

## 附录 E 利用 Minitab 和 Excel 计算 $p$ -值

这里我们描述如何利用 Minitab 和 Excel，来计算假设检验中使用的  $z$ 、 $t$ 、 $\chi^2$  和  $F$  统计量的  $p$ -值。在本书前面的讨论中，利用统计表只能得到  $t$ 、 $\chi^2$  和  $F$  统计量的近似  $p$ -值。对于用手工或其他方法计算检验统计量并希望用计算机软件计算精确  $p$ -值的人来说，本附录是很有帮助的。

### 利用 Minitab

Minitab 可以提供与  $z$ 、 $t$ 、 $\chi^2$  和  $F$  检验统计量相对应的累积概率。因此，可以直接得到下侧  $p$ -值，上侧  $p$ -值等于 1 减去下侧  $p$ -值，双侧  $p$ -值等于下侧  $p$ -值和上侧  $p$ -值中较小值的 2 倍。

**$z$  检验统计量** 我们用 9.3 节的 Hilltop Coffee 下侧检验来演示。检验统计量的值为  $z = -2.67$ ，用来计算  $z = -2.67$  对应的累积概率的 Minitab 步骤如下。

第 1 步：选择 Calc 下拉菜单

第 2 步：选择 Probability Distributions

第 3 步：选择 Normal

第 4 步：当 Normal Distribution 出现对话框时：

选择 Cumulative probability

在 Mean 框中输入 0

在 Standard deviation 框中输入 1

选择 Input Constant

在 Input Constant 框中输入  $-2.67$

点击 OK

Minitab 给出的累积概率为 0.003 792 6，这个累积概率是用于 Hilltop Coffee 假设检验的下侧  $p$ -值。

对于上侧检验，从 Minitab 给出的累积概率计算的  $p$ -值如下：

$$p\text{-值} = 1 - \text{累积概率}$$

例如，与检验统计量  $z = -2.67$  对应的上侧  $p$ -值  $= 1 - 0.003\,792\,6 = 0.996\,207$ ，与检验统计量  $z = -2.67$  对应的双侧  $p$ -值是上侧和下侧  $p$ -值最小者的 2 倍，即  $z = -2.67$  对应的双侧  $p$ -值  $= 2 \times 0.003\,792\,6 = 0.007\,585$ 。

**$t$  检验统计量** 我们用 9.4 节的希思罗机场的例子来演示。检验统计量的值为  $t = 1.84$ ，自由度为 59，用来计算  $t = 1.84$  对应的累积概率的 Minitab 步骤如下。

第 1 步：选择 Calc 下拉菜单

第 2 步：选择 Probability Distributions

第 3 步：选择  $t$

第 4 步：当  $t$  Distribution 出现对话框时：

选择 Cumulative probability

在 Degrees of freedom 框中输入 59

选择 Input Constant

在 Input Constant 框中输入 1.84

点击 OK

Minitab 给出的累积概率为 0.964 6，因此，下侧  $p$ -值  $= 0.964\,6$ 。希思罗机场例子的上侧  $p$ -值  $= 1 - 0.964\,6 = 0.035\,4$ 。在双侧检验的情形中，我们用 0.964 6 和 0.035 4 的最小者来计算  $p$ -值  $= 2 \times 0.035\,4 = 0.070\,8$ 。

**$\chi^2$  检验统计量** 我们用 11.1 节的 St. Louis 城市汽车的例子来演示。检验统计量的值为  $\chi^2 = 28.18$ ，自由度为 23，用来计算  $\chi^2 = 28.18$  对应的累积概率的 Minitab 步骤如下。

第 1 步：选择 Calc 下拉菜单

第 2 步：选择 Probability Distributions

第 3 步：选择 Chi-Square

第 4 步：当 Chi-Square Distribution 出现对话框时：

选择 Cumulative probability

在 Degrees of freedom 框中输入 23

选择 Input Constant

在 Input Constant 框中输入 28.18

点击 OK

Minitab 给出的累积概率为 0.790 949，它是下侧  $p$ -值。上侧  $p$ -值  $= 1 - \text{累积概率}$ ，即  $1 - 0.790\,949 = 0.209\,051$ 。双侧  $p$ -值是上侧和下侧  $p$ -值最小者的 2 倍，因此，双侧  $p$ -值  $= 2 \times 0.209\,051 = 0.418\,102$ 。St. Louis 城市汽车的例子是上侧检验，因此我们用  $p$ -值  $= 0.209\,051$ 。

**$F$  检验统计量** 我们用 11.2 节的 Dullus 县学校校车的例子来演示。检验统计量的值为  $F = 2.40$ ，分子自由度为 25，分母自由度为 15，用来计算  $F = 2.40$  对应的累积概率的 Minitab 步骤如下。

第 1 步：选择 Calc 下拉菜单

第 2 步：选择 Probability Distributions

第 3 步：选择  $F$

第 4 步：当  $F$  Distribution 出现对话框时：

选择 Cumulative probability

在 Numerator degrees of freedom 框中输入 25

在 Denominator degrees of freedom 框中输入 15

选择 Input Constant

在 Input Constant 框中输入 2.40

点击 OK

Minitab 给出的累积概率即下侧  $p$ -值 = 0.959 401，因此，上侧  $p$ -值 =  $1 - 0.959\ 401 = 0.040\ 599$ 。因为 Dullus 县学校校车的例子是一个双侧检验，用 0.959 401 和 0.040 599 的最小者来计算  $p$ -值 =  $2 \times 0.040\ 6599 = 0.081\ 119\ 8$ 。

利用 Excel

Excel 函数和公式可以用来计算与  $z$ 、 $t$ 、 $\chi^2$  和  $F$  检验统计量相对应的  $p$ -值。我们在数据文件夹名为  $p$ -Value 的文件中给出了计算这些  $p$ -值的使用模板，利用模板只需要输入检验统计量的数值以及适当的自由度（如果需要的话）。在我们描述如何使用模板时参见图 E-1，使用者感兴趣的 Excel 函数和公式已经使用，只需点击模板中的适当单元格。

**$z$  检验统计量** 我们用 9.3 节的 Hilltop Coffee 下侧检验来演示。检验统计量的值为  $z = -2.67$ 。对该假设检验使用  $p$ -值模板，只需要在单元格 B6 中输入  $-2.67$ （见图 E-1），随后就会出现假设检验所有 3 种类型的  $p$ -值。对于 Hilltop Coffee，我们使用的下侧  $p$ -值 = 0.003 8 在单元格 B9 中，对于上侧检验使用的  $p$ -值在单元格 B10 中给出，而双侧检验使用的  $p$ -值在单元格 B11 中给出。

**$t$  检验统计量** 我们用 9.4 节的希思罗机场的例子来演示。检验统计量的值为  $t = 1.84$ ，自由度为 59。对该假设检验使用  $p$ -值模板，需要在单元格 E6 中输入 1.84 以及在单元格 E7 中输入 59（见图 E-1），随后就会出现假设检验所有 3 种类型的  $p$ -值。对于希思罗机场的例子是一个上侧检验，因此我们使用的假设检验上侧  $p$ -值 = 0.035 4 在单元格 E10 中给出。

**$\chi^2$  检验统计量** 我们用 11.1 节的 St. Louis 城市汽车的例子来演示。检验统计量的值为  $\chi^2 = 28.18$ ，自由度为 23。对

该假设检验使用  $p$ -值模板，需要在单元格 B18 中输入 28.18 和在单元格 B19 中输入 23（见图 E-1），随后就会出现假设检验所有 3 种类型的  $p$ -值。对于 St. Louis 城市汽车的例子是一个上侧检验，因此我们使用的假设检验上侧  $p$ -值 = 0.209 1 在单元格 B23 中给出。

	A	B	C	D	E	F
1	Computing $p$ -Values					
2						
3						
4	Using the Test Statistic $z$			Using the Test Statistic $t$		
5						
6	Enter $z \rightarrow$	-2.67		Enter $t \rightarrow$	1.84	
7				$df \rightarrow$	59	
8						
9	$p$ -value (Lower Tail)	0.0038		$p$ -value (Lower Tail)	0.9646	
10	$p$ -value (Upper Tail)	0.9962		$p$ -value (Upper Tail)	0.0354	
11	$p$ -value (Two Tail)	0.0076		$p$ -value (Two Tail)	0.0708	
12						
13						
14						
15						
16	Using the Test Statistic Chi Square			Using the Test Statistic $F$		
17						
18	Enter Chi Square $\rightarrow$	28.18		Enter $F \rightarrow$	2.40	
19	$df \rightarrow$	23		Numerator $df \rightarrow$	25	
20				Denominator $df \rightarrow$	15	
21						
22	$p$ -value (Lower Tail)	0.7909		$p$ -value (Lower Tail)	0.9594	
23	$p$ -value (Upper Tail)	0.2091		$p$ -value (Upper Tail)	0.0406	
24	$p$ -value (Two Tail)	0.4181		$p$ -value (Two Tail)	0.0812	
25						

图 E-1 计算  $p$ -值的 Excel 工作表

**$F$  检验统计量** 我们用 11.2 节中的 Dullus 县学校校车的例子来演示。检验统计量的值为  $F = 2.40$ ，分子自由度为 25，分母自由度为 15。对该假设检验使用  $p$ -值模板，需要在单元格 E18 中输入 2.40，在单元格 E19 中输入 25 和在单元格 E20 中输入 15（见图 E-1），随后就会出现假设检验所有 3 种类型的  $p$ -值。对于 Dullus 县学校校车的例子是一个双侧检验，因此我们使用的假设检验双侧  $p$ -值 = 0.081 2 在单元格 E24 中给出。