算	196
11.9 梁的弯曲变形	200
11.10 用变形比较法解简单超静定梁	204
11.11 提高梁强度和刚度的措施	206
第 12 章 应力状态与强度理论	216
12.1 应力状态的概念	216
12.2 二向应力状态下的应力分析	217
12.3 三向应力状态简介与广义胡克定律	222
12.4 强度理论概述	224
第 13 章 组合变形	232
13.1 拉(压)弯组合变形的强度计算	233
13.2 弯扭组合变形的强度计算	237
第 14 章 压杆稳定	245
14.1 压杆稳定概述	245
14.2 压杆的临界应力	246
14.3 压杆稳定性校核及提高稳定性的措施	249

第 15 章 动载荷和交变应力	256
15.1 动载荷及动应力的概念	256
15.2 交变应力及材料的持久极限	257
15.3 构件的持久极限和疲劳强度计算	260
附录 热轧型钢常用参数表	265
参考文献	279

绪 论

1. 工程力学的主要内容及其任务

工程力学是研究物体机械运动一般规律及构件承载能力的一门学科。作为高等工科学校的一门课程，工程力学只是研究最基础的部分，它既可以解决工程问题，又是学习一系列后续课程的基础。工程力学主要包括静力学、运动力学、材料力学三个部分。

静力学研究物体在力系作用下的平衡规律；运动力学从几何的角度研究物体运动的一般规律，以及作用于物体上的力和运动之间的关系。材料力学研究构件的承载能力，即物体在外力作用下的强度（构件在外力作用下抵抗破坏的能力）、刚度（构件在外力作用下抵抗弹性变形的能力）、稳定性（细长杆在压力作用下保持原有直线平衡状态的能力）问题。

工程力学是既与工程又与力学密切相关的课程。在工程设计中具有极其重要的地位和作用。我们用下面两个例子来说明。

例 0-1 图 0-1 为搅面机，它是由机架 1、曲柄 2、搅面棒（连杆）3、摇杆 4 组成。当曲柄 2 转动时，搅面棒上 E 点便能模仿人手搅面，同时容器 5 绕 z 轴转动。为设计这个结构，从力学计算来说，包括下述三个方面的内容。

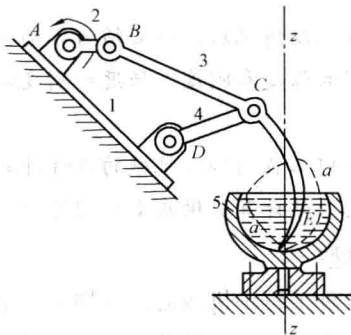


图 0-1 搅面机

1—机架；2—曲柄；3—搅面棒（连杆）；
4—摇杆；5—容器

首先，必须确定在各个构件上作用有哪些力以及它们的大小和方向。概括来说就是对处于静止状态的物体进行受力分析。这是静力学所要研究的问题。

其次，为把面搅拌均匀要分析搅面棒上 E 点的轨迹、速度、加速度，以及容器 5 转动情况，这是运动力学研究的内容。

最后，在确定了作用在构件上的外力及运动情况后，还必须为各构件选用合适的材料，确

定合理的截面形状和尺寸,以保证构件既能安全可靠的工作又符合经济要求。所谓“安全可靠的工作”是指在载荷作用下构件有足够的强度、刚度和稳定性,这是材料力学所要研究的问题。

例 0-2 图 0-2 为塔式起重机,由配重、起重小车、桁架结构的梁和立柱等构件组成,承受各构件的自重、载荷重力、地基的支持力等。从工程力学的计算来说,有如下三个方面内容。

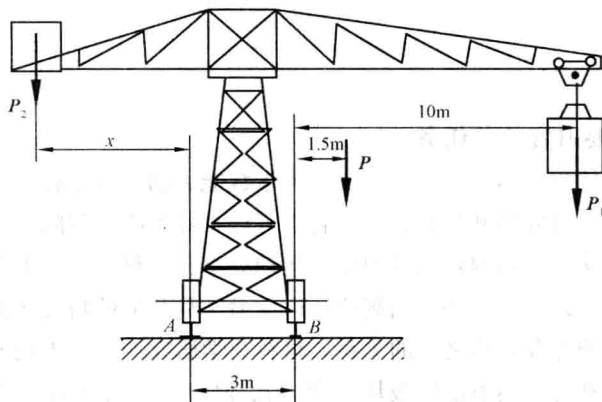


图 0-2 塔式起重机

首先,为使起重机能够正常工作,即空载和满载时均不能翻到,要计算出配重 P_2 的大小和图中距离 x 。这是静力学所要研究的问题。

其次,塔式起重机为把重物 P_1 运送到确定的位置,还要研究起重机吊臂的运动规律,这是运动力学研究的内容。

最后,在确定了构件的受力及运动情况后,还必须为各构件选用合适的材料,确定合理的截面形状和尺寸,以保证它有足够的强度和刚度。强度和刚度问题是材料力学所要研究的中心问题。

由上面两个例子可以看出,任何工程结构或机械的设计计算都离不开力学的知识。工程力学的任务就在于为各类工程结构的力学计算提供基本的理论和方法。

2. 工程力学的研究对象与模型

工程力学是研究自然界以及各种工程中机械运动(物体在空间的位置随时间的变化)最普遍、最基本的规律,以指导人们认识自然界,科学地从事工程技术工作。自然界与各种工程中涉及机械运动的物体有时是很复杂的,工程力学研究其机械运动时,必须忽略一些次要因素的影响,对其进行合理简化,抽象出研究模型。由观察和试验可知,在外力作用下,任何物体均会变形。为了保证机械或结构物的正常工作,在工程中通常把各构件的变形限制在很小的范围内,它与构件的原始尺寸相比是微不足道的。所以静力学及运动力学中,研究物体的平衡与运动时,可以把物体视为不变形的物体,即刚体。当物体的形状和尺寸不影响所研究问题的本质时,还可以把物体简化为质点来研究。而简化为质点不能完全反映物体的运动规律时,则简化为由若干质点组成的系统,也称为质点系。刚体就是一个特殊的质点系,即受力及运动时任意两质点之间的距离保持不变。但在材料力学中,研究构件的强度、刚度和稳定性问题时,变形

则成为不可忽略的因素，则把物体视为变形体，要研究物体的变形。

3. 工程力学在专业学习中的地位和作用

工程力学是机械类及近机械类专业的一门技术基础课。这门课程讲述力学的基础理论和基本知识，以及处理工程力学问题的基本方法，在专业课与基础课之间起桥梁作用，是基础科学与工程技术的综合。掌握工程力学知识，不仅为了学习后继课程，具备设计或验算构件承载能力的初步能力，而且还有助于从事设备安装、运行和检修等方面的实际工作，因此工程力学在专业技术教育中有极其重要的地位。

力学理论的建立来源于实践，它以对自然现象的观察和生产实践经验为主要依据，揭示了唯物辩证法的基本规律。因此，工程力学对于今后研究问题、分析问题、解决问题有很大帮助，促使我们学会用辩证的观点考察问题，用唯物主义的认识观去理解世界。

4. 工程力学的学习要求和方法

工程力学有较强的系统性，各部分之间联系紧密，学习中要深刻理解力学的基本概念和基本定律，牢固地掌握由此而导出的解决工程力学问题的定理和公式。注意培养自己处理工程力学问题的能力，包括逻辑思维能力、抽象化能力、文字和图像表达能力、数字计算能力等。为达此目的，应常参阅各种力学书籍，遇到问题及时与老师、同学一起讨论，演算一定数量的习题，并注意联系专业中的力学问题来拓展思维。

第一篇 静 力 学

静力学研究的是刚体在力系作用下的平衡规律。具体研究以下三个问题：

- (1) 物体的受力分析 分析物体受哪些力作用，以及这些力的大小、方向、作用点（线）的位置。
- (2) 力系的简化 即将作用于物体上的力系化为最简单的形式。
- (3) 力系的平衡条件 研究作用在物体上的各种力系所需满足的平衡条件。利用平衡条件，确定各个力的大小，是各类工程问题中力的计算的最主要部分，是设计机构、构件和机械零件时静力计算的基础。

第 1 章

静力学基础

静力学的基本概念、公理及物体的受力分析是研究静力学的基础。本章将介绍刚体与力的概念及静力学公理，并阐述工程中常见的约束和约束反力的分析方法。最后介绍物体的受力分析及受力图，它是解决力学问题的重要环节。

1.1 静力学的基本概念

1. 刚体

所谓刚体是指在力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变的物体。这是一个理想化的力学模型。实际物体在力的作用下，都会产生程度不同的变形。但是，这些微小的变形对研究物体的平衡问题不起主要作用，可以略去不计，这样可使问题的研究大为简化。在静力学中研究的物体只限于刚体，故又称刚体静力学。

2. 平衡

平衡是指物体相对于地面处于静止状态或匀速直线运动状态。如房屋、桥梁、工厂中的各种固定设备以及机械零件运动速度很低或加速度很小时，都可视为平衡状态。

3. 力

力是物体间相互的机械作用，这种作用产生的效应一般表现在两个方面：一是物体运动状态的改变，另一个是物体形状的改变。通常把前者称为力的运动效应（外效应），后者称为力的变形效应（内效应）。

实践表明，力对物体的作用效果应决定于三个要素：

- (1) 力的大小；
- (2) 力的方向；
- (3) 力的作用点。

我们可用一个矢量 $\mathbf{F}$ 来表示力的三个要素，如图 1-1 所示。这矢量的长度按一定的比例尺表示力的大小，矢量的方向表示力的方向，矢量的始端或末端表示力的作用点，矢量 $\mathbf{F}$ 所沿着的直线表示力的作用线。我们常用黑体字母 $\mathbf{F}$ 表示力是矢量，而用普通字母 F 表示力的大小。

若以 $\mathbf{F}^0$ 表示沿矢量 $\mathbf{F}$ 方向的单位矢（图 1-2），则力矢 $\mathbf{F}$ 可写成

$$\mathbf{F} = F \mathbf{F}^0$$

即力的矢量可以用它的模（即力的矢量大小）和单位矢量的乘积表示。

在国际单位制（SI）中，以“N”作为力的单位符号，称作牛顿。在工程中有时也以

“kN”作为力的单位符号，称作千牛。

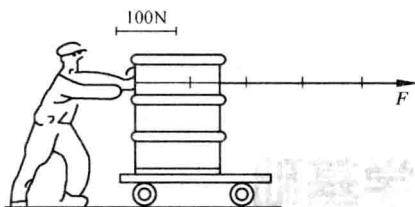


图 1-1 力 矢 图

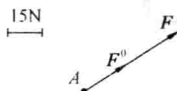


图 1-2 单位力矢图

4. 力系

所谓力系，是指作用于物体上的一群力。如果一个力系作用于物体上而不改变物体的原有运动状态，则称该力系为平衡力系。如果两个力系对同一物体的作用效应完全相同，则称这两个力系为等效力系。如果一个力对物体的作用效应和一个力系对同一物体的作用效应完全相同，则该力称为力系的合力，力系中的每一个力称为该合力的分力。求力系的合力的过程，称为力系的简化，是静力学的一个重点。

1.2 静力学公理

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结，其又经过实践反复检验，被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律，是进行逻辑推理计算的基础与准则。

1. 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力，使刚体保持平衡的必要和充分条件是这两个力的大小相等，方向相反，且在同一直线上（简称等值、反向、共线），如图 1-3 所示，即

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2 \quad (1-1)$$

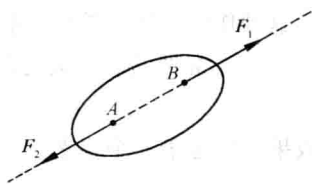


图 1-3 二力平衡

这个公理表明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。

需要强调的是，二力平衡公理只适用于刚体，对于变形体来说，公理给出的条件仅是必要的但不充分。如图 1-4 所示，欲使绳索处于平衡状态，除满足 $\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$ 外，还满足绳索受拉伸，反之，绳索受到等值、反向、共线的压力，绳索并不平衡。

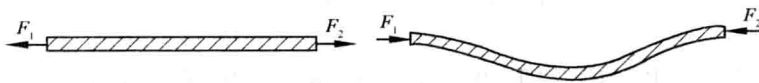


图 1-4 二力平衡公理适用范围

仅受二个力而处于平衡状态的构件称为二力构件或二力杆。

2. 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。就是说，如果两个力系只相差一个或几个平衡力系，则它们对刚体的作用是相同的，因此可以等效替换。这个公理是研究力系等效变换的重要依据。

根据上述两公理可以得到推论 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在刚体上任意移动，并不改变该力对刚体的作用效果。

证明：设有力 F 作用在刚体上的 A 点，如图 1-5 (a) 所示。根据加减平衡力系原理，可在力的作用线上任取一点 B ，并加上两个相互平衡的力 F_1 和 F_2 ，使 $F = F_2 = -F_1$ ，如图 1-5 (b) 所示。由于力 F 和 F_1 也是一个平衡力系，故可除去，这样只剩下一个力 F_2 ，如图 1-5 (c) 所示。即原来的力 F 沿其作用线移到了 B 点。

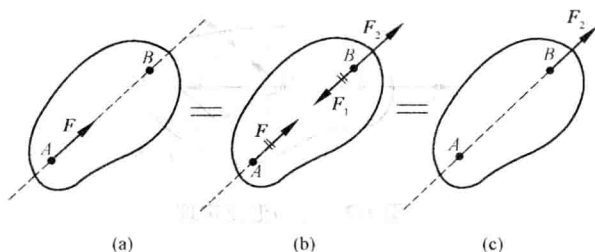


图 1-5 力的可传性图

(a) 作用于 A 点的力 F ；(b) 加在 B 点的平衡力 F_1 和 F_2 ；
(c) 力 F 传递到 B 点

由此可见，对于刚体来说，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作用线移动，这种矢量称为滑动矢量。

3. 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力的作用点也在该点，合力的大小和方向，由这两个力为边构成的平行四边形的对角线确定，如图 1-6 (a) 所示；或者说，合力矢等于这两个力矢的几何和，即

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-2)$$

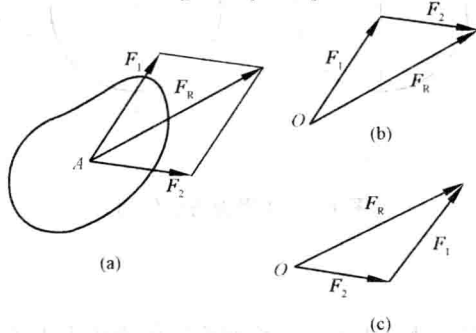


图 1-6 力的平行四边形公理

(a) 平行四边形法则合成作用于 A 点的二力 F_1 、 F_2 ；
(b) 三角形法则合成作用于 A 点的二力 F_1 、 F_2 ；
(c) 三角形法则应用时力的不同合成次序

这个公理表明了最简单力系的简化规律，它是复杂力系简化的基础。

应用此公理求两汇交力合力的大小和方向（即合力矢）时，可由任一点 O 起，另作一力三角形，如图 1-6 (b)、(c) 所示。三角形的两个边分别为力矢 F_1 和 F_2 ，第三边 F_R 即代表合力矢，而合力的作用点仍在汇交点 A 。简称力的三角形法则。

根据上述公理可以导出推论 2：

三力平衡汇交定理：刚体在三个力作用下平衡，则此三力必在同一平面内，且三个力的作用线汇交于一点。

证明：如图 1-7 所示，在刚体的 A 、 B 、 C 三点上，分别作用三个相互平衡的力 F_1 、 F_2 、 F_3 。根据力的可传性，将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 O ，然后根据力的平行四边形规则，得合力 F_{12} 。则力 F_3 应与 F_{12} 平衡。由于两个力平衡必须共线，所以力 F_3 必定与力 F_1 和 F_2 共面，且通过力 F_1 与 F_2 的交点 O 。于是定理得证。

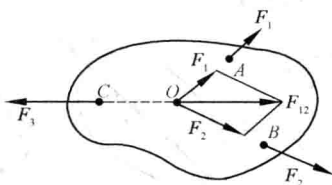


图 1-7 三力汇交定理

4. 作用和反作用定律

两物体之间的作用力和反作用力总是同时存在，两力的大小相等、方向相反，沿着同一直线，分别作用在两个相互作用的物体上。

这个公理概括了物体间相互作用的关系，表明作用力和反作用力总是成对出现的。但是必须强调指出，由于作用力与反作用力分别作用在两个物体上，因此不能认为作用力与反作用力相互平衡。作用力与反作用力用 (F, F') 表示，如图 1-8 所示。

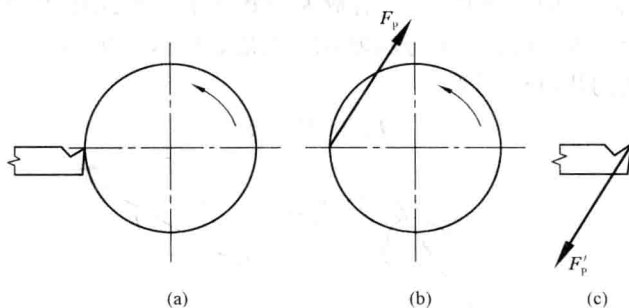


图 1-8 作用力与反作用力

5. 刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，如将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。

这个公理提供了把变形体看作为刚体模型的条件——平衡。如绳索在等值、反向、共线的两个拉力作用下处于平衡，若将绳索刚化成刚体，其平衡状态保持不变。若绳索在两个等值、反向、共线的压力作用下并不能平衡，这时绳索就不能刚化为刚体。但刚体在上述两种力系的