

新 XIN SANDAO CONGSHU
三导丛书

材料力学

(高教·刘鸿文·第五版·I, II册)

导教·导学·导考

王长连 孟庆东◎主编

- 课程过关 (典型例题解析)
- 考研备考 (考研真题分析)
- 教师备课 (重点难点归纳)

西北工业大学出版社

新三导丛书

材料力学导教·导学·导考

(高教·刘鸿文·第五版)

主编 王长连 孟庆东

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据现行本科材料力学教学大纲,参考刘鸿文主编、高教社出版的《材料力学 I》(第 5 版)全部章节和《材料力学 II》(第 5 版)部分章节而编写的教学参考书。全书共 13 章及附录 I ~ VI,内容包括绪言、绪论、拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力和应变分析、强度理论、组合变形、压杆稳定、动载荷、交变应力、能量方法、超静定结构和平面图形的几何性质等。每章结构为教学基本要求、教学建议、典型例题、自学指导和习题精选详解五部分。全书典型例题和精选详解习题近 300 道,可作为“材料力学 300 题详解”使用。

本书内容丰富、结构新颖、文字简洁、叙述明晰、例题典型、习题精选详解;另外,还有自学指导、考核内容等,可以说是目前市场上少有的教与学的参考书。

鉴于知其教必知其学的道理,读者对象为大学讲授材料力学课程的教师和准备考研的莘莘学子,以及在在校本科大学生;对于广大成人高校,大专、高职以及中专力学教师和想进一步提高材料力学水平的科技人员,也有一定的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学导教·导学·导考/王长连,孟庆东主编. —西安:西北工业大学出版社,2014.7
(新三导丛书)

ISBN 978-7-5612-4048-9

I. ①材… II. ①王…②孟… 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 (2014) 第 170662 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:<http://www.nwpu.com>

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:24

字 数:740 千字

版 次:2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价:49.00 元

前 言

材料力学是现代很多学科和工程技术的基础,也是理工科院校的一门重要的技术基础课,它具有二重性,是成才的重要基础知识之一。

浙江大学刘鸿文教授主编的《材料力学》,是一部适合我国国情,深受广大师生热爱的优质教材。1997年曾获国家级教学成果一等奖,国家科技进步二等奖;普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是历届理工科考研命题的主要参考资料之一。30多年来,一版再版,历经千锤百炼,使之内容更加精炼、结构更加合理、更符合当前我国高等院校教学改革,提高教学质量之精神。为了使读者更好的理解本书内容、扎实掌握本书的重要知识点、便于解题、易于考研,受西北工业大学出版社之约,依据本书第5版编写了这本《材料力学导教·导学·导考》。

本书共13章和6个附录,其内容包括绪言、绪论、轴向拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态、强度理论、组合变形、压杆稳定、动载荷、交变应力、能量方法、超静定结构和平面图形的几何性质等。每章内容为教学基本要求、教学建议、典型例题、自学指导和习题精选详解五部分,每部分的编写要求:

1. 教学基本要求。会本章的内容概述,明确教与学的目的,知三基内容,能掌握重点、难点。
2. 教学建议。会章节单元划分,能掌握每一单元的主要教学内容,能将难讲的点和不好讲的概念讲清楚,会进行重点内容的考核。
3. 典型例题。以期终考试或考研题为主,每章列举6~15个典型范例,并对所选典型题进行评注。
4. 自学指导。根据每章的内容特点,指导怎样突破重点、难点,如何进一步深造。
5. 习题精选详解。每章习题遴选约一半题量和有一定难度的题进行解答,或者提示性解释。附录中还附有课程考试真题3套,并附有参考答案。

在编写中,我们一直遵循《高等工业学校材料力学课程教学基本要求》,具有通用性,因而也适合于采用其他同类版本的《材料力学》读者。

为了方便读者,对应着教材看参考书,除第13,14章变为第12,13章外,书中章节、次序和习题编号,均与原教材一模一样。

总之,本书的特点:一导教份量比较重,重点写了编写教案所需的一切知识点;其实导教知识点,也就是学生学习重点掌握的知识点。这样写一便于青年力学教师备课,二学生知道老师是如何组织教学的,对于导学、导考具有特殊指导意义;二全书典型例题(多为期末及考研题)和精选详解习题近300道,可作为《材料力学300题详解》使用;三内容丰富、结构新颖、文字简洁、说理明白、例题典型、习题精选详解;另外,还有教学建议、自学指导、考核内容等,可以说是目前市场上少有的教与学的参考书。

鉴于知其教必知其学的道理,读者对象为大学本科青年力学教师、准备考研的莘莘学子、在校本科大学生;其实,对于成人高校、高职高专以及中专力学教师和想进一步提高材力水平的科技人员,也有不错的参考价值。

参加本书编者有王长连(绪言,第1,7,8,9,10,11,12,13章与全部附录),孟庆东(第2,3,4,5,6章),王蓉(7~13章例题、习题的电算及插图处理),史筱红(协助主编校对、核算样稿),杨龙飞、闫洋洋(2~6章插图描绘,习题校对、核算)。在编写过程中,编者之间相互切磋、校正,后由王长连统稿。王长连、孟庆东教授任主编。

本书在编写过程中,始终得到西北工业大学出版社编辑室付高明主任的指导与帮助;并借鉴、引用了一些同类教材中的例题、图表与资料,其文献名称均在参考文献中一一列出,谨此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之对刘鸿文教授主编的《材料力学》理解的不甚深透,错误、疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

绪言	1
0.1 为什么要学习材料力学	1
0.2 怎样教好材料力学	1
0.3 怎样学好材料力学	2
第 1 章 绪论	5
1.1 教学基本要求	5
1.2 教学建议	6
1.3 典型例题	9
1.4 自学指导	13
1.5 习题精选详解	13
第 2 章 拉伸、压缩与剪切	16
2.1 教学基本要求	16
2.2 教学建议	16
2.3 典型例题	20
2.4 自学指导	30
2.5 习题精选详解	31
第 3 章 扭转	54
3.1 教学基本要求	54
3.2 教学建议	55
3.3 典型例题	58
3.4 自学指导	65
3.5 习题精选详解	65
第 4 章 弯曲内力	73
4.1 教学基本要求	73
4.2 教学建议	73
4.3 典型例题	75
4.4 自学指导	86
4.5 习题精选详解	87

第 5 章 弯曲应力	98
5.1 教学基本要求	98
5.2 教学建议	98
5.3 典型例题	102
5.4 自学指导	110
5.5 习题精选详解	111
第 6 章 弯曲变形	121
6.1 教学基本要求	121
6.2 教学建议	121
6.3 典型例题	124
6.4 自学指导	134
6.5 习题精选详解	135
第 7 章 应力和应变分析、强度理论	150
7.1 教学基本要求	150
7.2 教学建议	150
7.3 典型例题	155
7.4 自学指导	168
7.5 习题精选详解	169
第 8 章 组合变形	183
8.1 教学基本要求	183
8.2 教学建议	183
8.3 典型例题	186
8.4 自学指导	197
8.5 习题精选详解	198
第 9 章 压杆稳定	210
9.1 教学基本要求	210
9.2 教学建议	210
9.3 典型例题	216
9.4 自学指导	223
9.5 习题精选详解	224
第 10 章 动载荷	231
10.1 教学基本要求	231
10.2 教学建议	231
10.3 典型例题	234

10.4	自学指导	241
10.5	习题精选详解	242
第 11 章	交变应力	249
11.1	教学基本要求	249
11.2	教学建议	249
11.3	典型例题	253
11.4	自学指导	261
11.5	习题精选详解	261
第 12 章	能量方法	271
12.1	教学基本要求	271
12.2	教学建议	272
12.3	典型例题	275
12.4	自学指导	283
12.5	习题精选详解	284
第 13 章	超静定结构	298
13.1	教学基本要求	298
13.2	教学建议	299
13.3	典型例题	303
13.4	自学指导	317
13.5	习题精选详解	317
附录 I	平面图形的几何性质	333
I.1	教学基本要求	333
I.2	教学建议	333
I.3	典型例题	336
I.4	自学指导	343
I.5	习题精选详解	344
附录 II	期末考试及考研题(附答案)	352
附录 III	常见截面形状的几何性质	363
附录 IV	简单载荷下梁的挠度与转角	365
附录 V	常用材料的力学性能	367
附录 VI	量度单位换算表	370
	主要参考文献	374

绪 言

0.1 为什么要学习材料力学

人的生存需要多方面的知识,略微有点生活、生产常识的人,或者广大工程技术人员都清楚,要保证工程安全、经济、实用,必须使组成各种工程结构的构件,满足强度、刚度和稳定性的要求;也就是说,保证各种工程安全、经济、使用的条件,在载荷及其他因素作用下,构件不发生破坏,弹性变形应在工程上允许的范围之内,且能维持原有的平衡状态。

那么,材料力学在这当中起什么作用呢?也就是说,为什么要学习材料力学呢?

(1)材料力学是与机械、土建、水利等工程实际紧密联系的一门重要的技术基础学科。它的研究对象是各种构件,它的任务就是在满足构件强度、刚度及稳定性的要求下,以最经济的代价,为构件确定合理的截面形状和尺寸,选择合适的材料,是构件设计必要的理论基础和计算方法。

(2)该课程在其学科的知识结构中,处于连接基础知识和专业知识的重要一环,其中的一些理论和方法不仅是后续课程,如结构力学、弹性力学、机械零件、建筑结构、工程设计、工程施工等课程的必备学习基础,而且能直接用于工程实践;其研究问题、解决问题的方法,在科学研究和工程应用方面亦有代表性。本课程以培养基础扎实,适应性强,具有创新精神和实践能力,素质全面的应用型技术人才为目标;以讲清概念,强化应用为重点的原则来确定本课程的主要教学内容和体系结构,为学生进一步学习和工作打下坚实基础。

(3)材料力学中的选取研究对象、假设用截面分离研究对象的截面法,内力、应力、应变、强度、刚度和稳定性等概念,都已经渗透到广大人们的学习、生活之中,可以这样说,没有一定的材料力学知识,连一些报刊、杂志的有关内容都看不懂。也就是说,材料力学不仅是工程技术人员的必修课,而且已是工程技术人员和普通知识大众的一种文化元素,是广大知识分子不可或缺的生产、生活常识。

因此,广大科技人员,工程技术人员,要想在工程上有所造诣,在生活中知识丰富,那就必须学好材料力学。

0.2 怎样教好材料力学

材料力学是一门理论性、实践性都很强的课程,教好它实属不易,现在提9点建议,仅供参考。

(1)首先要对材料力学的基本概念、基本理论、基本方法有深入的理解,熟练掌握所涉及到的公式、概念,以及它们之间的关系;俗话说,要给学生一桶水,自己要有十桶水。即作为一位材料力学老师知识要丰富,不仅要熟练掌握材力知识,还要了解它的相关的工程知识和社会知识,且要有很好的口头表达能力,良好的道德情操,在学生中有较高的威信,学生从心里尊重你,爱戴你,愿意听你的课,把听你的课当成一种享受。

(2)材料力学是一门技术基础课,学习它要有一定的文化基础,如物理、数学和理论力学等知识;对于后续力学课,如结构力学、弹性力学、塑性力学和断裂力学等,也要有所了解,不了解这些力学知识,就很难真正弄懂材料力学;再者对于相应基础课、专业课,如机械零件、机械原理、机械设计基础等也应有所了解,了解了这些课程就知道材料力学知识用在哪些地方,用到什么程度,针对需要去讲授,才能讲深、讲透、讲活、讲得实用,才能真正达到学习材料力学的目的。

(3)根据教学内容、学时、学生接受能力划分教学单元,针对每单元内容主次,怎样突出重点,攻克难点,把教学中的难讲的点、不好讲的概念讲清楚,且要有所创新,主动扫除学生学习中的拦路虎。讲课切忌平铺直叙,讲到那里哪里歇。

(4)经常了解学生听课的反映,及时解决学生的疑难,激发学生的学习兴趣。适当地进行测试、讲评,使学

生了解自己的学习情况,做到教者心中有数、有的放矢。

(5)讲课形式要多种多样,可根据不同的讲课内容采用不同的讲课形式,使讲课形式为讲授内容服务。多采用启发式、讨论式,能用课件的尽量用课件。要做到讲课民主,学生自主,学生敢于随时随地的发表自己的不同见解,努力培养创新人才。

(6)要脚踏实地亲自解答 300 道左右的习题,掌握解题的思路、规律。合理地布置作业,知道哪些概念、哪些公式、用哪些习题去练习合适;并认真地批改作业,及时讲评作业情况。

(7)要善于自学,要明确读书的目的,要多学对自己教学有用的东西。当今世界书刊文献浩如烟海,使人目不暇接,读不胜读。如果不加选择,乱读一气,只会苦了自己,难有收获。再说书有好坏、优劣之分,在同类书中有精品也有次货。读书要读好书,以使用有限的时间,读最有价值的书,获得最大的读书效益。俄国文艺评论家别林斯基说过“阅读一本不适合自己的书,比不读书还坏。”所以老师要教好书,必须读些精典力学,不但中国的要读,外国的也要读,使自己见多识广,最大限度地满足教学的需要。

(8)要养成有条有理的工作习惯,要对自己做题的准确性有正确的认识。大科学家钱学森曾说过“科学教育工作者必须养成有条有理进行工作的习惯,要加强理论工作基本技巧的锻炼。力学从数学方法和演算技巧都是很讲究的。力学计算不仅要求在一般原理原则上会论证推演,而且还要能算出正确的结果”。作为一名力学教师必须做到这一点,如果在讲课中经常出计算错误,连你自己都不知算的准不准,那么学生还相信你讲的正确与否吗?如这样,你讲得再好在学生中也就没有多大威信了。所以说,老师学的知识一定要准确、严谨,经得起学生推敲、追问。总之,打铁必须砧子硬。

(9)教师的服务对象是学生,要想教好书,必须了解学生的学习心态和学习方式、方法,要学点心理学。关于学生怎样学好材料力学,任课老师要有所了解;若要了解这方面情况,请请看下面 0.3 节。

0.3 怎样学好材料力学

材料力学是一门技术基础课,所以学习它要有一定的文化基础,如物理、数学和理论力学等知识。然而,即使具备了上述基础知识,学好它也是有一定难度的。那么,怎样才能学好材料力学呢?现在提 4 点建议,仅供参考。

1. 认真理解、掌握材料力学的每一个重要概念

材料力学课程内容具有很强的连续性,前面学习的内容就是后面内容学习的基础,前面学不会,后面很难学,比如,构件的内力分析是构件强度、刚度计算的基础,如果构件的内力分析没有学好的话,那么后面的内容就很难学了。也可以这样说,只要按部就班地学好前面的重点知识,那么后面的知识也才能好学。因此,在学习每部分知识时,都要扎扎实实,循循渐进,弄懂每一个重要概念和定理,并且学到后面的内容时,根据学习需要,随时随地复习前面的相关知识。

再者,要学会抓重点、难点。所谓重点系指在所述问题中,起决定作用的知识 and 理论。写的比较好的教科书,对于重点或者是既是重点又是难点的内容或章节,一般表述的都较详尽。对于这样章节要重点看、仔细看,若弄不懂这些章节的重点内容,那么就很难继续学下去了。

2. 认真做一定数量的习题

材料力学还有一个特点,那就是各种各样的计算比较多。所以学习材料力学时,理论学了后一定要认真地做一定数量的习题,如果学了理论不会解题,或者一做就错,那是没有意义的,甚至将来在实际工程中可能会出事故,只有会动手解题,才能更好地掌握理论。尽管题型是多种多样的,受力情况也是千变万化,但计算原理是相同的,只要多看、多做练习题,就会对常见形式的题目进行计算,而且也能举一反三,触类旁通。

建议读者每章都要认真地做 5~8 道习题,弄懂题目中所涉及到的理论、概念,只要坚持这样做,那么全书的基本概念、基本理论也就自然掌握了。这一法宝已被广大力学工作者所证明,望同学们认真遵循这一规则。伟大科学家钱学森说过“做习题需要算得“又快又好”,而算得“又快又好”,没有别的办法,只能多算题,熟能生巧。“巧”又必须先记熟许多基本数学关系,而且还要会熟练应用。有人不赞成熟记公式,主张用的时候去查

笔记或手册,那就不妨算一算,一生工作中浪费在反复查阅笔记的时间有多少,就知道比较便宜的办法还是花些时间把它们记在脑子里。”

也就是说,要想学好材料力学,不认真做一定数量的习题是永远学不好的。

关于做习题的事再多说几句。做题练习,是学习工程计算学科的重要环节;不做一定数量的习题,就很难对基本概念和方法有深入的理解,也很难培养较好的计算能力。但是做题也要避免各种盲目性。

(1)不看书,不复习,埋头做题,这是一种盲目性。应当在理解的基础上做题,通过做题来巩固和加深理解。

(2)贪多求快,不求甚解,这是另一种盲目性。有的习题要精做,一道题用几种方法做,往往比用一种方法做几道题更有收获。

(3)只会对答数,不会自己校核和判断,这也是一种盲目性。要养成校核习惯,学会自行校核的本领。在实际工作中,计算人员要对自己交出来的计算结果负责。这种负责精神应当尽早培养。

(3)做错了题不改正,不会从中吸取教训,这又是一种盲目性。做错了题不改正,就是轻率地扔掉了一个良好的学习机会。特别不要放过一个似是而非的模糊概念,因为认识真理的主要障碍不是明显的谬误,而是似是而非的“真理”。错了,也要错个明白。

3. 在学习中要善问

(1)多问出智慧。学习中要多问,多打几个问号“?”,问号“?”像一把钥匙,一把开启心扉和科学迷宫的钥匙。

学习中提不出问题是学习中最大的问题。从学生提出的问题可以了解他学习的深浅。发现了问题是好事,抓住了隐藏的问题是学习深化的表现。知惑才能解惑。学习和研究就是困惑和解惑的过程。正确敏锐地提出科学问题,是创新的开始。

(2)追问与问自己。重要的问题要抓住不放,要层层剥笋,穷追紧逼,把深藏的核心问题解决了,才能达到“柳暗花明”的境界。溯河追源,剥笋至心。追到核心处,豁然得贯通。

问老师、问别人,更要问自己。

好老师注意启发性,引导思考,为学生留出思考的空间。学习时更要勤于思考,善于思考,为自己开辟思考的空间。

(3)学问与学答。应试型教育,只强调“学答”(对已有答案的问题,背诵并重述其答案)。创新型教育,要学更要问(包括尚无答案的问题)。

“做学问,需学、问。只学答,非学问”(李政道语)。

4. 要学会校核

计算的结果要经过校核。“校核”是“计算”中应有之义,没有校核过的计算结果是未完成的计算结果。

出错是难免的,重要的是要会判断、抓错和改错。判断是对计算结果的真伪性和合理性作出鉴定。抓错是分析错误根源,指明错在何处,“鬼”在哪里,把“鬼”抓出来。改错是提出改正对策,得出正确结果。改错不易,判断、抓错更难。

关于判断和校核,还可分为三个层次:另法细校、行估粗算和定性判断。

另法细校:细校是指详细的定量的校核。细校不是重算一遍,而是提倡用另外的方法来核算。这就要求校核者了解多种方法,掌握十八般武器,并能灵活地运用,选用最优的方法。

毛估粗算:粗算是指采用简略的算法对计算结果进行毛估,确定其合理范围。这就要求粗算者能分清主次,抓大放小,对大事不糊涂。毛估粗算有多种做法:选取简化计算模型,在公式中忽略次要的项,检查典型特例,考虑问题的极限情况等。

定性判断:定性判断是根据基本概念来判断结果的合理性,而不进行定量计算。试举力学中常用的几个例子:

(1)采用量纲分析,判断所列方程是否有误。

(2)根据物理概念,看答案的数量级和正负号是否正确。

(3)根据误差理论,估计误差的范围。

不细算而能断是非,断案如神,既快又准,这是工程师应具备的看家本领,也是每个工程师和有心人应尽早学会的本领。这个“神”不是来自天上,而是来源于扎实的理论 and 经验积累。

计算机引入力学后,增强了进行大型计算、分析大型结构的能力。在大型计算中,如果不会定性判断,不会抓错、改错,那是很危险的。计算机并不排斥力学理论,而是要求我们更深更活地掌握力学理论。

总之,要学好材料力学,必须认真理解每一个重要概念,认真做一定数量的习题,还要善问、会校核、注意创新;作学问,要既学又问,问是学习的一把钥匙;学和用要结合,在学中用,在用中学,用是学的继续、检验和深化;在学习中要有创新意识,有所创新;对于核心内容要熟练掌握,对于重点难点一定要设法搞懂,因为它们是力学的重要内容,又是拦路虎,不弄懂它们就达不到学习材料力学的目的;至于采用什么方法解决,因难点的困难程度而异,有的可以采用攻坚战,有的可以使用迂迴战,反正不管难点有多么难,一定要想法搞懂。对于次要内容只作一般了解就是了,千万不要眉毛胡子一把抓。

第 1 章 绪 论

1.1 教学基本要求

1.1.1 内容概述

材料力学是固体力学的一个重要分支,它研究的对象为构件,主要研究构件的强度、刚度和稳定性问题。它的任务就是在满足强度、刚度和稳定性的要求下,为设计既经济又安全的构件,提供必要的理论基础和计算方法。研究构件的强度、刚度和稳定性时,应了解材料在外力作用下表现出的变形和破坏等方面的性能,即材料的力学性能。对固体变形的研究还应作下列假设:均匀连续性假设和各向同性假设。本章为绪论部分,应着重理解相关概念。

1.1.2 目的要求

- (1)了解材料力学的研究对象和任务;
- (2)理解强度、刚度和稳定性的概念;
- (3)了解变形固体及其基本假设;
- (4)了解内力、截面法与应力;
- (5)了解变形、位移与应变的概念;
- (6)了解杆件变形的基本形式。

1.1.3 三基

(1)基本概念:外力、内力、截面法、应力,弹性与塑性,强度、刚度和稳定性,位移、变形及应变,杆件变形的基本形式。

(2)基本理论:胡克定律,材料的均匀连续、各向同性假设,弹性、塑性与小变形理论。

(3)基本方法:材料力学有一套成熟的分析方法,若有意识地掌握这些分析方法,将在学习力学中会得到事半功倍的成效。其主要基本分析方法有下述几种:

1)受力分析法。它是指分析结构或构件受哪些力,哪些是已知力,哪些是未知力,已知力与未知力间有什么关系,通过什么途径计算出所需未知力。在力学中,将这一分析过程称为结构的受力分析。实践证实,能否熟练掌握这一分析方法,是能否学好材料学的关键。

2)截面法。它是指当要求某一杆件某截面上的内力时,假想的用一截面将其截开,取其中任一部分(哪部分方便取哪部分)为研究对象,画出分离体、受力图,利用平衡条件求出所需内力。它是四种基本变形,乃至组合变形求内力的通用方法,一定要重点掌握。

3)变形连续、各向同性假设分析法。变形固体,在变形前或变形后是否都连续呢?不见得。为了计算简单,为了能用数学公式,而是不管它连续或是不连续,一律假设成均匀连续,各向同性,这就给各种计算带来很多方便,且也能满足一般工程需要。若要进行精确计算,只有采用《断裂力学》的处理方法了。

4)物理关系分析法。在弹性范围内,力与变形成正比,这就是力与变形的物理关系,利用这一关系,可方便地解决变形与内力间的一些问题。

5)小变形分析法。小变形是指,结构或构件在变形前后,尺寸相比相差很小,在变形计算中可以用原尺寸,可用叠加原理计算内力和变形。

6)刚化分析法。在研究变形固体的平衡条件时,为了分析简便,可将变形固体视为刚体,并认为此刚体仍处于平衡状态。

7)实验法。它是力学研究中的一个重要方法,它能将力学涉及到的材料力学性质,各种材料间的应力—应变关系等用实验来解决。

1.1.4 重点难点

重点:变形固体的基本假设、外力、内力、应力、位移、应变、弹塑性、小变形、强度、刚度和稳定性的概念。

难点:变形固体的基本假设、应力与应变、强度、刚度和稳定性概念的建立。

1.2 教学建议

1.2.1 教学单元划分

绪言1学时,本章3学时,两者合并分为2个教学单元。

第一单元,先讲为什么要学习材料力学和怎样学好材料力学,然后再讲材料力学的任务,变形固体的基本假设,外力及其分类、内力与截面法。

第二单元,讲授应力、变形、应变、杆件变形的基本形式,小结。

1.2.2 各单元教学重点内容建议

1. 第一单元讲授重点内容

(1)为什么要学习材料力学和怎样学好材料力学。这些内容绪言中都有详细的讲述,照讲就行了。

(2)材料力学的任务。构件是组成机械和结构的零部件统称,它必须有足够的承载能力(简称承载能力)。材料力学就是研究构件承载能力的一门科学。构件承载能力分为三方面:①构件抵抗破坏的能力称为构件的强度。②构件抵抗变形的能力称为构件的刚度。③构件保持原有平衡形式的稳定性。

总之,材料力学的任务是为构件提供强度、刚度、稳定性的计算理论和方法,从而选用适宜的材料,选择合理的截面尺寸,确定许用载荷,达到既安全又经济的目的。

(3)变形固体及基本假设。材料力学研究的对象为构件,而构件都是变形固体。变形固体有两个基本假设:均匀连续和各向同性假设。

弹性与塑性:

1)当外力不超过一定值时,去除外力后能恢复原有形状和尺寸,材料的这种性质称为弹性,去除外力后能消失的变形称为弹性变形。材料力学主要研究弹性范围内的小变形。

2)当外力超过一定值时,外力去除后,变形只能部分恢复而残留下一部分不能消失的变形,材料的这种性质称为塑性,不能恢复而残留下来的变形称为塑性变形(或称残余变形)。

(4)外力。外力是指施加在构件上的外部载荷(包括支座反力)。按其作用方式可分为体积力(场力)和表面力(接触力)。体积力是连续分布在构件内部各点处的力,表面力是直接作用于构件表面的分布力或集中力。载荷按随时间变化的情况,又分为静载荷和动载荷,而动载荷又可分为交变载荷和冲击载荷。材料力学以分析静载荷问题为基础。

(5)内力与截面法。材料力学中的内力,是指在外力作用下,物体内部各部分之间因外力而引起的附加相互作用力,即“附加内力”。其附加内力是分布于截面上的一个分布力系,我们把这个分布力系在截面上某一点简化后得到的主矢和主矩,称为该截面上的内力。内力在外力作用下随着外力的增加而增加。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。求内力的基本方法是截面法。所谓截面法,是用一截面假想地把构件分成两部分,以显示并确定内力的方法。用截面法求内力的四步曲为截、取、代、平。

需要强调指出,截面法截开欲求内力而使构件一分为二;取与弃的原则是弃掉较复杂部分,而取较简单

部分进行研究;一般说来,在空间问题中,内力应有6个内力分量,合力的作用点为截面形心;平衡是力的平衡,并非应力的平衡,这在材料力学中贯穿始终。

2. 第二单元教学重点内容

(1) 应力、正应力和切应力。在外力作用下,根据连续性假设,物体任一截面的内力是连续分布的,截面上任一点内力的密集程度(内力集度),称为该点的应力。应力是一个矢量。一点处的应力可以分解为两个应力分量。垂直于截面的分量称为正应力,用符号 σ 表示,规定和截面外法线方向一致的应力为正,反之为负;和截面相切的应力称为切应力,用符号 τ 表示,对物体内任一点取矩,产生顺时针方向力矩的切应力规定为正,反之为负。应力单位为Pa(帕斯卡), $1\text{ MPa}=10^6\text{ Pa}$, $1\text{ GPa}=10^9\text{ Pa}$, $1\text{ Pa}=1\text{ N/m}^2$ 。应当注意:应力的量纲和压强的量纲相同,但是两者的物理概念是不同的,压强是单位面积上的外力,而应力是单位面积上的内力;两个应力分量分别和材料的两大类断裂现象(拉断和剪切错动)相对应。

(2) 变形、位移、线应变和切应变。变形是指受力物体形状和大小的变化,位移是反映物体一点的变形情况,它可以归结为长度的改变和角度的改变,即线变形和角变形。单位长度线段的伸长或缩短定义为线应变。切应变是指给定平面内两条正交线段变形后其直角的改变量,即线应变和切应变是度量一点处变形程度的两个基本量。

通常以 ϵ_m 表示单位长度内的伸长或缩短,即平均线应变;以 ϵ 表示线段沿某一方向趋近于一点时的线应变,线应变规定伸长为正,缩短为负。

通常以 γ 表示切应变或角应变,切应变与给定点及所定义的坐标轴有关。通常当直角变形后小于 $\pi/2$,定义 γ 为正;反之,当直角变形后大于 $\pi/2$,则 γ 为负。在小变形问题中,切应变近似地表示为 $\gamma \approx \tan\gamma$ 。

在此强调:

① 线应变 ϵ 和切应变 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,不同平面的切应变也是不同的,它们都是坐标的函数。因此,在描述物体的线应变和切应变时,应明确发生在哪一点,沿哪一个方向或在哪一个平面。

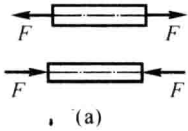
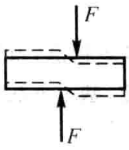
② 线应变和切应变都没有量纲,切应变一般用rad(弧度)表示。

③ 两种应变虽然与点及方向有关,但都不是矢量,不能像位移那样按矢量处理。

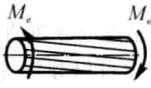

④ 根据弹性理论,在线弹性小变形范围内,线应变 ϵ 只与正应力 σ 有关,而与切应力 τ 无关;而切应变 γ 只与切应力 τ 有关,与正应力 σ 无关。

(3) 杆件的基本变形。凡是在一个方向的尺寸远大于其他两个相互垂直方向尺寸的构件称为杆件。材料力学主要研究等截面直杆(等直杆)。杆件在任意受力情况下的变形比较复杂,仔细分析可视为4种基本变形。表1-1中列出4种基本变形、受力特点和变形特点。

表 1-1 4种基本变形受力特点和变形特点

受力及变形图	受力特点	变形特点
 <p>(a)</p>	一对大小相等,方向相反,作用线沿杆件轴线的的外力	拉伸(压缩)时杆轴向尺寸伸长(缩短),横向尺寸减小(增大)
 <p>(b)</p>	一对大小相等,方向相反,作用线垂直于轴线且相距很近的力	受力处杆的横截面沿横向力方向发生相对错动

续表

受力及变形图	受力特点	变形特点
 <p>(c)</p>	一对大小相等,方向相反,作用面垂直于杆的轴线的力偶矩	杆件的任意两个横截面将发生绕轴线的相对转动
 <p>(d)</p>	一对大小相等,方向相反,作用于杆纵截面内的力偶矩或垂直于杆件轴线的横向力	杆的轴线在力(偶)作用下发生弯曲,直杆变成曲杆,横截面发生相对转动

(4)小结。绪论概念很多,也较杂乱,为了便于读者学习,讲课结束前应小结一下,本绪论重点知识结构图见图 1.1。

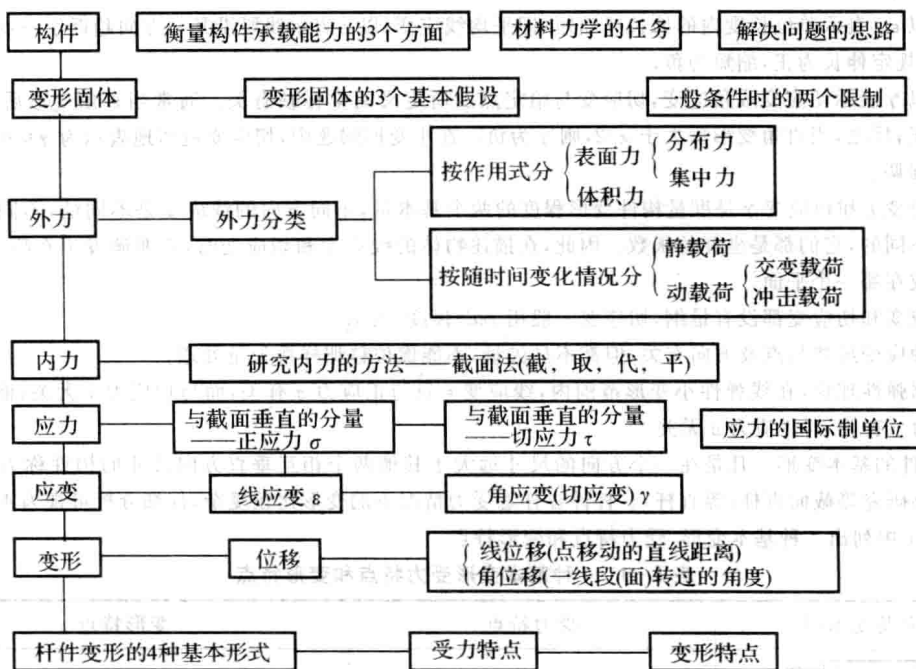


图 1.1 本章重点知识结构图

1.2.3 考核内容

绪论仅向读者展示这门课堂的总体概貌,就一些基本术语作一般介绍,建立一些基本概念,习题一般围绕巩固基本概念展开。考试时偶尔有些基本概念的问答题或选择题,但正确概念的确定,基本方法的正确使用,分析习题思路的建立,对后续学习却是十分重要的。据此,主要考核下述内容。

(1)变形固体。材料力学研究的对象是变形固体,而理论力学研究的对象是刚体,因此在引用理论力学中的一些原理时应注意应用时的注意事项。

(2)小变形。材料力学把实际构件看作均匀连续和各向同性的变形固体,并主要研究弹性范围内的小变形情况。由于构件的变形和构件的原始尺寸相比非常微小,通常在研究构件的平衡时,仍按构件的原始尺寸



进行计算。

(3)外力。外力包括作用在构件上的载荷和支反力。

(4)内力与应力。①材料力学研究的是外力引起的内力,内力与构件的强度、刚度密切相关。②截面法是材料力学的最基本的方法。③应力反映内力的分布集度。在研究平衡时,不能把应力直接代入平衡方程中,而应先求出其合力(即把应力乘以其作用面的面积),再代入平衡方程。

(5)位移与应变。①材料力学研究的是变形引起的位移。②应变反映一点附近的变形情况。线应变和切应变是度量一点处变形程度的两个基本量。

1.3 典型例题

1.3.1 解题方法

本章新概念、新理论较多,故其重点是深入了解这些概念和理论。因此本章解题方法分为客观题和计算题两种。

客观题答题方法是本处客观题主要形式为是非判断题。其判断方法是,先看课文,弄清重点,再进行判断。判断中要细审题目,看懂题目的真正含义再作答,避免所答非所问。

计算题解题方法是所解题目分两大类,一是利用平衡条件求内力,二是利用变形概念求位移与应变。此处解题不是为解题而解题,而是通过解题加深对概念、理论的理解,所以本处解题重点放在理解概念和理论上,至于解题步骤此处就不写了,如需要请看例 1.2 评注。

1.3.2 典型例题

1. 典型是非判断题(对的打√,错的打×)

1-1 材料力学是研究构件承载能力的一门学科。()

1-2 材料力学的任务是尽可能使构件安全地工作。()

1-3 材料力学主要研究弹性范围内的小变形情况。()

1-4 因为构件是变形固体,在研究构件的平衡时,应按变形后的尺寸进行计算。()

1-5 外力就是构件所承受的载荷。()

1-6 材料力学研究的内力是构件各部分间的相互作用力。()

1-7 用截面法求内力时,可以保留截开后构件的任一部分进行平衡计算。()

1-8 压强是构件表面的正应力。()

1-9 应力是横截面上的平均内力。()

1-10 材料力学只研究因构件变形引起的位移。()

1-11 线应变是构件中单位长度的变形量。()

1-12 构件内一点处各方向线应变均相等。()

1-13 切应变是变形后构件中任意两根微线段夹角角度的变化量。()

1-14 材料力学只限于研究等截面直杆。()

1-15 杆件的基本变形只是拉(压)、剪、扭和弯 4 种,如果还有另一种变形,必定是这 4 种变形的某种组合。()

答案:1-1√,1-2×,1-3√,1-4×,1-5×,1-6×,1-7√,1-8×,1-9×,1-10√,1-11×,1-12×,1-13×,1-14×,1-15√。

2. 典型计算题

例 1.1 图 1.2~图 1.4 中图(a)所示 3 种构件受力情况,可否平移至图(b)所示情况?为什么?