



此时学习效率极高，几乎可以无师自通。

最后，衷心地感谢各位读者对本书的支持和关注。

感谢我的学生王健、赵娟、余岚、程陶、杜逸旻、徐笑含、张盈琤和彭晓琴等的细致纠错，以及家人的支持。

邵志芳

2012年5月1日

于华东师范大学

练习与思考 .....	238
<b>第 11 章 相关分析.....</b>	<b>241</b>
11.1 相关与相关系数 .....	243
11.2 积差相关 .....	245
11.3 等级相关 .....	256
11.4 质量相关与品质相关 .....	262
本章术语 .....	274
练习与思考 .....	275
<b>第 12 章 回归分析.....</b>	<b>279</b>
12.1 一元线性回归模型 .....	280
12.2 一元线性回归方程的检验 .....	284
12.3 一元线性回归方程的应用 .....	292
12.4 二元线性回归模型 .....	296
本章术语 .....	303
练习与思考 .....	304
<b>第 13 章 <math>\chi^2</math> 检验.....</b>	<b>307</b>
13.1 $\chi^2$ 检验的基本概念 .....	309
13.2 单因素 $\chi^2$ 检验 .....	312
13.3 双因素 $\chi^2$ 检验 .....	317
13.4 相关样本的 $\chi^2$ 检验 .....	325
本章术语 .....	329
练习与思考 .....	330
<b>第 14 章 非参数检验.....</b>	<b>333</b>
14.1 单样本游程检验 .....	335

14.2	两个独立样本的非参数检验 .....	337
14.3	两个相关样本的非参数检验 .....	342
14.4	秩次方差分析 .....	347
	本章术语 .....	352
	练习与思考 .....	352
<b>第 15 章</b>	<b>初级多元分析 .....</b>	<b>355</b>
15.1	基本知识 .....	356
15.2	聚类分析 .....	360
15.3	判别分析 .....	365
15.4	因素分析 .....	368
	本章术语 .....	374
<b>附录一</b>	<b>部分习题答案 .....</b>	<b>375</b>
<b>附录二</b>	<b>统计用表 .....</b>	<b>381</b>
附表1	标准正态分布表 .....	382
附表2	$t$ 分布表 .....	385
附表3	$\chi^2$ 分布表 .....	388
附表4	$F$ 分布表 .....	390
附表5	$F_{\max}$ 值表 .....	405
附表6	$q$ 值表 .....	406
附表7	$r$ 与 $Z_r$ 转换表 .....	407
附表8	单样本游程检验表 .....	408
附表9	曼-惠特尼 $U$ 检验表 .....	409
附表10	柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫双样本检验表 .....	410
附表11	柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫双样本检验表 .....	411
附表12	符号检验表 .....	412
附表13	符号秩次检验表 .....	413

附表14  $H$ 检验表 ..... 414

附表15  $\chi^2$ 表 ..... 418

参考书目 ..... 421

# 第 1 章

## 心理学是一门统计性科学

### 本章提要

#### 本章主旨

心理学研究的对象是随机现象，其定量分析的基本手段是统计学；统计学包括描述统计学和推断统计学，后者是现代统计学的主干内容。

#### 本章重点

- 随机现象有别于确定现象，需要统计学来研究其数量规律性。
- 心理现象是一种随机现象，需运用统计学方法总结其数量规律性，所以，心理学离不开统计学，是一门统计性科学。
- 统计学分为描述统计学和推断统计学，前者研究各种特征量和概率分布，后者研究如何根据样本信息推断总体情况。
- 统计学的最基本概念：随机变量、个体、总体、样本、统计量和参数。
- 心理统计学为心理学中不同类型的问题提供对应的统计分析方法。

每年这一天的气温都是不一样的。

在因果关系十分复杂的科学领域,即使在基本条件相同的情况下,每做一次观察或试验,都可能得到不同的结果。这意味着,我们往往无法根据已知的有限原因精确地预测结果,每做一次预测,也都可能出现偏差。我们将这种无法精确预测的现象,称为**随机现象**。它的定义可以表述为:在一定的条件下,可能出现也可能不出现,或者可能这样出现也可能那样出现的一类现象。可以说,随机现象遍及自然与社会之中。

### 1.1.2 随机现象的数量规律性

表面上看,随机现象如此变化无常,似乎是没有规律可循的。但是,在数学家看来,它们不仅有规律可循,而且有着数量上的规律性。而**统计学**就是研究随机现象的数量规律性的应用数学分支。

要总结出随机现象的数量规律性,就需要大量试验和观察。不论是自然界的还是社会生活中的随机现象,都有一个共同特点:个别试验或观察的结果总是不确定的、杂乱无章的,但是将大量个别结果综合起来,却可以得到比较稳定的数量规律性。例如,医院每天都有婴儿出生,而且每天的性别比例都不同,但是长期的观察和计算发现,新生儿的男女比例大约是106:100。这个比例就是数量规律性的体现。还有,虽然每天上下班在路上用的时间都不一样,但是可以计算出一个平均数;虽然我们不知道某个勤奋的学生下一次的考试成绩,但是可以断言,在其他条件相同的前提下,他取得好成绩的可能性(概率)比懒惰者更大。这里的平均数和概率,也是数量规律性的指标。

此外,概率的分布也是数量规律性的表现形式。例如,学生的考试成绩,往往形成一个两头小、中间大、左右对称的正态分布,即高分和低分者少,中等分数者众多(见图1.1.1)。

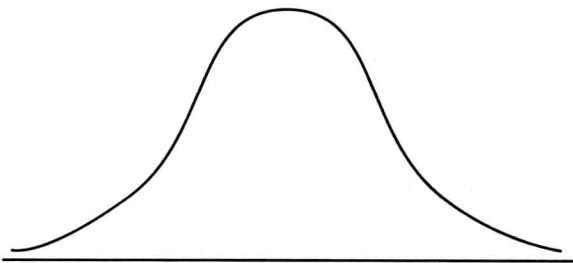


图1.1.1 正态分布图

对于随机现象,虽然无法精

确预测其结果，但是我们可以通过计算，判断它出现的概率有多大，不出现的概率有多大；或者这样出现的概率有多大，那样出现的概率有多大。用**概率来说话**，这就是统计学家的工作。

统计学建立在大量试验和观察的基础上，这就是大数定理的由来。**大数定理**又称大数法则：虽然每次观察结果可能都不同（偶然性），但是大量重复观察的结果可以形成稳定的数量特征（必然性）。大数定理对认识随机现象具有普遍的指导意义，是统计学的理论基石。

### 1.1.3 心理学为什么需要统计学

心理现象在很大程度上就是随机现象。

当你与一位老朋友久别重逢，你的第一句话会表达怎样的情感？你也许表示惊讶（怎么是你），也许表示高兴（我们终于又见面了），也许表示抱怨（怎么这么多年杳无音讯），等等。究竟先说哪一句，恐怕是随机的。

如果请你随口说出一种水果的名称，你会说哪一种？很多人会说“苹果”，因为它是水果中最典型、最常提到的样例。但是，不是每个人都会说“苹果”，有些人会说“梨子”，有些人会说“葡萄”、“橘子”等，这也是一种随机现象。

如果一个心理学实验要求你看到红灯亮时尽快按下一个按钮，记录你从灯亮到按下按钮之间的时间——反应时间。可以保证，你每一次的反应时间都是不同的，有时快，有时慢，是随机的。

如果对一个人进行多次智力测验，尽管这个人各方面情况在短期内没有发生显著的变化，但是每次测得的智商也可能不同。所以心理测验的结果也有很大的随机性。

诸如此类的例子还可以举出很多。总而言之，心理现象是一种随机现象，要定量地研究随机现象，就需要运用统计学方法来帮助总结其数量规律性（例如反应时间的平均数、标准差，智商的概率分布特点等）。因此，心理学需要统计学，它是一门**统计性科学**。

统计学在它的发展过程中，逐步形成了数理统计学和应用统计学两大分支。**数理统计学**以概率论为基础，阐明统计学的数学原理，推导和证明有关的数学公

式,从而为各个学科的研究者提供适用的数学工具和方法。**应用统计学**是数理统计学理论在各个学科领域的应用。现在,应用统计学已经在物理学、天文学、生物学、医学、社会学等众多学科领域广泛“落户”,这其中也包括心理学领域的应用统计学分支——**心理统计学**。

## 1.2 描述统计学与推断统计学

### 1.2.1 描述统计学

人类最早的“结绳记事”,就是一种原始的统计活动。后来,统计学带上了很强的国家特征,因为要维护对国家的统治,统治者就必须通过统计了解和掌握本国的自然资源和人力物力等要素情况。统计学在我国更是有着悠久的历史,距今4000多年前的夏朝就已开始进行人口统计。我国古代政治家商鞅把“十三数”(全国粮食储存数、人口数、壮年男子数、壮年女子数、老年人数、儿童人数、官吏人数、士兵人数、靠游荡混饭吃的人数、商贩人数、马的头数、牛的头数和牲口草料数)作为反映基本国情的数量指标。可见,那时已经有了全国规模的人口调查制度,而且已经对人口按照年龄、职业等进行了分组统计,甚至有了国民经济各种数量指标的对比分析。

人类一开始的统计活动主要是描述性质的,就是将搜集到的统计资料所包含的信息用一些描述性的特征量尽可能简洁而充分地反映出来。例如,一个国家的人口总数就是最简单的特征量。如果细分,还可以分别计算男性与女性人口数、各年龄阶段人口数、各行业从业者人数等。**描述统计学**阐述的就是搜集资料以及提炼和描述这些资料的方法,同时,它又是推断统计学的基础。

描述统计常用的特征量有集中量、差异量、地位量、相关量、偏态量和峰态量等。

集中量描述数据的典型水平或集中趋势,包括算术平均数、加权平均数、几何平均数、中位数、众数等。

差异量描述数据分散(参差不齐)的程度,包括全距、平均差、方差、标准差、



差异系数等。

地位量描述数据在全体数据中所处的地位,包括百分位数、百分等级(百分位)等。

相关量描述两个或多个变量之间的关联程度,包括积差相关系数、等级相关系数、质与量的相关系数和品质相关系数等。

偏态量和峰态量用来描述数据的分布特征——偏离正态的程度和高低宽窄的程度。

### 1.2.2 推断统计学

大约在20世纪20年代之前,统计学的主要内容还是描述统计学。后来,推断统计学逐渐发展起来,不仅其地位越来越重要,而且在内容上也占有越来越大的比重,成为统计学的主干部分。**推断统计学**就是运用概率论研究如何根据样本信息推断样本所来自总体的相应信息,它包括参数估计和假设检验两种形式。

描述统计学中提到的所有特征量都可以分为样本的和总体的。参数估计就是根据样本的特征量(统计量)来估计总体的相应特征量(参数)。例如,在编制智力测验时,需要了解各年龄阶段男女被试的平均成绩,以此作为今后计算智商的标准(又称“常模”)。但是,我们不大可能对这个年龄段的全国所有被试实施测验,于是,我们随机抽取一部分被试(例如每个年龄段抽取800名男女被试)作为样本,然后根据这些被试完成智力测验的平均成绩(样本统计量)来估计各年龄段的全国男女被试的平均成绩(总体参数)。

假设检验则是对总体的参数或分布形态的假设做出保留或拒绝的决策。例如,我们要考察A、B两种条件对被试的反应时间有无显著影响,但是不可能让全世界的人都来参加实验。这时我们可以抽取两组被试作为样本,一组在A条件下进行操作,另一组在B条件下完成相同的任务,然后比较两组被试的平均反应时间有没有显著差异。虽然只有很少一部分人参加了我们的实验,但是其结论却是针对所有人的。比较的步骤是,先假设两种条件下的被试反应时间没有显著差异,再进行相应的统计运算,根据得到的概率,最终确定是否保留这个假设。



### 1.3.3 参数和统计量

总体和样本有很多共同点：都是由一定数量的个体构成的，都可以计算出各种数量指标，例如平均数、标准差、比例和相关系数等。但是它们之间毕竟存在着整体和部分的关系，为了指称时的方便，统计学家将总体和样本的数量指标区分开来，分别称为参数和统计量。根据总体中所有个体的观察值计算出来的数量指标（即总体平均数、总体标准差、总体比例和总体相关系数等）被称为**参数**，它们是总体上的数字特征；而根据样本中所有个体的观察值计算出来的数量指标（样本平均数、样本标准差、样本比例和样本相关系数等）则被称为**统计量**，它们是样本上的数字特征。参数符号一般用希腊字母表示，统计量符号一般用拉丁字母表示。统计推断就是根据样本统计量来推断相应的总体参数。例如，我们可以根据样本平均数 $\bar{x}$ 来推断总体平均数 $\mu$ ，根据样本标准差 $S$ 来推断总体标准差 $\sigma$ ，根据样本相关系数 $r$ 来推断总体的相关系数 $\rho$ ，等等。

## 1.4 心理统计学的基本内容和学习方法

### 1.4.1 心理统计学的基本内容和重要意义

心理统计学是将统计学运用于心理学领域而产生的一个应用统计学分支，它既有严密的逻辑体系，同时又针对应用上的实际需要选择和编排内容。本书主要讲述了以下内容：

**统计资料的整理。**这是统计活动的第一步。内容包括如何判断统计资料的数据水平，以及如何将统计资料整理成次数分布，如何制作次数分布表和次数分布图等。

**特征量。**为了描述统计资料的数量规律性，一个很重要的任务就是计算一些特征量。本书将介绍一些基本的特征量，包括集中量、差异量、地位量、偏态量和峰态量等，在相关分析一章中还将集中介绍相关量的计算及其意义。以上内容构成了基本的描述统计学。

**概率与概率分布。**统计学以概率论为基础，要理解推断统计学就要懂得一点

概率论。本书将简明扼要地介绍概率论的基础知识,包括概率的定义和性质,加法定理和乘法定理,以及条件概率等内容,并详细阐述常用的概率分布——二项分布和正态分布的特点及其应用。

**抽样分布、参数估计和假设检验。**推断统计的两个基本任务是进行参数估计和假设检验,而两者的数学基础是抽样分布。本书在介绍了常用的抽样技术之后,将深入讲解关于总体平均数、两总体平均数之差、总体比例、两总体比例之差和总体方差等的抽样分布、参数估计与假设检验。其中重点讲解两总体平均数之差的假设检验,因为这里有在心理学实验和调查中广泛使用的比较两个平均数有无显著差异的 $t$ 检验。

**方差分析。**方差分析是根据多个样本进行多个平均数间差异的显著性检验的方法。方差分析不能简单地用重复几次 $t$ 检验来代替。本书将介绍单因素方差分析和多因素方差分析。

**相关分析与回归分析。**相关分析或回归分析方法用于研究变量间的相互联系,例如,数学和语文成绩之间有无相关?能否建立一个回归方程,根据一个人的智商来估计他在某项任务中的反应时间?本书将介绍心理学研究中常用的积差相关、等级相关、质量相关、品质相关、一元线性回归、多元线性回归等内容。

**非参数检验。**非参数检验是近几十年来发展起来的新成果,可以在数据水平较低、总体分布情况不明等情况下进行统计检验。本书将介绍各种常用的非参数检验方法,其中包括最常用的 $\chi^2$ 检验。

心理统计学既然有如此丰富的内容,学习这门学科的意义也就不言而喻了。心理学不是一门靠举例说明就能讲清楚的学问,它研究的心理现象是一种随机现象,需要强有力的统计分析手段。这种“需要”有两个方面:一方面,这些统计分析手段可以帮助我们更清楚、更透彻地揭示心理现象的特点和本质;另一方面,在我们设计一项心理学研究方案的时候,就要事先考虑好可以用什么统计方法来分析将得到的数据,否则得到的数据没有合适的统计方法,那就前功尽弃了。

#### 1.4.2 心理统计学的学习方法

第一,要破除畏难心理。学习统计学需要一定的数学基础。很多学生,尤其是

文科学生，在初学统计学的时候，感到了莫大的恐惧。其实，本书介绍的都是应用统计学的内容，其中的公式确实很多，有些复杂得有些“恐怖”，但是细看起来，其中的运算符号无非是加减乘除和根号之类，涉及的数学知识并不高深，只需初中程度的数学基础，经过努力就完全可以掌握。再看这些公式中的变量，几乎都离不开平均数和方差。单是细细品味公式中平均数和方差的作用，就能让你对心理统计学的方法体系有一个比较深刻的理解。


第二，要有合理的学习目标。学习统计学不能死记硬背，不要妄想背熟要点就能应付考试。学习统计学最重要的目标是要全面、完整地掌握其内容体系，弄明白各类问题与其合适的统计方法的对应关系，即了解各种统计方法的适用条件，见到实际问题或数据时能够想到可以采用哪个或哪些方法加以分析处理。

第三，要有良好的学习习惯。只要上课时认真领会老师的讲解，课后仔仔细细、一字一句地研读教材，尤其注意弄懂例题，再做一定数量的习题（不用太多），就能逐步学会根据问题的已知条件找到合适的统计处理方法。

研究方法总要根据科学研究的需要不断发展自己。可以说，统计学就是在各应用学科的推动下发展起来的。许多统计分析方法甚至不是数学家发明的。例如，多元分析中最重要的方法之一——因素分析——就是由心理学家首先提出来的，现在它已经广泛地应用于心理学、教育学、社会学、医学等学科领域。因此，心理学者的一项重要任务就是不断发展和完善统计分析方法，既为本学科服务，又为共同建设统计学大厦做出自己的贡献。

## 本章术语

- ◆ **随机现象 (random phenomenon)**：在一定的条件下，可能出现也可能不出现，或者可能这样出现也可能那样出现的一类现象。
- ◆ **统计学 (statistics)**：研究随机现象的数量规律性的应用数学分支。
- ◆ **大数定理 (law of large numbers)**：虽然每次观察结果可能都不同（偶然性），但是大量重复观察的结果可以形成稳定的数量特征（必然性）。

- 
- (2) 一页书上的印刷错误数
  - (3) 光在真空中的传播速度
  - (4) 世界各国国名按汉字笔画排序的结果
  - (5) 城市每天的空气质量评级
  - (6) 生老病死
  - (7) 喜怒哀乐
  - (8) 流水不腐, 户枢不蠹
  - (9) 水蒸气遇冷凝结
  - (10) 员工的月度工作绩效
  - (11) 氧气的分子式
  - (12) 儿童的阅读速度
2. 什么是统计学? 什么是心理统计学? 学习心理统计学有什么意义?
  3. 什么是总体、样本、统计量和参数? 它们之间有什么关系?
  4. 说出以下统计学符号表示什么。  
 $n$ 、 $\bar{X}$ 、 $S$ 、 $r$ 、 $\mu$ 、 $\sigma$ 、 $\rho$
  5. 以下带下划线的数字表示的是观察值、参数还是统计量?
    - (1) 某男生进行250次反应的平均反应时间为630毫秒
    - (2) 根据对1029名大学新生的调查, 估计全国有15.6%的大学新生一开始不适应大学生活
    - (3) 某女生立定跳远, 三次试跳的成绩分别是2.1米、2.0米、2.15米
    - (4) 某国股市去年收于1245.67点
    - (5) 根据抽样调查, 我们相信今晚本市约有215万人收看了奥运会开幕式, 占本市人口的2/3
    - (6) 本次考试, 我班最高分与最低分相差25分



## 第 2 章

# 数据的种类和表征

## 本章提要

### 本章主旨

数据可以分为不同的水平，相应的有不同的运算方法；随机现象数量规律性的重要方面是次数分布，本章将介绍次数分布表和次数分布图的制作方法；对于多个随机变量的情形，可以用多变量图示法来表征个体数据。

### 本章重点

- 根据数据的不同水平，可以将随机变量分为间断变量和连续变量，也可以分为称名量表、顺序量表、等距量表和比率量表。
- 次数分布可以用简单次数分布表及其派生的相对次数分布表、累积次数分布表、累积相对次数分布表和累积百分数表等表示，还可以绘制其次数分布图，从而更直观地表达次数分布的结构形态和特征。
- 次数分布图的两种主要画法是直方图和多边形图。
- 比较常见的多变量图示法是轮廓图和雷达图。



## (2) 连续变量

**连续变量**的特点是,其可能取值在数轴上连续地充满某一区间。它的任意两个取值之间都可以有它们的中间值,因而其取值个数是无限的,不能一一列举。例如长度、重量、温度、时间等,都是连续变量。

数学上对上述两种变量的定义是十分严格的。但是在实际应用中,有时也要灵活处理。例如,心理测验或教育考试中有五分制和百分制。五分制一共只能取“优”、“良”、“中”、“及格”和“不及格”这5个值(分别相当于数轴上的5、4、3、2、1),虽然有时加上“优-”或“良+”之类,但是取值个数毕竟太少,毫无疑问应该是间断变量。百分制得分可以取从0到100共101个值,个数也是有限的,如果用上0.5分,充其量也只有201个可能取值,严格来说还是间断变量。但是,百分制对成绩的区分毕竟比五分制细致得多,相对来说更接近连续变量,因此,我们往往将其近似地看做是连续变量,以便运用连续变量的统计分析方法。

### 2.1.3 四种不同水平的量表

根据随机变量能够进行的数学运算的水平,我们还可以将其分为称名型的、顺序型的、等距型的和比率型的,分别称之为称名量表、顺序量表(又称等级量表)、等距量表和比率量表(又称等比量表)。

#### (1) 称名量表

**称名量表**表示的是观察值的不同质别,起的是名称的作用。例如身份证号码、学号、房间号、电话号码、邮政编码以及各种代号等。称名量表的取值也可以用文字表示,例如性别用“男”或“女”表示,态度用“赞成”、“反对”或“无所谓”表示。

称名水平的数据没有大小之分。例如学号,1号和2号仅仅是两个学生的代号,仿佛是他的别名,但不表示1号比2号聪明。这里的数字没有数量上的意义,是最“低级”的数字,相互之间不能进行任何代数运算。

#### (2) 顺序量表

**顺序量表**指的是这样一种数字量表,各个数字表示的是个体某方面特征所对应的名次或等级。比赛的时候,可以分出第1名、第2名、第3名……等级考试可以将



几十分制和百分制就要灵活对待。严格地说,即使是百分制,我们也无法保证100分与99分之间的差异等于99分和98分之间的差异,更无法保证90分和80分之间的差异等于80分和70分之间的差异。因此,严格地说,百分制仍应该算做顺序量表。但是,如果测验设计比较合理,每1分之间基本相等,也可以将百分制分数近似地当做等距量表。总分取10、20、30……的计分体系,如果当做等距量表则更勉强一些;不过在应用统计中,为了统计上的方便,在很多情况下还是将其当做等距量表。

## 2.2 次数分布表

通过观察或测量取得了大量观察资料以后,就要对其分门别类地加以整理。其中最初步的整理就是编制次数分布表或图。**次数分布**就是按照一定的标准将观察值分组后,各组观察值个数的分布情况。例如,要搞清楚某学校的男女生比例,就要对全校学生进行调查,这时的随机变量为性别,它可以有两个取值:男性和女性。按性别归类就是对所有学生个体根据性别取值进行分组,结果可能是这样的(表2.2.1)。

表2.2.1 某学校学生人数按性别分类

性别	人数
男生	2500
女生	3100
总和	5600

这就是一个最简单的次数分布。在统计工作中,我们调查的对象可能是人,也可能是动物、工农业产品、企事业单位等,为了指称的方便,统计学上往往将人数、只数、个数、头数等统一称做“次数”(亦称频数),用小写字母  $f$  表示。表2.2.1的次数分布可以这样理解,在对该校5600名学生的观察中,有2500次看到的是男生,3100次看到的是女生。

从表2.2.1可以看出,次数分布由两个部分构成。第一部分是分组,第二部分是与各组相对应的次数。

分组的标志可以是品质的(例如表2.2.1中的性别),也可以是具体数值或一定的数值范围(见表2.2.2)。

表2.2.2 某校一年级学生语言能力测验得分次数分布表

分数	次数
低于20分	10
20~39	20
40~59	40
60~69	51
70~79	70
80~89	44
90~99	30
100	5
总和	270