

长江口的水系和锋面*

胡辉 胡方西

(华东师范大学河口海岸研究所 上海 200062)

摘要 长江每年约有9400亿米³流量通过河口入海,在口外形成特有的长江冲淡水,促使长江口内至口外水体的理化性质发生很大变化,并由此对长江口及其邻近水域的生物、化学、沉积及生态环境产生深刻影响。本文以盐度和含沙量两个指标把长江口的水体宏观地划分为长江径流水、长江河口水、长江冲淡水和外海水,其中长江冲淡水又可分为羽状流水和口外混合水两个次一级水体。通过水系划分,说明长江口河口锋、羽状锋的形成与水系的密切联系,长江口水系的特征指标及长江河口锋、羽状锋等主要锋面的特征。

关键词 长江口,水系,冲淡水,河口锋,羽状锋

前言

水系和水团作为海洋水文学研究的重要内容,它与海水物理化学性质有关。研究水系对沿岸生物活动、渔场环境有重要作用。通常用海水盐度和温度作为划分的指标,但在浅海、河口水域,由于受径流、潮汐、地形、气象等各种因素影响,水体变性激烈,沿用温度、盐度来划分长江口的水系或水团有一定局限性。

长江口作为我国最大入海河口,平均每年约有9400亿米³径流通过河口入海,入海径流量约占我国入海河口径流总量的57%。巨量径流携带着大量悬沙通过口门、口外到达东海及南黄海一带水域,与周围水体渗混、交换混和逐步变性,形成本水域独特的海水理化特征,在夏季(长江洪水期)尤为典型。1958年全国海洋综合调查时发现,在夏季从长江口伸出一个低盐淡水舌,在60年代初,毛汉礼等提出了长江冲淡水这一重要概念,把冲淡水的盐度定为4—32,后人也有把盐度定为5—31的。80年代初,苏育嵩等对黄东海区的变性水团包括长江冲淡水分布作过较深入的分析。1979—1982年,中美两国海洋学家进行的东海陆架沉积动力过程联合调查中指出,夏季在长江口外12米等深线内,盐度小于18的淡水舌向东南沿伸,而盐度18—26之间的水体在外海呈东北方向分布,形成类似羽状锋结构。此外,王康善等也对长江口的水系作过研究。上述划分水系的方法主要是以盐度或盐度与温度来确定

收稿日期:1994年9月24日。

* 本文为国家自然科学基金重大项目《中国河口主要沉积动力过程研究及其应用》,河口锋研究内容之一,项目编号:9487005。

的,这无疑是很有意义的。考虑到河口水域的固有特点,本文则尝试用盐度和含沙量两个指标对长江口水系进行划分,这种分析方法对长江口研究锋面运动也具有较好的效果。

长江口水系

(一) 划分依据

长江巨量径流和丰富的泥沙通过南支、北支、南港、北港、南槽和北槽,形成目前三级分叉、四口入海态势。长江年平均输沙量达4.86亿吨,约有一半在河口沉积,另一部分被带出河口进入东海海域和杭州湾。长江口自徐六泾至口门距离约150公里,至 $123^{\circ}00'E$ 的水域相距250公里,在这样大范围内水体理化性质从河口上端至口外已发生很大变异,这些变化既与盐度有关,也与水体中含沙量变化有关。研究统计结果表明,这一特定水域内,采用盐度和含沙量两个指标来划分长江口水系较好。因为长江口水体中“盐”源来自海水,而“沙”源主要来自河流,它们各有其保守性,并在长江口有较好的规律性和自身特点。图1是1989年8月长江口向海纵断面表层盐度、含沙量分布。由图可知,盐度从长江口外的高盐向口内逐渐降低;而含沙量相反,长江口内含沙量较高,向口外含沙量逐渐降低。盐度、含沙量各从一个侧面显示出长江口水体的重要特征。

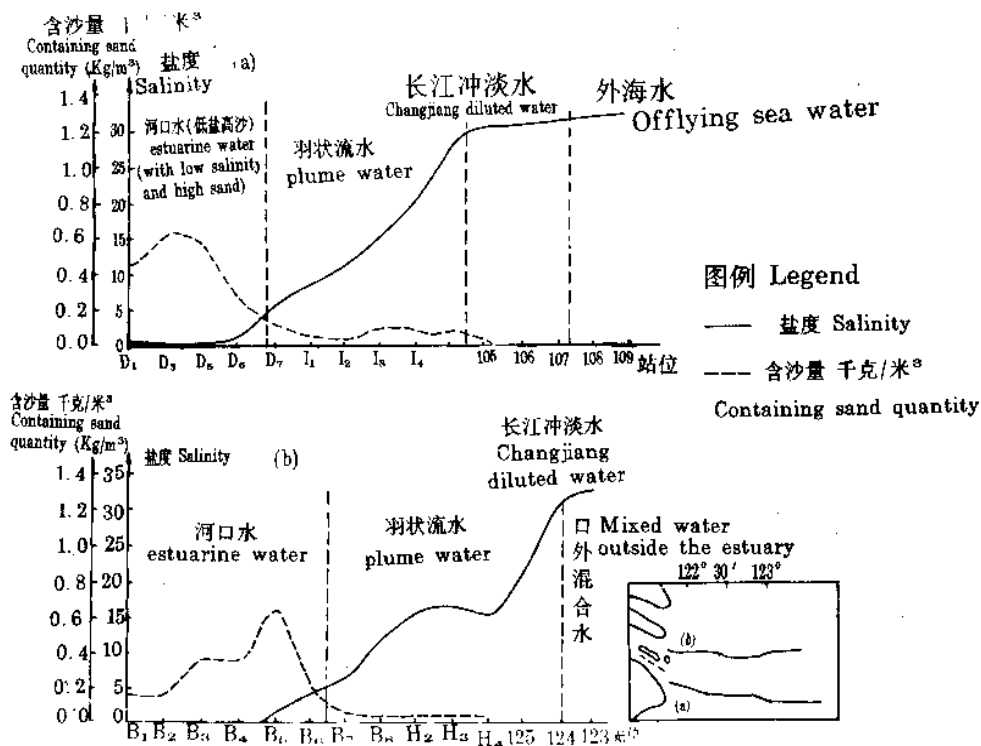


图1 长江口纵向盐度、含沙量分布图

Fig. 1 The latitudinal distribution of salinity and containing sand quantity in the Changjiang estuary

我们将位于长江口内、口门及口外水域的一批同步连续观测站表、中层盐度和含沙量资料点绘成S(盐度)和C(含沙量)图解,虽然水体盐度、含沙量受涨、落潮影响,有明显时空

变化,但仍可发现不同水域水体的特点。图2是位于长江口内盐沙点聚图,盐度很低,一般小于5,含沙量较高而变幅大。图3是长江口外 $122^{\circ}30'E$ 以东两个站的盐沙点聚图,含沙量很低,但盐度较高且变幅较大。图4是长江口门引水船舶的盐沙点聚图,盐度一般在5~18之间,甚至更高,含沙量变幅也相当显著,这与它地处口门,水体具有过渡形态的性质有关。

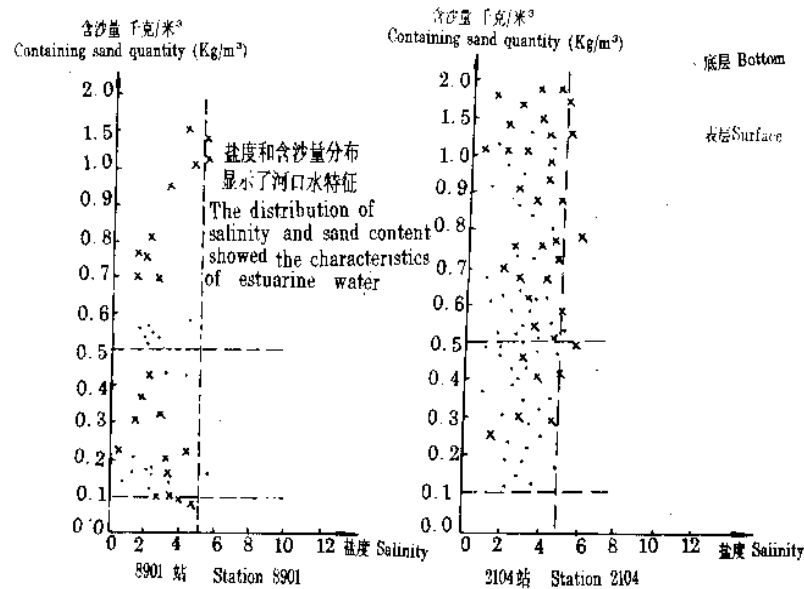
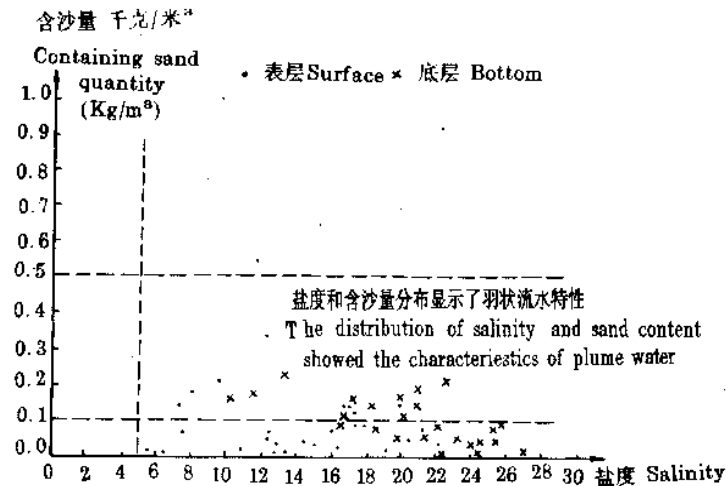


图2 长江口内盐度、含沙量图解

Fig. 2 The diagram of salinity and containing sand quantity inside the Changjiang estuary



8902、8903站 The stations of 8902 and 8903

图3 长江口外盐度、含沙量图解

Fig. 3 The diagram of salinity and containing sand quantity outside the Changjiang estuary

(二) 长江口水系划分

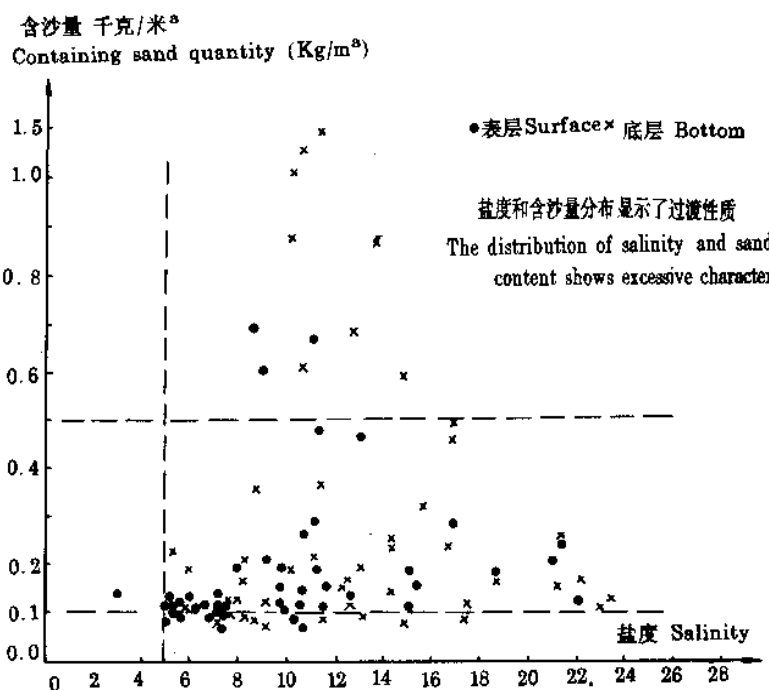


图4 引水船测站盐度、含沙量图解

Fig. 4 The diagram of salinity and containing sand quantity at the station of piloting stip

鉴于长江口水体盐度和含沙量差异及其变化规律,参照前人研究成果,我们规定盐度小于1为淡水,盐度1—5为低盐水,盐度大于5—31为中盐水,盐度大于31为高盐水(仅适用于长江口);表、中层的含沙量大于0.5千克/米³为高含沙量(简称高沙,以下同),0.5—0.1千克/米³为中沙,小于0.1千克/米³为低沙。这样可将长江口水体从西向东划分成以下几类。

1. 径流水 盐度小于1,也就是长江淡水,含沙量较高,一般均超过0.1千克/米³,变幅较大,洪季长江南支、南港、北港和南北槽的中上端基本上为径流水控制,北支更偏上游,一般在黄瓜沙一带。枯季长江流量减少,盐水上溯,径流水更向西退缩。

2. 长江河口水 盐度1—5,含沙量较高,一般在0.1—1.0千克/米³之间,特征是低盐高沙或低盐中沙。夏季长江河口口水主要分布在南北槽和北港口门一带(图5),冬季向西移。河口水与径流水一般无明显界线可分,含沙量差别不大,多为高沙或中沙,仅盐度不同,并随涨落潮流其位置会沿河槽内有一定摆动。在同—测站,涨潮后期是河口水,落潮后期可能由径流水所控制。在河口水所控制的河槽内,当转流前后,滩槽相间处常见到与河槽平行的流速切变锋存在(表1)。

表1 长江口水系分布特征

Table 1 The distribution characteristics of Changjiang water system

特 征 Characteristics	盐 度 Salinity	含沙量 Containing sand quantity (kg/m ³)	特 征 Characteristics	与锋面关系 The relation with the front	主要分布范围 The main distribuion area
水系类型 The type of water system					
长 江 径 流 水 Changjiang runoff water	<1	>0.1	淡 水 fresh water		长江口南支,其它各汉道的中上端 The south branch of Changjiang estuary and the apper of each branches
长 江 河 口 水 Changjiang estuary water	1—5	>0.1	低盐高沙或低盐中沙 Low salinity high sand content or low salinity mid sand content	在河槽内可见切变锋,其东端为河口锋界面 The shearping front can be seen in the river bed, and the estuary front at the east	北港、南北槽下端及口门附近 North part, the lower part of south and north trough and near the gate
长江冲淡水 Changjiang diluted water	羽状流水 Plume water	5—25	中盐中沙或中盐低沙 Mid salinity mid sand content or mid salinity low sand content	西端为河口锋,东侧为羽状锋范围 The west is estuarine front, the east is the range of plume front	西界(West border) 122°00'—122°10'E 东界(East border) 122°40'—123°10'E
	口外混合水 Mixed water outside the estuary	25—31	中盐低沙 Mid salinity mid sand content	西端为羽状锋 The west is plume front	西界(West border) 122°40'—123°10'E, 并下伏于羽状流水下 under the plume water
外 海 水 Offlying sea water	>31	极 低 Very low	高 盐 High salinity	与冲淡水交界可形成温度锋 Temperature front may be formed with fresh water	分布在长江冲淡水以外 Distribution outside Changjiang fresh water

3. 长江冲淡水 长江径流水出口门后浮置于较重的外海水之上,同时由于水域开阔及外海水渗混,盐度逐渐增高,含沙量不断降低,它在夏季最为发育。长江冲淡水盐度5—31,含沙量一般小于0.1千克/米³,但在西侧有时含沙量也可大于0.1 千克/米³。夏季长江冲淡水在黄东海区上层分布很广,主轴由口门先指向东南,约于122°30'E 一带再指向东北,直至济州岛附近,有关这方面研究报道已很多。冲淡水厚度在近岸处可直达底部,约在123°00'E 脱离底部,向东逐渐变薄。春秋季节长江冲淡水退缩在123°00'E 一带;冬季仅局限于122°40'E 以西水域,此时表底层盐度差值也很小。

长江冲淡水发端处(盐度5)与外缘(盐度31)水体理化性质和水色透明度、含沙量、温度、溶解氧、营养盐等均已发生明显变化。在对长江口锋面观测和研究中,我们把长江冲淡水进一步划分为两个次一级水体。(1) 羽状流水 盐度5—25,含沙量 0.5 千克/米³左右,表现为中盐中沙或中盐低沙。夏季羽状流水东界其上层可达到122°40'—123°00'E 一带,它是长江冲淡水的核心部分,并是长江口羽状锋最发育的水域。(2) 长江口外混合水 盐度25—31,含沙量小于0.1 千克/米³,实际上含沙量远低于此值,特征为中盐低沙。夏季长江口外混合水西侧与羽状流水相接(图6),界面处发育着长江口羽状锋,口外混合水分布范围很大,7月份可指向济州岛,但它主要浮置在海区上层,愈往东水层愈薄,东侧和下伏水体为外海水所占据。

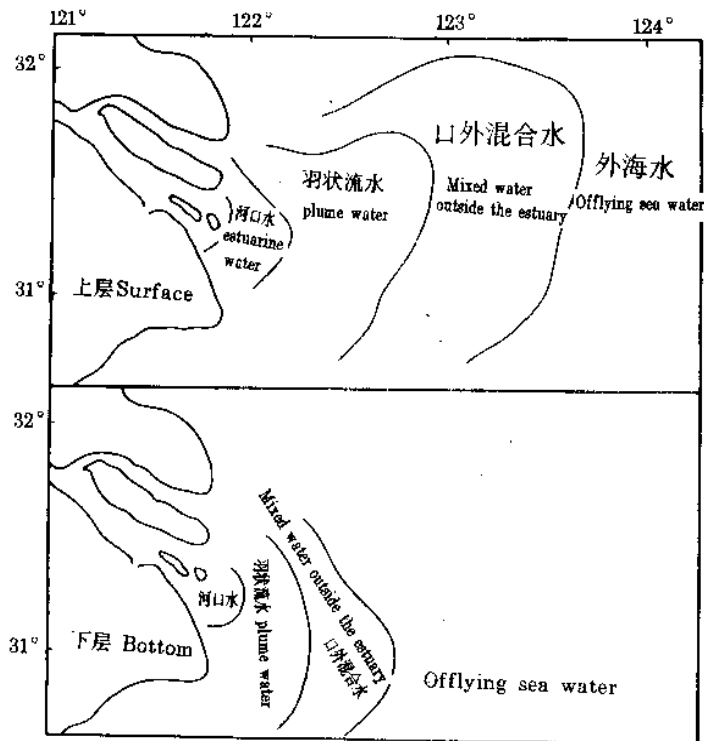


图5 长江口水系平面分布图(夏季上、下层)

Fig. 5 The horizontal distribution of watersystems in the Changjiang estuary (summer, Surface and bottom)

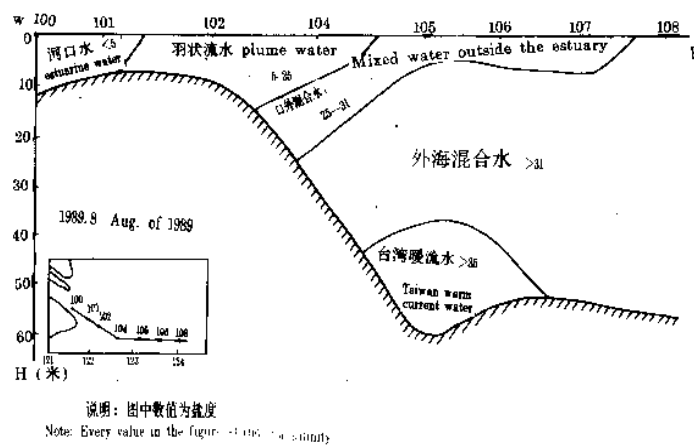


图6 长江口外水系纵断面分布图

Fig. 6 The distribution of water systems in the latitudinal section of the Changjiang estuary

4. 外海水 盐度大于31, 含沙量极低, 它位于口外混合水的东侧, 也可下伏于长江冲淡水之下, 即在长江口外水深较大处可以楔形向西入侵。外海混合水根据它所处的位置不同, 可以由台湾暖流水、黄东海混合水等所组成。外海水与长江冲淡水的界面往往以温度梯度

较显著而形成海洋锋。

长江口锋面

在海洋中,锋面往往表示两个水团或两种不同水体的界面,也即某一要素梯度最密集处,按其性质可分为密度锋、温度锋、悬沙锋及一些营养盐的锋面。而按其形成机制又可分为羽状锋、潮锋、切变锋等。长江口作为泥沙扩散、咸淡水交汇的区域,并在潮汐混合作用下,可形成一系列锋面。我们在长江口锋面研究中分别把它定为长江河口锋、长江口羽状锋和海洋锋(图7)。锋面所在处往往是不同水体的界面,在河口内还存在着流速切变锋,在岛屿岬角周围形成岬角锋。通过海上调查和水系分析,按形成机制,我们以下分别叙述各锋面的主要特征。

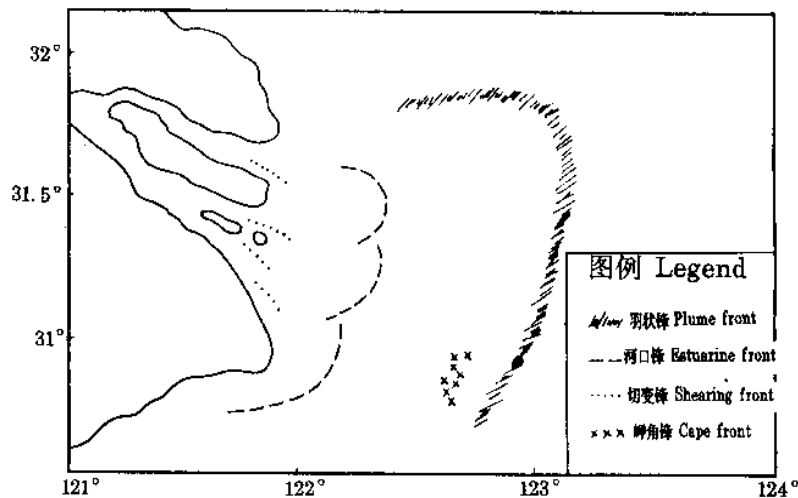


图7 长江口锋面分布示意图

Fig. 7 The distribution of frontal surface in the Changjiang estuary

(一)长江河口锋

长江河口水出口门逐步摆脱河床边界限制,带着巨大惯性进入口外水域,它在潮汐混合周期性变化的影响下,在口门附近产生比较强烈的悬沙水平梯度和盐度水平梯度。由于锋区的悬沙浓度较高,梯度明显,它是一种悬沙锋为主、盐度锋为次的锋面。锋面形成后有明显的清浑水界线或泡沫带,锋线走向大致与长江口各主槽垂直或相交,多呈东北—西南向,有时向南可伸入杭州湾北岸水域。锋面主要活动范围在长江口 $122^{\circ}00' - 122^{\circ}35'E$ 水域,我们把这一水域称为河口锋区。长江河口锋是一种中小尺度锋,锋生锋消有明显的潮周期特点,每次锋面存在时间约数小时,随潮汐进退范围 $8 \sim 14$ mile。锋面西界形成时表层盐度约 $5 - 14$ (表2),最适于锋面存在的盐度约为7。长江河口锋多见于夏季,即长江河口水与冲淡水最盛的时期,其次是春、秋季;冬季极少出现。长江河口锋所在的位置大致是长江冲淡水(羽状流水)与长江河口水的一个界面,也是长江口由河口向海洋过渡的第一级重要的锋带。

表2 长江河口锋面过境时锋面两侧盐度、含沙量变化(引水船站)*

Table 2 The variation of salinity and sand content on the both sides of the front when the estuary front of Changjiang past(the station of pilotting ship)

序号 No.	观测时间 Observation time	水深 Depth (m)	层次 Layer	盐度 Salinity		含沙量 Containing sand quantity (kg/m ³)	
				锋内 Inaide front	锋外 Outaide front	锋内 Inaide front	锋外 Outaide front
1	1990年5月25日 10:00 25May, 1990 10:00	10	表 Surface	8.23	9.85	0.2330	0.1202
			5m	9.72	10.06	0.3210	0.9740
			底 Bottom			4.9610	4.4340
2	1990年9月27日 10:30 27Sept., 1990 10:30	11	表 Surface	5.15	6.23	0.2118	0.0795
			5m	5.36	9.11	0.2343	0.1184
			底 Bottom	6.40	14.91	1.0695	0.6180
3	1990年5月30日 12:30 30May, 1990 12:30	11	表 Surface	5.98	7.14	0.0638	0.0785
			5m	6.98	7.22	0.0782	0.0775
			底 Bottom				
4	1988年8月29日 9:10 29Aug., 1988 9:10	10	表 Surface	5.01	9.00	0.0764	0.0522
			5m				
			底 Bottom				

* 长江口引水船位于122°06'E

The position of pilotting ship locates at 122°06'E

(二)长江口羽状锋

产生于长江冲淡水区域范围内,是长江口羽状流水体与口外混合水体的界面。它是一个以盐度梯度大为特征的锋面。夏季长江口表层水体存在一个明显的向东北方向延伸的淡水舌,在盐度22—26间出现最大的盐度水平梯度和强烈的盐度跃层(图8)。锋面位置大致分布在沿长江冲淡水主轴方向122°30'—123°00'范围、水深20—30米左右的水域。长江口羽状锋是一种盐度锋,可取表层盐度25作为特征参数,羽状锋南翼可延伸至舟山群岛附近水域,北翼可扩展到北支外缘,而羽状锋东面为口外混合水,西侧则为羽状流水控制。其形成机理是上层较轻的羽状流水在海面堆积、倾斜产生的压强梯度、与下伏的盐度较高的外海混合水反方向界面产生的水平压强梯度共同引起的。长江口羽状锋在夏季(长江洪季)发育最好,春秋季节次之,范围相应内缩;冬季由于对流混合加强,羽状锋范围明显缩小,仅在长江口门外东南方向有所反映。我们把长江口羽状锋经常存在和活动的水域称为羽状锋区。长江口羽状锋面是长江河口最主要的盐度锋面,它对河口生物、化学、水文等要素产生重要的影响和作用,是个高生产力区,羽状锋区是河口生物地球化学带,对长江河口沉积过程及水下三角洲发育有重要贡献。我们认为它可以作为长江河口外边界的重要标志之一。

(三)海洋锋

它处于长江冲淡水(口外混合水)最外缘,以表层盐度31为准。就平均状况而言,夏季最远可达125°00'E之外,但强度最弱,春、冬季退至123°30'一带,冬季(2月份)则在123°00'E附近水域,这个锋面具有温度锋性质,冬季更明显些。但比起长江口上述两个锋面,其盐度水平梯度或垂直层化现象均要小得多,并且一般来说它已超过长江口范围,这里不再赘叙。

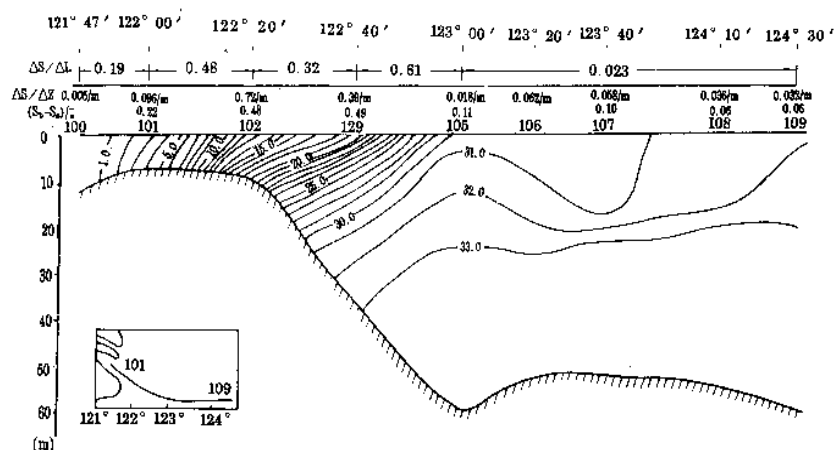


图8 长江口纵断面盐度分布图(1989年8月)

Fig. 8 The salinity distribution in the latitudinal section of the Changjiang estuary in Aug. of 1989

(四)切变锋

它出现于长江口内的河槽和浅滩转折部位,水深大致2—3米处,它是长江河口水因滩、槽间的流速切变和潮流位相差异所引起,是一种很小尺度的锋。其锋面走向通常与主槽轴线平行,长度由几百米至几千米不等,在长江口南、北港,南、北槽和北支的滩槽转折处均可形成,产生和消失仅与潮周期有关,存在时间约1—2小时。在海水表层切变锋作为一幅聚带,它一方面破坏了水体层化现象,并使江面上废弃物、油污等物在锋生成时集聚,而在近底部则是一个辐散区,促进滩坡变陡,并对滩槽泥沙交换产生特殊影响。

(五)岬角锋

它生成于海岸岬角水域及岛屿周围水深较浅的水域,是受局部地形制约而产生的小尺度锋面,并与潮流作用有关,每次存在时间仅数十分钟,长江口仅在口门附近的岛屿如绿华山、花鸟山等水域出现,其规模更小,仅对岛屿岬湾滩地冲淤有一定影响。

小 结

1. 根据长江河口的基本特点,利用盐度、悬沙两个特征参数把长江口划分为长江径流水、长江河口水、长江冲淡水三个水系;而长江冲淡水又细分为长江羽状流水和口外混合水两个次一级水系。

2. 长江口锋面与水系存在密切关系。长江河口水与长江口羽状流水之间的界面,在潮混合作用下形成了长江河口锋;长江口羽状流水与口外混合水的界面是羽状锋面所在。前者是一个以悬沙锋为主、盐度锋为次的锋面;后者是一个盐度锋。长江冲淡水最外缘则是一个具有温度锋性质的海洋锋。在长江口内河口水控制的区域,其滩槽过渡地带存在一个由流速切变引起的切变锋,此外在岛屿周围岬角地区可出现岬角锋,这两种锋时空尺度都较小。

参 考 文 献

- [1] 毛汉礼等, 1963. 长江冲淡水及其混合问题的初步探讨. 海洋与湖沼, (3): 182—206
- [2] 陈吉余等, 1988. 长江河口及其水下三角洲的发育. 长江河口动力过程和地貌演变论文集, 36—48. 上海科技出版社.
- [3] 潘定安, 胡方西, 1988. 长江河口夏季的盐淡水混合. 长江河口动力过程和地貌演变论文集, 131—165. 上海科技出版社.
- [4] 沈焕庭等, 1988. 长江河口悬沙输移特性. 长江河口动力过程和地貌演变论文集, 205—215. 上海科技出版社.
- [5] 赵保仁, 1991. 长江冲淡水的转向机制问题. 海洋学报, 15(2): 157—167
- [6] 苏育嵩等, 1986. 黄东海地理环境概况. 长江口及济州岛海域综合调查报告. 山东海洋学院学报, 16(1): 12
- [7] Wang kangshan et al. 1990. The Water Masses in the Changjiang River Estuary and the Adjacent water Area and Their in the Distribution of Biological and Elements. China Ocean Press (Beijing).

WATER TYPES AND FRONTAL SURFACE IN THE CHANGJINAG ESTUARY

Hu hui Hu Fangxi

(Coast—Estuary Institute, East China Normal University, Shanghai 200062)

ABSTRACT 940,000 millions m^3 of water flux enters the sea from the Changjiang River each year. This forming the diluted water outside the Changjiang estuary, Causing big changes in the physical and chemical properties of water body inside and outside of the Changjiang and exerting a great influence on the organism, chemistry, deposit and ecological environment in the Changjiang estuary and its adjacent waters. This paper divides broadly the water body of the Changjiang estuary into the Changjiang runoff water, Changjiang estuarine water, Changjiang diluted water and offlying sea water according to salinity and sand content. Among them, the Changjiang diluted water may be further divided into the plume water and mixed water outside the estuary.

KEYWORDS Changjiang estuary, Water system, Diluted water, Estuarine front, Plume front