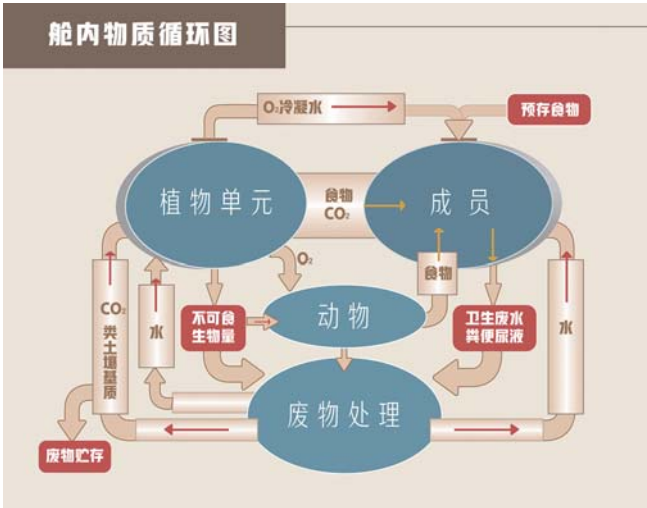
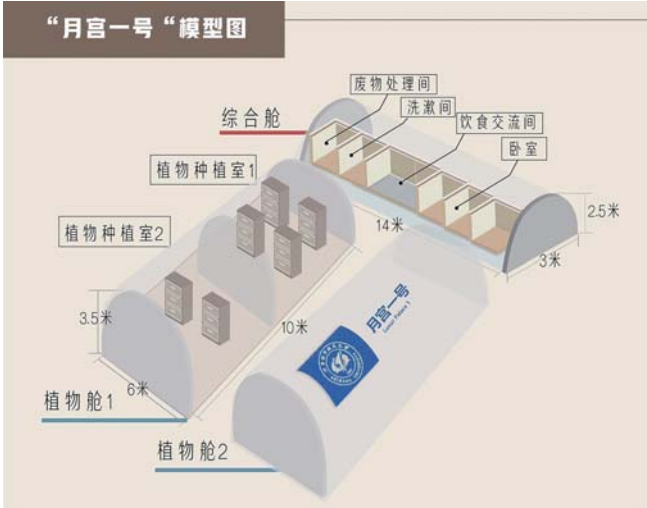


仰望星空，在“大罐子”里测试人类如何摆脱“摇篮”

航天员在远离地球的太空中能否长期生活?中国“月宫一号”科研团队 14 年不懈努力相关研究攀上世界巅峰



资料来源：“月宫一号”科研团队
制图：阎天雷



实验志愿者正在植物舱内采集植物(2017年7月18日摄)。 本报记者刘婧宇摄

“从明天起，关心粮食和蔬菜。我有一所房子，面向月球，春暖花开。”这不是类似海子般的抒情，而是“月宫一号”团队每天需要极其严谨地对待的科学实验——“月宫 365”计划，即在 3 个完全密闭的圆柱形“大罐子”中生活 365 天

目前，世界上时间最长、闭合度最高的“月宫 365”计划正在进行，舱内实验志愿者正在进行第三班实验，也是最后一班，他们是年初 1 月 26 日入的舱，预计 5 月 15 日出舱，届时将创造新的世界纪录

本报记者刘婧宇

2017 年末，为人津津乐道的事件之一是中国科学家潘建伟入选英国《自然》杂志 2017 年度十大人物，然而很少有人注意到，《自然》杂志 2017 年度最佳科学图片中，也有我国科学家的身影：一幅名为《ISOLATION ZONE》(隔离区)的照片中，透过一个泛着紫红色光的圆形密闭窗口，一名志愿者正在种满植物的实验舱中做实验。这张照片拍摄自“月宫一号”科研团队。

“从明天起，关心粮食和蔬菜。我有一所房子，面向月球，春暖花开。”这不是类似海子般的抒情，而是“月宫一号”团队每天需要极其严谨地对待的科学实验——“月宫 365”计划，即在 3 个完全密闭的圆柱形“大罐子”中生活 365 天。“月宫一号”是我国第一个、世界上第三个生物再生生命保障地基有人综合密闭实验系统，更是世界上第一个成功的四生物链环系统。为了这个实验，“月宫一号”科研团队苦心钻研 14 载，从“没人相信”到“成功运行”，终于使我国“闭环回路生物再生生命保障”技术达到了世界一流水平。

痴心——有梦想的人是幸福的

“航天之父”齐奥尔科夫斯基曾说过：“地球是人类的摇篮，但人类不可能永远被束缚在摇篮里。”“闭环回路生物再生生命保障系统 月宫一号”是能与地球媲美的“微型生物圈”，可实现航天员在远离地球的太空长期生活的目标。”“月宫一号”首席科学家刘红说。

这是一种当今世界上最先进的闭环回路生命保障技术，是未来月球、火星基地等载人深空探测所需的十大关键技术之一。在这个鲜有人关注的领域钻研十几载，刘红不觉得苦。她经常在开学典礼上对新同学说“有梦想的人是幸福的”，希望入学的年轻人有笃定的理想信念并执着追求。在生物再生生命保障技术领域孜孜以求地不停探索，就是刘红的“幸福”。

刘红教授是北京航空航天大学(以下简称北航)生物与医学工程学院的博士生导师，也是国际宇航科学院院士和俄罗斯自然科学院外籍院士。她个子不高，披肩发整齐地挽一个发髻，讲每一句话都很谨慎。

1989 年，因为治学严谨，加之俄语基础好，刘红成为公派留学生到莫斯科大学留学。那时，恰逢苏联政局动荡，当地物资极度匮乏，许多留学生竟从中发现商机，开始兼职“做生意”。他们从国内买商品带到苏联去卖，一转手就是将近十倍的利润。

上世纪九十年代的中国，老百姓收入水平普遍较低，少有人能面对如此暴利而不动心，但刘红没有。她说，“国家每个月都给补助，够用了。”谈到那些“倒爷”同学，她眼中有一丝黯淡，“他们中很多都移民了，现在基本没有人在做科研”，之后是许久的沉默。

1994 年，刘红从莫斯科大学获得环境保护专业博士学位回国后，一直在环境与生态领域探索。1998 年，由美、俄、日、加

等 16 国合作的国际空间站开始建设时，我国就希望积极参与国际空间站计划，但是掌握主导权的一些国家为了防止航天技术的扩散，拒绝中国加入。

回想这段已被尘封许久的往事，刘红仍愤愤不平：“他们一开始就不想让我加入，但是还假惺惺地让你递交申请书，让你把底牌全亮出来然后再拒绝你。”怀着强烈爱国心，这种被排斥的感觉让她很难受。

看到苏联在上世纪七十年代研发出的“生物再生生命保障系统”，如同心被撞撞到一般，刘红终于找到了自己的兴奋点：我这辈子就要做这个！实验若能实现高度闭合、甚至完全闭合，人类在地外生存就会解决时间、资源等一系列问题。

刘红和她的团队瞄准了国家载人深空探测的重大需求，开始了漫长的探索之旅。

恒心——从“没人信”到“不敢信”

“如果你知道自己要去哪儿，那么全世界都会为你让路”，这句鸡汤文对于刘红来说，只适用前半句，她知道自己要做什么、要做什么，但是面对的是障碍重重，没有人看好这个项目，没有人知道该从哪里入手。

她一遍遍做实验，同时如饥似渴地大量翻阅俄文文献，从有限的相关材料中发现的每一点“蛛丝马迹”都能让她兴奋。

从零开始，刘红带领的“月宫一号”科研团队不断改进方向，舱内适用生物筛选从大型动物到蚕，再到黄粉虫，实验一步步成型。

探索总是艰辛的，没有突破之前，刘红团队的研究经常被他人笑为“纸上谈兵”。那些年，去参加国际学术研讨会，她在台上做报告时明显听到周围有友好的声音，里面夹杂着嘲笑、怀疑，会议茶歇的时候也没有人愿意和她交流。面对冷遇，她并没有一笑置之，而是倔强地转身，继续默默埋头于实验研究。

“月宫一号”是为测试月球基地的生命保障系统而设计，要将它变为现实，光靠理论和数据是不行的，得有场地，有经费，有人力物力的全套支撑。但在十几年前，很难有人有如此超前的理念，理解并支持她。甚至有人说：“你这个项目太遥远，科研经费要顾要紧且能看见成效的项目。”

那段时间，刘红成了一名“推销员”，她一遍遍地写申请、打报告，大会小会上见缝插针地推荐“月宫一号”。

终于在 2012 年，“月宫一号”项目获批，实验舱就建在北航校园内曾经陈列教学用飞机的那块地上，因为能承受数吨重的飞机，地面承压能力够强，可以省去打地基的步骤。

论证，立项，选址，建设，每一步都不易。

2012 年，是刘红有生以来最累的一年，日常教学照常进行，课后不仅得盯着实验，“月宫一号”实验舱每一步的建设更得操心。实验舱内要实现固体物质、空气和水的三大循环，并且满足实验员的长期居住，对设备的要求非常高。在经费有限的情况下，每一分钱如何实现效用最大化，每种设备该用什么级别，如何让满足需求的生产厂家供货……一个个问题接踵而至，毫不夸张地说，她梦里都在琢磨解决办法。

谈起 6 年前的建设过程，刘红仍十分感动，“这些设备很多都是爱国企业家的支持，有的是厂家专门为我们生产的，比如舱内植物生长的光源，市场上的民用光源达不到实验标准；空调设备，厂家也只收了很少的成本费用；还有实验员食用的无污染绿色猪肉，也是厂家将最高标准的猪肉赞助给我们的。感谢这些有梦想、有爱国情怀的企业家。要不是他们的支持，这个实验舱造价起码得翻一倍！”刘红说，初步算账，起码节省了两千多万元，“但这个经验不值得推广，我们省钱是被逼出来的。”

在实验舱即将完工之时，俄罗斯科学家依然不相信刘红及其科研团队能达到如此高的技术水准。就在 2013 年元旦，“月宫一号”团队给俄罗斯的科学友人发去新年祝福电子贺卡，其中附了几张“月宫一号”的样图。这几位俄科学家在新年聚会上打开了这张贺卡，一致“赞许”：“他们画得真好！”得知此事，刘红并不气馁，而是将这几位科学家列入了即将召开的国际学术交流会邀请专家名单。

2013 年冬天，“月宫一号”建设完成并成功试运转，外

国几位科学家受邀来华进行学术研讨。刘红仍记得那位俄罗斯科学家的反应：他站在实验基地门口将近一分钟，后来慢慢走进来，围着占地不过百平方米的实验舱来来回回看了将近一个小时，他依然不相信眼前这个实验装置是真的。当天晚上 10 点左右，会议结束了，这位科学家提出还要去实验舱看，他担心白天看到的只是“装样子”的假设备，夜里就会停掉或者“没有了”。刘红笑了笑，欣然邀请他随时去实验舱参观。

被震撼到的这位俄罗斯科学家在大红的留言簿上洋洋洒洒写了一整页。

不过他的热情闹了个小乌龙，由于看不懂中文，他分不清留言簿的正反面，结果写到了留言簿的最后一页，还是倒着的。得知自己写反了，他要求一定要正着重新写一次，才能表达敬意。于是，那个被珍藏的留言簿上就有了一正一反两大段同样的留言。

2014 年 5 月，“月宫一号”成功进行了为期 105 天的密闭实验，已经实现很高的稳定性和闭合度，成为世界上首个成功的四生物链环系统。当年 9 月，该项目以排名第三的成绩入选“新中国 65 年十大引智成果”；2015 年伊始，“月宫一号”团队再次荣获“2014 北京榜样”特别奖。

在国际会议上，刘红团队不再被冷落，NASA 也专门邀请刘红去做讲座。面对突如其来的热情，刘红很淡定，她说：“我只谈我们现在达到的技术水平，关于核心技术内容我一丁点儿也不说。”

用心——舱内生活严肃活泼

目前，世界上时间最长、闭合度最高的“月宫 365”计划还在进行，舱内实验志愿者正在进行第三班实验，也是最后一班，他们是年初 1 月 26 日入的舱，预计在 5 月 15 日出舱。“月宫一号”实验基地里，监控室门口的倒计时牌有条不紊地提醒着时间的流逝，一号舱门把手上，一个红红的中国结在静静等着实验成功。

经过二期升级，现在的“月宫一号”由一个综合舱和两个植物舱组成，综合舱面积 42 平方米，是集客厅、工作间、厨房、餐厅多功能一体的交流间；每个植物舱面积约 50 平方米，实验员把这里当做一个“开心农场”，“农场”里种着小麦、大豆、玉米等粮食作物，还有胡萝卜、黄瓜、生菜等蔬菜作物，种植作物共计 35 种，他们分批次播种，每天都能感受丰收的喜悦。

照片中紫红色的光是根据植物生长状况调节而成的人造光源，控制了植物的生长速率，也就保证了实验舱内氧气的含量。

去年 7 月，《新华每日电讯》记者第一次去“月宫一号”实验基地时，实验员胡静雯正坐在监控室里盯着监控平台，她是第一批入舱志愿者，出舱后已经平安度过了 7 天的隔离期。出舱当天，北航党委书记张军院士、中国载人航天工程总设计师周建院士、中国空间技术研究院空间站项目副总设计师侯永青等人都来为他们加油鼓劲。

什么样的人适合当舱实验员呢？刘红说，除了最基本的热爱祖国航天事业、身体素质过硬外，必须“比较宅”，才能承受住长期封闭生活的考验。因为在隔离封闭的环境中，缺少足够的隐私空间和单调的工作任务会增加实验员的孤独感和无聊感，长期隔离甚至会出现严重的恐惧、愤怒等情绪。

实验员刘佃磊皮肤较黑，说话不紧不慢，还带着点山东口音，很符合刘红说的“比较宅”的特点，他也是第一批进舱的志愿者。回忆起舱内生活，他总结：“每天都很忙。”

老百姓开门 7 件事：柴米油盐酱醋茶，在实验舱内的生活也不例外，告别了学校食堂的美味，刘佃磊每天的工作之一就是“磨面”：将舱内成熟小麦磨成全麦面粉。

他还记得第一天入舱的“困态”：那天大家计划午饭吃全麦馒头，就等刘佃磊的面了，他手忙脚乱地磨着，耗费了太多时间，导致没有时间发面做馒头；大家只好将食谱改为面条，结果发现全麦面团韧性不够，面条一碰就断；只好又降低要求，于是当天中午吃的是面片汤。

舱内实验员食物中蛋白质的重要来源之一是黄粉虫。从大型生物、小型生物到微生物，种类有成千上万种，最终选定黄粉虫，并非偶然。

曾经的实验证明，大型动物，比如牛、羊，并非理想选择。因为在密闭狭窄空间中，孤单的实验员会在每天的饲养中对有限数量的动物产生感情，如果最终为了生存而吃掉每天朝夕相伴并亲手喂养的动物伙伴，会产生强烈的心理波动，有的实验员甚至会因此而精神崩溃。

于是，“月宫一号”科研团队提出将昆虫类作为生命保障系统候选动物，昆虫不仅饲养数量不大，人不会和其建立感情依赖，而且饲养过程中很少产生环境污染。刘红最先提出将蚕作为将来宇航员的蛋白来源，而后又筛选出黄粉虫。黄粉虫不仅能提供优质动物蛋白，又因为它能以系统中植物的秸秆、蔬菜老叶等为食，可作为系统废物处理的环节之一。

当实验志愿者的日子里，刘佃磊学会了吃黄粉虫，将黄粉虫放在平底锅中炒至酥脆，然后与小麦一起粉碎制成面粉，经发面蒸成馒头；或是用植物油炒熟直接食用。他调侃说：“油炒之后的黄粉虫味道与油炸蚂蚱味道类似，可以用 4 个字概括：香、嫩、酥、脆”，余味微苦，但香味回味悠长！”实验舱内有无线网络，他还时不时在朋友圈里秀一秀厨艺。

除了实验任务，实验员也有一些自己的业余时间，大家会看文献、写论文、听广播、练书法、蹬单车等，胡静雯说：“顾不上无聊了。”

信心——仰望星空永不止步

每位实验员在综合舱内住的都是“胶囊公寓”，卧室约 2 米长、1.5 米宽，一张约 1.2 米宽的小床就占据了大部分空间，床边放着一把折叠椅子，靠墙是一个小书桌，墙壁上安装壁挂式开放储物柜。

从早晨 6 点半起床测血压称体重开始，一日三餐分工协作，加之每人都有负责的实验项目，到晚上 11 点熄灯时，大家都很疲惫。

实验志愿者高寒将舱内的生活概括为“生存以上，生活以下”，“生存以上”是指这里有生命保障的基础；“生活以下”，说的是在这里的每一天，每个人做的大事小情，都是实验，包括情绪波动等一切细节都会转成数据，所以也就不能简单称之为生活，这一切看似琐碎的积累都是为了将来人类在地外能够舒适地生活。

“月宫一号”科研团队会通过电话访谈和分析日志来了解实验员情绪、需求等心理状态的变化；舱外有 30 人组成的科研团队 24 小时值班监控，会利用行为表情分析软件分析舱内实验员的情绪变化。

当问到二组的舱内实验志愿者王伟是否焦虑时，她也坦言：“焦虑啊，同年级的都在找工作，实验时间刚好错过了秋招和国考。但是我不后悔，进舱后悔一年，不进舱后悔一辈子。”

除夕那天，“月宫 365”计划依然有条不紊地进行。高寒说：“过节不过节，对于我们来说并没有多大的区别。我们依然要按照日程，完成对植物的日常维护，做健康情绪方面的记录，空气、材料、植物、微生物相关的取样，水处理，固体废物处理，可靠性分析等等。不过大家也螺蛳壳里做道场，利用有限的食材做出了四菜一汤的丰盛年夜饭。”

1 月 26 日，“月宫 365”计划进行了 260 天，也是第二组舱内实验志愿者连续密闭独立生活 200 天，打破了由俄罗斯科研人员创造的在生物再生生命保障系统中连续驻留 180 天的世界纪录。今年 5 月份，“月宫 365”计划结束时，将创造新的世界纪录。

目前，“月宫一号”科研团队已经取得了大量宝贵实验数据，为我国未来深空探测生物再生生命保障系统积累了大量科学数据，也使得我国在航天生物再生生命保障领域走在了世界前列。

一个当初没有多少人看好的梦想，最终打破世界纪录，成为国人骄傲，刘红体会到了生命中“极大的获得感”。“觉得这辈子过得真值。”刘红说，我们的研究从 2004 年开始到现在，14 年间很多青年才俊都投入进来，他们做了非常大的贡献。有的人留下了名字，更多的人留下的只是一个背影，但大家都一样高兴，“这是我们大家念兹在兹的星空梦。”对于将来的科研，刘红很有信心：“以终点为起点，我们仰望星空永不止步！”