

谭庆永 主编
何 贡 审



长度计量

技术问答

中国计量出版社

内 容 提 要

本书是为了提高厂矿企业从事长度计量和量具量仪修理人员的技术水平,使这些初级计量人员具有进行业务工作所必备的基础知识和实际工作能力而编写的。

该书以问答的形式,汇编了初级长度计量人员在实际工作中必须掌握的知识;生产实际中经常遇到的一些问题,以及部分机械制造工厂和企业 in 定级升级中的考核题目。书中内容全面,重点是几何量计量技术知识的普及。文字简明,通俗易懂。

全书共分十二章,内容包括:长度计量基础知识;公差与配合;测量误差基本知识;量块及其检定;量具及其修理与检定;螺纹、齿轮及其测量;表面粗糙度及其测量;形位误差与测量;角度、锥度、圆分度及其测量;常用光学计量仪器及调修;电动量仪与气动量仪。

本书可供厂矿企业计量部门从事长度计量检定的人员和量具量仪修理人员学习使用,还可以作为上述人员定级升级考核命题及解答的主要参考书。

长 度 计 量 技 术 问 答

谭庆永 主编

何 贡 审

责任编辑 刘瑞清

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092/16

印张 17.5 字数 426 千字

1990年10月第1版

1990年10月第1次印刷

印数 1—10 000

ISBN 7-5026-0324-7/TB·266

定价 11.50元

前 言

《计量法》颁布后,进一步推动了计量工作的开展。为了提高产品质量和促进机械工业的改造和发展,为使产品在国内和国际市场具有较强的竞争能力,必须重视和加强计量工作。此外,近几年来,计量队伍中新人不断增加,培训工作日益紧迫。为了提高厂矿企业长度计量专业技术人员的技术水平,使这些初级计量人员具有进行业务工作所必备的基础知识,以便于提高在职计量人员的实际工作能力及升级考核的需要,我们组织了部分从事多年长度计量专业工作并有较多实际经验的同志,编写了这本《长度计量技术问答》。

该书以问答的形式,汇编了长度计量检定人员、量具量仪修理人员必须掌握的知识;生产实际中经常遇到的一些问题,以及部分机械制造工厂和企业定级升级中的考核题目。书中内容全面,重点是几何量计量技术知识的普及,也适当地编入了少量的新技术。文字简明,通俗易懂。

全书共分十二章,内容包括:长度计量基础知识;公差与配合;测量误差基本知识;量块及其检定;量具及其修理与检定;螺纹、齿轮及其测量;表面粗糙度及其测量;形位误差与测量;角度、锥度、圆分度及其测量;常用光学计量仪器及调修;电动量仪与气动量仪。

本书可供厂矿企业计量部门从事长度计量检定的人员和量具量仪修理人员学习使用,还可以作为上述人员定级升级考核命题及解答的主要参考书。

本书由谭庆永同志编,何贡同志主审。参加编写工作的主要有于九洲、谭德星、李毓森同志,并请刘瑞清同志编写了第一章和第十章,王斌蔚同志编写了第九章,张万夫同志编写了第十二章。孟汉成、陈志庆、李孝刚、庞庆龙、李天志、常旭东、向德清、金元明、邓德云、张大生、蔡群声、任耀华、姚敏、马天娥等同志在完成本书初稿时也作了一部分编写工作。

本书在定稿前,徐孝恩、王轼铮、王永立等同志提了许多宝贵意见,在此表示致谢。

长度计量技术内容极为丰富,由于我们的水平所限,书中不足和错误之处,希望读者批评指正。

编 者

1989年10月

目 录

第一章	长度计量基础知识	(1)
第二章	公差与配合	(12)
第三章	测量误差基本知识	(16)
第四章	量块及其检定	(24)
第五章	量具及其修理与检定	(34)
第六章	螺纹及其测量	(92)
第七章	齿轮及其测量	(111)
第八章	表面粗糙度及其测量	(141)
第九章	形位误差与测量	(149)
第十章	角度、锥度、圆分度及其测量	(187)
第十一章	常用光学计量仪器及调修	(219)
第十二章	电动量仪与气动量仪	(253)

第一章 长度计量基础知识

1-1 什么是量?

答:“量”的定义是:“现象、物体和物质的可以定性区别和定量确定的一种属性”。按此定义,有两种不同性质的量,即可测量和可数量。用以描述物理现象或物体特性的量称为可测量。例如100mm长的轴杆;20 Ω 的电阻;37.2 $^{\circ}\text{C}$ 的体温;10m/s的风速等等都属于可测量。仅仅用于确定数目多少的量,称为可数量或统计量。可数量不能通过测量来得到,但可通过计数的办法获得。例如8台机床,10辆汽车等等。可数量主要强调被数个体的数目,而并不着重在被数对象的单位,因此,可数量实际上仍然是一个“数”的概念,不是“量”的范畴。所以,通常在不加以说明的情况下,所指的量都是可测量。

可测量绝大部分是物理量,包括以下一些方面:

- (1) 空间和时间方面:例如平面角、立体角、长度、面积、体积和容积、时间、角速度、速度、加速度等;
- (2) 周期及其有关现象方面:例如频率、旋转速度等;
- (3) 力学方面:例如质量、密度、动量、力(重力)、力矩、压力、粘度、表面张力、功(能)、功率等;
- (4) 热学方面:例如热力学温度、摄氏温度、线胀系数、热量、热流量、热导率、热容、比热容等。

此外,还有电学和磁学方面的电流、电荷;光及有关电磁辐射方面的波长、辐射能以及声学、物理化学、原子物理学和核物理学方面的许多可测量。

1-2 试述量值的概念。

答:用数和适宜的计量单位表示的量称为量值。即量值是数值和计量单位的乘积。例如杆长1m,重物15kg,时间10min等。

为了在全国范围内实现量值一致(量值统一),保证一切测量结果准确可靠,必须做好以下几项工作:(1)用国家法律形式或行政命令办法发布国家法定计量单位,统一全国计量单位制度;(2)建立复现计量单位的国家计量基准和传递所需的各级计量标准,这是确立量值准确一致的物质技术基础;(3)制订相应的计量检定系统和检定规程等技术法规,以确定被认可的被检项目、设备、方法和环境条件等;(4)计量人员必须经过严格的培训和考核,有良好的技术素质,能正确完成计量过程。

此外,还有一概念必须搞清,即表征某量在所处的条件下完善地确定的量值称为量的真值。量的真值是理想的概念,一般说来是不可能确切地知道的,因为没有误差的计量器具是不存在的,理想的测量条件也是不存在的。在实际中,人们所从事的是“不完善”的测量,因此,只能得到接近于真值的量值。

1-3 什么是计量单位?

答:用来标志量或数的大小的指标统称为单位。标志可测量大小的单位称为计量单位。计量单位是一个有明确定义和名称,并命其数值为1的固定量。

例如1m（一米）、1kg（一千克）、1s（一秒）等都是计量单位。米、千克和秒就是它们的名称，并且米、千克和秒都有明确的定义。

举例来说，米的定义明确规定为：“米是光在真空中在 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内所经过的距离”等。

1—4 什么是计量单位制？

答：由于计量单位是人们选定的，带有任意性，因而造成了历史上有关计量单位问题的严重混乱：首先是对同一个量选用了许多不同的计量单位，如长度的单位有米、市尺、英尺等等；其次是对每个单位的倍数和分数单位采用不同的进位制度，有10进位、12进位、16进位和60进位等等；再者是很少考虑由于量与量之间的联系所决定的单位与单位间的联系，使得应由全部单位构成的完整总体变成了缺乏逻辑联系的一个庞杂混合体，难记又难用。为了适应世界各国贸易往来和科学技术交流的需要，必须消除上述混乱，建立单位制。具体作法是：独立地选定某几个量的单位，其他量的单位则利用上述单位并根据量与量之间存在的规律性联系逐个地推导出来；统一规定每个单位的名称、符号，倍数和分数单位一律采取10进位制，等等。这样构成的全部单位的总体及一套有关规定，就叫作计量单位制。

1—5 什么是法定计量单位？

答：法定计量单位就是由国家以法令的形式规定允许使用的计量单位。凡属法定计量单位，在一个国家里，任何地区、任何部门、任何机构和任何个人，都必须毫无例外地遵照采用。

以法令的形式规定计量单位，是古今中外的普遍做法。两千多年前，秦始皇以诏书形式颁布的“度、量、衡”单位，就是当时的法定计量单位。

新中国成立后，国务院于1959年发布的《关于统一我国计量制度的命令》中提出的统一公制（即米制）计量单位名称方案，就是我国过去的法定计量单位，该命令确定以米制为我国的基本计量制度，在推广米制、改革市制、限制英制和废除旧杂制方面，发挥了重要的历史作用，基本统一了我国的计量单位。

1984年2月27日国务院颁布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》所规定的《中华人民共和国法定计量单位》，是我国新规定采用的法定计量单位，并且第一次明确使用了“法定计量单位”这个名称。它是以国际单位制（简称SI）单位为基础，根据我国的具体情况，适当地增加了一些其他单位构成的。其主要特点是更加完整、具体，而且结构简单、科学性强、使用方便、易于推广（易教、易学、易记）；同时与国际上所采用的计量单位更加协调。因为它是法定单位，而且是以国务院命令的形式发布的，所以各行各业都必须遵照执行。

世界上其他国家也都采用类似的形式规定本国的计量单位，有些国家还写进宪法，强制实行。

从事这些立法的国际协调组织是国际法制计量组织（OIML）。

1—6 推行法定计量单位有何重要意义？

答：推行法定计量单位是进一步统一我国计量制度的重大决策。它将彻底结束多种计量单位制在我国并存的现象，使我国的计量单位达到完全的统一。由于法定计量单位是以国际单位制为基础的，除了国内统一之外，还可以与国际上统一。

国内统一，可以避免由于多种单位制并用而引起的混乱和不必要的换算，节省大量的人

力、物力和经济开支，并可促进科学技术、文化教育和工农业生产的发展。

国际统一，将使我国在国际交往中与绝大多数国家具有共同的国际计量语言和交流工具，推动我国对外贸易、科技协作和文化交流的发展。

1—7 我国为什么采用国际单位制？

答：从1832年德国科学家高斯提出第一种严格意义的计量单位制以来，经过各国科学家、计量学家的长期努力，终于在1960年的国际计量大会上通过了国际单位制。它是一种迄今适用领域最广泛、获得国际上最普遍的承认、构成原则简单、实际使用方便的计量单位制。具体地说，它有以下三个优点：

(1) 严格的统一性

国际单位制包括了所有理论与应用科学中所需的全部计量单位，可以使科研、生产、文教、贸易和人民生活各个方面应用的计量单位统一在一个单位制中，有利于促进国际上的科学技术、文化教育与经济的交流。

由于采用了国际单位制，可以消除多种单位制并存的弊病，避免了在单位采用中的不合理现象和矛盾。

(2) 突出的简明性

国际单位制取消了相当数量的各种单位，从而省掉了许多不同单位制单位之间的换算系数、简化了运算过程，减少了产生差错的环节和减小了换算的误差。

(3) 广泛的实用性

国际单位制的全部基本单位和大多数导出单位的大小，对于科学技术的各个领域和文教、生产和人民生活等各个方面都适用，而且还有数值范围很广的词头可供选择，因而具有广泛的实用价值。

1—8 常用长度法定计量单位有哪几个？其中哪一个单位是主单位？

答：常用长度法定计量单位有：“米”，它是长度的基本单位，符号为“m”。还可以根据SI词头与“米”构成“米”的10进倍数和分数单位共16个。其中“千米”（俗称“公里”）的符号为“km”，“厘米”符号为“cm”，“毫米”符号为“mm”，“微米”符号为“ μm ”，“纳米”符号为“nm”，“皮米”符号为“pm”，“飞米”符号为“fm”。上述7个是常用的，它们与“米”的关系是：

$$1\text{km}=10^3\text{m}$$

$$1\text{cm}=10^{-2}\text{m}$$

$$1\text{mm}=10^{-3}\text{m}$$

$$1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$$

$$1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$$

$$1\text{pm}=10^{-12}\text{m}$$

$$1\text{fm}=10^{-15}\text{m}$$

其中，米（m）是主单位。

1—9 哪些常用的长度计量单位应淘汰？

答：公尺(M)、公寸、公分、公厘、公丝、公微(μ 、 μM 、 $\text{m}\mu$)、厘米、丝米(dmm)、忽米(cmm)、毫微米($\text{m}\mu\text{m}$)等单位名称与符号均与法定单位名称与符号不一致，应淘汰。把毫米的符号写为MM、M/M或m/m，把千米的符号写为KM、KMS等也是错误的。

又如常用的英制长度单位名称哩（海里）、英里（哩）、英海里、码等也不是法定计量单位，应淘汰。

1—10 什么叫计量器具、计量仪器（仪表）？

答：凡能以直接或间接测出被测对象量值的量具、计量仪器（仪表）和计量装置，统称为计量器具。

计量器具也包括计量基准、计量标准。

将被测的量转换成可直接观测的指示值或等效信息的计量器具称为计量仪器（仪表）。如干涉仪、测长仪、电流表等。

1—11 什么叫测量？

答：一个量的大小，用量值表示，量值如何获得是通过测量来实现的。测量就是“为确定被测对象的量值而进行的实验过程”。

1—12 什么叫测试？

答：测试是具有试验性质的测量。测试也可以理解为试验和测量的全过程。

测试往往都是为了解决科研、生产过程中被测对象的特性，采用测量的手段，但又没有确切的途径和测量方法，而需要进行研究和试验，往往反复试验反复测量，最后拿出了数据，解决了问题。因此，人们把这种具有探索性的测量，即具有试验研究性质的测量看成是测试的过程。

1—13 计量的含义及与测试的区别是什么？

答：计量和测试之间的关系是十分密切的。一般认为计量是通过建立基准、标准，进行量值传递，旨在实现统一、准确的测量，目的是为了统一量值，单位是法定的；测试是具有试验性质的测量，目的是通过多参量的试验来确定其物体的特性或条件的最佳状态，单位也可以是任意选定的。

1—14 什么叫检定？

答：计量器具只有在准确一致的基础上才有使用价值。如何使各种计量器具准确一致、又如何达到全国量值的统一呢？就要对计量器具开展计量检定。“检定”是统一量值、确保计量器具准确一致的重要措施；是进行量值传递或量值溯源的重要形式；是为生产、科研、人民生活提供计量保证的重要条件；也是实行国家监督的一种手段。

检定具有下列特点：（1）检定的对象是计量器具（包括标准物质）；（2）检定的目的是确保量值的统一，确保量值的溯源性，所以它主要评定的是计量器具的计量性能，确定其误差大小、准确程度、寿命、安全等等；（3）检定的结论是要确定该计量器具是否合格，即新制的可否出厂，使用中的能否继续使用；（4）检定具有法制性，检定结果具有不同的法律地位和效力。根据检定的这些特点，我们把检定定义为“为评定计量器具的计量性能（准确度、稳定度、灵敏度等）并确定其是否合格所进行的全部工作”。

1—15 什么叫检定规程？

答：检定规程是“为评定计量器具的计量性能，作为检定依据的具有国家法定性的技术文件”。检定规程的特点是：（1）其目的用于计量器具的检定，是从事计量检定的技术依据；（2）其对象是计量器具；（3）其性质是国家法定性的技术文件，是一种国家技术法规；（4）其作用是确保计量器具的准确一致，以使其量值在一定允差范围内能溯源到国家基准，并对计量器具实行国家的测量监督；（5）其内容主要包括：检定规程的适用范围

围, 计量器具的计量性能, 检定项目、检定条件、检定方法、检定周期及检定结果的处理等。

1—16 什么叫量值传递?

答: 单位量值从国家基准传递到被测对象具有两个环节, 即由基准到标准再到工作用计量器具为一个环节, 这是检定的过程; 而由工作用计量器具到被测对象为另一个环节, 这是测量的过程。从计量的特定含义出发, 把量值传递定义为“通过检定, 将国家基准所复现的计量单位量值通过标准逐级传递到工作用计量器具, 以保证对被测对象所测得的量值的准确和一致。

1—17 校准和检定有何区别?

答: 确定计量器具示值误差 (必要时也包括确定其他计量性能) 的全部工作为校准。或者说, 校准是被校的计量器具与高一等级的计量标准相比较, 以确定该计量器具的示值误差, 有时也包括其他计量特性。校准和检定是两个不同的概念, 但有密切的联系。如果校准是检定工作中示值误差的检定内容, 则校准就是检定的一个组成部分; 否则校准就不是检定。

有的同志把校准理解为调整到规定误差范围的过程。这种理解是不确切的, 校准中可以进行调整, 但不能说调整过程就等于校准。

1—18 比对和检定有何区别?

答: 比对是在规定条件下, 对相同准确度等级的同类基准、标准或工作用计量器具之间的量值进行比较。当缺乏高一等级的计量标准时, 往往通过比对来统一量值, 如有时将同类基准进行比对以确定并验证基准量值的变化。

比对和检定是两个不同概念。比对是用同等准确度的计量器具进行比较, 其目的是考核其量值的一致性; 检定是用高一级准确度等级的计量器具和低一级计量器具相比较 (一般计量标准的准确度应为被检计量器具准确度的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$), 以全面评定被检计量器具的计量性能是否合格。

1—19 什么是检定条件、检定方法和检定周期?

答: 检定条件是检定规程中所用计量标准、检定设备和环境条件所作的规定; 检定方法是检定规程中所规定的操作方法和步骤; 检定周期是计量器具相邻两次周期检定之间的时间间隔。

1—20 什么叫标称值、示值?

答: 标称值是指“在量具上标注的量值”。如量块、砝码上标注 10mm、1 kg 等。示值是指“由计量器具指示的被测量值”。计量器具示值的概念如用于量具, 则示值即指量具的标称值。示值是一个量值, 它必须有数值和单位所组成, 有时可以直接得到, 有时则需要乘以一个系数求得。示值和测得值有一定区别, 但又十分近似。示值是计量器具指示的值, 测得值是通过测量所得到的值。往往测量所得到的值是通过计量器具的示值来表现的。所以, 实际上示值就是不经修正的测得值。

1—21 示值、观测、读数的区别是什么?

答: 示值是计量器具指示的被测量值。观测则是为了取得这一被测量值, 人们记取计量器具示值的一种操作。观测的形式很多, 可以眼观, 也可以耳听, 如对指示仪表示值进行读数, 观测被测对象与标准灯泡亮度的平衡, 用耳听接收声讯号等。可见, 读数是人们进行观测的一种形式或手段, 而且大部分对示值进行观测是以读数方式进行。示值既然是指示的被

测量值，因此它必须具有计量单位，是一个有名数，读数一般都是记取它的数值，往往是无名数，所以读数不等于示值。

由于示值、观测、读数的概念不同，相应的示值误差、观测误差、读数误差三者同样也有明确的区别。示值误差是示值对真值之差。观测误差是“测量过程中观测者由于主观判断在观察时所造成的误差，是指观测者引起的误差。读数误差是“由于观测者对计量器具读数不正确所引起的误差”，当然读数误差是观测误差的一种形式，读数误差一般包括视差、估读误差两个方面。

1—22 什么叫刻度和分度值？

答：在计量器具上指示不同量值的刻线标记的组合称为刻度。刻线标记包括刻线、数字和计量单位。相邻两刻线所代表的量值之差称为分度值。

1—23 什么叫示值范围、测量范围和量程？

答：示值范围是指计量器具所能指示的范围，即由计量器具所显示或指示的最低值(起始值)到最高值(终值)的范围。测量范围是指计量器具允许误差已限定了的被测量量值的范围。量程是指测量范围上限值和下限值之差。

1—24 什么叫稳定度？

答：稳定度是在规定工作条件内，计量器具某些性能随时间保持不变的能力。它是影响计量器具计量性能的重要特性。稳定度由计量特性随时间变化的程度来表征。如年稳定度，即用间隔一年前后两次检定结果之差来表示。过去也称稳定性，考虑到它的结果都是用具体的数值来表达，为了和准确度、灵敏度的“度”相一致，故统一改称为“稳定度”。

1—25 试述误差和修正值的概念？

答：误差是评定精度的尺度，误差小表示精度高，误差大表示精度低。在测量中，由误差表示测得值与真值之差。

若令误差为 δ ，测得值为 x ，真值为 x_0 ，则有

$$\delta = x - x_0$$

如果 x 代表计量器具的示值或其他名义值、标称值，则 δ 为示值误差或其他误差。

由于真值一般不知道，故常用高精度的即本身误差可忽略的量值来替代(详见第三章)。

修正值是为消除系统性误差而用代数法加到测量结果上的值，它与误差值大小相等，但正负符号相反。

例如：一量块标称尺寸为10mm，经检定后实际值为10.000 5mm，故量块尺寸10mm是有误差的，其误差值为 $10 - 10.000\ 5 = -0.000\ 5\text{mm}$ ，修正值则为 $+0.000\ 5\text{mm}$ ，使用时应按 $10 + 0.000\ 5 = 10.000\ 5\text{mm}$ 。

1—26 什么叫精密度、正确度和准确度(精确度)？

答：表示测量结果中的随机误差大小的程度叫精密度。

精密度是指在一定的条件下进行多次测量时，所得测量结果彼此之间符合的程度。精密度通常用随机不确定度来表示。

表示测量结果中的系统误差大小的程度叫正确度。

正确度是指在规定的条件下，在测量中所有系统误差的综合。理论上对已定系统误差可用修正值来消除。

表示测量结果与真值的一致程度，即测量结果中正确度与精密度的综合称为准确度(精

确度)。

从误差观点来看,准确度反映了测量的各类误差的综合。

1—27 什么叫不确定度?

答:不确定度是表示由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度。若已修正所有已定系统误差,则准确度可用不确定度来表示。

不确定度是建立在误差理论基础上的一个新概念。由于不确定度包括测量结果中无从进行修正的部分,它反映了测量结果中未能确定的量值的范围。严格地说,作为一个测量结果,不仅要表示其量值大小,而且只有标出其测量的不确定度,才能叫一个完整的测量结果,才可能使人们知道其测量结果的准确可靠程度。

1—28 试述测量方法的分类。

答:测量的具体方法是由被测量值的种类、数值的大小、所需要的测量准确度、测量速度的快慢、进行测量所需的条件以及其他一系列因素来决定的。

每个物理量都可以根据其技术特性和操作方法特性的不同特点用很多种方法进行测量。随着科学技术的不断发展,测量方法还会不断增多。

为了探讨这些测量方法的特征,正确地选择测量方法,就要对测量方法加以分类。

按被测量值的获得方法,可分为直接测量法和间接测量法两类;按测量器具的敏感元件是否与物体接触原则,可分为接触测量法和非接触测量法两类。

此外,按读数是否为被测之量的整个数值分为绝对测量和相对比较测量;根据零件上同时被测参数的多少及参数的特性分为单项测量和综合测量;按测量在工艺过程中所起的作用分为主动测量和被动测量、中间测量与终结测量(验收测量);按被测的量或零件与敏感元件之间的联系,在测量过程中所处的状态可分为静态测量与动态测量等。

1—29 什么是直接测量与间接测量?

答:直接测量是从测量器具的读数装置上直接得到被测参数的整个数值(绝对测量)或对标准值的偏差(相对测量)。例如用卡尺、千分表测量长度尺寸等。间接测量是通过直接测量与被测量有已知关系的其他量再通过换算得到该被测量的测量。例如,在测量大直径 D 时,可以先量出其圆周长 L ,然后通过 $D = L / \pi$ 公式计算出零件的直径 D 。

1—30 什么是接触测量和非接触测量?

答:接触测量是测量装置的敏感元件(测头)与被测工件表面发生机械接触并有机作用力的测量。为了保证接触的可靠性,测量力是必要的,但它可能使计量器具或工件产生变形,从而造成测量误差。尤其在绝对测量时,对于软金属或薄结构易变形工件,接触测量可能因变形造成较大的测量误差,或划伤工件表面。

非接触测量是测量装置的敏感元件与被测工件表面不直接接触,因而没有机械作用的测量力。此时,可利用光、气、电、磁等物理量关系使测量装置的敏感元件与被测工件表面联系,例如工具显微镜、磁力测厚仪、气动量仪等。

非接触测量没有测量力引起的误差,因此特别适宜于薄结构易变形工件的测量。但这种测量方法要求工件定位可靠,没有颤动,并且表面清洁。

1—31 什么是单项测量和综合测量?

答:单项测量是单独测量零件的各个参数。例如,分别测量螺纹实际中径、螺距、半角等。这类方法除终检工件外,还用于量规的检定,工序间的测量,或为了工艺分析、调整机床等目的。

综合测量是测量零件几个相关参数的综合效应或综合参数。例如，用螺纹量规综合检验螺纹，测量齿轮的运动误差等。

综合测量一般用于终结检验（验收检验），测量效率高，能有效地保证互换性，特别适用于成批和大量生产。

1—32 试述计量器具的分类。

答：计量器具可以按计量学的观点进行分类，也可以按器具本身的结构、用途和特点进行分类。

按用途、特点，计量器具可分为标准量具、极限量规、检验夹具以及计量仪器等四类：

（1）标准量具——这种量具只有某一个固定尺寸，通常是用来校对和调整其他计量器具或作为标准用来与被测工件进行比较。如量块、直角尺、各种曲线样板及标准量规等。

（2）极限量规——是一种设有刻度的专用检验工具，用这种工具不能得出被检验工件的具体尺寸，但能确定被检验工件是否合格。

（3）检验夹具——也是一种专用的检验工具，当配合各种比较仪时，能用来检查更多和更复杂的参数。

（4）计量仪器——能将被测的量值转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具。

根据构造上的特点，长度和角度计量仪器可分为以下几种：

（1）游标式量仪（游标卡尺、游标高度尺及游标量角器等）；

（2）微动螺旋副式量仪（外径千分尺、内径千分尺等）；

（3）机械式量仪（百分表、千分表、杠杆比较仪、扭簧比较仪等）；

（4）光学机械式量仪（光学计、测长仪、投影仪、干涉仪等）；

（5）气动式量仪（压力式、流量计式）；

（6）电动式量仪（电接触式、电感式、电容式、光电式、机光电综合式等）。

1—33 计量室的测量环境条件包括哪些？如何控制？

答：计量室是进行精密测量的场所。为了保持测量结果的准确可靠，就要求一定的测量环境条件。这些条件包括：空气的温度，空气的相对湿度，空气的清洁度，空气的压力和空气移动的速度，此外，还有计量室的抗振动性能，抗磁场和噪声干扰的能力等。

为避免和减小测量环境条件对测量结果的精度和可靠性的影响，应按照被测零件的精度要求选择合适的条件，其中温度条件对测量精度影响最大，特别是对绝对测量。

测量时，实际温度偏离标准温度（+20℃）所引起的误差为

$$\Delta L = L[(\alpha_2 - \alpha_1)(t_2 - 20^\circ\text{C}) + \alpha_1(t_2 - t_1)]$$

式中 L ——被测长度；

t_1, α_1 ——量具仪器或标准件的温度和线膨胀系数；

t_2, α_2 ——被测件的温度和线膨胀系数。

对形状简单的被测件、标准件和量具仪器，可用上式对测量结果作温度误差（定值系统误差）的近似修正。但一般被测件和量具仪器的形状并不那样简单，材质也不很均匀，所以，实际上热胀冷缩不是简单的线性规律，加之线膨胀系数和温度的测量不精确，所以难以进行可靠的误差修正。对精密测量，一般都采取恒温措施，即将环境温度控制在+20℃附近。温度在恒温允许的小范围内仍有波动时，已属随机误差，应另按下式计算：

$$\Delta L = L \sqrt{(\alpha_2 - \alpha_1)^2 (t_2 - 20^\circ\text{C})^2 + \alpha_1^2 (t_2 - t_1)^2}$$

在恒温条件下，还要注意局部热源的影响。为了减小测量人员体温的影响，可采用隔热罩、隔热手柄，用长杠杆及长镊夹等工具进行操作，有时还要限制恒温室内的人数。对仪器的光源和电源，可采用散热和冷却措施，还可用瞬时照明方式，即光源在测量读数时接通，很短时间后即自行熄灭。电源也可用时间继电器，以便在短时间使用，供电后自行断电。

此外，计量室的相对湿度以50~60%为宜，并应远离振动源。还应限制计量室内空气中灰尘的含量，不允许有腐蚀性气体存在等。

1—34 几何量测量的一般程序是什么？

答：测量程序一般是指测量者根据被测零件的技术要求所采取的测量方式、计量器具、测量结果处理等一系列测量过程的概括。为确保测量精度和测量过程的经济性，对零件的几何量（尺寸、形状、位置、表面粗糙度等）的测量通常按如下程序进行测量：①测量方法的选择；②计量器具的选择；③测量基准及定位方式的选择；④测量条件的控制；⑤测量结果的处理。

1—35 测量方法选择的原则是什么？

答：选择测量方法的原则是：既要保证测量精度，又要经济适用。根据上述原则，测量方法选择的主要根据是测量目的，生产批量，被测件的结构、尺寸、精度特征以及现有仪器设备条件等。

例如，为了对被加工零件的制造误差进行工艺分析，则需将工件的各参数做单项测量；对工件完工验收和确定成品是否符合设计要求时，应对工件的各参数做单项测量或综合测量；成批、大量生产条件下，为提高检验效率，常用综合测量；从工件材质考虑计量器具的测头是否与工件接触，对钢质件和表面硬度高的工件，多用接触测量；刚性差，硬度低，软金属或微型工件应采用非接触测量；对不易直接测量的参数可用间接测量等。在选择测量方法时，往往对不同方案，应从上述原则出发进行分析对比，从中选出最佳方案。

1—36 试述计量器具选择的原则。

答：计量器具的选择应与测量方法的选择同时考虑，其选择原则也与测量方法的选择原则基本相同，具体可从以下几点综合考虑：

（1）根据工件加工批量：批量小的选用普通计量器具；批量大的用量规及检验夹具，以提高测量效率。

（2）根据工件的结构和重量：轻小简单的工件，可放到量仪上测量，重大复杂的工件，则要用上置式量仪，即将量仪拿到工件上测量。

（3）根据工件尺寸的大小和要求确定计量器具的规格（测量范围、示值范围、刻度值等）。要使计量器具的测量范围能容纳工件，测头能伸入被测部位，例如，测量 $\phi 40\text{mm}$ 的轴选用外径千分尺时，其测量范围应取25~50mm；测量器具的示值范围要超过被测量可能出现的变化，例如测有较大升程的凸轮就要选用示值范围较宽的指示量仪；刻度值应保证测出零件的最小偏差。

（4）根据工件公差选择计量器具的精度。工件公差小，器具精度要高；工件公差大，器具精度应低。但计量器具产生的测量误差必须小于工件公差（一般为 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{10}$ ）。

在生产车间选择普通计量器具时，按照国家标准 GB3177—82 计量器具的不确定度的允

许值来选择。计量器具不确定度就是用以表征计量器具内在误差在测量时影响测量结果分散程度的一个误差限。

由于计量器具内在误差和其他各项误差的综合作用将引起测量结果的分散，其分散程度可用测量的不确定度来评定。因此，测量的不确定度就是用以表征测量过程中各项误差综合影响测量结果分散程度的一个误差限。

当用普通计量器具检验光滑圆柱零件的尺寸时，必须考虑此测量不确定度，按GB3177—82的规定，应不能以零件图样上给出的极限尺寸作为验收界限，而应从最大极限尺寸和最小极限尺寸开始，考虑到测量不确定度的影响而分别向零件公差带内合理地内缩一个A值，A即安全裕度，如图1—1所示，从而得：

$$\text{生产公差} = \text{零件公差} - 2A$$

此时，验收界限应为

$$\text{上验收界限} = \text{最大极限尺寸} - A$$

$$\text{下验收界限} = \text{最小极限尺寸} + A$$

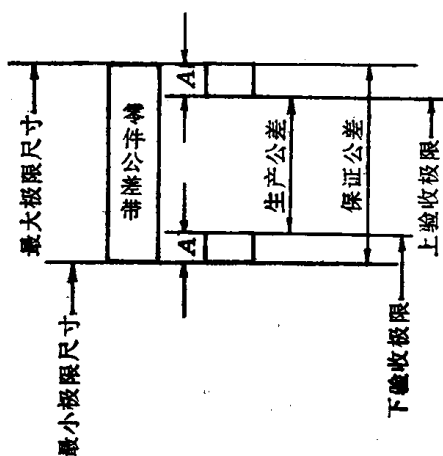


图 1—1

从影响测量结果的误差来看，测量的不确定度主要包括以下两部分：

① 计量器具的不确定度 u_1 ——主要是计量器具的示值误差(约为 $0.9A$)；

② 测量条件和方法引起的误差 u_2 ——温度误差、测量力引起的零件变形误差以及零件形状误差引起的不确定度等(约为 $0.44A$)。

根据生产实践，其中计量器具的不确定度 u_1 所占的比重最大，约为A值的90%。在车间生产条件下，主要根据计量器具不确定度即按照 u_1 来选择计量器具。具体地说，先

根据零件公差值查表决定A值以及相应的计量器具不确定度允许值 u_1 ，然后按照 u_1 值查表选择适当的计量器具，凡计量器具的极限误差小于 u_1 值的都能满足精度要求。

1—37 测量基准及定位方式如何选择？

答：为保证零件的加工与测量精度，应尽可能地保证零件的设计、工艺、测量的基准相一致，并尽可能的以设计基准为基准。

关于定位方式的选择，主要是与被测件几何形状和结构形式有关。如对平面可用平面或三点支承定位；对球面可用平面或V形块定位；对外圆柱表面可用V形块或顶尖、三爪卡盘定位；对内圆柱表面可用心轴、内三爪卡盘定位等。

1—38 测量过程中应注意哪些事项？

答：测量过程中应注意以下几点事项：

(1) 计量器具必须经检定合格，其检定证书是否处于有效期内。忽略这一点往往造成大量被测工件报废。

(2) 计量器具必须放置得当。在安装计量器具及有关辅助设备时，应该注意使它们之间不要相互影响，如电源、热源、震源、磁场等不致使计量器具的示值发生差错和不稳。计

量器具与门窗和通风口应当保持一定的距离，并且应该放在使操作者便于使用和读数的地方。

(3) 计量器具应处于良好的工作状态，必须将器具调整到正确位置和稳定的状态。

(4) 熟悉使用说明书，及时排除故障。

(5) 注意操作安全。

(6) 保持清洁卫生。实验室以及计量器具和辅助设备必须配置整齐，清洁卫生，这是保证获得可靠测量结果的重要条件。

第二章 公差与配合

2—1 公差与配合的主要作用是什么？

答：“公差”主要反映机器零件使用要求与制造要求的矛盾；而配合则反映组成机器零部件相互结合的条件和状况。公差与配合都是确定产品质量的主要技术指标，并直接影响产品的精度、性能及使用寿命。公差与配合的标准化，是使机械工业能广泛组织专业化协作生产、实现互换性的一个基本条件，对多、快、好、省地发展机械工业有着极为密切的关系。

2—2 尺寸的含义是什么？什么叫基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸？

答：尺寸是指用特定单位表示长度值的数字。基本尺寸是指设计时所给定的尺寸；实际尺寸是指通过测量所得到的尺寸。由于测量时存在测量误差，所以实际尺寸并非该尺寸的真值；极限尺寸是允许尺寸变化的两个极限值，它是以基本尺寸为基数来确定的。两个极限尺寸中，大的一个称为最大极限尺寸，小的一个称为最小极限尺寸。

2—3 尺寸偏差是指何而言？

答：尺寸偏差（或简称偏差）是指某一尺寸减其基本尺寸所得到的代数差。最大极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为下偏差。上偏差与下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减基本尺寸所得的代数差称为实际偏差，偏差可以为正值、负值或零（见图2—1）。

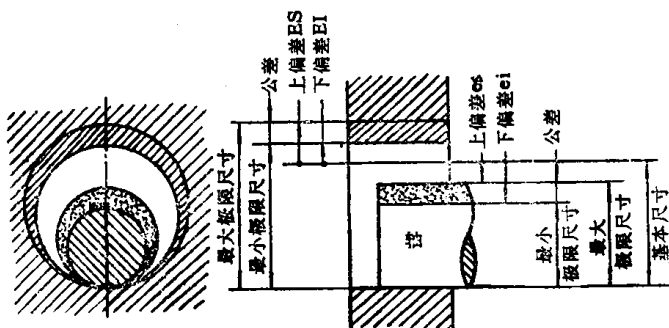


图 2—1

2—4 什么叫尺寸公差？

答：尺寸公差是指允许尺寸的变动量。

尺寸公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值，也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。

2—5 在公差带图中，零线是什么意思？

答：在公差带图中，确定偏差的一条基准直线，即为零偏差线。通常零线表示基本尺寸的位置。

2—6 什么叫尺寸公差带？

答：尺寸公差带（简称公差带）就是在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。

2—7 什么是公差单位？

答：公差单位是指计算标准公差的基本单位，它是基本尺寸的函数。

对 $\leq 500\text{mm}$ 的尺寸，公差单位*i*为

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (\mu\text{m})$$

式中 D ——工件直径（尺寸），单位为毫米，

2—8 什么是基本尺寸分段？

答：由公差单位的公式可知，不同的工件尺寸 D ，将得出不同的公差单位 i ，这样不利于公差值的标准化。实践证明，尺寸相近的公差值相同的工件，其精确程度差别很小，故标准中将基本尺寸按一定规律分为若干段，如 $\leq 3\text{mm}$ ， $>3\sim 6\cdots\cdots >80\sim 120\cdots\cdots >400\sim 500\cdots\cdots >800\sim 1\,000$ ， $\cdots\cdots$ 。同一分段内的所有尺寸，都共用一个公差单位 i 值。

在同一尺寸分段内的尺寸，都按其首尾尺寸的几何平均值来计算公差单位。

例如 $\phi 85\text{mm}$ 的尺寸，在 $>80\sim 120\text{mm}$ 分段内，则 $D_{\text{计算}} = \sqrt{80 \times 120} = 97.98\text{mm}$ 。

公差单位 $i = 0.45 \sqrt[3]{D_{\text{计算}}} + 0.001 D_{\text{计算}} = 2.17\mu\text{m}$

2—9 什么是公差等级和标准公差？

答：公差等级反映尺寸的精确程度，标准中将公差分为20个等级，即IT01, IT0, IT1, IT2, $\cdots\cdots$ IT18。IT是国际公差 (ISO Tolerance) 的代号。每个等级有不同的公差等级系数，如IT5、IT6的公差等级系数分别为7、10。

标准公差是指标准中表列的任一公差值。标准公差是由公差等级系数和公差单位的乘积并经圆整后确定的。

对一定的基本尺寸，只要确定了公差等级，就可从公差表中查出标准公差数值，故实用中不用计算公差单位和公差值。

2—10 什么是基本偏差？

答：基本偏差是指用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差，一般为靠近零线的那个偏差。

2—11 什么叫配合？

答：配合是指基本尺寸相同，相互结合的孔和轴的公差带之间的关系。

2—12 间隙和过盈有什么区别？

答：两个相互配合的零件，其中孔的尺寸减去相配合轴的尺寸所得的代数差为正时称间隙；为负时称过盈。

2—13 什么叫间隙配合、过盈配合、过渡配合？

答：所谓间隙配合，是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上。过盈配合是指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下。过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合。此时的配合，孔的公差带与轴的公差带相互交叠。

2—14 什么是最小间隙？什么是最大间隙？

答：对间隙配合而言，孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差，这个数值称为最小间隙。代号为 X_{min} 。对间隙配合或过渡配合而言，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差，这个数值称为最大间隙。代号为 X_{max} 。

2—15 什么是最小过盈？什么是最大过盈？

答：对过盈配合而言，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差，此差值称为最小过盈。代号为 Y_{min} 。对过盈配合或过渡配合而言，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差，此差值称为最大过盈。代号为 Y_{max} 。

2—16 什么是配合公差？

答：所谓配合公差，是指允许间隙或过盈的变动量。配合公差对间隙配合而言，等于最