

引领创新 打造全球首颗“量子星”

任何突破与成果的取得都不是一蹴而就的，量子科学实验卫星的研制更是如此。虽然距离项目立项仅过去了5年，但是量子科学实验卫星背后的研究团队，却为此刻的喷涌而厚积多年。

► 记者 唐琳



量子卫星有效载荷正样热光实验进罐前。

2015年新年到来之前，一则消息犹如一枚重磅炸弹，引发全球量子物理界一片哗然。

经过近5年的研制，由中国科学家完全自主研发的世界首颗量子科学

实验卫星，已完成关键部件的研制与交付，卫星力争先于欧美在2016年发射。

之所以说这个消息重磅，是因为鉴于量子科学实验卫星的科学目标非

常前沿，科学技术难度大，虽然国际上主要国家也都纷纷摩拳擦掌，对这一领域发起了挑战，但在将量子科学实验送入空间方面，此前还没有先例。

如果将全球量子通信技术攻关比

作一场竞赛，中国的起步显然并不是最早的。但是，如今中国已牢牢掌握具有世界领先水平的尖端技术，并开始领跑世界。这一跨越式发展得以实现，与一支数年如一日，为中国量子科学实验卫星贡献力量的卓越科研团队密不可分。

抢占量子高地

罗马不是一天建成的。任何突破与成果的取得都不是一蹴而就的，量子科学实验卫星的研制更是如此。虽然距离项目立项仅过去了5年，但是量子科学实验卫星背后的研究团队，却为此刻的喷涌而厚积多年。

2005年，中国科学技术大学潘建伟团队实现了13公里自由空间量子纠缠和密钥分发实验，证实光子穿透大气层后，其量子态能够有效保持，从而验证了星地量子通信的可行性。

在星地自由空间量子通信重大突破的迹象出现后，2007年，中科院高瞻远瞩，适时超常规启动了两个知识创新工程重大项目——“远距离量子通信实验研究”和“空间尺度量子实验关键技术与验证”，围绕开展空间量子实验的最终目标进行关键技术攻关与外场试验验证。

这一重大项目依托中国科大与中科院上海技术物理研究所，参加单位包括上海微小卫星工程中心、中科院光电技术研究院以及中科院上海光学精密机械研究所等。由于这一项目所涉及的研究机构涵盖了当下我国量子信息领域科学和工程的一流研究机构，这无疑让人们对项目将会带来的结果更加期待。

在这支堪称“全明星”阵容的联合团队中，各个机构分工合理，任务明确：中国科大潘建伟团队负责实验的量子模块研制；上海技物所由于具有在空间激光主动探测、空间运动部件研制与控制等方面的深厚技术基础，在项目分工中主要负责空间光跟瞄技术，由研究员王建宇领导进行攻关。

最终，经过三年多的研制，研究团队取得了全球瞩目的成绩：在高亮度高对比度量子纠缠光源、高重复频率量子诱骗态光源、长寿命量子存储、微弧度精度的星地ATP系统及光机系统等多项重大关键技术上取得了自主知识产权的突破，并完成了移动式地面站改造、工程验证试验和关键器件筛选加固等工作。

在此基础上，研究团队进一步构建量子通信试验平台，于2009年完成16公里自由空间量子隐形传态，

创下了当时量子隐形传态距离的世界纪录；2011年，在国际上首次实现百公里级双向纠缠分发和贝尔不等式检验以及自由空间量子隐形传态，验证了在高损耗星地链路中实现量子通信的可行性；2012年团队再接再厉，利用浮空/运动平台试验模拟了各种卫星运动姿态下进行星地量子通信的可行性，实现了星地量子通信的全方位地基验证。最终，所有这些铺垫都为星地量子实验总体方案制定、工程产品研发等打下坚实的技术基础。

对于这支团队取得的成绩以及为中国量子物理所带来的跨越式发展，国际权威学术期刊《自然》曾如此评论：“在量子通信领域，中国用了不到十年的时间，由一个不起眼的国家发展成为现在的世界劲旅；中国或将先于欧洲和北美发射‘量子科学实验卫星’，建立首个全球量子通信网络。”

打造首颗量子星

研究团队前期的主要任务是为空间尺度量子实验开展关键技术攻关以及外场试验验证，而这两个方面的工作目前都已经圆满完成。下一步，团队的任务是在空间科学先导专项的组织领导下，进行量子科学实验卫星的



工程化研制，主要包括研制量子科学实验卫星的四个有效载荷，解决有效载荷工程实现中的技术问题，保证研制产品的高可靠性与性能，以满足科学家提出的天地量子科学实验要求。

但这从来就不是一条坦途。卫星研制是一个系统工程，尤其是量子科学实验卫星，迄今为止，国际上还没有任何一个国家能够做到在空间开展量子科学实验。做第一个吃螃蟹的人，也就意味着没有任何前人的经验可以借鉴，只能靠自己在摸索中前进。

然而天地量子科学实验非常复杂，对天地实验设备要求也超乎寻常的高。在空间载荷方面，卫星与地面站的微弧度高精度跟瞄、近衍射极限量子光发射、高保偏量子信号偏振调制、高精量子纠缠光源的航天工程化等方面，都存在团队需要突破的技术瓶颈。

针对这些技术难题，量子科学实验卫星团队按照专项技术进行攻关处理：首先进行技术可行性论证，然后是设计攻关方案，再到根据攻关方案开展理论分析、实验验证、重复迭代等，最后对关键技术进行总结，形成了一整套科学的攻关流程。在攻关过程中，研究团队从无到有，一方面吸收采纳国内外的相关先进成果，另一

方面进行一系列的自主研究。终于不负众望，在众多关键技术取得了国际领先的成果。

以高保偏量子信号偏振调试为例，研究团队结合上海技物所镀膜专业室的优势，在镀膜工艺上进行了大胆突破，实现了上万比一的分色片镀膜。另外又采取相位延迟互补、残差补偿、小角度入射等多个设计手段，成功将整机的偏振提高到 300:1 以上，这在国外已报道的文献中从没有被提及过。

最大的难题永远是下一个，这已经成为了团队上上下下的共识。不满足已有成绩，继续迎接挑战，成为了研制工作中的主旋律。

由于市面上现有的单光子探测器无法满足空间的高辐射环境要求，为此，研究团队先从基本物理特性入手，在载荷资源和器件本身特性最大允许范围内，提出了通过降低单光子探测器工作温度、增加探测器屏蔽厚度等技术解决该问题。随后，参研人员在实验层面经过艰苦攻关，通过欧洲质子加速器辐照测试，发现降低单光子探测器工作温度和增加探测器屏蔽厚度的技术可以有效增加单光子探测器在轨工作寿命，最终攻下了这个堡垒。

除了载荷系统上的攻坚克难，中国科大团队与技物所团队从相识之初的

理念差异，到相互学习后的有机融合，这一转变至今还为大家所津津乐道。

科学家总是会要求理论上最优，提出的需求往往会在项目进展过程中发生变化，设计上喜欢有多个主备选项；而工程团队则希望一开始就确定输入与需求，在研制过程中一般不要更改。

“一开始大家肯定不太适应，但随着合作的深入和时间的增长，双方逐渐取长补短，比如科学家学会了工程管理的一套规章制度，说话做事有依据、有规程、有记录；工程团队则学会了更多的理论分析能力，思考问题有机理、有仿真、有深度，从更科学的视角和符合规律的方法对待出现的技术难题，对最终实现科学目标和工程目标是有利的。”如今谈起那段磨合的经历，量子科学实验卫星载荷总指挥龚海梅深感欣慰。

目前，团队正集中精力进行量子科学实验卫星有效载荷的研制，目前已完成模样件、初样鉴定件研制，正在进行各分系统的联合测试。而万众期待的中国研制的世界首颗量子星，也初步敲定于 2016 年发射升空。到那时，对这支耐得住寂寞、扛得住压力的团队来说，一切才刚刚开始。■

（责编：倪伟波）