

空间科学

1 发展空间科学是国家重大战略需求

空间科学是以航天器（科学卫星/飞船/空间站等），为主要平台，研究发生在日地空间、行星际空间乃至整个宇宙空间的物理、天文、化学以及生命等自然现象及其规律的科学。空间科学占据自然科学前沿，探索人类未知世界；空间科学引领前沿技术的颠覆性创新和战略高新技术发展，为国家安全提供科学支撑；同时还将引领新一轮技术和产业革命，服务社会发展、引领人类未来。发展空间科学是国家重大战略需求。

目前，我国已共发射各类卫星近 150 多颗，建立了较完整的应用卫星体系，但科学卫星极少，空间科学对国家创新驱动发展的战略作用远未充分发挥。为推动我国尽快取得基础前沿重大突破，建设世界科技强国，迫切需要大力发展空间科学。

为充分发挥空间科学在国家创新驱动发展中的重要作用，2010 年 3 月，国务院第 105 次常务会议审议通过，同意中科院组织实施战略性先导科技专项。2011 年 1 月，经中科院党组会审议通过，空间科学先导专项立项启动实施。

2 专项入选了中科院“十二五”标志性重大进展

空间科学先导专项的总体目标是：在最具优势和最具重大科学发现潜力的科学热点领域，通过自主和国际合作科学卫星计划，实现科学上的重大创新突破，带动相关高技术的跨越式发展，发挥空间科学在国家发展中

的重要战略作用。

“十二五”期间，专项部署了暗物质粒子探测卫星（简称“暗物质卫星”）、量子科学实验卫星（简称“量子卫星”）、“实践十号”返回式科学实验卫星（简称“实践十号”）和硬 X 射线调制望远镜卫星（简称“HXMT 卫星”）4 个卫星工程项目；同时，还部署了空间科学背景型号和预先研究项目以及专项总体项目。

专项始终坚持“高目标、高质量、高效率 and 低成本”方针，进展良好。目前，暗物质卫星、量子卫星、实践十号“三发三捷”，HXMT 卫星进入发射倒计时，背景型号项目和预先研究项目全部结题。

（1）暗物质卫星工程于 2011 年 12 月立项启动（图 1）。2015 年 12 月 17 日，专项首发星暗物质卫星“悟空”发射升空。习近平总书记在 2016 年新年贺词中特别提及暗物质卫星发射升空，将其作为“只要坚持，梦想总是可以实现的”的例证之一。

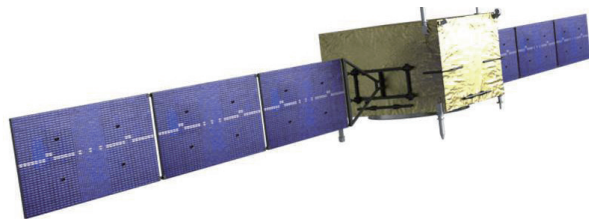


图 1 暗物质卫星效果图

暗物质卫星发射后成功实现在轨运行。至 2016 年 10 月 20 日，已完成全天区覆盖；卫星在轨运行 304 天，飞行 4 700 轨；下行科学原始科学数据 7.10 TB，共采集 14.8 亿个高能宇宙线粒子。科学数据正在积累、处

理、研究中，有望取得重大成果。

（2）“实践十号”卫星工程于2012年12月立项启动（图2）。2016年4月，卫星发射并成功回收。目前，“实践十号”已取得首次实现哺乳动物胚胎在太空发育、在太空观察到煤燃烧现象、在有系统的长微重力时间下振动激振颗粒实验等科学成果。

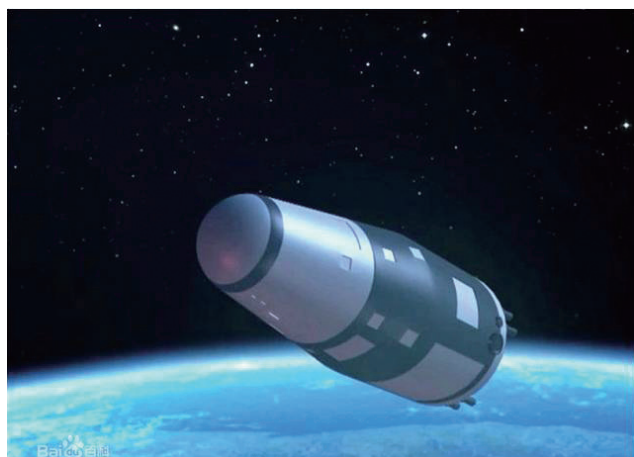


图2 “实践十号”效果图

（3）量子卫星工程于2011年12月立项启动（图3）。2016年8月16日，量子卫星“墨子号”成功发射。目前卫星在轨测试顺利，建立了星地双边纠缠光链路和隐形传态光链路，预计于2016年年底前可完成天地一体化链路测试并适时安排科学实验。量子卫星将陆续形成重大科学成果，保持我国在该领域的领先地位。

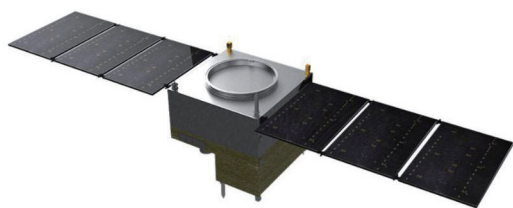


图3 量子卫星效果图

（4）HXMT卫星工程于2011年初正式立项启动（图4），目前已完成全部研制工作。借助HXMT卫星，中国天文学家将首次使用我国自主研制的空间天文望远镜观测宇宙各类X射线辐射和爆发活动，开展黑洞的性质及极端条件下的物理规律研究。

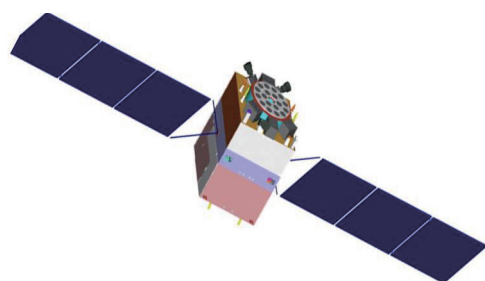


图4 HXMT卫星效果图

“十二五”时期，空间科学背景型号及预先研究项目均分别于2011、2013年部署了两批项目（图5）。其中，背景型号项目共立项实施了8个项目，分别是：“磁层-电离层-热层耦合小卫星星座探测计划（MIT）”“X射线时变与偏振探测卫星（XTP）”“空间毫米波VLBI阵列（S-VLBI）”“太阳极轨成像望远镜计划（SPORT）”“系外类地行星探测计划（STEP）”“先进天基太阳天文台（ASO-S）”“爱因斯坦探针（EP）”和“全球水循环观测卫星（WCOM）”。这些项目科学意义重大、创新性强，全部完成了国际论证并于2016年通过结题验收。预先研究项目2011年部署的课题于2015年5月完成了结题验收；2013年部署课题将于2016年年底前结题。

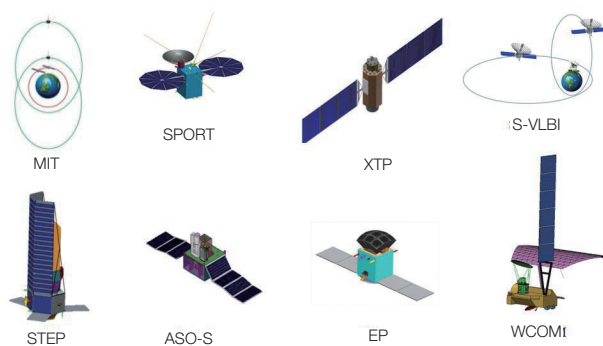


图5 “十二五”空间科学背景型号项目效果图

3 坚持创新引领发展，成功践行“双轮驱动”新模式

通过专项组织实施，大幅推动了我国空间科学发展，提升中国空间科学的国际影响力；储备先进空间技术，为我国航天事业的跨越式发展提供技术支撑保障。同时还将创造我国乃至国际空间科学发展的若干个第一次。

(1) 暗物质卫星观测能段范围为 5 GeV—10 GeV, 能量分辨率优于 1.5%, 超过国际上所有同类探测器。暗物质卫星探索树立了我国空间科学卫星平台新的设计理念和择优模式, 在国内首次实现了以有效载荷为中心的一体化卫星平台方案, 载荷比高达 73%; 与阿尔法磁谱仪 (AMS)、费米太空望远镜 (FERMI) 等著名实验一样, 被国际权威机构欧洲核子中心 (CERN) 选为“认可项目”, 无偿优先在 CERN 完成了探测器束流定标试验。

暗物质卫星发射得到国际社会高度关注, *Nature*、*Science* 在第一时间进行报道, 认为“中国发射卫星加入暗物质探测竞争行列”“暗物质粒子探测卫星的发射开启了中国空间科学新纪元”。

(2) “实践十号”是我国首颗微重力科学和生命科学空间实验卫星, 也是我国首颗大规模实施无人空间微重力实验、单次开展实验项目最多的科学卫星。该星微重力水平优于 $10^{-3}g$, 19 项星上科学实验中有 15 项为国际首次开展。

(3) 量子卫星是全球首颗量子卫星, 将在国际上首次开展星地高速量子密钥分发、空间尺度下量子纠缠分发和量子隐形传态实验, 检验量子力学的完备性, 为认识量子物理的基础科学问题作出重要贡献。该项目具有世界一流水平的科学研究团队, 在国际上首次实现了 100 km 量级自由空间量子隐形传态、纠缠分发和基于运动平台的远距离量子密钥分发。2016 年 7 月 28 日, *Nature* 以“量子互联网的飞跃” (*One giant step for quantum internet*) 对量子卫星进行了专门报道, 并评价“中国卫星在量子保密通讯领域居于世界领先地位”。

(4) HXMT 卫星是国际上唯一既能进行扫描成像巡天、又能对特定天体进行窄视场高灵敏度定点观测的宽波段 X 射线观测平台。国际著名天体物理学家、普林斯顿大学 David Spergel 教授指出, 该卫星的宽视场成像能力将使之成为观测引力波暴电磁对应体的重要望远镜, 并建议其参加引力波探测试验激光干涉引力波天文台 (LIGO) 和处女座引力波探测器 (VIRGO) 的后随观测

合作望远镜。

空间科学先导专项不仅各卫星工程具有显著的独创性, 背景型号及预先研究项目也都具有很强的先进性和创新性。通过聚焦于空间科学国际前沿热点问题, 确保项目的科学目标具有很强的原创性, 科学意义重大, 有望取得重大科学成果。

2016 年 1 月, 专项顺利入选中科院“十二五”标志性重大进展。在全面推动科技创新的同时, 专项还积极开展体制机制创新, 建立了覆盖空间科学研究全生命周期的创新价值链 (图 6); 加强顶层设计, 开展空间科学战略规划研究 (图 7), 指明了我国空间科学的未来发展方向; 实施了以科学目标重大性和带动性为核心标准的科学卫星计划遴选机制; 成功创建了确保重大科学产出的“首席科学家+工程两总”的科学卫星工程管理体制。

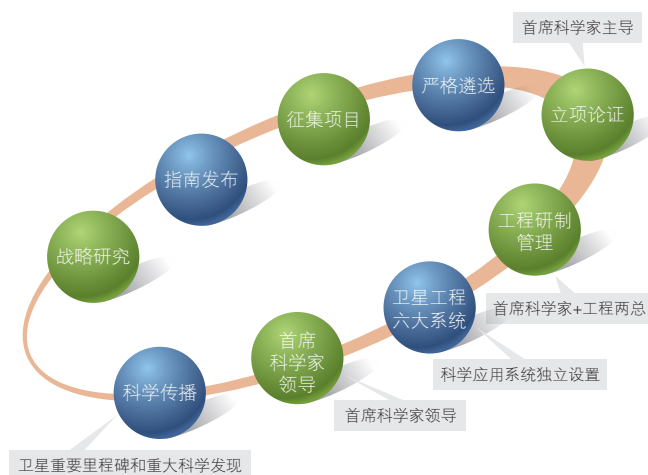


图 6 空间科学全生命周期创新价值链示意图



图 7 《2016—2030 年空间科学规划研究报告》

专项是2010年以来我国空间科学领域最重要的系统性进展，标志着我国空间科学事业进入了新的发展阶段。专项实施5年以来，中科院高举空间科学大旗，承担起了发展我国空间科学的历史重任。空间科学在国家层面得到高度重视，空间科学卫星系列入选“十三五”国家科技创新规划。专项系列成果在国际上产生重要影响。2016年6月，专项负责人吴季研究员因其对中国空间科学事业的杰出贡献入选*Nature*评出的十大“中国科学之星”首位。欧空局前副局长 Roger-Maurice Bonnet 评论：“中国已经改变了方向，并已成为航天领域最重要的成员”。

2016年5月30日，习近平总书记在“科技三会”上，作出了“必须推动空间科学、空间技术、空间应用全面发展”的重要指示。

4 专项引领产业发展，推动技术创新

纵观近代科学史，几乎所有基础科学前沿的重大突破，最终都将引发技术和产业革命，推动人类社会发生深刻变化。由空间科学计划的特殊要求带来的技术创新可直接辐射到人类生活的方方面面。

通过暗物质卫星的研制，攻克了以有效载荷为中心，“卫星平台载荷一体化”的卫星构型设计关键技术，实现了高载荷比，能够在保证科学目标前提下，有效减少卫星平台的尺寸和重量，开创了我国卫星及航天器研制的新思路。

通过“实践十号”开展在空间环境下对物质运动和生命活动规律的研究，将能为节能减排、培育植物新品种、保障粮食安全及提高人类的健康水平等提供科学解决方案。

通过量子卫星的研制，可为未来实现远距离、即时和量子绝对保密通信奠定基础，对国家安全和广域量子通信产业的跨越式发展具有重大意义。量子卫星的发射成功，将为未来我国领先欧美获得量子通信覆盖全球的能力抢占先机。

通过HXMT卫星的研制，将促进空间高能天文学领域对脉冲星的观测研究，为应用X射线脉冲星导航奠定重要的基础，实现安全和特别适合于深空的自主导航技术，对保障国家安全具有重要意义。

5 对推动我国空间科学发展的建议

为推动我国在空间科学领域持续获得重大科学突破，牵引、带动航天高技术及其产业发展，培育世界一流水平的科研队伍，促进我国空间科学全面可持续发展，建议：

（1）设立“空间科学卫星系列”国家科技重大专项。由中科院牵头，在专项已取得的成功经验基础上，组织相关部门和行业，实施包括空间引力波探测等在内的科学卫星计划，在基础科学前沿不断取得重大突破，凝聚并稳定中国空间科学研究队伍，推动空间科学全面发展。

（2）成立空间科学与前沿技术国家实验室。发挥中科院在空间科学研究方面的核心优势，整合全国优势力量，通过国家研究力量的集中、整合，形成大体量、学科交叉融合、综合集成的空间科学创新基础平台和体现国家意志的战略科技力量，在自然科学前沿取得重大突破，打造聚集国际一流人才的人才高地，牵引带动前沿技术创新，引发战略性新兴产业。

（依托单位：中科院国家空间科学中心）

专家点评

我全力支持中科院国家空间科学中心（NSSC, CAS）组织的中国空间科学发展规划研究工作。

自2004年以来，欧洲空间局（ESA）与NSSC有着稳定的合作机制，对探测思想和任务计划进行交流研讨，并探索未来合作领域，也已经在多个卫星任务中开展了成功的合作。

过去10年，经过NSSC的不懈努力，中国空间科学取得了巨大的进步，特别是空间科学先导专项已取得的成就。在欧洲空间科学界，科学家们热切关注着中国未来的空间科学发展规划。空间科学卫星系列是一个雄心勃勃的计划，欧空局期待着未来的深入合作。

点评专家

阿尔瓦诺·吉梅内斯（Alvaro Gimenez） 欧空局负责空间科学副局长、欧空局科学部主任、欧洲空间天文中心主任。2001年，被任命为欧空局科学部空间科学部门负责人。2007年，受欧空局局长委派担任欧空局巴黎总部科学政策协调人，2011年被任命为欧空局科学与机器

人探测部主任和欧空局下属的欧洲空间天文中心主任。2016年被任命为新改组的欧空局科学部主任，任期4年。科学部负责欧空局强制性的空间科学项目并为其他部门的项目提供咨询和支持。

专家点评

中国“实践十号”卫星成功发射、运行并返回地面，这使我感到非常开心、鼓舞；几个月前，中国已成功发射了暗物质粒子探测卫星，并打算于2016年下半年发射量子科学实验卫星和硬X射线望远镜卫星。这些表明空间科学先导专项结出了丰硕果实，中国的空间科学计划正在蓬勃发展。

空间科学先导专项取得如此重大的成就，很大程度上得益于国家空间科学中心（NSSC）牵头开展的空间科学发展规划研究。作为美国国家科学院行星科学领域十年调查（2002—2012）的研究主任，我深感组织空间科学发展规划研究工作的重要性。

同样作为空间科学发展规划研究的输出，中国未来的空间科学计划（空间科学卫星系列）也令人非常激动，将成为未来空间领域开展国际合作的基石！

点评专家

戴维·史密斯（David Smith） 美国国家研究理事会（NRC）高级官员，并担任美国国家研究理事会一系列活动的研究主任，如行星科学领域十年调查《太阳系新前沿：综合探测策略2003—2013》（*New Frontiers in the*

Solar System: An Integrated Exploration Strategy 2003—2013）和《行星科学领域未来视野和思路》（*Vision and Voyages for Planetary Science in the Decade 2013—2022*）的研究。