

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1094—2002

测量仪器特性评定

Evaluation of the Characteristic of Measuring Instruments



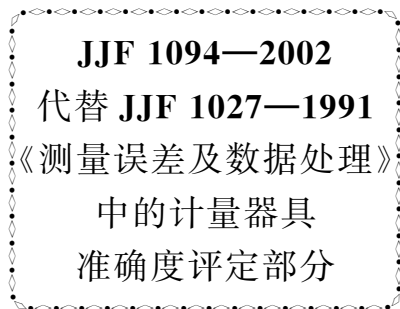
2002—11—04 发布

2003—02—04 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

测量仪器特性评定

Evaluation of the Characteristics of Measuring Instruments



本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2002 年 11 月 04 日批准，并自 2003 年 02 月 04 日起施行。

归口单位：全国法制计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

中国航天机电集团二院 203 所

广东省计量科学研究所

广州市计量测试研究所

本规范由归口单位负责解释

本规范起草人：

施昌彦 （中国计量科学研究院）

叶德培 （中国航天机电集团二院 203 所）

陈明华 （广东省计量科学研究所）

周伦彬 （广州市计量测试研究所）



目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 基本术语	(1)
4 测量仪器特性评定的基本原则	(3)
4.1 测量仪器特性评定的依据	(3)
4.2 测量仪器特性评定的形式	(3)
5 测量仪器特性评定的通用方法	(4)
5.1 [示值] 误差	(4)
5.2 重复性	(6)
5.3 准确度等级	(7)
5.4 响应特性	(11)
5.5 灵敏度	(12)
5.6 鉴别力 [阈]	(12)
5.7 分辨力	(12)
5.8 稳定性	(13)
5.9 漂移	(14)
5.10 响应时间	(14)

测量仪器特性评定

1 范围

本规范规定了测量仪器特性评定的基本原则和通用方法,适用于计量仪器、实物量具、标准物质、测量系统等各类测量仪器计量特性的评定,同时适用于计量标准考核中计量标准特性的评定。

2 引用文献

- [1] JJF 1001—1998 《通用计量术语及定义》
- [2] JJF 1059—1999 《测量不确定度的评定与表示》
- [3] OIML/D15 《测量仪器检查用特性的选择原则》
- [4] OIML/R34 《测量仪器的准确度等级》

使用本规范时,应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 基本术语

表述测量仪器的计量特性时,应采用国家计量技术规范 JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》规定的术语。

本规范所使用的术语及定义与 JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》一致。

3.1 测量仪器 measuring instrument

计量器具

单独地或连同辅助设备一起用以进行测量的器具。

3.2 实物量具 material measure

使用时以固定形态复现或提供给定量的一个或多个已知值的器具。

例: a) 砝码;

b) (单值或多值、带或不带标尺的) 量器;

c) 标准电阻;

d) 量块;

e) 标准信号发生器;

f) 参考物质。

注: 这里的给定量亦称为供给量。

3.3 测量系统 measuring system

组装起来以进行特定测量的全套测量仪器和其他设备。

例: a) 测量半导体材料电导率的装置;

b) 校准体温计的装置。

注:

1 测量系统可以包含实物量具和化学试剂。

2 固定安装着的测量系统称为测量装备。

3.4 响应特性 response characteristic

在确定条件下，激励与对应响应之间的关系。

例：热电偶的电动势与温度的函数关系。

注：

1 这种关系可以用数学等式、数值表或图表示。

2 当激励按时间函数变化时，传递函数（响应的拉普拉斯变换除以激励的拉普拉斯变换）是响应特性的一种形式。

3.5 灵敏度 sensitivity

测量仪器响应的变化除以对应的激励变化。

注：灵敏度可能与激励值有关。

3.6 鉴别力 [阈] discrimination [threshold]

使测量仪器产生未觉察的响应变化的最大激励变化，这种激励变化应缓慢而单调地进行。

注：鉴别力阈可能与例如噪声（内部的或外部的）或摩擦有关，也可能与激励值有关。

3.7 [显示装置的] 分辨力 resolution [of a displaying device]

显示装置能有效辨别的最小的示值差。

注：

1 对于数字式显示装置，这就是当变化一个末位有效数字时其示值的变化。

2 此概念亦适用于记录式装置。

3.8 稳定性 stability

测量仪器保持其计量特性随时间恒定的能力。

注：

1 若稳定性不是对时间而是对其他量而言，则应该明确说明。

2 稳定性可以用几种方式定量表示，例如：

用计量特性变化某个规定的量所经过的时间；

用计量特性经规定的时间所发生的变化。

3.9 漂移 drift

测量仪器计量特性的慢变化。

3.10 响应时间 response time

激励受到规定突变的瞬间，与响应达到并保持其最终稳定值在规定极限内的瞬间，这两者之间的时间间隔。

3.11 [测量仪器的] 准确度 accuracy [of a measuring instrument]

测量仪器给出接近于真值的响应的能力。

注：准确度是定性的概念。

3.12 准确度等级 accuracy class

符合一定的计量要求，使误差保持在规定极限以内的测量仪器的等别、级别。

注：准确度等级通常按约定注以数字或符号，并称为等级指标。

3.13 测量仪器的 [示值] 误差 error [of indication] of a measuring instrument

测量仪器示值与对应输入量的真值之差。

注：

- 1 由于真值不能确定，实用上用的是约定真值。
- 2 此概念主要应用于与参考标准相比较的仪器。
- 3 就实物量具而言，示值就是赋予它的值。

- 3.14 [测量仪器的] 最大允许误差 maximum permissible error [of a measuring instrument]
对给定的测量仪器，规范、规程等所允许的误差极限值。

注：有时也称测量仪器的允许误差限。

- 3.15 [测量仪器的] 重复性 repeatability [of a measuring instrument]
在相同测量条件下，重复测量同一个被测量，测量仪器提供相近示值的能力。

注：

- 1 这些条件包括：相同的测量程序；相同的观测者；在相同条件下使用相同的测量设备；在相同地点；在短时间内重复。
- 2 重复性可用示值的分散性定量地表示。

4 测量仪器特性评定的基本原则

本规范给出了测量仪器特性评定的基本原则，测量仪器评定的依据和形式可不限于本规范所规定的内容。

4.1 测量仪器特性评定的依据

评定测量仪器的特性的项目、技术要求和方法，必须依据相应的检定规程、校准规范、技术标准、仪器说明书以及其他相关的技术文件。当评定依据没有给出具体规定时，可依本规范进行制订。必须考虑测量结果不确定度对评定结果的影响。

测量不确定度应依据 JJF 1059—1999《测量不确定度的评定与表示》进行计算。

4.2 测量仪器特性评定的形式

对测量仪器特性的评定，一般采用型式评价、检定及校准三种形式。

4.2.1 型式评价

型式评价是由计量行政部门指定的技术机构，依据型式评价大纲，对测量仪器新产品和进口测量仪器样机进行全性能试验，对其技术资料进行全面的审查，出具型式评价报告，以确定测量仪器是否符合型式批准的计量法制管理要求和技术要求。

型式评价的全性能试验是指除了对测量仪器进行一般性检查、标准与额定条件下的计量特性进行评定外，还进行安全性、可靠性与寿命试验，以及电磁干扰、模拟贮存、运输等环境下的适应性试验。

4.2.2 检定

检定是依照检定规程的要求，通过具体的操作，确定测量仪器的计量特性，确定其是否符合法定要求，并出具证书或加盖印记以判断其是否合格。

按照我国计量法的规定，计量检定分为强制检定和非强制检定两类，都属于法制检定。

4.2.3 校准

校准是依据校准规范或校准方法，为确定测量仪器所指示的量值与对应的由标准所

复现的量值之间关系的一组操作。校准的结果记录在校准证书或校准报告中，也可用校准因数或校准曲线等形式表示。

校准证书或校准报告一般要给出测量结果不确定度。

5 测量仪器特性评定的通用方法

本规范给出测量仪器计量特性评定的通用方法，具体测量仪器计量特性的评定项目，可能并不包括本规范给出的所有特性，也可能不限于本规范所给出的特性和评定方法。

5.1 [示值] 误差

5.1.1 测量仪器示值误差的评定方法

5.1.1.1 比较法

在规定的条件下，由提供约定真值的测量标准对被评定的测量仪器进行一定次数的测量或比较，有的情况下则是被评定测量仪器对给定的测量标准进行一定次数的测量。被评定测量仪器示值与测量标准提供的约定真值之差为示值误差。

例 1：电子计数式转速表的示值误差，是由转速表对一定转速输出的标准转速装置进行 10 次测量，由转速表示值的平均值和标准转速装置转速的标称值之差得出。

例 2：三坐标测量机的示值误差，是采用双频激光干涉仪对其产生的一定位移进行 2 次测量，由三坐标测量机的示值减去双频激光干涉仪测量结果的平均值而得到。

5.1.1.2 分部法

根据被评定测量仪器的测量原理、结构，通过分析和试验得到影响测量仪器示值误差的参量，再对各个参量进行评定并加以综合，得出被评定测量仪器示值误差的控制范围。

通常在不具备上级计量标准的情况下采用分部测量法。

由于认识的局限性，对被测量仪器影响参量的分析可能不全面和不彻底。

例 1：静重式基准测力机，是通过对加荷的各个砝码和吊挂部分质量的测量，分析当地的重力加速度和空气浮力等因素，得出基准测力机示值误差的范围。

例 2：邵氏橡胶硬度计的检定，由于尚不存在邵氏橡胶硬度基准机和标准硬度块，所以是通过测量其试验力、压针几何尺寸和伸出量、压入量的测量指示机构等指标，并判定这些指标是否达到一定允差的要求，从而评定硬度计示值误差是否处于规定的控制范围内。

5.1.1.3 组合法

把被评定一台或多台测量仪器的多个示值，用不同方式组合起来，得到被测量之间以及被测量与给定的约定真值之间的函数关系，并列成若干方程式，然后用最小二乘法求出仪器示值的实际值或示值误差。

在这里，约定真值是高等级或同等级测量标准器复现的量值，也可以是物理常量。

例 1：用组合法检定标准电阻，被检定的一组电阻和已知标准电阻具有同一标称值。将被检定标准电阻分别和已知标准电阻互相比，被检定标准电阻之间也互相比，列出一组方程，用最小二乘法计算出被检定标准电阻的测量结果。

例 2：正多面棱体和多齿分度台的检定，采用全组合常角法，即利用圆周角准确地等于 2π rad 的原理，得出正多面棱体和多齿分度台的误差。

5.1.2 测量仪器的示值误差表示的三种主要形式

5.1.2.1 绝对误差

示值误差可用绝对误差表示为

$$\Delta = x - x_s \quad (1)$$

式中： Δ ——用绝对误差表示的测量仪器示值误差；

x ——被评定测量仪器的示值；

x_s ——测量标准复现的量值，即约定真值。

例：某被评定电阻的标称值为 $1.000\ 0\ \Omega$ ，用标准电阻电桥来校准该被评定电阻，所得的测量结果为 $1.001\ 9\ \Omega$ ，则该被评定电阻的（绝对）误差为

$$1.000\ 0\ \Omega - 1.001\ 9\ \Omega = -0.001\ 9\ \Omega$$

作为评定结果，可以给出该被评定电阻的实际值为 $1.001\ 9\ \Omega$ ，也可以给出该被评定电阻的修正值为 $+0.001\ 9\ \Omega$ 。

5.1.2.2 相对误差

示值误差可用相对误差表示为

$$\delta = \frac{\Delta}{x_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中： δ ——用相对误差表示的测量仪器示值误差。

在误差的绝对值比较小的情况下，示值相对误差也可用下式计算

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \times 100\% \quad (3)$$

例：用标准测力仪检定材料试验机，若材料试验机的示值为 $5.000\ \text{MN}$ ，标准测力仪输出力值为 $4.980\ \text{MN}$ ，则材料试验机在 $5.000\ \text{MN}$ 检定点的示值误差为

$$5.000\ \text{MN} - 4.980\ \text{MN} = +0.020\ \text{MN}$$

示值的相对误差为

$$\frac{0.020\ \text{MN}}{5.000\ \text{MN}} \times 100\% = +0.4\%$$

5.1.2.3 引用误差

示值误差可用引用误差表示为

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \times 100\% \quad (4)$$

式中： γ ——用引用误差表示的测量仪器示值误差；

x_N ——引用值，一般为被评定测量仪器标称范围的上限或量程。

例：将标准电压源输出的 $2.000\ 0\ \text{V}$ 标准电压，加到标称范围上限为 $3.000\ 0\ \text{V}$ 的被校电压表上，被校电压表的示值为 $2.000\ 9\ \text{V}$ ，则该电压表在 $2.000\ 0\ \text{V}$ 校准点上的引用误差为

$$\frac{2.000\ 9\ \text{V} - 2.000\ 0\ \text{V}}{3.000\ 0\ \text{V}} \times 100\% = +0.03\%$$

5.1.3 偏差

实物量具的偏差为实物量具的实际值减去标称值，实物量具的偏差等于负的示值误差。

例：某被评定标准砝码的标称值为 1kg，砝码的检定结果为 1 000.000 32 g，则该标准砝码的偏差为 +0.32 mg。

5.1.4 零值误差

在示值为零值（或零刻度值）处，评定得到的测量仪器示值误差为零值误差。

例：游标卡尺的零值误差为零刻线和尾刻线的重合度。

5.1.5 基值误差

在规定的示值或规定的被测量值处，评定得到的测量仪器示值误差为基值误差。

有时除规定的示值或被测量值外，还规定某些影响量的值，此时评定得到的测量仪器示值误差称为基本误差。

例：规定在频率（影响量）为 1kHz、电压示值为 1V 时评定电压表的基本误差。

5.2 重复性

5.2.1 测量仪器重复性评定的基本方法

在重复性条件下，由被评定测量仪器对给定的约定真值或稳定的被测量进行连续多次的测量或比较，有的情况下则是由提供约定真值的测量仪器对被评定测量仪器进行连续多次的测量，用实验标准差来表示被评定测量仪器的重复性。重复性条件包括测量程序、人员、仪器、环境等，同时为尽可能保证在相同的条件下进行测量，必须在尽量短的时间内完成重复性测量。实验标准差一般用贝塞尔公式计算

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

式中：s——实验标准差，在此即测量仪器的重复性；

x_i ——第 i 次观测值， $i=1, 2, \dots, n$ ；

$\bar{x}$ —— n 次观测值的算术平均值；

n ——测量次数。

注：用贝塞尔公式计算得到的实验标准差 s 是有不确定度的，其相对标准不确定度可表示为

$$u_{\text{rel}}(s) = \frac{u(s)}{s} = \frac{1}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (6)$$

式中： $u(s)$ 为实验标准差 s 的标准不确定度。

测量次数越多，实验标准差的不确定度越小，实验标准差越可靠。例如：测量次数为 9，由上式计算得到的实验标准差的相对标准不确定度为 25%，若 $s=0.10 \text{ mm}$ ，则 $u(s) = 0.025 \text{ mm}$ 。

5.2.2 测量仪器重复性评定的其他方法

5.2.2.1 最大残差法

由每个观测值与算术平均值之差得到残差，从残差中找出最大残差值，按下式计算实验标准差

$$s = c_n \mid v_{i\max} \mid \quad (7)$$

式中： $v_{i\max}$ ——最大残差值；

c_n ——最大残差系数。

c_n 的值根据测量次数 n 从表 1 中查得。

表 1 最大残差系数 c_n

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
c_n	1.77	1.02	0.83	0.74	0.68	0.64	0.61	0.59	0.57	0.51	0.48

5.2.2.2 极差法

找出观测值中的最大值和最小值，两者之差为极差，按下式计算实验标准差

$$s = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} \quad (8)$$

式中： $x_{\max}$ ——观测值中的最大值；

$x_{\min}$ ——观测值中的最小值；

d_n ——极差系数。

d_n 的值根据测量次数 n 从表 2 中查得。

表 2 极差系数 d_n

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
d_n	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08	3.26	3.47

在测量次数较少时，一般也可采用极差法。

注：

- 1 用最大残差法或极差法算得的实验标准差的不确定度，大于用贝塞尔公式计算得的实验标准差的不确定度。
- 2 最大残差法或极差法只适用于呈正态分布的观测数据，当分布偏离正态较大时，应采用贝塞尔公式法计算。

5.3 准确度等级

5.3.1 以最大允许误差评定准确度等级

依据有关技术规范对测量仪器进行评定，当测量仪器示值误差不超出某一档次的最大允许误差的要求，其他相关特性也符合规定要求时，可判为测量仪器符合该准确度级别（即合格）。使用这种评定方法的测量仪器时，可直接用其示值，而不依据示值误差评定结果对测量结果进行修正。

5.3.1.1 最大允许误差的表达形式

a) 测量仪器的最大允许误差不随示值大小而变化时，以绝对形式表达如下

$$\Delta = \pm a \quad (9)$$

式中： a ——以被测量的单位表示的一个常数值。

例：测量范围为 $0 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，分度值为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的精密玻璃水银温度计最大允许误差为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

b) 测量仪器的最大允许误差与示值大小成线性变化关系时，以绝对形式表达如下

$$\Delta = \pm (a + bx) \quad (10)$$

式中：\$a\$——以被测量的单位表示的一个常数值，大于或等于零；

\$b\$——无量纲的正比例系数；

\$x\$——被测量的值。

例：标准钢卷尺的最大允许误差为 \$\pm(0.04 \text{ mm} + 4 \times 10^{-5} \times L)\$，其中 \$L\$ 为被检长度。

c) 测量仪器的最大允许误差采用引用误差时，其形式表达如下

$$\gamma = \pm \left| \frac{\Delta}{x_N} \right| \times 100\% \quad (11)$$

式中：\$x_N\$——引用值。

例：0.25 级和 0.4 级弹簧管式精密压力表的最大允许误差，分别为测量上限的 \$\pm 0.25\%\$ 和 \$\pm 0.4\%\$。

d) 测量仪器的最大允许误差取相对形式，且不随被测量大小而改变时，表达如下：

$$\delta = \pm \left| \frac{\Delta}{x} \right| \times 100\% \quad (12)$$

例：1 级材料试验机在测量范围内（量程 \$20\% \sim 100\%\$）的最大允许误差为 \$\pm 1.0\%\$。

e) 测量仪器的最大允许误差随被测量大小而变化时，以相对形式表达如下：

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{x_m}{x} - 1 \right) \right] \% \quad (13)$$

式中：\$x_m\$——测量范围的上限或测量传感器输入值变化的范围；

\$x\$——被测量的值；

\$c, d\$——无量纲的正数。

例：直流数字电压表最大允许误差为

$$\delta = \pm \left(a\% + b\% \cdot \frac{x_m}{x} \right)$$

式中：\$a\$——与读数值有关的相对误差分量；

\$b\$——与测量范围的上限有关的相对误差分量；

\$x_m\$——测量范围的上限；

\$x\$——读数值。

f) 当以上方式均不适用时，允许使用其他形式。

5.3.1.2 最大允许误差的系列

测量仪器的最大允许误差用引用误差或相对误差表示时，采用的数值系列，应从下面选取：

\$1 \times 10^n, 1.5 \times 10^n\$ 或 \$1.6 \times 10^n, 2 \times 10^n, 2.5 \times 10^n, (3 \times 10^n), 4 \times 10^n, 5 \times 10^n, 6 \times 10^n\$。

其中指数 \$n\$ 等于 1, 0, -1, -2 等整数，对于相同的 \$n\$，测量仪器级别的数目不

能超出 5。

上面数值中, 禁止在同一系列中同时选用 1.5×10^n 和 1.6×10^n 级。

3×10^n 这个数值只有在技术上证明必要且合理时才采用, 一般不用这个数值。

5.3.1.3 表示符号

a) 按绝对最大允许误差表示的测量仪器, 其级别用大写拉丁字母、罗马数字或阿拉伯数字表示。必要时还可以用字母辅以阿拉伯数字表示。

例: 砝码分为 E_1 , E_2 , F_1 , F_2 , M_1 , M_2 , M_{11} , M_{22} 级。

b) 按引用最大允许误差或相对最大允许误差表示的测量仪器, 用阿拉伯数字表示, 而且常用百分数表示而略去百分符号。

例: 弹簧式精密压力表, 分为 0.05 级, 0.1 级, 0.16 级, 0.25 级, 0.4 级, 0.6 级等。

c) 按 5.3.1.1 e) 表示的测量仪器, 其中, c 应大于 d , 而且 c 与 d 之值, 其系列应符合规定的要求。准确度级别可用 c/d 表达。例如: 0.02/0.01, 这里的斜线并非除的含义。

5.3.1.4 测量仪器示值误差符合性评定的基本要求

对测量仪器特性进行符合性评定时, 若评定示值误差的不确定度满足下面要求, 则可不考虑示值误差评定的测量不确定度的影响。

评定示值误差的不确定度 U_{95} 与被评定测量仪器的最大允许误差的绝对值 MPEV 之比, 应小于或等于 1:3, 即

$$U_{95} \leq \frac{1}{3} \cdot \text{MPEV} \quad (14)$$

被评定测量仪器的示值误差 Δ 在其最大允许误差限内时, 可判为合格, 即

$$|\Delta| \leq \text{MPEV}$$

为合格。

被评定测量仪器的示值误差超出其最大允许误差时, 可判为不合格, 即

$$|\Delta| > \text{MPEV}$$

为不合格。

注:

- 1 对于型式评价和仲裁鉴定, 必要时 U_{95} 与 MPEV 之比也可取小于或等于 1:5;
- 2 在一定情况下, 评定示值误差的不确定度 U_{95} , 可取包含因子 $k=2$ 的扩展不确定度 U 代替, 下同。

例: 用一台多功能校准源标准装置, 对数字电压表测量范围 0~20 V 的 10 V 电压值进行检定, 测量结果是被校数字电压表的示值误差为 +0.000 7 V, 需评定被检数字电压表 10 V 点示值误差是否合格。

经分析得知, 包括多功能标准源提供的直流电压以及被校数字电压表重复性等因素引入的不确定度分量在内, 示值误差的扩展不确定度为 $U_{95} = 0.25 \text{ mV}$ 。

根据要求, 被检数字电压表的允许最大误差为 $\pm(0.0035\% \times \text{读数} + 0.0025\% \times \text{测量范围上下限之差})$, 所以在 0~20 V 测量范围内, 10 V 指示值的最大允许误差为

$\pm 0.000\ 85\ \text{V}$ ，满足 $U_{95} \leq \frac{1}{3} \cdot \text{MPEV}$ 的要求。且被检数字电压表示值误差的绝对值小于最大允许误差，所以被检数字电压表判为合格。

5.3.1.5 依据计量检定规程对测量仪器进行评定，由于规程对评定方法、计量标准、环境条件等已作出规定，并满足检定系统表量值传递的要求，当被评定测量仪器处于正常状态时，对示值误差评定的测量不确定度将处于一个合理的范围内，所以当规程要求的各个检定点的示值误差不超出某一级别的最大允许误差的要求时，测量仪器的示值误差判为符合该准确度级别的要求，不需要考虑对示值误差评定的测量不确定度影响。

例：依据规程检定 1 级材料试验机，材料试验机的最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ ，某一检定点的示值误差为 -0.9% ，可以直接判定该点的示值误差合格，而不必考虑示值误差评定的不确定度 $U_{95\text{rel}} = 0.3\%$ 的影响。

5.3.1.6 依据计量检定规程以外的技术规范对测量仪器示值误差进行评定，并且需要对示值误差是否符合某一最大允许误差做出符合性判定时，必须采用合适的方法、计量标准和环境条件进行评定。选取有效覆盖被评定测量仪器测量范围的足够多点，如果各个点均不超出最大允许误差的要求，则得出被评定测量仪器整个测量范围符合要求。同时考虑对示值误差评定的测量不确定度影响。如示值误差的测量不确定度不符合 5.3.1.4 的要求，必须考虑下面判据。

a) 合格判据

被评定测量仪器的示值误差 Δ 的绝对值小于或等于其最大允许误差的绝对值 MPEV 与示值误差的扩展不确定度 U_{95} 之差时可判为合格，即：

$$|\Delta| \leq \text{MPEV} - U_{95}$$

为合格。

例：用高频电压标准装置检定一台最大允许误差为 $\pm 2.0\%$ 的高频电压表，测量结果得到被检高频电压表在 1 V 时的示值误差为 $-0.008\ \text{V}$ ，需评定该电压表 1 V 点的示值误差是否合格。

经分析示值误差评定的扩展不确定度为 $U_{95\text{rel}} = 0.9\%$ ，由于最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，不满足式 (14) 中 1:3 的要求，故符合性评定中应考虑测量不确定度的影响。由于被检高频电压表的示值误差绝对值 ($0.008\ \text{V}$) 小于最大允许误差绝对值 ($2\% \times 1\ \text{V} = 0.020\ \text{V}$) 与测量不确定度 ($0.9\% \times 1\ \text{V} = 0.09\ \text{V}$) 之差 ($0.011\ \text{V}$)，因此，该被检高频电压表的在 1 V 点的示值误差可判为合格。

b) 不合格判据

被评定测量仪器的示值误差 Δ 的绝对值大于或等于其最大允许误差的绝对值 MPEV 与示值误差的扩展不确定度 U_{95} 之和时，可判为不合格，即：

$$|\Delta| \geq \text{MPEV} + U_{95}$$

为不合格。

例：在 5.3.1.6 例中，示值误差为 $0.030\ \text{V}$ ，需评定该检定点示值误差是否合格。

该被检高频电压表的示值误差的绝对值 ($0.030\ \text{V}$) 大于最大允许误差 ($2\% \times 1\ \text{V} = 0.020\ \text{V}$) 与测量不确定度 ($0.9\% \times 1\ \text{V} = 0.009\ \text{V}$) 之和 ($0.029\ \text{V}$)，该被检高频电压表

的在 1 V 点的示值误差判为不合格。

c) 待定区

当被评定测量仪器的示值误差既不符合合格判据又不符合不合格判据时，为处于待定区。这时不能下合格或不合格的结论，即：

$$\text{MPEV} - U_{95} < |\Delta| < \text{MPEV} + U_{95}$$

为待定区。

例：在 5.3.1.6 例中，示值误差为 -0.018 V ，需评定该电压表 1 V 点的示值误差是否合格。

由于不满足 1 : 3 的要求，该被检高频电压表的示值误差的绝对值 (0.018 V) 大于最大允许误差 ($2\% \times 1 \text{ V} = 0.02 \text{ V}$) 与测量不确定度 ($0.9\% \times 1 \text{ V} = 0.09 \text{ V}$) 之差 (0.011 V)，又小于两者之和 (0.029 V)，因此，该检定点的示值误差无法判定为合格还是不合格。

当测量仪器示值误差的评定处在不能做出符合性判定时，可以通过采用准确度更高的测量标准、改善环境条件、增加测量次数和改变测量方法等措施，以降低测量不确定度评定的不确定度 U_{95} ，使满足与最大允许误差绝对值 MPEV 之比小于或等于 1 : 3 的要求，然后对测量仪器的示值误差重新进行评定。

5.3.1.7 对有些只具有不对称或单侧允许误差限的被评定测量仪器，仍可按照上述原则对其进行符合性评定。

5.3.2 以实际值的测量不确定度评定的准确度等级

5.3.2.1 依据计量检定规程对测量仪器进行检定，得出测量仪器的实际值。测量仪器实际值的扩展不确定度满足某一档次的要求，并且其他相关的特性符合规定的要求，则判断测量仪器在该准确度等级合格。这表明测量仪器的实际值的扩展不确定度不超出某个给定的极限。用这种方法评定的测量仪器在使用时，必须加上修正值，或使用校准曲线的给出值。

由于规程对评定方法、计量标准、环境条件等已作出规定，并满足检定系统表量值传递的要求，所以符合某一等别的测量仪器，其实际值的扩展不确定度不超出该等别扩展不确定度的极限值。

5.3.2.2 对已经纳入以等划分的测量仪器，当评定方法、计量标准和环境条件与规程不一致时，必须对测量仪器实际值进行评定，并计算测量仪器的实际值的测量不确定度，其结果应小于或等于该准确度等级不确定度极限的要求。对于由校准曲线得出的其他测量点，必须计算校准曲线的不确定度，后者应大于或等于前者。

5.3.3 测量仪器多个准确度等级的评定

被评定测量仪器包含两个或两个以上测量范围，并对应不同的准确度等级时，应分别评定各个测量范围的准确度等级。

对多参数测量仪器，可以测量不同类的量，应分别评定各个测量参数的准确度等级。

5.4 响应特性

5.4.1 在确定条件下，对测量仪器测量范围中不同测量点输入信号，并测量输出信号，当输入信号和输出信号不随时间变化时，记下被评定测量仪器对应于不同激励输入时的

输出值，列成表格、画出曲线或得出输入输出量的函数关系式，即为测量仪器静态测量情况下的响应特性。

输入输出量的函数关系式有时可以从理论推导得出。

例 1：将热电偶的测温端插入可控温度的温箱中，并将热电偶的输出端接到数字电压表上，改变温箱的温度，观测不同温度时热电偶输出电压的变化，输出电压随温度变化的曲线即为该热电偶的温度响应特性。

例 2：改变信号发生器的频率，同时测量信号发生器相应于各频率的输出电平，输出电平随频率的变化曲线即为信号发生器输出的频率响应特性。

5.4.2 当输入信号和输出信号按时间的函数变化时，由响应的拉普拉斯变换除以输入的拉普拉斯变换，得出的传递函数为测量仪器动态测量情况下的响应特性。

例：示波器瞬态响应上升时间的检定，就是检定示波器的动态响应特性。示波器显示波形的拉普拉斯变换除以输入快沿信号的拉普拉斯变换，得出的示波器的传递函数即为示波器的瞬态响应特性。

5.5 灵敏度

对被评定测量仪器，在规定的某激励值上通过一个小的激励变化 Δx ，得到相应的响应变化 Δy ，则比值 $S = \Delta y / \Delta x$ 即为测量仪器在该激励值时的灵敏度。

对线性测量仪器来说，其比值 $S = \Delta y / \Delta x$ 为常数。

注：有些测量仪器也用激励变化 Δx 除以相应响应变化 Δy （或仪器示值）作为灵敏度。

例 1：将热电偶插入 20 °C 的控温箱，当温度改变 ΔT 时，记下数字电压表上读得的输出电压的变化量 ΔV ，则热电偶在 20 °C 时的灵敏度为 $\Delta V / \Delta T$ 。

例 2：若 X—Y 记录仪的输入电压改变 1 μV ，走纸 0.2 cm，则其灵敏度为 0.2 cm/ μV 。

注：有时也用 5 $\mu V/cm$ 表示其灵敏度。

5.6 鉴别力 [阈]

对被评定测量仪器，在一定的激励输入和输出响应下，通过缓慢单方向地逐步改变激励输入，观察其输出响应。使测量仪器产生未察觉的响应变化的最大激励变化，就是该测量仪器的鉴别力 [阈]。

例：检定活塞压力真空计时，当标准压力计和被检活塞压力真空计在上限压力下平衡后，在被检活塞压力真空计上加放的能破坏两活塞平衡的最小砝码的质量值即为该被检活塞压力真空计鉴别力 [阈]。

5.7 分辨力

5.7.1 对测量仪器分辨力的评定，可以通过测量仪器的显示装置或读数装置能有效辨别的最小示值差来评定。

5.7.2 带数字显示装置的测量仪器分辨力，为最低位数字显示变化一个步进量时的示值差。

例：数字电压表最低位数字显示变化一个字的示值差为 1 μV ，则分辨力为 1 μV 。

5.7.3 用标尺作为读数装置（包括带有光学机构的读数装置）的测量仪器分辨力，为标尺上任何两个相邻标记之间即最小分度值的一半。

例 1：线纹尺的最小分度为 1 mm，则分辨力为 0.5 mm。

例 2：衰减常数为 0.1 dB/cm 的截止式衰减器，其最小刻度分度为 10 mm，则该衰减器的分辨力为 0.05 dB。

5.7.4 测量仪器标称范围内所包含的分辨力数目（即 $\frac{x_{\max}-x_{\min}}{d}$ ， d 为分辨力）是衡量测量仪器性能的指标之一。

5.8 稳定性

对测量仪器保持其计量特性恒定能力的评定，通常可用下述几种方法。

5.8.1 评定方法之一

通过测量标准观测被评定测量仪器计量特性的变化，当变化达到某规定值时，其变化量与所经过的时间间隔之比即为被评定测量仪器的稳定性。

例：用测量标准观测某标准物质的量值，当其变化达到规定的 $\pm 1.0\%$ 时所经过的时间间隔为 3 个月，则该标准物质质量值的稳定性为 $\pm 1.0\%/3$ 个月。

5.8.2 评定方法之二

通过测量标准定期观测被评定测量仪器计量特性随时间的变化，用所记录的被评定测量仪器计量特性在观测期间的变化幅度除以其变化所经过的时间间隔，即为该被评定测量仪器的稳定性。

例 1：定期观测动态力传感器电荷灵敏度的年变化情况，然后通过下式计算得到其静态年稳定性。

$$S_b = \frac{S_{q2} - S_{q1}}{S_{q1}} \times 100\%$$

式中： S_b ——传感器电荷灵敏度年稳定性；

S_{q1} ——上年检定得到的传感器电荷灵敏度；

S_{q2} ——本次检定得到的传感器电荷灵敏度。

例 2：信号发生器按规定预热后，在规定的预热时间 10 min 内连续观测输出幅度的变化。 n 个观测值中的最大值与最小值之差除以输出幅度的平均值得到幅度的相对变化量，再除以时间间隔 10 min 即得到该信号发生器的幅度稳定性。例如，输出幅度稳定性为 $1 \times 10^{-4}/10$ min。

5.8.3 评定方法之三

频率源的频率稳定性用阿仑方差的正平方根值评定，称为频率稳定度。频率稳定度按下式计算：

$$\sigma_y(\tau) = \frac{1}{2m} \sqrt{\sum_{i=1}^m [y_{i+1}(\tau) - y_i(\tau)]^2} \quad (15)$$

式中： $\sigma_y(\tau)$ ——用阿仑方差的正平方根值表示的频率稳定度；

τ ——取样时间；

m ——取样个数减 1；

$y_i(\tau)$ ——第 i 次取样时，在取样时间 τ 内频率相对偏差的平均值。

例：某铷原子频率标准的频率稳定度为：

$\tau = 1$ s 时， $\sigma_y(\tau) = 1 \times 10^{-11}$ ；

$\tau=10\text{ s}$ 时, $\sigma_y(\tau)=3\times 10^{-12}$;

$\tau=100\text{ s}$ 时, $\sigma_y(\tau)=1\times 10^{-12}$ 。

5.8.4 当稳定性不是对时间而是对其他量而言时, 应根据检定规程、技术规范或仪器说明书等其他有关技术文件规定的方法进行评定。

5.9 漂移

5.9.1 用测量标准在一定时间内 (根据技术规范要求) 观测被评定测量仪器计量特性随时间的慢变化, 记录前后的变化值或画出观测值随时间变化的漂移曲线。

例: 热导式氢分析仪, 规定分别用标准气体将示值调到量程的 5% 和 85%, 经 24h 后, 记下前后读数, 5% 点的示值变化称为零点漂移, 85% 点的示值变化减去 5% 点的示值变化, 称为量程漂移。

5.9.2 当测量仪器计量特性随时间呈线性变化时, 漂移曲线为直线, 该直线的斜率即漂移率。在测得随时间变化的一系列观测值后, 可以用最小二乘法拟合得到最佳直线, 并计算出漂移率。

最佳直线方程为

$$y=a+bt \quad (16)$$

由下式计算直线截距 a 及漂移率 b

$$a=\frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n t_i^2\right)-\left(\sum_{i=1}^n y_i t_i \sum_{i=1}^n t_i\right)}{n \sum_{i=1}^n t_i^2-\left(\sum_{i=1}^n t_i\right)^2} \quad (17)$$

$$b=\frac{n \sum_{i=1}^n y_i t_i-\left(\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n t_i\right)}{n \sum_{i=1}^n t_i^2-\left(\sum_{i=1}^n t_i\right)^2} \quad (18)$$

式中: a ——直线的截距;

b ——直线的斜率, 即漂移率;

y_i ——对应于 t_i 时的仪器观测值;

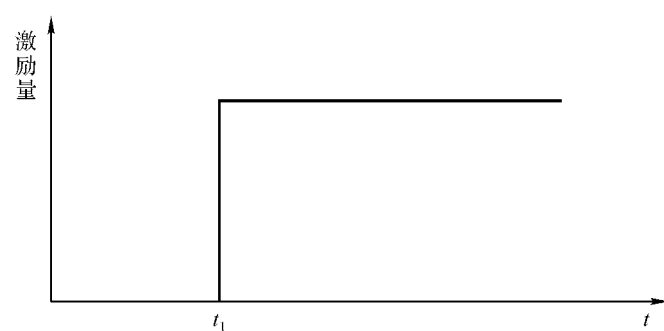
n ——观测值的个数;

t_i ——第 i 次观测的时刻。

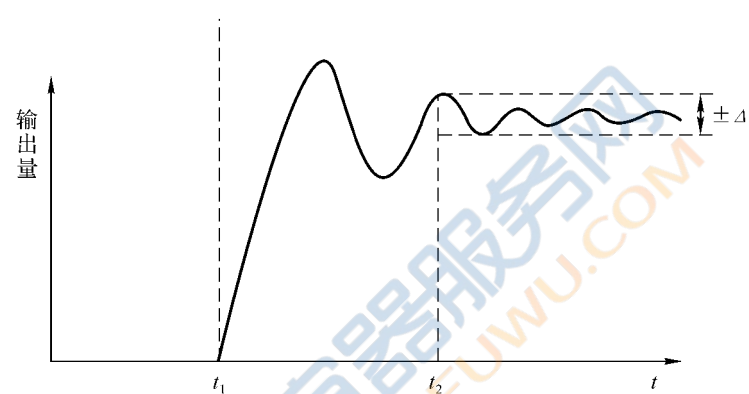
5.10 响应时间

对被评定测量仪器输入瞬间突变的激励, 记录输出响应随时间变化的曲线。计算输出响应达到并保持其最终稳定值在某一个规定极限内 (如 $\pm 5\%$ 或 $\pm 2\%$) 的瞬间, 与输入激励瞬间的时间间隔。该时间间隔即为测量仪器相应于规定极限的响应时间。

例: 在力学、无线电脉冲响应等应用中, 输入为单次突变量 (冲击脉冲), 如图 1 (a) 所示, 而输出响应随时间有一个稳定过程。从激励输入到输出响应稳定在规定的 $\pm \Delta$ 范围内的时间间隔 (t_2-t_1) 即为响应时间, 如图 1 (b) 所示。



(a) 激励输入



(b) 响应输出

图 1 响应时间示意图