

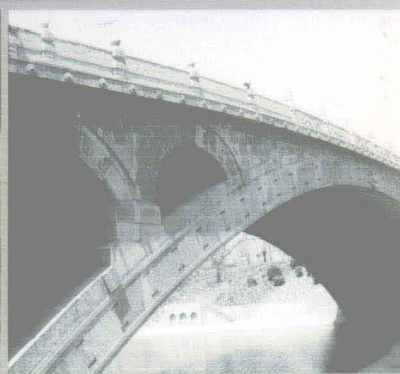


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专土建类规划教材

土木工程力学

TUMU GONGCHENG LIXUE

第2版



王长连 主编

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专土建类规划教材

土木工程力学

第2版

主 编	王长连		
副主编	薛正庭	吴明军	秦定龙
参 编	叶建海	吴世平	任荣培
主 审	李章政		

机械工业出版社

本书是根据教育部提出的高职高专土建类力学课程的基本要求以及目前精品课程建设精神和示范性高职院校对教材建设的设想,并结合目前学生实际情况而编写的。

全书分为四篇,共二十章。其主要内容有:静力学基础,静定结构的内力分析,杆件强度、刚度与稳定性计算,超静定结构的内力分析。

本书可作为建筑工程、道路工程、市政工程、水利工程等专业的高职高专学生的教材,也可作为相关专业的初、中级工程技术人员与自学人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学/王长连主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2009.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专土建类规划教材

ISBN 978-7-111-27092-8

I. 土… II. 王… III. 土木工程—工程力学—高等学校:技术学校—教材 IV. TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第071480号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李大国 宋学敏 责任编辑:李大国 责任校对:陈延翔

封面设计:王伟光 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2009年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·22.75印张·563千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27092-8

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379541

封面防伪标均为盗版

第2版前言

近年来,我国的高等职业教育事业得到了蓬勃发展,在教育理念、教学要求以及教材编写等方面都发生了较大的变化。应该说本教材第1版在当时是一本改革性的好教材。在内容体系上,它打破了原《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》的界线,删去了一些纯理论证明以及重复的内容,将相同或相近的基本内容重新进行了整合,构建了一种新的力学教材体系,从而受到广大师生的好评,并被评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

随着教学改革的深入,原有教材出现了一些与现有教学要求不相适应之处。为了提高本教材质量,我们按照国家级精品课程和国家示范性高等职业院校对教材建设的基本要求,并结合目前教学实际情况对本教材的第1版进行了修订。

1. 在保持原教材体系不变的基础上对内容作进一步精炼。

将第五篇结构动力分析基础全部删掉,第六篇专题部分除保留影响线及其应用之外也全部删掉,并将影响线及其应用放在第二篇静定结构的内力计算中讲授,这样能深化固定静荷载的内力与移动荷载影响线间的区别;另外,在每篇中增加了引言,用以说明本篇的整合思路、重点、难点及学习方法建议等,引导学生更好地学习本篇的内容。

2. 对每章内容按模块进行重新整合。

按国家级示范性高等职业院校教材建设的基本思路,以生产过程来重新整合教材体系和教学内容,以模块形式进行编写,使本教材更有利于工学结合进行教学。

3. 注重教学实际,易教好学。

本教材内容选择更加恰当,分节合理;文字叙述简单明了,概念准确;例题、练习题适量,便于教师组织课堂教学。

参加本次修订的编者都是国家级示范性院校和力学精品课程院校的有丰富教学经验的教师。他们分别是:西南交通大学峨眉分校薛正庭(第十八、十九章);四川电力职业技术学院秦定龙(第十三、十四、十五章),吴世平(第六、七章);黄河水利职业技术学院叶建海(第五、九章);四川建筑职业技术学院王长连(绪论、第一、二、三、十七、二十章),吴明军(第八、十、十六章),任荣培(第四、十一、十二章)。王长连任主编。

四川大学教授李章政博士任主审。他认真、仔细地阅读了全书,并提出了不少修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

编者

第1版前言

本书是按2001年10月在北京由机械工业出版社教材编审室召集的相关高等职业院校力学教学及教材建设座谈会的精神,结合编者长期教学实践经验,按贯通型土木工程力学的新体系而编写的。在内容体系上,打破了原《理论力学》、《材料力学》、《结构力学》学科的界线,删去一些纯理论证明和重复的内容,将相同或相近的力学理论问题加以归并和穿插,进行了重组和整合,构建了本书目前的体系。

全书共计六篇二十五章,并另有配套的活页练习册,供教学进程中随堂使用。其六篇内容为:第一篇,静力学基础;第二篇,静定结构内力计算;第三篇,杆件的强度、刚度、稳定性计算;第四篇,超静定结构内力计算;第五篇,结构动力分析基础;第六篇,专题,该篇含影响线、矩阵位移法、动荷应力及交变应力、结构动力计算、结构的极限荷载分析等内容。本书立足于三年制高职高专土建类专业力学课程教学基本要求,注重反映基本概念、基本原理和基本方法;同时考虑到社会的进步与发展,编者将矩阵位移法(电算)、结构动力计算等内容编入第五、第六篇专题中,并用星号加以标注。这些内容对三年制高职高专可不讲或选讲。因此,在使用本教材时,按不同学制、专业、学时设置的具体情况,将内容加以调整,也可用于四年制应用技术专业本科相关土建专业使用。

编者在本书编写中力求反映高职教育特点,紧扣必需的基本内容,强化应用能力培养,淡化或删去一些繁琐的理论证明,使之符合培养高职或应用技术性人才的要求。我们以为,本教材具有如下特色:

1. 内容体系上有所更新,破除原有三大力学的学科体系界线,既节省了篇幅和时间,也有利于学生接受。

2. 加强实用性和针对性,在讲清基本概念的前提下,书中尽量结合土木工程实例,以开拓视野。

3. 叙述详实,深入浅出,同时在各章中围绕基本概念和理论列举了较多例题,并在章末列出了思考题,便于学生自学钻研。

4. 教材中努力反映我国土木工程科学中新信息、新成果。例如,陶瓷材料、智能材料的力学性能介绍,带“缺陷”压杆的稳定极限承载力及稳定系数,按应力幅验算焊接钢结构疲劳强度等内容。

5. 本教材立足于三年制高职高专力学课程的基本要求,同时将一些实用性扩展内容汇集写为专题,以满足不同学制不同专业教学要求,也开辟了一个因材施教空间,给学生将来进一步提高留知识接口。

因此,本书适用于高职高专、应用技术类土木本科或一般本科工民建、桥梁工程、公路工程、铁道工程、水利工程等专业使用,亦可供相关专业工程技术人员参考。

具体参加本书编写工作的人员有:四川电力职业技术学院秦定龙(第十二、十三章),张华立(第六、七章);四川建筑职业技术学院吴明军(第八、九章),肖盛莲(第一、四章);开封大学吴大炜(第十七、十八章);黄河水利高等职业技术学院孙五继(第二十二章),叶建海

(第二十一章);西南交通大学峨眉应用技术学院薛正庭(第五、十五、十六章),江晓仑(第十九、二十章),王长连(第二、三、二十五章及绪论),金心全(第二十三章),郑家树(第十一、二十四章),刘怡(第十四章),任小平(第十章及附录)。

此外,使用的各物理量按国家标准《量和单位》(GB 3100~3102—1993)所规定的名称和表示符号。例如,旧称“剪应力”,改称“切应力”等。又如,反力、内力一律以 F 作为主导符号,将其物理属性用添加上或下角标方法加以区别等。同时对力学课中长期广泛使用的表示符号,为照顾教师和学生阅读习惯以及后续专业课学习,我们仍沿用原有表示符号。例如,超静定结构多余未知力仍用 x_i 表示等。

本书由西南交通大学峨眉应用技术学院薛正庭教授任主编,开封大学吴大炜副教授、四川建筑职业技术学院吴明军高级讲师任副主编,四川大学建环学院教授李章政博士担任主审。编者非常感谢李章政教授严谨、认真的审稿工作。最后由薛正庭、王长连按主审意见进行了修改统稿,并由薛正庭定稿。

在本书的编写过程中,自始至终得到了编者们在所在院校教务处领导,尤其是西南交通大学峨眉应用技术学院教学主管校长的指导、鼓励和支持,全体编者在此表示深切的谢意。此外,在工作进程中,我们参阅和引用了国内一些兄弟院校优秀教材的有关内容,均在参考书目中列出。许多同行始终关心这本教材的工作,武汉桥梁学校卢光斌教授来函研讨一些问题,并热心提供资料。这些都给予了编者极大鼓励和鞭策,在此一并表示致谢。

本书是高职及应用技术土建类专业力学课程内容、体系改革的尝试和探索,期盼能为高职教育改革有所裨益。但由于编者认识和实践水平所限,加之为满足教学工作之需要,编写时间显得有些仓促,书中难免有欠妥之处,恳请广大读者及同行专家不吝赐教,以便再版时修订。

编 者

目 录

第2版前言

第1版前言

绪论	1
----	---

第一篇 静力学基础

第一章 力与力系的基本概念	8	第一节 几何组成分析的概念	36
第一节 力、力系的概念及力的基本性质	8	第二节 平面体系的计算自由度	38
第二节 力矩与合力矩定理	11	第三节 平面几何不变体系的组成规则	41
第三节 力偶及其性质	13	第四节 平面体系的几何组成分析示例	43
第四节 平衡的概念	15	第五节 体系的几何特性与静定性的关系	46
思考题	18	思考题	47
练习题	19	练习题	48
第二章 土木工程结构计算简图与受力图	21	第四章 平面力系的平衡条件	50
第一节 结构计算简图的简化原则和内容	21	第一节 力的投影和力在直角坐标轴上的分解	50
第二节 土木工程中常见约束的计算简图及约束力	22	第二节 平面汇交力系的平衡条件及其应用	52
第三节 结点和杆件的计算简图	26	第三节 平面一般力系的简化	54
第四节 结构体系的简化	27	第四节 平面任意力系的平衡方程	55
第五节 荷载的概念及分类	28	第五节 物体系统的平衡问题	57
第六节 构件和结构的受力图	29	第六节 考虑摩擦时的平衡问题及摩擦规律应用	60
第七节 平面杆件结构	31	思考题	64
思考题	33	练习题	64
练习题	34		
第三章 平面体系的几何组成分析	36		

第二篇 静定结构的内力分析

第五章 杆件变形的形式及基本假设	68	第六章 轴向拉(压)杆及受扭杆的内力计算	72
第一节 变形固体及其基本假设	68	第一节 轴向拉(压)变形与扭转变形实例	72
第二节 杆件的外力与变形特点	69	第二节 轴向拉(压)杆的内力及	
思考题	71		

轴力图	73	第三节 静定平面桁架	110
第三节 受扭杆的内力及扭矩图	76	第四节 静定组合结构的内力	117
思考题	79	第五节 静定结构的特性	118
练习题	80	思考题	120
第七章 梁的内力分析	82	练习题	120
第一节 平面弯曲的概念	82	第九章 影响线及其应用	122
第二节 单跨静定梁的内力及内力图	83	第一节 概述	122
第三节 用简捷法作梁的内力图	88	第二节 用静力法绘制单跨静定梁	
第四节 用叠加法绘制梁的弯矩图	92	影响线	122
第五节 作多跨静定梁的内力图	94	第三节 用影响线求影响量值	125
思考题	96	第四节 最不利荷载位置的确定以及	
练习题	96	最大(最小)影响量值的计算	127
第八章 静定平面刚架、拱及		第五节 简支梁内力包络图及绝对	
桁架的内力分析	99	最大弯矩	129
第一节 静定平面刚架	99	思考题	131
第二节 三铰拱	104	练习题	131

第三篇 杆件强度、刚度与稳定性计算

第十章 轴向拉(压)杆应力和		思考题	165
强度条件	136	练习题	165
第一节 轴向拉(压)杆横截面上		第十三章 梁的应力及强度条件	166
的应力与应力集中	136	第一节 梁弯曲时的正应力计算公式	166
第二节 轴向拉(压)杆的变形及位移	139	第二节 截面的几何性质	173
第三节 土木工程力学中常用材料在拉伸		第三节 梁弯曲时正应力强度条件及其	
和压缩时的力学性能	142	应用	183
第四节 轴向拉(压)杆的强度条件		第四节 梁弯曲时切应力强度条件及其	
及应用	148	应用	190
思考题	150	第五节 改善梁抗弯强度的措施	198
练习题	150	思考题	203
第十一章 剪切与挤压	153	练习题	205
第一节 剪切与挤压的基本概念	153	第十四章 平面应力状态分析及	
第二节 普通螺栓连接实用计算	154	常用强度理论	209
思考题	158	第一节 平面应力状态分析	209
练习题	158	第二节 常用强度理论及其应用举例	218
第十二章 受扭圆轴的强度与刚度		思考题	223
条件	160	练习题	224
第一节 圆轴扭转时横截面上的应力和		第十五章 组合变形杆的强度计算	227
强度计算	160	第一节 概述	227
第二节 圆轴扭转时的变形和刚度计算	163	第二节 斜弯曲计算	228

第三节 弯曲与拉(压)组合计算	232	刚度校核	252
第四节 偏心压缩与截面核心的概念 ...	234	第一节 结构位移的概念	252
思考题	237	第二节 变形体的虚功原理	253
练习题	238	第三节 结构位移计算的一般公式及 单位荷载法	256
第十六章 压杆稳定计算	240	第四节 荷载作用下的位移计算	257
第一节 压杆稳定的基本概念	240	第五节 图乘法	261
第二节 细长压杆临界力的计算公式 ...	241	第六节 静定结构支座移动时的 位移计算	267
第三节 中长压杆的临界应力公式与临界 应力总图	244	第七节 梁的刚度校核	268
第四节 压杆的稳定条件及其应用	245	第八节 线弹性结构的互等定理	270
第五节 提高压杆稳定性的措施	249	思考题	271
思考题	250	练习题	272
练习题	251		
第十七章 静定结构的位移计算与			
第四篇 超静定结构的内力分析			
第十八章 力法	278	和载常数	307
第一节 概述	278	第四节 位移法基本原理和典型方程 ...	312
第二节 力法的基本原理和典型方程 ...	281	第五节 用位移法计算超静定梁、 刚架及排架	314
第三节 用力法计算超静定梁、刚架 和排架结构	284	第六节 直接利用平衡条件建立位移法 基本方程	318
第四节 用力法计算超静定桁架和 组合结构	289	思考题	319
第五节 对称性利用	291	练习题	319
第六节 超静定结构位移计算与最 后内力图校核	297	第二十章 用力矩分配法计算连续梁 与无侧移刚架	322
第七节 支座移动时超静定结构的 内力计算	300	第一节 力矩分配法的基本概念	322
第八节 超静定结构的特性	301	第二节 单结点的力矩分配法	325
思考题	302	第三节 多结点的力矩分配法	329
练习题	302	第四节 连续梁的内力包络图	334
第十九章 位移法	305	思考题	336
第一节 概述	305	练习题	337
第二节 位移法的基本未知量及 基本结构	306	附录 型钢规格表	340
第三节 转角位移方程、形常数		练习题部分参考答案	348
		参考文献	355

绪 论

一、土木工程力学的研究对象和任务

在人类社会发展的进程中，人们大都有这样的理念，即无论对生产工具、生活工具，还是制造的工程机械、建造的土木结构等，都要求它们经久耐用、使用方便、造价低廉。所谓经久耐用、使用方便，是指使用的时间长久，使用顺手且不易损坏；造价低廉是指所用的材料节省，易于建造，生产成本低等。要达到这种要求就需要涉及多方面的科学知识和技能，土木工程力学就是其中最主要的理论知识之一。

土木工程力学研究的内容相当广泛，研究的对象也相当复杂。在实际的力学问题中，常常需要抓住一些带有本质性的主要因素，略去一些次要因素，从而抽象成力学模型(即结构计算简图)作为研究对象。如当物体的运动范围比它本身的尺寸大得多时，可以把物体看做只有一定质量而无形状、大小的质点；当物体在力的作用下产生变形时，如果这种变形在所研究的问题中可以不考虑或暂时不考虑，则可以把它看做不发生变形的**刚体**；当物体的变形不能忽略时，就要将物体看做**变形固体**，简称**变形体**。再者，任何物体都可以看做是由若干质点组成的，这种质点的集合称为**质点系**。因此，抽象来说，土木工程力学的研究对象为质点、刚体、质点系和变形固体。具体来说，土木工程力学的研究对象为土木工程结构与构件。所谓土木工程结构是指建筑物能承受荷载、维持平衡，并起骨架作用的整体或部分，简称**结构**。如图绪-1a所示的主、次梁体系，图绪-1b所示肋拱式输水渡槽都称为土木工程结构。所谓构件是指构成结构的零部件，亦称**杆件**，如图绪-1a所示主、次梁体系中的主梁、次梁、柱及图绪-1b所示肋拱式输水渡槽中的肋拱、刚架和渡槽等皆为构件。

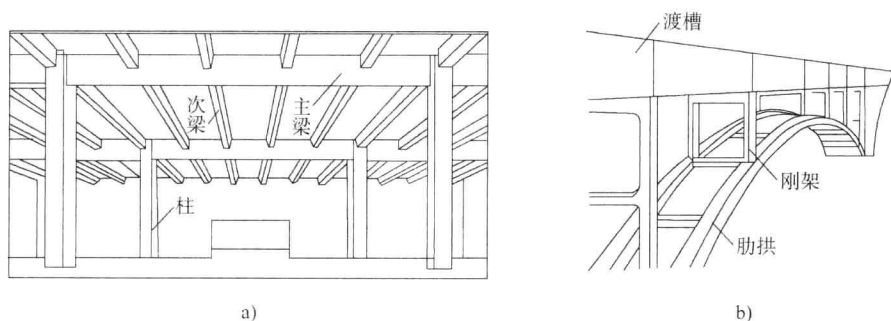


图 绪-1

一幢建筑物建造的过程包括：立项、勘察、设计、施工、验收等。其中建筑物的设计包括工艺设计、建筑设计、结构设计、设备设计等几个方面；结构设计包括方案确定、结构计算、构造处理等几个部分；结构计算又包括荷载计算、内力与变形计算、截面计算等几项工作。图绪-2 形象地说明了各项工作之间的关系。

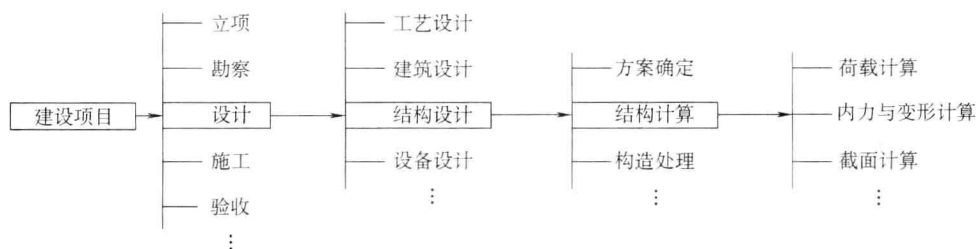


图 绪-2

从图绪-2 可以明显地看出，土木工程力学的任务在于完成结构计算中的荷载计算、内力与变形计算和截面计算等工作。

另外，在施工或使用期间，无论是土木结构还是构件，都要受到风、雪、人群、家具、设备和自重等荷载作用，以及温度变化、基础不均匀沉降等因素的影响。因此，结构或构件都必须具有抵抗外部作用的能力。根据工程要求，构件首先不能发生破坏，因此在设计土木构件时，必须保证它具有足够的抵抗破坏的能力，即具有足够的强度。在有些情况下，还要求构件在荷载等因素作用下不能产生较大的变形。例如屋盖中的檩条变形过大就会造成屋面漏水，工业厂房楼面变形过大就会使加工的工业产品质量不符合要求等。因此，在设计构件时除具有足够的强度外，还要具有足够的抵抗变形的能力，使变形的量值不超过工程所允许的范围，即具有足够的刚度。此外，像柱子之类的受压杆件，如果比较细长，则当压力达到某一定值时将会突然变弯，不能再保持它原有的直线状态而发生破坏，这种现象叫做压杆失去稳定性，简称失稳。因此，设计压杆或其他受压结构时必须保证其具有足够的稳定性。

综上所述，土木工程力学的主要任务是：从研究构件的受力和结构的几何组成分析开始，研究构件或结构在荷载等因素作用下发生变形和破坏的规律，为土木工程结构、构件的设计和建造提供可靠的理论依据和实用的计算方法。也可以这样说，土木工程力学是既研究结构的受力分析、几何组成规律，又研究构件的强度、刚度和稳定性条件的一门技术基础课。

二、土木工程力学的基本研究方法

土木工程力学是一门古老的学科，其本身有一套成熟的分析问题和解决问题的方法，且广泛地应用于各类工程技术中。它的基本研究规律是，实践——抽象——推理——结论——再实践的多次往复过程。通过土木工程力学的学习可以培养学生的观察能力与分析能力，也有利于培养学生的创新精神。同时，土木工程力学也是一门重要的计算基础课，在这个过程中常用的方法有：

1. 受力分析法

一般来讲，土木结构或构件上的受力都是比较复杂的。在计算内力和变形前，一定要弄清哪些是已知力，哪些是未知力，这些力与力之间存在怎样的内在联系，并根据需要确定研究对象，画出受力图，这一分析过程叫做物体的受力分析。掌握这一分析方法十分重要，它是解决各种力学问题的前提，如果这一步错了，那么以后一切计算都是错的。

2. 平衡条件和剖析法

平衡条件是指物体处于平衡状态时，作用在物体上的力系所应满足的条件。由物体的剖

析原理可知,如果一个物体或物系处于平衡状态,那么它所剖分成的任一部分皆处于平衡状态。因此,当要计算哪个截面的内力时,就可假想地用一个平面将这一截面切开,任取一部分为研究对象(哪部分简单就取哪一部分),画出受力图,利用平衡条件算出未知力,这是求解各种未知量的一种普遍方法,叫做**截面法**。

3. 变形连续假设分析法

土木工程力学研究的对象都是假设为均匀连续、各向同性的变形固体。尽管它不完全符合实际情况,但基本上可以满足工程要求,且能使计算大大简化。变形连续条件是指均匀连续固体受力变形后仍然是均匀连续的。也就是说,均匀连续变形固体在受力变形后,在其内部既不引起“空隙”,也不会产生“重叠”现象,这样就可以用数学连续函数来分析问题。

4. 力与变形的物理关系分析法

变形固体受力作用后要发生变形,根据小变形假设可以证明,力与变形成正比(即力与变形为线性关系),可以用力与变形之间的物理关系来描述。如胡克定律就反映了材料的线弹性性能和力的最简单的物理关系。利用外力、变形和应力、应变的物理关系,可以方便地解决一些困难问题。

5. 小变形分析法

结构或构件在外力等因素作用下,产生的变形与原尺寸相比是非常微小的,为了简化计算,在某些具体问题计算中可忽略不计,即外荷载的大小、方向、作用点在变形前后都一样,仍用原尺寸进行计算,从而可以用叠加法计算内力和变形,这样可大大简化计算工作。但对于有些问题这样处理是不妥当的,那已经是属于大变形的范畴了,本书不予研究。

6. 刚化分析法

前已叙述,土木工程力学的抽象研究对象为质点、刚体、质点系和变形固体,但从实际上来讲,它的研究对象归根结蒂是变形固体(或变形质点系),质点、刚体(或刚体系)只是根据研究问题的需要而简化来的力学模型,这种简化方法叫做物体的刚化。其刚化原理是,处于平衡状态的变形体,将其刚化后仍处于平衡状态。根据这一原理,在研究平衡问题时可将处于平衡状态的变形体当作刚体来处理,从而使计算问题得到简化。

7. 试验法

材料的力学性质都是通过试验测量出来的。因此,试验是土木工程力学课程的一个重要的教学内容,通过试验可使学生巩固所学的力学基本理论,掌握测定常用建筑材料力学性质的基本方法和技能,提高学生动手能力和实事求是的思维方式。

[阅读资料]

力学与土木工程力学的发展简史

力学是一门应用性很强的基础科学,是研究力与运动规律的一门学科,是最古老的科学之一。远在公元前6世纪,人类对力、平衡和运动就有了初步的认识。公元前4至3世纪,我国的春秋时期,在墨翟及其弟子的著作《墨经》中,就有了关于力的概念。

17世纪至18世纪末,在这一时期,力学在自然科学领域占据中心地位,世界上最伟大的科学家几乎都集中在这一学科中,如伽利略、惠更斯、牛顿、胡克、莱布尼兹、伯努里、拉格朗日、欧拉、达朗伯等等。由于这些杰出科学家的努力,借助于当时取得的数学进展,使力学取得了十分辉煌的成就,在整个知识领域中起着支配作用。到十八世纪末,经典力学

的基础(静力学、运动学和动力学)已经建立并得到极大的完善,并且开始了材料力学、流体力学以及固体和流体的物性研究。

1832年,纳维提出了固体力学方程。1845年,斯托克斯提出流体力学基本方程。此后,力学脱离物理而成为一门独立的学科。

19世纪,欧洲的主要国家相继完成了工业革命,大机器工业生产对力学提出了更高的要求。为适应当时土木工程建筑、机械制造和交通运输的发展,材料力学、结构力学和流体力学得到了空前的发展和完善。建筑、机械中出现的大量强度和刚度问题,由材料力学或结构力学来解决,作为探索普遍规律而进行的弹性力学基础研究,也取得了极大的进展。

20世纪上半叶,在这个时期力学发展的主要推动力来自于以航空为代表的近代工程技术。1903年,莱特兄弟飞行成功,飞机很快成为重要的战争和交通工具。1957年,人造地球卫星发射成功,标志着航天事业的开始。力学解决了各种飞行器的空气动力学性能问题、推进器动力学问题、飞行稳定性和操纵性等问题。由此人们清楚地看到了力学研究对于工业发展的先导作用。

在这一时期,固体力学由古老的材料力学、19世纪发展起来的弹性力学和结构力学及20世纪前期建立理论体系的塑性力学和粘弹性力学融合而成,且发展很迅速,很快又建立和开辟了弹性动力学、塑性动力学等新的领域。空气动力学则是流体力学在航空、航天事业推动下的主要发展。在固体力学、流体力学形成力学分支的同时,以质点、质点系、刚体、多刚体系统等具有有限自由度的离散系统为研究对象的一般力学,也在技术进步的促进下继续发展。另外,力学与工程技术的联系越来越密切,力学试验研究的规模越来越大,能力越来越强。形成了善于从复杂的自然现象、科学试验结果和工程技术实践中抓住事物的本质,提炼成力学模型,采用合理的数学工具,分析掌握自然现象的规律或者进而提出解决工程技术问题的方案,最后再与观察或试验结果反复校核直到接近实际为止的科学研究方法。

20世纪60年代以来,力学同计算技术及其他自然科学学科广泛结合,进入了现代力学的新时代。由于电子计算机技术的飞速发展和广泛应用,基础科学和技术科学间的相互渗透和综合,以及宏、微观相结合的研究途径的开拓,力学出现了崭新的面貌,其满足工程技术要求的能力也得到了极大的增强。

自1946年电子计算机问世之后,计算速度、存储容量和运算能力都有所提高。过去力学中大量复杂、困难而使人不敢问津的问题,由此有了解决的希望。20世纪60年代兴起的有限元法,发源于结构力学:一个复杂的连续体结构,经离散化处理为有限单元的组合后,计算机便可对这种复杂的结构系统计算出结果来。有限元法一经出现,就显示出无比的优越性,被广泛地应用于力学的各个领域,甚至向传热学、电磁场等非力学领域渗透。

由于力学与基础和技术学科间相互渗透,产生了许多新的力学生长点。例如由冯元桢等创造的生物力学和吴学谋等创立的泛系工程力学就是各个学科相互渗透的实例。生物力学在考虑生物形态和组织的基础上,测定生物材料的力学性能,确定其物理关系,再结合力学基本原理来解决实际问题。使人们认识到:没有生物力学,就不能很好地了解生理学。

在固体力学中,一般假设材料均匀连续、各向同性,但实际材料中往往存在着大量裂隙、损伤等,位错理论和断裂力学分别从微观和宏观的角度具体解决了上述问题。20世纪60年代以来,断裂力学的迅速发展改变了工程界对强度或安全设计和材料性能评价的传统观念,促进了设计技术的发展。

力学不仅有着悠久而辉煌的历史,而且随着工程技术的进步,其本身也得到迅速的发展。力学研究的对象、涉及的范围、研究的手段都发生了深刻的变化,力学解决工程实际问题的能力也得到很大的提高。例如,由传统的金属材料、土木等材料力学行为的研究,扩大到新型复合材料力学行为的研究,扩大到高分子材料、陶瓷材料、纳米材料、功能材料等力学行为的研究;由传统的连续体力学行为的研究,发展到含缺陷体,细观、微观结构力学行为的研究;由传统的电、光测试验技术研究到发展了全息、云纹、散斑、超声、光纤测量等力学试验技术;由传统的静强度、刚度设计,发展到断裂控制设计、抗疲劳设计、损伤容限设计、结构优化设计、动力响应计算、监测与控制、计算机数值仿真、耐久性设计和可靠性设计等。

在 21 世纪,人类文明和经济发展将进入新的阶段。我国面临提高全民的知识层次、生活质量、健康水平和国防实力的总体要求。中国的社会经济发展也对力学提出了新的国家战略要求。可持续性发展、污染治理的需求呼唤着环境力学的兴起;数字地球的前景为河流动力学、大气环流动力学提供了用武之地;环境灾害预报与防治有赖于灾害力学的研究进展;水资源的短缺促进多个力学分支的发展;能源和化工领域中高效清洁的需求推动着化学流体力学和非平衡热力学的前进;对非常规油气能源的强化开发需借助岩石压裂力学和渗流力学的定量模拟;深海开发有赖于波、浪、流、内波及其与柔性结构的相互作用,促进管道多项流和土力学的新发展。空间应用的发展需要微重力学、非浅性动力学与控制和高焓气动力学的新突破;工程结构可靠性依赖于故障诊断学、宏微观破坏力学、智能结构力学和控制理论的新应用;微机电产业的发展需要开拓微动力学和电力失效学;新材料的研制需要发展细观力学和计算材料学;现代化农业和人体健康需要借助生物力学的研究成果。国防建设更需要力学的发展;载人航天和民用飞机的发展依赖于试验和全机计算空气动力学;在现代战争中的“制信息权”依赖于星座动力学和自主导航;精确打击能力和突发能力依赖于流体力学和动力学与控制相交叉的运载控制等。

高职高专土建类各专业所讲授的土木工程力学,是由理论力学、材料力学、结构力学中的主要内容,按照相似、相近内容集于一的原则,重新组合成的一门综合学科。它是一门重要的技术基础课,广泛应用于建筑、机械、冶金、煤炭、公路、铁路、石油、化工和航天、航空等工程中。由于改革开放以来,这些行业都得到飞速的发展,高层建筑、超高层建筑、大跨度桥梁和大型机械层出不穷,这样对土木工程力学的要求也越来越高,因而土木工程力学也随之得到发展。

总之,力学和工程是紧密结合的。力学在研究自然界物质运动普遍规律的同时,不断地将其成果服务于工程,促进工程技术的发展;反之,由于工程技术进步的要求,也不断地向力学工作者提出新课题,在解决这些课题的同时,力学自身也不断地得到丰富与发展,新的力学分支也就层出不穷。所以,力学是一门既古老又年轻的学科,它在古代和现代科学技术发展中都具有举足轻重的地位。可以预言,在未来的技术发展都离不开力学,同时,在技术发展中也会促进力学本身的发展。

今天,人们已经普遍认识到要使土木工程建设不断在既有水平上得到提高和发展,就必须对土木工程力学进行研究;要使土木工程设计既保障工程安全可靠,又能省钱,土木工程建设人员就应准确、熟练地掌握土木工程力学的知识,只有这样才能灵活、无误地解决土木工程设计、施工中遇到的问题,也只有这样才能更好地为祖国的建设服务。

第一篇 静力学基础

本篇除包括《理论力学》中的静力学内容外，又增加了《结构力学》中的结构计算简图和平面体系的几何组成分析的相关内容。

本篇研究的对象为**刚体**，也就是说，在研究结构的计算简图、确定杆件或结构的受力图、结构的几何组成分析及研究平面力系的平衡条件时，都将研究对象作为刚体来对待。对于结构的计算简图，只需学会画常见简单结构的计算简图就可以了，它属于了解内容；对于杆件的受力分析，必须能够正确分析各物体之间接触与连接方式，注意作用力与反作用力的关系，并熟练掌握简单物体的受力图画法；对于平面体系的几何组成分析，除掌握几何组成分析的基本概念外，还要熟练掌握几何不变体系的三个组成规则，对简单结构计算简图会判定其几何不变体系和几何可变体系，并明确只有几何不变体系才能用于结构，瞬变体系是不能用于实际结构的；关于平面力系的平衡条件是本篇的重点内容，要熟练掌握平面汇交力系、平面平行力系、平面一般力系及平面力偶系的平衡条件及应用，它是以后各章分析计算的基础。

在此需要强调的是，本篇所学的力学定义、定理，有的是无条件的，即什么情况下都可应用，如作用与反作用定律、力的平行四边形法则等；有的则是有条件的，即只有在一定限制条件下才能适用，如力的可传性、二力平衡定理、加减平衡力系原理等，只有在研究刚体和变形体平衡时才能适用。

这篇内容的特点是，有些定义、定理、概念在高、初中物理中都学过，从表面上看学起来不会很困难，但其实不然。多年教学实践证明，学好本篇内容并不容易，深入理解、灵活应用则更难，有些工程技术人员也常在这些简单问题上，犯这样或那样的概念错误。建议读者在学习本篇时，要在深入理解定义、定理及在基本概念上下工夫，搞清基本定义、定理的含义及适用范围，使此篇真正成为学习土木工程力学的基础。

第一章

力与力系的基本概念

本章所讲述的力、力的合成与分解、力矩、力偶等内容，在高、初中都基本学过。但多年教学实践证明，这些内容看似简单，掌握起来却并不容易。根据这一特点，本章结合土本工程力学的实际对这些内容又进行了深化。为了取得更好的学习效果，建议在学习本章时，读者先复习一下高、初中的相关内容。

第一节 力、力系的概念及力的基本性质

一、力的概念

1. 力的定义与单位

力是物体间的相互机械作用。也就是说，力的存在条件是物体，它不能脱离物体而存在。是否有物体就一定有力存在呢？非也。因为物体只是力存在的条件，而不是产生力的原因，只有物体间相互机械作用才能产生力。例如图 1-1a 所示的甲、乙两物体，二者没有接触，且没有相互作用，所以它们之间没有力产生；若变为图 1-1b 所示情况，二者就要产生力了，因为甲对乙产生压迫，乙对甲产生反抗，二者发生相互机械作用，所以也就有力产生了。由于力是物体间的相互作用，所以力一定是成对出现的，不可能只存在一个力。如由万有引力定律可知，物体所受地球的吸引力（即重力）与地球所受物体的吸引力就是一对力。

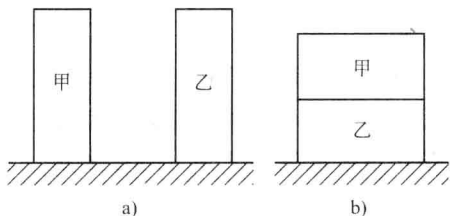


图 1-1

那么，由于地球对物体的吸引而产生的重量，与物体对地球的吸引产生的引力有什么关系呢？对于这个问题牛顿第三定律作了完美的回答，即这对力，大小相等、方向相反、作用线共线，且作用在不同的两个物体上。在力学中，将这一规律称为作用与反作用定律。大量的工程实践证明，它是一个普遍定律，无论对于静态的相互作用，还是对于动态的相互作用都适用。它是本书自始至终重点研究的内容之一。

力对物体的作用效应，取决于力的大小、方向和作用点，称为力的三要素。

力的大小反映了物体间相互作用的强弱程度。在国际单位制中力的计量单位是牛[顿]，用英文字母 N 表示。在工程中，一般用千牛作为力的单位，用英文字母 kN 表示，即 $1\text{kN} = 1000\text{N}$ 。

力的方向是指力对物体作用的指向，沿该方向画出的直线称为力的作用线。力的方向应包含力的作用方位和指向。

力的作用点是物体相互作用位置的抽象化。实际上两物体接触处总会占有一定面积，力