

商遥 SAR 星座在东南亚防灾减灾领域国际合作模式研究

孔经东

(中电博微电子科技有限公司, 安徽 合肥 230093)

摘要 合成孔径雷达 (SAR) 卫星以其全天时、全天候成像的特点与优势, 近年来在世界范围内得到迅速发展。文章在分析 SAR 卫星星座发展现状与趋势的基础上, 对其在东南亚地区防灾减灾领域的应用前景进行研究, 提出基于“一带一路”倡议的国际合作商业模式, 为完善中国商业 SAR 卫星体系能力、服务“一带一路”与“全球发展倡议”提供参考。

关键词 SAR; 卫星星座; 东南亚; 防灾减灾; 国际合作

中图分类号: F114

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)01-0073-03

合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar, SAR) 卫星具备全天时、全天候监测能力, 可有效克服光学卫星无法在阴雨、台风、雾霾及夜间等恶劣条件下提供影像问题, 是应急救援唯一可充分依赖的宏观观测手段^[1-2], 在防灾减灾领域具备广阔的应用前景。商业遥感小卫星具备研发周期短、成本低、发射灵活等优势, 但构建具备小时级全球重访能力的卫星星座, 仍存在成本高、风险大等问题。本文以东南亚地区防灾减灾国际合作为出发点, 提出基于“一带一路”倡议的商业遥感 SAR 卫星星座的国际合作发展模式。

1 国内外 SAR 卫星星座发展现状

1.1 国外 SAR 卫星星座发展现状

自 1978 年美国国家航空航天局 (NASA) 成功发射全球第一颗 SAR 卫星 SEASAT 以来, SAR 卫星成为各国竞相发展的关键技术。2015 年商业航天拉开序幕, 随着以 SpaceX 为代表的商业火箭公司的迅猛发展以及 COTS 级元器件的逐渐成熟, 卫星的发射、迭代成本开始大幅下降, 一批小型商业雷达卫星企业也开始迅速发展, 如芬兰 ICEYE、美国 Capella Space、日本 Synspecive 等^[3], 目前国外主要在轨小型商业 SAR 卫星星座情况如表 1 所示。

1.2 国内 SAR 卫星星座发展现状

我国目前在轨运行的民用 SAR 卫星主要有“环境一号”C 星、“高分三号”(3 颗卫星)、“天绘二号”02 组、“陆探一号”双卫星星座^[4], 以及百公斤级商业小卫星“海丝一号”(重量小于 185kg)、“巢湖一号”(具备 InSAR 功能, 约 290kg)。

我国从事 SAR 卫星载荷科研生产的单位主要包括

中国科学院空天信息创新研究院、中国电子科技集团公司第三十八研究所 (以下简称 38 所)。38 所在国内率先进军商业 SAR 小卫星领域, 与天仪研究院先后联合研发“海丝一号”“巢湖一号”两颗商业 SAR 小卫星, 并承担 SAR 载荷总体的研制生产。“海丝一号”的应用需求由厦门大学等提出, “巢湖一号”的应用需求则由天地信息网络研究院 (安徽) 有限公司提出。此外, 38 所于 2021 年 9 月 28 日正式发布了“天仙星座”计划, 该星座将由 96 颗轻小型 SAR 卫星组成, “海丝一号”“巢湖一号”分别是该星座计划的试验星与首发星, 目前已完成组网运行。

2 东南亚地区自然灾害问题

2.1 东南亚地区自然灾害概述

东南亚地处亚欧板块、印度洋板块和太平洋板块交界处, 是世界上最易遭受自然灾害的地区之一。该地区水文、地质灾害频发, 破坏性大且难以预测, 主要包括地震、火山爆发、林火、洪涝、台风、海啸等, 在过去的二十年里造成数十万人死亡、数千万人流离失所, 总经济损失数万亿美元。

2.2 中国 - 东盟防灾减灾合作

中国 - 东盟灾害管理部长级会议已于 2021 年、2022 年连续举办两届, 双方共同发布了《中国 - 东盟灾害管理行动计划 (2021-2025)》并将致力于共建基地。此外, 2022 年 11 月 11 日, 《中国 - 东盟全面战略伙伴关系行动计划 (2022-2025)》正式发布, 该计划在《落实中国 - 东盟面向和平与繁荣的战略伙伴关系联合宣言行动计划 (2021-2025)》所列重点领域的基础上, 进一步明确中国和东盟就《中国 - 东盟建立对话

表1 国外主要在轨小型商业 SAR 卫星星座情况

国别	名称	波段	最高分辨率	现状及计划
芬兰	ICEYE SAR 小卫星星座	X	0.25m	ICEYE-X1 于 2018 年 1 月发射, 该卫星是全球首科小于 100kg 的 SAR 卫星, ICEYE 星座设计包含 18 颗卫星, 目前已发射 14 颗。
美国	Capella SAR 小卫星星座	X	0.5m	2020 年 8 月第一颗业务星发射, Capella Space 公司计划发射 36 颗 SAR 小卫星构建卫星星座, 实现每小时全球范围重访。目前, 该公司已发射在轨卫星 7 颗, 空间分辨率达到 0.5m, 卫星重量约 112kg。
日本	StriX SAR 小卫星星座	X	1m	Synspective 公司已发射两颗卫星 StriX- α 和 StriX- β 。该公司计划于 2026 年建成由 30 颗卫星组成的商业 SAR 小卫星星座。

表2 防灾减灾对 SAR 卫星数据的需求

工作模式	分辨率	幅宽	极化方式	波段
聚束模式	1m	5km		
滑聚模式	3m	15km	HH, VV, HV, VH,	L、C、X
条带模式	5m	50km	双极化, 全极化	
扫描模式	20m	100km		

关系 30 周年纪念峰会联合声明》以及双方商定领域深化务实合作的承诺。其中, 第四章“共谋可持续发展”中对防灾减灾合作方面提出了包括“根据东盟有关领域主管部门和中国相关机构共同商定的优先事项, 探讨自然资源卫星遥感数据与技术共享和应用合作”在内的若干具体内容。

3 防灾减灾对 SAR 卫星的能力需求

SAR 卫星可用于地质灾害、洪涝、雪灾、林火等灾害的应急监测。为有效开展灾害监测预警和应急响应, SAR 卫星需要具备以下能力: 米级高分辨率成像能力、小时级重访观测能力、云雨烟雾及一定的地表穿透能力、多频多极化等多元数据获取能力^[5]。

SAR 卫星所载雷达工作模式主要有 4 种: 聚束模式、滑聚模式、条带模式和扫描模式。其中聚束模式分辨率最佳但观测幅宽受限, 而扫描模式观测幅宽最大但分辨率较低。防灾减灾对四种模式下 SAR 卫星数据的需求见表 2。

4 商业遥感 SAR 卫星星座建设国际合作模式研究

4.1 星座建设思路

建议与东盟十国开展合作共建商业 SAR 卫星星座, 由政府牵头, 东盟十国出资, 结合我国政府补贴, 国内相关企业承担研制、生产、发射, 构建包含多种波段的 SAR 卫星星座, 在中国与东盟十国境内分别开展地面系统建设, 开发东盟应急救灾响应等专用系统, 服务防灾减灾及其他政府、商业用途。

4.2 星座构成设计

4.2.1 星座设计

东盟十国各 1 颗, 共 10 颗 SAR 卫星构成星座, 运行于 512km~710km 高度的太阳同步轨道上, 平均分布于 5 个轨道平面。5 个轨道平面的降交点地方时各不相同, 可在不同地方时对地面进行观测。轨道数量的增多增加了发射成本, 但同时也缩短了重访时间, 有效提升观测频次。

以 2022 年 8 月泰国北部遭受洪涝灾害较严重的清莱 (E99°48', N19°54') 为目标, 对卫星星座进行重访能力仿真。仿真结果见表 3。

仿真结果显示, 24 小时内, 10 颗卫星的 SAR 传感器共对目标区域进行了 14 次访问, 平均单次访问时间约为 38.55s, 平均重访时间约为 1.7h, 达到小时级重访。

4.2.2 卫星设计

建议参考“巢湖一号”有关参数进行卫星设计, 该星具备 D-InSAR 功能和星上处理能力, 在轨寿命不少于 5 年。

4.2.3 载荷设计

工作频段建议采用 C、X 和 L 波段在星座中进行互补设计, 极化方式建议采用 HH、VV、HV、VH 组合实现双极化、全极化, 成像模式建议支持聚束模式、滑聚模式、条带模式、扫描模式, 分辨率建议在聚束模式下可达 1m 以下, 幅宽建议在扫描模式下可达 120km 以上。

4.3 地面系统建设

地面系统建设主要包含运行控制站、测运控中心、

表 3 十星组网星座对清莱 (E99°48', N19°54') 重访能力仿真结果

SAR 传感器	访问时间点	持续时间 (s)
	04:42:18.974	43.034
SAR-1	06:16:44.277	40.392
	16:44:50.365	35.856
SAR-2	17:31:05.738	35.603
	10:51:22.407	37.318
SAR-3	21:19:29.416	38.786
	15:26:48.180	28.392
SAR-5	03:28:29.036	41.179
	14:39:47.619	37.025
SAR-6	06:46:51.180	41.041
	08:20:34.465	42.365
SAR-8	19:15:02.116	40.395
SAR-9	12:55:51.137	38.781
SAR-10	01:24:03.905	39.486

大数据管理中心及专业应用系统四个方面。其中,专业应用系统主要是基于东盟防灾减灾需求开发的应急救援响应专用系统,可包含防灾减灾运行管理平台、灾情监测评估及灾情多维可视化等若干子系统。后续也可根据需求就农业应用、海洋监测等方面开发对应的专用系统。

4.4 星座运营模式

星座卫星、地面及应用系统建设资金由我国政府补贴、东盟各国出资及我国内企业投资多元融合构成,由我国内企业独立或联合承担研发与建设任务。因此,建议由我国内承研企业或联合体拥有该星座的所有权,并对星座维护、升级与各相关业务的运营总体负责,东盟各国依托东盟境内设立的卫星地面站系统和专用应用系统获取相关卫星遥感数据,应用于地区防灾减灾及其他政府、商业用途。

4.5 星座应用预测

该商业 SAR 卫星星座将具备全天时、全天候数据获取和小时级重访能力,采用 D-InSAR 等技术,具备物体毫米级形变探知能力。该星座将在东南亚地区防灾减灾领域发挥重要作用,还可服务于国家重点工程项目、自然资源探查、生态环境保护等各个方面。通过东盟地区 SAR 卫星国际合作打造示范工程,在“一带一路”国家进一步推广,可加快促进我国航天商业化进程,构建商业卫星产业生态。

5 结语

商业 SAR 卫星在防灾减灾领域具备得天独厚的优势,我国正处在商业 SAR 卫星发展的机遇期、上升期,在东南亚地区开展相关国际合作,是落实《中国—东盟全面战略伙伴关系行动计划(2022–2025)》、以“高质量”促进“一带一路”倡议由“大写意”向“工笔画”转变的坚定举措,是响应习近平主席在第 76 届联合国大会上提出的“全球发展倡议”,秉持以人民为中心的理念,通过务实合作,加快落实 2030 年可持续发展议程的“行动派”。

参考文献:

- [1] 刘辉,靳国旺,张红敏,等. DEM 辅助的 InSAR 零中频处理基线估计方法 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2017,45(03):79–84.
- [2] 刘辉. 雷达干涉测量: DEM 辅助干涉及形变监测技术 [M]. 北京:地质出版社,2019.
- [3] 谭娟,于君娜,李贝贝,等. 基于商业联盟的雷达小卫星星座发展模式研究 [J]. 航天返回与遥感,2021,42(05):51–52.
- [4] 刘文锴,刘辉,宋志敏,等. 国产内陆水 InSAR 卫星星座迭代建设策略及应用探讨 [J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),2022,43(04):3–4.
- [5] 郭磊,李立,颜昭,等. 面向应急减灾的中轨多频多极化 SAR 载荷设计 [J]. 航天器工程,2019,28(06):24–29.