

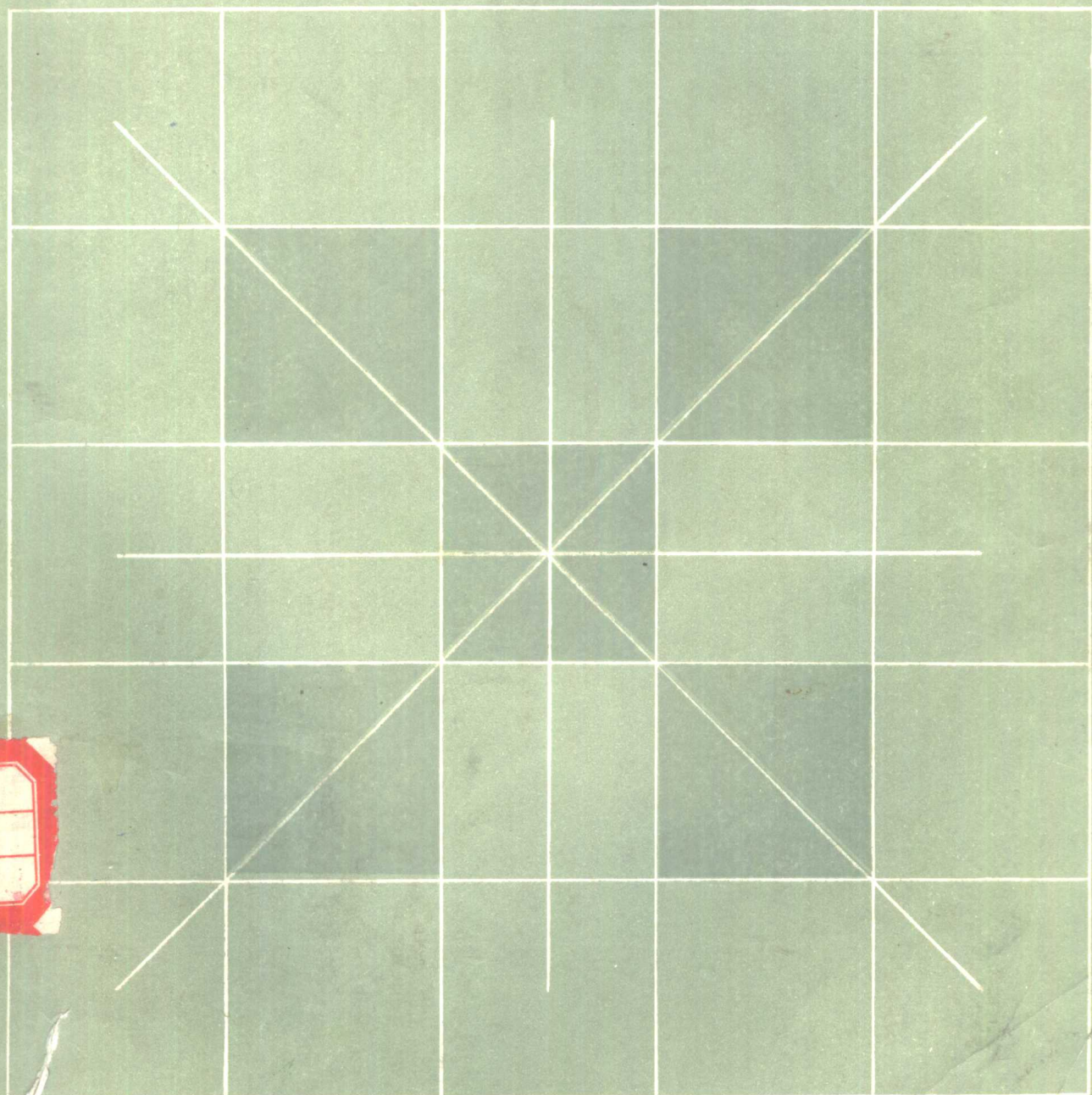
cailianlixuexuexizhidao

刘观蔚

潘孝禄

编

材料力学学习指导



中央广播电视大学出版社

材料力学学习指导

刘观蕬 潘孝禄 编

中央广播电视大学出版社

材料力学学习指导
刘观薪 潘孝禄 编

中央广播电视大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
外文印刷厂印装

开本 757×1082 1/16 印张 13.5 千字 330

1987年7月第1版 1987年10月第1次印刷

印数 1-44000

定价 2.25 元

ISBN 7-304-00017-1/TB·1

前 言

本书是为指导中央广播电视大学机械专业和土建专业的学生学习材料力学课程而编写的。为适应远距离教学的特点,便于自学,编写时,力求重点突出,条理清楚,通俗易懂,讨论详细。

本书是根据中央广播电视大学的《材料力学教学大纲》和电视课上讲授的内容编写的,主要阐述了本课程的教学基本要求,指出了重点、难点以及学习时容易产生的错误;对各章节的基本概念、基本理论和方法要点进行了系统的,简要的归纳总结;并通过一定数量的例题分析讨论,阐述了解题的方法和技巧,以帮助学生巩固所学的知识,掌握正确的解题思路。每章都附有一定数量的编程答案方式的思考题,意在帮助学生弄清一些容易混淆的概念并澄清一些模糊的问题。书内还包括电视课的补充教材、补充习题,以便于学生课后复习参考。书中带有*号的内容是属于加深、加宽的内容,可供自学和辅导教师选用。书后附有《材料力学实验指导书》。

编写本书所根据的教材是国防工业出版社出版,单辉祖主编的《材料力学教程》(本书中简称“教程”),使用时应与该《教程》配套使用。

本书的编写是在潘孝禄副教授的指导下进行的。他对初稿提出了许多修改意见,并最后审定了全部书稿。刘建峰参加了弯曲三章的初稿工作,方慕真编写了该书的实验部分。

由于教学急需,编写时间短促,并限于编者水平,书中可能存在不少缺点和欠妥之处,衷心希望读者和教师批评指正。

编者 1987.2.

目 录

第一部分	材料力学教学大纲	1
第二部分	教学安排——教学进度表	5
第三部分	学习指导	10
第一章	绪论	10
第二章	轴向拉伸与压缩	12
第三章	扭转	31
第四章	梁的内力	47
	[第四章补充教材] *平面刚架的内力和内力图	60
第五章	梁的应力	63
第六章	梁的变形	79
	基本变形部分的总结	95
第七章	应力状态理论和强度理论	101
第八章	组合变形时杆件的强度计算	123
第九章	压杆稳定问题	141
第十章	疲劳强度问题	153
第十二章	能量法	161
	[第十二章补充教材] 续能量法	169
附一	能量法补充习题及思考题答案	186
附二	思考题编程答案	187
第四部分	实验指导书	188
实验一	低碳钢的拉伸实验	188
实验二	拉伸时材料弹性常数的测定	193
实验三	扭转实验	201
实验四	直梁弯曲正应力实验	207
附录	电阻应变仪	211

第一部分 材料力学教学大纲

(机械、土建等专业通用)

一、基本部分

(一) 绪论

材料力学的任务、研究对象,基本假设。杆件变形的基本形式。

(二) 轴向拉伸与压缩

内力概念、截面法、轴力与轴力图。应力概念、拉(压)杆横截面上的应力。许用应力,拉(压)杆的强度条件。

材料在拉(压)时的力学性质。应力——应变图及其特性点:比例极限、屈服极限和强度极限。塑性指标:延伸率和断面收缩率。塑性与脆性材料力学性能对比。

斜截面上的应力。破坏现象分析。

轴向拉(压)时的变形。纵向变形,线应变。虎克定律,弹性模量。抗拉(压)刚度。横向变形,泊松比。

节点位移。简单静不定杆系分析。

拉(压)杆连接部分的强度计算。剪切和挤压的实用计算。

(三) 扭转

功率、转速和外力偶矩的计算。扭矩和扭矩图。薄壁圆管扭转时剪应力。纯剪切。剪应变、剪切虎克定律、剪切弹性模量。剪应力互等定理。

圆轴扭转时横截面上的应力和变形。极惯性矩。抗扭截面模量。抗扭刚度。强度和刚度条件。

圆轴扭转斜截面上的应力。扭转破坏现象分析。

扭转静不定分析。矩形截面杆扭转简介。*密圈螺旋弹簧。

(四) 弯曲

梁的外力,支座和支反力。剪力、弯矩及其方程。剪力图和弯矩图。弯矩、剪力与分布载荷集度间的微分关系,及其在绘制剪力图、弯矩图中的应用。*刚架的内力。

对称弯曲。纯弯曲。对称弯曲正应力公式的建立。弯曲变形基本方程。轴惯性矩。抗弯截面模量。常见截面的惯性矩。平行移轴公式。组合截面惯性矩的计算。弯曲正应力的强度计算。

弯曲剪应力。矩形和工字型截面梁的剪应力公式简介。提高梁弯曲强度的措施。

梁的变形和位移,挠度和转角。梁挠曲线的近似微分方程。用积分法求梁的挠度和转角。

用叠加法求梁的挠度和转角。梁的刚度计算。

简单静不定梁的求解方法。

(五) 应力状态理论和强度理论

应力状态的概念。平面应力状态下的应力分析——解析法和图解法。应力圆。主平面和主应力。三向应力状态下的最大应力。广义虎克定律。

常用强度理论的概念。最大拉应力理论。最大拉应变理论。最大剪应力理论和形状改变比能理论。相当应力的表达式。强度理论的应用。

(六) 组合变形下的强度计算

组合变形的概念。拉伸(压缩)与弯曲组合变形时的应力和强度计算。偏心拉伸(压缩)时的应力和强度计算。双对称截面梁非对称弯曲(双向弯曲)的应力和强度计算。扭转与弯曲组合时的强度计算。

(七) 能量法

外力功。变形能。功能原理。外力功的计算。拉(压)杆、扭转轴、梁和刚架的变形能计算。单位载荷法。功的互等定理和位移互等定理。单位载荷法在求解静不定问题中的应用。冲击载荷和冲击应力简介。

(八) 压杆稳定

压杆稳定概念, 稳定平衡和不稳定平衡。细长压杆临界载荷的欧拉公式。杆端不同约束的影响。长度系数。压杆柔度。欧拉公式的应用范围。临界应力总图。压杆稳定条件及稳定性校核。

(九) 疲劳强度问题

交变应力和疲劳破坏的概念。交变应力及其应力比。 $S-N$ 曲线和材料的疲劳极限。影响疲劳极限的因素和构件的疲劳极限。应力集中概念。

二、分析讨论课内容

1. 轴向拉伸与压缩
2. 梁的内力
3. 弯曲应力和变形
4. 应力状态理论和强度理论
5. 组合变形下的强度计算
6. 单位载荷法的应用

三、实 验

必做的实验有:

1. 低碳钢的拉伸实验;
2. 拉伸时材料弹性模量的测定;
3. 扭转试验;
4. 直梁弯曲正应力实验。

四、材料力学教学大纲说明书

86级大纲暂借助84级的大纲,并对个别部分进行修改而成。更完善、定型的大纲将有待今后进一步修改。

(一) 课程的地位和任务

材料力学是由基础理论课过渡到专业课的一门技术基础课。通过材料力学的学习,要求学生具有对工程计算中有关强、刚度和稳定性问题的基本概念、必要的基础知识和一定的计算能力。

(二) 课程的基本要求

1. 具有将常见零部件或构件简化为力学简图的初步能力。
2. 能够分析杆件在拉、压、扭、弯时的内力,并作出相应的内力图。
3. 能够对杆件的基本变形和组合变形时的应力和变形进行计算。
4. 能对杆件进行强度、刚度计算和稳定性校核。
5. 能用能量法计算位移,对简单静不定问题能进行分析。
6. 对材料的基本力学性能及其测试方法有初步认识,对电测应力方法有初步了解。

(三) 大纲使用说明

1. 教学大纲是进行教学的指导性文件。大纲所列内容是基本内容。有*为选学内容。
2. 分析讨论课是为学生更好地掌握基本理论、基本知识和基本技能,培养学生独立工作能力的教学环节。通过分析讨论和适当的习题演算,进一步引导学生巩固和加深所学知识,并纠正学生在学习过程中发生的错误。

土建类和机械类材料力学的教学要求和深度一样。

五、学时安排

内 容	讲课	分析小结	电影	小计
(一)绪论	1		0.5	1.5
(二)拉伸与压缩	13	1		14
(三)扭转	10	1		11
(四)弯曲				
1. 内力	8	1		9
2. 应力	8			8
3. 变形	6	1		7
(五)应力状态理论和强度理论	8	1		9
(六)组合变形下的强度计算	4	1.5		5.5
(七)能量法	6	1		7
(八)压杆稳定	3			3
(九)疲劳强度问题	3			3
课程总结	2			2
总 计	72	7.5	0.5	80

注 分析小结由教学班自行组织。教材参考《材料力学学习指导》。

第二部分 教学安排

中央电大《材料力学》教学进度表

讲次	教 学 内 容	复 习 材料力学教程 章 节 号	复 习 题	习 题
1	绪论, 材力任务, 材力基本假设, 杆件基本变形形式	第一章 § 1-1, § 1-2, § 1-3	第一章 1~7	
2	材力教学电影, 拉(压)杆内力概念, 截面法	第二章 § 2-1, § 2-2	第二章 1, 2	
3	内力计算, 轴力图, 应力概念	§ 2-2 § 2-3	3 4	第二章 1. (a), (b), (c)
4	拉(压)杆横截面上的应力公式	§ 2-3	5	2, 3, 5
5	材料在拉(压)时的力学性能, 低碳钢的拉伸试验演示, 拉伸图和应力、应变图	§ 2-4	6	
6	其他材料在拉伸和压缩时的力学性能	§ 2-4	7	
7	拉(压)杆的强度条件, 许用应力	§ 2-5	10	6, 8, 9
8	强度条件的应用 拉(压)杆斜截面上的应力	§ 2-6	8 9	11
9	拉(压)杆的变形, 虎克定律, 泊松比试验演示	§ 2-7	11 12	12, 13, 14
10	杆系的节点位移	§ 2-7	13 16	15*, 17
11	静不定杆系分析	§ 2-8	14	20
12	静不定杆系解法	§ 2-8		21, 22
13	拉(压)杆连接部分的强度计算, 剪切与挤压强度条件	§ 2-9	15	27, 28
14	铆接接头, 铆钉群和联轴节的强度计算	§ 2-9		29, 31

续表

讲次	教 学 内 容	复 习 材料力学教程 章 节 号	复 习 题	习 题
15	扭转, 外力偶矩和扭矩计算, 扭矩图。	第三章 § 3-1, § 3-2	第三章 1, 2	1. (a), (b), (c), 2
16	薄圆管的扭转, 剪应力互等定理, 剪切虎克定律	§ 3-3	3, 4, 5	3
17	圆轴扭转时的应力	§ 3-4	6, 7	6
18	极惯性矩, 抗扭截面模量	§ 3-5	8	6, 8, 7*
19	圆轴的强度条件及其应用	§ 3-6	11	9
20	圆轴扭转变形和刚度条件	§ 3-8	12	10, 11, 12
21	圆轴扭转静不定问题, 扭转理论的试验验证	§ 3-6, § 3-8	13	14, 16
22	扭转破坏试验, 斜截面上的应力分析	§ 3-7	9, 10	
23	矩形截面杆的扭转应力和变形, 圆扭综合例题	§ 3-10	15	22, 23
24	圆扭和拉(压)杆基本概念和理论的对比总结	材力学习指导		
25	弯曲概念, 梁的载荷, 支反力和内力	第四章 § 4-1, § 4-2	第四章 1	
26	剪力和弯矩计算	§ 4-3	2	1. (a), (b), (c), (d)
27	剪力, 弯矩方程 剪力、弯矩图	§ 4-4	3	2. (a), (b)
28	分段建立剪力、弯矩方程和作剪力、弯矩图	§ 4-4	4	2. (b), (c) (d), (e), (f)
29	剪力, 弯矩, 载荷集度间的微分关系	§ 4-5	5	5. (a), (b)
30	Q 、 M 、 q 间的微分关系在绘制 Q 、 M 图中的应用	§ 4-5	6	4(a), 5(c), (d), (f),
31	刚架的内力	材力学习指导		补充题
32	问题讨论 Q 、 M 图的规律总结	§ 4-5 材力学习指导		4, (b) 5, (e), 6*

续表

讲次	教 学 内 容	复 习 材料力学教程 章 节 号	复 习 题	习 题
33	梁的正应力 对称弯曲和纯弯	第五章 § 5-1, § 5-2	第五章 1, 2	第五章 1
34	建立对称弯曲的正应力公式	§ 5-2	3, 4	2, 4
35	常见截面和组合截面的 惯性矩, 组合公式, 移轴公式	§ 5-3	5, 6	3, 7, 8, (a) 6*
36	梁弯曲正应力的试验验证			
37	矩形截面梁的弯曲剪应力	§ 5-4	7	9, 11, 12, 13*
38	工字形截面梁的弯曲剪 应力	§ 5-4	8	10
39	弯曲强度条件及其应用	§ 5-5	9	15, 16
40	提高梁强度的主要措施, 变截面梁, 等强度梁	§ 5-7	10, 12	19, 23, 24
41	梁的变形、挠度和转角, 挠曲轴近似微分方程	第六章 § 6-1, § 6-2	第六章 1, 2	第六章
42	计算梁位移的积分法	§ 6-3	3, 4, 5, 6	1. (b), 2. (a), (b) 5, 补充题
43	叠加原理 计算梁位移的叠加法	§ 6-4	8	10, (a), (b) 11, 13
44	梁的刚度条件	§ 6-4	7	7, 12
45	简单静不定梁的分析	§ 6-5 § 6-6	9	16. (a), (c), (d) 17, 18*
46	梁应力和梁变形阶段小结	材力学习指导		
47	应力状态理论, 应力状 态概念, 平面应力状态应力 分析	第 七 章 § 7-1	第七章 1	第七章
48	平面应力状态斜截面上 的应力计算	§ 7-2	2	1. (a), (b) (c), (d) (用解析法)
49	应力圆及其应用	§ 7-3	3	1. (c), (d) 用应力圆
50	最大应力, 主应力, 应力 状态分类	§ 7-4	4, 5	2. (b), (c), 6*

续表

讲次	教 学 内 容	复习 材料力学教程 章 节 号	复 习 题	习 题
51	三向应力状态的最大应力 广义虎克定律	§ 7-5 § 7-6	6, 7	4. (a), (b), 5. (a), (b), (c), 8, 9。
52	强度理论概念, 最大拉 应力理论, 最大拉应变理论	§ 7-8	8	11, 12
53	最大剪应力理论, 形状 改变比能理论, 许用剪应力的 确定	§ 7-9	9, 10	13, 14
54	相当应力的计算 薄壁圆筒的强度计算	§ 7-9	11	16, 17
55	弯拉(压)组合, 偏心拉 (压)的强度计算	第八章 § 8-1, § 8-2, § 8-3,	第八章 1, 2 3,	第八章 2, 3, 5, 9
56	双对称截面梁的非对称 弯曲	第五章 § 5-6	第五章 1, 2, 3	第五章 25, 26,
57	弯扭组合强度计算	§ 8-4	第八章 4	10, 11
58	弯扭拉(压)组合强度计算		5, 6	15, 16
59	能量法, 外力功, 变形能, 功能原理	第十二章 § 12-1 § 12-6 (材力学习指导)	第十二章 1, 2, 3,	第十二章 1
60	变形能计算	§ 12-2	4	17, 18 (材力学习指导)
61	冲击载荷与冲击应力	§ 12-5	8	12, 15
62	单位载荷法	§ 12-3	5, 6	3. (a), 5. (a)
63	单位载荷法的应用			6, 9
64	用单位载荷法分析静不 定结构	§ 12-4 (材力学习指导书)		10, (a), 11, (a) 23* 26*材力学习指导
65	压杆稳定问题, 稳定概 念, 临界载荷的欧拉公式	第九章 § 9-1, § 9-2	第九章 1, 2, 3	第九章 1
66	其他压杆的临界载荷, 临界应力	§ 9-2 § 9-3		3, 5
67	欧拉公式的适用范围, 中柔度杆的临界应力, 临界 应力总图, 压杆稳定条件及 其应用	§ 9-4	4, 5, 6	6, 8, 9, 10*

续表

讲次	教 学 内 容	复习 材料力学教程 章节号	复 习 题	习 题
68	疲劳强度问题, 疲劳破坏特点及其形成过程, 交变应力及其应力比	第十章 § 10-1 § 10-2	第十章 1, 2, 3, 4	第十章
69	$S-N$ 曲线和材料的疲劳极限	§ 10-3	5	
70	影响疲劳极限的主要因素, 构件的疲劳极限, 对称循环下构件的疲劳强度计算	§ 10-4	6, 7, 8, 9	4
71	课程总结			
72	课程总结			

说明:

1. 表中所指定的复习题和习题均选自《材料力学教程》, 能量法部分有少数题选自《材料力学学习指导》(中央电大出版社出版)。

2. 复习时参考《材料力学学习指导》中相关内容进行复习。

第三部分 学习指导

第一章 绪 论

本章内容主要是阐述材料力学的任务,从而明确学习材料力学的目的;确定材料力学研究的对象、范围和方法;并简述杆件变形的基本形式。

一、教学要求和重点

1. 明确材料力学的主要任务和主要研究对象。
2. 初步了解构件的强度、刚度和稳定等基本概念。
3. 弄清材料力学的基本假设及其含义。
4. 一般了解杆件的基本变形形式。

二、基 本 内 容

(一) 主要名词术语和基本概念一览

内 容	页数	内 容	页数
构 件	1	变截面杆	5
杆件(梁)	4	变 形	1
直 杆	5	强 度	3
曲 杆	5	刚 度	3
等截面杆	5	稳 定	3

注 页数指《教程》中的页数。

(二) 重要概念

1. 构件——组成机械的零件和结构的元件。
2. 杆件——横向尺寸远小于纵向尺寸的构件。
3. 变形——构件尺寸和形状的变化。
4. 强度——构件抵抗破坏的能力。

研究强度问题是要保证物体在一定的外力作用下,安全可靠地工作而不发生破坏。

5. 刚度——构件抵抗弹性变形的能力。

研究刚度问题是要保证物体在外力作用下,所发生的变形或位移不得超过所规定的限度。

6. 稳定——构件维持其原有平衡形式的能力。

研究稳定问题是要保证构件在所规定的使用条件下不产生失稳现象。

(三) 材料力学的任务、研究对象

1. 材料力学的任务是研究构件在外力作用下的变形、受力和破坏的规律, 为合理设计构件提供有关强度、刚度和稳定性分析的基本理论和方法。也就是说为了使结构满足强度、刚度和稳定的要求, 必须使构件具有合理的截面形状和尺寸。

2. 材料力学研究的对象主要是杆件。

(四) 基本假设

为了便于对杆件的强度、刚度和稳定性等问题进行理论分析和简化设计计算, 对构件材料的主要性能作出了三点假设:

1. 连续性假设——假设构件的整个体积内均毫无空隙地充满了物质。即认为材料是密实无隙的。这样, 构件中的一些物理量即可用坐标的连续函数表示, 并可采用无限小的分析方法。

2. 均匀性假设——按照统计学的观点、将材料看成是均匀的, 即认为材料的性能与其所在位置无关。

这样, 从构件内部任何部位所切取微体都具有与构件完全相同的力学性质。

3. 各向同性假设——沿各个方向均具有相同的力学性能, 即与其方向无关。

概括地说: 假设构件材料连续均匀和各向同性。这是从宏观研究工程构件强度时所作的近似简化。材料力学的理论就是建立在这些假设之上, 即以后谈到构件时, 总认为它们是处处密实、均匀并且各向同性。

(五) 构件变形的基本形式

在不同形式的外力作用下, 杆件的基本变形形式有三种: 轴向拉伸(压缩)、扭转和弯曲。以后的章节分别作详细讨论。

三、学习材料力学的方法

材料力学是以理论力学课程为基础的一门技术基础课, 是为后继课程机械零件、结构力学的学习提供必要的技术理论基础。因此学习材料力学时, 应掌握其本身的特点和方法。

1. 重视基本理论。要注意对材料力学基本理论的理解, 掌握材料力学分析问题的基本方法, 即从力学、几何和物理等三个方面来分析问题的基本方法。这一方法贯穿在整个材料力学的始终。这也是与理论力学的显著区别之一。但是, 由于材料力学研究的内容主要限于小变形的范围, 因此理论力学中有关受力分析、静力平衡的方法在材料力学中依然是适用的。

2. 学习时应注意力学模型是怎样从实际中抽象出来的, 又是如何进行简化和假定的, 以及所得到的理论性结论和计算公式应用时的条件限制。

3. 材料力学比理论力学更接近工程实际, 在学习到一定阶段时, 要注意综合应用其它课程的基本理论知识去分析和解决简单构件或零件的强度、刚度和稳定性问题。

4. 通过材料力学的学习和训练, 随时注意总结解题的经验和技巧, 不断提高运算能力。要重视数字计算和结果校核, 力求准确、迅速而又简练地得出结论。

5. 实验是材料力学课的重要教学环节, 是培养实验技能的重要手段。学习中应重视实验操作, 上好实验课。通过实验观察测定材料的性能, 并对在一定假设基础上建立的理论公式进行验证。

第二章 轴向拉伸与压缩

本章讨论杆件在轴向拉伸、压缩时的强度和刚度计算,并介绍了材料力学的一些基本概念、基本理论和分析方法。拉伸、压缩是杆件最简单的受力形式。拉压变形所涉及到的概念、理论和方法在材料力学中具有一定的普遍性,因此,掌握好本章内容将有助于后续章节的学习。

本章重点:

1. 内力(轴力)、截面法、应力、应变、虎克定律及拉压强度条件。
2. 材料力学性能、低碳钢的应力应变图及其特性点。

本章难点:静不定杆系的分析方法和步骤。

一、教学要求和重点

1. 建立杆件内力、轴力的概念,熟练掌握用截面法计算轴力,画轴力图。
2. 建立正应力、剪应力和许用应力的概念。
3. 掌握轴向拉、压时强度条件及其应用。
4. 通过直杆拉伸时斜截面应力的分析,初步了解应力的随所在截面的方位而变化。
5. 建立变形、正应变和抗拉(压)刚度的概念,掌握轴向拉、压时的虎克定律及其应用。
6. 了解横向变形系数,即泊松比 μ 。
7. 对低碳钢试件在拉伸过程中反映出的力学性能和现象要有明确的了解。
8. 了解材料力学性能的主要指标。
9. 了解塑、脆性材料的力学性能差异。
10. 了解一度静不定杆系的解法,并注意变形协调条件和补充方程的建立。
11. 了解拉(压)杆连接件的强度计算方法。

二、基本内容

(一) 重要概念

1. 轴向拉伸(压缩)——外力或外力的合力作用线沿杆件轴线,使杆件发生的主要变形为轴向伸长(缩短)称为轴向拉伸(压缩)。这类杆件称为拉(压)杆。

2. 内力——杆件在外力作用下发生变形,同时在构件内部相连部分之间便要产生相互作用力,这个力在材料力学中称为内力。在拉(压)杆中,只存在一种内力——轴力,其矢量方向沿着轴线。

3. 应力——在杆件 $m-m$ 截面上任一点 K 的周围取一微小面积 ΔA , 而 ΔP 为作用在 ΔA 上的内力合力,其极限值为

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

称为内截面 $m-m$ 上 K 点处的应力。如图 2-1 所示。

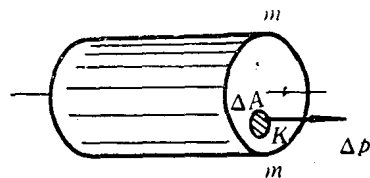


图 2-1