

面向问题的

统计学

—— (3) 试验设计与多元统计分析

主 编 胡良平

面向问题的

统计学

——(3)试验设计与多元统计分析

主 编 胡良平

审 校 高 辉

副主编 柳伟伟 周诗国 高 辉

编 委 阜外心血管病医院

郭 晋

济南军区

首都医科

军事医学科学院

王 琪 关 雪 周诗国

柳伟伟 胡良平 胡纯严 贾元杰

高 辉 陶丽新 鲍晓蕾

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

面向问题的统计学——(3)试验设计与多元统计分析/
胡良平主编. —北京: 人民卫生出版社, 2012. 3

(面向问题的统计学; 3)

ISBN 978-7-117-15308-9

I. ①面… II. ①胡… III. ①试验设计②多元分析
IV. ①0212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 280499 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中 医、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

面向问题的统计学

——(3)试验设计与多元统计分析

主 编: 胡良平

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 35 插页: 2

字 数: 852 千字

版 次: 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-15308-9/R · 15309

定价(含光盘): 65.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前言

本书之所以取名为“面向问题的统计学”，是由于以下原因：每当人们提起“统计学”，不仅实际工作者感到“难”，即使是讲授统计学的专家教授们也会感到“负担很重”，甚至连编写统计学教科书的学术巨匠们，也觉得它不是一盏“省油的灯”。事情怎么会是这样的呢？其实道理也很简单，因为不同知识结构的人对“统计学”的理解是不尽相同的。在学数学的人或数学功底好的人看来，“统计学”就是“概率论与数理统计”，它是“定义、引理、定理、推论、公式推导与证明”的代名词；在非数学专业出身、后来改行从事统计学的人看来，“统计学”就是分析具体研究领域中的数据的一门学科，即“生物统计学”、“人口统计学”、“医学统计学”、“卫生统计学”、“工业统计学”、“农业统计学”、“经济统计学”等；而在非数学专业又非从事统计学工作的人看来，“统计学”就是一个“计算工具”。这就如同“盲人摸象”一样，具有不同知识结构或站在不同角度的人们，对“统计学”所持的态度、看法和理解是不同的。社会发展到了今天，人类应重新审视“统计学”，应该正本清源，还其原本就具有的特征和面目，再也不应给它继续笼罩一层又一层面纱，并把它塞进一座让所有人都感到迷茫或无助的“迷宫”之中。更直白地说，统计学有多大“本领”，不要先以“复杂公式和定理”把它天花乱坠地胡吹一通，上来就解决实际问题，把问题解决了，得出了在专业上令人信服的结论后，再把必须交代的原理和公式补上，这就是“面向问题的统计学”的真正含义。

事实上，用一个正常人的眼光去审视统计学，就知道它像一个“淳朴、忠厚且平易近人”的人一样，如果不给它施加不当的“压力”，它就爱说“真话”，反之，它就会说“假话”。统计学实际上就是正常人思维的产物，正确运用它，可以帮助人们透过表面现象看清事物的本质；错误运用它，可以帮助人们“以假乱真”，甚至“颠倒黑白”。笔者建议：千万不要把统计学仅仅视为“计算工具”！统计学存在的价值，远远不是因为它能进行复杂数据的计算（那仅仅是数学的功能）！关键在于它有丰富的唯物辩证法的思想、有灵活处置各种复杂问题的“锦囊妙计”。例如，当有人给你几十个、甚至几百几千个数据请你计算时，若你缺乏正确的统计思想，你会翻箱倒柜找遍你能找到的统计学书籍，目的就是为了找一个你认为最适合用于分析这些数据的统计学方法；若你具有正确的统计思想，你会先问提供数据的人，这些数据是在什么条件下收集来的？它们分别代表什么专业含义？希望达到什么样的分析目的？作为数据分析者，你还要进一步确认：这些数据是来自调查研究还是试验研究或临床试验研究？研究者在实施这些研究前有无科研设计方案？若有，科研设计方案制定得是否正确？数据收集过程中有无严格的质量控制？数据收集和整理得是否正确？根据给定的分析目的和资料所具备的前提条件，应该选用哪些统计分析方法？手头上有无完成相应统计分析的计算工具（包括统计理论与方法、计算机和统计软件）？总之，数据分析者首先应该弄清的问题是：面前的这些数据是否“值得分析”，而不是“如何分析”！

正确的统计思想是“能透过现象看本质”的思维模式,可用八个特性和八种思维模式来概括(详见本系列丛书第1集第2章),它体现在下面的五个步骤之中:①在数据出来之前,就应制定出科学完善的科研设计方案(包括专业设计与统计研究设计),应确保科研工作(调查或试验)有章可循;②在获得数据的过程中,要进行严格的质量控制,应确保获得的数据能代表总体规律且准确可靠;③在整理、表达与描述数据时,要尽可能不扭曲、挤压和随意丢弃或补充数据,应确保数据不“变形”、不“失真”;④在进行数据分析时,要根据研究类型、设计类型、比较类型、分析目的、专业知识、资料具备的前提条件等制定合理的统计分析计划,应确保数据分析正确有序的进行;⑤在解释分析结果和陈述专业结论时,要充分发挥专业知识与统计学知识的作用,当二者完全吻合时,皆大欢喜;反之,应以专业知识为主,应从“科研设计”和“质量控制”等方面去寻找出错的原因,不可盲目相信统计学的结论,因为对于来自错误科研设计且隐含很多错误信息的科研数据,统计计算方法本身是无能为力的,而正确的统计思想才是诊治“疑难杂症”的最佳良方。

由于统计学的内容非常丰富,虽然采取了“面向问题”的编写手法,但仍要交代统计计算的概念和原理,尤其是要交代看似与“统计计算”关系不大的内容,因为它们是学到统计学真本领所不可缺少的,再加上 SAS 程序、SAS 输出结果等内容。正因如此,篇幅就成倍增长了,其总量约为 250 万字,必须用 3 集才能将其容纳进去。

本书第 3 集,取名为《面向问题的统计学——(3)试验设计与多元统计分析》,由 5 篇 25 章组成,本书全面介绍了现代多元统计分析方法。若以数据库形式呈现多元数据,则多元统计分析方法可分为三大类,即仅研究变量之间相互与依赖关系、仅研究样品之间关系和同时研究变量与样品之间关系的多元统计分析方法。

在本书即将出版之际,笔者真挚地感谢为本书作出过突出贡献的教授、副教授和青年学者。正是由于大家的积极参与、不懈努力和真心奉献,才使这部专著能够问世!

由于笔者水平有限,书中难免会出现这样或那样的不妥,甚至错误之处,恳请广大读者不吝赐教,以便再版时修正。

胡良平

2012 年 1 月

目 录

第 1 篇 如何从数据库结构的数据集纵向 研究变量之间的相互与依赖关系

第 1 章 如何把握试验设计与多元统计分析方法的分类	3
1.1 试验设计	3
1.2 多元统计分析最常见的数据结构	5
1.2.1 单组设计多元定量资料数据结构	5
1.2.2 以矩阵形式呈现的度量型多元数据结构	5
1.2.3 以矩阵形式呈现的非度量型多元数据结构	6
1.2.4 单组设计混合型多元数据结构	7
1.2.5 单因素多水平设计多元定量资料数据结构	7
1.2.6 某种多因素设计多元定量资料数据结构	7
1.2.7 二维列联表的多元数据结构	7
1.3 数据结构与多元统计分析方法的匹配	8
1.4 多元统计分析方法的分类	8
1.4.1 按分析时的切入方向分	8
1.4.2 按研究目的分	9
1.4.3 按设计类型分	10
1.5 合理选择多元统计分析方法的要领	10
1.6 多元统计分析的样例展示	13
第 2 章 如何降低变量维数和间接实现样品聚类分析——主成分分析	19
2.1 问题与数据	19
2.2 对数据结构的分析	21
2.3 统计分析的目的及分析方法选择	21
2.4 主成分分析的基本概念和表达式	21
2.4.1 基本概念	21
2.4.2 表达式	22
2.5 用 SAS 实现主成分分析	23

2.6	主成分变量的性质和个数的确定	33
2.6.1	主成分变量的性质	33
2.6.2	主成分变量个数的确定	34
2.7	运用主成分分析中存在的问题及释疑	34
2.7.1	什么时候应用主成分分析是没有意义的	34
2.7.2	主成分回归分析的具体做法和基本步骤是什么	34
2.7.3	利用主成分思想对研究对象进行综合评价时,将众多原始指标直接 相加合适吗?	35
2.8	主成分分析的计算原理	35
2.9	实战练习	36
第3章	如何按亲疏关系对变量进行分类——变量聚类分析	40
3.1	问题与数据	40
3.2	对数据结构的分析	41
3.3	统计分析的目的及分析方法选择	42
3.4	变量聚类分析的基本概念和分析方法	42
3.4.1	基本概念	42
3.4.2	变量聚类分析方法简介	42
3.5	用 SAS 实现变量聚类分析	43
3.5.1	用 SAS 分析表 3-1 资料	43
3.5.2	用 SAS 分析表 3-2 资料	47
3.5.3	用 SAS 分析表 3-3 资料	50
3.6	相似系数	52
3.6.1	相似系数需要满足的条件	52
3.6.2	相似系数的种类	52
3.7	运用变量聚类分析中存在的问题及释疑	53
3.7.1	变量聚类分析与主成分分析的联系与区别是什么	53
3.7.2	不同的聚类分析方法得出的结论有可能是不同的,应如何选择	54
3.7.3	应用注意事项	54
3.8	变量聚类分析的计算原理	54
3.9	实战练习	54
第4章	如何探查公因子的作用和间接实现样品聚类分析——探索性因子分析	57
4.1	问题与数据	57
4.2	对数据结构的分析	60
4.3	统计分析的目的及分析方法选择	60
4.4	探索性因子分析的基本概念和表达式	60
4.4.1	基本概念	60
4.4.2	因子分析的数学模型	61

4.5	用 SAS 实现探索性因子分析	62
4.5.1	对问题 4-1 资料进行探索性因子分析	62
4.5.2	对问题 4-2 资料进行探索性因子分析	67
4.5.3	对问题 4-3 资料进行探索性因子分析	68
4.5.4	对问题 4-4 资料进行探索性因子分析	68
4.5.5	对问题 4-5 资料进行探索性因子分析	75
4.6	公因子的贡献和个数的确定	76
4.6.1	公因子的贡献	76
4.6.2	公因子个数的确定	77
4.7	运用探索性因子分析中存在的问题及释疑	77
4.7.1	主成分分析与因子分析有何区别与联系	77
4.7.2	盲目运用探索性因子分析	78
4.7.3	探索性因子分析的正确性取决于试验设计的正确性	78
4.7.4	当需要很多公因子才能解释原变量 80% 的信息时说明了什么	78
4.7.5	如何正确解释公因子的含义	78
4.8	探索性因子分析的计算原理	79
4.8.1	主成分法	79
4.8.2	主因子法	80
4.8.3	极大似然法	80
4.9	实战练习	80
第 5 章	如何呈现两类变量之间的相关关系——典型相关分析	84
5.1	问题与数据	84
5.2	对数据结构的分析	86
5.3	统计分析的目的及分析方法选择	87
5.4	典型相关分析的基本概念和表达式	87
5.5	用 SAS 实现典型相关分析	88
5.5.1	对问题 5-1 资料进行典型相关分析	88
5.5.2	对问题 5-2 资料进行典型相关分析	94
5.5.3	对问题 5-3 资料进行典型相关分析	95
5.5.4	对问题 5-4 资料进行典型相关分析	96
5.6	典型相关变量的性质和个数的确定	101
5.6.1	典型相关变量和典型相关系数的定义	101
5.6.2	典型相关变量数目的确定	101
5.7	典型相关分析的计算原理	101
5.7.1	典型相关变量的解法	101
5.7.2	典型相关系数的假设检验	103
5.7.3	典型冗余分析	104
5.8	实战练习	104

第 6 章 如何显示变量间相互和依赖关系——路径分析	107
6.1 问题与数据	107
6.2 对数据结构的分析	109
6.3 统计分析目的及分析方法选择	110
6.4 路径分析的数学模型及假设条件	110
6.4.1 数学模型	110
6.4.2 假设条件	112
6.5 用 SAS 实现路径分析	112
6.5.1 对问题 6-1 资料进行路径分析	112
6.5.2 对问题 6-2 资料进行路径分析	120
6.5.3 对问题 6-3 资料进行路径分析	127
6.6 对运用路径分析存在问题的辨析与解释	132
6.6.1 模型的可鉴别性	132
6.6.2 模型的自由度	133
6.6.3 路径分析的缺陷	133
6.7 路径分析的计算原理	134
6.7.1 路径分析模型的基本要素	134
6.7.2 参数的估计和检验	135
6.7.3 标准回归系数的计算	136
6.7.4 直接影响与间接影响	136
6.8 实战练习	137
第 7 章 如何核实公因子的结构和间接实现样品聚类分析——证实性因子分析	139
7.1 问题与数据	139
7.2 对数据结构的分析	142
7.3 统计分析目的及分析方法选择	142
7.4 证实性因子分析的基本原理和数学模型	143
7.4.1 基本原理和数学模型	143
7.4.2 假设条件	145
7.5 用 SAS 实现证实性因子分析	145
7.5.1 对问题 7-1 资料进行证实性因子分析	145
7.5.2 对问题 7-2 资料进行证实性因子分析	155
7.5.3 对问题 7-3 资料进行证实性因子分析	156
7.6 对运用证实性因子分析中存在问题的辨析与释疑	158
7.6.1 潜在因子的尺度问题	158
7.6.2 模型的可鉴别性和自由度	158
7.7 证实性因子分析的计算原理	159
7.7.1 证实性因子分析模型的基本要素	159
7.7.2 样本导出的与模型隐含的方差协方差矩阵	160

7.7.3	未知参数的估计和检验	160
7.7.4	计算标准因子载荷	161
7.7.5	模型的总体评价	161
7.7.6	模型的修正的再估计	161
7.8	实战练习	162
 第 8 章 如何揭示显变量与隐变量之间的相互与依赖关系——结构方程模型分析		
8.1	问题与数据	165
8.2	对数据结构的分析	168
8.3	统计分析目的与分析方法选择	169
8.4	结构方程模型分析的基本概念	169
8.4.1	何为结构方程模型	169
8.4.2	结构方程模型有哪些优点	170
8.4.3	结构方程模型可被分成哪些类型	170
8.4.4	在结构方程模型分析中变量可被分成哪些类型	171
8.4.5	在结构方程模型中参数可被分成哪些类型	171
8.4.6	变量所产生的影响可被分成哪些类型	172
8.5	用 SAS 实现结构方程模型分析	172
8.5.1	对问题 8-1 资料进行结构方程模型分析	172
8.5.2	对问题 8-2 资料进行结构方程模型分析	182
8.5.3	对问题 8-3 资料进行结构方程模型分析	192
8.6	结构方程模型分析中存在的问题及释疑	201
8.6.1	一个好的结构方程模型需要满足哪些条件	201
8.6.2	如何进行不同设定模型拟合同一样本数据效果间的比较	202
8.7	结构方程模型分析的计算原理	202
8.7.1	结构方程模型的基本构成	202
8.7.2	模型识别	203
8.7.3	参数估计	203
8.7.4	模型评价	205
8.7.5	模型修正	210
8.8	实战练习	211

第 2 篇 如何从数据库结构的数据集横向 研究样品之间的亲疏关系

第 9 章 如何依据变量取值规律对样品进行分类——无序样品聚类分析	217
9.1 问题与数据	217

9.2	对数据结构的分析	219
9.3	统计分析目的与分析方法选择	220
9.4	无序样品聚类分析的基本概念	220
9.4.1	何为样品聚类分析	220
9.4.2	如何给无序样品聚类分析方法分类	220
9.5	用 SAS 实现无序样品聚类分析	221
9.5.1	对问题 9-1 中的资料进行无序样品聚类分析	221
9.5.2	对问题 9-2 中的资料进行无序样品聚类分析	226
9.5.3	对问题 9-3 中的资料进行无序样品聚类分析	232
9.6	类的特征与个数的确定	236
9.6.1	类的定义	236
9.6.2	类的特征	236
9.6.3	类个数的确定	236
9.7	无序样品聚类分析中存在的问题及释疑	238
9.7.1	定量资料样品聚类分析中,选择描述样品亲疏程度的指标时应 注意哪些问题	238
9.7.2	样品聚类分析前,如何进行数据的预处理	238
9.7.3	进行样品聚类分析时,如何选择聚类方法	238
9.7.4	如何选择具体形式的系统聚类方法	239
9.7.5	动态聚类时,初始凝聚点选择不恰当,可能会造成什么影响	239
9.8	无序样品聚类分析的计算原理	239
9.8.1	数据变换	240
9.8.2	样品间距离的定义	240
9.8.3	系统聚类法计算原理	242
9.8.4	动态聚类法计算原理	246
9.9	有关的 SAS 过程简介	248
9.9.1	用 SAS 实现聚类分析的数据结构	249
9.9.2	CLUSTER 过程	249
9.9.3	FASTCLUS 过程	250
9.9.4	TREE 过程	251
9.10	实战练习	252

第 10 章 如何依据特定顺序和变量取值规律对样品进行分类——有序 样品聚类分析

10.1	问题与数据	255
10.2	对数据结构的分析	256
10.3	统计分析目的与分析方法选择	257
10.4	有序样品聚类分析的基本概念	257
10.4.1	何为有序样品聚类分析	257

10.4.2	何为费希尔最优解法	258
10.5	用 SAS 实现有序样品聚类分析	258
10.5.1	对问题 10-1 中的资料进行有序样品聚类分析	258
10.5.2	对问题 10-2 中的资料进行有序样品聚类分析	263
10.5.3	对问题 10-3 中的资料进行有序样品聚类分析	264
10.6	分类个数的确定	267
10.7	有序样品聚类分析中存在的问题及释疑	267
10.7.1	多元有序样品聚类分析前,原始数据应如何处理	267
10.7.2	最优分割法(又称费希尔最优解法)与 Ward 离差平方和法的 区别与联系是什么	267
10.7.3	大样本有序样品聚类分析应如何处理	268
10.8	有序样品聚类分析的计算原理	268
10.8.1	定义类的直径	268
10.8.2	定义分类的损失函数	269
10.8.3	求最优解的递推公式	269
10.8.4	最优解的求法	269
10.9	实战练习	270

第 3 篇 如何从数据库结构的数据集纵横两个方向 研究变量与样品之间的关联关系

第 11 章	如何将定量变量与样品两方面的信息同时反映在一个直角 坐标系内——定量资料对应分析	275
11.1	问题与数据	275
11.2	对数据结构的分析	275
11.3	统计分析目的及分析方法的选择	276
11.4	对应分析的基本概念	276
11.4.1	对应分析产生的历史	276
11.4.2	何为对应分析	277
11.5	用 SAS 实现定量资料对应分析	277
11.6	CORRESP 过程简介	282
11.7	对应分析中的绘图语句	282
11.8	实战练习	283
第 12 章	如何在一个直角坐标系内反映两个定性变量之间的关系 ——定性资料对应分析	286
12.1	问题与数据	286

12.2	对数据结构的分析	287
12.3	统计分析目的与分析方法的选择	287
12.4	用 SAS 实现定性资料对应分析	287
12.4.1	对问题 12-1 资料进行定性资料对应分析	287
12.4.2	对问题 12-2 资料进行定性资料对应分析	289
12.5	实战练习	291
 第 13 章 如何进行二维列联表资料的信息量分析——Shannon		
	信息量及其应用	293
13.1	问题与数据	293
13.2	对数据结构的分析	294
13.3	统计分析目的与分析方法的选择	294
13.4	用 SAS 实现 Shannon 信息量分析	294
13.4.1	对问题 13-1 资料进行 Shannon 信息量分析	294
13.4.2	对问题 13-2 资料进行 Shannon 信息量分析	296
13.5	Shannon 信息量分析法的原理	297
13.5.1	信息和信息量的概念	297
13.5.2	Shannon 信息量	298
13.5.3	Shannon 信息量的性质	299
13.6	实战练习	299
 第 4 篇 如何研究独立对象或样品之间的相对位置关系		
 第 14 章 如何在一个直角坐标系内反映多个对象或样品之间的相互关系		
	——度量型多维尺度分析	303
14.1	问题与数据	303
14.2	对数据结构的分析	304
14.3	统计分析目的及分析方法选择	305
14.4	用 SAS 实现度量型多维尺度分析	305
14.4.1	何为度量型多维尺度分析	305
14.4.2	对问题 14-1 资料进行度量型多维尺度分析	306
14.4.3	对问题 14-2 资料进行度量型多维尺度分析	309
14.4.4	对问题 14-3 资料进行度量型多维尺度分析	310
14.5	度量型多维尺度分析的计算原理	311
14.5.1	度量型多维尺度分析概述	311
14.5.2	古典多维尺度分析	312
14.5.3	最小平方多维尺度分析	313

14.5.4	权重多维尺度分析	314
14.6	对运用度量型多维尺度分析中存在的问题的辨析与释疑	314
14.6.1	相似性与相异性数据的转化	314
14.6.2	低维空间维数的确定	315
14.6.3	多维尺度分析的解并不唯一	315
14.6.4	多维尺度分析与其他分析方法的关系	315
14.7	实战练习	315

第 15 章 如何在一个直角坐标系内反映多个对象或样品之间的相互关系 ——非度量型多维尺度分析

15.1	问题与数据	318
15.2	对数据结构的分析	320
15.3	统计分析目的及分析方法选择	320
15.4	用 SAS 实现非度量型多维尺度分析	320
15.4.1	对问题 15-1 资料进行非度量型多维尺度分析	320
15.4.2	对问题 15-2 资料进行非度量型多维尺度分析	323
15.4.3	对问题 15-3 资料进行非度量型多维尺度分析	324
15.5	非度量型多维尺度分析的计算原理	326
15.6	运用非度量型多维尺度分析中存在的问题及释疑	327
15.6.1	低维空间维数的确定	327
15.6.2	两种类型多维尺度分析的选择	328
15.7	实战练习	328

第 5 篇 如何进行单因素或多因素设计 均值向量间差异性检验

第 16 章 如何进行单组设计定量资料均值向量间差异性检验

——多元方差分析.....		333
16.1	问题与数据.....	333
16.2	对数据结构的分析	334
16.3	统计分析目的及分析方法选择	334
16.4	用 SAS 实现单组设计定量资料均值向量间差异性检验	334
16.5	运用单组设计定量资料均值向量间差异性检验时存在 的问题及释疑	337
16.5.1	单组设计定量资料均值向量间差异性检验与单组设计定量 资料均值向量间差异性检验之间的区别与联系	337
16.5.2	何时应用单组设计定量资料均值向量间差异性检验	337

16.6	单组设计定量资料均值向量间差异性检验的计算原理	337
16.6.1	前提条件	337
16.6.2	计算原理和步骤	338
16.6.3	T^2 统计量与 t 统计量和相关系数之间的关系	339
16.7	实战练习	340
 第 17 章 如何进行配对设计定量资料均值向量间差异性检验		
	——多元方差分析	342
17.1	问题与数据	342
17.2	对数据结构的分析	344
17.3	统计分析目的及分析方法选择	344
17.4	配对设计定量资料多元方差分析的基本概念与实施步骤	344
17.4.1	基本概念	344
17.4.2	实施步骤	345
17.5	用 SAS 实现配对设计定量资料均值向量间差异性检验	345
17.5.1	对问题 17-1 资料进行配对设计定量资料二元方差分析	345
17.5.2	对问题 17-2 资料进行配对设计定量资料多元方差分析	346
17.6	运用配对设计定量资料多元方差分析中存在的问题及释疑	347
17.7	配对设计定量资料多元方差分析的计算原理	348
17.7.1	一元配对设计定量资料分析计算原理	348
17.7.2	多元方差分析计算原理	348
17.8	实战练习	350
 第 18 章 如何进行成组设计定量资料均值向量间差异性检验		
	——多元方差和协方差分析	353
18.1	问题与数据	353
18.2	对数据结构的分析	357
18.3	统计分析目的及分析方法选择	357
18.4	单因素两水平设计定量资料均值向量间差异性检验——多元方差分析的基本 概念和表达式	358
18.5	用 SAS 实现成组设计定量资料均值向量间差异性检验——多元方差分析	358
18.5.1	对问题 18-1 资料进行成组设计定量资料多元方差分析	358
18.5.2	对问题 18-2 资料进行成组设计定量资料多元方差和协方差分析	359
18.5.3	对问题 18-3 资料进行成组设计定量资料多元方差和协方差分析	364
18.6	运用单因素两水平设计定量资料均值向量间差异性检验中存在的问题及释疑	371
18.7	单因素两水平设计定量资料均值向量间差异性检验——两均值向量的 Hotelling T^2 检验的计算原理	371
18.8	实战练习	372

第 19 章 如何进行单因素多水平设计定量资料均值向量间差异性检验	
——多元方差和协方差分析	376
19.1 问题与数据	376
19.2 对数据结构的分析	378
19.3 统计分析目的及分析方法选择	378
19.4 用 SAS 实现单因素多水平设计定量资料多元方差与协方差分析	379
19.4.1 对问题 19-1 资料进行单因素多水平设计定量资料多元方差分析	379
19.4.2 对问题 19-2 资料进行单因素多水平设计定量资料多元方差分析	381
19.4.3 对问题 19-3 资料进行单因素多水平设计定量资料多元方差和协 方差分析	382
19.5 单因素多水平设计定量资料多元方差与协方差分析的基本原理	384
19.6 运用多元方差与协方差分析中存在的问题及释疑	386
19.6.1 进行多元方差分析的前提条件	386
19.6.2 进行多元协方差分析的前提条件	386
19.6.3 多元方差分析与一元方差分析之间的关系	386
19.7 实战练习	387
第 20 章 如何进行随机区组设计定量资料均值向量间差异性检验	
——多元方差和协方差分析	390
20.1 问题与数据	390
20.2 对数据结构的分析	391
20.3 统计分析目的及分析方法选择	391
20.4 用 SAS 实现随机区组设计定量资料多元方差与协方差分析	392
20.4.1 对问题 20-1 资料进行随机区组设计定量资料多元方差分析	392
20.4.2 对问题 20-2 资料进行随机区组设计定量资料多元方差和协 方差分析	395
20.5 随机区组设计定量资料多元方差与协方差分析的基本原理	398
20.6 实战练习	399
第 21 章 如何进行析因设计定量资料均值向量间差异性检验	
——多元方差和协方差分析	401
21.1 问题与数据	401
21.2 对数据结构的分析	403
21.3 统计分析目的及分析方法选择	403
21.4 用 SAS 实现析因设计定量资料的多元方差与协方差分析	403
21.4.1 对问题 21-1 资料进行析因设计定量资料的多元方差分析	403
21.4.2 对问题 21-2 资料进行析因设计定量资料的多元方差和协 方差分析	406
21.5 析因设计定量资料多元方差与协方差分析的基本原理	409

21.6 实战练习	411
第 22 章 如何进行含区组因素的析因设计定量资料均值向量间差异性检验	
——多元方差和协方差分析	413
22.1 问题与数据	413
22.2 对数据结构的分析	416
22.3 统计分析目的及分析方法选择	417
22.4 用 SAS 实现多元方差和协方差分析	417
22.4.1 对问题 22-1 资料进行含区组因素析因设计定量资料四元 方差分析	417
22.4.2 对问题 22-2 资料进行含区组因素析因设计定量资料三元 方差分析	428
22.4.3 对问题 22-3 资料进行含区组因素析因设计定量资料三元 方差分析	433
22.4.4 对问题 22-4 资料进行具有 1 个协变量的含区组因素析因 设计定量资料二元方差和协方差分析	438
22.5 实战练习	445
第 23 章 如何进行正交设计定量资料均值向量间差异性检验——多元方差	
和协方差分析	447
23.1 问题与数据	447
23.2 对数据结构的分析	453
23.3 统计分析目的及分析方法选择	454
23.4 用 SAS 实现方差和协方差分析	454
23.4.1 对问题 23-1 资料进行 8 因素 3 水平正交设计定量资料三元 方差分析	454
23.4.2 对问题 23-2 资料进行 4 因素 5 水平正交设计定量资料二元 方差分析	469
23.4.3 对问题 23-3 资料进行 4 因素混合水平正交设计定量资料二元 方差分析	474
23.4.4 对问题 23-4 资料进行 4 因素 5 水平正交设计定量资料五元 方差分析	476
23.4.5 对问题 23-5 资料进行具有 1 个协变量 3 因素 3 水平正交设 计定量资料二元方差和协方差分析	480
23.5 实战练习	483
第 24 章 如何进行重复测量设计定量资料均值向量间差异性检验	
——多元方差和协方差分析	488
24.1 问题与数据	488