

# 东海温度锋的分布特征及其季节变异\*

汤毓祥

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266071)

**提要** 根据1934—1988年东海水文观测资料, 重点分析东海温度锋的分布特征及其季节变异。并结合近期中日黑潮合作调查研究成果, 初步探讨温度锋季节变异和水团演变的关系。所得主要结论是: (1) 东海不仅常年存在浙闽沿岸锋、东海北部陆架锋和黑潮锋, 而且, 春、夏两季, 在东海南部还出现一条东海中部陆架锋。(2) 东海温度锋季节变化的显著特点是: 冬季, 锋的宽度和强度皆是表层最强; 夏季, 表层温度锋仅出现在浙北近岸小范围海域。但底层温度锋的强度却是一年中最大的。(3) 东海诸温度锋中, 黑潮锋的位置最稳定, 且强度最弱。(4) 东海诸水团中, 陆架混合水对东海温度锋的分布和变化起着核心控制作用。

**关键词** 东海 温度锋 分布特征 季节变异

我国学者对东海温锋已取得了一些有意义的结果。其中, 尤对黑潮锋论述较多(郑义芳等, 1985, 1989; 林传兰, 1986; 于洪华等, 1991; 汤毓祥等, 1990a, b; 1992a, b)。而对于东海沿岸锋则比较偏重于盐度要素的分析(翁学传等, 1984; 潘玉球等, 1985)。因受资料限制, 以往的研究皆未能对东海温锋的全貌进行较系统分析。同时, 以往的研究基本未涉及锋的分布和变化与水团演变的关系。本文的目的是在笔者对黑潮锋研究(汤毓祥等, 1992, a, b)的基础上, 将区域扩大到整个东海, 重点分析整个东海温锋的分布特征及其季节变化。并初次探讨锋的分布和变化与水团消长演变的关系, 以求对东海温锋有进一步的认识和了解。

## 1 资料及处理方法

本研究主要选用1934—1988年期间, 东海的水温观测值。资料范围为 $25^{\circ}$ — $35^{\circ}$  N和 $121^{\circ}$ — $130^{\circ}$  E。资料的收集和统计工作由国家海洋局海洋信息中心帮助完成的。具体做法是: 把每一经纬度网格划分为16个小方区, 将落入每一方区内的所有观测值, 按月分层进行多年平均统计。并绘成各月、各层的温度分布图。然后, 根据目前较通用的判别标准, 即温度水平梯度 $\Delta T/\Delta X \geq 0.1^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ (汤毓祥等, 1990a), 确定温锋的范围和位置。

基于东海的实际海况, 并为了与类似研究相比较, 本文选定2, 5, 8和11月分别代表冬、春、夏和秋4个季节, 绘制温锋的平面和断面分布图。并统计温锋的宽度和强度等

\* 国家自然科学基金重大项目资助, 491300015号, 国家八五攻关项目资助, (903-08-07)号, 汤毓祥, 男, 出生于1941年8月, 研究员。本文承郭炳火研究员审阅, 并提出宝贵意见; 姚兰芳和刘丽慧同志整理资料并绘图, 特此志谢。

收稿日期: 1994年6月1日, 接受日期: 1995年1月4日。

特征值。

### 2 温锋的主要分布特征

东海的水文状况,冬、夏一般较典型。故在此重点分析该两季节温锋的分布特征。

2.1 冬季 图1展示了四季不同水层温锋的水平分布。冬季各层温锋是用实曲线描绘的。图中曲线实际上是各锋带的中点连线。

在表层(图1a),浙闽沿岸有一温锋,从钱塘江口外向南,大致沿50m等深线,一直延伸到27°N,此即浙闽沿岸锋。该锋的宽度为39.7n mile,强度为0.15℃/n mile。与沿岸锋北端几乎相联的是另一条温锋,我们称之为北部陆架锋。该锋大致以126°30'E为界,可分为东、西两段。西段锋大致为东-西走向,锋宽26.3n mile,强度为0.10℃/n mile。东段锋基本为南-北走向,锋宽和强度分别为46.3n mile和0.11℃/n mile。后者略强于前者。在东海陆架边缘,由西南向东北伸展的是黑潮锋。该锋的形状与黑

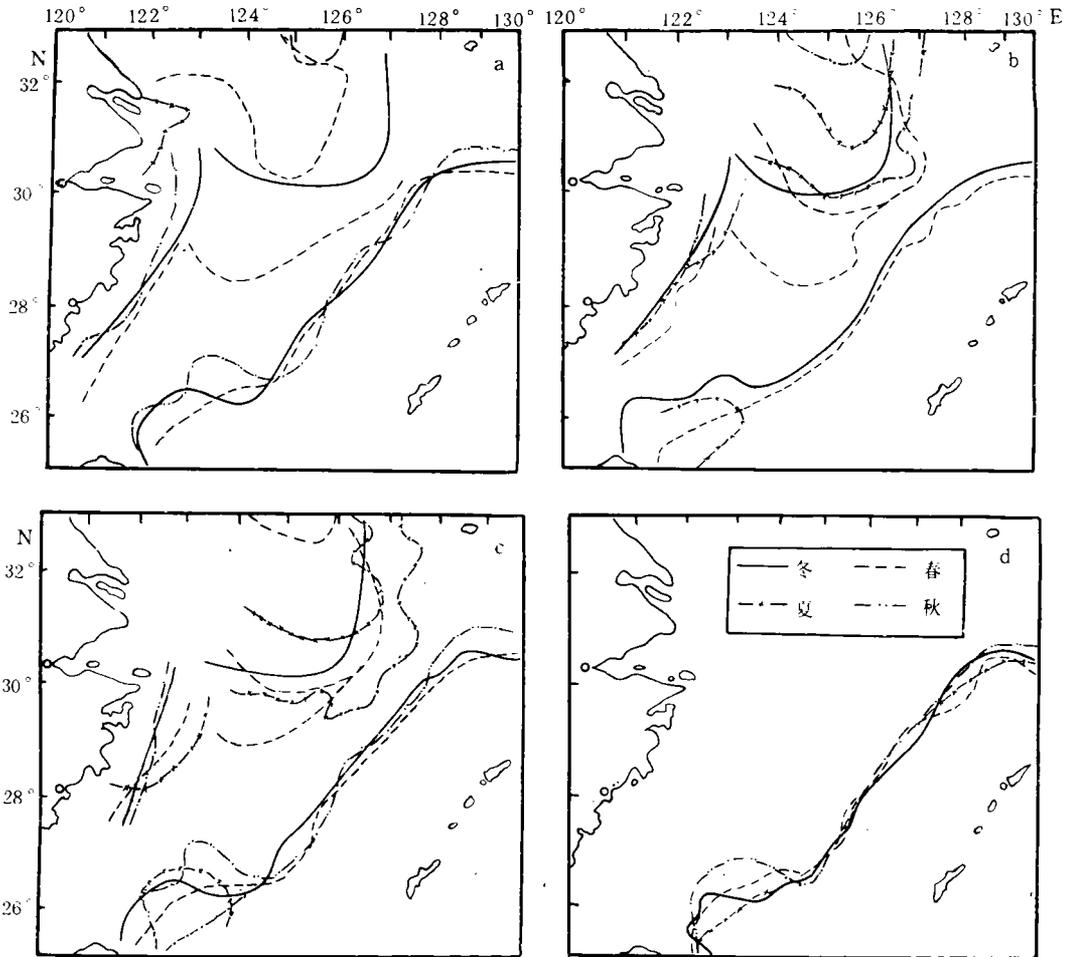


图1 东海温度锋四季的平面分布

Fig.1 Horizontal distribution of temperature fronts in the East China Sea in four seasons

a. 表层; b. 30m; c. 50m; d. 100m.

潮路径大体一致。黑潮锋较明显的一个特点是,在台湾东北海域,形成一种先是气旋式、后为反气旋式的弯曲。黑潮锋的宽度为 28.3 n mile,强度为  $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。

30m 以下水层,温锋的位置和形态与表层基本相似(比较图 1a,b,c,d)。所不同的是,在 50m 层,沿岸锋的北段和陆架锋的西端明显南移。而在 100m 层,仅有黑潮锋。显然,这是由水深分布所导致的。另外,在 30m 层,黑潮锋向西入侵陆架几乎到达  $121^{\circ}30'E$ 。而在 100m 层,它却明显偏东,表明在次表层,冬季黑潮水入侵内陆架的势力明显加强。

为进一步显示温锋的垂直分布状况,还在不同温锋的中段选择一条断面,绘制水温垂直分布(图 2)。从图 2 中可看到,在冬季(图 2a),分别位于沿岸锋和北部陆架锋东段的断面 I 和断面 II,水温的垂向分布亦较均匀。锋的位置和宽度的垂向变化甚小。断面 III 的位置与 PN 断面相当,其水温的垂向分布亦较均匀。稍不同的是,在 50m 以下,等温线在垂向略向外海倾斜,从而使黑潮锋在 100m 以下水层略偏东。

以上分析表明,冬季,在东北大风和海面降温的共同作用下,海水垂直混合十分强烈,使广阔陆架区温度的垂向分布相当均匀,从而导致不同水层温锋的分布基本相似。

**2.2 夏季** 夏季东海表层水温分布较均匀。在大部分陆架区,海水温度约为  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右。在浙闽近岸区,表层水温普遍略比外海低,但温度水平梯度甚小。因此,与冬季相比,最明显的变化是,在表层,仅在长江口和钱塘江口外,形成一范围很小锋带(见图 1a 中带  $\times$  号的曲线)。称这一温锋为浙北沿岸锋。该锋的宽度为 18 n mile,强度为  $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。这一舌状锋带,我们认为主要是径流和海流平流效应共同作用的结果(汤毓祥, 1990b)。表层以下,尽管冬季出现的几条温锋依然存在,但它们的位置、宽度和强度皆有了明显变化。

浙闽沿岸锋由北向南伸展(图 1b, c),且明显东移。在 30m 和 50m 层,锋的宽度比冬季小,但其强度显著增加,分别达  $0.17$  和  $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。最大强度高达  $0.45\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。

东海北部陆架锋北移至  $31^{\circ}\text{N}$  附近海域(图 1b, c),且呈舌状指向东南。锋的强度比冬季有所增加。在 30m 和 50m 层,强度分别为  $0.13$  和  $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。应特别指出的是,夏季,与沿岸锋几乎相联的是另一条陆架锋,称之为东海中部陆架锋。这条锋实际上是春季形成的(见图 1a,b,c)。至夏末,已明显北移,它在 30m 和 50m 层的宽度分别为 26.8 和 25.3 n mile;强度分别为  $0.12$  和  $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。其宽度和强度略小于东海北部陆架锋。关于这条锋形成的原因,将在后面陈述。

夏季,黑潮锋主要出现在 50m 以深水域中。在 100m 层,锋的强度为  $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。最大强度达  $0.43\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。另一值得注意的现象是,在台湾东北区的 30m 和 50m 层,发生了一种气旋性冷涡(图 1b,c)。在冷涡的周边形成较强的温度梯度,并生成一种双锋面。该锋的宽度为 31 n mile,强度高达  $0.33\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。对这一问题笔者已在另一文中做了较详细论述(汤毓祥, 1992b)。

从以上分析可知,夏季,东海表层,仅在浙北沿岸近海出现一范围较小的温锋,但在中下层,温锋的强度却普遍大于冬季。形成这一现象的原因,主要是由于在该季节,表层水温分布较均匀,而在表层以下的沿岸区和陆架边缘皆存在强的涌升运动。从图 2b

上亦可清楚看到, 在斜坡上, 强烈的海水涌升, 使深层冷水与土层暖水间形成强的温度梯度, 从而导致下层温锋的强度明显高于冬季。

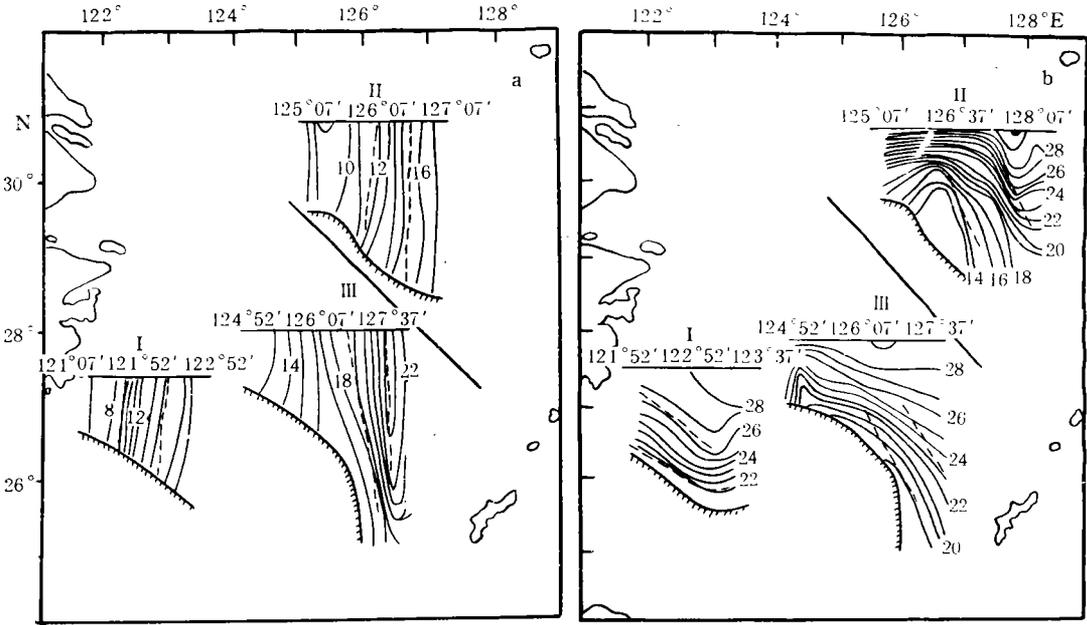


图2 冬(a)、夏(b)温度( $^{\circ}\text{C}$ )断面分布(虚线表示温锋的垂向范围)

Fig.2 Sectional distribution of temperature in winter (a) and summer (b) in the East China Sea

### 3 温锋的季节变化

下面从锋的位置、宽度和强度等方面进一步分析东海温锋的季节变化。

**3.1 锋位的变化** 以上分析表明, 浙闽沿岸锋基本位于  $27^{\circ}\text{N}$ — $31^{\circ}\text{N}$  和  $121^{\circ}\text{E}$ — $123^{\circ}\text{E}$  间的近岸海域。但, 冬季温锋南北伸展的长度最大(图1)。入春后, 沿岸锋退到  $29^{\circ}\text{N}$  以南海域。夏季, 沿岸锋往北偏东向移动。在 50m 层, 温锋向东移了约 20 n mil。秋季, 沿岸锋的位置与冬季相似, 但其北段位置偏西。

东海北部陆架锋, 冬季表层伸展范围最大, 其前缘几乎与黑潮锋相汇。春季表层温锋范围缩小, 至秋季, 温锋已退到  $30^{\circ}$  以北。在 30m 和 50m 层(图 1b,c), 北部陆架锋在春季向东南扩展的范围比冬季大, 南可达  $29^{\circ}40'\text{N}$ , 东可抵  $127^{\circ}20'\text{E}$ 。至夏季, 锋又明显北缩, 范围变小。秋季, 该温锋亦退到  $32^{\circ}\text{N}$  附近海域。

东海中部陆架锋始发于春季。主要位于  $28^{\circ}30'$ — $29^{\circ}30'\text{N}$  附近的陆架中部区。至夏季, 在 30m 和 50m 层, 该锋的西段向北推进到  $30^{\circ}\text{N}$  附近, 其东段移到  $127^{\circ}\text{E}$  以东海域。

东海温锋中, 黑潮锋的位置相对较稳定。除了在台湾东北海域, 锋的位置有较大的季节摆动外, 黑潮锋基本位于 200m 等深线附近的陆坡区。锋的季节摆动一般为 14 n mile 左右。锋们变化的趋势大致是: 冬、秋季, 锋偏西; 春、夏季, 锋偏东。在 30m 和 50m 层, 黑潮锋位移的这一特点较明显(图 1b,c)。

3.2 锋宽度和强度的变化 表1列出了各季典型月份温锋的宽度和强度,以及最大强度。可知:在表层,沿岸锋的宽度和强度是冬季最大,分别为39.7 n mile和0.15 °C/n mile;其次为春季,宽度和强度分别为30.1 n mile和0.13 °C/n mile;秋季锋最弱,其宽度为21 n mile,强度仅0.10 °C/n mile。但在30 m和50 m层,夏季锋的强度分别达0.17和0.21 °C/n mile,最大强度为0.45 °C/n mile,明显高于其它季节。

对东海北部陆架锋而言,在表层,亦是冬季最强,锋宽和强度分别为46.3 n mile和0.11 °C/n mile。春季,锋的强度随深度增加而增加,在50 m层,锋的强度为0.14 °C/n mile。

表1 东海温度锋不同季节和不同深度的特征值

Tab.1 Characteristic values of temperature fronts at different depths in the East China Sea in four seasons

锋名		浙闽沿岸锋			东海中部陆架锋			东海北部陆架锋			黑潮锋		
季节	深度(m)	宽度	强度	最大强度	宽度	强度	最大强度	宽度	强度	最大强度	宽度	强度	最大强度
冬	0	39.7	0.15	0.29				46.3	0.11	0.19	28.3	0.14	0.32
	30	38.5	0.14	0.28				42.1	0.10	0.18	30.1	0.12	0.35
	50	30.1	0.13	0.28				35.2	0.09	0.16	30.0	0.13	0.35
	100										25.2	0.15	0.37
	平均值	36.1	0.14					41.2	0.10		28.4	0.14	
春	0	30.1	0.13	0.28	30.4	0.10	0.23	43.0	0.10	0.25	27.6	0.11	0.32
	30	28.3	0.12	0.28	28.6	0.12	0.24	39.2	0.12	0.25	29.0	0.12	0.33
	50	20.5	0.10	0.30	26.3	0.13	0.25	30.6	0.14	0.26	30.2	0.13	0.35
	100										28.4	0.15	0.40
	平均值	26.3	0.12		28.4	0.12		37.6	0.12		28.8	0.13	
夏	0												
	30	28.2	0.17	0.37	26.8	0.12	0.25	28.0	0.13	0.28			
	50	28.7	0.21	0.45	25.3	0.14	0.27	26.3	0.15	0.29	27.2	0.11	0.34
	100										24.4	0.21	0.43
	平均值	28.5	0.19		26.1	0.13		27.2	0.14		25.8	0.16	
秋	0	21.0	0.10	0.25				19.0	0.08	0.16	28.2	0.09	0.21
	30	19.3	0.10	0.21				28.0	0.10	0.18	27.0	0.10	0.23
	50	15.2	0.09	0.18				25.0	0.10	0.19	25.4	0.13	0.24
	100										29.2	0.23	0.32
	平均值	18.5	0.10					24.0	0.09		27.5	0.14	

注: 1. 宽度单位为 n mile; 强度单位为 °C/n mile。 2. 除表列 4 条海洋温锋外, 还有一条浙北沿岩锋, 仅出现在夏季表层。其宽度为 18 n mile, 强度为 0.11 °C/n mile。

至夏季, 50m 层锋的强度为  $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ , 亦是一年中最强的。东海中部陆架锋宽度和强度的季节变化与北部陆架锋相似。春季, 底层锋的强度为  $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ , 而表层仅  $0.10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。夏季, 50m 层锋的强度达  $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。

黑潮锋宽度和强度的季节分布, 与沿岸锋和陆架锋相似的是: 表层, 冬季最强; 春季次之(表1)。所不同的是: 四季中, 锋的强度都是100m 层较大。另外, 一年中锋的最大强度出现在秋季的100m 水层, 为  $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ , 而不是出现在夏季。

表1给出了各条锋宽度和强度的平均值。可知: 冬季, 浙闽沿岸锋和黑潮锋的强度较大, 皆为  $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ ; 东海北部陆架锋弱些, 强度仅  $0.10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ , 但其宽度最大, 达  $41.2\text{ n mile}$ 。春季, 几条锋的强度基本相似, 为  $0.12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$  左右。夏季, 浙闽沿岸锋的平均强度最大, 为  $0.19\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ , 其最大强度高达  $0.45\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。其次是黑潮锋, 平均强度和最大强度分别为  $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$  和  $0.43\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。东海中部陆架锋是4条锋中相对较弱的, 其平均强度为  $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ , 最大强度仅  $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。秋季, 黑潮锋的平均强度最大, 为  $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。沿岸锋次之, 中部陆架锋已消失。北部陆架锋的强度仅为  $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ 。

#### 4 锋的分布和变化与水团演变的关系

温锋通常是在两个性质不同的水团交汇区形成。因此, 其分布和变化与水团消长演变有着密切的关系。根据中日黑潮合作调查研究的结果(国家海洋局科技司, 1995), 绘制了冬、夏两季东海水团配置模块图(图3)。据此, 初步分析上述两者之间的关系。

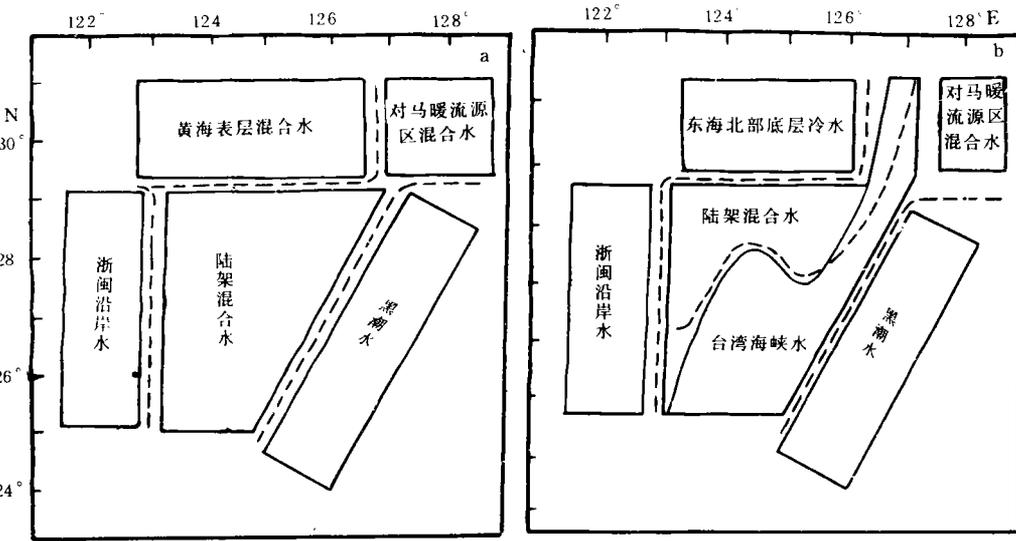


图3 东海水系分布模块图(虚线示温锋的位置)

Fig.3 Schematic diagram of water system distribution in the East China Sea

a. 冬季; b. 夏季。

图3a显示了冬季的情况, 可以看出, 位于东海中部广阔区域的是东海陆架混合水。它是由秋季台湾暖流水演变而来, 具有较高的温度和密度; 在其西侧是低温的浙闽沿岸水; 东侧陆架边缘是具有更高温度的黑潮水。在陆架混合水的北侧是黄海混合水和对马暖流源区混合水。结合图1容易发现, 东海几条主要的温锋, 即浙闽沿岸锋、东海

北部陆架锋和黑潮锋,恰好位于这几大水团之间。

入春后,随着海面水温逐渐回升,以及偏北季风开始转为西南风,东海水团的分布出现了一些明显的变化。相应地,温锋的分布也不同于冬季。一是大陆沿岸水的扩展方向由南向东,并逐渐向北转移,因此,浙闽沿岸锋的伸展范围缩小,至春末,沿岸锋主要出现在 $28^{\circ}\text{N}$ 以南海域(图 1a)。二是在东海北部,冬季黄海沿岸水南下向东海输送的低温水与外海水混合,在东海北部演变成底层冷水(苏育嵩, 1989),并向东南扩展,使之在表层以下形成了比冬季更强的北部陆架锋(图 1b, c, 表 1)。更重要的一个变化是,春末,台湾海峡水进入台湾以北陆架区的势力明显增强,并逐渐向济州岛方向迁移。从而,在具有较高水温的海峡水与仍保持较低温度的陆架混合水之间,形成一条新的温锋,即前面已多次提到的东海中部陆架温锋。

夏季东海水团配置的情况示于图 3b。夏季,东海表层水温分布较均匀,图 3b 展示的水团配置主要反映表层以下情况。夏季水团分布的基本形态实际在春末已形成。至夏季,西南风盛行,台湾海峡水出海峡后,以羽状流特征展布在 $29^{\circ}\text{N}$ 以南海域。在表层以下,陆架混合水的南部逐渐由具有较高温度的台湾海峡水代替,其北部仍由底层冷水团占据着。因此,在其间,北部陆架锋和中部陆架锋依然明显存在。但是,在夏季,东海北部底层冷水开始向北退缩,使之北部陆架锋的位置明显北移。另外,此季节随着东海混合水北进,对马暖流源区混合水的范围缩小,仅占据九州西南狭小的水域。此时,春季在东海南部形成的中部陆架锋向东北伸展(图 1b,c)。夏季,另一重要变化是:在浙闽沿岸和陆架坡折区,皆出现了强的涌升流(图 2b),使之下层锋的强度比冬、春季明显增大(表 1)。

入秋后,偏北风增强,海面逐渐降温。在东海南部,海峡暖水入侵势力再度减弱。而黑潮表层水明显向陆架推进。其结果是,黑潮锋向西偏,而中部陆架锋消失。沿岸锋亦变得很弱。在东海北部,底层冷水已退缩到 $32^{\circ}\text{N}$ 以北,基本并入黄海冷水团中(苏育嵩等, 1989)。北部陆架锋不仅位置偏北,而且范围大大减小(图 1)。

须特别指出的是,在东海诸水团中,位于东海中部的陆架混合水不仅活动范围大,而且变化复杂。冬季,它作为从台湾暖流水演变而来的混合水团,保持相对较高的温度,与周围水团相汇,形成三条明显的温锋。进入春季,陆架混合水的南部,逐渐由更高温度的台湾海峡水所代替,从而,在东海南部形成一条新的温锋,即中部陆架锋。至夏季,随着海峡水北侵的加强,使之两条陆架锋明显北移。此外,浙、闽沿岸夏季强烈的涌升运动,亦与陆架混合水的变化密切相关(潘玉球等, 1985),而强的涌升运动导致温锋出现了一年中最大的强度。故可初步认为:东海陆架混合水对东海温锋的形成和变化,起着一种核心的控制作用。

## 5 结语

以上分析了整个东海温锋的分布和变化。并初步探讨了它们与东海水团演变的关系。我们认为,在以下几方面,对东海温锋有了进一步的认识和了解:

**5.1** 整个东海,不仅常年存在浙闽沿岸锋、东海北部陆架锋和黑潮锋,而且,春、夏季,随着台湾海峡水北侵势力的加强,还在南部形成一条新的东海中部陆架锋。

**5.2** 东海温锋的地理位置、宽度和强度,皆存在明显的季节变化。其中最显著的特点

是: 表层温锋的宽度和强度皆是冬季最大, 春季次之, 秋季最弱。而表层以下, 则是夏季锋的强度最大。

**5.3** 由于东海各温锋所处地理位置不一样, 它们的分布和变化亦存在一定差别。从锋的位置变化看, 黑潮锋最稳定; 陆架锋变化最大。从多年平均强度看, 黑潮锋和浙闽沿岸锋较大; 陆架锋相对弱些。

**5.4** 东海温锋数量的多少、锋的基本形态、锋的宽度和强度的季节变化, 基本上皆取决于该海域水团的配置及其演变情况, 其中东海陆架混合水起着一种核心控制作用。

## 参 考 文 献

- 于洪华、苗育田, 1991, 黑潮调查研究论文选(三), 海洋出版社(北京), 204—211。
- 苏育嵩等, 1989, 青岛海洋大学学报, 9(1): 1—11。
- 郑义芳等, 1985, 黄渤海海洋, 3(1): 9—16。
- 郑义芳等, 1989, 黑潮调查研究论文集, 海洋出版社(北京), 190—203。
- 林传兰, 1986, 东海海洋, 4(2): 8—16。
- 汤毓祥、郑义芳, 1990a, 海洋通报, 9(5): 89—96。
- 汤毓祥, 1990b, 黑潮调查研究论文选(二), 海洋出版社(北京), 49—58。
- 汤毓祥等, 1992a, 黑潮调查研究论文选(四), 海洋出版社(北京), 33—42。
- 汤毓祥, 1992b, 黄渤海海洋, 10(3): 1—9。
- 国家海洋局科技司, 1995, 海洋出版社(北京), 114页。
- 翁学传、王从敏, 1984, 海洋科学集刊, 21: 49—61。
- 潘玉球等, 1985, 海洋学报, 7(4): 401—411。

## DISTRIBUTIONAL FEATURES AND SEASONAL VARIATIONS OF TEMPERATURE FRONTS IN THE EAST CHINA SEA

Tang Yuxiang

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266003)

**Abstract** Distributional features and seasonal variations of the temperature fronts in the East China Sea (ECS) are analysed mainly based on the 1934 — 1988 observations of water temperature. The relationship between the seasonal variation of the fronts and the evolution of the water masses is studied in the light of the results of the China–Japan Joint Investigation and study on the Kuroshio. Main results are as follows:

1. In the ECS three fronts, Zhe–Min coastal front, northern ECS shelf front, Kuroshio front clearly appear in the four seasons, in addition, a middle ECS shelf front occurring in the southern ECS in spring and summer with the northward intruding of Taiwan Strait water.

2. The geographic position, width and strength of the fronts have remarkable seasonal variations: the width and strength on the surface are the largest in winter, the next in spring, and the ones below the surface are the strongest in summer.

3. Since the geographic positions of the fronts are different, their distribution and variation show regional difference. Geographically, the Kuroshio front is the most stable, and the shelf fronts show much large variation. On multi–year average, front strength in decreasing order is the Kuroshio front ( $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ ), Zhe–Min coastal front ( $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ ), middle shelf front ( $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ ) and northern shelf front ( $0.10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{n mile}$ ).

4. The number, main shape, width and the strength variation of the fronts depend basically on the disposition and evolution of the ECS water masses, with the ECS shelf mixing water playing a key role in the distribution and variation of the fronts.

**Key words** East China Sea Temperature front Distribution feature Seasonal variation