

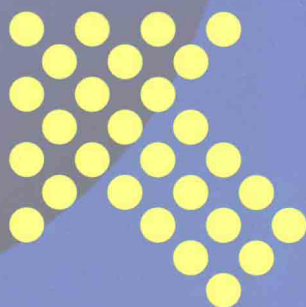
21世纪高等学校规划教材



CAILIAO LIXUE XUEXI YU KAOSHI ZHIDAO

材料力学学习与考试指导

邱棣华 宇慧平 邱爽 编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

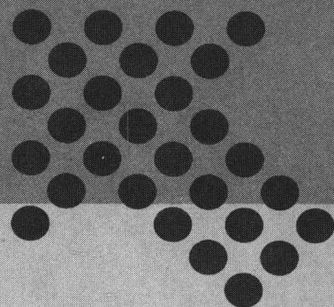
21世纪高等学校规划教材



CAILIAO LIXUE XUEXI YU KAOSHI ZHIDAO

材料力学学习与考试指导

邱棣华 宇慧平 邱爽 编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材,是材料力学课程的配套指导书,是学生考试、考研的参考用书。全书共分 15 章,覆盖了材料力学教学大纲中的全部内容。第 1~14 章中,每一章均包括:学习思路及重点、解题指导及典型习题分析、考试知识点与考试要求、命题思路分析及评分、试题举例等。第 15 章为试卷的组成及试卷选编,附录是总结。

本书旨在指导学生理解教师的讲课思路,克服学习时遇到的“表面易懂,深入难学”的困难,用力学的思维模式,掌握学习重点、要点及解题方法,学好材料力学并帮助学生把握考试的知识及考试要求,了解教师的命题思路,在考试中取得理想成绩。

本书可作为普通高等院校理工科专业教学辅导书,也可作为成教的电大、函授大学、职工大学和自学考试的辅导用书,还可作为报考硕士研究生的复习参考书及教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学学习与考试指导/邱棣华,字慧平,邱爽编. —北京:中国电力出版社,2010.7

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-0479-6

I. ①材… II. ①邱… ②字… ③邱… III. ①材料力学—高等学校—教学参考资料 IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 098187 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 357 千字

定价 24.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

材料力学是高等院校中机械、土木、航空、交通、材料和工程力学等诸多理工科专业必修的重要技术基础课,是报考这些专业硕士研究生的考试课程,也是全国和省级大学生力学竞赛的必考科目。同时,也是后续机械设计、结构力学、工程结构、弹性力学等课程的理论基础。材料力学为工程设计提供了实用的计算方法,也为在校学生建立了力学的思维模式和工程意识,有助于将来在工程中运用这种模式和意识去科学地解决实践问题。

在学习中,应注意到学习材料力学课程的特点是“表面易懂,深入难学”。开始学习时,容易陷入几个误区:认为上课听懂了,主要公式背下来了,就学会了材料力学;书上的例题看明白了,又看了一些典型习题就可以不独立做习题了;平时可以不努力学习,靠期末突击复习,背下公式就能考试及格。这几点都是初学者忽视学习过程和重要学习环节的表现。学习材料力学必须遵照循序渐进的认识规律,基本理论、基本概念、基本计算不是靠突击就能掌握的。

材料力学前 8 章是基本变形,约占总学时的一半,这部分是基础,一定要学扎实。这有点像初学乐器者的音阶训练,必须反复练习,才能掌握要领。这个阶段重点掌握观点、研究方法、问题的提出和解决问题的途径。

应力状态和强度理论为杆件的强度计算建立了规则,综合了前 8 章的内容,进行了统一的规范。组合变形是基本理论的简单应用,是基本方法的综合训练。

能量法、压杆稳定、动载荷、交变应力等属于材料力学工程实践专题,是综合应用的扩展。所以材料力学的学习要经过记忆、理解、掌握和应用这几个阶段,不能忽视认识客观事物规律的全过程。

学习材料力学有以下几点非常重要:

(1) 认真听课,逐渐了解材料力学的研究思路,通过课下阅读参考书,记忆基本概念和公式。

(2) 独立解析习题是再消化过程,可以领悟到理论的内在联系。开阔思路,是一个强化理论、深入理解的过程,是学好材料力学的关键环节。

(3) 解题时要讲求效率,既要正确又要快速,因为考试是有时间限制的。

(4) 实验课和现场课是训练学生动手能力和分析问题、解决问题能力的重要环节,要认真观察实验中的现象,思考实验中出现的問題,独立完成实验报告,提出自己的见解和分析意见,学会按工程要求进行数据处理和误差分析。如果有独特见解时,可以练习撰写小论文。

(5) 在学习中对每章或每个阶段要认真总结。材料力学的主要公式都可以归纳到应力和内力、应力和应变、应力和应力、应变和应变这四个本质关系中。

材料力学的考试主要有两种:一是水平考试,即各高校的期末考试,目的是通过考试检验学生学习的质量;二是选拔性考试,即高校招收研究生的考试,目的是通过考试选拔合适

的研究生人选。这两种考试从不同的角度考核了考生的识记、领会、简单应用、综合应用等认知层次，与考试和教学大纲提出的“了解”、“理解”、“掌握”的教学要求是一致的。因此，材料力学考试对学生不仅是知识的考核，更突出了能力的考核。

本书适用于在读的理、工科本科生，成人教育的电大、函授大学、职工大学和自学考试的成教学生，也可作为报考硕士研究生的考前复习参考书及教师的教学参考书。

本书由邱棣华、宇慧平、邱爽编写，在编写过程中得到了北京工业大学工程力学部全体教师的大力支持，材料力学总结中的表格由张亦良教授设计，在此表示衷心地感谢！

由于编者水平有限，书中错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 学习思路及重点	1
1.2 解题指导及典型习题解析	3
1.3 考试知识点与考试要求	4
1.4 命题思路分析及评分	4
1.5 试题举例	5
第 2 章 轴向拉伸和压缩	7
2.1 学习思路及重点	7
2.2 解题指导及典型习题解析	11
2.3 考试知识点与考试要求	17
2.4 命题思路分析及评分	18
2.5 试题举例	20
第 3 章 连接件强度的实用计算	26
3.1 学习思路及重点	26
3.2 解题指导及典型习题解析	27
3.3 考试知识点与考试要求	29
3.4 命题思路分析及评分	30
3.5 试题举例	31
第 4 章 扭转	34
4.1 学习思路及重点	34
4.2 解题指导及典型习题解析	36
4.3 考试知识点与考试要求	38
4.4 命题思路分析及评分	39
4.5 试题举例	40
第 5 章 平面图形的几何性质	46
5.1 学习思路及重点	46
5.2 解题指导及典型习题解析	48
5.3 考试知识点与考试要求	50
5.4 命题思路分析及评分	50
5.5 试题举例	51
第 6 章 弯曲内力	57
6.1 学习思路及重点	57

6.2	解题指导及典型习题解析	60
6.3	考试知识点与考试要求	65
6.4	命题思路分析及评分	65
6.5	试题举例	68
第7章	弯曲应力	72
7.1	学习思路及重点	72
7.2	解题指导及典型习题解析	74
7.3	考试知识点与考试要求	79
7.4	命题思路分析及评分	80
7.5	试题举例	82
第8章	弯曲变形	89
8.1	学习思路及重点	89
8.2	解题指导及典型习题解析	90
8.3	考试知识点与考试要求	94
8.4	命题思路分析及评分	95
8.5	试题举例	97
第9章	应力状态分析及强度理论	103
9.1	学习思路及重点	103
9.2	解题指导及典型习题解析	107
9.3	考试知识点与考试要求	112
9.4	命题思路分析及评分	113
9.5	试题举例	115
第10章	组合变形	125
10.1	学习思路及重点	125
10.2	解题指导及典型习题解析	127
10.3	考试知识点与考试要求	132
10.4	命题思路分析及评分	132
10.5	试题举例	135
第11章	能量法及静不定系统	141
11.1	学习思路及重点	141
11.2	解题指导及典型习题解析	143
11.3	考试知识点与考试要求	152
11.4	命题思路分析及评分	153
11.5	试题举例	155
第12章	压杆稳定	161
12.1	学习思路及重点	161
12.2	解题指导及典型习题解析	162
12.3	考试知识点与考试要求	168
12.4	命题思路分析及评分	168

12.5	试题举例	171
第 13 章	动载荷	176
13.1	学习思路及重点	176
13.2	解题指导及典型习题解析	177
13.3	考试知识点与考试要求	181
13.4	命题思路分析及评分	181
13.5	试题举例	183
第 14 章	交变应力	186
14.1	学习思路及重点	186
14.2	解题指导及典型习题解析	188
14.3	考试知识点与考试要求	189
14.4	命题思路分析及评分	189
14.5	试题举例	190
第 15 章	试卷的组成及试卷选编	193
15.1	试卷的内容分布	193
15.2	试卷的认知层次	195
15.3	试卷的难度层次	195
15.4	试卷选编	197
附录		214
	试题答案	214
	材料力学总结	219
参考文献		227

第1章 绪 论

1.1 学习思路及重点

1.1.1 学习思路

通过本章学习,了解材料力学的研究对象和任务、基本假设、基本概念和基本方法。

本章的主要内容有:材料力学的研究对象和任务、材料力学的基本假设、材料力学的基本概念、两个基本定理、定律和内力求法。

(1) 材料力学的研究对象和任务:研究对象是线弹性变形固体,理论力学中刚体的平移在材料力学中不能照搬。基本任务是强度、刚度和稳定性,因此本课程的主要内容就是如何建立及应用强度条件、刚度条件和稳定性条件。

(2) 材料力学的基本假设:要明白各个假设的含义和目的。

(3) 基本概念:如强度、刚度、稳定性、外力与内力、变形与位移、正应力与切应力、正应变与切应变等基本概念。不要死记硬背,要深入理解。

(4) 基本定理、定律:胡克定律($\sigma=E\varepsilon$),只有在线弹性范围内,单向拉压时才能使用,复杂应力状态时必须用广义胡克定律;对切应力互等定理,要理解互垂面上切应力大小相等、方向相反的含义,已知某一个面上切应力的大小和方向,能知道其他三面上的切应力大小和方向。

(5) 内力求法:牢牢树立整体平衡,局部必然平衡的观点,该平衡是力的平衡,而不是应力的平衡。

1.1.2 学习重点

一、基本假设

(1) 连续性假设:假设在构件所占有的空间内,连续无空隙地充满了物质,即认为是密实的。该假设保证应力、应变等在变形体内各点是连续变化的;保证变形体在变形过程中不会出现空隙、重叠现象。根据该假设,可将物体内部的物理量(应力、变形、位移等)用数学的连续函数来表示。

(2) 均匀性假设:假设材料的力学性能与其在构件中的位置无关。根据该假设,从构件内取出的任一体积单元,其力学性能都能代表整个构件的力学性能。

(3) 各向同性假设:假设材料沿各个方向均具有相同的力学性能。根据该假设,用实验方法测出材料在某方向上的力学性能参数,可以应用到其他方向。

(4) 小变形假设:因变形远小于构件原始尺寸,假定变形后外载荷作用方向及位置与变形前相同。根据该假设,在列平衡方程时可以用原始尺寸进行计算。

二、基本概念

(1) 强度:构件抵抗破坏的能力。

(2) 刚度:构件抵抗变形的能力。

(3) 稳定性:构件保持原有平衡形式的能力。

(4) 外力:对于研究对象来说,其他构件和物体作用于其上的力均为外力,包括载荷与

约束力。外力按在构件表面分布情况，分为分布力与集中力。按载荷随时间变化的情况，可分为静载荷与动载荷。

(5) 内力：由于外力作用，构件内部相连两部分之间的相互作用力。内力是因外力引起的，内力与构件的强度、刚度密切相关。截面法是求内力的基本方法。

(6) 内力分量：内力是作用在切开截面上的连续分布力。将该分布力向截面形心简化，得主矢 F_R 与主矩 M [图 1-1 (a)]。

(7) 轴力：沿轴线的内力分量 F_N ，见图 1-1 (b)。

(8) 剪力：切于横截面的内力分量 F_{Sy} 与 F_{Sz} ，见图 1-1 (b)。

(9) 扭矩：矢量沿轴线的内力偶矩分量 M_x ，见图 1-1 (b)。

(10) 弯矩：矢量位于所切横截面的内力偶矩分量 M_y 与 M_z ，见图 1-1 (b)。

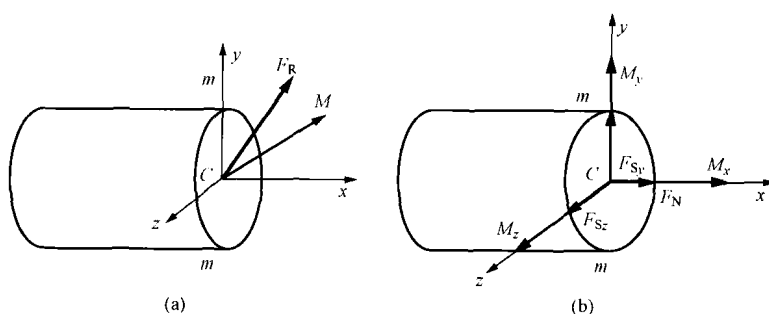


图 1-1

(11) 应力：截面内某点的内力集度 [图 1-2 (a)]，是研究强度问题的基本量。应力表达式为 $p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$ ， $p^2 = \sigma^2 + \tau^2$ [图 1-2 (b)]，应力单位为 Pa(N/m²) 或 MPa(10⁶Pa)。

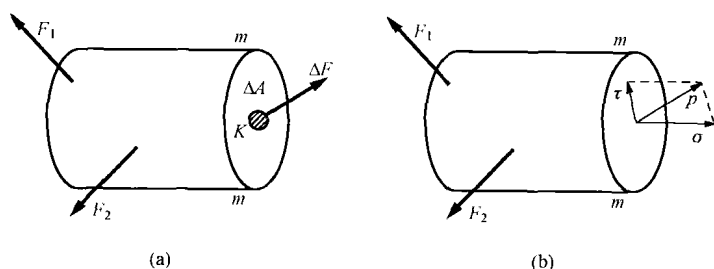


图 1-2

(12) 正应力：沿截面法向的应力分量，用 σ 表示。

(13) 切应力：沿截面切向的应力分量，用 τ 表示。

(14) 单向应力：微体仅在一对互相平行的截面上承受正应力。

(15) 纯剪切：在纯剪切状态下，微体仅承受切应力。

(16) 变形：构件在外力作用下尺寸与形状发生的变化。

(17) 位移：由于变形所引起的构件某点处空间位置的改变量。

(18) 弹性变形：外力解除后可消失的变形。

(19) 塑性变形：外力解除后不能消失的变形。

(20) 正应变：一点处微小线段 Δs 趋于零时，单位长度的线应变 [图 1-3 (a)]。

$$\epsilon = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta s}, \text{ 为无量纲量, 规定拉为正, 压为负。}$$

ϵ 与正应力 σ 相联系。

(21) 切应变：微体相邻棱边所夹直角的改变量，用 γ 表示 [图 1-3 (b)]。切应变单位 rad。规定向锐角变化为正，向钝角变化为负。切应变 γ 与切应力 τ 相联系。

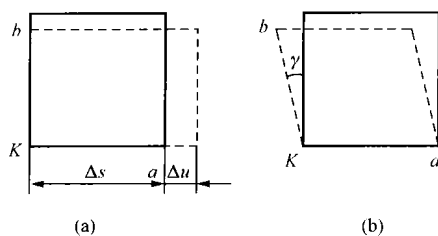


图 1-3

三、基本定理与定律

(1) 切应力互等定理：在微体互垂截面上，垂直于截面交线的切应力数值相等，而方向相反，即均指向或背离该交线。

(2) 胡克定律：胡克定律是材料力学的重要公式，只能在线弹性范围内使用。

$\sigma = E\epsilon$, E 为弹性模量，单位一般为 GPa。该公式只适合单向应力状态下使用。

(3) 剪切胡克定律： $\tau = G\gamma$, G 为切变模量，单位一般为 GPa。

四、基本方法

截面法：用假想截面将杆件切开，使得内力得到显示，并由平衡条件建立内力与外力间的关系或由外力确定内力的方法。

1.2 解题指导及典型习题解析

一、解题指导

绪论的基本概念，要注意正确理解。有些概念容易混淆，如变形和位移，变形是构件在外力作用下尺寸与形状发生的变化，而位移是由于变形所引起的构件某点处空间位置的改变量，构件有变形时一定会产生位移，但构件有位移时不一定有变形。变形和位移的量值有时是相同的，但物理意义不同，在下面的例题中可以仔细领会。应力是材料力学的核心概念，是内力微分的结果，应力公式的导出，是按照解静不定问题的程式进行的，绝对不能简单理解为内力除以面积就等于应力，这种情况仅是剪切、挤压实用计算（第3章）的一个特例。概念只有在应用中才能理解。

二、典型习题举例

【例 1-1】图 1-4 所示梁初始位置 ABC ，在 B 点作用力 F 后，移至 $AB'C'$ ，但右半段 $BCDE$ 的形状不发生变化，则产生位移的梁段是 AB、BC；产生变形的梁段是 AB；不产生变形的梁段是 BC。

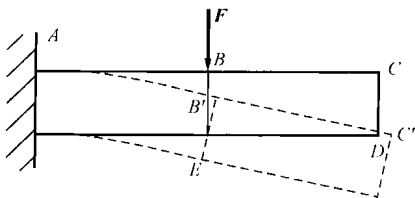


图 1-4

【例 1-2】关于内力与应力的关系中，说法 D 是正确的。

- A. 内力是应力的矢量和；
- B. 内力是应力的代数和；
- C. 应力是内力的平均值；
- D. 应力是内力的分布集度。

1.3 考试知识点与考试要求

1.3.1 材料力学的任务, 要求达到“领会”层次

- (1) 掌握强度、刚度、稳定性的概念;
- (2) 理解材料力学的任务。

1.3.2 变形固体的基本假设, 要求达到“领会”层次

- (1) 理解弹性变形和塑性变形的定义;
- (2) 理解连续、均匀性假设和各向同性假设的内容和意义;
- (3) 理解小变形的概念及其实际应用的意义。

1.3.3 内力与应力, 要求达到“领会”层次

- (1) 掌握内力、应力的定义及常用单位;
- (2) 理解全应力、正应力、切应力的数学表达式。

1.3.4 变形、应变及位移, 要求达到“领会”层次

- (1) 理解变形和位移的定义;
- (2) 理解应变中的线应变(正应变)及角应变(切应变)的定义。

1.3.5 四种基本变形, 要求达到“识记”的层次

了解拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲四种基本变形的受力特点和变形特点。

1.4 命题思路分析及评分

一、命题思路分析

本章主要介绍了一些基本概念, 为后续学习做好准备工作, 一般试卷仅占 2~4 分, 多以填空或选择题的形式出现, 认知层次以“识记”和“领会”为主, 一般情况本章不会出现较难的题。

二、试题举例及评分

【例 1-3】 物体抵抗变形的能力, 称为_____。(2 分)

答案: 刚度。该题认知层次属于“识记”, 难度属于“易”层次, 中等水平同学得分率为 0.7 以上。

【例 1-4】 图 1-5 (a) 所示切应变 $\gamma_a =$ _____; 图 1-5 (b) 所示切应变 $\gamma_b =$ _____。(2 分)

答案: $\gamma_a = 0$; $\gamma_b = \alpha$ 。该题认知层次属于“领会”, 难度属于“较易”层次, 中等水平同学得分率为 0.5~0.7。

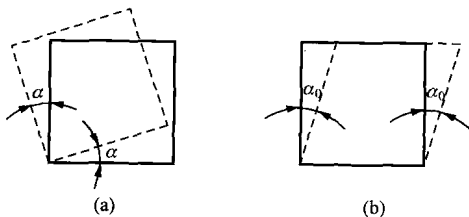


图 1-5

1.5 试 题 举 例

一、“识记”层次

(1) 理论力学的研究对象为_____, 而材料力学的研究对象是_____。

- A. 各向同性体 B. 变形连续体 C. 变形固体 D. 刚体

(2) 材料力学主要研究_____。

- A. 各种材料的力学问题 B. 各种材料的力学性质
C. 杆件受力后变形与破坏的规律 D. 各类杆中力与材料的关系

(3) 各向同性假设认为: 材料沿各个方向具有相同的_____。

- A. 外力 B. 变形 C. 位移 D. 力学性质

(4) 在下列四种工程材料中, _____不适用各向同性假设。

- A. 铸铁 B. 松木 C. 玻璃 D. 铸铜

(5) 均匀连续性假设认为: 材料内部各点的_____是相同的。

- A. 力学性质 B. 应力 C. 应变 D. 位移

(6) 根据小变形条件, 可以认为_____。

- A. 构件不变形 B. 构件不破坏
C. 构件仅发生弹性变形 D. 构件的变形远小于其原始尺寸

(7) 外力包括_____。

- A. 集中载荷和分布载荷 B. 静载荷和动载荷
C. 载荷和约束反力 D. 作用在物体的全部载荷

(8) 横截面上的内力通常可以简化为_____。

- A. 一个主矢 B. 一个主矩
C. 一个主矢和一个主矩 D. 一个标量

(9) 在下列说法中, _____是正确的。

- A. 内力随外力的改变而改变 B. 内力与外力无关
C. 内力在任意截面上均匀分布 D. 内力沿杆轴是不变的

(10) 在下列说法中, _____是错误的。

- A. 应变分为线应变和角应变两种 B. 应变是变形的度量
C. 应变是位移的度量 D. 应变是无量纲的量

(11) 材料力学研究的基本变形有_____。

- A. 拉伸、压缩、弯曲 B. 拉压、剪切、扭转、弯曲
C. 拉压、弯扭、拉弯 D. 拉伸、剪切、弯扭

二、“领会”的层次

(12) 只有在计算_____时, 才可以应用“力的可传性原理”。

- A. 支反力 B. 内力 C. 应力 D. 变形

(13) 构件的强度、刚度和稳定性_____。

- A. 只与材料的力学性质有关 B. 只与构件的形状尺寸有关
C. 与 A 和 B 都有关 D. 与 A 和 B 都无关

第2章 轴向拉伸和压缩

2.1 学习思路及重点

2.1.1 学习思路

通过本章学习进一步理解内力和应力、变形和应变的概念。掌握强度计算和变形计算的方法。熟悉拉压静不定问题的解法,学会应用变形条件建立补充方程。

本章的主要内容有:内力与轴力图、应力与强度计算、变形计算与拉压静不定问题、一般金属材料在拉伸和压缩时的力学性能。

(1) 内力与轴力图:需要注意的是:在用截面法计算内力时,建议先假定内力为正,并在所取的研究对象中画出内力,而列平衡方程时按理论力学的正负号规定列代数方程。计算结果是正的则说明内力为正;结果是负的则说明该内力为负。

(2) 应力与强度计算:计算的一般步骤是:外力 $\rightarrow$ 轴力 $\rightarrow$ 应力 $\rightarrow$ 建立强度条件;计算结构各杆的许用尺寸时,先根据外力计算各杆承担的力,再设计每根杆的尺寸。若用同一尺寸时,用各杆计算的最大值为设计尺寸值;计算结构的承载能力时,先计算每根杆分担的外力值,再计算每根杆承担的许用载荷,最后取最小载荷作为结构的许用载荷。

(3) 变形与拉压静不定问题:桁架节点的位移采用“切线代圆弧”的近似方法,一定要理解这是近似方法,不是精确方法。在小变形时其误差在工程上是可以接受的。拉压静不定问题则建议先运用“切线代圆弧”画变形图,列几何方程,再根据变形图画受力图。注意变形图与受力图协调,即伸长受拉力,缩短受压力,然后列平衡方程,最后列物理方程。其关键是要画好变形图和受力图。

(4) 一般金属材料在拉伸、压缩时的力学性能:回忆实验中所看到的现象,将实验现象和拉伸与压缩图中的力学性能参数联系起来。

2.1.2 学习重点

一、概念

(1) 轴向拉伸或压缩的概念。

受力特点:作用于杆上的外力或其合力的作用线沿杆件的轴线。

变形特点:杆件在轴向载荷作用下,以轴向伸长或缩短为主要变形。

(2) 轴力:在轴向载荷 F 作用下,杆件横截面上的唯一内力分量为轴力,用 F_N 表示。轴力正负号规定:拉力为正,压力为负。

(3) 材料在拉伸、压缩时的力学性能。低碳钢拉伸试验,应力—应变曲线的四个阶段(图 2-1):弹性阶段、屈服阶段、硬化阶段、颈缩阶段。

(4) 比例极限:线性阶段最高点 A 对应的应力,称为材料的比例极限,用 σ_p 表示;直线 OA 的

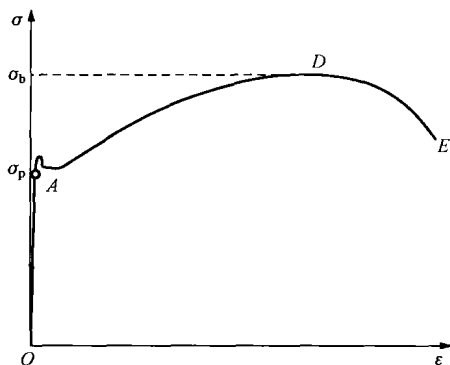


图 2-1

斜率, 数值上即等于材料的弹性模量 E (图 2-1)。

(5) 屈服: 应力至一定值时, 应力几乎不变, 变形急剧增加, 材料失去抵抗变形的能力, 此种现象称为屈服。

(6) 屈服极限: 使材料发生屈服的应力, 称为屈服应力或屈服极限, 并用 σ_s 表示。屈服时在光滑试样表面出现 45° 滑移线。

(7) 名义屈服极限: 对于不存在明显屈服阶段的材料, 工程中通常以卸载后产生数值为 0.2% 的残余应变所对应的应力作为屈服极限, 称为名义屈服极限, 并用 $\sigma_{0.2}$ 表示 (GB/T 228—2002 称为规定残余延伸强度, 用 R_r 表示, 如 $R_{0.2}$ 表示规定残余延伸率为 0.2% 时的应力)。

(8) 应变硬化: 经过屈服阶段后, 材料晶格重组又增强了抵抗变形的能力, 称为应变硬化。

(9) 强度极限: 硬化阶段最高点 D 所对应的应力称为材料的强度极限, 并用 σ_b 表示 (图 2-1)。

(10) 颈缩: 当应力增大至最大值 σ_b 之后, 试样的某一局部显著收缩, 产生颈缩。颈缩处面积急剧减小, 虽然拉力减少, 但真实应力增加, 最后在颈缩处拉断。

低碳钢在工程中广泛应用的两个主要强度指标是屈服极限 σ_s 和强度极限 σ_b , 塑性指标是伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

(11) 伸长率 (延伸率): $\delta = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\%$, l 为试样标距原长; l_1 为试样拉断后标距的长度; $\delta \geq 5\%$ 称为塑性材料或延性材料; $\delta < 5\%$ 称为脆性材料; 低碳钢 δ 约为 20%~30%。

(12) 断面收缩率: $\psi = \frac{A - A_1}{A} \times 100\%$, A 为试验前, 试样的横截面面积; A_1 为断裂后, 断口处的横截面面积。低碳钢的断面收缩率约为 50%~60%。

钢经冷作硬化后, 比例极限提高, 塑性下降; 低碳钢拉伸在颈缩阶段, 从 $F-\Delta l$ 曲线看载荷 F 下降, 因横截面急剧减少, 实际应力增加; 低碳钢拉伸和压缩时屈服极限相近, 拉伸和压缩时许用应力相同。

脆性材料 (以铸铁为代表) 拉伸时, 应力—应变曲线之间无明显的线性关系, 变形始终很小, 既不存在屈服阶段, 也无颈缩现象, 只能测得强度极限 σ_b ; 用割线近似确定弹性模量 E 。

低碳钢压缩时无明显屈服阶段, 压缩时屈服极限和拉伸时屈服极限近似相等, 压缩屈服后可以产生很大的塑性变形不发生断裂, 所以无强度极限。以铸铁为代表的脆性材料, 其压缩强度极限远高于拉伸强度极限 (约为 3~4 倍), 破坏时断口的方位角约为 $55^\circ \sim 60^\circ$, 在选材时应注意宜受压、不宜受拉。

(13) 应力集中: 在外力作用下, 因为构件截面急剧变化 (切槽、螺纹、圆孔等) 所引起的应力局部增大现象, 称为应力集中。应力集中的程度用应力集中因数 K 表示, 其定义为 $K = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n}$ [式中: $\sigma_{\max}$ 为最大局部应力; σ_n 为名义应力 (即截面平均应力)]。

设计脆性材料构件时, 应考虑应力集中的影响; 研究塑性材料构件的静强度问题时, 通常可以不考虑应力集中的影响; 应力集中对构件的疲劳强度影响极大 (无论塑性还是脆性材料)。在工程设计中, 要特别注意减小构件的应力集中。

(14) 失效：构件在外力作用下丧失正常功能的现象。材料力学研究范围内，脆性材料一般是断裂失效，塑性材料屈服失效。

(15) 极限应力：通常将材料的强度极限与屈服应力统称为材料的极限应力，用 σ_u 表示。对于塑性材料，一般取 σ_s 或 $\sigma_{0.2} (R_{0.2})$ ，脆性材料一般取 σ_b 。

(16) 工作应力：根据分析计算所得构件之应力。

(17) 许用应力：构件工作应力的最大容许值，用 $[\sigma]$ 表示。

(18) 安全因数：由多种因素决定的大于1的因数 n 。许用应力 $[\sigma]$ 和极限应力 σ_u 的关系为 $[\sigma] = \frac{\sigma_u}{n}$ 。

(19) 小变形：与结构原尺寸相比为很小的变形。材料力学研究的变形均为小变形。在小变形条件下，通常可按结构的原有几何形状与尺寸计算支反力与内力。

(20) 节点位移：设相交于该点的各杆受轴力后，沿各自杆轴线自由伸长或缩短，用切线代圆弧方法，引垂线交于一点，即为节点在杆件变形后新的位置。

(21) 热应力：因温度变化在构件内部引起的应力。

(22) 预应力：在静不定杆或杆系中，如果某些杆件长度存在微小加工误差，则必须采取某种强制方法才能将其装配，这种由于实际杆长与设计尺寸不同，结构不受外力时已存在的应力，称为初应力或预应力。

(23) 静定问题：结构或构件的约束力与内力，可利用静力平衡方程求解的问题。

(24) 静不定问题：结构或构件的约束力与内力，仅仅依靠静力平衡方程尚不能求解的问题。一般解法：利用有效静力方程确定静不定问题的静不定度数后，借助变形与内力间的关系，建立足够数量的变形协调方程即补充方程，与静力方程联立求解。

二、公式

(1) 轴向拉、压直杆的正应力公式，根据平面假设，推论横截面上各点仅存在正应力 σ ，并沿截面均匀分布。设杆件横截面为 A ，轴力为 F_N ，则正应力公式表示为

$$\sigma = \frac{F_N}{A}$$

以上公式适用于横截面为任意形状的等截面直杆。

(2) 拉压杆斜截面上的应力 (图 2-2)

$$p_a = \frac{F \cos \alpha}{A} = \sigma \cos \alpha, \quad \sigma_a = p_a \cos \alpha = \sigma \cos^2 \alpha, \quad \tau_a = p_a \sin \alpha = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$$

方位角 α 的符号规定：以 x 轴为始边， α 角为逆时针转向者为正；反之为负。

切应力符号规定：截面外法线沿顺时针方向旋转 90° ，与该方向同向的切应力为正；反之为负。当 $\alpha = 0^\circ$ 时，正应力最大，其值为 $\sigma_{\max} = \sigma$ ； $\alpha = \pm 45^\circ$ 时，切应力最大，其值为

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma}{2}.$$

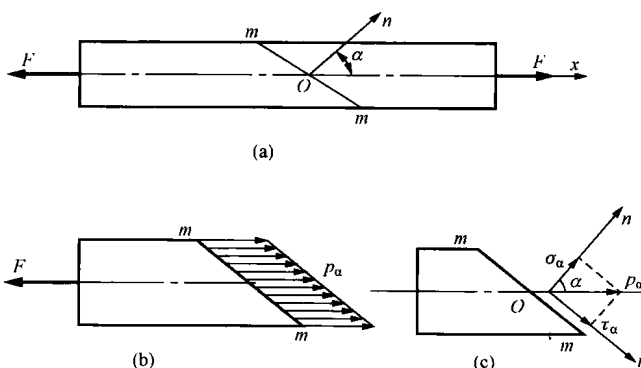


图 2-2