

长江冲淡水锋面变动及其与径流量的关系*

赵 保 仁

(中国科学院海洋研究所)

海洋锋面是指不同性质的水团之间的交界面,由于水团之间的混合作用,一般是指不同水团之间的混合区。水团之间的混合是通过锋面进行的,浅海海洋锋区还往往出现上升流。观测表明,两种不同性质的水团或水体的交界面处,生物初级生产力较高,常是鱼群聚集的区域,渔获量较高。因此,海洋锋的研究有很高的理论和实践意义。在我国近海,大陆径流入海所形成的海洋锋,是黄海、东海陆架海区的重要锋面类别之一,本文利用“三峡工程对长江河口区生态与环境的影响和对策”专题调查资料(1985 年 8 月—1986 年 10 月)和国家海洋局断面调查资料(1975—1981 年),对长江冲淡水锋面的分布和变动特征作一初步分析。

长江口地处黄海和东海的交接处,南有台湾暖流及其延续体北上,并能越过长江口到达 32°N 以北海区(赵保仁,1982;苏育嵩,1986),北有黄海沿岸流和苏北沿岸流南下,东邻面积宽广的黄海、东海混合水区(苏育嵩等,1983)。

洪水期丰沛的长江径流入海之后,在 $122^{\circ}10'\text{E}$ 以东海区显著层化,然后在长江冲淡水和外海高盐水之间形成明显的锋面。长江口区的温度平面分布比较均匀,而盐度的差异很大。本文所讨论的锋面,是指因盐度水平分布显著差异而形成的盐度锋。

在长江口附近海区,外海高盐水分属不同的流系,它们的盐度值和水平流速值各不相同,因此,与长江冲淡水之间形成的锋面强度和宽度也各不相同。一般地说,暖流系统盐度比较高,流速较大,因而与长江冲淡水之间形成的锋面较强,锋区宽度也较狭窄;相反,黄海沿岸流系的盐度较低,水平流速较小,从而与冲淡水之间形成的锋面相对较弱,且锋区宽度较大。

依照定义,锋区应是水文要素水平梯度最大的区域。据日本学者(Kanau *et al.*, 1983)的观测,长江口区的锋区宽度只有 1—5km 左右。有的区域锋区宽度可能不足 1km。与三峡工程有关的海上环境调查,在 123°E 以西海域,观测站距为 10—15n mile;国家海洋局断面观测站距一般为 $30'$ 经距。基于这些资料确定出的锋区宽度就较大,强度则显著变弱。因此,为了弄清长江口海洋锋的水文结构和变化特征,需要针对海洋锋这种小尺度现象布设高密度观测站,或者用巡航式 CTD 进行专门调查。然而实际工作中仍然需要根据常规的海洋调查资料来确定锋面的大体位置,了解其水文结构和变化规律。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2054 号。

本文初稿写于 1987 年初,此次刊印前略加修改。

收稿日期:1989 年 11 月 4 日。

一、调查期间长江冲淡水锋面的分布特征

我们着重阐明长江冲淡水与外海高盐水之间的锋面分布特征。当然这类锋面是以盐度的显著变化作为其存在的主要标志。在具体确定锋面的位置时,理应计算各站间的盐

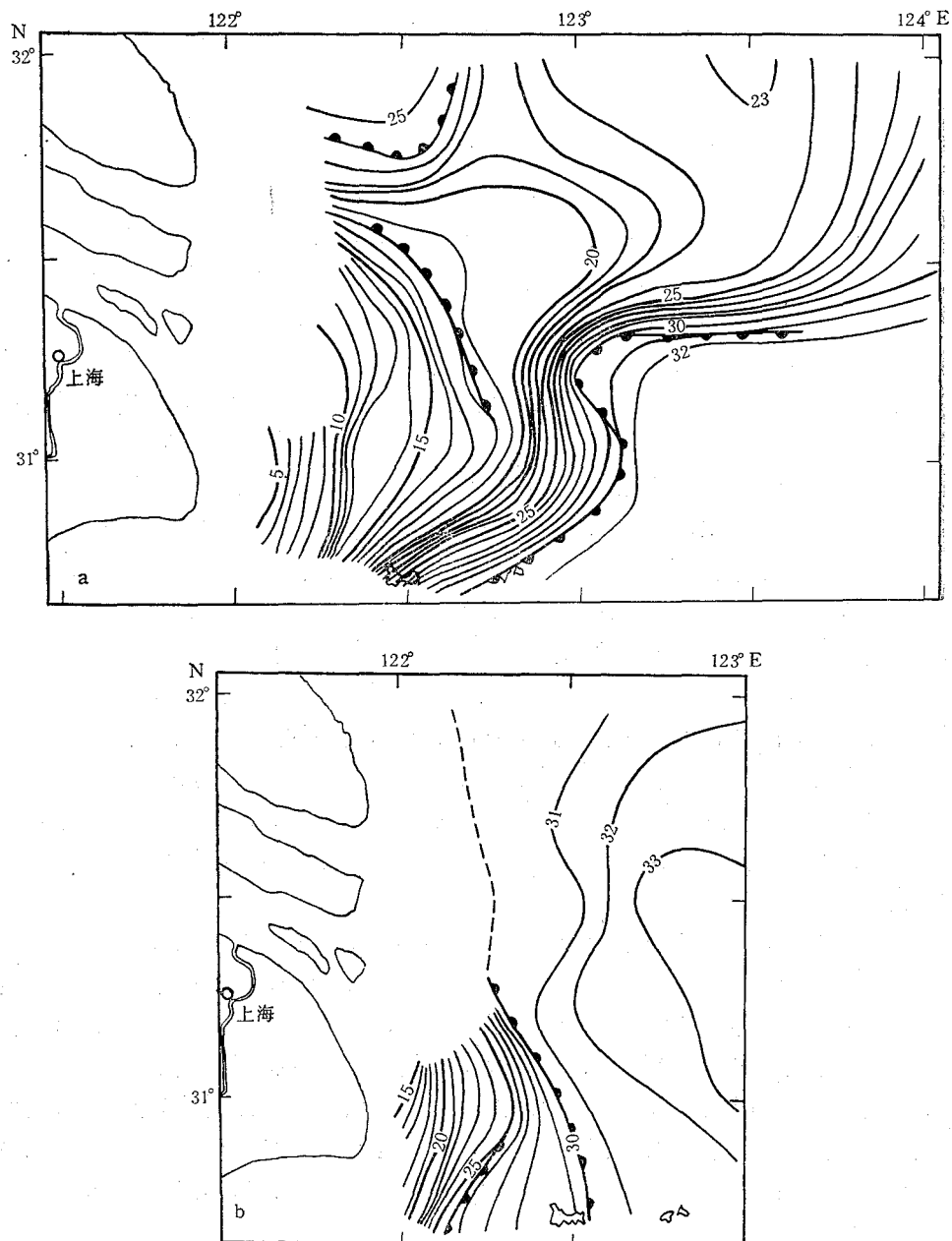


图1 表层盐度分布及锋面位置

a. 1985年8月; b. 1986年1月

度梯度值, 然后按其极大值的位置定出锋面的位置和强度。但是由于冲淡水内部的盐度梯度很大, 细部结构十分复杂, 淡水经常成块状分布, 并且长江口区的水文测站分布很不均匀, 因此, 由盐度水平梯度最大值确定的冲淡水锋面位置可能过于偏向淡水源一侧, 或者以冲淡水内部的次生锋面误认为是长江冲淡水与外海高盐水之间的锋面。本文根据调查资料绘出盐度的平面分布图, 据此确定长江冲淡水和外海高盐水之间的锋面位置, 大

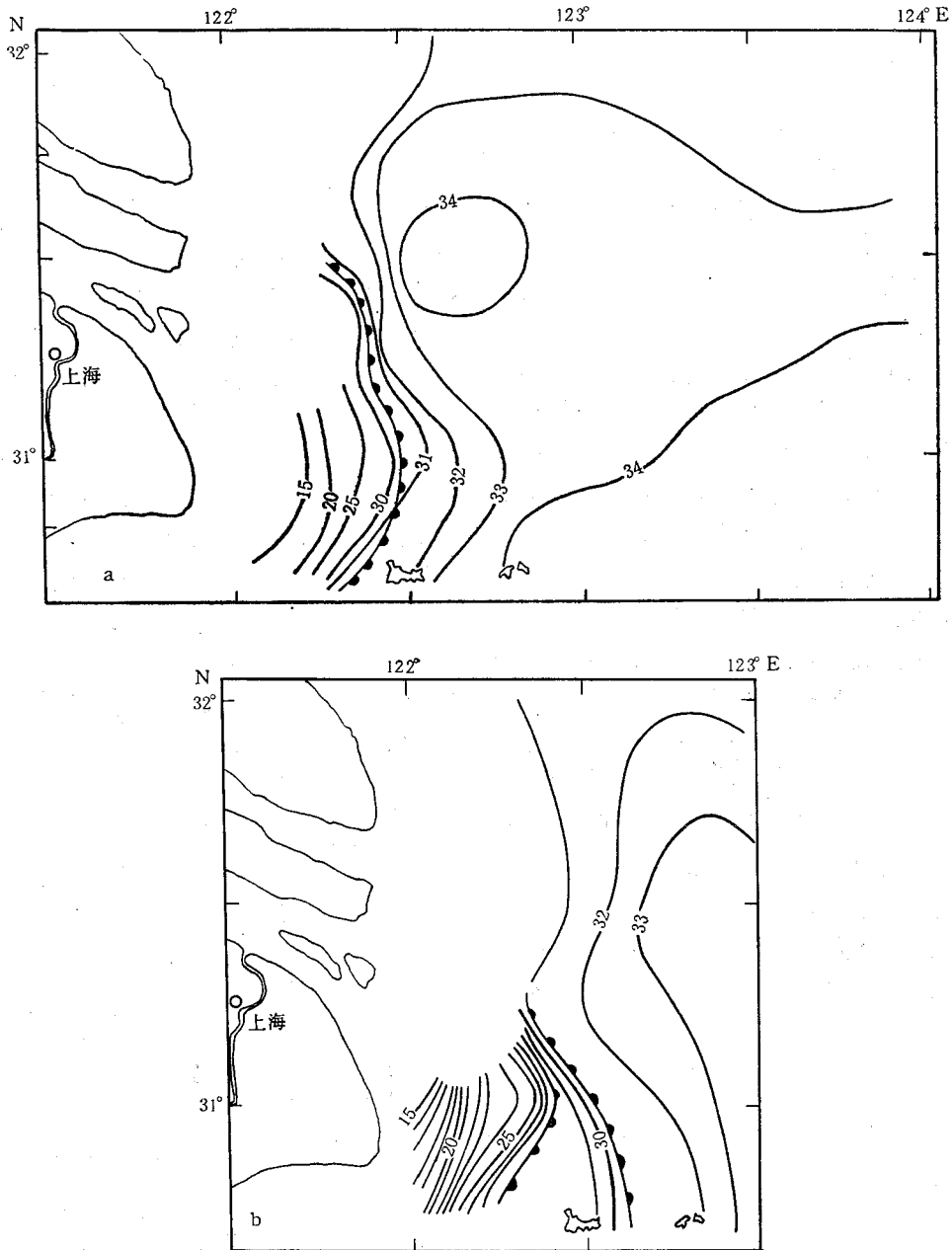


图2 底层盐度分布及锋面位置

a. 1985年8月; b. 1986年1月

体取等盐线密集区的外侧界面作为长江冲淡水和外海高盐水的界面。如此得到各月的锋面分布图。所得大多数月份的锋面大体与盐度为 30—31 的等盐线的分布基本一致。

作为例子,图 1 给出 1985 年 8 月(图 1a)和 1986 年 1 月(图 1b)的表层盐度分布及锋面位置,分别代表洪水期和枯水期的锋面分布情况。由图可知,在冲淡水东南侧,它与外海高盐水之间盐度变化十分显著,显然存在着一条锋面,大体沿盐度为 30 的等盐线分布。此外,在长江冲淡水内部显然还存在着一条 NW-SE 向的锋面,大体沿盐度为 19 的等盐线分布。由于它存在于冲淡水内部,我们称之为冲淡水内部的次生锋面。在长江口北侧,约 $31^{\circ}45'N$ 线附近,同样存在着等盐线密集的带状区域,锋面大体沿盐度为 25 的等盐线分布。由于调查区域太小,未能测到北部的黄海次高盐水的分布区域,所以这条锋面很可能还是长江冲淡水内部的次生锋面。

枯水期长江径流量显著减小,淡水入海后贴岸向杭州湾口方向扩张。1986 年 1 月,冲淡水向东可扩展到 $122^{\circ}30'E$ 附近海区。冲淡水和外海高盐水之间的锋面大体也是沿 30 等盐线分布,呈 SSE-NNW 走向。此外,嵊泗西北海域也有一条次生锋面,大体沿 25 等盐线分布。

从图 2a,b 可知,底层长江冲淡水在离开河口后先沿河口方向向东南扩展,到达嵊泗附近海面后便向南延伸,而长江冲淡水的锋面位置大体沿 15—20m 等深线分布。

在底层,1985 年 8 月的盐度分布图中没有观测到次生锋面;但在 1986 年 1 月及其他一些月份,如 1985 年 9 月,1986 年 3 月等,嵊泗西北近海盐度分布相对均匀,在这一盐度分布相对均匀的冲淡水区和盐度值更低的河口淡水区之间均有次生锋面出现。

观测表明,在长江冲淡水明显转成东或东北方向时,即在 5 月至 10 月的洪水期,冲淡水右侧的锋面强度一般要大于其左侧的锋面强度。其形成原因可能主要是,从东海南部北上的台湾暖流盐度较高(达 34 或更高),平流速度较大 (20cm/s 左右),而从黄海南下的黄海沿岸流的盐度相对较低(约 32 左右),平流速度较小 (10cm/s 左右)。根据调查资料,1985 年 8 月锋区 F_3 与 F_4 站间的盐度差达 10.22,其水平梯度达 0.64/n mile; 1985 年 10 月 G_6 与 G_7 站的盐度差达 13.61,水平梯度约为 0.45/n mile。

卫星观测资料表明,海面实际存在的锋面是很狭窄的,因而锋区实际存在的盐度水平梯度将远大于上述数值。从 NOAA 一通道卫星图片(如 1986 年 3 月 6 日和 1986 年 8 月 1 日等,图片从略)还可以看出:在长江径流洪水期,冲淡水右侧的锋面较其左侧的显著;并且在冲淡水内部淡水成块状分布,即冲淡水内部存在着次生锋面。卫星图片还表明,枯水期的冲淡水与外海高盐水之间的界面似乎比洪水期更加明显。

二、冲淡水锋面的季节变化和多年变化

图 3 给出专题调查期间各月长江冲淡水和外海高盐水之间表底层锋面的分布变化情况,其中图 3a 为洪水期 (5—10 月)长江冲淡水锋面分布变化。需要指出,由于洪水期长江冲淡水显著溢出调查海区,如 1985 年 8 月、9 月,1986 年 6 月、7 月、8 月等,无法看到冲淡水的锋面分布全貌,图中给出的锋面,有些很可能属冲淡水内部的次生锋面。

从图 3 可知,枯水期长江口区的锋面比较贴近河口区,大体呈 SSE-NNW 走向,12

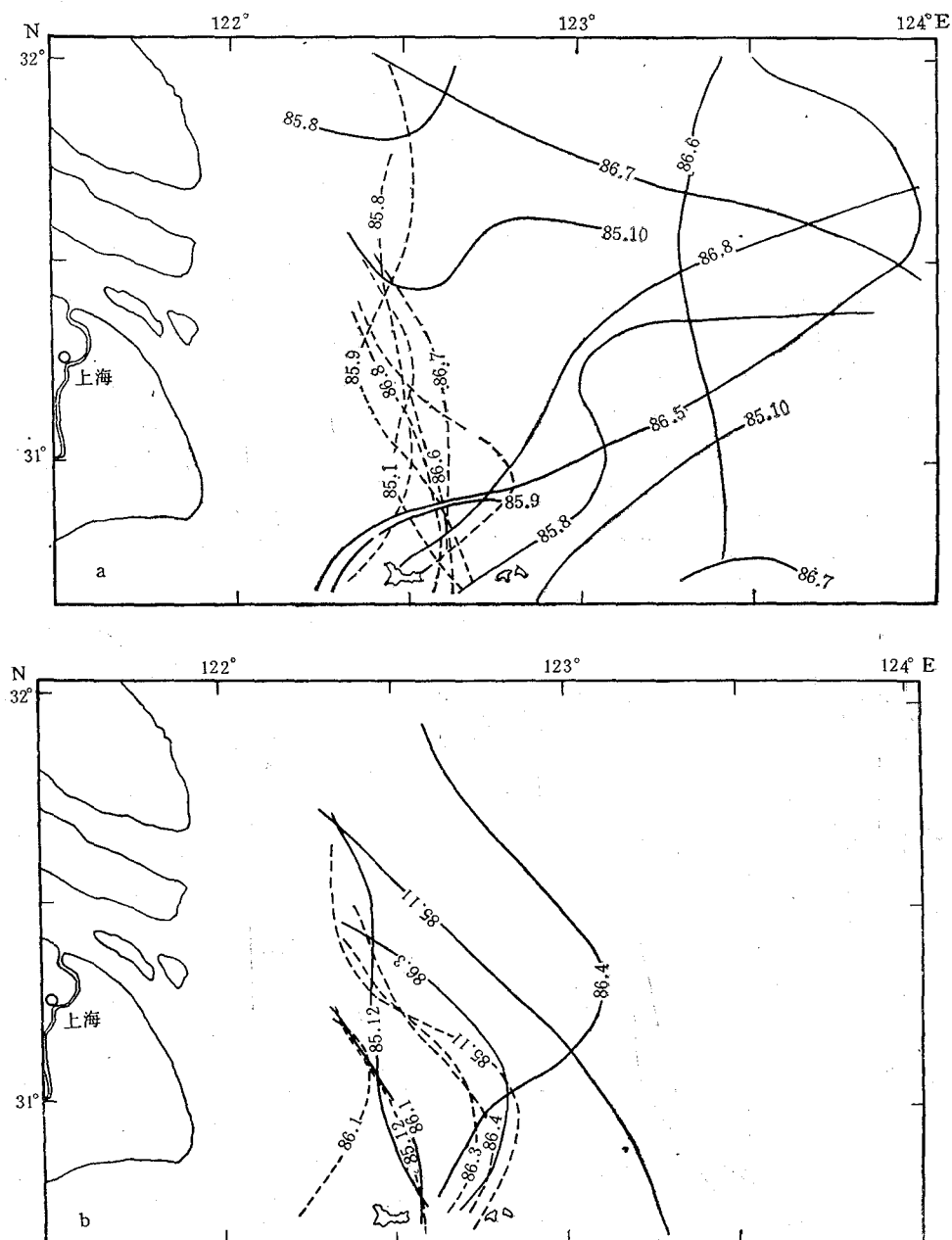


图 3 调查期间各月长江冲淡水表、底层锋面分布

a. 洪水期; b. 枯水期

——表层锋面; ----底层锋面(锋面上的数字为“年、月”,年代略去“19”,如“86.3”为1986年3月)

月和1月距长江口最近。在洪水期,随着长江冲淡水转成东至东北走向,锋面也都调整到NE-SW方向。并且由于淡水扩展范围变动很大,冲淡水锋面位置也在很大范围内变动。统计表明,洪水期冲淡水主轴转向角随着流量的增大而增大(本集赵保仁等文),因此,依附于冲淡水的锋面位置也在很大范围内游移。一般地说,径流量越大,锋面向东北方向伸

展越远。

各月底层锋面位置(图3虚线)变化不大,一般仅在15—20m等深线之间变动,其中3—5月、11月,即春秋季节,底层锋面位置略微向外海推移,冬夏两季锋面离长江口较近。

为了说明锋面、冲淡水扩展面积与径流量之间的关系,图4a给出专题调查期间大通站径流量和长江冲淡水面积变化的年过程曲线。这里需要说明两点:(1)如前所述,在多数情况下,长江冲淡水锋面位置大体同等盐线30的分布位置相当,另外多数测站分布在 $122^{\circ}10'E$ 以东海区,因此,这里所述的冲淡水面积是指 $122^{\circ}10'E$ 线与盐度为30的等值线之间所包围的面积;(2)洪水期大部分30等盐线已越出调查海区,因此,对这些月份来说,海面冲淡水实际占有的面积要高于图中给出的量值。由图4a可知,随着流量的增大,长江冲淡水面积迅速增大;但在径流量较小时期(10月—5月),径流量与冲淡水扩展面积之间有良好的线性关系(见图4b)。洪水期冲淡水面积变化比较复杂,除径流量外,底层高盐水的扩展范围(主要取决于台湾暖流的强弱变化和流轴摆动,本集赵保仁等文)对冲淡水的扩展方向和面积也有重要影响。

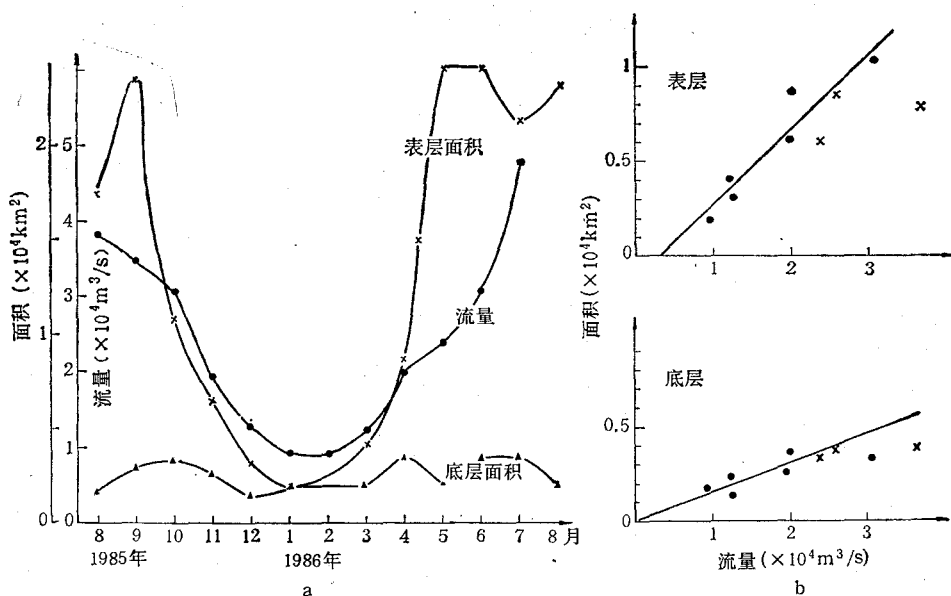


图4 a. 大通站径流量、表层和底层长江冲淡水面积年过程曲线

b. 枯水期大通站径流量与冲淡水面积之关系

(●1985年8月—1986年8月调查资料,×1986年10月、1988年4月和10月调查资料)

我们进而利用国家海洋局断面调查资料给出1975—1981年各季代表月和10月逐年的锋面分布情况(图5)。由于标准断面的站距一般在26n mile (30'经距)左右,这里只能给出锋面的大概位置。图5再次表明长江枯水期(11—4月)锋面位置基本稳定;而洪水期由于冲淡水扩展方向和范围变化很大,锋面位置变动很大。从多年积累资料来看,5—9月为长江冲淡水转向期。10月长江径流量虽已超过 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$,但由于该月长江口区已为西北季风所控制,冲淡水南下的情况居多。因此,从10月份至第二年4月长江

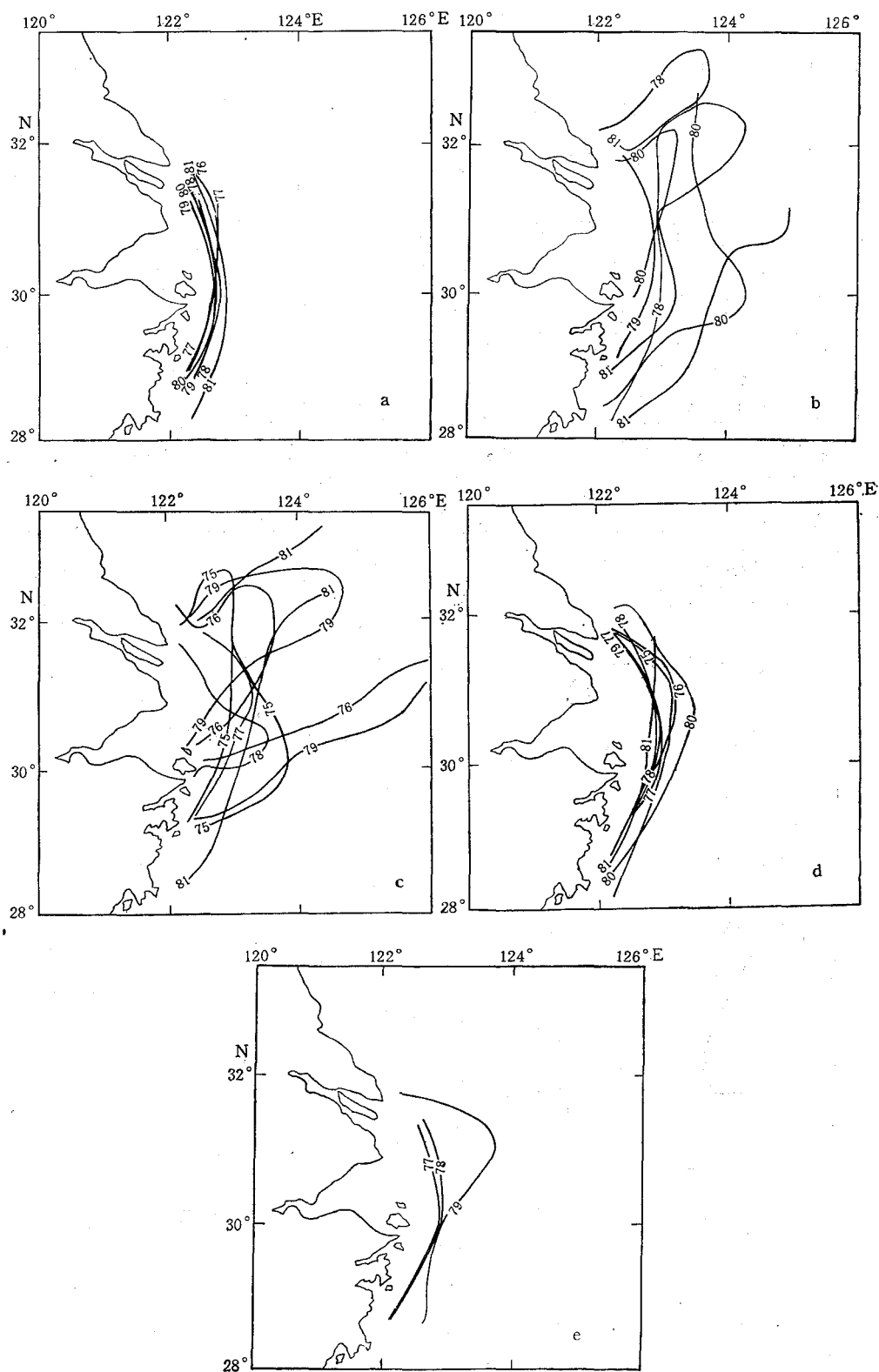


图5 长江冲淡水锋面多年变化(1975—1981年)

a. 2月; b. 5月; c. 8月; d. 10月; e. 11月(锋面上的数字为年代,略去“19”,如“81”为1981年)

冲淡水锋面一般稳定在 $122^{\circ}30' - 123^{\circ}00'E$ 一带。顺便指出,图 5 的锋面分布趋势,由于资料来源相同,与于洪华、苗育田(1989)给出的锋面分布趋势是一致的。

底层冲淡水锋面十分稳定,其位置与图 5 枯水期的基本一致,这里不再重复。

三、长江冲淡水垂向锋面(盐跃层)的变化特征

根据本集赵保仁等文给出的断面分布图,洪水期长江冲淡水的厚度在转向点附近为 10—15m 左右,转向后冲淡水迅速层化,此时由于受上升流的影响,厚度一般不超过 5m。越过该上升流区之后,冲淡水厚度略有增大,可达 5—10m 左右。

利用 CTD 剖面资料(1986 年 5 月),可获得较准确的盐跃层强度分布图。盐跃层强度是这样算得的: 首先根据 CTD 原始资料(采样间隔约为 0.20—0.5m)绘制盐度的垂直分布图,取其拐点附近的盐度和深度值,据此计算两拐点之间的盐跃层的平均强度值,绘成图 6。由图可知,在长江口附近海区,盐跃层的平均强度一般为 $0.5 - 3.0 m^{-1}$ 左右。盐跃层较强的区域分布在长江口外的深槽的西侧和北侧,大体同 5m 层中的高盐区(本集赵保仁等文)相一致;也就是说强跃层区恰好分布在长江口外的上升流海区。显然,该强跃层是由于上升流抬升底层高盐水,使跃层厚度变薄而形成的。因此上述强跃层的分布特征,成为长江口外的上升流现象及其分布区域的又一佐证。

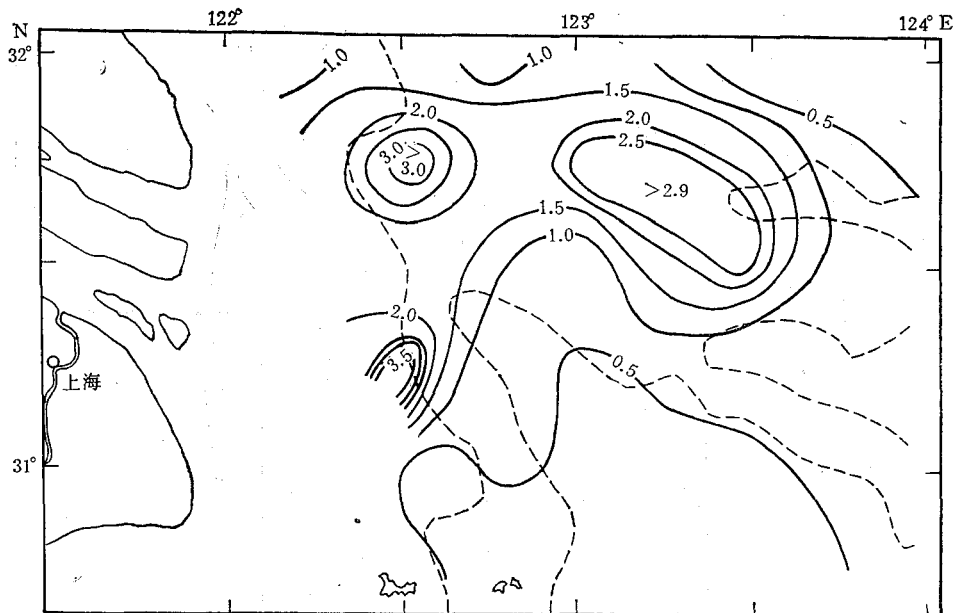


图 6 1986 年 5 月长江口区盐跃层平均强度(m^{-1})的水平分布
(图中虚线为等深线)

四、三峡工程对长江冲淡水锋面的影响

未来的三峡水库 10 月份开始蓄水,按 180m 方案,月平均径流量平均减少约 7 000

m^3/s , 按 150m 方案, 月径流量平均减少约 $3\,000\text{m}^3/\text{s}$, 11 月、12 月径流量改变甚小, 1—4 月按 180m 方案月径流量约增加 $1-2 \times 10^3\text{m}^3/\text{s}$ 。根据前述冲淡水面积变化及锋面变动同流量的关系, 蓄水后可能引起如下变化:

(1) 根据图 4b, 当 10 月流量减少 $3\,000-7\,000\text{m}^3/\text{s}$ 时, $122^\circ 10' \text{E}$ 以东表层冲淡水面积约减少 $0.14-0.24 \times 10^4\text{km}^2$, 约占原有淡水面积的 13—23%, 底层冲淡水面积约减少 $0.05-0.1 \times 10^4\text{km}^2$, 约占原有淡水面积的 11—21%。11 月和 12 月冲淡水面积变化不大, 1—4 月在流量略有增加的情况下, 冲淡水的面积也会相应地略有增大。

继 1985 年 8 月—1986 年 8 月调查之后, 分别在 1986 年 10 月, 1988 年 4 月和 10 月又进行过三次海上综合调查。为了验证图 4 所示的回归直线, 我们用同样的方法计算出表、底层冲淡水的面积。结果表明, 除 1988 年 10 月观测所得冲淡水面积值偏离回归直线略远外, 其他两次符合良好。这表明, 我们给出的回归直线比较符合实际情况, 有较好的预测效果。

(2) 10 月份由于流量减少, 锋面将向河口方向退缩, 在正常年份预计锋面位置可能接近于 11 月和 4 月的位置; 1—4 月, 在径流量略有增大的情况下, 冲淡水锋面将略向外海推移, 估计 1, 2, 3 月份的锋面位置大体同 12 月份的相近。

(3) 流量是影响长江冲淡水转向的重要因素之一, 在 1975—1988 年的 14 年间收集到的有关 10 月份的 10 次调查资料中, 只出现过两次转向情况(1980 和 1985 年)。可以预期, 三峡建坝之后, 由于流量的减少, 除特大洪水年外, 10 月份长江冲淡水一般不再转向。

参 考 文 献

- 于洪华、苗育田, 1989, 东海西北部海域盐度锋的分布特征及其变化, 东海海洋, 7(3): 1—11。
 苏育嵩, 1986, 黄、东海地理环境与环流系统与中心渔场, 山东海洋学院学报, 16(1): 12—27。
 苏育嵩、喻祖祥、李凤岐, 1983, 聚类分析法在浅海水团分析中的应用及黄、东海变性水团的分析, 海洋与湖沼, 14(1): 1—13。
 赵保仁, 1982, 局地风对黄海和东海近岸浅海海流影响的研究, 海洋与湖沼, 13(6): 479—490。
 赵保仁、乐肯堂、朱兰部, 1992, 长江口调查海区温、盐分布基本特征, 海洋科学集刊, 本集。
 Kanau Matsuike, Kuniaki Okuda and Kengo Uehara, 1983, Turbidity distributions near oceanic fronts in the coastal area of the East China Sea, *La mer.*, 21(3): 133—144.

CHANGJIANG DILUTED WATER FRONTS AND THEIR RELATION TO THE DISCHARGE OF THE CHANGJIANG RIVER*

Zhao Baoren

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

The distribution and variations of Changjiang Diluted Water fronts at the surface and

* Contribution No. 2054 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

bottom layers in different seasons and years are described. The front boundary between the Changjiang Diluted Water and high salinity water of the open sea is roughly along the isohaline 30, 31. The positions of the front at surface are changed in large scale with the discharge of Changjiang River Diluted Water, but at bottom layer they are less changed. Besides the above fronts, secondary fronts in the interior of Changjiang Diluted Water are often found. The variation of strength of halocline in the mouth area is discussed, from which the upwelling in this area can be proved once more. Possible impact of the Three Gorges Project on the fronts and the area of Changjiang Diluted Water is also discussed.