

浙江沿海水域温、盐度的年际变化和 渔况变动的关系*

林传兰 徐炳荣 黄树生 章渭林

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012) (杭州大学, 310012)

郑平胜 沈乃珍

(舟山市普陀区渔农经委, 316100) (舟山市普陀区气象站, 316100)

提 要 本文使用 1960—1989 年期间浙江沿海各海洋站的海表温度、盐度、海洋水文断面观测以及长江径流量资料, 据相关和谱分析方法分析了浙江沿海水域温、盐度和长江径流量的年际变化, 其相互之间以及与渔况的关系。指出浙江沿海水域温、盐度、长江径流量和渔况均明显存在 2.5 年的周期变化。在 2.5 年变化周期上, 这些要素变化关系密切, 部分地与 El Niño/La Nina 事件相联系。每当浙江沿海水域海表温、盐度和长江径流量发生持续的异常, 渔况必发生变化。可据温、盐度、长江径流量的长周期变化预测渔况的长周期变化。

关键词 温度, 盐度, 径流量, 渔况, 变化周期, 年际变化

海洋渔业的长期变化与观测到的海洋和大气的变化有着相似的模式。这意味着海洋渔业资源与环境之间存在某种类型的相关关系, 虽然这种关系可能不是直接的^[6,7,8]。因此, 海洋环境的长期变化及其与渔况关系的研究是很重要的。

浙江沿海是我国重要的渔场之一。具有丰富的渔业资源和活跃的生态系统。可是由于缺乏沿海海洋水文观测资料, 关于浙江沿海渔场环境变化特征的研究, 迄今仅能见到较短期资料(例如较长者为 4 年^[8])的研究结果。

一些研究指出, 大陆沿岸水和台湾暖流左右着浙江沿海渔场的分布和渔获的丰歉^{[8][9]}。因此, 浙江沿海的大陆沿岸水的温度和盐度的短、长期变化特征, 是浙江沿海渔场海洋学中的一个很重要的课题。浙江沿海的南麂、坎门、大陈、嵎山、引水船等海洋观测站位于 121.0°E~122.5°E, 27°N~32°N 之间, 有长达 30 年以上的每天四次的海表温度和盐度观测, 故可用来分析研究大陆沿岸水的温、盐度的变化。此外, 长江径流量对沿海的温、盐度的变化和分布以及低盐性的浮游生物种类和多寡有很大影响^[4,9]。所以本文使用上述五个海洋站的海表温、盐度和长江径流量及其冲淡水表征浙江沿海渔场环境的一个方面(另一方面台湾暖流变化将另文分析), 用统计学的方法, 分析其长期变化特征及它们相互间的关系, 并讨论其对沿海水域渔况造成的影响。

* 浙江省自然科学基金资助项目。

收稿年月: 1992 年 7 月; 1993 年 1 月修改。

(1) 张以愚, 1989. 台湾暖流锋的变化特征. 中国海洋与湖沼学会第六次学术讨论会, 3—26.

材料和方法

海表温度和盐度资料使用国家海洋局在南麂、坎门、大陈、嵎山和引水船海洋站历年逐月月平均海表温度和盐度资料。长江径流量使用大通水文站月平均流量。冲淡水分布据国家海洋局水文断面观测资料,按表层和5m层的31等盐线包容面积的平均值统计。商业性渔获统计资料据黄海水产研究所及上海、宁波等海洋渔业公司统计结果。统计时段为1960~1989年。用历年逐月资料建立了各海洋站海表温度(SST)、盐度(SSS)和带鱼渔获量的时间序列,以进行统计学分析。在作统计学分析前,对各海洋站历年逐月距平作了归一化处理,并进行了11个月的滑动平均。长江径流量资料也作了同样处理。为了寻求浙江沿海SST、SSS的年际变化周期和他们相互之间以及渔况的关系,进行了连续功率谱和交叉谱分析。连续功率谱密度函数的表达式为

$$S(T) = r(0) + 2 \sum_{\tau=1}^m R(\tau) \cdot \cos\left(\frac{2\pi\tau}{T}\right)$$

交叉谱的表达式为

$$S_{12}(L) = P_{12}(L) - iQ_{12}(L)$$

凝聚谱的表达式为

$$R_{12}^2(L) = \frac{P_{12}^2(L) + Q_{12}^2(L)}{P_{11}(L) \cdot P_{22}(L)}$$

连续功率谱用红色噪音谱,凝聚谱用F-检验作显著性检验。详细公式参见黄嘉佑(1984)^[9]。

结 果

(一) 浙江沿海海表温度和盐度的长期变化

浙江沿海各海洋站的海表温度和盐度大约每2~3年发生一次大的变化,且似与热带太平洋的埃尔尼诺/反埃尼诺(El Niño/La Niña)事件有一定的联系(图1、图2)。据统计,在El Niño事件时或前后可出现长达6~11个月量值较大(-1°C~-2°C)的负距平,以1972和1976年出现的负距平较大,最大可达-2.9°C。在El Niño事件时SSS呈现正距平;在El Niño事件的第二年(当El Niño跨年度发展时)或El Niño事件后的一年呈现负距平。在La Niña事件时,SST出现持续5~10个月的较大正距平(在1~2°C间),以1973年和1975年出现的正距平最大,大于2°C的持续时间各站均在2个月以上,最大可达2.7°C;各站的SSS与La Niña事件的关系不大。

此外,据相关分析,各海洋站之间的SST和SSS变化(除嵎山与坎门间的SST,引水船和南麂与坎门之间的SSS外)存在密切相关($r \geq 0.60$),尤其是嵎山站与其它各站的相关程度更密切(表1)。这意味着各海洋站的SST和SSS变化可能受同一因子(如大陆沿岸水)的影响。

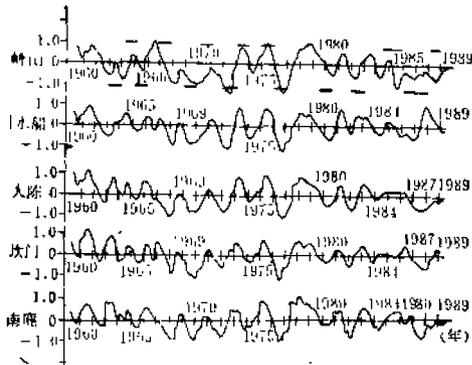


图 1 浙江沿海各海洋站 SST 的长期变化曲线 (粗实短线为 El Niño 时段, 细实短线为 La Niña 时段)
Fig. 1 Long-term variation of sea surface temperature of the marine observation stations in the Zhejiang offshore waters (The short heavy line indicate El Niño event; The short lighter line indicate La Niña event; Curves are normalized and 11-month moving averages)

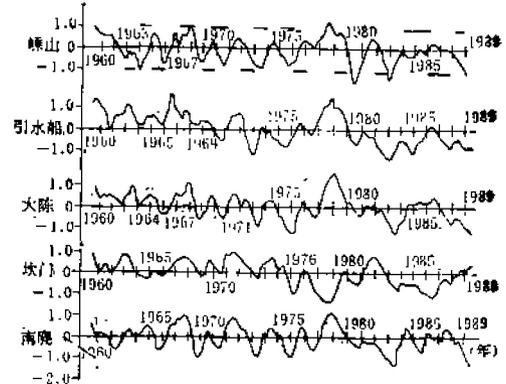


图 2 浙江沿海各海洋站 SSS 的长期变化曲线 (粗实短线为 El Niño 时段, 细实短线为 La Niña 时段)
Fig. 2 Long-term variation of sea surface salinity of the marine observation stations in the Zhejiang offshore waters (The short heavy line indicate El Niño event; The short lighter line indicate La Niña event; Curves are normalized and 11-month moving averages)

表 1 浙江沿海各海洋站间的 SST 和 SSS 的相关系数

Table 1 Correlative coefficients in the SST and SSS between marine observation stations in the Zhejiang offshore waters

	站 名	嵎 山			
SST	引水船	0.78	引水船		
	大 陈	0.77	0.72	大 陈	
	坎 门	0.11	0.65	0.90	坎 门
	南 麂	0.65	0.58	0.90	0.88
SSS	引水船	0.63			
	大 陈	0.74	0.79		
	坎 门	0.91	0.22	0.19	
	南 麂	0.72	0.62	0.85	0.21

注: $n = 860$

(二) 浙江沿海海表温度和盐度的变化周期

为了分析浙江沿海各海洋站 SST 和 SSS 的年际变化周期, 对各海洋站的 SST 和 SSS 距平 (Δ SST 和 Δ SSS) 的 1960~1989 年的逐月时间序列进行了连续功率谱分析。结果各海洋站的 SST 和 SSS 均有相似的自振韵律(图略)和较好的持续性(表 2), 在滞后 7 个月以上仍能通过信度为 0.01 的相关显著检验, 而且各海洋站的 SST 和 SSS 连续功率谱图(图 3)似乎一致地在 29 个月周期上有突出峰值, 经红色噪音谱检验, 信度达

表2 各海洋站 SST 和 SSS 自相关显著的持续时间和主要变化周期(单位:月)
 Table 2 Continuous time with significant self-correlative coefficients in the SST and SSS of the marine observation stations in the Zhejiang offshore waters (Unit: month)

		嵛山	引水船	大陈	坎门	南麂
SST	持续时间	9	7	10	9	8
	主要周期	29	29	29	29	29
SSS	持续时间	9	40	10	33	8
	主要周期	29	29	29	29	48,36,29

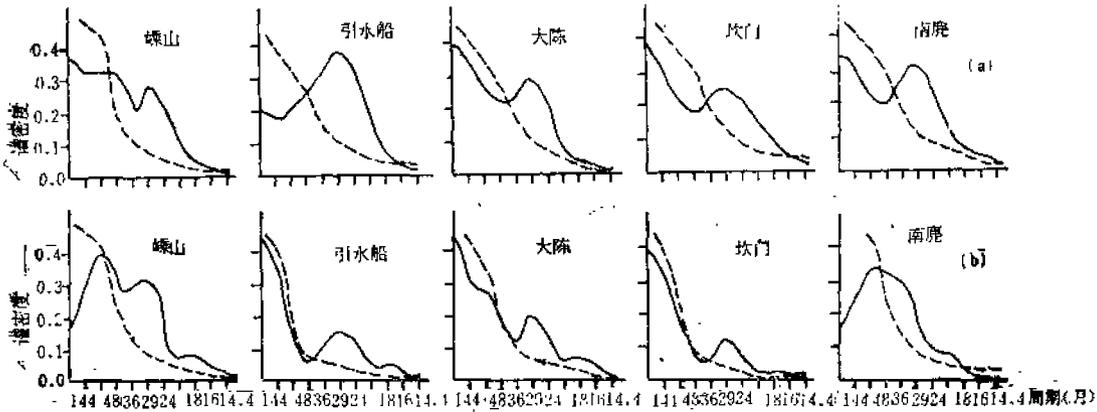


图3 浙江沿海各海洋站 SST 和 SSS 的连续功率谱(虚线为红色噪音谱)

Fig. 3 The power spectrum of sea surface temperature and salinity of the marine observation stations in the Zhejiang offshore waters(Dashed line is red noise spectrum)

a. SST b. SSS

表3 在29个月变化周期上的凝聚谱值

Table 3 Coherence spectral value at the 29-months variational period between marine observation stations

	站名	嵛山			
SST	引水船	0.76	引水船		
	大陈	0.86	0.70	大陈	
	坎门	0.80*	0.64	0.88	坎门
	南麂	0.75	0.68	0.92	0.88
SSS	引水船	0.57			
	大陈	0.78	0.69		
	坎门	0.61	0.47	0.58	
	南麂	0.76	0.66	0.94	0.67

注:带*者未通过T-检验。

0.01。这表明浙江沿海各海洋站的 SST 和 SSS 均明显地存在着 29 个月的主要变化周期。

为了了解各海洋站间的 SST 和 SSS 在主要变化周期上的关系, 继而对各海洋站的 Δ SST 和 Δ SSS 时间序列之间进行了交叉谱分析。结果在 29 个月的变化周期上关系密切(表 3)。除嵊山—坎门的 SST 外, 各站间的 SST 和 SSS 的凝聚谱值均通过了 0.01 信度的 F-假设检验。这一统计事实表明, 浙江沿海海表温度和盐度的变化显著地存在着 29 个月的主要变化周期, 且在这一主要变化周期上各海洋站的变化是密切相关的。

(三) 长江径流量的变化及其与浙江沿海海表温、盐度的关系

长江径流入海后与外海水混合, 形成长江冲淡水, 其轴向除夏季指向东北外, 一般向东南, 再沿浙江沿海南下, 对浙江沿海的温、盐度影响很大^[8]。以长江大通水文站月平均径流量距平(经归一化并作 11 个月滑动平均处理)求得的长江径流量的长期变化趋势与图 2 十分相似(图略), 在 El Nino 年呈负距平。据连续功率谱分析, 长江径流量显著地存在 72 个月和 29 个月的周期变化(图 4)。

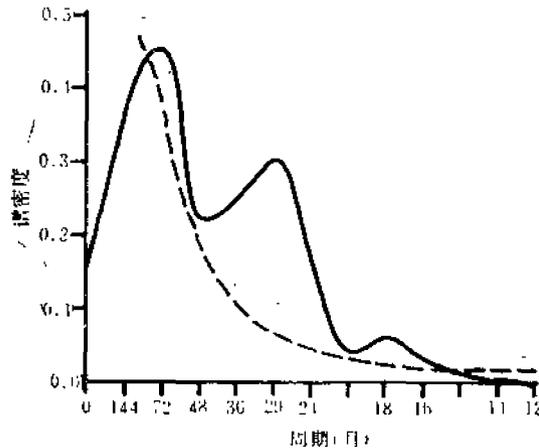


图 4 长江径流量的连续功率谱图
(虚线为红色噪音谱)

Fig. 1 The power spectrum of runoff of the Changjiang River
(Dashed line is red noise spectrum)

表 4 长江径流量与各海洋站 SST 和 SSS 的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between the runoff of Changjiang River and the SST, the SSS in the Zhejiang offshore waters

	嵊 山	引 水 船	大 陈	坎 门	南 鹿
SSS	-0.72	-0.61	-0.64	-0.15	-0.66
SST	-0.04	0.04	0.04	0.14	0.04

注: $n = 360$

据相关和交叉谱分析, 长江径流量的变化与浙江沿海海表盐度的关系十分密切, 呈负相关, 凝聚值在 72 个月和 29 个月周期上均通过信度为 0.01 的 F-检验; 而与海表温度

的关系不密切(表4和表5)。这些表明浙江沿海海表盐度可能主要受制于长江径流量及其冲淡水的变化,当径流量大时,沿海SSS减小;相反,当径流量小时,SSS增加。

表5 长江径流量与浙江沿海SSS和SST在72个月和29个月周期上的凝聚谱值

Table 5 Coherence spectral value at the 29-months and the 72-months variational period between marine observation stations

要素	站名 周期(月)	嵎山	引水船	大陈	坎门	南麂
		SSS	0.71*	0.71*	0.56*	0.56*
SST	72	0.59*	0.88*	0.41*	0.41*	0.67*
	29	0.17	0.17	0.18	0.21	0.18
SST	72	0.55*	0.12	0.12	0.25	0.12
	29					

注:带*号者,信度 ≥ 0.01 。

(四) 浙江沿海水域渔况的变异与沿海温、盐度和长江径流量变异的关系

浙江沿海渔场位于东海渔场西侧,渔场面积为22.27万 km^2 ,占东海渔场面积43%;捕捞量约70万吨,占东海捕捞量的49.7%^[1]。因此,浙江沿海海洋渔业在东海渔场中占有极其重要的地位。浙江沿海渔场以带鱼、大小黄鱼、马面鲀以及鲹、鲈、虾类等为主。据本文资料分析,无论是年总渔获量、平均网产,或渔获种类组分的变化均存在着2~3年和5~6年的周期性变化。如平均网产,浙北沿海和浙南沿海均呈现一年(或两年)高,一年(或二年)低的变化。渔获种类组分的周期变化也是很明显的。在浙江沿海,大、小黄鱼在1983年前(1983年后衰落),出现4个占较高组分的峰值和4个占较少组分的谷值;而带鱼和杂鱼(定义为主要渔种以外的渔获)在1971~1985年间有8年组分相对高,6年组分相对低的变化。当带鱼所占组分多时,马面鲀相对较少,如1979,1983年;而当带鱼所占组分少时,马面鲀所占组分相对较多,如1976,1977,1981,1985年。当带鱼组分减少时,鲹、鲈鱼等中上层鱼类增加;而带鱼组分增加时,鲹、鲈等中上层鱼类减少,如1983年带鱼占浙北沿海渔获量的40%左右,鲹、鲈鱼高达25%;而1985年带鱼占65%,鲹、鲈鱼仅占2%。

年渔获量、平均网产和渔获种类所占组分此高彼低的周期性变化,可能是与海况周期性变化相关联的。朱德坤(1987)、马永钧(1988)也曾指出带鱼渔获的周期性变化可能是海况的周期性变化引起的,但迄今未见进一步报导。为了进一步了解这一问题,我们进行了下列几个方面的分析。

1. 浙江沿海海表温度和盐度的变异与渔况的关系。据本文资料分析,大、小黄鱼、带鱼、杂鱼或平均网产的一年(或二年)高,一年(或二年)低的现象是与沿海海表温、盐度的变异相联系的。若以嵎山站代表浙北沿海,南麂站代表浙南沿海的温、盐度变化,则平均网产的低值年与浙江沿海SST呈负距平,SSS呈正距平的年份相联系,也与EL Niño

现象〔如 1972, 1976, 1979, 1982(浙北)〕相联系, 而平均网产的高值年与浙江沿海 SST 呈正距平和 SSS 呈负距平的年份〔如 1975, 1981(浙南), 1984(浙北), 1985(浙南)〕相联系。为了验证这一结果, 我们选择了在浙江沿海捕捞量较多的带鱼为例作了统计。结果, 浙江沿海带鱼的丰年(指带鱼渔获占有相对较高的组分且总渔获量亦相对高的年份, 因在沿海捕捞力量是逐年增长的, 渔获量也是逐年增加的, 故这里的高是相对而言的)。除 1973 年因敲贴作业渔获量急增外, 是与浙江沿海 SST 的负距平, SSS 的正距平以及长江径流量的负距平相联系的, 而小年(与丰年定义相反)是与 SST 的正距平, SSS 的负距平, 径流量的正距平相联系的。对带鱼渔获量与各海洋站 SST、SSS 和长江径流量之间作相关和交叉谱分析, 结果示于图 5、表 6、表 7。图 5 表明带鱼渔获量存在 72 个月和 29 个月的周期变化。就总体相关来说, 带鱼渔获量与 SST 有着较好的正相关, 而与浙北的 SSS 有着较好的负相关。但在 29 个月周期上, 带鱼渔获量与 SST 的关系不密切, 凝聚谱均未通过 F -检验; 而与 SSS 有较高的凝聚谱值, 信度大于 0.01, 带鱼渔获量的变化滞后于 SSS 的变化大约 1.5~2 个月。此外, 带鱼渔获量与沿海各海洋站 SST 和 SSS 的逐月相关普查得到: 嵊山、引水船、大陈、南麂等站 9~11 月的 SSS 与同月以及后几个月带鱼渔获量有较好的相关, 相关系数在 0.6 以上 ($n=20$, 下同); 而 SST 仅在 11 月至翌年 4 月较为密切, 相关系数在 0.3~0.5 之间。以上这些说明, 浙江沿海渔况的变异是与沿海 SSS 和 SST 的变异相联系的, 且 SSS 较 SST 与渔况变动的关系更加密切。

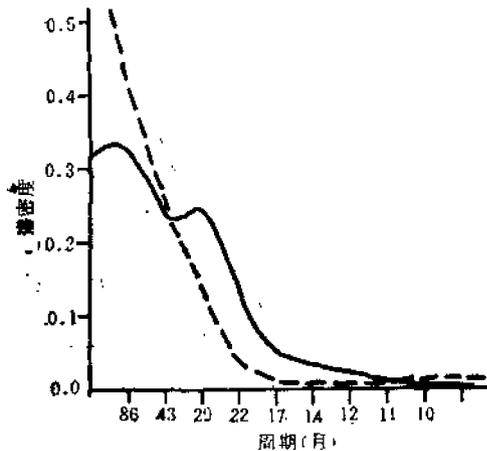


图 5 浙江沿海带鱼渔获量的连续功率谱
(虚线为红色噪音谱)

Fig. 5 The power spectrum of the catch of *Trichiurus haumela*
(Dashed line is red noise spectrum)

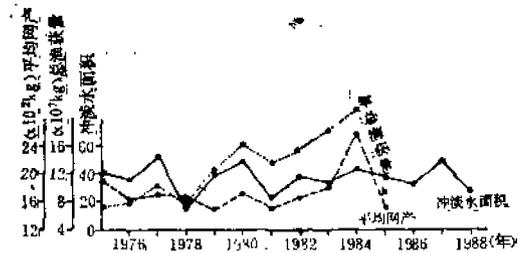


图 6 8月长江冲淡水面积与浙北沿海渔况变化
(冲淡水面积 $1=2700\text{km}^2$)

Fig. 6 The area of Changjiang River Dilute Water in August and changes of the total catch and the CPUE in the Zhejiang offshore waters

2. 长江径流量及其冲淡水与渔况的关系。图 6 展示了 8 月长江冲淡水面积与浙北沿海渔获量和平均网产的历年变化曲线。图 6 的各曲线均明显存在一年(或二年)高(大), 一年(或二年)低(小)的年际变化。而且一般说来, 当 8 月冲淡水面积大时, 该年的总渔获量高, 平均网产也高。这表明冲淡水面积的大小与渔获量和平均网产存在一定的内在联系。据本文分析, 冲淡水的面积与长江径流量的多寡成正比。故我们对长江径流

表6 浙江沿海带鱼渔获量与海表温、盐度及长江径流量的总体相关系数

Table 6 Correlation coefficients between the catch of *T. haumela* and the runoff of Changjiang River, the SST, the SSS in the Zhejiang offshore waters

长江径流量	嵊山		引水船		大陈		坎门		南麂	
	SST	SSS	SST	SSS	SST	SSS	SST	SSS	SST	SSS
0.61	0.58	-0.51	0.58	-0.63	0.58	0.11	0.13	-0.30	0.59	0.15

注: $n=180$

表7 浙江沿海带鱼渔获量与海表温、盐度、长江径流量在29个月周期上的凝聚谱值和滞后时间(月)

Table 7 Coherence spectral value and lag time (month) at the 29 months variational period between the catch of *T. haumela* and the runoff of Changjiang River, the SST, the SSS in the Zhejiang offshore waters

	长江径流量	嵊山		引水船		大陈		坎门		南麂	
		SST	SSS								
凝聚谱值	0.58*	0.22	0.51*	0.12	0.69*	0.18	0.48*	0.07	0.48*	0.13	0.49*
滞后时间	1.7	0.3	1.5	0.3	1.7	0.8	2.0	0.7	1.7	0.9	2.1

注: 带*号者, $\alpha \geq 0.01$ 。

量与渔获量的关系作了逐月相关普查。结果, 7月至11月的各月长江径流量与本月及其后的1~3个月的总渔获量和带鱼渔获量有很好的相关。特别是9月的径流量, 与9月及10月、11月、12月的渔获量的相关系数高达0.6~0.7。这一统计事实说明, 长江径流量及其冲淡水的年际变异与浙江沿海渔况变异的关系密切。这可以从径流量的多寡将影响到浙江沿海低盐性种类的浮游生物多寡得到解释^[4]。长江径流及其冲淡水的年际变异可作为预测浙江沿海渔况变异的依据。

3. El Nino/La Nina 事件与渔况的关系。El Nino/La Nina 事件对浙江沿海渔况变异的影响是通过浙江沿海温、盐度和长江径流量对该事件的响应而实现的。在 El Niño 年, 浙江沿海温度呈负距平, 盐度呈正距平, 中心渔场位置偏南(在 31°N 以南)和偏西(在 124°E 以西), 中心渔场的范围较窄(图略), 如 1972、1976、1979、1982 年。而在 La Nina 年, 如 1973、1984 年, 浙江沿海温度和长江径流量呈正距平, 盐度呈负距平, 中心渔场位置北界可超过 32°N, 甚至到达 34°N, 东界可达 126°E, 分布范围较大。

由上述事实可见, 除鱼类资源本身的变化和人为捕捞因素外, 沿海温、盐度等环境的年际变异是造成渔况变异的原因之一。

结 论

1. 浙江沿海各海洋站的海表温度、盐度有相似的变化韵律, 较好的持续性。它们相

互之间以及它们与长江径流量的变化关系密切。对 El Niño/La Nina 事件均有响应。

2. 浙江沿海海表温度、盐度和可影响沿海的长江径流量均显著地存在着 29 个月的主要变化周期。交叉谱分析表明,在 29 个月周期上,海表温度和盐度相互间,以及盐度与长江径流量的变化有较高的凝聚谱值,它们之间关系密切。

3. 浙江沿海渔况,诸如年总渔获量、平均网产,各主要鱼种渔获占总渔获量的组分和中心渔场的分布均呈现 2~3 年或 5~6 年的周期性变化。带鱼渔获量存在 29 个月和 72 个月的周期变化。

4. 带鱼渔获量与浙北沿海海表温、盐度,长江径流量变化有较好的相关,在 29 个月周期上与浙江沿海海表盐度和长江径流量有较高的凝聚谱值,带鱼渔获量变化滞后于浙北沿海海表温、盐度、长江径流量变化大约 1.5~2 个月。

5. 浙江沿海渔况的周期变化是对沿海渔场环境周期性变化的一种响应。El Niño/La Nina 事件对浙江沿海渔况变异的影响是通过沿海温、盐度和长江径流量对该事件的响应而实现的。可据沿海海表温、盐度以及长江径流的年际变异预测渔况的变异。

参 考 文 献

- [1] 于丰国,1985. 浙江沿海海洋渔业现状及发展趋势. 海洋渔业,7(2):99—101.
- [2] 马永钧、徐金林,1989. 东海区带鱼年渔获量变动规律的探讨. 海洋科学,(8):37—39.
- [3] 朱德坤,1987. 冬季浙江中部渔场环境与带鱼汛期的关系. 水产学报,11(3):195—203.
- [4] 陈洲泉,1986. 三峡工程对河口及邻近海区渔业影响的初步看法. 海洋渔业,8(6):268—270.
- [5] 黄嘉佑,1984. 气象中的谱分析,20—50. 气象出版社(京).
- [6] Cary, D. Sharpp, 1989. Climate and Fisheries cause and effect, International symposium on the long-term variability of pelagic fish populations and their environment, Sendai. 2. 9.
- [7] Keiichi, Kondo, 1989. General trends of neritic-pelagic fish populations, a study of the relationships between long-term fluctuations of the Japanese Sardine and Oceanographic conditions. 21 世纪的渔业と水产海洋研究,178—184. 恒星社厚生阁.
- [8] Le Kentang,1983. Some results from the study of the path of the Changjiang River Dilute Water, Preceedings of international symposium on sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea, 375—381.
- [9] Sukekata ITO, 1989. Some considerations on the fluctuation of fish resource in the water around Japan, 21 世纪的渔业と水产海洋研究,78—87. 恒星社厚生阁.

**INTERANNUAL VARIATION OF TEMPERATURE AND
SALINITY IN RELATING TO FISHERY CONDITION
OF THE ZHEJIANG OFFSHORE WATERS**

Lin Chuanlan, Xu Bingrong and Huang Shusheng

(*Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012*)

Zhang Weilin

(*Hangzhou University, 310012*)

Zheng Pingsheng

(*Marine Fishery and Agriculture Committee of Putuo District, Zhoushan 316100*)

Shen Naizhen

(*Meteorological Station of Putuo District, Zhoushan 316100*)

ABSTRACT Based on the hydrographic and commercial catch data during 1960—1989 in the Zhejiang offshore waters, some feature of interannual variation of the sea surface temperature and salinity, and fishery condition were discussed. The results of spectral analysis show that the variation of the SST, the SSS, the runoff of Changjiang River and fishery condition in this waters have 2.5 years variational period. There are close correlations in the SST and SSS between marine observation stations and fishery condition at this period and associate partly with El Niño events. In the period of an El Niño, anomaly change of the sea surface temperature, salinity, runoff of Changjiang River, the fishery condition would be occurred. The long-term changing tendency of the SST, the SSS and the runoff of Changjiang River can be served to predict the change of fishery condition.

KEYWORDS temperature, salinity, runoff, fishery condition, variational period, interannual variation