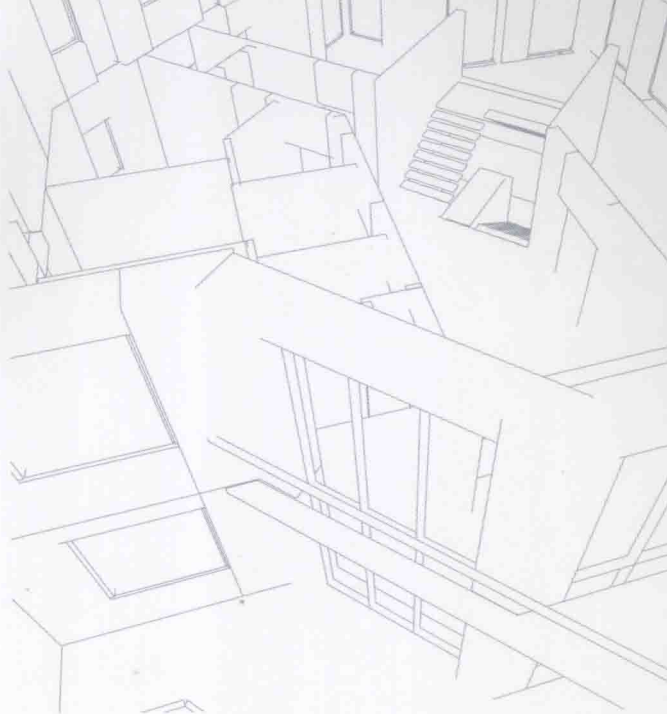


TUMU GONGCHENG



应用型本科院校
土木工程专业系列教材

YINGYONGXING BENKE YUANXIAO
TUMU GONGCHENG ZHUANYE XILIE JIAOCAI



建筑力学

JIANZHU LIXUE

主 编 ■ 李 鹏

副主编 ■ 康竹丹



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

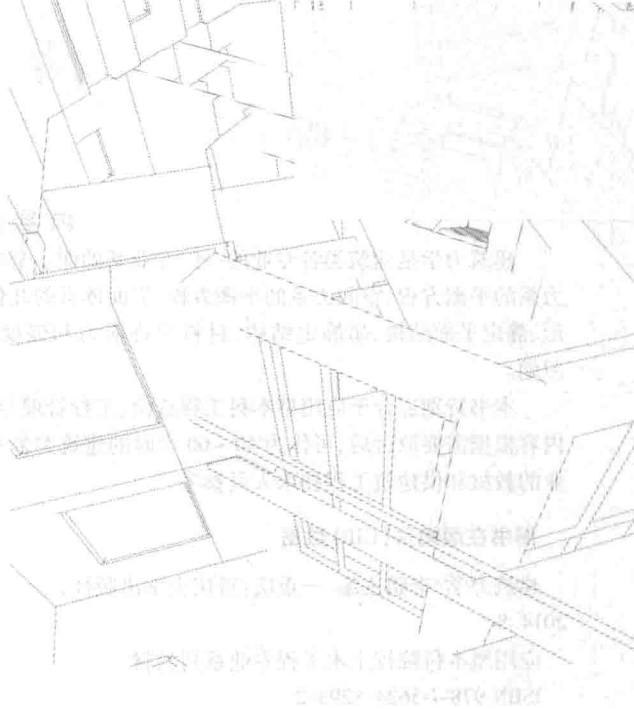
TUMU
GONGCHENG



重 大 版 · 建 筑

应用型本科院校
土木工程专业系列教材

YINGYONGXING BENKE YUANXIAO
TUMU GONGCHENG ZHUANYE XILIE JIAOCAI



建筑力学

JIANZHU LIXUE

主 编 ■ 李 鹏

副主编 ■ 康竹丹

参 编 ■ 秦 昕 王晓莹 陈韵迪

重庆大学出版社

内 容 提 要

建筑力学是建筑类各专业的一门专业基础课。全书共 13 章,包括静力学基础、平面力系基本计算、平面力系的平衡方程、空间力系的平衡方程、平面体系的几何组成分析、轴向拉伸与压缩变形、扭转变形、弯曲变形、静定平面结构、超静定结构、材料允许应力和强度条件、构件变形的刚度问题和压杆稳定。各章附有习题。

本书特别适合于应用型本科工程造价、工程管理专业作为教学用书。本书全部内容需 120 学时左右,对内容根据需要取舍后,可作为 40~60 学时的建筑类各专业的教学用书,也可作为学时数相近的建筑工程专业的教材和供建筑工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/李鹏主编. —重庆:重庆大学出版社,
2014. 8

应用型本科院校土木工程专业系列教材

ISBN 978-7-5624-8293-2

I. 建… II. 李… III. 建筑科学—力学—高等
学校—教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 133630 号

应用型本科院校土木工程专业系列教材

建筑力学

主 编 李 鹏

副主编 康竹丹

策划编辑:王 婷

责任编辑:李定群 高鸿宽 版式设计:王 婷

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:393千

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-8293-2 定价:29.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

建筑力学是现代建筑工程技术的基础,是建筑类各专业的一门专业基础课。本书根据应用型本科人才培养目标的要求编写,遵循“应用为主、够用为度”的原则,在编写内容上完全符合建筑类各专业建筑力学课程的基本要求,又力求在知识结构上有所创新。

首先,在知识体系整合方面有自己的特点,本书按照第1篇(构件和结构的外效应)、第2篇(构件和结构的内效应)、第3篇(构件和结构的安全工作条件)的结构形式,既继承了传统知识体系的完整性,又照顾到了宏观理论上的逻辑性。其次,本书特别注意了应用型本科学生的特点,对许多力学现象先进行定性分析,部分难点采取使学生在了解和掌握“是什么”和“怎么做”的基础上,再去理解“为什么”,具备直观、易懂的特点,适度减少了理论推导,降低了学习时的数学难度。在内容安排上,本书注意了由浅入深、循序渐进的原则(如第9章首先介绍桁架的内力),还注意了加强理论与工程实际相结合,增加了实际工程案例的介绍。

本书特别考虑到工程造价、工程管理的专业特色,内容上力求既宏观统一,又局部自成一体。讲完本书全部内容需120学时左右,对内容根据需要取舍后,又可作为40~60学时的建筑类各专业的教材使用。

本书由重庆大学李鹏担任主编,四川锦城学院康竹丹任副主编,重庆大学秦昕、王晓莹、陈韵迪参与编写。具体分工如下:李鹏编写第1章、第3章、第6章、第7章、第8章、第11章;康竹丹编写第2章、第5章、第12章;秦昕编写绪论和第4章;王晓莹编写第9章和第10章;陈韵迪编写第13章。全书由李鹏统稿和定稿。

在本书编写过程中,重庆大学蹇开林教授、四川大学曾祥国教授提出了许多宝贵意见,特此致谢。

本书免费提供了配套的电子课件,包含各章的授课ppt课件,课后习题参考答案及两套试卷(含答案),放在重庆大学出版社教学资源网上供教师下载(网址:<http://www.cqup.net/edustrc>)。

本书编写人员长期担任建筑力学的教学工作,书中融入了许多教学经验和体会。但由于水平有限,时间仓促,错误和疏漏在所难免,敬请读者在使用过程中提出批评和建议。

编者

2014年4月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第 1 篇 构件和结构的外效应

1 静力学基础	4
1.1 静力学基本概念	4
1.2 静力学基本原理	5
1.3 约束和约束反力	8
1.4 物体的受力分析	12
习题 1	16
2 平面力系的基本计算	18
2.1 力在坐标轴上的投影	18
2.2 合力投影定理	20
2.3 力矩	21
2.4 力偶与力偶矩	23
2.5 力的平移定理	25
习题 2	26
3 平面力系的平衡方程	28
3.1 平面力系的简化	28



3.2	平面力系的平衡方程及应用	30
3.3	平面特殊力系的平衡	33
3.4	物体系统的平衡	34
	习题3	35
4	空间力系的平衡方程	39
4.1	力在空间直角坐标轴上的投影	39
4.2	空间力对轴之矩	41
4.3	空间力系的平衡方程	43
	习题4	47
5	平面体系的几何组成分析	49
5.1	几何组成的基本要素	49
5.2	几何不变体系的组成规则	52
5.3	平面体系的几何组成分析	54
	习题5	56

第2篇 构件和结构的内效应

6	轴向拉伸与压缩变形	60
6.1	轴向拉伸与压缩概述	60
6.2	拉压杆的内力	61
6.3	拉压杆横截面上的应力	64
6.4	杆的变形	66
	习题6	69
7	扭转变形	70
7.1	扭转变形概述	70
7.2	轴的扭矩与扭矩图	71
7.3	圆轴横截面上的应力	73
7.4	圆轴扭转时的变形	77
	习题7	77
8	弯曲变形	79
8.1	概述	79
8.2	梁的内力计算	81
8.3	内力方程和内力图	84
8.4	微分关系法作内力图	87

8.5 叠加法作内力图	90
8.6 常用截面的惯性矩	91
8.7 梁的正应力计算	93
8.8 梁的切应力	97
8.9 梁的变形	99
习题 8	106
9 静定平面结构	112
9.1 静定平面桁架的内力	112
9.2 静定梁的内力	117
9.3 静定平面刚架的内力	123
9.4 三铰拱	128
9.5 静定结构的位移计算	133
9.6 图乘法求积分	141
习题 9	145
10 超静定结构	149
10.1 力法	150
10.2 位移法	163
10.3 力矩分配法	176
10.4 超静定结构特征	183
习题 10	184

第 3 篇 构件和结构的安全工作条件

11 材料允许应力和强度条件	188
11.1 材料在拉(压)时的力学性能	188
11.2 材料允许应力	193
11.3 轴向拉压杆的强度计算	193
11.4 连接件强度计算	196
11.5 圆轴扭转的强度计算	200
11.6 梁的强度计算	201
习题 11	207
12 构件变形的刚度问题	212
12.1 圆轴扭转的刚度计算	212
12.2 梁的刚度计算	213
习题 12	214

13 压杆稳定	216
13.1 压杆稳定性概念	216
13.2 压杆稳定的临界力计算	218
13.3 压杆稳定的临界应力	221
13.4 压杆稳定的实用计算	223
13.5 提高压杆稳定性的措施	227
习题 13	228
附录 型钢表	231
参考文献	242

绪 论

根据经典力学基础理论结合建筑结构力学特征建立的建筑力学,有机地综合了理论力学中的静力学部分、材料力学和结构力学的基本内容而自成一体,形成一门应用性较强的技术基础学科。

建筑力学的主要任务是研究构件及结构在荷载及其他因素作用下的工作状况。在建筑物或构筑物中起骨架(承受和传递荷载)作用的主要部分,称为建筑结构;组成建筑结构的基本单元,称为构件。本课程研究对象即为建筑工程中最简单和最常见的杆状构件及杆系结构。如图 0.1 所示为工业厂房剖面图,其中,屋架、行车、牛腿边柱均为杆件结构。

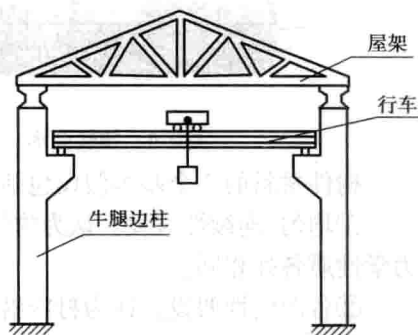


图 0.1 工业厂房剖面

罗马时期,建筑学巨著《建筑十章》首次系统地提出了建筑设计的基本目标,即是安全性、功能性和艺术性原则,这一设计思想经历 2 000 年的历史沉淀,又经现代科学和艺术的陶冶而得到进一步发展并日趋成熟和完善。对建筑物设计的安全性要求、构件(或结构)的工作安全,必须满足以下 3 个最基本的条件:

- ①强度。构件(或结构)抵抗破坏的能力。
- ②刚度。构件(或结构)抵抗变形的能力。
- ③稳定性。构件(或结构)保持原有平衡形态的能力。

建筑力学的任务即为研究并解决建筑工程中构件或结构的强度、刚度和稳定性问题。在保证构件(或结构)安全可靠且经济节约的前提下,为构件(或结构)设计计算提供基本的理论和计算方法。

对于非杆系结构的其他结构,如薄壁结构、实体结构等,则有相应的力学课程如板壳理论、弹性力学等对其基本理论和计算方法进行专门的分析和研究。对于实际工程中较复杂的结构体系,现在通常采用有限元法,并结合电算而得到数值解。

建筑力学作为一门技术基础学科,其研究方法是采用理论分析和实验研究相结合的科学方法。在定量分析和计算上,静力平衡方程及其应用起到核心和关键作用。在研究构件变形过程中,将杆件变形归纳为4种基本形式,并作了3个基本假设。

杆件的4种基本变形形式如下:

①轴向拉伸与压缩变形。在杆的轴线上作用一对平衡外力,将引起杆沿轴线方向伸长或缩短的变形,称为轴向拉伸或压缩变形,如图0.2所示。



图 0.2 轴向拉伸(压缩)变形

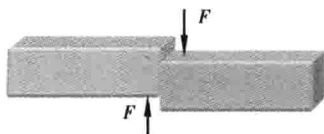


图 0.3 剪切变形

②剪切变形。杆件受到一对大小相等、方向相反、作用线互相平行且相距很近的横向外力作用时,将引起其横截面沿力的方向发生相对错动的变形,称为剪切变形,如图0.3所示。

③扭转变形。杆件受一对力偶(或力偶系)的作用,且力偶作用面垂直于杆轴线,则杆的各横截面绕轴线发生相对转动,如图0.4所示。

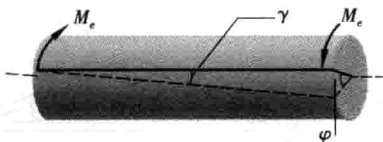


图 0.4 扭转变形

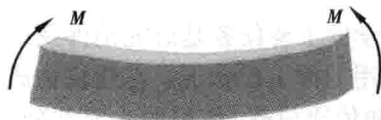


图 0.5 弯曲变形

④弯曲变形。在杆的横向方向上作用外力(集中力、集中力偶、分布力等),杆的轴线由原来的直线变形为曲线,称为弯曲变形,如图0.5所示。

构件材料的3个基本假设包括以下内容:

①均匀、连续性假设。认为物体在其整个体积内无空隙地充满了物质,且物体内部物质的力学性质各处相同。

②各向同性假设。认为材料沿不同方向具有相同的力学性质。

③小变形假设。认为构件的变形是微小的或其变形量相对构件原几何尺寸是微小的。

上述基本假设是基于实际工程结构与结构理论计算之间的差异,以达到既能对结构进行简化并进行抽象的、数值化的分析和计算,又不偏离实际结构的力学本质特性。

第 1 篇

构件和结构的外效应

【综述】

物体在外力作用下运动状态的变化,称为物体的外效应。在静力学中,物体都处于平衡状态,通过研究物体的外力平衡条件,即物体的平衡方程,可清楚地了解静定物体上的外力情况。静力学即是解决构件和结构的外力问题。

1

静力学基础

1.1 静力学基本概念

1) 力的概念

力是物体之间的相互机械作用,其作用效应有两个:一是使物体运动发生变化,称为外效应;二是使物体形状、尺寸发生变化,称为内效应。



图 1.1 力的表示

力的作用效果取决于力的三要素:力的大小、方向和作用点。如图 1.1 所示,可用一带箭头的有向线段 $\vec{F}$ 表示,有向线段的长短、箭头方向、起点(或终端)分别依次代表其三要素。力的国际单位是 N(牛顿),除国际单位工程中还常用 kN 和 GN; $1 \text{ GN} = 10^3 \text{ MN}$, $1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN}$, $1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N}$ 。力是矢量,还需确定其大小和方向。

2) 力系的概念

力系是指两个(或以上)力的统称。如图 1.2 所示,物体受到 3 个力作用,由于该三力的作用线互相平行,故可称为平行力系。如果两个力系分别作用在同一物体上,其外效应相同,则称该两个力系互为等效力系。值得注意的是,“等效”仅指外效应相同,而内效应不一定相同。若一个力在物体上的作用效果与某力系作用效果相同(指外效应),则该力称为力系的合力,而力系中的每一个力称为该合力的分力。

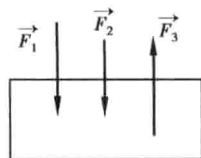


图 1.2 平行力系

3) 平衡的概念

在一般工程中,将相对地面静止的物体称为处于平衡状态。如图 1.3 所示,放置在地面上的物体受重力和地面反力的共同作用相对地面静止,因此,该物体处于平衡状态。处于平衡状态物体上所有作用的外力构成的力系,称为平衡力系。如图 1.3 所示放置在地面上的物体受重力和地面反力的共同作用,显然该物体处于平衡状态。此时,由重力与反力组成的力系,称为平衡力系。

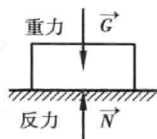


图 1.3 平衡力系

4) 刚体的概念

所谓刚体,是指在外力作用下形状及尺寸均不发生改变物体。理想的刚体在自然界中是不存在的,在外力作用下任何物体的形状及尺寸都会发生改变。但在外力作用下固体的形状及尺寸改变很小,这样小的形状及尺寸改变对固体外效应的影响更小,因此,在研究物体外效应时可将固体看成刚体。这样一来,不仅使得计算过程得到大大的简化,其计算精度也完全满足工程实际的需要。应特别注意,在研究物体内部效应时固体的刚体模型就不适宜了。

1.2 静力学基本原理

静力学的基本理论是建立在牛顿力学基础之上,牛顿力学的逻辑系统及其构成形式又受到欧几里得《几何原本》思想的影响,即

建立基本概念→确定公设(公理)→推导出定理(计算理论)→应用

静力学的部分基本原理如下:

原理 1(二力平衡公理):如果一个物体只受到两个力的作用,其平衡的充分必要条件是该二力大小相等、方向相反、作用线共线。只受到两个力作用的物体称为二力体,受到两个力作用的杆件称为二力杆。如图 1.3 所示,放置在地面上的物体受到地面对它的反力 $\vec{N}$ 和地球对它的引力 $\vec{G}$ 作用,如果平衡则满足 $N = G$ 。

原理 2(加减平衡力系公理):在物体上(无论其是否处于平衡状态)加上或减去一个平衡力系都不会改变物体的外效应,但内效应则可能发生改变。如图 1.4 所示为由压缩的平衡状态转化为拉伸的平衡状态。

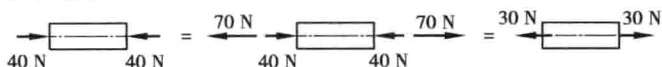


图 1.4 加减平衡力系公理

推论 1(力的可传性原理):作用在刚体上的力可在该物体上沿力的作用线任意移动而不改变原力对外效应。如图 1.5 所示的 3 种受力状态,图 1.5(a)中在物体的 A 点作用力 $\vec{F}$,以图 1.5(a)为基础,在 B 点加上一对平衡力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$,并且要求 $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ 与 $\vec{F}$ 力的大小相等作用线共线,从而得到图 1.5(b);根据加减平衡力系原理可知,图 1.5(a)与图 1.5(b)的物体的受力状态其外效应不变。同理,图 1.5(c)与图 1.5(b)的外效应不变,因而图 1.5(a)与图 1.5(c)的外效应相同,相当于把作用在 A 点上的力在该物体上沿力的作用线移到 B 点而

没有改变原力对物体的外效应。

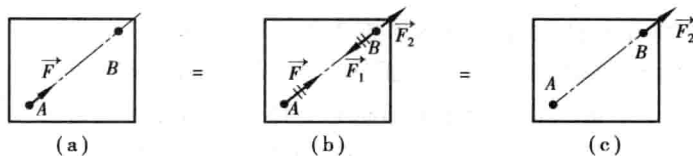


图 1.5 力的可传性

例如,作用在物体上的4个力的作用点并不相同,如图1.6(a)所示。但应用力的可传性,可将所有的力沿其作用线移动到A点而成为共点力系且不改变其外效应,如图1.6(b)所示。

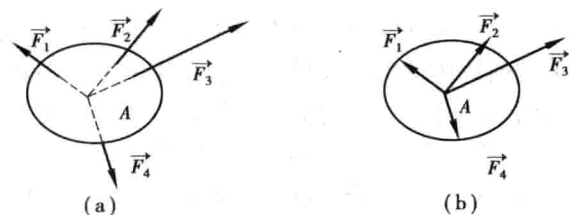


图 1.6 力的可传性应用

原理3(力的平行四边形法则):作用在物体同一点上的两个力可以合成为一个作用线经过该点的合力,该合力的大小及方向由以原二力为相邻边所确定的平行四边形的对角线来表示(或确定)。如图1.7(a)所示,矢量力 $\vec{F}$ 是力 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 的合力。力的合成也可采用力的三角形法则:矢量力 $\vec{F}$ 是由力 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 首尾相接而成,如图1.7(b)所示。

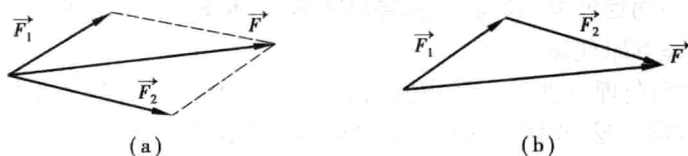


图 1.7 力的合成

力的分解是合成的逆运算,在图1.8(a)中,力 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 是力 $\vec{F}$ 的分力;力 $\vec{F}_3$ 与 $\vec{F}_4$ 也是力 $\vec{F}$ 的分力。显然,分解的方法是无数的,但正交分解最为常见,如图1.8(b)所示力的正交分解状况,即力 $\vec{F}_x$ 与 $\vec{F}_y$ 是力 $\vec{F}$ 的分力, α 为力 $\vec{F}$ 与 x 轴所夹锐角,合力与分力之间的数值关系为

$$F_x = F \cos \alpha \quad (1.1)$$

$$F_y = F \sin \alpha \quad (1.2)$$

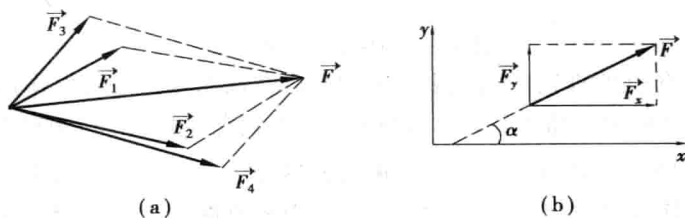


图 1.8 力的分解

对于作用在同一点上的多个力也可进行合成,其基本方法是多次使用力的三角形的法

则,即力的多边形法则。在图 1.9(a)中,作用在 A 点上的 4 个力 $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ 及 $\vec{F}_4$, 其合力为 $\vec{F}$ 。其中, $\vec{F}_{12}$ 代表 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 的合力, $\vec{F}_{123}$ 代表 $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ 的合力。其合成过程如图 1.9(b) 所示, 其中封闭边代表合力。

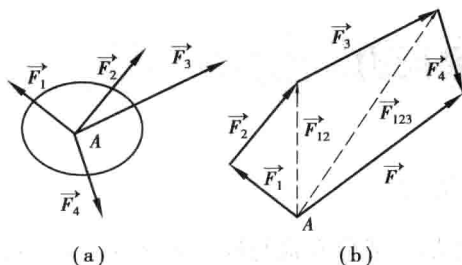


图 1.9 力的多边形法则

推论 2(三力平衡汇交定理): 一个物体只受到 3 个力的作用, 且该三力不互相平行, 则物体平衡的必要条件是该三力汇交于一点。

物体受 $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ 3 个力作用, 由于三力不互相平行则可假设 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 汇交于 A 点如图 1.10(a) 所示。 $\vec{F}_{12}$ 代表 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 的合力, 该三力平衡的充分条件是 $\vec{F}_{12}$ 与 $\vec{F}_3$ 大小相等、方向相反、作用线共线。如图 1.10(b) 所示的 3 个力 $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ 虽然汇交, 但并不平衡。因此, 三力汇交是平衡的必要条件而不是充分条件。

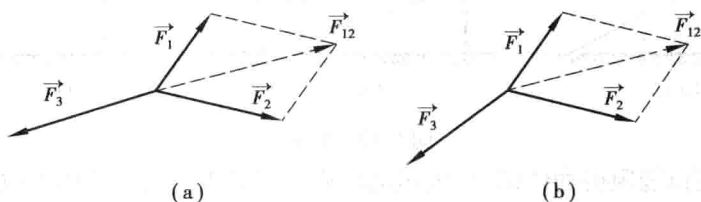


图 1.10 三力汇交定理

三力汇交定理的实质是: 作用在物体上的 3 个力, 若三力互相平行是可能平衡的, 如图 1.11(a) 所示; 若三力汇交于一点, 也是可能平衡的, 如图 1.11(b) 所示; 但三力若既不互相平行也不汇交, 则一定不能平衡, 如图 1.11(c) 所示。

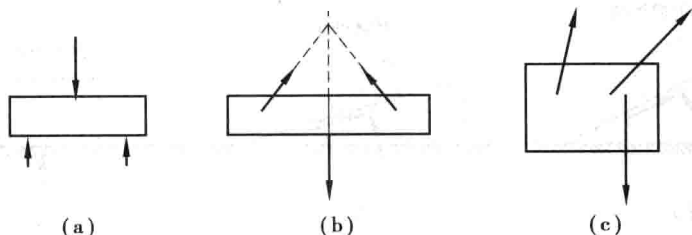


图 1.11 三力平衡状态

原理 4(作用力与反作用力定律): 两物体之间的相互作用力总是同时成对地出现, 其大小相等、方向相反、作用线共线, 而且分别作用在这两个物体上。如图 1.12 所示, 物体受到地面的反力 $\vec{F}_1$ 与物体对地面的压力 $\vec{F}_2$ 就是作用力与反作用力关系。

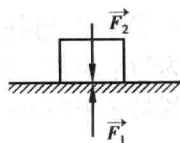


图 1.12 作用力与反作用力

值得注意的是,无论物体是否处于平衡状态,该原理都是成立的。例如,空中自由下落的物体,它对地球的引力与地球对它的引力属于作用力与反作用力关系,但该物体并不平衡,因为该二力不作用在同一物体上,不是二力平衡关系。

1.3 约束和约束反力

► 1.3.1 约束及约束反力

在工程实际中,每个物体都以某种方式与周围物体相互联系,这种联系也使得物体间的运动受到一定的限制。一个物体的运动受到周围物体的限制时,这些周围物体称为该物体的约束。如图 1.13(a) 所示,斜面上的物体在考虑摩擦的条件下,虽然由于摩擦力不够大,物体依然下滑,但斜面对物体下滑运动仍然有阻碍作用,对下滑物体而言,斜面就是约束。如图 1.13(b) 所示,斜面上的物体在摩擦力的作用下,阻止了物体下滑运动,处于静止状态,但物体仍然有下滑运动趋势,此时,斜面阻碍了物体下滑运动趋势,斜面就是约束。同样,如图 1.13(c) 所示,物体放置在水平地面上处于静止状态,地面对物体而言就是约束。

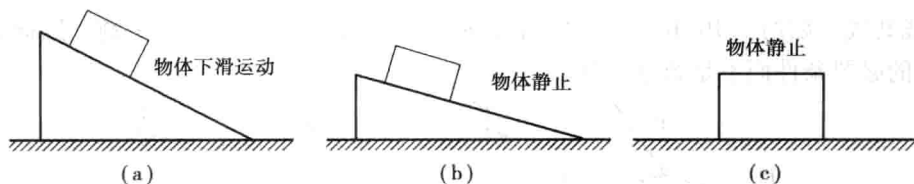


图 1.13 约束

周围物体之所以能阻碍物体运动(或运动趋势),那是因为周围物体对被约束物体产生了阻碍其运动(或运动趋势)的作用力。如图 1.14(a)、(b) 所示,斜面上物体受到的摩擦力和法向反力(斜面的支持力)属于这种力,如图 1.14(c) 所示,水平地面上物体受到的法向反力(支持力)也属于这种作用力。周围物体作用于被约束物体上阻碍其运动(或运动趋势)的力,称为约束反力。

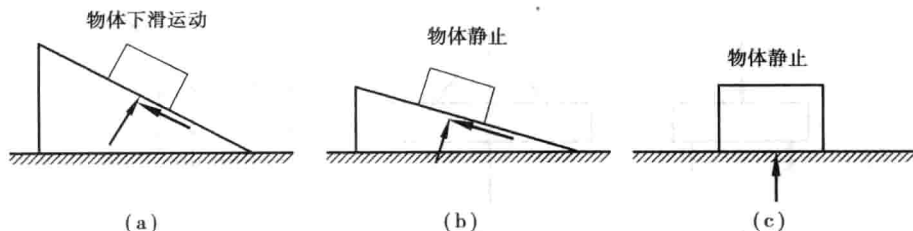


图 1.14 约束反力

工程实际中,将物体上作用的外力分为主动力和被动力。其中,主动力又被称为荷载,被动力则为约束反力。在建筑力学讨论的问题中,荷载一般都是已知的,因此,建筑力学的第一个问题就是求解约束反力,求出了约束反力则物体所受的外力就都清楚了。

► 1.3.2 工程中常见约束

工程结构中的约束现象可归结为以下 7 大类：

1) 柔性约束

如图 1.15(a)、(b)所示,物体受到柔绳的约束作用。其约束反力的特点是:作用在接触点,沿柔绳的中心线,表现为拉力。

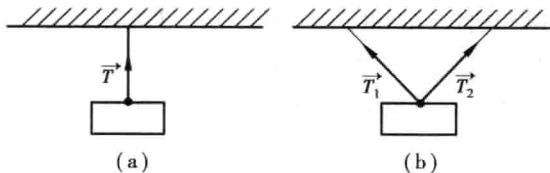


图 1.15 柔性约束

2) 光滑接触面约束

在不考虑摩擦的情况下,物体相互接触,通过接触点(面)产生压力。约束反力的特点是:作用在接触点(面),沿物体接触面的公法线指向物体,称为法向反力。

如图 1.16(a)所示,小球受到的法向反力 $\vec{N}_A$;如图 1.16(b)所示为杆件在 ABC 3 点受到的法向反力 $\vec{N}_A$, $\vec{N}_B$ 和 $\vec{N}_C$ 。

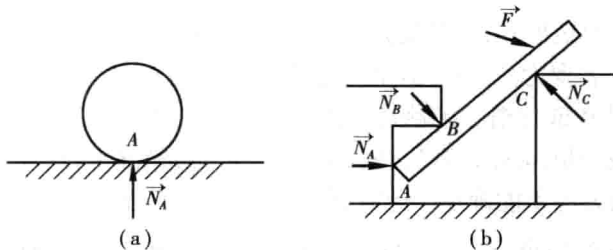


图 1.16 光滑接触面约束

3) 光滑圆柱形铰约束

光滑圆柱形铰约束可视为光滑接触面约束的应用。如图 1.17(a)所示,在一固定的矩形板上挖穿一圆孔,在圆孔内插入一圆柱形销钉,销钉的直径约小于圆孔的直径且相互之间光滑接触,假定圆柱形销钉由于某种其他外力作用而与矩形板的圆孔内壁相接触于 C 点,此时,圆柱形销钉与矩形板圆孔内壁之间的约束关系属于光滑接触面约束,矩形板对圆柱形销钉将产生约束反力 $\vec{F}$, $\vec{F}$ 力作用在销钉的 C 点并沿公法线指向销钉表现为压力,即约束反力的作用线经过销钉的轴心 O;圆柱形销钉对矩形板圆孔内壁产生的约束反力 $\vec{F}'$ 是约束反力 $\vec{F}$ 的反作用力,作用在矩形板圆孔内壁的 C 点并沿公法线指向矩形板表现为压力,即约束反力 $\vec{F}'$ 的作用线依然经过销钉的轴心 O,如图 1.17(b)所示;如果圆柱形销钉与矩形板的圆孔内壁相接触于其他点 A 而不是 C 点,则矩形板圆孔内壁受到销钉的约束反力 $\vec{F}''$ 的作用点在矩形板圆孔内壁的 A 点并沿公法线指向矩形板表现为压力,其作用线依然经过销钉的轴心 O,如图 1.17(c)所示。