

浅海水文調查的一些問題*

赫崇本 任允武

(山东大学海洋系、中国科学院海洋研究所)

一、引言

我国沿海是一片广大的浅海，它受大陆气候与陆地水文的影响很大，变化极为复杂。在进行海洋調查中，如果利用单船逐站观测所取得的資料来繪制假定具有同时 (Synoptic) 意义的海况图，借以了解水团分布、变化和移动的情况时，其代表性是非常值得怀疑的。这一問題第一作者在 1954 年曾就当时所得的少許資料，在山东大学校庆的学术討論会上做过初步探討。1955 年，中国科学院海洋生物研究所和水产部黄海水产研究所为了进一步探索情况，曾在其当时合作的鮎漁場調查工作中，作过一次两船在同一海区以完全相反的順序同时調查的对比实验。結果指出：两船所得的各层温、盐度分布图，除近底层外，都有显著的区别；特别是表层水温，則几乎完全失去了共同之点 (参看图 1)，儼如得自两个海区。这一事实曾广泛地引起了海洋科学工作者的重視，因此在 1956 年制定全国海洋科学规划的會議上，决定了 1957 年試行多船同步观测的計劃。

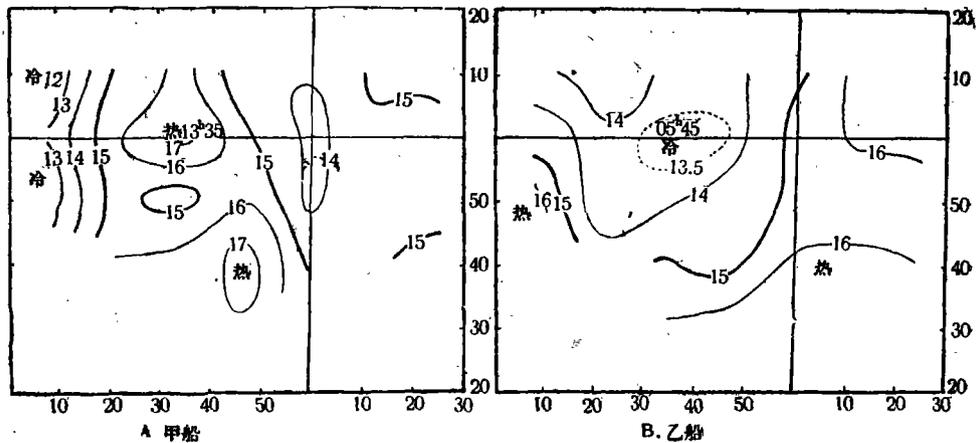


图 1 两船对照表层水温分布图

Fig. 1 Corresponding distribution of surface temperature observed by two ships (Ship A and Ship B).

根据 1957 年 7、9 两月份在渤海湾口的断面上，所进行的五船与六船的同时观测，所得結果指出：即使在一天之内的調查中，短周期变化及临时性的变化对資料也有相当大的影响。例如利用 7 月份同时观测的水温資料繪制湾口水温断面分布图，上层水温在接近

一日最高之 14 时与接近一日最低之 04 时,两个同步图就有显著的不同;如果按单船逐站观测的程序,由同步連續观测的记录中摘取断面上各站的记录,这样选取的两种不同时间的观测结果,虽然都在一天之内,但也有相当大的差异;而应用各站 24 小时的平均值繪制湾口断面水温分布图时,其结果又呈另一种分布情况。这说明,即使在 24 小时内所得逐站观测结果,甚至同步观测所得的结果,其代表性也都值得研究*。

1958 年 6 月,在討論制定全国海洋綜合調查計劃时,苏联专家杜瓦宁教授曾強調地提出了海况周日变化問題的重要性,并談及在苏联这一問題目前已为多数海洋科学家所重視,朱波夫教授已經开始了这方面的研究。

設法消除那些周期性变化与临时性变化对单船調查資料的影响,以获得真正具有同时意义的海况图,是十分重要的工作。1950 年 Defant^[3] 在分析美国太平洋沿岸的海况資料时,曾提出过选取适当站距与观测时间的办法,以消除潮流对单船調查的动力高度图所产生的影响,但是浅海海况分布与变化均极复杂,站距的間隔不能过远,而且影响調查记录的因素又不只是潮流一种,因此浅海調查的問題还必须进一步进行研究。

在全国大規模的海洋調查开展之初,对这一工作的研究更是迫不及待的。为此,作者愿就現有資料提出討論,供大家研究参考,以期共同探求并从而获得解决的途径。

二、影响记录代表性的主要因素

各种海况因子是处在永无止息的变化之中。浅海变化剧烈而复杂,影响记录代表性至巨。为了便于說明,現按逐日变化、周日变化和临时变化来討論如下。

1、逐日变化 逐日变化是海况因子的长周期(主要是年周期)变化。产生逐日变化的原因很多,但主要者不外气象、陆地水文和海洋水团移动三个因素。由于这些因素的逐日变化在一年之中并非均匀一致,因此海况因子的逐日变化也是时时不同。以水温为例,我們根据 1928—1937 年大連—成山角断面上 10 年的調查資料^[1] 統計得知:水温的逐日变化率在各个季节有很大的差异。我們采用断面表层和底层每月諸站的平均值代表該断面表层和底层每月的温度,再用 10 年的平均数繪制成曲綫。可以想象,这种平均資料已經在很大的程度上消除了周日变化的影响。图 2 里的曲綫形状,几乎呈規則的余弦曲綫,也証明了这一点。在图 2 里可以明显地看出:表层水温在温度最低的 2、3 月間和温度最高的 8、9 月間,也就是在表层海水热量收支接近平衡的阶段,逐日变化率最小;平均 10 日变差还不到 0.5°C 。与此相反,表层水温在其急剧上升的 5、6、7 三月份和急剧下降的 11、12、1 三月份,亦即表层海水热量收支相差最大的季节,逐日变化率也最大,平均 10 日变差达 2°C 左右。和表层水温的情况相似,底层水温在其最低时之 2、3 月和最高时之 9、10 月变率最小,在上层水温上升,温度跃层出現的季节(从 4 月至 8 月),变率也不大,10 日平均变差均在 $0.0-0.8^{\circ}\text{C}$ 之間,而在底层水温驟升的 8、9 月間和驟降的 11、12、1 三月份变率最大,平均 10 日变差最大者亦可达到 1.6°C 左右。

产生这种变化的物理过程是不难理解的,但是这里应当着重地指出:这一資料的重要意义,是它給了我們关于黄海北部表、底两层水温逐日变化季节变异的数字概念,使我們在具体工作中遇到变率最小的情况时可以忽略逐日变化的影响,而在遇到变率最大的情

* 此处附图不予刊出,如欲參閱請通过組織与中国科学院海洋生物研究所联系。

况时,特别是調查期間較长(如在 10 日以上)时,則必須予以充分注意。

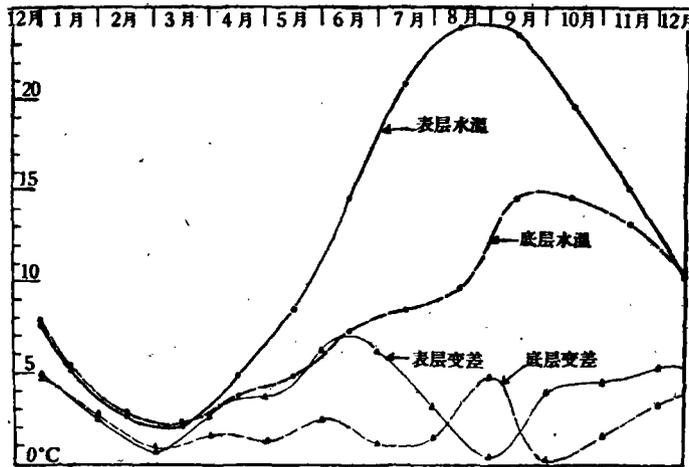


图 2 大連—成山角 1928—1937 年平均表层水温、底层水温及其月变差的年变化

Fig. 2 Average surface temperatures and bottom temperatures; annual variation of monthly difference of surface temperature and bottom temperature. From Darin to Shangtung Promontory.

II、周日变化 浅海海况的周日变化較逐日变化尤为剧烈复杂,从以往的观测結果中發現,固定水层的水温日变差最大者竟达 11.9°C 之巨。周日变化幅度之大小,不仅决定于产生这种变化的各种因素本身的情况,而且随着各个海区的地理条件(如水深大小及离陆岸远近等)及水文情况分布也有一定的差异,同时,在实测結果中,由于临时原因所产生的影响(如风暴攪拌的影响等)也包括在內,因此欲了解某一海区各个季节里周日变化的真实情况,并不是一件容易的事。但是,如果有计划的在选定的海区里各个测站进行周日連續观测,并将所得的周日变化資料(即一日內最高与最低的差值)取其逐月平均值来研究,則可以得到这个海区全年周日变化的大致情况,因为可以认为:这样的資料已經在一定的程度上消除了海况临时性变化所产生的影响。

我們曾对某一选定海区过去的部分水温資料进行了上述的統計。但这里必須指出:这一資料由于各月的週日連續观测在数量与区域上的分配不均,而且缺乏冬季(12、1、2三个月)資料,所以并不理想。但我們从計算結果及所繪制的各层水温平均周日变化的年变化曲綫图中(見图 3),已經可以看出由周日变化所反映出的一些重要現象。图中指出:表层水温在 3 至 8 月的周日变化較大,平均在 2°C 左右;在 9 月以后减小,平均都在 1°C 以下。由于冬季資料不全,其最小值究竟发生在那个月份无法确知,但就曲綫趋势推测,最小应当发生在 11、12 和 1 月三个月中,其量值在 0.5°C 以下。如果把这种情况和表层水温年变化的趋势联系起来,則发现周日变化較大的季节恰好出現于表层水温增加的时候,而周日变化較小的时期,又恰恰出現于表层海水降温的整个过程之中。

深层水温的周日变化亦是在海水升温时大,海水降温时小。从图上可以看出,深层水温周日变化的变幅在 5 月至 9 月間特別大,5 米和 10 米水层平均值最大时可达 4°C 以上。深层水温周日变化平均最大值出現的时期各层并不一致,5 米发生于 7、8 月間,10 米发生

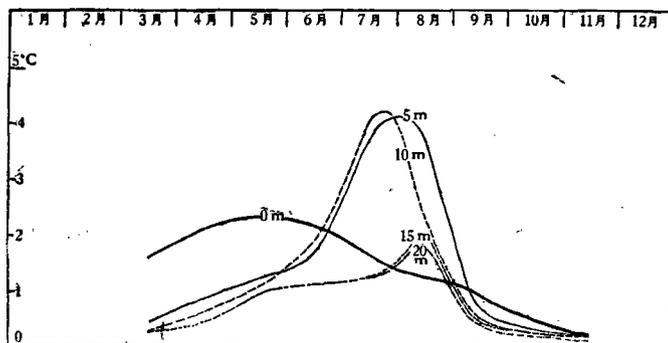


图3 各层水温平均周日变化的逐月变异

Fig. 3 Monthly difference of average diurnal change of temperature.

于7月下半月, 15和20米水层则出现于8月中旬。

产生周日变化的原因是比较复杂的, 但最主要者应为太阳辐射、温跃层内波和潮流三项。兹分别探讨如下:

(1) **太阳辐射** 太阳辐射是海水热量最主要的来源。由于海水的吸收特性, 在1米的水层中就几乎吸收了太阳辐射中产生热效应射线的全部, 因此太阳辐射产生的温度周日变化仅限于表层。在天空少云, 风平浪静的时节, 我们观测到的表层水温的周日变化情况, 基本上和按太阳辐射的周日变化所推测的情况一致(见图4)。但是, 海水所受到的太阳辐射受天空状况的影响很大, 因之太阳辐射所引起的周日变化亦不完全规则。

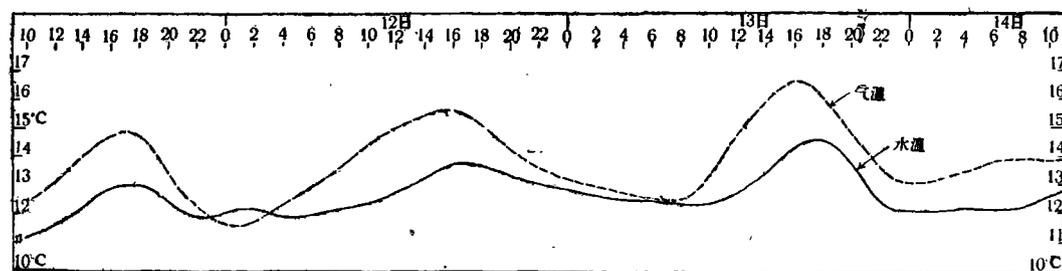


图4 表层水温连续变化曲线

Fig. 4 Continuous change of surface temperature.

表层海水一方面接受太阳的辐射热, 另一方面也有和空气及下层海水交换热量的作用。近陆海区气温与水温往往相差较大, 这是近岸浅海表层水温周日变化较大的主要原因。

在增温的季节里, 表层海水由于温度升高, 密度变小而留在上层, 因而使热量的吸收与放散作用仅通过表层较薄的水层进行, 但在降温的过程中, 表层海水则由于温度降低密度增大而不稳定, 产生与下层海水对流现象, 使热量的散失由较厚的水层负担, 这就是表层水温的周日变化在增温阶段大, 而在降温季节里小的原因。

太阳的辐射作用, 除了与表层水温有关外, 想来与生物的活动(特别是海洋植物的光合作用与海洋动物的垂直移动)也有很大的关系。因此在研究那些与生物有关的海况因

子(如 pH 值、二氧化碳、溶解氧及总硷度等)的周日变化时,亦应注意太阳辐射的作用。

(2) 温跃层内波 在近陆浅海区域,温跃层现象的出现多在入夏以后。根据目前少量资料的统计:在近岸浅水区域(水深 30 米以内)大约出现于 5 月中旬至 9 月中旬的四个月中。因为入夏以后太阳辐射与陆地辐射强烈增加,使上层海水温度剧升,密度骤减,同时,由陆地流入高温淡水的增加,更增强了这种作用,由于海水稳定性的增加,风力搅拌只能达到一定的深层,遂产生海水的分层现象。近岸较深水域(水深 30 米以上)出现温跃层的季节与近岸浅水区域相同,但因其深度较大,温跃层能在深层维持到 11 月中旬以后才消失。温跃层最强时所在的深度约在 10 米上下,在逐渐向深层推移的过程中逐渐减弱(参看图 5)。

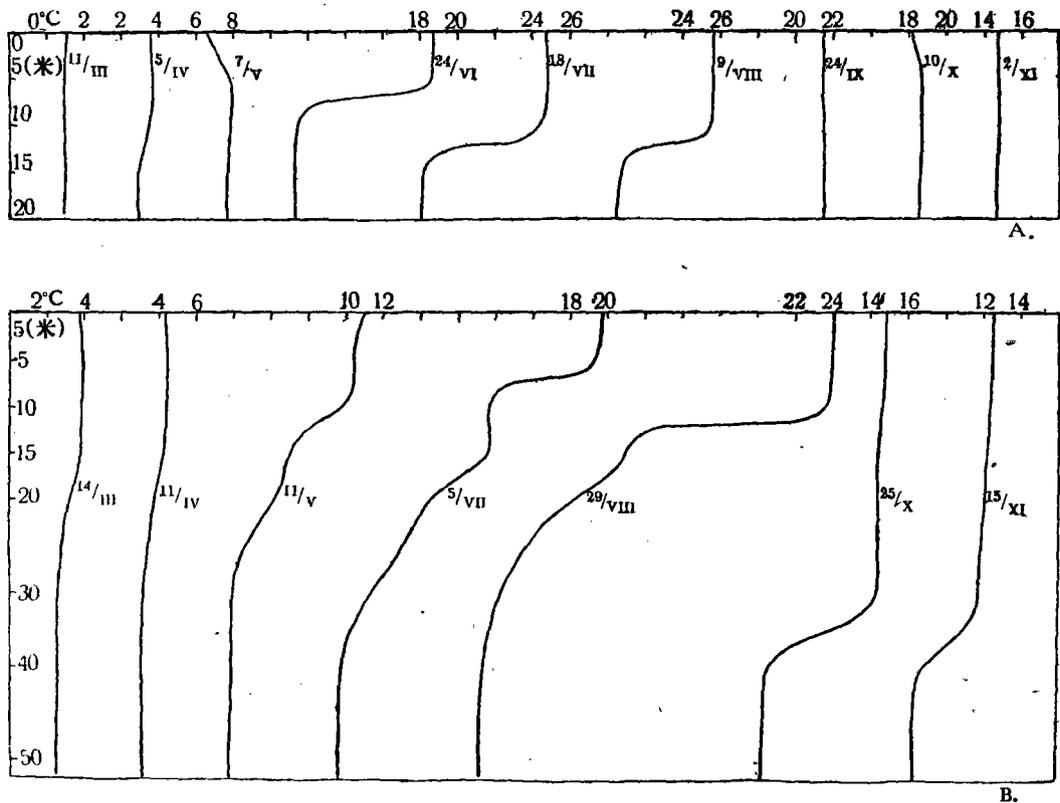
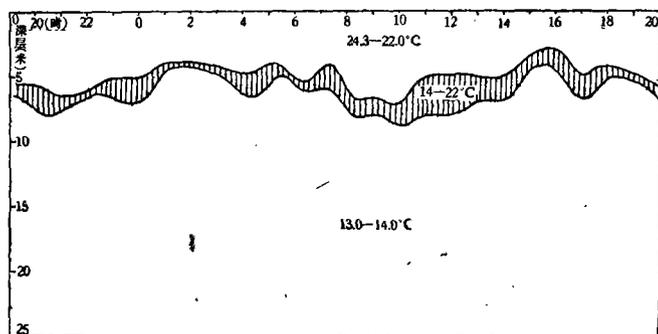


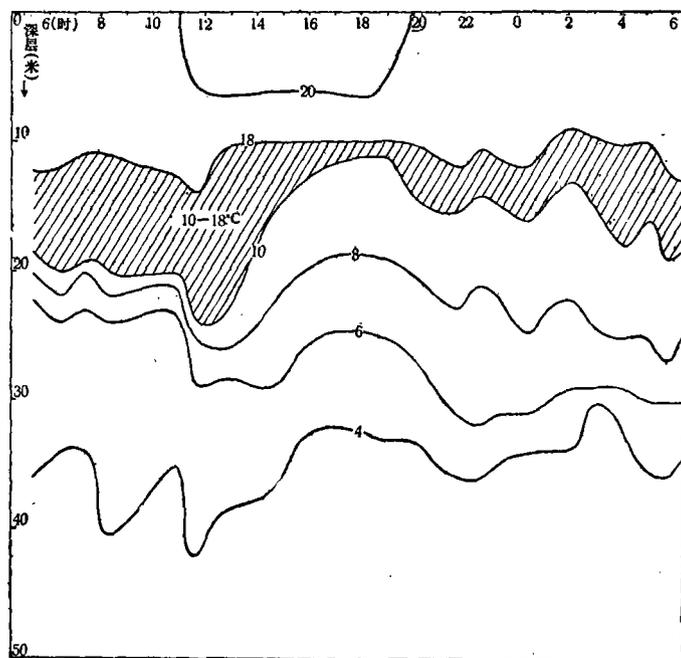
图 5 水温垂直分布年变化图

Fig. 5 Annual variation of vertical temperature distribution.

在温跃层出现时,内波与温跃层相伴而生,使温跃层按一定的周期上下振荡。Defant 氏指出^[4]:内波的周期与潮汐的周期相同。在这样的情况下,如果在温跃层附近的固定水层上进行连续观测,自然要得到较大的周日变化。Arthur 氏曾在“Deep Sea Research”上提到这一点^[5]。图 3 所示的深层水温在 6—9 月期间周日变化很大,其原因就在于此。图 6 是在某二测站所测的温跃层变化情况。从图 6 A 中可以看出 5 米水层的周日变化可以达到 8°C 以上。而从图 6 B 中看出 15 米层水温的周日变化也能达到 8°C 左右。图 3 所示的深层水温周日变化最大值各层出现时间不同的原因,就和温跃层的形成和消失有密切关系。



A



B

图 6 温度跃层周日变化曲线

Fig. 6 Diurnal variation of thermocline.

由图 6 还可以看出温跃层的振动是很复杂的。图中所表示的变化不仅包含温跃层上下振动的作用,同时尚有潮流水平移动的作用在内。如果要分析温跃层的变化,应当把潮流的作用考虑进去。

(3) 潮流 潮流虽然对海水的运送距离不大(一般在 10 哩以内),但在海况因子分布梯度较大的地方,潮流的作用就会产生很大的影响。在这种情况下,定点连续观测所得的结果就会有显著的周日变化。这是近海调查经常遇到的现象。图 7 就是一个实例,图中指出:表层氯度的日变差竟达 1.4‰ 之巨(约相当于盐度 2.5‰);如果我们将其变化曲线与潮流的变化曲线比较,则可发现:在东北流时氯度上升,西南流时氯度下降,极值出现于流速最小的南流或北流时刻,周期也和潮流一致,两者关系完全相符合。

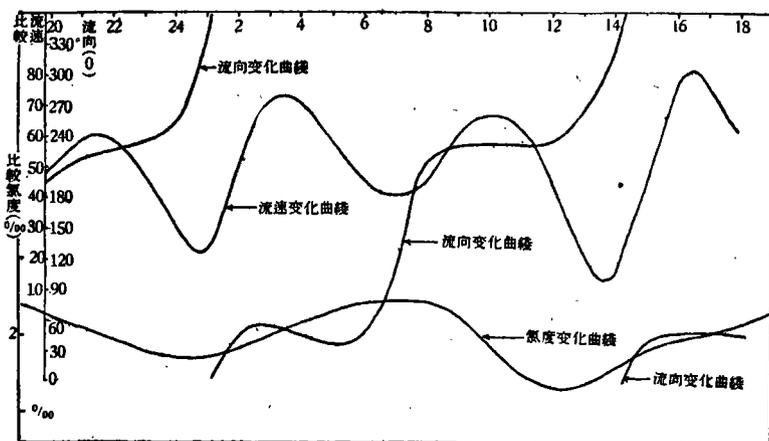
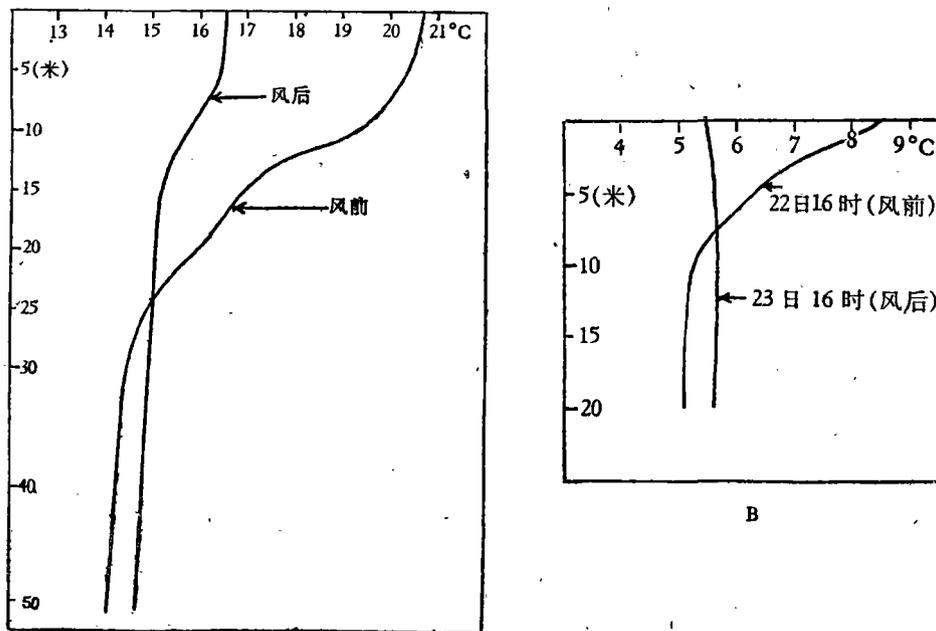


图 7 由于潮流引起的氯度周日变化

Fig. 7 Relation between variation of chlorinity at the surface and tidal current.

不难想見,上述現象一定是在潮流的最大流速方向和氯度等值綫接近正交(即交角接近 90°) 的情况下而发生的,如果它們的走向接近一致,則即使觀測站是处在氯度梯度較大的海区,而由于潮流产生的周日变化也不会如此显著。

III. 临时性变化 在单船調查的过程中,突然发生的水文气象变化往往使測得的資料前后难以联系,这方面最常发生的是大风暴的影响。在我国的浅海区域里,大风暴(特别是寒潮与台风)袭来时,往往能将海水从表面攪到海底,使整个海况因子的分布全部改观。在过去的調查中就遇到过这样的情况,例如有一次,在完成一次大面調查的中途遇到了风



A

图 8 大风前后水温垂直分布图

Fig. 8 Vertical temperature distribution before and after the storm.

暴,将这次調查的时间分割較长,其中有一个測站在調查开始和調查結束所做的两次观测中就产生了很大的差别,以前后两次水温記錄相比,則发现 25 米以上的水温在大风暴中普遍下降,表层下降达 4.2°C ,而深层水温則由 25 米以下普遍升高 0.5°C 左右(參看图 8A)。

风暴影响的現象往往在很短的时间內就能产生很大的作用。例如过去有一条船在一个測站上进行昼夜連續观测时,由于观测中途风力由 3 級增至 7 級,因之使水温的垂直分布发生了很大的变化。在风来之前,上下层水温差至 3.5°C ,而风暴之后,上层水温逐漸下降,下层水温逐漸上升,最后終於达到上下层水温几乎均匀一致的現象(參看图 8B)。

大河河口附近洪水吐洩也是必須注意的临时变化之一。Geyer 氏指出^[6],在密西西比河河口附近的海区(离岸 6—8 哩),发现在洪水注入的一两天內盐度变差可达 19‰ 之巨。我国长江、黄河等較大河流的河口附近海区,估計也必定有类似的情况发生。长江夏季流出大量淡水,因此而形成的低盐度水带远达济州島附近,朱元鼎先生在其“黄渤海海洋状况和經濟生物区系”的綜合报告中曾指出这一点^[2]。因此在調查工作中必須予以注意。

此外,产生重大的临时性变化尚有流冰的侵入。可以想見,在流冰侵入以后不但能降低水温和盐度,以影响温、盐度的平面分布,同时还能使海水发生垂直运动而改变海况因子的垂直分布。前面我們談过冬季表层水温的周日变化是很小的,但是由极值中可以找到很大的数字,其原因就在于此。

三、結 語

我們可以設想,如果从同步观测結果里把周日变化及临时性变化消除,則可以得出一种海况图,这样的海况图彼此之間所表示的关系,就單純的是逐日变化所累集的結果,我們可称之为“平均同步海况图”。显然,为了推測水团在某一段时间內的变化与移动情况,应当根据这种平均同步海况图去分析。这并不是說單純由同步观测所得的海况图在实际应用上沒有价值,因为在具体工作中也需要了解实际的現場海况,因此又必須对所推測的平均海况将周日变化及可能发生的不規則的临时变化估計进去。如何由单船逐站观测的資料中消除逐日变化,更进一步地消除周日变化及临时性变化,是海洋調查中一个十分重要的問題。

逐日变化是随着不同海区不同季节条件而变异的。如果按不同海区不同季节进行观测,由实际結果求得經驗关系后,逐日变化的影响是可以改正的。

周日变化的各种因素以太阳輻射所引起的作用較为簡單,它仅限于表层,且不与海况分布有关。我們可假定其变化为余弦曲綫的关系,按不同海区进行观测,求出其在几种典型天空状况下的变幅及相角差。改正这一項誤差是比較容易的。

潮流所引起的变化則較为复杂,因为它不仅与潮流本身运动范围有关,而且与海况的水平分布情况有关。如采用单船逐站观测的結果,消除逐日变化作为近似的海况分布,再从而估計潮流所引起的变化,这可能是解决这一問題的途径。但問題是很复杂的,为解决这一問題,选取适当的海区进行 24 小时以上的同步連續观测,还是必要的。

飞跃层振盪所引起的变化較潮流的影响尤为复杂,因为它和海况的垂直及水平分布都有关系。同时,吾人对内波的形成及其运动規律知道的还很不够,为了消除飞跃层振盪

所引起的影响,就必须对内波进行調查研究。首先选取飞跃层出現頻繁的地区进行 24 小时以上的同步观测,由实际观测的結果研究内波的規律,从而設法消除它所产生的影响,这是十分必要的工作。

沿岸的江河不断地輸送大量的淡水流入海,这对海况的变化影响很大。河水流量改变时,則河口附近的水文情况也随之改变。所以,河口附近的調查应规划在整个調查計劃之內。我們应結合河口水文方面的資料,进行專門观测,并从实际結果中去找出口附近水文变化情况与邻近海区水文变化情况的关系。

寒潮的侵袭,在过渡的季节里影响海况的变化至巨;夏秋的风暴,也足以改变海况因子的分布情况。因此,当这两种气象現象发生时,海况因子的水平及垂直分布均起剧烈的变化。如果在調查的过程中遇到寒潮或台风时,那么风暴前后的观测結果就应分別看待,不必設法修正。风暴前所作的观测且应全部重新补作,这样才可以得到风暴后全部海况的分布图,作为討論以后海况变化的依据。

我們所要改正的是周期性变化及局部由气象因素所产生的临时性少量变化。至于強大风暴使整个海况改观的变化是很难而且也不需要改正的。

图 2 里說明在 2、3 月中黄海北部海区温度的逐日变化最小,所以在这两个月份里,采用单船逐站观测的办法,所得的結果几乎不包括逐日变化。在图 3 里指出在海水降温的季节里 5 米以下各层水温周日变化其量甚微。因此可以推断在这个期間,利用单船逐站观测所得的結果,对温度来讲,应是一个近似的平均同步图。

解决如何消除各种变化最基本的办法,应当是尽早解决海洋自記观测仪器的問題。如果在所选定的测站上都能配备自記观测仪器,則所得的調查結果,一方面可以完全不考虑逐日变化,同时周日变化的作用亦可以很容易的消除了。

参 考 文 献

- [1] 海洋水文参考資料 I. 1957. 海軍海道測量部編印。
- [2] 朱元鼎, 1958. 黄海和东海海洋状况和經濟生物区系的綜合报告. 太平洋西部漁业會議 第三次會議論文报告。
- [3] Defant, Albert, 1950. Reality and illusion in oceanographic surveys. *J. Mar. Res.*, (9): 120—138.
- [4] Defant, Albert, 1950. On the origin of internal tide waves in the sea. *J. Mar. Res.*, (9): p.111—119.
- [5] Arthur, Roberts, 1955. Oscillations in sea temperature at scripps and ocean side piers. *Deep-sea Research* (2): 107—121.
- [6] Geyer, Richard A., 1950. The occurrence of pronounced salinity variations in Louisiana coastal waters. *J. Mar. Res.*, (9): p. 100—110.

SOME PROBLEMS CONCERNING HYDROGRAPHIC INVESTIGATIONS IN SHALLOW SEA

HO CHUNG-PEN AND REN YUN-WU

(Department of Oceanology, University of Shangtung and Institute of Oceanology, Academia Sinica)

The water masses on the Continental Shelf are under the continual influences of continental climate and consequently, their properties are incessantly undergoing daily changes, diurnal changes and irregular temporary changes. The amounts of these changes within the period of investigation are considerable and can not be disregarded. If investigations are made with single ship, the observed results are no longer synoptic.

In northern Yellow Sea, the maximum value for average daily change of surface water temperature in a period of 10 days is greater than 2°C , and occurs in June. The minimum average daily change of surface temperature at the same area is about 0.5°C , and occurs approximately at the end of February.

The diurnal changes of temperature are caused by solar radiation, internal waves and tidal currents. In Pohai, the maximum value for the changes so far observed is about 11.9°C . Larger diurnal changes of temperature occur in May to September. Smaller diurnal changes of temperature apparently occur in the Winter, although the data so far available are not sufficient to prove it.

If the investigation with single ship be made in February or March, during which both daily changes and diurnal changes are very small, the observed results could be considered as synoptic.

Irregular temporary changes are caused by stormy weather. Changes of the surface water temperature before and after the storm are generally very great, and sometimes the distribution of temperature in the whole area undergoes a complete change. It is necessary to repeat the observation made before the storm if it is practicable.

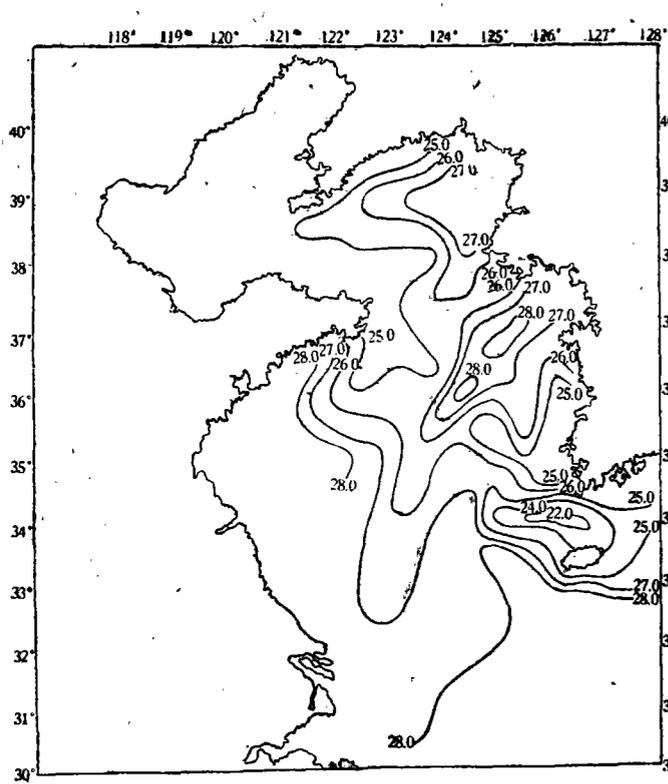


图1 8月份温度分布图(0米层)
Fig. 1 Distribution of surface temperature in August.

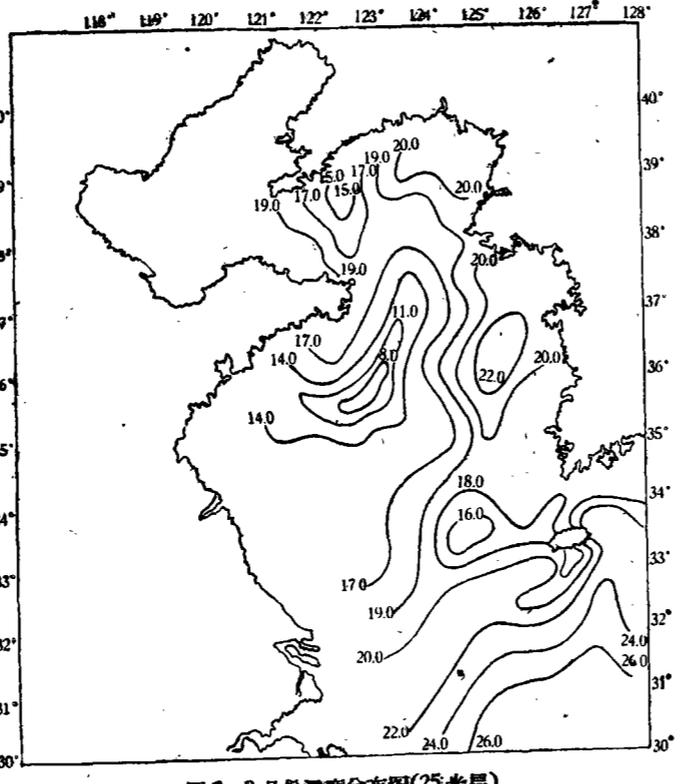


图2 8月份温度分布图(25米层)
Fig. 2 Distribution of temperature at 25m layer in August.

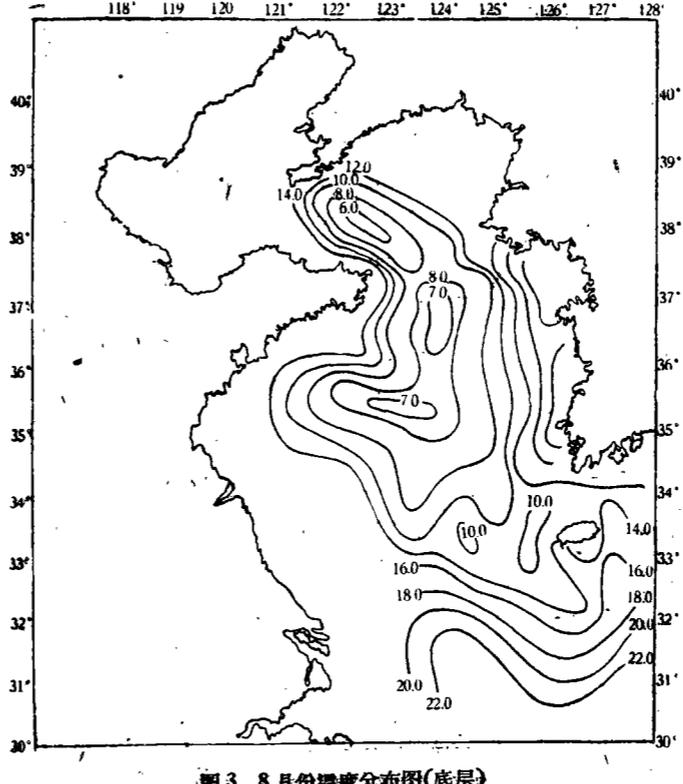


图3 8月份温度分布图(底层)
Fig. 3 Distribution of temperature at bottom layer in August.

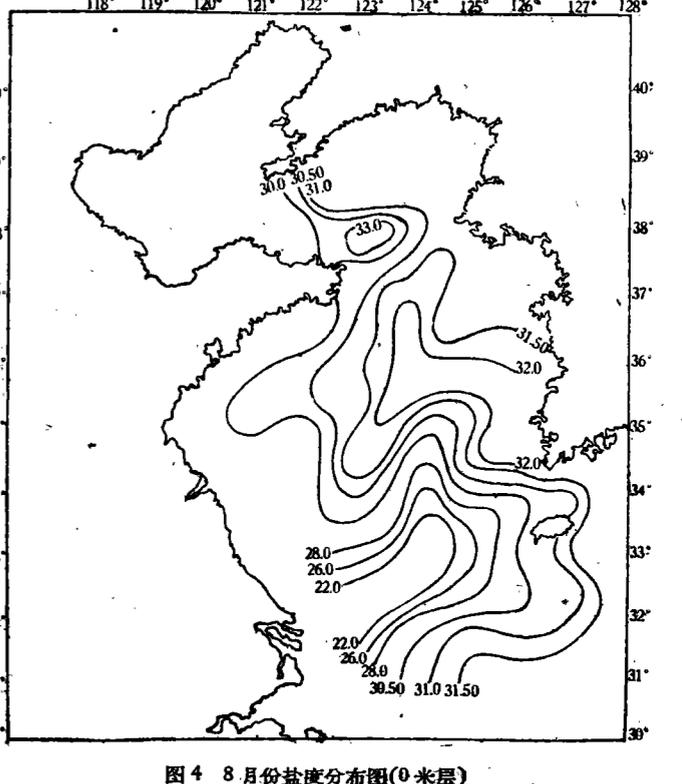


图4 8月份盐度分布图(0米层)
Fig. 4 Distribution of salinity at the surface in August.

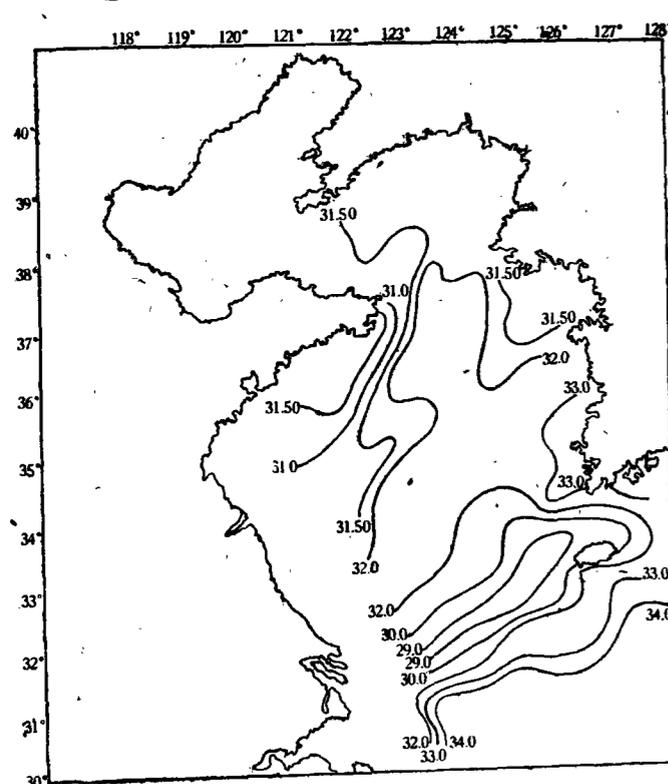


图5 8月份盐度分布图(25米层)
Fig. 5 Distribution of salinity 25m layer in August.

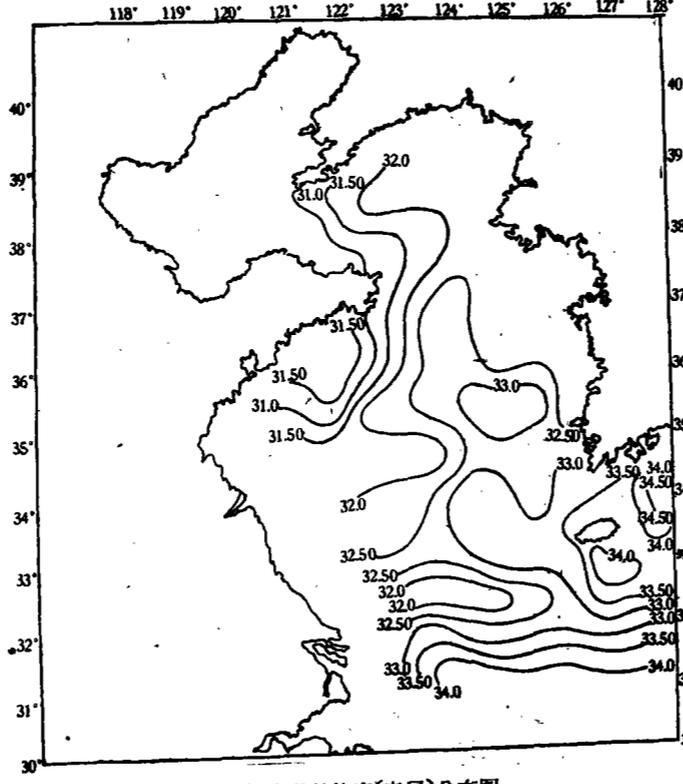


图6 8月份盐度(底层)分布图
Fig. 6 Distribution of salinity at bottom layer in August.

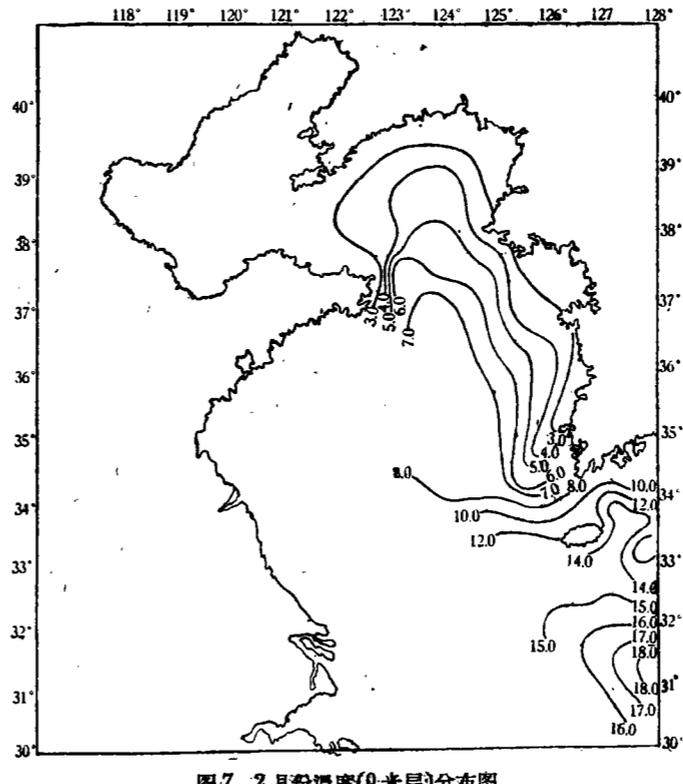


图7 2月份温度(0米层)分布图
Fig. 7 Distribution of surface temperature in February.

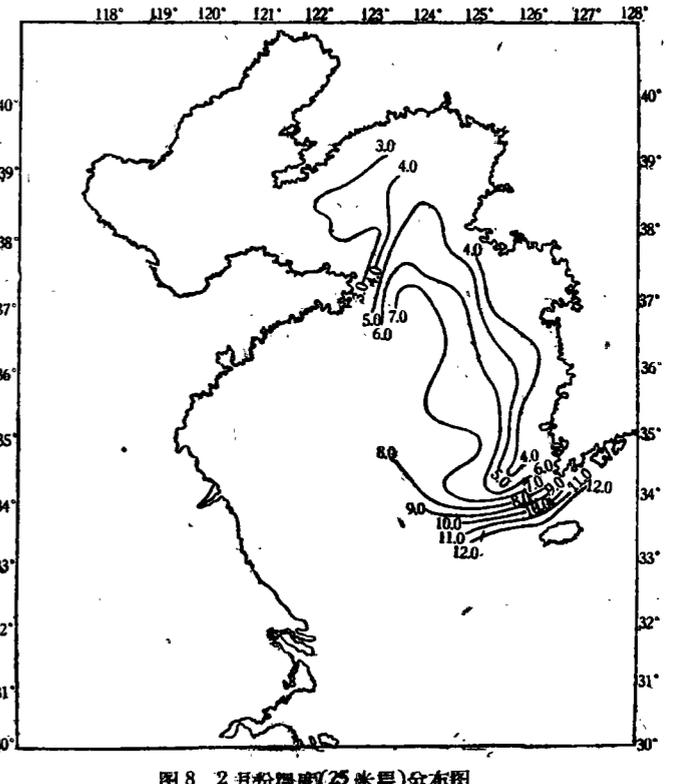


图8 2月份温度(25米层)分布图
Fig. 8 Distribution of temperature at 25m layer in February.

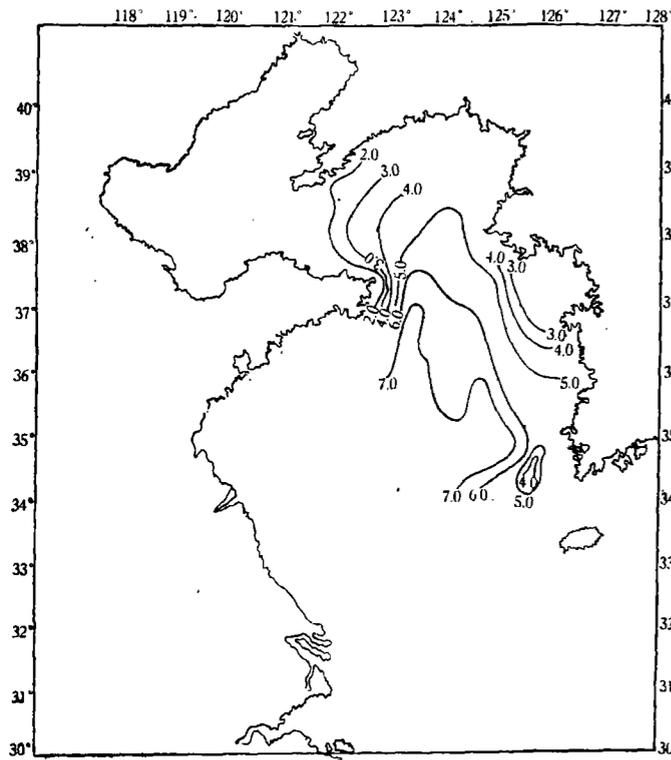


图9 2月份溫度(底层)分布图
Fig. 9 Distribution of temperature at bottom layer in February.

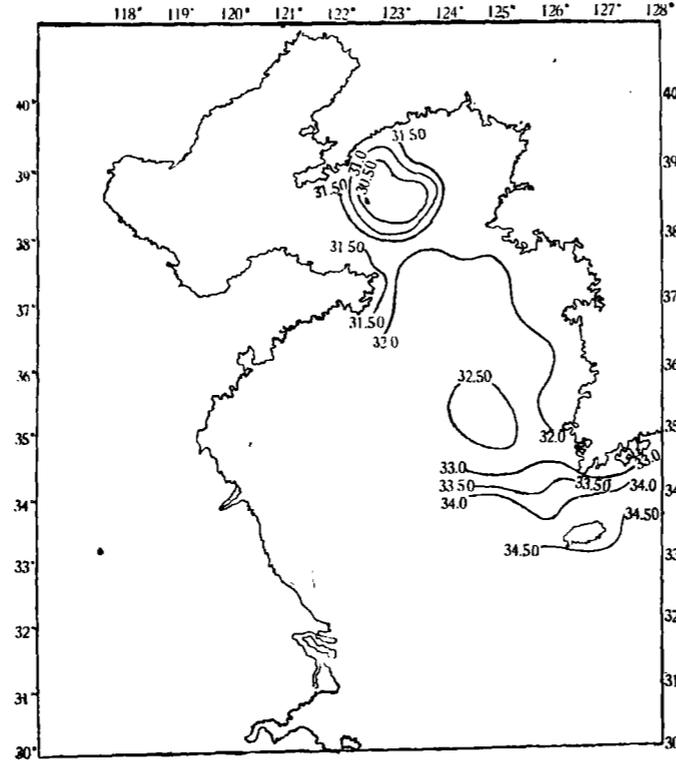


图10 2月份盐度(0米层)分布图
Fig. 10 Distribution of salinity at the surface in February.

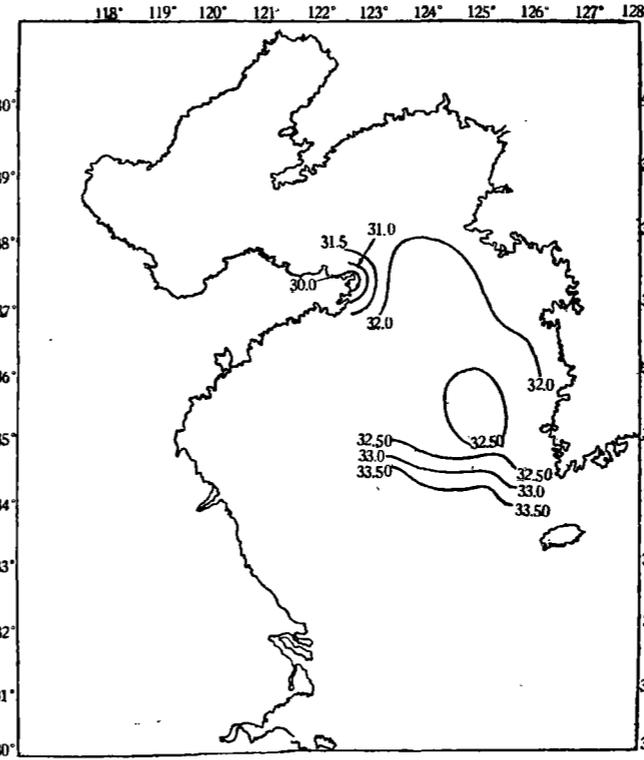


图11 2月份盐度(25米层)分布图
Fig. 11 Distribution of salinity at 25m layer in February.

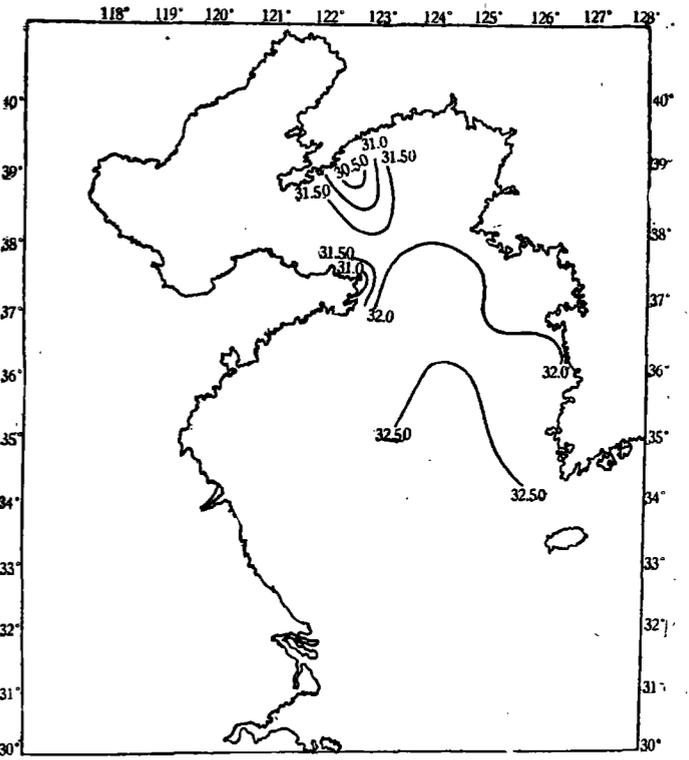


图12 2月份盐度(底层)分布图
Fig. 12 Distribution of salinity at bottom layer in February.

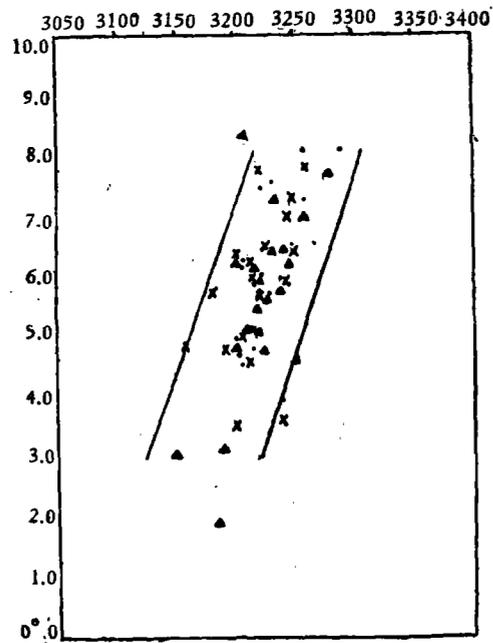


图13 2月份 T-S 关系图
Fig. 13 T-S relation in February.

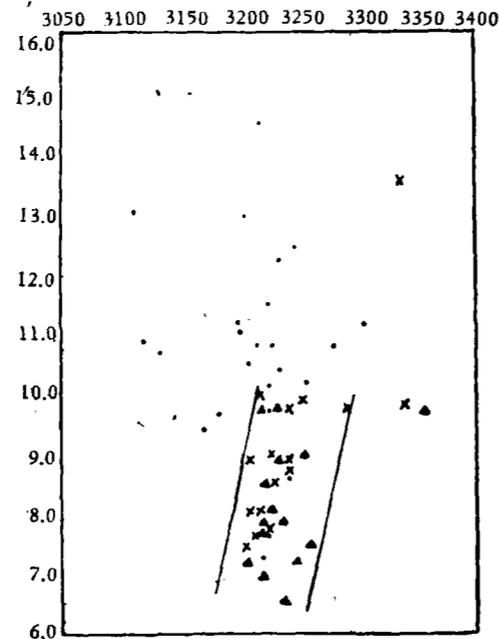


图14 5月份 T-S 关系图
Fig. 14 T-S relation in May.

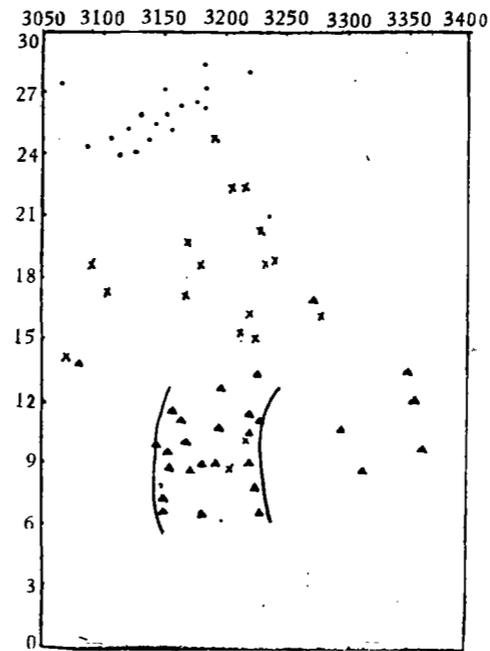


图15 8月份 T-S 关系图
Fig. 15 T-S relation in August.

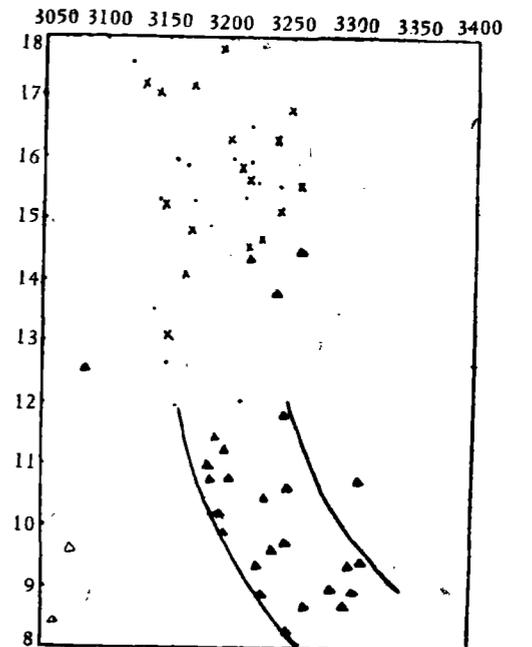


图16 11月份 T-S 关系图
Fig. 16 T-S relation in November.