

南方蓝鳍金枪鱼渔业和生物学的研究进展

The preliminary study of southern bluefin tuna fishery and biology (*Thunnus maccoyii*)

刘秋狄^{1,2}, 叶振江¹, 刘元刚²

(1. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003; 2. 集美大学 水产学院, 福建 厦门 361021; 3. 青岛市黄岛水产技术推广站, 山东 青岛 266500)

中图分类号: Q959.485; S917; S931.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2007)12-0088-07

南方蓝鳍金枪鱼(*Thunnus maccoyii*)是金枪鱼渔业的重要经济鱼种,历史上其全球年产量曾达到8万t水平^[1]。由于长期的过度开发,近年来资源衰退严重,渔获量不断下降,各国已纷纷提出并实施一些养护措施^[2-4]。目前中国正大力开发远洋金枪鱼渔业,而国内对南方蓝鳍金枪鱼的专项研究匮乏,仅有个别零星报道^[5],不利于中国对该金枪鱼种的研究与开发。作者对南方蓝鳍金枪鱼渔业概况及生物学研究的最新进展进行综述,以为中国远洋金枪鱼渔业生产提供产业背景资料,同时为相关研究提供参考。

1 渔获量分布

20世纪60年代初期,南方蓝鳍金枪鱼渔业在印度洋开始出现,随后在三大洋迅速发展起来,全球总渔获量在1961年达到高峰值81605t。60年代渔获量均处于较高水平,而70年代初逐年降低,90年代渔获量水平变化幅度较小,1999年渔获量达到90年代的高峰(19528t)。21世纪初渔获量水平仍呈持续降低趋势,2003年总渔获量为14024t。

南方蓝鳍金枪鱼总渔获量在三大洋间分布很不均匀,主要分布在印度洋。以2003年为例,印度洋南方蓝鳍金枪鱼渔获量为9717t,占总量的69%;太平洋为2229t,占16%;大西洋为2078t,占15%。各大洋年渔获量的变化趋势与总渔获量的变化趋势相似,最高渔获量印度洋在1967年为54002t,太平洋1972年达19025t,大西洋始终在1万t以下。2003年三大洋渔获量均为历史最低水平(图1)。

总渔获量在各个国家分布差异也很大。南方蓝鳍金枪鱼的主要从业国家有日本、澳大利亚,1980年以前只有日本和澳大利亚捕捞南方蓝鳍金枪鱼;近

几年新西兰、印度尼西亚和韩国等以及中国台湾地区发展较快。日本是捕捞南方蓝鳍金枪鱼的主要国家,其渔获量居各国之首,其延绳钓渔业曾在1961年捕捞该鱼77729t。澳大利亚的渔获量居于第二位,澳大利亚表层渔业渔获量在1982年出现峰值21501t,1986年后两国渔获量相差不多。近几年印度尼西亚和菲律宾的南方蓝鳍金枪鱼渔业发展很快,2002年根据渔获量排序分别是第三位和第七位,2003年为第四位和第八位。以2003年为例,日本渔获量占总量的41%,澳大利亚为42%,中国台湾地区为8%,印度尼西亚为4%(图2)。

南方蓝鳍金枪鱼渔业的作业渔具有延绳钓、围网、竿钓、曳绳钓、手钓和刺网,其中围网、竿钓和曳绳钓统称为表层渔业,手钓和刺网等其他渔具统称为其他类型。围网和竿钓主要是季节性地捕捞中小型个体,延绳钓主要捕捞大中型个体。各种作业方式中,以延绳钓所占份额最高,1952~2003年期间,总渔获量中延绳钓渔业约占79%,表层渔业(主要包括围网和杆钓)约占21%,除延绳钓和围网外其他渔具渔获量水平均较低。表层渔业渔获量高峰是1982年(21501t),占总量的51%,1992年下降到12%,1996年以来又开始增加,在渔业中所占比例上升到30%左右。近几年延绳钓和围网的渔获量逐渐接近,2003年延绳钓渔获量占总量的59%,围网占41%(图3)。

收稿日期:2005-09-30;修回日期:2007-09-15

基金项目:教育部博士点基金项目(20040423007);国家重点基础研究发展计划项目(2005CB422306)

作者简介:刘秋狄(1980),内蒙古赤峰人,硕士,研究方向为渔业资源和海洋管理, E-mail: qjudi@jmu.edu.cn

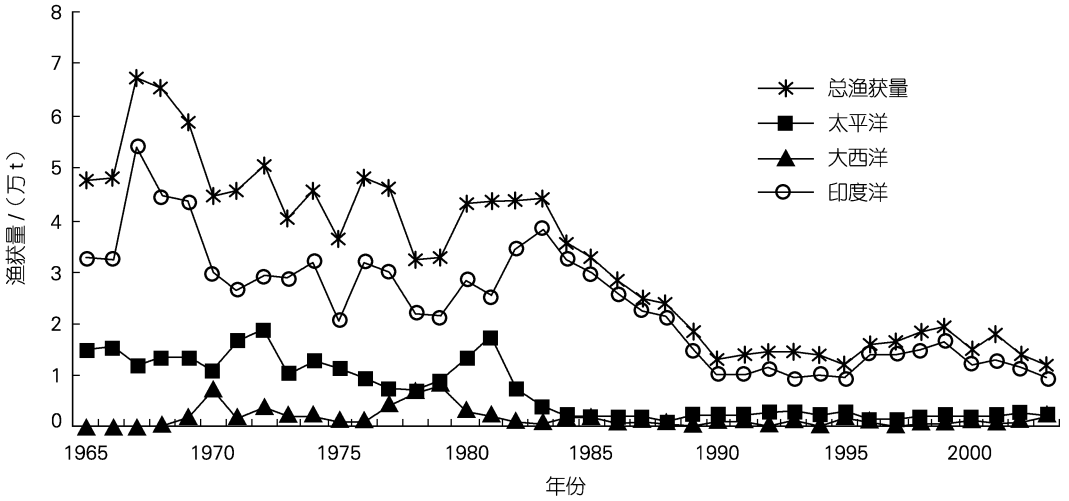


图1 南方蓝鳍金枪鱼各大洋渔获量和总渔获量

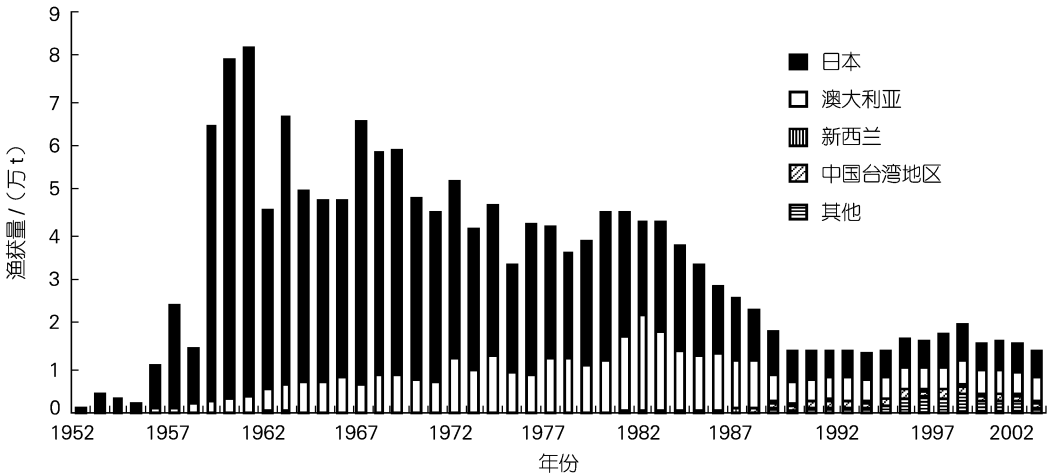


图2 各国家和地区南方蓝鳍金枪鱼渔获量

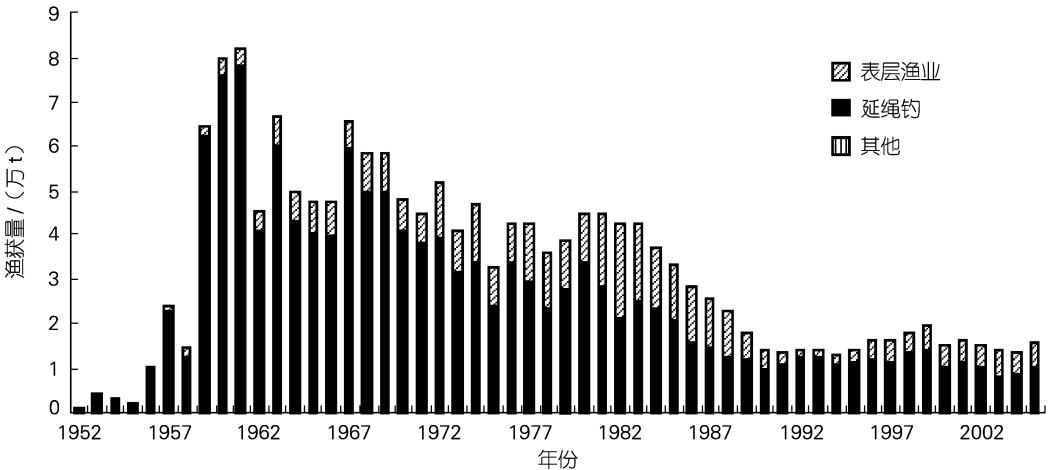


图3 南方蓝鳍金枪鱼总渔获量在各渔具间分布

2 生物学

2.1 年龄和生长

用耳石测定南方蓝鳍金枪鱼的年龄是最直接有效的方法,但 13 龄后常规方法读取的数据不准确,需加入放射性物质标记^[6-9]。南方蓝鳍金枪鱼最高年龄可达 42 龄^[10]。1 龄鱼平均体长为 54~64 cm,2 龄鱼平均体长为 73~85 cm,3 龄鱼平均体长为 85~100 cm,生长随季节、年代不同有所变化^[11]。体长和体质量关系式^[12]为:

$$L < 130 \text{ cm}: W = 3.13088 \times 10^{-5} L^{2.9058}$$

$$L > 130 \text{ cm}: W = 1.4036 \times 10^{-6} L^{3.5399}$$

用传统的 Von Bertalanffy 方程拟合,得到的生长参数如表 1^[12,13]。

表 1 Von Bertalanffy 方程参数值

文献	L_{∞} (cm)	K	T_0
[13]	261.3	0.108	-0.157
[12]	207.6	0.128	-0.394

一些研究认为常规的 Von Bertalanffy 模型与南方蓝鳍金枪鱼生长方式有着明显的偏离^[14-16]。Laslett 等认为在从稚鱼向亚成鱼过渡期间,生长过程有着微小的变化。为了研究生长过程的这种变化把个体生长分为两个阶段,并提出 Von Bertalanffy log k 模型

$$l(a) = L_{\infty} \left\{ 1 - e^{-k_2(a-a_0)} \left[\frac{1 + e^{\beta(a-a_0)}}{1 + e^{\beta}} \right]^{-(k_2-k_1)\beta} \right\}$$

表 2 Von Bertalanffy log k 模型和季节模型估计参数值

年代	m_{∞}	s_{∞}	k_1	k_2	T_0	α	β	U	w
1960s	187.8	7.0	0.14	0.15	-1.6	5.5	30.0	0.53	-0.07
	(0.4)	(12.4)	(1.2)	(3.8)	(2.6)	(7.4)	(na)	(14.7)	(28.9)
1970s	184.3	7.9	0.15	0.19	-1.3	5.7	30.0	0.92	0.06
	(0.3)	(2.0)	(1.5)	(5.0)	(3.7)	(4.2)	(na)	(11.6)	(29.0)
1980s	184.7	8.1	0.22	0.17	-0.4	2.8	18.3	0.34	0.13
	(0.5)	(4.8)	(1.3)	(2.7)	(5.5)	(3.0)	(na)	(11.2)	(9.2)
1990s	184.9	8.7	0.25	0.16	-0.3	2.5	12.4	0.41	0.26
	(1.7)	(4.3)	(3.1)	(4.4)	(11.0)	(2.8)	(na)	(13.1)	(9.0)

注: m_{∞} 是 L_{∞} 平均值的标准变量; s_{∞} 是 L_{∞} 的标准偏差, 括号内数据为变异系数(100 × 标准误差/平均值); na 代表不能获得标准误差

2.2 死亡

死亡率包括自然死亡率和捕捞死亡率。自然死亡率(M)有着很大的不确定性,随水域和年龄变化。

其中: a 是年龄; l 是体长; a_0 是体长为零时的理论年龄; L_{∞} 是极限体长; k_1 是第一阶段的生长率; k_2 是第二阶段的生长率; α 是决定过渡年龄的参数; β 是控制过渡速率的参数。

此模型比 Von Bertalanffy 模型更准确。Von Bertalanffy log k 模型中的 $a - a_0$ 用 $a - a_0 + s(t)$ 替换, 转换成一年内周期变化的季节性生长模型 $s(t)$, 用正弦函数表示为:

$$s(t) = \frac{u}{2\pi} \sin(2\pi(t - w))$$

其中: u 是振幅, 取值范围 0~1; w 是控制过渡期的参数, 取值范围 -0.5~0.5, t 是一年内从 1 月开始计算的一段时间。

Von Bertalanffy log k 模型和季节性生长模型的参数值如表 2, 结果表明 80 年代稚鱼生长显著快于 60 年代, 60 年代 2 龄鱼体长与 60 年代 3 龄鱼体长接近; 70 年代是生长率转折期; 90 年代与 80 年代生长率相近。第一阶段生长率(k_1)不断增加, 而第二阶段生长率(k_2)却在下降。季节性生长模型中 u 和 w 的标准偏差较大, 主要是因为信息量较少, 且还与每年的环境条件的变化密切相关。从季节性生长模型可知南方蓝鳍金枪鱼每年的 1 月到 3 月生长速度最快。Polacheck 等认为 40 年内生长率变化与反映稚鱼丰度的种群密度变化一致^[17-20]。

一般情况下, 幼鱼的自然死亡率较高, 而成鱼的自然死亡率较低。普遍认为 M 为 0.2, 进一步分析表明 M 值在 0.2 ± 0.1 范围内波动^[12]。1992~1997 年, 3



龄到 8 龄鱼估算的捕捞死亡率范围在 0.03~0.19, 2 龄鱼捕捞死亡率一般比其他年龄组小得多; 捕捞死亡率表现出增加的趋势, 1997 年 3~5 龄的平均死亡率是 1994 年的 2 倍多, 表明这期间捕捞压力在增加^[21]。

2.3 性成熟和繁殖

对南方蓝鳍金枪鱼遗传学研究和耳石成分指数的分析表明南方蓝鳍金枪鱼只有一个产卵场, 在印度洋印度尼西亚爪哇南部, 约 $7^{\circ} \sim 20^{\circ} \text{S}$ 和 $102^{\circ} \sim 124^{\circ} \text{E}$ ^[22-24]。标记放流和形态学研究结果显示, 三大洋捕捞的南方蓝鳍金枪鱼均来自此产卵场^[2]。产卵场表层是热带暖水(24~28℃), 盐度为 35.0~35.6, 叶绿素浓度很低, 产卵场受南赤道流、李氏潮流等海流的影响^[25]。

南方蓝鳍金枪鱼在表层产卵, 成熟卵卵径为 0.4~1 mm, 表层暖水(24℃以上)是卵和仔鱼生存所必需的条件。产卵期从 9 月到翌年 3 月, 1~2 月是产卵的高峰期。叉长为 158 cm, 性成熟系数 4.31 的雌鱼怀卵量高达 1 400~1 500 万粒。Farley 等^[26]在不同的地点采样, 得到不同的性成熟系数: 在塔斯马尼亚、新西兰、南非近海的饵料场采样, 卵巢均小于 1 kg, 性成熟系数小于 3.2; 在印度洋东南部采样, 卵巢的质量可达 2.8 kg, 性成熟系数可达 4.9; 产卵场的雌鱼, 卵巢较大, 质量可达 7.4 kg, 卵径均大于 0.4 mm, 性成熟系数较高, 且不断变化, 其变化范围是 1.3~13.1。性成熟系数的变化没有峰值或明显的变化趋势, 这说明在产卵期卵巢发育并非同步的, 成批的, 属多峰连续产卵型。对产卵后卵泡的研究表明, 雌鱼平均每 1.1 天产卵一次, 可以近似认为雌鱼每天产卵。产卵后残留的卵母细胞只有 5.6%。批产卵量和体长(L)有关, 线性拟合得到:

$$\text{批产卵量} = 4.782 \ 42 \times 10^{-17} L^{7.530}$$

平均批怀卵量, 以卵母细胞是 600 万粒, 或每单位体质量(g)含有 57 个卵母细胞^[24, 26, 27]计数。

60 年代的研究表明南方蓝鳍金枪鱼生物学最小型是 130 cm, 50% 性成熟的体长为 146 cm。70 年代的研究表明首次性成熟年龄为 5~7 龄(叉长为 110~125 cm)。由于 60 年代以后南方蓝鳍金枪鱼的生长率不断增加, 随之性成熟体长也在不断增加。90 年代生物学最小型为 147 cm, 50% 性成熟的体长为 152 cm(以卵径大于 0.4 mm 为成熟标准)或 162 cm(以性成熟系数大于 2 为成熟标准)。2001 年, 日本基于印尼延绳钓渔业在产卵场渔获量数据和本国渔获量数据, 认为 9 龄性成熟有较大的可能性, 并且生物学检测也表明 9 龄能产卵。澳大利亚认为 8 龄鱼性成

熟的可能性很小, 因为印尼在产卵场的渔获物中未发现 7 龄鱼, 8 龄鱼也非常少, 基于对产卵场的南方蓝鳍金枪鱼直接的年龄测定数据, 澳大利亚认为最低性成熟年龄为 10 龄(152 cm), 大量性成熟年龄为 12 龄(162 cm)^[24, 26-28]。

各个渔场渔获物性比为雌性稚鱼的数量比雄性稚鱼多, 而雄性成鱼的数量超过雌性成鱼^[12]。

2.4 食性

仔鱼的食饵主要是甲壳动物, 有嗜食同类现象^[12]。稚鱼和成鱼是杂食的机会捕食者, 主要的食物种类根据季节、年份和地点的不同而有所区别。各海域食饵不同与月运周期有关, 稚鱼和食饵在不同的月相行为不同^[29, 30]。

南方蓝鳍金枪鱼主要捕食鱼类, 也可摄食头足类和甲壳类, 还可以在光线微弱的深海觅食, 反映了对不同栖息环境的适应^[29]。Young 等^[31]在 1992~1994 年期间在塔斯曼海东部对 1 219 尾南方蓝鳍金枪鱼的研究表明: 92 种食饵种类, 属广食性鱼类, 食饵范围从体长小于 1 cm、体质量 0.1 g 的小型甲壳类(如壳短腿蚶(*Brachyscelus crusculum*))到体长 50 cm、体质量 4 kg 的鱼类(如乌鲂 *Brama brama*), 沿岸食饵多样性(38 种)低于近海(78 种)。沿岸主要食饵是鱼类, 包括鲱目、灯笼鱼目、颌针鱼目、海龙目、鲷形和鲹形目, 主要是斜竹荚鱼(*Trachurus declivis*)和谐鱼(*Emmelichthys nitidus*); 其次是头足类(6 种), 主要是澳洲柔鱼(*Nototodarous gouldi*)稚鱼; 甲壳类出现频率高但生物量较少; 其他类都是偶尔出现, 如澳洲夜明磷虾(*Nyctiphanes australis*)及远洋端足目。近海, 有更多种的大型浮游动物, 出现频率最高的是甲壳纲(如隐巧蚶 *Phronima sedentaria*), 但生物量较小; 食饵主要是头足纲(17 种); 其次是鱼类, 除沿岸上述目外还有巨口鱼目、仙女鱼目、金眼鲷目、海鲂目和鼠鱗目的种类, 主要食饵是斜竹荚鱼^[31]。Serventy 等^[32]在澳大利亚东部、南部水域的研究表明食饵主要是斜竹荚鱼、澳大利亚拟沙丁鱼(*Sardinops neopilchardus*)、澳洲柔鱼和澳洲夜明磷虾^[32]。新西兰北部海域的主要食饵是远洋鱼类以及鱿鱼、章鱼^[33]。新西兰西南沿岸主要食饵是乌鲂和樽海鞘^[34]。综上所述, 各海域食饵种类虽然有些不同, 但食饵范围大体一致, 食饵的比例取决于食饵供给的丰度。

南方蓝鳍金枪鱼昼夜摄食显著不同, 早晨是进食高峰, 其他时间呈下降趋势。南方蓝鳍金枪鱼(未成熟鱼叉长 < 155 cm, 成熟鱼叉长 < 192 cm)日摄食量是个体体质量的 0.97%, 瞬时胃排空率(R)为 -0.32 h^{-1} ; 沿岸鱼日摄食量为 2.6% ($R = -0.42 \text{ h}^{-1}$),

近海日摄食量为 0.81% ($R = -0.32 h^{-1}$), 沿岸的日摄食量是近海的 3 倍。冷水和暖水中日摄食量相近, 但在亚热带交汇处 ($14^{\circ}\text{C} \leq T \leq 16^{\circ}\text{C}$) 较低^[31]。

2.5 种群及资源动态

从南非、西澳、南澳和塔斯马尼亚岛的近海取样, 通过种群遗传学研究, 用 3 种限制性酶 (Bam HI, BclI and EcoRI) 分析 6 种多态异型酶的基因座和线粒体 DNA (mtDNA) 变体, 未发现显著的空间异质性; 等位基因没有与性别相关的差异, 不同产卵高峰的稚鱼未发现显著的遗传差异, 体长小于 70 cm 和大于 70 cm 的鱼等位基因没有显著不同, 这些现象均表明南方蓝鳍金枪鱼是单一种群^[22]。

1967 年亲鱼资源量开始明显下降, 至 1980 年资源量大体保持恒定, 其亲鱼资源量水平是初始水平的 21% ~ 30%^[35], 1980 年资源量被认为是“生物安全资源量”的界限^[36]。1998 年评估亲鱼资源量, 认为是 1960 年的 7% ~ 15%, 1980 年的 25% ~ 53%^[37]。2001 年评估产卵种群资源量是 1988 年的 49%, 1980 年的 29% 和初始水平的 6%^[24]。2004 年评估种群资源量是初始水平的 3% ~ 14%, 是 1980 年水平的 14% ~ 59%^[38]。1950~ 1976 年补充量稳定, 80 年代开始一直下降^[39]。到 90 年代中期实际种群分析 (VPA) 补充量是 1960 年水平的 1/3^[40]。2001 年评估认为补充量比 1980 年的 46% ~ 48% 还少, 并将处于长期下降趋势^[25]。

南方蓝鳍金枪鱼保护委员会 (CCSBT) 的目标是到 2020 年使产卵群体数量恢复到 1980 年水平^[39]。澳大利亚和新西兰科学家认为可能性很低 (< 14%), 而日本的科学家认为有较高的可能性 (76% ~ 87%), 造成分歧的主要原因是评估中采用的性成熟年龄不同以及对补充种群和 CPUE 的理解不同^[40]。

2.6 洄游分布

南方蓝鳍金枪鱼是南半球中纬度海域的特产金枪鱼类, 系高度洄游鱼类, 广泛分布在太平洋、印度洋和大西洋受亚南极影响的水域内。但主要分布在澳大利亚南部、东部和西部的海域中 ($30^{\circ} \sim 50^{\circ}\text{S}$), 东太平洋地区分布较少^[10]。从渔获物体长组成的情况看, 在印度洋渔场渔获的为大型鱼, 系产卵群; 而在南太平洋渔场渔获的是大、小型鱼, 为索饵群^[40]。

南方蓝鳍金枪鱼成鱼比其他金枪鱼种更喜欢栖息于深海, 稚鱼大多出现在上层。南方蓝鳍金枪鱼大多栖息于小于 300 m 水层。除非产卵, 南方蓝鳍金枪鱼成鱼一般偏爱较冷的水层^[41], 喜欢栖息于 15~ 20 $^{\circ}\text{C}$ 水域, 在 18~ 20 $^{\circ}\text{C}$ 时形成大群^[40]。根据印度尼西亚延绳钓渔获量数据^[42], 估算叉长为 140~ 290 cm

成熟的南方蓝鳍金枪鱼在产卵场的垂直分布, 研究表明随着栖息水深的增加, 较小个体 (140~ 169 cm) 的比例增加, 而较大个体 (170~ 209 cm) 在较浅水层的比例较大; 产卵鱼在浅水层比深水层多, 而未产卵鱼大多栖息于深水层^[43]。

随着生长, 稚鱼从印度洋产卵场沿澳大利亚西岸南下, 一部分随南赤道海流西移, 或从西澳大利亚州的西南方向西洄游, 直到非洲的南部沿岸; 另一部分 (1~ 2 龄鱼) 经南岸游抵东岸, 经过大澳大利亚湾, 往南游向塔斯马利亚海域, 再往北游向新南威尔士东岸, 进入太平洋 (3~ 4 龄鱼)。性未成熟鱼 (3 龄以上) 随季节变化周期性洄游, 冬天 (6~ 7 月) 北上至南纬 34 $^{\circ}$ 附近, 夏天 (10~ 11 月) 沿澳大利亚南岸向南洄游, 返回南部水域后形成的鱼群多是 5 龄个体, 其中有从太平洋东南部游来的高龄群体。这些鱼随着生长, 向印度洋公海区洄游。在印度洋和太平洋公海区还有其他海区洄游来的南方蓝鳍金枪鱼。当幼鱼性成熟后, 需产卵时再洄游至爪哇岛南部的产卵场产卵。成鱼产完卵后, 将继续向南洄游到西风漂流中摄食, 进入新的繁殖周期^[2, 12, 40]。

参考文献:

- [1] CCSBT. Data. [EB/OL]. <http://www.ccsbt.org/docs/data.html>, 2005-05-08.
- [2] Anonymous. Report of the tenth annual meeting of the commission [R]. Christchurch, New Zealand: Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna, 2003.
- [3] Murphy M P, McNeen M A. Assessment report southern bluefin tuna [R]. Australian: Australian Fisheries Management Authority, 2002.
- [4] Anonymous. Report of the Eleventh Annual Meeting of the Commission [R]. Busan, Republic of Korea: Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna, 2004.
- [5] 郭文路, 黄砾林, 曹世娟. 世界南方蓝鳍金枪鱼渔业资源状况与管理[J]. 海洋经济, 2003, 20(3): 25-31.
- [6] Kalish J M, Johnston J M, Gunn J S, et al. Use of bomb radiocarbon chronometer to determine age of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) [J]. **Mar Ecol Prog Ser**, 1996, 143(1-3): 1-8.
- [7] Tomoyuki I, Sachiko T. Age and growth of juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* based on otolith microstructure [J]. **Fish Sci**, 1996, 62(6): 892-896.
- [8] Clear N P, Gunn J S, Rees A J. Direct validation of annual increments in the otoliths of juvenile southern

- bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, by means of a large scale mark recapture experiment with strontium chloride [J]. **Fish Bull**, 2000, **98** (1): 25-40.
- [9] Anonymous. A manual for age determination of southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* otolith sampling, preparation and interpretation [R]. Victoria, Australia: Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna, 2002.
- [10] Anonymous. Report of the 2004 meeting of the standing committee on research & statistics [R]. Madrid, Spain: International commission for the conservation of Atlantic tunas, 2004.
- [11] Leigh G M, Hearn W S. Changes in growth of juvenile southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*): an analysis of length frequency data from the Australian fishery marine & freshwater research [J]. **Mar Freshwat Res**, 2000, **51**(2): 143-154.
- [12] Caton A E. Review of aspects of southern bluefin tuna: biology, population and fisheries [J]. **Inter Am Trop Tirna Comm Spc Rep**, 1991, 7: 181-357.
- [13] Thorogood J. Age and growth rate determination of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, using otolith banding [J]. **Fish Biol**, 1987, **30**(1): 7-14.
- [14] Anonymous. Report of the southern bluefin tuna trilateral workshop [R]. Australia: CSIRO Marine Research Library, 1994.
- [15] Laslett G M, Everson J P, Polacheck T. A flexible maximum likelihood approach for fitting growth curves to tag recapture data [J]. **Can J Fish Aquat Sci**, 2002, **59**(9): 976-986.
- [16] Hearn W S, Polacheck T. Estimating long term growth rate changes of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from two periods of tag return data [J]. **Fish Bull**, 2003, **101**(1): 58-74.
- [17] Polacheck T, Galea H, Preece A. An update of comparisons of the growth rates of southern bluefin tuna in the 1990s with those in the 1960s and 1980s [M]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 1999.
- [18] Polacheck T, Eveson J P, Laslett G M. Increase in growth rates of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) over four decades: 1960 to 2000 [J]. **Can J Fish Aquat Sci**, 2004, **61**(2): 307-322.
- [19] Everson J P, Laslett G M, Polacheck T. An integrated model for growth incorporating tag recapture, length frequency, and direct aging data [J]. **Can J Fish Aquat Sci**, 2004, **61**(2): 292-306.
- [20] Laslett G, Eveson J P, Polacheck T. Fitting growth models to length frequency data [J]. **ICES Mar Sci**, 2004, **60**(2): 218-230.
- [21] Polacheck T, Hearn W, Millar C N, *et al.* Updated estimates of mortality rates for juvenile SBT from multi year tagging cohorts [M]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 1998.
- [22] Grewe P M, Elliott N G, Innes B H, *et al.* Genetic population structure of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) [J]. **Mar Biol**, 1997, **127** (4): 555-561.
- [23] Proctor C H, Thresher R E, Gunn J S, *et al.* Stock structure of the southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*: An investigation based on probe microanalysis of otolith composition [J]. **Mar Biol**, 1995, **122** (4): 511-526.
- [24] Anonymous. Report of the Second Meeting of the Stock Assessment Group [R]. Tokyo, Japan: Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna, 2001.
- [25] Matsuura H, Sugimoto T, Nakai M, *et al.* Oceanographic conditions near the spawning ground of southern bluefin tuna, Northeastern Indian Ocean [J]. **Oceanogr**, 1997, **53** (5): 421-433.
- [26] Farley J H, Davis T L O. Reproductive dynamics of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* [J]. **Fish Bull**, 1998, **96** (2): 223-236.
- [27] Thorogood J. Aspects of the reproductive biology of the southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) [J]. **Fish Res**, 1986, **4** (3-4): 297-315.
- [28] Anonymous. Report of the southern bluefin tuna trilateral workshop [R]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 1994.
- [29] Kemps H A, Totterdell J A, Gill H S, *et al.* Preliminary analysis on the diet and feeding ecology of juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*, in relation to the southern coastal waters of Western Australia [R]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 1998.
- [30] Kemps H A, Totterdell J A, Nishida T, *et al.* Preliminary analysis on the diet and feeding ecology of juvenile southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, in relation to the southern coastal waters of Western Australia [R]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 1999.
- [31] Young J W, Lamb T D, Russell D L, *et al.* Feeding ecology and interannual variations in diet of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, in relation to coastal and oceanic waters off eastern Tasmania, Australia [J]. **Envir Bio of Fish**, 1997, 50: 275-291.
- [32] Serventy D L. The southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnau), in Australian waters [J]. **Aust J Mar Freshw Res**, 1956, 7: 1-43.
- [33] Robins J P. Synopsis of the biological data on bluefin tuna *Thunnus Thynnus maccoyii* (Castelnau) [J]. **FAO Fish Rep**, 1872, 6: 562-587.

- [34] Webb B F. Report on the investigation of the Lloret Lopez l 8 January to 2 April 1970, Sect. 6: Tuna catch analysis and seawater temperatures [J]. **Fish tech Rep NZ Min Ag Fish**, 1972, 108: 105.
- [35] Hampton J, Majkowski J, Murphy G I. The 1982 assessment of the southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) population and the determination of catch levels which stabilize the parental biomass [M]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 1984. 29.
- [36] AFFA. Southern bluefin tuna fishery [J]. **Depa of Agri Fish**, 2001, 30(1): 59-62.
- [37] Anonymous. Report of the seventh expert consultation on Indian ocean tunas [R]. Victoria (Seychelles): IOTC, 1998.
- [38] Anonymous. Report of the fifth meeting of the stock assessment group [R]. Seogwipo City, Jeju, Republic of Korea: Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna, 2004.
- [39] Mori M, Katsukawa T, Matsuda H. Recovery plan for an exploited species, southern bluefin tuna population ecology [J]. **Popul Ecol**, 2001, 43(2): 125-132.
- [40] 黄锡昌, 苗振清. 远洋金枪鱼渔业[M]. 上海: 科学技术文献出版社, 2003. 49-52.
- [41] John G, Toby P. A pilot study to examine the potential for using pop up satellite transmitting archival tags and determining the feasibility of using pop up satellite archival tags to determine the movement and habitat preference of adult SBT [R]. Hobart (Australia): CSIRO Marine Research, 2003.
- [42] Davis T L O, Bahar S, Farley J H. Southern bluefin tuna in the Indonesian longline fishery: historical development, composition, season, some biological parameters, landing estimation and catch statistics for 1993 [J]. **Fish Res J**, 1995, 1(1): 68-86.
- [43] Davis T L O, Farley J H. Size distribution of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) by depth on their spawning ground [J]. **Fish Bull**, 2001, 99(2): 381-386.

(本文编辑: 刘珊珊)