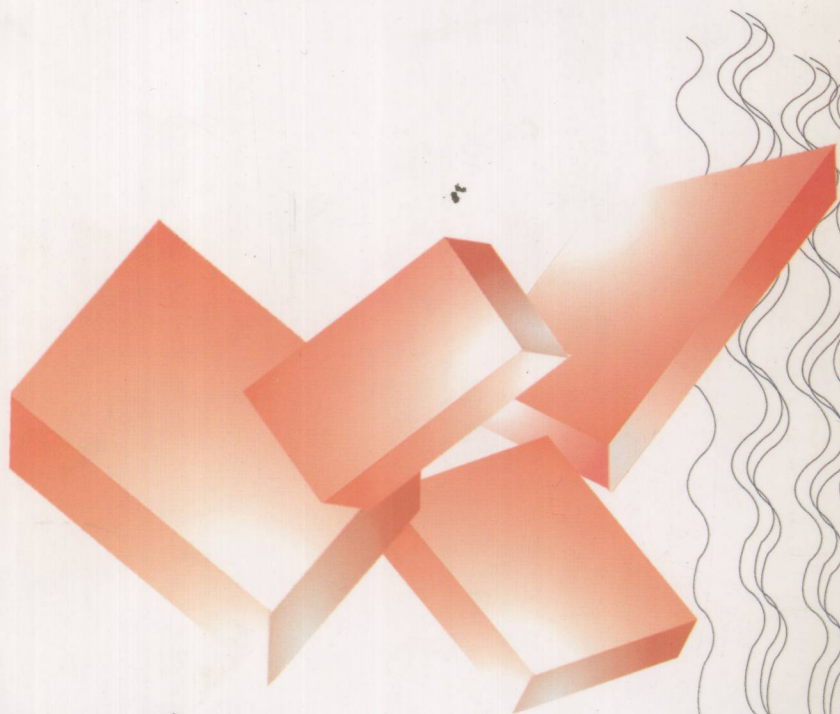



An Introduction to Statistical Methods
and Data Analysis

统计学方法与 数据分析引论 (上)

[美] R.L. 奥特 / M. 朗格内克 著

张忠占 等 译



 科学出版社
www.sciencep.com

统计学方法与数据分析 引 论

(原书第5版)

(上 册)

[美] R.L. 奥特 著
M. 朗格内克

张忠占 王建稳 译
王 强 杨中华
张忠占 校

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书内容分为八个部分,共20章,分上、下两册,每册10章。各章均有大量习题。本书给出了大量的实际例子,这些例子涉及众多的学科和实际领域,但又不过于专门,容易理解。在大部分章节中都使用实例来引入主题,并把统计概念和这些非常实际的问题联系在一起进行讲解,深入浅出,从而可以避免许多人对统计所抱有的粗浅的感性认识,即认为统计仅仅是另一门数学课程。作者把统计数据的收集与分析过程总结成“四步法”,并把“四步法”的讲解贯穿始终,利用实例逐步展开并阐明在设计调查研究或试验时所需要的统计技术和思路,然后讲解用直观、有效的“四步法”来收集并分析数据,非常利于初学者和实际工作人员抓住有关统计方法和模型的本质。书中提供了多种多样的图示,如正态概率图、盒形图、散点图、矩阵图和残差图等,通过这些图,读者可以一方面理解数据的特点和概括数据的方法,一方面进一步理解有关统计方法的基本思想和特点。作者很重视统计在解决实际问题中的作用,在全书中用许多篇幅讨论如何解释数据分析的结果,并专门用一章讲述了如何写数据分析报告。

本书适用于作为我国文科各专业的统计学引论教程,以及理工科各专业应用统计学课程的教材或教学参考书;也可作为有关方面实际工作人员的统计入门书。阅读本书不需要其他统计方面的基础,也不需要高等数学知识。

图字:01-2002-1678号
图书在版编目(CIP)数据

统计学方法与数据分析引论(原书第5版)/〔美〕奥特(R. Lyman Ott)、〔美〕朗格内克(Michael Longnecker)著;张忠占等译. —北京:科学出版社,2003

ISBN 7-03-010815-9

书名原文:An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis

I. 统… II. ①奥…②张… III. ①统计—方法 ②统计分析 IV. C8

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第079445号

责任编辑:杨波、刘晓炜/责任校对:柏连海

责任印制:安春生/封面设计:耕者工作室

First published by Duxbury Press, a division of Thomson Learning.

All Rights Reserved

Authorized Translation Adaptation of the edition by Thomson Learning and SP.

No part of this book may be reproduced in any form without the express written permission of Thomson Learning and SP.

THOMSON  <http://www.thomsonlearning.com>

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6月第一版 开本:B5(720×1000)

2003年6月第一次印刷 印张:37

印数:1—3 000 字数:709 000

定价:118.00元(上、下册)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

序 言

《统计学方法与数据分析引论》(原书第五版)是为各种学科的高年级本科生和研究生而写的一本教科书,目的在于为学生解决研究项目中遇到的问题、基于数据做出决策以及理解课堂和大学环境以外的一般生活经验打下一个基础。我们假定使用本书的学生具有最少的数学知识(高中代数),而且没有修过统计的先行课程。本书前 11 章包括统计引论课程中的典型内容。更进一步,我们给出了把统计概念和非常实际的问题联系在一起的案例和例子。其余的章节包括回归模型和试验设计。我们在这些章节中逐步展开并阐明在设计调查研究或试验时所需要的统计技术和思路,然后用直观、有效的四步法来收集并分析数据。

主要特点

从数据中学习 我们通过使用从数据中获取知识的“四步法”来学习统计:

1. 设计数据收集过程;
2. 准备用于分析的数据;
3. 分析数据;
4. 解释数据分析的结果。

案例 为了展示统计在解决客观实际问题时的适用性和重要性,我们在本书大部分章节中都使用案例来引入主题。这样做的目的是为了克服许多人对统计所抱有的粗浅的感性认识,即认为统计仅仅是另一门数学课程。通过案例来介绍主题可以让读者着眼于应用统计的本质特点。我们希望这些各种各样的、关于探索以及与商业问题有关的例子会激发读者广泛地运用统计和我们发现的“四步法”的热情,这个“四步法”在我们多年的教学、咨询及研究与开发管理中一直使用着。下面是本书通篇使用的几个典型案例。

- **脂肪中卡路里的百分比** 评估和确定一个人饮食中的各种含量,对评价饮食和疾病之间的相关程度是很关键的。
- **评价财产评估者之间的一致性** 确定各县的财产评估员在财产评估中是否有系统差别的一项研究。
- **激光治疗葡萄酒色痣的效果与时间的关系** 一种判定在年轻时治疗是否比在年老时治疗效果好的前瞻性研究。
- **评价石油泄漏对植物生长的影响** 研究被泄漏的石油污染的沼泽在清除

后一年,植物生长所受的影响。

对于每一案例,如何使用四步法学习数据处理。许多案例研究还包含有样本量确定、数据图示的讨论,以及一份完整的统计研究结果的报告的要点摘要。

数据的图示

整个课本中,我们提供了多种多样的图示,这对评价关键的假定是十分必要的,正是这些关键的假定构成了运用如正态概率图、盒形图、散点图、矩阵图和残差图等统计方法的基础。更进一步,我们强调用图示法概括数据,是为了给读者提供工具,利用它们读者可以说明各种处理之间的差异。用这些图还可以把统计上不同的处理与实际中的不同处理区别开来。例如,在“面试人员的决定受到不同类型身体障碍的影响吗”的案例中,我们用盒形图来概括评价的差异。正态概率图用于检验残差正态性的假定。这里所示的图出现在图 9.1 和图 9.2 中。

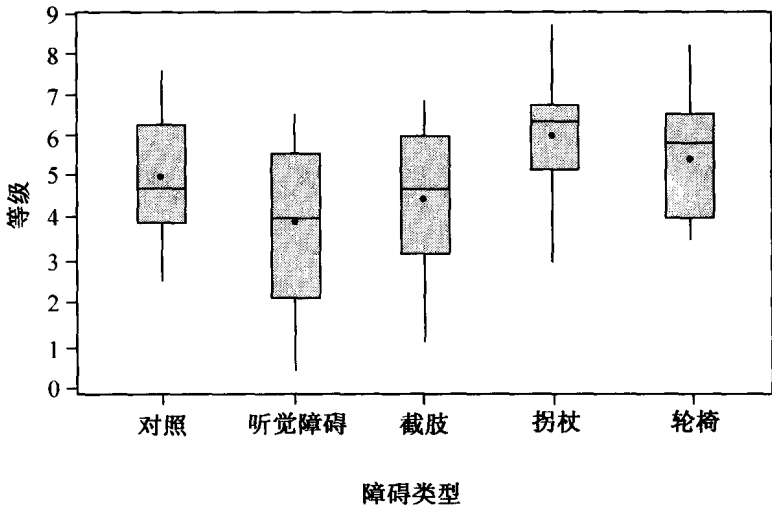


图 9.1 对不同障碍等级的盒形图(实心圆点表示均值)

例题和习题

我们利用出自期刊论文、报纸及我们多次咨询经历的例题和习题来进一步强调统计学的实践特性。这些例题和习题进一步向学生说明了统计学方法在解决跟他们日常生活相关的实际问题中的应用。这一版中包括许多新的例题和习题,丰富多样的练习题无论对于教师还是学生都将成为学习统计的巨大财富。在许多练习题中,我们给出了一些计算机输出的结果,以供学生做练习时使用。例如,练习 9.7 中给出由 SAS 输出的方差分析表,用四种不同方法对均值进行区分的结果以及残差分析的结果,然后向学生提出研究人员在试图概括研究结果时会问的各种

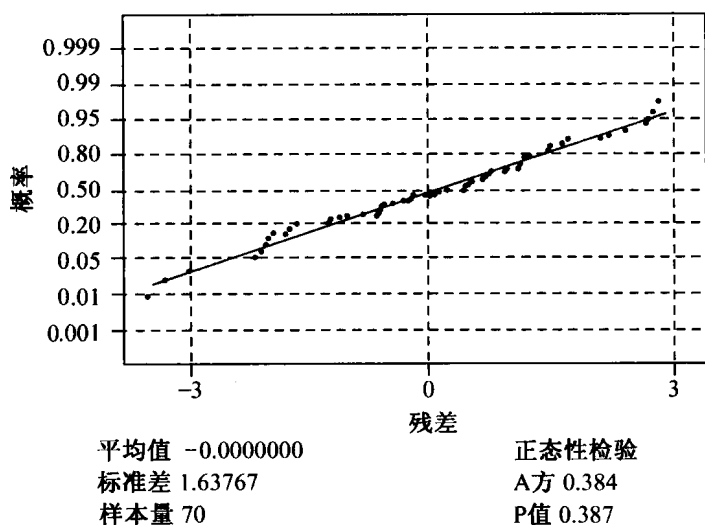


图 9.2 残差的正态概率图

问题。

包含的主题

本书分成八部分,适用于一学期或两学期课程的学习。书中八个部分的内容与从数据中学习的各个步骤及全书 20 章之间的联系参见表 1.1。从第一部分到第五部分及第十一章和第二十章构成一学期课时的内容:

第一部分: 引论

第二部分: 收集数据

第三部分: 概括数据

第四部分: 工具和概念

第五部分: 数据分析

第十一章: 线性回归和相关

第二十章: 分析结果的传达和备案

两学期课时的第二学期包括建模、多元回归分析推断、Logistic 回归、试验设计和方差分析:

第六部分: 分析数据: 回归方法和模型的建立

第七部分: 试验设计与方差分析

着重解释而不是计算

在初等统计课程中,标准的做法是定义一个统计方法,给出该统计方法的计算形式,然后利用这个计算形式进行数据分析。然而,我们发现这样做对于大型数据的分析十分不利。进一步说,学生按照这种统计方法的计算形式进行手头计算要花费太多时间,而计算形式本身却不能从直观上表明为何如此计算。所以,我们提供例题和练习,以便学生能够学习如何依据统计方法的定义形式去计算统计估计量和检验统计量的值。当学生对该统计方法所反映的数据的特征熟悉以后,我们再强调在分析大型数据集时,运用计算机软件做计算的好处。我们给出了一些主要统计软件包的输出结果:SAS, Minitab, Stata, Systat, JMP 和 SPSS。我们发现这样做使学生有了用定义计算统计方法中各量值的体会,从而学到了每一统计方法背后的基本知识。在统计课程以外大多数的场合下,学生应利用计算机软件进行计算,不仅方便而且计算准确。在许多练习和例题中,利用计算机使得我们有更多的时间用于强调对计算结果的解释,而不是把大量的时间和精力花费在实际的计算上。

通过例子和习题,我们揭示了假设检验以下诸方面的重要性:

1. 假设的陈述,即通过概括研究者的目标形成关于总体参数的假设;
2. 选择最合适的检验统计量,包括许多统计方法中的样本量计算;
3. 在讨论统计假设检验的结果时,考虑第 I 类和第 II 类错误(α 和 β)的必要性;
4. 既考虑检验结果的统计意义也考虑其实际意义,即我们阐明了估计效用大小和建立总体参数的置信区间的重要性;
5. 除“拒绝 H_0 ”和“不能拒绝 H_0 ”外,用非统计方面的专业术语来陈述统计结果。

我们用醒目的方式排印有关一个假设检验的内容,包括原假设、备择假设、检验统计量、拒绝域及使得此假设检验有效的条件。当假设检验所需要的条件没有得到满足时,则建议可供选择的其他检验统计量。例如,第五章中有如下所示的醒目的排印:

正态总体 (σ 已知) 或大样本容量 n 时 μ 的统计检验

假设:

情形 1. $H_0: \mu \leq \mu_0$ $H_a: \mu > \mu_0$ (右侧检验)

情形 2. $H_0: \mu \geq \mu_0$ $H_a: \mu < \mu_0$ (左侧检验)

情形 3. $H_0: \mu = \mu_0$ $H_a: \mu \neq \mu_0$ (双边检验)

T.S. (检验统计量): $Z = \frac{\bar{y} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$

R.R: 对于犯第一类错误的概率 α

情形 1. 如果 $z \geq z_\alpha$ 则拒绝 H_0

情形 2. 如果 $z \leq -z_\alpha$ 则拒绝 H_0

情形 3. 如果 $|z| \geq z_{\alpha/2}$ 则拒绝 H_0

注意: 如果总体是 σ 已知的正态分布, 则这些方法是适用的。在大多数情况下, 如果 $n \geq 30$, 由中心极限定理知, 在总体非正态分布时, 也可用这些方法。同样, 如果 $n \geq 30$, 那么, 我们可以用样本标准差 s 来代替 σ 。 $n < 30$ 的情形在这章的后面再讨论。

新版的变化

- 大多数章节中的案例帮助学生理解应用统计在解决实际问题时所扮演的角色。侧重点放在阐明从数据处理中学习的步骤。
- 书中强调了统计方法所基于的假定的重要性。我们通过计算机模拟来讨论和说明许多估计和检验方法是稳健的或不稳健的。在许多例题和练习中, 我们给出了一些方法以说明如何考察一项研究是否满足这些必要的假定。另外, 在许多问题中, 我们还给出了当这种假定不满足时可供选择的其它方法。
- 强调从练习题和例题所包含的研究中学习解释结果和总结结论。
- 在用小数据集讲清了如何通过确定的方式来进行相应的统计计算后, 我们鼓励大家利用计算机来做大部分计算。
- 大部分例题都有数据的图示, 计算机的使用使得我们利用复杂的图形工具来描述统计结果极为方便。
- 提供了样本量及 t 检验和 F 检验中犯第二类错误的概率的计算技巧。
- 我们扩充和更新了练习题, 而且习题和例题涉及众多学科, 其中包括许多实用的、现实生活中的问题。这些练习可为学生运用求知于数据的四个步骤积累一些经验。
- 在有关试验和研究的设计的新一章中, 讨论了一些在数据收集之前需要考虑的重要因素。我们强调了如何防止在设计阶段因没考虑所有因素而导致不能回答研究者所关心的重要问题这种事情的发生。
- 关于线性回归和相关分析的两章已被合并成一章。
- 尽管把表达和撰写数据分析结果放在最后一章, 但我们在全书中利用案例使其中许多思想得以体现。
- 网站: <http://www.Suxbury.com> 上有所有习题的数据集。
- 精选练习题的答案同样也可在该网站得到。

前几版中保留下来的一些特点

- 书中包含了统计方法和数据分析的许多实际应用,这些应用来自农业、商业、经济、教育、工程、医药、法律、政治学、心理学、环境研究及社会学。
- 练习题被分成基本技巧型和应用型两组。
- 在大多数章节后都有供复习用的练习题。
- 我们在大量例子和习题中给出了 Minitab, SAS, Systat, JMP, Stata 和 SPSS 等统计分析软件的计算机输出结果。
- 注意基本的假定。用图示方法和检验方法判断假定是否成立。
- 第一章讨论了“什么是统计”,指出了学生为什么要学习统计,讨论了几种重要的调查问题,以说明统计在解决现实问题中的应用。
- 花一定篇幅讨论了如何进行数据整理和为数据分析做准备。

辅助材料

- 学生解题手册(0-534-37123-X)包含了书中问题的部分解答。
- 解题手册(0-534-37121-3)为教师提供了书中所有问题的答案。
- 试题库(0-534-37122-1)包含了书中所讲内容的一些试题。
- Ott/Longnecker 网站资源中心包括了数据集,勘误表和供教师和学生用的其他资源。要进入资源中心,请到 www.Duxbury.com, 选择“Online Book Companions.”

致谢

在原稿付梓和随后几版的编写过程中,许多人提出了宝贵的、有建设性的建议。Duxbury 出版社的编辑 Carolyn Creckett 在该版写作的整个过程中一直给予我们巨大的鼓励。同时,我们也深深的感谢乔治亚大学的 Chris Franklin,感谢她关于这版所需变动的内容作出的有创见的评论以及她对各章修订稿的审阅。我非常感谢以下评论者富有洞察力的、建设性的评论,他们是 Deborah J. Rumsey(俄亥俄州州立大学), Larry J. Ringer(得克萨斯州 A&M 大学), Mosuk Chow(宾夕法尼亚州州立大学), Christine Franklin(乔治亚大学)和 Darcy P. Mays(弗吉尼亚 Commonwealth 大学)。我们要特别感谢 Felicity Longnecker, Michael 之妻在准备初稿素材、校订及打印该版初稿方面所给予的帮助。

R. L. 奥特
M. 朗格内克

目 录

上 册

序言

第一部分 引 论

第一章 什么是统计	(3)
1.1 引言	(3)
1.2 为什么学习统计	(7)
1.3 当前统计的一些应用	(7)
1.4 统计学家做什么	(11)
1.5 质量和工序改进	(12)
1.6 学生注意	(14)
1.7 小结	(15)
补充练习	(15)

第二部分 收集数据

第二章 利用调查和科学研究来收集数据	(19)
2.1 引言	(19)
2.2 调查	(20)
2.3 科学研究	(28)
2.4 观察研究	(35)
2.5 数据整理:为概括和分析准备数据	(36)
2.6 小结	(40)

第三部分 概括数据

第三章 数据的描述	(43)
3.1 引言	(43)
3.2 计算器、计算机及软件系统	(44)

3.3	单个变量数据的描述:图表法	(46)
3.4	单个变量数据的描述:中心趋势的度量	(76)
3.5	单个变量数据的描述:变异性度量	(88)
3.6	盒形图	(103)
3.7	多变量数据的概括	(109)
3.8	小结	(119)
	重要公式	(120)
	补充练习	(120)

第四部分 工具和概念

第四章	概率和概率分布	(135)
4.1	如何应用概率进行推断	(135)
4.2	确定一个事件的概率	(138)
4.3	基本的事件关系和概率法则	(141)
4.4	条件概率和独立性	(144)
4.5	Bayes 公式	(150)
4.6	离散变量和连续变量	(155)
4.7	离散随机变量的概率分布	(157)
4.8	一个常用的离散随机变量:二项分布	(158)
4.9	连续随机变量的概率分布	(169)
4.10	一个常用的连续随机变量:正态分布	(172)
4.11	随机抽样	(184)
4.12	抽样分布	(189)
4.13	二项分布的正态逼近	(201)
4.14	Minitab 指令	(204)
4.15	小结	(205)
	重要公式	(206)
	补充练习	(206)

第五部分 数据分析:中心值,方差和比例

第五章	关于总体中心值的推断	(215)
5.1	引言和案例	(215)
5.2	μ 的估计	(218)
5.3	估计 μ 时样本容量的选取	(228)
5.4	关于 μ 的统计检验	(231)
5.5	对于 μ 进行检验时样本容量的选取	(242)

5.6	统计检验的显著性水平	(248)
5.7	正态总体均值 μ 的统计推断, σ 未知	(253)
5.8	关于中位数的推断	(267)
5.9	小结	(276)
	重要公式	(277)
	补充练习	(278)
第六章	两总体中心值的比较	(290)
6.1	引言和案例	(290)
6.2	关于 $\mu_1 - \mu_2$ 的推断: 独立样本	(294)
6.3	非参数推断方法: Wilcoxon 秩和检验	(315)
6.4	关于 $\mu_1 - \mu_2$ 的推断: 成对数据	(328)
6.5	非参数推断方法: Wilcoxon 符号秩检验	(336)
6.6	推断 $\mu_1 - \mu_2$ 时样本容量的选取	(343)
6.7	小结	(345)
	重要公式	(346)
	补充练习	(348)
第七章	关于总体方差的推断	(371)
7.1	引言和案例	(371)
7.2	单个总体方差的估计和检验	(374)
7.3	比较两个总体方差时的估计和检验	(386)
7.4	比较多个总体方差时的检验	(397)
7.5	小结	(406)
	重要公式	(406)
	补充练习	(407)
第八章	两个以上总体的中心值的推断	(413)
8.1	引言和案例	(413)
8.2	两个以上总体均值的统计检验: 方差分析	(418)
8.3	完全随机化设计中观测值的模型	(428)
8.4	方差分析条件的检查	(431)
8.5	其他的分析方法: 数据变换	(439)
8.6	另一种非参数方法: Kruskal-Wallis 检验	(446)
8.7	小结	(451)
	重要公式	(452)
	补充练习	(453)
第九章	多重比较	(465)
9.1	引言和案例	(465)
9.2	线性对照	(469)
9.3	控制哪个错误率	(476)

9.4	Fisher(费舍尔)最小显著差异法	(479)
9.5	Tukey 的 W 方法	(483)
9.6	Student-Newman-Keuls 方法	(486)
9.7	Dunnett 方法:处理组与对照组的比较	(489)
9.8	Scheffé 的 S 方法	(491)
9.9	小结	(498)
	重要公式	(499)
	补充练习	(499)
第十章	类型数据	(511)
10.1	引言和案例	(511)
10.2	总体比例 π 的推断	(513)
10.3	两总体比例之差 $\pi_1 - \pi_2$ 的推断	(525)
10.4	多比例的推断:卡方拟合优度检验	(532)
10.5	Poisson(泊松)分布	(541)
10.6	列联表:独立性检验和齐性检验	(546)
10.7	相关程度的度量	(557)
10.8	几率和优比	(563)
10.9	小结	(566)
	重要公式	(567)
	补充练习	(568)

第一部分 引 论

第一章 什么是统计

第一章 什么是统计

- 1.1 引言
- 1.2 为什么学习统计
- 1.3 当前统计的一些应用
- 1.4 统计学家做什么
- 1.5 质量和工序改进
- 1.6 学生注意
- 1.7 小结

1.1 引言

什么是统计？它是数字的加法吗？它是图表、击球手的平均得分、保送上垒的成功率、失业率吗？总之，它是不是对社会和自然的数值描述？

统计是一套科学原理和技术，用于在可得到的信息既有限又富于变化时，从中得出关于总体的和过程的结论。也就是说，统计是关于从数据中学习的科学。几乎每个人，包括社团主席、市场代理、社会科学家、工程师、医学研究人员、消费者，都与数据打交道。这些数据以各种形式出现，如季销售量、青少年犯罪的增长率、水样的污染等级、经过某种治疗后病人的存活率、人口普查数据，或用来帮助决定购买哪种品牌的汽车的数据等。在本书中，我们通过考虑从数据中获取知识的四步来学习统计。这四步是：(1)设计收集数据的过程；(2)准备分析用的数据(概括、建模)；(3)分析数据；(4)报告从数据分析中得到的结论。

本书分为八个部分。这八个部分的内容与从数据中学习的各个步骤及全书各章之间的联系如表 1.1 所示。从表中可见，我们花费许多时间讨论如何用基本的方法(如中心值、方差和比例)、回归方法和方差分析方法来分析数据。然而，你必须记住，对于我们要分析的每一数据集合，已经有人给出了一种收集数据的方案(第 1 步)。在准备好分析用的数据(第 2 步)和分析完数据(第 3 步)后，必须有人把分析的结果以书面或口头的形式传达给有关人员。所有这四步对从数据中获取知识都很重要。事实上，如果第一步执行不当，试验或研究的目标往往会因为收集的数据集不完全或含有不恰当的信息而实现不了。自始至终，我们将使你集中于从数据获取知识的大图景上。当然不时的查阅下面这张表将有助于你清楚每章在整个安排中所处的位置。

表 1.1 本书的编排结构

书中各个部分	从数据获取知识的步骤	书的章节
1. 引论		1. 什么是统计?
2. 收集数据	1	2. 利用调查和科学研究来收集数据
3. 概括数据	2	3. 数据的描述
4. 工具和概念		4. 概率和概率分布
5. 数据分析:中心值、方差和比例	3	5. 关于总体中心值的推断 6. 两总体中心值的比较 7. 总体方差的推断 8. 两个以上总体的中心值的推断 9. 多重比较 10. 类型数据
6. 数据分析:回归方法和模型的建立	3	11. 线性回归和相关 12. 多元回归和一般线性模型 13. 用诊断建立回归模型
7. 试验设计和方差分析	3	14. 试验和研究的设计概念 15. 标准设计的方差分析 16. 协方差分析 17. 某些固定、随机、及混合效应模型的方差分析 18. 重复测量和交叉设计 19. 一些非平衡设计的方差分析
8. 表达和撰写分析结果	4	20. 分析结果的传达和备案

在进入统计的学习之前,让我们考虑四个例子。在这些例子中,运用统计能帮助我们解决实际问题。

1. 一灯泡厂每天大约生产 50 万只灯泡,质量控制部门必须检验灯泡的次品率。这个任务可以通过检验每一只灯泡来完成,但是这样做的花费巨大而且会造成每只灯泡价格的猛涨。另一方法是从每天生产的 50 万只灯泡中选出 1 000 只,然后检验这 1 000 只灯泡。如果这 1 000 只灯泡是以