

厦门国家级珍稀海洋物种自然保护区文昌鱼 (*Branchiostoma belcheri*)种群健康评价*

黄良敏¹ 黎中宝¹ 吝涛² 李元跃¹ 陈融斌¹
王家樵¹ 陈强¹ 李军¹

(1. 集美大学水产学院 厦门 361021; 2. 中国科学院城市环境研究所
中国科学院城市环境与健康重点实验室 厦门 361021)

提要 利用 2009—2010 年四个季度月用底栖生物抓斗式采样器捕获的文昌鱼样品, 从其资源分布、年龄结构、生物学和生态学特征等方面对厦门国家级珍稀海洋物种自然保护区文昌鱼的种群健康状况进行评价研究。结果表明: (1) 文昌鱼种群资源分布衰减趋势明显, 只在黄厝—前埔海区、小嶝岛—角屿海区和南线—十八线海区 3 个核心区还有分布, 但资源密度低, 分布范围狭小, 而在鳄鱼屿实验区未能发现。(2) 文昌鱼体重与体长之间关系: $W = 6.6895 \times 10^{-4} L^{3.1818}$, 体长与体质量生长方程分别为: $L_t = 65.63[1 - e^{-0.68(t+0.32)}]$, $W_t = 404.62[1 - e^{-0.68(t+0.32)}]^{3.1818}$; 夏季、冬季航次的优势体长组分别为 25—35mm 和 35—45mm, 优势体重组分别为 25—50mg 和 50—100mg; 秋季低龄鱼较多, 而冬季高龄鱼比例较高。(3) 采用 ELEFAN 技术分析了厦门文昌鱼的 Von Bertalanffy 生长参数 K 、 L_{∞} 、总死亡系数 Z 、自然死亡系数 M 和开发率 E , 发现其生长参数 K 值较大, 自然死亡系数较高, 开发率较大(0.69)。总之, 厦门自然保护区内的文昌鱼种群健康状况整体不佳, 应注意资源保护, 加强保护文昌鱼栖息地的底质和水质以及防止过度捕捞以实现其资源可持续利用。

关键词 文昌鱼, 种群健康评价, 厦门国家级珍稀海洋物种自然保护区

中图分类号 S931

文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*)又名双尖鱼, 属于脊椎动物门的头索动物亚门、文昌鱼纲, 为国家二级保护动物, 也是世界珍稀濒危动物(陈锦等, 2009)。文昌鱼是无脊椎动物演化至脊椎动物过渡类型中典型的活标本(辛明, 2009; 周涵韬等, 2003; Holland, 2003)。它不仅是头索动物中的代表物种, 而且在进化上是脊椎动物祖先的模式生物(辛明, 2009)。文昌鱼主要分布在世界热带亚热带的 8—16m 的浅水海域中, 特别在北纬 48°至南纬 40°之间的环形地区内较多, 在我国厦门、青岛等沿海分布广泛(陈锦等, 2009), 其它如地中海、马来西亚、日本、北美洲海洋沿岸都有出产, 但产量并不多, 故被视为珍品。

厦门海洋珍稀物种自然保护区于 2000 年经由国务院批准建立, 位于福建省厦门市, 地理位置为东经 117°27′—117°52′, 北纬 24°22′—24°44′, 总面积 33088 ha, 是一个以中华白海豚、文昌鱼等珍稀海洋生物及黄嘴白鹭等鸟类为主要保护对象的自然保护区, 保护区海域部分由黄厝—前埔海区、南线—十八线海区、小嶝岛—角屿海区和鳄鱼屿海区组成(黄宗国, 2000)。

早在公元 824 年, 中国唐代就有文昌鱼的记载(刘惠生, 1996; 何明海, 1991)。厦门同安刘五店文昌鱼渔业至少已有 300 年历史(刘惠生, 1996)。学术界对中国文昌鱼的认识始于 1923 年厦门大学外籍教授 Light 发表在《The China Journal》和《Science》杂志

* 国家自然科学基金资助项目, 31272668 号; 福建省自然科学基金资助项目, 2011J1231 号; 厦门市海洋与渔业局科研项目资助, 厦海渔合[2009]6 号; 集美大学博士科研启动金资助, C612012 号。黄良敏, 博士, 副教授, E-mail: lmhuang@jmu.edu.cn

通讯作者: 黎中宝, 博士, 教授, E-mail: lizhongbao@jmu.edu.cn

收稿日期: 2012-01-23, 收修改稿日期: 2012-03-31

上的论文报道了当时厦门同安刘五店附近海域有大量文昌鱼资源,这也是全世界唯一的文昌鱼渔场(Light, 1923a, b)。由于经济利益(现市场价格高达800多元/kg)驱动引起的文昌鱼非法捕捞以及栖息地生境的持续性恶化(如环境污染、非法采取海沙等)等因素导致厦门文昌鱼资源大幅度下降。厦门海域的文昌鱼资源距最近较系统调查分析已过去近10年(方少华等, 2002),而这10年厦门经济迅猛发展,环境变化剧烈,特别是集美大桥与杏林大桥相继开通,刘五店码头和琼头海堤等海岸工程建设相继启动,海域的海沙采集也异常活跃,使该海域的海流、底质环境和生物饵料等发生了巨大变化。因此,重新评估自然保护区文昌鱼种群的健康状况并提出具体的保护对策是十分必要的。

1 材料与方法

1.1 调查区域

2009年春季(2009年4月)、夏季(2009年7月)、秋季(2009年11月)和2010年冬季(2010年1月)在厦门文昌鱼自然保护区划定的四个核心区域海域(方少华等, 2002)(图1)采用网格资源调查法进行了四个航次的采样调查,各调查核心区设置16—20个采样站位,核心区周边海域还适当另外设置若干站点,而在文昌鱼出现区域进行密集采样(50—100m向周边海域扩展),以尽量摸清资源具体分布范围。

1.2 种群资源分布调查方法

调查船配备有负荷为200kg的绞车和吊杆,根据国家海洋调查规范(GB/T12763-2007),采用底栖生物

采样设备抓斗式采泥器,采样面积为 0.1m^2 ,每个测站重复采样3次。样品用底层孔径为 0.1mm 的套筛分选,现场挑选出上层或中层筛子内的文昌鱼样品,放入标本瓶。底层筛子内的文昌鱼个体小,将生物样及沉积物全部装入文昌鱼标本瓶带回实验室再行处理。样品用5%—7%中性甲醛溶液固定,投入采样标签,瓶外贴好标签。现场采样还记录了天气、潮流、水深等资料。

计算每个站位文昌鱼的平均渔获个体数,用平均渔获个体数除以采样面积和逃逸系数(本研究取0.3),得到每个站位文昌鱼的栖息密度(ind/ m^2)。将文昌鱼标本放在吸水纸上吸去水分,用电子天平称重,用每个站位文昌鱼的平均渔获样品重量除以采样面积和逃逸系数,得到每个站位文昌鱼的生物量(g/m^2)。用Surfer8.0软件绘制生物量平面分布图。

1.3 种群年龄结构分析

每个采样站位用游标卡尺测量30尾文昌鱼样品的体长(mm),少于30尾的站位则测量所有文昌鱼样品的体长(mm)。根据国家海洋调查规范,文昌鱼各年龄组的体长范围为:0龄 $\leq 7.0\text{mm}$; $7.0\text{mm} < \text{龄} \leq 15.0\text{mm}$; $15.0\text{mm} < \text{龄} \leq 29.0\text{mm}$; $29.0\text{mm} < \text{龄} \leq 37.0\text{mm}$; $37.0\text{mm} < \text{龄} \leq 43.0\text{mm}$; 龄以上 $>43.0\text{mm}$ 。根据体长分布规律确定不同年龄组体长范围,分季节将所有站位样品体长数据作为一个样本群体,作出年龄结构图。

1.4 生物学特征分析

体质量与体长之间关系用下式表示(詹秉义, 2005):

$$W_i = a(L_i)^b$$

式中, L_i 为体长(mm), W_i 为相对应的体质量(g), a 为生长的条件因子, b 为幂指数系数。

体长与体质量生长方程采用ELEFAN技术拟合Von Bertalanffy生长方程(詹秉义, 2005; Beverton *et al*, 1959):

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$$

式中, L_t 、 W_t 分别为 t 龄鱼的体长(mm)和体质量(g), L_∞ 、 W_∞ 分别为渐近体长(mm)和渐近体质量(g), K 为生长参数, t_0 为理论生

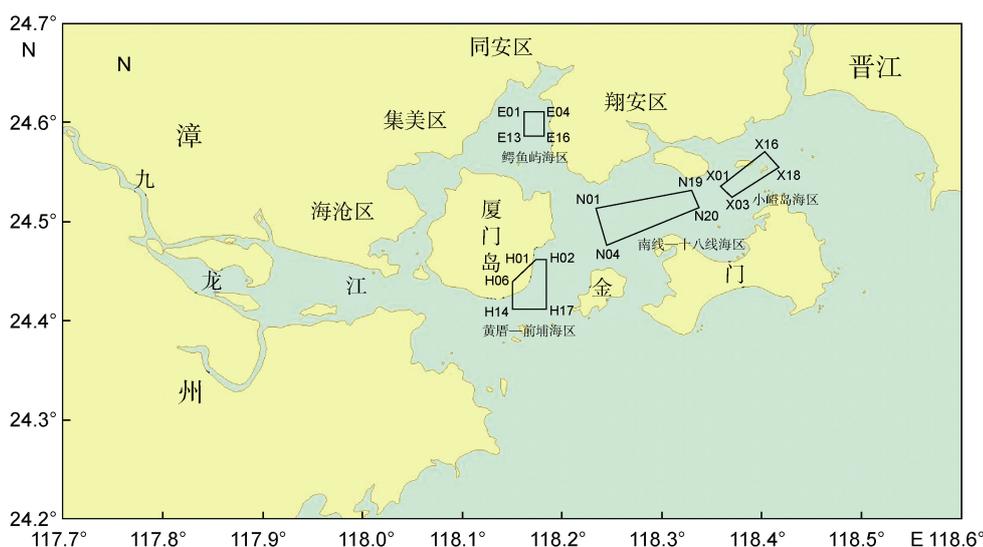


图1 调查海区

Fig.1 Sea areas in the study

长起点年龄, b 为同体质量与体长关系表达式中的幂指数系数。

1.5 生态学参数估算

本文将文昌鱼生物学数据录入到计算机中, 用 Excel 软件进行初步数据处理。Von Bertalanffy 生长参数(詹秉义, 2005)(极限体长 L_{∞} 和生长曲线平均曲率 K)的估计采用 ELEFAN 技术分析(Pauly *et al.*, 1987), 总死亡系数和自然死亡系数用联合国粮农组织(FAO)的 Fisat

统计软件计算。其中总死亡系数用体长变换渔获曲线法估算(Pauly *et al.*, 1987), 自然死亡系数 M 用 Pauly 的经验公式(詹秉义, 2005; Pauly *et al.*, 1987): $\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.4634 \ln T$ 计算。 t_0 用下式经验公式估算(Pauly, 1980): $\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.038 \ln K$ 。本研究海域年平均水温 T 值为 22.5°C 。

2 结果

2.1 种群资源分布

2.1.1 黄厝—前埔核心区及邻近海域 黄厝—前埔核心区及邻近海域的文昌鱼资源调查的生物量密度分布见图 2。从图 2 中可以看出, 总体上文昌鱼分布范围不大, 其中秋季分布范围相对较广, 秋季和冬季生物量密度相对于春季和夏季较多。综合各季节调查结果可知, 黄厝—前埔核心区文昌鱼分布集中区有一块, 位于椰风寨附近沙滩低潮线(长度约 2.5km)往外延伸约 1km, 其拐点经纬度分别为: ($118^{\circ}09'43''$, $24^{\circ}26'47''$); ($118^{\circ}10'19''$, $24^{\circ}27'11''$); ($118^{\circ}10'37''$, $24^{\circ}26'47''$); ($118^{\circ}10'19''$, $24^{\circ}26'07''$); ($118^{\circ}09'40''$, $24^{\circ}25'42''$)和($118^{\circ}09'23''$, $24^{\circ}26'13''$), 总面积约 2.5km^2 。年平均资源数量密度为 $39.0\text{ind}/\text{m}^2$, 年平均

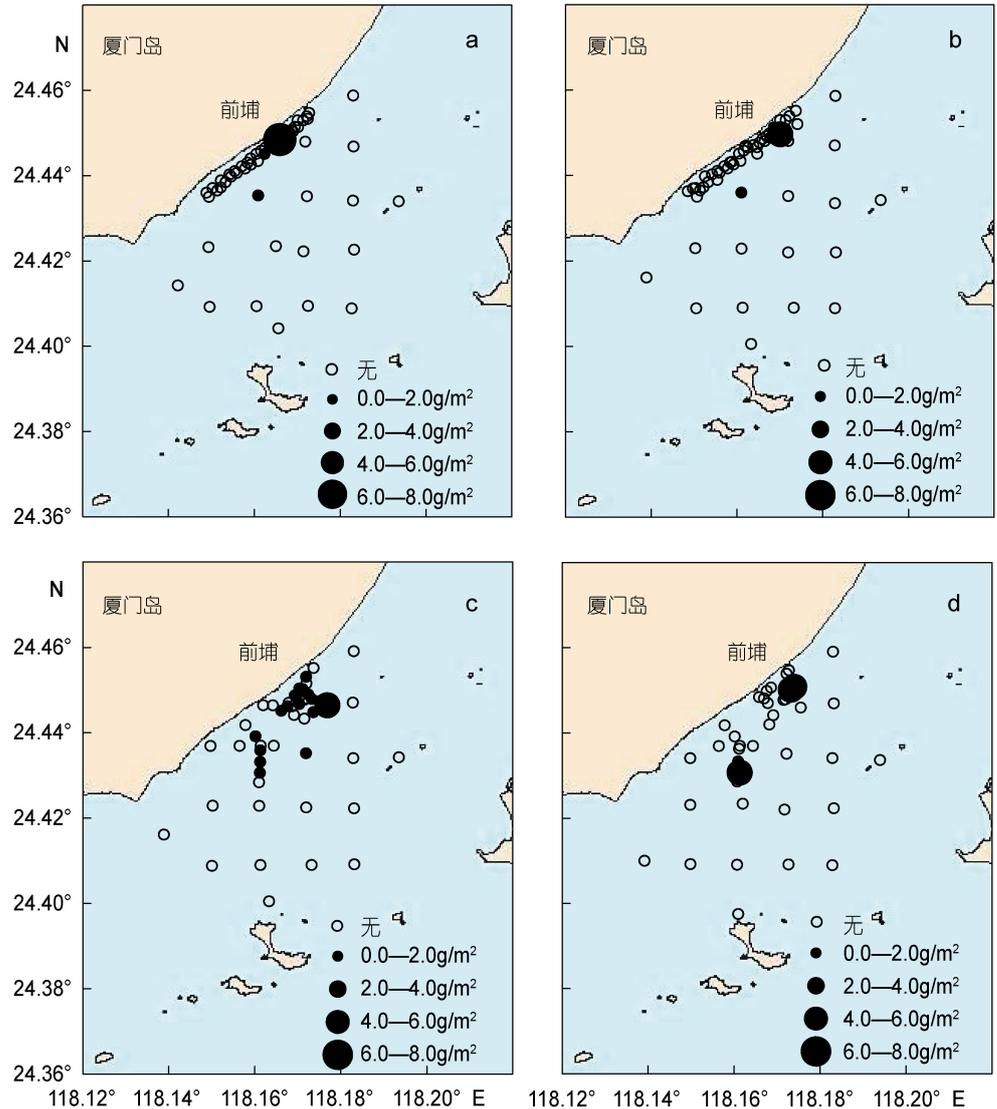


图 2 黄厝—前埔核心区及邻近海域文昌鱼生物量密度分布

Fig.2 Biomass density of *B. belcheri* in the Huangcuo—Qianpu core area and adjacent waters

注: a. 春季, b. 夏季, c. 秋季, d. 冬季

资源生物量密度为 $1.64\text{g}/\text{m}^2$ 。

2.1.2 南线—十八线核心区及邻近海域 南线—十八线核心区及邻近海域的文昌鱼资源调查的生物量密度分布见图 3。从图 3 中可以看出, 秋季文昌鱼分布范围和生物量密度相对其它三个季度较多。综合各季节调查结果可知, 南线—十八线海域有一块文昌鱼集中分布区, 位于蟹口附近海域, 其拐点经纬度分别为: ($118^{\circ}16'42''$, $24^{\circ}29'53''$); ($118^{\circ}16'57''$, $24^{\circ}30'12''$); ($118^{\circ}17'13''$, $24^{\circ}30'04''$)和($118^{\circ}16'56''$, $24^{\circ}29'45''$), 面积只有约 0.8km^2 。年平均资源数量密度仅为 $17.1\text{ind}/\text{m}^2$, 年平均资源生物量密度仅为 $0.82\text{g}/\text{m}^2$ 。

2.1.3 小嶝岛一角屿核心区及邻近海域 小嶝岛一角屿海域核心区及邻近海域的文昌鱼资源调查的

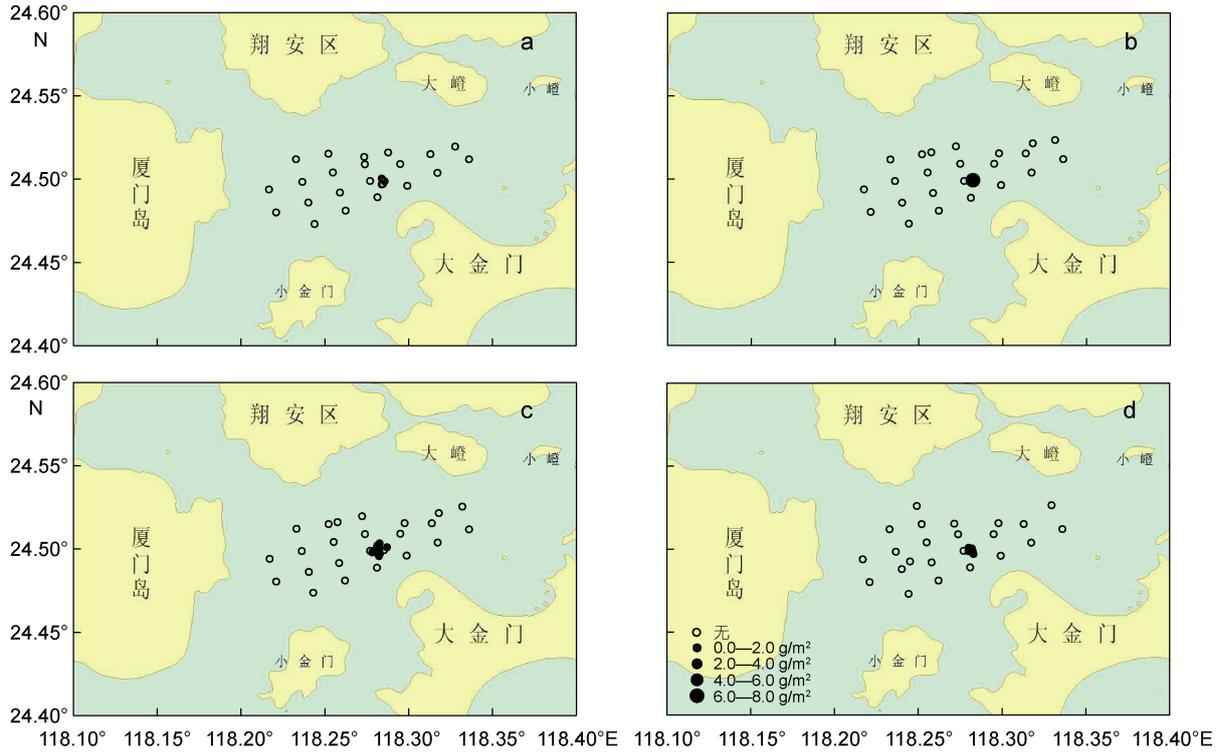


图 3 南线—十八线核心区及邻近海域文昌鱼生物量密度分布

Fig.3 Biomass density of *B. belcheri* in the Oucuo core area and adjacent waters

注: a. 春季, b. 夏季, c. 秋季, d. 冬季

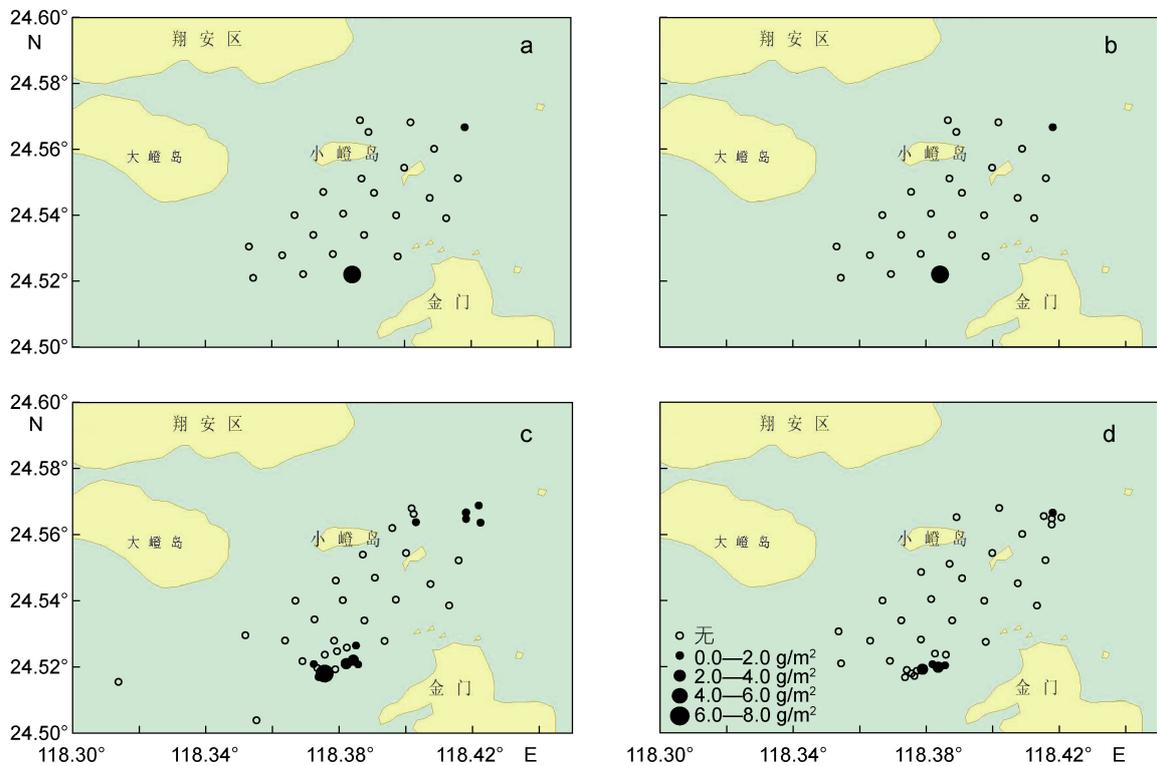


图 4 小嶼—角屿核心区及邻近海域文昌鱼生物量密度分布

Fig.4 Biomass density of *B. belcheri* in the Xiaodeng—Jiaoyu core area and adjacent waters

注: a. 春季, b. 夏季, c. 秋季, d. 冬季

生物量密度分布见图 4。从图 4 中可以看出, 秋季分布范围相对比较广泛, 生物量密度秋季还是相对最高, 冬季其次, 春夏两季相差不多。综合各季节调查结果可知, 小嶝—角屿核心区及邻近海域有两块文昌鱼集中分布区, 其一拐点经纬度分别为: (118°23'09", 24°31'15"); (118°23'06", 24°31'35"); (118°22'21", 24°31'15")和(118°22'26", 24°31'01"), 面积约 0.7km²。另一块拐点经纬度分别为: (118°24'08", 24°33'58"); (118°25'19", 24°34'08"); (118°25'21", 24°33'49")和(118°24'11", 24°33'50"), 面积约 0.8km²。年平均资源数量密度为 31.3ind/m², 年平均资源生物量密度为 1.83g/m²。

2.1.4 鳄鱼屿实验区及邻近海域 四个航次该海域均未能调查到文昌鱼资源的分布。

2.2 生物学特征分析

利用四个航次调查采样获得的 1511 尾厦门海域文昌鱼样品, 依据其体长与体质量数据, 拟合其体长与体质量关系(图 5), 其表达式为:

$$W = 6.6895 \times 10^{-4} L^{3.1818}$$

$$(R^2 = 0.8652, P < 0.01, n = 1511)$$

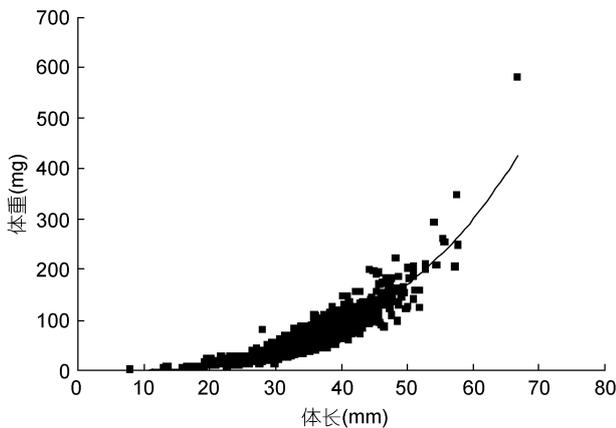


图 5 厦门海域文昌鱼体长与体质量关系

Fig.5 Relationship of body length and body weight of *B. belcheri* in Xiamen sea areas

厦门海域文昌鱼的生长用体长和体质量两项变量来表示。采用 ELEFAN 技术拟合 Von Bertalanffy 体长和体质量生长方程:

$$L_t = 65.63 [1 - e^{-0.68(t+0.32)}]$$

$$W_t = 404.62 [1 - e^{-0.68(t+0.32)}]^{3.1818}$$

夏季航次共对 669 尾文昌鱼进行了体长和体重的生物学测定。其中, 体长优势组为 25—35mm, 平均 32.39mm; 体重优势组为 25—50mg, 平均 49.0mg。冬季航次共对 842 尾文昌鱼进行了体长和体重的生

物学测定。其中, 体长优势组为 35—45mm, 平均 37.79mm; 体重优势组为 50—100mg, 平均 78.0mg。

从图 6 可以看出, 厦门海域文昌鱼平均体重冬季最大, 夏季略低于冬季, 而秋季平均体重最小。由于秋季三个核心区均明显出现文昌鱼幼体, 故其体重波动幅度较大。总体来看, 小嶝岛—角屿文昌鱼平均体重相对较大, 而南线—十八线和黄厝—前埔的平均体重相差不大。

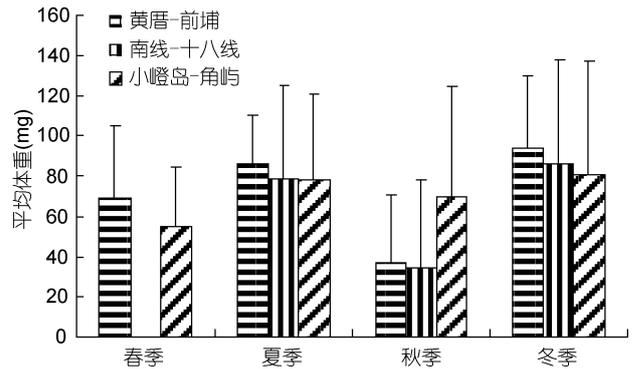


图 6 不同季节厦门海域文昌鱼的平均体重分布

Fig.6 The average weight of *B. belcheri* in different seasons in Xiamen sea areas

2.3 种群年龄结构分析

根据国家海洋调查规范, 利用各季节体长组成估算厦门海域文昌鱼的年龄结构组成(图 7)。从图 7 中可以看出, 秋季低龄鱼较多, 而冬季高龄鱼比例较高。

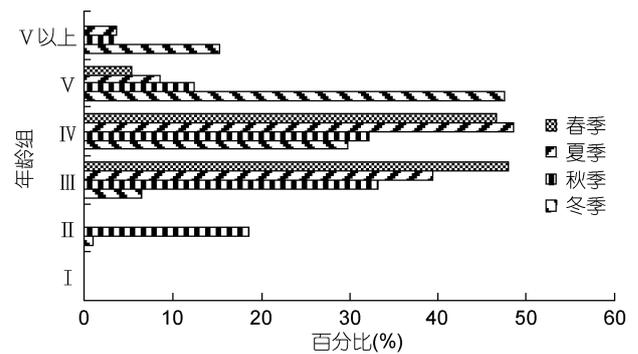


图 7 厦门海域文昌鱼不同季节年龄结构

Fig.7 The age structure of *B. belcheri* in different seasons in Xiamen sea areas

2.4 生态学特征分析

生物资源的衰退必然在其种群的生态学上有所反映。厦门海域文昌鱼的种群参数列于表 1, 从表中可以看出厦门海域文昌鱼的生长参数 *K* 值较大, 说明其生长较迅速, 较快速接近渐近体长(詹秉义, 2005)。

将 $L_{\infty} = 65.63\text{mm}$, $K=0.68$ 代入 Pauly 的经验公式, 年平均水温取 22.5°C 得到自然死亡系数 $M=1.01$, 则当前厦门海域文昌鱼的捕捞死亡系数 $F = Z - M = 2.27$, 自然死亡系数 M 和捕捞死亡系数 F 值之和为 $Z = 3.28$, 故残存率 $S = 0.038$, 就是说 1000 条鱼一年之后只剩 38 条, 死亡率相当高。开发利用率 E 为 0.69(表 1)。

表 1 厦门海域文昌鱼的种群生态参数
Tab.1 Ecological indexes of *B. belcheri* population in Xiamen sea areas

鱼种	K	L (mm)	Z	M	F	E
厦门文昌鱼	0.68	65.63	3.28	1.01	2.27	0.69

3 讨论

3.1 厦门文昌鱼的种群健康状况评价

从资源分布来分析, 本次调查的厦门文昌鱼资源分布范围面积与历史相比已迅速缩小。以前高产的鳄鱼屿海域已无分布; 南线—十八线海区的分布范围非常狭小; 黄厝—前埔海域的分布范围也不大, 而且紧挨着沿岸旅游区; 虽然在小嶝—角屿海区新发现了两处文昌鱼的分布, 但其范围亦不大, 其中一块

资源密度非常低。以上分析结果显示, 文昌鱼资源分布范围近十年来明显缩小, 资源密度也急剧下降, 其主要原因是厦门文昌鱼栖息地在近十几年间遭受到严重破坏以及人工过度捕捞所致(金德祥等, 1987)。

历史上, 1989 年文昌鱼在黄厝海域的资源密度高达 227 ind/m^2 , 鳄鱼屿海域为 110 ind/m^2 (林学钦, 2006); 而 2001 年黄厝和前埔海域的文昌鱼平均密度下降为 68.7 ind/m^2 , 南线—十八线海域的平均密度为 90.8 ind/m^2 , 鳄鱼屿海域仅为 30 ind/m^2 , 大嶝岛海域从未有文昌鱼资源的报道(方少华等, 2002)。表 2 是黄厝—前埔保护区文昌鱼 30 年来平均栖息密度和平均生物量的变化情况, 从表 2 中可以看出, 文昌鱼生物量在 1987—1995 年间基本保持不变, 而在近 15 年间呈现出急剧下降趋势, 而这 15 年也是厦门海域环境发生史上最剧烈变化的时期。

从生物学特征来看, 目前厦门海区文昌鱼个体长总体略小于青岛海区的, 与茂名海区的差距明显(表 3), 因此该群体体长也有减小趋势。从种群结构来看, 厦门文昌鱼在秋季幼鱼比例较高, 而冬季高龄鱼比例较高, 说明在秋季其群体进行了大量补充, 可以推测其繁殖季节在冬春季节。

表 2 黄厝—前埔保护区文昌鱼资源历次调查数据比较

Tab.2 Comparison of *B. belcheri* in previous surveys in the Huangcuo—Qianpu protected sea areas

调查时间(年.月)	平均栖息密度(ind/m ²)	平均生物量(g/m ²)	文昌鱼分布面积(km ²)	资料来源
1987.04—1988.03	150.7	8.49	3.0	汪伟洋等, 1989
1990.05—1990.10	137.0	8.69	10.0	周秋麟等, 1990
1994.07—1995.07	142.0	8.10	—	曾国寿等, 1996
2001.04—2002.03	68.7	2.55	3.0	方少华等, 2002
2009.04—2010.01	39.0	1.64	2.5	本次调查

注: “—”表示无数据

表 3 中国不同海域文昌鱼的优势体长

Tab.3 Edge body length of *B. belcheri* in different sea areas of China

海区	年份	优势体长(mm)	资料来源
茂名海区	2003—2004	40—60	陈文河等, 2008
青岛海区	2007	25—40	杨建威等, 2008
厦门海区	2009—2010	25—35	本次调查

Ricker(1975)认为, 体长与体质量关系中的指数 b 值可以用来判断鱼类是否处于等速生长。Beverton 等(1959)收集了大量的海洋鱼类的 b 值, 认为绝大多数鱼类的 b 值都在 2.5—3.5 的范围。本文中的文昌鱼群体 b 值为 3.1818 亦在该范围之内, 故其为匀速生长型。

从生态学特征及资源开发程度分析, 厦门文昌鱼的 K 值为 0.68, 说明其生长速度较快、快速接近渐近体长和渐近体重。Gulland(1971)认为, 鱼类资源的最适开发率 E 约为 0.5。以此标准来衡量文昌鱼当前的开发程度, 其开发率 $E(0.69)$ 大于 0.5, 说明目前其资源利用状态为过度捕捞。厦门文昌鱼自然死亡系数高达 1.01, 说明其自然死亡率较高, 因此如果资源尚佳进行适当的人工捕捞是合理的。詹秉义(2005)认为, 寿命短鱼类, 能经得起较高的利用率。在本研究中也发现, 虽然厦门海域文昌鱼的目前开发率高达 0.69, 但其渔获体长组成较理想(冬季高龄组比例并不低), 说明其种群结构尚佳。另外, 据陈锦等(2009)研究发

现该群体种质资源状况还十分良好。

综合以上分析, 厦门自然保护区内的文昌鱼种群健康状况整体不佳, 应注意资源保护, 否则在未来资源可能会枯竭。

3.2 厦门文昌鱼的保护策略

从资源保护来看, 由于经济利益的驱动导致的非法捕捞和栖息地生境的持续性恶化(如环境污染、非法采取海沙等)等因素的影响, 特别在近十几年来, 厦门文昌鱼的数量大幅度下降, 分布范围急剧缩小, 因此采取科学可行的保护措施保护厦门文昌鱼资源迫在眉睫。应该对现有厦门文昌鱼的集中分布区域(本研究确定海域可作为划分依据)及其周边 1km 海域(作为缓冲)重点保护, 禁止捕捞文昌鱼, 而鳄鱼屿实验区的栖息地已发生了根本变化, 已无保护价值; 从底质保护来看, 底质是文昌鱼生活的主要栖息地, 应当严禁人为破坏, 禁止海上采沙, 禁止在保护区范围及其周边开展海洋工程建设。从水质保护方面看, 文昌鱼要求海水透明度较高, 水质清洁, 酸碱度适中, 故应禁止水产养殖水、工业污水、农业污水和生活污水流入保护区内。

综上所述, 应当对厦门文昌鱼资源的短期、长期变动情况、其生活海域的底质变动情况以及水质变动情况进行长期的跟踪监测, 及时了解资源状况及其环境条件的变化; 加大对文昌鱼科学研究的投入, 包括对厦门文昌鱼人工繁育、人工养殖技术、自然保护区的理论研究以及开展文昌鱼增殖放流的研究, 为文昌鱼资源的恢复和开发利用提供理论和技术支持; 同时应加强对自然保护区功能的宣传, 举办关于文昌鱼的科普教育, 向中、小学生、市民和渔民等宣传珍稀物种保护的知识。

参 考 文 献

方少华, 吕小梅, 张跃平, 2002. 厦门国家级自然保护区文昌鱼资源及其保护. 海洋科学, 26(10): 9—12
 刘惠生, 1996. 厦门的文昌鱼与文昌鱼名辨析. 福建水产, 2: 77—79
 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

何明海, 1991. 厦门文昌鱼及其保护. 海洋与海岸带开发, 8(1): 53—54, 42
 辛 明, 2009. 文昌鱼——进化的模式动物. 生命科学仪器, 8(2): 19—22
 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, (1): 17—22
 陈 锦, 黎中宝, 赵斌丽等, 2009. 厦门文昌鱼种群杂合性研究. 海洋与湖沼, 40(1): 78—82
 陈文河, 卢伙胜, 冯 波, 2008. 茂名文昌鱼形态及生态特征的初步研究. 大连水产学院学报, 23(2): 110—115
 林学钦, 2006. 厦门文昌鱼资源管理与经济发展. 厦门科技, (1): 13—16
 金德祥, 陈兆第, 邓岩岩, 1987. 厦门文昌鱼在刘五店濒临绝种. 福建水产, (1): 32—33
 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, 9(2): 185—189
 周涵韬, 连玉武, 邱检萍等, 2003. 厦门文昌鱼遗传多样性研究. 海洋科学, 27(11): 68—74
 黄宗国, 2000. 厦门海洋珍稀物种国家级自然保护区. 厦门科技, (3): 7—8
 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
 詹秉义, 2005. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 18—120
 Beverton R J H, Holt S J, 1959. A review of the life spans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. CIBA Foundation, Colloquia on Ageing, 5: 80—142
 Gulland J A, 1971. The Fish Resources of the Oceans. England: West Byfleet, 255
 Holland P W H, 2003. More genes in vertebrates?. Struet Funet Genomics, (3): 75—84
 Light S F, 1923. Amphioxus fisheries near the University of Amoy. China Science, 58: 57—60
 Light S F, 1923. On amphioxus and the discovery of amphioxus fisheries in China. China Journal, 1(4): 346—359
 Pauly D, 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J Cons Int Explor Mer, 39(2): 175—192
 Pauly D, Morgan G R, 1987. Length-based methods in fisheries research. ICLARM conference Proceedings, 13: 468
 Ricker W E, 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull Fish Res Board Can, 19: 1—382

ASSESSMENT ON *BRANCHIOSTOMA BELCHERI* STOCK HEALTH IN XIAMEN NATIONAL RARE MARINE SPECIES NATURE RESERVE

HUANG Liang-Min¹, LI Zhong-Bao¹, LIN Tao², LI Yuan-Yue¹,
CHEN Rong-Bin¹, WANG Jia-Qiao¹, CHEN Qiang¹, LI Jun¹

(1. Fisheries College of Jimei University, Xiamen, 361021; 2. Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Urban Environment and Health, Xiamen, 361021)

Abstract In this paper, the stock health of *Branchiostoma belcheri* in four seasons from 2009 to 2010 in Xiamen National Rare Marine Species Nature Reserve were assessed based on stock distribution, quantity, stock age structure, biological and ecological characteristics of *B. belcheri* captured by a benthic borrow device. The results showed as follows: (1) *B. belcheri* is not found in Eyuyu sea waters, while are found in Huangcuo—Qianpu, Xiaodeng—Jiaoyu and Oucuo sea waters, but the densities and their distribution areas are small. (2) The relationship of body mass and body length are: $W = 6.6895 \times 10^{-4} L^{3.1818}$; and body length and body mass growth are respectively for: $L_t = 65.63[1 - e^{-0.68(t+0.32)}]$, $W_t = 404.62[1 - e^{-0.68(t+0.32)}]^{3.1818}$. Edge body length group in summer and winter are 25—35mm and 35—45mm respectively, and edge weight group of 25—50mg and 50—100mg. Minor fish are dominant in autumn, while adult fish are dominant in winter. (3) The ELEFAN method was used to evaluate the Von Bertalanffy growth parameters K , limited length L , total mortality coefficient Z , natural mortality coefficient M and exploited rate E . The value of K and M are both high, and the exploited rate are also high (0.69). This suggests that the status of *B. belcheri* stock is unhealthy, and protection of fish resources must be improved to achieve the sustainability, particularly to their habitat and water quality.

Key words *Branchiostoma belcheri*, Stock health assessment, Xiamen National Rare Marine Species Nature Reserve