

///
新世纪

理工科研究生入学考试指导丛书

典型题解析与实战模拟

材料力学

◇任钧国 刘甫 刘大泉 编写◇



新世纪
理工科研究生入学考试指导丛书

材 料 力 学

典型题解析与实战模拟

任钧国 刘甫 刘大泉 编写

国防科技大学出版社
·长沙·

内 容 简 介

本书根据教育部制定的多学时材料力学课程教学大纲要求和硕士研究生入学考试要求而编写。全书分为两大部分。第一部分为解析篇,内容涉及到材料力学的基本概念、研究方法、杆的各种变形及应力分析、组合变形、强变理论、超静定系统、压杆稳定、动载荷和交变载荷,共分十三章。每一章含内容提要、考试重点、典型题解和习题精选。大部分例题和习题选自近年来十几所重点高等院校硕士研究生入学试题。所有习题都给出详细的参考答案。第二部分为实战篇,分为模拟试题(3套)、国防科技大学近3年的考研试题和其它重点院校考研试题(15套)。

本书适合作为报考硕士研究生的考前复习参考书,也宜作为大学本科、专科学生学习课程的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学:典型题解析与实战模拟/任钧国等编写. - 长沙:国防科技大学出版社,2002.7
(新世纪理工科研究生入学考试指导丛书)

ISBN 7-81024-846-4

I. 材… II. 任… III. 材料力学-研究生-入学考试-自学参考资料 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 026862 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
E-mail: gfkdcbs@ public.cs.hn.cn
责任编辑:石少平 责任校对:黄煌
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:23 字数:531 千
2002 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-4000 册

*

定价:35.00 元

新世纪理工科研究生入学考试指导丛书

编审委员会

主任委员:

陈火旺 (国防科技大学计算机学院教授,中国工程院院士)

副主任委员:

麦中凡 (北京航空航天大学计算机科学与工程系教授)

候文永 (上海交通大学电子信息学院教授)

彭文生 (华中科技大学机械工程学院教授,全国机械设计教学研究会理事长)

委员:

屈婉玲 (北京大学计算机系教授)

王广芳 (国防科技大学计算机学院教授)

陈松乔 (中南大学信息工程学院教授)

宁 洪 (国防科技大学计算机学院教授,全国高校计算机专业教学指导委员会委员)

邹逢兴 (国防科技大学机电工程与自动化学院教授)

任钧国 (国防科技大学航天与材料工程学院教授)

刘明俊 (国防科技大学机电工程与自动化学院教授)

策 划:

潘 生 张 静 石少平

序

新世纪来临,挑战和机遇共存。作为当代大学生和有志青年,当务之急是积累知识,培养能力,以备将来为祖国为人民服务,实现自身的理想和价值。因而,近年来高校“考研热”不断升温,引人关注。

为满足广大学生考研复习之需,更为了适应培养高素质高水平人才的形势,不少出版社出版了辅导学生深入学习课程的参考书,但多是关于数学、外语、政治等公共基础课的,针对各门专业课的指导书较少,精品更少。鉴于此,国防科技大学出版社经多方调研,全面规划,精心组织作者编写了这套旨在帮助学生学习各门专业课、提高考研应试能力的指导丛书。该套丛书具有以下几大特色:

(一)作者经验丰富,权威性强

本丛书的作者都是经悉心遴选,从事教学、科研、著书多年,某些是在全国有相当影响、所著的教材(或专著)在相应专业使用较广的资深专家教授。他们都是高校硕士或博士指导教师。他们在编写这套丛书时废寝忘食,躬行写作,将自己多年积累的经验、体会凝聚在字里行间,奉献给广大的读者,相信他们的辛勤劳动成果必然会对大家学习有关课程有极大帮助,这正是我们丛书编审委员会最感欣慰的。

(二)题目收集广泛,针对性强

这套丛书紧扣国家教育部制定的课程教学大纲和研究生入学考试要求,合理安排各书内容,条理清晰,详略分明,深入浅出,释疑去惑,并广泛搜集近年全国 20 余所重点高

校或研究所考研试卷,加以分析、归纳、提高,使读者既能把握各门专业课程的全貌,又能抓住主脉络,领会其中的主要原理、方法,真正提高能力。

(三)突出实战模拟,操作性强

这套丛书中每本书分解析篇和实战篇。其中解析篇按章分提要、例题、习题、习题解答,分别讲清理论、分析各种解题技巧、提供练习和检验机会,使学生全面掌握课程的概念、原理、方法和技巧,学深、学透。实战篇,提供几份模拟试题及其参考答案、多份重点高校近年考研试卷,供学生在课程考试或考研的前夕实景备战,以巩固复习成果,丰富考场经验,增强自信心。这样的结构安排极利于学生使用好本丛书。

国防科技大学出版社、丛书编审委员会和编写者共同努力,辛勤劳动,所有的书稿均经多次审定、修改,使这套丛书达到了较高的质量水平,相信本丛书必能为在书海中遨游的学子指点迷津,助他们踏上成功之路。

本丛书除了适合高校学生学习使用外,对广大的自学者、相关专业工程技术人员亦会有所裨益。

丛书编审委员会邀我为该书作序,谨寄数言,既是对这套丛书的郑重推荐,也是对该套丛书编写者的敬意。

陳大旺

2001年5月

前言

材料力学是许多工程专业的必修课,也是许多专业研究生入学考试科目。该课程具有一定的理论性,而实践性或工程性更为突出,这主要是由课程性质决定的。材料力学课程就是用较简单的方法处理工程问题,因此它注定有很大的灵活性。许多读者在初学材料力学时,并不感到困难,但实践起来却又感觉较难,不易掌握,说明材料力学在工程应用中的广泛性和灵活性。为此,本书以正确理解概念和原理、掌握解题技巧、突出重点和难点为原则,对那些具有普适性的典型问题,特别是针对研究生入学考试的重点和疑难问题,详尽地予以阐述和讨论。

本书包括两部分。第一部分为解析篇,以国家教育部制定的多学时材料力学课程教学大纲为主线,分为十三章:第一章介绍材料力学研究的对象、基本概念和研究方法,把杆的截面几何性质也放在这章作为预备知识;第二章介绍杆的拉伸与压缩变形;第三章介绍剪切与扭转;第四章至第六章介绍梁的弯曲问题,包括梁的剪力和弯矩、应力、变形和一些特殊问题;第七章介绍应力与应变分析及强度理论;第八章介绍杆系的组合变形;第九章介绍能量法及应用;第十章介绍超静定结构求解方法;第十一章介绍杆的稳定问题;第十二章介绍动载荷作用下杆的变形;第十三章介绍交变载荷作用下物体的疲劳问题。每一章包括内容提要(包括考试重点)、典型题解和习题,所有习题均给出详细的参考答案。内容提要着重理清各章的概念、原理和方法,使读者掌握重点和难点;典型题解通过对精选的各类例题深入分析和解答,使读者领会各章的精髓,提高解题技巧;习题给读者提供更多的练习,而详尽的习题解答可进一步检验、提高读者解决实际问题的能力。本书的大部分例题和习题选自近几年来全国十几所著名大学的研究生入学考试题。本书的第二部分为实战篇,包括3份考研模拟试卷及其详细的参考答案,15份2000年以后的考研典型试卷。读者通过这部分的实战练习,定会更全面、透彻地理解和掌握材料力学

这门课程,并能轻松地应对各种类型的考试。

本书适合作为研究生入学考试的复习参考书,也可作为本科生、自考生和其他人员学习材料力学辅导用书。

本书第一部分的第五至八章由刘大泉编写,第九至十三章由刘甫编写。第一至四章和第二部分由任钧国编写,并负责最后统稿。各章的部分习题由研究生田四朋、孔铁全、王大志、刘宇、王珂晟协助解答。编者感谢为本书提供资料的各高校的老师。

由于编者水平有限,书中难免疏漏,恳请读者批评指正。

作 者

2002 年 5 月

目 录

解 析 篇

第一章 引论与基本概念

1.1 内容提要	(1)
1.1.1 固体变形的假定和基本方法	(1)
1.1.2 基本概念	(2)
1.1.3 杆变形的度量和基本形式	(4)
1.1.4 材料力学的处理方法	(5)
1.1.5 截面的几何性质	(5)
1.1.6 考试重点	(6)
1.2 典型题解	(7)
1.3 习 题	(9)
1.4 习题解答	(11)

第二章 轴向拉伸与压缩

2.1 内容提要	(13)
2.1.1 轴向拉压杆的内力、应力和强度计算	(13)
2.1.2 拉压杆的变形、虎克定律、横向变形系数、变形能	(14)
2.1.3 拉压超静定问题	(16)
2.1.4 材料拉伸与压缩的力学性质	(16)
2.1.5 考试重点	(18)
2.2 典型题解	(18)
2.3 习 题	(25)
2.4 习题解答	(33)

第三章 剪切与扭转

3.1 内容提要	(37)
----------	--------

3.1.1 剪切模型与强度校核	(37)
3.1.2 纯剪切应力状态	(39)
3.1.3 扭转	(40)
3.1.4 矩形截面杆与薄壁杆的自由扭转	(43)
3.1.5 扭转超静定问题	(44)
3.1.6 考试重点	(44)
3.2 典型解题	(44)
3.3 习 题	(49)
3.4 习题解答	(55)

第四章 梁的弯曲内力

4.1 内容提要	(58)
4.1.1 平面弯曲	(58)
4.1.2 梁上的载荷与支反力	(58)
4.1.3 剪力与弯矩	(59)
4.1.4 叠加原理	(60)
4.1.5 考试重点	(61)
4.2 典型题解	(62)
4.3 习 题	(66)
4.4 习题解答	(72)

第五章 弯曲应力

5.1 内容提要	(80)
5.1.1 平面弯曲、纯弯曲和横力弯曲	(80)
5.1.2 中性层和中性轴	(80)
5.1.3 梁横截面上的正应力	(81)
5.1.4 梁横截面上的剪应力	(83)
5.1.5 强度条件	(85)
5.1.6 弯曲中心	(86)
5.1.7 两种材料的组合梁	(87)
5.1.8 考虑材料塑性时梁的极限弯矩和塑性铰概念	(87)
5.1.9 考试重点	(87)
5.2 典型题解	(87)
5.3 习 题	(96)
5.4 习题解答	(104)

第六章 弯曲变形

6.1 内容提要	(111)
----------	-------

6.1.1 弯曲变形和位移	(111)
6.1.2 挠曲线近似微分方程	(112)
6.1.3 用积分法求梁的挠度和转角	(113)
6.1.4 用叠加法求梁的转角和挠度	(114)
6.1.5 梁的刚度条件	(114)
6.1.6 用变形协调条件求解简单超静定梁	(115)
6.1.7 考试重点	(115)
6.2 典型题解	(115)
6.2 习 题	(125)
6.2 习题解答	(133)

第七章 应力与应变分析 强度理论

7.1 内容提要	(143)
7.1.1 应力状态	(143)
7.1.2 二向应力状态时任一斜截面上的应力、主应力和 主平面方位	(144)
7.1.3 三向应力状态下的最大剪应力	(145)
7.1.4 广义虎克定律	(146)
7.1.5 变形比能、形状改变比能和体积改变比能	(146)
7.1.6 平面应变分析	(147)
7.1.7 强度理论的提出	(147)
7.1.8 脆性断裂的强度理论	(148)
7.1.9 塑性屈服的强度理论	(148)
7.1.10 考试重点	(149)
7.2 典型题解	(149)
7.3 习 题	(157)
7.4 习题解答	(165)

第八章 组合变形

8.1 内容提要	(170)
8.1.1 组合变形时杆件横截面上应力计算的方法	(170)
8.1.2 两个平面弯曲的组合	(170)
8.1.3 拉伸(压缩)和弯曲的组合	(171)
8.1.4 扭转和弯曲的组合	(171)
8.1.5 考试重点	(171)
8.2 典型题解	(172)
8.3 习 题	(181)
8.4 习题解答	(195)

第九章 能量法

9.1 内容提要	(207)
9.1.1 功能原理	(207)
9.1.2 变形能的计算	(207)
9.1.3 单位载荷法(莫尔定理)	(208)
9.1.4 图形互乘法	(209)
9.1.5 卡氏定理	(209)
9.1.6 功的互等定理和位移互等定理	(210)
9.1.7 考试重点	(210)
9.2 典型题解	(210)
9.3 习 题	(217)
9.3 习题解答	(221)

第十章 静不定系统

10.1 内容提要	(227)
10.1.1 基本概念	(227)
10.1.2 静不定问题的解法	(227)
10.1.3 对称与反对称性质的利用	(229)
10.1.4 考试重点	(229)
10.2 典型题解	(230)
10.3 习 题	(235)
10.4 习题解答	(241)

第十一章 压杆稳定

11.1 内容提要	(254)
11.1.1 压杆的稳定性概念	(254)
11.1.2 临界应力的计算	(254)
11.1.3 压杆的稳定计算	(256)
11.1.4 考试重点	(256)
11.2 典型题解	(257)
11.3 习 题	(261)
11.4 习题解答	(269)

第十二章 动载荷

12.1 内容提要	(279)
12.1.1 动载荷的概念	(279)
12.1.2 匀加速直线运动和等速转动	(279)
12.1.3 冲击	(279)
12.1.4 考试重点	(280)
12.2 典型题解	(280)

12.3 习 题	(284)
12.4 习题解答	(291)

第十三章 交变应力

13.1 内容提要	(300)
13.1.1 疲劳破坏的特点	(300)
13.1.2 交变应力名词解释	(300)
13.1.3 影响构件疲劳极限的因素	(301)
13.1.4 构件疲劳强度校核	(302)
13.1.5 考试重点	(302)
13.2 典型题解	(303)
13.3 习 题	(304)
13.4 习题解答	(305)

实 战 篇

一、模拟试题

模拟试题(一)	(306)
模拟试题(二)	(308)
模拟试题(三)	(309)

二、实战试题

1. 国防科技大学 2000 年研究生入学考试试题 ...	(312)
2. 国防科技大学 2001 年研究生入学考试试题 ...	(314)
3. 国防科技大学 2002 年研究生入学考试试题 ...	(317)
4. 中南大学 2001 年研究生入学考试试题	(321)
5. 湖南大学 2001 年研究生入学考试试题	(323)
6. 北京大学 2001 年研究生入学考试试题	(325)
7. 北方交通大学 2001 年研究生入学考试试题 ...	(326)
8. 上海交通大学 2001 年研究生入学考试试题 ...	(328)
9. 同济大学 2001 年研究生入学考试试题	(331)
10. 大连理工大学 2001 年研究生入学考试试题 ...	(335)
11. 北京航空航天大学 2001 年研究生入学考试试题	(338)
12. 浙江大学 2000 年研究生入学考试试题	(343)
13. 西安交通大学 2000 年研究生入学考试试题 ...	(345)
14. 哈尔滨工业大学 2000 年研究生入学考试试题	(349)
15. 北京理工大学 2000 年研究生入学考试试题 ...	(352)
参考文献	(354)

第一章

引论与基本概念

材料力学是研究杆件变形的力学,所研究的杆与其它工程结构或机械零件、部件一样,在外力作用能正常工作的条件下,要求满足如下三个要求:

(1)强度要求

在载荷作用下构件应不致破坏,即不发生断裂和明显塑性变形,具有抵抗破坏的能力。

(2)刚度要求

在载荷作用下构件所产生的变形应在工程允许范围内,具有抵抗变形的能力。

(3)稳定要求

在载荷作用下构件保持其原有形状下平衡为稳定的平衡,具有不失稳的能力。

在满足上述强度、刚度和稳定性的要求下,同时尽可能选择合适的材料和形状,降低材料消耗量,以节约资金或减轻构件的重量。材料力学主要研究杆类构件,研究外力作用下其变形、内力和稳定性与外力间的关系,以便设计出既安全又经济的构件。

杆的轴线和横截面积是两个主要的几何因素。轴向尺寸远比横向尺寸要大得很多的构件称为杆。

1.1 内容提要

1.1.1 固体变形的基本假定和基本方法

1. 基本假定

(1) 连续性假定

认为物体在其占有的整个体积内毫无空隙地充满物质。

(2) 均匀性假定

认为从物体内部取出任一部分,不论其体积大小如何,其力学性质都完全一样。

(3) 材料性质假定

有各向同性假定,即认为固体在任何方向上力学性质都一样;有各向异性假定,即材料的力学性质与方向有关。材料力学中,大多采用各向同性假定。

2. 内力截面法

内力为构件内部相邻两部分在外力作用下增加的相互作用力。物体在外力作用下发生变形时,其内部各质点间相对位置将发生变化,这种变化反映各质点间增加的相互作用,即相互作用力的变化,材料力学就是研究这种力(即内力),与构件的强度、刚度和稳定性的关系。

为了显示内力,用一个假想的截面,将物体分为两部分,弃除不研究的一部分,并用内力代替对保留部分在这个截面上的作用。由于物体材料的均匀连续性假定,这种内力也是连续分布在截面上,用内力表示这种合力或力偶。对保留部分,根据作用在剩余部分上的已知载荷,有时也要已知支反力,建立平衡方程,计算出截面上的内力,如图 1-1。由此截面法可分为三个步骤:

- (1)横截面将物体截成两部分,弃去暂时不关心的部分。
- (2)将弃去部分对保留部分的作用用内力代替。
- (3)根据已知载荷及支反力,对保留部分建立平衡方程,以确定内力。

截面法是材料力学的基本方法。

在研究内力时,理论力学中的力可移性原理和等效力系原理应谨慎使用。如图 1-2 (a)所示的一端固定,一端受集中力作用的直杆。由截面法可求得任一截面 $m-m$ 上的内力 N ,在数值上等于 P ,如图 1-2(b)。若将载荷移至 $n-n$ 处,图 1-2(c),则截面 $n-n$ 的右侧部分用截面法求得的内力为零,显然改变了截面右端部分的内力。用等效力系代替原力系也会出现上述问题。

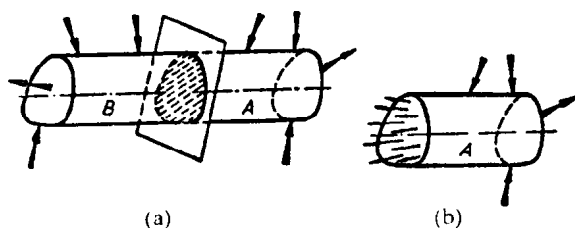


图 1-1

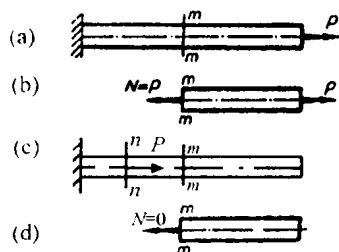


图 1-2

1.1.2 基本概念

1. 弹性变形和塑性变形

在外力作用下构件发生变形,若外力完全撤去后,变形随外力撤去而消失的那部分,称为弹性变形,不能消失而残留下来的那部分称为塑性变形。

2. 外力及其分类

外力为施加到构件上的外部载荷,可分为体积力即场力,如物体自重和惯性力。外力连续分布在物体内部各点处,可用体积力分布集度表示,常用单位为每立方米千牛(kN/m^3),每立方厘米牛(N/m^3)。表面力为接触力,通常在接触面上连续分布,也用集度表示,常用单位为每平方米千牛(kN/m^2)。

3. 应力与应变

(1) 应力

由截面法求得的内力为分布力的合力。如图 1-3(b)中为截面 $m-m$ 上的连续分布合力,只有用分布内力的集度密集程度才能表示一点的应力,这种集度称为应力。

在截面上任一点附近取微小面积 ΔA ,其上的内力的合力如图 1-3(a), A 点力为

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA} \quad (1-1)$$

p 为一个矢量,可分为与截面垂直和与截面平行的两个分量: σ 和 τ ,如图 1-3(b),称垂直分量为正应力,与截面平行分量为剪应力。在国际单位制

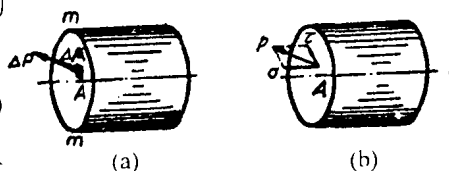


图 1-3

中,应力的基本单位是牛/米²(N/m^2),称为帕斯卡,简称帕(Pa)。工程中常用单位为千帕(kPa),兆帕(MPa),吉帕(GPa)。

$$1\text{GPa} = 10^3\text{MPa} = 10^9\text{Pa}$$

上述定义的应力,显然与面积的方位有关,不同的方位,应力的大小也不同。

(2) 线应变或正应变

物体在外力作用下,其中任意相邻两点的距离和两相交直线,特别是相互垂直的交角都会发生变化,反映了物体尺寸和几何形状的变化,称为变形,在研究分布内力在横截面上分布规律起着重要作用。为了研究物体各点变形,应把物体分成为无数个正方体,其中某点 A 的正方体,如图 1-4,在外力作用下变形,微元体沿 x 方向的线段 AB ,原长为 Δx ,其长度改变为 $\Delta x + \Delta u$,若 AB 上各点变形程度相同,则单位长度的改变伸长或缩短量为

$$\epsilon_x = \frac{\Delta u}{\Delta x} \quad (1-2)$$

下标表示 x 方向。若变形程度不同,则取 $\Delta x \rightarrow 0$,即

$$\epsilon_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx} \quad (1-3)$$

为无量纲量,反映方向线段改变量(伸长或缩短量)沿方向的变化率,称之为线应变,或正应变。

(3) 剪应变

图 1-5 中单元体两边 AB 和 AC 间所夹直角,在变形后夹角也会发生微小改变 γ ,定义为剪应变,用弧度度量。

ϵ 和 γ 是反映物体内一点的变形程度的两个基本量,显然与平面的方位有关。

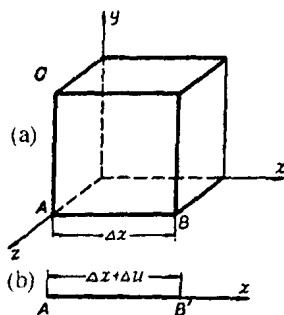


图 1-4

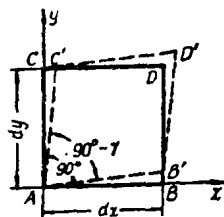


图 1-5

1.1.3 杆变形的度量和基本形式

杆的两个主要几何因素是轴线和横截面,因此杆所发生的主要变形可以用轴线上的一点的线位移和其横截面的角位移(转动)来度量。图 1-6 所示一端固定,另一端有横力 P 作用。除固定端外,其轴线上各点均有线位移,各横截面均有角位移。A 点的线位移和 A 点所在的横截面的角位移(转角)用来度量 A 点的变形。

杆在不同的外力作用下,其变形也是不同的,但其主要变形形式可简化为四种基本形式。

(1) 轴向拉伸或压缩

由一对外力作用线与轴线重合的力引起的变形,主要改变杆的长度,横截面没有相对转角,如图 1-7(a)、(b)。



图 1-6

(2) 剪切

由一对方向相反、大小相等的外力分别作用在轴线相邻两横截面的力偶产生的变形,主要变形形式是横截面沿外力方向发生错动,如图 1-7(c)。

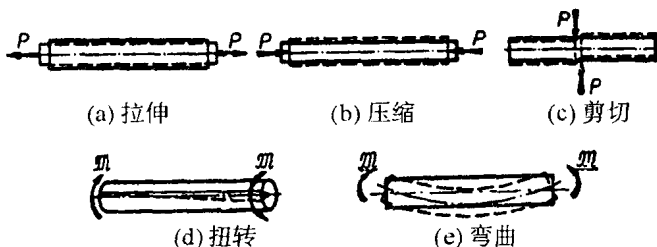


图 1-7

(3) 扭转

由一对转向相反的一对力偶作用在垂直于轴线的两个平面内引起的变形,主要变形为任意两横截面绕轴相对转动角位移,如图 1-7(d)。

(4) 纯弯曲

由一对方向相反、大小相等的力偶作用在纵向平面内引起的变形,主要变形为任意两横截面绕其横向轴转动,杆原为直线的轴线弯成曲线,如图 1-7(e)。