

个体差异对西南大西洋阿根廷滑柔鱼 角质颚外部形态变化的影响

陆化杰^{1,2,3}, 陈新军^{1,2,3*}, 刘必林^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 上海海洋大学国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306;

3. 上海海洋大学大洋渔业可持续发展省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要:角质颚是头足类重要的硬组织, 广泛用于头足类分类及资源量估算等研究中。根据 2010 年中国鱿钓船在西南大西洋海域采集的 2 916 对阿根廷滑柔鱼角质颚样本, 对角质颚 12 项外部形态参数进行测量, 根据主成分分析结果, 以角质颚的上头盖长(UHL)、上脊突长(UCL)、上翼长(UWL)、下头盖长(LHL)、下脊突长(LCL)和下翼长(LWL)作为角质颚各区外部形态变化的特征指标, 以头盖长和脊突长之比(HL/CL)、喙长和脊突长之比(RL/CL)、喙宽与脊突长之比(RW/CL)、侧壁长和脊突长之比(LWL/CL)、翼长和脊突长之比(WL/CL)分别作为角质颚各区外形变化的指标, 利用方差分析(ANOVA)和最小显著差多重比较法(LSD)研究不同性别、性腺成熟度和胴长范围对角质颚各区生长和外形变化的影响。结果表明, 不同性别间 UHL、UCL、UWL、LHL、LCL 和 LWL 的变化存在显著性差异, 相同性别不同性腺成熟度、不同胴长范围内的 UHL、UCL、UWL、LHL、LCL 和 LWL 的变化均存在显著性差异, 而不同性别、不同性腺成熟度和不同胴长范围间上、下颚的 HL/CL、RL/CL、RW/CL、LWL/CL、WL/CL 的变化不存在显著性差异, 并且其值基本恒定, 上、下颚分别为 78.04%、22.46%、17.28%、81.41%、23.07% 和 50.69%、43.31%、41.13%、144.98%、93.68%。研究表明, 不同个体对阿根廷滑柔鱼角质颚外部形态变化有显著的影响。

关键词: 阿根廷滑柔鱼; 角质颚; 性别; 性腺成熟度; 个体大小; 西南大西洋

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

阿根廷滑柔鱼(*Illex argentinus*)分布广泛, 在西南大西洋的 22°S ~ 54°S 海域都有分布, 但主要集中在 35°S ~ 52°S^[1]。阿根廷滑柔鱼资源量大^[2], 是重要经济头足类之一, 也是中国鱿钓渔业重要的目标种类之一, 在中国整个头足类产业中起着举足轻重的作用^[3]。根据中国远洋渔业协会鱿钓技术组的统计, 2000—2010 年我国每年约有 50 ~ 100 艘鱿钓船投入生产, 累计产量达到 84.56×10^4 t (最高年产量超过 18×10^4 t), 形成产值 132.5 多亿元, 取得了显著的经济效益和社会效益。了解阿根廷滑柔鱼渔业生物学是合理开发

和利用该资源的重要前提。角质颚是头足类主要的摄食器官, 由于其具有稳定的形态特征、良好的信息储存以及抗腐蚀性等特点^[4], 被广泛应用于研究头足类的年龄和生长^[5-6]、群体划分^[7-8]和资源评估^[9-11]。了解角质颚外形变化特点及其影响因素, 是利用它们进行年龄、生长、种群结构等渔业生物学和生态学研究的基础。根据中国鱿钓船 2010 年在西南大西洋生产期间采集的阿根廷滑柔鱼样本, 探讨个体差异对阿根廷滑柔鱼角质颚外部形态变化的影响, 为掌握角质颚外形变化及其影响因素提供基础。

收稿日期: 2012-04-23 修回日期: 2012-12-28

资助项目: 国家自然科学基金项目(41276156); 上海市科委重大项目(12231203900); 国家发改委产业化专项(2159999); 浙江省海洋水产研究所重点实验室开放基金(608-90075)

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料来源

样品来自“新世纪 52 号”和“浙远渔 807 号”专业鱿钓船。采样时间、海域和样本组成见表 1。每个站点渔获中随机抽取阿根廷滑柔鱼 10 ~ 15 尾,获得的样本经冷冻保藏运回实验室,共采集样本 2 916 尾(其中雌性 1 704 尾、雄性 1 212 尾)。

1.2 实验样品制备

实验室解冻后对阿根廷滑柔鱼进行生物学测

定,包括胴长(mantle length, ML)、体质量、性别、性成熟度等。胴长测定精确至 0.1 cm,重量精确至 0.1 g。

从头部口腔提取角质颚,最后得到完整角质颚样本 2 916 对(1 704 对、雄 1 212 对),雌雄阿根廷滑柔鱼的胴长范围分别为 103 ~ 856 mm、140 ~ 298 mm,体质量范围分别为 103 ~ 856 g、98 ~ 703 g。对取出的角质颚进行编号并存放于盛有 75% 乙醇溶液的 10 mL 离心管中,以便清除包裹角质颚表面的有机碎屑。

表 1 阿根廷滑柔鱼样本组成
Tab.1 Sampling composition of *I. argentinus*

采样时间 time of sampling	采样海域 sample area		个数 number	胴长范围/mm range of ML	平均胴长 ± 标准差/mm mean ± SD of ML
	纬度 latitude	经度 longitude			
2010-01	45°21'S ~ 45°40'S	60°15'W ~ 60°39'W	1 158	104.27 ~ 319.24	199.57 ± 19.31
2010-02	45°17'S ~ 46°20'S	60°06'W ~ 60°31'W	961	122.31 ~ 324.56	217.52 ± 28.56
2010-03	46°05'S ~ 47°14'S	60°05'W ~ 60°47'W	897	119.62 ~ 346.29	224.88 ± 14.87

1.3 角质颚形态测量

首先沿水平和垂直两个方向进行校准,然后对角质颚的上头盖长(upper hood length, UHL)、上脊突长(upper crest length, UCL)、上喙长(upper rostrum length, URL)、上喙宽(upper rostrum width, URW)、上侧壁长(upper lateral wall length, ULWL)、上翼长(upper wing length, UWL)、下头盖长(lower hood length, LUL)、下脊突长(lower crest length, LCL)、下喙长(lower rostrum length, LRL)、下喙宽(lower rostrum width, LRW)、下侧壁长(lower lateral wall length, LLWL)、下翼长(lower wing length, LWL) 12 项

形态参数(图 1)进行测量,测量结果精确至 0.1 mm。

1.4 数据处理方法

(1) 为了检验样本是否满足方差分析的条件,用 Levene's 法进行方差齐性检验,不满足齐性方差时对数据进行反正弦或者平方根处理^[12]。
(2) 分不同性别、不同性腺成熟度、不同胴长范围对反映角质颚各区生长的形态参数分别进行 ANOVA 分析,对于存在极显著性差异($P < 0.01$)的参数做组间多重比较(LSD)^[12],以便分析不同因子对角质颚各区生长的影响。

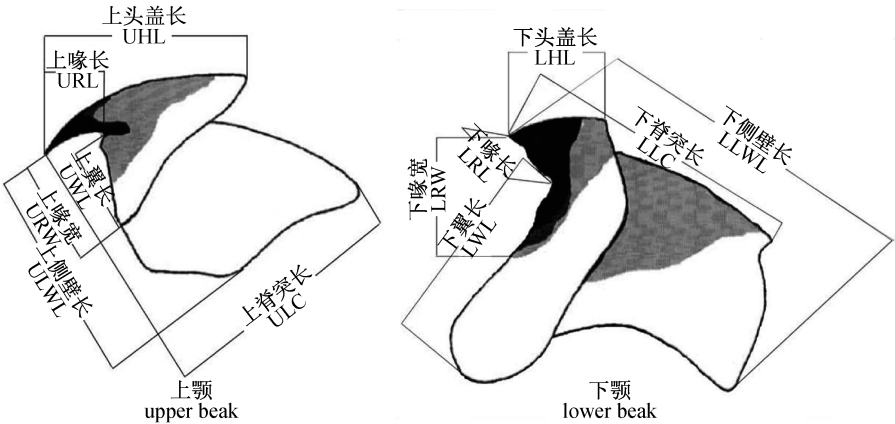


图 1 阿根廷滑柔鱼角质颚外形测量图
Fig.1 Scheme of morphometric measurements of beak of *I. argentinus*

(3) 利用 HL/CL、RL/CL、RW/CL、LWL/CL、WL/CL 分别作为角质颚上颚和下颚各区的变化指标^[10-12], 并采用 ANOVA 对它们进行分析, 对于存在极显著性差异 ($P < 0.01$) 的参数做组间的多重比较 (LSD), 分析不同因子对它们的影响。

2 结果

2.1 角质颚外部形态特征

同其它柔鱼类角质颚相似, 阿根廷滑柔鱼角质颚由上颚 (upper beak) 和下颚 (lower beak) 两部分组成, 且上下两颚构成相似, 都是由喙 (rostrum)、

肩部 (shoulder)、翼部 (wing)、侧壁 (lateral wall)、头盖 (hood)、脊突 (crest) 等主要部分以及翼齿 (wing tooth)、翼皱 (wing fold) 等附属部分组成 (图 2)。上颚头盖大, 上、下边缘都呈现平滑曲线状, 但下边缘弧度较上边缘稍大; 喙部稍长呈弯曲状, 且颚缘弯曲程度较大; 脊突与侧壁前缘呈中度弯曲状, 翼区长度较宽度稍大。同上颚头盖相似, 下颚头盖很大, 但下颚头盖与脊突分界处有一个明显的凹口 (图 2); 喙部稍长呈弯曲状, 翼区宽大, 翼区和喙部的接合处存在一个下凹的颚角 (jaw angle), 其基部存在一个脊突 (图 2)。

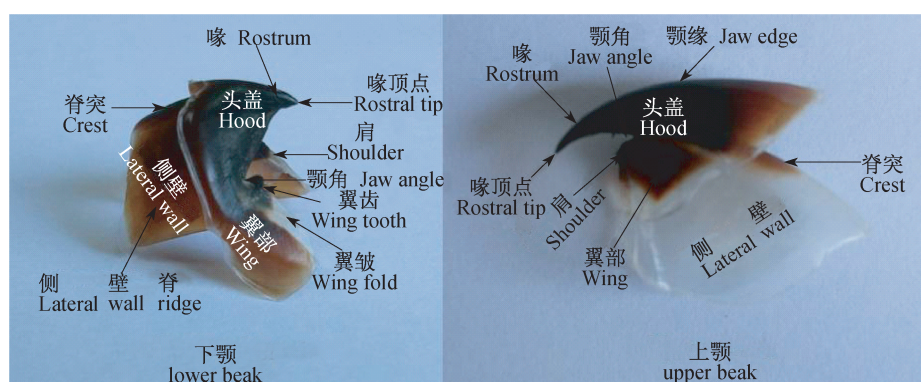


图 2 阿根廷滑柔鱼角质颚外形图

Fig. 2 Morphological description of beaks of *I. argentinus*

2.2 角质颚外部形态测量

雌性样本中, 各形态参数值如下: UHL 为 9.98 ~ 19.89 mm, UCL 为 12.19 ~ 24.85 mm, URL 为 2.66 ~ 6.44 mm, URW 为 2.28 ~ 5.1 mm, ULWL 为 9.49 ~ 21.12 mm, UWL 为 3.00 ~ 6.62 mm, LHL 为 3.27 ~ 9.71 mm, LCL 为 6.38 ~ 12.55 mm, LRL 为 2.75 ~ 5.77 mm, LRW 为 3.09 ~ 5.52 mm, LLWL 为 9.23 ~ 13.73 mm, LWL 为 5.52 ~ 11.71 mm。雌性样本中, 各形态参数值如下: UHL 为 9.89 ~ 19.89 mm, UCL 为 12.19 ~ 24.77 mm, URL 为 2.66 ~ 6.44 mm, URW 为 2.21 ~ 4.76 mm, ULWL 为 10.15 ~ 20.49 mm, UWL 为 3.00 ~ 6.62 mm, LHL 为 3.24 ~ 6.71 mm, LCL 为 12.19 ~ 24.77 mm, LRL 为 2.33 ~ 5.26 mm, LRW 为 2.02 ~ 4.93 mm, LLWL 为 9.08 ~ 18.41 mm, UWL 为 5.25 ~ 11.71 mm。

2.3 主成分分析

分别对上、下颚 6 个形态参数进行主成分分析, 从表 2 可看出, 对于角质颚上颚, 其第一、第二主成分解释形态结构的贡献率分别为 78.79%、

10.17%, 累计贡献率约 88.97%, 因此第一和第二主成分即可代表上颚外部形态特征。第一主成分与雌性个体角质颚的 UHL、UCL、URL、UWL、URW 和 ULWL 都有近似相等的正相关, 载荷系数均在 0.38 以上, 其中 UWL、URL 的载荷系数最大, 在 0.42 以上, 第一主成分可认为是角质颚各区长度特征的代表。第二主成分与 UCL 和 URW 正相关, 且与 UCL 载荷系数大于 0.82, 而与 UHL、URL、UWL 和 ULWL 呈负相关, 并且与 URL 呈中等程度的负相关, 载荷系数达到 -0.479 2 (表 2)。

对于角质颚下颚, 从表 3 可看出, 第一、第二主成分解释形态结构的贡献率分别为 81.97%、9.70%, 累计贡献率约 91.64%, 因此第一和第二主成分即可代表下颚外部形态特征。其中, 第一主成分与雄性个体角质颚的 LHL、LCL、LRL、LWL、LRW 和 LLWL 都有近似相等的正相关, 载荷系数均在 0.39 以上, 第一主成分可认为是角质颚各区长度特征的代表。第二主成分与 LRL、LWL 有中等程度的正相关, 并且与 LWL 载荷系数达到 0.61 (表 3)。

表 2 阿根廷滑柔鱼角质颚上颌 6 个形态参数主成分负荷值和贡献率
Tab.2 Loadings of different principal components for 6 morphometric parameters of *I. argentinus* upper beak

外形参数 morphologic indices	主成分分析 principal component					
	1	2	3	4	5	6
下头盖长 LHL	0.406 6	-0.273 5	-0.410 8	0.506 4	-0.576 4	0.049 5
下脊突长 LCL	0.386 9	0.829 8	0.194 7	0.342 5	0.046 9	0.065 1
下喙长 LRL	0.390 4	-0.472 9	0.705 4	0.266 5	0.233 5	0.028 4
下翼长 LWL	0.426 4	-0.003 9	0.005 3	-0.582 1	-0.154 6	0.674 8
下喙宽 LRW	0.429 4	0.044 4	0.078 2	-0.465	-0.245	-0.728 9
下侧壁长 LLWL	0.408 0	-0.104 5	-0.538 1	0.013 3	0.726	-0.076 3
贡献率/%	78.79	10.17	4.77	3.18	2.41	0.64
累积贡献率/%	78.79	88.97	93.75	96.94	99.37	1

表 3 阿根廷滑柔鱼角质颚下颌 6 个形态参数主成分负荷值和贡献率
Tab.3 Loadings of different principal components for 6 morphometric parameters of *I. argentinus* lower beak

外形参数 morphologic indices	主成分分析 principal component					
	1	2	3	4	5	6
下头盖长 LHL	0.392 9	-0.490 3	0.745 4	0.024 8	0.112 6	0.190 6
下脊突长 LCL	0.417 5	-0.301	-0.171 9	0.065 5	-0.469 6	-0.693 3
下喙长 LRL	0.409 2	0.479 9	0.070 8	0.182 7	-0.603 6	0.446 6
下翼长 LWL	0.399 2	0.614 1	0.223 1	0.040 3	0.492 7	-0.411 5
下喙宽 LRW	0.418 8	-0.057 1	-0.298 3	-0.824 9	0.103 8	0.202 7
下侧壁长 LLWL	0.411 4	-0.241 5	-0.520 6	0.528 7	0.385 8	0.270 2
贡献率/%	81.97	9.7	3.51	1.73	1.63	1.44
累积贡献率/%	81.97	91.68	95.19	96.93	98.56	1

根据主成分载荷,阿根廷滑柔鱼角质颚长度参数 UCL、UHL、LCL、LHL 和宽度参数 UWL、LWL 可基本代表角质颚形态。

2.4 角质颚形态的影响因素

性别对角质颚形态的影响 ANOVA 分析结果认为,不同性别间阿根廷滑柔鱼角质颚的 UCL ($F_{159.298} = 0.000 < 0.001$)、UHL ($F_{96.4392} = 0.000 < 0.001$)、UWL ($F_{29.1752} = 0.000 < 0.001$)、LCL ($F_{56.8313} = 0.000 < 0.05$)、LHL ($F_{9.9778} = 0.0016 < 0.05$)、LWL ($F_{82.4912} = 0.000 < 0.001$),主要外形参数均呈现出极显著差异 ($P < 0.001$)。因此,分不同性别研究不同性腺成熟度和不同胴长范围对角质颚外部形态的影响。

性腺成熟度对角质颚形态的影响 对于雌性个体,ANOVA 结果认为:UCL ($F_{59.7598} = 0.000 < 0.001$)、UHL ($F_{55.7124} = 0.000 < 0.001$)、UWL ($F_{30.4889} = 0.000 < 0.001$)、LCL ($F_{34.4004} = 0.000 <$

0.001)、LHL ($F_{32.8098} = 0.0016 < 0.001$)、LWL ($F_{46.3892} = 0.000 < 0.001$),不同性腺成熟度间的变化均存在极显著差异。

LSD 结果表明,性腺成熟度 I 级的 UCL、UHL、LHL、LWL 与 II、III、IV、V 级,II 级与 IV、V 级,III 级与 IV、V 级,V 级与 V 级存在极显著差异 ($P < 0.001$),而 II 级的 UCL、UHL、LHL、LWL 与 III 级则不存在显著差异 ($P > 0.05$)。性腺成熟度 I 级的 UWL 和 LCL 则与 III、IV、V 级,II 级与 IV、V 级,III 级与 IV、V 级,V 级与 V 级存在极显著差异 ($P < 0.001$),而 I 级的 UWL 和 LCL 与 II 级、II 级与 III 级 ($P > 0.05$) 不存在显著差异。总体而言,随着性腺的逐渐成熟,UCL、UHL、UWL、LHL、LCL 和 LWL 值都在不断增加,但性成熟 I 级、II 级的角质颚增加幅度快,III 级以后增加幅度相对放慢。不同性腺成熟度下雌性个体的 6 个角质颚形态参数的均值变化如图 3 所示。

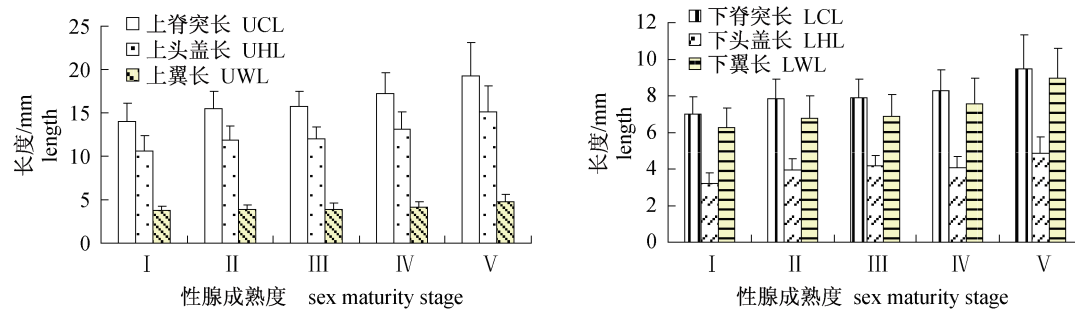


图3 不同性腺成熟度下阿根廷滑柔鱼雌性个体角质颌形态参数变化

Fig. 3 Changes of morphometric parameters of beak for female *I. argentinus* at different sex maturity stages

对于雄性个体, ANOVA 结果认为: UCL ($F_{47.9971} = 0.000 < 0.001$)、UHL ($F_{34.0086} = 0.000 < 0.001$)、UWL ($F_{18.1096} = 0.000 < 0.001$)、LCL ($F_{27.6636} = 0.000 < 0.001$)、LHL ($F_{16.0161} = 0.0016 < 0.001$)、LWL ($F_{35.6131} = 0.000 < 0.001$), 不同性腺成熟度间的变化均存在极显著性差异。

LSD 法进行多重比较认为: 性腺成熟度 I 级的 UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL 与 IV、V 级, II 级与 IV、V 级, III 级与 IV、V 级, V 级与 V 级

存在极显著差异 ($P < 0.001$), 而性腺成熟度 I 级的 UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL 与 II 级、I 级与 III 级、II 级与 III 级则不存在显著差异 ($P > 0.05$)。总体而言, 随着性腺的逐渐成熟, UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL 值都在不断增加, 但性成熟度 I 级、II 级的角质颌外形参数增加幅度快, III 级以后增加幅度相对放慢。不同性腺成熟度下雄性个体的 6 个角质颌形态参数的均值变化如图 4 所示。

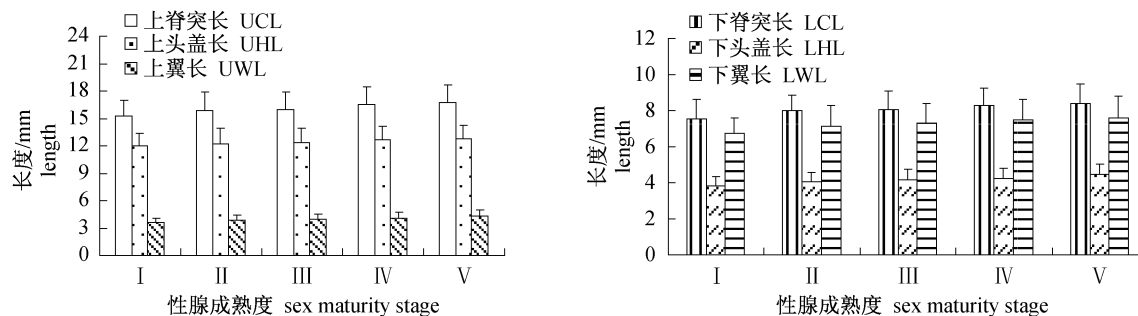


图4 不同性腺成熟度下阿根廷滑柔鱼雄性个体角质颌形态参数变化

Fig. 4 Changes of morphometric parameters of beak for male *I. argentinus* at different sex maturity stages

2.5 不同胴长组对角质颌形态的影响

对于雌性个体, 样本中共分 5 个胴长组。ANOVA 结果认为: HCL ($F_{529.6839} = 0.000 < 0.01$)、UHL ($F_{1444.1} = 0.000 < 0.01$)、UWL ($F_{1318.2} = 0.000 < 0.01$)、LCL ($F_{1453} = 0.0047 < 0.01$)、LHL ($F_{1451} = 0.000 < 0.01$)、LWL ($F_{251.6747} = 0.000 < 0.01$) 在 5 个胴长组间均存在极显著差异。

LSD 法分析: 对于雌性个体的 UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL, 胴长组 100 ~ 150 mm、150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm、251 ~ 300 mm 和

301 ~ 350 mm 之间, 胴长组 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间, 胴长组 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间都存在极显著差异 ($P < 0.01$), 而胴长组 100 ~ 150 mm 与 150 ~ 200 mm 之间则不存在显著差异 ($P > 0.05$)。总体而言, 随着胴长的逐渐增加, UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL 值都不断增加, 但胴长小于 200 mm 的角质颌外部参数增加幅稍快, 胴长大于 200 mm 以后其增加幅度变慢。雌性个体 6 个角质颌形态参数均值变化与胴长组的关系如图 5。

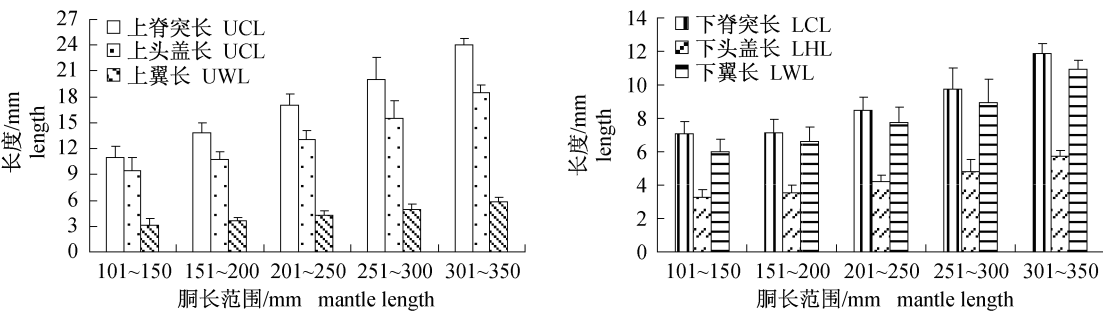


图 5 阿根廷滑柔鱼雌性个体角质颚形态参数分布与胴长关系
Fig.5 Relationships between main parameters of beak and mantle length for female squid of *I. argentines*

对于雄性个体,雌性样本中共分 4 个胴长组。ANOVA 结果认为:UCL ($F_{613, 2206} = 0.000 < 0.01$)、UHL ($F_{500, 2518} = 0.000 < 0.01$)、UWL ($F_{139, 469} = 0.000 < 0.01$)、LCL ($F_{259, 659} = 0.0047 < 0.01$)、LHL ($F_{182, 2905} = 0.000 < 0.01$)、LWL ($F_{286, 7976} = 0.000 < 0.01$) 在 4 个胴长组间均存在极显著性差异。

LSD 法分析:对于雌性个体的 UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL,胴长组 100 ~ 150 mm、150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm、251 ~ 300 mm 和

301 ~ 350 mm 之间,胴长组 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间,胴长组 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间都存在极显著差异 ($P < 0.01$),而胴长组 100 ~ 150 mm 与 150 ~ 200 mm 之间则不存在显著差异 ($P > 0.05$)。总体而言,随着胴长的逐渐增加,UCL、UHL、UWL、LCL、LHL 和 LWL 值都不断增加,但胴长小于 200 mm 时角质颚有关形态参数增加幅度较快,当胴长大于 200 mm 以后各值增加幅度变忙。雄性个体 6 个角质颚形态参数均值变化与胴长组的关系如图 6。

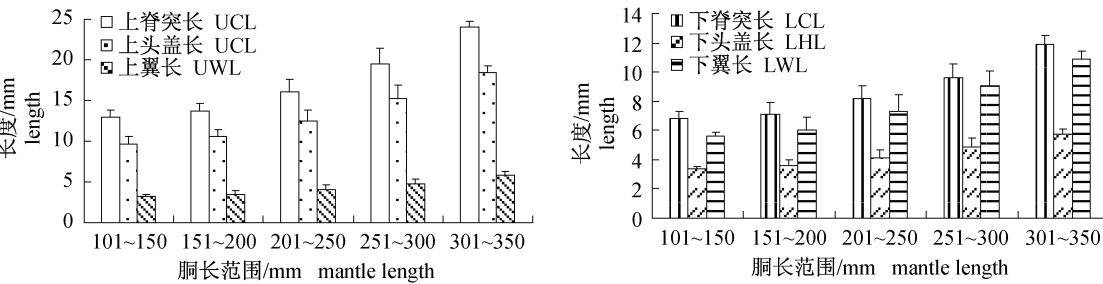


图 6 阿根廷滑柔鱼雄性个体角质颚形态参数分布与胴长关系
Fig.6 Relationships between main parameters of beak and mantle length for male squid of *I. argentinus*

2.6 角质颚形态相对变化的分析

不同部位与脊突长比值与胴长关系 研究表明, UHL/UCL、URL/UCL、URW/UCL、ULWL/UCL、UWL/UCL 在不同性别、不同性腺成熟度和不同胴长组间均不存在显著差异,平均值分别维持在 78.04%、22.46%、17.28%、81.41%、23.07% (表 4),并且随着胴长的增加其比值基本稳定 (图 7)。同样对于 LHL/LCL、LRL/LCL、LRW/LCL、LLWL/LCL、LWL/LCL 在不同性别、不同性腺成熟度和不同胴长组间也不存在显著差异,平均值分别维持在 50.69%、43.31%、41.13%、144.98%、93.68%,并随着胴

长增加其比值也基本稳定 (图 7)。这说明在阿根廷滑柔鱼生长过程中,角质颚各区均匀生长,总体基本形态维持不变。

表 4 阿根廷滑柔鱼角质颚不同部位比值均值和标准差
Tab.4 Mean relation ratios and standard deviation between different parts for *I. argentinus* beak

指标 content	上颚 upper beak	下颚 lower beak
头盖长/脊突长 HL/CL	0.780 4 ± 0.026 7	0.506 9 ± 0.031 1
喙长/脊突长 RL/CL	0.224 8 ± 0.021 9	0.433 1 ± 0.029 7
喙宽/脊突长 RW/CL	0.172 8 ± 0.015 1	0.411 2 ± 0.027 9
侧壁长/脊突长 LWL/CL	0.814 1 ± 0.025 4	1.449 9 ± 0.065 9
翼长/脊突长 WL/CL	0.237 1 ± 0.019 1	0.926 8 ± 0.053 2

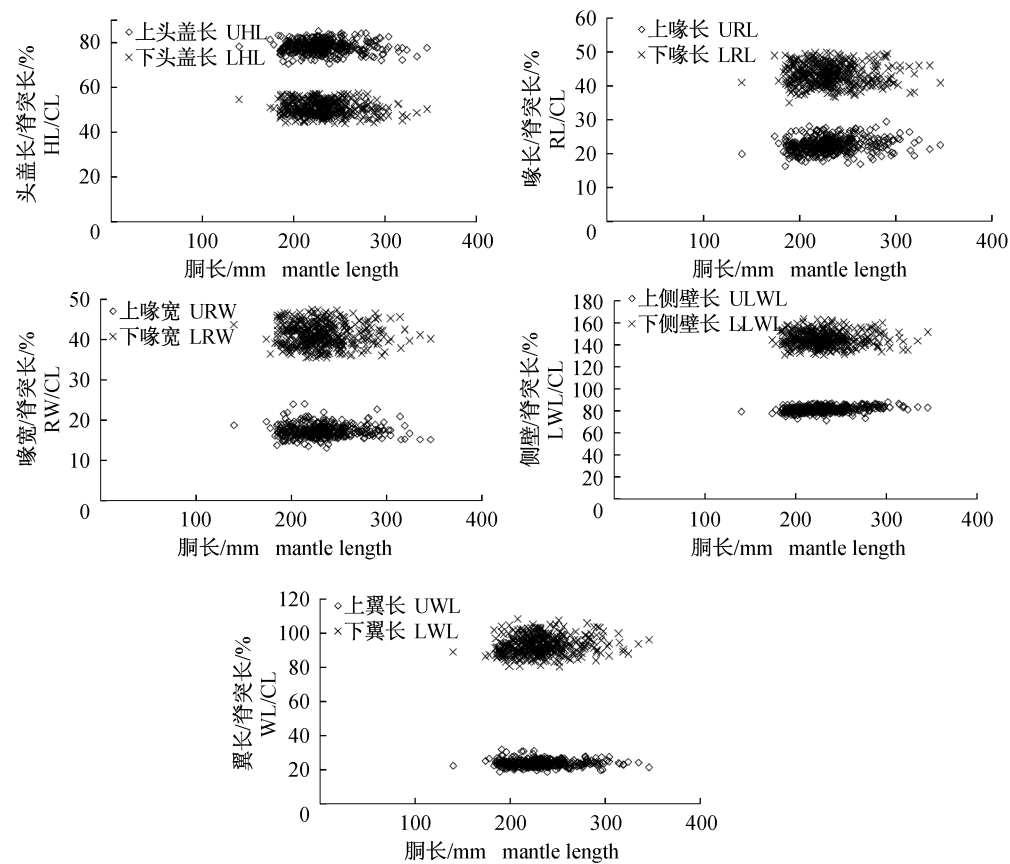


图7 阿根廷滑柔鱼不同区长度与脊突长比值和胴长之间关系

Fig.7 Relationship between ratio of length of each dome to crest length and mantle length of *I. argentinus*

3 讨论

3.1 角质颚外部形态

同其它柔鱼类角质颚一样,阿根廷滑柔鱼角质颚由上、下颚两部分组成,并且结构都很相似,都由喙、肩部、翼部、侧壁、头盖、脊突等主要部分以及隆肋、翼齿、角点等附属部分组成^[9-10]。上颚头盖弧度较平,下颚颚角较小,头盖和侧壁较宽,这与其他头足类的角质颚构造存在差异。前人研究认为^[9-10],蛸类的上颚喙和头盖均甚短,脊突尖狭,下颚喙也甚短,顶端钝,侧壁狭窄;枪乌贼类的上颚头盖弧度较圆,下颚颚角较大,头盖和侧壁均较狭窄;乌贼类的上颚颚角比较平直,下颚颚角更大,头盖和侧壁均较狭窄。不同种的头足类角质颚外部构造的差异性为角质颚在种类鉴定上的应用提供了基础。

3.2 角质颚外形变化受到的影响

研究表明,不同性别间阿根廷滑柔鱼角质颚外形变化存在差异性,这可能和阿根廷滑柔鱼本

身的生长特性有关^[13-14]。由于阿根廷滑柔鱼个体的生长存在性别间差异,且基本是雌性个体生长速度较雄性快,这可能是造成雌雄个体间角质颚外形变化存在差异性的内在原因^[15]。但由于阿根廷滑柔鱼分布广泛,所经历的复杂的海洋环境比较也可能对角质颚外形产生影响^[16-17]。研究还表明,不同性成熟和不同胴长范围间,阿根廷滑柔鱼角质颚主要外形参数存在显著性差异,即随着性腺的逐渐成熟,UCL、UHL、UWL、LHL、LCL和LWL值都不断增加,但性成熟度Ⅰ级、Ⅱ级增加幅度快、Ⅲ级以后增加幅度相对放慢,因此性成熟度Ⅲ级可能是阿根廷滑柔鱼角质颚生长的拐点。同样,随着胴长的逐渐增加,UCL、UHL、UWL、LCL、LHL和LWL值都不断增加,但胴长小于200 mm之间时增加幅稍快,胴长大于200 mm以后各值增加幅度放慢,胴长200 mm时可能阿根廷滑柔鱼角质颚生长的拐点^[15]。

3.3 角质颚相对尺寸变化

阿根廷滑柔鱼角质颚上额的 UHL、URL、

URW、ULWL、UWL 与 UCL 的比值基本不变,其平均值分别维持在 78.04%、22.46%、17.28%、81.41%、23.07%;下颚 LHL、LRL、LRW、LLWL、LWL 与 LCL 的比值也基本不变,其平均值分别维持在 50.69%、43.31%、41.13%、144.98%、93.68%,并且这些系数随着胴长增加基本不变,这说明在阿根廷滑柔鱼生长过程中,角质颚各区均匀生长,总体基本形态变化不大。Marcela 等^[10]通过对南巴西洋海域阿根廷滑柔鱼角质颚的研究,认为 UHL、URL 与 UCL 的比值分别为 74.10%、22.83%,LHL、LRL 与 LCL 比值则分别为 58.56%、37.96%,与本研究结果基本相同,这说明在不同海域,阿根廷滑柔鱼角质颚生长比较稳定,各区的外形变化比较统一,也间接证明了利用角质颚对头足进行种群鉴定的可行性^[7]。如太平洋地区的乳光枪乌贼(*Loligo opalescens*)就是根据其角质颚喙部和侧壁形态特征而被从其它鱿鱼区分开来^[18];西班牙临比戈湾(Vigo Bay)的头足类也是通过角质颚各部形态特征加以区分^[19]。此外,头足类角质颚形态特征还可以在新种的确立过程中也起到了一定的作用^[20-22],如多形艾爱尔斗蛸(*Pareledone polymorpha*)^[21]和艾爱尔斗蛸(*P. adeliaeana*)由于它们角质颚特征与近爱尔斗蛸属(*Pareledone*)其他种类存在明显差异性,而被归结为新属艾爱尔斗蛸属(*Adelieledone*)^[23-24]。

本研究获农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站(Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, P. R. China)的资助,特此致谢。

参考文献:

- [1] 陈新军,陆化杰,刘必林,等. 利用栖息地指数预测西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场[J]. 上海海洋大学学报,2012,21(3):431-438.
- [2] FAO. FAO Yearbook of Fisheries Statistics [M]. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations,2008:27.
- [3] 高峰,陈新军,范江涛,等. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼中心渔场预报的实现及验证[J]. 上海海洋大学学报,2011,20(5):754-758.
- [4] Cobb C S, Pope S K, Williammson R. Circadian rhythms to light-dark cycles in the lesser octopus, *Eledone cirrhosa* [J]. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology,1995,26(1):47-57.
- [5] Hernández-Lopez J L, Castro-Hernández J L, Hernández-García V. Age determined from the daily deposition of concentric rings on common octopus (*Octopus vulgaris*) beaks [J]. Fishery Bulletin, 2001,99(4):679-684.
- [6] Raya C P, Hernández-González C L. Growth lines within the beak microstructure of the *Octopus vulgaris* Cuvier,1797 [J]. South African Journal of Marine Science,1998,20(1):135-142.
- [7] Carvalho G R, Nigmatullin C M. Stock structure analysis and species identification [R] // Rodhouse P G, Dawe E G, O' Dor R K. Squid recruitment dynamics. The genus *Illex* as a model, the commercial *Illex* species and influences of variability. Rome:FAO,1998:199-232.
- [8] 许嘉锦. *Octopus* 与 *Cistpous* 属章鱼口器地标点之几何形态学研究 [D]. 台湾:国立中山大学海洋生物研究所,2003.
- [9] Lu C C, Ickeringill R. Cephalopod beak identification and biomass estimation techniques: tools for dietary studies of southern Australian finfishes [R]. Australia: Fisheries Research and development corporation,2002.
- [10] Marcela L, Ivanovi, Norma E. Description of *Illex argentinus* beaks and rostral length relationships with size and weight of of squids [R]. Investigation Report,1997:135-142.
- [11] 董正之. 世界大洋经济头足类生物学 [M]. 济南: 山东科学技术出版社,1991:3-4.
- [12] 管于华. 统计学 [M]. 北京:高等教育出版,2005: 178-182.
- [13] Chen X J, Lu H J, Liu B L, et al. Sexual dimorphism of statolith growth for *Illex argentinus* off the Exclusive Economic Zone of Argentinean waters [J]. Bulletin of Marine Science, 2012, 88 (2): 353-362.
- [14] Chen X J, Lu H J, Liu B L, et al. Relationship between beak morphological variables and body size and mantle length of male and female Argentine shortfin squid (*Illex argentinus*) [J]. Journal of Ocean University of China,2012,11(4):539-546.
- [15] 陆化杰,陈新军. 利用耳石研究西南大西洋阿根廷滑柔鱼年龄、生长及种群结构 [J]. 水产学报, 2012,36(7):1049-1056.
- [16] Crespi-Abril A C, Morsan, E M, Barón P J. Analysis of the ontogenetic variation in body and beak shape of the *Illex argentinus* inner shelf spawning groups

- by geometric morphometrics [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2010, 90(3): 547 – 553.
- [17] Crespi-Abril A C, Barón P J. Revision of the population structuring of *Illex argentinus* (Castellanos, 1960) and a new interpretation based on modelling the spatio-temporal environmental suitability for spawning and nursery [J]. Fisheries Oceanography, 2012, 21(2 – 3): 199 – 214.
- [18] Iverson I L K, Pinkas L. A pictorial guide to beaks of certain eastern Pacific cephalopods [M]. California Sacramento: State of California, Department of Fish and Game, 1971: 83 – 105.
- [19] Clark M R, Macleod N. Cephalopod remains from a sperm whale caught off Vigo, Spain [J]. Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom, 1974, 54(4): 959 – 968.
- [20] 刘必林, 陈新军. 头足类角质颚的研究进展 [J]. 水产学报, 2009, 33(1): 157 – 164.
- [21] Smale M J, Clarke M R, Klages N T W, *et al.* Octopus beak identification-resolution at a regional level (Cephalopoda, Octopoda; Southern Africa) [J]. South Africa Journal of Marine Science, 1993, 13(1): 269 – 293.
- [22] Kubodera T, Furuhashi M. Manual for the identification of cephalopods and myctophids in the stomach contents [M]. Japanese: Fisheries Agency of Japan, 1987: 65.
- [23] Allcock A L, Pierrney S B. Evolutionary relationships of Southern Ocean Octopodidae (Cephalopoda: Octopoda) and a new diagnosis of *Pareledone* [J]. Marine Biology, 2002, 140(1): 129 – 135.
- [24] Allcock A L, Hochberg F G, Rodhouse P G K, *et al.* *Adelieledone*, a new genus of octopodid from the Southern Ocean [J]. Atlantic Science, 2003, 15(4): 415 – 424.

Effects of individual size on beak morphology of *Illex argentinus* in the Southwestern Atlantic Ocean

LU Huajie^{1,2,3}, CHEN Xinjun^{1,2,3*}, LIU Bilin^{1,2,3}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China;

3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Beak is one of the most important hard tissues of Cephalopoda which is usually used in fishery biology and biomass estimation. According to the 2 916 samples of short-fin squid *Illex argentinus* collected by Chinese squid jigging vessels from January to March in 2010 in Southwest Atlantic Ocean, the morphologic parameters were measured and the growth characteristics of beak were studied. The result of principal component analysis of twelve morphologic indices showed that upper hood length (UHL), upper crest length (UCL), upper wing length (UWL), lower hood length (LHL), lower crest length (LCL) and lower wing length (LWL) could be used to represent the length growth features of beak of each dome, and the ratios of HL to CL, RL to RL, RW to WL, LWL/CL and WL/CL could be used as indicators of entire growth for beak (upper beak and lower beak) growth, and the each dome growth, the entire beak growth impacted by sex, gonad maturity and individual size were analyzed by the analysis of variance (ANOVA) and least-significant difference (LSD). The results indicated that the UHL, UCL, UWL, LHL, LCL and LWL were closely related to sex, and for females or males, the UHL, UCL, UWL, LHL, LCL and LWL were closely related to gonad maturity and mantle length, however the ratios of HL/CL, RL/CL, RW/CL, LWL/CL, WL/CL were nearly constant without changing with sex, gonad maturity or different mantle length with the ratios of 78.04%, 22.46%, 17.28%, 81.41% and 23.07% for upper beak and 50.69%, 43.31%, 41.13%, 144.98% and 93.68% for lower beak respectively. This study suggested that there are significant effects of individual size on beak morphology of *I. argentinus* in the Southwestern Atlantic Ocean.

Key words: *Illex argentinus*; beak; sex; gonad maturity; size; the Southwestern Atlantic Ocean

Corresponding author: CHEN Xinjun. E-mail: xjchen@shou.edu.cn