

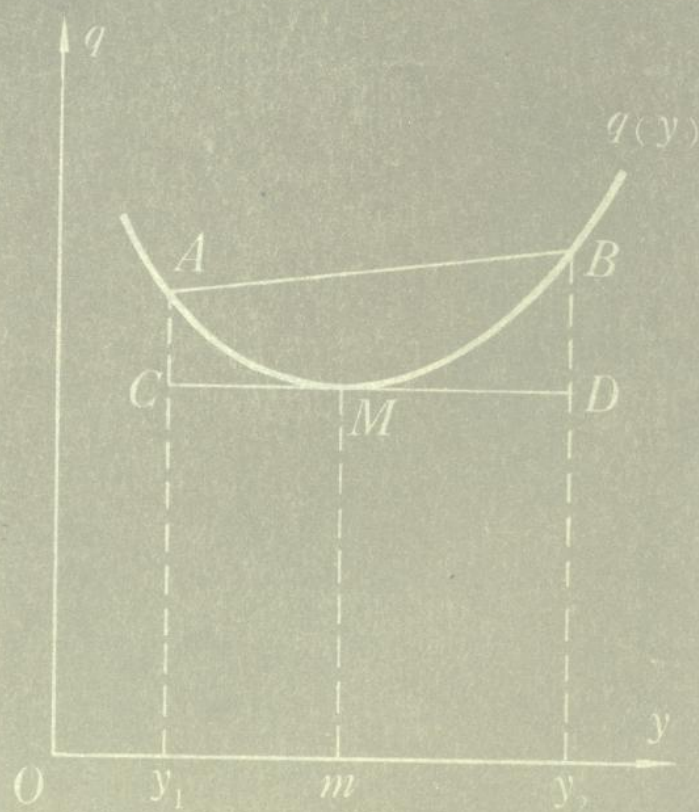
$L_9(3^4)$

正交法和三次设计

中国现场统计研究会三次设计组
全国总工会电教中心

编著

列号 条件号	1	2	3	4
1	1	1	3	2
2	2	1	1	1
3	3	1	2	3
4	1	2	2	1
5	2	2	3	3
6	3	2	1	2
7	1	3	1	3
8	2	3	2	2
9	3	3	3	1



科学出版社

912

0

51.912
140

正交法和三次设计

中国现场统计研究会三次设计组 编著
全国总工会电教中心



科学出版社

1985

8610491

DL24/26

内 容 简 介

提高设计水平是改进生产的关键性措施。三次设计指系统设计、参数设计和容差设计,其中第二次(参数)设计是十分重要的质量管理对策。处理多参数课题,正交表方法是一种高效率的最优化方法。

本书上篇介绍了什么是正交表。中篇介绍了多因素试验,除去基本方法的常规内容以外,新增配比试验、寿命试验、动态特性试验、容差试验、误差与重复、二次公式评分、优良性的理论说明等章节。下篇为计算机辅助设计,概括地介绍了国内外有关稳定性择优和直接择优的理论、方法和经验。书中载有多种行业(包括经济管理)的实例。书末附有比较齐全的常用正交表。

本书可供质量管理小组、设计人员、工程技术人员、管理人员、科研人员、试验工作者和大专院校师生等参照使用。

正交法和三次设计

中国现场统计研究会三次设计组 编著
全国总工会电教中心

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

河北省商业厅印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年12月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1985年12月第一次印刷 印张: 14 1/2
印数: 0001—35,000 字数: 318,000

统一书号: 13031·3128

本社书号: 4979·13-1

定 价, 3.00元

目 录

上篇 认识一下正交表

第一章 关于正交表	1
第一节 $L_8(2^7)$ 和 $L_4(2^3)$	1
第二节 $L_9(3^4)$	1
第三节 $L_{12}(6^1 \times 3^6)$ 和 $L_8(4^1 \times 2^4)$	2

中篇 多因素试验

第二章 二位级	4
第一节 2,4-二硝基苯肼的工艺改革	4
第二节 机械应用一例	11
第三节 市场试销一例	13
第三章 多位级、混合位级	15
第一节 三位级	15
第二节 多位级	20
第三节 混合位级	20
第四章 综合评分、灵活应用	26
第一节 排队评分	26
第二节 公式评分	28
第三节 误差与重复	33
第四节 关于挑因素	36
第五节 活动位级	37
第六节 关于选位级和选用正交表	42
第五章 优良性	46
第一节 均衡分散性	46
第二节 整齐可比性	50
第三节 工作意义	54
第六章 配比试验和寿命试验	57
第一节 配比试验	57
第二节 寿命试验	60
第七章 三次设计	63

第一节 简单介绍	63
第二节 通过试验提高稳定性	64
第三节 通过试验设计参数(卡车拐弯操纵性)	69
第四节 通过试验设计容差(华达呢染色)	70
习题	75

下篇 计算机辅助设计

第八章 质量损失函数	79
第一节 成本相同的假定	79
第二节 质量损失函数及其近似表达式	79
第三节 机能界限与出厂公差	80
第九章 可计算性	83
第一节 可计算性	83
第二节 选择合用的正交表	84
第三节 位级的选取	85
第四节 计算机自动选取位级	86
第十章 课题参数的直接择优	88
第一节 生产计划	88
第二节 声表面波谐振器及其它	94
第十一章 产品参数的直接择优	100
第一节 数字式温度计	100
第二节 可见——近红外超宽带的减反射膜及其它	105
第三节 汽车振动及其它	111
第十二章 稳定性基本知识	116
第一节 内干扰、外干扰和误差波动	116
第二节 提高稳定性的意义	116
第三节 稳定性指标	118
第四节 容差设计和调整系统偏差中用到的公式	120
第十三章 依偏差均方的稳定性择优	122
第一节 OTL电路的中点电压	122
第二节 废热锅炉的出气温度	133
第三节 稳压电源	139
第四节 惠斯登电桥及其它	151
第十四章 依信噪比的稳定性择优——电视机自动增益	157
第一节 按约束条件求解	158
第二节 稳定性正交设计	159
习题	163

附录一 正交表	165
甲、二位级	165
一、 $L_4(2^3)$	165
二、 $L_8(2^7)$	165
三、 $L_8(4^1 \times 2^4)$	165
四、 $L_{12}(2^{11})$	165
五、 $L_{16}(2^{15})$	166
六、 $L_{16}(8^1 \times 2^8)$	166
七、 $L_{32}(2^{31})$	167
八、 $L_{64}(2^{63})$	168
乙、三位级	170
九、 $L_9(3^4)$	170
十、 $L_{18}(3^7 \times 2^1)$	170
十一、 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$	170
十二、 $L_{27}(3^{13})$	171
十三、 $L_{54}(3^{25} \times 2^1)$	174
十四、关于 $L_{54}(6^1 \times 3^{24})$	171
十五、 $L_{81}(3^{40})$	172
丙、四位级	175
十六、 $L_{16}(4^5)$	175
十七、 $L_{16}(4^4 \times 2^3)$	175
十八、 $L_{16}(4^3 \times 2^6)$	175
十九、 $L_{16}(4^2 \times 2^9)$	175
二十、 $L_{16}(4^1 \times 2^{12})$	177
二十一、 $L_{32}(4^9 \times 2^4)$	176
二十二、关于 $L_{32}(4^1 \times 2^{28})$ 、 $L_{32}(4^2 \times 2^{25})$ 、……、 $L_{32}(4^8 \times 2^7)$	177
二十三、 $L_{64}(4^{21})$	182
二十四、 $L_{128}(4^{41} \times 2^4)$	178
丁、五位级	183
二十五、 $L_{25}(5^6)$	183
二十六、 $L_{50}(5^{11} \times 2^1)$	183
二十七、关于 $L_{50}(10^1 \times 5^{10})$	183
二十八、 $L_{125}(5^{31})$	184
戊、七位级	187
二十九、 $L_{49}(7^8)$	187
三十、 $L_{98}(7^{15} \times 2^1)$	188
三十一、关于 $L_{98}(14^1 \times 7^{14})$	187

己、其它	190
三十二、 $L_{64}(8^9)$	190
三十三、 $L_{81}(9^{10})$	191
三十四、 $L_{121}(11^{12})$	193
三十五、 $L_{169}(13^{14})$	195
附录二 标称值系列表	198
甲、电阻器标称阻值系列 (SJ618-73)	198
乙、精密电阻器标称阻值系列、精密电容器标称容量系列及其允许偏差 系列(SJ619-73)	198
附录三 “中国科协代表团参加美国科学促进会年会的报告” 摘引	200
附录四 关于正交选优法的一些观点	202
习题答案	217
参考文献	224
编后记	225

上篇 认识一下正交表

第一章 关于正交表

正交表是已经制作好的规格化的表，是正交法的基本工具。现在，我们先来认识一下正交表。

第一节 $L_8(2^7)$ 和 $L_4(2^3)$

表1.1 $L_8(2^7)$

试 验 号	列 号	1	2	3	4	5	6	7
1		1	1	1	2	2	1	2
2		2	1	2	2	1	1	1
3		1	2	2	2	2	2	1
4		2	2	1	2	1	2	2
5		1	1	2	1	1	2	2
6		2	1	1	1	2	2	1
7		1	2	1	1	1	1	1
8		2	2	2	1	2	1	2

表1.2 $L_4(2^3)$

试 验 号	列 号	1	2	3
1		1	1	1
2		2	1	2
3		1	2	2
4		2	2	1

$L_8(2^7)$ 有8个横行和7个纵列，由数码“1”和“2”组成。它有两个特点：

- (1) 每纵列恰有四个“1”和四个“2”；
- (2) 任意两个纵列，其横方向形成的八个数字对中，恰好 (1, 1)、(1, 2)、(2, 1) 和 (2, 2) 各出现两次。这就是说对于任意两个纵列，数码“1”、“2”间的搭配是均衡的。

$L_4(2^3)$ 跟 $L_8(2^7)$ 类似，也全由数码“1”和“2”组成，不同的是，它只有4个横行，3个纵列——它是最小的正交表。然而，它也具有类似的特点：

- (1) 每纵列恰有两个“1”，两个“2”；
- (2) 任意两个纵列，其横方向形成的四个数字对中，(1, 1)、(1, 2)、(2, 1) 和 (2, 2) 各出现一次，即它们的搭配也是均衡的。

第二节 $L_9(3^4)$

表1.3有9个横行和4个纵列。由数码“1”、“2”和“3”组成。它也具有前两张表

• 1 •

类似的特点：

(1) 每纵列“1”、“2”和“3”出现的次数相同，都是三次；

(2) 任意两个纵列，其横方向形成的九个数字对中，(1, 1)、(1, 2)、(1, 3)、(2, 1)、(2, 2)、(2, 3)、(3, 1)、(3, 2)和(3, 3)出现的次数相同，都是一次，即任意两列的数码“1”、“2”和“3”间的搭配是均衡的。

表1.3 $L_9(3^4)$

试验号 \ 列号	1	2	3	4
1	1	1	3	2
2	2	1	1	1
3	3	1	2	3
4	1	2	2	1
5	2	2	3	3
6	3	2	1	2
7	1	3	1	3
8	2	3	2	2
9	3	3	3	1

第三节 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ 和 $L_8(4^1 \times 2^4)$

表1.4 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$

试验号 \ 列号	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	3	2	2	1	2
2	1	2	1	1	1	2	1
3	1	3	2	3	3	3	3
4	2	1	2	1	2	3	1
5	2	2	3	3	1	1	3
6	2	3	1	2	3	2	2
7	3	1	1	3	1	3	2
8	3	2	2	2	3	1	1
9	3	3	3	1	2	2	3
10	4	1	1	1	3	1	3
11	4	2	2	3	2	2	2
12	4	3	3	2	1	3	1
13	5	1	3	3	3	2	1
14	5	2	1	2	2	3	3
15	5	3	2	1	1	1	2
16	6	1	2	2	1	2	3
17	6	2	3	1	3	3	2
18	6	3	1	3	2	1	1

表1.5 $L_8(4^1 \times 2^4)$

试验号 \ 列号	1	2	3	4	5
1	1	1	2	2	1
2	3	2	2	1	1
3	2	2	2	2	2
4	4	1	2	1	2
5	1	2	1	1	2
6	3	1	1	2	2
7	2	1	1	1	1
8	4	2	1	2	1

$L_{18}(6^1 \times 3^6)$ 有18个横行，7个纵列。第一纵列由数码“1”、“2”、“3”、“4”、“5”和“6”组成；而其余六列均由数码“1”、“2”和“3”组成。它仍有类似的两个特点：

(1) 每个纵列中，就各自的数码来说，出现的次数是相同的；

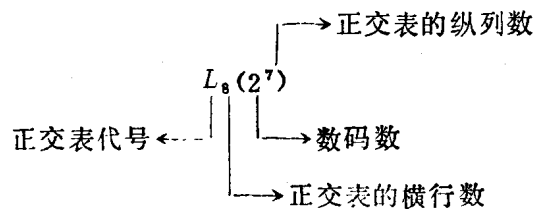
(2) 任意两个纵列，其横方向形成的十八个数字对中，就各自的数码来说，出现的

次数亦相同，即对任意两个纵列，它们数码间的搭配是均衡的。

至于 $L_8(4^1 \times 2^4)$ ，也仍有类似于上面的两个特点。

以上介绍的五张表是正交试验中最常用的。它们都具有“搭配均衡”的特性，这也

就是正交表的“正交性”的含义。至于正交表记号所表示的意思如下图所示：



怎样利用正交表来安排与分析多因素试验呢？在第二章中我们将用几个实例来详细说明。

中篇 多因素试验

第二章 二位级

在正交试验中，我们将那些所考察的对试验结果有影响的生产原料及工艺称之为因素。每种因素在试验中所要考察或比较的不同用量及不同状态称为位级。二位级的试验就是指每种因素都考察两个位级的试验。在二位级正交表所安排的试验方案中，由于每种因素只取两个位级，所以试验次数相对来说较少。在多分批的试验中，特别当试验误差大时，第一批试验可先分两个位级，由于以后的试验能改试新的位级，联合起来还是多个位级。而且，以后的试验，由于充分利用了前面试验的结果，所以位级就选的比较准。这种用二位级分批作试验的方法，能节省试验次数与提高试验效果。本章将通过三个实例来说明如何利用二位级的正交表安排试验，以达到节省试验次数、提高试验效果的目的。

第一节 2,4-二硝基苯肼的工艺改革

2,4-二硝基苯肼是一种试剂产品，用于检验醛酮色层分析及肝功能试验。此产品的外型为重要指标。如果产品外型出现紫色就为不合格品，桔黄色为合格品。北京化工厂过去采用的工艺，不仅工序烦杂，并且所得产品还需要大量的后处理，就是这样，产品有时还出现紫色外型。经过分析，决定采用水合肼与氯代苯在溶剂乙醇中直接合成的新工艺（如图2.1）。即在氯代苯与乙醇的混合溶液中，加入水合肼进行搅拌，反应中途再追加200毫升乙醇。经过小试验验证，结果无需后处理就能得到合格的产品。但产率只有45%。为提高产率，用正交法作了以下试验。

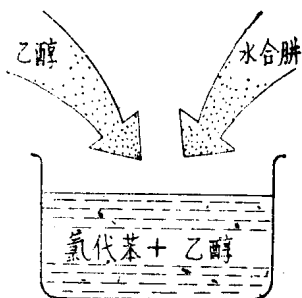


图 2.1

考核指标：产率（%）与颜色。

（一）挑因素、选位级

影响试验结果的因素是多种多样的。通过分析矛盾，在集思广益的基础上，决定本试验考察乙醇用量、水合肼用量、反应温度、反应时间、水合肼品种和搅拌速度六种因素。对于这六个要考察的因素，现分别按具体情况选出要考察、比较的条件——位级。

因素A——乙醇用量：第一位级 $A_1 = 200$ 毫升，第二位级 $A_2 = 0$ 毫升（即不加乙醇）。

由于反应环境中已有乙醇，能否砍掉追加乙醇这道工序呢？于是第二位级排了0毫升（不加），考察一下能否省下乙醇。

因素B——水合肼用量：第一位级 B_1 = 理论量的2倍，第二位级 B_2 = 理论量的1.2倍。

水合肼用量相对于主料氯代苯来说，应超过理论量（即化学平衡式算出的量），但应超过多少？心中无数，所以选用理论量的2倍和1.2倍来试一试。

因素C——反应温度：第一位级 C_1 = 回流温度（约70—80°C），第二位级 C_2 = 60°C。

回流温度容易掌握，便于操作，但对反应是否有利呢？现另选一个位级60°C与它比较。

因素D——反应时间：第一位级 D_1 = 4小时，第二位级 D_2 = 2小时。

因素E——水合肼纯度：第一位级 E_1 = 精品，第二位级 E_2 = 粗品。

水合肼有精品（浓度50%）与粗品（浓度20%）两种。过去用的是精品，现在增加一个粗品为第二位级，目的是看看能否用粗品代替精品，以降低成本和保障原料供应。一般来说，开始试验时常采用精品，在放样和投产时应试一试粗品能否代替精品。

因素F——搅拌速度：第一位级 F_1 = 中快速，第二位级 F_2 = 快速。

考察本因素及反应时间D，是为了看看不同操作方法对于产率和质量的影响。

把上面的讨论综合成一张因素位级表：

表 2.1

因 素	乙醇用量 A	水合肼用量 B	温 度 C	时 间 D	水合肼纯度 E	搅拌速度 F
位 级 1	200毫升	理论量的2倍	回 流	4 小 时	精 品	中 快
位 级 2	0毫升	理论量的1.2倍	60°C	2 小 时	粗 品	快 速

经过多年来的实践，我们感觉到：因素的次序可按工艺上先后出现时间的次序排列。这样排，在(二)中因素顺序上列以后，横着制定条件时，使用起来比较方便。

(二) 确定试验方案

表 $L_8(2^7)$ 最多能安排7个2位级的因素。本例有6个因素，可用该表来安排。具体过程如下：

1. 因素顺序上列

按照因素位级表中固定下来的六种因素的次序，A（乙醇用量）、B（水合肼用量）、C（反应温度）、D（反应时间）、E（水合肼纯度）和F（搅拌速度），顺序地放到 $L_8(2^7)$ 前面的六个纵列上，每列上放一种。第7列没有放因素，那么，它在安排试验条件上不起作用，可抹掉它。

2. 位级对号入座

六种因素分别在各列上安置好以后，再来把相应的位级按因素位级表所确定的关系，对号入座。具体来说：

第1列由A（乙醇用量）所占有，那么，在第1列的四个数码“1”的后面，都写

上(200毫升),即因素位级表中因素 A 的位级1所对应的具体用量 A_1 ;在第1列的四个数码“2”的后面都写上(0毫升),即 A_2 。

第2列由 B (水合肼用量)所占有,那么,在第2列的四个数码“1”的后面都写上(2倍),即因素 B 的位级1对应的实际用量 B_1 =理论量的2倍;在第2列四个数码“2”的后面都写上(1.2倍),即因素 B 的位级2对应的实际用量 B_2 =理论量的1.2倍。

第3、4、5和6列的填法也一样。这样就填得表2.2:

表 2.2

因素 列 号 试验号	乙醇用量 A	水合肼用量 B	温度 C	时间 D	水合肼纯度 E	搅拌速度 F
	1	2	3	4	5	6
1	1(200毫升)	1(2倍)	1(回流)	2(2小时)	2(粗品)	1(中快)
2	2(0毫升)	1(2)	2(60°C)	2(2)	1(精品)	1(中快)
3	1(200)	2(1.2倍)	2(60)	2(2)	2(粗品)	2(快)
4	2(0)	2(1.2)	1(回流)	2(2)	1(精品)	2(快)
5	1(200)	1(2)	2(60)	1(4小时)	1(精品)	2(快)
6	2(0)	1(2)	1(回流)	1(4)	2(粗品)	2(快)
7	1(200)	2(1.2)	1(回流)	1(4)	1(精品)	1(中快)
8	2(0)	2(1.2)	2(60)	1(4)	2(粗品)	1(中快)

3. 列出试验条件

表2.2是一张列好的试验方案表。表的每一横行表示要试验的一种条件。每种条件试验一次,该表共8个横行,因此要做8次试验。8次试验的具体条件如下:

第1号试验: $A_1B_1C_1D_2E_2F_1$, 具体内容是

乙醇用量: 200毫升;

水合肼用量: 理论量的2倍;

反应温度: 回流温度;

反应时间: 2小时;

水合肼纯度: 粗品;

搅拌速度: 中快。

第3号试验: $A_1B_2C_2D_2E_2F_2$, 具体内容是

乙醇用量: 200毫升;

水合肼用量: 理论量的1.2倍;

反应温度: 60°C;

反应时间: 2小时;

水合肼纯度: 粗品;

搅拌速度: 快速。

至于第2、4、5、6、7、8号试验的具体条件，读者可作为练习，自行排出。

到这里，完成了试验方案的制订工作。随后的任务是，按照方案中规定的每号条件严格操作，并记录下每号条件的试验结果。至于8个试验的顺序，并无硬性规定，怎么方便就怎么定。对于没有参加正交表的因素，最好让它们保持良好固定状态，如果试验前已知其中某些因素的影响较小，也可以让它们停留在容易操作的自然状态。

(三) 试验结果的分析

本例的考察指标是产品的产率和颜色。八个试验的结果填在表2.2的右方，得表2.3。

表 2.3

试 验 计 划							试验结果	
因素 列号 试验号	乙醇用量 A	水合肼用量 B	温 度 C	时 间 D	水合肼纯度 E	搅拌速度 F	产率	颜 色
	1	2	3	4	5	6	(%)	色
1	1(200毫升)	1(2倍)	1(回流)	2(2小时)	2(粗品)	1(中快)	56	合格
2	2(0毫升)	1	2(60°C)	2	1(精品)	1	65	紫色
3	1	2(1.2倍)	2	2	2	2(快)	54	合格
4	2	2	1	2	1	2	43	合格
5	1	1	2	1(4小时)	1	2	63	合格
6	2	1	1	1	2	2	60	合格
7	1	2	1	1	1	1	42	紫色
8	2	2	2	1	2	1	42	合格
I = 位级 1 四次 产率之和	215	244	201	207	213	205	I + II = 425 = 总和	
II = 位级 2 四次 产率之和	210	181	224	218	212	220		
极差 R = I、II 中的大数 - 小数	5	63	23	11	1	15		

怎样充分利用这八个试验的结果呢？

1. 直接看，可靠又冒尖

直接比较八个试验的产率，容易看出：

第2号试验的产率为65%，最高；其次是第5号试验，为63%。这些好效果，是通过试验直接得到的，比较可靠。第五章还将表明：正交表的好结果一般会比其它数学方法的好结果更好一些。

对于另一项指标——外观。第2号和第7号是紫色，颜色不合格，而第2号的产率

还是最高。为弄清出现紫色的原因，对这两号条件又各重复做一次试验。结果是，产率依旧，奇怪的是颜色却得到桔黄色的合格品。这表明，对于产率，试验是比较准确的，对于颜色，还有重要因素没有列入要考察的因素，而又没有固定在某个状态。工人师傅对这两号试验的前后两种情况进行具体分析后推测，影响颜色的重要因素可能是加料速度，决定在下批试验中进一步考察。

2. 算一算，有效待检验

对于正交试验的数量结果，通过简单的计算，往往能由此找出更好的条件，也能粗略地估计一下哪些因素比较重要，以及各因素的好位级在什么地方。怎么算呢？

在表2.3每一列的下方，分别列出了I、II与极差R，它们的算法如下：

如第1列的因素是乙醇用量A。它的I = 215是由这一列四个位级1(A₁)的产率加在一起得出的。第1列的数码“1”所对应的试验号是第1、3、5和7号，所以

$$(\text{产率和数}) I = ① + ③ + ⑤ + ⑦ = 56 + 54 + 63 + 42 = 215.$$

同样，II = 210是由第1列中四个位级2(A₂)的产率加在一起得出的，即

$$(\text{产率和数}) II = ② + ④ + ⑥ + ⑧ = 65 + 43 + 60 + 42 = 210.$$

其它五列的计算I、II的方法，跟第1列相同。

为了检查计算是否正确，对每列算得的I和II进行验证：

$$I + II = 425 \text{ (即8次试验产率的总和)}.$$

倘若不等，要找出差错，把它改正。

至于各列的极差R，由各列I、II两数中的大数减去小数即得。如：

$$\text{第1列乙醇用量的 } R = 215 - 210 = 5,$$

$$\text{第2列水合肼用量的 } R = 244 - 181 = 63.$$

怎样看待这些计算所得的结果呢？

首先，对于各列，比较其产率和数I和II的大小。如I比II大，则占有该列的因素的位级1，在产率上通常比位级2好；如II比I大，则占有该列的因素的位级2比位级1好。比如第4列的II = 218，它比I = 207大，这大致表明了时间因素以2位级为好，即反应时间2小时优于4小时。

极差R的大小用来衡量试验中相应因素作用的大小。极差大的因素，意味着它的两个位级对于产率所造成的差别比较大，通常是重要因素。而极差小的因素往往是不重要的因素。在本例中，第2列(水合肼用量B所占有)的R = 63，比其它各列的极差大。它表明对产率来说，水合肼用量是重要因素，理论量的2倍比1.2倍明显地提高产率。要想再提高产率，可对水合肼用量详加考察，决定在第二批试验中进行。第3、6和4列的R分别是23、15和11，相对来说居中，表明反应温度、搅拌速度和反应时间是二等重要的因素，生产中可采用它们的好位级。第1列的R = 5，第5列的R = 1，极差值都很小，说明两个位级的产率差不多，因而这两个因素是次要因素。本着减少工序、节约原料、降低成本和保障供应的要求，选用了不加乙醇(砍掉这道工序)A₂和用粗品水合肼E₂这两个位级。对于次要因素，选用哪个位级都可以，应根据节约方便的原则来选用。

现在按照 R 的大小,把因素的大致主次顺序,以及选用的位级排在下面,帮助大家看得更清楚:

水合肼用量	反应温度	搅拌速度	反应时间	乙醇用量	水合肼纯度
B_1	C_2	F_2	D_2	A_2	E_2
理论量2倍	60°C	快速	2小时	0毫升	粗品
				(不用)	

(四) 直接看和算一算的关系

怎样看待“直接看”与“算一算”的好条件呢?在本例中,正交试验向我们提供了“直接看”的好条件 $A_2B_1C_2D_2E_1F_1$ 与“算一算”的好条件 $A_2B_1C_2D_2E_2F_2$ 。本例有六个两位级的因素,可产生 $2^6 = 64$ 个试验条件,由正交表选出的八个条件是其中的一部分。然而,由正交表的正交性,这8个条件均衡地分散在这64个条件中,它们的代表性很强。所以“直接看”的好条件 $A_2B_1C_2D_2E_1F_1$ 的产率65%,在全体64个条件中会是相当高的。大量实践表明,这种好结果,在生产上常能起到很大的作用。

但8个条件毕竟只占全体的八分之一,即使不改进位级,也还有继续提高的可能。

“算一算”的目的,就是为了展望一下更好的条件。对于大多数项目,“算一算”的好条件(当它不在已做过的8个条件中时),将会超过“直接看”的好条件。不过,对于少部分项目,“算一算”的好条件却比不上“直接看”的好条件。由此可见,“算一算”的好条件(本例中为 $A_2B_1C_2D_2E_2F_2$),还只是一种可能好配合。

如果生产上急需,通常应优先补充试验“算一算”的好条件。经过验证,如果效果真有提高,就可将它交付生产上使用。倘若验证后的效果比不上“直接看”的好条件,就说明该试验的现象比较复杂。还有一种情况是,由于试验的时间较长,等不到验证试验的结果。对于这两种情况,生产上可先使用“直接看”的好条件,也可结合具体情况作些修改,而与此同时,另行安排试验,寻找更好的条件[参看第五章第二节的(五)]。

(五) 第二批撒小网

在第一批试验的基础上,为弄清影响颜色的原因及如何进一步提高产率,决定再撒个小网。做第二批正交试验。

1. 挑因素、选位级,制定因素位级表

根据上批试验的情况,以“算一算”的好条件为主,参考“直接看”的好条件以及对影响颜色的因素的分析猜测,决定挑出下面三个要考察的因素及相应的位级,安排第二批正交表,撒个小网。

因素 A ——粗品水合肼的用量。

第1位级 A_1 = 理论量的1.7倍,第2位级 A_2 = 理论量的2.3倍。

水合肼是上批试验中最重要的因素,应该详细考察。现决定在原好用量2倍的周

围,再取1.7倍与2.3倍两个新用量继续试验。至于水合肼的品种,由上批试验的“算一算”,知道它的极差很小,这表明粗品和精品的差别很小;又由上批的“直接看”知道,用粗品的第6号试验效果是相当好的,且精品又贵又少,所以这批试验都用粗品,即水合肼纯度这个因素在这批试验中不再考察,而保持在良好的固定状态——粗品。

因素B——反应时间。

第1位级 $B_1 = 2$ 小时,第2位级 $B_2 = 4$ 小时。

因为其它因素与位级有了变化,又由于第一线同志对2小时很有兴趣,为慎重起见,再比较一次2小时和4小时这两个位级。

因素C——加料速度。

$C_1 =$ 快, $C_2 =$ 慢

在追查出现紫色原因的验证试验后,猜想加料速度可能是影响颜色的重要原因,因此在这批试验中要重点地考察这个猜想。

综合以上,得因素位级表2.4:

表 2.4

因 素	水 合 肼 用 量	时 间	加 料 速 度
位 级 1	1.7倍	2小时	快
位 级 2	2.3倍	4小时	慢

至于上批试验的其它因素,为了节约与方便,这一批决定砍掉中途“加乙醇”这道工序。用“快速搅拌”,“反应温度 60°C ”虽然比回流好,但 60°C 难于控制,决定用 $60-70^{\circ}\text{C}$ 之间。另外,由于第一批试验效果很好,在第二批试验中,打算除去“精制主料氯代苯”这道危险工序,而一律采用工业氯代苯。

2. 利用正交表确定试验方案

$L_4(2^3)$ 是两位级的表,最多能安排3个两位级的因素,本批试验用它来安排是很合适的。

至于填表及确定试验方案的过程,即所谓“因素顺序上列”、“位级对号入座”及列出试验条件的过程已经介绍过,不再细述。将试验计划与试验结果列于表2.5。

表 2.5

试 验 计 划		试 验 结 果				
试 验 号	因 素 列 号	水合肼用量	时 间	加料速度	产 率	颜 色
		1	2	3	(%)	
1		1(1.7倍)	1(2小时)	1(快)	62	不合格
2		2(2.3倍)	1	2(慢)	86	合格
3		1	2(4小时)	2	70	合格
4		2	2	1	70	不合格
I =位级1二次产率之和		132	148	132	I + I = 288 = 总和	
II =位级2二次产率之和		156	140	156		
极差R = I、II中的大数 - 小数		24	8	24		