

# 计量基础知识综述

江苏省国防计量考核办公室

缪建国

[www.jsgfjl.com](http://www.jsgfjl.com) 13952048218 [jsgfjl@163.com](mailto:jsgfjl@163.com)



## 思考题

1. 计量的四大特性是什么？
2. 国防军工计量体系的构架是什么？
3. 测量设备的计量特性如何表述？
4. 测量设备如何实施分类标识管理？
5. 专用测试设备的管理要求是什么？
6. 测量设备的配置有什么要求？
7. 如何实施测量设备计量确认？
8. 如何实施不合格测量设备追溯？
9. 测量记录报告有什么要求？
10. 测量结果的合格判定？
11. 做好计量工作需要制定什么制度？

# 内容提纲

- 一、计量的基本概念
- 二、测量的影响要素
- 三、计量管理的要点
- 四、管理制度的建立
- 五、计量标准的管理
- 六、测量不确定度评定
- 七、典型案例分析

# 第一部分

## 计量的基本概念

## 2016年12月20日，“汉语盘点2016”年度字词揭晓



规矩，方圆之至也。

老规矩是民族的立身之本，取其精华、去其糟粕，该坚守的还要坚守；

新规矩是新时代新要求，体察民生、追踪民情，方能不断匡正！

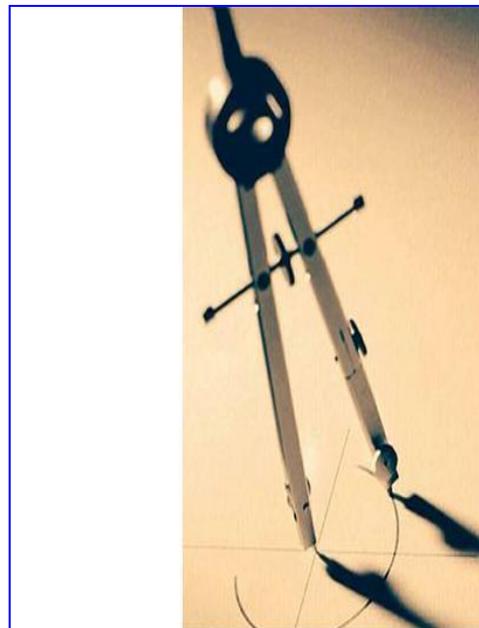
2016年马来西亚年度汉字为“贪”，新加坡年度汉字为“变”，日本年度汉字为“金”，中国台湾地区年度汉字为“苦”，反映出本年度各国家地区的社会发展和民众关切，也充分说明了汉字文化的独特魅力和国际传播力。

## 没有规矩 不成方圆

《吕氏春秋》言：“欲知平直，则必准绳；欲知方圆，则必规矩。”

所谓规、矩，分别是指校正圆和方的两种计量器具。

当规和矩合二为一时，便是“规矩”，指法度、标准。标准确定了需要圆、方及其规格尺寸，则计量确保圆是圆、方是方，以及方圆之规格符合标准之规定，确保了质量的预期。标准规定了质量的要求，计量保证了质量的实现。



计量的历史源远流长，计量的发展与社会进步联系紧密，是人类文明的重要组成部分。计量基于人类的生存需要和社会发展需要，源于对数和量的认识。

## 车同轨、书同文、统一度量衡

《礼记·中庸》第二十八章：

“今天下车同轨，书同文，行同伦。”

《史记·秦始皇本纪》：

“一法度衡石丈尺，车同轨，书同文字。”

计量的历史源远流长，计量的发展与社会进步联系紧密，是人类文明的重要组成部分。计量基于人类的生存需要和社会发展需要，源于对数和量的认识。

**“书同文”**：汉字同源，商代的甲骨文，已相当成熟。到战国时期，由于列国长期分立，旧时七国的经济制度和文字有很大差别。秦统一中原后，秦始皇下令进行文字的整理和统一，采用比较方便的书法，规定统一的文字，方便各地的文化交流。

**“车同轨”**：此古以来到战国时期，各地的马车大小就不一样，因此车道也有宽有窄。国家统一了，车辆还要在不同的车道上行走，多不方便。从那时候起，规定车辆上两个轮子的距离一律改为六尺，使车轮的距离相同。一车可通行全国，利于社会进步和经济的快速发展。

**“行同伦”**：就是人们的行为伦理和道德是相同的。

**“程同准”**：就是全国所有度量衡的标准和法规都是统一相同的。就是国家经济贸易有了重要的制度标准和法规。

计量的历史源远流长，计量的发展与社会进步联系紧密，是人类文明的重要组成部分。计量基于人类的生存需要和社会发展需要，源于对数和量的认识。

计量在我国历史上称为“度量衡”。“度”指的是长度，“量”指的是容量，“衡”指的是重量。我国古代用人体的某一部分或其他的天然物作为计量标准，如“布手知尺”、“掬手为升”、“取权为重”、“迈步定亩”、“滴水计时”，进行计量活动，构建原始的“度量衡”。公元前221年，秦始皇统一全国后，制定了统一的“度量衡”制度。秦始皇统一度量衡的“诏书”是我国第一个以皇帝的最高权威发布的具有法定意义的度量衡法令。诏书全文“廿六年，皇帝尽并兼天下诸侯，黔首大安，立号为皇帝，乃诏丞相状绾，法度量则不壹嫌疑者皆明壹之”。并建立了度制为“寸、尺”、量制为“升、斗”、衡制为“两、斤”的统一度量衡制度，明确对度量衡不准确范围（允许误差概念的引入）的规定。随后的汉、唐、宋、元、明、清等历代均以法律形式管理、管范并发展“度量衡”制度，展示中华名族的智慧和文化的。

## 计量的重要性

计量学是关于测量的科学，是经济活动、国防建设、科学研究和社会发展的重要技术基础。计量学总是利用世界最尖端的前沿技术，复现计量单位，建立计量标准，研究测试技术，提供准确可靠的数据，确保科学决策，提高产品的技术性能和质量可靠性，为经济建设、社会发展和科技进步做出巨大贡献。

## 计量的重要性

在当今的社会活动中，如果没有计量，则科学实验数据虚假、工艺过程无法控制、产品加工质量低劣、能源消耗心中无数、环境监测形同虚设、安全保护存在隐患、健康医疗缺乏依据、贸易结算产生分歧、市场买卖缺斤少两等，将对国民经济、社会活动、科学研究、日常生活产生重大影响。

**企业：**计量是设计优化、工艺改进和质量控制的重要技术基础。

## 计量的重要性

### “世界计量日”的来历

1875年5月20日，美、英、法、德等17个发达工业国家在法国巴黎签署了“米制公约”，这是一项在全球范围内采用国际单位制和保证测量结果一致的政府间协议，100多年来为保证国际计量标准的统一、促进国际贸易和加速科技发展发挥了巨大作用。1977年6月16日中国正式加入公约组织。

1999年10月第二十一届国际计量大会把每年的**5月20日**确定为“世界计量日”，目的是宣传和彰显计量对世界的影响和重要意义。

# 计量的重要性



**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

计量的目的和基本任务是实现单位统一和量值准确可靠，其内容是为实现这一目的所进行的各项活动，这一活动涉及科研生产、科学技术、法律法规和行政管理等，通过计量所获得的测量结果是人类活动中最重要的信息源之一，最终目的就是为国民经济和科学技术的发展服务。

**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

为实现计量单位统一，《中华人民共和国计量法》第三条规定：**国家采用国际单位制单位。**

**国家法定计量单位：**国际单位制单位（米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔、坎德拉）和国家选定的其他计量单位（如“吨、升、分钟、小时、日、分贝、公顷”等）

## SI 单位制中七个基本量

量的名称	单位名称	单位符号	量纲
长度	米	m	$\cdot L$
质量	千克（公斤）	kg	M
时间	秒	s	T
电流	安【培】	A	I
热力学温度	开【尔文】	K	$\Theta$
物质的量	摩【尔】	mol	N
发光强度	坎【德拉】	cd	J

**计量的定义：实现单位统一、量值准确可靠的活动。**

**国际单位制单位（米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔、坎德拉）的最新定义：**

2018年11月16日，第26届国际计量大会表决通过了“关于SI定义修订的决议”，确定一种基于7个定义常数来定义SI的新方法，这些常数从基本物理常数（如普朗克常数（克）、玻尔兹曼常数（开尔文）、阿伏伽德罗常数（摩尔））和其他自然常数（真空中的光速（米）、铯133原子跃迁频率（秒）、基本电荷（安培）和单色辐射的发光效率（坎德拉））导出7个基本量定义。

标志着七个基本量定义从实物基准定义，转化为自然基准定义，保证SI长期稳定性、环宇通用性、随时复现性、高度准确性。

**计量的定义：实现单位统一、量值准确可靠的活动。**

## 国际单位制单位 (SI) 的最新定义

→ 依赖关系

### 米 (m)

测量：长度  
基于：光速  
定义：光在真空中  
行进 $1/299792458$   
秒的路径长度。

### 安培 (A)

测量：电流  
基于：电子电量  
定义： $1/$   
( $1.602176634 \times 10^{-19}$ )  
个基本电荷每秒流动所  
构成的电流。

### 开尔文 (K)

测量：温度  
基于：玻尔兹曼常数  
定义：等价于热力学能  
量发生 $1.380649 \times 10^{-23}$   
焦耳的改变。

### 秒 (s)

测量：时间  
基于：铯-133原子的超  
精细能级跃迁频率。  
定义：铯-133原子基态  
的两个超精细能级之间  
跃迁 $9192631770$ 个辐  
射周期所需要的时间。

### 千克 (kg)

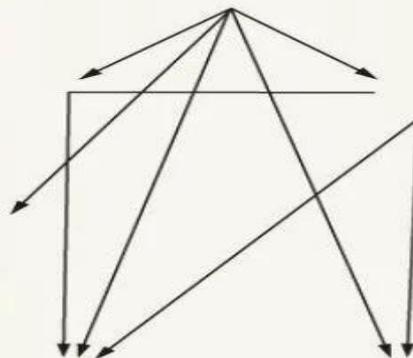
测量：质量  
基于：普朗克常数  
定义：一千克等于普朗克  
常数除以 $6.62607015 \times 10^{-34} \text{m}^2\text{s}$ 。

### 摩尔 (mol)

测量：物质的量  
基于：阿伏伽德罗常数  
定义：包含  
 $6.02214076 \times 10^{23}$ 个指  
定基本粒子的系统的物  
质的量。

### 坎德拉 (cd)

测量：光强度  
基于： $540 \times 10^{12}$ 赫兹的单色光  
的发光功效  
定义：频率为 $540 \times 10^{12}$ 赫兹，  
辐射强度等于 $1/683$ 瓦特每球面  
度的单色光的发光强度。



**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

**国际单位制单位的最新定义意义：**

- (1) 新定义用自然界恒定不变的“常数”替代了实物原器，保障了国际单位制的长期稳定性。
- (2) “定义常数”不受时空和人为因素的限制，保障了国际单位制的客观通用性。
- (3) 重新定义和量子测量技术发展将使得计量基准可随时随地复现，使量值溯源链条更短、速度更快、测量结果更准更稳，保障了国际单位制的全范围准确性。
- (4) 将引发仪器仪表产业的颠覆性创新发展，将催生新的测量原理、测量方法和测量仪器。

**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

### 国际单位制单位的最新定义意义：

如今的时间校准可以被植入芯片，让你通过网络在世界任何角落获取最准确的时间。或许有一天，不仅仅时间，包括长度、电流、温度等等，每个我们日常生产生活中所必须准确的量值，都可以通过互联网来进行校准，实现无处不在的最佳测量，让人们认识自然、利用自然的能力得到飞跃。“2018年国际计量单位制重新定义将给这种变化提供可能。”

原子时诞生50年来，不仅时间频率的测量准确度跃升1000万倍，成为目前测得最准的物理量，还直接支撑了卫星导航定位产业的发展。正是基于时间定义的量子化变革，实现了卫星导航定位，其精度更是达到了厘米级别，成就了数万亿美元的卫星导航定位产品与服务市场。

**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

**求证：**1元=0.01元？

**证明：**

$$\begin{aligned} 1\text{元} &= 10\text{分} \times 10\text{分} \\ &= 1\text{角} \times 1\text{角} \\ &= 0.1\text{元} \times 0.1\text{元} \\ &= 0.01\text{元} \end{aligned}$$

## 计量的四大特性：**法制性、准确性、一致性和溯源性**

**(1) 法制性：**计量的法制性是计量的一致性和准确性的保证。为确保单位的统一，量值的准确，国家必须对统一使用的计量单位，复现单位量值的国家计量标准，以及进行量值传递的手段、方法等，用法律做出规定，作为共同遵守的准则。计量的法制性一方面体现在依法监督管理（计量的法制管理），另一方面体现在法定计量技术机构出具的证书、报告，给出的测量结果，具有法律效力。计量作为一门科学，与法律、法规和行政管理紧密结合的程度，在其他学科中是少有的。

## 计量的四大特性：**法制性、准确性、一致性和溯源性**

**(2) 准确性：**指测量结果与被测量真值的接近程度。

由于实际上不存在完全准确无误的测量，所谓量值的准确性，是在一定的测量不确定度或误差极限或允许误差范围内，测量结果的准确性。完整的测量结果不仅给出明确的量值，还要给出量值的相关信息（测量不确定度或误差范围），以便应用时加以综合处理。只有测量结果的准确，计量才有一致性，测量结果才具有使用价值。为了保证计量的准确性，首先要建立准确可靠的计量标准，通过检定或校准，把量值传递到所使用的测量设备。

## 计量的四大特性：**法制性、准确性、一致性和溯源性**

**(3) 一致性：**指在统一计量单位的基础上，无论任何时间、地点，利用任何测量仪器、方法，以及任何人进行计量，只要符合有关计量要求的条件，计量的结果就应在一定允许范围（或给定区间）内一致。即测量结果应可重复、可再现、可比较。计量的一致性是在计量的准确性基础上的。通过量值的一致性可以证明测量结果的准确可靠。计量的实质是对测量结果及其有效性、可靠性的确认，否则计量就失去了其社会意义。通常采用比对的方式验证测量结果在等效区间内的一致。

## 计量的四大特性：**法制性、准确性、一致性和溯源性**

**(4) 溯源性：**为了实现量值一致，计量强调溯源性。

溯源性是确保单位统一和量值准确的重要途径。溯源性是指任何一个测量结果或计量标准的量值，都能通过一条具有规定不确定度的连续比较链，与国家计量基准联系起来，使所有的量值，都可以按这条比较链通过校准（**量值溯源**）向测量的源头追溯，或通过检定按比较链进行**量值传递**。否则，量值出于多源或多头，必然会在技术上和管理上造成混乱。自下而上的量值溯源和自上而下的量值传递，都使测量的准确性和一致性得到保证。

**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

## 计量按专业分为

几何量（长度）计量

热学（温度）计量

电子学计量

电离辐射计量

光学计量

医学计量

力学计量

电磁学计量

时间频率计量

声学计量

化学计量

**计量的定义：**实现单位统一、量值准确可靠的活动。

**计量按社会功能分为：**法制计量、科学计量、国防计量（军工和军事）、工业计量和民生计量。

**法制计量：**为满足法定要求，进行计量立法、统一计量单位、强制计量检定、测量结果仲裁及相关管理（计量监督检查）。

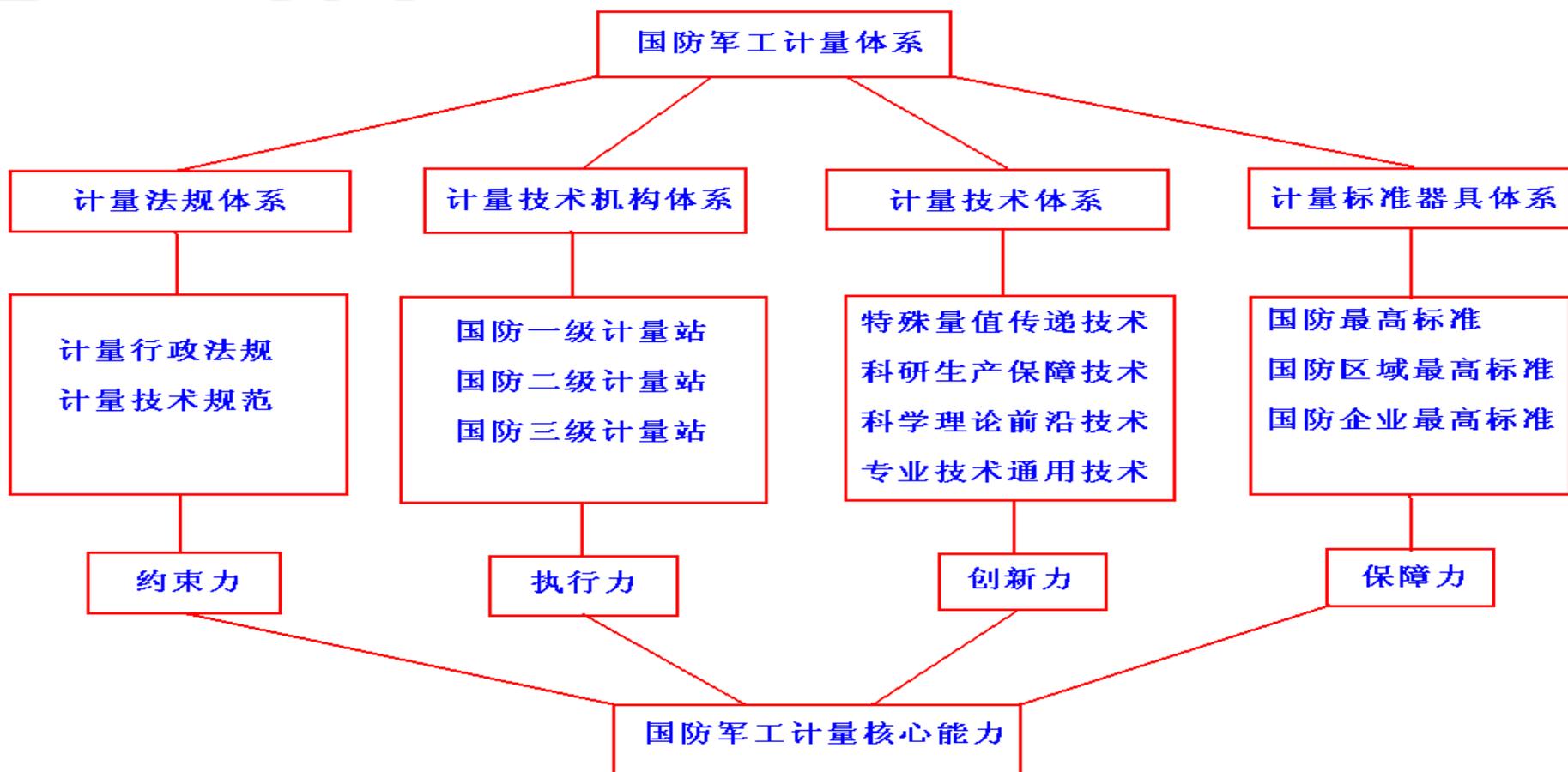
**科学计量：**指基础性、探索性、先行性的计量科学研究，为最新科技发展提供可靠的测量基础。

**国防计量：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、**测量过程受控**、测量数据准确的技术和管理工作。

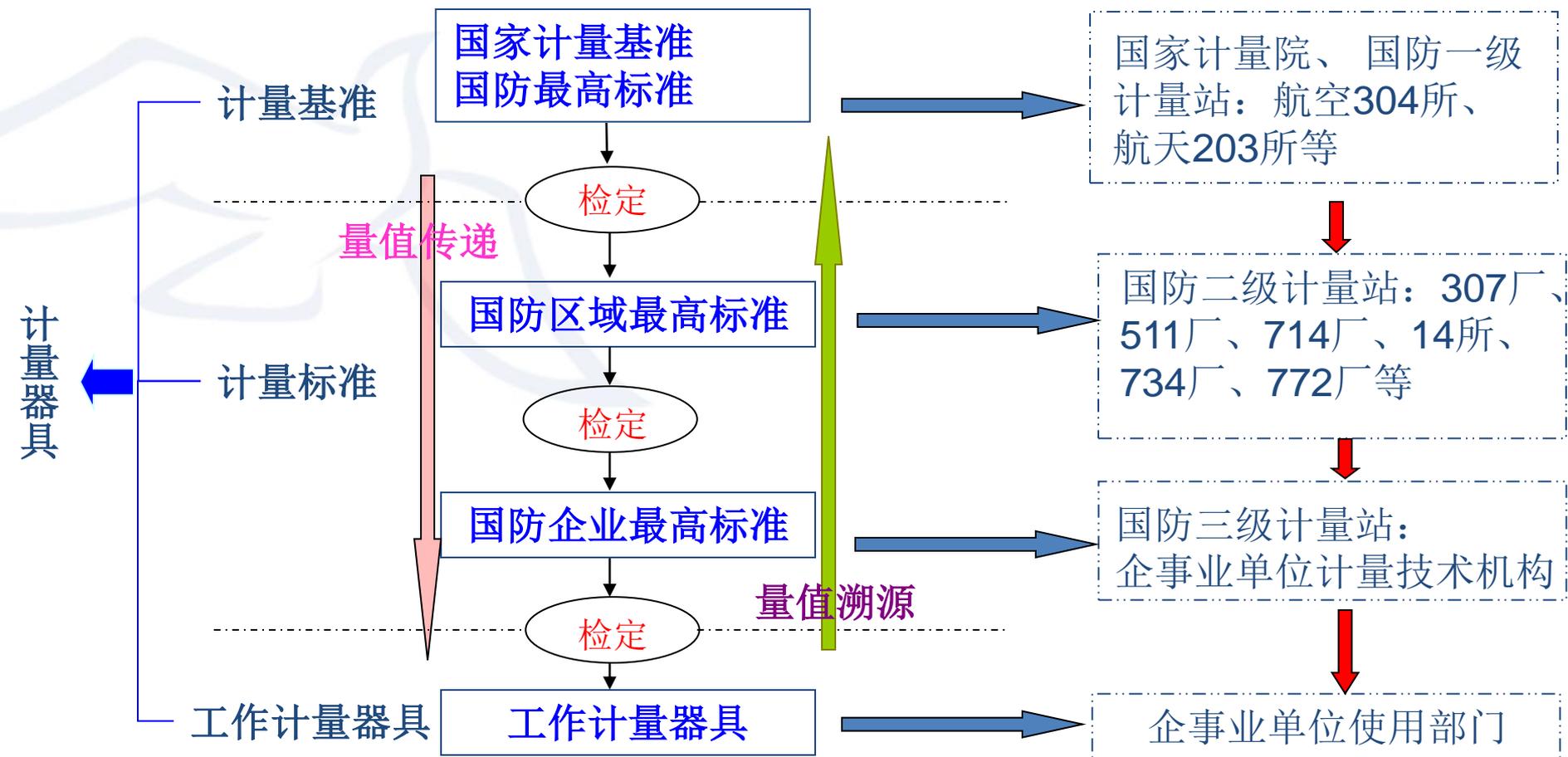
**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

在抗美援朝战场上，曾发生无坐力炮膛炸和近炸等严重事故，使志愿军付出了血的代价。事故发生的主要原因，是由于新中国刚刚诞生，还没有建立统一的长度计量基准和有效的量值传递系统，致使制造炮和炮弹工厂的量值不统一。在吸取了血的教训之后，引起了有关领导的高度重视，1952年2月，主管国防工业的兵工局在第四研究所（现航空304所）筹建一个精密机加车间和一个精密测量室，专门从事研究枪、炮口径的量规和枪弹、炮弹尺寸样板的制造和测量工作，利用高精度校准样板来统一各生产厂所的量值。国防计量从此诞生。随后建立四大国防区域计量站（南京307厂为华东及中南地区计量站），对国防工业实施三级（最高级、区域级和企业级）量值传递。

**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。



# 国防计量检定系统框图



**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

## 国防计量主要法律法规（12部）

《中华人民共和国计量法》、

《国防计量监督管理条例》、

《武器装备质量管理条例》、

《国防科技工业计量监督管理暂行规定》、

《国防科技工业计量监督实施办法》、《国防计量技术机构管理办法》、

《国防计量检定人员管理办法》、《国防计量标准器具管理办法》、

《国防专用标准物质管理办法》、《国防专用测试设备计量管理办法》、

《武器装备试验计量保证与监督管理办法》

**JJF(军工) 7-2015 《武器装备科研生产单位计量工作的通用要求》**

**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

**《国防计量监督管理条例》**（中央军委、国务院54号文）：

**第十三条** 军工产品研制、试验、生产、使用部门和单位的计量标准器具以及用于军工产品质量管理、性能评定、定型鉴定和保证武器使用安全的工作计量器具，必须按规定实行计量检定，检定不合格的，不得使用。

**第十六条** 军工产品研制、试验、生产、使用部门和单位的计量技术机构的计量标准器具、计量检定人员、环境条件和规章制度，经国防科工委计量管理机构或其指定的机构组织国防计量考核认可并发给证书后，方可承担军工产品研制、试验、生产、使用任务。

**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

国防军工计量工作是国防科技工业发展的重要基础，是国防军工核心能力建设的重要组成部分。

国防军工重大型号往往是一个庞大而复杂的系统，涉及许多科学领域和参数，需要运用多种高新技术。国防军工计量利用当今最先进的尖端技术，对军工产品的设计参数进行高准确度的测量，为型号研制任务的顺利进行发挥技术支持和保障作用。

**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

国防军工计量工作是型号产品的质量保障，是国防科技工业的创新保障，是强军建设的重要支撑。

军工产品的技战术指标，是产品的重要质量特征，需要通过精准测量确定产品符合设计技术要求。通过计量技术创新，引进或自主研发检测手段，实现高效、准确的测量技术。通过测量数据分析，为设计优化、工艺改进和技术创新提供技术保证。

**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

国防军工计量工作是高质量发展战略的技术保障，关系到国家利益、企业效益和个人价值的提升。

国防军工产品高质量发展战略是国家富国强军的核心战略。通过开展国防计量保证工作，从产品的研制、试验、生产和使用全过程，以国防法规为基础，采用先进的科学技术保证手段，保证量值统一的基础上，达到所要求的测量准确度，以保证产品、工艺和工程质量。

**国防计量的定义：**是国防军工产品及其配套产品研制、生产、试验和使用中保证计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确的技术和管理工作。

国防军工计量是国家计量的重要组成部分，是国防现代化建设和实现强军目标必不可少的技术基础，是军工核心能力建设的重要组成部分，也是国防科技自主创新的重要力量，更是军工产品及其配套产品**设计优化、工艺改进和质量控制**的重要技术基础。

**计量的最终目的： 确保测量结果准确可靠**

测量结果不准确的**隐患**：合格的判断成不合格，不合格的判断成合格

## 第二部分

# 测量的影响要素

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

(1) 测量是通过实验来完成的，既可以是复杂的物理实验活动，如模拟太空环境的大气参数测量；也可以是简单的动作，如称体重、量体温、测身高等。

(2) 测量是一个过程，即包括从确定被测量开始，选定测量原理和测量方法，选用测量仪器，规定测量程序，控制影响量的取值范围，进行实验和计算，直至获得和报告具有适当不确定度的测量结果。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

(3) 测量的先决条件：对被测量的描述、测量程序以及根据规定测量程序进行操作的经校准的测量系统。

量的定义：现象、物体或物质的可以定性区别和定量确定的属性。

广义量：温度、容积、电压、长度、压力等；

特定量：特指的某被测对象的量。如工件的重量、热处理炉的炉温、壳体的壁厚、激励信号的脉冲宽度等。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

量值的定义：由一个数乘测量单位所表示的特定量的大小。  
如工件的重量(16kg)、热处理炉的炉温(860.5℃)、壳体的壁厚(3.19mm)、激励信号的脉冲宽度(22 μs)等。

测量(计量)单位：用于表示与其相比较的同种量(长度、厚度、宽度)大小的约定定义。

如：长度单位：毫米(mm)；电流单位：安培(A)；时间的单位：秒(s)等。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

**法定测量（计量）单位：**国家法律、法规所规定使用的测量单位。由国际单位制（SI）计量单位组成和国家选定的其他计量单位。

**国际单位制（SI）：**基本单位、导出单位及单位的倍数和分数单位组成。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

**基本量：**长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量和发光强度。

**基本单位：**基本量约定采用的计量单位。

**导出单位：**由基本单位按一定的物理关系相乘或相除构成的新的计量单位。（如力的单位为牛顿： $\text{千克}\cdot\text{米}/\text{秒}^2$ ）

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

某量的量值可以是一个，如砝码的质量为10kg；也可以是多  
个，如当我们要测量某个特定量随温度变化的特性曲线时，就要  
测量出该被测量在不同温度下的量值，即赋予被测量多个量值。

由于引入倍数（1000倍为千（k），1000\*1000倍为兆（M）  
和分数（1/1000为毫（m），1/1000000为微（ $\mu$ ）），通常情  
况下量值中数字的表示范围为“0.1~1000”之内。

例如：600000m=60km； 0.0000008m=0.8  $\mu$ m；

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

过程是指：一组将输入转化为输出的相互关联或相互作用的活动。

测量过程：根据输入的测量要求，经过测量活动，得到并输出测量结果的全部活动。（1）输入：确定被测量及对测量的要求；（2）测量活动：对所需测量进行策划，包括测量原理、测量方法、测量程序、配备资源（设备和人员）、控制环境、识别测量过程影响量的影响，实施测量操作；（3）输出：按输入的要求给出测量结果，出具证书和报告。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

测量广义上分为：静态测量、动态测量、在线测量、综合测量和在严酷环境下的特殊测量。

按测量方法分为：直接测量和间接测量；比较测量法和替代测量法；微差测量法和符合测量法；补偿测量法和零位测量法等。

按测量特点分为：接触测量和非接触测量，静态测量和动态测量，模拟测量和数字测量，手动测量和自动测量等。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

(4) 计量器具的检定与校准，产品研制过程中的测试与试验、产品质量检验都属于测量。

(5) 计量与测量的含义不完全相同。

计量包括法规、技术和管理等三个方面的活动，即：计量法规的制定，计量技术的研究、量值传递和量值溯源、计量管理、计量监督等。

测量只是计量技术活动的一个组成部分。

传统的计量是针对计量器具的。

现代军工计量，不仅包含传统的计量，也涵盖了军工产品的测试与检验。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

## (6) 影响测量结果的主要要素

### “测量的三要素”（经典专业定义）

“**良好的测量要求**”：对测量结果预期用途相适应的量的描述（包括量的定义、准确度要求等）；

“**良好的测量方法**”：支持测量的测量程序/测量方法；

“**良好的测量设备**”：合理选择的、经过校准的测量系统。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

## (6) 影响测量结果的主要要素

### 人、机、料、法、环、测 (5M1E)

**人：** (Manpower) 具备相应能力和资质的测量人员。

**机：** (Machine) 满足测量准确度要求的合格的测量设备。

**料：** (Material) 被测量的正确定义和合理测量要求。

**法：** (Method) 正确的测量原理、过程、方法。

**环：** (Environment) 控制和保证合适的环境条件。

**测：** (Measurement) 规范的测量记录和正确的数据处理。

**测量：**通过实验获得并合理赋予被测量的量值的过程。

## (6) 影响测量结果的主要要素

**人、机、料、法、环、测** (5M1E)

其中人员最为关键。

为确保计量单位统一、测量过程受控、测量数据准确，测量人员必须正确的选择、使用和维护**测量设备**，监视、控制和保持**测量环境条件**，研究、选择和制定正确的**测量方法**，规范、科学和公正报告**测量结果**。

**1. 测量人员：**武器装备科研生产单位的检定/校准人员，以及从事定量测量工作的测试和检验人员等。

JJF（军工）7-2015《武器装备科研生产单位计量工作的通用要求》定义的新术语。避免与传统的“计量人员”混淆。

传统的“**计量人员**”主要指计量检定/校准人员和计量管理人员及计量维修人员。

“**测量人员**”除包含计量检定/校准人员外，还包括从事定量测量工作的测试和检验人员。

测量人员必须经过培训（法律法规和制度、专业知识、操作技能）、考核合格，取得相应资质并持证上岗，有效期内必须参加相关继续教育培训，有效期届满前通过复查考核并延续其资质。

**1. 测量人员：**武器装备科研生产单位的检定/校准人员，以及从事定量测量工作的测试和检验人员等。

### 测量人员职责

第三条国防科技工业计量检定人员（测量人员）在计量检定、校准（测试和检验）工作中应当履行下列职责：

- （一）严格执行计量法律法规、计量检定规程、校准规范（试验大纲、检验标准、检测规范等）和其他技术规范；
- （二）正确使用计量标准器具（和计量器具）及相关测量设备，并负责维护、保养，使其保持良好的技术状态；
- （三）保证计量检定、校准（和测试、检测）数据的准确和有关技术资料的完整；
- （四）维护计量检定、校准（和测试、检测）结果的公正性和客观性；
- （五）遵守保密规定，保护计量检定委托方的技术秘密及其利益。

**1. 测量人员：**武器装备科研生产单位的检定/校准人员，以及从事定量测量工作的测试和检验人员等。

按照国防计量法规要求，企事业单位必须为测量人员提供培训学习的机会和时间、经费保证，确保测量人员持续熟悉的法律法规和规章制度、测量基础知识、测量专业知识和实际操作技能等，持续满足科研生产中的测量工作要求。

必须制定测量人员年度培训计划并有效实施，并对培训的有效性进行评价。

培训是企业应尽的法律义务，同时培训更是企业给员工最大的福利。

**2. 测量设备：**为实现测量过程所需的测量仪器、测量标准、标准物质、软件、辅助设备或其组合。

人、机、料、法、环、测 (5M1E)

测量设备管理是计量管理的重要基础

据统计，在测量结果的测量不确定度中，一般70%左右来源于测量设备的贡献，即测量设备是测量过程中决定测量数据准确可靠的关键要素。

## 2. 测量设备：为实现测量过程所需的测量仪器、测量标准、标准物质、软件、辅助设备或其组合。

**测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

**测量标准：**具有确定的量值（含相关联的测量不确定度），实现给定量定义的参照对象。

**标准物质：**具有足够均匀和稳定的特定特性的物质，其特性被证实适用于测量中或标称特性检查中的语气用途。如标准硬度块、给出纯度的水、一种或多种指定颜色的色图，三相点瓶中已知三相点的物质。（通常通过校准获得其特性值，达到溯源性）。

**软件：**包括技术资料、（数据采集处理和过程控制用）测量软件。

如采用天平和砝码进行质量测量时，测量标准是经检定/校准合格的标准砝码，辅助设备就是天平。

**2.1. 测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

## 测量仪器的主要计量特性

### (1) 示值

测量仪器指示（或显示）的量值。

### (2) 示值误差（测量仪器误差）

测量仪器示值与对应输入量的标准值（参考值）之差。

如：检定温度计的水槽标准温度为50.0 °C，温度计的显示温度值（示值）49.8 °C，则此温度计的示值误差：

$$\Delta = \text{示值} - \text{标准值} = -0.2 \text{ °C} \quad (\text{绝对误差表示法})$$

$$\delta = (\Delta / \text{标准值}) * 100\% = -0.4\% \quad (\text{相对误差表示法})$$

目的：为了判断测量仪器是否合格，或为了获得其示值的修正值。

**2.1. 测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

## 测量仪器的主要特性

### (3) 示值范围（示值区间）

测量仪器能够显示示值的区间。

它可用显示装置上的单位表示。

如：电压表的示值范围为： $10\text{V}\sim 200\text{V}$

温度计的示值范围为： $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

压力表的示值范围为： $(0\sim 60)\text{ MPa}$

**2.1. 测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

## 测量仪器的主要特性

### (4) 测量范围（测量区间）

在规定条件下，仪器示值误差处于允许范围内的示值区间。

如上述电压表（示值范围10V~200V）的示值在20V~180V时能满足最大允许误差0.1%的要求，则测量范围为20V~180V。

如上述温度计（示值范围为-50℃~100℃）的示值在20℃~80℃时能满足最大允许误差为±0.1℃，则测量范围为：20℃~80℃。

**2.1. 测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

## 测量仪器的主要特性

### (5) 最大允许误差

测量仪器由规范或规程所允许的示值误差的极限值。

最大允许误差可以用绝对误差、相对误差、引用误差或它们的组合形式表示。

如水银温度计 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$  的最大允许误差为： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ （绝对误差）

如电阻测量仪（ $10\sim 100$ ） $\Omega$  的最大允许误差为： $\pm 0.2\% \times$ 示值（相对误差）

如压力表（ $0\sim 10$ ）MPa的最大允许误差为： $\pm 0.1\% \times$ 上限值（引用误差）

如M7转动惯量测量台的最大允许误差为： $\pm (0.075+0.1\% \times$ 示值) $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

如数字电压表的最大允许误差为： $\pm (0.02\% \times$ 示值 $+0.01\% \times$ 上限值)

**2.1. 测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

## 测量仪器的主要特性

### (5) 最大允许误差

如精密压力表，用引用误差的最大允许误差表示的准确度等级为0.1级、0.25级和0.4级等。0.1级表明用引用误差表示的最大允许误差为 $\pm 0.1\% \times$ 上限值。扭矩扳子、电子仪表和传感器通常也采取这种方式。

如砝码，用绝对最大允许误差表示其准确度等级，分为F1级和F2级。如0级、1级、2级的量块，如2级、3级的台秤，其各自对应的最大允许误差及相关要求可查询相关技术规范。

**2.1. 测量仪器：**单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

## 测量仪器的主要计量特性

### (6) 其他

分辨力、重复性、稳定性、灵敏度、漂移、死区等

**2.2. 测试不确定度比（TUR）：**被测单元与其检测设备，检测设备与其校准设备之间的最大允许误差的比值称为测试不确定度比。

TUR表明了检测或校准时，被测设备与测量设备之间准确度关系。

**TUR=被测参数的最大允许误差/测量设备的最大允许误差**

**TUR高：**发生测量结果误判的风险小，但获取测量设备成本高。

**TUR低：**发生测量结果误判的风险大，但获取测量设备成本低。

**所以应合理选择TUR !**

**2.2. 测试不确定度比（TUR）：**被测单元与其检测设备，检测设备与其校准设备之间的最大允许误差的比值称为测试不确定度比。

## TUR合理选择要求

按照GJB5109《装备计量保障通用要求 检测和校准》和JJF(军工)7-2015《武器装备科研生产单位计量工作的通用要求》要求：**TUR不小于4:1**，通常取值4:1 ~10:1之间。

**（特别提示：传统习惯上3:1原则已经不符合法定要求）**

传统的3:1原则是基于**测量误差分析**判定合格准则要求；  
现代的4:1原则是基于**测量不确定度评定**判定合格准则的要求。

## 2.3. 测量设备的配置要求

- (a) 测量设备必须保证需要测量的参数得到满足，保证测量工作能及时进行；
- (b) 测量设备必须满足用户的技术要求和其他技术要求；
- (c) 在配置测量设备时应考虑准确度、稳定性、测量范围（区别于示值范围）、分辨力，保证测量结果准确可靠是首要条件。同时必须考虑技术先进性、测量效率、使用条件，对人员素质要求以及经济合理性；
- (d) 测量设备应能实现量值传递和量值溯源要求，测量设备的检定、校准能符合现行有效的检定规程或校准规范要求；
- (e) 测量设备制造许可的证明文件。

## 2.3. 测量设备的配置要求

测量设备的测量能力（参数、计量特性指标）应满足被测量量的测量要求，其中必须同时满足：

测量设备的测量范围应根据被测量的范围科学合理的选择；

测量设备的准确度高高于被测量值的准确度，被测产品与测量设备之间、测量设备与其校准设备之间的测试不确定度比应不小于4:1。

**注：**当用测量设备的示值作为测量结果时：被测参数的最大允许误差（MPE）与测量设备的最大允许误差（MPE）之比就是TUR；

当用测量设备的示值加修正值作为测量结果时：被测参数的最大允许误差（MPE）与校准该测量设备的测量不确定度（ $U$ ）之比就是TUR。

## 2.3. 测量设备的配置要求

### 案 例

**示例1：**压力测量中被测量值在0.5MPa，要求准确度达到1.6级，如果仅考虑准确度，可选不超过0.4级的压力表，但如果选择远大于0.5MPa(如2.5MPa)，虽然可以测量，但实际准确度已不能保证，应为压力表的准确度是引用误差表示，与量程有关，反推回去，就不能满足使用要求。

**示例2：**小信号用大量程测量设备进行测量。一台被校准的量程为100V的电压表，其显示分辨力为0.01V，此时要求校准0.01V的测量点的示值误差，因为客户实际工作中需对产品所产生的10mV电压。电压表的最佳测量能力在10%-100%之间，而低于10%的量程时，其计量特性无法满足。

**必须同时满足：**测量设备的测量范围应根据被测量的范围科学合理的选择；  
测量设备的准确度应高于被测量值的准确度，被测产品与测量设备之间、测量设备与其校准设备之间的测试不确定度比应不小于4:1。

## 2.3. 测量设备的配置要求

不满足时应经过分析论证，并提出合理解决方案。

当TUR低于4:1时，应在论证的基础上，提出解决方案：

如：压窄验收合格限；

如：选择更高准确度的测量设备，或委托有能力机构检测。

**特例：**一些高频电参数信号的测量，由于现有专业技术（包括国家基准和国防最高标准）条件限制，而实际使用要求较高。类似情况可适当降低要求，但应不低于2:1；

**特例：**当测量设备用于输入激励时，TUR可以降低要求。

## 2.3. 测量设备的配置要求

检测设备和校准设备的选取：设备的技术指标不是越高越好；

盲目地配置高指标的检测设备和校准设备，不但成本急剧增加，而且会造成溯源困难；

原则上：测试不确定度比取值为4:1~10:1之间。

研制过程中，应结合测试校准需求，按TUR合理选用和配置，并充分利用已有测量设备；

推荐给军方采购的检测设备和校准设备，应符合GJB5109规定的TUR要求。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 《国防计量监督管理条例》第十三条：

“计量标准器具及用于质量控制、性能评价、定型鉴定的工作计量器具，须经过计量检定/校准合格后投入使用。”

### JJF（军工）7《武器装备科研生产单位计量工作通用要求》：

4.2.1.2 武器装备科研生产单位应制定测量设备周期溯源计划，计划应覆盖全部测量设备，经审批后按计划实施溯源。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

JJF（军工）7《武器装备科研生产单位计量工作通用要求》：

4.2.1.3 测量设备必须溯源到有资质的国防计量技术机构或地市级（江苏省域要求）以上法定计量技术机构。

溯源依据检定规程必须出具检定证书，依据校准规范出具校准证书

**国防计量技术机构：**国防科技工业（国家或省级）主管部门依法许可设置的国防一级、二级和三级计量站。

**法定计量技术机构：**县级以上人民政府依法按照JJF1069要求考核审批设立的计量检定机构。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 测量设备溯源周期确定原则

测量设备的溯源间隔（周检间隔），按测量设备的类别和用途的重要性，依据下列因素参照JJF1139-2005《计量器具检定周期确定原则和方法》酌定：

1. 检定规程或校准规范的规定；
2. 制造商的建议；
3. 以往校准/检定得出的趋向性数据和维修情况；
4. 使用的严酷、频繁程度；
5. 使用场所的环境条件（温度、湿度、振动等）；
6. 测量能力的富余程度；
7. 测量不准所产生的风险；
8. 测量设备的质量与可靠程度；
9. 能否确保达到测量设备校准/检定合格率指标。

**通常情况下：**溯源间隔不大于检定规程或校准规范规定的间隔，否则必须进行分析、验证、评审和审批的过程，保证测量设备计量特性的复现。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 测量设备溯源方式：检定或校准

**检定：**查明和确认测量仪器是否符合法定要求的活动，包括检查、加标记和/或出具检定证书。

**检定**依据**国家检定系统表**所规定的量值传递关系，按照相关**检定规程**中规定的检定条件、检定项目和检定方法进行测量操作和数据处理，对照检定规程中规定的计量特性要求和通用技术要求，对测量仪器**合格**与否做出结论。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 测量设备溯源方式：检定或校准

**校准：**在规定的条件下，确定测量标准提供的量值与相应示值之间的关系，包括相关测量不确定度。

**校准**依据**校准规范**所规定校准条件和校准方法，确定测量仪器或测量系统、实物量具、参考物质的量值校准结果，包含示值的具有测量不确定度的修正值或修正因子。由于校准规范可不规定校准对象的计量特性要求和通用技术要求，故**不对**测量仪器**合格与否**做出结论，通常由用户根据使用要求确认合格与否。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 测量设备溯源方式：检定和校准的主要区别

**检定**具有法制性（强制），自上而下逐级量值传递。

**校准**是企业自愿行为，自下而上（非逐级）量值溯源。

**检定**是对测量仪器的计量特性和技术要求的全面评定。

**校准**是确定测量标准提供的量值与相应示值之间的关系。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 测量设备溯源方式：检定和校准的主要区别

**检定**依据检定规程，出具检定证书。

**校准**依据校准规范、校准方法，出具校准证书和校准报告。

**检定**的对象是测量仪器。

**校准**的对象是测量仪器或测量系统、实物量具、参考物质。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 测量设备溯源方式：检定和校准的主要区别

**检定**要对所检的作出是否符合相应检定规程要求的结论。

**校准**不判断校准对象是否合格。需要时，可根据双方约定的技术文件作出测量仪器的某一特性是否符合技术文件某条款的声明。

**检定**由法定计量技术机构实施。

**校准**由法定计量技术机构、认可的校准实验室或自主校准实施。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 小贴士： 检验、测试和检测

**检验**对产品特性进行测量、检查、试验或度量（包括计数），并将结果与（国家标准、行业标准、企业标准、合同、技术说明等）规定的要求进行比较，以确定是否合格的活动。

**测试**对给定的产品、材料、设备、物理现象、过程，按照规定的程序确定特性或性能的技术操作，依据：双方认同的技术文件，出具测试报告，提供测试数据或对实际情况的描述，在没有标明要求时不必做出符合性评定。

## 2.4. 测量设备的溯源要求

### 小贴士： 检验、测试和检测

**检测**对给定的产品，按照规定的程序确定一个或多个特性、进行处理或提供服务所组成的技术操作。依据：国家标准、行业标准、企业标准、合同、技术说明等技术文件，出具检测报告，提供测试数据或对实际情况的描述，通常需要做出符合性评定。

如对零件几何参数的测定，对土壤性能的测定，对混凝土性能的测定，对机动车安全性能的测定，对食品安全性的测定，对材料的性能或成分的测定等。国防系统指检验和测试的总称。

## 2.5. 测量设备的分类管理

在用测量设备分为三类：

A类——强制管理

B类——周期管理

C类——特别管理

## 2.5. 测量设备的分类管理

### A类（强制管理）测量设备

这类测量设备在量值传递中的位置和用途非常重要。

1、区域、公司最高计量标准器；

2、用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测方面列入国家强制检定计量器具目录的工作计量器具；

3、用于型号产品关键参数测量的专用测试设备和准确度高  
高的“精、大、贵、稀”测量设备。

## 2.5. 测量设备的分类管理

### B类（周期管理）测量设备

技术参数有准确度要求，需按周期校准/检定进行量值溯源的测量设备：

工作用计量器具；用于工艺控制、质量检测、产品试验的具有较高准确度要求的测量设备；工艺文件规定需校准的模具夹具、测量工装；有准确度要求的专用测试设备；检验与生产公用的测量设备；内部核算用的能源、物资管理用的测量设备等。

## 2.5. 测量设备的分类管理

### C类（特别管理）测量设备

这类测量设备主要是指准确度要求低，不用于量值传递的功能，或监视性用的测量设备。可不实行周期检定，只对其进行如功能性检查等简单管理。

1. 自身性能极不易变化且被测参数准确度要求较低的，只在投入使用前进行一次校准/检定，实行有效期寿命准用管理的测量设备（如钢卷尺、钢直尺等）
2. 作为**功能指标性使用**且被测试参数无准确度要求的测量设备（如配电柜上、机床上的**电流表、电压表**）；
3. 学生实验用的测量设备。

## 2.5. 测量设备的分类管理

**特别注意：测量设备的分类是按用途分类的，如：**

1. **示波器**用于测量电信号的周期、幅值时，按B类管理。  
而**示波器**仅用于观察有无信号时，按C类管理。
2. 工艺文件规定电流值直接影响焊接质量的电焊机机上的**电流表**，按B类管理。  
配电柜上的用于观察负荷大小的**电流表**，按C类管理。
3. 用于检定普通压力表的**精密压力表**（计量标准器），按A类管理。  
用于测量试验台供气压力的**精密压力表**，按B类管理。

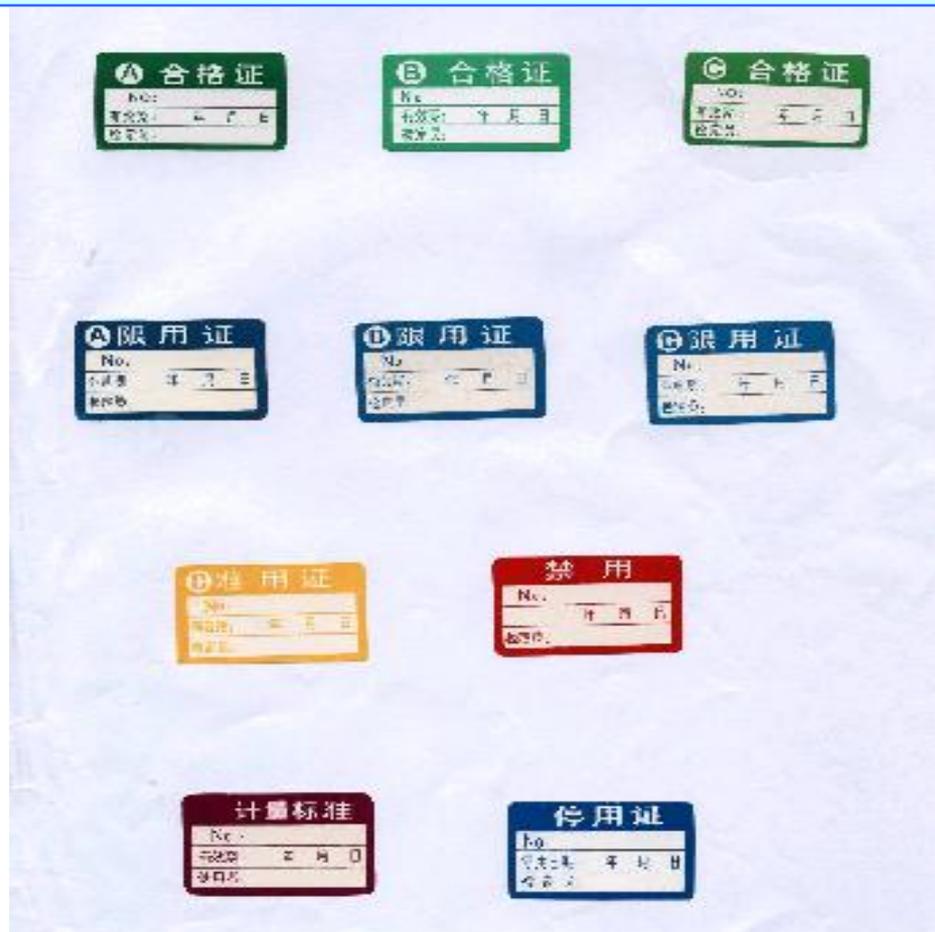
**注意：同时都使用的，按高级别分类管理。**

## 2.6. 测量设备的标识管理

### 计量标识六大类：

- (一) “合格”标识
- (二) “限用”标识
- (三) “准用”标识
- (四) “停用”标识
- (五) “禁用”标识
- (六) “计量标准”标识

其中“合格”、“限用”、“准用”与“ABC”管理分类标识合二为一。



## 2.6. 测量设备的标识管理

标识粘贴的位置要确保使用者容易看到，不要粘贴在仪器的后面板上；

有些单位为了降低质量成本，对多参数测量设备只校准使用的参数，其他参数不校准，或者个别指标不合格，仅使用合格部分的指标，这时往往粘贴“限用”标识，并需要在标识上明确限制使用的参数或限制的测量范围，避免误用。

计量状态标识要求有唯一性，过期的要清除掉。

**既有军品任务又有民品任务的单位，测量设备不论用于军品还是用于民品，都应有计量状态标识，以防止测量设备误用。**

## 2.6. 测量设备的标识管理

### 测量设备的“限用”

- (1) 多功能检测设备，某些功能已丧失，但仍能满足使用要求或可用作其它用途时的功能正常，且经校准符合者；（如：数字多用表）
- (2) 测量设备某一测量范围不符合准确度要求，但生产过程中用于检测工作所用的测量范围合格者；（如：孔径千分尺）
- (3) 降等、降级、限制使用者。（如：热电偶）

\* 限用证标注的是：能够使用的测量范围，通常情况下，使用时需要查阅检定或校准证书，明确限用范围。

## 2.6. 测量设备的标识管理

### 测量设备的“准用”

- (1) 仅用于功能性使用且无准确度要求的监视仪表；
- (2) 外单位提供产品配套临时使用的已检定合格的专用测试设备；

## 2.6. 测量设备的标识管理

### 标识的适用范围

- 《合格证》(绿色): 经计量确认合格的测量设备, 分为“A、B、C”三类。
- 《限用证》(深蓝色): 经计量确认限制使用的测量设备, 分为“B、C”两类, 其标识上应标注限用范围。
- 《准用证》(黄色): 经计量确认仅用于功能性使用的C类测量设备。
- 《禁用证》(红色): 不合格的测量设备。
- 《停用证》(红色): 合格的测量设备, 因暂时不使用或长期闲置不用, 办理停用手续, 经审批后用“停用”标识。
- 《计量标准》(酱红色): 计量标准器中主标准器管理标识, 明确标准器考核的有效期和标准器负责人。

## 2.6. 测量设备的标识管理

目前我国现实使用的“合格标识”存在一些明显的不足

- (1) 有些计量器具是按其“示值”使用的，如数字电压表，千分尺等；
- (2) 有些计量器具是按照检定/校准结果使用的，如：砝码、量块等实物量具，需要用检定证书出具的偏差修正测量结果，振动传感器需要用检定证书给出的灵敏度计算测量结果。
- (3) 这些信息在合格标识中无法标识，不便于指导实际使用。

美国海军在计量标识中，规定了两种合格标识：一种类似于我国的合格标识，表示按“示值”使用；另一种合格标识中注明“按检定/校准结果使用”，提示使用者“应使用检定/校准证书中给出的结果”

## 2.7. 测量设备的计量确认

### 关于板凳腿的长度检验的思考

某生产板凳的公司设计要求为腿长1000mm，公差为 $\pm 5\text{mm}$ 。实际生产200条腿，经检验腿长全部满足设计要求，检验报告合格。虽然检验合格，但随意组合就会板凳因腿长不一致而造成不平稳，生产的板凳就不合格。**预期的使用要求就是板凳平稳。**

(**检定判断是否符合技术规范要求，合格的不一定满足使用要求。**

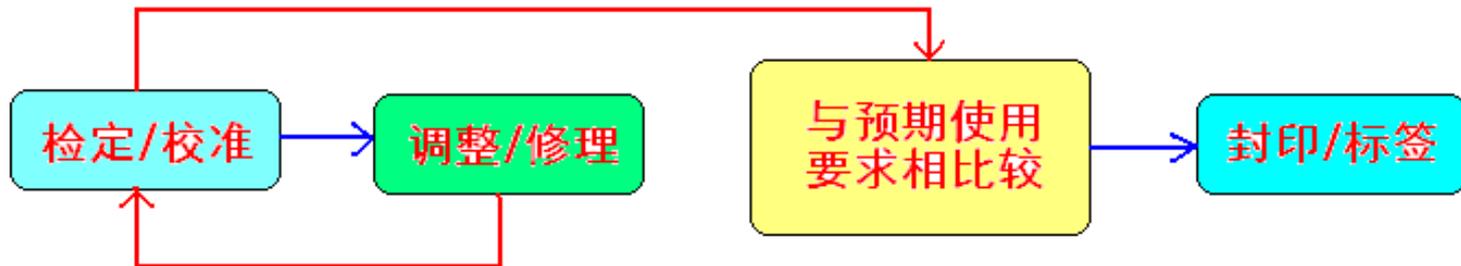
**校准则给出具体量值，按照长度相同组合板凳，满足预期的使用要求。)**。

## 2.7. 测量设备的计量确认

**定义：** 确认测量设备满足预期使用要求的过程。

**过程：**

1. 送有资质和能力的计量技术机构检定/校准合格；
2. 与预期的使用要求（测量参数、测量范围和准确度等）进行比较；
3. 满足使用要求粘贴“合格”标识，不满足使用要求粘贴“禁用”标识。



**所有测量设备必须经过计量确认合格后投入使用！**

## 2.7. 测量设备的计量确认

- 确认标准：**
1. 测量参数和测量范围覆盖；
  2. 测试不确定比不小于4:1，否则组织进行评审确认。

- 确认人员：**
1. 计量检定人员；
  2. 计量管理人员；
  3. 使用测量设备的测量人员；
  4. 设计或工艺人员。

**所有测量设备必须经过计量确认合格后投入使用。**

## 2.7. 测量设备的计量确认

### 不同情况下对测量设备计量确认的实施建议

(1) 测量设备按照国防/国家检定规程实施检定时，**确认人员**根据检定结果直接进行计量确认并粘贴相应的计量确认标识；

(2) 专用测试设备、工艺文件规定须检测的夹具、量具类工装，缺少相应的检定规程/校准规范，需依据工艺图纸开展检测时，**确认人员**按照工艺要求对测试结果进行分析并粘贴相应的计量确认标识；

(3) 测量设备由内部计量技术机构校准的，使用单位在首次校准时提供使用要求，**确认人员**进行计量确认，并粘贴计量确认标识。后续校准时，依据首次判断要求进行计量确认。

(4) 测量设备由外部计量技术机构进行校准或检测的，使用单位的主管工艺技术人员在校准证书或检测报告上对校准结果和检测数据是否满足预期使用要求进行判定或意见签署，**确认人员**根据判定结果更换计量确认标识。

(5) 设计文件和工艺文件指定的测量设备，在方案评审时已经通过计量审查，当测量设备检定或校准结果确定满足其计量技术指标要求，**确认人员**就直接确认。

(6) 其他测量设备首次投入使用前，需要填写《测量设备计量确认记录表》进行计量确认。后续计量确认可以在月度周检计划完成表中简化记录。

## 2.7. 测量设备的计量确认

### 一定要注意：

计量确认不是对检定证书或校准证书质量的确认，很多单位都将检定/校准证书内容完整性和结论的正确性作为确认内容，这是不对的；

对计量技术机构出具的检定/校准证书的质量的验收类似于购买产品的验收，它是对购买的计量服务的验收；

对检定/校准证书的验收应在计量确认之前进行，且无需保留相关记录；

计量确认目的是确定测量设备是否满足预期的使用要求，所以一定要根据使用要求和检定/校准结果的比较才能完成，所得到确认结论才可能是正确的。

本单位自行校准的测量设备包括专用测试设备，也应进行计量确认。

# 测量设备计量确认表1

本表适用于没有文件规定测量设备技术要求的情况

测量设备名称		型号		编号	
使用部门		检定/校准证书号			
被测参数技术指标要求	参数名称				
	测量范围				
	最大允许误差				
检定/校准结果	测量范围	≥被测量的范围			
	最大允许误差/ 测量不确定度	按示值使用时 用最大允许误差		按修正值使用时 用测量不确定度	TUR ≥ 4:1
确认结论	<input type="checkbox"/> 符合使用要求 <input type="checkbox"/> 不符合使用要求	确认人		时间	

## 测量设备计量确认表2

本表适用于有技术文件规定测量设备技术要求的情况

如计量标准器的主标准器、配套设备等，不用考虑测试不确定度比TUR。

测量设备名称		型号		编号	
使用部门		检定/校准证书号			
技术文件对测量设备的要求	参数名称				
	测量范围				
	最大允许误差				
检定/校准结果	测量范围	$\geq$ 被测量的范围			
	最大允许误差	$\leq$ 规定的设备的最大允许误差			
确认结论	<input type="checkbox"/> 符合使用要求 <input type="checkbox"/> 不符合使用要求	确认人		时间	

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的界定

- a) 经校准/检定/检测达不到指标要求的测量设备；
- b) 已经损坏的测量设备；
- c) 功能出现了异常的测量设备；
- d) 显示不正常的测量设备；
- e) 经历了过载或误操作的测量设备；
- f) 超过规定的计量确认有效期的测量设备；
- g) 封缄的完整性已被损坏的测量设备；
- h) 没有或无有效计量确认标识的测量设备；
- i) 计量确认合格有效期内用户自行调整和维修的测量设备。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的界定

**a) 经校准/检定/检测达不到指标要求的测量设备；**

经法定计量技术机构检定或校准后，证明其计量特性达不到技术指标要求，判定为不合格的测量设备。

如：数显表示值误差超过允许值、万用表电流测量范围达不到要求等。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的界定

**b) 已经损坏的测量设备；**

如：测量设备因故障损坏，无法正常工作的。如电子测量仪器无法开机、玻璃温度计开裂、热电偶断丝、卡尺摔断、量块变形和表面划痕严重等。

**c) 显示不正常的测量设备；**

如：数显测量设备有效位显示跳动或指针式测量设备指针抖动，无法复现测量设备显示分辨力的情况。

**d) 功能出现了异常的测量设备；**

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的界定

- a) 经校准/检定/检测达不到指标要求的测量设备；
- b) 已经损坏的测量设备；
- c) 功能出现了异常的测量设备；
- d) 显示不正常的测量设备；
- e) 经历了过载或误操作的测量设备；
- f) 超过规定的计量确认有效期的测量设备；
- g) 封缄的完整性已被损坏的测量设备；
- h) 没有或无有效计量确认标识的测量设备；
- i) 计量确认合格有效期内用户自行调整和维修的测量设备。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的界定

#### e) 经历了过载或误操作的测量设备；

测量设备使用中超过其极限工作条件或测量范围，或使用中误操作相关功能，可能造成测量设备计量特性破坏，导致测量结果可疑的情况。如卡尺的测量爪碰撞、信号源的负载过大等。

#### f) 超过规定的计量确认有效期的测量设备；

#### g) 封缄的完整性已被损坏的测量设备；

#### h) 没有或无有效计量确认标识的测量设备；

#### i) 计量确认合格有效期内用户自行调整和维修的测量设备。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的处置

发现不合格测量设备应及时分类采取处置措施，保证测量设备的计量特性。同时对不合格测量设备采取追溯措施，防止测量结果的错误发生。

1) 发现不合格测量设备应立即停止使用，粘贴“禁用”，及时撤离现场。不能撤离的应采取隔离措施防止误用。所有不合格测量设备处置后，必须经检定或校准合格后投入使用。

2) 在测量设备检定或校准后，发现不合格的，检定校准的计量技术机构必须及时通知用户，告知不合格的原因，以便用户采取相关处理措施。

3) 在测量设备在使用过程中，当发现异常情况时，应立即停止使用，及时进行标识或隔离处置并记录，以便进一步采取处置措施。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的处置

4) 对于检定或校准达不到技术指标的测量设备，首先进行必要的调整或修理，经检定或校准合格后，粘贴“合格”标识。如仍不合格的，进行“降等降级”处理或“报废”处理。

5) 对于损坏的或显示不正常的或功能可疑的测量设备，先进行修理和调整正常后，经检定或校准合格后投入使用。无法修复的作“报废”处理。

6) 对于过载或误操作的、或超过规定的计量确认有效期的、或封缄的完整性已被损坏或确认标识模糊的、或无有效确认标识的、或计量确认合格有效期内用户自行调整和维修的不合格测量设备，及时送计量技术机构进行检定或校准。检定或校准合格的粘贴“合格”标识后投入使用，不合格的按达不到技术指标的测量设备处置。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的追溯

为防止因使用不合格测量设备发生错误的测量结果，给产品质量带来隐患或给企业经营带来损失，要求对使用不合格测量设备测量结果采取追溯措施。

不论使用中还是检定时，发现测量设备不合格，且可能影响产品质量，都应启动追溯程序，要追溯到产品合格时止。

追溯方法可采取“数据评价，让步放行、召回复测”等三种方式。

#### (1) 数据评价

经数据分析，如以前的测量数据考虑设备超差影响后，产品仍合格，则无需采取后续相关措施。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的追溯

#### (1) 数据评价

经数据分析，如以前的测量数据考虑设备超差影响后，产品仍合格，则无需采取后续相关措施。

如被测产品测量参数的最大允许误差为1%，配置的测量设备的最大允许误差为0.1%，满足使用要求。当该测量设备检定时发现最大示值误差达到0.2%，评定为技术指标达不到要求的不合格测量设备。但按照GJB5109测量设备的配置要求，被测参数的最大允许误差除以测量设备的最大允许误差（定义为测试不确定度比）大于4:1，仍然满足使用要求，对产品的测量结果没有影响。

如产品加工过程中，操作人员使用了不合格的测量设备，但产品的检验人员使用的合格测量设备测量，并判定产品合格，并不影响产品的测量结果。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的追溯

#### (1) 数据评价

如产品热处理时，控温热电偶合格，而监视温度的热电偶断丝，但热处理的产品经过后续性能试验合格，断丝的热电偶虽然为不合格测量设备，但不影响产品质量的判定，无需采取进一步测试。

如没有采取调整和修理测试，经检定或校准合格的不合格测量设备，也并不影响产品的测量结果。

尽管不需要进一步采取追溯措施，但数据分析本身就是追溯的方式之一，必须存在记录，将数据分析的过程和结论记录在案。

数据分析不能确定不合格测量设备测量结果对产品质量没有影响时，可考虑“让步放行”方法处理。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的追溯

#### (2) 让步放行

考虑到测量设备技术指标超差影响后，可能超过产品参数测量允许误差要求，但由于通常情况下，产品设计时提出的技术指标要求留有余量，工艺文件要求又保留一定的余量，对于这种情况的处理，需要会同设计人员或工艺人员一起研究分析，确定不影响产品使用时，经评审并履行相应质量管理手续后可让步放行。

经评审，不能采取“让步放行”的方法进行追溯，只有启动“召回复测”程序进行追溯。

## 2.8. 不合格测量设备的处置

### 不合格测量设备的追溯

#### (3) 召回复测

考虑超差影响后，可能超过产品允许误差要求，且可能引起产品质量问题时，应召回产品，采用合格的测量设备重新测量，直到确认产品质量判断无误时为止。

## 2.9. 测量设备的使用和维护要求

### 测量设备的使用和维护要求

1. 使用单位应在溯源的参数、量限、测量不确定度等范围内使用。不得擅自拆卸、改制测量设备的内部结构，改变其测量能力。自制设备确需改制，应征得设备设计部门同意，按设计更改控制程序执行；外购设备确需改制，应通过技术部门组织论证和评审，经主管领导审批后才能实施。

2. 使用者在使用测量设备前，要检查设备是否完好，是否在检定/校准有效期内，并确保设备的检测能力与所要求的能力一致。

3. 使用单位负责对测量设备操作者进行培训，确保正确使用、维护保养测量设备，做好防潮、防磁、防腐和合理存放，在送检及搬运过程中要根据各类仪器的具体要求，做好适当的保护措施，防止测量设备损坏及准确度变化，精度高的测量设备搬移原位置后，要经过检定/校准合格后方可继续使用。

## 2.9. 测量设备的使用和维护要求

### 测量设备的使用和维护要求

4. 测量设备严禁私自外借，特殊情况需外借的，由单位领导批准。对脱离直接控制的仪器设备，如外借或拿到现场检测的仪器设备，实行借用制度，借出前要登记，设备返还后计量管理员组织相关技术人员对其功能和状态进行检查，并能显示满意结果，登记注明其状态，否则应申请维修。

5. 各使用单位发生人为损坏测量设备时，计量管理部门按经济责任制的有关规定实施处罚。

**3. 被测量：**拟测量的量，也就是想要测量的量。

**人、机、料、法、环、测** (5M1E)

被测量的正确定义和合理测量要求。

如被测量是给定的水样品在 $20^{\circ}\text{C}$ 时的蒸汽压力，给定的水样品就是被测对象， $20^{\circ}\text{C}$ 时的蒸汽压力是被测的特定量。

**“合理的测量要求”**：对测量结果预期用途相适应的量的描述（包括量的定义、准确度要求等）。

### 3. 被测量：拟测量的量，也就是想要测量的量。

#### 被测量的正确定义和合理测量要求

(1) 要测量的是什麼量，这是测量时必须搞清楚。测量时要知道被测对象的特定量是什麼，也就是要对被测量进行定义。

安排测量任务时，不能只说要求测量电压，电压仅是广义量，被测量一定是特定量。如要测量“频率为50Hz的稳压电源的输出电压”，稳压电源是被测对象，“频率为50Hz的稳压电源的输出电压”就是被测的特定量。

### 3. 被测量：拟测量的量，也就是想要测量的量。

#### 被测量的正确定义和合理测量要求

(2) 被测量的定义包括对测量有影响的有关影响量所进行的说明，其详细程度是相应于所需的测量准确度而言的，以便保证测量结果是单一的。

例如：测量1m长的钢棒长度，需要测量到微米级准确度，就必须说明应包括定义长度的温度和压力。“钢棒在25.0°C和101.325Pa的长度（另附加支撑方式）”。否则，对于不同的温度和压力，就有不同的量值，被测量的量值就不是单一值。当仅需毫米级准确度是，温度和压力影响可以忽略。

### 3. 被测量：拟测量的量，也就是想要测量的量。

#### 被测量的正确定义和合理测量要求

(3) 要注意，测量有时会改变研究中的现象、物体或物质，此时实际收到测量的量可能不同于想要测量的量，需要采取相应的措施。

例如：要测量干电池两极之间的开路电位差，但当用较小内阻的电压表测量时，由于负载效应，测得的电位差就会降低。

例如：要测量 $20.0^{\circ}\text{C}$ 时钢棒的长度值，实际测量是与环境温度 $23.0^{\circ}\text{C}$ 达到热平衡时的长度。

### 3. 被测量：拟测量的量，也就是想要测量的量。

#### 被测量的正确定义和合理测量要求

(4) 要注意，测量有时会改变研究中的现象、物体或物质，此时实际收到测量的量可能不同于想要测量的量，需要采取相应的措施。

例如：要测量干电池两极之间的开路电位差，但当用较小内阻的电压表测量时，由于负载效应，测得的电位差就会降低。

例如：要测量 $20.0^{\circ}\text{C}$ 时钢棒的长度值，实际测量是与环境温度 $23.0^{\circ}\text{C}$ 达到热平衡时的长度。

### 3. 被测量：拟测量的量，也就是想要测量的量。

#### 被测量的正确定义和合理测量要求

(5) 要考虑测量过程影响量（“在直接测量中不影响实际被测的量，但会影响示值与测量结果之间关系的量”）影响。

例如：用安培计直接测量交流电流的幅度时受频率影响，电流是被测量，而频率就是影响量。

例如：对测量结果的准确度产生影响的测量标准、参考数据、测量仪器稳定性、间接测量的函数关系等。

## 4. 测量方法

人、机、料、**法**、环、测 (5M1E)

“**良好的测量方法**”：支持测量的测量原理/方法/程序。

测量原理、测量方法、测量程序是实施测量时所需的三个重要因素，测量原理是实施测量过程中的科学基础，测量方法是测量原理的实际应用，而测量程序是测量方法的具体化。

## 4. 测量方法

**测量原理：**是测量的科学基础，是指所依据的自然科学中的定律、定理和得到充分理论解释的自然效应等科学原理。

例如：在力值的测量中应用的牛顿第二定律，在电学测量中应用的欧姆定律，在温度测量中应用的热电效应，在质量测量中应用的杠杆原理，在速度测量中应用的多普勒效应，在转动惯量测量中应用的扭杆定律和平行轴定理，在长度测量中应用的光干涉原理等，都属于测量原理。

测量结果能否达到预期的目的，主要取决于所应用的原理。如长度测量中，应用激光干涉方法不仅改善了测量不确定度，而且极大的扩展了测量范围。在长度比较测量中，若不遵循阿贝原则，就会附加较大的测量不确定度。

## 4. 测量方法

**测量方法：**是指对测量过程中使用的操作所给出的逻辑性安排的一般性描述。就是根据给定测量原理实施测量时，概括说明的一组合乎逻辑的操作顺序，测量方法就是测量原理的应用。

例如：根据欧姆定律测量电阻时，可采用伏安法、电桥法和补偿法等测量方法，在采用电桥法时，又可分为替代法、微差法及零位法。

由于测量的原理、运算和实际操作方法不同，通常会有多种多样的测量方法：

- (1) 直接测量和间接测量；
- (2) 基本测量法和定义测量法；
- (3) 直接比较测量法和替代测量法；
- (4) 微差测量法和符合测量法；
- (5) 补偿测量法和零值测量法。

## 4. 测量方法

**测量程序：** 是进行特定测量时所用的，根据一种或多种测量原理及给定的测量方法，在测量模型和获得测量结果所需计算的基础上，对测量所做的详细描述。

即根据给定的方法实施对某特定量的测量时，所规定的具体详细的操作步骤。相当于操作方法、操作规范或操作规程，具体实施测量操作的作业指导书。确保测量的顺利进行和测量结果的单一性。

## 4. 测量方法

**示例1：**圆孔中心距测量：要测量两个圆心A、B之间的距离 $L$ ，先采用测量仪器测量 $d_1$ 、 $d_2$ 、 $L_1$ 、 $L_2$ ，然后采用三种不同的计算方法计算 $L$ ：

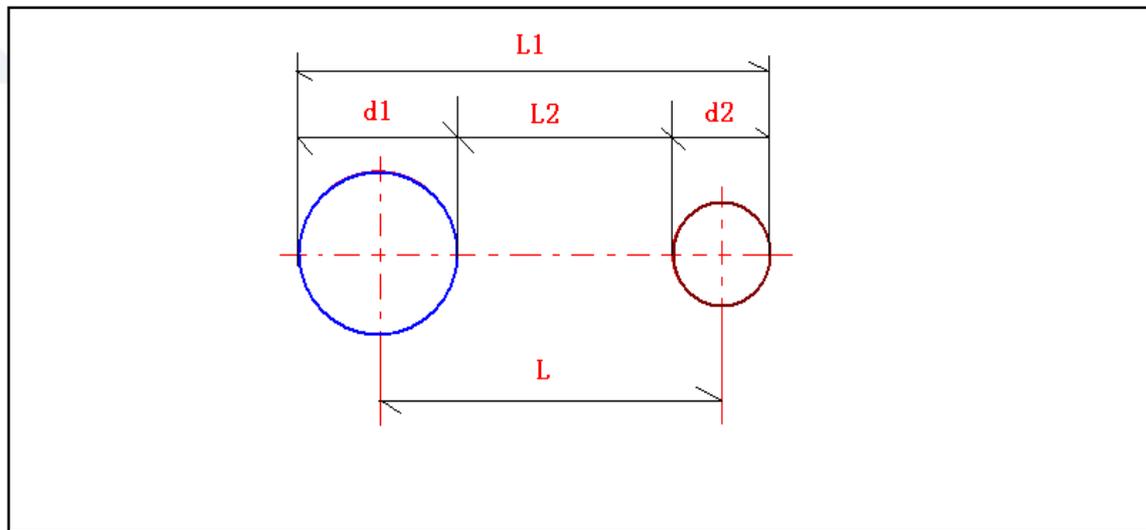
(1)  $L=L_2+d_1/2+d_2/2$ ;

(2)  $L=L_1- d_1/2-d_2/2$ ;

(3)  $L=L_1/2+L_2/2$ ,

试问采用哪种测量方法

计算 $L$ 值最佳？



## 4. 测量方法

### 优化的测量方法可消除影响量对测量结果的影响

**示例1：**为消除外磁场对电流表读数的影响，可将电流表放置的位置调换180度后再测量一次，则在两种位置下测得结果的误差符号必然是一正一负，取其平均值后，就能消除这种由外磁场响而引起的系统误差了。

## 4. 测量方法

### 优化的测量方法可消除影响量对测量结果的影响

**示例2：**带有螺杆式读数装置的测量仪器存在空行程，引起的系统误差的消除：可以从两个方向对线，第一次顺时针对线读数值为 $D_1$ ，设不含系统误差的值为 $A$ ，空行程引起的恒定系统误差为 $E$ ，则 $D_1=A+E$ ；第二次逆时针对线读数值为 $D_2$ ，此时空行程引起的恒定系统误差为 $-E$ ，则 $D_2=A-E$ 。则不含系统误差的值 $A=(D_1+D_2)/2$ ，消除了空行程引起的恒定系统误差的影响。

## 4. 测量方法

优化的测量方法可消除影响量对测量结果的影响

**示例3：**用等臂天平称量物品质量时，由于天平左右两个臂长有微小差别 ( $L_1 \neq L_2$ )，称量时会产生恒值系统误差。如果将被称量物品 ( $X$ ) 与砝码 ( $P$ ) 在天平左右称盘上交换，称量两次 ( $X_1 = P_1 L_1 / L_2$ ,  $X_2 = P_2 L_2 / L_1$ )，取两次测量结果的几何平均值 ( $X^2 = X_1 * X_2 = P_1 * P_2$ ) 为被测物品的最终测量结果，就可以消除天平两臂不等而带来的系统误差。

## 4. 测量方法

### 测量设备溯源的测量方法由**计量技术规范**确定

**计量技术规范**属于计量法规体系中计量技术法规，是计量技术机构开展检定/校准工作依据的技术文件，通常是指国家、国防、部门颁布的计量检定规程和计量校准规范。

#### **计量技术规范管理要求：**

1. 建立台账，动态管理，及时更新，确保现行有效。
2. 宣贯到位，确认能力，受控管理，确保有效实施。

## 5. 测量环境

人、机、料、法、**环**、测 (5M1E)

**“适合的测量环境”**：控制和保证合适的环境条件。

环境要求的来源：

- (1) 检测方法的要求；
- (2) 检测设备的要求；
- (3) 检测样品的要求；
- (4) 安全、健康、环保的要求。

## 5. 测量环境

### 测量环境条件

- (1) 测量中复现标准量值时，规定温度、湿度、电压、气压等；
- (2) 干扰测量结果的环境因素：电磁波、噪声、振动、灰尘等；
- (3) 高准确度测量时环境影响：空气的流动、人员的走动、温度的微小变化、声音的干扰等。

根据测量要求需要控制的环境包括：**照明、电源、温度、湿度、气压、灰尘、电磁干扰、噪声、振动等**

为了达到环境条件要求，就必须**配置监视和控制测量设备。**

(包括：温度计、湿度计、气压表、照度计、场强计、声级计、电压表等)

## 5. 测量环境

### 实验室环境监控设备应满足相关要求。

实验室的环境要求必须加以监控，具体需要监控那些环境参数，根据相关计量技术文件的要求确定；

环境监控设备的量程、分辨力应符合要求，且经过计量确认。

### 工作环境记录应符合相关要求。

记录工作环境的时间和频次应满足开展计量工作的要求；

工作环境记录应真实，与检定/校准记录中环境条件相当；

监督检查经常发现环境记录与检定记录不一致的情况。

## 5. 测量环境

### 测量仪器的工作条件

- (1) **参考工作条件：**计量技术规范（计量检定规程或校准规范）规定的检定/校准时的工作条件。
- (2) **额定工作条件：**测量仪器使用说明书中规定的、在测量时必须满足的正常工作条件。
- (3) **极限工作条件：**为使测量器具所规定的计量特性不受损失，其后仍能在额定工作条件下工作所能承受的极端工作条件。

## 5. 测量环境

### 不相容的环境条件需要有效隔离

如力学计量中，天平工作时要求不能存在振动干扰源，而振动试验时产生的强烈振动会对天平工作产生影响；

如温度计检定时需要使用提供温场的油槽会使周围环境温度升高，影响需要恒温测量的工作。

如处于老化试验箱周围的测量仪器的环境条件是否符合测量仪器的额定工作条件要求。

空调出风口的气流对天平类测量仪器示值产生影响等。

## 6. 测量结果处理

人、机、料、法、环、**测** (5M1E)

“**测量结果处理**”：规范的测量记录和正确的数据处理。

包括：

- (1) 测量数据记录；
- (2) 测量数据处理；
- (3) 测量不确定度评定；
- (4) 测量结果报告。

## 6.1 测量结果：测量所得与其他相关信息一起赋予被测量的一组量值。

说明：

- 1) “相关信息”通常指测量不确定度及其相关信息：包含因子、包含概率或自由度等。
- 2) 给出测量结果时应指明：示值、未修正结果、修正结果、平均值；
- 3) 测量结果通常表示为单个测得的量值和一个测量不确定度。

## 6.2. 测量不确定度：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

通常情况下，可理解为测量不确定度是测量结果的可能误差量度，测量不确定度与测量结果一起表达真值所处的范围。

测量不确定度是说明给出的被测量估计值分散性的参数，即测量结果的可信程度的参数，表明测量结果的质量，它可以通过科学评定方法定量得到。

如：当测得到测量结果为 $m=500\text{g}$ ， $U=1\text{g}$  ( $k=2$ )，就可以知道被测量的值在 $(500\pm 1)\text{g}$ 区间内的包含概率约为95%。这样的测量结果比仅给500给出了更多的可信度信息。

## 6.2. 测量不确定度：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

被测量的分散性比测量结果的分散性包含更多的内容

例如：用一台测长机测量某一长度。用该测长机进行了20次测量，这20个读数的平均值就是测量结果，可以通过贝塞尔公式得到测量结果的分散性。

被测量的分散性就不同了，它除了包括测量结果的分散性外，还应包括在受控范围内改变测量条件（例如温度）所可能得到的测量结果，当测长机的示值误差在最大允许范围内变化时所可能得到的测量结果，以及所有其他可能的系统效应对测量结果的影响。

## 6.3. 测量误差：测量的量值减去与被测量的参考值。

(1) 当参考值是唯一的时，由于真值未知，测量误差也就是未知的，此时测量误差仅是一个概念性的术语。

(2) 当参考值是约定真值（通常用多次测量结果的平均值替代）或计量标准所复现的量值是，由测得值与参考值之差可以得到测量误差。此时参考值是存在不确定度的，实际上获得的时测量误差的估计值。

(3) 测量误差的估计值是测得值偏离参考值的程度。因此给出测量误差必须注明误差值得符号（正、负号）。

(4) 测量误差是各个误差分量的代数和，包括随机误差和系统误差；

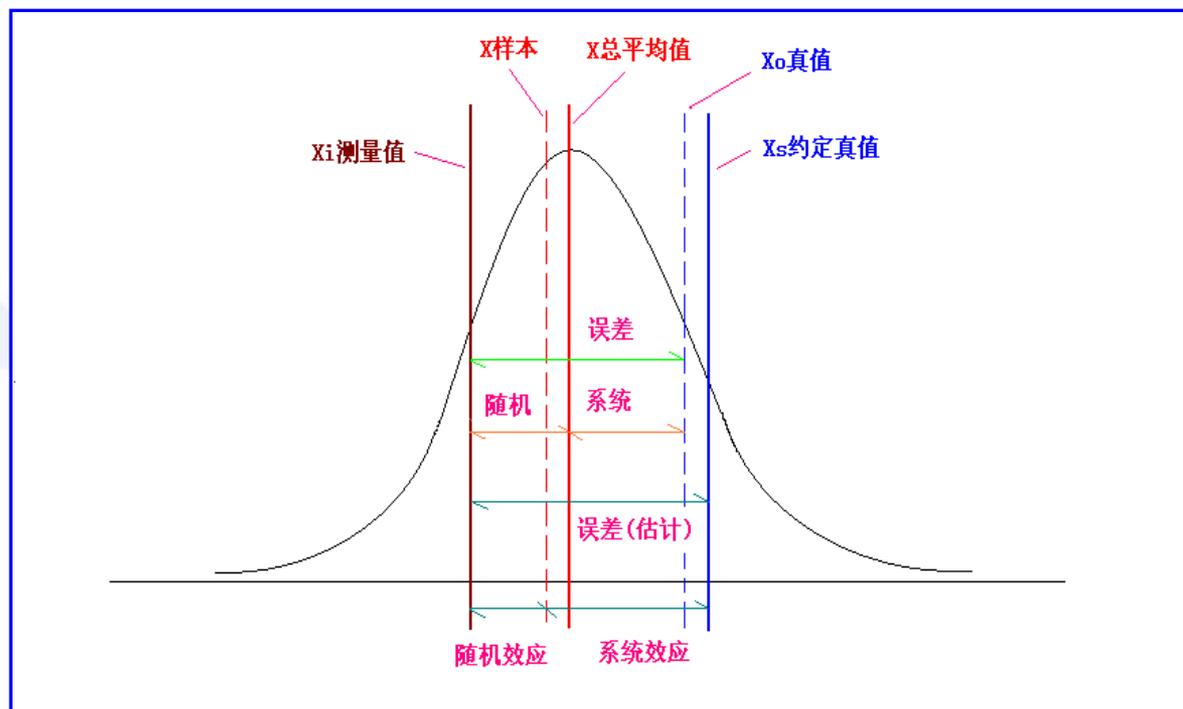
(5) 测量误差（系统误差和随机误差）和不确定度是完全不同的两个概念。对同一测量不论其测量程序、条件如何，相同的测量结果，其误差是相同的。但在重复性条件下，则不同的测量结果具有相同的不确定度。

## 6.3. 测量误差：测量的量值减去与被测量的参考值。

(4) 测量误差是各个误差分量的代数和，包括随机误差和系统误差；

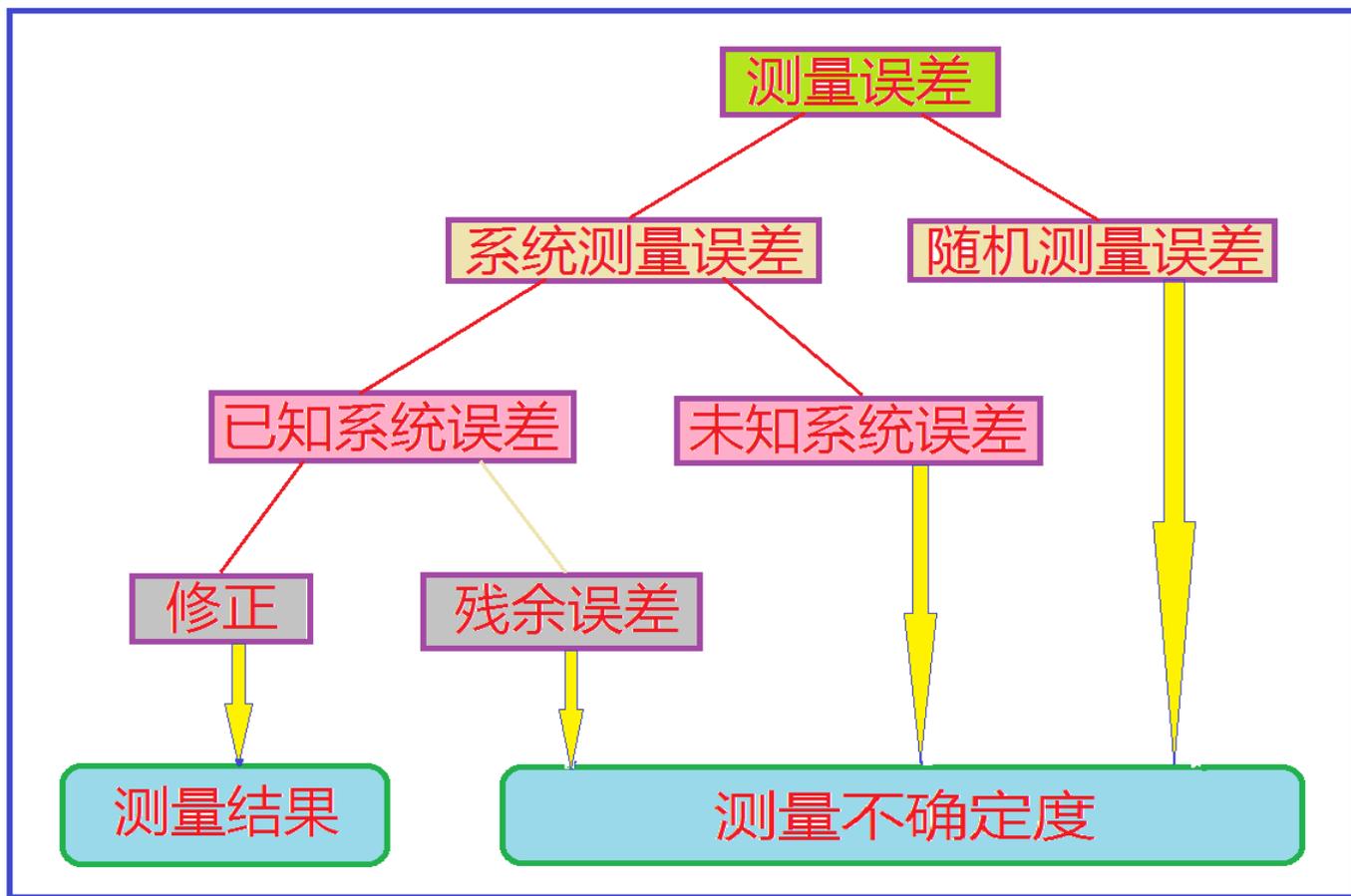
(5) 测量误差（系统误差和随机误差）和不确定度是完全不同的两个概念。对同一测量不论其测量程序、条件如何，相同的测量

结果，其误差是相同的。但在重复性条件下，则不同的测量结果具有相同的不确定度。



## 6.3. 测量误差：测量的量值减去与被测量的参考值。

(6) 测量误差  
在测量不  
确定中的  
关系



## 6.4. 随机误差：

在同一量的多次测量过程中，每个测得值的误差以不可预知方式变化，就整体而言却服从一定统计规律的测量误差。

随机误差不能修正；随机误差服从某种分布；测量结果与同一被测量在重复条件下无限多次测量结果的平均值之差值。

## 6.5. 系统误差：

在对同一量进行多次测量中，对每个测得值的误差保持恒定或以可预知方式变化的测量误差。

系统误差与测量次数无关；系统误差按其呈现特征可分为常值和变值两类；系统误差可以用适当的方法进行消除。修正值是以代数法相加于未修正测量结果，用以有限地补偿系统误差的值。在测量过程中采用替代法、补偿法、对称法等将系统误差消除。

## 6.6. 粗大误差：

明显超出统计规律预期值的误差。

引起粗大误差的原因有：错误读取示值、测量器具的使用不当或环境的突然干扰等。

**粗大误差不属于测量误差**，测量过程中应采取措施杜绝产生。

粗大误差可以进行剔除： $3\sigma$  准则、格拉布斯准则和狄克逊准则。

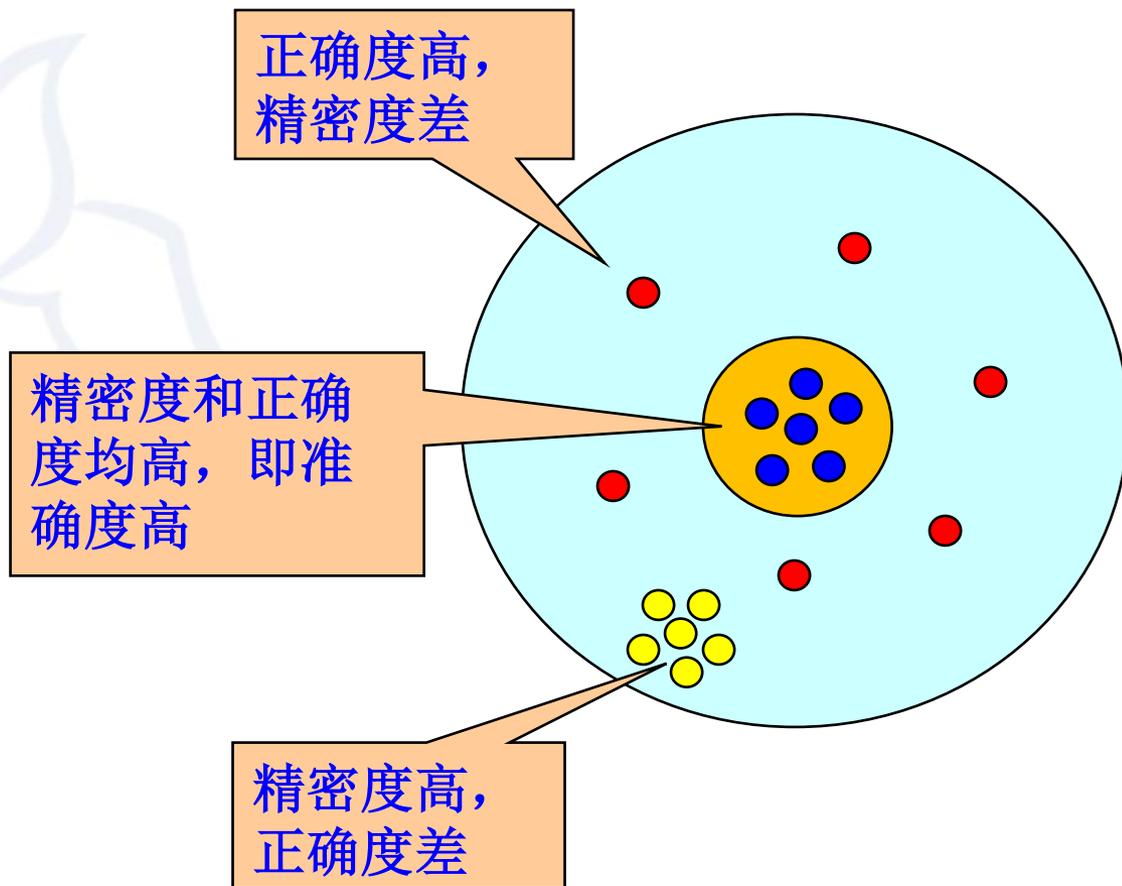
## 6.7. 测量的准确度、正确度和精密度

**测量的准确度：**被测量的测得值与其真值间的一致性。（一个概念术语，不能用量值表示。测量误差小说明准确度高）

**测量的正确度：**无穷多次重复测量所得量值的平均值与一个参考值间的一致程度。（一个概念术语，不能用量值表示，当系统测量误差小，说明测量正确度高，与随机误差无关）

**测量的精密度：**指在规定条件（重复测量条件或复现测量条件）下，对同一或类似被测对象重复测量所得示值或测得值间一致程度。采用标准偏差表达大小。

# 准确度、正确度、精密度



## 案例分析： 测量结果的质量评价

测量人员分别采用游标卡尺 ( $MPEV=0.02\text{mm}$ )、千分尺 ( $MPEV=0.002\text{mm}$ ) 测量一根圆棒的直径，其测量结果分别为  $10.00\text{mm}$  和  $10.000\text{mm}$ 。请问 (1) 用卡尺测量的误差和用千分尺测量的误差哪个更大？ (2) 千分尺测量和卡尺测量的测量结果的可信度谁更高？

(不同的测量仪器，测量结果相同，但不确定度不同。同一测量仪器，不确定度相同，但测量结果不同。)

## 6.8. 测量的重复性和复现性

**测量的重复性：**指在重复测量条件下（相同测量程序、相同操作者、相同测量系统、相同操作条件和相同地点），并在短时间内对同一或相类似被测对象重复测量的测量精密度。

**测量的复现性：**指在复现测量条件下（不同测量程序、不同操作者、不同测量系统、不同时间和地点），对同一或相类似被测对象重复测量的测量精密度。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

测量结果一般需要经过计算得到，而计算结果通常有大量的数字位数。保留过多的数字位数是没有必要的，它并不能表示测量结果的准确度高，相反还可能使人误认为具有很高的准确度。但若保留的数字位数过少，则会损失测量准确度。数据修约就是通过一定的规则使得测量结果保留适当的数字位数。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 有效数字

近似误差限的绝对值不超过末位单位量值的一半，则该量值的从其左边第一个不为零的数字起，直到最右边的数字止（包括零在内）为有效数字。

例如：3.14意味者误差限为 $\pm 0.005$ ，而3.1415意味者误差限为 $\pm 0.00005$ ，前者为3位有效数字，后者为5位有效数字。

如13.8600为六位有效数字；0.00039为两位有效数字；10001为五位有效数字。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 修约准则：

修约间隔为“1”时：四舍六入，五后有数进一，五后为零取偶数。

以保留数字的末位为单位，末位后的数字大于0.5者，末位进一；末位后的数字小于0.5者，末位不变；末位后的数字恰好为0.5者，末位为奇数进一；末位为偶数，则舍去。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 修约实例：

7.2500001 → 7.3

7.2500000 → 7.2

7.1500000 → 7.2

7.2499999 → 7.2

### 特别注意：

(a) 数据修约应一步到位，不得连续修约，否则会导致修约不确定度增大。修约不可以连续修约：7.691499修约为四位有效数字为：7.691，而不是：7.691499 → 7.6915 → 7.692。

(b) 在计算过程中，为避免过大的数据修约误差，中间计算结果应保留足够的位数。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 修约准则：

修约间隔为“2”（末位数为2的倍数）或“5”（末位数为5的倍数）时，先将原数值除以“2”或“5”，按修约间隔为“1”的准则进行修约，然后再乘以“2”或“5”即可。

### 修约实例：将52.573修约为四位有效位

修约间隔为“1”：52.57

修约间隔为“2”：52.573/2=26.2865, 修约26.29, 26.29\*2=52.58

修约间隔为“5”：52.573/5=10.5126, 修约10.51, 10.51\*5=52.55

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 特注：

如何合理选取类似  $\pi$  值的常数的有效位呐？

在测量模型中存在  $\pi$  值等常数时，按照“由对常数的修约导致的不确定度分量应小于其他最大分量的1/3的原则”进行分析，确定  $\pi$  值的最少有效位数。

实际应用中，可根据与  $\pi$  值（3.141592653589）参与计算得输入量的小数点后位数最多位数加一位即可。

如：周长  $C=d \times \pi = 10.12\text{mm} \times 3.142 = 31.7970\text{mm}$ ，修约为 31.80mm。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 测量数据的运算

#### (1) 加法和减法运算：

多个观测值相加或相减时，求得的和或差只能保留一位欠准确数字。最后结果的有效数字位数应和参与运算各数中小数点后的有效数字位数最少的一个数相同。

在加减运算中，必须先运算后修约。

如： $12.511+1.23+0.1206=13.8616$ ，应修约为13.86

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 测量数据的运算

#### (2) 乘法和除法的运算：

多个观测值在乘或除运算时，积或商的有效数字的位数一般应与参与运算的有效数字位数最少的那个观测值相同。

在乘除运算中，同样必须先运算后修约。

如： $0.15\text{m} \times 9.6876\text{m} = 1.45314\text{m}^2$ ，应修约为 $1.5 \text{ m}^2$ ；

$20.35\text{m} \div 0.163\text{s} = 124.85\text{m/s}$ ，应修约为 $125 \text{ m/s}$

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

但是，对于一个观察值乘以或除以一个数（非量值），结果则与观察值的有效位相同。

如：三次测量结果：12.3mm，12.5mm，12.2mm，取平均值  
 $(12.3+12.5+12.2) / 3 = 37.0 / 3 = 12.3333\text{mm}$ ，修约为12.3mm。

如：测量圆环的直径为10.12mm，其周长

$C = 10.12\text{mm} \times \pi = 10.12\text{mm} \times 3.1415926 = 31.792917112\text{mm}$ ，修约为31.79mm。

## 6.9. 测量结果的修约与有效位

### 测量结果的有效位数的确定：

测量结果的末位应修约到与其测量不确定度的末位对齐。如：

$y=1039.56\text{mm}$   $U=3\text{ mm}$  则测量结果修约为： $y=1040\text{mm}$  。

测量不确定度的有效位规定：仅能是一位或两位有效位。

要想得到更准确的数据，必须选择更高准确度等级的测量仪器，

提高观察值得有效位数。

## 6.10. 测量不确定度的修约与有效位

### 扩展测量不确定度的修约原则：

$$U = k * u_c$$

测量不确定度分量和合成是都必须足够的有效位（通常3~5位）

测量不确定度的有效位规定：仅能是一位或两位有效位，通常情况下，当首位数不大于3时，保留两位有效位。

当保留两位有效位时，后面有数就进位；

当保留一位有效位时，下一位数大于1/3就进位，否则舍去。

例如：0.230001 mm，保留两位：0.24 mm；保留一位：0.2 mm

2.34 mm，保留两位：2.4 mm；保留一位：3 mm

## 6.11. 原始记录要求

检定、校准、测试、试验、检验记录应格式规范、内容完整、信息充分。

**记录信息至少应包括：**

- (1) 记录的名称、唯一性编号；
- (2) 测量设备名称、证书号、有效期；
- (3) 被测设备和产品的名称、编号、型号/规格；
- (4) 依据的技术文件；
- (5) 环境条件、测试/试验/检验地点，测量数据与处理结果、操作人员签字、日期。

## 6.11. 原始记录要求

原始数据应在产生的当时予以记录。二次誊写或录入计算机应保存记录原件。

**原始记录必须体现原始性；**

自动采集的电子数据或在测量工位直接录入计算机的测量数据，可以以电子或打印的方式产生原始记录；

手工记录后录入计算机或二次誊写的，不能仅以其作为原始记录，应同时保存原始的手工记录和打印记录或誊写记录。

**手工记录应使用黑色墨水，严禁使用铅笔或圆珠笔记录。**

## 6.11. 原始记录要求

原始记录中出现错误时，应采用**划改**的方式进行更正，并签字或盖章。

数据划改属于计量人员应知应会的内容；

检验、测试人员容易忽视，需要特别关注；

如记录是将100.2记成了100.1，此时修改方式为：在数据~~100.1~~上划一根或两根线，在旁边写上正确的“100.2”，修改者在修改处签字或盖章。

**“划改”**的目的是保持数据的可追溯性，严禁涂改或刮改。

## 6.11. 原始记录要求

原始记录中数据处理必须符合数据运算规则和修约准则,在剔除异常值后进行处理。

原始记录中数据的计量单位必须正确标明为法定计量单位。

原始记录保存的有效期应符合国防计量相关要求。

**★ ★ 原始记录应真实、客观、准确,  
严禁伪造或变造测量数据!**

(JJF9 (军工) 7: 5.4条 国防计量监督否决项和严重不符合项之一)

**伪造** (没有数据编造数据)

**变造** (将原始真实数据修改成假数据)

## 6.11. 原始记录要求

### 数据处理及表述应正确

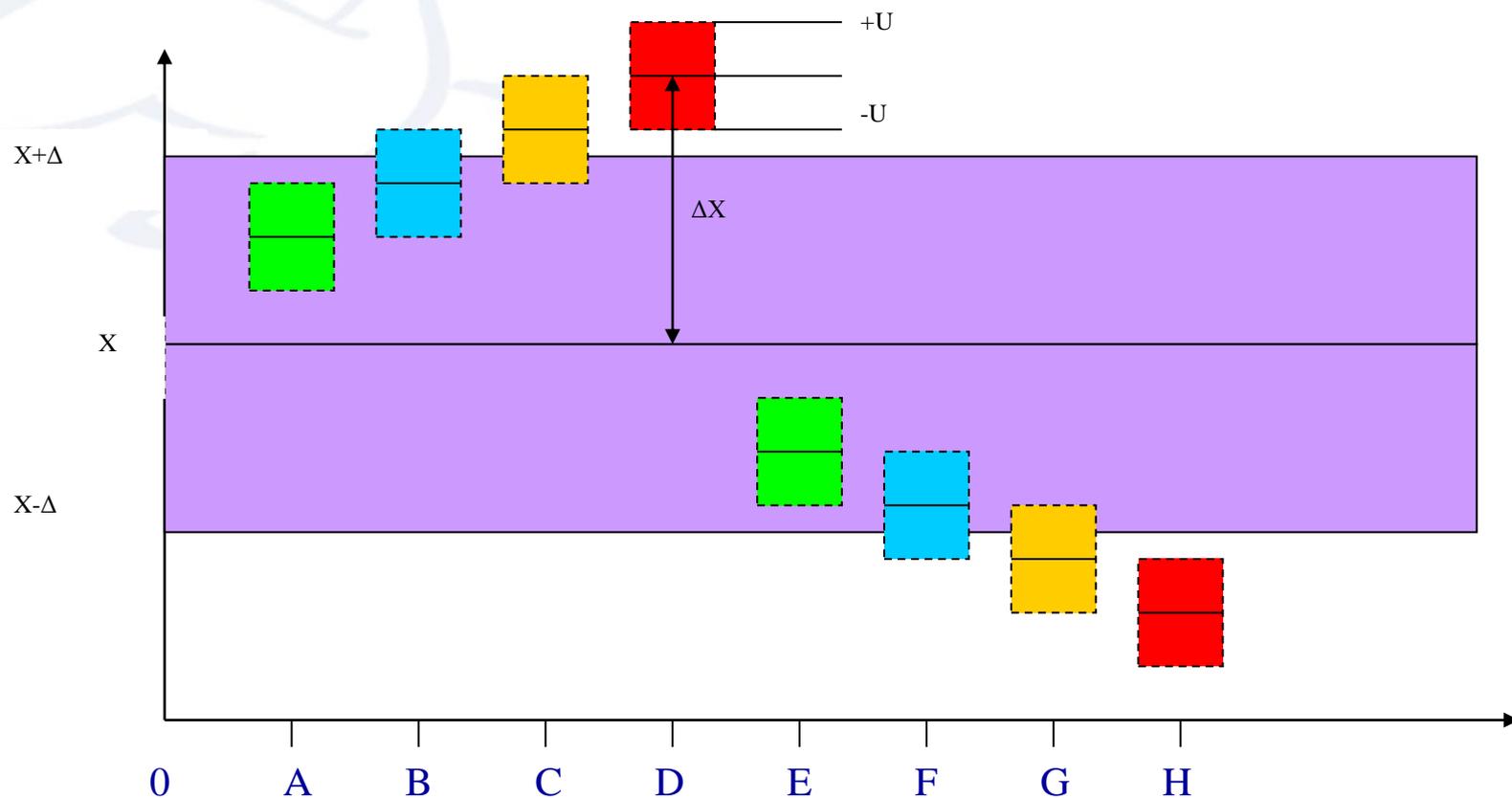
数据计算模型、计算结果应正确无误；

测量结果的表达应规范；

计量单位书写正确；

数据处理、修约、有效数字位数、不确定度评定等应正确。

## 6.12. 测量结果合格判断原则



## 6.12. 测量结果合格判断原则

表1 测量结果的可能情况

情况	A	B	C	D	E	F	G	H
结果	合格	合格大于不合格	不合格大于合格	不合格	合格	合格大于不合格	不合格大于合格	不合格

按照国际相关准则和惯例，若： $U \leq \frac{1}{4} \times |\Delta|$ ，（ $k=2$ ）

或  $TUR \geq 4:1$

对于B、C、F、G四种情况，可以判定为合格

## 6.12. 测量结果合格判断原则

当TUR低于4:1时，不能确定B、C、F、G是否合格的处理：

- (1) 选用更高精度的测量手段，减小测量结果的测量不确定度，使测量结果落入相应的区域；
- (2) 考虑测量不确定度，收缩合格指标范围，加严合格判据。加严程度与误判风险的大小有关。
- (3) 国际通行规则：出厂从严，对于制造厂，不能判定产品合格即为不合格；
- (4) 设计负责人根据被测参数的重要程度、误判风险及其严重程度、数据实际偏离程度等，作出让步验收的决定，并将结论记录在案。

## 6.13. 测量结果报告

**测量结果：**测量所得与其他相关信息一起赋予被测量的一组量值。

**测量结果报告包括：**试验、测试、检验报告；

**出具测量结果报告的管理要求：**

- (1) 测量结果报告格式规范、内容完整、信息充分，应符合产品追溯要求；
- (2) 测量结果报告中的数据来源于对应的原始记录；
- (3) 测量结果报告中的计量单位为法定计量单位；
- (4) 测量结果报告必要时应给出测量结果是否合格的结论；
- (5) 测量结果报告必要时应给出测量不确定度，当技术文件规定测量方法和测量条件时，可以不给出测量不确定度。
- (6) 测量结果报告中测量人员、核验人员应签字清晰，并与与记录签字一致；
- (7) 测量结果报告按单位管理规定使用印章。

## 7. 小结

影响测量结果准确的要素包括：测量人员、测量设备、测量要求、测量方法、测量环境和测量数据处理与报告。最重要的是要保证：

“**良好的测量要求**”：对测量结果预期用途相适应的量的描述（包括量的定义、准确度要求等）；

“**良好的测量方法**”：支持测量的测量程序/测量方法；

“**良好的测量设备**”：合理选择的、经过校准的测量系统；

“**正确的数据处理**”：数据处理准确、规范，结果报告正确。

# 第三部分

## 企业计量工作关注点

## 企事业单位计量机构

**计量管理机构：**负责贯彻执行国家计量法律法规和上级部门制定的规章制度；制定公司计量管理制度；测量设备的管理与考核；组织实施计量监督检查。

**计量技术机构：**负责执行计量法律法规和相关规章制度；负责建立计量标准器具和实验室管理体系；负责制定计量专业发展规划；负责组织新计量技术研究和新计量技术规范的宣贯；负责计量检定、校准工作和相关计量检测工作；负责研制或购置测量设备的计量技术审查；负责计量资源的配置和人员培训工作。

**做好企业计量工作：关注三大重点，抓好六个环节。**

## 企业开展好计量工作的三大重点

- 一、型号产品计量保证工作
- 二、测量设备计量确认工作
- 三、专用测试设备管理工作

## 重点一、型号产品计量保证工作

型号产品的计量保证随着型号工程的实施而开始，随着型号工程的发展而发展。型号产品的计量保证已开展许多年，在实践中积累了丰富的经验。主要是：在研制产品时，从可行性论证开始，就考虑相应的计量检测手段和管理问题，最终保证量值的统一、过程受控、数据的准确可靠，确保型号产品的高质量、高水平和高效率。其核心就是计量和型号科研生产紧密联系，使计量贯穿于型号科研生产的全过程。

## 重点一、型号产品计量保证工作

**计量保证工作定义：**以国家（国防）法规为基础，采取先进的科学技术手段，通过一定的组织形式，在保证量值统一的条件下，达到所要求的测量准确度，以保证产品、工艺和工程质量。即通过技术、法制和组织手段，保证型号产品质量，提高效率、提高水平。

## 重点一、型号产品计量保证工作

**构筑计量保证的四个基础：**科学基础、技术基础、法制基础和组织基础。

**科学基础：**实现准确测量的各种方法和手段的理论基础。

**技术基础：**包括标准器系统、量值传递系统、新型测量仪器的研发系统。

**法制基础：**涉及计量工作的法律、法规、标准、技术规范。

**组织基础：**计量管理机构、计量技术机构、计量技术和管理干部队伍。

## 一、型号产品计量保证工作

	传统计量工作	型号计量保证
<b>主要工作</b>	量值传递	计量科学、技术手段、法制建设、组织落实。
<b>工作客体</b>	计量器具	贯穿型号研制、试验、生产、使用全过程的量值、数据进行控制。
<b>完成主体</b>	计量人员	从事型号研制、试验、生产、使用部门的人员和计量人员共同完成。
<b>量传要求</b>	对通用计量器具的检定、校准	对所有测量设备进行检定、校准、测试和评审。
<b>紧密程度</b>	计量部门远离型号科研生产	计量人员了解型号计量需求，参与型号的研制、试验、生产和使用的全过程。

型号计量保证工作是传统计量工作在型号工程中的发展，是一个全新的计量概念。

## 重点一、型号产品计量保证工作

### 型号计量保证工作重点：

1. 型号产品立项后，其主要技术指标就已确定。计量保证工作要对主要技术指标的量值进行溯源，确定计量保证项目，按要求完成计量保证项目的立项、可行性论证及其实施。
2. 型号产品设计定型时，要对相关计量技术文件进行审查、验收。
3. 型号产品试验阶段，要对试验设备、专用测试设备进行计量检查，确保试验数据准确可靠，并对试验大纲进行计量审查，从试验方法上保证数据准确可靠。
4. 型号产品生产阶段，按照工艺要求解决工装设备、量夹具的计量问题，配备必要的计量检测手段，保证量值准确可靠。
5. 型号产品交付使用时，要对用户提供的计量检测设备以及技术文件进行计量把关，确保向用户交付的仪器设备和计量技术文件的质量满足合同规定要求。

## 重点一、型号产品计量保证工作

### 型号计量保证工作实施

#### 1. 型号产品研发阶段：

- (1) 组建型号计量师系统。建立型号总计量师和主任或主管计量师。
- (2) 根据总体性能指标要求，型号计量师系统提出需要计量部门解决的计量检测参数、量限、准确度等计量检测技术要求。
- (3) 计量技术机构根据计量检测技术指标，提出可行性论证方案，经评审通过后负责实施。

## 重点一、型号产品计量保证工作

### 型号计量保证工作实施

#### 2. 型号产品试验阶段：

- (1) 型号计量师系统根据试验要求，提出相关计量工作要求，由计量管理机构和计量技术机构组织实施。
- (2) 将计量保证工作列入型号的试验大纲和试验计划，并参试计量人员应列入参试人员序列。
- (3) 对参加试验的所有测量设备进行计量复查，经复查合格并示以明显标记后投入使用。

## 重点一、型号产品计量保证工作

### 型号计量保证工作实施

#### 3. 型号产品生产阶段：

- (1) 按照产品的技术标准、工艺规范的要求，配备相应的计量器具和检测手段。
- (2) 计量技术机构对配备相应的计量器具和检测手段的计量性能进行技术把关，确保检测结果的质量。
- (3) 对交付使用单位的产品需要配备的计量检测手段和计量技术文件进行计量把关。

## 重点二、测量设备计量确认工作

### 关于板凳腿长预期使用要求的思考

假如制作板凳设计要求为：板凳腿长600mm，公差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

现生产的一批（100条）板凳腿，经测量其长度在（595mm~605mm），测量结果满足设计要求，检验结果判定为合格。

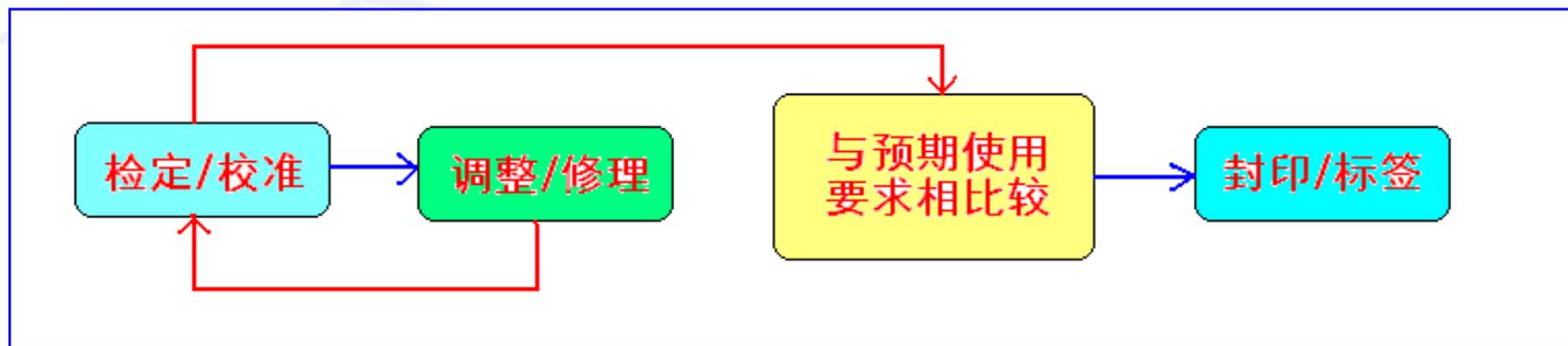
但采用这批检验合格的板凳腿，随意组合就会板凳因腿长不一致而造成不平稳（不能满足预期使用要求）。

（检定判断是否符合规范要求、校准则给出具体量值，按照量值相同组合板凳是最佳选择，检定合格的不一定满足使用要求。）

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

### 计量确认的程序

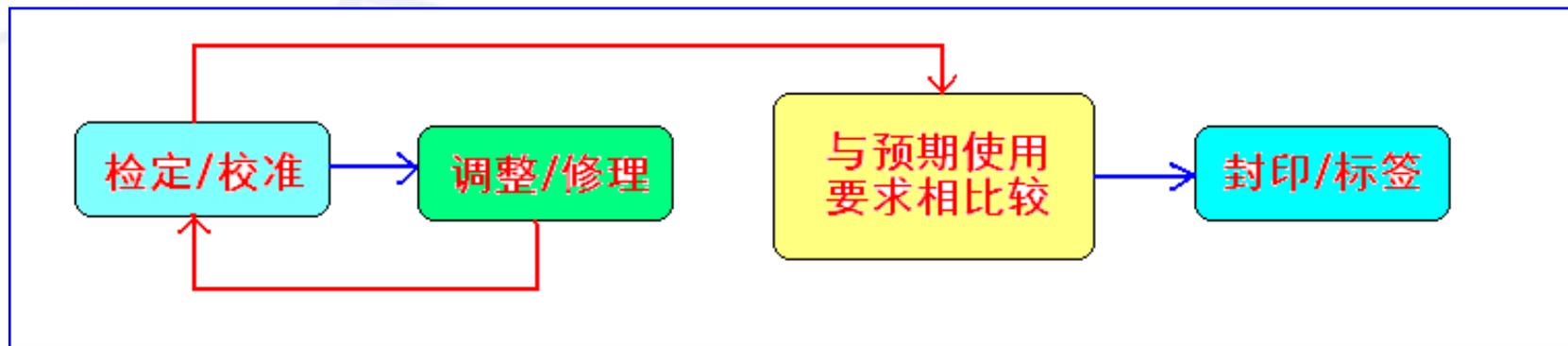


(一) 测量设备经计量技术机构（计量站），按照检定规程/校准规范进行检定/校准，经必要的调整/修理，确定测量设备满足检定规程的技术指标要求（检定时）或满足测量设备的出厂技术指标要求（校准时），出具检定证书或校准证书。

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

### 计量确认的程序



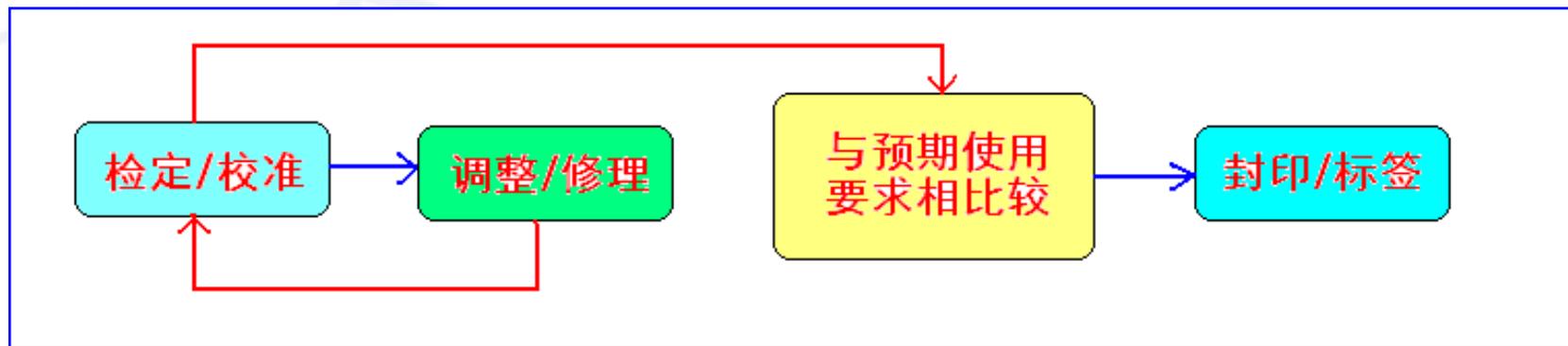
(二) 将检定/校准结果与预期使用要求（**被测量的使用范围、最大允许误差等**）进行比较，只有满足下列两个条件的情况方可确认合格：

- (1) 测量设备与被测量值的TUR不低于4:1；
- (2) 测量设备的测量范围不小于被测量值的测量范围。

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

### 计量确认的程序



(三) 证实测量设备符合预期使用要求后，应粘贴合格标识；

不论测量设备经过检定还是校准，都应该进行计量确认；

测量设备只有通过计量确认合格后才能投入使用。

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

**一定要注意：** 计量确认不是对检定证书或校准证书质量的确认，很多单位都将检定/校准证书内容完整性和结论的正确性作为确认内容，这是不对的；

对计量技术机构出具的检定/校准证书的质量的验收类似于购买产品的验收，它是对购买的计量服务的验收；

对检定/校准证书的验收应在计量确认之前进行，且无需保留相关记录；

计量确认目的是确定测量设备是否满足预期的使用要求，所以一定要根据使用要求和检定/校准结果的比较才能完成，所得到确认结论才可能是正确的。

本单位自行校准的测量设备包括专用测试设备，也应进行计量确认。

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

### • 计量确认的实施

- (1) **检定**合格的设备可以不确认，计量部门以检定证书的合格结论直接粘贴确认标识。
- (2) 测量设备由**内部**计量技术机构**校准**的，使用单位在首次校准时提供使用要求，计量部门进行确认，并粘贴确认标识。
- (3) 测量设备**送外部**计量技术机构校准或检测的，使用单位主管工艺技术人员在校准证书或检测报告的数据判定是否满足使用要求，并签署意见，满足要求的计量部门粘贴确认标识。

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

### • 计量确认的实施

- (4) 设计文件和工艺文件指定的测量设备，在方案评审时已经通过计量审查，当测量设备检定或校准结果确定满足其计量技术指标要求，就直接确认。
- (5) 其他测量设备首次投入使用前，需要填写计量确认记录表进行计量确认。后续计量确认可以在阅读周检计划完成表中简化记录。
- 理论上：计量确认应由使用单位的计量管理人员，根据产品的检测需求来确定测量设备是否满足使用要求。

## 重点二、测量设备计量确认工作

**计量确认：** 为确保测量设备满足预期使用要求的操作。

JJF（军工）7推荐的计量确认记录表

测量设备名称		型号		编号	
使用部门		检定/校准证书号			
技术文件对测量设备的要求	参数名称				
	测量范围				
	最大允许误差				
检定/校准结果	测量范围	$\geq$ 被测量的范围			
	最大允许误差	$\leq$ 规定的设备的最大允许误差			
确认结论	<input type="checkbox"/> 符合使用要求 <input type="checkbox"/> 不符合使用要求	确认人		时间	

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的定义

专用测试设备是军工产品在研制、生产和服务过程中一类特殊的测量设备。长期以来，人们对专用测试设备的界定、解释一直比较多。有的解释为专门用于某一型号产品研制过程的测试设备；有的称之为非标准设备。

为保证武器装备符合技术指标和性能要求，在科研、生产、使用和服务过程中，用于质量控制、性能评定、产品检验而专门研制和配置的非通用测量设备（包含有量值准确度要求的工装）。

## 重点三、专用测试设备管理工作

专用测试设备的定义包括两层含义：

- 1.专用测试设备是相对于通用测量设备而言的。它不具备通用测量设备所具有的完善的量值溯源渠道，也不宜采用通用测量设备的管理。
- 2.专用测试设备并不是一成不变的。某测试设备在目前是用于特殊目的，属于专用测试设备。但随着军工产品的批量生产，随着其测试性能的逐步完善和通用化，随着校准装置、校准方法的逐步建立和完善，有的专用测试设备就逐步过渡为通用测量设备。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的重要性

- 军工产品在研制、试验、生产的各个阶段，为了取得定量数据和定性判据，必须进行大量的测试和试验。例如：型号产品在研制到交付使用的各个阶段，必须在多个环境下，诸如力学环境、热真空试验环境、电磁兼容试验环境，以及其他模拟环境下进行全面完整的测试，以检验产品各系统、分系统的主要性能和功能是否满足设计要求；各系统的电接口是否正确合理；协调各种软件运行的正确性，验证单机产品和系统产品的可靠性等。通过对型号产品的全面系统测试，可以充分暴露型号产品设计和生产工艺上的缺陷，发现电子元器件的早期失效，发现软件设计上的不足等，确保型号产品的高质量和高可靠。在上述进行的各种测试工作中，除了要使用各种通用测量器具外，还需要使用大量的用途各异的专用测试设备，它的质量与控制状态直接关系到军工产品的质量和可靠性，关系到试验的成败。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的分类

在型号产品设计、研制、生产、试验的不同阶段，有不同的专用测试设备：有元器件、部件、单机、分系统使用的专用测试设备，还有整个产品使用的大型综合测试系统。

一般按专用测试设备的用途、性能分为两类：

- 1.指用于定量测试，有准确度要求的专用测试设备；
- 2.指用于只作定性区别的一般专用测试设备。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的四大特点

#### 1. 专用测试设备种类繁多

首先不同的型号有不同的专用测试设备。例如舰船有舰船类的专用测试设备，火箭有火箭类的专用测试设备，卫星有卫星类的专用测试设备等。而每一类专用测试设备，例如卫星类专用测试设备，有不同的型号：高轨道通讯卫星、中轨道资源探测卫星、低轨道返回式卫星等，其专用测试设备涉及的专业、功能、技术要求都不完全相同。即使是同一类卫星，对于不同代的产品，为了满足每一颗卫星的特殊的测量技术要求，其专用测试设备都有不同的接口，硬件、软件，不能替代使用或沿用。

其次，对同一产品，在其科研、生产、服务的不同阶段，其专用测试设备也是不同的。从元器件测试、部件测试、分机测试、整机测试到整个产品的系统测试，使用的绝大多数是专用测试设备，且每一种测试设备的技术性能都有差别。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的四大特点

#### 2 专用测试设备的使用有效期短

专用测试设备的使用有效期的长短，主要依附于相应型号产品的特点和变化。通常情况下，一个型号的研制和试验任务完成后，其专用测试设备也就封存了。如果下一个同类型号继续使用，该设备也必须根据不同的产品做很大的改动，硬件、软件、技术性能指标也都要符合下一型号产品的需求。即使没有改动，也必须做大量的验证试验或必要的改进，以满足使用要求。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的四大特点

#### •3 专用测试设备涉及参数多，结构复杂。

很多专用测试设备涉及计量专业参数多，大型专用测试设备通常包括了几何量、力学、热学、电磁学、无线电和时间频率等诸多专业。特别是以计算机为中心的大型自动综合测试设备，系统复杂、技术含量高、难度大，与型号产品的结构性能密切相关。随着科学技术发展和产品要求的提高，型号产品的分系统专用测试设备和总控设备间通过网络形式相联，组成分布式测试系统，系统中还包含了大量的专用测试软件，与硬件组成完整的测试系统，以完成型号产品的各项综合测试任务。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的四大特点

#### 4 专用测试设备没有完善的量值溯源渠道

由于专用测试设备的上述特点，很多专用测试设备没有成型的校准装置，没有统一的校准技术规范，更没有完善的量值溯源渠道。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的管理要求

1. 按照专用测试设备管理的相关要求，实行分类管理。
2. 专用测试设备的研制、购置或引进的策划、可行性方案和验收过程中，必须经计量人员进行技术审查确认：技术指标、溯源性、先进性、适用性和计量技术保障条件。
3. 专用测试设备必须依据相关“校准规范”要求，进行计量确认合格后投入使用。
4. 专用测试设备的校准人员必须取得相应的资格证书。
5. 外来、外借及临时配套的专用测试设备实行使用前计量确认，使用单位实行动态准用管理。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的管理要求

6. 专用测试设备用作检验前，必须对其相关指标进行验证，验证其技术性能是否满足使用要求，并做好确认记录：

- (1) 查验该设备上所有监视计量器具的合格证和有效期。
- (2) 验证该设备的主要功能，必要时核查其技术性能。
- (3) 检查配套的电源、气路、油路、水路等是否正常，配套的辅助工具是否齐全、完好。
- (4) 测量环境的适应性。

## 重点三、专用测试设备管理工作

专用测试设备的引进、购置、研制过程中的方案论证、技术评审、验收应有计量人员参与。

(一) 专用测试设备引进、购置的策划、论证、评审中计量人员承担的任务：

审查设备选型、设备性能指标是否满足测试指标要求；

审查专用测试设备是否具有可计量性（设备是否有校准的接口、设备的性能指标是否可以校准等）；

技术文件和技术资料是否能作为编制校准规范的依据；

分析本单位计量资源和上级计量技术机构的校准能力，确定该专用测试设备是否能够溯源。

确定本单位是否需要购置或研制相应的校准设备；

本单位如果能够自行校准，是否需要编制校准规范。

## 重点三、专用测试设备管理工作

专用测试设备的引进、购置、研制过程中的方案论证、技术评审、验收应有计量人员参与。

**（二）专用测试设备研制的策划、设计方案论证和评审时计量人员承担任务：**

提出专用测试设备的计量保障方案和保障条件建设要求；

根据产品测试性能指标要求，审查测试设备技术指标的完整性和符合性，尤其注意TUR是否满足GJB5109的要求。

提出专用测试设备的可计量性设计要求，校准接口要求、校准设备配置要求、校准方法的研究要求；

参与专用测试设备研制的各种技术评审、审查可计量性设计方案及其落实情况；

承担或参与校准规范的编制；

组织对所编制的校准规范进行评审。

## 重点三、专用测试设备管理工作

专用测试设备的引进、购置、研制过程中的方案论证、技术评审、验收应有计量人员参与。

(三) 专用测试设备验收时，计量人员承担的任务有：

参与专用测试设备的性能指标验收；

确认专用测试设备的性能指标的测试方法是否正确；

确认随机配置的校准设备是否满足校准要求；

确认专用测试设备的校准接口是否满足校准要求；

确认随机配置的相关计量保障资料是否齐全、有效。

对随机的校准规范和校准方法进行技术审查；

组织对专用测试设备进行首次校准。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的校准人员

校准人员应经过专业培训并经考核合格、持有相应的资格证书。

专业培训是指从事专用测试设备所需的专业知识培训，应包括计量基础知识和专用测试设备的知识，以及与校准专用测试设备相关的知识和操作技能。

考核通常采用笔试和面试相结合的方式。

资格证书可以是计量检定员证（相关参数），也可以单位认可其具有校准能力的资格证书。但出具校准证书、计量确认标记的人员必须是计量检定人员。

## 重点三、专用测试设备管理工作

### 专用测试设备的校准周期

校准周期一般为1年，如果专用测试设备随型号产品进行大型试验，应缩短校准间隔，通常每次试验前进行重新校准。外借的专用测试设备在投入使用前，应进行计量确认，必要时应重新进行校准。封存的专用测试设备再次使用前应重新进行校准。调整或修理后的专用测试设备应重新进行校准。

## 重点三、专用测试设备管理工作

专用测试设备投入使用前应进行校准，并对校准结果进行计量确认。

由于没有国家或国防军工计量技术规范，一般都按企业自编的校准规范对专用测试设备进行校准，并按规定的程序和要求，对校准结果进行计量确认后，方可投入使用。

- 在专用测试设备研制过程中，应根据其技术指标、性能要求编制校准技术规范，校准规范的编制要求要符合JJF（军工）2-2012《国防军工计量校准规范编制规则》的规定。校准规范必须经过评审并经主管领导审批、发布实施。
- 专用测试设备校准规范，一般有使用部门的计量机构组织编制。对一些比较特殊或比较复杂的专用测试系统，可以经过委托设备的研制单位制定，或由使用部门和研制单位联合制定。
- 校准规范必须列入专用测试设备的技术文件资料一并验收。

## 重点三、专用测试设备管理工作

委托外单位校准的专用测试设备，应对其校准方案进行确认。

一般委托外单位校准专用测试设备，这些单位往往参考国家相关的检定规程、校准规范；

为了保证校准结果满足规定的要求，应有熟悉该设备的使用单位的计量部门对服务单位的校准方案进行确认；

通过对校准方案的确认，保证其使用的测量标准的范围和准确度符合要求、测量方法正确、校准项目齐全。

## 重点三、专用测试设备管理工作

对有综合参数的专用测试设备，应根据使用要求进行综合校准。当综合校准有困难时，可对单个参数分别校准。

综合参数专用测试设备（由多台仪器、多种装置组成，技术复杂，通过多个参数的测试，综合给出一个和多个测试结果）中有些参数是相互耦合或影响的，分参数校准无法评价其量值的准确性，应优先进行综合校准；

一般只有当无法实现综合校准时，可以对直接测试的各个参数或单台仪器分别进行校准，但对专用测试设备的综合参数应进行整体评价。

## 重点三、专用测试设备管理工作

无法直接溯源的专用测试设备应采取相同量值比对、比例测量、实物核查等技术手段进行计量控制。

这里的“不能溯源”是指国内没有办法溯源，而不是指本单位不能溯源。

国内计量技术机构有溯源手段，而不去溯源是不符合要求的。不能为了省溯源费或省事，不去溯源。

可采取以下方式对无法溯源的设备进行计量控制：

- (1) 同类设备量值比对或能力测试，要三台以上同类测试设备；
- (2) 采用标准件（标准产品）进行核查，这个标准产品要按照计量标准管理，不能挪作他用，确保其量值稳定；
- (3) 比例测量，如大电流比例测量、超高温的外延校准；
- (4) 也可以采用其他行业或国际上公认的方法校准。

## 企业开展好计量工作的六个环节

- 一、建立完善的计量管理制度；
- 二、合理配置所需的测量设备；
- 三、实施计量确认并正确溯源；
- 四、确保测量设备的使用环境；
- 五、及时处置不合格测量设备；
- 六、重视人员培训和人才培养。

## 一、建立完善的计量管理制度

按照JJF（军工）7-2015《武器装备科研生产单位计量工作的通用要求》建立完善的计量管理制度。制定管理制度的原则：

依据法规要求，结合具体实际编制；  
为规范计量管理工作提供统一依据；  
审批完整，管理受控，宣贯到位；  
与时俱进，持续改进，不断完善；  
对实施效果进行定期监督检查（自查）。

## 一、建立完善的计量管理制度

按照JJF（军工）7-2015《武器装备科研生产单位计量工作的通用要求》建立完善的计量管理制度。制定管理制度的内容（至少）：

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| (1) 计量标准器具管理     | (2) 测量设备管理      |
| (3) 原始记录、证书及印章管理 | (4) 测量人员管理      |
| (5) 计量确认         | (6) 计量状态标识管理    |
| (7) 计量保证         | (8) 计量技术文件管理    |
| (9) 不合格测量设备追溯    | (10) 计量监督检查实施办法 |

## 二、合理配置所需的测量设备

按照GJB5109-2004《装备计量保障通用要求 检测和校准》合理配置所需的测量设备。制定管理制度的原则：

按照生产和设计的要求配置测量设备。企业在配备测量设备时，要根据生产设计的要求进行全面考虑，特别要重点考虑提高产品质量对计量检测提出的测量准确度要求。配备的测量设备所要求的准确度，应和被测参数的允许误差相匹配（**测试不确定度比不小于4:1**）。在确定配备计量检测设备时，既要考虑满足保证产品质量特性的要求，又要估算好配备测量设备的投资，避免因配备的测量设备准确度过度造成资金浪费。

### 三、实施计量确认并正确溯源

国际标准规定，应根据测量设备的稳定性、预期的用途和使用的频次，依据测量设备的技术规范、使用方法及范围等各有关因素，规定适当的确认周期，并实施**周期校准和分类管理**。

根据国防计量管理的要求，正确选择**（资质确认合格）**测量设备的溯源单位。

测量设备在首次投入使用前应进行检定或校准，确定测量设备的满足预期的使用要求**（计量确认）**后再投入使用。

## 四、确保测量设备的使用环境

测量设备必须在适宜的环境条件（标准、计量技术规范、仪器使用说明书等规定的额定工作条件）下使用。对测量结果有影响的环境因素，如温度、湿度、噪声、振动、电磁干扰、接地电阻、电源电压、灰尘、照明、清洁卫生等，应配备相应设施进行适当的控制。必要时进行连续的监控和记录，以保证准确测量的要求，或对测量结果进行必要的修正。

## 五、及时处置不合格测量设备

**不合格测量设备包括：**经检定不合格的、损坏的、误操作或过载的、显示不正常的、功能可疑的、超过有效期的、无合格确认标识的、封缄的完整性已被损坏的测量设备。

**发现不合格测量设备正确处置：**首先停止使用，粘贴“禁用”标识，尽量隔离存放，防止误用。然后启动追溯程序。最后根据不同的情况分别处理：可采取重新校准、修理、调试、维护保养等多种措施，经过确认合格后再投入使用。

**特别注意：**经计量确认合格后的测量设备，任何情况下，不得随意调整，否则必须送计量技术机构重新校准合格后投入使用。

## 五、及时处置不合格测量设备

**追溯程序：**不论使用中还是检定时，发现测量设备不合格，且可能影响产品质量，都应启动追溯程序，要追溯到设备合格时止。

追溯可采取测量数据评价，让步放行、召回复测等方式：

- (1) 经数据分析，如以前的测量数据考虑设备超差影响后，产品仍合格，则无需采取后续措施。
- (2) 考虑超差影响后，可能超过产品允许误差要求，但不影响产品使用时，经评审并履行相应质量管理手续后可让步放行；
- (3) 考虑超差影响后，可能超过产品允许误差要求，且可能引起产品质量问题时，应召回产品，重新测量。

## 六、重视人员培训和人才培养

**关键在人：**健全计量管理和技术机构，配备高素质的计量人员（管理和检定人员）。计量人员应具备相应的资质，经过培训教育，有能力、有经验、责任心强的人员担任。

### 培训是员工最大的福利

《国防计量检定人员管理办法》第十条 国防科技工业计量检定人员所在单位，应为计量检定人员提供参加所从事专业新知识和技能培训的时间、经费和其他必要条件。

## 六、重视人员培训和人才培养

### 培训是员工最大的福利

随着社会的发展和技术的进步，计量人员要及时进行知识更新，以满足所在岗位计量技术和计量保障的需要，进一步掌握法律法规和规章制度、计量技术规范、计量新技术、新管理等要求。

为计量人员提供进修和培训的机会是各单位应尽的义务，保证他们专业知识和整体素质的提高，留住人才是单位的根本，计量人员五年内应有参加岗位继续教育培训的机会。

## 六、重视人员培训和人才培养

### 培训是员工最大的福利

**学习目的：**提升工作能力、工作质量和工作效率

**人才培养：**不当蜡烛（有限燃烧，短暂发光发热）

应当油灯（不断加油，持续创造贡献）

给机会、压担子、出成果，领军人才

**人才评价：**肯干、能干、敢负责。（态度、能力、责任）

## 第四部分

# 计量管理制度的建立

## 第五部分

# 计量标准器具的管理

## 1.4 计量标准器具管理

★ 1.4.1 在用的计量标准器具，其证书应在有效期内。

1.4.2 计量标准器具应按计划向上级国防计量标准器具进行溯源，并按规定的要求进行定期的核查和功能性检查。承担武器装备科研生产许可目录外的产品科研生产任务的民口单位，承担军品任务前已纳入国家质检总局系统管理的，可按原渠道溯源。



## 1.4.2 计量标准器具应按计划向上级国防计量标准器具进行溯源，并按规定的要求进行定期的核查和功能性检查。

传统军工单位建立的计量标准器具应按计划向国防区域或国防最高计量标准器具进行溯源。

承担武器装备科研生产许可目录外的产品科研生产任务的民口单位，承担军品任务前已纳入国家质检总局系统管理的，可按原渠道溯源。

其余承担军品任务的民口单位建立的计量标准应纳入国防军工计量标准管理。

计量标准器具应每年开展稳定性考核，稳定性考核应符合相关规章的要求。

## 1.4.3 计量标准器具应具有完整的技术资料档案，且应至少保存至计量标准器具撤销后5年。

计量标准的档案资料至少应包括：计量标准考核（复查）申请表，计量标准建标报告，新建计量标准器具需求分析报告，计量标准证书，计量标准履历表，主标准器及其配套设备的使用说明书，计量标准重复性试验考核记录，计量标准稳定性考核记录，计量标准操作规程，主标准器和配套设备的检定/校准证书，检定规程/校准规范，计量检定系统表（国防计量器具等级图）等内容。

## 1.4.4 计量标准器具的工作环境应满足相应检定规程/校准规范的要求。

计量标准器具的工作环境应满足建标报告规定的要求；（因为其测量不确定度是在该环境条件下分析得到的）

计量标准器具的工作环境还应符合其开展量值传递所依据的检定规程或校准规范的要求。



## 1.4.5 计量标准器具更换、暂停、恢复、撤销应履行相关审批手续。

计量标准器具更换、暂停、恢复、撤销，以及更换主标准器和配套设备应按照规定到原考核部门办理相关的审批手续。

## 1.4.6 计量标准器具应在批准范围内（参数、量限、不确定度等）开展量传工作。

计量标准器具量值传递的参数和项目必须是计量标准证书授权的检定/校准项目；

使用计量标准器具开展量值传递，其参数和项目的测量范围不得超过计量标准证书给定的测量范围；

给出的测量结果测量不确定度不得高于计量标准证书核定测量不确定度与被测量不确定度分量的合成值；

**企事业单位计量标准不得对外单位开展检定工作；**

**未建立计量标准器具不得开展传递工作。**

★ 1.4.7 每项计量标准器具应配备两名以上（含两名）取得相应专业（项目）资格的计量检定人员。

每项计量标准器具都应满足2人持证的规定，且其检定员证核准的检定项目应包括计量标准证书授权的检定/校准项目；

实际使用计量标准器具开展量值传递工作的计量检定员，应持有包括所开展检定项目的计量检定员证。



## 1.4.8 有证标准物质的存放应满足有关管理规定和技术文件的要求。

安全要求、防污染要求、温度和湿度要求等；

有证标准物质其他存放要求。

## 第六部分

# 测量不确定度的评定

# 1 测量不确定度的发展过程

1963年美国国家标准局数理统计专家EISENHART在研究“仪器校准系统的精密度和准确度的估计”时提出了定量表示不确定度的概念和建议，1980年国际计量委员会制定测量不确定度的表述原则，后经多次修订完善。1993年完成“测量不确定度表示导则”，由ISO正式发行。

2012年我国总结了十多年的经验，发布了新版JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。该版本作为我国开展测量不确定度评定与表示的技术法规依据。

## 2.发布《测量不确定度评定与表示》的目的

- (1) 推广国际上已经广泛使用的测量不确定度，统一测量结果的表示准则，正确理解和使用测量不确定度，以便与国际接轨。
- (2) 规范测量不确定度的评定与表示方法。
- (3) 以科学合理和完整的信息给出测量结果。

## 2. 发布《测量不确定度评定与表示》的目的

当完成测量时，应该给出测量结果。而测量结果是否有用，很大程度上取决于其可信程度，即测量的质量。以前我们长期使用测量误差来描述测量结果的质量，但由于测量误差为测量结果与真值（或参考值）的偏差，不能从统计学上表示测量结果的可信程度。现在国际上约定的做法是用测量不确定度表示测量的质量，以给出测量结果的可信程度或可信的范围。带有测量不确定度的测量结果才是完整的和有意义的。

### 3.测量不确定度的定义：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(1) 赋予被测量的量值就是通过测量给出的被测量的估计值。测量不确定度是一个说明给出的被测量估计值分散性的参数，也就是说明测量结果的值的不可确定程度和可信程度的参数，它是可以通过评定定量得到的。如：当测得到测量结果为 $m=500\text{g}$ ,  $U=1\text{g}$  ( $k=2$ ), 就可以知道被测量的值在  $(500\pm 1)\text{g}$  区间内，包含区间表明了测量结果的不可确定的范围，由于取 $k=2$ ，所以在该区间内的包含概率约为95%。这样的测量结果比仅给500给出了更多的可信度信息。

### 3.测量不确定度的定义：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(2) 测量结果的值是通过测量给出的被测量的最佳估计值。由于测量的不完善和人们的认识不足，测得值是具有分散性的。这种分散性有两种情况：第一：由于各种随机性的影响，每次测量的测得值不是同一个值，而是以一定概率分布分散在某个区间的许多值。第二：虽然有时存在着一个系统性因素的影响，引起的系统误差实际上恒定不变，但由于我们不能完全知道其值，也只能根据现有的认识，认为这种带有系统误差的测得值是以一定概率可能存在于某个区间内的某个位置，也就是以某种概率分布存在于某个区间内，这种概率分布也具有分散性。测量不确定度是说明测得值的分散性的参数，它不说明测得值是否接近真值。

### **3.测量不确定度的定义：**根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(3) 为了表征测得值的分散性，测量不确定度用标准偏差表示，因为在概率论中标准偏差是表征随机变量或概率分布分散性的特性参数。当然，为了定量描述，实际上是用标准偏差的估计值来表示测量不确定度的。估计的标准偏差是一个正值，因此不确定度是一个非负的参数。

### 3. 测量不确定度的定义：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(4) 一般来说，测量不确定度是由多个分量组成的，用标准偏差表示的不确定度分量按评定方法分类两类：一类是分量的标准偏差估计值可用一系列的测量数据的统计分析估算，用实验标准偏差表征；另一类是分量是用基于经验或有关信息的假定概率分布估算，也可用估算的标准偏差表征。所有的不确定度来源包括随机影响和系统影响均对测量结果的不确定度有贡献。

**3. 测量不确定度的定义：**根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(5) 在实际使用中，往往希望知道测量结果是具有一定概率的区间，因此规定测量不确定度也可用标准偏差的倍数或说明了包含概率的区间半宽度来表示。为了区分，出现了不同的术语：①不带形容词的测量不确定度用于一般概念和定性描述，可简称“不确定度”。

**3. 测量不确定度的定义：**根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

②带形容词的测量不确定度，包括：标准不确定度、合成标准不确定度、扩展不确定度。标准不确定度使用标准偏差表示的不确定度；合成标准不确定度是用标准偏差表示的被测量估计值的标准不确定度。扩展不确定度是用标准偏差的倍数或用说明了包含概率的测量值可能区间的半宽度表示的被测量估计值的测量不确定度。

### 3. 测量不确定度的定义：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(6) 由于出现了一些新的测量不确定度术语，如定义的不确定度、仪器的测量不确定度、零的测量不确定度等，意味着测量不确定度不仅仅是用来描述测量结果的。明确了测量不确定度是根据所用到的信息评定得到的。测量不确定度是一个非负的参数，该参数前不存在负号或正负号。

### 3. 测量不确定度的定义：根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(7) “被测量”的分散性，它除了包括测量结果的分散性外（如测长机多次测量结果），还应包括在受控范围内改变测量条件（例如温度）所可能得到的测量结果，当测长机的示值误差在最大允许范围内变化时所可能得到的测量结果，以及所有其他可能的系统效应对测量结果的影响。由于系统效应引入的不确定度分量在测量结果的分散性中没有反映出来，所以被测量之值的分散性比测量结果的分散性包含更多的内容。

**3. 测量不确定度的定义：**根据所用到的信息，表征赋予被测量分散性的非负参数。

(8) 通常情况下，可理解为测量不确定度与测量结果相关的参数，是测量结果的可能误差量度，测量不确定度与测量结果一起表达真值所处的范围。

## 4（测量）不确定度与测量误差的主要区别

两者均与测量结果有关，反映测量结果的质量指标。

测量误差表示测量结果偏离参考值或真值的大小，其客观存在，不以人的认识程度改变，可以对测量结果进行修正；与真值有关时，测量误差是未知的。

测量不确定度表示测量结果不能肯定的程度，不确定度与测量结果一起表达真值所处的范围，与人们对被测量及测量过程认识的程度有关，不能对测量结果进行修正。测量不确定度与真值无关，可通过评定定量确定测量不确定度的大小。

## 4（测量）不确定度与测量误差的主要区别

由于测量的不完善，通过测量不可能得到真值（即被测量的定义值），由测量获得的值仅仅是被测量的估计值，被测量的估计值是一个统计量，具有概率分布，测量不确定度是该分布的表示分散性的参数。被测量的估计值与被测量的真值之差是测量的系统误差，由于真值无法准确知道，也就得不到测量误差的准确值，用参考量值代替真值时，可以获得测量误差的估计值，用它可以对测量结果进行修正。

## 4. （测量）不确定度与测量误差的主要区别

在以往进行误差分析时，要区分系统误差和随机误差，并将这两种不同性质的误差进行合成，而合成的方法缺乏严格、合理和公认的处理办法。因此，经过历史的演变，现在国际上一致公认：将描述测得值的分散性或不能确定的范围称为“测量不确定度”，各个不确定度分量的合成一律采用方差合成的方法。因此对测量结果的可信程度不再用测量误差来描述。

## 4（测量）不确定度与测量误差的主要区别

测量误差（系统误差和随机误差）和不确定度是完全不同的两个概念。对同一测量不论其测量程序、条件如何，相同的测量结果，其误差是相同的。但在重复性条件下，则不同的测量结果具有相同的不确定度。

## 5（测量）不确定度来源

对测量不确定度的分析，要考虑到实际测量过程中有哪些因素会影响结果的不确定度，并列出不确定度分量。不确定度分析取决于对测量方法、测量原理、测量设备、测量条件及被测量本质的认识，必须具体情况具体分析。在不确定度分析中，考虑不确定度来源时应做到不遗漏、不重复。

## 5（测量）不确定度来源

### (1). 被测量定义不完整

如定义被测量为一根标称值为500mm长的钢棒的长度。如果要求测量到微米级，则被测量的定义就不够完整。由于被测的钢棒受温度和压力的影响比较明显，而这些条件在定义中没有说明，由于定义的不完整使测量结果引入温度和压力的不确定度。完整的定义应是：标称值是500mm的钢棒在25.0℃和101325Pa时的长度。

## 5（测量）不确定度来源

### （2）复现被测量的测量方法不理想

如在（1）中的完整定义的被测量，由于实际测量时温度和压力达不到定义的要求，使测量结果引入不确定度。

## 5（测量）不确定度来源

（3）取样的代表性不够，被测量的样本不能代表所定义的被测量

如表面粗糙度测量，由于测量方法和测量设备的限制，仅能对工件的部分区域进行测量。如果加工纹路的均匀性方面的不足，测量区域不能完全代表定义的被测量，就会引入测量不确定度分量。又如硬度块的定值，按照规程要求对硬度块的五个区域点进行检测，如果由于材质的均匀性方面的不足，测量点不能完全代表定义的被测量，就会引入测量不确定度分量。

## 5（测量）不确定度来源

（4）对测量过程受环境影响的认识不周全或对环境的测量与控制不完善

如，同样以测量钢棒的长度为例，钢棒的支撑方式有明显的影响，但测量时由于认识不知而没有采取措施，就会引起不确定度。（通常支撑艾力点）。

如在水银温度计的校准中，被测温度计与标准温度都安放在同一个恒温槽中，恒温槽的温度由一台温度控制器控制，在实际工作过程中，控制器不可能将恒温槽的温度稳定在一个恒定值上，槽的温度会在一个小的温度范围变化，因此要考虑这种温控不完善引入的不确定度。

## 5（测量）不确定度来源

（5）对模拟式仪器的读数存在人为误差

如，对被测仪表进行示值估读时（一般是估读到最小分度的 $1/10$ ），由于人的主观因素存在，使得估读值偏左或偏右，产生不确定度。

## 5（测量）不确定度来源

（6）测量仪器的计量性能（如灵敏度、鉴别力阈、分辨力、死区及稳定性等）的局限性

通常情况下，测量仪器示值的最大允许误差是影响测得值的重要不确定度来源，即引入仪器的不确定度。如用天平测量物体的重量时，测量不确定度必须包括所用天平和砝码引入的不确定度。

如，数字仪器的分辨力可引起不确定度。因为仪器的输入信号在区间  $(X - \delta_x/2)$  到  $(X + \delta_x/2)$  内变动（ $\delta_x$ 为指示仪表的分辨力），却给出同样的示值 $X$ 。例如：现在普遍使用的数显百分表，在输入位移2.010到2.019之间均显示2.01。

## 5（测量）不确定度来源

### （7）测量标准或标准物质的不确定度

计量校准中，被检仪器是用测量标准比较的方法实现校准的。对于给出的校准值来说，测量标准（包括标准物质）的不确定度通常是其主要的的不确定度来源。

如用量块检定卡尺，卡尺的示值的不确定度中包括所用标准器量块的不确定度。

## 5（测量）不确定度来源

（8）引用的数据或其他参量的不确定度

如，对金属材料的长度进行高精度测量时，考虑温度影响时需要查手册得知其线膨胀系数。而线膨胀系数值的不确定度，同样是测量结果不确定度的一个来源。

## 5（测量）不确定度来源

### （9）测量方法和测量程序的近似和假设

如被测量的表达式的近似程度（如 $\pi$ 值），自动化测试程序的迭代程度（如线性化），由于测量系统不完善引起的绝缘漏电、热电势、引线电阻上压降等均会引起的不确定度。

## 5（测量）不确定度来源

（10）在相同条件下被测量在重复观察中的变化测量的重复性也是不确定度分量之一。

上述10项来源大致归纳为：测量方法、测量设备、测量条件、测量人员和被测对象。

测量不确定度评定时输入量的来源包含了所有测量误差的来源。

## 6为什么要用测量不确定度评定来代替误差评定

虽然误差的概念至少100多年前出现，但在用传统方法对测量结果进行误差评定时，还存在逻辑概念上和评定方法上的两大问题。

**(1)** 根据误差定义，若要得到误差就必须知道被测量的真值。但真值无法得到，因此严格意义上的误差也无法得到。虽然可用约定真值实现，但约定真值本身的误差，误差仅能是估计值。对被测量进行测量的目的就是想知道被测量的值，如果知道了被测量的真值或约定真值，测量就没有必要了。

## 6为什么要用测量不确定度评定来代替误差评定

(2) 误差是一个差值，在数轴上表示为点，而不是区间或范围，它既不应当也不可能以“±”号的形式表示。过去通过误差分析所得到的测量结果的所谓“误差”，实际上并不是真正的误差，而是被测量不能确定的范围，或测量结果可能存在的最大误差，不符合误差定义。所以存在逻辑概念上的混乱。

## 6为什么要用测量不确定度评定来代替误差评定

同时评定方法的不统一。由于随机误差和系统误差是两个性质不同的量，前者用标准偏差表示，后者用可能产生的最大误差表示，在数学上无法解决两个不同性质的量之间的合成问题，因此长期以来在随机误差和系统误差的合成方法上无法统一，不同的国际，不同的测量领域、甚至不同的测量人员往往各有不同的见解和不同的方法。因此不同的测量结果之间缺乏可比性，这与当今全球化经济的飞速发展是不相适应的。

## 6为什么要用测量不确定度评定来代替误差评定

测量不确定度评定和表示方法的统一，使得不同国家所得的测量结果可以方便地进行比较，可以得到相互承认并达成共识。

## 7. 测量不确定度的分类

不确定度依据其评定方法可分为“A”类和“B”类两种。

标准不确定度的A类评定：用统计方法（根据从总体中随机取出样本所获得的信息推断关于总体性质的方法）进行评定。特别注意：在评定之前，应根据有关准则判断并剔除数据中的异常值。

标准不确定度的B类评定：不采用统计方法的其它方法进行评定，即借助于一切可利用的有关信息进行科学判断，得到估计的标准偏差。

## 7测量不确定度的分类

这两种评定与过去的“随机误差”和“系统误差”的分类之间不存在简单的对应关系。“随机”和“系统”表示两种不同的性质，“A类”和“B类”表示两种不同的评定方法。因此，简单的将A类评定的不确定度对应于随机误差导致的不确定度，将B类评定的不确定度对应于系统误差导致的不确定度的说法是错误的。

## 8标准不确定分量的评定原则

建立测量模型后，要定量评定各输入量的标准不确定度，由输入量的标准不确定度乘以灵敏系数得到输出量的标准不确定度分量。

对每项不确定度来源不必严格区分其性质是随机性的还是系统性的，而是要考虑一下可以用说明方法估计其标准偏差。

## 8标准不确定分量的评定原则

对各个不确定度分量作一个预估是必要的，测量不确定度评定的重点应放在识别并评定那些对测量结果的值有明显影响的、重要的、占支配地位的分量上。如：若预估测量重复性引起的标准不确定度分量为10g，而分辨力导致的标准不确定度为1g，则在评定时可以不考虑分辨力导致的不确定度。

## 9 测量不确定度评定的步骤

测量结果的测量不确定度评定步骤通常包括：测量过程简述；测量模型；各主要影响输入量标准不确定度分量的评定（A类和B类评定）；合成标准不确定度及扩展不确定度的评定；测量不确定度的报告与表示。

## 9 测量不确定度评定的步骤

### (1) 测量过程简述:

明确被测量的定义，明确测量依据、测量的环境条件、测量标准、被测对象、测量方法、评定结果的使用等。

## 9 测量不确定度评定的步骤

### (2) 建立测量模型：

根据测量原理、方法及过程建立数学模型，即确定被测量Y与输入量X1, X2, ..., Xn间的函数关系：

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

## 9 测量不确定度评定的步骤

### (3) 各输入量标准不确定度分量的评定

采用A类或B类评定方法输入量的标准不确定度。根据数学模型对输入量求偏导的方法计算灵敏系数 $c_i$ 和各输入量的标准不确定度 $u(x_i)$ ，从而得到对应各输入的标准不确定度分量 $u_i(y_i)$ ：

$$u_i(y_i) = c_i u(x_i)$$

## 9 测量不确定度评定的步骤

- (4) 合成标准不确定度的评定
- (5) 扩展不确定度的评定
- (6) 测量不确定度的报告与表示

## 9 测量不确定度评定的步骤

评定时的注意事项：

- (1) 被测量的估计值末位应与不确定度数值的末位对齐，单位要统一；
- (2) 不确定度的符号均为斜体，计量单位的符号为正体；
- (3) 表明标准不确定度的符号均为小写，需要区分时按规定加下标： $u_i$
- (4) 表明扩展不确定度的符号均用大写： $U$
- (5) 包含因子的符号为小写： $k$
- (6) 测量结果报告中的不确定度均为“1”位或“2”位有效位。

## 9 测量不确定度评定的步骤

报告的常用以下四种基本形式:

a)  $y = (100.02147 \pm 0.00070) \text{ mm}, k = 2$

b)  $y = 100.02147 \text{ mm}, U = 0.00070 \text{ mm}, k = 2$

(推荐表示形式)

c)  $y = 100.02147 (70) \text{ g}, k = 2$

d)  $y = 100.02147 (0.00070) \text{ g}, k = 2$

## 10简单的直接测量的测量不确定度简化评定方法

在实际检验或自检测量过程中，通常按照国家标准进行测量不确定评定是不现实的，它需要专业计量技术人员技术支持。实际工作中，只要测量设备在额定操作条件（测量仪器的规定计量特性处于给定极限内的使用条件，即测量仪器使用说明书上规定仪器正常使用并保证达到规定计量特性的使用条件）下操作，并且是简单的直接测量得到测量结果，可以简化为测量不确定度为测量设备最大允许误差（ $\pm \delta$ ）引入的测量不确定度。

## 10简单的直接测量的测量不确定度简化评定方法

最大允许误差引入的不确定度分量按均匀分布，则包含因子  $k=1.732$ 。

$$u = \delta / k = 0.577 \delta$$

扩展不确定度：工程测量中通常取  $k=2$

$$U = k * u = 1.2 \delta$$

即对于简单的直接测量，在测量设备额定操作条件下，测量不确定度评定可用公式  $U = 1.2 \delta$  ( $k = 2$ ) 直接计算。

## 11 测量不确定度的应用

- (1) 合格评定中的应用。
- (2) 科研项目方案论证与验证中的应用。
- (3) 测量能力比对中的应用。
- (4) 国际测试数据互认中的应用。
- (5) 测量设备配置中的应用。
- (6) 检测证书报告中的应用。

# 第七部分

## 案例分析

## 案例一. 测量结果的质量评价

测量误差为零：分别采用卡尺（ $MPEV=0.02\text{mm}$ ）、千分尺（ $MPEV=0.002\text{mm}$ ）测量 $10\text{mm}$ 量块，其示值分别为 $10.00\text{mm}$ 和 $10.000\text{mm}$ ，请问用卡尺测量误差和用千分尺测量误差哪个更大？千分尺测量和卡尺测量的测量结果的可信度谁更高？（不同的测量仪器，测量结果相同，但不确定度不同。同一测量仪器，不确定度相同，但测量结果不同。

## 案例二. 分辨率的影响

重复性为零：采用卡尺（分辨率0.01mm）对10mm量块进行10次重复测量，其测量结果均为10.00mm，则重复性 $s=0$ ；而选用高精度测长仪（分辨率0.01  $\mu\text{m}$ ）进行测量，计算得到重复性 $s=0.23\mu\text{m}$ 。为什么？（分辨率不同的影响）。

注：

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

## 案例三. 测量结果的重复性与样品的分散性

为评定测量材料样块硬度的重复性，采用某型号洛氏硬度计对样块进行10次测量，测量结果(单位：HRB)为60.2，58.7，68.3，70.5，67.3，71.2，67.9，63.8，59.1，64.6。计算重复性为：采用贝塞尔公式计算实验标准偏差为： $s=4.60$ 。

问该评定方法是否科学合理？（引用测量仪器示值重复性要求，对材料抗拉性能破坏试验也适用）

## 案例四. 测量结果有效位

间接测量计算后的有效位数：（a）要测量一个圆形的周长，采用卡尺测量其直径为 $d=10.01\text{mm}$ ，则其周长 $c=\pi d=31.44734\text{mm}$ 。

（b）查对某产品称重的结果报告为：重量为 $6.2633\text{kg}$ 。原始记录上记录，经采用量程 $30\text{kg}$ 、分辨率 $0.01\text{kg}$ 数字电子秤进行测量，三次测量结果分别为： $6.25\text{kg}$ 、 $6.28\text{kg}$ 、 $6.26\text{kg}$ ，测量人员取其平均值。（测量结果有效位保留的原则）

## 案例五. 检定/校准资质法定要求

某单位五分厂因型号科研生产急需购置了一批计量器具送该单位计量中心检定，其中有五只湿度计，而该单位计量中心未建立湿度计量标准，而送到上级计量技术机构检定因路途远、检定周期长、费用高，刚大学毕业工作不到一年的小李为满足型号科研生产急需，用自己实验室的湿度计与送检的湿度计在实验室湿度环境下进行比对，并依据湿度计使用说明书中的技术指标出具了测试报告，因报告批准人老王出差，小李请同事小张代签后，将湿度计送交五分厂使用。请分析上述做法是否符合相关规定，并说明理由。

## 案例六. 测量设备的管理要求

某单位采用0~6A的0.2级电流表（编号：JM-021）用于检测电焊机上的焊接电流，工艺文件上要求焊接电流为 $(5 \pm 0.1)$  A。该电流表送到上级计量站进行周期检定时，其最大示值误差为+0.015A，测量不确定度为 $U=0.002$ A（ $k=2$ ）。请分析判断：

- （1）按照测量设备分类管理要求确定管理类别；
- （2）该电流表是否合格；
- （3）如何对该电流表进行计量确认；
- （4）如果该电流表不符合检定规程技术指标要求，采取什么措施进行追溯。

## 案例七. 正确选择测量器具

某单位接受一项合同总价数十万元外协加工任务，其中一项关键参数要求是孔径为  $\phi 980.20\text{mm} - \phi 980.30\text{mm}$ 。产品加工结束后，检验采用0-1000mm游标卡尺（最大允许示值误差为 $\pm 0.12\text{mm}$ ）检测结果为  $\phi 980.27\text{mm}$ ，开具合格证交付。委托方验收时采用（950-1000）mm的内径千分尺（最大允许示值误差为 $\pm 0.020\text{mm}$ ）进行检测，测量结果为  $\phi 980.35\text{mm}$ ，判定产品不合格。

**要求：测试不确定度比不小于4:1**

## 案例八. 正确操作测量仪器

使用说明书中要求：用超声波测厚仪测量产品的厚度前，要求预热20分钟后再校准，采用与被测件材料相同标准样块调零（2.00mm）和校准超声波声速（20.00mm）。使用人员开机后没有按照使用说明书要求预热20分钟后再校准，而是开机直接校准，同时采用与产品厚度相近的5.00mm进行声速校准。由于仪器预热阶段的产生漂移（约为0.10mm），附加测量误差，导致测量结果错误误判合格。

（超声波测厚仪按照技术规范要求，最大允许误差为 $\pm 0.03\text{mm}$ ，计量确认合格，但使用不当，同样带来质量风险）

## 案例九. 正确使用测量仪器的检定/校准证书

某单位测量人员按照产品技术文件要求热处理后的洛氏硬度值大于60HRB, 测量一批10件直径为15mm圆柱状产品的洛氏硬度值。采用经检定合格洛氏硬度计进行测量测量结果大部分为(57~60)HRB之间, 判定该批产品为不合格。单位组织相关人员进行工艺攻关重新加工处理后, 仍然达不到要求。

(技术规范上要求, 测量对象限于平板类样品, 测量结果直接使用, 当样品为圆柱形时, 必须对测量结果进行修正, 本例的测量结果应加上修正量+5HRB, 洛氏硬度计检定证书已提出要求)

- (1) 有些计量器具是按其“示值”使用的, 如数字电压表, 千分尺等;
- (2) 有些计量器具是按照检定/校准结果使用的, 如: 砝码、量块等实物量具, 需要用检定证书出具的偏差修正测量结果, 振动传感器需要用检定证书给出的灵敏度计算测量结果。

## 案例十. 测量仪器技术指标的正确解读

转动惯量  $\delta = 0.075 + 0.1\% \times MOI \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ，不能说转动惯量测量台的精度等级为0.1级，或精度为0.1%，

如  $MOI = 20 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ，则

$$\delta = 0.075 + 0.1\% \times MOI = 0.075 + 0.1\% \times 20 = 0.095 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$\delta_r = 0.095 / 20 = 0.475\%$$

同时校准原理为阻尼忽略不计校准，实际测量时应保证环境条件，不要增加阻尼。

转动惯量测量台的测量限制条件包括：被测件的重量、被测件的转动惯量和被测件安装偏心（质心偏离回转中心）等条件。

**坐标测量机：**  $E = (0.6 + L/1000) \mu\text{m}$

**数字电压表：**  $\delta = 0.001\% \text{读数} + 0.0002\% \text{量程}$

## 案例十一. 关注专用测试设备技术和管理要求

专用测试设备“压力综合测试台”配压力变送器的通用数字仪表，技术指标中仪表精度为0.1%，出厂显示为99.99。实际使用配备1MPa压力变送器，按照检定规程要求，需采用标准器检测0MPa、0.3MPa、0.5MPa、0.7MPa和1MPa等五个点，五个点的示值误差均为0.00 MPa，检定人员折算成相对误差为0%，满足0.1%的要求。装配人员在仪表检定合格后，凭经验发现0.1%仪表必须要求显示到小数点后三位，私自将仪表显示的小数点前移一位，也没有送计量技术机构实施再检定，导致仪表显示0.300 MPa，实际压力已为3.00 MPa(设计要求工作额定压力为0.6 MPa)，造成某产品因超压爆裂的严重事故。

- (1) 设计文件对采购时仅提出精度要求，不全面（至少包括测量范围）。
- (2) 计量检定人员未按技术规范要求进行数据处理，判断错误。
- (3) 装配人员在仪表计量确认后，违规调整和调整后的没有进行计量确认。
- (4) 验收人员没有进行相关测试确认。
- (5) 使用人员没有对专用测试设备进行必要的验证。

## 案例十二. 关注测量系统的参数匹配

用热电偶测温、压力变送器测量压力，实际使用均需要配置数显仪表。通常情况下，传感器和数显仪表单独检定，使用中存在传感器和数显仪表匹配不当引入附加误差，造成因测量结果错误的质量问题（应该依据实际使用情况将传感器和数显仪表连接后进行系统检定）。

## 案例十三. 不确定度表述的要求

某单位计量中心要评定某被测量 $Y$ 的估计值 $y$ 的合成标准不确定度 $u_c(y)$ ，测量 $Y$ 的过程中使用了某标准器，其证书上给出的该标准器校准值 $x$ 的扩展不确定度为 $U = \pm 10.5\text{mV}$ ，为评定 $x$ 的标准不确定度 $u(x)$ ，考虑到证书上未给出 $\pm 10.5\text{mV}$ 的包含因子 $k$ 是多少，为保险起见，取 $k=3$ ，于是计算得到： $u(x) = \pm 10.5\text{mV}/3 = \pm 3.5\text{mV}$ 。请分析上述做法对吗？说明理由或依据，并给出正确的做法。

## 案例十四. 测量设备测量条件设置

某单位一台进口圆度仪（产品关键工序检测用的设备）通过国防二级计量站检定合格，出具检定证书。单位的计量员老徐利用仪器自带标准玻璃球（圆度标称值为 $0.05\ \mu\text{m}$ ）和示值校准圆柱（圆度标称值为 $12.5\ \mu\text{m}$ 。）进行期间核查，采用标准玻璃球测量圆度值为 $0.09\ \mu\text{m}$ ，采用示值校准圆柱测量圆度为 $10.21\ \mu\text{m}$ ，均超过圆度最大允许误差 $\pm 3\%$ 的要求，示值超差。向领导汇报说：刚检定合格的仪器，检定结果不准确，必须采取纠正措施。领导一听，这是一台产品的关键测量设备，立即和国防二级计量站领导投诉。国防二级计量站领导十分重视，立即成立专家组当天到达现场解决。现场按照检定规程重新检定，确认是合格的。经过交流和计量员老徐的现场复测，发现是计量员不熟悉圆度的定义、圆度检定规程要求和方法、以及圆度仪使用中滤波系数（0-15P,0-50P,0-150P,0-500P）的测量条件设置。

## 案例十五. 检定校准工作要求

检定员对标称值为5mm量块依据JJG146-2011《量块检定规程》进行检定。检定时采用分度值为 $1.0\ \mu\text{m}$ 立式光学计进行比较测量，光学计以标准量块为基准对零，检测被检量块的光学计读数值为 $+1.8\ \mu\text{m}$ 。所用标准量块检定证书上的修正量为 $-1.50\ \mu\text{m}$ ，测量不确定度为 $U=0.18\ \mu\text{m}$ 。检定员在检定准备工作时，检查所用测量设备均在有效期内，就开始检定工作。检定结束后出具校准证书。请指出检定员工作中存在的错误，并提出正确的做法。同时计算：（1）标准量块实际值。（2）被检量块的修正量。

## 案例十六. 合格判定准则的要求

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1V时的示值误差为0.020V，示值误差评定的相对扩展不确定度 $U_{rel}=0.9\%$ ，需要评定该电压表1V点的示值误差是否合格。假如不能判定，应该采取什么措施。

考点：（1）了解合格判定准则；

（2）相对误差和绝对误差的换算；

（3）相对扩展不确定度和扩展不确定度的换算；

（4）处于待定区，不能直接判断，所采取的措施。

## 案例十七. 不合格测量设备的管理要求

一天早晨，检定人员老张在检定一件计量器具之前，对需要使用的计量标准器进行例行的加电检查时，发现标准器没了数字显示。他打开计量标准的使用记录，未见最近的使用记录和设备状态的记载。老张记得昨天见过本组的小李曾使用过这台设备，于是向小李询问。小李说昨天操作时不小心过载了，以后设备就没有数字显示。老张问小李为什么不向组长报告，也不在该设备使用记录上记载。小李说他很害怕，想悄悄地找个人把设备修好。小李是刚到本单位一个月的新职工。由于最近工作量很大，考虑到小李是名牌大学的研究生，组里人手不够，很多检定工作组组长就叫小李去做了。请分析存在的问题和纠正措施。

## 案例十八. 测量过程的管理要求

专家到某单位进行国防计量监督检查，看到计量室存放的原始记录的数据记得非常整洁工整提出表扬，检定员回答道：为保证记录质量，检定结束后重新誊写并保存。检查中发现现场检定用的检定规程为JJG146-2003《量块检定规程》已被2011版替代，询问为什么使用。检定员回答新规程JJG146-2011《量块检定规程》已宣贯，没什么大的变化，我们习惯用2003版的规程。专家询问是否有环境条件记录时，检定员回答，我们用的是中央空调，环境肯定没有问题。检查测量设备溯源证书时，发现主标准溯源到国防二级站，而配套设备就近送到通过CNAS认可的民营校准实验室校准的。请分析上述存在的问题及纠正措施。

## 案例十九. 计量标准器具的管理要求

专家到某单位进行国防计量监督检查，单位建立的“游标类量具检定装置”计量标准中测量设备上粘贴了B类合格证标识，其中标准配套设备平晶（编号2001936）不慎摔坏，直接用计量室库存的平晶代用。因为新来的检定员不会进行稳定性考核，为迎接这次检查，直接套用建标考核时稳定性考核数据，进行考核记录。询问计量标准装置档案文件集资料通常有哪些资料时，计量标准装置负责人回答不上来。

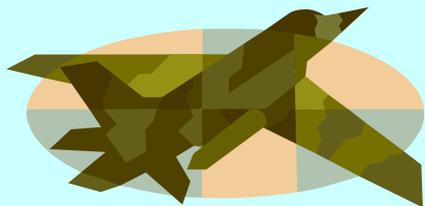
## 案例二十. 配置测量设备应考虑准确度和量程

**示例1:** 压力测量中被测量值在0.5MPa，要求准确度达到1.5级，如果仅考虑准确度，可选不超过0.5级的压力表，但如果选择远大于0.5MPa(如2.5MP)，虽然可以测量，但实际准确度已不能保证，应为压力表的准确度是引用误差表示，与量程有关，反推回去，就不能满足使用要求。

**示例2:** 小信号用大量程测量设备进行测量。一台被校准的量程为100V的电压表，其显示分辨力为0.01V，此时要求校准0.01V的测量点的示值误差，因为客户实际工作中需要对产品所产生的10mV电压。电压表的最佳测量能力在10%-100%之间，而低于10%的量程时，其计量特性无法满足。

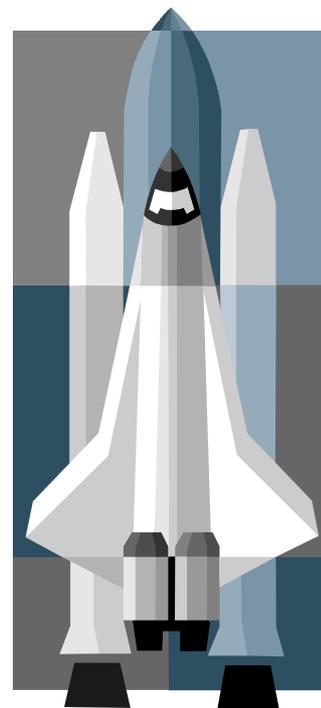
# 思考题回顾

计量的四大特性  
测量设备的计量特性  
测量原始记录要求  
测量结果的合格判定  
测量设备实施分类管理  
实施计量确认  
专用测试设备的管理要  
实施不合格测量设备追溯  
企业计量工作关注要点



## 共勉

让我们一起牢记聂荣臻元帅“**科技要发展，计量须先行**”的精辟论断，担负国防建设的光荣使命，加强学习交流，加强检测能力建设，充分领会国防计量法规要求，在日常工作中严格按照相关要求开展计量保证工作，为国防科技工业建设与发展做出更大贡献。



谢谢！

THANK YOU!

