



高等院校“十二五”技能型规划教材



工程力学与结构

主编 冯新红 郑生富



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

高等院校“十二五”技能型规划教材

工程力学与结构

主 编 冯新红 郑生富

副主编 温瑜文

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学与结构/冯新红, 郑生富主编. —北京:
中国轻工业出版社, 2015. 11

高等院校“十二五”技能型规划教材

ISBN 978-7-5184-0658-6

I. ①工… II. ①冯… ②郑… III. ①工程力学—高等学校—教材 ②工程结构—高等学校—教材 IV. ①TB12
②TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 245498 号

内 容 简 介

本书主要讲授建筑工程力学和结构的相关知识, 以“理论够用、实用有效”为原则, 使学生能快速掌握力学和结构的相关知识。本书主要内容包括静力学基本知识、力系的合成与平衡、材料力学的基本知识及组合变形、平面图形的几何性质、平面体系几何组成分析、静定结构内力分析、建筑结构计算、钢筋混凝土结构基本构件、钢筋混凝土梁板结构、预应力混凝土结构构件、钢结构基本构件、砌体结构等。

本书可作为高职高专院校建筑装饰工程技术专业的教材, 也可供建筑装饰工程相关技术管理人员参考使用。

责任编辑: 陈 萍

责任终审: 劳国强

封面设计: 刘志伟

策划编辑: 林 媛

版式设计: 弘文经典

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京联兴华印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.25

字 数: 323 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0658-6 定价: 30.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

E-mail: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

151165J2X101HBW

前 言

“工程力学与结构”是高职高专建筑工程技术相关专业的的主要基础课之一。其中,建筑力学是工程设计与施工人员必不可少的专业基础,其主要是应用力学的基本概念及方法,分析和研究建筑结构和构件的强度、刚度、稳定性等问题;结构则主要是阐述静力学基本理论与力系的平衡条件、常见建筑结构的基本理论及各种基本构件和基本结构的内力分析、建筑结构的设计原则和设计方法等。

本教材本着“必需、够用”的原则,以“讲清概念、强化应用”为主旨进行编写。突出了高等职业教育教学的特点,充分考虑了高等职业院校学生岗位能力培养的要求,强调教材内容的实用性、适应性及可操作性。

本教材按照高职高专人才培养目标及专业教学改革的需要,依据最新政策法规、标准规范进行编写。全书主要包括:静力学基本知识、力系的合成与平衡、材料力学的基本知识及组合变形、平面图形的几何性质、平面体系几何组成分析、静定结构内力分析、建筑结构计算、钢筋混凝土结构基本构件、钢筋混凝土梁板结构、预应力混凝土结构构件、钢结构基本构件、砌体结构等。

通过学习本教材,学生可以了解建筑力学研究的对象和任务,掌握力和力系的概念,熟悉静力学公理,能熟悉地对物体进行受力分析,掌握杆件变形的各种形式并能进行强度计算,掌握静定结构内力分析计算的方法,了解建筑结构的基本设计原理,掌握砌体结构、钢筋混凝土结构及钢结构各种基本构件的受力特点,掌握一般房屋建筑的结构布置、截面选型及基本构件的设计计算方法,正确理解国家建筑结构设计规范中的有关规定,正确地进行截面设计等,同时能处理建筑结构施工中的一般问题,逐步培养和提高综合应用能力,为今后从事建筑装饰工程设计、施工及工程预算工作打下良好的基础。

本教材既可作为高职高专院校建筑装饰工程技术专业的教材,也可供从事装饰装修设计、施工工作的相关人员参考使用。限于编者的专业水平和实践经验,教材中疏漏或不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 静力学基本知识	(1)
学习情境一 力与平衡的概念	(1)
一、力	(1)
二、力系与平衡	(2)
学习情境二 静力学基本公理及约束与约束反力	(3)
一、二力平衡公理	(3)
二、作用力与反作用力公理	(3)
三、加减平衡力系公理	(4)
四、力的平行四边形法则	(4)
五、三力平衡汇交定理	(5)
六、约束与约束反力的概念	(5)
七、常见的几种约束及其约束反力	(6)
学习情境三 物体的受力分析和受力图画法	(9)
一、物体受力分析	(9)
二、物体的受力图画法	(9)
学习情境四 刚体、变形固体结构及计算简图	(10)
一、刚体与变形固体	(10)
二、变形固体的基本假设	(10)
三、结构计算简图	(11)
知识总结	(12)
复习思考题	(13)
模块二 力系的合成与平衡	(14)
学习情境一 平面汇交力系	(14)
一、力在平面直角坐标轴上的投影	(14)
二、合力投影定理	(15)
三、用几何法求平面汇交力系的合力	(16)
四、用解析法求平面汇交力系的合力	(17)
五、平面汇交力系平衡的解析条件	(17)
学习情境二 平面力偶系	(18)
一、力对点的矩及合力矩定理	(18)
二、力偶与力偶矩	(19)

三、平面力偶系的合成	(21)
四、平面力偶系的平衡条件	(21)
学习情境三 平面一般力系	(21)
一、力的平移定理	(21)
二、平面一般力系的简化	(22)
三、平面一般力系简化结果的讨论	(23)
四、平面一般力系的平衡条件及平衡方程	(24)
学习情境四 物体系统的平衡	(25)
知识总结	(26)
复习思考题	(27)
模块三 材料力学的基本知识及组合变形	(28)
学习情境一 杆件变形基本形式与度量	(28)
一、杆件变形的基本形式	(30)
二、位移和应变	(30)
学习情境二 内力与应力	(31)
一、内力 截面法	(31)
二、应力	(32)
三、应力集中	(33)
学习情境三 组合变形的计算	(34)
一、组合变形的概念	(34)
二、斜弯曲变形的应力和强度计算	(34)
三、轴向拉伸(压缩)与弯曲组合变形的计算	(36)
四、偏心拉伸(压缩)杆件的强度计算	(37)
五、截面核心	(39)
六、弯曲与扭转的组合变形	(39)
知识总结	(40)
复习思考题	(40)
模块四 平面图形的几何性质	(41)
学习情境一 重心与形心	(41)
一、重心	(41)
二、形心	(42)
学习情境二 静矩与形心的关系	(42)
一、静矩的定义	(42)
二、形心与静矩的关系	(43)
学习情境三 惯性矩、惯性积与惯性半径的计算	(44)
一、惯性矩	(44)
二、惯性积	(46)

三、惯性半径	(47)
知识总结	(47)
复习思考题	(47)
模块五 平面体系几何组成分析	(48)
学习情境一 几何不变体系与几何可变体系	(48)
一、几何不变体系	(49)
二、几何可变体系	(49)
三、几何不变体系的基本组成规则	(49)
学习情境二 平面体系的自由度和约束	(51)
一、自由度	(51)
二、约束	(51)
三、必要约束与多余约束	(52)
学习情境三 几何组成分析、静定结构和超静定结构	(53)
一、几何组成分析步骤	(53)
二、静定结构	(53)
三、超静定结构	(53)
知识总结	(54)
复习思考题	(54)
模块六 静定结构内力分析	(55)
学习情境一 单跨静定梁	(55)
一、单跨静定梁的形式	(55)
二、梁内任一截面上的内力	(56)
三、绘制内力图	(57)
学习情境二 多跨静定梁	(58)
一、多跨静定梁的几何组成	(58)
二、多跨静定梁内力计算	(58)
学习情境三 静定平面刚架	(59)
一、刚架与平面刚架	(59)
二、刚架的内力计算	(60)
学习情境四 静定平面桁架	(60)
一、静定平面桁架的分类	(61)
二、桁架内力分析方法	(62)
三、桁架受力性能的比较	(63)
学习情境五 三铰拱的内力分析	(64)
一、三铰拱支座反力的计算	(65)
二、三铰拱的内力计算	(66)
学习情境六 静定组合结构	(67)

一、组合结构的概念	(67)
二、组合结构的内力计算	(68)
知识总结	(68)
复习思考题	(68)
模块七 建筑结构计算	(69)
学习情境一 建筑结构荷载	(69)
一、荷载的分类	(69)
二、荷载代表值	(69)
学习情境二 建筑结构极限状态设计方法	(70)
一、结构的功能要求	(70)
二、结构的极限状态	(70)
三、极限状态设计方法	(71)
学习情境三 混凝土结构耐久性规定	(74)
一、影响混凝土结构耐久性的因素	(74)
二、混凝土结构耐久性的基本要求	(75)
知识总结	(75)
复习思考题	(76)
模块八 钢筋混凝土结构基本构件	(77)
学习情境一 钢筋和混凝土的力学性能	(77)
一、钢筋的种类及性能	(77)
二、钢筋混凝土的概念及性能	(80)
三、混凝土的力学性能	(80)
学习情境二 受弯构件承载力计算	(83)
一、受弯构件正截面承载力计算	(83)
二、单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(86)
三、双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(88)
学习情境三 受压构件承载力计算	(90)
一、轴心受压构件承载力计算	(90)
二、偏心受压构件承载力计算	(92)
学习情境四 受拉构件承载力计算	(95)
一、轴心受拉构件承载力计算	(95)
二、偏心受拉构件承载力计算	(96)
知识总结	(98)
复习思考题	(98)
模块九 钢筋混凝土梁板结构	(99)
学习情境一 钢筋混凝土梁板结构	(99)

一、混凝土结构的优缺点	(99)
二、现浇式钢筋混凝土梁板结构	(100)
三、装配式钢筋混凝土梁板结构	(101)
四、装配整体式钢筋混凝土梁板结构	(101)
学习情境二 单向板肋梁楼盖设计	(101)
一、结构平面布置	(102)
二、确定梁板计算简图	(102)
三、结构内力计算	(104)
四、截面配筋计算	(108)
学习情境三 现浇双向板肋梁楼盖设计	(110)
一、双向板的受力特点	(110)
二、双向板的内力计算	(110)
三、双向板的截面设计与构造要求	(116)
四、双向板支撑梁的设计	(116)
学习情境四 楼梯	(117)
一、楼梯的分类	(117)
二、楼梯的组成	(119)
三、楼梯的尺度	(120)
四、现浇楼梯的计算	(122)
学习情境五 雨篷	(125)
一、雨篷的构成	(125)
二、雨篷的荷载分布	(126)
三、雨篷的抗倾覆计算	(127)
知识总结	(127)
复习思考题	(128)
模块十 预应力混凝土结构构件	(129)
学习情境一 预应力混凝土基本知识	(129)
一、预应力混凝土的概念和特点	(129)
二、施加预应力的方法	(130)
三、预应力的计算分析	(131)
学习情境二 预应力混凝土轴心受拉构件承载力和损失值	(134)
一、预应力混凝土轴心受拉构件计算	(134)
二、预应力损失值计算	(138)
知识总结	(140)
复习思考题	(141)
模块十一 钢结构基本构件	(142)
学习情境一 钢结构及钢结构材料	(142)

一、钢结构的特点和应用范围	(142)
二、钢结构材料及其选用	(144)
学习情境二 钢构件计算	(149)
一、受弯构件的计算	(149)
二、轴心受力构件的计算	(154)
三、拉弯构件和压弯构件的计算	(155)
学习情境三 钢结构连接	(158)
一、焊接连接	(158)
二、螺栓连接	(165)
三、铆钉连接	(171)
知识总结	(171)
复习思考题	(171)
模块十二 砌体结构	(172)
学习情境一 砌体结构概述	(172)
一、砌体种类	(172)
二、砌体材料	(173)
三、砌体的力学性能	(176)
学习情境二 砌体结构构件承载力计算	(185)
一、无筋砌体受压构件承载力计算	(185)
二、局部受压计算	(189)
三、轴心受拉构件	(191)
四、受剪构件	(192)
五、受弯构件	(192)
知识总结	(192)
复习思考题	(193)
附录 建筑结构计算常用数据	(194)
参考文献	(201)

模块一 静力学基本知识

知识目标

1. 了解力与平衡的基本概念；
2. 掌握静力学基本公理及约束与约束反力；
3. 掌握物体的受力分析和受力图的画法；
4. 了解刚体、变形固体结构及计算简图。

能力目标

1. 了解力系、平衡和平衡力系的概念，掌握力的分解与合成的概念；
2. 掌握工程中常见的几种约束类型及其约束反力的特性；
3. 能够掌握受力分析图的步骤和注意事项，能绘制受力图；
4. 掌握计算简图的选取基本原则和简化方法。

学习情境一 力与平衡的概念

力在人类生活和生产实践中无处不在，力的概念是人们在长期生产劳动和生活实践中逐渐形成的。在建筑工程活动中，当人们拉车、弯钢筋、拧螺母时，由于肌肉紧张，便感到了用了力。例如，力作用在车子上可以让车由静止到运动，力作用在钢筋上可以使钢筋由直变弯。

一、力

(一)力的概念

力是物体间的相互机械作用。力是力学中最基本的概念之一，是人们在长期的生产实践和日常生活中，经过对大量感性认识进行科学归纳、概括和抽象而逐步形成的。

物体间的相互机械作用多种多样。有的通过场的作用，如重力场、电磁场等；有的通过相互接触，如水压力、土压力、摩擦力等。

力对物体有两种效应：一是使物体运动状态发生改变，称为运动效应；二是使物体发生变形，称为变形效应。实际上，变形也是物体内部各部分运动状态发生变化的结果，但因

其特殊性,将它同通常的运动状态的改变区别开来。

(二)力的三要素

实践证明,力对物体的效应取决于三个要素:力的大小、方向和作用点。度量力的大小的常用单位为 N 或 kN。力的方向包括两层含义:方位和指向。例如,重力的方向是“铅直向下”,其中“铅直”是指重力的方位,“向下”是指重力的指向。力的作用点是指力在物体上的作用位置。

一般来说,力的作用位置不是一个“点”,而是一定的范围。但是当力的作用范围很小或它的大小对所研究的问题影响不大时,可近似地看作一个点,这种力称为集中力,这个点称为作用点,力所在的方位线称为作用线。当力的作用位置不能简化为一个点时,称为分布力。

(三)力的表示

力的三要素表明力是矢量(其计算符合矢量代数运算法则),记作 F (图 1-1),用一段带有箭头的线段(AB)来表示:线段(AB)的长度(按一定的比例)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。

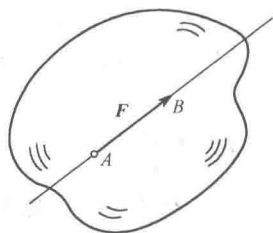


图 1-1 力的三要素

二、力系与平衡

(一)力系

一般情况下,一个物体总是同时受到若干力的作用。我们把同时作用于一个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,力系可分为以下几种:

- (1)汇交力系 力系中各力作用线汇交于一点。
- (2)力偶系 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 力系中各力作用线相互平行。
- (4)一般力系 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,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。

(二)平衡

平衡是指物体相对于地球保持静止或匀速直线运动的状态。

例如,房屋、水坝、桥梁相对于地球保持静止;沿直线匀速起吊的构件相对于地球做匀速直线运动等。它们的共同特点就是运动状态没有发生变化。建筑力学研究的平衡主要是物体处于静止状态。

(三)平衡力系

使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。物体在力系作用下处于平衡时,力系所应满足的条件称为力系的平衡条件,这种条件有时是一个,有时是几个,它们是建筑力学

分析的基础。

(四)力系的分解与合成

在不改变物体作用效应的前提下,用一个简单力系代替一个复杂力系的过程称为力系的简化或力系的合成;反之,把合力代换成若干分力的过程称为力的分解。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,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。

学习情境二 静力学基本公理及约束与约束反力

静力学公理是人们从实践中总结出来的最基本的力学规律,这些规律是符合客观实际的,并被认为是无须再证明的真理,是人们关于力的基本性质的概括和总结,是研究力系简化与平衡问题的基础。

在求解静力平衡问题时,一般首先要分析物体的受力情况,了解物体受到哪些力的作用,其中哪些力是已知的,哪些力是未知的,因此要学会受力分析,用以应对工程中构件的荷载分析。

一、二力平衡公理

二力平衡公理:作用于刚体上的两个力平衡的充分必要条件是这两个力大小相等、方向相反、作用线在同一条直线上(简称二力等值、反向、共线)。

二力平衡公理揭示了刚体在两个力作用下处于平衡状态所必须满足的条件,故称为二力平衡条件。

构件是一种物体,在两个力作用下处于平衡的构件称为二力构件,如图 1-2(a)、1-2(b)和 1-2(c)所示,作用在二力构件上的两个力必定等值、反向、共线;若此构件为直杆,通常称为二力杆,如图 1-2(d)所示。

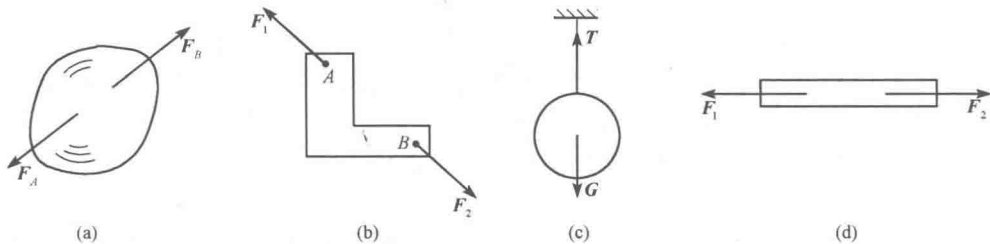


图 1-2 二力构件

(a) $F_A = F_B$ (b) $F_1 = F_2$ (c) $T = G$ (d) 力杆

二、作用力与反作用力公理

两个物体间相互作用的一对力总是大小相等、方向相反、作用线相同,并分别同时作用于这两个物体上,这称为作用力与反作用力公理。或叙述为:对应每个作用力,必有一

个与其大小相等、方向相反且在同一直线上的反作用力。

作用力与反作用力公理概括了任何两个物体间相互作用的关系。有作用力，必定有反作用力。两者总是同时存在，又同时消失。因此，力总是成对地出现在两个相互作用的物体上。

三、加减平衡力系公理

加减平衡力系公理：在作用于刚体的任意力系中，加上或去掉任何一个平衡力系，并不能改变原力系对刚体的作用效应，这是因为在平衡力系中，诸力对刚体的作用效应相互抵消，力系对刚体的效应等于零。根据这个原理，可以进行力系的等效变换。

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 1-3 所示，小车 A 点上作用一力 F ，在其作用线上任取一点 B，在 B 点沿力的作用线加一对平衡力，使 $F = F_1 = -F_2$ ，根据加减平衡力系公理，力系 F_1 、 F_2 、 F 对小车的的作用效应不变。将 F 和 F_2 组成的平衡力系去掉，只剩下力 F_1 ，与原力等效，由于 $F = F_1$ ，这就相当于将力 F 沿其作用线从 A 点移到 B 点而效应不变。

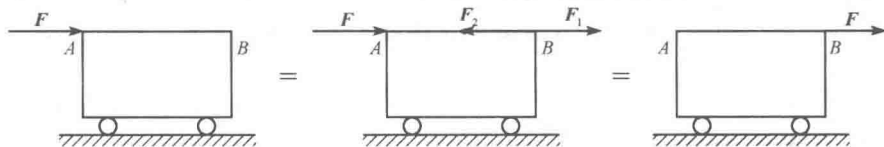


图 1-3 力的可传性

由此可见，对于刚体来说，力的作用点已不是决定力的作用效应的要素，它已被作用线所代替。因此，作用于刚体上力的三要素是：力的大小、方向和作用线。

必须指出的是，力的可传性原理也只适用于刚体而不适用于变形体。

四、力的平行四边形法则

力的平行四边形法则：作用于物体同一点的两个力可以合成为一个合力，合力也作用于该点，其大小和方向由以两个分力为邻边的平行四边形的对角线表示。

如图 1-4(a)所示， F_1 和 F_2 为作用于刚体上 A 点的两个力，以这两个力为邻边作出平行四边形 ABCD，图中 F 即为 F_1 、 F_2 的合力。

这个公理说明力的合成遵循矢量加法，其矢量表达式为

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

即合力 F 等于两个分力 F_1 、 F_2 矢量和。为了计算简便，在利用作图法求两个共点力的合力时，只需画出平行四边形的一半即可。其方法是：先从两个分力的共同作用点画出某一分力，再自此分力的终点画出另一分力，最后由第一个分力的起点至第二个分力的终点作一矢量，即为合力，作出的三角形称为力三角形，这种求合力的方法称为力的三角形法则，如图 1-4(b)所示。

利用力的平行四边形法则，也可以把作用在物体上的一个力分解为相交的两个分力，分力与合力作用于同一点。在实际计算中，常把一个力分解为方向已知的两个分力，

图 1-5 所示即为把一个任意力分解为方向已知且相互垂直的两个分力。力的平行四边形法则是力系简化的基础,同时,它也是力分解时所应遵循的法则。

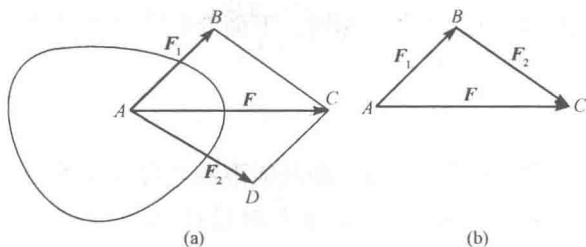


图 1-4 力的合成

(a) $F = F_1 + F_2$ (b) 力三角形

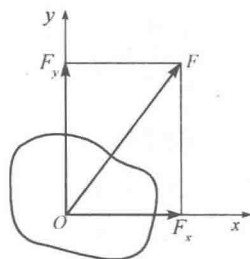


图 1-5 力的分解

五、三力平衡汇交定理

设刚体在不平行的三个力作用下平衡,若其中两个力的作用线交于一点,则第三个力的作用线必定经过这一汇交点,且三力的作用线共面。

设有相互平衡的三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 分别作用于刚体的 A_1 、 A_2 和 A_3 三点(图 1-6),已知力的作用线交于点 B 。由力的可传性,可将力 F_1 和 F_2 移至交点 B ,并用力的平行四边形法则求得合力 F 。根据平衡条件,则合力 F 应与力 F_3 平衡,由二力平衡公理可知,力 F_3 与合力 F 作用于同一直线,即 F_3 的作用线也在力 F_1 和 F_2 所构成的平行四边形平面上,且通过交点 B 。

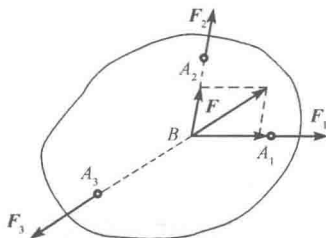


图 1-6 三力平衡汇交

三力平衡汇交定理只说明了不平行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方位。

六、约束与约束反力的概念

自然界中有各种各样的物体。有些物体,它们在空间能自由运动,位移不受任何限制,这类物体称为自由体;而有些物体,某些位移受到周围物体的限制,在一个或几个方向上不能自由运动,这类物体称为非自由体。工程中常见的物体是非自由体。

对非自由体的某些位移起限制作用的物体称为约束,由于约束可以限制物体的运动,当物体向着约束所能限制的方向运动或自运动趋势时,约束就必然对物体施加力的作用,从而阻碍其运动状态的改变。这种阻碍物体运动施加的力称为约束反力或简称反力。约束反力的方向总是与约束所能阻止的物体的运动或运动趋势的方向相反,其作用点在约束和被约束物体的接触点处。主动力(工程上多称为荷载)一般是已知的,如重力、风力、水压力、土压力等。而约束反力是在主动力作用下产生的一种被动力,随着主动力的变化而变化。

实际工程中有多多种约束形式,约束类型不同,其约束反力也不相同。

七、常见的几种约束及其约束反力

由于约束的类型不同,约束反力的作用方式也各不相同。下面介绍在工程中常见的几种约束类型及其约束反力的特性。

(一)柔索约束

柔索约束由软绳、链条等构成。柔索只能承受拉力,即只能限制物体在柔索受拉方向的位移。这就是柔索的约束功能。所以,柔索的约束反力 T 通过接触点沿柔索而背离物体。

图 1-7 给出一受柔索约束的物体 A。物体 A 所受的约束反力 T 如图中所示。约束反力 T 的反作用力 T' 作用在柔索上,使柔索受拉。

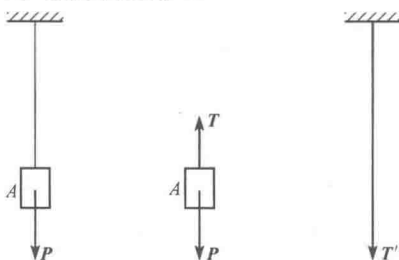


图 1-7 柔索约束示意图

(二)光滑接触面约束

两物体直接接触,当接触面光滑,摩擦力很小可以忽略不计时,形成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指向接触面的运动,而不能阻碍物体沿着接触面切线方向的运动或运动趋势。所以,光滑接触面对物体的约束反力通过接触点,沿接触面的公法线,指向被约束的物体。光滑接触面的约束反力是压力,通常用 N 表示,如图 1-8 所示。

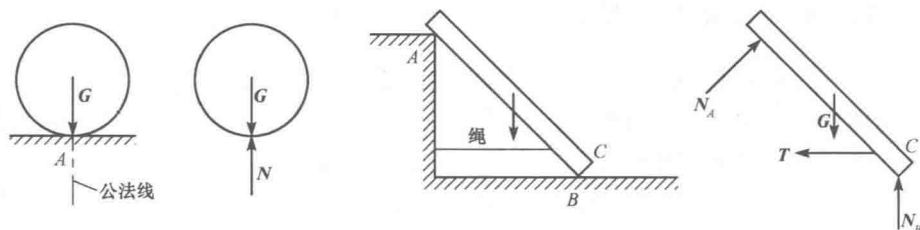


图 1-8 光滑接触面约束

值得注意的是,当两个物体的接触面光滑,但沿着接触面的公法线没有指向接触面的运动趋势时,没有约束反力。

(三)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,如果不计销钉与销钉孔壁之间的摩擦,则这种约束称为光滑圆柱铰链约束,简称铰链约束,如图 1-9(a)所示。这种约

束可以用图 1-9(b)所示的力学简图表示,其特点是只限制两物体在垂直于销钉轴线的平面内沿任意方向的相对移动,而不能限制物体绕销钉轴线的相对转动和沿其轴线方向的相对滑动。因此,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 1-9(c)所示的 F_A 。工程中常用通过铰链中心的相互垂直的两个分力 X_A 、 Y_A 表示,如图 1-9(d)所示。

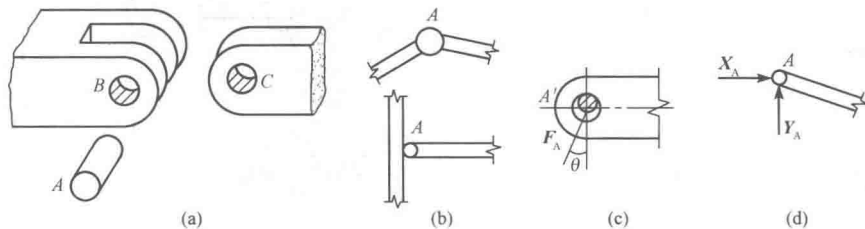


图 1-9 圆柱铰链约束

(a)示意图 (b)力学简图 (c)约束反力 (d)力的分解

(四)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 1-10(a)所示。这种约束只能限制物体沿链杆轴线方向的运动,而不能限制其他方向的运动。因此,链杆的约束反力沿着链杆的轴线方向,指向不定,常用符号 R 表示,如图 1-10(c)、(d)所示。图 1-10(b)中的杆 AB 即为链杆的力学简图。

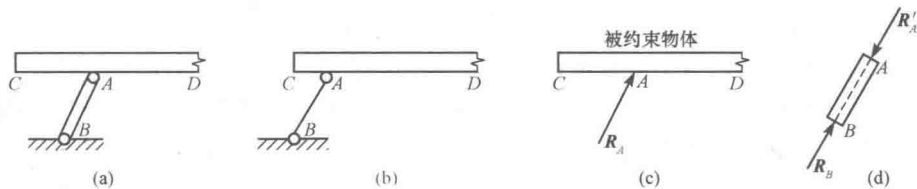


图 1-10 链杆约束

(a)示意图 (b)力学简图 (c)约束反力方向一 (d)约束反力方向二

(五)铰链支座约束

在工程中,将一个构件支承(或连接)在基础或另一个静止的构件上构成的装置称为支座。采用铰链连接的支座就是铰链支座。

铰链支座包括固定铰支座和可动铰支座两种。

1. 固定铰支座约束

在圆柱形铰链所连接的两个构件中,如果有一个被固定在基础上,便构成了固定铰支座,如图 1-11(a)所示。这种支座不能限制构件绕销钉轴线的转动,只能限制构件在垂直于销钉轴线的平面内向任意方向的移动。可见固定铰支座的约束性能与圆柱铰链相同。所以,固定铰支座的支座反力在垂直于销钉轴线的平面内,通过铰心,且方向未定。

固定铰支座的简图如图 1-11(b)所示,反力的表示如图 1-11(c)所示(指向为假设)。

2. 可动铰支座约束(又称滚轴支座约束)

在固定铰支座下面加几个滚轴支承于平面上,但支座的连接使它不能离开支承面,就