



我国天基空间环境探测技术的发展

2008-04-20

文章来源：中国科学技术信息（2007.1.5）

文/王世金 朱光武

（中国科学院空间科学与应用研究中心）

摘 要：本文通过各航天型号空间环境探测任务的介绍，阐述了我国天基空间环境探测的发展历程，分析了我国天基空间环境探测的现有探测情况，以及我国未来的空间环境探测的发展前景。

关键词：空间环境 探测技术 航天器

前言

空间环境是卫星、飞船和空间站等航天器的运行环境，也是导航、定位、通信等卫星业务的路径环境。空间环境中的磁场、电场，带电粒子、等离子体、高层大气粒子、电磁辐射、微流星和空间碎片等各种效应对航天员的生命安全、航天器的正常运行、导航定位通信等业务的开展都有重要的影响。空间环境探测不仅是人类对自身生存空间认知的需要，也是人类进入空间，确保空间系统安全的需要。自1957年第1颗人造卫星上天以来，国际上对空间环境及其效应的探测与研究就从未停止过，至今已有近千颗航天器开展了空间环境探测。

我国的空间环境探测也是伴随航天事业的发展而发展起来的。从1971年的“实践一号”开始，我国已有30余年的卫星空间环境探测历史。现今我国的天基空间环境探测已发展成一个重要的学科领域。空间环境探测器已成为航天器广泛应用的载荷之一。

本文简要介绍我国航天器空间环境探测的历史发展，总结分析了我国在空间环境各个领域的空间环境探测技术能力，展望了我国空间环境探测技术发展的辉煌前景。

1 空间环境探测发展历程

早在上世纪50年代末期我国就开始了空间环境探测研究的前期工作。1958年9月为落实我国的人造卫星计划，中国科学院成立了“581”组，并在赵九章的领导下开始着手我国卫星空间环境的探测研究工作。1971年3月3日我国成功发射了“实践一号”卫星，这是在我国发射第一颗人造卫星“东方红一号”后不到一年的时间内发射的第二颗卫星。除工程试验外，首次开展了高能带电粒子、太阳X射线和磁场探测研究，获得了我国上空的环境数据，积累了宝贵的经验。

1981年9月20日“实践二号”科学试验卫星上天，该星对高能带电粒子环境、太阳高能电磁辐射、地球一大气辐射和大气密度等进行了综合探测。有效载荷为半导体电子单向强度探测器、质子单向强度探测器、闪烁计数器、太阳紫外辐射计、太阳X射线探测器、长波红外辐射计、短波红外辐射计、地气紫外背景辐射探测器、热电离计等。卫星入轨后各探测器工作正常，获得了一些数据，可惜卫星寿命不长。

1984年4月和1986年2月，我国先后发射了两颗地球同步轨道通信卫星“东方红二号”。搭载有太阳软X射线探测器、高能质子探测器、高能电子探测器和静电电位差计。1988年9月和1990年9月“风云一号A”和“风云一号B”太阳同步轨道气象卫星分别发射成功，卫星搭载有宇宙线成分监测器，对辐射带中重离子及宇宙线异常成分等进行了监测，发现了宇宙线异常成分中含Fe等一批重要结果。

1990年9月与风云一号搭载发射的“大气一号”是两颗直径和重量均不相同的气球卫星。利用高层大气对卫星轨道衰变的影响而研究大气密度分布。两颗星分别于1991年3月和7月陨落，推得了500~900km的大气密度。

1994年2月8日以探测研究空间环境及其效应为主要目的的科学探测卫星“实践四号”发射成功，进入近地点200km，远地点36000km，倾角28.5°的大椭圆轨道。有效载荷为高能质子重离子探测器、高能电子探测器、静电分析器、表面电位探测器、静态单粒子事件探测器和动态单粒子事件探测器。卫星在轨运行整半年，各探测器工作正常，获得了一批有价值的成果。如完整的地球内外辐射带结构、磁暴时辐射带结构变化、单粒子翻转几率及分布、EPROM擦除、单粒子锁定、监测到卫星表面大于-2000V以上的电位等等。探测结果对开展空间环境及其效应研究、进行航天器工程设计等均有重要意义。

1997年6月、2000年6月、2004年10月“风云二号A、B、C”地球同步轨道气象卫星发射成功。该星设置有太阳X射线探测器和空间粒子探测器，两台仪器组成太阳质子事件和磁暴警报与监测系统，1997年11月初中科院空间中心利用该系统成功地警报和监测到了两起太阳质子事件，开始了我国天基空间环境实时监测警报的服务工作。在2000年、2001年的太阳活动峰年期间，该系统成功地警报了所有强太阳质子事件和强磁暴，为我国卫星的在轨运行安全管理做出了贡献。新华社、新闻联播、人民日报等各大媒体均给予报道。

1999年5月10日“实践五号”卫星与“风云一号C”星一箭双星进入870km高的太阳同步轨道。“实践五号”主要进行单粒子效应的防护对策研究。与主任务有关的有效载荷为单粒子事件检测器、单粒子事件屏蔽效应试验仪、单粒子事件翻转试验仪、单粒子事件综合试验仪、单粒子锁定试验仪、高能质子重离子探测器、高能电子探测器和辐射剂量仪。前五台仪器用于探测研究太阳同步轨道的单粒子翻转几率、空间分布、不同材料的屏蔽效果、各种CPU、存储器及其它器件的抗单粒子性能、软硬件纠错、各种软硬件防护、单粒子锁定及自解锁等。后3台仪器用于探测研究太阳同步轨道高能带电粒子分布、扰动规律及不同屏蔽下的空间辐射剂量，获得了较丰富的工程和科学结果。

1999年5月、2002年5月发射的“风云一号C、D”气象卫星设置有空间粒子成分监测器，该仪器对高能电子、质子能谱和各种重离子成分进行了监测。2颗卫星与探测器一直稳定工作至今，其中C星已有累计7年、D星已累计4年多的探测数据，发现磁暴后辐射带异常持续增强等一批重要成果。

1999年10月、2000年9月、2002年10月3颗中巴合作的“资源一号”极轨卫星发射成功。该星设置有极光粒子探测器、粒子辐射探测器和CMOS辐射效应测量仪。分别对低能带电粒子、舱内高能带电粒子和CMOS器件的辐射剂量效应进行探测。

2001年1月、2002年3月、2002年12月我国发射了“神舟二号、三号、四号”无人飞船，为掌握载人航天轨道的空间环境及其效应，在“神舟二号、三号”的轨道舱安排了大气密度探测器和大气成分探测器，在返回舱安排了用于测量宇宙线的固体径迹探测器，在“神舟四号”飞船上还增加了高能质子重离子探测器、高能电子探测器、低能粒子探测器、表面电位探测器和单粒子效应探测器。在航天员上天之前，对空间环境及其效应进行了综合性普查，初步摸清了该轨道的主要空间环境。

2003年10月我国“神舟五号”载人飞船发射成功，为保障航天员的安全，轨道舱保留了高能质子重离子探测器、高能电子探测器。

从2000年开始，我国的“资源二号”、“实践六号”、“实践七号”、“遥感一号”等卫星陆续发射升空，对卫星轨道大气密度、高能带电粒子辐射、辐射剂量和表面电位等空间环境和效应进行了多时空监测。

从1976年开始，我国也发射了多颗搭载空间环境探测的返回式卫星，主要在舱内开展了高能带电粒子辐射和辐射剂量探测。主要仪器包括固体径迹探测器、LiF热释光剂量计、GM计数管型剂量仪等。

2003年12月30日、2004年7月25日我国发射了“探测一号”、“探测二号”卫星，分别运行在赤道和极轨的大椭圆轨道上。这是我国与欧空局合作的第一个大型空间物理探测计划。每颗星装有8台有效载荷，由中国和欧空局按1:1比例分别提供。主要测量磁层空间的带电粒子、电磁场及其波动等，研究磁层的物理特征和动力学过程。双星与欧空局的4颗Cluster卫星相互配合，首次实现磁层空间的6点探测。

2 我国的空间环境探测能力

我国的空间环境探测已有30余年的历史。上世纪80年代由于探测任务的减少、研究机构的变迁，开展空间环境探测的科研人员大幅减少。90年代初我国正式开始载人航天工程，为保障航天员和飞船的安全，中科院整合各方面力量成立了空间环境探测与预报分系统，并建立了2个研究机构。为我国现在空间环境探测的发展奠定了技术和组织基础。1994

年实践四号和1999年实践五号的成功，使探测技术得到了检验，科研队伍得到了锻炼。此后我国发射了大量的航天器，包括神舟飞船系列、气象卫星系列、资源卫星系列等，空间环境探测得到了加速发展。

目前我国的天基空间环境探测已经形成了一个重要的学科领域，已经有了近百人的科研队伍，开发了20余种空间环境及其效应探测仪器。在太阳高能电磁辐射、高能带电粒子、低能带电粒子、地磁场、高层大气，以及辐射剂量、表面电位、单粒子效应等方面已开展了在轨空间环境探测。

在太阳高能电磁辐射探测方面，我国已开发完成了各种太阳X射线探测器，可对太阳软X射线和硬X射线进行探测。太阳EUV流量探测、太阳X射线和EUV的成像探测技术正在开发中。

高能带电粒子探测在我国的技术基础良好，已开发完成了至少3代高能粒子探测器。对于第2代成熟的探测器已有多重接口（1553B、CAN、485、模拟量）、多种质量（1.6~3.0公斤）、多种轨道（LEO、GEO）、多种粒子能谱（电子、质子和重离子）的探测仪器谱型。第3代小型化的高能粒子探测器可实现电子、质子的多方向（17个方向）、多能谱的探测，预计将于2008年进行在轨飞行验证。

低能带电粒子探测方面，已有多种静电分析器构形的探测仪器，其中扇形探测的半球形静电分析器应用最多。目前正在开发可实现半球方向探测的低能粒子探测器。

在高层大气探测方面，大气密度探测器，大气成分探测器技术成熟。目前正开发小型化的探测器，而小型大气密度成分综合探测仪是开发的最终目标。

在等离子体探测方面，我国目前还没有仪器上天，但相关的探测技术正在开发，如探针技术、GPS掩星技术、信标技术等。

在电磁场及其波动方面，我国在磁场探测、低频电磁波探测方面技术成熟，已经过在轨飞行验证。电场探测技术正在开发中。

在空间环境效应方面，由于试验的目的和试验内容繁多，国内开展相关研究和地面试验的单位较多。总体而言在辐射剂量、单粒子效应技术相对成熟，气体污染（含原子氧）探测即将在轨验证，表面充电和深层充电试验正在开展。总体而言，现今的我国空间环境探测技术从90年代初开始起步，经过10多年的发展，在科研队伍培养、探测技术开发等方面已有长足的进步，已取得了相当丰富的成果。

但由于基础薄弱，与国外先进技术相比，总体上差距明显。主要体现在以下几个方面：

a. 探测领域

空间环境及其效应的领域丰富，我国的空间环境探测还仅涉及其中的部分，如CME、能量粒子、中子等许多领域还是空白。

b. 探测技术

因传感器、元器件等方面限制，即使在已开展探测的领域，我国的探测性能与国际最好水平相比还是有一定差距，好在这种局面正在改善。在设计方面，除第3代高能粒子探测器等部分仪器外，其它仪器由于经验欠缺、条件限制与先进水平比也有差距。

c. 基础条件

空间环境探测是新兴的探测领域，由于发展时间短、投资较少，地面的开发、研制、测试和定标的设备缺乏，已成为制约探测技术发展的关键瓶颈。目前部分探测器的定标测试只能靠国际合作实现。

d. 相关的科学研究

空间环境探测本身是试验物理学科，需要空间物理、传感器物理、探测和控制技术、航天工程、数据仿真分析等多学科的交叉融合。在国外每一台探测器都有一批科学家和数据分析人员，而我国由于体制和经费问题，空间物理学家不肯拿出这么多的精力介入探测器的研制，而培养对空间物理、探测物理均十分懂的试验物理学家还需要一个过程，目前一批博士生正在成长。

3 空间环境探测的未来发展

目前载人航天、月球探测、气象卫星、资源卫星等许多正在研制的航天型号均安排了空间环境探测，夸父计划等专业探测卫星正在论证，在未来5年内将发射多颗航天器开展空间环境探测。空间环境探测在不同空间位置的布局、探测内容的丰富、探测时间的持续稳定，使空间环境探测有条件进入全面应用阶段。

国际化的双星计划、夸父计划，以及气象卫星的空间环境探测使我国的空间环境探测走向国际舞台，面对国际竞争和合作，探测器的设计思路、采用的技术手段都有较大的变化，我国的空间环境探测技术正在经历一次新的飞跃。

我国空间环境探测的特色是研制队伍年轻、稳定，我国的航天器发展迅速，搭载机会相对较多，随着探测技术的积累和发展、空间环境应用的深入，中国空间环境探测必将进入一个良性的发展阶段。我国的空间环境探测发展前景十分广阔。

[新闻中心](#) [中心介绍](#) [文化建设](#) [时事专题](#) [业务专题](#) [创先争优](#) [合作交流](#) [气象探测科普](#) [下载中心](#) [物资保障](#) [计量检定](#) [联系我们](#) [管理](#)

版权所有 Copyright © 2003-2008 中国气象局气象探测中心

地址：北京海淀中关村南大街46号 100081

电话：68409590 传真：68400936

技术支持：华云信息技术工程公司