

我国海洋水色卫星发展概述 Ocean Color Satellite Development in China

车志胜

CHE Zhi-sheng

(国家卫星海洋应用中心三亚卫星地面站, 海南三亚 572023)

(Sanya Satellite Ground Station of National Satellite Ocean Application Service, Sanya, Hainan, 572023, China)

摘要:目前国外拥有海洋水色卫星的国家和地区有美国、欧洲欧空局、日本、韩国和印度。我国先后成功发射有 HY-1A 卫星和 HY-1B 卫星,其中 HY-1A 卫星为试验型业务卫星;HY-1B 卫星在 HY-1A 卫星基础上研制而成,其技术指标和性能均优于 HY-1A 卫星。我国常用的海洋水色遥感数据是 SeaWiFS 数据和 MODIS 数据。我国海洋水色卫星主要应用在海洋资源开发利用、海洋灾害监测应用、海洋权益维护、全球气候变化研究、国际交流与合作等方面。我国的海洋水色卫星研究起步较晚,应用水平还不够高,大力发展海洋水色卫星对维护我国海洋权益,加强海洋综合管理,促进海洋资源合理开发利用和海洋环境保护等方面都有非常重要的作用。

关键词:海洋水色 卫星 遥感 应用

中图分类号:P715.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2009)01-0076-05

Abstract: Presently, United States, ESA, Japan, Korea and India have ocean color satellite. China has successfully launched HY-1A and HY-1B satellites. The HY-1A satellite is experimental operational satellites. HY-1B satellite was developed on the basis of the HY-1A satellite. SeaWiFS data and MODIS data are the commonly used as ocean color remote sensing data. China's ocean color satellites are mainly used in the development and utilization of marine resources, marine disaster monitoring applications, the maintenance of maritime rights and interests, global climate change research and international exchanges and cooperation. Ocean color satellite studies of China's late start, the application level is not high enough, to develop ocean color satellite to the maintenance of China's maritime rights and interests, strengthening comprehensive marine management, and promote rational development and utilization of marine resources and marine environmental protection.

Key words: ocean color, satellite, remote sensing, application

海洋占地球表面积的 70%, 伴随人类对海洋的开发、利用和保护进程的加快, 海洋的资源和环境状况都发生了显著的变化。世界各国对海洋的可持续发展越来越重视, 各国科学家纷纷利用各种高新技术对海洋进行监测和监视。海洋水色卫星主要用于探测海洋水色环境要素, 包括叶绿素浓度、悬浮泥沙、海面温度、污染物以及浅海水深和地下水地形等。在海洋环境监测与保护、渔业资源合理开发与利用、

河口海湾与航道监测和治理、海洋污染监测和防治、海岸带资源调查和开发以及在海洋科技研究、全球变化研究等领域有广泛的用途。由于卫星遥感技术具有传统技术不可比拟的优越性, 经过多年的发展, 一些发达国家在应用卫星海洋遥感技术方面已经取得令人瞩目的成就, 并在技术上保持领先的地位。我国是海洋大国, 合理地开发海洋资源和保护海洋生态环境, 可以有效地防灾减灾, 维护海洋权益, 因此大力发展我国海洋卫星具有十分重要的意义。本文介绍国内外海洋水色卫星的发展现状, 我国常用的水色遥感数据, 以及我国海洋水色卫星的应用情况, 阐明我国发展海洋水色卫星的意义。

收稿日期: 2008-08-27

修回日期: 2008-11-21

作者简介: 车志胜(1975-), 男, 工程师, 主要从事遥感卫星信号接收与处理等相关工作。

1 国外海洋水色卫星发展概况

国外水色卫星的发展大致经历两个阶段,第一阶段是利用气象卫星或陆地卫星探测海洋水色;第二阶段是水色卫星应用研究,此阶段从美国在1978年发射 Nimbus-7 卫星开始。目前国外拥有水色卫星的主要有美国、欧洲、日本、韩国和印度。

美国1997年8月1日发射了 Seastar 卫星,星上装有唯一的海洋宽视场水色扫描仪(SeaWiFS)遥感器,此遥感器宽视场扫描,视场扫描角为 58.3° ,信噪比高,可见-近红外波段多。Seastar 卫星每2天覆盖地球一次,降交点地方时为中午12点。1999年12月18日美国发射了 TERRA(EOS-AM)卫星,该卫星轨道为近圆形太阳同步,卫星高度为705km,其中装有中分辨率成像光谱仪(MODIS),有36个光谱波段,可以对地球表面,大气和海洋表面环境和多种自然灾害等进行综合观测。TERRA(EOS-AM)卫星有较好的光照条件,分辨率高,波段数多,带宽窄,信噪比高。2005年5月4日美国又发射了 AQUA(EOS-PM)卫星,其中也装载了 MODIS。这样上午有 TERRA(EOS-AM)、中午有 Seastar、下午有 AQUA(EOS-PM)一共3颗卫星可以获取不同时间的海洋水色信息,同时还能够弥补太阳耀斑造成的影响。

欧洲的欧空局在2002年3月1日成功发射 ENVISAT-1 卫星,该卫星装载 MERIS 传感器,采取推扫成像,波段与位置均可由地面编程设置。

日本于1996年8月17日发射一颗地球观测卫星 ADEOS-1,卫星上装载水色扫描仪(OCTS),用于水色的探测,波段有8个,另外还增加4个红外波段,用于测温。2002年12月14日日本又成功发射 ADEOS-1 的后继星 ADEOS-Ⅱ,其上装载了全球成像仪(GLI),GLI的性能与 MODIS 的性能相类似。

韩国在1999年12月20日发射 Kompsat-1 卫星,星上的海洋水色仪(OSMI)有6个波段,空间分辨率均为850m。

印度在1996年3月21日发射 IRS-P3 卫星,该卫星具有海洋水色遥感器 MOS。1999年5月26日印度又发射 IRS-P4 卫星,该卫星上载有 OCM 水色遥感器,扫描幅宽1420km,分辨率360m,主要用于获取海洋叶绿素浓度、黄色物质和悬浮泥沙、海洋表面温度等物理海洋参数,另外该遥感器具有推扫倾斜功能,以避免太阳耀斑的影响。

随着海洋水色卫星遥感数据在各个领域的应

用,其科学价值和经济、社会效益已经得到很好体现。拥有海洋水色卫星的这些国家纷纷从卫星上的仪器性能、处理数据与应用等方面开展大量的研究,如:在卫星搭载遥感器时考虑探测海洋的特性,所设计的波段数量多、配置多、带宽窄、信噪比高、灵敏度高、空间分辨率高,有的还具有倾斜功能以避免太阳耀斑,有的采用多个卫星或卫星星座实现对目标区域的探测等。同时,采取可靠的定标手段,保证遥感数据的稳定;开展水色各种信息提取算法和软件的开发,使得数据能够被广泛应用。

2 我国海洋水色卫星发展现状

2002年5月15日,我国太原卫星发射中心成功发射第一颗试验型业务海洋水色卫星(HY-1A),该卫星为我国自主研制的海洋水色卫星,星上的遥感器为十波段的海洋水色扫描仪(COCTS)和四波段的 CCD 成像仪(CZI)^[1]。该卫星运行将近2年,在此时间段里获取了我国渤海、黄海、东海、南海及境外太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋和南北两极的大量水色遥感图像,结束了我国没有自己海洋卫星的历史,获得的海洋要素包括叶绿素浓度、悬浮泥沙和海面温度,这些数据在我国赤潮监测、海冰海温预报、大洋渔业环境信息获取、海岸带监测等各个领域发挥了重要的作用。由于 HY-1A 卫星在运行中其有效载荷出现了水色扫描仪 K 镜电机发生停转故障和地球红外敏感器见太阳保护失效的故障^[2],在2004年 HY-1A 完成了历史使命。

HY-1A 的后继星 HY-1B 于2007年4月11日成功发射, HY-1B 同样装载有十波段的 COCTS 和四波段的 CZI 两台遥感器,该卫星在 HY-1A 卫星的基础上研制,技术指标和性能均优于 HY-1A 卫星(见表1~表3)。

由于 HY-1A 卫星为试验型业务卫星, HY-1B 卫星部分指标有所调整,功能有所提高, HY-1A 卫星的存在问题也得到了解决。HY-1B 与 HY-1A 不同的方面主要有:(1) HY-1B 卫星的遥感器的波段设置更加合理,带宽更窄。(2) 水色扫描仪的象元数由 HY-1A 的1024变为1644。(3) 重复观测周期的变化,水色扫描仪重复观测周期由3d缩短为1d。(4) 降交点地方时不同, HY-1B 有更好的光照条件,图象的辐射量比较均匀,图象的利用率得到提高。(5) 水色扫描仪 K 镜电机发生停转故障问题得到重视和解决。(6) 增强星上的数据存储能力,境外探测能力进一步提高。(7) 提高了数传下行码速率。

(8) 星上的设备部分结构与电路重新设计,使得设备的性能更稳定,可靠性更高。(9) 卫星的设计寿命为 3a,比 HY-1A 卫星设计寿命长一年。(10) HY-1A 卫星与 FY-1D 卫星搭载发射,而 HY-1B 由 CZ-2C 火箭一箭一星发射。

表 1 HY-1A 和 HY-1B 卫星总体技术指标^[1]

技术指标	HY-1A	HY-1B
轨道类型	太阳准同步近圆形极地轨道	太阳准同步近圆形极地轨道
轨道高度	798km	798km
倾角	98.8°	98.8°
降交点地方时	8:53-10:10AM	10:00-11:00AM
周期	100.8min	100.83min
载荷	COCTS,CZI	COCTS,CZI
重复观测周期	海洋水色扫描仪 3 天、CCD 成像仪 7 天	海洋水色扫描仪 1 天、CCD 成像仪 7 天
姿态控制	三轴稳定	三轴稳定、对地定向
设计寿命	2a	3a
卫星平台	CAST	CAST
发射时间	2002 年 5 月 15 日	2007 年 4 月 11 日

表 2 HY-1A 和 HY-1B 卫星载荷、波段设置与应用对象^[1]

载荷	波段	带宽 (nm)		用对象
		HY-1A	HY-1B	
水色扫描仪 (COCTS)	1	402-422	402-422	黄色物质、水体污染
	2	433-453	433-453	叶绿素吸收
	3	480-500	480-500	叶绿素、海水光学、海冰、污染、浅海地形
	4	510-530	510-530	叶绿素、水深、污染、低含量泥沙
	5	555-575	555-575	叶绿素、低含量泥沙
	6	660-680	660-680	荧光峰、高含量泥沙、大气校正、污染、气溶胶
	7	730-750	740-760	高含量泥沙、大气校正
	8	845-885	845-885	大气校正、水气总量
	9	1030-1140	1030-1140	水温、海冰
	10	1140-1250	1140-1250	水温、海冰
CCD 成像仪 (CZI)	1	420-500	433-453	污染、植被、水色、冰、水下地形
	2	520-600	555-575	悬浮泥沙、污染、植被、冰、滩涂
	3	610-690	655-675	悬浮泥沙、土壤、水气总量
	4	760-890	675-695	土壤、大气校正、水气总量

表 3 HY-1A 和 HY-1B 卫星载荷的部分技术参数

技术参数	COCTS		CZI	
	HY-1A	HY-1B	HY-1A	HY-1B
星下点分辨率	1100m	1100m	250m	250m
每行象元数	1024	1664	2048	2048
量化等级	10bit	10bit	12bit	12bit
辐射精度(可见光)	10%	10%	10%	10%

3 我国常用的水色遥感数据

SeaWiFS 与 MODIS 的资料是目前国内使用较多的海洋水色资料。Seastar 卫星上遥感器 SeaWiFS 的数据,在今天也还被大量地应用,SeaWiFS 有倾斜 ±20 度扫描功能^[3],而且卫星的降交点地方时为中午 12 点,所以图象的辐射量比较均匀,提高了图象的利用率。SeaWiFS 的数据是高质量的海洋水色资料数据。

SeaWiFS 的波段设置与 HY-1A/B 的 COCTS 的前 8 个波段基本一样(见表 4),前 6 个可见光波段的带宽是 20nm,与 HY-1A/B 的 COCTS 一样,量化等级一样为 10bit。国内越来越多的遥感学者利用 SeaWiFS 数据进行海洋科学等领域的研究^[4,5]。另外由于 Seastar 卫星与遥感器的特点,SeaWiFS 提供的海洋水色资料是高质量、高精度的,因此国际上都以其为水色资料的参照,在国内遥感学者利用 SeaWiFS 数据与 HY-1 卫星的 COCTS 进行交叉定标^[6,7],并取得了很好的效果。

表 4 SeaWiFS 的波段设置与应用对象^[3]

波段	带宽 (nm)	分辨率 (m)	应用对象
1	402-422	1100	黄色物质
2	433-453	1100	叶绿素
3	480-500	1100	色素
4	500-520	1100	叶绿素
5	545-565	1100	色素、光学特性、悬浮物质
6	660-680	1100	大气校正、叶绿素
7	745-785	1100	大气校正、叶绿素
8	845-885	1100	大气校正、叶绿素

MODIS 是 EOS-AM/PM 卫星上的一个关键的遥感器,性能稳定,并且是唯一一个全球公开广播遥感数据的传感器。在 2003 年我国根据实际情况和未来对 MODIS 数据的需求,建立了国家 MODIS 数据中心,负责 MODIS 数据长期安全保藏、管理、开发和提供共享服务的工作。

MODIS 数据可以广泛应用于陆地科学、海洋科学和大气科学等诸多研究领域,随着 MODIS 数据在我国数据共享的推广,目前应用越来越广泛。MODIS 共有 36 个波段,其中的第 8 到 16 一共 9 个波段探测的主要要素为海洋水色、浮游植物、生物地球化学(见表 5),每个波段带宽为 10nm,量化等级为 12bit,扫描宽度达 2300km,每天覆盖观测全球 2 次,反射率定标精度高达 3%^[8]。在国内很多专家学者利用 MODIS 数据进行海洋科学等研究^[9,10]。在海洋方面,MODIS 具有 SeaWiFS 的技术特性,美国已经将 MODIS 作为 SeaWiFS 的后继遥感器。

表5 MODIS的部分波段设置^[6]

波段	带宽(nm)	分辨率(m)	波段	带宽(nm)	分辨率(m)
8	405~420	1000	13	662~672	1000
9	438~448	1000	14	673~683	1000
10	483~493	1000	15	743~753	1000
11	526~536	1000	16	862~877	1000
12	546~556	1000			

MODIS、SeaWiFS与HY-1不同时段过境我国,美国的上下午星每天在我国过境4次,可以获得大范围的遥感数据,这样通过接收MODIS和SeaWiFS可以获取不同时段的海洋水色资料,这些数据是我国的水色遥感不可多得的重要数据资源,是对我国的海洋水色数据重要的补充。通过开发利用MODIS与SeaWiFS的海洋水色数据,可以借鉴美国在卫星与传感器设计等成功的经验,提高我国海洋水色卫星设计与应用等整体水平。

4 我国海洋水色卫星应用情况

4.1 海洋资源开发利用

通过HY-1A/B卫星可以得到大面积,实时动态海岸带数据资料,实时监测沿海和近海资源与环境的变化,为合理开发利用和管理海岸带资源提供科学数据与依据^[11]。渔业部门可以通过卫星提供海域的海温与叶绿素等信息,掌握相应的渔场环境状态,采取相对应的对策。在2002年和2003年,有关部门利用HY-1A卫星的海洋渔场的海温、叶绿素等信息进行课题研究^[12],在我国海洋渔业生产方面产生了积极的影响。

4.2 海洋灾害监测应用

在2003年,国家卫星海洋应用中心利用HY-1A的遥感数据监测到我国沿岸与近海的多次赤潮,并及时通报给相关部门;在海冰的监测方面,HY-1A也有较强的能力,其数据资料曾经应用在海冰的业务预报中。HY-1A/B卫星具有观测范围广、观测周期短、数据时效性强等优点,可以在海洋环境污染、溢油灾害监测中发挥作用,以加强我国现有海洋环境监测技术水平。

4.3 海洋权益维护

根据《联合国海洋法公约》的规定,按我国的主张应归我国管辖的海域面积约300万平方千米,其中存在许多的权益之争,尤其在东海海域与南沙群岛附近海域^[13]。常规调查难以在一些敏感的区域进行,通过HY-1A/B卫星可以获取争端海区的各种海洋环境与资源信息,为与我国有海域权益之争的国家外交谈判和维权时提供依据。

4.4 全球气候变化研究

海洋与全球气候变化有密切的关系。海洋可吸收大量大气中的CO₂,对长期的气候变化发挥至关重要的平衡作用,目前,国际上有多项研究计划正在进行关于海洋吸收CO₂能力的研究。HY-1A/B卫星可以给这些计划提供水色遥感数据。

4.5 国际交流与合作

国际间交流合作在海洋领域越来越广泛与重要,我国要在国际海洋事务中有主动权,就必须有自己的海洋卫星全球探测的能力。HY-1A/B卫星的成功发射和应用,增强了我国在海洋卫星全球探测的能力和水平,也将促进更多的国际交流与合作。

5 展望

我国HY-1A的成功发射,是我国海洋水色卫星发展的里程碑。总的来说,我国水色卫星遥感的发展取得了很大的进步,在国内外也产生一定的影响。但是与美国、日本、欧洲等先进国家相比,我国的水色卫星遥感方面起步比较晚,应用水平还不够高。美国、日本、西欧等国际各国已经从Nimbus-7卫星开始持续多年获取和研究水色资料,而我国开展对水色遥感基础研究和试验的时间相对比较短,但是随着我国海洋遥感科技的不断发展和应用水平不断提高,将加快缩短与先进国家的差距。

2006年11月我国公布的《2006年中国的航天》是对我国新的航天事业发展的规划,海洋卫星系列是启动并实施高分辨率对地观测系统工程中对地观测体系重要的组成部分^[14]。根据我国建立长期稳定运行的卫星对地观测体系的目标,我国需要建立长期稳定运行海洋卫星系列包括:海洋水色卫星系列(HY-1)、海洋动力环境卫星系列(HY-2)和海洋环境综合卫星系列(HY-3)^[15]。海洋水色卫星作为海洋系列卫星的一种,将与船舶、浮标、飞机、海洋观测站一起构成对我国海域的立体观测和动态监测。大力推广海洋系列卫星的应用,逐渐发展以海洋卫星为主导的立体海洋监测网,对维护我国的海洋权益,加强海洋的综合管理,促进海洋资源合理开发利用和海洋环境保护等方面都将起到非常重要的作用。

参考文献:

- [1] 国家卫星海洋应用中心. HY-1A卫星介绍[EB/OL]. [2008-07-05]. <http://www.nsoas.gov.cn/wx/channel/default.asp>
- [2] 国家海洋局. 2002年中国海洋卫星应用报告[R/OL].

- [2008-07-05]. <http://www.soa.gov.cn/hyjww/hygb/hywxybyg/2003/06/1196914662484663.htm>.
- [3] NASA. An overview of SeaWiFS and the SeaStar spacecraft [EB/OL]. [2008-07-05]. <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>.
- [4] 施平,陈楚群.应用水色卫星遥感技术估算珠江海域溶解有机碳浓度[J].环境科学学报,2001(6):721-725.
- [5] 李四海,唐军武,恽才兴.河口悬浮泥沙浓度 SeaWiFS 遥感定量模式研究[J].海洋学报,2002,24(2):51-58.
- [6] 潘德炉,何贤强,朱乾坤. HY-1A 卫星传感器水色水温扫描仪在轨交叉定标[J].科学通报,2004,49(21):2239-2244.
- [7] 蒋兴伟,牛生丽,唐军武,等. SeaWiFS 与 HY-1 卫星 COCTS 的系统交叉辐射校正[J].遥感学报,2005,9(6):680-687.
- [8] NASA. MODIS web[EB/OL]. [2008-07-05]. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>.
- [9] 刘良明,张红梅.基于MODIS数据的悬浮泥沙定量遥感方法[J].国土资源遥感,2006(2):42-45.
- [10] 王芳,李国胜.海洋悬浮泥沙二元特征参数 MODIS 遥感反演模型研究[J].地理研究,2007,26(6):1186-1197.
- [11] 恽才兴.海岸带及近海卫星遥感综合应用技术[M].北京:海洋出版社,2005.
- [12] 国家海洋局.2003年中国海洋卫星应用报告[R/OL]. [2008-07-05]. <http://www.soa.gov.cn/hyjww/hygb/hywxybyg/2007/07/1183513346783492.htm>.
- [13] 韩林一.南沙周边国家频频挑衅中国主权[N].中国海洋报,2008-04-01(4).
- [14] 中华人民共和国国务院新闻办公室.2006年中国的航天[R/OL]. [2008-07-05]. http://news.xinhuanet.com/politics/2006_10/12/content_5193220.htm.
- [15] 宗河.我国海洋 1B 卫星及应用前景[J].中国航天,2007(8):15-19.

(责任编辑:韦廷宗)

(上接第75页)

- [11] 梁文,黎广钊.涠洲岛珊瑚礁分布特征与环境保护的初步研究[J].环境科学研究,2002,15(6):5-8.
- [12] 沙庆安,李菊英,王尧.广西涠洲岛全新世上升海滩沉积及其成岩作用[J].沉积学报,1986,4(2):39-45.
- [13] 叶维强,黎广钊.北部湾涠洲岛珊瑚礁海岸及第四纪地质特征[J].海洋科学,1998(6):13-17.
- [14] 王国忠,吕炳全,全松青.现代硝酸盐和陆源碎屑的混合沉积作用——涠洲岛珊瑚岸礁实例[J].石油与天然气地质,1987,8(1):15-25.
- [15] 王国忠,全松青,吕炳全.南海涠洲岛现代沉积环境和沉积作用演化[J].海洋地质与第四纪地质,1991,11(1):69-82.
- [16] 黎广钊,卞云华,汪品先.北部湾东北部全新世海侵地层及其微体古生物特征[J].热带海洋,1988(2):63-70.
- [17] 韦蔓新,黎广钊,何本茂,等.涠洲岛珊瑚礁生态系统中浮游动植物与环境因子关系的初步探讨[J].海洋潮沼通报,2005(2):34-39.
- [18] 王丽荣,赵焕庭.珊瑚礁生态学的研究现状和展望[J].海洋科学,2002,26(3):20-23.
- [19] 黎广钊,梁文,廖思明.广西沿海全新世以来气候变化[J].海洋地质与第四纪地质,1996,6(3):49-60.
- [20] 刘奕,彭子成,程继满,等.海南岛东部海域滨珊瑚 Sr/Ca 比值温度计及其影响因素初探[J].第四纪研究,2006,26(3):470-476.

(责任编辑:韦廷宗)