

杭州湾浮游动物群落与水团的相关性研究

黄备¹, 吴健平², 唐静亮¹, 胡颖琰¹, 王婕妤¹

(1. 浙江省环保厅 舟山海洋生态环境监测站, 浙江 舟山 316004; 2. 华东师范大学 地理信息学教育部重点实验室, 上海 200062)

关键词: 浮游动物群落; 水团; 杭州湾海域; 卫星遥感

中图分类号: Q958.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-4193(2010)01-0170-06

1 引言

海洋浮游动物是一个生态学范畴的概念, 是依据其生活方式而划分的一类生物类群。浮游动物在海洋食物网中处于枢纽位置, 担负着将单细胞藻类通过光合作用固定的能量向高营养层次传递的任务, 在海洋物质循环中起着承上启下的作用, 是一类对能量和物质循环起调控作用的关键功能群^[1-3]。

浮游动物对许多重要海流、水团分布以及气候变化具有生物指示作用。浮游动物特殊的随波逐流的生活方式, 使之对海洋中的各种水文因子的变化非常敏感。种类的分布、数量变化与一定的水文状况、水团、海流甚至气候相对应, 因此研究浮游动物群落与水团的相关性具有非常重大的意义, 在海洋学、海洋生物学以及其他相关的环境学研究中受到普遍关注。

卫星遥感技术是采集地球数据及其变化的重要手段, 具有其他方法无法比拟的优势。遥感图像覆盖面广, 反映信息及时, 适用于长期动态监测^[4]。卫星遥感能对生态破坏、环境污染等环境问题进行大范围、连续、动态、有效的监测预报, 我国也非常重视卫星遥感在环境保护领域中的作用, “环境与灾害监测与预报小卫星星座”项目已经开始实施^[5-6]。

我国“环境一号”卫星于 2008 年 9 月 6 日在太原发射升空, 经过在轨测试、获取卫星精轨数据等一

系列调试工作后, 于 9 月 20 日正式开始提供遥感影像数据。本文根据“环境一号”卫星的红外探测仪的影像和浙江省舟山海洋生态环境监测站的现场生态调查结果, 对杭州湾及附近海域的浮游动物群落变化与水团的相关性进行了分析研究, 探讨了卫星红外影像对浮游动物群落的指示作用。

2 材料与方 法

2.1 调查区域和方法

于 2008 年 10 月利用“浙海环监”调查船, 在浙江省杭州湾及附近海域设 24 个站位为调查区域(图 1)。

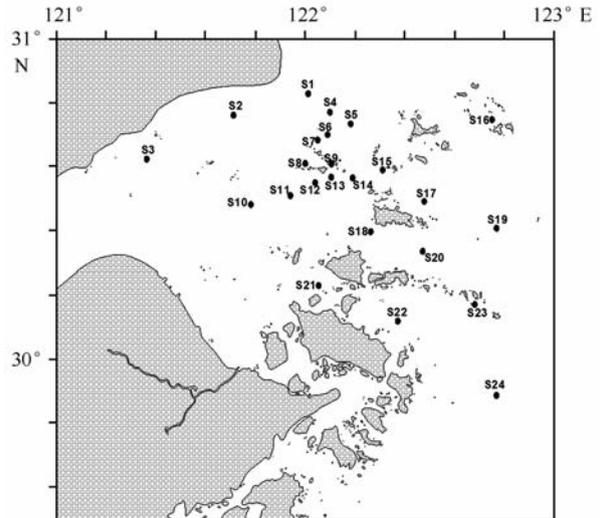


图 1 调查站位

收稿日期: 2009-07-24; 修订日期: 2009-10-24。

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划“全球变化及其区域响应”(190511005); 国家高科技“八六三”“中国东海微生物资源库的建设与应用”项目; 浙江省环保局资助项目(200607; 200516)。

作者简介: 黄备(1969—), 男, 浙江省舟山市人, 高级工程师, 长期从事海洋生态监测和研究工作。E-mail: bigbh@163.com

浮游动物样品采集和室内处理均严格按照《海洋调查规范》(GB17378.7-2007)^[7]进行,用浅水 I 型浮游生物网(口径为 50 cm,筛绢 CQ14,孔径为 0.507 mm,网长 145 cm)由底部至表层垂直拖曳采集。样品于 5% 福尔马林海水溶液中保存。室内按个体计数法在体视显微镜下鉴定计数,尽可能地鉴定到最小分类单位。

2.2 数据处理

2.2.1 优势种的确定

对于优势种由计算优势度(Y)的公式确定:

$$Y = n_i / N f_i,$$

式中, n_i 为第*i*种的丰度; f_i 是第*i*种在各站位中出现的频率; N 为总丰度。取浮游动物优势度大于或等于 0.02 的种为本文优势种^[8]。

2.2.2 采用 Shannon-Weaver 公式计算多样性指数(H')^[7]:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right),$$

式中, n_i 为第*i*种的个体数或生物量; N 为总个体数或总生物量; S 为样品中的种类总数。

2.2.3 群落均匀度的确定

采用 Pielou 公式 $J' = \frac{H'}{\ln S}$ 计算群落的均匀

度^[7],式中 J' 为均匀度。

2.2.4 群落划分

群落划分采用非参数多元统计 Primer5.2 软件包进行聚类分析和多维尺度分析(MDS),进而划分群落。分析以 Bray-Curtis 相似性系数 S_{ij} 为基础进行计算。可以认为 Bray-Curtis 相似性系数大的多个站位具有相同的生态群落组成^[9-10]。

$$S_{ij} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^S (x_{ij} + x_{ik})} \right\},$$

式中, x_{ij} 为*j*站位*i*种的丰度数值; x_{ik} 由此类推。为了给稀有种一定程度的加权,对原始丰度数据进行转换,采用对数转换: $\log(1+x)$ ^[11-12]。

2.3 遥感数据与卫星参数

用于测试的数据是“环境一号”B星(HJ-1-B)的红外相机(IRS)图像数据,该数据共有 4 个通道,其中长波红外对热特性敏感,可用来记录地球表面的发热特性,监测水体热污染。图像数据详细情况如表 1 所示。

表 1 遥感图像详细情况

图像分幅编号	通道	成像时间	中心点位置	云量(%)
446/79	近红外:0.75~1.03 m(空间分辨率 150 m)	2008-10-09-	30.54°N	20
	短波红外:1.54~1.76 m(空间分辨率 150 m)	11:18:08	122.99°E	
	中波红外:3.52~3.90 m(空间分辨率 150 m)			
	长波红外:10.63~12.57 m(空间分辨率 300 m)			

3 结果与分析

3.1 卫星遥感监测海水表层温度

用于测试的遥感图像经过几何校正,坐标系统为通用横轴墨卡托投影(UTM 投影)坐标(带号 51N),地球基准为 WGS_84。把野外采样数据的坐标系统转换为 UTM 投影坐标,转换后的数据与遥感图像进行叠置,在 ArcMap 环境下利用二次开发的程序读取每个采样点对应的图像像元的各个波段像元值,并作为新的字段值写到采样点文件中。利用野外测量数据与 4 波段遥感数据进行回归分析得

到水温分布图(见图 2)。

利用 EXCEL 软件得到回归方程: $Y = 18.97665 + 0.010401X$,式中 Y 为水温, X 为 4 波段像元值。

利用行政区域图确定研究区域范围。

利用 ArcGIS 软件中空间分析模块的 Raster Calculator 进行栅格计算,得到研究区域范围内每个像元的新的像元值,即水温。

把水温分成几个等级,并用不同颜色表示,可以明显地看出在调查海域存在着一条表层水温(SST)的等温分界线,根据这条等温线把整个调查海域分成沿岸区(A区)和近海区(B区)。近海区包括的站

位有 S15—S20, S22—S24 共 9 个测站, 沿岸区包括的监测站位有 S1 到 S14 和 S21 共 15 个测站。

3.2 浮游动物群落结构

3.2.1 种类组成

调查海域中出现浮游动物 102 种, 隶属 16 大

类, 其中桡足类是第一优势类群, 共出现 32 种, 占总数的 31.4%。A 区出现 42 种, 隶属 13 大类, B 区出现 87 种, 隶属 15 大类。根据优势度的大小, A 区和 B 区的优势种中前 5 位的种类如表 2 所示。

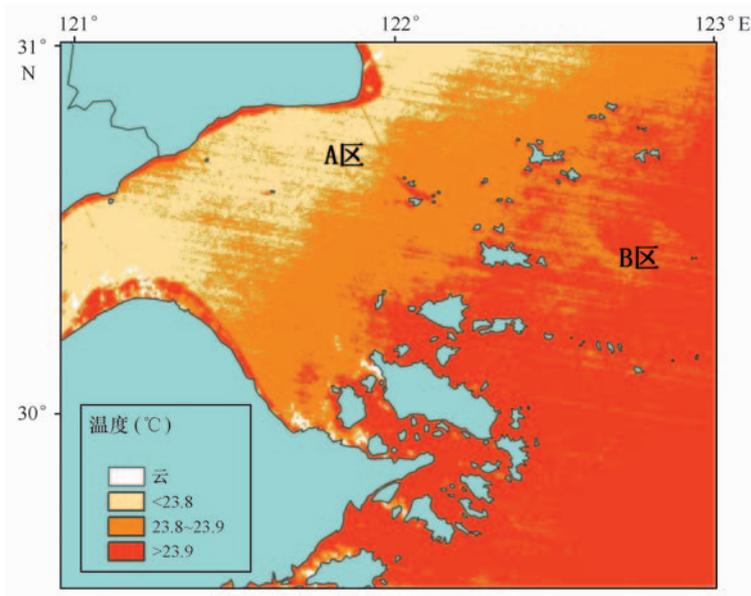


图 2 水温反演图

表 2 调查海域优势种组成

区域	优势种	优势度
A 区	球形侧腕水母 (<i>Pleurobrachia globosa</i>)	0.156 124
	长额刺糠虾 (<i>Acanthomysis longirostris</i>)	0.107 844
	真刺唇角水蚤 (<i>Labidocera euchaeta</i>)	0.073 123
	拟杯水母 (<i>Phialucium carolinae</i>)	0.035 124
	虫肢歪水蚤 (<i>Tortanus vermiculus</i>)	0.029 031
B 区	双生水母 (<i>Diphyes chamissonis</i>)	0.152 416
	中华假磷虾 (<i>Pseudeuphausia sinisca</i>)	0.114 412
	精致真刺水蚤 (<i>Euchaeta concinna</i>)	0.111 472
	百陶箭虫 (<i>Sagitta bedoti</i>)	0.046 908
	亚强真哲水蚤 (<i>Eucalanus subcrassus</i>)	0.036 978

调查海域中的 A 区和 B 区在种类组成上有很大的差异。首先, 出现的种类在数量上有很大的不同, A 区只出现了 42 种, 而 B 区则有 87 种 (见图 3)。从表 2 可以看出 A 区和 B 区的优势种完全不同, 没有一种共同的优势种。具体来看 A 区的优势种如球形侧腕水母、长额刺糠虾、真刺唇角水蚤等均为沿岸低

盐种, 通常在河口水域形成优势, 其中真刺唇角水蚤等可作为江河径流的指示种^[3]。B 区出现的优势种如双生水母、中华假磷虾、精致真刺水蚤、亚强真哲水蚤等均为暖水种, 精致真刺水蚤为暖水性大洋广分布种, 中华假磷虾是我国东南沿海特有的地方种^[13]。由此可见, 虽然 A 区和 B 区是紧邻的两个小尺度区

域,但是在浮游动物种类组成上却迥然不同。遥感监

测显示这两个区域正好处于水温的分界线的两侧。

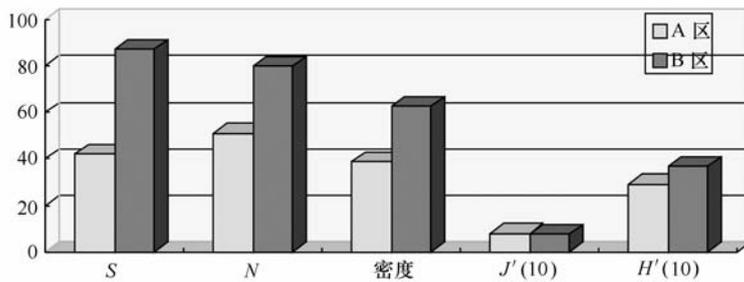


图3 调查海域生物量(mg/m^3)、密度 $d(\text{m}^{-3})$ 和生态指数

3.2.2 生物量、密度及生态指数

比较 A、B 两个区域的生物量密度及群落的多样性指数和均匀度如图 3 所示,除均匀度在两个区域比较接近外,其余各项指标如生物量、密度、种类数和多样性指数在 B 区均大于 A 区的。均匀度是测量群体中个体数在各物种上的分配状况的指标,各物种个体数分配得越均匀,均匀度则越高。多样性指数的大小取决于物种数和各物种所占的比例,在 A 区和 B 区均匀度相差不大,在这两个区域各物种的个体数分配得比较均匀,但 B 区

的种类数量要大于 A 区的,在物种数一定的情况下,各物种所占的比例越大,则多样性指数越大,所以多样性指数在 B 区要大于 A 区的。

3.2.3 群落划分

以调查站位的所有的浮游动物密度数据做出 Bray-Curtis 相似性矩阵,然后分别进行聚类分析和多维尺度分析 (Mutidimensional-scale analysis MDS),结果见图 4 和 5。

从图 4 的聚类分析图上可以看出总体上(相似度接近 40%)可把整个调查海域分为两大群落,群

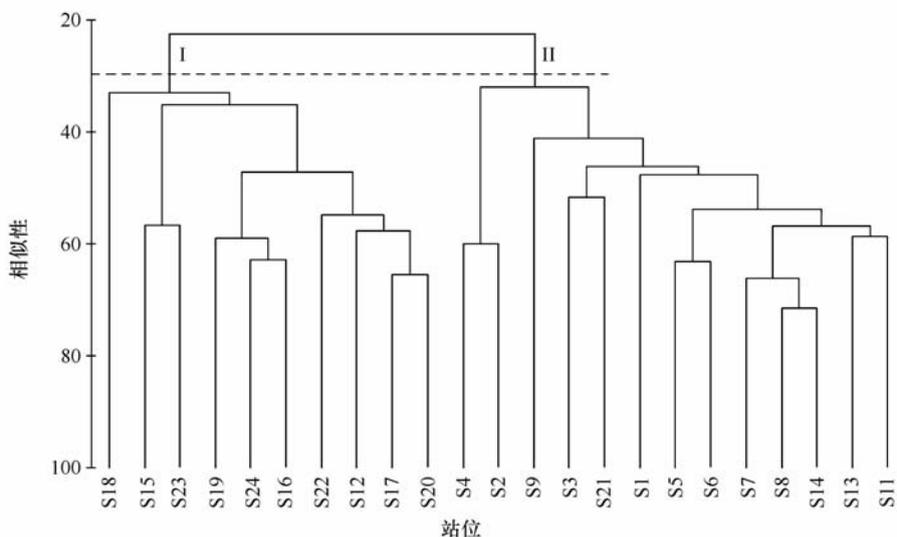


图4 各测站浮游动物聚类分析图

落I由站点 S12, S15 至 S20 和 S22—S24 十个站点组成,群落II由站点 S1—S11, S13, S14 和 S21 十四个站点组成,其区域分布与遥感图像指示的区域分布基本吻合,即群落 I 的组成站点基本是与 B 区(近海区)各站点、群落 II 的站点与沿岸 A 区的组成站点基本吻合。需要指出的是其中 S12 和 S21 两站点在聚类分

析图上所属类群与它们的实际地理位置不相符。这可能有以下几个原因:第一,从遥感影像上表现出水温自沿岸向近海逐步增加的宏观趋势,但由于 S12 和 S21 周围岛礁众多、水文环境比较复杂,会造成测站的水温要高于或低于周围海域的。“环境一号”卫星 B 星在长波红外通道的空间分辨率是 300 m,反映的

是一定尺度上的水温变化趋势,况且 S21 又处于水温分界线附近,使 S12 和 S21 两站位在聚类分析图上所属类群与它们周围的站点的不一致。其次,PRIMER 软件最早由英国普利茅斯海洋研究所推出,首先在海洋底栖群落的研究中得到广泛应用,由于其简明的统计学原理及针对生态和环境问题的实用性进行考虑,已在欧洲和东南亚地区得到广泛的应用,与参数多元统计方法(代表软件有 PC-ORD、CANOCO 等)一起,构成生态学研究中的重要数值分析工具,然而每种统计学软件都有其局限性,不可能包罗和解决所有复杂的生态学问题。它包含的最新统计方法和多样性指数计算在浮游动物群落的应用,尚待用更多的经验数据来加以验证和完善。最后,海上调查采样中也存在着采样随机性问题。

图 5 的多维尺度定标分析和聚类分析结果非常相似,都把整个调查区域分成两大群落,而且胁迫系数 k_{str} 为 0.11,说明这个 MDS 图是个很好的排序,但是与图 4 同样的原因,S21 站位被划入群落 II,同时 S18 与群落 I 其他站位区别较大。

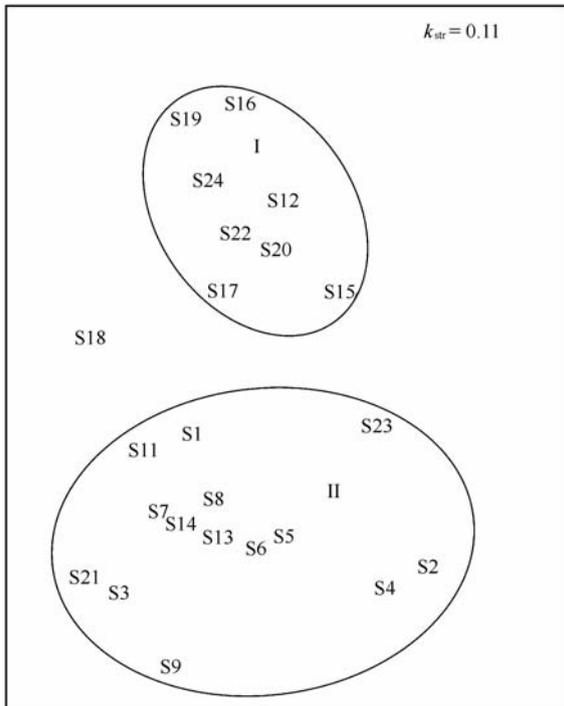


图 5 各测站多维尺度定标分析图

4 讨论

根据张启龙等对舟山渔场及其邻近海域的水团研究,舟山及邻近海域共存在 4 个水团,即江浙沿岸水、台湾暖流表层水、台湾暖流深层水和黄海混合水,其中江浙沿岸水和台湾暖流表层水分布范围广,存在时间长,是调查海域的主要水团,也是影响本文调查海域的主要水团。本文调查时的水团类型属于秋季过渡型,表示夏季型向冬季型的过渡。该类型的水团中江浙沿岸水明显西缩,台湾暖流表层水略向北扩展^[14-15]。

江浙沿岸水是由长江和钱塘江等入海径流与海水混合形成的,江浙沿岸水以低盐为主要特征。由此分析调查海域的 A 区主要受江浙沿岸水的影响,A 区的优势种都是沿岸低盐种,甚至是江河径流的指示种。台湾暖流表层水是由台湾东侧北上的黑潮表层水和来自台湾海峡的海水混合而成的,在冷半年(10 月至翌年 3 月),台湾暖流表层水的厚度最大,占据着自表至海底的整个水层。台湾暖流表层水的温度是研究海域诸水团中最高的,具有暖水的性质。由此可见在 B 区出现暖水性优势种就不足为奇了。

卫星遥感监测显示 A 区和 B 区之间存在着较明显的温度差异,揭示两者属于不同性质的水团,即 A 区属于江浙沿岸水,而 B 区水团受台湾暖流表层水的影响较大。浮游动物随波逐流,它的活动能力不足以克服水流的阻力,大多呈被动迁移,海流、水团分布以及气候变化对浮游动物的分布有很大的影响。从本文的调查结果来看,虽然在一个较小的调查区域内,由于正好处于两种不同性质水团的交汇处,其锋面两侧的浮游动物群落是完全不同的。形成了 A 区的种类数、生物量、密度和多样性指数相对较低的浮游动物群落,种类组成为球形侧腕水母-长额刺糠虾-真刺唇角水蚤沿岸低盐群落;B 区则是双生水母-中华假磷虾-精致真刺水蚤暖水性群落,该区域浮游动物具有相对较高的种类数、生物量、密度和多样性指数。

参考文献:

- [1] 王荣,张鸿雁,王克,等. 小型桡足类在海洋生态系统中的功能作用[J]. 海洋与湖沼,2002,33(5):453—460.
- [2] 张武昌,王克. 渤海春季和秋季的浮游动物[J]. 海洋与湖沼,2002,33(6):630—639.
- [3] 郑重,李少菁,许振祖. 海洋浮游生物学[M]. 北京:海洋出版社,1984:468—494.

- [4] 张春鹏,郭雅芬,过仲阳. 遥感技术在环境监测中的应用探讨[J]. 测绘与空间地理信,2006,29(4):32—42.
- [5] 厉青,郭雅芬,过仲阳. 卫星遥感环境业务化监测中应用平台建设[J]. 中国环境监测,2003,19(3):1—4.
- [6] 刘建强,黄润恒,张德颂. 卫星接收系统在海洋环境监测中的作用[J]. 中国航天,1997,10:3—6.
- [7] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [8] LAMPITT R S, WISHNER K F, TURLEY C M, et al. Marine snow studies in the northeast Atlantic: distribution, composition and roles as a food source for migrating plankton[J]. Marine Biology,1993,116:689—702.
- [9] SOUSSI S, IBANEZ F, HAMADOU R B, et al. A new multivariate mapping method for studying species assemblages and their habitats: example using bottom trawl surveys in the Bay of Biscay (France)[J]. Sarsia, 2001,86:527—542.
- [10] FIELD J G, CLARKE K R, WARWICK R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns[J]. Marine Ecology Progress Series,1982,8:37—52.
- [11] CLARKE K R, GORLEY R N. PRIMER v5: User Manual/Tutorial[K]. Plymouth:PRIMER-E Ltd,2001:91.
- [12] 韩洁,张志南,于子山. 渤海大型底栖动物丰度和生物量的研究[J]. 青岛海洋大学学报,2001,31(6):889—896.
- [13] 王荣,陈宽智. 假磷虾一新种中华假磷虾 *Pseudeuphausia sinica*, *sp. nov.* 的描述[J]. 海洋与湖沼,1963,5(4):353—359.
- [14] 张启龙,王凡. 舟山渔场及其邻近海域水团的气候学分析[J]. 海洋与湖沼,2004,35(1):48—53.
- [15] 翁学传,王从敏. 台湾暖流水(团)夏季 T-S 特征和来源的初步分析[J]. 海洋科学集刊,1984,21:113—133.

The study on the correlation between zooplankton community and water mass in the Hangzhou Bay

HUANG Bei¹, WU Jian-ping², TANG Jing-liang¹, HU Hao-yan¹, Wang Jie-yu¹

(1. Zhoushan Marine Ecological Environment Monitoring Station of Zhejiang Environmental Protection Bureau, Zhoushan 316000, China; 2. Key Laboratory of Ministry of Education for Geographic Information Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Key words: zooplankton community; Hangzhou Bay; water mass; satellite remote sensing