

**A First  
Course  
in  
Mathematical  
Modeling**  
(Fourth Edition)

# 数学建模

Frank R. Giordano  
(美) William P. Fox 著  
Steven B. Horton  
Maurice D. Weir

(原书第4版)

叶其孝 姜启源 等译



机械工业出版社  
China Machine Press

# A First Course in Mathematical Modeling

(Fourth Edition)

# 数学建模

Frank R. Giordano

(美) William P. Fox  
Steven B. Horton

著

(原书第4版)

Maurice D. Weir

叶其孝 姜启源 等译



机械工业出版社  
China Machine Press

本书介绍数学建模的基本思想和方法，共分两大部分：离散建模和连续建模。第4版增加了图论建模的一章，并更新了部分章节。

本书对于用到的数学知识力求深入浅出，涉及的应用领域相当广泛，适合作为高等院校相关专业的数学建模教材和参考书，也可作为参加国内外数学建模竞赛的指导用书。

Frank R. Giordano, William P. Fox, Steven B. Horton, and Maurice D. Weir: A First Course in Mathematical Modeling, Fourth Edition.

EISBN: 978-0-495-01159-0.

Copyright © 2009, 2003 Brooks/Cole, Cengage Learning.

Original edition published by Cengage Learning. All rights reserved.

本书原版由圣智学习出版公司出版。版权所有，盗印必究。

China Machine Press is authorized by Cengage Learning to publish and distribute exclusively this simplified Chinese edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由圣智学习出版公司授权机械工业出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内（不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾）销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Cengage Learning Asia Pte. Ltd.

5 Shenton Way, #01-01 UIC Buildings, Singapore 068808

本书封面贴有 Cengage Learning 防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2009-4018

图书在版编目 (CIP) 数据

数学建模 (原书第4版) / (美) 吉奥丹诺 (Giordano, F. R.) 等著; 叶其孝等译. —北京: 机械工业出版社, 2009. 8

(华章数学译丛)

书名原文: A First Course in Mathematical Modeling, Fourth Edition

ISBN 978-7-111-27729-3

I. 数… II. ①吉… ②叶… III. 数学模型 IV. O141.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 119334 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 迟振春

北京瑞德印刷有限公司印刷

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

186mm×240mm·27.75 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-27729-3

ISBN 978-7-89451-152-2 (光盘)

定价: 69.00 元 (附光盘)

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换  
本社购书热线: (010) 68326294

# 译者序

数学建模 (Mathematical Modeling) 是用数学方法解决各种实际问题的桥梁, 随着计算机的发明和计算机技术的飞速发展, 数学的应用日益广泛, 数学建模的作用越来越重要, 而且已经渗透到各种领域. 可以毫不夸张地说, 数学和数学建模无处不在. 甚至报刊中也越来越多地出现数学建模、建模和数学模型这样的术语 (包括它们的英文名称 Mathematical Modeling、Modeling 和 Mathematical Model), 它们正在成为人们日常生活和语言交流中常见的术语.

纵观历史, 任何成功的技术必定会受到教育领域的重视, 特别是高等教育更应该与时俱进, 及时反映社会发展的需要. 近年来符号和模型的作用已经成为数学教育所关注的中心议题, 世界各国越来越多的大学 (甚至中学) 开设了数学建模的必修或选修课. 数学教育界的一些有识之士认为, 应该尽早地让学生学习并初步掌握数学建模的思想和方法, 而且正在努力身体力行. 实际上, 这样做不仅有利于培养学生解决实际问题的能力和创新精神, 而且会使学生对数学有更深入的理解, 从而增强学习数学的兴趣和主动性, 其结果必然是大大增强面对 21 世纪严峻挑战的竞争力.

在我国, 从 20 世纪 80 年代初开始就有一些大学开设数学建模课程. 20 世纪 90 年代初开始举办的全国大学生数学建模竞赛更是取得了极大的成果, 并推动了我国的数学教育改革. 我国数学教育界越来越多的人士也在研究如何尽早地让学生接触到数学建模的思想和方法. 在教育部的领导下, 由全国大学生数学建模竞赛组委会组织和实施的研究课题“将数学建模思想和方法融入大学数学主干课程教学中的研究与试验”正是这种努力的一部分. 然而, 要卓有成效地实现尽早地让学生学习并初步掌握数学建模的思想和方法, 必须真正做到“以学生为中心、教师是关键、领导是保证”. 就教师是关键而言, 如果没有教师自身和集体的钻研和实践, 以及结合学生实际情况的因材施教, 也不可能完成上述任务.

我们翻译的这本书反映了美国几位教授在传播数学建模的思想和方法方面所做的努力. 该书第 4 版的四位作者分别为: Frank R. Giordano 教授, 他曾任美国西点军校 (美国军事学院, United States Military Academy) 数学系系主任, 现为美国海军研究生院 (Naval Postgraduate School) 教授, 多年来一直是美国大学生数学建模竞赛 (MCM) 的主要组织者, 也是美国大学生数学建模竞赛组委会的主任; William P. Fox 教授, 他也曾在美国西点军校任教, 现为美国海军研究生院教授, 他是美国中学生数学建模竞赛 (HiMCM, 即由 COMAP 于 1999 年开始组织的美国中学生数学建模竞赛) 组委会的主任; Steven B. Horton, 他是美国西点军校的教授; Maurice D. Weir, 他是美国海军研究生院荣誉退休教授, 曾任该校副教务长. 四位作者在应用数学研究、数学建模和微积分的教学方面富有经验并著有多部广受欢迎的教材.

本书可以作为我国从事数学建模教学的教师学习和钻研的素材。由于本书对于用到的数学知识力求深入浅出，涉及的应用领域又相当广，因此也适合作为各类高校数学教师的教学参考书和学生的课外读物或参加大学生数学建模竞赛的培训教材。

本书由以下几位教授共同翻译：前言、所附光盘的内容以及第 1、2、8 章和附录 D 由叶其孝翻译，第 3、4 章由孙山泽翻译，第 5、6 章和附录 A、B 由姜启源翻译，第 7、13 章和附录 C 由谢金星翻译，第 9、10 章由王强翻译，第 11、12 章由唐云翻译。叶其孝通校了全部译文。

感谢机械工业出版社华章分社在引进本书以及编辑、出版过程中所做的努力，使广大读者及时得到本书的中译本。

译 者

2009 年 4 月于北京



# 前 言

为及早向学生传授建模的知识，本教材的第1版是为了在讲授商业或工程微积分基础课程的同时或紧随其后开设数学建模课而构思设计的。在第2版中，我们加进了讨论离散动力系统、线性规划和数值搜索法以及概率建模入门等内容。此外，我们扩写了有关模拟（仿真）引论这一节。在第3版中，我们把某些简单动力系统的求解方法列入本书以揭示解的长期行为。我们在利用微分方程进行建模这一章中加进了基本的数值解法。在本版（第4版）中，我们增加了讨论图论建模的新的章节。图论是逐渐受到关注的对当代可能发生问题的建模进行深入研究的一个领域。本章试图从数学建模的角度来介绍图论并鼓励学生对图论进行更深入的学习。我们还在用微分方程建模这一章中增加了新的两节：有关分离变量和线性方程的讨论。本书的许多读者表达了如下的愿望：应该将一阶微分方程的解析解作为学习数学建模课程的一部分包含在教材中。本教材重新组织为两大部分：第一部分离散建模（第1~9章），第二部分连续建模（第10~13章）。采用这种组织结构，可以在不要求用微积分的第一部分的基础上教授完整的建模课程。第二部分讨论基于最优化和微分方程的连续建模，可以和大学一年级的微积分课程同时讲授。本教材涉及数学建模过程中的所有阶段。本教材所附的光盘包括了软件、额外的建模情景和研究课题，以及和美国大学生数学建模竞赛（Mathematical Contest in Modeling, MCM）过去赛题的链接。我们要感谢 Sol Garfunkel 和数学及其应用联合会（Consortium for Mathematics and its Applications, COMAP）的职员为制作光盘所做的工作以及对本前言后面标题为“教学资源”部分中提及的建模活动的支持。

## 目标和定位

本课程一直是学习数学和应用数学之间的桥梁。本书向学生提供了在学习数学的早期就了解应用问题的各部分是怎样捏合在一起的机会，包含大量数学科学、运筹学、工程、管理和生命科学等许多学术领域中常见的有意义和实际的问题。

本教材介绍完整的建模过程，使学生实践以下数学建模的各个方面并能增强解决问题的能力：

1. 创造性和经验模型的构建：给定一种现实情景，学习识别问题、做出假设和收集数据、提出模型、测试假设、必要时精炼模型、在情况适宜时看看模型和数据是否一致，以及分析模型的基本数学结构以评价并不完全精确地满足假设时对结论的敏感性。

2. 模型分析：给定一个模型，学会反向推理以揭示那些不一定是显式表示的基本假设，审慎严谨地评估这些假设和手头要处理的情景相符合的程度，并估计不完全精确地满足假设时对结论的敏感性。

3. 模型研究：学生要研究一个特定的领域以获得对某些行为（性态）的更深入理解，并学会使用早已创建或早已知晓的模型和知识。

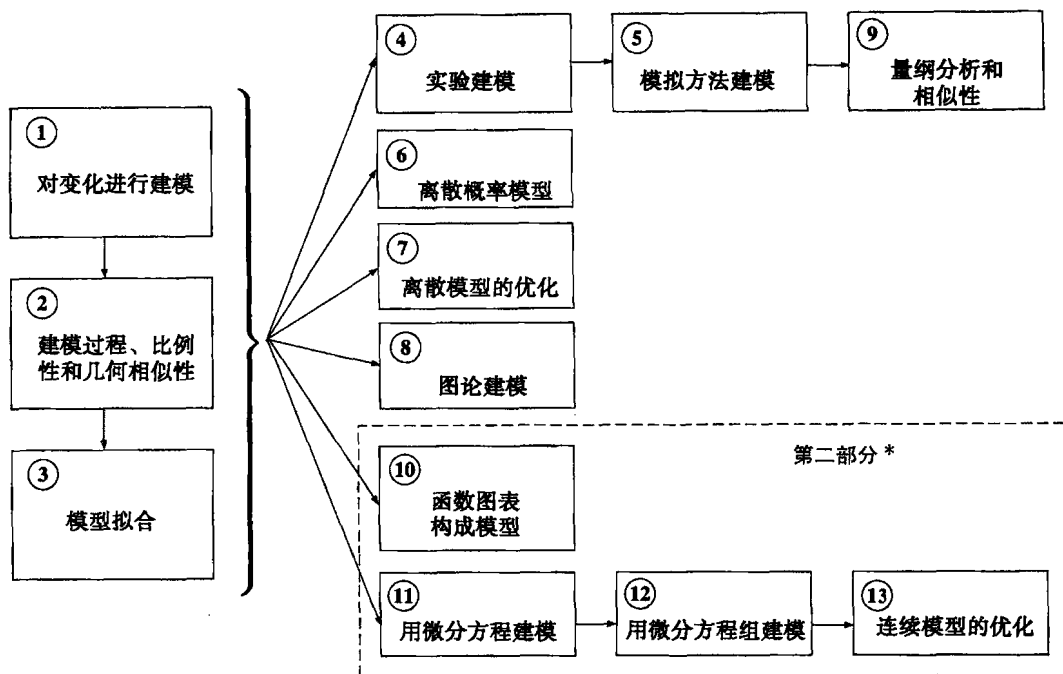
### 对学生基础知识的要求和课程内容

因为我们的愿望是尽可能早地在课程中向学生传授建模的经验，所以仅在学习第 10、11 和 12 章时需要学生对一元微积分有基本的了解。尽管在建模过程的组成部分中也要教某些不熟悉的数学概念和思想，但重点是应用中学毕业生早已了解的数学知识。第一部分尤其如此。建模课程将激励学生去学习诸如线性代数、微分方程、最优化和线性规划、数值分析、概率论和统计学这样的更高级的课程。这些课程的作用在全书中都做了提示。

此外，本教材中的情景和习题不是作为特定数学方法的应用而设计的。这些情景和习题要求学生具有创造性智慧，能运用基本概念去求得没有确定答案的问题的合理解决方案。本教材没有详细讲解某些数学方法（例如，蒙特卡罗模拟、曲线拟合和量纲分析），因为它们常常不是大学教材的正式内容。教师应该发现本教材在通过习题和研究课题来满足学生的特殊需要而改编教材方面有很大的灵活性。我们用本书既教过本科生的课程也教过研究生的课程，甚至用作教师讨论班的基本内容。

### 本教材的内容组织

借助于图 1 能最好地了解本教材的内容组织。前九章组成第一部分，只要求预微积分 (pre-calculus)<sup>⊖</sup> 课程的数学知识作为必需的预备知识。我们从应用简单的有限差分方程对变化



\*第二部分要求一元微积分作为并修课程。

图 1 章节组织和讲授次序

⊖ 在美国许多学校开设预微积分 (pre-calculus) 课程，作为正式选修微积分课程前的必修课。——译者注

进行建模的思想开始. 对学生来说, 这种方法是相当直观的, 而且为我们提供了若干具体模型来继续支持第 2 章对建模过程的讨论. 我们在第 2 章中对模型进行分类、分析建模过程以及构建在后两章中要再讨论的若干比例模型或子模型. 第 3 章向学生讲述用特殊类型的曲线去拟合所收集数据集的三个准则, 重点是最小二乘准则. 第 4 章讨论怎样抓住所收集到的数据集的趋势. 在这种经验模型的构建过程中, 我们从用简单的单项式模型去近似地拟合所收集到的数据集开始, 并逐渐过渡到更为复杂的插值模型, 包括多项式光滑模型和三次样条模型. 第 5 章讨论了模拟模型. 用一个经验模型来拟合某些收集到的数据, 然后用蒙特卡罗模拟来复制所考察的行为或性态. 这种讲述方式最终促进了对概率论和统计学的学习.

第 6 章提供了概率建模的一个引论, 在前面讲过的情景和分析的基础上介绍了马尔可夫过程、可靠性以及线性回归等论题. 第 7 章利用第 3 章提出的另外两个准则讲述了寻求最优拟合模型的问题. 线性规划是用准则之一来寻求“最优”模型的方法, 数值搜索方法可以作为另一个准则. 最后介绍包括二分法和黄金分割法在内的数值搜索方法. 第一部分的最后一章——第 9 章, 专讲在物理和工程中极其重要的论题——量纲分析.

第二部分用来学习连续模型. 第 10 章讨论连续图形模型的构建, 探究所构建模型的敏感性, 这些模型构建在假设的基础上. 在第 11 和 12 章中我们对动态的(随时间变化的)情景进行建模. 这两章是建立在第 1 章讲述的离散分析的基础上的, 但现在考虑的是时间连续变化的情景. 第 13 章专讲连续优化. 学生有机会来求解只用到初等微积分的连续优化问题, 该章还介绍了约束优化问题.

### 学生研究课题

学生研究课题是任何建模课程必不可少的组成部分. 本教材包括了创造性模型和经验模型的构建、模型分析和模型研究方面的研究课题. 因此我们建议将包括数学建模所有三个方面的研究课题组合构成一门课程. 如果研究课题提出的情景没有唯一解, 那么这些课题就是最有启发性的. 某些研究课题用到真实的数据, 这些数据或者是提供给学生的, 或者是学生不难收集到的. 把个人和小组的研究课题结合起来也是很重要的. 在教师希望开发学生的个人建模技巧时, 采用个人研究课题是很合适的. 在课程的较早阶段, 采用小组研究课题, 将给学生一次“合力攻关”聚会的非常兴奋、激动的经验. 本教材推荐了多种多样的研究课题, 诸如构建各种情景的模型, 完成 UMAP 的教学单元<sup>⊖</sup>, 或研究教材、课堂中作为例子讲述的模型等. 对于每个学生来说, 在整个课程中接受模型构建、模型分析或模型研究的多样性研究课题的组合并建立起信心是重要的. 学生也可能会选择一个特别感兴趣的情景研制模型, 或分析在另一门课程中的模型. 在典型的建模课程中我们推荐 5 到 8 个短小的研究课题.

⊖ 由 COMAP 公司研发和销售分发的 UMAP 教学单元 (Module). UMAP 是 Undergraduate Mathematics and Its Applications (数学及其应用) 的缩写, 同时也是一本在美国大学数学教学方面很有影响的季刊《The Journal of Undergraduate Mathematics and Its Applications》的缩写, 该刊每年第三期刊登一年一度的美国大学生数学建模竞赛 (Mathematical Contest in Modeling, MCM) 和跨学科建模竞赛 (Interdisciplinary Contest in Modeling, ICM) 的总结、优秀论文和对优秀论文的评述. Module 是模块的意思, 但在教学中它还有如下的意思: A unit of education or instruction with a relatively high teacher-to-student ratio, in which a single topic or a small section of a broad topic is studied for a given period of time (一种有相当高师生比的教育或教授单元, 其中的单个论题或一个大论题的小部分在给定阶段的时间内学习). ——译者注



就指派本教材涉及的情景、家庭作业习题和研究课题的数目而言,我们发现采用精心且完整地研制过的少量研究课题来做,效果会更好.为了能在更大范围内选择许多应用领域中的问题,我们还提供了比可以合理指派的习题和研究课题更多的习题和研究课题.

### 教学资源

我们发现 COMAP 提供的资料非常好,特别适用于我们建议的课程.大学生课堂上适用的单个教学单元(即 UMAP 教学单元)可以以多种方式使用.首先,它们可以用于某些课堂教学的教学素材.学生可以通过做教学单元中的习题来自学该教学单元(可以很方便地去掉教学单元提供的详细解答).另一种方式就是采用本教材“研究课题”小节中建议的一个或多个 UMAP 教学单元把一组教学内容捏合在一起.这些教学单元也提供了“模型研究”极好的原始资料,因为它们覆盖了数学在众多领域中的广泛应用.这样做时,可以提供给学生一个适当的教学单元进行研究,要求学生完成该教学单元并做出报告.最后,这些教学单元都是学生进行模型构建研究的极好的情景资源.这样做时,教师可以基于某个特定的教学单元所处理的应用问题给学生写一个情景并利用该教学单元作为背景材料,或要求学生在稍后一些日子里完成该教学单元.本教材所附的光盘包括教材中提及的大多数 UMAP 教学单元.想获得新开发的跨学科课题的有关信息,可以写信给 COMAP,地址是 57 Bedford Street, Suite 210, Lexington, MA 02173,或打电话 1-800-772-6627 给 COMAP,或发电子邮件给 [order@comap.com](mailto:order@comap.com).

学生小组研究课题的主要来源就是美国大学生数学建模竞赛(MCM)和跨学科建模竞赛(Interdisciplinary Contest in Modeling, ICM).可以通过光盘提供的链接来获得这些课题,为了适合所教班级的特定目标,教师要做一些修改.这些研究课题也是培训拟参加 MCM 和 ICM 的参赛队的极好资源,当前这两个竞赛是在美国国家安全局(National Security Agency, NSA)、美国工业与应用数学学会(Society for Industrial and Applied Mathematics, SIAM)、美国运筹学和管理科学学会(Institute for Operations Research and the Management Sciences, IORMS)以及美国数学协会(Mathematical Association of America, MAA)的资助下由 COMAP 主办的.有关竞赛的更多信息可以和 COMAP 联系或访问他们的网站 [www.comap.com](http://www.comap.com).

### 技术的作用

技术是使用本教材来做数学建模的一个不可缺少的部分.技术可以用来支持所有章节中的模型求解.我们决定把各种技术的使用包括在所附的光盘中,而不是把各种各样的技术直接纳入到教材里模型的解释中去.在光盘中,学生可以找到用 Microsoft<sup>®</sup>、Excel<sup>®</sup>、Maple<sup>®</sup>、Mathematica<sup>®</sup> 以及德州仪器公司生产的包括 TI-83 和 84 系列在内的图形计算器写的样板程序.

我们在以下课题(用 Maple 的指令和编程方法可以很好地支持这些课题)的讨论中解释 Maple 的使用方法:差分方程、比例性、拟合模型(最小二乘法)、经验模型、模拟、线性规划、量纲分析、用微分方程建模、用微分方程组建模以及连续模型的优化.光盘中提供了出现于所提及的各章中的解释性例子的 Maple 活页练习题.

用 Mathematica 来阐述它们在差分方程、比例性、拟合模型(最小二乘法)、经验模型、模拟、线性规划、图论、量纲分析、用微分方程建模、用微分方程组建模以及连续模型的优化中

的使用方法。光盘中提供了有关章节中解释性例子所用到的数学的电子数据表格。

Excel 是一种电子数据表格，用它可以得到数值解，而且可以方便地得到图形。因此，用 Excel 来解释迭代过程和差分方程的图形解。它也可以用作计算和画出以下内容的图形：比例性函数、拟合模型、经验模型（此外，它还可以用来做差分表，构造并画三次样条的图形）、蒙特卡罗模拟、线性规划（有关 Excel 求解器的说明）、用微分方程建模（用欧拉和龙格-库塔方法的数值近似）、用微分方程组建模（数值解）以及离散和连续模型的优化（诸如二分法和黄金分割搜索那样的单变量优化的搜索方法）。

TI 计算器也是一种强有力的技术工具。本教材的许多内容可以用 TI 计算器来完成。我们用差分方程、比例性、拟合模型、经验模型（幂次阶梯和其他变换）、模拟以及微分方程（构造数值解的欧拉方法）来说明 TI 计算器的使用方法。

### 致谢

我们永远感谢在本书的研究和编写过程中给予帮助的每个人。我们特别要感谢（已退休的）Jack M. Pollin 准将和 Carroll Wilde 博士，感谢他们激发了我们教数学建模课程的兴趣以及对我们的支持和指导。我们要感谢许多同事在审阅第 1 版的手稿以及在提出问题和修改意见方面的帮助，他们是 Rickey Kolb、John Kenelly、Robert Schmidt、Stan Leja、Bard Mansager，特别是 Steve Maddox 和 Jim McNulty。

我们还受惠于本教材涉及的许多 UMAP 材料的作者或合作者，他们是 David Cameron、Brindell Horelick、Michael Jaye、Sinan Koont、Stan Leja、Michael Wells 和 Carroll Wilde。此外，我们要感谢 Solomon Garfunkel 以及整个 COMAP 公司的职员在编写本教材的研究课题方面提供的合作，特别要感谢 Roland Cheyney 在制作本教材所附的光盘方面提供的帮助。我们也要感谢 Tom O'Neil 及其学生对光盘的制作所做出的贡献以及在支持建模活动方面的有益建议。我们要感谢 Amy H. Erickson 博士，感谢她对光盘和网站所做出的很多贡献。

我们要感谢以下的评阅人：Stephen Alessandrini、Rutgers-Camden；中佛罗里达大学的 John Cannon；索尔兹伯里州立大学的 Donald Cathcart；埃尔姆赫斯特学院的 Catherine Crawford；加利福尼亚州立大学圣贝纳迪诺分校的 Hajrudin Fejzic；拉维恩大学的 Michael Frantz；拉斐特学院的 Larry Hill；基恩州立大学的 Dick Jardine；方特博恩大学的 Theresa Jeevanjee；科罗拉多西部州立学院的 Andy Keck；克莱顿州立大学的 Aprillya Lanz；佛罗里达国际大学的 Abdelhamid Meziani；圣何塞州立大学的 Ho-Kuen Ng；阿肯色州立大学的 William Paulsen；特洛伊州立大学的 Ken Roblee；阿森斯州立学院的 Todd Smith；马萨诸塞大学的 Alexandros Sopasakis；克拉克森大学的 Ray Toland。

任何一本数学教材的产生都是一个复杂的过程，我们感到特别幸运的是有 Brooks/Cole 出版社高质量和创造性的职员队伍。我们要特别向第 1 版的编辑 Craig Barth、第 2 版的编辑 Gary Ostedt 以及第 3 版的编辑 Gary Ostedt 和 Bob Pirtle 表示感谢。我们要感谢在第 4 版的出版过程中和我们一起工作的 Brooks/Cole 的所有工作人员，特别要感谢策划编辑 Charlie Van Wagner、课题开发编辑 Stacy Green。我们也要感谢 Sara Plank 和 Matrix 产品公司提供的产品服务。

# 光盘内容

## 大学数学应用教学单元

大学数学应用教学单元(The Undergraduate Applications in Mathematics modules, UMAP)是由数学及其应用联合会股份有限公司(Consortium for Mathematics and Its Applications, Inc., COMAP, 电话为 800-772-6627, 网址为 [www.comap.com](http://www.comap.com))研制和生产的. UMAP 特别适合作为我们建议的数学建模课程的补充材料. 以下的 UMAP 都可以作为研究课题、进一步阅读材料或者额外增加的习题, 从所附的光盘中很容易得到它们.

- UMAP 60~62 资源分配(The Distribution of Resources)
- UMAP 67 神经系统的建模(Modeling the Nervous System)
- UMAP 69 羊的消化过程(The Digestive Process of Sheep)
- UMAP 70 遗传学中的选择(Selection in Genetics)
- UMAP 73 流行病学(Epidemics)
- UMAP 74 渗透性示踪法(Tracer Methods in Permeability)
- UMAP 75 范尔德曼模型(Feldman's Model)
- UMAP 208 一般均衡: I(General Equilibrium: I)
- UMAP 211 人的咳嗽(The Human Cough)
- UMAP 232 单种反应物反应动力学(Kinetics of Single-Reactant Reactions)
- UMAP 234 放射性链: 母体及其生产物(Radioactive Chains: Parents and Daughters)
- UMAP 269 蒙特卡罗方法: 随机数字的应用(Monte Carlo: The Use of Random Digits)
- UMAP 270 拉格朗日乘数法: 在经济学中的应用(Lagrange Multipliers: Applications to Economics)
- UMAP 292~293 倾听地球: 可控震源地震学(Listening to the Earth: Controlled Source Seismology)
- UMAP 294 差别定价和消费者剩余(Price Discrimination and Consumer Surplus)
- UMAP 303 计划生育创新技术的扩散(The Diffusion of Innovation in Family Planning)
- UMAP 304 盲目支持者(党羽)的增长 I(Growth of Partisan Support I)
- UMAP 305 盲目支持者(党羽)的增长 II(Growth of Partisan Support II)
- UMAP 308 理查得森军备竞赛模型(The Richardson Arms Race Model)
- UMAP 311 军备竞赛的几何(The Geometry of the Arms Race)
- UMAP 321 借助于最小二乘法准则的曲线拟合(Curve Fitting via the Criterion of Least Squares)
- UMAP 322 差分方程及其应用(Difference Equations with Applications)

- UMAP 327** 调整速率：直接速率(Adjusted Rates: The Direct Rate)
- UMAP 331** 上升-下降(Ascent-Descent)
- UMAP 332** 预算过程 I(The Budgetary Process I)
- UMAP 333** 预算过程 II(The Budgetary Process II)
- UMAP 340** 泊松随机过程(The Poisson Random Process)
- UMAP 341** 微积分中极大-极小理论的 5 个应用(Five Applications of Max-Min Theory from Calculus)
- UMAP 376** 微分、曲线概述和成本(代价)函数(Differentiation, Curve Sketching, and Cost Functions)
- UMAP 453** 二维情形的线性规划：I(Linear Programming in Two Dimensions: I)
- UMAP 454** 二维情形的线性规划：II(Linear Programming in Two Dimensions: II)
- UMAP 468** 变分法及其在力学中的应用(Calculus of Variations with Applications in Mechanics)
- UMAP 506** 汽车方向标和操纵轮子转向之间的关系(The Relationship Between Directional Heading of an Automobile and Steering Wheel Deflection)
- UMAP 517** 拉格朗日乘数法和多级火箭的设计(Lagrange Multipliers and the Design of Multistage Rockets)
- UMAP 518** 寡头卖主垄断的竞争(Oligopolistic Competition)
- UMAP 520** 随机游动：随机过程引论(Random Walks: An Introduction to Stochastic Processes)
- UMAP 522** 无约束优化(Unconstrained Optimization)
- UMAP 526** 量纲分析(Dimensional Analysis)
- UMAP 539** 如果你这样做，我就这样做……个人的阈值和群体行为(I Will If You Will...Individual Threshold and Group Behavior)
- UMAP 551** 生命的节律：经验拟合模型介绍(The Pace of Life: An Introduction to Empirical Model Fitting)
- UMAP 564** 搞清楚量纲(Keeping Dimensions Straight)
- UMAP 590** 随机数(Random Numbers)
- UMAP 610** 鲸鱼和磷虾：一个数学模型(Whales and Krill: A Mathematical Model)
- UMAP 628** 竞争捕猎模型(Competitive Hunter Models)
- UMAP 675** 洛特卡-伏泰勒捕食模型(The Lotka-Volterra Predator-Prey Model)
- UMAP 684** 利用初等矩阵的线性规划(Linear Programming via Elementary Matrices)
- UMAP 709** 血细胞种群模型、动态疾病和混沌(A Blood Cell Population Model, Dynamical Diseases, and Chaos)
- UMAP 737** 几何规划(Geometric Programming)
- UMAP 738** 哈代-维恩伯格均衡(The Hardy-Weinberg Equilibrium)

### 过去的数学建模竞赛试题

过去的数学建模竞赛试题是建模研究课题或者设计一个问题的极好的资料来源。随书光盘中提供了所有竞赛试题：

Mathematical Contest in Modeling(MCM)：1985~2008

Interdisciplinary Contest in Modeling(ICM)：1997~2008

High School Contest in Modeling(HiMCM)：1998~2008

### 充满活力的跨学科应用研究课题(ILAP)

充满活力的跨学科应用研究课题(Interdisciplinary Lively Applications Projects, ILAP)是由数学及其应用联合会股份有限公司(Consortium for Mathematics and Its Applications, Inc., COMAP, 电话为 800-772-6627, 网址为 [www.comap.com](http://www.comap.com).)研制和生产的。ILAP 是与另一个学科作为合作伙伴共同设计的, 既从数学的角度也从另一个学科的角度进行深入的模型研制和分析。我们发现以下 ILAP 特别适合于数学建模课程。

- 汽车资金(Car Financing)
- 警惕氯仿(三氯甲烷 II)(Choloform Alert)
- 饮用水(Drinking Water)
- 电力(Electric Power)
- 森林火灾(Forest Fires)
- 博弈(对策)论(Game Theory)
- 把盐排出去(Getting the Salt Out)
- 保健(Health Care)
- 医疗保险费(Health Insurance Premiums)
- 单足跳环圈(Hopping Hoop)
- 桥梁分析(Bridge Analysis)
- 赠品专款(Lagniappe Fund)
- 湖泊污染(Lake Pollution)
- 发射航天飞机(Launch the Shuttle)
- 环保警察(Pollution Police)
- 岔道和高速公路(Ramps and Freeways)
- 红光和蓝光光盘(Red & Blue CDs)
- 药物中毒(Drug Poisoning)
- 航天飞机(Shuttle)
- 储备鱼塘(Stocking a Fish Pond)
- 幸存的早期美国人(Survival of Early Americans)
- 红绿灯(Traffic Lights)
- 旅游天气预报(Travel Forecasting)
- 预付学费(Tuition Prepayment)

- 机动车尾气(Vehicle Emissions)
- 水的净化(Water Purification)

### 技术和软件

为了使用教材、研究课题和 ILAP 中所讨论的技术手段，数学建模常常需要技术的帮助。我们提供了利用电子表格(Excel)、计算机代数系统(Maple<sup>®</sup>、Mathematica<sup>®</sup>、Matlab<sup>®</sup>)以及图形计算器(TI)等技术的广泛的例子。应用领域包括：

- 差分方程
- 拟合模型
- 经验模型的构建
- 分割的差分表
- 三次样条
- 蒙特卡罗模拟模型
- 离散概率模型
- 可靠性模型
- 线性规划
- 黄金分割搜索
- 常微分方程的欧拉方法
- 常微分方程组的欧拉方法
- 非线性最优化

### 技术实验室

包括在实验室环境下为学生设计的例子和习题。有以下论题：

- 差分方程
- 比例性
- 拟合模型
- 经验模型的构建
- 蒙特卡罗模拟
- 线性规划
- 离散优化搜索方法
- 常微分方程
- 常微分方程组
- 连续优化搜索方法



# 目 录

译者序

前言

光盘内容

第 1 章 对变化进行建模 .....	1	2.3 利用几何相似性进行建模 .....	55
例 1 测试比例性 .....	1	例 1 从不动的云层落下的雨滴 .....	56
1.1 用差分方程对变化进行建模 .....	3	例 2 钓鱼比赛中的建模 .....	57
例 1 储蓄存单 .....	3	例 3 “骇鸟”尺寸的建模 .....	60
例 2 抵押贷款买房 .....	4	2.4 汽车的汽油里程 .....	65
1.2 用差分方程近似描述变化 .....	6	2.5 体重和身高、力量和灵活性 .....	68
例 1 酵母培养物的增长 .....	7	第 3 章 模型拟合 .....	72
例 2 再论酵母培养物的增长 .....	7	3.1 用图形为数据拟合模型 .....	74
例 3 接触性传染病的传播 .....	9	3.2 模型拟合的解析方法 .....	78
例 4 血流中地高辛的衰减 .....	10	3.3 应用最小二乘准则 .....	83
例 5 冷冻物体的加热 .....	10	3.4 选择一个好模型 .....	87
1.3 动力系统的解法 .....	12	例 1 车辆的停止距离 .....	89
例 1 再论储蓄存单 .....	13	第 4 章 实验建模 .....	92
例 2 污水处理 .....	14	4.1 Chesapeake 海湾的收成和其他的	
例 3 地高辛处方 .....	18	单项模型 .....	92
例 4 投资年金 .....	18	例 1 收获蓝鱼 .....	95
例 5 活期储蓄账户 .....	19	例 2 收获蓝蟹 .....	95
例 6 再论投资年金 .....	21	4.2 高阶多项式模型 .....	100
1.4 差分方程组 .....	25	例 1 带式录音机的播放时间 .....	101
例 1 汽车租赁公司 .....	26	4.3 光滑化：低阶多项式模型 .....	106
例 2 特拉法尔加战斗 .....	28	例 1 再论带式录音机的播放时间 .....	106
例 3 竞争猎兽模型——斑点		例 2 再论带式录音机的播放时间 .....	109
猫头鹰和隼 .....	30	例 3 车辆的停止距离 .....	110
例 4 政党的投票趋势 .....	33	例 4 酵母培养物的增长 .....	112
第 2 章 建模过程、比例性和几何		4.4 三阶样条模型 .....	115
相似性 .....	38	例 1 再论车辆的停止距离 .....	119
2.1 数学模型 .....	39	第 5 章 模拟方法建模 .....	125
例 1 车辆的停止距离 .....	43	5.1 确定行为的模拟：曲线下的	
2.2 利用比例性进行建模 .....	47	面积 .....	126
例 1 开普勒第三定律 .....	48	5.2 随机数的生成 .....	129
		5.3 随机行为的模拟 .....	132
		5.4 存储模型：汽油与消费需求 .....	138
		5.5 排队模型 .....	145
		例 1 港口系统 .....	145

例 2 早高峰时间 .....	152	例 2 最大流 .....	232
第 6 章 离散概率模型 .....	154	第 9 章 量纲分析和相似性 .....	234
6.1 离散系统的概率模型 .....	154	9.1 表示为乘积形式的量纲 .....	236
例 1 再论汽车租赁公司 .....	154	例 1 再论单摆 .....	238
例 2 投票趋势 .....	155	例 2 作用在厢式运货车上的风力 .....	240
6.2 部件和系统可靠性建模 .....	158	9.2 量纲分析的步骤 .....	242
例 1 串联系统 .....	158	例 1 雨滴的落地速度 .....	246
例 2 并联系统 .....	159	例 2 再论汽车油耗问题 .....	248
例 3 串并联组合系统 .....	159	9.3 一个阻尼摆 .....	249
6.3 线性回归 .....	161	9.4 解释量纲分析的几个例子 .....	253
例 1 美国黄松 .....	162	例 1 爆炸分析 .....	253
例 2 再论钓鱼比赛 .....	163	例 2 烤火鸡应当烤多久 .....	257
第 7 章 离散模型的优化 .....	166	9.5 相似性 .....	261
7.1 优化建模概述 .....	166	例 1 作用在潜艇上的阻力 .....	262
例 1 确定生产计划方案 .....	167	第 10 章 函数图表构成模型 .....	265
例 2 航天飞机的载货问题 .....	169	10.1 军备竞赛 .....	265
例 3 分段线性函数逼近 .....	169	例 1 民防 .....	271
7.2 线性规划(一): 几何解法 .....	174	例 2 移动发射台 .....	272
例 1 木匠问题 .....	175	例 3 多弹头 .....	273
例 2 数据拟合问题 .....	177	例 4 再论多弹头分导再入运载系统: 弹头计数 .....	273
7.3 线性规划(二): 代数解法 .....	181	10.2 对分阶段军备竞赛建立模型 .....	274
例 1 木匠问题的代数解法 .....	182	10.3 管理不可再生资源: 能源危机 .....	277
7.4 线性规划(三): 单纯形法 .....	184	10.4 税收对于能源危机的影响 .....	280
例 1 再论木匠问题 .....	187	10.5 汽油短缺和税收 .....	284
例 2 使用单纯形表 .....	190	第 11 章 用微分方程建模 .....	287
7.5 线性规划(四): 敏感性分析 .....	191	11.1 人口增长 .....	289
7.6 数值搜索方法 .....	196	11.2 对药剂量开处方 .....	296
例 1 二分搜索方法 .....	198	11.3 再论刹车距离 .....	302
例 2 黄金分割搜索方法 .....	200	11.4 自治微分方程的图形解 .....	304
例 3 再论模型拟合的准则 .....	202	例 1 画相直线及解曲线的草图 .....	305
例 4 工业流程优化 .....	202	例 2 汤的冷却 .....	307
第 8 章 图论建模 .....	205	例 3 再论逻辑斯谛增长 .....	308
8.1 作为模型的图 .....	205	11.5 数值近似方法 .....	309
8.2 图的描述 .....	210	例 1 欧拉法的运用 .....	311
8.3 图模型 .....	212	例 2 再论储蓄存单 .....	312
8.4 利用图模型来解问题 .....	222	11.6 分离变量法 .....	314
例 1 求解最短路径问题 .....	223	例 1 .....	315
例 2 求解最大流问题 .....	225	例 2 .....	316
8.5 与数学规划的联系 .....	230	例 3 .....	317
例 1 顶点覆盖 .....	230		

例 4 .....	317	例 2 军备竞赛的经济方面 .....	352
例 5 .....	317	12.5 微分方程组的欧拉方法 .....	356
例 6 .....	318	例 1 方程组的欧拉方法应用 .....	357
例 7 .....	318	例 2 轨线和解曲线 .....	357
例 8 .....	319	第 13 章 连续模型的优化 .....	361
例 9 再论牛顿冷却定律 .....	319	13.1 库存问题: 送货费用和储存费用	
例 10 再论资源有限的人口增长 .....	320	最小化 .....	362
11.7 线性方程 .....	322	13.2 制造问题: 竞争性产品生产中的利润	
例 1 .....	326	最大化 .....	368
例 2 .....	327	13.3 约束连续优化 .....	372
例 3 .....	327	例 1 石油转运公司 .....	372
例 4 水污染 .....	328	例 2 航天飞机的水箱 .....	374
第 12 章 用微分方程组建模 .....	331	13.4 可再生资源的管理: 渔业 .....	376
12.1 一阶自治微分方程组的图形解 .....	331	附录 A 美国大学生数学建模竞赛试题	
例 1 线性自治微分方程组 .....	332	(1985~2008) .....	383
例 2 非线性自治微分方程组 .....	333	附录 B 电梯问题的模拟算法 .....	411
12.2 竞争捕猎模型 .....	335	附录 C 修正单纯形法 .....	418
12.3 捕食者-食饵模型 .....	341	附录 D 积分方法简要复习 .....	420
12.4 两个军事方面的例子 .....	347	索引 <sup>⊖</sup>	
例 1 Lanchester 战斗模型 .....	347		

⊖ 参见华章网站([www.hzbook.com](http://www.hzbook.com)).——编辑注