

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2015.05.012

# 厦门海域文昌鱼及其他大型底栖动物资源现状研究

饶义勇<sup>1</sup>, 张慧萍<sup>1</sup>, 林聃<sup>1</sup>, 颜露露<sup>1</sup>, 李想<sup>1</sup>, 傅素晶<sup>1</sup>, 陈昕韡<sup>1</sup>, 蔡立哲<sup>1,2</sup>

(1. 厦门大学 环境与生态学院, 福建 厦门 361102; 2. 厦门大学 滨海湿地生态系统教育部重点实验室, 福建 厦门 361102)

**摘 要:** 根据 2014 年 8 月在厦门黄厝和十八线潮下带海区, 以及 2014 年 1 月-6 月在厦门玩月坡潮间带获得的文昌鱼及其他大型底栖动物数据, 对厦门海域文昌鱼及其他大型底栖动物资源现状进行了分析。黄厝潮下带大型底栖动物物种数、栖息密度和生物量分别为 25 种、80.7 ind/m<sup>2</sup> 和 13.46 g/m<sup>2</sup>, 十八线潮下带大型底栖动物物种数、栖息密度和生物量分别为 25 种、76.2 ind/m<sup>2</sup> 和 6.53 g/m<sup>2</sup>。黄厝潮下带大型底栖动物丰度指数 (d) 平均值略低于十八线潮下带, 而均匀度指数 (J) 和物种多样性指数 (H') 平均值略高于十八线潮下带。黄厝潮下带、十八线潮下带的文昌鱼栖息密度分别为 51.1 ind/m<sup>2</sup> 和 39.8 ind/m<sup>2</sup> 文昌鱼生物量分别为 4.63 g/m<sup>2</sup> 和 3.68 g/m<sup>2</sup>。单因素方差分析表明, 除了黄厝海区和十八线海区之间的文昌鱼体长呈显著差异, 其余文昌鱼种群参数和大型底栖动物群落参数均无显著差异。文昌鱼栖息密度和生物量与底质粒径分选系数呈显著负相关。玩月坡潮间带低潮区文昌鱼及其他大型底栖动物资源贫乏。厦门海域文昌鱼的资源量与文昌鱼放流、海岸工程和采砂作业有关。

**关键词:** 文昌鱼; 大型底栖动物; 资源现状; 海岸工程; 厦门海域

中图分类号: S968.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2015)05-0577-09

## Research on the status of Amphioxus and other macrofauna resources in Xiamen waters

RAO Yi-yong<sup>1</sup>, ZHANG Hui-ping<sup>1</sup>, LIN-Dan<sup>1</sup>, YAN Lu-lu<sup>1</sup>,  
LI Xiang<sup>1</sup>, FU Su-jing<sup>1</sup>, CHEN Xin-wei<sup>1</sup>, CAI Li-zhe<sup>1,2</sup>

(1. College of the Environment &amp; Ecology, Xiamen University, Xiamen, 361102, China

2. Key Laboratory of the Coastal and Wetland Ecosystems (Xiamen University), Ministry of Education, Xiamen 361102, China)

**Abstract:** The status of amphioxus and other macrofauna resources in Xiamen waters were analyzed according to the amphioxus macrofauna samples collected in the subtidal zone in October 2014 and in the intertidal zone from January 2014 to June 2014. The species number, density and biomass of macrofauna in Huangcuo subtidal zone were, 25, 80.7 ind/m<sup>2</sup>, and 13.46 g/m<sup>2</sup> respectively, and in 18 Line subtidal zone were 25, 76.2 ind/m<sup>2</sup> and 6.53 g/m<sup>2</sup> respectively. The average of the abundance index (d) of macrofauna in Huangcuo subtidal zone was slightly lower than that in 18 Line subtidal zone, but the average of the evenness index (J) and the biodiversity index (H') was opposite. The densities of amphioxus in Huangcuo and 18 Line were 51.1 ind/m<sup>2</sup> and 3.68 g/m<sup>2</sup> respectively, and the biomasses of amphioxus in these two areas were 4.63 g/m<sup>2</sup> and 3.68 g/m<sup>2</sup> respectively. The result of one-way ANOVA showed that, amphioxus length in these two areas was significantly different. The relationships between the density, biomass of amphioxus and sediment sorting coefficient had significant negative correlation. The resources of amphioxus and other macrofauna were scarce in the low tidal zone of Wanyuepo which located in the eastern waters of Xiamen. The resources of amphioxus related to the amphioxus artificial releasing, coastal engineering and sand mining operations.

**Keywords:** Amphioxus; macrofauna; resource status; coastal engineering; Xiamen waters

收稿日期: 2014-11-18; 修订日期: 2015-03-10

基金项目: 海洋公益性行业科研专项 (201305030-6), 厦门大学凌锋计划资助项目。

作者简介: 饶义勇 (1989-), 男, 硕士研究生, 主要从事海洋底栖生物研究。电子邮箱: 547484064@qq.com。

通讯作者: 蔡立哲, 男, 教授。电子邮箱: cailizhe@xmu.edu.cn。

<http://hytb.nmdis.org.cn>

文昌鱼属脊索动物门 (Phylum Chordata), 头索动物亚门, 头索纲 (Cephalochordata) (周才武, 1958)。文昌鱼, 作为一种稀有的海洋原始脊索动物, 它不但具有很高的经济价值, 而且是研究动物进化系统的一种珍贵材料 (张士瑾等, 1995)。自 1923 年厦门同安刘五店海域文昌鱼被厦门大学美籍生物学教授莱特 (S.F. Light) 调查报告以来, 我国文昌鱼开始闻名于世 (金德祥, 1953)。此后, 陆续有文章报道在我国山东、广东、广西、海南及台湾地区海域发现文昌鱼 (曹玉萍等, 1997; 李亚娟, 1996; 杨建威等, 2008)。

厦门刘五店文昌鱼渔场在 20 世纪 50 年代的年产量曾超过 100 t, 20 世纪 70 年代后, 由于自然灾害以及人为因素对刘五店海域的破坏, 文昌鱼资源量锐减, 甚至面临灭绝的危险 (金德祥等, 1987)。1989 年, 汪伟洋等对厦门前埔文昌鱼资源量进行过评估, 前埔浅海文昌鱼年平均栖息密度为 150.7 ind/m<sup>2</sup>, 生物量 8.49 g/m<sup>2</sup>, 约 25.4 t (汪伟洋等, 1989)。1994 年, 曾国寿等对厦门黄厝文昌鱼自然保护区进行了监测, 文昌鱼平均栖息密度为 142 ind/m<sup>2</sup>, 生物量 8.10 g/m<sup>2</sup> (曾国寿等, 1996)。2001 年 4 月 - 2002 年 3 月, 方少华等对厦门文昌鱼保护区进行 4 个季度月的文昌鱼资源调查, 估算保护区内文昌鱼资源量约为 27.6 t (方少华等, 2002)。2007 年, 翁朝红等对厦门文昌鱼保护区进行了调查, 黄厝海区文昌鱼平均栖息密度为 8 ind/m<sup>2</sup>; 南线-十八线海区为 18 ind/m<sup>2</sup>; 小嶝岛-角屿海区和鳄鱼屿海区多年未采集到文昌鱼 (翁朝红等, 2010)。以上调查结果表明, 厦门海域文昌鱼的栖息地已大大缩小, 资源量急剧减少 (翁朝红等, 2012)。近几年, 由于厦门海域海岸工程的增加, 以及采砂作业的加剧, 导致文昌鱼资源量减少。另一方面, 从 2005 年起, 厦门市海洋与渔业局在黄厝海域进行文昌鱼增殖放流, 对文昌鱼资源量的恢复具有一定作用。因此, 为了准确监测和评估厦门文昌鱼保护区文昌鱼资源量, 同时结合国家海洋公益项目子课题“珍稀濒危物种的生态监测评价关键技术及保育政策研究 (201305030-6)”, 作者于 2014 年 1 月 - 6 月在厦门玩月坡潮间带, 以及 2014 年 8 月在厦门黄厝和十八线潮下带海区进行文昌鱼及其他大型底栖动物调查, 旨在评估近几年海岸工程、文昌鱼放流等人类活动对文昌鱼资源量

的影响, 为文昌鱼放流行政管理、文昌鱼资源量监测和评价技术等方面提出建议。

## 1 材料与方法

厦门文昌鱼自然保护区由四块海区组成, 共有 58 km<sup>2</sup>, 其中: 前埔-黄厝海区划为核心区, 保护面积 10 km<sup>2</sup>; 南线-十八线海区划为经管区, 保护面积为 35 km<sup>2</sup>。2014 年 8 月, 在黄厝和十八线潮下带 (水深 1.0 m 左右) 进行了文昌鱼大型底栖动物调查, 黄厝潮下带布设 9 个取样站 (H1-H9) 十八线潮下带布设 8 个取样站 (S1-S8) (图 1)。2014 年 1 月 - 6 月逐月在玩月坡潮间带低潮区 A、B、C 3 个取样站进行了文昌鱼及其他大型底栖动物调查。

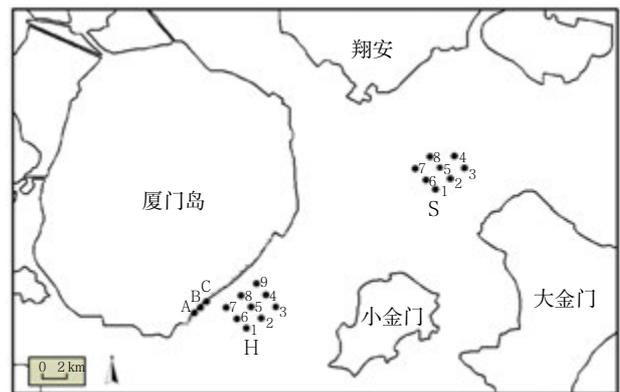


图 1 厦门海域文昌鱼及其他大型底栖动物取样位置示意图

### 1.1 调查方法

2014 年 8 月, 在厦门黄厝和十八线潮下带, 采用面积为 32 cm × 34 cm 的特制采样铲 (铲柄与铲的夹角约 45 度, 取样时, 将采样铲上提, 铲呈水平状态, 可有效减少泥沙样流失; 另外, 由于文昌鱼具有遇到危险往下钻的习性, 所以不具封闭性的采样铲并不会增加文昌鱼的逃逸率), 泥沙经 0.5 mm 孔径网筛分选后, 存留在筛网上的文昌鱼及其他大型底栖动物用 5% 的中性海水甲醛溶液固定后带回实验室。

2014 年 1 月 - 6 月逐月在厦门岛东部玩月坡潮间带低潮区, 采用 25 cm × 25 cm 样框, 挖深 20 cm, 经 0.5 mm 孔径网筛分选后, 存留在筛网上的文昌鱼及其他大型底栖动物用 5% 的中性海水甲醛溶液固定后带回实验室。

在潮下带和潮间带获得的生物样品, 在解剖镜

下挑选并分类。大型底栖动物标本经吸水纸吸去体表水分后，在感量为 0.1 mg 的电子分析天平上称得湿重。

### 1.2 大型底栖动物群落特征、单因素方差和相关分析方法

大型底栖动物群落种类多样性指数 (species diversity index, 以  $H'$  表示), 公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

大型底栖动物群落 Pielous 种类均匀度指数 (Evenness index, 以  $J$  表示), 公式如下:

$$J = H' / \log_2 S$$

大型底栖动物群落丰度指数 (Species richness index, 以  $d$  表示), 公式如下:

$$\text{Margalef 种类丰度指数: } d = (S-1) / \log_2 N$$

式中:  $H'$  —— 种类多样性指数;

$N$  —— 单位面积样品中收集到的底栖动物的总个数;

$n_i$  —— 单位面积样品中第  $i$  种底栖动物的个数;

$S$  —— 收集到的底栖动物种类数。

利用 Primer 5.0 软件计算上述生物指数; 利用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析 (One-way

ANOVA) 和 Person 相关性分析。

## 2 结果

### 2.1 厦门黄厝、十八线潮下带的文昌鱼和大型底栖动物

在黄厝潮下带海区获得大型底栖动物 25 种 (附表 1), 大型底栖动物平均栖息密度为 80.7 ind/m<sup>2</sup>。在黄厝潮下带海区 9 个取样站均有采集到文昌鱼, 且均为白氏文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri*), 平均栖息密度为 51.1 ind/m<sup>2</sup>。文昌鱼栖息密度最高的是 H9 取样站, 为 98.0 ind/m<sup>2</sup>, 最低的是 H7 取样站, 为 15.3 ind/m<sup>2</sup>。在十八线潮下带海区获得大型底栖动物 25 种 (附表 1), 十八线海区大型底栖动物平均栖息密度为 76.2 ind/m<sup>2</sup>。值得注意的是在 S6 取样站采集到 10 种多毛类, 其中腺带刺沙蚕 (*Neanthes glandicincta*) 栖息密度为 67.4 ind/m<sup>2</sup>。十八线潮下带海区 8 个取样站中除了 S6 取样站外均有采集到文昌鱼, 平均栖息密度为 39.8 ind/m<sup>2</sup>。十八线潮下带海区文昌鱼栖息密度最高的是 S2 取样站, 为 79.7 ind/m<sup>2</sup>, 最低的是 S6 取样站, 没有采集到文昌鱼 (图 2)。

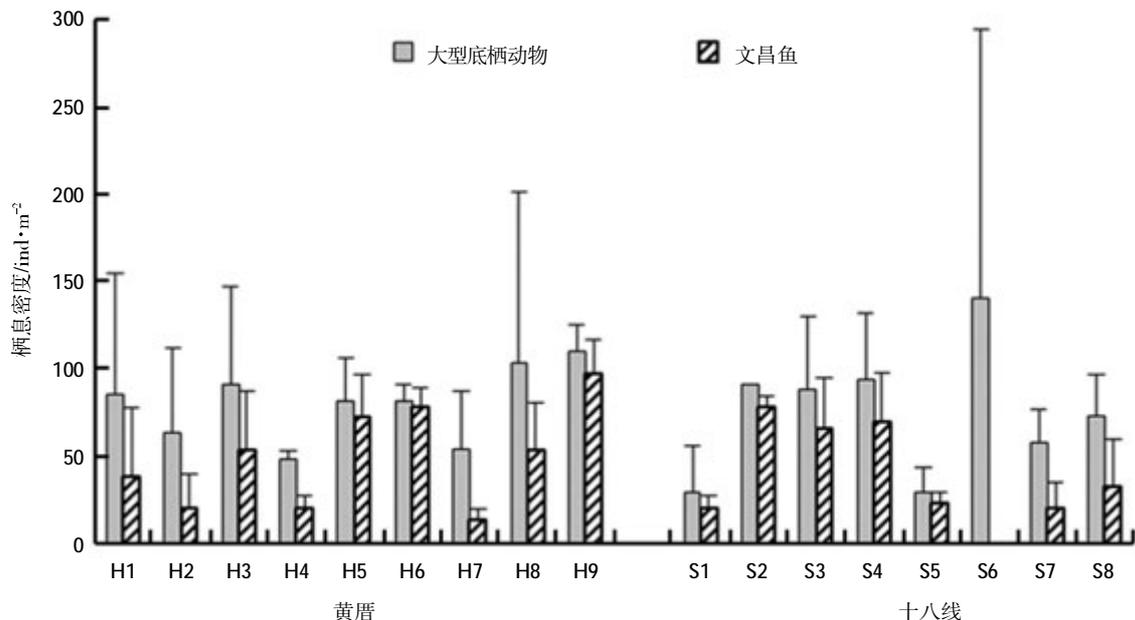


图 2 厦门黄厝、十八线海区的文昌鱼和大型底栖动物栖息密度

黄厝潮下带海区大型底栖动物平均生物量为 13.46 g/m<sup>2</sup>, 其中在 H1 取样站采集到腹足类的扁玉螺 (*Neverita didyma*), 其生物量占该取样站大型底

栖动物生物量的 86.49%, 因而也使 H1 取样站的大型底栖动物生物量高于其它取样站。黄厝潮下带海区文昌鱼平均生物量为 4.63 g/m<sup>2</sup>。文昌鱼生物量

最高的是 H9 取样站, 为  $10.37 \text{ g/m}^2$ , 最低的是 H2 取样站, 为  $0.54 \text{ g/m}^2$ 。十八线潮下带海区大型底栖动物平均生物量为  $6.53 \text{ g/m}^2$ , 文昌鱼平均生物量为  $3.68 \text{ g/m}^2$ , 文昌鱼生物量最高的是 S4 取样站, 为  $7.45 \text{ g/m}^2$ , 最低的是 S6 取样站, 没有采集到文昌鱼 (图 3)。

在黄厝和十八线海区所采集到的文昌鱼体长范围为  $5.82 \sim 53.43 \text{ mm}$ , 以  $5 \text{ mm}$  为间隔将其划分成 10 个体长组, 统计各个体长组文昌鱼数量; 两个

海区所采集到的文昌鱼体重范围为  $0.2 \sim 313.5 \text{ mg}$ , 以  $30 \text{ mg}$  为间隔将其划分成 10 个体重组, 统计各个体重组文昌鱼数量。黄厝海区文昌鱼的平均体长为  $32.00 \text{ mm}$ , 平均湿重为  $85.1 \text{ mg}$ ; 十八线海区文昌鱼的平均体长为  $34.39 \text{ mm}$ , 平均湿重为  $92.4 \text{ mg}$ 。两个海区的文昌鱼优势体长组均为  $30 \sim 35 \text{ mm}$ , 黄厝海区小个体文昌鱼较十八线海区多; 两个海区的文昌鱼优势体重组均为  $60 \sim 90 \text{ mg}$  (图 4)。

黄厝海区大型底栖动物丰度指数 (d) 平均值

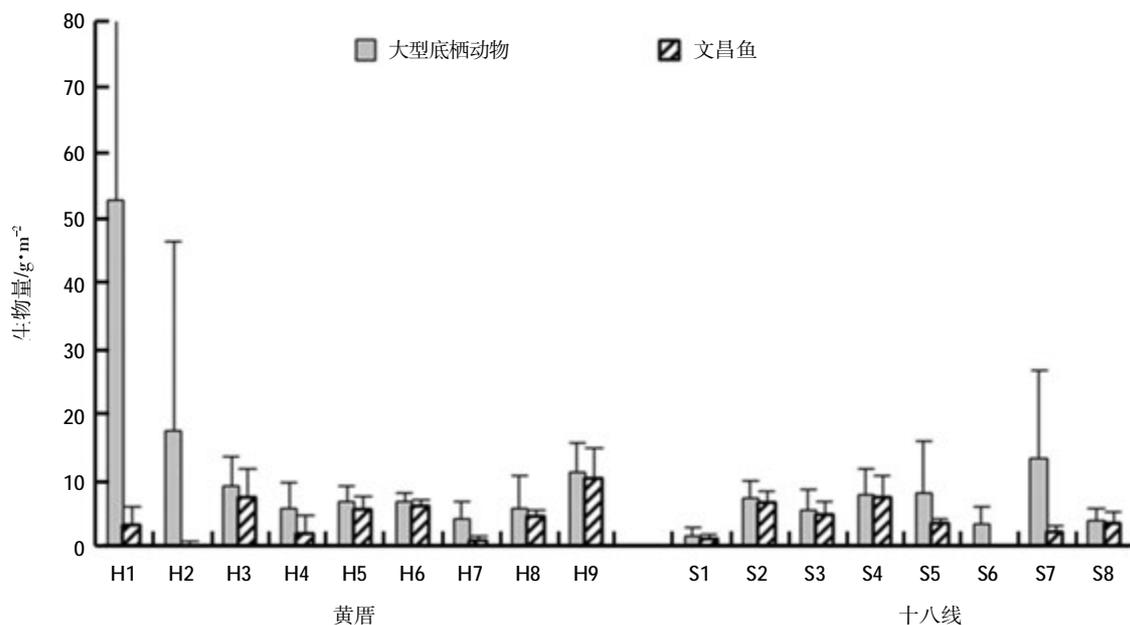


图 3 厦门黄厝和十八线海区文昌鱼和大型底栖动物的生物量

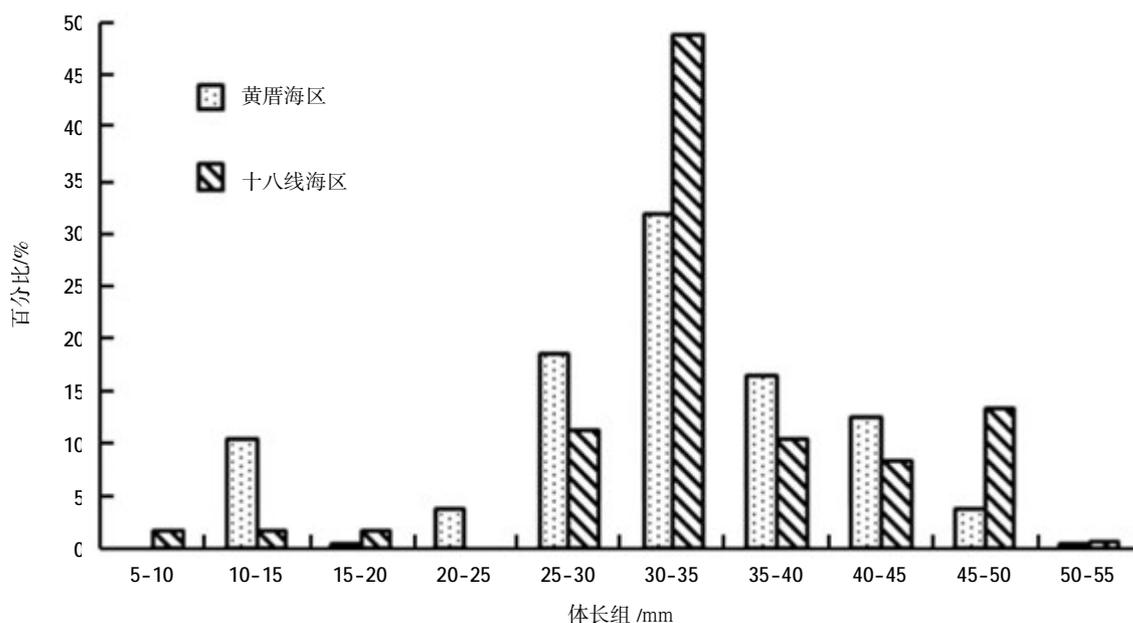


图 4 黄厝、十八线海区文昌鱼体长组成 (2014 年 8 月)

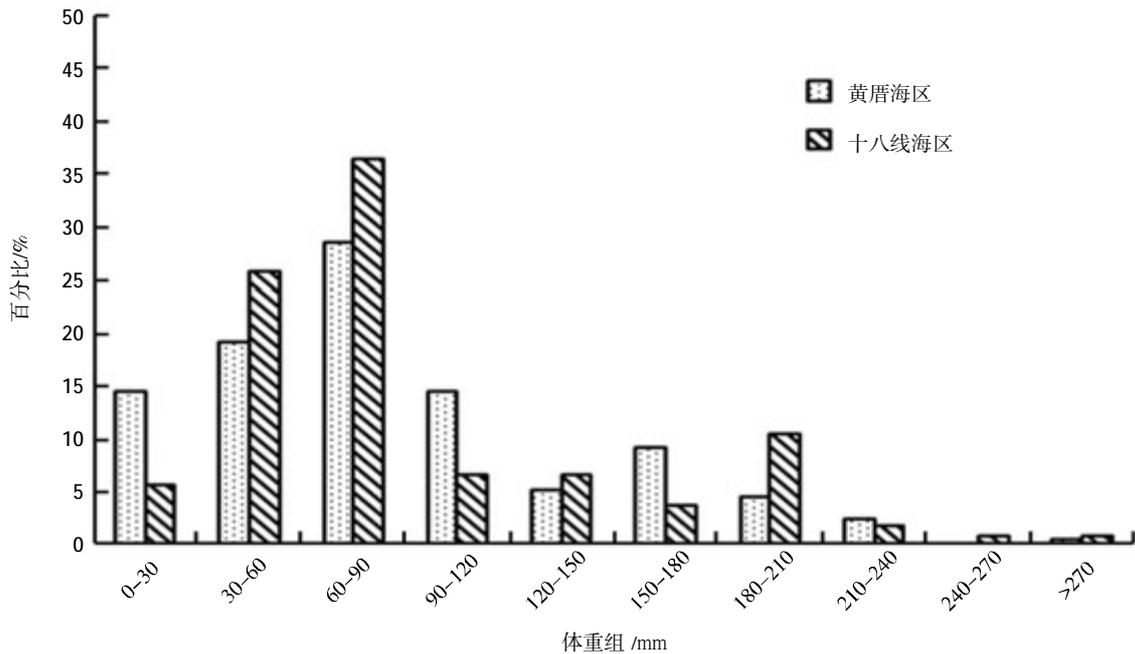


图5 黄厝、十八线海区文昌鱼体重组成 (2014年8月)

表1 黄厝和十八线海区大型底栖动物丰度指数 (d)、均匀度指数 (J) 和多样性指数 (H')

黄厝海区	d	J	H'	十八线海区	d	J	H'
H1	1.091	0.675	1.745	S1	0.791	0.678	1.357
H2	1.984	0.886	2.944	S2	0.613	0.383	0.767
H3	1.226	0.649	1.821	S3	1.441	0.492	1.475
H4	1.642	0.825	2.475	S4	1.624	0.504	1.598
H5	0.418	0.382	0.605	S5	0.527	0.582	0.922
H6	0.209	0.229	0.229	S6	2.256	0.702	2.597
H7	1.141	0.899	2.324	S7	1.353	0.816	2.292
H8	1.804	0.711	2.361	S8	1.071	0.801	2.072
H9	0.591	0.335	0.670				
平均	1.123	0.621	1.686	平均	1.209	0.620	1.635

略低于十八线海区，而均匀度指数 (J) 和物种多样性指数 (H') 平均值略高于十八线海区 (表1)。

单因素方差分析 (One-way ANOVA) 表明，除了黄厝海区和十八线海区之间的文昌鱼体长呈显著差异，文昌鱼体重、文昌鱼栖息密度、文昌鱼生物量、大型底栖动物栖息密度、大型底栖动物生物量、大型底栖动物丰度指数 (d)、均匀度指数 (J) 和多样性指数 (H') 均无显著差异 (表2)。

### 2.2 厦门玩月坡沙滩低潮区文昌鱼和大型底栖动物

在玩月坡沙滩低潮区获得大型底栖动物 13 种，其中多毛类 4 种，占总种数的 30.77 %；甲壳类和双壳类各 3 种，各占总种数的 20.08 %；腹足类 2

表2 黄厝海区和十八线海区大型底栖动物群落参数和文昌鱼种群参数的差异分析

参数	F	p
文昌鱼体长	4.483	0.035*
文昌鱼体重	0.931	0.336
文昌鱼栖息密度	0.639	0.436
文昌鱼生物量	0.428	0.523
大型底栖动物栖息密度	0.098	0.759
大型底栖动物生物量	1.543	0.233
d	0.087	0.772
J	0.000	0.989
H'	0.016	0.901

\* 显著差异

种, 占总种数的 15.38%; 纽形动物 1 种, 占总种数的 7.69% (附表 1)。2014 年 2 月和 5 月, 黄厝低潮区大型底栖动物栖息密度较高, 均为 12.8 ind/m<sup>2</sup> (图 6)。2014 年 6 月, 黄厝低潮区大型底栖动物生物量最低, 仅为 0.01 g/m<sup>2</sup> (图 7)。连续 6 个月逐月的调查, 未在玩月坡沙滩低潮区采集到文昌鱼。

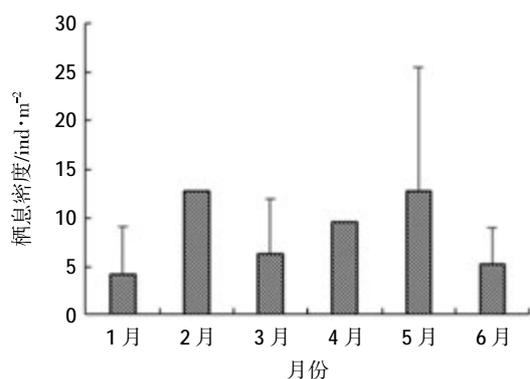


图 6 厦门玩月坡沙滩低潮区大型底栖动物栖息密度的月变化

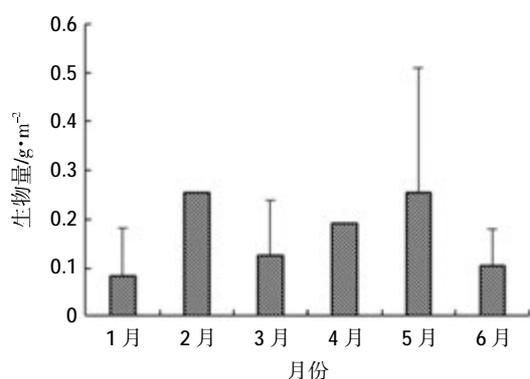


图 7 厦门玩月坡沙滩低潮区大型底栖动物生物量的月变化

### 2.3 厦门黄厝、十八线潮下带文昌鱼与底质粒径的关系

厦门黄厝潮下带砾、砂、粉砂、粘土含量分别在 28.46 ~ 61.39%、38.6 ~ 71.53%、0 ~ 2.22%、0 ~ 0.01% 之间, 平均含量分别为 41.10%、58.39%、0.51%、<0.01%; 十八线潮下带砾、砂、粉砂、粘土含量分别在 1.48 ~ 24.45%、75.53 ~ 96.08%、0 ~ 13.81%、0 ~ 1.43% 之间, 平均含量分别为 12.72%、83.83%、3.17%、0.28% (表 3)。相关性分析表明, 文昌鱼栖息密度和生物量与分选系数呈显著负相关 (表 4), 说明分选性好的底质, 有利于文昌鱼的栖息。

<http://hytb.nmdis.org.cn>

表 3 厦门黄厝、十八线潮下带的底质粒径组成站位

站位	粒级含量/%				粒度系数	
	砾	砂	粉砂	粘土	平均粒径 Mz	分选系数
H1	33.55	64.22	2.22	0.01	-0.296	1.416
H2	33.27	64.95	1.77	0	-0.354	1.355
H3	28.46	71.53	0	0	-0.556	0.852
H4	48.78	51.23	0	0	-0.621	1.094
H5	50.13	49.87	0	0	-0.603	1.113
H6	61.39	38.6	0	0	-0.730	1.149
H7	38.65	61.35	0	0	-0.539	1.016
H8	44.82	54.61	0.57	0	-0.645	1.087
H9	30.88	69.12	0	0	-0.471	0.933
平均	41.10	58.39	0.51	0.00	-0.535	1.113
S1	24.45	75.53	0.01	0	-0.305	1.038
S2	12.07	87.93	0	0	-0.315	0.823
S3	15.53	84.47	0	0	-0.358	0.852
S4	3.92	96.08	0	0	-0.324	0.663
S5	1.48	84.00	13.81	0.73	2.331	1.915
S6	3.43	85.13	10	1.43	1.412	2.102
S7	21.50	76.86	1.53	0.09	-0.419	1.146
S8	19.34	80.66	0	0	-0.464	0.766
平均	12.72	83.83	3.17	0.28	0.195	1.163

表 4 文昌鱼栖息密度和生物量与沉积物参数的相关系数 (n=17)

沉积物	栖息密度	生物量
砾	0.212	0.065
砂	-0.108	0.022
粉砂	-0.465	-0.341
粘土	-0.481	-0.379
平均粒径	-0.415	-0.285
分选系数	-0.563*	-0.528*

\*显著相关

## 3 讨论

### 3.1 厦门海域文昌鱼及其他大型底栖动物资源现状分析

黄厝潮下带大型底栖动物物种数、栖息密度和生物量分别为 25 种、80.7 ind/m<sup>2</sup> 和 13.46 g/m<sup>2</sup>, 十八线潮下带大型底栖动物物种数、栖息密度和生物量分别为 25 种、76.2 ind/m<sup>2</sup> 和 6.53 g/m<sup>2</sup>。黄厝潮下带、十八线潮下带的文昌鱼栖息密度分别为 51.1 ind/m<sup>2</sup> 和 39.8 ind/m<sup>2</sup> 文昌鱼生物量分别为 4.63 g/m<sup>2</sup> 和 3.68 g/m<sup>2</sup>。可见, 厦门黄厝潮下带文昌鱼及其他大型底栖动物栖息密度和生物量均高

于十八线潮下带的文昌鱼及其他大型底栖动物栖息密度和生物量，这与历史上的调查结果是相反的。如方少华等（2002）的调查显示，黄厝海区文昌鱼平均栖息密度为  $68.7 \text{ ind/m}^2$ ，平均生物量为  $2.55 \text{ g/m}^2$ ；十八线海区文昌鱼平均栖息密度为  $81.0 \text{ ind/m}^2$ ，平均生物量为  $3.06 \text{ g/m}^2$ 。翁朝红等于 2007 年调查的结果：黄厝海区文昌鱼平均密度为  $8 \text{ ind/m}^2$ ，南线-十八线海区为  $18 \text{ ind/m}^2$ 。可见，他们的结果是十八线海区文昌鱼栖息密度和生物量高于黄厝海区。

根据查寻的资料以及现场观察，我们认为黄厝和十八线潮下带文昌鱼资源的变化与近几年两个海区附近的海岸工程、采砂作业和政府管理有关。厦门翔安国际机场选址 2007 年 7 月启动，整个机场用地规划  $46 \text{ km}^2$ ，其中造地约  $17 \text{ km}^2$ ，2013 年开始动工，由于机场的填海造地，导致附近海域粘土沉积和海区悬浮物增加；同时，采砂作业将导致文昌鱼栖息地底质的含沙量减少，而底质的改变将影响文昌鱼种群的分布（周秋麟等，1990；Luo et al, 2014），从而降低十八线潮下带文昌鱼栖息密度和生物量。现场观察发现，一些运泥船在十八线海区倾倒污泥，导致十八线海区出现泥丘，十八线海区的 S6 取样站为泥底，未能采集到文昌鱼，但却采集到一些栖息于泥沙底质的多毛类动物，如腺带刺沙蚕和寡鳃齿吻沙蚕（*Nephtys oligobranchia*）（附表 1）。本研究结果显示，文昌鱼的栖息密度和生物量与底质粒径分选系数呈显著负相关，即文昌鱼少的站位底质分选性较差。根据 2008 年厦门珍稀海洋物种国家级自然保护区年报资料，黄厝和南线-十八线海区以中粗砂为底质，但中粗砂范围比前几年缩小很多，适合文昌鱼栖息的海区大大缩小（厦门市海洋环境质量公报，2008）。文昌鱼栖息地底质类型以粗中砂为主，有机质含铜较低（曾国寿等，1996）。文昌鱼对于有机质污染和底质质量的改变十分敏感（Rota et al, 2009；Barboza et al, 2012）。Chen 等人认为，在文昌鱼栖息地进行大型底栖动物群落变化的研究，对于文昌鱼种群的保护十分重要（Chen et al, 2013）。Antoniadou 等在东地中海尔迈湾（Thermaikos Bay）的研究发现，有机质污染将导致文昌鱼栖息地中多毛类种类的增多（Antoniadou et al, 2004），同时，也将导致文昌鱼种群数量减少（Rota et al, 2009）。此外，文昌鱼放

流是黄厝潮下带海区文昌鱼栖息密度和生物量高于十八线潮下带海区的原因之一。2005 年和 2008 年，厦门黄厝海区开展了 2 次文昌鱼放流活动，放流文昌鱼苗达十几万尾（翁朝红等，2012）。

厦门玩月坡潮间带文昌鱼及其他大型底栖动物资源贫乏，原因之一是处于厦门文昌鱼保护区的边缘，这里的潮间带沙滩也是人们旅游的海区，并且有多家酒店，如亚洲海湾大酒店、海悦山庄等，及污水排放工程的建设，人们对沙滩的踩踏不利于文昌鱼的栖息。

### 3.2 文昌鱼调查方法分析

在文昌鱼资源调查中，潮间带采用的调查方法不尽相同。曾国寿等 1994 年和 1995 年在黄厝潮间带采集文昌鱼时，每站每次取样面积为  $0.25\text{--}0.5 \text{ m}^2$ ，样品厚度  $15 \text{ cm}$ ，当时获得文昌鱼栖息密度为  $142 \text{ ind/m}^2$ ，生物量  $8.10 \text{ g/m}^2$ 。翁朝红等 2006 年和 2007 年在福建沿海潮间带中、低潮区，用铁铲、采样框（ $0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ ）和筛子进行文昌鱼采集。翁朝红等的采样方法没有说明样框数和筛子的孔径。2013 年 10 月，2014 年 1 月至 6 月，在玩月坡潮间带低潮区，采用  $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$  样框，挖深  $20 \text{ cm}$ ，经  $0.5 \text{ mm}$  孔径网筛分选。

潮下带采用的文昌鱼调查方法也不尽相同。方少华等（2002 年）在黄厝潮下带采用开口面积为  $0.05 \text{ m}^2$  的 HNM 型采泥器，每站取样 4 次。当时获得文昌鱼栖息密度为  $68.7 \text{ ind/m}^2$ ，生物量  $2.55 \text{ g/m}^2$ 。翁朝红等（2010 年）2006 年和 2007 年在黄厝潮下带采用开口面积为  $0.1 \text{ m}^2$  的抓斗式采泥器，每个站采样面积至少为  $0.5 \text{ m}^2$ 。当时获得文昌鱼栖息密度为  $4.71 \text{ ind/m}^2$ ，生物量  $0.26 \text{ g/m}^2$ 。我们在黄厝潮下带，采用面积为  $32 \text{ cm} \times 34 \text{ cm}$  的特制采样铲，挖深  $10 \text{ cm}$ 。我们的结果是文昌鱼栖息密度为  $51.1 \text{ ind/m}^2$ ，生物量  $4.63 \text{ g/m}^2$ 。这一结果不仅与方少华等的结果比较接近，也与 2009-2013 年未公布文昌鱼调查数据接近。可见，采用开口面积为  $0.05 \text{ m}^2$  的 HNM 型采泥器，每站取样 4 次，以及采用面积为  $32 \text{ cm} \times 34 \text{ cm}$  的特制采样铲的方法结果是相近的，而采用  $0.1 \text{ m}^2$  的抓斗式采泥器的方法可能导致获得的文昌鱼栖息密度和生物量偏低。

致谢：感谢福建省海洋研究所陈岚主任、黄昆师兄在文昌鱼资源调查中提供的帮助。

附表 1 厦门海域大型底栖动物名录

类群	种名	拉丁学名	黄厝海区	十八线海区	玩月坡	
刺胞	等指海葵	<i>Actinia equina</i>	+			
	日本侧花海葵	<i>Anthopleura japonica</i>	+			
	哈氏仙人掌	<i>Cavernularia habeneri</i>			+	
纽形	脑纽虫	<i>Cerebratulina</i> sp.	+		+	
多毛	似蛭虫	<i>Amaeana trilobata</i>		+		
	锥稚虫	<i>Aonides</i> sp.	+			
	独指虫	<i>Aricidea fragilis</i>		+		
	智利巢沙蚕	<i>Diopatra chiliensis</i>	+	+		
	曲强真节虫	<i>Euclymene ombricoides</i>		+		
	长吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>	+	+		
	寡节甘吻沙蚕	<i>Gylcinde gurjanovae</i>	+		+	
	软背鳞虫	<i>Lepidonotus tenuisetosus</i>	+			
	细毛背鳞虫	<i>Lepidonotus enuisetosus</i>	+	+		
	圆头索沙蚕	<i>Lumbrineris inflata</i>			+	
	索沙蚕	<i>Lumbrineris</i> sp.	+	+	+	
	扁平岩虫	<i>Marphysa depressa</i>		+		
	毡毛岩虫	<i>Marphysa stragulum</i>	+			
	加州中蚓虫	<i>Mediomastus californiensis</i>	+	+		
	米列虫	<i>Melinna cristata</i>	+	+		
	腺带刺沙蚕	<i>Neanthes glandicincta</i>		+		
	寡鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys oligobranchia</i>		+		
	背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>		+		
	奇异稚齿虫	<i>Paraprionospio pinnata</i>		+		
	中华阔沙蚕	<i>Platynereis sinica</i>		+		
	刺纓虫	<i>Potamilla</i> sp.	+			
	鳞腹沟虫	<i>Scolecopsis squamata</i>			+	
	膜囊尖锥虫	<i>Scoloplos marsupialis</i>		+		
	粗毛裂虫	<i>Syllis amica</i>	+	+		
	日本臭海蛭	<i>Travisia japonica</i>	+			
	软疣沙蚕	<i>Tylonereis ogoyawleskyi</i>	+			
	双壳	栗色拉沙蛤	<i>Lasaea undulata</i>			+
		麦氏偏顶蛤	<i>Modiolus philippinaram</i>	+		
		彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i>		+	
		凸壳肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>			+
亮樱蛤		<i>Nitidotellina dunkeri</i>	+			
大竹蛭		<i>Solen grandis</i>		+		
黑莽麦蛤		<i>Xenosrobos atrata</i>			+	
腹足	秀丽织纹螺	<i>Nassarius festivus</i>			+	
	扁玉螺	<i>Neverita didyma</i>	+			
	渔舟蜒螺	<i>Nerita albicilla</i>			+	
甲壳	长额刺糠虾	<i>Acanthomysis dongirostris</i>			+	
	长指鼓虾	<i>Alpheus malabaricus dolichodactylus</i>		+		
	大理石蝉蟹	<i>Hippa marmarata</i>			+	
	大角玻璃钩虾	<i>Hyale grandicornis</i>			+	
	刀额新对虾	<i>Metapenaeus ensis</i>		+		
	斜方五角蟹	<i>Nursia rhomboidalis</i>	+			
	南美白对虾	<i>Penaeus vannamei</i>	+			
	蛛日团水虱	<i>Tylos ganulatus</i>			+	
	毛盲蟹	<i>Typhlocarcinus villosus</i>	+	+		
	棘皮	滩栖阳遂足	<i>Amphiura vadicola</i>	+	+	
棘刺锚参		<i>Protankyra bidentata</i>		+		
头索	白氏文昌鱼	<i>Branchiostoma belcheri</i>	+	+	+	

## 参 考 文 献

- 2008 年厦门市海洋环境质量公报. [2011-11-10]. <http://www.hyj.xm.gov.cn/Ocean/Index.aspx>.
- Antoniadou C, Krestenitis Y, Chintiroglou C, 2004. Structure of the "Amphioxus sand" community in Thermaikos bay (Eastern Mediterranean). *Fresenius Environmental Bulletin*, 13: 1122-1128.
- Barboza C A M, Hadlich H L, Sandrini-Neto L, et al, 2012. Is the distribution of the lancelet *Branchiostoma caribaeum* affected by sewage discharges An analysis at multiple scales of variability. *Marine Pollution Bulletin*, 69: 178-188.
- Chen Y, Cheung S G, Shin P K S, 2013. A baseline study of benthic community associated with Amphioxus Sand in subtropical Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 72: 274-280.
- Luo Hao, Ma Minghui, Liang Bin, et al, 2014. Temporal and spatial dynamics of amphioxus population (*Branchiostoma belcheritsingtaense*) and its influential factors in Luan River Estuary, China. *Ecology and Evolution*, 4(15): 3027-3037.
- Rota E, Perra G, Focardi S, 2009. The European lancelet *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas) as an indicator of environmental quality of Tuscan Archipelago (Western Mediterranean Sea). *Chemistry and Ecology*, 25: 565-572.
- 曹玉萍, 李凤华, 梁红, 1997. 河北省东部海区文昌鱼的栖息环境及形态特征. *河北大学学报*, 17 (3): 43-46.
- 方少华, 吕小梅, 张跃平, 2002. 厦门国家级自然保护区厦门文昌鱼资源及其保护. *海洋科学*, 10: 9-12.
- 金德祥, 程兆第, 邓岩岩, 1987. 厦门文昌鱼在刘五店濒临绝种. *福建水产*.
- 金德祥, 1953. 厦门文昌鱼. *动物学报*, 5 (1): 65-78.
- 李亚娟, 1996. 我国文昌鱼及其渔业. *上海水产大学学报*, 5 (1): 48-51.
- 汪伟洋, 陈必哲, 姚联腾, 等, 1989. 厦门前埔浅海文昌鱼资源调查报告. *福建水产*, 01: 17-22.
- 翁朝红, 谢仰杰, 2012. 厦门海域文昌鱼资源及其自然生态环境评价. *集美大学学报*, 7 (4): 259-264.
- 翁朝红, 张雅芝, 刘贤德, 等, 2010. 福建沿海文昌鱼的分布及其资源保护对策. *海洋科学*, 34 (8): 35-40.
- 杨建威, 任一平, 徐宾铎, 2008. 青岛自然保护区文昌鱼的资源调查与生长研究. *水利渔业*, 28 (3): 112-114.
- 曾国寿, 何明海, 程兆第, 1996. 厦门黄厝文昌鱼保护区监测与研究. *台湾海峡*, 15 (2): 174-181.
- 张士瑾, 吴贤汉, 1995. 从文昌鱼个体发生谈脊椎动物起源. *海洋科学*, (4): 15-21.
- 周才武, 1958. 中国文昌鱼的比较研究. *山东大学学报* (1): 162-204.
- 周秋麟, 何明海, 邵合道, 等, 1990. 厦门黄厝海区文昌鱼的分布及其与底质的关系. *台湾海峡*, 2: 185-189.

(本文编辑: 袁泽轶)