

为了给航天员吃上美味、多样、营养的食品—— 上太空，种菜！

潮声 | 执笔 屠晨昕 于 璇

在月球甚至火星上建立家园，是全人类的梦想。我国已正式提出拟于2028年前后实现载人登月，建立国际月球科研站，并以此为跳板实施载人登陆火星和建立火星基地。美国也提出了重返月球的“阿尔忒弥斯”计划。

而就在最近，马斯克雄心勃勃地宣布，4年后，有望用新一代重型运载火箭“星舰”进行载人探测火星任务。

但阻碍地球人成为“多星球物种”的头号拦路虎是——你或许想不到一吃的问题。

小学生验证月球种菜

根据当前技术水平，载人地-火往返及驻留火星航天员生存所需的氧气和水，基本上可通过物化再生技术解决。最大的问题是食物供给，由于空间运输能力有限，不可能带这么多吃的。强行携带的话，昂贵的成本会让我们难以承受。

于是，人们开始设想把植物种子送到太空。但是，如何在恶劣的外层空间环境下，让它高效地生长、开花、结果呢？

有意思的是，一群浙江的小学生，非常幸运地参与到了这个堪称“史诗级”、关系到人类未来命运的科研进程中。

这或许是全世界最拉风的小学科学课了。

近日，“星地对比植物种植”航天科学教育活动启动仪式，在杭州市求是教育集团浙江大学附属第二小学举行。在这个实验中，小朋友们可以把自己的实验室搬到距离我们头顶520公里高的近地轨道，对比小番茄种在卫星上和地球上有什么不一样。

这次公益性航天科学教育活动，以浙大研制的科学实验卫星为依托，在卫星上开展小番茄全生命周期种植。活动由省科学技术协会指导，浙江大学航空航天学院、浙大先进技术研究院、浙大科技协会和杭州市求是教育集团共同发起。

“别看实验卫星的体重才区区25公斤，里面的植物种植装置可是不少，有全套的自动浇水、大气温湿度控制、光照调节等系统。”作为活动发起人的浙江大学航空航天学院教授、浙大微小卫星研究中心副主任王慧泉向记者介绍，卫星里的摄像头记录植物生长情况并传回地面，小朋友们在地面同步开展小番茄种植，通过相机记录植物生长情况，每周2至3次记录湿度、光照、温度等参数，再上传数据及植物照片至指定网站，完成一个流程。

这项实验，由2到3名小朋友作为一组报名，10月10日开始线上答题，11月初完成选拔。预计2025年1月将发射卫星，届时将抽选若干队伍，前往酒泉卫星发射中心现场观摩火箭发射。活动将持续至明年6月底。

启动仪式现场，在显眼的约120斤重的太空育种大南瓜边，记者看到了实现植物全生命周期种植的装置，十分小巧，可以全自动执行。

“小学生获取的数据将成为科研数据的一部分，通过对比分析，找到小番茄种植的核心影响因素，从而提升太空种植效益。”王慧泉强调，“如果这项技术验证成功，就能直接用于未来的月球科研站甚至火星基地的实验。”

也就是说，浙江孩子在卫星里培育出来的新品种小番茄，未来有一天有可能被端上月球科研站或火星基地的餐盘。

王慧泉透露，如果本次试验获得成功，下一步计划就是把这颗卫星送入绕月轨道，尝试在月球附近把植物



中国航天员在太空自拍进食。

新华社图

种出来。

让航天员告别“黑暗料理”

在当前的航空生活中，吃，对于“久居天宫”的航天员来说，无疑也是一种考验。

刚刚过去的中秋节，神舟十八号飞行乘组在中国空间站除了品尝莲蓉馅的“太空月饼”，还分享了香辣羊肉、土豆牛肉、红烧猪排、奶香鸡米、马蹄糯米糕等。这是提前根据每名航天员的口味准备的个性化“中秋大餐”。

如今的航天食品不仅花色繁多，而且多为“重口味”。

这不是因为航天员都是吃货，而是因为人在失重环境里时间久了，都会出现一种叫“查理·布朗效应”的生理反应，就像得了重感冒——鼻塞、口中无味、嗅觉和味觉都变得迟钝，食欲下降。

丰富的食品品种可以刺激人的食欲，以增加食物摄入量。中国航天员的饮食中就包含了多种酱料，比如川味辣酱、叉烧酱、海鲜酱等。

然而，一个基本事实是，人类上太空已经63年了，但航天食品几乎全由地面供应。这意味着，太空食品基本上与“新鲜”二字无缘。

按照航天员口粮标准，每人每天的食物要能提供2000大卡至3000大卡的热量，要求营养丰富、味美可口、品种多样、体积小、重量轻、易吸收、少残渣。

1961年4月12日首次太空之旅，“太空第一人”尤里·加加林的太空餐装在60多支牙膏状的铝管中，装有140至160克的肉泥、浓缩罗宋汤或巧克力酱。进食采用“挤牙膏”的方式。这样既不影响飞行设备，也能让人很好地吸收食物。

在“牙膏食品”之后，科研人员又研制出“一口酥”式食物，也就是将固体食物压缩成小方块糕点，一口一块，以防飘渣、到处飘浮。

然而，在航天员眼里，这些第一代太空食物纯属“黑暗料理”，太难吃了。1961年8月，“太空第二人”格尔德·季托夫在25小时飞行过程中吃了3次“牙膏食物”，回到地球时仍感觉非常饥饿，因为在太空中消耗的热量比地球上多得多。

员董丽然告诉记者，在微观世界中，位错其实是一种缺陷，它的存在打破了原子排列的完美和谐，但它对材料的力学性能发挥着决定性的作用。“比如，可促进晶体的塑性变形，提高材料可塑性。”

以金属为例，内部原子由较弱金属键结合在一起，受外力时可轻易地发生位错，从而使金属产生形变，但不至于破碎；而陶瓷由于其特殊的内部结构，很难发生原子移动。因此，当陶瓷受到外力冲击时，无法通过材料内部的变形位错运动以释放应力，而是会快速集中

《上海航天报》原总编辑游本凤告诉记者：“美国阿波罗飞船的航天员们认为吃这些东西如同嚼蜡，使得一日三餐变成了一种负担，令他们生厌。”

难吃的太空食品影响了航天员们的工作情绪和身体健康，引起科研人员的高度重视。他们经过大量地面试验证明，在失重条件下，带有黏性的酱、浓汤、果汁及勾芡过的菜肴、肉块、鱼块等，是能用勺子、叉子进食的。于是，航天食谱中增加了煎牛排、牛舌、肉饼、鸡柳、红菜汤和黑面包等。

不过，航天食品还是缺乏“新鲜”二字，尤其是新鲜蔬菜水果和肉类。

中国航天员科研训练中心臧鹏表示，着眼未来深空探测任务，我国布局了在轨烹饪、地外生存新型食品创制等关键技术的研究，为长期地外生存提供基础保障。

既然在载人空间站内可以开火炒菜，那么接下来就是生产新鲜食材的问题了，要在航天器里或外星球上直接种植和养殖农产品，为航天员供应美食。

2022年底，中国空间站进入应用与发展阶段。问天实验舱装载的生命生态实验柜完成了太空环境下水稻和拟南芥的全生命周期培养实验，在国

际上首次在轨获得水稻种子。而空间站的两套太空栽培装置分别于去年6月和8月启用，其中第一套开展生菜栽培验证实验，第二套开展樱桃番茄和小葱的栽培试验。

“拥有宇宙辐射和微重力的太空环境，可能对植物DNA遗传物质产生作用，使其发生变异。返回地面后，研究人员研究发现，有部分变异是人们需要的，比如产量增加和(或)品质提高。”中国航天员科研训练中心原研究员郭双生告诉记者，有的太空蔬菜美味可口，如太空甜椒可直接生吃，味道微甜且清脆爽口。通过太空育种获得的紫红薯生食味甜、水分足，口味像是优质水果。

据统计，通过太空育种获得的蔬菜，维生素含量通常高于普通蔬菜2倍以上，太空紫红薯的赖氨酸、铜、锰、钾、锌含量高于一般红薯3至8倍，尤其是抗营养物质碘、硒的含量比其他红薯高出20倍以上。

未来的火星生活这样过

以目前的技术水平，人类并非不能登上月球或火星，关键问题是难以长期驻留，其重要瓶颈是如何实现前往、驻留和返回地球全任务周期中食



科学家首次“借”位错机制，实现陶瓷塑性变形 当陶瓷丢掉“玻璃心”

在某一局部区域，导致原子间的化学键断裂，进而迅速产生灾难性的破碎。这也是陶瓷“宁折不弯”的原因。很难实现产生“位错”，那在与金属结合下行不行？

多年前，博士生在读的董丽然偶然发现，包裹在金属化合物中的少量陶瓷材料不太容易发生碎裂，这一现象给金属合金带来了非常有趣的现象。来到甬江实验室后，在合作导师陈克新教授的引导下，董丽然开始将目光瞄准陶瓷，她希望能够解开让陶瓷塑性变形的奥秘。

“陶瓷内部无法持续产生位错，我们经过大量的论证后，提出一个大思路——向金属‘借’位错。”董丽然介绍，首先需要设置一个金属—陶瓷的界面。董丽然介绍，这个界面得满足两个条件：第一，化学键成键。成键是为了将金属—陶瓷界面牢牢“粘住”，从而承受住大量位错发生时引发的应力。第二，晶面连续，这是为了降低位错传递的势垒，减少位错的塞积以及降低应力集中。

厘清设计要点后，科研人员通过烧结工艺调制，成功制备出具有化学键结

物、氧气和水的持久供应。

国际上普遍认为，解决这一问题的根本途径是建立与之相适应的受控生态生命保障系统(英文缩写CELSS)。

郭双生博士正是国内CELSS技术领域的开拓者，上世纪90年代以来主持建成了多种试验设备，并组织开展了多人多天的系统集成试验，实现大量关键技术攻关。

“假定执行火星飞行任务的乘组人数为4人，飞行时间为500天，那么在整个飞行期间最起码需要1.24吨食物、1.66吨氧气和8.12吨饮用水。”郭双生透露，这还是整个任务期间航天员不洗澡也不洗衣，维持生存的最低标准。想要满足上述需要，只能建立自给自足的受控生态生命保障系统。

CELSS就是基于月球或火星等地外星球表面环境特点而人工建造的密闭微生态循环系统，以植物光合作用为出发点，合理、高效、可控地组合和运用“生产者(植物)”、“消费者(人/动物)”和“分解者(微生物)”之间的关系，实现有限资源的重复再生利用，是一种全封闭、基本自给自足和自主物质循环的生命保障系统。

“目前，在空间站内可以将80%的氧气和水进行回收。对人呼出及排汗出来的冷凝水甚至是尿液进行回收，并将其中一小部分拿出来培养植物。”郭双生对记者说，在蔬菜品种方面，要考虑航天员如何吃得方便，不需要怎么烹饪就能吃。“目前重点培养的是摘下就可食用的沙拉型蔬菜，如生菜、大白菜、油菜、青菜、番茄、辣椒，并在尝试培养草莓。以后的大型空间站，乃至月球、火星基地，预计将会大面积栽培小麦、水稻、大豆、豌豆、花生等粮食和油料作物。”

多年来，郭双生一直在研究月球农场、火星农场。“在外太空，我们不仅要栽培植物，还要养殖动物，包含小乳猪、肉鸡或蛋鸡、鹌鹑、鱼类。它们的共同特点是个头小、长得快、产肉产蛋多，且能吃的部分多，不能吃的部分少——我们叫‘收获指数’。另外，候选动物的异味不能太重。以后，还要培育蘑菇等食用菌以及螺旋藻、小球藻等微型藻类，保证营养的多样性和均衡性。”

返回地球的航天员曾经告诉郭双生，当狭小、密闭、满眼是金属和塑料的空间站里，出现一抹春意盎然的绿色时，他们的满足感油然而生，有种回到了地球的感觉，心情一下子愉悦了。

你瞧，人类毕竟是地球的孩子。无论孩子离家多远，依旧眷恋着母亲和家园。

从“观象授时” 到“量子授时”

时间和我们的生活息息相关。从“观象授时”概念的萌发，到依靠日晷和水钟来计量，再到高精度原子钟的诞生，在历史长河中，人类对时间测量的极致追求从未停步。

近日的全国科普日期间，记者在中国科学技术大学采访时看到，这里的科学家们不仅在探究早期人类天文观的形成不断溯源，也在基于量子精密测量技术不断突破中构建着当前国内指标优良的光钟系统，给出世界“一秒究竟有多长”的中国答案。

日升月落，斗转星移，在中华民族形成发展的漫长岁月里，人们早期通过“观象授时”获取时间。

考古学研究证明，距今7000多年前，我国古代天文学就已经开始萌芽，先民在大自然的生活之中形成了对日月星辰和昼夜四季的认知。

在距今5800年至5300年的安徽含山凌家滩遗址，一份刻着复杂图形符号的“无字天书”静静地躺在墓坑中。一块玉版夹在玉龟中，玉龟上钻有数个左右对应的圆孔，玉版中心是八角星，外部琢有圆圈。

这些纹饰被认为和“观象授时”有关，代表太阳、四季、八个节气 and 方位。“凌家滩玉版具有明确的纪日功能，形成了一种原始的太阳历系统。”中国科学技术大学科技史与科技考古学教授石云里近日发布了最新研究报告。

古人对于“观象授时”的考古实证远不止于此。翻阅文献典籍，早在《尚书·尧典》中就有记载“乃命羲和，钦若昊天，历象日月星辰，敬授人时”，“观天象、授人时”的观念上古就已形成。

“观象授时”更与农耕文明的演进同频。中国现存的天文历书《夏小正》，按十二月的时序记载了天象、气象、物象；西汉淮南王刘安的《淮南子·天文训》，最早对二十四节气进行完整总结。

西汉之后，十二时辰制和百刻制进一步将时间测量精细化，一套完整的时间测量体系逐渐清晰。元代著名天文学家郭守敬把一个回归年周期精确到365.2425天，这与现代科学推算的周期相比只相差26秒。

“从利用周年运动划分季节到利用原子能级跃迁定义‘秒’，人们一直在追寻更均匀的、可测量的、不间断的运动来计量时间，直至今日，精准授时成为一个国家竞争力的重要标志之一。”中国科学技术大学科技史与科技考古学教授钮卫星说。

从研发国内首台激光抽运小型铯原子钟、系列微型化铷原子钟，到承建增强型罗兰授时系统以及差分系统，中国科技工作者多年来不断推动国家精准授时体系建设。

由于量子精密测量技术的发展，许多国家研制的光钟的准确度已经超过当前复现秒定义所使用的铯原子喷泉钟准确度100倍。因此，国际计量委员会(CIPM)正在就实现“秒”的重新定义进行进一步准备。面对这一契机，中国科技工作者正在不断突破核心技术，为世界提供“中国时间”。

在中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心，科学家们正在为构建新一代全球时间基准与时间“赛跑”。今年初，中国科学技术大学潘建伟、陈宇翱、戴汉宁等组成的研究团队，成功研制了万秒稳定性和不确定度均优于 5×10^{-18} (相当于数十亿年的误差不过一秒)铷原子光晶格钟。

该成果已部分满足“秒”重新定义的要求，对未来实现远距离光钟比对、建立超高精度的光频基准和全球性光钟网络奠定了重要的技术基础，对未来构建新一代全球时间基准乃至提供引力波探测、暗物质搜索的新方法等具有重要价值。

研究人员告诉记者，在前期工作的基础上，研究团队实现了铷原子的激光冷却，并将其束缚在长寿命的一维光晶格中，利用一束预先锁定到超稳腔的超稳激光来探寻铷原子钟态跃迁，并实现了光钟闭环运行。

通过对两套独立的铷原子光晶格钟进行频率比对测量，得到单套光钟的稳定度在10000秒积分时间被达到了 4×10^{-18} ，在47000秒达到了 2.1×10^{-18} 。在此基础上，研究团队还对Sr1光钟的系统频移因素开展了逐项评定，最终得到其系统不确定度为 4.4×10^{-18} ，相当于72亿年仅偏差1秒。

“应用方面，原子光钟最直接、最重要的当然是提供时频基准。我们可以精确测量那些能引起钟跃迁频率变化的物理量。”研究人员还介绍，随着人们“搬动”原子光钟的能力越来越强，各国都提出了“空间科学+原子光钟”的计划。远离地球引力，光钟的性能有望更好，结合高精度时间频率传递技术，可以建立更稳定、更精确的空间时频体系，目前我国在空间进行光钟研究的部署也已经展开。

(据新华社消息)

科技速递

本报讯(记者 翁云鸷 通讯员 张璋璋 张文宇)陶瓷因具有耐高温、耐腐蚀、硬度高、轻质等优异特性，已成为先进装备、半导体、医疗等领域发展的关键材料。然而，陶瓷材料天生脆弱的短板限制了其在高端技术领域的进一步应用。如何才能让“玻璃心”的陶瓷变得更韧性和可塑性？

最近，浙江科研人员在《科学》杂志发表论文，他们通过一种向金属“借”位错的新机制，在室温条件下实现了陶瓷的拉伸塑性变形。据了解，这在全世界尚属首次。论文第一作者、甬江实验室研究