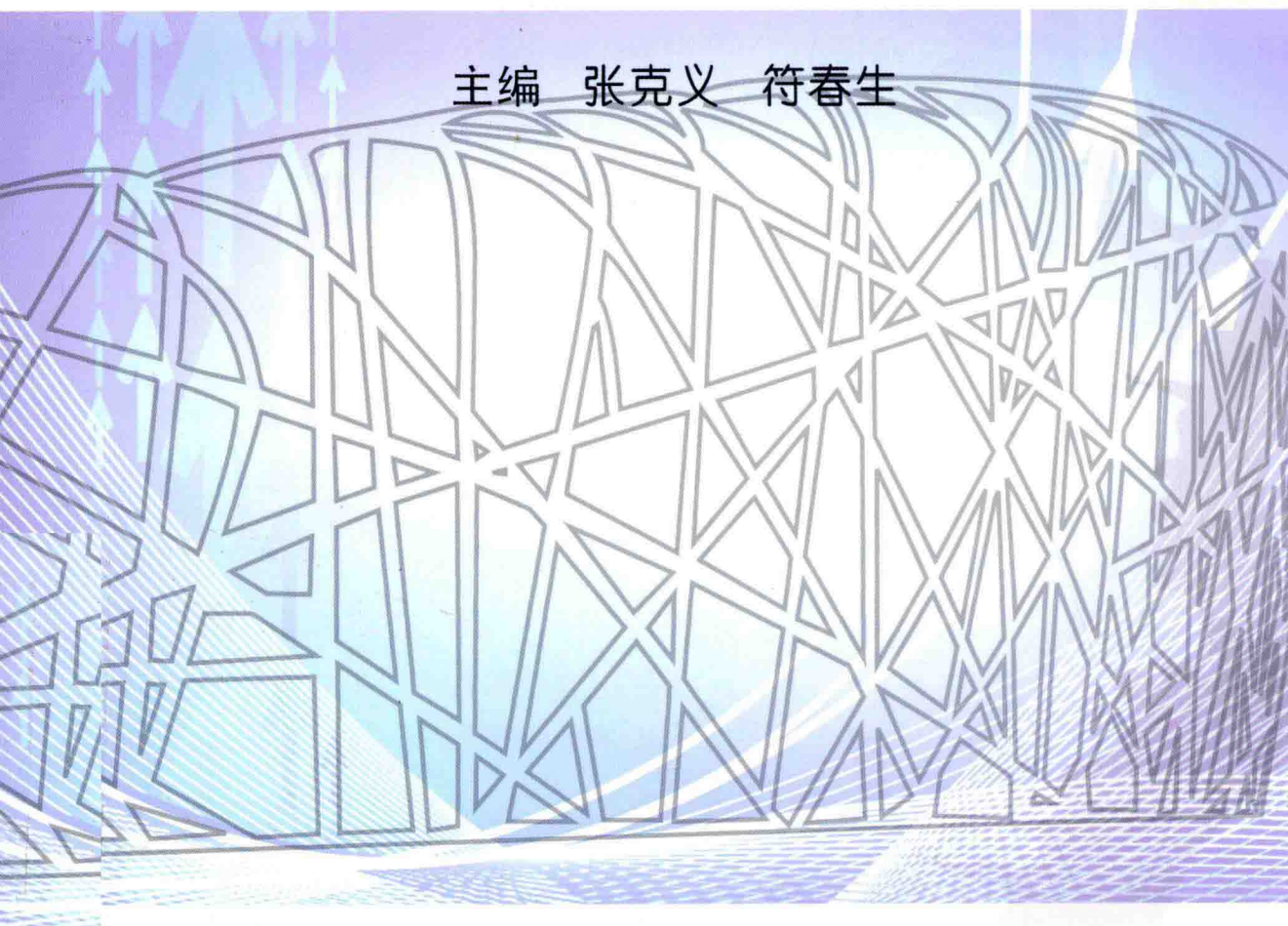




普通高等教育“十二五”规划教材

理论力学

主编 张克义 符春生



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

理论力学

主 编 张克义 符春生
副主编 余宏涛 史冬敏
参 编 樊国英 高 娟

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是按照教育部关于工科理论力学的教学基本要求编写的。全书分为三篇:静力学、运动学和动力学。静力学部分主要讲述物体受力分析的方法和力系的简化与平衡;运动学部分主要从几何的观点论述质点和刚体的运动规律;动力学部分讨论物体的运动及其受力的关系。全书内容涵盖了理论力学课程的基本要求,共分14章,内容包括绪论、静力学公理及物体的受力分析、平面汇交力系和平面力偶系、平面任意力系、空间力系、摩擦、运动学基础、点的合成运动、刚体平面运动的概述和运动分解、质点动力学基本方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理、虚位移原理。书后还附有各章习题(计算题)部分答案。

本书可以作为50~70学时的理论力学课程教学用书,也可以作为工程力学课程中理论力学部分教学的教材,还可作为相关专业的电大、夜大和函授的自学教材,也可供其他专业学生和技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学 / 张克义, 符春生主编. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.1

ISBN 978-7-5124-0506-6

I. ①理… II. ①张… ②符… III. ①理论力学
IV. ①031

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第129936号

版权所有,侵权必究。

理论力学

主 编 张克义 符春生

副主编 余宏涛 史冬敏

参 编 樊国英 高 娟

责任编辑 谷晓倩

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京市彩虹印刷有限责任公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×1 092 1/16 印张: 18 字数: 461 千字

2012年1月第1版 2015年8月第3次印刷 印数: 6 001~9 000 册

ISBN 978-7-5124-0506-6 定价: 35.80 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

机械设计及及其自动化专业系列教材

编写委员会

总顾问

傅水根

顾问

袁军堂 李春峰

主任

童幸生

委员 (排名不分先后)

赵延永 王 华 孙德勤 李喜武 肖庆和 谭晓东 赵丽萍(女)
桂兴春 袁祖强 黄晓鹏 董鹏敏 韩泽光 王景立 谢忠东(女)
侯祖飞 张克义 符春生 京玉海 罗军明 易 军 付求涯
吴 军 解念锁

本书编写人员

主 编

张克义 符春生

副主编

余宏涛 史冬敏

参 编

樊国英 高 娟

总序

针对我国科学技术和国民经济发展的需要,以及我国高等理工院校人才培养中出现工程能力比较薄弱,学生毕业后难以很快适应企业和社会需求等问题,教育部提出了“卓越工程师培养计划”。就是要在大学学习的整个过程中,逐步扭转过去那种偏重系统理论而轻视工程实践的倾向;要更多地增加工程实践的教学内容和时间,使学生在知识、素质和能力三个方面得到全面和综合发展,培养出学生的创新设计能力和创新实践能力,在为国家各部门提供所需要的各种重要装备的同时,尽快将我国由“制造大国”发展为“制造强国”。因此,尽管在大学的教学体系中,需要做好的工作涉及方方面面,但编写或选用一套优秀的系列教材是最基本的,也是非常重要的。

在我们为机械设计制造及其自动化专业编写的系列教材中,为了实现教育部卓越工程师的培养计划,针对应用型人才培养,准备采取下列重要措施:

1. 在系列教材编写中,适当的理论知识仍然是不可缺少的,因为理论知识仍然是工程应用中的重要力量。但问题在于,必须把学习的理论知识更多地与工程实践、工程应用结合起来,使学生不仅能够掌握比较丰富的理论知识,而且由于有一系列为理论知识配套的教学实验、工程实践和工业实践,使学生有机会增强工程实践能力和提高工程素养,有利于将知识学好、学活和用好、用活。这样,就可能将学生的学习积极性最大限度地调动起来。

2. 编写一套优秀的教材,必须选好编写教材的作者。我们所选择的主编、参编和主审,除了具有高度的育人责任感、较高的学术造诣和丰富的教学经验外,还必须具有较强的解决工程实际问题的能力,有些作者本身就有发明创造。他们懂得培养一名优秀的工程师应该采用什么样的教材。这样编写的教材,会更好地贯彻终身学习理念,培养学生的自学能力,因此具有更好的实用价值。

3. 机械设计制造及其自动化,是国家科技和国民经济发展的一个非常重要的专业领域,属于机电一体化的范畴。本专业培养出的人才,在我国有着极其广泛的应用领域。因此,我们编写的教材,在考虑适当的基础理论知识的同时,特别强调工程实现的方法论,要采用多样化的案例教学,使理论知识和工程实际应

用紧密结合,要提高教材的实用性、可读性和趣味性,并配以规范而丰富的插图。与此同时,充分运用好学校的校园网络,将教师授课的课件,以及其他课程资源充分利用起来。

无论对国家,还是个人,“卓越工程师”都是一个努力奋斗的目标。除了在大学阶段教师和学生的共同努力外,还需要学生毕业后经历若干年工程实际项目的历练和洗礼,不断积累工程经验、增长才干,甚至遭遇挫折,才能得以实现。我们希望,通过覆盖本专业课程中本系列教材的使用,将学生的学习潜力充分调动起来,使理论学习不只是与作业练习,而且与实验教学、工程实践、工业实践和创新实践紧密结合起来,在大学的工程教育与社会需求之间架起一座宽广的桥梁。这样,我们培养出来的学生将能较快地适应企业和社会的需要,并在未来的发展中开创出更加辉煌的未来!

傅水根

2011年3月于北京

前 言

本书是按照教育部关于工科理论力学的教学基本要求编写的。

全书分为三篇：静力学、运动学和动力学。

静力学部分主要讲述物体受力分析的方法和力系的简化与平衡；

运动学部分主要从几何的观点论述质点和刚体的运动规律；

动力学部分讨论物体的运动及其受力的关系。

全书内容涵盖了理论力学课程的基本要求，共 14 章，内容包括绪论、静力学公理及物体受力分析、平面汇交力系和平面力偶系、平面任意力系、空间力系、摩擦、运动学基础、点的合成运动、刚体平面运动的概述和运动分解、质点动力学基本方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理、虚位移原理。书后还附有各章习题(计算题)部分答案。

本书是编者多年教学工作的经验总结。

理论力学是工科类专业一门重要的专业基础课。由于它的理论性强，逻辑严密，使得学生在学习本课程时感觉有一定的难度，因而在编写本书的过程中，强调基础知识，注意由浅入深，遵循由概念到理论的过程。为了使学生更好地掌握本书的基本知识，每章后面都安排了大量的概念题，包括填空题、判断题和选择题。这些习题的安排注重基础性，同时又不失普遍性、典型性和新颖性。学生通过练习这些基本概念题，可以及时巩固学过的知识，理解书中的基本概念和定理。各章后面安排了适当的计算题(书后附有部分计算题答案)，学生通过练习，巩固学过的内容，同时提高应用知识解决实际问题的能力。

本书编写分工如下：绪论、第 1、2 章由张克义编写；第 3、4、5 章由余宏涛编写；第 6、7、8 章由史冬敏编写；第 9、10、11、12 章由符春生编写；第 13 章由樊国英编写；第 14 章由高娟编写。

本书由张克义和符春生任主编。

本书可以作为 50~70 学时的理论力学课程教学用书，也可以作为工程力学课程中理论力学部分教学的教材，还可作为相关专业的电大、夜大和函授的自学教材，也可供其他专业的学生和技术人员参考使用。

由于编者水平所限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 静力学部分

第 1 章 静力学公理及物体的受力分析	3
1.1 静力学的基本概念	3
1.2 静力学公理	5
1.3 约束与约束反力	7
1.4 物体受力分析和受力图	12
复习思考题	18
第 2 章 平面汇交力系与平面力偶系	24
2.1 平面汇交力系合成与平衡的几何法	24
2.2 平面汇交力系合成与平衡的解析法	27
2.3 平面力对点之矩的概念及计算	32
2.4 平面力偶系	32
复习思考题	37
第 3 章 平面任意力系	42
3.1 力的平移定理	42
3.2 平面任意力系的简化	43
3.3 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	46
3.4 物体系统的平衡静定和静不定问题	50
3.5 平面桁架	53
复习思考题	57
第 4 章 空间力系	61
4.1 空间汇交力系	61
4.2 力对点之矩和力对轴之矩	64
4.3 空间力偶	69
4.4 空间任意力系向一点简化主矢和主矩	70
4.5 空间任意力系平衡方程	72
4.6 平行力系的重心	75
复习思考题	79

第5章 摩擦	82
5.1 摩擦及其分类	82
5.2 滑动摩擦	82
5.3 摩擦角和摩擦自锁	84
5.4 考虑摩擦时物体的平衡问题	85
5.5 滚动摩阻	88
复习思考题	91

第二篇 运动学部分

第6章 运动学基础	94
6.1 运动学的基本概念	94
6.2 点的运动学	95
6.3 刚体的平动	102
6.4 刚体绕定轴的转动	104
复习思考题	111
第7章 点的合成运动	115
7.1 点的合成运动的基本概念	115
7.2 点的速度合成定理	118
7.3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	122
7.4 牵连运动为转动时点的加速度合成定理	125
复习思考题	132
第8章 刚体平面运动的概述和运动分解	137
8.1 平面运动概述	137
8.2 用基点法求平面图形内各点速度	139
8.3 用瞬心法求平面图形内各点速度	143
8.4 用基点法求平面图形内各点的加速度	147
8.5 运动学综合应用举例	151
复习思考题	155

第三篇 动力学部分

第9章 质点动力学基本方程	160
9.1 动力学基本定律	160
9.2 质点运动微分方程的三种形式	161
9.3 质点动力学的两类基本问题	162
复习思考题	167

第 10 章 动量定理	171
10.1 动量与冲量	171
10.2 动量定理	173
10.3 质心运动定理	176
复习思考题	180
第 11 章 动量矩定理	184
11.1 动量矩的概念	184
11.2 转动惯量	186
11.3 动量矩定理	191
11.4 刚体定轴转动微分方程	194
11.5 质点系相对于质心的动量矩定理	198
11.6 刚体平面运动微分方程	200
复习思考题	203
第 12 章 动能定理	210
12.1 动能的概念和计算	210
12.2 功的概念和计算	212
12.3 动能定理	217
12.4 功率和机械效率	222
12.5 势力场、势能和机械能守恒定律	224
12.6 动力学普遍定理的综合应用	226
复习思考题	231
第 13 章 达朗贝尔原理	238
13.1 惯性力、质点的达朗贝尔原理	238
13.2 刚体惯性力系的简化	242
复习思考题	248
第 14 章 虚位移原理	255
14.1 自由度和广义坐标	255
14.2 虚位移、虚功和理想约束	257
14.3 虚位移原理	261
14.4 虚位移原理的应用	262
复习思考题	264
各章计算题部分答案	267
参考文献	275

绪 论

一、本课程的研究对象和内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

物体在空间的位置随时间而改变,称为机械运动。

机械运动是人们生活和生产实践中最常见的一种运动。

平衡是机械运动的特殊情况。

本课程研究的内容是速度远小于光速的宏观物体的机械运动,它以伽利略和牛顿总结的基本定律为基础,属于古典力学的范畴。至于速度接近于光速的物体和基本粒子的运动,则超出了理论力学的研究范围,必须用相对论和量子力学的观点来加以解释。

本课程主要研究三个方面的内容:

(1)静力学——主要对物体进行受力分析,对各种力系进行简化,建立各种力系的平衡条件。

(2)运动学——只从几何上来研究物体(点或刚体)的运动(如轨迹、速度、加速度等),而不考虑引起物体运动的物理因素。

(3)动力学——研究物体的运动与作用于物体上的力之间的关系。

二、本课程的研究方法

科学的认识过程符合辩证唯物主义的认识论。

理论力学也必须遵循这个正确的认识规律。

第一,通过观察生活和生产实践中的各种现象,进行多次的科学实验,经过分析总结,得到力学最基本的规律。

第二,在基本规律的基础上,建立力学模型,形成概念,然后经过逻辑推理和数学演绎,建立理论体系。

第三,将理论力学的理论用于实践,用实践来验证并发展理论力学体系。

三、本课程的学习目的

理论力学是一门理论性较强的专业基础课。

学习理论力学有如下目的:

第一,工程专业都要接触机械运动问题。在这些问题中,有些工程问题可以直接应用理论力学的基本理论去解决,有些比较复杂的问题需要用理论力学和其他专门知识来共同解决。学习理论力学是为解决工程问题打下一定的基础。

第二,理论力学课程是许多专业后续课程,如材料力学、机械原理、机械设计、结构力学、弹塑性力学、流体力学、飞行力学、振动理论等课程的重要基础。

第三,理论力学的研究方法与其他学科的研究方法有不少相同之处。理解理论力学的

研究方法,不仅可以深入地掌握这门学科,而且有助于学习其他科学技术理论,有助于培养辩证唯物主义世界观,掌握科学的思维方法,培养正确地分析问题和解决问题的能力,为今后解决生产实际问题,从事科学研究工作打下基础。

理论力学课程的教学目的

理论力学课程的教学目的,是根据国家对人才培养的要求,结合本课程的特点,以及学生的实际情况,而制定的。本课程的教学目的,是使学生掌握理论力学的基本概念、基本定律、基本定理,培养学生分析问题和解决问题的能力,使学生能够运用所学的知识,解决工程实际中的力学问题。本课程的教学目的,可以分为以下几个方面:

1. 使学生掌握理论力学的基本概念、基本定律、基本定理。

2. 培养学生分析问题和解决问题的能力。

3. 使学生能够运用所学的知识,解决工程实际中的力学问题。

4. 培养学生严谨的科学态度和实事求是的精神。

5. 培养学生团结协作、勇于探索的精神。

理论力学课程的教学内容

理论力学课程的教学内容,是根据国家对人才培养的要求,结合本课程的特点,以及学生的实际情况,而制定的。本课程的教学内容,可以分为以下几个方面:

1. 静力学:包括力的概念、力的合成与分解、力矩、力偶、平衡条件等。

2. 运动学:包括质点的运动、刚体的运动、运动的合成与分解等。

3. 动力学:包括质点的动力学、刚体的动力学、虚功原理等。

4. 振动:包括单自由度系统的振动、多自由度系统的振动等。

5. 波动:包括机械波、电磁波等。

理论力学课程的教学方法

理论力学课程的教学方法,是根据国家对人才培养的要求,结合本课程的特点,以及学生的实际情况,而制定的。本课程的教学方法,可以分为以下几个方面:

1. 讲授法:由教师讲解基本概念、基本定律、基本定理。

2. 实验法:通过实验,验证基本概念、基本定律、基本定理。

3. 讨论法:通过讨论,培养学生分析问题和解决问题的能力。

4. 作业法:通过作业,巩固所学知识。

5. 考试法:通过考试,检验学生的学习成果。

第一篇

静力学部分

第1章 静力学公理及物体的受力分析

本章导读

本章介绍静力学的基本概念和静力学公理,是静力学的重要基础。本章引入约束和约束反力的概念,介绍了几种常见的约束。对物体进行受力分析,正确画出物体的受力图是静力学和动力学的重要内容。

教学目标

通过对本章内容的学习,学生应该能够做到:

了解 静力学公理。

掌握 力的基本概念和性质,即平衡、刚体。

应用 约束的概念、常见约束和约束反力的特点。

分析 熟练地取出隔离体并正确地画出其受力图。

1.1 静力学的基本概念

静力学是研究物体在力系作用下的平衡条件的科学。其主要任务是确定平衡物体系统中各个构件的外部 and 内部机械作用。

静力学包括物体的受力分析、力系简化、各种力系的平衡条件等内容。

平衡是指把物体相对于地球静止或作匀速直线平移运动的状态,是物体机械运动的一种特殊情况。

力系是指作用于物体上的一群力。根据力系中诸力作用线的空间位置关系,可分为平行力系、汇交(共点)力系、力偶系、平面力系、空间力系等。

力系的等效替换(或简化)是在保持力系对物体作用效果不变的条件下,用另一个力系

代替原力系,这两个力系互为等效力系。若一个力与一个力系等效,则称此力为该力系的合力,而该力系的各力称为此力的分力。用一个简单力系等效替换一个复杂力系,称为力系的简化。

力系的平衡条件是通过力系的简化,可以容易地了解力系对物体总的效果。在一般情况下,物体在力系的作用下未必处于平衡状态,只有当作用在物体上的力系满足一定的条件时,物体才能平衡。物体平衡时作用在物体上的力系所满足的条件,称为力系的平衡条件。

平衡力系是指满足平衡条件的力系称为平衡力系。力系的简化是建立平衡条件的基础。平衡力系可以简化,非平衡力系亦可以简化。

因此,物体的受力分析、力系的等效替换和力系的平衡条件是静力学研究的主要内容。

1.1.1 刚体

在静力学中,我们所指的物体都是刚体。刚体是指物体在任意力(或力系)作用下,其内部任意两点之间的距离始终保持不变。其特点表现为物体受力后内部任意两点的距离始终保持不变。这是一种理想化的力学模型。

1.1.2 力

力是物体间相互的机械作用,这种作用对物体产生两种效应,即引起物体机械运动状态的变化和使物体产生变形,前者称为力的外效应或运动效应,后者称为力的内效应或变形效应。物体对物体的施力方式有两种:一种是通过物体间的直接接触而施力;另一种是通过力场对物体施力。

我们在初中物理接触过,力对物体的作用效果取决于力的大小、方向和作用点三个要素,即力的三要素。

在国际单位制中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

力的大小是指物体之间机械作用的强度。

力的方向表示物体的机械作用具有方向性。力的方向包括力的作用线方位和力沿作用线的指向。力的作用点是指物体间机械作用的位置。

物体相互接触发生机械作用时,力总是分布在一定的面上。如果力作用的面积较大,这种力称为分布力。反之,如果力作用的面积很小,可以近似地看成作用在一个点上,这就是集中力,此点称为力的作用点。用通过力的作用点表示力的方位的直线称为力的作用线。

实践表明,力是矢量,它可以用一条具有方向的线段表示。如图 1-1 所示,线段的长度按一定的比例尺表示力的大小,箭头的指向表示力的方向,线段的起点(或终点)表示力的作用点,而与线段重合的直线表示力的作用线。

本书中符号用粗黑斜体 F 表示力矢量。

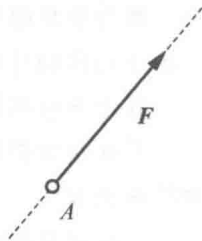


图 1-1

1.2 静力学公理

公理是人们在生活和生产活动中长期积累的经验总结,又经过实践的反复检验,被证明是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。

公理1 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,合力的大小和方向由这两个力为边构成的平行四边形的对角线确定,如图1-2(a)所示。合力矢等于两个分力矢的矢量和,即

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

力的平行四边形也可演变成为力三角形,由它能更简便地确定合力的大小和方向,如图1-2(b)、(c)所示,合力作用点在汇交点O

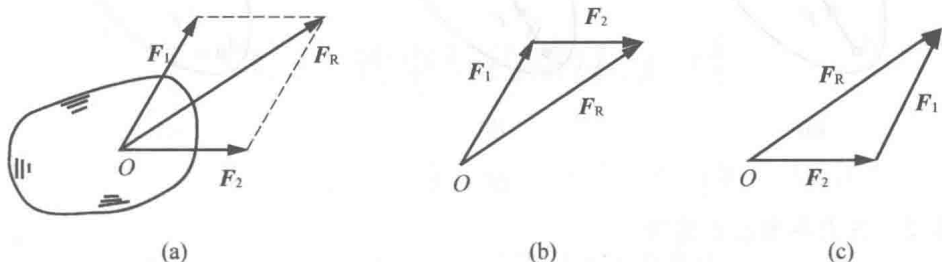


图 1-2

注意:上述公理表明了最简单力系的基本规律,它是任何复杂力系简化的基础。力多边形法则求合力,仅适用于汇交力系,且合力作用点仍在原力系汇交点。

公理2 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力最简单力系保持平衡时的必要与充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一条直线上。如图1-3所示的刚体在力 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 作用下平衡,则有 $\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$ 。

该公理给出了作用在刚体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件,也是以后推证平衡条件的基础。

注意:

(1)这个条件对于刚体是充分必要的;对于变形体只是必要但不是充分的。

(2)由二力平衡公理可知,二力杆所受的两个力必定沿两力作用点的连线,且等值、反向。所以,只有在两个力作用下平衡的构件,称为二力构件(简称二力杆)。

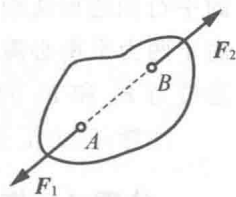


图 1-3

公理3 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,并不会改变原力系对刚体的作用效果。该公理提供了力系简化的重要理论基础。

由上述公理我们可以导出以下 2 个推理。

推论 1 力的可传性

作用在刚体上的力,可以沿其作用线移到刚体内任意一点,而不改变该力对刚体的作用效果。

证明:如图 1-4(a)所示的刚体,在点 A 受力 F 作用。若在力 F 的作用线上任一点 B 加上一平衡力系 F' 、 F'' 且使 $F'' = -F' = F$,如图 1-4(b)所示。由于 F 与 F' 构成一平衡力系,将此平衡力系去掉后,可得到作用于 B 点的力 F'' ,如图 1-4(c)所示。由于 $F'' = F'$,所以,原作用于 A 点的力 F 可以沿其作用线移到 B 点。

由此可见,作用在刚体上的力的三要素可表示为力的大小、方向和作用线。

注意: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。

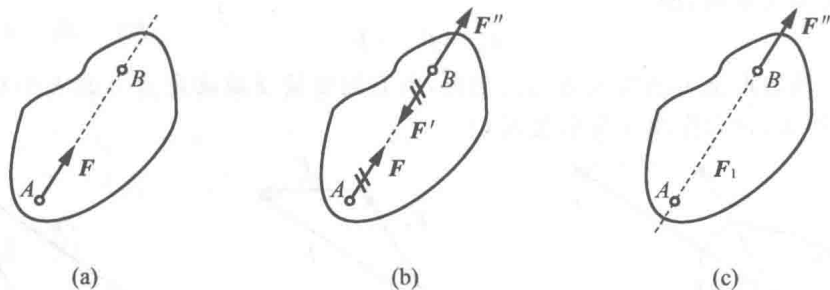


图 1-4

推论 2 三力平衡汇交定理

作用于刚体上三个力相互平衡的力,若其中任何两个力的作用线相交于一点。则此三个力的作用线亦必交于同一点,且第三个力的作用线通过汇交点。

证明:如图 1-5 所示,设有三个互相平衡的力 F_1 、 F_2 、 F_3 分别作用于刚体上的三个点 A、B、C。已知 F_1 和 F_2 的作用线交于点 O,根据力的可传性,将力 F_1 和 F_2 移到汇交点 O。根据力的平行四边形法则,得 F_1 和 F_2 的合力 F_{12} ,则 F_3 应与 F_{12} 平衡。由于两力平衡必需共线,所以,力 F_3 必定与力 F_1 和 F_2 共面,且通过力 F_1 和 F_2 的汇交点 O。

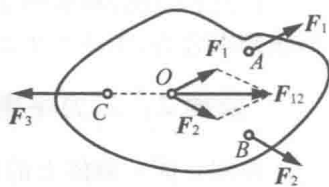


图 1-5

注意:三力汇交是刚体平衡的必要条件,但非充分条件。

公理 4 作用与反作用定律

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,沿同一直线分别作用在两个相互作用的物体上。由于作用力和反作用力分别作用在两个不同的物体上,这两个力并不能构成平衡力系,所以必须把作用与反作用公理与二力平衡公理区别开来。

若用 F 表示作用力,又用 F' 表示反作用力,则

$$F = -F'$$

注意:这个公理概括了物体间相互作用的关系,它表明作用力与反作用力总是成对出现的。所以,在对两个相互作用的物体分别进行受力分析时,必须遵循该公理。

公理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,则平衡状态保持不变。

这个原理提供了把变形体抽象成刚体的条件,建立了刚体力学与变形体力学的联系。

注意:刚体的平衡条件对变形体来说只是必要的,而不是充分的。

如图1-6(a)所示的刚性杆在两个等值反向的拉力作用下处于平衡。若将其变为绳索,则平衡状态保持不变;但对刚性杆受两个等值反向压力作用而平衡时,如果将该刚性杆变为绳索,则不能保持平衡状态,如图1-6(b)所示。

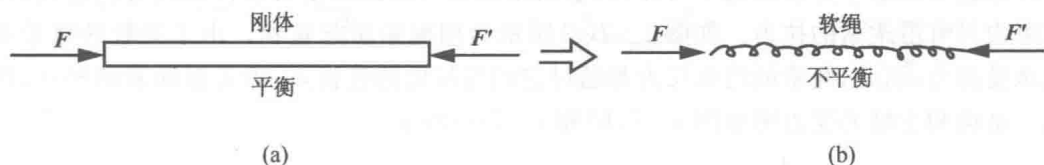


图 1-6

1.3 约束与约束反力

我们经常看到的物体,如:吹出的气泡、飞行的飞机和发射的炮弹等,它们在空间的位移不受任何限制。

凡位移不受任何限制可以在空间作任意运动的物体称为自由体。

相反,有些物体在空间的位移受到一定的限制,例如,火车受铁轨的限制,只能沿轨道运动;主轴受轴承的限制,只能绕轴线转动;称重物由吊勾套住,受绳索的拉力等。

这种在空间某些方向的位移受到限制的物体称为非自由体。

约束是指对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体。约束通常是通过与被约束体之间相互连接或直接接触而形成的。铁轨是火车的约束,轴承是主轴的约束,吊勾是重物的约束。这些约束分别阻碍了被约束物体沿着某些方向的运动。

约束作用于被约束物体上的力称为约束反力,正是约束反力阻碍物体沿某些方向运动。

在静力学中,对约束反力和物体受到的其他已知力(称为主动力)组成平衡力系,主要分析计算约束反力的大小和方向。约束反力的方向总是与约束所能阻止的运动方向相反,这是确定约束反力方向的准则;至于约束反力的大小,在静力学中可由静力平衡条件确定。在工程实际中,物体间连接方式很复杂,为分析和解决实际力学问题,必须将物体间各种复杂的连接方式抽象化为几种典型的约束模型。

下面介绍工程中常见的几种典型的约束模型和确定约束力方向的方法。

1.3.1 柔性体约束(柔索约束)

概念:像由链条、胶带、绳索、传动带、链条等柔软的、不可伸长的、不计重量的柔性连接物体构成的约束。

特点:柔软体约束本身只能承受拉力。故该类约束力,作用在连接点处或假设截割处,