

# 海洋水色卫星数据在南海海域的应用<sup>\*</sup>

石立坚, 邹 斌, 马超飞

(国家卫星海洋应用中心 北京 100081)

**摘 要:**海洋水色卫星作为一种光学传感器,可以实现对南海海域的海温、叶绿素 a 浓度等多个海洋环境参数的监测,并且在此基础上实现对初级生产力、海气界面二氧化碳通量等参量的测量。南海海域作为台风多发海域,海洋环境变化受台风影响较大。文章通过比较台风过境前、过境期间及过境后的海温、叶绿素 a 浓度及初级生产力的变化,结果表明,台风过境期间,海温下降,叶绿素 a 浓度和初级生产力由于海水的垂直泵吸作用而上升,这一增加有利于海洋生物的生长,从而有利于改善生态环境。

**关 键 词:**水色卫星;海表温度;叶绿素 a 浓度;初级生产力;台风

南海海域岛屿众多,资源十分丰富,是石油勘探、近海渔业捕捞的重要海区。同时南海因其重要的地理位置,对我国国防及海运有极其重要的战略意义,因此对南海海洋环境进行监测有重要的科学意义、经济意义和军事需求。卫星遥感作为一种监测手段,可以实现大面积、长时间序列的监测,其中海洋水色卫星可以提供海表温度、叶绿素 a 浓度等多个海洋参数的业务化监测,为科学研究、海洋生产等多个方面提供数据支持。

本研究首先介绍了海洋水色卫星数据的发展现状,然后列举了水色卫星可以提供的业务化产品,最后利用一个实例分析了台风对海洋环境变化的影响。

## 1 海洋水色卫星发展现状

目前国内外已经发射的载有海洋水色传感器的卫星已经超过 10 颗,其中最具代表性的卫星是 1997 年 8 月 1 日美国航宇局成功发射的专用海洋水色卫星 SeaStar,它标志着因水色遥感器“沿海水色扫描仪”(CZCS)在 1986 年停止运转中断了 10 年的全球海洋水色遥感数据又得以继续,而且可以得到质量更高的海洋水色资料。美国计划自 SeaStar 卫星发射开始,进行 20 年时序全球海洋水色遥感资料的连续积累。1999 年 1

月 27 日,中国台湾省委托美国研制并发射一颗低轨道(600 km)水色卫星 ROCSAT-1,星上有效载荷为 6 通道水色遥感器(OCI)。2002 年 5 月 15 日,中国的第一颗海洋卫星——“海洋一号”(HY-1A)水色卫星发射升空,结束了中国没有海洋卫星的历史,揭开了中国海洋环境探测的新篇章。HY-1A 水色卫星在轨运行 685 d,对我国沿海及太平洋、大西洋海域进行大量观测,成像近 1900 幅。HY-1B 水色卫星 2007 年 4 月发射,目前已经在轨运行超过 5 年。

海洋水色卫星(HY-1)系列是我国第一代海洋水色环境监测业务卫星,其使命任务是:通过探测海洋水色环境要素(包括叶绿素 a 浓度、悬浮泥沙含量、可溶性有机物)、水温、污染物等,掌握海洋初级生产力分布、海洋渔业和养殖业资源状况和环境质量等,为海洋生物资源合理开发与利用提供科学依据;了解重点河口港湾的悬浮泥沙分布规律,为沿岸海洋工程及河口港湾治理提供基础数据;监测海面赤潮、海冰冰情等;为海洋环境监测与保护、海洋资源开发与管理、维护海洋权益与海上执法提供信息,为研究全球环境变化提供大洋水色资料。

第一颗海洋水色卫星(HY-1A)属于试验型业务卫星,于 1997 年开始研制,2002 年 5 月 15

<sup>\*</sup> 基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)项目“卫星遥感大洋渔场环境信息获取及处理技术开发”(2007AA092201),中加国际科技合作项目“蓝藻水华预警系统”。

日在太原卫星发射中心成功发射,结束了我国没有海洋卫星的历史。2004年3月31日HY-1A出现故障,卫星无法正常使用,卫星研制、测控和用户部门通力合作进行了紧急抢救,4月15日第一阶段抢救工作结束,确认卫星太阳帆板故障,导致整星供电中断。7月初卫星研制部门停止卫星抢救工作,卫星总计在轨686 d。

第二颗海洋水色卫星(HY-1B)作为HY-1A卫星的接替星,于2004年开始进入工程研制,2007年4月11日发射升空,目前在轨运行超过5年。HY-1B星同HY-1A星相比,观测范围、覆盖周期、星上数据记录存储与回放、在轨工作寿命等方面均有提高。HY-1B星采用一箭一星方式,降交点地方时为10:30AM,避免了太阳耀斑带来的影响,卫星数据利用率将大为提高。同时海洋水色扫描仪覆盖周期由3 d提高1 d,海洋水色扫描仪探测象元数由1 024元增加到1 664元,视场角由原来的 $\pm 35.2^\circ$ 扩大至 $\pm 57.2^\circ$ ,使观测覆盖周期提高到1 d,更好地满足了海洋水色探测的业务化需求。星上存储容量由80 Mbytes增加到现在的250 Mbytes,从而提高

了卫星在接收范围外的探测能力。境外探测次数由1次18 min探测,提升到4~5次20 min探测。海岸带成像仪4个波段的带宽由原来的80 nm调整为20 nm,从而在满足海岸带探测需求的同时,增强了对海洋赤潮和海洋污染的探测能力。此外,HY-1B星在应用上也已突破HY-1A星单纯的应用示范研究,开展了海洋绿潮、海冰、海温和海洋渔业的业务化监测,定期发布相关卫星应用产品。

## 2 海洋水色卫星监测要素

### 2.1 海表温度

海表温度是表征海洋热状况和海洋动力环境的重要参数,是我国对社会公众发布的海洋环境监测预报的重要参数之一。通过水色传感器配备的两个热红外通道,在获取海面水色信息的同时,具备了获取海面温度的能力,利用水色卫星数据反演获得的海面温度正在海洋环境预报、赤潮监测、渔场环境分析等方面得到广泛应用。图1是利用HY-1B数据制作的2011年南海海域4个典型月份的月平均海面温度分布。

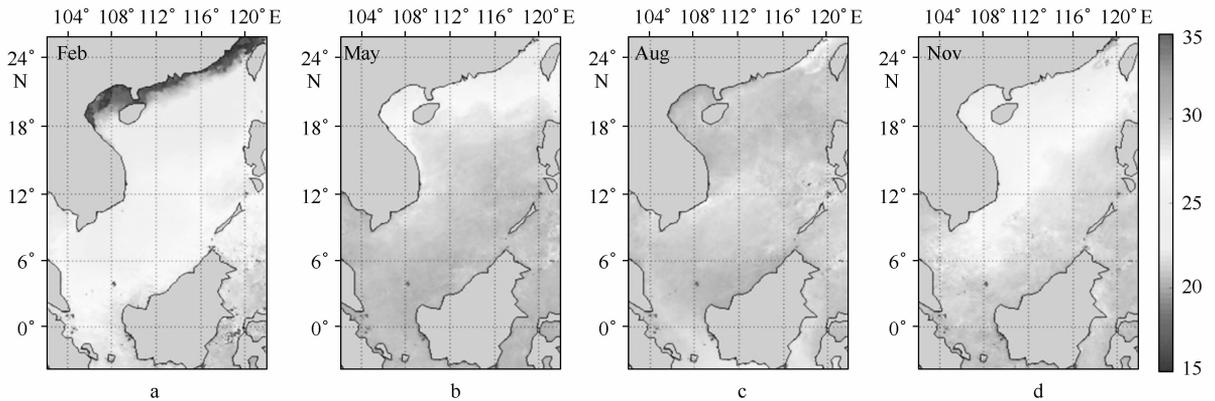


图1 利用HY-1B数据制作的2011年南海海域2、5、8、11月月平均海面温度分布

### 2.2 叶绿素 a 浓度监测

叶绿素 a 浓度分布信息是海洋卫星监测的关键要素之一,为提高水色卫星数据反演的精度,国家卫星海洋应用中心在海上和陆地实验数据的基础上,结合其他相关数据,改进针对水色卫星的大气校正技术,研制中国近海的水色反演算法,并将相关技术集成在地面应用系统中,定期制作完成了我国管辖海域及周边海域的8天平

均、月平均、季平均的叶绿素 a 浓度分布等海洋水色信息,不定期制作完成了大洋部分区域的海洋水色环境信息产品,并提交相关行业和部门使用。图2是利用Terra-MODIS数据制作的2011年南海海域季平均叶绿素 a 浓度分布图。

### 2.3 初级生产力监测

海洋初级生产力是指浮游植物、底栖植物以及自养细菌等生产者通过光合作用或化学合成

制造有机物和固定能量的能力,是海洋中最基本的生物生产力,是海域生产有机物或经济产品的基础,也是估计海域生产力和渔业资源潜力大小的重要标志之一。此外,海洋初级生产力也是研究海洋碳循环、气候变化的一个重要参量。传统常规船测方法仅对测站取样,难以准确大范围获取海洋初级生产力的时空变化。进行大尺度海

洋初级生产力的调查研究并快速、动态反映其发展变化,必需借助于卫星遥感手段,而水色卫星遥感最根本的目的也便是获取海洋初级生产力信息。图3为利用EOS-MODIS卫星数据,基于海洋初级生产力遥感反演模型,制作的2011年各个季度南海海域初级生产力专题图。

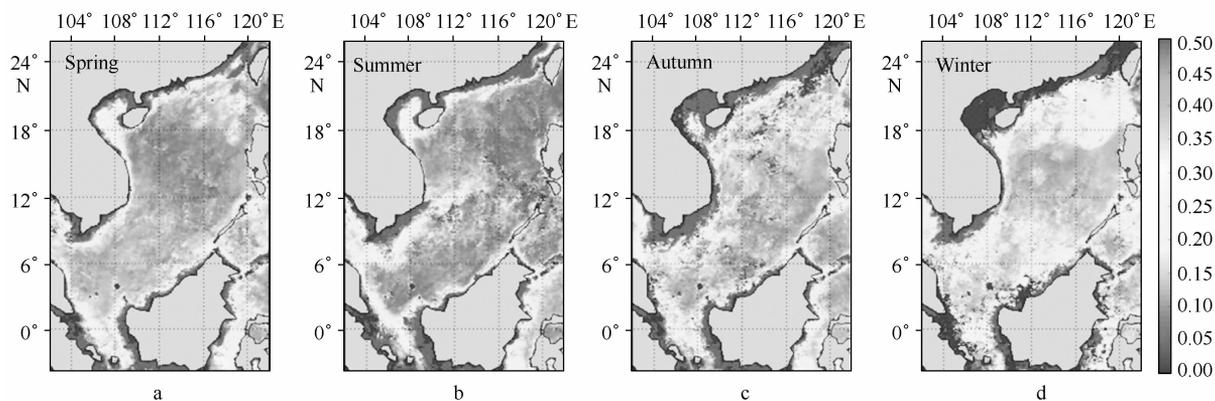


图2 利用 Terra-MODIS 数据制作的 2011 年南海海域叶绿素 a 浓度月平均分布图

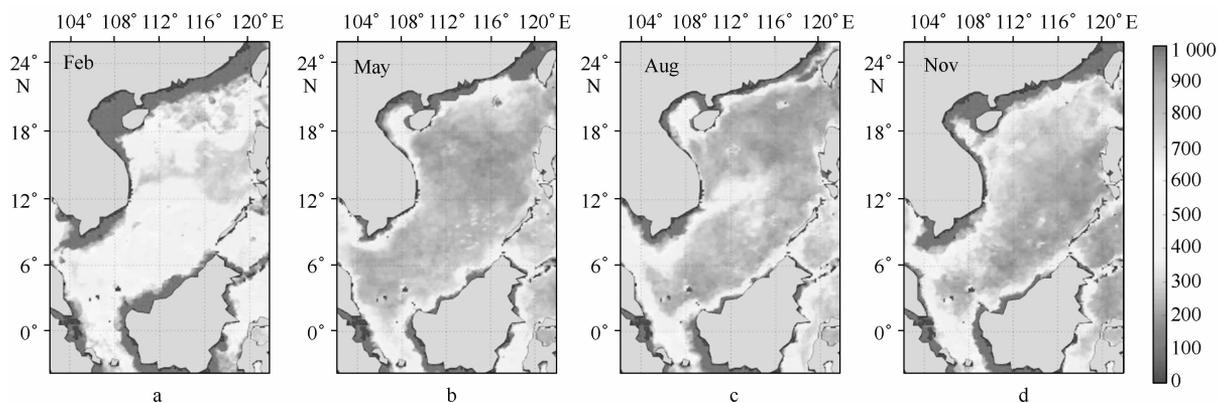


图3 利用 EOS-MODIS 卫星数据制作的南海海域初级生产力 2月、5月、8月、11月月平均专题产品

### 3 台风对海洋环境影响的监测

台风对海洋环境及气候的影响已经成为国际研究的热点之一。但是由于台风过境期间海洋环境极其恶劣,现场实测数据非常少,所以卫星遥感成为研究台风对于海洋环境影响的主要手段。台风或者热带风暴引起海洋水体的垂直运动,从而使海洋深层冷水区的营养盐泵送到海表层,进而引起海表层浮游植物的增长,使海表层叶绿素 a 浓度增加,即固碳量增加,在一定的空间尺度和空间尺度内改变了局部区域的碳循环。多项研究表明,台风过境期间海表温度下降,过

境后叶绿素浓度增加,并且增加的程度和台风过境持续时间、台风强度存在相关性。<sup>[1-3]</sup>

2011年9月27日至10月4日,短短8d期间共3个台风或热带风暴经过南海海域(图4),对该海域的海洋环境产生了较大影响。9月24日上午强台风“纳沙”(图4a)在西北太平洋洋面上生成,9月27日上午,“纳沙”登陆并掠过菲律宾吕宋,于同日下午出海,进入南海北部海域。9月28日,“纳沙”向西或西北偏西移动,晚间开始出现西北路径。29日14时30分前后在海南文昌市翁田镇沿海登陆后,21时15分前后在广东徐闻角尾乡再次登陆,30日11时30分前后在越

南部广宁沿海登陆。纳沙中心风速最高达到 42 m/s,10 级风圈半径达到 140 km,7 级风圈半径达到 380 km,是 2011 年登陆我国强度最强的台风(以强台风级别登陆海南),也是近 6 年来登陆海南的最强台风。热带风暴“海棠”(如图 4b)主要影响区域为南海西部,生成于 9 月 25 日,中心最大风速为 18 m/s,7 级风圈半径达到 270 km,27 日 8 时于越南沿海登陆。台风“尼格”(

图 4c)于 10 月 1 日 17 时进入南海海域,10 月 2 日,“尼格”向西北偏西移动并迅速减弱,10 月 3 日上午 11 时再度减弱,10 月 4 日凌晨,“尼格”降格为热带风暴,“尼格”开始改向西北偏西移动并登陆海南。10 月 5 日凌晨,“尼格”降格为热带低气压。在上午 2 时,“尼格”位于岷港以北约 300 km,转向至西南偏西方向移向北部湾。并于早上在北部湾减弱为低压区,其残余雨带移入越南中部。

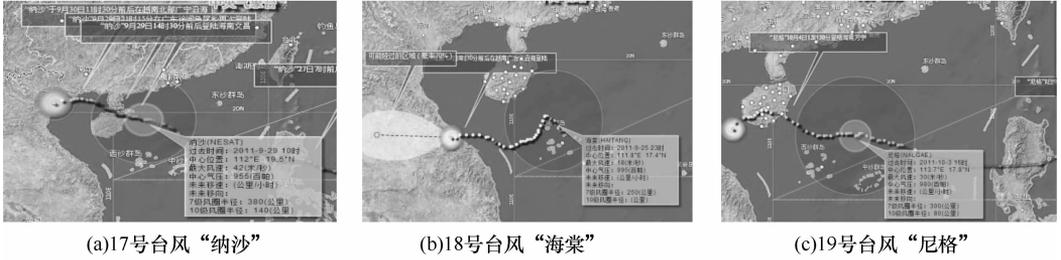


图 4 2011 年 9 月 27 日至 10 月 4 日南海海域台风

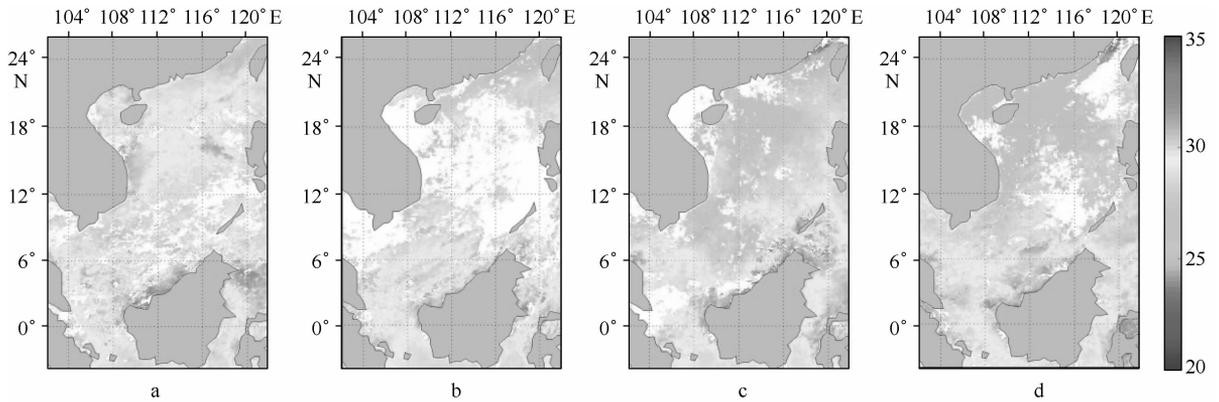


图 5 台风前(a)、台风过境(b,c)及台风后(d)SST 的变化

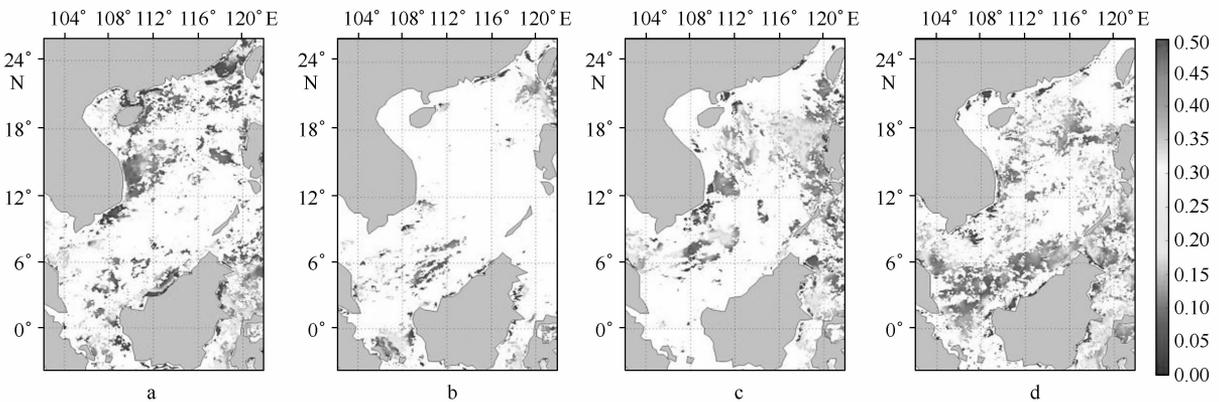


图 6 台风前(a)、台风过境(b,c)及台风后(d)叶绿素 a 浓度的变化

为了分析台风对海洋环境的影响,对比分析不同时间的 SST、叶绿素 a 浓度和初级生产力的变化,其中 SST 和叶绿素 a 浓度为融合了 HY-1B

和 EOS-MODIS 的相应产品的 8 d 平均数据;初级生产力来自于美国 Oregon 州立大学,亦为 8 d 平均数据,该数据对受云影响存在数据缺失的海域

利用插值方法进行计算,得到全覆盖的数据。利用9月14—21日的8 d平均数据分析台风前的海洋环境情况;利用9月22—29日、30日到10月7日分析台风期间的海洋环境状况,其中22—29日数据受天气情况影响存在较大缺失,基本不可用;利用10月8—15日分析台风过境后的海洋环境状况。

图5为台风前(a)、台风过境(b、c)及台风后(d) SST 的变化比较图,比较a和c、d图可以看

出,图5中南海中北部(12°—24°N)图像显示,台风期间及台风过境后相较台风前海温有明显下降。台风前该海域温度范围为23.48~34.32℃,平均温度为29.17℃。台风期间该海域温度范围为21.29~32.32℃,平均温度为27.65℃,平均温度降低了1.52℃,降幅为5%;台风过境后该海域温度范围为21.35~32.57℃,平均温度为27.06℃,平均温度降低了2.11℃,降幅为7%。

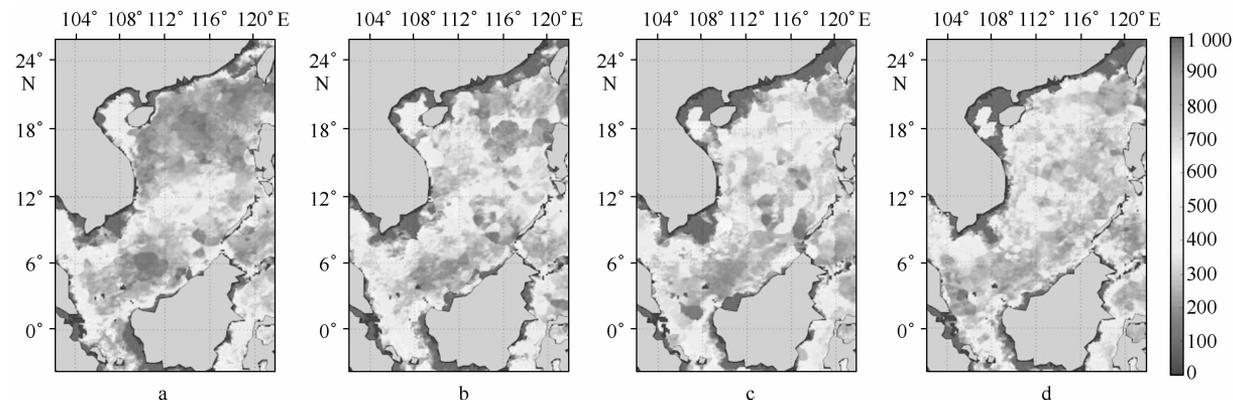


图7 台风前(a)、台风过境(b、c)及台风后(d)初级生产力的变化

图6为台风前(a)、台风过境(b、c)及台风后(d)叶绿素a浓度变化的比较,比较a和c、d图可以看出,图6中台风过境后叶绿素a浓度没有明显变化,而台风过境期间由于海水的垂直泵吸作用使叶绿素a浓度存在明显的上升,特别是18°N,116°E附近海域,叶绿素a浓度均值由0.091 mg/m<sup>3</sup>升为0.205 mg/m<sup>3</sup>,增加了1.25倍。

图7为台风前(a)、台风过境(b、c)及台风后(d)海洋初级生产力变化的比较图,比较各图可以看出,图7中台风过境期间和过境后初级生产力有明显上升,特别是过境期间在16°—19°N海域,初级生产力均值由236.47上升到台风过境的324.79,过境期间上升到395.79,过境后降为321.87,台风过境期间初级生产力上升了67%。台风过境期间该区域初级生产力最大值更是达到848.59,较台风前有明显提高。

#### 4 结论

海洋水色卫星作为一种光学传感器,可以实现对南海海域的海温、叶绿素a浓度等多个海洋环境参数的监测,并且在此基础上实现对初级生

产力、海气界面二氧化碳通量等参量的测量。南海海域作为台风多发海域,海洋环境变化受台风影响较大,2011年9月27日至10月4日共3个台风或热带风暴经过南海海域,本研究通过比较台风过境前、过境期间及过境后的海温、叶绿素a浓度及初级生产力的变化,结果表明,台风过境期间,海温下降,叶绿素a浓度和初级生产力由于海水的垂直泵吸作用而上升,这一增加有利于海洋生物的生长,从而有利于改善生态环境。

#### 参考文献

- [1] 付东洋,丁又专,雷惠,等. “百合”台风对海表温度及水色环境影响的遥感分析[J]. 海洋学研究, 2009(2): 64—70.
- [2] 付东洋,潘德炉,丁又专,等. 台风对海洋叶绿素a浓度影响的定量遥感初探[J]. 海洋学报, 2009(5): 46—56.
- [3] 付东洋,丁又专,刘大召. 台风对中国东南海域叶绿素a浓度影响的遥感研究[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(4): 73—76.