

厦门湾条纹斑竹鲨生物学特性

王家樵^{1,2,3}, 李 军^{1,2}, 黄良敏^{1,2}

(1. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省海洋渔业资源生态环境重点实验室, 福建 厦门 361021;
3. 厦门市渔用药物工程技术研究中心 (集美大学), 福建 厦门 361021)

[摘要] 根据2014—2016年福建厦门湾海域(118°E~118.4°E, 24.4°N~24.6°N)渔业资源监测调查资料, 对采集到的384尾条纹斑竹鲨(*Chiloscyllium plagiosum* Bennett, 1830)测量其全长、体重等生长参数, 利用ELEFAN技术和Pauly经验公式对厦门湾条纹斑竹鲨的全长-体重关系、Von Bertalanffy生长方程和死亡参数等生物学特征进行计算。结果表明: 2014—2016年厦门湾水域条纹斑竹鲨, 平均全长为318 mm, 优势全长组为250~300 mm (占比为28.0%); 平均体重179 g, 其中占比最高(17.4%)的体重组为40~60 g; 条纹斑竹鲨全长-体重之间的关系式为 $W = 5 \times 10^{-6} L^{2.9435}$, Von Bertalanffy生长方程的参数分别为 $L_{\infty} = 94.5$ cm, $K = 0.45$, $t_0 = -0.2349$ a⁻¹, 生长拐点的年龄为2.1643龄; 总死亡系数(Z)为1.53, 自然死亡系数(M)为0.6869, 捕捞死亡系数(F)为0.8431, 渔业资源正处于过度捕捞状态。

[关键词] 条纹斑竹鲨; 生长方程; 生物学; 厦门湾

[中图分类号] S 931.1

Biological Characteristics of Striped Bamboo Shark (*Chiloscyllium plagiosum* Bennett, 1830) in Xiamen Bay

WANG Jiaqiao^{1,2,3}, LI Jun^{1,2}, HUANG Liangmin^{1,2}

(1. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Fishery Resources and Eco-environment, Xiamen 361021, China;

3. Engineering-Technology Research Center for Fishery Medicine (Jimei University), Xiamen 361021, China)

Abstract: Based on the survey data of fisheries resources in Xiamen Bay of Fujian (118°E to 118.4°E, 24.4°N to 24.6°N) from 2014 to 2016, the growth parameters of total length and total weight of 384 striped bamboo sharks were measured. The biological parameters were calculated and analyzed by the ELEFAN technique and the Pauly formula. The results showed that the average total length of the striped bamboo sharks was 318 mm, the dominant total length group was 250–300 mm, occupied 28.0%, the average total weight was 179 g, the weight dominant group was 40–60 g, and the proportion was 17.4%. The relationship between the total length and weight of the Striped bamboo shark is $W = 5 \times 10^{-6} L^{2.9435}$, and the parameters of the V–B growth equation are $L_{\infty} = 94.5$ cm, $K = 0.45$, $t_0 = -0.2349$ a⁻¹, and the inflection point of growth was 2.1643. The total mortality coefficient (Z) was 1.53, the natural mortality coefficient (M) was 0.6869, the fishing mortality coefficient (F) was 0.8431, and the fishery resources were being overfishing.

Keywords: *Chiloscyllium plagiosum*; growth equation; biology characteristics; Xiamen Bay

[收稿日期] 2018-07-19

[基金项目] 福建省教育厅资助项目 (JAT170300, JA13175); 福建省自然科学基金资助项目 (2015J01618)

[作者简介] 王家樵 (1980—), 男, 讲师, 从事渔业资源方面研究。通信作者: 黄良敏 (1972—), 男, 博士, 副教授。E-mail: lmhuang@jmu.edu.cn

0 引言

条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum* Bennett, 1830) 属于板鳃亚纲侧孔总目须鲨目须鲨科斑竹鲨属, 是暖水性底层小型鲨鱼, 俗称狗鲨, 一般栖息在沿海或内港有岩礁的海底, 行动迟缓^[1]。其主要分布于印度洋-西太平洋洋区, 在我国东海和南海的沿海海域有广泛分布。由于条纹斑竹鲨的经济价值高, 且没有实现人工繁育, 所以天然海域中的条纹斑竹鲨被大规模捕捞, 造成资源衰退。由于缺乏统计数据, 无法对其资源变动进行准确评估。它在 2005 年的世界自然保护联盟 (IUCN) 3.1 版中被列为接近濒危 (near threatened, NT) 物种。国内外对条纹斑竹鲨的研究主要集中在生理特性和遗传方面, 比如: 含脂量^[2]、脂肪酸^[3]、生殖发育^[4-6]、消化系统^[7]、遗传多样性^[8-11]。对天然海域中条纹斑竹鲨的资源只有零星的报道^[12], 而生物学方面的研究则更少, 仅有胡灯进^[13]通过分析条纹斑竹鲨的椎骨年轮对闽南近海条纹斑竹鲨的年龄及生长进行了研究, 并通过解剖对其繁殖生物学特征进行分析; Chen 等^[14]于 2007 年对台湾北部海域的条纹斑竹鲨的年龄和生长进行了研究。

由于条纹斑竹鲨是凶猛的肉食性鱼类, 位于近海海域鱼类群落结构的上层, 营养级达到 4.0 以上, 其种群数量的变动, 会对所在海域的鱼类群落结构和海域生态系统产生较大影响。厦门湾处于九龙江口下游, 渔业资源非常丰富, 是许多海水鱼类及淡水鱼类的产卵场和育肥场, 其中条纹斑竹鲨为该海域比较重要的经济鱼类, 可全年捕捞。加强厦门湾条纹斑竹鲨资源的研究, 讨论如何对其资源进行合理利用和保护, 对于该海域鱼类生态系统的研究具有重要意义。

本研究拟利用 2014—2016 年厦门湾海域的条纹斑竹鲨资源调查数据, 使用联合国粮农组织 FAO 开发的 FISAT II 软件对厦门湾海域条纹斑竹鲨的生长和死亡的生物学特征参数进行研究, 为厦门湾海域条纹斑竹鲨的养护和渔业生态系统管理提供参考意见。

1 材料与方法

1.1 采样方法

条纹斑竹鲨样品取自于 2014 年 5 月至 2016 年 2 月的厦门湾海域 (118°E ~ 118.4°E, 24.4°N ~ 24.6°N), 调查船采用单船桁杆型底拖网船, 渔船功率 330 kW, 底拖网, 网衣的长度为 24 m, 网口的高度为 2.5 m, 有四个囊网, 囊网网目为 20 mm, 桁杆宽度为 27 m, 拖速为 2 ~ 3 kn。分别于 5 月、8 月、11 月和 2 月进行野外四季调查采样, 共设置 6 个站位 (见图 1), 依据海洋调查规范一共进行 8 次的调查^[15], 禁渔期期间如期进行野外调查工作。将捕捞到的所有渔获物装箱打包, 标明站点、时间, 加碎冰冷藏带回实验室, 并冰冻处理以备室内实验分析, 调查期间记录每个站位的起放网时间、起放网速度、海况条件, 以及海水表温、盐度、深度等水文数据。

1.2 样品分析

分析实验样品时, 先进行样品解冻, 再从中挑选出所需的条纹斑竹鲨样品, 并依据海洋调查规范分站位和日期进行生物学测定。测定的内容有全长、体重和净重等, 性别用肉眼判断。

1.3 数据分析

条纹斑竹鲨全长和体重的关系式为: $W = aL^b$ 。其中: L 为全长 (mm); W 为体重 (g); a 和 b 是两个待确定的参数, a 是指生长因子, b 是幂指数系数。

全长和体重的生长方程是采用 Von Bertalanfy 生长方程, 用 FISAT II 软件中的 ELEFAN I 技术进行拟合计算^[16]: $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, $W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$ 。其中: L_t 、 W_t 分别为 t 龄鱼的体长 (mm) 和体重 (g); L_{∞} 、 W_{∞} 分别为极限体长和极限体重; K 为生长参数; t_0 为理论上体长等于 0 时的

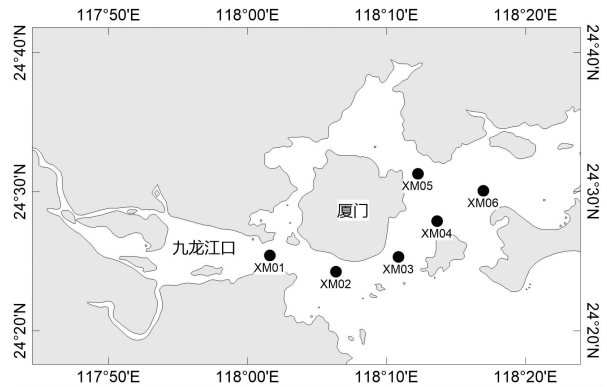


图 1 厦门湾采样地点示意图

Fig.1 The sampling sites in the Xiamen Bay

年龄, 为一个假定的理论值。极限体长 L_{∞} 和生长参数 K 应用 FISAT II 软件中的 ELEFAN I 技术进行估算, t_0 根据 Pauly 的经验公式^[17] $\ln(-t_0) = -0.3920 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.0381 \ln K$ 进行估算。

分别对 Von Bertalanffy 体长生长方程和体重生长方程求一阶导数和二阶导数, 即可分别求得其体长和体重的生长速度和生长加速度随时间 t 变化的曲线。当 $d^2W_t/dt^2 = 0$ 时, 可求得体重生长拐点年龄 $t_{tp} = \ln(b/K) + t_0$, 其中 b 为全长-体重方程的幂指数。

条纹斑竹鲨的总死亡系数 Z , 本文采用 FiSAT II 软件中的体长变换渔获曲线 (length-converted catch curve) 法进行估算。厦门海域属于亚热带气候, 生物资源特点为种类多、个体小、寿命短, 自然死亡率较适合用 Pauly 经验公式进行估算^[17], 公式为: $\ln M = -0.0066 - 0.2791 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.4631 \ln T$, 其中 T 为鱼类栖息地水域的年平均表层水水温, 根据厦门湾的年平均水温取值为 $21.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。捕捞死亡系数 $F = \text{总死亡系数 } Z - \text{自然死亡系数 } M$, 开发率 $E = F/Z$ 。

2 结果

2.1 条纹斑竹鲨全长和体重组成

根据图 2 可知两年期间在厦门海域采集到的 384 尾条纹斑竹鲨的体重范围为 $6.9 \sim 1650\text{ g}$, 平均体重为 179 g , 体重低于 100 g 的个体数量为 278 尾, 占有所有样品的 72.4% , 其中比例最高的体重组为 $40 \sim 60\text{ g}$, 占 17.4% 。表明厦门湾是条纹斑竹鲨的繁殖场和育儿场, 可以捕获到当年出生的幼体, 体重较小。

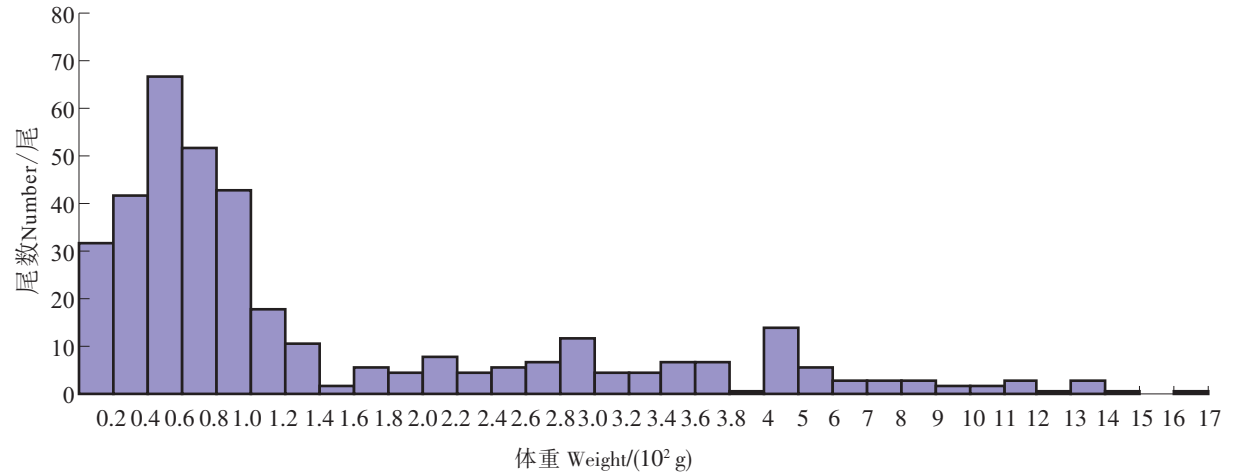


图 2 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨体重组成
Fig.2 Weight composition of *C. plagiosum* in Xiamen Bay in 2014–2016

2014 年 5 月至 2016 年 2 月在厦门湾海域共采集到 384 尾条纹斑竹鲨, 根据图 3 可知全长范围是 $80.3 \sim 767\text{ mm}$, 平均全长为 318 mm , 优势主要集中在 $150 \sim 500\text{ mm}$ 之间, 占 89% , 其中有两个峰值, 分别是 $250 \sim 300\text{ mm}$ 和 $400 \sim 450\text{ mm}$, 分别占 28% 和 9% , 是两个不同年龄组的优势体长。

2.2 条纹斑竹鲨体长-体重关系

对条纹斑竹鲨的所有样本进行全长-体重的幂函数回归统计, 得出条件因子 a 为 5×10^{-6} , 幂指数 b 为 2.9435 , 因此 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨的全长-体重关系为: $W = 5 \times 10^{-6} L^{2.9435}$ 。根据图 4 可以看出所采集的大部分条纹斑竹鲨样品的全长及体重较小, 大部分处于幼鱼阶段。

2.3 条纹斑竹鲨生长和死亡参数

根据 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨的全长-体重关系方程, b 值为 2.9435 , 因而使用 ELEFAN I 技术可以计算出条纹斑竹鲨的极限体长 L_{∞} 为 94.5 cm , K 为 0.45 , t_0 为 -0.2349 , 所以厦门湾海域条纹斑竹鲨的 Von Bertalanffy 生长方程为: $L_t = 94.5[1 - e^{-0.45(t+0.2349)}]$, $W_t = 94.5[1 - e^{-0.45(t+0.2349)}]^{2.9435}$ 。可求得体重生长的拐点年龄 $t_{tp} = 2.1643$ (见图 5 和图 6)。

利用 FiSAT II 软件中的体长变换渔获曲线法估算 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨的总死亡系数

Z 为 1.53 a^{-1} 。根据 Pauly 经验公式求得条纹斑竹鲨的自然死亡系数 M 为 0.6869 a^{-1} ，则捕捞死亡系数 F 为 0.8431 a^{-1} 。根据开发率的计算公式，求得开发率 E 为 0.5510 。开发率大于 0.5 ，据文献 [18] 可以认为 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨正处于过度开发状态。

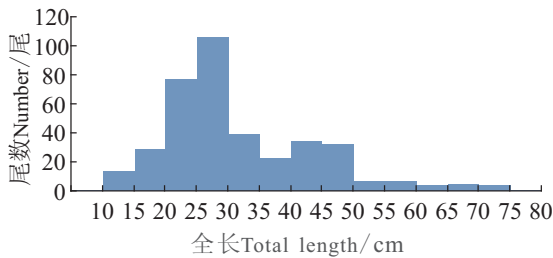


图 3 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨全长组成

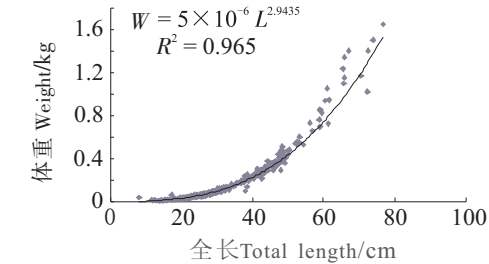


图 4 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨全长体重关系

Fig.3 Total length composition of *C. plagiosum* in Xiamen Bay in 2014–2016

Fig.4 Relationship between weight and total length of *C. plagiosum* in Xiamen Bay in 2014–2016

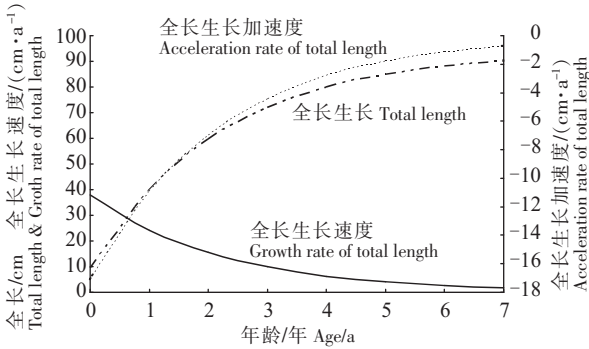


图 5 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨全长生长, 生长速度, 生长加速度

Fig.5 Graphs of total length growth, length growth rate and length growth acceleration of *C. plagiosum* in Xiamen Bay in 2014–2016

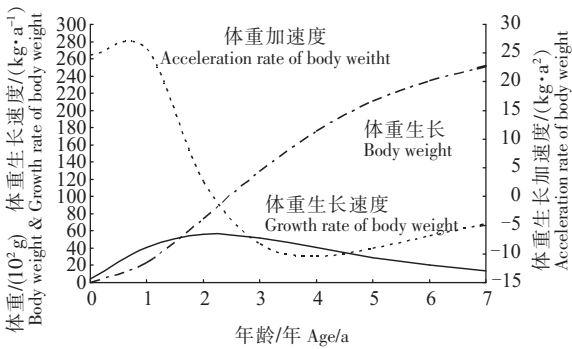


图 6 2014—2016 年条纹斑竹鲨体重生长, 生长速度, 生长加速度

Fig.6 Graphs of total weight, weight growth rate and weight growth acceleration of *C. plagiosum* in Xiamen Bay in 2014–2016

2.4 条纹斑竹鲨的雌雄比

由表 1 可看出 2014—2016 年厦门湾所采样的 384 尾条纹斑竹鲨的雌雄比 ($F:M$) 为 0.8 。在 8 次的季度采样中，只有 2014 年 2 月所捕捞的条纹斑竹鲨雌性数量多于雄性数量，雌雄比为 1.33 ，其他所有航次采样所捕捞的条纹斑竹鲨的雌性数量都是少于雄性数量，雌雄比最小 (0.55) 的是 2015 年 2 月航次，而另外 6 次采样所捕捞的条纹斑竹鲨的雌雄比均在 0.8 左右。

表 1 2014—2016 年厦门湾条纹斑竹鲨的雌雄比

Tab. 1 Male and female ratio of *C. plagiosum* in Xiamen Bay in 2014 – 2016

时间 Time	雌性 Female		雄性 Male		雌雄比 $F:M$	总计 Total
	数量 Number	体长/mm Body length	数量 Number	体长/mm Body length		
201405	8	221 ~ 301	6	155 ~ 235	1.33	14
201408	12	129 ~ 480	15	119 ~ 570	0.80	27
201411	55	197 ~ 603	75	173 ~ 767	0.73	130
201502	11	252 ~ 487	20	173 ~ 660	0.55	31
201505	35	221 ~ 723	36	181 ~ 654	0.97	71
201508	17	159 ~ 406	20	137 ~ 591	0.85	37
201511	22	118 ~ 590	27	183 ~ 740	0.81	49
201602	11	80 ~ 313	14	178 ~ 616	0.79	25
总计 Total	171	80 ~ 723	213	119 ~ 767	0.80	384

3 讨论

3.1 生长参数的变化

渐近体长(极限体长) L_{∞} 的大小被认为是鱼类群体结构大小变化趋势的重要指标之一^[19]。卢振斌等^[20]通过对福建近海20种鱼类生态学的研究得出,鱼类种群结构小型化和低龄化都伴随着渐近体长 L_{∞} 降低的趋势。胡灯进^[13]对闽南海域2003—2005年采集到的条纹斑竹鲨的研究结果表明雌雄渐近体长分别为966.1 mm和988.2 mm,Chen等^[14]对台湾北部海域2002—2003年采集到的条纹斑竹鲨研究结果表明雌雄渐近体长 L_{∞} 分别为931 mm和984 mm,而本次在厦门湾海域采样所得样本最大体长为767 mm,在不分雌雄的情况下 L_{∞} 根据ELEFAN的计算结果为945 mm,反映出条纹斑竹鲨群体的 L_{∞} 出现减小的趋势。渐进体重也存在这个现象,胡灯进^[13]对闽南海域的条纹斑竹鲨研究结果表明雌雄的渐进体重分别为2829.8 g和2981.4 g,本研究计算出来的渐进体重 W_{∞} 为2865.2 g。渐近体长和渐进体重的下降可能和以下两个原因有关:一是厦门湾作为条纹斑竹鲨产卵的浅海内湾,捕捞的个体以小龄的幼鱼居多,所以计算出来的 L_{∞} 会出现较小的现象;另一是由于捕捞过度造成的性成熟个体数量的减少,这有待于进一步的研究,应加强对其长期的调查和监测。

对比台湾北部海域、闽南近海和厦门湾三次条纹斑竹鲨体长-体重关系的 a 和 b 两个系数^[13-14],发现三个海区的 b 值均接近3,相差不大,而厦门湾水域的 a 值高于其他两个地区,说明厦门湾水域的环境条件是非常适合条纹斑竹鲨产卵和育肥生长,这点从生长参数 K 上也可以反映出来,厦门湾海域的条纹斑竹鲨的生长参数 K 为0.45,远远高于其他两个海域。

3.2 雌雄比的变化

对2014—2016年厦门湾所采集到的384尾条纹斑竹鲨按照采样季节对性别进行统计,发现大部分时期内雌性条纹斑竹鲨数量要明显少于同时期所捕捞到的雄性条纹斑竹鲨,并且随着春夏秋冬四季的变化,条纹斑竹鲨雌雄比越来越小,比如2014年春季条纹斑竹鲨雌雄比为1.33,夏季为0.8,秋季为0.73,冬季最小为0.55,2015年也同样出现这样逐渐递减的趋势。厦门湾条纹斑竹鲨的雌雄比在同一年度随季节逐渐减小的趋势,一方面可能是和繁殖季节的水体温度有关,厦门湾条纹斑竹鲨主要繁殖期为5—6月份^[21],这个时候的水温还不是很高,孵化出来的幼鱼大多数为雌性幼鱼,而随着夏季的来临,水温逐渐上升,后面孵化出来的个体多为雄性个体,这个有待于进一步的研究和证实;另一方面可能是由于不同的水温条件下雌雄幼体的存活概率不一致而造成的。2016年Straube等^[22]对德国卡尔斯鲁厄市国家历史博物馆中饲养的一条雌性条纹斑竹鲨进行了测试,发现条纹斑竹鲨存在单性生殖的现象。单性生殖和双性生殖的后代在雌雄比例和存活率上是否存在不一样,值得进一步观察和研究,到底是什么因素导致厦门湾条纹斑竹鲨的雌雄比随季节逐渐减小的现象也值得进一步探索。

3.3 厦门湾条纹斑竹鲨资源的合理利用

此次研究表明2014—2016年的厦门湾海域条纹斑竹鲨的死亡系数分别为:总死亡系数 Z 为 1.5300 a^{-1} 、自然死亡系数 M 为 0.6869 a^{-1} 、捕捞死亡系数 F 为 0.8431 a^{-1} 。所以开发率 E 为0.5510,大于0.5。根据Gullan的观点^[18],可以认为2014—2016年厦门湾条纹斑竹鲨正处于过度开发状态。虽然厦门湾海域是禁止底拖网作业的,但是由于条纹斑竹鲨具有非常高的食用价格和经济价值,并且随着厦门及周边城市人口的增加,再加上人工养殖条纹斑竹鲨的技术还不成熟,对厦门湾及周边海域的条纹斑竹鲨资源带来很大捕捞压力。所以应该加强对厦门湾海域条纹斑竹鲨的调查和监测,跟踪种群数量变动的情况,并根据实际情况制定相应的养护和管理措施,比如条纹斑竹鲨的最小捕捞规格的规定、捕捞网具和数量的控制,以及栖息地的保护等措施,从而保护厦门湾海域条纹斑竹鲨的产卵场和育儿场,使其资源可持续利用。

[参考文献]

[1] 朱元鼎. 中国软骨鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1960.

- [2] 刘丽华, 杨圣云, 胡灯进, 等. 闽南近海条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum*) 肝脏含脂率的变化与性成熟的关系 [J]. 厦门大学学报 (自然版), 2006, 45(1): 90-93.
- [3] 刘丽华, 杨圣云, 陈明茹. 闽南近海条纹斑竹鲨肌肉脂肪含量及脂肪酸组成分析 [J]. 厦门大学学报 (自然版), 2009, 48(1): 134-138.
- [4] TULLIS A, PETERSON G. Growth and metabolism in the embryonic white-spotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum*: comparison with embryonic birds and reptiles [J]. Physiological and Biochemical Zoology, 2000, 73(3): 271-282.
- [5] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云. 条纹斑竹鲨雌性生殖系统的初步研究 [J]. 海洋科学, 2002, 26(5): 52-54.
- [6] 谢仰杰, 王军, 苏永全, 等. 条纹斑竹鲨的胚胎发育 [J]. 水产学报, 2009, 33(5): 742-754.
- [7] 谢仰杰, 翁朝红, 黄良敏, 等. 条纹斑竹鲨消化系统的初步研究 [J]. 海洋科学, 2008, 32(1): 24-28.
- [8] 吴冰, 陈元霖, 桂慕燕. 条纹斑竹鲨线粒体 DNA 的研究 [J]. 遗传, 1998, 20(4): 23-25.
- [9] 陈骁, 杨圣云, 潘聪. 中国南部沿海条纹斑竹鲨遗传多样性研究 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2008, 47(4): 580-584.
- [10] 傅蒙娜, 王军, 丁少雄, 等. 基于线粒体 DNA 细胞色素 b 序列分析 3 个条纹斑竹鲨群体的遗传结构和遗传分化 [J]. 热带海洋学报, 2010, 29(6): 86-91.
- [11] ZHANG X, ZHAO H, CHEN Y, et al. Molecular characterization of a CpTRIM35-like protein and its splice variants from whitespotted bamboo shark (*Chiloscyllium plagiosum*) [J]. Biochemical & Biophysical Research Communications, 2014, 453(3): 425-431.
- [12] 蒋新花, 谢仰杰, 黄良敏, 等. 闽江口及附近海域和厦门沿岸海域软骨鱼类种类组成和数量的时空分布 [J]. 集美大学学报 (自然科学版), 2010, 15(6): 406-413.
- [13] 胡灯进. 闽南近海条纹斑竹鲨 (*Chiloscyllium plagiosum* Bennett) 年龄生长和生殖生物学研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2005.
- [14] CHEN W K, CHEN P C, LIU K M, et al. Age and growth estimates of the whitespotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum*, in the Northern Waters of Taiwan [J]. Zoological Studies, 2007, 46(1): 92-102.
- [15] 国家海洋局. 海洋调查规范 第 6 部分 海洋生物调查: GB/T 12763. 6-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [16] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [17] PAULY D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. Journal du Conseil, 1980, 39(2): 175-192.
- [18] GULLAND J A. Fish stock assessment: a manual of basic methods [M]. New York: FAO/Wiley Serl, 1985.
- [19] 叶金清, 徐兆礼, 陈佳杰, 等. 基于生长和死亡参数变化的官井洋大黄鱼资源现状分析 [J]. 水产学报, 2012, 36(2): 238-246.
- [20] 卢振彬, 戴泉水. 福建近海主要底层经济鱼类的种群动态 [J]. 台湾海峡, 1999, 18(1): 100-105.
- [21] 胡灯进. 闽南近海条纹斑竹鲨生殖生物学的初步研究 [J]. 福建水产, 2007, 115(4): 31-34.
- [22] STRAUBE N, LAMPERT K P, GEIGER M F, et al. First record of second-generation facultative parthenogenesis in a vertebrate species, the whitespotted bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum* [J]. Journal of Fish Biology, 2016, 88(2): 668-675.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄力行)