

文章编号: 1674-5566(2019)03-0365-08

DOI:10.12024/j.sou.20180902400

基于角质颚的东、黄海头足类科类判别

方 舟^{1,2,3,4}, 陈新军^{1,2,3,4,5}, 金 岳⁵

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 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. 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)

摘 要: 角质颚具有稳定的结构特征, 是头足类分类的良好材料之一。根据在东、黄海采集的分属 3 个科 6 个种类样本(中国枪乌贼 *Loligo chinensis*、杜氏枪乌贼 *Uroteuthis duvauceli*、虎斑乌贼 *Sepia pharaonic*、神户乌贼 *Sepia kubiensis*、短蛸 *Octopus ocellatus* 和长蛸 *Octopus variabilis*), 通过测量其角质颚的形态参数, 对不同科类的角质颚进行判别分析, 并将原始数据和标准化数据的分析结果进行对比分析。结果发现: 中国枪乌贼和虎斑乌贼的角质颚参数原始数据分别大于杜氏枪乌贼和神户乌贼, 而标准化后的结果正好相反; 短蛸的角质颚参数无论在标准化前后均大于长蛸; 在角质颚原始数据中选出 10 个用于最终的判别分析, 上头盖长、下脊突长、下翼长贡献了绝大部分差异。3 个科总判别成功率为 92.8%; 在角质颚标准化数据中选出 7 个用于最终的判别分析, 上头盖长/胴长、下侧壁长/胴长、下翼长/胴长贡献了绝大部分差异, 3 个科总判别成功率为 98.1%。由此可见, 对角质颚数据进行标准化处理, 能够有效地提升判别正确率。

关键词: 头足类; 东海; 黄海; 角质颚; 判别分析

中图分类号: S 917 **文献标志码:** A

头足类广泛分布于全球各个海域, 我国近海的头足类资源也非常丰富, 以枪形目 (Teuthoidea)、乌贼目 (Sepiida) 和八腕目 (Octopoda) 为主^[1]。东海作为我国头足类的主要产区, 资源开发早, 市场需求大, 长期以来累积了许多关于头足类资源的调查数据^[2]。宋海棠等^[3]、李圣法等^[4]、俞存根等^[5]、朱文斌等^[6]和王琳^[7]在不同年份对东海沿岸的调查数据显示, 随着环境和其摄食对象的变化^[8-11], 该海域共有头足类 20~35 种, 其中剑尖枪乌贼 (*Loligo edulis*)、长蛸 (*Octopus variabilis*)、神户乌贼 (*Sepia kubiensis*)、太平洋褶柔鱼 (*Todarodes pacificus*)、虎斑乌贼 (*Sepia pharaonic*)、短蛸 (*Octopus ocellatus*) 和金乌贼 (*Sepia esculenta*) 数量较多, 是捕捞的主要对象, 而曾作为东海头足类优势种的日本无针乌贼 (*Sepiella japonica*) 资源衰退^[5]。黄海头足类资源调查多与其他海洋生物一起进行^[12-13], 根据

调查结果, 种类在 10~15 种, 不同区域资源量呈现由北向南渐增的趋势, 调查中捕获了 3 个黄海新记录种, 均为暖水性种类, 可能与全球变暖^[13]和栖息地环境变化有关^[14]。由于调查海域范围、调查季节、使用网具不尽相同, 因此在种类数量、优势种、资源量等方面出现了一些不同, 但总的来看, 东、黄海头足类资源总体数量并未随捕捞力度的加强而减少, 地理分布上自北向南呈递增趋势。

目前在我国近海种类中, 枪形目以枪乌贼科 (Loliginidae) 为主, 乌贼目以乌贼科 (Sepiidae) 为主, 八腕目以蛸科 (Octopodidae) 为主, 因此要想系统地区分近海头足类, 首先需要从这 3 个不同科头足类的区别着手。3 个科头足类从外观来区别, 较容易直观得出正确的结论, 但是头足类为软体动物, 其外形极易受到网具的破坏; 同时头足类多被大型海洋生物所捕食, 能够完好保存下

收稿日期: 2018-09-16 修回日期: 2018-12-05

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41476129); 中国博士后科学基金面上项目(2017M610277); 农业部外海渔业开发重点实验室开放基金(LOF 2018-02)

作者简介: 方 舟(1988—), 男, 讲师, 研究方向为头足类渔业生物学。E-mail: zfang@shou.edu.cn

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

来的只有角质颚等硬组织结构,这时就需要用到基于角质颚的科类判别分析。角质颚是重要的摄食器官,分为上下颚,作为一种具有稳定形态和丰富生态信息的硬组织,受到了许多研究者的关注^[15],常常被用于年龄鉴定、种群划分和食性评估等研究^[16-18]。目前常用的角质颚测量方法主要是基于径向测量,而由于测量误差等原因,对数据进行必要的标准化是后续分析的前提之一^[19]。因此,本研究基于角质颚的形态,对东、黄海近海常见头足类在科类水平进行分类,并比较不同数据处理方法对判别结果的差异,为我国近

海头足类分类研究提供基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源

研究样本分别为2015年11月于上海芦潮港集贸市场采购所得的69尾中国枪乌贼、100尾杜氏枪乌贼、50尾虎斑乌贼和100尾神户乌贼,以及2015年11月于青岛沙子口海鲜市场采购的150尾短蛸和41尾长蛸。不同种类的基本生物学信息如表1。

表1 不同种类生物学基本信息

Tab.1 Basic biological information for different cephalopod species

科类 Family	种类 Species	样本数 Number/尾	胴长范围 Mantle length range/mm	体质量范围 Body mass range/g	性成熟度 Sex maturity stage
枪乌贼科 Loliginidae	杜氏枪乌贼 <i>Uroteuthis duvauceli</i>	100	41 ~ 120	7 ~ 58	II ~ IV
	中国枪乌贼 <i>Loligo chinensis</i>	69	120 ~ 250	69 ~ 529	I ~ V
乌贼科 Sepiidae	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	50	98 ~ 133	90 ~ 241	II ~ IV
	神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i>	100	55 ~ 94	23 ~ 74	I ~ III
蛸科 Octopodidae	短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	150	36 ~ 90	44 ~ 198	I ~ III
	长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	41	29 ~ 102	12 ~ 209	I ~ IV

1.2 角质颚测量

用镊子取出位于口球部位的角质颚,放入75%的酒精溶液中清洗以去除杂质,使用游标卡尺(精度0.01 mm)对角质颚形态进行测量。共测量上颚和下颚各6个数据,分别为上头盖长(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)、上翼长(upper wing length, UWL)、上侧壁长(upper lateral wall length, ULWL)、下头盖长(lower hood length, LHL)、下脊突长(lower crest length, LCL)、下喙长(lower rostrum length, LRL)、下喙宽(lower rostrum width, LRW)、下翼长(lower wing length, LWL)、下侧壁长(lower lateral wall length, LLWL)。头盖长从喙部的顶端测至头盖部的后缘,脊突长从喙部的顶端测至脊突部的后缘,喙长从喙部的顶端测至颚角的后缘,侧壁长从喙部的顶端测至侧壁部的后缘,翼长从颚角测至翼部的前缘,见图1^[20]。

1.3 数据处理

(1)科类归类。将中国枪乌贼和杜氏枪乌贼归为一类,即枪乌贼科;将长蛸和短蛸归为一类,

即为蛸科;将虎斑乌贼和神户乌贼归为一类,即为乌贼科。

(2)数据标准化处理。为了校正样品规格差异对形态参数值的影响,将12个角质颚形态参数均除以胴长,得到UHL/ML、UCL/ML、URL/ML、URW/ML、ULWL/ML、UWL/ML、LHL/ML、LCL/ML、LRL/ML、LRW/ML、LLWL/ML和LWL/ML共12个角质颚形态比例指标。

(3)标准化处理和科类判别。为比较原始数据和标准化数据判别结果的差异,使用逐步判别分析法分别对原始数据和标准化数据进行分析,并计算判别正确率^[21]。其中用80%的数据进行判别方程建立,剩余20%的数据进行验证。

所有统计分析均在SPSS 19.0软件中处理完成。

2 结果

2.1 不同种类角质颚形态测量

由表2可以发现:中国枪乌贼角质颚的各项形态参数的平均值都要大于杜氏枪乌贼;将角质颚各项形态参数除以胴长进行标准化后,杜氏枪乌贼的形态参数比例指标均值略大于中国枪乌

贼。

由表 3 可以发现:神户乌贼角质颚的各项形态参数的平均值都要小于虎斑乌贼;而将角质颚各项形态参数除以胴长进行标准化后,神户乌贼的形态参数比例指标均值略大于虎斑乌贼。

由表 4 可以发现:除了上喙长,短蛸角质颚的各项形态参数的平均值都要大于长蛸;而将角质颚各项形态参数除以胴长进行标准化后,短蛸的形态参数比例指标均值仍略大于长蛸。

2.2 基于原始数据的判别分析

经过逐步判别分析,最后在 12 个角质颚原

始数据中选出 10 个值用于最终的判别分析,分别是上头盖长 UHL、上脊突长 UCL、上喙宽 URW、上侧壁长 ULWL、上翼长 UWL、下脊突长 LCL、下喙长 LRL、下喙宽 LRW、下侧壁长 LLWL、下翼长 LWL。根据 Wilk's λ (表 5)可以发现,上头盖长 UHL、下脊突长 LCL、下翼长 LWL 贡献了绝大部分差异。蛸科的判别成功率最高,为 100.0%;乌贼科其次,为 91.0%;枪乌贼科的判别成功率最低,为 86.3%。3 个科总的判别成功率为 92.8%(表 6,图 2)。

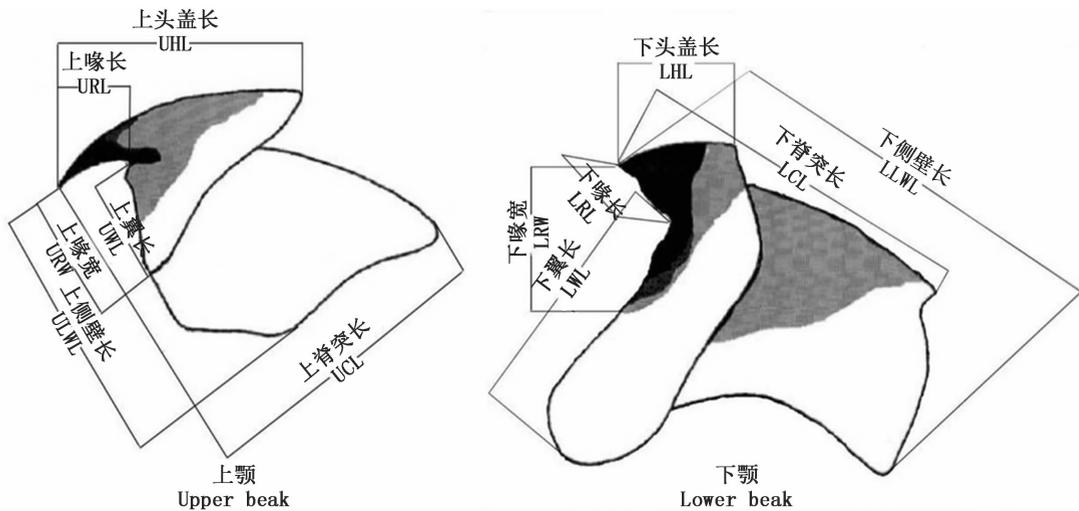


图 1 角质颚形态测量指示图

Fig. 1 Scheme of morphometric measurements of beak

表 2 东、黄海海域中国枪乌贼和杜氏枪乌贼角质颚形态值

Tab. 2 Beak morphometrics of *Loligo chinensis* and *Uroteuthis duvauceli* in East China Sea and Yellow Sea

参数 Parameter	均值 ± 标准差 Mean ± SD			
	中国枪乌贼 <i>Loligo chinensis</i>		杜氏枪乌贼 <i>Uroteuthis duvauceli</i>	
	未标准化 Non standardization/mm	标准化 Standardization	未标准化 Non standardization/mm	标准化 Standardization
上头盖长 UHL	11.70 ± 3.15	0.07 ± 0.010	6.77 ± 1.35	0.08 ± 0.010
上脊突长 UCL	15.87 ± 5.50	0.09 ± 0.020	9.99 ± 1.81	0.12 ± 0.020
上喙长 URL	3.13 ± 0.41	0.02 ± 0.001	2.38 ± 0.11	0.03 ± 0.001
上喙宽 URW	2.82 ± 0.38	0.02 ± 0.001	1.87 ± 0.05	0.02 ± 0.001
上侧壁长 ULWL	12.39 ± 3.35	0.07 ± 0.010	7.61 ± 0.89	0.09 ± 0.010
上翼长 UWL	4.84 ± 0.82	0.03 ± 0.001	3.33 ± 0.26	0.04 ± 0.001
下头盖长 LHL	4.56 ± 0.75	0.03 ± 0.001	2.81 ± 0.12	0.03 ± 0.001
下脊突长 LCL	9.45 ± 1.22	0.05 ± 0.010	5.47 ± 0.72	0.06 ± 0.010
下喙长 LRL	3.12 ± 0.14	0.02 ± 0.001	2.08 ± 0.04	0.02 ± 0.001
下喙宽 LRW	3.79 ± 0.20	0.02 ± 0.001	2.11 ± 0.03	0.02 ± 0.001
下侧壁长 LLWL	10.61 ± 2.17	0.06 ± 0.010	6.89 ± 1.34	0.07 ± 0.010
下翼长 LWL	7.46 ± 1.71	0.04 ± 0.004	4.44 ± 0.46	0.05 ± 0.006

表 3 东、黄海海域虎斑乌贼和神户乌贼角质颚形态值

Tab. 3 Beak morphometrics of *Sepia pharaonic* and *Sepia kobeensis* in East China Sea and Yellow Sea

参数 Parameter	均值 ± 标准差 Mean ± SD			
	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>		神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i>	
	未标准化 Non standardization/mm	标准化 Standardization	未标准化 Non standardization/mm	标准化 Standardization
上头盖长 UHL	12.20 ± 3.47	0.10 ± 0.010	9.15 ± 1.85	0.12 ± 0.010
上脊突长 UCL	16.16 ± 4.90	0.13 ± 0.020	11.62 ± 4.01	0.16 ± 0.020
上喙长 WURL	3.72 ± 0.44	0.03 ± 0.001	2.65 ± 0.33	0.04 ± 0.002
上喙宽 URW	3.07 ± 0.38	0.03 ± 0.001	2.72 ± 0.31	0.04 ± 0.002
上侧壁长 ULWL	13.27 ± 2.35	0.11 ± 0.010	9.03 ± 0.85	0.12 ± 0.010
上翼长 UWL	5.30 ± 0.87	0.05 ± 0.010	3.93 ± 0.56	0.05 ± 0.010
下头盖长 LHL	5.06 ± 0.49	0.04 ± 0.010	3.29 ± 0.18	0.04 ± 0.002
下脊突长 LCL	9.88 ± 1.07	0.09 ± 0.010	6.92 ± 0.74	0.09 ± 0.010
下喙长 LRL	2.96 ± 0.34	0.03 ± 0.001	2.24 ± 0.25	0.03 ± 0.001
下喙宽 LRW	3.31 ± 0.48	0.03 ± 0.001	2.83 ± 0.28	0.04 ± 0.001
下侧壁长 LLWL	12.36 ± 1.37	0.11 ± 0.010	8.52 ± 0.79	0.12 ± 0.010
下翼长 LWL	9.23 ± 1.86	0.08 ± 0.010	6.80 ± 0.81	0.09 ± 0.010

表 4 东、黄海海域长蛸和短蛸角质颚形态值

Tab. 4 Beak morphometrics of *Octopus variabilis* and *Octopus ocellatus* in East China Sea and Yellow Sea

参数 Parameter	均值 ± 标准差 Mean ± SD			
	长蛸 <i>Octopus variabilis</i>		短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	
	未标准化 Non standardization/mm	标准化 Standardization	未标准化 Non standardization/mm	标准化 Standardization
上头盖长 UHL	2.53 ± 0.47	0.04 ± 0.001	3.01 ± 0.42	0.04 ± 0.001
上脊突长 UCL	8.10 ± 1.90	0.12 ± 0.010	8.19 ± 1.85	0.13 ± 0.020
上喙长 URL	1.60 ± 0.24	0.02 ± 0.001	1.54 ± 0.30	0.03 ± 0.001
上喙宽 URW	2.00 ± 0.38	0.03 ± 0.001	2.11 ± 0.34	0.04 ± 0.002
上侧壁长 ULWL	6.60 ± 1.35	0.09 ± 0.010	6.90 ± 0.98	0.10 ± 0.010
上翼长 UWL	2.08 ± 0.37	0.03 ± 0.001	2.45 ± 0.32	0.04 ± 0.003
下头盖长 LHL	2.09 ± 0.39	0.03 ± 0.001	2.47 ± 0.40	0.04 ± 0.002
下脊突长 LCL	4.84 ± 1.07	0.07 ± 0.010	5.50 ± 1.20	0.08 ± 0.010
下喙长 LRL	1.40 ± 0.14	0.02 ± 0.001	1.60 ± 0.18	0.02 ± 0.001
下喙宽 LRW	1.96 ± 0.28	0.03 ± 0.001	2.43 ± 0.58	0.04 ± 0.001
下侧壁长 LLWL	6.88 ± 1.24	0.10 ± 0.010	6.91 ± 1.29	0.10 ± 0.010
下翼长 LWL	4.00 ± 0.92	0.06 ± 0.005	4.51 ± 1.02	0.07 ± 0.004

表 5 3 个科头足类角质颚长度逐步判别分析结果

Tab. 5 Summary of stepwise discriminant analysis showing the order of variables to entry for the 3 families in beak morphometrics

判别步数 Discrimination step	变量 Variable	Wilk's λ Wilk's λ	统计 F 量 Statistical F quantity	自由度 1 Degree 1 of freedom	自由度 2 Degree 2 of freedom
1	上头盖长 UHL	0.281	602.700	2	470.000
2	下脊突长 LCL	0.140	391.416	4	938.000
3	下翼长 LWL	0.099	340.153	6	936.000
4	上脊突长 UCL	0.079	298.984	8	934.000
5	下侧壁长 LLWL	0.068	262.970	10	932.000
6	上喙宽 URW	0.064	228.942	12	930.000
7	下喙长 LRL	0.060	204.494	14	928.000
8	下喙宽 LRW	0.056	185.811	16	926.000
9	上翼长 UWL	0.055	168.292	18	924.000
10	上侧壁长 ULWL	0.053	153.916	20	922.000

表 6 基于头足类角质颚原始数据的科间判别成功率

Tab. 6 The successful discrimination rate for the 3 families in beak morphometrics

科 Family	判别成功率 Successful discrimination rate/%	成功判别的样本数 Successful discrimination number/尾			
		枪乌贼科 Loliginidae	蛸科 Octopodidae	乌贼科 Sepiidae	样本数 Number
枪乌贼科 Loliginidae	86.3	139	1	21	161
蛸科 Octopodidae	100.0	0	178	0	178
乌贼科 Sepiidae	91.0	11	1	122	134

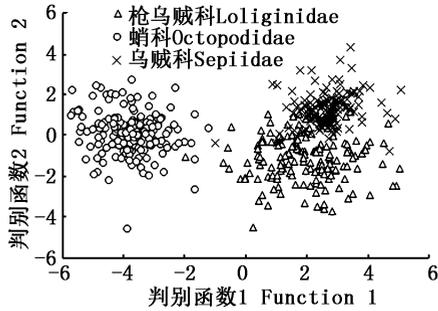


图 2 3 个科头足类角质颚原始数据判别分析函数系数散点图

Fig. 2 Canonical discriminant plots of initial beak morphometric variables for 3 families

2.3 基于标准化数据的判别分析

经过逐步判别分析,最后在 12 个角质颚标准化数据中选出 7 个用于最终的判别分析,分别是上头盖长/胴长 UHL/ML、上喙宽/胴长 URW/ML、下脊突长/胴长 LCL/ML、下喙长/胴长 LRL/ML、下喙宽/胴长 LRW/ML、下侧壁长/胴长 LLWL/ML、下翼长/胴长 LWL/ML。根据 Wilk's λ (表 7) 可以发现,上头盖长/胴长 UHL/ML、下侧壁长/胴长 LLWL/ML、下翼长/胴长 LWL/ML 贡献了绝大部分差异。蛸科的判别成功率最高,为 100%;乌贼科其次,为 97.0%;枪乌贼科的判别成功率最低,为 96.9%。3 个科总的判别成功率为 98.1% (表 8,图 3)。

表 7 3 个科头足类角质颚长度逐步判别分析结果

Tab. 7 Summary of stepwise discriminant analysis showing the order of variables to entry for the 3 families in beak morphometrics

判别步数 Discrimination step	变量 Variable	Wilk's λ	统计 F 量 Statistical F quantity	自由度 1 Degree 1 of freedom	自由度 2 Degree 2 of freedom
1	上头盖长/胴长 UHL/ML	0.138	1 464.994	2	470.000
2	下侧壁长/胴长 LLWL/ML	0.034	1 042.369	4	938.000
3	下翼长/胴长 LWL/ML	0.028	778.868	6	936.000
4	下脊突长/胴长 LCL/ML	0.025	626.473	8	934.000
5	下喙长/胴长 LRL/ML	0.023	520.202	10	932.000
6	下喙宽/胴长 LRW/ML	0.022	444.713	12	930.000
7	上喙宽/胴长 URW/ML	0.022	385.484	14	928.000

表 8 基于头足类角质颚标准化数据的科间判别成功率

Tab. 8 The successful discrimination rate for the 3 families in beak morphometrics

科 Family	判别成功率 Successful discrimination rate/%	成功判别的样本数 Successful discrimination number/尾			
		枪乌贼科 Loliginidae	蛸科 Octopodidae	乌贼科 Sepiidae	样本数 Number
枪乌贼科 Loliginidae	96.9	156	1	4	161
蛸科 Octopodidae	100.0	0	178	0	178
乌贼科 Sepiidae	97.0	4	0	130	134

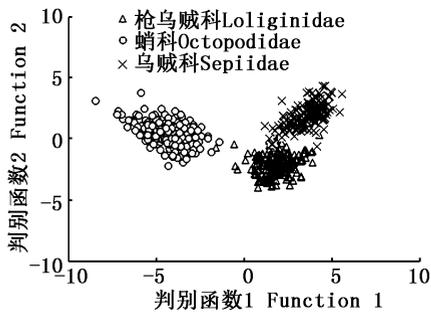


图3 3个科头足类角质颚标准化数据判别分析函数系数散点图

Fig.3 Canonical discriminant plots of standardized beak morphometric variables for 3 families

3 讨论与分析

研究发现,角质颚在不同科间有着很大的差异,因此利用角质颚进行头足类种类区分具有很好的效果。MARKAIDA等^[22]通过对墨西哥下加利福尼亚附近海域捕获的175尾剑鱼的胃含物进行分析,利用胃含物中的1318个角质颚鉴定出了25种头足类,并估算了它们的胴长和体质量。本研究中,3个科头足类的角质颚在外观上存在一定区别:枪乌贼科(中国枪乌贼和杜氏枪乌贼)的上颚头盖部分较为圆滑,下颚的头盖部分以及侧壁部分狭促;蛸科(长蛸和短蛸)的上头盖十分短小,上、下喙长均较短;乌贼科(虎斑乌贼和神户乌贼)的上头盖部分弧度较小,趋于平直^[23]。总体来看,蛸科的上颚和乌贼科以及枪乌贼科的上颚从外观形态上比较区别较大,然而3个科头足类的下颚外部形态的区别不甚明显。因此,利用角质颚各部分的测量长度数据进行科之间的判别就尤为重要了。

在利用角质颚原始长度进行逐步判别分析时发现上头盖长、下脊突长和下翼长在判别时具有较大的作用。利用标准化后的数据进行判别分析时发现上头盖长/胴长、下侧壁长/胴长以及下翼长/胴长具有较大贡献,不论使用哪组数据,上头盖和下翼的长度参数都起着重要的作用,这也与通过外形直接观察时所关注的位置相契合。利用角质颚原始长度进行分析时,枪乌贼科和乌贼科之间的误判率较高,这也可能是因为外观上两个科较为相像难以区别^[24]。而在上颚的头盖部和枪乌贼科以及乌贼科有着较明显区别的蛸科也在判别时达到了100%的正确率。考虑到不

同科类的头足类生长差异,将角质颚除以胴长进行标准化处理后再行比较,发现准确率大幅提升,蛸科依然保持了100%的准确率,而之前未做标准化处理时,相互易混淆的枪乌贼科和乌贼科的判别成功率也分别达到了96.9%和97.0%,在其他种类的判别分析中也有类似的结果^[19]。因此,在具备可以测量胴长的条件时,应当结合胴长数据对角质颚长度数据进行标准化处理,以获得更准确的判别结果。

刘必林等^[25]在进行标准化处理时,选用上头盖长作为自变量,将其余的长度参数和上头盖长建立线性关系,进而进行后续分析,得到了所有种类的判别成功率都达到100%的结果。HU等^[26]将标准化方法进一步细化,通过研究结果表明可以更好地提升判别正确率。这种标准化的方式可以不结合胴长数据,仅依靠角质颚的长度数据,使用范围更广,受到的限制更少,同时也可以考虑使用分类回归树模型^[27]进行分析,因此在今后的研究中可以适当结合使用。

参考文献:

- [1] 董正之. 中国近海头足类的地理分布[J]. 海洋与湖沼, 1978, 9(1): 108-118.
DONG Z Z. Geographic distribution of cephalopod in near shore of China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1978, 9(1): 108-118.
- [2] 陈新军, 王尧耕, 钱卫国. 中国近海重要经济头足类资源与渔业[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
CHEN X J, WANG Y G, QIAN W G. Economic cephalopod resources and fisheries in near shore of China[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [3] 宋海棠, 丁天明, 余匡军, 等. 东海北部头足类的种类组成和数量分布[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 1999, 18(2): 99-106.
SONG H T, DING T M, YU K J, et al. Species composition & quantitative distribution of cephalopod in the north of East China Sea [J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 1999, 18(2): 99-106.
- [4] 李圣法, 严利平, 李惠玉, 等. 东海区头足类群聚空间分布特征的初步研究[J]. 中国水产科学, 2006, 13(6): 936-944.
LI S F, YAN L P, LI H Y, et al. Spatial distribution of cephalopod assemblages in the region of the East China Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(6): 936-944.
- [5] 俞存根, 虞聪达, 宁平, 等. 浙江南部外海头足类种类组成和数量分布[J]. 海洋渔业, 2009, 31(1): 27-33.
YU C G, YU C D, NING P, et al. Species composition and

- quantitative distribution of cephalopod in the offshore waters of southern Zhejiang Province[J]. Marine Fisheries, 2009, 31(1): 27-33.
- [6] 朱文斌, 薛利建, 卢占晖, 等. 东南南部海域头足类群落结构特征及其与环境关系[J]. 海洋与湖沼, 2014, 45(2): 436-442.
- ZHU W B, XUE L J, LU Z H, et al. Cephalopod community structure and its relationship with environmental factors in the Southern East China Sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2014, 45(2): 436-442.
- [7] 王琳. 东海北部海域渔业生物学研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2013.
- WANG L. Study on fishery biology in the Northern East China Sea [D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2013.
- [8] 唐子涵, 钟俊生, 胡敏, 等. 杭州湾北岸表层水域浮游动物种类组成及季节变化[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(6): 927-935.
- TANG Z H, ZHONG J S, HU M, et al. The composition and seasonal changes of surface zooplankton in the north shore of Hangzhou Bay [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(6): 927-935.
- [9] 胡敏, 钟俊生, 唐子涵, 等. 杭州湾北部水域仔稚鱼组成的月度及年间比较[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(1): 103-112.
- HU M, ZHONG J S, TANG Z H, et al. Monthly and annual comparison of fish larvae and juveniles composition in the north of Hangzhou Bay [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(1): 103-112.
- [10] 叶林安, 王莉波, 江志法, 等. 2015 年东海区营养盐的分布变化特征[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(3): 432-439.
- YE L A, WANG L B, JIANG Z F, et al. Seasonal variations of distribution characteristics of nutrients in the East China Sea in 2015 [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(3): 432-439.
- [11] 张平, 俞存根, 王玉跃, 等. 舟山近岸海域虾类种类组成与数量分布及其变动趋势[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(4): 580-587.
- ZHANG P, YU C G, SHUI Y Y, et al. Species composition and quantitative distribution of shrimp and its changing tendency in Zhoushan coastal waters[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(4): 580-587.
- [12] 吴强, 王俊, 李忠义, 等. 黄海中南部头足类的群落结构与生物多样性[J]. 海洋科学, 2015, 39(8): 16-23.
- WU Q, WANG J, LI Z Y, et al. The community structure and biodiversity of Cephalopoda in central and southern Yellow Sea[J]. Marine Sciences, 2015, 39(8): 16-23.
- [13] 杜腾飞, 李昂, 戴芳群, 等. 2006—2013 年黄海秋季头足类资源状况调查与分析[J]. 中国水产科学, 2016, 23(4): 955-964.
- DU T F, LI A, DAI F Q, et al. Survey and analysis of the autumnal Cephalopod distribution in the Yellow Sea during 2006-2013[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(4): 955-964.
- [14] 张林慧, 张建恒, 赵升, 等. 2014 年青岛海域消亡漂浮浒苔生理特征研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(4): 591-598.
- ZHANG L H, ZHANG J H, ZHAO S, et al. Physiological characteristics of the floating *Ulva macroaglae* along Qingdao coast in 2014 [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(4): 591-598.
- [15] XAVIER J C, ALLCOCK A L, CHEREL Y, et al. Future challenges in cephalopod research[J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2015, 95(5): 999-1015.
- [16] FANG Z, LI J H, THOMPSON K, et al. Age, growth, and population structure of the red flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific Ocean, determined from beak microstructure[J]. Fishery Bulletin, 2016, 114: 34-44.
- [17] FANG Z, THOMPSON K, JIN Y, et al. Preliminary analysis of beak stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) stock variation of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in North Pacific Ocean [J]. Fisheries Research, 2016, 177: 153-163.
- [18] JACKSON G D. The use of beaks as tools for biomass estimation in the deepwater squid *Moroteuthis ingens* (Cephalopoda: Onychoteuthidae) in New Zealand waters [J]. Polar Biology, 1995, 15(1): 9-14.
- [19] FANG Z, LIU B L, LI J H, et al. Stock identification of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in North Pacific Ocean on the basis of beak and statolith morphology [J]. Scientia Marina, 2014, 78(2): 239-248.
- [20] 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.
- [21] 马迪, 金岳, 陈芃, 等. 基于角质颚形态的东海 2 种常见乌贼类的种类判别[J]. 上海海洋大学学报, 2018, 27(4): 594-602.
- MA D, JIN Y, CHEN P, et al. Species identification of Sepioidea in the East China Sea based on beak morphology [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2018, 27(4): 594-602.
- [22] MARKAIDA U, HOCHBERG F G. Cephalopods in the diet of swordfish (*Xiphias gladius*) caught off the West Coast of Baja California, Mexico [J]. Pacific Science, 2005, 59(1): 25-41.
- [23] 陈新军, 刘必林, 王尧耕. 世界头足类[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- CHEN X J, LIU B L, WANG Y G. Cephalopod of the world [M]. Beijing: Ocean Press, 2009.
- [24] JIN Y, LIU B L, LI J H, et al. Identification of three common Loliginidae squid species in the South China Sea by

- analyzing hard tissues with geometric outline method [J]. Journal of Ocean University of China, 2017, 16(5): 840-846.
- [25] 刘必林, 陈新军, 方舟, 等. 基于角质颚长度的头足类种类判别[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(6): 1365-1372.
- LIU B L, CHEN X J, FANG Z, et al. Species identification of cephalopods based on beak morphometric variables [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2015, 46(6): 1365-1372.
- [26] 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.
- [27] 方舟, 金岳, 胡飞飞, 等. 秋季我国近海不同海域短蛸角质颚形态学研究[J]. 水产学报, 2018, 42(7): 1050-1059.
- FANG Z, JIN Y, HU F F, et al. Beak morphometrics of short arm octopus (*Amphioctopus fangsiao*) in different sea areas of China in autumn [J]. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(7): 1050-1059.

Preliminary study of species identification of cephalopod in East China Sea and Yellow Sea based on beak morphology

FANG Zhou^{1,2,3,4}, CHEN Xinjun^{1,2,3,4,5}, JIN Yue⁵

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploitation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, 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. Laboratory of Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, Shandong, China)

Abstract: Cephalopod beak has a stable structure, and it is a good material for species identification. According to the six species of cephalopod samples (*Loligo chinensis*, *Uroteuthis duvauceli*, *Sepia pharaonic*, *Sepia kobeensis*, *Octopus ocellatus* and *Octopus variabilis*) caught from East China Sea and Yellow Sea, the beak morphometrics are measured, discriminant analysis is made at family level, the results are compared between non standardization data and standardization data. The results showed that non standardization beak morphometrics of *Loligo chinensis* and *Sepia pharaonic* is bigger than *Uroteuthis duvauceli* and *Sepia kobeensis*, respectively, but the results are reversed after standardization data. Beak morphometrics of *Octopus ocellatus* is bigger than *Octopus variabilis* for both non standardization data and standardization data. Ten non standardization beak morphometrics were selected for the final discriminant analysis, and upper hood length (UHL), lower crest length (LCL), lower wing length (LWL) contribute most to the morphological variation, total successful discriminant rate is 92.8% for the three families; seven standardization beak morphometrics were selected for the final discriminant analysis, and upper hood length/mantle length (UHL/ML), lower crest length/mantle length (LCL/ML), lower wing length/mantle length (LWL/ML) contribute most to the morphological variation, and total successful discriminant rate is 98.1% for the three families. In conclusion, it can effectively improve the discriminant rate after data standardization for beak morphometrics.

Key words: cephalopod; East China Sea; Yellow Sea; beak; discriminant analysis