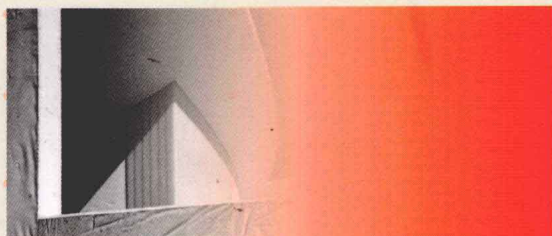




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



Mechanics of Materials



材料力学

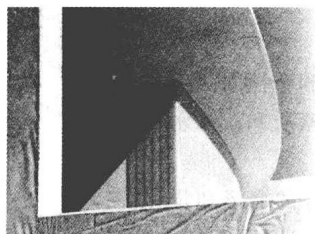
吴永端 邓宗白 周克印 编


高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

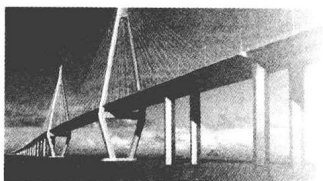




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



Mechanics of Materials



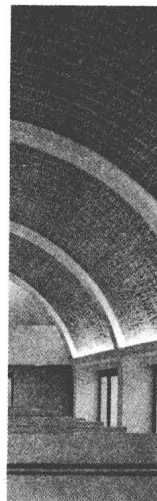
材料力学

C A I L I A O L I X U

吴永端 邓宗白 周克印 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS
BEIJING



内容提要

本书通过有关材料力学概念群的分章讨论,既突出重点,又体现共性和个性的相互关系,有助于强化材料力学的基本概念、基本理论和基本方法,提高学生的工程素质和认识水平,培养全面的综合分析能力。

全书共 10 章,包括材料力学概述、受力杆件的内力、应力和应变、杆件的变形和位移、简单超静定系统的受力分析、应力分析和应变分析、杆件组合变形时的应力分析、压杆的稳定性、动载荷与交变应力、构件的失效准则与安全设计。

本书适用于高等学校工科本科机械、航空航天、交通、动力工程、土木水利等专业的材料力学课程教学,所需教学时数为 56~80 学时。本书也可作为高职高专与成人高校师生的选用教材及有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/吴永端,邓宗白,周克印编. —北京:高等教育出版社,2011.1

ISBN 978-7-04-031002-3

I. ①材… II. ①吴…②邓…③周… III. ①材料力学—高等学校—教材 IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 246110 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 33
字 数 620 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 44.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31002-00

前 言

材料力学是工科院校重要的基础课程。随着教学改革的深入、科学技术的发展、学时数的缩减、授课方式的改进,内容和体系也应有所更新。通过学习本课程,将掌握变形固体力学的基本概念、基本理论和基本方法,从而为工程构件的强度、刚度、稳定性提供必要的分析、计算、试验和设计的初步能力。因此,必须在体系、内容和方法上都做较大调整,巩固基础、结合实际、扩大应用、提高分析能力、减少授课时数。

在 20 世纪 80 年代,有关人员就按初步设想编写了试用教材,在原南京航空学院的教学中做了试点,取得了较好的效果,受到了友校的赞同和采纳。近二十年来,在实践的基础上做了补充和修改,以基本变形为主线,突出内力、应力、应变、位移、变形的分析方法,强调工程构件计算简图的绘制,提高分析问题、解决问题和综合分析应用的能力。传统教学法是以各种基本变形为主体,分别讲解各自的内力、应力、应变、位移、超静定、强度和刚度,再进行组合变形、动载荷和压杆稳定性的讲解。同一研究方法要在不同变形中多次重复,占去较多的时间。我们进行了教学内容体系上的改革,将相同概念组成概念群,结合工程实际和生活实际引出问题,加强应用,促进理论与实践的结合,又不失一般性。在此基础上进行综合杆件设计,从动静态、静定、超静定、强度、刚度和稳定性作全方位的分析,从而更密切地联系工程实际,加强了学生全面地考察问题、分析问题和综合应用理论、概念、方法的能力培养。

本教材构造新的教学体系,其特色为:

1. 构造九个同类概念群,既突出重点,又体现共性和个性的相互关系

相同概念一次讲透,有利于基本概念、基本理论和基本方法的掌握,节约传统体系多次分散重复的时间,强调同类概念群分章研究的承前启后和相互呼应,反复巩固,综合思考。内容层层递进,逐渐加深。将超静定系统放在一个同类概念群中研究。在不同杆件应力、应变概念建立的基础上提出应力状态理论,既有感性认识又有理性认识。九个同类概念群为:

(1) 基本概念概念群

从感性到理性认识变形固体,除涵盖材料力学的性质和任务、变形固体的基本假设、材料力学的研究对象和研究方法等概念外,还将杆件的建模及计算简图和材料的基本力学性能等纳入此概念群,为后续的研究奠定基础。

(2) 内力分析概念群

内力是分析变形固体的重要概念。在截面法的基础上,分析轴向受力杆件的内力——轴力、轴力图,*分布力集度与轴力的关系,受扭杆件(轴)的内力——扭矩、扭矩图,*分布力偶矩集度与扭矩的关系,受弯杆件(梁)的内力——剪力和弯矩、剪力图、弯矩图,分布力集度与剪力、弯矩的关系,力的独立作用法则和叠加原理及组合变形时杆件的内力、内力图等概念,从而形成一套完整的从基本变形到组合变形的内力分析系统。

(3) 杆件的应力和应变概念群

以平面假设为基础,利用几何、物理和静力学三个基本关系,分析受拉(压)杆件的应力和应变、圆(非圆)截面轴扭转时的应力和应变、纯弯曲梁的应力和应变、横力弯曲梁的应力和应变、弯曲中心(弯心)的概念、组合变形杆件的应力等概念。虽然是不同的变形,但确定应力和应变的方法是相同的,加强共性突出个性,通过分析比较,有助于更好地掌握杆件的应力和应变的分析方法。

(4) 变形和位移概念群

作为刚度的定性和定量分析,需进行构件在不同受力情况下的变形和位移的研究,几何分析法和能量法是从不同视角探讨同一个问题的两种方法,此概念群包括拉伸(压缩)杆件的位移、圆轴扭转的位移、弯曲梁的位移、组合变形杆件的位移、*能量法求杆件的位移等概念。

(5) 超静定概念群

静定和超静定是结构系统中两类不同类型的问题,在以力作为待定参数时,建立变形协调条件和列出补充方程是求解超静定问题的关键。变形比较法是求解超静定问题的基本方法,对于多次超静定问题可建立一系列的标准化方程,组成力法正则方程。对于不同的受力情况,求解超静定问题的方法是相同的,故将超静定的求解作为一个同类概念群。它涉及变形比较法解拉伸(压缩)超静定问题、扭转超静定问题和弯曲超静定问题,*能量法解超静定系统,*对称和反对称特性的应用等概念。

(6) 应力应变分析概念群

在复杂受力情况下要了解构件所受应力在不同方位的变化规律,以获得应力的最大值和方位,从而了解构件失效的破坏原因,也要了解应变在各个方位的变化规律。故将平面应力状态分析的解析法和图解法、*平面应变状态分析、复杂应力状态下的应力应变关系、复杂应力状态的应变能密度等概念合成一个概念群。

(7) 压杆稳定概念群

压杆的失稳变形是一种特殊的变形规律,其承载能力的确定不同于其他受力状态,压杆稳定概念群涉及压杆的稳定性分析、欧拉公式、压杆的临界应力、欧

拉公式的适用范围及经验公式等概念。

(8) 动载荷概念群

在惯性力、冲击力或交变力等动态力作用下,杆件的内力、应力和位移都不同于静态力,故将构件变速运动时的应力与变形、冲击载荷作用下构件的应力与变形、交变应力和疲劳强度等概念合成一个概念群。

(9) 杆件安全设计概念群

分析变形固体的变形效应在于解决杆件在不同载荷作用下的强度、刚度和稳定性问题,按照设计准则进行强度和刚度校核、截面设计和确定承载能力。学习了以上概念群后,使读者具有全方位综合分析、思考和解决问题的能力,这是学习材料力学的最终目的。它既是全课程的总结,也是训练学生能力的关键。其涉及构件的失效与设计的基本思想、强度失效与强度条件、强度理论的概念、常用的四种强度理论、强度设计(杆件和连接件)、刚度设计、压杆稳定设计、*疲劳强度设计简介、杆件的综合设计应用、提高杆件强度、刚度和稳定性的一些措施等概念。

通过概念群的分章讨论,既突出重点,又体现共性和个性的相互关系,有助于加强对材料力学的基本概念、基本理论和基本方法的掌握,及提高学生的工程应用能力和全面综合的分析思考能力。

2. 进行杆件的静动态综合设计与应用

改变传统的静态问题、动态问题、超静定问题及稳定问题分别阐述的方法,将杆件在静、动态下的强度、刚度及稳定性的综合设计与应用归结在一起作为材料力学任务的最终归结,以提高学生结合工程实际综合分析问题的能力。

3. 例题单独成节,概念综合应用

例题基本放在各个概念群阐述的后面,将概念、理论与方法寓于例题分析之中,承前启后、相互呼应、反复巩固、互相补充、综合思考。精选例题培养分析问题、解决问题的能力,使感性认识提高到理性认识。

4. 模块化教学,节省学时

编写方法上力求深入浅出、留有余地,适应不同层次的教学需要,将知识面分为基本和提高扩展两类,可增可减。对打“*”号的内容视具体情况自由取舍,便于模块化教学。教学时数适用于56~80学时。

本教材第1至5章由吴永端编写,第6至8章由周克印编写,第9、10章由邓宗白编写。张静、马超、杜文超、杨贺、闫佳妮、孙霞芳和于泽军等同学协助了插图绘制和习题编写工作。本教材承北京航空航天大学单辉祖教授审阅,提出许多精辟中肯的意见。本教材编写过程中得到了南京航空航天大学国家工科力学基础课程教学基地和南京航空航天大学力学实验教学示范中心的老师们的关心和支持,谨此一并致谢!

限于编者的水平,书中难免有不足之处,希望读者提出宝贵意见。具体意见请发至 lxcenter@nuaa.edu.cn,非常感谢。

编 者

2010年6月

目 录

第 1 章 材料力学概述	1
1.1 材料力学的性质和任务	1
1.2 变形固体的基本假设	3
1.3 材料力学的研究对象	4
1.3.1 杆件和板件	4
1.3.2 横截面的形心	6
1.3.3 杆件的变形形式	7
1.4 杆件的计算简图	9
1.4.1 外力的种类及其简图	9
1.4.2 支座约束的种类及其简图	10
1.4.3 杆件的计算简图	12
1.5 材料力学的研究方法	13
1.5.1 几何分析	13
1.5.2 物性分析	15
1.5.3 力学分析	15
1.6 工程材料的基本力学性能试验	17
1.6.1 低碳钢的拉伸力学性能	17
1.6.2 不同金属材料的拉伸应力—应变曲线	21
1.6.3 低碳钢和铸铁的压缩试验	21
1.6.4 低碳钢和铸铁的扭转试验	22
1.6.5 结论	23
1.7 例题分析	24
小结	30
复习思考题	32
习题	33
第 2 章 受力杆件的内力	36
2.1 内力的概念、确定内力的截面法	36
2.2 轴向受力杆件的内力——轴力、轴力图	37
2.3 分布力集度与轴力的关系	41

2.4 受扭杆件(轴)的内力——扭矩、扭矩图	43
*2.5 分布力偶矩集度与扭矩的关系	45
2.6 受弯杆件(梁)的内力和内力图——剪力、弯矩、剪力图、弯矩图	46
2.7 分布力集度与剪力、弯矩的关系	52
2.8 力的独立作用法则和叠加原理	54
2.9 组合变形时杆件的内力、内力图	55
2.10 例题分析	59
小结	76
复习思考题	77
习题	79
第3章 应力和应变	90
3.1 应力的概念	90
3.2 变形、位移的概念	92
3.3 应变的概念	92
3.4 轴向变形杆件的应力、应变	94
3.5 应力集中的概念、圣维南(Saint-Venant)原理	96
3.6 扭转圆轴的应力、应变	97
3.6.1 圆截面扭转轴的应力和应变	98
3.6.2 切应力互等定理	103
3.6.3 矩形截面自由扭转轴的切应力、扭转角	104
3.7 纯弯曲梁的应力、应变	106
3.7.1 纯弯曲梁的正应力	108
3.7.2 梁弯曲时截面的几何量计算	111
3.8 横力弯曲梁的应力、应变	117
3.8.1 横力弯曲梁的正应力、正应变	117
3.8.2 横力弯曲梁的切应力、切应变	117
3.9 弯曲中心(弯心)的概念	123
3.10 组合变形杆件的应力	124
3.10.1 杆件在斜弯曲变形时的应力	125
3.10.2 杆件在拉伸(压缩)、弯曲组合变形时的应力	127
3.10.3 杆件在拉伸(压缩)、扭转组合变形时的应力	129
3.10.4 杆件在弯曲、扭转组合变形时的应力	130
3.11 例题分析	131
小结	151
复习思考题	153

习题	156
第 4 章 杆件的变形和位移	176
4.1 拉伸(压缩)杆件的位移	176
4.2 圆轴扭转的位移——扭转角(角位移)	177
4.3 弯曲梁的位移——挠度、转角	178
4.3.1 概述	178
4.3.2 积分法求梁的位移	181
4.3.3 叠加法求梁的位移	182
4.4 组合变形杆件的位移	183
4.4.1 斜弯曲梁的位移	183
4.4.2 拉伸(压缩)、弯曲组合变形杆件的位移	185
4.4.3 弯曲、扭转组合变形杆件的位移	186
*4.5 能量法求杆件的位移	187
4.5.1 能量法概述、应变能计算	187
4.5.2 功的互等定理、位移互等定理	192
4.5.3 莫尔定理及图乘法	194
4.6 例题分析	198
小结	227
复习思考题	228
习题	231
第 5 章 简单超静定系统的受力分析	245
5.1 静定与超静定系统	245
5.2 变形比较法解简单超静定系统	248
5.2.1 拉伸(压缩)超静定系统	248
5.2.2 扭转超静定系统	250
5.2.3 弯曲超静定系统	251
*5.3 能量法解超静定系统	253
5.3.1 莫尔定理解超静定系统	253
5.3.2 图乘法解超静定系统	255
5.3.3 力法解超静定系统	256
*5.4 对称和反对称特性的应用	258
5.5 例题分析	259
小结	273
复习思考题	274
习题	276

第 6 章 应力分析和应变分析	282
6.1 应力状态的概念	282
6.2 平面应力状态分析的解析法	285
6.3 平面应力状态分析的图解法——应力圆(莫尔圆)	287
6.4 平面应力状态下的主平面、主应力和最大切应力	289
6.4.1 主平面和主应力的确定	290
6.4.2 最大切应力	292
6.5 空间应力状态下的最大切应力	292
*6.6 平面应变状态分析	294
6.7 复杂应力状态下的应力应变关系	296
6.8 复杂应力状态的应变能密度	299
6.9 例题分析	301
小结	313
复习思考题	314
习题	318
第 7 章 杆件组合变形时的应力分析	326
7.1 梁在斜弯曲时的应力分析	327
7.2 构件在拉伸(压缩)、扭转组合变形时的应力分析	329
7.3 构件在拉伸(压缩)、弯曲组合变形时的应力分析	329
7.4 构件在弯曲、扭转组合变形时的应力分析	333
7.5 构件在拉伸(压缩)、弯曲、扭转组合变形时的应力分析	335
7.6 例题分析	336
小结	340
复习思考题	341
习题	342
第 8 章 压杆的稳定性	350
8.1 受压杆件的稳定性问题	350
8.2 压杆的稳定性分析、欧拉公式	351
8.2.1 两端铰支细长压杆的临界压力	351
8.2.2 其他支座下细长压杆的临界压力	353
8.3 压杆的临界应力、经验公式	357
8.3.1 临界应力	357
8.3.2 欧拉公式的适用范围	358
8.3.3 临界应力的经验公式	359

8.4 例题分析	360
小结	364
复习思考题	365
习题	366
第9章 动载荷与交变应力	372
9.1 构件变速运动时的应力与变形	372
9.1.1 构件匀加速平移时的应力与变形	373
9.1.2 构件定轴转动时的应力与变形	374
9.2 冲击载荷作用下构件的应力与变形	375
9.2.1 垂直冲击	377
9.2.2 水平冲击	379
9.2.3 突然制动引起的冲击	380
9.2.4 降低冲击影响的措施	382
9.3 交变应力和疲劳强度	384
9.3.1 交变应力和疲劳破坏特征	384
9.3.2 材料的疲劳试验与持久极限	387
9.3.3 构件的持久极限及影响因素	389
9.3.4 提高构件疲劳强度的措施	391
9.4 例题分析	392
小结	401
复习思考题	401
习题	402
第10章 构件的失效准则与安全设计	413
10.1 构件的失效与设计的基本思想	413
10.2 强度失效与强度条件	414
10.3 强度理论的概念	415
10.4 常用的四种强度理论	416
10.4.1 最大拉应力理论(第一强度理论)	416
10.4.2 最大伸长线应变理论(第二强度理论)	417
10.4.3 最大切应力理论(第三强度理论)	417
10.4.4 畸变能密度理论(第四强度理论)	418
10.4.5 相当应力	419
10.5 强度设计	422
10.5.1 杆件的强度设计	422
10.5.2 连接件强度的工程计算	423

10.6	刚度设计	426
10.7	压杆稳定设计	427
*10.8	疲劳强度设计简介	428
10.9	构件的综合设计应用	429
10.10	提高构件强度、刚度和稳定性的一些措施	429
10.10.1	选用合理的截面形状	430
10.10.2	合理安排构件的受力情况	431
10.10.3	合理选用材料	433
10.11	例题分析	433
10.11.1	构件强度设计例题	433
10.11.2	连接件强度的工程计算例题	441
10.11.3	构件刚度设计例题	444
10.11.4	构件稳定性设计例题	446
10.11.5	构件综合设计应用例题	448
小结		459
复习思考题		460
习题		462
附录 I	常用截面的几何性质	475
附录 II	梁在简单载荷作用下的变形	477
附录 III	型钢表	481
参考文献		496
习题答案		497

第1章 材料力学概述

机械或结构都是由零、部件组装而成的,常将这些零、部件统称为构件,当它们在工作时将受到载荷和约束的作用。制造构件的工程材料种类繁多,但都是固体。任何固体在力作用下都会发生尺寸和形状的改变,这种改变称为变形。因此,将工程材料统称为变形固体。材料力学就是研究变形固体在力作用下的变形规律和构件能否正常工作不致失效的一门科学。

本章讨论材料力学的性质和任务、研究对象和研究方法,建立变形固体的一些基本概念,了解常用工程材料的基本力学性能和表述构件横截面几何尺寸的计算方法及确定构件能否正常工作的基本要求。为了便于工程计算,要善于将构件抽象为计算模型(也称计算简图)。

1.1 材料力学的性质和任务

材料力学研究的构件可看成是一根杆件或一块板件,或由几根杆件(几块板件)组成的结构。从航空航天飞行器、舰船车辆、房屋桥梁、电机机械到枪炮、仪表、生产工具,从工程实际到日常生活和自然界的诸多现象,常可采用材料力学的基本原理和知识加以解释。例如,制造自行车的车架为什么采用空心圆管?为什么无缝管材的抗力性能优于有缝管材?为什么机床底座常采用铸件?为什么单杠训练时双手抓在单杠中部引起的变形程度要比双手抓在单杠两侧更为严重?人和动物的骨骼与竹竿、麦秆都是中空的有什么好处?此外,人们在设计飞行器、舰船等结构时常布置许多加强框和肋,这与人体和动物存在背脊骨和肋骨具有异曲同工之效,符合用料少、重量轻、承重优的特点。

为了使设计制造的工程构件能够正常工作,需要构件具有必要的强度、刚度和稳定性,它们是力学角度上必须满足的三个基本要求,否则会由于强度不足或变形过大甚至发生断裂破坏而失效。例如,用薄板做成托架(图 1.1a)钉在墙上,当重物过重、安放位置不当,会使托架在根部折断,工程上称为强度不够。所以,强度是构件抵抗破坏的能力。如果托架承力后挠曲变形过大使重物从托架上滑落,这个托架也失去正常工作的能力,工程上称为刚度不够。所以,刚度是

构件抵抗弹性变形的能力。如果将托架薄板的截面由矩形冷加工成 U 形(图 1.1b),情况就会改善,因此,构件的形状会影响它能否失效。图 1.2 所示是由两根构件制成的桁架,当重物较重时,细长的斜撑杆有可能突然弯折,偏离原有的直线平衡形态而使桁架失效,工程上称为稳定性不够,简称失稳。所以,稳定性是受压构件能否保持它原有平衡位置的能力。如果将斜撑杆改用管材代替重量和横截面面积均相同的扁平矩形杆就有可能改善桁架的承载能力。

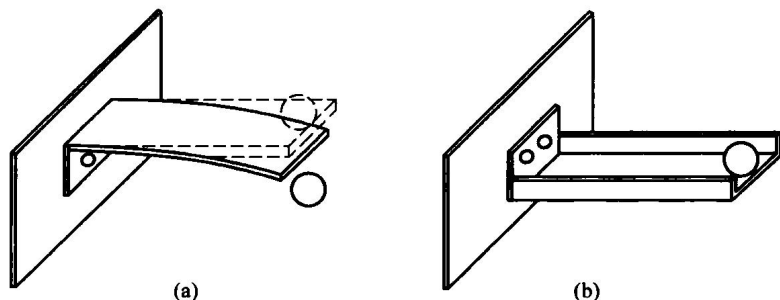


图 1.1 截面形状引起不同效果

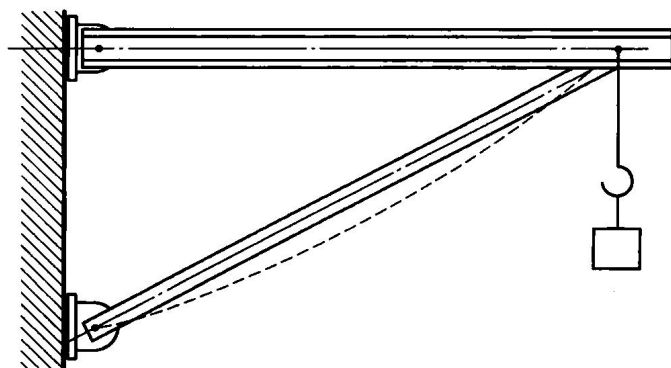


图 1.2 压杆失稳

强度、刚度、稳定性是构件设计必须满足的条件,随不同工况、不同结构,三个方面会有所侧重,或兼而有之。通过以上实例可知,改变构件的形状和尺寸、改善构件受力形式、选用优质材料等措施,虽然有可能提高构件正常使用的能力,但安全性与经济性是矛盾的,失效与正常工作也是矛盾的,若片面追求构件的承载能力和安全性,不恰当地改变构件尺寸或选用优质材料,将增加构件的重量和制造成本,甚至会影响产品的工作性能。例如,飞机对结构重量极为重视,否则会影响飞机的气动性能和飞行性能。

事物都有两面性,从强度的角度,希望设计的构件强度好、变形小,但在加工机床、冲床、剪床、钻床制造零件时必须使被加工零件的抵抗力小于切削力。设计的自控保护装置,要求它在超载时首先破坏。为了减少结构的振动和冲击,要

安装具有较大变形的缓冲防振装置。

合理解决安全性与经济性、失效与正常工作的关系要依靠多学科共同努力。单从力学观点和材料抗力性能考虑,则是材料力学研究的重要内容。因此,材料力学的任务可概括为:

(1) 研究构件在力作用下的变形规律和内力分布。

(2) 探讨构件的合理截面形式和材料的抗力特性,提出避免失效的基本准则,在满足强度、刚度和稳定性的条件下,进行构件的强度校核、刚度校核和稳定性校核;设计构件的截面尺寸和形状;确定结构的承载能力,提供简便而适用的计算方法和进行分析的理论基础。

任务的前者是后者的理论基础,后者则是前者的工程应用。材料力学还在基本概念、基本理论和基本方法方面为变形固体力学、实验力学、机械设计、结构设计等课程奠定基础,是机械、结构类专业必备的基础知识。

1.2 变形固体的基本假设

理论力学只讨论物体在力作用下产生的整体运动,称为外效应,因此将研究对象视为刚体,在刚体内部各质点之间保持相对位置不变,所以物体受力过程中其形状和尺寸都不改变(即不变形)。

材料力学研究的是变形固体,在力作用下,固体内部各质点间的位置发生改变,产生内力,引起物体尺寸和形状的改变,称为内效应。因此,即使构件由于约束不允许有总体上的刚性移动,但未被约束的部分将有空间位置上的变化,这就是变形固体具有的特点。变形可分为两种:一种是当作用力除去后能恢复原状的弹性变形;另一种是当作用力除去后不能恢复原状的塑性变形,残留在构件内部。多种构件在正常工作条件下只发生弹性变形,其变形量只有构件原始尺寸的千分之一到万分之一,所以是很微小的,不影响构件受力时的原始静力平衡位置,从而使计算大为简化。弹性变形量虽极微小,但体现了构件的变形规律和由此引起的全部内效应,所以是不能忽略的。

为了解决材料力学的任务,便于理论分析和简化计算,要将变形固体模型化,即突出主要矛盾、抓住其特色,作出某些假设:

1. 连续性假设

认为物质毫无空隙地充满固体的整个几何空间。实际的变形固体是由许多晶粒结构组成,具有不同程度的空隙(包括缺陷、夹杂等),其大小是以埃($1 \text{ \AA} = 10^{-9} \text{ mm}$)计量的,它与构件尺寸相比极为微小,可忽略不计,认为材料在整个几何空间是密实的。这样,研究问题、分析构件内部作用的力和引起的位移等,即可采

用坐标的连续函数来表示。

2. 均匀性假设

认为从变形固体内取出的任意一小部分,不论其位置如何都具有完全相同的物理特性。实际上,各晶粒结构的性质不尽相同,晶粒交界处的晶界物质和晶粒本身的性质也不相同。但由于晶粒尺寸远小于构件材料的尺寸,排列也不规则,所以,材料的物理性能是无数晶粒性质的统计平均值。因此,可认为变形固体各部分的性质是均匀的。从构件任意部位取出的微小单元微体(称为单元体),其变化规律和抗力性能,就能代表构件的整体;也可将通过材料的试样经实验测试获得的力学性能,应用于该材料制成的构件的任何微小部分。

3. 各向同性假设

认为变形固体在各个方向的物理特性都是相同的,具备这种属性的材料称为各向同性材料。玻璃、工程塑料等即为典型的各向同性材料。金属的单个晶粒是各向异性的,但由于材料是由无数多的晶粒所组成,且晶粒的排列是杂乱无章的,因此,金属材料在各个方向的性质就接近相同了。至于由增强纤维和基体材料制成的复合材料、木材等,其抗力性能是有方向性的,不在本书的讨论范围之内。

连续、均匀和各向同性的变形固体,是对实际工程材料的一种科学抽象。实际表明,在此假设的基础上所建立的理论是正确的,由此所得到的计算结果是满足工程要求的。

1.3 材料力学的研究对象

1.3.1 杆件和板件

构件的形状是多种多样的,按其几何特征,主要分为杆件和板件。一个方向的尺寸远大于其他两个方向尺寸的构件,称为杆件,这是材料力学研究的主要对象,也是工程实际中最常见、最基本的构件。如前面提及的托架、支撑架、车轮轴、电机轴等都可看成是杆件。杆件是由某一平面图形沿其法线方向按某一曲线移动形成的轨迹所组成的几何空间。平面图形称为杆件的横截面。当横截面的形心都位于上述轨迹曲线上时,该曲线即成为杆件的轴线。所以,杆件的轴线与其横截面是相互垂直的,如图 1.3 所示。若轴线是直线,称为直杆;若为曲线,称为曲杆;若为折线,称为折杆或刚架。折杆在两杆交接处认为是刚性固结的(图 1.4c)。当杆件的横截面形状和尺寸都相同时,称为等截面杆,否则称为变