计量基础知识

衡器室　刘华兴

2024年

主要内容

- 一、概念
- 二、法定计量单位
- 三、检定、校准和检测
- 四、计量器具的指标和特性
- 五、计量管理与监督
- 六、计量法律法规
- 七、测量误差、数据处理和测量不确定度的评定

一、基本概念

- **量**：现象、物体或物质可定性区别和定量确定的属性。
- **量值**：一般由一个数乘以测量单位所表示的特定量的大小。
- **[计量]单位**：为定量表示同种量的大小而约定地定义和采用的特定量。
- **计量**：实现单位统一、量值准确可靠的活动。
- **计量学**：关于测量的科学。
- 计量学的研究内容主要有：量和单位；计量器具；量值传递与量值溯源；测量误差、测量不确定度与数据处理以及计量管理等。

计量的分类、特点和内容

- 计量的分类：
- 科学计量 、工程计量、法制计量。
- 计量的特点：
- 准确性、统一性、溯源性、法制性。
- 计量的内容：
- （1）计量单位与单位制；
- （2）计量器具（包括计量基准、计量标准和工作计；
- （3）量值传递、溯源与检定测试；
- （4）物理常数以及材料与物质特性的测定；
- （5）测量误差、测量不确定度与数据处理以及计量人员的专业技能；
- （6）计量法制管理。

二、计量单位

- 1、国际单位制
- 国际单位制是由国际计量大会（CGPM）采纳和推荐的一种一贯单位制。它的国际通用符号为“SI”。
- 2、法定计量单位：法定计量单位是由国家法律承认，具有法定地位的计量单位。现行的法定计量单位是1984年2月27日由国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》中规定的 。

4、法定计量单位的构成

- 《中华人民共和国计量法》第三条规定：国际单位制单位和国家选定的其它计量单位，为国家法定计量单位。
- 法定计量单位的内容包括：
- (1) SI基本单位
- (2) SI导出单位
- (3) 我国选定的可与国际单位制单位并用的非国际单位制单位
- (4) 由以上单位构成的组合形式单位
- (5) 由SI词头与和以上单位构成的倍数单位

(1) SI基本单位

SI基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克（公斤）	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

(2) SI导出单位

- 包括SI辅助单位在内的具有专门名称的SI导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例
平面角	弧度	rad	
立体角	球面度	sr	
频率	赫[兹]	Hz	s-1
力；重力	牛[顿]	N	kg·m/s2
压力，压强；应力	帕[斯卡]	Pa	N/m2
能量；功；热	焦[尔]	J	N·m
功率；辐射通量	瓦[特]	W	J/s
电荷量	库[伦]	C	A·s
电位；电压；电动势	伏[持]	V	W/A
电容	法[拉]	F	C/V

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例
电阻	欧[姆]	Ω	V/A
电导	西[门子]	S	A/V
磁通量	韦[伯]	Wb	V·s
磁通密度，磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m2
电感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	
光通量	流[明]	lm	cd·sr
光照度	勒[克斯]	lx	lm/m2
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	s-1
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

(3) 我国选定的可与国际单位制单位并用的非国际单位制单

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分 [小]时 天（日）	min h d	1 min=60 s 1 h=60 min=3600 s 1 d=24 h=86400 s
平面角	[角]秒 [角]分 [角]度	(") (') (°)	1"=(π/648000) rad 1'=60"=(π/10800) rad 1° =60'=(π/180) rad
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min=(1/60) s^{-1}
长度	海里	n mile	1 n mile=1852 m
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h
质量	吨 原子质量单位	t u	1 t=10^3 kg 1 u≈1.6605655×10^{-27} kg
体积	升	L, (l)	1 L=1 dm^3=10^{-3} m^3
能	电子伏	eV	1 eV≈1.6021892×10^{-19} J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=1 g/km
面积	公顷	hm^2	1hm^2=$10^4$$m^2$

（4） 由SI词头与和以上单位构成的倍数单位

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{24}	奔[它]	Y	10^{-1}	分	d
10^{21}	泽[它]	Z	10^{-2}	厘	c
10^{18}	艾[可萨]	E	10^{-3}	毫	m
10^{15}	拍[它]	P	10^{-6}	微	μ
10^{12}	太[拉]	T	10^{-9}	纳[诺]	n
10^{9}	吉[咖]	G	10^{-12}	皮[可]	p
10^{6}	兆	M	10^{-15}	飞[母托]	f
10^{3}	千	k	10^{-18}	阿[托]	a
10^{2}	百	h	10^{-21}	仄[普托]	z
10^{1}	十	da	10^{-24}	幺[科托]	y

三、检定、校准和检测

- **检定：**查明和确认计量器具是否符合法定要求的程序，它包括检查、加标记和（或）出具检定证书。
- **检测：**按照规定的程序，为确定给定的产品、材料、设备、生物体、物理现象、工艺过程、或多种特性或性能的技术操作。
- **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。
- **首次检定：**对未曾检定过的新计量器具进行的一种检定。

- **后续检定：**计量器具首次检定后的任何一种检定：
- 1）强制性周期检定；
- 2）修理后检定；
- 3）周期检定有效期内的检定，不论是由用户提出请求，或者由于某种理由，在有效期内封印不再有效。

- **周期检定：**按时间间隔和规定程序，对计量器具定期进行的一种后续检定。
- **检定证书：**证明计量器具已经过检定获满意结果的文件。
- **不合格通知书（检定结果通知书）：**声明计量器具不符合有关法定要求的文件。

- **校准：**在规定条件下，为确定测量仪器或测量系统所指示的量值，或实物量具或参考物质所代表的量值，与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。
- 注：
- 1：校准结果既可给出被测量的示值，又可确定示值的修正值。
- 2、校准也可确定其他计量特性，如影响量的作用。
- 3、校准结果可以记录在校准证书或校准报告中。

检定和校准的区别

1、校准不具法制性，是企业自愿溯源行为；检定则具有法制性，属计量管范畴的执法行为。

2、校准主要确定测量仪器的示值误差，检定则是对其计量特性及技术要求的全面评定。

3、校准的依据是校准规范、校准方法，通常应作统一规定，有时也可自行制定；检定的依据则是检定规程。

4、校准通常不判断测量仪器合格与否，必要时也可确定其某一性能是否符合预期要求；检定则必须做出合格与否的结论。

5、校准结果通常是出具校准证书或校准报告；检定结果则是合格的发检定证书，不合格的发不合格通知书。

四、计量器具的指标和特性

- **测量仪器：**单独地或连同辅助设备一起用以进行测量的器具（又称为计量器具）。可分为：实物量具、仪器仪表和标准物质。
- **标称值：**测量仪器上表明或指导其使用的量值，该值为圆整值或近似值。
- **示值：**由计量器具所指示的被测量值。
- **量程：**标称范围两极限之差的模。
- **测量范围：**测量仪器的误差处在规定极限内的一组被测量的值。

- **测量仪器的准确度**：测量仪器给出接近于真值的响应能力。
- **准确度等级**：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。
- **测量仪器的[示值]误**差：测量仪器示值与对应输入量的真值之差。

- **[测量仪器的]最大允许误差**：对给定的测量仪器，规范、规程等所允许的误差极限值。
- **引用误差**：测量仪器的误差除以仪器的特定值。特定值一般称为引用值，可以是测量仪器的量程或标称范围的上限。
- 稳定性：测量仪器保持其计量特性随时间恒定的能力。
- 重复性：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。

五、计量管理与监督

- **法制计量：**计量的一部分，即与法定计量机构所执行工作有关的部分，涉及到对计量单位、测量方法、测量设备和测量实验室的法定要求。
- **法定计量检定机构：**政府计量行政部门依法设置或者授权建立并经政府计量行政部门组织考核合格的，为政府计量行政部门实施计量监督提供技术保证，并为国民经济和社会生活提供技术服务的计量技术机构。

- 计量检定机构管理的基本原则
- （1）以法制为基础；
- （2）以公正为基石；
- （3）以顾客为关注点；
- （4）领导作用；
- （5）全员参与；
- （6）过程方法。

- **计量监督**：为核查计量器具是否依照计量法律、法规正确使用和诚实使用，而对计量器具制造、安装、修理或使用进行控制的程序。这种监督也可扩展到对预包装品上指示量正确性的控制。

六、计量法律法规

- **计量法律：**《中华人民共和国计量法》（全国人大制定，国家主席令发布）
- **计量法规：**《中华人民共和国计量法实施细则》，地方计量管理条例等（国务院或地方人大制定发布）
- **计量规章：**计量检定规程，计量检定规范，有关计量管理办法等（国家和地方质量技术监督局制定发布）

七、测量误差及数据处理

- **1、测量误差：**测量结果与被测量真值之间的差值。
- 测量误差＝测量结果－真值
- 真值：在一定时间和空间条件下，某量所体现的客观存在的真实数据。
- **标准器相对真值**　高一级标准器的误差与低一级标准或普通仪器的误差相比，为其1/3~1/10时，可以认为前者是后者的相对真值。

- **2、误差的分类**
- **绝对误差：**（绝对）误差＝测量结果-真值
- **修正值：**　　真值＝测量结果 ＋ 修正值
- **相对误差：**　相对误差＝绝对误差÷真值×100 %
- **粗大误差：**超过在规定条件下预期的误差就是粗大误差。

- **3、误差的来源**
- 被测对象自身缺陷或变化引起的误差。
- 测量过程中产生的误差：
- 测量装置的误差
- 环境条件变化所引起的误差
- 测量原理方法所引起的误差
- 人为因素引起的误差

- (3) 有效数字
- 若测量结果经修约后的数值，其修约误差绝对值小于0.5（末位），则该数值称为有效数字。即从左起第一个非零的数字到最末一位数字止的所有数字都是有效数字。

- ⑷ 数值修约规则
- ① 拟舍弃的数字的最左一位数字小于5时，则舍去，即保留的各位数字不变；
- ② 拟舍弃的数字的最左一位数字大于5时，或是5且其后跟有并非全为零的数字时，则进1，即保留的末位数字加1；
- ③ 拟舍弃的数字的最左一位数字为5而其后无数字或皆为0时，若保留的末位数字为奇数（1，3，5，7，9），则进1；为偶数（2，4，6，8，0），则舍去。

测量不确定度

- 定义：表征合理地赋予被测量之值的分散性，与测量结果相联系的参数。通俗说就是：由于测量误差的存在而对测得值不能肯定（或可疑）的程度。该参数可以是标准差或标准差的倍数，也可以是置信区间的半宽度。
- 分类：
- A类不确定度—用统计方法评定的不确定度分量；
- B类不确定度—用非统计方法评定的分量。

测量不确定度评定步骤

（1）概述，测量原理、内容和依据的描述；
（2）建立数学（测量）模型；
（3）计算方差及灵敏度系数；
（4）影响量（输入量）的标准不确定度的评定；
（5）被测量（输出量）的合成不确定度的评定；
（6）扩展不确定度的评定；
（7）测量不确定度的报告与表示。

A类不确定度的评定

- 通常，若对随机变量q在相同条件下进行n次独立观测，则该值的分散性可由贝塞尔公式计算出：

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

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

B类不确定度的评定

- 获得B类不确定度的信息不源一般有：
- （1）以前观测的数据；
- （2）对有关技术资料和测量仪器特性的了解和经验；
- （3）生产部门提供的技术说明文件；
- （4）校准证书、检定证书或其他文件提供的数据、准确度的等别或级别，包括目前暂在使用的极限误差等；
- （5）手册或某些资料给出的参考数据及其不确定度；
- （6）规定实验方法的国家标准或类似技术文件中给出的重复性限或复现性限。

- 注意：在评定B类不确定度时，要求有相应的知识和经验，来合理地使用所有可用的信息。这也是一种技巧，可在实践中学习和掌握。
- 合成不确定度：将计算出的所有不确定度分量采用方和根法合成。

扩展不确定度

- 为满足实际工作需要，可将合成不确定度乘以范围（包含、覆盖）因子，以给测量结果一个较高置信水平的置信区间，从而得到范围（扩展、展伸）不确定度：
- $U=ku$
- 这里没有提供新的信息，而只是给出了一个较高置信水平的置信区间，JJF1059.1—2021《测量不确定度评定与表示》规定，k值一般取2-3，在大多数情况下取k=2，当取其他值时，必须说明其来源。相应的置信水平约为95%-99%。

不确定度的报告

- （1）阐明由实验的观测值和输入数据计算测得值及其不确定度的方法；
- （2）列出所有不确定度分量并充分说明它们的评定方法；
- （3）给出数据分析方法，并使其每个重要步骤易于效仿，必要时能单独重复计算报告结果；
- （4）给出分析处理中使用的全部修正量、常数及其来源。

谢谢大家！

Thank you！