

# 空间站,人类探索前沿科技的实验场—— 求索天地之间 筑梦星空深处

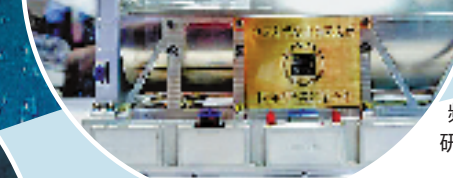
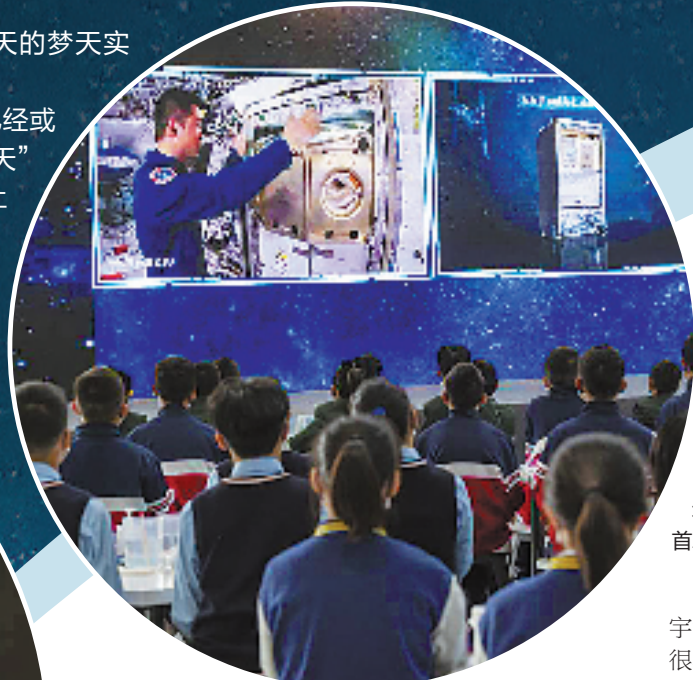
见习记者 涂佳煜

数百千米高空,一场“太空之物”精彩上演。

据中国载人航天工程办公室消息,北京时间2022年11月3日15时12分,神舟十四号航天员乘组顺利进入梦天实验舱。后续,神舟十四号航天员乘组将在空间站内先后迎接天舟五号货运飞船、神舟十五号载人飞船的访问,届时神舟十四号、十五号两个乘组将完成中国航天史上首次航天员乘组在轨轮换。

从人类历史上第一个空间站“礼炮一号”,到今天的梦天实验舱,载人空间站一直是人类探索前沿科技的实验场。

我们为什么要到太空中去做实验?有哪些实验已经或将要在太空中进行,它们解决的是什么科学问题?“梦天”升空,把太空实验的话题又一次带入了大众视野。让我们跟随航空航天专家,一探空间实验室的究竟。



此次梦天实验舱搭载了氢原子钟、铷原子钟和光钟,它们组成空间冷原子钟组,构成在太空中频率稳定性和准确度最高的时间频率系统。图为中科院上海天文台研制的被动型星载氢原子钟。

中国空间站问天实验舱内的拟南芥和水稻种子萌发已成功启动,目前生长状态良好。这是“太空同款”拟南芥培养单元中拟南芥开的花。

2022年10月12日,“天宫课堂”第三课在中国空间站开讲,“太空教师”陈冬、刘洋、蔡旭哲为广大青少年带来一场精彩的太空科普课。这是中国航天员首次在问天实验舱内进行授课。



“在地面,有几种方式可以模拟微重力环境,比如建造极高的落塔,或者让飞机作抛物线飞行。但这些方法都有缺陷,一是持续时间很短,二是会受到空气阻力较大的影响。”金仲和表示,最为理想的实验环境,还是在绕地球轨道运行的航天器中。

在梦天实验舱内,主要进行的就是微重力物理科学实验。梦天实验舱拥有8个实验柜,包括超冷原子物理实验柜、高精度时频实验柜、高温材料科学实验柜、两相系统实验柜、流体物理实验柜、燃烧科学实验柜、在线维修操作柜等。目前,约40个实验项目已规划在这些实验柜中展开。

其中最复杂的实验柜,是由2个舱内实验柜和4台舱外设备组成的高精度时频实验系统,它通过不同特性的冷原子钟组合,将建成世界上最先进的精度最高的空间时间频率系统,理论上可做到数亿年误差小于1秒。

我们为什么需要更精准的原子钟?一大原因是对于导航系统而言,测量出精确的距离就是测量出精准的时间。尤其是在深空中高速飞行的航天器,如果没有精确的时间同步,就无法对它们的准确位置进行确认。

空间冷原子钟之所以能如此精准,与微重力效应密不可分。在微重力环境下,冷原子团可以做超慢速匀速直线运动,基于对这种运动的精细测量可以获得较地面更加精密的原子谱线信息,从而获得更高精度的信号。

## 空间站的“生物圈”

在1961年加加林成为第一个进入太空的人类之前,已经“捷足先登”太空的地球生物有一只名叫阿尔伯特二世的恒河猴,一条名叫莱卡的流浪狗,还有一只黑猩猩汉姆。

这些英勇的小动物,成为了人类太空之旅的“探路先锋”,也可以被视作最早一批太空生命科学实验的对象。

时至今日,生命科学实验已经成为了太空实验室中的头号热门。《自然》期刊前年曾做过一次统计,近20年,宇航员在国际空间站中执行了约3000项实验,其中有超过1200项涉及生物和生物技术。

在太空做生命科学实验有什么优势?金仲和指出,太空中有无处不在的

宇宙辐射,结合微重力、高真空的环境,很容易诱发意想不到的生物性状改变。

我们时常所说的品质优良的“太空蔬菜”,就是把种子送上太空,接受宇宙射线辐射,再返回地球由专家培育、杂交、筛选得到的。当然,也可以直接在空间站里“种菜”。眼下,主要面向空间生命科学研究的问天实验舱中就培育有水稻和拟南芥两种植物。

不仅是育种,如今的空间生命科学实验,涉及从微观到宏观各层次的生命活动,涵盖了植物、动物、微生物等不同类别的物种——可以说,科学家几乎把整个生物圈都搬到了太空中。

举个例子,问天实验舱的生命生态实验柜就开展了拟南芥、果蝇、斑马鱼等动植物的空间生长实验,揭示微重力对生物个体生长、发育、代谢的影响。生物技术实验柜则以组织、细胞和生化分子等不同层次多类别生物样品为对象,开展细胞组织培养、空间蛋白质结晶与分析、蛋白与核酸共起源和空间生物学等实验,探索微重力环境下细胞生长和分化规律和机制。

不论是理解生命的本质,探究生命的起源,还是提高人类的生活质量,为更进一步的太空探索做准备,所有空间实验最终的关照对象还要回到人类自身。

“比如,我们已经知道,骨量流失是宇航员的职业病。在地面上,骨骼在对抗地心引力的过程中会保持一定强度,到了失重状态下,它不再承担负荷,长期下来就会出现骨量流失、骨质疏松的现象。”金仲和说,如何保证宇航员的健康,让太空旅行更为安全,是空间生命科学实验的重要目的之一。

此前,浙江大学生命科学学院院长王金福教授团队曾在实践十号卫星和天舟一号货运飞船中进行过两次实验。他们描绘出明确的细胞信号通路,阐释了在微重力的作用下,骨髓在不断流失的同时,生成也相应减少的现象。载人空间站,将成为研究团队第三次太空实验的理想平台。

向往处看,在金仲和看来,如果人类要继续走向更深、更远的外太空,需要更多实验来揭示长期身处对人类极不友好的太空环境中,我们该如何应对身体、心理上发生的种种变化的实验。“所谓‘长期’,未来可能不只是一年、两年,甚至是一辈子,乃至几代人。”他说。

往近处看,就拿骨质疏松来说,这是每个衰老时都可能面临的问题,相关实验也有助于研发对骨细胞生成起作用的靶向药物,造福地球上的人类。

## 拨开大气“迷雾”

梦天实验舱完成了中国空间站“T”字构型组合体建造,但这远远不是中国空间站建设的终点。

站得高,看得远。登上太空,人们渴望把目光投向宇宙深处。

预计在两年后,一架中国自主研发建造的光学空间望远镜巡天号光学舱将会发射升空。它与天宫空间站共轨飞行,开展巡天和地对地观测。

还记得那张由265000个星系组成的宇宙图谱吗?那是由哈勃空间望远镜在16年间拍摄的7500张星系图拼接而成的。其中最古老的星系,位于距离地球133亿光年之外,诞生于宇宙初生的“婴儿时代”。

今年已经32岁“高龄”的哈勃望远镜,可远不止会拍摄震撼人心的宇宙照片。哈勃的观测数据帮助我们对于宇宙的扩张速率和年龄有了更准确的认知,由它提供的高分辨率光谱和影像,还证实了黑洞存在于星系核中的学说。

一架空间望远镜,就是一座太空中的天文台。深空观测则是最宏大的空间实验。它能捕捉宇宙最初期的星光,呈现在百百年后的人类眼前。

把观测实验搬到太空中,是为了拨开大气的“迷雾”。金仲和解释:“在地球上夜晚的天空,会发现‘星星在眨眼’,这是因为厚重的大气层在流动,对光线产生了干扰。此外,宇宙天体发出的信号波段,从射电、可见光到x、γ射线等等,非常广阔,但大气层仅对其中有限的一部分是透明的,这些因素对于天文观测都极为不利。”

第一台太空望远镜哈勃的出现,一度解决了许多长期困扰天文学家的问题。而在同等深度和精度基础上,巡天望远镜的视场是哈勃望远镜的300倍以上。也就是说,相同条件下,哈勃望远镜能看到1颗星,巡天望远镜可以看到300颗。可以想象,巡天将带给我们对宇宙崭新的认识。

在整个巡天周期里,巡天望远镜的超广视野相机将会覆盖17500平方度的天区,是整个天空面积的40%,近20亿星系的星图数据将被尽收眼底。

除可见的星天外,巡天望远镜还会试图去研究宇宙中那些看不见、摸不着的东西。比如,暗物质主导着宇宙结构形成,其质能是原子物质五倍。它不发光,也不会和普通物质发生碰撞,但可以通过引力透镜效应被观测。

宇宙由什么构成?它演化的物理机制是什么?暗能量与暗物质在宇宙中如何分布?恒星和星系如何从弥漫气体中形成?超大质量的黑洞又是怎样形成和增长的?

期待“巡天”升空,帮助科学家对这些宇宙之谜贡献答案。

国际空间站上的3D生物打印机,设法在零重力下打印出了实验鼠的甲状腺。这是人类首次在太空打印出生物器官。研究人员发现,在零重力环境下,打印出来的器官和组织比在地球上成熟得更快,效率也更高。

约一年后,由美国两家公司研发的世界上第一台能够在太空中制造人体组织的3D打印机——“3D生物制造设备”搭乘SpaceX公司的货运飞船抵达国际空间站。2020年1月,研究人员成功打印了大量人体心脏细胞,完成了在太空制造心脏和肺等人体器官的第一步。

在地面上用3D打印培养组织时,受到重力作用,组织会有坍塌的趋势,因此需要支架来固定。但在微重力环境中,器官打印不会受到这样的影响。(见习记者 涂佳煜 整理)

## 科技速递

### 浙大团队开发“私人定制”药物贴片

本报讯(见习记者 涂佳煜)皮肤病是人类健康问题中最常见的一种,困扰着全球数十亿人。

在常见疗法中,局部治疗——也就是把药物直接用在生病的部位——一直是首选。但外用乳霜、软膏、药液等时,存在药量难以精准控制的问题。

然而,药量的把控非常重要。剂量不足,会导致疗效不佳;剂量过高,则可能引起副作用。有时,药物还会影响周边的正常皮肤,造成瘙痒、脱皮、刺痛等诸多不必要的麻烦。

如何以个性化的方式精确控制药物释放的位置、范围、剂量,成为当前局部给药系统研发的一个关键挑战。

最近,浙江大学顾臻教授团队与深圳大学黄鹏教授等人合作开发了一种可打印的个性化给药贴片用于皮肤疾病的局部治疗。相关论文发表在高影响力国际期刊《事情》上。

论文通讯作者浙江大学药学院院长顾臻向我们介绍了这项新奇的发明。“我们做的就是‘因地制宜’,把‘量身定制’的药物递送到特定的病变部位。”顾臻说。

“因地制宜”,先要摸清“地形地貌”。使用该设备的第一步,就是“扫一扫”识别病灶。哈勃的观测数据帮助我们对于宇宙的扩张速率和年龄有了更准确的认知,由它提供的高分辨率光谱和影像,还证实了黑洞存在于星系核中的学说。

方案的规整,边缘不清晰……要知道,长在皮肤上的病灶千奇百怪。随着治疗过程的推进,病灶的性状还会发生变化。皮肤镜检查是常见的皮肤病诊断手段,主要的分析依据是皮肤的色素沉着程度。借鉴其原理,团队用一部智能手机外加微透镜和偏振滤光片构成的移动显微镜头,制成了一个简单的皮肤镜。使用该设备“扫一扫”病灶部位,连接到电脑软件,就能进行个性化的成像结果分析。

分析过程还能有机器学习技术加持:前期,团队收集了大量图像数据,交由人工智能训练;训练后,计算机就能识别出这是哪一种疾病,应该怎样调节剂量。这种方式比起人工分析更高效,也更加准确。

“这是我们专门设计的一个模块。”顾臻介绍,“人工智能技术运用在制药领域,是近几年来的一个热点趋势。”

接下来的步骤便是连接上打印机。研发团队将办公室使用的普通喷墨打印机进行了改装试验,成本不过几百元。

小时候,我们或许想过偷偷往打印机里加一些奇怪的东西。事实上,正是这些淘气的探索,给了顾臻发明的灵感。

“20多年前,我买了第一台喷墨打印机,墨盒用完以后,我就瞎倒腾,比如往里头加风油精什么的,看打出来是什么样。后来我一想,能不能把药物溶液也加进去呢?”顾臻与论文第一作者、也就是他课题组的博士后研究员邵俊东一拍即合。

喷墨打印机的喷嘴板由两排直径约为25微米的孔状结构组成,足以打印溶液状态或分散状态下的绝大多数药物“油墨”,比如药物制剂、大分子、细胞、水溶性化合物、油性化合物等等。这些药物可潜在用于多种皮肤疾病的局部治疗,包括色素异常、白癜风、皮肤癌、表皮感染和皮肤创伤。

打印出的药物贴片,究竟有多精细?研究团队以水杨酸为“油墨”,可把各种图案清晰地印在贴片上。最小图案的直径与打印机喷嘴相同,分辨率能达到1000DPI(每英寸点数,代表扫描精度)。

更高的技术含量,在“墨水”与“纸张”里。由于要长期附着在皮肤表面,让药物发挥作用,“纸张”要满足贴合、透气、轻薄适中,还要保证药物打印上去后不会扩散等多方面的要求。

作为“纸”的可打印贴片由三层很薄的高分子薄膜组成。

基底材料为PEP(氟化乙烯丙烯共聚物),具有高透明度、不黏性、优良机械性能等特点,可为打印贴片提供力学支撑;中间的保护层为具有多孔结构的PLGA(聚乳酸-羟基乙酸共聚物)薄膜,可以起到防水透气的的作用;载药层为具有水溶性和油溶性的聚合物HPC(羟丙基纤维素),具有良好的皮肤黏性,可以用于各种药物的打印和递送。

在皮肤镜成像指导下的药物打印结果显示,贴片上的“墨水”呈现出与病变的皮肤镜图片精确匹配的高质量、均匀的药物分布,且能够迅速进入皮肤的特定部位,不会明显扩散到周围的皮肤。

这项研究所选的材料环保,且药物贴片的制备工艺简单,易于实现工业化生产。目前,研究团队已向申请了相关发明专利,正积极推动申请相关临床试验,将这种“私人定制”贴片早日用于临床。

## 太空的“厚礼”

说起空间站,我们脑海中或许立刻会浮现出这样的景象:宇宙飞船内,各种物体随处飘浮,身着笨重宇航服的航天员“轻功了得”,穿行、倒立、凌空翻腾,个个不在话下。

大多数人在第一堂宇宙启蒙课中就认识了“失重”,的确,这是太空环境最显著的特点之一。“更准确地说,太空中这种物体的重量接近于零的环境被称为‘微重力环境’,它的重力级别大约在10<sup>-6</sup>G左右。”浙江大学微小卫星研究中心主任金仲和向我们介绍。金仲和是我国微小卫星研究的先驱人物之一,太空的神奇魅力,一直令他深深着迷。

微重力的“魔法”不只是能让物体悬空,还揭开了一系列在地球上被重力所“掩盖”的奇妙现象。天宫课堂上就展示过许多有趣的小实验。比如,重力消失后,浮力对流不再起作用,导致在太空中,水永远不能被“烧开”。沉淀与分层也随之消失,因此不同密度的物质,比如油和水,可以混合得相当均匀。

别小看这些中学生级别的实验原理——不仅是油和水能“融为一体”,科学家发现,几乎无对流、无沉降和无静水压作用的特殊环境,是晶体生长、复合材料制备的完美条件。

“在太空中,我们能获得地面上无法得到的内部均匀,结构整齐完整,且性能优良的‘太空材料’,在工业生产、生物制药,以及未来的空间探索中都有广阔的应用前景。”金仲和说。

“微重力效应”是太空送给航天科学的一份厚礼。与其相关的空间实验,几乎与人类的航天事业同时诞生。

## 延伸阅读

### 地球的“后花园”

2021年七夕,一份来自银河的浪漫礼物——200只太空玫瑰惊艳亮相。2002年,一批玫瑰种子搭载神舟四号飞船进入太空,先后经过多代选育、克隆技术繁殖,最终培育出新型太空玫瑰。这批玫瑰造型独特,只有掌心大小,花期可达1-2月,是普通鲜切花花期的2倍。

这是空间诱变技术的一项成果:让种子接受太空中的宇

## 神奇的太空生命科学实验

宙射线辐射,提高基因的变异率,产生不定向的变异,再由育种专家去识别和定向培育具有某种变异的种子。

同年3月,还有一批太空蝴蝶兰向我们展示了太空育种的神奇。这批蝴蝶兰果实于2013年搭乘神舟十号飞船在太空遨游了15天。经专家7年选育,一批优良单株从6000多株太空蝴蝶兰中脱颖而出,不仅花苞多、花径大、苗株健壮,而且呈现出抗病性强、养护周期短等特点。

### 在天上繁衍后代

2021年6月,日本发育生物学家首次使用国际空间站在轨储存5年零10个月的小鼠冷冻精子,成功繁殖了健康小鼠。

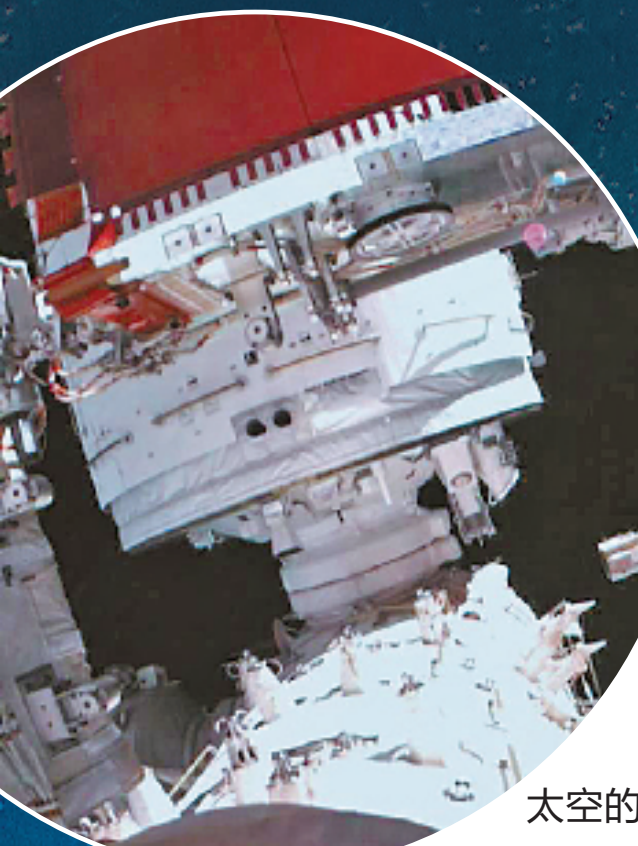
这不仅是在国际空间站在轨实验室进行的最长的一次生物学研究,也是全球首个涉及哺乳动物生殖细胞的空

间研究。这表明哺乳动物在地球以外空间繁殖的可能性,也会对人类未来探索宇宙产生重要影响。如果将来需要执行长时间的空间任务,这种方法也许可以用于人类在太空中的繁殖。

其实,该实验的主要目的是为了比较长期暴露在太空辐射下的精子受精能力与地球上存储精子的受精能力是否会有所不同。太空的辐射量是地球的170倍,人们担心高辐射水平可能会引起有害突变,而失重可能会阻碍胚胎发育。科学家表示,如果空间辐射导致突变,那么下一代也会随之改变。如果动物在太空中生活了很多代,那么突变就会累积。我们必须知道如何防范这种情况发生。

### 微重力下高效打印器官

2018年12月,俄罗斯宇航员利用



北京时间11月3日9时32分,空间站梦天实验舱顺利完成转位。这标志着中国空间站“T”字基本构型在轨组装完成,向着建成空间站的目标迈出了关键一步。

10月25日,梦天实验舱与长征五号B遥四运载火箭组合体转运至发射塔架。

