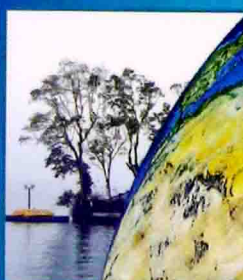


普通高等教育“十二五”规划教材

环境工程实验

潘大伟 金文杰 主编



化学工业出版社

014058709

X5-33

11

普通高等教育“十二五”规划教材

环境工程实验

潘大伟 金文杰 主 编



化学工业出版社

X5-33

11



北航

C1745456

014028708

本教材在总结环境工程专业课程设置特点的基础上，将环境工程学科对应的实验系统结合起来，合理调整基础型实验、综合设计型实验的层次比例，着重体现实验体系的基础性、实际应用的现实性和科技创新的动态性。教材内容包括：实验设计、误差与实验数据处理以及与环境监测、环境微生物、水污染控制工程、大气污染控制工程、噪声控制工程、固体废物处理工程相对应的实验项目共 30 个，其中大部分实验与科研和生产实际密切相关。本教材可作为高等学校环境工程专业的本科教材使用，同时可供相关专业的研究生和工程技术人员参考。

环境工程实验

潘大伟 金文杰 主编

图书在版编目(CIP)数据

环境工程实验/潘大伟, 金文杰主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-20905-4

I. ①环… II. ①潘…②金… III. ①环境工程-实验-高等学校-教材 IV. ①X5-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 124332 号

责任编辑: 满悦芝 石磊
责任校对: 宋夏

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印装: 三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 8 字数 156 千字 2014 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

“环境工程实验”是环境工程专业实践教学的重要组成部分。本教材在总结环境工程专业课程设置特点的基础上，将环境监测实验、环境微生物学实验、水污染控制工程实验、大气污染控制工程实验、噪声控制工程实验、固体废物处理工程实验等系统地结合起来，合理调整基础型实验、综合设计型实验的层次比例，着重体现实验体系的基础性、实际应用的现实性和科技创新的动态性。

在实验项目选择上突出科研促进教学的特点，实验项目追求科学性、准确性和实用性。教材力图巩固基础、加强实践、发展创新，注重学生基础素质、科研能力、工程应用能力和创新能力的培养，体现环境工程实验特色。

本教材内容包括：实验设计、误差与实验数据处理以及与环境监测、环境微生物、水污染控制工程、大气污染控制工程、噪声控制工程、固体废物处理工程相对应的实验项目共 30 个，其中大部分实验与科研和生产实际密切相关。本教材可作为高等学校环境工程专业的本科教材使用，同时可供相关专业的研究生和工程技术人员参考。

本教材的绪论、实验设计以及实验七、实验十二、实验十三、实验十四、实验十五、实验十六、实验二十六、实验二十七、实验二十八、实验二十九和实验三十由辽宁科技大学潘大伟副教授编写；实验二十一、实验二十二、实验二十三、实验二十四和实验二十五由辽宁科技大学金文杰教授编写；误差与实验数据处理及实验十一由辽宁科技大学艾天老师编写；其余实验项目由辽宁科技大学全艳玲副教授、王艳秋副教授、鞠兴华老师、吕艳丽老师和闫立东老师共同编写。

本书在编写过程中得到了辽宁科技大学王凤辉教授、董景波副教授、印明春老师的大力支持与帮助，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，诚恳地请各位读者对书中错误和不妥提出批评指正！

编者

2014 年 7 月

目 录

绪论	1
一、教学目的、内容及任务	1
二、教学要求	1
第一章 实验设计	3
一、实验设计简介	3
二、单因素优选法	3
三、双因素优选法	6
四、正交实验设计	7
五、正交实验分析实例	9
第二章 误差与实验数据处理	14
一、误差的基本概念	14
二、有效数字及其运算规则	18
三、实验数据处理	19
第三章 实验项目	22
实验一 色度的测定	22
实验二 溶解氧 (DO) 的测定 (碘量法)	25
实验三 化学需氧量的测定	28
实验四 滴定法测定水样中的氨氮	31
实验五 二苯碳酰二肼分光光度法测定水样中六价铬	34
实验六 混凝实验	37
实验七 吸附、氧化、混凝联合深度处理工业废水实验	42
实验八 污泥沉降比和污泥指数的测定实验	45
实验九 挥发性酚类的测定 (4-氨基安替比林直接光度法)	47
实验十 矿物油的测定	52
实验十一 冷原子荧光法测定水样中痕量汞	55
实验十二 芬顿氧化法处理难降解工业废水实验	58
实验十三 铁炭微电解法处理晚期垃圾渗滤液实验	61
实验十四 工业废水光催化反应设计实验	65
实验十五 区域环境噪声监测	68
实验十六 工业企业厂界噪声监测	75
实验十七 大气中氮氧化物的测定 (盐酸萘乙二胺比色法)	77
实验十八 碱液吸收气体中的二氧化硫实验	80

实验十九 光学法测定粉尘粒径	83
实验二十 比重瓶真空法测定粉体真密度	87
实验二十一 显微镜的使用和染色技术	90
实验二十二 血球计数法	96
实验二十三 培养基的制备和灭菌技术	99
实验二十四 接种、纯种分离技术	105
实验二十五 细菌菌落总数的测定	107
实验二十六 固废处理——电动修复铬污染土壤实验	108
实验二十七 固废处理——摇床分选	112
实验二十八 固废处理——磁力分选	114
实验二十九 固废处理——浮选实验	116
实验三十 固废处理——废镁砖回收处理氮磷废水实验	118
参考文献	121

1	.....	.....
14	.....	.....
17	.....	.....
18	.....	.....
21	.....	.....
23	.....	.....
26	.....	.....
28	.....	.....
31	.....	.....
34	.....	.....
35	.....	.....
36	.....	.....
37	.....	.....
38	.....	.....
39	.....	.....
40	.....	.....
41	.....	.....
42	.....	.....
43	.....	.....
44	.....	.....
45	.....	.....
46	.....	.....
47	.....	.....
48	.....	.....
49	.....	.....
50	.....	.....
51	.....	.....
52	.....	.....
53	.....	.....
54	.....	.....
55	.....	.....
56	.....	.....
57	.....	.....
58	.....	.....
59	.....	.....
60	.....	.....

绪 论

一、教学目的、内容及任务

环境工程专业是一门涉及理学和工学的多学科交叉新兴专业，该专业的实践教学环节在大学本科教学中占有十分重要的地位。近年来环境工程、环境科学等学科长足发展，新理论、新技术不断涌现，对教学内容的要求不断提高，尤其是实验教学对培养学生基础能力、应用能力和创新能力提出了更高要求。本教材力图巩固学生专业基础、加强实践、发展创新，注重学生基础素质、科研能力、工程应用能力和创新能力的培养。在具体的实验项目选择上突出科研促进教学，融合行业需求和特点，结合近年来环境工程领域的最新科研成果和教学经验，编制适合学生实验的教学实验项目。采用先进的实验技术、实验方法与手段，提升学生实践能力，掌握学科发展的动态，建立工程实践和学以致用思维方式。

环境工程专业实验是对应于环境工程专业所学“环境监测”、“水污染控制工程”、“大气污染控制工程”、“固体废物处理工程”、“噪声控制工程”、“环境化学”等专业课程所设的实验课程，是培养与训练环境工程专业学生具有从事环境监测、水污染处理、大气污染处理、噪声控制、固体废物处理的基本能力，从事环保各项科学研究及环保工作的重要实践性教学环节，是进行工程师基本训练的重要组成部分。本课程的目的和任务是：通过实验使学生掌握本课程的基本实验方法、实验手段及操作技能；学会正确使用各种测量仪器和实验仪器设备的方法；掌握正确的数据处理和图表绘制方法；培养学生运用所学理论进行科学研究、分析问题与解决问题的能力；通过理论与实践的结合，巩固和加深对所学基本原理的理解，在实践方面得到充实和提高，树立实事求是的科学态度和严谨的工作作风。

二、教学要求

1. 课前准备

为确保实验质量及安全，学生在进行实验之前必须预习实验内容，掌握实验项目的目的、原理，了解实验装置及实验步骤。进入实验室必须穿实验服，做好安全防护，准备好纸笔，遵守实验室规章制度。

2. 实验操作

实验前认真听指导老师讲解，了解注意事项，认真检查仪器设备、仪表是否完整齐全。实验过程中严格按照实验步骤及老师指导进行操作，要求能够掌握实验所用仪器的基本操作方法；学会各类实验用试剂的配制、标定、计算；能独立进行实验的全过程，包括装配和调节实验装置，准确进行实验操作，仔细观察实验现象，

测定、记录好实验数据。实验结束后，要将仪器设备整理好，清理实验台，保持实验室干净、整洁。

3. 实验数据处理

学会正确处理实验数据，掌握图表的绘制方法，能够根据实验现象或所得实验数据进行分析，得出正确结论。

4. 编写实验报告

将实验结果整理编写成一份完整的实验报告，是实验教学必不可少的组成部分。这一环节的训练可为今后写好科学论文或科研报告打下坚实基础。

报告包括下述内容。

- ① 实验目的及原理。
- ② 实验设备、试剂及实验步骤。
- ③ 实验数据整理及图表绘制。
- ④ 实验结果分析。
- ⑤ 思考题或讨论题。

第一章 实验设计

一、实验设计简介

实验是在设定的条件下进行的实践或探索。通过实验我们可以获取一定的数据资料和相关信息，通过对数据和相关信息的分析得出一定的结论。而在实验前需要制定一个科学、合理的实验计划，实验设计就是利用统计学的知识来制定实验计划。实验设计的内容包括确定实验目标、选择实验条件或参数、选择实验方法和分析方法、确定实验方案和数据处理等。实验设计是科学研究和实际生产过程中的重要内容，通过实验设计我们可以合理地安排实验内容和方式，力求用较少的实验次数获得较好结果，节省实验时间节约人力和物力。例如，某污水处理厂在使用膜处理中盐水过程中分别研究了进水压力、pH 和回收率 3 个影响因素，每个因素分别设 3 个水平。如果采用全面实验，需要 27 次才能完成，而采用正交实验，则需要 9 次可以完成。

实验设计的方法很多，在环境工程实验中常用的为优选法。此外，在优选区内利用正交表科学地安排实验点，进行正交实验设计也是广泛应用的一种方法。

优选法根据科研课题和生产中的不同问题，采用数学原理，科学合理地安排实验点，减少实验次数，在最短时间内找到最佳点的一类方法。优选法包括单因素和多因素优选法。在进行实验设计时，应根据实际情况采用合适的方法。

二、单因素优选法

单因素优选法首先假定： $f(x)$ 是定义在区间 (a, b) 的单峰函数。在实验设计中， $f(x)$ 指的是实验结果，区间 (a, b) 表示实验因素的取值范围。实验过程中用尽量少的实验次数，来确定 $f(x)$ 的最大值的近似位置。在环境工程领域常用的单因素优选法有黄金分割法、对分法、分数法、分批实验法等。

1. 黄金分割法

黄金分割法又称为 0.618 法，其基本方法为：第一个实验点 x_1 设在区间 (a, b) 的 0.618 位置上，第二个实验点 x_2 取成 x_1 的对称点。即

$$x_1 = a + 0.618(b - a) \quad (1-1)$$

$$x_2 = a + 0.382(b - a) \quad (1-2)$$

如果 $f(x_1) > f(x_2)$ ， $f(x_1) > f(a)$ ， $f(x_1) > f(b)$ ，则极值点在 (b, x_2) 之间，去掉 (x_2, a) 。然后在余下的范围内继续寻找好点，直到得出合适的结果，如图 1-1 所示。

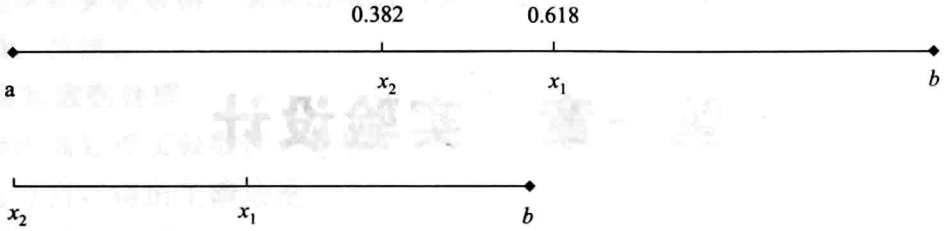


图 1-1 黄金分割法示意图

2. 对分法

对分法的特点是每个实验点的位置都在实验区间的中点，每做一次实验，实验区间长度就缩短一半。对分法的方法简单，能很快地逼近极值点。其使用条件如下。

- ① 要有已知的实验标准。
- ② 能根据一次实验的结果确定下次实验的选择方向。

具体方法为：首先确定实验区间 $[a, b]$ ，第一次实验点设在 (a, b) 的中点 x_1 ($x_1 = \frac{a+b}{2}$)。若根据实验结果判断好点在 (a, x_1) 这一侧，则去掉 (x_1, b) 。

第二次实验点则安排在 (a, x_1) 的中点 x_2 ($x_2 = \frac{a+x_1}{2}$)。如果实验结果判断好点在 (x_1, b) 这一侧，则去掉 (a, x_1) 这一侧，并在 (x_1, b) 这一侧继续取点。直至选出合适的值。

3. 分数法

分数法又叫菲波那契数列法。由菲波那契 (Fibonacci) 数列 (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ...) 得出分数数列 ($1/2, 2/3, 3/5, 5/8, 8/13, 13/21, 21/34, 34/55, 55/89, \dots$)，然后用分数数列来安排实验点的一种优选法。

通常，在实验条件受限只能做几次实验时，采用分数法较好，实验数只能取整数。在使用分数法进行单因素优选时，首先根据实验区间确定分数。

分数法实验点的位置，可用下列公式求得：

$$\text{第一个实验点} = (\text{大数} - \text{小数}) \times \frac{F_n}{F_{n+1}} + \text{小数} \tag{1-3}$$

$$\text{新实验点} = (\text{大数} - \text{中数}) + \text{小数} \tag{1-4}$$

式中，中数为已实验的实验点数值。

新实验点安排在余下范围内与已实验点相对称的点上，新实验点到余下范围的中点的距离等于已实验点到中点的距离，同时新实验点到左端点的距离也等于已实验点到右端点的距离 (见图 1-2)，即

$$\text{新实验点} - \text{左端点} = \text{右端点} - \text{已实验点}$$

移项后即得式 (1-4)。

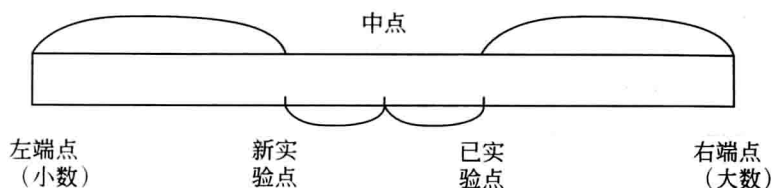


图 1-2 分数法实验点位置示意图

表 1-1 为分数法实验点位置与实验次数。

表 1-1 分数法实验点位置与实验次数

分数 F_n/F_{n+1}	第一批 实验点位置	等分实验范围 份数 F_{n+1}	实验次数
2/3	2/3, 1/3	3	2
3/5	3/5, 2/5	5	3
5/8	5/8, 3/8	8	4
8/13	8/13, 5/13	13	5
13/21	13/21, 8/21	21	6
21/34	21/34, 13/34	34	7
34/55	34/55, 21/55	55	8

4. 分批实验法

为缩短实验时间，可采用同一批次多个实验同时进行的方法，即分批实验法。该方法又可分为均分法和比例分割法。

(1) 均分法 具体实验步骤为：每批设定 $2n$ 个实验，先把实验范围等分为 $(2n+1)$ 段，然后在 $2n$ 个分点上做第一批实验，比较实验结果，留下效果好的点及相邻左右一段，然后把这两段都等分为 $(n+1)$ 段，在分点处继续做第二批实验，直至得出合适的值，如图 1-3 所示。

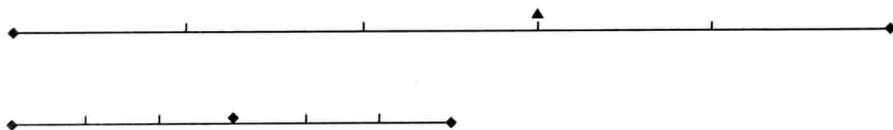


图 1-3 均分法示意图

(2) 比例分割法 具体实验步骤为：每批设定 $2n+1$ 个实验，先把实验范围划分为 $2n+2$ 段，相邻两段长度为 a 和 b ($a > b$)，长短段比例为：

$$\lambda = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{n+5}{n+1}} - 1 \right) \quad (1-5)$$

在 $(2n+1)$ 个分点上做第一批实验，比较实验结果，在较好的实验点左右留下一长一短。然后把 a 分成 $2n+2$ 段，相邻两段为 a_1 、 b_1 ($a_1 > b_1$)，且 $a_1 = b$ ，如图 1-4 所示。

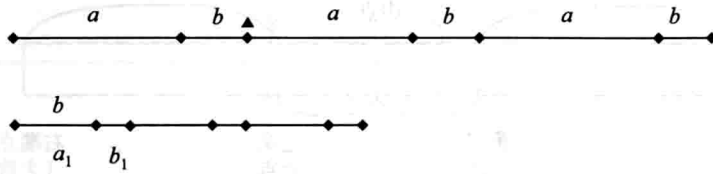


图 1-4 比例分割法示意图

依次划分下去，直至找到合适的值。

三、双因素优选法

双因素优选法就是以尽可能短的时间得到二元函数 $z=f(x, y)$ 的最大值，及其对应的 (x, y) 点。

1. 对开法

在直角坐标系中确定一个矩形作为优选范围，在矩形内部画出两条中线，分别在两条中线 $[x=(a+b)/2; y=(c+d)/2]$ 上用单因素法找最大值 P 、 Q ，比较 P 、 Q 值的大小，如果 Q 值大，就去掉 $x=(a+b)/2$ 的一部分，则去掉另一部分。在余下部分的两条中线上重复第一步的实验，直到得到所需的值为止。如图 1-5 所示。

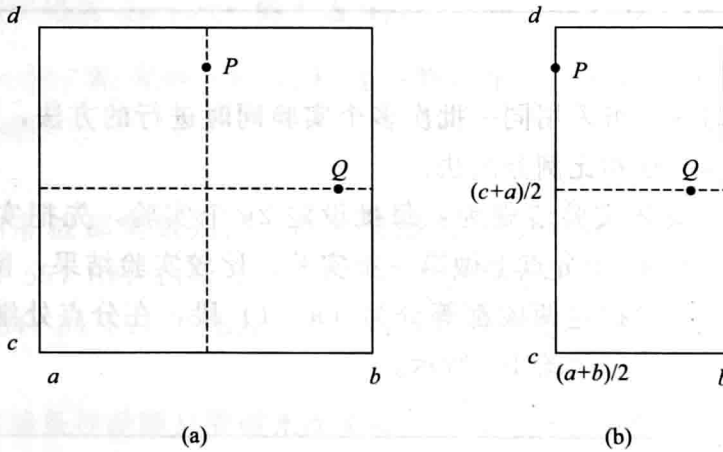


图 1-5 对开法示意图

2. 旋升法

旋升法又称为从好点出发法，首先在直角坐标系中确定一个矩形作为优选范围，在矩形内部画出一条中线 $x=(a+b)/2$ ，在中线上用单因素法找最大值 P_1 ，在过 P_1 点与中线垂直的线上用单因素法找最大值 P_2 ；然后在过 P_2 点与第二条线垂直的线上用单因素法找最大值 P_3 ，依此类推，直到得到合适的值。如图 1-6 所示。

3. 平行线法

在研究两个因素的影响实验中，常会遇到一个因素易调整、另一个因素不易调整的情况，此时可以采用平行线法。具体过程为：首先选定优选范围 $(a < x < b)$ ，

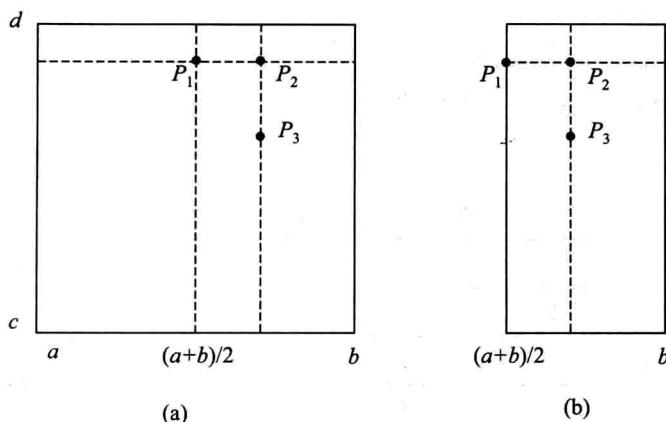


图 1-6 螺旋法示意图

$c < y < d$), 并设定 x 易调整, y 不易调整, 把 y 先固定在其实验范围的 0.618 处, 过该点作平行于 x 轴的直线, 并用单因素方法找出另一因素 x 的最佳点 P 。再把因素 y 固定在 0.382 处, 用单因素法找出因素 x 的最佳点 Q 。比较 P 和 Q , 如果 P 好, 则去掉 Q 点下面部分, 然后再用同样的方法处理余下的部分, 直到得到合适的值。如图 1-7 所示。

四、正交实验设计

在实际的科学研究及生产过程中, 影响因素往往是复杂的。实验结果往往受多个因素影响, 而同一因素, 其不同水平也会引起实验结果的变化。如果将不同因素和水平全面搭配, 进行全面实验设计, 则实验次数非常多, 在有限的时间、人力和物力条件下, 将难以完成这样的实验组合。例如, 在使用膜处理中盐水过程中分别研究了进水压力、pH 和回收率 3 个影响因素, 每个因素分别设 4 个水平。如果采用全面实验, 则需要 64 次才能完成。这样的实验在短期内是无法实现的。而采用正交实验法则能够很好地解决这一问题。正交实验法是在优选区内利用正交表科学地安排实验点, 通过实验结果的数据分析, 缩小优选范围, 或者得到较优点的多因素实验方法。

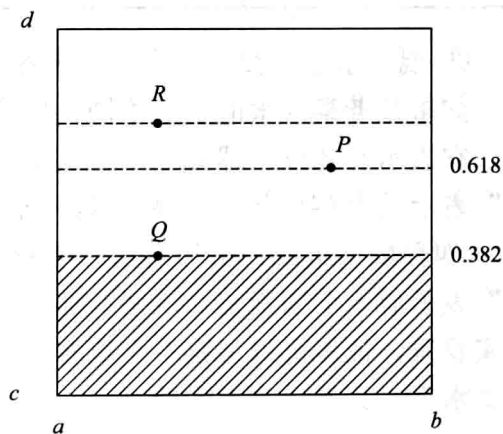


图 1-7 平行线法示意图

1. 正交表的构造

用正交设计法安排实验都要用正交表。它是正交实验设计法中合理安排实验, 以及对数据进行统计分析的工具。

常用正交表的形式为:

$$L_n(r^m) \quad (1-6)$$

式中, L 为正交表的符号; n 为要做的实验次数; r 为因素的水平数; m 为最

多允许安排的因素个数。

正交表可分为如下几种形式。

① 等水平正交表：指各个因素的水平数都相等的正交表。如 $L_8(2^7)$ (见表 1-2), $L_{27}(3^{13})$ 。

表 1-2 $L_8(2^7)$ 正交表

实验号	列号						
	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

② 混合水平正交表：指实验中各因素的水平数不相等的正交表。

如果被考察因素的水平不同，应采用混合型正交表。如 $L_8(4 \times 2^4)$ (见表 1-3)，它表示有 8 行 (即要做 8 次实验) 5 列 (即有 5 个因素)；而括号内的第一项“4”表示被考察的第一个因素是 4 水平，在正交中位于第一列，这一列由 1、2、3、4 四种数字组成；括号内第二项的指数“4”表示另外还有 4 个考察因素；底数“2”表示后 4 个因素是 2 水平，即后 4 列由 1、2 两种数字组成。用 $L_8(4 \times 2^4)$ 安排实验时，最多可以考察一个具有五因素的问题，其中一因素为 4 水平，另四因素为 2 水平，共要做 8 次实验。

表 1-3 $L_8(4 \times 2^4)$ 正交表

实验号	列号				
	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

2. 正交设计法安排多因素实验的步骤

① 明确实验目的，确定实验指标。实验前需明确实验需要解决的问题，并确定可以量化的指标。如提高焦化废水可生化性实验中，实验目的是为了提高焦化废水的可生化性，其实验指标为 B/C 。

② 选择因素水平，列出因素水平表。在众多影响因素中，需优选对实验指标影响大的因素，去掉不可控因素。因素选出后，应根据所掌握的资料和相关知识确定每个因素的范围和水平。因素水平选定后，便可列出因素水平表。

③ 选用正交表。正交表的选择要求在能够安排下实验因素和交互作用条件下，尽可能选择较小的正交表。对于等水平实验，正交表的列数大于或等于因素及交互作用所占列数。对于水平不等的实验，混合正交表的某一水平的列数应大于或等于相应水平的因素数。

④ 表头设计。表头设计就是将因素和交互作用合理地安排到正交表的各列中。若无交互作用，各因素可以随意安排。若有交互作用，各因素需按对应的正交表的交互作用列表安排到相应的列中。

⑤ 编制实验方案。根据表头设计，将正交表每一列（不含交互作用列）的不同水平数字换成对应因素的水平值。

3. 实验结果分析

实验结束后，需对获得的实验数据进行分析以获得正确结论。常用的有极差分析法、方差分析法。

通过实验结果分析，我们可以达到如下目的。

- ① 确定各因素及交互作用对实验指标影响的主次顺序及影响的显著程度。
- ② 在供试条件下，可以得到各因素、水平的最优组合。
- ③ 可以得到实验指标随因素变化的规律。
- ④ 可以判断实验误差。

五、正交实验分析实例

通常，焦化废水通过一级处理（预处理）、二级处理（生化处理）和三级处理（深度处理）后，其色度和 COD 才能达标排放或满足回用要求。在三级处理中，采用吸附、氧化及混凝联合处理可取得较好的处理效果。为了解吸附剂、氧化剂、混凝剂和焦化废水脱色及 COD 去除率之间的关系，采用正交实验法进行实验。

1. 实验方案确定及实验

(1) 实验目的 实验是为了找出影响焦化废水二级生化出水脱色及 COD 去除率的主要因素并确定各参数的最佳组合条件。

(2) 挑选因素 在废水处理领域，吸附剂、氧化剂、混凝剂的种类很多。根据焦化废水二级生化出水的性质、水质指标以及不同处理药剂的特性，确定本实验中吸附剂为膨润土，氧化剂为次氯酸钙，混凝剂为聚合氯化铝。

(3) 确定各因素的水平 根据实际应用经验，确定每个因素选用 4 个水平，结果如表 1-4 所示。

表 1-4 正交实验因素与水平

水平 \ 因素	膨润土(A)/g	次氯酸钙(B)/g	聚合氯化铝(C)/g
1	0.6	0.20	0.030
2	0.9	0.25	0.045
3	1.2	0.30	0.060
4	1.5	0.35	0.075

(4) 确定实验指标 本实验以焦化废水的脱色率和 COD 去除率为评价指标。

(5) 选择正交表 根据以上所选择的因素与水平, 选择 $L_{16}(4^4)$ 正交实验表, 见表 1-5。

表 1-5 $L_{16}(4^4)$ 正交实验表

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

(6) 确定实验方案 根据已定的因素、水平及选用的正交表确定实验方案。

① 因素顺序上列。

② 水平对号入座。

则得出正交实验方案表 1-6。

③ 确定实验条件并进行实验。根据表 1-6, 共需进行 16 次实验, 每组具体实验条件如表中 1~16 各横行所示。

表 1-6 正交实验方案表 $L_{16}(4^4)$

因素 实验号	膨润土(A)/g	次氯酸钙(B)/g	聚合氯化铝(C)/g
1	0.6	0.20	0.030
2	0.6	0.25	0.045
3	0.6	0.30	0.060
4	0.6	0.35	0.075
5	0.9	0.20	0.045
6	0.9	0.25	0.030
7	0.9	0.30	0.075
8	0.9	0.35	0.060
9	1.2	0.20	0.060
10	1.2	0.25	0.075
11	1.2	0.30	0.030
12	1.2	0.35	0.045
13	1.5	0.20	0.075
14	1.5	0.25	0.060
15	1.5	0.30	0.045
16	1.5	0.35	0.030

2. 实验结果及分析

根据实验过程得出实验数据,对数据处理后得出实验指标,然后作正交实验分析及方差分析,具体做法如下。

(1) 填写评价指标 将每一实验条件下的原始数据,通过数据处理后求出色度去除率和 COD 去除率,填写在表 1-7 相应的列内。

(2) 计算各列的 K 、 \bar{K} 及极差 R (参见《试验优化设计与统计分析》,李志西、杜双奎主编) 将计算结果填到表 1-8 相应列中。

表 1-7 正交实验结果

序号	黏土矿物(A) /g	氧化剂(B) /g	絮凝剂(C) /g	空白(D)	色度去除率 /%	COD 去除率 /%
1	1	1	1	1	90.9	51.8
2	1	2	2	2	93.2	61.1
3	1	3	3	3	96.9	65.8
4	1	4	4	4	94.6	61.5
5	2	1	2	3	93.2	64.6
6	2	2	1	4	94.3	56.2