

美国计量技术考察报告

中 国 计 量 考 察 组

1977年9月5日

前 言

中国计量考察组于1977年7月7日至8月6日对美国的计量技术进行了考察，回国后就美国的计量工作发展情况和专业科学技术等问题作了若干专题报告，为使国内有关部门对美国的计量情况有进一步的了解，现将这些专题报告汇编成册，供参考。由于考察时间很短，笔者专业水平有限，错误之处在所难免，希国内同行予以指正。

目 录

一、美国计量技术考察报告.....	(1)
二、综合情况.....	(8)
第一部分：美国计量技术发展过程和美国标准局概况.....	(8)
第二部分：基准研究所十三种计量专业概述.....	(14)
三、长度计量概况.....	(30)
四、激光技术概况.....	(50)
五、电学的绝对测量.....	(66)
六、超导技术概况.....	(80)
七、温度计量现状.....	(87)
八、时间频率概况.....	(103)
九、化学计量概况.....	(116)

美国计量技术考察报告

鞠 抗 捷

根据中美双方学术交流的协议,中国计量考察组一行十一人于一九七七年七月七日到八月六日期间对美国进行了友好访问和专业考察。在美期间,考察组主要参观了主管计量工作的美国标准局(华盛顿附近的总部和波尔德分部),并参观了与计量工作有关的大学和仪器制造工厂及其科研机构共二十四个单位。

出访前,考察组认真学习中央批准的出访方针,把美国的计量工作与我国计量工作作了对比,拟定考察的专题和准备学术报告。考察期间,在我驻美联络处党委的直接领导下,对美国标准局进行了比较全面的参观访问,增进了中美科学家特别是计量工作者之间的友谊,得到了一些有关的资料,看到了美国计量工作的发展水平,完成了考察任务。

由于考察组出访前,“美中学术交流委员会代表团”来华访问,提出扩大交流范围未获同意,考察组抵美后,美中学术交流委员会对于我们提出的参观项目予以压缩,但接待参观的单位和科学家,一般地对我们还是比较热情友好的,主要参观单位美国标准局,接待上比较认真细致,加利福尼亚大学伯克利分校,在考察组抵达时,在全校放送了东方红乐曲,校长、付校长等出面欢迎。访问期间,一些美籍中国学者如任之恭、林家翘、李跃滋、丁肇中、陈省身、葛守仁、沈元让等教授,有的参加接待,有的出面宴请。我们本着增进友谊和多作工作的原则,表示了对他们的谢意。

出访前,从国外资料了解到美国标准局在建立计量基准,开展测试和计量与标准化的关系等问题,水平比我们高,发展比我们全。经过参观访问,加深了对美国标准局的发展历史和特点的了解,由于大力开展测试工作,大力开展新技术的研究和应用,大力进行材料的研究和标准化工作,对美国的科学技术和工农业生产的发展,起着重要的作用。根据洋为中用的方针,有不少是值得学习的。

美国标准局的概况

美国标准局是美国全国的计量中心,是目前世界上最大的计量研究机构。它成立于1901年,历属美国商业部领导。随着美国经济的发展,特别是两次世界大战,美国发了战争财,美国标准局得到了不断的扩充和发展。到一九六一年已经建立了近百种计量基准、标准,包括长、电、热、力、时间频率、无线电、放射性等。建立计量基准的项目达到的精确度和我国现在差不多,在量限方面有些比我们宽,还进行了物理效应和基本常数等基础理论的研究,开展材料的标准化工作。并且提出要在新的领域内发展新基准器,新技术和新仪表。在旧领域内,必须经常研究比现在更好、更精密的基准。

一九六四年实行了改组,当时改组的指导思想是应用科学和工艺的成就,来为工业发展服务,要加强管理,使美国标准局的活动同科学研究、工业和商业的需要密切结合。在组织措施上,按物理、化学、工程三大学科分设基准、材料、应用技术三个研究所,并成立了电子计算机、反应堆、情报三个中心。并将美国标准局从华盛顿迁到盖茨堡。扩大了计量工作的领域,从各个方面开展了测试工作。曾从事光学玻璃、人造橡胶和铁轨质量的研究,后来又进行了第一颗原子弹重水的研究,铀的提纯,研究制造电子线路和电子计算机。使美国的

计量工作有了迅速的、全面的发展。

现在美国标准局有3500人,科技人员占57%,其中博士学位的占42%,行政辅助人员占29%,维修管理人员占14%。一九七七年的全部财政预算为一亿一千九百一十万美元,其中由国会支出的为六千五百三十万美元,其它来源五千三百八十万美元(来自政府、国防、工业等65个单位)。

美国标准局现设有四个研究所,除基准、材料、应用技术三个研究所外,增设了计算科学和技术研究所。三个办公室:计划办公室、行政办公室、情报办公室。我们着重参观、访问了基准研究所、材料研究所、应用技术研究所。

基准研究所800人,分十一个处,设在盖茨堡总部共七个处(力学、电学、光学、放射性、声学、应用数学、热学)500人,设在波尔德分部有四个处(时间频率、低温、量子物理、电磁)300人。这个所已经建立起相当数量的高水平的基准和标准,当前主要是着重于新技术的研究和应用,把建立新的计量基准、标准和开展测试结合起来,并注意基本物理常数和物理效应的研究。在时间频率方面,一方面确定了已经建立的铯原子钟,作为计量基准,通过设在波尔德附近的发播台与天文台和海军的发播台进行校对,一方面进行新的时间频率基准,如氢钟、等离子储存、激光振荡器的研究。在低温方面,则利用约瑟夫森效应和低温磁强计,在双重屏蔽室内进行心磁图和脑磁图的研究。在温度计量方面,着重于声学温度计、气体温度计的研究。在长度方面除用激光进行远距离(25公里)的研究外,着重于表面光洁度和表面物理的研究。在光学计量方面,着重了强光的研究。在电磁计量方面,除了进行绝对测量的研究和监视外,着重于低温超导和约瑟夫森效应的研究。还从事于第七个国际计量单位摩尔和光频标的研究。从基准研究所的研究工作,可以看出它的重点:有的是为建立新的基准开辟途径,有的是在研究新的测试方法,有的是为进行基础理论的研究。它的研究工作涉及到光学物理,低温物理、量子物理、原子物理几个领域。而把已经建立起来的一些计量基准、标准,保持在一定的水平上,把一般的长度、质量、容量即所谓的度、量、衡的检定传递工作,转到各州去搞,在应用技术研究所设度量衡处,管理这方面的工作。同时充实了企业、研究单位的标准计量机构,改进了检定传递方法,把检定工作大量下放到各州和企业等单位。这一点对我们有很大的启发。

材料研究所500人,分设七个处(分析化学、空气和水的测量、聚合物、无机材料、物理化学、冶金、反应堆辐射)和一个标准材料办公室。分析化学处有九个科,160人,其它几个处都有自己的实验室,空气和水的测量是最近分设的一个处。材料研究所的主要任务是研究材料特性,进行质量控制。这方面的工作,早在1904年,就开始了研究过钢轨的成分、热应力、热处理的性能,使铁路事故减少了三分之二。在1964年以前,设有分析化学、聚合物、冶金、无机固体、物理化学等处。改组后,材料研究所的工作有了迅速的发展。它的作法是利用各种测试手段,研制和发售标准参考样品,制定标准参考方法,提供标准参考数据。标准样品是具有一定化学成分或物理特性的物质,作为材料标准。美国标准局发售的标准样品,包括四个方面:

(一)工业标样。有关成分的样品,大约有700种。其中有铁、橡胶、混凝土、酸碱值等。

(二)科学和量度的标样。有定点、热容量、燃烧热等。

(三)关于鉴定环境污染标样。主要是空气和水的标样。

(四)医药有关的标样。大约40种。

一九七六年美国标准局发售的标准样品有900种，32000件，这些标准样品，有的由材料研究所研制出售，有的组织一定的单位进行研制，经鉴定出售。并由美国标准局制定标准参考方法，提供标准参考数据。标准样品涉及的范围很广，有固体、有液体、有气体。标准气体就上百种，主要用于化学工业的自动控制和对于环境污染的检测。

在参观访问中，看到材料研究所的实验室，测试手段齐全，除了反应堆、加速器外，还有原子吸收光谱仪，红外、紫外光谱仪，质谱仪，中子活化分析，激光，离子探针等测试手段，进行微量分析。分析方法比较完备，科研秩序良好，是我们参观过的国内外的实验室所少有的。

应用技术研究所涉及的面很广，有800人，设能源发展办公室和十一个处，（标准应用和分析，电子技术，消费品技术，产品工程，建筑技术，结构材料与安全，建筑环境，火灾研究，安全工程，产品系统分析，度量衡）我们参观了草坪剪草机的研究，家庭做饭用电用水的试验，参观了太阳能取暖热水的试验，参观了火灾预防，救护的试验和建筑材料，建筑规范的研究，要求减少火灾损失的50%，在解决能源危机方面，要求节约能源三分之一和新的能量的发明创造。他们研究的范围很广，主要是进行有关建筑技术、建筑材料标准化的工作，在我国属于建筑科学研究院的研究范围。火灾的预防和救护，属于公安消防工作。其它由于社会制度不同，我们不存在这方面的问题，因也不急于开展这方面的工作。

通过对美国标准局的参观访问，我们认为美国计量工作的主要特点是既建立计量基准，又开展精密测试，又搞标准化工作。在量值传递方面，没有固定的等级观念，他的计量基准、标准，能满足需要就行，有什么需要就搞什么。特别是一般的计量基准建立了以后，就保持在一定的水平上，把长度、质量、容量等有关商业的计量，下放到各州并及时的把企业和科研单位的计量标准室，建立和加强起来，改进传递方法，尽量把检定工作下放，把计量工作的重点，及时的转向新技术的研究和应用，把开展测试和建立新的计量基准的工作很好的结合起来。他们在计量工作上没有什么框框，没有把计量工作限定在建立基准、标准和检定传递的圈子里，比起苏联的那一套计量体系，要活跃得多，已经形成为全国的测试中心。

根据英明领袖华主席抓纲治国的战略决策和向科学技术现代化进军的号召，和赶超美国的要求，我们讨论了我国计量工作今后的发展方向问题，提出如下意见。

我国计量工作的方针是为生产服务，这是一九五九年发布的《统一计量制度的命令》作了明确规定的，在这个方针的指导下，我们建立了国家计量基准和各级计量标准，组织了量值的检定传递，并开展了一些测试工作，现在已经建立了110项国家计量基准、标准，基本上可以满足工农业生产和科学研究当前发展的一般要求。今年国务院又颁发了《中华人民共和国计量管理条例》加强了计量工作的管理，我们现在计量基准的项目和水平，基本上达到或者接近美国1961年的水平，就是说不到二十年赶上了他的六十年。我国早已实现了国际公制的统一，这一点更是美国望尘莫及的。证明了毛主席的革命路线无比正确和社会主义制度的优越性。由于社会制度不同，美国标准局搞的那一套，有的不是我们所需要的，但是美国的计量技术水平，是比我们高的，初步估计，大约相差十五年左右，美国标准局已在1964年以前，建立了近百种计量基准、标准，在1964年改组以后，把已经建立的计量基准、标准，保持在一定的水平，把工作的重点放在新技术的研究和应用，包括一些基本理论的研究，大力开展精密测试和从事于新的计量基准的研究。我们现在工作的重点，主要是建立计量基准、标准和组织传递上，新技术的研究和应用以及开展测试工作，虽然也做了一些，并且收到一定的效果，但就全面来说，还不是重点，我们认为这是我国和美国在计量工作上的主要

差距，这是今后发展上必须解决的问题，不然，是无法赶超美国的。今后的发展应该把我国的计量基准、标准，精度的提高和量限的扩大，作适当的安排，采取必要的措施，改进检定传递的方法，迅速的把计量工作的重点，转到新技术的研究和应用上来。采用新技术开辟新的测试方法，建立新的计量基准，用新技术提高已经建立的计量基准、标准的精度和自动化的水平。其次要解决计量基准和测试的关系问题，计量基准的建立，是和测试分不开的，要在开展测试的基础上研究建立新的基准，建立起来的计量基准，本身就是一种重要的测试手段，随着工农业生产和科研、国防的发展，测试技术要求不断的提高，就必须从事于新技术的研究和应用，研究新的测试方法，建立新的基准、标准。测试是多方面的，不是计量部门能够包下来的，但集中必要的测试手段开展测试工作，建立各种计量基准、标准，必须统一于计量部门，并且要把各省、市、各部门的计量测试组织起来，管理起来，才能做到量值的统一，避免分散和浪费，从这个意义上讲，计量部门要成为测试基地，中国计量科学研究院和分院应成为全国的测试中心。在这方面美国标准局的经验是值得学习的。

根据以上几个问题，我们认为计量工作的发展规划，应该解决以下几个问题。

一、大力发展新技术在计量上的研究和应用。

建立新的计量基准，开展测试工作，都要求加强新技术的研究和应用。在美国标准局，激光，低温超导、电子计算机和传感器等，无论在实现现有计量基准、标准的自动化，在建立新的计量基准，在开展测试都得到了广泛的应用，利用反应堆和加速器进行射线和中子的研究和应用，正在受到重视。兹就激光、低温超导、电子计算机和传感器等新技术的发展，提出如下的意见。

(1) 激光在计量上的应用。

无论在美国标准局，无论在大学的研究室，无论在其它单位，激光的研究和应用已经十分普遍了，其中最广泛的是氦氖气体激光器，由于单色性好，干涉性能强，在计量仪器中得到广泛应用，许多计量仪器由于装上激光器，加上数控系统，实现了自动化，不仅节省了目测，读数、计算等劳动，而且提高了精度。这种激光器已经商品化，激光管的寿命已经达到25000小时以上。HP公司生产的双频激光器寿命达到30000小时。美国标准局使用碘吸收的氦氖激光进行长度基准的研究，准确度达到 2×10^{-9} ，频率的稳定性达 10^{-12} ，波尔德分部的时间频率处，试制红外激光作为频率标准，取得了进展，据介绍其精度将来可能超过铯原子钟。此外还在进行染料激光红外激光，紫外激光的研究，试用于各种用途。

我们在激光的研究和应用方面，作了一些工作，光电光波干涉仪，重力加速度计的自动化和激光作为长度基准的研究等，取得了一定的成果。但和美国比起来，不管对于各种激光性能的研究，对于已有成果的推广，以及提高激光管的寿命等都有很大的差距，激光是一种很有发展前途的计量技术手段，应该大力加以发展，要求在1985年使激光在计量上得到广泛的应用，要求在高温、高压、流量、大电流、速度、转数、振动、大距离、小角度、光学的各个参量和物质成分分析以及在测试方面广泛应用，并加强对激光全息照象和微观计量等的研究。

(2) 低温超导技术的研究和应用。

低温一般的是指摄氏零度以下270度左右即液体氮的温度。超导则是低温下某些物质出现的特性如电阻等于零等。约瑟夫孙效应则是在超导下发现的一种新的物理现象，从一九六二年约瑟夫孙发现后，现在已经成为一门新的边缘学科—超导电子学。利用这一效应，保持国家伏特基准，在美国已经完成，国际计量局准备以这种方法代替标准电池的实物基准。采用约瑟夫孙效应的新方法，可以把基准电池保持精度提到 10^{-8} 。此外，美国标准局还利用约瑟夫孙效应建立了噪声温度计，温度可达绝对零度的千分之一，即0.001K，同时还建立了射频衰减标准，工作频率在30兆周以上，利用约瑟夫孙效应研究成功的超导磁强计，已成为商品，灵敏度达到 10^{-10} 高斯，在波尔德分部电磁处，正利用这类磁强计，研究心磁图、脑磁图，其灵敏度是空前的，还有利用这一效应制成的超导检流计，灵敏率达到 10^{-14} 伏特，比现有的检流计精度提高四个数量级。这一类器件正在高频方面，广泛采用，如天文射电源的探测，高速脉冲和计算机逻辑记忆元件等，有人预计在今后十年，约瑟夫孙效应的应用，将会迅速发展而趋向商品化。

在超导技术方面，用约瑟夫孙效应保持伏特基准射电检测，超导磁强计等项目，我们已经作了大量工作，在建立射频标准、噪声温度计等方面，正准备进行这项工作。

低温、超导和约瑟夫孙效应，在计量领域里有着广阔的发展前途，我们必须迅速从事于这方面的研究和应用，要解决液氮供应，组织氮液化机的生产，使这一技术，在1985年内有一个大的发展。

(3) 电子计算机在计量上的应用。

电子计算机在计量上得到了广泛地应用，在美国标准局成立了计算机中心，最近改为计算机研究所，从事于更高级，更复杂计算机的研究和制造，对于计量工作中的运算任务，主要靠中小型计算机解决，把计算机的机构小型化，装入计量仪器，与装入的激光器件配合起来，把测得的结果，经过一定程序，打印出来(就象长度处的光电波干涉仪那样)，这是实现计量自动化的重要途径。

(4) 传感器的研制和应用。

传感器是实现动态计量的重要途径。把各种参量通过传感器变成电的信号，可进行自动测量，然后用计数器打印机显示出来，就可以不用目测和人工读数计算。我国大部分力学计量基准，都是静态测量，而当前迫切要求动态测量，应该研制各种传感器来解决动态测量，建立动态基准问题。

传感器除了计量院研制的电阻应变式的传感器外，这次在美国还参观了电容式传感器和压电式的传感器，电容式的传感器装入压力计，可测0.001—1000大气压，灵敏度很高。现计量分院正在研究电容式传感器。

实现计量自动化，除了计算机，传感器之外，还应该把激光，低温超导等新技术联合使用，把计量技术，进行全面的改革，为建立新的计量基准、标准和开展测试工作，开辟新的途径，把计量提到新的技术水平，更好地为实现四个现代化服务。

美国标准局设有反应堆和回旋加速器，这些测试手段在我国的计量院和分院，是否需要建立，拟根据我国情况，向有关研究单位进行调查研究，再提出我们的意见。

二、要注意基础理论的研究。

计量工作涉及自然科学的各个领域，既与应用技术有关，又与基础理论有密切的关系，所以在注意采用新技术的同时，要注意基础理论的研究，特别是基本物理特性和物理效应研究，如约瑟夫效应的研究，核四级共振效应的研究，以及阿付加德罗常数精细结构常数等都涉及基本理论的研究。如果不把这些基础理论工作开展起来，就会影响计量工作的发展。应该组织必要的人员开展这方面的工作。

三、加强材料标准化工作。

材料是工农业生产和科学研究的基础，常常由于材料不过关，生产科研上不去，本世纪实现四个现代化，材料是基础性工作。美国标准局于一九六四年成立材料研究所，工作有了迅速的发展，具有各种分析材料特性的手段。他们的办法是提供标准参考方法，发售标准参考样品，提供标准参考数据，这些标准样品和参考方法，参考数据，既可以校验各种分析仪器也可以实现材料的标准化。对于控制材料的质量，起着重要的作用。标准样品是根据一定的方法和一定的数据制成的，用实物体现了标准化，把标准化和计量统一起来，用实物作规定，用实物来检验，有力的把标准化的工作，贯彻下去，确实是提高和控制产品质量的好办法。中国计量科学研究院化学室已经开始了这方面的工作，如制发标气和标准试剂等，虽然这方面的工作作的不多，却深深体会到这种作法的重要。但技术力量比较薄弱，分析技术比较落后，远远承担不起这项任务。

为了实现四个现代化，必须抓材料，抓材料必须把标准化和计量结合起来，我们的意见是在计量院现有化学实验室的基础上，成立专门的机构，加强这方面的工作。一方面组织有关部门有关企业，承担一部分标准样品的研究和生产，如钢、有色金属的标样，可由钢铁研究院，有色研究院研究生产，有机标样，可由化工研究院研究生产。经过鉴定，统一发售，一方面充实现有的设备和人员，研究和生产各单位不能生产的标准样品，并开展对于各种材料的测试研究工作。

四、组织协调问题

为了把各级计量机构，建成各地区和各部门的测试基地，把计量院和分院建成全国的测试中心，就需要有计划地与各有关科研单位进行组织协调，当前急需解决的是计量院的时间频率基准与三二六二发播台的关系。材料标准化工作和各化学研究所的关系，希望能在科学院最近召开的科学规划会议上，进行必要的协调。

五、派人实习，请人讲学是培养计量队伍的好办法，要求每年能派出计量专业人员到美国标准局或其它国家计量机构实习，并请美国标准局的有关专家来中国讲学。请科学院外事局予以安排。

考察组七月二十三日下午在纽约出发前从驻联合国代表团收到了三中全会的报告和社论，到了波士顿，晚上在旅馆里组织了学习和庆祝，大家受到了很大的鼓舞。回国后又赶上党的十一大的召开和传达学习，华主席在政治报告中说：“科学研究工作，应当走到经济建

设的前面，由于“四人帮”的严重破坏，现在却落在后面”。这一点在考察中有深刻体会。我们一定高举毛主席的伟大旗帜，响应华主席向科学技术的现代化进军的号召，一定把计量工作搞上去，为实现四个现代化贡献力量。

中 国 计 量 考 察 组

一九七七年九月五日

美国计量技术综合情况

王 江

第一部份：美国计量技术发展过程和美国标准局概况

美国的计量工作始于1901年，在爱迪生发明电以后，促进了工业的巨大发展。当时美国各种工业与日俱增，但由于缺乏质量标准和检测手段，因而工业产品，建筑材料，日用商品等非常混乱，人们强烈要求生产各种科学的和工业的测量器械，并对之加以检定。

在这种情况下，1901年美国国会决定设立国家标准局(National Bureau of Standards)，当时规定的任务是：“标准局的作用应是①保持标准。②用于科学研究，工程制造，商业，教育等部门的由政府所采纳或承认的各种标准的比对。③各种标准器量值的倍数或分数值的组成④计量器具的试验和校准⑤日益增长的有关计量标准问题的解决⑥对科学和生产有巨大意义而在别处又得不到足够精度的物理常数和材料性质的确定”。

基于上述任务，美国标准局成为各种物理测量的国家标准的来源和保持者。1901年美国标准局成立后，立即着手抓了电工业的计量工作和商用度量衡工作，以后又开展了水泥试验，冶金学以及材料性能的试验研究。

第一次世界大战，刺激了美国计量工作的迅速发展，美国标准局从和平时期转向军事方面的研究，它成立了一个量规实验室，并进行合金的物理化学特性的研究，直接为各种武器生产服务。当时缺锡，就研究用镉代替，羊毛缺乏，就研究用棉织品代替飞机上用的亚麻布，并开展了甲苯的萃取，煤炭，天然气，皮革，纸张，纺织品等军事物资的标准化工作，战争也推动 NBS 发展起航空工业，光学玻璃，光学仪器，无线电通讯等的计量测试工作。

战后，NBS的工作转向为商业，工业服务，从事原材料和产品的标准化，规格化，单一化的研究。随着无线电工业的发展，又开始了微波频率的研究工作。从1931~1940年期间，NBS进行了绝对电单位，实用光度单位，紫外辐射标准，色温标准等研究工作。1938年NBS的局长被任命为美国的铀裂变用于战争委员会的主席，开始研究铀和其他裂变物质的生产，提纯，化学分析，同位素分离和物理特性等，并建立了X射线剂量标准，开展辐射强度测量以及无线电遥测，宇宙线，重水，原子核研究等。

第二次世界大战又推动 NBS 的工作进一步向前发展，开始了一系列战略物资的研究。如石油节约，合成橡胶，石英晶体等，并且参与了重水，石墨，铀的提纯，1941年 NBS 参与了第一组核反应堆的分析程序工作。NBS 的实验结果表明，用硝酸氧铀溶液的单醚萃取法可以去掉铀中所有的杂质，这个方法成为以后工业生产用的氧化铀的标准方法。他们还发现了新的同位素氙，并找到了分离方法，这被认为是当时的最大技术成就。战争期间，

NBS 还承担了非旋转火箭引线的发展工作，从事电视制导的导弹和雷达制导导弹的研究工作。

第二次大战后，NBS 的工作重点转向科学研究。由于电子学，核辐射，聚合物的发展，要求 NBS 提供新的基本的物理常数，物理特性，标准样品和检测方法，所以 NBS 把工作转向了光学物理，核物理，低温物理，表面物理等一些基础性研究工作，并全面展开了关于材料特性的研究，在此基础上，发展新材料，提供标准测试方法，各种标准参考物质和各种标准参考数据。他们摆脱了过多的工业技术上的研究内容，把检定工作下放，大力应用新技术，发展起激光低温超导，同位素应用，中子，无线电通讯，原子钟及时间频率发播等方面的研究工作，近年来又建立起集中的计算技术研究中心。

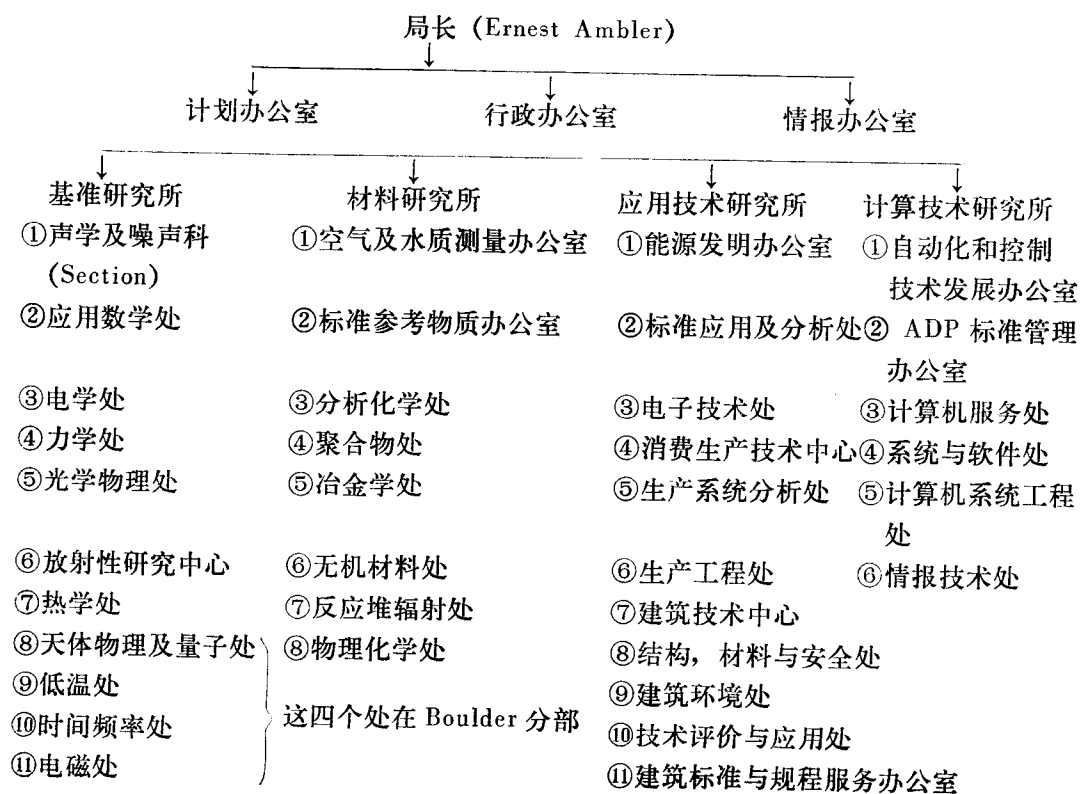
现在美国标准局已经发展成世界上最大的计量机构，也是美国有数的几个国立研究单位中比较有影响的。现在属商业部领导（美国无工业部），但其相当一部份研究任务是由国会决定的。其研究计划要报经美国总统批准，必要时由总统提交国会审议。其每年的经费大部份也是由国会直接拨款。

1964年 NBS 组成现在的组织机构；多年来没有新的变化。现将情况概述如下：

1. 组织机构：

局长，Dr. Ernest ambler 博士。

在局长领导下，设有三个办公室及四个研究所。其三个办公室由付局长兼任主任。



所的管理部门：
核防护测量管理
国际标准化活动联络
测量服务办公室

⑫房屋建筑技术办公室
⑬火灾研究中心
⑭火灾科学处
⑮火灾安全工程处

2. NBS 的主要任务：

①各种物理量值标准的发展，保持与量值传递。

②材料特性与物理常数的确定。近年来作了大量物理特性的研究，以及新材料的分析鉴定工作。

③材料机械性能及结构工程的试验方法。

其中物质鉴定方法的研究工作与美国物质鉴定协会合作。

结构工程大部份工作在建筑方面，与建筑部门密切合作

④建立标准实践。

与联邦政府65个部门及私人企业，各州政府所属单位合作，统一计量工作。

⑤提供技术服务。

⑥关于向米制过渡的问题，已建立组织，但进展不大。

3. 人员，经费：

①NBS共有3500人。其中3000人在华盛顿附近的盖茨堡(Gaithersberg, 属马里兰州)，500人在柯罗拉多州的博尔德(Boulder)。

在3500人中，57%为科学工作者及技术人员（一半具有博士学位）。

29%为设备器材技术保证等人员。

14%为行政管理和维修人员。

②经费：	1975年	1976年	1977年
	106.5百万元	113.5百万元	120.6百万元

（注：美国每年的通货膨胀率为6%，故经费基本未增加）。

经费来源：以1977年为例。

国会拨款	65.3百万元
为65个单位服务	
合同收入	47.3百万元
检定费，出售标准	
物质收入	6.5百万元。

4. 量值传递：总起来看，是通过两种渠道，三种形式。

①在情报办公室下设立度量衡办公室，组织各州的商业检定。工作内容主要是对消费品进行测试以及与消费有关的计量器具的检定工作，每年的检定项目由各州立法作出规定。关于测试方法，由NBS每年召开一次会议，每州来2人，共同讨论决定，然后执行。但无

明文检定规程。有些新产品也由生产部门直接送 NBS 检定,取得合格证明,以提高推销能力。度量衡办公室本身也作些研究工作、和出口物资抽检方法、研制一些新的计量仪器等。

②关于工业计量和科研单位的计量工作,采取自愿送检形式,各公司出于竞争需要,一般均设有标准室,其计量标准直接送到 NBS 检定。因此在工业计量方面,基本上是一级传递。

另一种形式是由 NBS 派人下去作调查了介,发现共同需要或未来可能的需要,经NBS 研究后派人下去帮助各公司改善条件,发给标准,由各公司按此计量标准测定后,将数据告诉NBS,由此发现问题,给出偏差值加以修正或进一步改善计量条件。总之,NBS 的量值传递,不是靠国家的立法规定,而是靠其测试手段的先进性,测量技术的高明以取得威信。

5. 关于人员培训和学术交流:

美国标准局在学术交流和人员培训方面,大体上采取如下几种方法:

①每年约请250位专家到 NBS 举行座谈,征求意见,并提出建议。

②由各工业部门派出技术人员到 NBS 参加工作,一二年后回去。

③每年招收一批大学毕业生和假期学生到 NBS 工作一段时间,进行培训。

④聘请国外国内大学教授到 NBS 共同进行研究工作。

⑤组织短期(2周)训练班,专业讲课一周,参观实习一周,这样每年可培训几千人。

⑥现场培训。商业计量多采取这种形式。各地方的计量人员多半是在现场培训的,由于自动化程度高,所以操作简单,读数和计算用电子计算机,因而只要懂得一般原理和操作流程即可。

⑦此外,据介绍, NBS 每年接待15000多名工程技术人员和专家的参观访问,并举行座谈活动。

6. 国际合作与国外活动:

①美国标准局很早即参加米制公约,是代表美国政府参加的。多年来 NBS 对国际计量技术的发展是有贡献的,现任局长 Ambler 博士是国际计量理事会成员,任辐射咨询委员会主席。

②参加国际法制计量委员会。由 NBS 代表美国政府全权参加活动,法制计量委员会下设180多个专业组织,NBS 参加了大部份活动,每年各专业都派1~2名专家去参加工作。

③国际标准化组织,和国际电工委员会, NBS 是以民间组织的名义参加的。

④NBS 与加拿大的 NRC,苏联的 BHUUM,西德的 PTB,英国的 NPL 等计量机构都有直接联系,有的是通过政府签订协议,共同进行某些项目的研究;有的是相互之间的松散合作。

此外为着配合美国向海外投资和推销产品,NBS 每年还向一些发展中国家派出技术小组,并提供特殊资金,供作共同研究用,同时还提供技术资料 and 标准样品等。这在实际不是国际合作,而是为经济扩张服务的。

7. 美国标准局所属四个研究所,关于基准研究所的状况将在后面分别详细介绍,现将材料研究所和应用技术研究所简略介绍如下:

①材料研究所:

成立于1964年,有工作人员500人。全所分成八部份:

- 1) 标准参考物质办公室。
- 2) 空气和水的测量处。
- 3) 分析化学处。
- 4) 聚合物处。
- 5) 冶金学处。
- 6) 无机材料处。
- 7) 反应堆, 放射性处。
- 8) 物理化学处。

材料研究所的主要任务是:

- 1) 为深入了解材料的基本特性而进行有关研究, 并研究测量上述材料的标准。
- 2) 为检定计量仪器, 比较测试材料的方法, 质量控制等提供标准参考材料。
- 3) 研究物质的物理和化学性质, 以及这些材料与环境的相互作用。
- 4) 发展特殊材料的制备和规格化技术, 并提供标准方法的咨询和技术服务。

其八个部门的工作内容是:

1) 标准参考材料办公室:

提供和出售各种标准参考材料样品。其研究工作由各专业处负责。从1965年发售第一批标准样品(铸钢)到现在, 已可提供 900 种标准材料, 1976年出售 3 万多件。标准参考材料有如下几大类:

(A) 化学成份量标准: 包括各种钢样、合金, 高纯金属, 离子探针、微量分析标准, 微量化学标准, 临床标准, 生物标准, 环境标准, 法律标准, 金属有机化合物标准, 烃类混合物, 肥料, 矿石, 水泥, 耐火材料, 碳化物, 玻璃, 微量元素标准, 核材料, 同位素参考标准等共26项。

(B) 物理性质标准: 包括离子活度标准, 机械和度量衡标准, 热标准, 磁标准, 光学标准, 放射性标准, 冶金学标准, 标准参考油, 阻抗材料等12项。

(C) 工程标准: 包括标准橡胶和橡胶化合物, 参考磁带, 尺寸标准, 颜色标准, X射线和照相标准, 表面燃烧热标准, 烟雾密度标准, 水蒸汽压标准等10项。

(D) 研究物质: 包括高纯金属, 磷酸盐, SEM 溶解检验样品等。

此外还有一般材料, 和钢中氢, 残留于油中的镍和矾, 吸收粘土等。

2) 分析化学处:

有 130 人, 另外还有30人为短期工作人员。分为 6 个研究室和二个行政管理组织。该处主要工作是研究激光的应用, 分析金属离子, 测量粒子, 用激光光谱分析不同物质, 用质谱仪分析胆固醇、血浆, 尿素, 葡萄糖等。也为环境科学作分析研究工作。

在微量元素分析方面, 应用X射线, 非线性的质谱仪, 光学显微镜, 电子扫描显微境等进行分析研究, 此外也作拉曼光谱的研究。

在提纯分离方面, 主要作同位素分离和微量元素的提纯和分析, 结合水质污染的研究作有机微量分析。

在电化学方面, 作离子选择电极的研制, 极谱分析, 电导, 库仑法分析等。

3) 无机材料处:

有工作人员86人, 主要任务是研究材料的有效利用, 环境科学和卫生方面的研究, 不破坏测量, 用超声波作工业检查和人体检查, 磁流体发电方面的电极材料和性能研究, 玻璃耐

火材料的研究等。

4) 物理化学处:

有85人, 主要工作有热化学测量, 催化剂表面过程的研究, 化学动力学, 环境化学等方面的研究。

关于催化剂表面过程的研究, 应用电子辐射, 离子光谱等研究其表面性质, 目前的分析工作可作定性和半定量分析, 今后拟向定量分析发展。

在热化学方面, NBS 设计并制造了20多种量热计, 进行物质热化学性质的研究。最近又研制成微量热计作生化和生理方面的研究, 这种仪器具有微小, 无水和绝热等特点, 测量下限达 10^{-8} 焦耳。

5) 聚合物处:

有68人, 其中48%是化学家, 24%是物理学家, 主要任务是进行材料的数据测量, 建立标准和概念。该处分成化学性质, 结构, 医学材料和环境等几个组。还作分子特性的测定, 和由小角度散射激光作分子量测量, 设计制造了自动重量记录仪作聚合物热分解的研究。他们还作结晶外形, 橡胶样品的各种常数的测量以及牙科材料的研究。现在美国已有13家牙科材料工厂采用 NBS 专利。

6) 空气和水测量处:

主要是标准气体的制备, 鉴定汽车废气, 工厂烟气以及空气中各种混合气体的测定。标气制备用重量法, 使用 10 kg 天平, 感量为 1 mg, 另外也用渗透管法, 准确度为 1%。该处还作野外空气和水的分析, 对阿拉斯加海湾的海水作污染情况分析, 对城市中的灰尘, 臭氧作分析, 以及作湖底砂样的分析等。

②应用技术研究所:

这是由美国国会决定建立的一组研究所, 与计量工作关系不大, 但与标准化工作有一定关系。全所 675 人, 1977 年投资 3700 万美元。

主要研究工作分四大方面: 能源节约, 建筑工艺, 防火研究, 消费品生产工艺。

①能源研究: 这是美国在70年代中突出的问题, 在1973年到1974年的一年中, 石油价格涨了四倍, 能源危机迄今并未解决, 由于美国的交通, 发电, 以至家庭取暖等全用石油, 因此这是个致命的问题, 现在 NBS 在能源节约方面的研究内容有: 太阳能利用, 工业能源消耗, 汽车用油节约, 建筑标准结构, 家庭用具的能源节约等。其研究结果直接提供国会作决策用。

②建筑研究: 研究内容有建筑安全, 防塌研究, 建筑材料防塌性能, 热传导问题, 光照明问题, 声传播及反响问题, 水电研究, 混凝土研究, 太阳能的利用, 结构设计标准, 透气标准, 耐压标准等。其研究结果主要供作制订建筑标准之用。

③消费品工艺: 主要研究消费品应用性能, 使用安全, 能量消耗, 是否符合法律规定等。研究对象如自行车, 剪草机, 安全用具(锁等), 人身保护用品等。

④火灾防护: 美国每年发生火灾300万次, 死伤12000人, 是个突出的社会问题, NBS 的研究内容有: 进行火灾模拟, 新型防火材料试验, 火灾警报器, 能源节约, 室内加温取暖方法, 墙壁绝缘, 用煤的研究等。

应该指出, 火灾产生的原因, 在美国是一个社会问题, 而不是个技术问题。美国国会以关心人民利益为名, 发展这方面的科研工作, 是治标不治本, 掩盖阶级矛盾的一种手法。

除以上四方面研究内容以外, 应用技术研究所还开展电子技术方面的研究工作, 内容有

工业电子元件的测量, 元件的性能试验, 环境试验和集成电路虚焊检测等。

第二部份: 基准研究所十三种计量专业概述

一、长度计量:

1. NBS 复现米定义所用 K_{186} 灯由西德 PTB 进口, 其复现精度为 $\pm 3 \times 10^{-9}$ 。

2. NBS 量块组本身精度为 ± 0.05 微米, 有两台激光干涉仪, 一台最大量程是 24 英寸 (610mm), 检定精度是 0.08 微米, 另一台最大量程 100 mm, 检定精度是 0.03 微米。其量块传递无固定的传递系统, 由各工业部门或企业直接送检。

3. 大长度测量, 在 NBS 用双频激光干涉仪, 标准长度可测到 50 米, 准确度为 3×10^{-7} 。

4. 线纹测量, 有一台光电比较仪和一台纵动比较仪。其光电比较仪用碘吸收的 He-Ne 激光波长作标准, 由光电显微镜瞄准。自动计数, 最后由电子计算机处理。仪器由丝杆传动, 保温罩内温度控制在 0.01°C 内。

5. 角度测量: 在 NBS 及海军计量中心, 均以角度块和多面体作标准器具, 准确度 $0.1'' \sim 0.2''$, 用多齿分度台 ($0.2''$ 精度) 或精密测角仪。在 NBS 还有一台用光栅盘定度的测角装置, 据说正在按装, 未作介绍, 最精密的激光角度干涉仪是在 NBS 的原子反应堆前使用的测 γ 射线波长的测角仪, 应用准确度为 10^{-9} 的碘吸收 He-Ne 激光测量旋转反射镜偏转角度, 利用干涉干涉, 其分辨率可达 $1/30''$ 。

6. 三维测量: 在 NBS 见到一名该局自己主持设计的三坐标测量机, 测量范围 $1.2 \times 0.6 \times 0.3$ 米 (纵横、高), 测量头架用平衡锤平衡, 导向进动用丝杆。在三个座标内能用双频激光定距, 在空间三个方向上的测量总精度是 $\pm 0.2 \sim 0.3$ 微米, 角度测量精度为 1 弧秒。仪器导轨的直线性和平面性是 1 微米, 高低方向是 2 微米。导轨系 V 形槽, 内置滚柱。其测量头可分别用光电显微镜, 接触测量头或非接触测量头。

测量时分别读出温度, 湿度, 压力, 输入电子计算机会同测量数据作综合处理, 并可自动显示或绘出测量图形来。

其所用光源也是碘吸收的 He-Ne 激光。

7. NBS 在长度方面的发展重点是微量计量, 通过表面光洁度的研究进入表面物理学的研究。表面物理是美国新兴的一个学科, 他们发现物质或结构件的性能好坏, 主要是由互相接触的表面状态所决定的。关于物体的表面情况, 老办法是取表面起伏的平均值, 其标准器具是光洁度样板。现在这个精度已不够用, 他们把电动轮廓仪和电子计算机联起来, 在 $1/3$ 英寸距离内, 取 4000 个数, 然后通过计算机描绘出曲线, 再取中线。

另一台仪器是测量胶片的粒度大小, 将胶片绕在滚筒上, 用 He-Ne 激光作光源, 胶片旋转一周, 可分成 500 万个数据, 然后由电子计算机绘出表面图像。为精密测量微观长度尺寸, 该局新设计一台表面微观轮廓仪, 非接触测量, 样品放在可移动工作台上, 下面用离子探针 (由钨丝作用), 针头与工件表面相距 5×10^{-9} m, (0.005 微米) 仪器分辨率在垂直方向是 $30 \text{ \AA}$, 水平方向是 $4000 \text{ \AA}$ 。这台仪器用以研究单原子或复合原子在水晶表面上的渗透密度, 气体的吸附密度以及电子在某些表面上的激发过程。

微观计量的发展主要是出于电子工业大规模集成电路的测量需要, 和医药卫生方面要求测量癌细胞的大小。