

PUTONG GAODENG JIAOYU TUJIANLEI
“SHIERWU” GUIHUAJIAOCAI

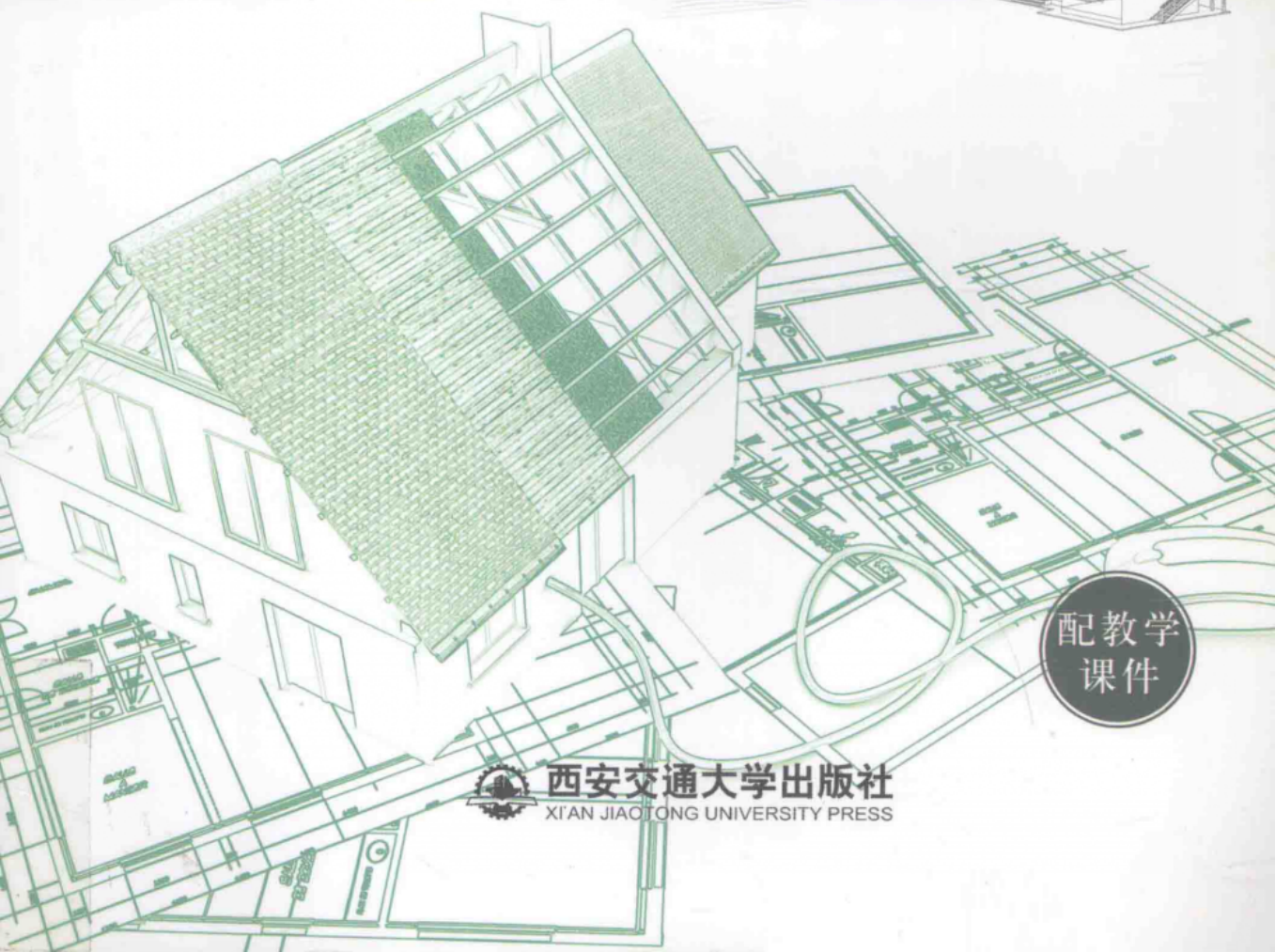
普通高等教育土建类“十二五”规划教材

建筑力学

JIANZHU LIXUE

建筑是工人们用土、石、木、钢、玻璃、芦苇、塑料、冰块等一切可以利用的材料建造的构筑物。建筑的本身不是目的，建筑的目的是获得建筑所形成的“空间”。

苏振超 张丽娜/主编



配教学
课件

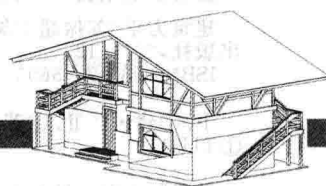


西安交通大学出版社

XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

建筑力学

主 编 苏振超 张丽娜
编 者 王小蔚 王敏容 薛艳霞 何春锋 张立柱



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书依据《理工科非力学专业力学基础课程基本要求》和长期教学实践的经验,按照知识单元之间的内在联系重新组织教学内容编写而成。本书紧扣“教学基本要求”,着重介绍建筑力学的基本概念,加强对力学现象的分析,以增加学生的学习兴趣,提高学生的综合素质和分析问题的能力。

本书包括:静力学基础及物体的受力分析,力系的简化,平衡方程及其应用,平面杆件体系的几何组成分析,轴向拉伸与压缩,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,一般静定结构的位移计算,力法,位移法,渐近法和近似法,影响线,应力状态分析及强度理论,组合变形,压杆稳定,动荷载共 18 章,另有附录。每章均包含一定数量的习题,并提供部分习题的参考答案。

本书可作为普通高等学校建筑类非土木工程专业,(如工程管理,建筑设备,建筑学等)的建筑力学或工程力学教材,可供理工科的其他专业(如控制工程、纺织工程、能源工程、地质工程等)使用,也可供高职高专类建筑工程技术、工程监理、道路桥梁、装饰装修、园林工程等建筑类专业作为教材使用以及供各类相关资格证书考试的考生参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/苏振超主编. —西安:西安交通大学出版社,2011.12
ISBN 978-7-5605-4120-4

I. ①建… II. ①苏… III. ①建筑力学 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 246350 号

书 名	建筑力学
主 编	苏振超 张丽娜
责任编辑	雷萧屹 李 佳

出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
------	---

网 址	http://www.xjtupress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心) (029)82668315 82669096(总编办)

传 真	(029)82668280
印 刷	北京市施园印刷厂

开 本	787mm×1092mm 1/16	印 张	32	字 数	800 千字
版次印次	2012 年 1 月第 1 版	2012 年 1 月第 1 次印刷			
书 号	ISBN 978-7-5605-4120-4/TU·61				
定 价	49.00 元				

图书如有印装质量问题,请与印刷厂联系、调换 电话:(010)69572336

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdgly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

本书是根据教育部批准试行的《理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求》和多年的教学实践编写而成,可作为建筑类非土木工程普通本科专业,如工程管理、建筑学、建筑设备以及非建筑类专业的其他工科专业,如控制工程、纺织工程、能源工程、地质工程等专业的工程力学课程教材,也可供高职高专类建筑工程技术、道路桥梁、工程监理、装饰装修、园林工程等建筑类专业作为教材使用以及供各类相关资格证书考试的考生参考。

本教材的特点是,在提炼整理静力学、材料力学和结构力学这三门力学课程内容的基础上,充分考虑三门课程的内在联系,将它们有机地融为一体,按照知识体系的内在联系构建本教材的展开顺序。同时充分考虑到工程中的实际需要,本着为学生搭建实用而充分的力学知识体系,介绍了一些重要的力学概念。作者认为,在当前的教育背景下,为非土木工程的其他专业同学讲授建筑力学或工程力学课程,教师应着重于基本概念和基础知识的讲授,而不要过多涉及技巧性的内容,因为一方面授课学时有限,另一方面,过多涉及技巧性的内容会使一部分同学产生畏难或抵触情绪,同时会产生只见树木不见森林的感觉,影响教学效果。全书共分18章,由于内容较多,教师在讲授时可根据不同专业的需要有所取舍,一些扩展内容以*号标注,供任课教师选择。每章均附有一定数量的习题和部分习题答案,以活跃思维,启发思考。

在本书编写过程中,编者吸取了一些现有教材的优点并力图反映当前力学教学的研究成果,力求体系完整,内容充实,阐述清晰、严谨,便于自学,使本教材内容能体现科学性、系统性和教学适用性,以适应教学上不同层次的要求,便于因材施教。

本书由五邑大学土木建筑学院、东华理工大学建筑工程学院和商丘工学院建筑工程系的几位有丰富教学经验的一线教师合作而成。由苏振超、张丽娜任主编,编者包括(除主编外):王小蔚、王敏容、薛艳霞、何春锋。具体分工如下:苏振超编写第4,5,6,10,14,15,16,18章,张丽娜编写第17章,王小蔚编写绪论和第1,2,3,13章,王敏容编写第11,12章,薛艳霞编写第7,8,9章,何春锋编写附录I,苏振超整理附录II,参考文献和参考答案,辽宁建筑职业技术学院张立柱负责部分绘图工作。全书由苏振超负责统稿并做最后修改定稿。

本书在编写过程中,吸收、引用了部分国内外优秀力学教材的内容。编者在此谨向这些文献的作者们致以衷心的感谢。

在此特别感谢西南交通大学邱秉权教授对其学业的指导,长江大学孟宪铸教授对其教学

工作的帮助;同时在教学过程中还经常与清华大学航空航天学院博士生导师李俊峰教授,河海大学工程力学系博士生导师杜成斌教授、武清玺教授,南京航空航天大学赵永辉教授、王怀磊副教授、南京理工大学博士生导师王在华教授探讨问题,并得到热情的指导和帮助,向他们深表感谢。同时,在工作和生活中得到五邑大学教授周利博士、兴华教育投资集团董事长丁华先生的热心帮助,也向他们表示深深的谢意。

本书在编写过程中,编者虽尽心竭力、力求准确无误,但限于编者的水平和经验,加之时间仓促,书中难免存在缺点和错误,诚恳希望读者提出批评和指正。

苏振超

2011年8月31日

目 录

绪 论	(1)	第 4 章 平面杆件体系的几何组成分析	(63)
1 建筑力学的任务和内容	(1)	4.1 几何组成分析的基本概念	(63)
2 变形固体的基本假设	(2)	4.2 几何不变体系的组成规则及其应用	(68)
3 基本概念	(3)	4.3 几何组成规则的应用(续)	(71)
4 结构的计算简图	(6)	小结	(74)
5 结构的分类	(9)	习题	(75)
6 杆件的基本变形	(10)	第 5 章 轴向拉伸与压缩	(78)
第 1 章 静力学基础及物体的受力分析	(12)	5.1 轴向拉伸与压缩的基本概念	(78)
1.1 力及力系	(12)	5.2 轴向拉(压)杆的内力 静定桁架的内力 计算	(79)
1.2 刚体静力学的基本公理	(14)	5.3 拉(压)杆的应力与变形	(85)
1.3 力矩、力偶及力偶矩	(16)	5.4 材料在拉伸与压缩时的力学性能	(90)
1.4 约束及约束反力	(20)	5.5 许用应力和强度条件	(97)
1.5 物体的受力分析	(22)	5.6 变截面杆件及简单桁架结点的位移计算	(100)
小结	(27)	5.7 简单拉压超静定问题	(104)
习题	(28)	5.8 应力集中的概念	(109)
第 2 章 力系的简化	(30)	* 5.9 拉压杆系的弹塑性分析	(110)
2.1 力的平移定理	(30)	5.10 连接件的强度计算	(111)
2.2 力系的简化	(30)	小结	(116)
2.3 重心与形心	(36)	习题	(116)
2.4 分布力系的简化	(38)	第 6 章 扭 转	(125)
小结	(41)	6.1 扭转的基本概念	(125)
习题	(41)	6.2 动力传递与扭矩	(126)
第 3 章 平衡方程及其应用	(43)	6.3 切应力互等定理及剪切胡克定律	(128)
3.1 汇交力系的平衡	(43)	6.4 圆轴扭转横截面上的应力	(131)
3.2 力偶系的平衡	(45)	6.5 圆轴扭转的强度和刚度条件	(135)
3.3 一般力系的平衡	(46)	* 6.6 圆轴的弹塑性扭转	(138)
3.4 物体系统的平衡 静定和静不定问题	(48)	* 6.7 非圆截面杆扭转的概念	(140)
* 3.5 摩擦问题	(53)	小结	(142)
小结	(57)	习题	(142)
习题	(58)		

第 7 章 弯曲内力	(146)	第 11 章 超静定结构的内力计算——力法	(276)
7.1 平面弯曲的基本概念	(146)	11.1 超静定结构概述	(276)
7.2 梁的内力——剪力和弯矩	(147)	11.2 力法的基本概念	(279)
7.3 剪力方程和弯矩方程 剪力图和弯矩图	(151)	11.3 力法的典型方程	(282)
7.4 弯矩、剪力与荷载集度之间的关系及其应用	(157)	11.4 荷载作用下超静定结构的内力计算	(284)
7.5 静定刚架的内力	(166)	11.5 对称结构的计算	(292)
7.6 三铰拱的内力	(169)	11.6 支座移动和温度改变时超静定结构的内力计算	(299)
7.7 组合结构的内力	(173)	11.7 超静定结构的位移计算	(303)
小节	(175)	11.8 超静定结构的特性	(305)
习题	(176)	小结	(306)
		习题	(307)
第 8 章 弯曲应力	(185)	第 12 章 超静定结构的内力计算——位移法	(312)
8.1 梁的弯曲正应力及其强度条件	(185)	12.1 位移法的基本概念	(312)
8.2 梁的弯曲切应力及其强度条件	(193)	12.2 等截面直杆的转角位移方程	(314)
8.3 梁的合理强度设计	(203)	12.3 位移法的基本未知量和基本结构	(318)
* 8.4 梁的弹塑性弯曲	(206)	12.4 位移法方程	(321)
小结	(209)	12.5 位移法计算示例及步骤	(324)
习题	(210)	12.6 对称结构的计算	(334)
		小结	(336)
第 9 章 弯曲变形	(216)	习题	(337)
9.1 弯曲变形的基本概念	(216)	第 13 章 超静定结构的内力计算——渐近法和近似法	(341)
9.2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分	(217)	13.1 力矩分配法的基本概念	(341)
9.3 用叠加法求梁的位移	(222)	13.2 多节点的力矩分配	(347)
9.4 梁的刚度条件 提高梁刚度的措施	(229)	13.3 无剪力分配法的基本概念	(351)
9.5 简单超静定梁的解法	(231)	* 13.4 多层多跨刚架的近似计算	(356)
小结	(235)	小结	(359)
习题	(235)	习题	(359)
第 10 章 一般静定结构的位移计算	(241)	第 14 章 影响线	(362)
10.1 结构位移计算概述	(241)	14.1 影响线的基本概念	(362)
10.2 虚功原理和位移计算的一般公式	(243)	14.2 静定梁的影响线	(364)
10.3 静定结构在荷载作用下的位移计算	(254)	14.3 结点荷载作用下的影响线	(370)
10.4 图乘法	(259)	14.4 影响线的应用	(371)
10.5 静定结构在温度变化作用下的位移计算	(264)	14.5 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	(378)
10.6 线性变形体系的互等定理	(266)	* 14.6 连续梁的影响线和内力包络图	(381)
小结	(269)		
习题	(270)		

小结	(388)	第 17 章 压杆稳定	(437)
习题	(388)	17.1 压杆稳定的概念	(437)
第 15 章 应力状态分析及强度理论	(392)	17.2 细长压杆的临界力	(438)
15.1 应力状态的概念及其分类	(392)	17.3 压杆的临界应力	(443)
15.2 平面应力状态分析	(393)	17.4 压杆的稳定计算	(448)
15.3 三向应力状态与广义胡克定律	(400)	17.5 提高压杆稳定性的措施	(457)
15.4 强度理论及其应用	(407)	小结	(458)
小结	(413)	习题	(459)
习题	(413)	第 18 章 动荷载	(461)
第 16 章 组合变形	(420)	18.1 动静法	(461)
16.1 概述	(420)	18.2 惯性力问题	(462)
16.2 斜弯曲	(420)	18.3 杆件受冲击时的应力和变形计算	(464)
16.3 拉伸(压缩)与弯曲组合	(422)	小结	(468)
16.4 偏心压缩与截面核心	(424)	习题	(468)
16.5 弯曲与扭转组合	(427)	附录 I 截面的几何性质	(472)
小结	(430)	附录 II 型钢表	(482)
习题	(430)	参考答案	(491)
		参考文献	(503)

绪 论

1 建筑力学的任务和内容

在机械、交通运输和建筑等工程中,广泛地应用各种机械设备和工程结构。机械的零件和结构的部分统称为构件。由若干构件按照合理方式组成并用来承担荷载起骨架作用的部分,称为结构。在正常使用状态下,一切构件或工程结构都要受到相邻构件或其他物体对它的作用,即荷载的作用。

在荷载作用下,构件及工程结构的几何形状和尺寸要发生一定程度的改变,这种改变称为变形。当荷载达到某一数值时,构件或结构就可能发生破坏,如吊索被拉断、钢梁断裂等。如果构件或结构的变形过大,会影响其正常工作。如机床主轴变形过大时,将影响机床的加工精度;楼板梁变形过大时,下面的抹灰层就会开裂、脱落等等。此外,对于受压的细长直杆,两端的压力增大到某一数值后,杆会突然变弯,不能保持原状,这种现象称为失稳。如果静定桁架中的受压杆件发生失稳,则可使桁架变成几何可变体系而失去承载力。

在工程中,为了保证每一构件和结构始终能够正常地工作而不致失效,在使用过程中,①要求构件和结构的材料不发生破坏,即具有足够的强度;②要求构件和结构的变形在工程允许的范围内,即具有足够的刚度;③要求构件和结构维持其原有的平衡形式,即具有足够的稳定性。

结构或构件的强度、刚度和稳定性与其本身截面的几何形状和尺寸、所用材料、受力情况、工作环境以及构造情况等有密切的关系。在结构和构件的设计中,首先要保证其具有足够的强度、刚度和稳定性。同时,还要尽可能地选用合适的材料和尽可能地少用材料,以节省资金或减轻自重,达到既安全、实用又经济的目的。建筑力学的任务就是为结构和构件的设计提供必要的理论基础和计算方法。

由于结构或构件的强度、刚度和稳定性都与所用材料密切相关,在设计、校核以及计算其承载力之前,必须了解材料的力学性能,而各种材料的力学性能,必须通过实验加以测定。所以,建筑力学还要研究材料在荷载作用下的力学性质。

建筑力学的研究对象,依据所研究问题的目的不同而取不同的力学模型。当研究和分析各种力系的简化和平衡问题、研究结构的组成规律时,通常将被研究的物体视为**刚体**。所谓刚体,就是绝对不变形的物体,即在任何外力作用下,其形状和大小始终保持不变的物体。刚体是一个理想化的模型,实际生活中并不存在。事实上,任何物体在外力的作用下都要产生变形,即它们都是**变形体**。但是很多物体的变形十分微小,当这种变形可以不被考虑或暂时可以不被考虑的情况下,可以把物体当作刚体来看待。例如,房屋结构中的梁和柱,在受力后将分别产生弯曲变形和压缩变形。当研究其中的梁、柱的平衡以及整个房屋结构的平衡问题时,都

不考虑它们受力后的这些微小变形,而将其看成不变形的刚体。这样,大大简化了其平衡问题的分析计算。此时,刚体的模型不仅是合理的,而且是必需的。但当研究梁、柱的变形大小及由此产生的内力时,则必须考虑它们几何形状与尺寸的变化,而将它们看作变形体。可见,对同一物体,由于所研究的问题的目的不同,往往给予不同的力学模型。一般而言,构造一个物体系统合适的力学模型是一个复杂的问题,特别是随着系统的复杂性日益提高,建模的难度也日益增加,本课程主要讨论在已知力学模型的基础上,如何分析物体的受力、建立系统外力之间以及内力和外力之间的关系,并讨论物体系统的强度、刚度及稳定性。但建立力学模型是实际工作中至关重要也是最困难的部分,虽然不是本课程学习的重点,但学习时仍需要多观察,多思考已知的力学模型是如何抽象简化的,只有自己仔细体会、揣摩,并不断总结才能提高建立力学模型的能力,以适应未来千变万化的实际问题。

综上所述,建筑力学研究的主要内容可归纳为如下几个方面:

- (1) 研究物体以及物体系统的受力、各种力系的简化和平衡规律;
- (2) 研究结构的组成规律和合理形式;
- (3) 研究构件(主要是杆件)和结构(主要是杆件结构)的内力和变形与外力及其他外部因素(如支座位移、温度改变等)之间的关系,并对构件及结构的强度和刚度进行验算;
- (4) 研究材料的力学性质和构件在外力作用下发生的破坏规律;
- (5) 讨论轴向受压杆件以及简单钢架的稳定性问题。

建筑力学的内容是许多工科专业的基础。一方面,它与前修课程如高等数学、大学物理等有极其密切的联系;另一方面,又为进一步学习如建筑结构、道路、桥梁、水利以及机械原理和设计等专业的后续课程提供必要的基础理论和计算方法,因而,在各门课程的学习中起着承上启下的作用。

建筑力学的理论概念性较强、分析方法典型、解题思路清晰,学习中要深入理解基本概念、基本理论,通过多做习题来熟练掌握建筑力学问题的各种分析计算方法、解题思路和技巧,培养分析和解决问题的能力,从而达到弄懂概念、掌握理论和熟练方法的目的。

2 变形固体的基本假设

实际工程中的任何构件、机械或结构都是变形体或称变形固体。变形固体除受外力及其他外部因素的作用外,其本身性质也是多种多样十分复杂的。每门科学只是从某个角度去研究物体性质的某一方面或某几方面,同样,建筑力学也不可能将各种因素的影响同时加以考虑,而只能保留所研究问题的主要方面,略去影响不大的次要因素,对变形固体作某些假设,即将复杂的实际物体抽象为具有某些主要特征的理想物体。通常,在建筑力学中,对变形固体作出如下假设。

1. 连续性假设

连续是指物体内部没有空隙,处处充满了物质,且认为物体在变形后仍保持这种连续性。这样,物体的一切物理量如密度、应力、变形、位移等才是连续的,因而可以用坐标的连续函数来描述。

实践证明,在工程中将构件抽象为连续的变形体,不仅避免了数学分析上的困难,可以使用坐标来描述物体的变形,并便于利用微积分等数学工具。同时,由此假定所作的力学分析被

广泛的实验与工程实践证实是可行的。

2. 均匀性假设

均匀性是指物体内各点处材料的性质相同,并不因物体内点的位置的变化而变化。这样,可以从物体中取出任意微小部分进行研究,并将其结果推广到整个物体。同时,还可以将那些用大试件在实验中获得的材料性质,用到任何微小部分上去。

3. 各向同性假设

各向同性是指物体在各个不同方向具有相同的力学性质。因此,表征这些特性的力学参量(如弹性模量、泊松系数等)与方向无关,为常量。应指出,如果材料沿不同方向具有不同的力学性质,则称为各向异性材料。木材、复合材料是典型的各向异性材料。

以上针对材料的三个假设是变形固体力学普遍采用的前提假设。

物体受力后,会表现出一些响应,例如,物体会运动、变形等。对于变形,有弹性和塑性之分。弹性是指物体在外力作用下产生变形,当去掉外力后,物体能完全恢复原来的形状而没有残余变形。具有这种性质的物体称为完全弹性体。实际上,自然界不存在完全弹性体,但由实验得知,常用的工程材料如金属、木材等,当外力不超过某一限度时,很接近于完全弹性体,故在某种情况下可将其看成完全弹性体。但有时物体的不能恢复的变形又必须考虑,此时就不能再把物体视为完全弹性体,必须考虑其塑性,塑性变形则是去掉外部因素后不能全部消失而留有残余的变形,也称残余变形。

工程中,物体在外力或其他外部因素作用下产生的变形与其整体尺寸相比,通常是很微小的,属于高阶微量。因此,物体各点处与变形相应的位移也是微小的,此类变形称为小变形。由于是小变形,所以,在弹性变形范围内对物体作静力分析时,可以按物体的原始尺寸进行计算,而不用考虑其变形,同时,在计算其变形和位移时,也可略去变形的高阶微量,从而简化计算,而产生的误差一般可以满足工程的需要。

3 基本概念

作用在物体上的外力,按其作用方式可分为体积力和表面力,简称体力和面力。体力是连续分布在物体体积内的力,如物体的自重,电场中运动的带电导体的电磁力等。面力是其他物体通过接触面作用于一物体表面的力,如车辆的轮胎压力、流体压力、风作用在建筑物表面的力等。建筑力学中,把作用于物体上的外力按其使物体运动(或有运动趋势)或阻碍物体运动,分为主动力或约束反力。在外力作用下,物体发生变形,其内部各质点产生位移,同时产生内力。下面对建筑力学中常用的如荷载、内力、位移等物理量作一简单介绍。

1. 荷载及其分类

荷载是主动作用于物体上的外力。在实际工程中,构件或结构受到的荷载是多种多样的,如建筑物的楼板传给梁的重量、钢板对轧辊的作用力等等。这些重量和作用力统称为加在构件上的荷载。

荷载可以根据不同特征进行分类。

(1)恒载和活载 荷载按其作用在结构上的时间不同可分为恒载和活载。

恒载是长期作用在构件或结构上的不变荷载,如结构的自重和土压力。

活载是指在施工和建成后使用期间可能作用在结构上的可变荷载,它们的作用位置和范围可能是固定的(如风荷载、雪荷载、会议室的人群重量等),也可能是移动的(如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆等)。

(2)分布荷载和集中荷载 荷载按其作用在结构上的分布情况可分为分布荷载和集中荷载。

分布荷载是连续分布在结构上的荷载。当分布荷载在结构上均匀分布时,称为均布荷载;当沿杆件轴线均匀分布时,则称为线均布荷载,常用单位为“N/m”或“kN/m”。

当作用于结构上的分布荷载面积远小于结构的尺寸时,可认为此荷载是作用在结构的一点上,称为集中荷载。如火车车轮对钢轨的压力,屋架传给砖墙或柱子的压力等,都可认为是集中荷载,常用单位为“N”或“kN”。

(3)静力荷载和动力荷载 荷载按其作用在结构上的性质可分为静力荷载和动力荷载。

静力荷载是指从零开始缓慢、平稳地增加到终值后保持不变荷载。

动力荷载是指大小、位置、方向随时间迅速变化的荷载。在动力荷载下,构件或结构产生显著的加速度,故必须考虑惯性力的影响。如动力机械产生的振动荷载、风荷载、地震作用产生的随机荷载等等。

2. 两种均布荷载的简化

工程结构计算中,通常需要将梁、板等构件所受的荷载简化以方便计算。荷载的简化是一个重要的问题,下面通过讨论两个简单的问题,来说明荷载的简化。

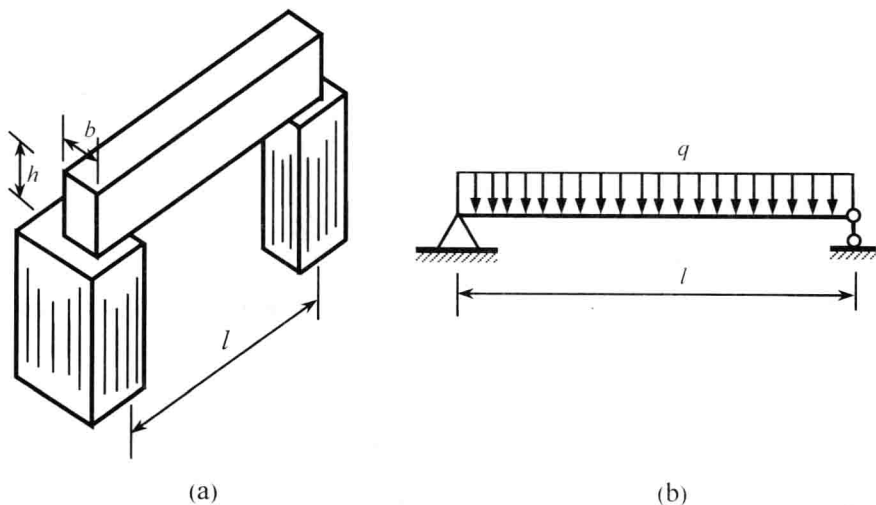


图 1

(1)等截面梁自重(体积力)的简化 假设一矩形截面梁如图 1(a)所示,其截面宽度为 b (m),截面高度为 h (m)。设此梁的单位体积重(重度)为 γ (kN/m³),则此梁的总重是

$$W = bhl\gamma \text{ (kN)}$$

若梁的自重沿梁跨度方向是均匀分布的,则沿梁轴单位长度,即每米的自重 q 是

$$q = W/l = bh\gamma \text{ (kN/m)}$$

q 值就是梁自重简化为沿梁轴方向的均布线荷载值,线荷载 q 也称线荷载集度,表示单位

长度内有多大的力作用,如图 1(b)所示。

(2) 均布面荷载化为均布线荷载 图 2 中的平板,板宽为 $b(\text{m})$,板跨度为 $l(\text{m})$,若在板上受到均匀分布的面荷载 $q'(\text{kN}/\text{m}^2)$ 的作用,那么,在这块板上受到的全部荷载 F 是

$$F = q'bl \quad (\text{kN})$$

而荷载 F 是沿板的跨度均匀分布的。于是,沿板长度方向均匀分布的线荷载 q 大小为

$$q = q'b \quad (\text{kN}/\text{m})$$

可见均布面荷载简化为均布线荷载时,均布线荷载的大小等于均布面荷载的大小乘以受荷宽度。

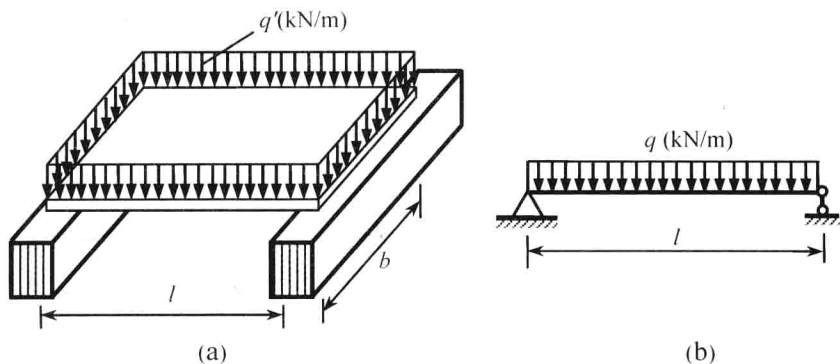


图 2

图 3 是某楼面的结构示意图。平板支承在大梁上,其跨度为 l_1 ,梁支承在柱上,跨度为 l_2 。当平板上受到均布面荷载 $q'(\text{kN}/\text{m}^2)$ 时,梁 AB 沿其轴线方向受到板传来的均布线荷载 $q(\text{kN}/\text{m})$ 应当怎样计算呢? 由于梁的间距为 l_1 ,跨度为 l_2 ,所以梁 AB 的受荷范围是图 3(a) 中阴影线所占有的面积,即梁的受荷宽度为 l_1 。于是,很容易就能算出梁 AB 受到板传来的均布线荷载值

$$q = l_1 \cdot q' \quad (\text{kN}/\text{m})$$

分布荷载是工程中常见的荷载类型,还有非均布的荷载及其简化等问题,将在第 2 章详述。

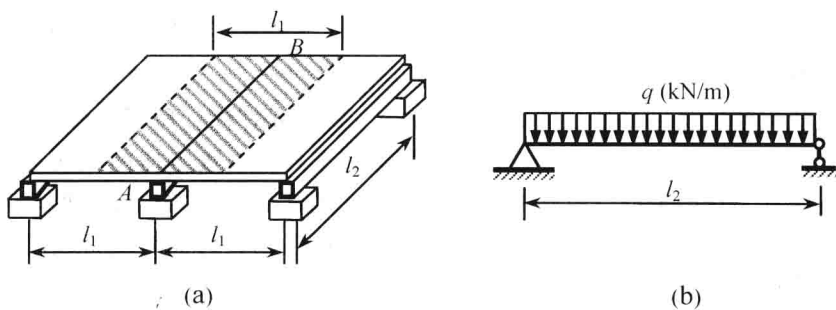


图 3

3. 内 力

实际构件或结构是变形固体,即使不受外力作用,其各部分之间也存在着相互作用力,即

结合力。在外力作用下,构件或结构产生变形,内部各质点间的相对位置发生变化。同时,各质点间的相互作用力也发生了改变,这个改变量称为“附加内力”,简称**内力**。可见,内力是由于外力作用而产生的,且随外力的增加而增加,达到某一限度时就会引起构件或结构的破坏。因此,内力与构件或结构的变形和破坏密切相关。

4. 位移

位移是指位置的改变,即构件或结构在外力作用下发生变形后,构件或结构中各质点及各截面在空间位置的改变。位移可分为线位移和角位移。在图4中,构件上 mm 的中点 A 点于变形后到了 A' 点, A 与 A' 连线 AA' 称为 A 点的线位移。构件截面于变形后所转过的角度称为角位移。图4中的右端面 $m-m$ 在变形后移到了 $m'-m'$ 的位置,其转过的角度 θ 就是截面 $m-m$ 的角位移(也称转角)。

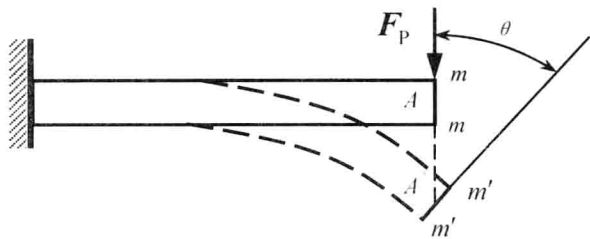


图4

不同点的线位移及不同截面的角位移一般都是各不相同的,由于变形的连续性,它们都是位置坐标的连续函数。

4 结构的计算简图

实际结构多种多样,是很复杂的。完全按照结构及其构件的实际情况进行力学分析,会使问题非常复杂甚至无法分析,事实上也是不必要的。因此,在对实际结构及其构件进行力学计算之前,必须加以简化,略去次要因素,用一个能反映其主要受力和变形特征的简化图形来代替实际结构及其构件。这种简化图形称为结构或构件的计算简图。

计算简图是对结构及其构件进行力学分析的依据,计算简图的选择,直接影响计算的工作量和精确度。因此,合理选择计算简图是一项重要的工作,通常遵循如下两个原则:

- (1) 正确地反映结构及其构件的主要受力和变形特征;
- (2) 略去次要因素,便于分析和计算。

在以上两个原则的前提下,主要从如下三个方面对实际结构及其构件进行简化。

1. 构件的简化

实际构件的几何形状是多种多样的,建筑力学主要研究**杆件**。所谓杆件是指其长度方向尺寸远远大于其他两个横向尺寸的构件。通常把垂直于杆件长度方向的截面称为**横截面**,横截面形心的连线称为杆的**轴线**。由于杆件的截面尺寸通常比杆件的长度小得多,在计算简图中,杆件用其轴线来表示。杆件的轴线是直线时称为**直杆**;轴线为曲线或折线时,分别称为**曲杆**或**折杆**。各横截面尺寸不变的杆称为**等截面杆**,否则为**变截面杆**,工程中常见的杆件是等截面杆。如梁、柱等杆件的纵轴线为直线,用相应的直线来表示。

2. 荷载的简化

实际结构及其构件受到的荷载,如本章3所述,一般是作用在构件内各处的体力(如自重)以及作用在某一表面的面力(如风压力)。在计算简图中,需要把它们简化为作用在构件纵轴

线上的线荷载、集中荷载和力偶。

3. 结点及支座的简化

结构中杆件与杆件相连接的地方称为结点。实际工程中各杆之间连接的形式各种各样,材料不同,连接方式就有很大的差异。计算简图中,结点通常可简化为以下两种理想情况。

(1) 铰结点 铰结点的特征是被连接的杆件在结点处不能相对移动,但可以绕结点自由转动;铰结点处可以承受和传递力,但不能承受和传递力矩。这种理想的铰结点在实际工程中极少见。图 5(a)为一木屋架的结点,此时各杆之间不能相对移动,各杆端虽不能绕结点任意转动,但由于连接不可能很严密牢固,因而杆件相互间有微小转动。所以,计算时该结点简化为铰结点(图 5(b))。图 6(a)为一钢桁架结点,它是通过结点板把各杆件铆接在一起的,桁架中各杆主要是承受轴力。因此,计算时仍将这种结点简化为铰结点(图 6(b))。

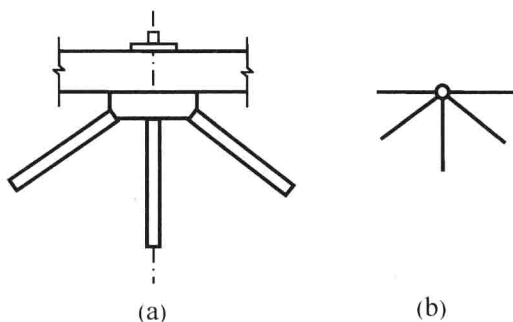


图 5

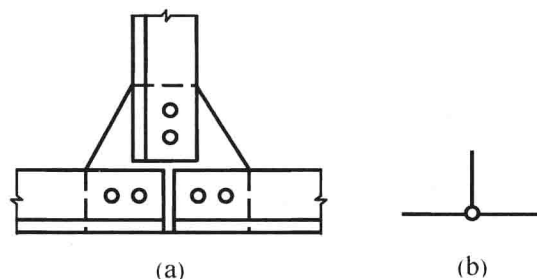


图 6

(2) 刚结点 刚结点的特征是被连接的杆件在结点处既不能相对移动,也不能相对转动;刚结点处不但可以承受和传递力,还能承受和传递力矩。图 7(a)为一钢筋混凝土刚架的结点,上、下柱与横梁在该处用混凝土浇成整体,钢筋的布置也使得各杆端能够抵抗弯矩,结构变形时,结点处各杆端之间夹角保持不变。因此,计算时将这种结点简化为刚结点(图 7(b))。

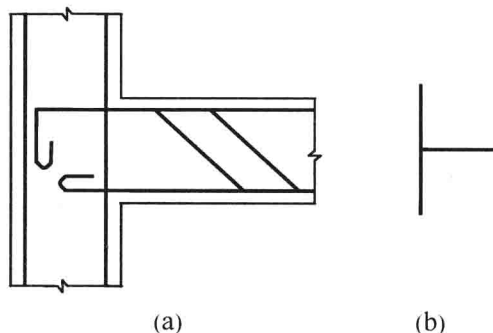


图 7

把结构与基础连接起来的装置称为支座。支座的作用是把结构固定在基础上,同时,结构上所受的荷载通过支座传到基础和地基。支座对结构的反作用力称为支座反力。对于平面结构,常用以下四种支座的简化形式。

(1)活动铰支座 图 8(a)为桥梁使用的辊轴支座即活动铰支座。它允许结构绕 A 铰转动和沿支承面水平移动,但不能竖向移动,该支座只能提供未知的竖向反力 F_y 。在计算简图中常用图 8(b)简化形式表示。

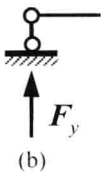
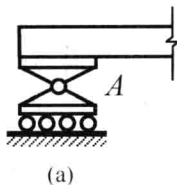


图 8

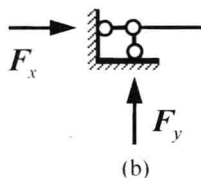
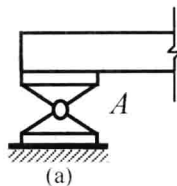


图 9

(3)固定支座 这种支座不允许结构在支承处发生任何移动和转动(图 10(a))。它的反力大小、方向和作用点都是未知的,该支座能提供两个反力 F_x 、 F_y 和一个反力偶 M 。计算简图中可按图 10(b)表示。

(4)滑动支座 图 11(a)所示支座不允许结构在支承处转动,也不能沿垂直于支承面的方向移动,但可沿支承面方向滑动。它的反力方向是确定的,其大小和作用点未知。因此,该支座能提供一个垂直于支承面的反力 F_y 和反力偶 M 。在计算简图中可用两根互相平行且垂直于支承面的支杆表示(图 11(b))。

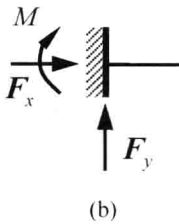
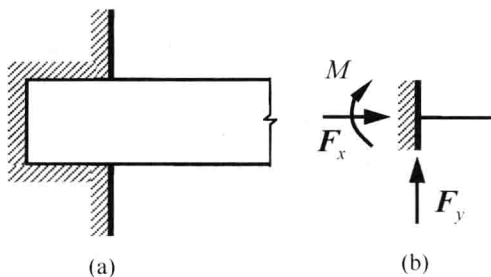


图 10

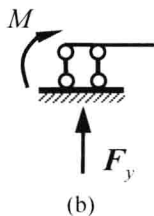
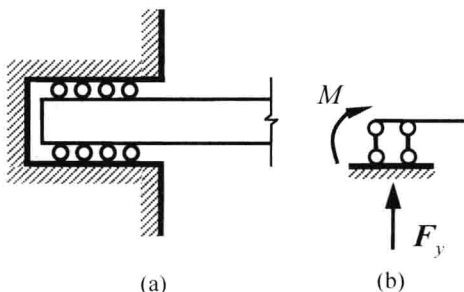


图 11

下面,应用上述三个方面的简化,举例说明结构计算简图的取法。

图 12(a)所示一工业厂房中的钢筋混凝土 T 形吊车梁,梁上铺设钢轨,吊车的最大轮压是 F_{P1} 和 F_{P2} 。

简化时,取梁的纵轴线代替实际的吊车梁,当梁两端与柱子(支座)接触面的长度不大时,可取梁两端与柱子接触面中心的间距作为梁的计算跨度,如图 12(c)所示。作用在吊车梁上的荷载有恒载和活载。这里的恒载是钢轨和梁的自重,它们沿梁长都是均匀分布的,简化为作用在梁纵轴上的均布线荷载,简称均布荷载 q 。活载则是轮压 F_{P1} 和 F_{P2} ,由于它们与钢轨的接触面积很小,可看成是集中荷载。注意到吊车梁的两端搁置在柱子上,整个梁既不能上下移动,也不能水平移动,但梁在荷载作用下发生弯曲变形时,梁的两端可以作微小转动。此外,当温度变化时,梁还能自由伸缩。这样,梁两端的支承情况完全相同。为既反映上述支座对梁的

约束作用又便于计算,可将梁的一端视为固定铰支座,另一端视为活动铰支座,从而得到图 12 (c)所示吊车梁的计算简图。

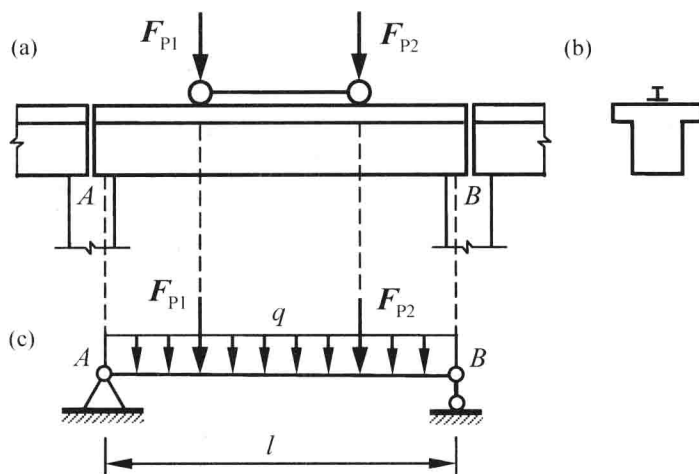


图 12

应该指出,选取合适的计算简图,是结构设计中十分重要而又比较复杂的问题,除了要掌握选取原则外,还需要有一定专业知识和实践经验,有时还需要借助于模型试验或现场实测才能确定合理的计算简图。

5 结构的分类

结构的类型很多,根据不同的观点,结构可分为各种不同的类型。

按照空间的观点,结构可分为平面结构和空间结构。如果组成结构的所有杆件的轴线和作用在结构上的荷载都在同一平面内,则此结构称为平面结构;反之,则为空间结构。实际工程中的结构都是空间结构,但是,大多数结构在设计中常常可以简化为平面结构或近似分解为几个平面结构进行计算,只是在有些情况下,必须考虑结构的空間作用。本书所讨论的均为平面结构。

按照几何的观点,结构可分为杆件结构、薄壁结构和实体结构。杆件结构或杆系结构是由长度远远大于其他两个尺度即截面的高度和宽度的杆件组成的结构。薄壁结构是指其厚度远小于其他两个尺度即长度和宽度的结构,如板(图 13(a))、壳。实体结构是指三个方向的尺度大约为同一量级的结构,如挡土墙(图 13(b))、基础、钢球等。

建筑力学的研究对象主要是杆件及平面杆件结构。常见的平面杆件结构形式有以下几种。

(1) 梁 梁是一种受弯杆件,其轴线通常为直线。梁可以是单跨的和多跨的(图 14)。

(2) 桁架 桁架是由若干根直杆在两端用铰连接而成的结构(图 15)。当荷载只作用在结点时,各杆只产生轴力。