

力学教学·学习辅导系列

教学 学习 考研

材料力学 教与学

苟文选 主编



高等教育出版社

TB301
137

2007

力学教学·学习辅导系列

材料力学教与学

苟文选 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是主要配合刘鸿文教授主编的《材料力学》(第4版)(I, II)而撰写的教学和学习指导书。

全书分为两部分,第一部分每章包括五部分内容:教材内容剖析(理论内容提要,知识结构框图,重点、难点、考点,教学策略设计,学习方法提示、有关拓展内容);习题分类及解题要点;典型题分析及精解;课后习题选解和学习效果测试题。其中,教学策略设计对如何组织教学提出建议,对涉及的深层次内容给予提示并介绍相关参考文献。在对典型题及习题选解的基础上,为考察学习效果,每章设计了测试题。为了解课程学习情况,第二部分对不同学时的课程,设计了6套自测试卷,以便对学习效果做出评估。

本书力求在把基本概念、基本问题交代清楚的基础上,逐渐加大题目难度,使读者逐步掌握不同类型题目的解题思路和方法,激发学习兴趣,更好掌握课程内容,提高分析问题和解决问题的能力。

本书可作为高等工科院校大学生和考研者的学习和应试指导书,亦可作为从事本课程教学的青年教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学教与学/苟文选主编. —北京:高等教育出版社,2007.5

ISBN 978-7-04-021270-9

I. 材… II. 苟… III. 材料力学-高等学校-教学参考资料 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 047575 号

策划编辑 姜 凤 责任编辑 张玉海 封面设计 李卫青 责任绘图 朱 静
版式设计 张 岚 责任校对 胡晓琪 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京七色印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 38.25
字 数 1 130 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 5 月第 1 版
印 次 2007 年 5 月第 1 次印刷
定 价 47.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21270-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

应高等教育出版社的约请,希望我们主要结合浙江大学刘鸿文教授主编的《材料力学》(第4版)(I, II)教材,为教师和学生编写材料力学教学和学习指导用书,供学习材料力学课程的大学生、有志考研复习本课程的考生,以及从事本课程教学的青年教师参考。

目前,国内已出版了多种材料力学教材和教学、学习指导书,包括部分译著。近年来,为了配合面向21世纪力学课程教学内容的改革,编者也编写了几套有关材料力学课程的教材和参考书。为了不辜负高等教育出版社的重托,在认真分析了同行们著作特色的同时,虚心学习其优点,并保持和发扬自己受读者好评的编写风格,力求做到正确、简明、实用,选题典型、一题多解、融会贯通、富有启发,达到举一反三的效果。

本书包含了材料力学课程教学大纲中基本要求的全部内容。全书分为两部分,第一部分每章包括五部分内容,即:教材内容剖析、习题分类及解题要点、典型题分析及精解、课后习题选解和学习效果测试题。教材内容剖析又包括四部分内容,即:理论内容提要,知识结构框图,重点、难点、考点,教学策略设计、学习方法提示、有关拓展内容。作者根据几十年的教学经验,对教学和学习方法提出了一些建议,并对各章深层次的内容及外延知识加以提示和说明。书中的例题都是精选的典型题,除对例题进行深入分析和讨论外,部分例题采用多种方法求解,这有助于读者融会贯通所学的内容。本书力求首先把基础问题交代清楚,启发读者积极思考;并逐渐加大难度,使读者逐步掌握不同类型题目的解题思路和解题方法,激发学习兴趣,更好地掌握所学的知识,提高解题能力。另外,希望读者在自我思考做题的基础上,有针对性参阅“课后习题选解”,提高解题能力,而不要单纯地依赖题解。为了便于读者了解自己对本章内容的掌握情况,每章后都安排了学习效果测试题,读者不妨一试。为了考查不同专业不同学时对课程的学习效果,第二部分设计了6套自测试卷。书中给出了学习效果测试题及自测题试卷的答案,供读者参考。

为了博采众长,集各家教学之精华,邀请了分别从20世纪50年代、80年代力学师资班毕业且长期从事材料力学教学的几位教授参编,其中第七、八、九章由黄一红,第十、十一章由周利编写初稿,第三章由王安强编写并用计算机绘制了全书插图,郑斯滔参与了课后习题的解答工作,其余各章及附录I、自测试卷由苟文选编写,并最终统稿定稿,担任主编。

本书承蒙北京工业大学邱棣华教授、西安交通大学俞茂宏教授审阅,提出了许多宝贵意见。编写过程中,曾参阅北京航空航天大学、西北工业大学等其他兄弟院校的有关材料力学教材、教学参考书、专著、文献等,许多典型题来自各高校考研试题。西北工业大学力学与土木建筑学院

领导给予了很多帮助和支持,在此一并表示感谢。

刘鸿文教授主编的《材料力学》(Ⅰ、Ⅱ)第4版,是在浙江大学、西北工业大学等九院校合编(高等教育出版社1979年初版)的基础上,历经近30年千锤百炼的结晶,深受广大师生赞誉,其第3版曾获国家级教学成果一等奖,国家科技进步二等奖。由于编者水平有限,对教材的理解有不到之处,疏漏及不妥之处在所难免,希望广大读者给予指正,使本书以臻完善。

作者

2006年6月

第一部分 典型题解析

第一章	绪论	3
1.1	教材内容剖析	3
1.2	习题分类及解题 要点	7
1.3	典型题分析及精解	7
1.4	课后习题选解	10
1.5	学习效果测试题	15

第二章	拉伸、压缩与剪切	17
2.1	教材内容剖析	17
2.2	习题分类及解题 要点	27
2.3	典型题分析及精解	28
2.4	课后习题选解	42
2.5	学习效果测试题	72

第三章	扭转	75
3.1	教材内容剖析	75
3.2	习题分类及解题 要点	81
3.3	典型题分析及精解	82
3.4	课后习题选解	90
3.5	学习效果测试题	105

第四章	弯曲内力	108
4.1	教材内容剖析	108
4.2	习题分类及解题 要点	116

4.3	典型题分析及 精解	116
4.4	课后习题选解	131
4.5	学习效果测试题	148

第五章	弯曲应力	151
5.1	教材内容剖析	151
5.2	习题分类及解题 要点	158
5.3	典型题分析及 精解	158
5.4	课后习题选解	173
5.5	学习效果测试题	189

第六章	弯曲变形	193
6.1	教材内容剖析	193
6.2	习题分类及解题 要点	201
6.3	典型题分析及 精解	202
6.4	课后习题选解	219
6.5	学习效果测试题	247

第七章	应力和应变分析 强度	
	理论	251
7.1	教材内容剖析	251
7.2	习题分类及解题 要点	258

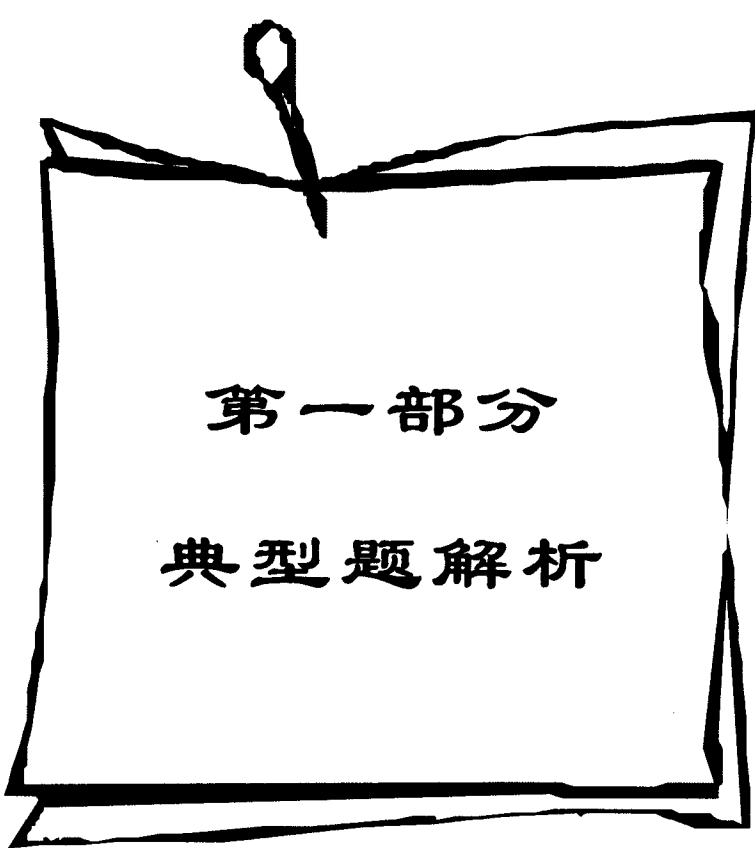
	7.3 典型题分析及 精解	259		精解	384
	7.4 课后习题选解	269		11.4 课后习题选解	392
	7.5 学习效果测试题	280		11.5 学习效果测试题	402
第八章	组合变形	284	第十二章	弯曲的几个补充问题	406
	8.1 教材内容剖析	284		12.1 教材内容剖析	406
	8.2 习题分类及解题 要点	288		12.2 习题分类及解题 要点	414
	8.3 典型题分析及 精解	288		12.3 典型题分析及 精解	414
	8.4 课后习题选解	302		12.4 课后习题选解	422
	8.5 学习效果测试题	314		12.5 学习效果测试题	433
第九章	压杆稳定	318	第十三章	能量方法	435
	9.1 教材内容剖析	318		13.1 教材内容剖析	435
	9.2 习题分类及解题 要点	324		13.2 习题分类及解题 要点	441
	9.3 典型题分析及 精解	324		13.3 典型题分析及 精解	441
	9.4 课后习题选解	335		13.4 课后习题选解	451
	9.5 学习效果测试题	342		13.5 学习效果测试题	470
第十章	动载荷	345	第十四章	超静定结构	474
	10.1 教材内容剖析	345		14.1 教材内容剖析	474
	10.2 习题分类及解题 要点	348		14.2 习题分类及解题 要点	481
	10.3 典型题分析及 精解	349		14.3 典型题分析及 精解	481
	10.4 课后习题选解	362		14.4 课后习题选解	496
	10.5 学习效果测试题	375		14.5 学习效果测试题	519
第十一章	交变应力	379	第十五章	平面曲杆	523
	11.1 教材内容剖析	379		15.1 教材内容剖析	523
	11.2 习题分类及解题 要点	384		15.2 习题分类及解题 要点	527
	11.3 典型题分析及 精解			15.3 典型题分析及 精解	527

15.4	课后习题选解	532		要点	554
15.5	学习效果测试题	543		I.3 典型题分析及 精解	554
附录 I	平面图形的几何性质	545		I.4 课后习题选解	562
	I.1 教材内容剖析	545		I.5 学习效果测试题	572
	I.2 习题分类及解题				

第二部分 自 测 试 卷

自测试卷一(中学时)	579	(下)	591
自测试卷二(中学时)	581	自测试卷六(多学时)	
自测试卷三(多学时)	583	(上)	594
自测试卷四(多学时)	585	自测试卷六(多学时)	
自测试卷五(多学时)		(下)	597
(上)	588	自测试卷答案	598
自测试卷五(多学时)			

参考文献	601
主编简介	602



第一部分

典型题解析

第一章 绪论

1.1 教材内容剖析

1.1.1 理论内容提要

1. 材料力学的任务

为保证构件能正常工作,构件一般需要满足强度、刚度和稳定性的要求,即在外力作用下,要求构件不发生破坏,弹性变形应在工程上允许的范围以内,且维持原有的平衡形式。

材料力学的任务就是在满足强度、刚度及稳定性的要求下,为设计既经济又安全的构件提供必要的理论基础和计算方法。

2. 变形固体的基本假设

材料力学是研究在外力作用下构件的变形和破坏规律。构件一般由固体材料制成,固体因外力作用而变形。一般无特别说明,均假设变形固体具有连续性、均匀性和各向同性,并且一般受线弹性、小变形的限制。

3. 外力和内力

(1) 外力是来自构件外部的力(外部载荷,包括支座反力)。

(2) 外力按作用方式可分为体积力(场力)和表面力(接触力):体积力是连续分布在构件内部各点的力;表面力是直接作用于构件表面的分布力或集中力。

(3) 外力按随时间变化情况可分为静载荷和动载荷:静载荷是缓慢由零增加到某一定值,保持不变或无显著改变的载荷;动载荷是随时间而变化的载荷,随时间作周期性变化或物体的运动在瞬间发生突然变化而又分为交变载荷和冲击载荷。材料力学以分析静载荷问题为基础。

(4) 内力是指在外力作用下,构件内部各质点间相互作用力的改变量即附加相互作用力称为“附加内力”,简称为内力。内力是成对出现的,大小相等,方向相反,分别作用在构件的两部分上,随着外力的增加而增加。内力是分布于截面上的一个分布力系,该力系向截面上某一点简化后所得的主矢和主矩,称为截面上的内力。

4. 截面法

截面法是研究构件内力的基本方法,它贯穿于材料力学课程的始终。该方法是用假想截面把构件分成两部分,以显示并确定内力的方法。用截面法求内力的三步曲为截(取)、代、平。

需要强调指出,截面法截开欲求内力面使构件一分为二;取与弃的原则是弃掉较复杂部分,

而取较简单部分进行研究;一般说来,在空间问题中,内力应有 6 个内力分量,合力的作用点为截面形心;平衡是力的平衡,并非应力的平衡,即求平衡时要考虑应力的尺寸及作用面的大小。

5. 应力、正应力和切应力

(1) 在外力的作用下,根据连续性假设,物体任一截面的内力是连续分布的,截面上任一点内力的密集程度(内力集度),称为该点的应力 p 。 p 是一个矢量,一般既不与截面垂直,也不与截面相切。

(2) 一点处的应力可以分解为两个应力分量。

垂直于截面的分量称为正应力(σ),规定和截面外法线方向一致的应力为正,反之为负;

与截面相切的应力称为切应力(τ),对物体任一点取矩,产生顺时针方向力矩的切应力规定为正,反之为负。

应力单位为 Pa(帕[斯卡]), $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2$, $1\text{ MPa} = 10^6\text{ Pa}$, $1\text{ GPa} = 10^9\text{ Pa}$ 。两个应力分量分别与材料的两大类断裂现象(拉断和剪切错动)相对应。

(3) 应力与压强虽然具有相同的量纲但两者的物理意义不同,主要区别在于:

① 应力存在于受力物体内部的任意一点而压强一般作用于物体的表面。

② 应力是与内力分布有关的微面元上平均集度的极限而压强则是单位面积上的外力。

③ 应力一般不垂直于截面[可分解为与截面垂直的分量(σ)和与截面相切的分量(τ)]而压强一般垂直于作用面。

④ 应力分布一般极其复杂而压强常呈均匀分布或线性分布。

6. 小变形条件在解决材料力学问题中的应用

材料力学所研究的问题一般限于小变形情况。无论是变形或因变形引起的位移,其大小都远小于构件的最小尺寸。利用小变形概念,可使问题简化。一些重要的公式,也是在小变形前提下推导出来的。具体内容包括:

(1) 在研究构件的平衡时,往往忽略构件的变形,仍可用构件变形前的原始尺寸(长度)和形状(角度)进行分析计算。即使用原始尺寸原理,可使计算得到很大的简化。

(2) 小变形分析,在研究弹性变形时,假定在物体中产生的变形几乎是无穷小量($\varepsilon \ll 1$),这种假设通常被称为小应变分析。对于两种应变或位移,当出现幂次大于 1 的情况时,常常出现一些附加的高次项,使问题非线性化,给求解带来困难;如果用小变形分析,略去高次项,使问题按线性对待。这种处理方法,在材料力学课程中经常遇到,这些近似包括, $\sin\Delta\theta \approx \Delta\theta$, $\cos\Delta\theta \approx 1$, $\tan\Delta\theta \approx \Delta\theta$, $(1 + \Delta)^n \approx 1 + n\Delta$ 等。

7. 变形、线应变和切应变

(1) 变形是指受力体形状和大小的变化,它可以归结为长度的改变和角度的改变,即线变形和角变形,单位长度线段的伸长或缩短定义为线应变,而切应变是指微元体相邻棱边所夹直角的改变量。

(2) 通常以 ε_m 表示单位长度内的伸长或缩短,即平均应变;以 ε 表示线段沿某一方向趋近于一点时的线应变,线应变规定伸长为正,缩短为负。

(3) 通常以 γ 表示切应变或角应变,切应变与给定点及所定义的坐标轴有关。通常当直角变形后小于 $\frac{\pi}{2}$,定义 γ 为正;反之,当直角变形后大于 $\frac{\pi}{2}$,则 γ 为负。在小变形问题中,切应变近

似地表示为 $\gamma \approx \tan \gamma$ 。

(4) 需要强调的是：

① 线应变 ε 和切应变 γ 是度量构件变形程度的两个基本量,不同方向的线应变是不同的,不同平面的切应变也是不同的,它们都是坐标的函数。因此,在描述物体的线应变和切应变时,应明确发生在哪一点,沿哪一个方向或在哪一个平面。

② 线应变和切应变均是量纲一的量,切应变一般用弧度(rad)表示。

③ 两种应变虽随点及方向有关,但都不是矢量,不能像位移那样按矢量处理。

④ 根据弹性理论,在线弹性小变形范围内,线应变 ε 只与正应力 σ 有关,而与切应力 τ 无关;而切应变 γ 只与切应力 τ 有关,与正应力 σ 无关。

8. 构件的几何模型与杆件的基本变形

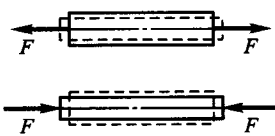
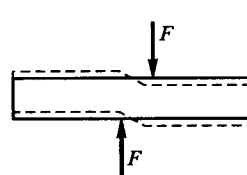
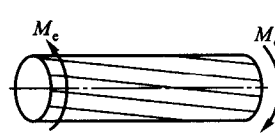
(1) 凡是一个方向的尺寸远大于其他两个相互垂直方向尺寸的构件称为杆件。几何要素为横截面和轴线。轴线为直线的为直杆,轴线为曲线的为曲杆,轴线为直线且横截面面积相等者为等直杆。

(2) 一个方向的尺寸远小于其他两个方向尺寸的构件称为板(壳)。

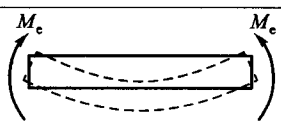
(3) 长、宽、高三个方向尺寸为同一量级的构件称为块体。

材料力学讨论的构件,通常指杆件。杆件在任意受力情况下的变形比较复杂,仔细分析可视为4种基本变形。表1-1中列出了4种基本变形及其受力特点和变形特点。

表 1-1 4 种基本变形、受力特点和变形特点

受力及变形图	受力特点	变形特点
 拉伸(压缩)	一对大小相等,方向相反,作用线与杆件轴线重合的外力	拉伸(压缩)时杆轴向尺寸伸长(缩短),横向尺寸减小(增大)
 剪切	一对大小相等,方向相反,作用线垂直于轴线且相距很近的力	受力处杆的横截面沿外力作用方向发生相对错动
 扭转	一对大小相等,方向相反,作用面垂直于杆的轴线的力偶矩	杆件的任意两个横截面将发生绕轴线的相对转动

续表

受力及变形图	受力特点	变形特点
 弯曲	一对大小相等,方向相反,作用于杆包含轴线纵截面内的力偶矩或垂直于杆件轴线的横向力	杆的轴线在力(偶)作用下发生弯曲,杆件轴线由直线变为曲线,横截面发生相对转动

9. 与理论力学的区别

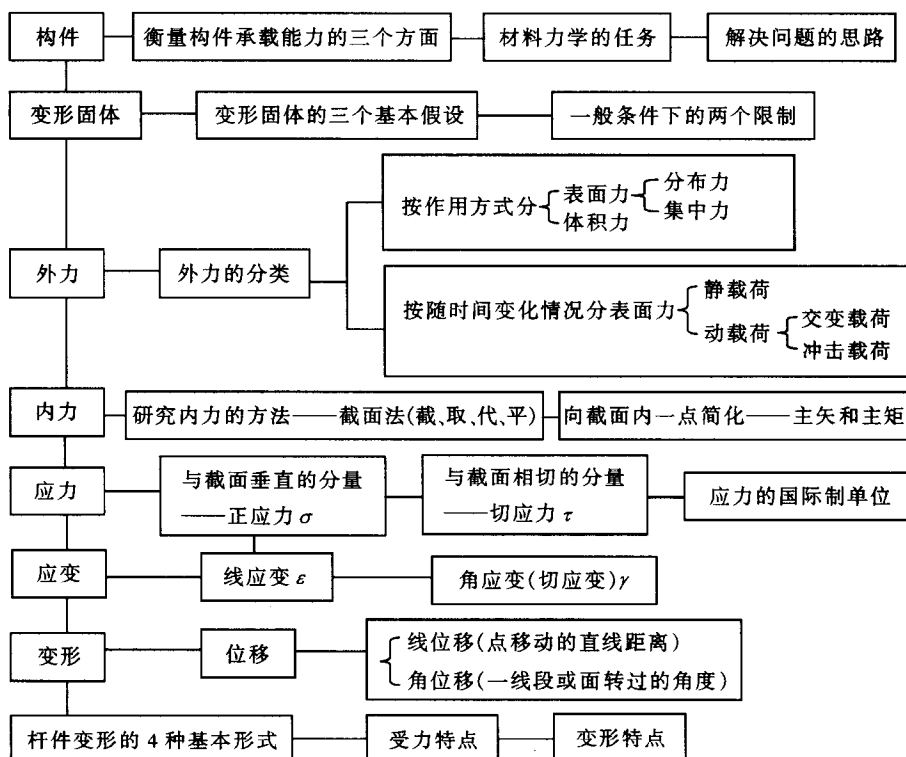
初学材料力学者极易把理论力学中刚接受的概念和处理问题的方法移植过来,造成错误。这些容易混淆的概念包括:

(1) 以牛顿三大定律为基础的理论力学中,把物体抽象为质点或刚体,研究它们的平衡、运动规律等。而材料力学则把所研究构件看作变形固体,一般在三个假设、两个限制下研究外力作用下构件的变形及破坏规律。

(2) 力的等效平移应包含力的等效和变形等效两个方面,在此前提下方可平移,否则,将改变构件的受力效果,因此,力的可传递原理要有一定的前提条件。

(3) 讨论问题的基本方法,理论力学以节点法为基础,而材料力学则用截面法,直接把所研究杆件的内力暴露出来。

1.1.2 知识结构框图



1.1.3 重点、难点、考点

作为一门工科专业基础课,在绪论中第一,应从其发展简史,特别是航空、航天、航海等军事工业中的重要性及实例阐述课程的重要性,明确本课程的任务,以提高学生学习这门课程的兴趣作为重点;第二,应对变形固体、截面法、应力、应变等概念阐述清楚,并对变形固体与刚体、截面法与节点法、应力与压强、力的等效平移等材料力学与理论力学异同加以区别;第三,掌握杆件的四种基本变形的受力特点和变形特点。

绪论仅向读者展示该门课程的总体概貌,就一些基本术语作以介绍,建立一些基本概念,习题一般围绕巩固基本概念展开。考试时偶尔有些基本概念的问答题或选择题,围绕正确概念的确定,基本方法的正确使用。分析习题思路的建立,对后续学习却是十分重要的。

1.1.4 教学策略设计、学习方法提示、有关拓展内容

1. 教学策略设计

绪论课的讲述,除介绍本课程所述主要内容外,更重要的是通过课程内容,提高学生对该课程的兴趣。中华民族有着悠久的历史,科技史亦有灿烂的篇章,材料力学更是源远流长。一般教学都应用 CAI 课件,用图片或录像,向学生展示中华民族在材料力学中的重要创举,通过近现代桥梁、舰船、火箭、航天飞机等重大事故原因分析,讲述学习课程的重要性。其次,一般院校理论力学同材料力学同学期先后开课,讲述基本概念、基本方法时应阐述异同,以便学生建立正确概念。正确使用分析方法,特点是小变形限制下原始尺寸原理的应用,给以后分析问题奠定基础。

2. 学习方法提示

绪论中仅就一些基本概念给予阐述,应着重弄清概念的定义,易于混淆的问题,通过有关习题巩固基本概念。

3. 有关拓展内容

为了提高学生对课程的学习兴趣,一方面通过《中国科技史》中材料力学部分或老亮所著《材料力学简史》,进行爱国主义教育;从文献[12]中“力学推动了社会和科学技术的进步”进行科学技术是第一生产力的教育;从“史海钩沉”等其他事故原因分析进行课程重要性教育。

1.2 习题分类及解题要点

本章习题围绕所讲基本概念,主要包括:

(1) 截面法求内力,掌握截面法并与节点法区分。

(2) 求应变,包括线应变和切应变,切应变中应注意是微元体相邻棱边所夹直角的改变量,如一个 30° 的角,变形后为 29.5° ,则该点切应变 γ 是否为 0.5° 。

1.3 典型题分析及精解

1.3.1 图 1.1 ~ 图 1.3 中图 a 所示 3 种构件受力情况,可否平移至与图 a 对应的图 b 所示的情况?为什么?

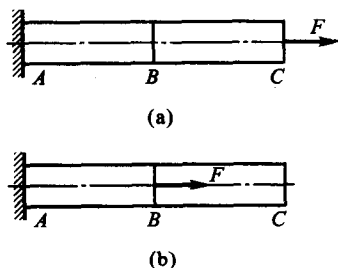


图 1.1

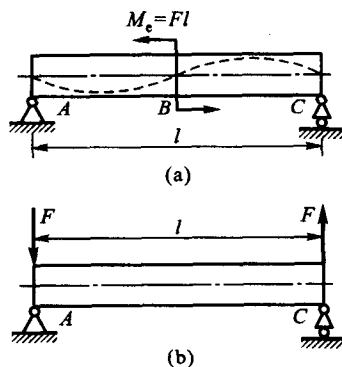


图 1.2

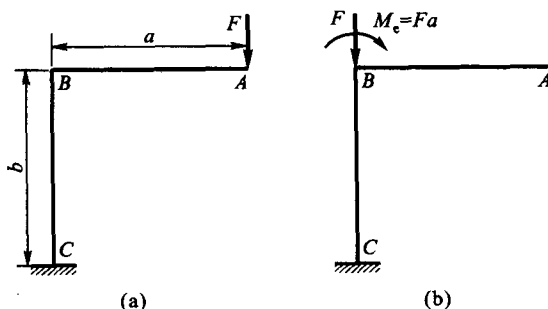


图 1.3

解 图 1.1 所示一受拉杆,当把研究对象视为刚体时,力作用在截面 B 和 C ,都不影响杆件整体的平衡,力可以沿杆件轴线任意平移。但如果把杆件作为变形固体,截面 C 作用拉力 F ,整个杆件都将受力并变形;而在 B 截面处作用拉力 F ,仅仅 AB 段受力,发生变形。这两种情况是不同的,且当仅当讨论支座反力、 AB 段内力及变形时可以平移。因此,力不可沿轴线任意平移,即要注意力的作用面(点)。

同样,力偶矩也是不能任意平移的。图 1.2a 和 b 所示的两种情况,支座反力是相同的。对“变形固体”来讲,图 1.2a 所示的简支梁将产生虚线所示的变形,而图 1.2b 虽然一对力 F 仍然构成力偶 $M_c = Fl$,但因 F 力恰好作用在支座上,简支梁不会发生变形。

如果力平移简化以后,并不影响所研究部分的受力与变形,则是许可的。图 1.3 所示一平面刚架,如果只研究 BC 段的受力与变形,允许将力 F 从 A 点移到 B 点,这时在 B 点作用一集中力 F 和集中力偶 $M_c = Fa$ (图 1.3b);对于 BC 段来讲,它和在 A 点施加一集中力 F 时的效应是相同的;当讨论 AB 段的应力及变形时,此种平移是不允许的。第六章讨论变形时,采用分段刚化法,其平移的原则亦是保证力和变形两者等效前提下进行的。

讨论:

在变形固体的讨论中,力的平移包括力的等效和形变等效,在此前提下,力才可平移。

1.3.2 图 1.4 所示三角形平板沿底边固定,顶点 A 的水平位移为 5 mm 。试求:(1) 顶点 A 的切应变 γ_x ;(2) 沿 x 轴的平均线应变 ϵ_x ;(3) 沿 x' 轴的平均线应变。

解 此例要巩固两种应变的定义,需要特别强调,切应变是指给定平面内两条正交线段变形后沿该线段趋近于某点时直角的改变量。如有一对 60° 夹角的线段,变形后该夹角为 59° ,问该点的切应变为多少亦是考察切