

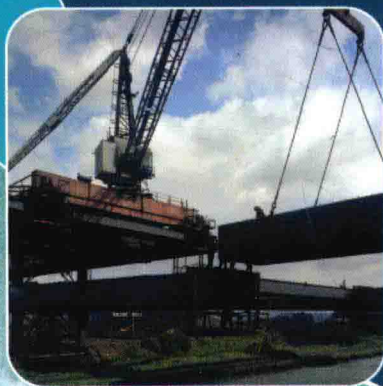
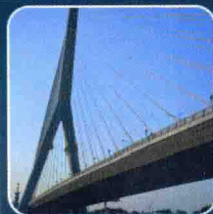
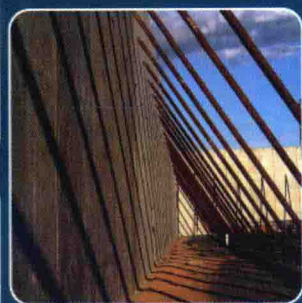
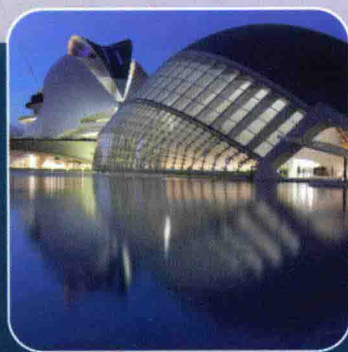


高等院校土建类专业“十二五”（精品）规划教材

苏振超 薛艳霞 / 编著

工程力学

ENGINEERING MECHANICS



西北工业大学出版社

高等院校土建类专业“十二五”（精品）规划教材

苏振超 薛艳霞 / 编著

工程力学

ENGINEERING MECHANICS

常州大学图书馆
藏书章

西北工业大学出版社

【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编写而成。本书紧扣“教学基本要求”，着重介绍工程力学的基本概念，加强对力学现象的分析，以增强学生的学习兴趣，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、轴向拉伸与压缩、扭转、弯曲内力和弯曲应力、弯曲变形、应力状态分析及强度理论、组合变形、压杆稳定、动荷载等共11章，另有绪论和附录。每章均包含一定数量的思考题和习题，并提供部分习题的参考答案。

本书可作为普通高等学校理工类部分本、专科专业工程力学教材，也可作为高职高专土建类专业工程力学教材，同时可供参加各类相关资格证书考试的考生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/苏振超,薛艳霞主编.—西安:西北工业大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5612-3456-3

I. ①工… II. ①苏…②薛… III. ①工程力学 IV. TH062.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第212608号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:北京彩虹印刷有限责任公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:25.25

字数:618千字

版次:2012年9月第1版 2017年4月第3次印刷

定价:38.00元

前 言

本书是根据教育部高等学校力学教学指导委员会编制并实行的《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,可作为理工类部分普通本科专业,如工程管理、建筑学、建筑设备、工业设计、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,同时也可供考试相关各类资格证书的考生参考。

工程力学是大学本、专科相关专业的专业基础课,是培养学生工程应用的分析能力、科学素养以及提升现代公民素质的重要课程。本《工程力学》在夯实课程基础,突出基本概念、基本理论、基本方法的前提下,力求注重理论结合工程实际和培养学生的创新思维能力。在教学内容中引入工程实例,引导学生对所学知识加以扩展、延伸和综合,尤其要使学生掌握从实际工程结构或构件中建立合理力学模型的方法,培养学生的科学素质。注重归纳思维方法,在讨论不同问题的个性和特点时,突出共性的归纳,注重培养学生的综合与推广、求同与辩异等归纳思维方法,从中提高学生的创新意识。

本《工程力学》教材在提炼整理传统的静力学、材料力学这二门力学课程内容的基础上,充分考虑课程的内在联系,并适当加入传统结构力学的一些重要概念,如体系的几何构成分析、影响线等内容,并将它们有机地融为一体,按照知识体系的内在联系和工程中的实际需要,构建本教材的展开顺序,这样对有关知识的理解会更深入而完整,也便于工程应用。全书共分11章:除绪论外,有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、轴向拉伸与压缩、扭转、弯曲内力与弯曲应力、弯曲变形、应力状态及强度理论、组合变形、压杆稳定、动荷载及交变应力,以及附录部分。教师在讲授时可根据不同专业的需要对教学内容进行选择。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。

本书由长期从事一线教学工作的苏振超、薛艳霞合作编写,其中苏振超编写第1-5章和8-11章,薛艳霞编写第6-7章,苏振超整理附录1-4,全书由苏振超负责统稿并做最后修改定稿。庞培培仔细审查了第一至五章的内容,并提出很好的建议,在此表示感谢。

在本书编写过程中,吸收、引用了部分国内外优秀基础力学教材的内容,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,编者在此谨向这些文献的作者们致以衷心的感谢。同时,对商丘工学院土木工程学院领导在成书过程中的帮助表示感谢。

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

2012年3月15日

目 录

绪论	(1)
0.1 工程力学的任务和内容	(1)
0.2 变形固体的基本假设	(3)
0.3 基本概念	(4)
0.4 结构的分类	(7)
0.5 杆件的基本变形	(8)
第一章 静力学基础及物体的受力分析	(10)
1.1 力及力系	(10)
1.2 刚体静力学的基本公理	(14)
1.3 力矩、力偶及力偶矩	(17)
1.4 约束及约束反力	(23)
1.5 物体的计算简图及受力分析	(28)
思考题	(37)
习题	(37)
第二章 力系的简化	(41)
2.1 力的平移定理	(41)
2.2 力系的简化	(42)
2.3 重心和形心	(53)
2.4 平行分布力的简化	(58)
思考题	(62)
习题	(63)
第三章 平衡方程及其应用	(67)
3.1 汇交力系的平衡	(67)
3.2 力偶系的平衡	(70)
3.3 一般力系的平衡	(72)
3.4 物体系统的平衡、静定和静不定问题	(76)
3.5 平面静定桁架	(83)
3.6 平面杆件体系的几何组成分析	(87)
3.7 摩擦	(95)
思考题	(105)

习题	(107)
第四章 轴向拉伸与压缩	(117)
4.1 轴向拉(压)杆件的内力	(117)
4.2 拉(压)杆件的应力与变形	(121)
4.3 材料在拉伸与压缩时的力学性能	(126)
4.4 许用应力和强度条件	(133)
4.5 变截面杆件及简单桁架节点的位移计算	(136)
4.6 简单拉压超静定问题	(140)
4.7 应力集中的概念	(146)
4.8 连接件的强度计算	(147)
思考题	(152)
习题	(153)
第五章 扭转	(159)
5.1 扭转与扭矩	(159)
5.2 切应力互等定理与剪切胡克定律	(162)
5.3 圆轴扭转横截面上的应力	(165)
5.4 圆轴扭转的强度与刚度条件	(169)
5.5 非圆截面杆扭转的概念	(172)
思考题	(174)
习题	(175)
第六章 弯曲内力和弯曲应力	(179)
6.1 平面弯曲的基本概念	(179)
6.2 梁的内力——剪力和弯矩	(180)
6.3 剪力方程和弯矩方程 剪力图 and 弯矩图	(184)
6.4 弯矩、剪力与荷载集度之间的关系及其应用	(190)
6.5 影响线	(198)
6.6 梁的弯曲正应力及其强度条件	(206)
6.7 梁的弯曲切应力及其强度条件	(214)
6.8 梁的合理强度设计	(225)
思考题	(228)
习题	(229)
第七章 弯曲变形	(238)
7.1 弯曲变形的基本概念	(238)
7.2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分	(239)
7.3 用叠加法求梁的位移	(245)
7.4 梁的刚度条件 提高梁刚度的措施	(252)

7.5 简单超静定梁的解法	(253)
思考题	(259)
习题	(260)
第八章 应力状态分析及强度理论	(263)
8.1 应力状态的概念及其分类	(263)
8.2 平面应力状态分析	(264)
8.3 三向应力状态与广义胡克定律	(271)
8.4 强度理论及其应用	(279)
思考题	(286)
习题	(287)
第九章 组合变形	(292)
9.1 概述	(292)
9.2 斜弯曲	(292)
9.3 拉伸(压缩)与弯曲组合	(294)
9.4 偏心压缩与截面核心	(296)
9.5 弯曲与扭转组合	(300)
思考题	(303)
习题	(304)
第十章 压杆稳定	(309)
10.1 压杆稳定的概念	(309)
10.2 细长压杆的临界力	(311)
10.3 压杆的临界应力	(317)
10.4 压杆的稳定计算	(322)
10.5 提高压杆稳定性的措施	(328)
思考题	(330)
习题	(330)
第十一章 动荷载	(334)
11.1 动静法	(334)
11.2 惯性力问题	(335)
11.3 构件受冲击荷载作用时的应力和变形计算	(337)
11.4 交变应力与疲劳破坏	(341)
11.5 循环应力与材料的疲劳极限	(343)
11.6 影响构件疲劳极限的主要因素	(345)
11.7 对称循环应力下的疲劳强度计算	(348)
思考题	(350)
习题	(350)

附录 I 截面的几何性质	(354)
I.1 截面的静面矩和形心位置	(354)
I.2 惯性矩、惯性积和惯性半径	(355)
I.3 平行移轴公式	(358)
I.4 转轴公式 主惯性轴和主惯性矩	(361)
习题	(364)
附录 II 型钢表	(367)
附录 III Q235 钢轴心受压构件的稳定系数表	(382)
习题参考答案(部分)	(385)
参考文献	(396)

绪 论

工程力学涉及众多的力学学科分支及广泛的工程技术学科。而作为普通高校及高职高专院校的一门专业基础课程,工程力学只是其中最基础的部分。工程力学课程不但与力学密切相关,而且与各类工程实际紧密联系,是应用力学理论解决各类实际问题的基础。

0.1 工程力学的任务和内容

各种机械设备和工程结构广泛地应用在建筑、机械、水利、航空和交通运输等工程中。组成机械的零件和结构的杆件统称为构件。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,这种作用就是力。结构所受的主动动力常称为荷载。

结构或机器所受的荷载,需要一定的传递方式在构件之间传递,这就要考查各种不同类型的结构的组成及其特点,建立组成结构的各构件所受力的大小之间的关系,为构件设计提供基础。

在荷载作用下,机械、结构及其构件的几何形状和尺寸会发生一定程度的改变,这种改变称为变形。而当荷载较大且达到某一数值时,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。

在工程中,为了保证每一构件和结构能够正常工作,要求构件不发生破坏,即要具有足够的强度;要求构件和结构的变形在工程允许的范围内,即要有足够的刚度;要求构件和结构具有维持原有的平衡形式,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,还要尽可能合理选用适当的材料,以节省资金或减轻自重,达到既安全、又经济实用的目的。工程力学的任务就是为分析和设计结构和构件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。因此,工程力学还要研究材料在荷载作用下的力学性质。

工程力学的研究对象,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,当这种变形在可以不被考虑或暂时可以不被考虑的情况下时,可以把物体视为刚体。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,刚体的模型不但是合理的,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,则必须考虑它们的几何形状与尺寸的变化,而将它们看成是变形体。可见,对同一物体,由于所研究的目的不同,往往给予不同的力学模型。

一般而言,构造一个具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。工程力学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,虽然不是工程力学学习的重点,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力学建模能力,以适应未来千变万化的实际问题。

综上所述,工程力学课程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) 研究构件和结构的内力、变形与外力及其他外部因素之间的关系,并对构件及简单结构的强度和刚度进行验算。
- (4) 研究构件材料的力学性质和构件在外力作用下发生的破坏规律。
- (5) 讨论杆件的稳定性问题。

工程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、大学物理等有密切的联系;另一方面,它又为进一步学习如建筑工程、道路工程、桥梁工程、水利工程、机械工程等专业的后续课程提供必要的基础理论和计算方法。因而,工程力学在各门课程的学习中起着承上启下的作用。同时,工程力学知识又是现代公民基本素质的体现,掌握一些力学知识对日常生活和工作都大有好处。

工程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,通过多观察周围物体的结构特征,多分析和求解问题,来熟练掌握工程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,从而达到弄清概念、掌握理论和熟练方法的目的。

0.2 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,或称为变形固体。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,工程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,对变形固体做某些假设,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。通常在工程力学中,对变形固体做出如下假设:

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,还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,由此假定所做的力学分析被大量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,有弹性变形和塑性变形之分。弹性变形是指物体在外力作用下产生变形,在去掉外力后,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。工程力学研究的变形体主要是满足连续性、均匀性和各向同性假设的变形固体,并且其变形一般为弹性小变形。

0.3 基本概念

作用在物体上的外力,按其作用方式可分为集中力、面力和体积力。其中,体积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所受的电磁力。面力是其他物体通过接触面作用于物体表面的力,如车辆的轮胎压力、流体压力、风作用在建筑物表面的风力等。工程力学中,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。下面对工程力学中常用的如荷载、内力、位移等物理量作一简单介绍。

一、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力、钢板对轧辊的作用力等。这些重力和作用力统称为加在构件上的荷载。

荷载可以根据不同的特征进行分类:

1. 荷载按其作用在结构上的时间长短可分为恒载和活载

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、会议室的人群重力等),也可能是移动的(如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆等)。

2. 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;当均匀分布在一段直线或曲线上时,则称为均布线荷载,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. 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的荷载。

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。

二、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。

1. 等截面梁自重(体积力)的简化

假设一矩形截面梁如图 0.3.1 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

$$W = bhly$$

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

$$q = W/l = bh\gamma$$

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 也称为线荷载集度,表示单位长度内有多大的力作用,如图 0.3.1 所示。

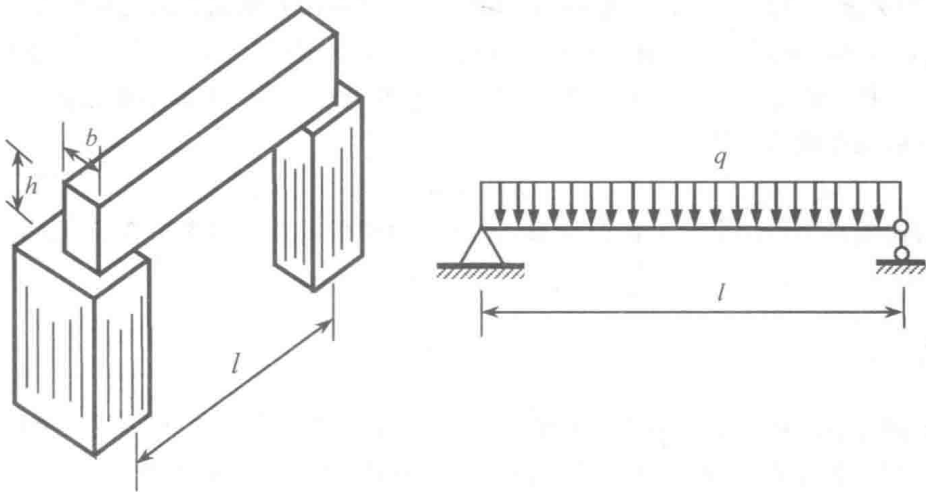


图 0.3.1

2. 均布面荷载化为均布线荷载

如图 0.3.2 所示的平板,板宽为 b (m),板跨度为 l (m),若在板上受到均匀分布的面荷载 q' (kN/m²) 的作用,那么,在这块板上受到的全部荷载 F 是

$$F = q'bl$$

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

$$q = q'b$$

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。

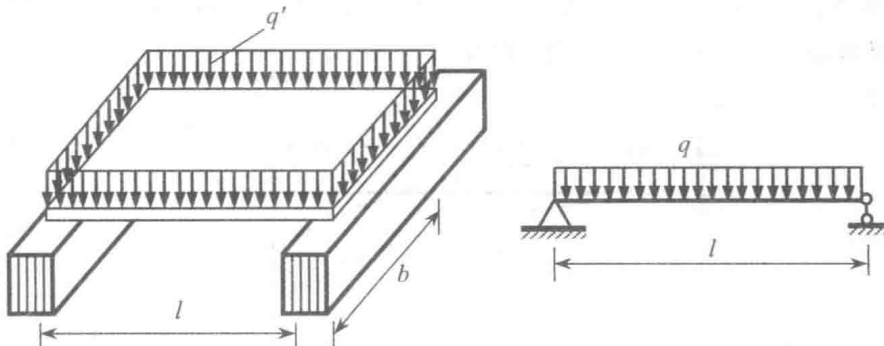


图 0.3.2

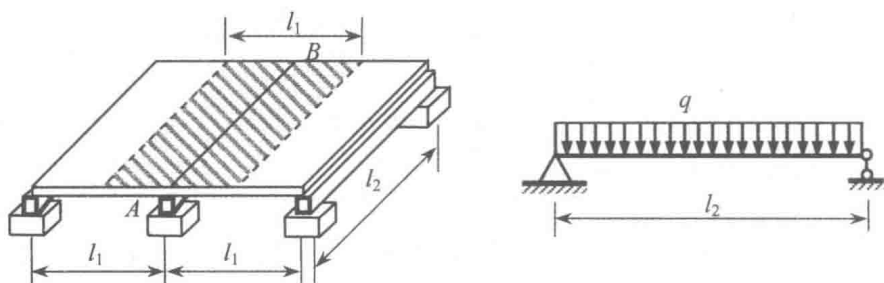


图 0.3.3

图 0.3.3 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' (kN/m^2) 时,梁 AB 沿其轴线方向受到板传来的均布线荷载 q (kN/m) 应当怎样计算呢?由于梁的间距为 l_1 ,跨度为 l_2 ,因此梁 AB 的受荷范围是图 0.3.3 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

$$q = l_1 q'$$

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,将在第二章详述。

三、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,且随外力的改变而改变,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。有关构件的内力的分类及计算将在后面的有关章节中详述。

四、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 0.3.4 中,构件上的 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 0.3.4 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)。

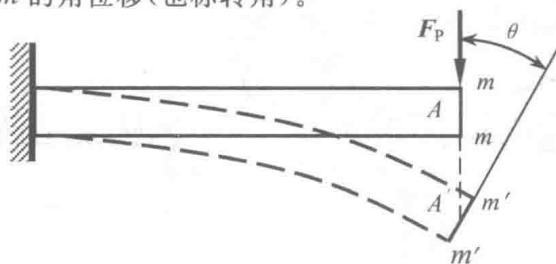


图 0.3.4

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。

0.4 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,多数结构在设计时常常利用对称性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,必须考虑结构的空间作用。本书所讨论的结构主要为平面结构。

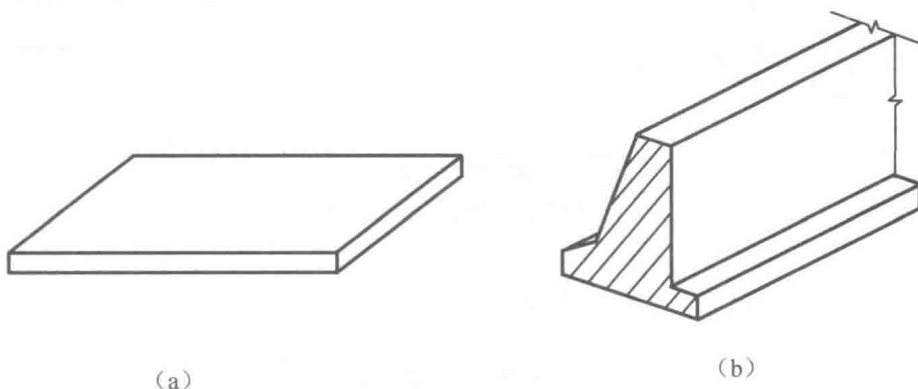


图 0.4.1

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(见图 0.4.1(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(见图 0.4.1(b))、基础、钢球等。

工程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(见图 0.4.2)。

2. 桁架

桁架是由若干根直杆在两端用铰连接而成的结构(见图 0.4.3)。当荷载只作用在节点时,各杆只产生轴力。

3. 刚架

刚架是由直杆组成并具有刚节点的结构(见图 0.4.4)。

4. 拱

拱的轴线是曲线,且在竖向荷载作用下会产生水平反力(见图 0.4.5)。水平反力大大

改变了拱的受力性能。

5. 组合结构

组合结构是由桁架和梁或桁架和刚架组合在一起的结构(见图 0.4.6)。



图 0.4.2

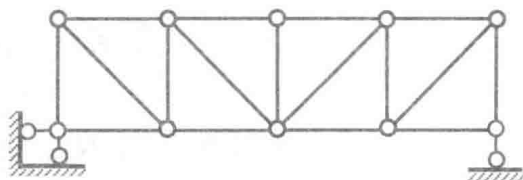


图 0.4.3

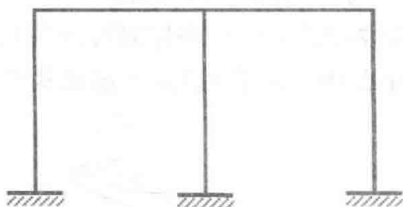


图 0.4.4

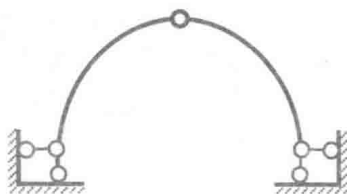


图 0.4.5



图 0.4.6

0.5 杆件的基本变形

在各种不同形式的外力作用下,杆件的变形形式各不相同。复杂的变形可以分解为几种基本变形形式的组合。杆件的基本变形形式有如下 4 种:

1. 轴向拉伸与轴向压缩变形

在一对大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线重合的外力作用下,杆件的长度发生伸长或缩短。这种变形称为轴向拉伸与轴向压缩变形(见图 0.5.1(a)(b))。

起吊重物的钢索、桁架中的杆件等的变形都属于轴向拉伸与轴向压缩变形。

2. 剪切变形

在一对大小相等、方向相反、作用线相距很近且垂直于杆件轴线的外力作用下,杆件的横截面沿外力作用方向发生错动。这种变形称为剪切变形(见图 0.5.1(c))。

机械中常见的联结件,如铆钉、螺栓等受力时常发生剪切变形。

3. 扭转变形

在一对大小相等、转向相反、位于垂直于杆轴线的两平面内的力矩作用下,杆件的任意两个横截面发生绕轴线的相对转动。这种变形称为扭转变形(见图 0.5.1(d))。

机械中传动轴等的变形就是扭转变形。

4. 弯曲变形

在一对大小相等、转向相反、位于杆件纵向平面内的力偶作用下，杆件的轴线由直线变为曲线。这种变形称为弯曲变形(见图 0.5.1(e))。

受弯杆件是工程中最常见的构件之一，吊车梁、火车轮轴等的变形都是弯曲变形。

实际工程中，还有一些杆件可能同时具有多种基本变形形式，这种复杂的变形形式常见的有拉伸与弯曲的组合变形、弯曲与扭转的组合变形等。这种基本变形的组合称为组合变形，将在本书第九章中详细讨论。

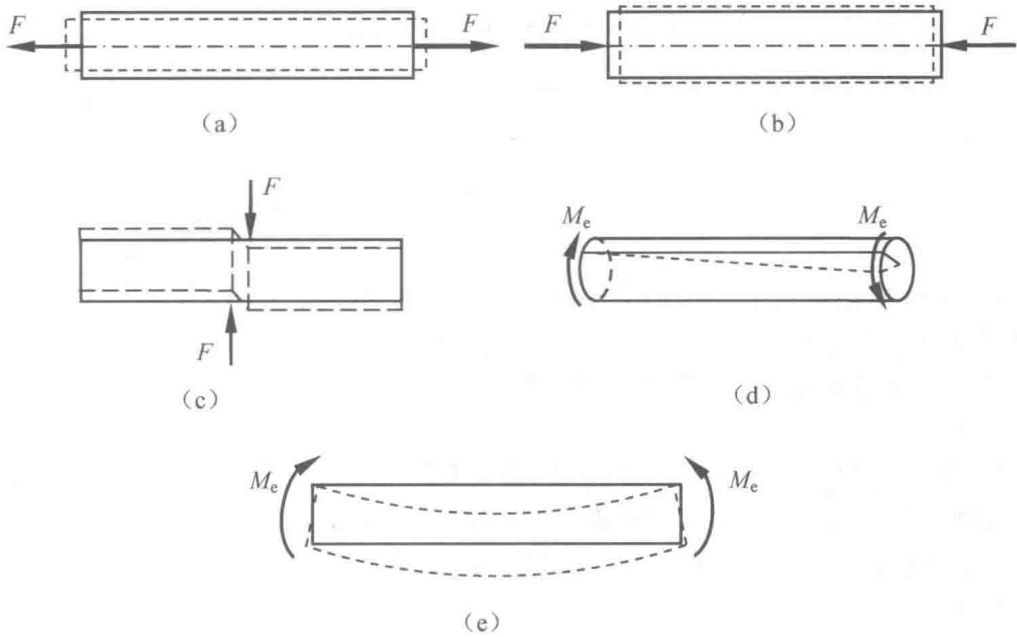


图 0.5.1