

美国标准局概况

(内部参考资料之三)

中国计量科学研究院情报室

一九七三年

毛主席语录

……凡属我们今天用得着的东西，都应该吸收。但是一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

洋为中用

目 录

一、前言	(1)
二、任务和机构	(1)
三、人员、经费及设施	(2)
四、计量基准研究所 (IBS)	(3)
(一) 长度计量	(4)
(二) 电学计量	(5)
(三) 温度计量	(7)
(四) 力学计量	(10)
(五) 声学计量	(14)
(六) 放射性计量	(15)
(七) 光学计量	(17)
(八) 时间频率计量	(18)
(九) 无线电计量	(19)
(十) 量子电子学及物理常数的研究	(21)
五、材料研究所 (2MR)	(23)
(一) 标准参考材料办公室	(23)
(二) 分析化学处	(23)
(三) 其它	(26)
六、应用技术研究所 (ZAT)	(26)
(一) 对美国各州的技术帮助	(26)
(二) 建筑研究	(27)

(三) 工程标准.....	(27)
(四) 防火研究.....	(27)
(五) 法律实施标准.....	(27)
(六) 电子技术项目.....	(27)
(七) 其它.....	(28)
七、计算机科学技术中心 (CCST)	(28)
八、技术情报工作.....	(28)
九、实验室天体物理联合研究所.....	(29)
十、结束语.....	(29)

一、前 言

美国标准局 (NBS) 是美国全国的计量中心, 亦是目前世界上最大的计量机构。它成立于1901年, 至今已有七十多年的历史。

自从美国1776年独立以后, 经过南北战争, 资本主义经济迅速发展起来, 而贸易、工业和科学技术亦随之发展, 如十九世纪末, 美国的对外贸易额已超过十亿美元。因此统一量值的计量工作也就提到日程上了。为此美国国会于1900年底通过法案成立国家标准局负责这一工作。于是1901年美国标准局就宣告成立, 属美国商业部领导, 直到现在。

自标准局成立以来, 随着经济、工业的发展, 标准局亦得到扩充。特别是两次世界大战, 美国从中大发战争财, 因此也刺激了标准局的发展。目前, 美国标准局已成为美国国家的重要研究机构之一。美国也对它极为重视, 所以它与国会的关系也很密切, 每年都要向参议院和众议院的特别支出委员会呈递经费预算和工作报告。特别是近年来, 由于美国的公害日趋严重, 所以国会在制订某些法律时需要该局对科学技术方面进行谘询, 因此该局与国会的关系更为密切, 而该局也为此而专设一个负责国会联络的局长助理。

我们本着“洋为中用”的精神, 收集了有关资料, 编写这份“美国标准局概况”, 供有关同志参考。由于美国标准局的机构庞大, 研究工作的范围广, 而我们所收集的资料不全, 特别由于编者的水平所限, 错误之处在所难免, 希望批评指正。

二、任 务 和 机 构

正如前述, 美国标准局已有七十多个年头了, 局长亦换了七任。现任局长为R.W. 罗伯茨 (Roberts)。

几十年来, 随着经济的发展, 该局的规模也随之扩大, 其任务亦几经修改和补充, 该局的现行任务还是根据1950年任务调整时规定的原则。

该局的总目标是: 加强和推进美国科学技术的发展, 并利用这些技术有效地满足各方面的需要。为此而建立适应全国物理计量能力的基础, 并根据全国社会与经济的需要不断改进它的相应的技术能力。

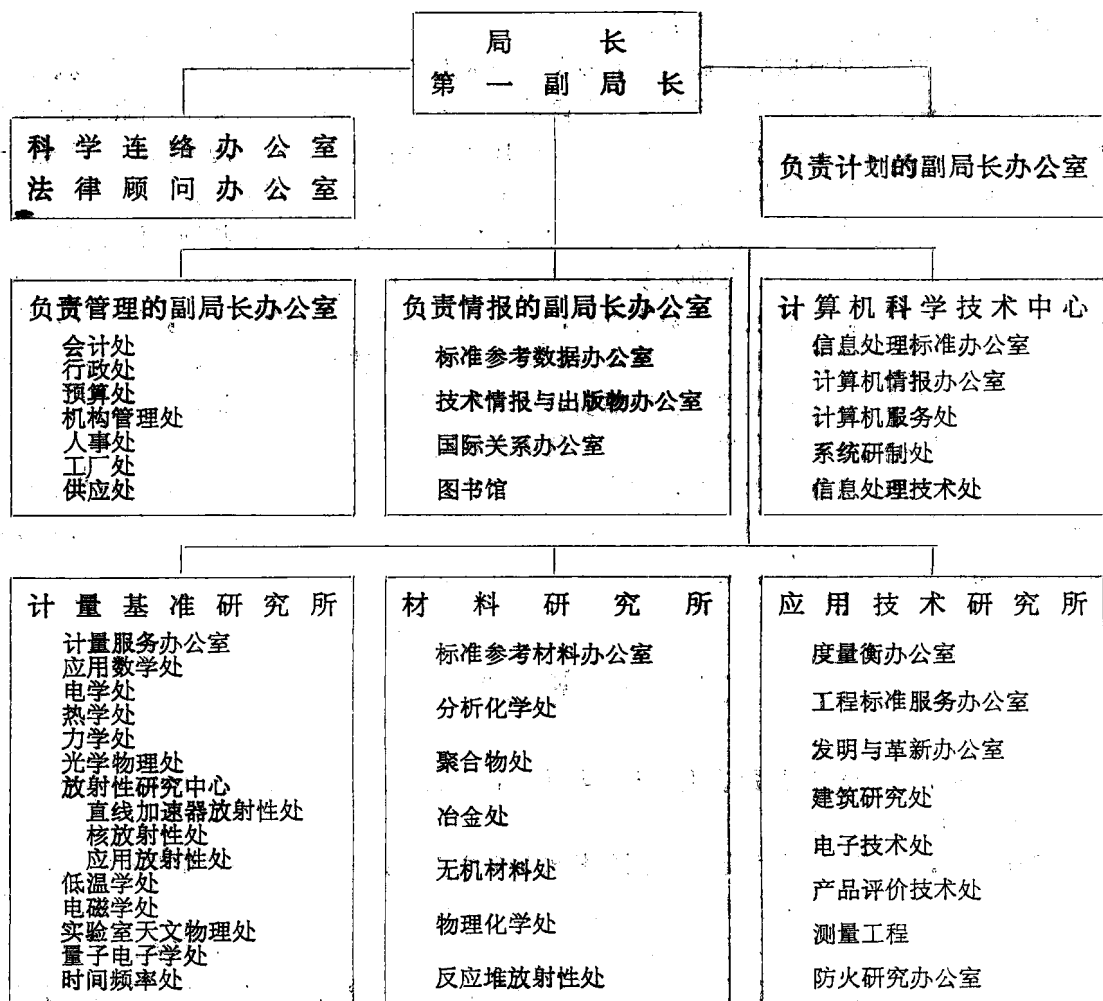
按照这个总的目标, 所以美国法案 (15 U.S.C. 271—278e) 中规定美国标准局执行下列任务:

- (1) 保存、维护和研制国家计量基准、标准, 提供与上述基准相适应的测量方法和手段;
- (2) 测定对科学技术具有重大意义, 而在其它地方又不能获得足够准确度的一些材料的物理常数和特性;
- (3) 研制试验材料、力学和结构的方法, 以及材料、设备的测试方法等;
- (4) 与政府的其它部门和私人机构合作建立实用的标准, 并编入条律和规程;
- (5) 对政府的其它部门进行科学技术谘询;
- (6) 研究和发发展政府特殊需要的仪器设备;

(7) 进行检定服务和测试工作。

该局机构庞大，工作范围很广。对机构也经常进行调整，现所整理的为1972年调整后的机构（详见下表）。各机构的任务和工作将在后面详细介绍。

美国标准局组织机构系统图



三、人员、经费及设施

1. 美国标准局的人员

截至1971年6月30日，该局有总人数3749人，其中全日制工作人员为3176人（1972年1月8日的全日制人员为3153人）。在盖茨堡的人员约2585人（占82%），在博尔德的人员有536人（占17%），在华盛顿的有32人（占1%）。总的全日制工作人员中，科学家和工程师（指大学毕业）约1387人（占45%），技术员约441人（占14%），其他（包括管理人员等）约1325人（占41%）。科学家与工程师中，物理学家有472人（占34%），化学家有278人（占20%），工程师有319人（占23%），数学家有69人（占5%），其他占18%。其中

有博士学位的有485人(占35%)，硕士有263人(占19%)，学士有555人(占40%)，没有学位的占6%。一般说来，各研究机构的科研人员的人数变化不是太大。此外还有学生、临时工作人员和特邀的一些研究人员等，这些人员每年经常保持在600人左右。

2. 经 费

1972年会计年度的经费估计为7800万美元。其经费的主要来源由国会直接拨给，每年约占57%左右。此外有补贴费，如为联邦机构服务所得的收入(占35%)，还有出卖标准样品、检定、测试和计算机服务所得的收入(约占8%)。从1968—1971年每年经费情况见图。

3. 基础设施建设

该局原在华盛顿占地约有3万平方米的旧址。为了避免噪声、振动及电磁辐射，在1956年在马里兰州的盖茨堡购得一块地皮，经几年建设，建筑的总投资达14,500万美元。1966年后，大量设备和人员都已迁入新址。

现在该局的主要建筑在盖茨堡和科罗拉多州的博尔德。盖茨堡基地离华盛顿约32公里，占地约235万米²，有23栋大楼，有效工作面积约35,000米²。

标准局的第二基地在博尔德，占地约83万米²。有14栋大楼，占地约为8500米²。此外在博尔德还与科罗拉多大学合作，在该校内建立了“实验室天体物理联合研究所”。

在科罗拉多州的科林斯堡建立了占地约为117万米²的野外站，作为该局的时间频率和时间间隔的发播站和实验站。最近又在夏威夷的爱考岛建立了WWVH发播站。

另外在伊利诺斯州的克理林有一小建筑物，占地约100米²，装有标准轨道衡。在弗吉尼亚州的贝尔服堡征得美国军方的同意，在那里为美国空军做分类计划工作。⁽¹⁾

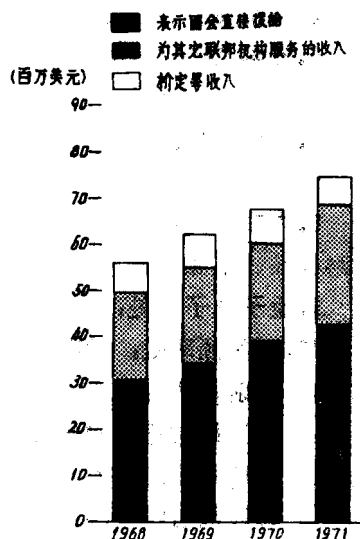


图 1

四、计量基准研究所(IBS)

该所是美国标准局最核心的单位，标准局所担负的任务主要是由它来完成的。该所共有全日制工作人员约900人，其中有528人为科学家和工程师，有200人是博士。现任所长是E. 安布勒。

该所的中心任务是：为美国的物理量计量的全面统一系统提供主要基础；保存、维护和发展国家计量基准、标准，并提供与上述基准相适应的测量手段和方法；进行检定和测试服务工作等。该所的大部分实验室在盖茨堡，此外还管理在博尔德的各实验室，并与科罗拉多大学合作共同负责实验室天体物理联合研究所。除此之外，在科林斯堡、加利福尼亚的阿卡塔以及夏威夷的爱考岛等地都有一些执行特殊任务的基地。所以该所可以说是集中了美国标准局的特点——科学研究涉及的范围广，项目繁多。现根据有关资料将该所所进行的工作及其水平分述如下。在叙述之前，先把各处所属各科列出。由于这方面的资料只有1969年的，所

以与前面所列1972年的机构表有些出入。而且有关专业水平的叙述亦不完全按专业处来叙述,特此说明。

计量基准研究所专业处的所属各科:

1. 计量服务办公室

2. 应用数学处: 数学分析、运算研究、统计工程、系统动力学。

3. 电学处: 电阻与电抗、电学仪器、高压、绝对电学测量。

4. 计量学处: 光度、成相光学和照相、色度与分光光度、长度、工程计量。

5. 力学处: 声学、振动测量、工程力学、流变学、流量计、水力学、空气动力学、压力测量、真空测量、湿度测量、质量与容量。

6. 光学物理处: 分光计、红外分光计、远紫外物理、分子分光计、电子物理、原子物理、等离子分光光度。

7. 低温学处: 低温技术服务、低温数据中心、固体的低温特性、低温流体特性、低温系统、低温计量学、低温流体的运输过程。

8. 电磁学处: 高频阻抗标准、射频发射与噪声、射频功率和电压、微波检定服务、微波线路标准、电磁场标准。

9. 量子电子学处: 固体电子学、量子电子学、等离体物理。

10. 时间频率处: 时间频率传递研究、时间频率发播服务。

11. 放射性研究中心

a) 直线加速器放射性处: 直线加速器运转、放射性物理仪器、光核物理、电核物理。

b) 应用放射性处: X射线物理、剂量测定法。

c) 核放射性处: 核物理、放射性、核谱学。

(一) 长度计量

在采用氪-86波长标准之前,美国长度基准是米原器 No 27,此外还有8根标准米尺,所用的仪器是纵向比较仪,其检定米尺的平均偏差为 3×10^{-8} 。同时还保存英制的码基准。

很久以来,该局就进行过波长基准的研究,亦采用过镉红谱线作为临时基准,同时也对汞¹⁹⁸的波长进行过研究,探索作为长度基准的可能性。在国际上决定了用氪-86作为波长基准的决定后,该局的氪灯亦是西德进口的,其准确度为 3×10^{-9} 。目前有关激光波长的研究,将在后面较详细地叙述。目前还用激光代替汞¹⁹⁸作光源在1米量程上进行干涉带自动记数的长度干涉测量,最大偏差小于0.5微米,与基准的一致性为 7×10^{-8} 。(2)

该局有一65米的基线室。在约61米的钢台上检定一般测绘和工程用的钢带尺。另外还有一特别用于检定50米殷钢基线尺的比较仪,准确度为 3×10^{-7} ,精度为 1×10^{-7} 。在大距离测量方面,如月球到地球的距离,在100万公里的光程上,误差只有约20米;这个精度还可以改善,使误差仅为几厘米。(1)用氪⁸⁶长度基准检定线纹标准的干涉仪的精度达 3×10^{-8} ,准确度优于 1×10^{-7} 。用氪-氩激光作为麦氏干涉仪的光源,光程可接近200米。(3)

该局有两种计量制的量块,一种是米制的,另一种是英制的,各种尺寸的都有。量块尺寸的年变化小于 1×10^{-7} ,用干涉仪测定长度也可到此准确度,最高精度达 $\pm 1 \times 10^{-8}$ 。(3)此外还用穆斯保尔光谱研究量块的不稳定性。

该局已建立了度盘和多面棱体的角度标准,其多面棱体的角度和误差如下:

多面棱体 (度)	误差 (秒)	角度块的误差 (秒)
0—135	-1.76	0.27
135—270	-1.19	-0.05
270—45	2.34	0.03
45—180	-0.45	0.38
180—315	0.87	-0.23
315—90	-2.41	0.25
90—225	0.84	-0.42
225—0	2.12	-0.26
15—150	-1.17	0.09
150—285	-4.96	0.01
285—60	1.82	-0.15
60—195	4.81	-0.39
195—330	-0.76	0.61
330—105	-3.02	0.02
105—240	-1.43	0.33
240—15	4.71	-0.5

该局最近研制了一台利用激光波长进行角度测量的新装置，其准确度达百万分之一度。角度测量装置是利用很稳定、很准确的已知波长（达 1×10^{-9} ）来测量一个反射镜的运动。这个镜附在一个台上，测量其转动。〔4〕〔5〕

已建立了光学平面标准，对三块熔融石英平晶在七个直径方向上（角距 $2\pi/14$ ）进行检定，其均方误差为 $\lambda/500$ 。干涉测量采用一种多光束干涉法。〔6〕

还建立了各种塞规和环规标准。在小孔内径测量方面，现已能测量长1米、内径为0.5毫米的细管，准确度达0.25微米。用条纹记数的超声干涉仪测量水银柱高度的变化，其分辨率达 1×10^{-6} 。〔7〕〔8〕

在1961年专门建立了一个齿轮测量室，恒温为 20°C ，湿度小于50%，有测量大小齿轮的设备，有一台放大8000X的纪录渐开线齿形的仪器。〔9〕此外还进行厚度、表面粗度、光学平面的平面性和曲率，以及固体的热膨胀等的测量工作。

（二）电学计量

1. 绝对测量：长期以来，该局就进行电学的绝对测量的研究工作。在1969年伏特值改值之前，标定标准的值是根据1948年的国际协议进行的，而且多半是以该局和NPL的绝对欧姆和绝对安培测量结果为依据的。基于1948年标定值的绝对安培测定，其误差为 $(10-12) \times 10^{-6}$ 。目前，安培是用水质子回旋磁比来监视的，为了补偿地磁场的干扰，在质子样品的一定距离上放了一台铷磁强计，使质子共振谱线的中心定位的准确度约 1×10^{-7} 。〔10〕

用计算电容进行绝对欧姆的测量工作已有十几年了。原是采用卧式的，检验美国基准的标定值达 1×10^{-8} 。现已作了一台立式的，但目前仍停留在初期阶段，目标是想达到 1×10^{-8} 。〔7〕

该局很早就开始约瑟夫森效应作为监视电压基准的研究工作。将两个结串联，总的跃迁

电压大约是10毫伏。再将此电压与标准电池的电动势进行比较,用的是一可变的 Hamon 网络的100:1的电位差计。该电位差计所建立的100:1比例的准确度为 $(1-2) \times 10^{-8}$ 。调节通过 Hamon网络的电流和所加的微波辐射的频率,就有可能直接比较标准电池的电压(约1.018伏)和10毫伏(实际约10.18毫伏)的约瑟夫森跃迁电压,其不确定性为 3×10^{-8} 。在1971年7月, $2e/h$ 的测量按美国法定伏特单位进行了两个星期的测量。从这些测量中,已经得出,在这段时间内法定单位下降的速率每月约0.03微伏。1972年7月1日通过这些测量的 $2e/h$ 的实际值,也就是该局以后用来保存法定单位所采用的值为 $2e/h = 483.593420$ 兆兆赫/伏_{NBS}。该局认为,法定伏特可以用这个确切值一致地保存到 1×10^{-7} 。(11)

2. 电容: 根据计算电容标定电容值,用变压器比例臂电桥测量技术,使“相等”电容的比较准确度达 1×10^{-8} ,并使单位向上扩展了几个量级,其误差小于 1×10^{-6} 。传递电容值是变压器电桥,内部有8个固定的三端电容,其值的范围是100— 10^{-5} 微微法。在测量 10^{-3} 微微法时,总误差为0.3%。第二种是上述电桥的变型,可测最大值为10微法。还可将低频测量扩展到100微法。第三种电桥用电阻代替电容用于1和10微法以下的常规检定。根据电流比较仪原理制成一台高压电容电桥,检定范围是100微微法至几千微法,小比例的准确度 $< 2 \times 10^{-6}$,最大比例 $(2 \times 10^6):1$ 时的准确度 $< 1 \times 10^{-5}$ (12)。还研制了10微微法的熔融石英标准电容及其比较装置,每年的变化率小于 1×10^{-7} 。另外检定1000微微法的标准电容,误差仅为 5×10^{-6} 。(7)

此外,介电常数测量的准确度在1千赫时为 1×10^{-6} 到 1×10^{-7} ,在较低或较高频率时为 1×10^{-3} ;二端测量在1千兆赫时约为 1×10^{-3} 。固体样品的准确度仅为0.1%。(12)

3. 电阻: 电阻单位是由一组十个1欧基准电阻来保存的。在国际权度局的6个基准电阻中就有两个是该局的。单个值对组平均值的变化每年不超过 1×10^{-7} ,其平均值与绝对欧姆值的差不超过 1×10^{-6} 。从1970年开始,检定1欧Thomas型的标准电阻已有了一新装置。该新装置使用一直流比较仪,测量电阻总的不确定性为 8×10^{-8} ,它是以偶然误差 5×10^{-8} ,以及因温度和压力的影响所引起的系统误差 3×10^{-8} 为基础的。功率耗散每个电阻仅为0.01瓦,温度控制为 $25 \pm 0.003^\circ\text{C}$,在测量过程中,操作者不触及或移动标准电阻。(5) 利用分路电桥标定1欧—100欧的电阻值,其总的不确定性为 $\pm 2.3 \times 10^{-7}$ 。(13)

另据报导,该局在1970年测量各电阻值的总误差如下: 10^4 — 10^6 欧为 $(1-15) \times 10^{-6}$; 1 — 10^3 欧为 $(3-5) \times 10^{-6}$; 10^{-1} — 10^{-4} 欧为 $(5-20) \times 10^{-6}$ 。(14)

在测量高阻时, 10^8 — 10^{11} 欧为 $(2-3) \times 10^{-5}$;在 10^{13} 欧时,在1.5伏电压下为 $\pm 0.2\%$ 。(12)

4. 电压: 该局的电压单位是由44个饱和标准电池来保存的。原来的值是根据1948年的绝对安培和绝对欧姆来标定的。1968年国际上宣布改值后,从1969年1月起,美国伏特值修改了8.4微伏。伏特值的稳定性保持在 1×10^{-6} 以内。现已研究了一种检定十进盘感应分压器和其它精密比例变压器的新方法。这种方法采用了一种其端特性可完全测定的互易变压器型网络。这些变压器可以以电压方式或电流方式进行检定。用这种方法,感应分压器对同相部分和正交部分其准确度分别可测到 $\pm 2 \times 10^{-9}$ 和 $\pm 5 \times 10^{-9}$ 。

电阻分压器多年来是用模拟技术自检的比例标准进行比较来检定的。其准确度为比例值的 5×10^{-6} 。现在该局设计和制造了一台新的比例标准,按混连原理建立比例值。该标准备有自己的测量线路,整个装置是装在一个干燥的控温容器内。其比例值可准确到 2×10^{-7} 。(5)

目前标准局与美国空军和海军研究了一种伏特单位传递的新方法。这种方法不是将电池

送到标准局去检定，而是采用下述办法。第一步，标准局先分析参加者的检定步骤和仪器设备，再根据分析建议该实验室进行内部的某些检定，以确定各工作参数及建立起该室的测量方法。第二步，标准局提供实验室一适当的可运送的标准（饱和电池），用它和该室的标准电池组进行比较。最后，标准局收回发出的标准电池，根据实验室和标准局本身的结果进行分析，并发给一份完整的检定结果，对检定作出详细分析和建议实验室对伏特值作出必要的修正。采取上述方法主要是为了消除一些误差源。该局估计单次检定的标准偏差为 1.5×10^{-7} ，而整个检定的不确定性（三个标准偏差）为 5×10^{-7} 。（15）

5. 电感：一般测量电感的线路是麦克斯韦—维恩电桥。可调电容是一个最小步值为0.001微法的三盘云母电容器。用具有1000微微法范围的精密可变空气电容来进行补插。当频率为1千赫时在电感的整个中值范围内，测量的总的不准确性小于 $\pm 0.01\%$ 。为了消除导纳的影响，一般需要瓦格纳臂。电桥也要很好的屏蔽和控温。

利用电阻、电压和时间单位导出直流电流、直流功率和直流电能。测量直流电流的误差为 1×10^{-5} ，用加拿大的直流比较仪测量20千安时，误差为 1×10^{-6} 。功率测量的准确度为 2×10^{-5} ，电能测量的准确度为 5×10^{-5} 。（12）

交直流转换标准是由14个热元件组成，每个在音频时的误差为 2×10^{-6} 。检定的准确度一般为 1×10^{-4} ，预期不久达 5×10^{-5} 。交直流转换瓦特表的误差小于 5×10^{-5} 。用一套热电压转换器能够测量0.2伏—500伏的交流电压。国际比较时在50千伏—350千伏范围内，其一致性为 2×10^{-6} 。（12）

用热电流转换器测量1毫安—20安的交流电流。还制造了一台补偿比较仪，在1千赫时其误差小于 1×10^{-6} 。峰压的准确度为2—5%。（12）

此外目前正在利用激光测量电场和高压脉冲，用高速照相机拍摄通过激光管的高压脉冲的条纹图，然后进行分析。（16）

6. 磁学量：磁通单位—韦伯，是用亨利和安培导出的，磁通是由一个“探测线圈”来测量的。将检流计连接在互感的次级上，当初级中的电流变化—已知量时观测其冲击响应，用此方法来校准检流计。

绝对测量磁场，现用两种方法——即试验线圈法（Testing coil）和核磁共振法。前一种方法主要用于测量小于0.02特斯拉的磁场。后一种方法是测量大于0.02特斯拉的电磁铁隙中的磁场。永磁铁标准的范围是0.0001—1.6 特斯拉，一般来说，磁铁中磁场值的准确度为0.1—5%。（17）

此外进行磁场强度，用直流法测试铁磁材料以获得标准感应曲线和磁带回线的数据，磁通密度等的研究。

（三）温度计量

美国标准局的温度计量由该所的热学处与低温学处负责。各温度定点的水平如下：（18）

温 度 定 点	固定点复现性 ($^{\circ}\text{C}$)	仪 器 精 度 ($^{\circ}\text{C}$)	实验室之间的精度 ($^{\circ}\text{C}$)	国际实用温标与 热力学温度之差 ($^{\circ}\text{C}$)
氧 (沸) 点	0.001	± 0.004	± 0.02	-0.01
水 三 相 点	0.0002	0.0002	0.0002	—
水 沸 点	0.0005	0.0002	0.0005	0.0015
锌 凝 固 点	0.0003	0.0002	0.001	+0.074
硫 沸 点	0.0015	0.0002	0.002	+0.076
630.5 $^{\circ}\text{C}$ (铂电阻温度计)	—	0.001	0.02	+0.17
630.5 $^{\circ}\text{C}$ (热电偶)	0.002(估计)	0.1	0.2	
银 凝 固 点	0.002(估计)	0.1	0.2	+1.13
金 凝 固 点 (热电偶)		0.1	0.2	+1.41
金 凝 固 点 (光学高温计)		0.3	0.4	
2000 $^{\circ}\text{C}$		1.0	2.0	
4000 $^{\circ}\text{C}$		3.0	10.0	

从1969年1月1日开始, 该局已完全按照1968年国际实用温标进行检定。关于该局所进行的其它温度研究工作, 现简述如下:

前几年制造了一台高速高温计, 其速率每秒超过1000次, 其准确度在1335K时为1K, 在2700K时为2.8K。它的标准偏差, 在2000K范围内, 0.8毫秒的反应时间为0.2K, 1秒以上为0.01K。⁽¹⁹⁾

另外研制了一台光电高温计以实现金点以上的国际实用温标。这台高温计的光学系统与其他光学高温计光学系统的主要不同处是, 场阑的直径为1.3毫米, 带通滤光器加了一个红玻璃, 光反射盘有一条窄缝。用此高温计实现国际实用温标各点的标准偏差如下: 在1063 $^{\circ}\text{C}$ 时为0.06 $^{\circ}\text{C}$, 在1256 $^{\circ}\text{C}$ 时为0.12 $^{\circ}\text{C}$, 在1650 $^{\circ}\text{C}$ 时为0.27 $^{\circ}\text{C}$, 在2330 $^{\circ}\text{C}$ 时为0.7 $^{\circ}\text{C}$, 在3525 $^{\circ}\text{C}$ 时为2 $^{\circ}\text{C}$ 。⁽²⁾

还改进了光学高温计钨带灯的稳定性。有六只钨带灯的长期漂移为0.01 $^{\circ}\text{C}$ /100小时, 这比以前最好的灯差不多要高十倍。这些灯的短期温度周期变化为0.05—0.1 $^{\circ}\text{C}$, 这样就大大改进了高精密光学高温计的准确度。⁽⁷⁾

该局现正在用铂电阻温度计研究定点的重复性, 以企图实现1968年国际实用温标确定的其它定点, 并研究可能的代替点。在严格温度控制条件下, 发现13个水瓶的三相点温度的一致性为0.0001K。还研究了氩的三相点温度——有可能作为定点代替氧点, 对两个氩气瓶进行试验, 其平均凝点坪(在四小时内)一致性为0.0005K。另外还制造了六支水银瓶并进行了试验, 其凝点坪的一致性在0.0001K以内。

该局还对9支高温电阻温度计和8支铂(10%)铑—铂热电偶在630.74—1064.43 $^{\circ}\text{C}$ 范围内进行了比对, 其目的是为将来改进实用温标奠定基础, 以使用铂电阻温度计替代热电偶。根据分析用温度计进行测温的标准偏差为4毫K, 而用热电偶却为25—30毫K。此外还研究了一种检定光学高温计的自动装置。⁽⁵⁾

还改进了一台电阻温度计交流电桥。应用一般的放大器和十进盘分压器就可获得最佳性能, 选用的频率为400赫。当测量25欧标准铂电阻温度计, 在0 $^{\circ}\text{C}$ 时用的电流为0.001安, 电

桥的分辨率为20微 Ω 。该电桥可测定未知电阻与标准电阻之比。由于电桥的比例很稳定并且准确度又高,所以测量的准确度取决于电桥的分辨率和电阻的准确度。在用新电桥测量铂电阻温度计时,要求附加的接线——一对可长16米的同轴线而不影响准确度。用此电桥所测之电阻值与高质量的直流电桥的测量准确度是一致的。还研制了用于核反应堆和热敏器件的高温热电偶。⁽⁷⁾

另据报道,该局还用激光测量高温,使误差降到1%以下。⁽²⁰⁾

该局的低温实验室是美国政府提供低温方面有关资料的主要机构。由于目前低温学方面的广泛应用,如宇宙航行、保健、农业、运输(磁悬火车)等都要用到低温,所以这方面的工业发展很快。据1968年估计,美国这方面每年的市场贸易额达20亿美元。因此该局为了适应这方面的需要,进行了有关研究。其工作包括对物质特性的研究、提供材料的低温特性的新数据(低温数据中心目前有52,000种参考数据,而且每年还约增加7,500种左右)、发展和改进低温测试技术和仪器等。该局的低温学处共有90余人,年预算约200万美元。现将有关建立低温温标和低温测试方面的研究工作简介如下(当然有些也可能涉及到中温方面的问题)。

早在1965年该局就研制了一台声学温度计,以测定接近热力学温标的温度值。用该温度计来测定氦气中的声速作为压力函数的等温线。每个等温线外推到零压力以接近理想气体的条件,从所获结果中,计算出温度值。现已测定了2—20K之间的每度,用图表和电子计算机进行了分析,所获得的温度值成为新温标—NBS临时温标2—20(1965)—的基础,并将此温标与 T_{88} 和NBS(1955)等温标进行了比较,发现与NBS(1965)温标的一致性非常好,而与 T_{88} —氦⁴蒸汽压温标—有明显差别。⁽²⁾

同时按照该温度计所测之温度值来标定两个铂电阻。这两个电阻作为保存NBS临时温标2—20(1965)的副基准。所测之温度值的重复性可望在 $\pm 0.002\text{K}$ 以内。⁽²¹⁾

此外用铂电阻测量了2.1—5.0K的每—0.1K。这是在一高稳定的液氮槽中进行的,温度值从液氮槽的蒸气压测量导出。将铂电阻用类似于量热计的检定比较仪进行了检定,然后将比较仪在液氮槽中进行重新检定,这两种方法的一致性为 ± 1 毫K以内。⁽²²⁾

该局对铅、锡、铟、铝、镓、镉和锌等退过火的金属丝的超导跃迁作了研究。多数试样的跃迁宽度小于1毫K,且在20个月期间经过多次热循环后,跃迁能复现到1毫K。因此认可作为温度计的固定点。⁽²⁵⁾

由于火箭燃料、超导等方面的需要,对10K以下,特别是1K以下的温测很是困难。现该局研究了一种方法来直接测量一种金属导体的0.001—10K的绝对温度。这种方法是以电噪声为基础的——一种因电子的布朗运动所引起的金属导体中的起伏电压。这种电压随温度与电阻的函数而变化,而在低温时变得很小。目前亦正在用约瑟夫森效应进行研究。

现在该局已能在低温条件下用电容薄膜压力计很准确地测量氦³和氦⁴的蒸汽压力。这种方法使得蒸汽压力的读数没有热分子压力梯度所引起的误差。用一台高稳定的电容电桥,在压力低于10毫米汞柱的压力下,其分辨率约 10^{-5} 毫米汞柱。初步的氦⁴测量已与声学温度计进行了比较,其差仅为8毫K。与氦³和氦⁴蒸汽压温标的符合性约0.2毫K。另外以NBS 1955温标表示的氦沸点和氦三相点为 $27.0961 \pm 0.00023\text{K}$ 和 $24.553 \pm 0.001\text{K}$ 。其重复性为 $\pm 2.5 \times 10^{-4}\text{K}$,而绝对误差为 $\pm 3.3 \times 10^{-4}\text{K}$ 。该局还设计了各种装置和方法以测定天然氦和纯同位素氦²⁰与氦²²的三相点到正常沸点的蒸汽压,其均方根误差为 $\pm (1.9 - 3.5) \times 10^{-5}$ 毫米汞柱,各点的温度的不确定性均为 $\pm 0.001\text{K}$ 。^{(5) (23)}

该局还研究了12—297K范围内氦³的核四极共振频率。频率和温度测量的综合误差在

50—290K内相当于 $\pm 0.001\text{K}$ ，在30K为 $\pm 0.004\text{K}$ ，在20K时为 $\pm 0.010\text{K}$ 。⁽²⁴⁾

该局的气体温度在“第五届温度会议”上已发表，但至今还未获得有关资料，而其主要部件——水银气压计已在“压力计量”部分叙述，在此就不重复了。

该局还正在进行从气体中的声波速度求温度绝对值方面的研究。对超声波领域的精密测量，企图以此来建立极低温标。

此外，该局最近的气体温度计实验中所得到的水沸点数值比IPTS—68的给定值低得多（达28毫K）。

（四）力学计量

1. 质量

该局的公斤原器基准是 No20 铂铱圆柱体砝码。采用等臂天平测量一公斤质量基准的精度为 $\pm 4 \times 10^{-9}$ ，一克质量基准的精度为 $\pm 3 \times 10^{-8}$ ，20公斤为 $\pm 1 \times 10^{-7}$ ，对大质量方面，检定约2.5吨的质量，其精度可达 1×10^{-8} 。根据公斤基准复制各级公斤标准，按精度分为 J—M—S—S₋₁ 等级别，除 S₋₁ 为英制外，其它均为米制。J 级砝码制造的公差为 0.3 微克。目前正在试验一种质量检定的新方法，其原理与前面所述的伏特传递的新方法基本一致。即无须将质量标准送到标准局进行检定，而是将标准局的公斤工作基准送到各实验室进行检定，然后把所有收集来的检定结果进行分析。

在精密天平的制作方面，据国际权度局局长称，该局经过十年的努力制造了两台天平，送给国际权度局一台。该天平是一单盘的单臂天平。支柱的平板和悬挂支撑元件都安装在一个底板上，该底板由付在底座的三根立柱支撑。安放砝码的机械装置安装在底座的中心柱上。根据数据分析表明，空气浮力对天平结构的影响使其失去浮力平衡是很难处理的。但该天平能够不管是否负载，都能使天平保持完全平衡。这台天平其所以有很高的精度，主要是有一套特殊的制动系统，即刀刃和刀垫在整个称重过程中，一直是在恒定负载的情况下保持接触。天平臂很短，只有两英吋（约合 5 厘米）。为了得到 1×10^{-9} 的重复性，在测量过程中，臂长必须恒定在 1×10^{-9} 。两英吋臂长的 1×10^{-9} 的距离比原子的直径还短，而“恒定负载”的制动系统使有效的臂长恒定在这个量级。天平外部加一双层罩。天平内有放置六个砝码的机构，这些砝码可以相互比对而无须打开天平罩。整个操作过程都通过罩外的控制系统进行。测量天平内的压力、温度与相对湿度的指示仪器全放在天平罩内。一系列测量的标准偏差为 4 微克。现在还有两台正在进行制造。^{(3) (4) (5)}

2. 测力

由于火箭发动机和宇宙航行的需要，使得测力的范围和准确度都大大提高了。如计划有推力达45万吨的火箭。目前已有 135 公斤、4500公斤、50 吨、135 吨、450 吨测力机，其准确度最高为 2×10^{-6} 。另外据称是“世界上最大的”1200万磅（约合5440吨）的大型测力机已于1971年投入使用。总高度约50米，其中约有11米在地下，垂直测试空间约30米。有一大负载箱，其值与一组小负载箱进行过比较（这些小负载箱已用已知准确的标准检定过），但该测力机的准确度未见报道，1964年曾预计达0.1%。^{(3) (25)}

3. 密度测量

该局测量密度采用了很多方法，如流体静重法、比重计法、浮沉子法、平衡柱法、弹性

螺线弹簧法、电磁法、冰量热计法和体积测量法等。一般测量水密度的不确定性小于 5×10^{-6} 。测定固体物质的密度，准确度达 $(0.5-1) \times 10^{-6}$ 。如用比重计法测液体和固体的密度的精度均为 1×10^{-6} 。用流体静重法测定密度，标准偏差的重复性约 1×10^{-6} 。1965年用浮沉子技术对2克的单晶硅进行测量，单次测量密度的标准偏差为 4.4×10^{-7} 克/毫升(约 2.2×10^{-7})。据1972年报道，该局又用浮沉子法测定很小样品的密度，其精度可达 $几 \times 10^{-4}$ 。冰量热计法测定 0°C 时一个大气压下冰的密度为 0.9168 ± 0.0005 克/毫升。^{〔11〕〔28〕〔29〕}

4. 压力和真空

由于航空工业和宇宙飞行的迅速发展，所以对低压和高真空测量的要求越来越迫切。该局在压力测量方面有各种标准仪器，其水平如图2：

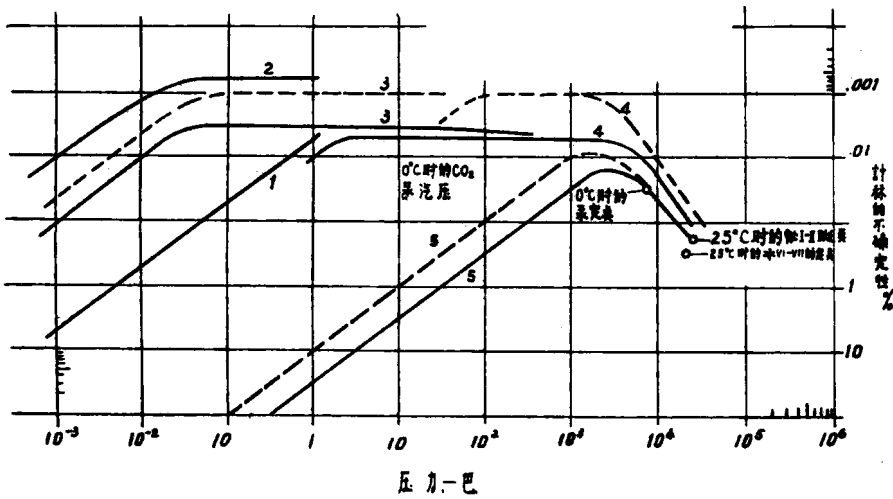


图2

1. 25毫米直径汞柱标准
2. 70毫米直径汞柱标准
3. 空气活塞压力计
4. 油活塞压力计
5. 锰铜丝压力计和超声压力计

从表上可以看出，水银压力计的准确度已接近 $几 \times 10^{-6}$ ，而在测量1000巴时，准确度达 4×10^{-3} ，用水银柱进行差压测量的准确度在2,000巴时为 1×10^{-4} 。在高压方面，即5—25千巴范围内，由于大部分压力媒介物已不再是流体而引起很大误差，所以为了改进上述情况，该局采取了下述方法。①用活塞和圆柱体装置对每单位面积上的力当作压力直接测量；②象国际实用温标那样建立压力定点；③选择一些材料，利用这些材料的其它参数，如晶格距离的变化，来间接测量高压；④改进内插仪器。如对水银在 0°C 时的凝固点压力（接近7,600巴）进行了重新测定，其误差为1/3500。

该局还制造了一台二氧化碳沸点测定器。用该仪器测量 0°C 时的二氧化碳的蒸汽压力其误差仅为 5×10^{-5} 。^{〔30〕}

据1968年报道，该局又制造了一台测量高压的活塞压力计，一般可测到3,000巴，有时可测到7,000巴，他们认为这个仪器在此范围内是最准确的仪器，如测量铋样品在 25°C 时多

晶型相位跃迁, 最低压力为 $25,499 \pm 60$ 巴。⁽²⁶⁾ 用静重活塞压力测量高达26千巴时, 其误差约为0.24%。⁽³¹⁾

由于该局所发表“真空标准和测量的准确度”一文已全文译出, 将刊登在“国外计量”中。此文已对该局在真空方面的工作有详细介绍, 所以这里就不详谈了。只将真空测量的准确度以图绘出。

对所用的参考方法的预计, 对压强的不确定性: 1. 接触点水银微压计; 2. 点接触微压计; 3. 麦氏真空计; 4. 容积分压装置; 5 和 7: 动态膨胀法; 6. 电离计的相互比对; 8. 分子束扩展法。

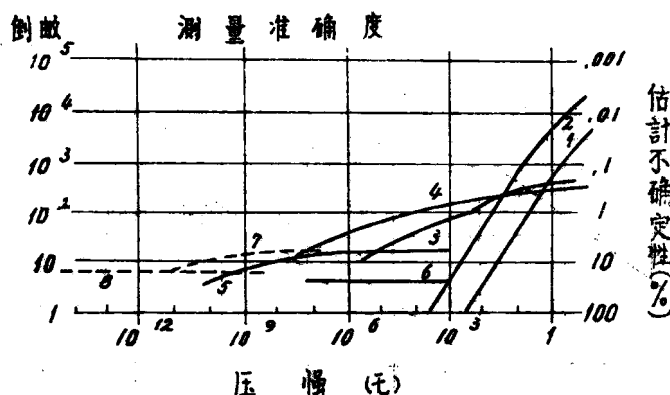


图3

此外气体温度计用的水银压强计, 不采用通常的U型管, 而采用W型管。中间有一长的水银管, 而旁边两个较低的管子。这种设计主要是为了使两个较低管的水银表面的电容能补偿基面的小变化。该压强计的测量范围是76—1,000托, 其误差为 2×10^{-6} 。测量压强比的误差为 1.5×10^{-6} 。⁽²⁶⁾

精密油压强计使 1×10^{-4} 到几千托范围的绝对测量的不确定性达 1.2×10^{-4} 托加读数的 6×10^{-5} 。读数到25千托更高范围的检定误差约为 4×10^{-3} 加读数的 4×10^{-5} 。由于高真空测量的主要困难是在工作地点对工作用仪表缺乏自检法和适当的稳定传递步骤, 所以该局还研究了一种高真空的自检法。⁽⁷⁾

5. 湿度

该局早在1938年就建立了湿度实验室, 在湿度计量方面历史较长。现在该局的湿度基准是称重标准湿度计。其方法是以混合比测量湿度, 它们的基本量是水蒸汽的质量和干燥气体的体积。后者通过已知测试气体的密度转换成体积。这样气体中湿度含量的值就可按绝对定义直接测量获得。所以混合比的准确度仅受上述两量的绝对测量的准确度限制。这样混合比在27—0.19mg/g之间, 其准确度为 1.27×10^{-3} 。该局的湿度副基准有露点湿度计、微波湿度计和干湿球湿度计。

产生具有足够准确度和精度的已知湿度的气体的方法有: 二点压力法, 其湿度范围和不确定性(系统误差 + 3σ) 如下:

湿 度	范 围	不 确 定 性
混合比 g/kg	0.002~0.007 0.007~0.15 0.15~20.0	测定值的 10% 3% 0.5%
露点温度 ℃	-70~-65 -65~-55 -55~-45 -45~-30 -30~+25	1.2℃ 0.8℃ 0.5℃ 0.2℃ 0.1℃
体积比 PPM	2~12 12~250 250~30,000	测定值的 10% 3% 0.5%
相对湿度 % 实验室温度		
-55~-40℃	10~98	2.5%
-40~-30℃	10~98	1.0%
-30~+60℃	10~98	0.5%

此外还有二点温度法和分流法等。

据1963年报道，该局的Greenspan研制了一台气动电桥湿度计，用称重标准湿度计在20个点对上述湿度计进行了检定，满刻度的标准偏差为0.06%，满刻度的精度为0.04%。此外该局还采用气体色谱法测量谷物的湿度含量，用红外光谱法和射电折射法探测同温层的湿度等。该局的主要湿度计的准确度如图4：

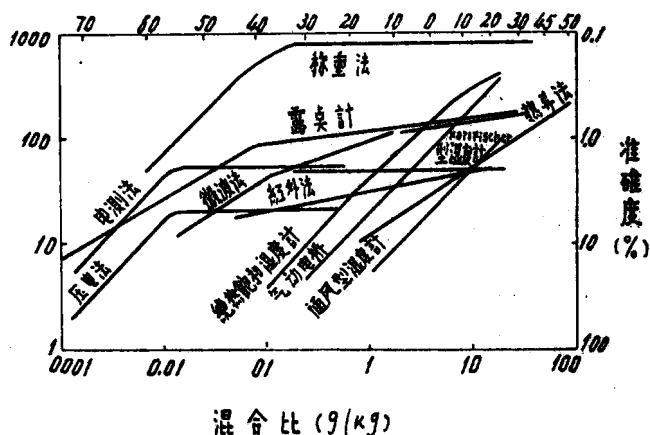


图4

6. 粘度

早在1919年，该局用毛细管流体法绝对测量水在20℃的粘度值为1.005厘泊。但自从1952年以来，该局推荐的水的粘度值在一个大气

压下20℃时为1.002厘泊±0.03%。但认为毛细管粘度计有个主要缺点是内径不均匀，于是该局为了检验上述粘度值，又研究了两种方法。第一种是扭矩摆粘度计。由一根扭矩铁丝吊一个球，里面装满被测粘度的液体，主要是测量它的振荡周期。用这种振荡球仪器测量，给出的粘度值相当于水在20℃时为1.006厘泊。系统误差小于±0.07%，这主要是因球的半径的误差(0.01%)和扭矩铁丝的误差(0.015%)引起的。经过18次观测，其平均偏差为±0.069%，变化系数为0.03%，与毛细管粘度计的测量差为0.3~0.4%，但为什么差这么多，还无法解释。

第二种方法是管道流体法。用两根很准确的圆柱体和一块光学平板，这样就构成了一个很均匀的管道，管道的截面近似三角形，但只一边是直线，而其它两边是弧线。为了消除末端效应，通过管壁在各小孔分流处测量其压降，在不同的距离有四个小孔，流体成两个方向，并以不同的流速流过。用这种方法所获之粘度值在20℃时为1.0008厘泊。其系统误差为±0.04%，总误差为±0.1%。据该局称，进行这些测量并非为了改变水在20℃时的1.002厘