

试论滨海发电厂温排水对象山港赤潮的影响^{*}

任 敏，刘 莲，何东海，徐国峰，毛伟宏

(国家海洋局宁波海洋环境监测中心站 宁波 315040)

摘 要：文章统计了 2001—2010 年象山港海域赤潮发生的次数、发生区域、发生面积以及赤潮生物种。自 2006 年象山港两个滨海电厂投产以来，象山港赤潮暴发出现了一些新的特点。赤潮高发期从电厂投产前 5—9 月提前至 1—5 月；赤潮暴发区域从电厂投产前港口部转移至港底部。赤潮种电厂投产前比较多且分散，而电厂投产后赤潮生物集中为中肋骨条藻。初步分析该现象与象山港两个电厂的温排水排放有关，这说明电厂附近海域已适合暖水性种类的生长。

关 键 词：温排水；赤潮；影响；象山港

赤潮是国际社会共同关注的重大海洋环境问题和生态灾害，联合国把赤潮列为世界三大近海污染问题之一。近年来，中国沿岸赤潮频发，其中浙江、福建和广东等东南沿岸海域是赤潮高发地区，而浙江近岸海域赤潮大多数发生在长江口舟山、象山港、台州列岛附近及南麂列岛附近海域一带。频发的赤潮对人类生命健康与海洋生态环境造成了长期潜在的不利影响，同时给海洋经济可持续发展战略带来了极大的威胁。

象山港处于浙江东北部沿海是半封闭性港湾，涉及象山、宁海、奉化、鄞州和北仑 5 个县市，沿岸经济结构复杂，涉及种养殖业、化工制造、电镀业、船舶制造修理业、造纸、漂染、火力发电以及旅游等产业。近年来，沿湾工农业和水产养殖业迅猛发展的同时，由于缺乏科学管理，工农业污水以及养殖业产生的污染物大量进入港湾，整个象山港水质处于严重的富营养化状态，港内赤潮发生的范围越来越大，频率越来越高。

进入 21 世纪以来，尤其是 2006 年象山港两个电厂（浙江大唐乌沙山发电厂、宁海国华浙能发电有限公司）投产以来，港内赤潮频发的状况日益严重，赤潮发生次数居高不下，范围不断扩大，并呈现出新的特点和趋势。因此，有必要对近年来象山港海域赤潮进行系统的统

计和分析，摸索和总结赤潮发生规律和特点，研究和探讨影响赤潮的相关因素，为赤潮监测和防灾减灾工作提供科学依据。

1 赤潮统计

笔者统计分析数据主要来源于根据 2001—2009 年《宁波市海洋环境公报》和 2010 年发布的第 1 期宁波市赤潮监视监测通报^[1-10]，赤潮发生的优势种主要为中肋骨条藻、红色中缢虫和具齿原甲藻等，名录见表 1，具体情况见表 2。近 10 年来，象山港内共发生赤潮 21 起，发生区域遍布整个象山港海域，发生面积自 1.5 ~ 350 km²不等，发生时间在 1—9 月。

表 1 2001—2010 年象山港赤潮生物名录（9 种）

门类	中文名	拉丁名
硅藻	聚生角刺藻	<i>Chaetoceros socialis</i>
	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i>
	具槽直链藻	<i>Melosira sulcata</i>
	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
	扭链角毛藻	<i>Chaetoceros tortissimus</i>
甲藻	具齿原甲藻	<i>Prorocentrum dentatum</i>
	锥状斯克里普藻	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
	红色裸甲藻	<i>Gymnodinium sanguineum</i>
原生动物	红色中缢虫	<i>Mesodinium rubrum</i>

^{*} 基金项目：象山港电厂群叠加影响与污染损害评估（200905010—7）。

表 2 2001—2010 年象山港赤潮统计

年份	次数	发生区域	发生面积/km ²	赤潮生物种	发生时间
2001	1	薛岙、黄敦港	30~40	具齿原甲藻	5 月
	2	横山码头	20~30	具齿原甲藻	5 月
2002	1	象山港白石山	40	聚生角刺藻、中肋骨条藻	6 月
	2	横山码头	1 500	红色中缢虫	8 月
	3	西湖港港口至白石山	35	红色中缢虫、聚生角刺藻	9 月
2003	1	西沪港口区域	3	新月菱形藻	6 月
	2	黄避岙乡	面积较小	聚生角刺藻	8 月
2004	1	中央山岛和白石山岛附近	10	红色裸甲藻	5 月
	2	横山码头、大嵩江口、西沪港、白石山及桐照	240	红色裸甲藻	5—6 月
2005	1	大嵩江口外、西沪港、白石山东北角海域	8	红色中缢虫	6 月
	2	象山港中部	10	红色中缢虫	7 月
2006	1	象山港峡山网箱养殖区以西海域	17	具槽直链藻	1 月
	1	象山港浙江船厂、西沪港港口	80	中肋骨条藻	5 月
	1	黄敦港	1	中肋骨条藻	5 月
	1	象山港盘池岛至黄岬滩	12	锥状斯克里普藻	7—8 月
2007	1	鄞州区大嵩江口至宁海中央山，至西沪港海域	190	扭链角毛藻	7—8 月
	2	整个象山港赤潮监控区	350	中肋骨条藻	8 月
2008	1	黄墩港海域	25	中肋骨条藻	3—4 月
	2	大嵩江口至横山码头海域	2	红色中缢虫	5 月
2009	1	黄墩港、铁港海域	25	中肋骨条藻	1 月
2010	1	黄敦港	30	中肋骨条藻	1 月

2 结果与讨论

2.1 发生区域

根据两个电厂投产前、投产后象山港海域的赤潮发生情况看，赤潮发生频率差异不大，但赤潮发生的区域则存在差异（图 1），电厂投产前（2005 年 12 月前）赤潮发生区域主要在象山港的中部和象山港口附近，在港底海域发生的赤潮较少，根据近 10 年的统计仅为 2001 年 5 月发生的 1 次，而电厂投产后（2006 年 1 月至今）则在港底发生的赤潮则较多，共有 9 次，由此可见，近年来象山港港底赤潮发生频率有增多的趋势。

2.2 发生时间

从赤潮发生的时间看，投产前赤潮发生时期主要集中在 5—9 月气温较高的月份，而投产后则赤潮发生时间则有所不同，在投产后发生的 10 次赤潮中，有 4 次是发生在气温较低的

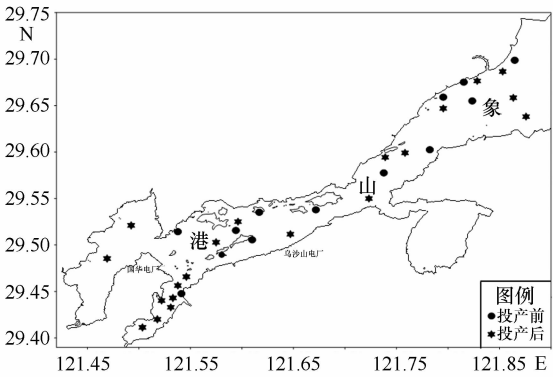


图 1 2001—2010 年象山港赤潮发生区域

1 月和 3 月，且在气温较低时段发生赤潮的地点都在象山港港底的黄敦港和铁港海域。

2.3 赤潮种变化

根据 10 年来象山港赤潮发生的赤潮生物种组成来看，在电厂投产前的生物种主要为红色中缢虫、具齿原甲藻、红色裸甲藻以及聚生角刺藻等，生物种每年出现均有所不同，生物种

在电厂投产前种类相对较多和分散。在投产后赤潮生物种出现次数最多的为中肋骨条藻,在占了投产后赤潮发生次数的约50%,其他优势种则为红色中缢虫等。

2.4 讨论

2.4.1 赤潮时空分布变化原因

近年来,尤其是两个电厂投产以来,象山港赤潮跟浙江省和全国情况相比,出现了新的变化特点。从时间上来看,象山港赤潮暴发从原来的5—9月提前至1—3月。从空间上看,电厂投产后象山港赤潮是港口、中部转移到港底。赤潮发生物质基础和首要条件是海水富营养化,象山港港底水交换能力较差,而周边地区近年来工业、城市化建设发展迅速,城市工业废水和生活污水大量排入海中,使营养物质在水体中富集,造成海域富营养化^[11-13]。海水的温度是赤潮发生的又一重要环境因子,20~30℃是赤潮发生的适宜温度范围^[14-15]。因为地处象山港中部的乌沙山电厂和象山港底部国华电厂温排水的排放,两个电厂温排水的叠加效应,导致象山港电厂附近海域水温升高,加之港底水交换能力较差,形成冬季或冬春之交港底海域海水的高于其他海域,达到赤潮发生的适宜温度。丰富的营养物质和适宜的水温导致赤潮的大量爆发。

2.4.2 赤潮种的变化原因

电厂投产来,象山港海域中引发的赤潮记录最多为中肋骨条藻,占发生次数的50%以上。根据宁波海洋环境监测中心站对象山港两个电厂附近海域的调查,2006年以来电厂附近海域浮游植物以广温、广盐性种类中肋骨条藻、近岸低盐暖温性种类布氏双尾藻、琼氏圆筛藻等为优势种^[16-17],这说明两个电厂前沿海域海水可能已适合暖水性种类的生长。中肋骨条藻是一种广温、广盐的近岸性硅藻,在水温为0~37℃、盐度为13~36范围内均可生长,但其最适增殖温、盐范围则为24~28℃和20~30^[18-19]。两个电厂的温排水的排放,导致象山港港底1—5月水温升高,根据监测^[16-17],两个电厂前沿海域春季水温能达20℃左右,尤其是象山港港底能达20℃以上。象山港是内陆性港

湾,水质富营养化严重,内湾水体相对稳定,加上适宜的温度,良好的海况条件,有利中肋骨条藻赤潮的发生和聚集。赤潮的暴发与温度、盐度、海水富营养化程度、营养盐氮、磷、硅比值和水文气象有一定的关系,可能还受其他因素制约,这一点值得我们在今后的工作当中作进一步探讨。

3 结 论

(1) 2001年1月至2010年1月,象山港内共发生赤潮21起,发生区域遍布整个象山港海域,发生面积自1.5~350 km²不等,发生时间在1—9月,赤潮发生的优势种主要为中肋骨条藻、红色中缢虫和具齿原甲藻等。

(2) 自2006年象山港两个电厂(浙江大唐乌沙山发电厂、宁海国华浙能发电有限公司)投产以来,象山港赤潮暴发时空分布上出现了一些新的特点。赤潮高发期从投产前5—9月提前至1—5月;赤潮暴发区域从投产前港口部转移至港底部。赤潮种电厂投产前比较多且分散,而电厂投产后集中为中肋骨条藻。

(3) 象山港两个电厂投产以来,赤潮暴发期提前至1—5月,暴发区域从口门部转移至底部,优势种集中为中肋骨条藻,初步分析与位于象山港中部和底部两个电厂(浙江大唐乌沙山发电厂、宁海国华浙能发电有限公司)温排水排放有关。

参考文献

- [1] 宁波市海洋与渔业局. 2001年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局, 2002.
- [2] 宁波市海洋与渔业局. 2002年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局, 2003.
- [3] 宁波市海洋与渔业局. 2003年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局, 2004.
- [4] 宁波市海洋与渔业局. 2004年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局, 2005.
- [5] 宁波市海洋与渔业局. 2005年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局, 2006.
- [6] 宁波市海洋与渔业局. 2006年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局, 2007.
- [7] 宁波市海洋与渔业局. 2007年宁波市海洋环境质量公报[R]. 宁波:宁波市海洋与(下转至第94页)

3 讨论与展望

系统动力学仿真模型是对现实系统结构和功能的模拟，模型的建立是一个不断向真实系统逼近的过程。STELLA 系统仿真软件是目前逐渐展开应用的建模软件，它把系统内的一系列反馈关系用图形化表示出来，表现直观、易于理解，显示出系统模拟在处理可持续发展系统问题上的优越性。但限于作者的水平和经验，以及资料来源的局限性，笔者在构建海洋经济可持续发展的系统动力学模型时，只对影响海洋经济可持续发展的主要因素做出分析，而海洋经济可持续发展系统是非常复杂的大系统，模型有待于在实际应用中不断细化和完善。同时，鉴于应用仿真软件能力还比较肤浅，未能开展海洋经济可持续发展系统动力学实证分析，这需要在今后的工作中进一步研究完成。

参考文献

[1] 张德贤. 海洋经济可持续发展理论研究[M]. 青岛:中国海洋大学出版社,2000:15—16.

[2] 殷克东. 可持续发展的系统仿真研究[J]. 数量经济技术研究,2002(10):61—64.

[3] 王其藩. 系统动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1994:25—27.

[4] COSTANZA R, GOTTLIEB S. Modeling ecological and economic systems with STELLA:Part II [J]. Ecol Mod, 1998,112(2):81—84.

[5] 成洪山,王艳,李韶山,等. 系统动力学软件 STELLA 在生态学中的应用[J]. 华南师范大学学报:自然科学版,2007(3):126—131.

[6] 杰拉尔·温伯格. 系统化思维导论[M]. 张佐,译. 北京:清华大学出版社,2003:50—52.

[7] 国家海洋局. 2009 年中国海洋经济统计公报[R]. 2010.

~~~~~

(上接第 89 页) 渔业局,2008.

[8] 宁波市海洋与渔业局. 2008 年宁波市海洋环境质量公报 [R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局,2009.

[9] 宁波市海洋与渔业局. 2009 年宁波市海洋环境质量公报 [R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局,2010.

[10] 宁波市海洋环境监测中心. 2010 年宁波市海洋环境质量公报 [R]. 宁波:宁波市海洋与渔业局,2011.

[11] 张丽旭,蒋晓山,蔡燕红. 近 4 年来象山港赤潮监控区营养盐变化及其结构特征 [J]. 海洋通报,2006,25 (6): 1—8.

[12] 沈志亮,陆家平,刘兴俊. 黄河口及附近海域的无机氮和磷酸盐 [J]. 海洋科学集刊,1989,30: 51—79.

[13] 李永祺,丁美丽. 海洋污染生物学 [M]. 北京:海洋出版社,1991: 404—415.

[14] 周成旭,汪飞雄,严小军. 温度盐度和光照条件对赤潮异弯藻细胞稳定性的影响 [J]. 海洋环境科学,2008,27 (1): 19—21.

[15] 于萍,张前前,王修林,等. 温度和光照对两株赤潮硅藻生长的影响 [J]. 海洋环境科学,2006,25 (1): 38—40.

[16] 何东海,徐国锋,王晓波,等. 宁海国华浙能发电有限公司厂址前沿海域海洋环境跟踪监测报告 [R]. 2009: 101—102.

[17] 任敏,魏永杰,何琴燕,等. 浙江大唐乌沙山发电厂厂址前沿海域海洋环境跟踪监测报告 [R]. 2009: 85—86.

[18] 霍文毅,俞志明,邹景忠,等. 胶州湾中肋骨条藻赤潮与环境因子的关系 [J]. 海洋与湖沼,2001,32 (3): 311—318.

[19] 王桂兰,黄秀清,蒋晓山,等. 长江口中肋骨条藻赤潮的分布与特点 [J]. 海洋科学,1993(3): 51—55.