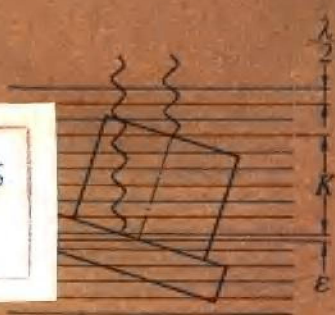


量块检定 参考资料

王承纲

711.16



$$L = (K + E) \frac{L}{2}$$

计 量 出 版 社

内 容 提 要

本书是由国家计量总局管理处组织编写的。内容包括：长度基准发展概况；量块的结构、规格；量块的名词、术语、定义、技术要求，检定要点；量块检定常用设备简介，测量误差典型分析，以及在检定中经常遇到问题的分析和解决办法等。

本书主要为量块检定人员编写，也可供计量测试科技人员、大专院校有关专业师生参考。

量块检定参考资料

王承钢 编著

责任编辑 朱桂兰

—

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—

开本 787×1092 1/32 印张 7 1/8

字数 160千字 印数 1—12 000

1982年 9 月第一版 1982年 9 月第一次印刷

统一书号 15210·160

定价 0.96 元

科技新书目：25—143

前 言

从事长度计量测试工作的同志们，不断以信函或面谈的方式建议我们，在组织制订《量块检定规程》的同时，再组编出版一本专著，系统地阐述有关量块的基础知识、测量技术和检定方法，以利正确一致地理解和应用检定规程，提高专业知识水平，并为相应的短期培训班提供教材。为此，我们在计量出版社的积极赞助下，约请中国计量科学研究院王承钢同志编写了这本《量块检定参考资料》。

本书是按照理论联系实际的原则，在综合分析实践经验、具体研究实际工作存在问题的基础上编写的，内容与检定规程紧密配合。

本书编著者对量块研究有素、经验丰富，写作过程中又进行了大量调查研究和实验，并根据量块检定规程审定会讨论的意见认真进行了修改。这样，就使本书具有了较好的适用性。

上海硅酸盐研究所刘建民同志，中国计量科学研究院杨永刚、桑绍鑫、刘智敏、郭智勇、傅葵青、袁静瑜、沈家骞等同志、国家计量总局金华彰同志、计量出版社朱桂兰同志，对于本书的成书都给予了很大的实际支持和帮助。作为本书的组织单位，我们对于王承钢同志的辛勤劳动和同志们的支持帮助一并致谢！

国家计量总局管理处

1981年11月

目 录

第一章 长度基准发展的概况和量块概述	(1)
第一节 长度基准发展的概况	(1)
第二节 量块的概述	(4)
第二章 量块的名词、术语和定义	(10)
1. 量块的中心长度	(10)
2. 量块任意点的长度	(10)
3. 量块的平面平行性偏差	(10)
4. 量块的名义尺寸	(10)
5. 量块的实测尺寸	(11)
6. 量块的测量误差和测量的极限误差	(11)
7. 量块的示值误差	(12)
8. 量块的修正量	(12)
9. 量块的尺寸偏差	(13)
10. 量块的研合性	(13)
11. 量块测量面的平面度	(14)
第三章 量块的技术要求和检定方法要点	(15)
1. 量块的受检项目和主要检定工具	(15)
2. 量块检定或使用时的标准温度	(16)
3. 量块表面的清理	(16)
4. 量块的外观质量	(16)
5. 量块的截面尺寸	(16)
6. 量块各面之间的垂直度和倒棱宽度	(17)
7. 量块的表面光洁度	(18)
8. 量块测量面的平面度	(20)
9. 量块测量面的研合性	(23)
10. 量块测量面的硬度	(26)
11. 量块的热膨胀系数	(27)
12. 量块的尺寸稳定性	(27)

13. 量块的中心长度	(28)
14. 量块的平面平行性	(34)
第四章 量块中心长度和平面平行性的测量	(36)
第一节 绝对测量法	(36)
1. 绝对测量法原理	(36)
2. 用柯氏干涉仪测量量块长度的方法要点	(45)
3. 用柯氏干涉仪测量量块平面平行性方法要点	(51)
4. 用双参考镜 1 米光波干涉仪测量量块的原理	(53)
5. 计数法	(56)
第二节 比较测量法	(57)
1. 比较测量法的原理	(57)
2. 量块长度的比较测量要点	(72)
3. 量块平面平行性测量要点	(79)
4. 结果计算	(79)
5. 长量块的测量	(80)
第三节 直接测量法	(83)
1. 直接测量的原理	(83)
2. 量块中心长度直接测量要点	(86)
3. 量块平面平行性测量要点	(91)
第五章 量块检定结果的处理	(93)
1. 量块定等	(93)
2. 量块定级	(93)
3. 有效位数	(97)
4. 检定周期	(97)
5. 检定证书	(99)
6. 历史记录	(99)
第六章 量块检定常用设备简介	(100)
1. 立式接触干涉仪	(100)
2. 0.2 微米投影光学计	(102)
3. 超级光学计	(104)
4. 技术光波干涉法	(105)
5. 立式光学计	(106)
6. 卧式光学计	(107)

7. 测长机	(108)
8. 卧式接触干涉仪	(110)
9. 柯氏光波干涉仪	(111)
10. 海尔格-瓦兹光波干涉仪	(112)
11. 弗尼姆大型干涉仪	(115)
12. JLG-1型激光量块干涉仪	(117)
第七章 量块中心长度测量误差分析	(121)
1. 量块绝对测量法的误差分析	(121)
2. 量块比较测量法的误差分析	(127)
3. 量块直接测量法的误差分析	(135)
第八章 量块检定中一些常见问题的分析和解决办法	(139)
1. 同一量块两次测量结果之间的差数	(139)
2. 薄量块的弯曲对测量结果的影响以及消除方法	(143)
3. 按等检定的量块中心长度偏差的最大限度	(147)
4. 材料对量块长度测量结果的影响	(149)
5. 量块热膨胀系数简易鉴别法	(168)
6. 三点支承工作台表面与仪器测量轴线垂直度的调整	(173)
7. 怎样确定检定周期的长短	(177)
8. 表4—4 温度控制项目在实际应用中的一些具体问题的分析...	(184)
第九章 量块的使用和保养	(188)
1. 使用量块的中心长度	(188)
2. 注意量块表面的清理	(188)
3. 按级使用与按等使用	(189)
4. 单块使用与组合使用	(189)
5. 量块长度的单对使用	(191)
6. 量块长度在使用中的单对法、多对并列法和 多对串联法	(194)
7. 量块使用中温度的影响问题	(203)
8. 量块的保养	(205)
附 录	
参考资料	(219)

第一章 长度基准发展的 概况和量块概述

第一节 长度基准发展的概况

新中国成立以后，我国在长度计量中已开始实行以公制为主的计量制度。1959年3月22日国务院第86次全体会议通过了“科学技术委员会关于统一我国计量制度和进一步开展计量工作的报告”。1959年6月25日国务院发布关于统一计量制度的命令，确定公制为基本计量制度。公制的主单位是“米”，法文原名是“Mètre”，代号为“m”。下面介绍长度基准——米定义建立和发展的历史概况：

在十八世纪末（约1790年）法国科学院受法国国会的委托，提出了“米制”的建议。1791年得到法国国会批准，决定以通过巴黎的地球子午线长度的四千万分之一定义为1米，并开始测量。1799年根据测量结果按此长度制成一根 3.5×25 毫米矩形截面的铂杆，以此杆两端之间的距离定义为1米，因为它保存在法国档案局，所以也称为“档案尺”。这是最早的米定义。由于档案尺的变形情况很坏，于是，在1872年法国召开的第二次讨论米制的国际会议上，决定放弃“档案尺”的米定义，以铂铱合金制造米原器。并在1885到1888年期间，由伦敦一家公司铸了一炉铂铱合金（铂Pt 90%，铱Ir 10%），制成了31支如图1-1所示的截面为X型的尺子，把档案尺上两端面之间的长度以两条宽度为6~8微米的刻线，复制在X型尺子的中性面上。如图1-2所示。1889年在第一次国际计量大会上，在31支截面为X型的尺子

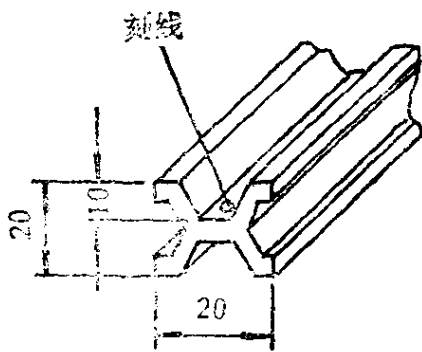


图 1-1

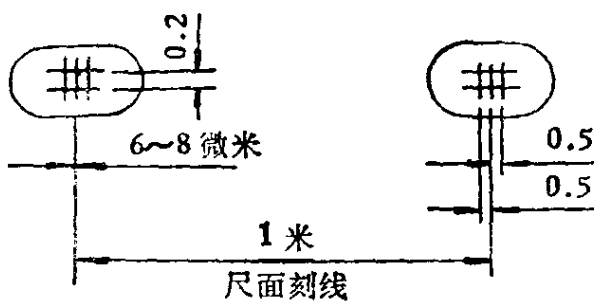


图 1-2

中，选出与档案尺 1 米数值最接近的、中性面上两条刻线沿尺轴方向在 0 摄氏度时的长度定义为 1 米的第六号尺子作为国际米原器保存在巴黎国际计量局的地下室中。其余尺子作为米的副尺分发给与会各国。各国对于巴黎就形成了长

度量值传递的隶属关系。1927 年第七次国际计量会议决定，在温度为 15 摄氏度、气压为 760 毫米汞高，二氧化碳含量为 0.3% 的干燥空气中镉 (Cd) 红谱线的波长

$$\lambda = 0.643\,846\,96 \text{ 微米}$$

作为米的证明基准

$$1 \text{ 米} = 1\,553\,164.13\lambda$$

1960 年第十一次国际计量大会正式通过决议废除了建于 1889 年的第六号 X 型截面原器作为国际长度基准的米定义，而代之以氪的同位素 86 (Kr^{86}) 原子在 $2P_{1/2} - 5d_5$ 能级之间跃迁时所辐射的谱线在真空中波长的 $1\,650\,763.73$ 倍，定义为 1 米。这个谱线为橙黄色的可见光，它在真空中的波长为

$$\lambda_{\text{Kr}^{86}} = 0.605\,780\,21 \text{ 微米}$$

氪-86 的装置，现在都选用如图 1-3 所示西德 (PTB) 的结构。灯管 1 内要求 Kr^{86} 的元素纯度在 99% 以上，充气压力在常温下为 3 毫米汞高，毛细管 7 的内径为 2~4 毫米，长

为100~120毫米。壁厚1毫米。正常工作时，要求灯管处于63K的环境之中。这时灯管内充气压力降到0.004毫米汞高，可以显著地减少多普勒效应的影响。毛细管内电流密度为0.3安/厘米²，光线沿毛细管的阴极到阳极，经观察孔射出。不断蒸发的液态氮，可以达到63K的温度。因此，Kr⁸⁶灯管在正常工作时，是安置在图1-3所示盛有液态氮的隔热容器4中。由于液氮的蒸发，会使容器中的气压增高，为此必须用真空泵不断抽去蒸发出来的氮气。容器内63K的温度用热电偶6测量。

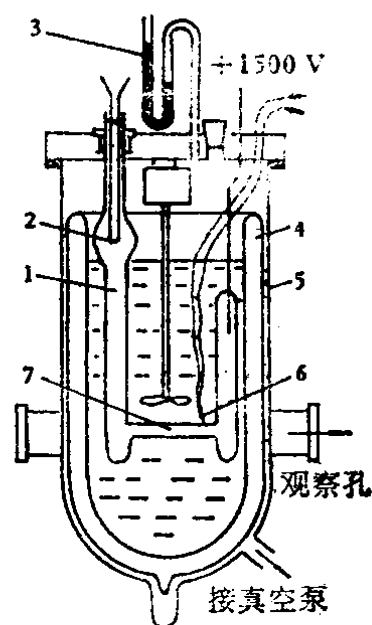


图 1-3

Kr⁸⁶原子在两个能极之间的跃迁，是一种物理现象。用自然现象来定义米，故称米的自然基准。

只要按规定的技术条件去制造和使用Kr⁸⁶装置，就可以复现出米的定义，复现精度可达 $\pm (0.5 \sim 1 \times 10^{-8})$ ，容易复现，而且具有很高的复现精度。与铂铱米原器的实物基准相比，这是自然基准的第一个特点。

没有变形问题，具有良好的长期稳定性，这是自然基准的第二个特点。

每个国家，每个部门，只要是实际需要，使用Kr⁸⁶装置，都具有相同的精度，可以免去因逐级传递而降低精度。这是自然基准的第三个特点。因此，自然基准与实物基准相比，具有显著的优越性。

我国于1963年，由西德进口（PTB）结构的热阴极和冷阴极Kr⁸⁶灯管及全套容器。用管状石英标准具和摄谱仪，对

它们所发射 $6057\text{\AA}$ 谱线的波长作了互相比对,复现精度达到 1×10^{-8} ,从此我国也建立了 Kr^{86} 长度基准。

以 Kr^{86} 的橙黄谱线的波长定义的米,与铂铱原器定义的米比较起来,它的优越性是显而易见的。但是长度计量工作都要在20摄氏度的温度下进行,而 Kr^{86} 的灯管恰要在 63K(即 -210摄氏度)的状态下工作,只这一点,再加上别的原因, Kr^{86} 基准的橙黄谱线,只能在精度上必须与米定义的长度直接联系的少数情况下才有必要使用,大多数的干涉测量中应用的都是工作谱线。氪-86 (Kr^{86}) 灯除橙黄以外的其他谱线,氪 (Kr) 灯的红、黄、绿、紫等谱线;氦 (He) 灯的红、黄、绿、蓝绿、蓝、紫等谱线;镉 (Cd) 灯的红谱线;汞 198 (Hg^{198}) 灯的黄₁、黄₂、绿、紫等谱线和稳频氦-氖 (He-Ne) 激光器的红谱线等,均为工作谱线。波长的相对误差 $\Delta\lambda/\lambda$ 一般都在

$$\Delta\lambda/\lambda = \pm (0.5 \sim 1) \times 10^{-7}$$

在机械制造业中大量进行的长度计量,是把长度量值从工作谱线的波长,过渡到量块和线纹尺上,再由各种精度的量块和线纹尺过渡到机械零件和成品的尺寸上。

第二节 量块的概述

量块是用两个相互平行的测量面之间的距离来决定其工作长度的一种高精度量具。有如图1-4 (a) 所示的矩形截面的长方体量块;有如图 1-4 (b)所示的圆形截面的圆柱体量块 ($\phi = 20$ 毫米);有如图 1-4 (c) 所示的圆孔的方形截面的长方管体量块 ($a \times b = 25.4 \times 25.4$ 毫米,中间有 $d = 6.35$ 毫米的圆孔);有如图 1-4 (d) 所示的圆环形截面的圆管体量块 ($D = 15$ 毫米, $d = 5$ 毫米);图1-4 中的 L 均为量块

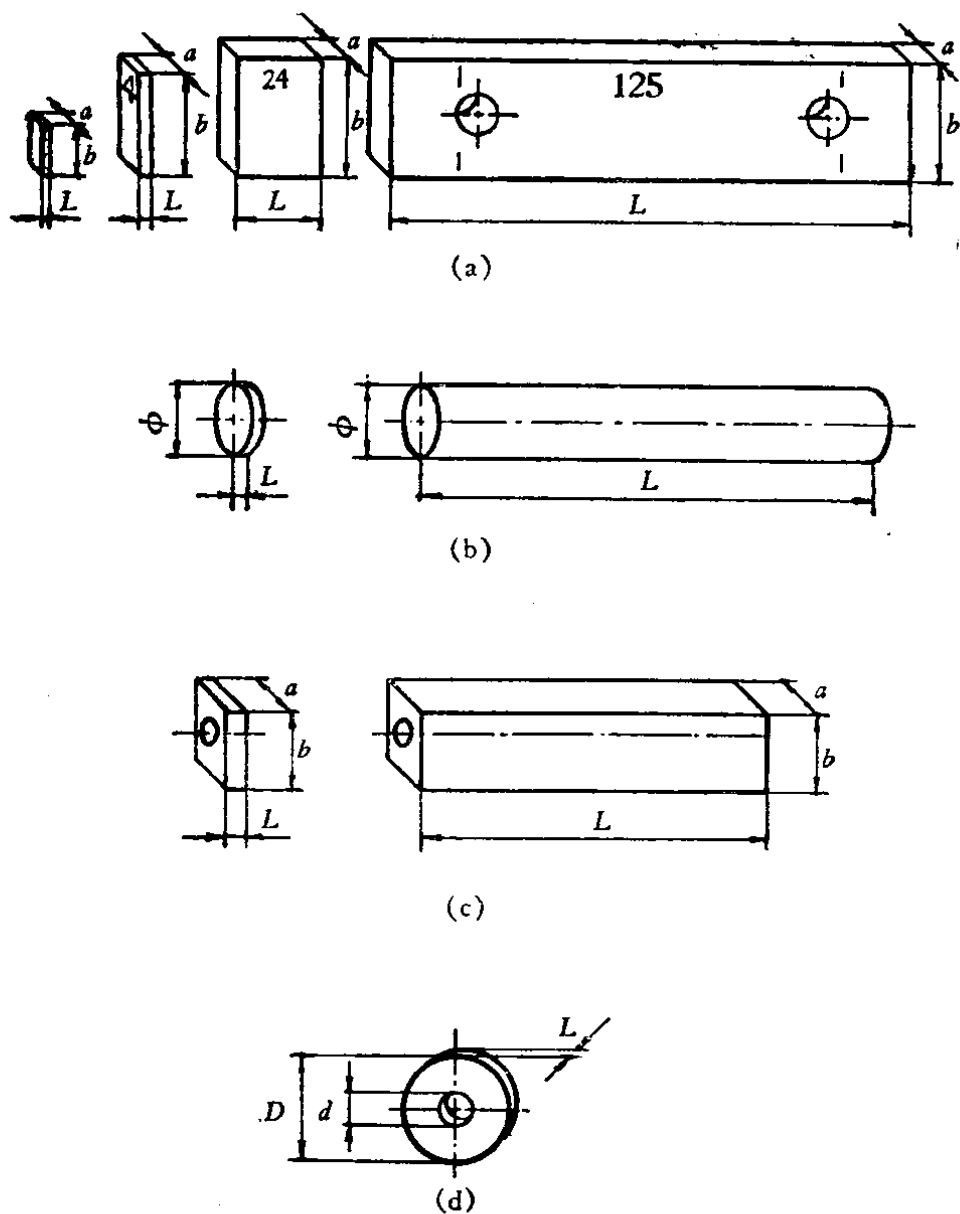


图 1-4

的工作长度。我国与世界各国一样，绝大多数都采用矩形截面的长方体量块，截面尺寸如表1—1所示。本文所介绍的内容均以此为主。

表 1—1

量块名义尺寸(毫米)	截面尺寸 $a \times b$ (毫米)
< 0.5	5×15
$\geq 0.5 \sim 10$	9×30
> 10	9×35

量块各面称呼如图 1-5、图 1-6 和图 1-7 所示,图中上、下为上、下测量面; 前、后、左、右, 为非测量面; a 、 b 、 c 、 d 、 Q , 为测量面上测量点的位置。

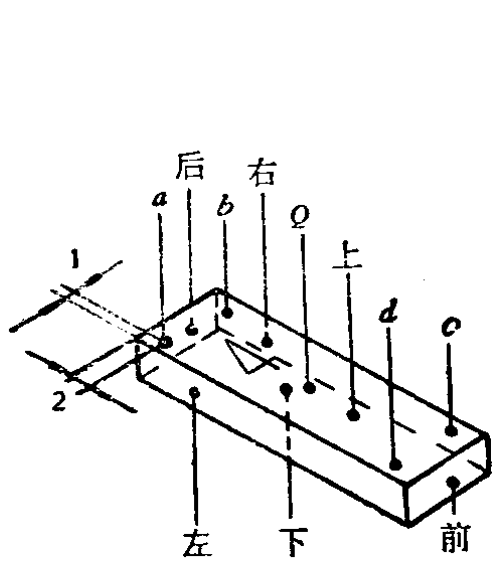


图 1-5

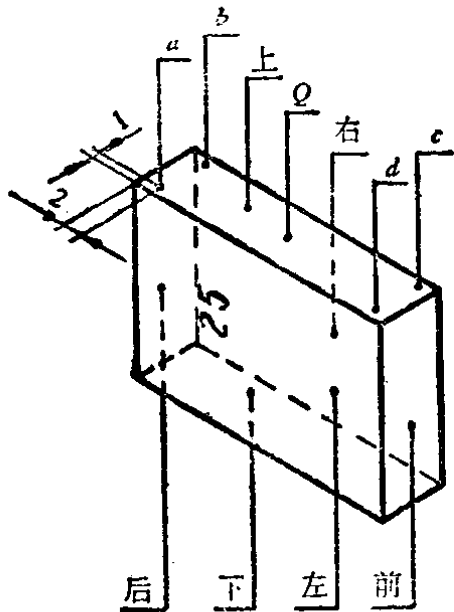


图 1-6

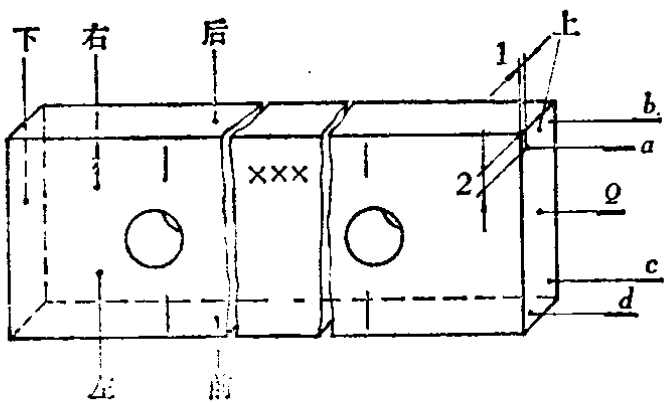


图 1-7

量块上、下两测量面之间的距离为量块的工作尺寸。每一个量块, 都只有一个可供使用的尺寸, 这对实际测量中要用到多种尺寸来讲是很不方便的。但是当测量面表面质量完善

到一定程度的时候, 两量块测量面之间就具备能够相互研合的性能。这样就可以把两块或多块研合在一起, 组合出各种尺寸, 以供实际测量时使用。用较少的块数, 组合出较多的尺寸, 这就要求量块具有成套性, 并且在整套量块中, 每块

表 1—2

套别	总块数	级 别	名义尺寸系列 (毫米)	间隔 (毫米)	块数
1	83	0, 1, 2, 3	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02,1.49	0.01	49
			1.5, 1.6,1.9	0.1	5
			2.0, 2.5,9.5	0.5	16
			10, 20,100	10	10
2	46	0, 1	1	—	1
			1.001, 1.002,1.009	0.001	9
			1.01, 1.02,1.09	0.01	9
			1.1, 1.2,1.9	0.1	9
			2, 3,9	1	8
			10, 20,100	10	10
3	38	1, 2, 3	1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02,1.09	0.01	9
			1.1, 1.2,1.9	0.1	9
			2, 3,9	1	8
			10, 20,100	10	10
4	10	0, 1	1, 1.001,1.009	0.001	10
5	10	0, 1	0.991, 0.992,1	0.001	10
6	10	0, 1, 2	1, 1.01, 1.02,1.09	0.01	10
7	20	0, 1, 2	5.12, 10.24, 15.36, 21.5, 25	—	各1
			30.12, 35.24, 40.36, 46.5, 50	—	
			55.12, 60.24, 65.36, 71.5, 75	—	
			80.12, 85.24, 90.36, 96.5, 100	—	
8	8	0, 1, 2, 3	125, 150, 175, 200, 250, 300, 400, 500	—	各1
9	5	0, 1, 2, 3	600, 700, 800, 900, 1000	100	各1
10	4	1, 2, 3	1.5, 1.5, 2, 2或1, 1, 1.5, 1.5	—	各1

量块的工作尺寸要分布合理。我国成套量块的尺寸分布情况如表1—2所示。

由于几何形状的特点,量块具有易于制造、易于用光的波长直接对它的工作尺寸作精确度较高的测量,又易于把它的工作尺寸较精确地过渡到机器制造业中、各种计量器具以及

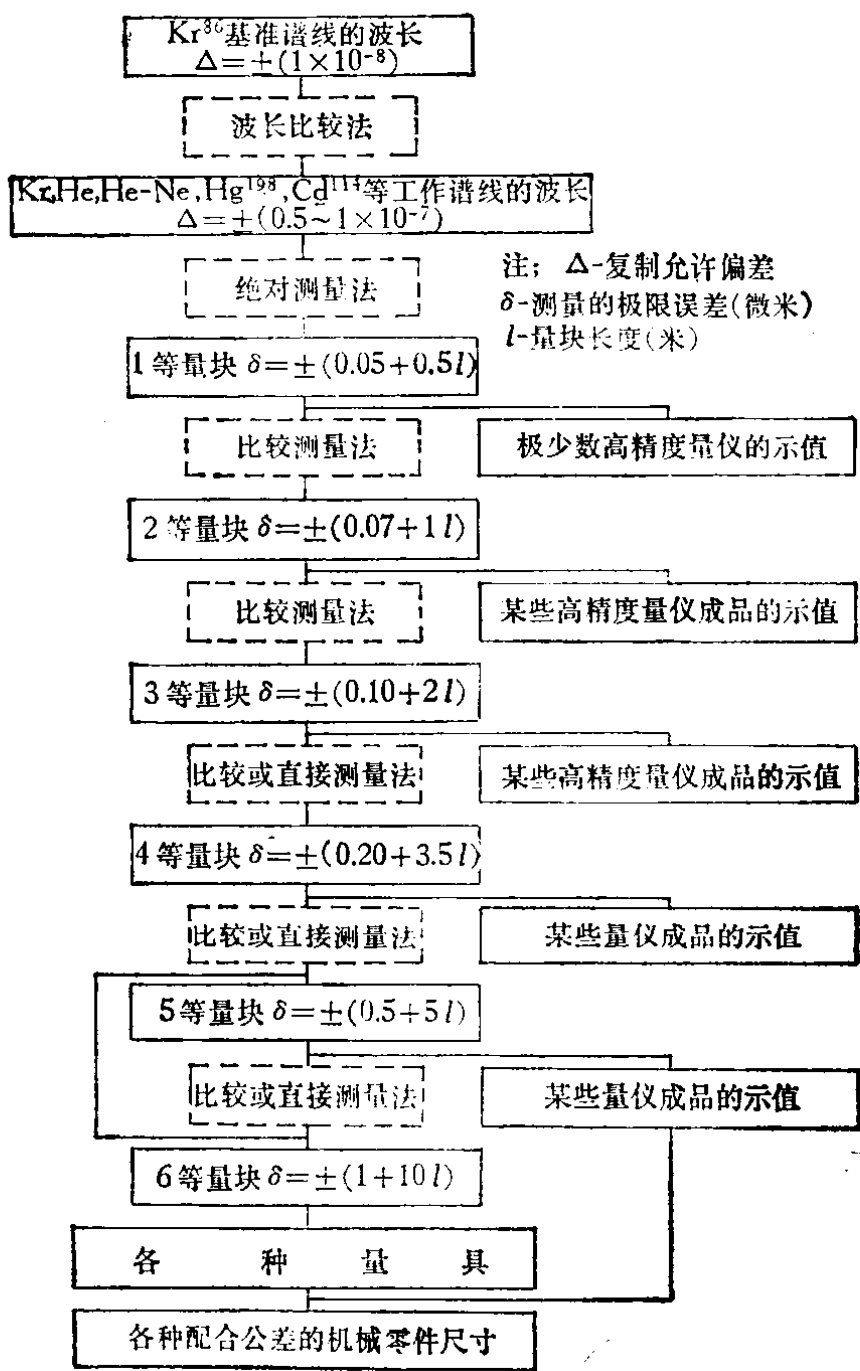


图 1-8

机械零件上去,把机械产品的尺寸,与国家的和国际的米定义基准器所复现的长度联系起来,以达到量值统一,保证产品的互换性,提高生产效率的目的。因此,量块自问世以来,就被广泛应用在长度量值的传递系统中。把机械产品的尺寸与长度基准器所复现的尺寸联系起来的渠道,称为量块的量值传递系统,我国现行的量块的量值传递系统如图 1-8 所示。

对量块工作尺寸的测量或者用量块去测量机械零件,都是和量块的测量面相接触的。因此,为了保证量块尺寸的准确可靠,要求量块的材料必须具有长期的尺寸稳定性,量块的测量面应有足够的耐磨性。

我国和世界各国一样,机械制造中的各种尺寸,都是以20摄氏度为标准温度测得的。但是在实际测量过程中,都不可能恰好在20摄氏度的温度下进行。为了减少温度偏离20摄氏度而引起的大的系统误差,还要求量块材料的热膨胀系数与被测对象的热膨胀系数尽可能的接近。因为机械制造业中的产品的材料多数为钢或铁,所以,量块的材料大多选用GCr15轴承钢制造。其他材料或因尺寸稳定性不好,或因耐磨性不好,或因热膨胀系数在这一块或那一块材料之间相差太大而不宜大量采用,只宜为特殊的需要,制造一些专用的量块。

名义尺寸小于0.5毫米和大于 1000 毫米的量块,由于使用和制造量都很少,而且使用和制造上都有具体的特殊要求,所以,这里所介绍的内容,是以长度为 0.5 毫米到1000毫米的量块为对象,包括新制造的,修理后和使用中的钢质量块。

第二章 量块的名词、术语和定义

1. 量块的中心长度

量块一个测量面的中点，至与此量块另一测量面相研合辅助体表面之间的距离，定义为量块的中心长度（如图 2-1 所示的 L ）。这时量块应不受任何机械外力的作用而使其长度发生变化，辅助体表面的品质和材料应与量块相一致。

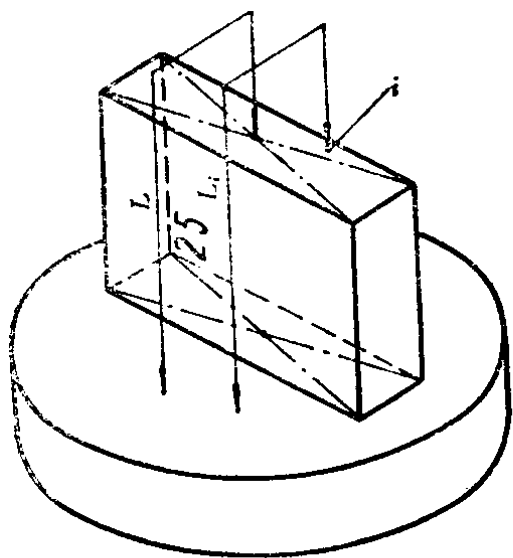


图 2-1

2. 量块任意点的长度

量块一个测量面上任意点 i ，至上述辅助体表面之间的距离，称为量块任意点的长度。如图 2-1 所示的 L_i 。

3. 量块的平面平行性偏差

根据我国近几十年来已经形成的习惯，量块测量面上任意点（不包括距测量面边缘 0.5 毫米的区域）的长度与中心长度之差的最大值的绝对值，即称为量块的平面平行性偏差。

4. 量块的名义尺寸

按某种比值，复现长度米定义计量单位的量块中心长度尺寸称为量块的名义尺寸。例如：名义尺寸为 50 毫米的量块，它是按 1:20 的比值复现长度计量单位 1 米的尺寸。名义尺寸也称为标称尺寸。量块的名义尺寸一般都刻印在量块上，

所以也称为量块的示值。

5. 量块的实测尺寸

用一定的方法对量块进行测量而测得的尺寸，称为量块的实测尺寸。因为任何测量都不可避免会有测量误差，因此，实测尺寸总是不十分精确。它只是在一定程度上接近于量块的真实尺寸。

6. 量块的测量误差和测量的极限误差

测量误差，就是被测量块的实测尺寸 L 与真实尺寸 x 之差。用下式表示：

$$\delta = L - x \tag{2-1}$$

用图解法表示 L_i ， x ， δ_i 之间的关系，如图 2-2 所示。由于任何测量都不可避免带有测量误差，虽然不易测到量块的真实尺寸 x ，但用一定的方法总可以测到量块的实测尺寸

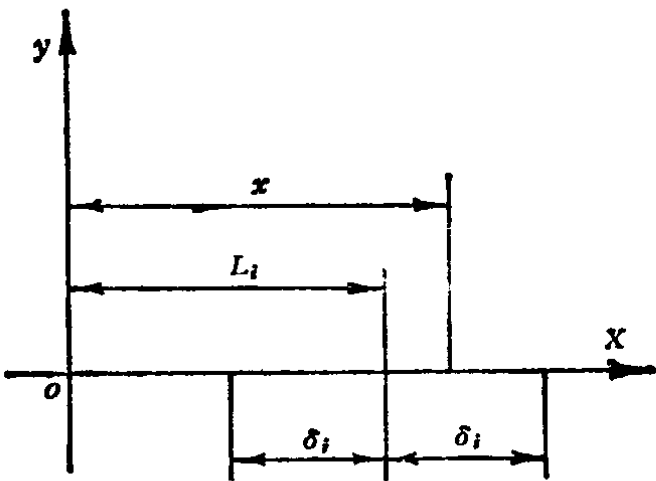


图 2-2

L 。由于存在测量误差 δ ，那么，被测量块的真实尺寸必在以 L 为中心、 $\pm\delta$ 区域之内。可见，测量误差 δ 越大，量块的实测尺寸与其真实尺寸的接近程度就越差，测量方法的精确度就越低。如果用一定的方法，对真实尺寸为 x 的量块，进行多次独立的测量，测得一系列尺寸 $L_1, L_2, L_3, \dots, L_i, \dots$