

住房和城乡建设领域
职业培训教材

建筑力学

建设部干部学院 主编



《 华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/建设部干部学院 主编.
—武汉:华中科技大学出版社,2009.9
住房和城乡建设领域职业培训教材
ISBN 978-7-5609-5536-0

I. 建… II. 建… III. 建筑力学—技术培训—教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 111107 号

建筑力学

建设部干部学院 主编

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
地 址:武汉市武昌珞喻路 1037 号(邮编:430074)
出 版 人:阮海洪

策划编辑:孙学良
责任编辑:王 亮

封面设计:曾新蕾
责任监印:张正林

印 刷:天津泰宇印务有限公司
开 本:710mm×1000mm 1/16
印 张:19
字 数:383 千字
版 次:2009 年 9 月第 1 版
印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷
书 号:ISBN 978-7-5609-5536-0/TU·671
定 价:32.80 元

投稿热线:(010)64155588—8000 邮箱:hjztg@163.com

销售电话:(022)60266190,60266192,60266193,(022)60266199(兼传真)

网 址:www.hustpas.com;www.hustp.com

(凡购本书,如有缺页、脱页,请向本社发行部调换)

《住房和城乡建设领域职业培训教材》

编审委员会

主编单位: 建设部干部学院

审定专家: 丁绍祥 祁政敏 方展和 王庆生 张维德 王振生
熊爱华 彭爱京 史新华 吴月华 张玉海 邓祥发

编审委员: 李禄荣 王亚雄 于拴根 何 钧 柳 伟 张建波
孙 威 耿承达 张心平 王 磊 焦建国 孟 波
宋国生 萧 宏 高 杰 丛向阳 宫本军 李鸿飞
孙忠波 于 超 戴 炜 霍振兴 王占良 白志忠
李艳杰 刘艳品 姚亚亚 仲伟嘉 王 震 杨又申
茹瑞英 冯育平 张 本 刘丙雨 曹聪慧 刘 丽
龙 齐 马慧慧 张海秀 裘荃荃 彦庭圆 霍月光
李 慧 王艳秋 赵 键

前 言

住房和城乡建设领域岗位技术管理人员(施工员、质量员、造价员、材料员、测量员、资料员、试验员、安全员)是建筑施工企业项目一线的技术骨干,对推动建筑业技术与管理的进步,促进建设工程领域的健康发展,起到了极其重要的作用。他们的专业知识水平和实际工作能力,不仅直接影响到建设工程项目的施工质量及企业经济效益,也在很大程度上影响着建筑业的发展进程与方向。建筑工程关键岗位技术管理人员的教育与培训工作,一直是国家和地方建设行政主管部门及建筑施工企业的工作重点之一。

考虑到工程建设技术人员分散性、流动性以及施工任务繁忙、学习时间少等实际情况,为适应新形势下工程建设领域的技术发展和教育培训的工作特点,建设部干部学院组织了一批长期从事建筑专业教育培训的老师和有着丰富的一线施工经验的专业技术人员、专家,进行了多次的座谈并深入施工现场做了细致、系统的调研工作。在聆听了工程建设技术人员对自身工作和学习成长需求的基础上,根据建筑施工企业最新的技术发展,结合国家及各地方对于建筑施工企业关键岗位技术管理人员考核的要求,编制了这套可读性强,技术内容最新,知识系统、全面,适合不同层次、不同岗位技术人员学习,并与其工作需要相结合的培训教材。

同时,这套教材也充分考虑、尊重并吸收了众多培训老师的意见和建议,对于建筑教育培训工作中教材的科学性、可读性、生动性等做了必要的调整和补充。

本套教材根据国家、行业及地方最新的标准、规范要求,结合了建筑工程技术管理人员实际工作和建筑工程施工技术体系特点,紧扣建筑施工新技术、新材料、新工艺、新产品的发展步伐,对涉及建筑施工的专业知识,进行了科学、合理的划分,由浅入深,重点突出。本套教材力求做到技术全面、系统、先进、实用;做到内容编排形式生动、易理解、可读性强;做到读者能在学习过程中提高工作能力,在实际工作中熟练运用专业技术知识。

《住房和城乡建设领域职业培训教材》丛书包括 19 个分册:《房屋建筑构造》、《建筑材料及试验》、《建筑力学》、《建筑结构》、《地基与基础》、《工程测量》、《建筑识图》、《建筑工程施工质量控制与验收》、《建筑工程质量事故分析与处理》、《建筑施工技术》、《建筑工程造价及相关知识》、《建筑工程施工组织设计与管理》、《建筑施工安全技术与管理》、《建筑工程资料管理与实务》、《建筑设备安装》、《建筑施工企业经营管理》、《建筑材料供应与管理》、《建筑电气》、《建筑施工机械》,包括建筑工程施工理论基础、建筑施工企业经营管理、建筑施工技术应用

与施工管理、安全、职业健康及环境保护等知识,系统、全面、科学地对建筑工程领域相关知识进行了阐述。

本丛书的特点是以相关考核大纲为依据,专业基础理论知识紧密结合现场施工实际,学习与工作并重,简明扼要,可读性强。

本丛书可以作为各地建筑施工企业、建筑业相关培训机构对住房和城乡建设领域职业培训教材,也可作为建筑工程技术人员日常工作、学习的参考用书。

本套丛书由建设部干部学院组织,众多专业技术人员及培训老师共同参与编写,由于我们组织经验不足以及时间仓促,书中难免存在一些疏漏、错误之处。敬请各省市有关培训单位和技术人员将问题以及意见反馈给我们,以便再版时修订。

《住房和城乡建设领域职业培训教材》编委会

2009年6月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 静力学

第一章 静力学基础	6
第一节 基本概念	6
第二节 静力学公理	7
第三节 约束与约束反力	13
第四节 受力图	17
第二章 平面汇交力系与平面力偶系	22
第一节 平面汇交力系合成与平衡	22
第二节 力对点的矩、合力矩定理	31
第三节 力偶与力偶矩	34
第四节 平面力偶系的合成与平衡	36
第三章 平面一般力系	38
第一节 平面一般力系的简化	39
第二节 平面一般力系的平衡条件和平衡方程	48
第三节 平面一般力系平衡条件的运用	53
第四节 摩擦时物体的平衡	58
第四章 空间力系	64
第一节 空间汇交力系	66
第二节 空间一般力系	70
第三节 物体的重心	75

第二篇 材料力学

第五章 材料力学基础	82
第一节 材料力学的任务	82
第二节 变形固体的基本假设	83
第三节 杆件变形的形式	85
第四节 内力、截面法及应力的概念	86
第五节 截面几何特性	89
第六章 轴向拉伸与压缩	98
第一节 轴向拉、压时杆的轴力与轴力图	98

第二节	轴向拉、压杆截面上的应力	101
第三节	拉压杆的变形及胡克定律	105
第四节	材料在拉伸和压缩时的力学性能	108
第五节	轴向拉压杆件的强度计算	118
第六节	压杆稳定	122
第七章	剪切与扭转	133
第一节	剪切与扭转的概念	133
第二节	连接件的剪切与挤压强度计算	134
第三节	圆轴扭转的内力——扭矩	140
第四节	扭转杆件的应力和变形	143
第五节	扭转杆件的强度和刚度校核	148
第八章	梁的弯曲内力及弯曲应力	152
第一节	梁的弯曲内力	153
第二节	内力图	157
第三节	梁的正应力及强度计算	167
第四节	梁的剪应力及强度计算	177
第五节	提高梁强度的措施	184
第九章	应力状态和强度理论简介	188
第一节	应力状态简介	188
第二节	平面应力状态分析	191
第三节	强度理论简介	201
第四节	强度理论的适用范围及应用	205
第十章	组合变形杆件的强度计算	210
第一节	组合变形的概念和叠加原理	210
第二节	斜弯曲	211
第三节	轴向拉压与弯曲的组合变形	215
第四节	偏心压缩或拉伸	218
第五节	弯曲与扭转的组合	225

第三篇 结构力学

第十一章	结构力学基础	230
第一节	结构类型及要求	230
第二节	荷载的分类	231
第三节	结构的计算简图	232
第十二章	平面结构体系的几何组成分析	238

第一节	几何组成分析的目的	238
第二节	平面体系的自由度及约束	239
第三节	几何不变体系的组成规则	240
第十三章	静定结构的内力分析	244
第一节	多跨静定梁	245
第二节	静定平面刚架	250
第三节	静定平面桁架	254
第十四章	静定梁的弯曲变形和位移计算	260
第一节	弯曲变形的基本概念及位移计算的目的	260
第二节	查表和叠加法计算梁的变形	261
第三节	图乘法计算梁的位移	263
第四节	梁的刚度校核及提高梁刚度的措施	266
第十五章	超静定结构	268
第一节	超静定结构概述	268
第二节	用力法计算超静定结构的内力	272
第三节	等截面单跨超静定梁的内力	288
附录	住房和城乡建设领域职业培训教材《建筑力学》教学大纲	291
参考文献		295

绪 论

建筑工程中的各类建筑物都是由许多构件组合而成的。这些建筑物,在建造之前,都要由设计人员对组成它们的构件——进行受力分析,对构件的尺寸大小、所用的材料进行结构计算来确定,这样才能保证建筑物的牢固和安全。建筑力学便是为这些建筑结构的受力分析和计算提供理论依据的一门学科。

一、建筑力学的研究对象

建筑物在建造和使用过程中都会受到各种力的作用,工程中习惯于把作用于建筑物上的外力称为荷载。

在建筑物中,承受并传递荷载而起骨架作用的部分称为结构。结构可以是一根梁或一根柱,也可以是由多个结构元件(称为构件)所组成的整体。例如,工业厂房的空间骨架就是由屋架、柱子、屋面板及基础等多个构件组成的整体结构。

结构按其几何特征可分为三类。

(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、桁架等。

(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,表面为曲面形状者称为壳(图 0-1)。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。

(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(图 0-2)、水坝、建筑物基础等均属于实体结构。



图 0-1 壳体结构

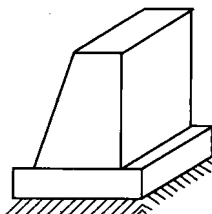


图 0-2 实体结构

组成结构的构件大多数可以视为杆件,如图 0-3 所示的厂房结构中组成屋架的构件以及梁和柱都是一些直的杆件。杆系结构可以分为平面杆系结构和空

间杆系结构两类。凡组成结构的所有杆件的轴线都在同一平面内,并且荷载也作用于该平面内的结构,称为平面杆系结构。否则,称为空间结构。对于空间结构,在进行计算时,常可根据其实际受力情况,将其分解为若干平面结构来分析,使计算得以简化。

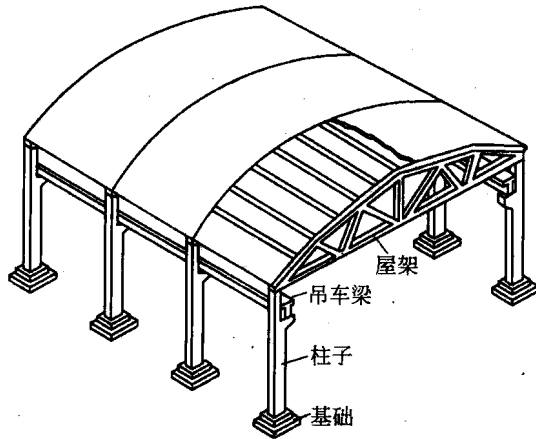


图 0-3 厂房结构

当我们对建筑物进行结构设计时,一般的做法是先对结构进行整体布置,把结构分为一些基本构件,对每一构件进行设计计算,然后再通过构造处理,把各个构件联系起来构成一个整体结构。

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、建筑力学的主要内容

在荷载作用下,承受荷载和传递荷载的建筑结构和构件,一方面会引起周围物体对它们的反作用;另一方面,构件本身也因受荷载作用而将产生变形,并且存在着发生损坏的可能。所以,结构构件本身应具有一定的抵抗变形、抵抗破坏和保持原有平衡状态的能力,即要有一定的强度、刚度和稳定的承载能力。这种承载能力的大小与构件的材料性质、截面几何形状及尺寸、受力特点、工作条件、构造情况等有关。在结构设计中,其他条件一定时,如果构件的截面设计得过小,当构件所受的荷载大于构件的承载能力时,则结构不安全,它会因变形过大而影响正常工作,或因强度不够而导致破损。当构件所受的荷载比构件的承载能力小得多时,则要多用材料,造成浪费。因此,我们在对结构或构件进行承载能力计算时,应使所设计的构件既安全又经济。上述这些便是建筑力学所研究的主要内容。这些内容将分静力学、材料力学、结构力学三个部分来讨论。

静力学主要研究物体在力系作用下的平衡问题,它包括力的基本性质、物体

的受力分析、力系的合成与简化、力系的平衡条件及其应用等。

材料力学主要研究结构物中各类构件以及构件的材料在外力作用下其本身的力学性质,即研究它们的内力和变形的计算以及强度、刚度和稳定的校核等问题。

结构力学主要研究结构的简化、结构的几何组成规律、结构内力和位移的计算原理与计算方法。

三、建筑力学的特点

1. 内容的系统性比较强

由于内容的系统性较强,后面的内容总是以前面的知识为基础,因此,在学习过程中要及时掌握所学的概念、原理和方法。

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情况等,需要多多注意观察工程上常遇到的一些结构,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。

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基础

第一节 基本概念

一、刚体

刚体是指在任何外力作用下,大小和形状保持不变的物体。在静力学部分,所研究的物体都是刚体。

实际上,任何物体在力的作用下都将发生变形,但工程中的构件在正常情况下的变形都非常微小,例如建筑物中的梁,它在中央处最大的下垂量一般只有梁长度的 $1/300 \sim 1/250$ 。这些微小的变形,对于讨论物体的平衡问题影响甚小,可以忽略不计,这样可使问题大大简化。

二、力

1. 力的定义

力是物体之间的相互机械作用,这种作用的效果会使物体的运动状态发生变化(外效应),也会使物体发生变形(内效应)。

力不能脱离物体出现,而且有力必定至少存在两个物体,有施力体也有受力体。

2. 力的三要素

力对物体的作用效果取决于三个要素:力的大小、方向、作用点。力的大小反映物体相互间机械作用的强弱程度,它可以通过力的外效应和内效应的大小来度量。力的方向表示物体间的相互机械作用具有方向性,它包括力所顺沿的直线(称为力的作用线)在空间的方位和力沿其作用线的指向。力的作用点表示物体间相互机械作用位置的抽象化。实际上物体相互作用的位置并不是一个点,而是物体的一部分面积或体积,如果这个面积或体积相对于物体很小或由于其他原因使力的作用面积或体积可以不计,则可将它抽象为一个点,此点称为力的作用点。力的三要素中的任何一个如有改变,则力对物体的作用效果也将改变。

3. 力的图示

力是一个具有大小和方向的量,所以力是矢量,可用一条沿力的作用线的有向线段来表示。此有向线段的起点或终点表示力的作用点;此线段的长度按一

定的比例表示力的大小;此线段与某定直线的夹角表示力的方位;箭头表示力的指向,所以力是定位矢量。

如图 1-1 所示,线段 AB 表示的是一作用在小车上的力 F ,这个力的大小(按图中比例尺)为 20 kN,方向与水平线成 45° 角,指向右上方,作用点为 A 点。

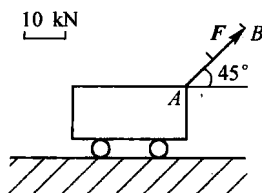


图 1-1 力的示意图

在本书中,用字母符号表示力矢量时,常用黑体字,如 F 、 P 等表示。如果该字母既没有用黑体字,也没有在上面加一横线,如 F 、 P 等,则只表示力的大小。

4. 力的单位

在国际单位制中,力的单位为 N(牛顿)或 kN(千牛顿),习惯用的工程单位是 kgf,两种单位制的换算关系是:1 kgf=9.8 N。

5. 力的作用效应

力对物体的作用同时产生两种效应:运动效应与变形效应。改变物体运动状态的效应称为运动效应(或外效应),使物体变形的效应称为变形效应(内效应)。

三、平衡

物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动的状态,称为平衡。例如,房屋、水坝、桥梁相对于地球是静止的;沿直线匀速起吊的构件相对于地球是做匀速直线运动,这些都是平衡的实例,它们的共同点就是运动状态没有发生变化。

四、力系

作用于物体上的一群力,称为力系。使物体保持平衡的力系,称为平衡力系。物体在力系作用下处于平衡时,力系所应该满足的条件,称为力系的平衡条件。在不改变作用效果的前提下,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。对物体作用效果相同的力系,称为等效力系。如果一个力与一个力系等效,则该力称为此力系的合力。而力系中的各个力称为这个合力的分力。

第二节 静力学公理

一、力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力也作用于该点。合力的大小和方向由以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

如图 1-2(a)所示 F_1 、 F_2 为作用于物体上 A 点的两个力,按比例尺以这两个

力为邻边作出平行四边形 $ABCD$, 则从 A 点作出的对角线表示的矢量 AC , 就是 F_1 与 F_2 的合力 R 。

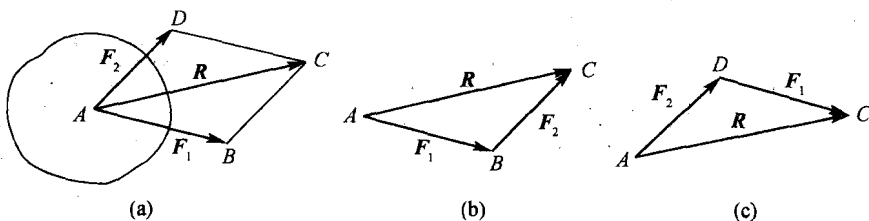


图 1-2 力的平行四边形法则示意图(一)

由图 1-2(b)可见, 在求合力 R 时, 实际上不必作出整个平行四边形, 只要先从 A 点作矢量 AB 等于力矢量 F_1 , 再从 F_1 的终点 B 作矢量 BC 等于力矢量 F_2 (即两力首尾相接), 连接 AC , 则矢量 AC 就代表合力 R 。分力和合力所构成的三角形 ABC 称为力的三角形。这种求合力的方法称为力的三角形法则。如果先画 F_2 , 后画 F_1 [图 1-2(c)], 也能得到相同的合力矢量 R 。可见画分力的先后次序不同, 并不影响合力 R 的大小和方向。

力的平行四边形法则表明了两个力的合成是遵循矢量加法的, 只有当两个力共线时, 才能用代数加法。

两个共点力可以合成为一个力, 反之, 也可以把作用在物体上的一个力分解为两个力。但是, 将一个已知力分解为两个分力可得到无数的解答。因为用同一条对角线可以作出无穷多个不同的平行四边形, 如图 1-3(a) 所示, 力 F 既可以分解为力 F_1 和 F_2 , 也可以分解为力 F_3 和 F_4 等。如不附加其他条件, 一个力分解为相交的两个分力可以有无穷多个解。要得出唯一的解, 必须给予限制条件。如给定两个分力的方向求其大小, 或给定一个分力的大小和方向求另一分力等。

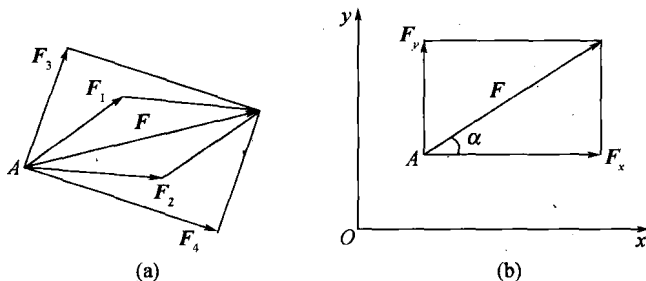


图 1-3 力的平行四边形法则示意图(二)

在工程实际问题中, 常把一个力 F 沿直角坐标轴方向分解, 可得出两个互

相垂直的分力 F_x 和 F_y , 如图 1-3(b) 所示。 F_x 和 F_y 的大小可由三角函数公式求得

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

式中 α ——力 F 与 x 轴的夹角。

推论 三力平衡汇交定理

一刚体受到共面互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) 设有共面而又互不平行的三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 分别作用在同一刚体上的 A_1 、 A_2 、 A_3 三点成平衡, 如图 1-4 所示。

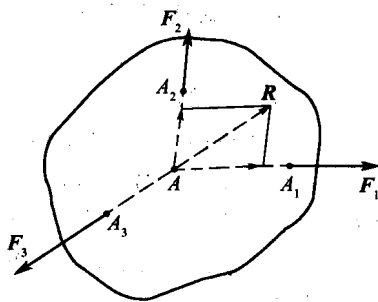


图 1-4 三力平衡汇交定理示意图(一)

(2) 根据力的可传性原理, 将其中任意两个力 F_1 、 F_2 分别沿其作用线移到它们的作用线的交点 A 上, 然后利用力的平行四边形法则求得其合力 R (图 1-4), R 也作用在 A 点。

(3) 因为 F_1 、 F_2 、 F_3 三力成平衡状态, 所以力 R 应与力 F_3 平衡, 由二力平衡公理可知, 力 R 和 F_3 一定是大小相等、方向相反、且作用在同一直线上, 就是说, 力 F_3 的作用线必通过力 F_1 和 F_2 的交点 A , 即三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用线必汇交于一点。于是推论得证。

三力平衡汇交定理也可以从实践中得到验证。例如, 小球搁置在光滑的斜面上, 并用绳子拉住, 这时小球受到重力 G 、绳子的拉力 T 和斜面的支承力 N 的作用。如果这三个力的作用线不汇交于一点 (图 1-5), 则此小球不会平衡, 只有当小球滚动到如图 1-6 所示的三力汇交于一点的情况下, 小球才能处于平衡状态。

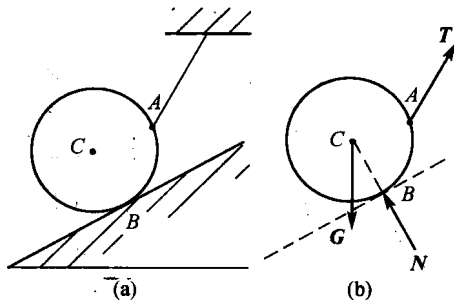


图 1-5 三力平衡汇交定理示意图(二)

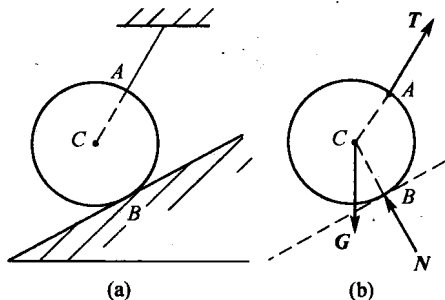


图 1-6 三力平衡汇交定理示意图(三)