

6

质量管理教程

测量系统分析

Measurement System Analysis

CHAPTER OUTLINE

- 6-1 测量系统分析概述
- 6-2 MSA的重复性与再现性
- 6-3 属性值数据的测量系统分析
- 6-4 测量系统的改进



QUALITY MANAGEMENT

6-1 测量系统分析概述

■ 测量系统

- 用来对被测特性定量测量或定性评价的仪器或量具、标准、操作、方法、夹具、软件、人员、环境和假设的集合；用来获得测量结果的整个过程。

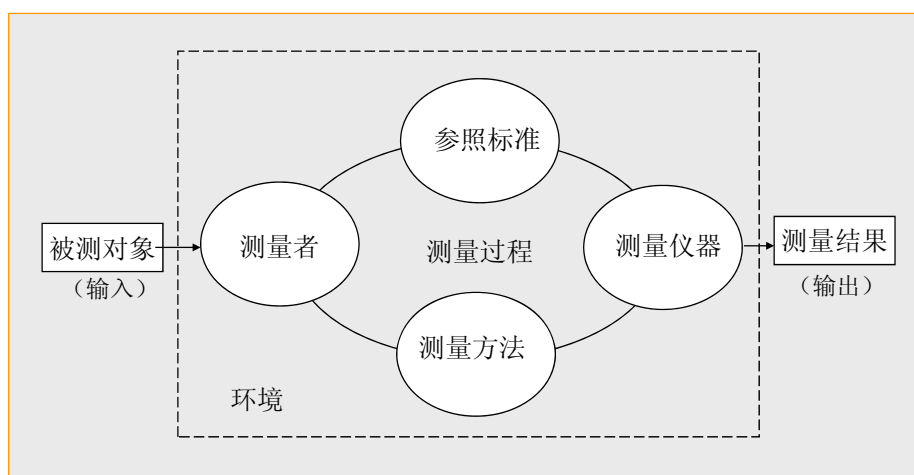
根据定义，一个测量过程可以看成是一个制造过程，它产生数值（数据）作为输出。



1、测量系统分析的作用

- 正确的测量永远^{永远}是质量改进的第一步
- 正确的测量是作出决策的关键(不正确的测量系统可能会导致错误的决策)
- 测量系统分析是 TS16949 的必要内容

2、测量系统的基本要素



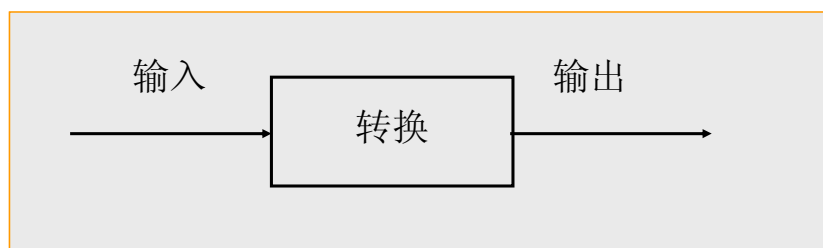
3、影响过程质量的六个基本因素

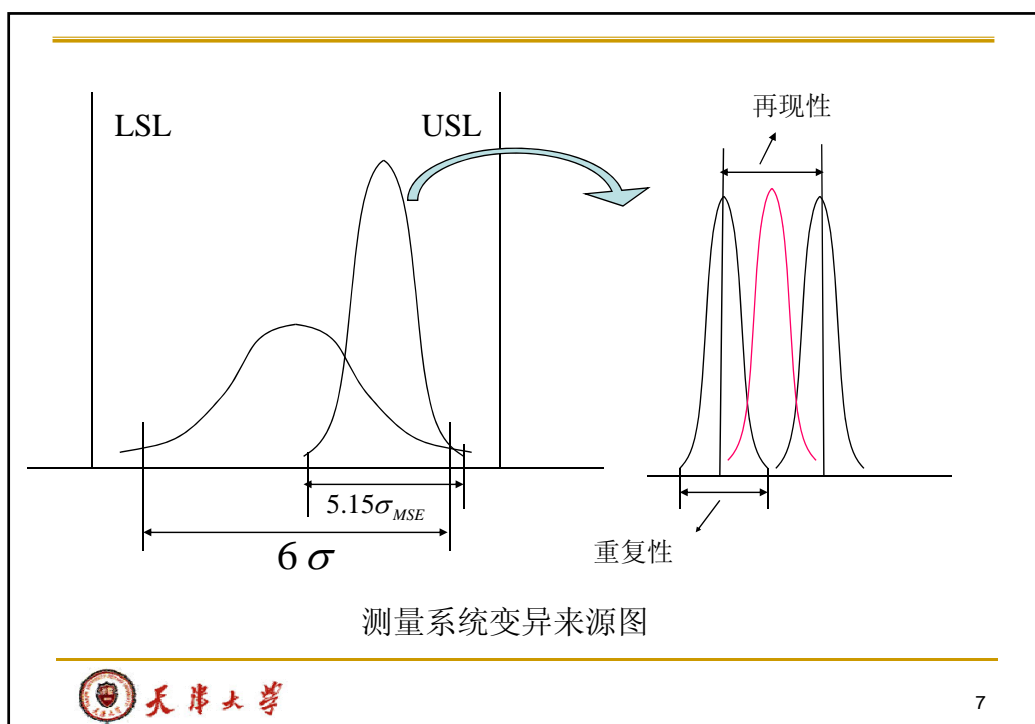
- 人 员
- 设 备
- 材 料
- 方 法
- 环 境
- 测 量 系 统

总变异=过程变异+测量系统变异

4、测量过程

- 测量和分析活动是一个过程 ——测量过程
- 所有的过程控制管理，统计或逻辑技术均能应用
- 必须首先确定顾客和他们的需要





5、对测量系统的基本要求

- 足够的分辨率和灵敏度
- 测量系统应该是统计受控制的
- 对于产品控制，测量系统的变异性与公差相比必须小
- 对于过程控制，测量系统的变异性应该显示有效的分辨率并且与制造过程变差相比要小

每一个测量系统可能被要求有不同的统计特性，但这些基本特性用于定义“好的”测量系统。

6、测量系统分析的目的

- 明确工序过程测量系统的能力水平
- 确认测量系统的变异来源
- 确认测量系统在一段时间内是否稳定
- 确认测量系统是否线性

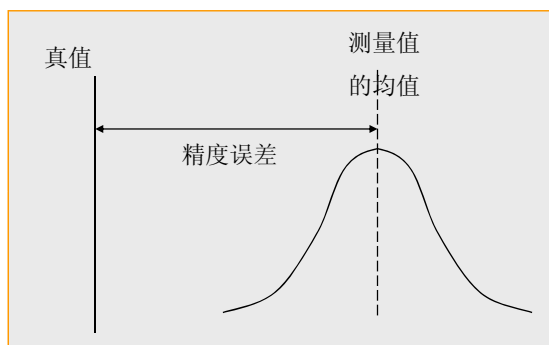
7、在什么情况下需要进行测量系统分析

- 在正常仪器维护条件下，测量仪器误差很大
- 测量仪器进行了改装，如更换了重要零部件
- 对测量仪器进行了大修
- 进行工序能力分析时需要考虑测量仪器的测量能力
- 测量系统不稳定
- 测量结果波动大
- 决定是否接受一台新仪器
- 测量仪器之间进行比较

8、测量系统的基本概念

1. **测量仪器**：进行测量的任何工具；通常是指工厂的测量工具；包括测量结果为通过/不通过的仪器（属性值测量仪器）。
2. **测量系统**：测量中的仪器及其操作方式和方法、其他设备、软件、人员等的总称；测量的全部过程。

3. **真值**：被测对象客观存在的实际值，理论上讲，这个值是客观存在却是不可知的
4. **精度误差**：实际观测值的均值与真值之差

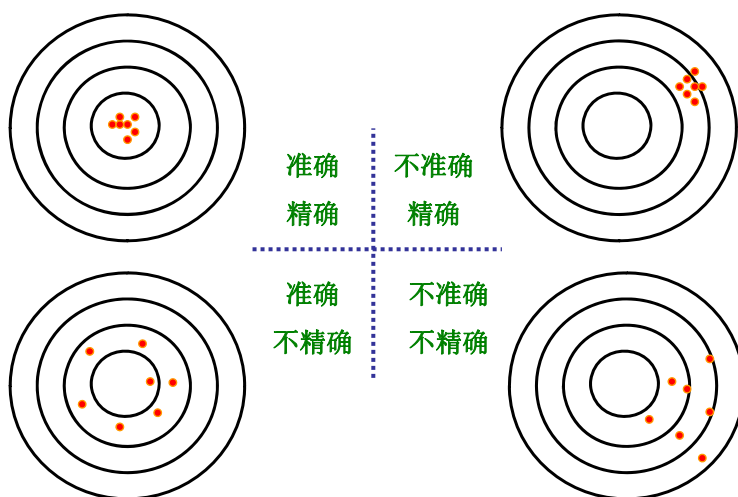


注意：由于真值不可知，所以在实践中使用偏倚代替精度误差

5. **偏倚**：参照标准的真值与其测量值的均值之差

6. **精度**：测量系统在测量特定样本时若干个测量值之间的吻合程度或波动程度，它包括两个方面：重复性和再生性

测量系统的偏倚与精度



案例：偏倚的测定

- 某测量员对基准值为 $L=20.00\text{mm}$ 的块规重复测量了12次，并得到了下述测量值：

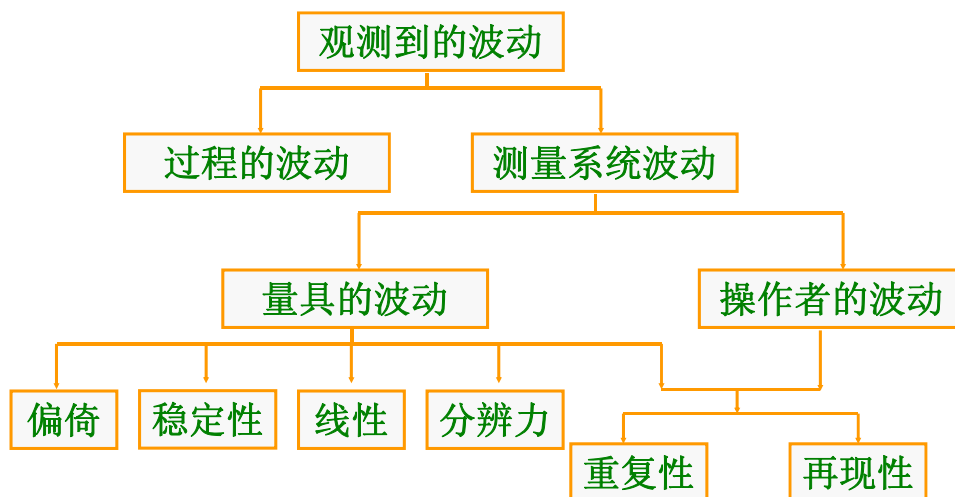
19.97	20.00	19.99	19.97	20.01	20.00
19.98	19.99	20.00	19.99	19.98	20.00

$$\bar{x} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} x_i = \frac{239.88}{12} = 19.99$$

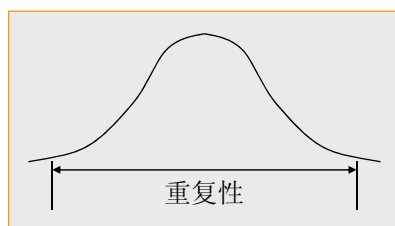
$$\therefore \text{偏倚} = \bar{x} - L = 19.99 - 20.00 = -0.01$$

讨论：确实存在
-0.01的偏倚吗？
如何判断？

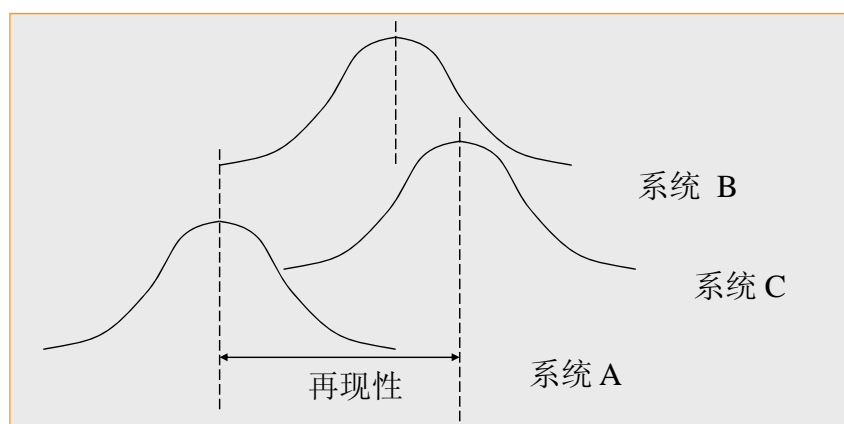
波动



7. **重复性**：同一个操作者采用同样的测量仪器对同样的样品进行测量时的差异程度



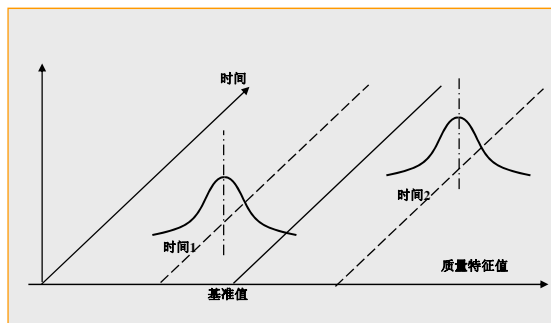
8. **再现性**：或复验性，是不同的测量系统（尤指不同操作者）在测量相同样品的同一特征值的差异程度



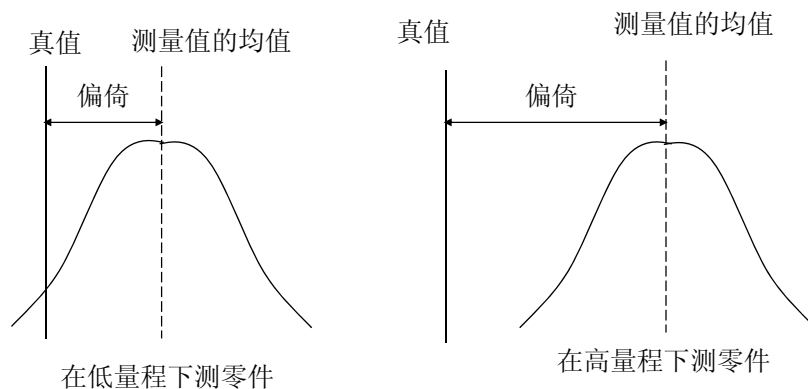
9. **固定误差**：测量误差不随被测对象大小而改变，一般与仪器的调整与校准有关

10. **可变误差**：随被测对象大小而改变的测量误差，可变误差一般与仪器构造有关

11. **稳定性**：测量系统的测量结果在不同时间上的变异



12. **线性**：在设备的测量范围内偏倚的不同被称为线性。线性可以被认为是关于偏倚大小的变化。



13. **测量系统能力**：是反映测量系统在对其特定的测量对象测量时测量值的变异程度，表示测量能力的指标有P/T比率（精度/公差比率）和R&R%

14. **P/T 比率**：测量系统的精度与公差范围的比率，常用百分数表示

$$P/T\% = \frac{5.15\sigma_{MSE}}{USL - LSL} \times 100\%$$

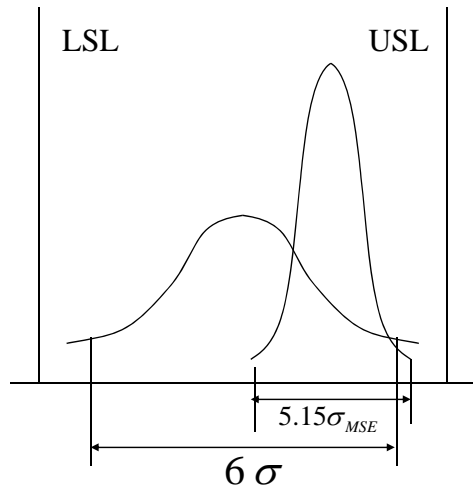
σ_{MSE} 代表测量误差的标准差

15. **R&R%**：测量精度的估计值与过程范围的比率

$$R\&R\% = \frac{\sigma_{MSE}}{\sqrt{\sigma_{MSE}^2 + \sigma_P^2}} \times 100\%$$

以上公式基于以下三个假设：

- 1、测量误差是彼此独立的
- 2、测量误差与零件大小无关
- 3、测量误差服从正态分布



对测量能力的要求

如果 P/T% 和 R&R% 两者的**最大值**满足：

- 小于10%, 现行的测量系统可以接受
- 10% 到 30%, 能力处于边界水平. 测量系统能否接受取决于测量的重要程度. 应努力改善测量系统的能力.
- 大于30%, 测量系统能力不足, 不宜使用

9、测量系统的分辨力

- 分辨力（Discrimination）是指测量系统识别并反映被测量最微小变化的能力。一般称测量结果的最小间距为其分辨力。
- 如：测量结果为2.803，则其分辨力为0.001

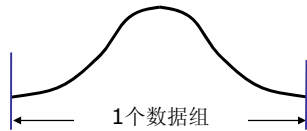
测量系统首先必须要有足够的分辨力。一般而言，测量系统的分辨力应达到（即在数值上不大于）过程总波动（6倍的过程标准差）的1/10，或容差（USL-LSL）的1/10。

测量系统的分辨力的测定

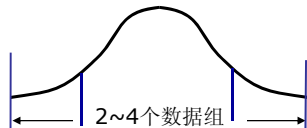
- 可用测量结果的最小间距直接作为分辨力
- 亦可用数据组数（Number of Distinct Categories）

$$\text{数据组数} = \frac{\sigma_{Parts}}{\sigma_{MSE}} \times 1.41$$

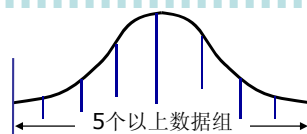
测量系统分辨力对过程分析和控制的影响



- 不能用于对过程参数的估计或计算过程能力指数，仅能表明过程的输出是否合格



- 仅能提供粗糙的估计值，一般来说不能用于对过程的参数估计或计算过程能力指数



- 能够用于过程参数的估计，以及可以用于各种类型的控制图。表明测量系统有足够的分辨力

讨论

1. 为什么MSA对质量改进如此重要？
2. 重复性和再现性与校准的区别？
3. 在什么情况下进行测量系统分析？

6-2 MSA的重复性与再现性

1、进行测量系统分析的准备工作

进行测量系统分析之前应考虑以下问题：

- ✧ 选择所要研究的测量过程。
- ✧ 对测量过程进行划分，包括测量仪器、方式和方法，参照标准以及如何记录数据等。建议绘制测量过程流程图。
- ✧ 根据操作过程定义测量系统变异

- ✧ 确定进行测量系统分析的操作者的人数，零件数量以及重复测量的次数。一般至少取10个零件，3-5个操作者并重复测量2-3次
- ✧ 所取样本零件必须来自与生产过程，并且代表了整个生产的变异
- ✧ 操作者应能够正常的使用仪器
- ✧ 仪器测量的精度至少为能够直接读出反映过程变异的特征值的十分之一
- ✧ 确保测量方法能够测量被测质量特征，并且遵循着既定的测量程序

- ◇对样本零件标上序号，注意不要让操作工发现这个序号
- ◇采用数据搜集表格采集数据
- ◇测量应随机进行以确保任何偏移或变化是随机分布的
- ◇读数应尽可能精确，如果可能的话要读到测量仪器最小单位的二分之一
- ◇选取工作谨慎的人员对测量过程进行观察
- ◇所有操作者应使用同样的操作方法和程序

典型测量系统分析方法

- 均值-极差法（ \bar{X} -R法）
- 方差估计法

数据表

测量系统分析

样品	测量员A			测量员B		
	第1轮	第2轮	第3轮	第1轮	第2轮	第3轮
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

课堂实战数据

测量系统分析

样品	测量员A			测量员B		
	第1轮	第2轮	第3轮	第1轮	第2轮	第3轮
1	17	16.9	17.15	16.91	17.15	17.04
2	17.05	17.03	17.04	17.05	17.18	17.08
3	16.94	16.94	16.94	16.97	16.98	17.13
4	17	17	17.11	17	17.3	17.28
5	17.38	17.38	17.16	17.4	17.21	17.38
6	17.1	17.52	17.35	17.06	17.13	17.53
7	17.01	17.08	16.99	17.9	17.36	17.25
8	17	16.98	16.98	16.99	16.97	17.01
9	17.14	17.13	17.3	17.03	17.02	17.33
10	17.07	17.22	17.07	17.01	17.08	17.24

均值-极差法判定测量系统的重复性与再现性(M31E)

样品	测量员A					测量员B					样品均值
	第1轮	第2轮	第3轮	均值	极差	第1轮	第2轮	第3轮	均值	极差	
1	17	16.9	17.15	17.0167	0.25	16.91	17.15	17.04	17.0333	0.24	17.0350
2	17.05	17.03	17.04	17.0400	0.02	17.05	17.18	17.08	17.1033	0.13	17.0717
3	16.94	16.94	16.94	16.9400	0	16.97	16.98	17.13	17.0267	0.16	16.9833
4	17	17	17.11	17.0367	0.11	17	17.3	17.384	17.1953	0.3	17.1160
5	17.38	17.38	17.16	17.3067	0.22	17.4	17.21	17.38	17.3300	0.19	17.3183
6	17.1	17.52	17.35	17.3233	0.42	17.05	17.13	17.53	17.2400	0.47	17.2817
7	17.01	17.08	16.89	17.0267	0.09	17.9	17.36	17.25	17.5033	0.55	17.2650
8	17	16.98	16.98	16.9867	0.02	16.99	16.97	17.04	16.9900	0.04	16.9833
9	17.14	17.13	17.3	17.1900	0.17	17.03	17.02	17.33	17.1267	0.31	17.1533
10	17.07	17.22	17.07	17.1200	0.15	17.01	17.08	17.24	17.1100	0.23	17.1150
均值	17.0690	17.1200	17.1090	17.0957	0.1450	17.1320	17.1300	17.2270	17.1657	0.2720	17.1322

1) 样品个数,	10	测量人数,	2	测量轮数,	3	REPE.:	16.65	1.51:	15.85
2) 极差总平均	0.2025		重复性标准差		0.1254	其中d1	1.683	重复性KV	0.6342
3) 测量测量值的总均值的极差=	0.0570		再现性标准差=		0.0419	其中d2=	1.41	再现性AV=	0.2156
4) 测量系统误差(MSE)的标准差=	0.1301		R&R=		0.6699				
5) 样品均值极差(Rp)=	0.3350		样品间的标准差=		0.1053	其中d2=	3.16	样品PV=	0.5425
6)								总变差TV=	0.8630
7) R&RV=	77.71%								
8) P/T=	60.90%								



2、均值-极差法

步骤:

假设有m个操作者, n个零件, 测 r 轮

(1)计算同一操作者测量同一零件不同轮数时的极差 R_{ij}

$$R_{ij} = \text{Max} \{ X_{ijk} \} - \text{Min} \{ X_{ijk} \}$$

(2)计算所有零件的极差均值

$$\bar{R} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij}$$

估计重复性

(3)计算不同操作者的测量均值

$$\bar{X}_{i..} = \frac{1}{nr} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r X_{ijk}$$



(4) 计算不同操作者测量均值 $\bar{X}_{i..}$ 的极差

$$R_o = \text{Max} \{ \bar{X}_{i..} \} - \text{Min} \{ \bar{X}_{i..} \}$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

估计再现性

计算各零件测量值均值的极差 R_p

$$R_p = \text{Max} \{ \bar{X}_{.j.} \} - \text{Min} \{ \bar{X}_{.j.} \}$$

估计过程波动

其中 $\bar{X}_{.j.}$ 为 m 位测量者测量第 j 个零件 r 轮的平均值



37

(5) 计算 $\hat{\sigma}_{EV}$ 、 $\hat{\sigma}_{AV}$ 、 $\hat{\sigma}_p$ 和 $\hat{\sigma}_{MSE}$

$$\hat{\sigma}_{EV} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\hat{\sigma}_{AV} = \sqrt{\left(\frac{\bar{R}_o}{d_2^*} \right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{EV}^2}{nr}}$$

$$\hat{\sigma}_p = \frac{R_p}{d_2^*}$$

$$\hat{\sigma}_{MSE} = \sqrt{\hat{\sigma}_{AV}^2 + \hat{\sigma}_{EV}^2}$$

$d^* = d^*(m, g)$
 m = 测量者数
 g = 极差个数

$d^* = d^*(m, g)$
 m = 测量样品数
 g = 极差个数为



38

(6) 计算重复性(EV)、再现性(AV)以及重复性与再现性($R \& R$):

$$EV = 5.15 \sigma_{EV} = \bar{R} K_1$$

$$AV = 5.15 \sigma_{AV} = \sqrt{[(\bar{X}_o K_2)^2 - (EV^2 / nr)]}$$

$$PV = 5.15 \sigma_P = R_P K_3$$

$$R \& R = 5.15 \sigma_{MSE} = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$P/T\% = \frac{5.15 \sigma_{MSE}}{USL - LSL} \times 100\%$$

$$R\&R\% = \frac{\sigma_{MSE}}{\sqrt{\sigma_{MSE}^2 + \sigma_P^2}} \times 100\%$$

d_2, d_2^* 是由测量轮数和操作者的数量所决定的系数



R&R 计算中的系数

K1	4.56	3.05
Trials	2	3

K2	3.65	2.70	2.30	2.08
Operator	2	3	4	5

K3	3.65	2.70	2.30	2.08	1.93	1.82	1.74	1.67	1.62
Part	2	3	4	5	6	7	8	9	10



案例分析

- 某企业主要生产型号为YSK30-6A的电机，该电机的主要质量特征值为电机轴的径向跳动大小，公差要求是0到0.03mm。已知其质量特征值（ X ）服从正态分布，并且对该质量特征值进行测量时，是由测量员A和B利用同一台测量仪器进行测量的，使用的测量仪器是百分表。为了了解该测量系统的可靠性，我们取10个样品随机地分配给测量员A和B，并利用测量仪器进行测量，每个人对每个样品测量3轮
- 数据文件：“Manual MSA.xls”

R&R 计算表

测量者 轮数 样品	测量员A					测量员B					$\bar{X}_{.j.}$
	第1轮	第2轮	第3轮	$\bar{X}_{ij.}$	$R_{ij.}$	第1轮	第2轮	第3轮	$\bar{X}_{ij.}$	$R_{ij.}$	
1	0.025	0.02	0.02	0.0217	0.005	0.02	0.015	0.02	0.0183	0.005	0.0200
2	0.03	0.045	0.03	0.0350	0.015	0.025	0.04	0.03	0.0317	0.015	0.0333
3	0.014	0.015	0.015	0.0147	0.001	0.02	0.015	0.02	0.0183	0.005	0.0165
4	0.008	0.01	0.01	0.0093	0.002	0.01	0.01	0.01	0.0100	0	0.0097
5	0.04	0.04	0.04	0.0400	0	0.04	0.03	0.04	0.0367	0.01	0.0383
6	0.048	0.045	0.045	0.0460	0.003	0.03	0.04	0.04	0.0367	0.01	0.0413
7	0.01	0.02	0.01	0.0133	0.01	0.01	0.015	0.015	0.0133	0.005	0.0133
8	0.01	0.01	0.01	0.0100	0	0.02	0.01	0.015	0.0150	0.01	0.0125
9	0.025	0.025	0.02	0.0233	0.005	0.02	0.03	0.02	0.0233	0.01	0.0233
10	0.045	0.03	0.03	0.0350	0.015	0.03	0.025	0.04	0.0317	0.015	0.0333
平均	-	-	-	0.0248	0.0056	-	-	-	0.0235	0.0085	-
极差	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0317

R&R 计算

$$\begin{aligned}\bar{R} &= (0.0056 + 0.0085) / 2 = 0.0071 \\ R_p &= \text{Max}\{\bar{X}_i\} - \text{Min}\{\bar{X}_i\} \\ &= 0.0248 - 0.0235 \\ &= 0.0013 \\ R_p &= 0.0317\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{\sigma}_{EV} &= \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.0071}{1.693} = 0.0042 \\ \hat{\sigma}_{AV} &= \sqrt{\left(\frac{R_U}{d_2}\right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{EV}^2}{n \times r}} = \sqrt{\left(\frac{0.0013}{1.41}\right)^2 - \frac{0.0042^2}{10 \times 3}} = 0.0006 \\ \hat{\sigma}_P &= \frac{R_p}{d_3} = \frac{0.0317}{3.18} = 0.01 \\ \hat{\sigma}_{MSR} &= \sqrt{\hat{\sigma}_{AV}^2 + \hat{\sigma}_{EV}^2} = \sqrt{0.0006^2 + 0.0042^2} = 0.0042\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}PIT\% &= \frac{USL - LSL}{\frac{5.15 \sigma_{MSR}}{0.03}} \times 100\% \\ &= \frac{0.03}{0} \times 100\% \\ &= 72.1\% \\ R\&R\% &= \frac{\frac{\sigma_{MSR}}{\sqrt{\sigma_{MSR}^2 + \sigma_P^2}}}{\frac{0.0042}{\sqrt{0.0042^2 + 0.01^2}}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0042}{\sqrt{0.0042^2 + 0.01^2}} \times 100\% \\ &= 38.88\%\end{aligned}$$

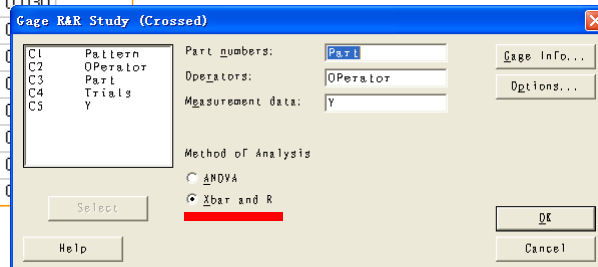
$$\begin{aligned}EV &= 5.15 \sigma_{EV} = 0.18746 \\ AV &= 5.15 \sigma_{AV} = 0.004017 \\ R\&R &= 5.15 \sigma_{MSR} = 0.18751\end{aligned}$$



43

案例：用Minitab进行MSA

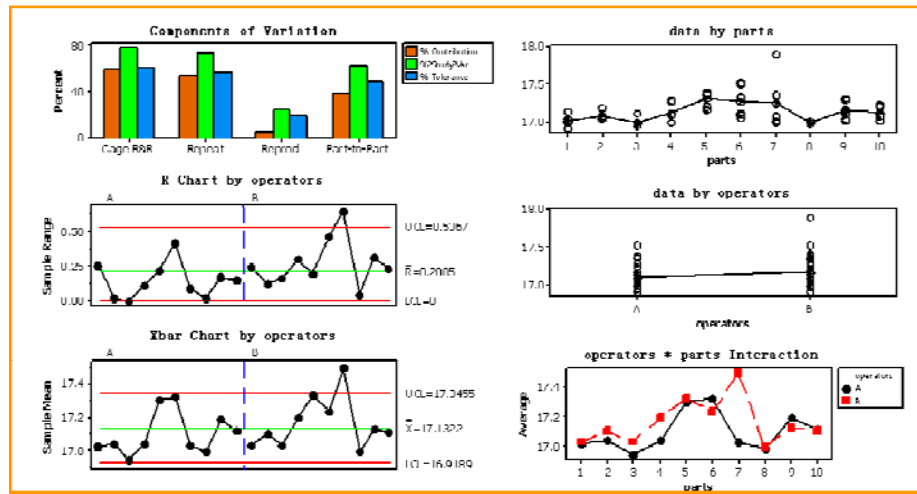
Operator	Part	Trials	Y
A	1	1	0.025
A	1	2	0.020
A	1	3	0.020
A	2	1	0.030
A	2	2	0.045
A	2	3	0.030
A	3	1	0.030
A	3	2	0.030
A	3	3	0.030
A	4	1	0.030
A	4	2	0.030
A	4	3	0.030
A	5	1	0.030



数据文件 “课堂实战数据”



44



用均值极差法分析结果

Gage R&R Study - XBar/R Method

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0169193	60.39
Repeatability	0.0151669	54.13
Reproducibility	0.0017524	6.25
Part-To-Part	0.0110978	39.61
Total Variation	0.0280171	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.130074	0.669883	77.71	60.90
Repeatability	0.123154	0.634244	73.58	57.66
Reproducibility	0.041861	0.215586	25.01	19.60
Part-To-Part	0.105346	0.542531	62.94	49.32
Total Variation	0.167383	0.862023	100.00	78.37

Number of Distinct Categories = 1

极差法的优缺点

极差法的优点

- 能够在EXCEL中完成.
- 可以检查是否有异常值

极差法的缺点:

- 没考虑操作者和零件之间的交互影响, 因此低估了测量系统误差.

3、方差估计法

一个典型的MSA问题的线性统计模型可描述为:

$$X_{ijk} = \mu + O_i + P_j + (O \times P)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$



正态性、独立性等假定

$$\sigma^2 = \sigma_O^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{O \times P}^2 + \sigma_E^2 = \sigma_P^2 + \sigma_{MSE}^2$$

$$SS_{TOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{...})^2$$

$$SS_P = an \sum_{j=1}^b (\bar{X}_{.j.} - \bar{X}_{...})^2$$

$$SS_O = bn \sum_{i=1}^a (\bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...})^2$$

$$SS_{O \times P} = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{X}_{ij.} - \bar{X}_{i..} - \bar{X}_{.j.} + \bar{X}_{...})^2$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{ij.})^2$$

$$SS_{TOTAL} = SS_O + SS_P + SS_{O \times P} + SS_E$$

MSA的方差分析表

来源	平方和	自由度	均方(MS)	E(MS)
操作者	SS_O	$a-1$	$SS_O/(a-1)$	$\sigma_E^2 + n\sigma_{O \times P}^2 + bn\sigma_O^2$
零件	SS_P	$b-1$	$SS_P/(b-1)$	$\sigma_E^2 + n\sigma_{O \times P}^2 + an\sigma_P^2$
交互作用	$SS_{O \times P}$	$(a-1)(b-1)$	$SS_{O \times P}/[(a-1)(b-1)]$	$\sigma_E^2 + n\sigma_{O \times P}^2$
纯误差*	SS_E	$ab(n-1)$	$SS_E/[ab(n-1)]$	σ_E^2
总和	SS_T	$abn-1$		

$$\hat{\sigma}_E^2 = MS_E = SS_E / [ab(n-1)]$$

$$\hat{\sigma}_{O \times P}^2 = (MS_{O \times P} - MS_E) / n$$

$$\hat{\sigma}_O^2 = (MS_O - MS_{O \times P}) / bn$$

$$\hat{\sigma}_P^2 = (MS_P - MS_{O \times P}) / an$$

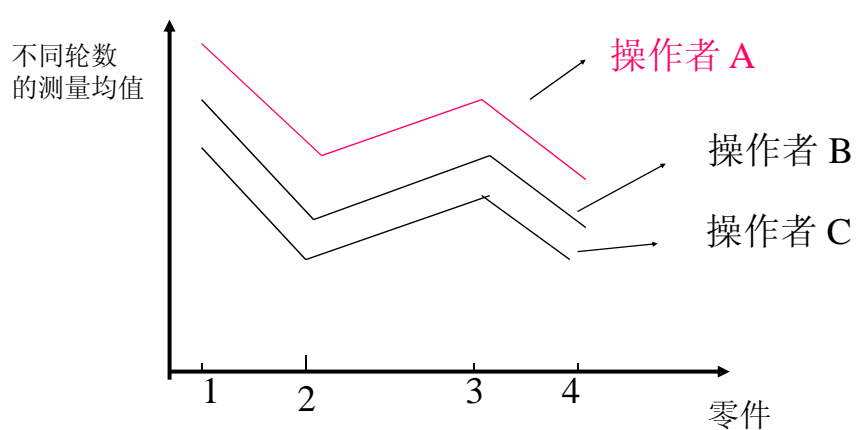
$$\hat{\sigma}_{MSE} = \sqrt{\hat{\sigma}_O^2 + \hat{\sigma}_{O \times P}^2 + \hat{\sigma}_E^2}$$

$$R\&R\% = \frac{\hat{\sigma}_{MSE}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{MSE}^2 + \hat{\sigma}_P^2}} \times 100\%$$



51

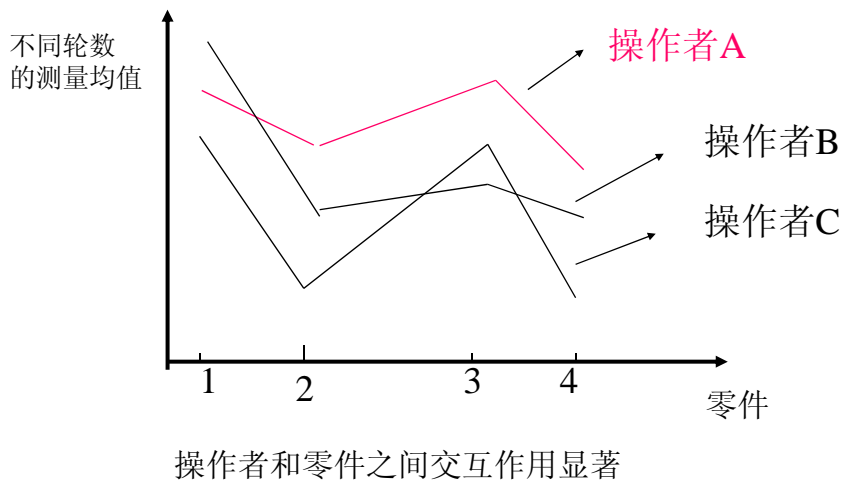
交互作用的图形表示



操作者和零件之间没有交互作用

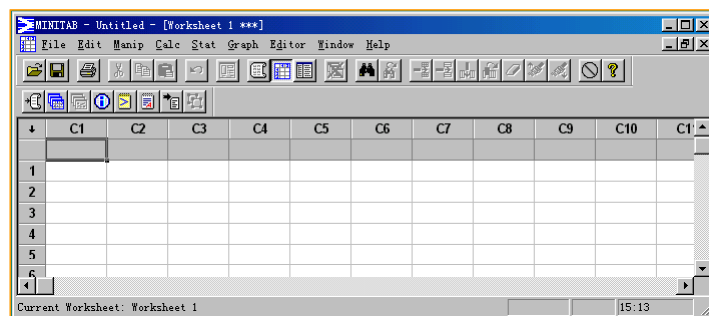


52



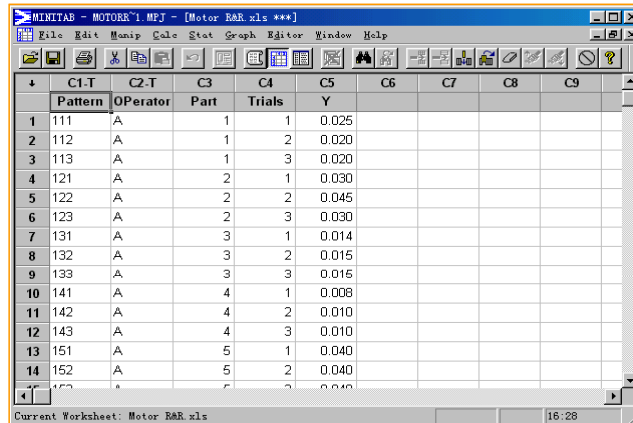
利用Minitab进行测量系统分析

Minitab是Minitab公司开发的一个功能强大的软件
Minitab提供的图表功能使统计分析更加方便



用Minitab进行MSA的一般步骤

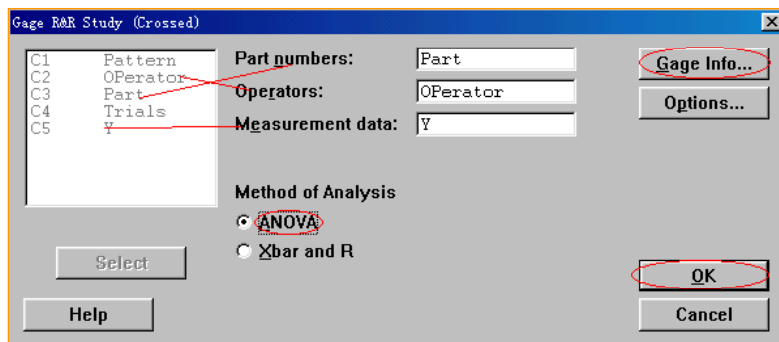
(1) 打开桌面上MSA文件夹下的数据文件 “Motor R&R”



The screenshot shows the Minitab 'Motor R&R' data file. The worksheet contains 14 rows of data with columns for Pattern, Operator, Part, Trials, and Y. The data is as follows:

	Pattern	Operator	Part	Trials	Y
1	111	A	1	1	0.025
2	112	A	1	2	0.020
3	113	A	1	3	0.020
4	121	A	2	1	0.030
5	122	A	2	2	0.045
6	123	A	2	3	0.030
7	131	A	3	1	0.014
8	132	A	3	2	0.015
9	133	A	3	3	0.015
10	141	A	4	1	0.008
11	142	A	4	2	0.010
12	143	A	4	3	0.010
13	151	A	5	1	0.040
14	152	A	5	2	0.040

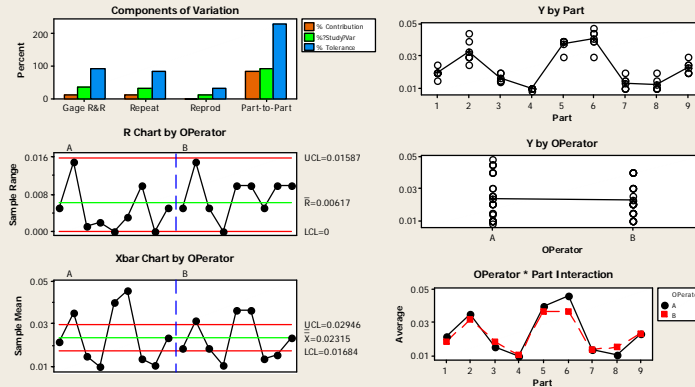
(2) 选择 Stat > Quality Tools > Gage R&R Study (Crossed), 注意选中 **Gage Info**中 tolerance 为0.03



Gage R&R (ANOVA) for Y

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:



Gage R&R for Y

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Y

Gage name:
Date of study:
Reported by:
Tolerance: 0.03
Misc:

Two-Way ANOVA

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	8	0.0066638	0.0008330	29.9722	0.000
Operator	1	0.0000167	0.0000167	0.5997	0.461
Part * Operator	8	0.0002223	0.0000278	1.4800	0.199
Repeatability	36	0.0006760	0.0000188		
Total	53	0.0075788			

方差分析和方差估计报告

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000218	13.96
Repeatability	0.0000188	12.04
Reproducibility	0.0000030	1.93
Operator	0.0000000	0.00
Operator*Part	0.0000030	1.93
Part-To-Part	0.0001342	86.04
Total Variation	0.0001560	100.00

与均值极差法
的结果相比较

$$\frac{\sigma_{Parts}}{\sigma_{MSE}} \times 1.41$$

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (NSV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.0046672	0.0280030	37.37	93.34
Repeatability	0.0043333	0.0260000	34.70	86.67
Reproducibility	0.0017334	0.0104003	13.88	34.67
Operator	0.0000000	0.0000000	0.00	0.00
Operator*Part	0.0017334	0.0104003	13.88	34.67
Part-To-Part	0.0115844	0.0695062	92.76	231.69
Total Variation	0.0124892	0.0749352	100.00	249.78

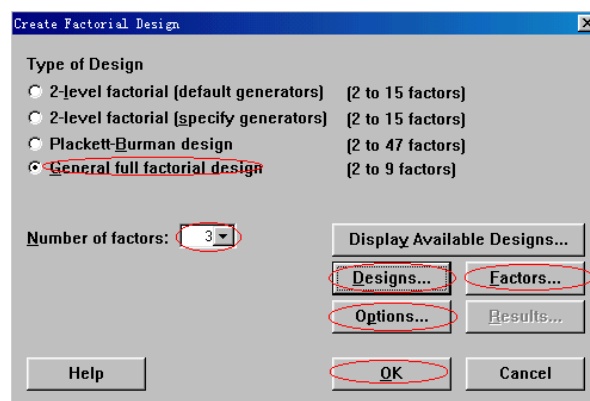
Number of Distinct Categories = 3



59

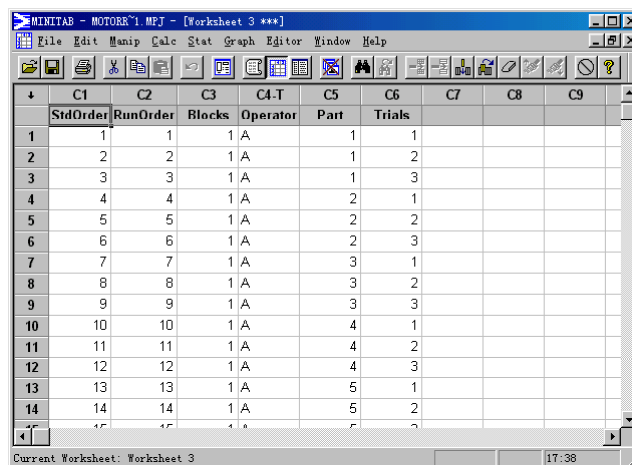
数据表格的生成

选择**Stat/DOE/Factorial/Create Factorial Design**，对于相应的选项作设定



60

得到空表如下：



	C1	C2	C3	C4.T	C5	C6	C7	C8	C9
	StdOrder	RunOrder	Blocks	Operator	Part	Trials			
1	1	1	1	A	1	1			
2	2	2	1	A	1	2			
3	3	3	1	A	1	3			
4	4	4	1	A	2	1			
5	5	5	1	A	2	2			
6	6	6	1	A	2	3			
7	7	7	1	A	3	1			
8	8	8	1	A	3	2			
9	9	9	1	A	3	3			
10	10	10	1	A	4	1			
11	11	11	1	A	4	2			
12	12	12	1	A	4	3			
13	13	13	1	A	5	1			
14	14	14	1	A	5	2			

讨论：破坏性试验的MSA

- 破坏性条件下，进行MSA会遇到什么样的问题？
- 你有何解决之道？

6-3 属性值数据的测量系统分析

- 属性值一致性分析
- 属性值测量系统分析--解析法

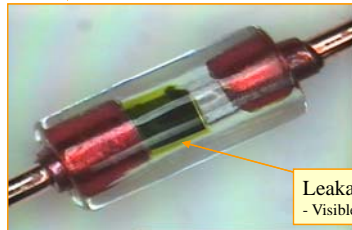
1、属性值一致性分析

- 短期法选择20个零件，两个操作者对所有零件都测2次，要求测量方法能够防止偏倚
- 选择的零件中，要求其中一部分略微超出公差限
- 所有测量结果一致时，仪器方可接受
- 如果测量结果不一致，仪器应改进或重新评价
- 如果仪器不能改进就不可使用，应代之以其他可接受的测量系统

案例



High Temp. Rej---Visible black block, or grey block over 50% tube surface



Leakage Rej.--
- Visible fluorescence in the dark

缺陷类型及标记

LO---Lead outside

GC---Glass crack

HT---High Temp.

CT---Chip Turnover

Bub---Bubble inside glass

PS---Incomplete sealing

Con---Contamination inside Hunit



65

利用Minitab进行分析

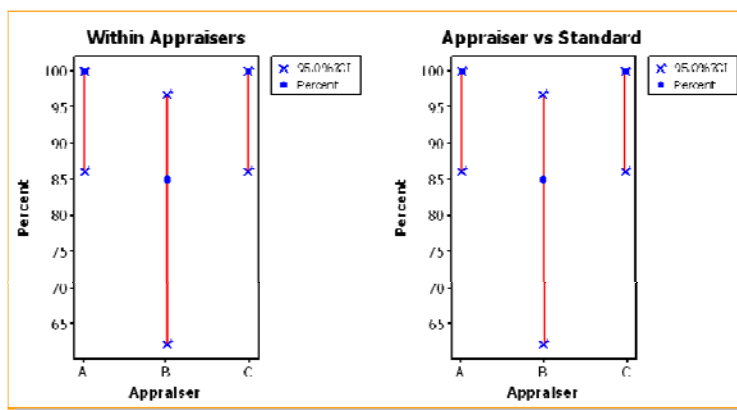
- 打开文件:
“SealingScrap(Attri
buteAgreementAnaly
sis).MTW”

Sample Qty. 20pcs
Good parts 10pcs
Defective parts 10pcs
Operator Qty. 3
Inspection Mode: Visual

+	C1	C2	C3-T	C4	C5-T	C6-T	C7
	StdOrder	Parts	Operator	Trial	Attribute	Result	
1	1	1 A	1	Pass	Pass		
2	2	1 A	2	Pass	Pass		
3	3	1 B	1	Pass	Pass		
4	4	1 B	2	Pass	Pass		
5	5	1 C	1	Pass	Pass		
6	6	1 C	2	Pass	Pass		
7	7	2 A	1	Pass	Pass		
8	8	2 A	2	Pass	Pass		
9	9	2 B	1	Pass	Pass		
10	10	2 B	2	Pass	Pass		
11	11	2 C	1	Pass	Pass		
12	12	2 C	2	Pass	Pass		
13	13	3 A	1	PS	PS		
14	14	3 A	2	PS	PS		
15	15	3 B	1	PS	PS		
16	16	3 B	2	PS	PS		
17	17	3 C	1	PS	PS		
18	18	3 C	2	PS	PS		
19	19	4 A	1	GS	GS		
20	20	4 A	2	GS	GS		



66



2、属性值测量系统分析--解析法

- 计数型测量系统研究由几个获得基准值的被选择零件构成，这些零件被评价许多次(m)，接受的总数 (a)，每零件都要被记录。从结果中评价重复性和偏倚

第1步 零件的准备

- 通常取8个零件，每个零件测 m ($m=20$) 次，接受次数为 a
- 知道每个零件的参考值
- 8个零件在等间隔的时间内选取
- 最大最小值代表过程分布
- 零件的最小值应为 $a=0$ ；最大值为 $a=20$ ； 其他6个值为, $1 \leq a \leq 19$ 。如果这条准则不能满足，应选取更多参考值已知的零件直到满足这一准则



69

第2步 计算接受概率

当数据收据收集准则得到满足后，应用下面的公式计算接受概率

$$P_a = \begin{cases} \frac{a+0.5}{m} & \text{if } \frac{a}{m} < 0.5, \quad a \neq 0 \\ \frac{a-0.5}{m} & \text{if } \frac{a}{m} > 0.5, \quad a \neq 20 \\ 0.5 & \text{if } \frac{a}{m} = 0.5 \end{cases}$$

$a=0$ 时，则 $P_a=0$ ，除去 $a=0$ 的最大基准值，此时其 $P_a=0.025$

$a=20$ 时，则 $P_a=1$ ，除去 $a=0$ 的最小基准值，此时其 $P_a=0.975$

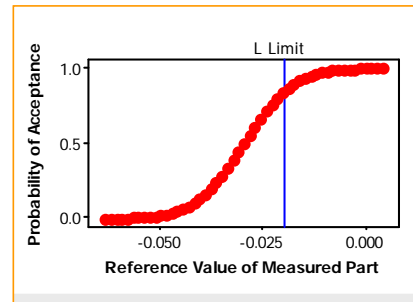
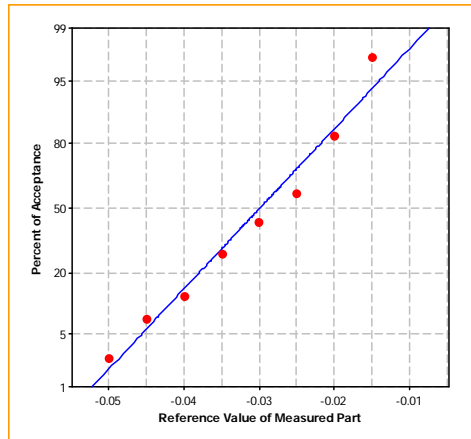
注： m 为重复测量次数

a 为接收次数



70

第3步 在正态概率纸上描出每个零件的参考值及接受概率



第4步 计算偏倚和重复性

偏倚 = $X_{0.5}$ - 下限

$$\text{重复性} = \frac{X_{0.995} - X_{0.005}}{1.08}$$

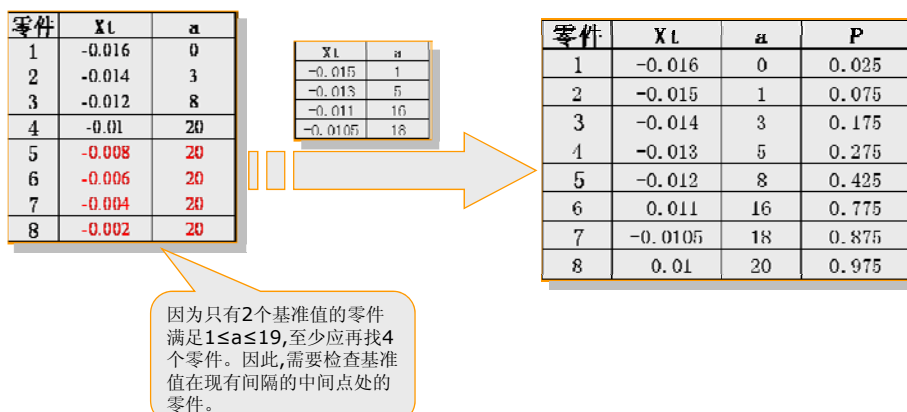
■ 检验偏倚是否明显不等于0，计算统计量：

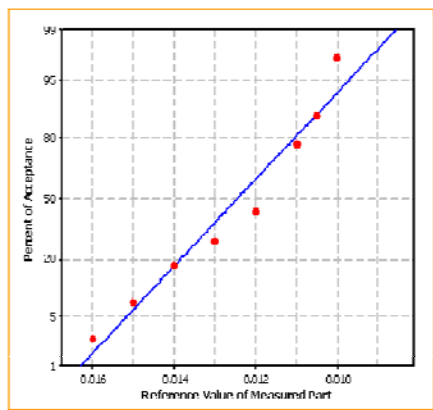
$$T = \frac{31.3 \times |\text{偏倚}|}{\text{重复性}}$$

□ 如果T值大于 $t_{0.025, m-1}$ 表明偏倚明显偏离

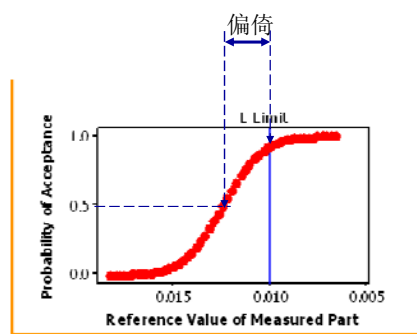
案例分析

- 计数型量具用于测量容差为 ± 0.010 的一个尺寸。该量具是一个线端自动检查量具，它受重复性和偏倚影响。为完成计数研究，8个零件并重复测量20次，这8个零件基准值从-0.016至-0.002。
- 数据文件为“AttributeMSA.MTW”





Fitted Line:
 $X_t = 7.48669 + 602.451 * \text{Reference}$



- 偏倚 $= -0.010 - (-0.0124271) = 0.0024$
- 重复性的确定是通过找出 $P_a = 0.995$ 和 $P_a = 0.005$ 对应的测量基准值之差值再除以 1.08

$$R = \frac{0.0084 \times 0.0163}{1.08} = 0.0073$$

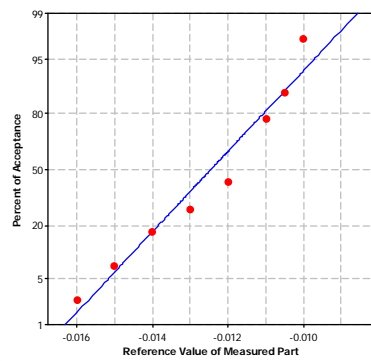
- 为了确定偏倚是否明显偏离零，计算

$$T = \frac{31.3 \times |\text{偏倚}|}{\text{重复性}} = \frac{31.3 \times 0.0023}{0.0073}$$

Attribute Gage Study (Analytic Method) for a

Gage name:
Date of study:

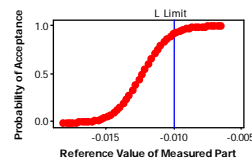
Reported by:
Tolerance:
Misc:



Bias: 0.0024271
Pre-adjusted Repeatability: 0.0085512
Repeatability: 0.0079177

Fitted Line: $7.48669 + 602.451 * \text{Reference}$
R - sq for Fitted Line: 0.955080

AIAG Test of Bias = 0 vs not = 0
T DF P-Value
9.60564 19 0.0000000



6-4 测量系统的改进

- 偏倚分析
- 稳定性分析
- 线性分析
- 重复性分析
- 再现性分析
- 改善重复性的重复测量

1、偏倚分析

存在较大偏倚的原因:

- 主样品有问题
- 仪器老化
- 工具精度不够
- 工具测量了不适当的质量特性
- 工具没有校准
- 工具使用不正确

2、稳定性分析

缺乏稳定性的可能原因:

- 测量系统没有按要求经常做校准
- 某些电子仪器需预热
- 仪器需做维护
- 主要部件已经老化

3、线性分析

缺乏线性的可能原因：

- 测量系统在高低量程上未做正确的校准
- 最大和最小校验标准有误差
- 测量仪器已磨损老化
- 测量系统的内部设计需重新评审

4、重复性分析

重复性较差的可能原因：

- 测量仪器没有得到很好的维护
- 测量仪器精度达不到要求
- 测量仪器需重新设计
- 零件的装夹方式需进一步改进
- 存在松动连接，接地不良，干扰等

5、再现性分析

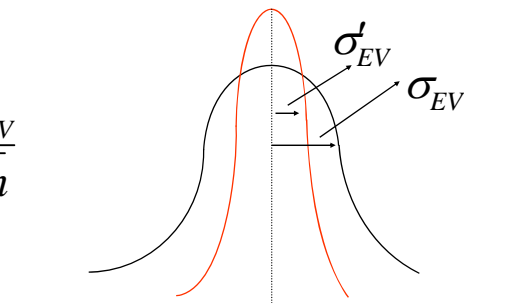
再现性较差的可能原因：

- 操作工未能得到正确使用仪器的培训
- 仪表盘上面读数不清楚，或精度差
- 仪器未校准
- 两个测量系统的设计不同
- 两个测量系统的工作环境不同

6、改善重复性的重复测量

如果测量系统的重复性较差，而仪器又不能改进或替换，那么改善测量系统重复性的唯一办法就是重复测量

$$\sigma'_{EV} = \frac{\sigma_{EV}}{\sqrt{n}}$$





本章完，谢谢各位！

地 址：天津大学管理学院
邮 编：300072
Email: shi@tju.edu.cn

天津大学质量管理课程组