

高等学校教材

工程力学

材料力学

(1997年修订版)

北京科技大学 东北大学 编



高等教育出版社

TB12

B46

(3)

443209

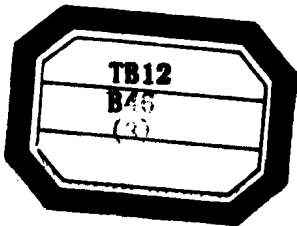
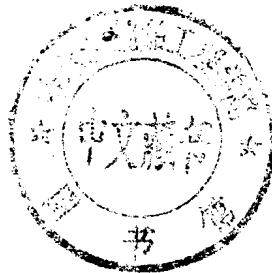
高等学校教材

工 程 力 学

材料力学

(1997年修订版)

北京科技大学 (原北京钢铁学院) 编
东北大学 (原东北工学院)



00443209

高等教育出版社

443209

(京)112号



图书在版编目(CIP)数据

工程力学:材料力学/北京科技大学,东北大学编著.
修订版. —北京:高等教育出版社,1997(1999重印)
高等学校教材

ISBN 7-04-005964-9

I. 工… II. ①北…②东… III. ①工程力学-高等
学校-教材②材料力学-高等学校-教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 01872 号

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市东城区沙滩后街 55 号 **邮政编码** 100009
电话 010—64054588 **传真** 010—64014048
网址 <http://www.hep.edu.cn>

经销 新华书店北京发行所

印刷 国防工业出版社印刷厂 **版次** 1979年7月第1版

开本 850×1168 1/32 **版次** 1997年7月第3版

印张 12.625 **印次** 1999年4月第3次印刷

字数 320 000 **定价** 12.20 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

11139 / 12
内 容 提 要

本书是在1979年原北京钢铁学院和原东北工学院合编的《工程力学》的基础上，保持原有体系和特点，根据教育改革的需要和国家有关新规定及新标准，进行了修订。

将原《工程力学》上、中、下册改为《静力学》、《材料力学》和《运动学和动力学》，独立分册出版。

本书主要适用于高等工科院校冶金、地质、采矿、轻工、材料、石油、热加工等类专业少学时理论力学、材料力学或工程力学课程，也可供有关技术人员参考。

参加本版修订的有：北京科技大学（原北京钢铁学院）纪炳炎（静力学第一章至第四章，材料力学第四章至第六章），屈革（静力学第五章、第六章，材料力学第一章至第三章）；东北大学（原东北工学院）周康年（材料力学第七章至第十章），殷汝珍（运动学和动力学第三章、第四章、第八章、第十章）；山东轻工学院刘思汉（运动学和动力学第一章、第二章、第五章、第六章、第七章、第九章）。

1997年修订版序

本书自第一版(1979年)出版以来,已有16年,为了适应教育改革的需要并符合国家有关新规定及新标准,我们在保持本书原有体系和特点的基础上,对本书进行了修订,其要点如下:

(1)在本版中,对全书的文字叙述做了必要增删与修改,力图做到主次分明,详略适当。对全书插图也进行了修改与舍弃,力求文字更精练,插图更鲜明。

(2)在本版中,增删了部分思考题和习题。这对读者理解基本概念和基本理论,提高学习兴趣,是极为有益的,特别是有利于培养读者分析问题和解决问题的能力。

(3)工程力学是一门理论性较强的技术基础课,为了使读者易于掌握,本版按照循序渐进、由简到繁、由特殊到一般的认识规律安排内容。每章之后有小结,有利于读者复习和总结所学知识。保留原书一些带*的选修内容,供不同专业选用。

(4)在本版中,根据国家颁布的新标准与新规定,逐章逐节地重新统一了名称、符号和单位。

本书主要适用于高等工科院校冶金、地质、采矿、轻工、材料、石油、热加工等专业少学时理论力学、材料力学或工程力学课程,也可供有关技术人员参考。

为了便于使用,本书分为三册:静力学、材料力学、运动学和动力学。各册之间既相互配合,又相对独立,读者可根据需要选用。

参加本版修订的有:北京科技大学(原北京钢铁学院)纪炳炎(静力学第一章至第四章,材料力学第四章至第六章),屈革(静力学第五章、第六章,材料力学第一章至第三章);东北大学(原东北工学院)周康年(材料力学第七章至第十章),殷汝珍(运动

学和动力学第三章、第四章、第八章、第十章)；山东轻工学院刘思汉(运动学和动力学第一章、第二章、第五章、第六章、第七章、第九章)。

本书出版十余年来，得到广大读者厚爱，使本书能够不断改进，修订中得到北京科技大学、东北大学和读者们的关心与帮助。借本书修订出版之际，在此表示衷心谢意。

书中若有疏漏或欠妥之处，殷切希望读者批评指正。

编 者

1997年5月

第一版序

本教材是根据1977年11月教育部委托召开的高等学校工科学教材会议的建议，按照120学时的教学要求编写的。本教材主要适用于地质、采矿、冶金、热加工、材料等类专业；作适当增删后，也可适用于100~130学时的有关专业。

为适应各类专业的不同要求，本教材还编写了一些带有“*”号的选学内容。各章之后附有小结、思考题和习题，以期帮助读者总结收获，澄清概念和加强基本训练。习题的数量和类型已考虑了一定的选择范围和专业需要，不足之处可另作补充。

本教材采用国际单位制，同时也介绍了工程单位制及二者的换算关系。

为使用上的方便及适应不同专业的需要，本教材分为三册出版：上册为静力学，中册为材料力学，下册为运动学和动力学，并分别独立成章。各册之间有一定的配合，也有相对的独立性。根据不同的教学要求及安排，可采用本教材的全部或其中的某一册或两册；作少量内容调整后，也可先讲授上、下册，然后再讲授中册。

本教材在编写过程中，得到许多兄弟院校的帮助和支持。初稿完成后，于1978年10月由教育部委托召开了审稿会议。参加会议的有中南矿冶学院、重庆大学、昆明工学院、中国矿业学院、西安交通大学、西安冶金建筑学院、武汉地质学院、河北矿冶学院、鞍山钢铁学院和上海工业大学等十个院校，由中南矿冶学院和重庆大学主审。在此一并表示谢意。

参加本教材编写的有：北京钢铁学院纪炳炎（上册第一、二、三、四章），屈革（上册第五、六章，中册第二、三章），马安禧（中册第一、四、五、六章）；东北工学院于绶章（中册第七、八、

九章)，周康年（中册第十章），刘思汉（下册第一、二、五、六、七、九章），殷汝珍（下册第三、四、八、十章）；由刘思汉（上、下册）、马安禧（中册）主编。

限于编者水平，同时由于编写时间匆促，本教材必然存在不少缺点和错误。殷切希望读者批评指正。

编 者

1978年12月

责任编辑	胡春林
封面设计	刘晓翔
责任绘图	彭红
版式设计	杨凤玲
责任校对	马静如
责任印制	杨明

目 录

引言	1
第一章 轴向拉伸和压缩	5
§ 1-1 工程实际中的轴向拉伸和压缩问题	5
§ 1-2 轴向拉伸和压缩时的内力	7
§ 1-3 横截面上的应力	11
§ 1-4 轴向拉伸和压缩时的变形	15
§ 1-5 拉伸和压缩时材料的力学性能	18
§ 1-6 轴向拉伸和压缩时的强度计算	31
* § 1-7 拉伸和压缩静不定问题	39
§ 1-8 应力集中的概念	47
§ 1-9 变形能的概念	49
小结	52
思考题	54
习题	55
第二章 剪切	63
§ 2-1 工程实际中的剪切问题	63
§ 2-2 剪切的实用计算	65
小结	73
思考题	74
习题	74
第三章 扭转	78
§ 3-1 工程实际中的扭转问题	78
§ 3-2 扭转时的内力	79
§ 3-3 薄壁圆筒的扭转	84
§ 3-4 圆轴扭转时的应力和变形	87
§ 3-5 圆轴扭转时的强度和刚度计算	94
小结	100

思考题	100
习题	102
第四章 弯曲内力	106
§ 4-1 工程实际中的弯曲问题	106
§ 4-2 剪力和弯矩	109
§ 4-3 剪力图和弯矩图	114
* § 4-4 剪力、弯矩和分布载荷集度间的关系	124
小结	130
思考题	131
习题	136
第五章 弯曲应力	142
§ 5-1 梁弯曲时的正应力	142
§ 5-2 惯性矩的计算	150
§ 5-3 梁弯曲时的强度计算	156
§ 5-4 提高梁抗弯能力的措施	163
* § 5-5 塑性弯曲的概念	169
* § 5-6 梁弯曲时的切应力	172
小结	178
思考题	179
习题	182
第六章 弯曲变形 静不定梁	187
§ 6-1 工程实际中的弯曲变形问题	187
§ 6-2 梁的挠曲线近似微分方程	188
§ 6-3 用积分法求梁的变形	192
§ 6-4 用叠加法求梁的变形	198
§ 6-5 梁的刚度校核	205
§ 6-6 静不定梁	209
小结	216
思考题	219
习题	221
第七章 应力状态和强度理论	227

§ 7-1 应力状态的概念	227
§ 7-2 平面应力状态	230
§ 7-3 空间应力状态	240
§ 7-4 材料的破坏形式	244
§ 7-5 强度理论	246
小结	257
思考题	259
习题	261
第八章 组合变形构件的强度	265
§ 8-1 概述	265
§ 8-2 弯曲与拉伸（或压缩）的组合	267
§ 8-3 弯曲与扭转的组合	275
小结	282
思考题	282
习题	285
第九章 压杆的稳定	289
§ 9-1 压杆稳定的概念	289
§ 9-2 细长压杆的临界力	293
§ 9-3 欧拉公式的适用范围中、小柔度杆的临界应力	299
§ 9-4 压杆的稳定计算	305
§ 9-5 提高压杆稳定性的措施	309
小结	311
思考题	312
习题	314
第十章 材料的力学性能	318
§ 10-1 高温下材料的力学性能	318
§ 10-2 冲击韧度	324
§ 10-3 交变应力下材料的疲劳极限	328
§ 10-4 断裂韧度	341
§ 10-5 硬度	352
§ 10-6 提高和改善材料力学性能的途径	355

小结	361
思考题	363
附录一 型钢表	365
表 1 热轧等边角钢 (GB9787—88)	365
表 2 热轧不等边角钢 (GB9788—88)	372
表 3 热轧普通槽钢 (GB707—88)	380
表 4 热轧普通工字钢 (GB706—88)	382
附录二 习题答案	384
第一章 轴向拉伸和压缩	384
第二章 剪切	385
第三章 扭转	385
第四章 弯曲内力	386
第五章 弯曲应力	388
第六章 弯曲变形 静不定梁	389
第七章 应力状态和强度理论	390
第八章 组合变形构件的强度	391
第九章 压杆的稳定	392

引 言

机器或结构物都是由若干构件组成的。在静力学中，根据力的平衡关系，已经解决了构件外力的计算问题。然而，在外力作用下，如何保证构件正常地工作，还是个有待进一步解决的问题。

在工程实际中，常常遇到这样的情况：当构件受力过大时，会发生破坏而造成事故，或者构件在受力后产生过大的变形而影响机器或结构物的正常工作。例如机器中常用的齿轮轴，有时会因载荷过大而断裂，造成机器停止运转，或者在受力后变形过大而影响齿轮间的正常啮合。这些情况在工程实际中都是不允许的。因此，为了保证机器或结构物正常地工作，要求每个构件都有足够的抵抗破坏的能力，也就是说，要求它们有足够的强度；同时也要求构件有足够的抵抗变形的能力，即要求它们有足够的刚度。除此以外，有时还会遇到这样的问题：例如一根受压的细长直杆，当沿杆轴方向的压力增大到一定数值时，若受到微小的干扰，杆就会由原来的直线状态突然变弯，这种突然改变其平衡状态的现象，称为丧失稳定，这也是工程实际中所不允许的。因此对这一类构件，还要求它们工作时能保持原有的平衡状态，即要求其有足够的稳定性。强度、刚度和稳定性，这是设计构件时所必须考虑的几个问题。

在设计一个构件时，除了要求构件能正常地工作外，同时还应考虑合理地使用和节约材料，即还要考虑经济方面的要求。一般来说，前者要求用较多或较好的材料；后者则要求少用材料或以贱代贵。二者常常是矛盾的。材料力学的主要任务就是为受力构件提供强度、刚度和稳定性计算的理论基础，从而为构件选用适当的材料，确定合理的形状和尺寸，以达到既经济又安全的要求。

事物总是一分为二的,有时对某些构件也会提出相反的要求。例如,为保护主要部件而设置的安全装置,在超载时应首先破坏,从而避免主要部件受到损坏。又如为减轻冲击作用而安装的缓冲弹簧,则要求有较大的变形。这类问题,也需用材料力学所提供的理论基础来计算。

制造各种构件所采用的材料,虽然品种繁多,性质各异,但它们都有一个共同的特性,就是在外力作用下会发生形状和尺寸的改变,即产生变形。在研究构件的强度、刚度等问题时,物体的变形是一个不可忽略的因素。因此,在材料力学中,将构成构件的材料皆视为可变形固体。

材料的物质结构和性质是比较复杂的,为了研究上的方便,必须忽略某些次要性质,只保留它们的主要属性,将其简化为一个理想化的模型。因此,对可变形固体又作了以下的基本假设:

1. 均匀连续假设 即认为在整个体积内都毫无空隙地充满着物质,而且物体内部任何部分的性质都是完全一样的。实际上,由物质结构上看,各种材料都是由无数颗粒(如金属中的晶粒)组成的,物质内部存在着不同程度的空隙,而且各颗粒的性质也不尽一致;但由于材料力学是由宏观的角度去研究构件的强度等问题,这些空隙远远小于构件的尺寸,而且各颗粒是错综复杂地排列于整个体积之内,因此,由统计平均的观点看,这些空隙和非均匀性对材料所表现出的性质和分析计算都没有什么影响。采用这个假设,便可以从构件中取出无限小的部分来进行研究,然后将研究结果推广于整个构件;也可将由小尺寸试样在实验中测得的材料性质,一定程度地移用于尺寸不同的构件或无限小的部分中去。

2. 各向同性假设 即认为材料沿各个不同方向的力学性质均相同。这个假设对许多材料来说是符合的,均匀的非晶体材料,一般都是各向同性的。对金属等这类由晶体组成的材料,虽然每个晶粒的力学性质是有方向性的,但由于它的大小远小于构件的

尺寸，而且其排列也是不规则的，因此它们的统计平均性质在各个方向就趋于一致了。而木材、拉拔过的钢丝和轧制过的钢材等，则为非各向同性的材料。但在材料力学中，研究各向同性材料所得的结论，也可近似地用于具有方向性的材料。

还须指出，工程实际中构件受力后的变形一般都很小，它相对于构件的原有尺寸来说要小得多，因此在分析构件上力的平衡关系时，变形的影响可忽略不计，仍按构件的原有尺寸来进行计算。相反地，如果构件受力后的变形很大，其影响不可忽略时，则须按构件变形后的尺寸来计算。前者称为小变形问题；后者称为大变形问题。材料力学一般只研究小变形的问题。

在机器或结构中，构件的形式是多种多样的，但最常见最基本的形式是杆件。所谓杆件，就是纵向（长度方向）尺寸远大于横向（垂直于长度方向）尺寸的构件。例如悬臂吊中的拉杆和横梁，机器中的齿轮轴，巷道支护中的立柱和顶梁、连接件中的销钉等，这些都是较典型的杆件。杆件是材料力学研究的主要对象。杆件的问题解决了，不仅解决了工程实际中大部分构件的问题，也为解决其他形式构件的问题提供了基础。例如，起重用的钢丝绳、桥式吊车的大梁、齿轮上的轮齿、以及轧钢机机架等构件和设备，都可以将其简化为一根杆件或杆件的组合物来处理。

构件在工作时的受力情况是各不相同的，受力后所产生的变形也随之而异。对于杆件来说，其受力后所产生的变形，有以下几种基本形式：

- (1) 轴向拉伸和轴向压缩 例如托架的拉杆和压杆受力后的变形（图 0-1）；
- (2) 剪切 例如连接件中的螺栓和销钉受力后的变形（图 0-2）；
- (3) 扭转 例如机器中的传动轴受力后的变形（图 0-3）；
- (4) 弯曲 例如单梁吊车的横梁受力后的变形（图 0-4）。

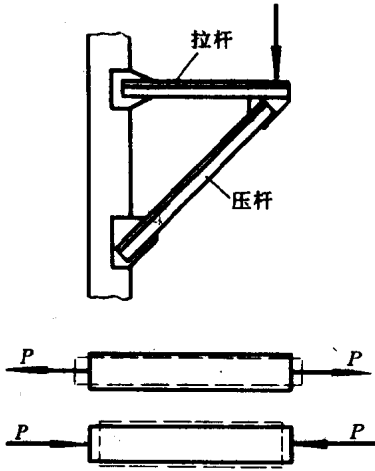


图 0-1

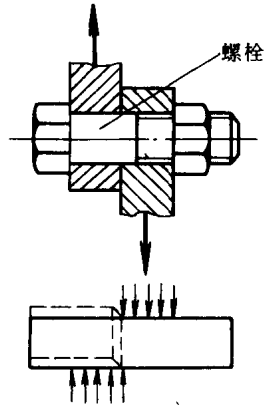


图 0-2

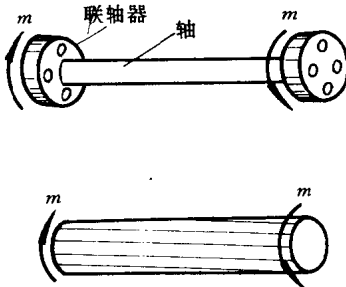


图 0-3

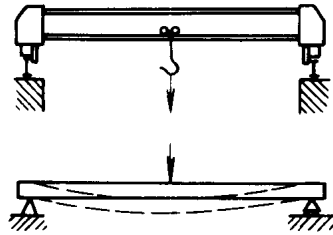


图 0-4

对于变形比较复杂的杆件，也不外乎这几种基本变形的组合。

综上所述，材料力学所研究的问题是构件的强度、刚度和稳定性；构成构件的材料是可变形固体；对材料所作的基本假设是均匀连续性和各向同性假设；材料力学所研究的构件主要是杆件；杆件的几种基本变形形式是：拉伸（或压缩）、剪切、扭转和弯曲。明确这些问题，对材料力学的内容就有了一个概要的了解。