

# 计量的作用和意义--. 计量与科学技术

随着科技和经济的发展、社会的进步，计量的作用和意义已日益明显。下面略举几例：

## 1. 计量与科学技术

众所周知，科学技术是人类生存和发展的一个重要基础。没有科学技术，便不可能有人类的今天。其实，计量本身就是科学技术的一个重要的组成部分。任何科学技术，都是为了探讨、分析、研究、掌握和利用事物的客观规律；而所有的事物都是由一定的“量”组成，并通过“量”来体现的。为了认识量并确切地获得其量值，只有通过计量。比如，哥白尼关于天体运行的学说，是在反复观察的基础上提出的，并在伽利略用天文望远镜进行了进一步观测之后而确立的；著名的万有引力定律，被牛顿的敏锐观察所揭示，并在百余年后经卡文迪许的精密测试而得到了确认；爱因斯坦的相对论，也是在频率精密测量的基础上才得到了一定的验证；李政道、杨振宇关于弱相互作用下宇称不守恒的理论，也是吴健雄等人在美国标准局（金标准技术研究院）进行了专门的测试才验证的。总之，从经典的牛顿力学到现代的量子力学，各种定律、定理，都是经过观察、分析、研究、推理和实际验证才被揭示、承认和确立。计量正是上述过程的重要技术基础。

历史上三次大的技术革命，都充分地依靠了计量，同时也促进了计量的发展。

以蒸汽机的广泛应用为主军标志的第一次技术革命，导致以机器为主的工厂取代了以手工为基础的作坊，使生产力得以迅速提高，进而确立了资本主义的生产方式。当时，经典力学和热力学是社会科技发展的重要理论基础。在蒸汽机的研制和应用的过程中，都需要对蒸汽压力、热膨胀系数、燃料的燃烧效率、能量的转换等进行大量的计量测试。力学计量和热工计量，就是在这种情况下发展起来的。另外，机械工业的兴起，使几何量的计量得到了进一步的发展。

以电的产生和应用为基本标志的第二次技术革命，更加推动了社会的发展。欧姆定律、法拉第电磁感应定律，以及麦克斯韦电磁波理论等，为电磁现象的深入研究和广泛应用、电磁计量和无线电计量的开展，提供了重要的理论基础。例如，1821年西贝克发现的热电效应，为热电偶的诞生奠定了理论基础；而各种热电偶的研制成功，则对温度计量、电工计量、以及无线电计量等提供了一种重要手段，促进了相应科技的发展。为了实际测量地球运动的相对速率，迈克尔逊等人利用物理学的成就，研制出了迈克尔逊干涉仪，从而为长度计量提供了一个重要方法。1892年，迈克尔逊用镉光（单色红光）作为干涉仪的光源，测量了保存于巴黎的铂铱合金基准米尺的长度，获得了相当准确的结果（等于1 553 163.5个红光波长）。直至百余年后的今天，利用各种干涉仪精密测量长度，仍然是几何量计量的一种重要方法。普朗克关于能量状态的量子化假说，指出物体在辐射和吸收能量时，其带电的线性谐振子可以和周围的电磁场交换能量，以致能从一个能级跃迁到另一个能级状态，并且能量子的能量为 $E=h\nu$ （式中 $h$ ——普朗克常数， $\nu$ ——频率）。爱因斯坦在普朗克假说的基础上，提出了光不仅具有波

动性，而且还具有粒子性，即光是以速度  $c$  运动的粒子（光子）流，其单元（光子）的能量为  $E=h\nu$ ，从而说明不同频率的光子具有不同的能量。上述理论成功地解释了光电效应，成了热辐射计量的理论基础，同时也使计量开始从宏观进入微观领域。随着量子力学、核物理学的创立与发展，电离辐射计量逐渐形成。

核能及化工等的开发与应用，导致了第三次技术革命。在这个时期，科学技术和社会经济的发展更加迅速。原子能、化工、半导体、电子计算机、超导、激光、遥感、宇航等新技术的广泛应用，使计量日趋现代化，计量的宏观实物基准逐步向量子（自然）基准过渡。原子频标的建立和米的新定义的形成，有着相当重要的意义。频率和长度的精密测量，促进了现代科技的发展。比如，光速的测定、原子光谱的超精细结构的探测以及航海、航天、遥感、激光、微电子学等许多科技领域，都是以频率和长度的精密测量为重要基础的。

至于人们广泛谈论和关注的所谓第四次技术革命，将引起科技、经济和社会的重大变革，人类将进入“超工业社会”或“信息社会”。那时，不可再生的石化燃料能源将替换成可再生的太阳能、海潮发电等新能源，钢铁、机械、橡胶等传统产业将被电子工业、宇航工程、海洋工程、遗传工程等新兴产业所征服，等等。这场技术革命的先导是微电子学和计算机，而集成电路又可以说是先导的核心。集成电路的研制，没有相应的计量保证是不可想象的。比如，硅单晶的几何参数、物理特性，超纯水、超纯气的纯度，化学试剂、光刻胶的性能，膜层厚度、层错位错，离子注入深度、浓度、均匀度以及工艺监控测试图形等的测定与控制，都是精密测量。当前，我国集成电路研制尚比较落后，计量工作跟不上是其中的原因之一。

总之，科学技术的发展，特别是物理学的成就，为计量的发展创造了重要的前提，同时也对计量提出了更高的要求，推动了计量的发展；而计量的成就，又促进了科技的发展。正如门捷列夫所说：“没有计量，便没有科学”。聂荣臻同志也曾明确指出：“科技要发展，计量须先行”；“没有计量，寸步难行”。

## 2. 计量与生产

计量对工业生产的作用和意义是很明显的。社会化大生产的本身就要求有高度的计量保证。生产的发展，大体上可分为三个阶段，即以经验为主的阶段，半经验、半科学阶段和科学阶段。计量则是科学生产的技术基础。从原材料的筛选到定额投料，从工艺流程监控到产品的品质检验，都离不开计量。例如，一辆普通的载重汽车有 9000 多个零件，由上百个工厂生产，若没有一定的计量保证，就无法装配成功。某地方中型钢铁厂轧钢板的耗油量，原来是每吨 300 余公斤，后来由于对废气、空气量、燃烧供热量以及温度等进行了计量监控，结果使能耗下降到每吨 40 公斤。原先，某钢厂的冶金炉，所用的重油燃料靠人工经验控制，根本不计量；为了火旺，总是多投料，结果燃烧不彻底，黑烟滚滚，既多耗油，又污染环境，以致连年亏损。后来，安装了计量仪表，对燃料进行了监控，使加油量保持在最佳值，既节约了油料，又减少了污染，同时还提高了炼钢效率，结果很快就出现了扭亏为盈的新局面。某玛钢厂是我国生产玛钢制品的第一大厂。过去，能耗一直居高不下，是当地耗能的重点户。为摸清原因，该厂对十余种主

要设备进行了热平衡测试，并取得了大量数据，从而计算出设备热平衡和能耗的基本关系，初步掌握了能源利用的规律，找出了能耗严重的主要原因并相应地安装了监测仪表。例如，退火窑的热效率原约为 8%，监测控制后则提高到 12% 以上，退火时间由 60 小时降到 35 小时，一年就节煤近 2 000 吨、节电 26 000 余千瓦小时（度）。结果，一年下来，全厂的用水量下降了 21%，节电约 600 000 千瓦小时，综合能耗下降了约 10%，产值提高了 22%。

近年，国外经济发达国家，把优质的原材料、先进的工艺装备和现代的计量检测手段，视为现代化生产的三大支柱。其实，优质原材料的制取与筛选、先进工艺装备的配备与流程的监控，也都离不开计量测试。例如，国外先进生产线的产品品质高，次、废品少或几乎没有，其中重要的因素就是充分利用了在线测量与监控技术。至于所谓的柔性生产（制造）系统，更需要现代计量检测手段的技术保证。

至于农业生产，特别是现代化的农业生产，亦必须有计量保证。例如，为了科学种田，就必须通过计量来掌握土壤的酸碱度、盐分、水分、有机质和氮、磷、钾的含量以及温度等。在盐水选种、温汤或药剂浸种、适温催芽和离心脱水等过程中，亦都要靠一定的计量保证。电离辐射育种，是近年发展起来的一项重要增产措施。我国已用该法培育出了许多农作物新品种，其中鲁棉一号可使棉花大面积地成倍增产。利用电离辐射实现农产品和食物的防腐保鲜，亦是新兴辐射加工工业的一个重要方面。所有这些，都需要相应的计量保证，否则不仅达不到预期的效果，而且会造成不应有的损失。另外，在田间管理上，也离不开计量。例如，既要合理密植，又要间作套种，这就需要对植株光合作用的照度等进行必要的计量。

事实充分表明，科学生产和技术革新，都离不开计量测试。

### 3. 计量与人民生活

计量对人民生活的意义是相当明显的。生产过程的计量不容忽视，生活中的计量则更应关注。它直接触动人们的切身利益，而且有时非常敏感。例如，日常买卖中的计量器具是否准确，家用电表、煤气表和水表是否合格，以至公共交通的时刻是否准确等，都会对人们的生活产生一定的影响。

民以食为天。粮食是生活的必需品，任何人都离不开它。粮食的品质直接关系到人们的健康。在粮食生产的过程中，施化肥可以增产，洒农药可以除虫。但化肥和农药大多对人体有害，必须控制在一定的剂量之内，否则将会导致积累性中毒，造成严重的后果。某些农药，如六六六等，许多国家，包括我国，已明令禁止使用。近年来，一些发达国家在积极探索完全不使用化肥和农药的新式农业，即所谓的“生态农业”，很值得关注。倘能成功并予以推广，将会对人类的生存和发展产生深远的影响。

食品的保鲜，是人们越来越关注的一个问题。医学界已经证明，粮食及其制品，发霉变质会产生黄曲霉素，人和动物食用后容易致癌。另外，食品在加工过程中，往往要加入一些添加剂，如色素、味素、防腐剂等，都应对其进行必要的计量检测，以控制用量，否则会导致不良后果，危害人们的健康。所以，粮食及其制品

的生产、贮存和加工，都离不开计量。

副食品，特别是水产品、肉、蛋和蔬菜的冷冻保鲜，人们已普遍采用。对此，温度的控制很重要，温度过低会对食品的色、香、味甚至营养起破坏作用；温度过高则不易保存。这也只有通过相应的计量才能予以保证。

近年来，城市的各种污染日益严重，几乎成了难以根除的公害。世界各国，特别是比较发达的国家，对环境保护都相当重视。其中，关键的一环，就是进行有效的计量监测与控制，诸如对大气、水质及噪声等。至于水和空气对人生的重要性，是不言而喻的。社会调查表明，一些水质良好、空气新鲜的地区，特别是山区，人们的平均寿命较长；相反地，水质不好、空气污染严重的地区，人们的发病率较高，寿命普遍较低。近年来，通过对空气的计量测试，发现当空气中的负离子浓度较大时，会感到空气格外新鲜，对人们有一定的医疗保健作用。这也是往往将休养所、疗养院、保健院等建于山区、林中或海滨、湖畔的原因之一。

在医疗卫生方面，计量测试的作用亦越来越明显。现代医学对疾病的预防、诊断和治疗，都离不开计量测试。例如，测量体温、血压，作心电图、脑电图以及各种化验等，皆是常见的计量测试。对于癌症，人们都很关注，是目前死亡率最高的疾病之一。据美国专家的估计，大约总人口的 1/4，在其一生中可能患有各种癌症。当然发病与否，患病的程度各不相同。现在，有的国家癌症患者已逾百万。其中，约 70% 的患者接受放射线治疗，但治愈者仅 40% 左右。这里，要求肿瘤部位所受到放射线照射的剂量准确到  $\pm 5\%$ 。因为，剂量小了，不足以抑制和杀伤癌细胞；剂量大了，则会使患者遭受不应有的损伤。这也只有靠计量来保证。

#### 4. 计量与贸易

计量与国内贸易，前面已略有涉及并且一般亦有所感受；下面将只谈一下计量与国际贸易。

外贸当中需要计量的事例很多。例如，过去我国出口苹果，只凭观察外表或直接品尝，而没有采取计量手段。有的外商便借以刁难，随意削价。其实，对苹果的成熟度的计量很简单，只要定出与成熟度相应的硬度值，用普通的硬度计测一下就可以了。再如，我国出口原油，过去由于港口缺乏准确可靠的计量设备，往往采取宁可多装些油而避免索赔的作法，甚至出现多给了油，却被船主以超重为由提出索赔的憾事。当前我国原油的年产量已突破 1.4 亿吨，每年都有相当数量的原油出口。一般港口对原油的计量精度约为 0.5%。若将精度提高，那怕只提高 0.1% 或更少，一年便可少损失大量的原油，不仅可获得明显经济效益，而且也体现了我国的计量水平。

至于我国进口的货物，数量不足、品质不符的情况，时有发生。例如，前不久，天津从外国进口了价值数百万美元的硅钢片，经计量检测，发现品质不合格，便向外商提出索赔。结果，在准确的计量数据面前，外商不得不认错，并进行了赔偿。最近，我国进口了一批化肥，经计量检测发现份量明显不足，甚至比包装袋上的标称重量少百分之十几。

人们越来越认识到，计量是保证产品品质、提高商品在市场上的竞争力的重要措施。对

于国际贸易，计量更是消除贸易，计量更是消除贸易技术壁垒的重要手段。

## 5. 计量与国防

计量对国防，特别是尖端技术的重要性，尤为突出。国防尖端系统庞大复杂，涉及的科技领域广，技术难度高，要求计量的参数多、精度高、量程大、频带宽。比如，由于飞行器与地面的距离不断增大，对通信、跟踪、测轨、定位等都相应地提出了更高的要求。就卫星来说：军用通讯同步卫星距地面可达 35 800km，而核爆炸检测卫星距地面则远达 112 280 km，用无线电联系，就必须有大功率的发射机和高灵敏度的接收机，因而必须对大功率、低噪声、大衰减和小电压等主要参数进行相应的计量测试。这不但要研究测试方法和设备，而且要建立相应的计量标准。当前，地面设备的发射平均功率已可达几十千瓦，接收机的噪声温度已能低于 15K。为提高对飞行器的控制能力，对跟踪、定位、测速等的精度要求越来越高，不仅对电子参数，而且对设备加工和伺服控制元件亦提出了更严格的要求。在连续波计量系统中，为保证测速精度达到每秒几厘米，地面频标的短期稳定度应在  $10^{-12}$  以上。在宇航系统中，地面设备之间的联系、地面对空间飞行器的探测、控制，都要高速的传输和处理大量数据。因此，要求传送信号的频带很宽而且精度很高。国际上通讯和广播卫星将普遍使用 11GHz~14GHz、20GHz—40GHz 或更高频段，不断向毫米波、亚毫米波迈进。这就必须研制新的元器件、部件以至整机，从而对计量测试亦必然提出相称的新的要求。

对国防尖端技术系统来说，工作环境比较特殊，往往要在现场进行有效的计量测试，难度较大。例如，飞行器在运输、发射、运行、回收等过程中，要经历一系列诸如振动、冲击、高温、低温、高湿、强辐射等恶劣环境。当弹头进入大气层时，要经受几千度以上的超高温；提高接收机灵敏度的关键部件一般要在液氮的超低温下工作；主发动机推力可达几十兆牛，而姿态控制发动机的推力则只有几厘牛。原子弹、氢弹等核武器的研制与爆炸威力实验，对计量都有特殊要求，必须进行动态压力、动态温度、脉冲流量，以及核辐射等一系列计量测试。

由于计量测试提供了所需的数据，保证了各部件、分系统和整个系统的可靠性；同时，还可以缩短研制周期，节约人力、物力和时间。例如，美国一航空喷气发动机公司，在研制一种新型发动机的过程中，需要进行一系列的计量测试。当计量仪器的误差为  $0.75\sigma$  时，需要进行 200 次实验，耗资 2 000 万美元；当仪器的测量误差减小到  $0.5\sigma$  时，只需要进行 28 次实验，耗资仅 280 万美元。

在 1991 年的海湾战争中，“爱国者”导弹之所以能够成功地拦截“飞毛腿”导弹，准确的计量测试是重要的原因之一。

可见，在国防建设中，计量测试是极其重要的技术基础，具有明显的技术保障作用，不仅可以节约资金；争取时间、提高作战能力，而且还能为指挥员的判断与决策提供可靠的依据。

从上面的一些事例，已可看出，计量是科学技术进步、经济和社会发展的关键技术基础。另一方面，随着形势的发展，对计量的要求亦越来越高，特别是对

准确度和可靠性的要求尤为突出，从而激励了计量本身的发展。如今，可以毫不夸张地说，任何科学、任何部门、任何行业以至任何活动，都直接或间接地、有意或无意地需要计量。计量水平的高低，已成为衡量一个国家的科技、经济和社会发展程度的重要标志之一。