

灾害管理领域中的卫星遥感技术和实践

殷德健

(中华人民共和国环境保护部, 北京 100035)

摘 要: 本文主要介绍了法国和欧洲的卫星遥感资源和技术, 及包括在减灾防灾方面的具体实践。同时, 对全球其他对地观测组织和计划进行了简要介绍。在空间技术方面拥有强大实力的法国整合了灾害管理体系中的卫星遥感技术。

关键词: 卫星; 遥感; 实践; 灾害管理

中图分类号: V47 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2009.08.008

遥感是多学科相结合, 利用航天或航空遥感器对陆地、海洋、大气、环境等进行监测与测绘的综合性很强的高新技术, 已广泛用于测绘、气象、国土资源勘察、灾害监测与环境保护、国防、能源、交通、工程等诸多学科及领域, 发挥了独特作用。利用卫星遥感技术防御和减轻威胁人类安全的自然灾害, 是对传统防灾抗灾手段的重大突破, 得到了全世界的重视, 并在不断开发和利用其巨大的应用潜力。

早在1960年美国学者就提出了遥感的概念, 并开启了遥感技术的理论研究。应用需求带动了遥感技术的发展, 遥感技术的发展又推动新的应用需求。在需求和技术两种强大的互动力量的驱使下, 遥感技术得到了极大的关注和高速发展。作为遥感技术发展较早的少数国家之一, 目前, 法国的遥感技术已经位居世界前列, 其在减灾领域的应用实践较为普遍。同时, 由于欧洲空间局(ESA)总部位于法国, 促使法国在遥感技术应用方面占据重要位置。本文主要介绍卫星遥感技术在法国乃至欧洲的应用于灾害管理领域的实践。在法国, 灾害管理包括自然灾害和技术性灾害(包括污染事故和人为灾害等)。

一、法国空间研究中心及SPOT卫星系列

法国空间研究中心是法国从事空间技术研究

的主要力量, 同时承担着法国航天局的角色。

发展对地观测技术是法国持续性的空间政策, 对地观测成为法国国家空间研究中心(CNES)的重要任务和强大支柱。CNES在对地观测领域的投资, 得到了国家的连续支持, 从而使法国对地观测领域的发展处于较为有利的位置并保持较高的水平。

20世纪70年代末, 随着陆地卫星MSS图像的应用范围在全世界的不断扩大, 法国启动了地球观测卫星(SPOT)计划, 开始陆地遥感卫星的研制工作。

SPOT是一个具有高分辨率, 光学成像的空间运行系统, 它是CNES对地观测战略中的一部分, 它也是同代卫星中的佼佼者, 其卫星图像成为全球范围的标准。其参与方还包括比利时科技文化局(SSTC)和瑞典国家空间局(SNSB)。SPOT卫星系统包括卫星、对卫星控制和编程的地面设施、图像制作处理和分发的机构等。CNES、SPOT Imag公司和欧洲宇航防务公司(EADS)合作为用户解决法国遥感卫星SPOT 5的数据获取、接收和预处理方面的问题, 即为SPOT 5终端提供支持。

SPOT系列卫星包括: SPOT 1 (1986年发射, 2003年停运), SPOT 2 (1990年发射), SPOT 3 (1993年发射, 1996年停运), SPOT 4 (1998年发射), SPOT 5 (2002年发射)。从1986年至今, 该

作者简介: 殷德健 (1976-), 男, 国家环境保护部 主任科员; 研究方向: 航空航天。

收稿日期: 2008年2月14日

系列卫星实施对地观测并提供了大量高质量的图像。该系列卫星是资源卫星的典型代表具有高分辨率和多谱段的遥感能力，对陆地资源调查具有重要价值。

SPOT5是该卫星系列中最耀眼的明星，相比于前几颗卫星，其优势明显，分辨率几乎提高了一个数量级，最高可达2.5米；以前后模式实时获取立体像对；在数据压缩、储存和传输等方面也有显著提高。SPOT5卫星上搭载了3种成像装置，除了前几颗卫星上的高分辨率几何装置（HRG）和植被探测器外，还有一个高分辨率立体成像（HRS）装置。

位于图卢兹的SpotImage公司成立于1982年，最大的两个股东是CNES（41%）和EADS（40%）。它负责SPOT卫星图像的商业开发和服务，同时使用其他卫星图像资源（如：中国台湾多用途高分辨多谱地球成像卫星FormoSat-2等），其业务覆盖农业、森林、海洋开发、国防、通信、能源和矿业以及风险管理等领域。SpotImage公司在世界空间遥感图像市场占据重要位置，由于SPOT卫星所提供的信息资料的客观性和可靠性，使这一信息资源成为许多战略决策不可或缺的重要依据，加上良好的服务质量，很快就开辟了广阔的市场，在美国、墨西哥、巴西、阿联酋、中国、日本、新加坡、澳大利亚等8个国家设有图像销售机构。

二、欧洲空间局（ESA）

对地观测（EO）是ESA的一项重要任务。同时作为空间技术领域重要的国际组织，ESA自主和其他组织联合开发和运行了多个卫星系列，并积极倡导和参与多个国际合作计划和协调机构，并发挥重要作用，是空间科技领域中的活跃力量。

（一）欧洲气象卫星计划

1968年欧空局开始发展气象卫星，最初按照美国的技术路线，首先研究与发展极轨道太阳同步气象卫星技术。随着70年代“欧洲化”政治气氛的影响，欧空局改变了研究方向，把气象卫星技术的发展从极轨道卫星转移到首先发展地球同步气象卫星上。并于1972年确定欧洲气象卫星计划（METEOSAT），1977年发射欧洲第一颗遥感卫星（METEOSAT），并由ESA开发和运行。其唯一

的成像仪器属于光机扫描成像原理，利用星体自旋摄取地球1/3面积的圆盘图像。第一代气象卫星共发射了7颗，目前还有3颗处于运行状态。

第二代气象卫星（MSG：Meteosat Second Generation）是由ESA和欧洲气象卫星探测组织（EUMETSAT）联合开发的项目。其中第一颗MSG卫星于2002年发射，并于2004年初正式运行，该卫星已更名为METEOSAT -8；MSG-2于2005年12月成功发射。

目前，ESA和EUMETSAT正在就第三代气象卫星（MTG）的研发事宜进行计划和协调。

（二）欧洲遥感卫星计划

20世纪70年代末，欧空局开始针对海洋遥感开展合成孔径雷达（SAR）的技术研究工作。1981年，ESA正式制定了欧洲遥感卫星计划（ERS），在这个太阳同步极轨平台上，装载主动微波仪器（SAR）、沿轨迹扫描辐射计（ATSR）、微波、雷达测高仪、激光放射器以及精密测距和测速装备等各种有效载荷。ERS-1于1991年7月入轨运行，2000年3月停运。1995年ERS-2在增加大气臭氧监视仪器后入轨。ERS卫星的发射标志对地观测科学研究的巨大进步，从此对地观测技术在科学和应用两个领域都日趋成熟。

（三）欧洲环境卫星（ENVISAT）

欧洲环境卫星是一枚由欧洲航天局建造的地球观测卫星，它于2002年5月1日由阿里安娜5型火箭搭载，发射至太阳同步两级轨道上790公里（±10公里）的高空。该卫星平均每35日绕行一圈。

ENVISAT搭载了9款地球观测装置，能利用各种不同的测量原理，收集关于地球的各种信息（陆地、水、冰，以及环境等）。并将监测全球气候变化、臭氧层破坏状况以及包括地震、水灾等自然灾害等。其中部分观测装置是早期ERS-1、ERS-2及其他卫星上的改进版。这些观测装置代表了上世纪末和本世纪初世界航天遥感领域的先进技术水平，它们协调工作，共同完成对大气、海洋和陆地的全球综合观测任务。它们包括：先进合成孔径雷达（ASAR）、雷达高度计（RA-2）、微波辐射计（MWR）、先进沿轨迹扫描辐射计（AAT-SR）、中分辨率成像光谱仪（MERIS）、掩星式全球臭氧监测仪（GOMOS）、扫描成像大气吸收光谱仪

(SCIAMACHY)、被动式大气探测密歇尔松干涉仪(MIPAS)、多普勒测轨和无线电定位卫星集成系统(DORIS)。

ENVISAT能监测诸如海平面高度、海洋重力场、海面浪场、风场、流场、潮汐、温度场和海冰等海洋动力环境以及海洋水色环境和海岸带,测量大气化学成分、恒星光谱、大气臭氧层和温室效应,并能显示气体以及气溶胶浓度分布。此外,该卫星装载的合成孔径雷达、中分辨率成像光谱仪和沿轨迹扫描辐射计等,既能用于海洋和冰盖探测,还能用于陆地遥感,例如:植被、土地、地质、水灾及水文参数测量。

(四) 气象执行卫星 (MetOp)

2006年11月欧空局发射的世界上最复杂的地球观测卫星——大型环两极轨道的气象执行卫星(MetOp-A),是欧洲提高天气预报准确性以及了解气候变化项目15年计划的一部分。这颗卫星由ESA和欧洲气象卫星开发组织(EUMETSAT)联合开发,是MetOp系列3颗卫星的第一颗, MetOp-B预计2010年发射, MetOp-C预计2014年发射。该卫星承载着11种测量天气信息的仪器并能将数据返回地球。这颗卫星将会提供空前准确的数据,其中包括:温度、湿度、风速、海洋风向、臭氧和痕量气体,为全球天气预测和气候监测,准确地对天气情况进行预测并可以预防频发的恶劣天气情况,减少损失。

近年来,极端恶劣的天气越来越频繁,例如:非洲的干旱、欧洲的洪水、美国的卡特里娜飓风以及亚洲的海啸,该卫星的发射将对取得极端气候信息提供帮助。同时,该卫星所收集的数据还会为气候变化的研究提供依据。

(五) 具体应用和实践

ESA卫星一直持续监测地球表面发生的火灾,并编制世界火灾地图集(WFA),其数据是基于ERS-2卫星上的沿轨扫描辐射计(ATSR)和Envisat卫星所携带的先进的沿轨扫描辐射计(AATSR)传感器扫描地球表面获得,其作用就像是空中的温度计,对地球陆地表面温度进行观测。它们是目前唯一能在两个观测角度上提供准实时红外测量的有效工具,相对于正在准备之中的新一代多角度卫星传感器而言,ATSR数据提供了一

个在热红外区域开发有关方向性观测信息潜力的机会。用户可以在线实时从WFA中获得火灾信息。

此外,ESA还基于Envisat卫星数据绘制的第一张非洲南部1公里分辨率的土壤湿度图能够在线得到。土壤湿度在研究全球水循环中具有重要的作用,绘制的土壤湿度图将能够更好地预测极端天气事件,例如:洪水、火灾和干旱事件。2007年欧洲发生多起极端天气事件,Envisat卫星传感器已监测到英国遭受60年来最严重的洪水和蔓延整个南欧的严重火灾。

此外,ESA的卫星资源在热带气旋、地震、洪水、原油泄露、火山爆发等灾害的预测、救援和缓解等方面发挥了重要的作用。

目前,ESA将全球气候变化情况下资源和自然灾害发方面的挑战、生态环境及相关的移民和人道危机问题作为遥感技术的重要民用领域。

有必要强调的是,ESA与中国在遥感技术对地观测方面的合作广泛。其中,3年一期的合作项目“龙计划”的主要目标是建立ERS和Envisat卫星影像数据应用研究的中欧联合研究队伍,以促进卫星应用技术水平的提高。由双方专家牵头的项目组主要围绕农业监测、洪水监测、森林制图、水稻监测、森林火灾监测、地形测量、地震活动监测、滑坡监测、空气质量监测和预报、大气化学组成物变化、POLInSAR数据森林信息提取、干旱监测、水资源评价、气候和海洋系统等确定的优先主题开展工作。

三、《空间和重大灾害国际宪章》

《空间和重大灾害国际宪章》,由1999年发起,并于2000年正式成立,其创始成员为ESA, CNES和加拿大航天局(CSA)。我国国家航天局于2007年5月成为其正式成员。该机制通过利用其成员机构提供的卫星资源,向遭受重大灾害的国家无偿提供相关的数据和信息,以协助受灾国对灾害进行预测和评估,预防和缓解灾害对人类生命和财产的影响。

自2000年11月正式运行以来,该机制已启动上百次,向有关受灾国提供了针对地震、洪灾、滑坡、林火、飓风、火山等自然灾害和技术性灾害(如有毒和放射性物质污染等)的数据支持,

该数据来自于各成员单位（包括17个系列卫星资源，如：ESR、ENVISAT、SPOT、RADARSAT、IRS、Landsat等）。同时，在具体运行中实施24小时值班制度，确保响应的及时性，保证在紧急情况下能够提供快速、可靠、清晰的状态信息，作为营救方案的技术支持力量。仅2007年，该机制就启动40多次，包括7月我国长江流域的洪水灾害。该机制正成为空间遥感技术在灾害管理领域应用的重要的国际合作平台。

四、欧盟全球环境与安全监测(GMES)计划

GMES是由欧洲委员会和ESA联合倡议，并得到了2001年欧盟首脑会议采纳后成立的，旨在到2008年，形成空间地理信息服务上的独立的运行能力。其具体目标通过合理使用多源数据得到及时和高质量的信息、服务和知识，并给决策者（尤其是环境和安全领域）提供独立的信息途径。GMES包括四个方面的工作：空间部件（卫星和相关地面系统）、监测仪器、数据协调和标准化以及用户服务。其使用的卫星资源包括CosmoSkymed、SPOT、Pleiads、Jason-2、Radarsat、TopSat、Terrasar-X、Rapideye、UK-DMC、METOP等。其具体服务包括：应急响应核心服务（ERCS），对自然、技术或人道灾难相关的紧急状态和危机的响应；陆地监测核心服务（LMCS），对欧洲定期和独立的卫星覆盖以及响应的数据库系统；海洋核心服务（MCS），欧洲对海洋状态预测、监测和报告能力以及促进其在环境和安全事务上的应用。

目前，ESA和欧洲委员会正采取有力措施，强化合作，向既定方面努力，2007年12月，双方签订了4800万欧元的协议，保证从2008年到2010年的GMES运行前阶段，ESA能够及时地提供基于卫星的对地观测数据。

五、其他对地观测国际组织或计划

（一）联合国

全球综合观测战略成立于1998年，由联合国系统及一些对地观测组织等联合发起的地球系统观察的国际伙伴计划。其目的是通过对地观测有关国际组织机构之间综合集成，充分利用有限的

资源，生产综合的全球、地区和国家一级的数据和信息，以满足政策决策，支持科学研究和作业性环境监测的信息需求。IGOS数据和信息优先支持与国际环境公约的执行有关的领域，包括气候变化研究，季节性和年间气候变异预报，海洋和海岸带的持续管理，淡水资源的管理，生物多样性，荒漠化，全球森林覆盖，陆地上影响海洋与养殖环境的活动，减灾与粮食安全等。

UNOSAT是联合国框架计划，旨在向国际社会和发展中国家提供卫星图像和地理信息系统，主要用于人道主义援助、灾害预防、环境恢复和危机后重建等。其参与者包括公立机构（如：CNES、ESA、联合国项目服务厅UNOPS），私有部门（如卫星图像服务商）及科研团体（如欧洲核子研究中心CERN）。

联合国开发署（UNDP）、联合国教科文组织（UNESCO）、联合国和平利用外太空委员会（UNCOPUOS）、联合国外太空事务厅（UNOOSA）等国际组织也致力于将空间技术应用于灾害管理，并开展必要的培训、交流和推广活动。

（二）全球气候观测系统（GCOS）

1990年，在日内瓦召开的第二次世界气候大会上，各国科学家提出了制定“全球气候观测系统（Global Climate Observing System-GCOS）计划”的建议；1992年，世界气象组织（WMO）、联合国教科文组织（UNESCO）的政府间海洋委员会（IOC）、国际科学联盟理事会（ICSU）、联合国环境规划署（UNEP），共同发起了该计划。GCOS的作用是通过制定发展计划、提供技术帮助和政策指导等手段，在各种国际观测计划和各国观测系统之间建立起协调机制。

（三）地球观测组织（GEO）及全球综合地球观测系统（GEOSS）

地球观测组织成立于2005年，该组织主要目标是建立一个综合、协调和可持续的全球地球观测系统，更好地认识地球系统，管理地球资源，减轻自然和人为灾害的影响。它制定了全球综合地球观测系统（GEOSS）十年观测计划（2005-2015年），明确了发展目标、范围、期望成果、技术和能力建设的优先领域、管理机制等，并确定灾害、健康、能源、气候、水资源、天气、生态

系统、农业和生物多样性等9个社会受益领域。这一系统具备全球性和系统集成性等特点，全球性指它将尽可能包含世界上所有国家和地区以及所有涉及地球观测的机构。系统集成性将保证把与地球观测有关的气候、海洋、大气、陆地、自然资源和人类活动等系统连在一起，形成一个前所未有的综合系统。

（四）国际卫星对地观测委员会（CEOS）

国际卫星对地观测委员会成立于1984年。鉴于空间对地观测的跨学科性质，以及协调各种对地观测任务的重要性，“工业化国家经济峰会”下设“发展、技术和就业工作组”的空间遥感专家组建议成立CEOS。该组织负责对民用空间对地观测和地球研究的协调工作。CEOS的成员致力于关注全球变化的重要科学问题，不发展相互重复的没有必要的空间对地观测计划。

CEOS目前有4个工作组：定标和真实性检验工作组（WGCV）、信息系统和服务工作组（WGISS）、灾害监测评估特设工作组（DMSG）、教育和培训特设工作组（WGEdu）。

灾害监测评估特设工作组的工作目标是通过改善已有的或计划中的对地观测卫星资料的应用，以支持世界范围内天然和技术灾害资料的管理。该工作组继续进行灾害资料管理先行计划提出的任务，继续发展并改善卫星资料在几种灾害监测中应用的建议，特别强调与有关空间机构、国际和地区组织、商业机构紧密合作，执行这些建议。工作组将在空间机构提供卫星资料以支持灾害资料管理方面起示范作用。

六、卫星遥感技术在法国减灾中的应用

卫星遥感技术是防灾减灾的强有力手段。如何更好地利用卫星遥感技术，为防灾减灾工作服务成为国内外防灾减灾专家关注的一个热点。

面对自然灾害时，卫星图像能提供可靠、现实、客观、迅速便捷的信息，指导灾害管理等应急措施。在灾害中，迅速定位影响区域和对损失进行图像化、收集和综合信息用于优化干预措施、组织和优化人道行动；灾害前后，制定风险预防计划，确定风险区域并制定紧急干预计划，完善风险情景预测和模拟模型等。

在评估各种灾害的风险性时，各类卫星观测的信息数据（光学、红外、微波）提供了极有价值的信息。根据卫星信息进行的受灾危险性分析、受灾带划分和预先风险评估，可用于预先采取防范和保护性措施。卫星遥感及通信的重要作用还体现在灾害破坏程度的可靠预估、灾后状况的评估，为及时救援和协调营救提供必需的信息支持等方面。

法国遥感技术的研究水平较高、应用也很广泛，目前，有12个法国公司加入了“欧洲遥感公司联盟”（EARSC）。作为一种空间科学技术，遥感技术在法国减灾工作中也扮演着重要的角色，并通过项目合作向国外推广，通过积极参与国际救援活动，主要体现在以下三个方面：

1. 进行动态监测，为紧急救援提供依据

随着传感器、航空航天技术和数据通讯技术的不断发展，现代遥感技术已经进入一个能动态、快速、多平台、多时相、高分辨率地提供对地观测数据地新阶段。凭借丰富的数据资源和成熟的现有技术，灾害动态监测成为遥感技术在法国减灾工作中主要的应用领域，尤其是重大灾害事件的监测预警已经成为法国减灾工作中的一项常规工作内容。在法国，遥感动态监测方面较多的应用是灾中实时动态监测，一方面为灾害实时评估提供依据，另一方面可以预测灾害可能发展趋势、可能影响地区以及可能造成的损失，为救灾物资紧急调用，灾民紧急转移，应急救援方案的制定提供依据。目前，对于洪水、森林火灾、地震、火山爆发等主要灾害类型，法国已经开展了实时监测的工作。

2. 开展灾害评估，为灾害救助提供依据

灾害评估是救灾工作的一项重要工作内容，科学的灾害评估是有效救灾的基础和条件。在法国，应用遥感技术进行灾害评估主要集中在灾中实时评估和灾后恢复重建评估两个阶段。评估的内容包括：受灾面积、农作物受灾面积、灾情等级、救灾路线选择评估等方面，主要表达形式包括受灾面积图、农作物受灾面积图、灾情等级图以及灾情遥感评估报告等。

3. 进行减灾规划，为灾害预警提供依据

做好防灾减灾规划，是降低灾害发生频次、

减轻灾害损失乃至避免灾害发生的保障。法国是一个多河流的国家,纵横交错的河流以及四通八达的水道形成了遍布法国的水路交通网。密集分布的河流为法国提供了丰富的水资源和便利的交通条件,同时也孕育了法国洪水灾害的发生环境。所以,法国十分重视河流管理和规划,实行分级的方式进行河流管理,根据河流规模将河流分成国家级、流域级、地区级、地方级和国际级共5级。遥感技术灾法国河流规划中发挥不可忽视的作用,目前,法国主要利用遥感技术对各大流域进行建设规划,根据受洪水影响程度的大小,将流域划分为重灾区、一般受灾区、安全区,并制作相应的流域规划图。

灾害管理可以分为四个阶段:灾害预测、灾害监测、紧急救灾和灾后重建。顺利完成各阶段工作的基础是准确、全面、客观、直观、便捷的灾情信息。卫星遥感技术在满足这些要求方面具有独特的优势。我国国土面积大,人口分布广、自然灾害多发,在我国的抗灾救灾应急体系中,

应充分考虑这一技术手段,以及国内国外卫星资源和灾害管理国际合作机制,快速接收和处理灾情信息,及时为救灾工作服务,最大限度地减少人员和财产损失。■

参考文献:

- [1] 范一大: 遥感技术支持下的灾害管理,《中国减灾》2005年02期。
- [2] 杨思全: 空间信息技术在法国减灾工作中的应用(一) 法国卫星遥感技术的发展及应用;《中国减灾》;2005年04期。
- [3] www.cnes.fr.
- [4] www.esa.int.
- [5] www.disasterscharter.org.
- [6] www.gmes.info.
- [7] www.igospartners.org.
- [8] www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php.
- [9] www.earthobservations.org.
- [10] www.ceos.org.
- [11] www.earsc.org.

The satellite remote-sensing technology and its practice on the disaster management

YIN Dejian

(Ministry of Environnemental Protection of the people' s Republic of China, Beijing 100035)

Abstract: The paper mainly introduces the resource and the technology of satellite remote-sensing in France and in Europe and the practice of disaster prevention and reduction, as well the other main organizations and programmes for Earth Observations all over the world. With the strong capacity in the space technology, France integrates the satellite remote-sensing technology in the disaster management system.

Key words: satellite; remote-sensing; practice; disaster management