

[美] 塞缪尔·普雷斯頓 (Samuel H. Preston)

[美] 帕特里克·霍伊维兰 (Patrick Heuveline) / 著

[美] 米歇尔·吉略特 (Michel Guillot)

人口统计学

人口过程的测量与建模

Demography

Measuring and
Modeling Population Processes

郑真真 等 / 译



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

人口统计学

人口过程的测量与建模

Demography
Measuring and
Modeling Population Processes

〔美〕塞缪尔·普雷斯顿 (Samuel H. Preston)

〔美〕帕特里克·霍伊维兰 (Patrick Heuveline) / 著

〔美〕米歇尔·吉略特 (Michel Guillot)

郑真真 等 / 译



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目 (CIP) 数据

人口统计学：人口过程的测量与建模 / (美) 普雷斯顿，
(美) 霍伊维兰，(美) 吉略特著；郑真真等译. —北京：社会
科学文献出版社，2012. 1

ISBN 978 - 7 - 5097 - 2968 - 7

I. ①人… II. ①普… ②霍… ③吉… ④郑… III. ①人口
统计学 - 研究 IV. ①C921

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 264017 号

人口统计学

——人口过程的测量与建模

著 者 / [美] 塞缪尔·普雷斯顿，[美] 帕特里克·霍伊维兰，[美] 迈克尔·吉略特
译 者 / 郑真真 等

出 版 人 / 谢寿光

出 版 者 / 社会科学文献出版社

地 址 / 北京市西城区北三环中路甲 29 号院 3 号楼华龙大厦

邮政编码 / 100029

责任部门 / 皮书出版中心 (010) 59367127 责任编辑 / 陈 帅 姚冬梅

电子信箱 / pishubu@ssap.cn 责任校对 / 谢 敏

项目统筹 / 邓泳红 姚冬梅 责任印制 / 岳 阳

总 经 销 / 社会科学文献出版社发行部 (010) 59367081 59367089

读者服务 / 读者服务中心 (010) 59367028

印 装 / 北京季蜂印刷有限公司

开 本 / 787mm × 1092mm 1/16

印 张 / 18.25

版 次 / 2012 年 1 月第 1 版

字 数 / 419 千字

印 次 / 2012 年 1 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5097 - 2968 - 7

著作权合同 / 图字 01 - 2010 - 1920 号

登 记 号

定 价 / 58.00 元

本书如有破损、缺页、装订错误，请与本社读者服务中心联系更换

 版权所有 翻印必究

Samuel H. Preston, Patrick Heuveline, and Michel Guillot

Demography: Measuring and Modeling Population Processes

Copyright© 2011 by Samuel H. Preston, Patrick Heuveline, and Michel Guillot

All Rights Reserved. Authorised rtanslation from the English language edition published by Blackwell Publishing Limited. Responsibility for the accuracy of the lranstation rests solely with Social Scienees Academic Press and is not the responsibility of Blackwell Publishing Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, Blackwell Publishing Limited.

本书根据 Blackwell Publishing Limited 2001 年版译出

自序

本书旨在介绍对人口过程的研究。书中详细介绍了由几代人口学家发明的基本测量、模型和观测步骤，从而传播理解人口行为的知识。

我们向 20 世纪的 5 位人口学巨匠致以最高谢意，他们是：布拉斯 (William Brass)、寇尔 (Ansley Coale)、亨利 (Louis Henry)、凯菲茨 (Nathan Keyfitz) 和洛特卡 (Alfred Lotka)。他们对人口学的影响在本书中处处可见。在发明大量分析工具的同时，他们最伟大的、富有实用价值的贡献恐怕在于创造了一个学科，这个学科在其巅峰状态洋溢着毋庸置疑的规范性和优雅性。我们更要感谢令我们直接受益的良师，他们是：Nicolas Brouard, Ansley Coale, Thomas Espenshade, Douglas Ewbank, Henri Leridon, Roland Pressat, James Trussell。

撰写一本涵盖多个领域的教材，难免会有遗漏，虽然作者希望尽量避免，但似乎还是有所偏差。所以，无论一种方法有什么长处，作者还是对某些方法更熟悉，他们最熟悉的无疑还是自己的工作。需要了解本领域更多内容，读者可以参阅 Shryock and Siegel (1973)，关于最初方法的全面汇编可参阅 Bogue et al. (1993)。史密斯和凯菲茨 (Smith and Kefitz, 1977) 的著作包括更多关于人口分析技术起源的详细内容。

本书中的大部分内容曾在宾夕法尼亚大学的人口统计学研究生课程中使用。我们感谢上过本课的数百名学生，他们对教材中的论点和解释的提问帮助我们进一步完善了这些内容。我们还要感谢 George Alter, Tom Burch, Irma Elo, Herbert Smith, James Vaupel, John Wilmoth 的评论意见。Ken Hill 对整本书稿的审阅，帮助我们避免了作者和读者的很多困惑。本书的写作得到美国国家老龄研究所 (National Institute of Aging) 项目 AG10168 的资助。

欢迎读者向本书的网页提出评论，贡献注释参考、习题或其他材料，网址是 www.demographytext.upenn.edu。

Samuel H. Preston

Patrick Heuveline

Michel Guillot

致 谢

感谢以下出版社和作者允许本书引用他们的成果：

The Population Association of America, for *Demography* vol. 3, no. 2 (1966), table 10.1, “Accuracy of stated age in years, 1963 Ghana registration system”, by J. C. Caldwell; vol. 25, no. 3 (1988), figure 8.4, “Age-specific growth rates by years since mortality decline began”, by S. Horiuchi and S. H. Preston; vol. 28, no. 1 (1991), figure 7.9, “Momentum and evolution of age-groups”, by Y. J. Kim, R. Schoen, and P. Sarma; vol. 31, no. 3 (1994), figure 10.2, “1930 census and extinct generation estimates, African-American females”, by I. T. Elo, and S. H. Preston.

Oxford University Press, for tables 3.1 and 3.4 from J. Bongaarts, T. Burch, and K. Wachter, *Family Demography: Methods and their Applications*, Oxford, 1987, by permission.

The United Nations, for material from *Model Life Tables for Developing Countries*, 1982; *Manual X: Indirect Techniques for Demographic Estimation*, 1983; G. A. Condran, C. Himes, and S. H. Preston, *Population Bulletin of the United Nations*, 1991; *World Population Prospects*, 1999.

The London School of Hygiene and Tropical Medicine, University of London, for material from CPS Research Paper no. 88 – 1, “Indirect estimation of maternal mortality: the sisterhood method”, by W. Graham, W. Brass, and R. Snow.

The Academic Press, Inc. for material from A. J. Coale and P. Demeny, *Regional Model Life Tables and Stable Populations*, 1983.

The Office of Population Research, Princeton University and *Population Index* for material from *Population Index* vol. 44, no. 2 (1978), “Technical note: finding two parameters”, by A. J. Coale and J. Trussell.

Princeton University Press for material from A. J. Coale, *The Growth and Structure of Human Populations*. Copyright © 1972 by Princeton University Press. Reprinted by permission of Princeton University Press.

The International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria for material from A. Rogers and L. J. Castro, *Model Migration Schedules*, 1981.

我们在写作时尽最大努力找到相应的版权所有者的，如果仍有遗漏敬请联系我们。

目 录

1 基本概念和测量	1
1.1 “人口”的含义	1
1.2 人口变动的平衡方程	2
1.3 人口率的结构	3
1.4 时期率和人年数	4
1.5 人口学中的主要时期率	6
1.6 人口学中的增长率	7
1.7 时期人年数的估计	13
1.8 队列的概念	15
1.9 事件发生的概率	16
2 年龄别率和概率	18
2.1 时期年龄别率	18
2.2 年龄标准化	21
2.3 率或比例之差的分解	24
2.4 列克西斯图	27
2.5 年龄别概率	28
2.6 根据一年死亡经历估算死亡概率	31
3 生命表和单递减过程	33
3.1 时期生命表	35
3.2 选择 ${}_na_x$ 值以及 ${}_nm_x \rightarrow {}_nq_x$ 转换的策略	37
3.3 极低年龄组	40
3.4 开放年龄组	41
3.5 时期生命表的编制步骤总结	42

3.6	生命表的解释	46
3.7	将生命表视为静止人口	48
3.8	作为连续过程的死亡	52
3.9	生命表编制回顾	55
3.10	预期寿命的因素分解	57
3.11	将生命表推广到其他单递减过程的研究	59
附录 3.1	生命表关系的连续表达式	62
4	多递减过程	64
4.1	真实队列的多递减生命表	64
4.2	时期多递减生命表	67
4.3	多递减过程的基本数学推导	70
4.4	由时期数据计算的相关单递减生命表	72
4.5	预期寿命的死因别因素分解	77
4.6	由现状数据计算的相关单递减生命表	77
4.7	多递减的静止人口	82
5	生育与人口再生产	83
5.1	时期生育率	84
5.2	时期生育率的分解	90
5.3	队列生育	93
5.4	出生间隔分析	96
5.5	人口再生产的度量	103
6	人口预测	106
6.1	预测与预报	106
6.2	人口预测方法	107
6.3	队列要素预测法	108
6.4	预测的矩阵表述	118
6.5	人口预报	120
6.6	美国普查局对美国人口的预测	122
6.7	其他人口预报方法	123
6.8	准确性和不确定性	124
6.9	人口预测方法的其他应用	125

7 稳定人口模型	127
7.1 稳定人口的简单例子	127
7.2 洛特卡提出的产生稳定人口的条件	130
7.3 稳定人口的特征方程	132
7.4 “近似稳定”人口	135
7.5 内在增长率和净再生产率之间的关系	139
7.6 生育率和死亡率的变化对年龄结构、增长率、出生率和死亡率的影响	143
7.7 人口增长惯性	148
7.8 稳定人口模型在人口估计中的作用	154
8 非稳定人口的人口学关系	157
8.1 实例	157
8.2 以连续年龄和时间表示的人口学关系	158
8.3 人口学基本关系的拓展	162
8.4 年龄别增长率的分解	165
8.5 年龄结构的变化	167
8.6 变量 r 方法在人口估计中的应用	169
9 构建生命事件的年龄别模型	175
9.1 死亡的年龄别模型	176
9.2 婚姻的年龄模式	186
9.3 生育的年龄模式	188
9.4 迁移的年龄别模型	192
10 数据质量评估方法	194
10.1 判断覆盖误差的统计学方法	195
10.2 评估内容误差的统计学方法	196
10.3 评估数据质量的人口学方法	198
11 间接估计方法	206
11.1 利用子女存活信息估计儿童死亡率的布拉斯法	206
11.2 利用孤儿信息估计成人死亡率	215
11.3 应用姊妹法估计孕产死亡率	222

11.4	利用孕产史估计死亡率与生育率	225
11.5	利用两次普查年龄结构的间接估计方法	227
12	多增减生命表	235
12.1	引言	235
12.2	多增减生命表	236
12.3	多增减生命表的估计	238
12.4	函数之间的关系及概述	245
12.5	最简单案例：两状态系统	248
12.6	其他解决方法：恒定率的情况	249
12.7	计算多增减生命表的程序	250
	参考文献	251
	索引	267
	译后记	275

专栏目录

1.1	人口变动的平衡方程	3
1.2	主要的人口时期率	8
1.3	增长率和人年数的计算	15
2.1	年龄标准化的例子	24
2.2	两个率之差距的分解	26
2.3	率和概率的计算	31
2.4	胎儿和新生儿死亡的常用指标	32
3.1	构建时期生命表	43
3.2	生命表的解释	47
3.3	视为静止人口的生命表	51
3.4	出生预期寿命的年龄别因素分解	58
3.5	生命表在婚姻史分析中的应用	61
4.1	多递减生命表	69
4.2	去除肿瘤死因的相关单递减生命表, 方法 (c)	76
4.3	出生预期寿命的年龄别和死因别分解	78
4.4	由现状数据计算的相关单递减生命表: 计算平均结婚年龄 <i>SMAM</i>	81
5.1	年龄别生育率和总和生育率计算示例	86
5.2	寇尔生育指数 I_m 、 I_f 、 I_g (假定没有非婚生育) 的计算	89
5.3	用相关单递减生命表计算避孕失败率 (假设各时期的失败风险固定不变)	92
5.4	已完成生育队列的孩次递进比计算	95
5.5	时期粗再生产率 and 净再生产率的计算	104
6.1	(第一部分) 用队列要素法预测以女性为主的封闭人口 (不考虑迁移)	113
6.1	(第二部分) 以 1993 年为预测基期的瑞典女性人口预测结果 ($l_0 = 100,000$)	114

6.1	(第三部分) 以 1993 年为预测基期的瑞典男性人口预测结果	115
6.2	用队列要素法预测以女性为主的开放人口 (考虑迁移)	117
7.1	内在增长率的估算	137
7.2	近似稳定人口的构建	138
7.3	(第一部分) 人口惯性的估计	152
7.3	(第二部分) 1995 ~ 2000 年西亚人口惯性的估计	153
8.1	运用变量 r 方法估计婚姻持续状况	171
8.2	以死亡人数为基础的变量 r 方法在死亡率估计中的应用	172
8.3	计算婚姻以离婚而终结的概率	173
9.1	使用冈泊茨的死亡法则估算存活老年人	177
9.2	布拉斯的死亡关联模型参数估计	185
9.3	M 和 m 的估计值	190
10.1	估计死亡登记完整性的布拉斯法	202
11.1	利用曾生子女与存活子女信息估计儿童死亡率 (布拉斯法)	213
11.2	利用孤儿信息估计成人死亡率: 希尔和特拉赛尔的孤儿法变形	219
11.3	利用姊妹法估计孕产死亡率	224
11.4	预测和累积法估计两次普查期间死亡率——以普查间隔为 10 年、 年龄区间为 5 岁的情况为例	229

表 目 录

1.1	1995 ~ 2000 年世界主要地区的人口规模与变动	9
2.1	1992 年瑞典和哈萨克斯坦女性人口粗死亡率和年龄别死亡率的比较	19
2.2	粗死亡率和分别用“年轻型”和“老年型”结构为标准的 年龄标准化粗死亡率的比较	22
2.3	1995 ~ 2000 年主要地区的婴儿死亡率（每 1,000 个活产婴儿）	32
3.1	图 3.1 中所示的 10 人假想队列生命表	36
3.2	x 至 $x + n$ 岁死亡人口的平均存活人年数 (${}_na_x$)	39
3.3	用于 5 岁以下的 ${}_na_x$ 值	41
3.4	1995 ~ 2000 年各主要地区平均预期寿命	46
3.5	生命表和一个静止人口的年龄结构	49
3.6	1985 年美国女性人口 ${}_nm_x$ 与 ${}_nM_x$ 的比较	57
3.7	应用生命表方法研究的单递减过程举例	62
4.1	图 4.1 中的 10 人假想队列的单身状态生命表	66
5.1	1985 ~ 1990 年几个国家的粗出生率和一般生育率比较	85
5.2	1995 ~ 2000 年主要地区的总和生育率	87
5.3	时期和队列总和生育率的区别	93
5.4	不同受孕率群体怀孕的等待时间	98
5.5	一个异质性人口的总和生育率	101
6.1	2000 年、2020 年与 2050 年主要地区的人口数	120
6.2	联合国关于部分国家死亡率水平的估计和预测	121
6.3	联合国关于部分国家生育水平的估计与预测	122
6.4	美国普查局人口预测假设	123
7.1	1800 年 1 月 1 日 ~ 1806 年 1 月 1 日的分年龄人口	128

7.2	与近似稳定人口参数对比的人口参数	139
7.3	总和生育率下降一个孩子对不同地区内在增长率的影响	142
7.4	1991 年美国生育率 20% 的提高对内在人口增长率的影响	144
7.5	死亡率下降对内在增长率和年龄结构的影响	148
7.6	世界主要地区和一些国家的人口惯性值	151
8.1	对比 NRR 的两种计算方法 (以 1995 ~ 2000 年日本女性为例)	163
8.2	假想的非稳定人口中病死率的估计	165
9.1	分出生预期寿命和地区的女性婴儿死亡率 (每千人)	180
9.2	$n(a)$ 和 $v(a)$ 函数的年龄变化	189
10.1	1963 年加纳登记系统申报年龄的准确性 (年龄组总人数的百分比)	197
11.1	特拉赛尔提出的估计儿童死亡率调整因子的系数——以西区死亡模型为例	210
11.2	估计死亡率 $q(x)$ 最能反映的时期 $t(x)$ 的系数	211
11.3	利用孤儿法估计 1977 ~ 1980 年巴拿马成人死亡率	221
11.4	同队列内插法所适用的事件	233
12.1	与图 12.4 相应的状态与转换的 ${}_1M_x^{ij}$ 观察值	240
12.2	与图 12.4 相应的状态与转换的 ${}_1q_x^{ij}$ 估计值	242
12.3	与图 12.4 相应的状态与转换的 $l^i(x)$ 和 ${}_1d_x^{ij}$ 估计值	243
12.4	初始状态和各状态的预期停留时期 (或等待时间)	243

图 目 录

1.1	记录人年数的两种方法	5
1.2	增长率时间序列三种不同假设下, 时间 0 和 T 之间的人口增长过程	12
1.3	用期中人口数乘以时期长度近似存活人年数	14
2.1	用列克西斯图代表的年龄、时期、队列风险暴露	28
2.2a	包括 1995 年出生队列生命线的列克西斯图	29
2.2b	包括与 1995 年出生队列相应的事件数的列克西斯图	29
2.2c	包括表示事件数的主要标记的列克西斯图	30
3.1	一个假想出生队列(10人)的死亡年龄和生命 (出生日期: 1800 年 1 月 1 日)	34
3.2	1992 年美国男性和女性的年龄别死亡率 ${}_1m_x$	45
3.3	1895 年和 1995 年瑞典女性生命表中年龄别死亡率 ${}_1m_x$ 、 存活人口数 l_x 和死亡人口数 d_x	45
4.1	一个 10 人假想出生队列的单身状态生命 线	66
7.1	人口率不变的两个人口的出生轨迹	131
7.2	1995 ~ 2000 年德国和埃及的 $\gamma(\rho)$ 函数	132
7.3	意大利和尼日利亚的相对年龄结构	134
7.4	1991 年美国女性实际和近似稳定人口年龄结构的对比	139
7.5	1991 年美国生育率 20% 的提高对于近似稳定人口年龄结构的影响	145
7.6	死亡率下降的典型模式	147
7.7	非洲和欧洲的 $w(a)$ 函数	150
7.8	出生预期寿命为 70 岁的初始稳定人口的 $c(a)/c_s(a)$	151
7.9	1983 年墨西哥人口惯性和年龄组的演变	154
7.10	1997 年欧洲的 $c(a)/c_s(a)$ 函数	154

8.1	1995 ~ 2000 年日本 $N(x)$ 、 $r(x)$ 和 $p(x)$ 之间的关系	160
8.2	1995 ~ 2000 年日本近似稳定人口中 $N(x)$ 、 $r(x)$ 和 $p(x)$ 之间的关系	161
8.3	假想的失稳人口的 ${}_1N_x$ 和 ${}_1r_x$ 函数	166
8.4	死亡率开始下降后年龄别增长率随时间的变化特征(中等幅度的下降)	168
9.1	北区、南区和东区模型生命表的具体年龄偏差	179
9.2	寇尔—德曼西区生命表与拉丁美洲、远东、南亚和智利模式(女性)的偏差	182
9.3	布拉斯 logit 模型中参数 α 和 β 变动的影响	184
9.4	寇尔—麦克尼尔婚姻模型中已婚妇女比例	187
9.5	迁移的年龄别模型	192
10.1	英格兰和威尔士在第二次人口普查中 x 岁以上的女性人口 实际值与期望值之比	199
10.2	1930 年非洲裔美国女性人口普查统计和世代消亡估计人数	200
11.1	1990 年 15 ~ 50 岁女性队列与其 0 ~ 5 岁子女的列克西斯图	226
12.1	结婚和婚姻终止的多状态图示	236
12.2	艾滋病的多状态图示	237
12.3	慢性病和失能的多状态表述	238
12.4	儿童家庭背景经历的多状态表达	239

基本概念和测量

- 1.1 “人口”的含义
- 1.2 人口变动的平衡方程
- 1.3 人口率的结构
- 1.4 时期率和人年数
- 1.5 人口学中的主要时期率
- 1.6 人口学中的增长率
- 1.7 时期人年数的估计
- 1.8 队列的概念
- 1.9 事件发生的概率

1.1 “人口”的含义

对统计学者而言,“总体”^①是指很多物体的集合,例如一个瓮中的很多球。人口学者同样用这个词指某个时点符合某种条件的一群人。这个词可以是指“1995年4月1日的印度人口”,或“1900年6月1日东北地区的美国黑人妇女人口”。以上两例的条件还需要进一步细化:是包括当天的“合法居民”还是该区域内能找到的所有人?“黑人”或“东北地区”是什么意思?我们指的是这一天的午夜还是中午?显然,“1995年4月1日的印度人口”只是简化的描述,原应是一组相当多的可操作选项,用以尽可能清楚地定义这个人群。

不过,人口学者也用“人口”指另一类集合,这类集合由于成员的退出和死亡不断变化,但仍然长期存在。这样,可以把“印度人口”定义为印度地域内曾存活者的总和,甚至还可能包括未来出生在此地域内的人。即使至少每个世纪这个人口的成员实际上全部更新,但是这个集合始终存在。

^① population 可译为“人口”,在统计学中可译为“总体”。——译者注