



“十三五”普通高等教育本科规划教材

建筑力学

黄会荣 郑军兴 主 编

张 郁 刘小华 唐继武 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

建筑力学

主编：黄会荣、郑军兴

主编 黄会荣 郑军兴
副主编 张郁 刘小华 唐继武
参编 刘明明 程娜 滕伟玲
王琴 杨阳 张明明



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。本书特点是将传统理论力学中的静力学、材料力学、结构力学统编在一起。

本书包括理论力学、材料力学、结构力学三部分内容。理论力学的静力学部分是第2、3章,包括静力学基本知识、平面力系的基本知识。材料力学部分有第4、5章、第8~11章,内容包括杆件的拉伸与压缩、扭转、梁的弯曲应力与应力状态、梁的弯曲变形、压杆的稳定等。结构力学部分有第6、7章、第12~15章,内容包括平面结构的几何组成分析、静定结构的内力计算、静定结构位移计算、超静定结构的力法、位移法与力矩分配法、影响线及其应用等。

本书每一章前有提要,后有思考题和习题,能很好地帮助读者了解本书的重点和难点,掌握全书内容,为后续专业课的学习和将来从事设计工作打下坚实的基础。

本书可作为普通高等院校土木工程、工程管理、工程造价等专业的技术基础课教材,也可作为土建类专业工程技术人员的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/黄会荣,郑军兴主编. —北京:中国电力出版社,2016.7

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-9153-6

I. ①建… II. ①黄… ②郑… III. ①建筑力学-高等学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 098673 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016年7月第一版 2016年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18印张 433千字

定价 38.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

建筑力学是土木建筑工程类专业开设的一门重要的技术基础课程,是研究建筑结构的力学计算理论和方法的依据,也是从事土木建筑设计和施工的工程技术人员必不可少的理论基础。

本书是根据普通高等学校土建类专业建筑力学教学大纲的要求,结合编者多年教学改革实践,汲取兄弟院校的宝贵经验,将传统理论力学中的静力学、材料力学、结构力学统编在一起而形成的《建筑力学》教材。本书共有15章,书中既保持了三篇内容各自相对的独立性和理论的系统性,又考虑到它们的相互关系和融合,同时还注意到与前面高等数学、大学物理以及后续建筑结构等课程的衔接问题,使全书前后呼应,协调性好,整体性好。

本书既注意吸收经典力学的理论及方法,又注意与工程实际相结合,有利于学生在学习过程中完成由学习知识到应用知识和技能的转变。为了使学生在有限的学时内掌握好建筑力学的基本内容,书中编入了一些工程实例,加强了针对性,以开拓学生的视野。本书构架合理,每一篇均有篇前提要,章后有思考题和习题,能很好地帮助读者了解本书的重点和难点,掌握全书内容,为后续专业课的学习和将来从事设计工作打下坚实的基础。

本书可作为普通高等院校土木工程、工程管理、工程造价等专业的技术基础课教材,也可作为土建类专业工程技术人员的参考书籍。

本书由西京学院负责编写,具体工作分工如下:黄会荣编写第1章、第13~14章,郑军兴编写第4~5章、第8~9章、第11章及附录I,刘小华编写第3章、第6章、第10章及第15章,张郁编写第7章及第12章,唐继武编写第2章,滕伟玲编写附录II,全书由黄会荣统稿。刘明明、程娜、王琴、杨阳、张明明协助完成教材中的部分插图。

限于编者水平,书中难免有不足之处,诚恳希望广大读者提出宝贵意见,以便进一步完善和提高。

编者

2016年4月

目 录

前言

第1章 概述	1
第2章 静力学基本知识	4
2.1 力的性质和力在坐标轴上的投影	4
2.2 荷载及其分类	7
2.3 约束与约束反力	8
2.4 物体的受力分析和受力图	11
2.5 力学模型和结构计算简图	13
2.6 平面杆系结构的分类	14
2.7 杆件的基本变形	15
思考题	16
习题	16
第3章 平面力系的合成与平衡	18
3.1 力矩和力偶	18
3.2 平面力系的简化	23
3.3 平面力系的平衡条件及应用	29
3.4 物体系统的平衡	33
思考题	35
习题	36
第4章 轴向拉伸和压缩	42
4.1 轴向拉伸和压缩的概念	42
4.2 拉(压)杆横截面上的内力、轴力图	42
4.3 轴向拉(压)杆的应力计算	44
4.4 拉(压)杆的变形·胡克定律	48
4.5 材料在拉伸和压缩时的力学性能	50
4.6 强度条件、安全系数、许用应力	56
4.7 应力集中的概念	58
思考题	58
习题	59
第5章 扭转	61
5.1 扭转内力	61
5.2 切应力互等定理和剪切胡克定理	64
5.3 圆轴扭转时的应力和强度条件	65

5.4 圆轴扭转时的变形和刚度条件	69
思考题	71
习题	71
第6章 平面体系的几何组成分析	74
6.1 几何组成分析的概念	74
6.2 几何不变体系的组成规则	76
6.3 几何组成分析举例	78
6.4 结构的静定特性与几何组成的关系	81
思考题	81
习题	81
第7章 静定结构的内力	83
7.1 工程中梁弯曲的概念	83
7.2 梁的内力	85
7.3 梁的内力图	87
7.4 直杆梁的荷载集度-内力之间的关系	91
7.5 叠加法绘梁的弯矩图	94
7.6 多跨静定梁	96
7.7 静定平面刚架	99
7.8 三铰拱	105
7.9 静定平面桁架	108
7.10 静定结构的基本特性	115
思考题	116
习题	116
第8章 梁的弯曲应力与应力状态	119
8.1 弯曲正应力及其强度条件	119
8.2 弯曲切应力及其强度条件	123
8.3 提高弯曲强度的措施	125
8.4 应力状态的概念	127
8.5 平面应力状态下应力分析	129
8.6 平面应力状态下的强度理论与应用	132
思考题	136
习题	136
第9章 梁的弯曲变形	140
9.1 梁的挠曲线近似微分方程	140
9.2 积分法求梁的变形	141
9.3 叠加法求梁的变形	143
9.4 平面弯曲梁的刚度校核·提高梁的刚度的措施	146
思考题	147
习题	147

第 10 章 组合变形	149
10.1 概述	149
10.2 斜弯曲	150
10.3 轴向压缩(拉伸)与弯曲的组合 偏心压缩(拉伸)	152
思考题	157
习题	157
第 11 章 压杆稳定	159
11.1 压杆稳定概念	159
11.2 细长压杆的临界荷载	160
11.3 压杆的临界应力	162
11.4 压杆的稳定计算	164
思考题	166
习题	167
第 12 章 静定结构位移计算	169
12.1 位移计算概念	169
12.2 虚功和虚功原理	170
12.3 单位荷载法计算位移	176
12.4 静定结构在荷载作用下的位移计算	177
12.5 图乘法	179
12.6 温度下的位移计算	183
12.7 支座移动引起的位移计算	185
12.8 线性变形体系的互等定理	185
思考题	188
习题	188
第 13 章 力法	190
13.1 超静定结构概述	190
13.2 力法的基本原理	191
13.3 荷载作用下的超静定结构计算	196
13.4 对称性的利用	206
13.5 超静定结构在温度改变、支座位移时的影响	210
13.6 超静定结构的位移计算	213
13.7 力法计算结果的校核	214
思考题	215
习题	215
第 14 章 位移法与力矩分配法	219
14.1 位移法概述	219
14.2 等截面直杆的形常数和载常数	221
14.3 位移法的典型方程	224
14.4 用平衡方程法计算超静定结构	232

14.5	对称性的利用	237
14.6	力矩分配法	239
	思考题	243
	习题	244
第 15 章	影响线及其应用	246
15.1	影响线的概念	246
15.2	用静力法作静定梁的影响线	246
15.3	用机动法作静定梁的影响线	250
15.4	间接荷载作用下的影响线	252
15.5	影响线的应用	254
	思考题	259
	习题	259
附录 I	平面图形的几何性质	261
I.1	形心和静矩	261
I.2	惯性矩和惯性积	262
I.3	惯性矩、惯性积的平行移轴公式	264
附录 II	常用型钢规格表	266
	参考文献	277

第1章 概述

1. 建筑力学的内容和任务

在建筑工程中,如房屋、桥梁、隧道、水坝和电视塔等,由建筑材料按一定方式组成,用来承受各种荷载以完成特定功能的物体称为构件,由构件组成的体系称为结构。结构是各种构筑物的骨架,对构筑物的安全和耐久性起决定作用。

在荷载等因素作用下,承受荷载的建筑结构会产生变形,并有发生破坏的可能性。同时,结构本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,而这种抵抗能力与构件的材料性质、截面尺寸和形状、结构组成情况、受力性质和工作条件有关。一方面,如果构件的截面设计得过小,则在荷载作用下结构将不安全,即或者会产生断裂和破坏,或者因产生过大变形不能正常工作;另一方面,如果设计建造构件的承载力远远大于实际承受的荷载,则会多用材料,造成巨大浪费。为了解决安全和经济这个矛盾,就需要学习建筑力学知识,进行科学合理的设计。

建筑力学的主要内容有:

(1) 力系的简化和平衡问题。用简单力系等效代换构件承受的复杂力系,从而导出力系的平衡条件,建立静力平衡计算方法,由外力计算结构的支座反力以及构件的各种内力。

(2) 结构几何组成规则。研究多个构件组成结构的几何规律,以确保组成结构的各个构件不产生相对运动,能正常承载。

(3) 强度问题。强度是构件在外力作用下不发生断裂或塑性变形的能力。建筑力学研究材料和构件抵抗破坏的能力并建立强度条件,以确保构件在荷载作用下能正常工作而不会发生破坏。

(4) 刚度问题。刚度是指构件在外力作用下不发生过大的弹性变形的能力。建筑力学研究构件和结构抵抗变形的能力并建立刚度条件,以确保构件和结构在荷载作用下能正常工作,而不产生过大的变形。

(5) 稳定问题。所谓稳定性,是指构件在外力作用下能够保持其原有平衡形态的能力。建筑力学研究构件在外力作用下保持原有平衡形态的能力,并建立保持构件稳定必须满足的条件,以确保构件在荷载作用下能正常工作,而不会因屈曲突然垮塌。

因此,建筑力学的任务是:研究构件和结构的受力和平衡条件,结构几何组成规则,内力和变形规律,材料的力学性能,建立构件必须满足的强度、刚度和稳定条件,为既安全又经济的结构设计,提供必要的理论基础和分析计算方法。

2. 建筑力学的研究方法

建筑力学课程所研究的内容,都是土建工程中的力学问题。遵循认识论的规律,其研究方法首先是从工程实践或实验中观察各种现象,从复杂的现象中抓住共性,找出反映事物本质的主要因素,略去次要因素,经过简化,把实际承载结构抽象为力学模型,画出计算简

图。建立力学模型是建筑力学研究方法中很重要的一个步骤。因为实际工程结构中的建筑力学问题是很复杂的,需要对同一个研究对象,为了不同的研究目的,进行多次试验,反复观察,仔细分析,抓住问题的本质,作出正确的假设,使问题理想化或简化,从而达到在满足一定精确度的要求下,用简单的模型解决问题的目的。

建筑力学的研究与数学有着密切的关系,建立了力学模型以后,还要按照力学的基本规律和定理,对力学模型进行数字描述,建立力学量之间的数量关系,得到力学方程,即数学模型。然后,经过逻辑推理和数学演绎进行理论分析和计算,或用计算机求数值解。最后,所等到的结果和结论是否正确,还要进一步通过实验或土建工程实践来检验。

3. 建筑力学课程的研究对象

实际物体在外力作用下都要发生变形。但是,土建工程中构件的变形通常是很微小的,因此,在研究物体的受力和平衡时,这种微小的变形可以略去不计,将受力物体抽象化为不变形的刚体。

在研究构件的强度、刚度、稳定性等问题时物体的变形将成为主要矛盾,这时应将物体视为可变形的固体。任何固体在外力作用下均将发生变形,若卸除外力后能完全消失的变形,称为弹性变形;不能消失而残留下来的那一部分变形,则称为塑性变形。

变形固体有多方面的属性,研究的角度不同,侧重面也不一样。建筑力学课程是从宏观的角度研究物体内部的受力和变形规律的,为得到简化的力学模型,一般认为变形固体具有如下的基本属性。

(1) 均匀、连续性。

实际变形固体的材料,从微观的层次看是不连续的,因为组成固体的粒子之间存在着空隙。但这种空隙与构件的尺寸相比及其微小,于是可理想化地认为固体内部毫无空隙地充满了物质,这就是变形固体的连续性假设。另外,组成固体的粒子,彼此的物理性质并不完全相同,但因构件的任一部分都包含为数极多的微小粒子,而且无规则地排列着,从统计平均的角度看,认为由同一材料组成的构件,各处的物理性质是相同的,这就是变形固体的均匀性假设。

根据变形固体的均匀、连续性假设,可以从固体内任意截取一部分来研究,且在外力作用下引起的内力、应力、应变等力学量均可表示为坐标的连续函数,以便进行数学分析。

同时还应指出,在正常工作条件下,变形前连续的固体,变形后仍应保持其连续性,即变形固体的相邻部分既不引起空隙也不产生重叠的现象,这种变形连续性的条件称为几何相容条件。

(2) 各向同性与各向异性。

材料沿不同方向上的力学性能都相同,称为各向同性;沿不同方向的力学性能不同,称为各向异性。绝大多数建筑材料,如金属、工程塑料、搅拌均匀的混凝土等,都可视为各向同性材料。例如,金属从微观上看是多晶体材料,单个晶体的力学性能是有方向性的,但由于各晶体是随机排列的,在宏观上表现为各向同性。

有些建筑材料,如木材、纤维增强复合材料,其整体的力学性能具有明显的方向性,则应看做是各向异性材料。

根据几何形状和尺寸的不同,结构大致可分为杆件结构、薄壁结构和块体结构。杆件的几何特征是其长度远大于横截面的宽度和高度,如房屋建筑中的梁和柱。有杆件组成的体系称为杆件结构或杆系结构,如大跨屋盖的桁架结构;薄壁结构是其厚度远小于其他两个尺寸的结构,如薄板、褶皱板和薄壳等;块体结构是长宽高三个方向的尺度相近的结构,如基础和 水坝等。建筑力学课程主要的研究对象是杆件和平面杆系结构。若研究板、壳及块体的力学问题,可进一步学习“弹性力学”和“板壳理论”等课程。

第2章 静力学基本知识

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学,是建筑力学的基础。静力学的主要任务是按照物体所受荷载和约束的特点,合理简化力学模型;根据力的基本性质,进行受力和计算。本章内容包括力的基本性质、刚体和变形体的概念、作用在结构上的荷载及其分类、工程中常见的约束及其约束反力、结构的受力和受力图、平面杆系结构的分类以及杆件的基本变形。

2.1 力的性质和力在坐标轴上的投影

力是物体之间的相互机械作用,这种作用的效应有两方面。一方面是使物体的运动状态发生变化,另一方面是使物体的几何形状发生变化。前者称为力的运动效应或外效应,后者称为力的变形效应或内效应。力作用在物体上所产生的效果,不但与力的大小和方向有关,而且与力的作用点有关。我们把力的大小、方向和作用点称为力的三要素。力是矢量,本书中用黑斜体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示力矢量,而用普通字母 F 表示力的大小。在国际单位制中,力的单位是牛顿(N)或千牛(kN)。

2.1.1 刚体和变形固体

1. 刚体

在任何外力作用下,大小和形状都保持不变的物体称为刚体。其基本特征是在任何情况下刚体内任意两点距离保持不变,这是一个理想化的力学模型。事实上,绝对的刚体在现实中是不存在的,任何物体在受到力的作用时,都将发生不同程度的变形。但在很多情况下物体的变形对于研究平衡问题的影响很小,可以忽略不计。静力学中所指的物体都是刚体。

2. 变形固体

变形固体指受力后产生变形的固体。其基本特征是受力后物体内两点间的距离会发生改变。变形固体是现实生活中的物体,在外力作用下发生的变形分为弹性变形和塑性变形两类。在外力撤去后,能消失的变形为弹性变形,不能消失而遗留下来的变形为塑性变形。在一般情况下,物体受力后既有弹性变形又有塑性变形。但工程中所用的材料在外力不超过一定限度时,塑性变形很小,可略去不计。材料只发生弹性变形而不产生塑性变形的物体,称为理想弹性体,只产生弹性变形的力范围称为弹性范围。建筑力学只研究杆件在弹性范围内的变形问题。

2.1.2 力的性质·静力学公理

力的基本性质亦称为静力学公理。公理是人们在长期生产和实践中的经验总结,经过实践反复检验的最普通、最一般的规律。本书介绍四个公理及两个推论,它们是研究力系简化和平衡的基础。

1. 力的平行四边形法则

作用在物体上不平衡的两个力 $\boldsymbol{F}_1$ 和 $\boldsymbol{F}_2$, 可以合成为一个合力 $\boldsymbol{F}_R$, 合力的大小和方向

由这两个力矢量为邻边所做的平行四边形的对角线确定,如图 2-1 所示。

$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$, 合力 $\mathbf{F}_R$ 的大小由余弦定理确定。 $F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$, 方向角由正弦定理确定, 即

$$\frac{F_1}{\sin\alpha} = \frac{F_R}{\sin\theta}$$

2. 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力, 使物体平衡的充分且必要条件是: 这两个力的大小相等, 方向相反, 且作用在同一直线上, 如图 2-2 所示。

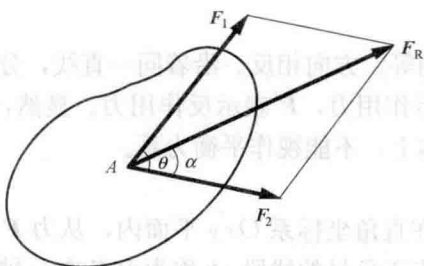


图 2-1 力的平行四边形法则

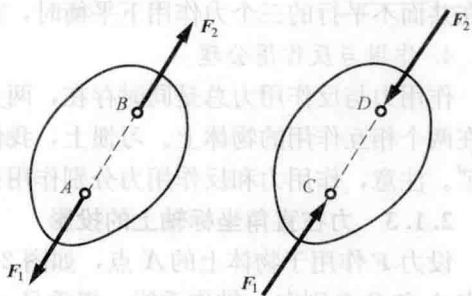


图 2-2 二力平衡公理

应该指出: 二力平衡公理对刚体是充要条件, 而对变形固体只是必要条件, 不是充分条件。例如, 绳索受一对拉力时平衡, 但受压时则不平衡。

3. 加减平衡力系公理

在受任意力系的刚体上, 加上或减去一个或多个平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效应。该公理是研究力系简化问题的基础。

推论 1 力的可传性定理

作用在刚体上的力, 可沿其作用线滑移到刚体上任一点, 而不改变它对刚体的作用效应。

此定理可由图 2-3, 用以上两公理予以证明。读者可自行证明。

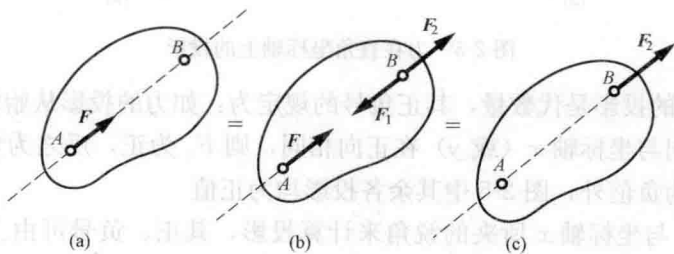


图 2-3 力的可传性

推论 2 三力平衡汇交定理

作用于刚体上三个相互平衡的力, 如果其中两个力的作用线汇交于一点, 则此三力必在同一平面内, 且第三个力的作用线通过汇交点。

此推论可根据力的可传性和力的平行四边形法则证明。

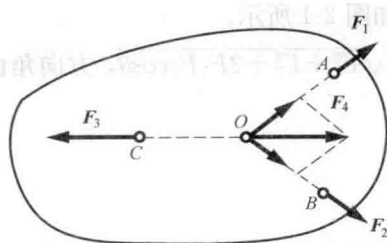


图 2-4 三力平衡汇交定理

证明：设在刚体的 A、B、C 三点上，分别作用不平行的使该刚体平衡的三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 （见图 2-4）。根据力的可传性原理，将力 F_1 、 F_2 移到其汇交点 O，然后根据力的平行四边形法则，得合力 F_4 。则力 F_3 应与 F_4 平衡。由二力平衡公理知， F_3 与 F_4 必共线。因此力 F_3 的作用线必通过 O 点并与力 F_1 、 F_2 共面。

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共面不平行的三个力作用下平衡时，其中某个未知力的方向。

4. 作用与反作用公理

作用力与反作用力总是同时存在，两力的大小相等、方向相反、沿着同一直线，分别作用在两个相互作用的物体上。习惯上，我们用 F 表示作用力， F' 表示反作用力。显然， $F = -F'$ 。注意，作用力和反作用力分别作用在两个物体上，不能视作平衡力系。

2.1.3 力在直角坐标轴上的投影

设力 F 作用于物体上的 A 点，如图 2-5 所示。在直角坐标系 Oxy 平面内，从力 F 的两端点 A 和 B 分别向 x 轴作垂线，得垂足 a 和 b ，带有正负号的线段 ab 称为力 F 在 x 轴上的投影，用 F_x 表示。同理，自 A 和 B 分别向 y 轴作垂线，得垂足 a' 和 b' 。带有正负号的线段 $a'b'$ 称为力 F 在 y 轴上的投影，用 F_y 表示。

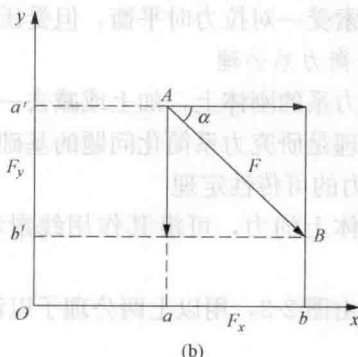
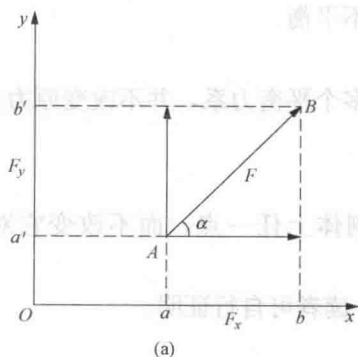


图 2-5 力在直角坐标轴上的投影

力在坐标轴上的投影是代数量，其正负号的规定为：如力的投影从始端 a （或 a' ）到末端 b （或 b' ）的指向与坐标轴 x （或 y ）在正向相同，则 F_x 为正，反之为负。显然，除了图 2-5 (b) 中的 F_y 为负值外，图 2-5 中其余各投影均为正值。

通常采用力 F 与坐标轴 x 所夹的锐角来计算投影，其正、负号可由上述规定直观判断得出。由图 2-5 (a)、(b) 可见，投影 F_x 和 F_y 可用下列式子计算：

$$\begin{cases} F_x = \pm F \cos \alpha \\ F_y = \pm F \sin \alpha \end{cases} \quad (2-1)$$

两种特殊情形：

- (1) 当力与坐标轴垂直时，力在该轴上的投影为零。
- (2) 当力与坐标轴平行时，力在该轴上的投影的绝对值等于该力的大小。

应当注意,力的投影和分力是两个不同的概念。力的投影是标量,它只有大小和正负;而力的分力是矢量,有大小和方向。在直角坐标系中,分力的大小和投影的绝对值是相同的。

【例 2-1】 试分别求出图 2-6 所示的各力在 x 轴和 y 轴上的投影。已知 $F_1=F_2=F_3=F_4=F_5=F_6=100\text{kN}$, 各力的方向如图 2-6 所示。

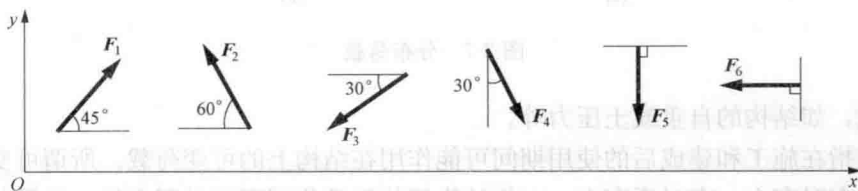


图 2-6 例 2-1 图

解: 由式 (2-1) 可得出各力在 x 、 y 轴上的投影为:

$$F_1 \text{ 的投影 } F_{1x} = F_1 \cos 45^\circ = 100 \times 0.707 = 70.7 \text{ (kN)}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 45^\circ = 100 \times 0.707 = 70.7 \text{ (kN)}$$

$$F_2 \text{ 的投影 } F_{2x} = -F_2 \cos 60^\circ = -100 \times 0.5 = -50 \text{ (kN)}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin 60^\circ = 100 \times 0.866 = 86.6 \text{ (kN)}$$

$$F_3 \text{ 的投影 } F_{3x} = -F_3 \cos 30^\circ = -100 \times 0.866 = -86.6 \text{ (kN)}$$

$$F_{3y} = -F_3 \sin 30^\circ = -100 \times 0.5 = -50 \text{ (kN)}$$

$$F_4 \text{ 的投影 } F_{4x} = F_4 \cos 60^\circ = 100 \times 0.5 = 50 \text{ (kN)}$$

$$F_{4y} = -F_4 \sin 60^\circ = -100 \times 0.866 = -86.6 \text{ (kN)}$$

$$F_5 \text{ 的投影 } F_{5x} = F_5 \cos 90^\circ = 0$$

$$F_{5y} = -F_5 \sin 90^\circ = -100 \times 1 = -100 \text{ (kN)}$$

$$F_6 \text{ 的投影 } F_{6x} = -F_6 \cos 0^\circ = -100 \times 1 = -100 \text{ (kN)}$$

$$F_{6y} = F_6 \sin 0^\circ = 0$$

2.2 荷载及其分类

在实际工程中,结构受到的荷载多种多样,如结构的自重、水压力、风压力、雪压力等。确定结构所受的荷载,是对结构进行受力分析的前提。为了便于分析,我们将从不同的角度对荷载进行分类。

(1) 根据荷载作用在结构上的分布情况,分为集中荷载和分布荷载。

荷载作用在物体上都有一定的范围。当荷载的作用范围与物体相比很小时,可以近似地看做是一个点,该点即为荷载的作用点,该荷载称作集中荷载。

当荷载作用范围不能看做一个点时,则该荷载称为分布荷载。分布荷载有线分布、面分布及体分布三种。图 2-7 (a) 为线分布荷载,其集度为 $q(\text{N/m})$; 图 2-7 (b) 为面分布荷载,其集度为 $p(\text{N/m}^2)$ 。

(2) 根据荷载作用在结构上时间的长短,分为恒载和活载。

恒载是指永久作用在结构上不变的荷载,即在结构建成以后,其大小和位置都不在发生

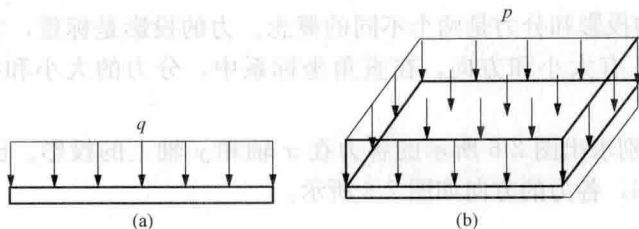


图 2-7 分布荷载

变化的荷载,如结构的自重或土压力等。

活载是指在施工和建成后的使用期间可能作用在结构上的可变荷载。所谓可变荷载,是指这种荷载有时存在,有时不存在,它们的作用位置及范围可能是固定的(如风荷载、雪荷载、会议室的人群重力等),也可能是移动的(如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆、会议室的人群等)。不同类型的房屋建筑,因其使用情况不同,活载的大小也不同。

(3) 根据荷载作用在结构上的性质,分为静荷载和动荷载。

静荷载是指荷载的大小、方向和位置不随时间发生变化或变化非常缓慢,不使结构发生显著的加速度,从而可以忽略惯性力的影响。如结构的自重、一般的活载等。

动荷载是指荷载的大小、位置、方向随时间的变化而迅速变化,结构产生显著的加速度,不能忽略惯性力的影响。如机械运动产生的荷载、爆炸引起的冲击荷载等。

2.3 约束与约束反力

2.3.1 约束与约束反力的概念

在空间中运动,位移不受限制的物体称为自由体,如飞机、飞行的炮弹、火箭等。在空间中只有运动趋势,位移受到限制的物体称为非自由体,如梁、柱等。工程实际中所研究的构件都属于非自由体。

对非自由体起限制作用的周围物体称为约束体,简称约束。如地基是基础的约束;基础是柱子(或墙)的约束。约束是阻碍物体运动的物体,这种阻碍作用就是力的作用。阻碍物体运动的力称为约束反力,简称反力。所以,约束反力的方向总是与物体运动或运动趋势的方向相反,这也是确定约束反力的方向或作用线位置的主要依据。

物体受到的力一般可以分为两类:一类是使物体运动或使物体有运动趋势的力,称为主动力,即荷载;另一类是约束对物体的约束反力,又称为被动力。一般主动力是已知的,而约束反力是未知的。在受力分析计算中,约束反力和已知的主动力共同作用使物体平衡,利用平衡条件就可以求解出约束反力。

2.3.2 工程中常见的约束及其约束反力

1. 柔体约束

由绳索、链条、皮带等柔性物体形成的约束,称为柔体约束。柔体只能承受拉力,不能承受压力,所以作为约束,它们只能限制物体沿柔体中心线且离开柔体的运动,而不能限制物体沿其他方向的运动。因此,柔体约束的约束反力是通过接触点,沿柔体中心线且背离物体的拉力,常用 F_T 表示,如图 2-8 所示。

2. 光滑接触面约束

不计摩擦的光滑平面或曲面构成对物体运动限制时,称为光滑接触面约束。这类约束无论是平面还是曲面,都不能限制物体沿接触面切线方向的运动,只能限制物体沿接触面公法线方向向约束内部的运动。因此,光滑接触面约束的约束反力是作用于接触点,沿接触面公法线方向指向物体的压力,常用 F_N 表示,如图 2-9 所示。

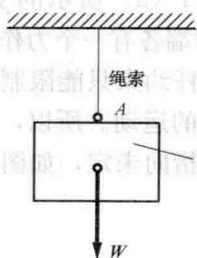


图 2-8 柔体约束

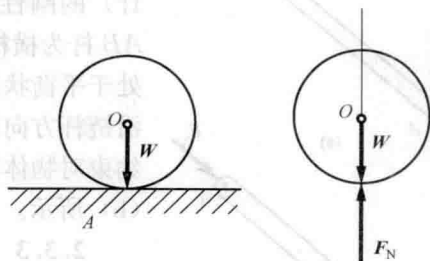
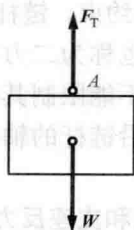


图 2-9 光滑接触面约束

3. 圆柱铰链约束

圆柱铰链简称铰链,由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中构成,并且认为销钉和圆孔的表面都是光滑的 [见图 2-10 (a)、(b)]。销钉只能限制物体在垂直于销钉轴线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,销钉与圆孔壁在某点接触,约束反力通过销钉中心与接触点,由于接触点的位置是未知的,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的,但方向未定 [见图

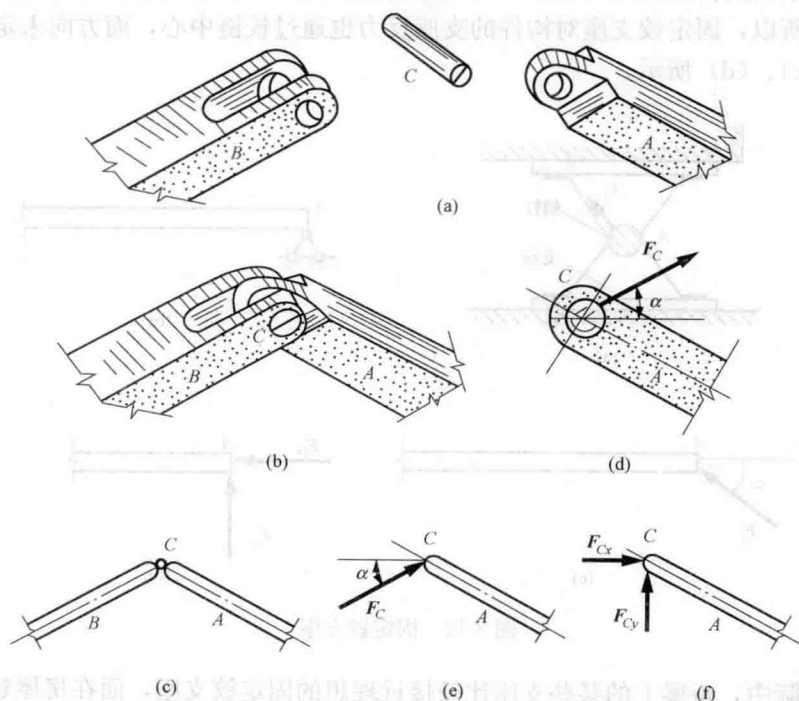


图 2-10 圆柱铰链约束