



“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）

建筑力学

JIANZHU LIXUE

● 孙林 赵延林 主编



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）

JIANZHU LIXUE

建 筑 力 学

孙 林 赵延林 主编



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学/孙林, 赵延林主编. —北京: 中国计量出版社, 2008. 5

“十一五”高等学校通用教材(土木建筑类)

ISBN 978-7-5026-2828-4

I. 建… II. ①孙… ②赵… III. 建筑力学—高等学校—教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 047175 号

内 容 提 要

本书是建筑工程专业高等学校教材。在确保工程管理、建筑学、城市规划等非结构类专业对建筑力学知识基本需要的基础上, 将理论力学、材料力学和结构力学三门课程的主要内容, 按照其相互关系重新组合、融为一体, 既保留了原三门课程在各自一定范围内的理论性、系统性, 又注意了各部分之间的连贯性。本书内容取材适宜、叙述精练、深浅适度、联系实际, 注重对学生能力的培养。

全书内容包括: 基本概念、物体受力分析和结构计算简图、基本力系的简化与平衡、任意力系的简化与平衡、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、轴向拉伸与压缩、扭转、梁的弯曲、杆件在组合变形时的强度计算、压杆的稳定计算、结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线及其应用等。每章后有复习思考题和习题, 全书最后附有习题答案。

本书可作为高等学校建筑学、城市规划、工程管理等专业的教材, 也可供有关工程技术人员参考。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)

电 话 (010) 64275360

网 址 <http://www.zgjl.com.cn>

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 北京密东印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 23.75

字 数 584 千字

版 次 2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数 1—3 000

定 价 42.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换

版权所有 侵权必究

编写说明

近年来,建筑业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用,尤其是房地产业和各项基础设施建设的深入开展与逐步完善,使国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时,建筑行业自身的结构性调整也在不断进行,这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求。为此,教育部对普通高校“土木建筑类”各专业的设置和教材也多次进行了相应的调整,使“建筑工程”和“交通土建工程”等相关专业逐步向“土木工程”转化,“十一五”期间,这种转化将进一步得到完善,这将使“土木工程”的内涵大大拓宽。所以,编写高等院校土木建筑类各专业所需的基础课和专业课教材势在必行。

针对这些变化与调整,由中国计量出版社牵头组织了“十一五”高等学校通用教材(土木建筑类)的编写与出版工作,该套教材主要适用于应用型人才培养院校的建筑工程、工程管理、交通土建以及水利工程等相关专业。该学科具有发展迅速、技术应用性强的特点,因此,我们有针对性地组织了黑龙江科技学院、黑龙江大学、兰州理工大学、北方工业大学、黑龙江工程学院、福建工程学院、广东惠州学院、深圳大学、哈尔滨工程大学、东北林业大学、大庆石油学院、大连大学、哈尔滨学院以及黑龙江东方学院等 46

所相关高校中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足土木建筑类各专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才，进一步提高土木建筑类各专业教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校土木建筑类各专业的实际教学需要，本次教材的编写尤其注重了理论体系的实用性与前沿性，不仅将建筑工程领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过教材的学习可以深入把握国际建筑业发展的全貌，而且使学生通过学习能将教材中的理论迅速应用于工程实践，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国土木建筑类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2009年1月

— 本 书 编 委 会 —

主 编 孙 林 赵延林

参 编 马兴国 唐玉玲

副主编 孙丽杰 高红梅
刘 飞

主 审 张春玉

教材编委会

主 任 赵惠新 刘国普 刘宝兰

副主任 李保忠 景海河 丁 琳 薛志成 杨国义

委 员 (按姓氏笔画排序)

于秀娟	邓一兵	王福彤	付伟庆	左宏亮
左敬岩	孙 林	刘汉青	吕名云	齐伟军
刘俊玲	乔雅敏	安静波	陈 勇	李小勇
李国东	李绍峰	杜永峰	宋国利	张春玉
张俊杰	张智均	张新全	张燕坤	周 莉
杨 璐	郦 伟	胡 焜	赵文军	赵延林
姜连馥	高建岭	徐晓红	钱晓丽	程 桢
程选生	董连成	潘 睿	谭继亮	

策 划 刘宝兰 李保忠

前言

• FOREWORD •

建筑力学是工程管理、城市规划、建筑学等专业的一门重要技术基础课。近年来,随着我国高等教育改革的不断深化,各专业的人才培养目标更加具体,专业教学计划越来越贴近实际需要,对基础课的要求也越来越高。各院校建筑力学课程共同面临的问题是,如何在有限的学时内,使学生更好地掌握建筑力学的基本原理和分析方法,为后续课程打下良好的力学基础。

为了适应建筑力学教学的实际需要,本教材根据非结构专业力学知识的要求,对理论力学、材料力学和结构力学三门课程的基本内容按照力学知识的内在联系进行了融合,内容包括:基本概念、物体受力分析和结构计算简图、基本力系的简化与平衡、任意力系的简化与平衡、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、轴向拉伸与压缩、扭转、梁的弯曲、杆件在组合变形时的强度计算、压杆的稳定计算、结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线及其应用以及重心与截面的几何性质、型钢表。在教材的编写过程中,尽量做到从认识过程的连续性和统一性出发,淡化三大力学课程之间明显的分界,消除课程之间的一些重复内容,弱化一些原理和公式的推导过程,重点突出基本概念、基本原理和基本方法,便于学生建立起一个完整的建筑力学知识框架。

本教材由黑龙江工程学院、黑龙江科技学院和黑龙江建

筑职业技术学院共同编写。参编人员有：孙林（第一、五、十一、十六章）、孙丽杰、高红梅（第二、三、四章）、赵延林（第六、十三、十五章）、马兴国（第七、十、十二章）、刘飞（第八章、附录一）、唐玉玲（第九、十四章）。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2009 年 1 月

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪论	(1)
第一节 建筑力学的研究对象和任务	(1)
第二节 刚体、变形固体及其基本假设	(2)
第三节 力的性质与荷载的分类	(3)
第四节 杆件变形的基本形式	(7)
复习思考题	(8)
第二章 物体受力分析和结构计算简图	(9)
第一节 约束与约束力	(9)
第二节 物体的受力分析和受力图	(12)
第三节 结构的计算简图	(15)
复习思考题	(18)
习题	(18)
第三章 基本力系的简化与平衡	(20)
第一节 平面汇交力系的简化与平衡	(20)
第二节 力对点的矩	(24)
第三节 力偶和力偶矩、平面力偶系的简化与平衡	(26)
第四节 力的等效平移	(29)
复习思考题	(30)
习题	(30)
第四章 任意力系的简化与平衡	(34)
第一节 平面任意力系的简化	(34)
第二节 平面任意力系的平衡方程及其应用	(37)
第三节 物体系统的平衡问题	(41)
第四节 考虑摩擦的平衡问题	(47)

第五节 空间力系	(53)
复习思考题	(58)
习题	(58)
第五章 平面体系的几何组成分析	(64)
第一节 几何组成分析的几个概念	(64)
第二节 平面几何不变体系的组成规律	(68)
第三节 平面体系几何组成分析示例	(70)
第四节 静定结构与超静定结构	(72)
复习思考题	(73)
习题	(73)
第六章 静定结构的内力分析	(76)
第一节 截面法与内力分量	(76)
第二节 轴力图与扭矩图	(77)
第三节 剪力图与弯矩图	(81)
第四节 用叠加法绘制弯矩图	(89)
第五节 多跨静定梁	(93)
第六节 静定平面刚架	(95)
第七节 三铰拱	(102)
第八节 静定平面桁架	(108)
第九节 组合结构	(116)
第十节 静定结构的特性	(119)
复习思考题	(121)
习题	(122)
第七章 轴向拉伸与压缩	(127)
第一节 轴向拉伸与压缩的概念与实例	(127)
第二节 拉(压)杆横截面与斜截面上的应力	(128)
第三节 拉(压)杆的变形和应变	(130)
第四节 拉伸和压缩时材料的力学性能	(134)
第五节 许用应力与安全因数	(138)
第六节 拉(压)杆的强度计算	(139)
第七节 连接部分的强度计算	(141)
复习思考题	(146)
习题	(146)
第八章 扭转	(150)
第一节 扭转的概念与实例	(150)

第二节 圆轴扭转的应力与强度条件	(150)
第三节 圆轴扭转的变形与刚度条件	(156)
第四节 矩形截面杆的自由扭转	(159)
复习思考题	(160)
习题	(161)
第九章 梁的弯曲	(163)
第一节 平面弯曲的概念与实例	(163)
第二节 梁的正应力与切应力	(163)
第三节 梁的强度条件	(172)
第四节 梁的变形与刚度条件	(175)
第五节 梁的合理设计	(183)
复习思考题	(186)
习题	(186)
第十章 杆件在组合变形时的强度计算	(191)
第一节 引言	(191)
第二节 斜弯曲	(191)
第三节 拉伸(压缩)与弯曲的组合	(195)
第四节 偏心压缩 截面核心	(197)
复习思考题	(201)
习题	(201)
第十一章 压杆的稳定计算	(204)
第一节 工程中压杆的稳定性问题	(204)
第二节 细长压杆的临界力	(205)
第三节 欧拉公式的适用范围 临界应力总图	(207)
第四节 压杆的稳定计算	(210)
第五节 提高压杆稳定性的措施	(214)
复习思考题	(216)
习题	(216)
第十二章 结构的位移计算	(218)
第一节 基本概念	(218)
第二节 变形体系的虚功原理	(220)
第三节 单位荷载法	(226)
第四节 荷载作用下的位移计算	(229)
第五节 图乘法	(232)
第六节 静定结构在支座移动时的位移计算	(236)

第七节	静定结构在温度改变时的位移计算	(237)
第八节	线弹性结构的互等定理	(239)
复习思考题		(241)
习题		(242)
第十三章	力法	(245)
第一节	超静定结构和超静定次数	(245)
第二节	力法的基本原理	(247)
第三节	力法方程的典型形式	(250)
第四节	用力法计算超静定结构示例	(253)
第五节	对称性的利用	(259)
第六节	支座移动时超静定结构的计算	(267)
第七节	超静定结构的位移计算与内力图的校核	(269)
第八节	超静定结构的特性	(272)
复习思考题		(272)
习题		(273)
第十四章	位移法	(277)
第一节	等截面单跨超静定梁的杆端内力	(277)
第二节	位移法的基本原理	(280)
第三节	位移法的基本未知量与基本结构	(286)
第四节	位移法的典型方程	(289)
第五节	用位移法计算超静定结构示例	(292)
复习思考题		(296)
习题		(296)
第十五章	力矩分配法	(299)
第一节	力矩分配法的基本原理	(299)
第二节	用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	(304)
复习思考题		(309)
习题		(310)
第十六章	影响线及其应用	(312)
第一节	影响线的概念	(312)
第二节	用静力法作静定单跨梁的影响线	(313)
第三节	用机动法作静定梁的影响线	(316)
第四节	连续梁的影响线	(319)
第五节	影响线的应用	(321)
第六节	梁的内力包络图与绝对最大弯矩	(328)

复习思考题	(331)
习题	(331)
附录 1 重心与截面的几何性质	(334)
第一节 物体的重心	(334)
第二节 静矩	(335)
第三节 惯性矩、惯性半径和惯性积	(337)
第四节 平行移轴公式	(339)
第五节 转轴公式 主惯性轴和主惯性矩	(340)
复习思考题	(342)
习题	(342)
附录 2 型钢表	(344)
习题答案	(357)
主要参考文献	(365)

第一章 绪 论

第一节 建筑力学的研究对象和任务

一、建筑力学的研究对象

结构是指建筑物中能够支承与传递荷载而起骨架作用的部分。结构的组成元件称为构件。结构一般由若干构件按照一定的合理方式组成,在荷载等因素作用下,不会发生破坏、大的变形或位移,从而保证其具有正常的使用功能。如图 1-1 所示房屋结构,即为由主梁、次梁、板等构件组成的结构体系。

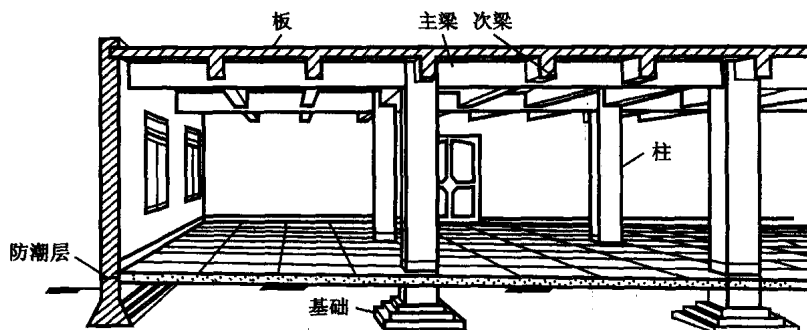


图 1-1

建筑结构的受力特性和承载能力与结构的几何特征有着密切的联系。根据不同的特征,结构可划分为不同的类型。如按照构件的轴线与荷载是否能简化到同一个平面内,结构可分为平面结构和空间结构。按照构件的几何特征又可分为杆系结构、板壳结构和实体结构。

(1) 杆系结构 由若干个杆件相互联结而组成的结构。杆件的几何特征是其长度方向的尺寸远远大于另外两个横向尺寸。如横梁、立柱等构件都属于杆件。梁、刚架、拱和桁架都是典型的杆系结构。

(2) 板壳结构(薄壁结构) 其几何特征是厚度方向的尺寸远远小于另外两个方向的尺寸。如楼板、壳体屋盖、轮船的外壳等都属于板壳结构。

(3) 实体结构 其几何特征是长、宽、高三个方向的尺寸量级相同。如基础、重力式挡土墙、水坝等都属于实体结构。

建筑力学中主要研究平面杆系结构及其构件。

二、建筑力学的任务和内容

建筑力学的任务就是研究保证建筑结构安全可靠地工作并满足经济性要求的理论和计算方法。其具体内容可归纳为以下几个方面。



(1) 几何组成分析 研究杆件体系在荷载作用下,如不考虑构件的微小变形,保证其不发生几何形状和位置的改变的规则,即使其成为能够承载的结构。

(2) 静力学分析 研究结构和构件的受力情况、力系的简化结果与平衡条件。

(3) 内力分析 研究结构和构件所产生的内力的计算方法和分布规律。

(4) 强度、刚度和稳定性计算 研究结构和构件安全性、承载能力和设计准则。

当构件发生断裂或过大的塑性变形时,结构将丧失承载能力,我们称之为**破坏**。为保证结构安全可靠地工作,要求构件必须具有足够的抵抗破坏的能力,即足够的**强度**。当结构由于构件的变形而出现过大位移时,也无法正常工作。因此,也要求构件和结构必须具有足够的抵抗变形的能力,即足够的**刚度**。有些单薄的构件(如细长的柱子)在过大的压力作用下不能保持其原有的平衡形态,从而导致结构丧失承载能力,这样的破坏现象被称为**丧失稳定**,简称**失稳**。对于这些构件,要求必须具有足够的保持原有的平衡形态的能力,即足够的**稳定性**。具有足够的强度、刚度和稳定性能够保证结构安全地工作,但有时过分地追求这些指标,往往会造成不必要的浪费。通过强度、刚度和稳定性的计算,可以保证结构在既安全可靠又经济合理的条件下工作。

(5) 超静定问题的计算方法。由于能够提高承载能力,超静定结构在工程中得到广泛应用。但仅用静力平衡条件并不能完全解出超静定结构的约束反力和内力,还必须考虑结构变形时要满足的几何条件。当计算出超静定结构的内力后,其强度、刚度和稳定性的问题也随之解决了。因此,本书将着重研究超静定结构的内力计算方法。

第二节 刚体、变形固体及其基本假设

实际构件在荷载作用下都会发生变形,但这些变形对不同的问题有不同的影响。在建筑力学中,将构件抽象化为两种计算模型:刚体和理想变形固体。

一、刚体

刚体是受力作用而不变形的物体。实际上,任何物体受力作用都发生或大或小的变形,但在建筑力学中,按照刚度条件的要求,构件产生的变形量远远小于构件的初始尺寸。如果物体的变形这一因素与所研究的问题无关,或影响甚微,这时,就可以不考虑物体的变形而将其视为刚体,从而使所研究的问题得以简化。

在应用平衡条件计算外力或内力时,忽略微小变形并不会对计算结果产生明显的影响,若非要考虑微小变形的影响,反而会使问题极其复杂,甚至无法解决。因此,研究这些问题时,应使用刚体模型。

二、变形固体及其基本假设

在另一些问题中,如分析构件的内力分布及进行强度、刚度和稳定性计算时,物体变形这一因素是不可忽略的主要因素,如不予考虑就得不到问题的正确解答。这时,建筑力学将构件视为理想变形固体。所谓理想变形固体,是将一般固体材料材料性质加以理想化,作出以下假设。

(1) 连续性假设 认为构件内部毫无间隙地充满了材料的物质微粒,即材料分布是连续的。

(2) 均匀性假设 认为材料的力学性质是均匀的, 即从构件上任取两部分进行分析, 其材料的力学性质均相同。

(3) 各向同性假设 认为材料沿不同的方向具有相同的力学性质。在现实中, 有些材料沿不同方向的力学性质是不同的, 如木材, 称为**各向异性材料**。在建筑力学中只研究各向同性材料。

由于大多数工程材料都具备上述特征, 因此采用理想变形固体模型不但使理论分析和计算得到简化, 而且在大多数情况下, 其所得结果的精度能满足工程的要求。

无论是刚体还是理想变形固体, 都是针对所研究的问题的性质, 略去一些次要因素, 保留对问题起决定性作用的主要因素, 而抽象化形成的理想物体。它们在生活和生产实践中并不存在, 但解决力学问题时, 它们是必不可少的理想化的力学模型。

变形固体受荷载作用时将产生变形。当荷载值不超过一定范围时, 撤去荷载后, 变形随之消失, 物体恢复原有形状。撤去荷载即可消失的变形称为**弹性变形**。当荷载值超过一定范围时, 撤去荷载后只有一部分变形随之消失, 而另一部分变形仍然残留下来, 物体不能恢复原有形状。撤去荷载仍残留的变形称为**塑性变形**。在多数工程问题中, 要求构件只发生弹性变形, 也有些工程问题允许构件发生塑性变形。建筑力学只局限于研究弹性变形范围内的问题。

第三节 力的性质与荷载的分类

一、力和平衡的概念

在物理课程中已经学习过, 力是物体间相互的机械作用。

物体之间的相互作用形式, 大致可分为两类, 一类是接触作用, 例如: 钢丝绳对所吊物体的拉力, 设备对地基的压力等; 另一类是“场”对物体的作用, 例如: 地球引力场对物体的引力, 电场对电荷的引力或斥力等。尽管各种物体间相互作用力的来源和性质不同, 但在建筑力学中将撇开力的物理本质, 只研究各种力的共同表现, 即力对物体产生的效应。力对物体产生的效应一般可分为两个方面: (1) 物体的机械运动状态发生变化, 称为**外效应** (运动效应); (2) 物体的形状和尺寸发生变化, 即产生变形, 称为**内效应** (变形效应)。

实践表明, 力对物体的作用效果应决定于三个要素:

(1) 力的大小; (2) 力的方向; (3) 力的作用点。

我们可用一个矢量来表示力的三个要素, 如图 1-2 所示。这矢量的长度 AB 按一定的比例尺表示力的大小; 矢量的方向表示力的作用方向; 矢量的始端或终端表示力的作用点; 矢量所沿着的直线 (图 1-2 中的虚线) 表示力的作用线。我们常用黑体字母 $\boldsymbol{F}$ 表示力的矢量, 而用普通字母 F 表示力的大小。

在国际单位制 (SI) 中, 以 “N” 作为力的单位符号, 称做牛 [顿]。有时也以 “kN” 作为力的单位符号, 称做千牛 [顿]。

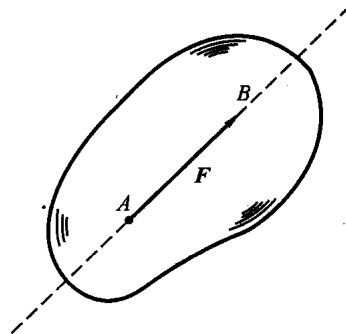


图 1-2

作用在同一研究对象上的一群力称为**力系**。力系总的作用效果决定研究对象的运动状态。**平衡**是指物体保持静止或匀速直线运动的一种特殊运动状态。使物体处于平衡状态的力系称为**平衡力系**。若两个力系对同一物体的作用产生相同的效应, 则这两个力系互为**等效力**