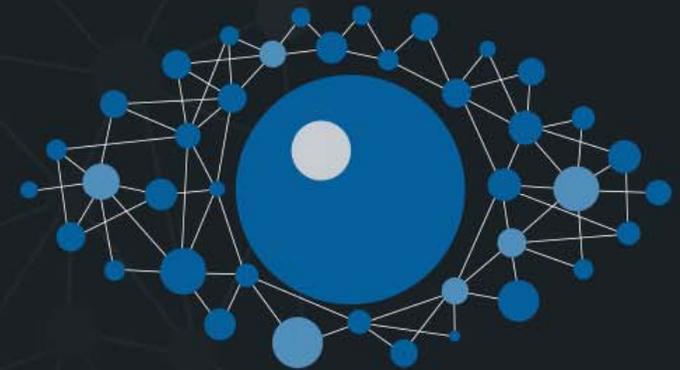


How to Avoid Common Errors When Using
Statistical Tools

走出统计工具中的使用盲区



Vellen Zhang 张伟
Minitab Certified Trainer Minitab认证讲师
TechMax Information Technology Co Ltd
上海泰珂玛信息技术有限公司

摘要



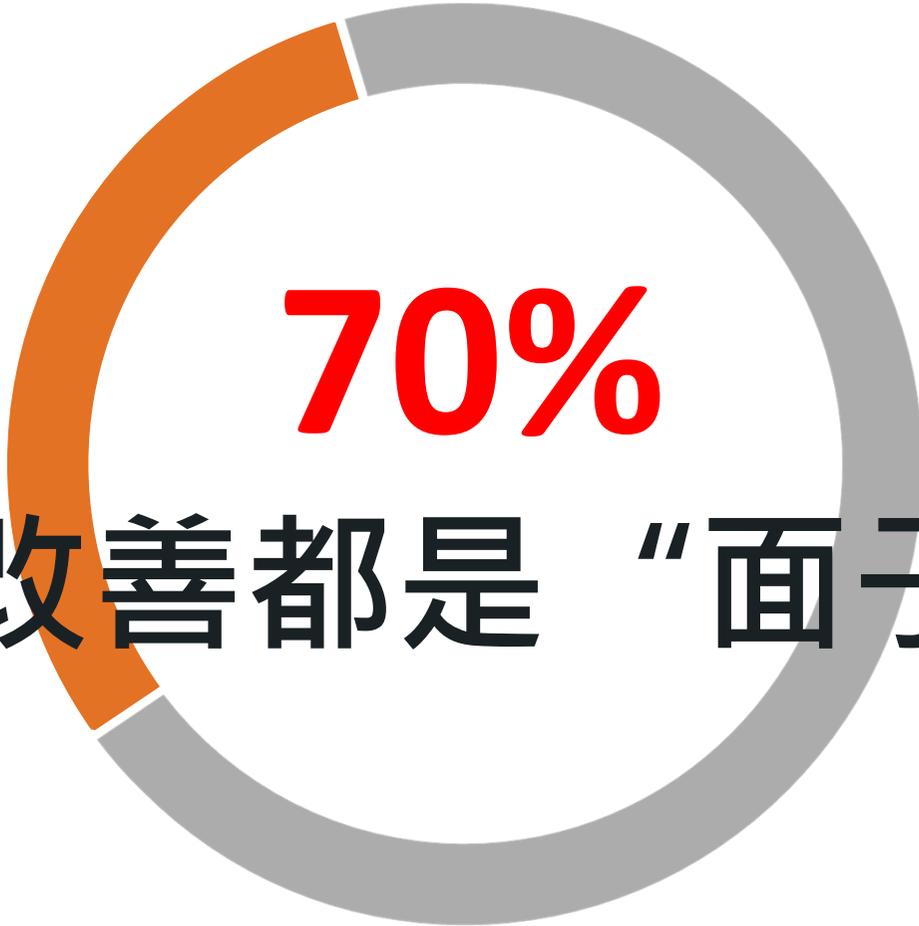
浅谈企业统计质量现状



常用统计工具使用盲区

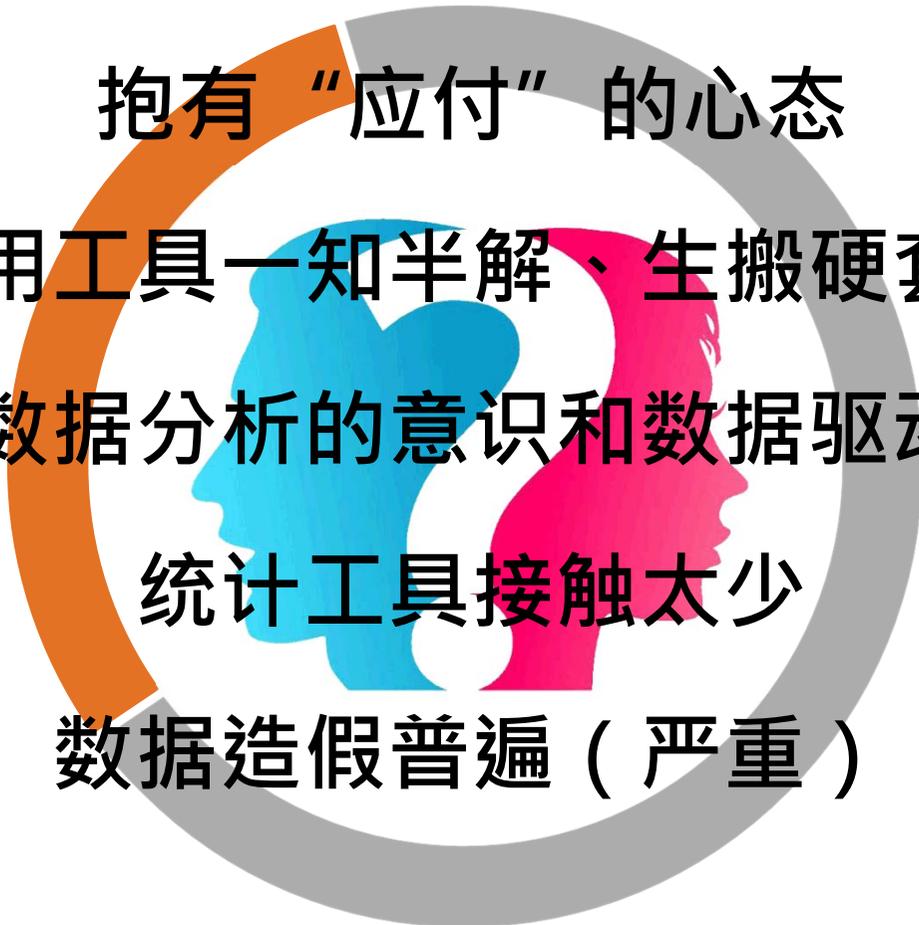


Q&A



70%

的质量改善都是“面子工程”



抱有“应付”的心态

对所用工具一知半解、生搬硬套模板

缺乏数据分析的意识和数据驱动思维

统计工具接触太少

数据造假普遍（严重）

中国企业质量管理现状

2009年、2013年和2017年，中国质量协会牵头进行了中国企业现状质量管理现状进行调查：

- ✓ 绝大多数企业通过ISO9000认证，但是不少企业质量管理效果不甚理想
- ✓ 高层领导质量管理理念尚需提高；
- ✓ 大部分质量工程师不(太)满意自己工作状态
- ✓ 现代质量管理方法应用水平较低：可靠性分析、实验设计、QFD、田口方法等使用比例低于3%

中国企业质量面临挑战

- ✓ 仅获得ISO9000体系或其它体系是远远不够的;
- ✓ 质量管理尚处于“救火”的模式或阶段;
- ✓ 过程质量管理发展水平较低;
- ✓ 质量管理工具/软件使用水平较低
- ✓ 许多企业不断尝试新的管理模式，但成功率不高
- ✓ 经验驱动转变为数据驱动意识薄弱

质量数据分析六个层次



1 只依靠经验, 不考虑数据



2 单看数字, 不管趋势



亲爱的齐:

我们的感情, 在组织的亲切关怀下、在领导的过问下, 一年来正沿着健康的道路蓬勃发展。这主要表现在:

(一) 我们共通信 121 封, 平均 3.01 天一封。其中你给我的信 51 封, 占 42.1%; 我给你的信 70 封, 占 57.9%。每封信平均 1502 字, 最长的达 5215 字, 最短的也有 624 字。

(二) 约会共 98 次, 平均 3.7 天一次。其中你主动约我 38 次, 占 38.7%; 我主动约你 60 次, 占 61.3%。每次约会平均 3.8 小时, 最长达 6.4 小时, 最短的也有 1.6 小时。

(三) 我到你家看望你父母 38 次, 平均每 9.4 天一次, 你到我家看望我父母 36 次, 平均 10 天一次。

以上充分证明一年来的交往我们已形成了恋爱的共识, 我们爱情的主流是互相了解、互相关心、互相帮助的, 是平等的互利的。



6 阶段是利用统计推断, 使用置信区间等统计方法来量化质量的好坏

质量发展观

国际

(以美国为代表)

- 质量检验阶段 (1900' ~1940')
- 统计过程控制 (1940' ~1970')
- 全面质量管理 (1970' ~Now)

统计
Statistical

中国

(大陆地区)

- ✓ 初级质量检验阶段
(民族资本 · 1949年前~1979)
- ✓ 全面质量管理 (1980' ~Now)

统计学

All models are wrong, but some models are useful

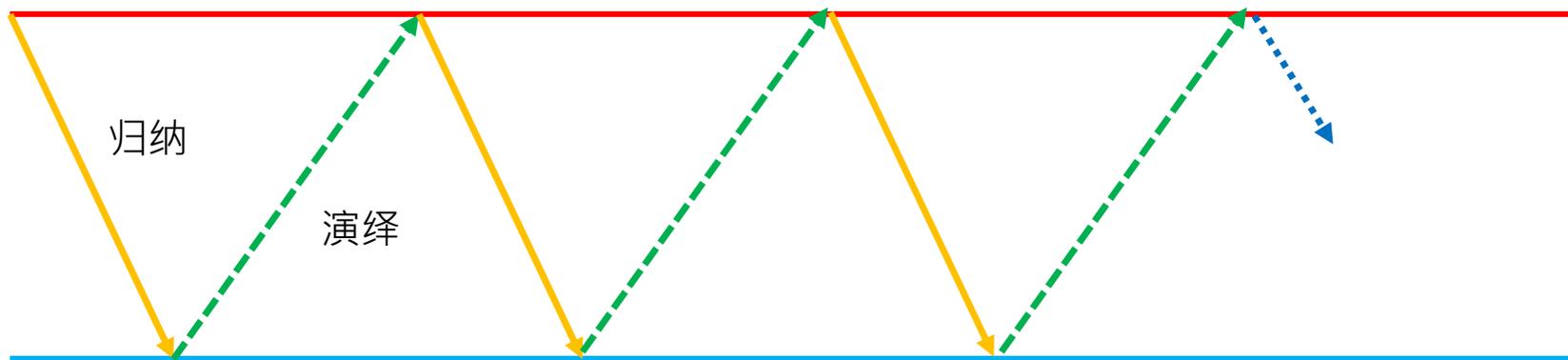
—— George Box



George E. P. Box

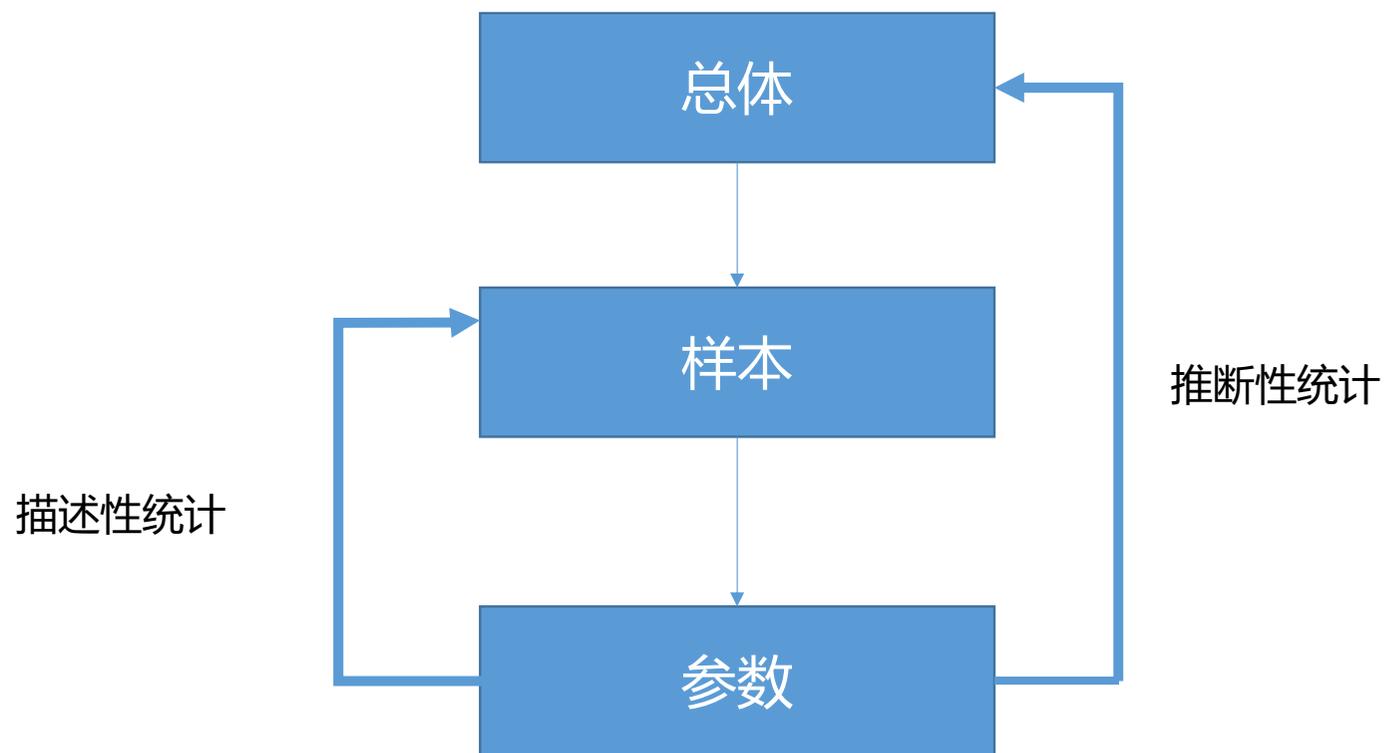
(1919 – 2013)

数据/观测值



猜想/理论/经验

统计思路



常用质量改善工具

MSA

SPC

PCA

Hypothesis Test

DOE

TPM

Cpk

Data mining

Reliability

QC tools

TOC

GLM

TRIZ

LEAN

EWMA

Reliability

Fishbone

5S

Process Mapping

QFD

SIPOC

VSM

TQM

FMEA

Sampling

JIT

Taguchi Design

Zero Defects

质量统计

基本问题

- 过程分析
- 过程优化
- 过程控制

基本假设

- 正态 ↔ 非正态
- 独立 ↔ 非独立
- 参数 ↔ 非参数

基本路径

- 一元过程
- 多元过程
- 形状网络
- 图像检测

基本方法

- 统计方法
- 监控/诊断
- 控制/调整

统计分析思路

发现问题

- MSA
- PCA
- 控制图
- Pareto
- 统计图表
- 时间序列分析
-

解决问题

- ANOVA
- 回归分析
- 多变量分析
- DOE
- 多变异图
- 田口设计
-

验证问题

- 假设检验
- 卡方分析
- 方差分析
- 非参数检验
- 等价检验
- 功效和样本量
-

质量工具的 常见误区



单边公差的过程能力指数怎么算？

过程能力分析指标

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\delta}$$

$$Pp = \frac{USL - LSL}{6S}$$

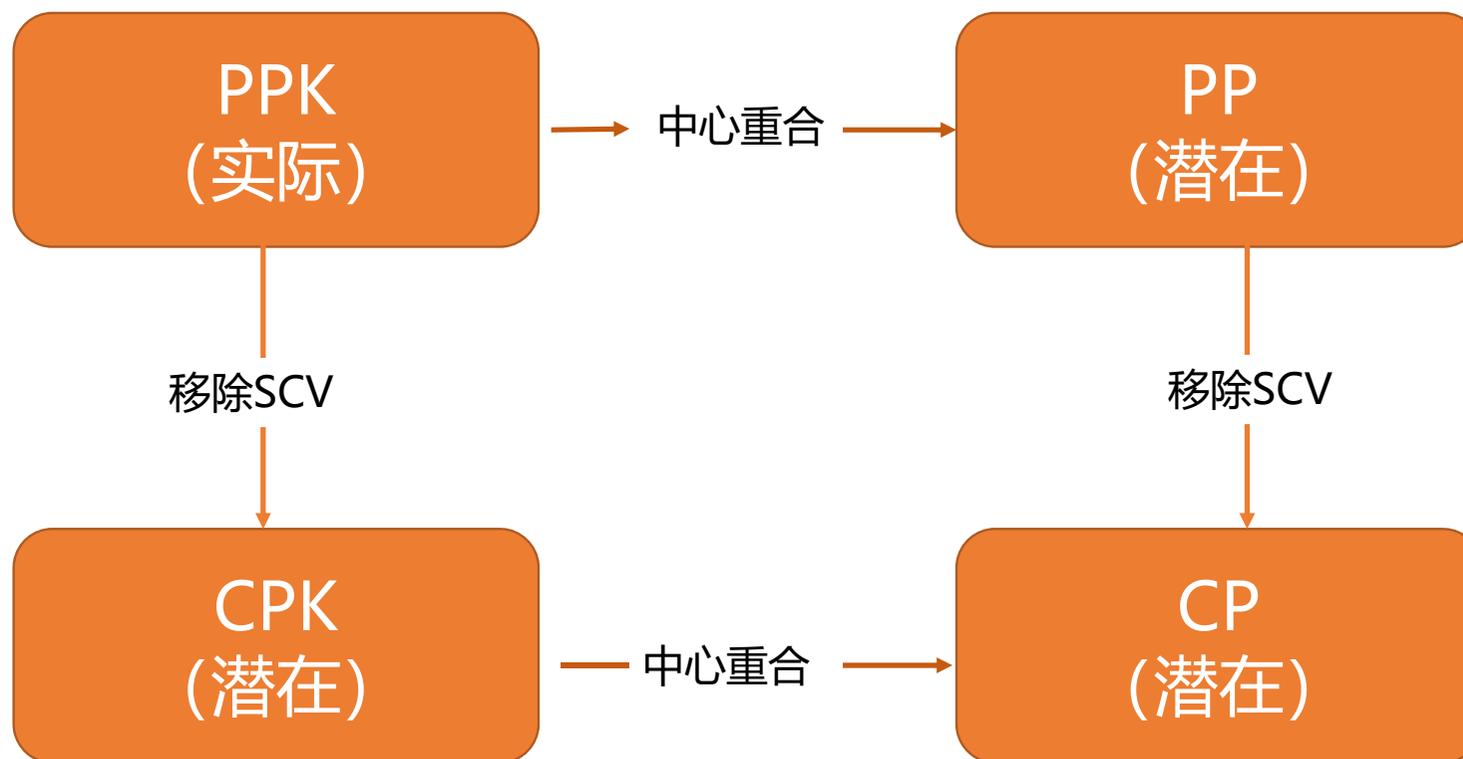
$$Cpk = \text{Min}\left\{\frac{USL - \mu}{3\delta}, \frac{\mu - LSL}{3\delta}\right\}$$

$$Ppk = \text{Min}\left\{\frac{USL - \mu}{3S}, \frac{\mu - LSL}{3S}\right\}$$

$$\delta = \bar{R} / d_2$$

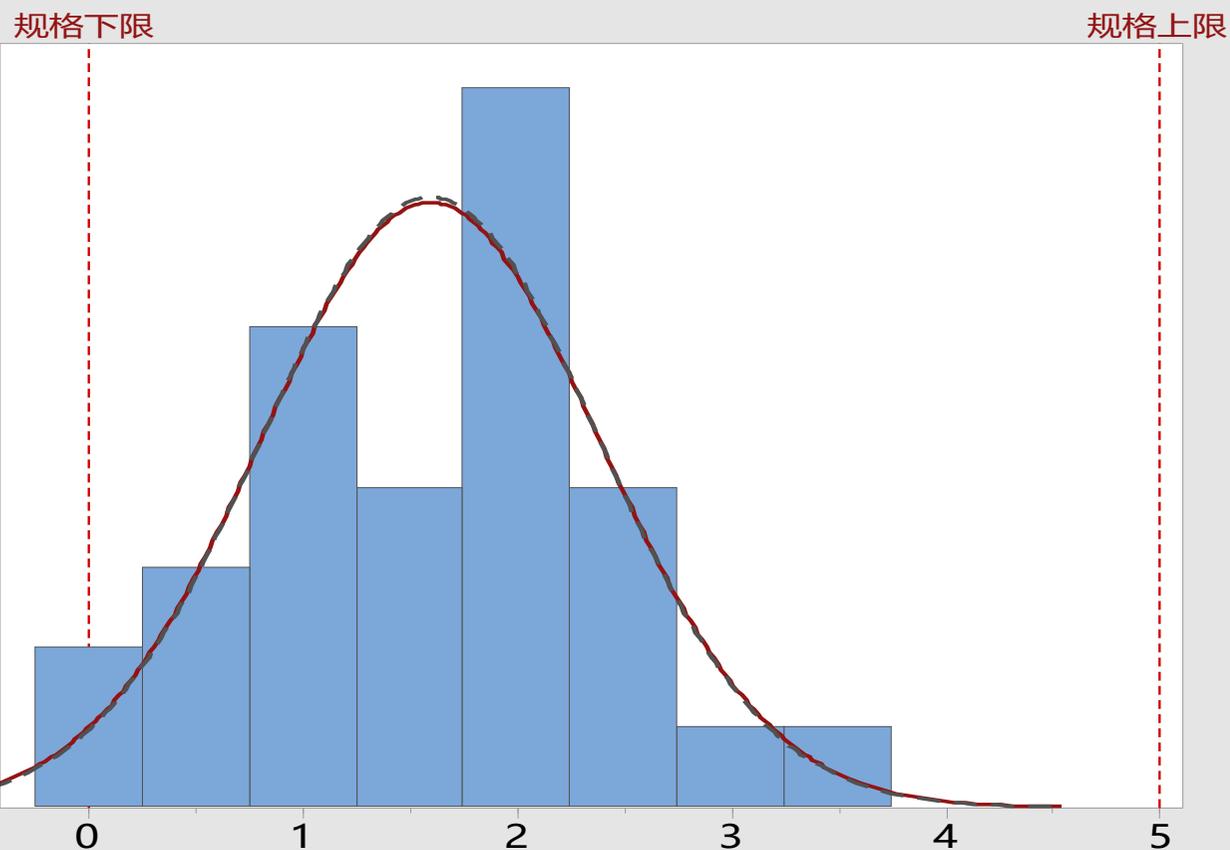
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

能力指标差异



SCV: Special Cause Variation

粗糙度 的过程能力报告



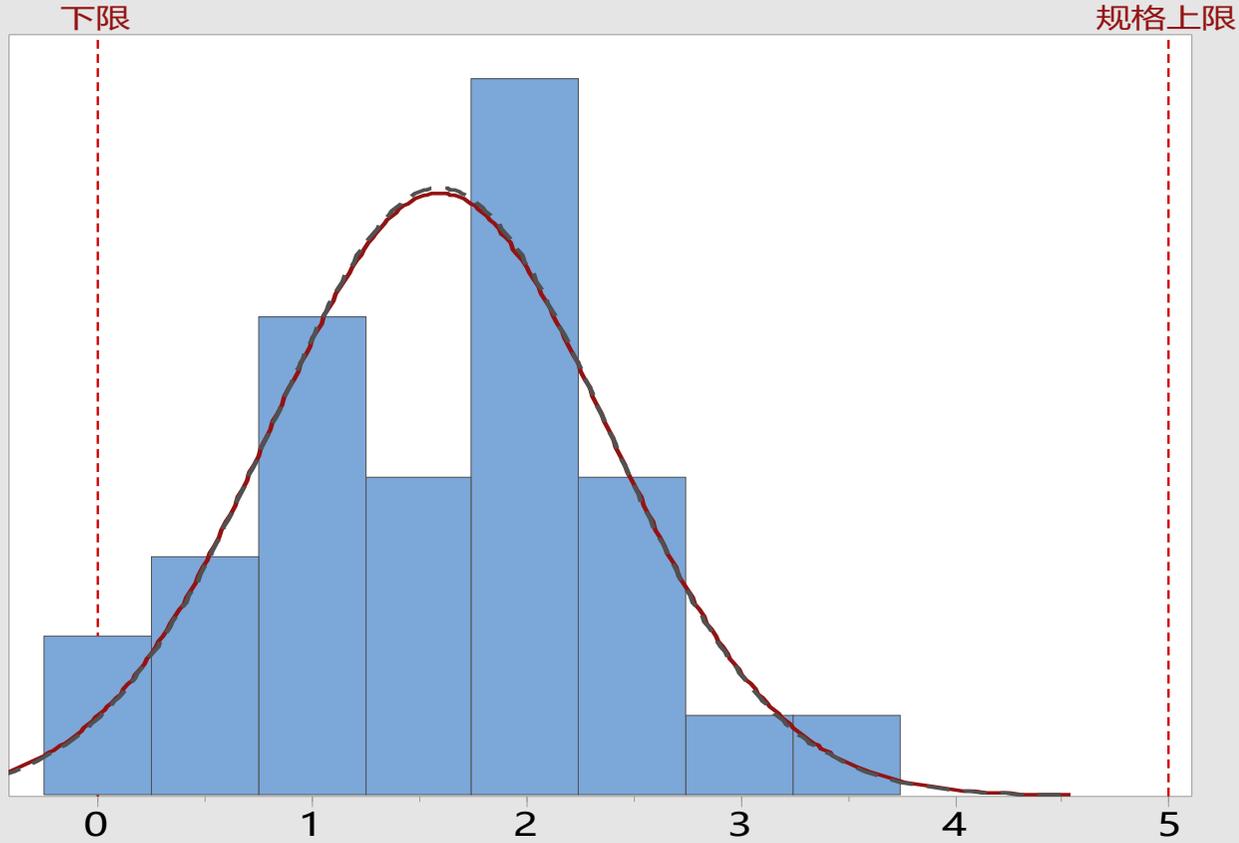
过程数据	
规格下限	0
目标	*
规格上限	5
样本均值	1.59667
样本 N	30
标准差 (整体)	0.791107
标准差 (组内)	0.784116

整体能力	
Pp	1.05
PPL	0.67
PPU	1.43
Ppk	0.67
Cpm	*
潜在 (组内) 能力	
Cp	1.06
CPL	0.68
CPU	1.45
Cpk	0.68

	性能		
	观测	预期 整体	预期 组内
PPM < 规格下限	0.00	21781.66	20861.95
PPM > 规格上限	0.00	8.46	7.11
合计 PPM	0.00	21790.12	20869.06

粗糙度 的过程能力报告

过程数据	
下限	0
目标	*
规格上限	5
样本均值	1.59667
样本 N	30
标准差 (整体)	0.791107
标准差 (组内)	0.784116

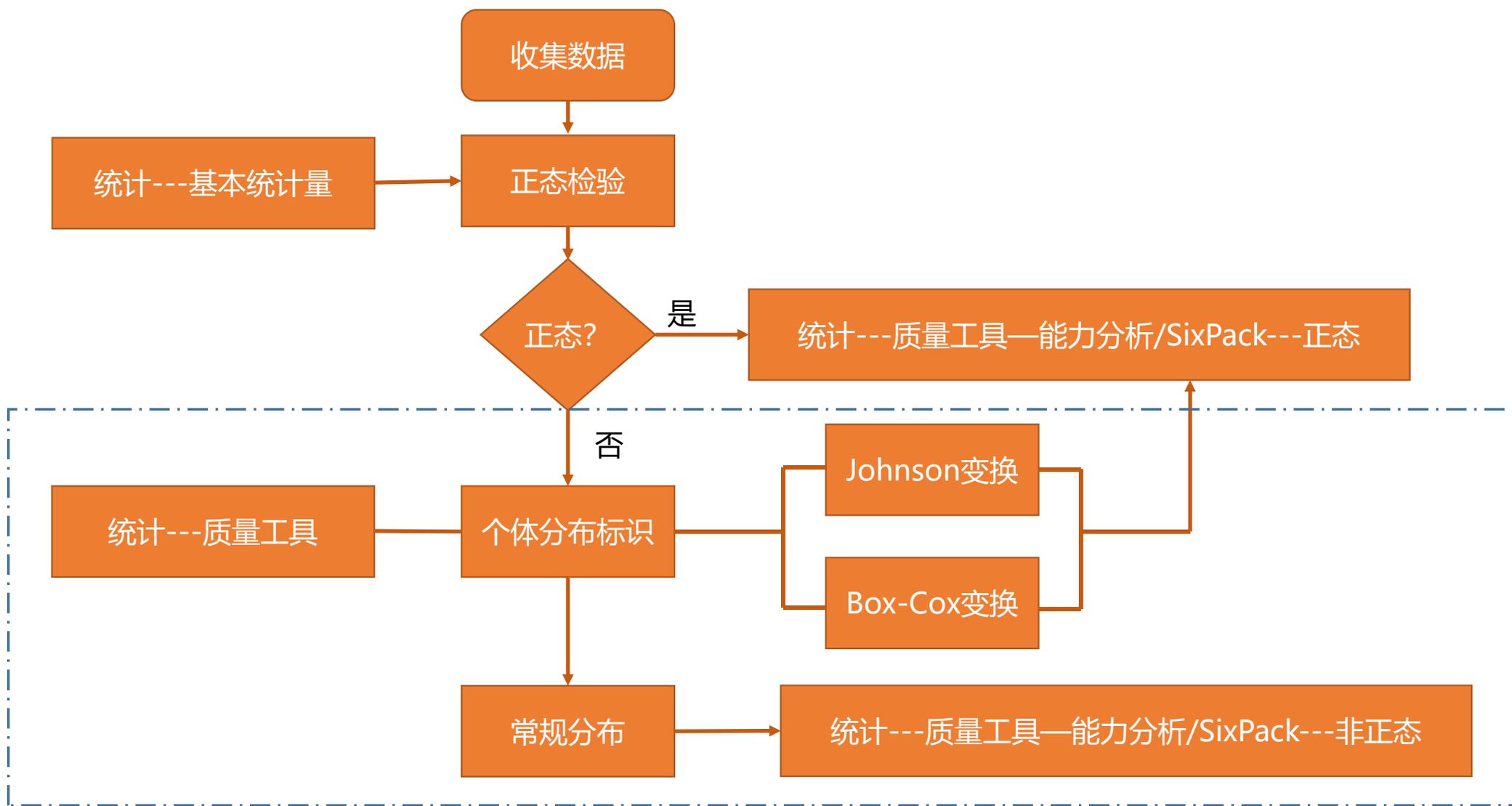


整体能力	
Pp	*
PPL	*
PPU	1.43
Ppk	1.43
Cpm	*

潜在 (组内) 能力	
Cp	*
CPL	*
CPU	1.45
Cpk	1.45

	性能			
	观测	预期	整体	预期 组内
PPM < 下限	0.00		*	*
PPM > 规格上限	0.00		8.46	7.11
合计 PPM	0.00		8.46	7.11





No.2 DOE—中心点

分析因子设计: 项 ×

模型中包含项的阶数(I):

可用项(A):

- A: 温度
- B: 时间
- C: 浓度
- D: 压强
- ABC
- ABD
- ACD
- BCD
- ABCD

所选项(S):

- A: 温度
- B: 时间
- C: 浓度
- D: 压强
- AB
- AC
- AD
- BC
- BD
- CD

在模型中包括区组(B)

在模型中包括中心点(F)

优化
D: 0.9000
预测

高
曲线
低

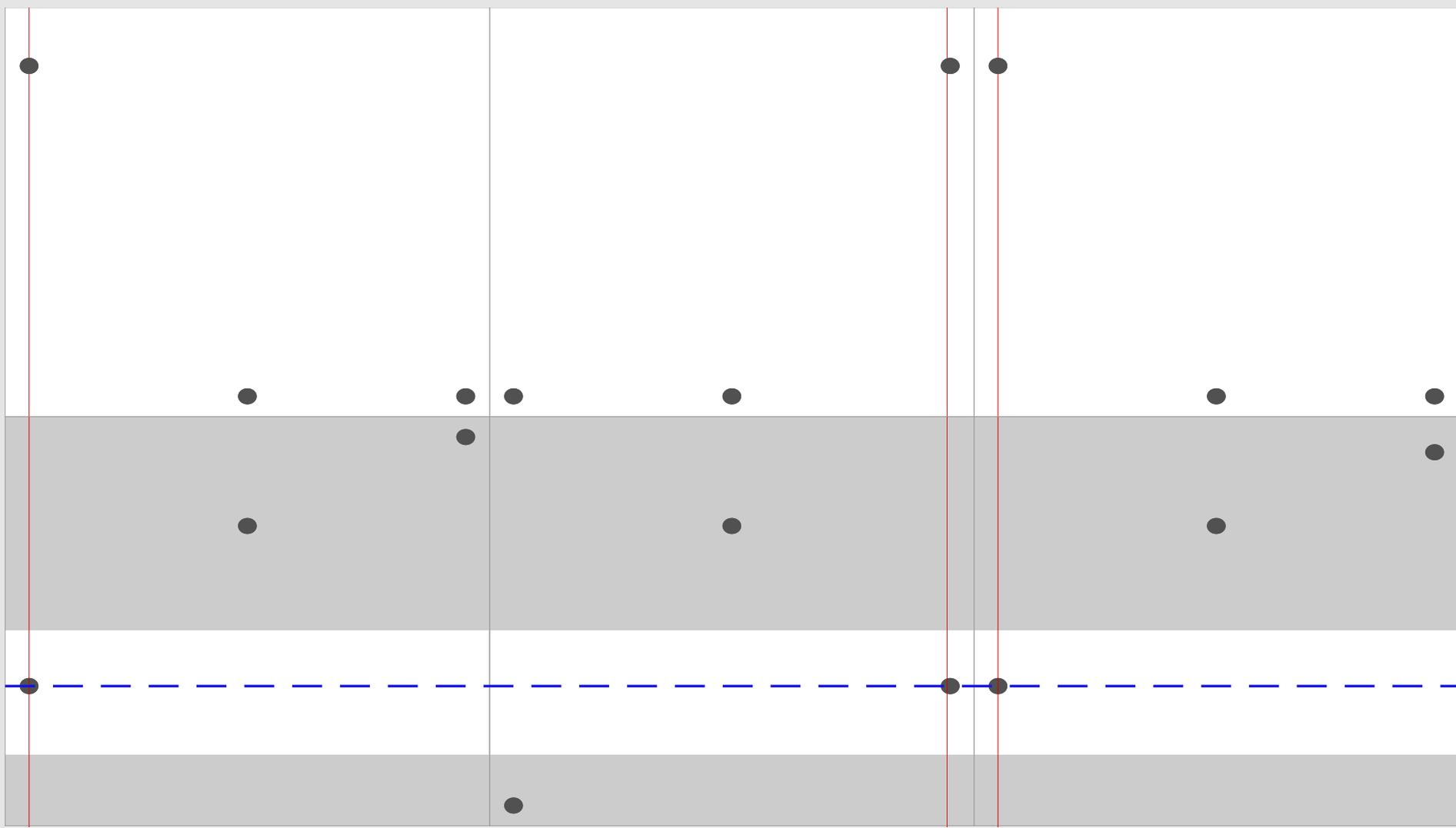
温度
400.0
200.0
200.0

时间
60.0
60.0
30.0

压强
90.0
60.0
60.0

复合
合意性
D: 0.9000

强度
望目: 7.50
 $y = 7.5050$
 $d = 0.90000$



No.3 NDC与分辨率

可区分类别数

Number of Distinct Categories

$NDC \geq 5$
(AIAG)

分辨率

Resolution

1/10

通常都视为
辨别差异的
工具

No.3 NDC与分辨率

在选择测量设备时，一定要保证它有足够的分辨力，通常会选择**1:10**的法则：

- 如果测量系统分析的目的用于过程控制，一般要求量具的最小刻度不大于过程总变异 (6σ) 的1/10.即 $\Delta_n \leq 6\sigma/10$;
- 如果测量系统分析的目的用于过程能力计算，需要严格区分产品是否合格，则要求量具的最小刻度不大于被测部件公差的1/10，即 $\Delta_n \leq (USL-LSL)/10$;
- 如果测量系统分析的目的既用于过程控制又用于产品质量检验，一般会按上述两个要求的最严格要求选择量具的最小刻度。即 $\Delta_n \leq \text{MIN} \left((USL-LSL)/10, 6\sigma/10 \right)$ 。

No.3 NDC与分辨率

NDC	描述	意义
1	量具不能识别出部件之间的差异	该量具不能使用
2~4	量具可以粗略识别出部件之间的差异	对测量精度要求不高的情况下可以使用，该量具可以粗略分析出过程中的参数
5	量具可以很好识别出不同部件之间差异	通常来说可以满足测量要求

$$NDC = \text{INT}\left(\frac{\sqrt{2} \delta_p}{\delta_{ms}}\right)$$

No.4 回归分析与 R^2

Regression Analysis: Y4 versus X4

Analysis of Variance

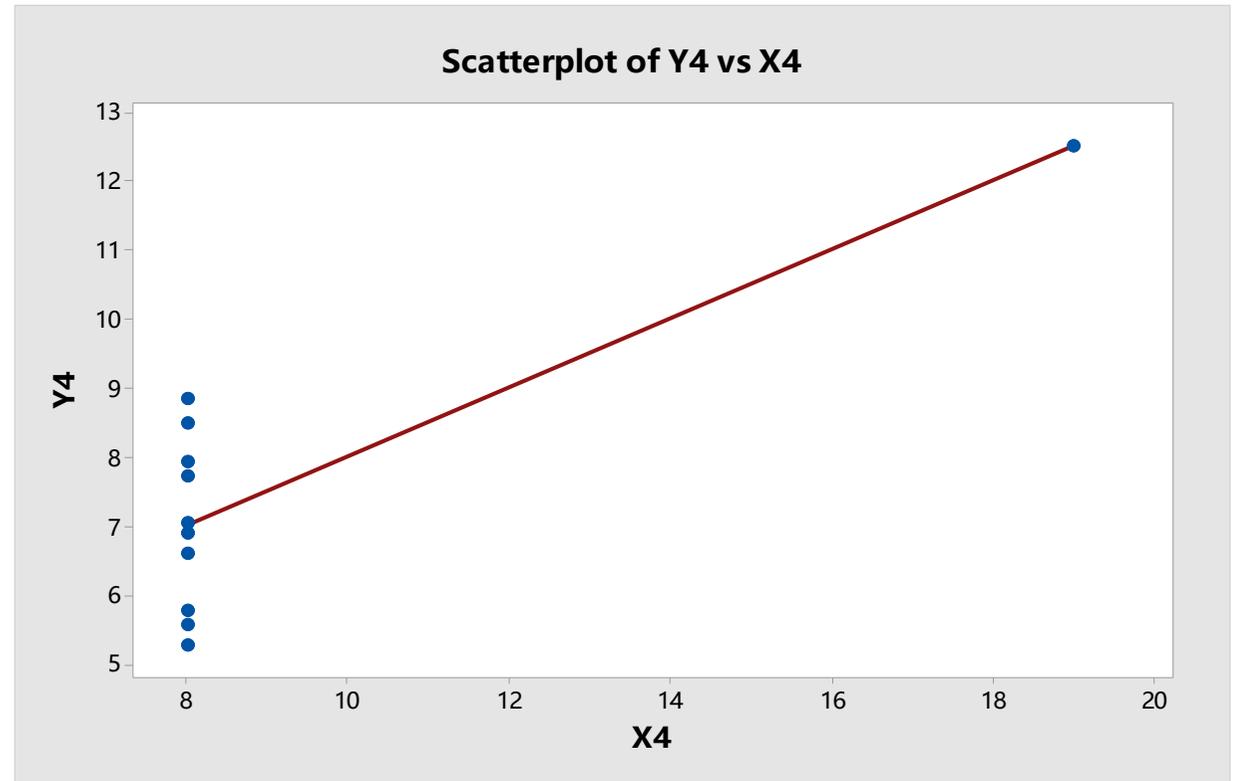
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	27.49	27.490	18.00	0.002
X4	1	27.49	27.490	18.00	0.002
Error	9	13.74	1.527		
Total	10	41.23			

Model Summary

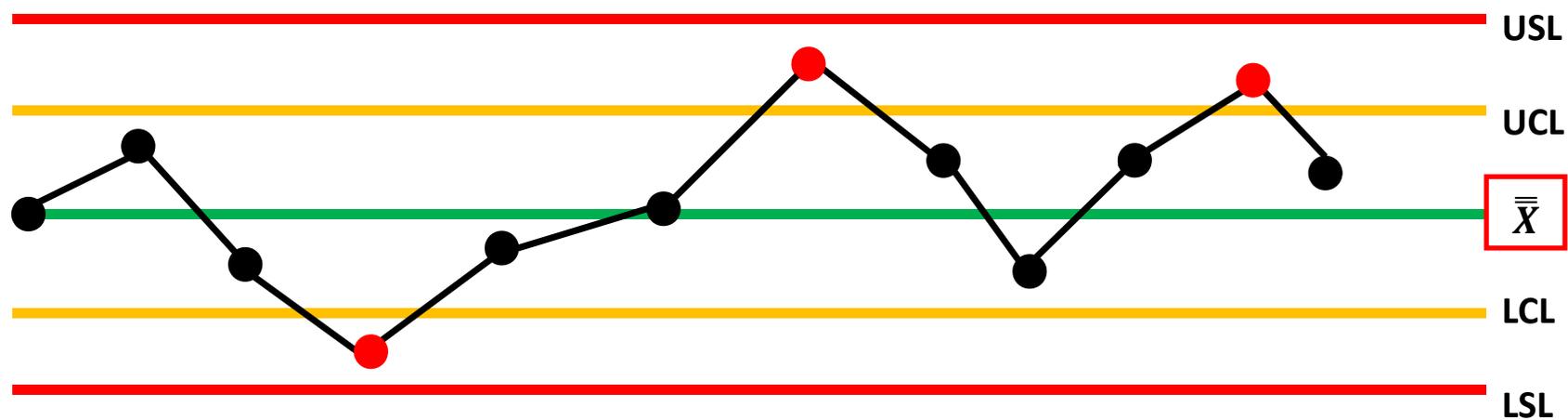
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.23570	66.67%	62.97%	*

Regression Equation

$$Y4 = 3.00 + 0.500 X4$$

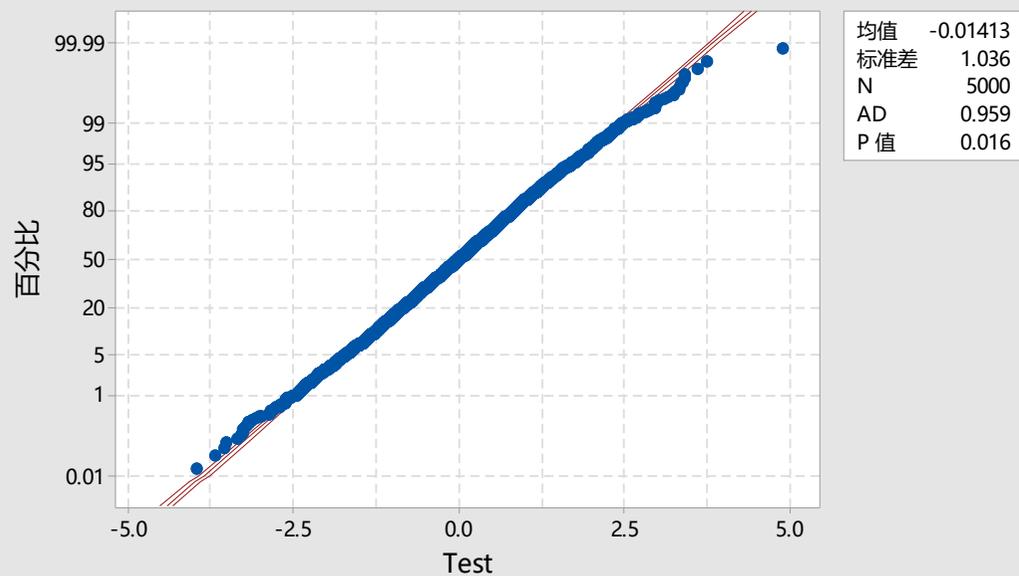


No.5 这张图说明了什么？

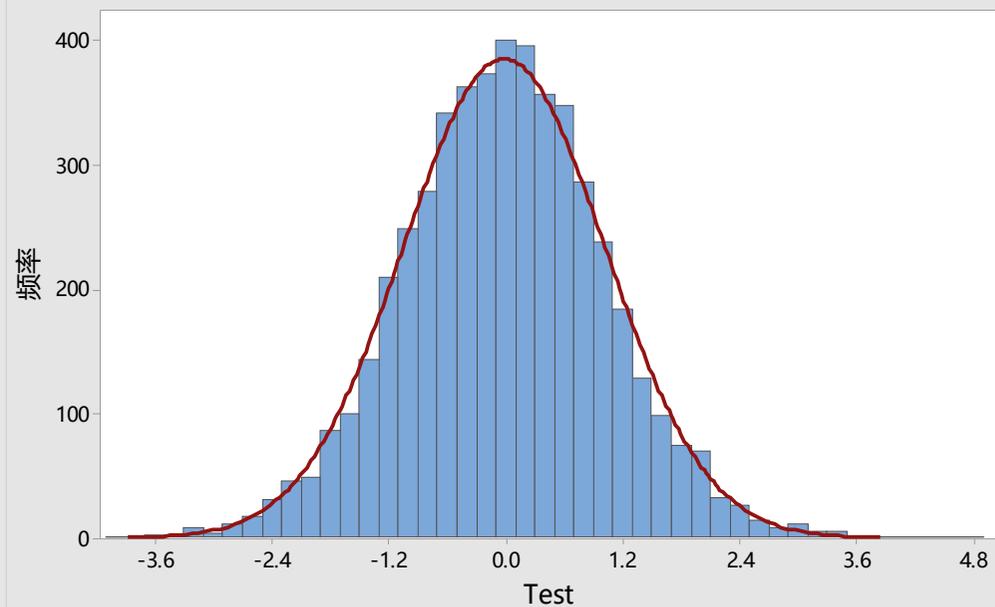


No.6 正态检验与P值 ?

Test 的概率图
正态 - 95% 置信区间



Test 的直方图



No.7 MSA手册

来源	DF	SS	MS	F
评价人	2	3.1673	0.58363	34.44
零件	9	88.3619	9.81799	213.52
交互作用	18	0.3590	0.01994	0.434
设备	60	2.7589	0.04598	
总计	89	94.6471		

*显著水平 $\alpha=0.05$

- $34.44=0.58363/0.04598$
- $213.52=9.81799/0.04598$
- $0.434=0.01994/0.04598$

《MSA手册》 P106

Minitab 输出

来源	自由度	SS	MS	F
零件	9	88.3619	9.81799	492.291
评价人	2	3.1673	1.58363	79.406
交互作用	18	0.3590	0.01994	0.434
重复性	60	2.7589	0.04598	
合计	89	94.6471		

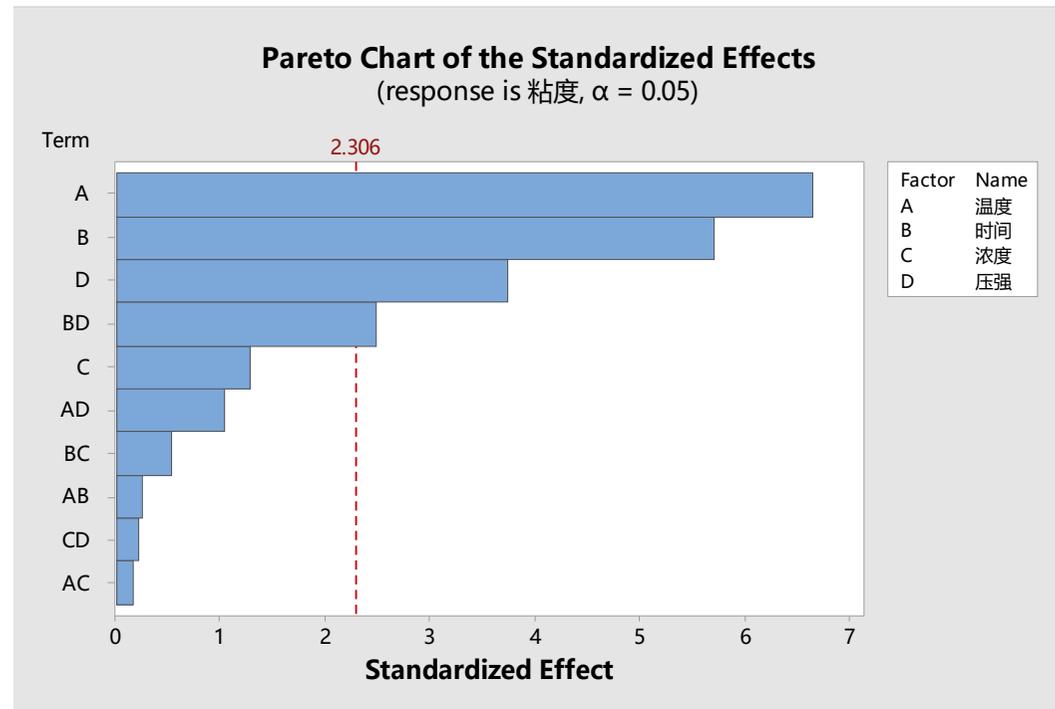
- $492.291=9.81799/0.01994$
- $79.406=1.58363/0.01994$
- $0.434=0.01994/0.04598$

No.8 实验误差项

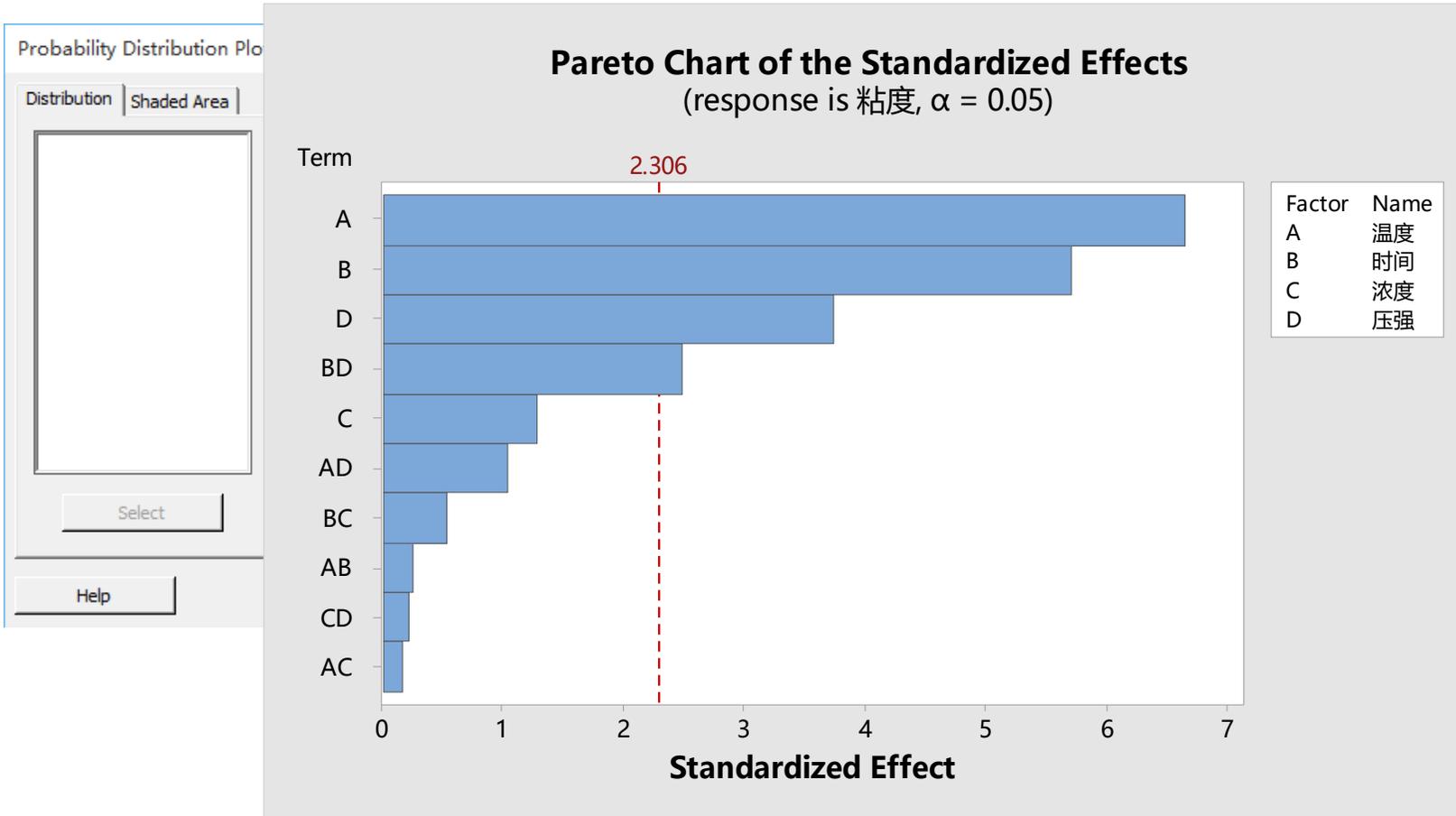
三阶及三阶以上的交互作用是不显著的！

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	10	0.353063	0.035306	10.01	0.002
Linear	4	0.326097	0.081524	23.12	0.000
温度	1	0.156025	0.156025	44.25	0.000
时间	1	0.114752	0.114752	32.55	0.000
浓度	1	0.005814	0.005814	1.65	0.235
压强	1	0.049506	0.049506	14.04	0.006
2-Way Interactions	6	0.026966	0.004494	1.27	0.365
温度*时间	1	0.000225	0.000225	0.06	0.807
温度*浓度	1	0.000100	0.000100	0.03	0.870
温度*压强	1	0.003752	0.003752	1.06	0.332
时间*浓度	1	0.000977	0.000977	0.28	0.613
时间*压强	1	0.021756	0.021756	6.17	0.038
浓度*压强	1	0.000156	0.000156	0.04	0.839
Error	8	0.028206	0.003526		
Curvature	1	0.001107	0.001107	0.29	0.609
Lack-of-Fit	5	0.016248	0.003250	0.60	0.722
Pure Error	2	0.010850	0.005425		
Total	18	0.381268			



No8: 实验误差项



自由度	临界值
8	2.306
6	2.447
3	3.182
1	12.71
0	*