

国外大学优秀教材——土木工程系列（翻译版）

建筑结构

——分析方法及其设计应用（第4版）

STRUCTURES
(Fourth Edition)

（美）Daniel L. Schodek 著

罗福午 杨军 曹俊 译



清华大学出版社



国外大学优秀教材——土木工程系列（翻译版）

建筑结构

——分析方法及其设计应用（第4版）

STRUCTURES
(Fourth Edition)

（美）Daniel L. Schodek 著

罗福午 杨军 曹俊 译

清华大学出版社

北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by **PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.**

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Structures, Fourth Edition by Daniel L. Schodek, Copyright © 2001

EISBN: 0-13-027821-1

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由培生教育出版集团授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-0568

版权所有,翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构——分析方法及其设计应用: 第4版/(美)斯科台克(Schodek, D. L.)著;罗福午,杨军,曹俊译. —北京:清华大学出版社,2005.6

(国外大学优秀教材——土木工程系列(翻译版))

书名原文: Structures, Fourth Edition

ISBN 7-302-10467-0

I. 建… II. ①斯… ②罗… ③杨… ④曹… III. 建筑结构 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 011097 号

出版者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机: 010-62770175

地址: 北京清华大学学研大厦

邮编: 100084

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 徐晓飞

文稿编辑: 梁广平

印刷者: 北京市世界知识印刷厂

装订者: 三河市新茂装订有限公司

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 185 × 230 印张: 36.75 字数: 755 千字

版次: 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-302-10467-0/TU · 252

印数: 1 ~ 3000

定价: 66.00 元

内 容 简 介

本书主要包括 3 篇：第 1 篇引导性概念，介绍了必须掌握的建筑结构概念和力学概念；第 2 篇结构构件的分析和设计，介绍了 12 种结构构件的基本性能和设计要点；第 3 篇结构设计原理，介绍了从结构体系考虑问题的基本原则和思路。

本书作者注重对基本概念的深刻剖析，以丰富而高超的教学经验为基础，将广博的结构知识纳入清晰的体系，并用简洁、易于理解的方式加以表达；更重要的是，本书不仅传授了结构分析和设计的方法，而且提供了提高综合考虑结构问题的能力知识。

本书可作为建筑结构专业的简明教学参考书或非结构专业的教学参考书，也可作为有一定结构背景的教师和工程技术人员的参考书。

译者序

这是一本建筑结构的教科书,原文著者的主要目的不仅是要说明结构分析的方法,而且是要说明结构分析方法在建筑结构设计中的应用。它具有以下一些特色:

- 综合性——全书综合了建筑结构的概念、分析和设计,综合了结构的构件、体系和布置,综合了包括刚性和柔性、线形和面形等各类结构构件;虽然全书讲的是结构,却兼顾了结构与建筑的关系。
- 形象性——全书的文字叙述比较简练,说明力学和结构概念的图形却甚为丰富,而且在图示中增添了不少文字说明。
- 基础性——全书侧重于基本的力学概念、基本的结构分析和基本的设计原理。由于计算机辅助设计已经非常普遍,在教学中强调对基本原理的理解是适宜的。

另外,本书内容的编排较为新颖。它是从总体(第1篇)到个别(第2篇),又回到总体(第3篇),即“总体——个别——总体”。各部分之间尚有一定搭接和重复,各部分都可以自成体系,这就使得初学者对建筑物中的结构、构件和结构设计有一个全面的理解。至于对结构构件的分析则是一些最为基本的内容,不作过多的展开(同时介绍可到哪里去作深入探讨)。这种教科书的体系是国内不多见的,很值得我们在进行教学内容改革时作为参考。

本书既可作为建筑结构初学者的学习用书和非建筑结构专业建筑结构课程的教学用书,也可作为有一定结构背景的教师和工程技术人员的参考书。

本书前言、第1~3、5、12章、索引由罗福午执译,第4、6~9章由曹俊执译,第10、11、13~16、附录由杨军执译,三人间又作了互校。罗福午对全书作了总校核,对原著中的一些错误作了更正。由于时间仓促,译文中一定会有不少错误,敬请广大读者批评指正。

译者

2004年12月于清华园

前 言

在力学领域中存在一批永恒的物理学原理,它们能够帮助设计人员掌握现有结构形式的性能及想出解决结构问题的新方法。过去3个世纪以来,这些原理有着迅速的发展,它们的成熟性和完整性已经到了令人惊讶的程度。当然,一些新的认识还在继续被发现,同时也希望今后不断有更新的发现;而且这些已经被设计人员采用的分析工具仍是广泛适用且十分有效的。所以可以认为,结构领域面临真正的挑战不在于再去开发新的分析工具,而是怎样将那些已经认识到的原理用到设计中来,以及为建造更好的建筑物做出有创新意义的结构解答。

本书概述构成荷载作用下结构性能的物理学原理,其主要目的不但是传授结构分析的方法,更是为了探索这些结构分析方法在建筑结构设计中的作用。正因为这个作用,本书所讨论的题材既包括工程专业课程中的内容,也在一定程度上包括建筑学专业课程中的内容。传统的工程学科分支间难以逾越的界限(例如静力学、材料力学),在这里都蓄意加以淡化,因为此处所采用的是一种更为综合的分析方法。

本书分成3篇。第1篇是“结构分析和设计”这个主题在基本概念方面的概述,第2篇为读者引入较多的主要建筑结构构件,并讨论对它们的分析和设计。这部分中的每一章都分成几节,它们:(1)引入所考虑的构件,说明它在建筑物中的作用;(2)定性地(用一种“直观”的方法)讨论构件在荷载作用下的性能;(3)定量地考察构件在荷载作用下的性能;(4)讨论构件设计的方法(不单纯是分析)。第3篇为结构设计所独有的逻辑讨论,它是更广泛的建筑物设计过程中的一个组成部分。本书附录所讨论的是一般结构设计中更为深入的原理。

本书还希望成为学生和教师想要策划他们自己所学、所教课程的主要资源。例如对于那些只需要应用所述主题中严格定性方法的人,他们可能只需阅读第1篇中的第1章,第2篇中每一章的名为“引言”和“一般原理”的节别,以及第3篇的全部内容;因而在这些章节里就要简要提供该领域在设计方面(而不是在分析方面)定性的总的看法。第3篇是为已经具有结构分析方面背景的学生写的,它概括了设计中有用的信息,对这些内容学生都可以独立地进行阅读。

在第1、2和3篇中,都对所分析主题的叙述有一定程度的重复,它使得学生或教师能

够按照他们阅读或使用本书内容的顺序适时地将它们前后结合起来。例如,在第2章中第一次引入的剪力图和弯矩图,在叙述另一结构构件——桁架时再次引入,并把它们和对桁架的分析结合起来。在这里介绍了剪力图和弯矩图的不同表述法;如果需要,教师还可以对它们作多种变化。又如本书著者从一开始就一般性地叙述了剪力图和弯矩图,并将它们作为桁架分析的一部分,然后在讨论对梁的分析和设计以前,在第2章中又对剪力图和弯矩图作更为抽象的展开;其他教师也可以选用各种手段处理所传授的主题材料。本书的撰写具有足够的灵活性,可用于不同的阅读和传授方法。在任何情况下,书中所列内容从头到尾均可作为直接阅读的材料。

当然,本书著者要感谢直接或间接地为本书提供观点和方法的人士。S. 波拉利斯(Spiro Pollalis)教授为协助本书原稿的修订,为筹备学生使用的有例题和案例分析的光盘(CD)贡献了他的宝贵时光和精力。非常感谢哈佛大学设计研究生院(Graduate School of Design at Harvard)的学生多年来将本书所有的材料作为他们的课程内容所做的贡献和无尽的支持。尤其重要的支持来自凯(Kay)、内德(Ned)和B. 斯科台克(Ben Schodek),他们的帮助更为显著。还要感谢本版校阅人、评论人的卓有益处的评论和建议,他们是耶鲁大学的J. W. 埃克斯莱(James W Axley, Yale University)和温特沃斯技术学院的K. G. 本尼迪克特(Kurt G Benedict, Wentworth Institute of Technology)。

D L 斯科台克(Daniel L Schodek)

(美)马萨诸塞州,坎布里奇

目 录

第 1 篇 引导性概念

第 1 章 结构：总览	3
1.1 概述	3
1.2 结构的一般类型	4
1.2.1 基本分类	4
1.2.2 主要结构构件	9
1.2.3 基本结构单元及其集合	12
1.3 分析和设计结构时的基本问题	14
1.3.1 基本的结构现象	14
1.3.2 结构的稳定性	15
1.3.3 构件的受拉、受压、受弯、受剪、受扭和承压：概述	18
1.4 索状结构：拱、缆索及其相关型式	19
1.4.1 基本特征	19
1.4.2 结构性能	22
1.5 其他分类	25
习题	27
第 2 章 力学原理	28
2.1 引言	28
2.2 力和力矩	28
2.2.1 分析的目标和过程	28
2.2.2 力	30
2.2.3 纯量和矢量	30
2.2.4 力的平行四边形	31
2.2.5 力的分解和合成	33
2.2.6 静力等效系统	35
2.2.7 力矩	36

2.3 平衡	39
2.3.1 质点的平衡	39
2.3.2 刚体的平衡	40
2.3.3 作用力和反作用力	42
2.3.4 完整的静力分析	58
2.4 内力和内力矩	60
2.4.1 轴力(拉伸和压缩)	60
2.4.2 剪力和弯矩	61
2.4.3 剪力和弯矩的分布	62
2.4.4 结构中荷载、剪力和弯矩之间的关系	79
2.5 关于应力的概述	81
2.5.1 拉应力和压应力	81
2.5.2 受拉构件的强度	82
2.5.3 容许应力	83
2.6 材料的力学性能	84
2.6.1 引言	84
2.6.2 材料的一般应力-应变特性	84
2.6.3 弹性	85
2.6.4 强度	88
2.6.5 材料的其他性能	89
2.7 受拉和受压构件的变形	90
习题	92
第3章 结构分析和设计概述	96
3.1 分析和设计准则	96
3.2 结构上的荷载	97
3.2.1 引言	97
3.2.2 静力荷载	98
3.2.3 风荷载	102
3.2.4 地震力	105
3.2.5 荷载组合	110
3.3 一般结构分析过程	111
3.3.1 基本步骤	111
3.3.2 模拟结构	112

3.3.3 模拟外荷载	116
习题	131

第2篇 结构构件的分析和设计

第4章 桁架	135
4.1 引言	135
4.2 一般原理	136
4.2.1 三角形	136
4.2.2 杆件中的力：定性分析	137
4.3 桁架分析	140
4.3.1 稳定性	140
4.3.2 构件受力：概述	142
4.3.3 节点平衡	144
4.3.4 截面平衡	153
4.3.5 桁架中的剪力和弯矩	158
4.3.6 超静定桁架	160
4.3.7 特殊受拉构件的使用：缆索	161
4.3.8 空间桁架	162
4.3.9 节点刚度	164
4.3.10 计算机辅助分析方法	164
4.4 桁架设计	166
4.4.1 目标	166
4.4.2 结构外形	166
4.4.3 桁架高度	175
4.4.4 杆件的设计问题	176
4.4.5 平面桁架与三维桁架的比较	181
习题	181
第5章 索结构：缆索和拱	183
5.1 引言	183
5.2 索形的一般原理	183
5.3 缆索结构的分析和设计	186
5.3.1 引言	186

5.3.2 悬索结构:集中荷载	188
5.3.3 悬索结构:均布荷载	193
5.3.4 一般的索方程式	197
5.3.5 缆索的长度	198
5.3.6 风效应	198
5.4 缆索结构的设计	200
5.4.1 简单悬索	200
5.4.2 双层缆索系统	204
5.4.3 斜拉结构	205
5.5 拱的分析和设计	208
5.5.1 砌体拱	208
5.5.2 抛物线形的刚性拱:均布荷载	210
5.5.3 索形拱:集中荷载	211
5.5.4 拱结构的设计	212
5.5.5 三铰拱	215
5.5.6 两铰拱、固定端拱和三铰拱的比较	226
习题	228
第6章 受弯构件:简支梁	229
6.1 引言	229
6.2 一般原理	230
6.2.1 建筑物中的梁	230
6.2.2 基本的应力分布	232
6.3 梁的分析	237
6.3.1 弯曲应力	237
6.3.2 梁的侧向压屈	250
6.3.3 剪应力	252
6.3.4 支承应力	257
6.3.5 扭转	258
6.3.6 剪力中心	260
6.3.7 挠度	261
6.3.8 主应力	264
6.3.9 有限元分析	266
6.4 梁的设计	267

6.4.1	一般设计原理	267
6.4.2	木梁的设计	274
6.4.3	钢梁的设计	278
6.4.4	钢筋混凝土梁:一般性原理	283
6.4.5	钢筋混凝土梁:设计和分析原理	285
6.4.6	钢筋混凝土梁:U. S. 详细设计过程	287
6.4.7	先张和后张预应力	294
习题		298
第7章	受压构件:柱	300
7.1	引言	300
7.2	一般原理	300
7.3	受压构件分析	303
7.3.1	短柱	303
7.3.2	长柱	305
7.4	受压构件的设计	315
7.4.1	一般设计原理	315
7.4.2	柱的尺寸	321
7.4.3	木柱设计	321
7.4.4	钢柱设计	322
7.4.5	钢筋混凝土柱设计	324
习题		325
第8章	连续结构:梁	326
8.1	引言	326
8.2	一般原理	327
8.2.1	刚度	328
8.2.2	力的分布	328
8.3	超静定梁的分析	329
8.3.1	近似和精确分析方法之间的比较	329
8.3.2	近似分析方法	329
8.3.3	构件刚度变化的影响	330
8.3.4	支座沉降的影响	335
8.3.5	部分加载条件的影响	336

8.4 超静定梁的设计	338
8.4.1 引言	338
8.4.2 设计弯矩	339
8.4.3 设计连续梁的形状	340
8.4.4 铰结点的应用	342
8.4.5 控制弯矩的分布	344
8.4.6 钢筋混凝土连续梁	346
习题	347
第9章 连续结构：刚架	348
9.1 引言	348
9.2 一般原理	348
9.3 刚架的计算	351
9.3.1 计算方法	351
9.3.2 梁和柱相对刚度的重要性	358
9.3.3 侧倾	361
9.3.4 支座沉降	362
9.3.5 部分加载条件的影响	363
9.3.6 多层刚架	363
9.3.7 空腹桁架	365
9.4 刚架的设计	367
9.4.1 引言	367
9.4.2 刚架类型的选择	368
9.4.3 设计弯矩	370
9.4.4 刚架的形状	372
9.4.5 构件和连接件的设计	374
9.4.6 一般性考虑	374
习题	375
第10章 网格结构和平板结构	376
10.1 引言	376
10.2 网格结构	377
10.3 平板结构	379
10.3.1 单向平板结构	379

10.3.2 双向平板结构	382
10.4 双向体系设计:平板、网格和空间构架的一般目标	389
10.5 钢筋混凝土板的设计	391
10.6 空间构架结构	399
10.7 折板结构	402
习题	406
第 11 章 膜结构和索网结构	407
11.1 引言	407
11.2 充气结构	408
11.2.1 背景	408
11.2.2 气承式结构	411
11.2.3 充气结构	415
11.2.4 其他考虑	416
11.3 索膜结构的分析和设计	417
11.3.1 曲率	417
11.3.2 支承条件	418
11.3.3 找形	419
11.3.4 材料	420
习题	421
第 12 章 壳体结构	422
12.1 引言	422
12.2 球壳结构	424
12.2.1 引言	424
12.2.2 壳面的薄膜作用	426
12.2.3 球壳中的内力类型	426
12.2.4 球壳内的经向力	428
12.2.5 球壳内的环向力	429
12.2.6 内力的分布	431
12.2.7 集中力	432
12.2.8 支承条件:受拉环梁和受压环梁	432
12.2.9 其他考虑	435
12.3 圆柱形壳体	436

12.4 双曲抛物面壳体	438
习题	440

第3篇 结构设计原理

第13章 结构网格和模式：一般性规划和设计	443
-----------------------------	-----

13.1 引言	443
13.2 普通网格	443
13.3 结构层次的一般性特征	447
13.3.1 单向体系	447
13.3.2 双向体系	449
13.3.3 与屋顶形状的关系	452
13.3.4 结构类型与跨度的关系	453
13.3.5 荷载类型与结构类型的关系	457
13.3.6 集中的结构与分布的结构	458
13.3.7 强制性约束：防火安全要求	458
13.4 设计问题	459
13.4.1 结构与功能空间的关系	459
13.4.2 空间构成的特征	463
13.4.3 单向体系与双向体系：网格几何形状和尺寸的影响	465
13.4.4 局部几何条件的影响	467
13.4.5 改变支承位置	470
13.4.6 不均匀的网格	471
13.4.7 大空间的处理	472
13.4.8 特殊情况的处理	473
13.4.9 结构网格的交汇	478

第14章 结构体系：抵抗侧向荷载的设计	481
---------------------------	-----

14.1 侧向力对结构设计的影响	481
14.1.1 基本设计问题：低矮结构和中等高度结构	481
14.1.2 高层结构	489
14.2 抗震设计的考虑	493
14.2.1 基本原理	493
14.2.2 总体设计和平面考虑	495

14.2.3 抗震结构的主要特征	499
14.2.4 材料	501
14.2.5 刚度因素	501
14.2.6 非结构单元	503
14.2.7 新方法:基础隔离体系和其他技术	504
习题	504
第 15 章 结构体系:构造方法	506
15.1 引言	506
15.2 木结构	507
15.3 钢筋混凝土结构	512
15.4 钢结构	518
15.5 基础和挡土墙	521
习题	524
第 16 章 结构连接	525
16.1 引言	525
16.2 连接接头的基本几何形状	525
16.3 连接件的基本类型	527
16.3.1 螺栓和铆钉	529
16.3.2 焊接接头	532
习题	533
附录	534
A 单位转换	534
B 非汇交力系	534
C 形心	535
D 惯性矩	536
E 梁中的弯曲应力	540
F 梁中的剪切应力	542
G 弯矩-曲率关系	543
H 挠度	545
I 力矩-面积定理:倾角和挠度	546
J 超静定结构的其它分析方法	549

K 受压构件的临界压屈荷载	551
L 基于计算机的分析方法：力法和矩阵位移法	553
M 有限元法	559
N 特性	561
O 典型材料性质	563
名词术语中英文对照	565