

Mc
Graw
Hill
Education

国外高等院校土木建筑类经典教材

结构分析原理

(原第4版)

Fundamentals of
Structural Analysis

[美] Kenneth M. Leet (肯尼思·M. 利特)

Chia-Ming Uang (汪家铭)

Anne M. Gilbert (安妮·M. 吉尔伯特) 著

董军 张大长 彭洋等 译

Mc
Graw
Hill
Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国外高等院校土木建筑类经典教材

结构分析原理

(原第4版)

Fundamentals of
Structural Analysis

[美] Kenneth M. Leet (肯尼思·M. 利特)

Chia-Ming Uang (汪家铭)

Anne M. Gilbert (安妮·M. 吉尔伯特) 著

董军 张大长 彭洋等 译



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

·北京·

Kenneth M. Leet, Chia-Ming Uang, Anne M. Gilbert
Fundamentals of Structural Analysis
ISBN 0-07-340109-9
Copyright © 2011 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.
This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and China Water & Power Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.
Copyright © 2016 by McGraw-Hill Education and China Water & Power Press.
版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。
本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司和中国水利水电出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）销售。
版权© 2016 由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司与中国水利水电出版社所有。
本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。
北京市版权局著作权合同登记号：图字 01-2015-8597

图书在版编目（C I P）数据

结构分析原理：原第4版 / (美) 肯尼思·M. 利特 (Kenneth M. Leet), (美) 汪家铭 (Chia-Ming Uang), (美) 安妮·M. 吉尔伯特 (Anne M. Gilbert) 著；董军等译. — 北京：中国水利水电出版社，2016. 11
书名原文：Fundamentals of Structural Analysis
国外高等院校土木建筑类经典教材
ISBN 978-7-5170-4916-6

I. ①结… II. ①肯… ②汪… ③安… ④董… III. ①土木工程—结构分析—高等学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第280688号

审图号：GS (2016) 2185 号

书 名	国外高等院校土木建筑类经典教材 结构分析原理（原第4版） JIEGOU FENXI YUANLI
原 书 名	Fundamentals of Structural Analysis
原 著	[美] Kenneth M. Leet (肯尼思·M. 利特) Chia-Ming Uang (汪家铭) Anne M. Gilbert (安妮·M. 吉尔伯特)
译 者	董军 张大长 彭洋 等
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 38.75印张 919千字
版 次	2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	150.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

作者介绍

肯尼思·利特 (Kenneth Leet) 是美国东北大学结构工程的一位名誉退休教授。他在麻省理工学院获得了结构工程专业博士学位。作为东北大学的土木工程教授，他给毕业生与非毕业生讲授钢筋混凝土设计、结构分析、基础、板、壳体等课程，以及涉及综合工程设计的顶级课程长达 30 年之久。利特教授于 1992 年获东北大学优秀教学奖。他到东北大学长期任职以前，在费城的德克塞尔 (Drexel) 大学任教达 10 年之久。

除了是《结构分析原理》(第 1 版)的作者，他还是《钢筋混凝土基本原理》的作者。前者最初由麦克米伦 (Macmillan) 出版社于 1988 年出版，后者由麦格劳·希尔 (McGraw-Hill) 出版社于 1982 年出版，现在已经是第 4 版。

在从事教学前，他在陆军工程兵部队担任工程管理工程师，在卡特利特克建设公司 (Catalytic Construction Company) 担任现场工程师，在几家结构工程公司担任结构设计师。同样作为结构顾问服务于数家政府机构和私人公司，包括美国运输部、普若克特-甘布公司 (Procter & Gamble)、特里德里 (Teledyne) 工程服务公司，以及费城、波士顿桥梁部。

作为美国仲裁协会、美国混凝土学会、美国土木工程学会、波士顿土木工程学会的成员，利特教授许多年来积极地参与各种专业学会。

汪家铭 (Chia-Ming Uang) 是加利福尼亚大学圣迭戈分校的结构工程教授。他在台湾大学获土木工程学士学位，在加利福尼亚大学伯克利分校获土木工程硕士学位与博士学位。他的研究领域包括地震分析以及钢结构、复合结构及木结构设计。

汪教授为麦格劳·希尔出版社合著了《钢结构的延性设计》。他于 2004 年获得了加利

福尼亚大学圣迭戈分校的工程教学奖。他是 2001 年美国土木工程学会雷蒙德·C. 瑞斯 (Raymond C. Reese) 研究奖以及 2004 年美国土木工程学会莫依赛弗 (Moisseiff) 奖的获得者，并于 2007 年获美国土木工程学会特殊成就奖。

安妮·M. 吉尔伯特 (Anne M. Gilbert) 注册工程师、结构工程委员会认证工程师，是耶鲁大学建筑学院的兼职助理教授。她是斯皮尔格-查米尼克-沙赫公司 (Spiegel Zamecnik & Shah Inc.) 的资深项目工程师，还是康涅狄格州和华盛顿哥伦比亚特区的注册结构工程师。她在北卡罗来纳大学获得建筑学学士学位，在康涅狄格大学获得土木工程专业硕士学位。她致力于医院、实验室、大学和住宅等建筑物的结构设计，以及高地震烈度区地震作用下结构性能评价及修复。她的工作包括编制施工图和施工管理。她的建筑设计经验包括商业及住宅楼设计，以及都市赤褐色砂石建筑的改造。

前 言

本书为工程与建筑学的学生介绍基本方法，用于分析大部分的结构及构成绝大多数结构的元件，包括梁、框架、拱、桁架、索。尽管作者认为读者已经完成了静力学与材料强度的基本课程，当首次提到它们时，我们会主要回顾一下来自这些课程的基本方法。为了论述清晰，我们通过仔细选择的例子来阐明所介绍的各种分析方法，只要有可能，我们会选择工程实践中的例子。

1. 本书特点

(1) 发展笔记。在这一版的更新中，本书在各章中添加了发展笔记来介绍结构分析方法的成就和发展过程。

(2) 设计荷载的扩展。第2章主要是荷载的综合讨论，包括国家建筑规范ANDI/ASCE 7中规定的恒载与活载、雪荷载、地震荷载与风荷载。该内容的目的是让学生对如何确定多层结构、桥梁以及其他结构的设计荷载有一些基本的理解。

(3) 新的课外作业。大部分的问题都是新的或修订版（均有公制单位和美国惯用单位），大部分是实践中遇到的典型问题。更多的选择使得老师能根据不同的班级或重点选择适宜的问题。

(4) 计算机问题与应用。本版书有一些新的计算机问题，使读者能更深入地了解桁架、框架、拱和其他结构形式的结构行为。这些精心设计的问题

解释了重要的结构行为，过去，经验丰富的设计师需要多年的实践认识来理解和正确分析。计算机问题可以通过计算机屏幕的图标来辨识，开始于正文第4章。读者可以在关于本书的网站上，使用商业软件 RISA-2D 的教育版解决电脑问题。然而，任何软件，只要能够产生变形图、剪切图、弯矩图和轴向载荷图都可以用来解决问题。在关于本书的网站上可以看到 RISA-2D 的概述和软件作者写的使用教程。

(5) 改善例题的布局。例题的全部内容都被展示在一个页面内或两个对开的页面里，这样学生可以不用翻页就能看到完整的问题。

(6) 广义刚度方法讨论的扩展。关于广义刚度方法扩展的第16章，提供了更加清楚的从经典分析方法向计算机分析矩阵法的转变，矩阵法将在第17与18章中论述。

(7) 更加实际、全面绘制的插图。文中的图片提供了实际结构元件，使学生能更加清晰地理解设计师是如何模拟节点与边界条件的。补充的图片说明了一些建筑物与桥梁中的失效的例子。

(8) 仔细检查问题答案的正确性。作者已经对问题的答案做了大量的检查，如果读者发现任何歧义或错误，作者会十分感激。更正意见可以发送给汪家铭教授 (cmu@ucsd.edu)。

(9) 关于本书的网站。本书具体的网站为 www.mhhe.com/leet。网站提供了一系列工具，其中包括演讲幻灯片、本书的图片库、有用的网页链接以及 RISA-2D 软件教育版。

(10) 引导机制。引导机制是为一些对于将三维效果和使用引导机制辅助讲座感兴趣的导师设计的网站。该网站由麦格劳·希尔工程团队与美国西点军校土木与机械学院合作开发，不但能够详细指导如何通过从实验室或当地的硬件店里获得的材料构建三维工具，而且提供了一个教育者可以分享想法、交流实践、展示原创作品的平台。访问 www.handsonmechanics.com 获取更多信息。

2. 各章的内容与顺序

为了帮助学生学习分析方法，我们在本书中给出的主题都经过精心排序。另外，我们为处于工程教育入门水平的学生给出了解释，这些解释都是基于作者多年的教学分析经验。

第1章给出了结构工程（从最早的立柱与过梁结构到今天的高层建筑和索桥）的历史回顾，解释了分析与设计的相互关系。也描述了基本结构的本质特征，具体到它们的优点与缺点。

第2章关于荷载在前文中提到（见本书的特点）。

第3~5章涵盖了确定桁架的杆力、梁与框架的剪力及弯矩所需的基本技术。这些章节中的方法将用来解决本书其余部分的习题。

第6、7章使拱与索的性能相互关联，涵盖了它们的特殊性质（能承受很大的直接应力和有效地利用材料）。

第8章涵盖了确定静定结构中梁、框架或桁架中杆件达到最大内力时活荷载的位置。

第9、10章提供了计算结构挠度的方法，校验结构是否过柔，运用位移协调法分析超静定结构。

第11~13章介绍了几种分析超静定结构的经典方法。尽管现在大部分复杂的超静定结构都由计算机分析，用某种传统方法（例如弯矩分配法）估计高度超静定梁与框架的内力来建立计算机分析构件时的初始条件是很有用的。

第14章延伸了第8章中采用影响线方法分析超静定结构的方法。工程师们运用这两章中的方法设计桥梁或其他结构，它们承受移动荷载或是在结构上位置发生变化的活荷载。

第15章给出了用来估计高度超静定结构中给定位置内力的近似分析方法。工程师们可运用这些方法检验计算机分析或是核对前面几章中描述的更加传统、冗长的手算分析。

第16~18章介绍了矩阵分析方法。第16章延伸了适用于各种简单结构的广义刚度方法。刚度矩阵法适用于桁架的分析（第17章）、梁与框架的分析（第18章）。

致 谢

作为资深作者，我要感谢我妻子朱迪斯·立特（Judith Leet）长时间的校订与超过 40 年的支持，在此深深地感谢她的帮助。

我要深深地感谢理查德·斯克兰顿（Richard Scranton）、绍尔·纳梅特（Saul Namyet）、罗伯特·泰勒（Robert Taylor）玛里琳·舍夫勒（Marilyn Scheffler）为本书第 1 版提供的帮助，以及丹尼斯·伯纳尔（Dennis Bernal）撰写的第 18 章，他们都来自于东北大学。

感谢下列人员对本书第 1 版的帮助：麦格劳·希尔公司的艾米·希尔（Amy Hill）、格洛丽亚·席斯尔（Gloria Schiesl）、埃里克·芒森（Eric Munson）、帕蒂·斯科特（Patti Scott）以及利基纳出版服务社的杰夫·利基纳（Jeff Lichina）。

感谢下列人员对本书第 2、3 版的帮助：麦格劳·希尔公司的阿曼达·格林（Amanda Green）、苏桑·琼斯（Suzanne Jeans）、简·摩尔（Jane Mohr）、格洛丽亚·席斯尔（Gloria Schiesl），RPK 编辑服务公司的露丝·克南（Rose Kernan），以及第 2 版的编辑帕蒂·斯科特（Patti Scott）。

感谢下列人员对第 4 版的帮助：麦格劳·希尔公司的黛布拉·哈矢（Debra Hash）、彼得·玛莎（Petter Massar）、洛林·布斯克（Lorraine Buczek）、乔伊·沃特斯（Joyce Watters）以及罗宾·里德（Robin Reed），RPK 编辑服务公司的露丝·克南（Rose Kernan）。

我们还要感谢 RISA 技术部的布鲁斯巴特 (Bruce R. Bates) 提供的 RISA-2D 教育版计算机程序多种结果显示选项, 以及金东武 (Dong-Won Kim) 先生协助准备了第 4 版的答案。

我们也要感谢本版的下列审阅者, 他们提出了许多有价值的评论和建议, 他们是: 华盛顿州立大学的威廉·科夫 (William Cofer), 科罗拉多大学波尔得分校的罗斯·B. 克罗提斯 (Ross B. Corotis), 伦斯勒理工学院的詹卢卡·库萨提斯 (Gianluca Cusatis), 圣地亚哥州立大学的罗伯特·K. 道威尔 (Robert K. Dowell), 爱荷华州立大学的福阿德·范那思 (Fouad Fanous), 英属哥伦比亚大学的泰耶·豪卡斯 (Terje Haukaas), 密歇根理工大学的李越 (Yue Li), 俄勒冈州立大学的托马斯·米勒 (Thomas Miller)。

肯尼思·立特 (Kenneth Leet)

东北大学名誉教授

汪家铭 (Chia-Ming Uang)

加利福尼亚大学圣迭戈分校教授

安妮·M. 吉尔伯特 (Anne M. Gilbert)

耶鲁大学兼职助理教授

目 录

作者介绍

前言

致谢

第 1 章 绪论	2
1.1 内容概要	2
1.2 设计步骤：分析与设计的关系	3
1.3 强度与适用性	4
1.4 结构体系的发展历史	5
1.5 基本结构构件	7
1.6 组装基本构件形成稳定的结构体系	14
1.7 计算机分析	16
1.8 计算准备	17
总结	17
第 2 章 设计荷载	20
2.1 建筑与设计规范	20
2.2 荷载	21
2.3 恒载	21
2.4 活载	26
2.5 雪荷载	31
2.6 风荷载	32

2.7	地震荷载	45
2.8	其他荷载	48
2.9	荷载组合	48
	总结	50
	习题	50
第3章	结构静力学——反力	56
3.1	引言	56
3.2	力	57
3.3	支座	62
3.4	结构的理想化	65
3.5	隔离体图	66
3.6	静力平衡方程	68
3.7	条件方程	72
3.8	约束反力对结构稳定性和静定性的影响	74
3.9	结构分类	80
3.10	静定结构和超静定结构的对比	83
	总结	85
	习题	85
第4章	桁架	95
4.1	引言	95
4.2	桁架的种类	98
4.3	桁架分析	99
4.4	结点法	100
4.5	零杆	102
4.6	截面法	103
4.7	静定和几何不变	109
4.8	桁架的计算机分析	113
	总结	116
	习题	116
第5章	梁和框架	130
5.1	引言	130
5.2	本章范围	134
5.3	剪力和弯矩公式	135
5.4	剪力和弯矩曲线	141
5.5	叠加原理	154
5.6	绘制梁或框架的弯曲形状简图	157
5.7	超静定次数	161

总结	165
习题	165
第 6 章 索	177
6.1 引言	177
6.2 索的性质	178
6.3 索内力的变化	179
6.4 重力(竖向)荷载作用下的索分析	179
6.5 广义索定理	181
6.6 建造索状拱	183
总结	185
习题	186
第 7 章 拱	191
7.1 引言	191
7.2 拱的种类	191
7.3 三铰拱	193
7.4 均布荷载作用下的索状拱	195
总结	198
习题	198
第 8 章 活荷载: 静定结构的影响线	204
8.1 引言	204
8.2 影响线	204
8.3 影响线的绘制	205
8.4 米勒-布瑞斯劳原理	211
8.5 影响线的使用	214
8.6 支承楼板系统的主梁的影响线	216
8.7 桁架的影响线	221
8.8 公路和铁路桥梁上的活荷载	225
8.9 增-减法	228
8.10 活荷载产生的绝对值最大的弯矩	231
8.11 最大剪力	234
总结	235
习题	235
第 9 章 梁和框架的挠度	245
9.1 引言	245
9.2 双重积分法	246
9.3 弯矩-面积法	251
9.4 弹性荷载法	265

9.5 共轭梁法	269
9.6 梁的辅助设计	275
总结	277
习题	278
第 10 章 功-能法计算位移	288
10.1 引言	288
10.2 功	289
10.3 应变能	291
10.4 功-能法计算位移 (实功法)	293
10.5 虚功法: 桁架	294
10.6 虚功法: 梁和框架	305
10.7 有限求和法	314
10.8 伯努利虚位移原理	316
10.9 麦克斯韦尔-贝蒂位移互等定理	318
总结	321
习题	322
第 11 章 利用柔度法分析超静定结构	332
11.1 引言	332
11.2 多余约束的概念	333
11.3 柔度法的基本原理	333
11.4 柔度法的另一种见解 (闭合间隙)	337
11.5 利用内部释放进行分析	344
11.6 支座沉降、温度变化和制作误差	349
11.7 多次超静定结构的分析	352
11.8 弹性支承梁	358
总结	360
习题	360
第 12 章 超静定梁与框架的转角位移法分析	368
12.1 引言	368
12.2 转角位移法实例	368
12.3 转角位移方程的推导	370
12.4 运用转角位移法的结构分析	374
12.5 有侧移结构分析	385
12.6 机动不定性	392
总结	392
习题	393

第 13 章	弯矩分配法	400
13.1	引言	400
13.2	弯矩分配法的建立	401
13.3	节点无平移的弯矩分配法概述	405
13.4	梁的弯矩分配	405
13.5	杆件刚度修正	410
13.6	有侧移框架的分析	420
13.7	一般荷载作用下无支撑框架的分析	423
13.8	多层框架的分析	427
13.9	非棱柱状杆件	428
	总结	438
	习题	438
第 14 章	超静定结构：影响线	445
14.1	引言	445
14.2	运用弯矩分配法绘制影响线	446
14.3	米勒-布瑞斯劳原理	448
14.4	梁的定性的影响线	450
14.5	确定多层建筑最大内力的活荷载形式	455
	总结	463
	习题	463
第 15 章	超静定结构的近似分析	467
15.1	引言	467
15.2	重力荷载作用下连续梁的近似分析	468
15.3	竖向荷载作用下的刚性框架的近似分析	473
15.4	连续桁架的近似分析	476
15.5	估算桁架的挠度	480
15.6	带交叉斜腹杆的桁架	481
15.7	重力荷载作用下多层刚性框架的近似分析	483
15.8	水平荷载作用下无支撑框架的分析	490
15.9	门架法	493
15.10	悬臂梁法	498
	总结	503
	习题	504
第 16 章	广义刚度法概述	510
16.1	引言	510
16.2	柔度法和刚度法的比较	511
16.3	用广义刚度法分析超静定结构	514

总结	523
习题	523
第 17 章 桁架矩阵分析的直接刚度法	527
17.1 引言	527
17.2 单元刚度矩阵和整体刚度矩阵	531
17.3 局部坐标系下的单元刚度矩阵	531
17.4 整体刚度矩阵的集成	532
17.5 直接刚度法的求解	535
17.6 斜杆的单元刚度矩阵	537
17.7 单元刚度矩阵的坐标变换	545
总结	546
习题	546
第 18 章 梁和框架矩阵分析的直接刚度法	549
18.1 引言	549
18.2 整体刚度矩阵	551
18.3 受弯构件的 2×2 单元转动刚度矩阵	551
18.4 局部坐标系下的 4×4 单元刚度矩阵	558
18.5 局部坐标系下的 6×6 单元刚度矩阵	567
18.6 整体坐标系下的 6×6 单元刚度矩阵	576
18.7 集成整体刚度矩阵——直接刚度法	578
总结	579
习题	580
附录 A 术语	582
附录 B 奇数习题答案	585
附录 C 照片许可	597
附录 D	598
译后记	602



布鲁克林大桥

布鲁克林大桥于 1883 年花费 900 万美元建成开放，它被喻为“世界第八大奇迹”。在东河水面上空 135ft（英尺）处两塔之间的中心跨度接近 1600ft。该桥的设计部分来自工程判断，部分来自计算，它能够承受超过原设计 3 倍的荷载。巨大的砖石塔按计划支承在平面尺寸为 102ft×168ft 的气压沉箱上。1872 年工程主管华盛顿·A. 罗伯林（Washington A. Roebling）上校在监督其中一个暗墩建设时由于沉箱病而导致瘫痪。虽然终生残疾，但他在妻子和工程人员的帮助下，躺在床上指导了工程的剩余部分。