

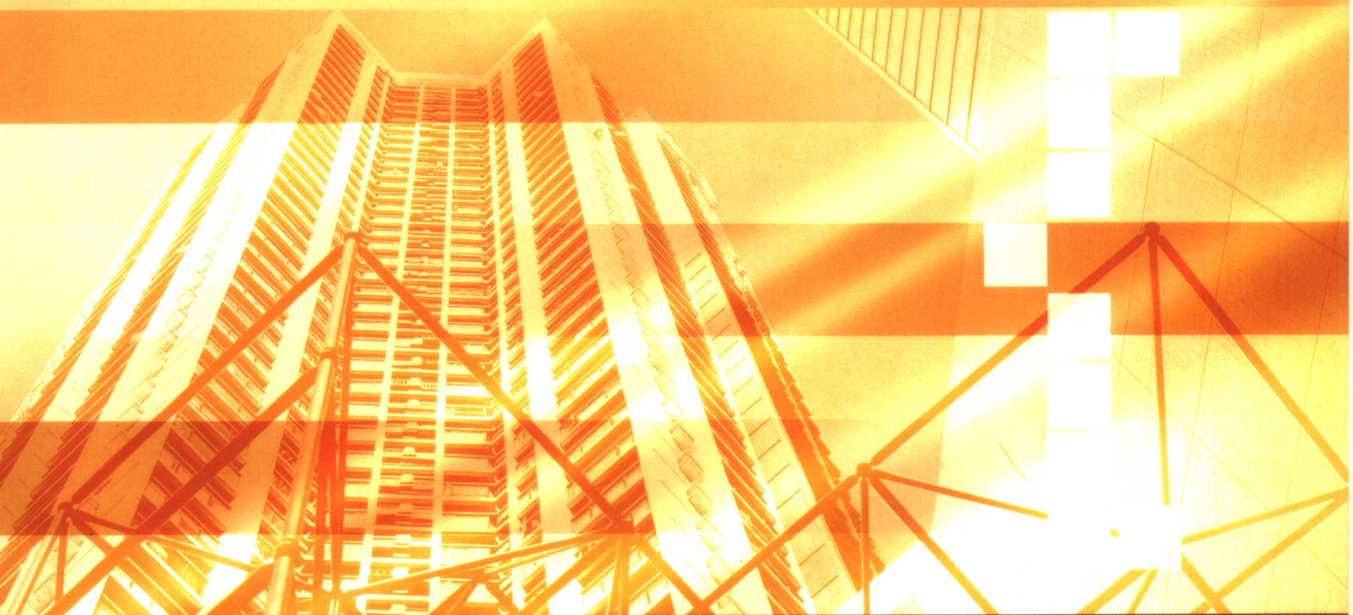


“十一五”高等学校通用教材（建筑类）

工程力学

GONGCHENG LIXUE

● 程 桢 乔雅敏 主编



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



“十一五”国家级规划教材（第四版）

工程力学

GONGCHENG LIXUE

• 第四版 •



清华大学出版社



“十一五”高等学校通用教材（建筑类）

Gongcheng Lixue

工程力学

程 桢 乔雅敏 主编



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学/程桢, 乔雅敏主编. —北京: 中国计量出版社, 2007. 2

“十一五”高等学校通用教材 (建筑类)

ISBN 978-7-5026-2574-0

I. 工… II. ①程…②乔… III. 工程力学—高等学校—教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 162827 号

内 容 提 要

本教材分为两篇。第一篇为理论力学部分, 内容包括静力学的基本知识与物体的受力分析、平面汇交力系、力对点的矩与平面力偶系、平面任意力系、空间力系、点的运动学、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动、质点运动微分方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗伯原理、虚位移原理; 第二篇为材料力学部分, 内容包括材料力学的基本知识及杆件的基本变形形式、轴向拉压杆件的强度与变形、圆轴扭转强度与刚度、截面图形的几何性质、梁的强度计算、梁的刚度计算、应力状态与强度理论、组合变形、压杆的稳定计算、动载荷及疲劳破坏等。

本教材可作为高等学校建筑类相关专业的教材, 也可作为建筑类工程技术人员的参考资料。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)

电 话 (010) 64275360

网 址 <http://www.zgjl.com.cn>

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 北京市媛明印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 25.25

字 数 600 千字

版 次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数 1—3 000

定 价 44.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换

版权所有 侵权必究

— 教 材 编 委 会 —

主 任 赵惠新 刘国普

副主任 刘宝兰 景海河 丁 琳 薛志成 杨国义

委 员 (按姓氏笔画排序)

于秀娟	邓一兵	王福彤	付伟庆	左宏亮
左敬岩	孙 林	刘汉青	吕名云	齐伟军
刘俊玲	乔雅敏	安静波	陈 勇	李小勇
杜永峰	李国东	宋国利	李绍峰	张春玉
李保忠	张俊杰	张智均	张新全	张燕坤
周 莉	杨 璐	郦 伟	胡 焜	赵文军
赵延林	姜连馥	高建岭	徐晓红	钱晓丽
程 桢	董连成	程选生	潘 睿	谭继亮

策 划 刘宝兰 李保忠

— 本 书 编 委 会 —

主 编 程 桢

乔雅敏

副主编 刘 颖

马效民

编 委 (排名不分先后)

马兴国

柳艳杰

郝俊才

饶 波

崔淑杰

编写说明

近年来,建筑业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用,尤其是房地产业和各项基础设施建设的深入开展与逐步完善,使国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时,建筑行业自身的结构性调整也在不断进行,这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求。为此,教育部对普通高校“建筑类”各专业的设置和教材也多次进行了相应的调整,使“建筑工程”和“交通土建工程”等相关专业逐步向“土木工程”转化,“十一五”期间,这种转化将进一步得到完善,这将使“土木工程”的内涵大大拓宽。所以,编写高等院校建筑类各专业所需的基础课和专业课教材势在必行。

针对这些变化与调整,由中国计量出版社牵头组织了“十一五”高等学校通用教材(建筑类)的编写与出版工作,该套教材主要适用于应用型人才培养院校的土木工程、工程管理、道路与桥梁、交通土建以及水利工程等相关专业。该学科具有发展迅速、技术应用性强的特点,因此,我们有针对性地组织了黑龙江科技学院、黑龙江大学、兰州理工大学、北方工业大学、黑龙江工程学院、广东惠州学院、深圳大学、哈尔滨工程大学、东北林业大学、大庆石油学院、大连大学、哈尔滨学院以及黑龙江东方学院等45所相关高校中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审,从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障,以此来满足建筑类各专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要;这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才,进一步提高建筑工程类各专业教材的

编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校建筑类各专业的实际教学需要,本次教材的编写尤其注重了理论体系的实用性与前沿性,不仅将建筑工程领域科技发展的新理论合理融入教材中,使读者通过教材的学习可以深入把握国际建筑业发展的全貌,而且使学生通过学习能将教材中的理论迅速应用于工程实践,这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出,必将会推动我国建筑工程类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展,从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2007 年 1 月

前言

• FOREWORD •

本教材分为两篇，除绪论外共 25 章。第一篇理论力学（共 15 章），包括静力学的基本知识与物体的受力分析、平面汇交力系、力对点的矩与平面力偶系、平面任意力系、空间力系、点的运动学、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动、质点运动微分方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗伯原理、虚位移原理；第二篇为材料力学（共 10 章），包括材料力学的基本知识及材料的基本变形形式、轴向拉压杆件的强度与变形、圆轴扭转强度与刚度、截面图形的几何性质、梁的强度计算、梁的刚度计算、应力状态与强度理论、组合变形、压杆稳定、动载荷及疲劳破坏。本教材本着理论知识适度的原则，注重理论联系实际，引入较多工程实例，并附有与工程有关的例题和习题。

本教材由黑龙江工程学院、哈尔滨职业技术学院、黑龙江大学、黑龙江科技学院联合编写，参加编写工作的有：柳艳杰（绪论、第一章～第三章）、崔淑杰（第四章～第六章）、刘颖（第七章～第九章）、郝俊才（第

十章~第十二章)、乔雅敏(第十三章~第十四章)、饶波(第十五章~第十八章)、程桢(第十九章~第二十章)、马效民(第二十一章~第二十二章)、马兴国(第二十三章~第二十五章)。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有不足、欠妥之处,恳望读者批评指正。

编 者

2007 年 1 月

目 录

• CONTENTS •

绪 论	(1)
-----------	-----

第一篇 理论力学

第一章 静力学基本知识与物体的受力分析	(5)
---------------------------	-----

第一节 静力学基本概念	(5)
第二节 静力学公理	(6)
第三节 约束与约束反力	(8)
第四节 物体的受力分析及受力图	(11)
思考题与习题	(14)

第二章 平面汇交力系	(17)
------------------	------

第一节 平面汇交力系合成与平衡的几何法	(17)
第二节 平面汇交力系合成与平衡的解析法	(19)
思考题与习题	(23)

第三章 力对点的矩与平面力偶理论	(26)
------------------------	------

第一节 力对点的矩	(26)
第二节 平面力偶系的合成与平衡	(28)
思考题与习题	(31)

第四章 平面任意力系	(35)
------------------	------

第一节 平面任意力系向一点简化	(35)
第二节 平面任意力系简化的最后结果	(38)
第三节 平面任意力系的平衡条件、平衡方程及应用	(40)

第四节 物体系的平衡问题	(43)
第五节 考虑摩擦时物体的平衡问题	(47)
思考题与习题	(50)
第五章 空间力系	(55)
第一节 空间中的力与力矩	(55)
第二节 空间任意力系的平衡	(59)
第三节 物体的重心与形心	(62)
思考题与习题	(66)
第六章 点的运动学	(71)
第一节 运动学引言	(71)
第二节 矢量法	(71)
第三节 直角坐标法	(72)
第四节 自然法	(75)
思考题与习题	(79)
第七章 刚体的基本运动	(82)
第一节 刚体的平行移动	(82)
第二节 刚体的定轴转动	(84)
第三节 转动刚体内各点的速度和加速度	(85)
第四节 定轴轮系的传动比	(86)
第五节 角速度矢和角加速度矢 点的速度和加速度的矢积表示	(87)
思考题与习题	(88)
第八章 点的合成运动	(92)
第一节 相对运动、绝对运动和牵连运动	(92)
第二节 点的速度合成定理	(94)
第三节 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	(97)
思考题与习题	(100)
第九章 刚体的平面运动	(104)
第一节 平面运动的概述和分解	(104)
第二节 平面图形上各点的速度	(106)
第三节 平面图形上各点加速度分析的基点法	(115)
思考题与习题	(119)

第十章 质点运动微分方程	(124)
第一节 动力学引言	(124)
第二节 动力学的基本定律	(124)
第三节 质点的运动微分方程	(126)
第四节 质点动力学的两类基本问题	(127)
思考题与习题	(130)
第十一章 动量定理	(133)
第一节 动量	(133)
第二节 力的冲量	(134)
第三节 动量定理	(135)
第四节 质心运动定理	(138)
思考题与习题	(142)
第十二章 动量矩定理	(144)
第一节 质点和质点系的动量矩	(144)
第二节 动量矩定理	(145)
第三节 刚体绕定轴的转动微分方程	(149)
第四节 刚体对轴的转动惯量	(151)
思考题与习题	(156)
第十三章 动能定理	(159)
第一节 力的功和功率	(159)
第二节 质点和质点系的动能	(163)
第三节 动能定理	(165)
思考题与习题	(169)
第十四章 达朗伯原理	(173)
第一节 达朗伯原理	(173)
第二节 刚体惯性力系的简化	(176)
第三节 达朗伯原理的应用	(178)
第四节 定轴转动刚体的轴承动反力	(181)
思考题与习题	(184)
第十五章 虚位移原理	(189)
第一节 虚位移与虚功的概念	(189)

第二节 虚位移原理.....	(190)
第三节 自由度与广义坐标、广义力.....	(194)
思考题与习题.....	(198)

第二篇 材料力学

第十六章 材料力学的基本知识及杆件的基本变形形式 (205)

第一节 材料力学的任务.....	(205)
第二节 材料力学的基本假设.....	(206)
第三节 杆件的基本变形形式.....	(206)
第四节 内力与应力的概念.....	(207)

第十七章 轴向拉压杆件的强度与变形 (209)

第一节 轴向拉压杆件的轴力及轴力图.....	(209)
第二节 轴向拉压杆件横截面上的应力及强度计算.....	(211)
第三节 轴向拉压杆件的变形.....	(215)
第四节 轴向拉压杆件的力学性质.....	(217)
第五节 简单轴向拉压杆件的超静定问题.....	(221)
思考题与习题.....	(225)

第十八章 圆轴扭转的强度与刚度 (228)

第一节 圆轴扭转的扭矩及扭矩图.....	(228)
第二节 圆轴扭转的应力及强度计算.....	(230)
第三节 圆轴扭转的变形及刚度计算.....	(234)
思考题与习题.....	(236)

第十九章 截面图形的几何性质 (238)

第一节 静矩及形心.....	(238)
第二节 惯性矩、极惯性矩和惯性积.....	(239)
第三节 惯性矩的平行移轴公式.....	(240)
第四节 主惯性轴与主惯性矩 形心主惯性轴与形心主惯性矩	(242)
思考题与习题.....	(244)

第二十章 梁的强度计算 (245)

第一节 平面弯曲的概念.....	(245)
第二节 梁的内力及内力图.....	(246)

第三节 梁的应力及强度计算.....	(257)
思考题与习题.....	(273)
第二十一章 梁的变形及刚度计算	(277)
第一节 挠度和转角.....	(277)
第二节 挠曲线的近似微分方程.....	(278)
第三节 积分法计算梁的位移.....	(279)
第四节 叠加法求梁的位移.....	(284)
第五节 梁的刚度条件.....	(288)
第六节 简单超静定梁的计算.....	(290)
思考题与习题.....	(293)
第二十二章 应力状态和强度理论	(296)
第一节 应力状态概述.....	(296)
第二节 平面一般应力状态分析——解析法.....	(298)
第三节 平面一般应力状态分析——应力圆.....	(304)
第四节 三向应力状态概述.....	(307)
第五节 广义胡克定律.....	(310)
第六节 强度理论.....	(314)
思考题与习题.....	(319)
第二十三章 组合变形	(325)
第一节 引言.....	(325)
第二节 斜弯曲.....	(326)
第三节 拉伸或压缩与弯曲的组合.....	(329)
第四节 偏心拉伸(压缩)、截面核心	(331)
第五节 弯扭组合变形.....	(334)
第六节 连接件的计算.....	(337)
思考题与习题.....	(343)
第二十四章 压杆的稳定计算.....	(351)
第一节 工程中压杆的稳定性问题.....	(351)
第二节 欧拉公式的适用范围.....	(356)
第三节 压杆的稳定计算.....	(358)
第四节 提高压杆稳定性的措施.....	(363)
思考题与习题.....	(364)

第二十五章 动载荷及疲劳破坏 (369)

 第一节 概 述..... (369)

 第二节 构件作变速运动时应力与变形的计算..... (369)

 第三节 冲击时的应力计算..... (371)

 第四节 交变应力..... (375)

 思考题与习题..... (377)

附表 型钢表..... (383)

 附表 1 热轧等边角钢 (GB 9787—1988) (383)

 附表 2 热轧不等边角钢 (GB 9788—1988) (386)

 附表 3 热轧槽钢 (GB 707—1988) (387)

 附表 4 热轧工字钢 (GB 706—1988) (388)

主要参考文献..... (390)

绪 论

一、工程力学的研究内容和任务

工程力学是一门研究物体机械运动以及构件强度、刚度和稳定性的科学，它涵盖了理论力学与材料力学两门课程的主要内容。

力学是研究物体宏观机械运动的学科。所谓“机械运动”是指物体在空间的位置随时间的变化。机械运动是物质运动最简单、最基本的形式。

工程力学所研究的机械运动主要有两大类：一类是研究物体的运动及研究作用在物体上的力和运动之间的关系；另一类是研究物体的变形，即研究作用在物体上的力与变形之间的关系。本书将这两类问题归纳为理论力学（刚体力学）与材料力学（变形体力学）两大部分。这两类问题既有区别，又不是完全孤立的，在许多方面都有一些交叉问题，例如在研究振动时又必须考虑有关变形的一些问题。所有这些问题都是以这两大类问题为基础的。

当所研究物体的运动范围远远超过其本身的几何尺度时，物体的形状和大小对运动的影响很小，可将其抽象为只有质量而无体积的“质点”。由有限或无限多质点组成的系统，称为“质点系”。因此，质点的力学问题是工程力学的基础。

在机电设备、机械安装，以及建筑、化工、轻工、包装等许多工业生产领域，都有大量的工程力学应用问题，例如高速离心机转鼓的回转运动、牛头刨床的往复运动、包装机械的各种复杂运动等。静止是机械运动的特例。研究静止物体的受力分析和平衡问题，以及机械运动的规律问题，都要用到理论力学（刚体力学）的“刚体静力学”、“刚体运动学”、“刚体动力学”的知识。

各类结构物、设备和机械都是由构件组成的，构件在工作时，总要受到载荷的作用。为了使构件在载荷作用下能正常工作而不损坏，也不发生过度的变形和不丧失稳定，就要求构件具有一定的强度、刚度和稳定性，“变形体静力学”和“变形体动力学”就是研究在各类载荷作用下构件强度、刚度和稳定性计算原理的学科。

二、工程力学的力学模型

实际工程构件受力后，几何形状和几何尺寸都要发生改变，这种改变称为变形，这些构件都称为变形体。

当研究构件的受力时，在大多数情形下，变形都比较小，忽略这种变形对构件的受力分析不会产生什么影响。由此，在刚体静力学中，可以将变形体简化为不变形的刚体。

当研究作用在物体上的力与变形规律时，即使变形很小，也不能忽略。但是在研究变形问题的过程中，当涉及平衡问题时，大部分情形下依然可以沿用刚体模型。

例如，图 0—1 所示的塔式吊车，在荷载作用下，当研究地面对塔式吊车的支持力时，此时将塔式吊车看成刚体；而塔式吊车起吊重物后，组成塔吊的各杆件都要发生变形。在研究塔式吊车强度和变形时，可以认为组成塔吊的各杆件是变形体。