

莫伟华,陈燕丽,莫建飞,等. 卫星遥感在广西气象服务中应用的回顾与展望[J]. 气象研究与应用,2020,41(4):81-87.

Mo Weihua, Chen Yanli, Mo Jianfei, et al. Review and prospect of satellite remote sensing application in Guangxi meteorological service[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(4): 81-87.

卫星遥感在广西气象服务中应用的回顾与展望

莫伟华¹, 陈燕丽¹, 莫建飞¹, 丁美花¹, 赵金彪², 何立¹, 林墨¹

(1. 广西壮族自治区气象科学研究所, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

摘要: 回顾了广西气象部门近 30 年卫星遥感发展历程, 综述了卫星遥感数据采集与处理及其在天气预报、生态环境、大宗作物及气象灾害监测评估等方面的应用情况, 主要在中尺度对流系统、华南前汛期暴雨预报、植被生态质量和石漠化生态状况、甘蔗生育期遥感监测以及旱涝等灾害监测等方面发挥重要作用。未来应重点提高天气预报与预警、自然资源、生态环境、农林与海洋等遥感监测评估能力, 进一步为广西发展建设提供智能化、精准化气象卫星遥感综合服务。

关键词: 卫星遥感; 气象服务; 应用; 展望

中图分类号: P405

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.4.12

OSID:



引言

根据国家战略发展要求, 我国卫星遥感技术快速发展, 目前在轨运行的有风云(FY)、高分(GF)、海洋(HY)、环境减灾(HJ)等系列卫星, 还有时空分辨率更高的商业遥感卫星星座, 可以提供空间分辨率 0.5~1000m、时间分辨率 5min~1a、可见光到微波的多谱段、多尺度天基遥感探测能力。2020 年是我国独立自主发展风云气象卫星事业开展 50a, 实现了极轨和静止气象卫星业务化应用, 目前已经成功发射 17 颗且在轨 7 颗, 通过广大专家学者不断努力, 目前可以提供技术水平先进、业务运行稳定、可靠性强和高质量的气象卫星数据产品, 成为提高气象预报预测准确率和气象灾害监测预警时效的关键数据, 在气象防灾减灾第一道防线发挥前哨作用, 成为全球对地观测网中的主力军。联合其他多源卫星数据可以满足当前气象监测与预报、资源监测与调查、应急减灾、农林水利和国家重大工程等需求^[1-5]。

广西气象部门自 20 世纪 90 年代初开始卫星数

据实时接收与应用, 综合利用国内外多源卫星资料陆续开展了台风、暴雨、强对流、洪涝干旱、森林草原火灾、冰冻等灾害性、高影响天气以及自然生态、农林等地表环境的监测, 已在 2008 年冰冻灾害、2010 年桂西北特大干旱、2014 年超强台风“威马逊”、2016 年以来植被生态等监测评估中发挥了重要作用。本文回顾广西气象部门近 30a 来卫星遥感技术的发展历程, 综述了卫星数据采集与处理、应用服务情况, 卫星遥感在精密监测、精准预报和精细服务中不断升级进步, 在广西发展建设中发挥越来越重要的作用。立足国家战略需求, 展望了未来卫星遥感在广西精细化气象保障服务前景, 为今后开展气象卫星遥感工作提供借鉴。

1 广西气象部门卫星遥感发展回顾

1.1 卫星遥感信息采集处理

1.1.1 卫星数据采集与应用

第一阶段: 传真接收图片。广西气象部门自二十世纪 70 年代通过传真系统接收日本静止气象卫星 GMS 云图, GMS 系列卫星主要为西太平洋和东亚区

收稿日期: 2020-11-20

基金项目: 广西科技厅重点研发项目(桂科 AB20159022)

作者简介: 莫伟华(1968—), 女, 广西宾阳人, 正高级工程师, 研究方向: 生态气象与卫星遥感。E-mail: 47562933@qq.com

域提供数据服务,以打印的纸质图片形式用于台风暴雨等天气预报。

第二阶段:实时接收和 DVBS 卫星广播接收。90 年代初引进了南京大桥厂的极轨气象卫星接收设备(HRPT),实时接收美国 NOAA 系列卫星(NOAA-9~14)的先进甚高分辨率辐射计(AVHRR)5 个通道数据,星下点空间分辨率为 1.1km,1999 年更新接收设备后开始接收 FY-1 数据,2004 年 12 月开始利用 DVB-S 卫星广播系统接收 EOS/MODIS 卫星数据、FY 极轨和静止卫星数据。

第三阶段:实时接收和网络传输。2016 年在防城港市上思县建设了“风云三号极轨气象卫星省级接收站”,每天六次实时接收风云三号和美国等极轨卫星资料,数据覆盖东南亚区域和南海区域;2018 年在防城港市建设了“风云四号静止卫星省级接收站”,每隔 5min 接收风云静止卫星资料。气象卫星的实时接收大大提高了传输数据实效性和自动化处理程度。另外还可以通过内部网络方式获取国家卫星气象中心推送的我国风云系列、高分系列、国外哨兵系列雷达卫星、日本葵花卫星等多源数据,美国 LANDSAT 卫星等开放式卫星数据通过互联网下载,实现卫星数据多渠道获取。

1.1.2 卫星数据处理与改善

前期(2000 年之前):风云等极轨气象卫星遥感处理以接收系统随机配备的处理软件系统为主,功能比较简单,只能实现数据预处理、投影、图像增强,实现植被指数、地表亮温、云水识别和火情判识等产品制作基本功能。

中期(2001—2012 年):2002 年广西成立“国家卫星气象中心遥感应用试验基地”,主要任务是参加国家、部门和地方遥感科研项目试验与合作研究,对拟推广应用的遥感新技术和科研项目进行业务试验。2003 年广西参与了安徽、湖北等省联合开展的“新一代省级农业气象业务服务系统”“遥感子系统”研发,进一步解决了遥感业务应用的问题,应用功能得到提升;2005 年通过广西气象局项目“基于 MODIS 卫星数据的广西洪涝、干旱、火情遥感监测业务产品制作平台开发”,完成了具有本地特色遥感基础业务平台开发;在 2005—2007 年广西气象局重点项目“广西遥感本底信息数据库建设”资助下,利用美国 TM-ETM 数据的无缝拼接、分类识别、类别矢量化等技术实现了 30m 分辨率的林地、草地、农用地、水体、城镇和道路六类地表类型信息的栅格信

息提取、矢量化和遥感本底数据库建设;同时购置了 ENVI 和 ARCGIS 等商用遥感数字影像处理系统。

后期(2013 年之后):国家卫星气象中心研发“卫星监测分析与遥感应用系统(SMART)”和“卫星天气应用平台(SWAP)”相继在省级推广应用并持续更新,该系统综合运用了多源异构数据管理、GPU 并行计算和流驱动等现代信息技术手段,集合了国内外 8 类近 20 颗气象及高分辨率卫星海量资料,集成了自主研发的近 20 类卫星定量应用产品算法,对“一带一路”重点区域实现全覆盖,对气象防灾减灾、生态文明建设形成专题算法产品。2016 年以来,基于国内外卫星数据实现了空间分辨率达到 2m 全区本底遥感数据的全面更新;完成了广西植被生态质量综合监测评估系统、广西喀斯特地区干旱生态安全监测预警评估系统、广西植被生态保护绩效考核气象条件贡献率评价系统、广西森林和生态保护红线区卫星遥感监测生态气象保障服务系统、广西自然资源遥感监测评估系统等业务系统研发,可以实现植被覆盖度、植被净初级生产力、植被生态质量指数、植被生态改善指数、气候变化对植被影响评估、SPEI 干旱指数、气象条件贡献率评价、水源涵养和水土保持等生态气象指标计算和服务产品的规范化制作,为开展自然资源调查、生态环境监测和灾害精细化、量化评估奠定了坚实基础。2019 年成立广西生态气象和卫星遥感应用中心,使得广西气象卫星遥感服务能力更上新台阶。

2 卫星遥感在广西气象服务中应用效益

2.1 天气预报业务应用

广西地处低纬地区,主要水汽源地是北部湾、南海和孟加拉湾,冷空气通道上游是青藏高原和云贵高原,青藏高原东侧弱冷空气南下和南海季风云团对华南暴雨的发生发展起到至关重要的作用,是中尺度对流系统(简称:MCS)多发区域,MCS 暴雨灾害十分严重。气象卫星的高频次、高时效观测数据可以明显弥补地面观测分布不均的不足,通过对云图上亮度温度和云的类型、运动轨迹的分析,可以掌握强对流发生和发展过程且对其造成的降水进行预估,是提高广西局地中尺度对流系统 MCS 预报和华南前汛期暴雨预报准确率一个重要途径。

前期(2005 年以前),主要使用日本 GMS-5 和美国 GOES-9 卫星资料,探索卫星资料的应用方法和开发本地卫星资料分析工具,初步建立了天气尺

度的广西 MCS 概念模型,包括“滇黔桂涡旋云系”概念模型等。后期(2005 年以后),随着我国的 FY-2 和 FY-4 系统卫星资料的投入业务使用,逐渐把卫星资料应用研究从天气尺度推进到中尺度,并与自动站等其他资料结合使用,建立了包括锋面暴雨卫星云图概念模型、热带气旋卫星云图降水预报概念模型等广西主要类型暴雨 MCS 发生发展概念模型,研究了卫星资料暴雨阈值与垂直湿度分布特征及暴雨云团的识别跟踪技术等,并利用 SWAP 平台开展暴雨分析,为实际暴雨预报提供了支撑。2010 年开始,综合利用卫星遥感、天气雷达和地面气象自动站等实况资料开展华南西部弱冷空气检测及暴雨 MCS 发生发展概念模型研究,实现了弱冷空气活动的远、中、近无缝检测,基于暴雨过程中尺度变压场分析提出中尺度变压理论模型,设计了中尺度变压场分离算法,归纳出冷空气入侵、低涡和局地辐合等 3 大类 MCS 发生发展概念模型,基于卫星遥感的中尺度变压场的暴雨预报方法能够很好地预测强降水云团未来 2-6h 的发展变化趋势,为开展华南西部弱冷空气及时检测和更长时效的暴雨预报预测研究工作提供了基础^[6-14]。

2.2 生态环境监测评估应用

2.2.1 植被生态质量监测

2016 年在国家气象中心技术支持下,基于卫星遥感和气象观测数据,以气象学和生态学原理构建广西植被生态质量监测评估模型和指标体系,植被生态产品在省市县推广和气象品牌打造中应用,探索出植被生态气象服务地方生态文明建设气象保障服务“三级推广,品牌应用”的广西模式。

2016—2020 年连续 5a 编发《广西植被生态质量监测评估》重大气象信息专报,“广西植被生态质量和植被改善程度居全国首位”(2016 年)等结论写入自治区政府工作报告和广西成立 60 周年大庆的政府工作报告中,2017 年连续入编《全国生态气象年报》和《中国气候变化蓝皮书》,2018 年连续入编《广西壮族自治区生态环境公报》,生态效益和社会效益显著。

广西 2016 年实现植被生态质量产品在省市县三级业务服务。通过实地调研和技术培训,提升植被生态产品应用深度和服务广度,产品在地市级和县级拓展应用且获得政府关注,为当地政府开展生态文明建设提供定量化参考资料。

助力“中国天然氧吧”和“避暑旅游目的地”气象

品牌的创建。2020 年,助力蒙山县获得“国家级生态园林县城”、“全国绿化模范单位”、“国家生态文明建设示范县”等国家级荣誉,以及广西园林城市、森林县城等一批自治区级荣誉,与蒙山县政府达成“旅游气象服务建设合作框架协议”,并签约创建“中国天然氧吧”品牌项目;同时成功助力乐业、环江县、富川县申报“中国天然氧吧”工作。积极配合广西壮族自治区气象灾害防御技术中心团体标准《广西避暑旅游目的地评价指标》制定,将广西植被生态质量指数编入团体标准中。分析了 2010—2019 年广西德保县、那坡县、南丹县、灌阳县观音阁乡、临桂区黄沙乡、富川西岭等植被生态质量及其年际变化趋势,为“广西避暑旅游目的地”品牌创建提供技术支持,为贯彻落实国家生态文明发展战略、推动气象、旅游、康养领域融合发展提供技术服务支持,服务于绿色经济发展。

2.2.2 石漠化遥感监测

广西喀斯特地貌面积位居我国喀斯特土地总面积第三,占广西土地总面积的 35.1%,集中分布于桂西北地区,由于喀斯特地区生境的敏感性和脆弱性使得石漠化成为广西最严重的生态问题。该区域抵御气象灾害能力较弱,灾害区域植被生长往往会造成不可逆的破坏性影响,严重阻滞区域植被生态保护、恢复和石漠化治理。2007 年启动石漠化生态气象研究工作,通过卫星植被指数、岩石裸露度和植被实况调查数据等构建石漠化遥感监测分级模型和指标,利用 1980—2007 年 TM 卫星数据对滇黔桂三省的石漠化空间分布和等级演变规律进行了全面调查和分析,并通过秋季植被指数实现石漠化区植被遥感动态监测。依托 2013 年中国气候变化专项等多个科研项目,在石漠化演变与气候因子相互响应机制等科研成果基础上,形成植被恢复状况监测、气候条件和灾害影响定量化石漠化生态气象监测评估业务产品,2017—2019 年开始连续 3a 入编全国生态气象公报和中国气候变化蓝皮书,并在广西发改委和林业等部门编制石漠化综合治理重大工程实施和应对气候变化方案编制中应用,为石漠化综合治理、趋利避害科学利用气候资源方面提供科学参考^[15-19]。

2.2.3 融入生态保护红线划定

基于丰富的、长时间序列的气象与卫星大数据以及“3S”技术,2017—2019 年广西气象科学研究所作为核心技术团队参与广西生态环境和自然资源部门“广西生态保护红线划定”工作,按照资源环境承

载力和国土空间开发适宜性评价技术方法,开展生态功能重要性评估和生态环境敏感性评估,完成广西生态功能重要性(水源涵养、生物多样性、水土保持、防风固沙)和生态环境敏感性(水土流失、石漠化)评估,将生态功能极重要区域和极敏感区域纳入红线保护,为红线最终划定奠定了坚实的基础,积极融入了地方生态文明建设重要工作。

2.2.4 水体监测

水体识别主要方法有单波段、多波段和水体指数三种,其中单波段是选择水土表现特征最明显的近红外等某一单波段的阈值为判识参数,由阈值法或密度分割法确定水体信息;多波段则综合了多个波段的水体光谱特征,利用决策树和阈值法提取水体信息;水体指数法是基于多波段法的改进,是基于多波段的水体光谱特征分析,选取与水体识别密切相关的多个波段,分析水体与遥感光谱值之间的映射关系,构建水体指数模型再由阈值法直接实现水体信息提取。2005年,针对有裸土或城镇背景时水体识别精度不高的问题,在分析各类水体指数的特点基础上,基于MODIS波段特点分析水体和易混淆地物的光谱和影像特征,基于植被指数和中红外波段构建了新的混合水体指数模型(CIWI)^[20],高效屏蔽了裸土和城镇干扰信息,水体识别精度明显提高,应用于广西重点水库水体面积监测——百色市澄碧水库、富川县龟石水库、桂林市青狮潭水库、合浦县洪潮江水库,该技术在内地得到认可和推广应用。每月发布水情遥感监测产品,评估水库蓄水状况以及旱涝程度,提出水资源科学利用和旱涝防灾减灾决策建议。

2.3 大宗作物气象服务应用

甘蔗是广西最大宗的经济作物,其产量占全国比例近7成。针对传统人工调查方式获取甘蔗种植面积和长势存在时效性、客观性和准确性不够等关键问题,2005年开始利用多源卫星数据开展甘蔗遥感监测,分析了甘蔗在不同生育期、不同长势状况下的遥感光谱特征变化规律以及一年生、逐步砍收等特性,通过光谱特征提取、多时相筛选和决策树分类等方法从遥感影像中提取甘蔗空间分布信息并实现面积估算,基于长时间序列归一化植被指数(NDVI)的逐年比较模型和等级模型^[21-22],实现甘蔗全生育期长势遥感定量化动态监测工作,研发了气象行业标准《甘蔗长势卫星遥感评估技术规范》(2015年发布实施),提出利用偏差和标准差的评估方法对不同

生育期甘蔗长势进行分级评估,为甘蔗长势客观定量评估提供标准规范。尤其是利用风云三号卫星数据优势,针对广西、全国乃至世界甘蔗主产国(巴西、澳大利亚、印度、泰国)开展了甘蔗长势遥感动态监测和定量化评估工作,实现了从省区、市县、糖厂辖区到田块尺度的甘蔗面积精细化监测和长势定量化评估,为原料蔗产量预报提供了客观、定量化的数据支撑,有效提高了预报的精度,2019年以来还创新开展了甘蔗砍收遥感监测、甘蔗生物量遥感估算、甘蔗固碳遥感监测和甘蔗生育期自动判识的研究。

2.4 气象灾害监测评估应用

2.4.1 洪涝监测

2001年以来,利用国内外光学卫星数据,通过单通道、多通道阈值法和水体指数法识别受灾信息、面积估算和影响评价^[23-24],开展广西汛期暴雨强对流和台风等灾害性天气下的洪涝遥感监测,如2005年6月24—29日浔江流域桂平—平南段和2008年10月1日南宁市洪涝监测。但是光学卫星通常会受云遮挡的影响,而雷达卫星可以实现全天候、穿透云层观测,可以弥补光学卫星的不足,例如欧空局雷达卫星哨兵 Sentinel-1A/1B 双星运行在部分地区可以达到6d重访周期,已经用于2020年5月30日—6月10日桂北灾区洪涝监测,在广西有着较好应用前景。

2.4.2 干旱监测

降雨时空分布不均容易引发广西大范围干旱,对自然植被和农作物带来影响,利用可见光和近红外通道数据可以计算出植被指数,通过长时间序列植被指数资料生成旬植被指数距平,在重大干旱发生时对自然植被、林区或农作物进行干旱动态监测;也可以通过利用含水量高的土壤热容量大这一特点通过卫星观测昼夜地表温度差估算土壤湿度;基于植物生态学内涵,2006年利用冠层(地面)温度和植被指数构建植被供水指数(VSWI)^[25]提升干旱监测能力,在2009—2010年广西西北部发生秋冬春大范围连续特大干旱监测中发挥良好作用。

2.4.3 火情监测

火情遥感监测是气象卫星最早发挥实际作用的遥感监测产品。1992年开始基于NOAA卫星资料开展火情遥感监测,主要是利用中红外和长波或两个分裂窗红外通道对高温热源点的高敏感性实现对火情信息的判识提取,建设了省级气象卫星火情监测系统并不断提高逐步完善,每年的森林防火期(9月

至次年4月)内每天为林业部门提供森林、草原的热源点位置信息。

为了了解气象卫星探测高温目标的灵敏度(最小火场面积)和对火情监测产品进行真实性检验,2005年10月中国气象局中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室联合广西气象减灾研究所,在广西武鸣进行了一系列人工火情与卫星观测的同步测量试验^[26],结果表明空间分辨率1km的中红外通道完全可以遥感监测到0.02hm²、甚至0.01hm²完全燃烧的火场,4.36~4.76μm通道更适合火情监测。利用风云极轨卫星多通道和静止卫星高时间分辨率特征,结合实时气象资料和林区下垫面资料,可以精细化揭示火险随季节和地区发生火情风险等级,为有关部门防范火灾提供决策依据。

2.4.4 冰冻灾害监测

冰雪遥感监测方法基本原理是运用冰雪在可见光波段表现为强反射和在近红外波段表现为强吸收的光谱特征,实现冰雪与植被、土壤、水体等其他地物的区分,其难点在于云和冰雪的区分。2008年,基于EOS/MODIS数据波段特征、冰雪与其他地物光谱特征,利用可见光波段(波段1)和近红外波段(波段6)构建归一化差分冰雪指数可以明显提高冰雪识别精度^[27],对2008年年初的广西特大冰雪灾害进行了动态监测,制作冰冻灾害空间分布立体三维图像和灾害定量评估产品服务效果良好。

3 讨论与展望

3.1 讨论

通过30a来不断积极探索和大力建设,广西气象卫星遥感应用体系已经初具规模,可以实现卫星数据获取、预处理、专题产品制作和服务分发的基本功能,构建了各类业务技术流程与规范,在天气气候、生态、农业、灾害等方面应用取得了一定的进展,初步形成一套具有地方特色的卫星遥感气象服务体系。但是气象卫星遥感综合应用还存在多源融合不充分、功能不够完善、规范标准欠缺、应用技术粗放等问题,随着经济转型发展、生态文明建设等国家重大战略的实施,气象预测预报、综合防灾减灾、应对气候变化和国防建设提出更高要求,卫星数据产品应用和服务能力还不能满足实际需求。

3.2 展望

3.2.1 卫星探测能力不断提升

到2025年,我国将继续发展第二代风云卫星星

座,计划发射7颗卫星,从2025年到2035年,我国将完善第二代并同步发展第三代风云卫星综合观测体系,计划发射14颗卫星,发展星地协同智慧化观测一体化技术,建立支撑精细预报的“智慧观测”业务系统,未来我国的高分、资源、海洋、环境卫星在遥感性能、图像质量、可靠性等方面也将有明显提升,卫星综合性能达到世界先进水平^[28-30]。将加强多轨道卫星全光谱主被动结合遥感观测创新能力,开展卫星应用技术与物联网、云计算、大数据、人工智能、5G通信、先进计算等战略前沿技术高度融合和综合应用,与国家重大战略实施、经济社会高质量发展和人民对美好生活向往的新需求相适应。

3.2.2 广西卫星遥感综合应用体系建设上新台阶

到2025年,广西将建成布局合理、分工明确、有地方特色的卫星遥感综合应用体系,形成功能完善、技术先进、规范标准、产品的卫星遥感应用业务,数据产品应用和服务能力不断增强,卫星遥感综合应用水平大幅提升,实现省、市和县三级遥感业务布局,省级做好本地特色产品的加工制作和实时共享,市、县级可根据当地服务提出产品需求,省级提供相关产品。完善卫星遥感监测应用业务流程和建立地方特色标准规范,提升卫星遥感数据获取能力和共享服务水平,提升卫星遥感产品综合应用服务能力,建立卫星遥感数据产品质量检验评价业务。

3.2.3 加强生态文明建设气象服务能力

广西正在加快转变经济发展方式,促进产业绿色转型,优化经济结构,探索特色绿色发展道路,提出生态保护红线区域严格监管、北部湾沿海环境综合整治、西南喀斯特岩溶等生态环境敏感脆弱区域治理等生态经济发展和生态保护与修复国家重大战略需求,充分利用卫星遥感技术提升气候变化应对支撑保障能力,加强气候变化背景下的生态状况气象监测、生态风险气象预警、生态经济气象支撑、生态治理气象保障服务,融入气候生态服务品牌,开展天地空生态修复型人工影响天气能力建设,强化大气污染防治气象保障能力,构建面向多领域的生态文明气象保障服务体系。

3.2.4 提升广西—东盟气象服务能力

建立广西—东盟卫星遥感监测业务系统,加强“东盟”沿线重点区域观测系统建设。建立全球降水、近地面与海表面要素、三维大气和云实况分析产品体系,对广西以及东盟范围内的极端天气、气候和环境事件进行及时高效观测,加强东盟重点区域的台

风、暴雨、高温等灾害性天气监测预报,推进风云卫星国际服务,加强东盟生态环境监测与评估,甘蔗等农作物估产,海洋、航空和陆路交通等气象服务。

参考文献:

- [1] 方宗义.气象卫星发展历程和启示[J].气象科技进展, 2014,4(6):27-34.
- [2] 卢乃锰,谷松岩.气象卫星发展与展望[J].遥感学报,2016,20(5):833-841.
- [3] 杨军,许健民,董超华.风云气象卫星 40 年:国际背景下的发展足迹[J].气象科技进展,2011,1(1):6-13,24.
- [4] 杨军.提升风云卫星水平,服务“一带一路”建设[N].科技日报,2019-06-10(001).
- [5] 刘雅鸣.精测风云变幻 惠及民生福祉[N].人民日报, 2020-10-09(012).
- [6] 林宗桂,林开平,李耀先,等.一个高空槽前中尺度对流系统发生发展过程和机制研究[J].气象学报,2011,69(5):770-781.
- [7] 林宗桂,林墨,林开平,等.一股高原南下弱冷空区触发准静止锋对流过程分析[J].热带气象学报,2014,30(1):111-118.
- [8] 林宗桂,李耀先,林开平,等.一个长生命期中尺度对流系统位置机制的研究[J].气象学报,2009,67(4):640-651.
- [9] 林墨,林宗桂,罗红磊.一次中低纬度天气系统相互作用产生暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2013,34(3):6-8.
- [10] 陈见,孙红梅,高安宁,等.超强台风“威马逊”与“达维”进入北部湾强度变化对比分析[J].暴雨灾害,2014,33(4):392-400.
- [11] 林宗桂,林墨,林开平.强降雨监测预警产品原理与应用[J].气象研究与应用,2014,35(2):23-26.
- [12] 林墨,林宗桂,廖雪萍,等.云系结构与降水关系分析[J].气象研究与应用,2017,38(3):36-40.
- [13] 黄荣,刘日胜,刘国忠,等.FY3 极轨卫星资料在暴雨断食预报中的应用分析[J].气象研究与应用,2018,39(2):41-44,71.
- [14] 覃武,罗小莉,钟利华,等.台风“尤特”登陆后复杂路径的环境场特征[J].气象与环境科学,2019,42(1):110-118.
- [15] 陈燕丽,莫建飞,莫伟华,等.近 30 年广西喀斯特地区石漠化时空演变[J].广西科学,2018,25(5):625-631.
- [16] 莫建飞,莫伟华,陈燕丽.基于净初级生产力的广西喀斯特区生物多样性维护功能评价[J].科学技术与工程, 2019,19(29):371-377.
- [17] 陈燕丽,罗永明,莫伟华,等.MODIS NDVI 与 MODIS EVI 对气候因子响应差异[J].自然资源学报,2014,29(10):1802-1812.
- [18] 陈燕丽,黄敏堂,莫伟华,等.基于 MODIS NDVI 的广西西南典型生态区植被变化对比监测[J].气象科学,2015,35(1):93-99.
- [19] 陈燕丽,莫伟华,罗永明,等.基于气候信息的喀斯特植被 EVI 模拟[J].农业工程学,2015,31(9):187-194.
- [20] 莫伟华,孙涵,钟仕全,等.MODIS 水体指数(CIWI)研究及其应用[J].遥感信息,2007(5):16-21,插页 2-3.
- [21] 丁美花,钟仕全,谭宗琨,等.MODIS 与 ETM 数据再甘蔗长势遥感监测中的应用[J].中国农业气象,2007,28(2):195-197,211.
- [22] 丁美花,谭宗琨,李辉等.基于 HJ-1 卫星数据的甘蔗种植面积调查方法探讨[J].中国农业气象,2012,33(2):265-270.
- [23] 莫伟华.基于 EOS/MODIS 卫星数据的洪涝灾害遥感监测应用技术研究[D].南京信息工程大学,2006.
- [24] 黄永璘,农民强,孙涵.基于 FY-3A/MERSI 的洪涝灾害遥感监测初探[J].气象研究与应用,2009,30(2):59-62.
- [25] 莫伟华,王振会,孙涵,等.基于植被供水指数的农田干旱遥感监测研究[J].南京气象学院学报,2006,29(3):396-401.
- [26] 戎志国,刘诚,孙涵,等.卫星火情探测灵敏度试验与火情遥感新探测通道选择[J].地球科学进展,2007,22(8):866-871.
- [27] 莫伟华,王君华,钟仕全,等.基于 MODIS 的冰雪遥感灾害监测与评估技术[J].林业科学,2009,45(10):88-93.
- [28] 何兴伟,冯小虎,韩琦,等.世界各国静止气象卫星发展综述[J].气象科技进展,2020,10(1):27-29,41.
- [29] 中国气象局.“风云卫星,叱咤风云五十载”[N/OL].(2020-10-13)[2020-10-20].http://www.cma.gov.cn/2011xzt/2020zt/20200915/2020091503/202010/t20201013_564608.html
- [30] 中国气象局.“风云气象卫星事业 50 周年:‘知冷知热的百姓星’”[N/OL].(2020-10-13)[2020-10-20].http://www.cma.gov.cn/2011xzt/2020zt/20200915/2020091503/202010/t20201013_564609.html

Review and prospect of satellite remote sensing application in Guangxi meteorological service

Mo Weihua¹, Chen Yanli¹, Mo Jianfei¹, Ding Meihua¹, Zhao Jinbiao², He Li¹, Lin Mo¹

(1. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning Guangxi 530022;

2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: This paper reviewed the development of satellite remote sensing in Guangxi meteorological department in recent 30 years, and summarized the application of satellite remote sensing data acquisition and processing in weather forecast, ecological environment, staple crops and meteorological disaster. Satellite remote sensing plays an important role in mesoscale convective system, rainstorm forecast in the pre-flood season of South China, vegetation ecological quality, rocky desertification ecological status, remote sensing monitoring of sugarcane growth period, as well as drought and flood disaster monitoring. Future researches should focus on improving the remote sensing monitoring and evaluation capabilities of weather forecast and early warning, natural resources, ecological environment, agriculture, forestry and ocean, to provide intelligent and accurate meteorological satellite remote sensing services for the development and construction of Guangxi.

Key words: satellite remote sensing; meteorological service; application; prospect