

21世纪应用型本科院校规划教材

工程力学习题集

主审 范钦珊

主编 周宏伟 安逸 何玉梅



南京大学出版社

21世纪应用型本科院校规划教材

工程力学习题集

主 审 范钦珊

主 编 周宏伟 安 逸 何玉梅



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程力学习题集/周宏伟,安逸,何玉梅主编. —
南京:南京大学出版社,2012.9

21世纪应用型本科院校规划教材

ISBN 978-7-305-10105-2

I. ①工… II. ①周… ②安… ③何… III. ①工程力学—高等学校—习题集 IV. ①TB12-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第134757号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路22号 邮编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出 版 人 左 健

丛 书 名 21世纪应用型本科院校规划教材
书 名 工程力学习题集
主 编 周宏伟 安逸 何玉梅
责任编辑 刘亚光 单 宁 编辑热线 025-83596923

照 排 江苏南大印刷厂
印 刷 南京人文印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 7.5 字数 178千
版 次 2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷
ISBN 978-7-305-10105-2
定 价 19.00元

发行热线 025-83594756 83686452
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

工程力学是研究有关物质宏观运动规律及其应用的科学,是应用于工程实际的各门力学学科的总称。工程给力学提出问题,力学的研究成果改进工程设计思想。从工程上的应用来说,工程力学包括:质点及刚体力学,固体力学,流体力学,流变学,土力学,岩体力学等。

近几年由于专业基础课的学时减少,原来的理论力学、材料力学两门专业基础课改为工程力学一门课,学生普遍觉得学习难度大;加之近年来高等学校规模的不断扩大,招生人数普遍大幅度增长,使得学生的整体素质有所下降,并存在基础好、能力强的学生“吃不饱”,基础差、能力弱的学生抄作业、厌学掉队的情况,最终导致学习成绩两极分化严重。如何在同一班级中实现不同学生的层次化教学,满足各层次学生的学习所需是目前课堂教学亟待解决的问题。

该书为《工程力学》学习的辅导用书,是为巩固学习成果配套的专项练习册。本书结合目前正在实施的“卓越工程师计划”,紧贴课堂,在提炼工程力学各章知识体系的基础上,推出各章的练习题。该书包括两大部分,第一部分为每章的知识点,其内容涵盖了书本中需要掌握的重要知识点,分条列出,简单易懂;第二部分为每章对应的习题,每章节中的题目难易不同,满足不同学生的需求,一方面可以在课后通过完成要求的题目来巩固课堂学习,另一方面也可以作为预习成果的检验练习。

本书由周宏伟主编,参加本教材编写工作的有:安逸(第1章~第7章),周宏伟(第8章~第15章),何玉梅提供了大量习题及参考意见,全书由范钦珊教授主审。

本书广泛吸收了优秀的工程力学教材和教学辅导书的精华,引用了部分观点和习题,在此谨向文献的作者致以由衷的感谢,同时也对关心该书出版的领导和同行专家表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,敬请广大教师和读者批评指正。

编 者
2012年7月

目 录

第一部分 各章学习指导	1
第一章 静力学基础.....	3
第二章 平面力系.....	4
第三章 空间力系.....	6
第四章 摩擦.....	7
第五章 材料力学的基本概念.....	8
第六章 轴向拉伸与压缩	10
第七章 扭转	12
第八章 弯曲内力	13
第九章 截面(平面)的几何性质	15
第十章 弯曲应力	17
第十一章 弯曲变形	19
第十二章 应力状态和强度理论	21
第十三章 组合变形	24
第十四章 压杆稳定	26
第十五章 动载荷	27
第二部分 各章练习题	29
第一章 静力学基础	31
第二章 平面力系	35
第三章 空间力系	43
第四章 摩擦	47
第五章 材料力学的基本概念	51
第六章 轴向拉伸与压缩	53
第七章 扭转	63

第八章 弯曲内力	69
第九章 截面(平面)的几何性质	73
第十章 弯曲应力	77
第十一章 弯曲变形	83
第十二章 应力状态和强度理论	89
第十三章 组合变形	97
第十四章 压杆稳定.....	103
第十五章 动载荷.....	107
参考文献.....	111

第一部分

各章学习指导

第一章 静力学基础

知识要点

1. 力

力是物体间的相互作用。

2. 刚体

刚体是指在力的作用下形状和大小都始终保持不变的物体。

3. 平衡

平衡是指物体相对于某个惯性参考系处于静止或匀速直线运动的一种状态。

4. 约束和约束反力

限制非自由体运动的条件,称为约束。约束反力是约束作用在被约束物体上的力,简称约束力或反力。

5. 静力学公理

公理一 (力的平行四边形法则)作用于物体上同一点的两个力,可以合成为作用于同一点的一个合力。

公理二 (二力平衡条件)要使刚体在两个力作用下维持平衡的充要条件:两个力的大小相等,沿同一直线作用,且指向相反。

公理三 (加减平衡力系原理)在作用于刚体的任何一个力系上加上或减去任意的平衡力系,而不改变原力系对该刚体的作用。

推论一 (力的可传性)作用在刚体上的力,其作用点可沿其作用线在该刚体内任意移动,而不改变力对该刚体的作用。

推论二 (三力平衡汇交定理)当刚体在三个力作用下平衡时,设其中两个力的作用线相交于某点,则此三个力必在同一个平面内,且第三个力的作用线必定也通过该点。

公理四 (作用和反作用定律)任何两个物体相互作用的力,总是大小相等,作用线相同,但指向相反,并分别作用在两个物体上。

公理五 (刚化原理)设变形体在某力系作用下处于平衡状态,如将此变形体刚化成刚体,其平衡状态保持不变。

第二章 平面力系

知识要点

1. 力系的等效与简化

(1) 力对点之矩

$$M_O(F) = \pm Fh$$

其中 O 为矩心, h 为力臂。逆时针时取正, 反之取负。

(2) 主矢和主矩

任意多个力所组成的力系中所有力的矢量和, 称为主矢, F'_R 。

力系中所有力对同一点之矩的矢量和, 称为力系对这一点的矩, M_O 。

(3) 等效力系

如果两个力系的主矢和主矩分别相等, 二者对同一刚体将产生相同的运动效应, 称两个力系为等效力系。

(4) 力向一点平移定理

作用于刚体上的力可以平移到任一点, 而不改变它对刚体的作用效应, 但平移后必须附加一个力偶, 附加力偶的力偶矩等于原作用力对新作用点之矩。

2. 平面汇交力系

所有力的作用线都汇交于一点的力系。

(1) 合成与平衡的几何法

力多边形法则是求平面汇交力系合力的几何法, 平衡的几何条件是力多边形自行封闭。

(2) 合成与平衡的解析法

$$F_R = \sum_{i=1}^n F_i \quad \text{平衡条件: } F_x = \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad F_y = \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$$

3. 平面力偶系

若干作用在同一平面内的力偶所组成的力偶系, 称为平面力偶系。

$$M_O = \sum_{i=1}^n M_i = \sum_{i=1}^n M_O(F_i)$$

平衡条件: $M_O = 0$

4. 平面任意力系的简化(如表 1 表示)

表 1

合成结果	主矢为零	主矢非零
主矩为零	平衡	一个力(合力)
主矩非零	一个力偶(合力偶)	一个力(合力)

5. 平面任意力系的平衡

平衡的充分必要条件是：力系向任意一点简化的主矢和主矩都等于零。

$$\begin{array}{l}
 \text{一般形式(一矩式)} \left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum M_O(F) = 0 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{其他形式(二矩式)} \left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = 0 \\ \sum M_A(F) = 0 \text{ (式中 } x \text{ 轴与 } A、B \text{ 两点连线不能垂直)} \\ \sum M_B(F) = 0 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{(三矩式)} \left\{ \begin{array}{l} \sum M_A(F) = 0 \\ \sum M_B(F) = 0 \text{ (} A、B、C \text{ 三点不能在同一直线上)} \\ \sum M_C(F) = 0 \end{array} \right.
 \end{array}$$

第三章 空间力系

知识要点

1. 力对轴之矩

力对轴之矩有两个要素：力矩的大小与力矩的转向。

$$M_z(\mathbf{F}) = \pm F_{xy} \cdot h \quad \text{代数量}$$

其中 h 为力矩到 z 轴的距离, 正负号与转向有关, 按照右手螺旋法则确定。

2. 空间力系的简化

主矢：
$$\mathbf{F}'_R = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}'_i = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$$

主矩：
$$\mathbf{M}_O = \sum_{i=1}^n \mathbf{M}_i = \sum_{i=1}^n \mathbf{M}_O(\mathbf{F}_i)$$

3. 空间力系的平衡

平衡的充分必要条件是力系的主矢和对任意一点的主矩均为零。

$$\mathbf{F}'_R = 0, \mathbf{M}_O = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0, \sum_{i=1}^n M_x(F_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0, \sum_{i=1}^n M_y(F_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iz} = 0, \sum_{i=1}^n M_z(F_i) = 0$$

第四章 摩擦

知识要点

1. 滑动摩擦

两个相互接触的物体之间产生相对滑动或有相对滑动趋势时,在接触表面上便产生了与表面相切,阻碍相对滑动的阻力,称为**滑动摩擦力**。根据物体之间是否存在润滑剂,滑动摩擦力可分为**干摩擦**和**湿摩擦**。根据是否发生相对运动,滑动摩擦力又可分为**静摩擦力**和**动摩擦力**。

2. 摩擦角与自锁

当静摩擦力达到最大值时,全约束力与接触面法线间的夹角称为**摩擦角**, φ_m 。

$$\tan\varphi_m = f。$$

当主动力合力的作用线位于摩擦角的范围以内时,无论主动力有多大,物体也保持平衡,称为**自锁**。

3. 滚动摩阻

当物体相对于另一物体做滚动或有滚动趋势时,除可能受到滑动摩擦力之外,还要受到一个阻力偶的作用,这个阻力偶称为**滚动摩阻**。

其最大值为: $M_{\max} = \delta F_N$,

其中 δ 为滚动摩擦系数。

第五章 材料力学的基本概念

知识要点

1. 关于材料的基本假定

均匀性假定: 假定材料粒子无空隙、均匀地分布于物体所占的整个空间。

各向同性假定: 假定弹性体在所有方向上均具有相同的物理和力学性能。

小变形假定: 假定物体在外力作用下所产生的变形与物体本身的几何尺寸相比是很小的。

2. 内力

构件受力后发生变形,其内部各点的相对位置发生变化,由此而产生的附加内力,即变形体因变形而产生的力。

3. 截面法

计算步骤:

A. 应用静力学方法,确定作用在杆件上的所有未知的外力;

B. 在所考察的横截面处,用假想截面将杆件截开;

C. 考察其中任一部分的平衡,建立合适的坐标系,根据平衡方程计算各内力分量的大小和方向;

D. 考察另一部分的平衡,验证结果的正确性。

4. 杆件横截面上的应力

反映内力在该点处的强弱程度,称为**集度**,内力在一点处的集度即应力。

垂直于横截面的应力,称为**正应力**, σ 。

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_N}{\Delta A}。$$

位于横截面上的应力,称为**切应力**, τ 。

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_Q}{\Delta A}。$$

5. 正应变与切应变

描述弹性体在各点处线变形程度的量,称为**线应变或正应变**, ϵ_x 。

切应力作用下的微元体将发生剪切变形,剪切变形程度用微元体直角的改变量度量,称为**切应变**, γ 。

6. 线弹性体 应力—应变关系(胡克定律)

在线弹性范围内加载,对于只承受单方向正应力或承受切应力的微元体,正应力与正应

变,及切应力和切应变之间存在着线性关系,即:

$$\sigma_x = E\varepsilon_x; \quad \tau = G\gamma。$$

7. 杆件受力变形的基本形式

拉伸与压缩,剪切,扭转,弯曲。

第六章 轴向拉伸与压缩

知识要点

1. 轴力与轴力图

轴向载荷：沿着杆件轴线方向作用的载荷。

轴力：杆件承受轴向载荷作用时，横截面上的内力分量。

轴力图：轴力沿杆件轴线方向变化的图形。

2. 拉伸时的应力和变形计算

拉压时，杆件横截面上仅有正应力： $\sigma = \frac{F_N}{A}$ 。

如果所施加的载荷使杆件的变形处于弹性范围内，杆的伸长量 Δl 与杆所承受的轴向载荷成正比，即：

$$\Delta l = \pm \frac{F_N l}{EA}。$$

对于杆件沿长度方向均匀变形的情况，其相对伸长率 $\Delta l/l$ 表示轴向变形的程度，即此时杆件沿轴向方向的正应变：

$$\epsilon_x = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}。$$

杆件承受轴向载荷时，除了轴向变形外，在垂直与杆件轴线方向也同时产生变形，称为横向变形。

横向应变 ϵ_y 与轴向应变 ϵ_x 之间存在以下关系：

$$\epsilon_y = -\nu \epsilon_x。$$

其中 ν 为材料常数泊松比。

3. 拉压杆的强度计算

拉压情况下的强度条件： $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ 。

其中 $[\sigma]$ 为许用应力，由下式确定， $[\sigma] = \frac{\sigma^0}{n}$ ，

其中 σ^0 为材料的极限应力或危险应力， n 为安全因数。

三类强度问题：

- A. 强度校核 已知杆件几何尺寸、受力大小及许用应力，校核杆件强度是否安全；
- B. 尺寸设计 已知杆件受力大小和许用应力，根据强度条件，计算所需杆件横截面积；

C. 确定许用载荷 根据强度条件,计算杆件所能承受的外加载荷。

4. 拉压时材料的力学性能

延伸率: $\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$ 。

截面收缩率: $\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$ 。