

乐清湾大型底栖动物种类和数量组成特征及变化

王航俊, 邹清, 刘亚林, 林义, 吕宝强, 姚炜民

(国家海洋局 温州海洋环境监测中心站, 浙江 温州 325000)

摘要: 为了解和掌握乐清湾大型底栖动物种类和数量组成特征及变化情况, 本研究于 2015 年 1 月、3 月、5 月、8 月和 10 月进行 5 个航次的大型底栖动物调查。结果表明, 乐清湾共有大型底栖动物 116 种, 环节动物为主要优势类群; 种类组成、栖息密度和生物量在不同航次之间均存在较大幅度的波动; 相同航次之间的种类组成、栖息密度和生物量在空间分布也存在明显斑块化。通过对比分析历史研究数据发现乐清湾的大型底栖动物种类和数量组成变化明显, 其中小个体环节动物的种类数和栖息密度明显升高, 而大个体软体动物和棘皮动物的种类数和栖息密度则下降明显。这说明乐清湾底栖生境处于不稳定状态, 需要在长期稳定的生境中生长的大个体动物不能得到充分的生长, 取而代之的是出生率高, 生长周期短的小个体 r-对策者的快速繁殖。

关键词: 乐清湾; 大型底栖动物; r-对策者

中图分类号: Q958.1 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2018)06-0078-10

DOI: 10.11759/hyxx20170703001

大型底栖动物是海洋生态系统的重要组成部分, 由于底栖生境十分多样化, 其种类组成和生活方式比浮游生物和游泳生物复杂^[1]。同时, 大多数大型底栖动物具有生活相对稳定、活动能力弱、活动范围较小, 对海洋环境污染反应敏感等特点, 因而在环境监测中具有重要的地位。应用大型底栖动物的特征表征和评价海洋生态环境状态的研究, 国外^[2-4]和国内^[5-7]均有较多的报道。

乐清湾位于浙江省南部沿海, 瓯江口北侧, 具有广阔的滩涂面积和丰富的有机质含量, 使之成为浙江省重要的贝类苗种基地和人工养殖区。乐清湾周边县市海洋经济的迅速发展, 形成相当规模的港口运输业、临港工业、海洋渔业以及滨海旅游业。与此同时乐清湾的生态环境环境也正面临着严峻的考验。传统的捕捞业由于渔业资源的减少已经呈现逐渐萎缩的趋势^[8], 海水养殖业虽然颇具规模, 但是大面积的鱼类贝类死亡事件也频频出现^[9]。这些都说明乐清湾的生态环境已经发生了较大的变化。而关于该海域的底栖生物和生态研究相对匮乏, 其中胡颢琰^[10]、贾海波^[11]等对浙江全省和浙江南部近岸海域的底栖生物研究中有所涉及但是调查站位和调查季节不够充分; 廖一波等^[12]对乐清湾西门岛附近的海域开展过四个季度底栖动物功能群研究, 调查区域十分有限。1981 年至今仅有两次较为系统的调查^[13-14],

距离最近的一次型底栖动物调查研究已经有 10 余年之久。

为了解乐清湾海域大型底栖动物的组成特征, 本研究于 2015 年开展了 5 个月份的周年调查。并结合历史调查数据, 分析乐清湾大型底栖动物的变化特点, 目的在于为进一步监测生态环境变迁, 为乐清湾生物资源的合理开发和可持续利用提供科学依据以及和基础资料。

1 材料与方 法

1.1 站位设置及采样方法

于 2015 年 1 月 20 日、3 月 7 日—13 日、5 月 3 日—7 日、8 月 4 日—6 日和 10 月 12 日—15 日共计 5 个航次对乐清湾的大型底栖动物进行了采样, 其中 1 月共布设了 17 个站位, 3 月、5 月、8 月和 10 月布设了 21 个站位, 站位基本覆盖了整个乐清湾水域, 调查站位见图 1。各站位用取样面积为 0.05m² 的抓

收稿日期: 2017-12-24; 修回日期: 2018-02-22

基金项目: 浙江省海洋环保与生态项目(浙海渔计[2012]100 号)

[Foundation: Marine environmental protection and ecological project in Zhejiang Province (ZJMFP[2012]100)]

作者简介: 王航俊(1987-), 男, 浙江东阳人, 工程师, 硕士, 主要从事海洋底栖生物生态学研究, 电话: 18057771819, E-mail: wanghj@eastsea.gov.cn; 姚炜民, 通信作者, 高级工程师, 电话: 13858877678, E-mail: ywm@eastsea.gov.cn

斗式采泥器重复取样两次, 合并为一个样品, 具体

操作方法按《海洋监测规范》(GB 17378.7-2007)进行。

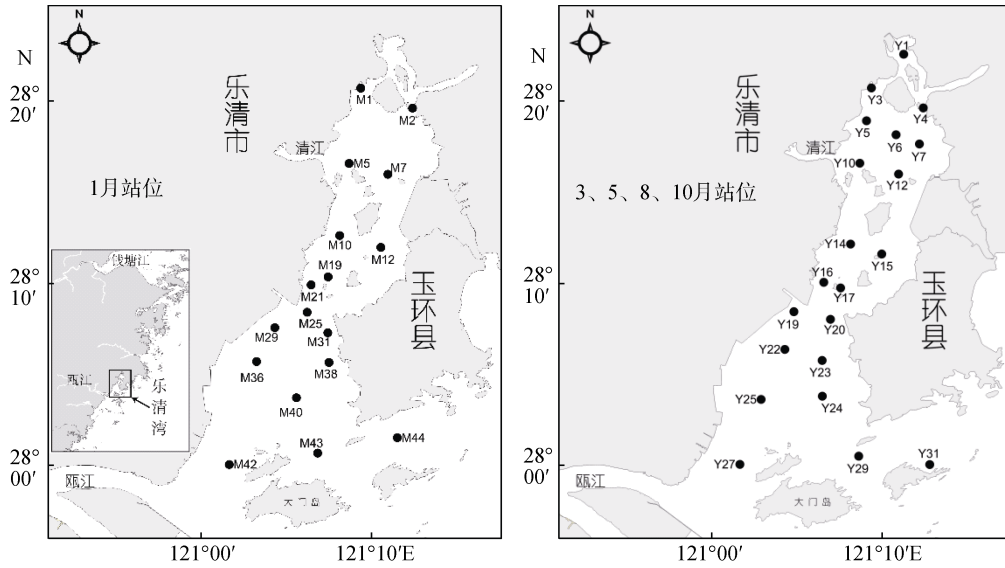


图 1 乐清湾大型底栖动物取样站位
Fig. 1 Sampling stations of macrobenthos in Yueqing Bay

1.2 数据处理

种类更替率(R)

$$R(\%) = [(a+b-2c)/(a+b-c)] \times 100$$

式中, a 与 b 分别为相邻 2 个季节的种类数, c 为相邻 2 个季节共同种类数。

优势度值根据各物种出现的频率及丰度来计算, 计算公式为:

$$Y_i = (n_i/N) \times f_i$$

式中: Y_i 为第 i 种的优势度值, n_i 为第 i 种的个体数, N 为所有站点采集的大型底栖动物总个体数, f_i 为第 i 种在各站点出现的频率。当 $Y_i > 0.02$, 认定其为优势种。

2 结果

2.1 种类组成特征

5 个航次采集和鉴定大型底栖动物 116 种, 隶属于 9 门, 12 纲, 34 目, 63 科, 98 属。其中环节动物占绝对优势, 共 61 种, 占总种类数的 52.6%; 其次是软体动物和甲壳动物, 分别有 22 种和 20 种, 各占总种类数的 19.0% 和 17.2%; 其他类群还有棘皮动物 5 种, 占总种类数的 4.3%; 纽形动物 3 种, 占总种类数的 2.6%; 刺胞动物 2 种, 占总种类数的 1.7%, 扁形动物、星虫动物和鱼类各 1 种, 分别占总种类数的 0.9%。5 个航次中环节动物的种类数均最多, 其次是甲壳动物和软体动物, 而棘皮动物和其他动物类群

动物相对较少。各航次的物种组成和各类群所占百分比见图 2。

乐清湾大型底栖动物优势种共 7 种(优势度 $Y > 0.02$, 表 1), 其中以寡鳃齿吻沙蚕和薄云母蛤的优势度最大, 寡鳃齿吻沙蚕在 5 个航次中均为优势种并且具有较高的优势度, 薄云母蛤在 1 月、3 月、5 月三个航次为优势种, 3 月和 5 月的优势地位较为明显。其他优势种还有不倒翁虫、中蚓虫属一种、光滑河蓝蛤、双形拟单指虫和日本细菜毛虫。

2.2 种类数时空分布特征

乐清湾大型底栖动物的种类数随时间变化存在一定幅度的波动(图 3), 其中 3 月和 5 月的种类数相对较多, 分别有 60 种和 63 种, 其他 3 个月份的种类数相对较少, 1 月、8 月和 10 月分别有 46 种、46 种和 48 种。各航次之间的更替率情况, 1 月航次和 3 月航次更替率为 65.8%、3 月航次和 5 月航次更替率为 58.6%、5 月航次和 8 月航次更替率为 65.4%、8 月航次和 10 月航次更替率为 65.7%, 种类更替明显。

乐清湾大型底栖动物种类数空间差异明显, 高值站点主要集中在内湾和中湾, 其中 1 月航次的高值站点分布在内湾(M2)和中湾(M10 和 M29); 3 月航次的高值站点分布在内湾(Y3、Y4、Y5、Y7 和 Y10); 5 月航次的高值站点分布在内湾(Y3 和 Y5)、中湾(Y19)和外湾(Y31); 8 月航次的高值站点分布在中湾

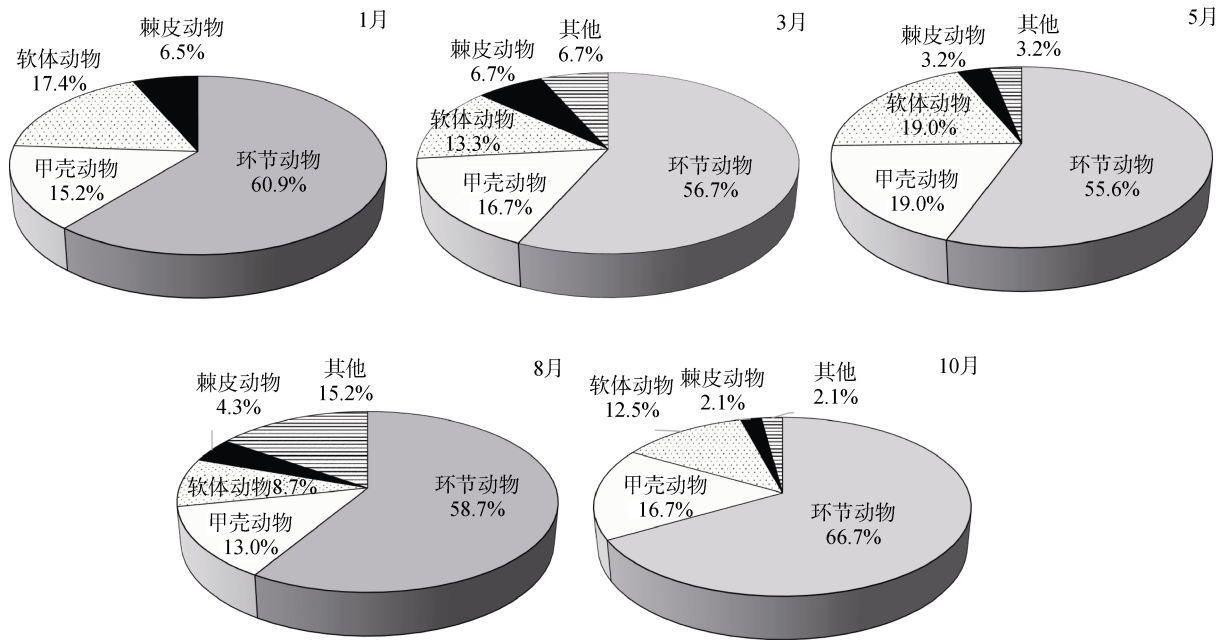


图 2 乐清湾大型底栖动物的种类组成和各类群所占百分比
Fig. 2 Species composition and precentage of macrobenthos in Yueqing Bay

表 1 乐清湾大型动物主要种类及优势度
Tab. 1 The main species and dominace of macrobenthos in Yueqing Bay

种名	调查时间				
	1月	3月	5月	8月	10月
薄云母蛤 <i>Yoldia similis</i>	0.085	0.021	0.109		
不倒翁虫 <i>Sternaspis sculata</i>	0.021	0.013	0.032	0.008	0.011
大沽全海笋 <i>Barnea davidi</i>	0.013				
多丝独毛虫 <i>Tharyx multifilis</i>			0.012		
钩毛虫属一种 <i>Sigambra</i> sp.			0.005	0.009	
寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i>	0.046	0.059	0.132	0.102	0.065
冠奇异稚齿虫 <i>Paraprionospio cristata</i>		0.005			
光滑河篮蛤 <i>Potamocorbula laevis</i>		0.021	0.027		
薄片螺赢蜚 <i>Corophium lamellate</i>			0.007		
后指虫 <i>Laonice cirrata</i>	0.006				
全刺沙蚕属一种 <i>Nectoneanthes</i> sp.		0.006			
沙钩虾属一种 <i>Byblis</i> sp.	0.006				
双形拟单指虫 <i>Cossurella dimorpha</i>		0.008		0.039	
线蚓一种 <i>Enchytraeidae</i>		0.007			
腺袋才女虫 <i>Polydora triglanda</i>	0.008				
小头虫 <i>Capitella capitata</i>					0.013
日本细莱毛虫 <i>Levinsonia gracilis</i>		0.016		0.009	
异蚓虫 <i>Heteromastus filiformis</i>			0.007		0.007
圆锯齿吻沙蚕 <i>Dentinephtys glabra</i>					0.009
中蚓虫属一种 <i>Mediomastus</i> sp.	0.014	0.045	0.012	0.007	0.019

注: 字体加粗种类为优势种。

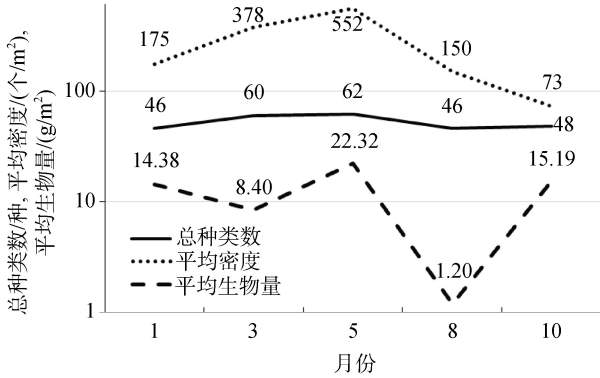


图3 乐清湾大型底栖动物各航次的数量组成情况

Fig. 3 Quantitative composition of macrobenthos from five cruises in Yueqing Bay

(Y19); 10月航次的高值站位分布在内湾(Y5和Y6)、中湾(Y16)。乐清湾大型底栖动物种类数低值站位在全湾各区均有分布,其中内湾站位Y1、中湾站位Y23以及外湾站位Y29在调查的4个航次中物种种类数均较少。

2.3 栖息密度组成特征

乐清湾大型底栖动物的平均栖息密度为 269 个/m²,其中环节动物为优势类群,以 155 个/m²,占总栖息密度的 57.60%;其次是软体动物有 83 个/m²,占总栖息密度的 30.84%;甲壳动物有 25 个/m²,占总栖息密度的 9.35%,其他生物类群有 6 个/m²,占总栖息密度的 2.21%。

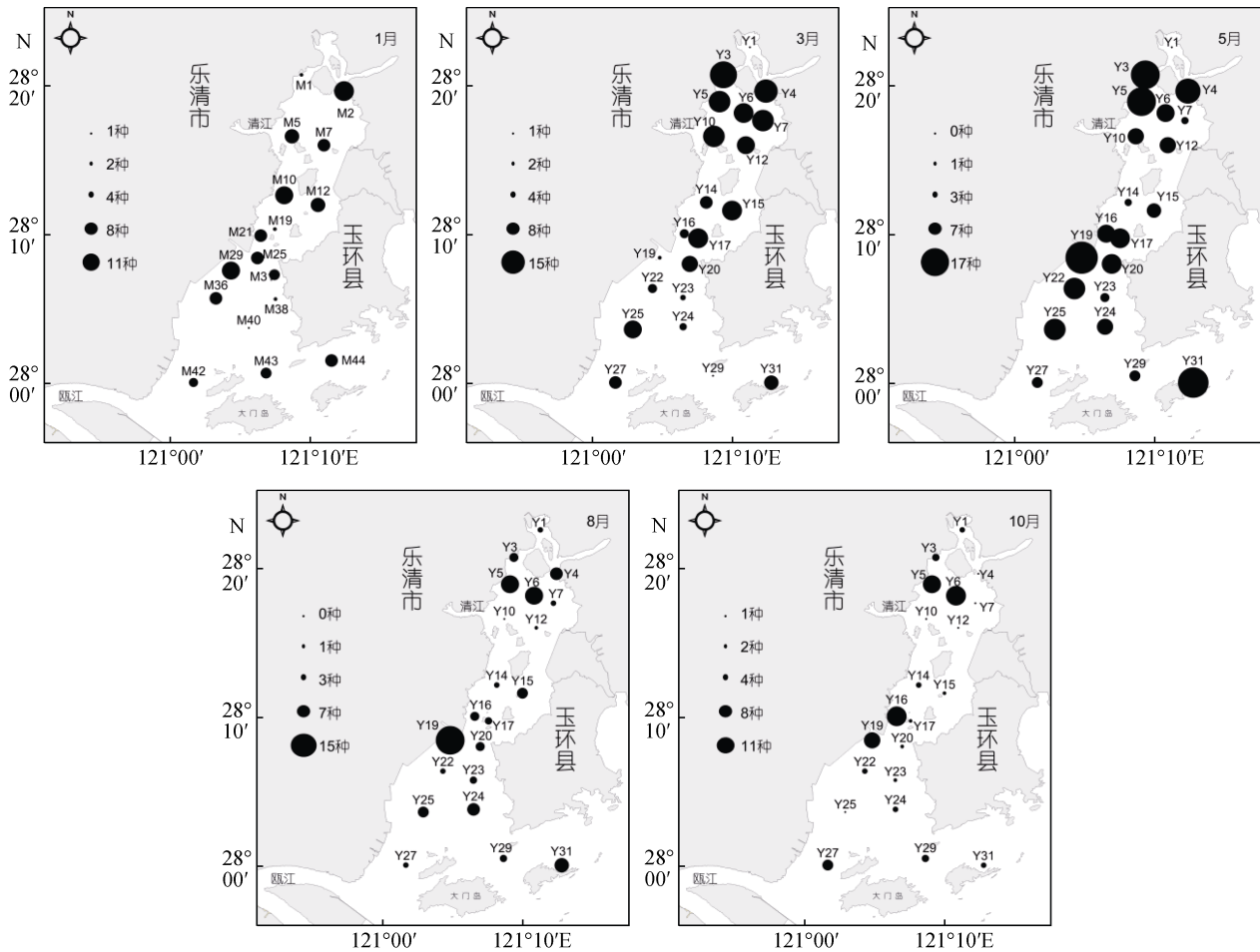


图4 乐清湾大型底栖动物各航次的种类分布

Fig. 4 Species distribution of macrobenthos from five cruises in Yueqing Bay

2.4 栖息密度时空分布特征

乐清湾大型底栖动物栖息密度随时间变化存在较大的波动,其中5月航次平均栖息密度最高有 552 个/m²(主要贡献种类为光滑河蓝蛤、寡鳃齿吻沙蚕

和薄云母蛤),10月航次平均栖息密度最低为 73 个/m²,5个航次平均栖息密度高低表现为 5月>3月>1月>8月>10月。

乐清湾大型底栖动物栖息密度空间差异大见图 5,

1月航次的高值站位主要为内湾的M2站位, 栖息密度达到1040个/m², 主要贡献种类为大沽全海笋, 栖息密度小于31个/m²的低值站位主要为内湾M1、中湾M19和外湾M40的3个站位。3月航次高值站位主要为内湾的Y3和Y4站位, 栖息密度大于2220个/m², 主要贡献种类分别为光滑河篮蛤和日本细菜毛虫, 栖息密度小于31个/m²的低值站位主要为内湾Y1、中湾Y19和外湾Y29的3个站位。5月航次高值站位主要为内湾Y3和中湾Y19站位, 栖息密度大于2160个/m², 主要贡献种类分别为光滑河篮蛤和寡鳃齿吻沙蚕, 栖息

密度小于31个/m²的低值站位主要为内湾Y1、Y3和中湾Y19的3个站位。8月航次高值站位主要为内湾Y5和中湾Y19站位, 栖息密度大于760个/m², 主要贡献种类分别为寡鳃齿吻沙蚕和双形拟单指虫, 栖息密度小于31个/m²的低值站位主要分布在内湾、中湾和外湾的8个站位。10月航次的高值站位主要为内湾的Y5、Y6和中湾的Y19站位, 栖息密度大于270个/m², 主要贡献种类分别为圆锯齿吻沙蚕、寡鳃齿吻沙蚕和寡鳃齿吻沙蚕, 栖息密度小于31个/m²的低值站位主要分布在内湾、中湾和外湾的11个站位。

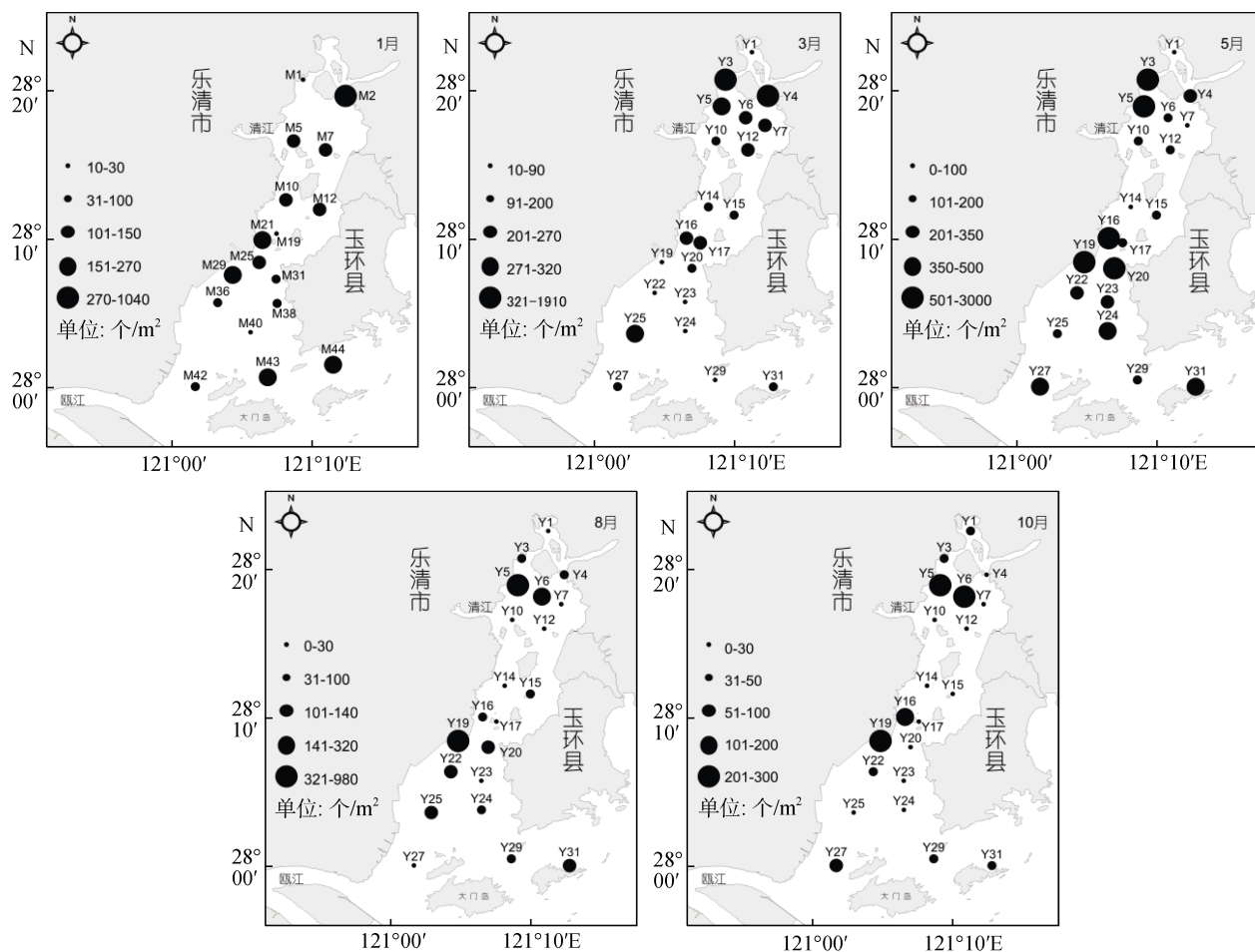


图5 乐清湾大型底栖动物各航次的栖息密度分布

Fig. 5 Inhabit density distribution of macrobenthos from five cruises in Yueqing Bay

2.5 生物量组成特征

乐清湾大型底栖动物的平均生物量为12.30 g/m², 其中软体动物为优势类群, 以8.10 g/m², 占总生物量的66.33%; 其次是棘皮动物有3.03 g/m², 占总生物量的24.79%; 环节动物有0.69 g/m², 占总生物量的5.62%, 甲壳动物有0.37 g/m², 占总生物量的

3.02%; 其他类群有0.03 g/m², 占总生物量的0.25%。

2.6 生物量时空分布特征

乐清湾大型底栖动物生物量随时间变化波动明显, 其中5月航次的平均生物量最高为22.32 g/m², 主要贡献者为Y3站位的光滑河篮蛤288.20 g/m², 8月航次的平均生物量最低为1.20 g/m², 8月航次生物

量偏低主要原因是生物量优势类群软体动物和棘皮动物的种类数较少且个体偏小。5个航次的平均生物量表现为5月>10月>1月>3月>8月。

乐清湾大型底栖动物生物量空间分布差异明显见图6。1月航次的高值站位主要是内湾的M7站位,生物量达到166.70 g/m²,主要贡献种为海地瓜(*Acaudina molpadioides*),生物量少于0.51 g/m²低值站位全湾均有分布主要站位有内湾M1,中湾M19、外湾M38和M40站位。3月航次的高值站位主要是内湾的Y1站位,生物量达到98.20 g/m²,主要贡献种为近江牡蛎(*Crassostrea ariakensis*),生物量少于0.51 g/m²低值站位主要分布在中湾Y19和外湾Y22、

Y23、Y29等站位。5月航次高值站位主要是内湾的Y3站位,生物量达到294.20 g/m²,主要贡献种为光滑河篮蛤,生物量少于0.51 g/m²低值站位主要分布在内湾Y1、Y4和中湾Y14站位。8月航次的高值站位主要是外湾的Y22站位,生物量为5.90 g/m²,主要贡献种为棘刺锚参(*Protankyra bidentata*),生物量少于0.21 g/m²低值站位主要分布在内湾Y1、Y4、Y5、Y7和外湾Y27站位。10月航次的高值站位主要内湾的Y5站,生物量达到306.30 g/m²,主要贡献种为近江牡蛎,生物量少于0.21的低值站位主要分布在内湾Y4、Y7、Y10、Y12,中湾Y20,外湾Y23、Y25站位。

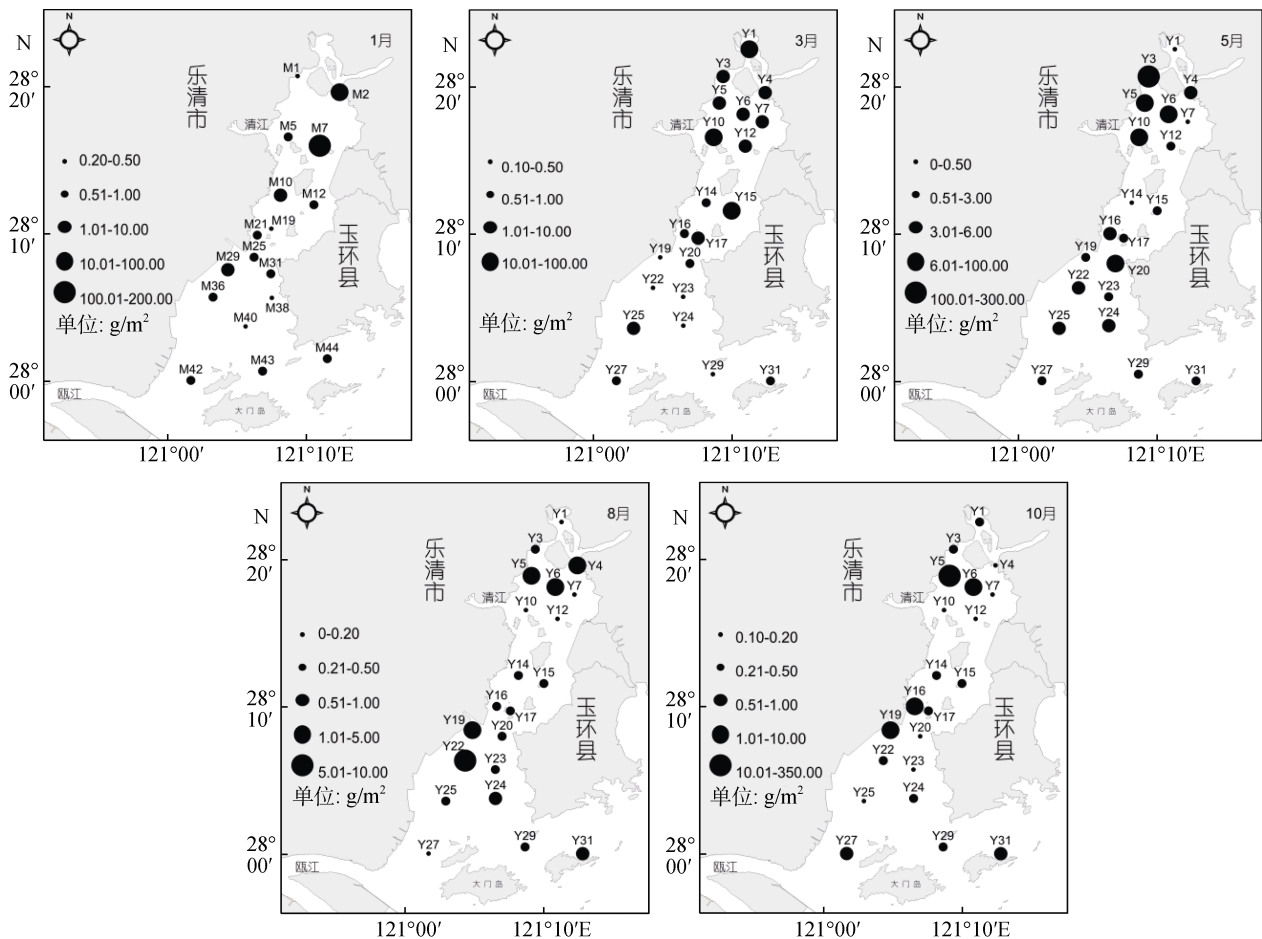


图6 乐清湾大型底栖动物各航次的生物量分布

Fig. 6 Biomass distribution of macrobenthos from five cruises in Yueqing Bay

3 讨论

3.1 乐清湾大型底栖动物物种组成特点及变化

本研究结果显示,乐清湾大型底栖动物共有116

种,其中环节动物种类数量优势明显,其次是软体动物和甲壳动物。相比较杨俊毅等^[14]在2002—2003年的研究结果为124种,种类数之间差别不大,但是各类群之间的占比存在较大的差异。其中环节动物的占比增加最明显,由41种(占33.1%)提高到61种

(占 52.6%); 软体动物的占比下降最明显, 由 37 种 (占 29.8%) 下降到 22 种 (占 19.0%); 棘皮动物也有明显的下降, 由 10 种 (占 8.1%) 下降到 5 种 (占 4.3%)。

本研究结果显示, 乐清湾大型底栖动物优势种隶属于环节动物和软体动物两大类群共 7 种。环节动物优势种为寡鳃齿吻沙蚕、不倒翁虫、中蚓虫属一种、日本细菜毛虫和双形拟单指虫; 软体动物优势种为薄云母蛤和光滑河篮蛤。而杨俊毅等^[14]在 2002 年-2003 年的研究结果显示, 乐清湾大型底栖动物优势种组成类群较为丰富分别隶属于软体动物、刺胞动物、环节动物和棘皮动物四大类群共 6 种。软体动物优势种为西格织纹螺 (*Nassarius siquinjorensis*); 刺胞动物优势种为白沙箸 (*Virgularia gustaviana*); 环节动物优势种为不倒翁虫、小头虫和多鳃卷吻沙蚕 (*Nephtys polybranchia*); 棘皮动物优势种为棘刺锚参。两次调查共有的优势种仅有不倒翁虫一种。

通过比较乐清湾近两次的调查可以发现, 乐清湾大型底栖动物群落结构组成已经发生了较大的变化, 主要表现为环节动物的优势地位上升明显而其他生物类群如软体动物和棘皮动物的优势地位下降显著, 群落组成趋向简单化。造成群落结构波动的原因可能由于人类活动的影响和自然环境的改变。自然环境的改变是一个长期的过程, 不可能在 10 余年有明显的显露而乐清湾是地处乐清、温岭和玉环三大经济强市(县), 人类活动异常频繁可能是造成群落结构波动的主要原因。郭远明^[15]、陈雷^[16]等的研究表明, 乐清湾在 2000 年至 2014 年无机氮含量呈现上升趋势, 活性磷酸盐在先上升后波动变化, 总体富营养化趋势加重。营养结构的变化和营养水平的提高, 可能是影响底栖动物群落结构变化的重要因素^[17]。在生态环境急变和过度捕捞的强大压力下, 乐清湾海域的鱼类物种数下降较快, 20 世纪 80 年代, 乐清湾可捕捞上 190 种鱼类, 而且超过一半都

是经济价值较高的种类^[18]。如今乐清湾可捕捞的鱼类不到 50 种, 且大部分为低值鱼类, 个体偏小, 营养结构被打破。以大型底栖动物为食的鱼类群落结构的改变, 必然造成大型底栖生物群落的改变。乐清湾大规模的填海造地、港口建设和围海养殖等, 使乐清湾的岸线和淤泥淤积宽度发生较大的变化。吴涛等^[19]对乐清湾 1981 年至 2013 年的海岸线时空变化分析结果表明, 由于人类的围海养殖和填海造陆乐清湾的自然岸线减少了 105.5 km, 海域面积减少了 90.83 km²。同时乐清湾海底的施工也从未间断过, 海底电缆的铺设、航道开挖疏浚、工程土方湾内随意抛置带来的栖息地的破坏也可能是乐清湾大型底栖动物群落结构改变的重要原因之一。

3.2 乐清湾大型底栖动物数量组成特点及变化

本研究结果显示, 乐清湾的大型底栖动物栖息密度和生物量呈现块状分布, 高值区主要集中在内湾站位及部分中湾站位, 这与 12 年前的调查基本一致。乐清湾内湾相对封闭抗风浪条件十分优越, 加之其较深的水位可以实时进行水体交换, 是当地渔民网箱养殖的主要基地。本次调查站位均位于网箱养殖区以外, 没有直接受到过多的有机残饵和鱼类排泄物的影响, 但是相比较乐清湾其他站位, 内湾站位的有机质含量相对丰富为底栖生物的生长和繁殖提供了有利的条件。这可能是内湾栖息密度和生物量相对较高的主要原因。乐清中湾靠近乐清燃煤电厂附近的两个站位(Y16、Y19)在 1 月、5 月、8 月和 10 月均有较高的栖息密度, 这可能与电厂的温排水有一定的关系^[20-21]。而乐清湾外湾低栖息密度和生物量的站位可能是由于外湾集中了大量的围海造地、港口码头、航道运输等而对底栖环境造成了持续的扰动以及瓯江口大径流的影响造成的。

表 2 乐清湾大型底栖动物历次调查的数量组成特点

Tab. 2 Quantitative characteristics of macrobenthos from each survey in Yueqing Bay

项目	时间	环节动物	软体动物	甲壳动物	棘皮动物	其他动物	合计	文献
栖息密度/ (个/m ²)	1981—1982 年	—	—	—	—	—	34.1	[13]
	2002—2003 年	28	30	8	10	9	85	[14]
	2015 年	155	83	25	2	4	269	本研究
生物量/ (g/m ²)	1981—1982 年	—	—	—	—	—	3.92	[13]
	2002—2003 年	1.13	10.76	3.78	25.09	1.18	41.95	[14]
	2015 年	0.69	8.10	0.37	3.03	0.03	12.3	本研究

通过比较乐清湾 1981 年至今近 33 年以来的三次全年调查结果^[13-14], 发现大型底栖动物栖息密度呈现快速增加而生物量的变化趋势与栖息密度并不一致, 生物量变化表现为先增加后降低。分析近两次的调查结果发现大个体的软体动物和棘皮动物, 如西格织纹螺、棘刺锚参、红带织纹螺、彩虹明樱蛤等不再占据优势地位甚至在本次调查中没有出现, 而小个体的环节动物在种类数量、优势种组成和数量组成上均处于明显的优势地位, 成为表征和反映乐清湾大型底栖动物群落特征的特征种类。类似的变化在渤海^[22-23]、黄海^[24-25]、长江口^[26]等人类活动频繁的海域也有出现。许多学者认为大个体种类或棘皮动物种类的消失是底栖生境遭受严重扰动的重要表征之一^[27-29]。这说明乐清湾底栖生境处于不稳定状态, 需要在长期稳定的生境中生长的大个体动物不能得到充分的生长, 取而代之的是出生率高, 生长周期短的小个体 r-对策者的快速繁殖。

参考文献:

- [1] 沈国英, 黄凌风, 郭丰, 等. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 40-46.
Shen Guoying, Huang Lingfeng, Guo Feng, et al. Marine Ecology[M]. Beijing: Science Press, 2010: 40-46.
- [2] Eisenbarth S, Zettler M L. Diversity of the benthic macrofauna off northern Namibia from the shelf to the deep sea[J]. Journal of Marine Systems, 2016, 1551-1558.
- [3] Nakajima R, Yamakita T, Watanabe H, et al. Species richness and community structure of benthic macrofauna and megafauna in the deep-sea chemosynthetic ecosystems around the Japanese archipelago: an attempt to identify priority areas for conservation[J]. Diversity and Distributions, 2014, 20(10): 1160-1172.
- [4] Castege I, Milon E, Pautrizel F. Response of benthic macrofauna to an oil pollution: Lessons from the "Prestige" oil spill on the rocky shore of Guethary (south of the Bay of Biscay, France)[J]. Deep-Sea Research Part II, 2014, 106192-97.
- [5] 朱延忠, 周娟, 林岩璇, 等. 基于 MCI 的厦门湾大型底栖动物群落健康状况评价[J]. 广西科学, 2015, 22(5): 549-557.
Zhu Yanzhong, Zhou Juan, Lin Kuixuan, et al. Assessment on the macrozoobenthos community health in Xiamen Bay using Macrozoobenthos Community Index[J]. Guangxi Sciences, 2015, 22(5): 549-557.
- [6] 邓玉娟, 董树刚, 刘晓收. 福建兴化湾大型底栖动物种类组成和生物多样性[J]. 海洋科学, 2016, 40(1): 54-63.
Deng Yujuan, Dong Shugang, Liu Xiaoshou. Species composition and biodiversity of macrofauna in Xinghua Bay, Fujian[J]. Marine Science, 2016, 40(1): 54-63.
- [7] 张晓举, 王海棠, 周建波, 等. 辽东湾西部倾废区临近海域大型底栖动物群落结构[J]. 海洋科学, 2014, 38(11): 41-46.
Zhang Xiaojun, Wang Haitang, Zhou Jianbo, et al. Macrobenthos community in the western Liaodong Bay ocean with dumping ground[J]. Marine Science, 2014, 38(11): 41-46.
- [8] 闫丽娜, 叶深, 李德伟, 等. 乐清湾口海域春、秋季鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(4): 1062-1067.
Yan Lina, Ye Shen, Li Dewei, et al. Species composition and quantitative distribution of fishes in spring and autumn in the Yueqing Bay mouth[J]. Oceanologia and Limnologia Sinica, 2013, 44(4): 1062-1067.
- [9] 郭远明, 钟志, 李佩佩, 等. 2011 年 7 月乐清湾水产生物大规模死亡原因调查[J]. 现代农业科技, 2013, (11): 284-286.
Guo Yuanming, Zhong Zhi, Li Peipei, et al. Investigation of massive mortality cause of hydrobiont in Yueqing Bay in July, 2011[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2013, (11): 284-286.
- [10] 胡颢琰, 唐静亮, 李秋里, 等. 浙江省近岸海域底栖生物生态研究[J]. 海洋学研究, 2006, 24(3): 76-89.
Hu Haoyan, Tang Jingliang, Li Qiu, et al. Studies on benthic ecology in Zhejiang coastal waters[J]. Journal of Marine Sciences, 2006, 24(3): 76-89.
- [11] 贾海波, 胡颢琰, 唐静亮, 等. 浙江南部近岸海域大型底栖生物生态[J]. 台湾海峡, 2011, 30(4): 577-582.
Jia Haibo, Hu Haoyan, Tang Jingliang, et al. Ecology of macrobenthos in the south of Zhejiang coastal waters[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2011, 30(4): 577-582.
- [12] 廖一波, 寿鹿, 曾江宁, 等. 浙江西门岛海洋特别保护区大型底栖动物功能群特征及其与环境的关系[J]. 生物多样性, 2013, 21(1): 3-10.
Liao Yibo, Shou Lu, Zeng Jiangning, et al. Functional groups of marine macrobenthos in relation to environmental factors around the Ximen Island National Marine Special Reserve, Zhejiang[J]. Biodiversity Science, 2013, 21(1): 3-10.
- [13] 浙江省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室, 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告编写委员会. 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1988: 162-165.
Leading group office of comprehensive survey of coastal zone and coastal resources in Zhejiang province, Report writing committee of comprehensive survey of coastal zone and coastal resources in Zhejiang province.

- Comprehensive Survey of Coastal Zone and Coastal Resources in Zhejiang province[M]. Beijing: Ocean Press, 1988: 162-165.
- [14] 杨俊毅, 高爱根, 宁修仁, 等. 乐清湾大型底栖生物群落特征及其对水产养殖的响应[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 34-41.
Yang Junyi, Gao Aigen, Ning Xiuren, et al. Characteristics on macrofauna and the responses on aquaculture in Yueqing Bay[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 34-41.
- [15] 郭远明, 朱敬萍, 顾捷, 等. 2000—2014年5月和8月乐清湾渔业水域营养盐含量年际变化[J]. 现代农业科技, 2015, (24): 254-257.
Guo Yuanming, Zhu Jingping, Gu Jie, et al. Interannual change of nutrient salt content in Yueqing Bay fishing waters in May and August from 2000-2014[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015, (24): 254-257.
- [16] 陈雷, 徐兆礼, 陈胜, 等. 2007年乐清湾富营养化空间特征及其成因分析[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(1): 91-97.
Chen Lei, Xu Zhaoli, Chen Shen, et al. Causal analysis and distribution of eutrophication index in the Yueqing Bay in spring-summer of 2017[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(1): 91-97.
- [17] 韩洁, 张志南, 于子山. 渤海中、南部大型底栖动物的群落结构[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 531-537.
Han Jie, Zhang Zhinan, Yu Zishan. Macrobenthic community structure in the southern and central Bohai Sea, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(3): 531-537.
- [18] 张传章. 乐清县水产志[M]. 杭州: 杭州出版社, 1999: 66-68.
Zhang Chuanshang. Aquatic of Yueqing[M]. Hangzhou: Hangzhou Press, 1999: 66-68.
- [19] 吴涛, 解雪峰, 蒋国俊, 等. 1981—2013年乐清湾海岸线时空变化分析[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2015, 38(3): 249-254.
Wu Tao, Xie Xuefeng, Jiang Guojun, et al. Temporal and spatial analysis of shoreline changes in Yueqing Bay during 1981—2013[J]. Journal of Zhejiang Normal University(Nat. Sci.), 2015, 38(3): 249-254.
- [20] 於凡, 张永兴. 滨海核电站温排水对海洋生态系统影响的研究[J]. 辐射防护通讯, 2008, 28(1): 1-7.
Yu Fan, Zhang Yongxing. The review on the effects of thermal effluent from nuclear plants on the marine ecosystem[J]. Radiation Protection Bulletin, 2008, 28(1): 1-7.
- [21] 胡德良, 杨华南. 热排放对湘江大型底栖无脊椎动物的影响[J]. 环境污染治理技术与设备, 2001, 2(1): 25-27.
Hu Deliang, Yang Huanan. Effects of heat shock on macroinvertebrates in Xiangjiang River[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2001, 2(1): 25-27.
- [22] 周红, 华尔, 张志南. 秋季莱州湾及邻近海域大型底栖动物群落结构的研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2010, 40(8): 80-87.
Zhou Hong, Hua Er, Zhang Zhinan. Community structure of macrobenthos in Laizhou Bay and adjacent waters[J]. Periodical of Ocean University of China, 2010, 40(8): 80-87.
- [23] 陈琳琳, 王全超, 李晓静, 等. 渤海南部海域大型底栖动物群落演变特征及原因探讨[J]. 中国科学, 2016, 46(9): 1121-1134.
Chen Linlin, Wang Quanchao, Li Xiaojing, et al. Long-term trends of macrobenthos in southern Bohai Sea, China, in Relation to environmental changes[J]. Scientia Sinica, 2016, 46(9): 1121-1134.
- [24] 徐勇, 隋吉星, 李新正, 等. 南黄海大型底栖动物群落划分及变化[J]. 广西科学, 2016, 23(4): 339-345.
Xu Yong, Sui Jixing, Li Xinzheng, et al. Variations of macrofaunal community classification in the South Yellow Sea[J]. Guangxi Sciences, 2016, 23(4): 339-345.
- [25] 彭松耀, 李新正, 徐勇, 等. 十年间黄海大型底栖动物优势种的变化[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(3): 536-542.
Peng Songyao, Li Xinzheng, Xu Yong, et al. Variation of macrobenthos in Yellow Sea in past 10 years[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2017, 48(3): 536-542.
- [26] Shou L, Zeng J, Liao Y, et al. Temporal and spatial variability of benthic macrofauna communities in the Yangtze River estuary and adjacent area[J]. Aquatic Ecosystem Health & Management, 2013, 16(1): 31-39.
- [27] Mattsson J, Linden O. Benthic Macrofauna succession under mussels, Mytilus-Edulis-L (Bivalvia), cultured on Hanging Long-Lines[J]. Sarsia, 1983, 68(2): 97-102.
- [28] Kaspar H F, Gillespie P A, Boyer I C, et al. Effects of mussel aquaculture on the nitrogen-cycle and benthic communities in Kenepuru Sound, Marlborough Sounds, New-Zealand[J]. Marine Biology, 1985, 85(2): 127-136.
- [29] Weston D P. Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient[J]. Marine Ecology Progress Series, 1990, 61(3): 233-244.

The characteristics and changes of the species and quantity of macrobenthos in Yueqing Bay

WANG Hang-jun, ZOU Qing, LIU Ya-lin, LIN Yi, LÜ Bao-qiang, YAO Wei-min
(Wenzhou Marine Environmental Monitoring Center Station, Wenzhou 325000, China)

Received: Dec. 24, 2017

Key words: Yueqing bay; macrobenthos; r-strategist

Abstract: In 2015, five survey cruises were carried out in January, March, May, August and October, respectively, to understand and evaluate the characteristics and changes of the species and quantity of macrobenthos in Yueqing bay. In this study, a total of 116 of macrobenthos species were identified and annelid was the dominant group. The species composition, inhabit density and biomass varied with the season, and the spatial distribution of species always formed patch structure. Compared with previous data, both type and amount of species changed obviously: the amount and inhabit density of small annelids increased significantly, while those of bigger mollusks and echinoderms decreased significantly. Our results indicated that the quite unstable benthic habitats in Yueqing bay led to the decrease of large animals which didn't have enough time to fully grow, and were replaced by the small r-strategist with high birth rate and short growth cycle.

(本文编辑: 梁德海)