

浙江省发现文昌鱼

潘利文^{①②} 王航俊^{②③*} 张钊^{②③} 张永普^① 邹清^{②③}

① 温州大学生命与环境科学学院 温州 325035; ② 国家海洋局温州海洋环境监测中心站 温州 325000;

③ 长三角海洋生态环境野外科学观测研究站 温州 325000

摘要: 2021年8月,在浙江省南麂列岛国家级海洋自然保护区发现国家II级重点保护野生动物文昌鱼。对采集到的2尾成体文昌鱼(编号:ZJ 01♂, ZJ 02♀)进行了形态测量和线粒体COI基因序列分子系统关系重建,结合形态特征和分子测定结果,确定为文昌鱼科(Branchiostomatidae)文昌鱼属(*Branchiostoma*)的日本文昌鱼(*B. japonicum*)。经查阅相关文献资料,其为浙江省首次记录种,这将对文昌鱼资源的保护提供科学资料。

关键词: 浙江省;文昌鱼;COI基因

中图分类号: Q959 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2022) 05-742-09

Discovery of the Amphioxus in Zhejiang Province, China

PAN Li-Wen^{①②} WANG Hang-Jun^{②③*} ZHANG Zhao^{②③}
ZHANG Yong-Pu^① ZOU Qing^{②③}

① College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou 325035; ② Wenzhou Marine Environment

Monitoring Center, State Oceanic Administration, Wenzhou 325000; ③ Observation and Research Station

of Yangtze River Delta Marine Ecosystems, Ministry of Natural Resources, Wenzhou 325000, China

Abstract: [Objectives] Amphioxus is a transitional animal from lower invertebrates to higher vertebrates, which plays an extremely important role in the research of origin and evolution of vertebrates. Currently, the family Branchiostomatidae contains three genera: *Branchiostoma*, *Asymmetron* and *Epigonichthys*. In August 2021, when conducted a comprehensive survey in Nanji Islands National Marine Nature Reserve, Zhejiang Province, the author discovered amphioxus which is a national second-class protected animal. **[Methods]** Compared the specimens (one male ZJ 01♂, one female ZJ 02♀) with other species of amphioxus by comparing their morphological characteristics and measurement data (Fig. 1, Table 2). Phylogenetic analysis was performed on the basis of COI sequences of the samples and other amphioxus to determine the phylogenetic location of the specimens. The Kimura2-Parameter model in MEGA11.0.1 was used to calculate the genetic distances between species of the amphioxus. **[Results]** We found the specimens were similar with

基金项目 中央海岛和海域保护资金项目(财建(2019)191号);

* 通讯作者, E-mail: wanghj@ecs.mnr.gov.cn;

第一作者介绍 潘利文,女,硕士研究生;研究方向:动物学;E-mail: 20451334010@stu.wzu.edu.cn。

收稿日期: 2022-02-16, 修回日期: 2022-05-26 DOI: 10.13859/j.cjz.202205010

Branchiostoma japonicum in morphological. Based on molecular evidence, the specimens were clustered with the *B. japonicum* (Fig. 2). Genetic distance estimation based on Kimura2-Parameter model showed that the distance between the specimens and *B. japonicum* was the closest, ranging from 0.006 to 0.013, the distance much lower than that between other species range from 0.171 to 0.269 (Table 3). [Conclusion] Combined with morphological and molecular biological methods, this species was identified as *B. japonicum*. According to relevant literatures, the author presumed that amphioxus in Nanji Island were the pelagic larvae of amphioxus which came from Taiwan Warm Current in the coastal waters of Fujian province. It is the first recorded species in Zhejiang Province, which will provide scientific data for the protection of amphioxus resources.

Key words: Zhejiang Province; Amphioxus; COI gene

文昌鱼隶属于脊索动物门 (Chordata) 头索动物亚门 (Cephalochordata) 狭心纲 (Leptocardii) 文昌鱼科 (Branchiostomatidae), 目前有 3 个属约 30 种, 3 属分别为文昌鱼属 (*Branchiostoma*)、偏文昌鱼属 (*Asymmetron*) 和侧殖文昌鱼属 (*Epigonichthys*) (Subirana et al. 2020)。文昌鱼是低等无脊椎动物进化到高等脊椎动物的中间过渡动物, 在脊椎动物起源与演化研究中占有极其重要的位置 (Holland et al. 2004)。我国厦门刘五店海域过去拥有丰富的文昌鱼资源, 1923 年时任厦门大学生物学教授的美籍学者 Light 对该地区的文昌鱼渔业 (产量和捕捞方式等) 进行了详细描述, 并将结果发表在 *Science* 杂志上 (Light 1923)。从此, 厦门刘五店因盛产文昌鱼而驰名中外。后来由于生境破坏和过度捕捞, 导致文昌鱼资源量急剧下降, 成为濒危物种 (方永强 1987), 目前已被列为国家 II 级重点保护野生动物。

至今国内已报道的文昌鱼共有 5 种, 分别为白氏文昌鱼 (*B. belcheri*)、日本文昌鱼 (*B. japonicum*)、马来文昌鱼 (*B. malayanum*)、短刀侧殖文昌鱼 (*E. cultellus*) 和鲁卡偏文昌鱼 (*A. lucayanum*) (Chen 2007)。文昌鱼生活方式相似, 种间形态差异很小, 其物种鉴定历有“文昌鱼难题”之称 (Gans 1996)。文昌鱼种类的鉴定主要依据体长、肌节数、鳍室数、口笠触须、性腺数、腹孔和肛门的相对位置以及一些体形量度数据等外部形态特征 (王义权等 2005, Poss et al. 2013)。Zhang 等 (2006)

通过喙鳍的形状、臀前鳍鳍室的形状和数量、尾鳍上叶与背鳍和尾鳍下叶与臀前鳍的交角大小的差异对国内最常见的白氏文昌鱼和日本文昌鱼进行了区分。随着分子技术的发展, 线粒体 DNA 被广泛运用于文昌鱼的分类鉴定中, 结合分子系统学的方法可以更准确地对文昌鱼种类进行鉴定 (王义权等 2004, 2005)。

1 材料与方法

1.1 样品来源

2021 年 8 月, 在浙江省南麂列岛国家级海洋自然保护区 (27°27'42" N, 121°3'43" E) 开展大型底栖动物及海洋环境调查。用取样面积为 0.1 m² 的抓斗氏采泥器在南麂岛大沙岙沙质海底成功取样 2 次合并为 1 个样品, 样品使用 0.05 mm 孔径的网筛分选获得文昌鱼, 文昌鱼样品采用 75%乙醇固定带回实验室。同时, 现场测定采样点的水深、水温、水色和透明度; 采集水样用于测定水体环境包括盐度、pH、溶解氧。采样和分析方法按《海洋监测规范》(GB17378.4-2007) 和 (GB17378.7-2007)。

1.2 形态特征测量

按照 Tchang 等 (1936) 的方法, 将采集到的 1 雄 1 雌共 2 尾成体文昌鱼 (编号: ZJ 01♂ 和 ZJ 02♀) 置于装有目镜测微尺的解剖镜下, 测定其全长、体高、尾鳍上叶长、尾鳍下叶长、尾鳍高、喙鳍长、喙鳍高、背鳍最高鳍室的高与宽、臀前鳍最高鳍室的高与宽; 计数腹孔前肌节总数、腹孔-肛门肌节总数、肛门后肌节总

数、背鳍和臀前鳍鳍室数、左右侧的性腺数；结合量角器测量背鳍与尾鳍上叶、臀前鳍与尾鳍下叶的交角度数。

1.3 分子系统学分析

利用海洋生物基因组 DNA 提取试剂盒 (EasyPure[®] Marine Animal Genomic DNA Kit) 提取 2 尾文昌鱼的 DNA, 用引物 COI F(5'-CTA CTA ATC ATA AAG ATA TTG G-3') 和 COI R (5'-TAA TAG TAG TAA ATA AGC AGT-3') (Nohara et al. 2004) 扩增线粒体 COI 基因片段。反应条件为, 95 °C 预变性 4 min; 94 °C 变性 40 s, 51 °C 退火 40 s, 72 °C 复性 1 min, 34 个循环; 最后 72 °C 补充延伸 10 min。扩增产物由华大基因(深圳)有限公司测序。

测序获得的 DNA 序列通过运用 Sequencher 5.4.6 软件对其进行比对、人工校正和对位后, 在美国国家生物技术信息中心 (national center for biotechnology information, NCBI) 中的 BLAST 程序中对序列进行比对, 基于相似性比对原理对种类进行初步鉴定。

利用本研究中所获得的 COI 基因序列以及在 NCBI 数据库中已有的 10 种文昌鱼 20 条 COI 序列(表 1), 在 MEGA 11.0.10 中内置的 Clustal W 程序进行多重比对。比对后, 经剪切形成长度

相同的核心序列集, 分别用于系统发育树和遗传距离分析。以萨氏海鞘 (*Ciona savignyi*) 作为外群, Kimura2-parameter model 为计算模型, Bootstrap 重复 1 000 次, 用非加权配对算术平均法 (unweighted pair group method using arithmetic average, UGPMA) 构建系统发育树, 遗传距离使用 Kimura 2-parameter model 模型进行计算。

2 结果

2.1 环境特征

采集文昌鱼站位的底质为粗细砂掺杂少量泥, 水深 9.7 m, 水温 28 °C, 水色 12 号色, 透明度 0.9 m, pH 值 8.01, 溶解氧 5.86 mg/L, 盐度 33.988‰。该站位的文昌鱼栖息密度为 35 尾/m², 生物量为 0.05 g/m²。

2.2 形态特征

本研究采集的文昌鱼, 半透明状, 两头尖, 体呈纺锤形, 无明显头部, 喙鳍椭圆形、前端较尖(图 1)。将 2 尾文昌鱼置于装有目镜测微尺的解剖镜下进行形态测量时可观察到其口笠触须及身体两侧交错排列的 V 字形肌节, V 字形肌节尖端部分朝向口端。2 尾文昌鱼均为性成熟个体, 可看到左右腹侧的囊状生殖腺, 生殖腺大小形状不一。

ZJ 01♂和 ZJ 02♀两尾文昌鱼的形态测量结果显示, 2 尾样本臀前鳍鳍室数分别为 56 和 48(表 2), 两者数值均小于 60, 而与之形态相似的白氏文昌鱼臀前鳍鳍室数一般大于 80, 且尾鳍上叶与背鳍及尾鳍下叶与臀前鳍的夹角相对较小。从外部形态特征来看, ZJ 01♂和 ZJ 02♀两尾文昌鱼与日本文昌鱼更为接近。

2.3 分子系统关系

本研究对 2 尾文昌鱼 (ZJ 01♂, ZJ 02♀) 的 COI 基因进行双向测序, 除去两端不准确的部分, 得到全长均为 541 bp 的序列, 序列上传至 NCBI, 其中 ZJ 01♂与 ZJ 02♀ COI 基因序列号分别为 OM977098 和 OM978220。序列 OM977098 中 A、T、C、G 的含量分别为 23.11%、38.26%、14.97%、23.66%; 另一序列 OM978220

表 1 下载的 COI 基因序列及对应物种

Table 1 Downloaded sequences and corresponding species

物种 Species	登录号 Accession No.
白氏文昌鱼 <i>Branchiostoma belcheri</i>	JX256339, JX256326
佛罗里达文昌鱼 <i>B. floridae</i>	AB478592, AB478593
日本文昌鱼 <i>B. japonicum</i>	NC008069, DQ407722
维吉尼文昌鱼 <i>B. virginiae</i>	MH235944, MH235858
马来文昌鱼 <i>B. malayanum</i>	AB248231, AB105138
欧洲文昌鱼 <i>B. lanceolatum</i>	AB478573, AB194383
马尔代夫侧殖文昌鱼 <i>Epigonichthys maldivensis</i>	AB110093, AP015028
短刀侧殖文昌鱼 <i>E. cultellus</i>	AP015024, NC026836
鲁卡偏文昌鱼 <i>Asymmetron lucayanum</i>	AP015023, AP015021
亚偏文昌鱼 <i>A. inferum</i>	NC009774, AP009352
萨氏海鞘 <i>Ciona savignyi</i>	NC004570

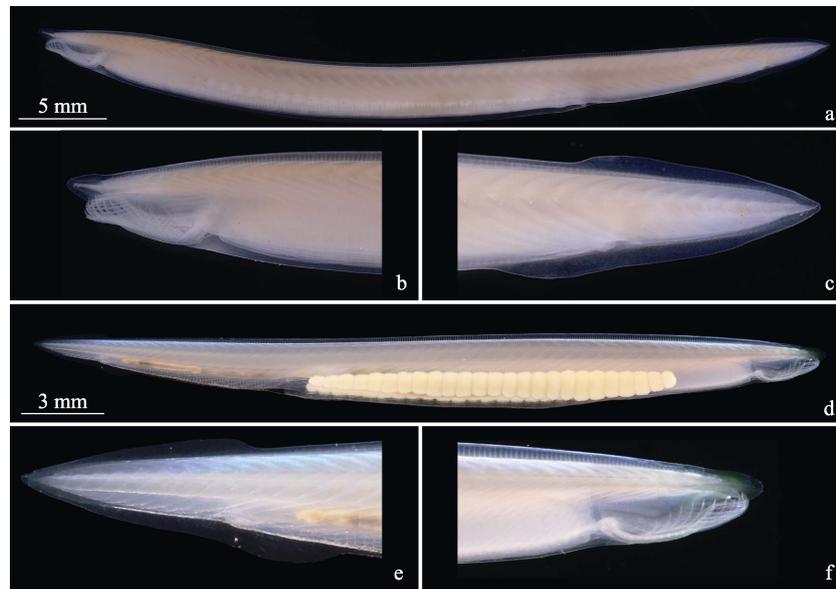


图 1 两尾日本文昌鱼标本（采自浙江省南麂列岛国家级海洋自然保护区）

Fig. 1 Two specimens of *Branchiostoma japonicum* (from Nanji Islands National Marine Nature Reserve, Zhejiang Province, China)

a. ZJ 01♂整体观； b. ZJ 01♂喙鳍观； c. ZJ 01♂尾鳍观； d. ZJ 02♀整体观； e. ZJ 02♀尾鳍观； f. ZJ 02♀喙鳍观。

a. The overall view of ZJ 01♂; b. The rostral fin of ZJ 01♂; c. The caudal fin of ZJ 01♂; d. The overall view of ZJ 02♀; e. The caudal fin of ZJ 02♀; f. The rostral fin of ZJ 02♀.

表 2 文昌鱼的外部形态特征

Table 2 External morphological characteristics of amphioxus

形态特征 Morphological characteristics	本研究 This study		张秋金 2007 Zhang Qiu-Jin 2007		
	ZJ 01 ♂	ZJ 02 ♀	白氏文昌鱼 <i>Branchiostoma belcheri</i> 厦门 Xiamen n = 100	日本文昌鱼 <i>B. japonicum</i> 青岛 Qingdao n = 61	日本文昌鱼 <i>B. japonicum</i> 厦门 Xiamen n = 100
全长 Length of body (mm)	45.93	29.61	47.63 ± 4.73	31.99 ± 3.57	38.63 ± 5.72
体高 Depth of body (mm)	3.59	2.82	4.04 ± 0.43	2.90 ± 0.33	3.26 ± 0.48
尾鳍上叶长 Length of dorsal lobe of caudal fin (mm)	4.68	2.87	4.64 ± 0.55	3.51 ± 0.41	3.69 ± 0.56
尾鳍下叶长 Length of ventral lobe of caudal fin (mm)	6.01	3.90	6.36 ± 0.70	4.81 ± 0.53	5.16 ± 0.76
尾鳍高 Height of caudal fin (mm)	2.67	1.50	2.54 ± 0.27	1.90 ± 0.24	2.42 ± 0.41
喙鳍长 Length of rostral fin (mm)	0.92	0.72	0.99 ± 0.09	0.93 ± 0.10	1.10 ± 0.15
喙鳍高 Height of rostral fin (mm)	0.73	0.53	0.90 ± 0.08	0.84 ± 0.07	0.85 ± 0.11
背鳍最高鳍室的高/宽 Height to width of tallest dorsal fin-chamber	2.17	2.88	2.95 ± 0.48	3.45 ± 0.45	3.01 ± 0.46
臀前鳍最高鳍室的高/宽 Height to width of tallest preanal fin-chamber	2.18	2.90	3.31 ± 0.62	2.64 ± 0.44	2.38 ± 0.39
腹孔前肌节总数 Number of myotomes anterior to atriopore	36	38	37.11 ± 0.40	38.72 ± 0.61	36.94 ± 0.42

续表 2

形态特征 Morphological characteristics	本研究 This study		张秋金 2007 Zhang Qiu-Jin 2007		
	ZJ 01 ♂	ZJ 02 ♀	白氏文昌鱼 <i>Branchiostoma belcheri</i> 厦门 Xiamen <i>n</i> = 100	日本文昌鱼 <i>B. japonicum</i> 青岛 Qingdao <i>n</i> = 61	日本文昌鱼 <i>B. japonicum</i> 厦门 Xiamen <i>n</i> = 100
腹孔-肛门肌节总数 Number of myotomes between atriopore and anus	18	16	17.63 ± 0.61	17.90 ± 0.62	17.04 ± 0.37
肛门后肌节总数 Number of myotomes posterior to anus	10	9	9.74 ± 0.52	10.34 ± 0.73	9.89 ± 0.45
背鳍鳍室数 Number of dorsal fin-chambers	321	288	337.07 ± 11.89	306.33 ± 14.43	295.53 ± 12.72
臀前鳍鳍室数 Number of preanal fin-chambers	56	48	92.44 ± 5.83	59.75 ± 5.23	56.56 ± 3.84
左侧的性腺数 Number of gonads on the left side	25	24	26.35 ± 1.56	24.3 ± 1.75	23.88 ± 1.54
右侧的性腺数 Number of gonads on the right side	25	25	27.90 ± 1.01	26.82 ± 2.52	26.08 ± 1.46
背鳍与尾鳍上叶的交角度数 Angle between dorsal and super-caudal fin	157°	154°	167.50 ± 4.88	162.85 ± 4.88	150.78 ± 6.87
臀前鳍与尾鳍下叶的交角度数 Angle between preanal and sub-caudal fin	163°	153°	168.48 ± 4.84	168.00 ± 5.19	153.47 ± 6.96

中 A、T、C、G 的含量分别 23.11%、38.08%、14.97%、23.84%。分析两条序列，发现 2 个单倍型，单倍型多样性指数为 1，变异位点共有 4 个。运用 NCBI 中的 BLAST 程序，将这两段 COI 基因片段序列与 NCBI 数据库中的同源序列进行比对，发现其均与日本文昌鱼的 COI 基因序列相似度较高。

根据 COI 基因序列差异，在核苷酸最佳替换模型 GTR + G + I 下，使用非加权配对算术平均法 (UGPMA) 构建系统发生树 (图 2)，本研究的 2 尾样本与日本文昌鱼聚集在同一分支。

利用 MEGA11.0.10 软件中的 Kimura 2-Parameter 距离模型计算各物种间的遗传距离 (表 3)，这 2 尾文昌鱼与日本文昌鱼遗传距离最近，为 0.007 ~ 0.013 之间，遗传差异在 0.7% ~ 1.3% 之间。与其他文昌鱼物种遗传距离在 0.171 ~ 0.269 之间，遗传差异在 17.1% ~ 26.9% 之间。

3 讨论

形态特征测量表明，本研究的文昌鱼标本

臀前鳍鳍室数小于 60，尾鳍上叶与背鳍夹角不大于 157°，尾鳍下叶与臀前鳍的夹角不大于 163°，与日本文昌鱼 (张秋金 2007) 较为接近。遗传距离分析表明，本研究的文昌鱼标本与日本文昌鱼遗传距离最近，差异小于 1.3%，而与其他文昌鱼之间的遗传差异大于 17.1%，一般差异超过 6% 的个体就有亚种或种的分化 (Sumida et al. 1998, Yang et al. 2002)。因此，结合形态鉴定与分子系统关系，确定采自浙江南麂列岛国家级海洋自然保护区的文昌鱼标本 ZJ 01♂ 和 ZJ 02♀ 为日本文昌鱼，为浙江省文昌鱼分布新记录种。此发现对该物种的保护以及确定该物种的地理演化历史具有重要意义。

南麂列岛远离大陆，岛上无工业，污染负荷低微，拥有大小沙滩 3 个，沙滩多为粗细砂参杂，含有少量泥，适合文昌鱼钻沙、半穴居生活。受台湾暖流的影响，南麂列岛海域水质清澈，透明度高。同时该海域生物种类丰富，拥有大量的硅藻和甲藻 (王瑜等 2016)，可为文昌鱼提供丰富的食物，满足文昌鱼的生存和繁殖条件。这些为文昌鱼在南麂列岛栖息和生

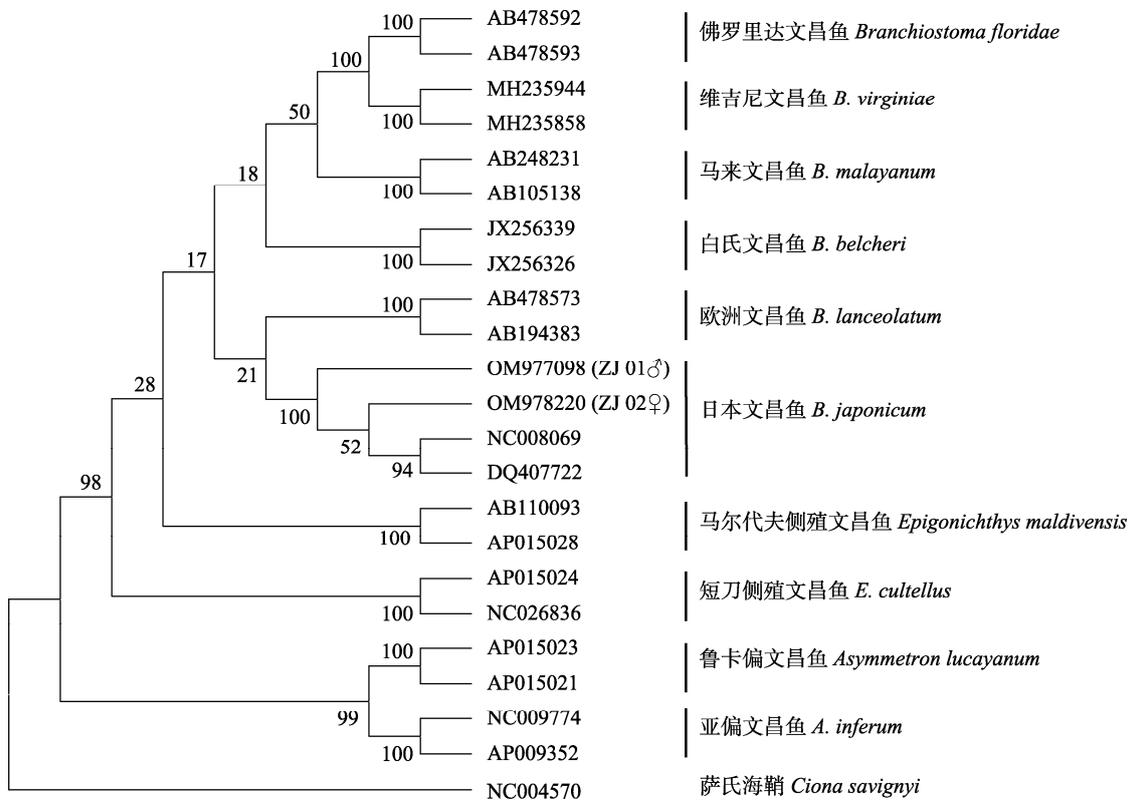


图 2 基于 COI 基因通过 UPGMA 法构建的系统发生树

Fig. 2 Phylogenetic tree constructed by UPGMA method based on COI gene

节点上的数字为自展重抽样 1 000 次的支持率。

The number on each node is the bootstrap support rate based on 1 000 replicates.

存奠定了环境基础。

浙江南麂列岛作为国家级海洋自然保护区，每年都会对其开展海洋生态环境监测和各类专项调查，并在保护区内发现多个新种或新记录种（尤仲杰等 1989, Shi et al. 2016, Li et al. 2018）。但在 2021 年之前，整个南麂列岛均未发现文昌鱼，表明文昌鱼在南麂列岛出现时间较短或数量极少。目前国内发现的 5 种文昌鱼，零星分布于海南至河北沿海（Chen 2007, 张秋金 2007），而在浙江和江苏沿海尚未有文昌鱼的记录。福建沿海的文昌鱼生活史研究表明，文昌鱼在进行潜沙生活之前，会经历一段浮游幼体时期，这个时期时长约为 30 d（冯季芳等

1995），而台湾暖流以 15~40 cm/s 的流速（李鹏等 2014）至少可以将其送至 388 km 以北的海域。南麂列岛距离曾发现文昌鱼的福建惠安大港湾约为 360 km（翁朝红等 2010），推测南麂列岛的文昌鱼可能是由福建地区的文昌鱼浮游幼体随台湾暖流而来。另外，我们采获的大个体文昌鱼标本（ZJ 01♂, ZJ 02♀）体长分别为 45.93 mm 和 29.61 mm，参考以往研究推测其应分别处于 4 a 和 2 a 年龄段（吴贤汉等 1995），表明文昌鱼在 2021 年之前就已在南麂列岛生存，并且本次采获文昌鱼的站位栖息密度达到 35 尾/m²，推测该海域文昌鱼已经形成稳定的种群，并且数量不低。

续表 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
14 日本文昌鱼 <i>B. japonicum</i> DQ407722	0.201	0.201	0.192	0.186	0.183	0.180	0.188	0.191	0.191	0.188	0.013	0.007	0.000								
15 马尔代夫侧殖文昌鱼 <i>Epigonichthys maldivensis</i> AB110093	0.211	0.208	0.215	0.215	0.189	0.206	0.193	0.196	0.226	0.223	0.193	0.190	0.193	0.193							
16 马尔代夫侧殖文昌鱼 <i>E. maldivensis</i> AP015028	0.208	0.205	0.206	0.206	0.193	0.206	0.190	0.193	0.223	0.220	0.191	0.188	0.190	0.190	0.009						
17 短刀侧殖文昌鱼 <i>E. cutellus</i> AP015024	0.228	0.228	0.193	0.196	0.208	0.221	0.207	0.204	0.232	0.229	0.211	0.214	0.214	0.214	0.201	0.198					
18 短刀侧殖文昌鱼 <i>E. cutellus</i> NC026836	0.225	0.225	0.196	0.199	0.204	0.218	0.204	0.201	0.229	0.226	0.208	0.211	0.211	0.211	0.198	0.195	0.002				
19 亚偏文昌鱼 <i>Asymmetron inferum</i> NC009774	0.274	0.281	0.245	0.254	0.255	0.259	0.250	0.253	0.253	0.250	0.230	0.227	0.229	0.229	0.272	0.265	0.259	0.262			
20 亚偏文昌鱼 <i>A. inferum</i> AP009352	0.274	0.281	0.245	0.254	0.255	0.259	0.250	0.253	0.253	0.250	0.230	0.227	0.229	0.229	0.272	0.265	0.259	0.262	0.000		
21 鲁卡偏文昌鱼 <i>A. lucayanum</i> AP015023	0.295	0.299	0.271	0.262	0.270	0.259	0.259	0.256	0.274	0.271	0.269	0.269	0.272	0.272	0.296	0.290	0.279	0.275	0.193	0.193	
22 鲁卡偏文昌鱼 <i>A. lucayanum</i> AP015021	0.274	0.271	0.268	0.264	0.281	0.275	0.246	0.242	0.263	0.260	0.262	0.262	0.265	0.265	0.276	0.269	0.259	0.255	0.171	0.171	0.072

参 考 文 献

- Chen Y. 2007. The Ecology and Biology of Amphioxus in Hong Kong. Hong Kong: Doctoral Dissertation of City University of Hong Kong.
- Gans C. 1996. Study of lancelets: The first 200 years. *Israel Journal of Zoology*, 42(Suppl): 3–11.
- Holland L Z, Laudetband V, Schubert M. 2004. The chordate amphioxus: an emerging model organism for developmental biology. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 61(18): 2290–2308.
- Li Y H, Nagumo T, Xu K D. 2018. Morphology and molecular phylogeny of *Pleurosira nanjiensis* sp. nov., a new marine benthic diatom from the Nanji Islands, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 37(10): 33–39.
- Light S F. 1923. Amphioxus fisheries near the University of Amoy, China. *Science*, 58(1491): 57–60.
- Nohara M, Nishida M, Vipoosit M, et al. 2004. Ancient phylogenetic separation between Pacific and Atlantic cephalochordates as revealed by mitochondrial genome analysis. *Zoological Science*, 21(2): 203–210.
- Poss S G, Boschung H T. 2013. Lancelets (Cephalochordata: Branchiostomatidae): how many species are valid? *Israel Journal of Zoology*, 42(Suppl): 13–66.
- Shi B Z, Xu K D. 2016. Four new species of *Epacanthion* Wieser, 1953 (Nematoda: Thoracostomopsidae) in intertidal sediments of the Nanji Islands from the East China Sea. *Zootaxa*, 4085(4): 557–574.
- Subirana L, Farsley V, Bertrand S, et al. 2020. *Asymmetron lucayanum*: How many species are valid? *PLoS One*, 15(3): e0229119.
- Sumida M, Ogata M, Kaneda H, et al. 1998. Evolutionary relationships among Japanese pond frogs inferred from mitochondrial DNA sequences of cytochrome *b* and 12S ribosomal RNA genes. *Genes Genetic Systems*, 73(2): 121–133.
- Tchang S, Koo K C. 1936. Description of a new variety of *Branchiostoma belcheri* Gray from Kiaochow Bay, Shantung, China. *Contributions from the Institute of Zoology National Academy of Peking*, 3(4): 77–114.
- Yang X G, Wang Y Q, Zhou K Y, et al. 2002. The authentication of oviductus ranae and their original animals by using molecular marker. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(8): 1035–1039.
- Zhang Q J, Zhong J, Fang S H, et al. 2006. *Branchiostoma japonicum* and *B. belcheri* are distinct Lancelets (Cephalochordata) in Xiamen waters in China. *Zoological Society of Japan*, 23(6): 573–579.
- 方永强. 1987. 文昌鱼生态习性及其资源的保护. *动物学杂志*, 22(2): 41–45.
- 冯季芳, 朱长寿. 1995. 东山岛近岸水域厦门文昌鱼浮游幼体的分布. *台湾海峡*, 14(1): 62–66.
- 李鹏, 王思荐, 李延刚, 等. 2014. 浙江近海夏季流场特征分析. *海洋学研究*, 32(3): 16–25.
- 王义权, 方少华. 2005. 文昌鱼分类学研究及展望. *动物学研究*, 26(6): 666–672.
- 王义权, 许群山, 彭宣宪, 等. 2004. 通过 *Cyt b* 基因同源序列比较评估厦门文昌鱼的分类学地位. *动物学报*, 50(2): 202–208.
- 王瑜, 刘录三, 林岩璇, 等. 2016. 南麂列岛海域春秋网采浮游植物群落结构特征. *广西科学*, 23(4): 317–324.
- 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.
- 吴贤汉, 张士瑾, 王永元, 等. 1995. 青岛文昌鱼的生活史-年龄、生长和死亡研究. *海洋与湖沼*, 26(2): 175–178.
- 尤仲杰, 王一农. 1989. 南麂列岛海产双壳类的补充报道. *浙江水产学院学报*, 8(1): 17–28+4.
- 张秋金. 2007. 厦门海域文昌鱼属 *Branchiostoma* 的分类及种文昌鱼的实验室连续繁育. 厦门: 厦门大学博士学位论文.