



高等院校卓越计划系列丛书

结构力学 (第 I 册)

陈水福 杨骊先 陈勇 编著

中国建筑工业出版社



高等院校卓越计划系列丛书

结 构 力 学

(第 I 册)

陈水福 杨骊先 陈 勇 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构力学(第I册)/陈水福,杨骊先,陈勇编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2015.7

(高等院校卓越计划系列丛书)

ISBN 978-7-112-18194-0

I. ①结… II. ①陈… ②杨… ③陈… III. ①结构力学-高等学校-教材 IV. ①0342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 131223 号

本书根据高等学校力学基础课程教学指导分委员会制订的“结构力学课程教学基本要求”和高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”编写而成。全书共 14 章,分 I、II 两册。第 I 册共 8 章,主要内容包括平面杆件体系的组成方式、静定结构的内力和位移计算、超静定结构的基本分析方法及其应用。第 II 册共 6 章,主要内容包括超静定结构的其他分析方法,以及矩阵位移法、结构动力、稳定和极限荷载计算等专题。

本书贯彻以读者为中心的宗旨,融入了作者经多年思考和总结的“四多四少”(多图释、少文叙;重逻辑、少推理;增情感、少刻板;重能力、少技巧)的教学思想和理念,具有鲜明的以工科思维为主体并融合部分人性化思想的特色和风格。书中每个章节的逻辑关系均经过精心设计,按照一条主线、几条副线的思路展开,环环相扣,娓娓道来,期望达到专业角度的引人入胜。

本书可作为普通高等学校土木、水利、交通、海洋、航空航天、工程力学等工程学科的结构力学教材,也可供相关专业的工程技术人员参考使用。

责任编辑:赵梦梅 李东禧

责任设计:董建平

责任校对:姜小莲 刘梦然

高等院校卓越计划系列丛书

结构力学

(第 I 册)

陈水福 杨骊先 陈 勇 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:19 字数:461 千字

2015 年 9 月第一版 2015 年 9 月第一次印刷

定价:42.00 元

ISBN 978-7-112-18194-0

(27440)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

高等院校卓越计划系列丛书

序 言

随着时代进步,国家大力提倡绿色节能建筑,推进城镇化建设和建筑产业现代化,我国基础设施建设得到快速发展。在新型建筑材料、信息技术、制造技术、大型施工装备等新材料、新技术、新工艺广泛应用的新形势下,建筑工程无论在建筑结构体系、设计理论和方法以及施工与管理等各个方面都需要不断创新和知识更新。简而言之,建筑业正迎来新的机遇和挑战。

为了紧跟建筑行业的发展步伐,为了呈现更多的新知识、新技术,为了启发更多学生的创新能力,同时,也能更好地推动教材建设,适应建筑工程技术的发展和落实卓越工程师计划的实施,浙江大学建筑工程学院与中国建筑工业出版社诚意合作,精心组织、共同编纂了“高等院校卓越计划系列丛书”中的系列教材部分。

本丛书编写的指导思想是:理论联系实际,编写上强调系统性、实用性,符合现行业规范。同时,推动基于问题、基于项目、基于案例多种研究性学习方法,加强理论知识与工程实践紧密结合,重视实训实习,实现工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力的提升。

丛书凝聚着浙江大学建筑工程学院教师们长期的教学积累、科研实践和教学改革与探索,具有了鲜明的特色:

(1) 重视理论与工程的结合,充实大量实际工程案例,注重基本概念的阐述和基本原理的工程实际应用,充分体现了专业性、指导性和实用性;

(2) 重视教学与科研的结合,融进各位教师长期研究积累和科研成果,使学生及时了解最新的工程技术知识,紧跟时代,反映了科技进步和创新;

(3) 重视编写的逻辑性、系统性,图文相映,相得益彰,强调动手做图和做题能力,培养学生的空间想象能力、思考能力、解决问题能力,形成以工科思维为主体并融合部分人性化思想的特色和风格。

本丛书目前计划列入的有:《土力学》、《基础工程》、《结构力学》(第 I 册)、《结构力学》(第 II 册)、《混凝土结构设计原理》、《混凝土结构设计》、《钢结构原理》、《钢结构设计》、《工程流体力学》、《土木工程设计导论》、《土木工程试验与检测》、《土木工程制图》、《画法几何》等。丛书分册列入是开放的,今后将根据情况,做出调整和补充。

本丛书面向土木、水利、建筑、园林、道路、市政等专业学生,同时也可以作为土木工程注册工程师考试及土建类其他相关专业教学的参考资料。

浙江大学建筑工程学院卓越计划系列教材编委会

2014 年 10 月

前言

时代的进步、信息化与全球化的共同推动，促使我们的工作、生活与学习方式不断发生着深刻的变化。反映到教学上，我们的课堂面对面、手把手时间减少了，而学生自主学习、社会实践的机会大大增加了。这一变化无疑对“教”与“学”两方面都提出了更高的要求。然而，教师的满堂灌、学生的教一点学一点的传统习惯似乎并未得到根本改变。就“教”而言，我们的教材尚存在“窄”、“专”、“独”以及应试烙印明显、读者读来无趣等不足，难以适应以学生自主学习为主，面向能力培养的教学要求。另外，课堂、课后、评价方式等也存在很大的提升空间。笔者近年来也一直在揣摩教学特别是教材的改进问题，但是要真正落到实处，还确实不是件容易的事。

近几年，笔者忙里偷闲读到日本著名推理小说家东野圭吾先生撰写的几本推理小说。其间得知，工科出身的东野先生改行写作后的早期作品并不畅销。但后来他写作时，注意将看似严密但相对枯燥的推理改为简单的一条逻辑贯穿主线，再充实人性与情感方面的描写，果然就大受读者欢迎。笔者相信，推理小说的创作及是否受读者欢迎的规律与专业书籍的撰写在很多方面是相通的。

去年春节前后，笔者回到家里经常发现当时读小学五年级的儿子拿着好几册厚厚的《明朝那些事儿》读得津津有味。据说这些书讲的多是正史，那么其中必有吸引人的地方能让一个小学生对正史着迷。特地借来拜读了两册，发现确实有一些不同之处：首先是语言亲近、平实，似在讲故事；第二是加入了趣味和情感。而这两个方面应该是任何一个读者都不会抵触的。

十年前，拜读过一册日本学者和泉正哲教授撰写的《建筑结构力学》。书中大量概念清晰、通俗易懂的关于作用力及弯、剪、扭变形的卡通式图片和形象化图形，给笔者留下了深刻的印象。这些图片不仅大大增加了读者的兴趣，也使得原本显得深奥、枯燥的理论变得简单易懂。这从一个侧面说明，力学教材是可以做到让看似枯燥乏味的力学知识变得有趣易懂的。

对于人性和情感问题，结构力学属于自然科学，它与情感有关联吗？笔者认为答案是肯定的。当然，这种情感应该是一种拟人的“情感”，是与人类社会或社会普遍规则相互沟通时所表现出的一种共性的表述。例如，人类早期自给自足时代的状况更接近于自然界中的静定结构，他们必须依靠个体或小部落独立抵御外部环境的影响，独立维持生计及稳定、平衡。而当今的社会更类似于一个紧密依存、相互约束的超静定结构。超静定结构在外力作用下的内力分布，严格遵循刚度大分担内力就大的“能者多劳”规律，否则结构就不能维持平衡或保持协调。这和人类社会所遵循或追求的“能者多劳”规则是一致的，否则社会就很难达到稳定与和谐。结构力学中还有很多概念，例如“自由度”、“约束”、“频率”、“承载力”等等，与社会学中的相应概念都有许多共通之处。因此在结构力学教学与教材中，如果能从这些共性之处出发，对一些力学概念按照人们的生活常识加以类比解

释，或许是一个让读者更易接受和理解的方式。

本书就是在上面的一些思考，并逐渐勾画出书本的整体风格和特色后开始撰写的。

撰写过程中，尝试将下面的一些理念和特点贯穿到整本书的每个章节：

1. 多图释，少文叙。能够用图形加以解释、阐明的，尽量用插图、图解等说明；而相应的文字叙述就尽可能简化，明了即可。整体语言方面，讲究简练、直接、平实，与读者亲近，避免居高临下，但又不失严谨。

2. 重逻辑，少推理。注重前后文的逻辑关系，对能够根据生活常识或专业常识就可以讲清的概念、原理，就直接按照简单逻辑关系阐明，避免一开始就采用冗长或绕弯的层层推理予以叙述或论证；一些不必细述的推导、验证工作留给读者自主完成或结合参考书完成。

3. 增情感，少刻板。对一些关键知识点和转折点，设计构思部分拟人化、形象化的卡通式图片，使得相关叙述既富有情感，又蕴含力学概念和哲理，减少刻板，加深读者的印象，增进读者的兴趣。

4. 重能力，少技巧。注重对结构概念的阐述和对读者能力的培养，将概念分析与方法运用及归纳、延伸有机地结合起来；强调分析方法的普遍性、规律性及其内在关联性，而非带有一定偶然的技巧性。鉴于计算机分析方法的普遍应用，对一些偏重于技巧性但缺乏规律性的方法尽量不讲或少讲。

在此书稿即将出版之际，特别感谢另两位作者杨骊先和陈勇的通力合作与辛勤付出。还要感谢妻子丁继青和儿子陈丁亮的支持。创作期间，冥思苦想之中突然出现的一些创意会第一时间与他们分享、交流，其中的一些卡通式图片会首先让儿子阅读，他也很乐意给出自己的理解或诠释。今年是笔者从教、也是从事结构力学教学的第 20 个年头，也将此书作为献给自己和献给读者的一份礼物。希望读者分享自己 20 年来逐渐积累的一些体会和感悟，并对他们有用或能产生更新的思维与拓展，也希望他们提出宝贵的意见和建议。

陈水福

2014 年 10 月

E-mail: csf@zju.edu.cn

本书特色及简介

本书内容涵盖高等学校力学基础课程教学指导分委员会制订的“结构力学课程教学基本要求”和高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”所规定的全部教学内容和相应知识点。撰写时力求全面贯彻以读者为中心的教学宗旨，融入作者经多年思考和总结的“四多四少”（多图释、少文叙；重逻辑、少推理；增情感、少刻板；重能力、少技巧）的教学理念，努力形成鲜明的以工科思维为主体并融合部分人性化思想的特色和风格。

为达成这些目标，本书在以下几个方面进行了新的尝试：

1. 重新设计和优化了每个章节的逻辑关系，一般按照一条主线、几条副线的思路展开，环环相扣，娓娓道来，期望达到专业角度的引人入胜。

2. 注重对读者解决问题能力的培养。强调分析方法的普遍性和规律性，而非带有一定偶然的技巧性；引导读者在分类、分步、分层完成力学分析的同时，注意培养他们对分析方法、受力特性等进行归纳总结和拓展应用的能力。

3. 在关键知识点及内容转折点等重要环节，加入了部分形象化、拟人化的卡通式图片。通过对概念、原理和方法的生动诠释，帮助读者更直观、形象地完成认知和理解；在一些内容转折处，结合工程案例用幽默、诙谐的方式提出问题，引导读者带着问题快速进入新内容的角色中。

4. 在保持自身特色的同时，充分吸收了美、欧、日等一些发达国家先进教材的优点，例如丰富的图像表现（包括结构示意图、构造图、细部照片等），配有图题和二级标题的完整插图方式的运用，对结构体系的来由、背景、应用等的必要阐述，与工程实际的紧密结合，类型多样的例题、习题等。

5. 根据认知的规律性及面向能力培养的目标，对各章习题作出了层次化和精细化的设计与编排。除了安排必要的思考题外，将每章的习题从易到难分为三个层次：分析与运用题、归纳与综合题、拓展与探究题。其中前者属于直接运用相关概念、方法，或稍加分析、判断后便可解决的问题；第二类属于需对前后知识进行归纳、综合，再加以应用的题目；后者属于要对相关概念、方法进行延伸、扩展，或具有一定探索性和研究性的习题与小课题，其中有的题目具有一定难度，有的则需要读者自身体验或结合工程实践，或通过小组合作才能更好地完成。各习题序号中未加标记的属于分析与运用题，序号后加“*”的属于归纳与综合题，序号后加“**”的属于拓展与探究题。

6. 在各章节的教学内容和陈述方式上，为使教材更具逻辑性、可读性和深入性，本书第 I 册在内容组织与安排上作了以下全新的改进：

（1）重新组织和全面优化了平面体系几何组成分析的前后逻辑关系；提供了一种新的更为实用的确定体系计算自由度的算法；归纳出了三种具有普遍适用性和可操作性的几何组成分析方法。

(2) 更全面地总结了梁式杆内力变化的一般规律,并用图表完整地表现出来;提供了一种具有普遍适用性的依据内力计算式直接计算截面内力并判断内力正负号(无需事先设定)的实用方法。

(3) 将不同类型静定结构的内力与相应简支梁内力的对比,从多跨静定梁、桁架、三铰拱、延伸到刚架、组合结构等各类结构体系中,同时从固定荷载作用扩展到移动荷载作用的各种情况中。

(4) 将简支斜梁、刚架与组合结构中的梁式斜杆、曲杆斜截面、桁架斜杆的分析方法予以统一和普遍化、规范化,并贯穿至整本书的全部内容中。

(5) 补充和完善了桁架结构中特殊形状结点的受力关系。

(6) 为更好地与工程实践相结合,引入了工程中广泛应用的传力路径的概念,总结了依据传力路径确定静定结构内力计算路线的实用方法。

(7) 从结构概念出发,对静定结构的承载方式和受力特性作出了更为直观、形象的物理诠释和高度概括:静定结构支承和传递荷载所遵循的基本原则是“独立和单向”,即某一部分可独立承担的荷载完全自我承担,而不与其他部分分担;不能独立承担的荷载向其所依赖的部分单向传递,一次完成。该原则将与第 II 册关于超静定结构的论述形成对比。

(8) 将静定结构内力分析的静力法和机动法从固定荷载作用,贯穿到移动荷载作用,并将延伸至第 II 册的极限荷载确定等内容中,形成了一个具有普遍适用性和前后一致性的分析方法,同时还将拓展至超静定结构的影响线求作中。

(9) 以图线方式总结了在一组移动荷载作用下,某一量值出现极值点和非极值转折点的各种可能状况,给出了临界位置判别式的更为简单、直观的物理解释。

(10) 将图乘法的应用与弯矩图的求作直接联系起来;将常见荷载作用下的图乘计算归为简单的两类情况,并给出了具有普遍性和规律性的计算方法。

(11) 单列一节专门阐述结构柔度系数和刚度系数这两个工程中十分常用的力学概念。与结构位移计算相衔接,从位移影响系数和抗力影响系数出发引出这两个概念,并用简单、直观的方法予以阐明。

(12) 从解决复杂问题的一般方法“分而治之”出发,将力法与位移法的论述从逻辑关系上予以统一,包括基本结构的统一定义、基本方程的统一获取等。在内容安排上,先同步阐述两种方法的基本概念和原理、步骤,再分别介绍两种方法在不同类型结构中以及不同外因作用下的应用。

全书共 14 章,分 I、II 两册。第 I 册共 8 章,主要内容包括绪论、平面杆件体系的几何组成方式、静定结构的内力计算、静力分析续论、静定结构的影响线及其应用、静定结构的位移计算、超静定结构的基本解法(力法与位移法)及其在各类结构中的应用;第 II 册共 6 章,主要内容包括超静定结构的其他分析方法、超静定分析续论,以及矩阵位移法、结构动力、稳定和极限荷载计算等专题。

第 I 册的第 1、2、4、7 章由陈水福撰写,第 3、8 章由杨骊先和陈水福共同撰写,第 5 章由陈勇撰写,第 6 章由杨骊先撰写。书中带人物的卡通式图片由陈水福构思设计,杨骊先作了一定补充;图中涉及的人物和部分场景由研究生吴晶晶绘制,杨骊先作了适当修改、补充。研究生史卓然帮助绘制了书中的部分插图,研究生沈言、夏俞超等帮助完成了部分习题的计算和核对工作。全书由陈水福统稿,优化了各章节的逻辑关系,统一了文字

表述和插图方式，修改和补充了部分例题和习题。本书一些特有的拟人化表现方法和关键图素已申请了发明专利，以便获得更好地使用和保护。

本书的撰写和出版得到了浙江大学建筑工程学院的专项资助，在此表示诚挚的感谢。

限于作者水平，书中一定存在许多不足之处，敬请读者批评指正。

作 者

2014 年 10 月

主要符号表

A	面积
c	广义支座位移
d	节间长度
E	弹性模量
f	矢高
F_P	集中荷载
$\mathbf{F}_P$	荷载引起的广义约束力向量
F_H	水平推力
F_N	轴力
F_Q	剪力
F_Q^F	固端剪力
F_Q^L, F_Q^R	截面左侧剪力、右侧剪力
F_{Per}	临界荷载
F_R	广义反力、反力合力
F_x, F_y	水平 (x)、竖直 (y) 方向的分力
G	剪切模量
i	弯曲线刚度
i_a	轴向线刚度
I	截面惯性矩
k	抗力影响系数、刚度系数、剪应力分布不均匀系数
$\mathbf{K}$	结构刚度矩阵
M	力矩、力偶矩、弯矩
M^L, M^R	截面左侧弯矩、右侧弯矩
M^F	固端弯矩
q	均布荷载集度、三角形分布荷载最大集度
R	半径
S	截面面积矩
s	弧长

t	温度改变
u	x 方向位移、轴向位移
v	y 方向位移、切向位移
W	计算自由度、功、重量
W_e	外力虚功
W_v	变形虚功
X	广义多余约束力、广义多余未知力
$\mathbf{X}$	广义多余未知力向量
y	内力图竖标、影响线竖标
Z	影响线量值、广义未知位移
$\mathbf{Z}$	广义未知位移向量
α	材料线膨胀系数、倾角
γ	平均剪应变、容重
Δ	广义位移
Δ_P	荷载引起的广义位移向量
δ	位移影响系数、柔度系数
$\boldsymbol{\delta}$	柔度矩阵
ε	轴向应变（正应变）
φ	截面倾角、弦转角
κ	曲率
λ	制造误差
θ	截面转角

目 录

第 1 章 绪论	1
1-1 工程结构与结构力学	1
1-2 结构计算简图	2
1-3 结点与支座的类型	4
1-3-1 结点类型	4
1-3-2 支座类型	6
1-4 结构的分类	7
1-5 荷载的分类	10
1-6 结构分析的条件与方法	12
思考题和习题	14
第 2 章 平面体系的几何组成分析	15
2-1 概述	15
2-2 体系的自由度	15
2-2-1 自由度	15
2-2-2 计算自由度	18
2-3 几何不变体系的基本组成规则	20
2-3-1 三个基本组成规则	20
2-3-2 基本组成规则的推广	22
2-4 几何组成分析方法及示例	23
2-5 几何组成与静定性的关系	26
思考题	28
习题	28
第 3 章 静定结构的内力分析	32
3-1 内力分析的一般方法	32
3-1-1 内力与内力图	32
3-1-2 内力计算的基本方法	33
3-1-3 内力与荷载的关系	34
3-1-4 区段叠加法作弯矩图	37
3-1-5 内力计算的一般步骤	37
3-2 多跨静定梁	43
3-2-1 结构形式及组成	43
3-2-2 内力计算	44
3-3 静定平面刚架	47
3-3-1 结构形式及特点	47

3-3-2 内力计算	48
3-3-3 快捷法作静定刚架的弯矩图	57
3-4 静定平面桁架	59
3-4-1 结构形式及分类	59
3-4-2 结点法	60
3-4-3 截面法	65
3-4-4 结点法与截面法的联合应用	69
3-5 三铰拱	71
3-5-1 结构形式及特点	71
3-5-2 内力计算	72
3-5-3 三铰拱的合理轴线	77
3-6 静定组合结构	80
思考题	83
习题	84
第4章 静力分析续论	97
4-1 传力路径与内力计算路线	97
4-2 对称结构的简化计算	101
4-3 零载法判别体系的几何组成	103
4-4 静定结构的静力特性	105
4-5 机动法求静定结构内力	108
思考题	111
习题	112
第5章 静定结构的影响线及其应用	116
5-1 移动荷载及影响线概述	116
5-2 静力法作静定梁的影响线	118
5-2-1 简支梁的影响线	118
5-2-2 伸臂梁及多跨静定梁的影响线	120
5-3 间接荷载作用下静定梁的影响线	121
5-4 静力法作静定桁架的影响线	124
5-5 机动法作静定梁的影响线	128
5-6 静力法和机动法作其他结构的影响线	131
5-6-1 静力法和机动法的联合应用	131
5-6-2 三铰拱的影响线	133
5-7 影响线的应用	134
5-7-1 利用影响线求量值	134
5-7-2 可动均布荷载的最不利位置	135
5-7-3 移动集中荷载的最不利位置	135
5-8 简支梁的包络图和绝对最大弯矩	140
5-8-1 简支梁的内力包络图	141

5-8-2 简支梁的绝对最大弯矩	142
思考题	144
习题	145
第 6 章 静定结构的位移计算	150
6-1 位移计算概述	150
6-2 虚功与虚功原理	152
6-2-1 实功与虚功	152
6-2-2 刚体体系的虚功原理	153
6-2-3 变形体系的虚功原理	154
6-3 位移计算的一般公式	156
6-3-1 位移计算公式	156
6-3-2 广义位移与广义力	157
6-4 荷载作用下的位移计算	158
6-5 图乘法	162
6-5-1 应用条件及计算方法	162
6-5-2 图乘法的应用	163
6-6 其他外因作用下的位移计算	169
6-6-1 支座移动引起的位移	169
6-6-2 温度改变及材料收缩引起的位移	171
6-6-3 制造误差引起的位移	173
6-7 位移影响系数和抗力影响系数	173
6-8 互等定理	176
6-8-1 功的互等定理	176
6-8-2 位移互等定理	177
6-8-3 反力互等定理	177
6-8-4 反力位移互等定理	178
思考题	179
习题	179
第 7 章 超静定结构的基本解法	186
7-1 基本未知量和基本结构	186
7-2 超静定次数的确定	189
7-3 力法基本原理及分析步骤	191
7-3-1 一次超静定结构	191
7-3-2 多次超静定结构	193
7-3-3 力法分析的一般步骤	194
7-4 等截面直杆的刚度方程	195
7-4-1 拉压杆的刚度方程	195
7-4-2 梁式杆的转角位移方程	195
7-5 位移法基本未知量的确定	201

7-6 位移法基本原理及分析步骤	205
7-6-1 典型方程法	205
7-6-2 直接列平衡方程法	208
思考题	209
习题	210
第 8 章 力法和位移法的应用	214
8-1 力法解超静定刚架和排架	214
8-2 力法解超静定桁架和组合结构	218
8-3 对称性的利用	220
8-3-1 对称结构和对称荷载	220
8-3-2 对称结构的内力与变形特性	222
8-3-3 对称结构的简化计算	224
8-4 支座移动和温度改变时的力法计算	229
8-4-1 支座移动时的计算	229
8-4-2 温度改变时的计算	232
8-5 力法解超静定拱	233
8-5-1 两铰拱的计算	234
8-5-2 无铰拱的计算	237
8-6 位移法计算连续梁和无侧移刚架	244
8-7 位移法计算有侧移结构	245
8-7-1 有侧移梁和刚架	245
8-7-2 桁架和组合结构	249
8-8 支座移动和温度改变时的位移法计算	252
8-8-1 支座移动时的计算	252
8-8-2 温度改变时的计算	254
8-9 位移法分析对称结构	255
思考题	259
习题	260
附录 A 习题答案及提示	271
附录 B 索引	282
附录 C $\int \overline{MM} p dx$ 常用图形图乘结果算式	288
参考文献	289

第 1 章 绪 论

1-1 工程结构与结构力学

人类为满足居住、通行、生产（如加工、制造、通讯、发电）等方面的需要，设计建造出房屋、桥梁、储仓、塔桅、大坝等多种多样的建筑物或构筑物（图 1-1）。这些建筑物或构筑物中起支承或传递荷载作用的骨架部分称为**工程结构**，简称**结构**。结构力学就是研究这种骨架体系的受力、变形规律及其分析与计算方法的一门科学。

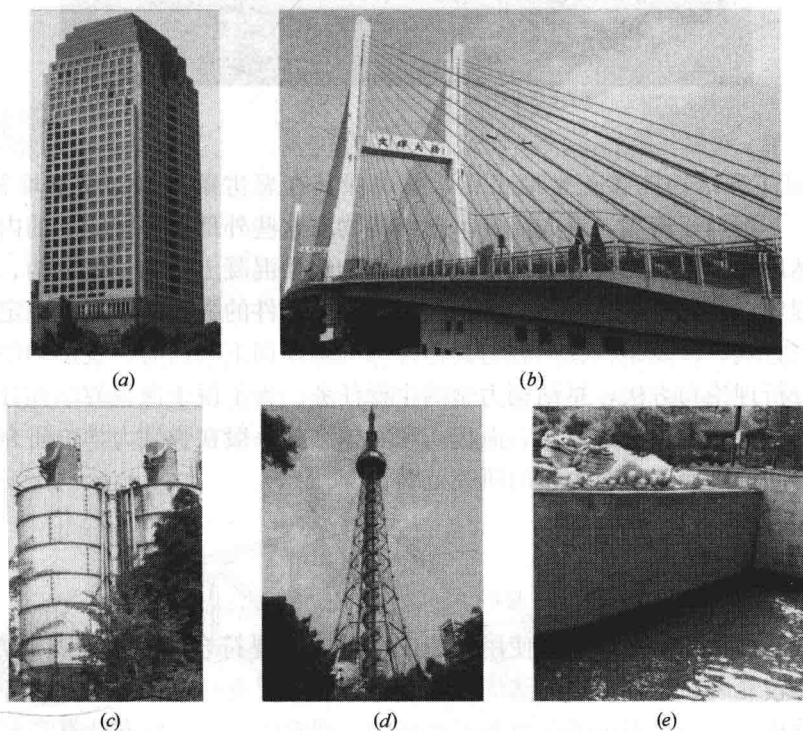


图 1-1 建筑物和构筑物实例

(a) 房屋；(b) 桥梁；(c) 储仓；(d) 塔桅；(e) 重力坝

工程结构的形式千变万化。但是，若从组成结构的各个构件的相对几何尺寸上看，则将其分为以下三种类型：

(1) **杆系结构**。由若干长度方向尺寸远大于横截面尺寸的杆件按一定规律组成的结构，也称为**杆件结构**。例如图 1-1a 的房屋承重框架、图 1-1b 与 d 的桥梁和塔桅均属杆系结构。

(2) **板壳结构**。由一片或若干片厚度远小于其所在平面或曲面方向尺寸的平板或曲壳

组成的结构。因板、壳的壁厚很小，故这类结构又称为**薄壁结构**，例如图 1-1c 的储仓结构。

(3) **实体结构**。三个方向的几何尺寸大致相等或属于同一量级的结构。这类结构形同块状，故也称为**块体结构**。工程中的重力坝（图 1-1e）、挡土墙、块状基础等均属实体结构。

当然，许多工程结构属于由部分杆件和部分板壳或块体共同组成的**混合型结构**（图 1-2）。



图 1-2 混合型结构实例

为了保证工程结构能够正常地工作，并确保其在恶劣条件（如密集堆积物、强震、强风等作用）下不至于垮塌，首先需要掌握结构物在这些外部条件影响下的内力、变形和变位情况，然后结合材料力学和后续专业课程（如钢筋混凝土结构、钢结构、高层建筑结构、桥梁工程等）的知识，进一步校核或验算结构及构件的强度、刚度和稳定性问题。研究结构的组成方式，以及结构在荷载与其他外部因素作用下的内力、变形和位移的变化规律及相应的分析理论与方法，是结构力学的主要任务。为了便于课程教学和分工协作，结构力学以杆系结构为主要研究对象，而板壳和实体结构一般在弹性力学中研究，单根杆件的受力和变形问题则属于材料力学的研究范畴。

1-2 结构计算简图

实际工程结构既要满足承重及使用功能的需要，又要符合经济、美观等方面的要求，因此一般都比较复杂，且均为空间结构。结构分析中，要直接对包含结构物各个细节的构架进行全面分析，一般是不可能，也是不必要的。通常的做法是根据计算需要，选取尽可能简化又反映实际结构主要受力性能的部分作为分析对象，该对象称为结构的**计算模型**。将简化后的计算模型用规定的图线或符号表示出来，这样得到的图形就称为结构的**计算简图**。

选取计算简图的过程就是对实际结构进行合理简化的过程。该简化通常包括以下几个方面：

(1) **结构体系的简化**。实际结构均为**空间结构**，但在许多情况下可以忽略次要的空间作用而将其简化为一个或几个**平面结构**，即所有杆件及荷载作用线均位于同一平面内的结构。本书主要讨论**平面杆系结构**，其主要类型参见 1-4 节所述。