

北部湾斑鳍白姑鱼渔业生物学分析

易晓英, 邱康文, 周霄, 招春旭, 邓裕坚, 何雄波, 颜云榕

Analysis of fishery biology of *Pennahia pawak* in Beibu Gulf

YI Xiaoying, QIU Kangwen, ZHOU Xiao, ZHAO Chunxu, DENG Yujian, HE Xiongbo, YAN Yunrong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200603092>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

北部湾斑鳍白姑鱼的年龄与生长

Age and growth of pawak croaker *Pennahia pawak* in Beibu Gulf

中国水产科学. 2011, 18(1): 145 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2011.00145>

基于地标点几何形态测量法识别北部湾4种白姑鱼矢耳石形态

Using landmark-based geometric morphometrics analysis to identify sagittal otolith of four *Pennahia* fish species

中国水产科学. 2013, 20(6): 1293 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2013.01293>

空间插值法在北部湾渔业资源密度评估中的应用

Application of a spatial interpolation method for the assessment of fishery resources in the Beibu Gulf

中国水产科学. 2017, 24(4): 853 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2017.16231>

北部湾春季多齿蛇鲻生物学特征及其年际变化

Biological Characteristics and Inter-Annual Changes of *Saurida tumbil* in Spring in the Beibu Gulf, South China Sea

渔业科学进展. 2021, 42(2): 36 <https://doi.org/10.19663/j.issn2095-9869.20191212002>

北部湾东北部游泳生物资源现状

Nekton resources in northeast Beibu Gulf

南方水产科学. 2011, 7(3): 31 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0780.2011.03.006>

北部湾3种金线鱼属鱼类 COI 基因序列的比较分析

Sequence analysis of mitochondrial COI gene in three *Nemipterus* species from Beibu Gulf

中国水产科学. 2011, 18(3): 508 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2011.00508>

文章编号: 1674-5566(2021)03-0515-10

DOI:10.12024/jsou.20200603092

北部湾斑鳍白姑鱼渔业生物学分析

易晓英¹, 邱康文¹, 周霄¹, 招春旭^{2,3}, 邓裕坚¹, 何雄波¹, 颜云榕^{1,2,4,5}

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东湛江 524088; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室南海资源大数据中心, 广东湛江 524013; 3. 集美大学水产学院, 福建厦门 361021; 4. 广东省南海深远海渔业管理与捕捞工程技术研究中心, 广东湛江 524088; 5. 广东海洋大学深圳研究院海洋渔业信息化技术中心, 广东深圳 518120)

摘要: 通过测量 2008—2009 和 2018—2019 年在北部湾海域沿岸北海和东方渔港采集的斑鳍白姑鱼 (*Pennahia pawak*) 样品, 所得的生物学数据, 利用 FiSAT II 软件体长频率分析 (ELEFAN) 技术, 分析斑鳍白姑鱼种群生长、死亡参数和开发率等的变化, 以评估 2 个时段北部湾斑鳍白姑鱼的开发利用状况。结果显示: 2008—2009 和 2018—2019 年 2 个时段北部湾斑鳍白姑鱼优势体长分别为 11~17 cm 和 10~15 cm, 平均体长由 14.83 cm 减小到 12.59 cm; 优势体质量分别为 30~100 g 和 10~80 g, 平均体质量由 85.88 g 降低至 52.91 g; 2018—2019 年的平均体长、平均体质量分别下降了 15.1% 和 38.4%。2 个时段异速生长因子 b 分别为 2.84 和 3.00, 表明斑鳍白姑鱼趋向匀速生长。估算的渐进体长由 24.15 cm 下降为 22.05 cm, 下降了 8.7%, 开捕体长由 12.56 cm 下降至 10.29 cm, 下降了 18.1%。生长参数 K 分别为 0.39 和 0.32; 总死亡系数分别为 1.39 和 1.17, 自然死亡系数分别为 0.98 和 0.90, 捕捞死亡系数分别为 0.41 和 0.28; 估算的开发率分别为 0.29 和 0.24。综上, 北部湾斑鳍白姑鱼趋于小型化, 目前该资源呈轻度开发状态。

关键词: 斑鳍白姑鱼; 北部湾; 生长参数; 死亡参数

中图分类号: S 931.1 **文献标志码:** A

北部湾位于南海北部, 海南岛以西 (17°00'N~21°45'N 和 105°40'E~110°10'E) 海域, 为天然半封闭海湾^[1], 其渔业资源丰富, 是我国的传统优良渔场之一^[2]。近年来关于北部湾资源调查和研究^[3-9]结果表明, 北部湾海域渔业资源呈衰退趋势, 开展以常见经济鱼类为重点的研究是制定和实施资源恢复相关政策和措施的基础。

斑鳍白姑鱼 (*Pennahia pawak*) 作为北部湾较为稳定的资源种类, 具有重要的生态地位和经济效益^[6]。近年来, 国内不少学者对斑鳍白姑鱼的基础生物学和资源动态分布进行了研究, 如王雪辉等^[10]对南海北部的斑鳍白姑鱼的体长-体质量关系进行了初步分析, 孙典荣等^[11]初步分析了海南岛附近斑鳍白姑鱼的季节性分布, 何雄波等^[12]研究了斑鳍白姑鱼的种群结构、资源密度及其分

布, 颜云榕等^[13-14]基于鳞片研究了斑鳍白姑鱼年龄特征, 并对其繁殖习性和摄食习性做了分析, 侯刚等^[15]研究了北部湾 4 种白姑鱼属 (*Pennahia*) 鱼类, 包括斑鳍白姑鱼在内的耳石形态识别。这些研究结果为渔业资源评估提供了基础资料, 而鱼类的生长和死亡作为影响资源数量变动的基本原因之一, 也是渔业资源评估必不可少的重要环节^[16]。但是目前关于北部湾斑鳍白姑鱼生长与死亡等生物学参数及其变化的研究比较缺乏, 仅颜云榕等^[14]基于鳞片读取的年龄数据对北部湾斑鳍白姑鱼的生长参数进行了估算, 有必要进一步开展和完善北部湾斑鳍白姑鱼生长和死亡等重要生物学参数的相关研究。除了鳞片和耳石等硬质样本外, 通过获取具有代表性的渔获组成数据, 也能对生长和死亡等重要参数进行估算^[17]。FiSAT 软件的体长频数分析法

收稿日期: 2020-06-30 修回日期: 2020-09-09

基金项目: 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)项目(ZJW-2019-08); 广东省科技计划项目(2018B030320006); 广东省海洋经济发展专项(GDNRC[2020]052)

作者简介: 易晓英(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为鱼类生态学。E-mail: 1169153131@qq.com

通信作者: 颜云榕, E-mail: yryan_gdou@163.com

因方便、快捷等特点被广泛应用于鱼类生长死亡参数的估算^[18],且能够较好地反映鱼类资源开发状况。

本研究根据 2008—2009 和 2018—2019 年北部湾资源调查样本,基于体长频率法,应用 FiSAT II 渔业资源评估软件,对斑鳍白姑鱼的种群结构、生长、死亡和开发率等参数进行研究,探讨北部湾斑鳍白姑鱼群体生物学参数的变化,为渔业资源合理开发和管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品与数据来源

样本来自于 2008—2009 和 2018—2019 年 4 个季度在北部湾北海和东方渔港的上岸渔获物(以底拖网为主,网目尺寸约为 40 cm),采样点位置见图 1,以随机采样的方式,采集斑鳍白姑鱼样品共 992 尾(表 1)。按照《海洋调查规范》在实验室内测定体长和体质量等生物学指标,体长精确至 0.1 cm,体质量精确至 0.1 g。

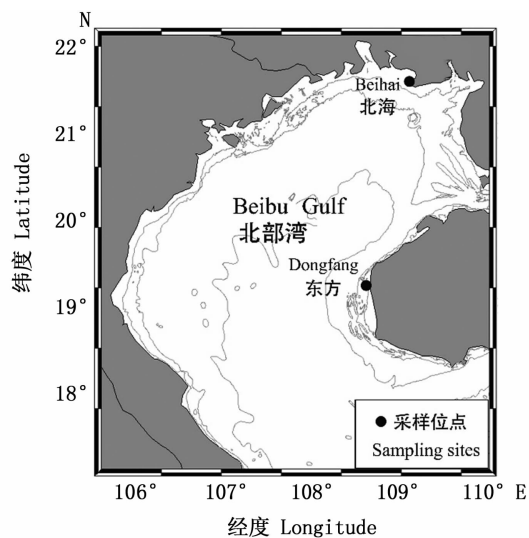


图 1 北部湾斑鳍白姑鱼采样位点图

Fig.1 Sampling sites of *P. pawak* in Beibu Gulf

1.2 数据处理与分析

体长与体质量关系采用幂函数^[19]表示:

$$W = aL^b \quad (1)$$

式中: W 为体质量, g; L 为体长, cm; a 、 b 为参数, a 为条件因子, b 为异速生长因子。 $b = 3$, 表示该鱼个体呈等速生长; $b > 3$, 表示鱼类个体呈正异速

生长; $b < 3$, 表示鱼类个体呈负异速生长^[20-21]。

表 1 北部湾斑鳍白姑鱼采样信息

Tab.1 Sampling information of *P. pawak* in the Beibu Gulf

年份 Year	季节 Season	地点 Locations	样本数 Samples/尾	作业类型 Fishing type
2008	夏	北海	64	底拖网
2008	秋	北海	153	底拖网
2008	冬	北海	154	底拖网
2009	春	北海、东方	174	底拖网
2018	冬	北海、东方	127	底拖网
2019	春	北海	93	底拖网
2019	夏	北海	64	底拖网
2019	秋	北海	163	底拖网

描述斑鳍白姑鱼的生长选用 von Bertalanffy 生长方程^[16]:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (2)$$

式中: t 为年龄; L_t 为 t 龄时的体长; L_∞ 为渐近体长; K 为接近渐进体长的相对速度; t_0 为理论起始生长的年龄。 L_∞ 和 K 采用 FiSAT II 软件的体长频率分析 (electronic length frequency analysis I, ELEFAN I)^[22-23] 方法,以 1 cm 为组间距获取的体长频数,拟合生长曲线进行估算。 t_0 的估算应用 PAULY^[24] 提出的经验公式:

$$\lg(-t_0) = -0.3922 - 0.2750 \lg L_\infty - 1.0380 \lg K \quad (3)$$

根据体长变换渔获曲线法 (length-converted catch curve) 估算总死亡系数 (Z)^[16],自然死亡系数 (M) 由 PAULY^[25] 提出的经验公式进行估算:

$$\lg M = -0.0066 - 0.2790 \lg L_\infty + 0.6543 \lg K + 0.4634 \lg T \quad (4)$$

式中: T 为北部湾年平均海水表层温度, 2008—2009 年平均海水表层温度为 25.6 °C, 2018—2019 年平均海水表层温度为 26.2 °C。海表面温度 (sea surface temperature, SST) 数据来自美国国家海洋大气局 (<https://oceanwatch.pifsc.noaa.gov/>), 选取的经纬度范围为 18°N ~ 22°N 和 105°E ~ 110°E。

捕捞死亡系数 (F) 和开发率 (E)^[16] 则根据总死亡系数和自然死亡系数计算,公式分别为

$$F = Z - M \quad (5)$$

$$E = (Z - M) / Z = F / Z \quad (6)$$

式中: F 为捕捞死亡系数; E 为开发率; Z 为总死亡系数; M 为自然死亡系数。

开捕体长(L_c)根据体长渔获曲线拟合出的直线方程进行估算。推算线性回归中未被使用的各点相对应的期望值 $\ln(N/\Delta t)$,并计算各点的观测值与期望值的比,以及比值累积率,选取累积率达到 50% 的点,其所对应的体长即为平均选择体长的估计量(L_c),也称为开捕体长^[26]。

2 结果

2.1 群体结构

北部湾斑鳍白姑鱼 2008—2009 和 2018—

2019 年的体长分别为 8.3 ~ 24.6 cm 和 7.0 ~ 21.1 cm,平均体长分别为 14.83 和 12.59 cm;优势体长分别为 11 ~ 17 cm(75.8%)和 10 ~ 15 cm(73.6%),见图 2。与 2008—2009 年相比,2018—2019 年的体长范围变小,平均体长下降了 15.1%。北部湾斑鳍白姑鱼 2008—2009 和 2018—2019 年的体质量分别为 14.2 ~ 401.4 g 和 7.5 ~ 216.3 g,平均体质量分别为 85.88 和 52.91 g;优势体质量分别为 30 ~ 100 g(68.3%)和 10 ~ 80 g(85.7%),见图 3。与 2008—2009 年相比,2018—2019 年的体质量范围缩小,平均体质量下降了 38.4%。

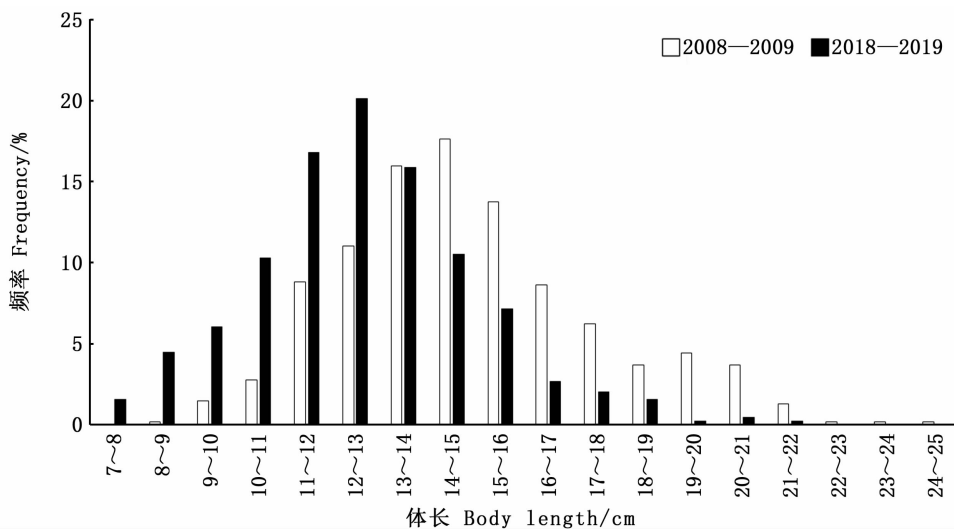


图 2 北部湾斑鳍白姑鱼体长分布频率
Fig. 2 Body length distribution of *P. pawak* in the Beibu Gulf

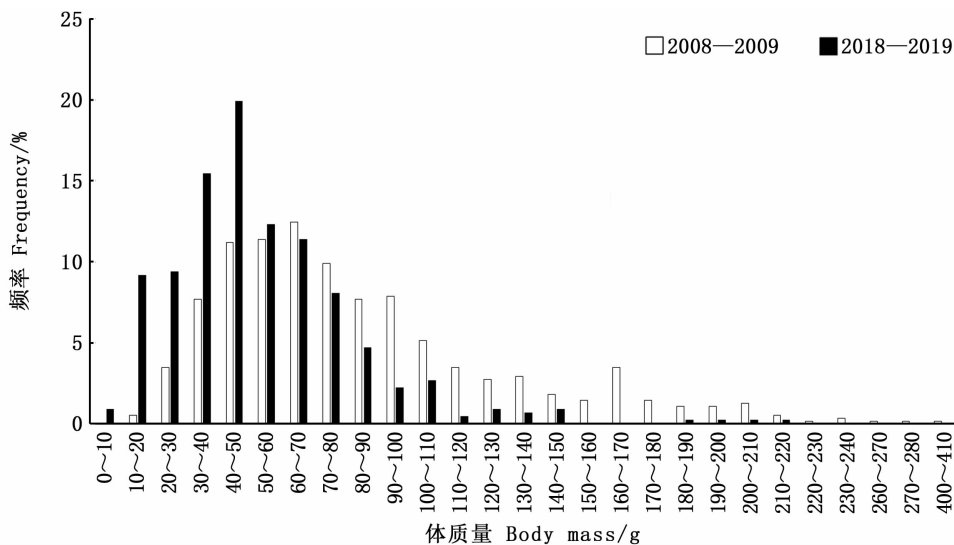


图 3 北部湾斑鳍白姑鱼体质量分布频率
Fig. 3 Body mass distribution of *P. pawak* in the Beibu Gulf

2008—2009年北部湾斑鳍白姑鱼个体的体长均值在冬季最高(16.05 cm)、春季(14.95 cm)和夏季(14.93 cm)次之、秋季最低(13.43 cm),

其体质量均值在冬季最高(105.63 g)、夏季(86.22 g)和春季(84.50 g)次之、秋季最低(67.45 g),见图4。

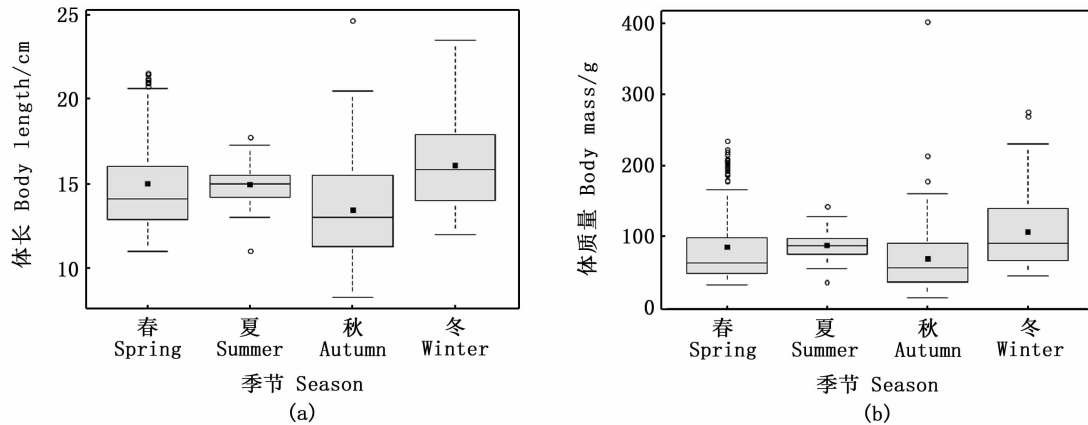


图4 2008—2009年北部湾斑鳍白姑鱼体长、体质量季节分布箱线图

Fig. 4 Boxplot of body length and body mass of *P. pawak* in the Beibu Gulf from 2008 to 2009

2018—2019年北部湾斑鳍白姑鱼个体的体长均值在夏季最高(13.44 cm)、冬季(13.39 cm)和春季(12.21 cm)次之、秋季最低(11.85 cm),

其体质量均值在冬季(63.67 g)最高、夏季(57.53 g)和春季(51.25 g)次之、秋季最低(43.66 g),见图5。

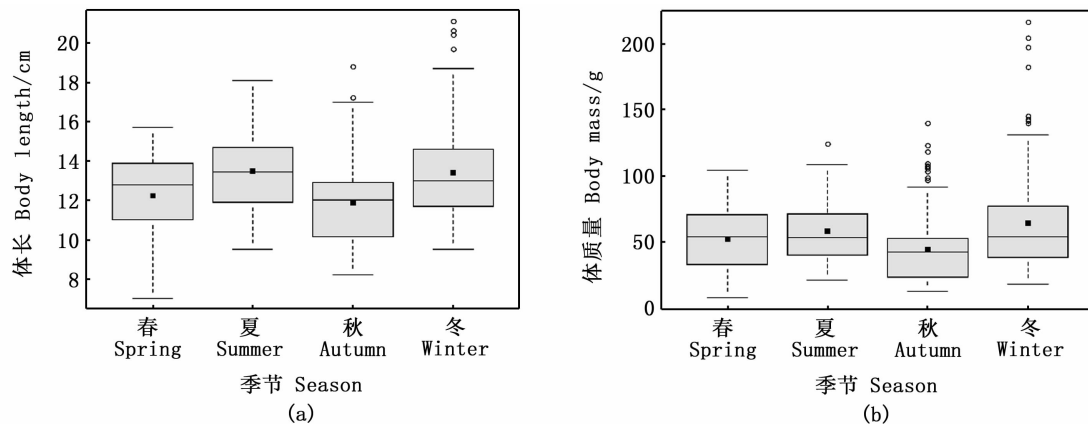


图5 2018—2019年北部湾斑鳍白姑鱼体长、体质量分布箱线图

Fig. 5 Boxplot of body length and body mass of *P. pawak* in the Beibu Gulf from 2018 to 2019

2.2 体长与体质量关系

采用幂函数拟合分析北部湾斑鳍白姑鱼体长与体质量关系,2008—2009年体长与体质量关系式为 $W = 0.036L^{2.84}$ ($R^2 = 0.927$),2018—2019年体长与体质量关系式为 $W = 0.024L^{3.00}$ ($R^2 = 0.949$),见图6。

通过分析不同时段斑鳍白姑鱼体长-体质量关系参数(表2),2个时段(2008—2009和

2018—2019)的条件因子 a 值分别为0.036和0.024,异速生长因子 b 值分别为2.84和3.00。2008—2009年斑鳍白姑鱼的 b 值在夏季最高为2.94,冬季最低为2.79,依次为夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季,均小于3,表现为负异速生长;2018—2019年其 b 值在春季最高为3.20,夏季最低为2.63,依次为春季 > 秋季 > 冬季 > 夏季,其中春季和秋季的 b 值大于3,呈正异速生长,夏季和冬

季的 b 值小于 3, 呈负异速生长; 2008—2009 年斑鳍白姑鱼的 a 值在冬季最高为 0.043, 依次为冬季 > 春季 > 夏季 = 秋季, 2018—2019 年斑鳍白姑

鱼 a 值在夏季最高为 0.059, 春季最低 0.015, 依次为夏季 > 冬季 > 秋季 > 春季。

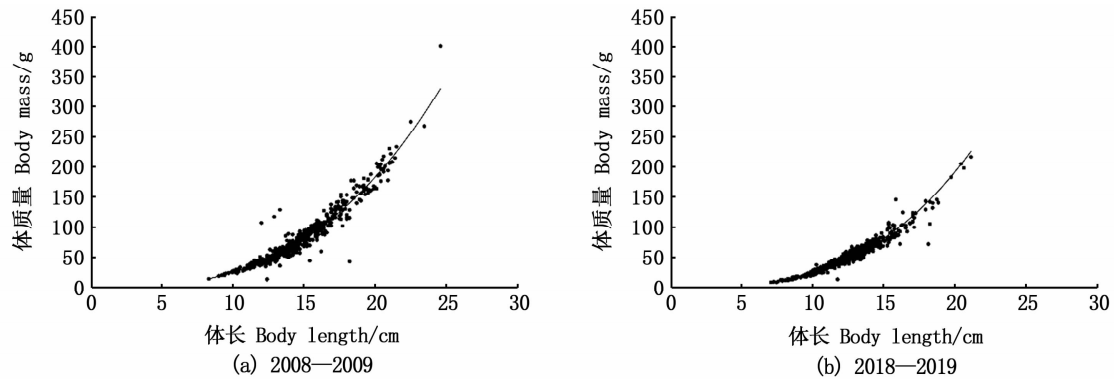


图 6 北部湾斑鳍白姑鱼体长与体质量的关系

Fig. 6 Body length-body mass relationships of *P. pawak* in the Beibu Gulf

表 2 斑鳍白姑鱼的体长-体质量关系参数

Tab. 2 Parameters of body length-body mass relationships of *P. pawak*

年份 Year	季节 Season	a	a 的 95% 置信区间 95% CI of a	b	b 的 95% 置信区间 95% CI of b	R^2
2008—2009	春	0.039	0.027 ~ 0.058	2.80	2.648 ~ 2.897	0.898
	夏	0.030	0.016 ~ 0.055	2.94	2.716 ~ 3.170	0.915
	秋	0.030	0.022 ~ 0.041	2.92	2.807 ~ 3.040	0.942
	冬	0.043	0.030 ~ 0.061	2.79	2.662 ~ 2.925	0.921
	全年	0.036	0.030 ~ 0.043	2.84	2.780 ~ 2.914	0.927
2018—2019	春	0.015	0.012 ~ 0.019	3.20	3.112 ~ 3.283	0.984
	夏	0.059	0.036 ~ 0.098	2.63	2.438 ~ 2.828	0.922
	秋	0.019	0.013 ~ 0.026	3.10	2.959 ~ 3.239	0.922
	冬	0.037	0.028 ~ 0.048	2.84	2.734 ~ 2.937	0.960
	全年	0.024	0.020 ~ 0.028	3.00	2.934 ~ 3.064	0.949

表 3 北部湾斑鳍白姑鱼生长死亡参数对比分析

Tab. 3 Comparative analysis of parameters for *P. pawak* in the Beibu Gulf

年份 Year	Z	M	F	E	L_{∞}	K	t_0	年平均海表面温度 Annual average SST/°C
2008—2009	1.39	0.98	0.41	0.29	24.15	0.39	-0.35	25.6
2018—2019	1.17	0.90	0.28	0.24	22.05	0.32	-0.56	26.2

2.3 生长死亡率

利用 ELEFAN 方法估算斑鳍白姑鱼 2 个时段(2008—2009 和 2018—2019)的渐进体长 L_{∞} 分别为 24.15 cm 和 22.05 cm, 生长速率 K 分别为 0.39 和 0.32, 2 个时段个体的生长参数 L_{∞} 和 K 均减小; 根据公式 3 估算理论起始生长的年龄 t_0 , 结果分别为 -0.35 和 -0.56 (表 3)。2008—2009 和 2018—2019 年 2 个时段北部湾斑鳍白姑鱼体长的 von Bertalanffy 生长方程分别为 $L_t = 24.15 [1 - e^{-0.39(t+0.35)}]$ 和 $L_t = 22.05 [1 -$

$e^{-0.32(t+0.56)}]$ 。

应用长度变换渔获曲线法进行线性回归, 拟合结果: 2008—2009 年的线性方程为 $\ln(N/\Delta t) = -1.39t + 9.068$, $R^2 = 0.956$; 2018—2019 年的线性方程为 $\ln(N/\Delta t) = -1.17t + 8.213$, $R^2 = 0.943$ 。估算得到斑鳍白姑鱼的总死亡系数 (Z 即为方程的斜率) 分别为 1.39 和 1.17。根据公式 4 估算自然死亡系数分别为 0.98 和 0.90, 捕捞死亡系数分别为 0.41 和 0.28, 开发率分别为 0.29 和 0.24。另外, 基于变换体长渔获量曲线拟合关

系进行进一步推算 2 个时段北部湾斑鳍白姑鱼的开捕体长,结果分别为 12.56 cm 和 10.29 cm (图 7)。对比发现,2018—2019 年北部湾斑鳍白

姑鱼的总死亡系数、自然死亡系数、捕捞死亡系数、开发率以及开捕体长均减小。

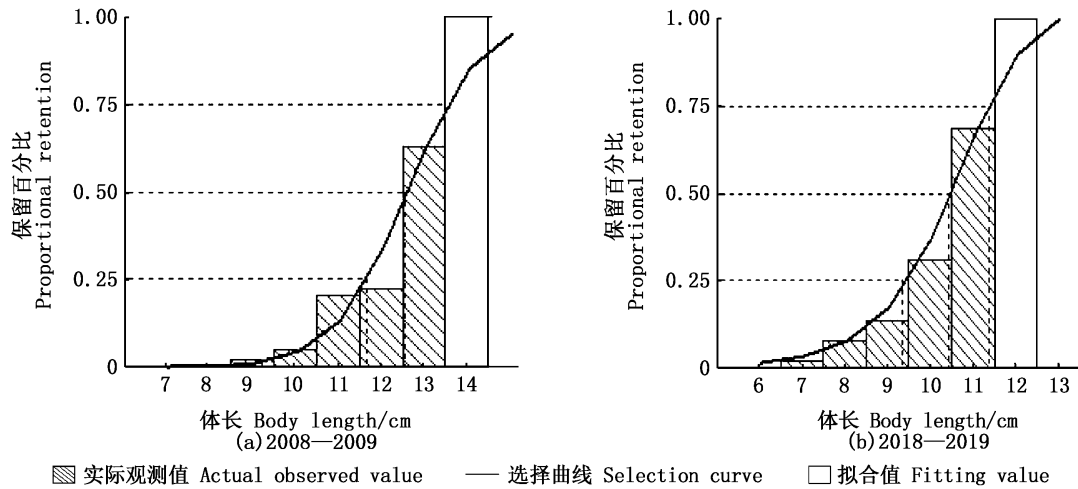


图 7 基于变换体长渔获曲线估算斑鳍白姑鱼开捕体长

Fig. 7 Catchable size from the proportional retention of length converted catch curve

3 讨论

3.1 生物学特征变化

在较大捕捞压力下,多数鱼类的表型性状会产生适应性变化,如体长和性成熟的演化。有研究表明,北部湾重要经济鱼类逐渐被低值、小型的鱼类所替代^[6],并且多种经济鱼类已经出现个体小型化和性成熟提前等现象^[27-30]。1997—2019 年间数据对比(表 4)显示,斑鳍白姑鱼的平均体长在 1997—2002 和 2008—2009 年间增大,在 2008—2009 年度最大,在 2010—2011 和 2018—2019 年减小。一方面,平均体长在 1997—2002 和 2008—2009 年间增大的原因可能是 1999 年我国采取休渔政策等限制捕捞压力的措施取得了一定效果,同时燃油价格上涨,北部湾的捕

捞强度有所下降,使鱼类资源在 1999 年之后近十年得到有效恢复^[7]。另一方面,由于越南无休渔政策,作业渔船不断增加,多年来北部湾渔业一直承受着较高的捕捞强度^[27],北部湾海域的斑鳍白姑鱼资源可能已存在衰退,小个体群体居多,反映在 2010—2011 和 2018—2019 年的群体平均体长减小。研究表明,2018—2019 和 2010—2011 年各个季度平均体长、体质量均低于 2008—2009 年,进一步验证了斑鳍白姑鱼各个季度小个体鱼群居多。以上分析表明,1997—2019 年北部湾斑鳍白姑鱼的体长范围和体质量范围都在缩小,大个体明显减少,整体上呈小型化趋势,当然也可能存在一定的采样偏差,采集了较多的小个体样本,从而对本研究结果产生一定影响。

表 4 北部湾斑鳍白姑鱼体长和体质量参数的年际变化

Tab. 4 Interannual variation of body length and body mass parameter of *P. pawak* from the Beibu Gulf

年份 Year	体长范围 Range of body length/cm	体质量范围 Range of body mass/g	平均体长 Average body length/cm	平均体质量 Average body mass/g	优势体长 Dominant body length/cm	<i>b</i>
1997—1999, 2001—2002 ^[10]	4.5 ~ 23.2	2.7 ~ 322.0	12.5	—	—	3.01
2008—2009	8.3 ~ 24.6	14.2 ~ 401.4	14.8	85.9	12 ~ 17	2.84
2010—2011 ^[12]	6.5 ~ 20.3	5.2 ~ 224.0	10.7	32.5	8 ~ 13	3.16
2018—2019	7.0 ~ 21.1	7.5 ~ 216.3	12.6	52.9	10 ~ 15	3.00

3.2 体长与体质量关系

鱼类的体长-体质量关系为渔业资源评估模型提供了重要参数^[16]。基于体长与体质量幂函数关系估算的生长参数 a 的大小在一定程度上反映鱼类生存环境的优劣^[16], 2 个时段北部湾斑鳍白姑鱼的生长参数 a 由 0.036 下降至 0.024, 说明斑鳍白姑鱼的生境有所恶化。生长参数 b 反映了鱼类体长与体质量增长的不均匀性^[31], 其影响因素是多方面的, 如发育的阶段^[31]、种群的不同^[32]、环境变化^[33]、捕捞强度^[10]等。北部湾斑鳍白姑鱼接近等速生长, 但其生长受到各种因素的制约, 会发生一定变化。2008—2009 年斑鳍白姑鱼的生长参数 b 为 2.84, 与 1997—1999 年比较明显减小^[10], 可能是持续较大的捕捞压力所致。STERGIOU 等^[34]、王雪辉等^[10]的研究曾指出在较大捕捞压力下, 鱼类个体的体长增长速度增加, 生长参数 b 有减小的趋势。2018—2019 年北部湾斑鳍白姑鱼的 b 值为 3.00, 与王雪辉等^[10]研究结果基本一致。因此, 斑鳍白姑鱼趋向等速生长。

对比 2008—2009 和 2018—2019 年北部湾斑鳍白姑鱼各季度生长参数 b , 发现冬季群体均为负异速生长。与之相对应, 也有研究^[12]表明在冬季北部湾斑鳍白姑鱼资源密度较大, 这可能与温度、饵料水平有关。2018—2019 年夏季的生长参数 b 最低(2.63), 呈负异速生长, 这可能与 8 月休渔结束致使捕捞压力突增以及饵料状况有关。

3.3 生长、死亡及开发率

生长参数 K 和 L_{∞} 是鱼类群体结构变化的指标^[35-36], 对比 2 个时段个体的生长参数 K , 2018—2019 年的生长速度相较于 2008—2009 年有略微下降, 2018—2019 年度斑鳍白姑鱼 L_{∞} 下降了 8.7%; 开捕体长作为渔业资源管理参考的重要指标^[16], 2018—2019 年实际的开捕体长也减小了 18.1%, 进一步表明斑鳍白姑鱼倾向小个体, 这与本研究斑鳍白姑鱼种群结构小型化的结果一致。根据 GULLAND^[37]提出的一般鱼类最适开发率为 0.5, 2008—2009 年开发率(0.29)大于 2018—2019 年开发率(0.24), 且均小于 0.5, 表明在 10 年间斑鳍白姑鱼资源介于轻度开发的状态。2 个时段斑鳍白姑鱼的自然死亡系数相对较高, 分别为 0.98 和 0.90, 陈作志等^[38]分别对 1964、1992、1997 年北部湾白姑鱼 (*Argyrosomus*

argentatus) 的死亡参数进行了估算, 其自然死亡系数为 0.93 ~ 1.25, 它与斑鳍白姑鱼为同属种类, 本研究的斑鳍白姑鱼与白姑鱼的自然死亡系数相似。另外, 2008—2009 和 2018—2019 年的自然死亡系数分别为相应年度捕捞死亡系数的 2.4 倍和 3.2 倍, 由此可推断自然死亡是斑鳍白姑鱼死亡的主要原因。自然死亡系数受鱼类本身的年龄、资源量、捕食者数量、饵料丰度和自然环境等因素影响^[39]。就已有的研究来看, 一方面生存环境变化及栖息地水质污染等原因可能导致自然死亡率较高, 另一方面北部湾渔业长期保持较高的捕捞强度, 个体较大、经济价值较高的优势种逐渐减少, 低值、中小型的种类增多, 其海洋生态系统营养级有下降的趋势^[6]。斑鳍白姑鱼的饵料生物以小型鱼类和虾类等为主^[13], 这些饵料生物同时也被白姑鱼属的其他种类^[40]、带鱼科鱼类^[41]、多齿蛇鲭 (*Saurida tumbil*)^[42]、宝刀鱼 (*Chirocentrus dora*)^[43]、竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*)^[44-45]等多种鱼类摄食, 种间存在较大的饵料竞争, 斑鳍白姑鱼等中小型鱼类共同被更高营养级的种类所捕食, 当更优质的捕食者减少时, 摄食、繁殖能力更强的种类会迅速发展, 从而造成斑鳍白姑鱼的饵料减少。生长和繁殖两者呈明显的负相关, 当摄入的能量减小, 为维持种群繁衍和稳定, 用于生长的能量减少, 体型将可能呈现小型化^[46]。总之, 饵料丰度、人类捕捞以及栖息地环境变化可能是斑鳍白姑鱼保持较高的自然死亡率和个体小型化的主要原因, 由于本文研究内容有限, 具体的情况有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 乔延龙, 林昭进. 北部湾地形、底质特征与渔场分布的关系[J]. 海洋湖沼通报, 2007(s1): 232-238.
QIAO Y L, LIN Z J. The relationship between the main features of land form, the distribution of bottom sediment and fishery distribution [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2007(s1): 232-238.
- [2] CHEN Z Z, QIU Y S, XU S N. Changes in trophic flows and ecosystem properties of the Beibu Gulf ecosystem before and after the collapse of fish stocks [J]. Ocean & Coastal Management, 2011, 54(8): 601-611.
- [3] 蔡研聪, 徐姗楠, 陈作志, 等. 南海北部近海渔业资源群落结构及其多样性现状[J]. 南方水产科学, 2018, 14(2): 10-18.
CAI Y C, XU S N, CHEN Z Z, et al. Current status of community structure and diversity of fishery resources in

- offshore northern South China Sea[J]. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(2): 10-18.
- [4] 傅听龙. 北部湾西北部近海鱼类资源分布和群落结构特征及其影响因素[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
- FU X L. Distribution of fish populations and structure of fish communities in the coastal waters of northwest Beibu Gulf and their influential factors [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018.
- [5] 李渊, 张静, 张然, 等. 南沙群岛西南部海域和北部湾口海域底层游泳动物多样性[J]. *中国水产科学*, 2016, 23(1): 177-187.
- LI Y, ZHANG J, ZHANG R, et al. Diversity of demersal nekton in the southwestern sea of the Nansha Islands and the mouth of Beibu Bay [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2016, 23(1): 177-187.
- [6] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势[J]. *生态学报*, 2012, 32(2): 333-342.
- WANG X H, QIU Y S, DU F Y, et al. Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(2): 333-342.
- [7] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 北部湾鱼类多样性及优势种的时空变化[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(2): 427-436.
- WANG X H, QIU Y S, DU F Y, et al. Spatio-temporal variability of fish diversity and dominant species in the Beibu Gulf[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(2): 427-436.
- [8] 陈作志, 邱永松, 贾晓平, 等. 捕捞对北部湾海洋生态系统的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(7): 1604-1610.
- CHEN Z Z, QIU Y S, JIA X P, et al. Effects of fishing on the marine ecosystem of Beibu Gulf[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(7): 1604-1610.
- [9] 乔延龙, 陈作志, 林昭进. 北部湾春、秋季渔业生物群落结构的变化[J]. *中国水产科学*, 2008, 15(5): 816-821.
- QIAO Y L, CHEN Z Z, LIN Z J. Changes of community structure of fishery species during spring and autumn in Beibu Gulf[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(5): 816-821.
- [10] 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松. 南海北部主要经济鱼类体长与体重关系[J]. *台湾海峡*, 2006, 25(2): 262-266.
- WANG X H, DU F Y, QIU Y S. Length-weight relationships of important commercial fishes in northern South China Sea [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2006, 25(2): 262-266.
- [11] 孙典荣, 李渊, 林昭进, 等. 海南岛近岸海域鱼类群落结构研究[J]. *中国海洋大学学报*, 2011, 41(4): 33-38.
- SUN D R, LI Y, LIN Z J, et al. Community structure of fish in the coastal waters of Hainan Island [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2011, 41(4): 33-38.
- [12] 何雄波, 陶雅晋, 侯刚, 等. 北部湾斑鳍白姑鱼群体结构特征与时空分布[J]. *广东海洋大学学报*, 2015, 35(3): 35-42.
- HE X B, TAO Y J, HOU G, et al. Population structure and spatio-temporal distribution of *Pennahia pawak* in the Beibu Gulf, South China Sea [J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2015, 35(3): 35-42.
- [13] 颜云榕. 北部湾主要鱼类摄食生态及食物关系的研究[D]. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2010.
- YAN Y R. Feeding ecology and food relations of the main fishes in the Beibu Gulf, South China Sea [D]. Qingdao: The Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2010.
- [14] 颜云榕, 侯刚, 卢伙胜, 等. 北部湾斑鳍白姑鱼的年龄与生长[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(1): 145-155.
- YAN Y R, HOU G, LU H S, et al. Age and growth of pawak croaker *Pennahia pawak* in Beibu Gulf [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(1): 145-155.
- [15] 侯刚, 刘丹丹, 冯波, 等. 基于地标点几何形态测量法识别北部湾4种白姑鱼矢耳石形态[J]. *中国水产科学*, 2013, 20(6): 1293-1302.
- HOU G, LIU D D, FENG B, et al. Using landmark-based geometric morphometrics analysis to identify sagittal otolith of four fish species [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 20(6): 1293-1302.
- [16] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- ZHAN B Y. Fish stock assessment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [17] 刘涛, 戴小杰, 高春霞. 印度洋大眼金枪鱼生长和死亡参数的估算[J]. *上海海洋大学学报*, 2015, 24(1): 102-107.
- LIU T, DAI X J, GAO C X. Estimation of growth and mortality parameters of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2015, 24(1): 102-107.
- [18] 叶婷, 王迎宾, 周从羽. 鱼类体长频率数据结构对生长参数估算的影响分析[J]. *水产科学*, 2014, 33(5): 277-282.
- YE T, WANG Y B, ZHOU C Y. Analysis of effects of fish length frequency data on estimates of growth parameters [J]. *Fisheries Science*, 2014, 33(5): 277-282.
- [19] RICKER W E. Linear regressions in fishery research [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1973, 30(3): 409-434.
- [20] FROESE R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22(4): 241-253.
- [21] PITCHER T J, HART P J B. Fisheries ecology [M]. London: Croom Helm, 1982.
- [22] PAULY D, DAVID N. ELEFAN I, a BASIC Program for the

- objective extraction of growth parameters from length-frequency data[J]. Meeresforsch, 1981, 28(4): 205-211.
- [23] MUNRO J L, PAULY D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates[J]. Fishbyte, 1983, 1(1): 5-6.
- [24] PAULY D. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks[J]. FAO Fisheries Technical Paper, 1983, 234: 52.
- [25] PAULY D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks[J]. ICES Journal of Marine Science, 1980, 39(2): 175-192.
- [26] 何宝全, 李辉权. 珠江河口棘头梅童鱼的资源评估[J]. 水产学报, 1988, 12(2): 124-134.
HE B Q, LI H Q. Stock Assessment of *Collichthys lucidus* in pearl river estuary[J]. Journal of Fisheries of China, 1988, 12(2): 124-134.
- [27] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 基于长度贝叶斯生物量法估算北部湾二长棘鲷种群参数[J]. 水产学报, 2020, 44(10): 1654-1662.
WANG X H, QIU Y S, DU F Y, et al. Using length-based Bayesian biomass method to estimate *Parargyrops edita* population parameters in the Beibu Gulf, South China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(10): 1654-1662.
- [28] 耿平. 北部湾典型鱼类种群生长、死亡及开发状态的年际变化研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
GENG P. A study of inter-annual changes in growth, mortality and exploitation rate of representative fish stocks in Beibu Gulf [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [29] 彭露. 南海北部近海金线鱼的年龄、生长及数量分布[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
PENG L. Age, growth and quantity distribution of *Nemipterus virgatus* in the northern coast of the South China Sea[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [30] 张魁, 陈作志, 王跃中, 等. 北部湾短尾大眼鲷群体结构及生长、死亡和性成熟参数估计[J]. 热带海洋学报, 2016, 35(5): 20-28.
ZHANG K, CHEN Z Z, WANG Y Z, et al. Population structure of *Priacanthus macracanthus* in the Beibu Gulf, and parameters for its growth, mortality and maturity[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2016, 35(5): 20-28.
- [31] 黄真理, 常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报, 1999, 23(4): 330-336.
HUANG Z L, CHANG J B. Fractal characteristics of length-weight relationship in fish[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1999, 23(4): 330-336.
- [32] 徐海龙, 谷德贤, 乔秀亭, 等. 渤海湾主要渔业资源长度与体质量关系分析[J]. 南方水产科学, 2014, 10(1): 57-63.
XU H L, GU D X, QIAO X T, et al. Analysis of length-weight relationship for major fishing species from Bohai Bay [J]. South China Fisheries Science, 2014, 10(1): 57-63.
- [33] 朱立新, 侯刚, 梁振林. 基于贝叶斯方法的黄海北部鲈鱼体长与体重关系式参数估计[J]. 中国水产科学, 2015, 22(4): 757-769.
ZHU L X, HOU G, LIANG Z L. Parameter estimation of the weight-length relationship of Japanese anchovy in the north Yellow Sea using Bayesian methods[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(4): 757-769.
- [34] STERGIU K I, MOUTOPOULOS D K. A Review of length-weight relationships of fishes from greek marine waters[J]. Naga, 2001, 24(1/2): 23-39.
- [35] 李策, 李新辉, 李飞跃, 等. 基于单位补充量模型的西江赤眼鲷种群资源利用现状评价[J]. 中国水产科学, 2019, 26(1): 151-160.
LI C, LI X H, LI Y H, et al. Exploitation status of *Squaliobarbus curriculus* in the Xijiang River based on the analysis of the yield per recruit and spawning biomass per recruit models[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(1): 151-160.
- [36] 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.
YE J Q, XU Z L, CHEN J J, et al. Resources status analysis of large yellow croaker in Guanjin Yang using von Bertalanffy growth equation and fishing mortality parameters[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(2): 238-246.
- [37] GULLAND J A. Fish stock assessment: a manual of basic methods[M]. New York: FAO/Wiley, 1983.
- [38] 陈作志, 邱永松, 黄梓荣. 南海北部白姑鱼生长和死亡参数的估算[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 712-716.
CHEN Z Z, QIU Y S, HUANG Z R. Estimation of growth and mortality parameters of *Argyrosomus argentatus* in northern South China Sea[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(4): 712-716.
- [39] 官文江, 高峰, 雷林, 等. 渔业资源评估中的回顾性问题[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(5): 841-847.
GUAN W J, GAO F, LEI L, et al. Retrospective problem in fishery stock assessment [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(5): 841-847.
- [40] 张波, 金显仕, 戴芳群. 长江口两种重要石首鱼类的摄食习性[J]. 动物学报, 2008, 54(2): 209-217.
ZHANG B, JIN X S, DAI F Q. Feeding habits of the two sciaenid fishes near the Changjiang estuary [J]. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(2): 209-217.
- [41] 何雄波. 中国近海带鱼科(Trichiuridae)常见种空间分布、种群结构与营养生态研究[D]. 厦门: 集美大学, 2019.
HE X B. Spatial distribution, population structure and trophic ecology of common Trichiuridae species in the coastal waters of China[D]. Xiamen: Jimei University, 2019.
- [42] 颜云榕, 王田田, 侯刚, 等. 北部湾多齿蛇鲻摄食习性及其随生长发育的变化[J]. 水产学报, 2010, 34(7): 1089-

- 1098.
- YAN Y R, WANG T T, HOU G, et al. Feeding habits and monthly and ontogenetic diet shifts of the greater lizardfish, *Saurida tumbil* in the Beibu Gulf of the South China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2010, 34(7): 1089-1098.
- [43] 颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等. 北部湾宝刀鱼的摄食生态[J]. *生态学报*, 2011, 31(3): 654-665.
- YAN Y R, YANG H C, LU H S, et al. Feeding ecology of dorab wolf-herring, *Chirocentrus dorab* from the Beibu Gulf [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(3): 654-665.
- [44] 蒋日进, 金海卫, 周永东, 等. 东海竹筴鱼的食性[J]. *应用生态学报*, 2013, 24(7): 2015-2024.
- JIANG R J, JIN H W, ZHOU Y D, et al. Feeding habits of *Trachurus japonicus* in the East China Sea [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(7): 2015-2024.
- [45] 李忠炉, 张文旋, 何雄波, 等. 南海北部湾秋季蓝圆鲷与竹筴鱼的摄食生态及食物竞争[J]. *广东海洋大学学报*, 2019, 39(3): 79-86.
- LI Z L, ZHANG W X, HE X B, et al. Feeding ecology and feeding competition between *Decapterus maruadsi* and *Trachurus japonicus* in autumn in the Beibu Gulf, South China Sea[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2019, 39(3): 79-86.
- [46] 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 等. 基础生态学[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- NIU C J, LOU A R, SUN R Y. *Fundamentals of ecology* [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2007.

Analysis of fishery biology of *Pennahia pawak* in Beibu Gulf

YI Xiaoying¹, QIU Kangwen¹, ZHOU Xiao¹, ZHAO Chunxu^{2,3}, DENG Yujian¹, HE Xiongbo¹, YAN Yunrong^{1,2,4,5}

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China; 2. Marine Resources Big Data Center of South China Sea, Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory, Zhanjiang 524013, Guangdong, China; 3. College of Fisheries, Jimei University, Xiamen 361021, Fujian, China; 4. Guangdong Provincial Engineering and Technology Research Center of Far Sea Fisheries Management and Fishing of South China Sea, Zhanjiang 524088, Guangdong, China; 5. Center of Marine Fisheries Information Technology, Shenzhen Institute of Guangdong Ocean University, Shenzhen 518120, Guangdong, China)

Abstract: The samples of *Pennahia pawak* were collected at the Behai and Dongfang fishing ports along the coast of Beibu Gulf from 2008 to 2009 and 2018 to 2019. Samples were measured for biological data. Length frequency analysis (ELEFAN) technique with FiSAT II software was used to analyze the growth, mortality parameters and exploitation rate to assess the resource utilization status in the two periods. The results indicated that the dominant body length was 11 – 17 cm and 10 – 15 cm, with the body length decreasing from 14.83 cm to 12.59 cm in the two periods. The dominant body mass were 30 – 100 g and 10 – 80 g, with the body mass decreasing from 85.88 g to 52.91 g. The average of body length and body mass decreased by 15.1% and 38.4%, respectively. The allometric parameter b in the two periods was 2.84 and 3.00, $P. pawak$ tended to isometric growth. L_{∞} (asymptote length) declined 8.7% from 24.15 cm to 22.05 cm while L_c (first catchable size) declined 18.1% from 12.56 cm to 10.29 cm. The growth parameter K decreased from 0.39 to 0.32. The total mortality coefficient decreased from 1.39 to 1.17. The natural mortality coefficient of $P. pawak$ was 0.98 and 0.90. The fishing mortality coefficients was 0.41 and 0.28. The exploitation rate decreased from 0.29 to 0.24, respectively. The population structure of $P. pawak$ in the Beibu Gulf showed a tendency to miniaturize and it was not over-exploited.

Key words: *Pennahia pawak*; Beibu Gulf; growth parameter; mortality parameter