

# 2008 年与 2009 年黄海绿潮漂移路径分析

高松<sup>1,2</sup>, 黄娟<sup>1,2</sup>, 白涛<sup>1,2</sup>, 曹雅静<sup>1,2</sup>, 吴玲娟<sup>1,2</sup>, 钟山<sup>1,2</sup>

(1. 国家海洋局北海预报中心, 山东 青岛 266033; 2. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 山东 青岛 266033)

**摘要:** 利用卫星资料分析了 2008 年和 2009 年黄海绿潮的漂移路径的差异, 基于 QSCAT(Quick Scatterometer) 卫星风场及海洋模式表层环流模拟结果, 分析了绿潮漂移路径差异的动力机制。结果表明: 2008(2009)年绿潮发生期间黄海海域以南东(偏南)风为主, 江苏至山东半岛南岸海域表层平均流为偏北(东北)向, 青岛附近海域低频余流为偏西(东)向流, 致使绿潮的漂移方向为西北(东北)向, 在青岛(烟台-威海)近岸海域发生聚集。2008 年和 2009 年绿潮漂移路径差异, 主要由海面风与表层环流的共同作用引起。通过对黄海海域海面风场和表层流场的早期预报, 可以提前预判绿潮的影响区域和程度, 为政府相关部门防灾减灾工作提供决策支持。

**关键词:** 黄海; 绿潮; 漂移路径

中图分类号: X4; X55 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)02-0086-05

doi: 10.11759/hyxx20111201003

## 1 绿潮及其灾害国内外现状

大型海洋绿藻过量增殖的现象, 被称为“绿潮”(Green Tides)。绿潮已成为世界范围内的近海、海湾和河口等海域一个普遍的现象。从 1980 年开始, 美洲的美国、加拿大, 欧洲的丹麦、荷兰、法国、意大利, 亚洲的日本、韩国和菲律宾等国家, 均发生过绿潮灾害, 法国沿岸海域的情况尤为严重, 受绿潮危害的滨海城市达 103 个。Morand 和 Briand<sup>[1]</sup>列举了包括美洲在内的 37 个国家受绿潮影响的国家, 而这一数字还在增加<sup>[2]</sup>。Schramm 和 Nienhuis<sup>[3]</sup>也列举了欧洲和亚洲受绿潮影响的 114 个地区。

2007 年, 中国黄海中、南部海域首次发现由浒苔大量增殖引发的绿潮, 此次绿潮呈稀疏带状分布, 过程持续约 45 d。2008 年和 2009 年在相同海域又相继发生规模更大的绿潮, 基于 MODIS 和 SAR<sup>[4]</sup>的卫星影像反演结果, 2008 年绿潮分布最大面积为 33 000 km<sup>2</sup>, 实际覆盖面积为 1 500 km<sup>2</sup>, 出现在 6 月下旬; 2009 年绿潮分布最大面积为 51 000 km<sup>2</sup>, 实际覆盖面积为 1 600 km<sup>2</sup>, 出现在 7 月中旬(图 1)<sup>[5-7]</sup>。

## 2 2008 年与 2009 年黄海绿潮漂移路径差异机理分析

### 2.1 黄海绿潮漂移趋势分析

2008 年和 2009 年两年绿潮的漂移趋势明显不

同。根据 MODIS 和 SAR 的卫星影像反演结果显示: 2008 年 5 月中旬, 在盐城外海域发现稀疏绿潮分布; 5 月底至六月下旬, 江苏如东、连云港海域出现大面积漂浮绿潮, 绿潮分布面积逐渐扩大, 并向北偏西方向漂移, 在青岛及周边海域聚集、发展, 6 月 25 日前后, 漂浮绿潮先后大量登陆青岛、日照、烟台、海阳等市沿岸, 6 月 29 日前后, 绿潮分布面积达到最大为 33 000 km<sup>2</sup>, 实际覆盖面积 1 500 km<sup>2</sup>。其后, 一直维持对该海域的影响, 直至 7 月中下旬, 绿潮分布面积明显减小; 8 月上旬聚集绿潮基本消失(图 2)。2009 年黄海绿潮发生比 2008 年晚约 15 d。6 月初在黄海中部盐城外海域发现明显漂浮绿潮; 6 月中下旬黄海中部海域出现大面积漂浮绿潮, 通过解译 6 月 22 日 MODIS 卫星影像绿潮分布面积约为 17 000 km<sup>2</sup>, 最近距青岛大公岛 68 km; 此后绿潮缓慢地向北偏东方向漂移, 至 7 月中旬绿潮分布面积达到最大为 51 000 km<sup>2</sup>, 实际覆盖面积为 1 600 km<sup>2</sup>; 7 月下旬绿潮分布在青岛、烟台、海阳等市近岸海域, 之后逐渐消亡(图 2)。2009 年绿潮的规模比 2008 年更大, 但绿潮影响停留在青岛、烟台、海阳等市近海海域, 仅有零星绿潮登陆青岛沿岸; 这于 2008 年大量绿潮登陆青岛的情况明显不同。

收稿日期: 2013-08-01; 修回日期: 2013-10-09

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(2012418010)

作者简介: 高松(1980-), 男, 辽宁盖州人, 硕士, 主要从事海洋数值预报, 电话: 18669794982, E-mail: gaosong@nmfc.gov.cn

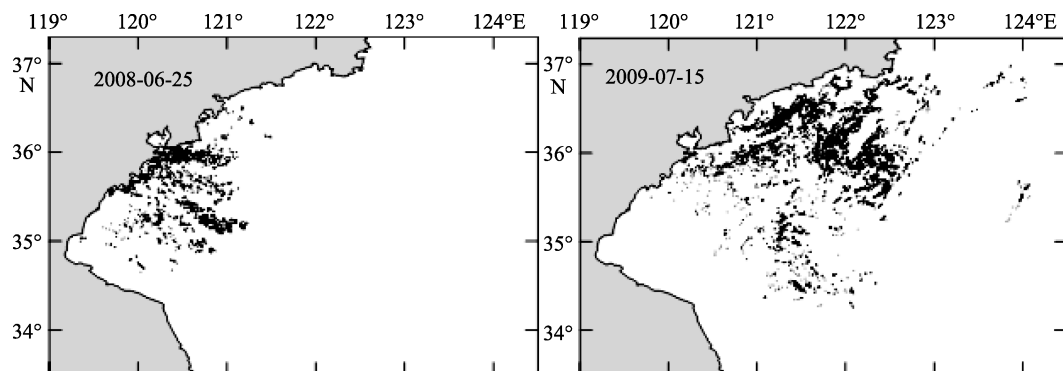


图 1 利用 MODIS 卫星解译的 2008 年和 2009 年黄海海域绿潮分布图

Fig. 1 The distribution of Green Tides in the Yellow Sea by MODIS in 2008 and 2009

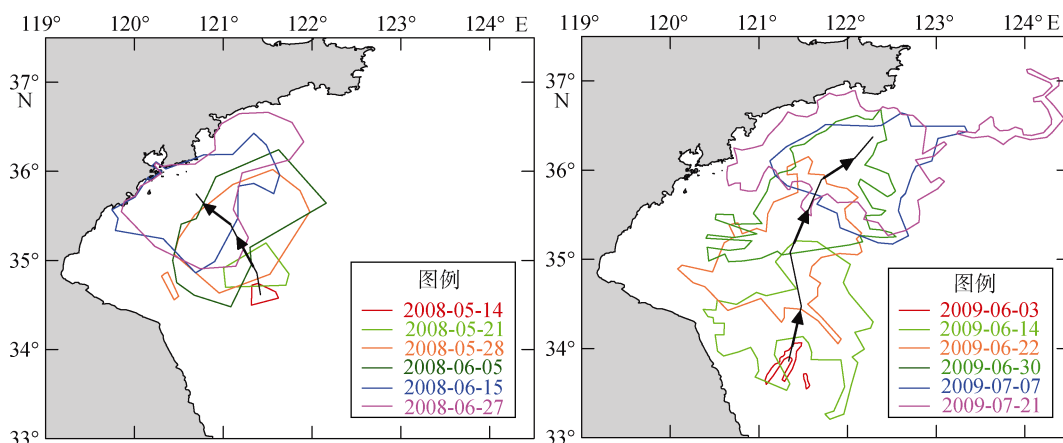


图 2 利用 MODIS 卫星解译的 2008 年和 2009 年黄海绿潮漂移趋势图

Fig. 2 The drifting trend of Green Tides in the Yellow Sea by MODIS in 2008 and 2009

## 2.2 黄海绿潮发生期间季风差异分析

绿潮漂移路径主要受海面风和表层海流的共同影响<sup>[8]</sup>。利用 QSCAT 海面风资料在绿潮发生期间进行平均。2008 年 5 月中旬至 6 月底黄海中部和南部海域明显偏东风异常, 风向在 SE—ESE, 风速约为 3~4 m/s, 而 2009 年 6 月至 7 月中旬该海域基本为 S 风, 风速约为 4~5 m/s(图 3)。在绿潮从 35°N 北漂至山东近岸期间, 2008 年和 2009 年的风向相差近 50°, 2009 年风速略大。2008 年和 2009 年绿潮漂在主体向北漂移过程中, 是向西偏移重点影响青岛海域, 还是向东偏移重点影响烟台、威海海域, 江苏至山东半岛之间海域的季风情况起到关键作用。

## 2.3 黄海绿潮发生期间环流差异分析

### 2.3.1 黄海环流分析

利用杨德周<sup>[9]</sup>采用 ROMS 模式(Regional Ocean Model System)建立的中国近海数值模式结果进行环

流分析。图 4 为 2008 年和 2009 年绿潮发生期间黄海海域表层平均环流场。由图 4 可以看出, 2008 年绿潮发生期间, 在东南风的作用下, 江苏至山东半岛南岸海域表层平均流主要为偏北向, 流速为 0.05~0.15 m/s。而 2009 年绿潮发生期间, 在偏南风的作用下, 该海域表层平均流为东北向, 流速约在 0.05~0.15 m/s。

### 2.3.2 青岛近海环流分析

利用 2008 年和 2009 年浮标搭载的 ADCP (acoustic Doppler current profilers)的表层海流观测资料进行余流分析。2008 年 B 浮标位置为 120°26'E, 36°02'N, 观测时段为 2008 年 7 月 12~31 日, 观测频率为 1 h; 2009 年 B 浮标在 2008 年 B 浮标南侧, 位置为 120°26'E, 36°01'N, 观测时段为 2009 年 5 月 13 日~6 月 15 日, 测频率为 1 h。采用 24 h 截断周期对海流数据进行低频滤波。图 5 给出 2008 年和 2009 年 B 浮标滤波后的表层流分布特征。2008 年 N-S 向余流 N 向流和 S 向流交替出现, E-W 向余流 E 向流

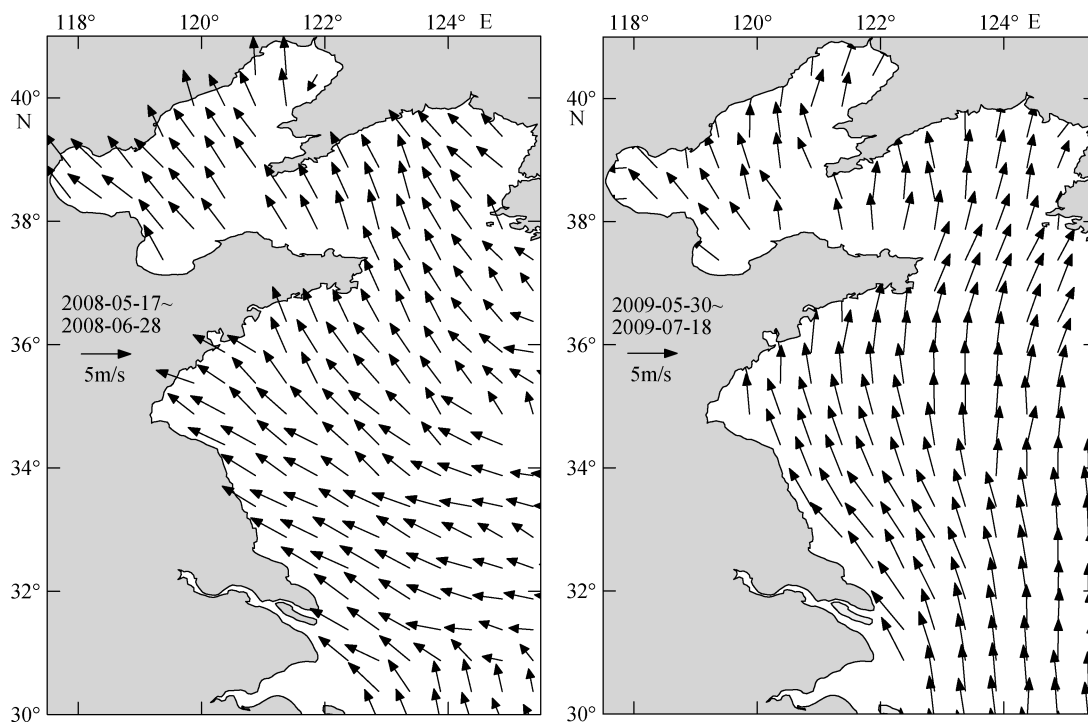


图 3 2008 年和 2009 年绿潮暴发期间 QSCAT 平均风场

Fig. 3 The mean wind by QSCAT during the time of Green Tides outbreak in 2008 and 2009

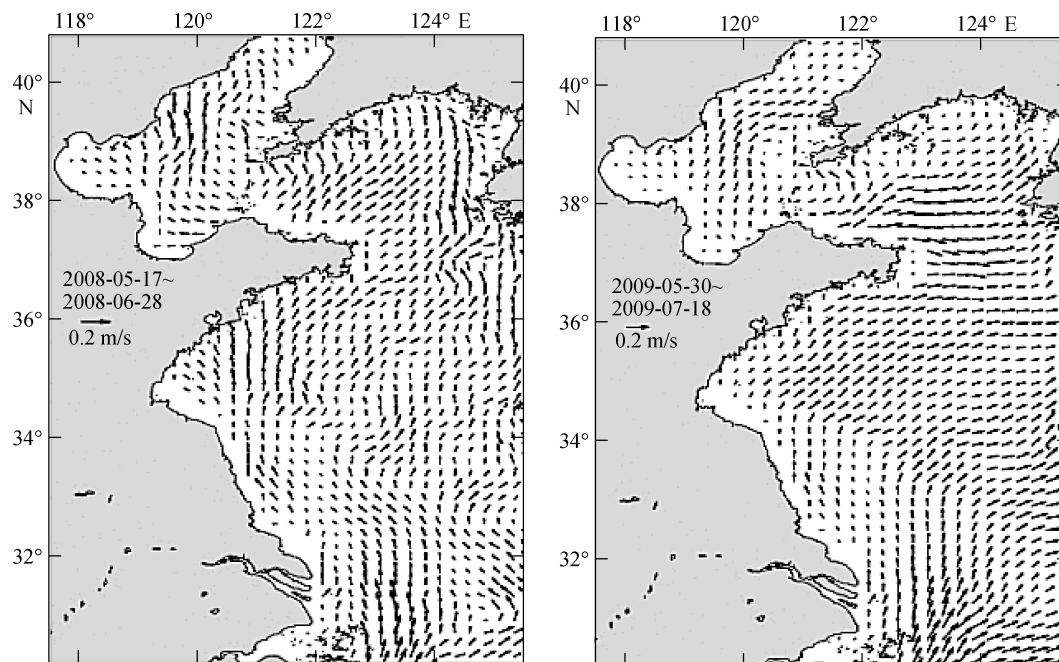


图 4 2008 年和 2009 年绿潮暴发期间模拟表层环流场

Fig. 4 The mean surface current by modeling during the time of Green Tides outbreak in 2008 and 2009

和W向流交替出现, 平均余流流速为 3.6 cm/s, 流向为 245°; 2009 年 N-S 向余流基本为 N 向流, E-W 向余流基本为 E 向流, 平均余流流速为 2.2 cm/s, 流向为 68°。2008 年和 2009 年的平均余流流向相反。

### 3 结论与讨论

综上所述, 2008 年与 2009 年绿潮漂移路径的不同, 主要是由绿潮发生海域的季风差异及其引起的

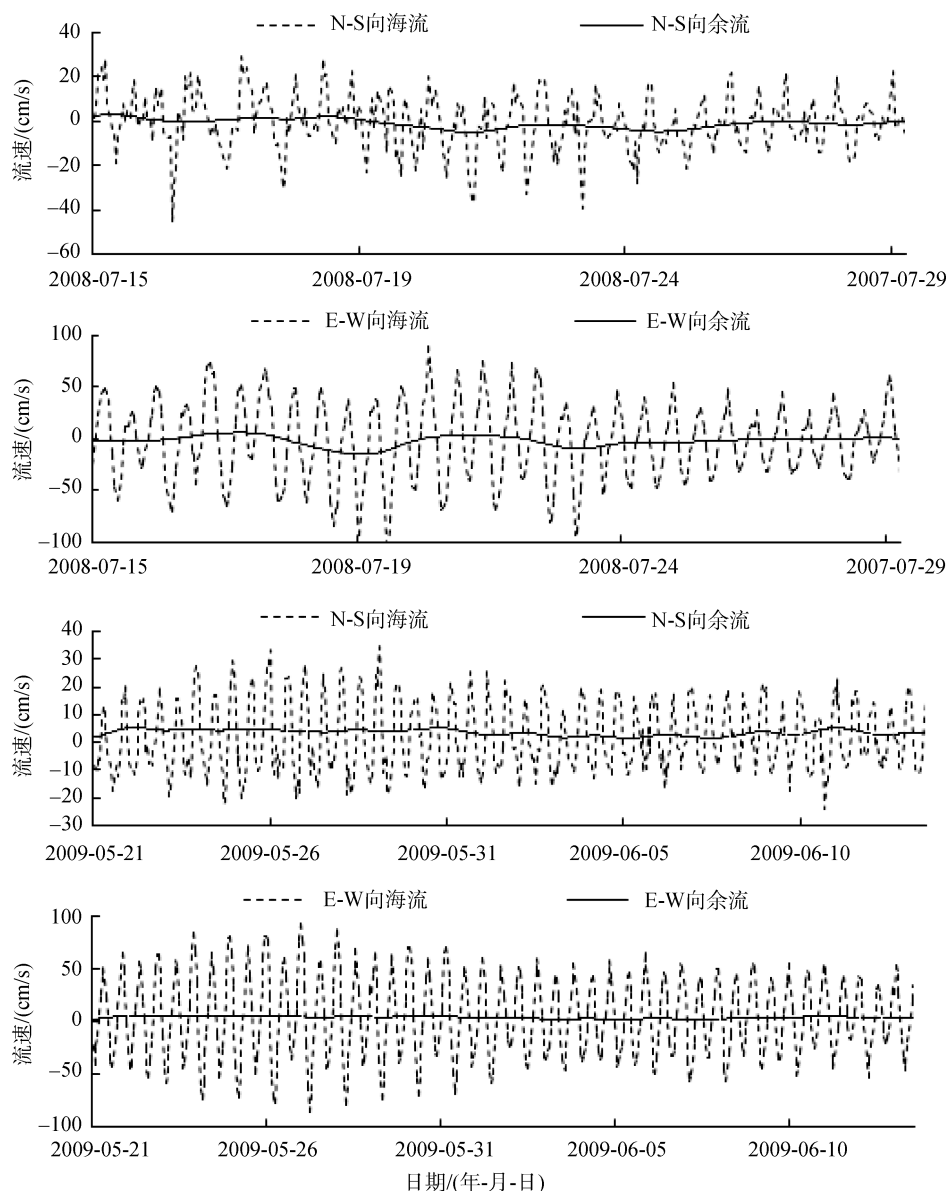


图 5 2008 年和 2009 年 B 站位浮标表层海流时间序列的滤波效果图

Fig. 5 The time series filtering diagrams of sea surface current at B buoy in 2008 and 2009

海表面环流差异共同作用的结果。绿潮漂移路径基本位于海面风和海表环流方向夹角中。2008 年绿潮发生期间黄海海域偏东风异常，江苏至山东半岛南岸海域表层平均流为偏北向，青岛附近海域低频余流为偏西向流，致使绿潮的漂移方向为西北向，在青岛近岸海域发生聚集。2009 年绿潮发生期间黄海海域以偏南风为主，江苏至山东半岛南岸海域表层平均流为东北向，青岛附近海域低频余流为偏东向流，绿潮漂移方向为东北向，绿潮主体影响烟台、威海海域。

虽然，绿潮的漂移路径由风流共同作用决定，

已得到广泛的共识<sup>[6,8,10]</sup>，但 2008 年绿潮在靠近青岛近海海域后，大量登陆青岛沿海一线海岸，当地政府累计清运绿潮超过 100 万 t；2009 年却仅有零星绿潮在山东沿岸登陆，特别是 7 月中旬，绿潮密集区在距海阳、乳山仅数公里后，徘徊不前仅有少量绿潮登陆，这一现象尚无法很好地解释。

参考文献:

[1] Morand P, Briand X. Excessive growth of macroalgae: A symptom of environmental disturbance[J]. *Botanica Marina*, 1996, 39: 491-516.

- [2] Morand P, Merceron M. Coastal eutrophication and excessive growth of macroalgae [C]//Pandalai S G. Recent Research Developments in Environmental Biology (1). Trivandrum: Research Signpost, 2004: 395-449.
- [3] Schramm W, Nienhuis P H. Marine benthic vegetation recent changes and the effects of eutrophication [M]. Berlin: Springer, 1996.
- [4] 蒋兴伟, 邹亚荣, 王华, 等. 基于 SAR 快速提取浒苔信息应用研究[J], 海洋学报, 2009, 31(2): 63-68.
- [5] 李大秋, 贺双颜, 杨倩, 等. 青岛海域浒苔来源与外海分布特征研究[J]. 环境保护, 2008, 402(8B): 45-46.
- [6] 乔方利, 马德毅, 朱明远, 等. 2008 年黄海浒苔暴发的基本状况与科学应对措施[J]. 海洋科学进展, 2008, 26(3): 409-410.
- [7] 叶乃好, 张晓雯, 毛玉泽, 等. 黄海绿潮浒苔 (*Enteromorpha prolifera*) 生活史的初步研究[J]. 中国水产科学, 2008, 15(5): 853-859.
- [8] 乔方利, 王关锁, 吕新刚, 等. 2008 与 2010 年黄海浒苔漂移输运特征对比[J]. 海洋通报, 2011, 56(8): 1470-1476.
- [9] 杨德周. 东海陆架黑潮入侵及生态响应数值模拟研究[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2011.
- [10] 徐兆礼, 叶属峰, 徐韧, 等. 2008 年中国浒苔灾害成因条件和过程推测[J]. 水产学报, 2009, 33(3): 430-437.

## Analysis on drifting path of Green Tides in the Yellow Sea in 2008 and 2009

GAO Song<sup>1,2</sup>, HUANG Juan<sup>1,2</sup>, BAI Tao<sup>1,2</sup>, CAO Ya-jing<sup>1,2</sup>, WU Ling-juan<sup>1,2</sup>, ZHONG Shan<sup>1,2</sup>

(1. North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266033, China; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Environment and Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266033, China)

Received: Aug., 1, 2013

Key words: the Yellow Sea, Green Tides, drifting path

**Abstract:** The drifting paths of Green Tides in the Yellow Sea in 2008 and 2009 were analyzed based on satellite remote sensing data. Results showed that the paths in 2008 and 2009 were different. Meanwhile, the underlying dynamic mechanism of the differences in the drifting paths was studied using wind data obtained from QSCAT (Quick Scatterometer) and sea surface current data from numerical modeling. During the occurrence of Green Tides in 2008(2009), the wind direction in the Yellow Sea was basically south-eastern(southern), the surface current direction in the area between Jiangsu and Shandong was northern(north-eastern), and the direction of low-frequency residual current near Qingdao was western(eastern), so the Green Tides drifted north-westward(north-eastward) and were accumulated near Qingdao(Yantai and Weihai). It is found that the drifting path of Green Tides is mainly affected by wind and surface current. With forecasting of wind and surface current of the Yellow Sea, effect area and extent of Green Tides can be revalued in advance, consequently, decision supporting disaster prevention and mitigation will be provided for relevant government.

(本文编辑: 刘珊珊 李晓燕)