

普通高等教育“十三五”精品规划教材



工程力学

(第二版)

主编 ■ 申向东 姚占全



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

“十三五”精品规划教材

工程力学

(第二版)

主编 申向东 姚占全



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十三五”精品规划教材,内容涵盖工程静力学、材料力学及专题概述3篇共10章,包括静力学基本知识、工程力学计算基础、轴向拉伸与压缩、扭转、弯曲强度计算、梁的变形计算、应力状态与强度理论、组合变形、压杆稳定、静不定结构与能量法。每章有本章小结、思考题、习题和习题参考答案。

本书适合作为高等院校木材科学与工程、交通运输、食品科学与工程、农业电气化与自动化、工业设计、电气工程及其自动化、包装工程、水土保持与荒漠化防治、城市规划、建筑学、给水排水工程、环境工程、森林工程、交通工程、水文与水资源工程、测绘工程、地质工程、消防工程等相关专业的教材,也可作为一般工程技术人员的阅读参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学 / 申向东, 姚占全主编. --2版. --北京:
中国水利水电出版社, 2019.1
普通高等教育“十三五”精品规划教材
ISBN 978-7-5170-7430-4

I. ①工… II. ①申… ②姚… III. ①工程力学-
高等学校-教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第029012号

书 名	普通高等教育“十三五”精品规划教材 工程力学(第二版) GONGCHENG LIXUE
作 者	主编 申向东 姚占全
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	京华图文制作有限公司
印 刷	三河市龙大印装有限公司
规 格	185mm×260mm 16开本 20.5印张 508千字
版 次	2014年1月第1版 2019年1月第2版 2019年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	59.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

本书是普通高等教育“十三五”精品规划教材,是编者在高等学校“十二五”规划教材《工程力学》的基础上修订而成的。

修订重编的过程中力求做到内容精练,由浅入深,便于自学,并特别重视反映现代土木工程、水利工程、农业工程、林业工程、交通工程的特点,以培养和造就“厚基础、广适应”的复合型应用人才为宗旨,在主要阐述工程力学基本概念、基本原理和基本方法的基础上,力求实现在体系上和内容上的更新,为读者今后继续学习和掌握工程新方法、新技术提供必要的工程力学基础知识,也为读者的独立思考留有空间,以利于创新能力的培养。本次修订增加了绪论,并对原来的第5章进行了调整,分成第5章和第6章,同时全书选用了新的国家标准。全书分为工程静力学、材料力学、专题概述3篇,共10章。内容包括工程静力学和材料力学的轴向拉(压)杆件、材料的力学性能、剪切、扭转、弯曲、应力状态与强度理论、压杆稳定、能量法和静不定结构等。采用本书时,可根据各专业的不同要求和学时数对内容酌情取舍。

参加本书编写工作的有:姚占全(第1~4章),申向东(绪论、第5~10章、附录A、附录B)。全书由申向东、姚占全担任主编。

本书适合作为高等院校木材科学与工程、交通运输、食品科学与工程、农业电气化与自动化、工业设计、电气工程及其自动化、包装工程、水土保持与荒漠化防治、城市规划、建筑学、给水排水工程、环境工程、森林工程、交通工程、水文与水资源工程、测绘工程、地质工程、消防工程等相关专业的教材,也可作为一般工程技术人员的参考书。

本书在编写过程中,吸收、引用了部分国内优秀工程力学教材的观点、例题及习题。编者在此谨向这些教材的编者深表感谢。本书在修订过程中得到了中国水利水电出版社的大力支持,谨此致谢。

本书在编写过程中,编者、编辑出版者虽夙兴夜寐、竭尽心力,但限于编者水平,书中难免有不少缺点,敬请读者批评指正。

编 者
2018年10月

工程力学教材符号表

符号	含 义	符号	含 义
$a, b, c, \cdots$	常数, 距离, 点的位置	R	半径 (Radius)
$A, B, C, \cdots$	点, 截面的位置	S_y, S_z	静矩 (Static Moment)
A, S	面积 (Area)	t	厚度 (Thickness), 切向 (Tangential)
b	截面的宽度	T	扭矩 (Torque)
C	形心 (Centroid)	V	变形能
d_i	内径 (In-diameter)	v_d	形状改变比能 (Distortional Strain Energy Density)
d_o	外径 (Out-diameter)	v_v	体积改变比能 (Volumetric Strain Energy Density)
D	直径 (Diameter)	V_ε	应变能 (Strain Energy)
e	偏心距 (Eccentricity)	y	挠度 (Deflection)
E	弹性模量 (Elasticity)	W	重量 (Weight)
f	函数 (Function)	W_P	抗扭截面模量 (Section Modulus in Torsion)
F, F_P	力 (Force), 荷载 (Load)	W_z	抗弯截面模量 (Weight of Bending Section Coefficient)
F_Q	剪力 (Shearing Force)	W_e	外力虚功 (External Virtual Work)
F_N	轴力 (Normal Force)	W_i	内力虚功 (Internal Virtual Work)
F_C	挤压力 (Bearing Force)	x, y, z	直角坐标 (Cartesian Coordinates)
G	剪切弹性模量	x_C, y_C, z_C	形心直角坐标 (Centroid Coordinate)
F_{Pcr}	临界力	α, β, γ	角度 (Angle)
h	高度 (Height)	γ	比重 (Proportion), 剪应变 (Shear Strain)
i	惯性半径 (Inertia)	$\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$	剪应变 (Shear Strain)
I	惯性矩 (Inertia)	ρ	密度 (Density), 曲率半径 (Radius of Curvature)
I_y, I_z	惯性矩 (Inertia)	δ, Δ	变形 (Deformation), 位移 (Displacement)
I_P	极惯性矩 (Polar Inertia)	σ	正应力 (Normal Stress)
I_{yz}, I_{zx}	惯性积 (Inertia Product)	σ_s	屈服应力 (Yield Stress)
k	弹簧常数 (Spring Constant)	σ_b	强度极限 (Ultimate Strength)
E_V	体积模量 (Bulk Modulus)	$[\sigma]$	许用正应力 (Xu Yongzheng Stress)
l	长度 (Length), 跨度 (Span)	σ_r	疲劳极限 (Fatigue Limit)
m	质量 (Mass)	σ_{cr}	临界应力 (Critical Stress)
$M_o(m)$	集中力偶 (Concentrated Couple)	τ	剪应力 (Shear Stress)
M, M_z	弯矩 (Moment)	$[\tau]$	许用剪应力 (Allowable Shear Stress)
n	法线方向 (Normal)	$\varepsilon, \varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	线 (正) 应变 (Line (Positive) Strain)
n_s, n_b	安全因数 (Safety Factor)	θ	单位长度扭转角 (Unit Length Twist Angle); 转角
p	压力 (Pressure)	φ	扭转角 (Twist Angle)
P	功率 (Power)	μ	泊松比 (Poisson Ratio)
q	线荷载集度 (Line Load Set)	ω	角速度 (Angular Velocity)
r	半径, 应力比	λ	长细比 (Slenderness Ratio)

目 录

工程力学教材符号表

前言

绪论 1

0.1 工程力学与工程实际 1

0.2 工程力学的研究内容和任务 3

0.3 工程力学的研究对象 4

第 1 篇 工程静力学

第 1 章 静力学基本知识 8

1.1 力学的基本概念 8

1.1.1 力的概念及其表示 8

1.1.2 刚体的概念 9

1.2 静力学基本公理 9

1.3 约束的基本类型与约束反力 12

1.3.1 约束及约束反力 12

1.3.2 约束的基本类型 13

1.4 受力分析和受力图 15

本章小结 18

思考题 19

习题 19

第 2 章 工程力学计算基础 22

2.1 力在平面直角坐标轴上的

投影 22

2.2 力矩与力偶理论 23

2.2.1 平面力矩理论 23

2.2.2 平面力偶理论 24

2.3 平面力系 25

2.3.1 力线平移定理 26

2.3.2 平面力系向一点的
简化·主矢与主矩 27

2.3.3 平面力系的平衡·平
衡方程 30

2.3.4 平面力系的平衡方程
的应用 32

2.3.5 平面简单桁架的内力
分析 40

2.3.6 考虑摩擦的平衡问题 ... 45

2.4 空间力系与重心 51

2.4.1 空间力系 51

2.4.2 重心 54

本章小结 61

思考题 63

习题 64

习题参考答案 70

第 2 篇 材料力学

第 3 章 轴向拉伸与压缩 74

3.1 应力、应变及其相互关系 74

3.1.1 内力和截面法 74

3.1.2 材料的线弹性物性关系
(胡克定律) 76

3.1.3 构件变形的基本形式 ... 77

3.2 材料的力学性质 78

3.2.1 低碳钢和铸铁拉伸时
的力学性能 78

3.2.2 低碳钢和铸铁压缩时的

力学性能	82	习题	122
3.2.3 材料强度的标准值和许用应力	83	习题参考答案	125
3.3 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力	84	第5章 弯曲强度计算	126
3.3.1 轴力	84	5.1 工程中的弯曲构件	126
3.3.2 轴力图	85	5.1.1 梁的计算简图	126
3.4 轴向拉伸和压缩杆的应力和强度	87	5.1.2 静定梁的基本形式	128
3.4.1 轴向拉(压)杆截面上的应力	87	5.1.3 静定梁的基本荷载	128
3.4.2 轴向拉(压)杆的强度计算	91	5.2 弯曲内力与内力图	129
3.5 轴向拉伸或压缩时的变形分析	93	5.2.1 梁的剪力与弯矩	129
3.5.1 纵向变形的计算	94	5.2.2 剪力图与弯矩图	133
3.5.2 横向变形的计算	94	5.2.3 荷载、剪力和弯矩间的关系	138
3.5.3 拉(压)杆的刚度条件	97	5.2.4 按叠加原理作剪力图和弯矩图	145
3.6 剪切与挤压的实用计算	98	5.3 平面刚架的弯曲内力	147
3.6.1 剪切及其实用计算	98	5.4 梁的正应力分析	148
3.6.2 挤压及其实用计算	101	5.4.1 概述	148
本章小结	104	5.4.2 纯弯曲时梁的正应力分析	149
思考题	105	5.4.3 纯弯曲正应力公式和变形公式的应用与推广	153
习题	105	*5.5 横弯曲时的剪应力分析	155
习题参考答案	110	5.5.1 矩形截面梁	155
第4章 扭转	111	5.5.2 圆形截面梁	157
4.1 扭转的外力与内力	111	5.5.3 环形截面梁	157
4.2 扭转的应力与强度	113	5.5.4 工字形截面梁	158
4.2.1 薄壁圆筒扭转时的应力	113	5.6 弯曲强度计算	158
4.2.2 圆轴扭转时的应力	114	5.6.1 弯曲正应力强度条件	159
4.2.3 圆轴扭转时的强度条件	117	5.6.2 弯曲剪应力强度条件	159
*4.2.4 非圆轴扭转的应力与强度	118	*5.7 开口薄壁截面梁的剪应力弯曲中心的概念	163
4.3 圆轴扭转的变形和刚度	120	5.8 提高梁抗弯强度的措施	165
本章小结	121	5.8.1 选择合理的截面形状	165
思考题	122	5.8.2 采用变截面梁或等强度梁	165
		5.8.3 改善梁的受力情况	167

本章小结	169	7.6 强度理论的应用	220
思考题	170	本章小结	223
习题	170	思考题	224
习题参考答案	179	习题	226
习题参考答案	179	习题参考答案	231
第6章 梁的变形计算	182	第8章 组合变形	232
6.1 梁的挠度和转角	182	8.1 组合变形的概念和实例	232
6.2 用积分法求弯曲变形	183	8.2 斜弯曲	233
6.2.1 挠曲线近似微分方程	183	8.3 拉伸(压缩)与弯曲组合	236
6.2.2 用积分法求弯曲变形	184	8.4 偏心压缩(拉伸)及截面核心	238
6.3 用叠加法求弯曲变形	189	8.4.1 偏心压(拉)应力计算	238
6.4 梁的刚度校核	195	8.4.2 截面核心	240
6.5 提高弯曲刚度的主要措施	196	8.5 扭转与弯曲	242
6.5.1 提高梁的抗弯刚度	196	8.5.1 外力	242
6.5.2 尽量减小梁跨度	196	8.5.2 内力——画出内力图	242
6.5.3 增加支座	196	8.5.3 应力	242
6.5.4 改善受力情况	196	8.5.4 强度条件	242
本章小结	196	本章小结	244
思考题	197	习题	245
习题	198	习题参考答案	249
习题参考答案	201	第9章 压杆稳定	251
第7章 应力状态与强度理论	202	9.1 压杆稳定的概念	251
7.1 一点的应力状态	202	9.2 细长压杆的临界荷载	253
7.2 平面应力状态分析——解 析法	203	9.2.1 两端铰支细长压杆的 临界压力	253
7.2.1 斜截面上的应力	203	9.2.2 其他支座约束形式下 细长压杆的临界压力	254
7.2.2 主应力与主平面	206	9.3 压杆的临界应力与临界应力 总图	256
7.2.3 最大切应力及其作 用面	207	9.3.1 临界应力与柔度	256
7.3 一般应力状态下的应力—应变 关系	212	9.3.2 欧拉公式的适用范围	256
7.4 一般应力状态下的应变 比能	214	9.3.3 临界应力的经验公式 和临界应力总图	257
7.4.1 体应变	214	9.4 压杆稳定性的计算	261
7.4.2 应变比能	215	9.4.1 压杆的稳定条件	261
7.5 强度理论	217	9.4.2 压杆稳定性的计算 方法	262
7.5.1 常用的强度理论	217		
7.5.2 相当应力	220		

9.5 提高压杆稳定性的措施	265	思考题	292
9.5.1 减小压杆柔度 λ	265	习题	292
9.5.2 合理选择材料	267	习题参考答案	295
本章小结	267		
思考题	268	附录 A 截面的几何性质	296
习题	268	A.1 截面的静矩和形心	296
习题参考答案	270	A.1.1 静矩	296
		A.1.2 形心	296
		A.2 截面的惯性矩、惯性积及极	
		惯性矩	298
		A.2.1 惯性矩	298
		A.2.2 惯性积	299
		A.2.3 极惯性矩	299
		A.2.4 组合图形的惯性矩	
		和惯性积	300
		A.3 平行移轴公式	301
		A.4 形心主轴和形心主惯性矩	302
		A.4.1 转轴公式	302
		A.4.2 形心主轴和形心主	
		惯性矩	302
		附录 A 小结	303
		思考题	303
		习题	304
		习题参考答案	305
		附录 B 型钢表(GB/T 706—2016)	307
		参考文献	319
第 3 篇 专题概述			
第 10 章 静不定结构与能量法	272		
10.1 概述	272		
10.1.1 静不定结构的基本			
概念	272		
10.1.2 静不定结构的解法	273		
10.2 拉压静不定结构	274		
10.2.1 拉压静不定结构			
的解法	274		
10.2.2 温度应力和装配			
应力	276		
10.3 扭转静不定结构	279		
10.4 简单静不定梁	280		
10.5 能量法	282		
10.5.1 应变能的计算	282		
10.5.2 莫尔定理	285		
10.5.3 图形互乘法	288		
10.6 力法解简单静不定结构			
框架	289		
本章小结	291		

绪 论

工程力学 (engineering mechanics) 是力学与工程学相结合的产物。工程力学课程是由基础理论课过渡到设计、计算课程的技术基础课, 与工程实际结合非常紧密, 在工程教育中有非常重要的地位, 是高等学校许多工科专业的主干课程和工程技术人员必学的课程。作为高等院校的一门技术基础课程, 本书所研究的工程力学仅是工程力学课程中最基础的部分内容, 涵盖了“理论力学”中的静力学内容和“材料力学”的大部分内容, 为今后继续学习打下良好的力学基础。

0.1 工程力学与工程实际

工程力学与工程是紧密结合的, 许多重要的工程都是在工程力学的指导下得以实现和不断发展完善的。如大型体育场 (图 0-1)、北京中国尊 (图 0-2)、舰载飞机起飞甲板 (图 0-3)、航天飞机 (图 0-4)、南水北调大型渡槽 (图 0-5)、三峡大坝 (图 0-6)、500 m 口径球面射电望远镜 (图 0-7)、海上石油钻探平台 (图 0-8)、复兴号高铁 (图 0-9)、港珠澳大桥 (图 0-10)、北盘江大桥 (图 0-11)、市政工程的输气管道 (图 0-12)、食品包装机械 (图 0-13) 等。

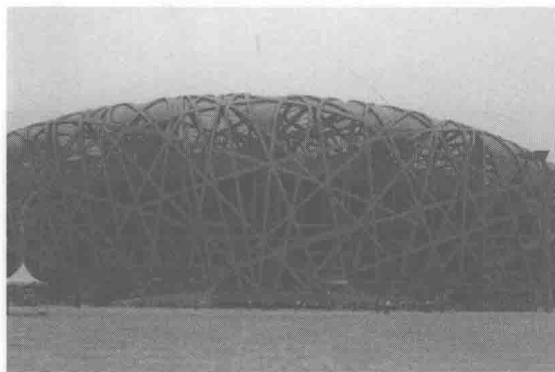


图 0-1 大型体育场



图 0-2 北京中国尊



图 0-3 舰载飞机起飞甲板



图 0-4 航天飞机



图 0-5 南水北调大型渡槽

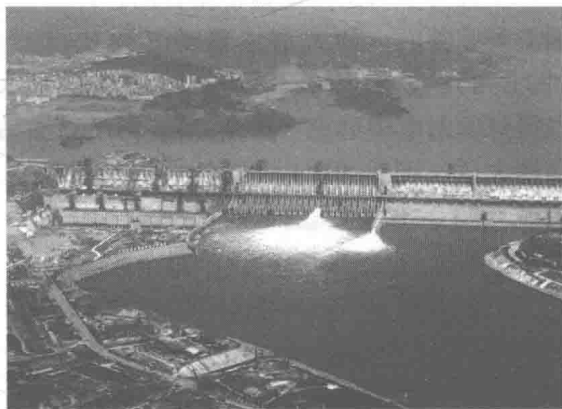


图 0-6 三峡大坝



图 0-7 500 m 口径球面射电望远镜



图 0-8 海上石油钻探平台



图 0-9 复兴号高铁

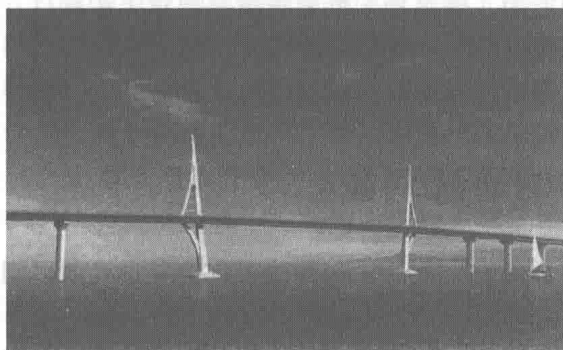


图 0-10 港珠澳大桥

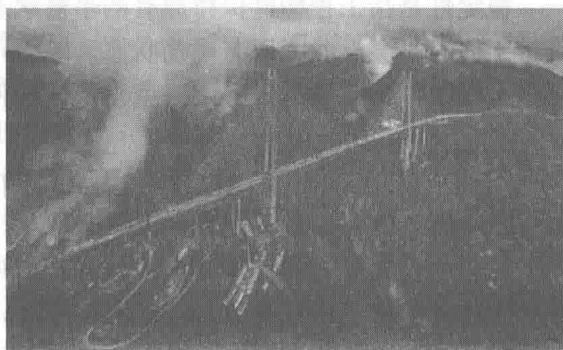


图 0-11 北盘江大桥

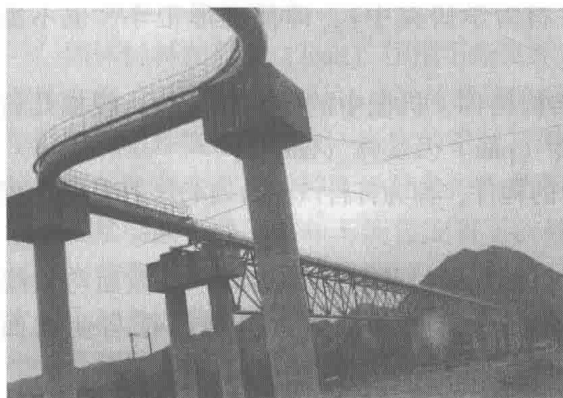


图 0-12 市政工程的输气管道

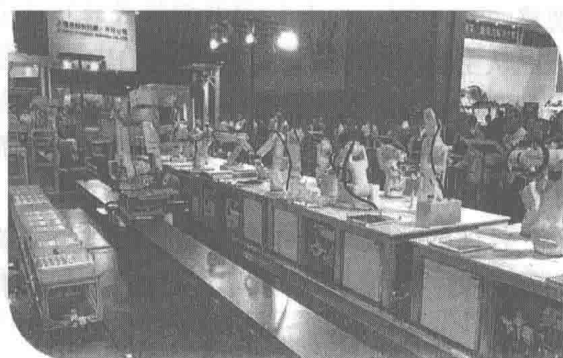


图 0-13 食品包装机械

从上述工程实例清晰地看出, 工程力学作为力学的一个分支, 广泛地应用于建筑工程、水利工程、交通工程、航空和航天工程、食品工程、市政工程、石油和化工工程、军事工程等。人们已经充分认识到要使各类复杂工程设计既保障安全又经济适用, 就必须对工程力学进行研究。

0.2 工程力学的研究内容和任务

工程力学所包含的内容极其广泛, 本书所讨论的工程力学仅包含“工程静力学”(analysis of engineering statics) 的内容和“材料力学”(mechanics of materials) 的大部分

内容。

工程静力学研究作用在物体上的力及其相互关系。材料力学研究在外力的作用下, 工程构件内部将产生什么力和力的分布以及构件 (member) 的变形等。

工程构件 (泛指结构中的构件、机械中的零件和部件等) 在外力作用下要想正常工作必须满足强度 (strength)、刚度 (stiffness) 和稳定性 (stability) 的要求。

强度是指抵抗破坏的能力。满足强度要求就是要求工程的构件在正常工作时不发生破坏。

刚度是指抵抗变形的能力。满足刚度要求就是要求工程构件在正常工作时产生的变形不超过允许范围。

稳定性是指工程构件保持原有的平衡状态的能力。满足稳定性要求就是要求工程构件在正常工作时不突然改变原有平衡状态。

工程设计最主要的任务之一就是保证构件在外力作用下有足够的强度、刚度与稳定性。

0.3 工程力学的研究对象

工程构件在外力作用下几何形状和几何尺寸都要发生改变, 这种改变称为变形, 所以组成工程构件的都是变形体 (deformation body)。

但在工程静力学问题中, 构件变形这一因素与所研究的问题无关或对其影响甚微, 这时可将变形体物体视为刚体 (rigidity body), 从而使研究的问题得到简化。

当研究在构件上的力和变形规律时 (在材料力学研究中), 即使变形很小, 也不能忽略。

从工程实例可以看到工程中的构件 (泛指结构构件、机械中的零件和部件) 根据几何尺寸和形状的不同, 大致分为杆件 (rods)、板件 (plat) 及块体 (body)。

一个方向的尺寸远大于其他两个方向的尺寸的构件, 称为杆件 (图 0-14)。杆件是工程中最常见、最基本的构件。

杆件的形状与尺寸由其轴线和横截面确定。轴线通过横截面的形心, 横截面与轴线相互正交。根据轴线与横截面的特征, 杆件可分为直杆与曲杆、等截面杆与变截面杆等。

一个方向的尺寸远小于其他两个方向尺寸的构件, 称为板件 (图 0-15)。平分板件厚度的几何面, 称为中面 (middle plane)。中面为平面的板件称为板 [图 0-15 (a)]; 中面为曲面的板件称为壳 (shell) [图 0-15 (b)]。

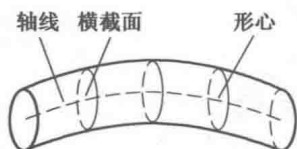
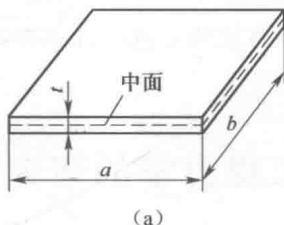
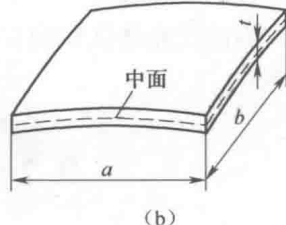


图 0-14 杆件



(a)



(b)

图 0-15 板件

三个方向尺寸基本相同的构件，称为块体（图 0-16）。

工程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。工程力学同时也研究一些形状和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题等，则属于结构力学与弹性力学的研究范畴。

工程中使用的固体材料是多种多样的，而且其微观结构和力学性质也非常复杂，为了使问题得到简化，通常对变形固体做如下基本假设。

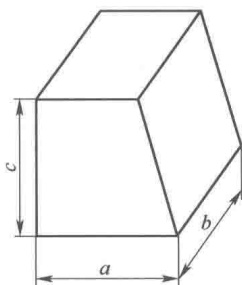


图 0-16 块体

1. 均匀连续性假设

认为组成物体的物质毫无空隙地充满了整个物体的几何容积。实践证明，在工程中，将构件抽象为连续、均匀的变形体，所得到的计算结果是令人满意的，根据这一假设，从构件截取任意微小部分进行研究，并将其结果推广到整个物体；同时，也可以将那些用大尺寸试件在实验中获得的材料性质用到任意微小部分上去。

2. 各向同性假设

认为材料沿各个方向的力学性质都是相同的。常用的工程材料如钢、塑料、玻璃以及浇注得很好的混凝土等，都可认为是各向同性材料。如果材料沿不同方向具有不同的力学性质，则称为各向异性材料。

根据这个假设，在研究了材料在任一方向的力学性质后，就可以将其结论用于其他任何方向，即不考虑材料的方向性问题。

3. 弹性小变形假设

固体材料在荷载（load）作用下所发生的变形可分为弹性变形（elastic deformation）和塑性变形（plastic deformation）。荷载卸除后能完全消失的变形称为弹性变形，不能消失的变形称为塑性变形。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；若变形的圆弧曲率过大，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。一般地说，当荷载不超过一定的范围时，材料将只产生弹性变形。弹性变形可能很小也可能相当大，在材料力学中通常做出小变形假设。在工程实际中大多数构件在荷载作用下的变形符合小变形假设，因此，在利用平衡条件求支座反力、构件内力时可以不考虑变形，仍用原来尺寸，从而使计算得到简化。

综上所述，本书中的材料力学部分认为一般的工程材料是均匀连续、各向同性的变形固体。材料力学部分主要研究在弹性范围内小变形条件下的强度、刚度和稳定性问题。

第 1 篇 工程静力学

引 言

静力学 (statics) 主要研究物体在力的作用下的平衡问题。

所谓平衡 (equilibrium), 一般是指物体相对于地面保持静止或匀速直线运动的状态。它是机械运动的特殊情况。例如, 静止在地面上的房屋、桥梁、水坝等建筑物, 在直线轨道上做匀速运动的火车等物体, 都是处于平衡状态。大家知道, 运动是物体的固有属性, 物体的平衡总是相对的、暂时的。上述在地面上看来是静止的建筑物或做匀速直线运动的火车, 实际上还随着地球的自转和绕太阳的公转而运动。因此, 平衡是相对于所选参考的物体而言的。

通常作用于物体的力不止一个而是若干个, 这若干个作用于物体上的力总称为力系 (force systems)。如果一个力系作用于某物体而能使其保持平衡, 则该力系称为平衡力系。一个力系满足某些条件才能成为平衡力系, 这些条件称为力系的平衡条件。研究物体的平衡问题, 实际上就是研究作用于物体的力系的平衡条件及其应用。

一般情况下, 作用于物体的力系往往较为复杂。在研究物体的运动或平衡问题时, 需要将复杂的力系加以简化, 就是将一个复杂力系变换成为另一个与它的作用效果相同的简单力系 (称为原力系的等效力系)。将一个复杂力系化简, 就比较容易了解它对物体产生的效果, 并可据此推论出力系的平衡条件。因此, 具体地说, 静力学将要研究以下三个问题。

- (1) 物体的受力分析 (分析某物体共受几个力, 以及每个力的作用位置和方向等)。
- (2) 力系的简化 (将复杂力系等效变换为简单力系)。
- (3) 力系的平衡条件及其应用。

在各种工程实际中, 都有大量的静力学问题。例如, 当设计结构、构件或机械零件时, 首先就要分析和计算各构件或零部件所受的力, 然后根据它们的受力情况和选用的材料, 确定所需的截面尺寸, 以满足安全和经济的要求。因此, 静力学在工程中有广泛的应用。

另一方面, 静力学中关于平衡的理论还将直接应用于求解动力学问题, 可见静力学理论在工程力学的理论系统中占有相当重要的地位。

第1章 静力学基本知识

本章主要介绍力学的基本概念、静力学基本公理、约束的基本类型与约束反力、受力分析和受力图。其中，静力学基本公理是静力学理论的基础，物体的受力分析是力学中重要的基本技能，能否正确画出受力图是其直接体现，而受力图的正确与否直接影响后续的分析与计算。

1.1 力学的基本概念

1.1.1 力的概念及其表示

力(force)是人们生产和生活中很熟悉的概念,是力学的基本概念。人们对于力的认识,最初是与推、拉、举、掷重物时肌肉的紧张和疲劳的主观感觉相联系的。后来人们在长期的生产实践和生活中,通过反复观察、实验和分析,逐步认识到,无论是在自然界或是工程实际中,物体机械运动的改变或变形,都是物体间相互机械作用的结果。例如卷扬机、汽车等在刹车后,速度很快减小,最后静止下来;吊车梁在跑车起吊重物时产生弯曲,等等。这样,人们以这种直接的感觉和对机械运动变化的现象长期观察的结果为基础,经过科学的抽象,形成了力的概念:力是物体间相互的机械作用,这种作用的结果是物体的机械运动状态发生改变,或物体变形。

在自然界中有各种各样的力,如水压力、土压力、摩擦力、万有引力等,它们的物理本质各不相同。但在刚体静力学中,并不探究力的物理来源,而只研究力对物体作用的效果,或者说力的效应。力有使物体的运动状态发生改变的效应,也有使物体发生变形的效应。前者称为力的外效应,或称运动效应;后者称为力的内效应,或称变形效应。刚体静力学只讨论力的外效应。力的内效应(力对物体的变形效应)将在材料力学、结构力学、弹性力学等课程中讨论。

实践证明,力对物体的效应完全取决于力的大小、方向和作用点,这三者通常称为力的三要素。

(1) 力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。

度量力的大小的单位,随采用的单位制不同而不同。在国际单位制(SI)中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。在工程单位制中,力的单位是公斤力(kgf)或吨力(tf)。两种单位制的换算关系为 $1 \text{ kgf} = 9.80 \text{ N}$ 。

(2) 力的方向包含方位和指向两个意思。

如铅垂(方位)向下(指向),水平(方位)向右(指向)等。

(3) 力的作用点指的是力在物体上的作用位置。

一般说来,力的作用位置并不是一个点而是一定的面积。但是,当作用面积小到可以不计其大小时,就抽象成一个点,这个点就是力的作用点。而这种集中作用于一点的力则称为