

Shiyan Sheji Yu Shuju Fenxi
Jiyu R Yuyan Yingyong

R

试验设计

与

数据分析

——基于 R 语言应用

主编 郑杰



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

R 试验设计 与数据分析

基于 R 语言应用

主 编 郑 杰
编 委 邓志民 陈 林 崔亦华
彭进平 魏志钢



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

试验设计与数据分析:基于 R 语言应用/郑杰主编. —广州:华南理工大学出版社, 2016. 8

ISBN 978 - 7 - 5623 - 5057 - 6

I. ①试… II. ①郑… III. ①试验设计 - 高等学校 - 教材②实验数据 - 数据处理 - 高等学校 - 教材 IV. ①O212.6 ②N33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 197354 号

试验设计与数据分析——基于 R 语言应用

郑杰 主编

出版人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutcl3@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 欧建岸

印刷者: 广州市穗彩印务有限公司

开本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 16.5 字数: 305 千

版次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 2000 册

定价: 35.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前 言

试验设计与数据分析是数理统计的一个重要分支，主要研究如何制定适当的试验方案以及对试验数据进行有效统计分析与方法，应用十分广泛，受到实际工作者的重视，已成为广大工程技术人员和科研工作者必备的基础知识。从另一个角度看，试验设计与数据分析又是一门实用性很强的课程。绝大部分工程技术人员和科研工作者使用试验设计与数据分析，其目的是解决工程生产或科学研究中的具体问题，因而希望通过具体实例的模仿，不需投入太多时间和额外开销，就可以解决实际问题。

试验设计与数据分析涉及大量复杂的计算，如果不使用专门的软件，使用者几乎不能够真正进行试验设计及其数据的分析处理。目前，国内外介绍试验设计与数据分析的书籍大多通过商业软件来介绍，如 MATLAB, Mintab, SPSS, SAS, Excel, Design-Expert, Origin 等，且大多数仅介绍如何使用软件进行数据分析，较少讲授如何使用软件实现试验方案的设计。试验方案设计涉及较多的数学、统计学原理，学生通过课程的学习之后，如果没有试验设计专业软件帮助，仍然难以在实际环境中设计试验方案，这在某种程度上影响了试验设计这一提高产品质量的重要方法的推广使用。

本书结合国际流行的自由、免费、开源统计计算和统计制图软件 R 语言介绍试验设计与数据分析。在国外，R 语言已经成为统计计算和统计制图的通用语言，国内近年来也在高校及工业界推广使用。R 语言拥有大量与试验设计及数据分析有关的扩展包与函数，除了开源免费外，其更新速度也非常快，因此结合 R 语言介绍试验设计与数据分析，可以让学习者实时跟进最新的前沿

方法而又无需担心版权问题，其优势不言自明。

本书的突出特点体现在两个方面：一是通过 R 语言设计试验方案，二是结合 R 语言实现数据分析。书中提供了大量翔实的案例。学生通过本书的学习后，只需对书中案例程序模仿、修改，就可以解决实际问题。

本书介绍了常用试验设计方法的基本原理、R 语言编程实现试验方案设计及其数据分析处理。主要内容涵盖常见的试验设计方法，如完全随机试验设计、随机区组试验设计、拉丁方试验设计、尧敦方试验设计、正交试验设计、因素筛选的 Plackett - Burman 试验设计、响应面试验设计中的中心复合试验和 Box-Behnken 试验设计、混料试验设计的单纯形格子试验和单纯形重心试验设计等。

本书取材新颖、内容丰富、思路清晰、深入浅出，所有试验设计与数据分析方法均给出了 R 语言程序，有大量翔实的应用实例可供参考，便于教学与自学，可作为制药、化工、食品、生物、材料、轻工、环境、农林等相关专业高年级本科生或研究生教学用书，也可作为工程技术人员、科研人员和教师参考用书。

本书在编写过程中，参考了大量国内外已出版的教材，吸收了它们的许多精华和优点，并引用了其中的一些内容和实例，在此向所有原作者和译者表示感谢。本书使用了数量众多的 R 语言扩展包及其函数，对无私奉献 R 语言及其扩展包的作者们，同样表示衷心感谢。

受作者学识水平及能力所限，尽管做了很大努力，教材中疏漏、不妥甚至是错误之处在所难免，请广大师生及同仁批评指正。

郑 杰

2016 年 4 月 · 广州大学城

目 录

第一章 试验设计基础	1
1.1 试验设计概述	1
1.1.1 试验设计的意义和任务	1
1.1.2 试验设计基本概念	2
1.1.3 试验数据的误差	4
1.1.4 试验设计的基本原则	6
1.1.5 试验设计的基本类型	9
1.1.6 试验设计的主要内容	10
1.2 试验设计与数据分析常用工具软件	10
1.2.1 商业软件	10
1.2.2 自由软件——R 语言	12
1.3 试验设计发展简史	13
第二章 R 语言基础	15
2.1 R 语言概述	15
2.1.1 R 语言特色	15
2.1.2 R 语言下载与安装	16
2.1.3 R 语言扩展包的安装	20
2.1.4 R 语言帮助的获取	22
2.1.5 R 语言常用的 GUI 程序	24
2.2 R 语言使用入门	26
2.2.1 R 语言数据结构	27
2.2.2 R 语言数据输入与输出	32
2.2.3 R 语言数据管理	34
2.2.4 R 语言绘制统计图形	35
第三章 试验数据分析的统计学基础	44
3.1 统计学的基本概念	44
3.1.1 总体与样本	44

3.1.2	变异与误差	46
3.1.3	随机现象与随机变量	46
3.1.4	概率与分布	48
3.1.5	自由度	53
3.2	试验数据的统计描述	53
3.2.1	描述统计量	53
3.2.2	集中性统计指标	54
3.2.3	离散趋势的统计指标	56
3.3	试验数据的统计推断	59
3.3.1	参数估计	60
3.3.2	假设检验	65
3.3.3	重要的参数检验	67
第四章	试验数据的方差分析	74
4.1	方差分析的基本思想	74
4.2	单因素方差分析	77
4.2.1	方差分析表的计算	78
4.2.2	均值的多重比较	80
4.2.3	方差分析的假设条件	84
4.3	双因素方差分析	88
4.4	重复测量数据的方差分析	92
4.5	方差分析注意事项	96
第五章	试验数据的回归分析	99
5.1	回归分析概述	99
5.2	一元线性回归分析	100
5.2.1	一元线性回归模型	100
5.2.2	一元线性回归模型的检验	102
5.2.3	利用回归方程进行预测	106
5.3	多元线性回归分析	107
5.3.1	多元线性回归模型	107
5.3.2	多元线性回归模型的检验	108
5.3.3	自变量选择的方法	111

5.4	回归诊断	114
5.5	异常观测值的分析	120
5.6	非线性回归	124
5.6.1	多项式回归	124
5.6.2	多元非线性回归	127
第六章	完全随机试验设计	131
6.1	完全随机试验设计概述	131
6.1.1	完全随机试验设计的含义	131
6.1.2	完全随机试验设计的特点	131
6.2	用 R 语言实现完全随机试验设计的方法	132
6.3	完全随机试验数据的分析方法	134
6.3.1	t 检验	134
6.3.2	方差分析	136
6.3.3	多重比较	139
第七章	随机区组试验设计	143
7.1	随机区组试验设计概述	143
7.1.1	随机区组试验设计的含义	143
7.1.2	随机区组试验设计的适用范围	143
7.1.3	随机区组试验设计的特点	144
7.2	用 R 语言实现随机区组试验方案的设计	145
7.2.1	自编 R 语言程序实现随机区组试验方案的设计	145
7.2.2	R 语言函数实现随机区组试验方案的设计	146
7.3	随机区组试验数据的分析方法	148
7.4	随机区组试验设计应用实例	148
第八章	拉丁方试验设计	156
8.1	拉丁方试验设计概述	156
8.1.1	拉丁方试验设计的含义	156
8.1.2	拉丁方试验设计的特点	157
8.2	用 R 语言实现拉丁方试验方案的设计	157
8.3	拉丁方试验数据的分析方法	158

8.4	拉丁方试验设计应用实例	158
第九章 尧敦方试验设计		
9.1	尧敦方试验设计概述	163
9.2	用 R 语言实现尧敦方试验方案的设计	163
9.3	尧敦方试验数据的分析方法	164
9.4	尧敦方试验设计应用实例	164
第十章 正交试验设计		
10.1	正交试验设计概述	168
10.1.1	正交试验设计的基本思想	168
10.1.2	正交试验设计的工具——正交表	169
10.1.3	正交表的性质	170
10.1.4	正交表的类别	171
10.1.5	正交试验设计的特点	172
10.1.6	正交试验的安排	172
10.2	用 R 语言实现正交试验方案的设计	173
10.3	正交试验数据的分析方法	175
10.3.1	直观分析法	175
10.3.2	方差分析法	176
10.4	正交试验设计应用实例	176
第十一章 Plackett – Burman 试验设计		
11.1	PB 试验设计概述	188
11.1.1	PB 试验设计的基本原理	188
11.1.2	PB 试验设计的特点及其适应范围	189
11.2	用 R 语言实现 PB 试验方案的设计	190
11.3	PB 试验设计应用实例	192
第十二章 中心复合试验设计		
12.1	中心复合试验设计概述	200
12.1.1	中心复合试验设计的基本原理	200
12.1.2	中心复合试验设计的基本类型	202

12.1.3 中心复合试验设计的特点	203
12.2 用 R 语言实现中心复合试验方案的设计	203
12.3 中心复合试验设计的数据分析	208
12.4 中心复合试验设计应用实例	208
12.4.1 试验方案的设计	209
12.4.2 试验数据的回归分析	210
12.4.3 最优试验方案的确定	212
第十三章 Box-Behnken 试验设计	223
13.1 Box-Behnken 试验设计概述	223
13.1.1 Box-Behnken 试验设计的原理	223
13.1.2 Box-Behnken 试验设计的特点与应用范围	224
13.2 用 R 语言实现 Box-Behnken 试验方案的设计	224
13.3 Box-Behnken 试验设计应用实例	227
第十四章 混料试验设计	235
14.1 混料试验设计概述	235
14.2 混料试验设计的类型	235
14.2.1 单纯形格子试验设计	236
14.2.2 单纯形重心试验设计	237
14.2.3 有上下界约束的混料试验设计	238
14.3 用 R 语言实现混料试验方案的设计	239
14.4 混料试验的数据分析方法	245
14.5 混料试验设计应用实例	246
附录 R 语言扩展包及函数索引	251
参考文献	253

第一章 试验设计基础

试验设计与数据分析是统计学的一门分支学科，它与生产实践和科学研究紧密结合，是进行生产实践和科学研究的重要工具。在工农业生产实践与科学研究中，经常需要通过试验寻找研究对象的变化规律，并通过对变化规律的研究达到各种实用的目的，如提高产量、提高产品性能或质量、降低消耗等。在工农业生产实践与科学研究中要获得客观、理想的结果与结论，必须做到试验设计科学合理，试验实施精心周密，并采用相应的统计方法对试验数据进行分析处理。

1.1 试验设计概述

试验设计与数据分析的任务就是以概率论与数理统计知识为理论基础，在生产实践或科学研究过程中，根据所研究的目的和要求，结合专业知识和实践经验，应用统计学的原理，经济、科学、合理设计试验方案，周密安排试验，有效地控制试验干扰，力求用较少的人力、物力、财力和时间，最大限度地获得丰富而可靠的资料；充分利用和科学地分析所获得的试验数据，从而达到能明确回答研究项目所提出的问题和尽快获得最优方案的目的。因此，试验设计与数据分析是关系到研究工作成败的关键。

1.1.1 试验设计的意义和任务

在科学研究和工农业生产中，为了革新生产工艺，开发新产品，寻求优质、高效、低耗的方法等，特别是新产品试验，未知的东西很多，经常要进行各种试验，以求达到预期的目的。如何合理安排试验，如何对结果进行科学分析，是生产实践、科研工作中经常遇到的现实问题。试验设计的好坏直接影响试验的结果和试验效率。如何做试验，其中大有学问。试验设计得好，会事半功倍；反之则会事倍功半，甚至劳而无功。因此，试验前有必要对试验进行良好设计。

一个科学而完善的试验设计，能够合理地安排各种试验因素，严格控

制试验误差，而且能够有效地分析试验数据，从而用较少的人力、物力、财力和时间最大限度地获取丰富而可靠的试验资料和研究成果。具体来讲，试验设计的意义体现在以下几个方面：

(1) 科学合理地安排试验，减少试验次数，缩短试验周期，提高效益。

(2) 能在众多影响因素中分清主次，找出影响指标的主要因素。通过试验设计，分清各个试验因素对试验指标的影响大小顺序，找出主要因素，抓住主要矛盾。

(3) 通过试验设计可以了解因素与水平指标间的规律性，即每个因素水平改变时，指标是怎样变化的。同时，通过试验设计可以了解各试验因素之间的相互影响情况，即因素间的交互作用。

(4) 通过试验设计可分析出试验误差影响的大小，可以正确估计和有效控制、降低试验误差，从而提高试验精度。

(5) 通过试验设计，可以迅速地找出最优生产条件或工艺条件，确定最优方案，并能预测在最优生产条件下或工艺条件下试验指标及其波动范围。通过对试验结果的分析，可以明确进一步试验的研究方向。

1.1.2 试验设计基本概念

在这里首先介绍几个有关试验设计的基本概念，以帮助我们进一步掌握试验设计的原理和方法。

1.1.2.1 试验指标

在试验设计中，根据试验的目的而选定的用于衡量试验结果好坏或处理效应高低的质量指标，称为试验指标，简称指标。由于试验目的不同，选择的试验指标也不相同。

试验指标可以分为两大类，一类是定量指标，也称为数量指标，它是在试验中能够直接得到具体数值的指标，如强度、硬度、重量、光洁度、精度、寿命、成本、合格率、pH 值等；另一类是定性指标，或称非数量指标，它是在试验中不能得到具体数值的指标，如颜色、味道、光泽、手感等。在试验设计中，为便于分析试验结果，一般把定性指标定量化，例如，可把色泽按不同深度分成不同等级。能用数量表示的指标称为定量指标，不能用数量表示的指标称为定性指标。

在试验过程中，试验指标可以是一个，也可以是多个。前者称为单指标试验设计，后者称为多指标试验设计。无论是单指标还是多指标，试验

指标应该通过专业知识来确定。

1.1.2.2 试验因素

对试验指标特征值可能有影响的原因或要素称为因素(factor),也称为因子,它是进行试验时重点考察的内容。因素一般用大写英文字母 A, B, C, \dots 来标记。把除试验因素以外的其他所有对试验指标有影响的因素统称为条件因素,又称为试验条件。

因素有各种分类方法,最简单的是分为可控因素和不可控因素。可控因素是指人们可以控制和调节的因素,如温度、流量、pH值等。不可控因素指人们暂时不能控制和调节的因素,如设备的轻微振动、刀具的轻微磨损等。进行试验设计时,一般只考虑可控因素。

只考察一个因素的试验叫单因素试验,考察两个因素的试验叫双因素试验,考察三个或三个以上因素的试验叫多因素试验。

1.1.2.3 因素水平

在试验设计中,为考察试验因素对试验指标的影响情况,要使试验因素处于不同的状态。把试验因素所处的各种状态称为因素水平或试验水平,简称水平或位级。

一个因素选几个水平,就称该因素为几水平因素。例如,某试验中温度 A 选了 30°C 和 50°C 二个水平,时间 B 选了 20min , 40min , 60min 三个水平,就称 A 为二水平因素, B 为三水平因素。因素 A 的第一、二水平通常分别用 A_1 和 A_2 表示(即 $A_1 = 30^{\circ}\text{C}$, $A_2 = 50^{\circ}\text{C}$),而因素 B 的三个水平通常分别用 B_1 , B_2 和 B_3 表示(即 $B_1 = 20\text{min}$, $B_2 = 30\text{min}$, $B_3 = 60\text{min}$)。

1.1.2.4 试验单位

在试验中接受不同处理的试验载体叫作试验单位,也称为试验单元。试验单位往往也是观测数据的单位。

1.1.2.5 试验处理

试验处理是指各试验因素不同水平之间的联合搭配。因此,试验处理也叫因素的水平组合或组合处理。在单因素试验中,水平和处理是一致的,即一个水平就是一个处理。在双因素或多因素试验中,由于因素和水平较多,可以形成若干个水平组合。例如,研究两种不同温度(A_1, A_2)和

三种不同时间(B_1, B_2, B_3)对某反应的影响, 则形成 $A_1B_1, A_1B_2, A_1B_3, A_2B_1, A_2B_2$ 和 A_2B_3 六种水平组合, 该试验共有六个处理。

多因素试验中, 由于因素水平较多, 可以形成多个因素各个水平的组合(处理), 每一种组合就是一个处理, 各因素水平的乘积就是全部试验处理数。如 3 因素 3 水平试验共有 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 个处理。

1.1.2.6 全面试验

对试验因素的所有水平组合都进行实施的试验方案称为全面试验。全面试验能够获得全面的试验信息, 无一遗漏, 各因素及各级交互作用对试验指标的影响剖析得比较清楚, 又称为全面析因试验。但是随着试验因素和水平的增多, 试验处理数目会剧增, 全面试验次数也就急剧增加。当还要进行重复试验时, 试验规模就非常庞大, 以致难以实施。因此, 全面试验通常适用于因素和水平数目都不太多的试验。

1.1.2.7 部分实施

随着因素数量和因素水平的增多, 所有因素及水平组合的数目即试验的处理数急剧增加, 全面试验往往难以实施, 即使能够实施, 全面试验也不是一个经济有效的方法。为此, 在实际试验研究中, 大多采用部分实施方法。所谓部分实施就是在保证能估计全部主效应和小部分低阶交互作用的前提下, 从全面试验中选取部分有代表性的处理进行实施。

从某种意义上讲, 试验方案设计的主要任务, 就是采用不同的选取原则, 从全面的因素水平组合中, 挑选部分处理构成合适试验方案的过程。

1.1.3 试验数据的误差

众所周知, 任何试验所得的结果(数据)总是存在差异, 即使在同一条件下进行重复试验或重复取样, 所得的数据也不完全一样。影响试验结果的原因很多, 并且这些原因不是同等重要, 而是有主有次、有大有小。如果抓住一些重要因素加以控制, 使这些因素固定在我们希望的水平上, 从理论上讲, 它们对试验结果的影响也是固定的, 以 m 表示。而对那些次要因素不加控制, 将它们对试验结果的影响归为一项, 称为误差项, 以 ε 表示。因此, 任何一个试验结果数据 X 都可分解为两部分, 即 $X = m + \varepsilon$ 。其中 m 为被控因素(即影响指标的主要因素)对指标的影响之和, 它是某一生

产条件下所得指标应有的理论值(真值)。 ε 是误差项,它是整个生产过程中许多未加控制因素(随机因素)对试验结果的影响之和,称为随机误差。

任何一个试验数据都不可避免地包含实验误差 ε , 它的大小决定试验数据的精度,并直接影响试验结果分析的可靠性。试验设计的一个重要任务就是设法减少试验误差 ε , 从而提高对试验结果分析的精确性和判断的准确性。

试验数据误差来源于以下几个方面:

①材料。试验中所用的试验材料在质量和纯度上不可能完全一致,即使是同一包装内的产品,有时也会存在某种程度的不均匀性。可见,试验材料的差异在一定范围内是普遍存在的。这种差异会对试验结果带来影响,产生误差。

②仪器设备。仪器误差是客观存在的,不可避免的。仪器的精密度是有限的,长期使用的仪器会老化等,均会使试验结果产生误差。

③环境条件。环境因素主要包括温度、气压、振动、光线、电磁场、海拔高度和气流等。试验条件对试验的影响是十分重要的,试验在完全相同的条件下进行,才能得到可靠的结果。但是,实际上难以控制环境因素,特别是试验周期较长时,受环境影响的可能性就更大了。环境的变化还可能影响到实验材料的性质和试验仪器的性能,从而引起误差。

④操作。由于试验操作人员的某些生理特点和固有习惯,均会带来操作误差。

根据误差的性质,误差可分为两种类型:

①随机误差。随机误差是由于在试验过程中一系列有关因素的细小随机波动而形成的具有相互抵消性误差。它决定试验结果的精密度。

随机误差在一次试验中是没有规律的,但在多次试验中具有统计规律性。随机误差是无法严格控制的,是不可避免的。试验人员可设法将其大大减小,但不可能完全消除。

②系统误差。系统误差是在一定条件下,由某个或某些因素按照某一确定的规律起作用而形成的误差。它决定了试验结果的准确度。系统误差是有规律的,是可以设法避免或通过校正加以消除的。

总之,试验过程中出现误差是不可避免的,但又必须设法尽量减小误差。否则,有可能产生“假数据真计算”现象。如何尽可能地减小试验误差呢?这需要在试验过程中,遵循试验设计的基本原则。

1.1.4 试验设计的基本原则

在试验设计中，为了尽量减少试验误差，就必须严格控制试验干扰。所谓试验干扰，就是指前面讨论的试验误差来源的四个方面的因素。这些干扰的影响是随机的，有些是事先无法估计的，并且试验过程中也无法控制的。

为了保证试验结果的精确度，各种试验组合处理必须在基本均匀一致的条件下进行，即应尽量控制或消除试验干扰的影响。控制和消除试验干扰的方法，就是严格遵循试验设计的四个基本原则，即重复、对照、随机和局部控制。

1.1.4.1 重复原则

试验误差是客观存在和不可避免的，试验设计的任务之一是尽量减少误差和正确估计误差。若某试验条件下只进行一次试验，那么就无法从一次试验结果中估计随机误差的大小。只有重复试验才能利用同一条件取得的多个数据的差异，把随机误差估计出来。试验重复次数越多，试验的精度也就越高。虽然强调试验的重复，但并非盲目地追求反复进行试验。没有正确的试验设计方法为指导，再多次的重复也无助于减少试验误差，反而造成人力、物力、财力和时间的大量浪费。

重复是指在相同的试验条件下，进行两次或两次以上独立的试验。重复试验的目的在于估计和减小随机误差。许多试验都属于随机试验，其结果不能事先准确断定。就一次试验而言，看不出有什么规律，要想比较正确地反映随机试验结果出现的一般规律，必须进行大量的独立重复试验。因此，重复的作用就是确保能真实地反映随机变量的统计规律性。重复实际上就是说试验要能经得起考验。例如，只有某个人做出了阳性结果，其他人都做不出来，这也说明不了试验有多好。其实，重复在某种意义上跟样本量是差不多的。如果试验只有 1 例，比如用某种药治疗一人，结果治愈，就贸然下结论说该药治愈率是 100%，是不是有些唐突？但是，如果治疗了 1 万例，仍然都治愈，这时说治愈率 100%，是不是更令人可信？

重复试验必须在“局部控制”的前提下进行。此外，相同条件下的重复试验不能发现和减小系统误差，只有改变试验条件才能发现或减小系统误差。

1.1.4.2 对照原则

在确定接受处理因素的试验组时，应同时设立对照组。只有设立了对照，才能消除非处理因素对试验结果的影响，从而把处理因素的效应分离出来。

设立对照的常用形式有：

①空白对照，对照组不施加任何处理因素。

②安慰剂对照，对照组采用一种无药理作用的假药，它在药物剂型或处置上不能为受试者识别，称安慰剂。

③实验对照，对照组不施加处理因素，但施加某种与处理因素有关的实验因素。

④标准对照，用现有标准方法或常规方法做对照。这种对照在临床试验中用得较多，因为很多情况下不给病人任何治疗是不符合医德的。另外，还可用于某种新的检验方法是否能代替传统方法的研究。

⑤自身对照，对照与试验在同一受试对象进行，如以病人用药前后的血压值作对比。

⑥相互对照，几种处理(或水平)互为对照。

1.1.4.3 随机原则

在试验过程中，往往人为地有次序地安排试验而引起系统误差。试验结果中一旦含有系统误差，就不能通过任何数据处理的方法来消除，从而严重影响试验数据的准确性，有时甚至使试验做不出正确的判断而归于失败。在试验设计中，遵循随机原则是消除系统误差的有效手段。

所谓随机原则，就是在试验中对试验的顺序和步骤按随机性原则来安排，使每一个组合处理及其每一个重复都有同等的机会被安排在某一特定的空间和时间环境中，保证试验条件在空间和时间上的均匀性。

随机可消除系统误差，使系统误差转化为随机误差，从而可正确和无偏地估计试验误差，并可保证试验数据的独立性和随机性，以满足统计分析的基本要求。但它必须在设置适当次数重复的基础上才能发挥作用。

随机的主要目的是为了试验对象的均衡分布。试验设计随机原则，是因为只有将影响试验的其他因素在各个组间分布达到均衡，才能将组间试验结果出现差异的原因归结于干预的因素，即所考察的因素。比如，要比较两种药物对患者治疗的疗效，如果两组病人的病情不均衡，即便在试验结果上表现出两个药物组之间有差异，也无法得到这种差异是由于采用不