

中国计量学院学报 15(4):0259~0263,2004

Journal of China Jiliang University

【文章编号】 1004-1540(2004)04-0259-05

准确的测量是工业、社会和科学进步的保证

Manfred Kochsiek

(PTB, D-38116 Braunschweig, Germany)

【摘要】 回顾了计量学及国际计量组织的发展历史,讨论了现代科学、社会和工业中的计量学的作用与发展,并通过若干例子阐述了准确的计量是工业、社会和科学进步的保证。

【关键词】 计量学;国际计量组织;全球计量体系

【中图分类号】 TB9:P2

【文献标识码】 A

Richtiges messen-voraussetzung für fortschritt in industrie gesellschaft und wissenschaft

Manfred Kochsiek

(PTB, D-38116 Braunschweig, Germany)

Abstract: The history of metrology and international metrological institutions are introduced. In addition, the roles and development of the science of metrology in modern sciences, society and industry are discussed. By citing a number of examples, it is expounded that accurate metrology guarantees industrial, social, and scientific progress.

Key words: metrology; international metrological institutions; global metrological system

近 25 年以来,在德国联邦物理技术研究院的领导下,德国计量技术机构和在中国国家质量监督检验检疫总局领导下的中国计量技术机构的合作发展,已成为“全球计量体系”发展的组成部分。以下介绍的发展情况,体现了准确的测量对工业、社会和科学进步具有伟大的意义。

1 计量学和测量理论的历史发展

(1) 简要的历史回顾

几千年来,不仅在欧洲,该文化领域内的国家就对长度和其它单位量值做出了定义,世界其他地区也是如此。在中国,度量衡的历史可以追溯到

【收稿日期】 2004-11-20

【作者简介】 Manfred Kochsiek(1941—),男,德国联邦物理技术研究院(PTB)副院长,国际法制计量委员会(OIML),代理主席,中国计量学院客座教授。

石器时代。在位于现在陕西省西安市附近的一个村庄内,考古学家们就考证出,人类早在6 000年以前,就已使用了测量的辅助手段,如准绳等。

我们翻开历史,那些创造人类文化的统治者清楚地知道测量对社会发展的贡献。有文献记载:“黄帝时期确定了5个基本量值”。另外一本史书中记载“舜帝宣布统一法规、长度单位、容器单位以及重量单位”。黄帝和舜帝生活在公元前3 000多年。

早期统治者首先从肢体(人体四肢)导出度量单位,然后再溯源到其它的量值单位上,例如长度单位溯源到频率和调音笛外形尺寸上(这里指的是黄钟率管一译者),然后很可能溯源到自然常数上。

人们看到,统治者们在文明史早期就对建立国家计量结构有很大兴趣,当时追求的目标:

- 一是加强军事和巩固国家政权;
- 二是促进经济和贸易的发展;
- 三是准确的税收和支出;
- 四是法律安全。

为了达到这些目标,采取如下手段:一是在统治领域内,使用同一单位;二是由牧师或者国家公务人员监管计量基础机构,并且由他们制定相关的措施,以便更准确、更迅速的进行测量。时至今日,今天的执政者们,不也是同样以类似的方式将政治关注集中于计量事业吗?

(2) 从米制公约协议到国际上应用的计量体系

今天我们知道,测量以及实施测量是一项有计划的活动,是用相关的测量量值单位对一项测量量值进行数量上的比较,如果多次显示,一项测量结果是完整而且可靠的,那么,按照GUM[2]量值单位,不确定度计算,说明溯源到国家的基础上。

1875年,由17个国家签订了米制公约,从此采用十进制物理量的米制单位。首先从长度和质量两个量开始采用国际单位:长度用米,质量用千克,然后不断扩展。为达到米制公约的目标,要推动质量和测量在国际上的一致化,改用米制单位。1960年确定采用国际单位制(缩写为:SI)。虽然米制单位已推行130多年,但仍有几个国家,首先是美国,在日常生活中仍然使用非米制单位。

米制公约决议是一块要在国际上建立统一的计量基础结构的重要里程碑。米制公约是从18世纪以来,在众多国家对科学和社会需求增长和质量需求的反应,同时也是19世纪工业和国际贸易发展的需求的反应。我们回忆一下,在中世纪的德国,几乎所有较大的城市和公国还应用各自的长度单位和重量单位作为标准(长度单位为古德国码,重量单位为古德国磅。)

截止到2004年,米制公约组织大约有70个成员国。其间SI—单位制在国际上得到广泛的推行。顺应当前经济迅速发展和经济及科学的国际化的要求,一个可靠的、世界公认的测量机制的推行是不可阻挡的。

(3) 国际法制计量组织(OIML)在法制计量领域中的作用

1995年,又矗立了一块计量科学的里程碑,这就是国际法制计量组织(OIML)的成立。国际法制计量组织的活动主要集中在国际和社会测量中法律调整的部分,还涉及到公众利益的社会领域。很早以前,政府从规范国家经济秩序的角度对计量给予了特别关注,并且制定了相关的法律(“法制计量”)。今天,消费者保护也属于这一范畴,只要是与相关测量和测量结果有直接关联的贸易结算也同样属于该范畴,如:如何保护公民在劳动场所和医疗健康方面免遭损害。

国际法制计量组织与米制公约的各委员会和国际实验室认可合作组织(ILAC)紧密合作,以便使成员国计量工作中的法制计量部分得以国际上的协调。

目前,国际法制计量组织有110个成员国。OIML是一个政府间国际组织,主要任务是:制定现代化的计量规则和制度,向成员国提供达成国际一致的建议,以便为相关的成员国在对不同的计量器具立法提供帮助。

在欧盟未来强制性规定的基础上,欧盟内部的法制计量也出现了具有相对深远意义的变化,即出台欧盟计量器具指令(MID)。目前指令正处于采用阶段。MID技术上的要求主要采纳OIML国际建议。计划将使这些规定比目前的要求更通用和更灵活,将把质量保证体系(遵守ISO或IEC的标准)做为产品监督的一部分。至今为止,仍由政府部门承担的类型批准和检定任务,将来也有

可能由权威的私立机构进行。

(4) 技术性贸易壁垒协定(WTO/TBT 协定)

1995 年,在世界贸易组织(WTO)倡议下,由 46 个国家签署消除技术性贸易壁垒协定(TBT 协定)。中国于 2001 年 11 月加入 WTO 并参加 TBT 协定。该协定中,不仅要求具备能使测量结果溯源到国际上承认的计量基础上(见米制公约);而且要求协调过的生产要求(OIML、ISO、IEC)作为重要的先决条件。如果上述两种条件都得以满足,协定的目标才能得以实现。各类产品的物理或技术质量特征都必须出于这一论证链,产品的测量结果能溯源到被认可的计量标准上,并且符合 ISO 9001:2000 质量管理体系标准和 ISO/IEC 17025 实验室的标准规定。

(5) 国际实验室认可合作组织(ILAC)

1978 年诞生了国际实验室认可联合会,其目标是:促进认可、测试和校准结果的互认,发展国际合作,使贸易便利化。1996 年 ILAC 制定了一个草案,就认可机构之间互认协议方面建立了一个网络,以便达到上述目的。

ILAC 协议于 2001 年 1 月 31 日生效,对国际贸易给予技术上的支持。该协议要求感兴趣的成员实现相互信任并承认认可的实验室数据。此前,国际上尚没有实验室认可方面的相互承认协议。当时确实是阻碍国际贸易,特别是对那些进口产品的国家,还要必须对产品再次进行测试以及校准。该协议真正实现了贸易领域的便利化。

现在 ILAC 的 45 个实验室认可机构已经签署了多边互认协定(ILAC 协定),促进认可测试和校准数据的互认。

(6) 多边互认协定

在涉及技术性贸易壁垒协定方面,国际计量委员会推动了多边互认协定的签定。国际计量委员会多边互认协定旨在:在计量技术领域通过建立相互信任并为商品的交易作出贡献,消除国际间的贸易壁垒。这将通过证明国家计量标准的一致性和相互承认参与计量机构的校准证书来达到。

目前在米制公约委员会的管理下,以先进的工作程序,以区域性进行的比对为补充,对比较测量作出结论(称为:关键量比对)。通过关键量的比对将证明各国家计量机构标准的能力。比对测量

的结果将储存在国际计量局的数据库中,并且向感兴趣的人士提供(<http://kcdb.bipm.org/AppendixB/default.asp>)。

国际实验室认可合作组织在 2001 年 1 月启动了多边互认协议 ILAC-MRA[4]。目标是在世界范围内建立认可检验和校准实验室网络,消除非关税贸易壁垒。

表 1 建立全球测量体系的主要阶段

1875 年	签署米制公约协议	
	多边互认协议 BIPM-MRA	1999 年
1955 年	签署国际法制计量组织协议	
	多边互认协议 OIML MAA	2005 年
1978 年	国际实验室认可合作章程	
	多边互认协议 ILAC-MRA	2001 年
1995 年	世界贸易组织 TBT 协议(WTO);	
	消除非关税贸易壁垒	

目前,国际上 90% 以上的贸易活动是在参与 MAA/MRA 的那些国家中进行的。

国际法制计量组织将在 2005 年建立多边互认协议 OIML-MAA,自 1991 年开始的富有成效的、自愿的认证证书制度将被取消。目前,有 300 家企业在使用认证证书,共计颁发了 1 300 多张认证证书。上百万强检计量器具在国际上流通。对欧盟成员国来说,自 2006 年起实施欧盟计量器具指令(MID)。OIML-MAA 不能和 MID 相违背。

2 科学、社会和工业中的计量学

今天,人们期待通过一个全球测量体系来协调不同层面上存在的矛盾:物理量单位;立法;产品标准;校准和检验规则;合格评定。

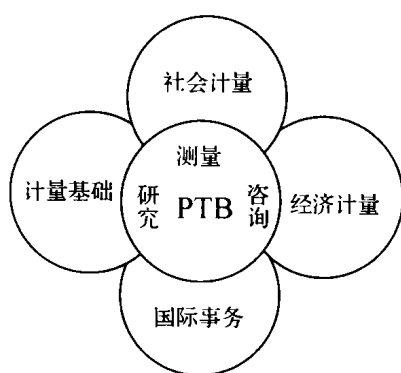
另外,相互承认的实施措施也属于这一世界计量体制,具体的措施通过以下几项予以实施:关键量比对;质量保证体系;认可/认证。

19 世纪和 20 世纪,在许多工业化国家中,一个国家计量机构的任务很具体化,国家计量机构从事“科学计量”,实用的和法制计量则由计量局(检定局)来承担。

历史的发展要求社会计量,工业计量和科学计量要有不同的目标和组织形式(图 1)。

中国和德国积极参与的众多国际组织都在直接或间接的关注计量的进一步发展,关注建立一个全球计量体系。

所以,还要在以下 3 个方面做进一步的说明,以正确的评价计量的意义。



计量基础:SI—单位的复现与量传;经济计量:提高经济效率,保证就业;社会计量:保护生命安全,促进消费者保护;国际事务:消除技术性贸易壁垒,统一计量体系

图1 目标与组织

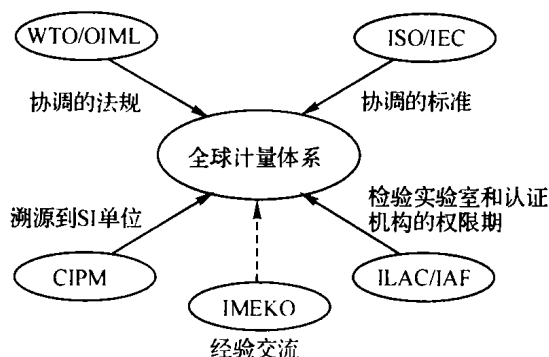


图2 国际机构

3 社会计量学

社会计量学持三方面的观点:

3.1 消除所有类型的贸易壁垒,达到贸易自由

当然,这对一个国家工业十分重要. 据 OILM 的估计,一个国家的国民生产总值的 10% 的商品和能源都是通过测量结果进行交易和结算的.

3.2 消费者保护

在商业和服务业领域,消费者特别是面对强势商家或服务商无优势可言. 在此就需要采取措施加以保护,但不能由于计量器具的错误使用,而得到不可靠的数据.

这里需要指出是:

(1) 与最终客户的能源结算;

(2) 在经营中注意准确的测量:如在秤重和加油机方面;

(3) 公务测量时的法律安全:如在税收方面

3.3 保护社会或者公民的劳动安全,保护环境或卫生健康

这里需要强调的是:

(1) 测量空气、水和土壤中的有害物质;

(2) 准确的测量人体各种参数,对认识病源和治疗非常重要.

德国联邦物理技术研究院(PTB),各州的计量部门和国家授权的四表检定站,有 2 000 多名同事在法制计量领域工作,负责大约 1 亿 2 千万台强检计量器具在测量使用中的整个“生命周期”.

下面再举几个 2004 年 PTB 所做的研究课题,说明计量对社会的作用.

(1) 医学领域:心脏相对数据化测量.

心脏的肌肉控制整体生命. 医学工作者可以通过心动扫描仪得到可靠和准确的的心脏信息,这个工作是 PTB 与大学的医院共同作用研发一个数据心脏样板,它是与心脏同步. 在人体表面测量 EKG—信号对正确详细的分析,我们知道心脏样板,就可以知道应该如何治疗.

(2) 劳动保护领域:激光安全滤色镜测量技术.

从事激光工作的人员都知道保护自己的眼睛. 但当今的激光保护膜在于:只是对短脉冲和高能量有保护作用,它还有少量激光通过. 眼睛要是被激光照射,还是有伤害,在 PTB,我们有一个课题:“当前准许最大的透过率”. PTB 将发表文章,给出激光防护测试样板.

4 工业计量

测量是控制整个生产过程的首要条件,产品生产初期就证实,在什么样的条件下利用有效的质量管理进行工业制造更为适合:“凡是不能进行测量的,也就不能进行控制,并且不可能进行改善”. 在文件[6]对这个问题进行的计算说明,作为基础工艺的可靠的生产测量技术不可放弃的,它有资格在生产过程中起核心作用.

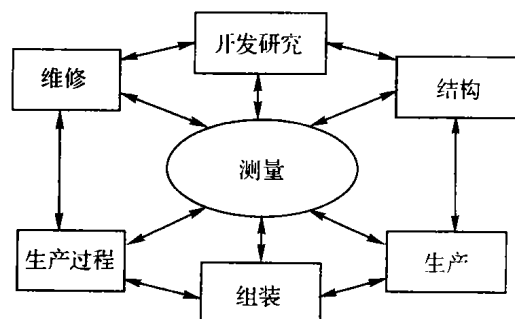


图3 测量是控制生产整体过程的先决条件
德国有一个积极有效的计量基础设施. 每个

联邦州都有法制计量机构(州计量局),由于历史的原因,至今为止,一直还在承担法规调整范围内的任务. 除此之外,还有德国校准服务局(DKD),它已有 25 年的历史. DKD 是 PTB 国家计量研究机构与经济界之间的桥梁,它将保证测量溯源到被认可的国家计量标准上.

这里介绍两项 PTB 为工业界进行的研究工作实例.

(1) 对国际上最大的扭矩校准设备的检验

PTB 研发了一台新的扭矩——标准测量设备,并已开始工作. 它能对 1.1 MNm 范围的扭矩进行校准,它服务于造船,涡轮机和发动机制造工业,推动技术或者具有巨大扭力的复杂的机构装置. 应用这个新的测量系统从长远看可能满足国家扭矩单位的要求并且满足这个领域的国际合作的要求.

(2) 工业计算机 X 射线摄影技术(CT).

部件无损探伤测量首先是应用工业计算机 X 射线摄影技术. 其中与工业部件产生一个测量偏差. 计算机 X 射线摄影技术在医学上也利用这一技术,很长时间以来也服务于无损探伤的缺陷识别机方面. 但是工业 CT 是要在很多点密集的地方进行坐标测量,比如墙的厚度测量或者理论值与 CAD 数据比较. CT 是要能为几何形体的内部进行测量,传统方法只能将部件剖开. 在与一个中型铸造厂家合作时,我们掌握了 CT 坐标测量特性. 现在可以说 CT 已经有可能取代坐标测量机.

5 科学计量

没有相应的测量技术不可能有新的科学知识. 期望对计量学有这样的总结:“测量,凡是可以测量的,就实现对它的测量;凡是还不能测量的,也要实现对它的测量”.

PTB 除了自己的研究项目外,目前已和工业界、大学等开展了 200 多项研究项目,包括计量方面许多现实问题到固体物理学和材料物理学方面的基础研究.

(1) 研究“原始千克”的继承人(新定义).

作为重点课题,我们组成一个“阿弗伽德罗”(Avogadro)项目组,有众多的专家参加. 质量基本单位是至今作为几个基本单位惟一的一个还再用千克原器,这个实物作为基准,其它的几个基本

单位都溯源到物理常数或者原子或分子的特性上. 这个项目的任务是利用原子质量实现质量的新定义和 PTB 组织内部有关科技范围内的合作. 为此要确定在一定体积内的原子数目正好为 1 千克. 测量方法是基于选择极高质量的单晶硅,测量阿弗伽德罗 N_A 常数. 由于这个课题还要发展原子范围内的长度和角度的精密测量.

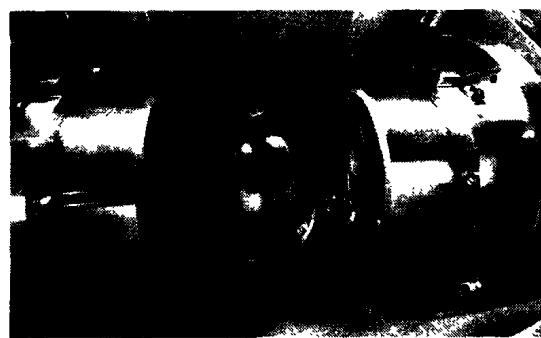


图 4 PTB 测量单晶硅一球的球形干涉仪

(2) 纳米测量机.

电子隧道扫描显微镜根据它的测量性能,人们可以理解它是一台袖珍坐标测量机. 特别是为了计量学的测量任务都在积极制造和改进电子隧道扫描显微镜,测量不确定度达到亚分米. 这就是小于一根头发丝直径的百万分之一.

一台最新设计的纳米步近系统是在三个坐标(x, y, z)方向有 25 mm×25 mm×5 mm 测量范围. 每个坐标利用干涉方法进行步近测量,分辨率为 0.1 纳米. 定位系统是一部聚焦式电子隧道扫描显微镜(图 5).

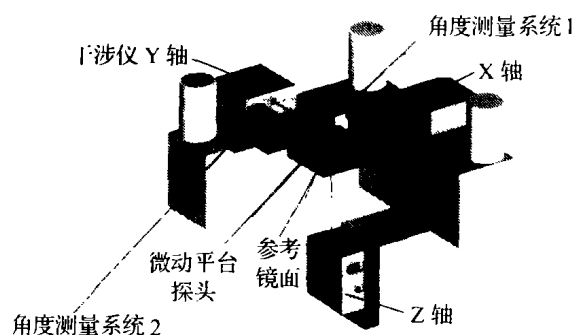


图 5 具有大范围测量能力的电子隧道扫描显微镜成为纳米测量机

现在的电子隧道扫描显微镜与过去电子隧道扫描显微镜相比测量的空间要大十万倍. 从现在的结果来看,这台仪器性能达到了目前最高水平,达到了 0.1 纳米.

(下转第 276 页)

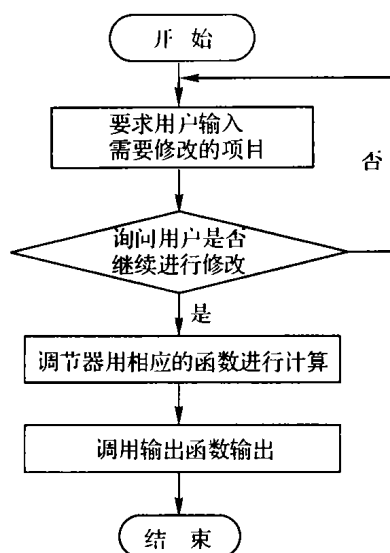


图4 计算机对输入信号的处理

的方式和被测存储器高速交换数据,从而实现了数据产生和数据传输的同步,大大提高了测试速度。最后将测试结果保存在 DSP 内部的寄存器中,为数据传回计算机做好准备。

(3) DSP 到计算机的数据传输。当计算机检测到 DSP 测试完成后,立即读取保存测试结果的 DSP 寄存器,并将其中数据翻译为十进制信号,经处理后把结果显示出来。

(上接第 263 页)

6 国际合作

130 年前,建立了米制公约组织并向各国最高层宣言,计量是一项国际性事业。通过全球经济贸易的发展,这项任务在近年来尤为突出。PTB 参加所有国际计量和标准化组织的活动,并承担了许多重要组织的领导职务。PTB 认为,这是我们发展德国经济、金融和社会具有竞争能力的不可推卸的责任。得到有效工作结果的条件是 PTB 的工作实践与科学技术理论相结合。我们从联邦经济合作发展部(BMZ)得到资金支持,还有其他国家和国际的捐赠者,如欧盟和世界银行。2004 年,PTB 对 15 个国家和 7 个地区的 30 个项目进行支持,建设计量技术基础设施。

5 结语

通过实验,整个系统工作性能良好,在我们搭建的试验平台上,用 250 MHz 的 TigerSHARC DSP 对 32M 的 SDRAM——PE464U4-CL2 进行了速度测试,从示波器得出的波形可以看出,其最高频率可达到 SDRAM 的时钟频率:83.3 MHz。虽然这只是大批量存取数据时的速度,但它表明了本系统测试速度的极限。由于篇幅所限,具体测试图形的生成算法等将另文叙述。

【参考文献】

- [1] ANALOG DEVICES INC. ADSP-TS101 tigerSHARC hardware reference[M]. Massachusetts: Analog Devices Inc., 2003.
- [2] ANALOG DEVICES INC. ADSP-TS101 tigerSHARC processor programming reference[M]. Massachusetts: Analog Devices Inc., 2003.
- [3] 任磊,王永良. ADSP Tiger SHARC 芯片 TS101S 及其应用[J]. 国外电子元器件, 2004 (1): 17-19.
- [4] 楼冬明,陈波. 数字集成电路测试系统的研制[J]. 电子技术应用, 2001(4): 42-44.
- [5] 陈护勋. 大规模数字集成测试技术研究[J]. 电子测量技术, 1983(2): 48-54.
- [6] 林雨. 半导体存储器及其测试[M]. 北京: 科学出版社, 1980.

与中华人民共和国的合作,也取得了显著的成绩。以及在科学技术范围内的合作,计量器具检验相互承认协议,防爆安全领域等方面的合作。这些活动都显示了双方合作富有成效。

7 总结

应该寻求建立一个具有意义的国际计量体系及社会、工业和科学的计量学。中国和德国在过去的十几年中,取得了很大的进步,今天他们都属于重要的工业化国家。今天,世界上大多数国家都形成了自己的计量机构和计量网络,它们通过众多的协议得以支撑和保护。

(本文根据 Manfred Kochsiek 在中国计量学院的学术报告整理,由刘新民翻译)