

清华大学土木工程系主编
工业与民用建筑工程自学辅导丛书



工程力学

韩守询
郝静明

辽宁科学技术出版社

内 容 提 要

本书是《工业与民用建筑工程自学辅导丛书》中的一册,内容包括静力学及材料力学两大部分。第一章为绪论,第二及第三章为静力学部分,第四至第十一章为材料力学部分。各章节末有内容小结和思考题,全书末附有习题答案。适合土木工程类大专程度的学生使用,也可供工程技术人员参考。

工 程 力 学

Gongcheng Lixue

韩守洵 郝静明

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $12 \frac{1}{4}$ 字数: 250,000
1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷

责任编辑: 周振林 责任校对: 东 戈
封面设计: 张梅丽

印数: 1—3,200

统一书号: 13288·30 定价: 2.50元

编 委 的 话

为了适应自学成才、继续教育和多种形式办学的需要，我们清华大学土木工程系组织一些教师编写了这套《工业与民用建筑工程自学辅导丛书》。丛书共21册，程度相当于大专水平，主要读者对象是：广播电视大学、职工大学的学生；准备高等教育自学考试青年；继续教育进修班的学员；土建专业的在职工程技术人员。

在编写中，我们遵循了“内容充实、取材新颖、注重实用、便于自学”的原则，努力做到不仅包括学科的基本内容，而且反映科学技术的最新成果，既重视理论概念的阐述，也注意实际专题和工程实例的讲解。此外，为了减少自学的困难，对于个别内容较深的章节和习题标以注解和提示，绝大多数习题备有答案，主要的程序语句也附有说明。以上是我们的主观意愿，然而心有余而力不足，问题和缺点一定不少，希望能得到同行和读者的指教。

在编写中，我们参考了全国高等教育自学考试土建类自学大纲（草案），以及电视大学、城乡建设环境保护部职工高等专科学校等单位所制定的“工业与民用建筑工程专业”的部分教学大纲。但是丛书中也有一些书目并无现

成的教学大纲可资参考，这些内容在我国以往的高等学校教学中一般并不讲授，但在实际工作中却有重要用处，我们把它们编写出来，以便已经从事实际工作的大专以上程度的工程技术人员，能作为继续学习或参考阅读之用。

丛书的出版，得到许多部门的帮助，得到辽宁科学技术出版社的大力支持，在这里谨向他们致谢。

《工业与民用建筑工程自学辅导丛书》编委会

一九八五年五月

前 言

本书是清华大学土木工程系主编的《工业与民用建筑自学辅导丛书》中的一册。内容包括理论力学和材料力学两部分,为适应自学的需要,按照大专程度要求,删去了运动学和动力学部分。在写法上力求通俗易懂,采取先讲实例,然后归纳一般规律的作法;在各章节末还附有思考题和小结,以促进思考和归纳总结,提高学习效果。

在编写过程中,除参考了有关书籍外,主要是以清华大学原建筑工程系、水利工程系、基础课力学教研组合编的《工程力学》(试用教材)为依据。该书是由上述单位的许多有丰富教学经验的教师经过几年努力集体编写的,曾在校内多次印刷、使用,并取得过较好的教学效果。这次编写工作是在原书主要作者之一龙驭球教授指导下进行的,并蒙江爱川老师审阅和提出宝贵的修改意见。以上情况谨此说明,并向龙驭球、江爱川两位老师及曾参加过原书编写工作的其他老师一并致谢。书中如有错误和著述不当之处,均系作者学术水平和编著能力有限所致,并请读者及有关同志谅解。

编 者

一九八五年十月

主 要 字 符 表

本书字符	字 符 意 义	常用单位 (国际单位制)
P	集中力	N, kN
R	合力、反力	N, kN
q	线分布荷载集度	N/m, kN/m
p	面分布荷载集度	N/m ² , kN/m ²
W	自重	N, kN
P_c	压杆的临界力	N, kN
F	滑动摩擦力	N, kN
M_o	力对O点的力矩	N·m, kN·m
m	力偶矩	N·m, kN·m
X, Y	约束反力	N, kN
N	正压力; 轴力	N, kN
Q	剪力	N, kN
M, M_x, M	弯矩	N·m, kN·m
M_n	扭矩	N·m, kN·m
A	截面面积	m ² , cm ² , mm ²
d, D	圆直径	m, cm, mm
r	圆半径	m, cm, mm
ρ	曲率半径	m, cm, mm
l, L	长度、跨度	m, cm
S_y, S_z	面积矩 (静矩)	cm ³ , mm ³
y_c, z_c	截面形心坐标	m, cm, mm
I_y, I_z	截面惯性矩	cm ⁴ , mm ⁴

续表

本书字符	字符意义	常用单位 (国际单位制)
I_p	截面积惯性矩	cm^4, mm^4
W_y, W_z	截面系数 (截面抵抗矩)	cm^3, mm^3
W_p	圆轴抗扭截面系数	cm^3, mm^3
r_y, r_z	惯性半径 (回转半径)	cm, mm
λ	压杆的长细比	无量纲
σ	正应力	$\text{N/m}^2(\text{Pa}), \text{kN/m}^2(\text{kPa})$
σ_p	比例极限	同上
σ_s	屈服极限 (流动极限)	同上
σ_b	强度极限	同上
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力	同上
σ_c	压杆的临界应力	同上
$[\sigma]$	许用应力或称容许应力, 允许应力	同上
τ	剪应力	同上
τ_p	剪切比例极限	同上
τ_s	剪切流动极限	同上
$[\tau]$	剪切容许应力	$\text{N/m}^2(\text{Pa}), \text{kN/m}^2(\text{kPa})$
K	安全系数	无量纲
ε	线应变	无量纲
γ	容重	kN/m^3
	剪应变	无量纲
δ	伸长率	无量纲
φ	扭转角	$^\circ, \text{rad}$

续表

本书字符	字 符 意 义	常用单位 (国际单位制)
θ	纵向弯曲系数 (稳定)	无量纲
	杆的单位长度扭转角	rad/m
	梁的转角 (角位移)	$^{\circ}$, rad
$[\theta]$	杆的单位长度允许扭转角	$^{\circ}$ /m
ω	梁的挠度	cm, mm
f	梁的最大挠度	cm, mm
	摩擦系数	无量纲
E	材料弹性模量	kN/m ² (kPa)
G	材料剪切弹性模量	kN/m ² (kPa)
μ	横向变形系数 (泊桑比)	无量纲

目 录

主要字符表

第一章 绪论	1
§ 1—1 工程力学的研究对象	1
§ 1—2 杆件的基本受力形式	3
§ 1—3 材料的力学性质及其基本假设	5
§ 1—4 杆件受力分析的基本问题	8
第二章 静力学基础	10
§ 2—1 力的基本性质	10
§ 2—2 平面汇交力系的平衡问题	25
§ 2—3 力矩的平衡	36
§ 2—4 平面力系的平衡问题	48
§ 2—5 力偶的特性和力的平移法则	62
习题	75
第三章 静力学的几个应用问题	85
§ 3—1 构件系统的平衡问题	85

§ 3—2	桁架的内力计算	93
§ 3—3	平行力系的合成及截面形心计算	102
§ 3—4	摩擦	111
习题		126

第四章 拉伸与压缩 133

§ 4—1	拉伸、压缩的应力和应变	133
§ 4—2	材料在拉伸和压缩时的力学性质	139
§ 4—3	钢拉杆的强度计算	147
习题		151

第五章 剪切与扭转 155

§ 5—1	剪切的强度计算	155
§ 5—2	薄壁圆筒的扭转	158
§ 5—3	剪应力互等原理和剪切弹性定律	162
§ 5—4	圆轴的扭转	164
§ 5—5	非圆形截面杆的扭转	169
习题		173

第六章 梁的弯曲 176

§ 6—1	梁的内力计算	176
§ 6—2	剪力图和弯矩图	182
§ 6—3	弯矩(M)、剪力(Q)、荷载集度 (q)之间的微分关系及应用	191

§ 6—4	用叠加法作内力图·····	200
§ 6—5	柱及简单刚架的内力计算·····	202
习题	·····	208
第七章 梁的应力及强度计算·····		214
§ 7—1	梁的正应力·····	215
§ 7—2	截面惯性矩·····	222
§ 7—3	正应力的强度计算·····	231
§ 7—4	梁的合理截面和变截面梁·····	237
§ 7—5	钢梁的极限弯矩·····	240
§ 7—6	梁的剪应力·····	243
习题	·····	254
第八章 应力状态和强度理论·····		257
§ 8—1	应力状态的数解法·····	259
§ 8—2	应力状态的图解法——应力圆·····	264
§ 8—3	主应力·····	270
§ 8—4	广义弹性定律·····	279
§ 8—5	强度理论·····	281
习题	·····	292
第九章 组合受力·····		295
§ 9—1	斜弯曲·····	296
§ 9—2	压弯组合状态·····	299

习题	306
----------	-----

第十章 梁的位移计算	308
-------------------------	------------

§ 10—1 挠度与转角	308
--------------------	-----

§ 10—2 挠度曲线微分方程	309
-----------------------	-----

§ 10—3 重积分法求梁的挠度曲线方程	314
----------------------------	-----

§ 10—4 位移公式的应用	323
----------------------	-----

习题	330
----------	-----

第十一章 压杆稳定问题	333
--------------------------	------------

§ 11—1 压杆稳定的概念	333
----------------------	-----

§ 11—2 临界力的计算	337
---------------------	-----

§ 11—3 压杆的计算	348
--------------------	-----

习题	360
----------	-----

习题答案	363
------------	-----

第一章 绪 论

§ 1—1 工程力学的研究对象

工程力学是力学的一个分支，是力学中的一门基础学科。本书涉及的内容是工程中经常遇到的理论力学（又称应用力学）中的静力学部分和材料力学的主要部分。统称为工程力学。

理论力学是研究物体机械运动的普遍规律的学科，它是物理学的一个重要分支，但已发展成为一门独立的学科，列为工科专业的基础课程。在一般情况下理论力学包含：静力学、运动学及动力学三个部分。本书根据实用需要，将静力学部分列为本书第二、第三章的内容，其余章节是材料力学的内容。

静力学是关于力的分解和合成规律以及物体平衡理论的学科。在建筑工程中普遍存在着力的作用问题，为了便于分析，都需要将复杂的力系（一系列的力）进行分解或合成，以达到用科学的方法计算出它们作用的大小及其对工程的影响。在建筑工程中，建筑物和结构物一般总是在许多力共同作用下处于静止或平衡的。正是从物体平衡这一事实出发，

建立起一系列关于力的科学分析方法和计算方法。有关这些的基本概念、科学分析原理和实用计算方法，都列入本书的第二和第三章中。

材料力学又称为材料强度学。它的研究内容是：由各种性质不同的材料（钢材、木材等）作成的梁、柱等在受到外力作用后的承载能力和变形问题。在一般的工业和民用建筑工程中，梁、柱等是组成建筑物结构（承重骨架）的基本杆件。这里的所谓杆件主要是从外形几何形态来说，它们都具有相对细而长的特征。杆件在实际结构中的受力状态以及受力后的力学现象是比较复杂的。工程力学的任务是：在工程实践和科学试验的基础上，将复杂的力学现象进行合理的简化，得到实用的分析方法和计算公式，去指导工程结构的设计工作，使建筑物在使用上安全可靠，同时在经济上节约材料和降低造价。

工程力学中对杆件在受力后的分析方法对于工程设计所要求的精确度是完全满足的，而且得到更为精确的理论分析方法——弹性理论——所验证。在这方面读者愿意深造的时候可查阅有关的书籍。关于由杆件组成的工程结构的整体分析计算方法，则要通过另外一门力学学科——结构力学——来学习，在本丛书中有这方面的专门论著。对以上这两门学科来说，工程力学是它们的学习基础。除此以外，工程力学与本丛书中的大多数学科都有极重要的关系，并为学习这些学科奠定了坚实的基础。

§ 1—2 杆件的基本受力形式

物体的几何形状总可以用三个相互垂直方向的尺寸来表述，例如长、宽、高。前面讲过本书讨论的对象是杆件的受力分析。杆件有直杆和曲杆之分，本书讨论的是直杆。直杆在几何图形上属棱柱形。图 1—1 所示为几种直杆的外形。

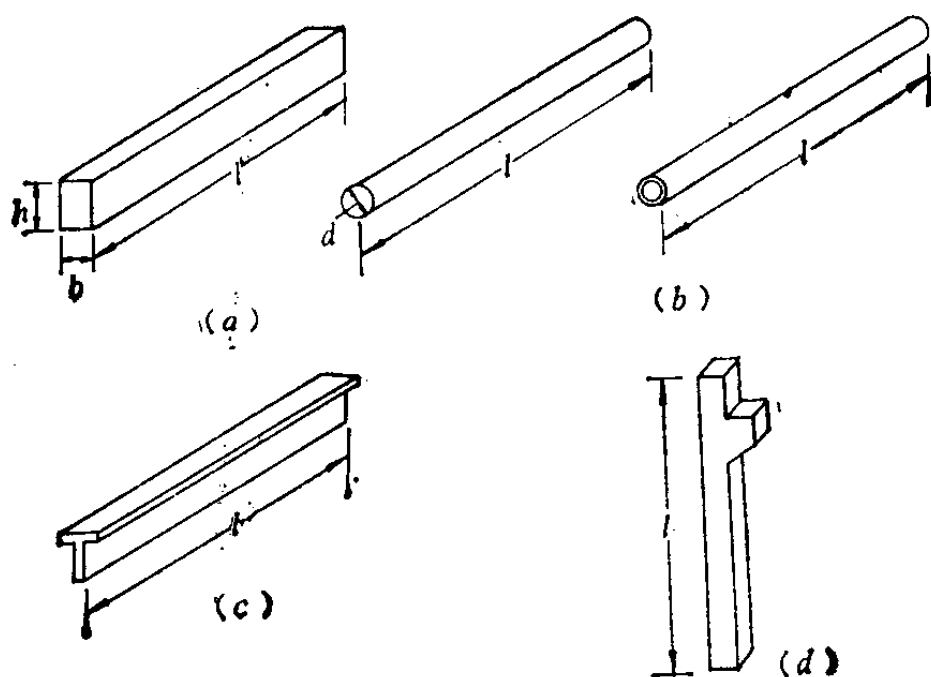


图 1—1

杆件无论是平放或竖立总有一个长度方向 l 和与 l 相垂直的两个方向，如图 1—1a 中的 h 和 b 。习惯上将长度 l 方向称为纵向而将与之垂直的另两个方向称为横向。注意这里横向是相对杆的纵向而言的，不要理解为水平方向，这点与生活中习惯的“横平竖直”是有所不同的。根据上述定义，杆件的纵向尺寸比横向尺寸要大得多。

杆件的受力情况是多种多样的，但是按照杆件受力后的变形特点，可以归纳为五种基本形式：拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲。图 1—2 是它们的示意图，虚线是杆件受力前的情况，实线是受力变形后的外形。

拉伸和压缩（图1—2a和1—2b）都在杆件两端沿轴线作

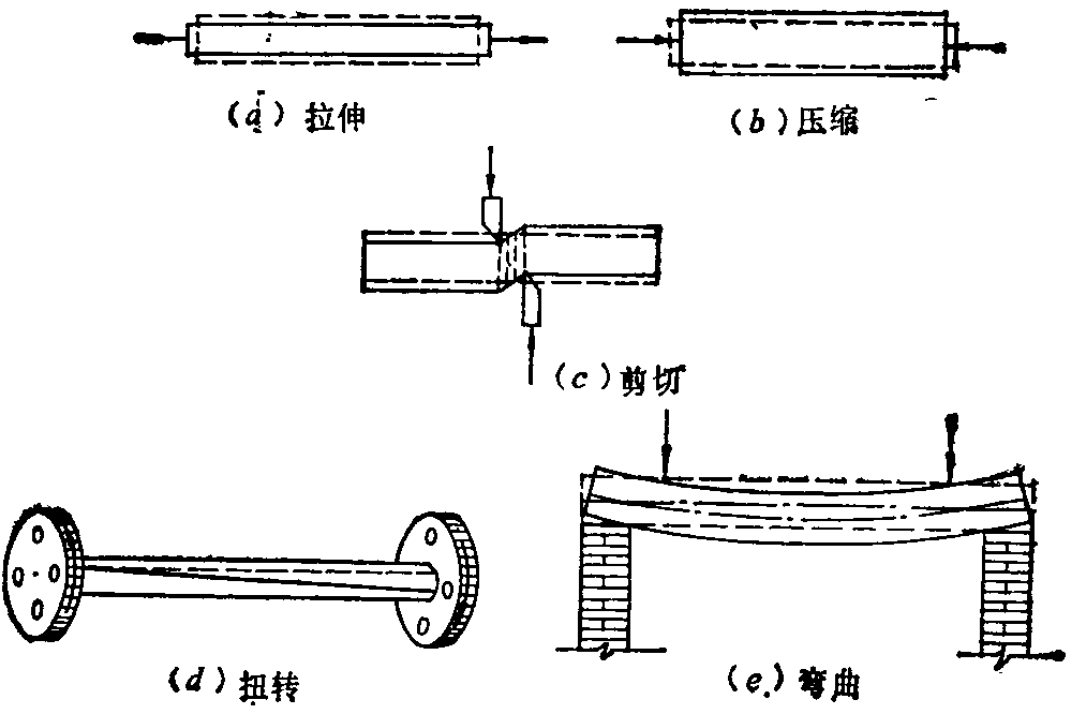


图 1—2

用一对纵向力，杆件产生伸长或缩短变形。屋架在荷载作用下，有些杆件承受拉力称为拉杆，另外一些杆件承受压力，称为压杆。柱子也是一种压杆。

图 1—2c 表示杆件受剪切作用。在杆件两侧有一对相距很近、大小相等、方向相反的力作用时，两个作用力之间的小段产生剪切变形，螺栓连结和铆钉连结的接头内都存在剪切现象。

图1—2d 是扭转作用，它表示一根在机械中的传动轴，两端是主动轮和被动轮。发动机将动力由主动轮通过圆轴传向被动轮，轮轴受到两个大小相等方向相反的力偶作用产生扭转变形。

图1—2e 为杆件在横向荷载作用下发生弯曲，梁是一种主要的受弯杆件。

在建筑工程中，结构在受到外力后，组成结构的杆件的受力和变形情况，往往不是一种而是几种简单受力形式的组合，对于这类杆件可以先分解为简单受力形式，再综合它们共同作用的影响。

§ 1—3 材料的力学性质及其基本假设

建筑物中的结构材料都是固体材料，其物质结构和性质是各不相同的，但从力学角度看它们都具有一个共同性质：在外力作用下会发生变形。变形时物质内部分子或晶体结构的改变是属于各种材料学（如金属材料、建筑材料等）所研究的内容，工程力学对于物体受力后的变形只是从宏观上研究物体尺寸的改变和形状的改变。凡是受力后有尺寸和形状改变的物体，在工程力学中称为变形体。

为了使问题得到简化，达到力学分析的目的，在工程力学中常需略去一些对计算影响不大的性质，根据主要性质，将物质结构抽象一种理想模型，然后进行理论分析。为此本学科对变形体作出以下一些假设。