

Stata 软件基本操作和数据分析入门

第四讲 两组计量资料平均水平的统计检验

一、配对设计的平均水平检验

统计方法选择原则：

如果配对的差值服从近似正态分布(小样本)或大样本，则用配对 t 检验

小样本的情况下，配对差值呈明显偏态分布，则用配对秩符号检验(matched-pairs signed-ranks test)。

例 1 10 例男性矽肺患者经克矽平治疗，其血红蛋白 (g/dL) 如下：

表 10 例男性矽肺患者血红蛋白值 (g/dL)

| 病例号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 治疗前 | 11.3 | 15.0 | 15.0 | 13.5 | 12.8 | 10.0 | 11.0 | 12.0 | 13.0 | 12.3 |
| 治疗后 | 14.0 | 13.8 | 14.0 | 13.5 | 13.5 | 12.0 | 14.7 | 11.4 | 13.8 | 12.0 |

问：治疗前后的血红蛋白的平均水平有没有改变

这是一个典型的前后配对设计的研究(但不提倡，因为对结果的解释可能会有问题)

Stata 数据输入结构

| X1 | X2 |
|------|------|
| 11.3 | 14 |
| 15 | 13.8 |
| 15 | 14 |
| 13.5 | 13.5 |
| 12.8 | 13.5 |
| 10 | 12 |
| 11 | 14.7 |
| 12 | 11.4 |
| 13 | 13.8 |
| 12.3 | 12 |

操作如下：

gen d=x1-x2

产生配对差值的变量 d

sktest d

正态性检验

正态性检验结果如下：

```
. sktest d
```

| Skewness/Kurtosis tests for Normality | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| Variable | Pr(Skewness) | Pr(Kurtosis) | adj chi2(2) | joint Prob>chi2 |
| d | 0.279 | 0.774 | 1.43 | 0.4885 |

正态性检验的无效假设为：资料正态分布

相应的备选假设为：资料非正态分布

$\alpha=0.05$ ，由于正态性检验的 P 值=0.40189 $\gg\alpha$ ，故可以认为资料近似服从正态分布。

ttest d=0

配对 t 检验： $H_0:\mu_d=0$ vs $H_1:\mu_d\neq 0$ ，

$\alpha=0.05$

结果如下：

```
One-sample t test
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] |
|----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| d | 10 | -.6799999 | .5204272 | 1.645735 | -1.857288 .4972881 |

Degrees of freedom: 9

Ho: mean(d) = 0

| | | |
|----------------|-------------------|----------------|
| Ha: mean < 0 | Ha: mean \neq 0 | Ha: mean > 0 |
| t = -1.3066 | t = -1.3066 | t = -1.3066 |
| P < t = 0.1119 | P > t = 0.2237 | P > t = 0.8881 |

P 值=0.2237 $\gt\alpha$ ，故认为治疗前后的血红蛋白的平均数差异没有统计学意义。即：没有足够的证据可以认为治疗前后的血红蛋白的总体平

均数不同。

如果已知差值的样本量，样本均数和样本标准差，可以用立即命令如下(如，已知样本量为 10，差值的样本均数为-0.66，差值的标准差为 1.65，则输入命令如下：

```
ttesti 样本量 样本均数 样本标准差 0
```

本例为： ttesti 10 -0.66 1.65 0

得到下列结果如下：

```
. ttesti 10 .66 1.65 0
One-sample t test
```

| | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
|---|-----|------|-----------|-----------|----------------------|----------|
| x | 10 | .66 | .5217758 | 1.65 | -.5203389 | 1.840339 |

```
Degrees of freedom: 9
```

| | | | |
|----------------|----------------------|----------------|--|
| | Ho: mean(x) = 0 | | |
| Ha: mean < 0 | Ha: mean \approx 0 | Ha: mean > 0 | |
| t = 1.2649 | t = 1.2649 | t = 1.2649 | |
| P < t = 0.8812 | P > t = 0.2377 | P > t = 0.1188 | |

结果解释与结论同上述相同。

如果对于小样本的情况下，差值不满足正态分布，则用 Match-Sign-rank test，操作如下：

```
signrank 差值变量名=0
```

假如本例不满足正态分布(为了借用上例资料，而假定的，实际上本例满足正态分布)则

H_0 : 差值的中位数=0

(其意义是治疗前的血红蛋白配大于治疗后的血红蛋白的概率=治疗前的血红蛋白小于治疗后的血红蛋白的概率)

H_1 : 差值的中位数 $\neq 0$

$\alpha=0.05$

本例为 signrank $d=0$

| Wilcoxon signed-rank test | | | |
|---------------------------|-----|-----------------------|----------|
| sign | obs | sum ranks | expected |
| positive | 4 | 18 | 27 |
| negative | 5 | 36 | 27 |
| zero | 1 | 1 | 1 |
| all | 10 | 55 | 55 |
| unadjusted variance | | 96.25 | |
| adjustment for ties | | 0.00 | |
| adjustment for zeros | | -0.25 | |
| adjusted variance | | 96.00 | |
| Ho: $d = 0$ | | | |
| | | $z = -0.919$ | |
| | | Prob > $ z = 0.3583$ | |

P 值=0.3583 $\gg\alpha$ ，故没有足够的证据说明两个总体不同。

二、平行对照设计的两组资料平均水平统计检验

统计方法选择原则：

如果两组资料的方差齐性和相互独立的，并且每组资料服从正态分布(大样本资料可以忽略正态性问题)，则用成组 t 检验，否则可以用成组 Wilcoxon 秩和检验。

例 2 为研究噪声对纺织女工子代智能是否有影响，一研究人员在某纺织厂随机抽取接触噪声 95dB (A)、接触工龄 5 年以上的纺织女工及同一单位、条件与接触组相近但不接触噪声的女职工，其子女（学前幼儿）作为研究对象，按韦氏学前儿童智力量表（中

国修订版) 测定两组幼儿智商, 结果如下。问噪声对纺织女工子
代智能有无影响? (接触组 $group=0$, 不接触组 $group=1$)

资料及其结果如下:

| group | x |
|-------|-----|
| 0 | 79 |
| 0 | 93 |
| 0 | 91 |
| 0 | 92 |
| 0 | 94 |
| 0 | 77 |
| 0 | 93 |
| 0 | 74 |
| 0 | 91 |
| 0 | 101 |
| 0 | 83 |
| 0 | 73 |
| 0 | 88 |
| 0 | 102 |
| 0 | 90 |
| 0 | 100 |
| 0 | 81 |
| 0 | 91 |
| 0 | 83 |
| 0 | 106 |
| 0 | 84 |
| 0 | 78 |
| 0 | 87 |
| 0 | 95 |
| 0 | 101 |
| 1 | 101 |
| 1 | 100 |
| 1 | 114 |
| 1 | 86 |
| 1 | 106 |
| 1 | 107 |
| 1 | 107 |
| 1 | 94 |
| 1 | 89 |
| 1 | 104 |

| | |
|---|-----|
| 1 | 98 |
| 1 | 110 |
| 1 | 89 |
| 1 | 103 |
| 1 | 89 |
| 1 | 121 |
| 1 | 94 |
| 1 | 95 |
| 1 | 92 |
| 1 | 109 |
| 1 | 98 |
| 1 | 98 |
| 1 | 120 |
| 1 | 104 |
| 1 | 110 |

方差齐性检验

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ vs $H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$

$\alpha = 0.1$

两组方差齐性的检验命令(仅适合两组方差齐性检验)

`sdtest x,by(group)`

| Variance ratio test | | | | | | |
|--|-----|----------------------------|-----------|--------------------|----------------------|----------|
| Group | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
| 0 | 25 | 89.08 | 1.822928 | 9.11464 | 85.31766 | 92.84234 |
| 1 | 25 | 101.52 | 1.900982 | 9.504911 | 97.59657 | 105.4434 |
| combined | 50 | 95.3 | 1.577456 | 11.1543 | 92.12998 | 98.47002 |
| Ho: sd(0) = sd(1) | | | | | | |
| F(24, 24) observed = F_obs = 0.920 | | | | | | |
| F(24, 24) lower tail = F_L = F_obs = 0.920 | | | | | | |
| F(24, 24) upper tail = F_U = 1/F_obs = 1.087 | | | | | | |
| Ha: sd(0) < sd(1) | | Ha: sd(0) ≈ sd(1) | | Ha: sd(0) > sd(1) | | |
| P < F_obs = 0.4195 | | P < F_L + P > F_U = 0.8389 | | P > F_obs = 0.5805 | | |

P 值=0.8389>> α , 因此可以认为两组方差齐性的。

正态性检验: H_0 : 资料服从正态分布 vs H_1 : 资料偏态分布

$\alpha=0.05$

每一组资料正态性检验

```
sktest x if group==0
```

| Skewness/Kurtosis tests for Normality | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| Variable | Pr(Skewness) | Pr(Kurtosis) | adj chi2(2) | joint Prob>chi2 |
| x | 0.927 | 0.326 | 1.05 | 0.5926 |

```
. sktest x if group==1
```

| Skewness/Kurtosis tests for Normality | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| Variable | Pr(Skewness) | Pr(Kurtosis) | adj chi2(2) | joint Prob>chi2 |
| x | 0.474 | 0.675 | 0.73 | 0.6948 |

P 值均大于 α , 因此可以认为两组资料都服从正态分布

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

$\alpha=0.05$

ttest x,by(group)

| Two-sample t test with equal variances | | | | | | |
|--|-----|--------|-----------|-----------|----------------------|-----------|
| Group | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
| 0 | 25 | 89.08 | 1.822928 | 9.11464 | 85.31766 | 92.84234 |
| 1 | 25 | 101.52 | 1.900982 | 9.504911 | 97.59657 | 105.4434 |
| combined | 50 | 95.3 | 1.577456 | 11.1543 | 92.12998 | 98.47002 |
| diff | | -12.44 | 2.633781 | | -17.73557 | -7.144429 |

Degrees of freedom: 48

Ho: mean(0) - mean(1) = diff = 0

| | | |
|----------------|----------------------------|----------------|
| Ha: diff < 0 | Ha: diff = 0 | Ha: diff > 0 |
| t = -4.7232 | t = -4.7232 | t = -4.7232 |
| P < t = 0.0000 | P > t = 0.0000 | P > t = 1.0000 |

P 值(<0.0001) $<\alpha$, 并且有 $\mu_0 - \mu_1$ 的 95%可信区间为(-17.73557, -7.144429) 可以知道, 不接触组幼儿的平均智商高于接触组的幼儿平均智商, 并且差别有统计学意义。

如果已知两组的样本量、样本均数和样本标准差, 也可以用立即命令进行统计检验

`ttesti 样本量 1 样本均数 1 样本标准差 1 样本量 2 样本均数 2 样本标准差 2`

例如: 本例第 1 组 $n_1=25$ 均数 $1=89.08$ 标准差 $1=9.115$

第 2 组 $n_2=25$ 均数 $2=101.52$ 标准差 $2=9.505$

则 `ttesti 25 89.08 9.115 25 101.52 9.505`

| Two-sample t test with equal variances | | | | | | |
|--|-----|--------|-----------|-----------|----------------------|-----------|
| | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
| x | 25 | 89.08 | 1.823 | 9.115 | 85.31751 | 92.84249 |
| y | 25 | 101.52 | 1.901 | 9.505 | 97.59653 | 105.4435 |
| combined | 50 | 95.3 | 1.577482 | 11.15448 | 92.12993 | 98.47007 |
| diff | | -12.44 | 2.633843 | | -17.7357 | -7.144303 |

Degrees of freedom: 48

| | | | |
|----------------|----------------------------------|----------------|--|
| | Ho: mean(x) - mean(y) = diff = 0 | | |
| Ha: diff < 0 | Ha: diff = 0 | Ha: diff > 0 | |
| t = -4.7231 | t = -4.7231 | t = -4.7231 | |
| P < t = 0.0000 | P > t = 0.0000 | P > t = 1.0000 | |

结果解释同上。

方差不齐的情况, (小样本时, 资料正态分布)还可以用 t' 检验

命令: `ttest 观察变量名, by(分组变量名) unequal`

立即命令为 `ttesti 样本量 1 均数 1 标准差 1 样本量 2 均数 2 标准差 2, unequal`

假定本例的资料方差不齐(实际为方差不齐的), 则要用 t' 检验如下

`ttest x, by(group) unequal`

| Two-sample t test with unequal variances | | | | | | |
|--|-----|--------|-----------|-----------|----------------------|-----------|
| Group | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
| 0 | 25 | 89.08 | 1.822928 | 9.11464 | 85.31766 | 92.84234 |
| 1 | 25 | 101.52 | 1.900982 | 9.504911 | 97.59657 | 105.4434 |
| combined | 50 | 95.3 | 1.577456 | 11.1543 | 92.12998 | 98.47002 |
| diff | | -12.44 | 2.633781 | | -17.73581 | -7.144189 |

Satterthwaite's degrees of freedom: 47.9159

Ho: mean(0) - mean(1) = diff = 0

| | | |
|----------------|------------------|----------------|
| Ha: diff < 0 | Ha: diff = 0 | Ha: diff > 0 |
| t = -4.7232 | t = -4.7232 | t = -4.7232 |
| P < t = 0.0000 | P > t = 0.0000 | P > t = 1.0000 |

结果解释同上。

t' 检验有许多方法，这里介绍的 Satterthwaite 方法，主要根据两个样本方差差异的程度校正相应的自由度，由于本例的两个样本方差比较接近，故自由度几乎没有减少 (t 检验的自由度为 48, 而本例 t' 自由度为 47.9159)。由于 t 检验要求的两组总体方差相同 (称为方差齐性)，以及由于抽样误差的原因，样本方差一般不会相等，但是方差齐性的情况下，样本方差表现为两个样本方差之比 ≈ 1 。(注意：两个样本方差之差很小，仍可能方差不齐。如：第一个样本标准差为 0.1，样本量为 100, 第 2 个样本标准差为 0.01，样本量为 100，两个样本标准差仅差 0.09，但是两个样本方差之比为 100。故用方差齐性检验的结果如下：

方差齐性的立即命令为 `sdtesti 样本量1 . 标准差1 样本量2 . 标准差2`

sdtesti 100 . 0.1 100 . 0.01

| Variance ratio test | | | | | | |
|---------------------|-----|------|-----------|-----------|----------------------|---|
| | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] | |
| x | 100 | . | .01 | .1 | . | . |
| y | 100 | . | .001 | .01 | . | . |
| combined | 200 | . | . | . | . | . |

Ho: sd(x) = sd(y)

F(99,99) observed = F_obs = 100.000

F(99,99) lower tail = F_L = 1/F_obs = 0.010

F(99,99) upper tail = F_U = F_obs = 100.000

| | | |
|--------------------|----------------------------|--------------------|
| Ha: sd(x) < sd(y) | Ha: sd(x) ≈ sd(y) | Ha: sd(x) > sd(y) |
| P < F_obs = 1.0000 | P < F_L + P > F_U = 0.0000 | P > F_obs = 0.0000 |

P 值<0.0001，因此认为两组的方差不齐。故方差齐性是考察两个样本方差之比是否接近 1。

如果本例的资料不满足 t 检验要求(注：实际是满足的，只是想用本例介绍成组秩和检验)，则用秩和检验(Wilcoxon Ranksum test)。

H₀:两组资料所在总体相同

H₁: 两组资料所在总体不同

α=0.05

命令: ranksum 观察变量名,by(分组变量)

本例为 ranksum x,by(group)

```
. ranksum x,by(group)

Two-sample Wilcoxon rank-sum (Mann-Whitney) test

      group |      obs   rank sum   expected
-----+-----
          0 |      25     437     637.5
          1 |      25     838     637.5
-----+-----
    combined |      50    1275     1275

unadjusted variance    2656.25
adjustment for ties      -3.70
-----
adjusted variance      2652.55

Ho: x(group==0) = x(group==1)
      z =  -3.893
Prob > |z| =  0.0001
```

P 值 $<0.0001<\alpha$ ，故认为两个总体不同

练习题

一、某地随机抽样调查了部分健康成人红细胞数和血红蛋白量，结果如下，请就此资料统计分析：

| 指标 | 性别 | 例数 | 均数 | 标准差 | 标准值 |
|----------------------|----|-----|--------|-------|--------|
| 红细胞数 ($10^{12}/L$) | 男 | 360 | 4.66 | 0.58 | 4.84 |
| | 女 | 255 | 4.18 | 0.29 | 4.33 |
| 血红蛋白 (g/L) | 男 | 360 | 134.50 | 7.10 | 140.20 |
| | 女 | 255 | 117.60 | 10.20 | 124.70 |

- (1) 该地健康成年男女血红蛋白含量有无差别？
- (2) 该地男女两项血液指标是否均低于上表的标准值（若测定方法相同）？

二、为了解聋哑学生学习成绩与血清锌含量的关系，某人按年龄、性别和班级在聋哑学校随机抽取成绩优、差的 14 对学生配对研究，得其结果如下。问聋哑学生学习成绩与血清锌含量有无关系？

表 14 对学生的血清锌含量 ($\mu g/mL$)

| 编号 | 优生组 | 差生组 | 编号 | 优生组 | 差生组 |
|----|------|------|----|------|------|
| 1 | 1.20 | 1.31 | 8 | 0.80 | 0.86 |

| | | | | | |
|---|------|------|----|------|------|
| 2 | 0.99 | 1.34 | 9 | 0.84 | 0.72 |
| 3 | 1.03 | 1.10 | 10 | 0.85 | 0.88 |
| 4 | 0.90 | 0.72 | 11 | 1.05 | 0.81 |
| 5 | 1.22 | 0.92 | 12 | 1.08 | 1.30 |
| 6 | 0.90 | 1.34 | 13 | 1.15 | 0.85 |
| 7 | 0.97 | 0.98 | 14 | 0.90 | 0.80 |

教学应用：考察影响t检验结果的各种因素

1. 首先把程序ttest2. ado和程序ttestexp. ado复制到stata所在的目录下\ado\base (例如：Stata软件安装在D:\stata，则把这两个程序复制到d:\stata\ado\base目录下。然后输入连接命令：在STATA环境下，输入 `net set ado 路径\stata\ado\base`。(路径表示Stata所在的盘符和目录)
2. 程序ttest2. ado是模拟在正态总体中随机抽10000个样本，每个样本有2组，两组的样本量、正态分布的总体均数和标准差由读者选择输入，考察 $\alpha=0.05$ 的情况下，考察当两个总体均数相同时拒绝 H_0 的比例(拒绝的频率估计第一类错误)是否接近0.05和当两个总体均数不同时接受 H_0 的比例(估计发生第二类错误的概率)。

运行ttest2. ado的输入命令为：

`ttest2 样本量1 均数1 标准差1 样本量2 均数2 标准差2`

例如：考察两组样本量均为30，总体均数均为100，标准差均为6的拒绝 $H_0 (\mu_1=\mu_2)$ 比例，结果如下：

```
. ttest2 30 100 6 30 100 6
两样本t检验模拟程序
输入 样本量1 均数1 标准差1 样本量2 均数2 标准差2
```

| sig | Freq. | Percent | Cum. |
|---------|-------|---------|--------|
| receive | 9506 | 95.06 | 95.06 |
| refuse | 494 | 4.94 | 100.00 |
| Total | 10000 | 100.00 | |

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| average1 | 10000 | 99.99388 | 1.083106 | 95.77671 | 104.2778 |
| sd1 | 10000 | 5.942067 | .7764423 | 3.245709 | 8.692573 |
| average2 | 10000 | 99.99675 | 1.086406 | 95.91508 | 103.8237 |
| sd2 | 10000 | 5.949536 | .7776711 | 3.276635 | 9.546211 |
| t | 10000 | -.003644 | 1.0035 | -4.32787 | 3.602131 |

--- Binom. Interp. ---

| Variable | Obs | Percentile | Centile | [95% Conf. Interval] | |
|----------|-------|------------|-----------|----------------------|-----------|
| t | 10000 | 2.5 | -2.001922 | -2.077161 | -1.955956 |
| | | 50 | -.0115932 | -.0389369 | .0137221 |
| | | 97.5 | 1.992317 | 1.933308 | 2.033179 |
| average1 | 10000 | 2.5 | 97.85904 | 97.79236 | 97.93009 |
| | | 50 | 99.98936 | 99.96717 | 100.0172 |
| | | 97.5 | 102.1116 | 102.0614 | 102.1734 |
| average2 | 10000 | 2.5 | 97.86119 | 97.80749 | 97.91781 |
| | | 50 | 99.9868 | 99.96412 | 100.0107 |
| | | 97.5 | 102.1835 | 102.1131 | 102.2403 |

在随机抽10000个样本中，计算了10000个t值，结果有494次拒绝 $H_0(\mu_1=\mu_2)$ ，因此非常接近 $\alpha=0.05$ 。

建议读者运行程序ttest2考察下列情况

目的1: $\mu_1 \neq \mu_2$ 时，不同的样本量，考察下列不同情况下的接受 H_0 的比例(估计 β)以及两组样本量之比不同的情况对检验结果的影响。

| | 两组的总体标准差 $\sigma=2$ | | | | |
|------------|------------------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | $\mu_1=100$ $\mu_2=99$ | $\mu_1=100$ | $\mu_2=98$ | $\mu_1=100$ | $\mu_2=97$ |
| $n_1: n_2$ | 10:10 | 10:10 | | 10:10 | |
| $n_1: n_2$ | 20:20 | 30:30 | | 20:20 | |
| $n_1: n_2$ | 30:30 | 10:50 | | 30:30 | |
| $n_1: n_2$ | 40:40 | 40:40 | | 40:40 | |
| $n_1: n_2$ | 30:50 | 30:50 | | 30:50 | |
| $n_1: n_2$ | 20:60 | 20:60 | | 20:60 | |
| $n_1: n_2$ | 10:70 | 10:70 | | 10:70 | |

目的2: 考察方差不齐对t检验(不是t' 检验)结果的影响

| | $\mu_1=100$ $\mu_2=100$ | $\mu_1=100$ | $\mu_2=98$ | $\mu_1=100$ | $\mu_2=97$ |
|------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | $\sigma_1=1$ $\sigma_2=9$ | $\sigma_1=9$ | $\sigma_2=1$ | $\sigma_1=5$ | $\sigma_2=5$ |
| $n_1: n_2$ | 40:10 | 40:10 | | 40:10 | |
| $n_1: n_2$ | 10:40 | 10:40 | | 10:40 | |
| $n_1: n_2$ | 60:30 | 60:30 | | 60:30 | |
| $n_1: n_2$ | 30:60 | 30:60 | | 30:60 | |
| $n_1: n_2$ | 30:30 | 30:30 | | 30:30 | |
| $n_1: n_2$ | 40:40 | 40:40 | | 40:40 | |
| $n_1: n_2$ | 40:40 | 40:40 | | 40:40 | |

目的3: 通过运行程序ttestexp. ado, 考察资料非正态分布对结果的影响。

3. 程序tttestexp. ado是模拟在指数分布总体中随机抽10000个样本，每个样本有2组，两组的样本量和总体均数由读者选择输入，考察 $\alpha=0.05$ 的情况下，考察当两个总体均数相同时拒绝 H_0 的比例(拒绝的频率估计第一类错误)是否接近0.05和当两个总体均数不同时接受 H_0 的比例(估计发生第二类错误的概率)。

运行tttestexp. ado的输入命令为：

tttestexp 样本量1 均数1 样本量2 均数2

例如：考察两组样本量均为10，总体均数均为1的拒绝 $H_0 (\mu_1=\mu_2)$ 的比例，结果如下：

```
. tttestexp 5 1 5 1
指数分布
输入 样本量1 均数1 样本量2 均数2
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|-----------|-----------|-----------|----------|
| average1 | 10000 | .9942006 | .444696 | .1223783 | 3.46752 |
| sd1 | 10000 | .8637844 | .5004927 | .0310705 | 4.281092 |
| average2 | 10000 | 1.007233 | .4560518 | .0613991 | 3.577513 |
| sd2 | 10000 | .8707893 | .5053219 | .0353676 | 4.620248 |
| t | 10000 | -.0177069 | 1.115122 | -5.645559 | 6.235384 |

| sig | Freq. | Percent | Cum. |
|---------|-------|---------|--------|
| receive | 9630 | 96.30 | 96.30 |
| refuse | 370 | 3.70 | 100.00 |
| Total | 10000 | 100.00 | |

| Variable | Obs | Percentile | Centile | -- Binom. Interp. -- [95% Conf. Interval] | |
|----------|-------|------------|-----------|--|-----------|
| t | 10000 | 2.5 | -2.169495 | -2.23945 | -2.096289 |
| | | 50 | .0088744 | -.0182028 | .0357137 |
| | | 97.5 | 2.089225 | 2.030593 | 2.155895 |
| average1 | 10000 | 2.5 | .3240474 | .3139804 | .3349038 |
| | | 50 | .9310558 | .9198599 | .9414931 |

| | | | | | |
|----------|-------|------|----------|----------|----------|
| | | 97.5 | 2.041828 | 2.010877 | 2.081691 |
| average2 | 10000 | 2.5 | .3262316 | .3131719 | .3370006 |
| | | 50 | .9381162 | .9254703 | .9481275 |
| | | 97.5 | 2.092387 | 2.0545 | 2.14614 |

拒绝 $H_0(\mu_1=\mu_2)$ 的比例为3.7%，离开 $\alpha=0.05$ ，较远。考察下列样本量情况与偏态分布造成的影响之间的关系。

| | $n_1: n_2$ | $n_1: n_2$ | $n_1: n_2$ | $n_1: n_2$ | $n_1: n_2$ |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\mu_1=1, \mu_2=1$ | 5:5 | 10:10 | 30:30 | 20:40 | 60:60 |
| $\mu_1=1.5, \mu_2=1$ | 5:5 | 10:10 | 30:30 | 20:40 | 60:60 |
| $\mu_1=2, \mu_2=1$ | 5:5 | 10:10 | 30:30 | 20:40 | 60:60 |

您能从上述模拟结果可以得到下列结论

1) 当 $\mu_1 \neq \mu_2$ 时且方差齐性的正态分布情况下， $n_1=n_2$ 时，拒绝 H_0 的比例比较高，可以证明t检验中，两组样本量为 n_1 和 n_2 ，则其检验效能等价于

每组样本量相同 $n = \frac{2}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$ 。特别当两组样本量之比为 $n:kn$ 时，则样

本量等价于 $\frac{2}{\frac{1}{n} + \frac{1}{kn}} = \frac{2n}{1 + \frac{1}{k}} < 2n$ ，也就是说，如果一组的样本量为10，另

一组的样本量再大，其检验效能也不会超过两组样本量相同且为20的统计检验效能。

2) 当方差不齐时，且 $\mu_1=\mu_2$ ，拒绝 H_0 的比例偏离 α ，但是 $n_1=n_2$ 时，方差不齐对结果的影响将下降。

3) 资料偏态分布，则小样本时，偏态分布对结果有影响，大样本时，偏态分布对结果基本无影响。