

南海西沙群岛七连屿金带齿颌鲷的部分生物学特征

龚玉艳^{1,2}, 张俊¹, 陈作志¹, 蔡研聪¹, 杨玉滔¹

1. 中国水产科学研究院南海水产研究所/农业农村部北海渔业可持续利用重点实验室, 广东广州 510300

2. 上海海洋大学海洋生物资源与管理学院, 上海 201306

摘要: 金带齿颌鲷 (*Gnathodentex aurolineatus*) 是南海珊瑚礁鱼类的优势种之一。为研究南海西沙群岛七连屿金带齿颌鲷的生长规律和种群特征, 并为深入认识南海珊瑚礁鱼类的种群生物学积累基础数据, 分别于 2020 年 9 月和 2021 年 9 月在南海西沙群岛七连屿附近海域采集金带齿颌鲷共 522 尾, 对其部分生物学特征进行了研究 (包括体质量、体长、性成熟度、性比、摄食强度和食性)。结果表明: 金带齿颌鲷体质量介于 26.64~184.08 g, 平均为 94.02 g; 体长介于 101~187 mm, 平均为 150 mm; 2020 和 2021 年的体长和体质量分布均存在极显著差异 ($p<0.01$); 体长与体质量关系生长参数 b 值为 2.84; 性腺成熟度均以 II 期为主, 雌性初次性成熟体长为 153.91 mm; 2020 年 9 月空胃率很高 (40.35%), 而 2021 年 9 月摄食等级以 2、3 级为主 (54.47%); 金带齿颌鲷主要摄食鱼类、腹足类和甲壳类等, 相对重要性指数百分比 (%IRI) 分别为 38.29%、24.85% 和 17.73%, 属于无脊椎动物和鱼类食性鱼类, 营养级为 3.44; 不同饵料类群在不同体长组中的比重明显不同, 大个体饵料比重随体长的增加而上升, 小个体饵料比重随体长的增加而下降。

关键词: 金带齿颌鲷; 珊瑚礁鱼类; 生物学特征; 七连屿; 南海

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Some biological characteristics of *Gnathodentex aurolineatus* from Qilianyu Islands in Xisha Islands of South China Sea

GONG Yuyan^{1,2}, ZHANG Jun¹, CHEN Zuozhi¹, CAI Yancong¹, YANG Yutao¹

1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences/Key Laboratory for Sustainable Utilization of Open-Sea Fishery, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510300, China

2. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: *Gnathodentex aurolineatus* is one of the dominant species among coral-reef fishes in the South China Sea. To investigate the growth patterns and population characteristics of *G. aurolineatus* in the Qilian Islands, and to accumulate fundamental data for a deeper understanding of the population biology of coral reef fishes in the South China Sea, we collected 522 individuals of *G. aurolineatus* from the waters near the Qilianyu Islands in the Xisha Islands of the South China Sea from September 2020 to September 2021, and investigated some of their biological characteristics (Body mass, standard length, sexual maturity, sex ratio, feeding intensity, and feeding habit). The results show that the body mass of *G. aurolineatus* ranged from 26.64 to 184.08 g, with an average of 94.02 g, and the standard length ranged from 101 to 187 mm, with an average of 150 mm. There were significant differences in the standard length distribution and body mass distribution between the two years ($p<0.01$). The growth parameter b of the standard length-body mass relationship was 2.84. Gonadal maturity was mainly at Stage II, and the

收稿日期: 2025-02-27; 修回日期: 2025-04-08

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2024YFD2400505); 农业农村部财政专项项目 (NFZX2021); 中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助 (2023TD05); 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31902374)

作者简介: 龚玉艳 (1985—), 女, 助理研究员, 博士, 研究方向为渔业生物摄食生态及食物网。E-mail: yuyangong@163.com

通信作者: 陈作志 (1978—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为渔业资源和海洋生态。E-mail: zzchen2000@163.com

first sexual maturity standard length of females was 153.91 mm. In September 2020, the empty stomach rate was very high (40.35%), while in September 2021, the feeding levels were mainly at grades 2 and 3 (54.47% in total). *G. aurolineatus* primarily fed on fishes, gastropods and crustaceans, with relative importance index percentages (%IRI) of 38.29%, 24.85%, and 17.73%, respectively. It was an invertebrate feeder and piscivore species with a trophic level of 3.44. The proportion of different prey categories varied significantly among different standard length groups, with the proportion of larger prey increasing and that of smaller prey decreasing as standard length increased.

Keywords: *Gnathodentex aurolineatus*; Coral reef fish; Biological characteristics; Qilianyu Islands; South China Sea

七连屿是中国南海西沙群岛的一部分, 主要由赵述岛、北岛、中岛、南岛、北沙洲、中沙洲和南沙洲组成, 属于典型的热带海洋性气候, 终年高温、高湿和高盐^[1]。珊瑚礁鱼类是珊瑚礁生态系统的重要组成部分, 是维持珊瑚礁健康的关键生物类群^[2-3]。我国对珊瑚礁鱼类的研究主要集中于鱼类种类组成^[4-5]、多样性^[6-7]和食性特征^[8-9]等方面。近几年, 也涌现了较多对重要典型礁栖性鱼类生物学特征的研究, 如金带齿颌鲷 (*Gnathodentex aurolineatus*)^[10]、犬牙锥齿鲷 (*Pentapodus caninus*)^[11]、黑缘尾九棘鲈 (*Cephalopholis spiloparaea*)^[12]、四带笛鲷 (*Lutjanus kasmira*)^[13]和蜂巢石斑鱼 (*Epinephelus merra*)^[14]等。这些都是南海珊瑚礁生态系统的优势鱼类, 对其进行生物学特征的研究有助于深入了解各岛礁鱼类的群落状况。

金带齿颌鲷属辐鳍鱼纲、鲈形目、裸颊鲷科, 为典型的珊瑚礁鱼类, 主要分布于印度—太平洋海区, 在我国西沙、南沙海域均有分布, 常常是各岛礁的优势种^[10]。金带齿颌鲷通常居住在潮下礁滩、泻湖和向海的珊瑚礁, 可能表现出单独或群体行为, 偶尔形成大约 100 尾或更多个体的群体^[15]。金带齿颌鲷在夜间主要以底栖动物为食, 体内可能积累热带鱼毒^[10,15]。张俊等^[10]于 2015 年对南沙海域永暑礁金带齿颌鲷的体长与体质量、年龄、性比及性腺成熟度、摄食强度等生物学特征作了初步研究; 张俊^[5]又于 2020 年对美济礁金带齿颌鲷不同年度的群体结构、生物学特征作了研究, 认为金带齿颌鲷群落结构显著变小, 具有小型化趋势。此外, 王晶晶等^[16]比较分析了南海 3 个岛礁海域金带齿颌鲷的鳃组织和肠道菌群结构及其肠道菌群对碳源的利用特征。然而, 在摄食习性方面, 对金带齿颌鲷的研究极少。因此, 本研究根据 2020 年 9 月和 2021 年 9 月在南海西沙群岛七连屿附近海域进行的渔业资源调查数据, 除了对金带齿颌鲷进

行常规的生物学研究外, 还在摄食习性方面作了较为详细的研究, 旨在了解七连屿金带齿颌鲷的生长规律和种群特征, 为深入认识南海珊瑚礁鱼类的种群生物学积累资料。

1 材料与方法

1.1 样品采集

于 2020 年 9 月和 2021 年 9 月在西沙群岛七连屿附近海域 (112°12'E—112°21'E、16°55'N—17°00'N) 进行鱼类样本采集。采集方式为手钓和潜捕, 钓具的钓钩尺寸为 25 mm × 10 mm, 以新鲜渔获物作饵; 潜捕采用的工具主要有鱼枪、鱼刺及手抄网等。所有捕获的鱼类样本运回岛后均于 -20 ℃ 冰箱保存。

1.2 生物学测定

把鱼类带回实验室后进行种类鉴定及体质量、体长、性腺成熟度和摄食等级等生物学测定。体长和体质量分别用量鱼尺 (精度为 1 mm) 和天平 (精度为 0.1 g) 测定, 性腺成熟度采用 I—VI 期划分, 摄食等级采用 0—4 级划分^[17]。采用倒置解剖镜对金带齿颌鲷的胃含物进行种类辨别及计数, 食物质量精确到 0.001 g, 尽可能鉴定到最低分类阶元。

1.3 数据处理

1.3.1 体长与体质量分布

根据频率分布法, 将金带齿颌鲷体长和体质量组距分别设为 10 mm 和 15.00 g。

1.3.2 体长和体质量关系

金带齿颌鲷的体长和体质量关系采用下式进行拟合:

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

式中: L 代表体长 (mm); M 代表体质量 (g); a 代表条件因子; b 代表异速生长因子^[17]。

1.3.3 初次性成熟体长 (L_{50})

利用 Logistic 方程估算金带齿颌鲷的雌性初次性成熟体长^[18]:

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp[-r(L_i - L_{50})]} \quad (2)$$

式中： P_i 为各雌性体长组 L_i 对应的成熟个体比例； L_{50} 为雌性初次性成熟体长 (mm)； r 为模型参数。

1.3.4 食性分析

为比较金带齿颌鲷不同物种间饵料的重要性，计算了相对重要性指数 (IRI)：

$$IRI_i = (N_i\% + W_i\%) \times F_i\% \quad (3)$$

式中： $N_i\%$ 为饵料 i 的个数百分比； $W_i\%$ 为饵料 i 的质量百分比； $F_i\%$ 为饵料 i 的出现频率。

为比较各饵料，IRI 标准化为相对重要性指数百分比 (%IRI)：

$$\%IRI_i = \frac{IRI_i}{\sum_{i=1}^n IRI_i} \times 100 \quad (4)$$

式中： n 为某一分类学水平上的食物类别总数； i 为某一特定饵料类别。

1.3.5 营养级

根据张波和唐启升^[19] 的研究对金带齿颌鲷的营养级进行估算，公式为：

$$TL_i = 1 + \sum_{j=1}^n DC_{ij} TL_j \quad (5)$$

式中： TL_i 为捕食鱼 i 的营养级； DC_{ij} 为捕食鱼 i 的食物 j 占饵料组成的比例； TL_j 为被捕食鱼 i 捕食的物种 j 的营养等级。按照国际标准划分和计算营养等级：绿色植物代表第一营养等级 (1 级)，食草动物代表第二营养等级 (2 级)，以食草动物为食的食肉动物代表第三营养等级 (3 级)，以此类推。

2 结果

2.1 群体组成

本研究共采集金带齿颌鲷 522 尾，体质量介于 26.64~184.08 g，平均为 94.02 g；体长介于 101~187 mm，平均为 150 mm (表 1)。不同年份体质量、体长分布见表 1，不同年份体质量组和体长组分布频率见图 1。金带齿颌鲷在 2 个年份的体质量和体长分布均存在极显著差异 (Mann-Whitney U-test, $p < 0.01$)；但各年份的雌、雄体质量或体长分布均不存在显著差异 (Mann-Whitney U-test, $p > 0.05$)。

表1 金带齿颌鲷不同年月的体长和体质量信息

Table 1 Information of standard length and body mass distribution of *G. aurolineatus* in different years and months

日期 Date	数量 Number	雌性：雄性：未知 Female：Male：Unknown	体长 Standard length/mm		体质量 Body mass/g	
			范围 Range	平均 Mean	范围 Range	平均 Mean
2020 年 9 月	399	201：187：11	101~187	149	26.64~184.08	92.07
2021 年 9 月	123	63：47：13	103~183	155	30.07~165.85	100.34
2020—2021 年	522	264：234：24	101~187	150	26.64~184.08	94.02

金带齿颌鲷的体长与体质量之间符合幂函数关系 (图 2)，总体体长和体质量的关系为： $M = 6 \times 10^{-5} L^{2.8357}$ ($r^2 = 0.8994$, $n = 522$)。体长-体质量关系的雌、雄差异不显著 (Mann-Whitney U-test, $p > 0.05$)。

2.2 性比与性腺成熟度

共采集金带齿颌鲷 522 尾，雌、雄性分别为 264、234 尾，雌雄比为 1.13：1；2 次采集的样本均以雌性多于雄性，雌、雄比分别为 1.07：1 和 1.34：1。样本总体雌、雄性比与 1：1 差异不显著 (Binomial tests, $p > 0.05$)，各年份的雌、雄性比也均与 1：1 差异不显著 (Binomial tests, $p > 0.05$)。总体而言，未知雌雄的样本主要分布在较小的体长组，

随着体长组的增大，其比例降低 (图 3)。

金带齿颌鲷在 2020 年 9 月和 2021 年 9 月的性腺成熟度均以 II 期最多，性腺开始成熟个体 (III—VI 期) 分别占总体的 37.59% 和 35.77%。金带齿颌鲷的性腺成熟度在不同年份间不存在显著差异 (Mann-Whitney U-test, $p > 0.05$) (图 4)，但在不同体长组间存在极显著差异 (Kruskal-Wallis H, $p < 0.01$)，性腺成熟度随体长的增加而增大，性成熟个体比例随体长组的增大而增加 (图 5)。

2.3 初次性成熟体长

金带齿颌鲷雌性性腺开始成熟时的体长介于 137~183 mm，利用 Logistic 方程估算其初次性成熟体长为 153.91 mm (图 6)。

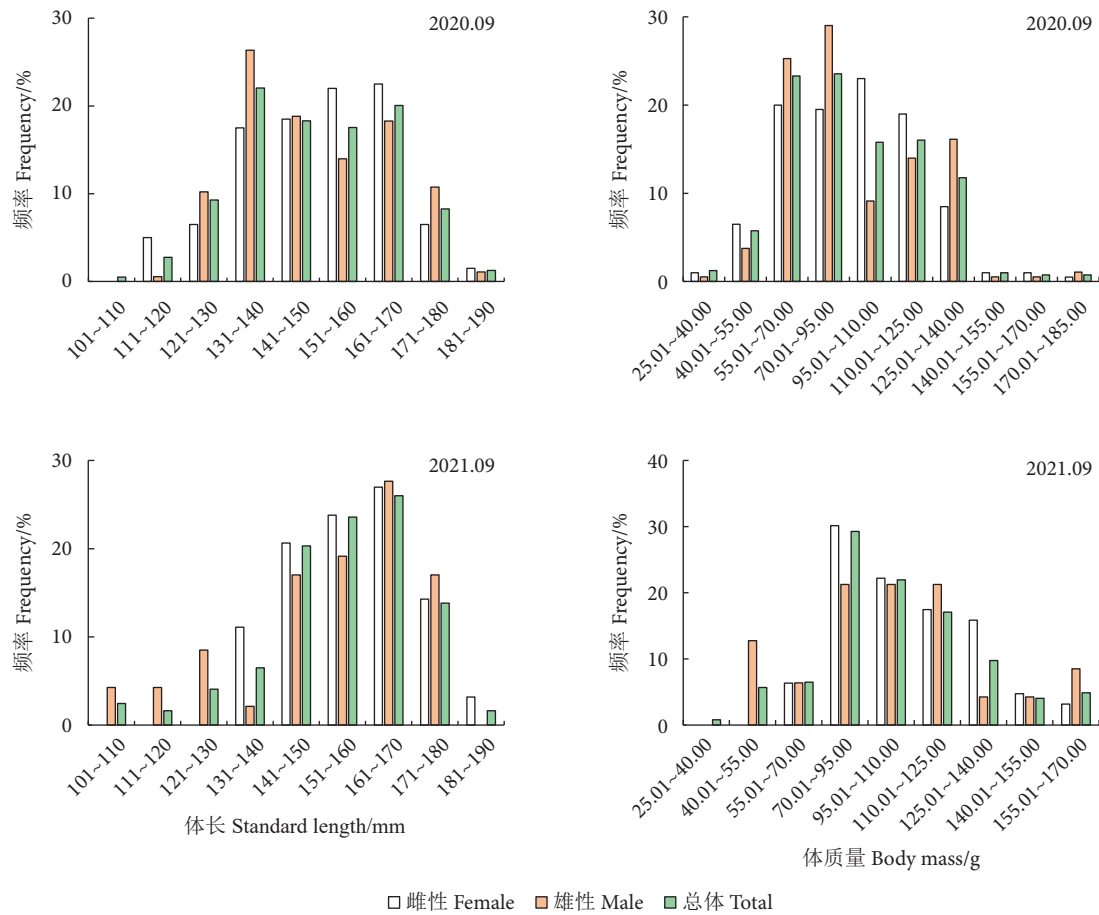


图1 七连屿金带齿颌鲷体长和体质量的分布

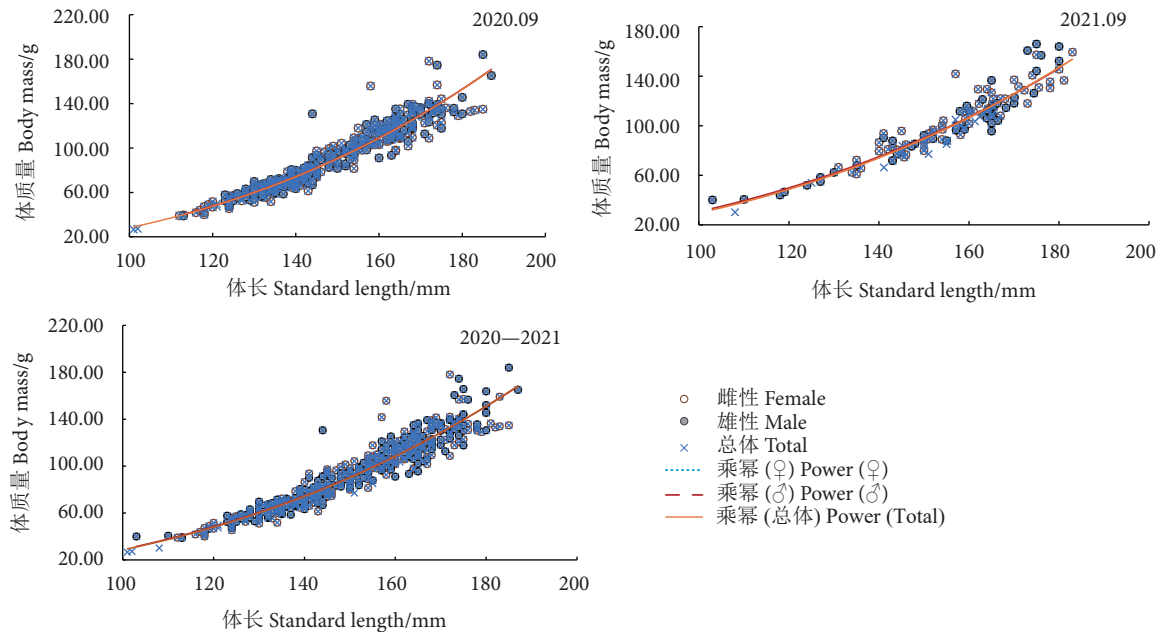
Fig. 1 Distribution of standard length and body mass of *G. aurolineatus*

图2 七连屿金带齿颌鲷体长与体质量关系

Fig. 2 Relationship between standard length and body mass of *G. aurolineatus* in Qilanyu Islands

2.4 摄食等级及随个体生长发育的变化

金带齿颌鲷的摄食等级 0—4 级占比分别为 35.06%、25.48%、22.22%、12.64% 和 4.60%，摄

食等级以 0 级最多，尤其在 2020 年 9 月，0 级占 40.35%。在 2021 年 9 月，摄食等级以 2 级最多，占 30.08%，其次是 3 级，占 24.39%。摄食等级在

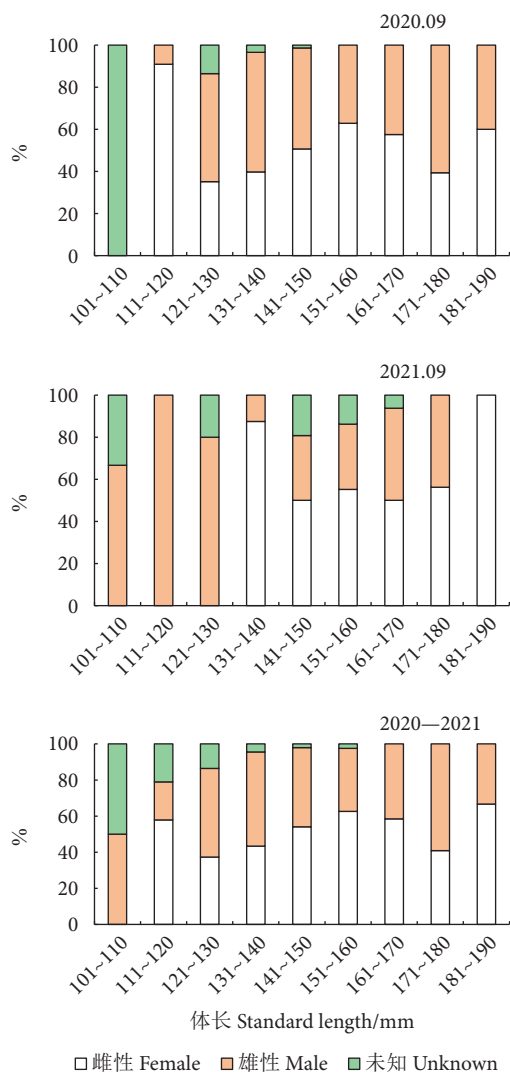


图3 七连屿金带齿颌鲷性比和体长的关系

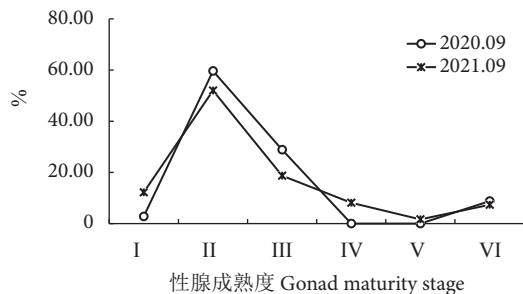
Fig. 3 Relationship between sex ratio and standard length of *G. aurolineatus*

图4 金带齿颌鲷不同年份性腺成熟度百分比组成

Fig. 4 Percentage composition of different gonad maturity stages of *G. aurolineatus* in different years

不同年份间存在显著差异 (Mann-Whitney U-test, $p < 0.01$) (图 7), 但在各年份的不同体长组间不存在显著差异 (Kruskal-Wallis H, $p > 0.05$) (图 8)。

2.5 食物组成

共分析了金带齿颌鲷 103 个实胃, 发现其食物

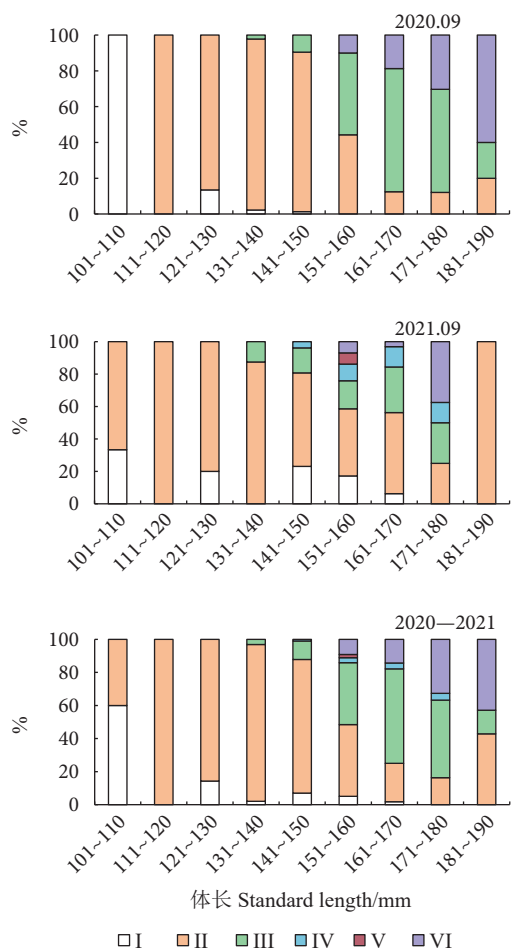


图5 七连屿金带齿颌鲷不同体长组的性腺成熟度百分比组成

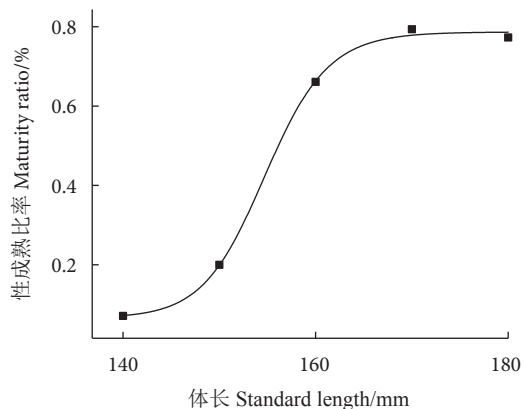
Fig. 5 Percentage composition of different gonad maturity stages of *G. aurolineatus* with different standard lengths

图6 雌性金带齿颌鲷初次性成熟体长

Fig. 6 Standard length at first maturity of female *G. aurolineatus*

主要隶属于 11 个类群, 其中鱼类的 %IRI、N%、F% 和 W% 相对较高, 分别为 38.29%、5.50%、32.04% 和 49.12%; 其次为腹足类, 分别为 24.85%、50.86%、53.40% 和 9.20%; 然后是甲壳类, 分别为 17.73%、19.59%、64.14% 和 20.02%。

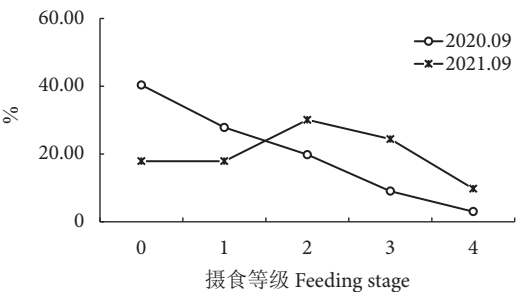


图7 金带齿颌鲷不同年份摄食等级百分比组成
Fig. 7 Percentage composition of different feeding stages of *G. aurolineatus* in different years

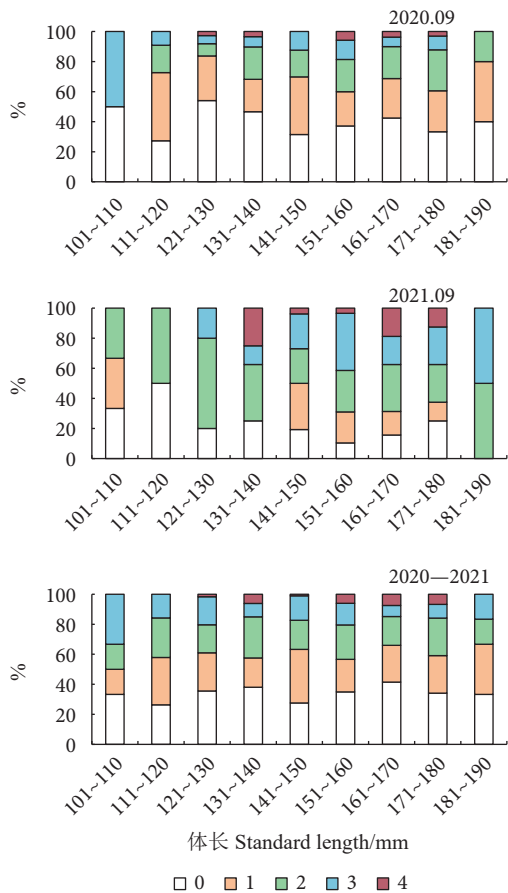


图8 金带齿颌鲷不同体长组摄食等级百分比组成
Fig. 8 Percentage composition of different feeding stage of *G. aurolineatus* in standard length

此外, 金带齿颌鲷还摄食蛇尾类、多毛类、头足类、海胆类、浮游幼体类、多板类、双壳类和掘足类, %IRI 依次为 9.75%、3.87%、1.74%、1.64%、1.59%、0.43%、0.07% 和 0.04% (表 2)。显然, 金带齿颌鲷属于鱼类与无脊椎动物食性鱼类。

2.6 食性变化

鱼类饵料在最小体长组的 %IRI 最低, 为 13.36%。随着体长组的增大, %IRI 也不断增大至最大体长组的 70.78%。总体上, 腹足类和甲壳类

表2 金带齿颌鲷的食物组成
Table 2 Diet composition of *G. aurolineatus*

食物种类 Food type	N%	F%	W%	%IRI
多毛类 Polychaetes	7.56	20.39	0.77	3.87
多板类 Polyplacophora	1.03	8.74	1.14	0.43
掘足类 Scaphopoda	0.46	3.88	0.03	0.04
腹足类 Gastropods	50.86	53.40	9.20	24.85
捻螺科 Acteonidae	0.34	2.91	0.03	0.03
扁螺科 Adeorbidae	0.34	2.91	0.09	0.03
明螺 <i>Atlanta peroni</i>	0.11	0.97	0.00	0.00
阿地螺科 Atyidae	15.81	24.27	0.95	9.27
蛾螺科 Buccinidae	2.98	13.59	0.70	1.14
枣螺科 Bullidae	1.83	5.83	0.08	0.25
丽口螺属 <i>Calliostoma</i> sp.	0.34	0.97	0.01	0.01
长吻龟螺 <i>Cavolinia longirostris</i>	0.92	2.91	0.16	0.07
蟹守螺科 Cerithiidae	0.23	1.94	0.14	0.02
嵌线螺科 Cymatiidae	0.80	4.85	0.10	0.10
宝贝科 Cypraeidae	0.69	4.85	0.27	0.11
天螺科 Dialidae	0.34	2.91	0.01	0.02
爱神螺科 Eratoidae	0.11	0.97	0.07	0.00
拟枣贝属 <i>Erronea</i> sp.	0.11	0.97	0.08	0.00
钥孔蛾科 Fissurellidae	0.23	1.94	0.02	0.01
三口螺科 Hriphoridae	0.11	0.97	0.00	0.00
菲律宾缘螺 <i>Marginella philippinarum</i>	0.69	3.88	0.12	0.07
缘螺科 Marginidae	0.23	1.94	0.06	0.01
小笔螺属 <i>Mitrella</i> sp.	0.80	4.85	0.05	0.09
笔螺科 Mitridae	0.46	2.91	0.04	0.03
骨螺科 Muricidae	0.11	0.97	0.00	0.00
织纹螺科 Nassariidae	0.11	0.97	0.03	0.00
蛭螺科 Neritidae	0.11	0.97	0.02	0.00
榧螺科 Olividae	0.57	3.88	0.26	0.07
帽贝科 Patellidae	0.92	4.85	0.06	0.11
细沟蛹螺 <i>Pupa strigosa</i>	0.11	0.97	0.00	0.00
核螺科 Pyrenidae	1.83	8.74	0.33	0.43
鹿眼螺科 Rissoidae	0.46	3.88	0.07	0.05
中华楯蛾 <i>Scutus sinensis</i>	0.23	1.94	0.01	0.01
猎女神螺科 Triviidae	0.23	0.97	0.07	0.01
马蹄螺科 Trochidae	1.83	7.77	0.28	0.37
蝶螺科 Turbinidae	1.15	3.88	0.50	0.15

续表 2to be continued

食物种类 Food type	N%	F%	W%	%IRI
不可辨别腹足类 Unidentified Gastropods	14.78	28.16	4.40	12.31
菖蒲螺属 <i>Vexillum</i> sp.	0.11	0.97	0.12	0.01
衣笠螺科 Xenophoridae	0.11	0.97	0.01	0.00
中华杂螺 <i>Zafra sinensis</i>	0.69	2.91	0.04	0.05
双壳类 Lamellibranchia	1.26	8.74	0.65	0.07
鸟蛤科 Cardiidae	0.11	0.97	0.01	0.00
铰蛤科 Limidae	0.11	0.97	0.33	0.01
扇贝科 Pectinidae	0.34	2.91	0.17	0.03
海菊蛤科 Spondylidae	0.11	0.97	0.08	0.00
樱蛤科 Tellinidae	0.11	0.97	0.01	0.00
不可辨别双壳类 Unidentified Lamellibranchia	0.11	0.97	0.01	0.00
帘蛤科 Veneridae	0.34	1.94	0.04	0.02
头足类 Cephalopods	1.60	10.68	5.53	1.74
甲壳类 Crustaceans	19.59	62.14	20.02	17.73
磷虾类 Euphausiacea	0.23	0.97	0.00	0.01
铠甲虾科 Galatheidae	0.34	1.94	0.36	0.03
寄居蟹 Hermit crabs	2.06	6.80	1.19	0.50
等足类 Isopoda	0.23	0.97	0.00	0.01
海南细螯虾 <i>Leptochela hainanensis</i>	0.34	0.97	0.02	0.01
花瓣蟹 <i>Liomera</i> sp.	0.11	0.97	0.19	0.01
口足类 Stomatopoda	0.11	0.97	0.01	0.00
不可辨别蟹类 Unidentified crab	6.07	26.21	7.10	7.87
不可辨别甲壳类 Unidentified Crustaceans	5.15	13.59	4.62	3.03
不可辨别虾类 Unidentified shrimp	4.81	25.24	6.07	6.26
扇蟹科 Xanthidae	0.11	0.97	0.45	0.01
鱼类 Fish	5.50	32.04	49.12	38.29
鰕虎鱼科 Gobiidae	0.11	0.97	0.45	0.01
不可辨别鱼类 Unidentified fish	5.38	31.07	48.67	38.27
海胆类 Echinoidea	2.52	13.59	3.28	1.64
长海胆科 Echinometridae	0.11	0.97	0.00	0.00
不可辨别海胆类 Unidentified Echinoidea	2.41	12.62	3.28	1.63
蛇尾类 Ophiuroidea	4.12	32.04	9.23	9.75
浮游幼体 Pelagic larvae	5.50	10.68	1.05	1.59

的 %IRI 具有低体长组高于高体长组的趋势，而整个无脊椎动物的 %IRI 更明显呈现出随体长组的增大而逐渐减小的趋势 (图 9)。

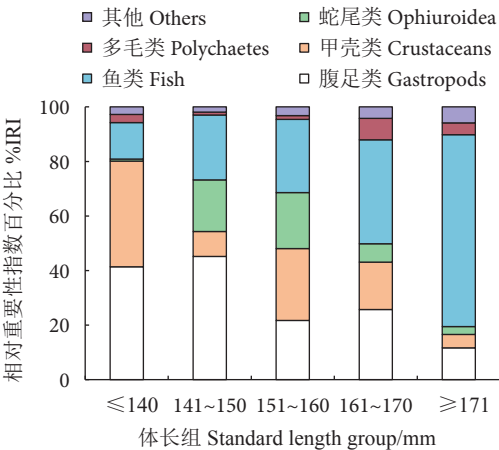


图9 不同体长组金带齿颌鲷主要食物类群的相对重要性指数百分比

Fig. 9 %IRI for main prey groups in diet of *G. aurolineatus* among different standard length groups

金带齿颌鲷的胃饱满指数 (RI) 在 2021 年 9 月 (1.99%) 高于 2020 年 9 月 (1.05%)。RI 随着体长的增长而增加，最低值出现在 ≤ 140 mm 和 141~150 mm 体长组，最高值出现在 ≥ 171 mm 体长组 (图 10)。

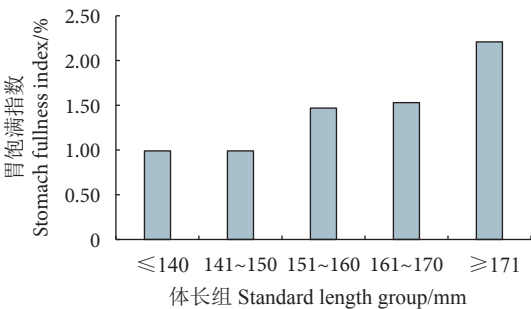


图10 不同体长组金带齿颌鲷的胃饱满指数

Fig. 10 Stomach fullness index of *G. aurolineatus* for different standard length groups

2.7 营养级

通过对饵料生物的估算，金带齿颌鲷的平均营养级为 3.44，属第三营养级的低级肉食性动物。其营养级有随体长组增大而升高的趋势，其中以 ≤ 140 mm 体长组的营养级最低 (3.34)；次低为 141~150 mm 体长组 (3.37)；151~160 mm 和 161~170 mm 体长组的营养级较为接近，分别为 3.44 和 3.45； ≥ 171 mm 体长组的营养级最高，为 3.57 (图 11)。

3 讨论

3.1 生长特性

本研究中，金带齿颌鲷的体长范围为 101~187 mm，平均体长为 150 mm。体长范围比张俊等^[10] 在南沙

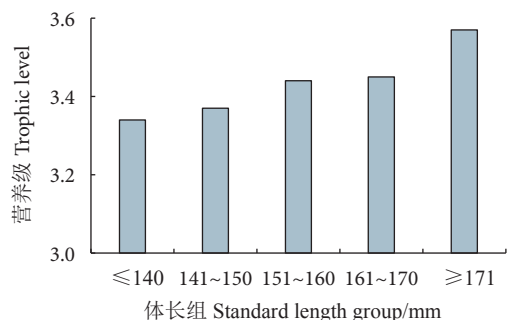


图11 不同体长组金带齿颌鲷的营养级

Fig. 11 Trophic level of *G. aurolineatus* among different standard length groups

群岛永暑礁调查的宽, 平均体长也较长。这可能主要与采样方式有关, 张俊等^[10]的调查仅采用手钓方式, 样本采集方式单一, 对样本规格具有一定的限制, 而本研究采用了手钓、鱼枪、鱼刺及手抄网的方式收集样本, 能够收集到更大范围的样本。金带齿颌鲷2个年份的体长和体质量分布均存在极显著差异, 也可能与采样方式和样本量大小有关^[20]。2021年9月采用潜捕的方式收集样本, 样本规格明显比2020年9月手钓采集的大。张俊等^[10]的研究结果显示, 不同月份采集的金带齿颌鲷的体长和体质量不存在显著差异, 认为可能与网具的选择及采样数量少有关。此外, 鱼类不同月份体长和体质量的差异也可能与其季节性生长的特点有关^[11]。Carpenter和Allen^[21]认为金带齿颌鲷的极限全长为300 mm, 常见个体全长一般约为200 mm。本研究金带齿颌鲷样品最大全长为235 mm, 超过该值。

体长与体质量的关系是生物学研究的基本内容, 通常用于描述鱼类个体的生长规律, 可为鱼类资源评估模型的应用提供重要基础参数^[22]。Hiyama^[23]认为, 若 $b=3$ 表明体长和体质量等速增加, 鱼类为均匀生长; 若 $b>3$ 则说明鱼类处于正异速生长状态; $b<3$ 说明鱼类处于负异速生长状态。本研究中, 金带齿颌鲷的 b 值为2.84, 与张俊等^[10]的报道相似, 属于接近匀速的负异速生长, 即体长生长速度大于体质量生长速度。不同珊瑚礁鱼类的 b 值可能不同。黑缘尾九棘鲈^[12]和蜂巢石斑鱼^[14]的 b 值均 <3 , 犬牙锥齿鲷^[11]的 b 值等于3, 而四带笛鲷 b 值存在年际变化和季节波动, 但基本在2.5~3.5之间, 张俊等^[13]认为体长范围及其集中程度的差异是导致四带笛鲷 b 值波动的主要因素。Froese^[24]研究表明, 鱼类样本体长范围是影响体长-体质量关系参数的主要因子。陈新军^[17]认为

参数 b 值会受到食物组成、性腺成熟度等因素的影响。而Stergiou和Moutopoulos^[25]认为, 鱼类异速生长可能还与捕捞压力有关, 在捕捞压力相对较低时, 鱼类体质量生长速度增大, 从而使 b 值变大。七连屿常年居住着数百名以捕鱼为业的渔民, 强大的捕捞压力使七连屿的鱼类趋于小型化^[5,26]。金带齿颌鲷的负异速生长也可能与七连屿的捕捞压力过大有关。

3.2 性比和性腺发育

本研究中, 金带齿颌鲷的雌性多于雄性, 与永暑礁的金带齿颌鲷^[10]、四带笛鲷^[13]和犬牙锥齿鲷^[11]等鱼类的雌雄性比相似, 这种增加雌性数量的性比模式能够使产卵量最大化^[27-28]。金带齿颌鲷的性腺成熟度以II期居多, 与永暑礁的金带齿颌鲷^[10]以及南海海域其他礁栖鱼类如蜂巢石斑鱼^[14]、尾纹九棘鲈(*C. urodeta*)和六角石斑鱼(*E. hexagonatus*)^[4]等的调查结果相似。金带齿颌鲷不同体长组的性腺成熟度还存在极显著差异, 性成熟个体比例表现出随体长组的增大而增加的趋势, 符合鱼类正常的生长发育形式^[29]。Pothin等^[30]研究印度洋留尼汪岛(Reunion Island)的金带齿颌鲷幼体生活史特征时发现, 12月是该海域金带齿颌鲷的产卵时间。本研究中, 金带齿颌鲷也出现了性成熟个体(IV—VI期), 并占总个体数的10.73%, 说明9月是七连屿金带齿颌鲷的产卵时间。由于本研究仅对七连屿9月的金带齿颌鲷的部分生物学特征作了初步分析, 在未来还需进一步调查金带齿颌鲷在其他月份的生长、年龄和繁殖等方面的特征, 以期南海珊瑚礁鱼类的生物学研究积累资料。

3.3 摄食习性

金带齿颌鲷在2020年9月的空胃率较高, 而在2021年9月, 其摄食等级则以2、3级为主, 这可能与金带齿颌鲷的摄食习性及采样时间有关。金带齿颌鲷是夜间活动动物, 白天静止, 晚上游至珊瑚礁外围寻找底栖性食物^[31]。在2020年9月, 白天和晚上均采集到金带齿颌鲷样本, 其白天基本不摄食很可能是导致空胃率较高的主要原因。而在2021年9月, 金带齿颌鲷主要在半夜采集, 其胃中已摄食了一定食物, 因此空胃率明显较低。金带齿颌鲷的RI在2020年9月低于2021年9月也可能主要与其摄食习性及采样时间有关。金带齿颌鲷在2021年9月均为晚上采集, 其RI明显高于在

2020年9月白天和晚上采集的鱼类样本的RI,摄食强度晚上明显高于白天。金带齿颌鲷的RI并未随体长的增大而减小,反而随体长的增大而增加,与大中型鱼类的研究结果不同^[32-33]。七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)的RI也不随体长的增大而减小,而是呈正态分布状变化。金海卫等^[34]认为,小型鱼类摄食强度与体长的关系不能与大中型鱼类相提并论。金带齿颌鲷样本的体型较小,其RI与体长的关系有待进一步研究。

金带齿颌鲷主要摄食小章鱼、乌贼、小鱼、虾及蟹类等底栖性动物^[31]。本研究中,金带齿颌鲷大量摄食鱼类,以及腹足类、甲壳类、蛇尾类、多毛类和海胆类等底栖性无脊椎动物。Hiatt和Strasburg^[35]调查发现,金带齿颌鲷摄食了甲壳动物的扇蟹科、腹足类的蟹守螺属(*Cerithium* sp.)、多毛类和鱼类的*Stenatherina temmincki*,认为金带齿颌鲷主要摄食底栖动物。本研究与该结果相似,摄食的饵料类群相同,但也有差异,本研究中鱼类饵料在食物中的比重更大。七连屿以小型鱼类为主^[26],与腹足类、甲壳类相比,鱼类的营养价值更高,丰富适口的鱼类饵料可能更受金带齿颌鲷的青睐。金带齿颌鲷的食物随体长的变化反映了其个体发育过程中摄食习性的改变。个体和摄食器官的成熟和增大会导致鱼类对饵料生物个体和种类选择性的增加^[36]。金带齿颌鲷的饵料种类虽然在各体长组中的变化不大,但不同饵料种类在不同体长组中的比重却明显不同,而且还呈现出大个体饵料(如鱼类)随体长组的增大而比重增加、小个体饵料(如底栖性无脊椎动物)随体长组的增大而比重减小的趋势,符合“最佳摄食理论”^[37]。鱼类摄食随体长的变化而变化是一个普遍现象,能够满足不同发育阶段鱼类的饵料需求,以减小大、小个体间的食物竞争,在许多鱼类中均有此现象。魏秀锦等^[33]发现,随着小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)体长的增加,其饵料个数减少,饵料个体增大,由小个体的浮游动物食性到混合动物食性,以及虾食性,至最大体长的虾/鱼食性和鱼食性,随着体长的增加明显发生了食性转换。陈淦^[38]发现随着体质量的增加,白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)和黑姑鱼(*Atrobucca nibe*)的主要饵料生物逐渐由小型转向大型。金带齿颌鲷的平均营养级为3.44,低于Fishbase中估算的营养级(3.70 ± 0.57)^[39],但在

其正常范围之内。

参考文献:

- [1] LI Y J, ZHANG J, CHEN Z Z, et al. Taxonomic diversity of fishes from two coral-reef waters of the South China Sea[J]. *Mar Freshw Res*, 2023, 74(17): 1455-1464.
- [2] MACNEIL M A, GRAHAM N A J, CINNER J E, et al. Recovery potential of the world's coral reef fishes[J]. *Nature*, 2015, 520(7547): 341-344.
- [3] TOPOR Z M, RASHER D B, DUFFY J E, et al. Marine protected areas enhance coral reef functioning by promoting fish biodiversity[J]. *Conserv Lett*, 2019, 12(4): e12638.
- [4] 陈国宝,李永振.南海主要珊瑚礁鲷科鱼类的组成与分布[J].南方水产,2005,1(3): 18-25.
- [5] 张俊.南海典型珊瑚礁鱼类组成及生物学特征长期演变趋势[D].广州:中国科学院大学(中国科学院南海海洋研究所),2020: 19-59.
- [6] 李永振,史赞荣,艾红,等.南海珊瑚礁海域鱼类分类多样性大尺度分布格局[J].中国水产科学,2011,18(3): 619-628.
- [7] 李媛洁.南海典型岛礁鱼类多样性及优势种生物学特征研究[D].上海:上海海洋大学,2020: 14-42.
- [8] 张琛,胡思敏,林先智,等.南沙珊瑚礁区波纹钩鳞鲷(*Balistapus undulatus*)食性和营养级分析[J].热带海洋学报,2022,41(1): 7-14.
- [9] 林先智,周岩岩,林皓晔,等.南沙群岛珊瑚礁区黑斑鹦嘴鱼(*Scarus globiceps*)食性分析[J].热带海洋学报,2024,43(3): 100-108.
- [10] 张俊,陈作志,陈国宝.南沙海域永暑礁金带齿颌鲷生物学特征初步研究[J].南方水产科学,2015,11(5): 108-116.
- [11] 洪小帆,张俊,江艳娥,等.南海西沙群岛琛航岛犬牙锥齿鲷生物学特征[J].生态学杂志,2020,39(10): 3320-3331.
- [12] 洪小帆,陈作志,江艳娥,等.南海珊瑚礁海域黑缘尾九棘鲈生物学特征初步研究[J].热带海洋学报,2021,40(4): 50-62.
- [13] 张俊,陈作志,董俊德,等.近20年南海四带笛鲷(*Lutjanus kasmira*)种群特征变化[J].海洋与湖沼,2020,51(1): 114-124.
- [14] 李媛洁,陈作志,张俊,等.南海珊瑚礁海域蜂巢石斑鱼生物学特征研究[J].南方水产科学,2021,17(6): 22-30.
- [15] FRANCIS M P, RANDALL J E. Further additions to the fish faunas of Lord Howe and Norfolk Islands, Southwest Pacific Ocean[J]. *Pac Sci*, 1993, 47(2): 118-135.
- [16] 王晶晶,胡晓娟,曹煜成,等.南海岛礁海域金带齿颌鲷组织和肠道菌群结构及其肠道菌群对碳源的利用特征[J].中国水产科学,2022,29(12): 1788-1799.
- [17] 陈新军.渔业资源与渔场学[M].2版.北京:海洋出版社,2014: 81-137.
- [18] VILA Y, SILVA L, TORRES M A, et al. Fishery, distribution pattern and biological aspects of the common European squid *Loligo vulgaris* in the Gulf of Cadiz[J]. *Fish Res*, 2010, 106(2): 222-228.
- [19] 张波,唐启升.渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的

- 营养级研究[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(4): 393-404.
- [20] LORENZEN K, BEVERIDGE M, MANGEL M. Cultured fish: integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish[J]. *Biol Rev*, 2012, 87(3): 639-660.
- [21] CARPENTER K E, ALLEN G R. FAO Species Catalogue. Vol. 9. Emperor fishes and large-eye breams of the world, family Lethrinidae: an annotated and illustrated catalogue of lethrinid species known to date[R]. Rome: FAO, FAO Fish Synop No. 125, 1989: 1-118.
- [22] RICKER W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population[Z]. Ottawa: Bulletin of Fisheries Research Board of Canada, 1975: 191-382.
- [23] HIYAMA Y. Report of an investigation on poisonous fishes of the South Seas[R]. Odawara, Japan: Nissan Fishery Export Station, 1943: 137.
- [24] FROESE R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations[J]. *J Appl Ichthyol*, 2006, 22: 241-253.
- [25] STERGIOU K I, MOUTOPOULOS D K. A review of length-weight relationships of fishes from Greek marine waters[J]. *Naga (The ICLARM Quarterly)*, 2001, 24(1/2): 23-39.
- [26] 王腾, 李纯厚, 王广华, 等. 西沙群岛七连屿珊瑚礁鱼类的物种组成与演替[J]. 生物多样性, 2024, 32(6): 111-119.
- [27] CLARKE T A. Sex ratios and sexual differences in size among mesopelagic fishes from the central Pacific Ocean[J]. *Mar Biol*, 1983, 73: 203-209.
- [28] YOUNG J W, BLABER S J M, ROSE R. Reproductive biology of three species of midwater fishes associated with the continental slope of eastern Tasmania, Australia[J]. *Mar Biol*, 1987, 95: 323-332.
- [29] 邵星晨, 姜伟, 张琪, 等. 长江宜昌段鳊的繁殖生物学初步研究[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(6): 92-98.
- [30] POTHIN K, TESSIER E, PASCALE C, et al. Larval life history traits and larval growth of *Gnathodentex aurolineatus* (Lethrinidae) before and after settlement in a sandy bay of Reunion Island (SW Indian Ocean)[J]. *Cybium*, 2006, 30(1): 27-33.
- [31] SHAO K T. Taiwan Fish Database[DB/OL]. [2024-08-10]. <http://fishdb.sinica.edu.tw>.
- [32] 李明德. 鱼类学[M]. 天津: 南开大学出版社, 1992: 56-123.
- [33] 魏秀锦, 张波, 单秀娟, 等. 渤海小黄鱼摄食习性[J]. 中国水产科学, 2018, 25(6): 1289-1298.
- [34] 金海卫, 薛利建, 潘国良, 等. 东海和黄海南部七星底灯鱼摄食习性的研究[J]. 海洋渔业, 2011, 33(4): 368-377.
- [35] HIATT R W, STRASBURG D W. Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands[J]. *Ecol Monogr*, 1960, 30(1): 65-127.
- [36] LABROPOULOU M, ELEFThERIOU A. The foraging ecology of two Pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection[J]. *J Fish Biol*, 1997, 50: 324-340.
- [37] 薛莹, 金显仕, 张波, 等. 黄海中部小黄鱼摄食习性的体长变化与昼夜变化[J]. 中国水产科学, 2004, 11(5): 420-425.
- [38] 陈淦. 浙江南部近海两种石首鱼类的摄食生态研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2023: 10-24.
- [39] FROESE R, PAULY D. FishBase[DB/OL]. [2024-07-06]. <https://www.fishbase.org>.