

# 美国极轨气象卫星的转型探索

杜智涛, 杜晓勇, 姜明波, 孙姣, 张志标, 王洋

北京应用气象研究所, 北京 100029

**摘要** 气象卫星是重要的国家基础性、战略性空间系统。美国极轨气象卫星体系通过融合美国国防部、美国海洋和大气管理局及欧洲气象卫星组织各自的极轨气象卫星系统, 实现了全球全天时的持续覆盖能力。为获取高时效性全球范围气象卫星资料, 近年来美国一直在探索气象卫星的转型发展。在梳理美国极轨气象卫星发展历程的基础上, 分析了其多种转型探索, 包括对美国国家海洋和大气管理局开展的新一代卫星架构研究项目, 试点采购商业气象卫星数据, 开展气象小卫星关键技术及载荷研究等。

**关键词** 极轨气象卫星; 卫星架构; 商业气象数据; 小卫星

自1960年4月1日“TIROS-1”气象卫星发射以来, 全球已经有约200颗气象卫星入轨。气象卫星已由单一的极轨气象卫星扩展到极轨和静止轨道2类, 由自旋稳定方式发展到三轴稳定方式, 由单纯的气象观测发展到多学科综合监测, 逐步形成了全球气象卫星观测网<sup>[1]</sup>。与静止轨道气象卫星相比, 极轨气象卫星具有观测重复周期短、信息接收成本低、综合利用程度高等特点和优势, 获取的资料在天气预报中显示出了独特的作用。虽然极轨气象卫星一直是世界气象部门发展的重点, 但卫星在轨数量仍然总体偏少, 能够获取的高时效性全球范围气象资料种类、数量有限, 特别是中国数值天气预报系统对国外气象资料的依赖非常大, 对国防安全、国计民生有较大隐患, 迫切需要立足技术发

展和中国实际情况, 开展极轨气象卫星发展研究。因此, 本研究从梳理美国极轨气象卫星发展历程出发, 跟踪美国气象部门围绕获取高时效性全球范围气象资料所做的工作, 重点研究近期美国国家海洋与大气局在极轨气象卫星的研发计划中努力寻求新的技术和机制突破, 提高卫星性能和应用所做的相关工作, 最后分析气象卫星发展的相关趋势以及未来发展的思考。

## 1 美国极轨气象卫星发展历程

多年来, 美国一直运行着2个独立的极轨气象卫星系统, 由美国海洋和大气管理局(NOAA)管理的“极轨环境卫星”(POES)系列和由美国空军管理

收稿日期: 2020-12-21; 修回日期: 2021-04-12

作者简介: 杜智涛, 助理研究员, 研究方向为气象海洋装备总体技术、发展战略、规划计划等, 电子信箱: duzhitao615@163.com

引用格式: 杜智涛, 杜晓勇, 姜明波, 等. 美国极轨气象卫星的转型探索[J]. 科技导报, 2021, 39(11): 77-83; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.

2021.11.009

的“国防气象卫星计划”(DMSP)。考虑到军用极轨气象卫星和民用极轨气象卫星的任务基本相同,都是收集、处理和分发气象、海洋和空间环境数据,为了减少重复开发并节约开支,美国决定整合“诺阿”和“国防气象卫星计划”卫星系统<sup>[2-3]</sup>。1994年5月,克林顿发布总统令,将这2个计划整合为军民共用的“国家极轨业务环境卫星系统”(NPOESS),但经过10多年的发展,该项目最终由于成本大幅超支、进度延误和管理不善,于2010年终止并改组为军用“国防气象卫星系统”(DWSS)和民用“联合极轨卫星系统”(JPSS)<sup>[4-5]</sup>。

JPSS由NOAA委托美国航空航天局(NASA)负责管理,是美国的新一代极轨业务环境卫星系统,代表了环境监测领域中重要的科技进步,将有助于推进气象、气候、环境和海洋科学的发展,于2011年10月28日发射了“索米国家极轨环境业务卫星系统预备项目”(NPP)卫星,基于该预备项目的成功,NOAA及NASA按照预算和计划将发射3颗卫星,并于2017年发射第一颗联合极轨卫星系统(JPSS-1)。

在DWSS方面,2010年6月,美国五角大楼向国会提交了“国防气象卫星系统”的初步要点,并指

出首颗卫星应最早于2018年发射。2012财年,美国空军为“国防气象卫星系统”项目申请了4.45亿美元经费,但2012年1月23日,美国空军宣布了最终的国防授权法案和拨款法案,这一事件说明此项目正式终止。2012年底,美国国防部考虑研制“气象卫星后续”(WSF)卫星,并且美国国会预算办公室(CBO)发布了《军用气象卫星现代化可选方案》报告,提出了3种可选方案,并详细评估了每种方案的性能及相应成本,但后续仍然没有明确未来美国军用极轨气象卫星发展方案<sup>[6-7]</sup>。2020年,美国太空军确定由雷神公司为其设计下一代光电红外气象卫星(WSF-E)的原型系统,未来该气象卫星将取代美军现役的国防气象卫星系列,提供战区天气图和云特征信息,成为军事行动气象保障重要的天基信息获取系统。WSF项目主要研发2类卫星,一类是搭载微波传感器的WSF-M卫星,一类是搭载光电红外传感器的WSF-E卫星。WSF-M目前已通过关键设计审查,进入卫星制造和测试阶段,计划于2024年发射;WSF-E卫星计划于2025年左右完成发射<sup>[8]</sup>。

总体来看,美国的极轨气象卫星共分为5个不同的发展阶段,如图1所示。

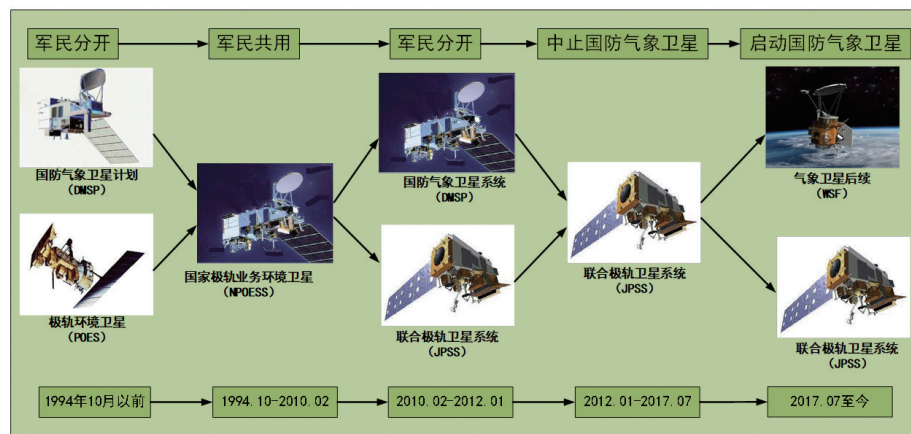


图1 美国的极轨气象卫星发展历程

## 2 气象卫星数据缺口

2010年,美国基于当时的情形,提出了美国国防部、NOAA及欧洲气象卫星组织(Eumetsat)基于各自的极轨气象卫星系统,互通探测仪器,共享数据,以实现全天时的持续覆盖能力的设想(图2)。其中,

“国防气象卫星计划”卫星覆盖时间最早的上午轨道;欧洲气象卫星组织的“气象业务卫星”覆盖稍后的上午轨道;“国家极轨业务环境卫星系统预备项目”卫星覆盖下午轨道。但到目前为止,下午轨道数据方面,“国家极轨业务环境卫星系统预备项目”卫星于2017年由JPSS-1卫星替代,如图3所示<sup>[9]</sup>。

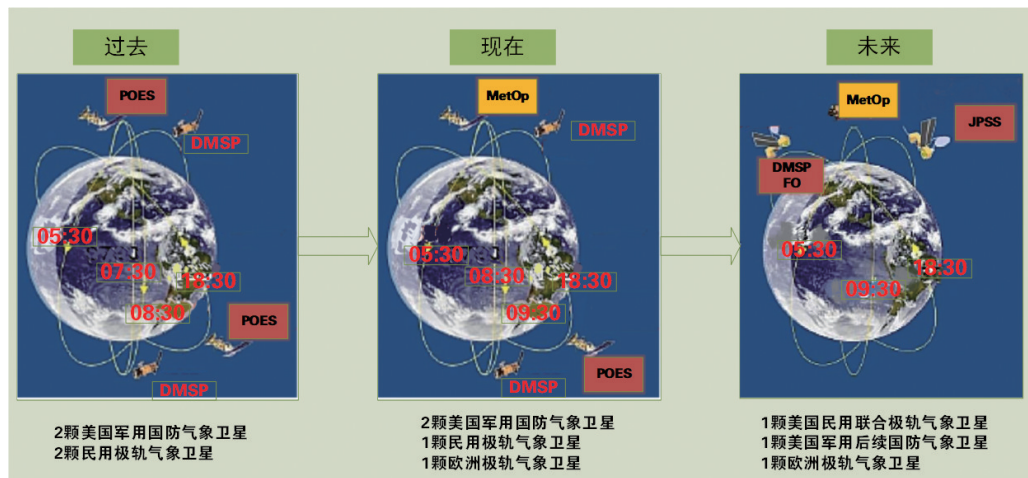


图2 美国极轨气象卫星实现全天的持续覆盖能力设想

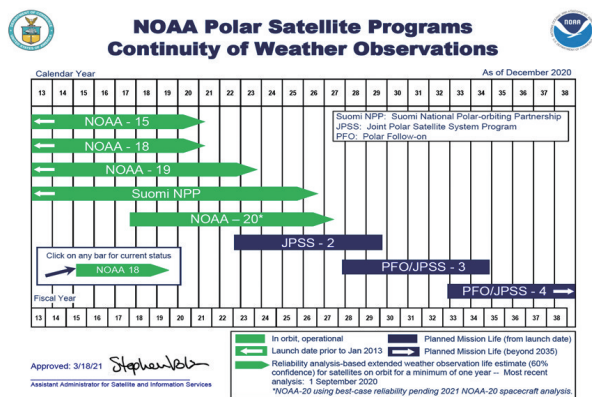


图3 国家极轨业务环境卫星系统发射计划

上午轨道数据方面,NOAA原计划在自己的卫星出现覆盖缺口时,依靠美国空军的军用极轨气象卫星和欧洲的极轨气象卫星保持观测数据的连续。然而,美国国会已实质上取消了“国防气象卫星系统”计划,目前上午轨道数据的收集仍不得不依靠20世纪90年代研制的“国防气象卫星计划”卫星。尽管“国防气象卫星计划”系列卫星中还有2颗没有发射,正常情况下,这2颗卫星将能工作至2026年,但老化的“国防气象卫星计划”卫星的可靠性值得怀疑。与此同时,美国政府预算的大幅削减也对欧洲气象卫星组织的下一代“欧洲极轨卫星系统”计划造成了一定影响,难以保证在预计寿命末期以前替换“气象业务卫星”系列的最后1颗卫星。因此,NOAA近年来一直在探索极轨气象卫星的转型发展,主要开展了以下工作。

### 3 主要转型探索

#### 3.1 启动新一代卫星架构研究

尽管目前美国业务化运行的新一代的气象、空间天气和环境遥感卫星,包括JPSS系列极轨地球轨道卫星、GOES-R系列地球静止卫星、深空气候观测卫星(DSCOVR)、Jason系列海洋地形卫星和全球大气无线电掩星观测星座(COSMIC)等,能够在2030年以前提供基本的气象和环境卫星服务,但美国国家海洋大气局国家环境卫星信息资料中心(NOAA/NESDIS)已着手计划对下一代气象和环境遥感卫星架构进行正式研究<sup>[10-11]</sup>。2013年,NOAA正式启动NOAA卫星观测系统架构(NSOSA)研究项目,该项目的主要成果将为NOAA在近期需要作出的战略决策方面提供指导。在研究过程中,技术和集成路线图正在开发中,通过显示1个或多个新项目何时需要启动,以及何时需要准备新技术改进,为实施新架构提供一个逻辑路径。如果最高的任务价值选择被证明与当前的体系结构有很大的不同,那么就需要快速做出某些决定,开始转向新的体系结构。此外,路线图将提供每个星座组件的发射时间表,并指出适当的补充时间表,以满足指定的测量可用性。

这项全新的现代化气象卫星体系架构没有关于仪器、平台、轨道等先入为主的概念,完全由用户需求驱动。NSOSA项目将体系架构设计工作分散至3个不同的周期,在每个周期中,NSOSA架构开

发团队将探索用户需求、仪器功能、轨道类型、卫星平台/仪器组合、业务概念、任务有效性、技术、政策、发射和地面系统接口、商业功能和成本。到目前为止, NSOSA 研究团队已经开发并评估了超过 50 种架构方案, 包括可能出现的合作伙伴和商业贡献, 每种架构的探测目标包括功能需求和一些战略性特征(例如弹性、灵活性、响应性、可持续性)<sup>[12]</sup>。

这些架构方案将作为新一代 NOAA 卫星的基础输入, 并遵循当前和计划的一系列操作卫星任务(如 GOES-R、JPSS)。总体来看, 许多候选卫星具有以下 1 个或多个属性: (1) 使用不同的微小卫星解决方案。(2) 将传统低轨卫星的探测能力分散到不同的小卫星载荷上。(3) 通过一系列功能有限的小卫星来增强 JPSS 系列卫星的能力。(4) 用测量性能相同的小型/中型低轨卫星代替大型的太阳同步低轨测量卫星平台。

### 3.2 试点购买商业气象卫星数据

2017 年 4 月 18 日, 特朗普总统签署了《气象研究和预报创新法案》。该法案要求 NOAA 将商业卫星气象数据作为 NOAA 卫星系统获取气象数据的补充, 甚至是替代, 特别是用于数值天气预报模型的商用全球导航卫星系统-无线电掩星数据(GNSS-RO), 以及地球同步高光谱探测数据, 这是一个显著的变化, 预示着 GNSS-RO 数据收集、利用和共享方式会发生根本性的变化, 最终扩展到其他类型的气象卫星数据。虽然总体来说, NOAA 坚持一个全面和开放的数据政策, 这将促使美国政府拥有的各类气象探测系统收集的数据, 在没有限制或收费的情况下以边际成本进行复制和分发, 包括由 NOAA 管理的各类卫星数据, 但商业卫星数据的采购由于涉及到公共服务提供、各国数据交换政策、数据使用方式、法规政策等多方面因素, 一直存在很大的争议, 因此这项法案及其签署过程一直备受争议。尽管存在争议, 但 NOAA 目前每年花费约 2000 万美元购买由商业供应商提供的地面、飞机和卫星数据<sup>[13]</sup>。包括向 Vaisala 公司购买的跟踪闪电活动的地面数据, 或通过航空气象资料转发网络(AMDAR)向飞机运营商购买的温度和风速数据, 以及从 GeoEye 公司运营的 SEAWiFS 传感器购买

海洋颜色卫星数据, 从加拿大(Radarsat)和欧洲(TerraSAR)购买合成孔径雷达数据, 使 NOAA 能够更准确地监测海冰<sup>[14]</sup>。

另外, 自 2016 年以来, NOAA 已通过“商业气象数据试点项目”开展了 2 轮数据评估, 对来自 Spire 公司的 Lemur-2 系列小卫星和 GeoOptics 公司的 CICERO 系列小卫星获取的无线电掩星数据可用性和效果进行了综合分析, 包括如何使用这些数据, 以及保证数据的独立质量控制, 确保数据的长期可持续性、长期的数据保存管理及信息安全等, 还有如何处理好与现有天基探测基础设施之间的关系。2020 年 11 月 20 日, NOAA 向地理光学公司和斯派尔公司授出首批商业气象卫星数据采购合同, 用于购买 2 家公司的无线电掩星数据以支撑 NOAA 天气预报业务的数据需求。该合同期为 2 年, 总金额为 2300 万美元<sup>[15-16]</sup>。2020 年 6 月, NOAA 发布评估报告称, 商业卫星气象数据可以用于美国天气预报业务, 且能够有效改进预报效率, 此后, NOAA 还公布了首批采购数据传输的标准规范以及数据量要求。NOAA 专家认为, 为有效改进预报效率, 每天至少需要 2 万组掩星探测数据输入到预报模式中。目前, 这部分数据主要由美国与中国台湾合作的 COSMIC-2 星座系统提供, 该系统每天可提供约 4000 组数据, 后续剩余部分数据量将由两家商业公司的无线电掩星数据提供。

### 3.3 开展气象小卫星关键技术及载荷研究

除了购买商业卫星的探索外, NOAA 也一直在探索微纳小卫星以缓解潜在的气象数据缺口。与传统的大型气象卫星相比, 由微小型气象卫星组成的天基气象观测网络具有许多优势, 包括可复用性、重访时间和成本, 以及基于不同来源的数据组合生成新数据产品的机会。来自卫星星座的临边和垂直探测数据的结合将大大提高产品反演质量以及可以量化得出以前无法观测到的动态特征, 以改进中期天气预报, 特别是极端天气事件的预报。

通过与 NASA 合作, 由 NASA 资助麻省理工学院林肯实验室开展了相关研究, 以验证以微纳卫星平台为基础的微波探测仪在天基气象环境探测中的应用。第一个任务是“MicroMAS”微小卫星(mi-

cro-sized microwave atmospheric satellite), 目的是为了验证利用微小卫星测量温度廓线的能力。该任务第一颗微纳卫星(MM-1)于2014年8月发射,并于2015年3月4日部署完成,进行了约100 d的演示,该卫星由于发射机故障,没有收集科学数据,但验证了卫星系统的姿态控制系统。继MM-1之后,2017年底在商业运载火箭上发射了MM-2。与MM-1相比,MM-2有更多的通道,通过增加一个小型化接收机,可以提供更精确的温度和湿度信息,另外太阳能电池阵列更大,可以提供更大的功率。第二个任务是“MiRaTA”(microwave radiometer technology acceleration)微小卫星,MiRaTA在MicroMAS设计的基础上增加了微波通道和GPS无线电掩星接收器,以提供更精确的温度和水汽资料。2016年,NASA又在竞争激烈的商业仪器项目中资助麻省理工学院林肯实验室开展了TROPICS(time-resolved observations of precipitation structure and storm intensity with a constellation of small-sats)项目研究,该项目利用MM-2卫星组成星座,通过快速重访采样来研究热带气旋的发展<sup>[17-18]</sup>。

MicroMAS、MiRaTA和TROPICS的相关技术储备为NOAA持续发展小卫星技术提供了更大的信心,并基于这些技术和项目,NOAA和麻省理工学院林肯实验室联合启动了EON-MW(earth observing nanosatellite-microwave)项目,该项目计划继承MicroMAS、MiRaTA和TROPICS卫星载荷,实现S-NPP和JPSS卫星上先进技术微波探测器载荷(ATMS)的探测能力,但ATMS载荷有22个测量通道,比上面所有卫星载荷的测量通道多出8到12个,给整个卫星项目的设计带来了一定风险,但麻省理工学院林肯实验室在2017年初完成了详细的设计计划的制定,美国国会在2017财年中批准了该项建议<sup>[19-20]</sup>。

除了基于微小卫星的微波探测器载荷,NOAA也与喷气推进实验室(JPL)开展合作,启动了EON-IR(Earth Observing Nanosatellite-INFRARED)项目<sup>[21]</sup>。在开展该项目之前,NASA地球科学技术办公室还批准了JPL研制和演示在微小卫星上的红外大气探测器(CIRAS)投资提案。CIRAS超光

谱探测器计划安装在6 U尺寸的微小卫星上(1 U=44.45 mm),设计的光谱波段范围为4.08~5.13  $\mu\text{m}$ 。但是由于CIRAS中使用の中波红外光谱与S-NPP和JPSS卫星上跨轨扫描红外大气探测器(CrIS)载荷使用的温度和水汽测量光谱不一样,因此,这两种载荷的性能特征并不相同。为了最大限度地保持与S-NPP和JPSS卫星上跨轨扫描红外大气探测器一致的性能,在EON-IR项目中需要重点实现2个目标:一是最大限度地减小CIRAS在中波红外光谱的工作时间,二是探索满足CrIS长波红外探测要求的技术和配置。为了实现该目标,JPL重点开展在微小卫星上安装红外探测载荷温度控制等关键技术的验证和实现,另外还开展了提升EON-IR空间分辨率相关的研究。在开展微小卫星载荷相关技术研究的同时,NOAA下属的NESDIS还开展观测系统评估实验(OSSE),对基于微小卫星的各类大气探测器数据对数值天气预报模型的影响进行了研究,基本过程是通过在数值天气预报模型中删除所有的极轨卫星探测数据,加入MicroMAS-2和CIRAS卫星探测数据,看是否能减少预报误差。另外,尽管EON-MW和EON-IR不能完全替代JPSS卫星上的CrIS和先进技术微波探测器载荷(ATMS),但也需要对两者之间的能力差距进行评估<sup>[22-23]</sup>。

另外,一些商业公司也研制了大量可供搭载的气象探测载荷,例如Brandywine Photonics公司研制的MODIS-3U、ACCIP(Aerosol Cloud Characterization Imaging Polarimeter)、CIS(Compact Infrared Sounder)等;GPI Space Systems公司研制的HATS(High Altitude Temperature Sounder)、DWTS(Doppler Wind Temperature Sounder)、T-STARTM;Boulder Environmental Science and Technologies公司研制的MCS(Microwave Compact Sounder)等<sup>[24-25]</sup>。

## 4 结论

目前,中国已成功发射17颗风云气象卫星,其中7颗在轨稳定运行,风云气象卫星可为相关国家和地区提供坚实可靠的数据和遥感应用服务,在搭

建国际用户应急保障机制、开展多层次科技人才交流与合作等方面发挥了巨大作用。预计未来几年,用户对气象卫星数据的需求将急剧增长,气象卫星应用的深度和广度将显著增加,迫切需要卫星观测具有更高的分辨率和时空覆盖、更好的数据质量和稳定性以及新的观测变量。根据风云卫星发展规划,至2025年中国还有已规划的9颗卫星将陆续发射,这些卫星将确保风云卫星持续稳定地为用户提供服务到2030年,从2030年开始中国将研制新一代极轨卫星风云五号和静止卫星风云六号,为国民经济建设、气象防灾减灾、建设美丽家园、服务国际社会提供更为强大的全球气象观测信息<sup>[26]</sup>。

在下一步开展风云五号卫星的设计、布局进行论证工作时,可以借鉴美国国家海洋与大气管理局在美国气象卫星转型发展中的相关经验,如在顶层架构设计上,以多样化用户需求为输入,设计不同的卫星观测架构,采用量化的评估对不同架构进行评估,选择最优的体系架构;在政策法规层面,论证气象卫星数据商业化的可行性及实现路径;加大对气象小卫星相关载荷技术的支持力度,确保为下一代气象卫星发展提供更多、更灵活的选项。

### 参考文献(References)

- [1] 陈双, 刘韬. 国外极轨气象卫星发展综述[J]. 国际太空, 2013, 000(9): 11-19.
- [2] 张定媛, 高浩. 美国极轨气象卫星的发展历程和面临的挑战[J]. 国际太空, 2015(8): 63-67.
- [3] 邢强. 美国的气象卫星的发展[J]. 国防科技工业, 2016(12): 30-31.
- [4] Strom S R, Iwanaga G. Overview and history of the defense meteorological satellite program[J]. Crosslink, 2005(3): 11-15.
- [5] Hall R C. A history of the military polar orbiting meteorological satellite program[R]. Chantilly: National Reconnaissance Office Chantilly VA, 2001.
- [6] Writers S. Air Force Secretary unveils final DMSP satellite at SMC[EB/OL]. (2017-09-18) [2020-12-20]. [http://www.spacedaily.com/reports/Air\\_Force\\_Secretary\\_unveils\\_final\\_DMSP\\_satellite\\_at\\_SMC\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/Air_Force_Secretary_unveils_final_DMSP_satellite_at_SMC_999.html).
- [7] Fabey M. DoD meteorological satellite mission to end[EB/OL]. (2017-08-04) [2020-12-20]. <http://spacenews.com/dod-meteorological-satellite-mission-to-end>.
- [8] Erwin S. DOD focus on climate could shape future investments in weather satellites[EB/OL]. (2021-02-24) [2021-04-01]. <http://spacenews.com/dod-focus-on-climate-could-shape-future-investments-in-weather-satellites>.
- [9] Pereira J, Mamula D, Caulfield M, et al. NOAA's CubeSat-related activities for gap mitigation and future planning[C]//31st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites. Logan: Utah State University, 2017: 1-7.
- [10] Werner D. NOAA continues to explore options for future weather satellite architecture[EB/OL]. (2020-9-20) [2020-10-26]. <http://spacenews.com/noaa-continues-to-explore-options-for-future-weather-satellite-architecture>.
- [11] SpaceNews. NOAA's future satellite architecture[EB/OL]. (2020-8-10) [2020-10-26]. <http://spacenews.com/noaa-future-satellite-architecture>.
- [12] Volz S, Maier M, Di Pietro D. The NOAA satellite observing system architecture study[C]//2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). Piscataway, NJ: IEEE, 2016: 5518-5521.
- [13] Erwin S. NOAA's former satellite now providing weather data to the U.S. military[EB/OL]. (2020-9-8) [2020-10-26]. <http://spacenews.com/noaa-continues-to-explore-options-for-future-weather-satellite-architecture>.
- [14] Cirac-Claveras G. Weather satellites: Public, private and data sharing. The case of radio occultation data[J]. Space Policy, 2019, 47: 94-106.
- [15] Werner D. GeoOptics and Spire Global win NOAA weather data contracts [EB/OL]. (2020-11-23) [2020-11-26]. <http://spacenews.com/noaa-awards-first-weather-data-contracts>.
- [16] Werner D. NOAA expands purchase of commercial radio occultation data for weather models[EB/OL]. (2021-02-19) [2021-04-01]. <http://spacenews.com/noaa-expands-radio-occultation-order>.
- [17] Fisher J, Gordley L, Fritts D, et al. MetNet™ small weather satellite network: An alternative system for global meteorological observations[C]//31st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites. Logan: Utah State University, 2017: 126-134.
- [18] Blackwell W, Allen G, Galbraith C, et al. Nanosatellites for earth environmental monitoring: The MicroMAS project[C]//2012 12th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment (MicroRad). Piscataway, NJ: IEEE, 2012: 1-4.
- [19] Skone S, Swab M, Platzer P, et al. GNSS radio occultation

- tion methods for CubeSat missions: The University of Calgary and spire partnership[C]//AGU Fall Meeting Abstracts. Washington: American Geophysical Union, 2014: A23I-3353.
- [20] Ruf C S, Gleason S, Jelenak Z, et al. The CYGNSS nanosatellite constellation hurricane mission[C]//2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Piscataway, NJ: IEEE, 2012: 214-216.
- [21] Pagano T S, Abesamis C, Andrade A, et al. Design and development of the CubeSat Infrared Atmospheric Sounder (CIRAS) [C]//Earth Observing Systems XXII. San Diego: International Society for Optics and Photonics, 2017, 10402: 1-9.
- [22] Schueler C, Holmes A. HawkEye: CubeSat SeaWiFS update[C]//CubeSats and NanoSats for Remote Sensing. San Diego: International Society for Optics and Photonics, 2016, 9978: 99780H.
- [23] Schueler C, Holmes A. SeaHawk CubeSat system engineering[C]//Remote Sensing System Engineering VI. San Diego: International Society for Optics and Photonics, 2016: 99770A.
- [24] Pagano T, Rider D, Teixeira J, et al. The CubeSat Infrared Atmospheric Sounder(CIRAS), pathfinder for the earth observing nanosatellite-infrared (EON-IR)[C]//30th AIAA/USU Conference on Small Satellites. Logan: Utah State University, 2016: 47-53.
- [25] Li Z, Li J, Schmit T J, et al. The alternative of CubeSat-based advanced infrared and microwave sounders for high impact weather forecasting[J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2019, 12(2): 80-90.
- [26] 杨军, 咸迪, 唐世浩. 风云系列气象卫星最新进展及应用[J]. 卫星应用, 2018, 000(11): 8-14.

## Study on the transformation development of American polar orbiting meteorological satellite

DU Zhitao, DU Xiaoyong, JIANG Mingbo, SUN Jiao, ZHANG Zhibiao, WANG Yang

Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029, China

**Abstract** Meteorological satellite is an important national basic and strategic space system. Especially in recent years, environmental problems have become increasingly severe, natural disasters have occurred frequently, and modern wars have put forward higher requirements for meteorological satellites in terms of accurate measurement of cloud conditions, ocean waves, atmospheric temperature, pressure, wind speed and other parameters. Although the polar-orbiting weather satellite system of the United States has achieved continuous global all-weather coverage by integrating the respective polar-orbiting weather satellite systems of DOD, NOAA, and EUMET, NOAA has been exploring the transformation and development of meteorological satellites, and has carried out a variety of transformation explorations such as new generation of satellite architecture research, pilot procurement of commercial meteorological satellite data, and research on key technologies of meteorological small satellites. This article reviews these transformation explorations to provide reference for the development of China's meteorological satellites.

**Keywords** polar orbiting meteorological satellite; satellite architecture; commercial meteorological data; small satellites ●



(责任编辑 王志敏)