

西北太平洋柔鱼角质颚微结构及其生长纹周期性研究*

刘必林^{1, 2, 3, 4} 林静远¹ 陈新军^{1, 2, 3, 4} 胡贯宇¹

(1. 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心 上海 201306; 3. 大洋渔业资源可持续发展省部共建教育部重点实验室 上海 201306; 4. 远洋渔业协同创新中心 上海 201306)

摘要 本文分析了采集于北太平洋海域的 35 尾柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)角质颚的微结构, 并对其生长纹的周期性进行了验证。研究结果显示: 上颚喙部截面由头盖和脊突两部分组成, 周期性的生长带明显, 每条生长带由明、暗相间的两条生长纹组成。头盖部的生长纹明显比脊突部的清晰, 两者交汇于内轴成“<”形。喙部顶端以及后端常有明显的标记轮, 其形成与个体发育期的特殊事件以及外界的突发事件有关。角质颚生长纹数目与耳石日龄相当($P < 0.05$), 证明柔鱼角质颚生长纹的沉积为“一日一纹”。根据角质颚生长纹估算柔鱼的生命周期小于 1 年, 样本胴长、体重和角质颚喙长与日龄呈显著的逻辑斯蒂关系。研究结果不仅为柔鱼类年龄鉴定和生长估算提供新方法, 而且为我国头足类学者开展相关研究提供重要基础。

关键词 生长纹; 柔鱼; 角质颚; 西北太平洋; 日龄

中图分类号 S917.4 **doi:** 10.11693/hyh20160300044

角质颚是位于头足类口球内主切割食物功能的硬组织结构, 由上下两片组成(刘必林等, 2009), 其主要成分为角质纤维和蛋白质(Hunt *et al.*, 1981; Miserez *et al.*, 2007)。作为头足类少数硬组织之一, 角质颚因其具有结构稳定、耐腐蚀以及信息储存良好等特点而受到国内外学者的广泛关注(刘必林等, 2014, 2015)。随着 Clarke(1964)首先在强壮桑椹乌贼 *Moroteuthis ingens* 的角质颚中发现生长纹后, 越来越多的学者致力于利用角质颚微结构来研究头足类的年龄和生长(Perales-Raya *et al.*, 2010, 2014a; Oosthuizen, 2004; Canali *et al.*, 2011; Castanhari *et al.*, 2012; Cuccu *et al.*, 2013)。然而, 研究只集中在真蛸 *Octopus vulgaris* (Cuccu *et al.*, 2013; Perales-Raya *et al.*, 2014b)和玛雅蛸 *O. maya* (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2013; Bárcenas *et al.*, 2014)这两种蛸类身上, 关于柔鱼类仅有 Mereu 等(2011)和胡贯宇等(2015)对角质颚

的生长纹进行了判读。为此, 本文以西北太平洋海域的柔鱼为例, 分析柔鱼类角质颚的微结构特征, 通过与耳石判定的日龄做比较以确定角质颚生长纹的日周期性, 并建立柔鱼胴长、体重和角质颚喙长与日龄的关系。研究结果不仅为柔鱼类年龄鉴定与生长估算提供新方法, 而且为我国头足类学者开展相关研究提供重要基础。

1 材料和方法

1.1 材料来源

2010 年 5—6 月和 2011 年 9—11 月共采集柔鱼样本 35 尾, 样本实验室解冻后小心将耳石和角质颚取出, 清洗其表面的黏液及其它有机物后, 分别保存于盛有 75%酒精的离心管和管口瓶中, 并贴好标签以备后用。与此同时, 记录样本的胴长(mantle length, ML)、体重(body weight, BW)、性别、性腺成熟度等

* 国家自然科学基金项目, 41306127 号, 41276156 号, 41476129 号; 上海市自然科学基金项目, 13ZR1419700 号; 教育部博士点基金项目, 20133104120001 号。刘必林, 副教授, E-mail: bl-liu@shou.edu.cn

陈新军, 博士生导师, 教授, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

收稿日期: 2016-03-07, 收修改稿日期: 2016-04-08

基础生物学数据, 角质颌喙长(Upper rostrum length, URL)的测量依据刘必林等(2010)。

1.2 角质颌

取出保存于管口瓶中的角质颌上颌, 用带有 0.3 mm 刀片的小型手持切割机沿角质颌喙部顶端至头盖后缘纵向切割成两半(图 1), 用剪刀将其中半个角质颌的喙部截面(Rostrum sagittal section, RSS)剪下(图 2a); 使角质颌喙部切割面朝下平放于塑料模具(图 2b)中, 倒入调配好的冷埋树脂溶液包埋(图 2c), 然后置常温避光处待其硬化; 硬化后的树脂块切割成 2—3mm 的薄片, 并用强力热熔胶粘于载玻片上(图 2d); 先后以 240、600、1200、2000 目水磨砂纸将切片研磨至中心面, 最后以 0.05 μ m 氧化铝剂抛光研磨面(图 2e、f)。

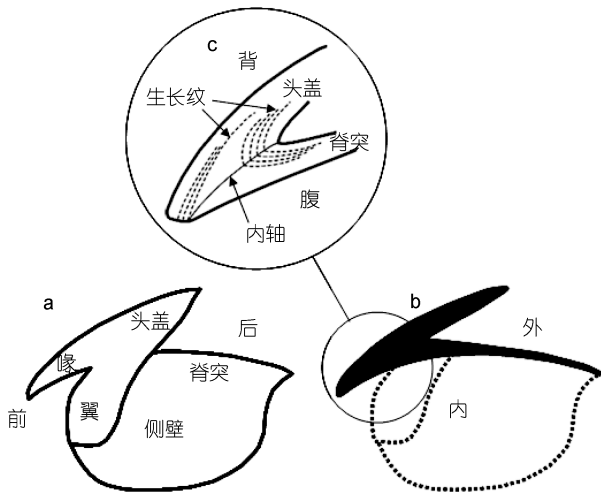


图 1 角质颌上颌示意图

Fig.1 Diagrams of upper beak of *O. bartramii*

注: a: 上颌各部组成; b: 沿脊突及头盖后缘向喙部裁剪后的半个角质颌, 黑色部分为截面; c: 角质颌喙部截面放大, 显示规则的生长纹

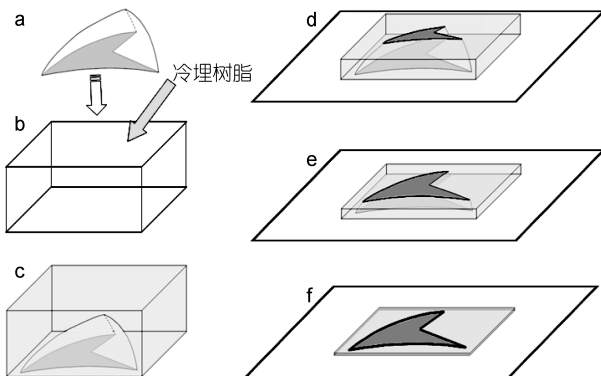


图 2 角质颌喙部切片制作流程图

Fig.2 Flow charts of upper beak RSS preparation

注: a: 已剪裁的角质颌喙部; b: 塑料磨具; c: 经冷埋树脂包埋的角质颌喙部; d—f: 切割后的树脂块粘于载玻片上并研磨至中心面

1.3 生长纹计数

制作好的角质颌切片在 Olympus 显微镜 100 \times 和 400 \times 下, 采用控制摄像系统(Charged Coupled Device, CCD)分别对喙部整体和顶端的生长纹进行拍照, 然后用 Photoshop 7.0 图像处理软件对两个倍数下所拍的图片分别进行拼图处理。生长纹计数时, 先对 100 \times 下采集的图像由喙部后端向前端, 始终沿生长纹垂直的方向计数喙部背侧的生长纹数目, 直至喙部背侧边缘处, 再对 400 \times 下采集的图像继续计数, 边缘空白处的生长纹数目由临近的生长纹宽度推算而得。每个样本分别独立计数 3 次, 采用变异系数(Coefficient of variation, CV)检验计数的准确性, 其计算公式如下

$$CV = 100\% \times \sqrt{\frac{(R_1 - R)^2 + (R_2 + R)^2 + (R_3 + R)^2}{R}}$$

式中 R_1 、 R_2 、 R_3 分别代表每个样本独立的 3 次计数值, R 代表 3 次计数的平均值。

1.4 耳石日龄鉴定

每个角质颌对应的耳石样本, 依据 Dawe 等(1991)的方法对其进行包埋、切割、研磨、抛光、观察、计数等。根据柔鱼类耳石生长纹“一日一龄”的理论, 柔鱼耳石的生长纹个数即其实际日龄。

1.5 角质颌生长纹日周期性验证

采用独立样本配对 t 检验检查角质颌生长纹与日龄是否存在显著差异, 同时对角质颌生长纹数目与耳石日龄进行线性回归分析, 并比较拟合线性方程的斜率和相关系数是否接近 1。

1.6 建立生长方程

采用线性、幂函数、指数、对数、逻辑斯蒂、von Bertalanffy 和 Gompertz 等 7 个生长模型来拟合柔鱼体长、体重和角质颌喙部的生长, 其中赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC)值最小的为最适生长模型(Arkhipkin *et al*, 2000)。AIC 计算公式如下

$$AIC = 2k + n \ln\left(\frac{RSS}{n}\right)$$

式中 k 为模型的参数数量, n 为样本数量, RSS 为剩余平方和。

2 结果

2.1 角质颌微结构

角质颌上颌喙部截面由背侧的头盖和腹侧的脊突两部分组成(图 1c), 周期性的生长带明显, 每一条生长带由明、暗两条生长纹组成。头盖部的生长纹明

显比脊突部的生长纹清晰, 两部分的生长纹交汇于内轴成“<”形, 生长纹后端逐渐平行于脊突背缘(图 1c, 图 2)。角质颚的喙部顶端以及后端常有明显的标记轮(图 3a, b)。截面中部的生长纹最宽(图 3c), 顶

端生长纹最窄(图 3d), 而同一条生长纹越接近内轴的部分其宽度越宽(图 3e), 越远离内轴的部分其宽度越窄(图 3f)。柔鱼角质颚喙部生长纹的平均宽度为 $12.4 \mu\text{m}$ 。

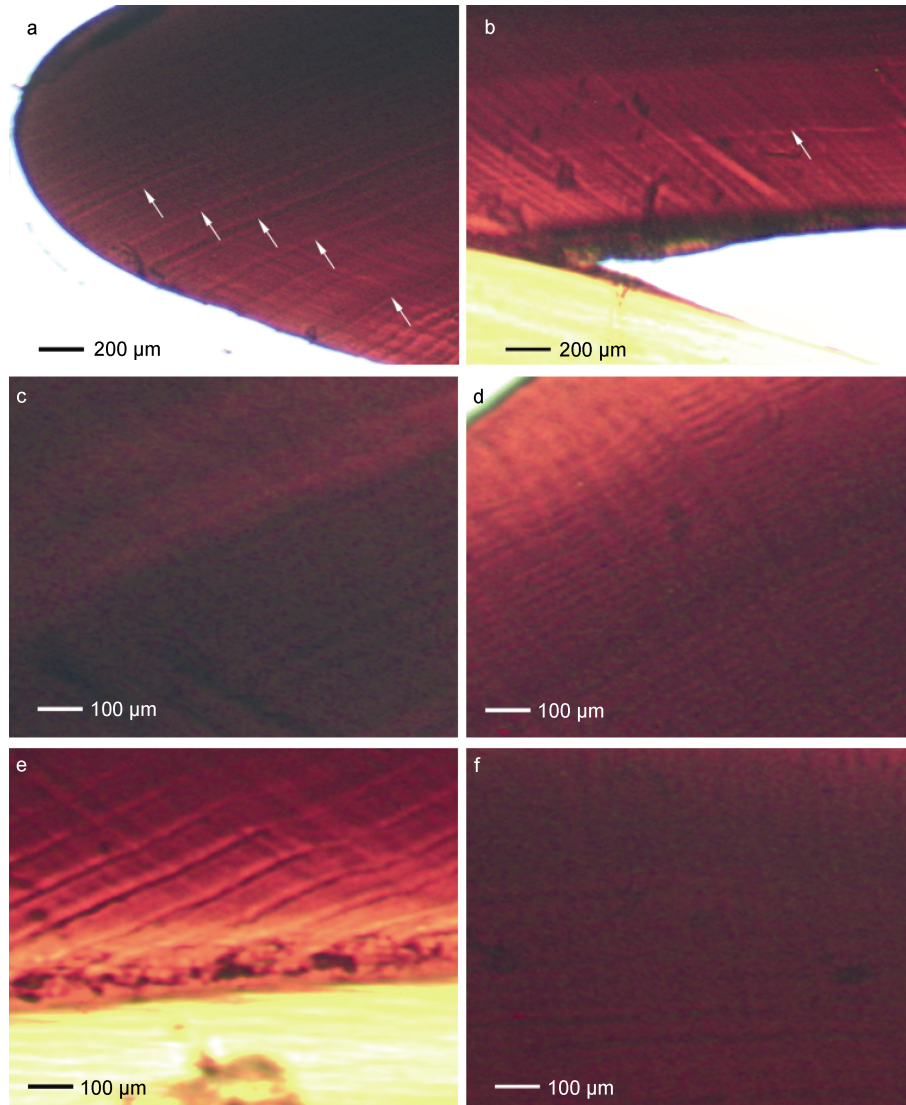


图 3 柔鱼角质颚上颌喙部微结构图

Fig.3 Light microstructure of upper beak RSS

注: a 和 b 分别显示喙部前端和后端的标记轮; c 和 d 分别显示喙部中部和顶端生长纹; e 和 f 分别显示接近和远离内轴的生长纹

2.2 角质颚生长纹数目与耳石日龄关系

分析结果显示, 三次独立计数 CV 值为 $2.97\% \pm 1.11\%$, 明显小于 5% , 因此角质颚生长纹计数准确, 每个角质颚生长纹的形成需要 1.018 ± 0.039 天。独立样本配对 t 检验显示, 角质颚喙部生长纹数目与耳石日龄无明显差异 ($P=0.057 > 0.05$)。拟合线性方程显示, 斜率(1.0177)和相关系数 $R^2(0.9693)$ 均接近于 1(图 4)。耳石估算日龄为 112—270 天, 角质颚估算日龄为

102—266 天, 两者基本相当, 因此, 柔鱼角质颚生长纹的沉积为“一日一纹”。

2.3 角质颚日龄与柔鱼胴长和体重关系

根据最小 AIC 法(表 1), 柔鱼胴长和体重与角质颚日龄关系均适合用逻辑斯蒂曲线来描述, 日龄 200 天以前柔鱼胴长和体重增长较快, 200 天以后增长变缓(图 5), 其关系式分别如下, 其中 ML 为胴长, BW 为体重, A 为日龄。

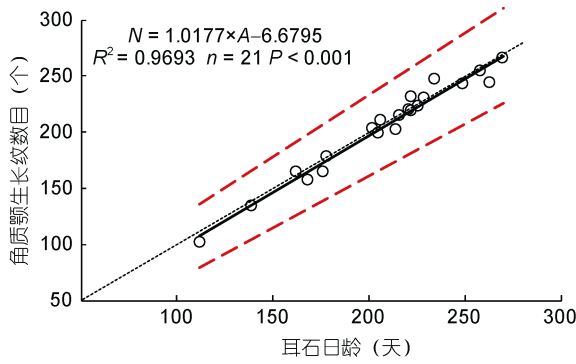


图 4 柔鱼角质颚上颚喙部生长纹数目与耳石日龄的关系
Fig.4 Relationship between number of growth increments of upper beak rostrum sagittal section and statolith determined age for *O. batramii*

注: *N*: 角质颚生长纹数目; *A*: 日龄; 红色虚线表示 95%置信区间

表 1 线性、幂函数、指数、对数、逻辑斯蒂、von Bertalanffy 和 Gompertz 等 7 个生长方程拟合柔鱼胴长-日龄、体重-日龄上颚喙长-日龄参数值

Tab.1 Parameters of linear, power, exponential, logarithmic, logistic, von Bertalanffy and Gompertz models fitted to ML-age, BW-age and URL-age data for *O. batramii*.

模型	胴长-日龄		体重-日龄		喙长-日龄	
	<i>R</i> ²	AIC	<i>R</i> ²	AIC	<i>R</i> ²	AIC
线性	0.8490	195.24	0.8096	343.44	0.6903	5.24
幂函数	0.8650	191.90	0.7883	346.62	0.6976	4.55
指数	0.8173	200.97	0.7467	352.00	0.6722	6.89
对数	0.8823	187.79	0.8179	342.09	0.7039	3.94
逻辑斯蒂	0.8993	185.10	0.8324	341.61	0.7100	5.33
von Bertalanffy	0.8526	196.52	0.8202	343.71	0.7063	5.70
Gompertz	0.8964	185.94	0.8299	342.06	0.7085	5.49

注: AIC: Akaike information criterion, 赤池信息准则; 粗体表示最适模型

$$ML = \frac{423}{1 + e^{-0.01923(A-101.34)}}$$

$$BW = \frac{2038}{1 + e^{-0.03232(A-163.75)}}$$

2.4 角质颚日龄与喙长关系

根据最小 AIC 法(表 1), 柔鱼角质颚喙长与日龄适合用逻辑斯蒂曲线来描述, 日龄 200 天以前角质颚喙部生长较快, 200 天以后生长变缓(图 6), 其关系式如下, 其中 URL 表示角质颚喙长, *A* 为日龄:

$$URL = \frac{10.95}{1 + e^{-0.01653(A-105.13)}}$$

3 讨论

头足类的角质颚与其耳石、内壳、眼晶体等硬组织一样, 存在明显的生长纹结构, 角质颚头盖、脊突、侧壁、翼部等各部表面的生长纹明显, 肉眼可见, 而

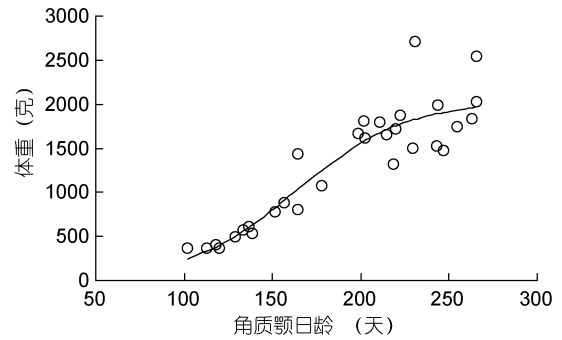
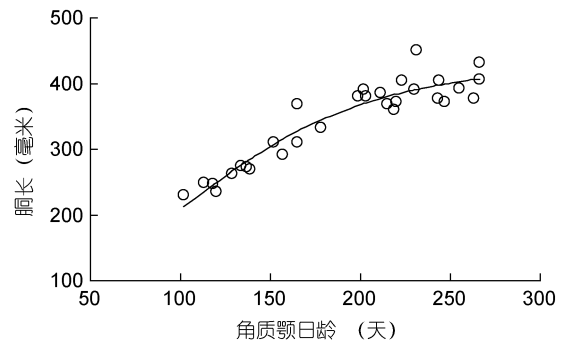


图 5 柔鱼胴长、体重与角质颚日龄关系
Fig.5 Correlations of ML and BW to the increment-determined age for *O. batramii*

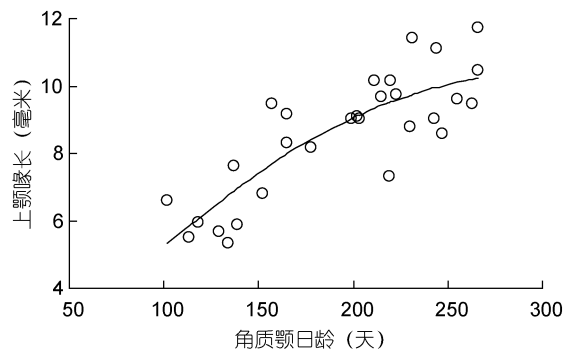


图 6 角质颚上颚喙长与日龄关系
Fig.6 Relationship between URL and increment determined age for *O. batramii*

喙部的生长纹则须要切割研磨后才可见(刘必林等, 2014)。Clarke(1964)首次详细报道了强壮桑椹乌贼角质颚中的生长纹结构, Nixon(1973)和 Smale 等(1993)先后在其它头足类角质颚中也发现了类似的结构。然而截至目前, 有关头足类角质颚生长纹的研究主要集中在侧壁和喙部两个部位, 侧壁生长纹是以喙顶端为中心的同心环纹(Perales-Raya *et al*, 1998), 而喙部生长纹则是以内轴为对称轴的“<”形条纹(图 1c)。本研究发现, 与真蛸相似, 柔鱼角质颚喙部顶端生长纹最窄(图 3d), 中部的生长纹最宽(图 3c) (Perales-Raya *et al*, 2010)。此外, 在一些柔鱼角质颚样本的喙

部顶端和后端发现了明显的标记纹, 以往的研究认为它们的形成与头足类特殊的生活史事件(如孵化、交配、产卵)以及突发事件(温度波动、捕食者攻击)等密切相关(Arkhipkin, 2005; Perales-Raya *et al.*, 2014b)。

Perales-Raya 等(1998)首先提出真蛸角质颚生长纹的形成可能与其年龄相关, 直到 2001 年 Hernández-López 才从实验角度证实了幼体真蛸角质颚侧壁生长纹具有日周期性。在此之后, Oosthuizen (2004)、Canali 等(2011)、Rodríguez-Domínguez 等(2013)、Bárcenas 等(2014)和 Perales-Raya 等(2014)先后采用四环素标记、温度突变标记、实验室饲养法验证了真蛸和玛雅蛸角质颚喙部生长纹的日周期性。酒井光夫等(2007)尝试分析 5 种柔鱼类(茎柔鱼 *D. gigas*、柔鱼、阿根廷滑柔鱼 *Illex. argentinus*、鸢乌贼 *thenoteuthis oualaniensis* 和太平洋褶柔鱼 *Todarodes pacificus*)仔鱼角质颚生长纹的周期性, 结果表明, 除鸢乌贼外, 其余 4 种角质颚的生长纹均为“一日一纹”。然而, 本文首次验证了柔鱼类整个生命史周期内角质颚生长纹的日周期性, 弥补了前者只限于仔鱼期的不足。

研究表明, 在利用硬组织鉴定头足类的日龄时, 弄清第 1 条生长纹形成的时间至关重要: 当其形成于头足类孵化时, 则估算的日龄与实际日龄相等; 而当其形成于孵化前, 则估算的日龄比实际日龄大, 反之则比实际日龄小(刘必林等, 2009, 2014)。此外, 计数者的经验也是影响日龄鉴定准确性的关键, 计数结果的可重复性可用作检验准确性的标准。一般来说, 在年龄鉴定研究中, 生长纹计数的可信临界标准为, 独立重复计数 2—3 次, 几次计数值的差异不高于 10%(Jackson *et al.*, 1997; Oosthuizen, 2004)。本文 3 次独立计数值的差异为 2.97 %±1.11%, 明显小于 10%, 加之已有研究证明柔鱼角质颚的第 1 生长纹形成于孵化时(酒井光夫等, 2007)。因此, 本文通过角质颚喙部估算的柔鱼日龄是准确的, 其结果显示柔鱼寿命小于 1 年, 这与耳石估算的柔鱼寿命相符(Yatsu *et al.*, 1997)。最小 AIC 法显示, 柔鱼胴长、体重以及角质颚喙长与日龄呈显著的逻辑斯蒂关系, 这说明柔鱼在其幼体期胴长、体重以及喙长生长较快, 而随着性腺不断成熟生长逐步变缓, 这符合头足类的一般生长规律(Arkhipkin, 2005)。

4 结论

过去几十年, 尽管耳石微结构分析被认为是研

究头足类年龄和生长的最有效方法(Jackson, 1994), 然而近年来, 头足类研究者们仍在不断尝试寻找另外一些可靠的途径(如内壳、角质颚、眼晶体微结构分析)来代替耳石(Doubleday *et al.*, 2011; Cárdenas *et al.*, 2011; Perales-Raya *et al.*, 2014b)。对于蛸类而言, 其耳石晶体结构紊乱导致生长纹不清晰, 因而角质颚微结构分析逐步成为其年龄和生长研究的最有效方法之一(Perales-Raya *et al.*, 1998, 2010, 2014a; Hernández-López *et al.*, 2001; Oosthuizen, 2004; Canali *et al.*, 2011; Castanhari *et al.*, 2012; Cuccu *et al.*, 2013)。角质颚个体比耳石大许多, 更容易提取、更方便研磨, 而且具有结构稳定、耐腐蚀的特点, 常存于大型鱼类、海鸟以及哺乳动物的胃内(Boyle *et al.*, 2005), 更易间接获取, 因此角质颚的这些特点使其在头足类的年龄和生长中的研究前景更为广阔。然而, 有一点需要注意的是, 头足类的捕食活动常常会造成角质颚喙顶端一定程度的磨损。因此, 建议在利用角质颚喙部鉴定头足类日龄时, 需要选择那些角质颚磨损较小的样本, 以免过度低估实验样本的实际日龄。

参 考 文 献

- 刘必林, 陈新军, 2009. 头足类角质颚的研究进展. 水产学报, 33(1): 157—164
- 刘必林, 陈新军, 2010. 印度洋西北海域鸢乌贼角质颚长度分析. 渔业科学进展, 31(1): 8—14
- 刘必林, 陈新军, 方舟等, 2014. 利用角质颚研究头足类的年龄与生长. 上海海洋大学学报, 23(6): 930—936
- 刘必林, 陈新军, 方舟等, 2015. 基于角质颚长度的头足类种类判别. 海洋与湖沼, 46(6): 1365—1372
- 胡贯宇, 陈新军, 刘必林等, 2015. 茎柔鱼耳石和角质颚微结构及轮纹判读. 水产学报, 39(3): 361—370
- 酒井光夫, Brunetti N, Bower J *et al.*, 2007. アカイカ科稚仔 5 種 *Illex argentinus*, *Todarodes pacificus*, *Dosidicus gigas*, *Ommastrephes bartramii*, *Sthenoteuthis oualaniensis* における上顎板輪紋の日齢形質. イカ類資源研究会議, 9: 1—7 (in Japanese with English abstract)
- Arkhipkin A I, 2005. Statoliths as ‘black boxes’ (life recorders) in squid. Marine and Freshwater Research, 56(5): 573—583
- Arkhipkin A I, Jereb P, Ragonese S, 2000. Growth and maturation in two successive seasonal groups of the short-finned squid, *Illex coindetii* from the Strait of Sicily (central Mediterranean). ICES Journal of Marine Science, 57(1): 31—41
- Bárcenas G V, Perales-Raya C, Bartolomé A *et al.*, 2014. Age validation in *Octopus maya* (Voss and Solís, 1966) by counting increments in the beak rostrum sagittal sections of known age individuals. Fisheries Research, 152: 93—97
- Boyle P, Rodhouse P, 2005. Cephalopods: Ecology and Fisheries. Oxford: Blackwell Science Ltd, 234—258
- Cárdenas E R B, Correa S M, Guzman R C *et al.*, 2011. Eye lens

- structure of the octopus *Enteroctopus megalocyathus*: evidence of growth. *Journal of Shellfish Research*, 30(2): 199—204
- Canali E, Ponte G, Belcari P *et al*, 2011. Evaluating age in *Octopus vulgaris*: estimation, validation and seasonal differences. *Marine Ecology Progress Series*, 441: 141—149
- Castanhari G, Tomás A R G, 2012. Beak increment counts as a tool for growth studies of the common octopus *Octopus vulgaris* in Southern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 38(4): 323—331
- Clarke M R, 1964. “Growth Rings” in the beaks of the squid *Moroteuthis ingens* (Oegopsida: Onychoteuthidae). *Malacologia*, 3(2): 287—307
- Cuccu D, Mereu M, Cau A *et al*, 2013. Reproductive development versus estimated age and size in a wild Mediterranean population of *Octopus vulgaris* (Cephalopoda: Octopodidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(3): 843—849
- Dawe E G, Natsukari Y, 1991. Light microscopy. In: Jereb P, Ragonese S, Boletzky S V eds. Squid age determination using statoliths. Proceedings of the International Workshop, 9—14 October 1989, Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato, N.T.R.-I.T.P.P. Mazara del Vallo, Sicily, Italy. Special Publication No. 1: 83—95
- Doubleday Z A, White J, Peel G T *et al*, 2011. Age determination in merobenthic octopuses using stylet increment analysis: assessing future challenges using *Macroctopus maorum* as a model. *ICES Journal of Marine Science*, 68(10): 2059—2063
- Hernández-López J L, Castro-Hernández J L, Hernández-García V, 2001. Age determined from the daily deposition of concentric rings on common octopus (*Octopus vulgaris*) beaks. *Fishery Bulletin*, 99(4): 679—684
- Hunt S, Nixon M, 1981. A comparative study of protein composition in the chitin-protein complexes of the beak, pen, sucker disc, radula and oesophageal cuticle of cephalopods. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 68(4): 535—546
- Jackson G D, 1994. Application and future potential of statolith increment analysis in squids and sepioids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51(11): 2612—2625
- Jackson G D, Forsythe J W, Hixon R F *et al*, 1997. Age, growth, and maturation of *Lolliguncula brevis* (Cephalopoda: Loliginidae) in the northwestern Gulf of Mexico with a comparison of length-frequency versus statolith age analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(12): 2907—2919
- Mereu M, Stacca D, Cannas R *et al*, 2011. On the growth rings on *Histioteuthis bonnellii* (Férussac, 1835) upper beaks. *Biologia Marina Mediterranea*, 18(1): 124—127
- Miserez A, Li Y L, Waite J H *et al*, 2007. Jumbo squid beaks: inspiration for design of robust organic composites. *Acta Biomaterialia*, 3(1): 139—149
- Nixon M, 1973. Beak and radula growth in *Octopus vulgaris*. *Journal of Zoology (London)*, 170(4): 451—462
- Oosthuizen A, 2004. A development and management framework for a new *Octopus vulgaris* fishery in South Africa. South Africa: Doctor Dissertation of Rhodes University, 183
- Perales-Raya C, Bartolomé A, García-Santamaría M T *et al*, 2010. Age estimation obtained from analysis of octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) beaks: improvements and comparisons. *Fisheries Research*, 106(2): 171—176
- Perales-Raya C, Almansa E, Bartolomé A *et al*, 2014a. Age validation in *Octopus vulgaris* beaks across the full ontogenetic range: beaks as recorders of life events in octopuses. *Journal of Shellfish Research*, 33(2): 481—493
- Perales-Raya C, Jurado-Ruzafa A, Bartolomé A *et al*, 2014b. Age of spent *Octopus vulgaris* and stress mark analysis using beaks of wild individuals. *Hydrobiologia*, 725(1): 105—114
- Perales-Raya C, Hernández-González C L, 1998. Growth lines within the beak microstructure of the octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797. *South African Journal of Marine Science*, 20(1): 135—142
- Rodríguez-Domínguez A, Rosas C, Méndez-Loeza I *et al*, 2013. Validation of growth increments in stylets, beaks and lenses as ageing tools in *Octopus maya*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449: 194—199
- Smale M J, Clarke M R, Klages N T W *et al*, 1993. Octopod beak identification-resolution at a regional level (Cephalopoda, Octopoda: Southern Africa). *South African Journal of Marine Science*, 13(1): 269—293
- Yatsu A, Midorikawa S, Shimada T *et al*, 1997. Age and growth of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, in the North Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 29(3): 257—270

BEAK MICROSTRUCTURE AND VALIDATION OF GROWTH INCREMENTS OF NEON FLYING SQUID IN THE NORTHWEST PACIFIC OCEAN

LIU Bi-Lin^{1,2,3,4}, LIN Jing-Yuan¹, CHEN Xin-Jun^{1,2,3,4}, HU Guan-Yu¹

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Collaborative Innovation Center for Distant-water Fisheries, Shanghai 201306, China)

Abstract Based on 35 *Ommatrephes bartramii* specimens collected from northwest Pacific Ocean, we analyzed the microstructure of upper beak rostrum sagittal section (RSS) and validate the periodicity of the formation of growth increments. RSS are composed of hood and crest, in which light-dark alternated growth increments are distinct. The increments within hood are much clearer than those in crest and they show a pattern of "<" when meet together at the region of internal rostral axis. We found that some stress checks in the anterior and posterior parts of RSS might relate to special ontogenetic events or external accident. The formation of beak increments is daily as indicated by general agreement between the number of growth increments in beak RSS and statolith-determined age. The estimated age showed that the length of life of *O. bartramii* is within 1 year, and the mantle length, body weight, and upper rostrum length follow the Logistic model. Therefore, we hope the results of this study present a new method to determine squid age and growth, and provide an important basis of research on similar cases.

Key words growth increment; *Ommatrephes bartramii*; beak; Northwest Pacific Ocean; age