

建筑结构基本知识丛书

材料力学

湖北建筑工业学院
《材料力学》编写组

中国建筑工业出版社



建筑结构基本知识丛书

材 料 力 学

湖北建筑工业学院《材料力学》编写组

中国建筑工程出版社

本书是建筑结构基本知识丛书之一，主要介绍建筑结构构件的强度、变形和稳定的基本概念和计算方法。书中首先分别介绍简单直杆受拉、压、剪切和扭转作用时的基本应力和变形；然后以梁为主，引出构件受弯曲的概念，并叙述梁的内力和强度计算；最后介绍一些组合变形和压杆稳定问题。

本书可供从事基本建设的职工和上山下乡知识青年自学建筑结构知识参考。

建筑结构基本知识丛书

材料力学

湖北建筑工业学院《材料力学》编写组

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

湖北省潜江印刷厂印刷

*

开本 787×1092毫米 1/32 印张 6 1/8 字数 131 千字

1976年8月第一版 1976年8月第一次印刷

印数：1-120,900册 定价：0.40元

统一书号：15040·3278

出版说明

在毛主席无产阶级革命路线指引下，经过无产阶级文化大革命、批林批孔运动和无产阶级专政理论学习运动，我国的社会主义革命和社会主义建设取得了伟大的胜利。设计战线上的广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，贯彻执行鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线，坚持独立自主、自力更生的方针，群众性的设计革命运动蓬勃开展。

为适应基本建设战线广大职工和上山下乡知识青年学习建筑结构知识的需要，我们组织编写了这套《建筑结构基本知识丛书》，为具有初中以上文化水平的读者从事建筑结构设计工作提供入门的知识。丛书包括建筑力学、建筑结构和构件计算等方面的基本知识，将按专题分册出版。每册力求重点突出，并有一定的独立性，以便读者根据需要选读。

这套丛书的编写，力求从设计工作的实际需要出发，采取从感性到理性、先具体后抽象的方法，通过工程实例，对建筑结构的物理概念和结构分析计算的实用方法进行通俗浅显的讲解，避免繁复的数学推导，并附有计算例题。

本丛书的出版工作，得到有关单位的大力支持，我们表示衷心的感谢，并希望广大读者提出批评意见，以便再版时订正。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七五年十一月

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快
好省地建设社会主义。

我们能够学会我们原来不懂
的东西。我们不但善于破坏一个
旧世界，我们还将善于建设一个
新世界。

目 录

第一章	引言	1
第二章	拉伸和压缩	5
2-1	工程实际中的拉伸及压缩问题	5
2-2	轴向拉伸(压缩)时的内力、截面法	6
2-3	拉伸及压缩时的应力	9
2-4	拉伸及压缩时的强度条件及其应用	14
2-5	考虑自重时拉伸及压缩的强度问题	18
2-6	拉伸及压缩时的变形	20
第三章	拉伸及压缩时材料的力学性质	26
3-1	概述	26
3-2	钢的力学性质	26
3-3	铸铁的力学性质	34
3-4	混凝土的力学性质	35
3-5	木材的力学性质	36
3-6	容许应力和安全系数	37
第四章	剪切	40
4-1	什么叫剪切变形	40
4-2	怎样计算杆件受剪切时的应力, 剪切强度条件是什么	42
4-3	剪切强度计算实例	44
4-4	剪应力互等定理和剪切弹性定律	45
第五章	扭转	48
5-1	什么叫扭转	48
5-2	直杆扭转时截面上的内力及应力	50

5-3	等圆截面直杆扭转时的强度条件	53
5-4	非圆截面杆的扭转问题	56
第六章	梁的内力	57
6-1	什么叫梁	57
6-2	梁有哪几种	60
6-3	梁上作用哪些外力	64
6-4	怎样计算梁的内力	65
6-5	绘制内力图——剪力图与弯矩图	70
第七章	梁的强度计算	77
7-1	按正应力计算	77
7-2	按剪应力计算	88
7-3	梁的合理截面	95
7-4	如何计算组合图形的惯性矩	97
第八章	梁的主应力计算	104
8-1	概述	104
8-2	梁上任一点应力状态的分析	105
8-3	主应力	108
8-4	梁的主应力迹线的概念	112
第九章	梁的变形计算和刚度校核	115
9-1	为什么要研究梁的变形	115
9-2	用图乘法计算梁的挠度或转角	116
9-3	用图乘法求梁的挠曲线, 梁变形表格的应用	129
9-4	梁的刚度计算	138
第十章	压缩与弯曲组合变形	142
10-1	工程中的压缩与弯曲组合变形问题	142
10-2	压缩与弯曲组合变形的强度计算	143
10-3	偏心压缩杆件的强度计算, 截面核心	149

第十一章 压杆稳定	154
11-1 工程中的稳定问题	154
11-2 压杆的稳定平衡与不稳定平衡	156
11-3 细长压杆临界力的确定	159
11-4 稳定临界应力及稳定校核	163
附录: 型钢钢材规格	168
表 1 等肢轧成角钢	168
表 2 不等肢轧成角钢	174
表 3 工字型轧成钢	178
表 4 轧成槽钢	182

第一章 引 言

房屋建筑的主要承重部分是屋架、梁、柱、基础等基本构件。由这些构件组成的体系，在房屋建筑中起骨架作用，称为房屋结构。一个好的建筑的结构构件必须能够安全地承受荷载并且最经济地使用材料。在工程实践中经济与安全之间是互相矛盾的。材料力学的基本任务首先就是要正确处理这些矛盾。材料力学的具体内容是研究构件的受力与变形，以及材料的力学性质，也就是研究构件的强度、刚度及稳定的计算，并通过这些计算决定构件的合适材料和尺寸，以保证整个结构的安全、适用和经济。

建筑设计要坚持质量第一的方针。材料力学中的强度、刚度和稳定问题，是指对构件安全承受荷载的要求。以房屋结构为例，当房屋承受荷载后，必须保证组成房屋结构的构件不能发生破坏。例如，屋架、柱子、吊车梁、基础梁、基础、檩条、过梁、承重墙等（图1-1a、b）承受荷载后，都不允许发生断裂，即构件应具有足够的强度。同时，为了保证建筑物或结构的正常使用，还必须使各个构件的变形限定在正常工作许可的范围内。例如，吊车梁弯曲变形过大，将影响吊车的正常运行，门窗过梁弯曲变形过大，将影响门窗的开关等。这就是说，构件必须具有足够的刚度。此外，有一些受压的细长杆件，如屋架的受压杆件，当压力增大到一定程度时，将突然变弯或折断，因而不起作用，使整个屋架

遭到破坏。这种现象就称为杆件丧失了稳定性。所以，有些构件在满足强度、刚度要求的同时，还应满足稳定性的要求。

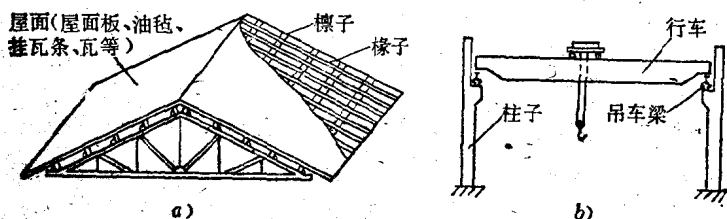


图 1-1

伟大领袖毛主席教导我们：“要使我国富强起来，需要几十年艰苦奋斗的时间，其中包括执行厉行节约、反对浪费这样一个勤俭建国的方针。”设计房屋构件时，必须坚决贯彻这一方针。一方面要满足强度、刚度和稳定性的基本要求，另一方面必须注意经济问题，尽可能地选用合适的材料和尺寸，减轻构件的自身重量，以降低材料的消耗，节约国家的建设资金。过去，在刘少奇、林彪反革命修正主义路线的干扰和破坏下，设计房屋结构时，曾出现过一些“肥梁、胖柱、厚墙、深基础、重屋盖”的现象，浪费了国家大量建设资金，对此必须予以批判。因此，在工程实践中，必须掌握材料力学知识把它运用到生产建设中去，在选定构件的材料和尺寸时，力求合理地解决强度、刚度和稳定性的基本要求与经济的矛盾，做到既能保证构件在各种情况下满足安全受力和正常使用的需要，又能节约材料、劳动力和资金。

恩格斯指出：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”材料力学正是由于生产实践的需要而产生，又随着生产的发展而不断发展和丰富起来的，同时又反过来为生产服务。材料力学的主要研究对象是单个杆件，而且多为直杆。所谓杆是指它的长度远大于它的横向尺寸的构件，当然，实际构件的形状有时相当复杂，不过有的可以近似地引用杆的概念来进行研究。

由于作用在杆上的外力性质不同，杆的变形也不相同，有以下四种基本形式：

1. 轴向拉伸或压缩（图1-2a、b）；

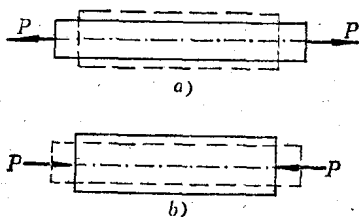


图 1-2

2. 剪切（图1-3）；

3. 扭转（图1-4）；

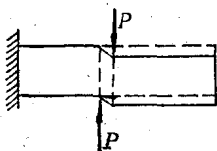


图 1-3



图 1-4

4. 弯曲（图1-5）。

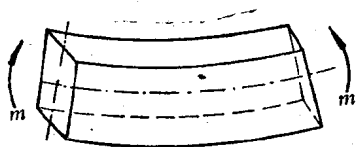


图 1-5

实际杆件的变形可能是由其中一种或某几种基本变形的组合。本书主要介绍材料力学的一些基本知识。首先介绍基本变形和材料受力后的力学性质，重点介绍建筑中经常遇到的弯曲变形和受力计算，然后再介绍一些组合变形以及压杆稳定等问题。

力学是一门紧密结合生产实际的科学，学习时必须运用马列主义、毛泽东思想，彻底批判那些力学理论中的唯心主义先验论和形而上学，坚持唯物主义的反映论和辩证法，理论结合实际。

第二章 拉伸和压缩

2-1 工程实际中的拉伸及压缩问题

拉伸或压缩，是受力杆件最简单而又最基本的变形。它的受力和变形特点是：直杆的两端沿轴线受到两个大小相等、方向相反的力的作用。如果两力的方向向外，杆件产生伸长变形，简称为拉伸；如果两力的方向向内，则产生缩短变形，简称压缩。

建筑结构中经常会遇到受拉伸或压缩的杆件。如图2-1a所示的一个库房结构简图，其中的组合屋架 ABC 支承在砖柱 AD 、 BE 上，当屋架受到包括屋架自重、屋面自重以及雪荷载等均布竖向荷载 q 的作用时，斜杆 AC 和 BC 将在支承面上沿水平方向向外移动，产生向外的水平推力；而拉杆 AB 将阻止这种向外的移动，受到拉伸（图2-1b）。柱 AD 及

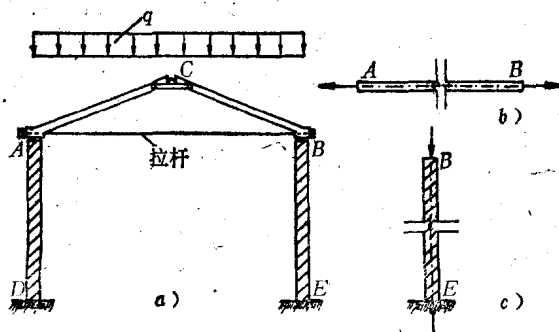


图 2-1

BE 因上端承受屋架传递来的压力作用，将产生压缩（图2-1 c）。又如起重用的绳索、拧紧的螺栓、桁架的下弦杆等都是受拉伸的例子。模板的支柱、桥梁的桥墩、桁架的上弦杆、千斤顶的螺栓等都是受压缩的例子。从上述可知，在建筑结构中，拉伸、压缩杆件较多，这就要求我们掌握它的强度计算方法。本章将首先讨论拉伸和压缩时的内力、应力及强度条件，然后讨论变形。

2-2 轴向拉伸（压缩）时的内力、截面法

什么叫内力？为什么要研究内力？为了说明这个问题，先讨论一下弹簧的受力和变形情况。

用手拉或压弹簧，弹簧就会伸长或缩短，同时手也会感到弹簧有一种反抗变形的力。如果将手松开，弹簧就立即恢复到它原来的长度。工程中一切受拉伸或压缩的杆件，都会产生与弹簧相似的变形情况，只不过它的变形量很小，人们的眼力不容易觉察出来。如用专门测量变形的仪器来测定，就完全可以证实。

为什么杆件具有这种性质呢？因为制作杆件的材料，是由许多分子组成的。当外力作用时，分子间的距离便发生改变，于是杆件产生变形，而分子之间为了维持它们原来的距离，就产生一种相互作用的力，力图阻止这种距离的变化。在材料力学中，把这种相互作用的力叫内力。杆件受的外力越大，则变形越大，内力也越大。但当内力达到一定限度时，分子间就不能再维持它们间的相互联系了，于是杆件就发生破裂。由此可见，外力使杆件发生变形，变形引起内

力，内力抵抗外力的作用，当内力达到一定限度的数值时，杆件便发生破裂。因此，内力是直接和构件的强度相联系的，为了解决强度问题，必须算出杆件在外力作用下内力的数值。

那么，如何计算内力呢？为了使读者能更好地理解这一问题，可先作一个简单的试验。

取一根细长绳，上端系于梁上，下端加上砝码（图2-2a），使绳子受拉伸，从而内部便产生了内力。为了确定绳子的内力，将绳子从中间切断，并在切开的截面间接上一个弹簧秤（图2-2b），然后加砝码，这时弹簧秤指示的力就是绳子截面上的内力。可以看到，弹簧秤的读数总是与所加砝码重量相等的。这就是说，截面上的内力总是与截面一边的外力相平衡（图2-2c）。

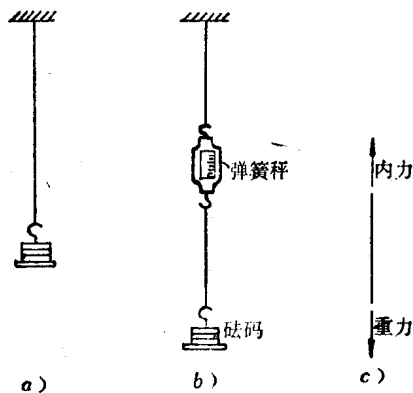


图 2-2

利用内力与外力相平衡这种关系，可以计算出内力的大小。图2-3表示一拉伸杆件，欲求其中任一截面 $m-n$ 上的内力时，可用一假想平面沿 $m-n$ 截开，将杆分割为 I、II 两部分，任取其中一部分，如部分 I 为研究对象。在截面 $m-n$ 上标出部分 II 对部分 I 的作用力，即内力 N ，利用作用于杆轴方向所有作用力的总和等于零这个静力平衡条件，即 $\sum X = 0$ ，得 $N - P = 0$ ，于是得内力

$$N = P \quad (2-1)$$

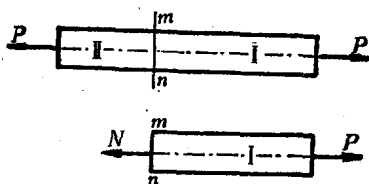


图 2-3

由于内力 N 的作用线与杆的轴线相重合，故称轴力，单位为公斤 (kg) 或吨 (t)。这种求内力的方法称为截面法。它的全部过程可概括为以下三个步骤：1. 假想用平面将杆件截成两部分，并移去其中的一部分；2. 将移去部分对留下部分的作用，用力来代替；3. 考察留下部分的平衡，由已知的外力确定未知内力的大小。这是材料力学中应用很广泛的一种基本方法，不论是拉伸、压缩，还是剪切、扭转、弯曲以至复杂的组合变形，凡是求内力都要用这种方法。

轴力 N 往往标上正负号，主要是为了在计算上区别拉、压两种不同变形。一般规定：当拉伸时 N 为正，力的指向背离截面；当压缩时 N 为负，力的指向向着截面。

2-3 拉伸及压缩时的应力

求出了杆件的轴力 N ，还不能解决强度计算问题，因为轴力 N 只是分布于截面上内力的合力，而杆件的强度不仅与轴力 N 有关，也直接与杆件截面面积有关。例如，用麻绳起吊重物，若用细的不行，改用粗的就不会断了。因为粗绳的截面面积较细绳大，在单位面积上分配到的内力就要小些，所以相同材料的粗绳比细绳能承受更大的轴力。这说明尽管内力相同，如果截面不同，强度也不一样。为了反映杆件截面面积对杆件强度的影响，必须研究单位面积上的内力，即所谓应力，它的单位为公斤/平方厘米 (kg/cm^2)。由于应力综合了内力与截面面积两方面的因素，因而它对强度计算具有重大意义。

怎样计算直杆在拉伸或压缩时横截面上各点的应力呢？要解决这个问题，就要知道应力在截面上是怎样分布的。虽然应力不能直接观察到，但内力与变形有关，而变形是可以观察到的，所以在材料力学中，经常通过观察变形来确定应力在截面上的分布规律。

取一矩形截面的橡胶直杆，在侧表面画两条垂直于轴线的横线 aa 及 bb ，在横线间再画几条平行于轴线的纵线 cc 及 dd (图2-4)。在两端沿轴线加力拉伸后，就可以观察到：由于杆的伸长，横线 aa 、 bb 分别平移到 a_1a_1 、 b_1b_1 位置，且仍为直线。而纵线 cc 、 dd 有相同的伸长，且仍与轴线平行 (图2-4a)。

毛主席教导我们：“认识的过程，第一步，是开始接触