



高等教育“十二五”（精品）规划教材

建筑力学

沈建康 杨 梅 © 主编



武汉理工大学出版社



高等教育“十二五”(精品)规划教材

建筑力学

沈建康 杨 梅 ◎ 主 编
周志海 张兴亮 李汉平 ◎ 副主编



武汉理工大学出版社

内容简介

为了适应目前高等教育“校企合作,工学结合”的人才培养模式和基于工作过程的课程体系开发,结合建筑大类专业建设与改革,注重当前教材“运用为主,够用为度”的编写原则,突出了知识的实践性和应用性的要求,以满足培养建筑大类专业施工、管理、服务第一线的高技能应用型专门人才的需要。通过学习和任务训练使学生具有扎实的力学基础知识和应用能力,将力学分析的方法与相关专业课程结合起来,具备在生产第一线应用力学方法解决实际问题中遇到的有关力学问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/沈建康,杨梅主编. --武汉:武汉理工大学出版社,2012.2

ISBN 978-7-5629-3643-5

I. ①建… II. ①沈… ②杨… III. ①建筑力学—高等职业教育—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 274696 号

出版发行 武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

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

E-mail: yangxuezh@mail.whut.edu.cn

印刷者 高碑店市鑫宏源印刷包装有限责任公司

经销者 各地新华书店

开本 787×1092 1/16

印张 16.5

字数 411 千字

版次 2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—5000

定价 38.00 元

凡购本书,如有缺页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,侵权必究

前 言

为了适应目前高等教育“校企合作,工学结合”的人才培养模式和基于工作过程的课程体系开发,结合建筑大类专业的建设与改革,注重当前教材“运用为主,够用为度”的编写原则,突出了知识的实践性和应用性要求,以满足培养建筑大类专业施工、管理、服务第一线的高技能应用型专门人才的需要。通过学习和任务训练使学生具有扎实的力学基础知识和应用能力,将力学分析的方法与相关专业课程结合起来,具备在生产第一线应用力学方法解决实际问题中遇到的有关力学问题的能力。

本教材结合示范院校建设的要求,经过三轮修订和完善,具有以下特点:

1. 符合高等教育人才培养模式、课程体系和教学内容改革的要求,按照专业建设培养目标,进一步加强教学内容的针对性和实用性,采用模块化教学,整合教学内容。

2. 实施开放式的教材编审模式,聘请生产第一线专家和工程技术人员研讨教材教学内容,使教学内容具有实用性。

3. 为了适应高等教育的应用型人才培养需求,本教材精简了公式的推导,注重工程实际应用。

经审定,本书可作为高等院校土建专业通用教材,也可作为相关工程技术人员培训使用教材。

本教材由沈建康、杨梅担任主编,周志海、张兴亮、李汉平担任副主编,具体编写分工如下:绪论、第一章、第三章、第七章由江苏建筑职业技术学院杨梅编写,第四章、第十二章由怀化职业技术学院周志海编写,第二章、第五章由淮南职业技术学院张兴亮编写,第六章由江西工程职业学院李汉平编写,第八章、第九章、第十章、第十一章由江苏建筑职业技术学院沈建康编写。

本教材在编写过程中得到许多施工企业一线专家和工程技术人员的大力支持,他们对本教材的内容提出了很多很好的建议,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中内容难免存在错误或不当之处,敬请读者批评指正。

高等教育教材编审委员会

2011 年 12 月

目 录

CONTENTS

绪论

- ◎ 0.1 建筑力学的研究对象 1
- ◎ 0.2 建筑力学研究的内容及任务 3
- ◎ 0.3 学习建筑力学的意义及方法 3

第一章

静力学的基本概念

- ◎ 1.1 力和平衡的概念 6
- ◎ 1.2 静力学基本公理 7
- ◎ 1.3 约束与约束反力 9
- ◎ 1.4 物体的受力分析与受力图 12
- ◎ 1.5 结构的计算简图及分类 15
- ◎ 复习思考题 19
- ◎ 习题一 19

第二章

平面力系

- ◎ 2.1 平面汇交力系 22
- ◎ 2.2 平面力偶系 26
- ◎ 2.3 平面一般力系 31
- ◎ 2.4 平面平行力系 39
- ◎ 2.5 物体系统的平衡 41
- ◎ 复习思考题 47
- ◎ 习题二 48

第三章

平面体系的几何组成分析

- ◎ 3.1 几何组成分析的目的 55
- ◎ 3.2 几何组成分析的重要概念 56
- ◎ 3.3 几何不变体系的组成规则 58
- ◎ 3.4 体系几何组成分析举例 59
- ◎ 3.5 静定结构与超静定结构概念 61
- ◎ 复习思考题 62

第四章

◎ 习题三	62
-------------	----

静定结构的内力分析

◎ 4.1 直杆轴向拉伸与压缩时的轴力	66
◎ 4.2 圆轴直杆扭转时的扭矩	68
◎ 4.3 静定平面桁架	73
◎ 4.4 静定梁	79
◎ 4.5 静定平面刚架	90
◎ 4.6 三铰拱	94
◎ 4.7 静定平面组合结构	99
◎ 习题四	101

第五章

平面图形的几何性质

◎ 5.1 静矩和形心	108
◎ 5.2 惯性矩、惯性半径	110
◎ 习题五	113

第六章

杆件的应力分析和强度计算

◎ 6.1 轴向拉伸和压缩杆件承载力分析	116
◎ 6.2 剪切构件承载力分析	123
◎ 6.3 圆轴扭转时的承载力分析	127
◎ 6.4 梁弯曲时的承载力分析	128
◎ 6.5 组合变形的应力和强度计算	140
◎ 习题六	148

第七章

压杆稳定

◎ 7.1 压杆稳定的概念	153
◎ 7.2 细长压杆的临界力公式——欧拉公式	154
◎ 7.3 压杆的稳定计算——折减系数法	157
◎ 习题七	160

第八章

静定结构的位移计算

◎ 8.1 计算结构位移的目的	163
◎ 8.2 变形体的虚功原理	164
◎ 8.3 静定结构在荷载作用下的位移计算	165
◎ 8.4 图乘法	171
◎ 8.5 支座移动时静定结构的位移计算	177
◎ 8.6 线弹性结构的互等定理	179

第九章

◎ 习题八	182
-------------	-----

力法

◎ 9.1 超静定结构的概念及超静定次数的确定	186
◎ 9.2 力法的基本原理和力法典型方程	188
◎ 9.3 力法计算步骤和示例	191
◎ 习题九	201

第十章

位移法

◎ 10.1 位移法基本概念	205
◎ 10.2 等截面直杆的转角位移方程	206
◎ 10.3 位移法基本未知量数目的确定	209
◎ 10.4 用位移法计算超静定梁和刚架	211
◎ 习题十	218

第十一章

力矩分配法

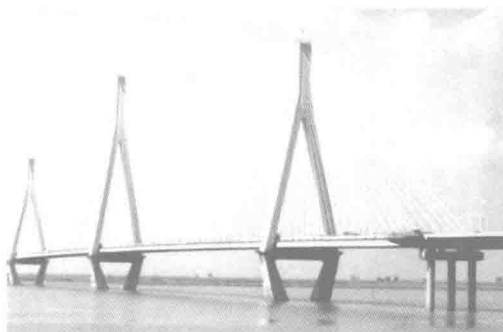
◎ 11.1 力矩分配法的基本概念	222
◎ 11.2 力矩分配法的基本原理	225
◎ 11.3 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	231
◎ 习题十一	235

第十二章

影响线

◎ 12.1 影响线的概念	238
◎ 12.2 用静力法作单跨静定梁的影响线	238
◎ 12.3 影响线的应用	243
◎ 12.4 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	249
◎ 习题十二	254

绪 论



(a)



(b)



(c)

图 0-1

我们的身边处处可见各种各样的建筑物和构筑物(图 0-1),它们是人们生活、学习、居住、娱乐等所必需的,广而言之,凡是有人类活动的地方就有建筑物和构筑物存在。任何建筑物和构筑物在施工和建成后的使用过程中,都要受到各种各样的力的作用,例如建筑物各部分的自重、人和设备的重力、风力、地震力等,它们在工程上被称为荷载。

只要我们平常稍加注意建筑物的施工过程,便可以看到这些建筑物是由许多的构件组合起来的。建筑物在建造之前,设计人员会对它所有的构件一一进行受力分析,选择合适的建筑材料和结构形式,通过结构计算确定构件形状和尺寸。这样才能保证建筑物的牢固和安全。这种繁复而又细致的计算工作,必须要有科学的计算理论作为依据才有可能进行。

建筑力学便是为建筑结构受力分析和计算提供理论依据的一门学科。它将为读者打开解决施工现场中许多受力问题的大门。本教材的建筑力学部分将研究这些理论的最基本的部分,讨论受力分析问题。

0.1 建筑力学的研究对象

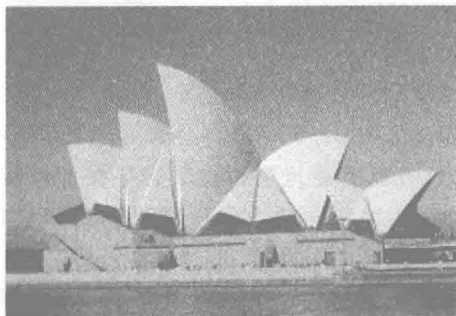
建筑力学的研究对象为建筑结构及其构件。建筑结构如厂房、桥梁、闸、坝、电视塔等,是由各种建筑材料制成的构件(如梁、柱等)按合理方式连接而成,并能承受和传递荷载,起骨架作用。而结构的各组成部分称为构件。结构一般是由若干个构件连接而成,如桁架、框架等。

最简单的结构则是单个构件,如单跨梁、独立柱等。

结构按其几何特征可分为三类:



(a)



(b)



(c)

图 0-2

(a) 艾菲尔铁塔; (b) 悉尼歌剧院; (c) 混凝土挡土墙

1. 杆系结构

长度方向的尺寸远大于横截面上两个方向尺寸的构件称为杆件。由若干杆件通过适当方式相互连接而组成的结构体系称为杆系结构,例如刚架、桁架及埃菲尔铁塔,如图 0-2(a) 所示。

2. 板壳结构

也可称为薄壁结构,是指厚度远小于其他两个方向上尺寸的结构。其中,表面为平面形状者称为板;为曲面形状者称为壳。例如一般的钢筋混凝土楼面均为平板结构,一些特殊形体的建筑,如悉尼歌剧院的屋面及一些穹形屋顶就为壳体结构,如图 0-2(b) 所示。

3. 实体结构

也称块体结构,是指长、宽、高三个方向尺寸相仿的结构。如重力式挡土墙、水坝、建筑物基础等均属于实体结构,如图0-2(c)所示。

0.2 建筑力学研究的内容及任务

无论是工业厂房还是民用建筑、公共建筑,它们的结构及组成结构的各构件都相对于地面保持静止状态,这种状态在工程上称为平衡状态。当结构承受和传递荷载时,各构件都必须能够正常工作,这样才能保证整个结构的正常使用。因此,首先要求构件在受荷载作用时不发生破坏。如当吊车起吊重物时荷载过大,会使吊车梁发生弯曲断裂。但构件不发生破坏并不一定能保证正常工作。例如,吊车梁的变形如果超过一定的限度,上面的吊车就不能正常的行驶;楼板变形过大,其上的抹灰就会脱落。此外,有一些构件在荷载作用下,其原来形状的平衡可能丧失稳定性。例如细长的中心受压柱子,当压力超过某一定值时,会突然地改变原来的直线平衡状态而发生弯曲,以致构件倒塌,这种现象称为“失稳”。由此可见,要保证构件的正常工作必须满足以下三个要求:

(1)在荷载作用下构件不发生破坏,即应具有足够的强度;

(2)在荷载作用下,构件所产生的变形在工程的允许范围内,即应具有足够的刚度;

(3)承受荷载作用时,构件在其原有形状下的平衡应保持稳定,即应具有足够的稳定性。

构件的强度、刚度和稳定性与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中,如果把构件截面设计得过小,构件会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用,或因强度不足而迅速破坏;如果构件截面设计得过大,其能承受的荷载远远大于所受的荷载,则又会不经济,造成人力、物力上的浪费。因此,结构和构件的安全性与经济性是矛盾的。建筑力学的任务就是力求合理地解决这种矛盾,即研究和分析作用在结构(或构件)上力与平衡的关系,结构(或构件)的内力、应力、变形的计算方法以及构件的强度、刚度和稳定条件,为保证结构(或构件)既安全可靠又经济合理提供计算的理论依据。

0.3 学习建筑力学的意义及方法

我们知道,建筑施工的主要任务是将设计图纸变成实际建筑物。作为一个未来的施工技术组织者,应该懂得所施工结构物中各种构件的作用,知道它们会受到哪些力的作用,各种力的传递途径,以及构件在这些力的作用下会发生怎样的破坏等。这样,在施工中才能理解设计图纸的意图与要求,保证工程质量,避免发生工程事故。另外,懂得了这些力学知识,会更容易采取便于施工而又保证构件受力要求的改进措施。

在施工现场中有许多临时设施及机具,修建这些临时设施,要先进行结构设计,设计者便是施工技术人员。这时,懂得力学知识就可以合理地、经济地完成任务,否则不但经济合理,有时还会酿成事故。至于机具和设备的使用,也需要具有力学知识才能使用的合理。

我们知道,在建筑施工中,工程事故时有发生。其中很多事故是由于施工者缺少或不懂力学知识造成的。例如,由于不懂力矩的平衡要求,造成阳台倾覆;不懂梁的内力分布,将钢筋错误配置而引起楼梯折断;不懂结构的几何组成规则,缺少必要的支撑,以致结构“几何可变”,造成倒塌等。

建筑工程是一门严谨的科学,所以建筑力学知识是从事建筑工程设计和施工技术人员必

不可少的基础知识,学好建筑力学知识,是现代施工技术所必需的。

建筑力学内容的主线:分析和计算结构及其构件所受的外力→分析和计算静定结构及其构件的内力→杆件的强度、刚度及稳定性的计算→超静定结构的计算。由此可见,建筑力学的主要特点有:

1. 内容的系统性比较强

建筑力学的内容具有系统性,后面的内容都是以前面为基础的,因此,在学习过程中要及时理解所学的概念、原理和方法,同时要认真进行练习,掌握计算方法,不能拖欠,以致造成学习困难。

2. 与工程实际的联系比较密切

建筑力学必然会涉及如何将工程实际问题上升到理论上进行研究,在理论分析时又如何考虑实际问题的情况等,例如,如何将实际的结构连同其所受的荷载和支承等简化为可供计算的“力学模型”;在分析和计算时要考虑实际存在的主要因素以及设计建造上的方便性和经济性,等等。因此,读者需要多多注意观察工程上常遇到的结构,尝试用建筑力学方法去分析问题。

3. 概念和公式较多

建筑力学中的基本概念,对于理解内容、分析问题及正确运用基本公式,以至于对今后从事工作时如何分析实际问题,都是很重要的,必须引起足够的重视。建筑力学中运算的工作量较大,公式多,但基本的公式并不太多。只要能正确理解基本公式,用前后联系、互相对比的方法去学习,并多做思考题和习题,就能够做到融会贯通。在学习时,切不可只满足于背条文、代公式,囫圇吞枣、不求甚解。做题也要避免各种弊病:不看书,不复习,埋头作题;只会对答案,不会自己校核;错题不改正,不会从中吸取教训等。

4. 及时预习和复习

为了能在课堂上及时掌握教学内容,要求每位同学要认真做好预习工作,了解每次课的重点和难点,便于上课时认真听讲和掌握。每一章节结束后,要求每位同学认真总结,掌握教学内容,有什么问题及时解决。

5. 独立完成作业

建筑力学课程的作业比较多,计算比较烦琐。做作业是理解和掌握教学内容必要的教学过程,是检查学生理解掌握教学内容的必要环节。通过做作业,教师可以了解学生的学习情况,掌握学生学习中存在的问题,便于教师进行针对性的讲解。

第一章 静力学的基本概念



学习描述 1

本章学习目标

- ◆掌握力、刚体和平衡的概念；
- ◆掌握静力学基本公理,并能正确应用；
- ◆掌握工程中常见约束类型的约束作用、简图及其反力；
- ◆掌握正确画出分离体和受力图的方法,能正确画出物体与物体系的受力图；
- ◆掌握选择结构计算简图的原则和方法,熟悉结构计算简图的选取。

教学目标

知识目标

- ◆掌握力、刚体和平衡的概念；
- ◆掌握二力平衡公理、加减平衡力系公理、力的平行四边形法则、三力平衡汇交定理、作用力与反作用力公理；
- ◆掌握约束与约束反力；
- ◆掌握画受力图的方法；
- ◆掌握结构计算简图的选取原则。

专业能力目标

- ◆正确应用静力学公理的能力；
- ◆能正确画物体和物体系的受力图；
- ◆能正确选取结构的计算简图。

重点、难点及解决方法

【重点】画物体和物体系的受力图。

【难点】正确画物体和物体系的受力图。

【解决方法】在掌握约束与约束反力的对应关系的基础上,按照静力受力图的步骤和方法,认真多练、多思考、多总结。

1.1 力和平衡的概念

1.1.1 力的概念

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。

力对物体作用的效应决定于力的三要素:力的大小、方向和作用点。力的大小反映物体之间相互机械作用的强弱程度,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。力的方向包含力的作用线在空间的方位和指向,如水平向右、铅直向下等。力的作用点是指力在物体上的作用位置。

力总是按照各种不同的方式分布于物体接触面的各点上。当接触面面积很小时,则可以将微小面积抽象为一个点,这个点称为力的作用点,该作用力称为集中力;力在整个接触面上分布作用,此时的作用力称为分布力。分布力的大小用单位面积上力的大小来度量,称为荷载集度,用 $q(\text{N}/\text{m}^2)$ 表示。

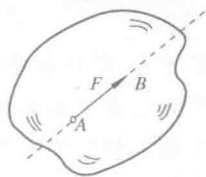


图 1-1

力是矢量,记作 F 。如图 1-1 所示,用一段带有箭头的直线 (AB) 来表示力 F ;其中线段 (AB) 的长度按一定的比例尺表示力的大小;线段的方位和箭头的指向表示力的方向;线段的起点 A 或终点 B (应在受力物体上) 表示力的作用点。线段所沿的直线称为力的作用线。

1.1.2 刚体与平衡的概念

刚体是指在任何外力作用下,其大小和形状始终保持不变的物体。实际上,在自然界里并无刚体存在,任何物体在外力作用下都会发生变形。但是实际工程中的许多物体(如建筑物的梁、柱等)变形非常小,对于物体平衡问题的研究影响很小,可以忽略不计,因而可将实际物体抽象为刚体。

平衡是指物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动的状态。显然,平衡是机械运动的特殊形态,因为静止是暂时的、相对的,而运动才是永恒的、绝对的。例如,房屋、水坝、桥梁相对于地球是保持静止的;在直线轨道上做匀速运动的火车,沿直线匀速起吊的构件,它们相对于地球做匀速直线运动,这些都是平衡的实例。

1.1.3 力系、等效力系、平衡力系、平衡条件

作用在物体上的一组力,称为力系。按照力系中各力作用线分布的不同形式,力系有以下分类:

1. 汇交力系

汇交力系中,各力作用线汇交于一点。

2. 力偶力系

力偶力系中,各力可以组成若干力偶,或力系由若干力偶组成。

3. 平行力系

平行力系中,各力作用线相互平行。

4. 一般力系

一般力系中,各力作用线既不完全交于一点,也不完全相互平行。

按照各力作用线是否位于同一平面内,上述力系又可以分为平面力系和空间力系两大

类,如平面汇交力系、空间一般力系等。

如果某一力系对物体产生的效应可以用另外一个力系来代替,则这两个力系称为等效力系。当一个力与一个力系等效时,则称该力为此力系的合力,而该力系中的每一个力称为这个力的分力。把力系中的各个分力代换成合力的过程,称为力系的合成;反过来,把合力代换成若干分力的过程,称为力的分解。

若刚体在某力系作用下保持平衡,则该力系称为平衡力系。

1.2 静力学基本公理

静力学基本公理是人们通过长期观察和实践总结出来的普遍规律,它阐述了力的一些基本性质,是静力学部分的基础。

1.2.1 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,作用线在一条直线上,如图 1-2 所示。

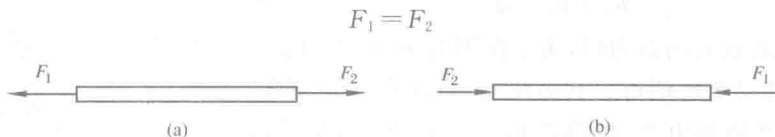


图 1-2

应当指出,该条件对于刚体来说是充分而且必要的,而对于变形体,该条件只是必要的而不是充分的。如果当受到两个等值、反向、共线的压力作用时就不能平衡。

在两个力作用下,处于平衡的物体称为二力构件;若为杆件,则称为二力杆。根据二力平衡公理可知,作用在二力构件上的两个力,它们必通过两个力作用点的连线(与杆件的形状无关),且等值、反向,如图 1-3 所示。

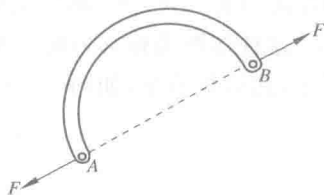


图 1-3

1.2.2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上,加上或减去任意一个平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。

因为平衡力系不会改变物体的运动状态,即平衡力系对物体的运动效果为零,所以在物体的原力系上加上或去掉一个平衡力系,是不会改变物体的运动效果的。

推论:力的可传性原理

作用于刚体上某点的力,可沿其作用线移动到刚体内任意一点,而不改变该力对刚体的作用效应,如图 1-4 所示。

$$F_1 = F_2 = F$$

力的可传性原理是我们日常生活中常见的,例如,用绳拉车,或沿同一直线,以同样大小的力用手推车,对车产生的运动效应相同。

根据力的可传性原理可知,力对刚体的作用效应与力的作用点在作用线上的位置无关。因此,力的三要素可改为:力的大小、方向和作用线。

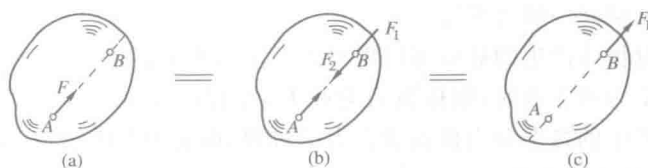


图 1-4

应当指出,加减平衡力系公理和力的可传性原理都只适用于刚体,而不适用于变形体。同时必须指出,加减平衡力系公理和力的可传性原理都只适用于研究物体的运动效应(外效应),而不适用于研究物体的变形效应(内效应)。

1.2.3 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在该点的一个合力,其大小和方向可由这两个力为边所构成的平行四边形的对角线表示。

如图 1-5 所示,其矢量表达式为:

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

在求两个共点力的合力时,为了作图方便,只需画出平行四边形的一半,即三角形便可。其方法是:自任意点 O 开始,先画出一矢量 F_1 ,然后再由 F_1 的终点画另一矢量 F_2 ,最后由 O 点至力矢 F_2 的终点作一矢量 R ,它就代表 F_1 、 F_2 的合力矢。合力的作用点仍为 F_1 、 F_2 的汇交点 A ,如图 1-6(a)所示。

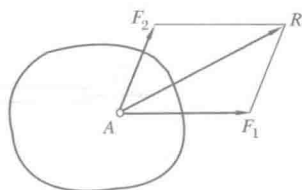


图 1-5

这种作图法称为力的三角形法则。显然,若改变 F_1 、 F_2 的顺序,其结果不变,如图 1-6(b)所示。

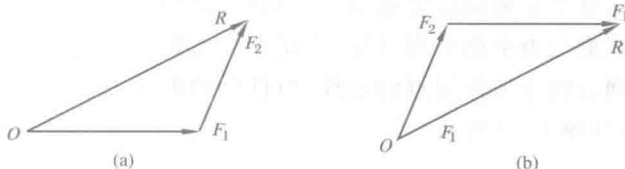


图 1-6

推论:三力平衡汇交定理

若一刚体受三个共面而互不平行的力作用而处于平衡时,则此三力的作用线必汇交于一点,如图 1-7 所示。

应当指出,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行三力作用下平衡时,其中某一未知力的作用线。

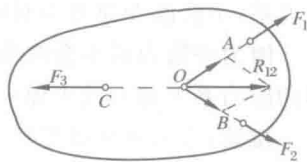


图 1-7

1.2.4 作用力与反作用力公理

两个物体间的作用力和反作用力,总是大小相等,方向相反,作用线相同,分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了两个物体间相互作用力的关系。图 1-8 中,物体 A 对物体 B 施加作用力 F ,同时,物体 A 也受到物体 B 对它的反作用力 F' ,且这两个力大小相等、方向相反、沿同

一直线作用。

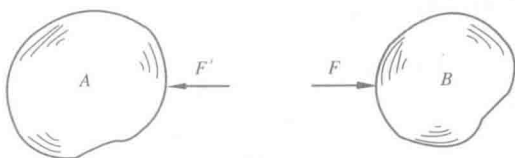


图 1-8

应该注意,不能把该定律和二力平衡条件混淆起来。

由于作用力和反作用力是分别作用在两个相互作用的不同物体上,因此它们并不是一对平衡力。

1.3 约束与约束反力

1.3.1 约束与约束反力的概念

在工程实际中,任何构件都受到与它相联系的其他构件的限制,而不能自由运动。例如,大梁受到柱子限制,柱子受到基础的限制,桥面受到桥墩的限制等。

一个物体的运动受到周围物体的限制时,这些周围物体就称为该物体的约束。例如上面所提到的柱子是大梁的约束,基础是柱子的约束,桥墩是桥面的约束。

物体受到的力一般可分为两类。一类是使物体运动或使物体有运动趋势的力,称为主动力,例如重力、水压力、土压力等。主动力在工程上称为荷载。另一类是约束对物体的运动起限制作用的力,称为约束反力,简称反力。约束反力的方向总是与物体的运动或运动趋势的方向相反,它的作用点就是约束与被约束物体的接触点。

通常情况下,主动力是已知的,而约束反力是未知的,约束反力的确定与约束类型及主动力有关。现从工程上常见的几种约束来讨论其约束反力的特征。

1.3.2 常见的约束及其约束反力

1. 柔索约束

因柔软而不计自重的绳索、胶带、链条等构成的约束统称为柔索约束。由于柔索约束只能限制物体沿着柔索约束的中心线离开柔索约束的运动,而不能限制物体沿其他方向的运动,所以柔索约束的约束反力通过接触点,其方向沿着柔索约束的中心线且为拉力。用符号 F_T 或 T 表示,如图 1-9 所示。

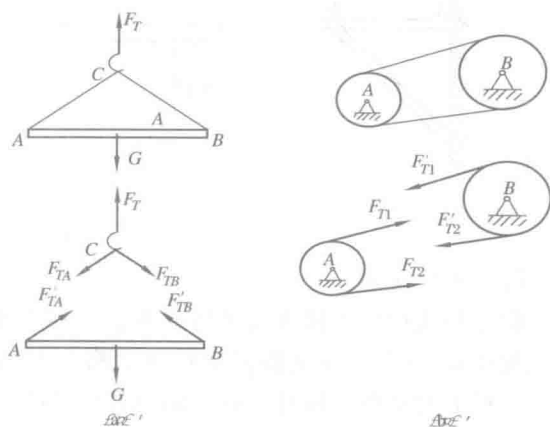


图 1-9

2. 光滑接触面约束

物体与另一物体相互接触,当接触处的摩擦力很小,可以略去不计时,两物体彼此的约束就是光滑接触面约束。这种约束

只能限制物体沿着接触面的公法线且指向接触面的运动,而不能限制物体离开接触面的运

动。所以,光滑接触面的约束反力通过接触点,其方向沿着接触面的公法线且为压力,如图 1-10 所示。这种约束反力通常用 N 表示。

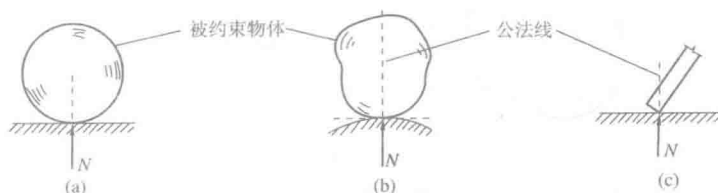


图 1-10

3. 圆柱铰链约束

两个物体分别被钻上直径相同的圆孔并用销钉连接起来,如果不计销钉与销壁之间的摩擦,则这种约束称为光滑圆柱铰链约束,简称铰链约束,如图 1-11(a)(b)所示。铰链的约束反力作用在与销钉轴线垂直的平面内,并通过销钉中心,但方向待定,如图 1-11(c)所示。这种约束反力有大小和方向两个未知量,可用一个大小和方向都未知的力 F_A 表示,也可用两个互相垂直的分力 F_{Ax} 和 F_{Ay} 表示,如图 1-11(d)所示。

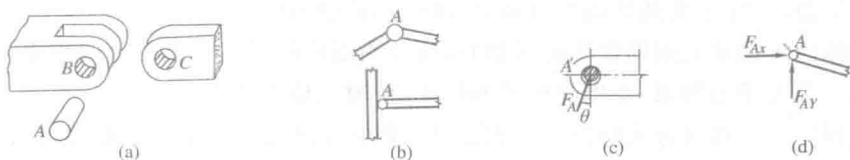


图 1-11

4. 链杆约束

两端各以铰链与其他物体相连接且中间不受力(包括物体本身的自重)的直杆称为链杆。如图 1-12(a)、(b)所示的 AB 杆,这种约束只限制物体沿着链杆中心线趋向或离开链杆的运动,而不能限制其他方向的运动。所以,链杆的约束反力沿着链杆的中心线方向,指向不定,常用符号 R 表示。

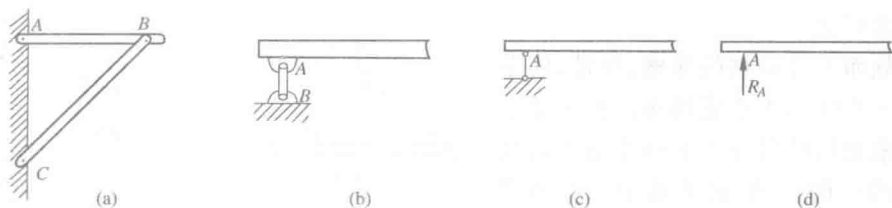


图 1-12

5. 固定铰支座

将结构或构件连接在支承物上的装置称为支座。用光滑圆柱铰链把结构或构件与支承底板相连接,并将支承底板固定在支承物上而构成的支座,称为固定铰支座,如图 1-13 所示。工程上为避免在构件上打孔而削弱构件的承载能力,常在构件和底板上固接一个用来穿孔的物体。

这种支座可以限制结构或构件在垂直于销钉轴线的平面内沿任意方向的移动,而不限制结构或构件绕销钉轴线的转动。可见,固定铰支座的约束反力与圆柱铰链相同,其约束反力也通过铰链中心,但方向不定。为方便起见,常用两个相互垂直的分力 X_A 、 Y_A 表示,如图