

授课内容

模拟与仿真

建模与求解

数据处理

实验设计

模拟与仿真

建模与求解

数据图表化

实验设计



实验设计与分析



实验设计的重要性

实验前
设计

30-40%

实验

20-30%

试验后
分析

30-40%



实验设计：为什么？

回归分析

用模型**定量化**描述实验因素对响应变量的影响

方差分析

考察实验因素（主效应、交互）对响应变量的影响及其**显著性**，对因素进行取舍



实验设计基本概念

实验设计，也称试验设计，就是对实验进行科学、合理的安排，以达到最好的实验效果。



实验设计是实验得以开展的依据



实验设计是数据处理的前提



实验设计是提升科研成果说服力的重要保证

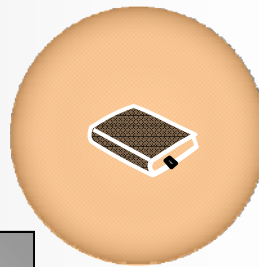


完善、科学的实验设计

能合理安排
相关实验因素



有效分析
实验数据

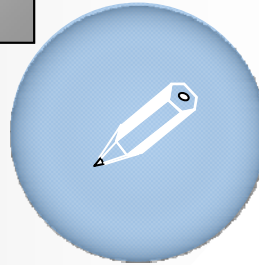


四个要求

严格控制
实验误差



用较少人力
物力和时间
最大限度获取丰
富而可靠的资料





实验设计的类型

演示实验

验证实验

验证一种科学推断的
正确性，可以作为其
它实验方法的补充

探索实验

高效率地找出
最优实验条件

优化实验

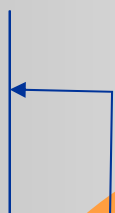
比较实验

检验一种或几种
处理的效果

实验设计三要素



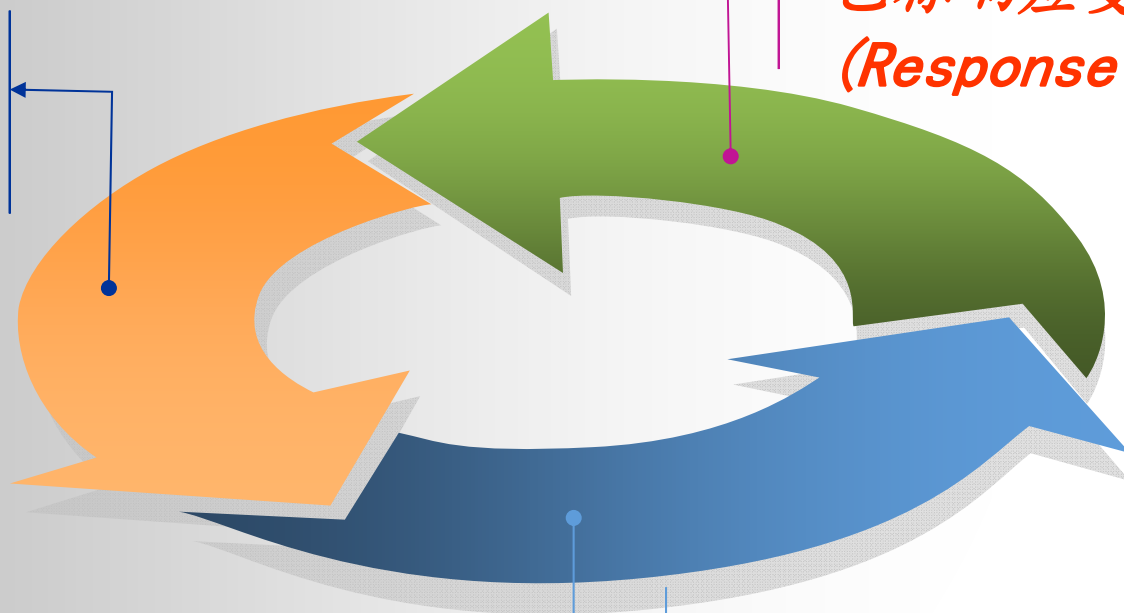
实验
对象



实验效应，是衡量实
验结果好坏的指标，
也称响应变量
(Response variable)



实验因素，又称实验因子，
是待考察的实验条件，或可
能对因变量有影响的变量





因素的水平 (Level)

因素的不同取值（或等级）称作水平，例如，性别有男、女两个水平；浓度有0，20，30mg/L三个水平；剂量有低，中，高三个水平；年龄有 ≤ 30 ，30-60， ≥ 60 等。

因素会有不止一个水平，而分析的目的就是考察或比较各个水平对因变量的影响是否相同。

按因素的设定水平，对实验对象所做的操作称为**处理(Treatment)**。

固定因素 (Fixed Factor)

指的是该因素所有可能的水平，在目前所研究的样本中都出现了。于是，从目前所研究的样本之分析结果，便可以得知该因素所有水平的状况，无需进行外推。

绝大多数情况下，研究者所真正关心的因素都是固定因素。



Univariate [X]

Subject [subject]
 Anxiety [anxiety]
 Tension [tension]
 Trial 1 [trial1]
 Trial 2 [trial2]
 Trial 3 [trial3]
 Trial 4 [trial4]

Dependent
[]

Fixed Factor(s):
[]

Random Factor(s):
[]

Covariate(s):
[]

WLS Weight:
[]

Model...
 Contrasts...
 Plots...
 Post Hoc...
 Save...
 Options...

OK Paste Reset Cancel Help



随机因素 (Random Factor)

该因素所有可能的取值在样本中并没有都出现。目前所研究的样本中，所出现（采用）的这些水平仅仅是从总体中随机抽样而来，因此，如果重复本研究，则所采用的该因素的水平将可能会和现在完全不同。这时，研究者显然希望得到的是一个能够“泛化”，即对所有可能出现的水平均适用的结果。这不可避免地存在误差。为此，需要估计误差的大小。

协变量 (Covariates)

对因变量可能有影响，为此，需要在分析时对其作用加以控制的连续性变量。

实际上，可以简单地把因素和协变量分别理解为分类自变量和连续性自变量

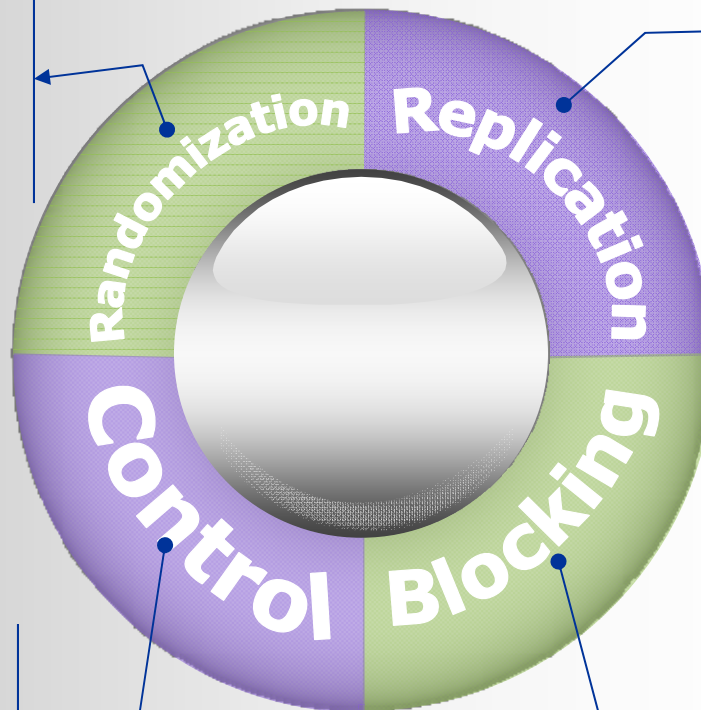
当模型中存在协变量时，一般是通过找出它与因变量的回归关系来控制其影响



实验设计四原则

随机化原则。每个处理以概率均等的原则，随机地安排在实验对象上

重复原则。独立测量和重复测量



对照原则。空白对照、安慰剂对照、实验条件对照、标准对照、历史或中外对照

区组原则。人为划分的时间、空间、设备等实验条件



常见实验设计种类

交叉设计

序贯设计

裂区设计

析因设计

正交设计

类型

完全随机设计

随机区组设计

拉丁方设计

均匀设计

响应面设计

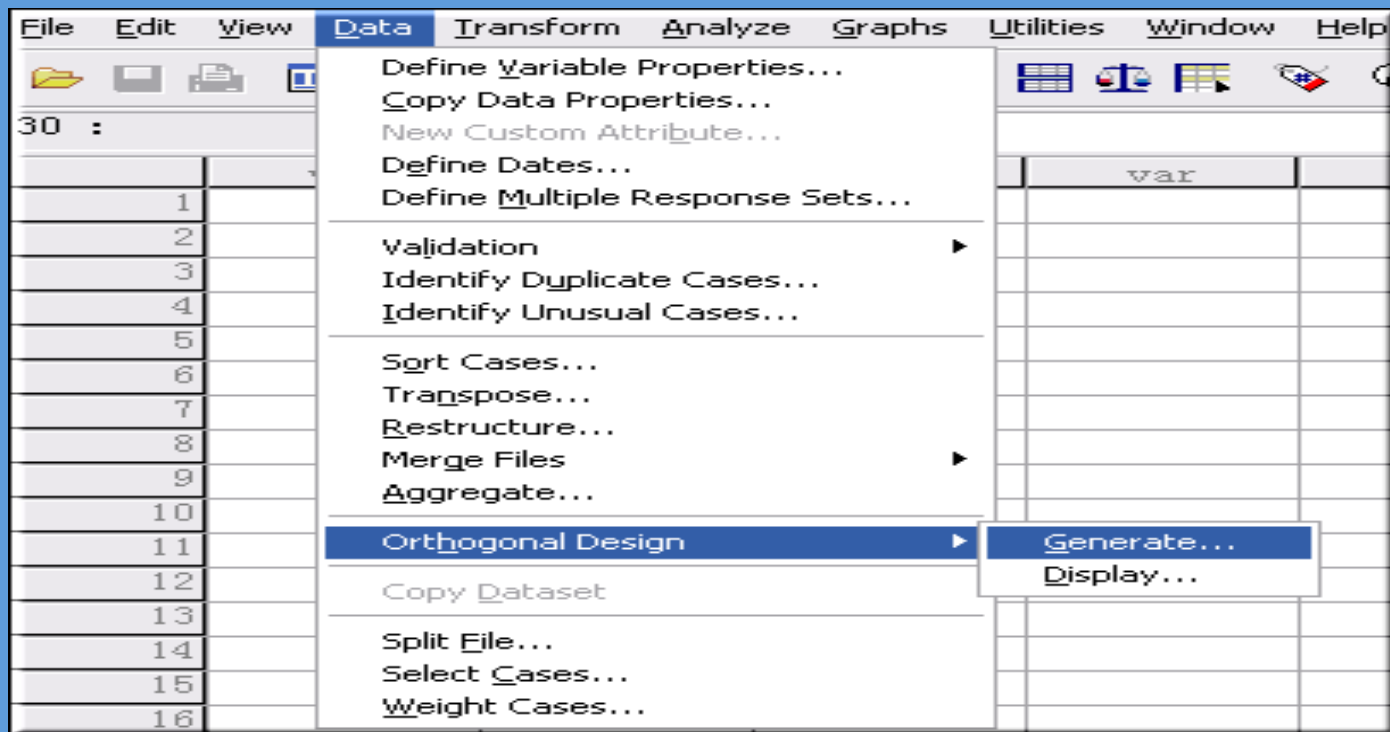


具有实验设计功能模块的软件



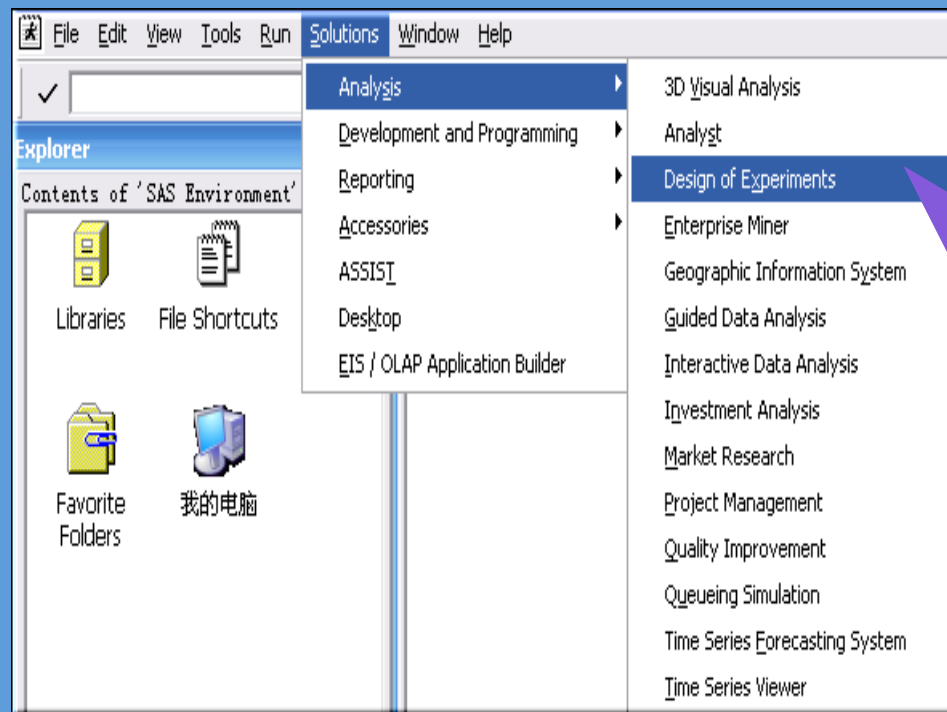


SPSS





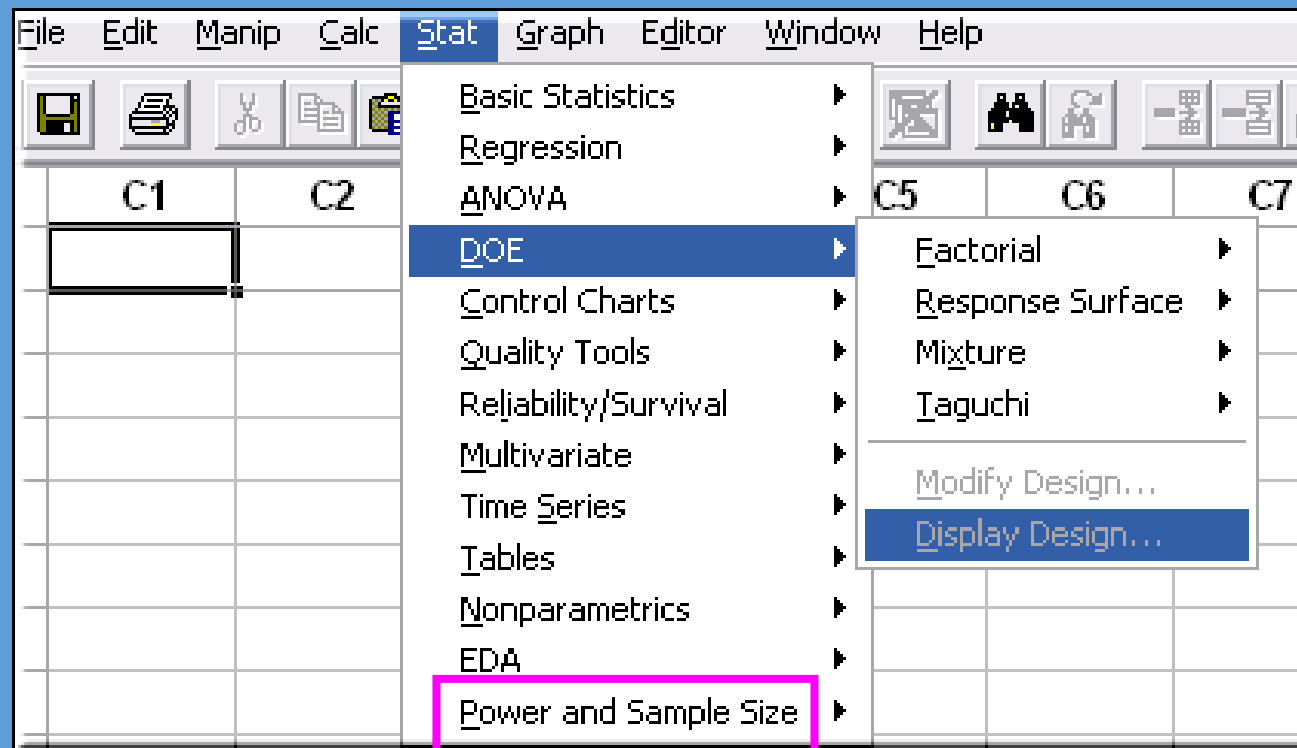
SAS



2-Level design
Response surface design
Mixture design
Mixed level design
Optimal design
Split-plot design
General factor design

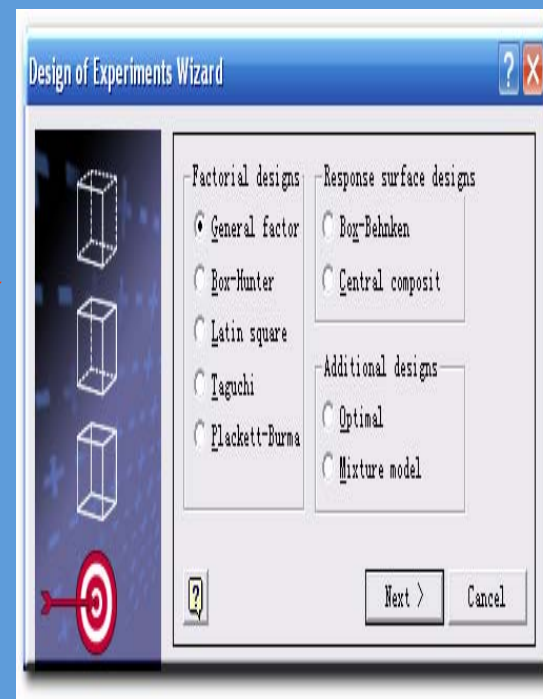
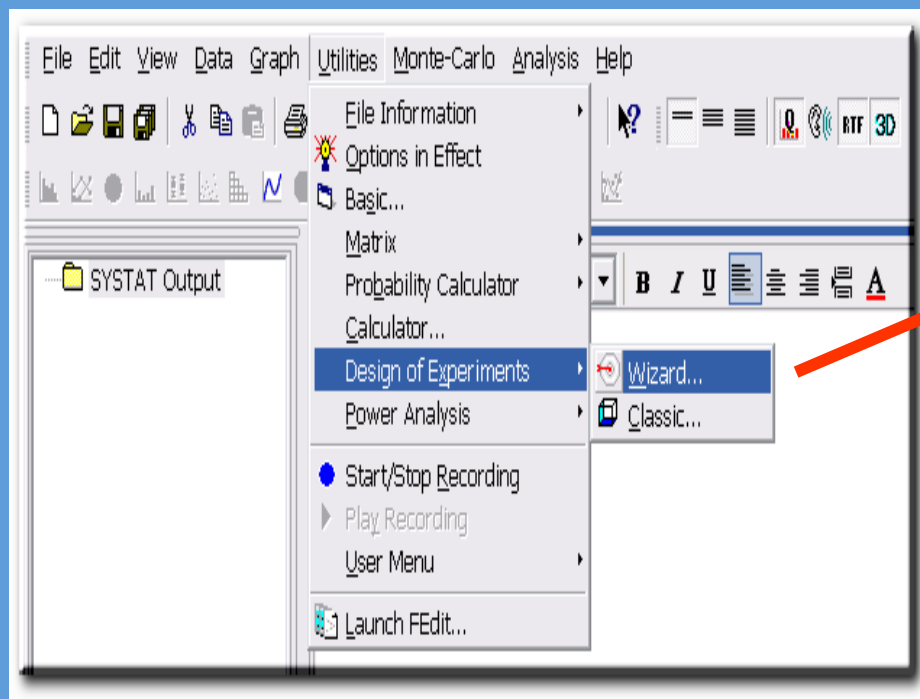


Minitab



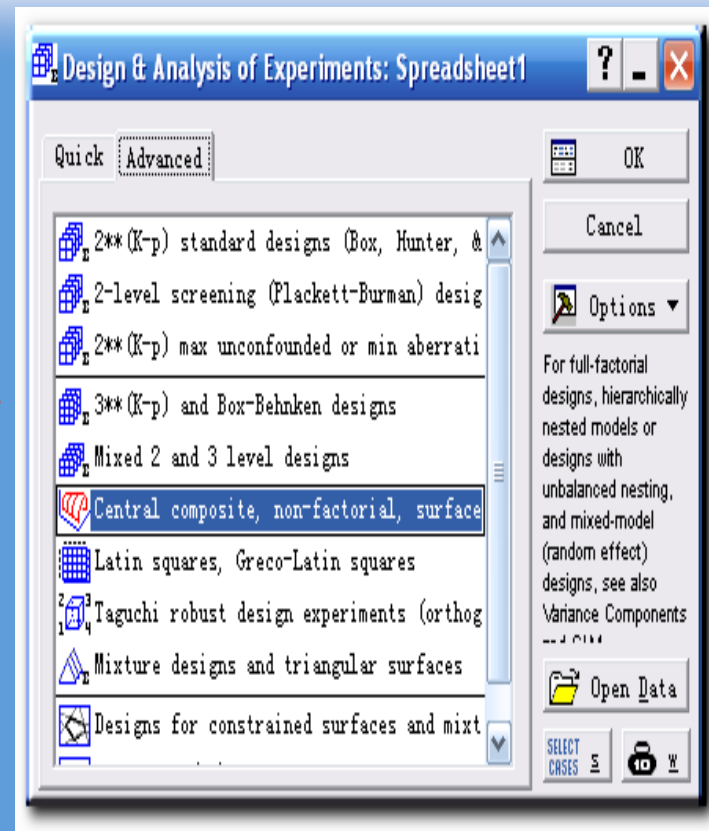
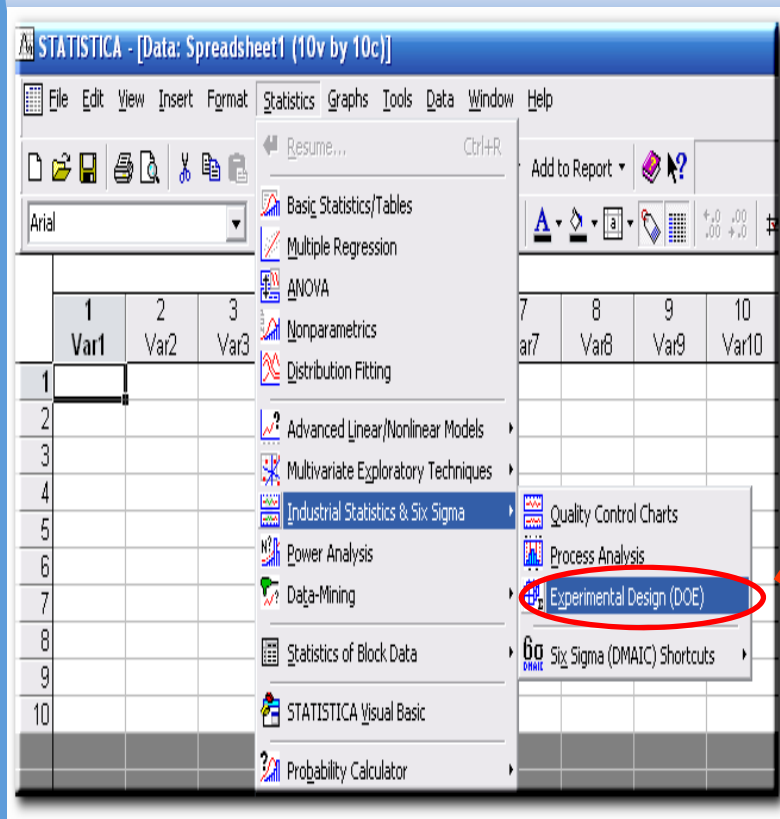


Systat



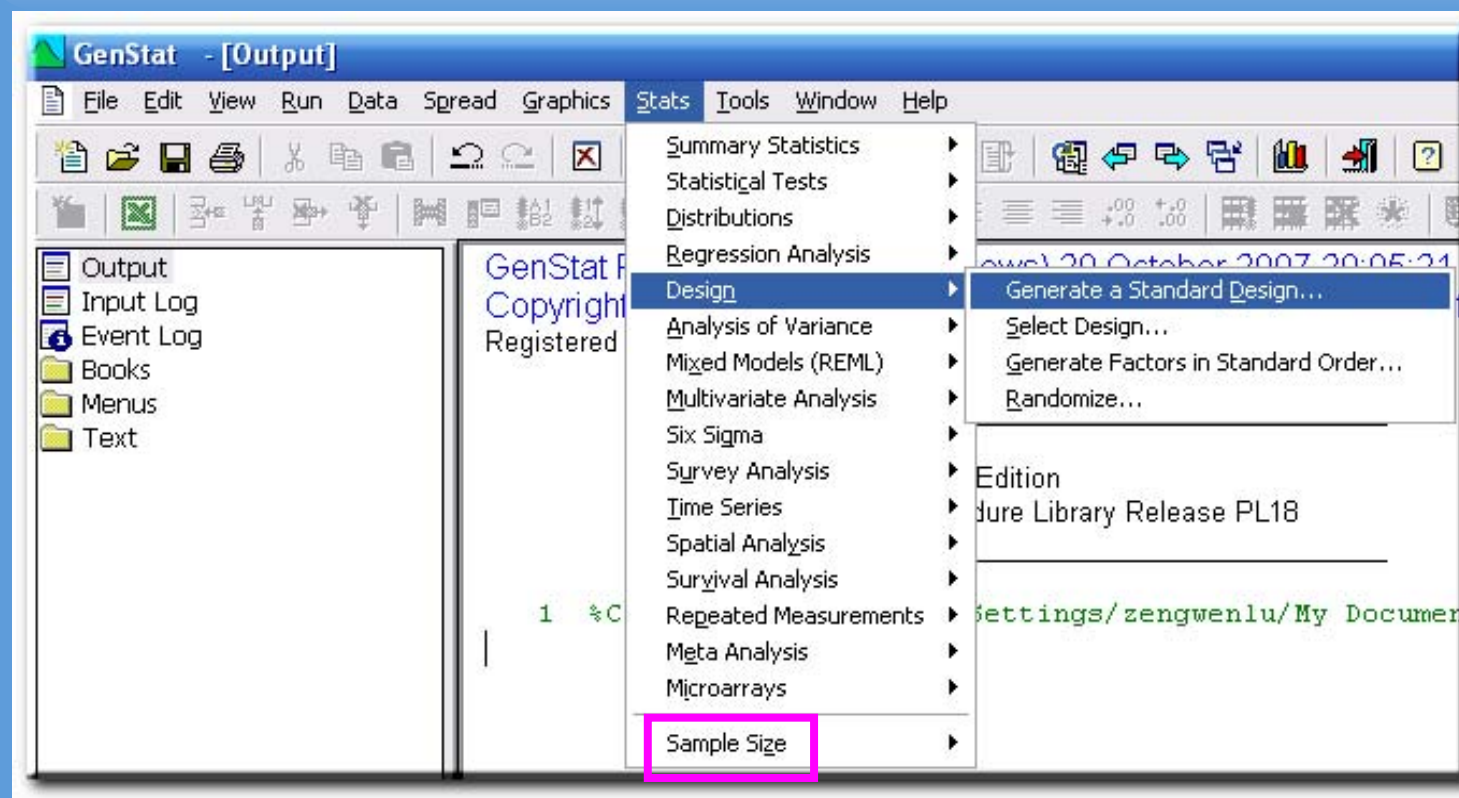


Statistica





Genstat





Genstat

Question

Which type of design would you like to generate?

- | | |
|--|---|
| ☐ orthogonal hierarchical designs (randomized blocks, split-plots) | ☐ complete and quasi-complete Latin squares |
| ☐ factorial designs (with interactions confounded with blocks) | ☐ alpha designs |
| ☐ fractional factorial designs (with blocking) | ☐ cyclic designs |
| ☐ lattice designs | ☐ balanced-incomplete-blocks |
| ☐ lattice squares | ☐ neighbour designs |
| ☐ Latin squares (also Graeco-Latin squares etc as feasible) | ☒ central composite designs |
| ☐ Latin squares balanced for carry-over effects | ☐ Box-Behnken designs |
| ☐ semi-Latin squares (Trojan, interleaving and inflated) | ☐ Plackett Burman (main effect) designs |

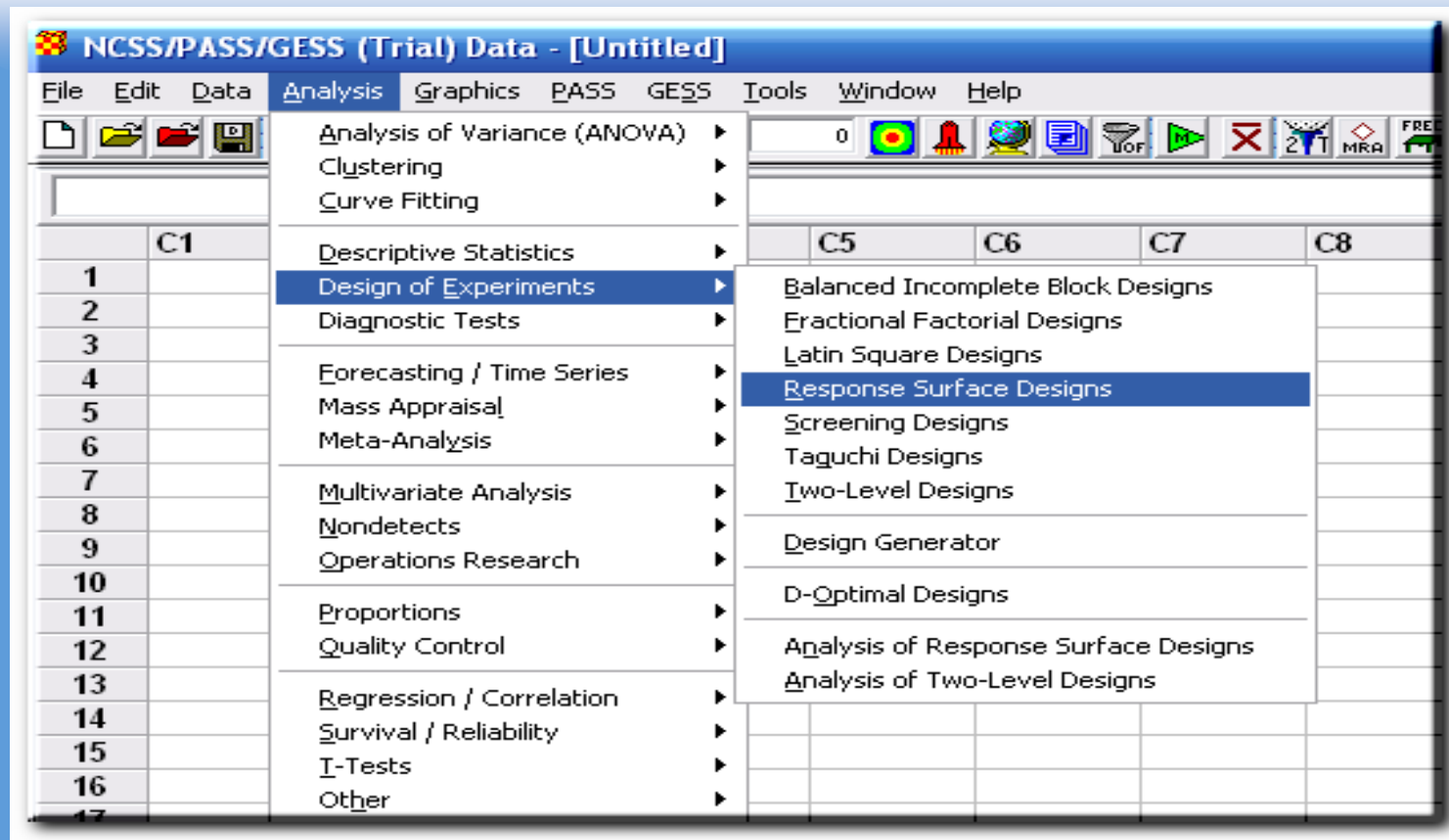
OK

Help

Exit

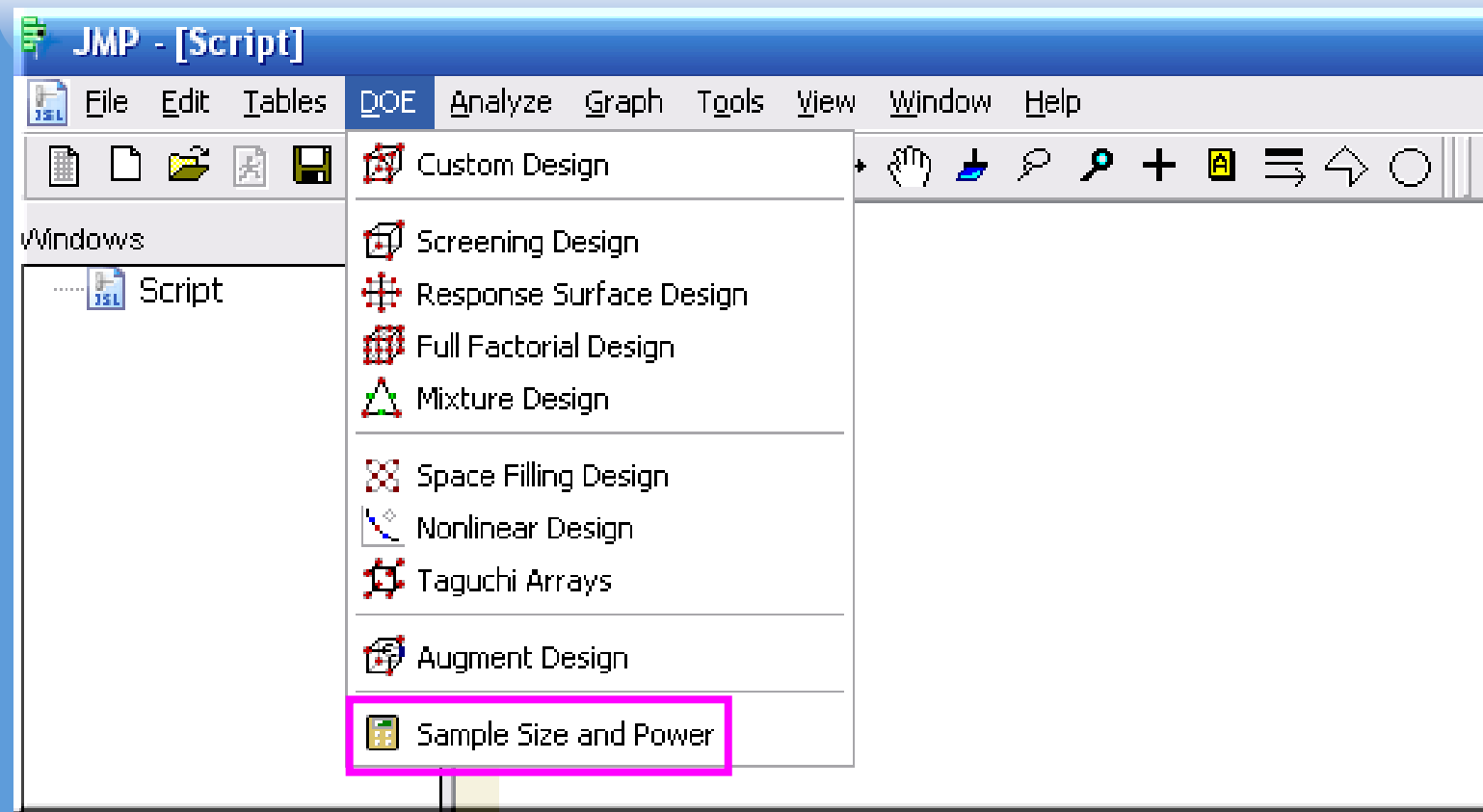


NCSS/PASS/GESS





JMP





S-Plus

S-PLUS - [SDF1]

File Edit View Insert Format Data Statistics Graph Options Window Help

Linear

Design

- Factorial Design...
- Orthogonal Array Design...
- Design Plot...
- Factor Plot...
- Interaction Plot...

Regression

ANOVA

Mixed Effects

Generalized Least Squares

Survival

Tree

Compare Models...

Cluster Analysis

Multivariate

Quality Control Charts

Resample

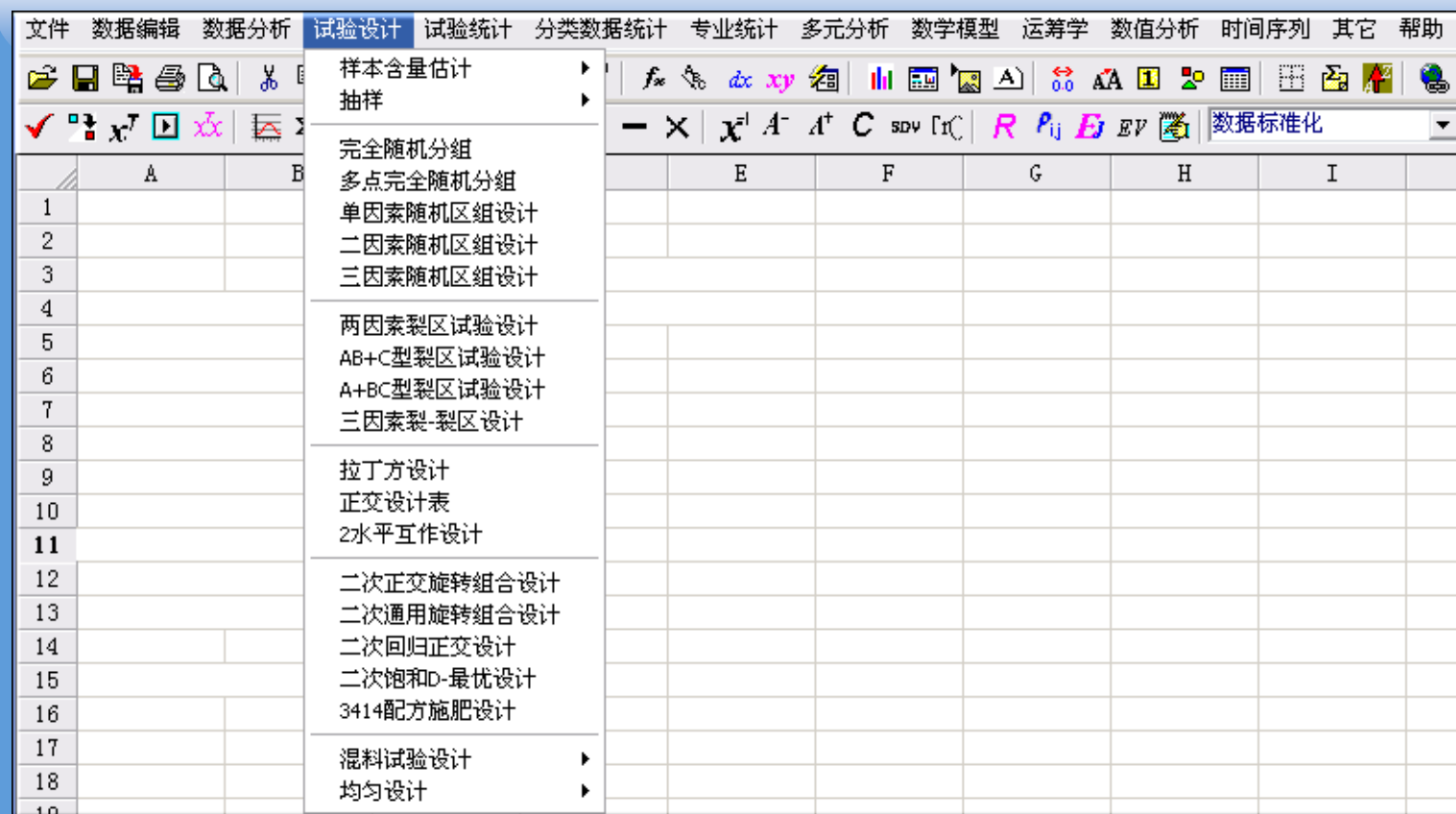
Smoothing

Time Series

	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



DPS





Uniform Design

均匀设计

文件(E) 查询(R) 绘图(P) 工具(T) 选项(O) 帮助(H)

№	指标 1	因素 1	因素 2	因素 3
1	??	??	??	??
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

	名 称	单 位
指标 1	?	?
因素 1	?	?
因素 2	?	?
因素 3	?	?

各指标、因素信息

欢迎使用均匀设计
Uniform Design Version 2.10

试验设计 **建模分析** **试验优化**

考察指标数 1
试验因素数 3
运行的次数 13
混合水平的试验 ☐

自动选用 * 类型设计表 ☒
因素数与运行次数间关系 ☒
因素数决定最少运行次数 ☐
运行次数决定最多因素数 ☐
由程序设定水平值的间隔 ☒
配方试验设计 ☐
无约束配方设计 ☐
有约束配方设计 ☐
自动显示配方 ☐
原料总量 100

各因素水平数相等

各因素水平下限和上限

	✓ 因素 1	✓
	✓ 因素 2	✓
	✓ 因素 3	✓

试验设计信息

试验设计采用 U_n^k 表
选用均匀设计表 U_{13}^4 (13^4)
均匀设计偏差 $D = 0.1442$
提示: 鼠标单击某列后, 若进行如下操作
1、Alt+← (或 Alt+→): 可将该整列数据左移 (或右移) 一列。
2、Alt+↓ (或 Alt+↑): 可将该列自光标所在行起向下 (或向上) 的各行数据分别下移 (或上移) 一行。
3、Alt+Delete: 可将该列自光标所在行以下各行的数据上移。

指标因素信息 | 显示水平排列 | 建立试验方案 | 复杂模型设置 | 多元回归分析 | 回归历史窗口 | 自动试验优化 | 预报试验结果 | 数据结果绘图

因素 3, 名称: ?, 单位: ? 双击关闭指标因素信息输入窗口



Design Expert

The image displays four screenshots of the Design Expert software interface, each showing a different experimental design menu. The windows are arranged side-by-side, each with a menu bar (File, Edit, View, Display Options) and a toolbar.

- Window 1 (Leftmost):** Shows a cascading menu with options: Combined, Mixture, Response Surface, and **Factorial** (circled in red). Below the Factorial menu, a list of options is shown: 2-Level Factorial, Min Run Res V, Min Run Res IV, Irregular Fraction, General Factorial, D-optimal, Plackett-Burman, and Taguchi OA.
- Window 2:** Shows a cascading menu with options: Factorial, Combined, Mixture, and **Response Surface** (circled in red). Below the Response Surface menu, a list of options is shown: Central Composite, Box-Behnken, One Factor, Miscellaneous, D-optimal, Distance-Based, User-Defined, and Historical Data.
- Window 3:** Shows a cascading menu with options: Mixture, Response Surface, **Factorial** (circled in red), and Combined. Below the Factorial menu, a list of options is shown: D-optimal and User-Defined.
- Window 4 (Rightmost):** Shows a cascading menu with options: Response Surface, Factorial, Combined, and **Mixture** (circled in red). Below the Mixture menu, a list of options is shown: Simplex Lattice, Simplex Centroid, **Screening** (highlighted in blue), D-optimal, Distance-Based, User-Defined, and Historical Data.



Design Expert

2-Level Factorial Design

Design for 2 to 21 factors where each factor is varied over 2 levels. Useful for estimating main effects and interactions. Fractional factorials can be used for screening many factors to find the best design. The color coding represents the design resolution: Green = Res V or higher, Yellow = Res IV, and Red = Res III.

		Number of Factors															
Runs		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	4	2^2	2^{3-1}_{III}														
	8		2^3	2^{4-1}_{IV}	2^{5-2}_{III}	2^{6-3}_{III}	2^{7-4}_{III}										
	16			2^4	2^{5-1}_V	2^{6-2}_{IV}	2^{7-3}_{IV}	2^{8-4}_{IV}	2^{9-5}_{III}	2^{10-6}_{III}	2^{11-7}_{III}	2^{12-8}_{III}	2^{13-9}_{III}	2^{14-10}_{III}	2^{15-11}_{III}		
	32				2^5	2^{6-1}_VI	2^{7-2}_{IV}	2^{8-3}_{IV}	2^{9-4}_{IV}	2^{10-5}_{IV}	2^{11-6}_{IV}	2^{12-7}_{IV}	2^{13-8}_{IV}	2^{14-9}_{IV}	2^{15-10}_{IV}	2^{16-11}_{IV}	2^{17-12}_{III}
	64					2^6	2^{7-1}_VII	2^{8-2}_V	2^{9-3}_{IV}	2^{10-4}_{IV}	2^{11-5}_{IV}	2^{12-6}_{IV}	2^{13-7}_{IV}	2^{14-8}_{IV}	2^{15-9}_{IV}	2^{16-10}_{IV}	2^{17-11}_{IV}
	128						2^7	2^{8-1}_VIII	2^{9-2}_VI	2^{10-3}_V	2^{11-4}_V	2^{12-5}_{IV}	2^{13-6}_{IV}	2^{14-7}_{IV}	2^{15-8}_{IV}	2^{16-9}_{IV}	2^{17-10}_{IV}
	256							2^8	2^{9-1}_IX	2^{10-2}_VI	2^{11-3}_VI	2^{12-4}_VI	2^{13-5}_V	2^{14-6}_V	2^{15-7}_V	2^{16-8}_V	2^{17-9}_V
	512								2^9	2^{10-1}_X	2^{11-2}_VII	2^{12-3}_VI	2^{13-4}_VI	2^{14-5}_VI	2^{15-6}_VI	2^{16-7}_VI	2^{17-8}_VI



Design Expert 简介

1

由美国 Stat Ease® 公司开发、应用广泛的试验设计软件系统

2

可以进行试验设计、统计分析、拟合曲线、建立模型、条件寻优

3

提供的不同因素的二维等高线图, 可预测试验结果

4

提供的三维立体图, 利于观察响应曲面, 进一步求得最优化试验条件

5

已广泛应用于各类多因素试验设计和分析过程



专家评论

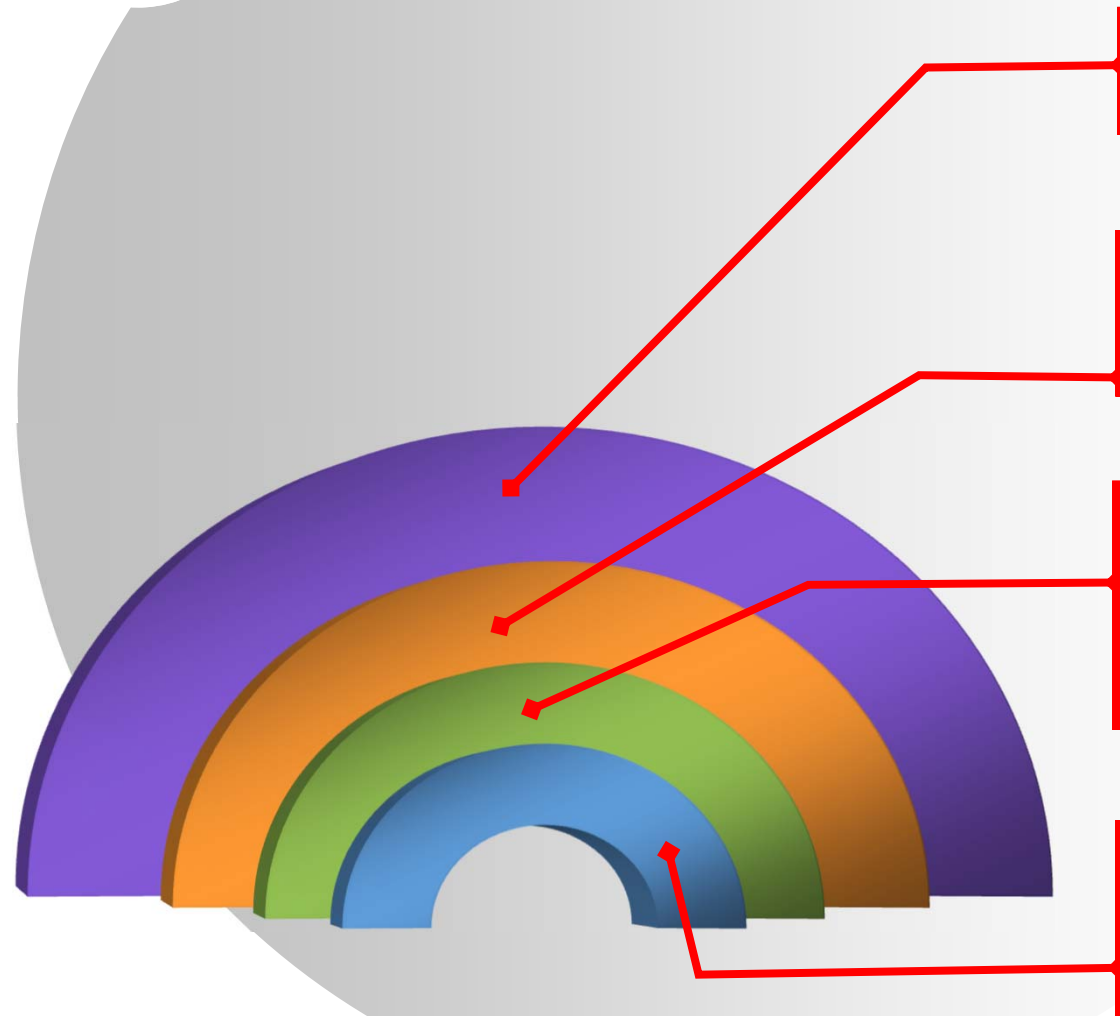
Ken Chatto, Consultant, Experimental Strategies, Inc. (South Carolina)

Design Expert所提供的简单易用的操作
功能在其它软件里绝对无法实现

是迄今为止见到过最容易使用, 功能最完整,
界面最亲和的软件; 它所具备的稳健性设计
功能和其他软件所不具备的; 它的组合设计
和混合设计更是其他DOE软件所望尘莫及的



Design Expert 特点



功能强大且简单易用

种类多样的设计能
满足所有的设计需求

强大的混合设计和
分析特性助你实现
最优化的配方设计

享受高度灵活的
设计变更



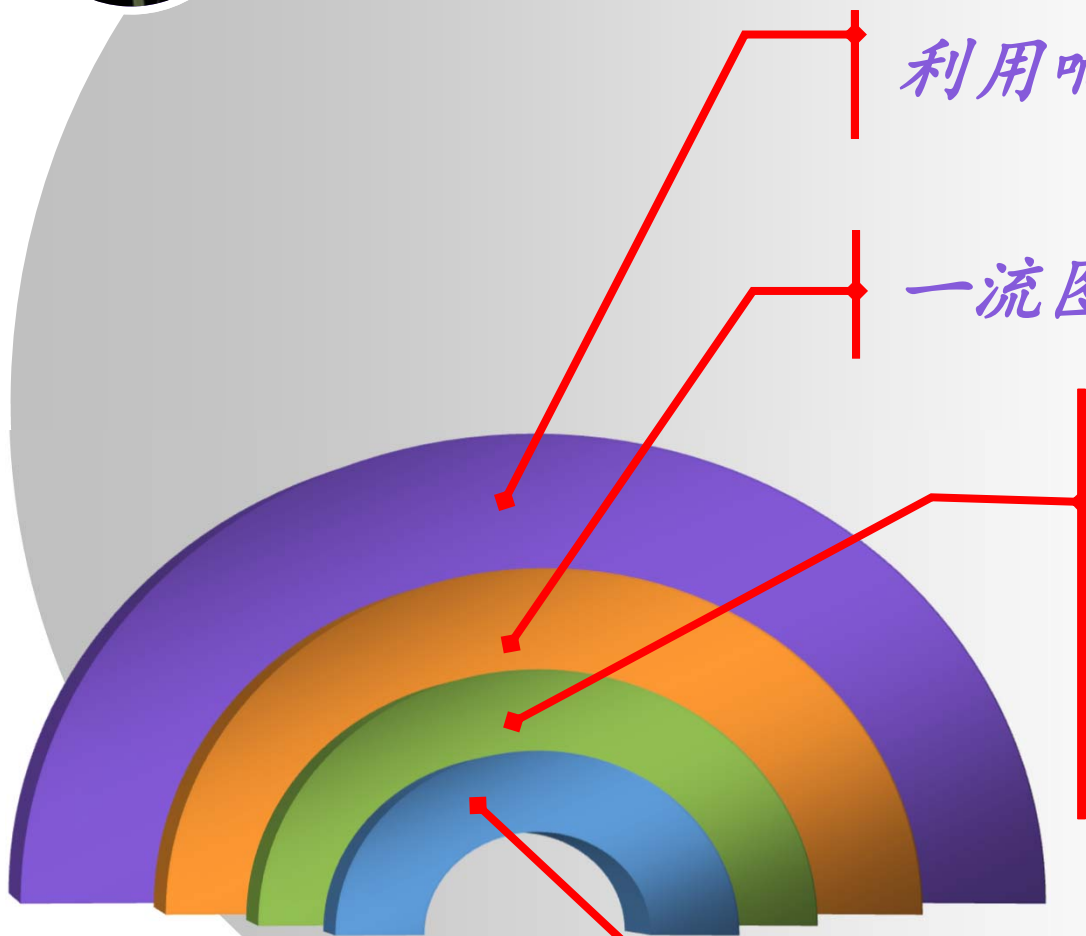
Design Expert 特点

利用响应模型强大工具的优势

一流图形，简化数据解析难度

一流3D视觉图，可快速找到过程参数优化的最佳点；动态及时的旋转功能利于快速找到因子的优化位置

功能强大的帮助系统



Install Design Expert

