

台湾海峡的底层流*

张以愚 翁学传 张启龙 王从敏

(中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071)

提要 本文主要根据1984年2月—1988年7月在南起 $21^{\circ}49'N$, 北至 $27^{\circ}00'N$ 的台湾海峡及其邻近海域投放“人工水母”的结果, 并结合实测底层流资料, 对台湾海峡底层流的基本特征进行了分析。发现: 台湾海峡区的底层流一年四季都向东北方向流动; 在海峡西侧的福建沿岸一带, 存在着底层流的向岸流动现象; 海峡东侧, 底层流主要顺台湾沿岸向东北方向流动; 台湾海峡的底层流在北上进入东海后, 其主体仍继续沿东北方向流动, 在 $27^{\circ}00'N$, $122^{\circ}00'E$ 附近与来自台湾东北侧的黑潮水(黑潮次表层水)相汇, 并继续北上。

由于众多原因, 长期以来对台湾海峡海流的调查和研究均较少^[9,10,11]。进入80年代以来, 随着台湾海峡海洋学调查研究工作的开展, 我国海洋学者在海峡西侧和东侧的沿岸海域分别进行了一些测流工作^[4-7], 并发表了有关论述^[1,2,4-8]。但是总的说来, 直到目前为止, 台湾海峡区的海流观测资料仍较匮乏, 所以迄今对该海域的海流结构, 特别是冬季的海流结构尚没有比较全面和统一的认识。

目前在台湾海峡全海域进行大范围长时间的仪测海流尚有一定困难。本文主要利用“人工水母”的投放结果, 并结合实测底层流资料, 对台湾海峡底层流的基本特征进行分析。

一、底层流观测

1. “人工水母”投放和回收情况

于1984年2月—1988年7月, 在台湾海峡以及台湾北方海域设立了“人工水母”投放站。由图1可见, 在海峡区, 投放站多组成断面形式, 有的断面沿纬线分布, 多数断面垂直于海峡轴线。台湾北方海域的大部分投放站都位于 $26^{\circ}00'—27^{\circ}00'N$, $121^{\circ}00'—122^{\circ}00'E$ 范围之内。在各投放站, 按月或按季进行“人工水母”的投放, 每站每次投放50个。

表1统计了“人工水母”投放和回收情况。自1984年2月至1988年7月, 在 $21^{\circ}49'—27^{\circ}00'N$, $117^{\circ}45'—122^{\circ}00'E$ 海区, 总计投放“人工水母”100站次, 先后投放4851个。截止1989年4月上旬止, 共回收264个, 平均总回收率为5.4%。

“人工水母”的回收, 主要通过海上作业的渔轮的底层拖网从海底附近捕捞上来的。因此, 其回收率与其漂移方向以及渔轮的作业位置有密切的关系, 而且随投放海区和投放时

* 中国科学院海洋研究所调查报告第1819号。本文研究属国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1990年3月15日。

1) 华东海洋研究所, 1964。泉州海区海洋水文状况。

间而不同。投放在渔场区及靠近大陆沿岸一侧海域的,回收较多;而靠近台湾岛的一些投放站则回收较少,有的甚至一个也没有回收,估计有一部分为台湾省的渔轮所回收。所回收的“人工水母”大部分都是在 100 天以内回收到的,占了全部回收总数的 66%。其后,随着时间的延长,回收数量逐渐减少(图 2)。从回收情况来看,漂移距离最短的为 5n mile,最长的为 224n mile,其中绝大部分的漂移距离在 10—100n mile 之间,占全部回收总数的 89% (图 3)。由此可见,所回收到的“人工水母”的漂移情况具有较好代表性。

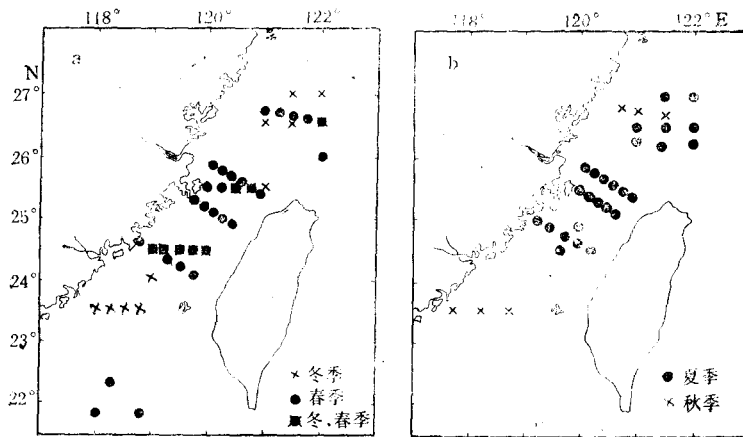


图 1 投放站位

Fig. 1 Location of the stations

冬季(1—3月); 春季(4—6月); 夏季(7—9月); 秋季(10—12月)。

表 1 投放和回收情况统计表

Tab. 1 The statistics of the "sea-bed drifter" released into sea and their recovery

日期	投放站数	每站投放数	回收站数	回收个数	总投放数	回收率
1984.2	4	50	2	14	200	0.070
1984.3	17	50	8	32	850	0.038
1984.4	5	50	2	13	250	0.052
1984.5	13	50	6	26	650	0.040
1984.8	2	50	1	1	100	0.010
1984.9	6	50	4	24	300	0.080
1984.10	2	50	2	4	100	0.040
1985.9	4	50	4	4	200	0.020
1986.1	5	21—25 不等	3	10	118	0.085
1986.12	3	50	3	27	150	0.180
1987.7	11	50	6	26	550	0.047
1988.5	10	50 (有两站 少放共 17 个)	6	53	483	0.110
1988.6	10	50	6	23	500	0.046
1988.7	8	50	3	8	400	0.020
1984.2— 1988.7	100		56	264	4 851	平均 0.054

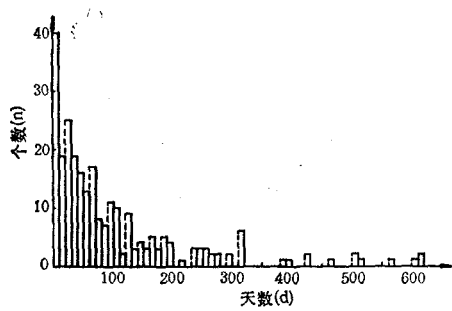


图2 回收个数与漂移天数关系

Fig. 2 The relation between the amount / of the recovered "sea-bed drifter" and their drifting time in the sea

2. 漂移概况

根据回收资料绘制了各季“人工水母”直线漂移路径图(图略)。进而统计了各个投放站“人工水母”漂移方向的变动范围(漂移方位)和主要漂移方向(图4)。

由图4可以将各季“人工水母”的漂移情况大致归纳如下。

(1) 冬季(1—3月) 在研究的海域内投放的“人工水母”都向偏北方向漂移。在台湾海峡区,它的漂移可分为两种情况:在 $118^{\circ}15'E$ 及其以东,绝大多数向东北方向漂移,只有1个(在 $24^{\circ}00'N$, $119^{\circ}00'E$

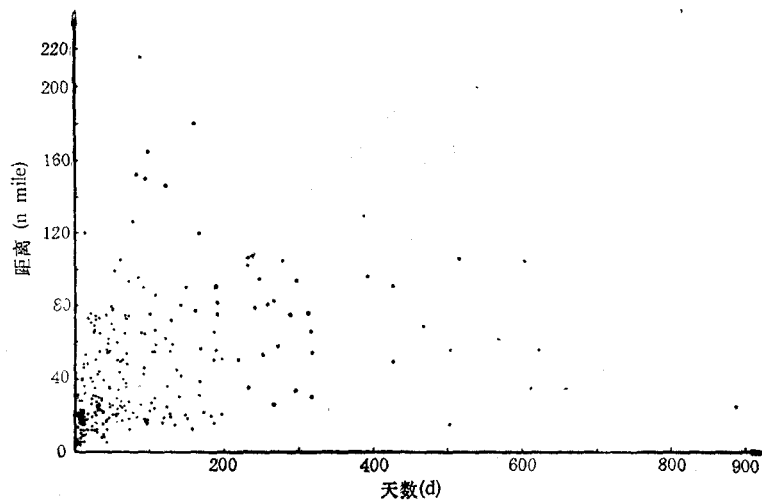


图3 漂移天数与漂移距离关系

Fig. 3 The relation between the drifting time and distance of "sea-bed drifter"

投放的)漂移方向为北略偏西。在所有这些“人工水母”中,有3个漂经海坛岛以北后,转向西北方向,于闽江口附近被拾到。在 $118^{\circ}00'E$ 线上投放的,多数向正北方向漂移,另有少部分向偏西和偏东方向漂移,而且,向西和向东漂移的个数大致相当。

在台湾北方海域,“人工水母”都向偏北方向漂移。在 $121^{\circ}45'E$ 以西各站,均为东北向,其中在2471站($26^{\circ}30'N$, $121^{\circ}00'E$)投放的1个,向东北方向(约 40°)漂移了224 n mile后,于舟山群岛外海($30^{\circ}05'N$, $124^{\circ}25'E$)被拾到。在 $121^{\circ}45'E$ 以东海区,漂移的主要方向是北偏西。

冬季,在海峡区投放的“人工水母”平均每天漂移1.0 n mile,在台湾北方海域,相应为0.8 n mile。

(2) 春季(4—6月) 投放的“人工水母”较多,回收率也较高。它的漂移情况与冬

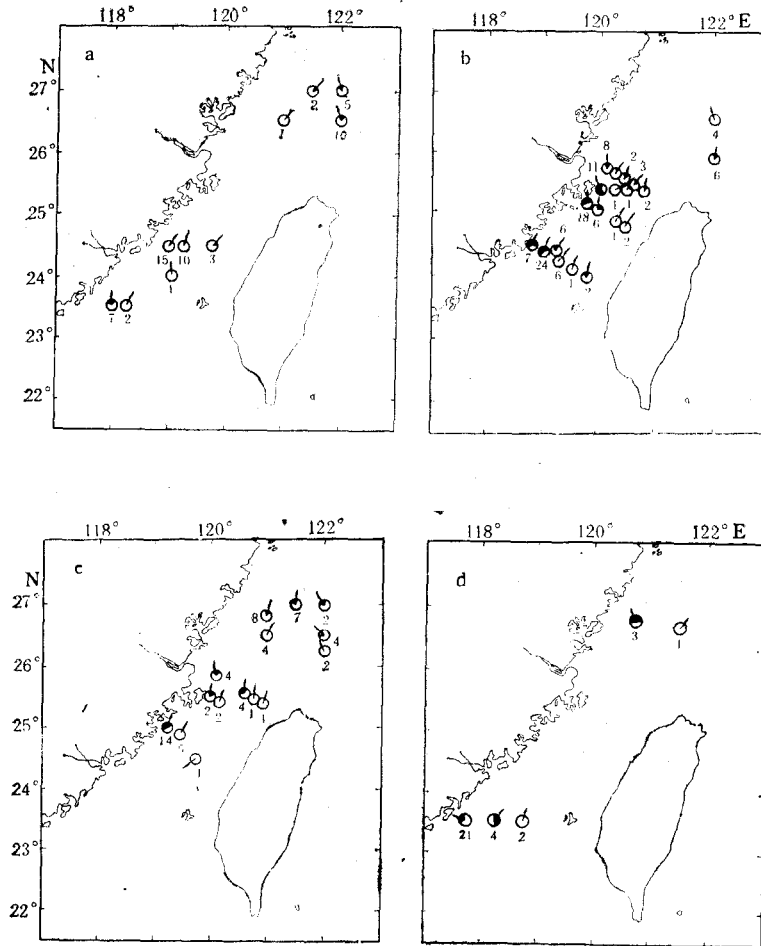


图4 “人工水母”漂移方向

Fig. 4 The drifting directions of the “sea-bed drifter”

a. 冬季(1—3月); b. 春季(4—6月); c. 夏季(7—9月); d. 秋季(10—12月)。
 箭头为主要漂移方向; 数字为各站回收个数; 黑色扇形为各站的漂移方向的范围。

季相似,主要向偏北方向漂移。在台湾海峡中,北部海域,除海坛岛附近的投放站外,绝大多数的漂移方向比较一致,均为东北方向。值得指出的是,投放在C₁站(24°54'N, 120°26'E)的两个和 C₄站(25°00'N, 120°15'E)的一个,分别漂移180, 151和125n mile后于27°38'N, 121°53'E, 27°11'N, 121°40'E和26°55'N, 121°15'E处被拾到,三者的漂移方向完全一致(北偏东25°)。在福建沿岸,特别是海峡北部的海坛岛附近,漂移方向变化较大,个别站几乎遍及360°,但其主要漂移方向大致为北偏西或西北向,即明显地存在着离岸漂移的迹象。

在台湾北方海域, 漂移方向多为偏北向。其中 $26^{\circ}00'N$ 附近为北偏东, $26^{\circ}30'N$ 附近为北偏西。需要指出的是, 在 $26^{\circ}30'N$, $122^{\circ}00'E$ 处投放的, 漂移方向比较一致, 都集中在 340° 方向。

春季投放的“人工水母”, 每天平均漂移距离在海峡区为 1.5n mile, 较冬季大; 在台湾北方海域相应为 0.7n mile。

(3) 夏季(7—9月) 漂移情况略为复杂。在台湾海峡中、北部海域, 主要漂移方向为北偏东向。但是在湄州岛、海坛岛和闽江口附近出现部分漂向西北或西向(即向岸方向)。此外, 在海峡中央区有一个向西南方向漂移。

在台湾北方海域, 漂移方向大致可分为两种情况: 在 $122^{\circ}00'E$ 线附近主要漂移方向为北偏西向; 在 $122^{\circ}00'E$ 以西海域, 绝大多数为北偏东向, 两者相汇于 $27^{\circ}00'N$, $121^{\circ}30'E$ 附近。

夏季在海峡区和台湾北方海域平均每天都漂移 1.1n mile。

(4) 秋季(10—12月) 投放和回收“人工水母”均较少。在海峡南部海域投放的, 漂移情况分两种: 在 $118^{\circ}00'E$ 以西投放的, 主要漂向西偏北方向, 个别的漂向西北和西南方向; $118^{\circ}00'E$ 以东海区, 以北偏东向居多, 即顺着海峡轴线方向漂移。其中 5 237 站 ($23^{\circ}00'N$, $118^{\circ}15'E$) 投放的一个漂移 185n mile 后于浙江省温州外海 ($27^{\circ}30'N$, $121^{\circ}11'E$) 被拾到。

在台湾北方海域, 仅回收了 4 个, 其漂移方向较分散: 在 $26^{\circ}45'N$, $121^{\circ}30'E$ 附近, 向东北方向漂移; 而在其西侧的近岸区, 主要漂移方向为北偏西。

秋季, 海峡区投放的, 平均每天漂移 0.5n mile, 台湾北方海域为 0.7n mile。

二、底层流基本特征

根据“人工水母”的漂移方向和漂移路线, 并结合本研究海域现有的实测底层流资料, 我们得出了台湾海峡四季底层流模式图(图 5)。

从图中可以看出台湾海峡的各季底层流是:

(1) 冬季(1—3月) 台湾海峡底层流的主体自海峡南端顺着海峡轴线方向进入海峡的中、北部海域, 继而流出海峡进入东海。这支底层流在进入东海过程中, 其主体仍向东北方向流动, 约在 $27^{\circ}00'N$, $122^{\circ}00'E$ 附近与从台湾东侧北上的黑潮水(主要是黑潮次表层水)相汇, 并继续北上。

在海峡西侧的福建沿岸, 底层流有向岸趋势。这在闽江口附近尤为明显。在海峡东侧的台湾岛西部沿岸底层流顺岸向东北流动, 向岸趋势不明显。

按“人工水母”漂移速度推算的底层流日平均流速, 海峡区为 2.1cm/s; 台湾北方海域为 1.7cm/s。

(2) 春季(4—6月) 海峡区以及台湾北方海域的底层流与冬季一样, 其主体仍然向东北方向流动。但是随着西南季风的形成, 福建沿岸底层流的向岸趋势比冬季明显。在海坛岛附近, 有部分海水流入海坛海峡, 大部分则沿海坛岛东侧北上; 其中一部分折向西北, 指向闽江口, 另一部分与海峡底层流主体一起继续沿东北方向流动。在台湾岛西部沿岸, 底层流仍顺岸指向东北。

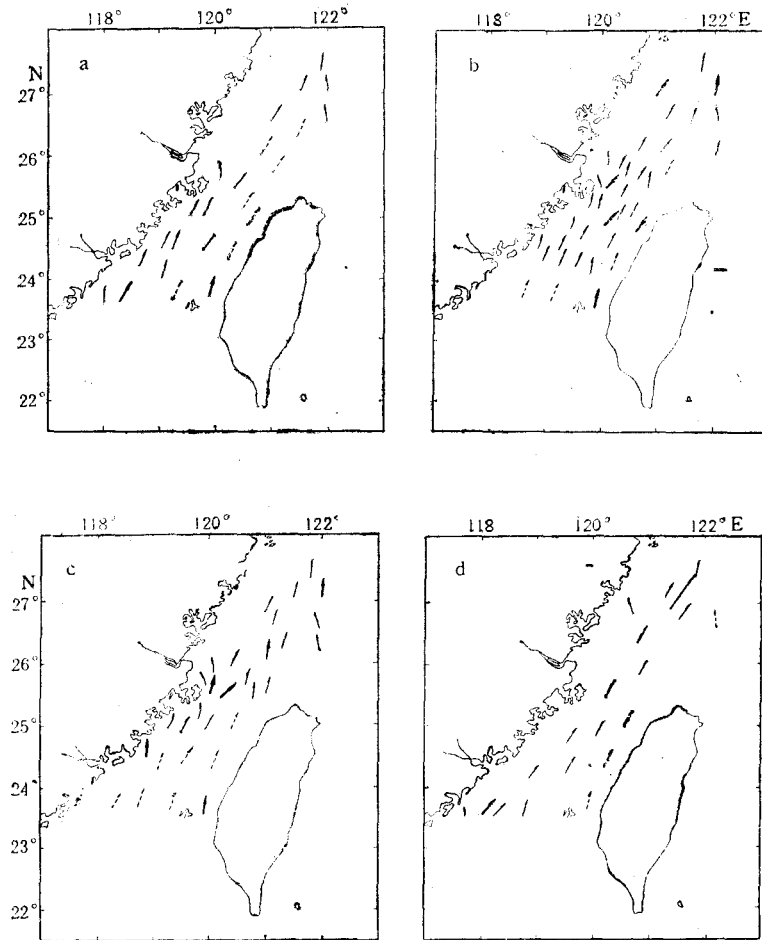


图5 台湾海峡底层流模式图

Fig. 5 The modal pattern of the bottom current in Taiwan Strait

a. 冬季(1—3月); b. 春季(4—6月); c. 夏季(7—9月); d. 秋季(10—12月)。

粗矢为实测底层流向;细矢为“人工水母”漂移方向;虚矢为综合有关资料推测的底层流方向。

春季,推算的底层流日平均流速,在海峡区比冬季增大,为 3.2cm/s ;台湾北方海域则为 1.5cm/s 。

(3) 夏季(7—9月) 研究海域底层流分布的总趋势仍与冬、春季一样,即底层流主体仍顺着海峡走向指向东北,进入东海后约在 $27^{\circ}00'N, 121^{\circ}30'E$ 附近,与由台湾东侧北上的黑潮水相汇并继续北上。

在海峡西侧的福建沿岸一带,普遍出现底层流的向岸流动现象。这尤以海坛岛附近最突出,该处底层流的流势基本上与春季相似。这种向岸的运动趋势,为进一步阐明福建沿岸春、夏季出现上升流现象提供了重要依据。

本季底层流日平均流速较大,海峡区和台湾北方海域均为 2.4cm/s 。

(4) 秋季(10—12月) 本季因投放和回收“人工水母”均较少,在绘制底层流模式图时还参考了温、盐度分布和有关文献。从现有资料看,秋季台湾海峡区的底层流主体仍

然与其它季节一样,沿着海峡轴线自西南向东北方向流动。在福建沿岸底层流的向岸趋势已较夏季明显减弱。但东山岛和三沙湾附近,底层海水仍有较明显的向岸流动。

由推算得出的秋季底层流日平均流速,在海峡区是 1.1cm/s;台湾北方海域为 1.5 cm/s,与春季相似。

三、结 语

通过以上分析,得出以下几点结论。

1. 台湾海峡区的底层流是比较稳定的,一年四季其主体都是向东北方向流动,而不是传统所认为的冬季为西南向流。底层流的流动速度,大致是春、夏季大于秋、冬季。

2. 在海峡西侧的福建沿岸一带,存在着底层流的向岸流动现象。这种现象从季节看,以春、夏季较明显;从地域看,以海坛岛附近和闽江口区较突出,出现这种现象的原因可能有两个:(1)在近岸河口附近海区,底层有向岸的补偿流;(2)在海峡西岸有北向流时,由于底摩擦的影响,底 Ekman 层中因地转关系破坏,向岸的压强梯度力导致海水向岸运动。在海峡东侧的台湾沿岸一带,底层流主要顺岸向东北方向流动,向岸趋势不明显。

3. 台湾海峡的底层流在北上进入东海后,其主体仍继续沿东北方向流动,在 27°00'N, 122°00'E 附近与来自台湾东北侧的黑潮水(主要是黑潮次表层水)相汇,并继续北上。

参 考 文 献

- [1] 王寿景,1989. 台湾海峡西部海域潮流和余流特征. 台湾海峡 8(3): 207—210.
- [2] 伍伯瑜,1982. 台湾海峡环流研究中的若干问题. 台湾海峡 1(1): 1—7.
- [3] 肖辉,1988. 台湾海峡西部沿岸上升流的研究. 台湾海峡 7(2): 135—142.
- [4] 翁学传、阮五崎,1989. 台湾海峡上升流区水文动力结构和生物生产力研究. 海洋科学 2: 71.
- [5] 翁学传、黄荣祥、梁红星等,1988. 台湾海峡中、北部海域海洋水文特征. 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] Chuang, W. S., 1985. Dynamics of subtidal flow in the Taiwan Strait. *Jour. Ocean. Soc. of Jap.* 41: 65—72.
- [7] Chuang, W. S., 1986. A note on the driving mechanisms of current in the Taiwan Strait. *Jour. Ocean. Soc. Jap.* 42: 355—361.
- [8] Fan, K. L., 1984. The branch of Kuroshio in the Taiwan Strait. *Elsevier Ocean. Series* 39: 77—82.
- [9] JHO (The Hydrographic Office of Japan), 1925. The Current and Meteorological Charts of the Sea Near Japan (No. 6042), Charts 20—23.
- [10] Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation of fisheries in the East China Sea and Yellow Sea. *Jour. of the Faculty Marine Science and Technology. Special Number:* 199—367.

BOTTOM CURRENT IN TAIWAN STRAIT*

Zhang Yiken, Weng Xuechuan, Zhang Qilong and Wang Congmin

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

ABSTRACT

A great number of "sea-bed drifter" were released from Feb. 1984 to July, 1988 into the Taiwan Strait and the sea area north of Taiwan ($21^{\circ}49'$ — $27^{\circ}00'N$, $117^{\circ}45'$ — $122^{\circ}00'E$). According to the drifting results of the "sea-bed drifter" and the Taiwan Strait bottom current data observed, the basic characteristics of the Taiwan Strait bottom current are analyzed.

1) The directions of the Taiwan Strait bottom current are mainly northward during the year; the speeds of the bottom current in spring and summer are faster than that in autumn and winter.

2) Along the coast of Fujian Province, the bottom current flows towards the shore; at the east side of the Taiwan Strait, the bottom current mainly flows northeastwards along the coast of Taiwan, but it is not clear that the bottom current flows towards sea shore there.

3) After entering East China Sea, the Taiwan Strait bottom current still flows towards northeast. Near the area ($27^{\circ}00'N$, $122^{\circ}00'E$), it converges with the Kuroshio Subsurface Water coming from the northeast side of Taiwan, then flows northwards.

* Contribution No. 1819 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.