◆ 沈 钢 编著

教育统计与Excel

浙江大学出版社

教育统计与 Excel

沈　钢　编著

浙江大學出版社

图书在版编目（CIP）数据

教育统计与 Excel / 沈钢编著. —杭州：浙江大学出版社，2004.12
ISBN 7-308-04006-2

Ⅰ. 教... Ⅱ. 沈... Ⅲ. 电子表格系统，Excel—应用—教育统计—高等学校—教材 Ⅳ. G40-051

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 110780 号

责任编辑 田 华
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
（杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027）
（网址：http://www.zjupress.com）
（E-mail：zupress@mail.hz.zj.cn）
经 销 浙江省新华书店
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 富阳市育才印刷有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 10
字 数 190 千
版 印 次 2004 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 3 次印刷
印 数 4501—5500
书 号 ISBN 7-308-04006-2/G·781
定 价 15.00 元

目　　录

第一部分　描述统计

第二部分 推论统计

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

第一部分

描 述 统 计

第 1 章

描述统计的基本概念

1.1 随机现象与统计规律性

自然界中广泛存在着这样一类现象：在同一基本条件下，多次进行同一试验，或多次观察同一现象，所得的结果并不完全一样，而且在每次试验或观察之前不能确切地预料将出现什么结果。这种现象称为随机现象。

例如，同一门大炮，按同样的发射角度，多次进行射击，结果炮弹并不完全落在一个点上。有的偏左，有的偏右，有的远一点，有的近一点，散布在一定的范围内。这里同一门大炮，按同样的发射角度，就是相同的基本条件；但落弹结果并不完全一样，存在一种偶然的变动，这种现象就是随机现象。

为什么在基本条件相同的情况下，试验或观测的结果不完全相同呢？这是因为除了基本条件之外，还有很多次要因素。这些因素对试验或观测的结果虽然不起决定的、支配的作用，但或多或少有些影响。例如，大炮每次射击时，每一个炮弹的装药量可能不完全一样，炮弹飞行时还要受到风力、空气湿度、温度甚至地球运动等因素的影响。这些因素合起来就使得射击产生偶然偏差。

从表面上看，随机现象似乎没有什么规律，其实不然。实践证明，观察大量的同类随机现象，便会发现它有确定的规律性。例如，抛掷一枚硬币，我们不能预先推知哪一面朝上，可能是正面，也可能是反面；但是重复多次试验，就可以发现大约有一半的次数是正面朝上，一半的次数反面朝上。又如大炮射击，只射三五次，看不出有什么规律；但如果进行多次射击，就会发现越接近散布区域的中心，落弹数就越多。

这种在大量观测或试验中反映出来的随机现象所具有的规律性，叫做随机现象的统计规律性。

1.2 随机变量与概率分布函数

随机现象的每一种结果叫做一个随机事件，每个随机事件往往表现为一种数值。我们把能表示随机现象各种结果的变量称为随机变量。随机变量通常用希腊字母 $\xi,\eta,\zeta,\cdots$ 来表示。但在本书中，如果随机变量是样本或样本统计量，则用英文字母 X,Y 等表示。

生活中，可以用随机变量来刻画的随机现象例子是很多的。比如：

在 n 次射击中，命中靶子的次数是随机变量，把它用 ξ 表示，则 ξ 的可能取值为 $0,1,2,\cdots,n$。

某电话交换台在一天内接到的呼唤次数，可以用随机变量 η 表示，则 η 的可能取值为 $0,1,2,\cdots$

在初中升学考试中，每一初三学生的数学成绩是随机变量，若数学考试满分为 100 分，则随机变量 ζ 可能的取值范围可认为是区间 $[0,100]$。

有些随机现象不表现为数量性质，但仍然可以用随机变量来描述。例如，可将男生、女生分别用 1 和 0 来表示，也可将考试合格、不合格分别用 1 和 0 来表示，将品德评定的优、良、中、差等级分别用 4,3,2,1 来表示。统计处理的变量都是些随机变量。

另外，教育统计中常涉及到的量，例如学生的身高、体重、性别、智商、考试成绩，教师的人数、年龄、教龄、工资等，也都是随机变量。

在上面列举的随机变量中，有的随机变量所能取的值的全体是有限的，如上述射击问题；有的随机变量所能取的值的全体是可列的，如上述电话交换台收到的呼唤次数。这两种随机变量统称为离散型随机变量。而取值范围可以连续充满某一区间的随机变量我们称之为连续型随机变量。

随机现象的统计规律性隐含了随机变量的某种变化规律。要掌握随机变量的变化规律，首先要了解它可能取什么值；其次要了解它取各可能值的概率是多少，即它以怎样的概率取这些值。这就是随机变量的概率分布。

对于一个离散型随机变量，要了解其概率分布，就必须知道：

(1)ξ 的所有可能的取值：$x_0,x_1,\cdots,x_n,\cdots$

(2)ξ 取每一可能的取值时的概率是多少，即要知道随机事件 $\{\xi=x_k\}$ 的概率：

$$P\{\xi=x_k\}=p(x_k),\ k=0,1,2,\cdots \tag{1.1}$$

(1.1)式不仅告诉我们 ξ 能取什么值，而且还进一步指出了它以多大的概

率取这些值，这就把一个随机变量完整地描述出来了。(1.1)式也可以写成下面的形式：

$$\begin{Bmatrix} x_0, & x_1, & \cdots, & x_k, & \cdots \\ p(x_0), & p(x_1), & \cdots, & p(x_k), & \cdots \end{Bmatrix} \tag{1.2}$$

对于连续型随机变量，它的可能取值是不可列的。因此，对连续型随机变量就不能像对离散型随机变量那样，用如同(1.2)式的分布列来作为它的概率分布。此外，一般说来，连续型随机变量取任何个别值的概率都是零；所以，考虑连续型随机变量取某个值的概率多少是没有意义的。因此，对于连续型随机变量，我们往往需要知道随机变量在某一区间上取值的概率，例如求 $P\{a\leqslant\xi<b\}$。如果对任意的两个实数 $a\leqslant b$，ξ 取区间$[a,b]$上的值这一事件的概率 $P\{a\leqslant\xi<b\}$都是已知的，则就可以认为我们已掌握了 ξ 的分布。

由于

$$P\{a\leqslant\xi<b\}=P\{\xi<b\}-P\{\xi<a\}$$

所以，我们只需知道 $P\{\xi<b\}$与 $P\{\xi<a\}$就可以了。为此，我们只需研究形如$\{\xi<x\}$这一类事件的概率。

对于每一个固定的 x，事件$\{\xi<x\}$都有一个确定的概率 $P\{\xi<x\}$，因而$P\{\xi<x\}$是 x 的函数，记为 $F(x)$，称为随机变量 ξ 的分布函数。

从随机变量的分布函数定义可以看出，无论是离散型随机变量还是连续型随机变量，只要知其分布函数，则其概率规律性就完全知道了，即分布函数刻画了任何一种类型的随机变量的概率规律性。

此外，在教育统计学中，我们常把随机变量分为连续变量和类别变量。

(1)连续变量：凡是在本质上能以连续数值表示其特征的变量，称为连续变量。譬如学业成绩以分数表示，身高以厘米表示，年龄以岁数表示，等等。这些都是连续变量。

(2)类别变量：凡在本质上不能以连续数值表示、而须改以类别表示其特征的变量，均称为类别变量。由于这类变量的指标即使量化之后仍无连续意义，所以也称不连续变量。如“性别”分为男、女，“学校规模”分为大、中、小，“父母管教方式”分为民主、专制、放任，等等。这些都属于类别变量。凡是类别二分的，就称为二分变量；类别三分的，则称为三分变量或多分变量。

1.3　总体与样本

在一次统计工作中所考察的对象的全体叫做总体，其中每一个考察对象

叫做个体。总体中所含个体数目叫做总体的容量。统计所考察的对象不是事物本身，而是该事物的某项指标，是一串数据。例如，当我们教育研究的对象是学生时，统计所考察的对象不是学生本身，而是学生的某项指标，如学生的身高、体重、年龄、成绩等。

从总体抽取部分个体的过程叫做抽样。被抽取的这一批个体叫做样本。样本中所含个体的数目叫做样本容量。

1.4 参数与样本统计量

样本是从总体中抽取出来的，所以是总体的一部分。但是，样本的特征未必就和总体的特征完全一样。统计学上为了区分总体与样本的统计指标，就称总体的统计指标为参数，通常以希腊字母表示；样本的统计指标则称为统计量，通常以英文字母表示。

例如，反映总体集中趋势的一种统计指标称为总体平均数，用 μ 表示；反映总体内个体分散程度的一种统计指标称为总体标准差，用 σ 表示；反映某一事物的两种特征之间在总体内变化关系的一种统计指标称为总体相关系数，用 ρ 表示，等等。这些都是总体参数。

描述一组数据集中趋势的一种统计指标称为平均数，用 $\overline{X}$ 表示；描述一组数据分散程度的一种统计指标称为标准差，用 S 表示；描述两组数据之间关系的统计指标称为相关系数，用 r 表示，等等。这些都是统计量。

1.5 测量随机变量尺度的种类

随机变量的观察值是通过测量得到的，任何测量必须有测量的准则和依据。就像我们量排球场的大小时，也要有个依据才行。有的人跨开大步来量，量出排球场宽度为 12 步；有的人用米尺来量，量得排球场宽度为 9 米。这个作为测量的准则或依据，就是尺度。上述排球场大小的测量之所以得到不同的结果，就是由于测量的尺度不同。由此可知，尺度不同，对变量特征的描述提供的信息就不同。9 米与 12 步固然长度一样，但所提示的信息不同，就具有不同的意义。因此，测量的尺度影响变量的解释方式。为了把握随机变量的解释方式，我们先要了解测量尺度的种类与性质。

尺度的种类大致有四种：类别尺度、顺序尺度、等距尺度和等比尺度。每一

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

种尺度各具有不同的性质和功用，以下分别略加说明。

(1)类别尺度

类别尺度就是按照事物的特征或属性的不同进行归类，赋予不同的名称。例如，“性别”这个变量，可以就人之生理特征的不同，而分别给予“男性”或“女性”两种不同的名称；“婚姻状况”可分为“已婚”与“未婚”；“家庭社会地位”可分为“上”、“中”、“下”，等等。如此看来，类别变量的主要功能是在区别类别，给每个类别一个名称，以便于辨识。当然，在区分类别之后，也可以用数字代替名称，譬如以 0 代表女生，以 1 代表男生。但这样的数并无连续与大小的意义，纯粹是一种代码而已。因此，从基本性质来看，类别尺度似乎称不上是测量。

(2)顺序尺度

顺序尺度是将事物依其特征，或属性的大小，或多少的程度，排成顺序或等级。譬如，将 10 个参加电脑比赛的学生按成绩高低自 1 排到 10，这就是顺序尺度的应用。如问：“如果以顺序尺度测量某班 50 名学生的成绩，小明的成绩如何？”回答可能是“小明是第五名”，而不是“小明的成绩是 80 分”。在等级或顺序的排列中，可以比较个体之间的地位，来说明“大于”或“小于”这样的关系和差异，但个体之间的差异并无相同的单位。故全班第一名成绩与第二名成绩的差异，未必等于第二名成绩与第三名成绩的差异。这一特征要特别注意。

(3)等距尺度

等距尺度是一组具有连续性、单位又相等的数值。如果应用等距尺度来测量变量，则所赋予的数值，不仅具有大小的顺序，而且数值之间具有相等的距离。例如，以等距尺度测量学生的语文成绩，则在 0 分至 100 分的范围内，按学生的学习表现给予一定的分数。从学生的分数既可看出学生成绩高低的顺序，也可以了解学生之间成绩的差距。因此，如果小明 90 分，小华 85 分，而大年只有 80 分，那我们就知道小明的成绩比小华好，而小华的成绩比大年好；我们也知道，小明与小华的成绩差异刚好等于小华与大年的成绩差异，因为都是 5 分之差。在教育研究中，许多变量都是采用等距尺度来测量的，如智力，以智商表示；学业成就，以成就测验的分数表示，都是等距尺度的应用。

由上述的说明可知，等距尺度的主要特征在于分数，连续性，等距；而其主要功用则在于测验连续且等距的分数，说明变量特征或属性的差异情形。但是，等距尺度所测验的分数，虽然可以有“0”，却无真正的零点。比如，学生的语文测验成绩可以是 0 分至 100 分。但张三的成绩为 0 分，并不意味着张三的语文能力是空白。分数上的 0 是人为的零点，是研究者独断决定的一个点。张三考了 0 分，我们只能解释说，张三在这次测验中，全部题目都答错了，而不能说张三的语文能力是 0。同样的道理，温度计上的刻度，也是一种等距尺度，温度

计上的零度，也不是真正的零点。因此，摄氏零度并不是没有温度。由于等距尺度没有真正的零点，所以在比较差异时，只能就分数作加减运算，而不能以乘除倍比的关系来说明。昨天的气温是 15℃，今天的气温是 30℃，我们只能说，今天比昨天热了 15℃，而不能说今天的热度是昨天的两倍。同理，语文测验小明考了 90 分，小华只有 45 分，那并不意味着小明的语文能力是小华的两倍。这要特别注意。

(4)等比尺度

等比尺度具有等距尺度的全部特征，而且有“真正零点”。因此等比尺度的数值之间有相等的比率，不仅可以加减，也可以作乘除的运算。例如，人的身高可以采用等比尺度来测量，0 代表没有高度，0 以上的不同数值代表实际高度，而身高 200 厘米即为身高 100 厘米的两倍。又如年龄也可以采用等比尺度测量，因为零岁是真正的零点。一般说来，物理特征的测量(如重量、长度等)比较可能采用等比尺度，而心理特征的测量大体以等距尺度为主，因为人类的心理特征很难找到真正的零点。

第 2 章

单一变量的统计描述

通过教育调查和教育实验获得了大量的数据，对于单一变量的数据，我们用归组、编表、绘图等统计方法对其进行归纳、整理，以直观形象的形式反映其分布特征；计算集中量（如算术平均数、中位数、众数等）来反映其集中趋势；计算差异量（如全距、四分差、百分位距、方差、标准差等）来反映其离散程度；计算偏态量及峰态量来反映其分布形态。这些均为单一变量的描述统计之内容。

2.1 频数分布之描述

2.1.1 频数分布的描述形式

频数分布是显示变量特征的基本形式，可以列表说明，也可以用绘图表示。我们以表 2-1 所列的 20 名学生数学成绩来说明。

表 2-1 20 名学生数学成绩表

学生	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
性别	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1
口算成绩	B	C	A	C	C	A	B	B	C	B
数学成绩	76	44	58	79	64	85	61	83	73	77
学生	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
性别	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0
口算成绩	A	B	A	B	C	A	A	B	B	B
数学成绩	92	28	66	74	38	79	77	43	55	68

其中“口算成绩”是“类别变量”，也称为“不连续变量”；而“数学成绩”则为“连续变量”。这两类变量的频数分布可以采用不同的形式来表示。以下分别说明之。

1. 类别变量的频数分布

从表 2-1 资料中的“口算成绩”来看，其频数分布如表 2-2 及图 2-1 所示。从表 2-2 及图 2-1 可以看出，这 20 名学生中有多少人口算成绩得 A 等，占多大比率，又有多少人是 B 等或 C 等，及其所占比率。

表 2-2 20 名学生口算成绩等级之频数分布表

等级	频数	比率	百分比
A	6	0.30	30
B	9	0.45	45
C	5	0.25	25

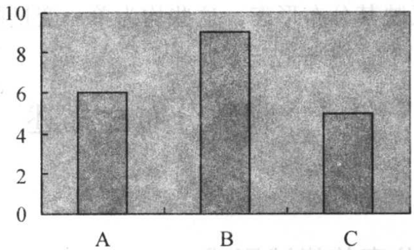

图 2-1

2. 连续变量的频数分布

连续变量的频数分布也可以通过列表或绘图来说明。但因连续变量的分数很多(如考试成绩自 0 至 100)，故常先分组后，再计算各组的频数。至于分多少组较为适当，并无规定，宜视分数的全距(最高分数与最低分数的差距)来决定。以下再以表 2-1 中 20 名学生的资料来说明描述连续变量之频数分布的几种基本图表。

(1)归组频数分布表

编制归组频数分布表有以下几个步骤：

①求全距。数学成绩中最高分是 92，最低分为 28，故全距为 64 分(92－28)。

②定组数，求组距。根据全距与数据量来决定组数。分组的数目是制表的

关键，分组过细会使分布表过大而不易使读者一目了然；分组过粗会使数据的很多重要信息不能在表中反映出来。一般的分组数目以不超过 20 个为宜。在本例中，若取 5 为组距，分成 13 组，应属适当；但因为总人数只有 20 人，若分组太多，则每组人数太少，不易显示频数分布的描述功能，故我们将组距扩大为 10，将数据分成 8 组。

③分组。根据上述确定的组数、组距，这 8 个组是：第一组为 20～29，第二组为 30～39，…，第八组为 90～99。

④组中点。组中点是居于该组上下限之中间点，可作为该组数据的代表数值，以后在作统计时可能有用。

⑤列表。建立如表 2-3 所示的归组频数分布表。

表 2-3　20 名学生数学成绩的归组频数分布表

组　号	1	2	3	4	5	6	7	8
组上下限	20～29	30～39	40～49	50～59	60～69	70～79	80～89	90～99
组中点	24.5	34.5	44.5	54.5	64.5	74.5	84.5	94.5
频数	1	1	2	2	4	7	2	1

(2)频数直方图

频数直方图是以频数分布表中的数据绘制而成。取每一组的组中点为代表数据，而且以直方形的宽度代表组距，高度代表频数，形成互相连接的直方图形(如图 2-2 所示)。这一特征是与类别变量的图示方式不同之处。

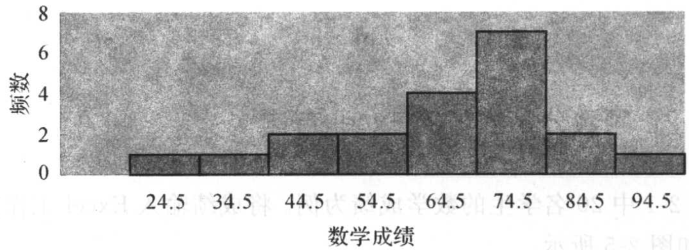

图 2-2

(3)频数多边图

频数多边图是以频数分布表中的数据绘制而成。同样，取每一组的组中点为代表数据，然后在每一组的组中点处向上作垂线，在与这一组频数相对应之处标上一个点，再用线段把相邻的各点连接起来，就构成了频数多边图，如图 2-3 所示。

如对图 2-3 所示的频数多边图加以修饰，则可以成为平滑的曲线，称为频

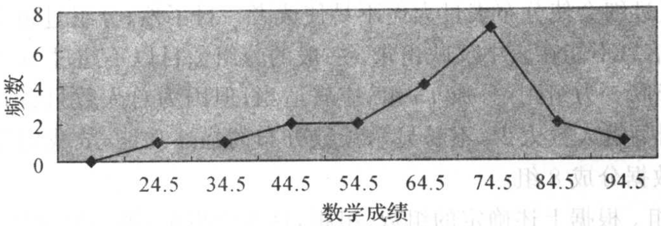

图 2-3

数分布曲线图，如图 2-4 所示。一般在教育研究中大都以分布的曲线图为主，并且在形状上可以作几种区分。图 2-4 所示曲线图只显示一个高峰，称为“单峰分布”，另外还有“双峰分布”和“多峰分布”。而单峰分布，又有“负偏态分布”(也称“左偏态分布”，即左边偏少的意思)，“正偏态分布”(也称“右偏态分布”，即右边偏少的意思)和“对称分布”之分。图 2-4 所示的频数分布图就可称为单峰右偏分布。而单峰对称分布，通常就可认为是“正态分布”。有关正态分布的特性及应用，留待稍后再作进一步说明。

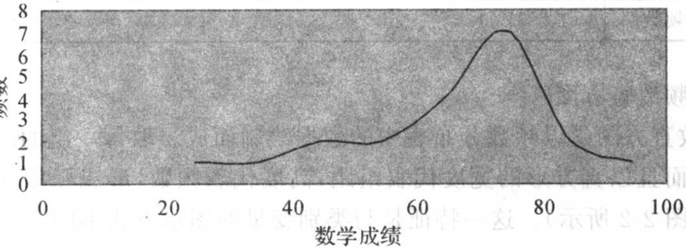

图 2-4

2.1.2 频数分布描述的Excel方法

以表 2-1 中 20 名学生的数学成绩为例。将成绩输入 Excel 工作簿的工作表区内，如图 2-5 所示。

1. 类别变量(口算成绩)的频数分布

通过 Excel 功能计算出 A,B,C 各等级的频数。在 Excel 工作簿窗口下，操作步骤如下：

(1)选择要在其中输入 A 等级频数的单元格。

(2)单击“常用”工具栏中的“粘贴函数”按钮 f_x，就会在编辑栏下面出现“粘贴函数”对话框，如图 2-6 所示。在“粘贴函数”对话框中，函数被分门别类

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com