

---

# 慧眼卫星成功进行X射线脉冲星导航在轨实验

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/6528.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

慧眼卫星成功进行X射线脉冲星导航在轨实验。中国科学院高能物理研究所的科学家利用慧眼卫星上的X射线望远镜开展了X射线脉冲星导航实验，定位精度达到10公里之内(3倍标准偏差)，进一步验证了航天器利用脉冲星自主导航的可行性，为未来在深空的实际应用奠定了基础。相关论文已于8月21日在美国《天体物理杂志》(增刊)正式刊出。

2017年6月15日，我国第一颗X射线天文卫星“慧眼”在酒泉卫星发射中心成功发射，运行于高度550千米、倾角 $43^\circ$ 的近地圆轨道上。慧眼卫星携带了高能X射线望远镜(HE, 20-250 keV)、中能X射线望远镜(ME, 5-30 keV)和低能X射线望远镜(LE, 1-15 keV)三种科学载荷和空间环境监测器，在轨运行两年多，已经得到了关于黑洞、中子星、伽马射线暴乃至引力波暴等的海量观测数据，科学结果正在源源不断地产生之中。与此同时，高能所的慧眼卫星研究团队还利用该卫星成功开展了X射线脉冲星导航实验，进一步验证了脉冲星导航的可行性。

人类探索宇宙的脚步不断加快，范围越来越广。1977年发射的“旅行者1号”、“旅行者2号”正在飞向太阳系之外的茫茫宇宙深处。今天，越来越多的空间探测器飞向太阳及其七大行星、矮行星、小行星、彗星等太阳系内天体。由于这些航天器远离地球，美国的全球卫星导航系统(GPS)、我国的北斗卫星导航系统等都已经难以为它们提供可靠的导航服务。为此，美国、俄罗斯等国利用地面大型射电天线建立“深空测控网”，为遥远的飞行器提供导航服务，但其提供的导航精度会随着与地球距离的增加而变差，因此不依赖地面设备的航天器“自主导航”技术受到越来越多的关注。

慧眼卫星脉冲星导航实验工作的负责人、副研究员郑世界说：“X射线脉冲星导航是一种新型的自主导航方法，它利用宇宙中遥远的天体——脉冲星发出的精确的周期性脉冲信号为太空中的航天器提供导航和授时服务。”脉冲星是一类高速转动的中子星，是大质量恒星在寿命的晚期发生“超新星爆发”后留下的致密天体，其脉冲信号的长期时间稳定度很高，堪比甚至优于地球上的原子钟，可作为宇宙中的时间基准，因此脉冲星也被称作“宇宙灯塔”或星际旅行中“天然的GPS卫星”。如同地面使用卫星信号进行导航一样，航天器通过观测脉冲星，也可以实现自主导航，即脉冲星导航。美国国家航天局(NASA)除了在国际空间站中成功试验X射线脉冲星导航外，也明确表示要将X射线脉冲星导航技术应用到“重返月球计划”及未来的火星探测计划中。

脉冲星导航的基本原理是：虽然脉冲星发出的两个相邻脉冲的时间间隔(或称为脉冲周期)是恒定的，但如果航天器朝向脉冲星运动，接收到的脉冲间隔会缩短，反之，则会变长，观测得到的脉冲轮廓也随之发生变化；脉冲到达X射线探测器的精确时间则由探测器相对于脉冲星的距离，也就是航天器在空间的位置所决定。因此，通过分析航天器接收到的(不同方向)脉冲星脉冲信号的特性，就可以反推得到航天器在空间的三维位置和速度(或运动轨道)。

---

脉冲星距离地球十分遥远(几百、几千光年乃至更远),不必担心其受到人为影响,脉冲星导航的精度也不随航天器所处位置而改变,可作为深空中的理想导航手段。因此,X射线脉冲星导航在近年来得到越来越多的关注。2004年,欧空局发布了“基于脉冲星时间信息的航天器导航可行性研究”技术报告。2018年1月,美国NASA发布新闻,宣布在国际空间站上搭载的NICER/SEXTANT项目成功进行了首次实时的在轨脉冲星自主导航试验<sup>1</sup>,在观测脉冲星7.5小时后,自主导航的精度达到5千米(均方根或1倍标准偏差)。

我国在脉冲星导航方面也进行了大量理论和实验研究。郑世界说:“2016年9月,中国天宫二号空间实验室发射升空,我们利用天宫二号上的“天极望远镜”——伽玛射线暴偏振探测器(POLAR)成功完成了脉冲星导航的国内首次空间实验,11月,中国还发射了脉冲星试验星XPNAV-01,开始开展脉冲星探测及相关研究”。

慧眼卫星首席科学家张双南介绍了慧眼卫星这次开展脉冲星导航实验的情况:“2017年8月31日至9月5日,慧眼卫星对著名的蟹状星云脉冲星进行了持续约5天的观测,以试验对卫星自主定位。自主定位的算法是高能所的研究团队于2016年提出的一种新的X射线脉冲星导航算法——‘脉冲轮廓显著性与卫星轨道的关联分析’,该算法的可行性已在POLAR实验上得到初步验证。”这一次,他们对该算法做了进一步改进,并将该导航算法分别应用到慧眼卫星上3种望远镜的观测数据,结果显示,均可实现慧眼的自主定位;如果综合利用所有望远镜5天的观测数据,其定位精度可以达到10公里(3倍标准偏差),相当于定位精度3.3公里(1倍标准偏差),说明慧眼的脉冲星导航实验的精度和NICER/SEXTANT的结果相当。

为了进一步检验该导航算法的可行性与可靠性,研究团队还进行了充分的理论分析,并选取多种类型的脉冲星进行了模拟验证,结果显示该方法对其它导航脉冲星同样适用,为该算法的实际应用奠定了基础。基于慧眼卫星的脉冲星导航实验结果在2018年9月投稿到美国《天体物理杂志》(增刊),并于2019年6月11日被正式接受,审稿人认为“慧眼卫星开展的在轨演示验证是对脉冲星导航发展的重要贡献”,“特别地,文章最后的模拟分析部分从数学上验证了该方法的可行性...相信这是对脉冲星导航的非常好的贡献”。

慧眼卫星是我国第一颗X射线天文卫星,由国家民用航天和中科院空间科学先导专项(I期)共同支持,于2017年6月15日发射,设计寿命4年。目前,卫星平台及各有效载荷在轨运行正常、技术状态稳定。该项研究得到国家重点研发计划项目(编号2016YFA0400800)和国家自然科学基金联合基金项目(编号U1838101,U1838201,U1838202)等的支持。

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有,请勿用于商业用途, [爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发