

1986年7月黄海南部及东海北部海况的主要特征*

赵保仁 崔茂常

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

R. Limeburner

(Woods Hole Oceanographic Institution Woods Hole, MA, USA)

收稿日期 1990年3月28日

关键词 南黄海, 海况

提要 本文简要阐明了1986年7月中美南黄海合作调查所得的东海北部和南黄海的海况特征。给出了2m, 50m, 底层及主要断面的温、盐度分布图、T-S图解、动力计算和漂流浮标的观测结果。从这些图表可以看出: 夏季黄海暖流不再进入南黄海内部, 但有经济州海峡重新回归对马暖流的迹象; 黄海冷水团内部结构复杂, 黄海的陆架锋对黄海水文要素的分布变化有重要影响; 南黄海上层存在着封闭的密度环流; 济州岛西南依然存在着气旋型海水运动等。

中美南黄海合作调查, 1984年7月由中国科学院海洋研究所“科学一号”调查船执行, 大部分测站布设在 124°E 以西海区^[1]。1986年7月由美方“华盛顿”号执行, 调查海区扩展至南黄海东部及东海北部海区。本文将讨论第二次调查所得的黄海南部及东海北部的海况特征。(调查站位分布图略)

I. 水文要素的平面分布特征

夏季的黄海已经显著层化, 我们选用2m, 50m和“底层”^[2]的温、盐度分布(图1)来阐明调查海区的温、盐度平面分布特征。在2m层, 南黄海中央区域的温度普遍较高, 最高可达 23.6°C 。周边近岸处(长江口除外)及济州岛西南面温度较低, 最显著的低温区在苏北浅滩外侧, 最低温度为 18.1°C , 其次是朝鲜木浦外海。由于调查范围所限, 我们未能获得沿岸海域各低温区的全貌和极值。文献[3]指出, 黄海沿岸的低温区是因潮混合形成的。调查海区的东南部, 为黑潮控制的高温高盐区, 水温在 25°C 以上。该高温区同济州岛西南的低温区之间存在

着明显的温度锋面。

在2m层, 长江口至朝鲜半岛西南海面的冲淡水($S < 30.0$)势力十分强盛, 但在长江口外却存在着—盐度较高($S > 31.0$)的水域将外海广阔的冲淡水区同长江口处的淡水源分隔开。值得注意的是, 这类情况已屡见不鲜。例如, 1980年6月中美长江口合作调查所得的结果^[1]同本次的调查结果极为相似。赵保仁等曾指出, 上述现象同台湾暖流有关, 可能是因地形抬升作用形成的上升流造成的^[2]。从图2a可以看到, 长江冲淡水向北可影响到 34°N 以北海区, 向东南方向可影响到 127°E 以东海区。10m层的温、盐度分布趋势与2m层基本一致, 差别仅是该层近岸低温区的范围更大, 同外海高温区之间的温差也更大, 低温区几乎遍及全部近岸水域(图略)。

“底层”^[2](1)近岸浅水区为高温低盐区, 其

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1623号。

1) 当水深超过100m时, “底层”是指100m层。

2) 赵保仁, 乐肯堂, 朱兰部, 1987。长江口调查海区的温、盐度分布基本特征。

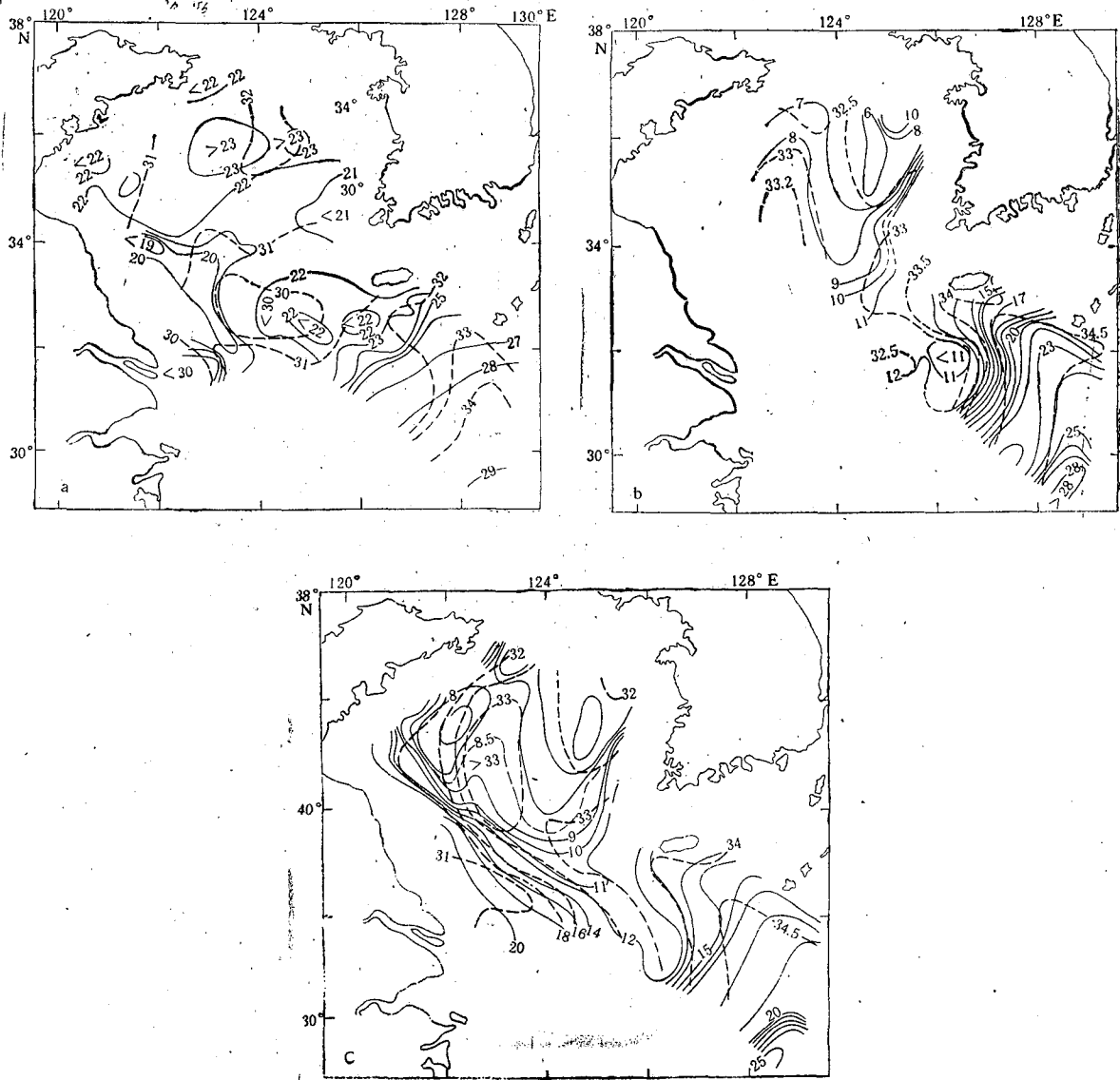


图1 温度(实线)和盐度(虚线)的平面分布

Fig. 1 Distributions of temperature (full line) and salinity (dotted line) at 2m, 50m, and bottom layers

a. 2m层; b. 50m层; c. 底层

它大部分地区均为低温冷水区,这就是通常所说的黄海冷水团或黄海深底层冷水。该冷水体系向南可延伸到 30°N 以南海区,并与温度较高的黑潮次表层水形成明显的锋面。(2) 黄海冷水团的东、西部分别有一个低盐冷中心,几乎处在同一纬度上。本次调查观测到的最低温度分别为 5.9 和 6.7°C ,盐度均在 32.2 左右。东部的冷中心位于黄海海槽中,西部的位于水深为

$40\sim 45\text{m}$ 的海底斜坡上。图2c表明,东部冷水向南可直接扩展到 33°N 附近海区。(3) 在上述两个冷中心之间有一向北伸展的无源高温、高盐水舌,其温度较两侧高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$,盐度高 1.0 左右。该高盐区同济州岛方向伸展过来的高盐水舌之间有一明显的低盐区。(4) 在苏北浅滩外侧有一低盐水舌向东南方向扩展。

50m层 (1) 调查海区的西部有与“底层”

一致的向北伸展的高温高盐水舌；东部从冷中心向南伸展的冷水舌切断了西部的高盐暖水舌同济州岛南部海域高温、高盐水舌之间的直接联系。从 T-S 图可以进一步看出，上述两高温。高盐水分属不同的次级水团，从而再次表明夏季的黄海暖流不再深入到黄海冷水团内部区域^[8]。(2) 在济州岛西南方向另有一范围不大的低盐冷中心，来自济州岛南部海区向西扩张的高盐暖水切断了该冷中心与黄海腹地冷水之间的直接联系。(3) 在济州岛西南冷中心的东侧有等温线和等盐线非常密集的锋区。

上述温、盐度分布特征同 1984 年 7 月的调

查结果一致^[4,8]。也同历史上其它调查结果基本一致^[1,7]。

II. 温、盐度的断面分布特征

为了阐明调查海区温、盐度的断面分布特征，我们选用 35°N (3 号)、33°N (5 号) 和 7 号 3 个不同区域的断面为代表 (图 2)。

35°N 断面温、盐分布的显著特点是：(1) 等温线呈明显的两端上翘、中间下凹的台状分布趋势，它反映了潮流的摩擦作用对温跃层及底均匀层的影响。(2) 在主温跃层以下东西两翼可以看到与底层温、盐度分布图相应的两个

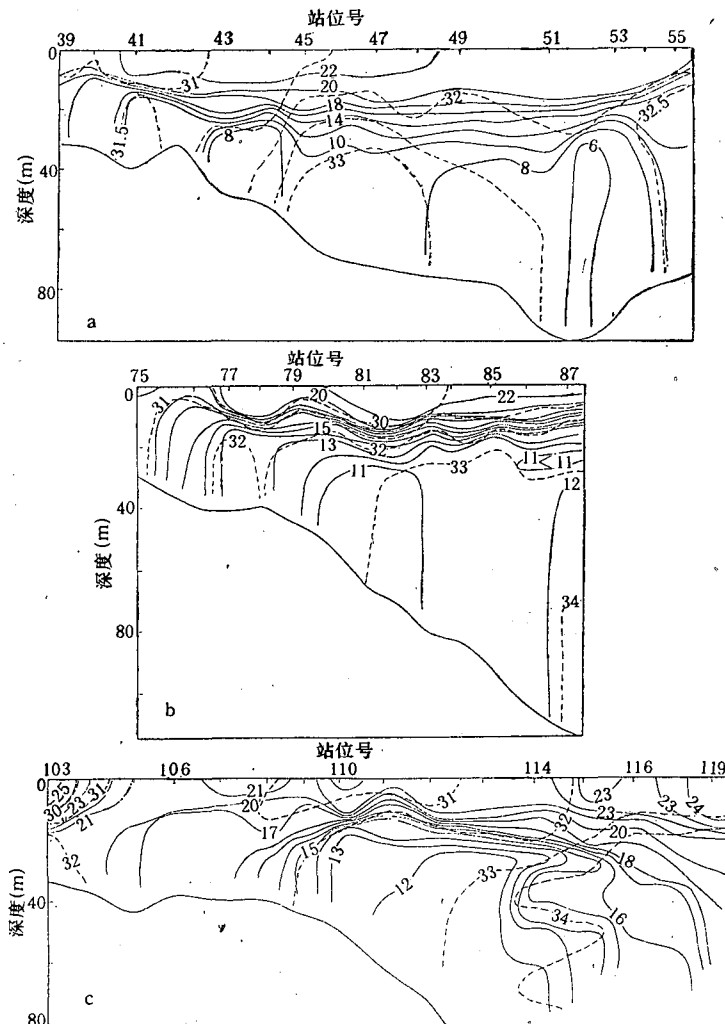


图 2 温度(实线)和盐度(虚线)的断面分布

Fig. 2 Sectional distributions of temperature (full line) and salinity (dotted line)

a. 35°N 断面; b. 33°N 断面; c. 7 号断面

低盐冷中心和夹在其中的温度较高的高盐区。

在 33°N 断面图上我们可以看到, 断面西端的 75 号站几乎为垂直均匀区, 其东部为层化区, 76 号站的东侧海面有明显的温度锋面, 它是潮生陆架锋存在的表现^[4]。该断面中部上层有厚度约 5~15m 的低盐水 ($S < 30.0$), 这是长江冲淡水向外海扩展的产物。济州岛西部深层, 高盐水 ($S \geq 33.0$) 几乎扩展到 124°E 附近。

7 号断面的温、盐度分布特点是: (1) 上层有两个低盐区, 一个在断面西端, 距长江口较近, 另一个在断面中部。前者的最低盐度为 29.13, 低盐水厚达 15m 左右, 后者的最低盐度为 30.33, 厚度只有 10m 左右。两低盐区之间几乎为垂直均匀区。文献[3]指出, 这一弱层化区是由潮流的强湍流混合形成的。距长江口较近的 103 站附近, 虽然地处更强的潮混合区, 但仍明显层化。Beardsley 等人^[5]指出, 长江入海径流量很大, 使河口数小于 0.03, 这是长江口外仍为层化海区的原因。在断面中部的海底陡坡处(以 111 站为中心)有中盐冷水上升现象。这

一断面的透光度资料(图略)还表明, 此处存在着海底物质的上升现象。这一现象在地质上与这里的沉积物粒径较细有关, 在水动力学上则与这里的气旋型涡旋运动形成的抽吸作用有关。

III. T-S 分布

1986 年 7 月调查的全部 T-S 点见图 3a, 南黄海区的体积 T-S 分布见图 3b。由图 3 可知, (1) 盐度大于 33.8 以上的 T-S 点分布比较密集, 并具有黑潮区域 T-S 点的典型分布特点^[2]。(2) 黑潮次表层水(本次调查的典型温、盐度值为 21°C 和 34.8)在陆架上有大体沿 25.5 等 σ_t 线(面)向低温、低盐方向延伸的趋势。(3) 南黄海及东海北部其他区域的 T-S 点比较分散, 但从图 3b 可知, 南黄海的体积 T-S 可以 $\sigma_t = 23.0$ 或温度 17°C 为界, 划分为两个区域, 其一为高温、低盐、低密度的上层海水, 其二为低温、高盐、高密度的黄海深底层水。根据温、盐度的平面分布及体积 T-S, 又可将其中的每一类划分为若干小类。如对上层海水, 以盐度

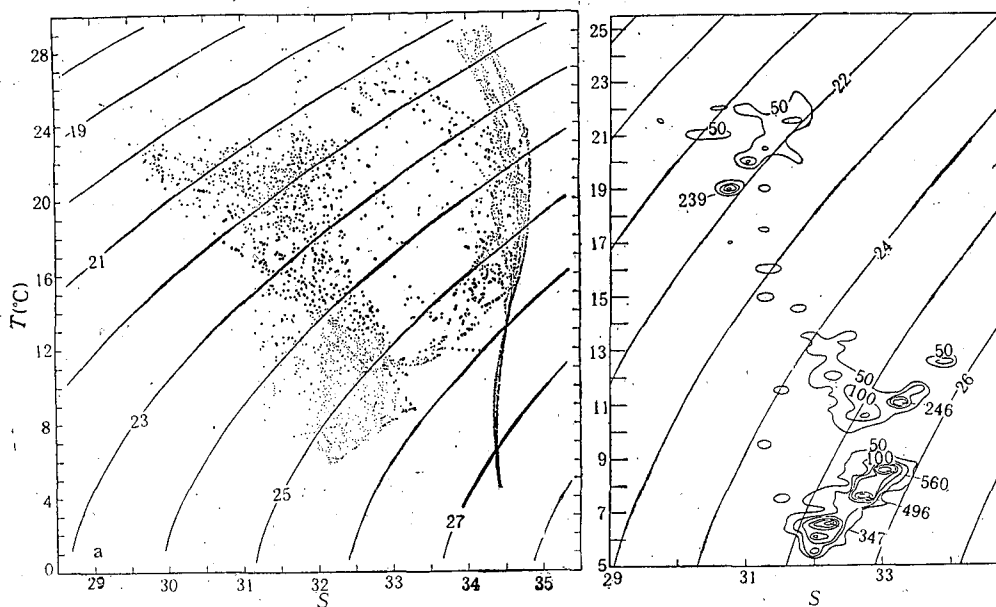


图 3 T-S 分布

Fig. 3 T-S diagram in the observed area (a) and volume T-S diagram in the Southern Yellow Sea (b)

a. 调查海区的 T-S 点聚图; b. 南黄海区的体积 T-S 图

值的不同可进一步划分受大陆径流（主要是长江）影响较大的沿岸水和受径流影响较小的黄海上层水。同样深底层的黄海冷水即黄海冷水团也可以进一步划分为3小类，它们是黄海本地冷水，中心温、盐度值为 $T = 6.5^{\circ}\text{C}$, $S = 32.2$ ，即图1中南黄海东、西两冷中心处的水体；冬季的黄海暖流水，即图1中沿 123°E 向北扩展的高温、高盐水体，其温、盐度代表值为 $T = 8.5^{\circ}\text{C}$, $S = 33.2$ ；夏季的黄海暖流水，即靠近济州岛西部海区的高温、高盐水，温、盐度代表值为 $T = 11.0^{\circ}\text{C}$, $S = 33.4$ 。

IV. 黄海的拉格朗日余流

1986年7月中美合作调查期间，在10m层美方共投放了10个漂流浮标，历时6个多月，取得了在本海区及邻近水域中从未取得的拉格朗日余流资料^[6]。由于本文主要讨论黄海夏季的水文特征，因此在这里我们仅取与本海区有关的7个浮标在7~10月间的漂移轨迹进行分析(见图4)。

由图4可知，整个南黄海上层存在着一个气旋式的环流。山东、江苏沿岸的海水向南输送，其流速约为 $5\sim 10\text{ cm/s}$ ，苏北浅滩外侧流速较大。南黄海南部，由长江口向济州岛方向的海水流速可达 $10\sim 20\text{ cm/s}$ 。沿朝鲜西岸北上的海水流速约为 $10\sim 15\text{ cm/s}$ 。朝鲜半岛南部沿海，从济州海峡至对马海峡的海水流速约为 $15\sim 20\text{ cm/s}$ 。南黄海中部有一完整的气旋式浮标运动轨迹，其漂移速度只有 $3\sim 5\text{ cm/s}$ 。总之，整个南黄海的气旋式海水运动是十分明显的。但是也应该看到，该气旋式海水运动比较复杂，它是由若干个海流分支构成的。我们可以这样来理解上述漂流浮标的运动轨迹，浮标6971是西部的黄海沿岸流的体现；浮标6986、6988则是长江冲淡水 and 流经济州海峡的黄海暖流最终并入对马暖流的集中体现；浮标6984则是沿冷水团东部边界北上的冷水团环流的一部分，而浮标5843则体现了南黄海上层存在着气旋式环流。

还需要指出，浮标6987在济州岛西南海域

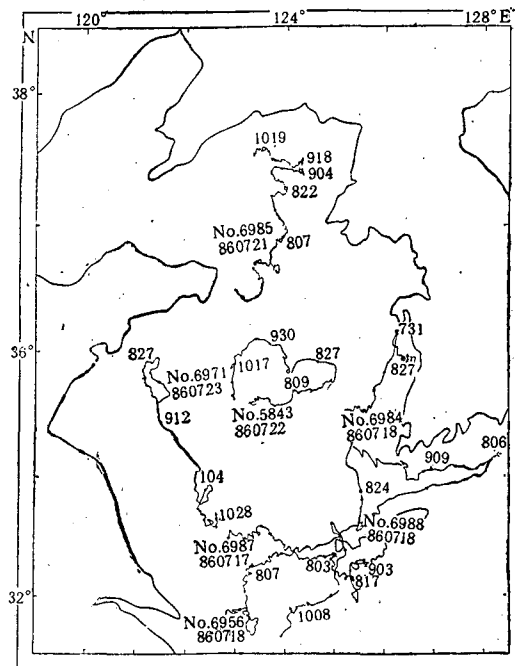


图4 1986年7~10月漂流浮标轨迹

Fig. 4 The traces of drogues in period from July to Oct., 1986

运动缓慢，轨迹曲折多变，但却完成了一次气旋式的循环运动。从而再一次证实了济州岛西南海域存在着气旋式的冷涡旋。

可以推算出，经济州海峡向东的海水输送量，相对于南黄海的其他海流输送量还是比较大的。若取济州海峡的平均水深为 70 m ，宽度为 35 n mile ，则由漂流浮标的漂流速度推算出的输送量约为 $0.7 \times 10^6\text{ m}^3/\text{s}$ 。

最后我们指出，1986年7月10m层的地转流场(图略)，在有资料的地方，同上述漂流浮标所揭示的拉格朗日余流流场是一致的。

参考文献

- [1] 毛汉礼、任允武、孙国栋，1964。南黄海和东东北部 ($28^{\circ}\sim 37^{\circ}\text{N}$) 夏季水文特征和水型的初步研究。海洋科学集刊 1: 23~27。
- [2] 邢成军，1986。夏季东海黑潮次表层水变化特征的分析。海洋与湖沼论文集。科学出版社，43~54。
- [3] 赵保仁，1985。黄海冷水团锋面与潮混合。海洋与湖沼 16(6): 451~460。
- [4] 赵保仁，1987。南黄海西部的陆架锋及冷水团锋区环流的初步研究。海洋与湖沼 18(3): 217~226。
- [5] Beardsley, R. C., R. Limeburner, Hu Dunxin et al.,

1983. Structure of the Changjiang River Plume in the East China Sea during June, 1980. Proceedings of international symposium on sedimentation on the continental shelf with special reference to the East China Sea. China Ocean Press. 265-284.
- [6] Limeburner, R., and Beardsley, R. C., 1987. Lagrangian flow in the Yellow Sea and Japan Sea. *JECSS newsletter* 7: 9.
- [7] Nakao, J., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and Yellow Sea. *J. of the Faculty Marine Science and Technology, Tokai Univ. Special Number* 199-367.
- [8] Zhao Baoren, Xiong Qingcheng and Zhang Fagao, 1986. The internal hydrographic structure of the Huanghai Cold Water Mass in summer. *C. J. Oceanol. and limnol.* 4(1): 27-40.

OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE SOUTHERN YELLOW SEA AND THE NORTHERN EAST CHINA SEA JULY, 1986

Zhao Baoren, Cui Maochang

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071*)

R. Limeburner

(*Woods Hole Oceanographic Institution, MA, USA*)

Received: Dec., 25, 1989

Key Words: Oceanographic conditions, Southern Yellow Sea

Abstract

Oceanographic characteristics in the southern Yellow Sea and the East China Sea are described briefly on the basis of Sino-US cooperative investigation in July, 1986. The level and main sectional distributions of temperature and salinity, T-S diagram, geostrophic current and the traces of drogues are given in this paper. The Yellow Sea Warm Current does not enter the interior part of southern Yellow Sea in summer, but it seems to pass through the Cheju Strait and return to the Tsushima Current; the interior structure of Yellow Sea Cold Water Mass is very complex; the continental shelf fronts have an important influence on the distributions and variations of hydrographic elements; there exists a cyclonic circulations in the up-layer in the southern Yellow Sea and another cyclonic movement of water in the southwestern area to Cheju I.