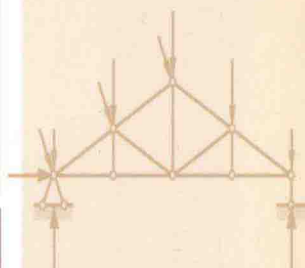
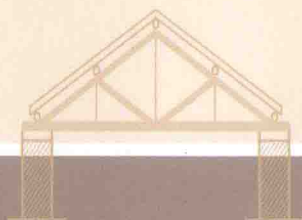




高职高专“十二五”规划教材
土建专业系列

建筑力学

主编 马晓健



南京大学出版社



高职高专“十二五”规划教材

土建专业系列

建筑力学

主 编 马晓健
副主编 赖先志 李永琴
 闫海琴 高始慧
主 审 荀慧霞



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学 / 马晓健主编. — 南京 : 南京大学出版社, 2013. 8

高职高专“十二五”规划教材. 土建专业系列

ISBN 978-7-305-11834-0

I. ①建… II. ①马… 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(2013)第 160618 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健
丛 书 名 高职高专“十二五”规划教材·土建专业系列
书 名 建筑力学
主 编 马晓健
责任编辑 陈兰兰 蔡文彬 编辑热线 025-83597482
照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 南通印刷总厂有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 462 千
版 次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-11834-0
定 价 48.00 元
发行热线 025-83594756 83686452
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换



(1) 宏伟的天安门城楼



(2) 某现代建筑



(3) 闻名遐迩的悉尼歌剧院



(4) 某跨海大桥



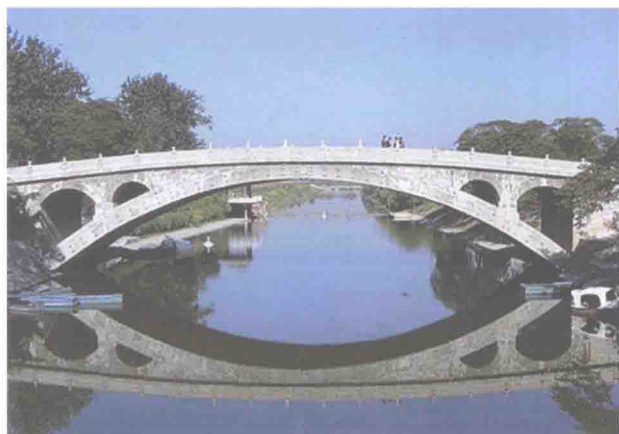
(5) 毁于“911”的纽约世贸双塔



(6) 山西应县木塔



(7) 世界第一高楼——迪拜塔



(8) “国际土木工程里程碑”赵州桥，建于隋朝

前言

本书是根据我国高等职业教育人才的培养目标,以及 21 世纪高职教育课程体系改革的要求编写的。

本书的主要特点是:充分吸取近几年来职业教育教学改革的经验,力求体现职业教育培养技术应用型人才的特点,根据基础理论知识在高职课程体系中“必需、够用”的原则,对传统《建筑力学》的内容进行了整合与精简。在讲清基本概念的基础上,简化了理论与公式的推导;在强调理论联系实际的基础上,突出了知识与能力的培养;结合建筑工程的实例,加强了知识的工程应用,为今后专业课程的学习奠定了基础。书中图文对照,叙述简明易懂,归纳表格较多,方便总结复习。每章的标题前都有“学习目标”;内容中还插入“想一想”环节,留给读者独立思考的空间;作为课后巩固所学内容的重要环节,每章的最后还设有“思考题”与“习题”。

学习本课程,可以解决工程现场中的实际问题,也为学习后续专业课打下基础。更为重要的是,学习本课程,有助于培养学生的逻辑分析能力,以及严谨的治学态度。

本书由山西建筑职业技术学院马晓健老师任主编,重庆电子工程职业学院赖先志老师、山西建筑职业技术学院李永琴老师、闫海琴老师、郑州科技学院高始慧老师担任副主编。教材中的绪论、第一至八章由马晓健老师编写,第九、十章由赖先志老师编写,第十一、十二章由李永琴编写,第十三、十四章由闫海琴编写,第十五章和附录由高始慧编写。全书由山西建筑职业技术学院荀慧霞老师主审。

本书在编写过程中,得到了山西建筑职业技术学院赵素兰、冯启隆等老师的鼎力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,且编写时间仓促,书中如有错误与不妥之处,敬请广大读者批评指正,以期今后改进。具体意见或建议,恳请与编者(zyfmxj@126.com)联系。

编者

2013 年 5 月

目 录

绪 论	1
第一章 静力学基础	4
第一节 静力学的基本概念	4
第二节 静力学公理	6
第三节 约束与约束反力	8
第四节 物体及物体系统的受力分析	12
小结	15
第二章 平面力系的合成与平衡	20
第一节 平面汇交力系	21
第二节 力矩与平面力偶系	30
第三节 平面一般力系和平面平行力系	35
第四节 物体系统的平衡	47
小结	50
第三章 材料力学的基本概念	61
第一节 变形固体及其基本假设	61
第二节 杆件变形的的基本形式	62
第四章 轴向拉伸和压缩	64
第一节 轴向拉伸和压缩时的内力	64
第二节 轴向拉(压)杆横截面上的应力	67
第三节 轴向拉(压)杆的变形及胡克定律	69
第四节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	71
第五节 轴向拉(压)杆的强度条件和强度计算	75
第六节 应力集中的概念	77
小结	78
第五章 剪切与扭转	83
第一节 剪切与挤压的实用计算	83
第二节 切应力互等定理与剪切胡克定理	87
第三节 圆轴扭转时的内力	88
第四节 圆轴扭转时横截面上的应力	90
第五节 圆轴扭转时的强度计算	92
第六节 圆轴扭转时的变形及刚度计算	93

小结	94
第六章 平面图形的几何性质	99
第一节 静矩	99
第二节 惯性矩	101
第三节 惯性半径和惯性积	105
第四节 形心主惯性轴和形心主惯性矩的概念	105
小结	106
第七章 弯曲	110
第一节 弯曲内力	110
第二节 梁的内力图	115
第三节 弯曲应力	124
第四节 弯曲变形	135
第五节 提高梁抗弯强度与刚度的措施	143
小结	146
第八章 组合变形	155
第一节 组合变形的概念	155
第二节 斜弯曲	156
第三节 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形	160
第四节 偏心压缩与拉伸 截面核心	162
小结	166
第九章 压杆稳定	170
第一节 细长压杆的临界力	170
第二节 压杆的临界应力	173
第三节 压杆的稳定计算——折减系数法	176
小结	181
第十章 平面杆件体系的几何组成分析	184
第一节 几何组成分析的目的	184
第二节 平面体系自由度和约束的概念	184
第三节 几何不变体系的简单组成规则	186
第四节 几何组成分析举例	189
第五节 静定结构和超静定结构	192
小结	192
第十一章 静定结构的内力分析	195
第一节 静定梁	195
第二节 静定平面刚架	199
第三节 静定平面桁架	204

第四节 三铰拱	209
第五节 静定组合结构	212
小结	214
第十二章 静定结构的位移计算	222
第一节 概述	222
第二节 静定结构在荷载作用下的位移计算公式	223
第三节 积分法	224
第四节 图乘法	226
第五节 静定结构在支座移动时的位移计算	231
小结	232
第十三章 力法	237
第一节 超静定结构概述	237
第二节 力法的基本原理	238
第三节 力法的典型方程	240
第四节 力法计算举例	242
小结	246
第十四章 位移法	250
第一节 位移法的基本原理	250
第二节 位移法的基本未知量	252
第三节 单跨超静定梁的杆端内力	253
第四节 位移法计算举例	257
小结	262
第十五章 力矩分配法	265
第一节 力矩分配法的基本原理	265
第二节 力矩分配法计算连续梁及无侧移刚架	272
小结	275
附录 A 热轧型钢常用参数表	278
附录 B 参考答案	292
参考文献	304

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。古今中外,具有代表性的建筑不胜枚举。很难想象人类没有建筑的生活。

 **想一想** 请读者列举出一些你知道的建筑。

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,建筑物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的理论依据的一门科学。它将为建筑结构设计和施工现场问题的解决打下基础。本教材将研究建筑力学理论中最基本的部分。

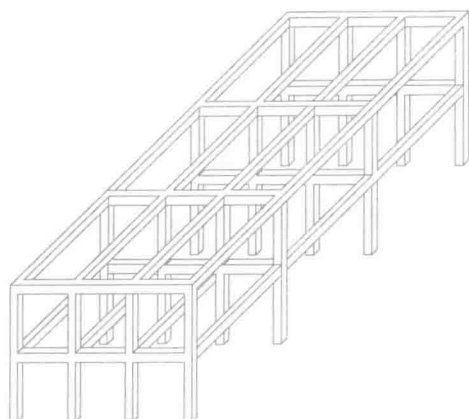
一、建筑力学的研究对象

一个建筑结构由多个构件组成,下图是一个常见的框架结构透视图。

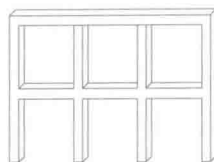
框架的主体承重结构,是由基础、梁、板、柱形成的立体空间结构。在对此结构进行力学分析时,往往需选取其中一榀框架,如图(b)所示。实际计算时,还需进一步简化为结构的计算简图,如图(c)所示。

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。



(a) 二层框架主体结构



(b) 一榀框架



(c) 计算简图

二、建筑力学的主要任务

建筑结构的构件都有能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被破坏,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。所谓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。例如,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,能否做到既安全又经济等等。

结构力学讨论构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。

第一章 静力学基础

学习目标

1. 深入理解力、平衡、刚体和约束等基本概念；
2. 掌握静力学四个公理和两个推论的内容，明确其适用范围；
3. 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；
4. 能正确地画出物体及物体系统的受力图。

静力学研究物体在力系作用下平衡的规律。

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，相对于地球静止或做匀速直线运动，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，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。

第一节 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。

一、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可以看作是刚体。

二、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。

力是物体与物体之间的相互作用,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、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)。

$$1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$$

2. 力的方向

力的方向包含方位和指向两个含义。比如说重力的方向是“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,这种力又可称为集中力。

改变力的三个要素中的任何一个,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 所示的力 F ,选定的基本长度为 10 kN,按比例量出力 F 的大小是 20 kN,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 ,普通白体 F 只表示力矢的大小。

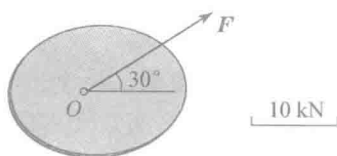


图 1-1

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。

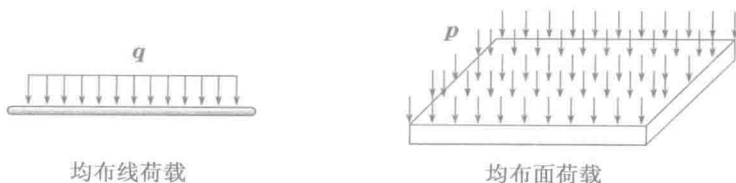


图 1-2

第二节 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。

一、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、沿同一作用线。

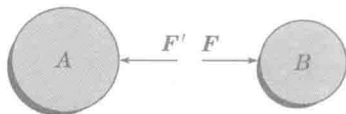


图 1-3

二、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

三、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 1-6(a),(b),(c)(图中 $F_1=F_2=F_3$)。

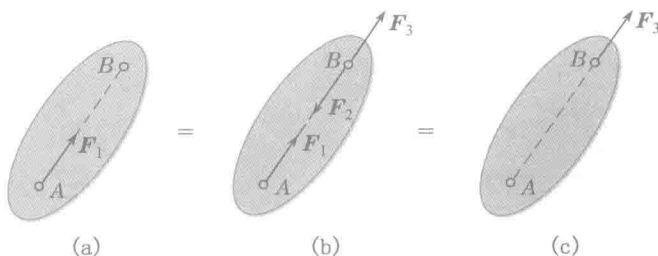


图 1-6

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。

四、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 1-7(a)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。

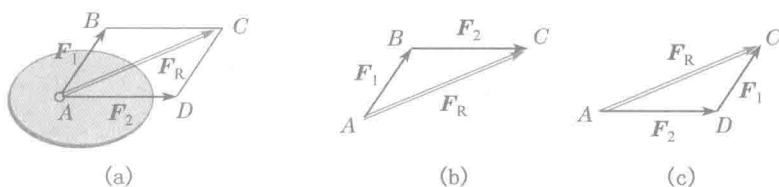


图 1-7

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,也可以不作整个平行四边形。如图 1-7(b),(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 1-7(b)中, F_2 的作用点仍为点 A;图 1-7(c)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,一个力分解为两个分力,却有无数答案。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。

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

$$\begin{cases} F_x = F_R \cos \alpha \\ F_y = F_R \sin \alpha \end{cases}$$

式中, α 为力 F_R 与 x 轴之间的夹角。

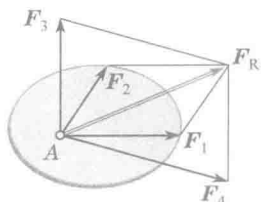


图 1-8

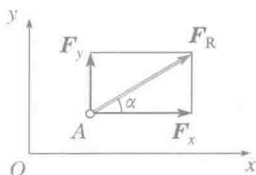


图 1-9

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 分别作用于刚体上的 B, C, A 三点而平衡,如图 1-10。

(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。

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。

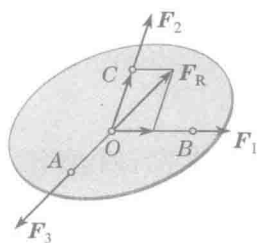


图 1-10

想一想 一刚体受三力且汇交,是否一定平衡呢?

第三节 约束与约束反力

一、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**,简称为**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