

文章编号: 1000- 0615(2003)04- 0322- 06

东海带鱼生殖和补充特征的变动

徐汉祥, 刘子藩, 周永东
(浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100)

摘要: 根据 1986- 2000 年对东海和南黄海渔获带鱼的生物学基础调查, 利用世代分析方法计算了东海带鱼的资源数量, 分析了东海带鱼生殖和补充特征的变动状况, 同时研究了环境与带鱼补充量变动的关系。结果表明, 随着捕捞压力的增大, 东海带鱼的最小成熟体长、产卵亲体的平均体长、平均体重组进一步缩小, 个体繁殖力提高而卵径变小; 实行伏季休渔后, 东海带鱼的补充群体数量大幅度增加, 单位亲体的补充量比伏休前增加 45% ~ 60%, 证明了伏季休渔的生态效益; 带鱼补充群体数量与亲体数量、海中温度、伏休时间成正比。目前东海带鱼的亲体数量仍显不足, 应进一步减少对带鱼的捕捞强度。

关键词: 带鱼; 生殖; 资源变动; 东海

中图分类号: S931.5 **文献标识码:** A

Variation of *Trichiurus haumela* productivity and recruitment in the East China Sea

XU Han-xiang, LIU Zi-fan, ZHOU Yong-dong
(Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

Abstract: Based on the basic biological survey on captured hairtail, *Trichiurus haumela* in the East China Sea and the Southern Yellow Sea from 1986 to 2000, the hairtail resource in the East China Sea was assessed by using generation analysis and the variation of its productivity and recruitment was discussed. A relationship between environment and recruitment was given through selected environmental factors. Results showed that the minimum body length of maturation, the average body length and the body weight of spawning parents declined, so did the egg diameter; while individual productivity increased, with the ever-developing fishing power. After the implementation of Summer No-Fishing Season system, the quantity of recruiting colony increased a lot, and the recruiting quantity per unit of parents increased by 45% - 60%. That clinched that the Summer No-Fishing Season system had a very good ecological effects. The recruiting quantity was directly proportional to the number of parents, water temperature and most importantly the period of the season. The parent fish in the East China Sea is still insufficient, so it is imperative to further decrease fishing power.

Key words: *Trichiurus haumela*; productivity; resource variation; the East China Sea

带鱼是东海渔场最重要的渔获对象之一, 其资源的盛衰与海洋渔业的稳定密切相关。带鱼资源历

收稿日期: 2003-05-23

资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043711)、浙江省科技计划项目(961102204)

作者简介: 徐汉祥(1962-), 男, 浙江舟山人, 高级工程师, 主要从事海洋渔业资源研究。Tel: 0580- 3061588, E-mail: hxu@vip.sina.com

来是东海渔业管理的重点内容。上世纪 80 年代后期, 东海带鱼经不合理捕捞后, 亲体和补充群体数量均大幅度下降。后经实施产卵带鱼保护, 亲体数量回升, 但由于利用方式不合理, 补充群体数量增加不明显。1995 年开始实行伏季休渔制度后, 亲体数量虽增加有限, 但补充群体数量增幅较大, 反映了伏季休渔对增殖资源的作用。

生殖和补充是生物种群必备的二个重要的特征。对东海带鱼生殖和补充特征的研究, 多数见于上世纪 80 年代^[1-4]及更早^[5], 90 年代后报道较少^[6], 尤其是补充与环境的关系、伏季休渔后东海带鱼生殖和补充特征变动等内容未见专门研究。本文利用浙江省海洋水产研究所历年对带鱼的调查研究资料, 对东海带鱼的生殖和补充特征变动情况进行了分析, 期望为进一步合理利用和科学管理带鱼资源提供技术基础。

1 材料与方法

1.1 生物学测定

本文所用资料系本所 1986–2000 年对东海和南黄海带鱼的拖网和帆张网渔获物的随机取样, 并对其生物学测定的数据。其中产卵亲体样本统一采用 5–8 月拖网和帆张网渔获对象。1986–2000 年 5–8 月共取底拖网带鱼样本 9798 尾, 帆张网带鱼样本 1160 尾, 合计 10958 尾, 年度产卵带鱼取样量最多为 2157 尾, 最少为 322 尾。性腺成熟度鉴定采用目测法, 把 III 期及 II 期以上视作性成熟。年龄采用耳石年轮鉴定法, 1986–2000 年每年进行带鱼年龄鉴定, 其中 5–8 月产卵带鱼年龄鉴定共 9735 尾, 最多年份鉴定 2157 尾, 最少年份鉴定 257 尾。怀卵量采用三段取样计数法。调查和分析方法参考“海洋水产资源调查手册”^[7]。1986 年以前的资料引用文献[8, 9]。根据对东海带鱼种群的研究结果^[10], 本文把东海和南黄海带鱼视作一个种群, 因此, 所取样本均视作同个单元处理。

1.2 资源量计算

渔获量数据参考东海区渔政局和浙江省海洋与渔业局的统计资料。以东海区三省一市的带鱼渔获量代替东海和南黄海带鱼产量, 以此换算为东海群系带鱼的资源量。资源量、亲体和补充量的计算采用世代分析方法, 取带鱼的年自然死亡系数为 0.44^[4]。带鱼的亲体数量为假设 2–4 月未发生捕捞死亡时 5 月 1 日海中 1 龄及 1 龄以上带鱼的资源量; 补充群体数量为假设 9–10 月未发生捕捞死亡时 11 月 1 日海中的当龄带鱼资源量。

1.3 环境因子的选取

与带鱼补充相关的环境因子共选取了舟山市普陀区气象站的北风风频和风速、南风风频和风速、气温、日照和降雨等各月的基本气象要素, 嵊山海洋站表层水温, 黑潮暖流主干区 1 号站(120°00' E, 20°30' N) 8 月表温平均值, 长江大通站径流量等。用计算机将各因子月平均值在时间上及因子间进行相互组合, 根据组合结果的优劣, 选取气象及嵊山站表温的 2–8 月平均值、长江径流量的 5–8 月平均值, 作为与补充群体数量变动相关的分析因子。此外, 由于 1995 年开始实行了伏季休渔制度, 把伏休期生长也作为相关分析因子, 1995–1997 年伏休二个月取 $e^{Gt} = e^{2/12} = 1.18$, 1998 年以后伏休三个月取 $e^{Gt} = 1.28$ 。

2 结果和讨论

2.1 生殖特征

在资源正常年份, 东海带鱼的初届性成熟年龄为 1 龄, 雌性成熟比例为 50%, 雄性则超过 50%, 以后随着资源变动, 性成熟速度加快。至 70 年代末期, 1 龄鱼的性成熟比例超过 90%^[3]。

进入90年代以后,1龄鱼的性成熟比例几乎达到100%,且有相当数量的不足1龄的晚生群带鱼加入到产卵群中,致使最小成熟体长、体重进一步缩小。在1963-1964年,肛长200mm以下带鱼性腺都不发育,最小成熟个体肛长200~210mm;到70年代末期,肛长190mm以上的鱼体近70%都能发育成熟,最小成熟肛长也降到160~170mm^[3];进入90年代后,最小成熟个体更降到肛长140~150mm,体重50g左右。80年代后期以来东海雌性带鱼性成熟(Ⅲ期及以上)占雌性鱼总体数量的比例见表1。由表知,80年代后期带鱼雌性最小成熟肛长在160mm以上,而90年代后期已降到140mm;完全成熟的肛长范围变化不大,均在210mm左右。这与60年代初的肛长200~210mm几乎都不成熟形成了鲜明的对照。伴随着带鱼资源的衰退和晚生群的大量加入产卵,使带鱼产卵群体的平均肛长不断缩小,肛长210mm以下小型鱼的成熟比例则不断提高(图1)。变动最为明显的是产卵群体中肛长小于210mm的小型鱼比例从60年代初5.1%,增加到80年代中后期平均的29.9%,90年代后期平均已达到50.1%左右。

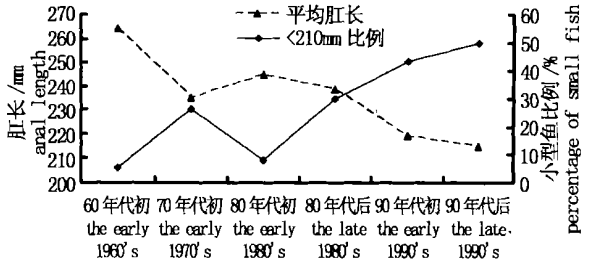


图1 5-8月产卵带鱼平均肛长及小型鱼比例

Fig.1 The average body length of spawning hairtail and the percentage of small fish in 5-8 month

表1 东海带鱼5-8月雌性性成熟(Ⅲ期及以上)比例

Tab.1 Mature percentage of female hairtail in 5-8 month in the East China Sea(Step III and UP)

年份 year	肛长(mm) anal length											样本数(ind) sample numbers
	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	> 230	
1986	0	0	9	17	35	45	71	100	100	100	100	191
1987	0	0	18	29	59	76	100	95	100	100	100	220
1988	0	0	56	56	68	69	75	87	92	100	100	284
1996	0	25	37	57	83	88	88	91	100	100	100	209
1997	14	20	37	44	64	100	100	100	100	100	100	193
1998	0	0	17	24	41	67	92	100	100	100	100	169

注: a 取样网具 80 年代为底拖网, 90 年代为底拖网和帆张网; b 取样渔场 80 年代为舟山、渔山渔场, 90 年代为长江口、舟山、江外、舟外渔场

Notes: a sample netting gear is trawl net in 1980s and trawl net & stake net in 1990s, b sample fishing ground is zhoushan & yushan in 1980s and changjiangkou, zhoushan, jiangwai, zhouwai in 1990s

带鱼属于多次性排卵类型^[1],产卵期中大约可排卵2~3次,从第1次到第2次排卵的间隔时间约为一个月。从上世纪60年代以来东海群系带鱼春夏汛参加产卵的亲体一直以1龄鱼为主体,60年代初1龄鱼占产卵亲体总数的比例为76.9%,90年代以后比例已达到90%以上。由表2可知,随着资源衰退,东海带鱼雌性各年龄组的怀卵量有增加的趋势,并且年龄越大增加越明显。据1993-1994年测定的数据^①,1龄鱼怀卵量平均为 3.60×10^4 粒,2龄、3龄鱼分别为 7.26×10^4 粒和 14.67×10^4 粒,生殖力随着年龄、个体的增大而上升,无论怀卵量或卵子质量均以重复产卵鱼优于初届性成熟鱼。1993-1994年带鱼个体绝对生殖力(r)、相对生殖力(r/L)和(r/W)分别较1976年平均提高15.2%、15%和11.9%。随着近年来渔场水温的变暖,以及东海带鱼在过度捕捞压力下的适应性调节,部分不足1龄的晚生群带鱼也加入到产卵群体中来,目前的产卵亲体已由1龄和不到1龄的晚生群带鱼为主体,2龄或2龄以上重复产卵亲鱼个体已降至5%左右,产卵个体的小型化和早产化是东海带鱼资源衰退的特征之一。在带鱼个体生殖力提高的同时,伴随而来的是成熟卵的卵径显著减小,由1963-1964年 $1.525 \sim 1.825\text{mm}$ ^[1,3]下降为1993-1994年的 $0.9 \sim 1.5\text{mm}$ ^①。

① 孔祥雨,带鱼、小黄鱼个体生殖力及变化的研究,1995.

表2 东海带鱼各年龄组个体生殖力比较

Tab. 2 Comparison of hairtail individual productivity of different age groups in the East China Sea

生殖力 productivity	年份 year	1 龄 age	2 龄 age	3 龄 age	4 龄 age	5 龄 age
怀卵量 $r(\times 10^4 \text{ ind})$ number of visible eggs	1976	3.50	6.76	13.67	21.15	25.16
	1993-1994	3.60	7.26	14.67	22.46	28.20
单位肛长怀卵量 $r/L(\text{ ind/cm})$	1976	1366	2349	4396	5217	5648
	1993-1994	1462	2620	4404	5781	8223
单位体重怀卵量 $r/W(\text{ ind/g})$	1976	173	199	248	263	277
	1993-1994	210	232	290	250	303

2.2 补充特征

2.2.1 亲体与补充量的关系

用世代分析法推算出各年5月1日1龄及1龄以上各龄东海带鱼的资源尾数。由于进入90年代以后春夏汛2龄带鱼亲体数占产卵群体比例已在5%以下,2龄以上带鱼所占比例微乎其微,按照习惯算法^[6],将2龄及以上年龄的尾数按2倍的比例折算为1龄鱼的尾数,这样本文的亲体总尾数即是全部折算成1龄鱼为标准的尾数。推算出的各年11月1日当年补充群体0.5龄鱼的资源量尾数作为当年补充群体数量,1987-2000年东海带鱼亲体与补充量数据值列于表3。

表3 东海带鱼亲体(A)与补充量(R)数量变化

Tab. 3 Quantitative variation of parents and recruitment of hairtail in the East China Sea

年份 year	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
亲体($\times 10^8$ 尾) parents($\times 10^8$)	8.68	7.30	9.09	12.89	14.68	18.14	18.80	22.01	17.90	18.21	14.17	14.63	15.12	16.03
补充量($\times 10^8$ 尾) recruitment($\times 10^8$)	22.98	23.27	26.68	33.53	40.93	42.08	47.96	57.22	72.02	59.15	63.32	65.81	69.70	75.73
R/A 值	2.65	3.19	2.94	2.60	2.79	2.32	2.55	2.60	4.02	3.25	4.47	4.50	4.61	4.72

东海带鱼单位亲体的补充量值年间变化不大,从60年代起约在0.92~4.72之间变化,其中60年代相对较大,半数年份在3以上,而70年代和80年代初均在3以下^[6]。自1995年黄海南部和东海实施伏季休渔制度以来,单位亲体的补充量数值比以前有了明显的提高,1995-2000年间平均值为4.22,比伏休前的1990-1994年平均值2.57、比80年代后期的平均值2.93,相对增幅分别约达60%和45%,伏季休渔制度在此体现了极大的生态效益。

应用Ricker和Beverton-Holt模式拟合80年代后期以来的东海带鱼亲体与补充量关系效果均不够理想,相关性较差。从图2上看,对应的分布点趋势似乎较接近Ricker型增殖曲线。伏休制度实施之前的1987-1994年各年亲体与补充量数量关系基本上呈正比例线性关系,但亲体数量增加后,补充量增加幅度较小,说明增殖效果不明显。实施伏季休渔后,除1996年外,其余各年亲体与补充量之间也基本呈正比例关系,而单位亲体的补充群体数量明显大于伏休前,证明了伏休对带鱼资源的良好增殖作用。从1997年以来的资料分析,近几年随着捕捞强度的加大,资源状况的变化,海中亲体数量比1992-1996年减少,即亲体数量还显得不足。

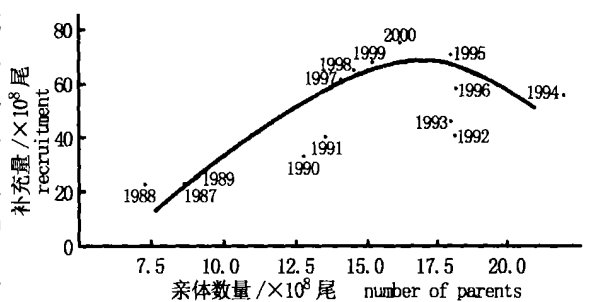


图2 东海带鱼亲体与补充量关系

Fig. 2 Relation of parents and recruitment

2.2.2 环境与补充量关系

计算结果表明,环境因子相关系数 r 的绝对值大于 0.6 的有平均北风速、长江径流量、嵊山海洋站表温、黑潮主干区站位 8 月表温和伏休生长因子等,其中与带鱼发生量之间呈正相关的有嵊山站表温、长江径流量和伏休生长因子等;呈负相关的有平均北风速、黑潮主干区站位 8 月表温。2-8 月嵊山海洋站表层水温高,说明春夏沿岸渔场升温快,可以促进海洋中浮游植物的光合作用和繁殖生长,进而丰富了浮游动物的饵料供应,促进食物链上较高级海洋生物的生长,幼带鱼的饵料供应相对较为充裕。另一方面渔场水温的提高有利于带鱼亲体性腺发育的提前并加快成熟速度,促进产卵期的提早,即使幼带鱼的生长发育期相应得到延长,也提高了产卵效率,减少亲体未产卵而被捕获的几率。水温的提高,使更多的小于 1 龄的晚生群带鱼加入到产卵亲体中去,增加了实际产卵的亲体数量。长江径流量的大小影响着东海渔场的温盐时空变化与分布,流量的增大能增加入海的营养盐数量,扩大混合水区范围,促进浮游植物尤其是低盐性浮游植物的生长,也有利于幼带发生数量的增加。相反,北风速、北风频的增大,不利于上半年渔场水温的上升。黑潮主干区 8 月表温越高,表明当年进入东海的暖流势力越弱,不利于渔场升温和带鱼的繁殖、生长。伏季休渔时间越长,则捕捞死亡越小,增殖资源的效果就越明显。

东海带鱼补充量与亲体数量 ($\times 10^8$ 尾)、环境因子的相关方程(1987-2000 年),经逐步回归计算为:

$$Y = -75.287 + 2.030X_1 + 5.0286X_2 + 16.6637X_3 \quad (r = 0.9873)$$

表 4 东海带鱼补充群体数量与亲体数量、渔场表温、伏休因子的相关分析

Tab. 4 Correlational analysis of the quantity of recruiting colony and the quantity of parents and water temperature and summer no-fishing season effects

年份 year	补充群体数量 Y ($\times 10^8$ 尾) recruitment	亲体数量 X_1 ($\times 10^8$ 尾) quantity of parents	嵊山表温 X_2 ($^{\circ}\text{C}$) Shengshan water temperature	伏休生长因子 X_3 (e^{6t}) factors of summer no-fishing season	拟合方程计算准确率 veracity of simulate equation	
					计算补充量 ($\times 10^8$ 尾) computational recruitment	计算准确率(%) correctness
1987	22.98	8.68	16.4	0	24.803	92.65
1988	23.27	7.30	16.1	0	20.493	88.07
1989	26.68	9.09	16.7	0	27.144	98.29
1990	33.53	12.89	17.2	0	37.372	89.72
1991	40.93	14.68	16.7	0	38.492	94.04
1992	42.08	18.14	16.6	0	45.013	93.48
1993	47.96	18.80	16.4	0	45.347	94.55
1994	57.22	22.01	17.1	0	55.383	96.79
1995	72.02	17.90	18.9	1.18	75.754	99.03
1996	59.15	18.21	16.1	1.18	62.304	94.94
1997	63.32	14.17	18.1	1.18	64.160	98.69
1998	65.81	14.63	18.1	1.28	66.760	98.58
1999	69.70	15.12	18.0	1.28	67.252	96.49
2000	75.73	16.03	18.2	1.28	70.105	92.57

上式中 X_1 为亲体数量; X_2 为嵊山海洋站 2-8 月表层水温平均值; X_3 为伏休保护后的生长因子。即综合多因子进行回归分析,东海带鱼补充群体数量与同时组合的亲体量、2-8 月嵊山海洋站表温平均值、伏休生长因子有显著的正相关关系。用该方程理论计算值与实际数字相比较,有较高的精度(表 4),在 14 年计算分析数值中,除 1988、1990 年的理论计算值准确率接近 90% 外,其余 12 年数据的拟合准确率均在 90% 以上,其中有 6 年的拟合准确率在 95% 以上。因此,该拟合方程在分析研究东海带鱼资源状况,尤其是分析带鱼补充群体数量和渔情预报方面具较高的参考价值。

2.2.3 带鱼资源利用和保护与补充效果关系

60 年代的东海带鱼资源处于利用不足阶段,亲体和补充量关系均能满足种群延续的需要(由于捕捞量不足,资源量计算数值偏低),亲体中高龄鱼比例高,资源补充效果较好,单位亲体的补充量平均

为 2.541。1970-1978 年东海带鱼资源处于充分利用阶段,并于中期取得了带鱼的高产,而后期开始出现捕捞过度,此期间虽然亲体数量处于较高状态,但由于高龄鱼比例降低,增殖效果转差,单位亲体补充量平均值降到 1.803。1979-1988 年带鱼资源处于利用过度状态,亲体数量大幅度减少,但由于首次实施了东海的伏季休渔,减少了对带鱼幼体的损害,并在一定程度上保护了产卵效果,使单位亲体的补充量平均值又回复到 2.66 的较高水平。80 年代后期开始,东海带鱼资源进入衰退期,1989-1994 年实施的局部海域的产卵带鱼保护,使亲体数量较快增加

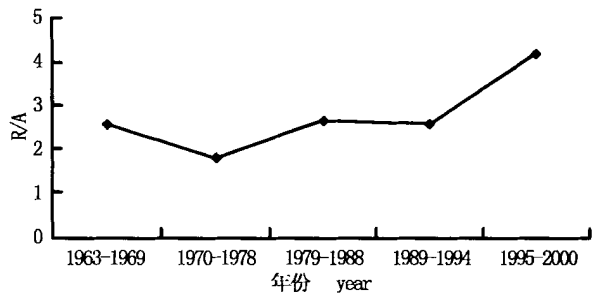


图3 东海带鱼各时期单位亲体补充量 R/A

Fig. 3 Recruitment of individual parent of hairtail in different time

并迅速达到平均 16 亿的较高水平,但因为大部分海域未限制捕捞亲体和幼体,资源增殖效果仍不如 80 年代的伏季休渔。1995 年开始实施的新伏季休渔制度,由于休渔范围广、限制作业种类多,休渔比较彻底,在亲体数量未增加的前提下,补充群体数量大幅度增加,带鱼资源的增殖效果最显著,单位亲体的补充量平均值达到 4.224 的高水平(图 3)。

综观东海带鱼各利用阶段的亲体和补充量变动状况,由于东海带鱼资源具有生命周期短、群体数量大、资源复原能力强等特点,如果只注重利用不注重保护,就会破坏带鱼的再生产机能;相反,在利用过程中采取适当的资源保护措施,带鱼的增殖和补充效果就能马上显现。在已经实施过的资源保护措施中,伏季休渔是增加补充量、提高增殖效果的最有效的方法,并且休渔时间越长、范围越广、限制作业越多,资源保护的效果就越明显。目前东海带鱼的亲体和补充群体数量虽然处于较高水平,但由于捕捞力量强大,剩余群体数量不足,带鱼的年龄序列缩短,低龄化、小型化、性成熟提早现象相当明显,资源结构未根本好转,资源尚处在不稳定中。要使带鱼资源逐渐恢复,必须增加高龄鱼比例,减少对带鱼的捕捞强度,尤其要减少亲体捕捞量。

参考文献:

- [1] Li C H. Biology of hairtail in the East China Sea. I. Primary study on anniversary variation of ovary[J]. Oceanol and Limnol Sin, 1982. 13 (5): 461- 471. [李诚华. 东海带鱼的生物学. I. 卵巢周年变化的初步研究[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(5): 461- 471.]
- [2] Luo B Z, Lu J W, Huang C F. Distinguish on birth of hairtail in different season[J]. Oceanol and Limnol Sin, 1982. 13(5): 451- 459. [罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 带鱼不同出生季节的鉴别[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(5): 451- 459.]
- [3] Luo B Z, Lu J W, Huang C F. Population composing and character of hairtail in the north of the East China Sea[J]. Oceanol and Limnol Sin, 1983. 14(2): 148- 158. [罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 东海北部带鱼种群结构与特征[J]. 海洋与湖沼, 1983, 14(2): 148- 158.]
- [4] Wu J Z, Zhu D L, Xu Y M. Hairtail[A]. Fishery resource survey and area layout[C]. Shanghai: East China Normal University Publishing Company, 1987. 281- 299. [吴家骝, 朱德林, 许永明, 等. 带鱼[A]. 见: 东海区渔业资源调查和区划[C]. 华东师范大学出版社, 1987. 281- 299.]
- [5] Misu H. Study on the hairtail resource in the East China Sea and the Yellow Sea. the second bulletin about maturity and spawning[J]. Sekai National Fisheries Research Institute, 1959, 16: 21- 23. [三栖宽. 东海、黄海产带鱼资源的研究. 第二报成熟与卵について[J]. 西海区水产研究所研究报告, 1959, 16: 21- 23.]
- [6] Ma Y J. The relation between parents and recruitment of hairtail in the East China Sea[J]. J zhejiang Coll Fish, 1989, 8(2): 79- 85. [马永均. 东海群系带鱼亲体与补充量的关系[J]. 浙江水产学院学报, 1989, 8(2): 79- 85.]
- [7] Yellow Sea Fisheries Research Institute. Handbook of marine fisheries resource investigation [M]. the second edition. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing Company, 1981. [黄海水产研究所. 海洋水产资源调查手册[M]. 第二版. 上海科技出版社, 1981.]
- [8] Wu J Z. Productivity character of hairtail in zhejiang offshore fishing ground[J]. J Zhejiang Coll Fish, 1985, 3(2): 109- 120. [吴家骝. 浙江近海渔场带鱼的生殖特性[J]. 浙江水产学院学报, 1984, 3(2): 109- 120.]
- [9] Xu H X, Liu Z F, Xu Y J. Dynamic summarizing and administrative actuals analysis of hairtail resource [J]. J zhejiang Coll Fish, 1997, 16 (3): 219- 225. [徐汉祥, 刘子藩, 许剑剑. 带鱼资源动态综述及管理现状分析[J]. 浙江水产学院学报, 1997, 16(3): 219- 225.]
- [10] Liu Z F, Xiong G Q, Huang K Q. Study on population differentiate of hairtail in the East China Sea[J]. J Fish China, 1997, 21(3): 1- 7. [刘子藩, 熊国强, 黄克勤, 等. 东海带鱼种群鉴别研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 1- 7.]