科研生态圈

“北航4号”飞行器成功发射

大学生当‘总师’造火箭

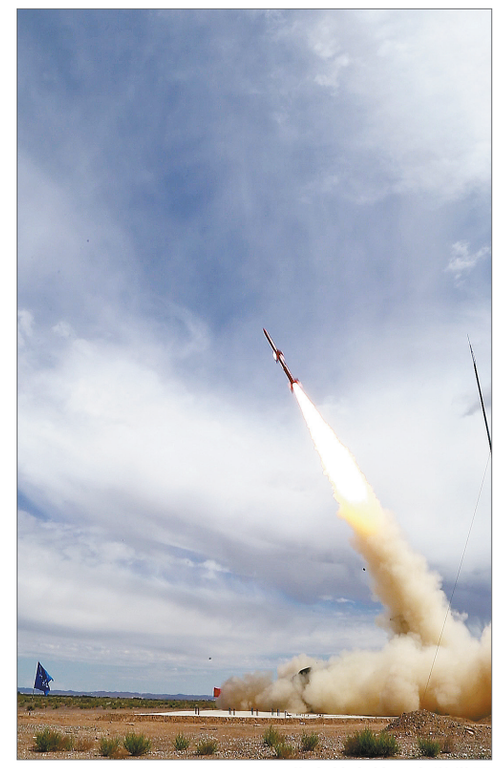
中青报·中青网记者 孙庆玲

按下“点火”按钮那一瞬间，北京航空航天大学博士生高科屏住呼吸，发射掩体里安静得仿佛只听得到自己“怦怦”的心跳声。约1秒钟后，300余米外传来了助推级固体火箭发动机发出的隆隆轰鸣，地面的“震颤”由脚底传导至心脏，此刻的高科只觉“震撼”“热血奔涌”，他知道，“北航4号”临近空间火箭动力飞行器已起航。

5月27日11时01分，一身橘红色涂装的“北航4号”在中国西北某地冲天而起，眨眼工夫便扎进了云层。这个全长8.7米、重约1300公斤的家伙，按计划在飞行400多秒钟后降落预定位置——听到这个消息，高科顿觉松了口气，之前的紧张更多变为了激动、兴奋。

为了这400秒钟，“北航4号”这一学生大型综合项目已筹备多年，先后有21位博士生、49位硕士生以及16位本科生参与设计、研制和飞行试验等，可以说是由学生当“主角”、做“总师”来造“火箭”。对于学生来说，这是怎样的一种体验？

用高科的话来说，很煎熬，也很奇妙。



左图：5月27日，北京航空航天大学师生在进行‘北航4号’发射前的检测。 右图：5月27日，“北航4号”临近空间火箭动力飞行器发射。 北京航空航天大学供图

“北航4号”飞行器

2014年刚加入这一项目组时，高科还是探测制导与控制技术专业大四在读本科生。在确定毕业后将在本校读研究生时，他在班主任、未来的研究生导师宋佳的推荐下加入了项目组，并从师兄手中接手了飞控和测发控相关任务，毕竟“来北航的，谁还没个航空航天梦”。

一年后，刘德元在通过北航的研究生考试后也参与了进来，“那时刚结束传统的课堂学习模式，一听老师说这是个造火箭的大型工程实践项目，我就很想参加，以前从电视上看火箭升空，就很向往”。

“从科研角度来讲，‘北航4号’是用来验证一些新技术的实际飞行性能的。”作为“北航4号”项目组指导老师，宋佳告诉记者，“与此同时，‘北航4号’这一学生大型综合项目是在‘北航1号’固体动力探空火箭、‘北航2号’和‘北航3号’固液动力探空火箭项目的基础上发展而来，也是践行教学科研相结合、进一步深化和加强以综合项目为载体的人才培养模式的一次新的尝试。”

但那时初来乍到，刘德元还真没想到，“我们学生自己搞的火箭真能成功发射?!”

当在戈壁走了200多公里搜到“北航4号”顺利降落后留下的残骸时，刘德元和其他老师同学们‘像找到失散多年的孩子一样’飞奔了过去。运送残骸回去的路上，一轮明月正从天地相交处慢慢爬升，月光洒在茫茫戈壁，刘德元感觉，“月亮都在为我们的成功点赞，相信未来的路会越来越好”。

他们这次成功了。据了解，“北航4号”由固体动力助推器和固液动力巡航主级组成。其中，固体助推火箭发动机推力约150千牛，工作时间8.2秒；固液巡航火箭发动机最大推力约3千牛，推力调节能力3∶1，工作时间大于200秒。飞控采用GPS/北斗双模卫星导航+光纤惯组的组合导航模式，实现了有控巡航飞行，且此次飞行完成了有动力临近空间飞行的演示验证，平飞高度24公里，平飞速度3马赫，飞行距离近200公里。

“‘北航4号’固液混合火箭发动机超200秒的工作时长，是固体火箭发动机很难达到的，并且由于仅有一路氧化剂供给系统，结构简单，相比于液体火箭发动机更易进行推力调节和控制，这能使飞行器适应一些特殊的工作条件，比如长时间的定速巡航飞行。”高科说，发动机一如飞行器的心脏，若它的工作时间短，可以进行定高飞行，但速度的变化会比较大，能够实现长时间变推力工作的固液混合火箭发动机助力了“北航4号”的巡航飞行。此外，“北航4号”固液火箭发动机采用98%H_2O_2/丁羟基推进剂组合，无毒无污染，环保性好，贮存和运输十分安全方便。

总体而言，此次“北航4号”成功验证了长时间变推力固液火箭发动机技术和大空域、宽速域火箭动力飞行器总体设计、导航制导与飞行控制技术，可应用于临近空间大气参数测量、对地观测和空中数据快速传输，未来可发展成为低成本/快速响应小型运载火箭等新型火箭动力飞行器。

归零后重启

为完成这个目标，86位学生如接力跑般跑了多年，其中有人已毕业离校，有的从本科熬成了博士，有的从“小男孩”变成了“孩儿他爸”。

“北航4号”从无到有，再到成功发射，宋佳告诉记者，这是个“从粗到细，一步一步接近的过程”，包括任务提出、技术要求分析、初步方案的总体设计，在初步方案设计通过评审后要进行详细方案设计，包含总体结构等各个分系统的设计，比如说动力分系统、地面测控分系统等。此外，各系统还会有硬件、软件方案设计，之后要进行阶段性的试验验证，最后是总体性的试验验证，“型号研制需要的试验我们都需要进行，差一个都不行”。

刘德元刚入组时，“北航4号”项目已基本上进入了试验验证阶段。他一直担任电气分系统学生负责人，相关试验有时在北京，有时也需要他和同学在西北某地待上一两个月，春夏时皮肤总被晒得黢黑，到了冬天又冷得不行。但最令人煎熬的不是环境条件，而是各种突发的、不知原因的故障或问题，“也许理论上是行得通的，但实践中并不能”。

2015年秋天，刘德元和项目组成员在发动机试车台进行发动机热试，做加负载测试时，突然发现测不到电流信号，导致试验不能继续。本以为是电气线缆出了问题，老师们决定先把这套线缆拿回学校实验室检查。直到夜里12点多，他和指导老师测试完了所有线缆，仍没找到具体原因，便决定先回去休息。

但在回家路上，刘德元想着“如果问题不解决，明天的热试车肯定还做不了，既然是自己负责的部分出了问题，那就要找出原因，绝不能拖了团队的后腿”，于是他又溜回了实验室。打开电脑里所有有关电气资料，他对照着测试数据一点点排查，到凌晨4点多找到了原因。之前的焦虑、压力仿佛一扫而光，刘德元趴在实验室桌上睡了不到两小时，之后又和大家回到发动机试车台完成了试验。

一路通关升级，问题总不断冒出，直到发射的前一周依然有故障出现。有的问题可以短时间搞定，有的问题高科花了两三个月的时间，测试了数千条数据也寻不到症结所在，更要命的是，“你也不知道究竟什么时候能找到原因”。

“特别费脑。”高科有时做梦都梦到自己在复盘或熟悉操作，常常失眠。但在他看来，科研就是个不断“归零”的过程，即遇到问题、寻找原因、解决问题，归零后重启。而这也是科研的意义和乐趣所在，在各种不确定性中摸索前行。

“每一次故障都会暴露出产品设计和生产中的缺陷，每一次故障排除的过程也都是一次学习的机会。”刘德元说，在这过程中，那种从不知所措，到身心疲惫，再到解决问题后的喜悦心情，也是难以言表。

点燃航天梦

在宋佳看来，这些项目组学生也锻炼出了“宠辱不惊”的心态。“即便是对一个研究所的专业团队而言，‘北航4号’也是个压力很大、很复杂的研制任务，更何况是对学生？”但她没看到过学生唉声叹气或不耐烦，“反而经常安慰我说‘老师没事，工作不多，今天肯定很快就结束’‘一会儿就结束了’，但事实上几乎每天都要到凌晨一两点钟才收工”。

在任务特别紧张时，学生们自己排班，安排细致到“前半夜谁干活，后半夜谁接班”“谁计算，谁校核”。在他们身上，宋佳看到了无所畏惧、冲锋在前的精气神儿，肆意生长的青春力量，也看到了国家未来航天事业发展的希望。

“一个时代有一个时代的主题，一代人有一代人的使命。”在戈壁待久了，刘德元越能感受到，老一辈航天人在“天上无飞鸟，地上不长草，遍地无人烟，风吹石头跑”的条件下，为我国航天事业开拓出一片新天地的艰辛与崇高。而今，他所在的西北某处的试验场所，条件早已提升不少。天高地阔，云朵仿佛就骑在墙头，触手可及。站在前辈们积累的成果上，他们离新时代航天梦也更近，在他看来，“新时代航天人更应为航天梦努力，这就是我们这代人的历史使命”。

一年前，固液混合火箭发动机对北航宇航学院飞行器动力工程（航天）专业大四学生李心瞳来说，还是一个特别新鲜的名词。但在参与“北航4号”的研制过程中，原先课本上由条条框框构成的试验系统原理图变成了一条条管路、一根根测控测量线、一颗颗小螺钉，密封圈也从工图中打满剖面线的示意图跃然眼前，成了发动机的“保命神器”。

在她看来，这段经历是本科阶段理论学习知识的生动实践，是对系统思维、工程实践、交叉融合能力的锻炼，更是一场生动的爱国教育、信念教育和情怀教育，“在无形中点燃了心中那小小的航天梦”

如今，李心瞳已将“北航4号”研究内容嵌入到本科毕业设计中，优化研究了原有的输送系统，并采用电动泵的发动机总体方案设计。她希望能为后续的北航系列火箭设计提供一些思路和资料。

据了解，“北航5号”飞行器学生综合项目已开始策划和推进。

科学闪光者

巩金龙：“使命式”科研和育

中青报·中青网记者 张 茜

巩金龙认为自己是个没什么过人之处的普通人。然而他敢于挑战当今世界公认的能源难题，致力于二氧化碳的资源化利用，视解决中国清洁能源领域的这一‘卡脖子’问题为己任。

2004年，巩金龙从天津大学毕业之后，前往美国德克萨斯大学奥斯汀分校攻读博士学位，然后进入哈佛大学进行博士后工作。30岁那年，他选择回到母校任教，成为当时最年轻的教授之一。10年之后的2019年，巩金龙获得了首届“科学探索奖”。

然而，这些传奇经历却被他形容为“没啥成绩”。巩金龙笑着告诉记者：“我不是低调，是真没什么可高调的。”他认为自己只是在“做符合学术发展规律的、国家需要的事”。在近期举行的全球前沿科技直播（iCANX Talks）上，巩金龙分享了自己最新的研究成果——“人工树叶”。这片小小的‘树叶’承载着他的雄心。

早年国外求学的经历赋予了巩金龙知识、能力和抗挫败的精神，也激发了他的斗志。“有些人对中国的偏见是根深蒂固的，但是，人一旦出了国，会更爱国”。

因此他坚信‘使命式’科研。并且希望自己的学生也是‘使命式’学习。“如果教育、科研工作者都不把国家发展当成使命，如果像天大这样顶尖高等学府的学生都没有家国情怀，那国家的未来怎么办呢？”

“二氧化碳的过度排放加剧全球气候变暖，化石能源的不可持续性导致了潜在的能源危机。清洁能源的高效、低成本利用需求很高，我们要研发高水平的清洁能源转化催化剂，反应系统也要降低成本……我们不能被‘卡脖子’。”学生们谈起这个领域的研究，个个都充满冲劲儿。

巩金龙的博士生张恭介绍，在之前的研究中，团队开发出了光-电协同催化反应体系，同时利用光能和电能，驱动了二氧化碳向甲醇、合成气等化学燃料的转化。也因此，这项成果获得了“科学探索奖”。这是为了表彰他们在绿色能源、烷烃脱氢等领域取得的进展。

近几年来，为了实现对太阳能的充分利用，摆脱对化石能源的深度依赖，该团队又提出了“人工树叶”这一术语。

他们通过模拟自然界中的绿叶，构建了“人工光合作用”体系。巩金龙解释，“人工树叶”是一种高度集成的光电化学器件，本质上是一个光电化学反应器。他们设计、研发的“人工树叶”组件利用太阳光，在常温、常压的条件下，可以将二氧化碳转化为醇类、烃类等重要化工原料。

巩金龙介绍，现在的“人工树叶”虽然达到了国际清洁能源领域第一梯队的转化率水平——从光能到化学能的转化率约为2%，但还远远没有达到商业化所要求的10%的门槛。随着研发持续推进，他希望，未来人工树叶的应用不仅能服务民生，还能在航空航天等领域发挥重要作用。

“仰望星空，脚踏实地。”巩金龙做研究和做人的准则一致，标准高，要求严。他的一言一行，也潜移默化地感染着学生。

“所谓‘人狠话不多’，说的就是我们巩老师。”他的一位学生说，“这个‘狠’不是批评我们，是对自己特别狠。巩老师不会劝你像他一样勤奋，他不说，只是默默做，不管你凌晨几点给他发邮件，他基本秒回。导师凌晨还在改你的论文，你好意思睡觉吗？”

学术上，让学生们印象深刻的口头禅有两个，一是‘我们研究的目的是解决科学（技术）问题’，意在强调不要流于表面，要抓住本质；二是‘1+1>2’，表示不要做模版式的工作，而要做启发式的工作，追求更深远的效应。

不仅要有冲劲儿，还要‘把劲儿用对地方’。巩金龙自己便是这样成长的。他曾经的研究生导师告诉记者：“金龙不但勤奋努力，还非常善于思考。努力而且有效率，他选择的发展路径与学科逻辑、新时代的国家需求非常吻合。”

零距离

从海洋一号A星到海洋一号D星

揭秘我国海洋水色观测卫星家族

中青报·中青网记者 邱晨辉

6月11日，海洋一号D卫星搭乘长征二号丙运载火箭，由太原卫星发射中心成功发射。随后，卫星太阳翼顺利展开，卫星在轨运行稳定，状态良好，标志着卫星发射取得圆满成功，开启了我国海洋水色业务卫星组网观测的新篇章。

这是中国航天科技集团五院航天东方红卫星有限公司抓总研制的第四颗海洋水色卫星。从2002年实现我国海洋卫星“零”的突破，到如今开启我国海洋水色业务卫星组网观测，中国航天人用了18年的时间，在海洋卫星领域成功打造出以“海洋一号”系列卫星命名的中国海洋水色观测卫星家族。

实现我国海洋卫星“零”的突破

2002年5月15日，随着太原卫星发射中心的轰鸣声响彻云天，海洋一号A卫星搭乘长征四号乙运载火箭发射升空。这填补了我国海洋卫星领域的空白，实现了我国海洋卫星“零”的突破，也开启了“海洋一号”卫星系列发展的新纪元。

据五院专家介绍，海洋一号A卫星是我国自主研发的第一代海洋水色卫星，星上装载有海洋水色水温扫描仪和海岸带成像仪，主要用于海洋水色、水温环境要素探测，为我国海洋生物资源开发利用、河口港湾的建设和治理、海洋污染监测和防治、海岸带资源调查和开发以及全球环境变化研究等领域服务。

“海洋一号A卫星的成功发射使我国跻身于世界海洋空间观测强国之列，意义重大，影响深远。”中国航天科技集团五院专家表示，在轨运行期间，海洋一号A卫星获取了大量水色遥感探测数据，探测范围覆盖了全球海域，在我国海洋权益维护、海洋资源开发、海洋环境监测、海洋灾害预报等方面发挥了重要作用。

2012年，“‘海洋一号’卫星星地一体化系统及其应用”项目获得年度海洋工程科学技术奖特等奖。

我国海洋卫星中的‘寿星’

2007年4月11日，同样由中国航天科技集团五院航天东方红卫星有限公司抓总研制的我国第二颗海洋水色卫星——海洋一号B卫星搭乘长征二号丙运载火箭，再次于太原卫星发射中心成功发射。

据海洋一号B卫星相关负责人介绍，海洋一号B卫星星上载荷同样为海洋水色水温扫描仪和海岸带成像仪。与海洋一号A卫星相比，B卫星的观测能力和探测精度得到了进一步提高。

值得一提的是，中国航天科技集团五院结合国内最先进的卫星工程研制经验，专门针对海洋一号B卫星开展了可靠性提升工作，首次采用最低功耗模式进行设计，并采用了国内独有、专为小卫星设计的太阳帆板驱动机构，有效提高了卫星在轨设计寿命，同时最大程度地保证了海洋一号B卫星在轨运行的稳定与可靠。

海洋一号B卫星相关负责人表示，海洋一号B卫星设计寿命由A卫星的2年提高为3年，而其实际在轨寿命达到了9年零10个月，成为我国小卫星领域有名的“寿星”。

民用空间基础设施海洋业务首发星

2012年3月，国务院批复了《陆海观测卫星业务发展规划（2011-2020年）》，明确要建成满足国土资源领域各主体业务应用系统规模化运行、支持其他行业相关应用需求的卫星业务体系。

按照这一规划，2018年9月7日，第三颗海洋水色卫星——海洋一号C卫星成功升空，拉开了我国民用空间基础设施中长期发展规划海洋业务卫星的序幕。

随着海洋一号A、B卫星的退役，海洋一号C卫星承担起我国海洋水色观测的使命。据五院专家介绍，C卫星星上搭载了海洋水色水温扫描仪、海岸带成像仪、紫外成像仪、星上定标光谱仪、船舶自动识别系统五大载荷，可实现对全球海洋水色的长期、连续、稳定探测，并支撑海洋环境信息保障、海洋预报减灾、海岛海岸带动态监测与海域使用管理、全球变化数据服务等业务。

来自国家航天局的消息显示，自成功发射以来，海洋一号C卫星在远洋渔业巴布亚新几内亚金枪鱼渔场海域水色、水温监测，黄东海浒苔覆盖面积、分布范围及漂移方向实时监测，海冰、赤潮、溢油、森林火灾、围填海监测，可可西里盐湖的封冻结冰监测中都作出了突出贡献。

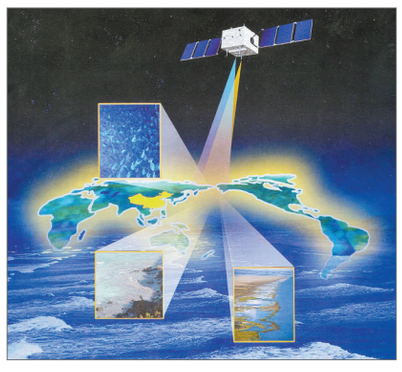
2019年8月，海洋一号C卫星为我国第十次北极科学考察任务提供了海冰密集度、海冰分布范围和海冰覆盖面积等观测数据。中国航天科技集团五院专家称，卫星的极地航线服务保障能力，为此次北极科考顺利完成提供了高效环境信息。

推动我国迈向航天强国的步伐

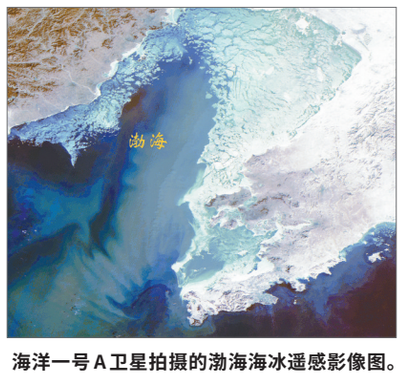
2020年6月11日，随着太原卫星发射中心内发出的冲天轰鸣声，海洋一号D卫星踏上了新的征程，也拉开了我国加快推动海洋卫星领域探索创新的新篇章。

据中国航天科技集团五院专家介绍，海洋一号D卫星上配置5个载荷，其中海洋水色水温扫描仪可用于探测全球海洋水色要素和海面温度场，海岸带成像仪可用于获取海岸带、江河湖泊生态环境信息，紫外成像仪可用于近岸高浑浊水体大气校正精度，定标光谱仪可用于监测水色水温扫描仪可见光近红外谱段和紫外成像仪在轨辐射稳定性，AIS系统可用于获取大洋船舶位置信息。

此外，海洋一号D卫星将和当前服役中的海洋一号C卫星组成我国首个海洋民用业务卫星星座。来自国家航天局的消息称，海洋一号D卫星与海洋一号C卫星成功组网后，将实现双星上下午组网观测，每天白天获取两幅全球海洋水色水温遥感图，大幅提高对全球海洋水色、海岸带资源与生态环境的有效观测能力，使我国在海洋水色遥感领域跻身国际前列，将有力推动我国迈向航天强国的步伐。

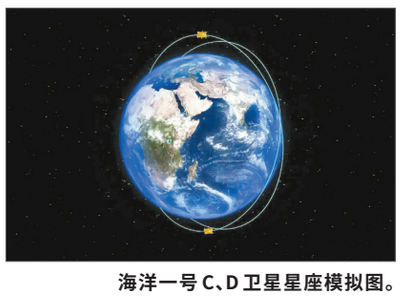


海洋一号A卫星在轨三维模拟图。

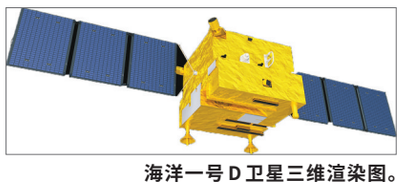


海洋一号A卫星拍摄的渤海海冰遥感影像图。

海洋一号C卫星拍摄的黄河口影像图。



海洋一号C、D卫星星座模拟图。



海洋一号D卫星三维渲染图。

本文图片均由中国航天科技集团五院供图