

世界数学
精品译丛

现代动力系统 理论导论 (第二卷)

Introduction to the Modern Theory of
Dynamical Systems

□ Anatole Katok
Boris Hasselblatt 著

□ 金成桴 译



高等教育出版社



Introduction to the Modern Theory of
Dynamical Systems

现代动力系统 理论导论 (第二卷)

□ Anatole Katok
Boris Hasselblatt 著

□ 金成桴 译

包含由 Anatole Katok 和 Leonardo Mendoza 撰写的补遗

图字: 01-2016-8992 号

Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems, 1st Edition, by Anatole Katok, Boris Hasselblatt, first published by Cambridge University Press in 1995.

© Cambridge University Press 1995

All rights reserved.

This Simplified Chinese Translation edition consists of two volumes, both are for the People's Republic of China and are published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

This book is the second volume and it is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Cambridge University Press or Higher Education Press Limited Company.

This edition is for sale in the mainland of China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan, and may not be bought for export therefrom.

此版本仅限于中华人民共和国境内(但不允许在中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)销售发行。

图书在版编目(CIP)数据

现代动力系统理论导论. 第二卷 / (美) 卡托克
(Anatole Katok), (美) 哈塞尔布拉特
(Boris Hasselblatt) 著; 金成桴译. -- 北京: 高等
教育出版社, 2017. 7

(世界数学精品译丛)

书名原文: *Introduction to the Modern Theory of
Dynamical Systems*

ISBN 978-7-04-047601-9

I. ①现… II. ①卡… ②哈… ③金… III. ①动力系
统(数学) - 理论 IV. ①O19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 074626 号

策划编辑 李 鹏
责任编辑 李 鹏
责任校对 刁丽丽

责任编辑 李 鹏
责任印制 韩 刚

封面设计 李小璐

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京东君印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 26.75
字 数 510 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>

版 次 2017年 7月第 1 版
印 次 2017年 7月第 1次印刷
定 价 89.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 47601-00

献给 Sveta 和 Kathy

中文版序

非常高兴我们的《现代动力系统理论导论》一书出版了中文版。

中国的数学在最近几十年里无论从数量还是质量上都取得了长足的发展, 动力系统理论是这些发展的最前沿. 中国主要大学的数学系都有许多动力系统研究小组. 许多学生都在学习动力系统, 包括本科生和研究生, 这个数量还在继续增长. 这就非常需要有这方面的中文教科书与参考书.

我们的《动力系统入门教程及最新发展概述》一书于 2009 年由科学出版社出版了中文版. 那本书是针对本科生和硕士研究生水平的数学系学生, 以及相邻学科需要接受这个主题介绍的学生. 本书出现虽然比它早, 但也代表掌握这个主题自然接下来的一步. 它的主要对象包括数学研究生, 以及在分析和几何各个领域做研究工作的数学家. 它也可作为教科书和参考书. 我们也希望《现代动力系统理论导论》中文版的出现有助于建立动力系统这个主题中的中文标准术语, 特别是它的几个新分支中的术语.

我们要深深感谢本书译者金成樛教授. 他为本书的中文翻译和出版付出了大量的精力. 我们非常了解他安排对我们这本不小著作的推荐并翻译成中文是多么的困难, 这项繁重艰巨任务的完成赢得了我们对他的敬佩和感激. 虽然我们不懂中文, 无法从语言学角度判断翻译质量, 但从我们知道并确信其出色的数学精度的时候起, 我们就非常满意. 译者还发现并改正原书相当数量的印刷错误, 那些错误在该书的 5 次印刷中我们没有注意到. 这个中文版还进行了不同的修正和小的改进, 这些积累将在今后英文版印刷中作最后更改.

我们也要感谢高等教育出版社为本书所承担的有关出版的所有工作.

Boris Hasselblatt, Anatole Katok

译者序

动力系统理论一般研究映射和流的大范围结构，主要用来描述依赖于时间的确定性系统在坐标变换下不变的渐近性质。它的发展与数学其他主要学科紧密联系，又广泛应用于其他科学领域，如非线性科学、混沌动力学、统计力学、化学、生物学、传染病学、经济学，甚至社会科学等。过去 40 多年来这个理论经历了持续的发展，是目前发展最快、内容也最丰富的主要数学学科之一。Katok 和 Hasselblatt 的《现代动力系统理论导论》一书是剑桥大学出版社作为数学及其应用百科全书系列第 54 卷于 1995 年正式出版（但它并非是一本动力系统的百科全书！）。该书的出版引起了数学，特别是动力系统专家和其他科学领域人士的高度重视与兴趣，吸引了广大读者，出现供不应求的局面！剑桥大学出版社不得不于 1996—1999 连续 5 年一次次重印。这在数学著作出版史中非常罕见！即使在其他科学领域也是少有的。为了满足广大学生的需要，出版社也从 1997 年开始印刷了大量平装本（尽管本书是一本大部头著作！）。动力系统理论和应用方面的许多世界著名专家也都在国际著名数学期刊上对该书发表高度评价并向大家推荐此书。除了本书封底上的评论之外，还有几位专家的评论，现摘录如下：

R. Devaney 在《数学情报员》(Mathematical Intelligencer) 上评论：“作者对什么是动力系统理论的所有内容有一个明确的想法，该书为满足每个人的口味包含足够多的动力学内容，它是一本一流水平的认真仔细而巧妙的经典汇编，是动力系统这个领域任何一个学者都必须具备的著作。”

K. Schmidt 在《德国数学月刊》(Monatshefte für Mathematik) 上评论：“在动力系统这个主题的全面和可读性方面没有其他更接近的处理，对任何一个工作在动力系统几乎任何方向的人员来说本书是必不可少的，即使专家也会从这

本书中发现有趣的新证明和历史参考资料。”

Richard Swanson 在《SIAM 评论》(SIAM Review) 上评论:“本书末尾的附注是完全的且相当有用. 它对本书相当多的问题提供了提示和解答. 这些问题的类型相对比较简单易懂, 我记得是过去 10—20 年阅读过研究论文的结果……我建议本书作为一本特殊的参考书.”

G. Sorger 在《国际数学新闻》(International Mathematical News) 上评论:“我认为 Katok 和 Hasselblatt 的《现代动力系统理论导论》一书是动力系统理论文献中的一个极其宝贵的资产. 我完全相信可把这本书推荐给任何处理这个理论的教学、科研或应用人员.”

本书的特色到底表现在哪些地方? 纵观全书, 至少在以下几个方面与众不同. 首先, 动力系统的几组例子是按它们性态的复杂程度分批分层次介绍. 第二, 作者以严谨的现代数学理论 (包括传统的泛函分析、拓扑、微分流形理论、测度论, 以及同调论、同伦论、曲面几何等) 全面、广泛、深入、高屋建瓴、综合性地阐述了动力系统各个分支, 如拓扑动力系统、双曲动力系统、符号动力系统、遍历理论、低维动力系统、经典动力学的现代理论, 以及非一致双曲性态的动力系统, 但以光滑动力系统为重点, 并注意对底空间 (如各种曲面) 和有关动力系统 (流与映射) 的各种分类, 等等. 对动力系统上述各个分支的综合性介绍, 体现在探讨它们之间的内在联系, 因此各个分支的内容往往不是集中在一起介绍, 有的内容要等到介绍适当理论和方法以后才能讨论, 如对双曲动力系统的讨论和处理. 对各种方法的介绍与应用, 除了介绍具体方法, 也说明这些方法所用的范围和局限性, 并说明这些方法是来自拓扑、泛函分析、测度论、概率论、微分几何、微分流形、曲面几何, 同调论等数学各个领域. 即使有的在当前还只是处于探索阶段. 特别地, 全书除了重点介绍映射或流的动力系统, 也适当介绍有关群动力系统和代数动力系统. 第三, 本书内容很多, 但不全在同一个水平上, 适合多方面读者需要, 既可作为研究生动力系统课程的教材 (可分多个主题讲授), 如前面 4 章的基础内容, 又可为搞应用的研究人员和专家们参考, 他们可从本书看到许多问题的进展和解决方法的探讨, 并从作者对一些问题的独到见解和新颖思想得到启发和借鉴; 数学其他领域的专家们也可从中了解动力系统考虑的主要问题和需要解决的问题, 可考虑是否从本领域开发一些新方法来解决这些问题, 以推动整个动力系统理论的发展, 以及动力系统与其他学科的联系与综合利用等. 此外, 由于本书是一本自封闭的独立著作, 因此可为有志于学习动力系统理论并努力成为这方面专家的读者提供一本难得的自学用的优秀的一流教材. 该书已成为当今动力系统这个方向最权威的工具书之一. 第四, 本书后面的附注对各章节介绍的有关概念、方法、理论和发展历史以及结果归属等都解释得非常仔细, 使得读者从中得到有关理论的发展的一个全面的了解. 读者在阅读正文过程中可同时

参考这些说明,相信颇有收益.第五,本书还有一个重要特点,是对双曲系统与低维动力系统的处理上,它与其他同类著作不同.对双曲系统,分为局部理论、度量性质与拓扑性质,以及遍历理论等,由于这部分理论比较丰富,这种处理的方法得到业内专家们(如 Takens)的赞赏,认为是这个理论的最好处理方式.低维动力学不是根据相空间的维数,也不是如大多数著作主要介绍一维和二维动力系统,而是将低维动力系统按其复杂程度分为极低维动力系统和低维动力系统.最后,本书内容极其丰富,牵涉面又很广,但好在作者在各章开始都对该章内容有一个简短介绍,而且对有关内容随时都有总结,例如动力系统理论中的各种分类问题,寻找动力系统复杂性的存在无穷多个周期轨道的各种方法,等等,这方面在本书第3部分开始的第10章也有较详细的介绍,它对全书内容还起着承上启下的良好作用.

全书除了引言、附录、附注、练习提示与答案,共分4大部分和一个补遗.第1部分通过动力系统的几个基本例子,详细介绍动力系统的基本概念和研究方法.第2部分主要介绍个别轨道附近的局部分析与轨道结构大范围复杂性之间的联系与相互影响.第3和第4部分深入发展低维动力系统和双曲动力系统.补遗部分主要介绍最近发展的具有非一致双曲性态的动力系统.附录中介绍本书用到的其他较高级的数学理论,包括拓扑、泛函分析、微分流形、微分几何、曲面的拓扑与几何、测度论、同调论、Lie群等基础知识,附注中介绍有关结果的发展历史与归属.

各部分内容的较详细介绍,以及动力系统各个分支的概述可看本书的序和第0章.

作者 Katok 早先是在莫斯科大学取得的博士学位,与著名动力系统专家 Arnold 等合作发表过多篇质量很高的文章.他继承了苏联数学理论坚实的传统,数学功底既深又宽.现任美国宾夕法尼亚州立大学 Raymond N. Shibley 数学教授、动力系统与几何中心主任、《现代动力学杂志》(Journal of Modern Dynamics)主编、是《遍历理论和动力系统》(Ergodic Theory and Dynamical Systems)的共同创办人;曾在2008、2009、2011、2013年四次获得动力系统的 Michael Brin 奖,是动力系统学术界当今领军人物之一.世界各主要数学研究所和大学都聘他做学术讲学和客座教授. Hasselblatt 是 Tufts 大学的数学教授,他的主要研究领域是光滑动力系统的双曲性态.

在翻译本书的过程中,根据作者提供的英文版5次印刷中发现的印刷错误,我又改正了他们未发现的这几次印刷中的错误,后者得到了 Hasselblatt 的确认.数学名词的翻译主要参考科学出版社1997年出版的《数学百科全书》(第一、二、三、四、五卷)和张鸿林、葛显良编订的《英汉数学词汇》,以及有关同类著作.中文版分两卷出版.正文左右两边方括号内的数字是原书对应的页码,便于读者

查阅索引条目时参考,索引词条后面的数字指原书的页码.

最后,感谢作者 Katok 和 Hasselblatt 为中文版写的热情洋溢的序,以及 Hasselblatt 提供的本书勘误表,并对我新发现的错误予以确认. 感谢高等教育出版社学术著作分社策划编辑李鹏老师的热忱、持续的支持与帮助,最后,感谢我妻子何燕俐的耐心,以及对我的理解、支持与关心.

金成桴, 2015 年 1 月

动力系统理论是一门与大多数数学主要领域紧密相关的重要数学学科。其数学核心是研究映射和流的大范围轨道结构，重点研究在坐标变换下不变的性质。它的概念、方法和范例极大地刺激着许多其他科学的研究，并已引起一个新的宽广的应用动力学领域（也称为非线性科学或混沌理论）。动力系统的领域由几个主要学科组成，但我们的主要兴趣是有限维微分动力学。这个理论与其他几个主要领域，如遍历理论、符号动力学以及拓扑动力学，紧密地联系在一起。然而，迄今为止，还没有一本书从相当综合的观点来处理微分动力学，包括这些领域之间的关系。本书试图填补这个空隙。它对光滑动力系统的基础，以及作为核心数学学科的动力学的其他有关领域，提供一个全面的自封闭连贯的阐述，同时给对应用有兴趣的研究人员提供基本的工具和范例。本书介绍并严格发展了动力系统的中心概念和方法，以及它们在各类主题中的应用。

本书包含什么。一开始我们详细讨论一系列初等然而基本的例子。用这些例子叙述和研究渐近性质的一般问题，并引入主要概念（如微分等价性与拓扑等价性、模、结构稳定性、轨道的渐近增长、熵、遍历性等），同时简单地介绍几个重要方法（不动点方法、编码、KAM 型 Newton 法、局部规范形、同伦技巧等）。

第 2 部分主要介绍个别轨道（例如周期轨道）附近的局部分分析与大范围轨道结构的复杂性之间的相互影响，并通过探究双曲性、横截性、大范围拓扑不变量，以及变分法来呈现这些影响。其方法包括研究稳定与不稳定流形，分支，指标和度，以及构造作为作用量泛函的极小和极小极大化轨道。

第 3 和第 4 部分针对第 1 部分概述的一般问题对低维动力系统和双曲动力

系统作相当深入的分析,这两类系统特别适合这种分析. 双曲系统是很好了解的复杂性的例子. 无论从拓扑观点还是从统计观点,双曲系统本身都体现了轨道结构的丰富性,而且它们在扰动下都稳定. 同时其主要特性又能以很大精度定性和定量地描述. 另一方面,低维动力系统存在两个情形. 在“极低维”情形,轨道结构得以简化,且只允许有有限的复杂性. 在“低维”情形,某些复杂性是有可能的,轨道结构的其他主要方面,可以通过双曲性或有关类型的性态得到了解.

[xiv]

虽然我们以某种深度发展了与微分动力系统相关的大部分主题,但我们并不试图写一本微分动力系统的百科全书. 纵然这是可能的,并且由此产生的工作可作为严格的参考资料,但作为这个理论的导论或教科书却没有用. 因此,我们没有努力去阐述可用的最权威结果,而是仅提供方法与结果的组织原则. 这也不是一本应用动力学的书,例子也不是从各个学科广泛研究的模型中选取. 代之以,我们的例子自然出现在有助于对其理解的主题的内部结构中. 我们强调的各个领域并不是按照这些领域发表的工作或者研究活动的相对数量,而是反映我们对有关主题的基本概念和基础知识的理解. 一个明显的事实是对一维(实的,特别是复的)动力学,过去 15 年它见证了大量的活动并产生了许多辉煌的成果. 但它在本书中只起着相对谦让的作用. 一维实动力学主要用来作为容易处理的模型,其中各种方法可相当成功地得到应用. 对复动力学,我们认为它是一个迷人但是相当特殊的领域,我们仅将它作为双曲集例子的一个来源. 另一方面,我们尝试指出并强调动力学与其他数学领域(概率论,代数拓扑和微分拓扑,几何,变分法等)的相互作用,即使在某些情况下,那里现有的知识状态还带有一定的试探性.

如何使用本书. 本书既可作为动力系统课程的教科书或自学教材,也可作为动力系统的参考书. 作为教本,最自然用作有志于成为动力系统专家的研究生的一年教材,或者是那些希望获得这个领域坚实的一般知识的读者的主要资源. 本书的部分内容不要求有较多的数学背景,这些可供科学和工程方面的优秀本科生和研究生使用,他们学习有关主题不是为了成为这方面的专家. 这部分内容包括第 1 章,第 2, 3, 5 章的大部分,第 4, 6, 8, 9 章,第 10, 11 章的部分,以及第 12, 14, 15 和 16 章的大部分. 472 个练习是本书的一个重要组成部分. 它们分为几类,其中有些是利用正文中的结果和方法的直接阐述,另一些是没有在正文中讨论的探索例子,或者是指出进一步的发展. 有时一个重要方面的主题用一系列练习开展. 其中选择考虑的 317 个练习在书后提供了提示和简短解答. 标有星号的我们主观认为有较高的难度,因为它们要么有点创造性,要么手头上没有明显的与主题有关的熟悉资料可用.

本书 4 个部分的每一部分都可粗略地作为研究生第 2 年一个学期或更长时间的基础课程. 教师们可按更专门的主题制订很多课程,例如,经典力学中的变

分法, 双曲动力系统, 扭转映射及其应用, 遍历理论和光滑遍历理论介绍, 以及熵的数学理论等. 为了帮助学生与教师为课程选择材料, 我们将各章之间的主要联系概述于图 F.1 中. 实箭头 $A \rightarrow B$ 表示 A 章的主要材料要用于 B 章 (这个关系可传递). 点线箭头 $A \dashrightarrow B$ 表示 A 章的材料应用于 B 章的某些部分. 除了组成其余各章的公共基础的第 1—4 章, 表的左边材料一般处理双曲动力学, 中间的处理低维动力学, 右边的处理与拓扑和经典力学有关的微分动力学.

[xv]

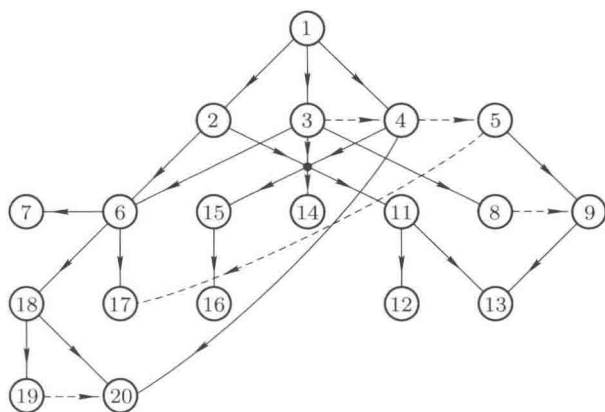


图-F.1

用于本书的有几类材料. 首先按惯例假设大家熟悉线性代数的结果 (包括 Jordan 标准形)、多元微积分、常微分方程 (包括方程组) 的基本理论、复分析基础、基本集合论、Lebesgue 积分初步、群论基础以及某些 Fourier 级数. 更高级的背景材料概述于附录. 其中大部分材料是: 拓扑空间, 度量空间与 Banach 空间, 初等同伦论的标准理论, 微分流形的基本理论, 包括向量场、丛与微分形式, 以及 Riemann 度量的定义与基本性质. 有些内容仅用于孤立个别情形. 最高水平的材料包括曲面的基本拓扑与几何, 以及一般测度论, σ 代数, 和 Lebesgue 空间, 同调论, 有关 Lie 群和对称空间的材料, 流形上的曲率与联络, 横截性, 以及复函数的正规族. 这些材料的大部分, 不是全部, 也作为附录但通常不详细给出. 这种情况的材料, 可以采取承认它而不影响在正文中的使用, 或者可以跳过教材的有关部分也不会引起很大损失.

[xvi]

在正文的一些场合, 包括我们没有证明的重要背景事实. 这发生在某个结果与特殊的章节有机地联系在一起. Lefschetz 不动点公式就是这类结果的一个很好例子.

来源. 本书的大部分材料不是直接由原始结果组成. 尽管如此, 大多数材料的阐述由以下诸方面组成, 有我们自己的, 有原始的或者由我们对熟知结果作了

大幅修改的,以及对结构和主题的相互联系作了解释的,等等.正文的某些部分,大体上第6章的正文,第3,4部分的大部分,它们与其他的出版物紧密相关,这些主要是原始的研究论文.一个突出的例子是第18章和第20章阐述的双曲理论部分,它是R. Bowen在20世纪70年代发表的论文,他对相关理论给出的那种清晰处理可能难以得到进一步改进.除了一些基本主题,在好几个场合我们都遵循现有书籍对有关主题的说明.例如只出现在第3部分中的Hamilton形式主义或变分法.这样处理的原因是因为低维动力学发展的说明文献好于整个动力学领域.我们感谢所有我们借用的证明与陈述,就我们知道的这些归属都已放在本书末的附注中加以说明.

由于我们第一个原则是介绍动力系统这个主题的发展和叙述的自封闭形式,而不是对该领域的发展和当前状态给予详尽阐述,因此不企求罗列有关资料的全面清单,那样很容易将我们的文献与书目增加到上千条或更多.特别地,不是所有的定理都引自原来的作者,特别如果有关结果是该领域广泛发展的一部分,而不是开创意义的结果或者是一个比较特殊的自然结果.大部分结果的归属移到书后的附注中.而由章节和某些数字编号安排的一般评论则在主要正文中特别指出.此外,为了不中断主要正文的逻辑进程,本书主要部分的参考文献也归入到附注中.我们的历史评论,无论是介绍还是附注不旨在展示主题发展的一个连贯报告表,而是主观选择的一些主要时刻.

文献目录中包括几类参考文献.首先,我们试图列出涵盖动力系统主要分支的所有主要文献和代表性教科书以及综合报告.接下来是介绍和发展我们主题的各个分支的开创性文章,它们给出定义的主要概念,或者包含主要结果的证明.我们试图列出本书各个部分叙述所依据的,或者在其他地方激发我们叙述的资源,以及正文中叙述特殊结果的许多(但不是全部)原始资源.最后,还有在某些领域接触到的但在正文中没有处理的一些领域的原始和综合的重要工作的文献样品.我们选择模型的原则是根据它们的内在意义,不是根据具体科学问题的价值,并省略了由非数学家(即使是重要科学家)提出的那些具体问题,他们专注于研究科学问题所激发的模型,只要这些模型仅仅包含假设和数值结果,我们都省略了.在我们引用的许多书和综合报告中提到这种被广泛利用的工作.

历史与致谢.想写一本广泛介绍动力系统理论的书的总体思路是本书第一作者在加州理工学院于1984—1985年教授研究生课程时第一次出现的.这个课程产生两套由本书第二作者和他的研究生同事John Lindner准备的讲课笔记,对他们我们深表感谢.引入的主要概念和方法的基本思想是通过一系列明确的基本例子来表述的,这些是本书第一作者1986年7月于上海复旦大学数学研究所为研究生的4周密集的夏季课程教学所准备的.那个课程的概要和笔记成为第1—4章主要部分的胚芽.进一步进展是在加州理工学院1986—1987年的另一

个研究生课程期间作的,此后,本书原来计划的 300—350 页材料变得比较清晰,但对主题的说明还太粗糙且不完整. 1989 年夏天,我们制订了本书以后进行实质性修改的一个详细计划. 本书第一作者在宾夕法尼亚州立大学研究生第一年的另一个课程 (1990—1991) 期间帮助测试了本书的一些现有部分,并发展了某些新材料.

我们深深感谢加州理工学院、Tufts 大学以及宾夕法尼亚州立大学所提供的优越工作条件以及对几个互访的支持. 特别感谢加利福尼亚伯克利数学科学研究所, 1992 年夏天我们在那里关于本书的主要部分在一起工作. 在这期间我们的项目从收集草稿转化到一个虽不完整但连贯的产品.

我们还要感谢几位先生在这个计划期间为我们提供的各种友好帮助和启发. 对可能已被采纳和遗忘的评论与建议的任何遗漏人,我们深表歉意.

加州理工学院的技术打字员 Jessica Madow, 她打了当时现有手稿的主要部分. 宾夕法尼亚州立大学的 Kathy Wyland 和 Pat Snare 以 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 形式打了许多章的第一次草稿. 有几位以计算机支持或排版建议提供了帮助. 数学科学研究所的 David Glaubman 给了很多帮助, 美国数学会技术支持部门的 Michael Downes 帮助正确生成每一页的页头, 我们在苏黎世大学的同事 Uwe Schmock 为 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 文件书写了上横线宏指令, 并做了有用的注解. Boris Katok 为本书作了大多数插图. Bill Schlesinger 为我们利用 Matlab 作许多图像给了最初的辅导. 我们也深深感谢剑桥大学出版社编辑 David Tranah 在这个项目的准备过程中对我们的鼓励与促进, Lauren Cowles 在本书的完成过程和准备出书时给了我们耐心的指导. 本书是利用美国数学会的 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 宏程序包 $\text{AMS-T}_{\text{E}}\text{X}$ 按 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 打字的.

[xviii]

Viorel Nițică 和 Alexej Kononenko 作了主要练习的解答. 他们的工作帮助改正了练习中的一些缺点, 我们利用他们的解答作了许多提示.

以下人员向我们提出了许多建议, 包括指出数学和文体上的错误、印刷错误, 以及所需的更好解释: 很多帮助还来自宾夕法尼亚州立大学的 Howie Weiss. 下列人员还给我们更多的评论, 他们是 Luis Barreira, Misha Brin, Mirko Degli-Esposti, David DeLatté, Serge Ferleger, Eugene Gutkin, Moisey Guysinsky, Miao-hua Jiang, Tasso Kaper, Alexej Kononenko, Viorel Nițică, Ralf Spatzier, Garrett Stuck, Andrew Török, Chengbo Yue (岳澄波).

特别地, Howie Weiss, Tasso Kaper, Garrett Stuck, Ralf Spatzier 和 Misha Brin 使用了本书的部分进行教学, 这对完善本书很有帮助.

我们与 Michael Jakobson, Welington de Melo, Mikhael Lyubich 和 Zbigniew Nitecki 对一维映射进行了富有成效的讨论, 与 Eduard Zehnder 讨论了变分法的处理. 这些对各章的内容和阐述都是有用的. Gene Wayne 帮助提供无限维动力系统的参考文献, Mike Boyle 对符号动力系统的资源给了有用的指导.

多次印刷中作了许多改正. 其中我们要感谢 Luis Barreira, Marlies Gerber, Karl Friedrich Siburg, Garrett Stuck 和 Andrew Török, 他们指出许多小错误. Peter Walters 发现引理 4.5.2 和引理 20.2.3 不正确. Robert McKay 指出 14.2 节的某些结果需要回复性假设, Jonathan Robbins 指出 Hadamard–Perron 定理 6.2.8 证明的第 5 步的第一个形式有问题. Tim Hunt 改正了 DA 结构. 改正的条目已列在网站 <http://www.tufts.edu/~bhasselb/thebook.html> 上.

一个严重的疏漏存在于三次印刷中: 20.6 节完全是属于 Charles Toll 的, 我们无意中没给出归属. 我们真诚地道歉.

最后, 也是最重要的, 我们感谢 Svetlana Katok 和 Kathleen Hasselblatt 的持续支持和鼓励.

目录

第 3 部分 低 维 现 象

第 10 章	导言：什么是低维动力学？	3
第 11 章	圆周同胚	9
11.1.	旋转数	9
11.2.	Poincaré 分类	15
第 12 章	圆周微分同胚	23
12.1.	Denjoy 定理	23
12.2.	Denjoy 例子	25
12.3.	Diophantus 旋转数的局部解析共轭	27
12.4.	共轭的不变测度与正则性	32
12.5.	奇异共轭的一个例子	34
12.6.	最速逼近法	37
12.7.	关于 Lebesgue 测度的遍历性	41

第 13 章 扭转映射	43
13.1. 正则性引理	43
13.2. Aubry–Mather 集与同宿轨道的存在性	45
13.3. 作用量泛函, 极小轨道与有序轨道	54
13.4. 同宿于 Aubry–Mather 集的轨道	60
13.5. 不变圆周的不存在性与 Aubry–Mather 集的局部化	67
第 14 章 曲面上的流与有关动力系统	71
14.1. Poincaré–Bendixson 理论	72
14.2. 环面上的无不动点流	76
14.3. 极小集	79
14.4. 新现象	83
14.5. 区间交换变换	88
14.6. 在流和弹子球中的应用	96
14.7. 旋转数的推广	99
第 15 章 区间上的连续映射	107
15.1. Markov 覆盖与 Markov 分割	107
15.2. 熵, 周期轨道与马蹄	111
15.3. Sharkovsky 定理	118
15.4. 具有零拓扑熵的映射	123
15.5. 折叠理论	128
15.6. 帐篷模型	131
第 16 章 区间上的光滑映射	137
16.1. 双曲排斥极的结构	137
16.2. 光滑映射的双曲集	138
16.3. 熵的连续性	143
16.4. 单峰映射的完全族	144