

中华人民共和国国家标准

统计学术语 第三部分 试验设计术语

GB/T 3358.3—93

代替 GB 3358—82

Terms for statistics

—Part Ⅲ: Terms for experimental design

1 主题内容与适用范围

本标准规定了常用的试验设计术语。

本标准适用于各类标准与技术文件中涉及的试验设计术语。对各类研究报告和著作中涉及的试验设计术语也应参照使用。

2 引用标准

GB/T 3358.1 统计学术语 第一部分 一般统计术语

3 一般术语

3.1 试验设计 design of experiments, experimental design

对试验的规划,主要指选择参加试验的因子,确定各因子的水平,挑出要进行试验的水平组合。

3.2 因子 factor

可能影响试验结果,且在试验中被考察的可控原因或其组合。

同义词:因素

3.3 水平 level

因子的一个给定值,或一种特定的措施,或一种特定的状态。

同义词:位级

例:在考察品种、施肥量、田间管理措施对作物产量的影响的试验中,品种、施肥量、田间管理措施都是因子;所采用的每一品种、每一施肥量、每一种田间管理措施分别是相应因子的一个水平。

3.4 处理 treatment

在试验中实施的因子水平的一个组合。

3.5 试验单元 experiment unit

实施一次处理所需的原材料、设备、操作人员和时空条件等的组合。

3.6 区组 block

将所有试验单元,按处理以外的其他试验条件的相似性划分为若干组,每一个组称为一个区组。区组中所含试验单元个数称为区组大小(block size)。

注:区组可以看作作为一个因子,称为区组因子。每一个具体的区组是其一个水平。

3.7 试验误差 experimental error

由除了因子和区组因子以外的原因(包括各种随机原因)所引起的试验结果的误差。

3.8 完全重复 replication

对试验中所有处理做等重复实施。在同一次重复中,所有的处理应在同一区组中实施;而对于不同次的重复,可以在不同区组中实施。

3.9 部分重复 partial replication

对部分处理做重复实施。

3.10 单处理重复 duplication

一个处理在相同条件下重复实施。

3.11 随机化 randomization

把处理按某种随机的机制分配到各试验单元。

3.12 响应 response

在给定的试验条件下,试验结果的期望。

3.13 主效应 main effect

反映一个因子各水平的平均响应之差异的一种度量。一个因子第 i 个水平上的所有处理的响应之平均与全部处理的响应的平均之差,称为该因子第 i 个水平的主效应。

3.14 交互效应 interaction

由若干个因子之间水平的搭配而产生的效应的一种度量。

两个因子之间的交互效应称为“二因子交互效应”或“一级交互效应”,三个因子之间的交互效应称为“三因子交互效应”或“二级交互效应”,余类推。

例:考虑双因子(A和B)试验,A取 I 个水平,B取 J 个水平,做 K 次完全重复,试验结果 Y_{ijk} 可表为:

$$\begin{aligned} Y_{ijk} &= \eta_{ij} + \epsilon_{ijk} = \mu + \mu_i^A + \mu_j^B + \mu_{ij}^{AB} + \epsilon_{ijk}, \\ i &= 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \\ \sum_{i=1}^I \mu_i^A &= 0, \sum_{j=1}^J \mu_j^B = 0, \sum_{i=1}^I \mu_{ij}^{AB} = \sum_{j=1}^J \mu_{ij}^{AB} = 0, \end{aligned}$$

其中 ϵ_{ijk} 是 A 取第 i 个水平, B 取第 j 个水平,第 k 次重复时的试验误差,其均值为零。 μ_i^A 为 A 第 i 个水平的主效应, μ_j^B 为 B 第 j 个水平的主效应, μ_{ij}^{AB} 为因子 A、B 在 A 的第 i 个水平, B 的第 j 个水平上的交互效应, Y_{ijk} 的期望 η_{ij} 为 A 取第 i 个水平, B 取第 j 个水平时的响应。

3.15 混杂 confounding

因子的某些主效应,或因因子间的交互效应与其他因子、区组因子的主效应或交互效应相混合而无法分辨。

3.16 对照 contrast

参数(例如因子的主效应或因因子间的交互效应)的一个线性组合,其系数不全为零而它们的和为零。

例:对于 3.14 条中的例,只要不全为零的常数 a_1, \dots, a_I 之和为零, $\sum_{i=1}^I a_i \mu_i^A$ 就是一个对照。

3.17 正交对照 orthogonal contrast

系数向量正交的两个对照。

例:对于 3.14 条中的例,若对照 $\sum_{i=1}^I a_i \mu_i^A$ 和 $\sum_{i=1}^I b_i \mu_i^A$ 满足 $\sum_{i=1}^I a_i b_i = 0$, 则它们是正交的。

3.18 解释变量 explanatory variable

影响试验结果的变量(或其确定的函数),不管其水平的选择是否可由试验者来控制。

3.19 响应变量 response variable

用来表示试验中感兴趣的观测结果的随机变量。

3.20 假定模型 assumed model

响应与解释变量之间一种假定的函数关系。

3.21 残差 residual

响应变量的试验结果与响应的估计值之差。

3.22 响应曲面 response surface

假定模型的几何表示。

3.23 调优操作 evolutionary operation (EVOP)

在正常生产过程中为寻找响应的最优值而逐步实施的一种序贯试验方法。

4 试验安排术语

4.1 完全随机设计 completely randomized design

把所有处理按同等机会随机地分配到各试验单元的设计。

4.2 区组设计 block design

把全部试验单元分成若干个区组的设计。

4.3 完全区组设计 complete block design

在每个区组内安排了所有处理,且都不重复或等重复的区组设计。

4.4 随机完全区组设计 randomized complete block design

在每一区组中,将所有处理按同等机会随机地安排到各试验单元的完全区组设计。

4.5 拉丁方 Latin square

由 n 个不同的记号(字母或数字)排成 n 行 n 列的方阵,使得各个记号在每行每列都出现一次。这样的方阵称为一个 n 阶拉丁方。

例:下面是一个 3 阶拉丁方:

A	B	C
B	C	A
C	A	B

4.6 拉丁方设计 Latin square design

用 n 阶拉丁方的行和列分别表示两个因子的 n 个水平,用拉丁方中的记号表示第三个因子的 n 个水平,这个包含 n^2 次试验的三因子试验方案,称为一个 n 阶拉丁方设计。

例:下面是一个 4 阶拉丁方设计:

行因子 \ 列因子	1	2	3	4
1	A	B	C	D
2	B	C	D	A
3	C	D	A	B
4	D	A	B	C

第一个因子与第二个因子分别用行与列表示,第三个因子的水平用 A, B, C, D 表示。这个试验方案包含 $4^2=16$ 次试验,其试验条件为 $(1,1,A), (1,2,B), \dots, (4,4,C)$ 。

4.7 正交拉丁方 orthogonal Latin square, Graeco-Latin squares

若两个 n 阶拉丁方相同位置的记号组成的 n^2 个有序对都互不相同,则称这两个拉丁方是正交的。当 k 个同阶拉丁方两两正交时,称这 k 个拉丁方相互正交。

例：以下两个 3 阶拉丁方是正交的：

A	B	C	α	β	γ
B	C	A	γ	α	β
C	A	B	β	γ	α

4.8 正交拉丁方设计 orthogonal Latin square design

当存在 m 个相互正交的 n 阶拉丁方时，用拉丁方的行号和列号分别表示两个因子的 n 个水平，用这 m 个拉丁方的记号分别表示其他 m 个因子的水平，这个包含 n^2 次试验的 $(m+2)$ 个因子试验方案，称为一个正交拉丁方设计。

例：下面是一个 4 个因子的 3 阶拉丁方设计：

行因子 \ 列因子		列因子		
		1	2	3
行因子	1	A α	B β	C γ
	2	B γ	C α	A β
	3	C β	A γ	B α

第一个因子与第二个因子分别用行与列表示，第三个因子水平用 A, B, C 表示，第四个因子的水平用 α, β, γ 表示。

注：在正交拉丁方设计中，任何两个因子的各水平组合都出现，且只出现一次。

4.9 不完全区组设计 incomplete block design

处理总数大于区组大小，且每个处理在第一区组中至多出现一次的区组设计。

4.10 平衡不完全区组设计 balanced incomplete block (BIB) design

满足下述三个条件的不完全区组设计：

- (a) 每个区组包含相同数量的试验单元；
- (b) 每个处理的重复次数相同；
- (c) 任意两个处理安排在同一区组的次数相同。

注：当处理个数与区组个数相同时，称为对称平衡不完全区组设计。

4.11 尧敦方 Youden square

由拉丁方导出的一类区组设计。其构造方法是：从拉丁方删去某些行(或某些列)使得把列(或行)作为区组时构成对称平衡不完全区组设计。

4.12 裂区设计 split-plot design

在两因子试验中，试验按一个因子的不同水平分批(或区)进行，在每批(区)中安排另一因子的所有水平。

注：裂区设计可推广到多于两个因子的情形。

4.13 混料设计 mixture design

几种配料相混合，响应仅依赖于各配料的比例，而与混合料的总量无关，每一处理用各配料的比例来表示。这种试验设计称为混料设计。

4.14 析因试验 factorial experiments

为考察因子的主效应与感兴趣的交互效应，用各因子的全部或部分水平组合作为处理，使得感兴趣的效应能够估计。

同义词：因子试验

注：当试验包括因子的全部水平组合时，称为完全析因试验，否则称为部分实施。

例：三个因子 A, B, C 各取两个水平 $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ 的试验，全部水平组合 $A_1B_1C_1$ ，

$A_1B_1C_2, A_1B_2C_1, A_1B_2C_2, A_2B_1C_1, A_2B_1C_2, A_2B_2C_1, A_2B_2C_2$ 都在试验中实施时,就是完全析因试验;如果在试验中仅实施水平组合 $A_1B_1C_1, A_1B_2C_2, A_2B_1C_1, A_2B_2C_1$,则它是 $1/2$ 实施。

4.15 正交表 orthogonal array

用来安排多因子试验的一种表。表中除了行号(试验号)和列号(用来安排因子)外,由其他的记号(一般用数字表示)组成的长方形,其中每列不同记号出现的次数相同,且任意两列相应位置形成的不同记号对出现的次数皆相同。

例 1. 下面的正交表 $L_8(2^7)$ 是由数字 1,2 组成,共有 8 行、7 列:

行 \ 列	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

用 $L_8(2^7)$ 最多可安排 7 个 2 水平的析因试验。

例 2. 下面混合型正交表 $L_8(4 \times 2^4)$ 共有 8 行,5 列,其中第 1 列由数字 1,2,3,4 组成,其余 4 列由数字 1,2 组成。

行 \ 列	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	2	1	1	2	2
4	2	2	2	1	1
5	3	1	2	1	2
6	3	2	1	2	1
7	4	1	2	2	1
8	4	2	1	1	2

用 $L_8(4 \times 2^4)$ 可安排 1 个 4 水平及最多 4 个 2 水平的析因试验。

4.16 正交设计 orthogonal design

一种多因子试验设计,对其中任何两个因子来说是一个等重复的完全析因试验。

4.17 t^p 析因试验 t^p factorial experiment

p 个因子,每个因子取 t 个水平的析因试验。

4.18 复合设计 composite design

一种为拟合 p 个因子的二次响应曲面的试验设计,由原点(重复若干次),以 $-1, +1$ 为各因子的水平的 2^p 析因试验的试验点,以及每个坐标轴上长度为 α (某个给定的正数)的两个对称点复合而成。

4.19 套设计 nested design

一种双因子设计,因子 B 的水平取决于另一个因子 A 所取的水平,此时称因子 B 套在因子 A 里。

注:套设计可推广到多于两个因子的情形。

例: A 取两个水平 A_1, A_2 。对于 A_1, B 取两个水平 B_{11}, B_{12} ;对于 A_2, B 取三个水平 B_{21}, B_{22}, B_{23} ,共有五个处理: $A_1B_{11}, A_1B_{12}, A_2B_{21}, A_2B_{22}, A_2B_{23}$ 。

5 分析方法术语

5.1 最小二乘法 method of least squares

通过极小化各观测值与其响应之差的平方和,拟对模型中的未知参数进行估计的方法。

5.2 固定效应模型 fixed effect model

所有因子的主效应和因子之间交互效应都是未知常数的模型。

注:这种模型适用于所有因子的水平都完全确定而非随机挑选所得的情况。

5.3 随机效应模型 random effect model

所有因子的主效应和因子间的交互效应都是随机变量的模型。

注:这种模型适用于所有因子的水平都是随机挑选所得的情况。

5.4 混合模型 mixed model

部分效应是随机的,而其他效应为固定的模型。

5.5 对照分析 contrast analysis

用于估计模型的参数,并对预先指定的一组对照进行假设检验的一种方法。

5.6 多重比较 multiple comparisons

给出效应的部分对照或全部对照的同时置信区间,并据此推断感兴趣的各效应是否相等的一种方法。

5.7 协变量 covariate

在试验的设计中,不可能控制其取值,但在试验中可以测量,且其对试验结果的影响必须在分析中加以考虑的变量。

例:各试验单元可能在某种化学成分的含量上有差别,试验无法对这种含量加以调整,但可以测量,其大小对试验结果有影响。这种化学成分的含量就是一个协变量。

5.8 协方差分析 analysis of covariance

当一个或多个协变量影响试验结果时,对处理的效应做出估计和检验的一种方法。

附录 A
汉语索引
(补充件)

B		Q	
部分重复	3.9	区组	3.6
不完全区组设计	4.9	区组设计	4.2
C		S	
残差	3.21	试验单元	3.5
处理	3.4	试验设计	3.1
D		试验误差	3.7
单处理重复	3.10	水平	3.3
对照	3.16	随机化	3.11
对照分析	5.5	随机完全区组设计	4.4
多重比较	5.6	随机效应模型	5.3
F		T	
复合设计	4.18	套设计	4.19
G		调优操作	3.23
固定效应模型	5.2	W	
H		完全重复	3.8
混合模型	5.4	完全区组设计	4.3
混料设计	4.13	完全随机设计	4.1
混杂	3.15	位级	3.3
J		X	
假定模型	3.20	析因试验	4.14
交互效应	3.14	t^p 析因试验	4.17
解释变量	3.18	响应	3.12
L		响应变量	3.19
拉丁方	4.5	响应曲面	3.22
拉丁方设计	4.6	协变量	5.7
裂区设计	4.12	协方差分析	5.8
P		Y	
平衡不完全区组设计	4.10	尧敦方	4.11
		因素	3.2
		因子	3.2
		因子试验	4.14

		正交拉丁方设计	4.8
	Z	正交设计	4.16
正交表	4.15	主效应	3.13
正交对照	3.17	最小二乘法	5.1
正交拉丁方	4.7		

附录 B
英文索引
(补充件)

A	
analysis of covariance	5.8
assumed model	3.20
B	
balanced incomplete block (BIB) design	4.10
block	3.6
block design	4.2
C	
complete block design	4.3
completely randomized design	4.1
composite design	4.18
confounding	3.15
contrast	3.16
contrast analysis	5.5
covariate	5.7
D	
design of experiments	3.1
duplication	3.10
E	
evolutionary operation (EVOP)	3.23
experiment unit	3.5
experimental design	3.1
explanatory variable	3.18
experimental error	3.7
F	
factor	3.2
factorial experiments	4.14
fixed effect model	5.2
G	
Graeco-Latin squares	4.7
I	
incomplete block design	4.9

interaction	3.14
L	
Latin square	4.5
Latin square design	4.6
level	3.3
M	
main effect	3.13
method of least squares	5.1
mixed model	5.4
mixture design	4.13
multiple comparisons	5.6
N	
nested design	4.19
O	
orthogonal array	4.15
orthogonal contrast	3.17
orthogonal design	4.16
orthogonal Latin squares	4.7
orthogonal Latin square design	4.8
P	
partial replication	3.9
R	
random effect model	5.3
randomization	3.11
randomized complete block design	4.4
replication	3.8
residual	3.21
response	3.12
response surface	3.22
response variable	3.19
S	
split-plot design	4.12
T	
t^p factorial experiment	4.17
treatment	3.4

Y

Youden square 4.11

附加说明：

本标准由全国统计方法应用标准化技术委员会提出。

本标准由全国统计方法应用标准化技术委员会术语、符号和统计用表分委员会工作组负责起草。

本标准主要起草人陈希蓀、项可风、吴启光、陶波、冯士雍。