

卫星遥感技术在环境保护中的应用:进展、问题及对策

杨一鹏¹, 韩福丽², 王桥¹, 蒋卫国³

(1. 环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100094; 2. 武警北京指挥学院科技教研室, 北京 100012;
3. 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

摘要:从国家环境保护管理对卫星遥感技术的需求入手, 主要论述了水环境、大气环境、生态环境遥感监测技术发展情况, 介绍了环境一号卫星工作进展以及已开展的环境遥感基础研究及应用示范工作现状; 从环境遥感监测专用卫星载荷、应用关键技术及业务化应用系统建设等方面指出了卫星遥感技术在我国环保应用中面临的主要问题, 并针对性地提出了环境遥感监测与应用方面的对策和建议。

关键词: 卫星遥感; 环境保护; 水环境; 大气环境; 生态环境

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0504(2011)06-0084-06

0 引言

随着全球环境问题日益突出, 环境灾害与环境事故频发, 卫星遥感技术在环境监测与管理中得到大量应用, 在环境保护中发挥的作用受到国际社会的高度重视。美国、日本及欧洲的一些国家近年来都在大力发展环境遥感监测技术。目前在轨运行的和计划发展的国内外卫星传感器提供数据的空间分辨率已从公里级发展到亚米级, 重复观测频率从月周期发展到几小时, 光谱波段跨越了可见光、红外到微波, 光谱分辨率从多波段发展到超光谱, 遥感数据获取技术正走向实时化和精确化, 卫星遥感应应用正在向定量化和业务化快速发展^[1]。

当前, 我国环境监测任务十分繁重, 特别是对基于卫星遥感技术的环境遥感监测有着迫切需求。1) 水环境质量遥感监测方面, 需要监测淮河、海河、辽河、松花江、三峡库区、太湖、滇池、巢湖等流域和湖泊的水质环境, 需要监测渤海、东海、长江口、珠江口等重点海域和河口地区水质环境, 需要开展饮用水源地水土保持、水源涵养、面源污染遥感监测, 调查和监控有毒有害物质的工业污染源及工业污水排放口。2) 大气环境质量遥感监测方面, 需要监测京津冀、长三角、珠三角三大区域以及辽宁中部、山东半岛、武汉城市群、长株潭、成渝、台湾海峡西岸六大城市群大气污染, 对重工业区的二氧化硫和氮氧化物排放进行遥感监测, 对大中城市及其近郊酸雨污染严重和大气二氧化硫排放量较大的重点污染源进行

遥感监控, 对烟尘排放浓度高的火电厂进行遥感监测, 对有毒废气污染源进行遥感核查。3) 生态环境遥感监测方面, 需要对区域和流域生态环境变化进行动态监测, 对全国和重点区域生态环境质量进行定期评价。如对自然保护区、重要水源涵养区、防风固沙区、水土保持区、重要物种资源集中分布区等国家重点生态功能保护区以及天然林保护、草原植被恢复、退耕还林、防沙治沙等生态治理工程进行动态监测, 对重点区域和流域土壤环境、农村生态环境进行遥感调查。4) 重大环境灾害与事故遥感监测方面, 需要监测地震、滑坡、泥石流、干旱、洪涝、雪灾等重大自然环境灾害, 需要对水华暴发、沙尘暴、化学品泄漏、赤潮、海上溢油等重大环境事故进行监测, 跟踪调查重大环境灾害及事故的发生、发展过程, 并综合应用 3S 技术对重大环境灾害、事故危害及影响程度进行全面评估, 对环境灾害及事故恢复重建进行跟踪监测。5) 国家及地方重大工程项目环境影响遥感监测方面, 需要监测三峡工程、南水北调工程、青藏铁路工程、西气东输工程、京沪高铁工程等重大工程的环境影响及其变化, 并综合应用 3S 技术进行环境评价。6) 全球环境变化遥感监测方面, 需要开展二氧化碳、甲烷等温室气体以及碳通量、碳平衡等监测, 及时反映全球变化敏感区域的环境动态变化, 为国家参与国际温室气体减排、碳贸易谈判以及履行《联合国气候变化公约》、《京都议定书》规定的各项义务提供技术支撑。由此可见, 卫星遥感技术在我国环境监测管理与实际的应用范围及领域非常

收稿日期: 2011-03-10; 修订日期: 2011-06-30

基金项目: 国家科技支撑计划项目“基于环境一号等国产卫星的环境遥感监测关键技术及软件研究”(2008BAC34B00); 环境保护部公益性行业科研专项(200909113、201009021、2011467026)

作者简介: 杨一鹏(1974-), 男, 高级工程师, 从事环境遥感应应用研究, 出版著作 1 部, 发表论文 20 余篇。E-mail: yipeng_yang@163.com

广,是当前环境保护管理的重要手段之一,为我国环境可持续发展发挥重要作用。

1 卫星遥感技术在环境保护应用中的主要进展

1.1 水环境遥感监测技术进展

水环境遥感监测技术由于遥感机理不同分为海洋水色卫星遥感和内陆水体卫星遥感。内陆水体环境比海洋水体环境复杂得多,水域面积相对小且污染类型多样,要求卫星遥感有更高的空间分辨率和光谱分辨率。欧美等发达国家在海洋水色卫星遥感方面已开展业务化运行,监测指标主要为叶绿素 a、悬浮物、水温等,代表性的卫星平台和传感器有美国的 Seastar/SeaWiFS、EOS-TERRA&AQUA/MODIS 及欧空局的 ENVISAT/MERIS、日本的 ADEOS/GLI、印度的 IRS/OCM 等;在内陆水体卫星遥感应用方面处于科研和应用示范阶段,尚未达到业务化运行程度,监测指标主要为叶绿素 a、悬浮物、可溶性有机物、水温、透明度等。通常用空间分辨率较高的陆地卫星系列,如美国的 Landsat/TM 系列、法国的 SPOT/HRV 系列、印度的 IRS-1/LISS-III 系列以及高光谱卫星如美国的 EO-1/Hyperion 等^[2-4]。我国在海洋水色遥感方面已基本开展业务化运行,监测指标主要为海洋水温、叶绿素 a、悬浮物、海冰等,卫星有海洋卫星系列的 HY-1A、HY-1B 和风云卫星系列的 FY1C 和 FY1D;在内陆水体卫星遥感方面,受高时空分辨率和高光谱分辨率的限制,目前我国主要是利用欧美等发达国家的陆地卫星数据^[5]。环境一号卫星(HJ-1)、中巴资源卫星(CBERS)等国产卫星受技术因素限制,对内陆水环境指标反演效果不甚理想。目前我国内陆水环境遥感监测应主要集中在太湖、巢湖、滇池及三峡库区的蓝藻水华动态监测。

1.2 大气环境遥感监测技术进展

20 世纪 70 年代以来,欧美等发达国家在使用卫星遥感技术监测大气气溶胶、臭氧(O₃)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)等气体的光学厚度和浓度方面取得了显著进展。在大气气溶胶、O₃、沙尘暴监测等方面基本达到业务化应用程度,在 SO₂、NO₂、CO₂、CH₄、CO 等污染气体监测方面正在进行科学研究和应用示范。总体看,由于这些物理量的成分较小,且波谱特征较为简单,卫星遥感对大气污染参数监测能力较弱,多数偏重于气溶胶、温度、湿度等气象参数以及 O₃、CH₄ 等温室气体监测。但是由于大气成分监测对象在紫

外、可见光、红外波段的吸收特性和对不同波段太阳辐射的差异,综合利用常规的可见光、紫外等高光谱遥感,仍然可以较好地实现对大气环境的遥感监测和分析。用于大气监测的卫星传感器主要有美国的 NOAA/AVHRR、EOS-TERRA&AQUA/MODIS、TERRA/MOPITT 和欧空局的 ENVISAT/SCIAMACHY、ERS-2/GOME、METOP-1/GOME-2 及日本的 ADEOS-II/TOMS&TOVS 等^[6-8]。我国用于大气污染监测的卫星传感器较少,主要为风云系列气象卫星(FY)和环境一号卫星(HJ-1),可进行气溶胶、臭氧探测、沙尘暴等监测。

1.3 生态环境遥感监测技术进展

近 30 年来,美国、澳大利亚等国家和联合国等国际组织利用多源遥感信息,在土地利用/土地覆盖分类、生态环境质量动态监测和评价、大尺度生态系统状况评估、生物物理参数信息提取(如植被指数 NDVI、叶面积指数 LAI、蒸散量 ET、初级生产力 NPP、地表反照率 Albedo、陆地表面温度 LST 等)等方面取得了突出成绩。生态环境遥感监测通常用空间分辨率较高的陆地卫星和传感器,如美国的 Landsat/TM 系列、法国 SPOT/HRV 系列、印度 IRS-1 系列以及高光谱卫星如美国的 EO-1/ALI 等。20 世纪 90 年代以来,美国环保局(EPA)联合有关部门开展了多尺度土地覆盖项目,建立了以 Landsat TM/ETM+ 为信息源的国家级一、二级分类的土地覆盖数据库,并实现 5 年左右周期的动态更新。联合国于 2001 年 6 月启动了千年生态系统评估项目(MA),其主评估报告在 2005 年发布,该项研究综合利用卫星遥感等技术,以生态系统与人类福祉为核心,首次在全球尺度上系统、全面地揭示了各类生态系统的现状和变化趋势、未来变化的情景和应采取的对策,对国际社会和许多国家产生了重要影响^[9]。我国生态环境遥感监测技术起步相对较晚,但在土地利用/土地覆盖分类、生态环境质量动态监测和评价、大尺度生态系统状况评估、生物物理参数信息提取等方面基本跟上了发达国家的步伐。首次系统、全面地采用遥感技术进行生态环境监测与评估工作始于 1999—2002 年开展的中国西部地区和中东部地区生态环境现状调查,通过采用美国的 Landsat/TM 系列、法国 SPOT/HRV 系列、中巴资源卫星 CBERS 系列等多源遥感数据进行土地生态分类、水土流失监测,以景观生态学的方法进行生态系统健康评估,并在一些典型的生态区/流域开展了区域生态评估与脆弱性分析,取得了较好的成效^[10]。

2 环保系统卫星遥感工作现状

2.1 环境一号卫星工作进展情况

环境与灾害监测预报小卫星星座系统是我国继气象、海洋、资源卫星系列之后的新型对地观测系统。1998年,原国家环保总局、国家减灾委、航天科技集团联合提出了建立环境与灾害监测预报小卫星星座的建议。2002年,国家批准该星座立项。项目计划第一期建立由2颗光学小卫星(HJ-1A、B)和1颗合成孔径雷达小卫星(HJ-1C)组成的“2+1”星座,简称“环境一号”(代号HJ-1)。此后,计划采取资源共享和国际合作方式,最终完成由4颗光学小卫星和4颗合成孔径雷达小卫星组成的“4+4”星座;其总体目标是通过建立由多颗小卫星组成的星座系统,提高我国环境与灾害监测能力,实现大范围、全天候、全天时、动态的环境和灾害监测。

2008年9月6日,环境一号A、B卫星成功发射。目前卫星运行状态良好,A、B卫星到达预定轨道位置,环境一号卫星星座系统初步建立,卫星搭载的宽覆盖多光谱可见光相机(CCD)、红外和高光谱相机运行基本正常,形成了同一地区两天覆盖一次的数据获取能力。环境一号卫星系统初步建立后,随即开展了环境一号A、B卫星数据质量评价和在轨应用测试工作,完成了大型水体水华遥感监测、秸秆焚烧遥感监测、自然保护区遥感监测、重要生态功能区遥感监测等应用测试工作。在轨测试结果显示,卫星影像数据纹理基本清晰,地物类型影像特征反映较好,数据质量较高,在水环境、大气环境和生态环境监测等方面具有一定应用潜力。

目前环境保护部负责建设的环境一号卫星环境应用系统工程基本完成,国家已批复设立环境保护部卫星环境应用中心机构。为满足卫星业务化应用,环境保护部初步建立了水环境、大气环境和生态环境业务化应用系统。下一步将利用环境一号卫星数据及其它卫星数据对太湖、巢湖、滇池及三峡库区的蓝藻水华进行动态监测,对全国焚烧秸秆造成的大气污染进行动态监测,定期对重点生态功能区进行监测和评价,不定期对沙尘暴、雾霾等进行监测。目前,环境保护部卫星环境应用中心共向50多家单位提供卫星数据18000多景,数据量约6.5T,推进了地方环境遥感应用,提高了相关单位开展环境遥感监测应用的积极性和水平。

2.2 已开展的环境遥感基础研究工作

水环境遥感监测方面,初步开展了水环境可遥

感指标体系研究,对叶绿素a、悬浮物、有色可溶性有机物、溶解性有机碳、水面温度、透明度等监测指标的光谱特征和规律进行了研究;初步开展了环境一号卫星在水环境领域中的应用潜力分析研究;初步开展了水环境指标(如叶绿素a、悬浮物、水温)遥感反演与信息提取的技术流程研究。

大气环境遥感监测方面,初步开展了大气可遥感指标体系研究,对气溶胶、悬浮颗粒物、O₃、SO₂、NO₂、CO₂、CH₄等监测指标的光谱特征和规律进行了研究;初步开展了环境一号卫星在大气环境领域中的应用潜力分析研究以及大气环境指标(如气溶胶光学厚度)遥感反演与信息提取的技术流程研究。

生态遥感监测方面,初步开展了生态环境可遥感指标体系研究,对地表温度、土壤含水量、地表蒸散量、地表反照率、归一化植被指数、叶面积指数、植被覆盖度、初级生产力等监测指标的光谱特征和规律进行了研究;初步开展了环境一号A、B卫星在生态环境领域中的应用潜力研究以及土地生态自动分类技术方法流程研究,开展了生物物理参数、景观状态参数等遥感反演与信息提取的技术流程研究。

另外,针对环境一号卫星应用,开展了卫星各个传感器辐射定标、真实性检验和辐射传输模型研究,总结了可用于环境一号卫星各个传感器的辐射定标和真实性检验的方法以及常用的辐射传输模型,探讨了环境一号卫星遥感定量化的基础技术。

2.3 已开展的环境遥感应用示范工作

进入21世纪以来,我国环保系统的环境遥感应用业务得到了快速发展,卫星遥感技术在全国生态环境状况调查、内陆水体水华监测、区域环境空气污染监测、秸秆焚烧、沙尘暴监测以及应对突发环境事件等方面取得了突出成绩,为国家环境管理提供了重要决策支持。

水环境遥感应用示范方面,针对太湖、巢湖、滇池、三峡水库等内陆水体水华开展了遥感动态监测应用示范,尤其是2008年4—6月每日对太湖蓝藻水华进行遥感监测,多次上报监测结果,得到了国家领导的高度重视。2008年6月底,奥运赛区青岛海域绿藻浒苔大规模暴发,严重影响了奥运赛区筹备工作,环保部门及时利用卫星遥感技术动态监测绿藻浒苔发生、发展过程,为赛区海域绿藻浒苔的迅速清理提供了主要参考。另外,还开展了近海海域溢油遥感动态监测工作。

大气环境遥感应用示范方面,以北京和南京大气气溶胶监测为例,开展了城市环境空气遥感监测

与评价应用示范; 利用气象卫星、MODIS 数据等开展了沙尘及沙尘暴动态监测与评估工作; 以 MODIS 数据为主开展了全国秸秆焚烧动态监测与评估应用试验。尤其是 2008 年奥运会期间、2010 年上海世博会和广州亚运会期间, 每日对北京周边、长三角和珠三角地区秸秆焚烧情况进行遥感监测, 为环境监察部门的执法工作提供了重要依据, 为保障北京奥运会、上海世博会和广州亚运会期间空气质量做出了应有贡献。

生态环境遥感应用示范方面, 自 2008 年以来先后对 300 多个国家级自然保护区内人为活动开展了遥感监测和评估, 协助生态管理部门监控自然保护区内违章建筑, 为生态管理提供了重要技术支持。此外, 对青海木里、陕西榆神府矿区等矿产资源开发区生态状况进行了遥感监测和示范, 对呼伦贝尔防风固沙生态功能区、西藏拉鲁湿地、三江源、辽河流域等典型区进行了生态遥感监测评价和示范。

环境事件应急遥感应用示范方面, 2008 年汶川特大地震、2010 年舟曲特大滑坡泥石流、2010 年西南极端气象干旱、2011 年云南盈江地震和长江中下游重大干旱发生后, 环保部门利用各种遥感卫星开展灾区环境影响及损毁遥感监测与评估、生态环境风险遥感评价, 及时编制灾区卫星图集, 为抗震救灾和恢复重建工作提供了重要技术支持。

3 卫星遥感技术在我国环保应用中面临的主要问题

3.1 环境遥感监测专用卫星载荷严重匮乏

目前我国没有专门用于环境保护的卫星有效载荷。风云气象卫星系列主要是针对大尺度天气情况监测和预报而设计, 海洋卫星系列主要是针对大尺度海洋水色遥感监测和预报而设计, 资源卫星系列主要是针对国土、矿产等资源调查而设计, 这些卫星有效载荷虽然部分可用于环境监测, 但是功能非常有限。环境一号 A、B 卫星虽然拥有 CCD 相机、红外相机、超光谱成像仪等多种有效载荷, 但其有效载荷空间分辨率(30~300 m)、时间分辨率(2~4 d)、光谱分辨率不够高, 光谱段设置不够合理, 没有携带专门针对环境监测的卫星有效载荷, 许多国家环境管理迫切需要的环境监测指标(如总悬浮颗粒物、可吸入颗粒物、SO₂、NO_x、COD、BOD 等)目前无法探测, 也不能做到全天候、全天时的环境监测。环境遥感监测专用卫星载荷的缺乏已经对环境管理的效能造成了严重制约。

从时间分辨率角度看, 环境应急监测要求在 0.5~1 d 以内, 陆域环境污染动态监测频率要求在 1 d 以内, 生态环境监测频率要求在 5~30 d。目前我国已进入环境污染事件高发期, 环境一号卫星的重访周期为 2~4 d, 尚不能满足环境应急监测的需要。从空间分辨率角度看, 在对河流重污染团、化学危险品泄漏等污染事件进行监测时, 空间分辨率需要优于 10 m, 而环境一号卫星 CCD 相机空间分辨率为 30 m, 超光谱成像仪空间分辨率为 100 m, 无法很好地表征河段信息, 基本上无法提取污染团信息。从光谱和辐射分辨率角度看, 环境遥感监测的关键是利用遥感数据提取水环境、大气环境、生态环境等环境质量状况和环境监测指标的定量信息, 对传感器辐射和光谱分辨率要求很高, 但是环境一号卫星有效载荷定标精度较低、带宽不够精细、信噪比较低, 在 SO₂、NO_x、O₃ 等大气环境指标和 COD、BOD 等水环境指标的定量提取方面无能为力。

3.2 环境遥感监测应用关键技术研究薄弱

我国环境遥感应用技术虽自进入 21 世纪以来得到了快速发展, 但与环境遥感监测的业务化要求仍有很大差距, 环境遥感监测关键技术研究薄弱。现有环境遥感监测应用技术研究多表现为经验性和局部性, 系统性和实用性较差, 与国际先进的环境遥感应用研究水平和环境遥感监测实际需要存在很大差距, 难以满足环境遥感监测业务化运行的大范围、多目标、多专题、量化的需要。

另外, 我国环境遥感应用技术从卫星数据处理、参数反演、应用模型研发、专题数据生产到业务应用系统开发仍然有许多关键技术未能解决。例如, 环境一号卫星虽已发射, 但卫星业务化应用的许多关键技术如卫星高光谱、雷达等图像处理与信息提取关键技术、环境空气指标定量遥感反演技术、水环境指标定量遥感反演技术、生态环境指标定量遥感反演技术、突发性环境事件应急响应及跟踪监测技术、卫星遥感数据与地面常规监测数据的同化技术、环境遥感监测技术规范 and 标准体系等还处于研究和探索阶段, 卫星环境应用系统研发工作刚刚起步, 这已成为制约我国环境监测和卫星业务化应用发展的突出问题, 如得不到有效解决不仅直接影响环境一号卫星投入使用和运行, 贻误我国环境遥感监测技术的发展, 而且将影响到国家提出的建设天地一体化环境监测体系目标的实现。

3.3 应用系统建设滞后、业务化程度不高

多年来, 我国一直存在“重卫星发射、轻卫星应

用”的思想,导致有些卫星虽然在轨运行,但地面应用系统未建成或尚不健全,严重影响了卫星社会经济效应的发挥,造成了很大的资源浪费。针对应用系统建设严重滞后这一突出问题,2007 年国家发布的《航天发展“十一五”规划》中明确提出要初步建成天地统筹、地面协调的卫星地面系统和应用系统,并提出应用卫星和卫星应用初步实现由试验应用型向业务服务型转变。

经过多年的环境遥感应用基础研究和应用示范,环保部门初步形成了一套环境遥感监测与评估业务流程,但距离环境遥感监测业务化运行尚有较大差距。具体表现为:缺乏统一业务调度、任务驱动的功能,不能满足环境卫星数据接收、处理、应用、服务一体化管理的需求;缺乏对遥感数据几何精纠正、正射校正、自动化配准、图像镶嵌、融合自动化处理功能,不能满足对多源、多载荷遥感数据进行规模化快速处理的需求;缺乏对已研究的模型、算法集成的软件系统,不能满足快速、规模化生产土地利用分类、生态系统分类、生物物理参数、地表参数等环境专题数据产品需求,不能满足对数据产品进行质量分析和真实性检验的需求;缺乏对已研究的环境特征信息提取模型、算法建立的软件系统,不能满足快速、批量化生产环境遥感应用产品的需求。

4 我国未来环境遥感发展的对策与建议

4.1 发展后续卫星,研发环境遥感专用载荷

环境一号卫星设计寿命仅为 3 年,目前已经在超期运行。为了保障环境遥感监测业务的稳步推进和可持续发展,应尽快发展环境一号卫星后续星,研发环境遥感专用卫星载荷。总体思路是:以国家环境保护和卫星遥感规划为导向,以满足我国环境保护需求为目标,紧密围绕我国重点环境问题,天地统筹安排,发展有鲜明特色的环境二号卫星,形成环境卫星系列,大大提升环境污染和生态变化监测的快速响应能力。总体目标是:研发多模式的多光谱环境成像仪、高光谱水环境成像仪、大气吸收光谱仪、红外高光谱大气环境探测仪、多极化合成孔径雷达等环境遥感专用载荷,构建环境二号卫星星座,形成天地一体化环境监测系统,实现我国陆域水污染、大气污染和城市污染等主要环境污染问题的全天时、全天候、定量化监测,满足环境保护业务化动态监测和应急响应监测的需要。

4.2 设立科研专项,加大环境遥感应用技术研究

环境一号卫星发射后环境业务化应用系统的研

发以及环境一号卫星后续星发展,都迫切需要环境卫星遥感应用专项,加大环境遥感应用关键技术研究,切实推进卫星环境应用向业务服务型转变。具体包括:1)攻克环境一号卫星业务化应用关键技术。紧密围绕国家环境管理需求,针对水环境、大气环境和生态环境遥感监测业务化应用,开展相应的污染物遥感信息提取技术攻关。2)加大环境遥感应用机理研究、前期试验和模拟研究。特别是针对环境一号卫星后续星专用卫星载荷研制,至少应提前 3~5 年时间开展遥感应用需要、可行性综合研究与评估,同时加强环境遥感机理研究,开展前期试验和模拟研究,指导专用卫星载荷研制。3)加强环境遥感应用技术规范和标准体系研究。基于环境一号卫星业务化应用研究有关基础,进一步强化环境遥感技术本身基础性和应用性技术研究,形成系统的环境遥感物理学基础,以及遥感定标、遥感数据实时处理和提取技术流程、技术规范和标准体系。

4.3 构建天地一体化的环境监测业务化应用系统

在现有的环境监测系统基础上,补充完善环境监测网络建设规划,将环境遥感技术成熟部分纳入环境监测网络能力建设;针对区域生态、非点源污染监测和评估等,以环境遥感技术作为主要的监测手段,充分发挥环境遥感的技术优势;大力推动遥感技术在环境监测、环境评价、环境监察等业务工作中的应用,切实服务于国家环境管理。1)建立以环境遥感监测为主体、地面生态监测网络为补充的区域生态环境网络监测系统,对全国生态环境质量进行定期监测和评价;对自然保护区、重要水源涵养区等国家重点生态功能保护区进行动态监测;对草原植被恢复、退耕还林、防沙治沙等生态治理工程进行动态监测;对三峡工程、南水北调工程、青藏铁路工程等国家重大工程项目的环境影响及其变化进行综合评估。2)建立以地面水环境监测网络为主体、环境遥感监测为补充的天地一体化水环境质量监测网络,对淮河、海河、辽河、松花江、三峡库区、太湖、滇池、巢湖以及渤海等重点海域和河口地区进行动态监测和预警预报。3)建立以现有环境空气监测网络为主体、环境遥感监测为补充的区域环境空气监测系统,逐步实现对长三角、珠三角、京津冀城市群等区域环境空气中颗粒物、氮氧化物、二氧化硫以及酸雨的遥感监测;利用遥感技术开展二氧化碳、甲烷等温室气体以及碳通量和碳平衡监测,及时反映全球变化敏感区域与敏感生态系统的环境动态变化,为环境谈判和履约服务。4)建立环

境遥感技术与城市地面监测网络紧密结合的天地一体化监测体系,将遥感技术融入城市环境综合定量考核中。

4.4 不断加强环境遥感应用机构和队伍建设

环境遥感应用涉及水、气、生态、土壤、固废、公共安全、全球环境变化等诸多领域,随着环境遥感技术的不断进步,环境遥感业务必将不断扩展。另外,为充分发挥环境卫星社会效益,应在地方相关单位大力推广卫星应用。因此,应从机构编制、资金条件、实施基础等方面为环境遥感机构和人才队伍的建立提供保障,力争在环境保护部卫星环境应用中心组建完成后,逐步在省级建成具有环境遥感数据处理、分析应用和分发服务能力的环境遥感机构,形成一支环境遥感应用的专业技术队伍。

4.5 加大宣传培训力度,开展国际交流合作

环境遥感业务化应用工作在我国环保系统属于新兴领域,应大力宣传和普及环境遥感应用技术,使各级环境管理与决策人员认识遥感技术在解决生态环境问题中的重要作用,真正地走近遥感、认识遥感、应用遥感,使遥感技术真正成为环境管理决策的实用工具;大力加强对省级和地市级专业技术人员环境遥感应用技术的培训,使省级和地市级环境监测与科研单位具备从事环境遥感应用技术的专业人才,充分发挥环境卫星的社会经济效益;跟踪国外环境遥感应用技术的发展方向,开展以区域性环境问题、全球环境变化为中心的国际技术交流与合作,提

高环境遥感有效载荷研制水平和卫星应用水平,推动我国环境遥感技术及应用事业不断进步。

参考文献:

- [1] 王桥,杨一鹏,黄家柱. 环境遥感[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [2] ARST H. Optical Properties and Remote Sensing of Multicomponential Water Bodies[M]. Chichester, UK: Praxis Publishing Ltd,2003.
- [3] VOS R J, HAKVOORT J H M, JORDANS R W J, et al. Multiplatform optical monitoring of eutrophication in temporally and spatially variable lakes[J]. Remote Sens. Environ., 2003, 312: 221-243.
- [4] 杨一鹏,王桥,王文杰,等. 水质遥感监测技术研究进展[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6): 6-12.
- [5] 潘德炉,马荣华. 湖泊水质遥感的几个关键问题[J]. 湖泊科学, 2008, 20(2): 139-144.
- [6] HEUE K P, RICHTER A, WAGNER T, et al. Validation of SCIAMACHY tropospheric NO₂-columns with AMAXDOAS measurements[J]. Atmos. Chem. Phys., 2004, 4: 7513-7540.
- [7] FISHMAN J, WOZNIAK A E, CREILSON J K. Distribution of tropospheric ozone from satellite measurements using the empirically corrected tropospheric ozone residual technique: Identification of the regional aspects of air pollution[J]. Atmos. Chem. Phys., 2003, 3: 893-907.
- [8] 张兴赢,张鹏,方宗义,等. 应用卫星遥感技术监测大气痕量气体的研究进展[J]. 气象, 2007, 33(7): 4-14.
- [9] 刘纪远,岳天祥,鞠洪波,等. 中国西部生态系统综合评估[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [10] 王桥,王文杰,郑丙辉,等. 中国西部地区生态环境现状遥感调查[J]. 遥感学报, 2003, 7(6): 490-497.

Application of Remote Sensing Technique in Environmental Protection: Progress, Problems and Countermeasures

YANG Yi-peng¹, HAN Fu-li², WANG Qiao¹, JIANG Wei-guo³

(1. Application Center for Satellite Environmental Monitoring, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100094;

2. Beijing Command College of the Chinese People's Armed Police Force, Beijing 100012;

3. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: According to the demand of national environmental protection management on remote sensing technology, the progress of water, atmospheric and ecological environment remote sensing technology was discussed. The work progress of the HJ-1 satellite and the current situation of the remote sensing application in environmental protection were introduced. Then, the main problems about remote sensing satellite payload and key application technology in environmental protection were discussed. Finally, the corresponding countermeasure and suggestion was offered.

Key words: satellite remote sensing; environmental protection; water environment; atmospheric environment; ecological environment