



国家教委中等专业学校规划教材

机械类专业通用

材料力学 学习指导书

陈大轮 编



高等教育出版社

国家教委中等专业学校规划教材

材料力学学习指导书

陈大轮 编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是与程嘉佩主编的中等专业学校教材《材料力学》配套使用的学习指导书。编者根据多年来在教学过程中了解到的学生在学习材料力学课程时所遇到的问题,按照教学大纲的要求,在本指导书中进行了有重点、有针对性地讲解与指导。

全书内容按《材料力学》教材章节对应编写,每章包括理论要点、学习指导、例题分析及自测题,书末附有自测题答案。

本书可作为中等专业学校工科机械类专业学生学习材料力学课程的辅导书,也可以供自学者学习材料力学时参考,对于中等专业学校材料力学教师的教学也具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学学习指导书/陈大轮编. —北京:高等教育出版社,
1995中等专业学校教学参考书
ISBN 7-04-005979-X

I. 材… II. 陈… III. 材料力学-专业学校-教学参考资料
IV. TB301

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第04102号

高等教育出版社出版
新华书店上海发行所发行
江苏海安印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 4.625 字数 120 000

1995年5月第1版 1997年7月第3次印刷

印数 16 117—22 135

定价 5.00 元

前 言

本书是与程嘉佩主编的中等专业学校四年制工科机械类通用教材《材料力学》(90学时)配套使用的学习指导书。主旨是帮助学生达到教学大纲规定的本课程的基本要求。适用于中等专业学校学生及自学者学习材料力学时参考,对于中等专业学校材料力学教师的教学也具有参考价值。

全书内容按上述《材料力学》一书的章次对应编写,各章包括理论要点及学习指导、例题分析和自测题三部分。理论要点内含主要概念及相关概念对比、主要理论及分析计算方法;学习指导包含全章内容概述、重点及学习要求、要点难点及常见错误。例题分析中含解题分析、解题思路、解题步骤、注意点及讨论。自测题一般包含8至12个选择题及1或2个计算题。书末附有自测题答案。

本书样章经全国中等专业学校力学课程组审阅,提出了许多宝贵意见。全书初稿承南京机械专科学校程嘉佩老师审阅,指出了初稿中的疏漏并提出了许多极富价值的修改意见。编者单位新疆机械电子工业学校对本书的编写给予了支持。谨此一并衷心致谢。

书中错误,不妥及不足之处,恳请读者批评指正。

编者

1994年1月

目 录

绪论	1
一、理论要点及学习指导	1
二、自测题	3
第一章 拉伸和压缩	6
一、理论要点及学习指导	6
二、例题分析	12
三、自测题	19
第二章 剪切和挤压	24
一、理论要点及学习指导	24
二、例题分析	26
三、自测题	30
第三章 圆轴扭转	34
一、理论要点及学习指导	34
二、例题分析	39
三、自测题	43
第四章 截面的几何性质	47
一、理论要点及学习指导	47
二、例题分析	49
三、自测题	50
第五章 弯曲	54
I 弯曲内力	54
一、理论要点及学习指导	54
二、例题分析	57
三、自测题	66
II 弯曲应力与强度计算	70
一、理论要点及学习指导	70
二、例题分析	74
三、自测题	84

Ⅲ 弯曲变形	88
一、理论要点及学习指导	88
二、例题分析	90
三、自测题	96
第六章 组合变形的强度计算	101
一、理论要点及学习指导	101
二、例题分析	105
三、自测题	112
第七章 压杆稳定	117
一、理论要点及学习指导	117
二、例题分析	120
三、自测题	123
第八章 动载荷与交变应力	127
一、理论要点及学习指导	127
二、例题分析	130
三、自测题	135
附录 自测题答案	138

绪 论

一、理论要点及学习指导

(一) 理论要点

1. 材料力学的内容及任务

内容：构件强度、刚度及稳定性的计算原理。

任务：提供设计构件的合理准则与方法，以实现确保安全及经济用材相统一的目的。

2. 主要概念及相关概念对比

1) 构件与杆件

构 件	杆 件
组成机械或结构的不能再拆卸的原件	长度远大于其他两方向尺寸的构件

2) 强度、刚度及稳定性

	强 度	刚 度	稳 定 性
意 义	构件抵抗破坏的能力	构件抵抗变形的能力	构件维持初始平衡形态的能力
特 征	只涉及构件的破坏而不涉及构件的变形	只涉及构件变形的量而不涉及变形形态的改变	涉及构件变形形态及平衡形态的改变

3) 变形固体与刚体

变 形 固 体	刚 体
材料力学中研究的固体材料的理想化模型，即均匀连续、各向同性的弹性体	理论力学中物体的理想化模型，即外力作用下不变形的物体

4) 弹性变形与塑性变形

弹 性 变 形	塑 性 变 形
卸载后自行消失的变形	卸载后残留于物体内的变形

5) 内力与应力

	内 力	应 力
意 义	因外力作用而产生的构件内部的相互作用力,是连续作用于截面上的分布力系,通常指其合成结果。单位符号为N或N·m	内力在截面某点处的集度,即某点处单位面积上的内力,表示截面上某点处内力的强弱程度。单位符号为N/m ²
确定方法	用截面法由平衡条件确定其大小、正负	需用“三关系法”确定其计算公式(见后)

6) 正应力与剪应力

正 应 力 σ	剪 应 力 τ
与截面垂直的应力(应力分量)	与截面相切的应力(应力分量)

7) 截面法

意 义	材料力学确定内力的基本方法
步 骤	①将杆件假想截为两部分,②取任一部分为研究对象,③列平衡方程求解内力

(二) 学习指导

1. 学习本章要初步解决两个问题,即对本课程有一个概要的认识,以激发自己的学习兴趣;初步了解贯穿本课程始终的一

些基本概念，以便顺利地继续学习。二者均需在此后的学习全过程中不断加深认识和理解。

2. 激发学习兴趣的途径之一，是从日常生活及所接触的 engineering 实际中，发现蕴含于其中的材料力学问题，用已学的理论对它们作出合理的解释，这对活用理论、提高分析问题的能力也大有裨益。这类问题在我们周围并不少见，例如：蝇拍柄宜扁不宜圆，拖把柄宜圆不宜扁；洗衣机等的包装纸箱必须用中空瓦楞纸板；铁皮水桶口总有翻边，等等。

3. 强度、刚度及稳定性既同是构件的承载能力，又是构件承载能力的三个不同方面，要结合以后具体内容的学习加深理解，明确三者的区别。

4. 在讨论杆件的内力、应力及变形时，力的可传性、力线平移、力的合成和分解等静力等效代换方法的适用范围，常易引起

困惑。对此，可概括为先选定研究对象（即杆件或杆件上的确定段落），在选定的对象范围以外，可以进行静力等效代换，而在选定的对象范围之内，则不能进行此类代换。例如，图0-1a中的 P 力，当研究对象为整杆 AC 时，其作用点不能移到 B 点（图0-1b），但若研究对象是 AC 杆的 BC 段时，则其作用点可移到 B 点。

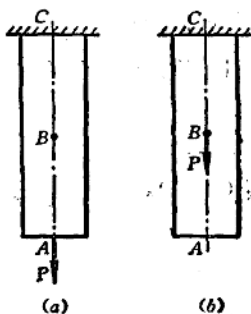


图 0-1

二、自测题

0-1 选择正确答案(每题只选1个)。

1. 材料力学的任务是()。

- A. 研究各种材料的力学问题；
- B. 研究各种材料的构件小变形时的力学问题；
- C. 提供安全、经济地设计构件的合理准则及方法；

D. 确保构件有尽可能高的强度、刚度及稳定性。

2. 跳水跳板具有()。

A. 高强度及高刚度;

B. 高强度、高刚度及高稳定性;

C. 足够的强度及较低的稳定性;

D. 足够的强度及较低的刚度。

3. 下列各说法中的错误说法是()。

A. 杆件的特征是长度远大于其他二方向的尺寸;

B. 杆件的横截面必与其轴线正交;

C. 杆件的轴线是杆各横截面形心的连线;

D. 杆件的横截面必互相平行。

4. 下列各说法中的错误说法是()。

A. 截面上的内力可能是一个分布力系, 也可能是一个集中力;

B. 分布内力系合成结果可能是力, 也可能是力偶;

C. 材料力学所指的內力是由外力引起的, 没有外力就没有內力;

D. 內力是构件各部分间的相互作用力。

5. 截面上內力的大小与方向决定于()。

A. 截面一侧的构件形状;

B. 截面一侧的构件材料;

C. 截面一侧构件所受的外力;

D. 截面一侧构件的形状、材料及所受外力。

6. 确定构件截面上的內力时, ()。

A. 构件上的外力可任意进行静力等效代换;

B. 构件上的外力不可进行静力等效代换;

C. 构件上截面一侧的外力可任意进行静力等效代换;

D. 构件上截面一侧的外力可有条件地进行静力等效代换。

7. 下列关于內力与应力大小关系的说法中, 正确的说法是

()。

- A. 内力必大于应力；
- B. 应力必等于内力在截面上的平均值；
- C. 应力必大于内力；
- D. 内力与应力无法比较大小。

8. 下列各说法中的错误说法是()。

- A. 同一截面上的正应力必互相平行；
- B. 同一截面上的剪应力必互相平行；
- C. 同一截面上一点的剪应力与正应力必互相垂直；
- D. 同一截面上不一定同时存在正应力与剪应力。

第一章 拉伸和压缩

一、理论要点及学习指导

(一) 理论要点

1. 主要概念及相关概念对比

1) 直杆轴向拉伸(压缩)

受 力	沿杆的轴线方向受力
变 形	拉: 轴向伸长, 横向缩短; 压: 轴向缩短, 横向伸长

2) 轴力

意 义	拉(压)直杆横截面上的内力
方 向	沿直杆轴线, 即垂直于杆横截面且过截面形心
正负规定	力矢箭头背离截面为正, 指向截面为负
确定规则	截面一侧所有轴向外力的代数和

3) 拉(压)应力

	直杆横截面上的应力	斜截面上的应力
应力种类	只有正应力 σ	有正应力 σ_α 及剪应力 τ_α
分布情况	均匀分布	均匀分布
正负规定	同轴力 N 的正负规定	σ_α : 同 σ 的正负规定 τ_α : 对截面内一点之矩顺时针者为正
计算公式	$\sigma = N/A$	$\sigma_\alpha = \sigma \cos^2 \alpha$, $\tau_\alpha = \frac{\sigma}{2} \sin(2\alpha)$

4) 绝对变形与线应变

	绝对变形 $\Delta l, \Delta d$	线应变 ϵ, ϵ_t
意 义	杆件的尺寸变化 $\Delta l = l_1 - l$ (轴向), $\Delta d = d_1 - d$ (横向)	杆件单位长度的变形量 $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$ (轴向), $\epsilon_t = \frac{\Delta d}{d}$ (横向)
单 位	m	(无量纲量)

5) 比例极限、弹性极限、屈服极限及强度极限

	比例极限 σ_p	弹性极限 σ_e	屈服极限 σ_s ($\sigma_{0.2}$)	强度极限 σ_b
意 义	材料符合胡克定律的最大应力	材料只出现弹性变形的最大应力	$\sigma_{0.2}$ 材料屈服阶段中的最低应力 $\sigma_{0.2}$ 没有明显屈服阶段的材料的名义屈服极限, 即对应于塑性应变为 0.2% 时的应力	材料断裂前能承受的最大应力
特 征	$\sigma < \sigma_p$ 时, σ 与 ϵ 成线性关系	与 σ_p 很接近, 常不与 σ_p 严格区别	屈服时, 应力不增加, 塑性变形急剧增加	材料发生局部变形而断裂

6) 塑性材料与脆性材料

	塑 性 材 料	脆 性 材 料
意 义	断裂前塑性变形较大	断裂前几乎无塑性变形
标 志	延伸率 $\delta > 5\%$	延伸率 $\delta < 5\%$
性能特征	拉、压强度相同, 有较好的塑性性能	抗压强度高于抗拉强度, 塑性性能差

7) 拉压弹性模量与泊松系数

	拉压弹性模量 E	泊松系数 μ
意义	比例极限内, 正应力 σ 与轴向线应变 ϵ 的比值, 反映材料抵抗、压变形的能力	比例极限内, 横向线应变与轴向线应变的比值的绝对值
单位	与应力相同	(无量纲量)

8) 拉压刚度

表达	EA
意义	材料弹性模量与杆件截面面积综合形成的杆件抵抗拉、压变形的能力的度量

9) 工作应力、极限应力及许用应力

	工作应力 σ	极限应力 σ_s	许用应力 $[\sigma]$
意义	构件受载时的应力	材料破坏时的应力	构件安全工作时许可承受的最大应力
作用	反映一定的构件工作时的危险程度	反映材料的强度高 低	综合考虑材料强度及构件安全的设计应力

10) 延伸率与线应变

	延伸率 δ	线应变 ϵ
意义	试样断裂后标距段残余变形 Δl 与标距段原长 l 的比值的百分数	绝对变形 Δl 与原长 l 的比值
表达式	$\delta = \frac{\Delta l}{l} \times 100\%$	$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$
区别	Δl 不包括试样断裂前的弹性变形	$\sigma < \sigma_s$ 时, Δl 是纯弹性变形

11) 静定及超静定问题

	静 定 问 题	超 静 定 问 题
意 义	未知反力, 内力仅用静力学平衡方程即可解出的问题	未知力数多于独立的静力平衡方程数, 仅用平衡方程无法求解的问题
解 法	用平衡方程求解	综合变形的几何、物理条件得出补充方程, 与静力平衡方程联立求解
特 点	未知力与杆件刚度无关, 不因温度及装配误差产生内力及应力	未知力与杆件刚度有关, 会因温度及装配误差而产生内力及应力

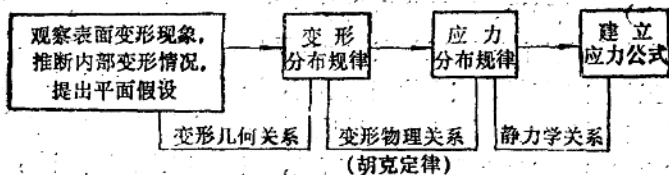
2. 主要理论与方法

1) 轴力的确定方法——截面法

轴力 = 截面一侧杆上所有外力的代数和

式中, 力矢箭头背离指定截面的外力取正号, 指向指定截面的外力取负号。

2) 应力分析的基本方法



3) 拉压胡克定律

内容: 在弹性阶段内($\sigma < \sigma_p$), 正应力与线应变成正比。

表达式: $\sigma = E\varepsilon$, 适用于拉、压杆内任一点, $\Delta l = \frac{Nl}{EA}$, 适用于 N 、 E 、 A 相同的杆(或杆段)。

注意点: 仅适用于材料的弹性阶段(即 $\sigma < \sigma_p$ 时)。

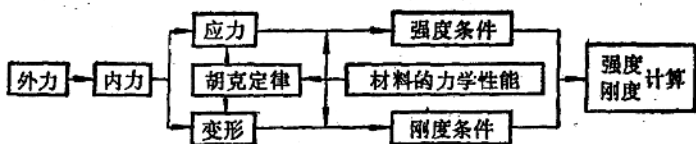
4) 拉压强度条件及强度计算

强度条件: $\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$

计算步骤: ①确定外力; ②求出轴力, 杆各段轴力不同时需作轴力图; ③确定危险截面; ④建立强度条件进行强度计算。

(二) 学习指导

1. 本章循下列框图的线索解决拉、压杆的强度及变形计算问题, 重点是强度及变形计算、拉压胡克定律及材料的力学性能。



2. 本章涉及的许多概念及方法对以后的学习至关重要, 需要在一开始接触时就注意分清歧义, 避免误解。为此, 应注意以下几点:

1) 排除干扰。即排除头脑中一些似是而非的想法。例如, 拉(压)杆横截面上的工作应力 $\sigma = N/A$, 显然与杆材无关。但若对工作应力与极限应力的概念不清, 不明确二者的区别, 就会依据“应力与强度有关, 而强度与材料有关”的含混想法, 作出工作应力与杆材有关的错误判断。可见, 正确深入地理解概念, 是排除干扰的前提。

2) 对比学习。通过对比正确区分概念, 也是排除上述干扰的一条途径。学习中, 可将互相联系又互有区别的概念进行分析对比, 找出共性, 搞清个性, 以求正确把握每个重要概念。本书的理论要点中, 将各章的主要概念分类排列、对比呈现, 试图对此提供一些帮助。学习时, 还宜将新概念与本课程及先修课中已

学的概念加以对比，以扩大此法的效用。

3) 掌握实质。初学时，对材料力学的量及与之相应的原理、公式易停留在字面的认识及形式的理解上，产生一些难以自圆其说的困惑。例如，公式 $\sigma = N/A$ 表明应力与材料无关，而胡克定律表达式 $\sigma = E\varepsilon$ 又似乎表明应力与材料(E)有关。事实上，前者反映的是工作应力与内力(载荷)的关系，不涉及材料，而后者反映的则是应变与应力的关系，涉及材料的性能。可见，只有从实质上把握概念，才能对之真正理解，正确运用。

4) 按部就班。对于分析求解的方法步骤，必须按部就班、全面掌握，并一丝不苟地加以运用，以求用中熟练，用中出巧。切忌自以为是，盲目简化。例如，求内力的基本方法是截面法，必须按截面法的完整步骤，或按考察截面一侧杆上全部外力并求其代数和的方法，才能得出正确的内力值，否则将极易出现错误。

5) 注意公式的应用条件。例如， $\sigma = \frac{N}{A}$ 适用于直杆的轴向拉压；胡克定律 $\sigma = E\varepsilon$ 适用于弹性范围； $\Delta l = \frac{Nl}{EA}$ 只能应用于 N 、 E 、 A 相同的杆或杆段，等等。忽略应用条件必然会导致错误。

3. 本章学习中易出现的错误是：

1) 轴力与轴力图部分：不按截面法求内力而误将截面邻近的外力作为截面上的内力；轴力图不规范，如轴力图与杆不对应，图形、数值、单位、正负号不完整等。

2) 强度计算部分：对轴力、轴力图、杆横截面面积、材料的许用应力等诸因素缺乏全面分析，误定危险截面；混淆杆的许可内力与结构的许可载荷，等等。

3) 变形计算部分：忽略胡克定律的适用范围；对 E 、 A 、 N 各段不同的杆件计算变形时，分段错误或错定各段变形的正负，导致总变形的计算错误等。