

第4章 均匀设计



n 均匀设计（uniform design）：

Ø 一种只考虑试验点在试验范围内均匀散布的试验设计方法

Ø 通过均匀表来安排试验

n 应用：试验因素变化范围较大，需要取较多水平时

例如：5因素31水平的试验：

Ø 正交设计试验次数 $\geq 31^2 = 961$

Ø 均匀设计试验次数：31



4.1 均匀设计表

7.1.1 等水平均匀设计表

(1) 记号:

$$U_n(r^l) \text{ 或 } U_n^*(r^l)$$

- n** U ——均匀表代号;
- n** n ——均匀表横行数（需要做的试验次数）;
- n** r ——因素水平数，与 n 相等;
- n** l ——均匀表纵列数;
- n** $*$ ——均匀性更好的表，优先选用 U_n^* 表

$U_7(7^4)$

试验号	列 号			
	1	2	3	4
1	1	2	3	6
2	2	4	6	5
3	3	6	2	4
4	4	1	5	3
5	5	3	1	2
6	6	5	4	1
7	7	7	7	7

$U_7(7^4)$ 的使用表

因素数	列 号				D
2	1	3			0.2398
3	1	2	3		0.3721
4	1	2	3	4	0.4760

(2) 使用表

- 每个均匀设计表都附有一个使用表
- D表示均匀度的偏差(discrepancy), $D \downarrow$, 均匀分散性 $\uparrow$

$U_7^*(7^4)$

试验号	列 号			
	1	2	3	4
1	1	3	5	7
2	2	6	2	6
3	3	1	7	5
4	4	4	4	4
5	5	7	1	3
6	6	2	6	2
7	7	5	3	1

 $U_7^*(7^4)$ 的使用表

因素数	列 号			D
2	1	3		0.1582
3	2	3	4	0.2132

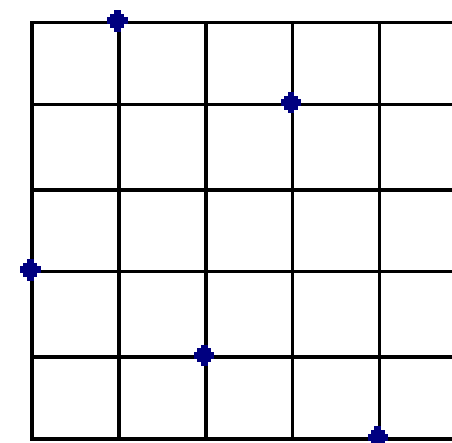
(3) 特点

- n 每列不同数字都只出现一次
- n 任两个因素的试验点点在平面的格子点上，每行每列有且仅有一个试验点

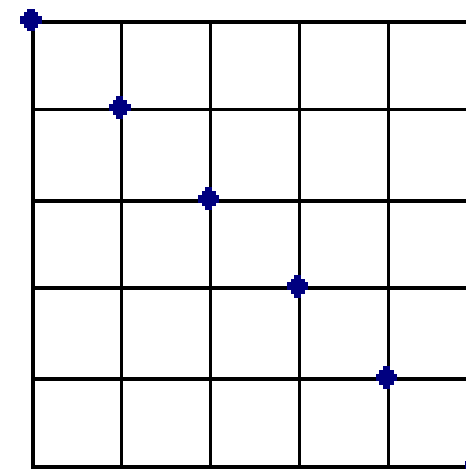


$U_6^+(6^4)$

试验号	列 号			
	1	2	3	4
1	1	2	3	6
2	2	4	6	5
3	3	6	2	4
4	4	1	5	3
5	5	3	1	2
6	6	5	4	1



1, 3列



1, 4列



- n 均匀设计表任两列组成的试验方案一般不等价
- n 等水平均匀表的试验次数与水平数一致
- ∅ 均匀设计：试验次数的增加具有“连续性”
- ∅ 正交设计：试验次数的增加具有“跳跃性”



4.1.2 混合水平均匀设计表

n 采用拟水平法将等水平均匀表转化成混合水平均匀表

n 例：

A, B, C三因素；A, B: 3水平；C: 2水平

∅ 正交设计：可用 $L_{18} (2^1 \times 3^7)$ 或 $L_9 (3^4)$

∅ 均匀设计：可将 $U_6^* (6^4)$ 改造成 $U_6 (3^2 \times 2^1)$



$$U_6^*(6^4)$$

试验号	列 号			
	1	2	3	4
1	1	2	3	6
2	2	4	6	5
3	3	6	2	4
4	4	1	5	3
5	5	3	1	2
6	6	5	4	1

$$U_6(3^2 \times 2^1)$$

试验号	列号		
	1	2	3
1	(1)1	(2)1	(3)1
2	(2)1	(4)2	(6)2
3	(3)2	(6)3	(2)1
4	(4)2	(1)1	(5)2
5	(5)3	(3)2	(1)1
6	(6)3	(5)3	(3)2

- 
- n 改造要求：混合均匀表有较好的均衡性，即两列的水平组合要均衡
 - n 混合水平均匀表的任一系列上，不同水平出现次数是相同的，但出现次数 ≥ 1



4.2 均匀设计基本步骤

(1) 明确试验目的，确定试验指标

(2) 选因素

(3) 确定因素的水平

n 可以随机排列因素的水平序号

(4) 选择均匀设计表

n 根据试验的因素数和水平数来选择

n 参考使用表

n 首选 U_n *表



(5) 进行表头设计

- n 根据因素数和使用表
- n 均匀表中的空列，既不能安排交互作用，也不能用来估计试验误差

(6) 明确试验方案，进行试验



$$U_6(3^2 \times 2^1)$$

试验号	A	B	C	试验方案
1	1	1	1	$A_1B_1C_1$
2	1	2	2	$A_1B_2C_2$
3	2	3	1	$A_2B_3C_1$
4	2	1	2	$A_2B_1C_2$
5	3	2	1	$A_3B_2C_1$
6	3	3	2	$A_3B_3C_2$



(7) 试验结果统计分析

①直观分析法:

- n 直接对所得到的几个试验结果进行比较, 从中挑出试验指标最好的试验点

②回归分析法: 多元回归分析



4.3 均匀设计的应用

(1) 例7-1

- n 4因素9水平
- n 选 $U_9(9^5)$
- n 3元线性回归
- n 根据偏回归系数正负判断各因素与试验结果的正负相关性
 - ∅ 系数为正，表明试验指标随该因素的增加而增加
 - ∅ 系数为负，表明试验指标随该因素的增加而减小
- n 判断因素主次



(2) 例7-2

- n 4因素10水平
- n 选 U_{10}^* (10^8)，将A, B, C, D分别放在1, 3, 4, 5列上
- n 回归方程：四元二次方程，其中 x_1x_2 表示交互作用
- n 确定因素主次（含交互作用）
- n 优方案的确定：规划求解



$U_7(7^4)$

试验号	列 号			
	1	2	3	4
1	1	2	3	6
2	2	4	6	5
3	3	6	2	4
4	4	1	5	3
5	5	3	1	2
6	6	5	4	1
7	7	7	7	7

$U_7(7^4)$ 的使用表

因素数	列 号				D
2	1	3			0.2398
3	1	2	3		0.3721
4	1	2	3	4	0.4760

 $U_7^*(7^4)$

试验号	列 号			
	1	2	3	4
1	1	3	5	7
2	2	6	2	6
3	3	1	7	5
4	4	4	4	4
5	5	7	1	3
6	6	2	6	2
7	7	5	3	1

 $U_7^*(7^4)$ 的使用表

因素数	列 号			D
2	1	3		0.1582
3	2	3	4	0.2132