

材 料 力 学

华东水利学院

1984. 10.

TU 501
23

材 料 力 学

华东水利学院

一九八五年

前 言

这本讲义是参照 1980 年 5 月高等学校工科力学教材编审委员会制定的《高等工业学校材料力学教学大纲（草案）》，结合本院实际情况，本着教学改革的精神编写而成的。适用于水利、土建类各专业，所需教学时数约 100 学时。

在编写本书的过程中，参考了国内的教材和少数国外的教材，吸收了它们的许多长处。从提高材料力学课程教学质量的愿望出发，我们在几个方面作了一些改革的尝试。首先，在内容的系统上作了一些变动。在杆的基本变形和组合变形问题中，先讲内力、应力和变形的计算，然后再集中讲杆的强度计算和刚度计算，这可能有利于突出杆的应力和变形的分析，而不像大多数教材那样不适当地突出强度和刚度计算；并且将强度计算集中讲授还可以使各种应力状态的强度计算在概念和方法上融为一体，也避免了一些不必要的重复。其次，为了更好地贯彻“少而精”的原则，在内容上作了一些删减。考虑到水利、土建类绝大多数专业要开设结构力学课，因此删去了用能量法计算位移和超静定系统的内容；在有关各章中，删去了拉、压超静定问题、扭转超静定问题、扭转应变能和弯曲应变能等部分，在交变应力部分，只作概念上的介绍，不推导容许应力或安全系数的公式；此外，如轴向拉伸和压缩时考虑自重的影响问题，拟放在习题中由同学自己分析解决。最后，为了迎接新的技术革命，使同学尽早熟悉电子计算机的使用，在形心主惯性矩的计算和用初参数法求梁的变形两部分，介绍并给出了用 PC-1500 袖珍计算机解题的源程序，要求同学用该程序解一部分习题；在求主应力及压杆稳定计算两部分安排了习题，要求同学自编程序并解一部分习题。

参加本书编写工作的有钱济成、徐道远和许念曾同志。在编写过程中，经本教研室李咏偕、林见及其他同志分章进行了审阅并提出许多宝贵的意见。谨此致谢。

由于编者的水平有限，书中定有不少缺点和错误，特别是本书所作的一些改革也不一定恰当，欢迎读者给予批评指正。

目 录

第一章 绪 论 、基 本 概 念

- § 1—1 变形固体的概念及其基本假设
- § 1—2 变形固体按几何形状分类、杆的基本变形
- § 1—3 内力、截面法、应力
- § 1—4 位移和变形
- § 1—5 材料力学的任务
- § 1—6 材料力学的性质和特点

第二章 轴 向 拉 伸 和 压 缩

- § 2—1 概述
- § 2—2 轴力及轴力图
- § 2—3 轴向拉伸和压缩时杆的横截面上的应力
- § 2—4 应力集中的概念
- § 2—5 轴向拉伸和压缩时杆的变形、胡克定律

本章要点

第三章 扭 转

- § 3—1 概述
- § 3—2 扭矩的计算和扭矩图
- § 3—3 圆杆扭转时横截面上的应力
- § 3—4 圆杆扭转时的变形
- § 3—5 矩形截面杆的扭转
- § 3—6 开口薄壁截面杆的扭转

本章要点

第四章 梁 的 剪 力 和 弯 矩

- § 4—1 概述
- § 4—2 梁的剪力和弯矩
- § 4—3 剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图
- § 4—4 剪力、弯矩和荷载集度之间的关系
- § 4—5 用叠加法画弯矩图

本章要点

第五章 梁 的 应 力

- § 5—1 概述
- § 5—2 纯弯曲时梁的正应力
- § 5—3 矩形截面梁的剪应力
- § 5—4 工字形和圆形截面梁的剪应力
- § 5—5 非对称截面梁的平面弯曲

本章要点

第六章 梁 的 变 形

- § 6—1 概述
- § 6—2 梁的挠曲线近似微分方程
- § 6—3 用积分法计算梁的变形
- § 6—4 用初参数法计算梁的变形
- § 6—5 按叠加原理计算梁的变形
- § 6—6 简单超静定梁

本章要点

第七章 应 力 状 态 理 论

- § 7—1 应力状态的概念
- § 7—2 平面应力状态
- § 7—3 轴向拉压、扭转和弯曲杆件的应力分析
- § 7—4 三向应力状态的最大应力
- § 7—5 广义胡克定律、体积应变
- § 7—6 变形能和比能

本章要点

第八章 组 合 变 形

- § 8—1 概述
- § 8—2 斜弯曲
- § 8—3 拉伸（压缩）与弯曲组合
- § 8—4 偏心压缩（拉伸）
- § 8—5 截面核心
- § 8—6 弯曲与扭转组合

本章要点

第九章 材 料 的 力 学 性 质

- § 9—1 概述

2

§ 9—2 材料在拉伸和压缩时的力学性质

§ 9—3 扭转试验

§ 9—4 容许应力和安全系数

本章要点

第十章 杆的强度计算和刚度计算

§ 10—1 概述

§ 10—2 杆受轴向拉伸和压缩时的强度计算和刚度计算

§ 10—3 圆杆扭转时的强度计算和刚度计算

§ 10—4 梁的强度计算和刚度计算、提高梁的抗弯能力的措施

§ 10—5 斜弯曲、拉（压）弯组合和偏心压缩（拉伸）杆件的强度计算

§ 10—6 强度理论

§ 10—7 复杂应力状态的强度理论

本章要点

第十一章 联接件的强度计算

§ 11—1 概述

§ 11—2 铆接头强度计算

§ 11—3 键的强度计算

§ 11—4 榫接强度计算

本章要点

第十二章 考虑材料塑性时杆的强度计算

§ 12—1 概述

§ 12—2 圆杆的极限扭矩

§ 12—3 杆件弯曲时的极限荷载

§ 12—4 轴向拉、压杆的极限强度分析

本章要点

第十三章 压杆的稳定性

§ 13—1 压杆稳定性的概念

§ 13—2 细长压杆的临界荷载

§ 13—3 欧拉公式的适用范围和超过比例极限时的临界应力

§ 13—4 压杆的稳定计算

§ 13—5 增加压杆稳定性的措施

本章要点

第十四章 动 荷 载 问 题

§ 14—1 动荷载的基本概念

§ 14—2 构件作等加速直线运动或等角速转动时的应力计算

§ 14—3 冲击应力的计算

§ 14—4 振动应力计算概念

本章要点

第十五章 交 变 应 力 下 构 件 的 强 度 计 算

§ 15—1 交变应力的概念及疲劳破坏的特点

§ 15—2 交变应力及其循环特性

§ 15—3 材料的持久极限及其测定

§ 15—4 持久极限图

§ 15—5 影响持久极限的主要因素

§ 15—6 对称循环的疲劳强度校核

§ 15—7 非对称循环的强度校核

本章要点

第十六章 实 验 应 力 分 析 基 础

§ 16—1 概述

§ 16—2 电测法

§ 16—3 光弹性法

本章要点

附录一 截面的几何性质

§ 附1—1 截面的面积矩和形心位置

§ 附1—2 截面的惯性矩和惯性积

§ 附1—3 惯性矩和惯性积的平行移轴公式

§ 附1—4 组合截面的惯性矩

§ 附1—5 惯性矩和惯性积的转轴公式

§ 附1—6 截面的形心主惯性轴和形心主惯性矩

§ 附1—7 用 PC—1500 袖珍计算机确定截面的形心主惯性轴和计算形心主惯性矩

本章要点

附录二 型钢表

第一章 绪论·基本概念

§ 1—1 变形固体的概念及其基本假设

任何固体在外力作用下,所产生的物理现象是各种各样的。每门学科仅从特定的目的出发去研究某一方面的问题。为了研究方便,常常需要舍弃那些与所研究的问题无关或关系不大的特征,只保留主要的特征,将研究对象抽象为一种理想的“模型”。例如在理论力学中,为了从宏观上研究物体的平衡和运动规律,可将物体当作刚体。但是,真实的物体在外力作用下会产生变形,即物体形状和尺寸的变化,並改变了物体分子之间原有的相互作用力。当变形过大或分子间相互作用力的变化超过一定限度以后,物体便不能正常工作甚至发生破坏。因此,为了研究物体是否能正常工作而不破坏,就不能将物体当作刚体,而必须认为一切固体都是可变形的。研究变形固体的力学称为固体力学或变形体力学。

变形固体的组织构造及其物理性质是十分复杂的,为了抽象成理想的“模型”,通常采用两个基本假设:

1. 连续性假设 物体内部充满了物质,没有任何空隙。实际的物体,当然存在着不同程度的空隙,但只要这些空隙的大小比物体的尺寸小得很多,那末,关于物体连续性的假设是可以成立的。

2. 均匀性假设 物体内各部分,不论体积大小,其材料的力学性质是完全相同的。实际上,工程材料都具有一定程度的非均匀性,例如金属材料由晶粒组成,各晶粒的性质不完全相同,晶粒与晶粒交界处的晶界物质性质显然与晶粒本身也不同;又如混凝土材料,是由水泥、砂和碎石组成,它们的性质也是各不相同的。但由于这些组成物质的大小和物体尺寸相比很小,且排列也不规则,从宏观上来看,可以将物体的性质看作各组成部分性质的统计平均量,而认为物体的性质是均匀的。

根据这两个假设,我们就能从物体内任一点处取出无限小的微体,研究所受的力和变形,並且可以利用适合于连续函数的数学分析方法。

材料力学是固体力学的一个分支,除了采用上述两个假设外,主要研究下列范围内的变形固体:

1. 各向同性体 在各个方向均具有相同力学性质的物体,如钢、铸铁、玻璃以及浇灌得很好的混凝土等。其他的一些材料,有些只在一定的方向上具有相同的力学性质,如经过辗压的钢材和木层直而无节的木材,称为单向同性材料;而由两种以上材料组合而成的复合材料具有各向异性的性质,在“复合材料力学”中专门研究。

2. 小变形体 物体受力后,其形状和尺寸的变化很小的物体。在某些情况下进行理论分析时,可忽略这些微小变形的影响。关于大变形问题,是属于专门研究的课题。

3. 线弹性体 材料在弹性范围内,变形与力成线性关系的物体。所谓弹性,是指物体在外力作用下产生变形,当外力完全除去后能恢复原状的性质。工程上的材料,只在外力不超

过某一数值时才是弹性的,而且只有一部分材料严格地具有线弹性性质,关于材料超过弹性范围的情况,将在本书第十二章简单介绍。

§ 1—2 变形固体按几何形状分类·杆的基本变形

一、变形固体按几何形状分类

工程上的物体,根据其几何形状的不同,可以分为四类:

1. 杆 一个方向的尺度比其他两个方向的尺度大得多的物体,如图 1—1, *a*)。其几何形状可用一根轴线(各截面形心的连线)和垂直于轴线的横截面表示。根据轴线的形状,可分为直杆和曲杆;根据横截面沿轴线的变化情况,可分为等截面杆和变截面杆。

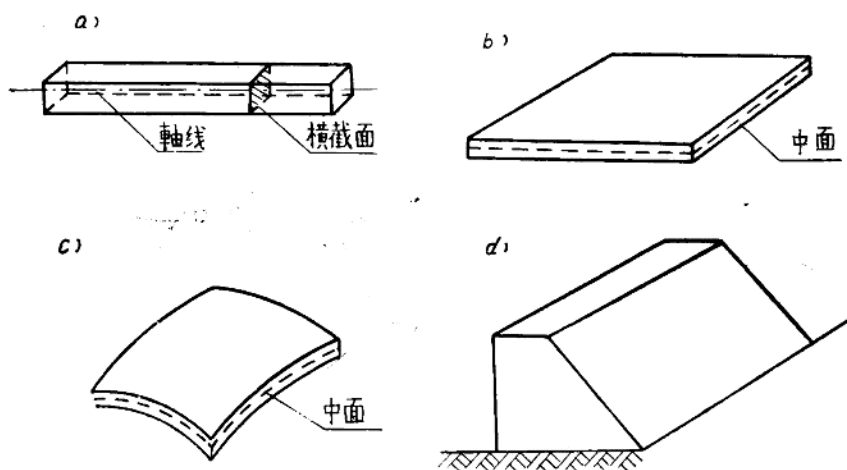


图 1—1

2. 板和壳 一个方向的尺度(厚度)比其他两个方向的尺度小得多的物体。平分厚度的面积为中面。当中面为平面时称为板,如图 1—1, *b*)。当中面为曲面时称为壳,如图 1—1, *c*)。

3. 块体 三个方向尺度相差不多的物体,如图 1—1, *d*) , 例如坝体。

材料力学主要研究杆(或称杆件)。至于其他几类物体,需要用弹性力学的方法研究。

二、杆的基本变形

杆在各种形式的外力作用下,其变形形式是非常复杂的。但是,可以将外力简化成几种特定形式的外力,在每组特定的外力下,杆将产生简单形式的变形,称为基本变形。杆的变形将由这几种基本变形组合而成。杆的基本变形可分为:

1. 拉伸和压缩 直杆两端受到一对沿轴线作用的拉力或压力时,杆的轴线方向长度将伸长或缩短。如图 1—2, *a*)、*b*)。

2. 扭转 直杆两端在垂直于轴线的平面内,受大小相等、转向相反、矩为 T 的一对力偶作用时,各横截面相互产生转动,如图 1—2, *c*)。

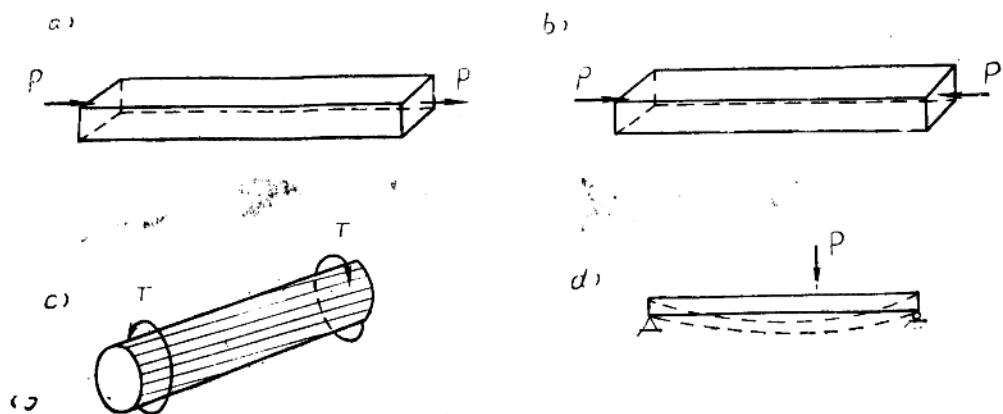


图 1—2

3. 弯曲 杆受到垂直于轴线的外力作用时，杆的轴线将弯曲，如图 1—2，d）。

杆受外力作用后，可能只产生上述一种基本变形，也可能是二种以上基本变形的组合。本书将先研究杆的各种基本变形问题，然后研究组合变形问题。

图 1—3 为一厂房结构示意图，试分析桥式吊车、吊车梁、屋架弦杆及柱产生怎样的变形？

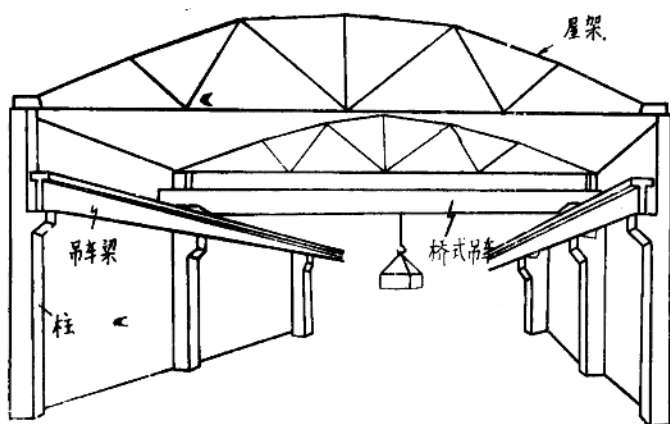


图 1—3

§ 1—3 内力 · 截面法 · 应力

一、荷载

杆所受到的外力包括荷载和约束反力。按荷载作用的特点，可分为体积荷载 和 表面 荷

载。分布在每个质点上的荷载称体积荷载，如自重和惯性力；作用在物体表面上的荷载称为表面荷载。表面荷载按其作用方式又可分为分布荷载和集中荷载。分布在一定面积上的荷载称为分布荷载，分布荷载集度为均匀的称为均布荷载，否则为非均布荷载；如荷载作用的面积很小时，可认为是作用在一点的集中荷载。此外，按荷载的性质，又可分为静荷载和动荷载。静荷载是指由零慢慢地增加到最终值，以后即保持不变的荷载，杆在静荷载作用下，可以认为不引起加速度；使杆产生加速的荷载称为动荷载，如冲击荷载和振动荷载等。本书先研究静荷载问题，最后简单介绍动荷载问题。

二、内力

杆在外力作用下，物体内部分子之间原有的相互作用力将发生改变，这一改变量称为附加内力，简称内力。内力是对外力的一种抗力。当外力增加，使内力达到某一限度时，杆要发生破坏。因此在分析材料是否能正常工作时，必须计算内力。

三、截面法

为了显示和计算杆的截面上的内力，需要用截面法。图 1-4, a) 为一杆，在外力作用下处于平衡状态，现用截面法求 $m-m$ 截面上的内力。可分为四步：

1. 假想用一平面在需求内力的截面 $m-m$ 将杆切开，使杆分为 B 及 C 两部分；

2. 留取任一部份（例如 B 部分）；

3. 在留取的 B 部分上，除了保留作用在这一部分上的外力外，还有 C 部分对 B 部分的作用力，它也等于 B 部分对 C 部分的作用力，这就是 $m-m$ 截面上的内力。在一般情况下，截面上的内力合成为一个力和一个力偶。

4. 因为原杆处于平衡状态，故 B 部分也处于平衡状态。利用平衡条件，即可求得该截面上内力的合力。

值得注意的是，在用截面法求内力时，理论力学的某些原理和方法不能任意应用，否则不能得到真实的内力和变形状态。

例如图 1-5, a) 所示的杆，下端受到 P 力拉伸，这时各个横截面上都有内力。如应用力的可传性原理，将 P 力传到 $m-m$ 截面，如图 1-5, b)，则 $m-m$ 以下各截面上没有内力；如将 P 力传到上端，如图 1-5, c)，则所有截面上均无内力。那末，在什么情况下才能应用这一原理呢？一般来说，只有当不影响所求截面的内力时，才能应用力的可传性原理。

请读者考虑，是否可以将图 1-6, a) 的力偶搬移到图 1-6, b) 的位置？图 1-7, a) 的均布荷载能否用等效的集中力代替？

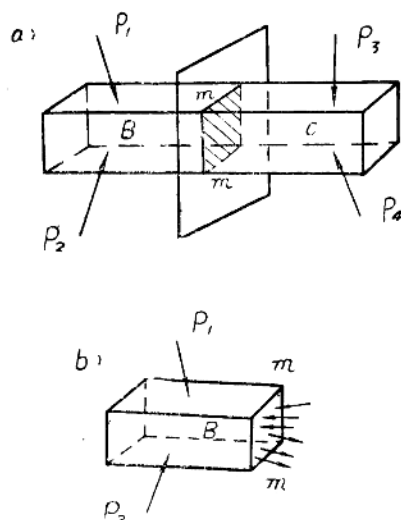


图 1-4

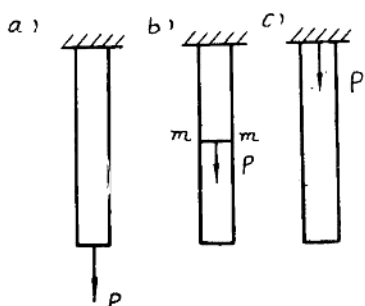


图 1—5

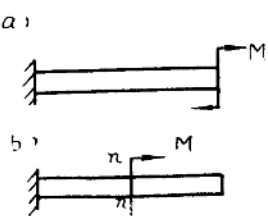


图 1—6

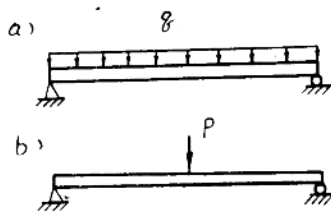


图 1—7

四、应力

实际的物体都是从一点开始破坏，然后扩展到整个截面破坏，因此只知道截面上内力的合力是不够的，必须了解截面上各点的内力集度。现引入应力的概念。

在图 1—8，a) 中 B 部分的横截面上某点周围取一微面积 ΔA ，其上的内力合力为

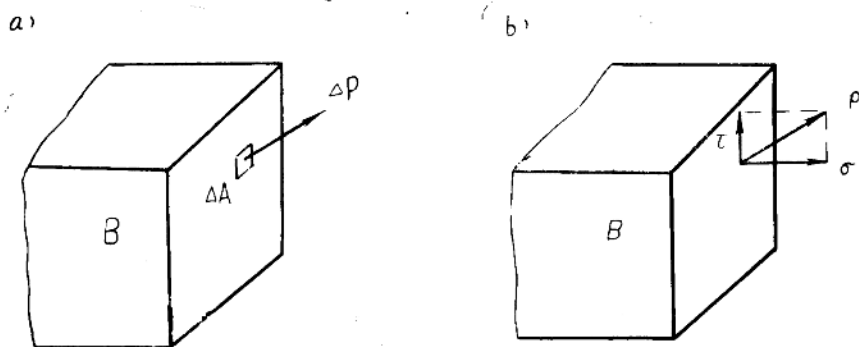


图 1—8

ΔP ， ΔP 的大小随 ΔA 的大小而变，如令 $\Delta A \rightarrow 0$ ，则比值 $\frac{\Delta P}{\Delta A}$ 的极限值为

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

式中 p 称为一点的应力，它表示一点的内力集度。有了应力这个量，就可以了解内力沿截面上各点的分布情况，从而知道哪些点处于危险状态。为了使应力具有更明确的物理意义，可将 p 分解为两个分量：一个是垂直于截面的应力，称为正应力，或法向应力，用 σ 表示；另一个是平行于截面的应力，称为剪应力或切应力，用 τ 表示，而 p 称为总应力，如图 1—8，b)。

实际的破坏现象表明，拉断破坏和正应力有关，剪切错动破坏和剪应力有关，因此今后

只计算正应力和剪应力而不计算总应力 ρ 。

应力的量纲为 $[力]/[长度]^2$ 。在公制单位中应力的单位为 kg/cm^2 或 kg/mm^2 ；在国际单位制中，应力的单位是帕斯卡 (Pascal)，简称为帕 (Pa)。

§ 1—4 位移和变形

为了度量杆的变形，需要有位移和变形的概念。

一、位移

物体受力变形后，所产生的位移为：

线位移 一点相对于原来位置所移动的直线距离。例如图 1—9) 中，杆轴线上任一点 A 的位移 $\overline{AA'}$ 。

角位移 某一直线或平面相对于原来位置所转过的角度。例如图 1—9) 中右端截面所转过的角度 θ 。

图 1—9 中的这两种位移反映了杆弯曲变形的程度，因此可用来度量杆的弯曲变形。

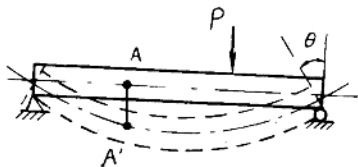


图 1—9

二、变形

上述的线位移和角位移，只在一定的条件下才能表示杆的变形。一般情况下，位移不足以表示杆的变形，因为刚体运动也会使物体各处都有位移。

为了确切地表示杆的变形程度，特别是为了能度量一点处的变形程度，需要引进另外的量。

设想在物体内一点处取出一无限小的微体，例如一长方体，如图 1—10)。当物体受力后，该微体的边长将要改变（伸长或缩短），直角也要发生改变，而这两种变化可以完全表示一点处的变形程度。因此可以引出下面两种表示变形的量：

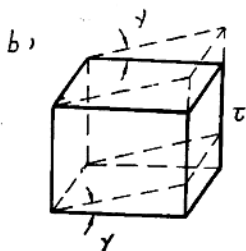
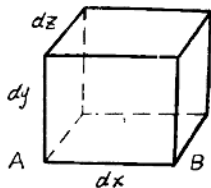


图 1—10

线变形 线段长度的改变，也称为绝对线变形。但是，线段长度的改变显然随原长不同而变化，为避免这一影响，可引出线应变的概念。

线应变 设边长 dx 改变了 du ，则 du 与 dx 的比值称为线应变，也称为相对线变形，用 ϵ 表示

$$\epsilon = \frac{du}{dx}。$$

角应变 也称剪应变。直角的改变量称为角应变, 用 γ 表示。

线变形的量纲是 [长度]。线应变和角应变均为无量纲量。

当整个物体变形时, 所有的微体也将变形, 而整个物体的变形可看作是由微体的变形组合而成。因此, 线变形和角变形是度量物体变形的两个基本量。

§ 1—5 材料力学的任务

为了使结构物或机器的部件 (简称为构件) 在外力作用下能正常工作, 需要满足三方面的要求:

1. 强度要求 构件在外力作用下将产生内力, 当内力超过某一限度以后, 构件就会破坏。材料或构件抵抗破坏的能力称为强度。构件要正常工作, 必须具有足够的强度。

2. 刚度要求 在某些情况下, 构件在外力作用下虽有足够的强度, 但产生了过大的变形, 影响结构物、机器或构件的正常工作。例如图 1—3) 中的吊车梁, 若弯曲变形过大, 行车时会产生较大的振动, 并使吊车行驶时很不平稳。因此, 必须使物体的变形限制在工程上允许的范围, 即构件要有足够的刚度 (即抵抗变形的能力)。

3. 稳定性要求 构件在外力作用下, 应保证其原有的平衡形式是稳定的。例如图 1—11) 中的直杆受到压力 P 作用, 若 P 力较小时, 压杆的直线形式是稳定的。但当 P 力增到某一临界值时, 杆会变弯, 这时杆就丧失了原有平衡形式的稳定性。在工程实际中, 曾出现过由于个别构件丧失了原有平衡形式的稳定性而造成整个结构破坏的严重事故。

一般说来, 强度要求是最基本的要求。而构件的刚度, 只是在某些状况下才提出要求。至于稳定问题, 只在一定的受力情况下才会出现。

为了满足上述三方面的要求, 必须首先分析计算杆在外力作用下所产生的内力、应力和变形, 然后作强度、刚度和稳定性的计算, 最后, 合理地选择构件的截面尺寸和作用材料, 这就是材料力学的任务。但必须指出, 要完全解决这些问题, 还必须考虑到工程上的许多实际问题, 材料力学只提供基本的理论和方法。

构件的强度、刚度和稳定性计算与所用材料的力学性质有关。不同材料有不同的力学性质, 要由试验确定, 例如构件受力后要产生应力, 当应力达到某一极限值 (称为极限应力) 后, 材料会发生破坏或变形超过了弹性范围。强度计算的任务就是要保证构件由外力所产生的实际应力不超过材料的容许应力。容许应力低于极限应力, 并根据极限应力所确定。不同材料的极限应力由试验确定, 是材料的一种力学性质。此外, 理论分析要通过观察试验现象建立起“力学模型”, 而所得结果的可靠性又要用实验来检验。有些目前从理论上解决不了的问题, 更需借助于试验来进行分析。因此在材料力学中, 试验是一个重要的组成部分。

在选择构件的截面尺寸和材料时, 还要考虑经济的要求, 即尽量降低材料的消耗量和使用强度小、成本低的材料。但为了安全, 又希望用较大的尺寸和强度高的材料, 因此安全和经济之间存在着一定的矛盾。材料力学正是在解决这种矛盾中产生并且不断地得到发展。虽然材料力学这门学科的建立已有几百年的历史, 但随着工业的发展, 其内容在不断完善和扩大, 在工程设计中仍发挥着巨大的作用。

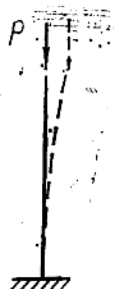


图 1—11

§ 1—6 材料力学的性质和特点

材料力学是固体力学的一个分支。是土建、水利和机械类专业的一门重要的专业基础理论课。它的理论、概念和方法无论对工程设计或力学研究都是必不可少的基础。因此,为了学好这门课程,必须了解其性质和特点。

1. 内容的系统性比较强 材料力学内容的主线是分析和计算杆的内力、应力和变形,找到危险的点,根据其应力进行强度计算;在某些情况下,求出最大的变形,进行刚度计算。对一定受力形式下的杆进行稳定计算。先研究杆的基本变形问题,再研究组合变形问题;主要研究杆产生弹性变形时的应力和变形,对超过弹性范围的问题,只在少数问题上简单介绍。

2. 有科学的研究方法 要分析杆的内力、应力和变形,单用静力学的方法是不够的。为了作理论分析,又不能离开实践,因此,材料力学中分析问题的方法是通过实验现象的观察和分析,忽略次要因素的影响,保留主要因素,作出某些假设,然后,综合静力学方面、变形的几何方面和物理方面的条件,导出理论计算公式,最后通过实验检验理论的正确性。

3. 与工程实际的连系比较密切 材料力学所研究的内容既然是工程设计的理论基础,必然会遇到工程实际问题如何上升到理论,在理论分析时又如何考虑到实际情况的问题。例如,实际的部件如何简化为可供计算的“力学模型”,理论分析的结果用于实际是否行之有效,在进行计算时要考虑到实际存在的哪些主要因素等等。当然,这些问题将在后续课程中继续研究,但在学习材料力学时应该有初步的了解。

4. 概念多、公式多 材料力学中有很多新的、重要的基本概念,这些概念对于理解课程内容,分析问题以及正确运用理论公式,甚至对今后从事工作时如何分析和解决实际问题都是很重要的,必须引起足够的重视,切不可只满足于背背条文、代代公式,囫圇吞枣、不求甚解。至于公式多的问题,只需抓住一些基本公式,用前后联系、相互对比的方法,多加领会,便自然能够熟练掌握。

掌握了材料力学内容的规律性,并认真学习,多思、善思,在学习中多多提问,并注意培养自己分析和解决问题的能力,同时注意培养计算能力,那末,你一定能学好这门课程。

第二章 轴向拉伸和压缩

§ 2—1 概 述

工程上有一些直杆,在外力作用下,主要在轴线方向产生伸长或缩短变形。例如图 2—1, a) 中桁架的各杆及支承桁架的柱子;图 2—1, b) 中渡槽的支墩;图 2—1, c) 中连杆机构的连杆以及图 2—1, d) 中汽缸的活塞杆等。

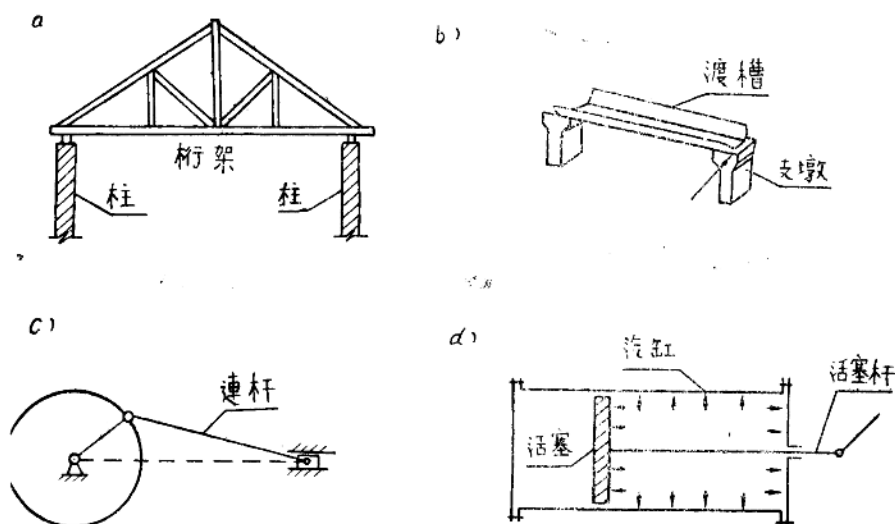


图 2—1

这些杆件,根据其受力和约束的情况,均可简化为图 2—2 的力学计算简图,该杆截面为矩形,也可以是圆形或其他形状。其外力和变形的特点是:

外力特点 外力的合力与杆的轴线重合。图 2—2, a) 为受拉力作用的拉杆;图 2—2, b) 为受压力作用的压杆。

变形特点 杆主要在轴线方向产生伸长变形或缩短变形,同时在横向(垂直于轴线的方向)产生缩短变形或伸长变形。杆的这种变形形式称为轴向拉伸或轴向压缩。

本章研究杆在轴向拉伸或压缩时,内力、应力和变形的计算。

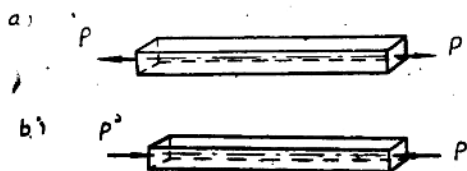


图 2—2

§ 2-2 轴力及轴力图

为了计算杆的应力和变形, 首先需要计算杆的横截面上的内力。

一、轴力的计算

图 2-3, a) 为一拉杆, 为了求任一横截面 $m-m$ 上的内力, 可用截面法。假想在 $m-m$ 截面将杆切开, 留取左边一段杆, 如图 2-3, b), 由该段杆的平衡条件可知, 该截面上的内力是和轴线重合的力 N , 并且它在数值上即等于该段上的外力 P , 即

$$N = P$$

N 称为轴力。 N 的指向离开截面者为拉力, 反之为压力。通常规定拉力为正, 压力为负。实际上, 截面的每个微面积上都有内力, N 表示它们的合力。

也可以留取 $m-m$ 右边的一段杆, 如图 2-3, c), 利用平衡条件同样可求得该截面上的内力, 它在数值上等于由左段杆求出的内力, 并且按照上述正负号规则, 它们的正负号也相同。

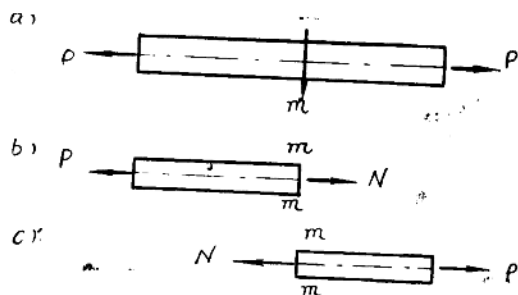


图 2-3

二、轴力图

图 2-4, a) 的直杆, 左端固定, 在 B、C、D 截面分别作用有轴向外力, 现求各段杆的内力。

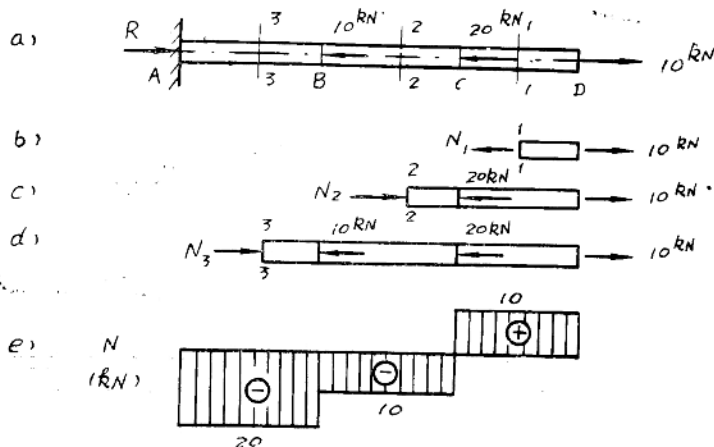


图 2-4