

## 黄河口的变迁对黄河冲淡水分布的影响\*

乐肯堂

(中国科学院海洋研究所)

利津站的水文资料显示,黄河流入渤海的平均年径流量为  $4.93 \times 10^{10} \text{m}^3$ ,输入海中的平均年输沙量为  $1.34 \times 10^{12} \text{kg}$  (钱意颖等, 1993)。黄河的年径流量仅为长江的二十分之一,但其年输沙量却为长江的 2.26 倍,如此大量的泥沙流入海中,不仅造成了河口区的严重淤积,而且也对口门外滨海大陆架区的海洋生态环境造成了很大的影响。因此研究黄河尾间不同流路时期黄河冲淡水的分布与变化将有助于了解河口外余流场的分布变化及泥沙运行机制。研究表明,黄河冲淡水的分布变化除了取决于其径流量的变化外,还受到黄河口门变迁的影响。要了解黄河冲淡水分布的变化规律,需要对 1855 年以来不同流路多年逐月的滨海大陆架区的水文资料进行系统分析,由于资料的限制,本文仅分析钓口河流路和清水沟流路时期黄河冲淡水的季节变化特征。

### 一、钓口河流路时期

黄河尾间从 1964 年元月 1 日—1976 年 5 月改道清水沟前从钓口河入海,称钓口河流路。此流路经历了漫流游荡(1964 年 1 月—1967 年 9 月)、单一顺直(1967 年 10 月—1971 年 9 月)和出汊摆动(1971 年 9 月—1976 年 5 月)三个阶段。由于资料的限制,作者只选取若干典型情况进行分析讨论。

#### 1. 黄河冲淡水的示性特征

要了解黄河冲淡水的分布特征,首先要了解黄河冲淡水的示性特征。黄河冲淡水是渤海内一种变性水系,以往对它的示性特征了解甚少,这是由于黄河口摆动频繁和黄河径流量季节变化十分明显,给分析带来了困难。此外,黄河口门附近水深浅(拦门坎水深仅约 1m),潮间带宽阔(约 9km),这些也给获得滨海区的资料造成了很大的困难。本文以 1964 年的资料<sup>1)</sup>为基础来确定钓口河流路期间黄河冲淡水的示性指标。表 1 给出了此期间有关月份的径流量和沙量。

黄河口区位于渤海南部,传统认为<sup>2)</sup>渤海南部存在着渤海沿岸水,这种水是由滦河、海河和黄河等河流的淡水入海后形成的混合水,而以渤海湾和莱州湾一带为其源地,但对于渤海沿岸水区的水系划分,目前尚无一致的看法(山东省科学技术委员会,1989; 张元奎等,1983)。在表 2 中列示了已提出的关于该区的水文分析指标。

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2319 号。

于康玲打印文稿,杜湄山绘图,在此一并致谢。

收稿日期: 1993 年 11 月 12 日。

1) 国家海洋局,1976,海洋调查资料,42—61(内部资料)。

2) 中华人民共和国科学技术委员会海洋综合调查办公室,1964,全国海洋综合调查报告(内部资料)。

表 1 钓口河流路时期利津站有关月份的月平均径流量、含沙量和输沙率

| 年 份                            | 1964 | 1964  | 1964  | 1964  | 1970  | 1971 |
|--------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 月 份                            | 1 月  | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 9 月   | 8 月  |
| 流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )   | 681  | 3790  | 5930  | 7060  | 2690  | 1010 |
| 含沙量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | 2.0  | 42.7  | 31.0  | 22.0  | 63.6  | 54.0 |
| 输沙率 ( $\text{t}/\text{s}$ )    | 1.3  | 162.0 | 184.0 | 155.0 | 171.0 | 55.3 |

表 2 渤海沿岸区水系划分的指标

| 年份   | 文 献  | 水系名称  | 鉴 别 指 标                                                                                                                                               |
|------|------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1964 | 普查报告 | 渤南沿岸水 | 边界盐度 29.0—30.0                                                                                                                                        |
| 1983 | 张元奎等 | 渤海沿岸水 | 水温变化 $-1.2-23.8(^{\circ}\text{C})$<br>盐度变化 29.7—30.7                                                                                                  |
|      |      | 江河冲淡水 | 水温变化 $-0.3-25.3(^{\circ}\text{C})$<br>盐度变化 27.9—29.5                                                                                                  |
| 1989 | 侍茂崇等 | 渤南沿岸水 | 平均水温界 0.76—25.58( $^{\circ}\text{C}$ )<br>平均盐度界 29.51—30.70<br>溶解氧(冬季) 8.24—8.30( $\text{ml}/\text{L}$ )<br>溶解氧(夏季) 4.38—5.18( $\text{ml}/\text{L}$ ) |

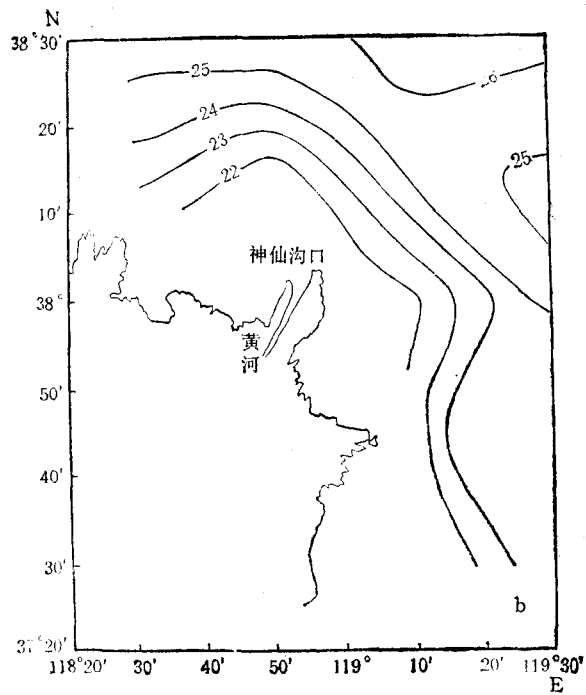
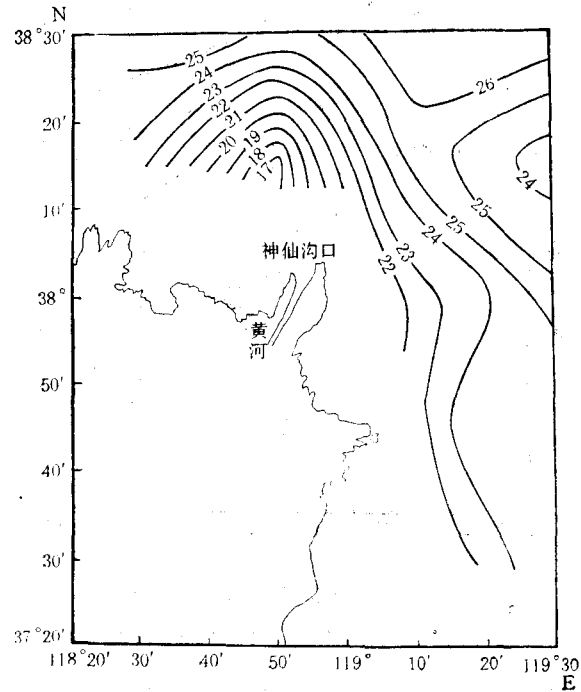
从表 2 可以看出,除了张元奎等(1983)把渤海南部沿岸区的水系分为渤海沿岸水和江河冲淡水外,其余均没有把江河冲淡水作为单一的水系提出。此外,在已提出的划分水系的鉴别指标中,盐度的变化较小,这表明盐度是划分沿岸变性水团的一项稳定因子。因此,我们以盐度作为基本因子来分析黄河冲淡水的示性特征。

从图 1 和图 2 可以看出,夏季在黄河口外,确实存在着一股冲淡水,此冲淡水的扩展范围和性质,从图上可以清楚地区分出来。由此表明,盐度是鉴别黄河冲淡水的主要指标。此外,尽管黄河冲淡水扩展范围随着不同的年份和季节有很大变化,其外界盐度可以达到 29.5,但是其核心部分的盐度则小于 27。由此可见,黄河冲淡水可以与传统认为的渤南沿岸水清楚地区分开。

## 2. 夏季黄河冲淡水的基本特征

从图 1, 2a—d 和图 3 中可以看出,夏季黄河冲淡水有如下特征: (1) 表层和 5m 层的盐度具有明显的舌状分布,其舌轴的方向先是向北,尔后又逐渐向东北方向偏转。(2) 底层盐度并没有表现出明显的舌状分布,这表明在滨海区之外的大陆架上,黄河冲淡水已不能到达底层。从图 2 可看出,黄河冲淡水的厚度一般不超过 15m,而其核心部分的厚度,一般不超过 10m。(3) 值得指出的是,图 1 (1964 年 7 月 31 日—8 月 2 日观测) 和图 3 (1964 年 8 月 16 日—18 日观测) 所显示的低盐水的中心位置(前者为  $118^{\circ}50'\text{E}$ ,  $38^{\circ}15'\text{N}$ , 最低盐度为 16.83; 后者为  $118^{\circ}30'\text{E}$ ,  $38^{\circ}15'\text{N}$ , 最低盐度为 13.95) 的经度相差  $20'$  (约 7.88n mile)。这一位置的差异反映了在钓口河流路的游荡摆动阶段(黄世光等, 1991), 冲

淡水盐舌在半个月中的摆动状况，这是黄河冲淡水有别于其他河流(如长江)冲淡水的最显著的特征。(4)在图 1 中，表层和 5m 层的 24 等盐线的走向表明，冲淡水不仅向北扩展，而且有部分冲淡水还沿着岸线向莱州湾扩展。这说明在钓口河流路期间的漫流游荡



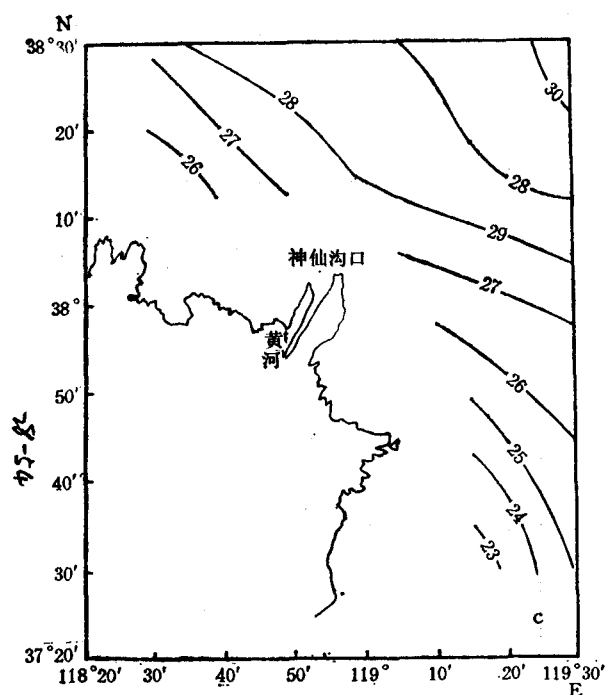


图1 1964年夏季盐度分布(7月31日—8月2日)

a. 表层; b. 5m层; c. 底层

阶段,部分黄河冲淡水进入了莱州湾,这一现象在图3中也得到了证实,尽管此时冲淡水的主轴已向西移动了大约12.6km,但仍有少量冲淡水进入了莱州湾。(5)在图3上出现了一个奇特的现象,即在该图的东北方出现了一块盐度低于23.5的低盐水(实测最低盐度为22.9)。考虑到测区以西不存在低盐水源<sup>1)</sup>,而且此时钓口河流处于游荡摆动阶段,因此这一现象就可以这样解释:在1964年8月2日以后的几天中,冲淡水的低盐水舌继续向东北方向偏转,且黄河的径流量又有明显的增大,使得冲淡水扩展到 $38^{\circ}31'N$ 以北, $119^{\circ}30'E$ 以东的区域。尔后,由于钓口河流的游荡摆动,又使冲淡水向西北方向扩展,遂形成了该图西边强大的盐舌。由于在河口的东部区域存在着无潮点(在60年代,无潮点的位置大约在 $38^{\circ}06'N$ ,  $119^{\circ}13'E$ 附近)(乐肯堂等,1995),且该无潮点周围海域为一强潮流区,由此在 $119^{\circ}E$ 以东 $38^{\circ}10'-20'N$ 的区域中潮混合就相当强烈。这样,当冲淡水舌移向西侧后,该区的盐度就上升得较快,而在该区的北部,因潮流流速低于无潮点附近的潮流速度而使残留的冲淡水与周围海水的混合较慢,因此,8月18日观测到的这一块低盐水,可能就是上述的残留冲淡水。(6)图1和图3还表明,在 $38^{\circ}30'N$ 附近,具有较高盐度的渤南海岸水从西北方侵入本区,这从表层和5m层的26等盐线的分布即可看出。(7)底层的盐度分布表明,莱州湾的南部存在着另一支向北部扩展的冲淡水,虽然其扩展范围不大,但它却可以达到底层。可以认为,这一冲淡水主要是由小清河、广利河

1) 侍茂崇,赵进平,赵松鹤,1989,黄河三角洲附近海区盐度特征及多年变化,黄河口水文动力学论文集(内部资料)。

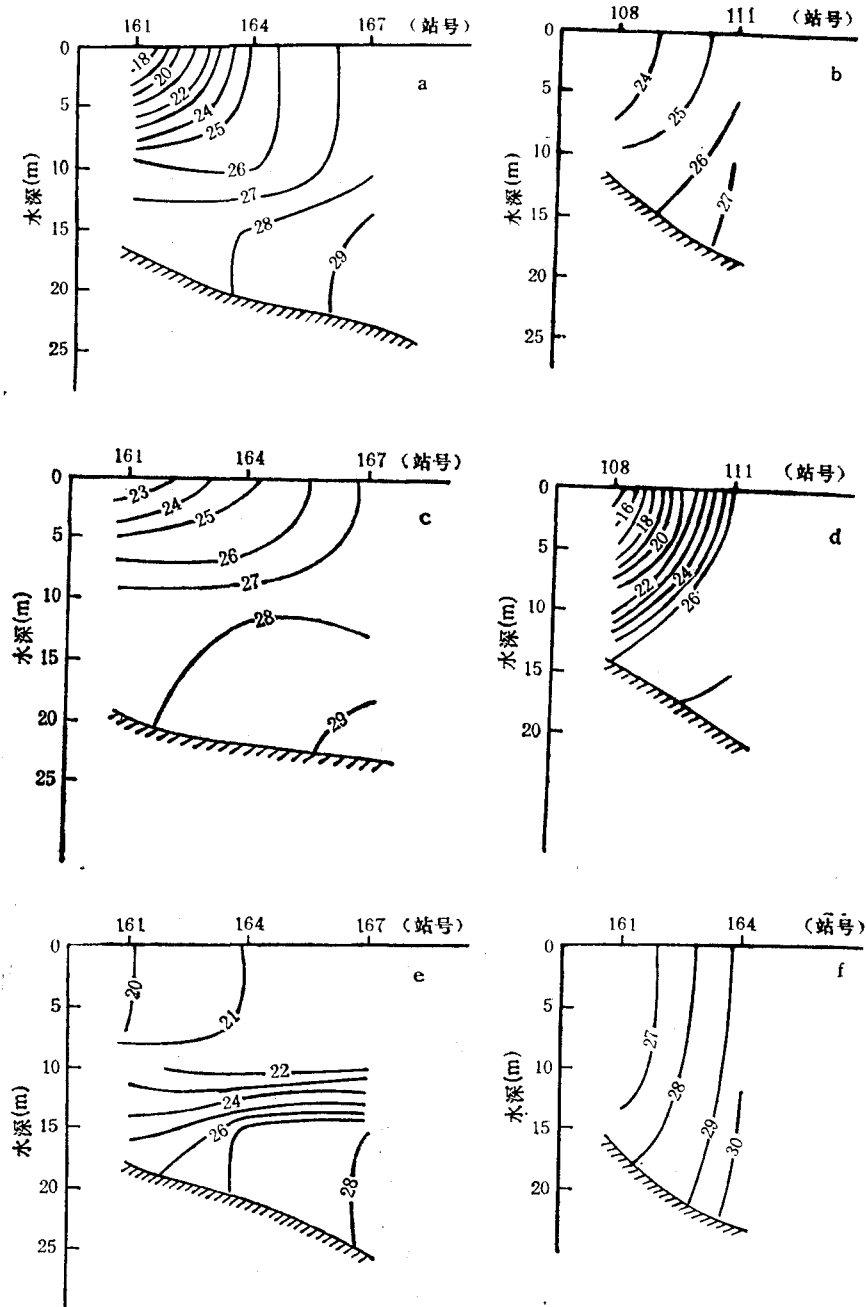


图2 1964年盐度断面分布

a.b. 7月31日—8月2日; c.d. 8月17—18日; e. 9月15—16日;

f. 1月15日 a,c,e,f 为 118°50'E断面; b,d 为 118°30'E断面

和弥河等河流之径流入海后汇合而成的。

1964年9月黄河的月平均径流量达  $7060\text{m}^3/\text{s}$ , 我们分析了该月的黄河三角洲外盐度的分布(图略), 遗憾的是, 由于实测资料的限制, 不能得到此次观测(1964年9月15日—

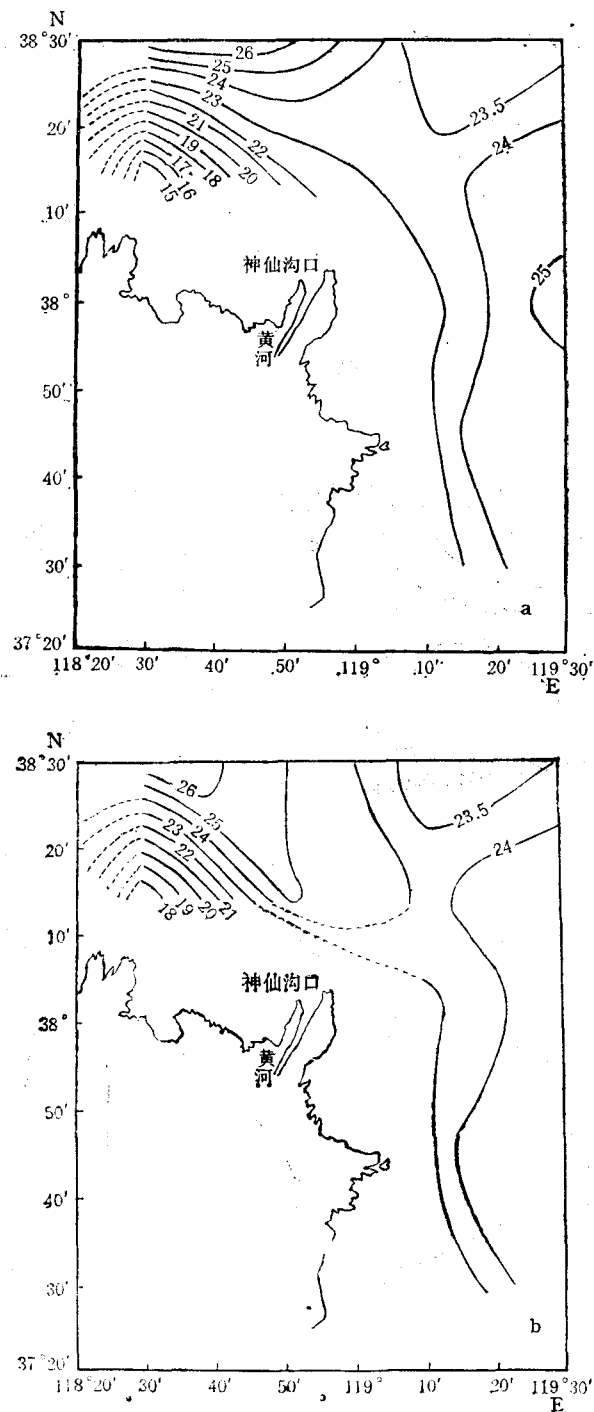


图3 1964年8月16—18日盐度分布  
a. 表层; b. 5m层

16日)的黄河冲淡水盐舌分布的全貌。但就对仅有的资料分析表明,这次观测所得到的冲淡水显示了若干与前不同的特征:(1)冲淡水扩展范围比7—8月份大得多,这是由于1964

9月的黄河平均径流量大大超过了同年7,8月份的平均径流量;(2)由于此时冲淡水的盐轴又从8月中旬的约 $118^{\circ}30'E$ 东移至 $118^{\circ}50'E$ ,因此在该月大径流量的条件下,进入莱州湾的冲淡水也明显增加,以致在 $38^{\circ}N$ 附近形成清晰的向东的弱冲淡水舌;(3)图2e显示,在水深10—15m之间形成强烈的盐度梯度,表明在这一深度范围内,黄河冲淡水与渤南沿岸水在陆架区出现了明显的分界。

为了考察在钓口河流路期间不同阶段黄河冲淡水的变化特征,我们又分析了1970年9月和1971年8月的盐度分布(图略),结果表明:(1)尽管这两个月份黄河的月平均径流量比1964年7,8,9月的月平均径流量小得多,但黄河冲淡水的盐舌仍清晰可见,即使在月平均径流量仅为 $1010m^3/s$ 的1971年8月,冲淡水仍能扩展到 $38^{\circ}45'N$ 附近;(2)即使在黄河月平均径流量明显减小的情况下,夏季仍有部分黄河冲淡水进入莱州湾,但水量明显减少,从而使莱州湾西北近岸区的盐度明显上升;(3)夏季,在黄河月平均径流量明显减少的情况下,冲淡水舌轴的形状与图1和图3有明显不同。主要表现在后者的冲淡水呈明显的舌状分布,且舌峰尖锐,而前者的舌状则已明显变形,即舌锋变得较钝。看来,这主要由于后者的黄河月平均流量明显小于前者造成的。当然1970年和1971年的钓口河流路已处于单一顺直阶段,河道较为稳定,因此冲淡水的扩展方向也较为稳定。

### 3. 冬季黄河冲淡水的基本特征

冬季黄河月平均径流量很小(1964年1月仅为 $681m^3/s$ ),对该月资料的分析(图略)表明,此时黄河冲淡水仅限于近岸滨海区,盐度为27的等值线向北不超过 $38^{\circ}20'N$ ,向东不超过 $119^{\circ}E$ ,其最大厚度与夏季相近。另外,冬季本研究区时常出现冰盖,因此冬季本区的海上实测资料非常罕见。

## 二、清水沟流路时期

1976年5月,由于钓口河流路进入末期,经人工破堤改道,黄河经清水沟入海,一直运行至今。同钓口河流路一样,清水沟流路已经历了漫流游荡阶段(1976—1980年)和单一顺直阶段(1980—1986年),现已进入出汉摆动阶段。表3中给出了1982—1984年利津站有关月份的月平均径流量和输沙量。

表3 清水沟流路时期利津站有关月份的月平均径流量和沙量

| 年 份              | 1982 | 1983 | 1983 | 1983 | 1983  | 1984 | 1985 | 1985 |
|------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 月 份              | 7    | 1    | 7    | 9    | 10    | 7    | 5    | 8    |
| 径流量 ( $m^3/s$ )  | 774  | 493  | 1419 | 2708 | 4320  | 2867 | 833  | 1130 |
| 含沙量 ( $kg/m^3$ ) | 10.8 | 1.6  | 20.2 | 26.2 | 27.1  | 25.6 | 7.6  | 24.0 |
| 输沙量 ( $t/s$ )    | 8.4  | 0.8  | 28.6 | 71.0 | 117.0 | 73.6 | 6.3  |      |

### 1. 夏季冲淡水的基本特征

从图4,5可以看出,夏季在清水沟流路的单一顺直阶段,黄河冲淡水的分布变化呈现出如下特征:

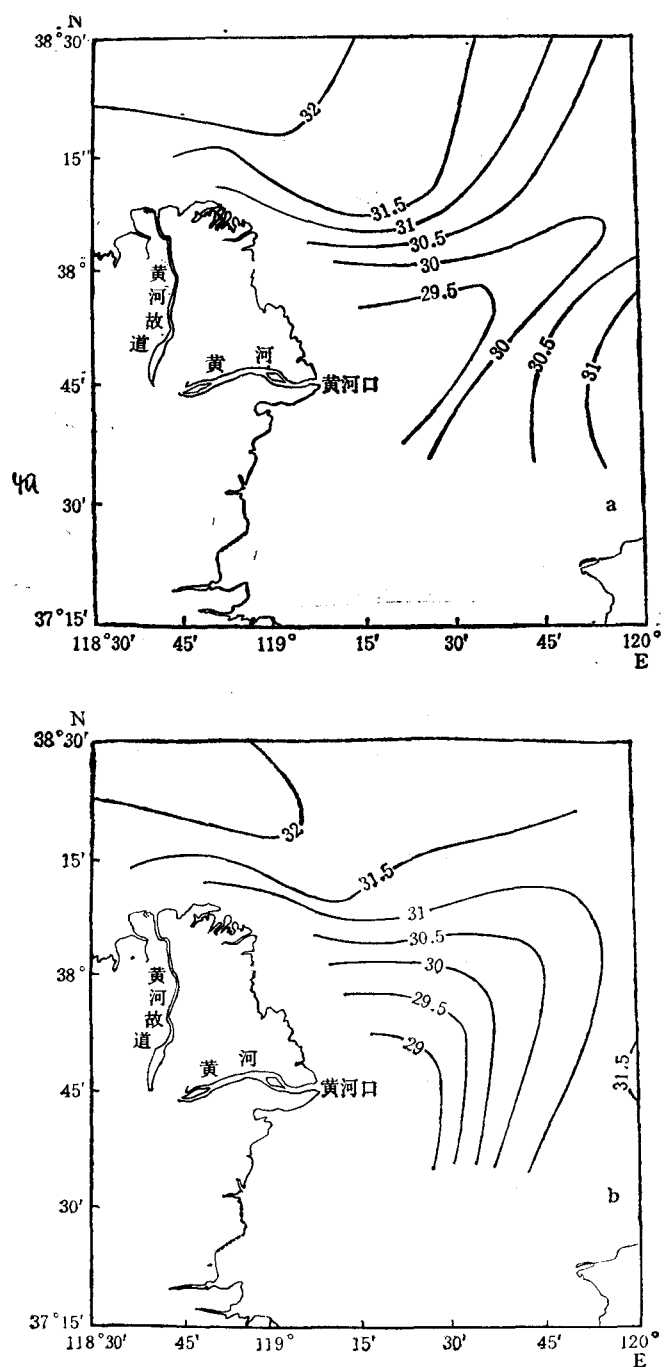


图4 1982年7月盐度分布

a. 表层; b. 底层

(1) 黄河口外存在着明显的低盐水舌, 尽管这一低盐水舌的位置、扩展方向和范围在不同的年份和不同的月份有显著的差异, 但一般说来, 在5m以浅的表层, 其基本扩展方向是向东北的; (2) 实测资料表明, 上述低盐水舌的核心位于黄河口门外的东南方, 说明黄

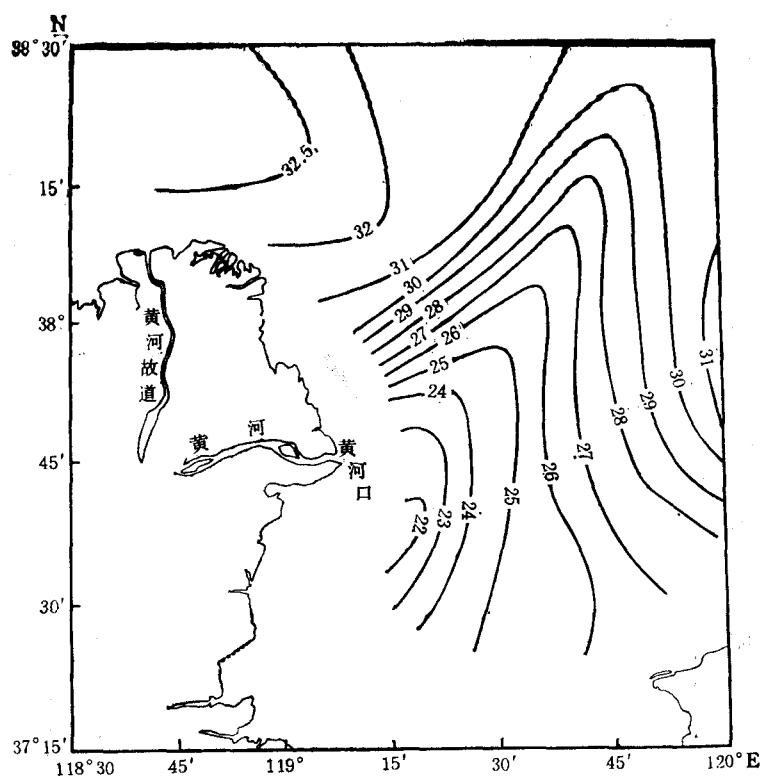


图5 1983年9月表层盐度分布

河水入海后先是流向东南然后又转向东北，事实上，从1982年至1985年，口门附近的黄河尾间已逐渐向东南方向延伸；(3)向东北伸展的黄河冲淡水盐舌在不同的年月有不同的形态，与长江冲淡水盐舌的走向相似，这与黄河下游径流量的变化有关。从表3可以看出，图4,5中所显示的不同月份的黄河冲淡水盐舌的位置、伸展方向和范围具有的明显差异，它与相应月份的黄河月平均径流量存在着的显著差异密切相关。一般说来，河流的月平均径流量越大，其冲淡水的核心盐度越低。但从图4,5中可以看出，仅用黄河月平均径流量的变化尚不能解释黄河冲淡水运移变化的若干特征，因为月平均径流量的变化仅反映了黄河径流量的季节变化和年际变化，但不能反映黄河径流的短期变化情况。事实上，近几十年来，由于自然和人为的多种因素的影响，一个月之内黄河下游河道中的径流就时有断流出现。显然，用黄河月平均径流量的概念已不能解释黄河中下游径流变化的这种间歇特征，因为这样的现象就需要利用诸如“旬平均径流量”或“周平均径流量”的概念来研究。然而目前由于条件有限，作者尚不能用这样的概念作细致的研究。(4)从底层盐度分布图(图4)上也可以看到表征黄河冲淡水扩展的盐舌在不同年月的形态，尽管这些盐舌的形态由于黄河径流量的变化和河口及岸线的变动而不尽相同，但它们却并没有显示出外海水楔入河口区的现象。(已有的观测表明，黄河尾间的感潮河段仅为12.15km，而且只有在大潮期间的涨潮时才能观测到)。这一情况与夏季底层余流的箭头方向(乐肯堂等,1995)不甚一致。因为有潮河口区通常存在的垂向环流现象是一种小尺度的现象，对于黄河口区来说，这种现象只有进行专题调查才能分辨出来。(5)无线电定

位仪的观测资料(刘凤岳, 1985)表明, 在涨潮时携带大量泥沙的浑浊冲淡水除了有一小股沿水下沙嘴南下外, 大部分向东南方向扩展, 并在离口门外 3km 处形成一个半径为 1.5—2.5km 的反气旋式涡旋; 而在落潮时, 除了少量冲淡水入海后立即向北转向外, 大部分则向东北方向转向, 并把大量泥沙输送到远岸大陆架区, 其主要原因是在黄河口门外, 涨潮流的流向为正南向, 而落潮流的流向为正北向。应当指出, 上述观测资料的前提是: 涨潮时, 黄河入海流量为  $4000\text{m}^3/\text{s}$ , 西南风 3—4 级, 海面平静, 潮流方向正南; 落潮时, 黄河入海流量为  $3000\text{m}^3/\text{s}$ , 潮流方向正北, 东南风 3—4 级, 海面平静, 因为在上述两种情况下, 风对黄河冲淡水扩展方向的影响不大。由此可见, 清水沟流路的单一顺直阶段, 在黄河径流量相近的情况下, 涨、落潮的过程对黄河冲淡水的运行方向和扩展的范围有巨大的影响。这也是黄河冲淡水分布变化的一个重要特征。

## 2. 冬季

从图 6 中可以看出, 在黄河口的东南方向上, 盐度 31—30 之间有一个开阔区, 这一区的滨海部分应有低盐的黄河冲淡水沿岸南下, 但是由于当时测站过稀, 不能辨认。

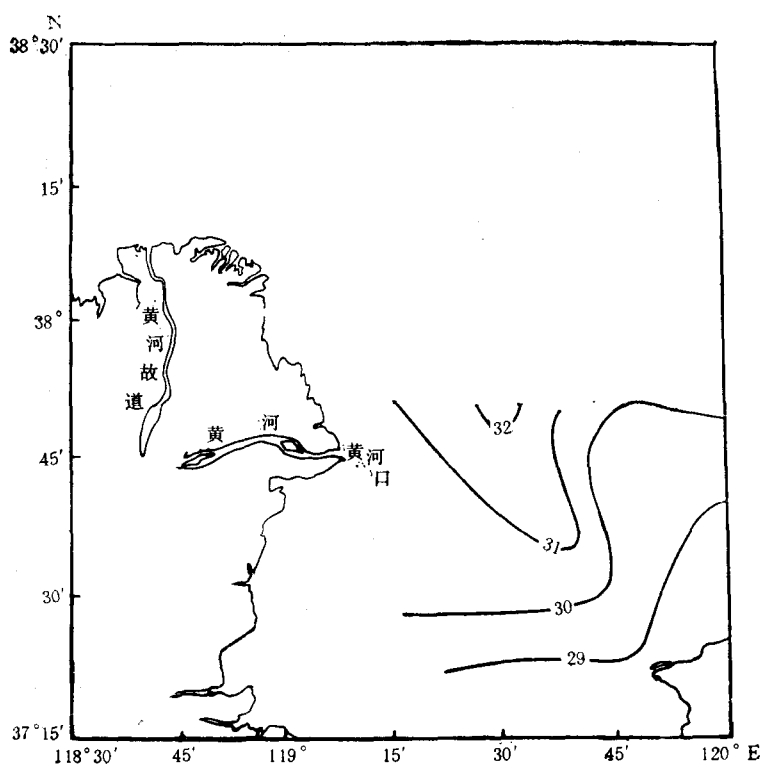


图 6 1983 年 1 月表层盐度分布

## 三、结 论

通过以上对河口河流路时期和清水沟流路时期黄河冲淡水分布变化的分析, 可以得

到如下结论:

1. 尽管黄河尾闾具有摆动和改道的行为, 但洪水季在其行水河口外确实存在着有别于渤南沿岸水的黄河冲淡水。黄河冲淡水的核心部分盐度小于27, 且其厚度不超过10m; 其外界盐度可达29.5, 但其厚度则不会超过15m。

2. 在黄河的洪水季节, 不仅在黄河尾闾的每个特定流路时期冲淡水具有该流路期的特有性状, 而且在同一流路的不同阶段, 黄河冲淡水的性状也不尽相同。这是黄河冲淡水有别于其他河口冲淡水的一项显著特征。

3. 洪季黄河冲淡水扩展的范围和方向的变化不仅随着不同流路和每条流路不同阶段而变化, 而且还随着黄河径流量的变化而变化。从总体而言, 黄河月平均径流量越大, 其口外冲淡水扩展范围就越大, 但值得注意的是, 在近几十年来, 由于黄河尾闾河道中的径流具有间歇和易变的特征, 因此若要阐明黄河径流量的变化对黄河冲淡水扩展变化的影响, 必须考察黄河冲淡水的旬变化或周变化。

4. 在清水沟流路期间, 洪季黄河冲淡水经常具有向东北扩展的特征。其月平均状况与夏季长江冲淡水扩展方向相类似, 这一特征与利津站外黄河径流的“月平均径流量”密切相关。但是无线电定位仪的观测资料表明, 黄河冲淡水的扩展方向受到周日变化的涨落潮过程的严重影响。也就是说, 落潮使冲淡水向东北方向扩展, 而涨潮则使冲淡水向东南方向发展。

5. 枯季黄河冲淡水仅限于滨海区, 目前尚难以把它与沿岸水系区分开来, 这是由于枯季黄河径流量太小, 尤其在冬季, 黄河三角洲近岸区通常为结冰区。

### 参 考 文 献

- 山东省科学技术委员会, 1989, 山东近海水文状况, 山东省地图出版社, 57—64。  
乐肯堂, 周参武, 1995, 黄河口的变迁对其滨海大陆架区流场的影响, 本集刊。  
乐肯堂, 刘兴泉, 史久新, 1995, 黄河口的变迁对邻近海区潮波运动影响的数值研究, 本集刊。  
刘风岳, 1985, 黄河入海干流随潮流变化的特征及泥沙运动方向, 海洋湖沼通报, 2: 20—24。  
张元奎, 贺先明, 高永福, 1983, 北黄海及渤海变性水团的初步分析, 海洋湖沼通报, 2: 19—26。  
钱意颖, 叶青超, 周文浩, 1993, 黄河干流水沙变化与河床演变, 中国建材工业出版社, 161。  
黄世光, 王志豪, 1991, 黄河 1964—1976 年刁口河流路泥沙冲淤及其分布特点, 海洋地质与第四纪地质, 11(1): 15—28。

## CHANGES OF THE DILUTED WATER DISTRIBUTION CAUSED BY THE FLUVIAL PROCESS OF THE HUANGHE RIVER ESTUARY\*

Le Kentang

*(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)*

### ABSTRACT

The Huanghe River tail (HRT) has changed channels twice since 1964, Diaokouhe Channel (from Jan., 1964 to May, 1976) and the Qingshuigou Channel (from May, 1976 up to now). In the Diaokouhe Channel period, the river tail flowed roughly northward into the Bohaiwan Bay, but since May, 1976, has flowed into the Laizhouwan Bay from the Qingshuigou Channel. The major results of the analysis on the distributional features of the Huanghe River Diluted Water (HRDW) in both periods are presented in this paper as follows. (1) In the Huanghe River (HR) flood season the HRDW exists off the water-running mouth and is different from the Baonan coastal water. The core salinity of the HRDW is less than 27 and its thickness is not greater than 10m. The HRDW salinity at its outer boundary can reach 29.5, with corresponding thicknesses not greater than 15m. (2) In the flood season, the behaviours of the HRDW are different not only in the different HRT periods but also in the different stages of the same HRT periods. (3) The extent and direction of the HRDW not only has monthly variations due to the HR's mean runoff discharge but also reveals a weekly fluctuations owing to the intermittent runoff in the HRT. (4) During the period of the Qingshuigou Channel, generally speaking, the HRDW spreads northeastward in the flood season, but the spreading direction is significantly affected by flood-ebb process, which is to say that the flood tide cause the HRDW to spread to the southeast and the ebb tide to the northeast.

---

\*Contribution No. 2319 from Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.