

东海北部气旋型涡旋存在的 近期观测证据*

赵保仁

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提 要

本文简述了近几年来在东海北部的气旋型涡旋区所进行的调查结果。根据调查所得之温度场、质量场及实测流场的分布趋势指出: 每次调查期间济州岛西南海区的气旋型涡旋运动是存在的。文中还将这几年调查所得之余流矢量连同历史上同期所得余流矢量绘在一起, 结果可完整地显示出一个气旋型流场来。文中还讨论了东海北部的黄海沿岸流的基本特征。本文的结果进一步证实了关于该气旋型涡旋常年存在、位置基本稳定的论断是正确的。

1980年胡敦欣等人^[2,3]主要根据1972年7—8月温、盐度和海流资料指出: 东海北部的济州岛西南海域存在着直径约为60—90海里、垂直尺度约为40m的气旋型涡旋。1983年毛汉礼等人进一步确认, 东海北部的这一气旋型涡旋是常年存在的, 并依温度场讨论了夏季气旋型涡旋的多年变化性质^[5,6]。上述作者都认为, 黄海暖流和黄海沿岸流等流系的相互配合及流速的水平切变是该涡旋存在的主要原因。

从已有的历史资料来看, 该涡旋区的北、东、南部海流资料较多, 据这些资料绘制的矢量图已大体看出流场呈气旋型旋转的趋势, 并且这些海流矢量同这一区域的流系——台湾暖流、对马暖流及黄海暖流的流动十分一致。但涡旋区西侧, 即黄海冷水和黄海沿岸流到达的区域, 测流资料较少, 因而对济州岛西南海域的气旋型涡旋的存在与否提出不同程度的疑问和异议。为此近几年我们对涡旋区的水文特征进行了三次海上调查, 其中海上测流的重点旨在澄清涡旋区西侧的海流状况。

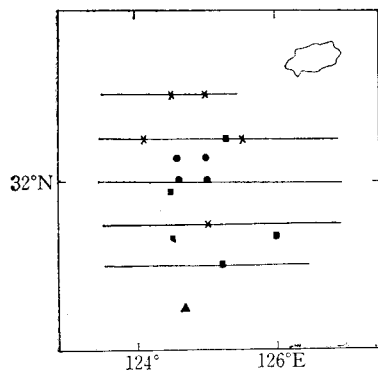


图1 调查海区¹⁾

- 浮标站; × 1982年7月测流站;
- 1984年4月测流站;
- ▲ 1980年6月中美联合调查浮标站;
- 断面位置

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1154号。该调查研究工作是在毛汉礼教授的亲自领导下进行的, 并得到管秉贤教授的关怀。参加三次海上调查的有本所调查技术组、水文组、海流组许多同志, 文中插图由杜渭山同志清绘, 在此一并致谢。

收稿日期: 1984年1月26日。

1) 图中还收进了1980年6月中美联合调查时设置的一个浮标站。

三次调查的水文断面及测流站如图 1 所示。通过调查资料的分析,大体了解到东海北部的黄海冷水的流动情况,并再次证实在东海北部的济州岛西南海域确实存在着一个气旋型涡旋。本文将扼要阐明这些观测结果。

一、三次海洋调查情况

1. 1980 年 7 月的观测结果

关于 1980 年 7 月以浮标阵为中心的海上调查结果,文献[1,4]已作了详细分析,文献[5,6]也利用了部分观测结果,因此这里只作简单介绍。图 2a, b 分别给出 1980 年 7 月观测所得之 10m 层的温度分布、动力高度分布以及锚定浮标阵所得之 10m 层的平均流速矢量。此外,我们还收进了在时间上极为接近的中美长江口联合考察时(1980 年 6 月上旬至下旬)所得的 14 m 层和 17 m 层的平均流速矢量^[7]。从图 2 可以看出:(1)在济州岛西南海面(125°30'E, 31°N)附近存在着一个冷中心。冷中心的最低温度为 19.2°C,比其周围测站温度值至少低 2.7°C,此外观测表明,冷中心处的盐度值为 33.2‰,比其周围测站高 1.5‰。在动力高度图上,存在着相应的闭合等高线。在这一闭合等高线的东侧和北侧正是黄海暖流的流经之地,正如文献[3]中的图 2 所示,那里有更高的动力高度线。因此,如果我们在这些区域设置水文观测站,那么闭合等高线必定会有所增加,地转式的冷水团环流必将比图 2 呈现得更加清晰;(2)从图中给出的实测流速矢量来看,实测流同地转流之间,不仅在方向上,而且在量值上都十分接近,这一事实表明,在我们讨论的涡旋区,至少在夏季可以用地转流场大体表示这一区域的海水流动;(3)与温度平面图相比较

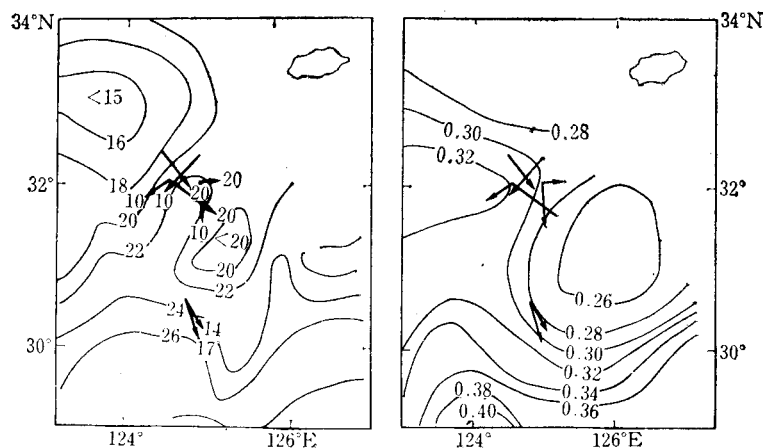


图 2 1980 年 7 月 10 米层温度、动力高度分布及实测流速

a. 温度分布; b. 动力高度分布(图中的矢量为实测余流,矢量上的数字为余流所在的水层)

(图 2a, 及文献[4]图 3),在 126°E 以西海区,中上层的地转流向及实测余流大体同这里的等温线走向一致,从而显示出黄海冷水有南下的总趋势。以上事实表明,在东海北部的济州岛西南海域,确实存在着一个气旋型冷涡旋的海水运动。

2. 1982 年 7 月的观测结果

为了进一步了解夏季涡旋区的水文结构和涡旋西侧的流动情况,1982 年 7 月“科学

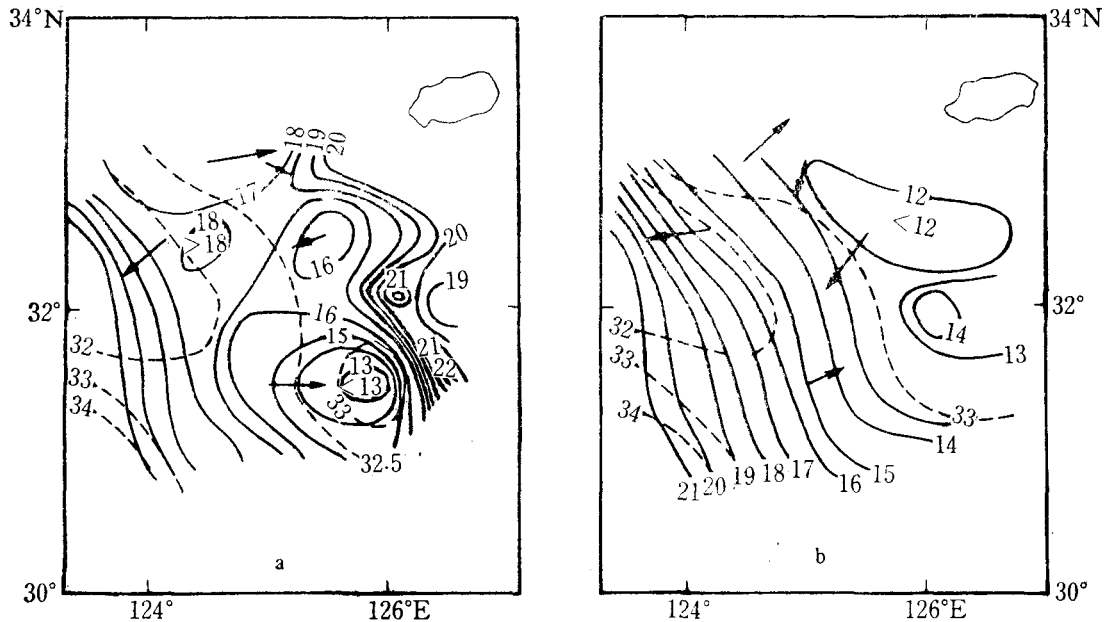


图3 1982年7月温盐度水平分布及余流
a. 20m层; b. 35m层; ——温度; ----盐度

一号”调查船进行了一次海上水文调查。图3a, b是这次调查所得的20m层及35m层温盐度的平面分布。由图3可见,调查海区的东侧,20m层上出现一等温线闭合的冷中心,温度较周围海区至少低 5°C ,盐度较周围海区至少高 0.5‰ 以上。该冷水区的中心位置大约在 $31^{\circ}30'\text{N}$, $125^{\circ}45'\text{E}$ 附近。在35m层,这一冷中心已向北偏移约一个纬距,到达 $32^{\circ}30'\text{N}$, $126^{\circ}00'\text{E}$ 附近。从图3还可以看出,在冷中心的北面,有一向西南方向伸展的暖水舌,以前曾多次发现过这种暖水舌,如1973年7月,1979年6月等¹⁾。我们认为,这是黄海暖流进入黄海以前向西南分叉的反映,我们称它为黄海暖流西分支。它与所讨论海区西南侧的台湾暖流遥相呼应,常部分或完全切断南去的黄海冷水,致使在济州岛西南经常出现孤立的冷水块。显然,黄海暖流向西南分叉的现象是本海区气旋型涡旋存在的重要条件。

由图3给出的余流矢量(图3b中的余流矢量是30m层的)可见,冷中心西侧的流向偏南,大体同温度分布适应。从图3a所示暖水舌两侧的两个测流资料来看,20m层和30m层的余流基本为西南向,大体同上述暖水舌轴线方向一致。再者,最北的两个测站上的余流矢量显示出向东的流动,从温度场看,这是南黄海冷水团环流到达这里的表现。

在断面图上(图4) 125° 与 $126^{\circ}30'\text{E}$ 之间出现底层高盐冷水的上升现象。这次冷水只达20m层附近,比往年偏低。

综上所述,1982年7月,在断面图上出现明显的冷水上升现象,在平面图上出现较强的等温线闭合的高盐冷中心,且在冷中心西北侧出现一指向西南的暖水舌;在冷中心西侧

1) 赵保仁, 东北北部冷涡区的海流结构。《海洋与湖沼》学报待刊稿。

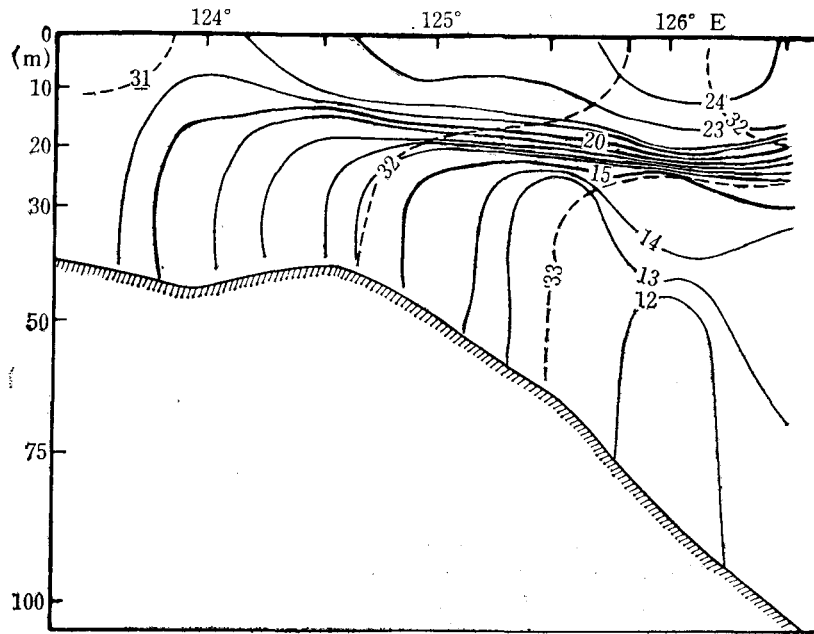


图 4 1982 年 7 月 32°N 线温盐度断面分布

——温度; ----盐度

观测到南下的余流矢量,并且余流方向大体同温度场的走向一致。由此可见,本次调查期间济州岛西南的气旋型涡旋也是存在的。

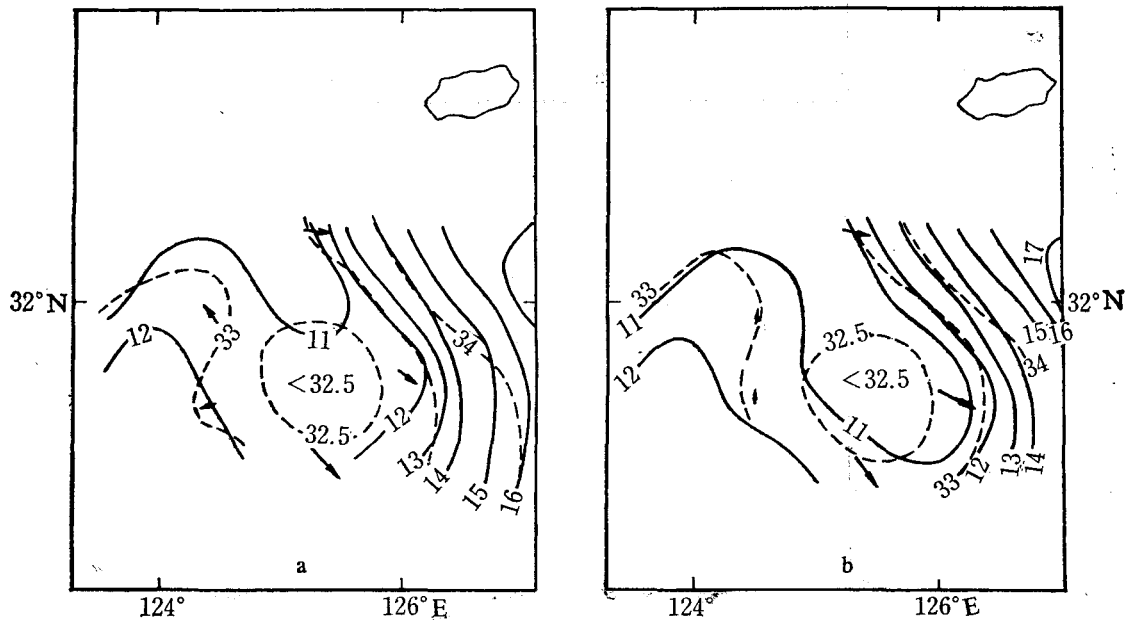


图 5 1983 年 4 月的温盐分布与实测余流矢量 (图例同图 3)

a. 20m层; b. 30m层

3. 1983年4月的观测结果

根据1973年春季(4—5月)的测流资料,毛汉礼等人^[5,6]认为,济州岛西南气旋型涡旋在春季也是存在的。如文献[5,6]的图3所示,1973年4—5月的实测余流分布在涡旋的南、东、北三面,而涡旋的西侧则缺乏测流记录。为此我们于1983年4月在该海区又进行了一次水文调查,并在调查海区的西侧布设了5个海流观测站,以期获得春季黄海冷水向东海北部扩张的有关资料。

图5a, b是这次调查所取得的20 m层和30 m层的温盐度和余流矢量分布图。由图可知,调查海区的中部(125°E以东)有一个自NNW向SSE延伸的低温、低盐水舌,这显示黄海低盐冷水向东海北部扩张的趋势。在低温、低盐水舌的两侧有两股高温、高盐水舌向北伸展。西侧的高温、高盐水舌是台湾暖流向北延伸的结果,东侧的高温、高盐水舌是黄海暖流向西北延伸的结果。由图5可见,两侧的高温、高盐水舌在32°N线以北有向居中的黄海冷水舌挟进的趋势。其中尤以黄海暖流表现更为明显。由于这种挟进影响,致

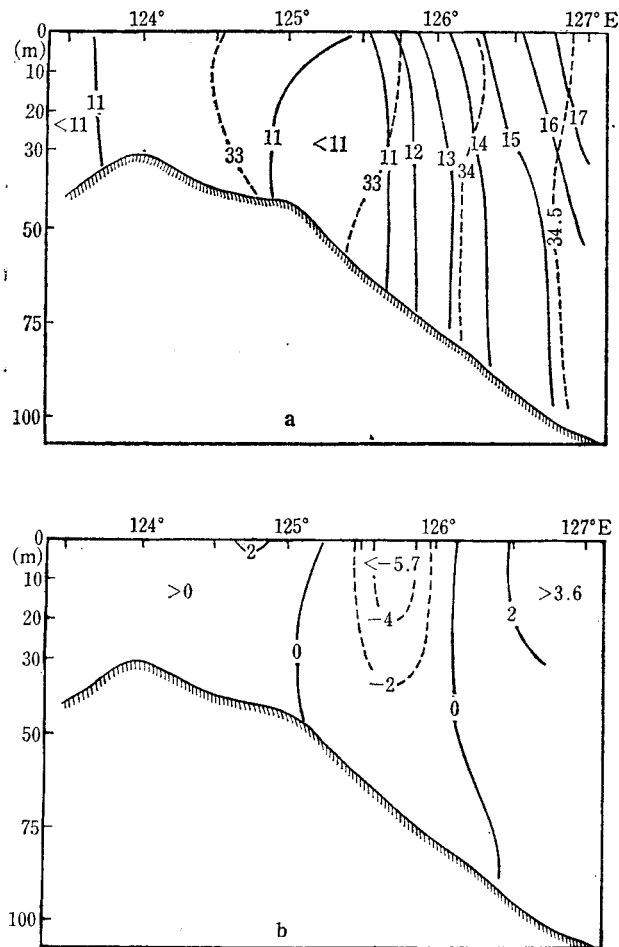


图6 1983年4月32°N断面图

a. 温度分布; b. 地转流速分布

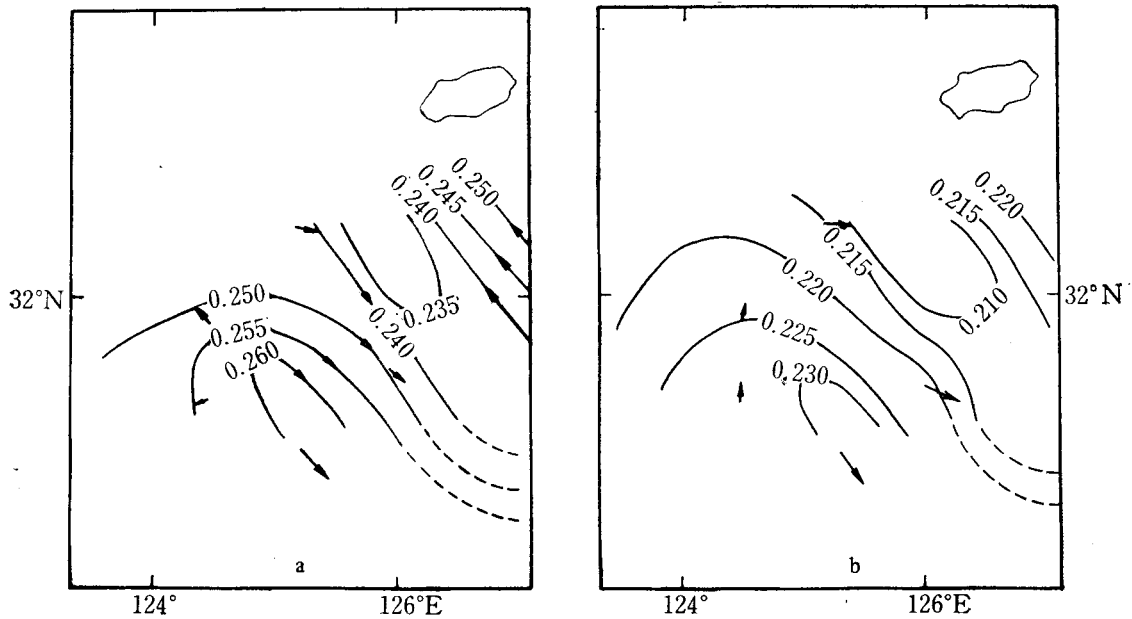


图7 1983年4月动力高度图

a. 20m层; b. 30m层

使 32°N 线以南的低温、低盐水舌呈蛇头状分布。4 月份虽处于增温季节, 但层化现象不明显, 因此从表层到底层, 上述温盐度平面分布的总趋势是相近的。

本次调查期间所得之余流矢量较小, 一般不超过 10 cm/s , 余流方向大体同温盐度分布的舌轴方向一致 (见图 5)。动力计算表明在冷水区域地转流的分布趋势同实测余流是一致的。由图 6a 可见在 $125^{\circ}\text{--}126^{\circ}\text{E}$ 之间有一低温、低盐的冷中心, 这是南下黄海冷水的主体。由图 6b 可知, 在这一冷中心略偏右的区域计算得到的地转流都偏南, 并达到极大值。而在其两侧计算所得之地转流都偏北。由此可见, 上述地转流同温、盐度舌状分布所显示的流系也是一致的。南面几个断面上的地转流也有类似的分布趋势。所不同的仅在于随着冷中心向东南偏移, 南下的地转流核心也逐渐向东南偏移。

图 7 是该次调查所得之 20 m 层及 30 m 层的动力高度图。由于资料缺乏, 在济州岛西南只勾划出半个椭圆状气旋型环流, 考虑到春季黄海暖流在济州岛西南的流动趋势, 上述椭圆完整起来是完全有可能的。由此推测调查期间气旋型涡旋也是存在的。

二、东海北部的黄海沿岸流

东海北部存在着范围相当广泛的低盐冷水。黄海沿岸流是东海北部的低温、低盐水的水源, 对其在该区域的动力性质如何, 它是怎样到达东海北部的, 途中的流速有多大等重要问题, 通过前述三次海洋调查和分析已有了基本认识。

从图 2 可看出, 在夏季黄海沿岸流顺着南黄海冷水团密度环流流向东南, 在其到达 124°E 以东的 32°N 线时, 便顺着上节讨论的气旋型涡旋的西侧折向东南, 然后在 31°N 以南 124°E 以东位置同北上的台湾暖流汇合再折向东南。从给出的余流矢量可知, 黄海

沿岸流在其到达东海之后,有 10—15 cm/s 的流速值。黄海沿岸流南下时同周围海水不断发生混合。首先在 32°N 附近它将同黄海暖流西分支所携带的黄海暖水混合,再往南(31°N 以南)还要同台湾暖流水相混合,此外上层夏季还有长江冲淡水加入。

如前所述,春季黄海沿岸流是按冷水舌轴方向(即东南向)将黄海冷水输往东海的。这时黄海沿岸流的方向要单调得多,它从南黄海到东海北部保持一致的东南流向。从实测资料和动力计算结果来看,春季东海北部的黄海沿岸流流速也能达到 10 cm/s 左右的量值。

从前述动力计算结果及实测余流的对比情况来看,在春、夏两季,黄海沿岸流在其南下过程中基本是地转平衡的。但春、夏两季的表现形式又有不同。春季,南下的黄海冷水较周围海水温差较小,同时又因其具有明显的低盐性质,因而虽然黄海沿岸流是地转的,却沿温盐舌轴方向流动。夏季,南下的低温冷水同周围的海水温差显著,并常常显示其高盐性质。因此,观测表明,黄海沿岸流是沿冷中心的西侧南下的,此时等温度线分布趋势大体上反映了地转流的流动趋势。我们没有秋、冬两季的实测余流资料,但是从地转流来看,冬季地转流分布趋势大体上同图 6, 7 相近,秋季在 10 月底前地转流场大体同夏季相近。由此推测,冬季黄海沿岸流的流动情况将同春季相似,秋季的情况将同夏季相似。

三、涡旋区的实测流场

现在需要说明的另一个重要问题是:我们在涡旋西侧测得的流速矢量同历史上同期观测到的其它海流矢量能否相互协调呢?图 8 和图 9 分别给出前述夏季观测到的余流矢量(实线矢量)同 1972 年 7—8 月实测余流余矢量(虚线矢量)的拼合结果,其中图 8a 和图 9a 为 10m 层余流分布,图 8b 和图 9b 为 20m 层余流分布。由上述 4 幅图可以看出,1980

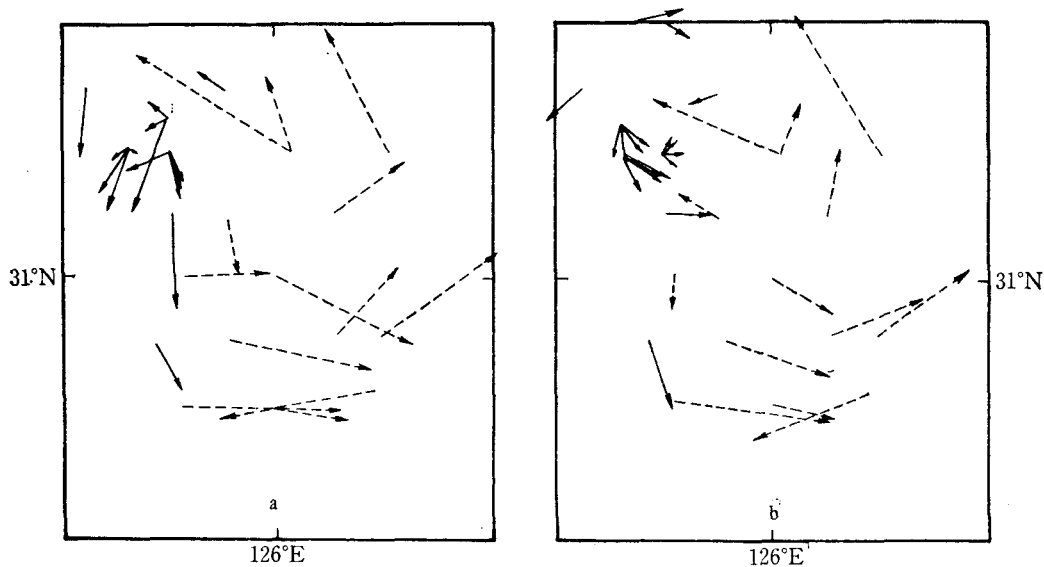


图 8 所测余流同 1972 年夏季资料的拼合图

a. 10m 层; b. 20m 层

(图中虚线矢量为 1972 年夏季资料)

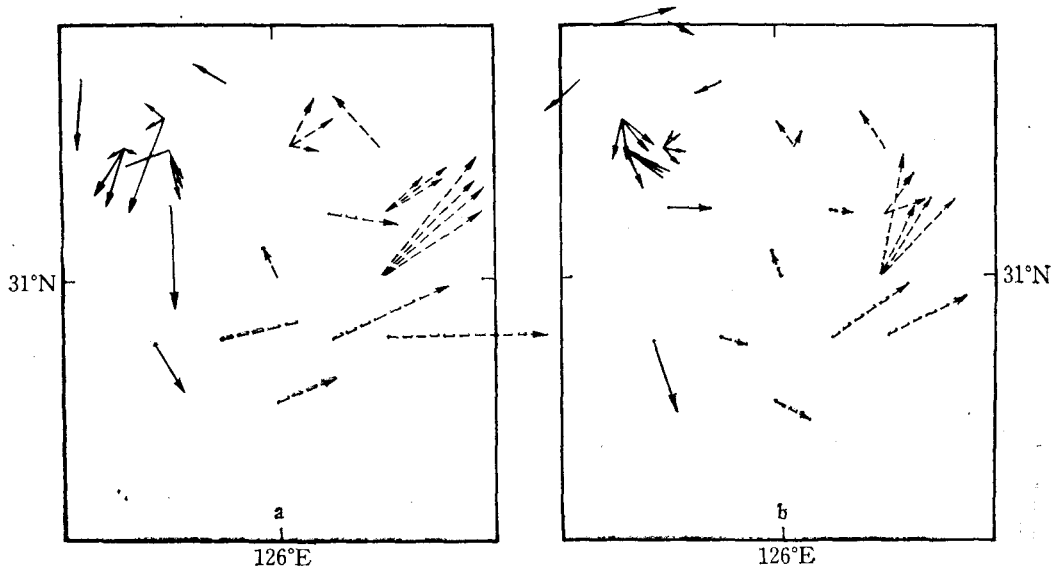


图 9 所测余流同 1973 年夏季观测资料的拼合图

a. 10m 层; b. 20m 层

(图中虚线矢量为 1973 年夏季资料)

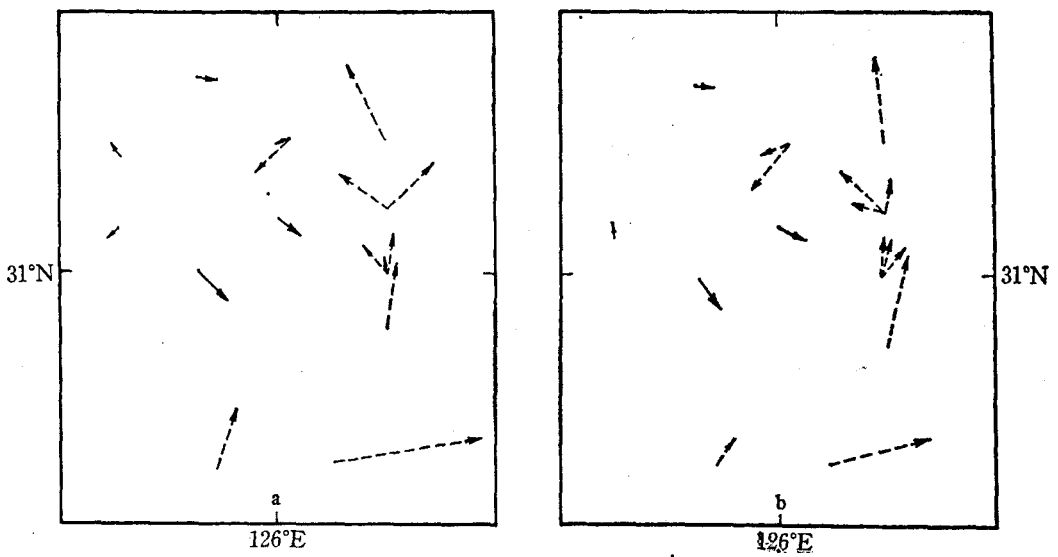


图 10 所测余流同 1973 年春季观测资料的拼合图

a. 20m 层; b. 30m 层

(图中虚线矢量为 1973 年春季资料)

年和 1982 年夏季观测的余流矢量同历史上同期测得的余流矢量恰巧拼合成完整的气旋式的涡旋运动。由图可见，涡旋中心大约在 126°E, 31°30'N 附近，涡旋的直径约为两个半纬距。需要指出：上述情况不仅在 10 m 层和 20 m 层上出现，而且 5 m 到 50 m 的整个水体都有类似的分布趋势。

图 10 给出 1983 年 4 月实测余流与 1973 年 4—5 月的实测余流场的拼合图。由图可见,春季流场同夏季流场一样,不同年份的实测流速拼凑到一起,勾划成一个完整的气旋型流场。所不同的仅在于春季流场呈南北伸展的椭圆形,这与图 7 所示的等高线的分布趋势一致,并且涡旋中心位置向东南偏移约半个纬距。春季涡旋的厚度在 50 m 以上。

四、结 语

以上我们已经叙述了近几年来在东海北部所进行的海洋水文调查的主要结果。阐明了伸展到东海北部的黄海沿岸流的流动情况,指出济州岛西南的气旋型涡旋在每次调查中都是存在的。我们还把所得的余流值同历史上所得的余流资料描绘在一起,结果在济州岛西南的东海北部海区,完整地勾划出一气旋型旋转的流场。以上事实说明,东海北部海水的气旋型涡旋运动是确实存在的,从而证明了胡敦欣等人^[3]和毛汉礼等人^[5,6]关于在济州岛西南海区存在一个半永久性的、一年四季均存在的气旋型涡旋的结论是正确的。

参 考 文 献

- [1] 吕良洪, 1982. 东海北部多站锚碇浮标测流结果的分析. 海洋科学 6: 4—8.
- [2] 胡敦欣、丁宗信、熊庆成, 1980. 东海北部一个气旋型涡旋的初步分析. 科学通报 25(1): 29—31.
- [3] 胡敦欣、丁宗信、熊庆成, 1983. 东海北部一个夏季气旋型涡旋的初步分析. 海洋科学集刊 21: 87—99.
- [4] 熊庆成、赵保仁, 1984. 1980 年 7 月东海北部冷涡区温度、盐度和海流的观测与分析. 海洋科学 1: 1—6.
- [5] Mao Hanli, Hu Dunxin, Zhao Baoren and Ding Zhongxin, 1983. A Cyclonic Eddy in the Northern East China Sea. Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf with Special Reference to the East China Sea, April 12—16, 1983, Hangzhou, China. Ocean Press, pp. 280—287.
- [6] Mao Hanli, Hu Dunxin, Zhao Baoren and Ding Zhongxin, 1984. Mesoscale eddy movement in the Northern East China Sea. Chinese Jour. of Oceanology and Limnology 1(3): 237—247.
- [7] Zhao Jinsan, Qiao Rongzhen, Dong Ruzhou, Zhang Jialin and Yu Shangqing, 1983. An Analysis of the Current Condition in the Investigation Area of East China Sea. Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf with Special Reference to the East China Sea, April 12—16, 1983, Hangzhou, China. China Ocean Press, pp. 288—301.

NEW EVIDENCES ABOUT THE EXISTENCE OF CYCLONIC EDDY IN THE NORTHERN PART OF THE EAST CHINA SEA*

Zhao Baoren

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

According to the distribution of temperature, salinity, geostrophic and residual currents the cyclonic eddy is identified to exist by recent observations in the area off the southwest coast of Cheju Island. Newly obtained residual current data as well as the old one for the same season show a complete cyclonic eddy movement, proving further the year round existence of the cyclonic eddy. The principal characteristics of the Huanghai Coastal Current in the northern part of the East China Sea are also described.

* Contribution No. 1154 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.