『三步走』+『齐步走』：中国航天闯出自强路

本报记者　张保淑

在全球航天爱好者注目中，九天之上实现了一项新突破：北京时间5月7日，在太空中高速运行的新一代载人飞船试验船上，一台“3D打印机”自主完成了连续纤维增强复合材料的样件打印，并验证了微重力环境下复合材料3D打印的科学实验目标。这意味着中国首次太空3D打印实验，也即国际首次太空连续纤维增强复合材料3D打印实验取得圆满成功。

熟悉中国载人航天发展历程的朋友知道，此项新突破是中国“太空制造”的一大步，但只是中国载人航天漫漫征程中的一小步。长征五号B火箭刚刚完成首飞，成功把新一代载人飞船试验船送入预定轨道，不仅验证了该火箭是名副其实中国航天“大力士之最”，而且通过试验，验证新飞船再入返回控制、防热以及回收等一系列技术，正式拉开了中国载人航天工程“第三步”任务的序幕。根据计划，今年迈入“第三步”的还有中国嫦娥工程，由长征五号运载火箭担纲，实施嫦娥五号月球取样返回任务。此外，本月计划发射北斗三号最后一颗组网卫星，北斗导航系统建设“第三步”即将迎来收官战。

对于中国航天来说，2020年注定是个不平凡的年份，多项按照“三步走”发展战略实施的航天旗舰工程“齐步”挺进，形成世界航天发展史上的壮观景象。

中国空间站核心舱模型亮相珠海航展。　新华社发

人类的太空之家

对长征五号B火箭成功首飞的重要意义，人们听到最多的恐怕就是“正式拉开了中国载人航天工程‘第三步’任务的序幕”。要准确、深刻理解这句话的含义，必须熟悉中国载人航天工程“三步走”发展战略。

1992年1月，中国载人航天工程被正式批准，被命名为“921工程”。这是中国航天史上迄今为止规模最大、系统最复杂、技术难度最高的工程。该工程由7个分系统组成，包括航天员系统、飞船应用系统、载人航天飞船系统、运载火箭系统、发射场系统、测控系统、着陆场系统。其中，载人航天飞船系统是核心。

1992年9月，中国载人航天工程“三步走”发展战略被批准实施。根据该战略，第一步，发射载人飞船，建成初步配套的试验性载人飞船工程，开展空间应用实验；第二步，突破航天员出舱活动技术、空间飞行器的交会对接技术，发射空间实验室，解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题；第三步，建造空间站，解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。志在九天之上，但是脚踏实地，一步一个脚印，步步为营，中国航天人由此开始了艰苦跋涉的历程，到今年已经默默奋斗了28个春秋，创出了中国载人航天事业发展的一片新天地。

1999年11月，神舟一号成功发射，飞船返回舱之后在预定区域成功着陆。在此后3年间，神舟二号、三号、四号接连升空，验证了陆海基航天测控网，进行了微重力环境下的空间生命科学、空间材料等实验。

2003年秋，神舟五号飞船载着中国第一位太空人杨利伟飞上太空，让中国成为继苏、美后，第三个将人类送上太空的国家。2005年10月，神舟六号搭载两名航天员首次成功进行多人多天太空飞行试验，标志着中国载人航天工程“三步走”发展战略“第一步”收官。

2008年9月，神舟七号飞天圆满成功，中国掌握了航天员空间出舱活动关键技术，开启了“三步走”发展战略“第二步”征程。2011年11月、2012年6月，神舟八号、神舟九号先后飞天，分别完成了与天宫一号目标飞行器进行无人空间交会对接和载人空间交会对接，中国由此突破和掌握了自动和手动控制交会对接技术。2013年6月，神舟十号升空实现与天宫一号对接并对其进行短暂的有人照管试验。2016年九、十月间，中国首个真正意义上的空间实验室天宫二号和神舟十一号接连发射升空，之后结成组合体进行了长达30天的载人飞行，中国由此突破了航天员中期在轨驻留技术。2017年实施的天舟一号任务使中国掌握了推进剂在轨补加技术。至此，中国载人航天工程“三步走”发展战略“第二步”宣告完成。

长征五号B近日首飞成功，验证了火箭总体方案、各分系统方案的正确性、协调性，突破了大尺寸整流罩分离技术、大直径舱箭连接分离技术、大推力直接入轨偏差精确控制技术等一批新技术，为后续空间站核心舱、实验舱发射奠定了坚实基础。

东方的探月传奇

与载人航天工程同步紧锣密鼓推进的还有探月工程，根据年初公布的本年度中国的航天计划，嫦娥五号任务将实施，将从月面带回1到2公斤的样本。值得注意的是，嫦娥五号将完成中国探月工程绕、落、回“三步走”战略的最后一步。

早在1994年，中国航天科技工作者就进行探月活动必要性和可行性研究，经过数年努力完成了探月卫星的技术方案研究和卫星关键技术研究。2004年，中国正式开展月球探测工程即“嫦娥工程”并最终确定中国整个探月工程分为“绕”、“落”、“回”3个阶段。

第一步为“绕”，即发射我国第一颗月球探测卫星，突破至地外天体的飞行技术，实现月球探测卫星绕月飞行，通过遥感探测，获取月球表面三维影像，探测月球表面有用元素含量和物质类型，探测月壤特性，并在月球探测卫星奔月飞行过程中探测地月空间环境。2007年10月、2010年10月，

中国发射嫦娥一号、二号探测器，获取月球表面元素分布、月壤厚度、地月空间环境等信息。

第二步为“落”，即发射月球软着陆器，突破地外天体的着陆技术，并携带月球巡视勘察器，进行月球软着陆和自动巡视勘测，探测着陆区的地形地貌、地质构造、岩石的化学与矿物成分和月表的环境，进行月岩的现场探测和采样分析，进行日-地-月空间环境监测与月基天文观测。具体方案是用安全降落在月面上的巡视车、自动机器人探测着陆区岩石与矿物成分，测定着陆点的热流和周围环境，进行高分辨率摄影和月岩的现场探测或采样分析。2012年9月、2019年1月，中国发射了嫦娥三号、四号探测器，分别实现了月球正面和背面软着陆和巡视探测。

第三步为“回”，即发射月球软着陆器，突破自地外天体返回地球的技术，进行月球样品自动取样并返回地球，在地球上对取样进行分析研究，深化对地月系统的起源和演化的认识。承担“回”任务正是嫦娥五号。

托举嫦娥五号飞天的将是长征五号火箭，这将是该型火箭成功复飞以来的又一次出征，其表现无疑备受瞩目。此外，嫦娥五号回程要经月面起飞、月球轨道交会对接和样品转移、月地转移和再入回收等过程，其难度对中国航天来说可谓是空前的，要圆满完成探月工程第三步“回”的任务，中国航天人必须全力以赴。

世界的北斗时空

进入5月，北斗三号最后一颗组网卫星发射升空的时间窗口日益临近，各项准备工作正进入最后冲刺阶段。可以预期，发射组网后，北斗三号功能将更加完备，为全球各地用户提供更加可靠精细的服务。回顾“北斗”建设，我们发现，其也经历了“三步走”循序渐进、逐步发展演变的历程。

建设自主、开放的卫星导航系统是中国孜孜以求的目标，早在20世纪80年代，中国就开始探索适合国情的卫星导航系统建设道路，逐渐形成了“三步走”发展战略。

第一步，建设北斗一号系统。1994年，中国启动北斗一号卫星导航试验系统的建设；2000年，发射2颗地球静止轨道卫星，建成系统并投入使用，采用有源定位体制，为中国用户提供定位、授时、广域差分和短报文通信服务；2003年，发射第3颗地球静止轨道卫星，进一步增强系统性能。该系统成功应用于测绘、电信、水利、渔业、交通运输、森林防火、减灾救灾和公共安全等诸多领域，产生了显著的经济效益和社会效益，特别是在2008年北京奥运会、汶川抗震救灾中发挥了重要作用。

第二步，建设北斗二号系统。2004年，启动北斗二号系统工程建设；2012年底，完成了14颗卫星（5颗地球静止轨道卫星、5颗倾斜地球同步轨道卫星和4颗中圆地球轨道卫星）发射组网。北斗二号系统在兼容北斗一号系统技术体制基础上，增加无源定位体制，为亚太地区用户提供定位、测速、授时和短报文通信服务。

第三步，建设北斗三号系统。2009年，启动北斗三号系统建设；到2018年年底，完成了19颗卫星发射组网，完成基本系统建设，向全球提供服务；到2020年上半年，计划完成30颗卫星发射组网，全面建成北斗三号系统。北斗三号系统继承北斗有源服务和无源服务两种技术体制，能够为全球用户提供基本导航(定位、测速、授时)、全球短报文通信、国际搜救服务，中国及周边地区用户还可享有区域短报文通信、星基增强、精密单点定位等服务。

不积跬步，无以至千里。经过执着不懈的努力，“北斗”从中国走向亚太，再迈向全球，成为造福世界的重要时空基础设施。科技进步永无止境，在全球系统建设完成后，“北斗”将在新的起点上继续向着建设完善更加泛在、更加融合、更加智能的国家综合定位导航授时体系阔步前行。

五月五日，为我国载人空间站工程研制的长征五号B运载火箭在海南文昌首飞成功，正式拉开我国载人航天工程『第三步』任务序幕。　新华社发

“激”情一甲子 “光”彩六十年

杜祥琬

杜祥琬肖像画　　张武昌绘

1958年，美国、苏联科学家提出“激光”概念。两年后，美国人梅曼生产出世界首台激光器。激光由此诞生并开启了一个甲子的技术发展历程。

激光是由激光器的特殊结构产生的“受激辐射光”，是在外来光子的激励下产生的光。其特性是，方向性好、单色性好、亮度高、相干性高，能量在空间高度集中。这些特征使其成为无可替代的“利器”。

在激光发明之初，中国科学家有两项值得称道的贡献：1961年，长春光学精密机械所创制成中国第一台激光器。1964年，王淦昌先生提出了利用激光引发核聚变的思想。改革开放后，中国激光科技迅猛发展，在多领域取得显著进展。

在制造业领域，激光技术已从辅助技术转变为主流技术，成为制造业转型升级的战略性支撑之一，被誉为“万能加工工具”。手机中90%的零部件需激光加工。激光增材制造、激光修复与再制造、激光切割与焊接、激光表面工程、激光微纳制造等已形成完善的产业链。

在信息技术领域，激光技术使信息技术由电子时代跨入光电子时代。光通信实现了海量信息远距离传输；激光显示技术被称为“人类视觉史上的一场革命”；汉字激光照排是印刷业的一场革命；光存储正向着更大数据量和长寿命存储的方向发展；激光雷达在大气探测、无人驾驶、智联网等领域发挥着无可替代的作用。

在医疗领域，激光技术已成为一类新技术手段——包括激光诊断和激光治疗在内的激光医学，凭借其非侵入性、高分辨率和丰富的对比机制，激光诊断可以满足临床诊治的许多需求；激光治疗技术几乎涵盖了临床科室的320多种疾病，人们熟知的激光治疗近视眼、激光美容就是其典型代表。激光医疗日益发展成为大产业。

激光能够创造极致的实验室环境条件，推动物质科学的前沿性、基础性研究。例如，超强、超短激光可创造宇宙极端条件和现象，使人们有可能在实验室研究宇宙大事件的物理，给人类的未知提供某些新的认识；高亮度激光是研究原子冷却、凝聚态物理的得力工具；激光对化学科学、生命科学、地球科学、材料科学的基础性研究提供了新的可能。激光核聚变、激光分离同位素是激光技术的独特应用。五十多年来，与激光有关的诺贝尔奖就有14项。

激光在国防领域有许多用场，例如，用于测距、成像、指向、制导、通讯及对抗等。古人早就幻想过的“死光”，因激光的出现而走向现实，世界上的几个大国都在关注激光武器的研发。

激光技术在多个领域发挥作用的同时，也在不断地自我进步。激光家族的内涵越来越丰富：频域方面，波长向极短和极长两极扩展；波段向单频和宽谱两个方向发展；时域方面，超短、超快激光发展迅速；能量域上，激光光源向高亮度、高功率甚至高能量输出方向发展。各种类型的激光器如雨后春笋般发展起来，按工作物质的物性来分有：固体激光器、气体激光器、液体激光器、半导体激光器及自由电子激光器等；按工作模式分类有：脉冲式激光器、连续波激光器、可调谐激光器等；还可按激励方式分类（化学激励、放电激励、光激励等）；按输出激光的特性来分类等。有文献记载的激光器不下千种，激光已成为一个成员众多的大家族。

激光的多种应用带动着许多光学分支学科的发展，如量子光学、强光光学、瞬态光学、大气光学、自适应光学、非球面光学……各种应用催生了多种激光产业，带来了巨大的经济和社会效益，2018年中国激光产值达到2500亿元以上。中国激光技术的总体水平不断提高。目前，中低端的激光制造是强项，高端研发跟随型产品较多，但也在加紧努力，部分技术达到国际先进甚至领先水平。激光技术领域我国的短板首先是基础研究弱，原始创新少；再就是激光器件、仪器的研制能力存在明显差距，需努力提高国产器件的性能。

激光技术及应用是硬碰硬的事，不达到一定的技术指标体系，就实现不了相应的应用。正是这样的硬科研，几十年来在激光领域的实践中，锻炼成长了几代人才。不久前，一支中青年人组成的研究团队为了完成一项国家的科学仪器项目，实现太赫兹波段的自由电子激光出光，并达到预定的技术指标。他们通过严谨的论证，确定了项目的必要性和可行性，不因一次次的挫折而动摇，而是潜心钻研、认真解决每一个具体技术问题。只有把全系统从头到尾都做好了，成功的曙光才会到来。现在，他们正在关键成功的基础上，把系统做成一个实用的用户装置。

在激光领域，科技工作者不仅要有优秀的科技素质，还要有强烈的事业心和坚忍不拔的奋斗精神，远离浮躁、甘于寂寞、科学求实、锐意创新是科技工作者的重要品格。激光，正在进入第二个甲子，前景广阔，趣味无穷，呼唤着有志青年壮大团队，再接再厉，贡献自己的智慧和力量！

（作者为中国工程院院士、应用物理与强激光技术和能源专家）

科技名家笔谈

本版携手科学出版社推出

近日，江苏省连云港市东海县桃林镇第二中心小学组织开展了“公筷公勺新家风”为主题课堂普及的教育新科目，向学生宣讲使用“公筷公勺”是阻断餐桌上的疾病传染路径。

图为桃林镇第二中心小学老师在宣传使用“公筷公勺”。　人民图片