

【文章编号】 1004-1540(2005)04-0259-05

# 2010年我们需要什么样的计量

——德国和欧洲计量的发展历程

米夏埃尔·屈内

(德国联邦物理技术研究院, 德国 布伦瑞克市, 38116)

**【摘要】** 提出了计量学领域未来5年的规划, 概括了德国和欧洲计量学的当今发展情况, 回顾并以实例解释了未来计量学活动中利益相关者之间的交流和合作、专家报告的作用、技术远景研究、计量学的战略研究或远景研究等基本因素。

**【关键词】** 计量学; 欧洲计量; 欧洲标准计量协会; 计量学远景规划

**【中图分类号】** TB9; G306.7

**【文献标识码】** A

## What kind of metrology do we need in 2010

——Developments in Germany and Europe

Michael Kühne

(PTB, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany)

**Abstract:** This article summarizes aspects of foresight in the field of metrology, being relevant in a time horizon of about five years. Present developments in German and European metrology are sketched and basic elements of foresight activities like stakeholder communication and cooperation, the roles of expert's reports, technical foresight studies, and strategic or foresight studies on metrology are reviewed and explained on typical examples from the German National Metrology Institute, the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, and from the metrology community within EUROMET.

**Key words:** metrology; foresight; future; PTB; MERA; EUROMET

一套高效用于计量、标准化、测试和质量保证的基础设施是现代工业化国家基本的先决条件。行之有效的计量学方面的基础设施能确保技术被正确地应用到经济领域以及给人类带来社会效益, 确保能源和原材料被高效和符合生态学规律地利用, 有利于促进国家、地区和国际环境的正常货物交换。

达到最新技术发展水平的基础标准都是由每个国家的国家计量院(NMIs)维护, 并且通过各个范围的校准服务来提供标准的溯源性。例如: 到2010年欧洲将有30个成员国加上4个欧洲自由贸易联盟成员国(EFTA), 大约有30个国家的国家计量研究院将面临日益突出的矛盾, 一方面要满足不断增长的新标准要求, 特别是在新兴技术

**【收稿日期】** 2005-09-20

**【作者简介】** 米夏埃尔·屈内, 男, 教授, 德国联邦物理技术研究院主席团成员、副院长, 主要研究方向为交叉学科计量学。

领域,另一方面则要同时满足已经存在部分的要求。而政府、经济和预算的需求则常要求现存的计量体系和他们的战略远景规划能够灵活地适应。那么,一方面要开放资源来为新技术提供新的计量,同时又要维持现有的服务需求,而国家的预算却在减少,这样的“计量窘境”也让在未来加强欧洲内部的合作变得更加重要。

因此,要求每个国家的国家计量研究院必须比贸易、产业和科学的趋向和发展提前1—2年,而他们往往需要大规模的投资,这大概需要提前五年。所以说为2010年的战略规划现在就要开始了。本文主要涉及如何在国家预算减少的情况下保持高质量的计量学发展,并突出了与这一主题有关的某些政治、经济和科学方面的内容。

## 1 计量学的战略规划

在以往的规划中,许多国家的国家计量研究院在做规划的时候大多数是用一种直接(面向学术)的方式,比如说降低测量不确定度,扩展测量范围,发展新的测量方法等。而现代的方法(面向效率)则是设法区别计量方面的顾客和利益相关者,并满足他们的要求。在这个方面,主要的顾客以及他们的要求是:

- (1) 政治。政府部门的咨询,维护计量学的基础设施,解除贸易壁垒。
- (2) 贸易和工业。测量和校准、测试和认证、应用研究、标准化和一致化。
- (3) 科学。基础研究、最高水准的测量和校准。
- (4) 社会。消费者保护、职业卫生、环境保护和安全、法定计量。

### 1.1 计量学基础设施

德意志联邦共和国在最近10年之内发展了一套复杂的基础设施(图1)以复现和传播计量单位。PTB(德国联邦物理技术研究院)作为德国的国家计量研究院(NMI)负责计量单位的复现,德国材料检验研究院(BAM)负责化学材料和辅助材料领域,联邦环保局负责环境测量领域,它们都是官方机构;PTB的非官方合作研究所是德国临床化学和实验室药物协会(DGKL),负责医用化学和实验室药学领域,以及鲁尔天然气公司(Ruhrigas AG)负责德国的高压天然气国家标准(PIGSAR),该项标准是由PTB提供和操作的。

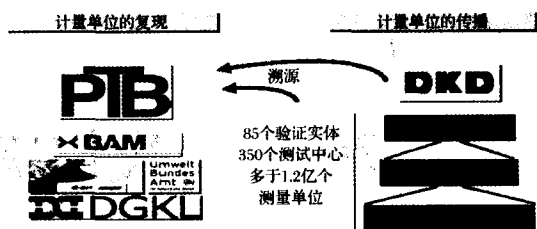


图1 德国的计量学

把计量单位传播到工业测量领域是由在德国校准服务局(DKD)认可的大约370个校准实验室来完成的,在法律规定的测量领域则由85个验证实体和大约350个测试中心完成。

### 1.2 德国联邦物理技术研究院(PTB)

德国联邦物理技术研究院隶属德国联邦经济劳动部。其前身是成立于1887年的帝国物理技术研究院,它是世界上最早的一个国家计量院。第二次世界大战后,得以重建,并改名为德国联邦物理技术研究院,位于两个地方。一个是布伦瑞克,约有1200名员工,另一个在柏林,大约有300名员工,中央管理设在布伦瑞克。1990年,两德合并后,民主德国标准化、计量与商品检验局(ASMW,民主德国的国家计量院)并入PTB。

PTB进行计量学领域的基础研究和发展工作,这些工作是所有委托给PTB的任务的基础,比如说基本常数和自然常数的确定,国际单位制SI的法律单位的复现、维护和传播,安全工程、法律规定的领域以及工业领域的服务和计量学,以及技术传递。只有当PTB自身进行的基础研究工作使用了最新的技术,才能确保其长期在国际上被公认为是计量学方面的基础,并且在不断地发展。PTB的活动可以概括为以下4个领域。

(1) 计量学基础研究。这项工作在于扩展科学知识和鼓励技术创新。对计量学的基础性研究是其他三个领域的依据。

(2) 为社会服务的计量学。PTB进行大量的被法律规定的任务。因而促进了对消费者的保护和对居民生活条件的更好保障。该领域的工作包括法定的计量学。

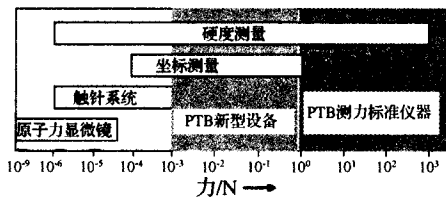
(3) 为经济服务的计量学。在该领域,这项工作的宗旨是改善计量学的基础设施并以此作为质量管理的一个重要依据,增加工业企业的竞争性,增加经济效率。另外,它还包括与产业伙伴合作框

架范围内的技术传递。

(4) 国际事务. 该领域的工作是为了达到在全球范围内取得计量学的一致性以及去除技术贸易壁垒。

PTB 既是一个研究单位, 也是政府权威部门, 大约 60% 的活动是在研究和发展领域, 只有 25% 的活动是开展校准和服务工作, 15% 是咨询工作. 另一方面, 超过 30 部法律和法令将明确定义的任务委托给 PTB, 比如计量学单位法令、时间法令、校正法令或者是医疗设备法令等. PTB 活动的 15% 与强制性计量领域有关。

PTB 的现在和过去一直尽力满足顾客在计



量方面的需求, 可以从时间发展(略)和力学计量(图2)两个例子来说明。

图2是为了满足顾客在力学计量方面的要求, 延伸微小力的测量范围, 包括微小力的传播性和溯源性. 对超过 PTB 最大的力——16.5 MN 的校准的需求已经很少(在右边图表说明), 而 1 牛顿(N)以下的力学校准的需求在增长, 日益增长的小型化和微型化工程以及纳米技术的发展需要空间测量技术, 需要在毫牛顿(mN)范围甚至更小的范围内实现可溯源的接触力(左边图表). 最近, PTB 建立了一套微弱力学测量的设备, 能测量 1 mN 到 1 N 的范围。

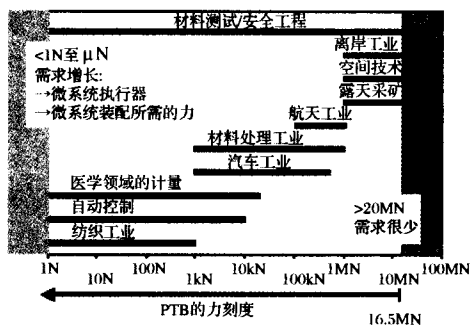


图2 力学计量规程

## 2 计量学的发展(以欧洲和德国为例)

在这里仅概述德国和欧洲在计量学方面的当前发展情况, 并且用几个典型的例子说明了未来发展的一些基本因素。

### 2.1 与工业、贸易、社会和科学界的联系以及参与技术研讨会与会议

在国家、地区和国际之间有许多重要的渠道使得计量学顾客和专家能经常保持联系. 比如在 PTB 和其他地方, 具有大量的人员交流、参与会议和展览会、在标准化领域的协作等多种形式. PTB 还设计了一个全新的基于互联网的平台来展现和指导 PTB 的服务, 特别是为中小型企业(SMEs)服务。

除了人员间的直接沟通外, 另外一个用来记录计量学发展的重要来源是由现在互联网提供的广泛的信息池, 能允许来自几乎任意的与远景规划相关的话题调查. 而且, 以年鉴和其它报告形式的出版物、测试指导书、专题论文、杂志、新闻发布

和其他媒介形式, 比如主页(www.ptb.de)等都被广泛地应用在 PTB 开展工作方面的交流。

### 2.2 PTB 和其他伙伴的合作

许多非常重要的合作可以在现有的 PTB 和大学、工业、研究所等之间的 600 多个合作项目中得到反映. PTB 和大学合作的例子, 如与伊尔梅瑙技术大学开发的一种天平的模型; 与工业合作的例子, 是与海德汉公司一起开发的纳米级比较器; 与研究所合作的例子, 如 PTB 工作中使用的同步加速器辐射设备是柏林 BESSY II GmbH 提供的, 用以支持 13 nm 紫外线刻蚀的未来发展, 该项技术将用于未来的芯片制造。

由合作伙伴如 Carl Zeiss AG 公司带动的紫外线刻蚀技术的未来发展, PTB 建立一套新的紫外线计量设施使之得以巩固, 该设施位于柏林的计量光学源 Willy-Wien 实验室. 另一个和工业合作的重要例子是 PTB 在德国项目 ABBILD 的活动, 该项目由德国联邦教育研究部(BMBF)联合 20 个生产厂家和合作研究所来发展在纳米电子

领域的一种新的成像方法。

### 2.3 专家报告和建议

通过对国家计量院性能评估的需求,或者由像顾问委员会这样的协会委员会所提供的信息,同样也能获得指导国家计量院未来发展的必要信息。

2002年,一个国际委员会对PTB进行了评估,并针对各种各样的问题提出了许多可贵的建议。有些建议触及了PTB的内部机制,例如:更进一步地加强顾客取向,确定计量学的短期、中期和长期需求,并且维持PTB在研究工作、教育和培训方面的高水准。其他的一些建议是关于加强PTB和它的监督部门(德国联邦经济劳动部)之间的联系,例如:为PTB提供更多的资源,允许PTB更大的灵活性和自治权。至于PTB和工业领域之间的关系,则鲜明地指出应促进技术传递以及维持和提供在其他领域的计量活动,这些领域包括:辐射测量学、时间基准、量子电子、刻蚀、致电离辐射、分子医学、化学和IT行业。

### 2.4 技术前景研究

20世纪20年代,俄国经济学家尼古拉·康德拉季耶夫(Nikolai Kondratieff)发现经济周期是以波长40或50年的形式出现<sup>[1]</sup>。根据他的假设,我们现在应该而且事实上正在一个被信息技术和全球化信息所控制的周期中。在本世纪初期,据预测,下个周期将集中在生物工艺学和生态学,从更广义的角度讲就是“健康”。

德国工程师协会(VDE)在2002年调查了来自工业和科学界的300多位专家,结果表明,微米和纳米技术对工业的创新潜力上被认为最重要<sup>[2]</sup>。VDE同时指出到2010年,最重要的技术如微米系统技术将会加强新的工业、传统的重要工业和商业发展动力(图3)。成功实现这带有额外工业价值潜力的重要因素是:高度应用导向的研究开发过程和高效、可靠地制造微米系统,还有是像PTB这样的计量机构提供必要的校准服务。在德国微米系统技术的一个主要特点是由众多中小型企业投入,大约有230万家企业投入其中,并且雇用了2000万的员工。它们是德国经济一支重要的力量,同时也强调了PTB的重要性,它以被公式化的任务来支持经济,特别是对中小型企业的支持。

微米/纳米技术和IT(包括手机通讯和网络)

属于成熟技术,相对来说比较新的领域如生物工艺学和生命科学被认为是具有极高创新潜力的关键技术,这也是根据康德拉季耶夫的早期判断而得出的。

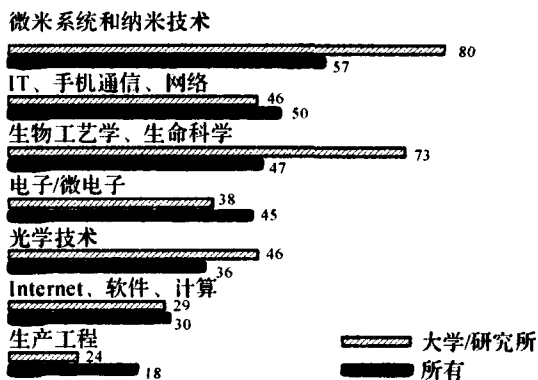


图3 最具创新潜力的关键技术中的数字给出了相对频率/%

### 2.5 计量学的战略研究和远景规划

除了上述比较笼统的远景研究之外,还有一些涉及到具体的计量学领域,如由国际计量委员会出台的“Kaarls 报告”<sup>[3]</sup>,国际法制计量组织(Organisation Internationale de Metrologie Legale OIML)(Birch 先生)的研究报告“2020年的法定计量学”<sup>[4]</sup>,以及由欧共体的欧洲计量标准合作组织(EUROMET)提出的联合(区域)研究“MERA”。

欧洲计量研究领域(MERA)项目研究所有和基础设施相关的课题,该项目将包含联合的欧洲计量研究领域。其目的是确保各个国家的国家计量院能理解是否以及如何能够通过更紧密的整合来解决上述的欧洲计量窘境<sup>[5]</sup>。该项战略建立在研究领域的更紧密的整合以及更进一步地分享主要的设施、校准服务的合理化。同时也讨论了未来计量基础设施的几个主要情景。

(1)全面的国家设施。每个国家都有各自的国家计量院,能提供全面的计量服务。

(2)有所选择的标准持有者。每个国家的国家计量院尽量提供全面的服务,但仍然在一些有所选择的领域保持主要的标准,从其它的国家计量院获得其它领域的溯源性。

(3)最佳的专门项目中心。挑选的国家计量院保持主要的标准并且在一个或者多个领域为欧洲

的所有用户提供溯源性。

(4)单个欧洲计量所. 停止各个国家的国家计量院。

现在的状况是介于情景 A 和 B 之间, 欧洲的国家计量院注意到未来的解决方案是 B 或者 C 或者是这两个的组合(图 4)。选项 D 即单个欧洲计量所的未来因为技术和经济的原因被计量专家和利益相关者放弃了。

在现有的水平之上增加合作是主要的挑战, 这已经达成共识。每一个选项很有可能是从特别的合作到战略规划整合的一种跳跃。

紧随着成功的 MERA 项目, iMERA(也就是欧洲计量研究领域的实施)已经从 2005 年 4 月开

始执行。iMERA 将让参与国在计量学研究开发的投资上显著地增加本国和欧洲的影响力。

该项目提出了一种逐步的方法。在全国项目之间的信息交换将使得最佳的实践能被辨认和采用, 并且将可预见能显著地增加项目水平的整合。战略活动将导致合作研究项目的实施。在单个或者少数国家中才可利用的特殊计量学设施的通道将被打开, 并且研究了对新设施的合作投资的生机。iMERA 项目的最终和雄伟的目的就是一个合作的计量研究开发项目, 是一个欧洲计量研究计划(EMRP), 该项目期望能对欧盟委员会和对欧盟宪法第 169 款感兴趣的国家之间主动开展合作行动。

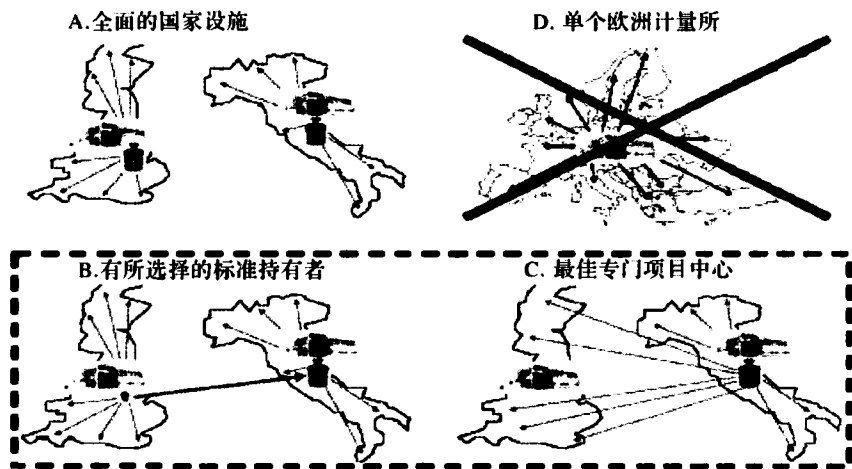


图 4 计量学研究(MERA 计划)未来合作的可能情景

### 3 结论——现在我们在何处

总之, 因为各种各样的原因, 正如从上面所示的许多普遍例子来看, 可能无法做出(对长期)的预见以及对关于计量学发展的前瞻。然而, 经验表示, 科学和技术将要发生的事情, 如发展和发现往往都是涌现在现在感兴趣的焦点领域。因此, 通过对现状的仔细分析也许能够预见未来。对计量学新兴领域敏锐地追踪, 也许是预见未来需求的最有效和最成功的方法。

由对现有和新兴领域以及现代计量学的任务

的总结来推断, 必须要强调的是对基础性计量学(如量子电子)的投入还需继续, 为了能够维持未来对计量学服务的根本需求, 也包括对量子标准的更广泛的工业应用。此外, 关键技术(纳米/微米系统、光学, 能量等)也必须被作为是技术和经济发展的动力来支持。早就已经在进行的“生活质量”课题方面的活动, 例如, 化学、医疗保健和医学物理, 以及像对 IT 或者通过互联网的校准等新兴领域的活动, 也将在不久的未来的计量学中变得日益重要。

(下转第 267 页)

## 4 结 论

本项目研究开发的共平面精密二维工作平台,引入了共平面理念,使得阿贝误差的消除成为可能.其结构的对称性以及具有超低热膨胀系数的钢材材料的采用,消除了结构框架由于力、热会产生的变形,避免于热膨胀影响,保证了机械精度,也使纳米级的重复性、分辨率、定位精度和长期稳定性容易实现.高精度线性衍射光栅干涉仪的研制,以精密的光栅栅距作为计量标准,使得位移感测系统具有纳米级分辨率,对工作环境的要求不高,且制作成本较低,在精密计量方面有着广阔的应用发展前景.此共平面二维工作平台配置

线性衍射光栅干涉仪测量系统以及压电陶瓷驱动系统,已经应用于微/纳米三坐标测量机的研究项目中,并已经取得阶段性成果.

## 【参 考 文 献】

- [1] KATERINA MOLONI. Ensuring nano position ing accuracy requires sensor monitoring and careful x-y stage design [C]. SPIE OE magazine, 2002, 40-41.
- [2] 王建林,胡小唐. 纳米定位技术研究现状[J]. 机械设计与研究, 2000(1): 43-44.
- [3] 林德教,吴 健,殷纯永. 具有纳米级分辨率的超精密定位工作台[J]. 光学技术, 2001, 6(27): 556-559.
- [4] 刘品宽,孙立宁,曲东升,等. 新型二维纳米级微动工作台的动力学分析[J]. 光学精密工程, 2002, 10(2): 143-147.

(上接第 263 页)

## 【参 考 文 献】

- [1] <http://www.ptb.de/en/publikationen/jahresberichte/jb2004/nachrdjahres/s23e.html>[EB/OL].
- [2] <http://www.nano.bild.de>[EB/OL].
- [3] <http://www.euromet.org/projects/mera/>[EB/OL].
- [4] <http://www.euromet.org>[EB/OL].
- [5] <http://www.euromet.org/projects/mera>[EB/OL].
- [6] SOLOMOS SOLOMOU. Phases of Economic Growth, 1850-1973; Kondratieff Waves and Kuznets Swings[M]. Cambridge, 1990.
- [7] VDE. Schlüsseltechnologien 2010. Mikroelektronik, Informa-

tions, Mikrosystem und Nanotechnik[R]. Frankfurt, 2002.

- [8] R KAARLS. Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM. CIPM[R]. <http://www.bipm.fr/en/publications/officals/>, 2003.
- [9] J BIRCH. Benefit of Legal Metrology in Trade, Industry and Society, Final Report[R]. <http://www.oiml.org/publications/birch-study.html>, 2003.
- [10] MERA. project contract G6MACT<sub>2</sub>002<sub>0</sub>4012. Planning the European Research Area in metrology final report [R]. <http://www.euromet.org/docs/pubs/docs/Mera-final.pdf>, 2004.

(本文翻译整理郑永军,审读李东升、吴宏宽)