



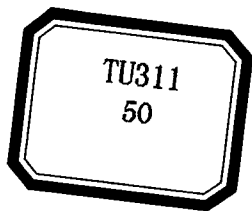
中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

土木工程力学

主编 曹俊杰 韩 萱



高等教育出版社



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

土木工程力学

主 编 曹俊杰 韩 萱
责任主审 范钦珊
审 稿 刘 燕

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部 2000 年颁布的《中等职业学校土木工程力学教学大纲(试行)》编写的中等职业教育国家规划教材。

本书以构件和结构的承载能力为主线,以力学分析为依据,根据《教学大纲》要求对教学内容进行了整合,以求内容精炼,难度降低。本书分为基础篇、结构篇、非常规荷载篇和附录四部分。主要内容包括:引论,力和力偶,力学模型,结构分析基础,结构约束力计算,杆件和结构的内力计算,材料的力学性能和杆件的失效,应力、强度失效和强度条件,杆件的变形、刚度失效和刚度条件,压杆的屈曲失效和稳定条件,超静定结构的解法,动力荷载对构件的影响分析,移动荷载对构件的影响分析。

本书按 90~130 学时编写,可作为土木工程类土建、市政、交通、水利等各专业的力学教材。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学/曹俊杰,韩萱主编. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7-04-015294-0

I. 土... II. ①曹... ②韩... III. 土木工程-工程力学-专业学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 062168 号

策划编辑 梁建超 责任编辑 梁建超 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 胡志萍 责任校对 金辉 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.25
字 数 390 000
插 页 3

版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷
定 价 20.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是中等职业教育国家规划教材，也是教育部“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”中力学课程改革的研究成果。本书根据教育部 2000 年颁布的《中等职业学校土木工程力学教学大纲(试行)》编写，供中等职业学校土建、市政、交通、水利等专业使用。

从 20 世纪 90 年代起，我国的中等职业教育体系，从招生对象、入学标准、培养目标、教学模式等诸多方面发生了巨大而深刻的变化，作为工科类专业基础课程之一的力学课程的改革，也面临前所未有的严峻挑战。

在教育部职成司的领导和高等教育出版社的指导下，我们从对全国中职学校办学、教学现状的调研入手，以起草和制订《土木工程力学教学大纲》为契机，从全国各地征聘了涵括各类中职学校、长期从事力学教学和研究、教学经验丰富且学有所长的教师，集思广益，群策群力，历时数载，几易其稿，编写了这本《土木工程力学》教材，并力图在整合体系、精简内容、降低难度、导学助学等方面有所突破，有所创新。

一、整合体系

如何适应新形势下的新要求，与时俱进，改变传统的以学科为中心的力学教材体系，构造以培养全面素质为基础，以培养能力为本位，以应用为主线的新教材体系，这是编写新教材首先要考虑的问题。

以往的建筑力学教材中，理论力学、材料力学、结构力学的相关内容相对独立，自成体系。在制订新大纲的过程中，我们将三大块力学进行整合，以力学知识、力学模型为引导，以构件、结构的承载能力为主线，以典型的结构形式和工程知识为背景，引导学生从外力(荷载、约束力)到内力，并以应力为手段进行构件失效分析，帮助学生熟悉和掌握进行力学分析的思路与方法，从而提高解决一般工程问题的能力。

二、精简内容

精选核心内容，删除、兼并和压缩了相关的命题、概念、定理与推理；以简洁明了的小实验或常识常理取代了数理推导和证明，从而使课程内容紧凑、凝练；采用模块组合的方式，便于各相关专业按专业要求和学时多少自由组合，各取所需，选择使用。

三、降低难度

根据中职学校培养目标的调整和力学计算电子化的趋势，本教材在把握课程整体要求的前提下，立足于提高对力学基本概念和基本原理的综合运用能力，适当降低教材的难度和坡度，降低了对力学计算的要求，而把重心移到了力学分析上，重定性分析，轻定量计算。我们还降低了教材对数学基础的要求，采用初等数学进行诠释、分析和解题；同时强化对学生的思考、分析能力的要求，增强分析思考的力度和题量。

四、导学助学

导学、助学、方便使用是本教材的又一特色。考虑到中职学生年龄和文化程度的特点，本

教材文字力求通俗浅显，插图力求形象生动，图文并茂，便于学生阅读、理解和自学。教材中还安插了不少小栏目，如“思考”、“不妨一试”、“小实验”、“小资料”等，促使学生通过实验，手脑并用，增加感性知识，提高实践动手能力，扩展视野，拓宽知识面。

为了指导、帮助学生学好力学，本教材在每节之后编写了“精要与辨析”栏目。对每一小节的内容，按章、节序号进行概括、提示和辨析，力求击中要害，直指问题的核心，相信会对教与学有所启发和帮助。“思考与练习”也采用按节编写的方式，突出重点、难点，凸显主题和教学基本要求，并且便于安排相应的习题课。此外习题部分还兼顾了土建、市政、交通、水利等不同专业的要求，并在书末提供习题参考答案。

本书按 90~130 学时编写，现列出按总学时数为 110 学时的学时分配表，供参考：

学时分配表

篇 名	章 号	学 时 数				
		讲 课	习 题 课	实 验	认 识	小 计
	引论	1				1
基础篇	第一章	2				5
	第二章	3				
结构篇	第三章	8	2			90
	第四章	6	2		2	
	第五章	18	4			
	第六章	2		2		
	第七章	14	2	2		
	第八章	10	4			
	第九章	4				
非常规 荷载篇	第十章	6	2			12
	第十一章	2				
	第十二章	8	2			
机 动						2
总 计		84	18	4	2	110

书中打“*”的为选学内容。

本教材既可作为中等职业学校土建、市政、交通、水利等专业的力学教材，亦适合作为中职自学考试和岗位培训、技术等级考核培训等教学用书。由于采用模块化处理，升降幅度和弹性余地较大，便于自由组合，多、中、少学时均可使用。

本书由曹俊杰、韩董主编，参加本书编写的有：武汉铁路桥梁学校卢光斌、福州建筑职业中专学校刘晓风、上海建筑工程学校曹俊杰、江苏泰兴建筑工程学校徐庶、北京城市建设学校韩董、四川建筑职业技术学院吴明军、河南省建筑工程学校张须良、重庆市水利电力学校黄绍平、南京市职业教育中心洪安宁和宋小壮。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定，由清华大学范钦珊教授担任责任主审，由北京建筑工程学院刘燕副教授审稿。高等教育出版社另聘请上海大学叶志明教授和北京建筑工程学院唐晓雯教授审阅了全稿。各位专家对书稿提出了很多宝贵意见，谨此一并表示诚挚感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在一些不足，期望得到专家、教师和读者的批评指正。

编者

2004年2月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

引论	1	§ 0-4 土木工程力学分析和解决问题的基本思路与方法	3
§ 0-1 土木工程与力学	1	§ 0-5 学习土木工程力学的核心是培养力学素质	3
§ 0-2 土木工程力学的发展简史	2		
§ 0-3 土木工程力学课程的任务	2		

基 础 篇

第一章 力和力偶	5	§ 1-5 力作用下杆件的基本变形	17
§ 1-1 力	5	1-5-1 杆件的几何特性	18
1-1-1 力的概念	5	1-5-2 力作用下杆件的基本变形	18
1-1-2 作用力与反作用力	5	第二章 力学模型	20
1-1-3 力的效应	7	§ 2-1 力学模型的概念	20
1-1-4 力与力系的等效	7	2-1-1 力学模型的建立	20
§ 1-2 力的投影	8	2-1-2 力学模型分类	20
1-2-1 力在直角坐标轴上的投影	8	§ 2-2 力学理论模型	21
1-2-2 合力投影定理	10	2-2-1 受力物体的模型	21
§ 1-3 力矩	11	2-2-2 受力的模型	22
1-3-1 力对点之矩	11	§ 2-3 力学计算模型	22
1-3-2 合力矩定理	13	2-3-1 结构的平面简化	22
§ 1-4 力偶	14	2-3-2 杆件的简化	23
1-4-1 力偶和力偶矩	14	2-3-3 结点的简化	23
1-4-2 力偶的性质	14	2-3-4 支座的简化	24
1-4-3 平面力偶系的合成	15	2-3-5 荷载的简化	24
1-4-4 力向一点平移的结果	16	2-3-6 选取力学计算简图的原则和实例	24

结 构 篇

第三章 结构分析基础	27	§ 3-2 结构的约束分析	30
§ 3-1 结构的平衡分析	27	3-2-1 结构约束的概念	30
3-1-1 结构平衡的概念	27	3-2-2 约束的类型	30
3-1-2 整体平衡和局部平衡	27	§ 3-3 结构受力分析	33
3-1-3 力系平衡的基本原理	27	3-3-1 受力分析的方法	33
——二力平衡	27	3-3-2 受力分析的步骤	33
3-1-4 平面力偶系的平衡	28	3-3-3 单个物体的受力分析	33

3-3-4 简单结构的受力分析	34	§ 5-3 梁的内力与剪力图、弯矩图	66
§ 3-4 结构的几何组成分析	37	5-3-1 梁与平面弯曲	66
3-4-1 几何组成分析的目的	37	5-3-2 梁的剪力和弯矩	67
3-4-2 几何不变体系的简单组成规则	38	5-3-3 梁的内力图——剪力图和弯矩图	69
3-4-3 瞬变体系的简单介绍	38	§ 5-4 绘制梁内力图的常用方法	71
3-4-4 几何组成分析方法	39	5-4-1 控制面法作梁的内力图	71
3-4-5 静定结构和超静定结构	40	5-4-2 叠加法作梁的内力图	75
第四章 结构约束力计算	43	§ 5-5 静定结构的内力分析方法	82
§ 4-1 静力平衡方程	43	5-5-1 静定结构内力分析方法	82
4-1-1 力系平衡的数学表达——静力平衡方程	43	5-5-2 受弯结构作内力图的顺序	82
4-1-2 平面受力的特殊情况及其平衡方程	44	§ 5-6 静定多跨梁的内力图	83
4-1-3 空间受力平衡方程的简介	45	§ 5-7 静定平面刚架的内力和内力图	86
4-1-4 静力平衡方程数与结构静定性的关系	46	5-7-1 刚架的特点	86
§ 4-2 简单构件的约束力计算	48	5-7-2 刚架中各杆的杆端内力	87
4-2-1 简单构件约束力计算的方法	48	5-7-3 刚架的内力图	88
4-2-2 梁和柱的约束力计算	48	§ 5-8 静定平面桁架的内力计算	93
§ 4-3 静定结构约束力计算	52	5-8-1 桁架的特点	93
4-3-1 平面杆件结构的分类	52	5-8-2 静定平面桁架内力计算的方法和原则	94
4-3-2 静定结构约束力求解的一般原则	53	5-8-3 静定平面桁架的内力计算	96
4-3-3 多跨静定梁的约束力计算	54	§ 5-9 三铰拱的内力计算简介	101
4-3-4 平面桁架的约束力计算	55	5-9-1 三铰拱的内力计算简介	101
4-3-5 静定平面刚架的约束力计算	56	5-9-2 三铰拱的合理拱轴线	103
4-3-6 三铰拱的约束力计算	57	§ 5-10 静定结构的性质	105
第五章 杆件和结构的内力计算	61	第六章 材料的力学性能和杆件的失效	107
§ 5-1 杆件和结构的内力	61	§ 6-1 轴向荷载作用下材料的力学性能	107
5-1-1 内力的概念	61	6-1-1 材料的轴向拉伸试验	108
5-1-2 计算内力的基本方法	61	6-1-2 正应力和正应变	108
5-1-3 内力的分量	62	6-1-3 应力-应变曲线	109
5-1-4 内力分量的正负号规定	62	6-1-4 胡克定律	111
5-1-5 杆件内力的变化和 内力控制截面	63	6-1-5 材料失效的两种形式	111
§ 5-2 柱的内力和轴力图	63	6-1-6 塑性材料和脆性材料 不同性能的比较	113
5-2-1 柱和轴向拉(压)杆的内力	63	§ 6-2 构件的失效及其分类	114
5-2-2 轴力图	64		

6-2-1 构件失效的概念	114	§ 8-1 轴向拉(压)变形	158
6-2-2 构件失效的种类	114	8-1-1 利用胡克定律计算变形	158
第七章 应力、强度失效和强度条件	116	8-1-2 轴向拉(压)的刚度条件	160
§ 7-1 强度失效和强度条件	116	§ 8-1 梁弯曲时的变形	161
7-1-1 强度失效、极限应力	116	8-2-1 挠度和转角	162
7-1-2 许用应力、安全因数	116	8-2-2 各种梁在不同荷载 作用下的变形	162
§ 7-2 截面的几何性质	117	8-2-3 叠加法求梁的挠度	163
7-2-1 截面的形心、组合截面形心	118	8-2-4 梁的刚度校核	164
7-2-2 截面二次矩	121	8-2-5 提高梁的刚度的措施	165
7-2-3 平行移轴定理	121	§ 8-3 静定结构在荷载作用下 的位移计算	167
* 7-2-4 组合图形的截面二次矩	122	8-3-1 结构位移的概念	167
7-2-5 惯性半径	123	8-3-2 结构位移计算的目的	167
§ 7-3 基本变形时构件中的应力	125	8-3-3 变形体的虚功原理	167
7-3-1 切应力和切应变	125	8-3-4 单位荷载法	168
7-3-2 基本变形时的应力分布	127	8-3-5 图乘法	169
7-3-3 基本变形时的应力公式及 其适用条件	130	第九章 压杆屈曲失效和稳定条件	176
7-3-4 弯曲正应力与弯曲切 应力的比较	135	§ 9-1 压杆的屈曲失效	176
7-3-5 弯曲截面系数	135	9-1-1 压杆的屈曲失效	176
§ 7-4 基本变形时的强度条件	138	9-1-2 三类压杆的不同失效形式	177
7-4-1 轴向拉(压)杆的强度条件 和强度计算	138	§ 9-2 压杆的临界荷载	177
7-4-2 剪切、挤压时的强度条件	140	9-2-1 压杆稳定的概念	177
7-4-3 梁的正应力强度条件 和强度计算	142	9-2-2 三类杆的临界荷载	178
7-4-4 梁的切应力强度条件介绍	145	9-2-3 杆端约束对临界荷载的影响	180
* § 7-5 主应力	147	9-2-4 柔度的概念	181
§ 7-6 提高梁抗弯强度的途径	149	§ 9-3 压杆的稳定条件和实用计算	184
7-6-1 选择合理的截面	149	9-3-1 压杆的稳定条件	184
7-6-2 合理安排梁的受力分布	150	9-3-2 安全因数和折减因数法	184
7-6-3 采用变截面梁	150	§ 9-4 提高压杆稳定性的措施	187
* § 7-7 组合变形的强度计算	151	第十章 超静定结构的解法	190
7-7-1 组合变形的概念和举例	151	§ 10-1 超静定结构的主要特征	190
7-7-2 组合变形强度计算的思路	152	10-1-1 超静定结构的主要特征	190
7-7-3 偏心受压	152	10-1-2 超静定结构的类型	191
第八章 杆件的变形、刚度失效 和刚度条件	158	10-1-3 超静定次数的确定	192
		§ 10-2 力法的基本原理	196
		§ 10-3 用力法计算超静定刚架	199
		§ 10-4 对称性利用简介	203

非常规荷载篇

第十一章 动力荷载对构件的影响分析	210	12-2-2 简支梁指定截面弯矩的影响线	220
§ 11-1 匀加速直线运动构件的应力	210	12-2-3 简支梁指定截面剪力的影响线	222
11-1-1 惯性力的概念	210	12-2-4 机动法作连续梁的影响线	222
11-1-2 达朗贝尔原理与“动静法”	211	§ 12-3 影响线的应用	224
11-1-3 作匀加速直线运动构件内的动应力	211	12-3-1 利用影响线求固定荷载作用的量值	224
* 11-1-4 匀速前进吊车突然刹车时吊绳内的动应力	214	12-3-2 利用影响线确定荷载最不利分布和位置	227
* § 11-2 构件受冲击时的应力	214	§ 12-4 简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	228
11-2-1 自由落体冲击	215	12-4-1 简支梁内力包络图的概念	228
11-2-2 起吊重物匀速下降时吊车突然刹车的冲击	216	12-4-2 简支梁内力包络图的作法	229
11-2-3 提高构件抗冲击能力的措施	216	12-4-3 绝对最大弯矩的概念	229
第十二章 移动荷载对构件的影响分析	218	§ 12-5 连续梁的最不利荷载组合	231
§ 12-1 移动荷载和影响线	218	12-5-1 荷载组合的概念	231
§ 12-2 影响线作法	220	12-5-2 最不利荷载组合概念	232
12-2-1 简支梁支座约束力的影响线	220	12-5-3 最不利荷载组合的方法简介	232
型钢规格表	234	主要参考文献	249
练习参考答案	243		

引 论

§ 0-1 土木工程与力学

在人类发展的历史长河中，被称为最基本、最普遍、最广泛，且历时最悠久、影响最深远的工程实践活动，恐怕非土木工程莫属了。

早在新石器时代，走出了天然崖洞的原始人，便开始构木为巢，掘土为穴，用泥土、原木和其他天然材料营造自己的家园；鲁迅先生用通俗的语言阐明了人们在杂草丛生、荆棘遍地的荒原上踩地辟路的过程：“世上本没有路，走的人多了，便成了路。”民以食为天。常言道：饮食为生，衣着蔽体。而谷物和棉花的种植少不了灌溉，开河造渠、兴修水利成为当务之急。凡此种种说明：衣、食、住、行哪样都离不开土木工程。

在灿若星辰的人类文明历史上，土木工程占据着十分显赫的位置：从巍峨雄伟的万里长城到古埃及金字塔；从变水害为水利的都江堰到希腊巴台农神庙；从世上最古老的拱桥——赵州桥到古罗马斗兽场，无论哪一项工程都凝聚着人类非凡的创造性，从而在人类文明史上留下了辉煌的篇章。如今，高耸入云的摩天大厦、跨海大桥、蛛丝网般的高速公路、地下铁路和海底隧道已经融入了现代人的生活；土木工程已经并正在为人类创造崭新的生存环境和发展空间，日益发挥着不可或缺、不可替代的巨大作用。

土木工程所包含的内容极为广泛，既指建筑工程、交通运输工程，也指海运和水利工程、动力工程，甚至包括公共卫生工程。

土木工程是人造的，在建造过程中，必须首先解决两大问题。其一是建筑材料问题。早期的建筑以土、木、石为主要原料，这些材料的性质决定了当时建筑的规模和构造的相对简单。土木工程发展史上的三次飞跃则是分别伴随着砖瓦的出现、钢材的应用和混凝土的兴起而发生的。近年来，复合材料等新材料的采用，为土木工程的新型式、新结构提供了物质基础。因此对建筑材料的性能尤其是力学性能进行研究是土木工程的一大任务。其二是结构的承载能力问题。任何一项工程设施都不可避免地受到自然和人为的作用，即荷载的作用。首先是地球引力产生的结构自重和使用荷载，其次是风、雨、冰、雪、地震等的作用，承受诸如此类荷载的综合作用是土木工程面临的必须妥善解决的问题。于是对结构、构件进行力学分析就成了土木工程的重要环节。

力学作为研究物质宏观运动规律及其应用的科学，既属于自然科学，又属于工程科学。实践证明：力学是土木工程重要的理论和实验基础，土木工程离不开力学。同样土木工程也是力学的应用场所和发展的重要源泉。

§ 0-2 土木工程力学的发展简史

土木工程力学指的是土木工程中所涉及,并得到广泛应用的力学体系,属固体力学范畴。它通常包含以牛顿定律为基础的理论力学以及材料力学、结构力学和弹性理论等,是一门应用力学的一般原理研究各种作用(荷载等)对各类土木工程所产生的影响的课程。

土木工程力学的产生、发展经历了一个漫长的历史过程。

人类对力学的一些基本原理的认识,可以追溯到史前时代,在我国古代及古希腊的著作中,已有关于力学的叙述。

阿基米德(公元前 287—公元前 212)被认为是静力学的创始人,他对杠杆平衡条件作了严格的证明,并概述了物体重心的求法。

欧洲文艺复兴时期的意大利画家、科学家和工程师达·芬奇(1452—1519),曾研究过梁和柱(压杆)的强度,是最早用实验确证结构强度的人。

最早尝试用力学分析的方法求构件尺寸的是伽利略(1564—1642)、胡克(1635—1703)以及马略特(1620—1684),他们都对梁的变形和抗弯强度作过研究。

1638年3月出版的伽利略著作《关于两门新科学的谈话和数学证明》被认为是世界上第一部材料力学著作。

法国力学家、工程师纳维(1785—1836)于1819年提出了关于梁的强度和挠度的完整解法。

惠普尔在1847年提出了桁架计算理论;克拉珀龙提出了连续梁的计算方法;1864年麦克斯韦提出了超静定结构的力法方程;1914年本迪克森首创转角位移法;1932年克罗斯采用力矩分配法解超静定结构。

重温土木工程力学发展史上的重要事件和核心人物的创见,可以便于我们理清和把握土木工程力学发展的历史脉络,加深对课程核心内容的深入理解和掌握。

§ 0-3 土木工程力学课程的任务

土木工程力学课程是研究结构和构件安全地承受各种作用(荷载等)的一门课程。

土木工程力学的任务是根据力学原理研究在外力和其他外界因素作用下结构的平衡、结构内的相互作用以及结构的内力和变形,结构的强度、刚度、稳定性和动力反应以及结构的组成规律。具体地说,主要包括以下几项内容:

- 一、结构分析,含结构的平衡分析、约束分析、受力分析和几何组成分析。
- 二、结构约束力的计算。
- 三、结构内力和变形的计算,结构强度计算和刚度验算。
- 四、结构的稳定计算以及结构在动荷载作用下的反应。

§ 0-4 土木工程力学分析和解决问题的基本思路与方法

土木工程力学分析和解决问题的基本思路别树一帜，既耐人寻味，又颇含启示性。它是多种科学方法兼蓄并用、相辅相成的共同结晶，对解决工程中的问题具有普遍的指导意义。正是基于此，不少工程院院士呼吁：工程类学生都应该学点力学。

首先，是建立力学模型。

根据对工程材料工程现象的观察，尤其是根据定量观察的结果，抓住起主要作用的因素，摒弃或暂时摒弃一些次要因素，对事物进行简化模拟，力学把这种过程称为建立模型。刚体、弹性体就是其中的例子。模型的价值在于替代事物作为可被进一步研究的对象，在建立模型的基础上运用已知的力学定律及合适的数学工具进行理论上的演绎，导出可供采用的结论。

其次，由外向里，由面到点层层推进，找出作用在结构、杆件上点的应力及其极值所在。

根据所确定的力学模型，由外力求内力。内力的求法充分反映了力学的个性。既立足于科学性又发挥其创新精神，即用一假想平面将研究对象截开，使内力暴露，从而通过内、外力的平衡而求得内力。

一般说来，材料的破坏往往是从某一点开始的，因此依据荷载作用下截面上各点的应力分布求出某特定点的应力成为必须。于是根据几何变形、物理条件和静力平衡由截面内力求得一点的应力。

第三，由实验测得材料的强度（抵抗破坏的能力）。

力学解决问题没有完全依赖理论推导，而是充分发挥实践的作用，由实验测得强度极限，加以技术处理，与构件的最大工作应力值加以比较，建立强度条件，确立了防止构件失效的机制，从而确保结构安全、正常、有效地工作。

在力学解决问题的过程中，有分析又有综合，有推导又有计算，有理论又有实验，讲定性又讲定量，讲科学又讲想像，仅仅凭这一点，力学就值得我们仔细寻味并加以融会贯通了。

同样，土木工程力学解超静定结构的思路和方法也很能发人深省。从特殊到一般，把一般化为特殊来处理，总之，土木工程力学处处充满着科学的方法论和辩证法。

§ 0-5 学习土木工程力学的核心是培养力学素质

每门课程都有自己的课程结构、特点，处理问题的方式、方法和风格。要想学好一门课程，就必须找出这种结构特点与独特的处理方式和风格，反复琢磨，深入领会，直至掌握。单靠记住几个概念，背出几条定理，会做一些习题，是不行的。对于学力学，更应该注意这一点。我们认为学习力学的核心是培养力学素质。

什么是力学素质？大致有以下几个方面：

一、建模能力

能初步根据工程对象区分主次，抓住问题的主要方面，摒弃次要因素，建立既符合实际情

形又便于分析计算的力学模型。

二、分析能力

力学的核心是分析，平衡分析、约束分析、受力分析、结构几何分析、定性分析，还有半定量分析，由外向里，由面到点地进行分析。当然只有分析没有综合不行，还要会综合。

三、计算能力

建立力学模型仅仅是第一步，力学问题的解决还需按照机械运动的基本规律，对力学模型进行数学描述，建立力学量与量之间的数量关系，得到数学模型，随后进行数学演绎和计算，而计算能力具体体现在两个方面：确定计算步骤并顺利地进行计算的能力，包含手算的能力和利用程序进行机算的能力；以及对计算结果进行定量校核和定性判断的能力。

四、实验能力

实验是土木工程力学的一个重要组成部分，实验不仅仅是对理论的验证，而且可能是对理论推导的修正甚至是否定。要重视实验的作用，积极动手，注意实验的每个环节，从理论和实践的结合上把握对力学的认识，认真地作好实验报告，培养认真严谨、一丝不苟的科学作风。

五、创新能力

学习力学的知识并不难，难的是将力学的基本原理和方法用于处理和解决具体问题。力学有许多方法，但没有解决问题的确定方法，这就需要在掌握基本方法的基础上融会贯通，灵活运用，这既是创新，也是创造。

基 础 篇

第一章 力和力偶

§ 1-1 力

1-1-1 力的概念

力普遍存在。一个物体只要存在质量，就会与地球产生相互吸引，就有重力；一个物体与另一个物体相互接触，压力和摩擦力也就随之产生。推车、搬物、踢球等等活动，都是力存在的例子。

力看不见、也摸不着。人们所见的是力相互作用过程中发生的现象以及力所产生的效应。铅笔被折断了，静止的火车慢慢启动，巨大的塔式吊车在缓缓转动，这些都是力作用的效应与结果。

那么，究竟什么是力呢？

力是物体间的相互作用。力能使物体的运动状态发生变化（静止状态和运动状态之间的转变，以及运动方向、速度快慢的变化），也能使物体的形态发生改变（伸长、缩短或弯曲等变形）。

力的作用效果不但与它的大小、方向有关，还与力的作用点有关。因此，力用矢量表示。力的三要素（大小，方向，作用点）中任何一个要素的改变，力的作用效果就会随之改变。打乒乓球时，由于乒乓球板的击球方向、用力大小和击球点的位置不同，能打出各种不同效果的球。用字母符号表示力矢量时，常用黑体字如 F 或加一横线的白体字如 \vec{F} 。

由于物体之间相互作用的方式不同，因而存在各种不同的力。在土木工程力学里我们主要研究两种力：一是由物体直接接触产生的力，即机械力；二是物体间通过中间物质——场所产生的力，如物体与地球相互吸引而产生的重力。

在国际单位制中，力的单位是 N 或 kN，分别称为牛顿（简称牛）或千牛， $1\text{kN} = 1\,000\text{N}$ 。

1-1-2 作用力与反作用力

既然力是物体间的相互作用，那么，在甲物体对乙物体作用一个力的同时，乙物体必然也有一个力反作用于甲物体（图 1-1）。当我们坐上小木船准备离岸的时候，往往习惯用桨去顶