

应用数理人口学

Applied Mathematical Demography

第2版

〔美〕内森·凯菲茨 著

华夏出版社
Springer-Verlag

C92
33

高校经典教材译丛·社会学

应用数理人口学

Applied Mathematical Demography

〔美〕 Nathan Keyfitz 著
郑真真 顾大男 任强 译

104553



女子学院 0111071

图书在版编目(CIP)数据

应用数理人口学/(美)凯菲茨(Keyfitz, N)著;郑真真等译, - 北京:华夏出版社, 1999.10

书名原文:Applied Mathematical Demography

ISBN 7-5080-1981-4

I. 应 II. ①凯 ②郑 III. 数理人口学 IV. C92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 63458 号

Nathan Keyfitz: *Applied Mathematical Demography* (2nd ed.)

Copyright©1985 Springer - Verlag New York, Inc

All Rights Reserved

Chinese language edition published by Huaxia Publishing House

本书英文第二版于 1985 年出版, 版权为 Springer - Verlag New York, Inc 所有。

本书中文版专有出版权由 Springer - Verlag 公司授予华夏出版社, 版权为华夏出版社所有。未经出版者书面允许, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有, 翻印必究

北京市版权局著作权合同登记号: 图字 01 - 1999 - 0860 号

应用数理人口学(第二版)

[美] 内森·凯菲茨 著

郑真真 顾大男 任 强 译

策 划: 刘 力 蔡 翔 刘淑兰

责任编辑: 程都苑

出版发行: 华夏出版社

北京市东直门外香河园北里 4 号 100028

经 销: 新华书店

排 版: 北京前品公司

印 刷: 北京先锋印刷厂

版 次: 2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 730 × 988 16 开

印 张: 25 75

字 数: 436 千字

定 价: 39.00 元

总 序

中国社会学自 1979 年中 ~~也决定予以恢复~~ 以来,已经 20 年过去了。当时中央决定恢复和重建中国的社会学学科,我想不仅仅是对于历史上“左”的东西“拨乱反正”,也是考虑到中国社会发展和经济事业对于这个学科的实际需要。为了建设社会主义现代化国家,需要对我国社会、经济、文化、思想各个方面的现状与发展有一个系统和科学的认识。社会学是一门注重调查研究,强调从实际出发认识社会,以实事求是为宗旨的学科,在我国实施改革开放政策、社会迅速变化发展的改革时代,社会学是大有用武之地的,社会学在中国应当有一个大发展。历史前进的步伐要求中国的社会学学科在理论、方法、具体专题上的研究能够跟得上我国实际社会的发展,而且应当在理论上、研究方法上、研究专题上都发展出具有中国特色的社会学学科。改革开放 20 多年,中国的社会、经济、文化和人们的思想观念都发生了巨大的变化,有 12 亿人参与的伟大社会变革是社会学生长、发展的最肥沃的土壤,也应当结出社会学灿烂丰硕的果实。但是,坦率地说,我们所做的距离这个要求还差得很远很远。

我曾经多次说过,一个学科,可以挥之即去,却不可能招之即来。80 年代初我说,在大学里办社会学系,一要教师,二要教材,即需要一批对课程内容十分熟悉的教师和一批高质量的教材。但是这个学科中断了近 30 年,解放前的教材许多都不适用了,过去从事过社会学教学和研究工作的人,一是年纪已大,二是多年改行,等于是完全重建一个学科。在这样的形势和条件下,作为起步阶段,我们 1980 年在北京开办了暑期社会学讲习班,请了一些国外的学者来讲课,后来又在南开大学举办了社会学培训班。这些培训活动为后来各地建系、建研究所打了一个基础。到了 80 年代中期以后,

有一批在国外学习社会学的留学生取得学位回国,加强了国内社会学的力量,也为中国社会学与国外学术界同行的交流与联系拓展了渠道。今天虽然在一些大学和社会科学院成立和发展了一批社会学系和研究所,培养了不少学生,也出版了不少研究成果,但是要清醒地看到,中国的社会学属于先天不足、后天失调。我们今天可以说仍然处在这个学科的重建过程之中,前面还有很长的路要走。我们头脑必须清醒,仍然需要坚持少说空话,多做实事,一步一个脚印地踏稳了前进。

在培养教师和编写教材方面,应当说这些年来大家做出了很大的努力,这些成绩是应当肯定的。同时我们也必须看到,我们与国际学术界之间的交流,还很不充分;国外社会学界的最新动态,他们在理论思考方面的新探索,在社会调查中开拓的新课题和在研究中做出的新成果,还不能够及时地反映到我们的教材中来。我们绝大多数教社会学课程的教师和学生,还做不到流畅地阅读外文原著。所以精心地选择一些在国外一流大学通用的、学术水平和思想深度公认比较优秀的教材,把它们翻译过来,洋为中用,提供给我们的教师和学生做参考,以补充国内教材的不足,是目前阶段学科建设需要认真去做的一件事。

我去年在北京大学社会学人类学研究所提出了“补课”的问题,我自己带头重新阅读了一些经典的社会学教科书,写了一些读书札记一类的文章,也要求研究所的年轻教员和学生更认真地读书。我感觉,有些人的学术基础原来并没有打好,毕业后忙于做课题、写文章,但是写的东西读起来让人感到功底不够。我由此想到,今后中国社会学的发展,最根本的一条是要帮助年轻人打好学术基础,而要做到这一点,关键是要建设一批高质量的教材和一批优秀的课程。

最近一个时期,高等学校正在积极推动和深化体制改革。为了在21世纪建设成一所真正的世界一流大学,北京大学在体制上进行了多方面的改革,在这种形势下,社会学系与社会学人类学研究所相互打通,这样可以使教学与科研结合得更好,得以把两方面的优势和潜力充分地发挥出来,这对于学科建设将是一个有力的推动。我希望今后北京大学在社会学教材与课程建设方面能够多发挥些作用,与其他兄弟院校和科研单位的同志们一起,为教学质量

的提高和学科的长远发展共同努力。

华夏出版社积极于出版社会学的翻译教材,对于高校课程与教材建设应当说是一个有力的支持。如何结合国内已经翻译出版的教材和自己编著教材的现状,根据基础理论、研究方法、专题领域教学工作的实际需求,大家共同商议,制定出一个计划,从国外社会学公认的优秀教材中仔细选择一些书,同时认真选择译者和校者,保证翻译质量,逐步分批推出,我相信这将对于我国社会学的教学工作和课程建设是一个有力的推动。这也是北京大学应当积极参与并努力做好的一项服务工作。

同时,社会学恢复有 20 年了,我希望我国学者自己在积累教学经验和研究成果的基础上,也能够陆续出版一批我们自己编写的、更加结合中国国情的优秀教材。逐步做到以我们自己的教材为主、翻译教材为辅,立足本土,放眼世界。在这样的基础上,中国的社会学就会真正逐步成熟起来。21 世纪不会是一个平静的世纪,全球化增进了不同国家、不同文化之间的接触与交流,同时在相互碰撞中也隐藏着矛盾和冲突。我们需要了解其他社会的制度、文化、价值观念、行为规则,也需要认识我们中华文化的发展历史和精髓,逐步在比较研究中更深刻地认识自己与他人,真正做到中国人的文化自觉。我想这应当是中国社会学者的责任。在这个过程中,我们既不可固步自封,也不可妄自菲薄。翻译国外的优秀社会学教材,是我们努力认识其他社会的制度与文化,并在认识他人的过程中达到认识自身的途径之一。

费孝通

1999 年 8 月 18 日

献 给

对本书的成功作出贡献的芝加哥、伯克利、哈佛大学的学生们

中文版序言

因为一生中的大好时光是向学生教授人口统计学的原理和使得这些原理能够精确地用数值运算的数学，我非常高兴我的《应用数理人口学》中文版即将问世。我希望本书在中国能够如同据我所知在美国一样有用。在美国，它不仅对人口学家有所帮助，还为所有定量研究者提供了对社会科学进行模式分析的一个范例。

至今，本书的最新版本仍是第二版。数月之前，该书的出版商斯普林格-威拉格（Springer-Verlag）要求我准备一个新的版本，我已着手此事，向一些社会学家咨询关于增加内容的问题。我确信在设定的范围内，目前本书是极近完整的。这并不只是因为我个人的成就，而主要是由于该书第一版曾被广泛使用，其后我收到了许多关于增加的内容和纠正错误的建议。因此，现在几乎没有修正和增加的余地。没有比译成中文的这一版更新的版本了。

也许应该先为此说几句关于本书出版的原委。为什么不早不晚，刚好在本世纪的最后三十多年出这本书呢？我可以来回答这个问题。

答案的第一部分是，异常的又非常真实的人口状况和变化使这个领域受到关注。50年代主要发生在欧洲和美国的战后出生高峰，把很多学生带入大学，还聘用了很多教师来教这些学生。我们的社会面临严重的人口问题，因此引发了人们对这个学科的兴趣。60年代后期全世界有大量年轻人充塞了大学，而且他们精力充沛。在美国，这种充沛的精力由于越南战争而加剧。又由于就业困难的前景，使得学生们渴望了解有关个人命运的问题。引起学生数量增加的同一因素也引起了犯罪的增多，过分拥挤的学校与过分拥挤的监狱不相上下。在世界范围内大批移民从农村流向城市，在墨西哥和其他发展中国家尤其造成了社会性的破坏，美国也不例外。

部分是由于包括出生高峰的出生波动，对一些职业的个人前途产生了显著的影响。我开始教书时，社会上有一种对人口增长和波动的普遍兴趣。人们注意到60年代末和70年代进入劳动力的人口会急剧增长，然后作为原出生高峰的回波会出现出生人数的增长，21世纪初将会被保健和退休费用的严峻问题所笼罩，所有这些问题会压在长期的出生率降低之上。无论是政府还是私人基金会都资助了很多这方面的研究。不过致使我进入这一研究领域的原因除了公众关注和慷慨资助之外，还有另外两个幸运的巧合。其一是本世纪初以及更早以来出现的大量应用于群体(population)的数学结果。最著名的作者是阿尔弗雷德·洛特卡(Alfred Lotka)，当然还有很多其他人，他们的著述散见于细胞生物学杂志、卫生学杂志、数学生物学以及其他社会学家不常阅读的刊物。如果一个社会学家偶然读到这类文

章，会被五花八门的符号所迷惑，而且会觉得这些对于昆虫群体或癌细胞生长的怪异应用与人的数量无关，因此毫无兴趣。对我来说显而易见的是所有这些应用有共同的规范，于是我开始把它们记录下来。我使用统一的符号，建立了这些结果之间的关系，将这个领域普遍地系统化了。如果说这是我的创造性，那只不过是一种低层次的创造，因为它建立在许多领域前辈的真正的创造性成果之上。这确实是一件艰苦的工作，有时我会用一星期读一篇文章，解读其中的符号，试图弄明白这个符号的意义，考虑它如何对人口学者有用还能容易理解。但这还不够。我所得到的结果既没有构成新的数学，也不是真正的新人口统计学。我汇集了大量的公式，但它们只不过是抽象的公式而已。这些从文献中提取出来的公式，即使经过适当调整，也只是奇特而已。如果没有电子计算机的发明，它们顶多只能被教微积分或线性代数的数学家用来作为学生的作业练习。

1963年，芝加哥大学为它的 IBM 7090 建立了一个计算机中心。这个中心占了整栋建筑，大多是物理学家去使用，很少有社会学家光顾。可计算机对我来说简直就是个奇迹：它给我的公式带来了生命。只有能做数值计算的公式对人口学家才是有用的。仔细和完美无缺的推导不能使不实用的公式变为有用。如果我没有把数值代入结果，其他人也不会这样做，而且计算器还不能在有限时期内完成这些运算。当时要会用 FORTRAN 编程才能使用计算机，也没有其他录入的编码方法。于是我自学了早期原始的 FORTRAN 语言，为几种算法编写了程序，同时我的夫人把程序和数据打在当时标准的 80 列 IBM 卡上。我把编程的基本逻辑教给研究生，他们再为更多的公式编程。本书中富有意义和趣味的例子就是这样算出来的。

从那时以来计算机已经有了惊人的发展，现在学生案头的计算机功能要远远强过 60 年代占一栋楼的计算机。软件的发展使得编程简单多了。不过所有机械和电子的发展都没有改变书中列举的数学原理。

我之所以讲述这些，是为了说明尽管书的封面上是我的名字，但是本书的完成要归功于其他很多人：我汇集总结的本世纪初那些文献的作者；我从其受益的同事和学生；不辞辛苦阅读本书手稿的友善评论者，尤其是弗雷德·摩斯泰勒（Fred Mosteller）教授；我的夫人为我打卡、制表，并且在写作和准备出版的漫长过程中的每一刻都给予我鼓励。还有斯普林格-威拉格，从原出版商约翰·威利（John Wiley）接手了版权后一直关注本书。以及中国最著名的大学北京大学人口研究所的好心人，他们负责本书的翻译。我无法评论中文版的质量，不过他们是做好这项工作的合适人选。

内森·凯菲茨

1999年10月于马萨诸塞州剑桥

英文版序言

本书所涉及的是常识性问题，比如老年人口死亡率降低的影响，或是人工流产对出生率的影响。但书中的答案不一定是常识性的答案，对有些情况需要按照数学结果调整直觉判断。即使关于影响方向的直觉答案是正确的，仍然需要技术分析来估计影响的大小。我们可能直觉地看到，从一个增长人口变化为静止人口会降低工厂或办公室里平均个人的升迁速度，但积分方程能告诉我们增长率每降低 1% 会使晋升到中等职位的时间推迟 2.3 年。

我的目标一直是为人口和相关领域的研究者寻找有用的答案，无论他们是否需要深入研究答案背后的数学问题。我早先的一本《人口数学导论》，致力于理论发展的相反目的，其中提及的大多数应用是为了阐明理论。因为目的不同，两本书的内容没有实质上的重复。

人口理论的发展之快和涉及领域之广，致使没有一本适当厚度的书能够包括其所有的内容。发展成熟的理论不但应考虑年龄别出生率和死亡率，还应该考虑两种性别和两种及以上的物种。年龄别率会随时间变化，人口理论可以是随机的，允许人口中的每一个体有其独特的风险；也可以是确定的，假设适用于个人的任何概率亦是该风险人口的比例。于是可以把人口理论划分为下表中的 16 类。本书的大部分内容属于左上方的类型：仅涉及一种性别，一般是女性；一个物种，即人类；书中将年龄别出生率和死亡率看作不随时间变化的量，是确定的而不是随机的。左上方部分在概念上来说是 16 种里最简单的，也是最容易进行数学处理的。但对于真正的人口来说，具有两种性别、人类与其他物种相互作用、出生和死亡率随时间变化、所有的生命都是随机的，人口理论所强调的论点还是明确的吗？

人口理论分类

	固定率		变化率	
	确定性	随机性	确定性	随机性
一个性别				
一个物种	*			
两个或更多物种				
两个性别				
一个物种				
两个或更多物种				

理论构建的艺术在于从简单假设开始，然后按需求引入更多的现实条件，也就更加复杂。我们必须在简单和现实之间找到一个折衷点。我的偏好不一定总和读者相同，他们可能常常认为我使用的某个模型过于简单，而需要考虑被我忽视了的因素。我欢迎这种批评，尽管那样会导致进一步更复杂的数学问题。

在写作本书的十多年间，我得到的帮助之远远超出致谢甚至记忆所能。学生们指出了错误和费解之处，因为他们对某些问题明显地难以理解，迫使我不得不重新思考这些问题。我的同事们阅读了文稿并给予评论。学术刊物的编辑和审稿人对本书的写作很有帮助，特别是 Paul Demeny。当然我对书中遗留的错误负全部责任。

在提供建议和修正错误的同事、学生、通信者中，特别要致谢的有 William Alonso, Barbara Anderson, Brian Arthur, John C. Barrett, Ansley J. Coale, William Cochrane, Joal E. Cohen, Prithwis Das Gupta, Paul Demeny, Lloyd Demetrius, James Dobbins, Barry Edmonston, Jamie Eng, Thomas Espenshade, Nora Federici, Griffith Feeney, Gustav Feichtinger, Jair Ferreira-Santos, James Frauenthal, A.G. Fredrickson, Robert Gardiner, Campbell Gibson, Noreen Goldman, Antonio Golini, David Goodman, Leo A. Goodman, Louis Henry, Jan Hoem, Barbara Keyfitz, S. Krishnamoorthy, Paul Kwong, Juan Carlos Lerda, John Lew, Gary Littman, Robert Lundy, James G. March, Robert Mare, George Masnick, John McDonald, David McFarland, Geoffrey McNicoll, Paul Meier, Jane Menken, Walter Meyer, George C. Myers, Frank Oechsli, Beresford Parlett, James Pick, Robert G. Potter, Jr., Samuel H. Preston, Thomas Pullum, Robert Retherford, Roger Revelle, Andrei Rogers, Norman Ryder, Paul Samuelson, Robert Sembiring, David P. Smith, Leroy O. Stone, Richard Stone, Michael Stoto, Michael Teitelbaum, Harold A. Thomas, Robert Traxler, James Trussell, Etienne Van de Walle, Kenneth Wachter, Frans Willekens and Harrison White, 其他所有对本书有所帮助的人。此外还要特别感谢 Noreen Goldman, David P. Smith, Gary Littman, S. Krishnamoorthy, Michael Stoto 对本书最后完成阶段的帮助，他们阅读了大量手稿，对全书进行了校对。

最为感谢的是我的夫人为我编辑和打印了文稿，有些部分反复了多次。

内森·凯菲茨

1977年2月于马萨诸塞州剑桥

代 译 者 序

近一年前，袁方教授通过郑真真征求我的意见：华夏出版社希望翻译出版一批国际社会科学界最有权威的经典著作，人口学应选译哪一本？我当时建议可否考虑凯菲茨教授的《应用数理人口学》（*Applied Mathematical Demography*）。现在，由我指导学位论文研究的三位博士生郑真真、任强、顾大男已将此书翻译成中文，华夏出版社即将出版，我感到十分欣慰。虽然未能参与本书的翻译与校对工作，我仍然高兴地应译者们的要求写下几句话，既作为中文译著不可少的序言，又借此机会谈谈我的一点感想。

凯菲茨教授的《应用数理人口学》曾被欧美不少人口学者称为人口学定量分析的“圣经”（Bible）。该书是凯菲茨教授在总结、规范前人及其本人几十年创造性研究成果的基础上，系统地阐述、论证了人口各种要素（死亡、生育、婚姻、迁移）的内在机制及其相互关系，论述了生命表分析方法、稳定人口与非稳定人口、多状态人口模型、人口预测方法、家庭与亲属关系模型、微观与宏观人口研究、人口分析中的异质性与选择性等各种具有应用价值的数理人口学模型与分析方法。虽然本书原著（第二版）是在 14 年前出版的，其权威性、系统性与在数理人口学领域的代表性仍然是毋庸置疑的。本书不仅是人口学者必备的工具书之一，而且为其他领域的学者们提供了一个如何将数学应用于社会科学的良好典范。

我十分推崇凯菲茨教授的《应用数理人口学》，除了该书本身的无与伦比的巨大学术价值外，还受到了凯菲茨教授本人治学严谨、渴求新知、平易近人的大师风范的影响。记得他的《应用数理人口学》第二版出版前夕，即 1985 年夏季，我正有幸在凯菲茨教授当时任主任的国际应用系统分析研究院（IIASA）人口研究部从事四个月的研修。我与其他六位 IIASA 人口部青年科学家研讨班的学子们几乎每天都有机会聆听当时已从哈佛大学退休来到维也纳的 IIASA 人口部工作的凯菲茨教授的讲课或他在其他人演讲后或讨论中的评论发言。我当时还负责他的《应用数理人口学》第二版新增加的“多状态模型”与“家庭人口学”两章的校对工作。当时最使我这位出国留学不满三年的中国学子感到吃惊的有两点：一是凯菲茨这样一位名誉全球的大师在一群尚未拿到博士学位的青年学子面前居然一点架子也没有。我记得十分清楚，尤其是来自美国的三位博士生直呼其名为 Nathan。讨论中，他们时不时地说：“Nathan, you are wrong at this point（Nathan, 您在这一点上是错误的）。”而凯菲茨教授非但没有丝毫不快，反而愉快地与青年学子们认真探讨，和颜悦色，十分平易近人。最后结论

要么是青年学子们承认自己判断不对，要么凯菲茨教授说：“Dear, you are right（亲爱的，你是对的）。”另一点使我吃惊的是，当时的凯菲茨教授已近七十岁，功成名就，早已是全世界公认的人口学大师，他手下有专职秘书与计算机程序员，还有十分崇拜他的七位青年学子（都是博士生），他本可以不必亲自使用计算机。然而凯菲茨教授却经常在上班与下班后时间自己亲自编写计算机程序，计算分析人口问题。其夫人则经常帮助他做输入数据等计算机辅助工作。我十分清晰地记得，他常常向青年学者们请教计算机使用及编程中的技术问题。他曾经不止一次地痛心地说，头天晚上，由于操作的失误，前面几个小时的计算机工作给丢了，气得睡不好、吃不香。当有人帮他从计算机存储系统中找回所丢失的工作之后，他与他夫人又像孩子似的开怀大笑了。

最后，衷心祝贺《应用数理人口学》中译本的出版发行。我们不但从凯菲茨教授的著作中汲取数理人口学的精华，而且从他的治学严谨、渴求新知、平易近人的大学者风范中获得终身受用的教益。

曾 毅

1999年11月

高校经典教材译丛·社会学

编辑委员会

学术顾问：费孝通

主 编：马 戎

副 主 编：邱泽奇

李培林

谢立中

刘 力

编 委

(按姓氏笔画为序)

马 戎

风笑天

边燕杰

刘 力

李 强

李友梅

李汉林

李培林

邱泽奇

宋林飞

张 静

周雪光

侯钧生

谢 宇

谢立中

谢遐龄

蔡 禾

蔡 翔

潘乃谷

目 录

第 1 章	引言：不考虑年龄的人口 ~ 1
	增长率的定义
§1.1	人口翻番时间和减半时间 3 <i>复利周期·应用于人类历史·不同底的对数 预计可能的翻番时间</i>
§1.2	单性模型相对于两性模型 早期移民的后代 8
§1.3	地球上曾有多少人? 10
§1.4	各种不同人口有不同的增长率 12 <i>两个子人口的数字实例</i>
§1.5	随时间变化的增长率 15 <i>变化增长率的特殊案例</i>
§1.6	逻辑斯谛增长与爆炸 18
§1.7	进退两难的人口转变 20
§1.8	人口转变造成的差别生育率 21
§1.9	人口学中的矩阵与图 23 <i>二子人口模型·不可约性或连通度 原始性 对出生和死亡的应用</i>
第 2 章	生命表 ~ 29
§2.1	生命表函数的定义 30 <i>无年龄差别的死亡率</i>
§2.2	用数据构造生命表 31 <i>假设年龄段内的死亡概率为常数 基本方程和常规解 无需迭代和修匀的精确生命表·作为特例推导出的格雷维尔和里德-梅里尔法·误差的边界</i>
§2.3	进一步的细微校正 39 <i>风险测量</i>
§2.4	时期与队列表 40
§2.5	金融计算 41 <i>整笔支付年金和保险 年保险费和储备金</i>
§2.6	去死因生命表和多递减 42

- 死因的非独立性 计算方法 多递减
§2.7 生命表是人口学中的主导技术 45

第3章 死亡率比较：男女比 ~ 47

- 年龄别死亡率性别比的变化
§3.1 指数的多样性 48
男女死亡率比的加权指数 集指数与相对平均值
§3.2 我们应该求死亡率的指数还是存活率的指数？ 52
§3.3 $\mu(x)$ 的变化对 e_0 的影响 54
均匀分布于所有年龄的比例差 常数 H 的观察值 指数问题的一个方面·由已知死因引起的死亡率微小变化· $H^{(1)}$ 与 $e_0^{(1)} - e_0$ 的比较 多种死因的相互关系
§3.4 人人都过早死亡 63
预期寿命的平均值·年龄组中最年长的人 改善健康的作用

第4章 死亡率和生育率的固定状态：稳定理论的应用 ~ 67

- §4.1 稳定理论 68
离散形式
§4.2 从一次普查估计人口增长 71
选择模型生命表的效果·生命表使用不恰当造成误差的理论
§4.3 稳定人口中的平均年龄 76
不必从零岁开始的人口统计计算 人口平均年龄的应用
§4.4 从25岁以下人口估计增长率 80
§4.5 稳定人口的出生率以及增长率估计 82
§4.6 对几种使用年龄结构方法的比较 84
不完整的人口与死亡 从两次普查估算
§4.7 灵敏度分析 90
作为增长率函数的平均年龄 退休全成本 老年人口比例
§4.8 机构内晋升对人口增长的依赖程度 94
简化·连锁信原理

第5章 出生和内在自然增长率 ~ 98

- §5.1 特征方程 99
为什么强调女性模型？计算 r 的一种迭代方法·各种数据的内在率·男性时期内在率·队列内在率·一个家庭的内在率

- §5 2 特征方程的不同形式 104
- §5 3 内在率的扰动分析 105
内在率如何随矩变动 单一年龄出生数的变化
- §5 4 出生率下降的任意模式 108
生育函数的微小任意变动的影响 降低到起码更替水平所必需的变化量·均匀低死亡率的影响
- §5 5 为抵消减少的死亡人数所需减少的出生数 111
能够抵消降至零死亡率的生育率下降·比较婴儿疾病和心脏病 它们对人口增长的影响
- §5 6 存活人口矩与死亡人口矩之间的相互表示 113
作为粗出生率和粗死亡率函数的预期寿命
- §5 7 基本人口方程的四种数学形式 117
各特卡积分方程·莱斯利矩阵 差分方程 冯·福斯特偏微分方程·四种形式

第 6 章 再生产值及在迁移、避孕和人口零增长中的应用 ~ 125

- §6. 1 再生产值概念 126
各特卡积分方程导出的再生产值 一名 x 岁的妇女 稳定的年龄分布·随机年龄分布·数值计算
- §6 2 发生在给定年份小规模迁出的最终影响 131
- §6. 3 持续的生育控制和绝育的影响 133
- §6 4 模式的剧烈变化 134
- §6 5 迁出——作为一项年年采用的政策 135
- §6. 6 人口增长的惯性 136
- §6 7 排除心脏病对人口增长的影响很小，而排除疟疾的影响却很大 139
- 附录 再生产值对未来出生数的影响 140

第 7 章 人口特征 ~ 142

- §7 1 解释年龄分布 143
年轻型人口和年老型人口 年龄分布——一个增长率的函数·死亡中的中性和非中性变化 解释观测年龄·出生率或死亡率是影响年龄分布的主要因素吗？
- §7 2 为什么现代人口中女性老年人比男性老年人多？ 148
- §7. 3 稳定等价量 150
人口预测和稳定近似值在何处·稳定等价量 Q 的应用· Q 和再生产