

黄海、东海夏季温、盐度逆转结构分布及其成因的初步分析*

丁宗信

(中国科学院海洋研究所)

在我国,关于黄海、东海温、盐度逆转结构的分析研究,主要是在 80 年代以后开始的。翁学传等 (1984)、曹欣中等 (1982) 和丁宗信 (1983) 对东海某一特定海域的温、盐度逆转结构进行过分析,但是对整个黄海、东海海区来说,有关这方面的研究尚

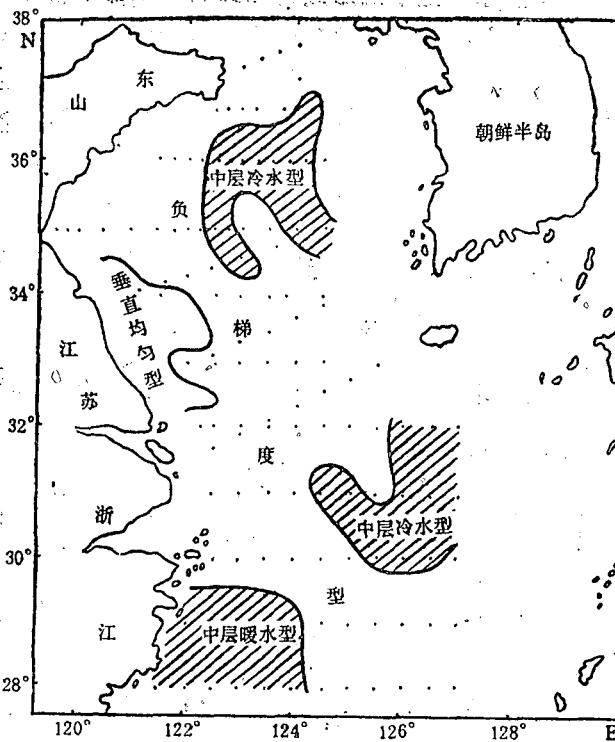


图 1 温度垂直分布类型的地理分布
• 观测站(下同)

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2227 号。
本课题为国家自然科学基金资助项目, 编号 49176254。
收稿日期: 1993 年 8 月 20 日。

未见报道。

本文根据 1983—1986 年中国科学院海洋研究所在黄海、东海每年夏季调查的 CTD 观测资料,同时参考 1963 年以来国家海洋局调查的标准断面资料,对黄海、东海夏季(6—8 月)温、盐度逆转结构的分布及其成因进行初步的分析研究。

根据资料和兰淑芳等(1985)的分析,北黄海很少出现温、盐度逆转结构的类型,虽偶有出现,但分布也不规律,因此本文把研究海区重点放在南黄海和东海(图 1)。

一、温度逆转类型的分布

根据上述资料,对黄海、东海每个测站分别绘制了垂直分布图,并进行了统计。凡是每年夏季出现过逆转类型的测站,便视为该逆转类型的测站。由于海洋内部环境的变化,这些测站不可能在整个夏季均为逆转类型,但会经常出现这种类型。另外在某些测站上,往往具多层逆转类型,即中层冷水和中层暖水上下相间出现,为了方便起见,本文对这些测站不一一列出,测站靠近哪种逆转类型就归为哪一种。根据统计结果,温度垂直分布类型的分布如图 1 所示,图中阴影区为逆转结构类型分布区(下同)。

由图 1 可看出,温度垂直分布均匀型的分布范围是非常小的,它只局限在长江口以北的苏北沿海一带的浅水区。除此之外,大部分海区为温度有跃层或无跃层的负梯度型分布区,小部分为温度的逆转结构类型的分布区。浙江沿岸上升流区和台湾暖流区(30°N 以南)是以中层暖水型为主的海区,而东海北部冷涡区和南黄海冷水团区是以中层冷水型为主的海区。在东海北部冷涡区,中层冷水型主要出现在冷涡的东部和南部边缘区;在南黄海冷水团区,中层冷水型主要出现在冷水团的西北部。

由图 1 还可看出,夏季温度逆转类型只有中层冷水型和中层暖水型两种。

二、盐度逆转类型的分布

盐度垂直分布类型的分布如图 2 所示。

由图 2 可看出,盐度垂直分布均匀型分布范围比温度大,它出现在长江口以北的苏北沿岸和山东半岛南部沿岸的浅水区,大致在水深 20m 以浅的区域。其它海区,一部分为盐度的正梯度型,由南到北呈带状分布;另一部分为盐度逆转结构类型分布区。浙江沿岸上升流区和台湾暖流区为中层低盐水型分布区,东海北部冷涡的东半部分和南黄海冷水团周围边缘(除西南边缘外)也为中层低盐水型分布区。在 32°N 和 124°E 附近为中层高盐水型,其分布范围比较小,大致在东海北部冷涡的西北边缘。

由图 2 还可看出,夏季盐度逆转结构类型有中层低盐水型和中层高盐水型,其中主要是中层低盐水型。

从图 1 和图 2 可看出,在夏季,凡是温度逆转结构类型出现的海区,亦为盐度逆转结构类型的海区,它们主要集中在 3 个区:浙江沿岸上升流和台湾暖流区、东海北部冷涡区和南黄海冷水团区。

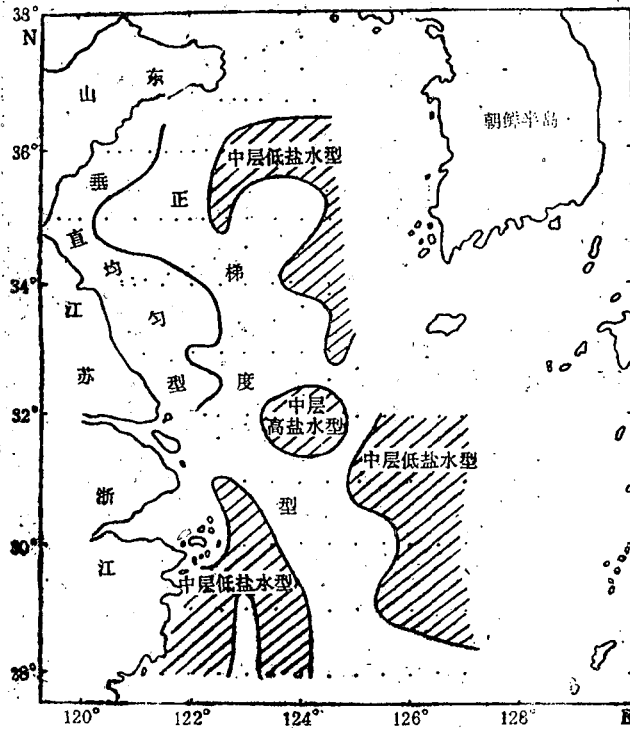


图2 盐度垂直分布类型的地理分布

三、温、盐度逆转结构的形成原因

夏季温、盐度逆转结构类型分布海区与黄海、东海的环流有着密切的关系。如图3所示，黄海、东海夏季的主要海流有黑潮、对马暖流、黄海暖流、台湾暖流和黄海沿岸流。前4支流携带的高温、高盐水向北流动，同时影响着黄海、东海海水的温、盐性质；黄海沿岸流携带低温、低盐水向南流动，并伸入到东海北部。除此之外，在浙江沿岸由于风和海底地形的影响而形成了一个范围较大的上升流区；在东海北部由于流系的相互作用而形成了一个冷涡区；在南黄海由于冷水团的存在而形成了一个反时针的密度环流。上述温、盐度逆转结构类型出现的海区与以上3个特定海区是十分吻合的。

以下分区讨论温、盐度逆转结构形成的原因。

1. 浙江沿岸上升流区 本区包括上升流区和台湾暖流区。本区夏季常出现温度的中层暖水型和盐度的中层低盐水型，偶而也出现中层冷水型和中层高盐水型，无论是哪种逆转类型，其成因基本上是相同的。

该海区的逆转类型主要出现在每年6月份，而7月和8月则很少观测到。因为6月份台湾暖流携带高温（在底层为低温）、高盐水流经该海区，在29°N断面上的水温较沿岸水水温高1°C左右，较东侧水温高0.5°C左右；29°N断面上的盐度较沿岸水最低高出4左右。温度和盐度的这种分布给逆转结构类型的形成创造了有利的客观条件。在

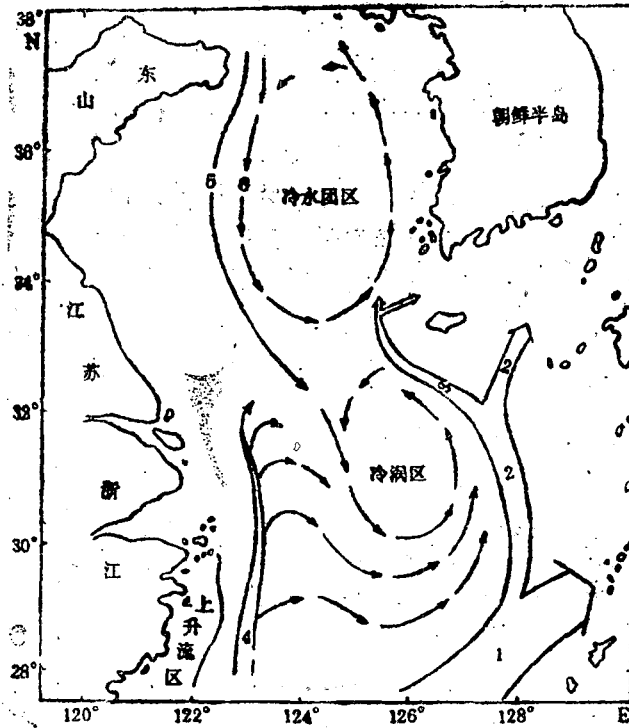


图3 夏季黄海、东海深层环流示意图

1. 黑潮; 2. 对马暖流; 3. 黄海暖流; 4. 台湾暖流; 5. 黄海沿岸流; 6. 黄海冷水团密度环流

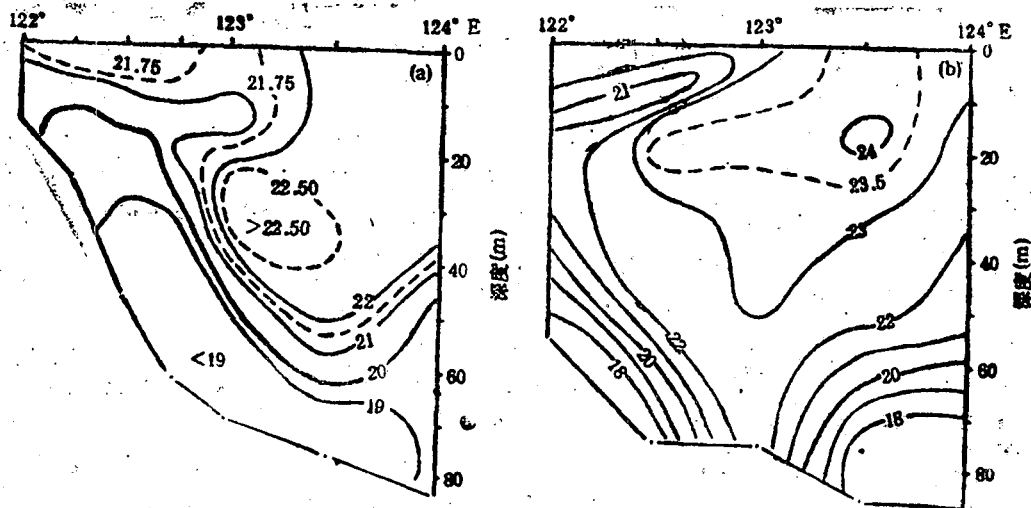


图4 29°N (a) 和 28°N (b) 断面的温度分布

SW 和 SSW 向风的作用下, 温度偏低的沿岸水向外海扩展, 覆盖在台湾暖流水之上, 这时台湾暖流区西侧及主轴附近形成了范围较大的中层暖水区, 如图 4 所示。

图 4a 为 29°N 断面上的温度分布, 观测时间是 1966 年 6 月 8 日, 当时海上为 S-SSW 向风, 风力 5 级左右, 并已持续了 4—5 天。由图可看出, 在 $122^{\circ}45'\text{E}$ 和 123°E 两测站上形成了中层暖水型。图 4b 为 28°N 断面上的温度分布, 观测时间是 1980 年 6 月 7 日, 当时海上为 S 向风, 风力 4 级, 也持续了数天。由图也可看出, 在 $122^{\circ}-123^{\circ}\text{E}$ 之间的 3 个测站上形成了中层暖水型。在台湾暖流主轴以东海区, 如果在 N-NE 向风的作用下也会形成不很典型的中层暖水型 (图略)。但应该指出的是, 在 7—8 月间, 尽管 SSW 向风盛行, 沿岸水向外海扩展范围大, 但由于沿岸水水温比较高, 所以不会形成中层暖水型。

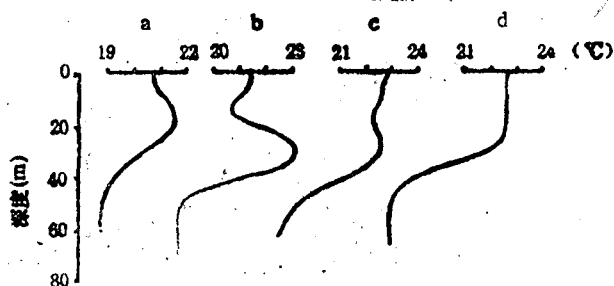


图 5 6 月份不同风场下的温度垂直分布类型
a. 1959 年; b. 1966 年; c. 1977 年; d. 1978 年

在 $29^{\circ}\text{N} - 123^{\circ}\text{E}$ 测站上, 在不同风场下的温度垂直分布类型的变化, 如图 5 所示。

图 5a 的观测时间为 1959 年 6 月, 观测前先受 NE 向风的作用, 然后在观测前 2—3 天又受到 SW 向风的作用, 这时中层暖水型刚刚开始形成, 其暖水层潜在的深度偏浅。图 5b 的观测时间为 1966 年 6 月, 观测前 S-SSW 向风持续了 5 天以上, 这时中层暖水型得到充分发展, 厚度大, 暖水潜在的深度在 20m 层以下。图 5c 的观测时间为 1977 年 6 月, 观测前先受 SSW 向风的作用, 到观测前 2—3 天转受 NE 向风的作用, 这时中层暖水变弱, 暖水层只在深层存在。图 5d 的观测时间为 1978 年 6 月, 观测前 NE 向风持续了 5 天以上, 这时中层暖水未被观测到, 为一般的负梯度型。由以上分析可看出, 风的作用是形成中层暖水的主要原因。

该海区盐度的逆转类型的形成原因, 和温度逆转类型相同, 如图 6 所示。

图 6a 是 1976 年 8 月 6—7 日观测的, 当时海上的风向为 SSW, 风力为 5—6 级, 这种风场已持续了 4—5 天以上。在较强的 SSW 风长时间的作用下, 沿岸上升流明显加强, 致使深层高盐水一直影响到海面, 并向外海扩展, 所以在 122°E 和 $122^{\circ}30'\text{E}$ 两站形成了中层低盐水型, 同时在 $123^{\circ}30'\text{E}$ 和 124°E 两站亦形成了该水型。图 6b 和图 4b 是同时观测的, S 向风尽管持续的时间长, 但风力仅为 3—4 级, 这时上升流不能达到海面, 而潜居在 20m 层以深, 沿岸水向外扩展, 外海水则在沿岸水下向岸侵入 (图 4b), 因此在 $122^{\circ}30'\text{E}$ 站上形成了中层低盐水和中层高盐水上下相间存在的状况。

从以上分析可知, 浙江沿岸上升流区和台湾暖流区温、盐度逆转结构类型的形成机

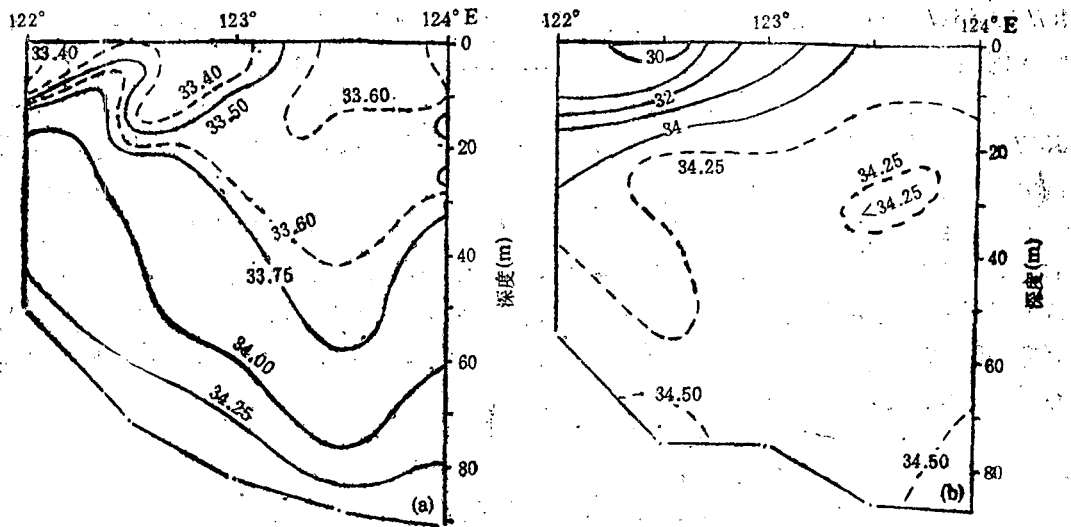


图6 28°N断面的盐度分布
(a)1976年8月; (b)1980年6月

制主要是风的作用, 而上升流引起的垂直环流的作用是次要的。

2. 东海北部冷涡区 东海北部冷涡中心平均位置大约在 31°30'N - 125°30'E 附近, 温、盐度逆转类型主要分布在该区的东部和南部边缘区, 如图7所示。

由图7可以看出, 在冷涡区东侧温跃层下部的低温、低盐水向高温、高盐水侵入, 同时在温跃层上部有高温、高盐水向低温、低盐水侵入, 侵入的结果便形成了中层冷水

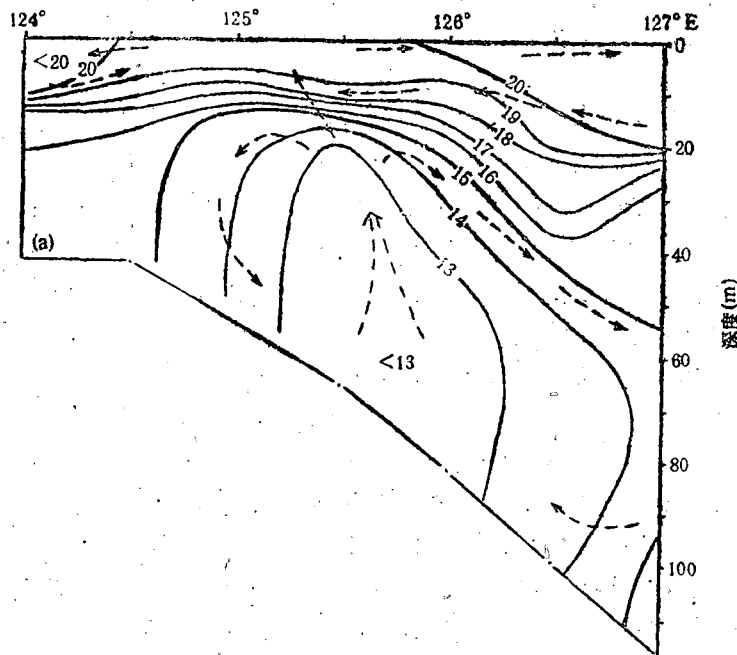


图7 32°N断面上的温度 (a) 和盐度 (b) 分布
(图7a内的虚箭矢表示冷涡区的垂直环流)

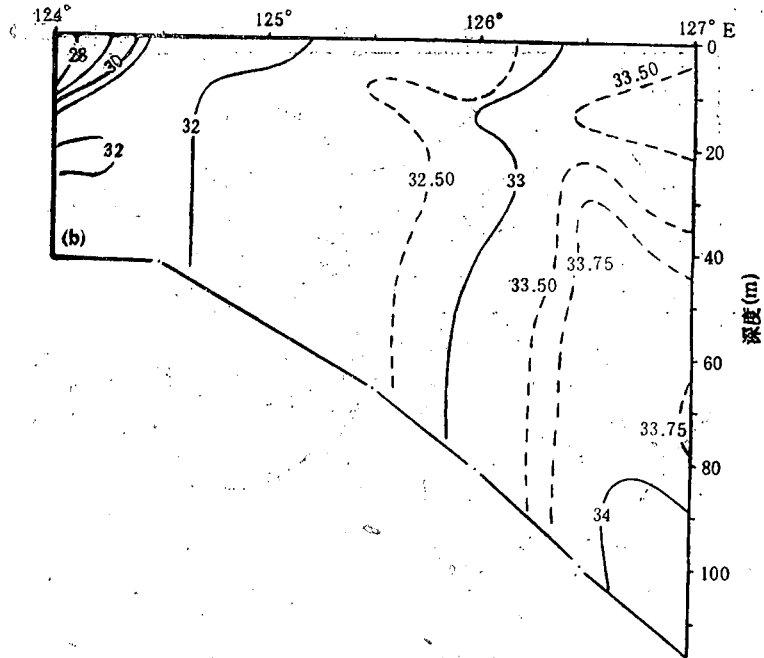


图7(续)

型和中层低盐水型，在 127°E 站上则出现了盐度的多层逆转型。从冷暖水侵入的深度来看，是与冷涡内部的垂直环流有着密切的关系，正如图 7a 中所表示的。由此看出，东海北部冷涡内部的垂直环流是形成温、盐度逆转结构的唯一因素。

3. 南黄海冷水团区 由图 1—3 可以看出，温、盐度逆转类型主要出现在南黄海冷水团内部，其它海域很少出现，该逆转结构区的形成与冷水团内部的环流结构是分不开的。赵保仁等（1987）指出，夏季南黄海冷水团形成以后，黄海暖流不再进入冷水团内部，但是在冷水团内部仍然存在着高温、高盐的黄海暖流水向北扩张的现象，而其两侧的冷水则同时向南伸展，这样在冷水团内部就形成了两个反向的弱环流。高温、高盐的黄海暖流水在底层向北扩展的过程中，往往形成温、盐度的逆转结构（图 8）。

图 8a—d 均由 CTD 资料绘制而成。由图 8 可以看出，两年的高温、高盐黄海暖流水中心位置分别位于 9 站和 27—28 站，在黄海暖流水的两侧，它叠置于低温、低盐的黄海冷水的下面，因而形成了温度的中层冷水型。由于高盐的黄海暖流水和低盐的黄海冷水之间的相互侵入，致使在某些测站上形成了中层低盐水型或中层高盐水型（图 8d）。由于黄海冷水和黄海暖流水两者的盐度在水平方向上相差不大，所以盐度逆转层上下之间盐度差也不大。由此看来，在南黄海冷水团区的逆转结构的形成主要是由于高温、高盐的黄海暖流水向北扩展（即平流）的影响，其次是冷暖水之间沿等 σ_t 面相互侵入所致。

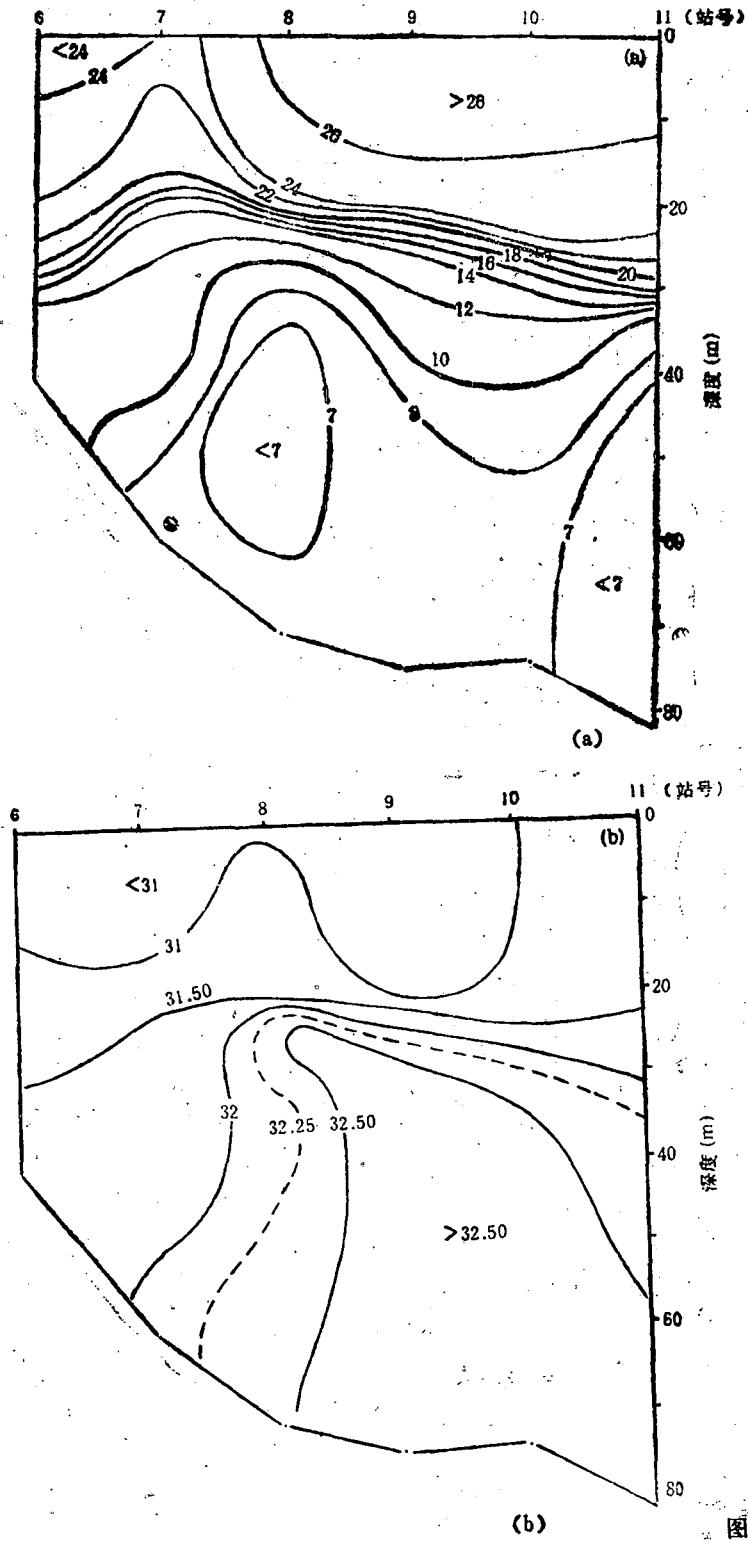
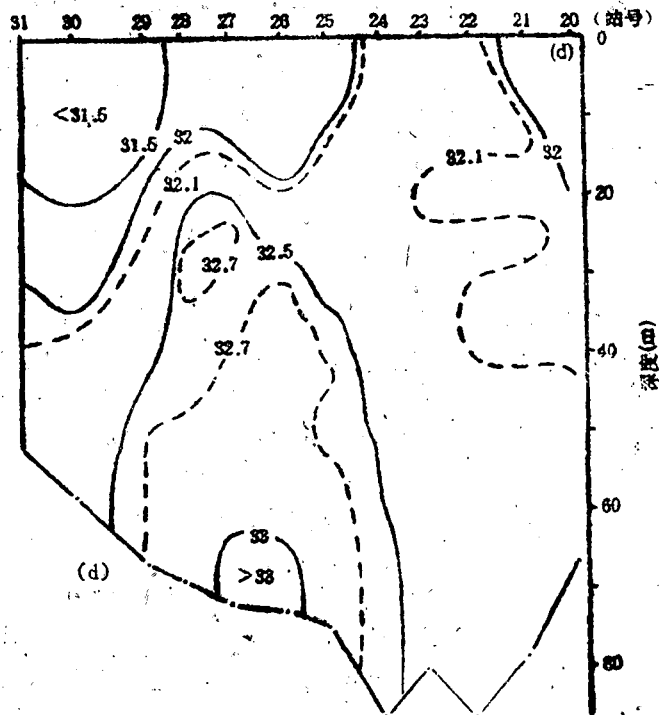
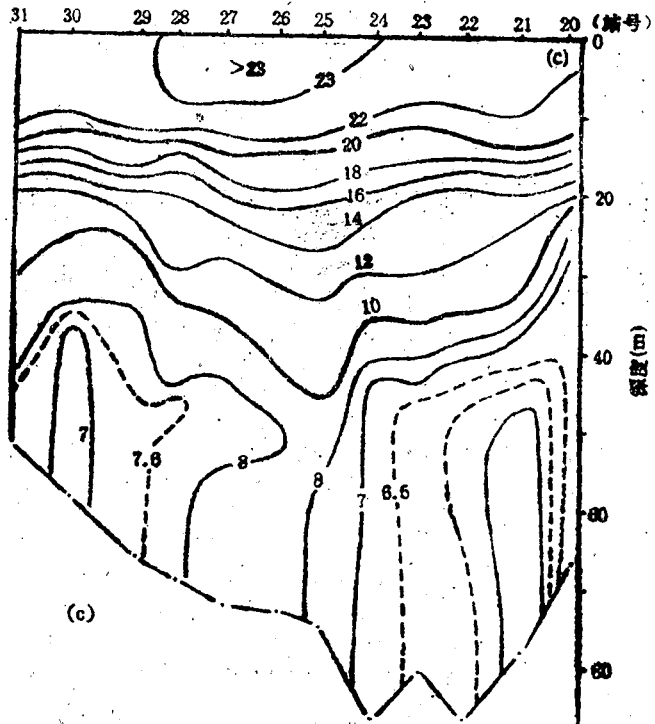


图8 36°N断面
(a)一(b)。1985年8月。



上的温、盐度分布
(c)一(d)。1986年7月。

四、结 语

1. 夏季黄海、东海温、盐度的逆转结构集中分布在浙江沿岸上升流区、东海北部冷涡区和南黄海冷水团区, 其它海域却很少出现。

2. 在上述 3 个区内形成温、盐度逆转结构的主要机制是不同的。在浙江沿岸上升流区, 风的作用是主要的, 其次是上升流区垂直环流的影响; 在东海北部冷涡区冷涡内部垂直环流的影响是唯一因素; 在南黄海冷水团区高温、高盐的黄海暖流水向北扩展和冷暖水沿等 σ_t 面相互侵入是本区形成温、盐度逆转结构的两个原因。

参 考 文 献

- 丁宗信, 1983, 风对浙江沿岸海域夏季温、盐度垂直结构和上升流的影响, 海洋与湖沼, 14(1): 14—21。
毛汉礼等, 1964, 南黄海和东海北部(28°—37°N) 夏季的水文特征以及海水类型(水系)的初步分析, 海洋科学集刊, 1: 23—37。
翁学传、王从敏, 1984, 东海西北部海水温、盐度结构初步探讨, 海洋科学集刊, 21: 49—61。
曹欣中等, 1982, 浙江近海温递增现象的初步分析, 海洋通报, 3: 1—5。
赵保仁等, 1987, 夏季南黄海深层冷水团内部的水文结构, 海洋科学集刊, 28: 57—67。
蓝淑芳等, 1985, 渤海、黄海、东海水温垂直结构统计特征分析, 海洋科学集刊, 25: 11—25。
Nagata, Y., 1967b, On the structure of shallow temperature inversions, *J. Oceanogr. Soc., Japan*, 23(5): 1—11。
Toru Nakao, 1977, Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea, *J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ., Spec. (1977): 199—367.*

A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE DISTRIBUTIONAL CHARACTERISTICS OF THE INVERSE STRUCTURE OF THE TEMPERATURE AND SALINITY AND ITS FORMATIVE CAUSES IN THE YELLOW SEA AND THE EAST CHINA SEA IN SUMMER*

Ding Zongxin

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Based on temperature and salinity data gathered from 1963 through 1986 in the Yellow Sea and the East China Sea in summer, the distributional characteristics of the inverse structure of the temperature and salinity and its formative

* Contribution No. 2227 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

causes are analysed in this paper. Some results show that (1) the inverse structure in summer can be found in three regions, the area of the Zhejiang Coast upwelling, the area of the cold eddy in the northern part of the East China Sea and the area of cold water mass in the southern Yellow Sea, (2) the inverse structure in above three areas can be separately caused by the wind, the vertical circulation in the area of the cold eddy and the northward extension of the Huanghai warm current water which is warmer and more saline in bottom.