

JJF 1033—2008 《计量标准考核规范》实施与应用

长 度

计量器具建标指南

田 勇 主编
路瑞军 周伦彬 主审

 中国质检出版社

CHANGDU JILIAN

JIANGYAN BIAO ZHINAN

013037233

TH711
04

JJF 1033—2008 《计量标准考核规范》 实施与 应用

长度计量器具建标指南

田 勇 主编
路瑞军 周伦彬 主审



中国质检出版社
北 京



北航

C1645049

TH711

04

图书在版编目 (CIP) 数据

长度计量器具建标指南/田勇主编. —北京: 中国质检出版社, 2013. 4

(JJF 1033—2008 《计量标准考核规范》实施与应用)

ISBN 978 - 7 - 5026 - 3760 - 6

I. ①长… II. ①田… III. ①长度计量仪器—标准—中国—指南 IV. ①TH711 - 65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 011397 号

内 容 提 要

本书按照 JJF 1033—2008 《计量标准考核规范》和相关长度计量技术法规的要求, 结合基层计量检测单位实际工作情况以及目前计量技术、设备的发展状况, 对常用长度计量器具检定装置的相关建标文件的编写以及设备的配置进行规范、详细的指导, 并配有 11 个《计量标准考核 (复查) 申请书》和《计量标准技术报告》编写示例, 供有关从事长度计量、校准工作的技术和管理人员参考。

中国质检出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010)64275323 发行中心: (010)51780235

读者服务部: (010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 16.25 字数 387 千字

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月第一次印刷

*

定价 59.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

前 言

JJF 1033—2008《计量标准考核规范》已经于2008年9月1日实施。最近几年，长度计量专业的国家计量检定规程及国家计量校准规范进行了大幅度的修订，很多规程及规范的适用范围、测量方法和技术指标也都有了比较明显的变化。基层法定计量技术机构、企业内部计量部门需要及时更换，相关的技术文件也需要重新编写，并申请进行复查考核。随着我国市场经济的不断发展，非国有体制的校准机构大量涌现，根据我国有关计量法规和政策的要求，这些校准机构在申请校准资质前也要依据JJF 1033—2008的内容，建立相关的计量标准。

本书按照JJF 1033—2008和相关长度计量技术法规的要求，结合基层计量检测单位实际工作情况以及目前计量技术、设备的发展状况，对常用长度计量器具检定装置的相关建标文件的编写以及设备的配置进行规范、详细的指导，并配有11个《计量标准考核（复查）申请书》和《计量标准技术报告》编写示例，供有关从事长度计量、校准工作的技术人员和管理人员参考。

本书由天津市计量监督检测科学研究院高级工程师田勇主编，由天津市计量监督检测科学研究院高级工程师路瑞军、广州计量检测技术研究院高级工程师（教授级）周伦彬主审。

参加本书编写的专家还有：

天津市计量监督检测科学研究院：王强、马宁、赵艳、马艺清、周健；

广州计量检测技术研究院：黄志斌、林冬青、古耀达、代鲲鹏；

北京市计量检测科学研究院：吴迅；

天津市检测技术研究所：杜新华。

特此向所有关心、支持我们工作的领导、专家和朋友们致以衷心的感谢！

本书在编写的过程中，因编校时间仓促，有些内容难免存在不足，恳请广大读者批评指正。

编著者
2012年11月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 基本单位“米”的定义	(1)
第二节 名词术语	(2)
第三节 长度测量的基本原则及测量的分类	(9)
第二章 建标指导	(13)
第一节 计量标准器和配套设备的选择	(13)
第二节 建立计量标准的准备及计量标准考核的申请	(14)
第三节 《计量标准考核(复查)申请书》的编写	(17)
第四节 《计量标准技术报告》的编写	(21)
第三章 长度计量器具建标申请书和技术报告编写示例	(25)
示例 1 二等量块标准装置	(25)
示例 2 检定光学仪器标准器组	(47)
示例 3 多刻线样板标准装置	(81)
示例 4 三坐标测量机校准装置	(99)
示例 5 平面平晶标准装置	(119)
示例 6 正多面棱体标准装置	(137)
示例 7 三等标准环规检定装置	(155)
示例 8 经纬仪检定装置	(173)
示例 9 平尺、平板检定装置	(191)
示例 10 扭簧比较仪检定装置	(213)
示例 11 测厚仪检定装置	(233)
参考文献	(253)

第一章 基础知识

第一节 基本单位“米”的定义

一、长度基本单位“米”的发展

长度测量的历史是与人类社会生产发展的过程密切相关的，因为在人类生产活动中需要对长度尺寸进行测量。在中国历史上首先由秦始皇建立了统一度量衡制度。随着长期的生产和科学技术的不断进步，特别是机械加工水平的提高，使得测量工具和测量手段不断发展提高，长度基准的建立也经历了长时期的发展进步。

现在国际单位制中的长度单位是米（m），长度单位“米”起源于法国。演变到目前的国际单位中的米制，经历了许多变革和改进，每次的变革和改进都推动了科学技术的进步。

1790 年，在法国国民议会上提议创立新的计量制度，拟采用自然界不变的量值为基础，于是法国科学院成立了特别委员会，建议取通过巴黎的地球子午线的四千万分之一作为长度基本单位。

1791 年，法国国民议会用法律肯定了这一单位并命名为“米”。

1799 年，科学家们完成了对子午线长度的计算，并按此制成了米的基准器，由法国档案局保存，称为“档案米尺”。由此法国建立了米制计量体系，并逐渐推广到各国。由于各国科学家们都希望建立统一的计量制度，米制因此得到了大力宣传和推广。

1875 年，由国际米制委员会提议成立国际计量局，并由该局制造新的米原器。

1889 年，新的一批米原器制造完成。同年在巴黎召开了第一次国际计量大会，在该大会上确定了“国际米原器”和“国家米原器”。从此，与会各国的长度单位得到了统一，并能够溯源到“国际米原器”。历经一个时期的使用，科学家们发现米原器存在以下缺陷：

（1）米原器表示的长度是用两刻线间的距离来表示的，刻线的粗细和刻线的质量以及瞄准的准确度，都受到限制；

（2）制成米原器的材料不可能保证永远不产生变形，特别是在使用中的意外情况发生，更可能出现意想不到的后果，影响国际标准的建立和保存，因而各国科学家都希望用自然界的物理量作为基准。

经过长期的科学研究和实践，在 1960 年第十一届国际计量大会上对米的定义作出了新的决定：

（1）米的长度等于 $\text{Kr}86$ 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁的辐射在真空中波长的 1650763.73 倍；

(2) 废除 1889 年生效的以“国际米原器”为根据的米定义。

1972 年, 美国国家标准局测定了甲烷稳频激光的频率, 并以 Kr86 波长为基准测定了该激光的波长, 从而得出了真空中光速值 $c = 299792458 \text{ m/s}$ 。

1975 年, 在第十五届国际计量大会上确认了该光速值, 并规定这个值保持不变。

1982 年, 通过了新的米定义: 米是光在真空中于 $1/299792458 \text{ s}$ 的时间间隔内所行进的路程长度。该定义于 1983 年召开的第十七届国际计量大会上正式通过, 米 (m) 的定义沿用至今。

二、我国的长度单位及换算

我国的计量单位采用国际单位制 (SI) 单位。长度基本单位米的中文名称是“米”, 符号为 m, 国际单位制 (SI) 包括 SI 单位、SI 词头和 SI 单位的十进倍数与分数单位三部分。长度单位的十进倍数单位与分数单位是由在国际制单位“m”之前加国际单位制词头构成的。

常用的长度单位及换算关系见表 1-1。

表 1-1

单位名称	符号	与基本单位的关系
千米 (公里)	km	10^3 m
米	m	基本单位
分米	dm	10^{-1} m
厘米	cm	10^{-2} m
毫米	mm	10^{-3} m
微米	μm	10^{-6} m
纳米	nm	10^{-9} m
埃	$\text{\AA}$	10^{-10} m
皮米	pm	10^{-12} m

第二节 名 词 术 语

1. 量值 quantity value

全称量的值, 简称值。用数和参照对象一起表示的量的大小。

例:

- 1 给定杆的长度: 5.34 m 或 534 cm 。
- 2 给定物体的质量: 0.152 kg 或 152 g 。
- 3 给定弧的曲率: 112 m^{-1} 。
- 4 给定样品的摄氏温度: -5°C 。
- 5 在给定频率上给定电路组件的阻抗 (其中 j 是虚数单位): $(7 + 3j) \Omega$ 。

- 6 给定玻璃样品的折射率: 1.52。
- 7 给定样品的洛氏 C 标尺硬度 (150kg 负荷下): 43.5HRC(150kg)。
- 8 铜材样品中镉的质量分数: $3\mu\text{g/kg}$ 或 3×10^{-9} 。
- 9 水样品中溶质 Pb^{2+} 的质量摩尔浓度: 1.76mmol/kg 。
- 10 在给定血浆样本中任意镓亲菌素的物质的量浓度 (世界卫生组织国际标准 80/552): 50 国际单位/I。

注:

- 1 根据参照对象的类型, 量值可表示为: 一个数和一个测量单位的乘积 (见例 1, 2, 3, 4, 5, 8 和 9), 量纲为一, 测量单位 1, 通常不表示 (见例 6 和 8); 一个数和一个作为参照对象的测量程序 (见例 7); 一个数和一个标准物质 (见例 10)。
- 2 数可以是复数 (见例 5)。
- 3 一个量值可用多种方式表示 (见例 1, 2 和 8)。
- 4 对向量或张量, 每个分量有一个量值。

例: 作用在给定质点上的力用笛卡尔坐标分量表示为

$$(F_x; F_y; F_z) = (-31.5; 43.2; 17.0)\text{N}$$

2. 量的真值 true quantity value

简称真值。与量的定义一致的量值。

注:

- 1 在描述关于测量的“误差方法”中, 认为真值是唯一的, 实际上是不可知的。在“不确定度方法”中认为, 由于定义本身细节不完善, 不存在单一真值, 只存在与定义一致的一组真值, 然而, 从原理上和实际上, 这一组值是不可知的。另一些方法免除了所有关于真值的概念, 而依靠测量结果计量兼容性的概念去评定测量结果的有效性。
- 2 在基本常量的这一特殊情况下, 量被认为具有一个单一真值。
- 3 当被测量的定义的不确定度与测量不确定度其他分量相比可忽略时, 认为被测量具有一个“基本唯一”的真值。这就是 GUM 和相关文件采用的方法, 其中“真”字被认为是多余的。

3. 约定量值 conventional quantity value

又称量的约定值, 简称约定值。对于给定目的, 由协议赋予某量的量值。

例:

- 1 标准自由落体加速度 (以前称标准重力加速度) $g_n = 9.80665\text{ms}^{-2}$ 。
- 2 约瑟夫逊常量的约定量值 $K_{J-90} = 483597.9\text{GHz V}^{-1}$ 。
- 3 给定质量标准的约定量值 $m = 100.00347\text{g}$ 。

注:

- 1 有时将术语“约定真值”用于此概念, 但不提倡这种用法。
- 2 有时约定量值是真值的一个估计值。
- 3 约定量值通常被认为具有适当小 (可能为零) 的测量不确定度。

4. 测量 measurement

通过实验获得并可合理赋予某量一个或多个量值的过程。

注：

- 1 测量不适用于标称特性。
- 2 测量意味着量的比较并包括实体的计数。
- 3 测量的先决条件是对测量结果预期用途相适应的量的描述、测量程序以及根据规定测量程序（包括测量条件）进行操作的经校准的测量系统。

5. 测量结果 measurement result

与其他有用的相关信息一起赋予被测量的一组量值。

注：

- 1 测量结果通常包含这组量值的“相关信息”，诸如某些可以比其他方式更能代表被测量的信息。它可以概率密度函数（PDF）的方式表示。
- 2 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。对某些用途，如果认为测量不确定度可忽略不计，则测量结果可表示为单个测得的量值。在许多领域中这是表示测量结果的常用方式。
- 3 在传统文献和 1993 版 VIM 中，测量结果定义为赋予被测量的值，并按情况解释为平均示值、未修正的结果或已修正的结果。

6. 示值 indication

由测量仪器或测量系统给出的量值。

注：

- 1 示值可用可视形式或声响形式表示，也可传输到其他装置。示值通常由模拟输出显示器上指示的位置、数字输出所显示或打印的数字、编码输出的码形图、实物量具的赋值给出。
- 2 示值与相应的被测量值不必是同类量的值。

7. 重复性测量条件 measurement repeatability condition of measurement

简称重复性条件。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一组测量条件。

注：在化学中，术语“序列内精密度测量条件”有时用于指“重复性测量条件”。

8. 测量重复性 measurement repeatability

简称重复性。在一组重复性测量条件下的测量精密度。

9. 复现性测量条件 measurement reproducibility condition of measurement

简称复现性条件。不同地点、不同操作者、不同测量系统，对同一或相类似被测对象重复测量的一组测量条件。

注：

- 1 不同的测量系统可采用不同的测量程序。
- 2 在给出复现性时应说明改变和未变的条件及实际改变到什么程度。

10. 测量复现性 measurement reproducibility

简称复现性。在复现性测量条件下的测量精密度。

11. 实验标准偏差 experimental standard deviation

简称实验标准差。对同一被测量进行 n 次测量，表征测量结果分散性的量。用符号 s 表示，

注：

- 1 n 次测量中某单个测得值 x_k 的实验标准偏差 $s(x_k)$ 可按贝塞尔公式计算：

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

式中 x_i ——第 i 次测量的测得值；

n ——测量次数；

$\bar{x}$ —— n 次测量所得一组测得值的算术平均值。

- 2 n 次测量的算术平均值 $\bar{x}$ 的实验标准偏差 $s(\bar{x})$ 为：

$$s(\bar{x}) = s(x_k) / \sqrt{n}$$

12. 测量不确定度 measurement uncertainty

简称不确定度。根据所用到的信息，表征赋予被测量量值分散性的非负参数。

注：

- 1 测量不确定度包括由系统影响引起的分量，如与修正量和测量标准所赋量值有关的分量及定义的不确定度。有时对估计的系统影响未作修正，而是当作不确定度分量处理。
- 2 此参数可以是诸如称为标准测量不确定度的标准偏差（或其特定倍数），或是说明了包含概率的区间半宽度。
- 3 测量不确定度一般由若干分量组成。其中一些分量可根据一系列测量值的统计分布，按测量不确定度的 A 类评定进行评定，并可用标准差表征。而另一些分量则可根据基于经验或其他信息所获得的概率密度函数，按测量不确定度的 B 类评定进行评定，也用标准偏差表征。
- 4 通常，对于一组给定的信息，测量不确定度是相应于所赋予被测量的值的。该值的改变将导致相应的不确定度的改变。
- 5 本定义是按 2008 版 VIM 给出的。而在 GUM 中的定义是：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。

13. 标准不确定度 standard uncertainty

全称标准测量不确定度。以标准偏差表示的测量不确定度。

14. 测量不确定度的 A 类评定 Type A evaluation of measurement uncertainty

简称 A 类评定。对在规定测量条件下测得的量值用统计分析的方法进行的测量不确定度分量的评定。

注：规定测量条件是指重复性测量条件、期间精密度测量条件或复现性测量条件。

15. 测量不确定度的 B 类评定 Type B evaluation of measurement uncertainty

简称 B 类评定。用不同于测量不确定度 A 类评定的方法对测量不确定度分量进行的评定。

例：评定基于以下信息：

- 权威机构发布的量值；
- 有证标准物质的量值；
- 校准证书；
- 仪器的漂移；
- 经检定的测量仪器的准确度等级；
- 根据人员经验推断的极限值等。

16. 合成标准不确定度 combined standard uncertainty

全称合成标准测量不确定度。由在一个测量模型中各输入量的标准测量不确定度获得的输出量的标准测量不确定度。

注：在数学模型中的输入量相关的情况下，当计算合成标准不确定度时必须考虑协方差。

17. 扩展不确定度 expanded uncertainty

全称扩展测量不确定度。合成标准不确定度与一个大于1的数字因子的乘积。

注：

- 1 该因子取决于测量模型中输出量的概率分布类型及所选取的包含概率。
- 2 本定义中术语“因子”是指包含因子。

18. 包含因子 coverage factor

为获得扩展不确定度，对合成标准不确定度所乘的大于1的数。

注：包含因子通常用符号 k 表示。

19. 测量误差 measurement error

简称误差。测得的量值减去参考量值。

注：

- 1 测量误差的概念在以下两种情况下均可使用：
 - ① 当涉及存在单个参考量值，如用测得值的测量不确定度可忽略的测量标准进行校准，或约定量值给定时，测量误差是已知的；
 - ② 假设被测量使用唯一的真值或范围可忽略的一组真值表征时，测量误差是未知的。
- 2 测量误差不应与出现的错误或过失相混淆。

20. 修正 correction

对估计的系统误差的补偿。

注：

- 1 补偿可取不同形式，诸如加一个修正值或乘一个修正因子，或从修正值表或修正曲线上得到。
- 2 修正值是用代数方法与未修正测量结果相加，以补偿其系统误差的值。修正值等于负的系统误差估计值。
- 3 修正因子是为补偿系统误差而与未修正测量结果相乘的数字因子。
- 4 由于系统误差不能完全知道，因此这种补偿并不完全。

21. 系统测量误差 systematic measurement error

简称系统误差。在重复测量中保持不变或按可预见方式变化的测量误差的分量。

注：

- 1 系统测量误差的参考量值是真值，或是测量不确定度可忽略不计的测量标准的测得值，或是约定量值。
- 2 系统测量误差及其来源可以是已知或未知的。对于已知的系统测量误差可采用修正补偿。
- 3 系统测量误差等于测量误差减随机测量误差。

22. 随机测量误差 random measurement error

简称随机误差。在重复测量中按不可预见方式变化的测量误差的分量。

注：

- 1 随机测量误差的参考量值是对同一被测量由无穷多次重复测量得到的平均值。
- 2 一组重复测量的随机测量误差形成一种分布，该分布可用期望和方差描述，其期望通常可假设为零。
- 3 随机误差等于测量误差减系统测量误差。

23. 示值区间 indication interval

极限示值界限内的一组量值。

注：

- 1 示值区间可以用标在显示装置上的单位表示，例如：99V ~ 201V。
- 2 在某些领域中，本术语也称“示值范围（range of indication）。”

24. 标称量值 nominal quantity value

简称标称值。测量仪器或测量系统特征量的经化整的值或近似值，以便为适当使用提供指导。

例：

- 1 标在标准电阻器上的标称量值：100Ω；
- 2 标在单刻度量杯上的量值：1000mL；
- 3 盐酸溶液 HCl 的物质的量浓度：0.1mol/L；
- 4 恒温箱的温度为 -20℃。

注：“标称量值”和“标称值”不要与“标称特性值”相混淆。

25. 标称示值区间 nominal indication interval

简称标称区间。当测量仪器或测量系统调节到特定位置时获得并用于指明该位置的、化整或近似的极限示值所界定的一组量值。

注：

- 1 标称示值区间通常以它的最小和最大量值表示，例如 100V ~ 200V。
- 2 在某些领域，此术语也称“标称范围（nominal range）”。
- 3 在我国，此术语也简称“量程（span）”。

26. 标称示值区间的量程 range of a nominal indication interval

标称示值区间的两极限量值之差的绝对值。

例：对从 -10V ~ +10V 的标称示值区间，其标称示值区间的量程为 20V。

27. 测量区间 measuring interval

又称工作区间。在规定条件下，由具有一定的仪器不确定度的测量仪器或测量系统能

够测量出的一组同类量的量值。

注：

- 1 在某些领域，此术语也称“测量范围（measuring range）或工作范围（working range）”。
- 2 测量区间的下限不应与检测限相混淆。

28. 测量系统的灵敏度 sensitivity of a measuring system

简称灵敏度。测量系统的示值变化除以相应的被测量值变化所得的商。

注：

- 1 测量系统的灵敏度可能与被测量的量值有关。
- 2 所考虑的被测量值的变化必须大于测量系统的分辨力。

29. 鉴别阈 discrimination threshold

引起相应示值不可检测到变化的被测量值的最大变化。

注：鉴别阈可能与诸如噪声（内部或外部的）或摩擦有关，也可能与被测量的值及其变化是如何施加的有关。

30. 显示装置的分辨力 resolution of a displaying device

能有效辨别的显示示值间的最小差值。

31. 测量仪器的稳定性 stability of a measurement instrument

简称稳定性。测量仪器保持其计量特性随时间恒定的能力。

注：稳定性可用几种方式量化。

例：

- 1 用计量特性变化到某个规定的量所经过的时间间隔表示；
- 2 用特性在规定时间间隔内发生的变化表示。

32. 仪器的测量不确定度 instrumental measurement uncertainty

由所用的测量仪器或测量系统引起的测量不确定度的分量。

注：

- 1 除原级测量标准采用其他方法外，仪器的不确定度通过对测量仪器或测量系统校准得到。
- 2 仪器的不确定度通常按 B 类测量不确定度评定。
- 3 对仪器的测量不确定度的有关信息可在仪器说明书中给出。

33. 准确度等级 accuracy class

在规定工作条件下，符合规定的计量要求，使测量误差或仪器不确定度保持在规定极限内的测量仪器或测量系统的等别或级别。

注：

- 1 准确度等级通常用约定采用的数字或符号表示。
- 2 准确度等级也适用于实物量具。

34. 最大允许测量误差 maximum permissible measurement errors

简称最大允许误差，又称误差限。对给定的测量、测量仪器或测量系统，由规范或规程所允许的，相对于已知参考量值的测量误差的极限值。

注：

- 1 通常，术语“最大允许误差”或“误差限”是用在有两个极端值的场合。
- 2 不应该用术语“容差”表示“最大允许误差”。

35. 零值误差 zero error

测得值为零值时的基值测量误差。

注：零值误差不应与没有测量误差相混淆。

36. 引用误差 fiducially error

测量仪器或测量系统的误差除以仪器的特定值。

注：该特定值一般称为引用值，例如，可以是测量仪器的量程或标称范围的上限。

37. 示值误差 error of indication

测量仪器示值与对应输入量的参考量值之差。

第三节 长度测量的基本原则及测量的分类

一、长度测量的基本原则

1. 阿贝原则

阿贝原则是长度测量中常用的一个原则。当被测对象的测量轴线与标准量的基准轴线重合或在其延长线上，才能得到精确的测量结果。

例如：用一把千分尺测量某物体长度，被测物的测量轴线与标准量的基准轴线重合，符合阿贝原则。

2. 最小变形原则

长度测量中引起被测件和测量器具的变形，主要是由于热变形和弹性变形（接触变形和自重引起的变形）。这些变形使被测件、测量器具尺寸发生了变化，从而影响测量结果的准确可靠。为此，在测量过程中，应尽量做到使各种原因引起的变形为最小，这就是测量的最小变形原则。

长度测量中引起变形的原因有三种：一是被测件与仪器测头机械接触时产生的接触变形；二是被测件与仪器由于本身的自重而产生的变形；三是温度变化引起被测件与仪器（包括标准器）的热胀冷缩的变化。

（1）接触变形

接触变形对测量结果的影响，与测量力的大小、接触形式、接触体的材料和具体的测量方式有关。因此要体现最小变形原则，就须在测量过程中进行合理的选择。

① 测量力引起的接触变形

测量时，为克服环境震动、接触表面上的油膜和灰尘的影响，必须有足够的测量力，以保持工件与测头有必要而可靠的接触。但测量力的存在，又将产生接触处的压陷变形而产生测量误差。

② 接触形式对接触变形的影响

常见的接触形式可分为点接触、线接触和面接触。从变形的角度来看，接触面积越大，压强越小，变形也就越小。显然，面接触的变形最小，点接触的变形最大。但必须指

出, 在比较测量中, 接触变形对测量结果的影响不是直接的。因为, 首先需要用标准件来对零位或仪器两测头接触对零位, 再对工件进行接触测量。因此, 有两次接触定位, 就分别产生两次接触变形。而对测量结果的影响正是这两次接触变形的差值, 即所谓的相对变形量所产生的。

相对变形的产生原因:

- a) 被测件和测头或标准件的材料不同;
- b) 对零时和测量时瞬时测量力的变化;
- c) 对零时和测量时的接触形式不同, 例如: 用外径千分尺测量钢球直径, 对零时是平面接触, 而测量钢球时是平面对球面的点接触;
- d) 测量力的方向变化, 例如: 用灵敏杠杆测量孔径时, 测头与左右孔壁接触时, 测量力的方向改变 180° , 这两次接触变形量不是相互抵消, 而是相加, 因此这种测量方式的影响是最大的。

(2) 自重变形

对细长工件而言, 自重变形的影响格外显著。变形量的大小和变形状态与支承的方式和支承点的位置有关。如一长度为 L 的细长的、均匀截面的工件, 采取两点支承, 其变形最小的支点位置有表 1-2 所列的几种类型。根据不同的变形状态, 可按不同的用途选择。

表 1-2

α	变形状态特点	用 途
0. 2113L (艾利点)	两端面平行度变化为最小	大量块检定
0. 2203L (贝塞尔点)	杆的中心轴上长度变化为最小	线纹尺、量棒检定
0. 2232L	杆中间和两端变形量相等	直线度、平面度检定

(3) 热变形

由材料不均匀或受热不均匀引起的局部热变形, 主要影响长度、直线度、平面度的测量。例如: 用平面平晶检测工件的平面度, 通常为了避免局部受人体体温的影响, 采用隔热措施。方法是在平晶外缘上套一圈隔热橡皮。

3. 最短测量链原则

为保证一定的测量准确度, 测量链的环节应该最少, 即测量链最短, 可使总的测量误差控制在最小的程度, 这就是最短测量链原则。

在精密测量中, 被测量的微小变量只能通过放大机构或信息转换来体现。例如: 百分表的测量, 被测量的变量首先由测杆感受并传递, 通过齿条传递到轴齿轮, 再通过一对齿轮放大, 传递到表针上, 通过表针与表盘刻度的角位移来指示被测当量。从测杆接触工件到表盘读数就组成了百分表测量时的测量链。测量链中每个构成元件, 在制造和装配中都不存在误差, 构成元件越多, 测量链也就越长; 影响误差的因素也就越多, 误差合成就越大。因此测量链越短, 误差也就越小, 这就是最短测量链原则。

4. 封闭原则

封闭原则是在闭合的圆周分度中, 全部角度分量的偏差的总和为零。在检测封闭圆周中各分量的角度 (或弧长) 时, 根据封闭原则可不需高精度标准, 用相对法进行检测。

因此在测量中,如果能满足封闭条件,则其误差的总和必然为零,这就为这些测量创造了自检的条件,即不需要任何标准器就可以实现本身的检定,封闭原则使角度计量及角度量值传递大为简化。所以,封闭原则是角度计量的最基本原则。例如:对多齿分度台的检定就是应用封闭原则进行的。

二、测量的分类

1. 直接测量与间接测量

(1) 直接测量:测量值可直接由测量仪器读数装置上读取测量结果的测量,无需对被测量与其他实测量进行一定函数关系的计算而直接得到被测量值的测量。

直接测量公式:

$$Y = X$$

式中 Y ——被测量值;

X ——测量仪器读数装置上读取的测量结果。

例如:用千分尺测量一工件的长度,直接由千分尺测量出工件的长度,即为直接测量。

(2) 间接测量:测量出与被测量有一定函数关系的各分量,通过一定的函数关系计算求得测量结果的一组测量。

间接测量公式:

$$Y = f(x_i)$$

式中 Y ——被测量值;

x_i ——各分量的直接测量结果。

例如:用弓高弦长法测量一圆弧半径,应用下式计算:

$$R = \frac{s^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

式中 R ——被测量的圆弧半径;

s ——被测量的圆弧弦长;

h ——被测量的圆弧弓高。

由此可见,圆弧半径是通过测量弓高和弦长两个分量,经过一定的函数关系计算求得的测量结果。

2. 绝对测量与相对测量

(1) 绝对测量:是指被测量和标准量直接比较后得到被测量绝对值的测量。

例如:游标卡尺测量工件尺寸。

(2) 相对测量(比较测量):是指被测量和标准量进行比较后,只确定被测量相对于标准量的偏差值的测量。相对测量时,仪器的零位或起始读数常用已知的标准量来调整,仪器读数装置仅显示出被测的量相对标准量的偏差值,因而仪器的示值范围大大缩小,有利于简化仪器结构,提高仪器示值的放大倍数和测量准确度。

例如:量块和环规的检定。

3. 接触测量与非接触测量

(1) 接触测量:量仪的测量头与被测量表面直接接触的测量。

例如：用立式接触干涉仪检定量块。

(2) 非接触测量：量仪的测量头不与被测量表面直接接触的测量。

例如：用投影仪测量线路板。

4. 综合测量与单项测量

(1) 综合测量：被测件相关的各个参数合成一个综合参数来进行的测量。

例如：螺纹的中径和半角及螺距都影响螺纹的旋入性，通常用螺纹量规进行检测。

(2) 单项测量：被测件的各个参数分别测量。

例如：分别测量螺纹的中径和半角及螺距。

5. 静态测量和动态测量

(1) 静态测量：测量时，被测件静止不动。

例如：量块的检定。

(2) 动态测量：测量时，被测件不停地运动，测量头与被测件有相对运动。

例如：在线检测大多属于动态测量。

6. 等精度测量与不等精度测量

(1) 等精度测量：是指在测量条件（包括量仪、测量人员、测量方法及环境条件等）不变的情况下，对某一被测几何量进行的多次测量。其特点是：对于多个测量结果，具有相同的测量结果不确定度。

(2) 不等精度测量：是指在测量过程中全部或部分因素条件发生改变的测量。其特点是：对于多个测量结果，具有不相同的测量结果不确定度。