

文章编号: 1000-0615(2001)03-0209-06

夏季东海水团变动特征及对鲈鲹渔场的影响

杨 红¹, 章守宇¹, 戴小杰¹, 金承法², 吴伟忠², 隋洪波²

(1. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090; 2. 国家海洋局东海分局, 上海 200135)

摘要:应用模糊聚类方法,采集东海 30 个站表层及底层 1996-1998 年夏季的水温(T)、盐度(S)、溶解氧(DO)、磷(P)、三态氮(N)、硅(Si)、pH 值等九个指标的测样数据,对东海水团进行划分,其表层水团配置为大陆沿岸冲淡水(I),黄东海混合水团(II),台湾暖流水(III),黑潮表层水(IV)等水团。底层水团配置为黑潮次表层水团(V),黄海冷水团(VI),台湾暖流水(III)等水团。并分析了 1996-1998 年夏季由大陆径流和外海水团势力强弱影响所致的东海水团变动特征及沿岸冲淡水转向问题,同时讨论了东海水团分布与鲈鲹渔场关系。

关键词:模糊聚类;水团;东海;鲈鲹渔场

中图分类号:S913;S931.4 **文献标识码:**A

Characteristics of water masses and its influence on mackerel scad fishery in the East China Sea in the summer

YANG Hong¹, ZHANG Shou-yu¹, DAI Xiao-jie¹, JIN Cheng-fa², WU Wei-zhong², SUI Hong-bo²

(1. Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. East China Sea Branch Bureau of National Oceanic Administration, Shanghai 200135, China)

Abstract: According to the data collected from 30 sections with parameters such as Temperature (T), Salinity (S), Dissolved oxygen (DO), PO₄-P, SiO₃-Si, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N and pH in the East China Sea in the summers of 1996, 1997 and 1998 with fuzzy clustering method, this paper shows distribution of water masses in surface and bottom layers. The water masses included Coastal Water Mass (I), Huanghai-Donghai Mixing Water Mass (II), Taiwan Warm Water Mass (III), Kuroshio Surface Water Mass (IV), etc. in the surface layer and Kuroshio Subsurface Water Mass (V), Yellow Sea Cold Water Mass (VI), Taiwan Warm Water Mass (III) in the bottom layer. The remarkable dynamic variation of water masses in the East China Sea in summer from 1996 to 1998 is described. The main reason of the dynamic variation on water masses with surface layer and the trend about the Coastal Flushing Water Mass is analyzed. Moreover the relation between the distribution of water masses and Mackerel Scad fishery is discussed.

Key words: fuzzy clustering; water mass; the East China Sea; mackerel scad fishery

收稿日期: 2000-03-17

资助项目: 国家教委基金项目(95-34)

第一作者: 杨 红(1962-), 女, 江苏无锡人, 副教授, 主要从事海洋学及环境学的研究。Tel: 021-65691932, E-mail: hyang@shfu.edu.cn

在海洋学中把形成于同一本源、有着一定体积、理化性质比较均匀、变动状况基本一致的海水称为水团。东海位于中纬度地带大陆边缘,水的深度不大,受大陆径流、地理、气象及动力因素的影响,海水的水文特征和理化特征季节变异很大,使其海域中水团内部存在变性特征,均一性和保守性较差,因此,东海水团具有变性水团性质。

关于海洋水团,传统的研究方法主要有地理学分析法和浓度混合分析法。近十多年来,我国海洋研究学者,采用多元统计方法分析浅海变性水团,有一定的成效。但在上述分析方法中仅采用了水温(T)、盐度(S)两个指标,在很大程度上不足以反映浅海变性水团的理化特征。此外,影响渔场分布的环境因素,除了与T、S有关外,也与海域内反映生产力的水质指标有关。故本文试采用模糊聚类方法以水温(T)、盐度(S)、溶解氧(DO)、磷(P)、三态氮(N)、硅(Si)、pH等九个指标对东海水团年际变化进行分析,从而找出东海水团随时间和空间变化的规律,并探讨东海水团分布与渔场关系。

1 材料和方法

1.1 材料

本文采用T、S、O₂、PO₄-P、SiO₃-Si、NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、pH等九个指标来划分东海水团,上述指标所选数据资料根据1996年8月、1997年8月、1998年8月30个站位国家海洋局东海分局断面调查资料,表层、底层数据分布的空间范围为27°-33°N,122°-128°E。渔场资料根据1996年-1998年浙江省夏秋汛灯围生产情况记录(表1)。

表1 浙江省夏秋汛灯围生产情况

Tab.1 Production of light purse seine in Zhejiang province

年 份	渔汛 开始日期	渔汛 结束日期	投入作业单位 (grp)	平均产量 (t/grp)	总产量 (t)	8月平均日产量 (t/d)	作业海区
1996年	7月12日夜	10月30日	63组	297.30	18 735.50	5~15	29°-31°N, 122°30'-124°E
1997年	7月13日	10月30日	81组	429	34 750	5~25	28°30'-31°30'N, 122°30'-124°E
1998年	7月15日	9月30日	119组	75.06	8 932.80	2~10	27°30'-30°30'N, 121°30'-123°30'E

1.2 方法

1.2.1 划分方法

采用模糊聚类方法^[1,2]划分上述各年际8月份表、底层水团,其基本原理如下。

原始数据的表征:设研究海区为一个包含 n 个测样、 m 个指标的有限区域 X ,且 X 为模糊子集, $X = \{x_{ij}\}$,其中, i 为任一测样, j 为任一指标。为消除指标间差异的影响,须对原始数据按下列公式进行标准化:

$$x_{ij}' = (x_{ij} - x_{ijmin}) / (x_{ijmax} - x_{ijmin}) \quad (1)$$

建立模糊相似矩阵:对已标准化的原始数据按下列公式建立模糊相似矩阵 $R = \{r_{ij}\}$,

$$r_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik}' - x_{jk}')^2} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

为使 R 矩阵中元素值在(0,1)之间分布,可令

$$r_{ij}^* = 1 - \frac{r_{ij}}{\max(r_{ij})} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

代替 r_{ij} 。

建立模糊等价矩阵 R^* :将 R 矩阵自乘,使 $R^{2(n-1)} = R^{2n} = R^*$ 满足自返性、对称性和传递性。

确定水团个数:通过 λ 值(由 R^* 矩阵元素的数值得出)由小到大逐渐递增,将 n 个测样依次划分为不同个数水团分类方案,对不同个数水团分类方案取置信度为 95% 进行 F 显著性检验,自由度为 $m(T-1)$ 和 $m(n-T)$ 。将显著性的 F_I 值挑出,选其最大值 F_C 对应的分类作为水团划分的最终分类结果。即:

$$F_I = \frac{\frac{1}{m(c-1)} \sum_{k=1}^c n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2}{\frac{1}{m(n-c)} \sum_{k=1}^c \sum_{r=1}^{n_k} (x_r - \bar{x}_k)^2} \quad (4)$$

m 为指标数, n 为站位数, n_k 为某水团测样数, c 为某 λ 值时的水团个数, x_r 为某水团的某个测样 $F_C = \max(F_I)$

水团核心值表示: $V_k = (v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{km})$, V_{ik} 为某水团的核心值

$$v_{kj} = \frac{1}{n_k} \sum_{r=1}^{n_k} (j=1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

1.2.2 渔场确定方法

在上述收集的有关渔业公司和群众渔业生产情况记录的基础上,以围网作业单位平均每日产量为依据,确定研究时段研究海区内的渔场分布情况。1996 年-1998 年夏季研究海区鲈鲶渔场分布分别见图 1-a、b、c。

2 计算结果

2.1 表、底层水团划分结果

采用 Visual Basic 语言编程分别计算表、底层水团分类结果。将模糊聚类计算结果中分成一类的个别测样归属混合区,则可得在东海表层主要存在大陆沿岸冲淡水(I),黄东海混合水团(II)(包括东海陆架变性水与黄海表层混合水)^[3-4],台湾暖流水(III),黑潮表层水(IV)等四个水团。在底层,主要有黑潮次表层水(V),黄海冷水团(VI),台湾暖流水(III)等三个水团。根据计算结果可将 1996 年-1998 年 8 月表层、底层水团在东海海区的配置情况作图显示(图 1-a、b、c、d、e、f)。

2.2 水团核心代表值

根据水团分类结果,由公式(5)计算可得各水团的核心代表值,见表 2。

表 2 东海水团的特征值

Tab.2 The characteristic values of the water mass in the East China Sea

指 标	沿岸冲淡水 (I)	黄东海混合水团 (II)	台湾暖流水 (III)	黑潮表层水 (IV)	黑潮次表层水 (V)	黄海冷水团 (VI)
T(°C)	24.5	28.3	27.1	28.9	15.8	14.9
S(10 ⁻³)	30.37	30.11	33.82	33.89	34.45	32.95
DO(mg·L ⁻¹)	3.71	4.96	4.43	4.27	3.24	3.02
PO ₄ -P(mg·L ⁻¹)	0.51	0.20	0.29	0.19	1.10	0.67
SiO ₃ -Si(mg·L ⁻¹)	21.39	6.82	7.41	1.37	25.22	22.29
NO ₂ -N(mg·L ⁻¹)	0.57	0.38	0.41	0.21	0.08	0.27
NO ₃ -N(mg·L ⁻¹)	18.40	8.29	3.27	0.63	15.81	10.12
NH ₄ -N(mg·L ⁻¹)	2.63	1.35	2.25	1.59	2.71	3.18
pH	8.05	8.21	8.11	8.00	8.00	7.80

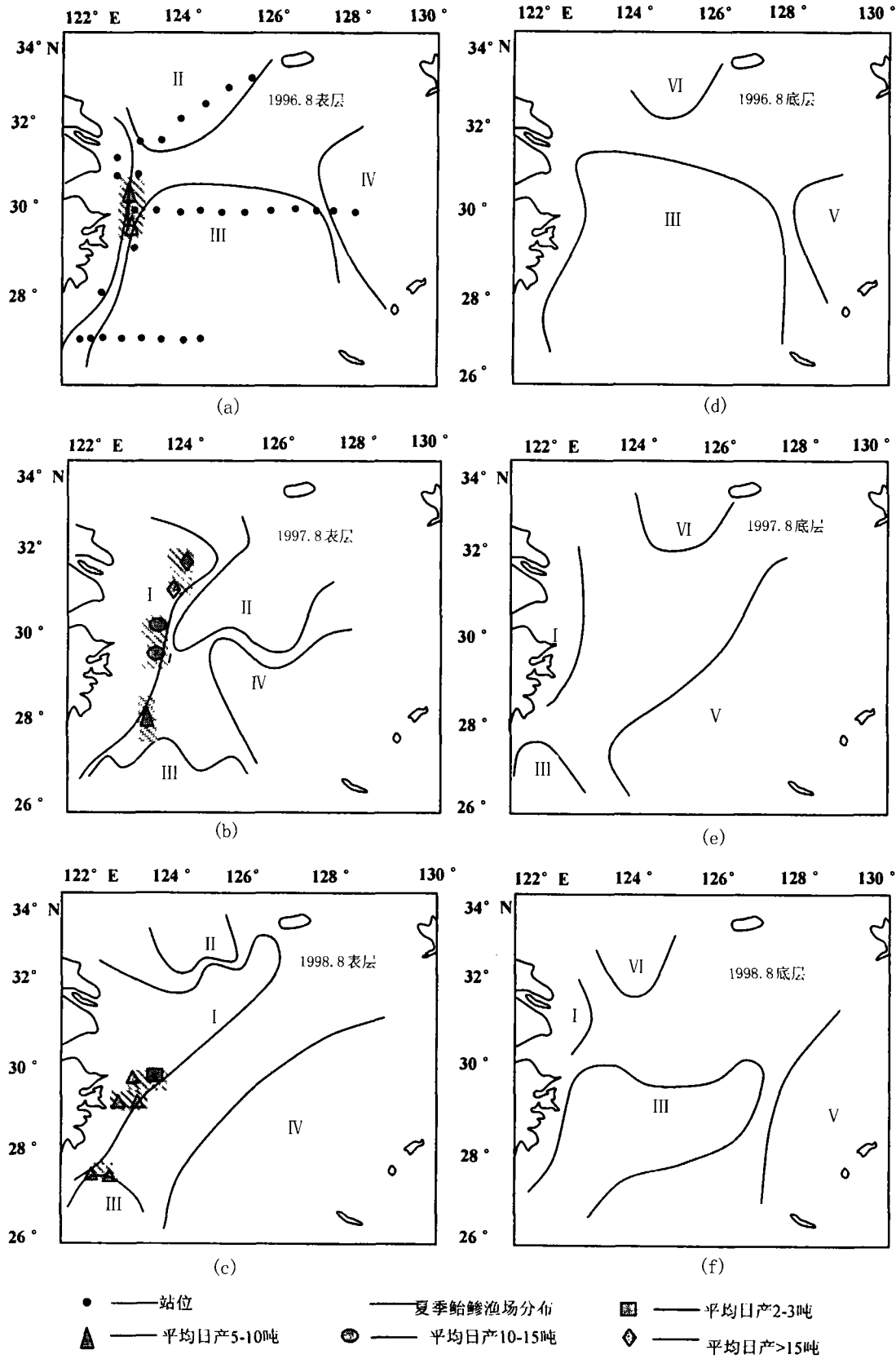


图1 东海表层及底层水团分布

Fig.1 Distribution of water masses in surface and bottom layers in the East China sea

3 讨论

3.1 东海水团变动特征

大洋水团是以其理化生物特征的均一性和保守性为最主要的标准,而浅海水体受地理、气象及动力等因素的影响相当显著,变性强烈,因此并不充分具备大洋水团的均一性和保守性,特别是界面处,海气之间的热交换不容忽视,且水团内部海水混合并非单向趋于均匀,而是具有消长变化过程,因此,处于浅海的水团内部存在变性特征,其均一性和保守性较差。东海水团除受动力和热力因素所引起的混合作用外,还受大陆径流势力与外海黑潮势力强弱的影响。由水团核心代表值计算结果显示,受长江径流及其携带大量陆源物质的影响,大陆沿岸冲淡水具有低盐及高 N、高 P 及高 Si 的性质,外海水团则具有高温高盐的性质。在不同年份的夏季,东海水团的分布与配置具有动态变化特征。

3.1.1 夏季东海表层水团分布特征

沿岸冲淡水:1996 年夏季沿岸冲淡水是研究年份中势力最弱的一年,主要分布在 $28^{\circ}-32^{\circ}\text{N}$, $122^{\circ}-122^{\circ}25'\text{E}$ 的范围内。1997 年夏季其前锋可达 $124^{\circ}15'\text{E}$,且向东转向。1998 年夏季由于长江流域在 7 月-8 月份发生特大洪水造成长江径流量明显出现极值,使沿岸冲淡水势力强盛,其前锋可达 126°E 济州岛附近(图 1-a、b、c 中 I)。

黄东海混合水团:三年中,其在东海区分布以 1997 年夏季向南偏东扩张范围最强,1996 年及 1998 年夏季其水团前锋分别达至 $31^{\circ}30'\text{N}$ 和 32°N (图 1-a、b、c 中 II)。

台湾暖流水:1996 年夏季台湾暖流水北上势力强大,主要分布在 $26^{\circ}-30^{\circ}30'\text{N}$, $121^{\circ}\text{E}-127^{\circ}\text{E}$ 的海区中。1997 年及 1998 年夏季,势力明显减弱,其前锋仅至 $27^{\circ}30'\text{N}$ 附近(图 1-a、b、c 中 III)。

黑潮表层水:1996 年夏季黑潮表层水锋面呈舌状,进入东海区,前锋可至 127°E 。1997 年夏季其前锋呈契状深入东海,达至 30°N , 124°E 附近海区。1998 年夏季其在东海分布的区域偏东南,锋面呈狭长状(图 1-a、b、c 中 IV)。

3.1.2 夏季东海底层水团分布特征

由于沿岸冲淡水主要来源于大陆径流,其盐度低密度小,且主要分布在海区上层,故在研究年份的海区底层除 1997 年有分布外,其余年份未见其分布。但台湾暖流水除 1998 年夏季分布范围远大于表层且前峰可达 30°N 外,1996 年及 1997 年夏季分布与表层分布相似(图 1-d、e、f 中 III)。黑潮次表层水在海区的分布范围大小依次为 1997 年最大,1998 年次之,1996 年最小(图 1-d、e、f 中 V)。黄海冷水团三年中在研究海区分布较稳定,主要位于 $124^{\circ}\text{E}-126^{\circ}\text{E}$, 320N 以北的海域内(图 1-d、e、f 中 VI)。

3.2 大陆沿岸冲淡水的转向问题

大陆沿岸冲淡水的转向与海区内的黄东海表层混合水团及黑潮表层水的分布有关。1997 年夏季,黄东海混合水在海区内分布范围大,南下至 30°N ,同时又有黑潮表层水沿西北方向楔入东海,故对大陆沿岸冲淡水有顶托作用,使大陆沿岸冲淡水向东扩展。而 1998 年夏季,大陆沿岸冲淡水的北部受黄东海表层混合水的向南挤压作用,南面又受黑潮表层水向北的顶托作用,使 1998 年夏季大陆沿岸冲淡水首先向东扩展,在 125°E 附近从东向北转向。

3.3 鲈鲡渔场分布与东海水团变动关系

根据实际生产情况调查可知,1996 年 8 月中上旬鲈鲡鱼生产主要作业海区为 $29^{\circ}-30^{\circ}\text{N}$, $122^{\circ}30'-123^{\circ}\text{E}$,平均日产 5~10t,8 月下旬鲈鲡鱼生产主要作业海区在海礁、浪岗一带,即 $30^{\circ}-31^{\circ}\text{N}$, $123^{\circ}-124^{\circ}\text{E}$ 的区域内,平均日产 10~15t。1997 年 8 月中上旬鲈鲡鱼生产主要作业海区有两处,一是在 $29^{\circ}30'-30^{\circ}30'\text{N}$, $123^{\circ}-123^{\circ}30'\text{E}$,平均日产 10~15t,二是在鱼山东一带,即 $28^{\circ}30'-29^{\circ}\text{N}$, $122^{\circ}30'-123^{\circ}30'\text{E}$,平均日产 5~10t。8 月下旬鲈鲡鱼生产主要作业海区为 $30^{\circ}30'-31^{\circ}30'\text{N}$, $123^{\circ}-124^{\circ}\text{E}$,平均日产 15~25t。1998

年 8 月上旬鲈鲶鱼生产主要作业海区为 $28^{\circ}30' - 30^{\circ}N, 122^{\circ} - 123^{\circ}30'E$, 平均日产 2 ~ 3t, 8 月中旬其作业海区为 $28^{\circ}30' - 30^{\circ}30'N, 122^{\circ} - 123^{\circ}30'E$, 平均日产 5 ~ 10t, 8 月下旬其作业海区在 $27^{\circ}30' - 30^{\circ}N, 121^{\circ}30' - 123^{\circ}30'E$ 区域内, 平均日产 5 ~ 10t。渔场分布见图 1 - a、b、c 所示。另外, 从表 1 可知三年中, 平均作业单位产量 1997 年最高, 每组为 429t, 1996 年次之, 为 297.3t, 1998 年最低, 为 75.06t。

从环境因素影响来看, 东海鲈鲶围网渔场变化, 主要受沿岸水团和外海高盐水团强弱变化影响^[5]。一般反映两种情况: 一是渔汛期间, 沿岸水团势力较弱、外海水团较强时, 在沿岸水团与外海水团交汇区域易形成围网作业中心渔场; 二是当沿岸水团势力较强、外海水团较弱时, 鲈鲶围网渔场分散, 鱼发中心易出现在外海水团前锋北侧及西侧一带海区。不同年份夏季沿岸水团和外海水团势力的强弱分布特征直接影响鲈鲶渔场的分布变化。1996 年夏季, 渔场主要分布在沿岸水团与台湾暖流水、黄东海表层混合水团及黑潮表层水团形成的混合区西端靠近台湾暖流前锋一侧, 渔场分布比较集中, 这主要与此期外海水团特别是台湾暖流水势力强盛, 沿岸水团势力弱有关。1997 年夏季, 渔场分布与 1996 年同期相比偏北及偏南, 分布范围较广, 渔场位于沿岸水团与外海水团的交汇区且沿着沿岸水团锋线一侧, 其分布特征与 1997 年夏季台湾暖流水势力比 1996 年夏季减弱而沿岸水团分布比 1996 年同期强盛且向东扩展有关。1998 年夏季, 由于受长江流域特大径流影响, 沿岸冲淡水势力异常强大, 造成沿岸水团覆盖了大部分作业渔场, 而台湾暖流水势力是三年中最弱的一年, 前锋缩至 $27^{\circ}30'N$ 附近。渔场位于台湾暖流水前锋一带, 渔场分布偏南且偏里。由此可知, 当沿岸水团势力弱而外海水团势力强时, 渔场分布比较集中; 沿岸水团势力与外海水团势力相当时, 渔场分布范围广, 产量高; 而当沿岸水团势力异常强时, 渔场向南偏, 且产量低。

4 结论

东海表层水团的动态变化主要受大陆沿岸冲淡水势力和黑潮势力的强弱影响, 两者变化有一定的相克性。各水团在 1996 年 - 1998 年夏季的分布有明显的动态变化, 最明显为 1998 年 8 月表层大陆沿岸水由于受长江流域的特大洪水影响向东扩展至 $126^{\circ}E$ 附近。

三年夏季沿岸水团与外海水团分布特征及势力的强弱直接影响到鲈鲶渔场分布的位置及范围的变化特征, 且对渔获产量有一定影响。因此, 可将沿岸水团及外海水团势力强弱及各水团分布特征作为判别渔场的指标之一。

大陆沿岸冲淡水的转向原因与东海区其它水团的配置特征有关。

参考文献:

- [1] 方德益, 楼世博. 模糊数学方法与应用[M]. 北京: 地震出版社, 1983. 58 - 64.
- [2] 张保全. 计算机与环境多因子分析[M]. 北京: 环境科学出版社, 1993. 401 - 414.
- [3] 苗育田, 于洪华, 刘清玉. 1984 年夏季东海水团的聚类分析[J]. 海洋与湖沼, 1987, 18(4): 388 - 395.
- [4] 张启龙, 翁学传. 应用对应分析法划分夏季东海水团的初步研究[J]. 海洋科学, 1985, 9(2): 14 - 18.
- [5] 宋海棠, 陈阿毛, 丁天明. 浙江渔场鲈鲶鱼资源利用研究[J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(1): 2 - 12.