

北太平洋2种鱿鱼类角质颚生长特性及其种类判别

梁佳伟, 彭苗苗, 陈新军, 陆化杰, 胡贯宇, 方舟

Beak's growth characteristics and species identification for two kinds of squids in the north Pacific Ocean

LIANG Jiawei, PENG Miaomiao, CHEN Xinjun, LU Huajie, HU Guanyu, FANG Zhou

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200603086>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

北太平洋东部柔鱼群体角质颚生长特性分析

Growth characteristics analysis of *Ommastrephes bartramii* beaks in eastern North Pacific

海洋渔业. 2015, 37(2): 101 <https://doi.org/10.11964/jfc.2015020101>

西北太平洋北方拟乌贼角质颚色素沉积特性分析

Analysis of pigmentation characteristics on beak for *Gonatopsis borealis* in the Northwest Pacific Ocean

水产学报. 2021, 45(5): 682 <https://doi.org/10.11964/jfc.20200512265>

北太平洋柔鱼角质颚形态及生长年间差异

Annual variation of beak morphology and growth models for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in north Pacific Ocean

上海海洋大学学报. 2020, 29(1): 109 <https://doi.org/10.12024/jsou.20181202485>

基于角质颚形态的东海2种常见乌贼类的种类判别

Species identification of Sepioidea in the East China Sea based on beak morphology

上海海洋大学学报. 2018, 27(4): 594 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170902129>

西北太平洋公海灯光敷网渔获组成及主要种类渔业生物学特性研究

Preliminary study on catch composition and biological characteristics of main species of light-liftnet in the Northwest Pacific Ocean

渔业研究. 2018, 40(2): 141 <https://doi.org/10.14012/j.cnki.fjsc.2018.02.008>

利用角质颚形态判别东海两种常见枪乌贼

Species identification of Loliginidae inhabiting the East China Sea based on beak

水产学报. 2019, 43(2): 419 <https://doi.org/10.11964/jfc.20170410793>

文章编号: 1674-5566(2021)03-0546-09

DOI:10.12024/jsou.20200603086

北太平洋 2 种鱿鱼类角质颚生长特性及其种类判别

梁佳伟¹, 彭苗苗¹, 陈新军^{1,2,3,4,5,6}, 陆化杰^{1,3,4,5,6}, 胡贯宇^{1,3,4,5,6,7}, 方舟^{1,3,4,5,6}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室青岛国家海洋科学技术实验室, 山东 青岛 266237; 3. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 5. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 6. 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306; 7. 同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092)

摘要: 根据 2018 年 9—11 月中国鱿钓船在北太平洋海域(41°05'N ~ 43°45'N, 154°05'E ~ 159°43'E)采集的柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)和北方拟鬚乌贼(*Gonatopsis borealis*)样本,对样本的胴长(mantle length, ML)、体质量(body mass, BM)以及角质颚的 12 个形态学参数进行了测定,研究角质颚的生长特性。结果显示,两个种类在胴长和体质量上均存在极显著差异。主成分分析认为,上脊突长(UCL)最适合用来表征柔鱼角质颚的生长,UCL 和下侧壁长(LLWL)最适合用来表征北方拟鬚乌贼角质颚的生长。赤池信息量准则(akaïke's information criterion, AIC)认为:柔鱼的上头盖长(UHL)、下头盖长(LHL)、LLWL、下翼长(LWL)与胴长呈幂函数关系,UCL、上侧壁长(ULWL)、上翼长(UWL)、下脊突长(LCL)与胴长呈对数函数关系;北方拟鬚乌贼的 UHL、下喙长(LRL)和 LLWL 与胴长呈幂函数关系,UCL 和 LCL 与胴长呈指数函数关系,上喙长(URL)、ULWL 和 LHL 与胴长呈对数函数关系。逐步判别分析显示,上、下角质颚的判别正确率分别为 92.70% 和 84.50%,并建立判别方程。研究认为,角质颚外部形态可较好地应用于 2 种头足类的判别。

关键词: 柔鱼; 北方拟鬚乌贼; 角质颚; 生长; 种类判别

中图分类号: S 931 **文献标志码:** A

在海洋生态系统中,头足类充当着非常关键的角色^[1]。柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)隶属柔鱼科(Ommastrephidae)柔鱼属(*Ommastrephes*),生长迅速,生命周期小于 1 年,具有洄游和昼夜垂直移动的习性,是重要的大洋性经济种类^[2,4];北方拟鬚乌贼(*Gonatopsis borealis*)隶属鬚乌贼科(Gonatidae)拟鬚乌贼属(*Gonatopsis*),广泛分布在北太平洋、日本北海道东北部和阿拉斯加湾等海域,属大洋性冷水种,具有昼夜垂直移动的习性,也是重要的经济种^[5]。以上 2 种鱿鱼分布在北太平洋的冷暖水交汇区^[1],其生境具有很大程度上的重叠。

角质颚作为头足类的主要摄食器官,其蕴含着许多生物信息^[6],且与耳石、内壳等其他硬组织一样具有稳定的形态特征及耐腐蚀等特点,其形态学参数被广泛用于种群判别^[7-9]、分类^[10]和

摄食生态学^[11]等研究。角质颚由于难以被捕食者消化,所以通常会完整地存在于一些海洋捕食者的胃中,可用于被捕食头足类的种类判别、个体大小、生物量估算以及生活史的研究^[9-10, 12-13]。据此,本文对北太平洋海域的柔鱼和北方拟鬚乌贼角质颚的生长特性进行了分析,初步探讨了 2 种鱿鱼角质颚的差异,确立了角质颚形态参数与胴长之间的关系,为利用角质颚估算 2 种鱿鱼的个体大小和生物量提供基础,同时建立了 2 种鱿鱼角质颚的判别函数,为今后对捕食者胃含物中角质颚的种类判别提供依据。

1 材料与方法

1.1 样本来源

1.1.1 柔鱼样品

样本采集时间为 2018 年 10—11 月,采样海

收稿日期: 2020-06-20 修回日期: 2020-09-10

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0901404);大洋渔业资源可持续开发重点实验室开放课题(A1-2006-00-301110)

作者简介: 梁佳伟(1997—),男,硕士研究生,研究方向为渔业生物学。E-mail:834611865@qq.com

通信作者: 胡贯宇, E-mail:gyhu@shou.edu.cn

域为 41°05'N ~ 43°45'N 和 154°05'E ~ 159°43'E, 共采集 13 个站点累计 221 尾样本(雌性 142 尾, 雄性 79 尾)。所获得的样本经冷冻保存运回实验室。

1.1.2 北方拟鬚乌贼样品

样本采集时间为 2018 年 9—10 月, 采样海域为 41°45'N ~ 43°13'N 和 154°05'E ~ 159°14'E, 共采集 9 个站点累计 178 尾样本(雌性 112 尾, 雄性 66 尾)。所获得的样本经冷冻保存运回实验室。

1.2 研究方法

1.2.1 生物学测定与角质颚提取

在实验室解冻后对柔鱼和北方拟鬚乌贼进行生物学测定, 包括胴长(mantle length, ML)和体

质量(body mass, BM), 胴长精确至 1 mm, 体质量精确至 0.1 g。

在以上 2 种头足类的头部口器中提取出角质颚, 最终获得完好的角质颚样本 399 对(雌性 254 对、雄性 145 对)。对提取出的角质颚进行编号并存放于 75% 的乙醇溶液中, 以便清除角质颚表面附着的有机物质^[14]。

1.2.2 角质颚的形态参数测量

使用数显游标卡尺对角质颚的 12 个形态参数进行长度测量(图 1)^[15]。首先在水平和垂直方向上对卡尺进行校准, 然后对角质颚的外部形态进行测量, 测量结果精确至 0.01 mm。

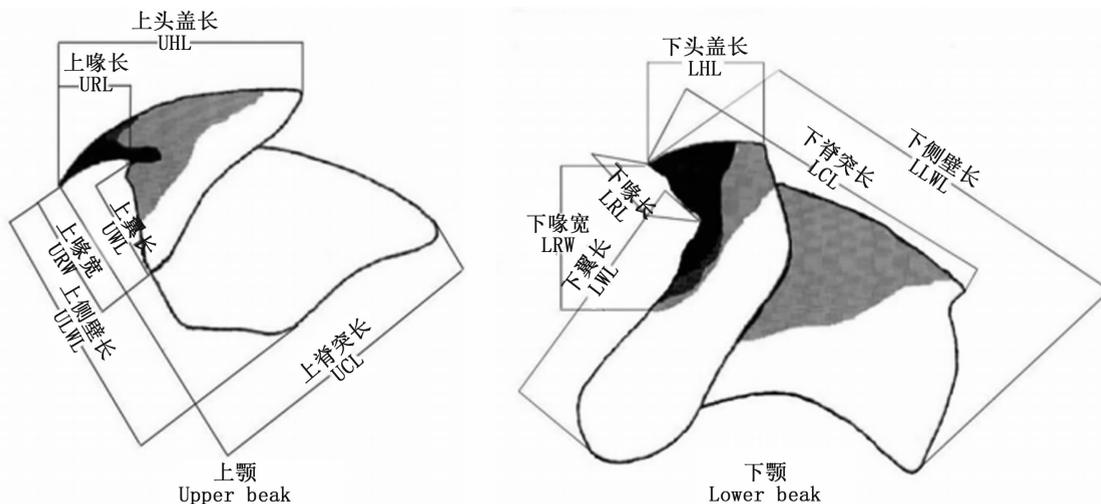


图 1 角质颚形态学变量示意图

Fig. 1 Schematic diagram of beak morphological variables

1.2.3 数据处理方法

为了消除异速生长对头足类角质颚形态学结果的影响, 基于 HU 等^[16]的研究, 认为背突长用于角质颚参数标准化的效果最佳, 因此本研究采用以下公式进行角质颚形态学变量的标准化处理^[16]:

$$Y_i^* = Y_i \left(\frac{L_{CL-0}}{L_{CL-i}} \right)^b \quad (1)$$

式中: Y 表示角质颚形态学变量; Y_i^* 表示第 i 个个体的标准值; L_{CL} 为脊突长; Y_i 和 L_{CL-i} 分别表示第 i 个个体的 Y 和 L_{CL} 的观测值。 L_{CL-0} 为变量 L_{CL} 的算术平均值。 b 值为系数, 可以通过公式(2)来推算:

$$\ln Y = \ln a + b \ln L_{CL} + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \quad (2)$$

a 和 b 是估算参数, 而 σ^2 是随机误差 ε 的方差正态分布^[16]。上角质颚和下角质颚的形态学变量分别通过 UCL 和 LCL 来进行标准化。标准化后的形态学变量通过在每个变量的后面加 1 个 s 来标识(例如, UHLs, URLs, URWs, ULWLs, UWLs, LHLs, LRLs, LRWs, LLWLs 和 LWLs)。

分析方法包括: 绘制频率分布图, 对胴长和体质量进行数据统计分析; 对上、下角质颚的形态进行主成分分析, 来探讨角质颚形态上的差异^[17]; 结合主成分分析结果, 选取主要的角质颚参数来与胴长进行方程拟合, 获得最适生长方程; 采用逐步判别分析法, 依据 Wilks' Lambda 值对角质颚形态学参数进行筛选, 选出具有代表性的形态学参数用于种类鉴别, 并得出判别方程和

判别正确率。

本文数据分析所需要的软件包括 Excel 2010、SPSS 23.0。

2 结果

2.1 个体组成

由图2可知:柔鱼个体的胴长范围为217~467 mm,平均胴长为(318±43) mm,优势胴长为300~360 mm,占总数量的73.30%;其体质量为

314~2 680 g,平均体质量为(1 023±419) g,优势体质量为700~1 600 g,占总数量的91.86%。北方拟鬚乌贼个体的胴长范围为212~314 mm,平均胴长为(253±19) mm,优势胴长为240~270 mm,占总数量的73.03%;其体质量范围为303~859 g,平均体质量为(519±110) g,优势体质量为450~590 g,占总数量的68.54%。*t*检验结果显示,柔鱼的胴长和体质量均极显著大于北方拟鬚乌贼($P < 0.01$)。

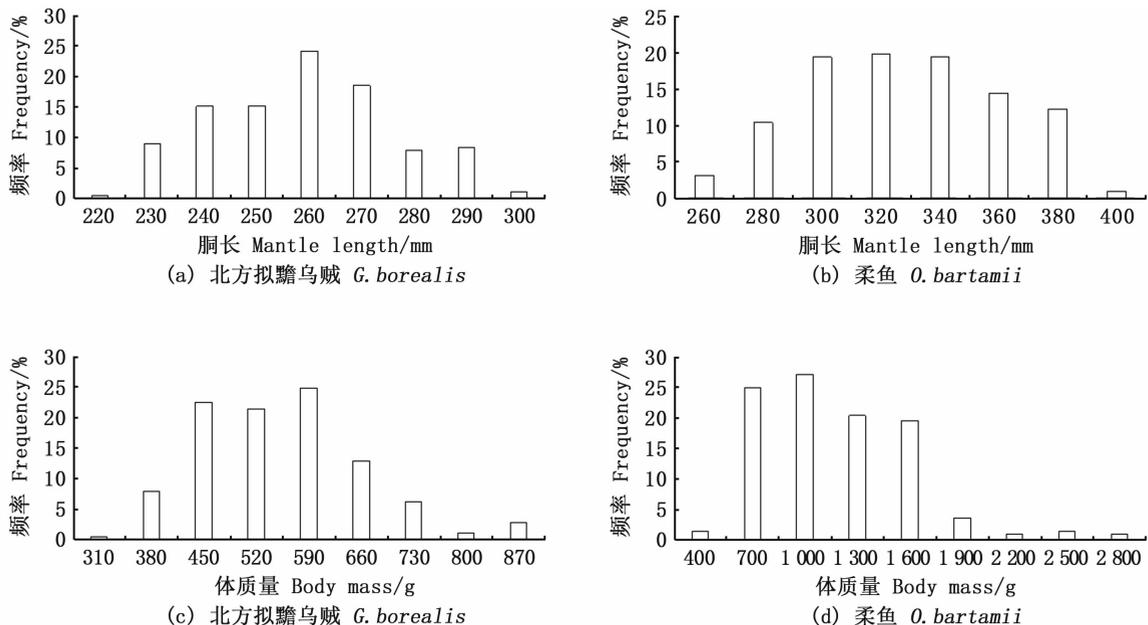


图2 柔鱼和北方拟鬚乌贼的胴长和体质量频率分布图

Fig. 2 Mantle length and body mass frequency distribution diagram of *O. bartramii* and *G. borealis*

2.2 角质颚形态的主成分分析

主成分分析认为,柔鱼角质颚形态的第一主成分贡献率达70.711%(表1),因此,第一主成分可代表上、下角质颚的外部形态特征。角质颚形态学参数UHL、UCL、ULWL、UWL、LHL、LCL、LLWL和LWL与第一主成分载荷系数均大于0.850,其中载荷系数最高的是UCL,为0.953(表1)。因此,UHL、UCL、ULWL、UWL、LHL、LCL、LLWL和LWL可用来表征柔鱼角质颚的生长。

北方拟鬚乌贼角质颚形态的第一、第二主成分的累计方差贡献率为52.345%,其他主成分的贡献率都小于10%(表1),因此,第一、第二主成分可代表上、下角质颚的外部形态特征。角质颚形态学参数UHL、UCL、URL、LHL、LCL、LRL、LRW和LWL与第一主成分载荷系数均大于

0.590,其中载荷系数最高的是UCL,为0.777。UHL、UCL、ULWL、LCL和LLWL与第二主成分载荷系数均大于0.2,其中载荷系数最高的是LLWL,为0.724(表1)。因此,UHL、UCL、URL、ULWL、LHL、LCL、LRL和LLWL可用来表征北方拟鬚乌贼角质颚的生长。

2.3 角质颚形态与胴长的关系

选取主要的角质颚形态学参数与胴长进行函数拟合,拟合函数主要包括线性函数、幂函数、指数函数和对数函数。经拟合发现,柔鱼的UHL、LHL、LLWL、LWL与胴长呈幂函数关系,UCL、ULWL、UWL、LCL与胴长呈对数函数关系;北方拟鬚乌贼的UHL、LRL和LLWL与胴长呈幂函数关系,UCL和LCL与胴长呈指数函数关系,URL、ULWL和LHL与胴长呈对数函数关系(表2)。

表 1 柔鱼和北方拟鳕乌贼角质颌形态参数的主成分分析结果

Tab.1 Results of principal analysis for beak morphological parameters of *O. bartramii* and *G. borealis*

形态参数 Morphological variable	主成分分析 Principal component		
	柔鱼 <i>O. bartramii</i>		北方拟鳕乌贼 <i>G. borealis</i>
	1	1	2
UHL	0.904	0.667	0.418
UCL	0.953	0.777	0.336
URL	0.790	0.601	-0.400
URW	0.708	0.585	-0.449
ULWL	0.920	0.427	0.556
UWL	0.877	0.415	-0.078
LHL	0.853	0.590	0.026
LCL	0.937	0.708	0.205
LRL	0.840	0.669	-0.447
LRW	0.388	0.631	-0.418
LLWL	0.882	0.264	0.724
LWL	0.884	0.708	-0.042
贡献率 Contribution rate/%	70.711	36.443	15.902
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	70.711	36.443	52.345

表 2 柔鱼和北方拟鳕乌贼角质颌形态学变量和胴长生长模型的参数与 AIC 值比较

Tab.2 Comparison of morphological variable and AIC for mantle length growth models of *O. bartramii* and *G. borealis*

形态学参数 Morphologic variable	生长模型 Growth model	柔鱼 <i>O. bartramii</i>				形态学参数 Morphologic variable	生长模型 Growth model	北方拟鳕乌贼 <i>G. borealis</i>			
		a	b	AIC	R ²			a	b	AIC	R ²
UHL	线性	121.794	8.696	1 298.398	0.681	UHL	线性	181.17	3.578	998.392	0.474
	幂*	46.569	0.617	1 296.868	0.683		幂*	107.706	0.014	998.375	0.474
	指数	173.788	0.027	1 303.824	0.673		指数	190.504	0.014	998.475	0.474
	对数	-291.687	196.256	1 297.041	0.683		对数	37.364	71.933	998.521	0.473
UCL	线性	97.729	7.765	1 243.442	0.751	UCL	线性	135.419	4.175	989.332	0.420
	幂	31.460	0.692	1 241.709	0.753		幂	53.014	0.468	989.356	0.420
	指数	160.850	0.024	1 249.736	0.744		指数*	159.476	0.016	989.321	0.420
	对数*	-418.676	220.779	1 240.362	0.755		对数	-143.228	118.742	989.387	0.420
ULWL	线性	160.477	8.120	1 306.485	0.669	URL	线性	224.780	4.404	1 006.949	0.428
	幂	72.465	0.500	1 300.925	0.677		幂	203.075	0.118	1 006.748	0.429
	指数	196.823	0.025	1 313.965	0.658		指数	226.623	0.017	1 006.977	0.428
	对数*	-158.654	161.535	1 294.998	0.686		对数*	196.833	30.279	1 006.723	0.430
UWL	线性	171.305	19.953	1 361.317	0.576	ULWL	线性	227.392	1.249	1 010.100	0.411
	幂	126.708	0.463	1 359.442	0.579		幂	181.763	0.109	1 010.017	0.411
	指数	202.449	0.061	1 364.627	0.569		指数	228.964	0.004	1 010.112	0.411
	对数*	25.809	147.543	1 359.369	0.580		对数*	168.521	27.961	1 010.009	0.412
LHL	线性	154.847	20.517	1 367.609	0.564	LHL	线性	227.008	3.383	1 008.229	0.421
	幂*	110.335	0.512	1 367.295	0.564		幂	201.536	0.112	1 008.032	0.422
	指数	191.253	0.064	1 369.191	0.560		指数	228.705	0.013	1 008.260	0.421
	对数	-15.377	161.697	1 368.237	0.562		对数*	194.779	28.562	1 008.012	0.423
LCL	线性	135.825	11.828	1 269.103	0.721	LCL	线性	152.694	5.819	976.590	0.581
	幂	66.420	0.574	1 264.740	0.726		幂	81.144	0.400	976.924	0.579
	指数	182.393	0.036	1 278.892	0.708		指数*	170.425	0.023	976.415	0.582
	对数*	-181.504	183.462	1 262.654	0.729		对数	-34.273	100.991	977.186	0.580
LLWL	线性	128.345	9.326	1 286.420	0.698	LRL	线性	216.537	5.433	999.399	0.469
	幂*	53.088	0.595	1 286.335	0.698		幂*	190.054	0.151	999.285	0.469
	指数	176.190	0.029	1 289.503	0.693		指数	219.516	0.021	999.468	0.468
	对数	-244.158	187.280	1 289.176	0.694		对数	180.279	38.313	999.300	0.469
LWL	线性	167.405	12.266	1 373.134	0.553	LLWL	线性	237.743	0.842	1 011.050	0.406
	幂*	96.968	0.475	1 371.410	0.556		幂*	208.490	0.067	1 011.000	0.406
	指数	200.230	0.037	1 376.714	0.545		指数	238.310	0.003	1 011.053	0.406
	对数	-58.426	150.904	1 371.633	0.556		对数	203.649	17.021	1 010.996	0.405

注:*.最佳模型。

Notes: *. The best model.

2.4 判别分析

2.4.1 逐步判别分析

逐步判别分析结果显示(表3),柔鱼和北方拟躄乌贼上角质颚的 URWs、UHLs、ULWLs 和 URLs 4 个形态参数和下角质颚的 LRWs、LLWLs 和 LWLs 3 个形态参数变量上的贡献显著($P < 0.01$)。

同时,基于柔鱼和北方拟躄乌贼角质颚形态学参数的逐步判别分析结果分别建立了上、下角质颚的判别方程,如下所示。

柔鱼上角质颚:

$$Y = 12.908 \times L_{URWs} + 12.185 \times L_{UHLs} + 7.322 \times L_{ULWLs} + 10.368 \times L_{URLs} - 292.171$$

柔鱼下角质颚:

$$Y = 3.197 \times L_{LRWs} + 5.481 \times L_{LLWLs} + 7.092 \times$$

$$L_{LWLs} - 115.283$$

北方拟躄乌贼上角质颚:

$$Y = 10.092 \times L_{URWs} + 10.682 \times L_{UHLs} + 8.639 \times L_{ULWLs} + 9.648 \times L_{URLs} - 264.022$$

北方拟躄乌贼下角质颚:

$$Y = 2.070 \times L_{LRWs} + 5.102 \times L_{LLWLs} + 6.530 \times L_{LWLs} - 93.233$$

利用上角质颚形态参数进行判别分析,结果(表4)显示,柔鱼群体的判别正确率为 91.40%,北方拟躄乌贼群体的判别正确率为 94.38%,总正确率为 92.70%。利用下角质颚形态参数进行判别分析,结果显示,柔鱼群体的判别正确率为 77.38%,北方拟躄乌贼群体的判别正确率为 93.26%,总正确率为 84.50%。

表3 柔鱼和北方拟躄乌贼上、下角质颚形态参数的逐步判别结果

Tab.3 Results of stepwise discriminant of upper and lower beak morphological indices for *O. bartramii* and *G. borealis*

角质颚 Beak	判别次数 Step	形态参数 Morphologic variable	Wilk's λ	F	P
上角质颚 Upper beak	1	上喙宽 URWs	0.517	371.610	<0.01
	2	上头盖长 UHLs	0.384	317.545	<0.01
	3	上侧壁长 ULWLs	0.290	321.657	<0.01
	4	上喙长 URLs	0.286	245.948	<0.01
下角质颚 Lower beak	1	下喙宽 LRWs	0.647	216.397	<0.01
	2	下侧壁长 LLWLs	0.587	139.385	<0.01
	3	下翼长 LWLs	0.559	103.745	<0.01

表4 基于柔鱼和北方拟躄乌贼上、下角质颚的判别矩阵正确率

Tab.4 Classification matrix with percentages of correctly classified individuals based on upper and lower beak morphological indicators for *O. bartramii* and *G. borealis*

角质颚 Beak	种类 Species	判别数量 Discriminant quantity/尾		总计 Total/尾	正确率 Accuracy rate/%
		柔鱼 <i>O. bartramii</i>	北方拟躄乌贼 <i>G. borealis</i>		
上角质颚 Upper beak	柔鱼 <i>O. bartramii</i>	202	19	221	91.40
	北方拟躄乌贼 <i>G. borealis</i>	10	168	178	94.38
	总体 Total	212	187	399	92.70
下角质颚 Lower beak	柔鱼 <i>O. bartramii</i>	171	50	221	77.38
	北方拟躄乌贼 <i>G. borealis</i>	12	166	178	93.26
	总体 Total	183	216	399	84.50

3 讨论

3.1 个体组成分析

在此次柔鱼和北方拟躄乌贼的采集样本中,柔鱼的胴长和体质量在整体上大于北方拟躄乌贼。柔鱼和北方拟躄乌贼样本的优势胴长和体

质量与方舟等^[18]和李建华等^[19]研究结果相似。与北方拟躄乌贼相比,柔鱼的胴长和体质量范围较大,且优势胴长和体质量也较大,同时鉴于2个物种捕捞的海域和时间都比较接近,因此,柔鱼在个体上普遍大于北方拟躄乌贼。

3.2 角质颚形态的主成分分析

主成分分析认为,对于柔鱼的角质颚样本,第一主成分可代表上、下角质颚的外部形态特征。角质颚形态学参数 UHL、UCL、ULWL、UWL、LHL、LCL、LLWL 和 LWL 更适合用于表征柔鱼角质颚的生长,其中 UCL 最能代表其角质颚的生长。结合分析结果,可以认为柔鱼角质颚的主要生长部位为脊突,脊突在水平方向上生长迅速,同时也能为角质颚活动提供一个强大的支点,保证柔鱼在咬合时的力量支撑^[20],其次是侧壁的生长,对柔鱼的摄食和生长都起着重要作用,头盖长和翼长也可看作是角质颚水平方向和垂直方向上的生长标志,这与前人研究结果^[18,21-22]基本相似。总体看来,可认为柔鱼角质颚的生长与脊突和侧壁密切相关。

对于北方拟躄乌贼的样本,第一、第二主成分可代表上、下角质颚的外部形态特征。角质颚形态学参数 UHL、UCL、URL、ULWL、LHL、LCL、LRL 和 LLWL 更适合用来表征北方拟躄乌贼角质颚的生长。宁欣等^[23]在北方拟躄乌贼主成分分析结果中得出,北方拟躄乌贼角质颚外形变化的特征因子为 UHL、UCL、URL、LHL、LCL 和 LRL,这与本文的研究结果基本一致。结合分析结果,可以认为北方拟躄乌贼的主要生长部位是脊突和侧壁,其次是喙部和头盖。

综上所述,通过柔鱼和北方拟躄乌贼的对比可以发现,两者最重要的主成分因子均是 UCL,说明脊突在这两种头足类角质颚中是最具代表性的生长部位,其次是侧壁,它们均能对角质颚活动起到重要的支撑作用,头盖长也能看做是角质颚水平方向的生长标志之一,这与前人的研究^[18,21-22,24]结果一致。

3.3 角质颚形态与胴长的关系

研究表明,两种头足类的胴长与角质颚参数均呈正相关关系。宁欣等^[23]研究发现,北方拟躄乌贼的角质颚外形参数与胴长和体质量呈线性、幂函数或对数函数关系。方舟等^[18]研究发现,角质颚与胴长的生长基本是同步的,这与本研究的结果一致。

在以往的研究中,茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*)^[21]、剑尖枪乌贼 (*Uroteuthis edulis*)^[24]、乳光枪乌贼 (*Loligo opalescens*)^[25] 和金乌贼 (*Sepia esculenta*)^[26] 各角质颚形态学参数与胴长呈线性

关系;西沙群岛海域的鸢乌贼^[27]除了 LLWL 与胴长呈线性关系,其他角质颚形态学参数均与胴长呈指数关系;尖盘爱尔斗蛸 (*Eledone cirrhosa*)^[28] 各角质颚形态学参数与胴长呈幂函数关系。分析表明,不同头足类的角质颚形态学参数与胴长之间的最适生长方程存在差异,可能是因为生活在不同的海域,受到饵料、天敌和非生物因素等的影响,从而导致生长方程的不同;也可能是因为不同头足类之间在生物学特性上存在着差异,这种差异对角质颚的生长情况产生了影响,进而导致生长方程的不同^[23]。本研究建立了 2 种头足类角质颚参数与胴长的关系,在今后的研究中可以通过角质颚的生长模型来估算两种头足类的个体大小,对头足类摄食生态学的研究有着重要的意义。

3.4 判别分析

近年来,越来越多的学者通过角质颚来对头足类进行种类判别,在本研究中,为了去除个体大小异速增长的影响,利用脊突长对角质颚的其他形态参数进行了标准化。在以往的研究^[29-31]中,大都利用胴长对角质颚形态参数进行标准化, HU 等^[16]分别采用胴长、脊突长和头盖长对角质颚的形态参数进行标准化,发现脊突长用于标准化的结果最佳。

由于不同头足类的生长特性存在差异,它们的上、下角质颚在外部形态上的代表性程度也不同。方舟等^[18]发现蛸科的上颚和乌贼科以及枪乌贼科的上颚在外部形态上差别较大,而 3 个头足类的下颚在外部形态上的差别较小。因此,本文将柔鱼和北方拟躄乌贼的上、下角质颚分开进行判别,并进行了比较分析。本研究发现,两种头足类的上角质颚判别正确率明显高于下角质颚的判别正确率,因此,上角质颚更适合用于柔鱼和北方拟躄乌贼的种类判别。其次,无论是利用上角质颚,还是下角质颚,北方拟躄乌贼群体的判别正确率明显高于柔鱼群体,说明北方拟躄乌贼的角质颚外部形态特征更具有代表性。综上所述,角质颚能够较好地地区分柔鱼和北方拟躄乌贼两种鱿鱼种类,且上角质颚的判别效果更好。

4 展望

本文对北太平洋海域的柔鱼和北方拟躄乌贼角质颚的生长特性和种类判别进行了分析,建

立了角质颚形态参数与胴长之间的关系,初步探讨了两种鱿鱼类角质颚形态学上的差异,在今后的研究中,可利用角质颚的稳定同位素和微量元素成分来进行鱿鱼类摄食生态学和洄游特性等方面的研究,进一步探讨不同鱿鱼种在生长、摄食和洄游上的差异及其共生的机制。

参考文献:

- [1] 陈新军,刘必林,王尧耕. 世界头足类[M]. 北京:海洋出版社,2009:190-194.
CHEN X J, LIU B L, WANG Y G. Cephalopod in the world [M]. Beijing: China Ocean Press, 2009: 190-194.
- [2] 王尧耕,陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业[M]. 北京:海洋出版社,2005:190-194.
WANG Y G, CHEN X J. The resource and biology of economic oceanic squid in the world [M]. Beijing: Ocean Press of China, 2005: 190-194.
- [3] 陈新军. 世界头足类资源开发现状及其我国远洋鱿钓渔业发展对策[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(3): 321-330.
CHEN X J. Development status of world cephalopod fisheries and suggestions for squid jigging fishery in China [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(3): 321-330.
- [4] 陈新军,钱卫国,刘必林,等. 主要经济大洋性鱿鱼资源渔场生产性调查与渔业概况[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(3): 344-356.
CHEN X J, QIAN W G, LIU B L, et al. Productive survey and fishery for major pelagic economic squid in the world [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(3): 344-356.
- [5] RODRIGUES ASL, PILGRIM JD, LAMOREUX JF, et al. The value of the IUCN Red List for conservation[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2006, 21(2): 71-76.
- [6] 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.
LIU B L, CHEN X J. Review on the research development of beaks in Cephalopoda [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(1): 157-164.
- [7] MARTÍNEZ P, SANJUAN A, GUERRA A. Identification of *Illex coindetii*, *I. illecebrosus* and *I. argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) throughout the Atlantic Ocean; by body and beak characters[J]. Marine Biology, 2002, 141(1): 131-143.
- [8] WOLFFG A. Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of cephalopods from the Pacific Ocean [R]. Seattle, USA: NOAA Technical Report NMFS, 1984.
- [9] LIU B L, FANG Z, CHEN X J, et al. Spatial variations in beak structure to identify potentially geographic populations of *Dosidicus gigas* in the eastern Pacific Ocean [J]. Fisheries Research, 2015, 164: 185-192.
- [10] OGDEN R S, ALLCOCK A L, WATS P C, et al. The role of beak shape in octopodid taxonomy [J]. South African Journal of Marine Science, 1998, 20(1): 29-36.
- [11] BÁRCENAS G V, PERALES-RAYA C, BARTOLOMÉ A, et al. Age validation in *Octopus maya* (Voss and Solís, 1966) by counting increments in the beak rostrum sagittal sections of known age individuals [J]. Fisheries Research, 2014, 152: 93-97.
- [12] JACKSON G D, MCKINNON J F. Beak length analysis of arrow squid *Nototodarus sloanii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in southern New Zealand waters [J]. Polar Biology, 1996, 16(3): 227-230.
- [13] LALAS C. Estimates of size for the large octopus *Macroctopus maorum* from measures of beaks in preyremains [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 2009, 43(2): 635-642.
- [14] 刘必林,陈新军. 印度洋西北海域鸢乌贼角质颚长度分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 8-14.
LIU B L, CHEN X J. Beak length analysis of the purpleback flying squid *Sthenoethis oualaniensis* in northwest Indian Ocean [J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(1): 8-14.
- [15] 方舟,陈新军,瞿俊跃,等. 北太平洋柔鱼角质颚形态及生长年间差异[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(1): 109-120.
FANG Z, CHEN X J, QU J Y, et al. Annual variation of beak morphology and growth models for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in north Pacific Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(1): 109-120.
- [16] HU G Y, FANG Z, LIU B L, et al. Using different standardized methods for species identification; a case study using beaks from three Ommastrephid species [J]. Journal of Ocean University of China, 2018, 17(2): 355-362.
- [17] 陆化杰,陈新军,方舟. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼2个不同产卵群间角质颚外形生长特性比较[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(10): 33-40.
LU H J, CHEN X J, FANG Z. Comparison of the beak morphologic growth characteristics between two spawning populations of *Illex argentinus* in southwest Atlantic Ocean [J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(10): 33-40.
- [18] 方舟,陈新军,陆化杰,等. 北太平洋两个柔鱼群体角质颚形态及生长特征[J]. 生态学报, 2014, 34(19): 5405-5415.
FANG Z, CHEN X J, LU H J, et al. Morphology and growth of beaks in two cohorts for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the north Pacific Ocean [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(19): 5405-5415.
- [19] 李建华,陈新军,刘必林,等. 夏秋季西北太平洋柔鱼渔业生物学的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20

- (6): 890-894.
- LI J H, CHEN X J, LIU B L, et al. Biological characteristics of *Ommastrephes bartramii* in northwest Pacific Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(6): 890-894.
- [20] CASTRO J J, HERNÁNDEZ-GARCÍA V. Ontogenetic changes in mouth structures, foraging behaviour and habitat use of *Scomber japonicus* and *Illex coindetii* [J]. Scientia Marina, 1995, 59(3/4): 347-355.
- [21] 胡贯宇, 金岳, 陈新军. 秘鲁外海茎柔鱼角质颚的形态特征及其与个体大小和日龄的关系[J]. 海洋渔业, 2017, 39(4): 361-371.
- HU G Y, JIN Y, CHEN X J. Beak morphological characteristics of *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zone (EEZ) and their relationship with body size and daily age [J]. Marine Fisheries, 2017, 39(4): 361-371.
- [22] 陈芃, 方舟, 陈新军. 基于角质颚外部形态学的柔鱼种群判别[J]. 海洋渔业, 2015, 37(1): 1-9.
- CHEN P, FANG Z, CHEN X J. Population identification of *Ommastrephes bartramii* based on beak's external morphological characters [J]. Marine Fisheries, 2015, 37(1): 1-9.
- [23] 宁欣, 陆化杰, 张旭, 等. 西北太平洋北方拟贻乌贼角质颚外部形态生长特性[J]. 应用生态学报, 2019, 30(12): 4259-4266.
- NING X, LU H J, ZHANG X, et al. Beak morphological growth characteristic of *Gonatopsis borealis* in the northwestern Pacific Ocean [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(12): 4259-4266.
- [24] 徐杰, 刘尊雷, 李圣法, 等. 东海剑尖枪乌贼角质颚的外部形态及生长特性[J]. 海洋渔业, 2016, 38(3): 245-253.
- XU J, LIU Z L, LI S F, et al. Morphology and growth characteristics of *Uroteuthis edulis* beak in the East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2016, 38(3): 245-253.
- [25] KASHIWADA J, RECKSIEK C W, KARPOV K A. Beaks of the market squid, *Loligo opalescens*, as tools for predator studies [J]. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, 1979, 20: 65-69.
- [26] 王晓华, 刘长琳, 陈四清, 等. 金乌贼角质颚形态参数与胴长、体重的关系[J]. 渔业现代化, 2013, 40(3): 37-40, 55.
- WANG X H, LIU C L, CHEN S Q, et al. Relationship between beak shape parameters and mantle length, body weight of *Sepia esculenta* Hoyle [J]. Fishery Modernization, 2013, 40(3): 37-40, 55.
- [27] 陈子越, 陆化杰, 童玉和, 等. 中国南海西沙群岛海域鳶乌贼角质颚生长特性[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(3): 373-383.
- CHEN Z Y, LU H J, TONG Y H, et al. Beak growth characteristic of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the waters of Xisha Islands in the South China Sea [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(3): 373-383.
- [28] LEFKADITOU E, BEKAS P. Analysis of beak morphometry of the horned octopus *Eledone cirrhosa* (Cephalopoda: Octopoda) in the Thracian Sea (NE Mediterranean) [J]. Mediterranean Marine Science, 2004, 5(1): 143-150.
- [29] LLEONART J, SALAT J, TORRES G J. Removing allometric effects of body size in morphological analysis [J]. Journal of Theoretical Biology, 2000, 205(1): 85-93.
- [30] 陆化杰, 陈新军, 马金. 西北太平洋柔鱼耳石微量元素[J]. 应用生态学报, 2014, 25(8): 2411-2417.
- LU H J, CHEN X J, MA J. Trace elements in the statoliths of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii* in the Northwest Pacific Ocean [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(8): 2411-2417.
- [31] 马迪, 金岳, 陈芃, 等. 利用角质颚形态判别东海两种常见枪乌贼[J]. 水产学报, 2019, 43(2): 419-430.
- MA D, JIN Y, CHEN P, et al. Species identification of Loliginidae inhabiting the East China Sea based on beak [J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(2): 419-430.

Beak's growth characteristics and species identification for two kinds of squids in the north Pacific Ocean

LIANG Jiawei¹, PENG Miaomiao¹, CHEN Xinjun^{1,2,3,4,5,6}, LU Huajie^{1,3,4,5,6}, HU Guanyu^{1,3,4,5,6,7}, FANG Zhou^{1,3,4,5,6}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Laboratory of Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, Shandong, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 4. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 5. Key Laboratory of Ocean Fisheries Exploitation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 6. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 7. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In this study, the samples of *Ommastrephes bartramii* and *Gonatopsis borealis* were collected by the Chinese squid jigging vessels during September to November in 2018 in the high seas of north Pacific Ocean (41°05'N – 43°45'N, 154°05'E – 159°43'E). Their beaks' characteristics were measured and analyzed. The results showed that the two species had extremely significant differences in mantle length and body mass. The principal component analysis showed that upper crest length (UCL) was the best for representing the beaks' external morphological features of *O. bartramii*, and upper crest length (UCL) and lower lateral wall length (LLWL) were the best for representing the beaks' external morphological features of *G. borealis*. The AIC (Akaike's information criterion) showed that: The relationships between ML and UHL, LHL, LLWL, LWL were best described by power function for *O. bartramii*, and relationships between ML and UCL, ULWL, UWL, LCL were best described by logarithm function for *O. bartramii*; The relationships between ML and UHL, LRL and LLWL were best described by power function for *G. borealis*, relationships between ML and UCL and LCL were best described by exponential function for *G. borealis*, the relationships between ML and URL, ULWL and LHL were best described by logarithm function for *G. borealis*. Stepwise discriminant analysis showed that the correct discrimination rates of upper and lower beaks were 92.70% and 84.50%, respectively. Meanwhile, the discriminant equations were built. The results indicated that the external shapes of beaks can be used to identify these two kinds of squids.

Key words: *Ommastrephes bartramii*; *Gonatopsis borealis*; beak; growth; species identification