

高职高专力学系列教材

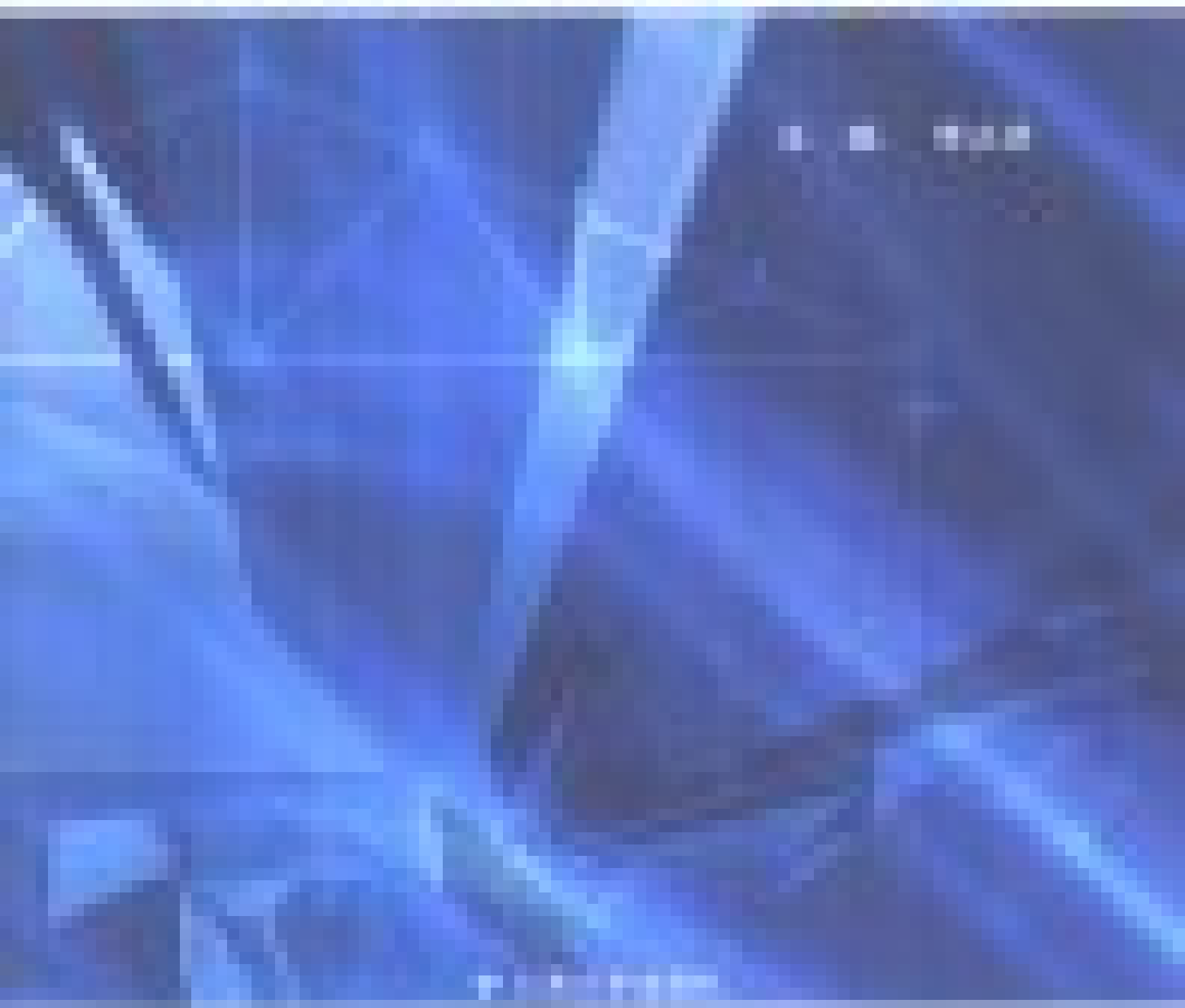
应用建筑力学

主 编 李之祥

 云南大学出版社

中国标准出版社

应用镀锌门字



应用建筑力学

主 编 李之祥
副主编 李 玲 王胜明
刘昭平 王 坚

云南大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

应用建筑力学/李之祥主编. —昆明: 云南大学出版社, 2003

ISBN 7-81068-629-1

I. 应... II. 李... III. 建筑力学-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 070181 号

责任编辑: 徐 曼 李 翔

策划编辑: 邓立木 徐 曼

封面设计: 何 璞

应用建筑力学

主 编 李之祥

出版发行 云南大学出版社

印 装 云南福保东陆印刷股份有限公司

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 28.625

字 数 697 千字

版 次 2003 年 6 月第 1 版

印 次 2003 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-81068-629-1/TU·5

定 价 36.00 元

社 址: 云南省昆明市翠湖北路 2 号云南大学英华园内 (650091)

发行电话: 0871-5033244

网 址: <http://www.ynup.com> E-mail: market@ynup.com

前 言

为适应高等职业教育的发展和国家经济建设对土木工程高职高专、高等技术应用型人才的需求,依据国家教委 1999 年制定的高职高专教育土建类、近土建类专业力学课程教学的基本要求,昆明冶金高等专科学校、深圳职业技术学院、昆明理工大学、昆明大学组织了一批有 20 年以上丰富力学教学实践经验的高、中职教师,编著了本教材。本书力求适应当前高职高专教育改革的特点,以“应用为目的,理论必需,够用为度”为宗旨,突出针对性、适用性和实用性,重点强调基本概念、理论、思路和方法的训练,使学生能够更有效地接受力学思想的基础训练,提高学生运用力学方法分析和解决建筑工程实际问题的能力。

本书内容循序渐进,精选并吸纳最新力学教学研究成果,简化力学理论公式推导,理论联系实际,注重工程应用,文字简洁,叙述深入浅出,通俗易懂,图文紧密配合,例题贴近建筑工程实际,适合高职高专各层次的学生。在创造新情景、开发新思维方面,努力做到既指导学生以力学钥匙“开启”建筑工程的“应用”大门,又让学生对力学知识进行科学“梳理”,注重力学知识的应用,培养高职高专学生解放思想,敢于和善于应用力学理论解决工程实际问题的能力。

全书共分为 20 章,内容包括绪论和理论力学、材料力学、结构力学三部分基本内容。

本书可供高职高专院校,成人高校,本科院校所属二级职业技术学院,民办高校的土建类、近土类各专业的专业力学教材或供土建工程技术人员学习参考。建议使用本教材时,课程教学安排为两

学期。工民建专业全部讲授本教材内容约需 155~165 学时；近土类各专业可根据专业要求，对 * 号内容酌情取舍。

本书总审张立翔教授（昆明理工大学工程力学系博士生导师）肯定了本书的编写思路，提出了宝贵的修改意见，在此表示衷心地感谢。

全书由昆明冶金高等专科学校李之祥任主编，李玲、王胜明、刘昭平、王坚任副主编。其他参编人员及编写内容如下：昆明冶金高等专科学校李之祥（第 1、2、6、13、14 章），李祚青（第 3 章），李玲（第 4、5、8 章），赵燕萍（第 7 章），李志成（第 9 章），杜绍堂（第 12 章），王胜明（第 16、17 章），王坚（第 18、19、20 章），深圳职业技术学院刘昭平（第 15 章），昆明理工大学张洪明（第 10 章），昆明大学黄明（第 11 章）。

由于编写时间仓促，难免存在错误及不妥之处，诚请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 3 月于昆明冶金高等专科学校

e-mail: e linor, 1128 @ sina.com.cn

目 录

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 理论力学

第一章 静力学的基本概念和公理	(6)
第一节 力的概念	(6)
第二节 静力学公理	(8)
第三节 力矩、力对轴之矩、力偶矩	(11)
第四节 约束和约束反力	(17)
第五节 物体的受力分析	(22)
第六节 物体系统受力分析	(25)
本章小结	(28)
思考题	(29)
习题	(32)
第二章 平面任意力系	(36)
第一节 平面汇交力系的简化	(36)
第二节 平面汇交力系平衡条件与应用	(42)
第三节 平面力偶系的简化及平衡条件	(46)
第四节 力的平移定理	(48)
第五节 平面力系向一点简化	(50)
第六节 平面力系简化结果分析	(53)
第七节 平面力系的平衡条件及应用	(55)
第八节 平面力系平衡方程的其它形式	(59)
第九节 物体系的平衡问题	(65)
第十节 静定与静不定问题	(71)
第十一节 考虑摩擦时物体的平衡*	(72)
本章小结	(76)
思考题	(79)
习题	(80)
第三章 空间力系、重心*	(84)
第一节 空间力系概述	(84)
第二节 空间汇交力系	(85)

第三节 空间任意力系的平衡条件及平衡方程	(91)
第四节 重 心	(94)
本章小结	(102)
思考题	(103)
习题	(103)

第二篇 材料力学

第四章 材料力学基本概念	(108)
第一节 变形固体的基本假设	(108)
第二节 杆件的变形形式	(108)
第三节 内力 截面法 应力	(109)
本章小结	(111)
思考题	(111)
第五章 轴向拉伸和压缩	(112)
第一节 轴向拉(压)杆的概念	(112)
第二节 轴向拉(压)杆的内力及内力图	(112)
第三节 轴向拉(压)杆横截面上的应力	(115)
第四节 轴向拉压杆的变形、虎克定律	(117)
第五节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	(119)
第六节 轴向拉(压)杆的强度计算	(123)
第七节 应力集中的概念*	(127)
本章小结	(128)
思考题	(129)
习题	(129)
第六章 剪切与挤压	(133)
第一节 剪切实用计算	(133)
第二节 挤压实用计算	(138)
本章小结	(142)
思考题	(143)
习题	(143)
第七章 扭 转	(146)
第一节 扭转的概念	(146)
第二节 圆轴扭转时的强度及刚度计算	(150)
本章小结	(156)
思考题	(156)
习题	(157)

第八章 梁的弯曲	(159)
第一节 梁的平面弯曲	(159)
第二节 梁的内力	(160)
第三节 梁的剪力图和弯矩图	(165)
第四节 梁横截面上的应力	(170)
第五节 梁的强度计算	(177)
本章小结	(183)
思考题	(184)
习题	(185)
第九章 梁的弯曲变形	(188)
第一节 梁的弯曲变形	(188)
第二节 梁的刚度校核	(194)
第三节 提高梁刚度的措施	(196)
本章小结	(198)
思考题	(198)
习题	(199)
第十章 应力状态理论*	(201)
第一节 应力状态概念	(201)
第二节 平面一般应力状态的应力分析	(203)
* 第三节 梁的主应力及主应力迹线	(211)
* 第四节 广义虎克定律	(215)
第五节 强度理论	(216)
本章小结	(222)
思考题	(223)
习题	(224)
第十一章 组合变形	(226)
第一节 组合变形概念	(226)
第二节 斜弯曲	(227)
第三节 压(拉)弯组合与偏心受压(拉)	(233)
第四节 截面核心的概念	(242)
本章小结	(244)
思考题	(245)
习题	(245)
第十二章 压杆稳定	(248)
第一节 压杆稳定概念	(248)
第二节 临界力的计算	(249)
第三节 临界应力和柔度	(253)

第四节 压杆的稳定计算	(257)
第五节 提高压杆稳定性的措施	(264)
本章小结	(265)
思考题	(266)
习题	(266)

第三篇 结构力学

第十三章 结构力学基本概念	(270)
第一节 结构的计算简图	(270)
第二节 结构的分类	(272)
第三节 荷载的分类	(274)
第四节 叠加原理	(275)
本章小结	(276)
思考题	(276)
习题	(277)
第十四章 平面体系的几何组成	(278)
第一节 几何组成分析的目的	(278)
第二节 平面体系的自由度	(279)
第三节 几何不变体系的组成规则	(280)
第四节 几何组成分析举例	(282)
第五节 静定结构与超静定结构	(285)
本章小结	(286)
思考题	(286)
习题	(287)
第十五章 静定结构的受力分析	(288)
第一节 多跨静定梁	(288)
第二节 静定平面刚架	(290)
第三节 静定平面桁架	(298)
第四节 三 铰 拱	(306)
第五节 组合结构计算	(312)
本章小结	(314)
思考题	(315)
习题	(315)
第十六章 静定结构的位移计算	(318)
第一节 计算结构位移的目的, 虚位移原理	(318)
第二节 刚体的虚位移原理及静定结构由于支座移动所引起的位移计算	(322)

第三节	变形体的虚功原理	(326)
第四节	静定结构由于荷载作用下引起的位移计算	(329)
第五节	用图乘法计算梁及刚架的位移	(333)
第六节	线弹性体系的互等定理	(337)
本章小结		(341)
思考题		(342)
习题		(342)
第十七章	力 法	(345)
第一节	超静定结构概述	(345)
第二节	力法的基本原理	(347)
第三节	超静定次数的确定	(350)
第四节	力法的典型方程	(352)
第五节	对称性的利用	(356)
第六节	超静定结构的位移计算及其最后内力图的校核	(360)
第七节	力法计算其他类型的超静定结构*	(362)
第八节	支座移动和温度改变时超静定结构的内力计算*	(374)
第九节	超静定结构的特性	(378)
本章小结		(379)
思考题		(381)
习题		(382)
第十八章	位 移 法*	(387)
第一节	概 述	(387)
第二节	等截面直杆的转角位移方程	(387)
第三节	位移法的基本概念	(391)
本章小结		(400)
思考题		(400)
习题		(400)
第十九章	力矩分配法*	(402)
第一节	力矩分配法的基本概念	(402)
第二节	用力矩分配法解连续梁	(406)
本章小结		(409)
思考题		(409)
习题		(409)
第二十章	影响线及其应用*	(411)
第一节	影响线的概念	(411)
第二节	单跨静定梁的影响线	(412)
第三节	用机动法作单跨静定梁的影响线	(416)

第四节	利用影响线计算反力和内力	(418)
第五节	最不利荷载位置的确定	(421)
第六节	简支梁的内力包络图	(424)
本章小结		(425)
思考题		(425)
习题		(426)
附录 A I	工程常用量的单位换算表	(428)
附录 A II	型钢表	(430)
附录 B I	人字屋架杆件长度系数及内力系数表	(444)
附录 B II	平行弦桁架	(445)
附录 B III	四节间芬克式屋架	(446)
附录 B IV	六节间芬克式屋架长度系数及内力系数	(447)
附录 B V	八节间芬克式屋架长度系数及内力系数	(448)
参考书目		(449)

绪 论

《应用建筑力学》由“理论力学”、“材料力学”、“结构力学”三部分构成，各部分内容循序渐近，相辅相成，融会贯通。其中的“理论力学”既是一系列专业技术课程的基础，本身又是解决工程技术问题的有力工具。因此在学习“理论力学”时，不仅要刻苦钻研其理论，更重要的是要学会“理论力学”对工程问题的分析和研究方法，这有助于培养分析与解决实际问题的能力。由于“理论力学”是现代工程技术的基础，所以它是工科院校各类专业教学计划中最重要的技术基础课，它为学习一系列后续课程（技术基础课和专业课）提供理论基础，例如“材料力学”、“结构力学”、“钢筋混凝土结构”、“钢结构”等课程的理论推导和计算，都常常用到“理论力学”所阐述的原理和方法，因此对于一名工程师来说，“理论力学”知识必不可缺。

遵照认识事物的客观规律必须循序渐进，本教材在内容编排时，按先易后难顺序考虑：第一篇“理论力学”，第二篇“材料力学”，第三篇“结构力学”。通过长期的教学实践证明，如此的内容安排，对于初学力学者，能够比较容易地接纳由浅至深的力学理论，随着学习的深入，力学的方法在始终不断地重复、运用，直到熟练。同时，在学习力学的过程中，分析和解决实际问题的能力得到了提高。

以下初步介绍“理论力学”、“材料力学”、“结构力学”的研究对象及任务，至于它们各自更详细的研究内容和研究方法将在各篇专题分析、研究。

一、理论力学的任务、内容

1. 为什么要学理论力学

任何建筑物（房屋、桥梁、公路、水坝、隧道等的总称）在使用过程中，将受到各种力（集中荷载、分布荷载、集中力偶）的作用。例如，一幢楼房，其屋架要承受风力、积雪及屋面上瓦片等材料的重力；楼板要承受人或物（用具、设备）的重力；墙、柱要支承屋架及承受楼板传来的力，柱又由基础支承；最后，基础上的所有力传递给地基（即地球）。

设计一幢建筑物时，须对屋架、楼板、墙、柱、基础等各构件作受力分析并具体算出待求反力的大小，再据算出的反力和荷载去确定构件的截面形状与尺寸及其选用的材料。不作受力分析和设计计算，随意选用构件将导致其承担不了力的作用而倒塌或造成材料质量太好或构件截面尺寸过大的浪费。例如，在施工现场，起重机起吊一根钢筋混凝土梁，面临吊用的钢索直径要多大的问题，这就必须经过计算起吊过程中钢索所受的力多大后（这种移动位置的物体的受力，还与物体的运动速度有关）才能确定。钢索受力分析的内容即为“应用建筑力学”课程解决的问题之一。“应用建筑力学”要解决的课题甚多，可采取分门别类的处理方法加以讨论，“理论力学”只讨论其中一部分，其余部分由后续课程：“材料力学”、“结构力学”讨论。

为使讨论的结果有普遍用途，故在讨论时，不必对具体构件一一进行，而是将各类构件统统视为“物件”对待，只要作用在“物体”上的力能够分析计算了，那么不论是何种

构件皆可应用由此而得到的结论。

2. 理论力学的任务和内容

自然界的物质总是在不断进行着各种变化。例如同学们由宿舍到教室上课，宇宙飞船上天，这是物体间相互位置的变动；水沸腾了变成水蒸汽，冷了结成冰，还可以结成美丽的雪花，这是物态的变化；铁放久了要生锈，蓝墨水放久了会变颜色，这是化学变化。总之，自然界中没有任何不随时间推移而变化的物质。如把物体的一般的变化均视为运动，则可以说，一切物质总是在运动着的，或者说自然界的万物均在运动。

在物质的各种形式的运动中，物体空间位置随时间的变化称为机械运动。例如奔驰的汽车，向上起吊的预制板等，它们的位置都随着时间变化而改变，所以它们都在作机械运动。机械运动是物体最简单的一种运动形式，也是最常见的一种形式。其中，物体相对周围的物体保持静止（静平衡）或作匀速直线运动（动平衡）是机械运动的一种特殊形式，即平衡状态。

理论力学的任务就是研究物体机械运动的最一般的规律。

理论力学的研究内容可分为三部分：

(1) 讨论物体处于平衡状态时，力与力之间的关系，即讨论物体受力后保持平衡状态的条件，这部分内容称静力学。

(2) 讨论物体位置与时间之间的关系部分，称运动学。

(3) 讨论物体位置变化与力之间的关系部分，称动力学。

本教材的“理论力学”篇着重讨论静力学，这是因为一般土建工程中的建筑物都相对于地球处于静止状态。它是“应用建筑力学”中最重要的基础知识，它不但本身具有解决建筑工程实际问题的用途，而且是后续课“材料力学”、“结构力学”等必不可少的理论基础。

二、材料力学的研究对象、任务

1. 材料力学的研究对象

材料力学的研究对象主要是构件。任何结构或机器都是由许多构件组成。构件受外力作用时会产生变形，同时在构件内部产生抵抗变形的内力。实践表明，外力愈大，则内力和变形也愈大。当内力或变形大到一定程度时，构件将不能正常工作，从而导致整个结构或机器丧失工作能力，甚至破坏。

为了保证构件能安全正常地工作，结构中的每一个构件都必须满足以下基本要求：

(1) 即构件必须具备足够的强度，以保证在外力作用下不发生破坏。房屋使用时，房屋中的梁、柱都不允许发生断裂。构件抵抗破坏的能力称为强度。

(2) 构件必须具备足够的刚度，以保证在外力的作用下不发生过大的变形。如屋面檩条变形过大虽不致破坏，但会引起屋面漏水，因此构件使用时发生的变形必须限制在一定的范围内。构件抵抗变形的能力称为刚度。

(3) 构件必须具备足够的稳定性，以保证构件不会因丧失稳定而破坏。如图所示中心受压的细长直杆，当外力增大到一定程度时会由原来的直线形状突然变弯，这种不能保持其直线平衡状态的现象称为丧失稳定。房屋中的承重柱、屋架中的受压杆件就有可能由于丧失稳定而使整个结构倒塌。构件保持原有直线平衡状态的能力称为稳定性。

不同的构件对强度、刚度、稳定性三方面的要求程度有所不同，但都必须首先满足强

度要求。构件满足强度、刚度、稳定性要求的能力，称为构件的承载能力。

任何构件，不仅应满足强度、刚度、稳定性的要求以保证构件的安全，还应符合经济合理的原则。一般说来，选用好的材料和较大的截面尺寸，安全是可以保证的。但过度的安全，会造成材料的浪费而不符合经济合理的原则。一个合格的工程技术人员不能为了安全而不考虑经济效益，更不能为了节省经济而无视安全要求。安全和经济是一对矛盾，材料力学正是在不断地解决这一矛盾的过程中发展起来的。



2. 材料力学的任务

综上所述，材料力学的任务是：

(1) 研究构件在外力作用下所产生的内力及变形和破坏的规律。

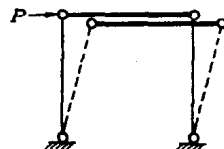
(2) 建立构件满足强度、刚度、稳定性要求所需的条件，为既安全又经济的构件选择合适的材料、合理的截面形状和尺寸，提供有关强度、刚度和稳定性计算的基本理论和方法及实验技术。

构件的强度、刚度、稳定性与构件所用的材料有很大的关系，而材料的力学性能需要试验测定，工程中存在的一些复杂问题，仍需要依靠实验来解决。因此，理论分析和实验研究在材料力学中具有同等重要的地位。

三、结构力学的研究对象、任务、方法

1. 结构力学的研究对象

凡用建筑材料建造并能承受一定荷载作用的建筑物或构筑物，统称为建筑结构（简称结构）。大如高楼、拱坝、桥梁、隧洞，小的如一榀屋架等都是结构的具体例子。结构力学的研究对象就是这些不同形式的结构。



2. 结构力学的任务

工程中不论采用哪一种型的结构，首先要求它在任意荷载作用下能保持自己的几何形状和位置不变。如图所示的体系在工程中是不存在的，因为在微小的外力 P 作用下就会改变它的几何形状和位置（图中虚线所示），所以它就不能作为结构。由此可见，一个结构，首先应该是几何不变的，这就要求我们研究体系的几何组成规律及合理的结构形式。

生产实践告诉我们，当荷载达到某种程度时，结构中某些杆件可能因受力过大而破坏。这是由于强度不足所引起的，通常称为强度问题。如果结构的强度能满足要求，但因变形过大而影响正常使用，这称为刚度问题。从材料力学课程中我们知道，细长的杆件受到轴向压力后会产生屈曲，这种现象称为“失稳”。结构中某一根杆件或几根杆件的失稳会导致整个结构的倒塌，因此，我们还必须重视结构的稳定问题。

根据上述分析，结构力学的研究主题（或者说它的任务）是：

研究和解决工程实践中提出的有关结构的强度、刚度和稳定性的问题。

结构力学与理论力学、材料力学有密切关系。理论力学着重讨论物体在外力作用下的外部效应——运动或平衡。材料力学和结构力学则均讨论由于外界因素引起的内部效应——强度、刚度和稳定性问题。所不同的是，材料力学主要是以单个杆件为研究对象，结构力学则以杆件组成的结构（称为杆系结构）为研究对象。

3. 结构力学的研究方法

我们知道，截面法是揭示材料内力的统一手法。在结构力学中，我们通常是用截面法截取结点或杆件这两个单元来进行分析的。

结构力学中介绍的计算方法是多种多样的，但所有方法都必须以下列三点为依据：

- (1) 力系的平衡条件；
- (2) 变形的几何连续条件；
- (3) 应力与应变之间的物理条件。

为了便于记忆，读者可把上述内容简单地归纳为一个主题、两个单元、三点依据。

最后还要谈一下，本书所讨论的结构计算方法是建立在“手算”的基础上的。电子计算机的出现对结构力学产生了巨大的影响，形成了以电子计算机和计算技术为基础的“电算”方法，或叫做结构力学的计算机方法（简称为计算结构力学）。但是电算非但不排斥结构力学的基本理论，而是需要更加重视基本理论。

第一篇 理论力学