

# 实验设计与数据分析作业 2

脑与认知科学研究院 15 级硕 黄婷 201521430033

## 1. 研究问题设计

### 1.1 研究问题

探究某类训练对听觉定位能力的影响

### 1.2 实验设计类型

重复测量一个因素的两因素 ( $2 \times 3$ ) 混合设计

### 1.3 变量选择

#### 1.3.1 自变量

- ① 被试间变量 (2 水平): 是否经过训练 (训练组, 控制组) (group: train, control)
- ② 被试内变量 (3 水平): 测试时间(前测, 中测, 后侧) (time: pre, mid, post)

#### 1.3.2 因变量

区分两声音刺激位置的阈限 (threshold) (单位: dB)

阈限越低越好, 表明即使差异很微小被试也觉察到。

### 1.4 数据来源

实验数据来自于实际测试的部分数据和自编数据。

## 2. 研究数据分析

数据分析方法将采用两因素混合设计方差分析与 多重回归两种方法。

数据见文件 data2.sav, 如图 1 所示, sub\_num 列表示被试编号, 供 20 人; group 变量表示是否接受了训练, 1=训练组, 2=控制组, 每组各 10 人; 后六列变量分别表示, 三种测试时间的阈限成绩。

图 1 SPSS 两因素重复测量方差分析数据格式

	sub_num	group	Pretest	Middletest	Posttest
1	1	1	1.9429	1.82	1.6050
2	2	1	1.5429	1.29	1.1976
3	3	1	2.3577	1.72	1.4595
4	4	1	2.9333	1.64	1.3798
5	5	1	2.5444	1.89	1.6678
6	6	1	1.7598	1.52	1.3590
7	7	1	2.2857	1.68	1.4690
8	8	1	2.1317	2.21	2.3906
9	9	1	1.4500	1.35	1.2597
10	10	1	1.8233	1.56	1.2200
11	11	2	2.4050	2.53	2.6981
12	12	2	1.3225	1.41	1.4362
13	13	2	1.1460	1.24	1.1357
14	14	2	2.9557	2.66	2.4883
15	15	2	2.4492	2.35	2.1917
16	16	2	1.8071	1.84	1.3737
17	17	2	2.7633	2.79	2.8888
18	18	2	1.7500	1.63	1.5822
19	19	2	1.1100	1.35	1.2586
20	20	2	2.1000	2.00	1.6563

## 2.1 方差分析

运用 spss22 进行重复测量一个因素的两因素 ( $2 \times 3$ ) 混合设计方差分析, 选用菜单 Analyze  $\rightarrow$  General Linear Model  $\rightarrow$  repeat measure。结果如下所示:

### 2.1.1 主效应与交互作用检验

Mauchly's Test of Sphericity <sup>a</sup>							
Measure: MEASURE_1							
Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
time	.330	18.831	2	.000	.599	.653	.500

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept + group

Design: Intercept + group  
Within Subjects Design: time

b. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	204.530	1	204.530	292.215	.000	.942
group	.572	1	.572	.817	.378	.043
Error	12.599	18	.700			

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
time	Sphericity Assumed	1.192	2	.596	12.719	.000	.414
	Greenhouse-Geisser	1.192	1.198	.996	12.719	.001	.414
	Huynh-Feldt	1.192	1.307	.913	12.719	.001	.414
	Lower-bound	1.192	1.000	1.192	12.719	.002	.414
time * group	Sphericity Assumed	.646	2	.323	6.891	.003	.277
	Greenhouse-Geisser	.646	1.198	.539	6.891	.012	.277
	Huynh-Feldt	.646	1.307	.494	6.891	.010	.277
	Lower-bound	.646	1.000	.646	6.891	.017	.277
Error(time)	Sphericity Assumed	1.688	36	.047			
	Greenhouse-Geisser	1.688	21.561	.078			
	Huynh-Feldt	1.688	23.522	.072			
	Lower-bound	1.688	18.000	.094			

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.205*	.067	.007	.063	.347
	3	.343*	.090	.001	.154	.532
2	1	-.205*	.067	.007	-.347	-.063
	3	.138*	.038	.002	.058	.218
3	1	-.343*	.090	.001	-.532	-.154
	2	-.138*	.038	.002	-.218	-.058

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

上述分析结果显示，在球形检验中  $P < 0.01$  不符合球形检验；被试内因素（time）的主效应显著（ $F(2, 36) = 6.891$ ,  $P < .05$ ），检验效应量为 0.414，说明训练前、中、后被试的听觉空间位置阈限发生了显著的变化。被试间因素（group）的主效应不显著（ $F(1, 18) = 0.817$ ,  $P > .05$ ），检验效应量为 0.043，说明两个分组听觉空间位置阈限没有显著差异。由于两个因素均具有两个以上水平，因此还需要进行事后检验。此外，两因素还存在显著的交互作用（ $F(2, 36) = 6.891$ ,  $P < .05$ ），检验效应量为 0.277，即一个因素各个水平上的阈限值在另一个因素各水平上的变化趋势不一致，因此还需进行简单效应检验。

### 2.1.2 简单效应检验

由于因素A与因素D的交互作用显著，因此我们需要进行两种简单效应检验，SPSS运行相应语句（简单效应group在time各水平.sps / 简单效应time在group各水平.sps）结果如下所示：

#### （1）被试间变量（group）在被试内变量（time）上的简单效应检验

```
MANOVA time1 time2 time3 BY group(1,2)
/WSFACTORS = time(3)
/WSDESIGN
/DESIGN
/WSDESIGN = MWITHIN time(1) MWITHIN time(2) MWITHIN time(3)
/DESIGN = group
```

```
***** Analysis of Variance -- Design 1
*****
```

Tests involving 'TIME' Within-Subject Effect.

AVERAGED Tests of Significance for time using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN CELLS	1.69	36	.05		
TIME	1.19	2	.60	12.72	.000
group BY TIME	.65	2	.32	6.89	.003

```
***** Analysis of Variance -- Design 2
Tests involving 'MWITHIN TIME(1)' Within-Subject Effect.
```

Tests of Significance for T1 using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN+RESIDUAL	5.89	18	.33		
MWITHIN TIME(1)	82.34	1	82.34	251.77	.000
GROUP BY MWITHIN TIME(1)	.05	1	.05	.14	.711

```
***** Analysis of Variance -- Design 2
Tests involving 'MWITHIN TIME(2)' Within-Subject Effect.
```

Tests of Significance for T2 using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN+RESIDUAL	3.62	18	.20		
MWITHIN TIME(2)	66.54	1	66.54	331.12	.000
GROUP BY MWITHIN TIME(2)	.49	1	.49	2.42	.137

\*\*\*\*\* Analysis of Variance -- Design 2  
\*\*\*\*\*

Tests involving 'MWITHIN TIME(3)' Within-Subject Effect.

Tests of Significance for T3 using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN+RESIDUAL	4.78	18	.27		
MWITHIN TIME(3)	56.84	1	56.84	213.95	.000
GROUP BY MWITHIN TIME(3)	.69	1	.69	2.58	.126

结果表明训练组、控制组在每次测量中差异均不显著。这可能是由于对阈值进行对数转化后，总体数值都偏小造成。

## (2) 被试内变量 (time) 在被试间变量 (group) 上的简单效应检验

```
MANOVA time1 time2 time3 BY group(1,2)
/WSFACTORS = time(3)
/WSDESIGN
/DESIGN
/WSDESIGN = time
/DESIGN = MWITHIN group(1) MWITHIN group(2)
```

\*\*\*\*\* Analysis of Variance -- Design 2

Tests involving 'TIME' Within-Subject Effect.

AVERAGED Tests of Significance for time using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
---------------------	----	----	----	---	----------

WITHIN+RESIDUAL	1.69	36	.05		
MWITHIN GROUP(1) BY TIME	1.76	2	.88	18.76	.000
MWITHIN GROUP(2) BY TIME	.08	2	.04	.85	.435

结果显示，训练组，随着训练的进行，三次测量成绩差异显著；控制组，三次测量成绩差异不显著。结合均值来看，训练组随训练进行阈值下降，对声音空间位置差异敏感性增强。

### 2.1.3 多重比较

利用语句（多重比较语句.sps）进行多重比较分析：

```
GLM time1 time2 time3 BY group
  /WSFACTOR=time 3 Polynomial
  /METHOD=SSTYPE(3)
  /PLOT=PROFILE(time*group)
  /EMMEANS=TABLES(time*group)COMPARE(group) ADJ(SIDAK)
  /EMMEANS=TABLES(time*group)COMPARE(time) ADJ(SIDAK)
  /EMMEANS=TABLES(OVERALL)
  /PRINT=DESCRIPTIVE HOMOGENEITY
  /CRITERIA=ALPHA(.05)
  /WSDESIGN=time
  /DESIGN=group.
```

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

time	(I) 分组	(J) 分组	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	train-group	control-group	.096	.256	.711	-.441	.634
	control-group	train-group	-.096	.256	.711	-.634	.441
2	train-group	control-group	-.312	.200	.137	-.733	.109
	control-group	train-group	.312	.200	.137	-.109	.733
3	train-group	control-group	-.370	.231	.126	-.854	.114
	control-group	train-group	.370	.231	.126	-.114	.854

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Sidak.

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

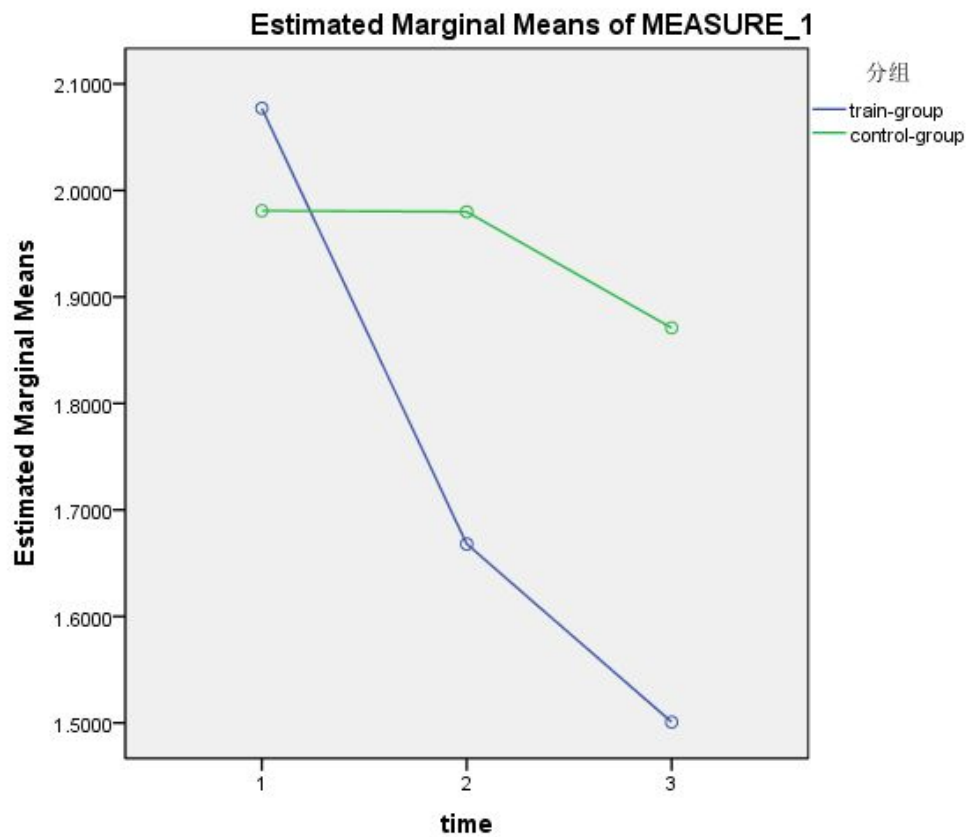
分组	(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
train-group	1	2	.409 <sup>*</sup>	.095	.001	.158	.660
		3	.576 <sup>*</sup>	.127	.001	.242	.911
	2	1	-.409 <sup>*</sup>	.095	.001	-.660	-.158
		3	.167 <sup>*</sup>	.054	.018	.026	.308
	3	1	-.576 <sup>*</sup>	.127	.001	-.911	-.242
		2	-.167 <sup>*</sup>	.054	.018	-.308	-.026
control-group	1	2	.001	.095	1.000	-.250	.252
		3	.110	.127	.782	-.225	.444
	2	1	-.001	.095	1.000	-.252	.250
		3	.109	.054	.162	-.032	.250
	3	1	-.110	.127	.782	-.444	.225
		2	-.109	.054	.162	-.250	.032

Based on estimated marginal means

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Sidak.

从上述表格可以看出，多重比较分析结果与之前结果一致。



## 2.2 回归

### 2.2.1 多重线性回归

Group: 1 (训练组 train) ; 2 (控制组 control)

Time: 1 (前测 pre) ; 2 (中测 mid); 3 (后测 post)

## Regression

Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	time, group <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: threshold

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.324 <sup>a</sup>	.105	.073	.51209

a. Predictors: (Constant), time, group

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.750	2	.875	3.336	.043 <sup>b</sup>
	Residual	14.947	57	.262		
	Total	16.697	59			

a. Dependent Variable: threshold

b. Predictors: (Constant), time, group

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.897	.264		7.172	.000
	group	.195	.132	.185	1.477	.145
	time	-.172	.081	-.266	-2.119	.038

a. Dependent Variable: threshold

使用进入法，多重回归分析得出的  $R^2=0.105$ ，表明这两个变量能够解释的阈限的总变异是10.5%。进一步的显著性检验表明，自变量可解释的因变量变异与误差变异相比是统计显著的， $F(2, 57)=3.336$ ， $P<.05$ ，表明回归方程是有意义的。回归方程的系数及显著性检验发现，被试间因素（group）对听觉刺激空间分离阈限影响不显著，而被试内因素（time）对其有显著的影响。

### 2.2.2 虚拟变量回归

多重回归的数据如文件 MRAdata.sav，由于被试间、被试内因素是分类变量，因此在 SPSS



计算过程中需要设置虚拟变量，如下图所示，被试间因素（group）设置一个虚拟变量（group1），0 代表训练组，1 代表非训练组；被试内因素（time）设置两个虚拟变量：time1 和 time2，两者组合编码可表示前中后三种测试时间。

group	time	threshold	group1	time1	time2
1	1	1.94	.00	.00	.00
1	1	1.54	.00	.00	.00
1	1	2.36	.00	.00	.00
1	1	2.93	.00	.00	.00
1	1	2.54	.00	.00	.00
1	1	1.76	.00	.00	.00
1	1	2.29	.00	.00	.00
1	1	2.13	.00	.00	.00
1	1	1.45	.00	.00	.00
1	1	1.82	.00	.00	.00
1	2	1.82	.00	.00	1.00
1	2	1.29	.00	.00	1.00
1	2	1.72	.00	.00	1.00
1	2	1.64	.00	.00	1.00
1	2	1.89	.00	.00	1.00
1	2	1.52	.00	.00	1.00
1	2	1.68	.00	.00	1.00
1	2	2.21	.00	.00	1.00
1	2	1.35	.00	.00	1.00
1	2	1.56	.00	.00	1.00
1	3	1.61	.00	1.00	.00
1	3	1.20	.00	1.00	.00
1	3	1.46	.00	1.00	.00
1	3	1.38	.00	1.00	.00
1	3	1.67	.00	1.00	.00
1	3	1.36	.00	1.00	.00
1	3	1.47	.00	1.00	.00
1	3	2.39	.00	1.00	.00
1	3	1.26	.00	1.00	.00
1	3	1.22	.00	1.00	.00
2	1	2.41	1.00	.00	.00
2	1	1.32	1.00	.00	.00
2	1	1.15	1.00	.00	.00
2	1	2.96	1.00	.00	.00
2	1	2.45	1.00	.00	.00
2	1	1.81	1.00	.00	.00

## Regression

**Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	time2, group1, time1 <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: threshold

b. All requested variables entered.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.325 <sup>a</sup>	.106	.058	.51638

a. Predictors: (Constant), time2, group1, time1

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.765	3	.588	2.206	.097 <sup>b</sup>
	Residual	14.932	56	.267		
	Total	16.697	59			

a. Dependent Variable: threshold

b. Predictors: (Constant), time2, group1, time1

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.931	.133		14.486	.000
	group1	.195	.133	.185	1.465	.149
	time1	-.343	.163	-.307	-2.101	.040
	time2	-.205	.163	-.183	-1.256	.214

a. Dependent Variable: threshold

使用进入法，多重回归分析得出的  $R^2=0.106$ ，表明这两个变量能够解释的阈限的总变异是 10.6%。进一步的显著性检验表明，自变量可解释的因变量变异与误差变异相比是统计不显著的， $F(3, 56)=2.206$ ， $P>.05$ ，表明回归方程是无意义的。通过回归方程的各个系数及显著性检验,可得到多重回归方程：

$$\text{threshold} = .195\text{group1} - .343\text{time1} - .205\text{time2} + 1.931$$

解读上述方程，Group1 的系数表明，控制组被试的阈限比训练组被试的阈限高了.195，阈值越高表明辨别能力越差，但统计差异不显著；根据元数据文件中编码方式解读，常数项代表 pretest 表现，对总阈限影响差异显著，time1 (post) 和 time2 (middle)的系数表明训练中和训练后测试中，被试的听觉总阈限下降了.343 和.205，其中只有 time1(post)在统计上差异显著，于是应将 time2 因素归入 time1 因素，即把时间由原来的前、中、后三段划分变为现在的前、中后两段划分，重新编码分析。数据格式和结果如下：

group	time	threshold	group1	New_time1
1	1	1.94	.00	.00
1	1	1.54	.00	.00
1	1	2.36	.00	.00
1	1	2.93	.00	.00
1	1	2.54	.00	.00
1	1	1.76	.00	.00
1	1	2.29	.00	.00
1	1	2.13	.00	.00
1	1	1.45	.00	.00
1	1	1.82	.00	.00
1	2	1.82	.00	1.00
1	2	1.29	.00	1.00
1	2	1.72	.00	1.00
1	2	1.64	.00	1.00
1	2	1.89	.00	1.00
1	2	1.52	.00	1.00
1	2	1.68	.00	1.00
1	2	2.21	.00	1.00
1	2	1.35	.00	1.00
1	2	1.56	.00	1.00
1	3	1.61	.00	1.00
1	3	1.20	.00	1.00

Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	New_time1, group1 <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: threshold

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.307 <sup>a</sup>	.094	.062	.51509	.094	2.966	2	57	.060

a. Predictors: (Constant), New\_time1, group1

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	1.931	.133		14.522	.000					
	group1	.195	.133	.185	1.468	.148	.185	.191	.185	1.000	1.000
	New_time1	-.274	.141	-.245	-1.943	.057	-.245	-.249	-.245	1.000	1.000

a. Dependent Variable: threshold

$R^2=0.094$ ，表明这两个变量能够解释的阈限的总变异是 9.4%。进一步的显著性检验表明，自变量可解释的因变量变异与误差变异相比接近统计显著， $F(2, 57)=2.966$ ， $P=.06$ ，表明新的回归方程与前面求得相比是有一定意义的。再一次得到多重回归方程：

$$\text{threshold} = .195\text{group1} - .274\text{New\_time1} + 1.931$$

解读上述方程，与之前公式的新变化在于，New\_time1 (middle,post)的系数表明中、后期测试中，被试的听觉阈限下降了.274，并在统计上接近显著差异（ $p=0.057$ ）。

### 3. 研究结论与分析

#### 3.1 研究结论

研究结果发现，是否训练这个因素的主效应不显著，即训练组控制组成绩差异不显著，这可能是由于数值经过转化后总体偏小的原因；研究还发现测试时间的主效应显著，即被试在前中后三次测试中，成绩逐步提高；重要的是两者交互作用显著，进一步进行简单效应分析表明，控制组在三次测验中差异不显著，训练组在三次测验中差异显著，结合三次测验的平均成绩，可解释为，训练组随着训练的进行，辨别听觉空间位置的阈限越来越低，即敏感性提高，表明训练效果明显。

#### 3.2 两种分析方法比较

方差分析得到的是自变量(因素)对总量  $y$  是否具有显著影响的整体判断，回归分析得到的是在不独立的情况下自变量与因变量之间的更加精确的回归函数式，也即判断相关关系的类型。

方差分析中的因素的水平的取值在回归分析中代表了自变量的取值。方差分析中用到了总量的很多组观测值，回归分析中只要求一组。

方差分析不管自变量与因变量之间的关系有多么复杂,总能得到因素对总量的影响是否显著的整体判断。回归分析只能分析出变量之间关系比较简单的回归函数式,对比较复杂的关系无能为力。

方差分析中的因素与总量的数据可以是定性的,计数的,也可以是计量的,或者说是离散的或连续的。尤其方差分析对于因素是定性数据也非常有效。而回归分析的数据则要求是连续的,总量也要求是连续的,所以回归分析对连续性变量非常有效。

不管是方差分析还是回归分析都假定总量服从正态分布.在回归分析中总量也假定服从正态分布。如表中数据为两个自变量的情形,同时要求方差是齐性的。

总之,方差分析给出自变量(因素)与因变量(总量)是否相互独立的初步判断,不需要自变量(因素)的具体数据,只需要因变量(总量)的观察数据.在不独立即相关的条件下,自变量与因变量到底是什么样的关系类型,则需应用回归分析作出进一步的判断,此时需要自变量(因素)及因变量(总量)的具体观察数据,得到它们之间的回归函数关系式。

在这项数据分析中,方差分析与回归分析的总自由度相同,但是方差分析的残差平方和更小,因此方差分析模型的拟合程度更好。