



ONGYONGLIANGJUSHOUCE

上海市计量技术研究所编

通用量具手册

上册

计量出版社



通用量具手册

(上册)

上海市计量技术研究所

计量出版社

1981

内 容 提 要

《通用量具手册》分为上、中、下三册，共有九章。主要是介绍了 56 种通用量具的结构原理、使用知识和检定技术。同时，编入了检定规程和技术标准共 83 个。

在上册里，着重介绍了长度计量的基础知识和量块、平直量具、角度量具。

本书可供广大长度计量测试工作者和有关工科院校师生参考。

通用量具手册

(上册)

上海市计量技术研究所

*

计量出版社出版

(北京和平里 11 区 7 号)

上海南翔印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 印张 10 7/8

字数 245 千字 印数 1—22 000

1981 年 12 月第一版 1981 年 12 月第一次印刷

统一书号 15210·108

定价 1.45 元

前 言

通用量具是生产系统特别是机械制造工业中普遍使用的测量工具，它是保证量值准确一致和产品质量的重要手段之一。如何正确而又合理地使用量具，对提高产品质量和降低生产成本有着重要的作用。为此，我们组织具有一定理论基础和实际经验的专业技术人员编写了这本《通用量具手册》。其主要内容有：通用量具的结构原理、正确使用知识、检定规程、技术标准、误差分析和技术参考资料等。

本书的初稿曾作为内部资料印发过，现在计量出版社决定正式予以出版，又进行了认真的修改和补充，仍分为上、中、下三册。编入本书的量具共 56 种，检定规程和技术标准共 83 个。本书所采用的检定规程和技术标准都是最新颁布的，有一部分规程已由全国会议讨论通过但尚在报批过程中，我们就采用了《报批稿》，如果今后在内容和数据上有变更则以正式颁布的规程为准。由于新旧规程和标准的制订时间不同，制订单位不同，所以有些名词术语和指标数据也不统一，我们一律按原规程和标准的内容编入，希在参阅时注意。

本书由周俊德、严慈容、劳圣功、张益、邱百存、忻觉民、顾耀宗、马文功和林福星等同志参加编写，由史济南、郁继文、张国华、杨守忠、李人贤和胡科明等同志负责审订。出版前，由姜执中编审和赵尔夫同志对全部书稿进行了复审。在编写审稿过程中，曾得到上海量具刃具厂、上海自动化仪表九厂和有关单位的帮助和支持，在此深表感谢。

由于水平有限, 本书中的错误和不当之处, 还望广大读者批评指正。

上海市计量技术研究所

一九八〇年十二月

目 录

第 1 章 长度计量基础	1
1.1 长度基准与标准	1
1.1.1 长度实物基准——米原器.....	1
1.1.2 长度自然基准——氪-86 光波波长.....	2
1.1.3 长度标准.....	4
1.1.4 “米”定义的展望.....	6
1.2 长度测量基础知识	7
1.2.1 测量的一般概念.....	7
1.2.2 测量方法的分类.....	7
1.2.3 长度测量中的误差来源.....	9
1.2.4 测量器具的分类.....	17
1.2.5 通用量具的基本计量学指标.....	18
1.3 测量误差	19
1.3.1 有效数字计算与数字取舍的规则.....	19
1.3.2 测量误差的定义.....	24
1.3.3 测量误差的分类.....	24
1.3.4 疏忽误差的检验及剔除.....	26
1.3.5 等精度测量数据的处理方法.....	31
1.3.6 测量结果精度的表示.....	33
1.3.7 间接测量结果的数据处理.....	38
1.3.8 误差理论和数据处理的具体应用.....	44
1.4 常用的几种测试方法	50
1.4.1 光隙法.....	50
1.4.2 技术光波干涉法.....	55
1.4.3 多面互比法.....	60

1.4.4 配对法	62
1.5 通用量具的正确选用	64
1.5.1 量具的选用原则	65
1.5.2 被测工件的允许测量极限误差	66
1.5.3 测量方法和量具的选用	67
1.5.4 量具正确选用的具体步骤和实例	68
第2章 量块	78
2.1 量块的形状、尺寸和用途	78
2.2 量块的有关术语及定义	80
2.3 量块的正确使用和注意事项	84
2.4 量块的检定	90
2.5 量块的技术要求	109
2.6 量块检定的误差分析	112
第3章 平直量具	116
3.1 平面平晶	116
3.1.1 平面平晶的构造和用途	116
3.1.2 平面平晶的使用注意事项	117
3.1.3 平面平晶的检定	118
3.1.4 平面平晶的技术要求	124
3.2 平行平晶	124
3.2.1 平行平晶的构造和用途	124
3.2.2 平行平晶的使用注意事项	125
3.2.3 平行平晶的检定	127
3.2.4 平行平晶的技术要求	132
3.3 平板	132
3.3.1 平板的构造和用途	132
3.3.2 平板的使用注意事项	133
3.3.3 平板的检定	134
3.3.4 平板的技术要求	152

3·3·5 按“最小条件”法评定平板平面度	154
3·4 样板直尺	168
3·4·1 样板直尺的构造和用途	168
3·4·2 样板直尺的使用注意事项	169
3·4·3 样板直尺的检定	169
3·5 平尺	172
3·5·1 平尺的构造和用途	172
3·5·2 平尺的使用注意事项	173
3·5·3 平尺的检定	173
3·5·4 检验平尺的技术要求	186
3·5·5 平尺的平面度检定和其它参考资料	189
3·6 水平仪	195
3·6·1 水平仪的结构、工作原理和用途	195
3·6·2 水平仪的使用及注意事项	198
3·6·3 水平仪的检定	202
3·7 合像水平仪	211
3·7·1 合像水平仪的结构、工作原理和用途	211
3·7·2 合像水平仪的使用注意事项	213
3·7·3 合像水平仪的检定	214
3·8 电子水平仪	221
3·8·1 电子水平仪的构造、工作原理和用途	221
3·8·2 电子水平仪的使用注意事项	224
3·8·3 电子水平仪的检定	224
第4章 角度量具	233
4·1 角度单位与换算	233
4·1·1 几种角度单位制	233
4·1·2 几种常用角度单位之间的换算	235
4·2 角度块	235
4·2·1 角度块的构造、精度及用途	235
4·2·2 角度块的使用注意事项	238

4.2.3	角度块的检定	239
4.2.4	角度块的技术要求	245
4.2.5	角度块的检定误差与检定方法参考资料	246
4.3	90°角尺	248
4.3.1	90°角尺的构造和用途	248
4.3.2	90°角尺的使用注意事项	251
4.3.3	直角尺的检定	252
4.3.4	90°角尺的技术要求	271
4.3.5	检定方法的精度分析	273
4.4	正弦尺	276
4.4.1	正弦尺的结构、原理和用途	276
4.4.2	正弦尺的使用注意事项	282
4.4.3	正弦尺的检定	283
4.4.4	正弦规的技术要求	289
4.4.5	正弦尺的精度分析及检定方法参考资料	291
4.5	方箱	293
4.5.1	方箱的构造和用途	293
4.5.2	方箱的使用注意事项	294
4.5.3	方箱的检定	294
4.5.4	方箱检定方法参考资料	300
4.6	角度规	304
4.6.1	角度规的结构、工作原理和用途	304
4.6.2	角度规的使用注意事项	308
4.6.3	角度规的检定	311
4.6.4	万能角度尺的技术要求	315
4.7	光学倾斜仪	319
4.7.1	光学倾斜仪的结构、工作原理和用途	319
4.7.2	光学倾斜仪的使用注意事项	321
4.7.3	分度值为一分的光学倾斜仪的检定	323
4.7.4	光学倾斜仪的技术要求	331

第 1 章 长度计量基础

1.1 长度基准与标准

1.1.1 长度实物基准——米原器

1959 年, 国务院确定以公制为我国基本计量制度, 同时颁布了统一的公制计量单位中文名称方案, 其中有关长度计量单位部分, 列于下表。

表 1.1

单位名称	代号	对主单位的比	单位名称	代号	对主单位的比
千米	km	10^3 m	厘米	cm	10^{-2} m
百米	hm	10^2 m	毫米	mm	10^{-3} m
十米	dam	10 m	丝米	dmm	10^{-4} m
米	m	主单位	忽米	cmm	10^{-5} m
分米	dm	10^{-1} m	微米	μm	10^{-6} m

在实际使用上还有更小单位, 即: 纳米(nm)、埃(\AA)与皮米(pm)。

$$1\mu\text{m} = 1000\text{nm} \quad 1\text{nm} = 10\text{\AA} \quad 1\text{\AA} = 100\text{pm}$$

有了统一的长度单位, 还必须有实物基准来复现。最早建立公制长度实物基准的是法国。1790 年, 法国科学院受法国国会的委托提出了“米制”的建议。1791 年, “米制”建议得到法国国会批准, 决定以通过巴黎的子午线的四千万分之一作为一米, 并开始测量。1799 年, 测量结束, 法国制造了一支

矩形金属标准米尺，保存在法国权度局的档案柜内，称为“档案米尺”，这是当时最早的公制长度基准。后来由于国际贸易发展的需要，各国要求建立世界统一的长度基准。于是在1889年召开的国际第一届计量大会上，用瑞士SIP厂制造的三十一支X型横截面铂铱合金米尺来复现这个长度单位。并确定其中No. VI米尺为国际长度实物基准，称为“米原器”，保存在巴黎国际权度局，其余米尺用抽签方式分发给各会员国，称为“副原器”，作为各国的最高基准器。

1889年计量大会上通过的“米”的定义是：

“在 0°C 时，米尺左右两端光滑面上，两中间分划线间沿米测量轴的距离。”（见图1·1）

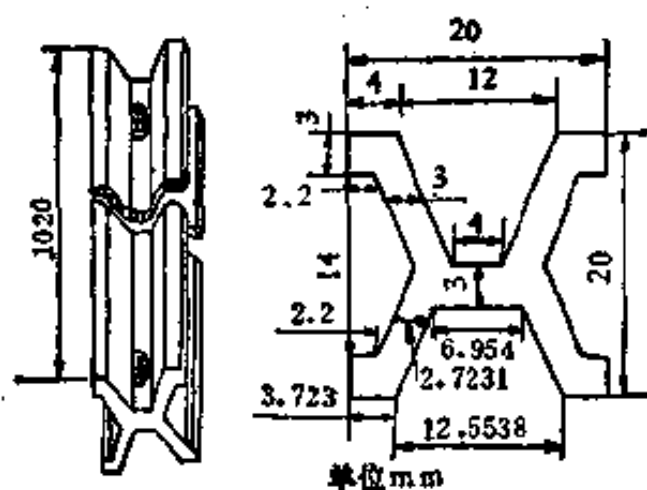


图 1·1

后来由于工业生产和科学技术的发展，发现米原器在测量精度和稳定性方面都不能满足要求，而且这种实物基准，如果因意外而毁坏，不易复制。从二十世纪开始，各国科学家就开始研究用自然基准来代替实物基准。

1·1·2 长度自然基准——氪-86 光波波长

在用自然基准来代替实物基准的研究工作方面，各国科学家对于镭、镭¹¹⁴同位素、汞、汞¹⁰⁰同位素、氪和氪这些化学元

素产生的谱线作过严密的考察以后,认为氪-86同位素所产生谱线的性能比较好。于是在1960年,在巴黎召开的第十一届国际计量大会上,通过了“米”的新定义:“米等于氪-86原子的 $2P_{1/2}$ 和 $5d_{5/2}$ 能级之间跃迁所对应的辐射,在真空中的1650763.73个波长的长度”。

用氪-86作为长度的自然基准优点较多:①精度较高,可达 1×10^{-8} ;②谱线稳定可靠、不怕损毁;③易于制造、测量和校对。产生氪-86光波基准波长的装置示于图1.2。

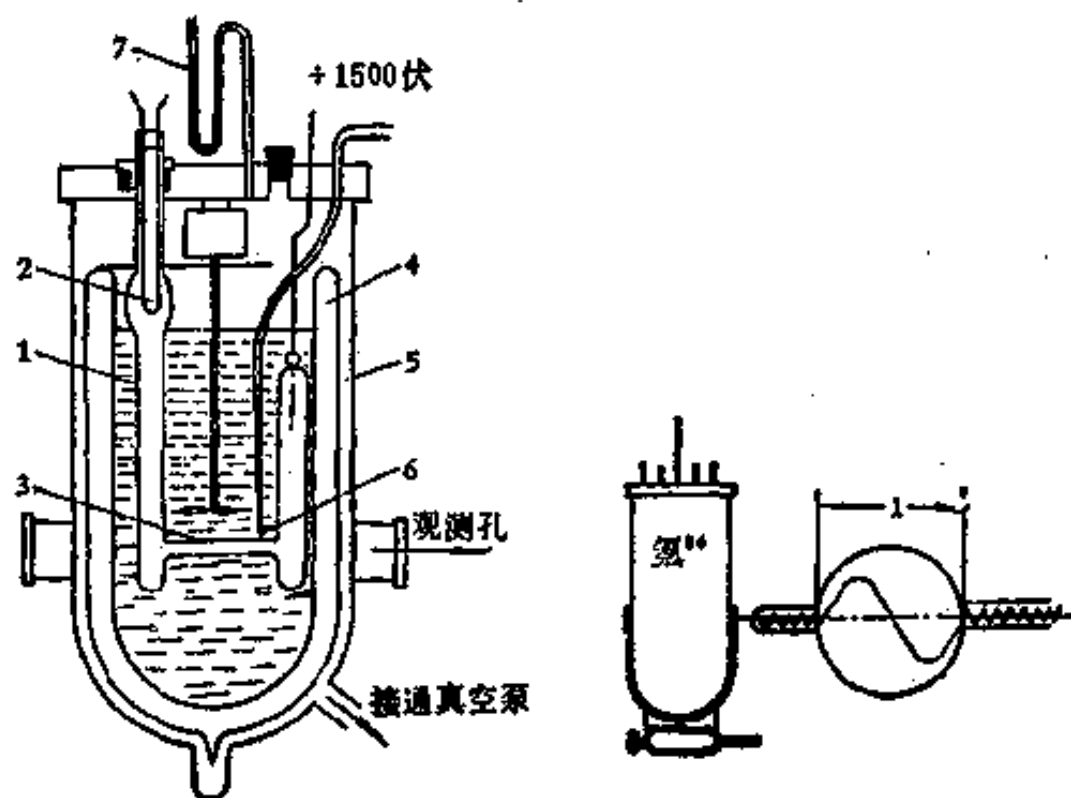


图 1.2

1-灯管外壳; 2-灯丝; 3-毛细管; 4-杜瓦瓶; 5-壳体;
6-热电偶温度计; 7-气压计

用氪-86光波波长复现“米”是用干涉法在专用装置上借助于充有氪-86同位素的灯管进行。为了获得谱线辐射,先将氪同位素充入灯管的毛细管,当真空泵抽气后使杜瓦瓶中的液氮冷却至58—60K,氪原子的激励是在电流通过同位素氪时发生的。

1.1.3 长度标准

为了把长度量值准确地传递下去,除了建立长度基准外,还必须根据实际用途建立各种长度标准器及标准仪器,把量值传递到生产第一线。长度标准器有下列几种:

(1) 光波波长标准

氪-86 光波波长是长度基准波长,一般它不用于直接检定实物标准器,而是通过波长工作标准器来传递量值。波长标准器是由各种标准灯组成,现有波长标准器:氪灯、氪灯、镉¹¹⁴灯、汞¹⁹⁸灯和氮氛气体激光管等。这种灯管发出的光波波长,就是长度波长标准。它可以用来检定量块、线纹尺和平晶等实物标准器。

(2) 端度标准

端度实物标准器就是量块,量块按检定精度分为一、二、三、四、五和六等。按制造精度分为 0、1、2、3 和 4 级。检定量块用的标准仪器有:

一米量块激光干涉仪——用于检定 1000 毫米以下一等量块。用氮氛激光作为光源,用白光干涉条纹定位和激光干涉条纹计数的方法检定一等量块。

绝对光波干涉仪——用于检定 100 毫米以下一等量块。用氪灯或氪灯作为光源,用不同波长的小数重合法检定一等量块。

立式接触式干涉仪——用比较法检定 100 毫米以下二、三、四等量块。

立式光学计——用比较法检定 100 毫米以下四、五、六等量块。

一米测长机——用于检定 1000 毫米以下三等长量块。

(3) 线纹标准

线纹标准有 1000 毫米以下 H 型金属线纹米尺和 200 毫

米以下标准玻璃线纹尺。检定线纹尺用的标准仪器有：

一米激光比长仪——用于检定 1000 毫米以下各种标准线纹尺，精度为 ± 0.2 微米。仪器用有稳频装置的氦氖激光器作标准光源，用光电显微镜瞄准刻线，用激光干涉条纹计数和环境修正等方法，使线纹尺的全部检定过程自动化。

光电比长仪——用于检定 200 毫米以下各种标准尺，精度为 ± 1 微米。如果标准尺精度较高，则仪器的检定精度也可提高。仪器用二只光电显微镜，一只瞄准标准尺，一只瞄准被检尺进行比较检定。

阿贝线纹比较仪——用于检定 200 毫米以下各种线纹尺，检定精度为 ± 1.5 微米。

(4) 角度标准

角度实物标准是正多面棱体，有 12 面体、24 面体、36 面体和 72 面体。精度为 ± 0.5 秒。检定角度的标准仪器有：

多面棱体检定装置——用于检定各种正多面棱体，检定精度为 ± 0.5 秒。仪器装有标准多齿分度台，一般为 360 个齿，精度可达 ± 0.2 秒，并用光栅光电准直仪瞄准多面棱体进行读数。

精密测角仪——用于检定低精度多面棱体和角度块，检定精度为 $\pm 2-3$ 秒。

光栅数字式分度头——可用于检定多面棱体和角度块，检定精度为 ± 1 秒。仪器装有高精度光栅分度盘，经电子细分后可显示 0.1 秒的数字读数。

(5) 平度标准

平度的实物标准器就是石英玻璃平晶，标准平晶的直径尺寸有 45 毫米、60 毫米、80 毫米、100 毫米和 150 毫米几种。

标准平晶的平面度要求一般在 $\frac{1}{10}$ 干涉条纹左右。检定平晶

的标准仪器有激光平面干涉仪和等倾干涉仪。

(6) 光洁度标准

光洁度的实物标准器是标准单刻线样板和标准多刻线样板,二者都由1到14级的标准样板组成。由于标准样板的检定精度要求较高(相对误差在2—3%),目前尚没有合适仪器可予检定,只能用比对方法检定。各种光洁度工艺样板可用双管显微镜(检定9级以下)、干涉显微镜(检定10级以上)和电动轮廓仪(检定3—12级)进行检定。

1.1.4 “米”定义的展望

1960年国际计量大会决定用氪-86光波波长作为长度基准的同时,世界上出现了“激光”。激光就是受激辐射光的简称,它不同于普通光源的自发辐射光。激光的出现大大地改变了一般光谱线的性能,其特点是:①方向性好。光束的方向性,是指光束发散角的大小。探照灯的方向性是比较好的,但发散角有几度,激光可小到 10^{-4} 弧度、只有几秒。②单色性好(谱线纯)。单色性是指波长范围很小的一段辐射,通常用谱线宽度来衡量,激光的谱线宽度仅 3×10^{-17} 。③相干性强。由于激光的谱线宽度很窄,理论相干长度可达几百公里,现已在几百米中获得干涉条纹。由于激光具有上述优点,所以用激光波长代替氪-86作为长度基准已为时不远了。1970年9月召开的第四次“米”定义咨询委员会会议建议各国计量研究机构用甲烷或碘的分子饱和吸收装置稳定的激光取代氪-86作为长度基准。

随着科学技术的发展,国内外科学家已经在研究用激光使长度和时间的基准合而为一。因为光的波动性是与电磁波等效的,而激光完全满足了应用电磁波测量特征的技术。目前国际上时间单位是用铯原子钟的频率来定义“秒”,准确度优于 1×10^{-13} 。我们就可以使“米”和“秒”的关系,通过光速

来建立联系。因光速 $c = \lambda(\text{波长}) \times f(\text{频率})$, 所以 $\lambda = \frac{c}{f}$ 。而 c 值是物理常量, 一旦确定以后, 长度即可用时间和光速来表示, 长度测量就变成光程时间的测量。

1.2 长度测量基础知识

1.2.1 测量的一般概念

任何测量都是同一类量的比较。测量过程通常就是将采用的计量单位的量和被测的量进行比较, 从而求出比值, 可用下式表示:

$$Q = q \cdot u$$

式中: Q ——被测的物理量;
 u ——同类已知的单位量;
 q ——比值。

在长度测量中, 首先要建立统一的长度标准单位, 它是在比较各种零部件几何参数时所用的客观标准。此外, 还要有与被测零件相适应的测量方法和测量器具, 以保证测量精度。

1.2.2 测量方法的分类

在长度测量中, 测量方法是根据被测对象的特点来选择和确定的, 被测对象的特点主要是指它的精度要求、形状、尺寸大小、材料性质以及数量等等。

测量方法主要有以下几种:

(1) 按获得测量结果的方式不同, 可分为直接测量和间接测量。

a. 直接测量——被测量与同类已知量直接比较, 或预先用标准量校正量具而直接测得被测量的数值。例如用外径千分尺测量圆柱体直径。

b. 间接测量——被测量不是直接测得的, 而是通过测得

有关间接的量与被测量的已知关系计算出被测量的大小。在用间接测量比用直接测量要容易和简单时，或者在直接测量不可能实现的情况下，采用间接测量。例如用三针法测量外螺纹中径。

(2) 按量具不同的测量读数方式可分为绝对测量和相对测量。

a. 绝对测量——被测的量可以从量具上直接读出其数值。它的特点是任意被测量可以全部地和量具的标准单位进行比较。例如用游标卡尺内量爪测量孔径。

b. 相对测量——先用标准量调整量具，然后测得被测量对标准量的偏差，求得被测量的数值。它在实际测量工作中也称比较法或微差法。例如用杠杆卡规、测微计等的测量。它的基本形式是：

$$L = L_{\text{标}} + \Delta L$$

式中： $L_{\text{标}}$ ——标准量；

ΔL ——被测量相对于标准量的偏差；

L ——被测量。

(3) 按被测量表面与量具测头接触与否，可分接触测量和非接触测量。

a. 接触测量——量具测头与被测量表面接触，即表面间存在一定的测力。

在接触测量中，按接触形式可分为以下三种情况：

(a) 点接触：量具测头与被测表面呈点状接触。如用内径量表测量孔径。

(b) 线接触：量具测头与被测表面呈线状接触。如用外径千分尺测圆柱体。

(c) 面接触：量具测头与被测表面呈面状接触。如用平晶测量千分尺工作面平面性。