

# 国外气象海洋航天装备军民融合发展现状及启示

■ 张芳

通过研究美国、俄罗斯、欧盟、日本等世界发达国家气象海洋航天装备军民融合发展现状，分析主要特点及发展趋势，得到有益启示借鉴，为推进我国气象海洋航天装备军民融合发展提供参考。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.05.007

气象、海洋、空间天气是地球科学的重要组成部分，具有很强的军地通用性，且与国防安全、资源环境、经济民生联系紧密，军民融合发展一直是气象海洋空间环境领域建设发展的重要方式。航天领域军民结合紧密、共用性强，具有典型的平战一体特征，是推动军民融合发展的重点领域。气象海洋航天装备领域更具代表性。

世界发达国家在军民融合上进行了积极探索，给我们提供了有益借鉴。本文深入研究美国、俄罗斯、欧盟、日本等国家和地区的气象海洋航天装备领域军民融合发展现状，分析主要特点、发展趋势，得到有益的启示借鉴，为推进我国气象海洋航天装备军民融合发展提供参考。

## 1 国外气象海洋航天装备军民融合发展现状

美国、俄罗斯、欧盟和日本等国家和地区的航天军民融合发展不断深化、逐步加强。针对当前全球形势和环境的变化，世界发达国家正在逐渐调整其航天发展策略与思路，其航天军民商融合发展达到了新的阶段，呈现出了新的特点，军、民、商进一步发挥各自资源优势，充分实现平战结合、国家利益最大化。

### 1.1 美国

冷战期间，美国推行了“先军后民、以军带民”的政策和军民分离的国防采办制度，由此形成军工与民用两个完全分割的市场。20世纪80年代以来，美国在建设军民融合体系时，选择了“军民一体化”模式。鉴于航天在国家安全中的重要地位，军方对军用航天高端核心力量的发展建设拥有主导权。随着商业航天成为新生力量，在不影响国家安全的前提下，最大限度发展商业航天。美国2010年《国家航天政策》

强调，“当商业航天能力和服务投入市场并能满足美国政府需求时，应该尽最大限度购买和使用这些能力和服务”“只有在关乎国家利益并且本国或国外无法提供适宜的、高效费比的商业服务或系统时，才发展政府航天系统”。通过几十年的发展，美国航天军、民、商发展平衡且互为补充，军民商融合已成为航天领域发展的常态。近期在国防预算大幅削减、空间安全环境变化以及空间体系结构酝酿变革的背景下，美国政府更加强调军民商深度融合，明确提出“最大限度采购和利用商业航天满足政府需求（包括军方需求）”，鼓励探索“在非军用平台上部署更多军事特色有效载荷”等创新的军民融合措施。美国航天的军民融合已经从“以军带民”向“军民一体化”和“寓军于民”的方向转变。

美国重视气象海洋空间环境卫星研制，建设发展和军事应用始终体现了军民融合的特点。从1960年发射世界上第一颗气象卫星（TIROS-1）以来，共发射122颗气象卫星，其中国防气象卫星52颗、军用测云卫星1颗、民用卫星69颗；已发射10颗掩星大气探测卫星（其中6颗与台湾合作）；已发射15颗海洋卫星，其中军方专用3颗；已发射54颗空间环境探测卫星，其中军方专用13颗，并在100多颗卫星上实现空间环境搭载探测。目前，有16颗气象卫星（国防气象卫星6颗、军用测云卫星1颗）、6颗掩星大气探测卫星、6颗海洋卫星和15颗空间环境探测卫星在轨运行。美国业务气象卫星包括极轨和静止轨道两个类型，极轨气象卫星分军用和民用两个系列。极轨气象卫星发展经历了军用“国防气象卫星计划”（DMSP）和民用极轨环境卫星（NOAA极轨环境卫星系列），整合为军民共用的“国家极轨业务环境卫

收稿日期：2019年7月12日；修回日期：2019年9月19日  
作者：张芳（1971—），Email: zhangfang\_vip@sina.com

星系统”（NPOESS），“国家极轨业务环境卫星系统”计划终止后重组为军用“国防气象卫星系统”（DWSS）和民用“联合极轨卫星系统”（JPSS）的历程。民用气象卫星以上下午轨道为主，军用国防气象卫星以晨昏轨道为主，极轨气象卫星降交点时间呈交叉分布，互为补充，有效提高了极轨卫星资料的时间分辨率。静止轨道气象卫星为GOES系列。NOAA极轨环境卫星和GOES由美国国家海洋与大气管理局（NOAA）管理，DMSP由美国国防部（DOD）管理。

美国在军事行动中既重视国防气象卫星的应用，又充分利用本国民用气象卫星信息资源，还适时调用欧洲气象卫星信息提供保障。美英联军在伊拉克战争中利用了4颗美国国防气象卫星、6颗民用气象卫星和2颗欧洲的静止气象卫星（Meteosat-5和Meteosat-7），共12颗军民气象卫星。美国空军、海军为了满足军事特需要素的探测需求，积极发展国防气象卫星、海洋测风卫星和军用测云卫星，同时，通过数据共享与采购模式，引入NOAA、GOES等民用气象卫星数据。美军拟实施“后续天气卫星计划”（WSF）来取代DMSP卫星发展计划，2015财年美国安排4000万美元用于发展WSF气象卫星研制，计划2020年左右发射，这标志着美军已正式启动新型气象卫星系统研制建设。

## 1.2 俄罗斯

冷战时期苏联将满足军事需求放在突出地位，导致俄罗斯航天军民发展不平衡，民与军存在较大差距。苏联解体后，为解决军事产能过剩、经济处于崩溃边缘、国防预算急剧下降等一系列遗留问题，俄罗斯政府积极推行“军转民”的军民融合措施，强调军转民要以满足国防订货、确保国家足够的防务能力为原则，并据此确定军转民的合理深度。进入21世纪，普京政府更加积极推动服务政府的航天技术转化应用，有意识地壮大航天工业能力，特别注重军民两用技术的开发和利用，以服务俄罗斯经济现代化和区域发展。

在气象海洋空间环境航天装备领域，俄罗斯将民用卫星作为近20年航天发展战略中的重要领域，形成了极轨和静止卫星组成的对地观测体系。极轨卫星已发展了3代，共发射50多颗，目前Meteor-MN1和Meteor-MN2在轨；静止轨道气象卫星已发射2颗，目前Electro-LN1在轨运行；海洋卫星已发射11颗，目前均已失效，无在轨运行。俄罗斯（包括苏联）从20世纪50年代开始陆续发射空间环境探测卫星，在地球中高层大气、电离层、磁层、太阳环境的探测方面取

得了许多重要成果，但由于国家经济衰退等原因，空间环境探测曾一度滞后。从2006年起，俄罗斯开始执行投资近110亿美元的10年空间计划，以弥补其在过去近20年由于资金困难造成的落后局面。该计划包括CORONAS和INNTER-PROGNOZ两个大型空间环境探测计划。俄罗斯通过数据共享服务，将民用卫星资料提供给俄军进行气象水文保障服务。目前，俄罗斯在轨气象卫星数量少，主要通过美国和欧洲的卫星气象数据来预报天气。

## 1.3 欧盟

欧洲航天发展起步晚，长期以来，欧洲在军事行动中一直依赖美国，军事航天发展缓慢，其军事航天规模和水平不如美国，但民用和商用航天发展较快。对于气象卫星、通信卫星、对地观测卫星、运载火箭等航天优势领域，欧洲在产业技术水平、市场份额、企业竞争力等多方面可与美国抗衡，这为军民商融合发展奠定了良好的基础。

欧洲的航天计划通常由欧盟委员会（简称欧委会，EC）和欧洲航天局（简称欧空局，ESA）发起，欧洲各国同时也开展独立的航天活动。欧洲用于航天计划和活动的经费主要有：由欧盟（EU）管理、欧委会执行的活动；由欧洲航天局成员国提供资金的活动；由欧洲气象卫星组织（EUMETSAT）的活动；欧洲各国开展的、独立于欧盟、欧洲航天局和欧洲气象卫星组织的活动。法国、德国、意大利、西班牙等国还开展了大量独立的或双边，或多边合作的军事航天计划。欧盟目前有27个成员国，《里斯本条约》明确了欧盟作为欧洲航天政策发布方的地位，同时也是欧洲航天的协调者，负责航天产品与服务需求的确定，执行竞争投标分配原则。欧洲航天局成立于1975年，是泛欧洲的民用航天管理机构，由21个成员国组成的政府间组织。欧盟和欧洲航天局在空间领域的合作日益紧密，2007年推出了《欧洲航天政策决议》。欧洲航天局作为合作伙伴参与欧盟倡导的“伽利略”（Galileo）卫星导航计划和“哥白尼”（Copernicus）等重大航天计划，或作为“技术专家”协助欧盟委员会制定相关计划或航天承包商的选择与监管等。EUMETSAT成立于1986年，它负责欧洲气象卫星的管理和规划，“建立、维护和开发欧洲的业务化气象卫星系统”是其宗旨。欧盟委员会和欧洲气象卫星组织都将卫星的采购和研发委托给欧洲航天局，由其实施航天活动。卫星发射后，欧盟委员会或欧洲气象卫星组织对卫星进行运行管理。欧洲各主要轴心国在相互协调的基础上，既分工又合作，负责军

事航天计划为主要目标的独立航天活动。

在欧洲,气象卫星发展最早,是业务化系列化最强的地球观测卫星。欧洲的气象海洋空间环境卫星数据共享水平较高。从1977年发射第一颗试验卫星至今,共发射气象卫星18颗,其中Meteosat静止轨道气象卫星15颗(4颗在轨),Metop极轨气象卫星3颗(均在轨);从1991年发射第一颗海洋动力环境卫星至今,共发射海洋卫星4颗,目前一颗测量海洋盐度的SMOS卫星在轨运行。欧洲各国的空间环境探测卫星主要由欧洲航天局统一负责计划、组织和实施,目前正在运行的卫星有7颗。

2003年,欧委会和欧空局启动“全球环境与安全监测”(GMES)计划,这是一项重大的军民两用航天发展计划。GMES计划将气象海洋空间环境卫星发展纳入其中,目标是实现全球环境监测,还涉及欧洲外交政策、维和行动、军事安全等方面的内容。该计划通过对欧洲及非欧洲国家(第三方)现有和将来将对地观测卫星数据及现场观测数据进行协调管理和集成,实现全球环境与安全实时动态监测,保证欧洲可持续发展,提升其国际影响力。GMES空间段包括欧空局的卫星、欧洲气象卫星组织运营的气象卫星系列、欧洲各国及第三方运营的民用和军民两用对地观测卫星:1)欧空局卫星。为GMES计划专门研制的“哨兵”系列卫星,“哨兵”3号卫星是全球海洋和陆地监测卫星,“哨兵”4号有效载荷已于2017年、还将于2024年分别由2颗“第三代气象卫星”(MTG)搭载升空,“哨兵”5号有效载荷则将在2020年由欧洲极轨气象卫星系统搭载升空。它们主要用于大气化学、环境污染、臭氧及气溶胶的全球实时动态环境监测。2)欧洲气象卫星组织的卫星。包括“第二代气象卫星”(欧洲业务静止气象卫星,MSG)及未来的“第三代气象卫星”和“气象业务”卫星。3)欧洲各国卫星及第三方卫星。GMES计划充分利用现有的民用和军民两用对地观测卫星。一直以来,欧盟政策倾向于军事卫星民用化,在对地观测基础设施建设和应用方面,总的发展趋势是军民技术一体化,加速军民两用对地观测技术的发展。在军用和民用数据处理方面,为保证数据源的可靠性和稳定性,一般军用和民用数据的接收处理设施分开。军民一体化的空间技术体系及其应用项目对于提高欧洲的信息获取能力,提高空间技术的应用效益和相关产业的国际竞争力具有重要作用。

#### 1.4 日本

日本没有专门的国有军工企业,主要依靠大型民

营企业发展气象海洋航天装备,民方承担了防务部门的大部分气象海洋工作,卫星研发等都由民方完成,军方只维持基本的保障力量,其“以民掩军”的融合发展程度很高。

日本自1977年发射静止轨道气象卫星GSM-1以来,共成功发射了9颗静止气象卫星,目前4颗在轨(MTSAT-1R/2、Himawari-8/9);日本没有建立极轨气象卫星系统。日本自1987年开始陆续发射了2颗海洋水色卫星(MOS1、MOS1b),地球资源卫星(JERS-1)和地球观测卫星(ADEOS-I、ADEOS-II、ALOS)上也配置了先进的海洋探测载荷,目前ALOS卫星在轨运行。日本一直致力于空间技术的发展,其发射了AKEBONO卫星、GEOTALL卫星、YOHKOH卫星和Solar-B卫星用于空间环境探测。

## 2 国外气象海洋航天装备军民融合发展主要特点

航天系统建设周期长、投入高、风险大,其技术具有典型的军民两用性,为最大限度发挥航天装备效益,实现军事航天能力的持续发展,航天大国积极推进航天军民融合式发展。

### 2.1 军民融合向深度发展

美国将军民共建完成新型的国家业务化极轨气象卫星系统。美军在发展下一代气象卫星计划中,注重航天能力军民共用,把军事需求与民用需求进行整合,与国家海洋与大气管理局联合开发极轨卫星系统以满足军事作战所需的战场气象监测与预报信息。另外,美国空军在制定长期气象卫星战略时,考虑利用商业气象数据弥补气象预报能力缺口。美国空军一些机构领导和国会议员都一致主张应当购买商业气象数据。2015年12月,美国空军在联邦商业机会(FBO)网站发布了信息征询书(RFI),表示其将利用现有或者已计划的天基气象能力,首次尝试利用有效的商业气象数据。欧盟启动了“全球环境与安全监测”(GMES)计划,这是一项重大的军民两用航天发展计划,将军民两用气象海洋航天装备纳入其中,倾向于军事卫星民用化发展。

### 2.2 重视发展军事气象卫星

1958年气象卫星的发展被列入美国国防部工作日程,美国国防气象卫星的功能,最初是基于美国对其军事敏感区实施天基侦察拍照进行气象保障,重点是提供天基云覆盖图像,目前已发展到为美国国防部在全球范围战略、战区和战术各层级各军种的军事行动,提供全球大气、海洋和空间环境多要素的探测资料。

从越南战争开始，DMSP卫星已成为美军在历次战争中获取战场环境资料不可或缺且日益重要的手段。美国国会曾八次提出将国防部所属的DMSP卫星和国家海洋与大气管理局所属的NOAA卫星合并的意向，但均未成功。其根本原因是迫切的军事需求和军事气象保障体系建设需要军方具有自主的天基探测能力。而随着NPOESS计划的调整，DMSP系列卫星及其后续发展的卫星将仍然是美军战时气象海洋和空间天气保障必不可少的军方自主天基探测手段。

### 2.3 民用不可能取代军用，军民协调发展是未来方向

由于美国政府军民共建NPOESS系统，美军的DMSP发展前景曾经一度不甚明朗。2008年，根据美国气象工作联邦协调办公室发布的“2008财年关于气象服务和支持研究的联邦计划”，美国政府公开明确，DMSP将不会因NPOESS建设及其未来业务运行而停止。军用和民用气象海洋卫星系统独立运行并行发展，军方重点发展特需要素气象卫星，民方主要发展常规要素、综合探测，军方充分利用民用卫星资源，促进气象海洋航天装备军民融合发展。

### 2.4 形成多型卫星组网探测体系

全球业务气象海洋卫星探测系统，由极轨和静止两类轨道卫星组成。极轨气象卫星为太阳同步轨道，轨道高度在600~1500 km，周期约100 min，观测的覆盖范围广、时空分辨率高、均匀一致性好，是获取全球范围内地球物理参数的重要手段，经过50多年的发展，在天气、气候、环境等领域的预报和监测中发挥了重要作用。极轨卫星又分为民用和军用两个系列。静止卫星为地球同步轨道，位于赤道上空35800 km高度，主要是获取中低纬度、大范围、高频次的资料，多用于实时保障。

美国建立了DMSP/NOAA/EOS极轨和GEOS静止轨道卫星业务体系，欧洲建立了Metop极轨和Meteosat静止轨道卫星业务体系，开展多型卫星组网探测，实现军民融合，信息共享共用。2015年4月NOAA举办了主题为“准备未来的环境卫星”的气象卫星大会，会议研究报告表明极轨卫星和静止卫星、研究和业务、国内和国际资源之间的界限开始变得模糊。极轨卫星和静止轨道卫星互补，军用卫星和民用卫星各有侧重，形成多型卫星组网的探测体系，这将是未来气象海洋卫星的发展趋势。

## 3 国外气象海洋航天装备军民融合发展启示借鉴

### 1) 统筹规划论证，加强顶层设计

贯彻统一规划、联合论证的原则，在国家层面成立专门工作机构，由国家气象、海洋部门、军队有关部门和科研院所的专家组成联合论证组，充分考虑气象海洋领域军事和民用需求，科学规划气象海洋航天装备建设发展，统筹论证发展规划，加强顶层设计，促进军、民、商协调发展。优化军民融合发展战略布局，推动从国家顶层到各个区域军民融合发展的“一张图”规划、“一盘棋”建设，增强国家军民融合发展的整体性、协调性。要强化战略规划，加强督导检查、建立问责机制，强化规划刚性约束和执行力。

### 2) 建立协调机制，突出共建共用

军民融合是个系统工程，事关国家和军队的大事，涉及面广、组织程序复杂，体现国家意志。今后一个时期军民融合发展，要加快形成全要素、多领域、高效益的军民融合深度发展格局，努力形成统一领导、军地协调、顺畅高效的组织管理体系，国家主导、需求牵引、市场运作相统一的工作运行体系。建立自上而下统筹协调机制，设国家级跨部门协调委员会，从全局统筹协调军用与民用或商用气象海洋航天装备的发展建设。设立行业内的军民协同机制，中国气象局、自然资源部及军队有关部门联合设立气象海洋航天装备军民融合管理机构，协调军地双方一体化建设和应用事项。

在系统建设和运行管理方面，主要采用军建军民共用、民建军民共用、商建采购服务三种模式。对具有军事特需气象海洋要素探测功能的卫星系统，采用军建军民共用模式；对于按照国际惯例公益性的气象海洋卫星系统，采用民建军民共用模式；对于星上搭载的载荷单一、数据产品商业性强的微小卫星系统，在保证信息安全的前提下，可以采用商建采购服务。

### 3) 强化系统集成，注重技术一体化

气象海洋卫星系统载荷类型多，研制要求高，覆盖了微光、可见光、红外和微波等波段，星上载荷的研制应重点依托地方工业部门和研究所。应用系统中各种大气和海洋环境要素的反演理论和算法非常复杂，应重点依托军地科研单位和院校开展研究，部分科研实力强的商业公司也可以参与技术研究。

在未来气象海洋航天装备地面系统建设中，军、民、商应按照统一的体系结构开展建设，把互操作性和兼容性融入系统。在系统集成、部组件配套上遵循统一的标准和接口，实现军、民、商系统的一体化处理、分发和共享。军方在充分利用民用、商用遥感卫星资源的同时，要更多关注系统的安全防护措施以及应用的兼容灵活性。系统集成和部组件配套可依托军

地相关单位,采取招标和订购相结合的方式,保证系统的兼容性和可靠性。要积极引导商业公司参与装备的研发和集成,充分利用地方的先进技术资源、设备资源和人力资源,提高建设、升级改造和后期维护的延续性。

#### 4) 健全政策法规,规范融合运行

国家政策奠定军民融合的基础,法律法规规范军民融合运行。国家政策决定着技术创新的方向和发展力度。制定军民融合发展政策法规,横向到边,纵向到底。完善气象海洋卫星研制生产、发射测控、运行管理,以及地面应用系统数据接收、图像处理、产品生产应用等领域的军民融合政策法规,做到各业务领域政策法规全覆盖。统筹设计气象海洋航天装备领域各层级的军民融合政策,区分国家、机关部委、业务部门和军委机关、大单位、基层部队业务及科研院所等不同层级的特点,做到政策法规各层级全覆盖。

增强气象海洋航天装备军民融合法规的针对性和指导性,突出重点,急用先行。抓紧制定气象海洋卫星管理使用、遥感数据共享等方面的军民融合政策法规,形成军民遥感卫星相关数据共享能力,加快气象海洋航天装备领域军民融合发展改革步伐,充分发挥遥感卫星数据在经济建设和国防建设中的作用。研究制定气象海洋卫星军民一体管控指导意见、战时地方支援保障军队气象海洋卫星信息、征用民方气象海洋卫星资源的信息支援政策等。要强化法治保障,善于运用法治思维和法治方式推动军民融合发展,充分发挥法律法规的规范、引导、保障作用。

#### 5) 统一技术标准,确保数据安全共享

当前,各业务部门分别处理生产气象卫星资料,按业务渠道分头各自保障,信息资源管理自成体系,数据产品格式不统一,难以实现军民气象海洋遥感数据资源融合共享,影响了航天装备效能发挥。数据共享标准规范亟待完善。现有气象海洋航天遥感数据共享方面的标准少,很多单位自行制定业务规范,没有形成统一规范的行业标准,更无法形成跨部门、跨行业的国家标准,没有从国家层面统筹考虑各类遥感数据的共享与交换服务应用。要按照“军民商通用”的原则完成标准的制定和编写,加快建立我国气象海洋航天遥感业务技术数据标准体系。气象海洋遥感数据一般具有大尺度和低空间分辨率的特点,保密性主要体现在特定产品、特定区域和特定时间段等方面,针对军事工作的特殊性,应制定相关数据保密分级规定,采取具有针对性的降解密措施,确保数据安全

共享。

#### 6) 搭建资源共享平台,满足应用服务需求

借鉴美国创建军民一体化科技产业链、建立军民信息交流平台等手段,参考高分专项资源共享服务平台和军民数据交换中心建设经验和模式,建设气象海洋卫星遥感数据军民一体化平台,采用分布式存储、虚拟整合的云存储管理模式进行数据共享服务。平台对用户进行实名登记,按级别定义使用权限,民口用户按实名登陆、浏览、购买和下载使用产品,军队用户实行订单式服务。平台建设坚持“军用优先”原则,战时军队对平台具有绝对控制权;坚持按权限、分级使用原则,区分不同业务部门和个人限定使用权限;坚持合理定价,在符合保密和安全要求的前提下,把气象海洋遥感卫星数据资源转化为经济效益。平台应具有任务统筹功能,军民用户均可通过平台提交观测需求,平台根据用户权限和需求统筹规划观测,以满足不同用户的使用要求。

## 4 结语

军民融合是兴国之举,强军之策。研究世界发达国家气象海洋航天装备军民融合发展现状,分析其经验做法、主要特点及发展趋势,得到有益的启示借鉴。气象海洋领域军民融合具有先天优势,气象海洋航天装备建设发展军民结合紧密、共用性强,具有典型的平战一体特征。为推进我国气象海洋航天装备军民融合深度发展,要注重顶层设计、建立协调机制、强化系统集成、健全政策法规、统一技术标准、搭建资源共享平台。

### 深入阅读

- 黄志澄, 2015. 美国航天军民融合向深度发展. 卫星应用, (11): 30-34.  
 李云, 2016. 美俄欧航天军民融合思路与措施研究. 卫星应用, (8): 12-17.  
 马鹏飞, 葛腾飞, 2017. 美国太空军民融合研究. 国防科技, (4): 20-23.  
 盛永伟, 1994. 发展中的欧洲气象卫星计划. 遥感信息, (12): 40-41.  
 徐菁, 2010. 欧洲全球环境与安全监测计划将全面运行(上). 中国航天, (6): 33-36.  
 徐菁, 2010. 欧洲全球环境与安全监测计划将全面运行(下). 中国航天, (7): 22-27.  
 叶选挺, 刘云, 2007. 美国推动军民融合的发展模式及对我国的启示. 国防技术基础, (4): 41-44.  
 于川信, 2016. 论军民融合发展战略的四个关节点. 中国军事科学, (6): 109-113.  
 朱鲁青, 2014. 欧洲航天局管理模式和政策分析. 国际太空, (10): 58-61.

(作者单位: 61741部队)