

高职高专建筑工程技术专业规划教材

建筑力学

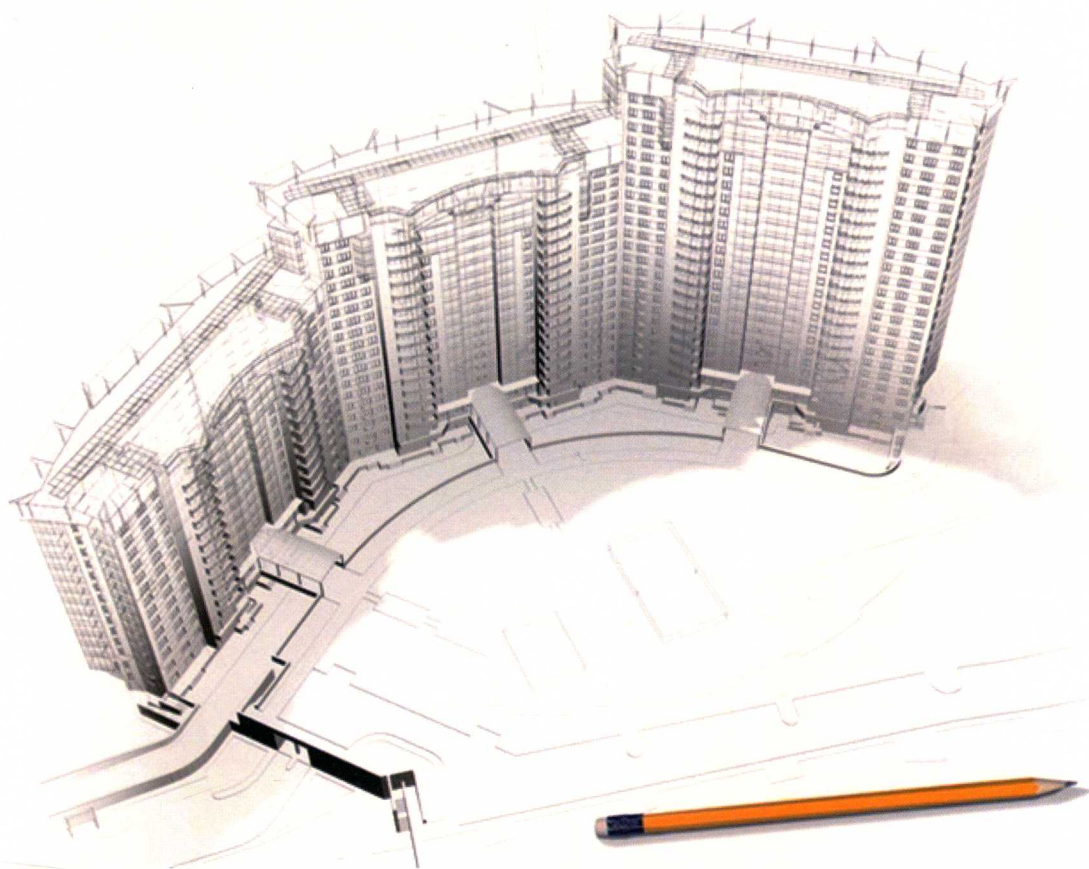
JIANZHU LIXUE

主 编 陈天柱

副主编 张立柱 马晓健

黄丽华 白洪彬

主 审 丁春静



中国建材工业出版社

高职高专建筑工程技术专业规划教材

建筑力学

主 编 陈天柱
副主编 张立柱 马晓健
 黄丽华 白洪彬
主 审 丁春静

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学/陈天柱主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2015. 6

高职高专建筑工程技术专业规划教材

ISBN 978-7-5160-1123-2

I. ①建… II. ①陈… III. ①建筑科学-力学-高等职业教育-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 035625 号

内 容 简 介

本书根据高职高专建筑工程技术专业人才培养目标、职业标准及岗位能力要求编写而成。主要论述静力学、材料力学、结构力学的基础知识, 以适应职业行动为导向的项目法教学实施, 具有内容精炼, 重点突出, 针对性强、适用性强, 易于读者学习和理解的特点。

全书共有 3 个学习情境, 分别是静力学基础知识、材料力学基础知识、结构力学基础知识, 以典型工作任务为驱动形成了 15 个项目, 每个项目的最后设有“小结”、“思考题”及“习题”, 并配有答案供参考。

本书适合作为高职高专建筑工程技术专业教材, 也可作为土建类其他相关专业的教材, 还可作为岗位培训及有关的工程技术人员参考用书。

本书有配套课件, 读者可登录我社网站免费下载。

建筑力学

陈天柱 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 18.25

字 数: 456 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

印 次: 2015 年 6 月第 1 次

定 价: 49.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社网络直销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

建筑力学是高职高专土建类专业学生必须学习的专业基础课程, 为学生对后续专业课程学习奠定基础, 本书根据高职高专建筑工程技术专业人才培养目标、职业标准及岗位能力要求, 结合作者多年的教学实践经验编写而成。

本书力求知识构架合理、重点突出、论述准确、内容精炼、图文并茂、适用性强, 易于读者学习和理解。以理论力学、材料力学、结构力学的基础知识为项目主体由浅入深, 由简单到复杂进行论述, 以典型工作任务为驱动形成了 15 个项目, 提出每个项目的学习要点及目标、核心概念, 每个项目中有若干个学习任务。

本书本着应用为主的原则, 将必要的理论知识与相应的实践案例相结合, 以促进理论知识的理解与掌握。强化教学训练所必要的思考题及习题, 实现提高学生分析问题及解决工程实践问题的能力。

本书由辽宁建筑职业学院陈天柱担任主编, 辽宁建筑职业学院张立柱、黄丽华、白洪彬、山西建筑职业技术学院马晓健四位老师担任副主编。书中项目 1、2、3、4、5、6 由陈天柱编写; 项目 12、13、14、15 由张立柱编写; 项目 7、8 由马晓健编写; 项目 9、10 由白洪彬编写; 项目 11、附录由黄丽华编写。本书由丁春静教授主审。

本书在编写过程中, 参考了大量近年来出版的建筑力学方面的教材, 在此对相关作者表示感谢。

由于编作者水平有限, 加之时间仓促, 书中难免有遗漏和不妥之处, 恳请广大读者批评指正, 提出宝贵意见或建议, 以期今后改进。

编 者

2015 年 5 月

目 录

绪论	1
----------	---

学习情境 1 静力学基础知识

项目 1 静力学基础	3
任务 1 静力学的基本概念	3
任务 2 静力学公理	5
任务 3 约束与约束反力	7
任务 4 物体及物体系统的受力分析	11
小结	14
思考题	16
习题	17
项目 2 平面力系的合成与平衡	19
任务 1 平面汇交力系	20
任务 2 力矩与平面力偶系	28
任务 3 平面一般力系和平面平行力系	33
任务 4 物体系统的平衡	44
小结	47
思考题	49
习题	50

学习情境 2 材料力学基础知识

项目 3 材料力学的基本概念	58
任务 1 变形固体及其基本假设	58
任务 2 杆件变形的基本形式	59
思考题	60
项目 4 轴向拉伸和压缩	61
任务 1 轴向拉伸和压缩时的内力	61
任务 2 轴向拉(压)杆横截面上的应力	64
任务 3 轴向拉(压)杆的变形及胡克定律	65
任务 4 材料在拉伸和压缩时的力学性能	67
任务 5 轴向拉(压)杆的强度条件和强度计算	71
任务 6 应力集中的概念	73
小结	74

思考题	75
习题	76
项目 5 剪切与扭转	79
任务 1 剪切与挤压的实用计算	79
任务 2 切应力互等定理与剪切胡克定律	84
任务 3 圆轴扭转时的内力	85
任务 4 圆轴扭转时横截面上的应力	86
任务 5 圆轴扭转时的强度计算	89
任务 6 圆轴扭转时的变形及刚度计算	90
小结	91
思考题	92
习题	94
项目 6 平面图形的几何性质	96
任务 1 静矩	96
任务 2 惯性矩	98
任务 3 惯性半径和惯性积	102
任务 4 形心主惯性轴和形心主惯性矩的概念	102
小结	103
思考题	103
习题	104
项目 7 弯曲	106
任务 1 弯曲内力	106
任务 2 梁的内力图	111
任务 3 弯曲应力	120
任务 4 弯曲变形	130
任务 5 提高梁抗弯强度与刚度的措施	137
小结	140
思考题	141
习题	143
项目 8 组合变形	148
任务 1 组合变形的概念	148
任务 2 斜弯曲	149
任务 3 拉伸（压缩）与弯曲的组合变形	152
任务 4 偏心压缩与拉伸截面核心	155
小结	159
思考题	160
习题	161
项目 9 压杆稳定	162
任务 1 细长压杆的临界力	162

任务 2 压杆的临界应力	165
任务 3 压杆的稳定计算——折减系数法	167
小结	172
思考题	172
习题	174

学习情境 3 结构力学基础知识

项目 10 平面杆件体系的几何组成分析	175
任务 1 几何组成分析的目的	175
任务 2 平面体系自由度和约束的概念	176
任务 3 几何不变体系的简单组成规则	177
任务 4 几何组成分析举例	179
任务 5 静定结构和超静定结构	182
小结	183
思考题	183
习题	183
项目 11 静定结构的内力分析	186
任务 1 静定梁	186
任务 2 静定平面刚架	190
任务 3 静定平面桁架	194
任务 4 三铰拱	199
任务 5 静定组合结构	202
小结	204
思考题	205
习题	206
项目 12 静定结构的位移计算	211
任务 1 概述	211
任务 2 静定结构在荷载作用下的位移计算公式	212
任务 3 积分法	213
任务 4 图乘法	215
任务 5 静定结构在支座移动时的位移计算	219
小结	220
思考题	220
习题	221
项目 13 力法	223
任务 1 超静定结构概述	223
任务 2 力法的基本原理	224
任务 3 力法的典型方程	226
任务 4 力法计算举例	227

小结·····	232
思考题·····	232
习题·····	232
项目 14 位移法 ·····	235
任务 1 位移法的基本原理 ·····	235
任务 2 位移法的基本未知量 ·····	237
任务 3 单跨超静定梁的杆端内力 ·····	238
任务 4 位移法计算举例 ·····	241
小结·····	246
思考题·····	246
习题·····	247
项目 15 力矩分配法 ·····	248
任务 1 力矩分配法的基本原理 ·····	248
任务 2 力矩分配法计算连续梁及无侧移刚架 ·····	254
小结·····	257
思考题·····	257
习题·····	257
部分参考答案 ·····	260
附录 ·····	273
参考文献 ·····	281

绪 论

建筑物是人类生产、生活的必要场所。凡是有人类活动的地方就有建筑物存在。它们默默地记载了人类光辉灿烂的历史文化，也彰显着一个国家科学技术的发展成果。古今中外，具有代表性的建筑不胜枚举。不能想象人类没有建筑的生活。

一些与建筑有关的格言：建筑是技术与艺术的结合；建筑是力与美的结合；建筑是凝固的音乐；建筑是一首哲理诗；建筑是空间的结合。

观察建筑物的建造过程可以看到，它们是由许许多多的构件有机地结合起来的。建筑物中用以承受和传递力作用的物体称为**建筑结构**，简称**结构**。结构又可分为多个**构件**，如基础、梁、板、柱等。一个庞大的建筑物，在建造之前，设计人员要对它的所有构件进行受力分析计算。构件的尺寸大小、所用材料、排列位置，都要通过结构计算来确定，这样才能保证建筑物的牢固和安全。这一繁复而细致的计算工作，必须要有科学的计算理论作为依据。

建筑力学便是提供建筑结构受力分析和计算理论依据的一门科学。它将为建筑结构设计 and 解决施工现场问题打下基础。本教材将研究建筑力学理论最基本的部分。

一、建筑力学的研究对象

一个建筑结构由许多构件组成，如图 0-1a 所示是一个常见的框架结构透视图。

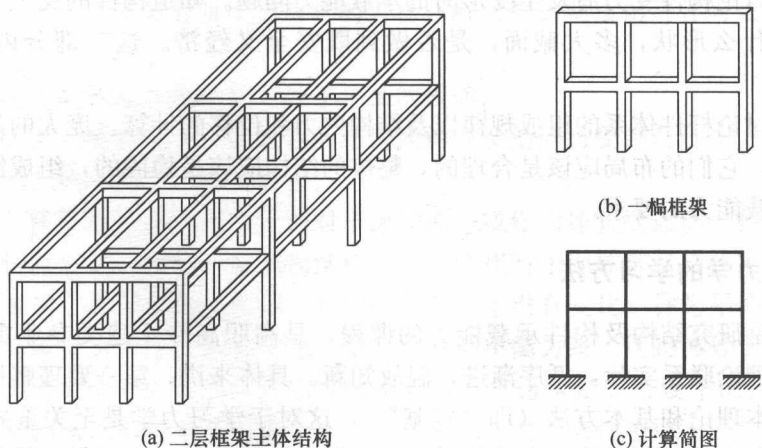


图 0-1

框架的主体承重结构，是由基础、梁、板、柱形成立体空间结构。在对此结构进行力学分析时，往往需选取其中一榀框架，如图 0-1b 所示。实际计算时，还需进一步简化为结构的计算简图，如图 0-1c 所示。

建筑物在使用中，会受到各种力的作用，如构件的自重、楼面上的人群、外墙上的风力等，这些作用在建筑物上的力，在工程上称为**荷载**。在对建筑进行结构设计时：通常是先进行结构整体布置，再把结构分为一些基本构件分别进行设计计算，最后通过构造处理，把各个构件联系起来构成一个整体结构。

对土建类专业来讲,建筑力学的主要研究对象就是组成结构的构件和构件体系。

二、建筑力学的主要任务

建筑结构的构件都有承受多大荷载的问题,建筑力学就是研究结构和构件承载能力的科学。结构和构件的承载能力包括强度、刚度和稳定性。所谓强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。结构能安全承受荷载而不破坏,就认为满足强度要求。所谓刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。任何结构或构件在外力作用下都会产生变形,在工程上结构或构件的变形应限制在允许的范围内。稳定性是指构件保持平衡状态稳定性的能力。有些构件在荷载大到一定数值时,会突然出现不能保持其平衡状态稳定性的现象,称为丧失稳定。这些构件必须通过稳定性的验算才能正常工作。

为了保证结构和构件具有足够的承载力,一般来说,都要选择较好的材料和截面较大的构件,这样才能保证建筑的安全。但一味地选用较好的材料和过大的截面,势必会大材小用、优材劣用,造成不必要的浪费,不够经济。可见,安全和经济是矛盾的。

建筑力学的主要任务就是为解决这一矛盾提供必要的理论基础和计算方法。

三、建筑力学的内容

建筑力学分为(理论力学中的)静力学、材料力学和结构力学三个部分。

静力学讨论构件及构件之间作用力的问题,主要内容是力系的简化及平衡。例如,一个构件受到哪些力的作用,哪些力已知,哪些力未知,未知力怎么求等等。

材料力学讨论构件受力后发生变形时的承载能力问题。知道构件的受力情况后,构件使用什么材料,什么形状,多大截面,是否做到既安全又经济。这一部分内容就解决上述问题。

结构力学讨论杆件体系的组成规律以及结构内力和位移的计算。庞大的建筑结构是由许多构件组成的,它们的布局应该是合理的,整体的结构应该是稳固的,组成结构的每一个构件都应满足承载能力的要求。

四、建筑力学的学习方法

建筑力学是研究结构及构件承载能力的课程,是高职高专土建类专业重要的技术基础课。学习时要理论联系实际,循序渐进,温故知新。具体来讲,第一要理解地记忆力学中的基本概念、基本理论和基本方法(即“三基”),这对于学习力学是至关重要的。第二要注意例题的分析方法和解题思路。在分析时,既要做定性的分析,也要做定量的计算。第三要及时地完成课堂的练习和课后的习题。做习题是运用理论解决实际问题的基本训练,只有通过自己动手,独立完成课堂练习和课后作业,才能发现问题,解决问题,巩固所学。切忌对公式死记硬背、对例题生搬硬套。

学习情境 1 静力学基础知识

项目 1 静力学基础



学习要点及目标

- ◆ 深入理解力、平衡、刚体和约束等基本概念；
- ◆ 掌握静力学四个公理和两个推论的内容，明确其适用范围；
- ◆ 掌握几种常见约束和支座的约束特征及其约束反力的确定；
- ◆ 能正确地画出物体及物体系统的受力图。



核心概念

静力学、力、平衡条件、刚体、约束、支座、公理等。



引导案例

本章学习内容主要是帮助学生建立力学的基本概念，介绍力学分析中常用的力学公理、常见的约束反力形式，重点是对受力杆件的定性分析（即正确绘制杆件的受力图）。

静力学是研究物体在力系作用下处于平衡的规律。

何为力系？在一般情况下，建筑物的结构或构件总是同时受到若干个力的作用。我们把作用于同一物体上的一群力，称为**力系**。

何为平衡？物体在力系作用下，相对于地球静止或作匀速直线运动，称为**平衡**。它是物体运动的一种特殊形式。例如，建筑物结构中的构件相对于地球都是静止的，在直线轨道上匀速行驶的火车等，都是平衡的实例。它们的运动状态没有变化，称为**平衡状态**。一般情况下，物体若在力系作用下处于平衡状态，则该力系为**平衡力系**。使物体处于平衡时力系应满足的条件，称为力系的**平衡条件**。作用在物体上的力系通常是非常复杂的。在讨论力系时，不改变原力系对物体作用效果的前提下，用一个简单的力系来代替原力系，就称为**力系的合成**，或称为**力系的简化**。对物体作用效果相同的力系，称为**等效力系**。

建筑物及其构件在正常情况下都应处于平衡状态。因此，建筑力学首先要研究力系的平衡问题。

任务 1 静力学的基本概念

要研究力系的平衡问题，首先要掌握以下静力学的基本概念。

1.1.1 刚体的概念

在任何外力作用下,大小和形状保持不变的物体,称为**刚体**。事实上,物体受力后都会产生程度不同的变形,但这些变形相对于物体的尺寸非常微小,对研究平衡问题没有影响,可以忽略不计。在静力学中所研究的物体都看作是刚体。

1.1.2 力的概念

力的概念是从劳动中产生的,并通过生产实践和日常生活不断加深认识。例如,在建筑工地人们拉车、弯钢筋时,肌肉紧张,就感受到用了“力”;吊车吊起构件时,构件同样受到吊车的拉力等等。

总之,力是物体间相互的机械作用,这种相互作用会改变物体的运动状态,产生**外效应**;同时,使物体发生变形,产生**内效应**。

既然力是物体与物体之间的相互作用,力不可能脱离物体而存在,有受力体时必定有施力体。物体间相互接触时,可产生相互间的推、拉、挤、压等作用;物体间不接触时,也能产生力,如万有引力、电荷的引力斥力等。

实践证明:力对物体的作用效果取决于力的三要素,即力的大小、方向和作用点。

1. 力的大小

力的大小表明物体间相互作用的强弱程度。

国际单位制中力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

$$1\text{kN}=1000\text{N}$$

2. 力的方向

力的方向包含方位和指向两个含义。例如说重力的方向是“铅垂向下”,“铅垂”是方位,“向下”是指向。改变力的方向,当然会改变力的作用效果。

3. 力的作用点

力的作用都有一定的范围,当作用范围与物体相比很小时,可以近似地看作是一个点,该点称为力的作用点,这种力又称**集中力**。

力的三个要素中改变任何一个时,都会改变力对物体作用的效果。因此,在描述一个力时,必须全面表明这个力的三要素。

力是矢量。通常用带箭头的线段来表示。线段的长度(按比例)表示力的大小;线段与某直线或坐标轴的夹角表示力的方位,箭头表示力的指向;

线段的起点和终点都可表示力的作用点。

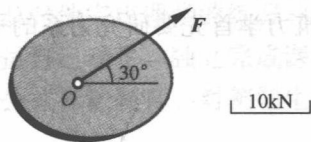


图 1-1

图 1-1 所示的力 F , 选定的基本长度为 10kN , 按比例量出力 F 的大小是 20kN , 力与水平线夹角成 30° , 指向右上方, 作用在物体的 O 点上。这样, 一个力就描述清楚了。

注意, 用字母表示力矢量时, 需用黑体 F , 普通体 F 只表示力矢的大小。

实际工程中, 有时力的作用范围较大, 不能看作是一个点, 就属于**分布力**, 又称**分布荷载**。分布荷载大多是均匀的, 又称**均布荷载**。均匀分布在狭长的范围时, 简称为**均布线荷载**, 用 q 表示, 单位为 N/m ; 均匀分布在较大的平面时, 简

称为均布面荷载,用 p 表示,单位为 N/m^2 。 q 和 p 是分布力的荷载集度,指单位长度或单位面积上作用荷载的密集程度,即均布荷载的大小。如图1-2所示。

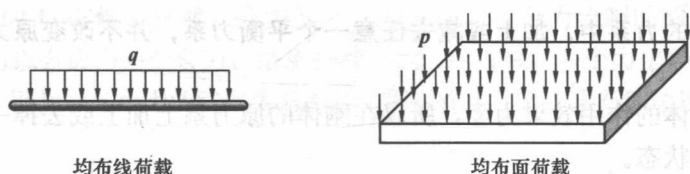


图1-2

任务2 静力学公理

静力学公理是人类在长期的生产和生活实践中,经过反复观察和实验,总结出来的普遍规律。它阐述了力的一些基本性质,是研究静力学的基础。

1.2.1 作用与反作用公理

两物体间的作用力与反作用力,总是大小相等、方向相反,沿同一直线,并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的关系。力总是成对出现的,有作用力必定有反作用力,且总是同时产生又同时消失的。

如图1-3所示,物体A对物体B施作用力 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、沿同一作用线。

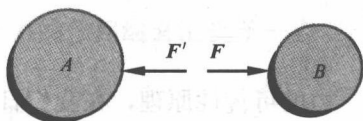


图1-3

1.2.2 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体平衡的充分与必要条件是:这两个力大小相等、方向相反,且作用在同一直线上。如图1-4所示。

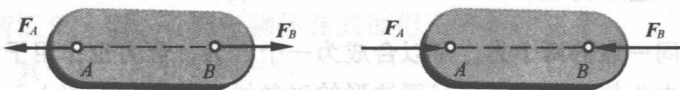


图1-4

这个公理表明,一个刚体只受到两个力作用而平衡时应该满足的条件。这里必须强调对于刚体而言,平衡条件才是既充分又必要的;而对于非刚体,平衡条件是不充分的。如软绳受到一对拉力的作用可以平衡,而受到一对压力的作用就不能平衡了。

若一根不计自重的直杆只在两点受力作用而处于平衡,则此二力必共线,这种杆称为二力杆。如图1-5所示。

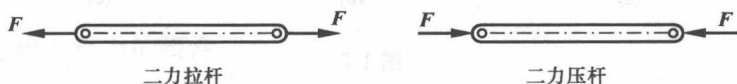


图1-5

1.2.3 加减平衡力系公理

在作用于刚体的力系中, 加上或减去任意一个平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效果。

平衡力系对刚体的作用效果为零, 所以在刚体的原力系上加上或去掉一个平衡力系, 不会改变刚体的运动状态。

推论一 力的可传性原理

作用于刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任意一点, 而不改变原力对刚体的作用效果。

证明过程如图 1-6a、b、c 所示。(图中 $F_1 = F_2 = F_3$)。

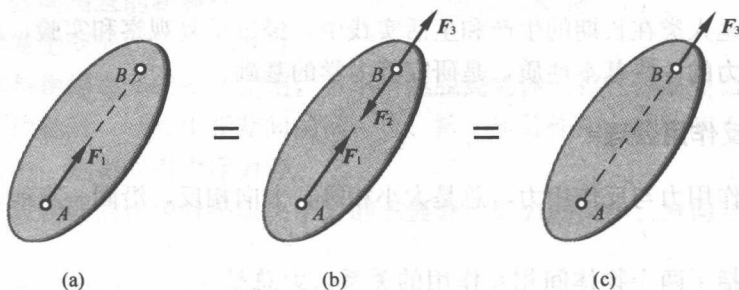


图 1-6

力的可传性原理, 在我们日常生活中是常见的。例如, 沿同一直线, 以同样大小的力, 拉车或推车, 对车产生的运动效果相同。既然如此, 对于刚体而言, 力的三要素可改为: 力的大小、方向和作用线。

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研究物体的外效应, 而不适用于研究物体的内效应。例如, 图 1-5 中的拉杆会伸长, 压杆会缩短, 直杆的变形显然是不同的。

1.2.4 力的平行四边形公理

作用于物体上同一点的两个力, 可以合成为一个合力, 合力也作用于该点, 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来确定。如图 1-7a 所示。

这个公理说明力的合成是遵循矢量加法的, 这也是复杂力系合成(简化)的基础。当两个力共线时, 便可用代数加法。

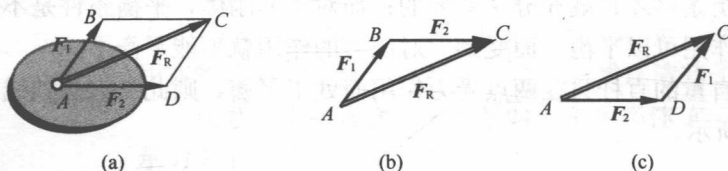


图 1-7

根据这一公理求出合力的方法称为力的平行四边形法则。实际上, 求合力时, 也可以不

作出整个的平行四边形。如图 1-7b、c 所示，将各力首尾相接，作出三角形 ABC 或 ADC ，合力即为 A 指向 C ，这一方法称为力的三角形法则。需注意：图 1-7b 中， F_2 的作用点仍为点 A ；图 1-7c 中的 F_1 亦然。显然，合力的大小和方向，与分力绘制的顺序无关。

两个共点力可以合成为一个合力，结果是唯一的。反过来，一个力也可以分解为两个分力，却有无数的答案。因为以一个力的线段为对角线，可以作出无数个平行四边形，如图 1-8 所示。

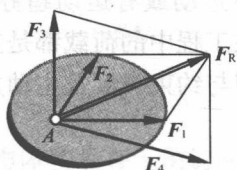


图 1-8

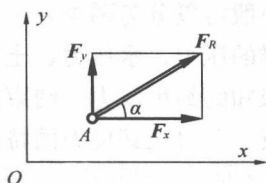


图 1-9

在工程实际问题中，常把一个力沿直角坐标轴方向分解，得出两个互相垂直的分力 F_x 和 F_y 。如图 1-9 所示。 F_x 和 F_y 的大小可由三角公式求得

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F_R \cos \alpha \\ F_y &= F_R \sin \alpha \end{aligned} \right\}$$

式中， α 为力 F_R 与 x 轴之间的夹角。

推论二 三力平衡汇交定理

一刚体受共面且不平行的三个力作用而平衡时，这三个力的作用线必汇交于一点。

证明：

(1) 设有三个共面且不平行的力 F_1 、 F_2 、 F_3 分别作用于一刚体上的 B 、 C 、 A 三点而平衡，如图 1-10 所示。

(2) 应用力的可传性原理，将力 F_1 和 F_2 移到两力作用线的交点 O ，并按力的平行四边形公理合成为合力 F_R ， F_R 也作用于 O 点。这样，刚体上只受到 F_R 和 F_3 两个力的作用。

(3) 由二力平衡公理可知， F_3 必定与合力 F_R 共线。于是 F_3 也通过 F_1 与 F_2 的交点 O 。于是，三力汇交。

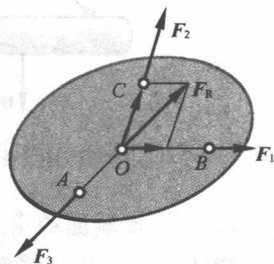
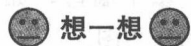


图 1-10

利用三力平衡汇交定理，可确定物体在共面但不平行的三个力作用下平衡时，其中某一未知力的方向。



想一想

一刚体受三力且汇交，是否一定平衡呢？

任务 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联系的其他构件的限制，而不能自由运动。例如，

建筑物中的梁受到柱子的限制，柱子受到基础的限制，桥梁受到桥墩的限制等等。

限制其他物体运动或运动趋势的物体，称为**约束体**，简称**约束**。柱子是梁的约束体，基础是柱子的约束体，桥墩是桥梁的约束体等等。物体欲运动，而约束体通过力的作用，阻碍了物体的运动或运动趋势，这个作用力就是**约束反力**，简称**反力**。不难理解：约束反力的方向总是与物体欲运动的方向相反。

物体受到的力一般可以分为两类：一类是使物体运动或有运动趋势的力，称为**主动力**，如构件的自重、人群的压力、水压力、土压力等。在工程中的荷载都是主动力，一般都是已知的；另一类就是未知的约束反力。约束反力的确定与约束类型及主动力有关，下面介绍工程中几种常见的约束，并讨论其反力的特征。

1.3.2 几种常见的约束及其反力

1. 柔体约束

柔软的绳索、链条、皮带等用于阻碍物体的运动时，都称为**柔体约束**。柔体约束只能限制物体沿柔体中心线离开柔体的运动，而不能限制其他方向的运动。因此，柔体约束的反力是：通过接触点，沿柔体中心线且背离物体的拉力，常用 F_T 表示，如图 1-11 所示。

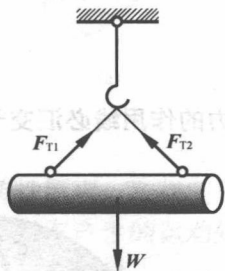


图 1-11

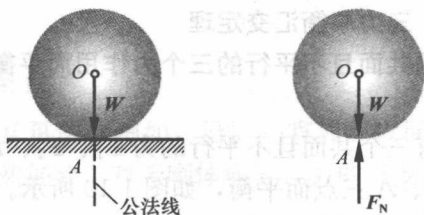


图 1-12

2. 光滑接触面约束

物体与另一物体接触，当接触面之间的摩擦力很小可以忽略不计时，就是**光滑接触面约束**。这种约束只能阻碍物体沿接触表面公法线并指向物体方向的运动，不能限制沿接触面公切线方向的运动。因此，光滑接触面约束对物体的约束反力是：通过接触点，沿接触面的公法线且指向物体的压力，常用 F_N 表示，如图 1-12 所示。

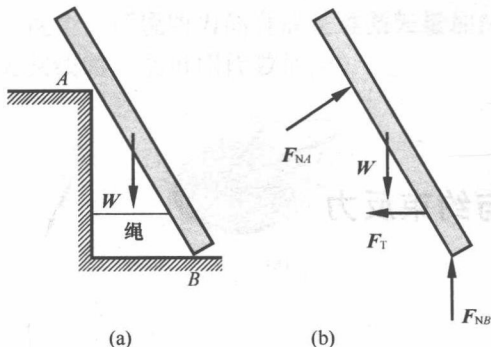


图 1-13

例 1-1 杆 AB 自重为 W ，靠于墙边，如图 1-13a 所示。试画出杆 AB 的受力图。

解 (1) A 点处为光滑接触面约束，其约束反力 F_{NA} ，通过点 A 垂直于杆，指向杆 AB；

(2) B 点处亦为光滑接触面约束，其约束反力 F_{NB} ，通过点 B 垂直于支承面，指向杆 AB；

(3) 水平绳为柔体约束，其约束反力 F_T ，通过接触点，沿绳的方向背离杆 AB。

杆 AB 的受力图如图 1-13b 所示。

3. 圆柱铰链约束

圆柱铰链简称铰链、铰。是由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中构成，且销钉和圆孔的表面都是光滑的，如图 1-14 所示。门窗用的合页即是铰链的实例。

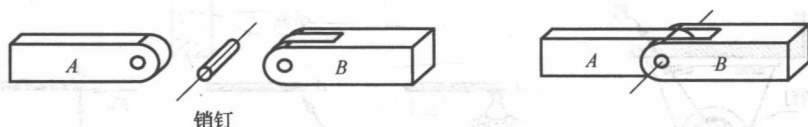


图 1-14

销钉只能限制物体在垂直于销钉平面内任意方向的相对移动，而不能限制物体绕销钉的转动。当物体相对于另一物体有运动趋势时，销钉与圆孔内壁便在某点接触，约束反力通过销钉中心和接触点，由于接触点的位置不能确定，故约束反力的方向未知，如图 1-15a 所示。所以，圆柱铰链的约束反力是：垂直于销钉轴线并通过销钉中心，而方向未定。圆柱铰链的简图如图 1-15b 所示。圆柱铰链的约束反力可用一个大小与方向均未知的力表示，也可用两个相互垂直的未知分力来表示，如图 1-15c、d 所示。

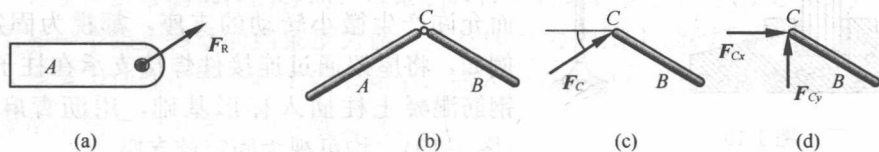


图 1-15

4. 链杆约束

两端用铰链与物体连接且中间不受其他力的直杆，称为链杆约束。如图 1-16a 所示支架，斜杆 BC 即为横杆 AB 的链杆约束。链杆只能限制物体沿链杆轴向上的运动，而不能限制其他方向的运动。所以，链杆约束的反力是：沿链杆的中心线，而指向未定，如图 1-16b 所示。

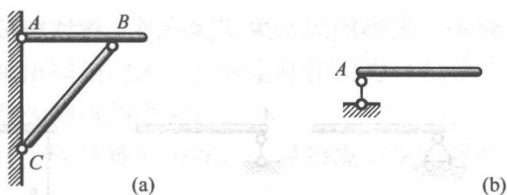


图 1-16

1.3.3 支座及其反力

工程中将结构或构件支承在基础或另一静止构件上的装置称为**支座**，支座也是约束。支座对构件的约束反力称为**支座反力**。建筑工程中常见的三种支座分别为：**固定铰支座**（铰链支座）、**可动铰支座**和**固定端支座**。