





测量的故事

[英] 安德鲁·鲁滨逊 著
《测量的故事》编译组 译

中国质检出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

测量的故事 / (英) 鲁滨逊著 ; 《测量的故事》编译组译 . — 北京 : 中国质检出版社 , 2017.1
ISBN 978-7-5026-4263-1

I. ①测… II . ①鲁… ②测… III . ①测量—普及读物 IV . ① P2—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 043543 号

Published by arrangement with Thames & Hudson Ltd, London

The Story of Measurement © 2007 Thames & Hudson Ltd, London

Text © 2007 Andrew Robinson

This edition first published in China in 2017 by China Zhijian Publishing House, Beijing

Chinese edition © 2017 China Zhijian Publishing House

简体中文版权 © 2017 中国质检出版社

本书仅限中国大陆地区发行销售

图字 : 01-2015-5847

中国质检出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址 : www.spc.net.cn

总编室 : (010) 68533533 发行中心 : (010) 51780238

读者服务部 : (010) 68523946

北京利丰雅高长城印刷有限公司

各地新华书店经销

*

开本 880 × 1230 1/16 印张 14.25 字数 300 千字

2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

*

定价 : 98.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话 : (010) 68510107

编译组名单

徐学林 刘 军 陈杭杭 李孟婉

徐文见 劳嫦娟 胡志雄

科普顾问

肖 健

献给世界上最具有“创造力”的物理学家菲利普·安德森 (Phil Anderson) (论文参考文献与引用数为 36.9), 以示钦佩和感激。



左图: 16 世纪后叶弗拉芒画派的《测量员》(The Measurers)。图中描绘了仪器制造、音乐、称重、用仪器测量、检查、称量谷物和丈量布匹等情景。

作者的话

本书脱胎于我前几本书的研究, 首先是 20 世纪 80 年代末期的《世界的形状》(The Shape of the World), 最后是 19 世纪博学家和一流测量员托马斯·杨 (Thomas Young) 的传记《最后的文艺复兴者》(The Last Man Who Knew Everything)。托马斯·杨在自序中写道: “对人类而言最好的便是: 部分研究者的研究在某个狭窄的领域内让人折服, 而其他的则在更广泛的研究圈子中迅速传播。” 不论明智与否, 我已受到托马斯·杨方方面面事迹的影响, 开始思考用简短的文章来讲述所有关于测量

的故事。非常感谢吉姆·贝内特 (Jim Bennett)、乔纳森·鲍文 (Jonathan Bowen)、维姬·鲍曼 (Vicky Bowman)、马丁·因斯 (Martin Ince)、克里斯托弗·菲普斯 (Christopher Phipps)、大卫·史普林斯 (David Sprigings)、安德鲁·托德-泼克洛皮克 (Andrew Todd-Pokropek) 以及克里斯托弗·伍德 (Christopher Wood) 所提的建议。

本书大部分采用米制单位, 适当时有一些英制单位, 在参考历史文献中保留了原来的单位。

第 I 页图: 1896 年 2 月, 美国所拍的首批医用 X 光片之一。图片显示了在一次猎枪走火事故后, 埋在一个男人手掌中的散弹弹片。

第 II ~ III 页图: 公元前 2000 年的《埃及亡灵书》(The Egyptian Book of the Dead) 中对死者的审判。用玛特 (真理正义之神) 的羽毛来称量死者的心脏。

译者序

测量具有悠久的历史，是人类文明繁荣的必要条件。人类对数和量的认识，可以追溯到原始社会。原始的测量几乎和人类本身一样古老。现今发现的最早泥板文献来自美索不达米亚，刻于公元前 4000 年末，记录了劳动力等级制度和国家机构发放给劳动者的口粮数量。我国古代早期，民间确定测量单位量值的方法则是“布手知尺，布指知寸”。所有测量都力图用数字和统计来简化和表达世界。

随着人类进步，测量范围不断扩大，测量精度也逐步提高，出现了专用的测量单位和器具。随着朝代更迭，制度变迁，这些测量单位和器具既传承又变化。

当今世界测量已经与人们的生活方式紧密相连，测量无处不在，例如时钟、电表、温度计、衣服尺码、食品保质期、酒精含量、体育比赛成绩、银行账户、互联网协议、无线电频率、问卷调查、人口普查以及其他形式的测量。发达国家的政府通过精密测量和税收对现代城市进行管理。英国科学家开尔文勋爵说：“实现测量并能用数量表述，才算真知；不能测量又不能用数量表述，说明学识浅薄、知之不够。”

测量技术的发展与经济、社会发展需求相适应。大规模机械生产的发展，对零部件提出了互换性要求。贸易活动的日益扩大提出了建立统一的测量标准的要求。一旦这些标准建立起来，不同人在不同时间、地点进行的测量过程就有了统一的依据，测量结果可以相互比较。也就是说，测量过程可以溯源到统一的标准。这种可以溯源到统一标准的测量就称为计量，而统一的标准就是计量标准。关于测量及其应用的科学称为计量学。虽然计量学在公众心目中，甚至在学术界都没有太高的名气，但计量学的研究却为世界性的测量体系的建立提供了技术基础。我国政府在过去几十年来，一直对计量工作给予充分的重视。1999 年，中国计量科学研究院代表中国政府正式签署了《国家计量基（标）准互认和国家计量院签发的校准与测量证书互认》协议。目前我国已有 1266 项国际互认的计量标准，排名亚洲第一，世界第四。一批前沿的科研成果达到国际先进水平，一批自主科研成果服务我国经济和社会需求，但仍存在重技术，轻

“文化”现象。世界各国的计量都对世界文化的发展和传承有着深远的影响。《测量的故事》这本书给我们阐述了广泛的测量，小到“原子”和“思想”，大到“宇宙”和“社会”。通过一系列测量的故事，向读者展示了测量的世界、计量的历史，深入浅出、感同身受。

本书适合所有对测量以及计量文化感兴趣的人员阅读。

中国质检出版社为本书从策划到出版提供了有力帮助和支持，国家质检总局计量司及北京市科协对本书的出版提供了经费支持，在此表示衷心的感谢。本书主要由中国计量科学研究院的同志完成翻译并审读，由于专业知识和时间的限制，书中肯定会有不妥之处，恳请各位读者对本书提出批评和建议，以便于我们不断修订、完善。

《测量的故事》编译组

2016年6月

北京

目录

引言 1

第一篇 测量的含义 12

第一章 米制的由来 14

古希腊人对地球的测量·经纬度·地球形状的研究·测量米·国际米制化进程

第二章 数字与数学 26

计数与会计·算筹, 结绳与算盘·古代数字·数基·零和无穷大·坐标·几何学·黄金分割·分形·数学: 自然科学? 人文科学?

第三章 常用单位 40

重量与密度·长度与距离·面积与体积·角度·货币与价值·时间

第四章 仪器与技术 58

准确度和精密度, 误差和不确定度·一根绳子有多长?·望远镜·显微镜·温度计·气压计·地震仪·盖革计数器·光谱仪·激光器·国家计量机构

第二篇 对自然的测量 74

第五章 原子 76

原子与量子论·原子钟·放射性与同位素·元素周期表·离子与化合价·化学浓度·酸碱度·体积与压强·温度与能量·质量与千克基准·材料、应力及应变·辐射与颜色·相对论·声音·电和磁·纳米技术

第六章 地球 100

罗盘·土地勘测·卫星·气象与大气层·风暴、飓风和龙卷风·闪电·气候变化·地质年

代·板块构造论·地震·海啸·火山·矿物、钻石和黄金·物种

第七章 宇宙 130

日心说·行星运行·月球·行星·太阳·恒星·彗星·黑洞·自然界中的常数·宇宙膨胀及大爆炸

第三篇 对人类的测量 150

第八章 思想 152

语言·诗节韵律及韵律分析·旗语和莫尔斯电码·文字系统·速记·纸张大小和图书开本·图书与图书馆分类法·字体排版·摄影·计算·工具、钉子及螺丝·音乐与歌唱·IQ和智力

第九章 人体 170

人类基因组·血液·医学扫描·眼睛与镜片·身体质量指数·卡路里和食品添加剂·酒精含量·空气质量与花粉量·防晒系数·医学处方·疾病潜伏期·疼痛·压力因子·纺织品与托格值

第十章 社会 188

日历·时区·邮政编码·民意调查·人口普查·ID、真相及谎言·种族·军衔·枪支口径·经济学·彩票与赌博·体育与比赛·集合名词

后记: 万物之尺 206

延伸阅读 212

图片来源 214

索引 216

引言

在整个历史长河中，人类对测量都是处于矛盾之中。就拿米制来说吧，“统治会更迭，但这项工作会永存。”这个具有远见的论断是拿破仑·波拿巴（Napoleon Bonaparte）对开创新型计量单位制的法国科学家的贺词。但是，拿破仑本人却拒绝使用米制，并且引得很多法国人纷纷效仿。拿破仑不无沮丧地说：“没有比组织人的思维、记忆和想象力更矛盾的了……新的计量单位制将成为几代人的绊脚石和麻烦的代名词。”

虽然，人们通常认可测量是文明繁荣的必要条件，但同时又认为测量将人类的价值简化为一个个冷冰冰的数字，就像在填表一样。据最早的美索不达米亚泥板文献记载，在公元前4000年末期，就有记录统治者颁发给劳工的劳动力等级和口粮量（通常是很微薄的）。古希腊有一个普罗克汝斯忒斯（Procrustes）的传说，普罗克汝斯忒斯是一个残暴的强盗，他把受害人放置在一张铁床上，身长超过铁床的砍断腿，而不足铁床长度的则强行拉至与床齐。他后来被提修斯（Theseus）用相同的方法杀死。《圣经》中有很多关于短斤少两之罪恶的名言警句。比如上帝对先知弥迦（Micah）说：“我能纵容虚假称量或者（比实际）轻的袋子吗？”耶稣（据《路加福音》，*Luke's Gospel*）是这样赞美慷慨的举措的：“你们要给人，就必有给你

们的。用十足的升斗，连摇带按、上尖下流地，倒在你们怀里。因为你们用什么量器量给人，也必用什么量器量给你们。”威廉·莎士比亚（William Shakespear）在《恺撒大帝》（*Julius Caesar*）中这样写道，恺撒被刺死后，安东尼问：“对于这么苛刻的尺度，他们是去征服、获胜、凯旋、破坏呢，还是退缩不前？”查尔斯·狄更斯（Charles Dickens）在《艰难时代》（*Hard Times*）中这样写道：成功商人和市民领袖托马斯·葛搢梗（Thomas Gradgrind）总在袋子里装着“一把尺子和一台天平”，随时准备“称量任何人性的包裹，并准确告诉你结果是什么”。

稍微动动脑筋我们就会发现，测量在我们的日常生活中无处不在。例如，我们经常接触的时钟、日历、尺子、衣服尺码、占地面积、烹饪食谱、保质期、酒精度、比赛比分、乐谱、地图比例尺、互联网协议、字数统计、记忆芯片、银行账号、金融指数、无线电频率、计算器、速度计、弹簧秤、电表、照相机、温度计、雨量计、气压计、体检、药物处方、体重指数、教育测试、民意调查、小组讨论、问卷调查、消费者调查、退税、人口普查以及其他形式的测量——所有这些都致力于用数字和统计简化世界。因此，本书章节标题异常广泛，小到“原子”和“思想”，大到“宇宙”和“社会”。

左页图出自1794年威廉·布雷克（William Blake）的水彩浮雕蚀刻《永恒之神》（*The Ancient of Days*）。此图描绘了受《圣经》箴言篇中的一句话启发，正在测量世界的造物主（布雷克称之为乌里森）。这句话是：“我在那里；他在渊面的周围，画出圆圈。”但是，自布雷克以来，与《圣经》所述相反，认为世界是邪恶的，认为其创造的是一个噩梦。“噩梦中，圆圈就像黑夜和风雨之夜的一道闪电”（见恩斯特·贡布里希（Ernst Gombrich）《艺术的故事》（*The Story of Art*））。因此，布雷克的这幅名画似乎表达了人类在测量方面持久的矛盾心理。



古代重量和长度测量工具

左图：来自印度河流域的立方形砝码（由带条纹燧石或其他带图案的石材制成）是古代独有的标准砝码体系的组成部分。前六个砝码的尺寸从右至左按 1:2:4:8:16:32 的比例倍增，其中最常见的是 16 倍比例的砝码，大约能称量 13.7 g。更大的砝码采用十进制。令人惊奇的是，4 000 多年后的今天，在巴基斯坦和印度的传统市场，仍在采用印度河流域的这一测量体系。

现代都市的一切存在，至少在发达国家，离开了精密科学和税收之类的严格的政府监管，是不可想象的。“量化是一种不像决策的决策，其客观性为几乎没有权柄的官员提供了权威。”这一敏锐的评论来自美国历史学家西奥多·波特（Theodore Porter）的一本关于公共生活中测量问题的著作《信任数字》（*Trust in Numbers*）。一方面，我们欣然接受测量的好处，并且为技术创造的奇迹而激动不已，如近几年才出现的手机、互联网、卫星导航和 iPod。但是我们也意识到为测量所付出的代价，并且渴望摆脱它的限制。我们的一个成语舒缓了这种紧张情绪。这个成语就是“人多势众”，但是我们知道，群体思维没有自我存在的自由。自由市场资本主义和民主政体可以带来“最大多数人的最大幸福”，但是作为个体，我们知道众口难调。总的来说，我们可能不愿意接受“我们的日子屈指可数”——如《圣经》所说的“七十岁，一辈子”——但我们

仍然尽我们的最大努力来拒绝必然的死亡。

就拿学生来说，他们为了学校和学院考试寒窗苦读，其成绩则成了国内报纸的标题，并引发对教育标准的无休止的争论。然而，创新力、创造力和领导力却根本无法用这样的智力测验来考量。美国一家顶级教育报——《高等教育纪事》（*Chronicle of Higher Education*）中有一篇文章，对美国社会流行的多重选择问题表达了不满，并伤心地断言：“如果我们仍将坚持用机器为学生评分，那么我们就等着他们坚决要求能用其口袋里的机器来回答考试题吧”——他们的手机可以连接因特网。

而他们的老师，那些大学老师们，在越来越倾向于采用引文索引、期刊影响因子、星级评定和排名表来衡量学术出版物、学科、大学院系和大学本身的同时，追求数量胜于追求质量，追求符合性胜于所希望的创造性。剑桥大学哲学家西蒙·布莱克本

下图：埃及腕尺棒（“前臂”）分为多个指（趾）尺（“手指宽度”），并进一步按指（趾）尺的二分之一至十六分之一分为多个部分。皇家腕尺约为 52.3 cm，等于 7 个掌尺（不算大拇指）或 28 个指（趾）尺。但是，埃及也采用其他更长或更短的腕尺，而古巴比伦、以色列、希腊和罗马所用的腕尺更是尺寸各异，从 46 cm 以下至 56 cm 左右不等。





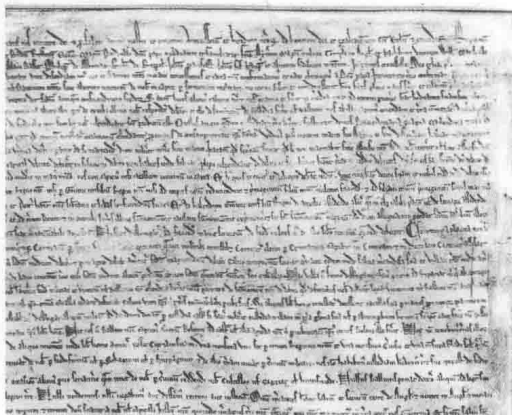
和企业家那样赢得无限尊重。

这也是他们中大多数人在晚年热心慈善，资助那些不能单单以金钱衡量的教育、艺术和社会项目的原因所在。通过推行那些能让其在民意调查中赢得高支持率的政策，政治家可能再次当选，但是他们通常不能显著改变社会，因此一旦离任，便会被忘却或鄙视。受人尊重的政治家或领导人，如温斯顿·丘吉尔（Winston Churchill）和马丁·路德·金（Martin Luther King），至今仍是贡献难以估量的卓越领袖。认为智力、谎言和人格特征能通过 IQ 这样简单的数字量化，或通过测谎仪和脑部扫描仪这样的仪器测量的心理学家，必然会引发关注。但是他们的数据和结论几乎总是引发争议，尤其在心理学家之间。物理学家和外科医生执着于使用最新的、价

左图：青铜时代的内布拉（Nebera，德国的一个镇）星象盘，可追溯至公元前1600年，是世界上第一个天文钟。该盘由青铜制成，其内镶有金色太阳、月亮和星星。在保持阳历和阴历准确性方面能与公元前7世纪巴比伦的等同物媲美。虽然对其真实性尚存争议（译者注：目前已确定为真品），但非法寻宝人确实于1999年发现星象盘，以及青铜剑等其他青铜器件。

（Simon Blackburn）在《泰晤士报高等教育增刊》（*The Times Higher Education Supplement*）中反问道：“苏格拉底能够得到何种颜色的星星呢？他从来没有写过任何东西。根本没有任何可测量的成果。荒谬！”

对于日常生活其他领域的测量，我们的态度也如出一辙。我们鼓励测量，但怀疑其结果。部分经济学家认为，财富创造和人类动机能简化为由一系列数学公式表述的理性经济模型，而这部分经济学家或许是当今热衷于测量的人中最引人注目的。他们硕果累累，他们的文章频见于各大学术期刊，他们的成果屡获诺贝尔奖，但是他们的声誉瞬息即逝，如昙花一现，在公众心中几乎不留痕迹。唯利是图，眼中只有账本底线的金融家和生意人，可能会富可敌国，但却不能像发明家



左下图：《大宪章》（*Magna Carta*）度量衡——约翰王（King John）迫于贵族的压力于1215年签署英国宪政规范文件，即著名的《大宪章》。《大宪章》由中世纪拉丁语翻译而来，其中写道：“全国应有统一的度量衡。酒类、烈性麦酒与谷物之量器，以伦敦夸尔为标准；染色布、土布、锁子甲布之宽度应以织边下之两厄尔为标准；其他衡器亦如量器之规定。”（1英制厄尔约为45英寸或114厘米。）

格高昂的仪器和药物注射来测量和操纵人体，就像做一个科学实验一样。他们扰乱了医疗体系的优先级，降低了公众对医药的信任。医治者仍然是比技术专家更受普遍尊重的医疗从业人员。

即使在对测量最敏感的（包括这个形容词的两个方面意义。译者注：英文“susceptible”有两个含义，一是易受……影响的，一是感情丰富的）物理学家之间，都普遍认为，决不能容许量化来支配洞察力和想象力。科学中的大部分事物可以通过充分发挥人类智慧予以测量，但不是所有均可测量。“实现测量并能用数量表述，才算真知；不能测量又不能用数量表述，说明学识浅薄、知之不够。”发明绝对温标的19世纪物理学家开尔文男爵（Lord Kelvin）的这句话，代表了他那个时代大部分科学家的观点。尽管如此，一些最伟大的物理学家，包括阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）和理查德·费曼（Richard Feynman）受观点的启发丝毫不亚于受实验数据的启发。爱因斯坦写道：“似乎……知识不能单从经验中得出，而只能从智力发明与观察到的事实两者的比较中获取。”

常用单位

在17世纪下半叶，如果艾萨克·牛顿（Isaac Newton）想从剑桥给位于50英里之外伦敦的英国皇家学会（Royal Society）秘书寄一封信，他将这样写姓名、地址：寄给亨利·欧德堡



“科学就是测量”，这一短语是1879年—1880年所创作的这一雕刻品的标题。图中一名科学家拟用卷尺测量大鸟骨架。本图展现了科学家本身、社会科学家及公众对科学的普遍观点。事实上，虽然测量无疑是科学的必要组成部分，但不是科学的全部；科学需要数据，也需要观点和理论。

（Henry Oldenburge），他的房子大约在威斯敏斯特的詹姆斯·菲尔兹大街老帕梅尔中部位置。没有房屋编号，也没有邮政编码，甚至没有所在城市的名称。然而在开发伦敦西区之前，这样明显模糊的地址对通信来说已经足够了。

对“从一个水源到另一个水源的距离是生死两重天”的撒哈拉沙漠游牧民族很早就采用各种奇特的术语作为远距离的度量单位。经济历史学家维托尔德·库拉（Witold Kula）在《测量与人》（*Measures and Men*）一书中写道：“因此，他们用扔棍棒的距离或者箭的射程、声音传播距离、肉眼在地平面或骆驼背上的可视距离；或从日出、清

晨、上午或上午早些时候至日落的步行距离；或人们在无负重、负重或牵着驮货的驴子、牛时行走的距离；或者穿过容易或复杂地形时的步行距离作为距离的单位。”

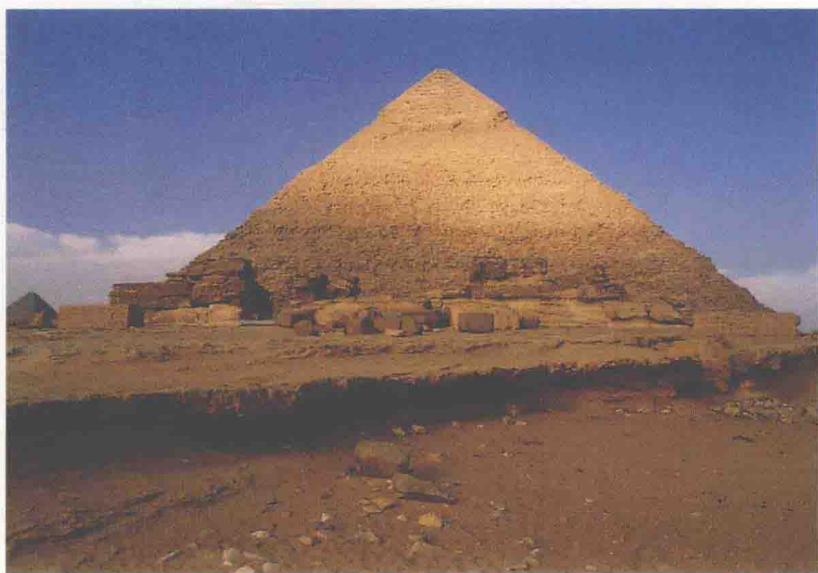
这种过于简单的方法，往往使人们联想到使用这种互不相容且不规范的常用测量单位作为大部分人类历史的规则必定会造成无休止的混乱、争吵和欺骗。难怪阿里斯托芬（Aristophanes）描绘的古雅典阿戈拉（Agora）市场到处充斥着对度量的争吵。完全支持米制的法国启蒙哲学家马奎斯·孔多塞（Marquis de Condorcet）在1793年写道：“度量衡的统一只会让那些害怕看到诉讼案件数量减少的律师以及那些害怕任何使得商业交易便捷化和简单化而造成利润损失的商人感到不愉快……一部好的法律应该对所有人一视同仁，就像一个几何学真命题对所有人为真一样。”我们现代人不禁要问，我们的远祖是如何设法完成测量的？他们是如何适应那些诸如英寸、英尺、腕尺、英寻这些原本依赖于人体易变部位尺寸的古代长度单位的，尤其是那些复杂的体积计量单位——及耳、加仑、蒲式耳等——不仅随被测产品类型，还随着称量时所在国家的变化而变化？

其中的一个答案可以简单归结于古代非凡持久的技术成就。例如古埃

及人建造的金字塔、古希腊人的帕台农神殿、古罗马人的角斗场以及神奇的引水渠。事实证明，从过去千年到科学革命之前，虽无精确测量，但来自完全不同文明的建筑师、工程师和工匠仍可圆满完工吴哥窟、沙特尔多教堂和泰姬陵等建筑物。

另一答案是提醒我们，与当今相比，早期社会狭小很多——国际贸易远不如今、国际交流少之又少、国际合作几乎没有。因此，上文提及的古迹，尽管令人惊讶，但却是按地域、语言、宗教和文化统一的生态群落的结果。它们不像当今的大型项目，不同部件可在全球各地生产，然后现场组装。在前期，只要所涉及的各方同意采用同一测量单位，不论这些单位是什么，设计均会环环相扣。毫无疑问，这样也会犯下代价高昂的错误，而这

科学测量之前的古迹。埃及金字塔是前现代众多惊人建筑之一，它们让我们谨记常用测量单位的实用性。现代社会中单位的统一只是科学和商业国际化的必然要求。



种错误是建筑史学家乐于发现的。不过，这些错误并非测量单位不一致所致，而是因为本可避免的误解和粗糙的工艺所致。

另一个以当今视角看来不太明显的答案是，由通用标准约定的客观单位的概念，虽然我们现在认为是理所当然的，可能并不适合那些早期的工业化前的社会。例如在欧洲，甚至一直到18世纪末期，面包师在歉收和食物不足时，还常常采用保持面包价格不变，但缩小面包尺寸的做法。这样做不但避免了当价格小幅上涨时，适合付账所用的较小面额硬币不足引起的实际困难，而且维持了权威人物——圣托马斯·阿奎那（St Thomas Aquinas）对特定产品

推荐的“合理价格”。

面包尺寸的调整，只要不过于明显，都会被公众接受，反之则会引发暴乱（“面包师的一打是十三”这个谚语，可能源自另一个解决面包尺寸可变问题的方案，即每购买一打面包，面包师

便可能赠送一个面包）。对我们来说属于欺诈手段甚至非法的行为在那时却未受官方和公众禁止。另外一个例子是，从中世纪早期到19世纪提出米制，土地测量不一定用当地面积单位表示，如英亩、杆、阿邪等表示，而是以两种完全不同的方式（耕地所耗时间和该土地所需种子量）测量可耕地面积。对农民和土地所有者而言，这些测量数字实际上比土地的几何面积更为有用、更具代表性。因此，在米制之前库拉写道：“测量不是一种约定，而是一种价值观。”

统一与精度的由来

尽管常用单位有很多优点，但是到了1789年，无论国王、民众，还是科学家，都已经无法忍受拖累法国商业的复杂测量。设计米制的目的在于，以18世纪90年代科学家/测量员所测量的1 m等于地球周长的千万分之一这个传统为基础，全面采用十进制（时间除外）



测量魔法。上图：采用全球卫星定位系统（GPS）的导航和（左图）采用磁共振成像（MRI）的非侵入性大脑扫描是现代测量最奇妙、最深远的应用。它们集中体现了科幻作家亚瑟·查理斯·克拉克（Arthur C. Clarke）的第三定律：“任何非常先进的技术，初看都与魔法无异。”



与否”，而不应像法国政府那样在整个国家强制推行一套体系。换言之，杨认为，尽管从理论角度，就所有计量单位强制推行具有科学准确度的通用标准非常紧迫，但是仅在一个科学的道义下扰乱非科学家的价值尺度是极不可取的。与其冒险让民众厌恶创新性的思想，不如让政府顺应民众习惯。杨一定赞同库拉的观点，即测量单位的价值不止于传统。

美国的基本观点也与此相同。狂热量化论者托马斯·杰斐逊（Thomas Jefferson）不管是在法国大革命期间以及之后任美国总统期间，都一直赞成米制，但是他放弃了让国民改用米制的个人意愿。1821年，当选总统约翰·昆西·亚当斯（John Quincy Adams）被要求就米制这一主题向美国政府报告时，杰斐逊告诉他：“在度量衡这个话题上，你可能在开始之时会发现一个问题，即梭伦（Solon）和莱克格斯（Lycurgus）对此的反应截然不同。我们应让国民适应法律，还是让法律适应国民呢？”

正如法国和其他大部分欧洲国家一样，19世纪米制在英国和美国尚不具备法律约束力。虽然，如今英国大部分生活领域在法律上有义务标识出米制单位，但事实上英国和美国仍然尚未完全引入米制。不过在19世纪中期，全球各国推广米制的趋势已经很明显了。1875年，包括阿根廷、

奥匈帝国、比利时、巴西、丹麦、法国、德国、意大利、奥斯曼帝国、秘鲁、葡萄牙、俄罗斯、西班牙、瑞典和挪威、瑞士、美国 and 委内瑞拉（不包括英国）在内的17个国家和帝国的代表，在巴黎签署《米制公约》（*the Convention of the Metre*），“旨在实现计量标准的国际统一和精确”。

国际单位制

国际计量局（International Bureau of Weights and Measures）是依1875年的《米制公约》（英国于1884年签署）所创建的，位于巴黎附近的塞夫勒（Sèvres），受国际计量委员会（International Committee on Weights and Measures）监督，而国际计量委员受国际计量大会（General Conference for Weights and Measures）领导。自1875年接下来的几十年间，这些组织逐步完善了诸多测量单位的标准，并为科学工作最一致、最方便的测量体系进行了激烈辩论。最终，实现了单位的统一。在1960年第11届国际计量大会上，为科学界创立了国际单位制（通常称为SI制），并很快成为国际合作的典范。SI包括7个基本单位：m（长度单位）、kg（质量单位）、s（时间单位）、A（电流单位）、K（热力学温度单位）、mol（物质的量单位）以及cd（发光强度单位）。从这几个基本单位又衍生出很多其他非SI基本单位（称为SI导出单位），如Hz（频率

对页图：国际米制化进程。图上所示的大部分日期并不是某个特定的国家正式推广米制的日期，因为这类活动经常因反对而告吹（例如，20世纪20年代及之后的日本所面临的情况），而是这个国家正式成功开始米制化的时期。即使如此，推广过程也会耗费数十年才能完成，例如中国自20世纪20年代，英国自20世纪60年代（对米制敷衍了事，见第24~25页）。虽然米制已在美国日常生活，尤其是科技领域中广泛应用，但美国、缅甸和利比里亚三个国家（黑色所示）仍未就米制立法（地图中的日期摘自美国米制协会所提供的数据，有所调整）。



单位)、W (功率单位) 及℃ (摄氏温度单位)。

是什么造就了《米制公约》，进而造就 SI？当然是 19 世纪和 20 世纪科技的空前发展与突飞猛进。世界各地的科学家均要求创建一套普遍易于理解的、计算方便的测量和计算体系。它既可以表示小到原子和亚原子级的微小物质，又可以表示大到天文世界的浩大物体——测量范围跨越 10 的 40 多次方，即从夸克到银河系。 10^{-6} 为百万分之一 (0.000 001)； 10^{-3} 为千分之一 (0.001)； 10^3 为一千 (1000)； 10^6 为一百万 (1 000 000)，依此类推。但是， 10^{40} 是一个如此大得不可思议的测量范围，以致超出了人类大脑所能想

