

文章编号:1002-3682(2016)02-0059-07

中日韩海洋水色卫星计划对比分析*

王泉斌

(国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要:21 世纪以来,围绕海洋资源开发、海洋环境安全和海洋权益维护,国际上开展了新一轮的海洋竞争,所有这些竞争都离不开对海洋环境的认知,卫星海洋遥感作为世界各国提升海洋环境认知能力的重要高新技术手段,日益得到各国的重视。海洋水色卫星遥感是重要的海洋探测技术,它通过卫星平台上的探测器对海洋表面的水色进行探测,反演出海洋水体中的叶绿素浓度、泥沙含量及黄色物质浓度,进而得到其他相关信息。文章在概要介绍中日韩三国海洋水色卫星发展历程及性能的基础上,对中日韩三国的海洋水色卫星计划及其应用进行了初步的对比分析,基于参考文献对其异同点进行了阐述与评价,从发展思路与发展方式等角度提出了针对我国未来海洋水色卫星计划发展的建议与启示。

关键词:中国;日本;韩国;海洋水色;卫星计划

中图分类号: P715.7 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1002-3682.2016.02.008

海洋水色卫星是海洋生态环境监测的重要手段。1978—1986 年在轨运行的第一颗水色卫星 Coastal Zone Color Scanner(CZCS)验证了能力,展示了潜力。在 20 世纪 90 年代进入蓬勃发展期,各国竞相发射水色卫星,极大地推动了海洋卫星水色遥感技术的发展。其中,中日韩作为东亚主要海洋国家和经济体,都认识到了水色卫星的重要性,在水色卫星发展上积极作为;但选择了不同的发展道路,各有特色,对其进行对比分析,评述各自的优劣,有助于我国海洋水色卫星更好的发展。本文首先详细介绍了 3 个国家水色卫星计划,在此基础上,对其异同点进行了对比分析和评价。

1 中日韩水色卫星计划概况

1.1 中日韩水色卫星发展历程

我国目前已发射了两颗极轨海洋水色卫星即 HY-1A 和 HY-1B。其中,2002-05-15 发射的 HY-1A 是我国第一颗用于海洋监测的海洋水色卫星。星上搭载了两台传感器,一台是水色水温扫描仪 COCTS(Chinese Ocean Color and Temperature Scanner),另一台是 CCD 成像仪。COCTS 的空间分辨率为 1 100 m,共有 10 个波段,光谱范围为 402~

* 收稿日期:2015-12-04

资助项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目——中韩海洋功能区选划政策及技术方法比较研究(2015G19)

作者简介:王泉斌(1980-),男,工程师,硕士,主要从事海洋环境与资源管理、中韩海洋领域合作等方面研究。

E-mail:wangquanbin@fio.org.cn

(王 燕 编辑)

12 500 nm。CCD 成像仪的空间分辨率为 250 m,具有蓝、绿、红和近红外四个波段。HY-1A 的轨道高度为 798 km,倾角为 98.8°,COCTS 的刈幅为 1 400 km,CCD 的刈幅为 500 km。HY-1A 实现了我国海洋水色卫星零的突破,完成了海洋水色功能及试验验证,为我国海洋卫星系列发展奠定了技术基础。2004-04HY-1A 停止运行,其后续星 HY-1B 于 2007-04 升空。HY-1B 继承了 HY-1A 的设计特点,继续搭载 COCTS 和 CZI(Coastal Zone Imager)传感器,与 HY-1A CCD 相比,HY-1B CZI 的波段宽度更窄,波段中心波长也有所调整。HY-1B 卫星目前仍在轨运行。

日本的水色卫星计划开始的较早,但总体来看进展并不顺利。日本在 1996-08-17 发射的极轨卫星 ADEOS(Advanced Earth Observation Satellite)上搭载了海洋水色水温扫描仪 OCTS(Ocean Color and Temperature Scanner),该传感器共有 12 波段,光谱范围 400~900 nm,空间分辨率为 700 m,刈幅为 1 400 km,轨道高度为 797 km,倾角为 98.6°;由于卫星升空后频繁发生故障,ADEOS 仅运行了不到一年的时间便宣告报废。2002-12 日本又发射了极轨 ADEOS-II 卫星,星上搭载的全球成像仪 GLI(Global Imager)在 OCTS 的基础上作了较大改进,在 375~12 500 nm 的光谱范围内设置了 36 个波段,其中 6 个波段的分辨率可达到 250 m;2003-10ADEOS-II 突然与地面失去联系,这对日本的水色卫星计划来说可谓是雪上加霜。

韩国于 1999-12-20 发射的极轨卫星 KOMPSAT-1 搭载了海洋扫描多光谱成像仪 OSMI(Ocean Scanning Multispectral Imager),用于监测全球水色,其空间分辨率为 850 m,在 400~900 nm 范围内设置了 6 个波段,轨道高度为 685 km,刈幅为 800 km,OSMI 于 2008-01-31 停止运行。2010-06 韩国发射的静止卫星 COMS 搭载了全球首个海洋水色传感器 GOCI(Geostationary Ocean Color Imager),韩国也成为了全球首个拥有静止轨道海洋水色卫星的国家。GOCI 的空间分辨率为 500 m,共有 8 个波段,光谱范围为 402~885 nm,轨道高度为 35 857 km,覆盖范围为 2 500 km×2 500 km,GOCI 每天可提供 8 个时刻的观测数据,时间间隔为 1 h,使得海洋-大气的逐时变化监测成为可能。

表 1 中日韩三国历史和在轨的水色传感器技术指标

Table 1 The specifications of ocean color sensors of China, Japan and Korea

国家	传感器	卫星	在轨时间	刈幅宽度 /km	空间分辨率 /m	波段数	光谱范围 /nm	轨道	重访周期
中国	COCTS	HY-1A	2002-05-15	1 400	1 100	104	402~12 500	极轨	3 d
	CCD		—2004-04-01	400	250		420~890		7 d
	COCTS	HY-1B	2007-04-11	3 000	1 100	10	402~885	极轨	1 d
	CZI		至今	500	250	4	433~695		7 d
日本	OCTS	ADEOS	1996-08-17 —1997-06-29	1 400	700	12	400~900	极轨	41 d
	GLI	ADEOS-II	2002-12-14 —2003-10-24	1 600	250/1 000	36	375~12 500	极轨	4 d
韩国	OSMI	KOMPSAT -1	1999-12-20 —2008-01-31	800	850	6	400~900	极轨	3 d
	GOCI	COMS	2010-06-26 至今	2 500	500	8	402~885	静止轨道	1 h

1.2 中日韩水色卫星遥感应用

基于 HY-1A/1B 数据,在海温、海冰、水色、赤潮绿潮、海上溢油、海上风暴的监测、海洋渔业服务等方面开展了业务化应用,在我国海洋资源开发与管理、海洋环境监测与保护、海洋灾害监测与预报等领域发挥了重要的作用。潘德炉等^[1]利用准同步的 SeaWiFS 数据,开展了 HY-1A COCTS 交叉定标研究,结果表明,交叉定标得到的 COCTS 总辐亮度与现场替代定标结果具有很好的一致性,交叉定标方法的精度可以满足水色遥感的要求。Luo 等^[2]的研究结果表明, HY-1A 数据在渤海海冰监测和预报中具有应用潜力。孙凌等^[3]评估了 HY-1A CCD 水体组分浓度反演能力,结果表明: HY-1A CCD 可以用于二类水体水色反演,特别是在悬浮物浓度的反演方面,该传感器优势明显。谢仕义等^[4]建立了雷州湾悬浮物浓度反演模型,利用 2014-04-11 的 HY-1B 数据反演了该区域的悬浮物浓度空间分布。

尽管 OCTS 运行了不到一年的时间,但其数据资料在观测黑潮、浮游生物、烟雾等方面发挥了作用。Yokouchi 等^[5]基于 1997-04—06 的 OCTS 数据研究了日本常磐/鹿岛沿海黑潮锋面的 Chl-a 浓度,结果表明:高 Chl-a 浓度的近岸水体与冷水团具有密切的联系。Fukushima 等^[6]基于船基和浮标的水色数据发展了 OCTS 的大气校正算法; Mukai 等^[7]制作了 1997-04-26 日本附近太平洋海面的浮游植物色素浓度产品。Stamnes 等^[8]、Aoki 等^[9]、Hori 等^[10]通过对比 2001—2005 年阿拉斯加和北海道东部 4 个站位不同冰雪条件下的 GLI 和 MODIS 数据,并基于现场实测数据对 GLI 的冰雪产品进行了验证,结果表明:卫星反演得到的雪表温度与实测值的相关系数可达到 0.9,均方根误差为 1.1 K。Fukushima 等^[11]利用卫星上自带的微波散射计风场数据发展了 GLI 的太阳耀斑去除算法;该算法还可以提高水色产品的可用性以及太阳耀斑区反射率的精度。

作为世界上首颗静止轨道水色传感器,凭借其一天可提供多景数据的特点,GOCI 已经成为海洋水色遥感研究的新热点。在海温、盐度、水色、潮汐等海洋环境,赤潮、绿潮、海冰、溢油等海洋灾害方面已有了很大的研究进展。刘猛等^[12]研究中 GOCI 的一天多景数据,采用基于半经验辐射传输模型反演获得杭州湾悬浮泥沙浓度的时空分布,结果表明:潮流变化是该海区在涨落潮、大小潮悬沙分布变化的主要影响因素;风浪作用导致杭州湾海域悬沙浓度枯季明显大于洪季。Choi 等^[13]开展了类似的研究。Son 等^[14]基于 GOCI 数据和数值模拟,研究了 2011 年夏季黄东海的漂浮绿潮,指出绿潮漂移受到洋流和风的影响。

1.3 中日韩未来的水色卫星计划

展望未来,中日韩三国在水色卫星计划方面各有侧重,中国计划发展水色卫星星座 HY-1C/1D,日本计划发展面向气候变化研究水色卫星 GCOM-C,韩国则已开始研发下一代静止轨道水色成像仪—GOCI-II。

我国的 HY-1C/D 将采用上、下午星模式,其中上午星在 10:30 左右过境,下午星在 13:30 左右过境。海洋水色水温扫描仪和海岸带成像仪仍将是主力遥感器,遥感器性能将进一步提高。

日本的 GCOM-C 卫星计划于 2106 年发射,旨在观测海气界面的辐射收支和全球环境变化。其设计轨道高度为 798 km,成像时间为当地时间 10:30,在 380~12 000 nm 范

围内设置 19 个波段,空间分辨率为 250,500 和 1 000 m,其中 250 m 分辨率是为了观测近岸的河流入海口、区域性赤潮、潮汐等。

韩国静止水色 GOCI-II 计划于 2018 年发射,与 GOCI 相比,GOCI-II 新增了半球成像(Full disk)方式,白天的成像次数由 8 次提高到了 10 次,新增了 1 个全色波段和 4 个水色波段(水色波段的范围 370~885 nm),波段数提高到了 13 个,空间分辨率由 500 m 提高至 250 m。

2 中日韩水色卫星计划特点的对比分析与评价

2.1 发展思路上

海洋水色卫星计划的使命之一是为全球碳循环研究服务,因此全球覆盖是其关键技术要求。另一方面,海洋的运动变化特性,凸显了时变监测的重要性,而极轨水色卫星时间分辨率较低,无法满足海洋特别是近海逐时变化观测的需求,发展静止轨道海洋水色卫星是解决这一问题的唯一途径。

在传统的极轨海洋水色卫星领域,美国代表了目前世界的最高水平,用于全球气候变化研究的高质量、长时间序列、全球海洋水色遥感数据集,主要来自于美国的水色卫星 SeaWiFS 和 MODIS。反观其他国家,由于技术储备等方面的原因,除欧洲 ENVISAT MERIS 水色卫星数据具有与 SeaWiFS 和 MODIS 相当的观测精度、长期稳定性和全球覆盖能力之外,其他国家的水色卫星都与美国存在明显差距,不能相提并论。

与中日等绝大部分国际追随美国发展极轨水色卫星不同,韩国在尝试了极轨水色卫星之后,选择了走静止海洋水色卫星的路子,而实践证明这一选择是正确的。虽然静止海洋水色卫星计划发展之初也有质疑的声音(特别是技术可行性),但韩国敢想敢试,先行先试,走到了国际的前列,占据了领先的地位,为韩国乃至世界的静止轨道卫星水色遥感技术的发展都起到了推动作用,目前美国(NASA)、欧洲(ESA)都以此为榜样开始进行效仿,积极推动各自的海洋水色卫星计划。

2.2 发展方式上

韩国海洋水色卫星计划的国际化特色明显,比如:韩国静止轨道海洋水色卫星的研制和发射、遥感器的研制都依靠欧洲;现场定标检验系统定期到美国定标;设立研究项目,吸引世界知名科学家和研究团队共同开展 GOCI 卫星数据的应用研究和产品开发等等。

由于 GOCI 是世界首个静止轨道海洋卫星遥感器,得到了 Kevin Ruddick, Zhongping Lee 等一大批世界知名科学家的关注,他们都表现出了极大的热情;韩国也因此受益,不仅在多国科学家的协助下拓展了 GOCI 的应用,解决了 GOCI 数据存在的问题(如 inter-slot),而且大幅提升了韩国水色遥感界的国际地位,图 1 给出了与韩方建立实质性合作关系的国际科研机构。

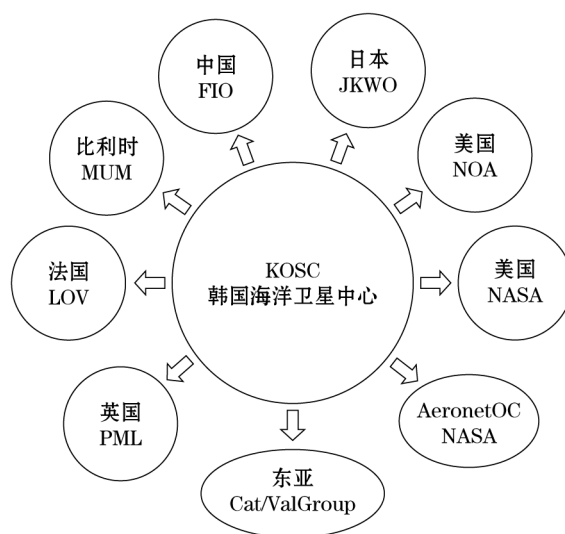


图 1 与韩国海洋卫星中心具有合作关系的国际研究机构示意图

Fig. 1 The international research groups which have a cooperative relationship with the Korean Ocean Satellite Center (KOSC)

当然,必须看到韩国开展国际合作也有其客观原因(如韩国自主的卫星技术、遥感器技术相对落后),但他们主动思变、差异化发展的理念和做法值得他国借鉴的。

3 几点思考和建议

1)在未来的水色卫星计划设计中,建议遵循差异化发展的思路,在跟踪、引进、消化吸收的基础上,走出具有中国特色的水色卫星发展道路。

2)在发展自主海洋水色卫星事业过程中,大力推动国际合作。

3)在水色卫星规划中,考虑极轨和静止卫星相结合的方式。

参考文献:

- [1] 潘德炉,何贤强,朱乾坤. HY-1A 卫星遥感器水色水温扫描仪在轨交叉定标[J]. 科学通报, 2004 (21): 2239-2244.
- [2] LUO Y W, WU H D, ZHANG Y F, et al. Application of the HY-1 satellite to sea ice monitoring and forecasting[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 23(2): 251-266.
- [3] 孙凌,张杰. 应用遗传算法评估 HY-1A CCD 反演二类水体组分的能力[J]. 海洋科学进展, 2004 (增 1): 101-108.
- [4] 谢仕义,刘大召,张莹,等. 雷州湾海域悬浮物浓度遥感监测研究[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(3): 109-113.
- [5] YOKOUCHI K, TAKESHI K, MATSUMOTO I, et al. OCTS-derived chlorophyll-a concentration and oceanic structure in the Kuroshio frontal region off the Jobn/Kashima coast of Japan[J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 73(2): 188-197.
- [6] FUKUSHIMA H, TORATANI M, YAMAMIYA S, et al. Atmospheric correction algorithms for

- ADEOS/OCTS ocean color data: performance comparison based on ship and buoy measurements [J]. *Advances in Space Research*, 2000, 25(5): 1015-1024.
- [7] MUKAI S, SANO I, OKADA Y. Atmospheric correction for ocean color data given by ADEOS/COCTS and POLDER[J]. *Advances in Space Research*, 2000, 25(5): 1025-1028.
- [8] STAMNES K, LI W, EIDE H A, et al. ADEOS-II/GLI snow/ice products—Part I: scientific basis[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 111(2-3): 258-273.
- [9] AOKI T, HORI M, MOTOYOSHI H, et al. ADEOS-II/GLI snow/ice products—Part II: validation results using GLI and MODIS data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 111(2-3): 274-290.
- [10] HORI M, AOKI T, STAMNES K, et al. ADEOS-II/GLI snow/ice products—Part III: retrieved results[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 111(2-3): 291-336.
- [11] FUKUSHIMA H, SUZUKI K, LI L, et al. Improvement of the ADEOS-II/GLI sun-glint algorithm using concomitant microwave scatterometer-derived wind data[J]. *Advances in Space Research*, 2009, 43(6): 941-947.
- [12] 刘猛, 沈芳, 葛建忠, 等. 静止轨道卫星观测杭州湾悬浮泥沙浓度的动态变化及动力分析[J]. *泥沙研究*, 2013(1): 7-13.
- [13] CHOI J K, JE PARK Y, LEE B R, et al. Application of the geostationary ocean color imager (GOCI) to mapping the temporal dynamics of coastal water turbidity[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 146(16): 24-35.
- [14] SON Y B, CHOI B J, KIM Y H, et al. Tracing floating green algae blooms in the Yellow Sea and the East China Sea using GOCI satellite data and Lagrangian transport simulations[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2015, 156: 21-33.

Comparison and Analysis on Ocean Color Satellite Projects in China, Korea and Japan

WANG Quan-bin

(*The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China*)

Abstract: Since the 21st century, a new round of competition has been carried out in the fields of marine resources exploitation, marine environment safety and maritime rights and interests safeguard. All these are inseparable from the cognitive ability for marine environment. As an important high and new technology means for enhancing the marine environmental awareness, the ocean satellite remote sensing has increasingly gotten much attention of the countries all over the world. The ocean color satellite remote sensing is one of the most updated important technical means for ocean environmental detection, by which the color of the ocean surface can be detected through the detector mounted on the remote sensing platform and the concentrations of chlorophyll, sediment and yellow substance in the ocean waters can be inversed, and then other relevant information can be obtained. In the present paper, the development and performance of the ocean color satellites among China, Japan and Korea are introduced briefly, a preliminary comparative analysis of the ocean color satellite projects and applications in the three countries is carried out and their similarities and differences are elaborated and evaluated according to the cited references. Finally, proposals and enlightenments for the future ocean color satellite development in China are suggested from the perspective of the ideas and ways of development.

Key words: China; Japan; Korea; ocean color; satellite project