

黄海沿岸河口过程类比*

沈焕庭

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海)

提要 本文通过对黄海沿岸几个主要河口的水文、泥沙和沉积特性的综合研究表明, 黄海两岸河口的来水来沙条件和海洋动力条件有显著差异, 使两岸的河口处在不同发育阶段, 从而形成了不同的河口类型和对黄海沉积作用的不同贡献。长江河口的南移、黄河口的北徙以及一些河口建闸, 改变了黄海沉积物冲淤分布的格局, 也导致了黄海沉积速率的减缓。

黄海是一个半封闭的陆架浅海, 其沉积物主要通过沿岸河口输入(图1), 这些河口具有不同的水文、泥沙和沉积特性及过滤效率, 从而对黄海的沉积作用有不同的贡献。通过对这些河口的水量、沙量、环流和沉积作用类型的研究将有助于加深对黄海沉积过程的理解。本文试图依据过去个别河口的研究成果, 对黄海沿岸几个主要河口(其中大同江河口因缺乏资料未加阐述)的一些水文、泥沙和沉积特性进行评述, 另外, 还对它们的环流类型、过滤效率和所处的地质演化阶段进行了对比。

一、黄海沿岸河口的属性

1. 黄河口

黄河口的基本特点是水少、沙多、潮差小, 河口湾基本上已被泥沙充填, 已进入地质的年老阶段。

黄河的年平均流量为 $1400\text{m}^3/\text{s}$, 年总径流量为 $44.3 \times 10^9\text{m}^3$, 最大流量为 $10400\text{m}^3/\text{s}$, 最大年总径流量为 $973.1 \times 10^8\text{m}^3$, 最小年总径流量为 $91.5 \times 10^8\text{m}^3$ 。年内各月的水量分配很不均匀, 7—10月的水量占年总水量的 58.9%, 其余8个月的水量仅占 41.1%。2月流量最少, 占全年的 2.8%; 8月水量最多, 占全年的 17.5%。

黄河以高含沙量著称于世。河口多年平均含沙量为 $23.5\text{kg}/\text{m}^3$, 最大年平均含沙量为 $48.0\text{kg}/\text{m}^3$, 最小年平均含沙量为 $11.3\text{kg}/\text{m}^3$; 多年最大含沙量为 $222\text{kg}/\text{m}^3$ 。多年平均输沙量为 $1.12 \times 10^9\text{t}$, 最大年输沙量为 $21 \times 10^8\text{t}$, 最小年输沙量为 $2.42 \times 10^8\text{t}$ 。输沙量在年内各月分配的不均匀性胜于水量, 7—10月的输沙量为 $9.29 \times 10^8\text{t}$, 占全年的

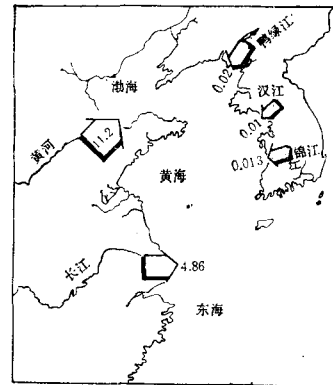


图1 黄海沿岸主要河口的年平均输沙量(单位: $10^8\text{t}/\text{a}$)

Fig. 1 Annual suspended sediment discharge of major estuaries bordering the Yellow Sea (Huanghai Sea)

* 美国纽约州立大学石溪分校海洋科学研究中心 J. R. Schubel 教授对本文提出宝贵意见, Moon-Jin park 先生提供部分资料, 宋德芳同志清绘图件, 谨此致谢。

收稿日期: 1988年3月18日。

83.1%，8月输沙量最多，多年平均为 $3.47 \times 10^8 \text{t}$ ，占年总量的 31.2% (图 2)；1月输沙量最少，多年平均为 $0.037 \times 10^8 \text{t}$ ，占年总量的 0.3%。悬移质中径一般为 0.02—0.04 mm，河床质中径一般为 0.04—0.137 mm。

黄河滨海区的潮汐由驻波控制。M₂分潮的无潮点位于大沙嘴外，潮差以三角中部为最小，平均潮差仅为 0.6 m，由此向两侧增大，但都在 2 m 以下。潮流速分布与潮差相反，三角洲中部岸线凸出处最大，最大流速达 1.5 m/s。由于冲淡水的作用，滨海区含盐度一般在 27×10^{-3} 以下。

现代河口很多因沉积物充填而有三角洲的堆积。历史上由于黄河尾间摆动所及，它们都形成规模很大的三角洲平原，其入海泥沙对邻近海岸有深刻影响。现代三角洲在宁海以下，面积 5 400 km²。

现在黄河带来的巨量泥沙大部分输送入海，淤积在口门及两侧海区，形成沙嘴和岸滩。滨海区水深一般在 20 m 以内，坡度平缓。1958 年以来，流域来沙淤积在口门以内及陆上 (0 m 以上) 的约占 24%，淤积在滨海区的 (0—15 m) 约占 40%，输往外海的约占 36%^[4]。平均每年造陆面积达 50 km²，长达 30 余公里的三角洲岸线，平均每年向外延伸 1.5 km，河口沙嘴每年向外延伸的速度达 3 km 多。输往外海的泥沙大部分向渤海湾顶输移。

黄河河口由于淤积严重，潮差小，感潮河段很短，潮区界离口门一般不超过 30 km，潮流界和盐水入侵界离口门只 1—2 km。洪水季节口门内无涨潮流现象，全被淡水控制。因而黄河口的长度即使在枯水期也很短，河口湾已被充填，流域来沙基本上属过境性质，过滤效率已接近于零。

2. 长江口

长江于黄海、东海交界处入海。长江口是一个来水、多沙、中潮的三角洲河口。长江年平均流量为 $29\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ，年总径流量为 $9\,240 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，最大流量为 $92\,600 \text{ m}^3/\text{s}$ ，最小

流量为 $4\,620 \text{ m}^3/\text{s}$ 。水量在年内的分配有明显的季节性变化，5—10 月为洪季，径流量占全年的 71.7%，以 7 月为最大；11—4 月为枯季，占 28.3%；以 2 月为最小。

长江含沙量并不大，平均为 0.544 kg/m^3 ，因径流量大，输沙量相当可观，年平均为 $4.86 \times 10^8 \text{ t}$ 。沙量的年内分配比水量更集中，洪季 6 个月的沙量占全年的 78% (图 3)，7 月沙量最大，占全年的 21.9%，沙量还有明

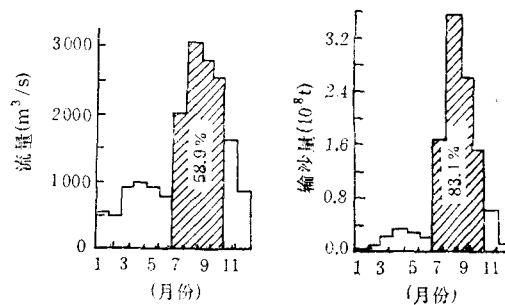


图 2 黄河口流量与输沙量的月变化

Fig. 2 Monthly variations of river and suspended sediment discharges of the Huanghe River Estuary

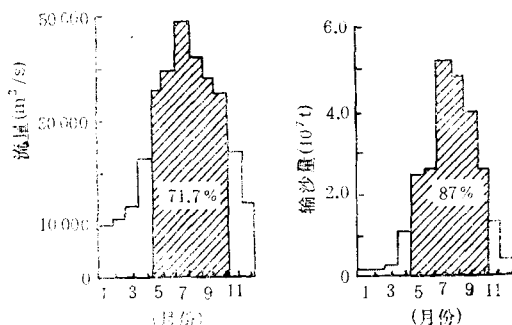


图 3 长江口流量与输沙量的月变化

Fig. 3 Monthly variations of river and suspended sediment discharges of the Changjiang Estuary

显的潮相变化。

南支口门附近的多年平均潮差为 2.66m, 最大潮差为 4.62m, 属中潮河口。北支潮差比南支大, 并有涌潮现象。在上游径流接近年平均流量、口外潮差接近年平均潮差的情况下, 河口进潮量达 $266\ 300\text{m}^3/\text{s}$, 为年平均流量的 8.9 倍。

南支口门附近的盐淡水混合以部分混合(B型)为主, 北支因径流分流比已不足 10%, 以垂向均匀混合(C型)为主。在南、北槽和北港下段存在上层净流向海、下层向陆的河口环流^[4]。在滞流点附近有一个最大浑浊带, 洪季滞流点与拦门沙滩顶位置非常吻合^[5]。

在径、潮流两股强劲动力的作用下, 长江口出现有规律地分汊, 先被崇明岛分成南支和北支, 南支又被长兴、横沙岛分成南港和北港, 南港又被九段沙分为南槽和北槽, 从而形成三级分汊四口入海的形势。四条汊道均存在航道拦门沙, 滩顶水深一般在 6m 左右, 滩长较长, 如南槽拦门沙水深不足 7m 的滩长有 25km 左右, 不足 10m 的滩长达 60km, 成为通海航道的严重障碍。在拦门沙外有一个面积约一万多平方公里的现代水下三角洲。

约在 6 000—7 000 年前, 长江口为一溺谷型河口湾, 湾顶在镇江、扬州一带。由于被泥沙不断充填, 形成了广阔的长江三角洲。近 2 000 年来, 长江口演变的基本模式是外伸、缩窄、南移^[6], 南岸边滩历史时期平均每 40 年向海推展 1km, 近代每 23 年增大 1km。在外伸的同时, 河槽在缩窄, 2 000 年前长江口呈喇叭形, 口门宽 180km, 口内沙洲罗列。由于沙洲不断扩大, 并向岸靠并, 使河槽不断缩窄, 现在口门宽度仅为 90km, 已从一个溺谷型河口湾演化为一个多级分汊的三角洲河口。在外伸缩窄过程中, 因地转等效应, 沙洲一般并于北岸, 从而使主槽逐步南移。

长江口盐水入侵主要受制于径流。洪季盐水入侵界南支一般在南、北槽分汊口附近, 北支在青龙港附近。枯季盐水入侵界南支可达浏河口附近, 北支可达南北支分汊口的徐六泾附近。据水深测量图估算, 流域来沙约有 50% 以上堆积在南支的拦门沙和 underwater 三角洲地区, 沉积在口门内的不多, 过滤效率约 10—15%。输往外海的泥沙大部分向南输移, 有少量向北输送到琼港以南的苏北沿海。

3. 鸭绿江口

鸭绿江径流丰沛, 入海平均流量为 $1\ 100\text{m}^3/\text{s}$, 年总径流量约 $347 \times 10^9\text{m}^3$ 。在中、上游未建水库前, 流量的年内分配极不均匀, 7, 8 两月的径流量占全年的 48%, 流量最大月 8 月比最小月 3 月大 73 倍。自 1942 年陆续建水丰、云丰等水电站后, 径流年内分配有所调整, 汛期流量削减, 枯期流量增大, 年内变幅减小, 但仍有汛期和非汛期之别, 7, 8 两月的流量占全年的 29% (图 4)。除季节变化外, 年变化也甚大。

据 1957—1969 年资料统计, 荒沟站多年最大日平均含沙量为 $0.455\text{kg}/\text{m}^3$, 鸭绿江年总输沙量约为 $2.04 \times 10^6\text{t}$, 占辽东半岛东岸各主要河流输入北黄海泥沙总量的 60%。输沙量年内分配极不均匀, 汛期 7, 8 两月占全年的 72%。从悬沙纵向分布看, 在盐水入侵范围内存在一个最大浑浊带, 上界在蚊子沟附近, 下界在口门, 全长约为 25km。在斗流浦与老两航道上口一带含沙量最高, 是沙洲丛生、泥沙淤积最严重的河段, 为拦门沙滩顶所在, 上沙和下沙、内沙和外沙等均分布于此。

江口潮汐为不正规半日潮, 日潮不等显著。潮差平均 4.6m, 最大达 6.7m。由于上游

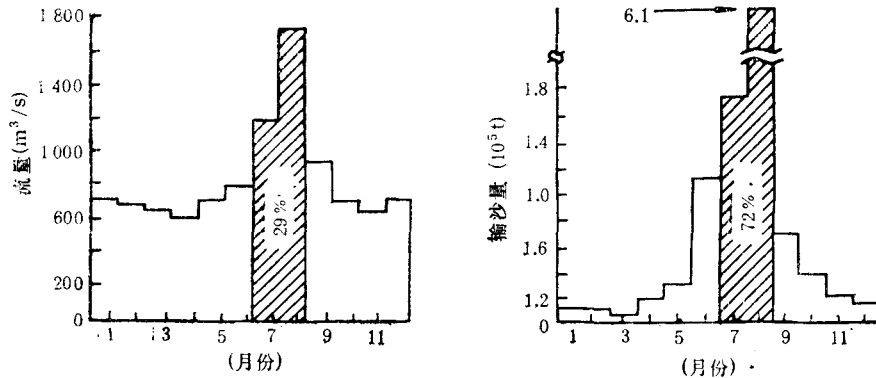


图4 鸭绿江口流量和输沙量的月变化

Fig. 4 Monthly variations of river and suspended sediment discharges of the Yalu River Estuary

来水受水电站的节制,近几十年来,口内潮汐作用有所增强,潮区界和潮流界有上提现象。江口潮流速一般为1.3—1.5m/s,涨落潮最大流速均发生在中潮位附近,潮波基本上属驻波性质。

自杜楼浦向下,断面骤然展宽,在江海交界处宽达23km,水流分多股入海,主要有西水道、中水道和东水道。近几十年来,西水道上口淤积严重,进入的径流已寥寥无几,涨潮流占优势,水量、沙量净向口内输送。中水道为排泄径流的主要通道,落潮流速大于涨潮流速,落潮流占明显优势,水量、沙量净向海输送。

江口盐度在北黄海属最低,一般小于 28×10^{-3} 。盐水入侵上界在浪头港和四道沟间,距口门约25km。从沉积物分布看,砾石推移下迄浪头港附近,中细沙则远布于口门之外。

可见,在鸭绿江口底沙运动远比悬沙运动强烈。据统计,上游来沙有一半堆积在口门以内,形成大片沙洲与浅滩,河口过滤效率约接近50%,输出到口外的泥沙以向西扩散为主。

4. 汉江口

平均流量约 $800 \text{ m}^3/\text{s}$,年平均总径流量为 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$,径流量随季节而变(图5),最大洪峰流量出现在夏季的7月和8月,台风带来的暴雨是造成洪峰流量的重要原因。在年总径流量中,4—5月冬雪融化引起的径流量占5—10%,地下水渗出量占20—25%,集中在夏季的降雨量占65—75%。7,8两月的流量约占年总量的51%,4—9月六个月的流量占全年的87%。

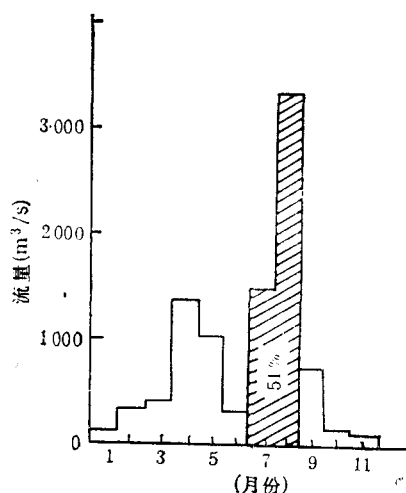


图5 汉江口流量的月变化

Fig. 5 Monthly variation of water discharge of the Hanjiang River Estuary

汉江口的含沙量有明显的季节变化,除与径流量多寡和潮流强弱有关外,上游几个拦河坝的闭启也有一定影响。输沙量因拦河坝的修建比原

先的已大大减少。在和昌与清平水库的泥沙沉积率分别为 $5.5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ 和 $1.7 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ 。口门附近的底质主要由沙和砾石组成,这是由于强劲的潮流使细颗粒泥沙难以下沉所致,而沿岸一带的潮滩由淤泥和粘土构成^[7]。

口门附近为半日潮,仁川小潮潮差为 3.2—3.5m,大潮潮差达 8.0—8.9m。据文献[9],大小潮时,涨潮流速分别为 1.0—1.5m/s, 0.55—0.83m/s;落潮流速略大,分别为 1.0—1.55m/s, 0.55—0.88m/s。在狭窄的通道内潮流更强。

盐水入侵最大可达离口门江华岛南端约 90km 附近。盐水上溯距离随径流量和潮差而变,当流量介于 $650—700 \text{m}^3/\text{s}$ 时,盐水入侵上界约距口门 60km。

要确定汉江口盐淡水混合类型还缺少足够的盐度资料,一般而言,在汛期小潮时为 B 型,在非汛期大潮时为 C-D 型。由于汉江带来大量泥沙及湾内外有强劲的潮流,在河口发育着很多沙坝和沙洲,因潮差大,潮滩分布也很广。

鉴于汉江口与锦江口的物现和地质特性较相似,有人估计汉江口的过滤效率大于 50%。

5. 锦江口

锦江平均流量约 $157 \text{m}^3/\text{s}$, 平均年总径流量为 $50 \times 10^9 \text{m}^3$ 。流量具有明显的季节变化(图 6), 洪季 7—9 月的径流量占全年的 60%, 其余 9 个月的流量除 4 月因融雪较大外,一般低于 $100 \text{m}^3/\text{s}$ 。

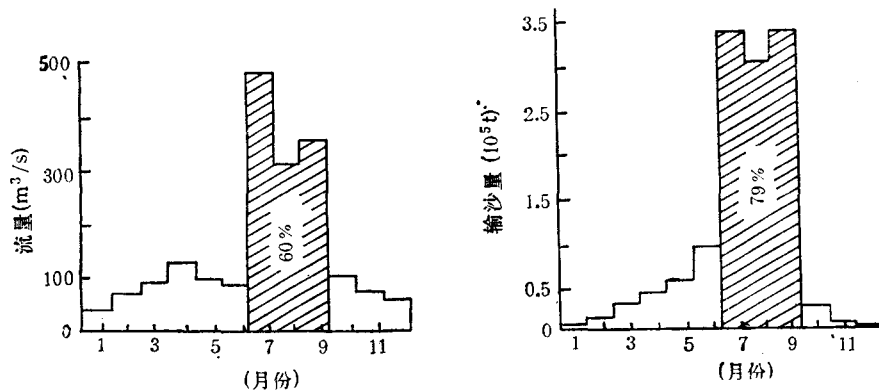


图 6 锦江口流量与沙量的月变化

Fig. 6 Monthly variation of water and suspended sediment discharges of the Jinjiang River Estuary

河口含沙量有明显的季节和大小潮变化。枯季,大潮口门附近含沙量为 $0.28 \text{kg}/\text{m}^3$,距口门上游 30km 附近有一最大浑浊带,实测最大含沙量为 $1—3 \text{kg}/\text{m}^3$ 。洪季,小潮期含沙量减小,小于 $0.1 \text{kg}/\text{m}^3$,悬沙由粘土(56.2%)、淤泥(41.8%)和沙(2.0%)组成,中径为 0.002mm (8.98ϕ)。年输沙量为 $1.3 \times 10^6 \text{t}$,其中 7—9 三个月占 79%。推移质也很重要,它可能与悬移质近似。

潮汐为半日潮,有日潮不等现象。口门附近小潮差为 2.8m,大潮差 5.7m。大小涨潮流速分别为 1.3m/s 和 1.0m/s,落潮流速分别为 1.6m/s 和 1.3m/s^[7]。口门处最大流速可

达 $2\text{m/s}^{[6]}$ 。潮位与潮流的位相差为 90° ，最大流速出现在中潮位附近，潮波属驻波性质。虽然有时涨潮流大于落潮流，但在口门以上约 10km 处，所有深度上净流仍指向落潮流方向，这是因为落潮流历时延长所致。

由于口门附近潮差大、径流小，盐淡水混合属 C-D 型。从口门向上游，潮差变小，径流作用增强，向 B 型转化。枯水期盐水从口门上溯 60km ，丰水期盐水入侵距离减少约 $20-30\text{km}^{[8]}$ 。

枯水期，来自河口的悬沙在潮流和强浪作用下向西和西南方向扩散。据有关资料估算，河口的过滤效率约为 56% 。

二、河口过程对黄海沉积的影响

1. 两岸河口类比

由表 1 可见，黄海两岸主要河口的水量、沙量和潮差存在显著差别。两岸河口的水量和沙量大而潮差很小；东岸河口却相反，潮差大而水量和沙量很小。由于这些流域来水来沙条件和海洋动力条件的差异，使两岸的河口处于不同的发展阶段，从而形成了不同的河口类型。

表 1 黄海沿岸河口特征值比较

Tab. 1 Characteristics of Yellow Sea Estuaries

河口名称		黄河口	长江口	鸭绿江口	汉江口	锦江口
河流长度 (km)		5 464	6 300	800	488	401
流域面积 (km ²)		0.75×10^6	1.8×10^6	6.1×10^4	2.6×10^4	0.99×10^4
盐水入侵 长度 (km)	枯期	1—2	南支 85 北支 125	25 (平均)	90	60
	汛期	0	南支 15 北支 95		60	30—40
口门潮沟类型		不正规半日潮	正规半日潮	不正规半日潮	半日潮	半日潮
口门潮差 (m)		0.6—2.0	2.66—4.62	4.6—6.7	3.5—8.0	2.8—5.7
潮流速度 (m/s)		0.5—1.5	1.02—2.50	1.30—1.50	0.5—1.5	1.0—1.6
平均流量 (m ³ /s)		1 400	29 300	1 100	800	157
年总径流量 (m ³)		44.3×10^9	924×10^9	34.7×10^9	25×10^9	5×10^9
平均含沙量 (kg/m ³)		23.5—222	1.32—4.31	0.1—0.2	0—0.1	0.1—0.3
年输沙量 (t)		1.12×10^9	0.486×10^9	2.04×10^6		1.3×10^6
混合类型		B 为主	南支 B, 北支 C	B—C	A—D	B—D
过滤效率 (%)		0	10—15	<50	>50	56

西岸的黄河口与长江口，因流域来沙丰富，全新世形成的河口湾迅速被充填，且分别发育了广阔的黄河三角洲和长江三角洲，成为一种三角洲型河口。这些河口是一种相对“年老”的河口，对流域来沙的过滤效率较低，大部分泥沙堆积在口门附近或输向外海，对黄海的沉积作用贡献巨大。而东岸的汉江口与锦江口，因流域来沙少，沉溺的河口湾只有部分被充填，至今仍保持着河口湾的轮廓。它们是一种相对“年轻”的河口，对流域来沙的过滤效率较高，河口湾能容纳泥沙的潜力仍很大，对黄海沉积作用的贡献甚小。上述差异是造成黄海东西部水文、地貌和沉积特点不同的主要原因。

地处西朝鲜湾顶附近的鸭绿江河口，流域来沙尚丰富，因而在其口门处沙洲丛生，但

口外潮差大、潮流强,在西朝鲜湾潮差达 8m 以上,流速为 1.1—1.6 m/s。在此种水动力条件作用下,三角洲难以形成,而发育了典型的呈平行排列的潮流脊,相对高度为 7—25m,平均宽度为 20m,单个沙体长 80km 以上,组成物质是中沙和细沙^[1]。从过滤效率和地质演化阶段来看,鸭绿江河口是介于上述两种河口类型之间的过渡类型。

2. 黄河口改道对黄海沉积作用的影响

黄河入海口在历史上有数次大改道,由于黄河入海沙量巨大,因而每次改道给黄海的沉积作用带来显著而深远的影响。

公元 1128 年黄河夺淮从苏北入海之前,淮是本区一条主要入海河道,因它的输沙量小,苏北海岸向海伸展缓慢,岸线较长时期稳定在海州-阜宁-盐城-海安-如东-吕四一线(图 7)^[2]。

公元 1128—1855 的七百多年中,黄河改道由苏北入黄海阶段,因黄河巨量泥沙倾入苏北沿海,使海岸线迅速向海淤涨,废黄河口一带向海伸展约 90 km。海州湾一带也遭严重淤积。由于受强劲潮流的反复作用,塑造了苏北沿海独特的辐射状沙脊,沙脊由细沙组成,高 5—10m,分布范围南北约为 200km,东西宽约 90km。

公元 1855 年黄河北徙入渤海后,泥沙来源骤减,波浪与潮流成为控制本区海岸发育的主要因素,苏北海岸进入凸岸冲刷后退、凹岸堆积增长的均夷阶段,以达到水动力与泥沙间新的平衡。废黄河口岸段蚀退最为严重,每年达 200m

左右。在双洋港-废黄河口-小丁港 100 多公里的海岸线上,自 1855 年以来,大约侵蚀了 1 400km² 的良田。海岸冲蚀下来的大量泥沙,大部分在附近的双洋港-小洋口等开阔海湾内堆积,使岸线迅速向海淤涨。现在冲淤强度在减缓,其总趋势是使海岸趋向相对稳定。

3. 物质来源减少对黄海沉积速率的影响

沉积学、矿物学和地貌学等的研究表明,黄海的第四纪沉积物主要来自黄河和长江。由于这两条大河源源不断地供应大量泥沙,致使黄海具有相当高的沉积速率。据 ¹⁴C 测年数据估算,黄海的平均沉积速率约为 15.8cm/ka,比东海的沉积速率约 10.8cm/ka 要高得多。然而以下几方面的事实已使黄海沉积物的来源大为减少。

晚玉木冰期至冰后期,古长江经琼港附近入黄海,嗣后逐渐南移,这从水下三角洲的主轴向南偏转可得到佐证。长江古水下三角洲是在苏北外海,其平面中心约在 32°18'N,而现代水下三角洲的平面中心,1931 年在 31°15'N,1958 年已南移到 31°N。长江河口

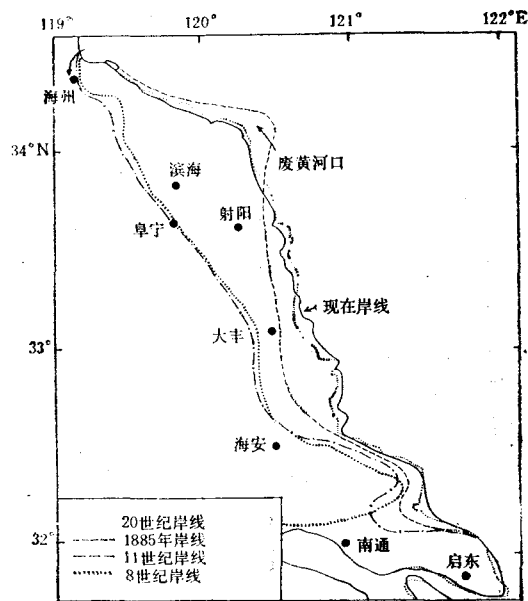


图 7 苏北岸线变迁

Fig. 7 Evolution of the northern Jiangsu coastline

南移是特定的水文泥沙条件决定的。长江口的径流和潮流都很强,这两股强劲的动力在科氏力作用下,涨潮流路有偏北趋向,落潮流路有偏南趋向,在涨落潮主流间的缓流区,泥沙易于落淤形成浅滩、沙洲,促使河槽发生分汊,位于沙洲北面的汉道往往以涨潮流作用为主,水、沙净向河口内输送,易于淤积衰亡,从而使沙洲向北岸并靠,如苏北大片土地就是沙洲北靠形成的。这样就导致主槽逐渐南移。现在的长江口已南移至东海北部,其入海泥沙大部分向东南方向运移,入黄海的甚少。

如前所述,1855年后黄河已移徙至山东半岛以北入渤海湾,从而每年减少了11吨直接进入黄海的泥沙。现有的一些中小型河口,如中朝边境的鸭绿江河口、苏北的灌河口和射阳河口、朝鲜的汉江口等先后都已在中、上游或口门建闸,这不仅改变了河口原有的水文泥沙过程,而且使更多的泥沙拦阻在河口内部人为地增加了河口的“过滤效率”,从而使它们入海泥沙量也相应减少。上述现象的存在,其结果必然导致黄海沉积速率的减慢。

三、结 语

1. 黄海是一个半封闭的陆架浅海,其演化深受周围河口的影响。黄海两岸河口的水文、泥沙、地貌和沉积特性有显著差异,相对朝鲜一侧的河口而言,中国一侧河口的径流量和输沙量大,而潮差较小,致使三角洲发育处于相对“年老”的地质演化阶段,过滤效率低,对黄海沉积作用的贡献大。

2. 1855年黄河北徙入渤海后,黄海泥沙补给骤减,改变了水沙之间原有的平衡状态,使苏北海岸进入凸岸冲刷后退、凹岸堆积增长的均夷阶段,改变了沉积物冲淤分布的格局。

3. 长江河口逐步南移、黄河河口北徙和一些中小型河口建闸,这些因素导致黄海泥沙来源减少,沉积速率减慢。

4. 河口过程对陆架的作用是河口学和海洋学研究的一个重要课题,本文仅以黄海沿岸河口为例作了初步探讨,诸多问题尚待深入研究。

参 考 文 献

- [1] 刘振夏、夏东兴, 1983。潮流脊初步研究。海洋与湖沼 14(3): 460—471。
- [2] 李成治、李本川, 1981。苏北沿海暗沙成因的研究。海洋与湖沼 12(4): 321—331。
- [3] 沈焕庭、郭成涛、朱慧芳等, 1985 长江河口最大浑浊带的变化规律及其成因探讨。海岸河口区动力、地貌、沉积过程论文集。科学出版社, 76—89 页。
- [4] 庞家珍、司书亨, 1980。黄河河口演变。海洋与湖沼 11(4): 295—305。
- [5] Chen Jiyu, C. X. Yun and H. G. Xu, 1982. The Model of Development of the Changjiang Estuary During the Last 2000 Years. In: Estuarine Comparisons, ed by V. S. Kennedy Academic Press, pp. 655—675.
- [6] Chung, J. Y., 1981. Estuarine Dynamics of the Keum Estuary I. Flow Characteristics and a Circulation Model. Research Report, Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul, Korea. pp. 58—115.
- [7] Kim, S. C., 1982. Suspended Particulate matters in the Keum Estuary and the Adjacent Continental Shelf, M. S. thesis, Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul, Korea. 73pp.
- [8] Lee, C. B., 1984. Sedimentation and Geo-chemical Characteristics of Suspended Sediments in the Keum Estuary. Research Report, Department of Oceanography, Seoul National University. Seoul, Korea, 52pp.
- [9] Oh, J. K., 1982. Investigation of depositional Sedimentary Environment Around Gyeong-gi Bay by the Survey of Primary Sedimentary Structures and Textures. Research Report, Department of Oceanography, Inha University, Incheon, Korea (In Korean), 34pp.

- [10] Shen Huanting, Zhu Huifang and Mao Zhichang, 1982. Circulation of the Changjiang Estuary and its Effects on the Transport of Suspended Sediment. *In: Estuarine Comparisons*, ed by V. S. Kennedy, Academic Press, pp. 677—691.

COMPARATIVE STUDIES OF ESTUARIES BORDERING THE YELLOW SEA

Shen Huanting

(East China Normal University, Shanghai)

ABSTRACT

There are distinct differences between rivers entering the Yellow Sea on its east coast and that on the west coast. Relative to rivers on the east coast (Korea), rivers on the west coast (China) have large water discharges and large sediment loads, but small tidal ranges. Because of these factors, the estuaries on the west side have reached a much more advanced stage of evolution, and have low filtering efficiencies. Chinese rivers make much greater contributions of sediment to the Yellow Sea than do the Korean rivers. The southward shifting of the Changjiang River Estuary, and the northward shifting of the Huanghe River Estuary into Bohai Sea since 1855, have resulted in a net reduction of sediment input to the Yellow Sea.