“我认为人类与动物的本质区别在于人类永远有梦想，永远都要探索未知世界。人类会义无反顾去探索太空，是人类的本性使然。当人类离开地球上赖以生存的环境进入太空，如何生存下来，这就是我们需要解决的问题，也是我的梦想。”在近日举办的创新传播讲坛（CC讲坛）上，北京航空航天大学教授、“月宫一号”总设计师刘红的梦想让满场听众为之热烈鼓掌。

她领衔研制的生物再生生命保障系统“月宫一号”，在今年2月到5月完成了3人105天的密闭生存实验，实现了在系统内循环再生100%的氧气和水，循环再生55%的食物。“月宫一号”试验系统的总闭合度达到了97%，这个建在地球上的微型人造生态圈，是我国建立的第一个、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，105天的密闭时间为世界上第二长。

中国式“月宫”下站，脉

本报记者 佘惠敏

人类想进行更长时间、更远距离的太空探索，完全通过携带储存食物，或由地面定期补给，将十分昂贵且难以实现，所以只能用生物再生的方式获得足够的氧气、水和食物，这就是生物再生生命保障系统BLSS。

宇航员要在太空中生存，离不开氧气、水和食物。在目前的太空之旅中，宇航员们通常会携带全部物资，或通过物理化学方式再生氧气和水，而食物只能一次性携带充足，不能再生。如果人类想进行更长时间、更远距离的太空探索，例如构建月球、火星基地，想完全通过携带储存食物，或进行地面定期补给，将十分昂贵且难以实现。

刘红给大家算了一笔账：一个人每天需要喝掉用掉15公斤水、吸入0.83公斤氧气、吃掉0.65公斤食物，合计每天需要16公斤多的物资以供生存，每年需要6吨。把每人每年所需生存物资运到太空，到轨道空间站需6000万美元，到月球需6亿美元，到火星需60亿美元。“而我们要进入太空不可能一个人，至少有两三个人，甚至一个团队。那将是一个天文数字，任何一个国家也很难保证这样的费用。就算有那么多钱，技术上也很难实现，因为不管送到月球还是到火星，都要有发射窗口，不是什么时候想送都可以送过去的，所以只能用生物再生的方式获得足够的氧气、水和食物，这就是生物再生生命保障系统BLSS。”

“生物再生生命保障系统”是将生物技术与工程控制技术有机结合，构建由植物、动物、微生物组成的人工生态系统，人类生活所必需的物质在系统内循环再生，为人类提供类似地球生态环境的生命保障。这是目前世界上最先进的闭环回路生命保障技术，也是人类实现在外太空长期生存的核心技术。

“它最大的特点是载人飞行器进入外太空后可以不再需要或很少需要地面物质支持，使得长期载人航天和行星探测成为可能。”刘红说。

自2004年起，北航教授刘红领导的研究团队就瞄准国家载人深空探测重大需求，系统开展了从单元关键技术到系统基础理论与系统基础调控方法的研究，2013年10月研制出地基综合实验系统——“月宫一号”。

“月宫一号”从理论和技术研究、舱室系统的工程设计、施工组织和质量监督、系统内关键设备安装、系统联合调试到长期多人密闭科学技术实验，均由刘红的26人团队完成。2013年年底，俄罗斯、美国等国际同行参观“月宫一号”后，认为“这是世界上最先进的生物再生生命保障系统之一”。

“月宫一号”由一个综合舱和两个植物舱组成，总面积160平方米，总体积500立方米。其中，综合舱包括居住间、工作间、洗漱间、废物处理间等。每个植物舱分隔为2个植物种植室，可以根据不同植物的生长需要独立控制环境条件。刘红说：“之所以叫做‘月宫一号’，因为它首先会用到月球上。”

生活在“月宫”

密闭舱内的生活与外界生活完全不同，不仅需要自耕自种确保生存，还要负责生物养殖、水系统等科研试验，研究舱内的生态系统。

目前已经进行过成功实验的“月宫一号”一期，由一个植物舱和一个综合舱构成，总体积约300立方米。综合舱包括4间独立卧室，可以保证私密。饮食交流间里有开放式厨房、餐桌，还有控制系统，保证实验人员在做饭时、在饮食交流时可以兼顾控制系统。植物舱在本次实验中共种植21种植物，包括小麦、大豆等5种粮食作物，胡萝卜、豇豆等15种蔬菜，草莓1种水果。刘红介绍了植物选择标准：“植物必须有营养、比较容易种植、生长周期较短。此外，密闭舱空间有限，植物的个头儿要比较小，最好不需要光周期，这样无论白天夜晚都能生长。”

密闭舱内的生活与外界生活完全不同，参加实验的3名成员从研究团队的师生中选出，各有分工。他们不仅需要自耕自种确保生存，还要负责生物养殖、水系统等科研试验，研究舱内的生态系统。

“舰长”谢倍珍负责舱内科研项目的统筹规划、水循环系统的运行和固体废弃物的处理，以及饲养黄粉虫（又名面包虫）。“老农”董琛主要负责舱内面积最大的小麦的种植研究。“大厨”王敏娟主要负责舱内所有蔬菜的种植研究，并烹饪一日三餐。

黄粉虫为组员们提供部分动物蛋白，它的能量转化效率高，对生态系统产生的负担小，味道也不错。“虫子再小它也是肉啊！”谢倍珍说，黄粉虫挺好吃。王敏娟还把黄粉虫磨成粉，与小麦粉混合做馒头。“这样看不到虫子的形态，更容易接受。”

“月宫一号”是一个微型生态系统，植物必须批式种植，才可以保证食物储存量最小，并且气体均衡——种植面积达到40平方米的主粮小麦就被分成等面积的小块，每块地上的麦子生长阶段都不同，每周一种一收，每次收获的小麦正好够3人7天的食用所需。“考虑到生物试验的重复性，我们将实验时间定为105天，在此期间，小麦可以收15批，空气可以完全循环三次。”董琛说。

在月宫一号里，大厨怎么做饭？王敏娟说：“舱里要进行空气循环，所以爆炒一般不允许，主要采用蒸煮方式，做出多样的主食面食。”

组员们在“月宫”吃得很精确也很科学，食物配方都是严格计算获得的，结果在105天后走出月宫时，三个人的健康指标都提高了。

为了模拟空间低重力环境下的操作，谢倍珍和王敏娟给董琛理发时，用改造过的吸尘器来收集剪下的头发。

在“月宫”中，水、氧气和食物都尽可能地循环利用。人、动物和废物处理产生的二氧化碳从综合舱送达植物舱，供植物光合作用；而植物舱产生的氧气送到综合舱，供人和动物呼吸，并提供废物处理所需的氧气。秸秆、粪便、食物残渣等废物经生物技术处理后，变成“类土壤基质”肥料，可用于植物种植。一部分冷凝水与净化后的生活废水和尿液也用于植物栽培。植物蒸腾作用产生的冷凝水被净化后，由系统补充微量元素，为志愿者提供生活用水。“舱内每天可以回收300升冷凝水，三名志愿者一天用水只需75升，富余较多。”刘红说。

月宫一号里的植物栽培。（资料照片）

105天的长期多人密闭实验，让研究团队获得了大量实验数据。与美国和俄罗斯两国已建成的类似系统相比，“月宫一号”更为先进，创新之处包括：引入黄粉虫，能产生动物蛋白；植物种类更多；在尿液中除回收水外还回收氮素，用作植物栽培；舱内光源更加优化，通过调节LED灯的光色组合，使得光的效率更高等等。

本次试验确立了BLSS设计构建方法，初步建立了系统中物质动态平衡调控技术、共生植物优化配置与动植物高效培养技术以及废物的高效循环利用技术；发现了新的气体平衡调控方法；发现了空气中二氧化碳浓度变化对植物暗呼吸、光合以及人的呼吸的影响量化规律；明确了生物再生生命保障系统今后的研究发展方向。

后“月宫”时代

系统中多项关键技术，不仅可以用到太空，也可以用到地面。今年下半年将开展“月宫一号”二期工程，预计2016年将开展更高闭合度、更长时间的4人“密室生存”试验，为下一步进入太空试验做准备。

“月宫一号”的建立使我国在生物再生生命保障领域的研究进入到国际领先水平，对保障我国载人登月、月球基地及火星探测等航天计划的顺利进行、保障航天员生命安全和生活质量具有重大意义。未来，在飞往月球、火星等天体的飞船上，或是在这些天体上建立基地，就可以搭载“月宫”，构建类似地球生物圈的小型生态系统，供人类长期生存。

刘红表示，今年下半年将开展“月宫一号”二期工程，除升级已有系统外，还要再建密闭舱，预计2016年将开展更高闭合度、更长时间的4人“密室生存”试验，为下一步进入太空试验做准备。“再建一个植物舱硬件的花费，预计要1500万。初步计划，今年下半年先把新建植物舱的大结构弄出来，如果资金到位的话，最快明年上半年能建成。”

“这些技术不只可以用到太空，也可以用到地面。”刘红说，系统中多项关键技术，例如智能化光环境控制技术、高效立体多层栽培技术、微生物燃料电池技术等经转化后，应用前景广阔。“我们在研究中形成的很多植物栽培技术，还可以用于地面的植物工场，不会有农药、化肥超标这样的问题。我们的微生物燃料电池技术，可用有机物发电，能把很多污水处理厂变成发电厂。”

动向

世界最大单口径望远镜开始索网安装

本报讯 世界最大的单口径射电望远镜——500米口径球面射电天文望远镜FAST近日在贵州天然的喀斯特洼坑里开始了第一根主索的安装，FAST反射面索网制造与安装工程正式步入工程实施阶段。

索网制造与安装工程是FAST工程的主要技术难点之一，其关键技术问题主要包括：超大跨度索网安装方案设计、超高疲劳性能钢索结构研制、超高精度索结构制造工艺。该工程进入正式实施阶段则标志着上述主要技术难题已经得以解决。

整个索网安装工程预计将耗时6个月，建成后将形成一系列成果，例如，高疲劳性能钢索制造工艺、大跨度索网安装方案等，将对我国索工业水平起到显著提升作用。

为了获得更多来自宇宙的无线电信号，我们需要大口径的射电望远镜，但由于自重和风载引起形变的限制，传统全可动望远镜的最大口径只能做到100米。

FAST依据中国科学家提出的全新的设计思路建造，突破了射电望远镜的百米极限，达到500米口径，开创了建造巨型射电望远镜的新模式。它的独到之处在于：利用贵州天然的喀斯特洼坑作为台址；洼坑内铺设数千块单元组成500米球冠状主动反射面，球冠反射面在射电电源方向形成300米口径瞬时抛物面，使望远镜接收机能与传统抛物面天线一样处在焦点上；采用轻型索拖动机构和并联机器人，实现接收机的高精度定位。

FAST有30个足球场大的接收面积，将是国际上最大的单口径射电望远镜。与号称“地面最大的机器”的德国波恩100米望远镜相比，灵敏度提高约10倍；与排在阿波罗登月之前、被评为人类20世纪十大工程之首的美国Arecibo300米望远镜相比，其综合性能提高约10倍。作为世界最大的单口径望远镜，FAST将在未来20年至30年保持世界一流设备的地位。 （惠敏）

老年痴呆症致病蛋白结构首次被揭示

本报讯 记者韩秉志报道：清华大学施一公教授研究组首次揭示出与阿尔茨海默症（也称“老年痴呆症”）发病直接相关的人源γ分泌酶复合物的精细三维结构，这为理解老年痴呆症的发病机理提供了重要线索。《自然》杂志不久前在线发表了这项成果。

施一公教授在清华大学召开的新闻发布会上介绍，老年痴呆症的发生和大脑中淀粉样斑块的形成密切相关，淀粉样斑块是由膜整合蛋白酶复合物异常切割“淀粉样前体蛋白”而产生过量易聚集的Aβ42肽段所致。

施一公将此作为自己“科学生涯里最耀眼的成果”。他解释说，人源分泌酶复合物可理解成细胞膜上的一个蛋白酶体，或者更通俗地形容为“垃圾粉碎机”。它的主要作用是降解细胞膜上的一些废物蛋白，把它降解成小的片段，让人体再吸收、再利用。解析人源分泌酶复合物的三维结构，并在此基础上理解其正常工作及致病机理，不仅具有重大科学意义，也将对老年痴呆症的药物研发起到重要的指导作用。

获得γ分泌酶复合物（γ-secretase）的三维结构是目前世界生命科学领域最热门的研究课题之一，世界上多达几十个实验室都在进行科研攻关，但十几年来都未有收获。

“相比此前的外国科学家只能将该蛋白酶解析到12埃的分辨率，这让世界科学界对阿尔茨海默症的研究向前跨出关键性的一步。”施一公说。

阿尔茨海默症又称老年痴呆症，是一类神经退行性疾病。据不完全统计，我国目前大约有500万阿尔茨海默症患者，占世界发病总数的四分之一。

施一公在发布会上说：“我们的目标是得到更高分辨率γ分泌酶复合物的结构，这样就可以精细地解释，引起老年痴呆症的氨基酸突变是如何导致γ分泌酶复合物切割A42的肽段，这样就可以根据结构来设计药物分子。”

本版编辑 韩 霁