

中等专业学校教学参考书

材料力学

教学参考书

张家祥 主编

● CAILIAO LIXUE
JIAOXUE CANKAOSHU

高等教育出版社



中等专业学校教学参考书

材料力学教学参考书

陈大轮 程嘉佩 张家祥 编

张家祥 主编

高等教育出版社

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》(书号:ISBN7-04-002311-8/TB·127)配套使用的教学参考书。该教材是初中后4年制中等专业学校工科机械类材料力学课程的新编通用教材,教学时数为80至90学时,1989年10月已由高等教育出版社出版。

本书主要内容按教材各章编写,其中包括:内容概述,目的要求,重点难点,单元划分,教学建议,参考材料,大作业题型,教材各章思考题和习题的选解等。

本书是中等专业学校力学教师的主要教学参考书,也可作为学生学习的辅助教材,并可供有关工程技术人员学习材料力学的参考。

(京)112号

中等专业学校教学参考书

材料力学教学参考书

陈大轮 程嘉佩 张家祥 编

张家祥 主编

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

浙江洛舍印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 5.25 字数 123,000

1991年4月第1版 1992年2月第2次印刷

印数 6,001—7,800

ISBN 7-04-002669-4/TB·183

定价 1.95元

前 言

本书是根据1987年3月国家教育委员会审定的中等专业学校四年制工科机械类《材料力学教学大纲》的要求,为配合中等专业学校工科机械类教材《材料力学》(程嘉佩主编,1989年版)编写的教学参考书。主要供教师备课和教学时参考,也可作为广大学生和自学者的参考书。

本书按照《材料力学》的目录顺序分章编写,各章一般包括:内容概述,目的要求,重点难点,单元划分和各单元的教学建议,教学参考材料,大作业题型,以及教材中各章思考题和习题的选解等。

参加本书编写的有:新疆机械电子工业学校陈大轮(第一、二、三章),南京机械专科学校程嘉佩(第四、五章),四川省机械工业学校张家祥(绪论、第六、七、八章),由张家祥主编。

本书由全国中专力学课程组成员夏成炎同志审阅,四川省机械工业学校为本书的编写工作给予了多方面的支持,在此一并致谢。

限于编者水平,本书难免存在缺点和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

1990年3月

目 录

绪论	1
一、教学要求	1
二、教学建议	1
第一章 拉伸和压缩	3
一、教学要求	3
二、教学建议	4
三、参考材料	13
教材思考题和习题选解	16
第二章 剪切和挤压	25
一、教学要求	25
二、教学建议	25
教材思考题和习题选解	29
第三章 圆轴扭转	34
一、教学要求	34
二、教学建议(附大作业 I)	35
三、参考材料	47
教材思考题和习题选解	52
第四章 截面的几何性质	62
一、教学要求	62
二、教学建议	63
第五章 弯曲	66
一、教学要求	66
二、教学建议(附基本变形内容的小结)	67
三、参考材料	94

教材思考题和习题选解	100
第六章 组合变形的强度计算	111
一、教学要求	111
二、教学建议(附大作业 II)	112
三、参考材料	122
教材思考题和习题选解	124
第七章 压杆稳定	132
一、教学要求	132
二、教学建议	133
三、参考材料	136
教材思考题和习题选解	138
第八章 动载荷与交变应力	146
一、教学要求	146
二、教学建议	147
教材思考题和习题选解	151
材料力学课程总结	154
附录《材料力学》教材中的习题答案(不含教材中已给的答案)	157

绪 论

一、教学要求

(一) 内容概述

绪论课对本课程起着引导和总揽的作用,要通过材料力学的任务、材料力学的基本假设、杆件变形的四种基本形式以及求杆件内力的方法——截面法等内容的介绍,将本课程的内容大体展现出来,使学生对本课程的任务、对象、内容和研究方法能有概要的初步认识。

(二) 目的要求

1. 初步建立构件强度、刚度和稳定性的概念。
2. 了解材料力学的任务。
3. 了解材料力学的基本假设。
4. 了解杆件变形的四种基本形式。
5. 理解内力和应力的概念,初步了解截面法。

二、教学建议

绪论课建议用 2 学时。

1. 绪论课是本课程最丰富、最生动的一课。丰富的含义是指新概念、新问题较多,生动的含义是指根据情况,可采取不同的教学形式,如课堂讲授、电化教学(目前已有多种结论录像片)或讲授与电教的有机结合。要紧紧围绕材料力学的任务、内容、对象、研究方法,用大量的生活实例和学生熟悉的工程实例以及适当的教具进行讲述,做到多而不杂,活而不乱。

2. 内力和截面法以及应力的概念按教学大纲要求,最好放在绪论中讲授,这样能使学生对内力、截面法、应力有一总体的初步了解。形成完整的概念。此处要强调,根据均匀连续性假设,内力在截面上是连续分布的,而杆的内力就是分布内力系的合力。至于内力的详细计算留待以后各章再加以拓展。

3. 注意对学生进行辩证唯物主义和爱国主义的教育。

通过材料力学史简介可以看出,材料力学的发展是由生产的发展所推动的,同时,反过来它又对生产实践起着重要的指导作用。整个材料力学的理论与实验相结合的研究方法充分体现了“实践是检验真理的唯一标准”这一正确论断。

讲述中华民族在材料力学方面的一些伟大成就,从而激发学生的爱国热情和学习本课程的积极性。这部分内容需注意简练和生动,切不可占用过多的时间。

由于绪论讲2学时,时间较充裕,建议将习题0-2、0-3作为课堂练习完成。

第一章 拉伸和压缩

一、教学要求

(一) 内容概述

本章讨论直杆的轴向拉伸和压缩问题。内容可分为四个课题。即：

1. 拉(压)杆的强度计算；
2. 拉(压)杆的变形计算；
3. 材料的力学性能；
4. 拉伸(压缩)的超静定问题。

其中，强度计算是本章主线，拉(压)变形及胡克定律是材料力学的基本概念及基本定律，材料的力学性能是强度和变形计算必不可少的重要依据，这三者构成了本章的基本内容。

拉伸和压缩是杆受力后最基本的变形形式，其概念贯穿于材料力学许多重要基本概念和基本方法之中，是学生首次学习、处理的变形形式。因此，本章的教学对引导学生学习本课程的兴趣和激发学生的学习热情具有重要的意义。

(二) 目的要求

1. 明确轴向拉(压)杆的受力特点和变形特点，能判别工程实际中的拉(压)杆并画出其计算简图。
2. 能熟练地确定拉(压)杆的轴力，正确画出轴力图。
3. 能熟练地计算拉(压)杆横截面上的应力。了解拉(压)杆斜截面上的正应力和剪应力，理解剪应力互等定律。
4. 清晰理解拉压胡克定律及其使用条件。理解绝对变形和

线应变的意义。掌握拉(压)杆的变形计算。

5. 理解工作应力、极限应力、许用应力和安全系数的意义。掌握拉(压)杆危险截面的判别和应用强度条件进行强度计算的方法和步骤。

6. 明确低碳钢的应力-应变图及其主要特征, 了解塑性材料和脆性材料力学性能的主要差异。

7. 了解超静定问题的特点和求解的基本方法。

8. 初步了解材料试验机的使用及其测试方法。

(三) 重点难点

重点: 拉(压)强度条件的应用, 拉压胡克定律, 拉(压)杆的变形计算, 材料的力学性能。

难点: 拉、压超静定问题。

二、教学建议

(一) 单元划分

教学单元划分表

顺序	教 学 内 容	时数
1	§1-1 轴向拉伸、压缩的概念 §1-2 轴力 横截面上的应力	2
2	§1-4 拉、压杆的强度计算	2
3	§1-3 斜截面上的应力 剪应力互等定律 §1-5 拉压杆的变形 胡克定律	2
4	习题课 拉、压杆强度计算	2
5	§1-6 材料拉伸、压缩时的力学性能 §1-7 许用应力	2
6	拉伸和压缩实验	4
7	§1-8 超静定问题 本章小结	2

本章教学时数 16 学时,划分为 7 个教学单元。

应当指出,单元划分的合理方案并不是唯一的,以本章而言,按内力、应力、强度计算、变形,材料的力学性能的顺序安排,是一种合理的方案。换一个顺序,按内力、应力、变形、材料的力学性能,然后讲强度计算,同样是一种合理可行的方案。可见,教学单元的划分要全面分析教学内容本身的内在联系和逻辑结构,结合学生的水平和学习心理,做出整体安排。

(二) 各单元教学建议

1. 第一单元

(1) 本单元需解决的第一个问题是使学生明确拉、压杆的受力特点和变形特点,以达到能判别工程中的受拉(压)杆并画出其计算简图。这里,实例不宜过多,但要具体、直观,着重讲清实际拉(压)杆的具体受载可简化为沿轴线的力这一实质。由于拉伸和压缩,指的是轴向拉、压,而学生对“轴向”容易忽略,因此有必要强调,并通过教材思考题 I-1 之类的问题,引导学生加深认识。

(2) 拉(压)内力的教学要分两个层次,首先明确该内力是一个沿杆件轴线的轴力,其次是使学生掌握其大小和正负的确定,同时,通过具体的拉(压)内力的确定,使学生掌握截面法这一研究内力的基本方法,要注意各个步骤的完整性。

就实质而言,截面法就是以杆件上截出的一部分为研究对象的平衡方法。对于掌握了静力学的学生,掌握截面法,必须也只需突出其特点。基本特点是研究对象不是整个杆件,而只是其上截出的一部分。派生的特点是载荷不是作用在整个杆上的载荷而只是作用于所取部分上的外力,起约束作用的是弃去部分,而弃去部分对所取部分的内力就相当于静力学中研究对象所受的约束反力。结合实例点清实质特点,就不难帮助学生实现从求外力的平衡法到求内力的截面法的过渡。

• 5 •

(3) 通过对截面法求内力所得结果的分析,总结归纳出,由截面以左(右)外力的代数和确定内力的规律法则,然后直接运用法则确定内力,已被越来越多的教材和教师所采用。实践表明,对各种内力均归纳出法则进行统一处理,有利于方法的前后呼应,收到牢固掌握的效果。教材在章末小结中总结了轴力的确定法则,即轴力等于截面一侧所有轴向外力的代数和。但必须强调:背离此截面的轴向外力在此截面引起的轴力为正,而指向此截面的轴向外力在此截面引起的轴力为负。需要指出的是:学生掌握用截面法求内力后才能过渡到用简明快速的“法则”求轴力。这种处理方法也适用于求其它各种内力。

(4) 轴力图是学生接触的第一种内力图,学生容易忽视的问题有:计算简图与轴力图分离或段落间不对应;有图无值;有值无单位;缺正负号等等。这些问题教师都要引导学生一丝不苟地对待,以培养绘制合乎规范的内力图的能力。

(5) 从观察实验现象着手,提出平面假设,然后从变形的几何条件、物理条件及静力条件进行分析的“三关系法”,是分析应力的材料力学的基本方法,它在拉(压)杆的应力分析中,虽然展现得还不充分,却已有了初步的体现,根据中专的教学特点,教材在根据平面假设得出“内力系在横截面上均匀分布”的结论后,立即得出横截面上的应力为 $\sigma = N/A$,这既体现了应力分析的思路,又显示了导出公式的简明性。

建议选用教材习题 1-1、1-4、1-6 等。

2. 第二单元

(1) 本单元是本章的核心内容,由于学生首次接触强度问题,因此要使学生深刻理解强度条件的含义和实质,在此基础上着重讲其应用。对于强度条件首先要从整体上明确等式的左边是工作应力,它取决于横截面积及其上的轴力。等式右边是许用应力,即

确保构件强度足够的前提下工作应力允许达到的最高限度，它取决于杆件的材料和工作条件，更具体的讨论要留待讲完材料的力学性能之后进行。

(2) 在教学中要强调强度条件中各量的对应关系。具体说，强度条件是对危险截面建立的， σ 是构件危险截面上的应力， N 是与 σ 相应的危险截面上的轴力，而不是另一截面的轴力， A 是危险截面的横截面积， $[\sigma]$ 则是危险面处材料的许用应力。此时，许用应力 $[\sigma]$ 还应与工作应力 σ 相对应，即 σ 为拉时， $[\sigma]$ 应为许用拉应力 $[\sigma_t]$ 否则为许用压应力 $[\sigma_y]$ 。这些对应关系在一般问题中可能显现不出，但问题稍复杂时，学生就容易出错。例如图 1-1 所示的铸铁杆，给出载荷、各段横截面积和材料的拉、压许用应力，试判断两段中那一段比较危险，不少学生就会无从下手，究其原因，就在于对工作应力和许用应力的实质缺乏清晰的理解。

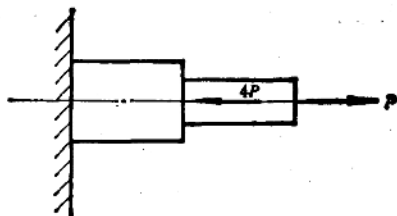


图 1-1

(3) 拉(压)杆的强度计算步骤，即先确定未知外力，再分析内力，由内力图对照结构确定危险截面，最后建立强度条件求解，它对各类变形的强度问题的求解具有普遍的意义，应加以总结。例题和习题除应考虑到强度计算的三种类型外，在杆件的截面、受载方面还应包含下列典型情况：一类是截面不变，受载单一的简单情况，主要着眼于一般的方法步骤，运算单位的统一，书写格式的规范等基本要求；另一类是简单的杆系或结构等需从结构的受载进

一步求杆件的受载问题;第三类是杆件有不同的横截面,或不同杆段有不同轴力,因而不止一个可能的危险截面问题,目的是熟练掌握强度问题的分析能力。强度计算的题量控制在 10 个左右,可分插于本章各单元教学中,以形成掌握、提高、巩固这样一个螺旋上升的渐进过程。

建议选用教材习题 1-10、1-11、1-12。

3. 第三单元

(1) 认识拉(压)杆斜截面上的应力,能起到全面地认识和理解强度问题的作用,更重要的是为了引出一些重要结论,积累一些点的应力状态的初步知识,为教学内容的展开作好准备。因此教学中应使学生着重明确的问题是:

(a) 明确应力除对应于点的位置外,还对应于截面的方位。这个认识是今后理解点的应力状态的基础。

(b) 拉(压)杆横截面、 45° 斜截面上的应力特征,这是解释和理解材料的一些破坏现象的基础。

(c) 剪应力互等定律,揭示了受载杆件相互垂直截面上剪应力间的相互关系,是今后推导公式、分析问题的常用定律。

(2) 拉(压)杆变形的教学,具有两个目的。其一,掌握由胡克定律 $\Delta l = Nl/EA$ 体现的拉(压)杆的变形计算,以满足刚度计算等实际需要;其二,掌握由另一形式的胡克定律 $\sigma = E \cdot \epsilon$ 体现的变形基础知识,以适应课程进展的理论需要。

在教学中要强调:两种形式的胡克定律均只适用于材料的弹性范围,形式 $\Delta l = Nl/EA$ 适用于 N 、 E 、 A 为常量的有限长拉(压)杆或杆段,而形式 $\sigma = E\epsilon$ 则是任何受载杆件内处于单向拉(压)状态下的各点均满足的关系。其次,要对两种形式的胡克定律自身进行分析,弄清 Δl 决定于哪些因素,弹性模量 E 的单位、物理意义以及钢材 E 的大致值、抗拉(压)刚度 EA 的意义。对

$\sigma = E \cdot \varepsilon$ 形式的胡克定律, 更要引导学生透过字面理解其蕴含的实质。例如, 从 $\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \Delta l / l$ 看, 会得出应力与杆件长度成反比的错误结论, 对这类看来似是而非的结论, 组织分析讨论, 有助于对公式和概念的深入理解。

建议选用教材习题 1-7、1-18、1-21。

4. 第四单元

(1) 习题课的作用 在本课程中安排了较多的习题课, 这对招收初中毕业的中专学生是很有必要的。作为课程的重要教学环节, 习题课具有帮助学生消化、巩固和深入理解所学知识, 培养、提高学生分析、解决实际问题能力的重要作用。总体讲, 习题课要对概念性的问题进行讨论, 以加深学生对概念的理解; 要对典型问题进行解题思路的引导, 提高分析问题和解题的能力; 要剖析、纠正学生学习中的常见错误, 扫清继续学习的障碍。具体的进行方式, 可灵活多样, 如组织思考题的讨论; 师生共同分析例题; 学生在堂上求解典型题, 教师巡视、从中提出问题组织讨论交流, 教师答疑, 等等。必须遵循的原则是要调动学生的参与意识和热情, 做到教师的主导作用与学生的主体作用的相互结合。而关键则在于针对学生的“学情”, 恰当的选题和实现师生间、学生间的充分沟通。

(2) 由于拉、压问题涉及的基本概念和处理强度问题的方法、步骤在课程中具有普遍的意义, 因此, 本次习题课要着眼于加深重要概念的理解及提高分析、处理强度问题的一般能力。具体选题, 建议考虑如下几个方面。

(a) 加深对概念理解的问题, 可以通过所收集的学生学习过程中的反馈信息编拟题目, 供学生讨论。例如从 $\sigma = N/A$ 看, 应力 σ 与杆件材料无关, 但从胡克定律 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ 看, 又似乎与材料有关。究竟应如何理解、认识应力与材料的关系, 其间的矛盾又如何解释。另外, 教材的思考题也可进行充分的讨论。

(b) 培养和提高学生将概念灵活应用于工程实际的题目。例如,图 1-2a 所示的三角架,改型为 1-2b 所示的形式,载荷 P 及杆长度均不变,若材料拉、压许用应力相等,哪一种形式用料较省?若材料拉伸许用应力小于压缩许用应力,情况又如何?这是一个“应用型”的题目。

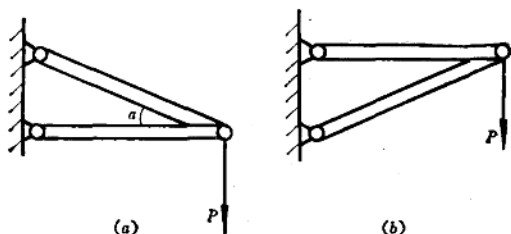


图 1-2

(c) 引导学生正确分析和求解强度问题的题目。例如教材习题 1-12,需区分结构的许可载荷和构件的许可载荷。又如习题 1-14,需区分危险截面和面积最小的截面。这些问题都需要教师进行正确的引导和示范。

建议选用教材习题 1-13、1-15。

5. 第五单元

(1) 材料的力学性能的讲授,如能够和实验紧密配合、合理衔接进行,学生不难理解接受,但它比较零乱繁杂。讲授中以低碳钢的拉伸实验为主线,围绕其应力-应变图讲清拉伸全过程的四个阶段(弹性,屈服,强化,颈缩),三个极限(σ_p , σ_s , σ_b),二类指标(强度,塑性),一个常数(拉压弹性模量)和一条规律(卸载规律)。即四,三,二,一,一。其中弹性极限只需附带提出,而冷作硬化可归并到卸载规律中介绍。这样,可以将这部分内容组织得较有层次。对于其它材料,以及材料压缩时的力学性能,可通过与低碳钢拉伸进

行对比,用突出其特点的方法进行讲授。如能将往届实验破坏后的试件在课堂上给学生传看,教学效果会更好一些。

(2) 材料的力学性能是具体的,由一定的性能数据体现的。对于一个工程技术人员来说,对一些典型材料的性能数据应有足够熟悉的具体了解。为此,教学中对诸如 A3 钢的比例极限、屈服极限、强度极限、弹性模量、延伸率、断面收缩率等,均应给出具体数据并要求学生熟记,还应要求在实验中认真验证。

(3) 要注意区别两种不同含义的安全系数。其一是规定的安全系数,等于极限应力 σ_s 与许用应力 $[\sigma]$ 之比,它是依据各种因素人为规定的,反映了许用应力对极限应力的缩小程度,其大小说明了对构件强度要求的高低。另一个是对应于工作应力的工作安全系数,它等于极限应力 σ_s 与工作应力 σ 之比,其大小说明了工作构件对危险状态的远离程度,反映了构件的实际安全系数。教材许用应力一节涉及的是前者,而习题 1-16 及以后稳定所校核的,则是后者,不加辨别区分,就会造成概念上的混淆。

建议选用教材习题 1-22,以熟悉材料的力学性能数据的意义,以及习题 1-14、1-17,以巩固强度计算的学习。

6. 第六单元

(1) 本单元包括低碳钢、铸铁的拉伸和压缩以及低碳钢弹性模量 E 的测定两个实验。前者的目的是:了解试验机的构造原理、操作规程及使用方法;观察两种典型材料拉、压时的变形及破坏现象;测定它们的强度和塑性指标。后者则是通过对 E 的测定,验证胡克定律。由于是首次实验,要着力强调实验课的重要意义,实验前要通过提问方式检查学生准备和预习实验内容的完成情况。实验中,要做好教师示范操作、学生调试预作、正式实验测定、数据的审核鉴定等环节,并要求做好清理现场等结束工作。实验后,则应要求整理出数据完整、图表齐全、计算无误、结论明确的实验报