

风对浙江沿岸海域夏季温、盐度 垂直结构和上升流的影响*

丁宗信

(中国科学院海洋研究所)

有关讨论风对浙江沿岸海域温、盐度垂直结构及其变化规律等影响的文章,迄今尚未见报道。本文利用鱼山列岛断面 1959—1979 年间的水文大面积调查资料和大陈岛上的风资料,对该问题进行初步的探讨。分析中发现:每年 6—8 月间,当浙江沿岸海域夏季水文状况稳定以后,风对温、盐度断面分布、垂直分布类型和沿岸上升流强弱的短周期变化起着重要的作用。因此,分析研究风对浙江沿岸海域温、盐度垂直结构和上升流的影响,对深入研究浙江近海的水文特征及其变化规律、对渔业生产等都具有一定的理论意义和现实意义。

夏季,鱼山列岛断面的近岸浅水区是上升流的中心区域,远岸深水区又有下降流存在,许多典型的水文现象发生在这里,所以该断面具有一定的代表性。由于调查范围的限制,本文所讨论的海区仅局限在 124°E 以西的狭窄海域内。

沿岸风资料,本文选取大陈岛上的实测风作为代表。这是因为大陈岛距该断面最近,其风向和海面上的风向相近,最大偏差不超过一个方位(按 16 方位法来说)。大陈岛观测站海拔 80 余米,其风速比海面大得多。据统计,附近海面上的风速和大陈岛上的风速的比值,平均约为 0.65。

从每年夏季各月份每次水文调查前一星期内风资料的统计得出:6 月份(12 次调查)主要为偏东北风和偏南西南风,两者的风力都较弱;7 月份(9 次调查)为偏南西南风,风力均较强;8 月份(12 次调查)为偏南西南风和偏东风,其中偏南西南风作用下的情况,和 7 月份极为相似,两者合并为一种风场来讨论。总之,本文只讨论四种典型风场对浙江沿岸海域温、盐度垂直结构和上升流影响的情况。

一、沿岸水位的变化

为了解在不同风场作用下浙江沿岸水位的变化规律,本文选取坎门(距鱼山列岛约 50 海里)1975 年 6—8 月份的水位观测资料,并计算出了日平均风增水值,绘于图 1。由图 1 可以看出:沿岸水位的变化对风的反响迅速。偏南西南风能使沿岸水位下降;偏东北风和偏东风能使沿岸水位增高。由此可知,随着风的变化,沿岸海域的横向环流在做相应地调整,因而对沿岸海域水文要素的分布和上升流等必将产生明显的影响。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 792 号。

本文承毛汉礼教授和管秉贤副教授审阅,并提出宝贵意见;于克俊同志予以热情帮助,特此致谢。

本刊编辑部收到稿件日期:1981 年 1 月 5 日。

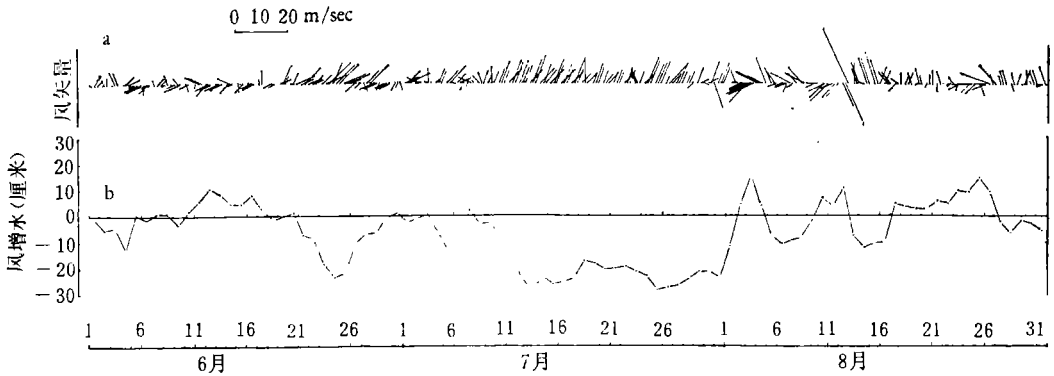


图1 坎门每日实测风和风增水逐日变化曲线(1975年6—8月)

a. 风矢量; b. 风增水逐日变化曲线。

二、温、盐度断面分布

夏季,在鱼山列岛断面上,分布着三种性质不同的水体:在近岸,有以低盐为主要特征的浙江沿岸水(简称沿岸水);在远岸,有高温、高盐的台湾暖流上层水(简称上层水)以及低温、高盐的台湾暖流下层水(简称下层水)。沿岸水和台湾暖流水之间存在着一个明显的盐度锋面,上层水和下层水之间有一个强温跃层。下层水由于受海底地形等影响而趋岸上升,所以等温线和等盐线自远岸向近岸上倾,其中等温线尤为明显。该断面上温、盐度的这种分布,在不同月份的不同风场作用下,相应地会发生各种各样的变化(图2)。

6月份,在风速不大的偏南西南风作用下,温度偏低的沿岸水开始向远岸输送,覆盖在上层水的上面,运移到远岸后有时下沉,因而在 $122^{\circ}30'E$ 到 $124^{\circ}E$ 之间10米层以深的地方,经常出现暖水层,甚者可形成“暖水核”(如图1a所示)。这时,近岸的温度稍低于远岸。由于“暖水核”的出现,且又向深度发展,原来自远岸向近岸上倾的等温线在“暖水核”的下方向下凹,有时个别等温线被折断,下层水在此几乎有被分开之势,“暖水核”近岸一侧等温线变得特别陡峭。盐度分布,随沿岸水向远岸输送,远岸表层盐度逐渐变低,因而等盐线向远岸伸展而变得平缓。在风力不强的偏东北风作用下,沿岸水和上层水被迫向岸输送,这时等温线自远岸向近岸上倾,但到近岸则向岸向下弯曲;远岸等温线上浮,暖水层(或“暖水核”)消失(如图2b所示)。盐度分布的变化是沿岸水和台湾暖流水之间盐度锋面向岸退缩,强度变大,向岸向下倾斜变甚。

7月份,浙江沿岸主要盛行偏南西南风,风力强,有时风速可达15米/秒以上,持续时间久。据统计,每年6月底至8月初,基本上被这种风控制着。这时沿岸水不明显,被沿岸水和台湾暖流水的混合水所代替,所以在该断面上好像只存在表层水和下层水,温跃层变强,盐跃层减弱。在强劲的偏南西南风作用下,近岸表层海水向远岸输送加强,下层水贴岸涌升到近表层。表层海水在远岸下降,有时下降深度达50米左右,在远岸出现一个很厚的上均匀层,温跃层强度变得最大(如图2c所示)。随着偏南西南风的减弱,下层水逐渐由近岸向远岸退缩,这时等温线在近岸下沉,远岸上浮,向岸倾斜变小,跃层附近的等温线变疏,温跃层强度变小(图2d)。

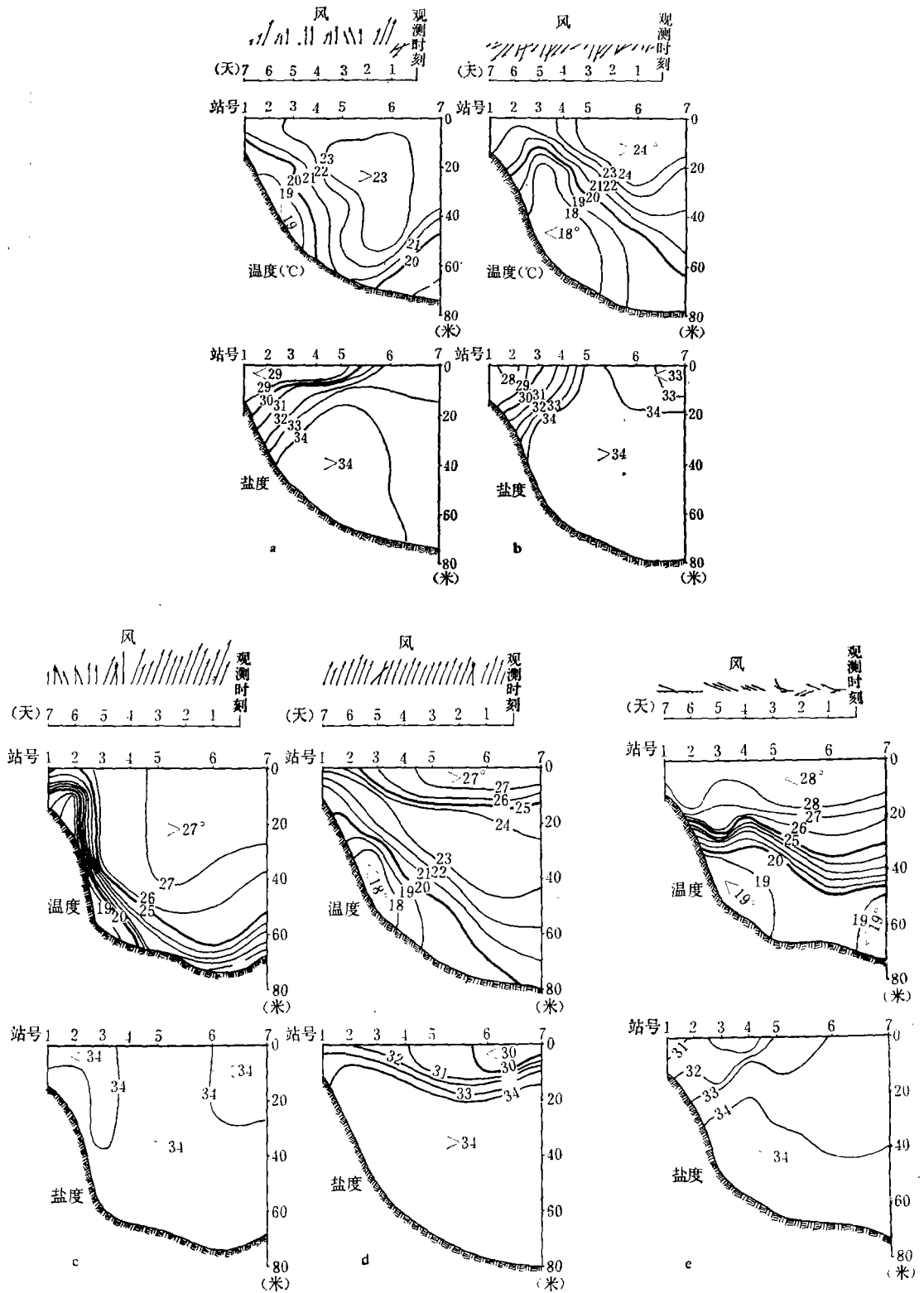


图2 6—8月间不同风场下的温、盐度的断面分布

a. 1975年6月; b. 1963年6月; c. 1963年7月; d. 1978年7月; e. 1973年8月。

8 月份,在偏南西南风作用下,温、盐度断面分布的变化与 7 月份相似。在偏东风作用下,表层海水向岸堆积,下层水离岸退缩(如图 2e)。这时等温线和温跃层几乎和海面平行,温跃层潜在深度约在 30—40 米,很清楚地把表层水和下层水分隔开来,其上为一个较均匀的高温层,其下为一个均匀的低温层。盐度分布是近岸小于远岸,在水平方向上形成了一个不太明显的盐度锋面。在垂直方向上近岸盐度随深度的增加而变大,开始出现盐跃层。

由上述分析可知,沿岸风的变化是鱼山列岛断面上温、盐度分布发生短周期变化的主要因子。

三、温、盐度垂直分布类型

夏季,该断面上温、盐度垂直分布类型,总的来说,还是比较简单的。其温度,除 6 月在近岸浅水区有时出现垂直均匀型和在远岸有时出现中层暖水型(温度随深度先增加而后减小)外,均为无跃层和有跃层的负梯度型(温度随深度而减小)。其盐度,有垂直均匀型、无跃层和有跃层的正梯度型(盐度随深度而增加)。这些垂直分布类型的形成,主要取决于太阳辐射和平流的影响。但是,该断面上温、盐度垂直分布类型的短周期变化颇为复杂。从资料分析中可知,垂直分布类型的这种变化与风的变化有直接关系(图 3)。

6 月份,在偏东北风的作用下,温度垂直分布类型由近岸浅水区的均匀型,向远岸逐渐变成有跃层的负梯度型。在 123°E 附近,跃层得到充分发展,再向远岸便开始减弱,到 124°E 附近,则几乎变成无跃层的负梯度型。跃层的深度是近岸浅而远岸深。在断面的远岸,近表层为一个均匀层,其下界深度都是向远岸逐渐加深。盐度的垂直分布类型,在断面两端为均匀型或弱正梯度型,其中间区域均为有跃层的正梯度型。盐跃层充分发展的区域比温跃层的靠岸半个经度左右(图 3a)。在偏南西南风作用下,温度垂直类型在近岸端和远岸端为有跃层的负梯度型,而在中间区域则为中层暖水型(详见第四节)。盐度垂直分布类型,除在断面远岸端半个经度内为垂直均匀型或弱正梯度型外,其它区域为有跃层的正梯度型,分布范围比在偏东北风的情况向岸扩展了一些(图 3b)。

7 月份,在强劲的偏南西南风长时间作用下,温度的垂直分布类型均为有跃层的负梯度型,温跃层强度大大增加(图 3c)。这时温跃层潜在的深度,除在近岸小于 10 米外,在其它区域一般在 40—60 米之间,因而温度垂直分布类型的特征是上均匀层厚,下均匀层薄,中间跃层强。盐度垂直分布类型简单,除近岸浅水区为有跃层的正梯度外,大部分区域为垂直均匀型或弱正梯度型。随着偏南西南风风力的减弱,温、盐度垂直分布类型也随着发生变化(图 3d),在断面中间区域,温度垂直分布类型不再是单跃层的负梯度型,而是双跃层的负梯度型。由历史资料分析初步得出:温度双跃层的负梯度型的形成,除太阳辐射增强(形成上温跃层)和底层冷平流侵入(形成下温跃层)的影响外,还和海上风力的变化有密切关系。

8 月份,在偏东风作用下的温度垂直分布类型(图 3e),从近岸到远岸均为有跃层的负梯度型。近岸浅水区跃层强度小,其它区域强。跃层深度自近岸向远岸逐渐加深,一般在 25—40 米左右。上均匀层仅出现在远岸。盐度垂直分布类型,在近岸为有跃层的正梯度型,在远岸则为无跃层的正梯度型。

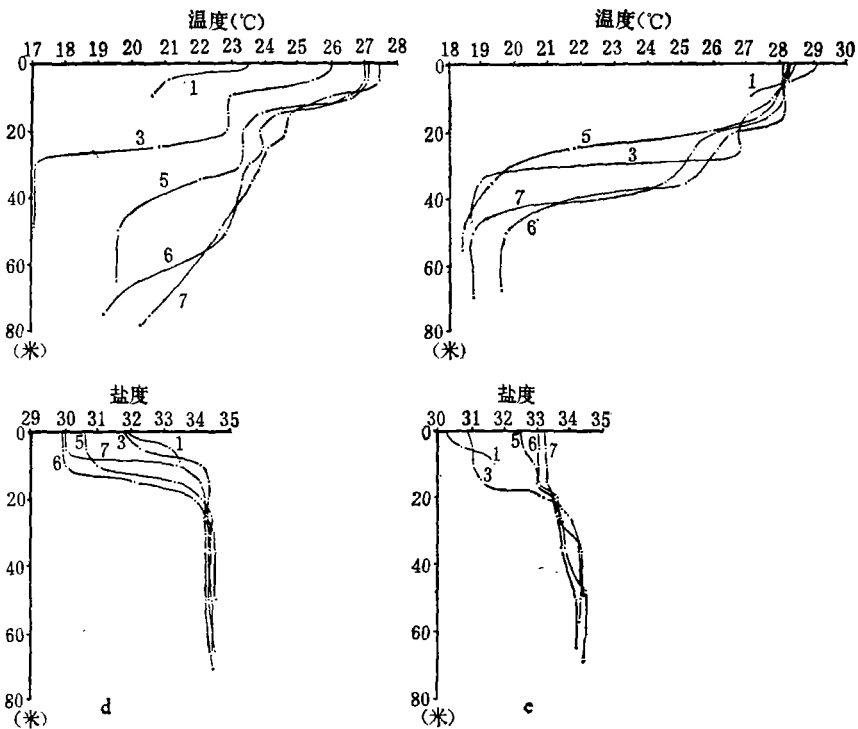
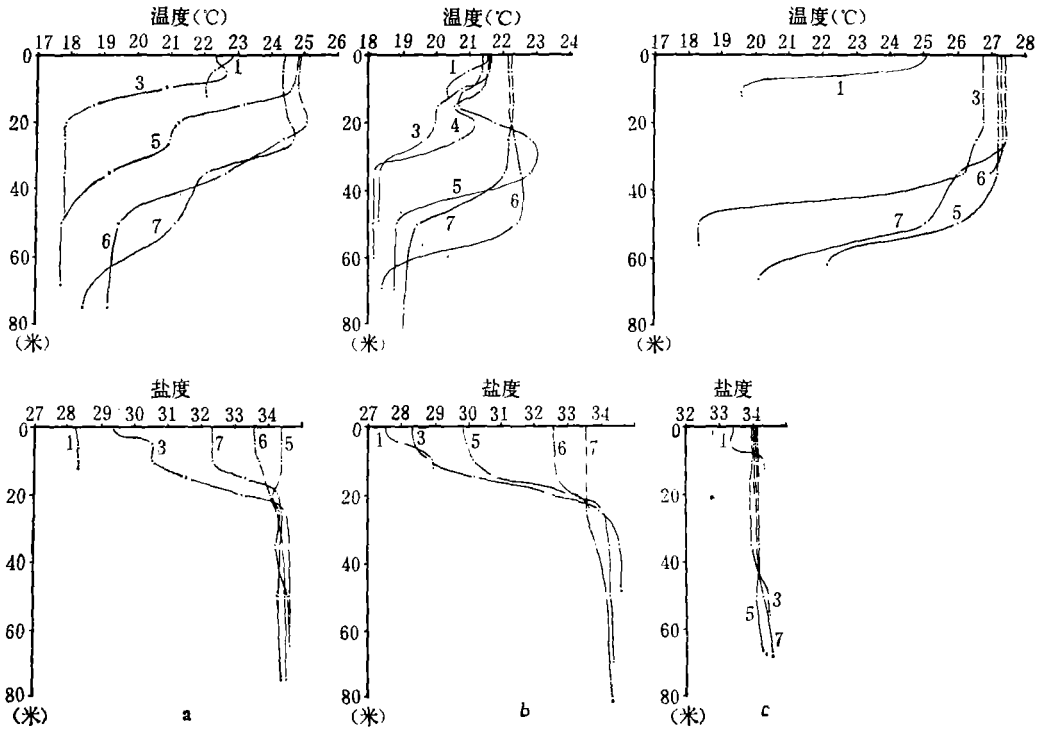


图3 6—8月不同风场下温、盐度垂直分布类型的断面分布

a. 1963年6月; b. 1966年6月; c. 1963年7月; d. 1978年7月; e. 1973年8月。

从以上分析看出: 温、盐度垂直分布类型相互间的转换、个别类型的生成、跃层深度和强度的变化, 不仅与风向变化有关, 而且与风力的大小也有直接的关系。

四、春季中层暖水型

中层暖水, 系指水温高于上、下层水温的一个中间水层。在浙江沿岸海域, 中层暖水经常在春末夏初(5—6月)和秋季(9—10月)出现。根据出现的季节不同, 中层暖水可分为春季中层暖水和秋季中层暖水¹⁾。在中层暖水存在的海域, 海水温度垂直变化的特征是随深度的增加先增加, 而后减小。海水的这种温度垂直结构被称为中层暖水型。同样, 中层暖水型也分为春季中层暖水型和秋季中层暖水型。本节利用历年6月份的温、盐度资料, 仅对春季中层暖水型的有关问题分析如下。

关于春季中层暖水型的成因问题, 赫崇本等²⁾曾指出: 沿岸水向外扩展是出现暖中层的原因所在。作者通过历史资料分析, 认为中层暖水的成因有两个: (1) 台湾暖流携带着高温(在下层为低温)高盐水由南向北流经本海区。在5—6月份, 台湾暖流区的水温略高于其东、西两侧的水温, 这就给中层暖水型的形成创造了有利的客观条件; (2) 沿岸风(包括偏南西南风和偏东北风)的作用是中层暖水型形成的动力因子。偏南西南风使沿岸温度偏低的海水向外扩展, 覆盖在台湾暖流水之上, 这时台湾暖流西侧及主轴附近形成了范围较大的中层暖水区。偏东北风使表层水向岸输送, 台湾暖流东侧的低温水同样覆盖在台湾暖流水上面, 在台湾暖流主轴以东也形成范围较小的中层暖水区(图2b)。但应该指出的是, 在7—8月间, 尽管偏南西南风盛行, 沿岸水向外扩展强烈, 由于沿岸水温高, 所以不会形成中层暖水。

在台湾暖流主轴以西海区, 中层暖水型形成、发展、减弱和消失的过程如图4所示。

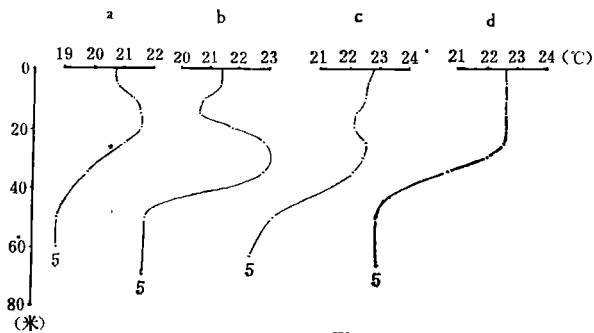


图4 6月份不同风场下的温度垂直分布类型

a. 1959年6月; b. 1966年6月; c. 1977年6月; d. 1978年6月。

图4表示代表站在6月份不同风场作用下温度垂直分布类型的变化。图4a表示先受偏东北风的作用, 然后在观测时刻前2—3天又受偏南西南风作用的情况。这时中层暖水型刚刚开始形成, 其强度较大, 暖水层潜在的深度偏浅, 即为中层暖水型的“雏型”。图4b表示在观测前偏南西南风持续5天以上的情况。中层暖水型得到充分发展, 厚度大, 稳

1) 引自: 翁学传等的“东海西北部海水温、盐度结构初步分析”一文(待发表)。

2) 引自: 赫崇本等的“中国近海的水系”(1964)一文。

定性较好,不易被短暂的不利风场破坏。图 4c 表示先在偏南西南风作用之后,到观测前 2—3 天受偏东北风作用的情况,这时中层暖水型变弱,分布范围变窄,暖水层潜在深度变大,即为中层暖水型的“消弱型”。图 4d 表示观测前偏东北风持续 5 天以上的情况,这时中层暖水型消失。图 4a 和图 4c 两种情况,虽然均出现了中层暖水型,但其稳定性差,易受外界不利因素的扰动而破坏。总而言之,在台湾暖流主轴以西海域,6 月份的偏南西南风和偏东北风的作用,分别是中层暖水型形成和发展、减弱和消失的动力因子。

在台湾暖流主轴以东海域,中层暖水型的变化过程与上述海域相反。

从 6 月份的风场分析可知,此时不仅风力小,且风向多变,所以中层暖水型是一种不稳定的垂直类型。就其地理分布而言,主要出现在台湾暖流主轴以西的海域。

五、沿岸上升流的变化

从第二节温、盐度断面分布的分析中可以看出:夏季,浙江沿岸海域在强劲的偏南西南风的作用下,等温线和等盐线向岸急剧上倾,这表明此时上升流大大增强(图 2c)。可是在偏东风的作用下,等温线和等盐线几乎与海面平行,这表明上升流即随之减弱或消失。如图 2e 所示,从温、盐度断面分布反映不出有上升流存在的迹象,而此时观测得到的底层余流方向是离岸的,从而进一步表明此时确实无上升流存在。由此得出,沿岸风的变化对沿岸上升流的短周期变化也起着主要的作用。

迄今,人们讨论浙江沿岸上升流年际间的强弱变化,一般还是利用每月一次的温、盐度大面调查资料进行对比。从上述分析可知,这样作出的结论,往往带有一定的片面性。因为在浙江沿岸海域,温、盐度的断面分布,受观测前短周期风的影响很大,因此其调查结果仅代表那种风场作用下沿岸上升流的情况,不能作为比较沿岸上升流年际间强弱变化的依据。胡敦欣等^[1]指出,浙江沿岸上升流的成因是:(1)黑潮北上分支在北进过程中受地形抬升的作用;(2)偏南西南风的作用。前者的作用比较稳定,后者的作用则是多变化的。所以浙江沿岸上升流年际间的强弱变化,主要取决于每年盛行的偏南西南风的强弱。因此,每年偏南西南风强弱变化,在一定程度上来说,基本上反映出了浙江沿岸上升流的年际间的变化。

六、结 语

本文着重讨论了夏季沿岸风的变化在浙江沿岸海域温、盐度断面分布和垂直结构以及上升流的短周期变化中的作用。对其成因来说,其它因子仍起着决定性的作用。由此可以看出,今后分析和讨论浙江沿岸海域的水文特征及其变化规律,必须考虑沿岸风的影响,否则有些问题是不易彻底弄清楚的。

由于资料的限制,本文只能从统计的观点出发,分析讨论夏季不同风场作用下温、盐度分布特征和垂直结构的各种变化。对于连续变化的风场作用下的情况,有待今后进行专题调查,获得长时间序列的水文断面调查资料以后,再作进一步的分析研究。

参 考 文 献

[1] 胡敦欣等,1980。关于浙江沿岸上升流的研究。科学通报 25(3): 131—133。

[2] 周诗贵等, 1980。黄、东海近海春季水温特点及其与渔业的关系。水产学报 4(3): 259—274。

INFLUENCE OF WIND ON VERTICAL STRUCTURES OF TEMPERATURE AND SALINITY, AND UPWELLING OFF THE ZHEJIANG COAST*

Ding Zongxin

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

In this paper influence of short-period wind on vertical structures of temperature and salinity, and upwelling off the Zhejiang coast is studied on the basis of hydrographic data and wind near the coast in Summer (1959—1979). It is pointed out that the variation of vertical distribution of temperature and salinity, and upwelling in this region is closely related to short period (several days to a week) variation of wind observed. The occurrence of double thermocline is a special oceanographic phenomenon caused partially by unstable SSW wind field. SSW and NE winds in June are two dynamic factors making intermediate warm water form or disappear.

* Contribution No. 792 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.