



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



## 一、目的

1. 了解测量器具量测的性能，是否能满足测量要求。
2. 对新进或维修后的量测设备，能提供一个客观正确的变异分析及评价量测质量。
3. 应用统计方法来分析测量系统之再现性及重复性，作为下列各项事项之参考：
  - 3.1 试验设备是否需要校验；
  - 3.2 是否可供使用；
  - 3.3 是否有人为因素造成之失准；
  - 3.4 是否需要修正校验的周期及频率。

## 二、适用范围

适用于公司测量系统的分析。

除客户特别要求，MSA 只作重复性和再现性的分析。

## 三、测量系统分析实施流程图

见下页

## 四、工作流程

### 4.1 测量系统分析计划的制订

#### 4.1.1 确定要采用的研究方法；

#### 4.1.2 在考虑图下因素基础上确定测量者的数量、样件数量和重复测量次数。

- a) 特性重要性—如研究测量关键特性的测量系统需要采用更多的样件或增加对每个样件的重复测量次数，以保证分析结果的置信水平。
- b) 被测对象的结果特点—对尺寸大或重量大的零件采用较少数量的样件，增加对每个样件重复测量次数来保证分析结果的置信水平。

#### 4.1.3 选择日常使用过程的测量系统人员参加研究。

#### 4.1.4 在过程中选择能够代表过程的整个工作范围的样件。

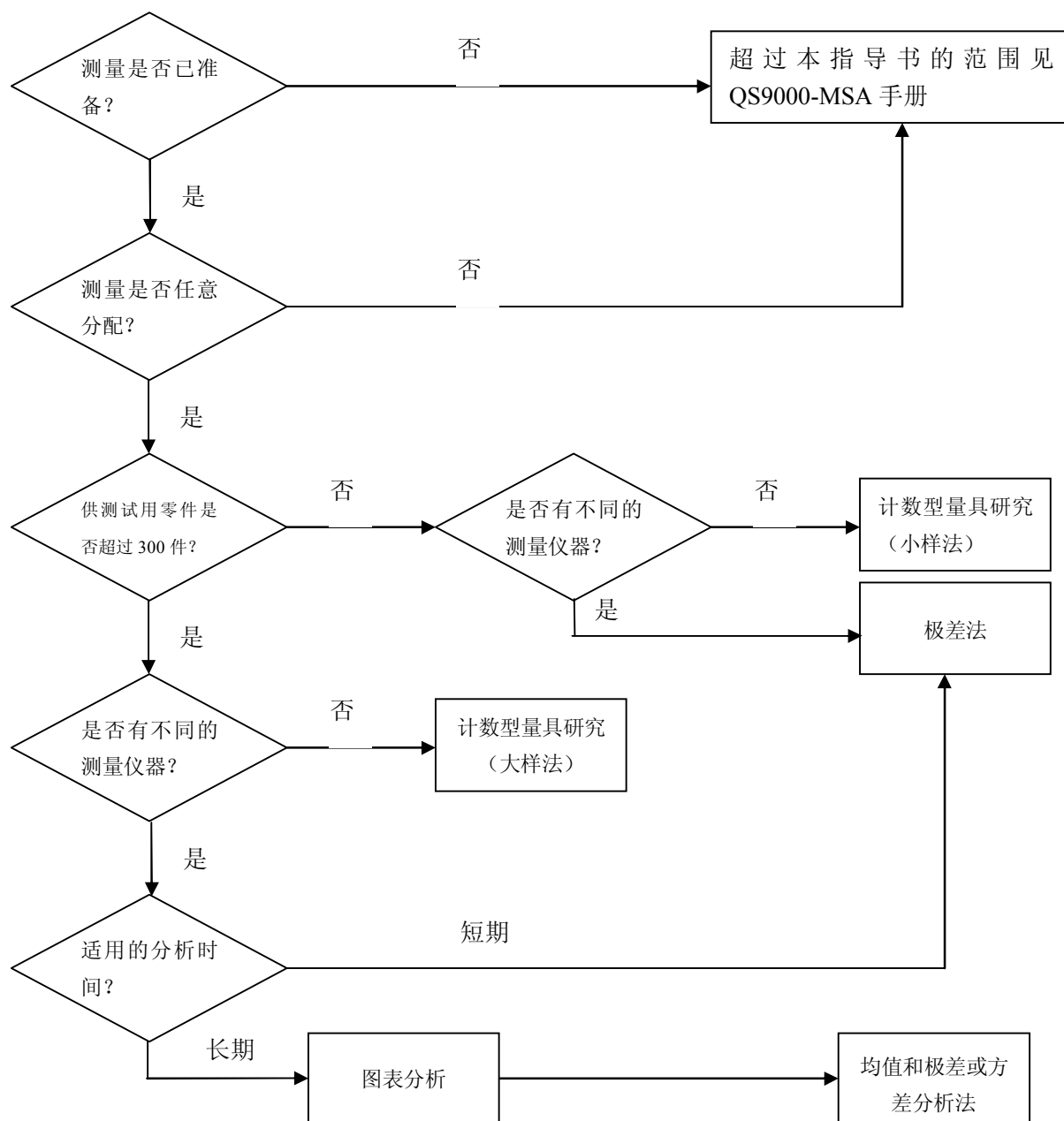
#### 4.1.5 量具最小刻度应该不超过预期的过程变差的十分之一。

#### 4.1.6 规定测量所应遵循的程序，确定要测量的特性。

#### 4.1.7 设计测量系统分析的研究方式。

- a) 确保各次读数的统计独立性；
- b) 测量读数应该顾及到可能获得的最接近数值；
- c) 规定专人对测量系统分析的过程进行监督；
- d) 每个测量者都应以使用同样的方法和步骤获取读数

文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



测量系统分析实施流程图



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



## 重复性和再现性——均值极差法

### 一、术语

1. 重复性——又称设备变差（符号 EV），是指在固定和规定的测量条件下由一位测量者使用一种测量仪器，连续（短期）多次测量同一试样的同一特性时获得的测量变差。它是系统内变差。
2. 再现性——又称评价人变差（符号 AV），是指由不同的评价人使用相同的测量仪器，测量同一试样的同一特性时测量平均值的变差。它是系统间变差。
3. GRR——又称量具重复性和再现性，它是对测量系统重复性和再现性合成变差的估计。
4. 零件变差——符号 PV，指零件与零件之间的变差。
5. 分级数——符号 ndc，指覆盖预期的产品变差所用不重叠的 97%置信区间的数量。

### 二、研究前的准备

#### 1. 样本的选取

选择同一型号规格的 10 个试样，这 10 个试样必须能代表实际的过程变差范围，即这批试样应包含这个规格的从最大到最小的不同值。（试样个数由分析人员根据置信概率和试样的可获得性来确定，一般不得少于 5 个）

#### 2. 人员选择

选择一名工艺员负责数据的记录、采集，三名专门从事此试样测量的人员（操作工）进行实际测量。（实际测量人数由分析人员根据置信概率要求和选择的试样个数来确定，但不得少于 2 人）

#### 3. 测量器具

测量器具选用平时所用的器具或相同型号、精度、分辨率的器具并确保此测量器具准确可靠。测量设备的分辨力应允许至少直接读取特性的预期过程变差的十分之一。

### 三、数据采集步骤

1. 数据记录人员把 10 个试样分别编为 1-10 号，确保测量人员不能看到试样编号。
2. 让测量者 A 分别测量这 10 个试样，将测量结果输入第一行。
3. 让测量者 B、C 测量同样的 10 个试样，将测量结果输入第 6 和第 11 行，且他们不能彼此看到结果。
4. 用不同的随机顺序重复该循环，输入数据到第 2、7、12 行中相应的列（试样号相同的测量数据输入同一列，例如测量的是 7 号试样，则把结果记录在 7 号试样所对应的列中）。再次重复该循环。
5. 当 10 个试样不可同时获得时，可用以下步骤来代替：
  - ① 若每次只能获得一个试样时：

让测量者 A 重复测量第一个试样 3 次并在第 1 列 1-3 行记录数据，让测量者 B 重复测量第一个试样 3 次并在第 1 列 6-8 行记录数据，让测量者 C 重复测量第一个试样 3 次并在第 1 列 10-12 行记录数据。

重复此循环把数据分别记录在第 2-10 列。
  - ② 若每次可以获得大于两个试样时，即可以分少于 5 次完成数据采集时，每次均可采用步骤 1-4 中的方法，以减少测量者记忆所带来的误差。
6. 当测量者属于不同的班次时，可以使用以下替代方法：

让测量者 A 测量所有的 10 个试样并把数据记录在第 1 行，然后测量者 A 以不同的顺序再次测量这 10 个试样，读数分别记录在第 2、3 行。测量者 B、C 同样进行测量。

数据收集表见附录 1。

### 四、数值的计算

1. 第 1、2、3 行中最大的读数减去最小的读数，结果记入第 5 行。用同样的方法处理 6、7、8 行和 11、12、13 行，将结果记入对应的第 10、15 行。（第 5、10、15 行记录的均为极差，所以为正值）
2. 求第 5 行的总和再除以试样的数量，得到第一个测量者试验的极差均值  $\overline{R_a}$ ，用同样的方法处理第 10、15



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



行得到  $\overline{R}_b$ 、 $\overline{R}_c$ 。

- 将第 5、10、15 行  $\overline{R}_a$ 、 $\overline{R}_b$ 、 $\overline{R}_c$  数据记入第 17 行，求其平均值，结果记为  $\overline{R}$ （所有极差的均值）。
- 将  $\overline{R}$  输入到 19 和 20 行，分别乘以  $D_4$ 、 $D_3$  得到上下控制限。 $D_4$ 、 $D_3$  具体取值见附表 1 中说明。
- 对于任何大于计算的  $UCL_R$  值的极差读数，使用原来的测量者和试样重新读数，或者剔除那些值，基于新的样本容量重新计算  $\overline{R}$  和  $UCL_R$  值。纠正造成失控的特殊原因。如果用控制图作图或分析数据，这种情况已经被修正，这里就不会出现。
- 分别求第 1、2、3，6、7、8，11、12、13 行的平均值，将计算值输入最右边标有“平均值”的列。
- 求行 1、2、3 的均值的平均值，将结果输入第 4 行  $\overline{X}_a$  格中。重复此过程，将结果输入第 9、14 行的相应  $\overline{X}_b$ 、 $\overline{X}_c$  格中。
- 将第 4、9、14 行的最大和最小均值输入第 18 行对应位置，确定他们的差值，将差值填入第 18 行标有  $\overline{X}_{DIFF}$  的位置以确定差异。
- 求每个试样的平均值，将结果输入第 16 行试样均值格内。
- 用最大试样均值减去最小试样均值，将结果输入到第 16 行标有  $R_p$  的格中，表示试样均值的极差。
- 将计算的结果值  $\overline{R}$ 、 $\overline{X}_{DIFF}$ 、 $R_p$  转记到提供的报告表格相应的地方。（报告表见附录 2）
- 根据报告表中给出的公式计算出所有的参数值并检查结果确认没有发生错误。

## 五、结果分析

### 1. 均值图

通过极差均值确定的全部均值和控制限可形成均值图，此图结果提供了测量系统的“可用性”指示。控制限内部区域表示的是测量灵敏度“噪声”。因为研究中使用的试样子组数代表过程变差，大约一半或更多的均值应落在控制限以外，这样的测量系统应该能够充分探测试样-试样之间的变差并且测量系统能提供对过程分析和过程控制有用的信息。如果少于一半的均值落在控制限外，则测量系统缺乏足够的分辨率或样本不能代表期望的过程变差。

### 2. 极差图

极差控制图用于确定过程是否受控，这也是我们要在测量研究完成前识别并去除特殊点的原因。

若所有的极差都受控，则所有测量者的工作状态是相同的；

若一个测量者不受控，说明他的方法与其他人不同；

若所有测量者都不受控，则测量系统对测量者的技术很敏感，需要改善以获得有用的数据。

通过极差图可以帮我们确定与重复性有关的统计控制及测量过程中测量者之间对每个试样的一致性。

### 3. 报告表中的数据分析

报告表左侧测量单元分析中计算的是变差的每个分量的标准偏差。

报告表右侧计算“总变差%”。

该分析可以估计变差和整个测量系统占过程变差的百分比以及其重复性、再现性和零件与零件间的变差的构成，这些信息需要与作图分析的结果相比较，并作为作图法补充。

## 六、接受准则



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



1. 误差低于 10%——通常认为测量系统是可接受的。
2. 误差在 10%到 30%之间——基于应用的重要性、测量装置的成本、维修的成本等方面的考虑，可能是可接受的。
3. 超过 30%——认为是不可接受的——应该作出各种努力来改进测量系统。
4. 过程能被测量系统区分开的分级数（ndc）应该大于或等于 5。



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



## 偏倚

### 一、术语

1. 偏倚——又称准确度，是指对同样的试样的同一特性，真值（基准值）和观测到的测量平均值的差值。它也对测量系统的系统误差的测量。

### 二、研究前的准备

#### 1. 样本选取

选择一个落在生产测量的中程数的试样，在工具室测量此试样  $n \geq 10$  次，并计算这  $n$  个读数的均值作为“基准值”，或者选用高一级别量具测量此试样 10 次，求其平均值作为“基准值”。

#### 2. 人员选择

选择生产线上专门从事此试样检测的人员对试样进行评价。

#### 3. 测量器具

测量器具选用平时所用的器具或相同型号、精度、分辨率的器具并确保此测量器具准确可靠。测量设备的分辨力应允许至少直接读取特性的预期过程变差的十分之一。

### 二、数据采集

1. 在工具间测量此试样 10 次以上，求其平均值作为“基准值”，或选用高一级别量具测量此试样 10 次，求其平均值作为“基准值”。

2. 让所选择的测量者以通常方法测量样本 15 次，读数依次记入附录 3 中的表格。

### 三、数据计算

1. 计算 15 个读数的平均值。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2. 计算可重复性标准偏差。

$$\sigma_r = \sigma_{\text{重复性}} = \frac{\max(x_i) - \min(x_i)}{d_2^*}$$

其中  $d_2^*$  可以从 MSA 测量系统分析（第三版）附录 C 中查到， $g=1$ ， $m=n$ 。

3. 确定偏倚的  $t$  统计量。

偏倚=观测测量平均值-基准值

$$\sigma_b = \frac{\sigma_r}{\sqrt{n}}, \quad t = \frac{\text{偏倚}}{\sigma_b}$$

$\sigma_b$ ——偏倚的不确定度

说明：如果总的样本容量超过 20，建议将样本分成多个子组并使用控制图法，或使用传统的一个样本  $t$  实验得到标准偏差的均方差 RMS 计算。

4. 置信区间的计算。

$$\text{偏倚} \pm \left[ \frac{d_2 \sigma_b}{d_2^*} (t_{v, 1-\alpha/2}) \right]$$



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



说明：如果 $\alpha$ 水平不是用默认值 0.05（95%置信度）则必须得到顾客同意。

数据计算分析表见附录 3。

#### 四、接受准则

如果 0 落在围绕偏倚值 $1-\alpha$  置信区间以内，即 0 在置信区间低值和高值之间，偏倚在 $\alpha$  水平是可接受的。



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



## 线性

### 一、术语

1. 线性——在设备的预期操作（测量）范围内偏倚的不同被称为线性，它是测量系统的系统误差分量。

### 二、研究前的准备

#### 1. 试样的选择

选择  $g \geq 5$  个试样，这些试样测量值覆盖量具的操作范围。如称量范围为 0-10kg 的秤，可以选择重量分别为 2、4、6、8、9kg 的试样进行评定。

#### 2. 人员选择

选择通常用这个仪器的操作者中的一人测量每个试样 12 次，另选一人负责记录数据。

#### 3. 测量器具

测量器具选用平时所用的器具或相同型号、精度、分辨率的器具并确保此测量器具准确可靠。测量设备的分辨力应允许至少直接读取特性的预期过程变差的十分之一。

### 三、数据采集

1. 记录人员把所选择的 5 个试样分别编为 1-5 号，并确保测量者在测量过程中看不到此编号。

2. 以一种顺序让测量者分别测出这 5 个试样的值并记录在所对应的试样编号下。（数据记录表格见附录 4）

3. 记录人员把 5 个试样以另一种顺序排列，再让测量者以这新的顺序测出 5 个试样的值并记录在所对应的试样编号下。

4. 重复 3 中的过程直到 12 行数据全部得到。

### 四、数据计算

1. 计算每次测量的试样偏倚及试样偏倚均值。

$$\text{偏倚}_{i,j} = x_{i,j} - (\text{基准值})_i$$

$$\overline{\text{偏倚}}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \text{偏倚}_{i,j}}{m}$$

2. 用下面等式计算和画出最佳拟合线和置信带。

对于最佳拟合线，用公式： $\overline{y}_i = ax_i + b$

其中： $x_i$ ——基准值

$\overline{y}_i$ ——偏倚平均值

$$a = \frac{\sum xy - \left(\frac{1}{gm} \sum x \sum y\right)}{\sum x^2 - \frac{1}{gm} (\sum x)^2} = \text{斜率}$$

$$b = \overline{y} - a\overline{x} = \text{截距}$$

对于给定的  $x_0$ ， $\alpha$  水平置信带是：



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



$$s = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i}{gm - 2}}$$

$$\text{低值: } b + ax_0 - [t_{gm-2, 1-\alpha/2} (\frac{1}{gm} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2})^{1/2} s]$$

$$\text{高值: } b + ax_0 + [t_{gm-2, 1-\alpha/2} (\frac{1}{gm} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2})^{1/2} s]$$

3. 在线性图上画出单值偏倚和相关基准值的偏倚均值及“偏倚=0 线”。

#### 五、接受准则及不合格处理

“偏倚=0”线必须完全在拟合线置信带以内。如果测量系统存在线性问题，需要通过调整软件、硬件或两项同时进行来再校准以达到 0 偏倚。如果偏倚在测量范围内不能被调整到 0，只要测量系统保持稳定，仍可用于产品/过程的控制，但不能进行分析，直到测量系统达到稳定。



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



## 稳定性

### 一、术语

1. 稳定性——指测量系统在某持续时间内测量同一基准或零件的单一特性时获得的测量平均值总变差,即偏倚随时间的增量。

### 二、步骤

#### 1. 样本的选择

选择一个落在产品测量中程数的生产零件作为样本。

#### 2. 数据采集

每天测量标准样本 5 次,持续 23 天,数据记入稳定性分析报告(附录 5)

3. 将数据按时间顺序画在附录 5 中的控制图上。

4. 计算均值 ( $\bar{X}$ ) 和极差 (R)。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad R = X_{\text{最大值}} - X_{\text{最小值}}$$

5. 将均值、极差画在控制图上。

6. 计算控制限。

$$UCL_R = D_4 \bar{R}, \quad LCL_R = D_3 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}, \quad LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

### 三、接受准则及原因分析。

1. 无超出控制限的点。

a. 控制限计算错误或描点时描错。

B. 零件间的变化性或分布的宽度已经增大,这种增大可以发生在某个时间点上,也可能是整个趋势的一部分。

C. 测量系统变化(例如,不同的检验员或量具)。

D. 测量系统没有适当的分辨力。

2. 连续 7 点位于平均值的一侧;连续 7 点上升(后点等于或大于前点)或下降。

A. 高于平均极差的链或上升链说明存在下列情况之一或全部:

• 输出值的分布宽度增加,其原因可能是无规律的(如设备工作不正常或固定松动)或是由于过程中的某个要素变化(例如使用新的不是很一致的原材料)。

• 测量系统改变(例如,新的检验员或量具)。

B. 低于平均极差的链,或下降链表明存在下列情况之一或全部:

• 输出值分布宽度减小,这常常是一个好状态,应研究以便推广应用和改进过程。

• 测量系统改变,这样会遮掩过程真实性能的变化。

3. 明显的非随机图形。

• 控制限或描点已计算错或描错。

• 过程或取样方法被分层。(每个子组系统化包含两个或多个具有完全不同的过程均值的过程流的测量值)

• 数据已经过编辑。

• 过程或抽样方法造成连续的分组中包含从两个或多个具有明显不同的变化性的过程流的测量值。



文件名称	MSA 作业办法			文件编号	QC0690015
				版 次	第 1 版
制订部门	品保课	发行部门	文控中心	发行日期	2003 年 8 月 10 日



## 小样法

### 一、术语

计数型数据——可以用来记录和分析的定性数据，其结果简单地用“是/否”的形式来记录。

计量型数据——定量的数据，可用测量值来表示。

### 二、步骤

1. 任取同一型号的产品 20 件(应包括有合格及不合格的产品)并予以编号,编号不可让检验员知道,也不可让他们知道正在做测量系统分析,以保证盲测。

2. 选择两位检验员分为 A、B。

3. 由这两位检验员测量所有产品两次，并将测量结果记录于附录 6，合乎规格界线的零件则填入“YES”，反之则填入“NO”。

4. 结果判读

A、若测量结果（每只产品四个数据）相同，则测量系统被接受。

B、若测量结果不一致，则此测量系统须被改进或再评价。

C、若测量系统不能被改进，则不能被接受，应寻求替代的测量系统。

5. 计数型测量系统只能指出产品是好是坏，不能指出产品好坏程度。

### 五：附件

MSA 表格

核 准		审 核		制 订	
-----	--	-----	--	-----	--