

## News & Highlights

### 对千克的重新定义

Chris Palmer

Senior Technology Writer

2018年11月，来自60个国家的科学家们一致投票决议，对千克以及其他3个标准测量单位进行重新定义，它们分别是：测量电流的安培、测量温度的开尔文，以及化学中用于描述物质的量的摩尔[1]。

在此次投票之前，千克这一单位是以一个名为Le Grand K（图1）的铂铱圆柱体为基准进行定义的，该柱体现存放于巴黎国际度量衡局（International Bureau of Weights and Measures, BIMP）的3个玻璃钟罩下。而从2019年5月20日，即世界计量日（World Metrology Day）开始，科学家们将根据普朗克常量（Planck constant）来重新定义千克，该数字是联系无线电波的能量与其频率的常数。自此，国际单位制（International System of Units, SI）中的所有7个基本单位均将根据自然常数而非具体的物理对象进行定义。

人们尝试创建标准化测量系统的历史可追溯到5000多年前，那时人们往往选择诸如手臂长度或种子重量等常见概念作为基准。但由于各地之间缺乏一致性，这种测量系统也常常给人们带来困扰。1875年，在法国大革命（French Revolution）的启发下，17个国家在巴黎签署了《米制公约》（Meter Convention），也称《米制条约》（Treaty of the Meter）。该条约确定了米和千克的国际标准，后者被设定为等同于4°C时1 L水的质量[2]。其目的是创造一个“面向所有时间，面向所有人”都行之有效的衡量体系——这一理念由法国数学家和哲学家Marquis de Condorcet所提出。

纵观全球，无论是当地杂货商还是在国际大港口，



图1. 自1889年以来，全球范围内，千克这一质量单位是由一个被称作Le Grand K的矮形铂合金圆柱体所定义的。自Le Grand K被锻造完成后，人们便将它存放在巴黎郊外的一个地下室的3个玻璃钟罩下。图片来源：BIMP。

他们所使用的天平都是用质量进行校准的，该校准最终都是用Le Grand K砝码进行的——而这就是问题所在。“我们知道它已经产生了一定的误差。”美国国家标准与技术研究院（United States National Institute of Standards and Technology, NIST）的物理学家Darine Haddad如是说。他指出了计量学家（计量学研究者）们的共识，即随着时间的推移，比起它的6个官方复制品，Le Grand K已经神秘地变轻了约50  $\mu\text{g}$ （大约是一根睫毛的质量）[3]。并且，由于所有的质量计量都与Le Grand K相

关,那么从定义上来说,每当这个标准原器失去一定质量时,其他的一切都会变“重”一些。

由于具体物理对象(如Le Grand K)的无常性,科学家们试图创造出更不可被改变的标准测量单位,其定义来自于宇宙的基本构建模块。例如,在1967年,科学家们将“秒”定义为铯-133原子震动9 192 631 770次所用的时间[4]。新的时间标准带来的好处之一就是全球定位系统(Global Positioning System, GPS)技术的发展,该技术要求时间计量的误差应控制在每天十亿分之一秒以内[5]。同样地,对于千克,以及安培、开尔文和摩尔的更准确定义也可能为其他技术突破铺平道路。

多年来,人们重新定义千克的努力均未取得令人满意的进展。直到1975年,英国国家物理实验室(National Physical Laboratory)的物理学家Bryan Kibble发明了一种装置(在他去世后命名为Kibble天平),该装置能够以极高的精度以重力的形式测量电流值(图2)。而几乎在同一时间,量子力学的发现将普朗克常量与电压以

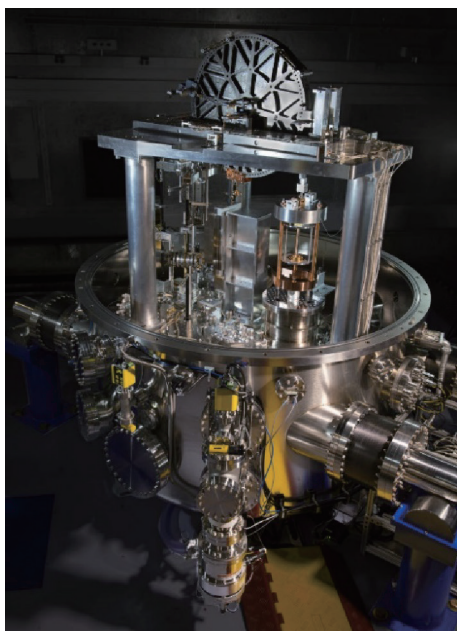


图2. Kibble天平,如图中由NIST物理学家制造的这一台,是一种机电测量仪器。设计该仪器的原理是力与力之间的相互平衡。在该天平中,当电流通过处于磁场中的线圈时,其产生的电磁力正好抵消了被测物体的重力,从而可以进行进一步的测量。设备的极高精度为千克的重新定义提供了基础,而这一定义将于2019年5月20日正式生效。图片来源:J.L. Lee/NIST。

及电阻联系了起来,这使得Kibble天平也可以测量普朗克常量[1]。

最近,物理学家用Kibble天平对Le Grand K的一个精确复制品进行称重,由此得出的普朗克常量在小数点后8位以内[6]。在所测得的既定普朗克常量条件下,千克这一单位将与Kibble天平中的特定电流量相对应。

或许大多数人永远不会注意到千克定义的全新转变。然而,对于科学家来说,新的定义将意味着更精确的测量,特别是对于较小的质量。Haddad说:“我们现在可以在天平的任意一点上测量质量,不再需要根据千克来推算。”“通过Kibble天平,我们对于质量的测量可以直接达到克或者毫克的水平。”这种精度可以帮助药剂师进行个性化剂量药物的测量或帮助天文学家计算天体运动。

中国、法国、韩国、英国和美国都已经建立了Kibble天平[7],此外,许多其他国家也正在建设该设备。NIST的物理学家Stephan Schlamminger说:“这一项新的定义确实是‘面向所有时间的’,因为它是基于时空结构之中不随时间变化的常数所设立的,而且也确实是‘面向所有人的’,因为每个人都可以使用它。”“所以,在某种程度上,我们正在完成从法国大革命时开始的进程。”

## References

- [1] Lim X. The kilogram is dead. Long live the kilogram [Internet]. New York City: The New York Times; 2018 Nov 16 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <https://www.nytimes.com/2018/11/16/science/kilogram-physics-measurement.html>.
- [2] Steer G. The definition of a kilogram just changed. That's a major milestone in the grand history of the metric system [Internet]. New York City: Time; 2018 Nov 16 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <http://time.com/5457165/kilogram-definition-history/>.
- [3] Wei-Haas M. The kilogram is forever changed. Here's why that matters [Internet]. Washington, DC: National Geographic Society; 2018 Nov 16 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <https://www.nationalgeographic.com/science/2018/11/kilogram-forever-changed-why-mass-matters/>.
- [4] Historical context of the SI [Internet]. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology; [cited 2019 Feb 26]. Available from: <https://physics.nist.gov/cuu/Units/second.html>.
- [5] Chen S. Kilogram redefined. The metric system overhaul is complete [Internet]. San Francisco: Wired; 2018 Nov 16 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <https://www.wired.com/story/new-kilogram-definition-based-on-planck-constant/>.
- [6] Stein V. The new definition of the kilogram will change the way we weigh everything [Internet]. PBS NewsHour; 2018 Nov 16 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <https://www.pbs.org/newshour/science/its-a-massive-changescientists-redefine-the-kilogram>.
- [7] Robinson IA, Schlamminger S. The watt or Kibble balance: a technique for implementing the new SI definition of the unit of mass. *Metrologica* 2016;53(5):A46-74.