

台湾海峡中、北部海域春、夏季水团分析*

翁学传 张启龙 颜廷壮 王从敏

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

梁 红 星

(福建海洋研究所, 厦门 361012)

提要 本文依据1983, 1984, 1987, 1988几年的有关资料, 利用“对应分析法”对台湾海峡中、北部海域春、夏季(5—8月)的水团及有关问题进行了分析。结果表明: (1) 5—8月间该海域存在两种水团分布类型, 其中5月属冬季型, 全海域存在浙闽沿岸水和海峡暖流水两个水团; 6—8月属夏季型, 全海域均为海峡暖流水盘踞, 按温度不同, 它又分为上层水和深层水两部分。(2) 浙闽沿岸水具低温、低盐、高溶解氧特征, 均一性较差, 年际变异较大; 海峡暖流水以高盐为主要特征, 温、盐度和溶解氧分布较均匀, 且诸特征相对稳定。(3) 海峡东、西两侧均存在上升流现象, 西侧的上升流出现于6—8月, 中心在海潭岛附近; 东侧的上升流7月见于澎湖群岛北方海区。(4) 6—8月间, 海峡暖流深层水(核心)主要沿海峡偏西一侧北上, 而不是紧靠东侧径直向北。

关键词 台湾海峡 水团

近年来, 随着台湾海峡海洋学调查和研究工作的开展, 对该海域海洋水文物理学的基本特征已有进一步了解。但是关于台湾海峡区的水团尚没有进行全面和深入研究, 至今仅有范光龙^[1]、翁学传^[2]和王曹^[3]作过报道。本文根据1987年7, 8月和1988年5, 7月在台湾海峡中、北部海域(24—26°N, 向东距台湾岛西岸12n mile)取得的温、盐度和溶解氧资料(站位见图2a), 结合1983年5—8月和1984年5月的观测结果(站位见图4a), 对该海域春、夏季(5—8月)的水团结构及其变化特征进行分析。

一、分析方法

本文根据台湾海峡中、北部海域水文要素场结构及其变化特征^[4-6], 采用作者提出的“对应分析法”来划分该海域的水团^[2]。

对应分析法的基本原理以及具体分析方法, 文献[2]已作过介绍。本文将1983年5—8月, 1984年5月, 1987年7, 8月和1988年5, 7月在台湾海峡中、北部海域共9个航次调查中的6个标准水层(0, 10, 20, 30, 50m层和底层)和9个断面(A, B, C, D, E, I, II,

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1845号。国家自然科学基金资助项目。

接受日期: 1990年10月19日。

1) Wang, Zh., Ching, S.C., 1991, On the distribution of bottom cold waters in the Taiwan Strait, "The Sixth Japan and East China Seas Study Workshop", 38, pp.

III,IV) 上的温度、盐度和溶解氧作为独立变量进行计算,得出了 94 幅因子点聚图(图 1, 仅引列其中两幅)。以下根据由这些因子点聚图分析得出的结果,具体讨论研究海域水团的分布类型、特性及其变化。

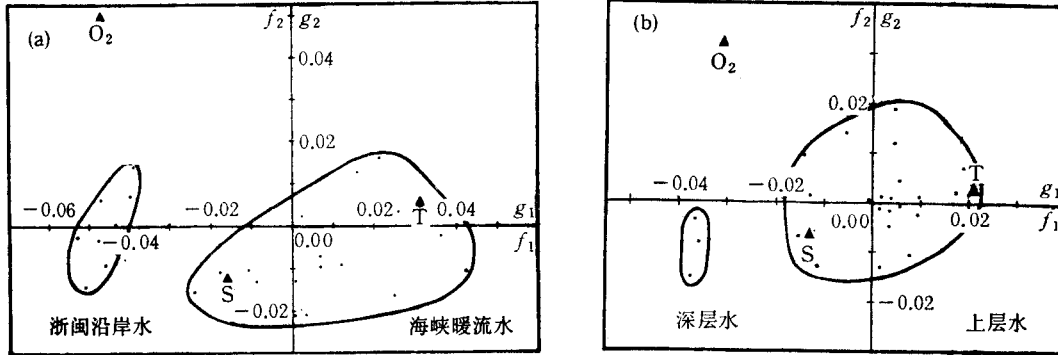


图 1 因子点聚图

Fig.1 Scatter diagram of factors
a. 1988.5, 表层; b. 1988.7, 表层。

二、水团分布类型

分析结果表明,各年 5—8 月间台湾海峡中、北部海域主要存在两个水团,即浙闽沿岸水和海峡暖流水(系指由南部进入海峡的黑潮水和南海水的总称,暂名)。其中,海峡暖流水体积较大,分布范围广,存在时间长,是春、夏季本海域的主要水团。浙闽沿岸水出现时间短,分布范围小,它的主体不在研究海域内。

综合本文划分水团结果,并结合文献[5]的有关结论,可见 5—8 月间,台湾海峡中、北

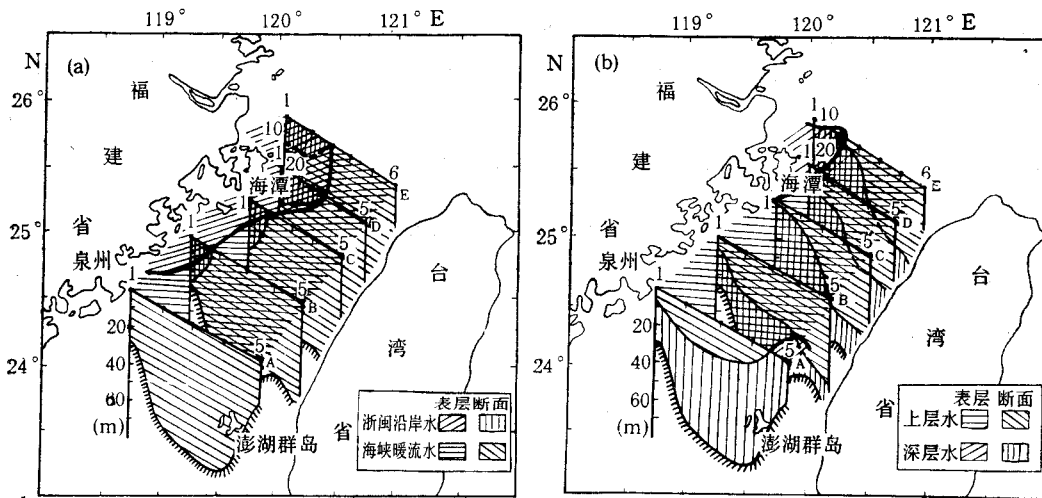


图 2 水团分布类型

Fig.2 Distributive types of water masses
a. 冬季型(1988.5); b. 夏季型(1988.7)。

部海域的水团分布存在冬季和夏季两种类型,其中 5 月属冬季型,6—8 月属夏季型。

1. 冬季型

存在于 10 月至翌年 5 月^[5],其主要特点是研究海域同时存在浙闽沿岸水和海峡暖流水这两个水团。前者分布于海潭岛附近的福建沿岸一带,范围较小,仅出现在上层;后者则分布于其余的广大海域(图 2a)。由于这两个水团的温、盐性质差异较大,所以交界处出现明显的温、盐度水平梯度——海洋锋。

2. 夏季型

出现于 6—9 月^[5],此时,全海域均为具高盐特征的海峡暖流水所盘踞。按温度的不同,它又分为温度较高的海峡暖流上层水(简称上层水)和温度相对较低的海峡暖流深层水(简称深层水)两部分。这两部分水体上、下叠置,其间存在着较大的温度垂直梯度——温跃层(图 2b)。

冬、夏季型水团配置是台湾海峡中、北部海域水团分布的基本类型。冬季型向夏季型过渡较迅速,出现在 5 月与 6 月之间;夏季型向冬季型的转换见于 9 月。冬、夏季型水团分布大致与该海域冬、夏季型水文结构相对应^[5,6],它们的转换过程与季风的交替有密切联系。

三、水团特性及其年际变化

1. 浙闽沿岸水

主要由瓯江和闽江入海迳流与海水混合形成,分布于浙江南部和福建沿岸一带。在台湾海峡中、北部海域出现的浙闽沿岸水只是它的前缘部分。这部分沿岸水在本海域并不终年存在,它的出现具有明显的季节性。5 月,浙闽沿岸水在本海域已濒临消失,分布范围较小,在表层主要展布于福建沿岸的海潭岛至泉州湾一带,离岸距离一般为 10—30n

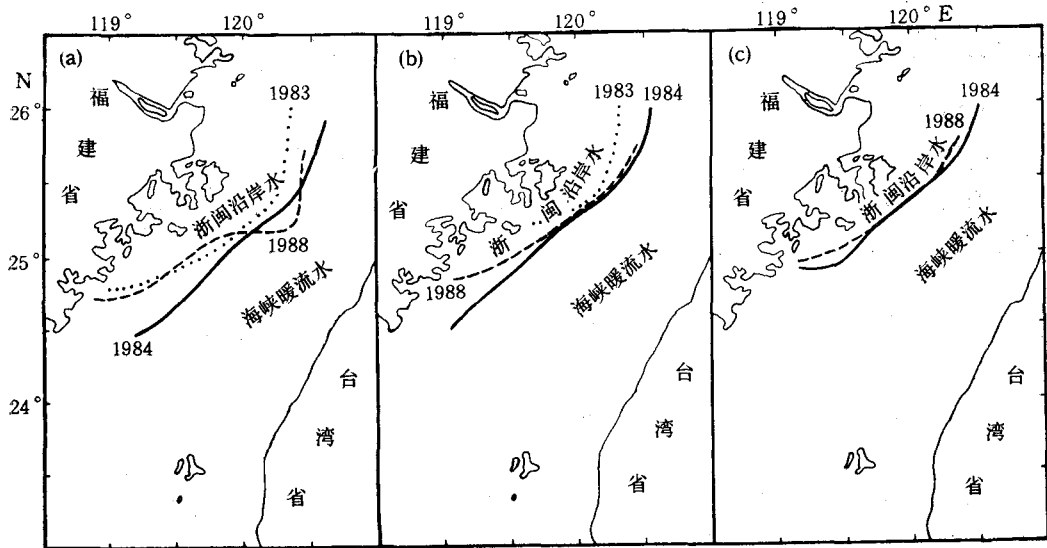


图 3 浙闽沿岸水分布(5 月)

Fig.3 Distribution of Zhemin Coast Water(May)

mile, 厚度较薄, 且呈北厚、南薄的分布趋势。图 2a 展示了 1988 年 5 月浙闽沿岸水的实例分布。6 月, 浙闽沿岸水在研究海域消失。

从现有资料看, 各年 5 月浙闽沿岸水的位置较稳定, 但分布范围却有明显差异 (图 3)。例如 1983 年, 它在表层的分布向南仅及泉州湾, 在垂直方向上也只展布于 20m 以浅的上表层。1984 年, 它的分布范围较大, 表层伸至 $24^{\circ}30'N$ 以南, 厚度在 30m 左右。据位于浙闽沿岸水域的海潭岛风情资料统计, 该站 1983 年 5 月东北风 (N-ENE) 的频率为 43% (月平均风速 8.2m/s); 1984 年 5 月相应为 79% (9.6m/s)。可见该水团分布范围的变化与风情有较好的对应关系。

从温、盐性质看, 浙闽沿岸水的均一性较差, 具有典型的混合水性质。它的主要特征是低温、低盐, 但时至 5 月, 海洋上表层已迅速增温, 它的低温特征已不如冬季明显。由表 1 可见, 5 月它的平均温度在 $19.41-23.04^{\circ}C$ 之间; 平均盐度为 30.75—32.53, 是研究海域盐度最低的水团。该水团的另一特征是溶解氧含量较高, 平均为 4.95—5.69mg/L, 居本海域诸水团之首。

表 1 台湾海峡中、北部海域水团特征 (5 月)

Tab.1 Characteristics of water masses in the middle and north Taiwan Strait (May)

水团	年份	$T(^{\circ}C)$			S			$O_2(mg/L)$		
		范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差
海峡暖流水	1983	22.12—25.02	23.88	0.74	32.81—34.55	33.82	0.61	4.18—5.36	4.75	0.36
	1984	18.60—24.67	21.87	1.77	33.48—34.52	34.26	0.23	4.39—5.61	4.92	0.28
	1988	22.24—26.73	24.19	0.92	33.29—34.58	34.39	0.35	3.36—5.13	4.61	0.34
浙闽沿岸水	1983	22.39—23.42	23.04	0.44	29.15—32.67	31.20	1.19	4.91—5.69	5.19	0.35
	1984	18.09—20.89	19.41	0.66	14.29—33.33	30.75	3.38	4.89—7.20	5.69	0.45
	1988	21.26—24.20	22.51	0.91	31.02—33.38	32.53	0.80	4.32—5.28	4.95	0.28

2. 海峡暖流水

终年存在于台湾海峡中、北部海域, 分布范围具有明显的月间变化。5 月, 它分布于除浙闽沿岸水以外的研究海域 (图 2a)。6 月浙闽沿岸水消失, 海峡暖流水占据了整个研究海域。同时, 由于上表层海水受热增温它又演变为上层水和深层水两部分 (图 2b)。其中, 上层水分布于温跃层以浅的上表层; 深层水盘踞于深底层。由于深层水在自南向北运移过程中受地形影响出现沿坡涌升现象, 因此这两个水体的界面大致呈现自东南向西北上倾之势。在海潭岛附近的福建沿岸一带, 深层水可涌升至 10m 以浅水层, 但未露于海面 (图 4)。7 月深层水在上表层的分布范围进一步扩大, 在海潭岛附近已扩展至海面, 有些年份 (例如 1987 和 1988 年) 还在海域东南部的上表层出现。8 月, 深层水在上表层的分布范围开始缩小, 但水团配置仍与 6—7 月相似。由此可见, 深层水在 6—8 月间完成了一个长消过程, 它的分布范围以 7 月为最大 (图 5)。

从现有资料看, 6—8 月间, 上层水和深层水的出现位置都较稳定, 但其分布范围存在明显差异。深层水主要盘踞在深底层, 所以, 分布范围的变化主要表现为它在海域上表层

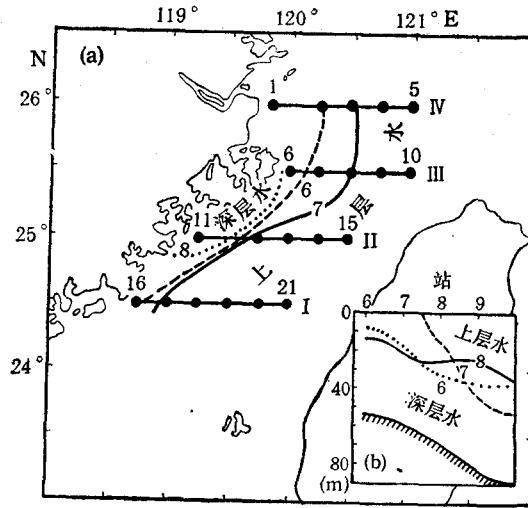


图 4 6—8 月水团分布

Fig.4 Distribution of water masses between June—August
a. 10m 层; b. 25°30'N 断面。

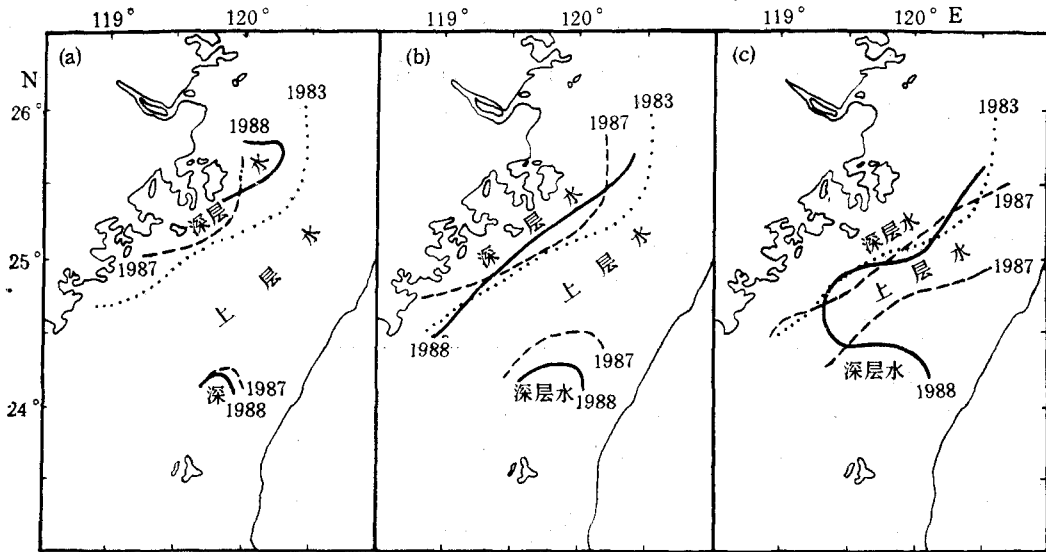


图 5 7 月深层水分布

Fig.5 Distribution of Deep Water in July
a. 表层; b. 10m 层; c. 20m 层。

分布范围的变动。以深层水分布范围最广的 7 月为例(图 5), 1983 年它集中出现在海潭岛附近的福建沿岸, 在 20m 以浅直至表层的分布范围都很大。1987 和 1988 年, 它在福建沿岸出现的范围, 10m 和 20m 层大致与 1983 年相似, 但表层却比 1983 年明显偏小, 特别是 1988 年仅局限于海潭岛东北沿岸。与此同时, 这两年深层水还出现在澎湖群岛北方的上表层海域(图 5)。在 20m 层, 这部分深层水的分布范围甚大, 其中 1988 年它几乎与

表 2 台湾海峡中、北部海域水团特征 (6—8月)

Tab.2 Characteristics of water masses in the middle and north Taiwan Strait (between June and August)

水团	年份	6 月								
		T(°C)			S			O ₂ (mg/L)		
		范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差
海上 暖水 流	1983	24.83—28.50	26.55	0.98	33.02—34.12	33.42	0.49	4.51—6.67	4.92	0.30
	1987									
	1988									
海深 暖水 流	1983	22.27—25.65	24.25	0.90	33.64—34.44	34.16	0.17	4.03—5.40	4.63	0.33
	1987									
	1988									
水团	年份	7 月								
		T(°C)			S			O ₂ (mg/L)		
		范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差
海上 暖水 流	1983	25.52—28.72	27.30	0.84	33.27—34.09	33.57	0.28	4.10—4.85	4.83	0.14
	1987	25.62—29.14	26.94	0.88	33.22—34.25	33.86	0.31	3.93—5.59	4.73	0.16
	1988	26.66—29.05	27.88	0.73	33.54—34.15	33.94	0.12	4.38—5.26	4.64	0.15
海深 暖水 流	1983	23.05—26.42	24.92	1.05	33.89—34.43	34.15	0.17	3.66—5.27	4.51	0.34
	1987	22.27—26.69	24.34	1.13	34.01—34.57	34.39	0.12	3.72—5.20	4.59	0.34
	1988	22.98—26.59	25.28	0.98	34.04—34.55	34.34	0.12	3.89—4.93	4.42	0.26
水团	年份	8 月								
		T(°C)			S			O ₂ (mg/L)		
		范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差	范围	均值	标准偏差
海上 暖水 流	1983	26.55—29.38	28.34	0.68	33.16—34.20	33.71	0.30	3.76—5.10	4.75	0.51
	1987	26.04—28.53	27.24	1.20	33.38—34.12	33.87	0.18	4.44—4.92	4.69	0.18
	1988									
海深 暖水 流	1983	21.99—26.44	24.67	0.95	33.96—34.44	34.19	0.24	3.72—5.29	4.38	0.41
	1987	22.58—26.90	24.56	1.28	33.96—34.44	34.19	0.14	3.72—5.29	4.52	0.37
	1988									

福建沿岸的深层水连成一片。分析有关资料表明,深层水分布范围的年际变化,除与海峡暖流水本身强弱有关外,也与各年风情(西南风出现频率)有极为密切的关系^[4]。

海峡暖流水以高盐为主要特征。在其演变为上层水和深层水的6—8月期间,它们的平均温、盐度和溶解氧含量分别为26.55—28.34°C, 33.42—33.94, 4.64—4.92mg/L和

24.25—25.28°C, 34.15—34.39, 4.38—4.62mg/L (表 2)。由此可见, 上层水的温度和溶解氧含量都较高, 而盐度略低; 深层水的温度和溶解氧都较上层水低, 而盐度却高于上层水。

总的说来, 海峡暖流水温、盐度和溶解氧的分布较均匀, 其中尤以深层水为甚。在 6—8 月间, 深层水的盐度和溶解氧含量都比较稳定, 月间变化不明显, 但温度有呈现逐月上升之势, 这显然与 6—8 月间太阳辐射逐月加强有关。

6—8 月间海峡暖流水诸特征的相对稳定性还表现在其年际变化方面。由表 1、表 2 可知, 各年相应月份海峡暖流水温、盐度和溶解氧特征都比较相近; 只是 5 月由于受浙闽沿岸水影响, 使海峡暖流水诸特征的年际差异略大。

四、讨 论

根据水团分析结果, 对研究海域的上升流现象和海峡暖流深层水运移路径这两个问题试作探讨。

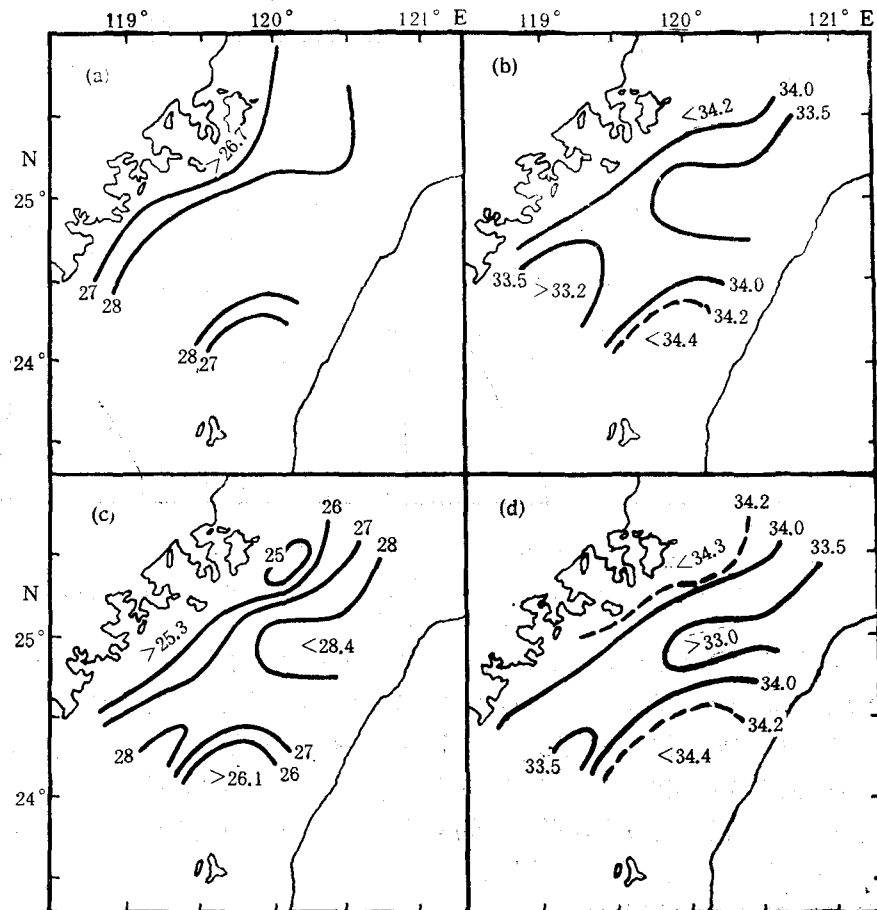


图 6 1987 年 7 月温、盐度分布

Fig.6 Distributions of temperature and salinity in July, 1987

a. 表层; b. 10m 层。

1. 上升流现象

台湾海峡中、北部海域是上升流较发达的海区。该海域的上升流与海峡暖流深层水的涌升有较为密切的关系。所以根据海峡暖流深层水在台湾海峡中、北部海域上表层的分布形态及其变化特征, 可以对该海域的上升流现象得出如下认识。

(1) 台湾海峡中、北部海域的东、西两侧都存在着上升流现象。

(2) 海峡西侧的上升流已有报道^{1),7)}。它出现于 6—8 月, 位置较稳定, 中心大致都位于海潭岛附近。该上升流在表层和 10m 层的分布范围(即深层水分布范围)如图 5a,b 所示。由图可见, 它的分布范围各年不尽相同, 这在表层尤为明显。该上升流长消过程的持续时间各年也有差异, 但都以 7 月最盛。此时, 它的分布范围最广(图 4, 图 5), 中心(海潭岛)附近的海水温度最低, 盐度最高, 溶解氧含量最低。以 1983 年 7 月 10m 层为例, 分别为 24.09°C, 34.33 和 4.35mg/L, 与周围相差分别为 -3.2°C, +1.12 和 -0.50mg/L。这一上升流的成因主要是海峡暖流深层水的爬升和西南风的出现。前者的作用相对稳定, 后者则多变化, 所以该上升流分布范围和强弱的年际变化与西南风的关系较为密切。

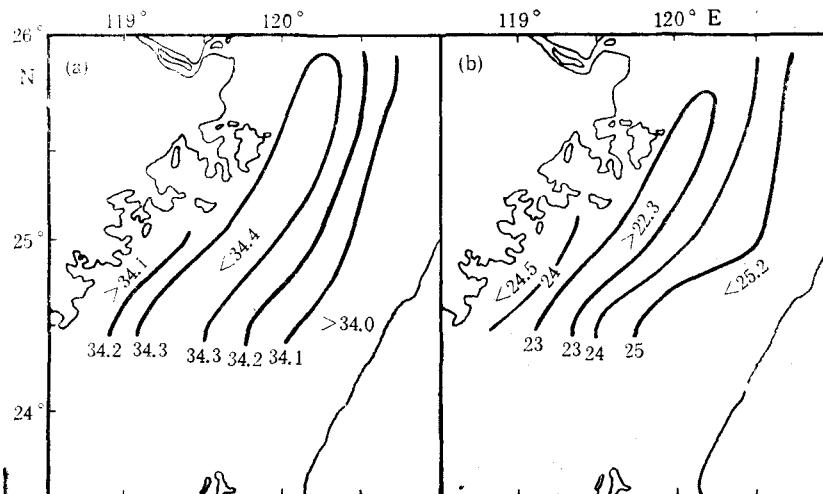


图 7 1983 年 6 月底层温、盐度分布

Fig.7 Distributions of bottom temperature and salinity in June, 1983

a. 盐度; b. 温度。

(3) 海峡东侧的上升流出现于澎湖群岛北方海区。它的范围较小, 中心位于 A₅ 站 (119°45'E, 24°06'N) 附近, 在表层向北仅及 24°15'N (图 5)。该上升流的存在至今尚未见公开报道, 但从 1987 和 1988 年 7 月水团分析结果(图 5)和温、盐度分布(图 6, 1988 年图略)可以确证它的存在¹⁾。据现有资料分析, 该上升流的形成, 主要是海峡暖流深层水在沿澎湖水道北上过程中受海底地形抬升的影响。由于缺乏澎湖群岛周围海域的观测资料, 目前尚难对该上升流作进一步分析。

2. 海峡暖流深层水的运移路径

由水团分析结果可知, 海峡暖流深层水具低温、高盐特性, 6—8 月间它主要盘踞在台

1) 1983 年调查范围偏北, 向南仅及 24°30'N。

湾海峡中、北部海域的深底层。

据 1983, 1987 和 1988 年 6—8 月资料分析, 研究海域深底层温、盐度分布的主要特征: 温度为海峡西侧低于东侧, 盐度则西侧高于东侧。这种分布特征表明, 具低温、高盐特征的海峡暖流深层水的主体位于海峡偏西一侧。从深底层最低水温和最高盐度值的分布, 还可以进一步得出该水团的核心位置。总的说来, 这三年 6—8 月间海峡暖流深层水的核心都位于 A₄(A₅) 站—19 站—B₂ 站—12(13) 站—C₂(C₁) 站—D₁(D₂) 站—6(7) 站—E₂(E₃) 站—2(3) 站(图 2a、图 4a) 的连线附近。图 7 绘出了 1983 年 6 月底层温、盐度分布, 图中 34.3 等盐线和 23.0°C 等温线的分布趋势很好地表明了该水团核心位置的分布。

文献[8]报道, 澎湖水道 2—7 月间的深层流均为北向流(流向 11°, 流速 238cm/s); 文献[3]也指出, 春、夏季海峡区的底层流都是东北向的。这表明海峡暖流深层水都是自南向北运移的。图 7 中海峡暖流深层水核心位置的分布大致可表征该水团在海峡中、北部海域的运移路径。

综合以上分析, 并结合海峡南部海底地形特征以及浮游有孔虫的分布特征¹⁾, 可以推论, 6—8 月海峡暖流深层水主要是沿澎湖水道北上, 其后转向海峡中央(与沿台湾浅滩西侧北上的南海水相汇), 靠近海峡中线偏西一侧继续北上, 而不是紧靠海峡东侧径直北上。

参 考 文 献

- [1] 肖晖, 1988, 台湾海峡西部沿岸上升流研究, 台湾海峡, 7(2): 135—142。
- [2] 张启龙、翁学传, 1985, 应用对应分析法划分夏季东海水团的初步研究, 海洋科学, 2: 14—18。
- [3] 张以恩等, 1991, 台湾海峡的底层流, 海洋与湖沼, 22(2): 124—131。
- [4] 陈冠惠, 1991, 风对福建中部沿岸春、夏季水文结构和上升流的影响, 海洋科学, 4: 48—52。
- [5] 翁学传等, 1988, 台湾海峡中、北部海洋水文特征, 台湾海峡中、北部海洋综合调查研究报告, 科学出版社, 138—188。
- [6] 黄荣祥, 1989, 台湾海峡中、北部海域温、盐度特征, 海洋科学, 6: 33—38。
- [7] 黄荣祥, 1989, 台湾海峡中、北部海域的上升流现象, 海洋湖沼通报, 8: 8—12。
- [8] Chuang, W.S., 1986, A note on the driving mechanisms of current in the Taiwan Strait, *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 42(5): 355—361。
- [9] Fan, K.L., 1982, A Study of Water mass in Taiwan Strait, *Acta Oceanogr, Taiwanica*, 13: 140—153。

1) 郑执中, 1985, 浮游有孔虫参数作为我国东南海域几支暖流分布趋向的佐证。(未刊稿)

ANALYSIS OF WATER MASSES IN THE MIDDLE AND NORTHERN TAIWAN STRAIT IN SPRING AND SUMMER*

Weng Xuechuan, Zhang Qilong, Yan Tingzhuang, Wang Congmin

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

Liang Hongxing

(*Fujian Oceanology Institute, Xiamen 361012*)

ABSTRACT

This paper analyses the water mass in the middle and northern Taiwan Strait in spring and summer (May—August) and other related problems by using “the comparison analysis method.” The results are given below. 1) There are two distributive types of water mass in this area between May and August, the winter type in May and the summer type in June—August. Two water masses exist in the whole area in May, namely, the Zhemín Coast Water and the Strait Warm Current Water. From June to August, the whole area is all occupied by the Strait Warm Current Water and according to different temperature and salinity, it can be divided again into two parts, upper water and deep water. 2) The Zhemín Coast Water is of characteristics of lower temperature, lower salinity and higher dissolved oxygen. Its uniformity is poorer and interannual variations are greater. The Strait Warm Current Water is mainly characterized by its higher salinity. And temperature, salinity and dissolved oxygen are homogeneously distributed. 3) There are some upwelling phenomena in both east and west sides of the Strait. The upwelling on the west sides appears between June and August and its centre is in the area near the Haitan Island but the upwelling on the east side is found in the north of the Penghu Islands in July. 4) The Strait Warm Current Deep Water (core) mainly goes northwards along the west side of the centreline of the Strait instead of flowing straight to the north closely by the east side of the Strait between June and August.

Key words Taiwan Strait, Water masses.

* Contribution No. 1845 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.