

文章编号: 1674-5566(2010)01-0061-07

## 东南太平洋公海智利竹筴鱼年龄与生长研究

邹莉瑾<sup>1</sup>, 张敏<sup>1,2,3</sup>, 邹晓荣<sup>1,2,3</sup>, 吴昔磊<sup>4</sup>, 谢峰<sup>4</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 上海海洋大学大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306;

3. 上海海洋大学大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306;

4. 上海开创远洋渔业有限公司, 上海 200000)

**摘要:**智利竹筴鱼是一种重要的中上层经济鱼类,对其生活史关键过程的认识还相当有限。根据2006年5—8月在智利公海采集的智利竹筴鱼样本,利用其中963尾智利竹筴鱼耳石对其年龄进行了鉴定,估算了智利竹筴鱼叉长体重关系以及 von Bertalanffy 生长方程参数,并分析了智利竹筴鱼耳石重量(O<sub>W</sub>)与年龄的关系。研究表明,样本最大年龄9龄,最小年龄2龄,样本年龄组成以4龄为主(71.5%)。智利竹筴鱼叉长体重方程参数 a、b 分别为 0.000 03 和 2.801 9, von Bertalanffy 生长方程参数 L<sub>∞</sub> 为 738.4 mm, k 为 0.107, t<sub>0</sub> 为 -1.08。耳石重量与年龄呈显著线性关系 (r=0.74, P<0.001),表明耳石重量可用于智利竹筴鱼年龄鉴定。

**关键词:**智利竹筴鱼;年龄;生长;耳石;东南太平洋;公海

**中图分类号:** S 932.4 **文献标识码:** A

## Age and growth of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the high sea waters of southeast Pacific

ZOU Li-jin<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>1,2,3</sup>, ZOU Xiao-rong<sup>1,2,3</sup>, WU Xi-lei<sup>4</sup>, XIE Feng<sup>4</sup>

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

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

3. Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. Shanghai Kaichuang Deep Sea Co Ltd, Shanghai 200000, China)

**Abstract:** Although Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) is a primary pelagic fish species, we have only limited knowledge on its key life history processes. The age and growth of jack mackerel was studied using otolith. Jack mackerel samples were collected from high sea waters of southeast Pacific from May to August in 2006. 963 otoliths were taken to do age determination. Age was determined by interpreting and counting growth rings on the otoliths. The von Bertalanffy growth curves in terms of fork length and weight were fitted, and length-weight and otolith weight-at-age relationships were estimated. Maximum and minimum observed age for jack mackerel was 2 and 9 years respectively, and the dominant age class of the jack mackerel samples was 4 (71.5% of the total samples). The parameters of length-weight relationship a, b

收稿日期: 2009-08-05

基金项目: 上海市重点学科建设项目 (S30702); 大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室开放基金 (S30702)

作者简介: 邹莉瑾 (1985-), 女, 硕士研究生, 专业方向为远洋渔业资源开发与利用。E-mail: ljzhou@smail.shou.edu.cn

通讯作者: 邹晓荣, Tel: 021-61900312, E-mail: xzou@shou.edu.cn

were 0.000 03 and 2.081 9 respectively. Growth parameters  $L_{\infty}$ ,  $k$  and  $t_0$  for jack mackerel were 738.4 mm, 0.107 and  $-1.08$ , respectively. Significant linear relationship between otolith weight (OW) and age was found ( $r=0.74$ ,  $P<0.001$ ), which indicated that otolith weight can be used to determine age of jack mackerel.

**Key words:** *Trachurus murphyi*; age; growth; otolith; southeast Pacific; high sea waters

智利竹筴鱼 (*Trachurus murphyi*) 是一种高度洄游的跨界中上层鱼类, 广泛分布于南太平洋的亚热带水域, 从南美洲西海岸的秘鲁、智利一直到新西兰、澳大利亚外海均有分布<sup>[1]</sup>。东南太平洋是智利竹筴鱼的主要捕捞作业区域, 其渔获量多年均位于世界单一鱼种产量的前 10 位<sup>[2-3]</sup>。我国自本世纪初开始对东南太平洋公海智利竹筴鱼进行探捕调查, 并随后采用大型中层拖网作业进行商业性捕捞, 目前该渔业已成为我国大洋渔业的支柱产业之一。近年来, 为了实现该渔业的可持续发展, 筹备成立中的南太平洋区域渔业管理组织 (SPRFMO), 拟对智利竹筴鱼采取严格的养护及配额管理。为了履行我国对公海资源的养护和可持续利用的职责, 提高我国在竹筴鱼资源养护和开发方面的发言权, 亟待开展智利竹筴鱼资源的分布、洄游及种群变动规律等方面的研究<sup>[2]</sup>。国内学者从生物学<sup>[3-4]</sup>、渔场学<sup>[5-7]</sup>、渔具<sup>[8-9]</sup>等方面对智利竹筴鱼开展了研究, 但对年龄与生长方面的研究较少, 仅李显森等<sup>[3]</sup>做了初步研究。鱼类的年龄和生长等生物学信息是研究鱼类资源群体数量变动的基础<sup>[10]</sup>, 对鱼类生长参数的合理估算也是实现渔业资源可持续利用的关键<sup>[11]</sup>。国外对智利竹筴鱼年龄与生长方面做了较多工作<sup>[1]</sup>。为此, 本文利用耳石对智利竹筴鱼年龄进行了鉴定, 估算其生长方程, 并分析了耳石重量 (OW) 与年龄间的关系, 为今后开展东南太平洋智利竹筴鱼资源评估以及种群鉴定提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 生物学样本及年龄鉴定

智利竹筴鱼样本随机取自上海开创远洋渔业有限公司“开欣”号大型拖网加工船渔获物, 取样时间为 2006 年 5 月—8 月, 海区为智利专属经济区外  $33^{\circ}00'S \sim 43^{\circ}30'S$ ,  $80^{\circ}00'W \sim 92^{\circ}30'W$ 。共采集样本 2 250 尾, 样本的叉长测量精确到 1

mm, 体重精确到 0.1 g。其中 1 221 尾提取了耳石, 耳石经初步清洗、干燥后放入纸袋中保存。耳石带回实验室在 75% 酒精中浸泡一周, 然后进行清洗, 以去除耳石表面残留的有机物<sup>[12]</sup>。完整的耳石在干燥箱中烘 24 h ( $60^{\circ}C$ ), 然后称重 (精度 0.1 mg)<sup>[13]</sup>。

将耳石尖端部分切除, 在研磨台上, 用 P1200 规格的防水砂纸将耳石两面打磨至 0.5 mm 厚。然后用抛光绒布, 配合 70~90 g/L 的抛光粉悬浮液将耳石两面抛光。再将耳石置于载波片上, 用酒精灯灼烧至褐色<sup>[14]</sup>。耳石磨片制作完成后, 在透射光照射下, 使用 Nikon ZOOM 645S 体式显微镜进行年轮判读和计数 (放大倍数 40), 并用 CCD 拍照。

鱼类耳石上有夏轮和冬轮, 夏轮在春、夏季形成, 冬轮在秋、冬季形成<sup>[15]</sup>。性成熟的智利竹筴鱼每年在南半球的春、夏季产卵<sup>[1]</sup>, 产卵盛期为 12 月至次年 2 月<sup>[7]</sup>, 因此智利竹筴鱼出生季节也是在春、夏季。在冬季, 尽管耳石边缘沉积的是冬轮 (图 1), 但并未达到足龄, 因此在鉴定年龄时该冬轮不应被算入, 即对于冬季捕获的智利竹筴鱼, 其年龄应为年轮数减 1。

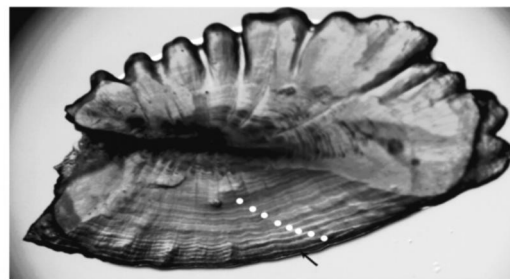


图 1 透射光照射下一尾 8<sup>+</sup> 龄的智利竹筴鱼耳石  
Fig 1 The polished otolith of *Trachurus murphyi* illuminated with transmitted light  
夏轮 (圆点) 及耳石边缘冬轮 (箭头) (7 月)

### 1.2 生长方程及参数估算

根据年龄组的叉长组成, 采用 von Bertalanffy 生长方程拟合:

$$L_t = L_\infty [1 - \exp(-k(t - t_0))] \quad (1)$$

式中:  $L_t$  为  $t$  年龄时的叉长 (mm);  $L_\infty$  为可能达到的最大叉长 (mm);  $k$  表示生长曲线的平均曲率 ( $1/\text{yr}$ );  $t_0$  为叉长为零时的理论年龄<sup>[16]</sup>。

使用极大似然法估算 von Bertalanffy 生长方程参数<sup>[17-18]</sup>, 假设误差为加性, 并服从正态 ( $0, \sigma^2$ ) 分布, von Bertalanffy 生长方程最大似然函数为:

$$L(L | L_\infty, k, t_0, \sigma^2) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[L_i - f(L_\infty, k, t_0, t)]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2)$$

对 (2) 进行对数转化, 求似然函数对数的极大值:

$$LL(L | L_\infty, k, t_0, \sigma^2) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \frac{\sum_{i=1}^n [L_i - f(L_\infty, k, t_0, t)]^2}{2\sigma^2} \quad (3)$$

### 1.3 耳石重量与年龄关系

对用于判断年龄的智利竹筴鱼样本左、右耳石重量进行检验, 以确定左、右耳石重量是否存在统计学上的差异 (利用双尾  $t$  检验)。如无差异, 则可随机选择左耳石或右耳石作为样品, 对耳石重量与年龄的数据进行线性回归分析; 反之, 则分别分析两耳石重量与年龄的关系。

### 1.4 叉长与体重关系

叉长与体重关系如下:

$$W = aL^b \quad (4)$$

式中:  $W$  为体重 (g);  $L$  为叉长 (mm);  $a, b$  为参数。式 (4) 两边取对数, 采用最小二乘法估算参数  $a$  和  $b$ 。

将 (1) 式带入 (4) 式得到年龄-体重的 von Bertalanffy 生长方程:

$$W = aL_\infty^b \{1 - \exp[-k(t - t_0)]\}^b \quad (5)$$

## 2 结果

### 2.1 年龄鉴定结果与生长方程

智利竹筴鱼耳石在透射光照射下, 显示出一个中心黑色区域, 为耳石核心。核心外第一条夏轮明显, 随着年龄增长, 夏轮在耳石边缘逐年沉积, 年轮间隔逐步缩小, 排列更加紧密 (图 1)。在

1 221 个样本中, 舍弃轮纹不清的样品, 共选出 963 个样本供进一步分析研究, 样品选择率为 78.87%。其中, 年龄最小 2 龄, 最大 9 龄; 叉长最小 193 mm, 最大 515 mm, 优势叉长 290~330 mm; 体重最小 140 g 最大 1370 g。叉长组年龄频次分布见表 1, 年龄组成以 4 龄为主, 占样本总数的 71.5%; 其次是 5 龄, 占 18.2%; 低龄鱼和高龄鱼均较少。

极大似然估计的智利竹筴鱼 von Bertalanffy 生长方程参数  $L_\infty$  为 738.4 mm,  $k$  为 0.107/yr,  $t_0$  为 -1.08 龄, 年龄组叉长的观测值及生长曲线见图 2。由图 2 表明, 年龄-叉长的观测值与预测值在低龄时差异较大, 尤其是 3 龄时, 观测叉长明显大于预测叉长。结果表明, 智利竹筴鱼的体长与年龄的关系为

$$L_t = 738.4 \{1 - \exp[-0.107(t + 1.08)]\} \quad (6)$$

智利竹筴鱼的体重与年龄的关系为

$$W_t = 33223.58 \{1 - \exp[-0.107(t + 1.08)]\}^{2.8} \quad (7)$$

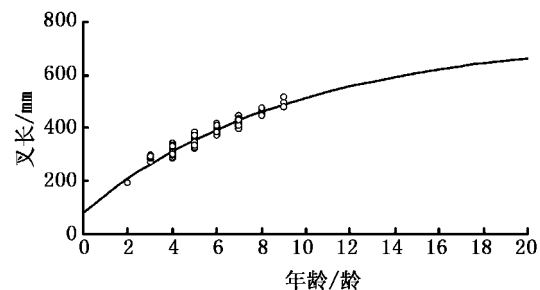


图 2 智利竹筴鱼 von Bertalanffy 生长曲线以及年龄组叉长的观测值

Fig 2 The predicted von Bertalanffy growth curve and observed length-at-age for *Trachurus murphyi*

### 2.2 叉长-体重关系

根据 1 221 尾智利竹筴鱼叉长、体重数据拟合的叉长-体重量方程参数  $a=0.00003$ ,  $b=2.80$  ( $r=0.97$ ,  $P<0.0001$ ; 图 3)。极限体重  $W_\infty$  为 3 270.5 g。年龄-体重量观测数据及其拟合 von Bertalanffy 生长曲线见图 4。年龄-体重的 von Bertalanffy 生长曲线近似“S”型, 年龄组体重的预测值除 2 龄外, 均比观测值偏小。

表 1 智利竹荚鱼样本年龄-叉长关系

Tab 1 The relationship between age and fork length of *Trachurus murphyi*

叉长组 (mm)	年龄组								尾数
	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>	6 <sup>+</sup>	7 <sup>+</sup>	8 <sup>+</sup>	9 <sup>+</sup>	
190~200	1								1
260~270		1							1
270~280		1							1
280~290		15	28						43
290~300		5	113						118
300~310			205						205
310~320			174	1					175
320~330			120	19					139
330~340			45	36					81
340~350			4	41					45
350~360				42					42
360~370				21	2				23
370~380				11	8				19
380~390				4	14				18
390~400					8	1			9
400~410					8	4			12
410~420					1	4			5
420~430						8			8
430~440						5			5
440~450						1	2		3
450~460							4		4
460~470							1		1
470~480							2	1	3
480~490								0	0
490~500								1	1
500~510								0	0
510~520								1	1
尾数	1	22	689	175	41	23	9	3	963
平均叉长 (mm)	193.00	287.73	311.55	348.66	389.44	421.61	459.67	496.00	
标准差	0	5.93	12.33	14.62	12.61	12.36	9.55	15.12	

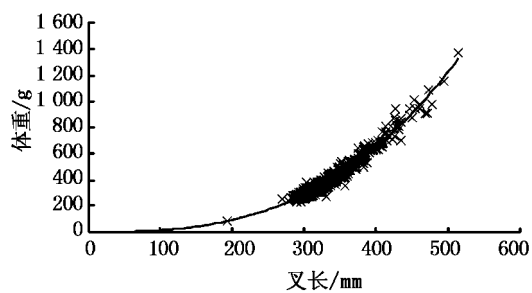


图 3 智利竹荚鱼叉长-体重关系  
Fig 3 Fork length-weight relationship  
for *Trachurus murphyi*

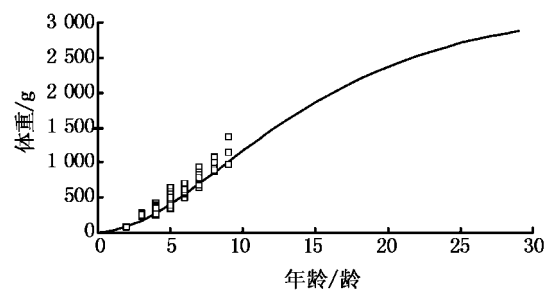


图 4 智利竹荚鱼体重-年龄 von Bertalanffy  
生长曲线及年龄组体重的观测值  
Fig 4 The von Bertalanffy growth curve in terms of  
weight and observed weight-at-age for *Trachurus murphyi*

### 2.3 年龄与耳石重量方程

在选择的 963 个样本中,无破损且成对的耳石 561 对,不成对的 81 枚(左耳石 28 枚、右耳石 53 枚)。左、右耳石重量(双尾  $t$  检验)无显著性差异 [ $t(0.01, 1120)_{\text{临界}} = 2.58, t_{\text{观察值}} = 0.73, P =$

$0.46 > 0.1$ ]。因此,可随机选择左耳石或右耳石作为样品。在 561 对耳石中随机选择左耳石或右耳石,外加 81 枚不成对耳石,共 642 枚耳石。对耳石重量与年龄数据进行线性回归分析,线性回归模型的最小二乘法拟合结果见表 2。

表 2 智利竹筴鱼耳石重量与年龄关系线性回归模型拟合结果

Tab. 2 Relationship between otolith weight and age of *Trachurus murphyi* fitted by linear regression model

方差来源	df	SS	MS	F	P
回归分析	1	13 675.72	13 675.72	773.59	<0.001
残差	640	11 314.14	17.68		
总计	641	24 989.86			
	系数	标准差	t	P	r
截距	8.51	0.91	9.31	<0.001	0.74
斜率	5.71	0.21	27.81	<0.001	

方差分析  $F$  检验与  $t$  检验的结果表明,智利竹筴鱼耳石重量与年龄呈显著正相关 ( $P < 0.001$ ),线性回归方程为  $OW = 8.51 + 5.71 t$

## 3 讨论

### 3.1 年龄鉴定

耳石是鉴定鱼类年龄最常用的硬组织材料之一,全世界超过 100 万尾鱼进行过年龄鉴定,其中大部分是利用耳石或者鳞片鉴定的<sup>[19]</sup>,耳石年轮分析法也是智利竹筴鱼年龄鉴定中最常用的方法,如李显森等<sup>[3]</sup>和 Koichin<sup>[20]</sup>,其它竹筴鱼类也常用耳石鉴定年龄,如 Hom<sup>[21]</sup>用耳石鉴定了新西兰水域两种竹筴鱼的年龄 (*Trachurus novaezelandiae* *Trachurus decliv*), Waldron 等<sup>[22]</sup>用耳石鉴定了大西洋竹筴鱼 (*Trachurus trachurus*) 的年龄。智利竹筴鱼耳石上交替存在的轮纹为鉴定年龄提供了条件。

在透射光下,智利竹筴鱼耳石上的半透明的窄带(冬轮)和黑色宽带(夏轮)成对出现,共同组成了年轮(图 1)。在透射光下,耳石核心为黑色、不透明的团块,周围有数条细小的副轮,核心外第一条夏轮最宽,明显区别于幼轮和其他副轮(图 1),为年轮计数的起点和标志。智利竹筴鱼

耳石上的年轮,从核心到边缘,分布逐渐密集,间隔逐渐变小。这种情况在鱼类耳石中非常普遍,特别是长寿命的底层鱼类<sup>[15]</sup>,这增加了年龄鉴定的困难和误读率。通过对智利竹筴鱼耳石进行磨制以及灼烧处理,提高了冬轮的透明度和清晰度,从而提高年龄鉴定的准确率,降低了生长方程参数估计的误差。

### 3.2 生长方程及其参数

von Bertalanffy 生长方程是描述鱼类生长最常用的方程<sup>[23]</sup>。本文根据智利竹筴鱼年龄一叉长数据估算的 von Bertalanffy 生长方程参数  $L_{\infty}$ 、 $k$  和  $t_0$  分别为 738.4 mm、0.107 和 -1.08 龄,各年龄组观测平均叉长与逆算叉长,3 龄、4 龄逆算叉长较观测叉长偏小,其它年龄组则偏大(表 3),这与生长方程参数估计值误差有关。研究表明<sup>[24-25]</sup>,如果采集的样本缺少年龄很小或很大的鱼,那么估算的参数就存在很大的不确定性:缺乏低龄鱼样本时, $L_{\infty}$  偏大、 $t_0$  偏小;缺乏高龄鱼样本时, $L_{\infty}$  偏小。受取样条件限制,本文采集的智利竹筴鱼样本同时缺乏低龄和高龄鱼样本,导致  $L_{\infty}$  估计值被低估或高估无法确定,但  $t_0$  值明显被低估。

表 3 智利竹筴鱼观测年龄组平均叉长和逆算年龄组平均叉长

Tab. 3 Mean fork length observed and back calculated at age of *Trachurus murphyi*

年龄组	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>	6 <sup>+</sup>	7 <sup>+</sup>	8 <sup>+</sup>	9 <sup>+</sup>
观测平均叉长 (mm)	193.00	287.73	311.55	348.66	389.44	421.61	459.67	496.00
逆算平均叉长 (mm)	208.14	262.25	310.85	354.49	393.68	428.88	460.48	488.87

科学家对智利竹筴鱼的年龄与生长进行了研究,但在估算的 von Bertalanffy 生长方程参数上存在明显差异,尤其是 20 世纪 90 年代以前的研究文献表明,  $L_{\infty}$  的估计值相差很大,而 90 年代以后相差则较小,在 70 cm 左右(表 4)。这种差异可能主要来源于年龄鉴定过程中对耳石轮纹判读存在的差异或者错误<sup>[24]</sup>。Taylor<sup>[26]</sup>估算的生

长方程参数也明显偏小,除了因耳石轮纹判读上的差异外,可能也与新西兰海域的智利竹筴鱼与南美洲的智利竹筴鱼分属不同的种群有关<sup>[28]</sup>。本文估算的生长参数与李显森等<sup>[7]</sup>、Kochkin<sup>[20]</sup>、Gili 等<sup>[29]</sup>的结果非常接近(表 4)。作者认为,这可能与作业海区相接近,属于同一种群的竹筴鱼有关<sup>[7, 20, 29]</sup>。

表 4 不同学者估算的智利竹筴鱼生长方程参数

Tab. 4 The von Bertalanffy parameters of *Trachurus murphyi* growth function estimated by different scholars

地点	$L_{\infty}$ (mm)	$k$ (/yr)	$t_0$ (龄)	文献
智利	84.50	0.140	—	Kaiser*
智利	106.30	0.110	—	Pavez and Saa*
秘鲁	72.00	0.090	—	Abramov and Kotlyar*
智利	44.50	0.180	—	Aguayo et al*
智利	74.29	0.090	—	Nekrasov*
智利	90.40	0.120	—	Shevshuk and Chur*
智利	65.20	0.070	—	Castillo and Arrizaga*
智利	95.90	0.060	—	Nekrasov*
智利	77.80	0.080	—	Nosov et al <sup>[7]</sup>
智利	74.20	0.111	-0.811	Kochkin <sup>[20]</sup>
智利	70.80	0.094	-0.896	Gili et al <sup>[29]</sup>
智利	71.77	0.140	-0.189	李显森等 <sup>[7]</sup>
新西兰	51.20	0.155	-1.4	Taylor <sup>[21]</sup>
智利	73.80	0.107	-1.08	本文

注:带\* 文献数据来源于 Cubillos and Amancibia<sup>[27]</sup>。

### 3.3 耳石重量和年龄的关系

用耳石判读竹筴鱼的年轮有一定的缺点<sup>[30]</sup>,年轮的排列方式并不总是按照一条夏轮紧接一条冬轮,有时一条年轮可能包含数条冬轮或夏轮<sup>[31]</sup>,系统误差和年轮判读的差异导致了生长方程参数估算值存在很大的差异(表 4)<sup>[27]</sup>。研究表明,鱼类的耳石和年龄间存在直接的关系<sup>[32-33]</sup>,用耳石重量和年龄间的关系确定年龄,无疑是一种快速、便宜的方法,特别是当样本数量很大时可能更为合适<sup>[31]</sup>。本文对 642 尾智利竹筴鱼耳石重量和年龄进行了线性回归分析,结果显示智利竹筴鱼耳石重量与年龄间存在显著的线性关系,这与 Arayaa 等<sup>[31]</sup>的结论一致。该结果表明智利竹筴鱼耳石重量与年龄相关,耳石重量对快速估计智利竹筴鱼年龄可能非常有用,尽管它不能完全替代年轮鉴定法,但可以与年轮鉴定的结果进行比较,以检验年轮鉴定的结果是否准确,特别是在鉴定年龄与实际年龄出入较大时。

上海开创远洋渔业有限公司及“开欣”号大型拖网加工船全体船员对采样工作提供支持和帮助,上海海洋大学周应祺教授对本文初稿进行了修改并提出了意见和建议。在此,一并表示感谢。

### 参考文献:

- [1] Amancibia H, Cubillos L, Arcos D, et al. The fishery of herring mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the South Pacific Ocean with notes on the fishery off central-southern Chile [J]. *Sci Mar*, 1995, 59(3-4): 589-596.
- [2] 黄永莲,黄硕琳. 南太平洋常设委员会渔业管理趋势及对我国发展智利竹筴鱼渔业的影响初探 [J]. *上海水产大学学报*, 2004, 13(2): 134-139.
- [3] 李显森,陈聚法,周立凯,等. 东南太平洋智利竹筴鱼渔业生物学的初步调查研究 [J]. *海洋水产研究*, 2002, 23(2): 19-24.
- [4] 张敏,邹晓荣,张祖良. 智利竹筴鱼生物学初步研究 [C]//黄锡昌. 中国水产捕捞学术研讨会论文集(四). 上海:上海科学技术文献出版社, 2001: 56-61.
- [5] 邵帼瑛,张敏. 东南太平洋智利竹筴鱼渔场分布及其与表温关系的研究 [J]. *上海水产大学学报*, 2006, 15(4): 468-472.

- [6] 黄洪亮,沈新强. 智利竹筴鱼渔场与海洋环境因子的关系分析 [J]. 海洋渔业, 2003, 25(1): 15—18.
- [7] 李显森,戴芳群,赵俊,等. 智利外海渔场竹筴鱼资源分布特征 [J]. 海洋水产研究, 2004, 25(1): 20—27.
- [8] 邹晓荣,张敏. 智利竹筴鱼拖网最适网囊网目尺寸探讨 [J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(2): 123—126.
- [9] 黄洪亮,陈雪忠. 东南太平洋智利竹筴鱼中层拖网捕捞技术 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 99—103.
- [10] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [11] King M. Fisheries biology assessment and management [M]. Fishing News Books Oxford 1995.
- [12] 李纲. 东、黄海鲈鱼资源评估及管理策略风险分析 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2009.
- [13] 郭弘艺,唐文乔. 长江口刀鲚矢耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用 [J]. 水产学报, 2006, 30(3): 347—352.
- [14] Li G, Chen X J, Feng B. Age and growth of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the East China Sea and Yellow Sea based on the sectioned otoliths analysis [J]. J Ocean Univ Chin 2008, 11(4): 439—446.
- [15] C A R E. Manual on generalized age determination procedures for groundfish [DB/OL]. <http://care.pnnf.gov/agemanual.htm>. 2006.
- [16] Hilborn R, Walters C J. Quantitative fisheries stock assessment choice dynamics and uncertainty [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers 1992.
- [17] Inai C, Sakai H, Katsura K. Growth model for the endangered cyprinid fish *Tribolodon nakamurai* based on otolith analyses [J]. Fish Sci 2002, 68: 843—848.
- [18] Tokai T. Maximum likelihood parameter estimation of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS Excel [J]. Bull Jpn Soc Fish Oceanogr 1997, 61: 288—298.
- [19] Campana S E, Thorold S R. Otoliths increments and elements keys to a comprehensive understanding of fish populations [J]. Can J Fish Aquat Sci 2001, 58(1): 30—38.
- [20] Kochkin P N. Age determination and estimate growth rate for the Peruvian jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* [J]. J Ichthyol 1994, 34: 39—50.
- [21] Hom P L. Growth, age structure and productivity of jack mackerels (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 1993, 27: 145—155.
- [22] Wakron M E, Kerstan M. Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths [J]. ICES J Mar Sci 2001, 58: 806—813.
- [23] Chen Y, Jackson D, Harvey H H. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in the modeling fish growth data [J]. Can J Fish Aquat Sci 1992, 49: 1228—1235.
- [24] Chen Y, Mello L G S. Growth and maturation of cod (*Gadus morhua*) of different year classes in the Northwest Atlantic NAFO subdivision 3Ps [J]. Fish Res 1999, 42: 87—101.
- [25] Haddon M. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries [M]. New York: Chapman and Hall/CRC 2001, 197—201.
- [26] Taylor P R. Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* [R]. New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/21, 2002, 78.
- [27] Cubillos L, Arancibia H. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus* with the emphasis on *Trachurus symmetricus murphyi* in Chile [J]. Sci Mar 1995, 59(3—4): 647—652.
- [28] 陈瑞杰. 南太平洋竹筴鱼的资源特点及其开发前景 [J]. 远洋渔业, 1992, 2: 67—69.
- [29] Gili R, Alegría V, Bocic V, et al. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur V a IX regiones Sección Determinación de la estructura de edad del recurso jurel Informe Final Proyecto [DB/OL]. <http://www.fip.cl/pdf/informes/II%2093-18.pdf> 1996.
- [30] Kerstan M. Ages and growth rates of agulhas bank horse mackerel *Trachurus trachurus capensis*—comparison of otolith ageing and length frequency analyses [J]. S Afr J Mar Sci 1995, 15: 137—156.
- [31] Araya M, Cubillos A, Guzmán M, et al. Evidence of a relationship between age and otolith weight in the Chilean jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) [J]. Fish Res 2001, 51: 17—26.
- [32] Fletcher W J. Application of the otolith weight/age relationship for the pilchard *Sardinops sagax neopilchardus* [J]. Can J Fish Aquat Sci 1995, 52: 657—664.
- [33] Worthington D G, Doherty P J, Fowler A J. Variation in the relationship between otolith weight and age: implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and *P. wardi*) [J]. Can J Fish Aquat Sci 1995, 52: 233—242.