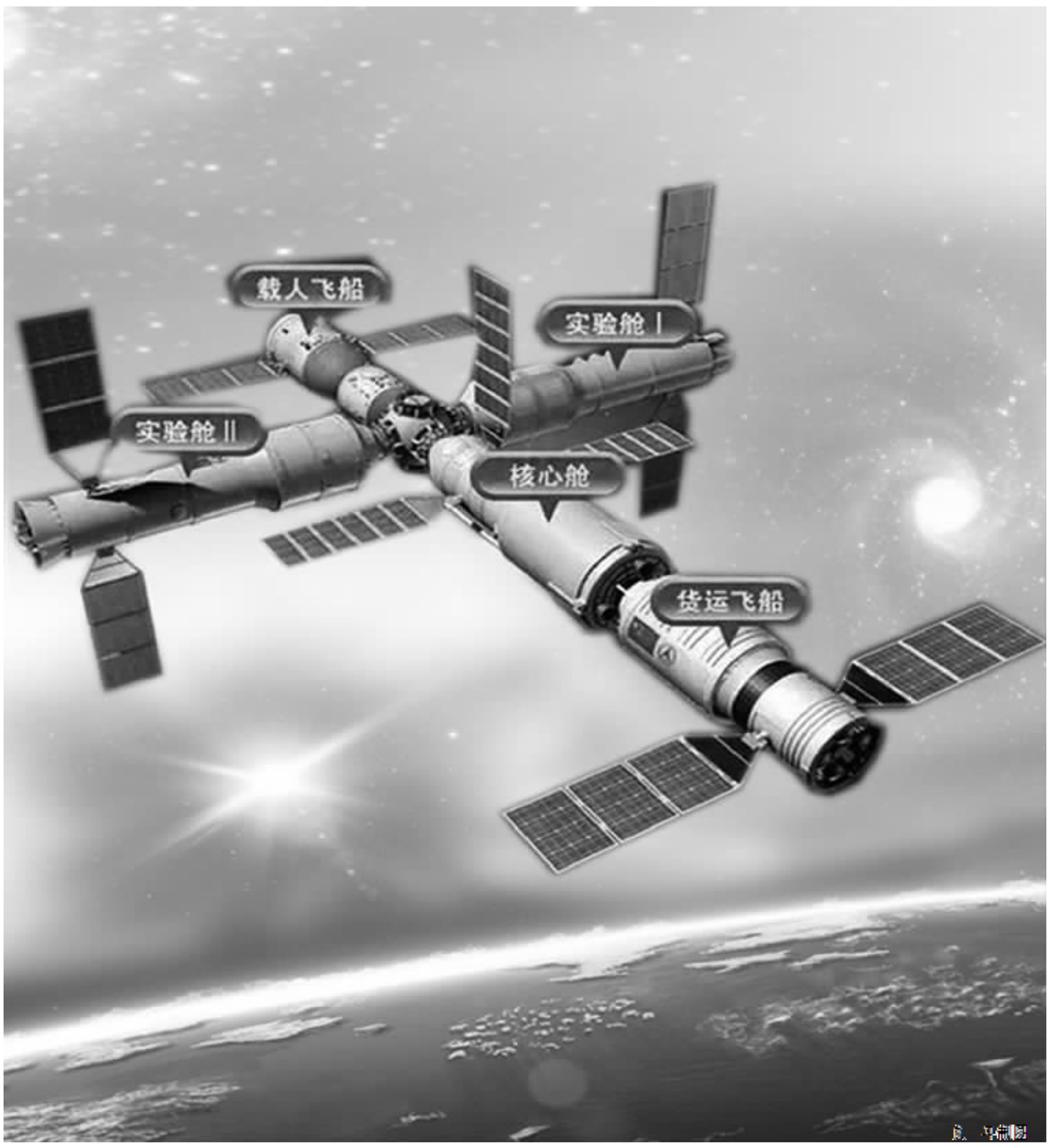
天宫二号里有哪些科学神器？

本报记者 佘惠敏

前沿技术

在浩瀚的太空中，天宫二号正翩然翱翔。作为我国首个真正意义上的空间实验室，天宫二号上要进行各类空间科学实验与探测项目，多家单位负责研发的14项应用载荷，将在这个太空实验室中大显身手。它们有的要探索宇宙最深处的奥秘，有的要观测地球上的海洋和大气，有的要解决未来长途太空旅行时的食物供给问题……

天宫二号里有哪些科学神器？且随《经济日报》记者一探究竟！



综合材料实验装置：

天宫二号中有一只神炉，它叫“综合材料实验装置”，由中国科学院上海硅酸盐研究所牵头，联合国家空间科学中心、兰州技术物理研究所共同研制。

这套多功能的通用型材料科学实验装置，由“材料实验炉”“材料电控箱”和“材料样品工具袋”三个单机构成，总重约27.6公斤，最大功耗不到200瓦，却能实现真空环境下最高950摄氏度的炉膛温度，足以将玻璃或银条熔化。

它要“炼制”18个实验样品，每个样品都很“个性”，对炉子要求都不同。为此，“神炉”引入了多项自主知识产权的创新技术，解决了多温区加热、低功耗下的升温保温、温度的精确控制等难题，让它能炼制复合材料、金属材料、有机高分子材料和晶体材料等很多神奇材料。

它炼制的宝贝有啥神奇之处？太空中生长的晶体，探测能力让地面生长的晶体望尘莫及。比如，普通CT检查一般只能确定直径2毫米以上的肿瘤病灶，对于一些微小早期病灶视而不见，而安装了太空产闪烁晶体的CT探测精度则会大大提升，真正做到上医治未病。

天宫二号伴随卫星：

一个好汉三个帮，天宫二号也有如影随形的小伙伴。

天宫二号伴随卫星是一颗微纳卫星，由中科院微小卫星创新研究院研制，是天宫二号试验任务的一部分。它搭载了多个试验载荷，具备较强的变轨能力，能灵活机动地开展空间任务。

这个天宫二号的小伙伴，将承担哪些任务？

它是特技师。伴随卫星在轨期间将开展伴飞试验，从天宫二号在轨释放，在空间轻松上演自由贴近、远离的华丽动作大戏。同时配合空间站开展多平台间的协同试验，拓展空间应用。

它是护航员。伴随卫星具备高分辨可见光相机和宽视场仿生鱼眼红外相机，能全天时多角度监测空间碎片或温度异常等空间站的潜在危险。它可作为主航天器的安全辅助工具，对主航天器进行工作状态监测、安全防卫。

它是摄影家。伴随卫星搭载了高分辨率全画幅可见光相机，未来将在空间绕飞试验过程中对天宫二号与神舟十一号飞船组合体进行高分辨率成像，成为天宫和神舟这对国民CP的自拍神器。

宽波段成像光谱仪：

天宫二号有个高定款数码相机，能同时拍出可见光、红外、光谱、偏振4种照片，它叫“宽波段成像光谱仪”，由中科院上海技术物理研究所的科学家团队耗8年心血研制而成。

这款太空相机，将原定的2款不同功能太空相机合二为一，省空间、降重量，功能却不弱反强。国际上，在一台仪器上开启可见近红外高光谱成像与短波红外、热红外多光谱成像，同时兼具偏振探测功能的“智慧锐眼”，这是第一次！

它有两大任务。一是看海洋。它可以准确观测海洋的水色和水温。它提取到的海水叶绿素、色素浓度等信息，不仅可以准确监测到发生在任何海域的赤潮现象，还可以判断出这片海域的浮游生物量和初级生产力，指导渔民出海作业。它可以探测水温、海冰和洋流信息，且具备很高的水温变化探测灵敏度，大约是1摄氏度的1/40，比我国现有的海洋遥感器的探测灵敏度高了好几倍。

二是看大气。由于光的偏振特性对大气粒子具有独特敏感性，偏振成像可获得大气气溶胶和云粒子的很多关键性能参数，对气象预报、气候预测有重要价值。简单说，它能看雾霾，并辅助专家们分析雾霾。

液桥热毛细对流实验装置：

“玩水”是人们喜欢的太空游戏。天宫二号里，我国将首次开展液桥热毛细对流的空间实验！

液桥是2个固体表面间连接的一段液体。太空微重力环境下，可以建立起很大尺寸的液桥。本次实验将由科学家们远程操控，用天宫二号上搭载的液桥热毛细对流实验装置完成。

实验中，液桥像一个“变形金刚”。装置中的拉桥电机和注液电机，将密切配合，改变液桥的“高矮胖瘦”，既能变得“高大上”，又可以变得“土肥圆”，科学家称之为“体积比效应”。液桥中的液体在温差诱导的表面张力驱动下，不同的体积比有不同的热毛细振荡现象——液桥会像有了“生命”一样自由舞蹈，时而旋转，时而左右横步。而实验箱内置了172组预定模式实验曲线，只要科学家在地面指间一动，就可以轻易地完成液桥“172变”。

它有什么用？该项目主任设计师、中科院力学研究所研究员康琦说：“为生产出高质量的半导体材料，就要科学控制在晶体生长过程中浮力对流、热毛细对流的影响，而太空特有的微重力环境将使科学家深入剖析热毛细对流的真实过程。”

热毛细对流箱工程，整体和光机结构设计及研制由中科院力学所完成，电控部分由中科院空间应用工程与技术中心完成。

“天极”望远镜：

人眼不能分辨光的偏振状态，蜜蜂对偏振却很敏感。天宫二号中有一只“小蜜蜂”，用它的“复眼”捕捉遥远宇宙中突然发生的伽马射线暴的偏振性质，它就是“天极”伽马暴偏振探测仪，简称“天极”望远镜。

伽马射线是有很强穿透性的电磁波。恒星临终时发生剧烈爆炸，产生极强烈的伽马射线辐射，持续时间长不过几千秒，短不足百分之一秒，其亮度却超过全宇宙其他天体的总和，辐射能量与太阳一生相当，犹如恒星最后的“生命之花”。这种集一生辉煌于一瞬的壮丽告别，就是伽马射线暴。

伽马暴的起源及相应的物理过程，一直是天文学家们研究的前沿课题之一。近十几年来，对伽马暴的研究取得长足进步，但一些基本问题还未解决。科学家推测，对伽马暴伽马射线偏振的研究可为解决这些问题提供新线索，却缺乏有效测量仪器。

“天极”望远镜填补了这个空白，它是全球最灵敏的伽马射线暴偏振探测仪器，将高精度且系统性地测量伽马射线暴的偏振性质，预期运行2年，探测约100个伽马射线暴。

“天极”望远镜由中国科学院高能物理研究所牵头，瑞士日内瓦大学、瑞士保罗谢尔研究所等单位参加研制，是天宫二号搭载的所有实验项目中唯一的国际合作项目。

高等植物培养箱：

兵马未动，粮草先行。到了太空，也要关心粮食和蔬菜。

尽管目前空间植物生长试验已多次进行，但要在太空条件下成功实现粮食与蔬菜的生产，为宇航员长期空间生活提供食物来源，还需解决很多问题。比如，在空间微重力条件下植物生长无一定方向性，不能有效利用光能进行光合作用，产量大大减少。

天宫二号中，就有两种“植物宇航员”——拟南芥和水稻，它们生活在高等植物培养箱里，将开展我国首次为期6个月的太空植物“从种子到种子”全生命周期培养。

高等植物培养箱是身负重任的微缩版太空温室，它通过光照周期、温度、湿度、营养液供给调节等功能为种子的生长发育提供环境保障。本次实验中，科学家们将通过实时成像技术，记录微重力条件下拟南芥和水稻从种子萌发、幼苗生长到开花发育的全过程，并下传图像进行“全程直播”。同时，特别构建了绿色荧光蛋白标记开花基因的拟南芥植株，将通过荧光图像技术，在分子水平检测开花基因在微重力情况下的表达动态。

此项目中，中科院上海生命科学研究院植物生理生态研究所负责科学实验样品和内容的设计、实验方案和实验结果的分析，中科院上海技术物理研究所负责研制高等植物培养箱。

空间环境分系统：

情报机构一直给人以神秘和神通广大之感。天宫二号上也有一个情报机构——空间环境监测及物理探测分系统，简称空间环境分系统。

顾名思义，空间环境分系统就是用来收集空间环境相关情报的。在太空中，高能带电粒子（质子、电子、重离子）组成的辐射环境、航天器轨道高度的大气环境等都属于空间环境的要素。能量很高的带电粒子辐射可能导致航天器材料性能下降或损坏，也可能破坏宇航员的器官组织，严重时甚至有生命危险。

中国科学院国家空间科学中心空间环境探测研究室就研制了空间环境分系统。这个系统由带电粒子辐射探测器、轨道大气环境探测器和空间环境控制单元3台仪器组成。带电粒子辐射探测器身上的16个小探头可以从16个方向全天候捕获天宫轨道上的高能带电粒子，实现舱外16个方向的电子、质子等带电粒子的强度和能谱监测。轨道大气环境探测器可以监测轨道大气密度、成分及其时空变化等，告诉你是谁拖延了天宫的脚步。

空间冷原子钟：

钟表需要有多准？

当计时器的误差超过千分之一秒/天，电子通信网络、高速交通管理、金融系统安全、电网并网发电等日常活动就将陷入混乱；当误差超过十亿分之一秒/天，卫星导航定位、导弹精密打击等高精准度行为就会不同程度地偏离目标；而深空探测、引力波探测等科研活动，对时间精度要求就更高了。

科学家们找到了原子钟。原子超精细结构跃迁能级具有非常稳定的跃迁频率，利用这一特点，人们制作出高精度计时装置原子钟。当前地面上投入使用的最准确的原子钟，误差已降到万亿分之一秒/天。

但在地面上，由于重力作用，自由运动的原子团始终处于变速状态，原子钟精度受到限制。而在空间微重力环境下，原子团可以做超慢速匀速直线运动，获得更高精度信号。

中科院上海光机所的科学家们将激光冷却原子技术与空间微重力环境相结合，发展出空间超高精度冷原子钟。他们研制的“空间冷原子钟”已搭载天宫二号发射升空，这将成为国际上首台在轨运行并开展科学实验的“空间冷原子钟”，有望在空间轨道上获得较地面上的线宽窄一个数量级的原子钟谱线，提高目前原子钟精度，是原子钟发展史上又一重大突破。

三维成像微波高度计：

天宫二号上，有个“三维成像微波高度计”，是国际上首个实现宽刈幅海面高度测量并能进行三维成像的微波高度计。

传统海洋微波高度计在海洋观测中只能获得星下点3公里左右观测的范围，即获得沿轨迹方向星下点的一维海平面高度测量，天宫二号微波高度计则可实现35公里至40公里幅宽内的高精度三维海洋表面观测，极大提高了观测效率。

这种能力有何作用？占地球表面积71%的海洋蕴藏着可促进人类社会发展的巨大宝藏，但也是很多重大自然灾害发生的源头。海洋灾害的发生，往往伴随着海洋环境的异常变化，如局部海洋区域的海面高度和海面温度的异常升高。而海面高度的异常升高，例如“厄尔尼诺现象”，幅度仅为厘米级，只有微波高度计能够敏锐捕捉到这种细微变化。

人类只有深刻地、清晰地了解海洋环境的安全性，才能真正地开发和使用海洋资源。微波高度计项目的实施可为研究全球的海洋动力环境（包括海平面高度，海面风浪和洋流）提供直接的科学观测数据，同时也为全球能量交换、气候变化的研究提供不可或缺的科学依据。

天宫二号微波高度计的设计和研制，由中科院国家空间科学中心微波遥感技术院重点实验室领衔完成。

量子密钥分配专项：

自从人类开始说话以来，就有了说“悄悄话”的需要。密钥就是通过对传输的信息进行加密，防止他人获取信息内容，确保你的悄悄话悄悄说。

不过，随着技术发展，传统密钥不断被破解，现在已经很难有一把安全的密钥了。除了量子密钥。

量子密钥的安全性基于量子物理的基本原理。作为光的最小粒子，每个光量子在传输信息的时候具有不可分割和不可被精确复制两大特性，使得存在窃听就一定会被发送者察觉并规避，从而保证了信息的安全。

现在，以“量子密钥分配”为核心的量子保密通信技术，在我国已经逐渐完成了实用化，并形成了一定的产业规模。国际上首个全通型量子通信网络、首个规模化量子通信网络、首颗量子通信卫星，都是中国造。

天宫二号上有一个“量子密钥分配专项”载荷，以实现空地间实用化的量子密钥分配为目标，通过天上发射一个个单光子并在地面接收，生成“天机不可泄露”的量子密钥。此项目由中国科学技术大学和中科院上海技物所联合研制。

天宫二号的轨道飞行高度近400公里，飞行速度约为每秒钟8公里。地面站的接收口径约1米。用来生成量子密钥的光子需要精准地打在地面站的望远镜上，就如同在一列全速行驶的高铁上，把一枚枚硬币准确地投到10公里以外的一个固定的矿泉水瓶里，难度可想而知。

“神器”是这样炼成的

佘惠敏

天宫之城，神器多多。天宫二号任务中，10余项空间科学与应用项目各具特色，怎么将它们整合起来呢？在系统中扮演着“龙头”角色的，就是载人航天工程空间应用系统总体部，即中国科学院空间应用工程与技术中心。

任务伊始，总体部就要把科学家的科学思想、需求等通过分析，转化为对载荷设备的技术要求，变成工程可实现的语言，建立从科学火花到工程实现的桥梁。

这么多项目，一方面各载荷要突破一系列关键技术，另一方面还要满足天宫二号飞行器的重量、功耗、布局等各种约束条件。此外，研究进度还必须满足航天工程进度和质量的要求。

如何满足这么多要求？空间应用中心积极开发了“新武器”。任务规划与并行设计、柔性集成测试、软件第三方评测、可靠性综合保障等平台，这些数字化的“新武器”解放了设计师，在提升效率的同时，还确保了载荷的高可靠性。

中心科技工程人员坚持对先进工程技术的研究和创新，如多学科优化技术、智能规划技术等，都根据实际业务需求，封装成各种功能组件，并集成在平台中加以应用。近期流行的虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等最新技术也被广泛运用。比如，载荷设计之前，研究人员通过VR虚拟场景，直观了解在轨环境状况和载荷工作场景；设计过程中，通过数字化手段对舱内环境设备进行虚拟叠加验证，保证设备部件之间的相容配合；结合“地面镜像系统”还可以模拟各“神器”的工作状态，待飞宇航员可进行操作预演，提高任务执行效率。

总体部有效载荷运控中心，通过应用需求分析等确保50余件有效载荷在太空有序、高效工作，堪称“太空实验的大管家”。

总体部开发的载人航天空间应用数据推广服务平台实现了数据与用户之间的互联互通，使数据得以在各个领域、行业得到充分利用。

本版编辑 郎 冰
联系邮箱 jjrbxzh@163.com