

电子计算器 在生物统计中的应用

■ ■ ■

332

5

福建省图书馆资料室

福建科学技术出版社

责任编辑：宁筱彤

电子计算器在生物统计中的应用

张 力 夏增权

福建科学技术出版社出版

（福州得贵巷27号）

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 3.75印张 76千字

1987年6月第1版

1987年6月第1次印刷

印数：1—3 450

书号：15211·91 定价：0.75元

前 言

近年来,电子计算器已日益成为人们日常工作、学习和生活中广泛使用的现代计算工具。在生物统计中,更是离不开电子计算器。为了帮助读者正确使用电子计算器,并熟练地应用于统计计算,特编写了这本书。本书除了对一般电子计算器的基本结构、工作原理和基本使用方法作了较全面而浅显的介绍外,着重介绍了电子计算器在一般生物统计中的应用技术。内容包括参数估计、二项分布、 χ^2 测验、t值、F测验、相关与回归等常用生物统计问题的计算方法。我真诚地希望,该书能为广大农、林、水技术人员和大中专院校生物系专业师生提供有益的帮助。

由于时间仓促,水平限制,书中错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1986年5月

目 录

一、一般电子计算器的使用方法

- (一) 电子计算器的主要结构及基本计算原理
..... (1)
- (二) 四则运算与常用计算键..... (7)
- (三) 函数计算与函数键..... (11)
- (四) 统计计算与统计键..... (15)
- (五) 程序的编制与记忆程序计算..... (22)

二、参数估计的计算

- (一) 点估计的计算..... (30)
- (二) 区间估计的计算..... (33)
- (三) 正常值范围估计..... (35)
- (四) 几何均数的计算..... (37)
- (五) 调和平均数的计算..... (39)

三、二项分布计算

- (一) 二项分布概率的计算..... (42)
- (二) 二项分布测验的计算..... (48)

四、 χ^2 测验的计算

- (一) 适合度测验的计算..... (51)

(二) 2×2 表求 χ^2 的计算.....(54)

(三) $R \times C$ 表 (及 $2 \times C$ 表) 求 χ^2 的计算.....(56)

五、t值的计算

(一) 已知均数和标准差的t测验计算.....(60)

(二) 与标准比较的t测验计算 (用原始数据)
.....(62)

(三) 两个处理比较的t测验计算 (由原始数据
计算)(64)

六、F测验的计算

(一) 重复数相等的单因素F测验计算.....(70)

(二) 重复数不等的单因素F测验计算.....(73)

(三) 作多重比较用F测验计算.....(76)

(四) 区组试验资料F测验的计算.....(79)

(五) 非正态总体F测验.....(82)

七、相关、回归的计算

(一) 相关系数和已知 ρ 比较的计算.....(86)

(二) 两个相关系数的比较.....(89)

(三) 曲线回归计算.....(91)

(四) 估计值 $\hat{Y}_i$ 和残差平方和 $\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2$ 的计算
.....(95)

(五) 估计误差和相关指数的计算.....(98)

(六) 二元回归的计算.....(102)

附表

附表(1) t 值表.....	(105)
附表(2) χ^2 值表.....	(106)
附表(3) F 值表.....	(107)
附表(4) 最小显著相关系数表.....	(111)

一、一般电子计算器的使用方法

(一) 电子计算器的主要结构及基本计算原理

一架电子计算器具有输入、计算、输出三个最基本的组成部分。较好的计算器还有内存和控制设备。它们之间的相互关系可用图1表示。

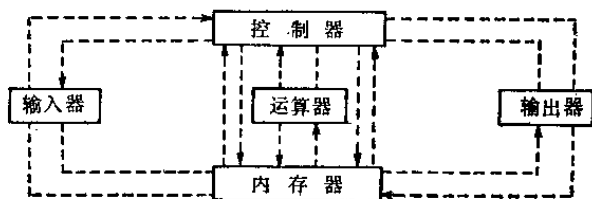


图1 电子计算器结构示意图

图中实线表示数据传递线路，虚线表示各部分控制内反馈线路

在叙述过程中，按键操作主要以国产计算器DS—5型（大连无线电厂制造）的键组为例，其它型号计算器按压具有同样功能的键组可得到同样的结果。读者只要掌握基本使用方法，便可触类旁通，使用其它型号计算器也可得心应手。为使计算准确，操作上必须养成左手按键、按键后随即检查窗口的习惯。计算器要放平稳，按键要按到底，但也不要过于用力。按键时最好要运动手腕，使手指垂直接键，以免错按旁边的键。

1. 输入器

输入器的作用是把要计算的数据、要求以及其它有关信息告诉机器。电子计算器采取键钮输入。各种键钮有相应的电子线路接通计算器的各个部分，分别按压具有不同功能的键钮，即可把各种信息输入机器。例如，要输入数据123，可依次按压[1][2][3]3个键钮，即把123这个数输进了计算器。计算器就可以应用123这个数进行运算。又如，要求计算器作加法，按压[+]键就把“加法”这个信息输进了计算器，计算器就能对输入的数据进行加法运算。

电子计算器的各种键钮安置在键盘上，各种键钮的符号及其功能、作用将在相应的计算方法中介绍。

2. 输出器

输出器的作用在于把计算结果告诉我们。电子计算器的输出器安置在键盘上方的窗口中，用数字直接输出计算结果。计算结果若是负数，则在数字前面显示表示负数的符号“-”。输出的数字采用笔划显示。每个数字的位置上都相应安置了七条能发光的笔划，其排列方式如图2。

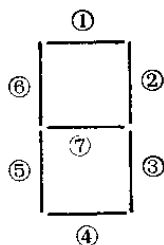


图2 显示数字的七条笔划排列方式

点亮不同的笔划，可以表示出不同的数字。我们把这七条笔划依次编为①、②、③、④、⑤、⑥、⑦号，如果点亮②、③号笔划，显示出数字1；点亮①、②、⑦、⑤、④号笔划，显示出数字2；依此类推……。在各个显示数字的位置上点亮不同的笔划，则显示出不同的数字，这样就组成了多位数。小数用“.”表示。点亮了这个“.”，则表示其后为小数位。

这种能发光的笔划，一般用发光二极管或液晶制成。发光二极管靠通电发光，耗电较大，因此计算器不使用时，一定要注意关闭电源，以免电池电源耗尽，液体渗出损坏计算器。液晶显示，是由微小的电压变化来改变液晶的颜色，把笔划显示出来，所以耗电极省。无论是二极管显示还是液晶显示，均由计算器线路控制。计算器计算出什么结果就接通相应的笔划，显示出相应的数字。

3. 运算器

运算器是电子计算器的主要部件，所有的数字计算都由运算器进行。运算器由两个寄存器和一个计算装置构成。寄存器如何寄存数字，计算装置又如何进行数字计算，我们可以从它的结构上来说明。

寄存器由多组装置构成，每组又由4个可以稳定处于两个状态的装置组成。一般电子计算器的两个寄存器分别命名为x寄存器和Y寄存器。它们在结构上都是一样的。由于x寄存器有线路直接和窗口的显示装置相连，若存储数字，可以直接在窗口显示，因此x寄存器又叫显示寄存器。又因要输入的数据是首先进入x寄存器的，所以x寄存器也可以叫输入寄存器。

在x寄存器中，每组装置都和显示窗口的一个显示位置中的七种笔划相连。每组中的4个装置的不同状态的组合，可以点亮不同的组合状态的笔划，显示出某个数字。这就相当于这组的4个装置存储了某个数字。所以也可以说寄存器是用4个装置处于不同状态的组合来存储一个数字的。

能够表示两个不同状态的装置，都可以并起来存储数字。能表示两个不同状态的装置很多，例如：磁心可以处于南极、北极两种状态；电位可以处于高电压、低电压两种状

态。有一种能处于两种状态的装置叫双稳态触发器。它们能处于高电位、低电位两种状态。我们可以用 0 表示装置的一种状态，用 1 表示该装置的另一种状态。即低电位用符号 0 表示，高电位用符号 1 表示。一组有 4 个双稳态触发器的装置，这 4 个双稳态触发器的电位情况共有 16 种不同的组合，取其 10 种不同的组合就可以存储“0”到“9” 10 个数字。

因此可以看出，电子计算器是以一组装置的不同状态来存储不同的数字的。故在电子计算器中 0、1、……9，这 10 个不同的数字就分别用 0000，0001，……1001，10 个不同的符号来表示。电子计算器对数字进行计算，也就是对两种不同的状态进行加工计算。这样的装置只要能做 $0+0=0$ 、 $0+1=1$ 、 $1+0=1$ 、 $1+1=10$ 就可以进行数字计算了。这用逻辑电路是很容易办到的。把有这 4 种运算功能的装置连在一起就可以进行数字的加法计算了。

如果计算结果超过了 10，一般电子计算器采用加 6 修正方法，即计算结果超过了 1001，使得显示窗口无法显示，这时计算器会自动加上 6，也就是加上 0110。

对于减法、乘法、除法和其它运算，一般的电子计算器都是通过各种途径转化成可用加法运算的问题来计算的。由于电子计算器运算速度极快，虽然计算过程繁琐，但计算器以快取胜，可以把各种复杂的计算问题都转变成加法后进行快速运算。

任何一个最简单的计算器都有 $\boxed{+}$ $\boxed{-}$ $\boxed{\times}$ $\boxed{\div}$ 4 个运算符号和 $\boxed{=}$ 5 个键。简言之，先输入一个数，再按运算符号输入第二个数，就建立起这两个数的运算关系，再按 $\boxed{=}$ 键，就启动计算器工作，计算结果在 x 寄存器中，并由窗口显示出来。如不按 $\boxed{=}$ 键，按其它运算符号键，则同样可启动计算，

但结果又和下一个输入数建立起新的运算关系。

4. M寄存器和内存器

电子计算器除x寄存器和Y寄存器可以用来存储数据外，还有其他储存器。可以用和x、Y寄存器同样的方法来存储数据，通过按压相应的键存入或取出数字。

一般计算器都有一个累加寄存器M，通过M+、M-键控制，可以把x寄存器的数累加到它里面去。按M+键，就把x寄存器的数加上M寄存器的数放回M寄存器中去；按M-键，则把M寄存器的数减去x寄存器的数再放回M寄存器中去。

x、Y、M寄存器中的数在有些计算器中可以通过交换键互相交换。交换键一般用 $x \leftrightarrow Y$ (或 $\updownarrow$)、 $x \leftrightarrow M$ 表示。 $x \leftrightarrow Y$ ($\updownarrow$)表示x寄存器的数和Y寄存器的数交换。例如，按，3，÷，5，则x寄存器中为5，按“=”键结果为0.6(3÷5)；如果在按“=”键前按 $x \leftrightarrow Y$ 键，则x寄存器中为3，Y寄存器中为5，按“=”键结果为1.666……(5÷3)，即：3，÷，5， $x \leftrightarrow Y$ ，=，“1.666”。 $x \leftrightarrow M$ 键可把x寄存器中的数和M寄存器中的数交换。例如，M寄存器中有3，x寄存器显示为6，按 $x \leftrightarrow M$ 键，则x寄存器显示3，6存入M寄存器中去，再按 $x \leftrightarrow M$ 键时，x寄存器又显示6，3存入M寄存器中。有了这些装置可使计算工作方便得多。

好一点的计算器还装有内存器，可以在里面存入运算要用的数，用时再把它取出来放到x寄存器中去。存入按[STO]键，取出按[RCL]键。例如，要把335存入1号内存器中去，可按：335，STO，1，则1号内存器中存入335。要用它时可按：RCL，1，335就取到x寄存器中，并在显示窗显示出来，参加需要它的运算。此时1号内存器中还存着335，以后

要用还可以不断地取，直至存入新数。

有些可编程序的电子计算器还有存储程序的内存器。它是以代码的形式存储程序，即记住运算的过程。当要进行同样过程的计算时，可以通过有关的按钮，多次反复地用同样的计算来处理计算不同的数据。SD—5型电子计算机可存储39步程序。

5. 控制器

控制器控制整个电子计算器的各个部件，使其进行协调的工作。具有存储程序的电子计算器，控制器能控制程序执行的步骤，使计算器按程序的步骤一步一步地完成预先计划好的运算公式，得出正确的计算结果。

多数电子计算器都有控制器控制运算过程，象一般代数运算，在控制器控制下可以先乘除后加减，先计算括号内后计算括号外等。所以计算时，可以按代数公式输入，直接得出结果。有些型号的计算器没有这种控制器，不能控制运算过程，只能按输入的先后顺序计算。故计算时必须人为地预先安排好输入顺序，先计算的要先输入。例如，计算 $3 + 5 \times 4$ ，有控制运算过程的电子计算器可直接依次输入：3，+，5，×，4，=，计算器会自动先作5乘4后再加3，得出结果为23。没有控制运算过程的电子计算器，如果也直接输入，则成为3加5后再乘4，得出不正确的结果32。因此，使用这种计算器时应先输入5乘4，然后再输入加3，输入顺序为：5，×，4，+，3，=。但计算 $\frac{5+10}{5}$ ，对于有控制运算过程的电子计算器，如果直接依次输入：5，+，10，÷，5，=，计算器则作10除5后再加5，得出不正确的结果7。要使有控制运算过程的计算器先作加减法，必须用括号，即计算 $\frac{5+10}{5}$ 的

正确输入应为：（，5，+，10，），÷，5，=。而没有控制运算过程的电子计算器是完成先输入的5加10计算后再作除以5的计算，所以按顺序输入：5，+，10，÷，5，=，倒可以得出正确的结果3。因此，使用这两种类型的电子计算器时，必须注意区别，辨明其功能后再进行运算，以免出错。

（二）四则运算与常用计算键

进行四则运算，通过按压常用计算键输入信息，即可得出计算结果。进行四则运算时，尽量不要记录中间结果，以免在记录和再次输入时发生错误。若需中间结果，可以通过操作控制内存器的键钮存到内存器中，要用时，再取出送入x寄存器中参加运算。现将常用计算键分述如下。

1. $\boxed{0} \boxed{1} \boxed{2} \cdots \boxed{9} \boxed{\cdot} \boxed{+/-} \boxed{\pi} \boxed{\text{EXP}}$

0、1、2……9这几个键钮是数字输入键。例如，要输入12.3这个数字，按压：12，·，3，这时x寄存器即存入12.3，窗口上同时显示出12.3。+/-键用于改变x寄存器中数字的符号。例如，要输入-25.7，可按：25，·，7，+/-，窗口即显示-25.7。π键用于输入π值。EXP键用于输入10的指数。

2. $\boxed{+} \boxed{-} \boxed{\times} \boxed{\div}$

这几个键钮的作用是建立x寄存器和Y寄存器的运算关系，叫算术运算键。例如，按：5，x，3，这三个键，则x寄存器存入3，Y寄存器存入5，窗口显示3，x寄存器和Y寄存器建立起相乘的运算关系。再按=键，则启动计算，得出结果15，15存于x寄存器并在窗口显示出来。常数计算例题见表1—1。

表1-1

常数运算操作表

算 式	按 键 操 作	显 示
1. 加常数 155		
4 + 155	4, +, 155, = ,	159
155 + 130	130, = ,	285
155 + 30	30, = ,	185
2. 减常数 40		
270 - 40	270, -, 40, = ,	230
290 - 40	290, = ,	250
280 - 40	280, = ,	240
3. 乘常数 115		
115 × 2	115, ×, 2, = ,	230
115 × 15	15, = ,	1725
115 × 8	8, = ,	920
4. 除常数 7		
243 ÷ 7	243, ÷, 7, = ,	34.7142.....
570 ÷ 7	570, = ,	81.4285.....
313 ÷ 7	313, = ,	44.71428.....

3. $\updownarrow$

这是x寄存器和Y寄存器的交换键。其功能是把x寄存器的数与Y寄存器的数作交换。例如，按：6, ÷, 3, =, x寄存器显示结果为2，而Y寄存器存的是3；按 $\updownarrow$ 键，则Y寄存器的3和x寄存器的2作了交换，结果x寄存器的窗口显示3，Y寄存器为2。在其它一些型号的计算器中，此键有时用 $x \leftrightarrow Y$ 表示。

4. $x \rightarrow M$

这是x寄存器送M寄存器键。其功能是把x寄存器的数送入累加寄存器M中去，同时把M寄存器原来存储的数冲掉。

例如，M寄存器中存有5，x寄存器中存有3，按 $x \rightarrow M$ 键后，M寄存器就存入3，x寄存器就存入5，所以窗口显示出5。有了这个键，就可以把x寄存器中的中间结果存入M寄存器中去，不必记录下来。

5. M+ M- RM CM

这些键都是M累加寄存器的控制键。M+键的作用是把x寄存器的数加上M寄存器的数再放到M寄存器中。M-键能把M寄存器中的数减去x寄存器中的数再放到M寄存器中。没有M-键的计算器，可以先把x寄存器的数变成负数（按+/-键）后，再用M+键来代替（加负数等于减正数）。RM键为读M寄存器的键，其功能是把M寄存器中的数送入x寄存器，并在窗口显示出来。由于它只是把数送给x寄存器，所以M寄存器的数不改变。这样，一些常用的数就可以先存入M寄存器中（ $x \rightarrow M$ 键存入），以后不断用RM键取出使用。CM键的功能是清除M寄存器内所存的数字，使之成零。无此键的电子计算器则可用输入0，再按 $x \rightarrow M$ 键来代替CM键。因为把0送入M寄存器，也等于清除了M寄存器内所存的数字。

6. AC

这是全清键。按此键可清除计算器中所有的寄存器、内存器、统计计算、程序计算的内容。

7. C

这是清除键。按此键可清除x寄存器、Y寄存器的数和运算关系，但不清除M寄存器的内容。电子计算器有时由于输入数字的位数、或经运算的答案的位数及存储器内存储累计数的位数等超出计算器的计算位数，或处于除零状态时，会出现溢出符号“E”。这时整个计算器全部锁定，无法继续计算。按C键可以解除封锁，计算器亦可恢复到起始正常

工作状态。故C键又可称“溢出解除键”。

8. **[CE]**

这是x寄存器清除键。按此键清除x寄存器内容，而不清除Y寄存器的内容及运算关系，因此可用于纠正错误的输入，也叫做“错误输入清除键”。

9. **[STO]**

这是存储键。按此键后按1—6数字，表示指定编号为此数字的内存器存入x寄存器中的数字。例如，按：303,STO,3，表示把303存入3号内存器。

10. **[RCL]**

这是调出键。按此键后按数字，表示从指定的内存器中取出数字到x寄存器。例如按：RCL,2，表示把2号内存器的数取出放到x寄存器中。如果2号内存器有570，则窗口显出570。

11. **[%]**

这是百分比计算键。按此键可直接进行百分比计算。例如：下列百分数计算，可按表1—2的操作方法进行。

表1—2 百分数计算

计 算 内 容	按 键	显 示 结 果
求81是576的百分之几	81, ÷, 576, F, %, =	14.0625(%)
求 $576 \div 576 \times 33\%$	576, ×, 33, F, %, =, =	766.08(5002机无此机能)
求 $589 - 589 \times 44\%$	589, ×, 44, F, %, =, -	329.84(5002机无此机能)
求 $\frac{100 - 80}{80}(\%)$	100, -, 80, F, %, =	25(%)
求 $\frac{100 + 70}{70}(\%)$	100, +, 70, F, %, =	242.8571(%)

(三) 函数计算与函数键

计算器只能进行四则运算。利用计算器进行函数计算时，是把函数化成能用四则运算计算的方式进行计算。电子计算器把这种过程存在机器内，按压函数键，机器即可对x寄存器中的数进行函数计算，把结果放在x寄存器，并显示出来。有些函数计算较为复杂，所用时间较长，所以不能马上显示结果出来，遇到这种情况，需等数字显示出来后，才可按其它键组进行其它运算，否则会出错。

由于计算器键组有限，当所需计算的函数较多时，常常把一个键组当作几个键组使用。因此计算器常常附有反函数键 $\boxed{INV}$ ，或第二功能指定键 $\boxed{F}$ （或 $\boxed{2nd}$ ），或二者都有。按INV或F键后再按函数键，则表示对X寄存器的数求键盘板面上写的函数，或以红色标记的函数。所以，如果某个函数用红色写出或写在键盘板面上，则进行这种函数计算时，须先按F键，再按这个函数键。现把常见的主要函数键介绍如下。

1. x^2

这是平方键。用于计算x寄存器数的平方。例如求125的平方，则键操作为125, x^2 。有些计算器无 x^2 键，则可按：125, $\times$, 125, =。有些计算器需连接二个乘号：125, $\times$, $\times$, =。

2. $\sqrt{x}$

这是开平方键。按这个键可以对x寄存器数开平方。例 $\sqrt{25}$ ，键操作为：125, $\sqrt{x}$ 。

3. $\sin$ 、 $\sin^{-1}$ 、 $\cos$ 、 $\cos^{-1}$ 、 $\tan$ 、 $\tan^{-1}$

这些是三角函数和反三角函数键。用于求出x寄存器上数字的三角函数或反三角函数。