

茆诗松 主编

王静龙 史定华 费鹤良 葛广平 副主编

# 统计手册

STATISTICS  
HANDBOOK

$\Sigma$   $\cup$   $\Pi$   $\cong$   $\$$   $\cap$   
 $\in$   $\infty$   $\odot$   $\int$   $\wedge$   $\vee$



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 统 计 手 册

Statistics Handbook

茆诗松 主编

王静龙 史定华  
费鹤良 葛广平 副主编

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本手册是实用统计方法库,也是数据处理的工具箱,能适应多方应用统计方法的需求.本手册言简意赅,并辅以大量实例和图表帮助读者正确理解和使用.

读者对象:工程技术人员,农业技术人员,管理者,经济金融人员,医生与药剂师,生物、信息等专业的有关科研人员,高校师生.

### 图书在版编目(CIP)数据

统计手册=Statistics Handbook/茆诗松主编.—北京:  
科学出版社,2003.

ISBN 7-03-010025-5

I.统… II.茆… III.统计学—手册 IV.C8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 004676 号

责任编辑:刘嘉善 张析/责任校对:包志虹

责任印制:安春生/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2003年1月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2003年1月第一次印刷 印张:35 1/4

印数:1—3 000 字数:1 211 000

定价:75.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

## 各章编写人员

|      |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|
| 第一章  | 史定华 |     |     |
| 第二章  | 费鹤良 |     |     |
| 第三章  | 费鹤良 |     |     |
| 第四章  | 汤银才 |     |     |
| 第五章  | 葛广平 |     |     |
| 第六章  | 葛广平 |     |     |
| 第七章  | 梁小筠 |     |     |
| 第八章  | 王静龙 |     |     |
| 第九章  | 茆诗松 |     |     |
| 第十章  | 周纪芴 |     |     |
| 第十一章 | 周纪芴 |     |     |
| 第十二章 | 张志强 |     |     |
| 第十三章 | 茆诗松 |     |     |
| 第十四章 | 程依明 |     |     |
| 第十五章 | 徐国祥 | 吴泽智 |     |
| 第十六章 | 阎春宁 |     |     |
| 第十七章 | 曹素华 | 陈启明 | 赵耐青 |
| 第十八章 | 濮晓龙 |     |     |

## 常用统计符号

$H(N, n, M)$ ——超几何分布

$b(n, p)$ ——二项分布

$M(m, p_1, \dots, p_k)$ ——多项分布

$G(p)$ ——几何分布

$P(\lambda)$ ——泊松分布

$Nb(n, p)$ ——负二项分布

$U(a, b)$ ——均匀分布

$N(\mu, \sigma^2)$ ——正态分布

$Ga(\alpha, \lambda)$ ——伽玛分布

$Be(\alpha, \beta)$ ——贝塔分布

$Exp(\lambda)$ ——指数分布

$Exp(\lambda, \mu)$ ——两参数指数分布

$W(m, \eta)$ ——韦布尔分布

$LN(\mu, \sigma^2)$ ——对数正态分布

$N_P(\mu, \Sigma)$ —— $p$ 维正态分布

$\chi^2(v)$ ——卡方分布

$t(v)$ —— $t$ 分布

$F(v_1, v_2)$ —— $F$ 分布

$A, B, C$ ——随机事件

$P(A)$ —— $A$ 发生的概率

$P(A|B)$ —— $B$ 已发生,  $A$ 发生的  
条件概率

$X, Y, Z$ ——随机变量

$x, y, z$ ——随机变量的取值

$F(x), G(y)$ ——分布函数

$f(x), g(y)$ ——密度函数

$\theta, \tau$ ——分布的未知参数

$F(x, \theta)$ ——强调含参数  $\theta$  的分布  
函数

$E(X) = \mu$ ——总体均值,  $X$  的期望

$\text{Var}(X) = \sigma^2$ ——总体方差,  $X$  的方  
差

$\sigma = \sqrt{\text{Var}(X)}$ ——总体标准差,  $X$   
的标准差

$P(V)$ ——关于随机变量  $V$  的概率

$F(V)$ ——关于随机变量  $V$  的分布

$E(V)$ ——关于随机变量  $V$  的期望

$\bar{F}(t) = 1 - F(t)$ ——补分布函数

$R(t) = 1 - F(t)$ ——可靠度函数

$S(t) = 1 - F(t)$ ——生存函数

$r(t) = f(t)/R(t)$ ——失效率函  
数

$h(t) = f(t)/\bar{F}(t)$ ——危险率函  
数

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ——样本或样  
本观测值

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$ ——样本均值

$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2$ ——样本  
方差

$s = \sqrt{s^2}$ ——样本标准差

|                                                                    |                                            |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $\tilde{x}$ ——样本中位数                                                | $L(\theta, x)$ ——似然函数                      |
| $R$ ——样本极差                                                         | $l = \ln L$ ——对数似然函数                       |
| $\sigma_{\bar{x}}$ ——样本均值的标准差                                      | $L(\theta, a)$ ——损失函数                      |
| $\sigma_{\tilde{x}}$ ——样本中位数的标准差                                   | $R(\theta, \delta)$ ——风险函数                 |
| $z_{\alpha}$ ——标准正态分布的 $\alpha$ 分位数                                | $I(\theta)$ ——费希尔信息                        |
| $t_{\alpha}(v)$ ——自由度为 $v$ 的 $t$ 分布的 $\alpha$ 分位数                  | $\pi(\theta)$ ——先验密度                       |
| $\chi^2_{\alpha}(v)$ ——自由度为 $v$ 的卡方分布的 $\alpha$ 分位数                | $\pi(\theta x)$ ——后验密度                     |
| $F_{\alpha}(v_1, v_2)$ ——自由度为 $v_1$ 和 $v_2$ 的 $F$ 分布的 $\alpha$ 分位数 | $\hat{\theta}$ ——参数 $\theta$ 的估计           |
| $\text{cov}(X, Y)$ —— $X$ 与 $Y$ 的协方差                               | MLE——极大似然估计                                |
| $\rho$ ——总体的相关系数                                                   | LSE——最小二乘估计                                |
| $r$ ——样本的相关系数                                                      | UMVUE——一致最小方差无偏估计                          |
| $\alpha$ ——显著性水平, 犯第 I 类错误的概率                                      | BLUE——最佳线性无偏估计                             |
| $\beta$ ——犯第 II 类错误的概率                                             | BLIE——最佳线性不变估计                             |
|                                                                    | $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ ——组合数 |
|                                                                    | $I_A(x)$ ——示性函数                            |
|                                                                    | $\Gamma(\alpha)$ ——伽玛函数                    |
|                                                                    | $B(\alpha, \beta)$ ——贝塔函数                  |

## 序

统计学是收集、整理和分析数据的学科,应用面极广,工业、农林、经济、金融、医药、生物、管理、社会、国防等各个领域都经常使用各种统计方法.随着我国经济建设的迅速发展,统计方法的使用将会愈来愈频繁,对统计方法的需求也会愈来愈多.恰逢此时科学出版社编审刘嘉善先生向我们提出编写《统计手册》的建议,这一建议立即得到上海统计学家们的积极响应,经过两年的努力,这本手册终于与读者见面了.在此把我们的一些编写想法与读者交流一下.

1. 本手册读者对象:工程技术人员、农林技术人员、管理工作、经济与金融人员、医生与药剂师和生物、信息等有关科研人员等.本手册亦可作为高校师生的参考书,帮助扩大视野.

2. 本手册选材:以实际中使用的统计方法为主,辅以简明实例,所涉及概念都作必要的介绍.我们想使本手册成为一个统计方法库,成为从事数据处理人员的必备工具书,成为引证的依据和查找的首选书籍.

3. 本手册内容:共 18 章.它们包括了各领域使用的共同的统计方法,对有些领域内的特殊方法还专门列出一章予以特别介绍,如:社会经济统计、生物统计、可靠性统计和统计质量管理等.

4. 本手册编写:用言简意赅的文字说明各种统计方法,使大多数人能读懂它,辅以简明例子帮助读者正确理解和使用这些统计方法.在编排上做到便于查询,可以从各章节目录和索引上尽快查找到你所需要的统计方法.所有统计用表都附在各章末尾,但最后还编有一份附表总目录,也是为方便读者而设立的.

5. 本手册编者:13 位编著者都是在理论和实践上有较高造诣的统计学家.其中 5 位组成编委会,他们共同商定编辑方针、各项设计工作和本手册编写进程.此外他们还承担若干章的编写和审阅工作.

王静龙教授负责第七、八、十一、十二章;

史定华教授负责第一、十四、十六、十八章;

茆诗松教授负责第九、十三、十五、十七章；

费鹤良教授负责第二、三、四章；

葛广平教授负责第五、六、十章。

该编委会由茆诗松任主编，负责全手册审定等工作。

6. 致谢：本手册编委会感谢华东师大统计系为我们每次集会讨论给予的大力支持，还要感谢同济大学柴根象教授、上海统计局蔡旭初高级统计师和河南医学科学研究所赵国龙教授，他们分别对第六章、第十五章和第十七章作了仔细审阅和修改，使本手册质量提高很多。最后还要感谢科学出版社和刘嘉善先生的建议和指点，使本手册能顺利出版。

本手册的编写是初次尝试，虽作了很大努力，但由于水平和时间的限制，存在的缺点和错误，恳切地希望同行和广大读者给予批评指正。

《统计手册》编委会

2001年3月31日

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第一章 统计中的常用分布 .....  | 1  |
| § 1.1 常用离散型分布 ..... | 1  |
| 1.1.1 单点分布 .....    | 1  |
| 1.1.2 两点分布 .....    | 1  |
| 1.1.3 均匀分布 .....    | 1  |
| 1.1.4 二项分布 .....    | 2  |
| 1.1.5 超几何分布 .....   | 3  |
| 1.1.6 几何分布 .....    | 3  |
| 1.1.7 负二项分布 .....   | 4  |
| 1.1.8 泊松分布 .....    | 4  |
| 1.1.9 对数分布 .....    | 5  |
| § 1.2 常用连续型分布 ..... | 6  |
| 1.2.1 均匀分布 .....    | 6  |
| 1.2.2 指数分布 .....    | 7  |
| 1.2.3 正态分布 .....    | 8  |
| 1.2.4 对数正态分布 .....  | 10 |
| 1.2.5 柯西分布 .....    | 10 |
| 1.2.6 伽玛分布 .....    | 11 |
| 1.2.7 贝塔分布 .....    | 12 |
| 1.2.8 韦布尔分布 .....   | 13 |
| 1.2.9 帕雷托分布 .....   | 14 |
| 1.2.10 拉普拉斯分布 ..... | 15 |
| § 1.3 常用多维分布 .....  | 15 |
| 1.3.1 多项分布 .....    | 15 |
| 1.3.2 二维指数分布 .....  | 16 |
| 1.3.3 二维正态分布 .....  | 17 |
| 1.3.4 多维均匀分布 .....  | 17 |
| 1.3.5 狄利克雷分布 .....  | 18 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1.3.6 多维正态分布·····          | 18 |
| 1.3.7 矩阵正态分布·····          | 19 |
| 1.3.8 威沙特分布·····           | 20 |
| 1.3.9 $T^2$ 分布·····        | 20 |
| § 1.4 常用统计量分布·····         | 20 |
| 1.4.1 总体与样本·····           | 21 |
| 1.4.2 统计量和抽样分布·····        | 22 |
| 1.4.3 $\chi^2$ 分布·····     | 24 |
| 1.4.4 非中心 $\chi^2$ 分布····· | 25 |
| 1.4.5 $t$ 分布·····          | 25 |
| 1.4.6 非中心 $t$ 分布·····      | 26 |
| 1.4.7 $F$ 分布·····          | 27 |
| 1.4.8 非中心 $F$ 分布·····      | 28 |
| 1.4.9 次序统计量的分布·····        | 28 |
| 1.4.10 统计量的渐近分布·····       | 29 |
| § 1.5 常用参数分布族·····         | 30 |
| 1.5.1 指数型参数分布族·····        | 30 |
| 1.5.2 极值参数分布族·····         | 31 |
| 1.5.3 皮尔逊参数分布族·····        | 33 |
| 1.5.4 位置-尺度参数分布族·····      | 33 |
| 参考文献·····                  | 33 |
| <b>第二章 探索性数据分析</b> ·····   | 34 |
| § 2.1 引言·····              | 34 |
| § 2.2 频数频率分布表和直方图·····     | 35 |
| 2.2.1 频数频率分布表·····         | 35 |
| 2.2.2 直方图·····             | 36 |
| § 2.3 茎叶图·····             | 37 |
| 2.3.1 茎叶图·····             | 37 |
| 2.3.2 茎叶图的扩展·····          | 38 |
| 2.3.3 茎叶图的行数选择·····        | 39 |
| § 2.4 五数概括·····            | 40 |
| 2.4.1 数组与深度·····           | 40 |
| 2.4.2 五数概括·····            | 40 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 2.4.3 三均值                                             | 42 |
| 2.4.4 数据散布                                            | 42 |
| § 2.5 箱线图                                             | 43 |
| 2.5.1 箱线图                                             | 43 |
| 2.5.2 箱线图用于多批数据的比较                                    | 44 |
| 2.5.3 散布对水平的图示                                        | 45 |
| § 2.6 数据变换                                            | 46 |
| 2.6.1 幂变换                                             | 46 |
| 2.6.2 为对称性而变换                                         | 47 |
| 2.6.3 匹配变换                                            | 52 |
| § 2.7 直线拟合的耐抗方法                                       | 53 |
| 2.7.1 三组耐抗线法                                          | 53 |
| 2.7.2 迭代法的改进                                          | 56 |
| § 2.8 残差分析                                            | 57 |
| 2.8.1 残差的表达                                           | 57 |
| 2.8.2 残差分析                                            | 58 |
| 参考文献                                                  | 58 |
| 第三章 正态分布的统计方法                                         | 59 |
| § 3.1 基本概念                                            | 59 |
| 3.1.1 估计的优良性                                          | 59 |
| 3.1.2 克拉默-拉奥不等式                                       | 59 |
| 3.1.3 矩法与极大似然法                                        | 60 |
| 3.1.4 区间估计                                            | 62 |
| § 3.2 正态均值 $\mu$ 和正态方差 $\sigma^2$ 的点估计                | 62 |
| 3.2.1 样本均值 $\bar{X}$ 是 $\mu$ 的无偏估计,一致最小方差无偏估计和相合估计    | 63 |
| 3.2.2 样本方差 $s^2$ 是方差 $\sigma^2$ 的无偏估计,一致最小方差无偏估计和相合估计 | 63 |
| 3.2.3 标准差 $\sigma$ 的无偏估计                              | 63 |
| 3.2.4 样本极差与 $\sigma$ 的无偏估计                            | 63 |
| § 3.3 正态均值 $\mu$ 和正态方差 $\sigma^2$ 的区间估计               | 64 |
| 3.3.1 在 $\sigma^2$ 已知情况下,正态均值 $\mu$ 的区间估计             | 64 |
| 3.3.2 在 $\sigma^2$ 未知情况下,正态均值 $\mu$ 的区间估计             | 65 |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.3 正态方差 $\sigma^2$ 和正态标准差 $\sigma$ 的区间估计 .....                     | 65 |
| 3.3.4 样本容量 $n$ 的决定 .....                                              | 66 |
| § 3.4 涉及两个正态总体中参数的区间估计 .....                                          | 67 |
| 3.4.1 两个正态均值差 $\mu_1 - \mu_2$ 的区间估计 .....                             | 68 |
| 3.4.2 两个正态方差比 $\sigma_1^2/\sigma_2^2$ 的置信系数为 $1 - \alpha$ 的置信区间 ..... | 69 |
| § 3.5 正态分布 $p$ 分位数 $x_p$ 的区间估计 .....                                  | 69 |
| 3.5.1 正态分布的 $p$ 分位数 $x_p$ .....                                       | 69 |
| 3.5.2 $x_p$ 的区间估计 .....                                               | 69 |
| § 3.6 正态分布变差系数 $c$ 的区间估计 .....                                        | 71 |
| 3.6.1 正态分布的变差系数 $c$ .....                                             | 71 |
| 3.6.2 $c$ 的置信上限 .....                                                 | 71 |
| 3.6.3 $c$ 的近似置信上限 .....                                               | 72 |
| § 3.7 正态分布可靠度的区间估计 .....                                              | 72 |
| 3.7.1 基本概念 .....                                                      | 72 |
| 3.7.2 可靠度 $R$ 的置信下限 $R_L$ 的确定 .....                                   | 73 |
| § 3.8 正态分布的容许区间与容许限 .....                                             | 74 |
| 3.8.1 容许区间与容许限概念 .....                                                | 74 |
| 3.8.2 正态分布的 $(\beta, \gamma)$ 容许区间 .....                              | 74 |
| 3.8.3 正态分布的 $(\beta, \gamma)$ 容许上限 $T_U$ .....                        | 75 |
| 3.8.4 正态分布的 $(\beta, \gamma)$ 容许下限 $T_L$ .....                        | 75 |
| § 3.9 假设检验的基本概念 .....                                                 | 76 |
| 3.9.1 假设和假设检验 .....                                                   | 76 |
| 3.9.2 拒绝域与检验统计量 .....                                                 | 77 |
| 3.9.3 两类错误及其概率 .....                                                  | 77 |
| 3.9.4 检验水平 .....                                                      | 77 |
| 3.9.5 检验功效 .....                                                      | 77 |
| 3.9.6 检验的一般步骤 .....                                                   | 77 |
| § 3.10 正态均值 $\mu$ 的检验 .....                                           | 78 |
| 3.10.1 方差 $\sigma^2$ 已知, $\mu$ 的检验 .....                              | 78 |
| 3.10.2 $\sigma^2$ 未知, $\mu$ 的检验 .....                                 | 79 |
| § 3.11 正态方差 $\sigma^2$ 的检验 .....                                      | 81 |
| § 3.12 两个正态均值的检验 .....                                                | 82 |
| 3.12.1 $\sigma_1, \sigma_2$ 已知时, 均值 $\mu_1, \mu_2$ 的检验 .....          | 82 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.12.2 $\sigma_1, \sigma_2$ 未知, 但 $\sigma_1 = \sigma_2$ 时, 均值 $\mu_1, \mu_2$ 的检验 | 83  |
| 3.12.3 $\sigma_1, \sigma_2$ 未知时, 均值 $\mu_1, \mu_2$ 的检验                           | 84  |
| § 3.13 两个正态方差的检验                                                                 | 85  |
| § 3.14 正态样本异常值的检验                                                                | 87  |
| 3.14.1 基本概念                                                                      | 87  |
| 3.14.2 正态样本异常值的统计检验方法                                                            | 87  |
| 参考文献                                                                             | 94  |
| 附表 3.1 单侧 $K$ 系数表(正态分布)                                                          | 95  |
| 附表 3.2 正态变差系数置信上限 $c_v$ 表                                                        | 102 |
| 附表 3.3 双侧容许区间的 $K$ 系数表(正态分布)                                                     | 104 |
| 附表 3.4 奈尔检验法的临界值表 $R_{1-\alpha}(n)$                                              | 107 |
| 附表 3.5 格拉布斯检验法的临界值表 $G_{1-\alpha}(n)$                                            | 108 |
| 附表 3.6 狄克逊检验法的临界值表 $D_{1-\alpha}(n)$                                             | 109 |
| 附表 3.7 双侧狄克逊检验法的临界值表 $\tilde{D}_{1-\alpha}(n)$                                   | 110 |
| 附表 3.8 偏度检验法的临界值表 $b_{1-\alpha}(n)$                                              | 110 |
| 附表 3.9 峰度检验法的临界值表 $b'_{1-\alpha}(n)$                                             | 111 |
| <b>第四章 其他分布的统计分析</b>                                                             | 112 |
| § 4.1 二项分布的统计分析                                                                  | 112 |
| 4.1.1 比率 $p$ 的估计                                                                 | 112 |
| 4.1.2 可靠度的区间估计                                                                   | 113 |
| 4.1.3 比率 $p$ 的假设检验                                                               | 115 |
| 4.1.4 两比率之差 $p_1 - p_2$ 的估计                                                      | 116 |
| 4.1.5 两比率 $p_1, p_2$ 的比较                                                         | 117 |
| 4.1.6 样本容量的确定                                                                    | 118 |
| § 4.2 泊松分布的统计分析                                                                  | 119 |
| 4.2.1 $\lambda$ 的估计                                                              | 119 |
| 4.2.2 $\lambda$ 的假设检验                                                            | 120 |
| 4.2.3 两泊松均值的比较                                                                   | 120 |
| § 4.3 指数分布的统计分析                                                                  | 122 |
| 4.3.1 参数的点估计                                                                     | 122 |
| 4.3.2 参数的区间估计                                                                    | 122 |
| 4.3.3 参数的假设检验                                                                    | 124 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.4 两指数分布参数的比较·····                                                   | 126 |
| 4.3.5 异常数据的检验·····                                                      | 128 |
| § 4.4 韦布尔分布的统计分析·····                                                   | 131 |
| 4.4.1 参数的点估计·····                                                       | 131 |
| 4.4.2 参数的区间估计·····                                                      | 132 |
| 4.4.3 参数的假设检验·····                                                      | 133 |
| § 4.5 伽玛分布的统计分析·····                                                    | 133 |
| 4.5.1 参数的点估计·····                                                       | 133 |
| 4.5.2 参数的区间估计·····                                                      | 134 |
| 4.5.3 参数的假设检验·····                                                      | 135 |
| 参考文献·····                                                               | 137 |
| 附表 4.1 泊松分布均值的置信区间·····                                                 | 138 |
| 附表 4.2 两个指数分布位置参数( $\gamma_1 = \gamma_2$ )检验临界值 $C_{1-\alpha}$<br>····· | 139 |
| 附表 4.3 $T_n(n)$ 的临界值 $T_{1-\alpha}(n)$ ·····                            | 140 |
| <b>第五章 分布检验</b> ·····                                                   | 141 |
| § 5.1 正态分布检验·····                                                       | 141 |
| 5.1.1 正态概率纸·····                                                        | 141 |
| 5.1.2 Shapiro-Wilk 检验·····                                              | 147 |
| 5.1.3 Epps-Pulley 检验·····                                               | 149 |
| 5.1.4 使用几个独立样本的联合检验·····                                                | 153 |
| 5.1.5 有方向检验·····                                                        | 155 |
| § 5.2 韦布尔分布检验·····                                                      | 157 |
| 5.2.1 韦布尔概率纸·····                                                       | 157 |
| 5.2.2 Van Montfort 检验·····                                              | 164 |
| § 5.3 指数分布检验·····                                                       | 166 |
| 5.3.1 格涅坚科检验·····                                                       | 166 |
| 5.3.2 Finklestein-Schafer 检验·····                                       | 166 |
| 5.3.3 Anderson-Darling 检验·····                                          | 168 |
| § 5.4 分布拟合优度检验·····                                                     | 169 |
| 5.4.1 $\chi^2$ 拟合优度检验·····                                              | 169 |
| 5.4.2 柯尔莫哥洛夫检验·····                                                     | 172 |
| 参考文献·····                                                               | 174 |

|        |                                                                                |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 附表 5.1 | Shapiro-Wilk 检验:为计算检验统计量 $W$ 而用的<br>系数 $a_k$ .....                             | 175 |
| 附表 5.2 | Shapiro-Wilk 检验:检验统计量 $W$ 的 $\alpha$ 分位数 .....                                 | 177 |
| 附表 5.3 | Epps-Pulley 检验:检验统计量 $T_{EP}$ 的 $1-\alpha$ 分位数 .....                           | 177 |
| 附表 5.4 | 利用几个独立样本的联合检验:把 $W$ 交换到一个标准<br>正态变量的三个系数( $n=8(1)50$ ) .....                   | 178 |
| 附表 5.5 | 偏度检验, $b_s$ 的 $1-\alpha$ 分位数( $1-\alpha=0.95$ 和 $0.99$ )<br>.....              | 179 |
| 附表 5.6 | 峰度检验, $b_k$ 的分位数( $\alpha=0.01$ 和 $0.05$ 及 $1-\alpha=0.95$<br>和 $0.99$ ) ..... | 179 |
| 附表 5.7 | 柯尔莫哥洛夫检验临界值 $P(D_n \geq d_\alpha) = \alpha$ .....                              | 181 |
| 附表 5.8 | 柯尔莫哥洛夫统计量 $D_n$ 的极限分布 $K(\lambda)$ .....                                       | 183 |
| 第六章    | 非参数统计 .....                                                                    | 184 |
| § 6.1  | 什么是非参数统计方法 .....                                                               | 184 |
| § 6.2  | 单样本问题 .....                                                                    | 185 |
| 6.2.1  | 符号检验 .....                                                                     | 185 |
| 6.2.2  | 趋势检验 .....                                                                     | 186 |
| 6.2.3  | 游程检验 .....                                                                     | 187 |
| 6.2.4  | 对称中心检验 .....                                                                   | 188 |
| 6.2.5  | 对称中心估计 .....                                                                   | 191 |
| § 6.3  | 两样本问题 .....                                                                    | 192 |
| 6.3.1  | 位置参数的检验 .....                                                                  | 192 |
| 6.3.2  | 刻度参数的检验 .....                                                                  | 195 |
| 6.3.3  | 配对样本的检验 .....                                                                  | 197 |
| 6.3.4  | 分布检验 .....                                                                     | 198 |
| § 6.4  | 多样本问题 .....                                                                    | 200 |
| 6.4.1  | 位置参数的双侧检验 .....                                                                | 200 |
| 6.4.2  | 位置参数的单侧检验 .....                                                                | 202 |
| 6.4.3  | 多重比较 .....                                                                     | 203 |
| § 6.5  | 秩相关分析 .....                                                                    | 205 |
| 6.5.1  | 秩相关系数及检验 .....                                                                 | 205 |
| 6.5.2  | 协和系数及检验 .....                                                                  | 208 |

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 6.6 概率密度估计 .....                                                       | 209 |
| 6.6.1 直方图法 .....                                                         | 210 |
| 6.6.2 Rosenblatt 法 .....                                                 | 211 |
| 6.6.3 核估计法 .....                                                         | 211 |
| 6.6.4 近邻估计 .....                                                         | 212 |
| § 6.7 U 统计量方法 .....                                                      | 213 |
| § 6.8 Jackknife 方法 .....                                                 | 216 |
| § 6.9 Bootstrap 方法 .....                                                 | 222 |
| 参考文献 .....                                                               | 227 |
| 附表 6.1 符号检验表 .....                                                       | 228 |
| 附表 6.2 游程检验 $P(R \leq c_1) \leq \alpha, P(R \geq c_2) \leq \alpha$ ..... | 229 |
| 附表 6.3 Wilcoxon 符号秩检验 $W_n^+$ .....                                      | 230 |
| 附表 6.4 Mann-Whitney 检验临界值 $P(W_{XY} \leq W_\alpha) = \alpha$ .....       | 237 |
| 附表 6.5 Ansari-Bradley 检验 $P(T \geq x) = p$ .....                         | 240 |
| 附表 6.6 $m = n$ 时 Smirnov 检验临界值 $P(D_n \leq d_p) = p$ .....               | 249 |
| 附表 6.7 $m \neq n$ 时 Smirnov 检验临界值 $P(D_n \leq d_p) = p$ .....            | 250 |
| 附表 6.8 Kruskal-Wallis 检验临界值 $P(H \geq c) = \alpha$ .....                 | 252 |
| 附表 6.9 Jonkheere-Terpstra 检验临界值 $P(J \geq c) = \alpha$ .....             | 254 |
| 附表 6.10 Spearman 秩相关系数检验临界值 $P(r_s \geq c_\alpha) = \alpha$ .....        | 259 |
| 附表 6.11 Kendall 协和系数检验临界值 $P(W \geq c) = p$ (上侧分位数) .....                | 262 |
| 第七章 抽样调查 .....                                                           | 267 |
| § 7.1 抽样调查概述 .....                                                       | 267 |
| 7.1.1 抽样调查的含义 .....                                                      | 267 |
| 7.1.2 抽样调查中的待估参数 .....                                                   | 267 |
| 7.1.3 抽样调查中的误差和估计量精度的表示 .....                                            | 267 |
| 7.1.4 抽样方法 .....                                                         | 268 |
| 7.1.5 抽样调查的一般步骤 .....                                                    | 269 |
| § 7.2 简单随机抽样 .....                                                       | 269 |
| 7.2.1 定义 .....                                                           | 269 |
| 7.2.2 实施方法 .....                                                         | 269 |
| 7.2.3 总体均值和总体总和的估计 .....                                                 | 269 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 7.2.4 比例的估计              | 271 |
| 7.2.5 样本量的确定             | 272 |
| 7.2.6 放回的简单随机抽样          | 275 |
| § 7.3 分层抽样               | 276 |
| 7.3.1 定义                 | 276 |
| 7.3.2 符号                 | 276 |
| 7.3.3 估计量                | 277 |
| 7.3.4 比例配置和最优配置          | 279 |
| 7.3.5 总样本量的确定            | 282 |
| 7.3.6 分层随机抽样在精度上的得益      | 283 |
| § 7.4 比估计与回归估计           | 284 |
| 7.4.1 比率的估计              | 284 |
| 7.4.2 比估计                | 286 |
| 7.4.3 分层随机抽样中的比估计        | 288 |
| 7.4.4 回归估计               | 290 |
| 7.4.5 分层随机抽样中的回归估计       | 292 |
| § 7.5 二重抽样               | 294 |
| 7.5.1 二重抽样               | 294 |
| 7.5.2 二重抽样中估计量均值与方差的一般公式 | 295 |
| 7.5.3 二重分层抽样             | 295 |
| 7.5.4 二重抽样的比估计与回归估计      | 297 |
| § 7.6 整群抽样               | 299 |
| 7.6.1 定义                 | 299 |
| 7.6.2 符号                 | 300 |
| 7.6.3 估计量                | 300 |
| 7.6.4 群内相关系数             | 302 |
| § 7.7 多阶抽样               | 305 |
| 7.7.1 定义                 | 305 |
| 7.7.2 初级单元大小相等时的二阶抽样     | 306 |
| 7.7.3 初级单元大小不等时的二阶抽样     | 309 |
| 7.7.4 两个重要的定理            | 312 |
| § 7.8 不等概率抽样             | 313 |
| 7.8.1 放回的不等概率抽样          | 313 |