

世界和我国气象卫星数据共享服务现状与展望

■ 咸迪 李雪 徐喆 钱建梅

自1960年世界上第一颗气象卫星升空以来,气象卫星应用不断深化,美国、欧洲、日本、俄罗斯、印度等先后建立了各具特色的气象卫星应用服务体系,大大推进了卫星资料在气象及相关领域的应用。我国气象卫星和卫星气象事业经过40多年的发展,已逐步形成以风云极轨和静止两个系列气象卫星为主的气象卫星观测业务体系,为国家减灾防灾和应对气候变化提供了有力支撑。通过风云一号、风云二号和风云三号卫星地面应用系统的建设,国家卫星气象中心综合利用CMACast、卫星直收站、地面宽带网、业务内网和互联网技术,逐步建成了一套天地一体化的气象卫星数据共享服务体系。

我国气象卫星数据共享服务主要经过三个发展阶段。第一阶段为20世纪80—90年代末,气象卫星由初期的试验卫星逐步转入在轨业务运行,性能相对稳定,同时形成了包含大型计算机构成的地面资料接收处理系统,卫星数据主要用于大型科研项目以及对重大天气和遥感事件的监测中,数据共享服务介质以磁带为主;第二阶段为20世纪90年代末至21世纪初,极轨卫星和静止卫星的观测方式、精度以及频率都有了较大发展,使气象卫星数据需求逐步扩大,并随着计算机逐渐普及以及互联网的出现,利用数据库管理系统,也使共享服务手段得到提升,第一次建立起通过互联网对指定用户提供气象卫星数据共享服务的平台;第三阶段为21世纪初至今,气象卫星仪器和数量不断增加,每日存档数据量逐步增长至TB级别,公众和专业人员对气象卫星数据的需求不断扩大,互联网逐渐成为数据共享服务的主要手段。



到2014年,每日在国家卫星气象中心存档的卫星数据产品共计92类,数据量2.2TB,存档总量达到6.5PB,其中风云三号卫星的数据量最多,占总存档量的84%。

目前主要以美国、欧洲、日本和中国为主的国际气象卫星数据共享机制已经日臻成熟,世界气象组织(WMO)和地球观测组织(GEO)在其中起到领导和协调的作用,并搭建了全球卫星数据和产品的共享平台。

一、国际气象卫星数据共享情况

1. 国际组织领导下的全球气象卫星数据共享

WMO从2003年起开始建立一个通用、综合、高效的信息服务平台(WIS),用于支撑WMO各项计划及各个成员之间的数据共享,WIS中的资料存档服务中心(DCPC)承担了包括气象卫星的数据共享服务功能。GEO从2005年正式提出地球观测数据卫星分发系统(GEONETCast)的概念,目前由中国气象局(CMA)、美国国家海洋和大气管理局(NOAA)和欧洲气象卫星应用组织(EUMETSAT)分别运营覆盖全球的数据广播分发系统(CMACast、GEONETCast Americas和EUMETCast),借助通信卫星,把地基和空基观测数据产品及时传送给广大用户,目前已经拥有超过3000个用户。

2. 美国的公益性气象卫星数据共享

美国在气象卫星遥感数据共享方面一直走在世界前列,凡是政府资助产生的数据均采用“完全与开放”数据共享政策和公益性共享机制。美国通过多个政府机构,将采

集的各类气象卫星遥感数据和产品向全球开放,为全球科学工作者提供便利的数据服务。

美国国家航空航天局(NASA)的数据共享服务基于1990年成立的分式动态数据中心(DAAC),目前共有12个数据中心,数据量每天都在大幅增长中,如Terra卫星每天大约新增194GB的数据。用户通过登录任何一个DAAC的EOS数据门户网站(EDG),均可在一个统一的界面上搜索、订购或下载数据。

NOAA负责运行管理多颗静止和极轨卫星,国家环境卫星数据和信息中心(NESDIS)直属于NOAA,负责提供由卫星和其他来源获取得到的全球环境数据。

3. 欧洲气象卫星数据共享

欧洲的气象卫星数据共享服务在欧盟的基本框架下,以EUMETSAT为主导,主要为欧洲各个成员国和科研业务用户提供气象卫星数据的共享,目前有两种方式:EUMETCast广播和EUMETSAT网站。准实时数据用户可以通过搭建广播接收系统,接收EUMETCast广播的气象卫星数据以及其他气象资料,其他用户通过EUMETSAT网站直接注册用户,并实现历史数据的检索和下载。

二、我国气象卫星数据共享状况

1. 气象卫星服务数据和产品

经过40多年的发展,我国已经成功发射14颗风云系列气象卫星,其中静止轨道气象卫星(风云二号)7颗,极地轨道气象卫星7颗(其

中风云一号4颗，风云三号3颗)。除此之外，国家卫星气象中心还存储了从20世纪80年代至今，接收处理的美国、日本和欧洲20多颗卫星的数据产品。随着卫星仪器的时间分辨率、光谱分辨率和空间分辨率的逐步提高，数据产品种类越来越丰富，数据量也越来越多。到2014年，每日在国家卫星气象中心存档的卫星数据产品共计92类，数据量2.2TB(图1)，存档总量达到6.5PB，其中风云三号卫星的数据量最多，占总存档量的84%。

静止和极轨两个系列气象卫星的数据产品根据卫星和仪器的特点不同而各具特色(表1)。我国第一代静止气象卫星风云二号共分为三个批次:01批卫星包括两颗星FY-2A和FY-2B,属于试验型地球静止气象卫星;02批有三颗卫星FY-2C、FY-2D和FY-2E,为业务型地球静止气象卫星;03批有三颗星FY-2F、FY-2G和FY-2H,主要业务定点位置在东经86.5°、105°和112°,实现了对欧亚大陆和太平洋中西部的覆盖。风云二号卫星的数据产品以高时效、高时间分辨率图像产品为主,主要用于天气分析,特别是用于中尺度强对流灾害性天气系统临近预警和预报,监视生命周期较短的中小尺度天气系统等。我国极轨气象卫星目前已经发展了两个系列(风云一号和风云三号),风云一号共4颗卫星,FY-1D作为该系列的最后一颗业务卫星,已经于2012年停止运行。风云三号共分为三个批次,01批卫星包括两颗星FY-3A和FY-3B,属于试验型极轨气象卫星;02批包括两颗卫星FY-3C和FY-3D,为业务型极轨气象卫星;03批暂定为四颗卫星,在仪器性能和运行模式等方面将有更多改进。极轨气象卫星具有全球观测能力和高分辨率两大特点,可以以比较高的时间频次和分辨率观测地球两极地区,可以为中期数值天气预报提供全球海温、湿度、云和辐射等气象参数,同时监测大范围的自然灾害、生态和环境变化,实现

对全球变化的跟踪和监测。

2. 数据共享服务现状和成果

天地一体化的数据共享服务体系利用现代化的通信、网络和IT技术,通过通信卫星、气象卫星自身、气象宽带网以及互联网,为不同需求的用户提供获取气象卫星数据的多种渠道:卫星广播(包括直收站和CMACast)、专线网络(中国气象局地面宽带网)、互联网以及人工协议服务。

随着数据共享服务体系的逐步完善,国家卫星气象中心已经实现完全自动化的数据检索共享系统,风云卫星遥感数据服务网(<http://satellite.nsmc.org.cn>)自2005年开通以来,逐渐受到广大气象卫星数据用户的认可,已经成为中国风云卫星用户获取风云卫星数据以及相关卫星数据的主要途径之一。每年对外共享数据超过400TB,为400多个各类国家、省部级项目提供气象卫星数据支持。服务领域不仅主要包括国内外气象、遥感、环境、航空航天、农林牧渔等传

统行业,同时也在建筑、电力、水利、汽车、石油、医学、质检等其他领域发挥重要作用。

网站注册人数和数据订单也逐年增多,2014年的订单数(42284个),较2005年增长26倍。风云卫星数据得到广大用户的认可,在网站订单的统计结果中,风云卫星数据的文件数占总体的97%,数据量占总数据量的90%。

3. 用户空间和行业分布

风云卫星遥感数据服务网通过全自动化的数据准备流程,在无人值守的情况下实现7×24小时的数据订购和服务。截至2014年,网站注册用户已经超过3.3万人(图2)。国内注册用户分布在全国各地,包括港澳台地区在内的所有省(市、自治区)。除此之外,来自全世界70多个国家的用户也通过英文网站下载风云卫星遥感数据。

根据现有用户资料统计分析表明,网站国内注册用户主要来自于121个行业,其中47%的用户来自于教育

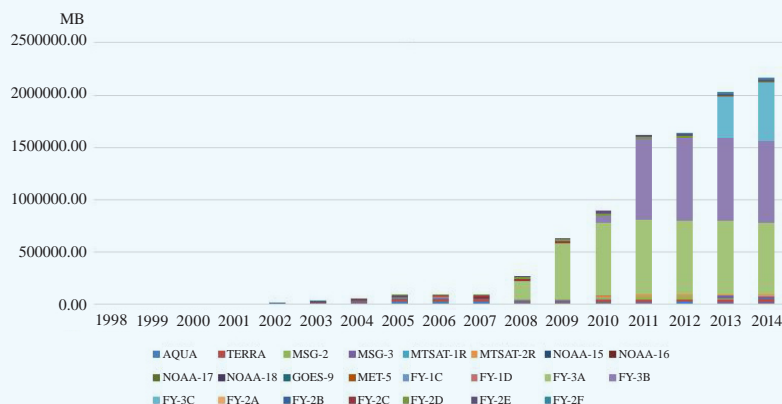


图1 国家卫星气象中心每日卫星数据存档数据量 (1998—2014年)

表1 静止气象卫星和极轨气象卫星数据产品分类对比

产品分类	静止气象卫星数据产品 (以FY-2G为例)	极轨气象卫星数据产品 (以FY-3C为例)
1级数据	可见光扫描辐射计(VISSR)1级数据	12个仪器的1级数据
图像产品	标称投影图像产品,中国大陆区域、海区等区域分区图产品,网站和电视服务产品	极轨卫星全球拼图
大气产品	云检测、云分类、云迹风等	大气温湿度廓线、大气可降水等
海洋产品	海面温度等	海冰覆盖、海面温度、海面风速等
陆表产品	地表温度、雪覆盖等	植被指数等
辐射产品	黑体亮度温度、射出长波辐射等	射出长波辐射、大气顶扫描视场辐射等
空间天气产品	空间环境监测等	太阳辐照度、地球辐射收支、空间环境监测等

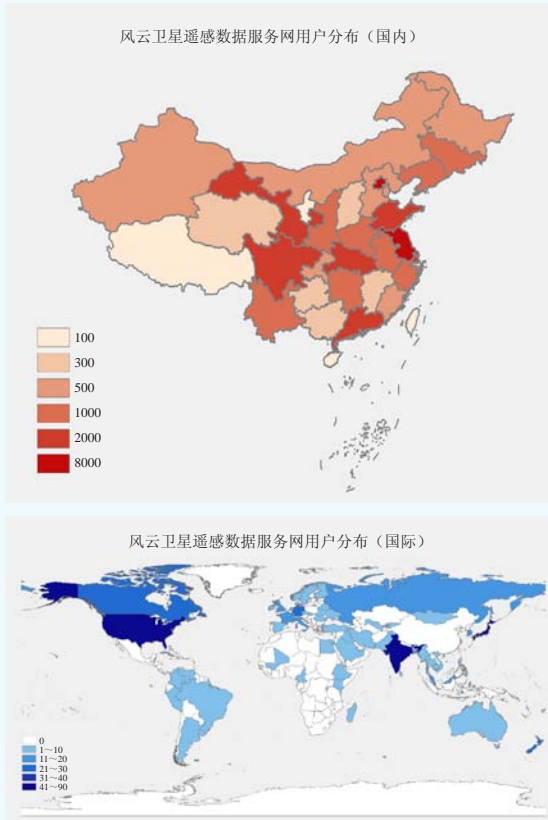


图2 风云卫星遥感数据服务网国内和国际用户分布

行业，这些用户主要由高校教师、本科、硕士和博士研究生构成，专业以遥感和大气科学为主；18.6%的用户来自于气象行业；14.9%的用户来自于研究和试验发展行业，即中科院、农科院等相关科研行业。电力、国家机构、生态保护、工程技术、电气制造业和农业等行业也是主要用户来源。

4. 数据用途分析

经过多年的应用实践和数据免费共享，气象卫星数据逐步得到国内外用户的认可，在气象及相关领域中得到了广泛应用（图3），包括预报研究、遥感监测、生态环境监测、气候变化研究、大气污染防控、重大气象服务和气象要素特征分析等方面。

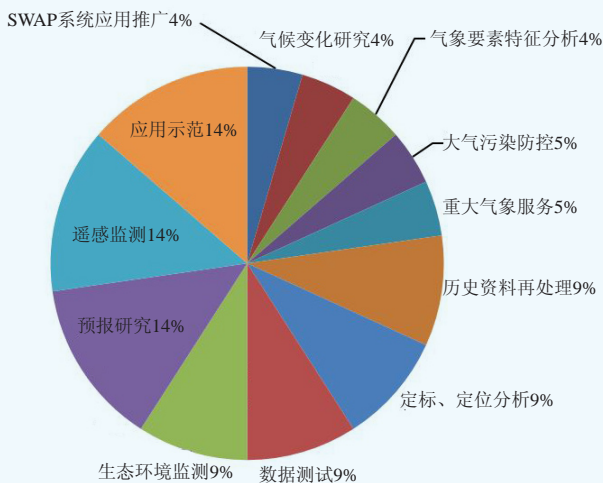


图3 风云卫星遥感数据主要用途

5. 卫星数据在科学研究中的应用

为了进一步跟踪用户对风云卫星数据在获取、应用、质量等方面的需求，国家卫星气象中心从2013年开始对网站用户开展大范围的用户调查。通过分析2014年的调查结果，可知风云卫星数据已经在各类科研项目中得到广泛使用，所有参与调查的用户利用卫星数据在正式刊物上发表文章226篇，其中中文文章192篇，英文文章34篇，重点支持各类科研项目611个（表2）。

表2 风云卫星数据支持各类项目

项目类型	项目数
国家自然科学基金	129
省级研究项目	122
公益性行业科研专项	108
国家973计划	55
市县局研究项目	51
国家863计划	47
局小型基建项目	45
国家科技支撑计划	36
国家重点科技成果推广计划	7
全国教育科学规划课题	7
国家杰出青年科学基金	4

三、我国气象卫星数据共享趋势展望

1. 卫星观测能力不断提高

随着我国气象卫星的不断发展，卫星监测手段将更加丰富，时空分辨率和光谱分辨率均有所加强，同时卫星的寿命和运行成功率也随之提高，可以为用户提供更加精确、稳定的服务。

风云三号（03批）卫星在不断改进现有仪器观测性能的基础上，还有可能增加降雨雷达卫星和晨昏轨道卫星。降雨雷达卫星可以克服雨量站和地基雷达的局限，实现对降水更准确的监测和预警。晨昏轨道卫星将完善和丰富我国现有的现代气象业务观测体系，可向我国的8点钟会商业务及时提供微光、红外和微波的综合观测信息，也可以在凌晨时刻提供针对台风、暴雨和强对流等的卫星监测。

风云四号系列卫星将在未来两年内发射，将提供更高时空分辨率的观测数据，同时也提供了更加机动的区域扫描功能、闪电定位以及垂直探测的能力。

2. 卫星遥感产品更加丰富

卫星遥感产品从定性分析逐渐发展为定量化遥感。随着定位和定标技术的不断发展，风云三号卫星地面应用系统将建立稳定的数据质量检验系统，可以为用户定期提供风云卫星数据的质量检验报告，利用多源空基和地基探测数据提高风云卫星遥感产品的精度。产品内容越来越丰富，涵盖大气产品、温湿度廓线产品、辐射产品、地表产品、海洋产品和大气成分产品，在空间和时间上全面弥补地面气象观测站和雷达的缺陷。同时，也可以为数值预报提供更加丰富的卫星同化产品，提高数值预报的准确率。

3. 天地一体化的数据共享服务体系日趋完善

随着IT技术的迅猛发展，国家卫星气象中心积极探索采用新技术实现气象卫星遥感数据的快速服务和精细化服务，完善新一代天地一体化的数据共享和服务体系（图4）。在数据可视化、数据分发以及遥感应用等方面不断推陈出新。未来将在国家级层面，依托于海量分布式存储与国家级CIMISS平台，实现实时更新的风云卫星数据PB级全集（历史数据与实时数据）直达用户

桌面共享。在省级层面，依托于天上卫星直接广播、CMACast播发、地上CIMISS系统分发，实现内容互补、互为备份的实时卫星数据高效服务。国家级与省级卫星数据共享形成固化统一的卫星数据与定量产品编目结构，与卫星遥感应应用平台无缝连接，透明调用。同时不断丰富卫星数据产品，借助互联网和移动互联网技术，搭建开放数据平台，推进卫星数据的产业化发展。同时，气象卫星遥感数据作为国家民用空间基础设施建设的一部分，与陆地卫星数据中心、海洋卫星数据中心互相支持、互为补充、互为备份，共同推进遥感卫星数据资源的共享。

基于气象卫星各种能力的不断加强，国家卫星气象中心通过后续气象卫星地面系统工程建设，逐步形成以国家卫星气象中心数据中心为主中心，建设一个数据备份中心，多个地域分中心的分布式天地一体化数据共享和服务体系。

4. 服务手段趋于多元化

1) 针对气象行业用户：借助气象信息化建设，充分利用卫星广播和地面专线，实现国省一体的卫星遥感数据服务，根据对静止卫星和极轨卫星的不同需求，为MICAPS和遥感应用平台提供及时、高效、专业的数据支撑；

2) 针对专业用户：大力发展国家民用空间基础设施——气象卫星

数据中心，与陆地卫星、海洋卫星两大数据中心互为补充，公开长时间序列卫星数据集，开放算法和数据集交流共享平台，为国内外遥感专业用户提供天地一体化的数据共享服务；

3) 针对企业用户：利用公有云等IT新技术，开放企业级数据检索和可视化产品调用接口，通过支持若干个应用示范项目，为企业创新和万众创业提供丰富的卫星数据产品接入平台；

4) 针对公众用户：根据公众需求，开发多元化的增值服务和产品，并开放数据接口，支持多样化的客户端平台，建立可视化的演示平台，同时与高校、公开课组织合作，加强风云卫星遥感数据的科普和培训，让更多的公众了解卫星气象知识；

5) 针对国际合作用户：加强与美国、欧洲、日本等国家以及WMO、GEO等国际组织的合作，以卫星广播和国际交换为主，同时辅以公有云技术，为不发达地区和其他国际用户提供风云卫星数据服务。

深入阅读

冯筠, 高峰, 黄新宇. 2005. 构建天地一体化的全球对地观测系统——三次国际地球观测峰会与CEOSS. 地球科学进展, 12(20): 1327-1333.

钱建梅, 孙安来, 徐喆, 等. 2012. 风云气象卫星数据存档和服务系统. 应用气象学报, 23(3): 369-376.

施进明, 钱建梅, 林曼筠. 2010. 新一代遥感数据中心建设的关键技术. 气象科技, 38(4): 472-477.

杨军, 董超华, 等. 2011. 新一代风云极轨气象卫星业务产品及应用. 北京: 科学出版社.

张鹏, 杨磊, 谷松岩, 等. 2015. 晨昏轨道卫星的气象应用需求分析. 气象科技进展, 5(2): 6-12.

(作者单位: 国家卫星气象中心)



图4 天地一体化的气象卫星遥感数据共享服务体系