

高等学校教材

材料力学

(第三版) 上册

孙训方 方孝淑 关来泰 编

孙训方 胡增强 金心全 修订

0741
28-3
1

高等学校教材

材 料 力 学

(第 三 版)

上 册

孙训方 方孝淑 关来泰 编
孙训方 胡增强 金心全 修订

高等教育出版社

(京) 112号

内 容 提 要

本书是根据国家教委颁发的高等工业学校“材料力学课程教学基本要求”(100~110学时)修订而成。

本书既保留了原版内容丰富、为学有潜力的学生留有深入学习余地的特点,又将一些超出基本要求的内容,如“弯曲问题的进一步研究”、“压杆稳定问题的进一步研究”等另立章节,并将分散在各章中的有关动荷载的内容集中起来,与交变应力编成一章,以便于各校教学选用。此外,修订者还将“剪切与连接件的实用计算”另立一章,并安排在拉压、扭转、弯曲变形各章之后,以便讲授受扭和受弯构件连接部分的计算。

上册内容包括:绪论及基本概念,轴向拉伸和压缩,扭转,弯曲内力,弯曲应力,梁弯曲时的位移·简单超静定梁,弯曲问题的进一步研究,剪切与连接件的实用计算。下册内容包括:应力与应变分析,强度理论,组合变形,压杆稳定,压杆稳定问题的进一步研究,能量方法,动荷载·交变应力,实验应力分析基础,材料力学性能的进一步研究。本书新编了思考题,充实了例题和习题。

本书适用于高等工业学校土建、水利类各专业,也可供其他专业及有关工程技术人员参考。

责任编辑:吴 向

高等学校教材

材料力学

(第三版)

上 册

孙训方 方孝淑 关来泰 编

孙训方 胡增强 金心全 修订

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

中国科学院印刷厂印装

开本850×1168 1/32 印张14.5 字数 370 000

1994年9月第3版 1994年9月第1次印刷

印数0001—7 385

ISBN7-04-004905-8/TU·74

定价 8.25 元

第三版序言

这套教材的第一版于1979年4月出版,第二版于1987年4月出版。在第二版中主要删去了断裂力学基础一章,其余仅作了少量的修改和勘误。在本书十多年的使用过程中,国家教委制订了“材料力学课程教学基本要求”,国家颁布了新版的“钢结构设计规范”、“木结构设计规范”等。因此,本书的一些内容已不太适应目前的教学需要。在广泛征求工科院校材料力学教师意见的基础上,编者于1991年6月开始对第二版进行修订。为了维持原书的特色,并避免相邻两版间的突变,第三版主要作了如下工作:

1. 弯曲问题中有些属于进一步研究的内容,集中起来另立一章。这样便于教师根据教学要求选用,可以完全不讲,也可以选讲其中的部分节、段。为此,该章中各节均加上*号。

2. 剪切与连接件的计算独立成章,并安排在拉压、扭转、弯曲变形各章之后,以便讲授受扭和受弯构件连接部分的计算。

3. 在强度理论一章中,编入了我国学者首创的双剪应力强度理论。由于该理论目前正在进一步发展,并尚未纳入有关规范,因而,本书主要介绍该理论的基本原理及依据,并给出相应的强度判据。对其适用范围则未详加讨论。

4. 压杆稳定分成两章。前一章属于基本要求的内容,原书中的压杆稳定系数表及有关曲线,以新版的钢结构和木结构设计规范中的稳定系数表和计算公式代替。当然,在引用有关设计规范时,以有代表性的材料(如Q235钢^①)为限,主要给初学者一个概念。后一章是压杆稳定问题的进一步研究,以及其它弹性稳定问题的简介。这些内容对于理解弹性失稳的物理实质及拓宽知识面是很有好处的,供教师和学生选用。因而,该章的各节均加上*号。

^① Q235 钢是新国家标准 GB700—88 的钢牌号,相当于旧标准钢牌号的 A3。

5. 在能量方法一章中, 把重点放在应变能概念和卡氏定理及其应用上, 而把虚功原理及单位力法放在后面, 并加上*号。这主要是考虑与后续的结构力学课程相衔接。对于无结构力学课程的专业, 可仍以虚功原理和单位力法为主。

6. 有关动荷载的内容从基本变形的各章中集中起来, 并与交变应力合并编为一章, 主要是有利于教学安排。对于疲劳破坏与疲劳强度的内容作了较大的改动, 并以新版钢结构设计规范中的构件疲劳折减系数表, 代替了原来的疲劳折减系数曲线和公式, 以加强与钢结构中疲劳计算方法间的联系。

7. 实验应力分析与理论分析计算相辅相成, 在材料力学课程中均安排了一定的实验课。为了使学生对实验应力分析有较系统的认识, 仍保留了实验应力分析基础一章, 且对电阻应变计法的原理及应用这一节作了较大的改动, 以供学生在实验课中参考, 并对全章加上*号。

8. 在材料力学性能的进一步研究一章的低应力脆断·断裂韧性一节中, 简单介绍了线弹性断裂力学的一些基本概念, 以充实该节的内容。

除了以上几方面的更动外, 在第三版中, 各章还编写了思考题, 适当增加了一些例题和习题。这是为帮助学生理解基本概念和因材施教创造条件。本书第三版采用高等教育出版社根据国家标准的规定和惯用情况整理的名词符号表。

参加第三版修订工作的有孙训方(西南交通大学)、胡增强(东南大学)、金心全(西南交通大学), 并由孙训方主持修订。哈尔滨建筑工程学院的干光瑜教授对书稿进行了审阅, 并提出了很多宝贵的意见, 对提高第三版的质量作出了贡献, 特此致谢。希望采用本教材的广大教师和读者, 对使用过程中发现的问题, 提出宝贵意见和建议, 以利于今后再次修订, 使之更臻完善。

编者

一九九三年八月

上册目录

第一章 绪论及基本概念	1
§ 1-1 材料力学的任务	1
§ 1-2 材料力学与生产实践的关系	2
§ 1-3 可变形固体的性质及其基本假设	4
§ 1-4 材料力学主要研究对象(杆件)的几何特征	7
§ 1-5 杆件变形的基本形式	8
第二章 轴向拉伸和压缩	10
§ 2-1 轴向拉伸和压缩的概念	10
§ 2-2 内力·截面法·轴力及轴力图	11
§ 2-3 横截面及斜截面上的应力	16
§ 2-4 拉(压)杆的变形·胡克定律	23
§ 2-5 拉(压)杆内的应变能	30
§ 2-6 材料在拉伸和压缩时的力学性能	34
§ 2-7 强度条件·安全系数·许用应力	51
§ 2-8 拉压超静定问题	61
§ 2-9 应力集中的概念	71
思考题	74
习题	77
第三章 扭转	89
§ 3-1 概述	89
§ 3-2 薄壁圆筒的扭转	90
§ 3-3 传动轴的外力偶矩·扭矩及扭矩图	93
§ 3-4 等直圆杆在扭转时的应力·强度条件	98
§ 3-5 等直圆杆在扭转时的变形·刚度条件·扭转超静定问题	111
§ 3-6 等直圆杆在扭转时的应变能	119
§ 3-7 等直非圆杆在自由扭转时的应力和变形	124
*§ 3-8 开口和闭合薄壁截面杆在自由扭转时的应力和变形	127
*§ 3-9 考虑材料塑性时圆杆的极限扭矩	136

思考题	140
习题	144
第四章 弯曲内力	154
§4-1 平面弯曲的概念及梁的计算简图	154
§4-2 梁的剪力和弯矩	160
§4-3 剪力方程和弯矩方程·剪力图和弯矩图	169
§4-4 弯矩、剪力与分布荷载集度间的关系及其应用	178
§4-5 按叠加原理作弯矩图	188
§4-6 平面刚架和曲杆的内力图	193
思考题	196
习题	198
第五章 弯曲应力	210
§5-1 引言	210
§5-2 纯弯曲时梁横截面上的正应力	210
§5-3 纯弯曲理论在横力弯曲中的推广·梁的正应力强度条件	217
§5-4 梁横截面上的剪应力·梁的剪应力强度条件	224
§5-5 梁的合理设计	245
*§5-6 两种材料的组合梁	249
思考题	254
习题	257
第六章 梁弯曲时的位移·简单超静定梁	269
§6-1 概述	269
§6-2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分	270
§6-3 按叠加原理计算梁的挠度和转角	281
§6-4 梁的刚度校核·提高梁的刚度的措施	285
§6-5 梁内的弯曲应变能	289
§6-6 简单超静定梁的解法	292
*§6-7 支座沉陷和温度变化对超静定梁的影响	299
思考题	307
习题	310
第七章 弯曲问题的进一步研究	317

* §7-1 非对称纯弯曲梁的正应力·····	317
* §7-2 开口薄壁截面梁的剪应力·弯曲中心·····	328
* §7-3 开口薄壁截面梁约束扭转的概念·····	333
* §7-4 平面大曲率杆纯弯曲时的正应力·····	336
* §7-5 梁挠曲线的初参数方程·····	341
* §7-6 考虑材料塑性时梁的极限弯矩·塑性铰·····	344
思考题·····	356
习题·····	358
第八章 剪切与连接件的实用计算 ·····	363
§8-1 概述·····	363
§8-2 铆钉连接的计算·····	372
* §8-3 榫齿连接·····	378
思考题·····	382
习题·····	383
附录 I 截面的几何性质 ·····	388
§I-1 截面的静矩和形心位置·····	388
§I-2 极惯性矩·惯性矩·惯性积·····	391
§I-3 惯性矩和惯性积的平行移轴公式·组合截面的惯性矩 和惯性积·····	395
§I-4 惯性矩和惯性积的转轴公式·截面的主惯性轴和主惯性矩··	401
* §I-5 计算惯性矩的近似方法·····	407
思考题·····	409
习题·····	412
附录 II 常用截面的几何性质计算公式 ·····	418
附录 III 型钢规格表 ·····	420
附录 IV 简单荷载作用下梁的挠度和转角 ·····	436
上册习题答案 ·····	442

第一章 绪论及基本概念

§ 1-1 材料力学的任务

建筑物和机械通常都受到各种外力的作用,例如,厂房外墙受到的风压力、建筑物受到的地震力、吊车梁承受的吊车和起吊物的重力、轧钢机受到钢坯变形时的阻力等,这些力都是荷载^①。建筑物承受荷载而起骨架作用的部分,称为结构,组成结构或机械的单个部分,则称为构件或零件。

当结构或机械承受荷载或传递运动时,各构件或零件都必须能够正常地工作,这样才能保证整个结构或机械的正常工作。为此,首先要求构件在受荷载作用时不发生破坏。如机床主轴因荷载过大而断裂时,整个机床就无法使用。但只是不发生破坏,并不一定就能保证构件或整个结构的正常工作。例如,吊车梁若因荷载过大而发生过度的变形,吊车也就不能正常行驶;又如机床主轴若发生过大的变形,则将影响机床的加工精度。此外,有一些构件在荷载作用下,其原有的平衡形状可能丧失稳定性。例如,房屋中受压柱如果是细长的,则在压力超过一定限度后,就有可能显著地变弯。这种细长受压杆件变弯的现象,看作是它在其原有直线形状下的平衡丧失了稳定性(简称为失稳)。构件失稳的后果往往是严重的,例如上述的柱如果失稳,就可能使房屋倒塌。针对上述三种情况,对构件正常工作的要求可以归纳为如下三点:

(1) 在荷载作用下构件应不致于破坏(断裂),即应具有足够的强度;

^① 在材料力学中首先研究静荷载问题。静荷载是指荷载本身或构件质点没有加速度或加速度可以略去不计,因而可以略去由加速度所引起的惯性力等影响的荷载。

(2) 在荷载作用下构件所产生的变形应不超过工程上允许的范围,也就是要具有足够的刚度;

(3) 承受荷载作用时,构件在其原有形状下的平衡应保持为稳定的平衡,也就是要满足稳定性的要求。

设计构件时,不但要满足上述强度、刚度和稳定性要求,还必须尽可能地合理选用材料和降低材料的消耗量,以节约资金或减轻构件的自身重量。前者往往要求多用材料,而后者则要求少用材料,两者之间存在着矛盾。材料力学的任务就在于合理地解决这种矛盾。在不断解决新矛盾的同时,也促进了材料力学的发展。

构件的强度、刚度和稳定性问题均与所用材料的力学性能(主要是指在外力作用下材料变形与所受外力之间的关系)有关,这些力学性能均需通过材料试验来测定。此外,也有些单靠现有理论解决不了的问题,需借助于实验来解决。因此,实验研究和理论分析同样重要,都是完成材料力学的任务所必需的手段。

§ 1-2 材料力学与生产实践的关系

“科学的发生与发展,一开始就是由生产决定的。”^①材料力学的发展正如其它科学一样,也是由生产的发展所推动的,同时它又反过来对生产实践起着重要的指导作用。

在封建社会及其以前,建筑物多以石料、木材以及冶炼粗糙的铸铁、铸铜等为主的建筑材料,同时,这些建筑物的工作条件也较简单,在设计时大多凭经验或采用模仿的方法。但在古代建筑中也已体现出当时劳动人民根据生产实践所积累起来的经验,对构件受力特点及材料的力学性能有了初步认识,并能结合构件受力特点正确地使用材料。例如,在我国古代就已将一些砖石结构做成拱形,以充分发挥材料的抗压强度;用竹索做成悬索桥,以充分利用竹材的抗拉强度。此外,在木结构中也积累了不少制造梁

^① 见恩格斯《自然辩证法》。

柱的经验,如对于矩形截面的木梁,采用的截面高宽比为 3:2,这事实上是符合材料力学基本原理的。

封建社会解体后,生产力得到了迅速的发展。为了建造新的建筑物、车、船及机械等,单凭经验或采用模仿的方法就解决不了新提出的问题。材料力学也就在这种情况下逐渐形成一门科学。这一时期的意大利科学家伽利略(Galileo),为了解决建造船只和水闸所需梁的尺寸问题进行了一些实验,并在 1638 年首先提出了计算梁强度的公式。虽然由于他用了刚体力学的方法而未考虑到梁受力后的变形这一重要因素,以致其结论并不正确,但他开辟了用实验和按理论方法计算构件的新途径,这在方法上仍然是有贡献的。后来,英国科学家胡克(R. Hooke)在 1678 年发表了他根据实验观察所总结出来的重要物理定律——力与变形成正比。从此以后,材料力学在过去生产实践中所积累的丰富经验的基础上,开始有了新的发展。

随着生产的发展,以及随着铁路车辆、船舶、飞机、新型建筑物和金属切削机床的发明和使用,提出了减轻构件自重、减少材料消耗量的要求。为此必须提高材料的强度,这就推动了冶金工业的发展,使高强度的金属例如钢、铝合金等材料逐渐成为主要的工程材料,从而使构件为了符合其强度要求所需要的截面尺寸有可能减小。然而,由于采用了细长的构件,荷载作用下的变形就显著地增大。因此,保证构件的刚度,即防止其变形超过工程上所能允许的范围,就成为在计算中必须加以考虑的另一个方面。此外,由于细长杆件在受压时,又出现了丧失其原有平衡形状的稳定性问题,所以对构件进行稳定性计算,也随着这种构件的采用而成为理论计算中不可忽视的又一个方面。由此可见,对于在荷载作用下的构件需要进行强度、刚度和稳定性计算,是随着生产发展中不断出现的新问题而逐渐提出来的。

生产的进一步发展又出现了更多的新问题,例如很多构件需要在随时间而交替变化的荷载作用下,或长期在高温环境中工作

等等。对于在这些情况下工作的构件进行强度、刚度和稳定性计算时,就得考虑更多的影响因素。此外,随着超高强度钢的应用,又出现了由于结构或构件中存在着漏检的初始裂纹而发生意外断裂的事故,为解决这类问题,近年来发展了断裂力学这一个分支。

由上述可知,材料力学所要解决的问题的范围随着生产的发展而日益扩大。另一方面,生产实践也提供了大量成功的经验和失败的教训,同时在实验室内进行的大量科学实验也不断积累着有关材料力学方面丰富的实验资料,这些都是有助于材料力学发展的因素。

从另一方面来说,材料力学的发展对生产实践也起着重要的指导作用,它为构件的计算提供了简便实用的方法,既保证了构件在各种情况下能够正常地工作,又能合理地使用材料。

§ 1-3 可变形固体的性质及其基本假设

制造结构构件或机械零件所用的材料,其物质结构和性质是多种多样的,但具有一个共同的特点,即都是固体,而且在荷载作用下都会发生变形——包括物体尺寸的改变和形状的改变。因此,这些材料统称为可变形固体。

工程中实际材料的物质结构是各不相同的,例如,金属具有晶体结构,所谓晶体是由排列成一定规则的原子所构成;塑料由长链分子所组成;玻璃、陶瓷是由按某种规律排列的硅原子和氧原子所组成。因而,各种材料的物质结构都具有不同程度的空隙,并可能存在气孔、杂质等缺陷。然而,这种空隙的大小与构件的尺寸相比,都是极其微小的(例如金属晶体结构的尺寸约为 $1 \times 10^{-8} \text{cm}$ 数量级),因而,可以将其略去不计而认为物体的结构是密实的。此外,对于实际材料的基本组成部分,例如金属、陶瓷、岩石的晶体,混凝土的石子、砂和水泥等,彼此之间以及基本组成部分与构件之间的力学性能都存在着不同程度的差异。但由于基本组成部分的尺寸与构件尺寸相比极为微小,而且它们在构件中的排列方向又

是随机的,因而,材料的力学性能反映的是无数个随机排列的基本组成部分力学性能的统计平均量,而不是某一基本组成部分的力学性能。例如,构成金属的晶体的力学性能是有方向性的,但由成千成万个随机排列的晶体所组成的金属材料,其力学性能则是统计各向同性的。

综上所述,对于可变形固体制成的构件,在进行强度、刚度或稳定性计算时,通常略去一些次要因素,将它们抽象为理想化的材料,然后进行理论分析。对可变形固体所作的两个基本假设如下。

1. 连续性假设 认为物体在其整个体积内充满了物质而毫无空隙,其结构是密实的。根据这一假设,就可在受力构件内任意一点处截取一体积单元来进行研究。而且,值得注意的是,在正常工作条件下,变形后的固体仍应保持其连续性。因此,可变形固体的变形必须满足几何相容条件,即变形后的固体既不引起“空隙”也不产生“挤入”现象。

2. 均匀性假设 认为从物体内任意一点处取出的体积单元,其力学性能都能代表整个物体的力学性能。显然,这种能够代表材料力学性能的体积单元的尺寸,是随材料的组织结构不同而有所不同的。例如,对于金属材料,通常取 $0.1 \times 0.1 \times 0.1 \text{ mm}$ 为其代表性体积单元的最小尺寸。对于混凝土,则需取 $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}$ 为其代表性体积单元的最小尺寸。这是因为代表性体积单元的最小尺寸必须保证在其体积中包含足够多数量的基本组成部分,以使其力学性能的统计平均值能保持一个恒定的量。

对于可变形固体,除上述两个基本假设外,对于常用的工程材料,通常还有各向同性假设,即认为材料沿各个方向的力学性能是相同的。如前所述,金属沿任意方向的力学性能,是具有方向性晶体的统计平均值。至于钢板、型钢或铝合金板、钛合金板等金属材料,由于轧制过程造成晶体排列择优取向,沿轧制方向和垂直于轧制方向的力学性能会有一定的差别,且随材料和轧制加工程度不同而异。但在材料力学的计算中,通常不考虑这种差别,而仍按各

向同性进行计算。不过对于木材和纤维增强叠层复合材料等,其整体的力学性能具有明显的方向性,就不能再认为是各向同性的,而应按各向异性来进行计算。关于各向异性材料的基本特征,将在第九章中稍加说明。

如上所述,在材料力学的理论分析中,以均匀、连续、各向同性的可变形固体作为构件材料的力学模型,那末,能否说材料力学所研究的是非真实材料的力学?甚至认为是没有材料的力学?其实不然,因为正是这种理想化了的力学模型抓住了各种工程材料的基本属性,而使理论研究成为可行的。而且,用这种力学模型进行计算所得结果的精度,在大多数情况下是在工程计算的允许范围内。当然,在少数情况下,例如在交替变化的荷载作用下,研究材料的破坏现象时,若再按这种力学模型进行分析,就与实际的物理现象不符了。关于这方面的问题,将在本书的最后一章中加以讨论。

材料力学中所研究的构件在承受荷载作用时,其变形与构件的原始尺寸相比通常甚小,可以略去不计,所以,在研究构件的平衡和运动以及内部受力和变形等问题时,均可按构件的原始尺寸和形状进行计算。这种变形微小及按原始尺寸和形状进行计算的概念,在材料力学中将经常用到。与此相反,有些构件在受力变形后,必须按其变形后的形状来计算,例如本书第十二章所讨论的压杆稳定就属于这类问题。对于大变形问题,在第十三章的例题中作了介绍,但对大变形问题的详细讨论,则超出了本书所涉及的范围。

工程上所用的材料,在荷载作用下均将发生变形。当荷载不超过一定的范围时,绝大多数的材料在卸除荷载后均可恢复原状。但当荷载过大时,则在荷载卸除后只能部分地复原而残留下一部分变形不能消失。在卸除荷载后能完全消失的那一部分变形,称为弹性变形,不能消失而残留下来的那一部分变形,则称为塑性变形。例如取一段直的钢丝,用手将它弯成一个圆弧,若圆弧的曲率

不大,则放松后钢丝又会变直,这种变形就是弹性变形;若弯成的圆弧曲率过大,则放松后弧形钢丝的曲率虽然会减小些,但却不能再变直了,残留下来的那一部分变形就是塑性变形。对于每一种材料,通常当荷载不超过一定的限度时,其变形完全是弹性的。多数构件在正常工作条件下,均要求其材料只发生弹性变形。所以,在材料力学中所研究的大部分问题,多局限于弹性变形范围内。

概括起来讲,在材料力学中是把实际材料看作均匀、连续、各向同性的可变形固体,且在大多数场合下局限在弹性变形范围内和小变形条件下进行研究。

§ 1-4 材料力学主要研究对象(杆件)的几何特征

材料力学所研究的主要构件从几何上多抽象为杆,而且大多数抽象为直杆。直杆是纵向(长度方向)尺寸远比横向(垂直于长度方向)尺寸要大得多的构件。梁、柱和传动轴等都可抽象为直杆。

直杆有两个主要的几何因素,即横截面和轴线。前者指的是直杆沿垂直于其长度方向的截面,后者则为所有横截面形心的连线(图 1-1a)。横截面和轴线是互相垂直的。在材料力学中所研究的直杆多数是等截面的,通常简称为等直杆(图 1-1a)。

对于等截面的曲杆,它的主要几何因素仍是横截面和轴线。前者指的是曲杆沿垂直于其弧长方向的截面,后者则为所有横截面形心的连线(图 1-1b)。曲杆的轴线与横截面也是相互垂直的。

横截面大小不同的杆称为变截面杆。

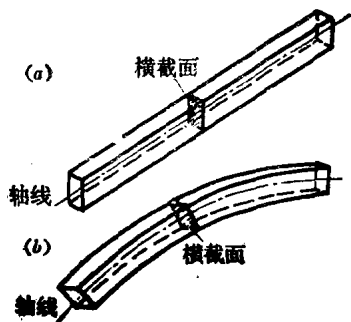


图 1-1

等直杆的计算原理一般也可近似地用于曲率很小的曲杆和横截面变化不大的变截面杆。

§ 1-5 杆件变形的的基本形式

作用在杆上的外力是多种多样的,因此,杆的变形也是各种各样的。不过这些变形的的基本形式不外乎以下四种。

1. 轴向拉伸或轴向压缩 在一对其作用线与直杆轴线重合的外力 P 作用下,直杆的主要变形是长度的改变。这种变形形式称为轴向拉伸(图 1-2a)或轴向压缩(图 1-2b)。简单桁架在荷载作用下,有些杆件发生轴向拉伸,有些杆件发生轴向压缩。

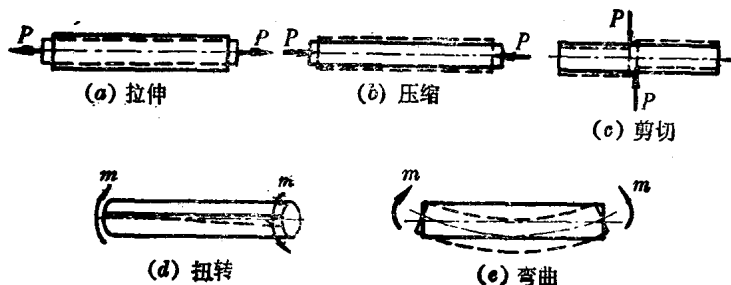


图 1-2

2. 剪切 在一对相距很近的大小相同、指向相反的横向外力 P 作用下,直杆的主要变形是横截面沿外力作用方向发生错动(图 1-2c)。这种变形形式称为剪切。一般在发生剪切变形的同时,杆件还存在其它的变形形式。

3. 扭转 在一对转向相反、作用面垂直于直杆轴线的外力偶(其矩为 m)作用下,直杆的相邻横截面将绕轴线发生相对转动,而轴线仍维持直线。这种变形形式称为扭转(图 1-2d)。机械中的传动轴的主要变形就包括扭转在内。

4. 弯曲 在一对转向相反、作用面在杆件的纵向平面(即包含杆轴线在内的平面)内的外力偶(其矩为 m)作用下,直杆的相

邻横截面将绕垂直于杆轴线的轴发生相对转动，变形后的杆轴线将弯成曲线。这种变形形式称为纯弯曲（图 1-2e）。梁在横向力作用下的变形将是纯弯曲与剪切的组合，通常称为横力弯曲。传动轴的变形往往是扭转与横力弯曲的组合。

工程中常用构件在荷载作用下的变形，大多为上述几种基本变形形式的组合，纯属一种基本变形形式的构件较为少见。但若以某一种基本变形形式为主，其它属于次要变形的，则可按这一种基本变形形式计算。若几种变形形式都非次要变形，则属于组合变形问题。本书将先分别讨论构件的每一种基本变形，然后再分析组合变形问题。