

PEARSON

# 社会科学 统计方法

<http://www.phei.com.cn>

(第4版)

Statistical Methods  
for the Social Sciences, Fourth Edition

— [美] Alan Agresti 著  
Barbara Finlay

— 朱红兵 何丽娟 译

— 卢纹岱 审校



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

# 社会科学统计方法 (第4卷)

Statistical Methods for the Social Sciences, F

[美] Alan Agresti 著  
Barbara Finlay

朱红兵 何丽娟 译  
卢纹岱 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书面向实际,从实例入手,阐明社会科学统计方法,致力于实例和统计软件的一体化。主要内容包括抽样和测量、描述统计、概率分布、统计推断:估计、统计推断:显著性检验、两组比较、分类变量之间的关联分析、线性回归和相关、多元关系概述、多元回归分析和相关分析、多组比较:方差分析(ANOVA)、组合回归分析和方差分析:定量和分类预测变量、构建多元回归模型、逻辑斯蒂回归;构建分类响应变量、高级统计方法概述。本版增加了许多新练习,强调实际数据的应用。每章后包括配套课后习题及拓展综合练习,便于读者对统计方法的学习和掌握。

本书例题丰富,实用性强,可作为统计专业本科生和研究生教材,也可供从事统计分析和决策的社会各领域各相关专业的读者学习参考。

Original edition, entitled *Statistical Methods for the Social Sciences, Fourth Edition*, 9780205646418 by Alan Agresti and Barbara Finlay, published by Pearson Education, Inc., publishing as Allyn & Bacon, Copyright © 2009 by Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY Copyright © 2011.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale only in the mainland of China exclusively(except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

本书中文简体字版专有出版权由 Pearson Education(培生教育出版集团)授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2009-7358

### 图书在版编目(CIP)数据

社会科学统计方法:第4版/(美)艾格瑞斯蒂(Agresti,A.), (美)芬蕾(Finlay,B.)著;朱红兵等译.  
北京:电子工业出版社,2011.11

书名原文:Statistical Methods for the Social Sciences, Fourth Edition  
ISBN 978-7-121-14219-2

I. ①社… II. ①艾… ②芬… ③朱… III. ①社会科学—统计方法—高等学校—教材 IV. ①C91-03

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第153752号

策划编辑:杨丽娟

责任编辑:秦淑灵 特约编辑:黄志余

印刷:北京市顺义兴华印刷厂

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开本:787×980 1/16 印张:37.5 字数:920千字

印次:2011年11月第1次印刷

定 价:79.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 序

大约 30 年前, 我开始着手本书第一版的编写工作, 我的目的是强调统计方法的概念及其在社会科学中的应用, 而不是强调用这些方法背后的数学理论和计算细节的风格来介绍统计方法。我把重点放在了怎样使用方法和如何解释结果上, 而不是把重点放在它们的理论起源上来编写本书的。

本书的第四版在实例和练习上, 更加强调概念和应用, 并重视“实际数据”。我继续减少了时常成为学生学习绊脚石的数学理论方面的篇幅, 尤其是概率理论方面的篇幅。另一方面, 教科书不是菜谱。依赖于一个过于简单化的如同做饭以食谱为基础的方法接近统计学, 绝非良好的统计实践之路。

## 第四版的变化

自从第一版以来, 计算机性能的提高加上统计软件的不不断改良和可访问性, 已经对社会科学分析数据的方法产生重大影响。因此, 本书不涉及传统快捷的手工计算公式和近似法。复杂方法计算上的介绍, 如回归, 强调对软件输出的解释, 而不是强调对所执行的分析公式的解释。教材中包含许多例子的打印输出资料, 在课文和家庭作业问题中, 都主要采用 SPSS 样式, 偶尔也使用 SAS 样式。这一版中还有一个附录, 它说明了如何用 SPSS 和 SAS 处理各章统计方法, 并且给出链接其他软件信息的一个网站。

面向实际而又简单的实例以及许多课外练习对学生的学习极其重要。这一版增加了许多新练习并且更新了旧数据, 其中主要强调实际数据。每一章的课外习题集分为两个部分, 即课文实践基础资料中的简答练习, 以及在概念和应用中处理开放式数据分析的习题、概念理解题及概念和应用中的综合资料练习。在实例和练习中的大型数据集包括练习 1.11 中介绍又在各章最后练习中再次出现的数据集, 可在 <http://www.stat.ufl.edu/~aa/social/data.html> 网站上得到。

这一版修改和增加的内容, 直接采用更先进的方法和手段。主要变化如下:

- 更加致力于实例和统计软件的一体化。这包括要求学生去使用普伦蒂斯·霍尔网站的小型应用程序来完成一些新练习, 以帮助学习抽样分布、置信区间以及显著性检验的基本概念。
- 为使本书更加容易地被低年级学生接受, 在书的前 9 章略微降低了技术水平。为此, 简化或省略了一些符号。
- 第 3 章, 在描述统计上, 用单独一节讨论位置测度, 例如百分位数及相关的主题如箱图和异常值。还有一小节讨论二元描述方法。这可使学生及早接触到列联表和回归分析方法及其要点, 即在实践中, 感兴趣的变量几乎总是不止一个。本节还介绍关联的概念, 以及响应变量和解释变量。
- 第 4 章增加了新的一节, 它介绍有关频数的概念并简单概述了偶尔在教材中应用的 3 个基本概率规则。
- 第 5~7 章对均值的推断资料已经修改为完全依赖于  $t$  分布, 而不是对大样本使用  $z$  检验和对小样本使用  $t$  检验。这使得结果与软件输出一致。我仍旧强调的是对  $t$  分布的正态性假定主要是小样本单侧推断的需要。

• 第 5 章，关于置信区间，现在在均值之前介绍比例（它只依赖于正态分布），修改的部分原因缘于对均值推断总是使用  $t$  分布。如此，学生利用在第 4 章最后学到的关于正态分布被看做抽样分布的知识（也就是，对于比例，误差边缘用  $z$ -分数乘以标准误，而不是  $t$ -分数乘以标准误），可以学到置信区间的基本概念。这次  $t$  分布推迟一节介绍，这样学生不会同时遇到太多新的问题。

• 第 7 章，在两组的比较上，增加新的一节介绍二元分析的思想，提醒学生注意响应变量和解释变量之间的区别，定义独立样本和相依样本，讨论如何用两个参数的差异或两个参数的比来比较两组，以及显示用来测度两个独立估计之间差异的标准误的一般公式。7.3 节介绍模型的概念。

• 第 12 章，在方差分析（ANOVA）上，解释了  $F$  检验背后的思想且在推出平方和公式之前给出一个实例。

• 第 15 章提供了一个技术含量较少的逻辑斯蒂回归的解释和它扩展到名义和有序响应变量方面的介绍。

• 第 16 章包括了新的一节，即纵向数据分析和多水平（分层）模型。

### 在统计课程中教材的使用

像前三版一样，这一版可做为本科生开设一个学期或研究生开设两个学期的统计入门课程的教材。第 1~9 章是适用于单学期的基础课程。如果教师希望教得更多或希望涉及一些更深的资料，那么可以简单地省去一些与连续性无关的章节，包括 2.4、5.5、6.6~6.7、7.5~7.7 和 8.5~8.6 节。同样，第 7~9 章和 12.1~12.2 节是独立的，并且教师在授完第 1~6 章涵盖基础的课程后，可以直接讲授这些章节的任何一处。适合于一个学期课程的四种可能的选择如下：

• 第 1~9 章（可能省去以上提到的章节）：标准典型的教学内容，包括基础的描述统计和推断统计、两样本过程、列联表和线性回归。

• 第 1~7、9、11 章：重点为回归。

• 第 1~7、9 章及 12.1~12.2 节：在两组比较之后，介绍回归和方差分析。

• 第 1~8、10 章：强调分类数据资料、多元关系的基本问题。

不管针对何种类型的数据资料，我坚信用模型范例强调参数估计比许多统计教科书中的人为的假设检验方法更实用。为此，基础的推断章节（第 5~8 章）解释了置信区间的优势超过显著性检验，并且本书的后半部分（从第 9 章开始）主要涉及模型构建。在 7.5 节中，在描述比较均值的两种方法中介绍模型的概念。建模资料构成了第二个学期课程的基础。

在节、小节或练习中出现用星号（\*）标记的一些资料。这些资料是选修的，对入门学习者来说不重要。教科书没有试图介绍每一种可以用到的方法，因为它应该是一个教学工具，不是百科全书般的菜谱。它涵盖了社会科学研究中绝大部分重要的方法，并且它包含了在统计入门教材中不常讨论的主题，如

• 比  $\chi^2$  提供更多的信息的列联表方法，如单元残差（cell residuals）及使用分类排序的分析；

• 变量控制，以及涉及因果关系的问题；

• 广义线性模型方法，包括普通回归、方差和协方差分析、标准差与均值比例的非负响应的伽马回归、分类响应的逻辑斯蒂回归及列联表的对数线性关联模型。

我相信学生成功地完成本书的学习后，将会在应用统计方法方面打下一个坚实的基础。

# 译者序

社会统计学是一门应用极为广泛的学科，它不但应用于金融、保险、经济、人文学科等领域，而且还在医学、商业管理、动物学、公共卫生、教育学等领域相互渗透。除社会统计学专业外，它也是许多其他专业开设的一门必修课程。

本书的两位作者 Alan Agresti 和 Barbara Finlay 在大学多年从事社会统计学方面的教学与研究工作。第一作者 Alan Agresti 教授是一位在社会统计学领域享有盛名的统计学家，曾获得由美国统计协会芝加哥分会颁发的 2003 年度杰出统计学家称号。历任美国统计协会理事、数理统计学院理事、佛罗里达大学研究基金会教授等职务。Alan Agresti 教授论文著作颇丰，本书是他众多力作中的又一本代表性作品，该书在世界各地被许多大学选为教材或教学参考书。

本书为第 4 版。为便于读者更容易理解书中出现的各个统计基本概念，掌握各个概念之间的联系，原书作者还对部分章节的内容及其出现的先后顺序进行了微调。关于这一点，原书作者已在序中作了详细的说明。本教材可以在大学的两个学期中使用，非常适合初学者作为统计学的入门书。正如作者在其序中所述的，本书第 1~9 章介绍常用社会统计学的方法，可作为本科生的单学期教材；第 10~16 章可作为研究生的单学期教材。显然后一部分的内容也可以作为为本科生开设的社会统计学提高班的课程。

本书条理清晰、逻辑性强、涉及面广，除保留前三版中原有的统计方法外，还添加了许多新的内容，引进了统计学中最新的研究成果，并在第 16 章中进行了初步介绍，反映了本学科发展的前景。在例题和习题方面，更加注意引用实际生活中出现的实例。使我们很清晰地看到，统计离我们很近，就在日常的生活中。对统计的学习，不需要高深的数学基础，但对统计方法的使用，需要注意各方面的条件限制。这一点作者凭借其丰富的教学经验，通过其细腻的写作手法，以及对问题的剖析，将各种方法的使用要点淋漓尽致地展现在读者的面前。作者用其深厚的社会统计学功底，对一些统计概念的理解上容易出现偏差的地方，不惜笔墨重点进行了详解。例如，在假设检验中，为什么不能接受无效假设， $P$  为什么不是无效假设成立的概率等，给我们留下了深刻的影响。本书每章最后都给出了本章重点的概要，使读者很清楚各章的要点。

为便于初学者对书中概念、公式的理解，本书中配备了大量的练习题，可供读者在学习之余自己练习。本书中多次用到的大型数据集，读者可在本书教材网站 <http://www.stat.ufl.edu/~aa/social/data.html> 上下载获得，所提供的一些应用小程序可供读者在线使用。

本书主要由朱红兵、何丽娟翻译。其中第 1~9 章由朱红兵翻译；第 10~16 章由何丽娟翻译。另外朱启钊、苏林参与了附录 A 的翻译，崔梦晗、崔健参与了附录 B 的翻译。解利辉、苏玉成、费青松对附录 A 中软件操作上的基本概念给予了解答；石国书、苏为夏提供了文字阅读的帮助；苏乐、林建亭、韦玉、高萱提供了英文方面的帮助。全书由朱红兵负责统稿。卢纹岱教授负责本书的审校工作，并提出了许多宝贵及富有建设性的意见，使我们受益匪浅。

由于译者水平有限，因此在翻译中存在错误和疏漏在所难免，恳请广大读者批评指正。译者 Email: zhuhongbing@cipe.edu.cn。

译者

2011 年 6 月于北京

# 致 谢

感谢 Barbara Finlay 在本书前二版中的贡献。希望我们各自领域的专业知识的合作能提供一本既是统计意义上的也是与社会学有关的书。

感谢那些花费了大量时间帮助本书得以完成的人们。感谢 Sarah Streett 对书中的许多例子和练习中的数据资料作了更新，感谢 Jackie Miller 在准确性检验上所做的杰出的工作，感谢 Traci Douglas 担任制作编辑。感谢 Arne Bathke、David Most、Youqin Huang 以及 Michael Lacy 对本书提供的意见。其他提供建议或数据集的个人还有 Roslynn Brain、Beth Chance、Brent Coull、Alfred DeMaris、Mary Gray、Brian Gridley、Ralitza Gueorguieva、John Henretta、Ira Horowitz、Harry Khamis、Bernhard Klingenberg、Jacalyn Levine、Michael Radelet、Paula Rausch、Euijung Ryu、Paul Smith、Robert Wilson 和 Zoe Ziliak。同样感谢那些对前三版的出版给予帮助和支持的人，尤其是 Burk Grandjean、Susan Reiland、Maureen Hallinan、Shirley Scritchfield、Sonja Wright、Douglas Zahn、Jeff Witmer、E. Jacquelin Dietz、Dorothy K. Davidson 和 Mary Sue Younger。本书和以前版本的编辑，在普伦蒂斯·霍尔出版社工作的 Petra Recter 和 Ann Heath，提供了无偿支持和鼓励。

最后，特别要感谢我的妻子 Jacki Levine 在第三版编辑和设计样式方面给予的帮助和在第四版准备期间的全方位支持。

Alan Agresti  
Gainesville  
Florida

# 目 录

第 1 章 引言 .....	1	抽样偏差: 非概率抽样 .....	18
1.1 统计方法论介绍 .....	1	响应偏差 .....	19
为什么要学习统计 .....	1	无响应偏差: 缺失数据 .....	20
数据 .....	2	偏差类型总结 .....	20
什么是统计学 .....	3	2.4 其他概率抽样方法* .....	21
1.2 描述统计和推断统计 .....	3	系统随机抽样 (Systematic Random Sampling) .....	21
总体和样本 .....	4	分层随机抽样 (Stratified Random Sampling) .....	22
参数和统计量 .....	5	整群抽样 (Cluster Sampling) .....	22
定义总体: 实际总体和概念总体 .....	5	多阶抽样 (Multistage Sampling) .....	23
1.3 计算机在统计中的作用 .....	5	2.5 本章概要 .....	24
统计软件 .....	5	思考题 .....	24
数据文件 .....	6	第 3 章 描述统计 .....	31
统计软件的使用和误用 .....	6	3.1 用表和图描述数据 .....	31
1.4 本章概要 .....	7	相对频数 (relative frequency):	
思考题 .....	7	分类数据 .....	31
第 2 章 抽样和测量 .....	11	频数分布和条形图: 分类数据 .....	32
2.1 变量及其测度 .....	11	频数分布: 定量数据 .....	33
变量 .....	11	直方图 (histogram) .....	34
定量 (数量) 变量和分类变量 .....	12	茎叶图 (stem-and-leaf plot) .....	35
名义、有序和间隔测度尺度 .....	12	比较组 .....	35
有序数据的数量 .....	13	总体分布和样本数据分布 .....	36
离散型变量和连续型变量 .....	13	分布的形状 .....	37
2.2 随机化 .....	14	3.2 数据分布的中心描述 .....	37
简单随机抽样 .....	15	均值 (mean) .....	38
如何去选择一个简单随机样本 .....	15	均值的性质 .....	39
用抽样调查收集数据 .....	16	中位数 (median) .....	40
用实验收集数据 .....	17	中位数性质 .....	41
用观察研究收集数据 .....	17	中位数与均值的比较 .....	42
2.3 抽样变异性 and 潜在偏差 .....	18		
抽样误差 .....	18		



众数 (mode) .....	43	参数描述概率分布 .....	75
众数的性质 .....	43	4.3 正态概率分布 .....	76
3.3 数据分布的变异性描述 .....	44	正态尾部概率表 .....	78
极差 (range) .....	44	正态概率和经验法则 .....	78
标准差 (standard deviation) .....	45	求某个尾部概率的 $z$ 值 .....	79
标准差的性质 .....	46	$z$ 分数是离开均值的标准差数 .....	80
解释标准差的大小 .....	46	标准正态分布 .....	82
3.4 位置量度 .....	49	4.4 抽样分布描述了统计量如何变化 .....	83
四分位数和其他百分比 .....	49	模拟估计过程 .....	83
测定变异性: 四分位数间距 .....	50	用抽样分布表示抽样变异 .....	85
箱图: 绘制位置的 5 个数字概括		重复抽样的抽样分布说明 .....	87
图形 .....	51	4.5 样本均值的抽样分布 .....	87
异常值 (outlier) .....	52	$\bar{y}$ 的抽样分布的均值和标准误 .....	87
离开均值多少个标准差? $z$ 分数 .....	53	样本量对抽样分布和估计精度的	
3.5 二元描述统计 .....	53	影响 .....	89
响应变量 (response variable) 和解释		样本均值的抽样分布近似正态 .....	90
变量 (explanatory variable) 之间		4.6 小结: 总体、样本数据以及抽样	
的关联 .....	53	分布 .....	92
比较两组是二元分析 .....	54	在样本数据分布和抽样分布上	
二元定量数据 .....	54	样本量的影响 .....	95
两个以上变量的分析 .....	55	在统计推断中抽样分布的关键作用 .....	95
3.6 样本统计和总体参数 .....	55	4.7 本章概要 .....	96
3.7 本章概要 .....	56	思考题 .....	96
表、图小结 .....	56	<b>第 5 章 统计推断: 估计</b> .....	106
中心量度的小结 .....	56	5.1 点估计和区间估计 .....	106
变异性量度的小结 .....	57	参数的点估计 .....	106
二元描述统计的小结 .....	57	无偏和有效点估计 .....	107
思考题 .....	58	均值、标准差和比例的估计量 .....	108
<b>第 4 章 概率分布</b> .....	72	极大似然估计方法* .....	108
4.1 概率介绍 .....	72	置信区间等于点估计士误差边际	
概率可视为长期 (long-run) 相对		(margin of error) .....	108
频数 .....	72	5.2 比例的置信区间 .....	109
基本概率规则 .....	73	样本比例和其标准误 .....	109
4.2 离散型和连续型变量的概率分布 .....	74	大样本比例的置信区间 .....	110
离散型变量的概率分布 .....	74	控制置信水平 .....	112
连续型变量的概率分布 .....	75	大样本量给出狭窄的区间 .....	113

错误概率=1-置信水平	113	双侧检验与置信区间之间的对应	
置信水平是长期正确的比例	113	关系	147
方法的有效性需要大样本量	114	单侧显著性检验	147
5.3 均值的置信区间	115	单侧 $H_\alpha$ 隐含单侧 $H_0$	149
估计误差边际的标准误	115	单侧检验与双侧检验的选择	149
$t$ 分布	115	$\alpha$ 水平: 使用 $P$ 值做决策	150
$t$ 分布的性质	115	违反正态假定的稳健性	151
均值置信区间里的 $t$ 分数	117	6.3 一个比例的显著性检验	152
置信水平和样本量的作用	118	对一个比例显著性检验的五个	
关于正态总体假定违反的稳健性	119	部分	152
标准正态是 $df$ =无限时的 $t$ 分布	119	从不“接受 $H_0$ ”	154
对使用软件的忠告	120	样本量对 $P$ 值的影响	154
5.4 样本量的选择	120	6.4 在检验中的决策和错误类型	155
估计比例的样本量	121	对决策的第一类型和第二类型	
估计比例时的样本量公式	123	错误	155
估计均值时的样本量	123	拒绝域	155
在确定样本量中其他要考虑的		$\alpha$ 水平是第一类型错误的概率	156
因素	124	当 $P$ (第一类型错误) 下降时,	
只有一个小样本该怎么办	125	$P$ (第二类型错误) 上升	156
5.5 中位数和其他参数的置信区间	126	置信区间和检验决策之间的等价	
样本中位数对正态数据的		关系	157
低效率	126	对报告的 $P$ 值做一个决策	158
大样本时中位数的置信区间	126	6.5 显著性检验的局限性	158
自举法 (bootstrap)	128	统计显著与实际显著	158
5.6 本章概要	129	显著性检验并不比置信区间有用	159
思考题	130	对显著性检验和 $P$ 值的曲解	159
<b>第 6 章 统计推断: 显著性检验</b>	140	6.6 计算 $P$ (第二类型错误)*	161
6.1 显著性检验的五个部分	140	检验使用的 $\alpha$ 越小 $P$ (第二类型	
假定	141	错误) 越大	163
假设	141	检验的功效 (势) (power)	163
检验统计量	141	6.7 关于一个比例的小样本检验——	
$P$ 值	142	二项分布*	164
结论	143	二项分布	164
6.2 关于一个均值的显著性检验	143	二项分布的比例	165
关于一个均值的显著性检验的		二项式检验	167
五个部分	143	6.8 本章概要	168

思考题	170	威尔科克森-曼-惠特尼检验	201
<b>第7章 两组比较</b>	180	效应量：对一个组更好响应的 比例	201
7.1 比较两组的预备知识	180	处理有序变量为定量变量	202
有响应变量和解释变量时的 双变量（二元）分析	180	7.8 本章概要	203
相依样本和独立样本	181	思考题	205
估计的差异及其标准误	181	<b>第8章 分类变量之间的关联分析</b>	217
参数的比率	183	8.1 列联表	217
7.2 分类数据：比较两组比例	183	百分比比较	218
关于比例差异的置信区间	185	构建列联表的原则	219
解释一个置信区间比较比例	185	独立和相依	219
关于 $\pi_2 - \pi_1$ 的显著性检验	186	8.2 独立性的卡方检验	220
列联表和条件概率	187	对应于独立的期望频数	220
7.3 定量数据：比较两个均值	187	卡方检验统计量	221
$\mu_2 - \mu_1$ 的置信区间	187	卡方分布	221
解释一个置信区间比较均值	188	需要的样本量	223
关于 $\mu_2 - \mu_1$ 的显著性检验	188	用软件进行卡方检验	223
在置信区间和检验之间的对应 关系	189	自由度的解释	224
7.4 比较相依样本的均值	189	卡方检验和类别处理	224
适用于匹配样本的配对差异得分	189	8.3 残差：检测关联模式	224
使用配对差异推断比较均值	191	残差分析	225
独立样本与相依样本	193	卡方和 $2 \times 2$ （四格）表的比例 差异	226
7.5 比较均值的其他方法*	193	$2 \times 2$ 表的标准化的残差	227
在假定等方差时比较均值	193	大于 $2 \times 2$ 的表需要用卡方	227
完全随机设计与随机区组设计	195	8.4 列联表中关联的量度	228
根据软件给出的报表进行推断	195	关联的量度	228
效应量	196	比例差异	228
适用于均值的一个模型	196	卡方不是对关联的测量	229
7.6 比较比例的其他方法*	197	优势比（比数比）	229
比较相依比例	197	优势比的性质	230
比较相依比例的麦克尼马尔检验	198	$r \times c$ 列联表的优势比*	231
相依比例差异的置信区间	199	概述 $r \times c$ 表关联的量度	232
比较比例的费歇精确检验	199	8.5 两个有序变量之间的关联*	233
比较两个比例的小样本估计	200	一致和不一致	233
7.7 比较两组的非参数统计量*	200	$\gamma$ （gamma）	235

	$\gamma$ 是两个有序比例的差异	236		独立性检验	270
	有序量度的公共特性	236		斜率的置信区间	273
8.6	对有序关联的推断	236		读懂计算机打印输出结果	274
	关联量度的置信区间	236		对相关的推断*	275
	使用 $\gamma$ 的独立性检验	237		缺失值(missing data)	276
	有序检验与皮尔逊卡方检验	238	9.6	模型的假定及违背	276
	对其他有序量度的相似推断方法	238		哪一个假定是重要的	276
	混合的有序——名义列联表	239		外推是危险的	277
8.7	本章概要	239		有影响的观测值	277
	思考题	240		影响相关的因素	278
<b>第9章</b>	<b>线性回归和相关</b>	250		有误差项的回归模型*	279
9.1	线性关系	250		模型和现实	280
	线性函数(linear function)	251	9.7	本章概要	281
	解释 $y$ 的截距和斜率	252		思考题	282
	模型是对实际的简单近似	253	<b>第10章</b>	<b>多元关系概述</b>	298
9.2	最小平方预测方程	254	10.1	关联关系和因果关系	298
	散点图描绘数据	254	10.2	对其他变量的控制	300
	预测方程	255		社会学研究中的统计控制	301
	异常值对预测方程的影响	256		统计控制的关联类型	301
	预测误差被称为残差	258		警惕隐变量的存在	303
	预测方程有最小平方性质	258	10.3	多变量关系的类型	304
9.3	线性回归模型	259		伪关联(spurious association)	304
	线性回归函数	260		链关系(chain relationship)	305
	描述回归直线的变异	260		多个因果关系	306
	均方误(差):估计条件变异	261		抑制变量(suppressor variable)	306
	条件变异往往小于边缘变异	262		统计的交互作用	307
9.4	量度线性关联:相关	263		多变量关系小结	308
	斜率和关联强度	263		混杂作用使得效应难以评估	309
	相关	264	10.4	统计控制中的推断问题	309
	相关的性质	265		分表分析中小样本的影响	309
	相关暗示向均值回归	265		控制变量的类别影响	309
	$r^2$ :预测误差减少的比例	267		对照比较和合并的测度	310
	$r^2$ 的性质	269	10.5	本章概要	310
	平方和描述条件变异和边缘变异	269		思考题	311
9.5	对斜率和相关系数的推断	269	<b>第11章</b>	<b>多元回归分析和相关分析</b>	319
	对统计推断的假定	270	11.1	多元回归模型	319

多元回归函数	319
回归系数的解释	322
预测方程和残差	323
11.2 多元回归分析计算机输出实例	323
描述双变量关系的散点图	324
对偏相关绘制偏相关图	325
计算机输出结果样例	326
11.3 复相关和 $R^2$	328
复相关	328
$R^2$ : 多元决定系数	329
$R$ 和 $R^2$ 的性质	330
多个解释变量的多重共线性	331
11.4 多元回归系数的统计推断	332
检验解释变量的整体影响	332
$F$ 分布	333
回归系数的统计推断	334
方差分析表中的变差和均方差*	336
$F$ 统计量是均方误差之比	337
$F$ 统计量与 $t$ 统计量之间的关系	337
11.5 预测变量间的交互作用	337
交叉乘积项	338
检验交互作用项	339
中心化解释变量*	340
扩展与限制*	341
11.6 回归模型的比较	341
全模型和简化模型	341
用残差平方和 $SSE$ 或决定系数 $R^2$ 值进行模型比较	342
11.7 偏相关*	343
对偏相关系数的解释	344
对偏相关系数平方的解释	344
高阶偏相关系数	346
偏相关系数的统计推断	346
11.8 标准化回归系数	347
标准化回归系数的方法	347
标准化回归系数的性质	348

预测方程的标准化形式*	349
谨慎比较标准化回归系数	349
11.9 本章概要	350
思考题	352
<b>第 12 章 多组比较: 方差分析</b>	
<b>(ANOVA)</b>	<b>368</b>
12.1 多个均值的比较: 方差分析	
$F$ 检验	368
对均值比较的 $F$ 检验的假定	368
组间变异和组内变异	370
$F$ 检验统计量是两个方差估计之比	371
$F$ 检验统计量的公式是	371
组内方差估计*	372
组间方差估计	373
方差分析表中的平方和*	373
$F$ 检验与多个 $t$ 检验	374
12.2 均值的多重比较	374
置信区间比较均值	374
大量置信区间的错误率	375
均值多重比较 Bonferroni 法	375
均值多重比较 Tukey 法	377
12.3 用回归模型进行方差分析	377
回归中的虚拟变量	377
回归中用方差分析检验比较均值	379
为什么使用回归分析来做方差分析呢	379
12.4 双因素方差分析	380
双因素方差分析中的主效应假设	380
主效应的 $F$ 检验	381
双因素方差分析的交互效应	382
$H_0$ : 没有交互效应的 $F$ 检验	384
12.5 双因素方差分析和回归分析	384
假定没有交互效应的回归模型	384

有交互效应的回归模型	386	多个分类和定量预测变量的回归	
偏平方和	387	分析	420
双因素方差分析的多重比较	387	13.4 用定量和分类预测变量进行回归	
析因方差分析	388	的统计推断	420
12.6 重复测量的方差分析*	389	没有交互效应的检验	421
有重复测量的单因素方差分析	389	控制 $x$ , 检验分类变量的效应	422
球形假定和复合对称性	390	用方差分析结果进行比较	423
相依样本的置信区间比较	391	控制分类变量, 检验 $x$ 的效应	423
固定效应和随机效应	391	13.5 修正均值*	424
12.7 一个因素是重复测量的双因素		控制协变量, 修正响应变量的	
方差分析*	392	均值	424
在两个固定效应之一上进行		比较修正均值	426
重复测量	393	图示解释说明修正均值	427
在上面分析的基础上构造置信		修正均值的多重比较	428
区间	395	谨慎使用假设的修正均值	430
治疗方法的 Bonferroni 多重比较	396	13.6 本章概要	431
更复杂的重复测量分析	397	思考题	431
两次以上的重复测量	397	<b>第 14 章 构建多元回归模型</b>	438
12.8 违背方差分析假定的影响	397	14.1 模型选择过程	438
$F$ 检验的稳健性	397	为模型选择解释变量	438
Kruskal-Wallis 检验: 非参数		向后剔除过程	439
检验方法	398	向前选择和逐步回归过程	440
12.9 本章概要	398	自动选择过程的局限性和弊端	442
思考题	399	探索研究与解释性 (理论驱动)	
<b>第 13 章 组合回归分析和方差分析:</b>		研究	442
定量和分类预测变量	412	选择模型的指标: 调整 $R^2$ 、预测	
13.1 均值比较和回归直线比较	412	的残差平方和 $C_p$	443
比较回归直线	413	14.2 回归诊断	445
控制 $x$ , 比较 $y$ 的均值	413	检验残差	445
13.2 有定量和分类预测变量的回归	415	绘制残差与解释变量图	447
定量和虚拟解释变量	415	时间序列数据	448
对参数的解释: 没有交互效应		检测有影响的观测值: 杠杆值	449
的模型	416	检测有影响的观测值: DFFIT 和	
13.3 定量预测变量和分类预测变量		DFBETA	449
之间允许交互作用	418	14.3 多重共线性的影响	452
对不同模型的 $R$ 或 $R^2$ 的比较	419	多重共线性扩大了标准误	452

VIF 和其他多重共线性指标	453	用似然比检验比较逻辑斯蒂回归模型	490
存在多重共线性的补救措施	454	15.4 定序响应变量的逻辑斯蒂回归模型	491
14.4 广义线性模型	454	累积概率和累积概率的 logit	491
非正态分布的响应变量	455	定序响应变量的累积 logit 模型	492
广义线性模型的连接函数	455	对定序响应变量效应的推断	494
响应变量为正态分布的广义线性模型	456	响应变量类别选择的恒定性	494
响应变量服从 $\gamma$ 分布的广义线性模型	457	多元模型的扩展	495
14.5 非线性关系: 多项式回归	458	逻辑斯蒂回归模型中的定序预测变量	495
二次回归模型	459	15.5 名义响应变量的逻辑斯蒂模型*	495
二次回归模型的说明与拟合	461	基准类别的 Logit	496
非线性效应的描述和推断	462	15.6 分类变量的对数线性模型*	498
谨慎使用多项式模型	462	三个变量的分层对数线性模型	498
非参数回归*	463	对数线性模型优势比的解释	500
14.6 指数回归和对数转换*	464	15.7 对列联表构建的模型进行拟合	
对指数回归模型的解释	467	优度检验*	502
转换预测变量以获取线性	468	卡方拟合优度统计量	502
14.7 本章概要	469	标准化残差	503
思考题	469	对数线性模型的拟合优度	504
<b>第 15 章 逻辑斯蒂回归: 构建分类响应变量模型</b>	479	通过比较 $G^2$ 值来比较模型	504
15.1 逻辑斯蒂回归	479	逻辑斯蒂模型和对数线性模型之间的联系	505
线性概率模型	479	逻辑斯蒂模型和对数线性模型之间的区别	505
二分响应变量的逻辑斯蒂回归模型	480	15.8 本章概要	506
概率的逻辑斯蒂回归方程	482	思考题	506
对逻辑斯蒂回归模型的解释	482	<b>第 16 章 高级统计方法概述</b>	515
使用几率和优势比解释	483	16.1 纵向数据分析*	515
15.2 多元逻辑斯蒂回归	484	MANOVA: 多因变量方差分析	515
几率的效应	486	带有随机效应的混合效应模型	516
概率的效应	487	使用随机效应的一维重复测量方差分析	516
15.3 逻辑斯蒂回归模型的统计推断	488	16.2 多层(分层)模型*	518
Wald 检验和似然比独立性检验	488	为两个层上的观测值构建模型	519
多元逻辑斯蒂回归的推断	489		

16.3	事件历史模型*	520	起源和争议	531
	截尾数据和时变协变量	520	16.6 结构方程模型*	532
	事件的发生率	521	计量模型	532
	比例风险模型	521	结构方程模型	533
16.4	路径分析*	523	协方差结构模型中的特例	533
	路径图	523	拟合协方差结构模型	534
	路径系数	524	检验模型拟合	535
	直接效应和间接效应	525	16.7 马尔可夫链*	535
	路径分解	525	转移概率	536
	对因果模型的一个告诫	527	思考题	537
16.5	因子分析*	527	<b>附录 A SPSS 和 SAS 统计分析</b>	539
	因子分析模型	528	<b>附录 B 奇数练习答案</b>	558
	拟合因子分析模型	528	<b>附录 C 统计检验临界值表</b>	576
	分类响应变量的潜在分类模型	531	<b>参考文献</b>	582



# 第1章 引言

## 1.1 统计方法论介绍

在过去的四分之一世纪里，统计方法在社会科学中的应用已得到急剧增加。这有很多原因。在社会科学里更多的研究已采用定量取向。像其他科学研究一样，社会科学研究通常分析由实证数据提供的证据来研究感兴趣的问题。互联网的发展使轻易就可得到的定量信息资料的数量增加。最后，随着今后功能强大的计算机硬件、软件及统计方法的发展，可以得到能更加实际地解决社会科学研究中出现问题的新方法。

### 为什么要学习统计

在社会科学研究杂志发表的文章和政府及私营企业准备报告的内容中发生的变化是使用统计的数量明显增加。快速浏览最近几期的期刊，如美国政治科学评论（*American Political Science Review*）和美国社会学评论（*American Sociological Review*）等，都显示出统计在研究中的基础性作用。例如，为了研究哪些因素对学生在校成绩有最大影响，或者，为了调查哪些因素影响人们的政治信仰、影响他们的卫生保健质量或者影响他们何时退休的决定，研究人员收集并使用统计分析方法处理所收集的信息资料。由于统计在许多调查研究中所起的作用，现在越来越多的学校要求他们的专业开设统计课程。

目前，社会科学家在不同领域中使用统计方法，如政府机构、商业组织及医疗保健机构等。例如，政府机构中的社会科学家在与人类福利、环境问题或公共卫生政策打交道过程中，总是需要用到统计方法或至少要阅读包含统计量的报告。医疗社会学家通常需要评估那些来自包括新疗法或照顾老人新方式的定量调查研究中的建议。一些社会科学家帮助管理者使用定量基准去评估雇员的业绩并且去测度有助于预测影响产品销售的因素等。事实上，社会科学家面对越来越多的工作，期望统计方法的知识当做一个基本的工作工具。有一个笑话，“通过统计考核的社会学家对未通过统计考核的社会学家说：我想吃巨无霸、薯条和可乐。”

即使在你的专业里从未使用过统计方法，也非常需要理解统计的意义。每天你会从广告、新闻报道、政治竞选、对争议问题的民意调查及其他包含统计论据的交流中面对信息爆炸。统计学帮助你理解这些信息并更好地了解世界。你会从本书中找到概念帮助评判你日常生活中遇到的信息资料。

我们了解你不是抱着想成为一个统计学家的希望来阅读本书的。另外，你可能患上数学恐惧症以及对放在眼前阐述统计的书感到恐惧。请放心，你只要有一点点的数学知识就可以