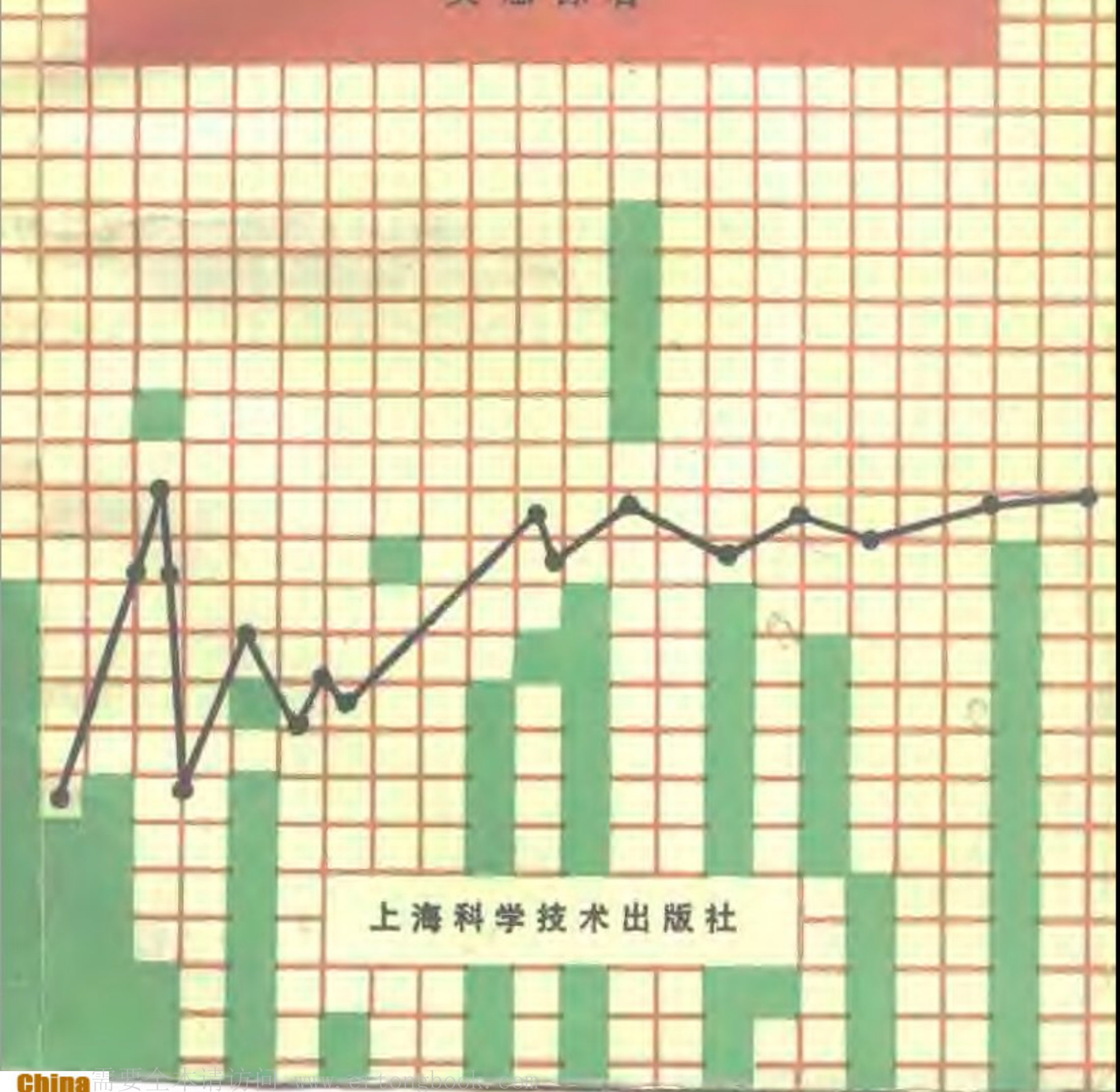
农业试验统计

（第二版）

莫惠栋著



上海科学技术出版社

China需要全本请访问 www.ertongbook.com

农业试验统计

（第　二　版）

莫惠栋　著

上海科学技术出版社

（沪）新登字108号

农业试验统计

（第二版）

莫惠栋 著

上海科学技术出版社出版

（上海瑞金二路450号）

新华书店上海发行所发行　　江苏扬中印刷厂印刷

开本850×1156 1/32 印张21 字数553,000

1984年1月第1版 1992年1月第2版 1992年1月第2次印刷

印数 14,501—19,500

ISBN7-5323-2494-X/S·265

定价：11.00元

China

内 容 提 要

本书系统地介绍了农业试验统计的原理和方法。全书共分14章，在扼要阐明次数分布、描述统计、理论分布和抽样分布的基础上，着重讨论了统计推断，次数资料的测验，非参数测验，方差分析基础和常用试验设计的方差分析，线性回归和相关分析，协方差分析，非线性回归分析，多项式回归分析，多元(线性和非线性)回归和相关分析。而对回归和相关的分析方法，尤为侧重。本书比较密切地联系我国农业试验研究的实践，附有各类例题174道，习题93道。内容安排力求循序渐进，由浅入深，深入浅出，通俗易懂。本书可供从事农业科技和教育工作的同志阅读，亦可作为有关专业大学生和研究生的学习材料，对于农业科研单位人员尤有重要参考价值。

第二版是在第一版基础上全面修订而成。

China

第二版前言

趁此次再版的机会，我对本书作了一次较全面的修订。除了改正在第一版中的零散差错外，重点修订了以下三个方面：

1. 关于多重比较方法：第一版着重介绍 Duncan 的新复极差测验法（*SSR* 法）。但近年来，这一方法的统计基础受到怀疑；且 Duncan 本人也不再坚持［他在 1975 年又提出了一种应用“最小平均风险 *t* 值”(minimum average risk *t*)的测验方法，但亦有待公认］。因此，第二版在绝大多数事例中，都已改用 Fisher (1966) 的保护最小显著差数法（*PLSD* 法）。在生物学和农学的研究领域，最小显著差数法(*LSD* 法)沿用最久。*PLSD* 法仅是在 *LSD* 法的应用中增加“处理项变异的 *F* 测验为显著”这一前提条件，因而是普遍可接受的。

2. 关于通径系数：第一版介绍过通径系数的意义和计算，但没有涉及它的测验以及建立通径网络的一些基本原则。几年来的实践证明，这种简略不可取。它容易使读者硬套统计模式而忽视生物学原理，造成方法的误用。因此，第二版已将该节扩充为“通径分析”（§ 14.8），增补了通径规则、应用注意和若干实例，从而使读者能够在不同情况下灵活地运用通径方法。

3. 关于处理变异的单一自由度回归分解：它是分析数量因素试验结果的一种重要统计方法，在第一版的第 13 章和 § 14.9（多元多项式回归）已有过较详细的介绍。问题在于没有能够把它与第 8、第 9 章的试验分析联系起来。这是一个脱节，也可能成为阅读和应用上的障碍。为解决这一问题，第二版在第 13 章特地添加

China需要全本请访问 www.ertongbook.com

了一节：处理变异的多项式回归分解（§13.8），在§14.9又添加了来自第9章的一个实例，以为呼应。

此外，为了进一步阐明一些重要的统计原理和方法，第二版还增添了例题7道、习题5道。

试验统计方法，作为实验科学的一个工具，正在日益广泛而深入地应用于各种科学领域。与第一版相比较，我觉得，第二版的主要特征正是进一步加强了实用性，更便利于读者在实际研究工作中的正确应用。读者在阅完本书之后，如能赞同这一看法，对我将是极大的鼓舞。

莫惠栋　于江苏农学院
1991年6月

第一版前言

农学和生物学试验研究所得的绝大部分数据，都不是常量，而是具有一定概率分布的变量。因此，统计方法就成为收集、整理、分析和解释这些数量资料的一个必不可少的重要工具。在国际上，近几十年来，统计方法不仅已在生物学领域内广泛而深入地渗透，而且在物理学、化学、天文学、地学、社会学、工学等领域内，也已得到日益普遍的应用。但在我国，介绍科研中的统计原理和方法的书籍，尤其是适合农业科技工作者阅读的统计书籍，却相当缺少。这和我国农业现代化的要求是不相适应的。

本书是以笔者历年来为农业院校的大学生、研究生、进修教师和农业科技干部所编的各种试验统计讲义为基础，再参考近年来国内、外的一些有关专著撰写而成。希望能对统计的基本原理和方法及其在农学和生物学方面的应用，提供一个稍为完整的轮廓，对于我国农业科研水平的提高起到一点推动和促进的作用。统计方法是呆板的，而实践资料则是无比生动而丰富的。因此在编写上，笔者特别注意了处理特殊和一般的关系，交代清楚基本概念和注意事项，使读者便于举一反三。另外，考虑到从事农业试验研究工作同志的数学基础一般不如理工科方面的同志，笔者在抽象内容的表达上也作了努力：一方面尽量避免冗长的数学推导，另一方面则引入为说明原理和方法的例题和习题256道。这些例题和习题，涉及作物栽培、畜禽饲养、遗传育种、植物生理、植物保护、土壤肥料、果树蔬菜等专业，为农业科技工作者所喜闻乐见，相信有助于他们从具体到抽象的思维发展。对于自学本书的读者，如能复

China

做例题，再做习题，也可帮助解决在原理上可能遇到的疑难之点。

在本书辑成的过程中，南京农学院马育华教授曾给予指引，并提供了许多参考文献；江苏农学院曹显祖、朱庆森等同志曾赐予大量试验资料，季穆如同志帮助绘制了全部插图，胡雪华、姜长鉴等同志协助了计算和核对。另外，本书的例题和习题，绝大部分都是实际试验结果，但因陆续摘录的时间长达 20 余年，原作者已难以一一追忆罗列。对于这些同志的支持和帮助，笔者一并表示衷心的感谢。

由于水平限制和涉猎资料有限，本书难免会有许多缺点和错误，敬请读者批评指正，以利日后的修订。

莫惠栋　于江苏农学院　1983 年 2 月

目　录

绪　论 ……1

§0.1　农业试验的任务 ……1

§0.2　统计方法的功用 ……2

第1章　变数的次数分布 ……5

§1.1　次数分布的意义 ……5

§1.2　次数分布表 ……5

§1.3　次数分布图 ……9

§1.4　频率分布和累积频率分布 ……11

习题 ……13

第2章　平均数和变异数 ……14

§2.1　变数分布的特征 ……14

§2.2　算术平均数 ……14

§2.3　其他平均数 ……16

1. 几何平均数 ……16

2. 调和平均数 ……18

3. 众数 ……19

4. 中位数 ……20

§2.4　标准差和变异系数 ……22

1. 标准差 ……22

2. 变异系数 ……25

§2.5　由次数表求平均数和标准差 ……25

§2.6　变量的线性数学模型 ……28

习题 ……29

第3章　概率和理论分布 ……30

§3.1　事件和概率 ……30

China

1. 事件和概率的意义 ……30
2. 事件的相互关系 ……32
3. 计算事件概率的法则 ……32
§3.2 二项分布 ……34
1. 二项总体和二项分布的意义 ……34
2. 计算二项分布概率的方法 ……35
3. 二项分布的平均数和标准差 ……39
§3.3 普松(Poisson)分布 ……41
§3.4 正态分布 ……43
1. 正态分布的方程和性质 ……43
2. 标准正态分布及其累积函数 ……45
3. 计算正态分布一定区间概率的方法 ……48
4. 实际次数分布配合正态曲线 ……52
§3.5 二项分布的正态近似 ……54
习题 ……57
第4章 统计数的分布 ……59
§4.1 随机抽样和无偏估计 ……59
§4.2 样本平均数的分布 ……62
§4.3 样本平均数的差数的分布 ……66
§4.4 学生氏 t 分布 ……69
§4.5 样本方差的分布 ……72
§4.6 χ^2 分布和 F 分布 ……73
1. χ^2 分布 ……73
2. F 分布 ……76
习题 ……78
第5章 统计推断 ……80
§5.1 统计推断的意义和内容 ……80
§5.2 统计假设测验 ……81
1. 统计假设测验的步骤 ……81
2. 统计假设测验的几何意义 ……84
3. 两尾测验和一尾测验 ……84
4. 统计假设测验的两种错误 ……86
§5.3 单个平均数的假设测验 ……89

China

1. 单个平均数假设测验的方法 ……89
2. 单个平均数的线性数学模型 ……90
§5.4 两个平均数的假设测验——组群比较 ……90
1. 组群比较假设测验的方法 ……90
2. 组群比较的线性数学模型 ……93
3. 总体方差不相等时的组群比较 ……95
§5.5 两个平均数的假设测验——成对比较 ……95
1. 成对比较假设测验的方法 ……95
2. 成对比较的优点 ……97
3. 成对比较的线性数学模型 ……98
§5.6 参数的区间估计及与假设测验的关系 ……98
1. 总体平均数μ的区间估计 ……98
2. 总体平均数差数$(\mu_1-\mu_2)$的区间估计 ……99
3. 一尾测验的总体平均数及其差数的区间估计 ……100
§5.7 容许区间 ……101
§5.8 样本容量 ……103
1. 平均数的样本容量 ……103
2. 平均数差数的样本容量 ……104
§5.9 关于方差的统计推断 ……106
1. 单个方差的统计推断 ……106
2. 两个方差的统计推断 ……108
3. 多个方差的统计推断 ……109
§5.10 关于二项成数的统计推断 ……110
1. 单个二项成数的统计推断 ……110
2. 两个二项成数的统计推断 ……112
3. 二项成数的样本容量 ……114
习题 ……115
第6章 次数资料的测验 ……118
§6.1 次数资料和χ^2分布 ……118
§6.2 次数资料的适合性测验 ……119
1. $k=2$的次数资料 ……120
2. $k\geqslant 3$的次数资料 ……122
3. 配合理论分布的次数资料 ……125

China需要全本请访问 www.ertongbook.com

§6.3 次数资料的齐性测验 ……126
§6.4 次数资料的独立性测验 ……128
1. 2×2表的独立性测验 ……128
2. 2×C表的独立性测验 ……131
3. R×C 表的独立性测验 ……134
习题 ……135
第7章 非参数测验 ……137
§7.1 非参数方法的意义 ……137
§7.2 符号测验 ……137
§7.3 秩和 W 的分布与秩和测验原理 ……141
§7.4 组群比较的秩和测验 ……144
§7.5 成对比较的秩和测验 ……146
1. 成对比较的秩和分布 ……146
2. 成对比较的秩和测验示例 ……148
习题 ……149
第8章 方差分析基础 ……151
§8.1 方差分析的意义 ……151
§8.2 单向分组资料(每组样本容量相等)的方差分析 ……152
§8.3 多重比较 ……157
1. Fisher 氏保护最小显著差数测验法 ……157
2. Duncan 氏新复极差测验法 ……160
3. Tukey 氏固定极差测验法 ……163
4. Dunnett 氏最小显著差数测验法 ……164
5. 多重比较方法的选择 ……166
§8.4 单一自由度的独立比较 ……166
§8.5 线性数学模型和期望均方 ……170
§8.6 单向分组资料(每组样本容量不等)的方差分析 ……174
§8.7 两向分组资料的方差分析 ……176
§8.8 系统分组资料的方差分析 ……180
§8.9 变量转换 ……188
1. 方差分析的基本假定 ……188
2. 变量转换的类别 ……188
3. 转换资料的分析 ……191

China

习题 ……192
第 9 章　常用试验设计的方差分析 ……196
§ 9.1　常用试验设计的类型 ……196
1. 根据试验因素的多少分 ……196
2. 根据试验单元的排列方式分 ……200
§ 9.2　单因素随机区组试验的方差分析 ……202
§ 9.3　二因素随机区组试验的方差分析 ……207
1. 按固定模型分析 ……214
2. 按随机模型分析 ……223
§ 9.4　三因素随机区组试验的方差分析 ……224
§ 9.5　拉丁方试验的方差分析 ……236
1. 单个拉丁方试验的方差分析 ……236
2. 多个拉丁方试验的方差分析 ……240
§ 9.6　裂区试验的方差分析 ……246
1. 二裂式裂区试验的方差分析 ……246
2. 三裂式裂区试验的方差分析 ……257
§ 9.7　品种区域化试验的方差分析 ……260
1. 多地品种区域试验的方差分析 ……261
2. 多年多地品种区域试验的方差分析 ……268
§ 9.8　试验抽样的方差分析和抽样方案设计 ……279
1. 试验抽样的方差分析 ……279
2. 试验抽样方案的设计 ……283
§ 9.9　缺值估计 ……295
1. 缺值估计的需要 ……295
2. 缺值估计的原理 ……295
3. 随机区组试验的缺值估计 ……295
4. 拉丁方试验的缺值估计 ……298
5. 二裂式裂区试验的缺值估计 ……300
习题 ……302
第 10 章　线性回归和相关分析 ……308
§ 10.1　相关关系和散点图 ……308
1. 相关关系的定义 ……308
2. 自变数和依变数 ……309

3. 相关关系统计分析的任务 ……310
4. 相关关系的散点图 ……311
§ 10.2 线性回归方程及离回归标准差 ……312
1. 线性回归方程 ……312
2. 离回归标准差 ……315
§ 10.3 线性回归模型和假设测验 ……318
1. 线性回归模型 ……318
2. 线性回归的假设测验 ……319
§ 10.4 线性回归的置信区间 ……323
1. 条件总体平均数 $\mu_{Y/x}$ 的置信区间 ……323
2. 条件总体观察值 Y 的预测区间 ……324
3. 置信区间和预测区间的图示 ……325
4. 回归截矩 α 和回归系数 β 的置信区间 ……327
§ 10.5 具有重复观察值的线性回归分析 ……329
§ 10.6 两个线性回归方程的比较 ……333
§ 10.7 相关系数和相关模型 ……336
1. 决定系数和相关系数 ……336
2. 线性相关模型 ……340
§ 10.8 相关系数的统计推断 ……342
1. 相关系数的假设测验 ……342
2. 相关系数的置信区间 ……345
3. 两个样本相关系数的比较 ……346
§ 10.9 相关和回归的关系及计算程序 ……347
1. 相关和回归的关系 ……347
2. 相关和回归的计算程序 ……349
§ 10.10 由相关表计算相关和回归 ……349
1. 相关表的编制 ……349
2. 由相关表计算相关和回归 ……350
§ 10.11 相关和回归的应用注意 ……355
习题 ……358
第 11 章 协方差分析 ……362
§ 11.1 协方差分析的意义 ……362
§ 11.2 单向分组资料的协方差分析 ……363

China

§ 11.3 回归系数的假设测验 ……371
§ 11.4 处理平均数的回归矫正和矫正平均数的假设测验 ……372
1. 处理平均数的回归矫正 ……372
2. 矫正平均数 $\bar{y}_{(x=\bar{x})}$ 的假设测验 ……375
3. 矫正平均数 $\bar{y}_{(x=\bar{x})}$ 的多重比较 ……377
§ 11.5 协方差分析的简化 ……379
§ 11.6 协方差分析的线性数学模型和基本假定 ……381
§ 11.7 两向分组资料的协方差分析 ……385
§ 11.8 系统分组资料的协方差分析 ……390
习题 ……395
第 12 章 非线性回归分析 ……398
§ 12.1 非线性回归分析的意义 ……398
§ 12.2 非线性方程 $\hat{Y}=\frac{a+bX}{X}$ ……400
§ 12.3 非线性方程 $\hat{Y}=\frac{1}{a+bX}$ ……408
§ 12.4 非线性方程 $\hat{Y}=\frac{X}{a+bX}$ ……415
§ 12.5 非线性方程 $\hat{Y}=ae^{bx}$ ……421
§ 12.6 非线性方程 $\hat{Y}=aXe^{bx}$ ……425
§ 12.7 非线性方程 $\hat{Y}=aX^{b}$ ……430
§ 12.8 非线性方程 $\hat{Y}=ae^{bx^{2}}$ ……434
§ 12.9 对称 S 形曲线(正态累积函数) ……438
§ 12.10 不对称 S 形曲线 ……444
§ 12.11 Logistic 生长曲线 $\hat{Y}=\frac{K}{1+ae^{-bx}}$ ……448
§ 12.12 其他具有两个统计数的非线性方程 ……455
习题 ……460
第 13 章 多项式回归分析 ……467
§ 13.1 多项式回归模型 ……467
§ 13.2 多项式方程回归统计数的计算 ……469
1. 多项式回归统计数的正规方程组 ……469
2. 解正规方程组的方法 ……470
§ 13.3 多项式方程的基本性质和初步选择 ……474

China

§13.4 多项式方程的统计选择 ……476
1. 多项式方程统计选择原理 ……476
2. 多项式方程统计选择示例 ……478
3. 多项式回归的计算程序 ……483
§13.5 由相关表计算多项式回归方程 ……483
§13.6 正交多项式回归 ……489
1. 正交多项式回归分析原理 ……489
2. 正交多项式回归分析程序 ……492
3. 正交多项式回归分析示例 ……493
§13.7 相关指数 ……498
§13.8 处理变异的多项式回归分解 ……499
习题 ……507
第14章 多元回归和相关分析 ……510
§14.1 多元线性回归模型 ……510
§14.2 多元回归统计数的正规方程组和解 ……513
§14.3 多元回归的假设测验和置信区间 ……521
1. 多元回归的假设测验 ……521
2. 偏回归系数的假设测验 ……522
3. 多元条件总体平均数 $\mu_{Y/12\cdots m}$ 的置信区间和多元条件总体观察值 $Y_{12\cdots m}$ 的预测区间 ……525
§14.4 由相关表计算多元线性回归方程 ……526
§14.5 正交多元线性回归方程 ……530
§14.6 最优多元线性回归方程的统计选择——逐步回归方法 ……535
1 逐个淘汰不显著自变数的回归方法 ……536
2. 逐个选入显著自变数的回归方法 ……542
§14.7 多元相关和偏相关 ……551
1. 复相关系数及其假设测验 ……551
2. 偏相关系数及其假设测验 ……555
3. 偏相关(回归)和单相关(回归)的区别 ……560
§14.8 自变数的相对重要性——通径分析 ……562
1. 通径和通径系数的意义 ……562
2. 通径系数的计算和测验 ……564
3. 通径网络及其相关方程组的确定 ……574

China

4. 通径分析的应用注意 ……579
§14.9 多元非线性回归方程 ……581
1. 由 X_i 的转换值 X_i' 组成的多元非线性回归方程……581
2. 由 X_i 和 Y 的非线性形式表示的多元非线性回归方程 ……581
3. 多元多项式回归方程…… 583
习题……599
附表 ……604
表 1 正态分布的概率密度函数表 ……604
表 2 正态分布的累积函数表 …… 605
表 3 t 分布的临界 t_α 值表 …… 608
表 4 χ^2 分布的临界 χ_α^2 值表 ……609
表 5 F 分布的 $F_{0.05}$ (上)和$F_{0.01}$(下)值表……610
表 6 正态总体的容许系数 I 值表 ……620
表 7 符号测验 n_α' 值表 ……621
表 8 秩和检验W表 …… 623
表 9 秩和测验 W'表…… 623
表 10 Duncan's 新复极差测验 $SSR_{00.5}$ 和 $SSR_{0.01}$ 值表……624
表 11 q 测验的 $q_{0.05}$ 和 $q_{0.01}$ 值表 ……626
表 12 Dunnett's 测验的 $D\,t_{0.05}$和 $Dt_{0.01}$ 值表 ……628
表 13 成数 p 的反正弦转换表 ……629
表 14 r 与R的 0.05 和 0.01 临界值表……632
表 15 r 值与 z 值转换表……63?
表 16 百分率和概率单位(P)转换表……635
表 17 正交多项式系数 c_j 值表 ……639
主要统计符号注释…… 647
主要参考文献…… 652

China需要全本请访问 www.ertongbook.com