姜灵峰. 2017. 我国气象卫星资料在气象业务中的应用进展与展望[J]. 气象与减灾研究,40(2):159-163.
Jiang Lingfeng. 2017. Progress and prospect of the application of satellite data in meteorological services in China[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 40(2):159-163.

我国气象卫星资料在气象业务中的应用进展与展望

姜灵峰

中国气象局 国家卫星气象中心, 北京 100142

摘 要: 气象卫星发展是国家气象现代化的重要标志,卫星资料在气象预报预测、防灾减灾、应对气候变化和开发利用气候资源中充分应用是气象卫星发展的根本目的。文中回顾了 2005—2015 年我国气象卫星业务服务能力提升进展情况,并对气象卫星资料在数值预报、天气分析、气候与气候变化、环境与灾害监测评估、农业气象等领域应用进行了分析总结,并对未来气象卫星技术发展和应用趋势进行了展望。

关键词:气象卫星,资料应用,气象业务,展望
中图分类号: P405 **文献标识码**: A **文章编号**: 1007-9033(2017)02-0159-05
doi:10.12013/qxyjzyj2017-024

Progress and Prospect of the Application of Satellite Data in Meteorological Services in China

Jiang Lingfeng

CMA National Satellite Meteorological Centre, Beijing 100142, *China*

Abstract: Meteorological satellite development is an important symbol of national modernization of meteorological. The full application of meteorological satellite data in weather forecasting, climate prediction, disaster prevention and mitigation, climate change and development and utilization of climate resources is the fundamental purpose. In this paper, the progress of China's meteorological satellite service ability in numerical weather prediction, weather analysis, climate and climate change, environment and disaster monitoring and assessment, agricultural meteorology are summarized from 2005 to 2015. And at last, the future the future development and application of meteorological satellite technology trends is proposed.

Key words: meteorological satellite; date application; meteorological service; prospect

0 引 言

气象卫星发展是国家气象现代化的重要标志,在气象预报预测、防灾减灾、应对气候变化和开发利用气候资源中充分应用卫星资料,是气象卫星发展的根本目的。为此,中国气象局制定了《气象卫星应用发展专项规划(2010—2015 年)》,对推进卫星资料在气象业务中的应用进行了全面部署。近年来,通过实施《气象卫星应用发展专项规划(2010—2015 年)》,我国卫星资料在气象业务中的应用取得了重大进展。

1 我国气象卫星业务服务发展现状

1.1 气象卫星业务能力持续提升

1.1.1 全球资料获取时效大幅提高

"十二五"期间,我国依托气象卫星系统工程建设,静止气象卫星形成了"多星在轨、统筹运行、互为备份、适时加密"的业务格局(杨军和刘健,2014),实

收稿日期: 2017-03-02; **修订日期**: 2017-06-10.
基金项目: 2016 年度中国气象局气象软科学研究自主申报项目"《气象卫星应用发展专项规划》实施评估研究".
作者简介: 姜灵峰,硕士,工程师,主要从事气象卫星资料分析工作, E-mail: jianglf_emailww@aliyun.com.

现了每 15 min 一次全圆盘观测以及最高 6 min 一次的区域观测;极轨气象卫星完成了从试验应用型向业务服务型的转变,全球资料获取时效由 6 h 提高到 2 h(表 1)(方宗义,2014;中国气象局和国家发展和改革委员会,2011)。

表 1 我国气象卫星获取时间进展

Table 1 Meteorological satellite acquisition time progress in China

年份	单颗静止气象卫星获取一次云图时间/min	卫星全球资料获取时效/h
2010	30	3
2011	30	3
2012	30	3
2013	30	3
2014	30	3
2015	6	2

1.1.2 加密观测不断增多

2010—2015 年启动加密观测累计达到 68 次,年均 13.6 次,其中 2013 年和 2015 年分别达 23 次、15 次之多(表 2),为做好重大天气过程预测预报和为国家重大活动提供气象保障发挥了重要作用。

表 2 2010—2015 年我国气象卫星加密观测统计

Table 2 Statistics table of satellite encrypted observation from 2010 to 2015 in China

年份	启动加密观测/次	针对性的重大服务内容
2010	4	在主汛期、上海世博会、广州亚运会和亚残会期间 4 次启动风云二号 D/E 双星加密观测
2011	4	为深圳第 26 届世界大学生夏季运动会和台风“纳沙”提供风云二号 C 星 10 min 区域加密观测,取得良好的服务效果
2012	12	提升了对台风等灾害性天气及重大气象服务保障活动的支撑能力
2013	23	在四川芦山抗震救灾、汛期气象服务及台风监测中发挥重要作用。及时启动空间与重大灾害国际宪章,为嫩江、松花江及黑龙江流域强降水气象服务提供利用高分辨率的光学影像和雷达卫星影像数据制作的水体监测图和分析报告
2014	11	在汛期气象服务及台风监测中发挥了重要作用
2015	15	累计获取 5967 幅云图资料,为台风、暴雨等强对流天气监测及重大活动气象保障服务提供重要支撑

1.1.3 业务运行保障可靠

我国卫星业务运行稳定可靠,由统计数据可知,卫星资料接收、传输、处理、存档及分发成功率连续 6 a 超目标完成任务(表 3),成功率平均超过 99%,为气象预测预报业务和其他气象业务服务提供了有力支撑。

表 3 2010—2015 年我国气象卫星资料接收、传输、处理、存档及分发成功率

Table 3 Satellite data reception, transmission, processing, archiving and distribution success rates from 2010 to 2015

年份	成功率	中国气象局局考核结果
2010	99.05%	A、A、A、A
2011	99.33%	A、A、A、A
2012	98.39%	A、A、A、A
2013	98.78%	A、A、A、A
2014	99.15%	A、A、A、A
2015	99.00%	A、A、A、A

注:1. 资料来源中国气象局综合观测司年终述职背景材料;
2. “A”为超目标值完成任务。

1.2 气象卫星业务科技支撑能力显著增强

近年来,国家卫星气象中心持续完成了 FY-2D/E 卫星红外波段的业务定标更新,增强了对定标系统的监控及其定标质量的跟踪分析;改进了 FY-2 卫星低温端定标算法;完成了美国新一代极轨卫星 NPP(National Polar-orbiting Partnership)接收试验工作;完成了 FENGYUN Cast 业务切换;建立了 FY-2F 卫星 6 min 区域观测联动机制;完成主业务系统监控及手机短信报警能力建设。同时,通过各种手段及时公告卫星业务状态及轨控信息,方便用户接收卫星资料。同时,制定了《风云二号卫星业务运行安全管理实施方案》、《FY-2F 卫星业务运行方案(试行)》和《FY-2F 卫星区域加密观测管理办法》,修订了加密观测数据格式,提高分发时效,方便气象台站获取。通过卫星加密观测资料的应用,为 2013 年台风路径预报误差首次低于 90 km(达 82 km)发挥了重要作用。卫星资料实现了从定性向定量应用的转变,并在数值预报模式中实现了业务化应用,资料同化中的卫星资料占比不断提高。

1.3 气象卫星服务产品不断丰富

2011—2015 年累计提供遥感监测服务报告期次达到 5 076 期,年均达到 1 015.2 期,其中 2013 年、2015 年分别达到 1 723 期、1 306 期。与 2006—2010 年累计的 2 765 期比较,累计总期次增加了 2 311 期,年均增加了 462.2 期(图 1)。

分析 2014 年和 2015 年的卫星监测服务情况发现,2014 年上报各类监测信息和报告达 906 期,编发各类监测信息 1 481 份,在汛期服务以及马航失联、鲁甸地震、青奥会、APEC 等重大气象服务保障中发挥了关键作用。2015 年上报各类监测报告 1 306 期,各类监测服务报送 7 190 余次,其中有 10 期材料获得党中央、国务院领导批示。在汛期服务以及“东方之星翻沉”、“天津港爆炸”事件、抗战胜利

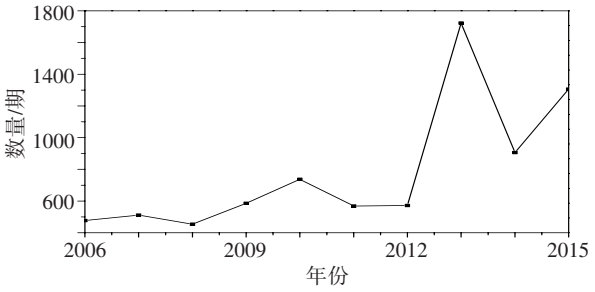


图 1 2006—2015 年遥感监测服务报告期数

Fig. 1 Reporting period of remote sensing monitoring services from 2006 to 2015

70 周年纪念活动等重大气象服务保障中发挥了关键作用。

1.4 气象卫星数据共享水平显著提升

2015年卫星数据共享平台注册用户数达33401户,为 2010 年的 1.46 倍, 2006 年的 22.5 倍;卫星数据资料网络订单数达到 41 843 单,为 2010 年的 2.01 倍,2006 年的 7.25 倍;卫星数据服务总量达到 383.3 TB,比 2010 年提升了 27.77%(图 2)。

2015 年,我国气象卫星数据共享服务水平达到了新的高度,数据存档能力大幅提升,每日存档数据量达到 4.3 TB,实现了在线数据平均准备时间 5 min、近线数据平均准备时间小于 2 h、每日数据服务量达到 3 TB 的目标,为及时监测重大天气变化情况发挥了重要作用。

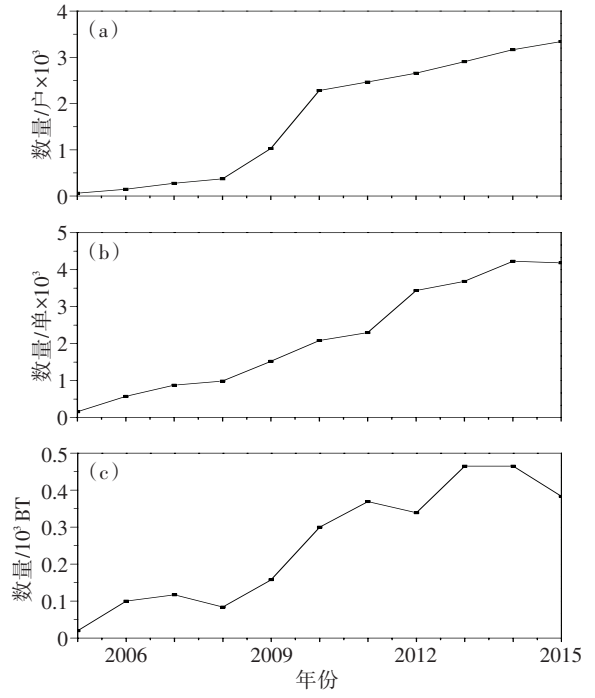


图 2 2005—2015 卫星数据共享平台(a)注册用户、(b)网络订单和(c)服务总量

Fig. 2 The total data of registered users (a)、Network order (b) and services (c) from 2005 to 2015

2 我国气象卫星资料在气象业务应用的进展

气象卫星资料应用是检验卫星科技水平和能力的重要标志。至 2015 年,我国气象卫星资料在数值预报、天气分析、气候与气候变化、环境与灾害监测评估、农业气象等领域应用取得了重大突破,极大地提升了气象卫星在气象预报预测、防灾减灾、应对气候变化和开发利用气候资源中的支撑能力。

2.1 在数值预报领域的应用

2010—2015 年,中国气象局组织了跨领域、多单位的联合攻关,突破了气象卫星资料偏差订正以及云雨大气辐射同化两大核心技术,显著提升了卫星垂直探测仪资料的同化水平。通过偏差订正,使微波通道偏差小于 1 K;建立了基于月球辐射校正的内黑体定标方法,定标精度优于 0.5 K,达到国际先进水平;观测算子中考虑云雨大气微波吸收、发射和散射过程后产生正效果。推进了风云卫星高光谱数据同化应用的预研究,建立了微波散射计洋面风场同化业务能力,使卫星风场资料同化使用率不断提高,2015 年卫星、雷达资料占同化资料总量达到 69%。

2.2 在天气预报领域的应用

2011—2015 年,组织开展了国内外卫星资料在天气预报中的应用方法对比分析,形成了适用于中国区域的云图分析方法,组织编研了《卫星天气分析预报员指导手册》。提出了热带气旋诊断分析方法,建立了热带气旋卫星综合应用平台。形成了卫星中尺度对流云团监测、追踪和外推预警方法,并在强对流天气短时临近预报业务系统中得到应用。开展了基于卫星资料的台风不同方位大风圈分析业务试验,发展了判断南海热带云团是否加强为热带低压的客观预报技术方法。实现了基于卫星反演的海雾全天候监测和洋面风估测。基于卫星的定量降水估计和订正业务,发展了基于雷达资料同化的台风短临预报技术、格点化定量降水预报技术、多源资料融合的定量降水估测技术、台风路径集合预报订正释用技术。完善了强对流概率预报技术和分等级短时强降水概率预报技术,并初步建立了 0—12 h 时效的降水格点预报产品体系,使气象业务现代化的科技支撑具备了一定基础。

2.3 在气候与气候变化领域的应用

2011—2015 年,重点解决了长时间序列卫星资料定标、定位等一系列技术难题,形成了风云气象卫星、美国 NOAA 卫星以及日本 GMS 卫星(王守荣,2012;陈光等,2015;王玉菊,2010)构成的超过 20 a 的长时间序列卫星资料与产品气候数据集,为气候和气候变化研究提供数据支撑;开发了 FY-3 卫星红外海表温度资料同化方法,实现了业务应用;利用卫星产品改进陆面模式静态参数文件,实现了卫星反演产品及辐射亮温资料的同化,建立了陆面数据同化试验业务系统。发展了卫星全球观测技术,实现对温度、降水、辐射等主要气候要素的高精度自动观测;建立了 1989—2008 年总云量、植被指数、陆表温度、对外射出长波辐射和积雪覆盖等长时间序列卫星产品,生成了 1989—2008 年中国区域火点、太湖蓝藻、渤海海冰、湖泊水体等历史数据库和台风专题产品数据集。

2.4 在环境与灾害监测领域的应用

到 2015 年,形成了一系列卫星遥感监测产品行业标准,优化了卫星遥感监测技术流程,完成了典型卫星遥感产品的地面真实性验证。拓展了灾害遥感监测业务领域,主要针对暴雨洪涝、雪灾、冻害、森林草原火灾等灾害以及蓝藻、赤潮暴发等环境事件,形成了典型灾害和环境事件的预警与评估业务能力。利用卫星资料,生成了臭氧总量、气溶胶光学厚度产品;利用国外环境卫星资料,开发形成了二氧化氮、二氧化硫、甲烷、二氧化碳、一氧化碳反演方法,填补了国内大气成分卫星遥感的空白。通过星地观测结果的对比与融合,实现了卫星资料在大气成分数值模式中的同化应用。特别是开发了臭氧总量、气溶胶光学厚度等基于风云卫星的新型产品,其中 FY-3 气象卫星臭氧总量产品已纳入世界气象组织全球臭氧空洞监测计划,提升了风云卫星的国际影响力。

2.5 在农业气象领域的应用

2011—2015 年,建立了农业干旱监测新方法,优化了不同卫星遥感监测模型;集成了农业干旱的卫星遥感监测业务系统;建立了我国森林、草地等自然生态区植被覆盖度、植被叶面积指数、植被净初级生产力等生态参数遥感反演模型,研究了自然植被生态质量定量监测评估方法;建立了以风云气象卫星资料为主的生态遥感监测评估业务流程及规范。到 2015 年,通过气象卫星遥感、农业气象地面观测等手段,动态开展了国内及国外主要产粮国农作物长势监测和产量预报,国内粮食总产量预报准确率达 99.9%,整体稳定在 99%以上。

2.6 气象卫星资料应用的基础支撑能力

2011—2015 年,建立了气象卫星产品误差分析系统,为卫星用户提供了各类产品评估报告;实现了为全国气象卫星用户提供统一的数据处理与分析平台,建立了统一的遥感应用平台和风云卫星产品质量监视系统,对 10 种主要的气象卫星产品进行实时业务监控,确保了卫星数据的稳定性;实现了为全国用户提供方便快捷的实时和历史气象卫星数据获取手段。

3 我国气象卫星资料在气象业务应用的展望

3.1 气象卫星技术发展

未来 5 a,是我国气象卫星发展进一步缩小国际先进水平差距的重要战略机遇期。到 2020 年,我国将有 3—5 个定量产品质量达到国际同期先进水平,我国极轨气象卫星将发射 3 颗上午星、2 颗下午星和 1 颗降水测量雷达星。红外波段定标精度优于 0.5 K。在保证核心遥感仪器可靠性、稳定性和高探测精度基础上,将增加 GNOS(global navigation satellite system)掩星探测仪、近红外高光谱大气温室气体监测仪、紫外可见光高光谱监测仪、红外高光谱大气探测仪、风场散射计和双频降水雷达等新型试验遥感仪器。通过与星载被动遥感仪器观测和地面观测等多源遥感数据的融合,将获取更准确、更丰富、更大范围的三维定量信息,为提高天气预报准确率和防灾减灾能力提供支撑。近红外高光谱大气温室气体监测仪可探测全球二氧化碳、甲烷等温室气体分布及总量,为全面掌握气候变化事实和科学规律、加强应对气候变化能力建设提供客观的科学依据。

3.2 气象卫星资料应用

到 2020 年,将形成卫星资料同化关键技术支撑体系、较准确的辐射传输模式系统和再分析数据一致性诊断优化系统,支撑数值预报的卫星资料占 GRAPES 所同化观测资料达到 80%以上(蒲春梅和王延清,2006;方宗义,2014);将建立卫星天气分析云型特征库和云型自动提取方法,以提高新一代静止气象卫星资料在天气分析中的应用水平;研发暴雨、强对流多源卫星综合监测预警方法,实现强对流云团提前 1 h 预警。建立全球主要污染气体(二氧化氮、二氧化硫)的卫星遥感监测系统,实现对全球主要污染气体的业务化监测。将利用气象卫星实时数据以及气候背景长时间序列数据,建立气候事件监测方法。进一步增强基于卫星遥感资料的森林草

原火灾、洪涝和雪灾预警的业务应用能力;完善长时间序列气象卫星水体、火点和海冰等专题信息数据集,提高对气象灾害和气候事件的卫星遥感与信息支撑能力。

参考文献(References)

陈光,陶鹏,张小秋. 2015. 日本科学技术基本计划评估分析及其对我国的启示[J]. 中国科技资源导刊,1(3):34-36. Chen G, Tao P, Zhang X Q. 2015. Evaluation and analysis of Japan's basic science and technology program and its enlightenment to China[J]. Chin Sci Technol Resour Rev, 1(3):34-36.(in Chinese)

方宗义. 2014. 气象卫星发展历程和启示[J]. 气象科技进展,4(6):27-34. Fang Z Y. 2014. Development and enlightenment of meteorological satellite[J]. Adv Meteor Sci Technol, 4(6):27-34.(in Chinese)

蒲春梅, 王延清. 2006. 信息系统规划过程的动态评估[J]. 情报杂志,3(1):125-128. Pu C M, Wang Q X. 2006. Dynamic evaluation of information system planning process[J]. J Intell, 10(1):5-8.(in Chinese)

王守荣. 2012. WMO 与 NOAA 战略规划解析[J]. 气象软科学,10(1):5-8. Wang S R. 2012. Strategic planning analysis of WMO and NOAA[J]. Meteor Soft Sci, 1(2):15-16.(in Chinese)

王玉菊. 2010. 卫星探测海洋目标的效能评估体系分析素[J]. 电讯技术,5(1):67-68. Wang Y J. 2010. System for evaluating the effectiveness of satellite based ocean targets[J]. Telecomm Eng, 5(1):67-68.(in Chinese)

杨军,刘健. 2014. 气象卫星数据产品应用和服务发展[J]. 卫星应用,10(1):5-8. Yan J, Liu J. 2014. Meteorological satellite data product applications and service development[J]. Satellite Applications, 10(1):5-8.(in Chinese)

中国气象局,国家发展和改革委员会. 2011.《气象发展规划(2011—2015)》[EB/OL]. (2011-12-08) http://www.cma.gov.cn/2011xzt/2011zhuant/20111104/2011110403/201112/t20111208_156115.html.