

月球定居第一步： 月亮上几点了？

Elizabeth Gibney

用于月球定居的卫星导航系统需要使用本地原子钟。科学家正在热烈讨论他们应该使用哪种时间。

接下来的十年里，月球探索的热潮将再次兴起——包括数十次发射任务，以及在月球上建立永久基地的计划。这些尝试面临着巨大的挑战，其中有一个微妙但根本的问题——一个全世界计量学家都在努力回答的问题：月球上几点了？

美国国家航空航天局（NASA）戈达德航天中心的定位、导航与计时团队负责人、航天工程师 Cheryl Gramling 说：“我们现在才刚刚开始考虑这个问题。”

月球目前没有独立的时间。每项探月计划都会使用自己的时间尺度，并通过地球上的处理器转换为协调世界时（coordinated universal time, UTC）。协调世界时是地球上设定时钟的基准。但这个方法相对来说不算精确，并且不同的月球探测器之间不会同步时间。在独立探月任务还寥寥可数的年代，这个方法还是管用的，但当多个探测器需要合作的时候，问题就来了。航天机构需要利用卫星导航给探测器定位，而这也不离精确的时间信号。

通用月球时间应当采取哪种形式并没有显而易见的回答。地球的时钟和月球的时钟天然以不同的速度走时，因为两个天体的引力场不同。官方月球时间可能会基于设计上能和 UTC 同步的时钟系统，也可能完全脱离于地球时间。

2022 年 11 月，全球航天机构和学术组织的代表在欧洲空间局（ESA）的欧洲空间研究与技术中心召开会议，开始起草关于如何定义月球时间的建议。

国际计量局时间部部长 Patrizia Tavella 说，必须尽快定下来了。如果不确立官方月球时间，航天机构和私人公司就会各按各的方案行事。她说：“这就是我们为什么要拉响警报，召集大家合作制定一个共通的方案。”

想要确定月球时间，最迫切的需求是为月球制定一套专门的全球导航卫星系统（GNSS）——这与地球上用来进行精确定位的 GPS 等导航卫星系统类似。各个航天机构计划从 2030 年前后开始安装月球 GNSS。ESA 已经于 2022 年 11 月 22-23 日在巴黎召开的部长理事会上批准了月球卫星导航项目——“月光”（Moonlight），而 NASA 也在去年 1 月启动了类似项目——“月球通信中继与导航系统”（Lunar Communications Relay and Navigation Systems）。

目前为止，月球探测器想要确定位置，就要在预定时间向地球上的大型天线发射无线电信号。但如果有好几十个任务同时进行，“就没有那么多资源照顾所有人了”，在戈达德中心从事月球导航工作的工程师 Joel Parker 说道。

第一步，ESA 和 NASA 将从 2024 年开始试点使用基于地球探测器发射的微弱卫星导航信号计算月球上的位置。下一步，月球 GNSS 计划将在月球周围部署专用卫星，每颗卫星都自带原子钟（见“月球上的卫星导航”）。例如，月球表面的接收器可以根据接收到来自卫星信号的时间，使用三角测绘法计算其位置。ESA 还计划部署第一批共四个探测器，来覆盖月球南极点周围的定位。ESA “月光”计划的工程师 Jorg Hahn 表示，南极点储存着月球上大部分的水资源，是重要的探索目的地。

不同的探月任务也要借助官方月球时间来实现合作与通信，Hahn

说：“这些任务都要参照统一的时间基准，否则就会一片混乱，毫无协作可言。”

Hahn 说，另一个未知问题是各国宇航员是否会在月球上使用统一的月球时间。虽然“月球时间”将作为官方时间尺度，但在地球上一样，使用者可能会根据太阳在天空中的位置调整时区。这不是计量学家需要解决的问题，而更多的是习惯问题。他说：“当真的有人住到月球上的那一天，我觉得这些考虑是很合理的。”

定义月球时间没那么简单。虽然“秒”的定义在哪里都一样，但广义相对论告诉我们，时钟在引力场更强的地方会变慢。月球的引力比地球弱，也就是说从地球上观察，月球钟会比地球钟走得更快。Gramling 估计，月球钟每 24 小时会多走 56 微秒。因为月球的自转，和地球上的钟相比，月球钟的速度还会根据它在月面的位置发生微妙的变化。Tavella 说：“这是相对论专家的天堂，因为你得考虑好多好多因素。”

定义月球标准——也就是所有时钟的比较标准——需要安装至少三台主时钟，这些钟以月球的自然节奏走时，然后用一个算法将这些钟的时间综合起来，生成一台更精确的虚拟计时器。

之后的事情就取决于计量学家的选择了。他们可能会决定基于 UTC 设定月球时。那样的话，虚拟的月球时就需要定期和地球上的 UTC 同步。在两次对钟的间隔，月球上的主时钟会继续计时，直到下一次对钟为止。这种做法的好处是与地球上的使用者互动起来较为方便。

另一种选择是使用月球上原子钟的综合输出，直接作为月球的独立连续时间，再记录它和 UTC 的关系。这样的话，即使和地球之间的连接断开了，月球钟之间还是能互相统一，实现安全的导航和通信，Gramling 解释道。建立独立的时间系统是一种对火星等更行星也管用的模式，而这也是航天机构的长远目标。她说，把 UTC 传到火星比传到月球更难。

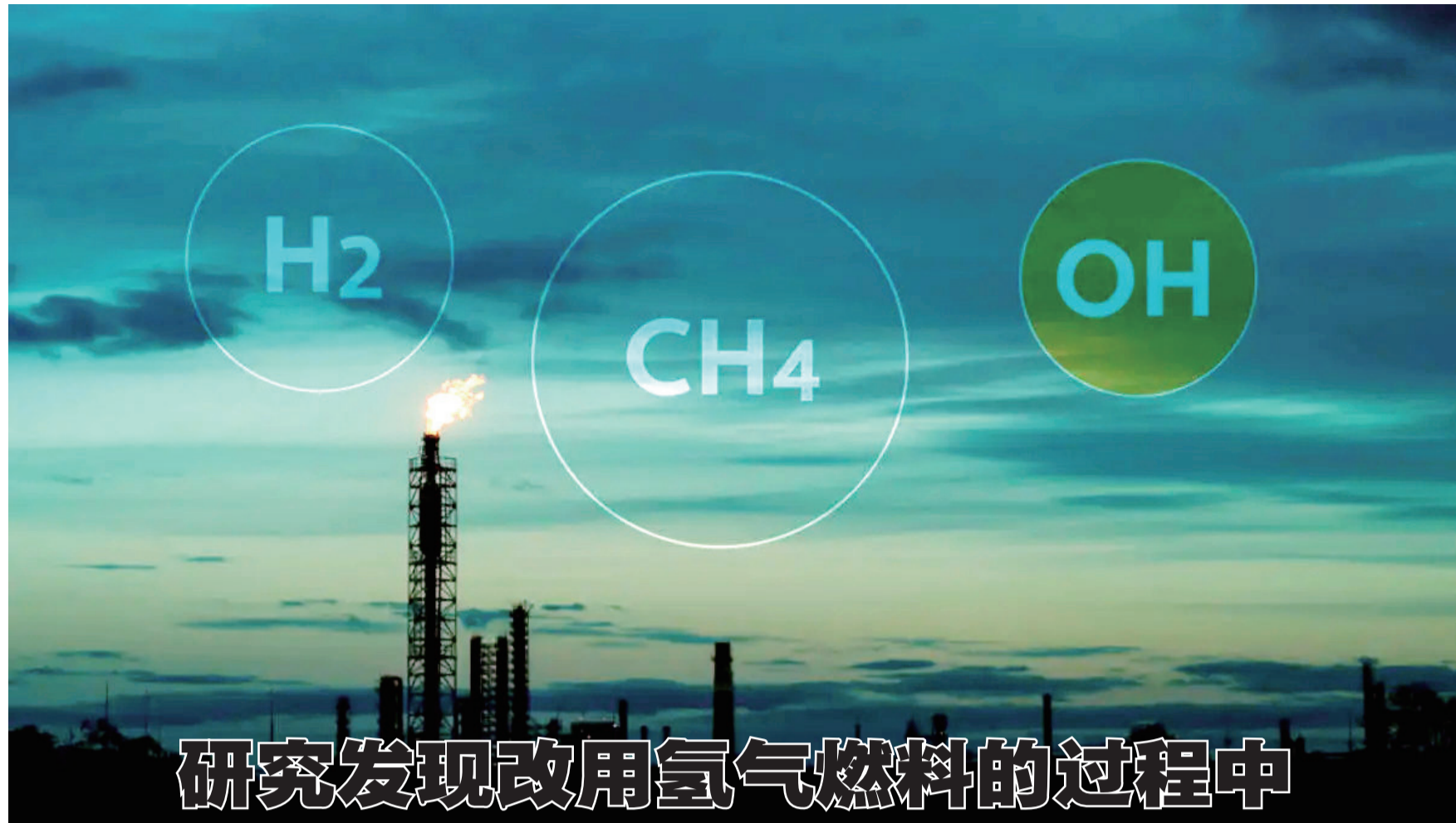
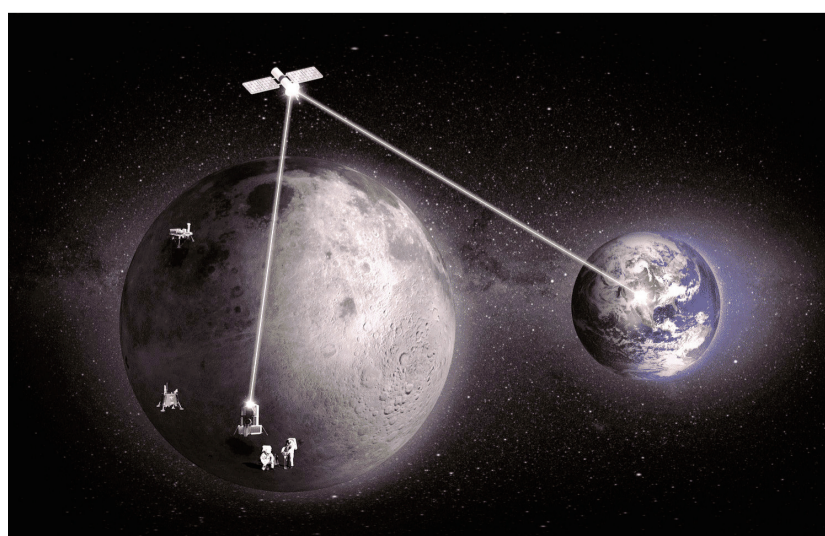
这种情况下，月球上的一天甚至可能可以采用和地球不同的定义，这样就可以以合月球上两个正午间平均相隔 29.5 个地球日的事实。地球对航天员的重要性不言而喻，因为人类基本是以 24 小时为周期作息。但具体定义仍要等计量学家达成一致。

计量学家还需要决定在月球上的什么位置放置主时钟。和在地球上一样，时钟的海拔也会影响钟的走时。时钟可以放在月球轨道上，也可以放在月面上，Hahn 说：“我们现在正在和 NASA 的同行们讨论这个问题。”

航天机构还在商讨其他必须统一的标准——例如定位使用哪种月面地图和坐标系统。为此各国航天局与联合国 GNSS 国际委员会专门成立了“机构间行动咨询组”。Gramling 说，为了让不同国家的系统之间可以协作，参考系统也必须达成国际共识。

在 ESA 的帮助下，NASA 正在开发一套叫作 LunaNet 的框架，并希望这套框架可以得到各国认可。LunaNet 有一套规则，可以让所有月球卫星导航、通信和计算机系统接入同一个网络，无论在哪个国家安装都不影响，就和互联网差不多。确立月球时间只是这个宏伟目标的一小步。

“这里的想法是打造一个太阳系互联网，”Gramling 说，“而第一步就是把月球上的那部分做出来。”



研究发现改用氢气燃料的过程中 可能导致长期的气候后果

普林斯顿大学和美国国家海洋和大气协会的研究表明，低层大气中的一种化学反应可能会限制氢气作为一种清洁能源的潜力。其原因是，氢气在大气中很容易与负责分解甲烷的同一分子发生反应，而甲烷是一种强效温室气体。如果氢气排放水平超过一个特定的阈值，这种共同反应很可能导致甲烷在大气中的积累，导致长期的气候后果。

“氢气理论上是未来的燃料，”在高草甸环境研究所从事减排计划的博士后研究员马蒂奥·贝尔塔尼说，“但在实践中，它带来了许多仍需解决的环境和技术问题。”

贝尔塔尼是《自然通讯》上发表的相关研究文章的第一作者，研究人员在文章中模拟了氢气排放对大气中甲烷的影响。他们发现，超过一定的阈值，即使取代了化石燃料的使用，泄漏的氢气经济也可能通过增加大气中的甲烷数量而造成近期的环境危害。对于使用甲烷作为输入的氢气生产方法来说，危害的风险更加严重，突出了管理和尽量减少氢气生产排放的关键需要。

“我们有很多关于使用氢气的后果的知识，所以转向氢气这种看似清洁的燃料不会造成新的环境挑战。”土木与环境工程和高草甸环境研究所

教授阿米尔卡雷·波波拉托说。波波拉托是碳减排计划的主要调查员和领导小组成员，也是普林斯顿大学安德林格能源和环境中心的教师。

这个问题可以归结为一个难以测量的小分子，即羟基自由基（OH）。通常被称为“对流层的洗涤剂”，OH 在消除大气中的温室气体（如甲烷和臭氧）方面起着关键作用。

羟基自由基还与大气中的氢气发生反应。由于每天产生的羟基数量有限，任何氢气排放的激增都意味着更多的羟基将被用于分解氢气，从而使可用于分解甲烷的羟基减少。因此，甲烷将在大气中停留更长时间，延长其变暖影响。

根据贝尔塔尼的说法，随着各国对氢气生产的激励措施的扩大，可能出现的氢气高峰的影响可能对地球产生几十年的气候影响。

贝尔塔尼说：“如果你现在向大气中排放一些氢气，它将导致甲烷在接下来的几年中逐步积累。即使氢气在大气中只有大约两年的寿命，你在 30 年后仍然会有源自于氢气的甲烷反馈。”

在这项研究中，研究人员确定了一个临界点，在这个临界点上，氢气排放将导致大气中甲烷的增加，从而破坏了氢气作为清洁能源的一些短期

利益。通过确定这一临界点，研究人员确立了管理氢气排放的目标。

波波拉托说：“当务之急是，我们要积极主动地建立氢气排放的阈值，以便它们可以被用来为未来氢气基础设施的设计和提供信息。”

对于被称为“绿色”的氢气，即利用可再生资源的电力将水裂解成氢气和氧气而产生的氢气。

贝尔塔尼说，氢气排放的临界值在 9% 左右。这意味着，如果所生产的绿色氢气有 9% 以上泄漏到大气中——无论是在生产设施，还是在运输过程中的某个时候，或者在价值链的任何其他地方——大气中的甲烷将在未来几十年内增加，从而抵消掉从化石燃料转向的一些气候效益。

而对于被称为“蓝色”的氢气，指的是通过甲烷重整生产的氢气，随后进行碳捕获和储存，排放的门槛更低。因为甲烷本身是甲烷转化过程的主要输入物，蓝氢生产商除了考虑氢气泄漏外，还必须考虑甲烷的直接泄漏。例如，研究人员发现，即使甲烷泄漏率低至 0.5%，氢气泄漏率也必须保持在 4.5% 左右，以避免增加大气中的甲烷浓度。

贝尔塔尼说：“管理氢气和甲烷的泄漏率将是关键。如果只有少量的甲烷泄漏和一点氢气泄漏，那么你生

产的‘蓝色’氢气真的可能不会比使用化石燃料好多少，至少在未来 20 到 30 年内是这样。”

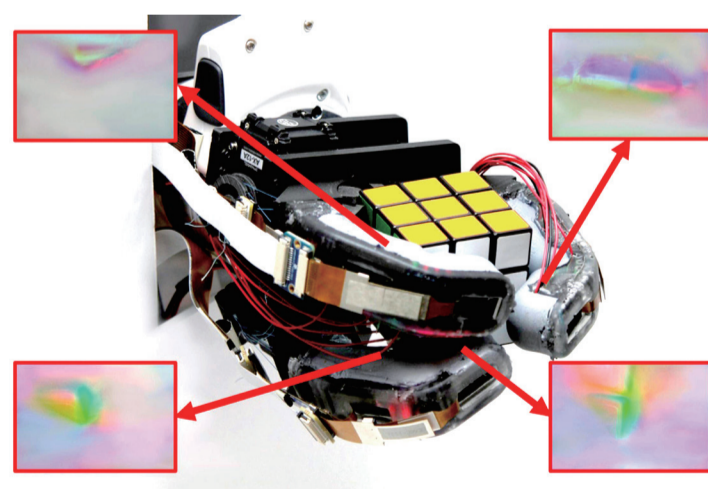
研究人员强调了考虑氢气对大气中甲烷影响的时间尺度的重要性。贝尔塔尼说，从长期来看（如在一个世纪的过程中），即使甲烷和氢气泄漏水平高到足以导致近期变暖，转向氢气经济仍可能给气候带来净效益。他说，最终大气中的气体浓度将达到一个新的平衡，转向氢能经济将显示其气候效益。但在这之前，氢气排放的潜在近期后果可能会导致不可弥补的环境和社会经济损失。

贝尔塔尼警告说，如果希望达到本世纪中期的气候目标，随着氢气基础设施的开始推广，必须控制氢气和甲烷向大气的泄漏。而且，由于氢气是一种小分子，众所周知难以控制和测量，管理排放可能需要研究人员开发更好的方法来跟踪整个价值链的氢气损失。

“如果公司和政府认真地投入资金开发氢气这一资源，他们必须确保他们的做法是正确和有效的。最终，氢气经济必须以一种不会抵消其他部门减少碳排放的努力的方式来建立。”贝尔塔尼表示。

（辛文）

MIT 研究人员发明新型机器手 可通过感知形状来识别它所抓的东西



如果有一个机器人要抓取脆弱的物体，那么这个机器人最好知道这些物体是什么，这样它就可以相对温柔地对待它们。一种新的机器人手使它能够做到这一点，通过沿其三个手指的长度感知物体的形状。

该实验装置由麻省理工学院（MIT）的一个科学家团队开发，被称为 GelSight EndoFlex。它采用了该大学的 GelSight 技术，该技术以前只用于机器人手的指尖垫。

EndoFlex 的三个机械指头呈 Y 字形排列——顶部有两个“手指”，底部有一个可承托的“拇指”。每一个手指都由一个铰接的硬聚合物骨架组成，它们被一个柔软而有弹性的外层包裹。GelSight 传感器（每个“手指”有两个）本身位于这些“手指”的顶部和中间部分的下方。

每个传感器都有一块透明的合成橡胶板，其一侧涂有一层金属漆——这层漆就像手指的皮肤。当涂料被压在一个表面上时，它就会根据该表面的形状而变形。透过橡胶

的另一面，即无涂料的一面，一个微小的集成摄像头（在三个彩色 LED 的帮助下）可以对表面的微小轮廓进行成像，并压入涂料。

计算机上的特殊算法将这些轮廓转化为三维图像，捕捉深度小于 1 微米、宽度约为 2 微米的细节。为了使表面的光学质量标准化，涂料是必要的，这样系统就不会被多种颜色或材料

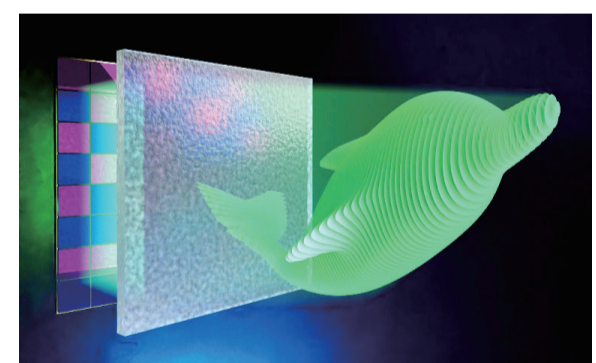
所迷惑。

在 EndoFlex 的案例中，通过依次结合来自 6 个这样的传感器的图像，就有可能创建一个被抓取物品的三维模型。然后，基于机器学习的软件能够在手只抓了一次物体后，识别该模型代表的物体。在目前的形势下，该系统的准确率约为 85%，随着技术的进一步发展，未来这一数字应该会有所提高。

机械工程研究生 Sandra Liu 说：“在任何一只手中，拥有软性和刚性元素都是非常重要的，但能够在真正的大区域内进行精确传感也是非常关键的，特别是如果我们想考虑做非常复杂的操纵任务，就像我们自己的手能做的那样。”

她补充说：“我们这项工作的目标是将使我们人类的手如此出色的所有功能结合到一个机器人手指中，使其能够完成其他机器人手指目前无法完成的任务。”

（航柯）



中科大实现超高密度 三维动态全息投影

基于计算机生成的全息投影是三维影像展示技术未来发展的主要路线。但即使采用最先进的空间光调制器（SLM），生成的全息图深度调控能力也非常有限。其中投影平面深度分辨率低和平面间图像串扰大是产生逼真三维全息图的两个关键限制因素。最近，中国科学院大学等机构的科学家将光散射引入到三维全息投影技术中，同时克服了传统全息投影技术深度调控的两个瓶颈问题，实现了超高密度的三维动态全息投影。论文已于 4 月 6 日发表于《光学》期刊。

研究人员发明了一种光散射辅助的三维动态全息技术（Three-dimensional scattering-assisted dynamic holography, 3D-SDH）。3D-SDH 利用光的多重散射大大提高了光学系统可调控空间频率的范围，同时开发散斑光场的科学家将光散射引入到三维全息投影技术中，同时克服了传统全息投影技术深度调控的两个瓶颈问题，实现了超高密度的三维动态全息投影。论文已于 4 月 6 日发表于《光学》期刊。

此外，光场的振幅、相位和偏振信息在散射过程中实现了耦合，3D-SDH 进一步通过单个数字全息图实现了三维动态偏振全息显示。本研究提出的 3D-SDH 技术能够实现高密度、低串扰、大视角的三维动态全息投影，并且有望应用于全息显微成像、立体显示、投影光刻、信息存储、光学微操控等领域。目前研究人员展示了 3D 全息图均为点云 3D 图像，未来则希望能进一步投射出一组 3D 物体，这将需要更高像素的全息技术和新的算法。

（辛文）