



普通高等教育“十五”国家级规划教材

材料力学(I)

第2版

单辉祖 编著



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

TB301
68=2
:1

材料力学(I)

第2版

单辉祖 编著

高等教育出版社

内容简介

本教材是普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本教材仍保持第一版模块式的特点,由《材料力学(I)》与《材料力学(II)》两部分组成。《材料力学(I)》包括材料力学的基本部分,涉及杆件变形的的基本形式与组合形式,涵盖强度、刚度与稳定性问题。《材料力学(II)》包括材料力学的加深与扩展部分。

本书为《材料力学(I)》,包括绪论、轴向拉压应力与材料的力学性能、轴向拉压变形、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力应变状态分析、复杂应力状态强度问题以及压杆稳定问题等十章。各章均附有复习题与习题,在许多章的习题中,还安排了利用计算机解题的作业。

与第一版相同,本教材具有论述严谨、文字精炼、重视基础与应用、重视学生能力培养、专业面向宽与教学适用性强等特点,而且,在选材与论述上,特别注意与近代力学的发展相适应。

本教材可作为高等学校工科本科多学时类材料力学课程教材,也可供高职高专、成人高校师生以及工程技术人员参考。

以本教材为主教材的相关教学资源,尚有《材料力学课堂教学多媒体课件与教学参考》、《材料力学学习指导书》、《材料力学网上作业与查询系统》与《材料力学网络课程》等。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学(I)/单辉祖编著. —2版. —北京:高等教育出版社,2004.8(2005重印)

ISBN 7-04-014475-1

I. 材... II. 单... III. 材料力学-高等学校-教材 IV. TB301

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第053906号

策划编辑 黄毅 责任编辑 姜凤 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱静
版式设计 胡志萍 责任校对 王效珍 责任印制 陈伟光

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 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 25
字 数 470 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

版 次 1999年9月第1版
2004年8月第2版
印 次 2005年7月第3次印刷
定 价 28.60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 14475-00

第二版前言

本书是单辉祖编著《材料力学》(I)与《材料力学》(II)的第二版,属于普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本书第一版于1999年出版,自出版以来,得到兄弟院校广大教师与学生的欢迎与好评,并获“2000年度中国高校科学技术奖自然科学奖(教材类)二等奖”和2002年全国普通高等学校优秀教材二等奖。第二版仍保持模块式教材体系,仍由《材料力学》(I)与《材料力学》(II)两部分组成。

《材料力学》(I)为材料力学的基本部分,包括绪论、轴向拉压应力与材料的力学性能、轴向拉压变形、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力应变状态分析、复杂应力状态强度问题以及压杆稳定问题等十章。《材料力学》(II)为材料力学的加深与扩展部分,包括非对称弯曲与特殊梁、能量法(一)、能量法(二)、静不定问题分析、杆与杆系分析的计算机方法、应力分析的实验方法、疲劳与断裂以及考虑材料塑性的强度计算等八章。

编者在修订本书时,仍秉承编者的一贯风格,力求论述严谨、文字精炼、层次分明、重视基础与应用、重视学生能力培养、广泛联系工程实际与教学适用性强等,并在选材与阐述上,注意与近代力学的发展相适应。

在这次修订中,为便于教学,对部分教学内容与体系稍作调整,例如,将拉压杆的弹塑性分析以简介的形式移至第三章,对构件作等加速运动与匀速转动的应力计算有所增强,将轴力与扭矩分析独立成节,弯曲内力独立成章,将截面几何性质全部集中在《材料力学》(I)的附录A中,等等。

这次修订中,在扩大专业面向方面也作了一些改进,希望本教材既符合机械与航空等类专业的教学需要,也基本满足土建与水利等类专业的教学要求。实际上,材料力学作为高等工科院校的一门重要基础技术课程,使学生广泛了解工程实际是必要的。

本书在修订过程中,北京航空航天大学吴鹤华与方汝璐教授对书稿进行了校订,谨此致谢。

本书虽经修订,但疏漏与欠妥之处仍感难免,欢迎使用本书的教师与读者批评指正。

编者

2004年5月

第一版前言

本教材属于“面向 21 世纪课程教材”，也是普通高等学校“九五”国家级重点教材。

《材料力学》(I)为材料力学的基本部分，包括基本概念、轴向拉压应力与材料的力学性能、轴向拉压变形、扭转、弯曲应力、弯曲变形、应力应变分析、复杂应力状态强度问题以及压杆稳定问题等九章。

《材料力学》(II)为材料力学的加深与扩展部分，包括非对称弯曲与特殊梁、能量法(一)、能量法(二)、静不定问题分析、杆与杆系分析的计算机方法、应力分析的实验方法、疲劳与断裂以及考虑材料塑性的强度计算等八章。

各章均附有复习题与习题，在许多章的习题中，还安排了利用计算机解题的作业。

本教材除重视加强基础外，还特别重视概念的更新与拓宽、工程应用的加强以及教学内容的精选与体系的重组，并在妥善处理传统内容的继承与现代科技成果的引进以及知识的传授与能力、素质的培养方面，进行了积极探索。力求使新编教材具有新的内容、新的体系、论述严谨、重视基础与应用(包括计算机应用)、重视学生能力培养并便于教师选用。

本教材由单辉祖编著。参加本书编写讨论与校订的有吴鹤华、郭明洁、蒋持平、孟庆春与王奇志，参加编写讨论的还有张行、方汝蓉、杨乃文、吴国勋、李焕喜与张英世等。

本教材是教育部“面向 21 世纪教学内容与课程体系改革计划”的研究成果，同时还得到北京市教育工作委员会的关心与支持。

本教材承西南交通大学孙训方教授、大连铁道学院陶学文教授以及大连理工大学郑芳怀教授审阅，提出了许多精辟而中肯的意见。在编写过程中，还得到了北京航空航天大学许多同志的支持与帮助。谨此一并致谢。

限于编者水平，书中难免存在一些不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1999 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 材料力学的任务与研究对象	1
§ 1-2 材料力学的基本假设	3
§ 1-3 外力与内力	4
§ 1-4 应力	7
§ 1-5 应变	9
§ 1-6 胡克定律	11
复习题	13
习题	13
第二章 轴向拉压应力与材料的力学性能	15
§ 2-1 引言	15
§ 2-2 轴力与轴力图	16
§ 2-3 拉压杆的应力与圣维南原理	17
§ 2-4 材料拉伸时的力学性能	23
§ 2-5 材料拉压力学性能进一步研究	27
§ 2-6 应力集中概念	30
§ 2-7 许用应力与强度条件	32
§ 2-8 连接部分的强度计算	39
§ 2-9 结构可靠性设计概念简介	45
复习题	47
习题	48
计算机作业	53
第三章 轴向拉压变形	54
§ 3-1 引言	54
§ 3-2 拉压杆的变形与叠加原理	54
§ 3-3 桁架的节点位移	60
§ 3-4 拉压与剪切应变能	62
§ 3-5 简单拉压静不定问题	66
§ 3-6 热应力与初应力	72
§ 3-7 拉压杆弹塑性分析简介	77
§ 3-8 结构优化设计概念简介	80
复习题	83
习题	83

计算机作业	91
第四章 扭转	93
§ 4-1 引言	93
§ 4-2 扭力偶矩计算与扭矩	94
§ 4-3 圆轴扭转横截面上的应力	97
§ 4-4 圆轴扭转强度条件与合理设计	101
§ 4-5 圆轴扭转变形与刚度条件	107
§ 4-6 简单静不定轴	109
§ 4-7 非圆截面轴扭转	112
§ 4-8 薄壁杆扭转	115
复习题	120
习题	121
计算机作业	128
第五章 弯曲内力	130
§ 5-1 引言	130
§ 5-2 梁的约束与类型	131
§ 5-3 剪力与弯矩	132
§ 5-4 剪力、弯矩方程与剪力、弯矩图	134
§ 5-5 剪力、弯矩与载荷集度间的微分关系	140
§ 5-6 刚架与曲梁的内力	149
复习题	152
习题	152
第六章 弯曲应力	159
§ 6-1 引言	159
§ 6-2 弯曲正应力	160
§ 6-3 弯曲切应力	166
§ 6-4 梁的强度条件	173
§ 6-5 梁的合理强度设计	178
§ 6-6 弯拉(压)组合与截面核心	183
复习题	188
习题	189
计算机作业	199
第七章 弯曲变形	200
§ 7-1 引言	200
§ 7-2 挠曲轴近似微分方程	201
§ 7-3 计算梁位移的积分法	202
§ 7-4 计算梁位移的奇异函数法	209
§ 7-5 计算梁位移的叠加法	214

§ 7-6 简单静不定梁	220
§ 7-7 梁的刚度条件与合理刚度设计	225
复习题	228
习题	228
计算机作业	236
第八章 应力应变状态分析	237
§ 8-1 引言	237
§ 8-2 平面应力状态应力分析	238
§ 8-3 应力圆	241
§ 8-4 极值应力与主应力	243
§ 8-5 复杂应力状态的最大应力	248
§ 8-6 平面应变状态应变分析	250
§ 8-7 各向同性材料的应力应变关系	254
* § 8-8 复杂应力状态下的应变能	258
* § 8-9 复合材料应力应变关系简介	260
复习题	262
习题	262
第九章 复杂应力状态强度问题	267
§ 9-1 引言	267
§ 9-2 关于断裂的强度理论	268
§ 9-3 关于屈服的强度理论	270
§ 9-4 弯扭组合与弯拉(压)扭组合	274
§ 9-5 矩形截面杆组合变形一般情况	281
§ 9-6 薄壁圆筒的强度计算	283
* § 9-7 关于强度理论的试验研究	288
* § 9-8 莫尔强度理论	289
复习题	292
习题	293
第十章 压杆稳定问题	300
§ 10-1 稳定性概念	300
§ 10-2 两端铰支细长压杆的临界载荷	302
§ 10-3 两端非铰支细长压杆的临界载荷	305
§ 10-4 中、小柔度杆的临界应力	311
§ 10-5 压杆稳定条件与合理设计	315
复习题	320
习题	321
计算机作业	327
附录 A 截面几何性质	328

§ A-1 静矩与形心	328
§ A-2 极惯性矩	331
§ A-3 惯性矩	332
§ A-4 惯性矩平行轴定理	335
§ A-5 惯性积与惯性积平行轴定理	337
§ A-6 转轴公式与主惯性矩	339
复习题	342
习题	343
附录 B 常用材料的力学性能	346
附录 C 常见截面的几何性质	347
附录 D 非圆截面轴扭转	349
附录 E 梁的挠度与转角	351
附录 F 型钢表	353
参考文献	369
习题答案	370
索引	381
Synopsis	386
Contents	387
作者简介	391

第一章 绪 论

§ 1-1 材料力学的任务与研究对象

在工程实际中,各种机械与结构得到广泛应用。组成机械与结构的零、构件,统称为**构件**。当机械与结构工作时,构件受到外力作用,同时,其尺寸与形状也发生改变。构件尺寸与形状的变化称为**变形**。

构件的变形分为两类:一类为外力解除后能消失的变形,称为**弹性变形**;另一类为外力解除后不能消失的变形,称为**塑性变形**或**残余变形**。

一、强度、刚度与稳定性

实践表明:作用力愈大,构件的变形愈大;而当作用力过大时,构件则将发生断裂或显著塑性变形。显然,构件工作时发生意外断裂或显著塑性变形是不容许的。对于许多构件,工作时产生过大变形一般也是不容许的。例如,如果机床主轴或床身变形过大,将影响加工精度;齿轮轴的变形过大(图 1-1),势必影响齿与齿间的正常啮合。

实践中还发现,有些构件在某种外力作用下,将发生不能保持其原有平衡形式的现象。例如图 1-2 所示轴向受压的细长连杆,当所加压力 F 达到或超过一定数值时(其值因杆而异),连杆将从直线形状突然变弯,而且往往是显著的弯曲变形。

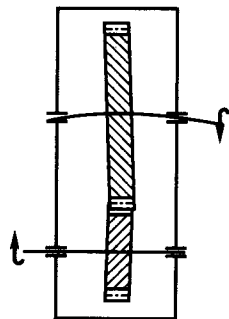


图 1-1

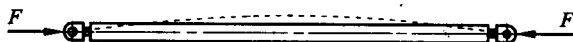


图 1-2

在一定外力作用下,构件突然发生不能保持其原有平衡形式的现象,称为**失稳**。构件工作时产生失稳一般也是不容许的。例如桥梁结构的受压杆件失稳,将可能导致桥梁结构的整体或局部塌毁。

针对上述情况,对构件设计提出如下要求:

1. 构件应具备足够的**强度**(即抵抗破坏的能力),以保证在规定的使用条件下不发生意外断裂或显著塑性变形;

2. 构件应具备足够的**刚度**(即抵抗变形的能力),以保证在规定的使用条件下不产生过大变形;

3. 构件应具备足够的**稳定性**(即保持原有平衡形式的能力),以保证在规定的使用条件下不失稳。

以上三项是保证构件正常或安全工作的基本要求。

在设计构件时,除应满足上述要求外,还应尽可能地合理选用材料与节省材料,从而降低制造成本并减轻构件重量。为了安全可靠,往往希望选用优质材料与较大截面尺寸,但是,由此又可能造成材料浪费与结构笨重。可见,安全与经济以及安全与重量之间存在矛盾。因此,如何合理地选用材料,如何恰当地确定构件的截面形状与尺寸,便成为构件设计中的一些十分重要的问题。

材料力学是固体力学的一个分支,主要研究构件在外力作用下的变形、受力与破坏或失效的规律,为合理设计构件提供有关强度、刚度与稳定性分析的基本理论与方法。

二、材料力学的研究对象

工程实际中的构件,形状多种多样,按照其几何特征,主要可分为杆件与板件。

一个方向的尺寸远大于其他两个方向的尺寸的构件(图 1-3),称为**杆件**。杆件是工程中最常见、最基本的构件。例如图 1-1 所示齿轮轴与图 1-2 所示连杆,均为杆件的实例。

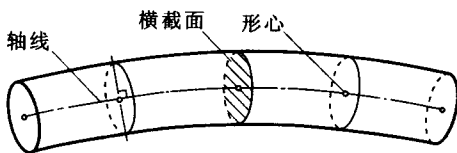


图 1-3

杆件的形状与尺寸由其轴线与横截面确定,轴线通过横截面的形心,横截面与轴线相正交。根据轴线与横截面的特征,杆件可分为等截面杆与变截面杆(图 1-4a, b),直杆与曲杆(图 1-4c)。等截面直杆的分析计算原理,一般也可近似地用于曲率较小的曲杆与截面无显著变化的变截面杆。

一个方向的尺寸远小于其他两个方向的尺寸的构件,称为**板件**(图 1-5)。平分板件厚度的几何面,称为**中面**。中面为平面的板件称为**板**(图 1-5a);中面为曲面的板件称为**壳**(图 1-5b)。

材料力学的主要研究对象是杆件,以及由若干杆件组成的简单杆系。同时也研究一些形状与受力均比较简单的板与壳。至于一般较复杂的杆系与板壳问

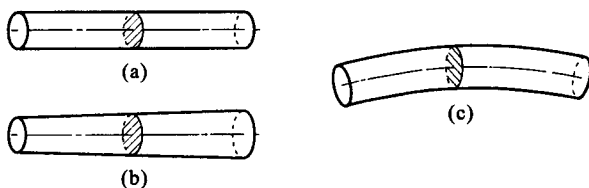


图 1-4

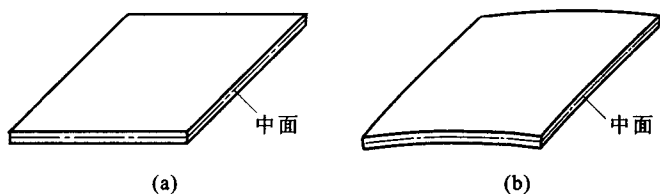


图 1-5

题,则属于结构力学与弹性力学等的研究范畴。工程实际中的构件,大部分属于杆件,而且,杆件问题的分析原理与方法,也是分析其他形式构件的基础。

§ 1-2 材料力学的基本假设

制作构件所用的材料多种多样,其具体组成与微观结构则更是非常复杂。为便于进行强度、刚度与稳定性的理论分析,现根据工程材料的主要性质对其作如下假设。

1. 连续性假设

假设在构件所占有的空间内毫无空隙地充满了物质,即认为是密实的。按此假设,构件中的一些力学量(例如各点的位移),即可用坐标的连续函数表示,并可采用无限小的数学分析方法。至于空隙或缺陷的影响不能忽略的情况,将在有关章节中专门讨论。

应该指出,连续性假设不仅适用于构件变形前,而且也适用于变形后,即构件内变形前相邻近的质点变形后仍保持邻近,既不产生新的空隙或孔洞,也不出现重叠现象。

2. 均匀性假设

材料在外力作用下所表现的性能,称为材料的**力学性能**或**机械性能**。在材料力学中,假设材料的力学性能与其在构件中的位置无关,即认为是均匀的。按此假设,从构件内部任何部位所切取的微小单元体(简称为**微体**),都具有与构件完全相同的性质。同样,通过试样所测得的力学性能,也可用于构件内的任何部位。

对于实际材料,其基本组成部分的力学性能往往存在不同程度的差异。例如,金属是由无数微小晶粒所组成(图 1-6),各个晶粒的力学性能不完全相同,晶粒交界处的晶界物质与晶粒本身的力学性能也不完全相同。但是,由于构件的尺寸远大于其组成部分的尺寸(例如一立方毫米的钢材中包含了数万甚至数十万个晶粒),因此,按照统计学观点,仍可将材料看成是均匀的。

3. 各向同性假设

假设材料沿各个方向具有相同力学性能,即认为是各向同性的。沿各个方向具有相同力学性能的材料,称为**各向同性材料**。例如玻璃即为典型的各向同性材料。金属的各个晶粒,均属于各向异性体,但由于金属构件所含晶粒极多,而且在构件内的排列又是随机的,因此,宏观上仍可将金属看成是各向同性材料。至于由增强纤维(碳纤维、玻璃纤维等)与基体材料(环氧树脂、陶瓷等)制成的复合材料(图 1-7),则属于各向异性材料,应按各向异性问题处理。

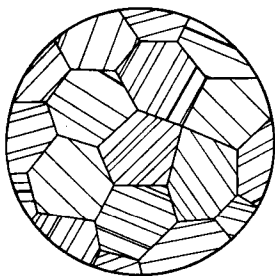


图 1-6

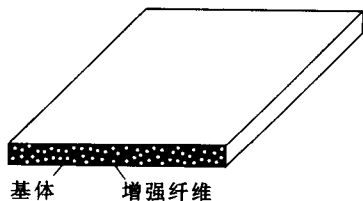


图 1-7

综上所述,在材料力学中,一般将实际材料看作是连续、均匀与各向同性的可变形固体。实践表明,在此基础上所建立的理论与分析计算结果,符合工程要求。本书也将研究各向异性、非均匀以及含裂纹构件等问题,但是,如果没有专门说明,则研究对象均属于连续、均匀与各向同性的可变形固体。

§ 1-3 外力与内力

一、外力

材料力学的研究对象是构件,因此,对于所研究的对象来说,其他构件与物体作用于其上的力均为外力,包括载荷与约束力。

按照外力的作用方式,可分为表面力与体积力。作用在构件表面的外力,称为**表面力**,例如,作用在高压容器内壁的气体或液体压力是表面力,两物体间的

接触压力也是表面力。作用在构件各质点上的外力,称为**体积力**,例如构件的重力与惯性力均为体积力。

按照表面力在构件表面的分布情况,又可分为分布力与集中力。连续分布在构件表面某一范围的力,称为**分布力**。如果分布力的作用面积远小于构件的表面面积,或沿杆件轴线的分布范围远小于杆件长度,则可将分布力简化为作用于一点处的力,称为**集中力**。

按照载荷随时间变化的情况,可分为静载荷与动载荷。随时间变化极缓慢或不变化的载荷,称为**静载荷**。其特征是在加载过程中,构件的加速度很小可以忽略不计。随时间显著变化或使构件各质点产生明显加速度的载荷,称为**动载荷**。例如,锻造时汽锤锤杆受到的冲击力为动载荷,图 1-8 所示连杆,所受压力 F 随时间变化,也属于动载荷。

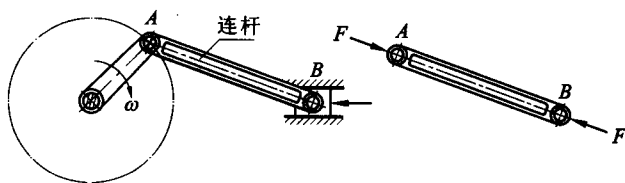


图 1-8

构件在静载荷与动载荷作用下的力学表现或行为不同,分析方法也不完全相同,但前者是后者的基础。

二、内力与截面法

在外力作用下,构件发生变形,同时,构件内部相连各部分之间产生相互作用力。由于外力作用,构件内部相连部分之间的相互作用力,称为**内力**^①。构件的强度、刚度及稳定性,与内力的大小及其在构件内的分布情况密切相关。因此,内力分析是解决构件强度、刚度与稳定性问题的基础。

由刚体静力学可知,为了分析两物体之间的相互作用力,必须将该二物体分离。同样,要分析构件的内力,例如要分析图 1-9a 所示杆件横截面 $m-m$ 上的内力,也必须假想地沿该截面将杆件切开,于是得切开截面的内力如图 1-9b 所示。由连续性假设可知,内力是作用在切开截面上的连续分布力。

^① 根据材料力学的基本假设,构件是由连续介质组成的密实体,未受外力时构件内相连部分之间不存在相互作用力,故将内力定义为“由于外力作用,构件内部相连部分之间的相互作用力”。实际上,构件是由分子、原子与电子等所组成,当不受外力作用时,构件内即已存在相互作用力。按此观点,因外力作用所引起的内力,则是上述相互作用力的改变量,即“附加”内力。

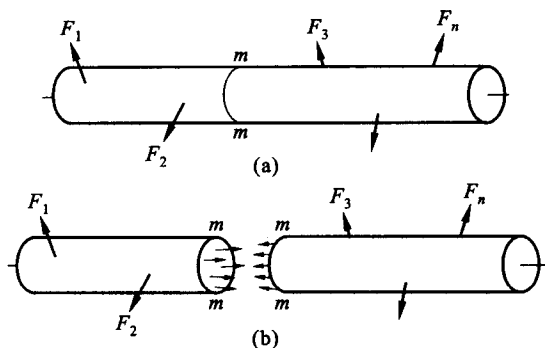


图 1-9

应用力系简化理论,将上述分布内力向横截面的任一点例如形心 C 简化,得主矢 F_R 与主矩 M (图 1-10a)。为了分析内力,沿截面轴线方向建立坐标轴 x ,在所切横截面内建立坐标轴 y 与 z ,并将主矢与主矩沿上述三轴分解(图 1-10b),得内力分量 F_N , F_{Sy} 与 F_{Sz} ,以及内力偶矩分量 M_x , M_y 与 M_z 。

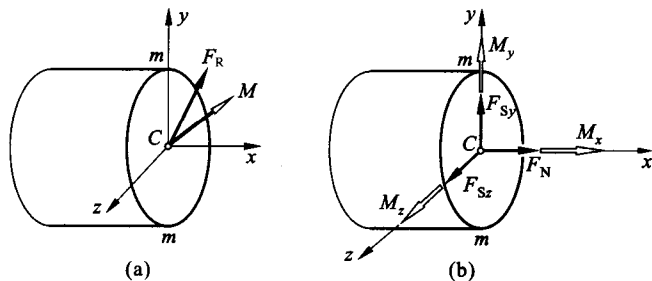


图 1-10

沿轴线的内力分量 F_N ,称为**轴力**;作用线位于所切横截面的内力分量 F_{Sy} 与 F_{Sz} ,称为**剪力**;矢量沿轴线的内力偶矩分量 M_x ,称为**扭矩**;矢量位于所切横截面的内力偶矩分量 M_y 与 M_z ,称为**弯矩**。上述内力及内力偶矩分量与作用在切开杆段上的外力保持平衡,因此,由平衡方程

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0, & \sum F_y &= 0, & \sum F_z &= 0 \\ \sum M_x &= 0, & \sum M_y &= 0, & \sum M_z &= 0\end{aligned}$$

即可建立内力与外力间的关系,或由外力确定内力。为叙述简单,以后将内力分量及内力偶矩分量统称为**内力分量**。

将杆件假想地切开以显示内力,并由平衡条件建立内力与外力间的关系或由外力确定内力的方法,称为**截面法**,它是分析杆件内力的一般方法。

关于剪力与扭矩的定义以及坐标轴的选取,以后将进一步论述。

应该指出,在很多情况下,杆件横截面上仅存在一种、两种或三种内力分量。

例如图 1-11a 所示杆 AB , A 端承受沿杆件轴线的集中载荷 F 作用, 显然, 杆件横截面上的唯一内力分量为轴力 F_N (图 1-11b), 其值则为

$$F_N = F$$

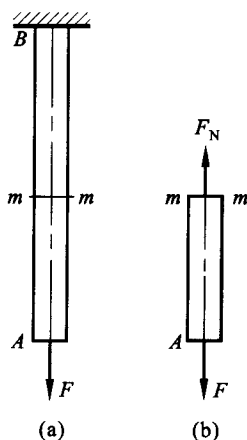


图 1-11

§ 1-4 应 力

如上所述, 内力是构件内部相连两部分之间的相互作用力, 并沿截面连续分布。为了描写内力的分布情况, 现引入内力分布集度即应力的概念。

一、正应力与切应力

如图 1-12a 所示, 在截面 $m-m$ 上任一点 k 的周围取一微小面积 ΔA , 并设作用在该面积上的内力为 ΔF , 则 ΔF 与 ΔA 的比值, 称为 ΔA 内的平均应力, 并用 p_{av} 表示, 即

$$p_{av} = \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (1-1)$$

一般情况下, 内力沿截面并非均匀分布, 平均应力的大小与方向将随所取面积 ΔA 的大小而异。为了更精确地描写内力的分布情况, 应使 ΔA 趋于零, 由此所得平均应力的极限值, 称为截面 $m-m$ 上 k 点处的应力或总应力, 并用 p 表示, 即

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (1-2)$$

显然, 应力 p 的方向即 ΔF 的极限方向。为了分析方便, 通常将应力 p 沿截面法向与切向分解为两个分量 (图 1-12b)。沿截面法向的应力分量, 称为正应

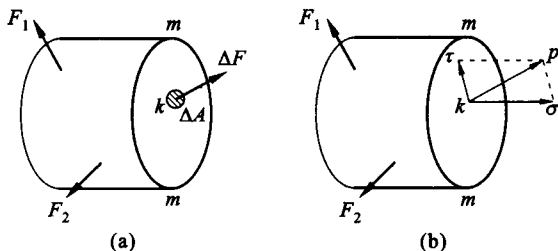


图 1-12

力,并用 σ 表示;沿截面切向的应力分量,称为切应力,并用 τ 表示。显然,

$$p^2 = \sigma^2 + \tau^2 \quad (1-3)$$

在我国法定计量单位中,力与面积的基本单位分别为 N 与 m^2 ,应力的单位为 Pa,其名称为“帕斯卡”(pascal), $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 。应力的常用单位为 MPa ①,其值为

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} \quad (1-4)$$

二、单向应力、纯剪切与切应力互等定理

在构件的同一截面上,不同点处的应力一般不同;同时,在通过同一点的不同方位的截面上,应力一般也不相同。为了全面研究一点处的应力,围绕该点切取一无限小的六面体即微体进行研究,显然,在微体不同方位的截面上,应力一般也不相同。

微体受力最基本、最简单的形式有两种,一种是所谓单向受力或单向应力(图 1-13a),另一种是所谓纯剪切(图 1-13b)。在单向受力状态下,微体仅在一对互相平行的截面上承受正应力;在纯剪切状态下,微体仅承受切应力。

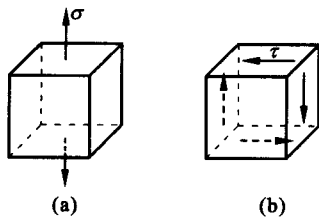


图 1-13

对于处于纯剪切状态的微体(图 1-14a),如果其边长分别为 dx, dy 与 dz ,微体顶面与底面的切应力为 τ ,左、右侧面的切应力为 τ' ,则由平衡方程

$$\sum M_x = 0, \tau dx dz \cdot dy - \tau' dy dz \cdot dx = 0$$

① 在我国法定计量单位中,词头 M(mega)代表 10^6 ,其名称为“兆”。