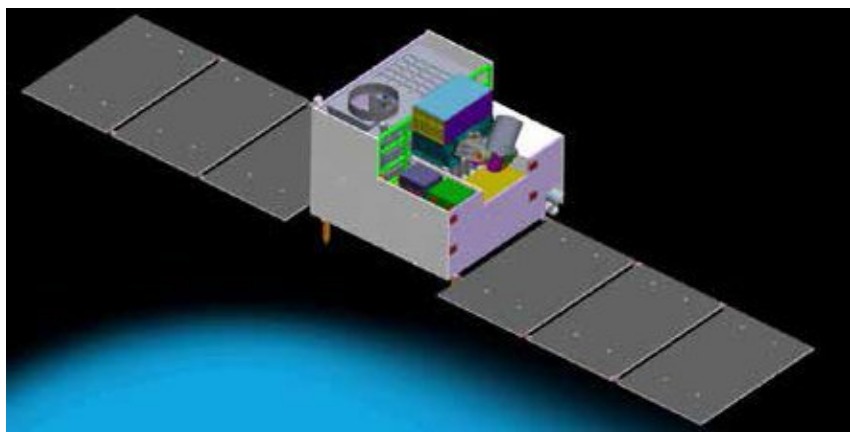




## 量子科学实验卫星： 通信安全“守护神”

量子科学实验卫星项目的正式立项，既意味着中国科学家向完全自主研发世界首颗量子科学实验卫星发起挑战，更意味着中国或将先于欧美拥有量子通信覆盖全球的能力。

► 记者 唐琳



量子科学实验卫星示意图。

伴随着互联网的飞速发展，信息安全已经成为人们关心的首选网络问题。而“棱镜门”之后，通信安全与通信保密的重要性更是引发各国政府以及广大公众的普遍关注。人们不安地试图寻找一个答案：究竟有没有一种通信手段是绝对可以信赖的？

答案是肯定的。

在保密通信领域，量子通信是迄今为止唯一被严格证明“无条件安全”的通信方式。通过量子通信，人们可以从根本上解决国防、金融、政务、商业等领域的信息安全问题，也正因如此，量子通信也被誉为是继微电子信息之后，最有可能引发军事、经济、社会领域又一次重大革命的关键技术。

2011年，中国科学院论证并启动了空间科学先导专项，同一时刻，量子科学实验卫星项目正式立项。这既意味着中国科学家向完全自主研发世界首颗量子科学实验卫星发起挑战，更意味着中国或将先于欧美拥有量子通信覆盖全球的能力。

### 领跑世界

量子是最小的、不可再分割的能量单位。与经典世界不同，量子态具有测不准、不可克隆等性质，这些特性构成了量子通信安全性的基石。

首先，窃听者无法分割出“半个光子”进行测量；其次，其也不能截

取单光子后测量其状态，然后根据测量结果发送一个新光子给接收方，因为测量必然会扰动光子的状态，从而使窃听行为暴露；第三，窃听者不能截取光子后，通过复制光子的状态来窃取信息，因为未知的量子态是无法被精确复制的。

如今，量子通信已逐步从理论走向实验，并向实用化发展迈进，世界主要国家纷纷将其作为战略项目，中国也不例外。

作为中国科学院空间科学先导专项中首批确定的5颗科学实验卫星之一，量子科学实验卫星旨在建立卫星与地面间远距离的量子科学实验平台，并在此平台上完成多项大尺度量子科学实验。

经过近5年的研制，目前，中国科学家完全自主研发的世界首颗量子科学实验卫星现已完成关键部件的研制与交付，卫星预计先于欧美在2016年上半年发射，在轨设计寿命为两年。届时，结合预计2016年建成的地面“京沪干线”千公里级广域量子通信骨干网络，我国将有望初步构建空地一体的广域量子通信体系，为率先建成全球化的量子通信网络奠定基础。

消息一经发布，立刻获得全世界瞩目。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。

“日本现在准备做一个单方向的量子密钥传输；加拿大也计划做一个单方向的量子传输试验；欧洲在地面上已经将量子纠缠分发做到了接近100公里。但是在空间的量子科学实验，我们国家还是第一个。”中国科学院国家空间科学中心主任吴季在面对媒体时表示。

如果将全球量子通信技术攻关比作一场长跑竞赛，那么中国的起步显然并不是最早的。但是，经过中国科学家孜孜不倦地努力，目前中国已牢牢掌握具有世界领先水平的尖端技术，开始领跑世界。

这其中有着深刻的原因，主要得益于国家对量子信息领域发展的高度

重视。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020）》将“量子调控研究”列入科技部4项“重大科学研究计划”之一；中国科学院、科技部、国家自然科学基金委员会等科研主管部门也对量子信息领域持续进行着前瞻性、战略性的布局。在国家的高强度支持下，我国形成了很强的理论和实验技术储备，培育了一批优秀的研究团队，在量子通信、量子计算等研究方向上产生了一批具有重要国际影响的研究成果。

### 铸剑十年

虽然量子科学实验卫星于2011年立项，但若从前期技术储备就开始算起，这条路中国足足走了十多年之久。

量子通信和量子计算研究兴起后，世界各地的物理学家都纷纷开始构思可扩展量子信息处理网络的实现。在量子通信领域，当大多数人仍

致力于实验室内部的原理性演示时，中国科大潘建伟团队已经开始思考如何能够在太空中实现量子信息传输，并早在2003年就初步构想了量子科学实验卫星计划。

在这一背景下，2005年，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，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”。

在创新工程重大项目的支持下，潘建伟团队与中科院上海技术物理研究所、上海微小卫星工程中心、中科院光电技术研究所等研究机构强强联手，发展了一系列自由空间量子通信的关键技术，先后实现了16公里自由空间量子隐形传态、百公里级自由空间量子通信、星地量子通信的全方位地面验证等重要实验，为实现星地量子通信奠定了坚实的科学与技术基础。

至此，星地量子通信的可行性已经得到充分验证。此时，中科院果断决策启动量子科学实验卫星，列为空间科学先导专项的内容。在专项的支持下，前期具有充分合作基础的优势研究力量得以迅速整合：潘建伟团队负责天地一体化实验系统及量子通信有效载荷研制，上海技术物理研究所负责空间光跟踪瞄准及航天工程质量管，微小卫星工程中心负责卫星平台研制，中科院国家天文台和中科院光电技术研究所负责



测试中的有效载荷整机。



广域量子通信路线图。

量子通信地面站建设，从而形成了一支科研成果突出、工程经验丰富、富有创新精神的队伍，充分体现了“集中力量办大事”的优势。

而反观欧洲，奥地利蔡林格研究组以及欧洲众多的优秀研究团队一直在与欧洲航天局商讨建立以国际空间站为平台的空间量子通信计划。然而，欧空局缓慢的决策机制使得这一计划一再拖延，至今未能实施。因此，蔡林格主动提出在量子科学实验卫星框架中合作开展洲际量子通信实验，并最终代表奥地利科学院与中科院签署了合作协议。

### “针尖对麦芒”

量子科学实验卫星作为我国自主研发的星地量子通信设备，突破了一系列高精尖技术，包括“针尖对麦芒”的星地光路对准、偏振态保持与星地基矢校正、量子光源载荷等关键技术。它的成功研制，不仅是中国量子保密通信领域“杀手锏”技术研发的重大突破，实现了从跟随创新到引领创新、

从集成创新到原始创新的跨越，同时也是世界量子通信技术的重要创新，它有望使人类科技发展史上“最安全的通信手段”具备覆盖全球的能力。

量子科学实验卫星需要在两年的设计寿命中完成三大任务：卫星和地面绝对安全量子密钥分发、验证空间贝尔不等式以及实现地面与卫星之间量子的隐形传态。

这些实验将通过我国自主研发的星地量子通信设备完成，它能够产生经过编码的、甚至是纠缠的光子并发射到地面上，与之对接的地面系统则负责“接收光子”，这种光子的发射与接收被称为“针尖对麦芒”。

然而这却不是一件容易的事情。量子科学实验卫星十分复杂，在它飞行的过程中，携带的两个激光器要分别瞄准两个地面站，向左向右同时传输量子密钥。这就要求在飞行的过程中必须始终保证精确对准，跟踪要达到相当高的精度，这也是国际上从来没有做过。

“激光器一站对一站的有人做过，但是一颗卫星对准两个地面站

的从来没有过，而且还要保证对得准确……如果能够做到的话，在国际上也是第一次做这么高精度的跟踪和地面站配合。”吴季说。

为了让穿越大气层后光子的“针尖”仍能对上接收站的“麦芒”，量子科学实验卫星工程常务副总师兼卫星总指挥、中科院上海技术物理所王建宇带领团队，与潘建伟团队一道，从2012年起就开始进行各种实验——如收发距离40公里的转台实验，与卫星绕地运行的角速度一致；又如30公里距离的车载高速运动实验，考验超远距离“移动瞄靶”能力；再如热气球浮空平台，在空地环境下模拟量子密钥分发……

此外，单颗卫星的量子通信还只是最简单的点对点的信息传递。加上白天强烈的日光背景，目前的星地量子通信还只能在夜间进行，这就进一步限制了星地量子通信的效率。由于量子科学实验卫星的在轨设计寿命仅为两年，因此任务十分紧迫。

“要实现全球化量子通信，还需要长期的努力，特别是需要多颗卫星的组网。”量子科学实验卫星有效载荷总师、中国科大微尺度物质科学国家实验室研究员彭承志表示。

这条征途没有尽头。在首颗量子科学实验卫星发射成功、卫星组网的关键技术得以突破后，中国还将发射多颗卫星，计划到2020年，实现亚洲与欧洲的洲际量子密钥分发，建成连接亚洲与欧洲的洲际量子通信网；到2030年左右建成全球化的广域量子通信网络。■

（责编：倪伟波）