



高等学校教材**配套辅导**
力 学 类

材料力学

教材辅导

主编 许娜

编写 力学类教材辅导委员会

TR301

 科学技术文献出版社

高等学校教材配套辅导(力学类)

材料力学

教材辅导

主 编	许 娜	力学类教材辅导委员会	李 楠	陈 楠	陈 丰
编 写	牟玉涛	顾桂军	李楠	陈 楠	李竞超
编写人员	张怀肃	高永军	狄懿	李 楠	苗红亮
	常慧敏	康建阴	粉军	张士新	韩 彬
	王振凯	李 为	张渭义	陈 燕	蔡贵娟
	祝贺梅	谢检丰	胡东华	杨 峰	杜清平
	李利娟	闵 伟	高 睿	李 芹	钟崇光
	韩 珍	周丽红	温 晴	张 帆	史 进
	高 鑫	温桂荣	韩 琴	郭海权	

科学技术文献出版社
Scientific and Technical Documents Publishing House

• 北京 •

图书在版编目(CIP)数据

材料力学教材辅导/许娜主编. -北京:科学技术文献出版社, 2008. 11
ISBN 978-7-5023-3567-0

I. 材… II. 许… 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(2008)第 153601 号

出版者 科学技术文献出版社
地址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038
图书编务部电话 (010)51501739
图书发行部电话 (010)51501720, (010)51501722(传真)
邮购部电话 (010)51501729
网 址 <http://www.stdph.com>
策 划 编 辑 科 文
责 任 编 辑 袁其兴 杜 娟
责 任 校 对 唐 炜
责 任 出 版 王杰馨
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 富华印刷包装有限公司
版 (印) 次 2008 年 11 月修订版 第 1 次印刷
开 本 850×1168 32 开
字 数 238 千
印 张 8.25
印 数 1~5000 册
定 价 14.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

声明:本书封面及封底均采用双博士品牌专用图标(见右图);该图标已由国家商标局注册登记。未经策划人同意,禁止其他单位或个人使用。



P 前言

preface

“双博士”成就双博士!

本丛书的编写,以普通高等学校普遍采用的教材为蓝本,针对性强,信息含量高,具有很高的参考价值和实用意义,是考研专业课不可多得的工具与助手。

缺乏对专业课题侧重点及考试要求的了解,已成为众多考生专业课考试失利的原因,进而与继续深造的机会失之交臂。因此,选取一本好的专业课辅导教材,对于有志于考研的莘莘学子来说,至关重要。本丛书涉及法学、金融、经管、通信电子、计算机、机械、控制理论与控制工程及其他热门专业。本书与市场上同类书相比,在内容编写方面更加细致详尽。在编排上分三部分:

1. **基本概念及考点精要:**对与本章相关的知识点进行课后阐述,使考生既能熟练掌握基础知识,又可把握重点、要点。

2. **典型例题、考题分析:**这一部分精选了名校最近几年历年试题作为本书的例题,并提供详细的解析过程,强调解题思路,还附有知识点小结。本部分内容既可使考生把握命题原则,又可熟悉题目类型,触类旁通。

3. **自测题及模拟训练题:**该部分为考生自行练习而提供,备有详细的解答过程。便于考生及时总结,查缺补漏。

本书附录为模拟试题,这些模拟试卷也是名校近几年的考试真题,具有非常典型的意义。

综合起来,本书凸显以下特色:

1. **专题化的编写体例:**面对普通高等学校专业课教材的泛泛的讲解,本书从更深的层次,对常考的知识点加重了讲解的力度,并与最新考

试动态同步,及时补充了最新的考试内容。

2. **极富针对性的题型训练:**在每章或每部分的典型例题、模拟试题中,均编排名校近几年的考研真题,并附有详细的参考答案,实战性极强。

3. **反映各名校最新考试信息:**每章后所附的自测题及全书最后所附的全真模拟试卷,均选自各高校近几年考研真题,具有很高参考价值。

策划本丛书的指导精神是既便于在校本科生同步学习时参考,更适合于准备参加硕士研究生入学考试的学生作为专业课辅导用书使用。

温馨提示:

✱“双博士品牌图书”是全国最大的大学教辅图书和考研图书品牌,全国有三分之一的大学生和考研学生正在使用“双博士品牌图书”。

✱来自北京大学研究生会的感谢信摘要:双博士,您好!……,首先感谢您对北京大学的热情支持和无私帮助!双博士作为大学教学辅导和考研领域全国最大的图书品牌之一,不忘北大莘莘学子和传道授业的老师,其行为将永久被北大师生感怀和铭记!北京大学研究生会

✱现在市场上有人冒用我们的书名,企图以假乱真,因此,读者在购买时,请认准双博士品牌。

编者

2008年于北京大学

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 基本概念及考点精要	(1)
1.2 典型例题、考题分析	(9)
1.3 自测题及模拟训练题	(13)
自测题参考答案	(14)
第2章 拉伸 压缩	(16)
2.1 基本概念及考点精要	(16)
2.2 典型例题、考题分析	(26)
2.3 自测题及模拟训练题	(38)
自测题参考答案	(39)
第3章 扭 转	(44)
3.1 基本概念及考点精要	(44)
3.2 典型例题、考题分析	(52)
3.3 自测题及模拟训练题	(58)
自测题参考答案	(59)
第4章 弯曲内力	(63)
4.1 基本概念及考点精要	(63)
4.2 典型例题、考题分析	(67)
4.3 自测题及模拟训练题	(76)
自测题参考答案	(77)
第5章 弯曲应力	(80)
5.1 基本概念及考点精要	(80)
5.2 典型例题、考题分析	(89)
5.3 自测题及模拟训练题	(98)
自测题参考答案	(99)

目 录

第 6 章 弯曲变形	(103)
6.1 基本概念及考点精要	(103)
6.2 典型例题、考题分析	(108)
6.3 自测题及模拟训练题	(113)
自测题参考答案	(116)
第 7 章 应力状态	(121)
7.1 基本概念及考点精要	(121)
7.2 典型例题、考题分析	(133)
7.3 自测题及模拟训练题	(140)
自测题参考答案	(142)
第 8 章 组合变形	(148)
8.1 基本概念及考点精要	(148)
8.2 典型例题、考题分析	(150)
8.3 自测题及模拟训练题	(158)
自测题参考答案	(162)
第 9 章 能量法及静不定	(165)
9.1 基本概念及考点精要	(165)
9.2 典型例题、考题分析	(172)
9.3 自测题及模拟训练题	(179)
自测题参考答案	(181)
第 10 章 动载荷与交变应力	(185)
10.1 基本概念及考点精要	(185)
10.2 典型例题、考题分析	(191)
10.3 自测题及模拟训练题	(198)
自测题参考答案	(201)

第 11 章 压杆稳定	(208)
11.1 基本概念及考点精要	(208)
11.2 典型例题、考题分析	(212)
11.3 自测题及模拟训练题	(218)
自测题参考答案	(222)
附录:硕士研究生入学考试全真模拟试卷	(228)
模拟试卷一(湖南大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(228)
模拟试卷二(合肥工业大学 2005 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(232)
模拟试卷三(福州大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(234)
模拟试卷四(华南理工大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(236)
模拟试卷五(江苏大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(239)
模拟试卷六(青岛科技大学 2006 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(243)
模拟试卷七(北京交通大学 2001 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(247)
模拟试卷八(长安大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(249)
模拟试卷九(同济大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(252)
模拟试卷十(重庆大学 2007 年攻读硕士学位研究生入学考试试题)	(254)

第1章 绪论

1.1 基本概念及考点精要

1.1.1 基本要求

- (1) 了解材料力学的任务,明确构件具有足够能力负担其应当承受载荷时,须具备强度、刚度、稳定性三大要求;
- (2) 理解变形固体的三个基本假设,小变形条件及其意义;
- (3) 明确外力和内力的概念,掌握计算内力的截面法;
- (4) 了解变形与应变的相关概念如:正应力、剪应力、线应变、角应变及单元体等;
- (5) 了解杆件变形的基本形式。

1.1.2 内容提要

1. 外力与内力的概念

来自构件外部的力就是外力,如若按作用方式可分为表面力和体积力。构件受外力作用而变形,其内部各部分之间因相互位置改变而引起的相互作用就是内力。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,只有把构件剖开,内力才“暴露”出来。

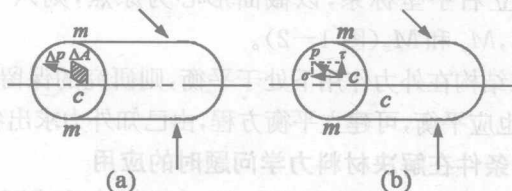


图 1-1

2. 应力、正应力和剪应力

根据连续性假设,构件受外力时,内力是连续分布在整個截面內的。截面上任一点內力的密集程度(內力集度),称为該点的应力。

例如,图 1-1(a)所示, $m-m$ 截面上任一点 C 处的应力用 P_m 表示

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

ΔP 为微面积 ΔA 上的合内力。

截面任一点处的应力有两个分量,截面的法线方向的分量称为正应力,表示为 σ ;截面的切线方向的分量称为剪应力,表示为 τ 。(图 1-1(b))。应力单位为 Pa(帕斯卡, $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$), $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$, $1\text{GPa}=10^9\text{Pa}$ 。应力的量纲和压强的量纲相同,但是二者的物理概念不同,压强是单位面积上的外力,而应力是单位面积的內力。

3. 截面法

用截面假想地把构件分成两部分,以显示并确定內力的方法就是截面法,它是贯穿与材料力学始终的基本方法。利用截面法求內力的四字口诀为:切、抛、代、平。

一切:欲求某一截面上的內力时,用假想截面将构件切成两部分。

二抛:抛去一部分,留下一部分作为研究对象。至于抛去哪一部分,视计算的简便与否而定。

三代:用作用于截面上的內力代替弃去部分对留下部分的作用。一般地说,在空间问题中,內力有六个分量,合力的作用点为截面形心。如在切开截面建立右手坐标系,以截面形心为原点,则六个內力分量为 N_x, Q_y, Q_z, M_x, M_y 和 M_z (图 1-2)。

四平:原来结构在外力作用下处于平衡,则研究的保留部分在外力与內力共同作用也应平衡,可建立平衡方程,由已知外力求出各內力分量。

4. 小变形条件在解决材料力学问题时的应用

实际构件的变形一般是极其微小的,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。

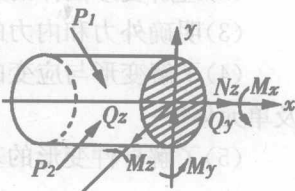


图 1-2

在材料力学中,利用小变形的概念,可使问题简化;一些重要的公式,也是在小变形的前提下推导出来的。具体地说:

(1)在研究结构受力时,可不考虑结构的变形,根据变形前的位置建立力的平衡方程(原始尺寸原理)。

在分析图 1-3 所示简易吊车的受力时,如以新节点 A' 为研究对象,则因 AB 杆受拉力而伸长, AC 杆受压力而缩短,夹角 θ 变为 θ' ,与节点 A' 相应的平衡方程求解十分麻烦(1-4(a))。

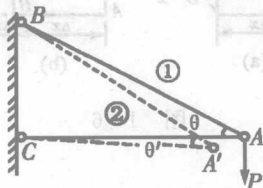


图 1-3



图 1-4

考虑到小变形条件,以节点 A 为研究对象(变形前的平衡位置),其平衡方程为(图 1-4(b))

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0, & N_{AC} - N_{AB} \cos \theta &= 0 \\ \sum F_y &= 0, & N_{AB} \sin \theta - P &= 0\end{aligned}$$

由此可以极简便地求得 N_{AB} 和 N_{AC} 。在小变形条件下,所引起的计算数值的差别可以忽略不计。

(2)简化结构的变形计算。

图 1-5(a)所示对称结构,现求节点 A 的垂直位移 δ 。构件受力后,杆 AB 、 AC 的新位置为 $A'B$ 和 $A'C$,两杆都受拉而伸长。由于对称, A 点只有铅垂位移。在小变形条件下,可认为 $\angle BA'D \approx \angle BAD = \theta$ 。

在求 AB 杆的伸长变形 ΔL_1 时,可由 A 向 $A'B$ 作垂线,而不是采取以 B 为圆心,以 BA 为半径画圆弧的办法;因为是小变形,可以用切线来代替圆弧(图 1-5(b))。

$$\begin{aligned}A'B' &\approx \Delta L_1 \\ AA' &= \delta = \frac{\Delta L_1}{\cos \theta}\end{aligned}$$

(3)小变形条件使所研究的问题按线性加以对待。

在研究弹性变形时,常常出现一些附加的高次项,如位移和应变的平方或乘积,使问题非线性化,给求解带来困难;如果利用小变形条件,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,如挠曲线近似微分方程的推导就是一例。

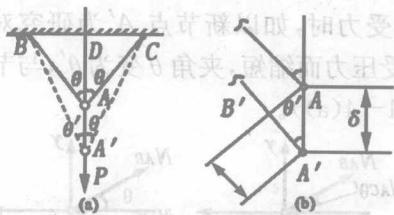


图 1-5

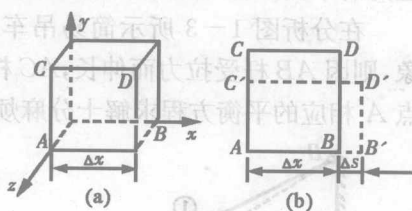


图 1-6

5. 变形、线应变和角应变

变形体受外力作用后产生变形,外力消除后,能够恢复的一部分变形称为弹性变形,不能够恢复的一部分变形称为塑性变形(也称残余变形)。

材料受外力作用后产生变形,外力消除后,能够完全恢复原状的物体称为完全弹性体。工程上的构件在不超过某一载荷限度时,可以认为变形是完全弹性的。

构件受力以后,物体内部任意两点的距离和任意两条线段的夹角都会改变。

设想在物体内部A点附近取出一个微单元体(边长为微量的微小的正六面体),它的一个边AB,变形前平行坐标轴x,原长为 Δx (图1-6(a)),变形后长度变为 $\Delta x + \Delta s$, Δs 为AB的变形量,则比值(图1-6(b))

$$\epsilon_m = \frac{\Delta s}{\Delta x} \quad (1-2)$$

称为线段AB的平均应变,而极限

$$\epsilon = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta x} = \frac{ds}{dx} \quad (1-3)$$

则称为A点沿x方向的线应变或简称为应变。伸长为正,缩短为负。

变形前AB,AC两线段夹角为直角,变形后夹角发生改变(图1-7),其角度变化的极限值

$$\gamma = \lim_{\substack{AB \rightarrow 0 \\ AC \rightarrow 0}} \left(\frac{\pi}{2} - \angle B'AC' \right) \quad (1-4)$$

称为角应变或剪应变。

线应变和角应变都没有量纲。角应变用弧度表示。线应变 ϵ 和角应变 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。不同平面的角应变也是不同的,它们都是坐标的函数。因此,在描述物体的线应变和角应变时,应明确应变发生在哪一个点,哪一个方向或者哪一个平面里。

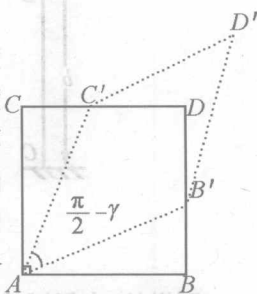
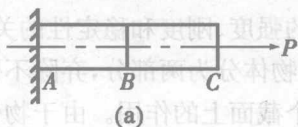


图 1-7

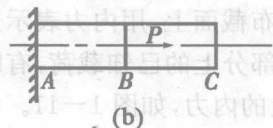
6. 应注意的一些问题

初学材料力学课的同学,容易把理论力学中的一些概念和处理问题的方法照搬过来,造成错误。

理论力学课程中把物体抽象为质点或刚体,研究它们的平衡及运动规律,它们的理论基础是牛顿三大定律。而材料力学课程把物体视为弹性体,在弹性范围内,研究其变形和破坏规律,因此,理论力学中的原理在材料力学中并不都是适用的,要加以具体分析。比如,在理论力学中,力的作用点在 B 或在 C ,都不影响杆件整体的平衡,力可以沿杆件轴线任意平移。但在材料力学中,杆件应该看作变形固体,在 C 作用拉力 P (图1-8(a)),整个杆件都将受力并变形;而如果把同样的力 P 平移到 B 点(图1-8(b)),仅仅 AB 段受力,发生变形;这两种情况是不同的。因为,在材料力学中,力不可沿轴线任意平移,即要注意力的作用点。

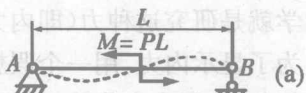


(a)

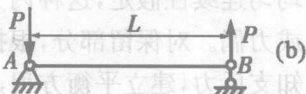


(b)

图 1-8



(a)



(b)

图 1-9

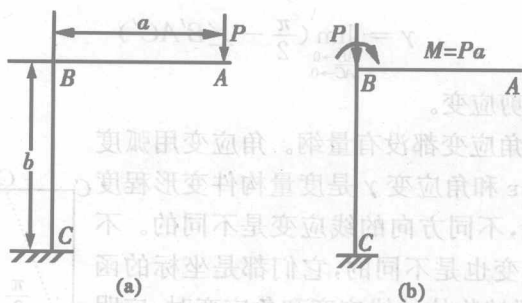


图 1-10

同样的,力偶矩的任意平移在材料力学中也是不允许的。图 1-9(a)和(b)所示两种情况,支座反力是相同的。对变形固体来讲,图 1-9(a)所示的简支梁将产生虚线所示的变形,而图 1-9(b)将相同的力偶矩分解为一对力 P 作用在两端,但因 P 力刚好作用在支座上,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 1-10(a)所示一平面刚架,如果选 BC 作研究对象,则允许把作用在 BC 外的力 P 在杆 AB 上平移至 B 点,这时在 B 点作用一集中力 P 和集中力偶矩 $M=Pa$ (图 1-10(b)),对于研究 BC 来说,这样等效的简化是合理的。

1.1.3 重点与难点

1. 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。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 1-11。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 1-12(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 1-12(b)。若将载荷移至 $n-n$ 处,图 1-12(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。

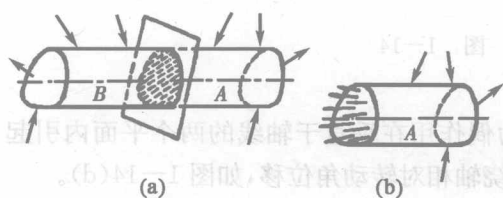


图 1-11



图 1-12

2. 杆件变形的的基本形式

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 ϵ 和其横截面的角位移(转动) γ 来度量。图 1-13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。

所有单元体的变形的积累就形成杆件的整体变形。杆件变形的的基本形式有以下四种:

(1) 拉伸或压缩

大小相等,方向相反,作用线与杆件轴线重合的一对力引起的变形,主要改变杆件的长度,横截面没有相对转角,如图 1-14(a)、(b)。

(2) 剪切

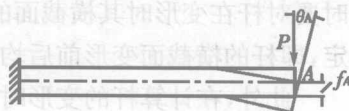


图 1-13

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,表现为受剪杆件的两部分沿外力作用方向发生相对错动,如图 1-14(c)。



图 1-14

(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,表现为任意两横截面绕轴相对转动角位移,如图 1-14(d)。

(4) 纯弯曲

由一对方向相反、大小相等、作用面都垂直于杆轴的力偶引起的变形,表现为任意两横截面发生绕其轴线的相对转动,杆原为直线的轴线弯成曲线,如图 1-14(e)。

3. 材料力学的处理方法

材料力学的主要任务是对构件进行强度、刚度和稳定性计算。首先要用截面法确定内力大小,再计算杆的横截面上的应力和杆的变形。要从三个方面,即几何方面,物理关系方面和静力平衡方面进行研究。有时要对杆在变形时其横截面的情况作出假定,大多数情况下采用平面假定,即杆的横截面变形前后均为平面。

此外,在计算杆的变形时,有时也采用在形式上将上述三个方面结合起来的能量法。

在线性关系下,叠加原理也经常应用。

4. 变形固体的基本假设及其在解决材料力学问题时的应用

材料力学研究的是变形固体,即因外力作用而变形的固体。一般来说,材料力学研究的变形固体要遵循以下基本假设:

①连续性假设;

②均匀性假设;

③各向同性假设。

连续性假设认为固体在整个体积内是连续的,把某些力学量看成固体的点的坐标的函数,因而可以用连续函数理论来研究,利用高等数学工具去分析、研究材料力学问题。

均匀性假设认为在固体内到处有相同的力学性质,即可在构件内任取微元进行研究,并将所得结论推广到整个构件上去;可将宏观实验所得结果用于该实验材料所制构件的单元体上,从而为分析研究材料力学问题带来方便。

各向同性假设提供了方向性研究的依据,对单元体进行分析时可认为其各个方向具有相同的性质,并可将研究结果推广到构件任何方向上去。

同时,材料力学也利用小变形条件,将变形局限于小变形范围内,就是基于大多数材料的受力后变形比较小,材料力学对所研究的问题,其变形限于与构件原始尺寸相比是十分微小的变形这一规定。根据这个假设,在研究构件的平衡、变形、内力计算等问题时,均可在原有位置和变形前尺寸进行计算。无论计算应力或者变形,都可将问题简化,按线性问题处理。

1.2 典型例题、考题分析

例 1-1 (2005 年北京交通大学)各向同性假设认为,材料内部各点的()是相同的。

A. 力学性质 B. 外力 C. 变形 D. 位移

【答案】A. 这是材料力学的三个基本假设之一。

【考点】三大假设

【分析】均匀性假设,连续性假设及各向同性假设——这三个假设希望大家深刻理解并记忆,知其然,知其所以然。

例 1-2 (2004 年山东科技大学)材料在使用过程中提出三个方面的性能要求,即_____、_____、_____。