

## 苏北沿海暗沙成因的研究\*

李成治 李本川

(中国科学院海洋研究所)

苏北沿海浅水区, 分布着形态十分独特的大型滨岸沙洲。由于它主要是潮流作用形成的, 又大多处于水下, 故简称“潮流暗沙”或“暗沙”。

1960年, 我们在苏北沿岸进行水文和地质地貌调查时, 发现在废黄河口以南、长江口以北的苏北沿海浅水区(水深在20—30米以内)分布着数十条潮流暗沙。它们分别以弥港和川腰港为顶点, 以蒋家沙和冷家沙为中心, 向岸滩辐聚, 组合成两个严整体系构成的一种独特的海岸地貌类型(图1)。其中较大的暗沙有东沙、毛竹沙、蒋家沙、牛角沙及冷家沙, 俗称“苏北五大沙”。其几何形态呈“掌状辐射沙洲”。其中以弥港为顶点的蒋家沙群最为典型, 有人称“弥港辐射沙洲”<sup>[1]</sup>或“辐射状沙脊”<sup>[2]</sup>, 本文统称“苏北暗沙”。我们以蒋家沙群为例, 对其形态特征、物质组成及其成因进行了研究。

### 一、暗沙的形态特征

苏北沿海地处宽阔的黄海南部陆架边缘, 在开敞的海岸浅水区, 历史时期中黄河和长江携带的巨量泥沙, 在此沉积形成厚层松散沉积物。该沉积物在强大的潮流和风浪作用下, 造成巨大的潮流脊沟地形, 这种地形的形态发展几乎完全受潮流作用的强度和方向所控制。

据启东海洋渔业指导站1957年测绘的《江苏省吕四渔场图》, 从暗沙平面分布看, 苏北沿海大、小暗沙达60余个分属两大群。其中以弥港为顶点, 有36个属蒋家沙群; 以川腰港为顶点, 有22个属冷家沙群。这两个沙群属同一成因类型。而地图上著名的“五条沙”已由废黄河口外向西北方向迁移, 其沙脊走向由垂直于岸线变为与海岸平行。

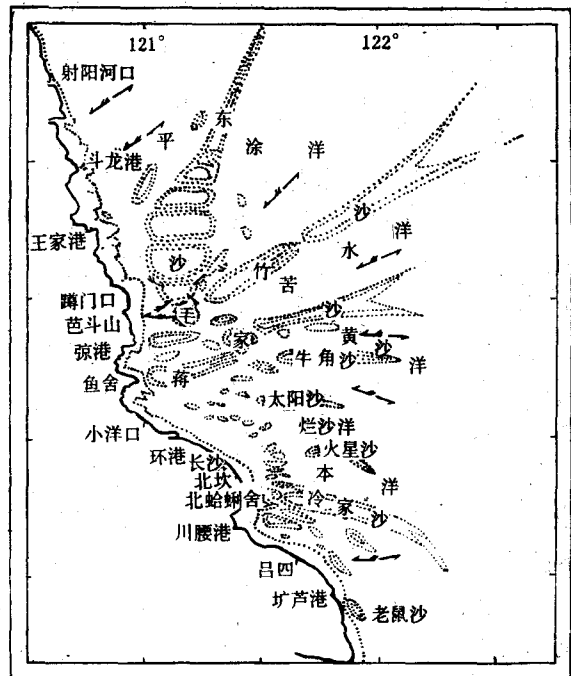


图1 苏北暗沙分布示意图

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第627号。本文曾于1980年在上海召开的中国海洋湖沼学会全国海岸河口专业学术会议上宣读。

本刊编辑部收到稿件日期: 1980年2月21日。

蒋家沙群,是以瓯港为顶点,以蒋家沙为分布轴心,包括东沙、毛竹沙、蒋家沙、牛角沙、太阳沙等 36 个大、小暗沙,向海呈掌状辐射分布而成复式水下沙坝群。暗沙个体则呈“蝌蚪”状或“梭”状,其沙头凸起宽阔浑圆、陡坡朝向岸滩。有的沙头已伸至低潮线与岸滩并连,而沙尾平缓狭长、向海尖灭,可延伸至水深 20—30 米(见图 1)。

蒋家沙群中,个体暗沙之间为深水凹槽,可航行渔船。这些沙间凹槽实为“潮流通道”,当地称沙洪(漕口)。毛竹沙以北的东沙两侧的潮流通道叫“平涂洋”(又分南、北平涂洋),潮流流向为北东-南西向。蒋家沙以北、毛竹沙以南谓“苦水洋”或称“瓯港漕”,漕宽 25 公里、水深达 17 米,涨潮流向西南。蒋家沙以南太阳沙之间谓“黄沙洋”,洋宽 17—27 公里。洋中间有一牛角沙,牛角沙以南又称牛角沙南洋,水深可达 20 余米;牛角沙北称馒头泥洋,水深达 17 米;涨潮流向北西,接近蒋家沙沙头附近涨潮流流向变为正西。火星沙与太阳沙之间水道谓“烂沙洋”,又称本洋北漕,漕宽达 17 公里、水深可达 20 米,涨潮流向北西。火星沙与冷家沙之间水道谓“本洋”,又称“东凌港漕”,漕宽 15 公里,水深可达 20 米,涨潮流向北西。按上述各水道的潮流方向可以蒋家沙为界,蒋家沙以南涨潮流向北西,当地俗称“南潮”,蒋家沙以北涨潮流向南西,俗称“北潮”。南潮水深流急,北潮则水浅流缓。

沙群中的东沙,又称大沙。形似蝌蚪,南起蹲门口,北达废黄河口外,向北偏东延伸,是沙群中最大的暗沙。其头部宽达 10 公里,中部宽达 30 公里,沙脊处水深 1.5—5 米,越向海深度越大;从斗龙港外向北,沙脊变低、变窄,到黄河口外则变为平涂尖灭。东沙沙脊上由南向北有四条洪漕,都是东西向开口,即大腰门、太平港、小北港及二马腰。

毛竹沙是由江家坞、十船圪、毛鱼圪、草米树等大小暗沙组成,沙头位于巴斗山正东,沙脊由西南向东北延伸,长达 150 余公里,沙尾比较特殊呈燕尾式分叉向深海延伸,展宽达 30 公里,在水深 25 米处尖灭。

蒋家沙位于瓯港东南,鱼舍正东,由西向东偏北延伸,沙脊长达 130 余公里,沙头宽 7 公里,沙尾宽达 20 余公里,沙脊至海面深达 25 米呈喇叭状展开而尖灭。蒋家沙是一个大沙的总称,实际上洪漕纵生,由若干大小暗沙组成。

牛角沙在蒋家沙以东,太阳沙以北,形状如梭,向东偏南一字延伸,沙长达 50 公里,沙头宽 3 公里,中部 7 公里,而沙尾仅 1.5 公里宽,水深达 25 米。

太阳沙位环港东北,正南有火星沙,沙脊走向东西,沙长 35 公里宽仅 2.5 公里,沙脊水深达 8 米。

冷家沙(又叫陈家沙、杨家沙)位于川腰港正东,向东偏南亦呈燕尾式分叉向深海延伸,长约 25 公里,沙脊水深 1.5—8 米,西端沙头出水宽达 3 公里。

在潮流、风浪强烈作用下,暗沙的分、合、消、长复杂多变,但总的趋势是合并扩大、并向岸滩推移。如蒋家沙的沙头已深入到瓯港湾内。有的暗沙(如川腰港外的张家沙、腰沙,塘芦港外的老鼠沙及长沙、北坎附近的黄鱼沙和橙儿沙等)在大汛干潮时可全部出露,逐渐与潮间浅滩并连,促使岸滩增宽。有些暗沙则相互合并增高,已成明沙(八仙角、茄杆子、草米树沙等)。据 1938 年海图与 1960 年实测水深资料对比(图 2),发现岸外水深 5 米至 20 米的浅海海底,普遍有冲蚀刷深趋势,暗沙向岸移动。在废黄河口外,表现为近岸冲刷、海岸后退,海滩侵蚀物质向深海运移。射阳河口外,海岸处于冲、淤平衡,物质无明显

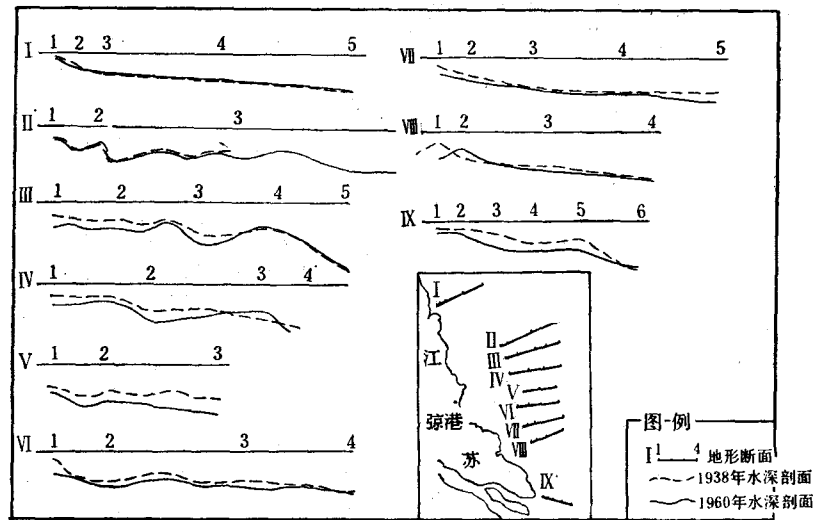


图2 苏北暗沙区水下地形对比图

注：I—IX号表示断面；1—6号表示测深点。

水平比尺 1:20万 垂直比尺 1:500

移动。在暗沙密布区(蒋家沙群)的蒋港一带,海底普遍刷深,物质有向岸移动的趋势。小洋口至川腰港一带岸蚀滩积,水下暗沙近于冲淤平衡。吕四港以南至苏北嘴一带岸蚀、滩亦蚀。由此可见,苏北沿海暗沙一直处于不断变化之中。

## 二、暗沙的物质组成

苏北沿海暗沙的底质分布与海底地形密切相关。暗沙主要由黄褐色细砂、粉砂、黄灰色粉砂及蓝灰色粉砂组成。表层沉积物的粒度水平分布是由暗沙向陆、向海变细,自北向南变粗。但是在暗沙顶端(烂沙头)则为粗细交替呈斑状分布。其平均粒径等值线,在暗沙处向海凸出,暗沙间则向内凹进。15米等深线以外为宽广起伏的平原,主要是粉砂、泥质粉砂分布区(图3a)。

暗沙表层为黄褐色细砂、粉砂及黄灰色粉砂,厚150厘米以上。黄褐色细砂中含石英、金云母较多,并多含陆生植物碎屑(芦苇碎片)及少量海生瓣鳃类贝壳碎屑,亦有少量铁锰结核。砂粒的磨圆度0—1级者占80%以上,颗粒表面粗糙,光滑不一。上述特征表明主要系陆源物质。底层为蓝灰色粉砂,砂面光滑,无植物屑,有的多瓣鳃海生动物已腐烂分解,这表明底层为海相物质。据矿物组合资料的对比表明,前者主要系古黄河物质,其影响范围可达苏北嘴附近。后者系古长江物质,主要构成暗沙底部,可延伸到新洋港外。

苏北沿海表层沉积物中碳酸钙含量一般为3—7%,高于长江口区(长江口区为2—5%)。其中废黄河口附近可达10%以上(图3b),形成碳酸钙富集区。在同一地区内碳酸钙含量与粒度粗细成反比。粗粒物质中含量一般2—4%,细粒物质中为5—12%。碳酸钙含量与平均粒径等值线,在粗粒物质分布的暗沙地区向外海凸出,而在细粒物质分布的沟间洼地则向陆凹进。

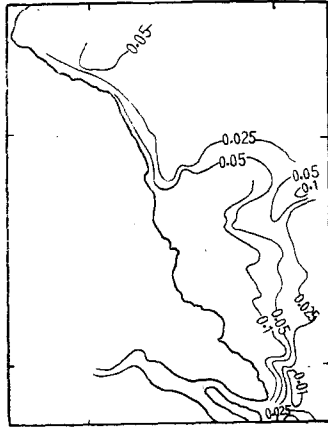


图 3a 苏北沿海表层沉积物粒径等值线图  
平均粒径 Md (毫米): >0.1 细砂; 0.1—0.05 粉砂; 0.05—0.025 泥质粉砂; 0.025—0.01 粉砂质泥; <0.01 淤泥。

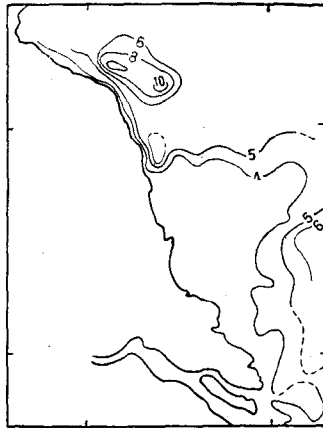


图 3b 苏北沿海沉积物碳酸钙百分含量等值线分布图

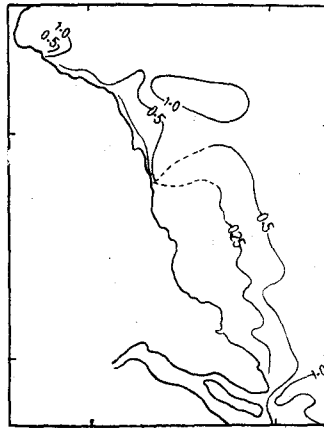


图 3c 苏北沿海沉积物有机质百分含量等值线分布图

沉积物中有机质含量随粒度变细而显著增加。粗粒物质中含有机质在 0.5% 以下,而细粒物质中含量则达 0.5—1.5%。其等值线与粒径等值线变化趋向大致相符(图 3c)。

上述沉积物分布特征表明,苏北沿海沉积物主要是黄河迳流物质。其影响范围向南达苏北嘴、北达海州湾。组成暗沙区表层物质。

苏北沿海暗沙区浅层沉积物一般可分上、中、下三层(图 4)。上层由黄褐色、黄灰色细砂、粉砂组成。属黄河入海陆源物质,分布范围遍及苏北沿海。中层为蓝灰色粉砂及黄褐色粉砂质粘土互层,属过渡层。下层为蓝灰色粉砂、灰褐色软泥及暗褐色粘土质泥。属滨海相古长江三角洲沉积,其北界可达新洋港地区。现以 I, II, III 剖面为例分析说明如下:

**剖面 I** 位于废黄河口以北,水深 7.5—20.3 米处。上层为黄褐色粉砂质粘土,可塑性大,间有粉砂夹层或条纹;中层为粉砂与软泥互层属过渡层;下层为粉砂。近岸富含半碳化的植物屑,为黄河冲积物。

**剖面 II** 位于王港附近,“烂沙头”外部。沉积物主要是细砂和粉砂。上层为黄褐色、黄灰色细砂、粉砂,内含芦苇等陆生植物屑,砂粒磨圆度较差,0—1 级占总粒级的 82.6%,但颗粒表面较光滑,说明主要是陆源砂。下部为蓝灰色粉砂,为滨海相沉积物。

**剖面 III** 位于弶港外暗沙区,水深 13.3—23.8 米处。沉积层分上、中、下三层。上层砂和粉砂,表面有薄层黄灰色粉砂,下部则为绿灰色或黄灰色粉砂;前者为近代河流冲积物,后者为滨海相沉积物。中层为蓝灰色粉砂与黄褐色粉砂质粘土互层,属过渡层。下层为灰褐色软泥、暗褐色粘土质泥含粉砂粒,可塑性大,富含海相介形虫化石属全新世上部滨海三角洲沉积相。

从上述沉积物的表层及浅层结构与分布来看,目前暗沙辐聚区曾经是一个古海湾。古长江与古黄河两大水下三角洲在此叠置,形成突起于海底的水下岸坡,后经流浪的作用发育成砂体微地貌。因此,由巨厚松散物质组成的水下三角洲,是暗沙发育的物质基础。

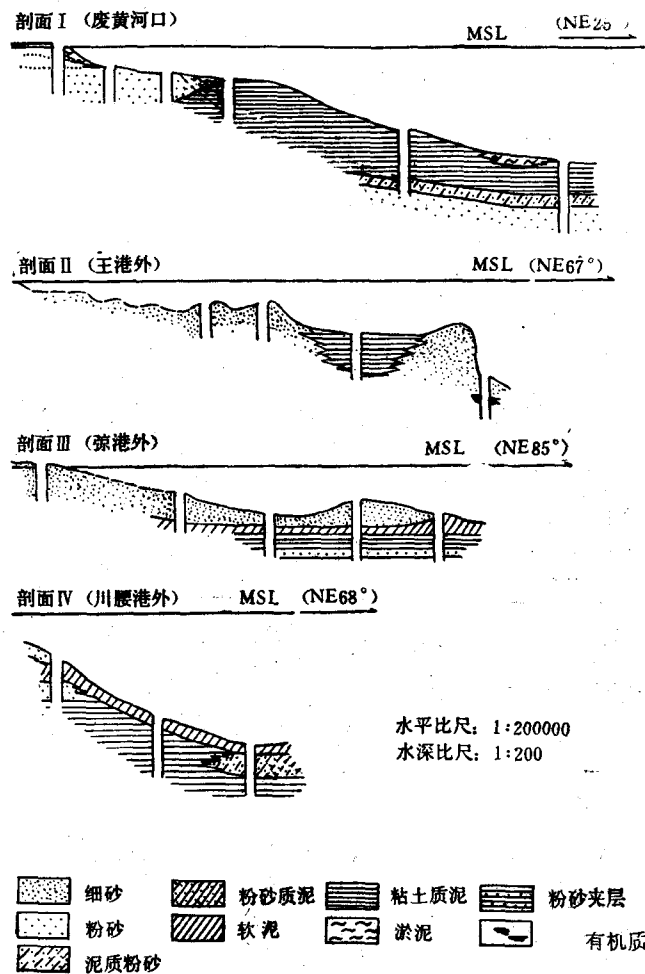


图 4 苏北暗沙区柱状剖面图

### 三、暗沙的成因及动态

苏北沿海暗沙的成因与海岸演化、河流固体径流的变化及沿岸水文动态密切相关。向岸辐聚的大型辐射沙洲的发育,必须具备以下条件:(1)海岸呈开扩的海湾形状,同时具有宽浅的水下岸坡;(2)泥沙来源丰富或海底有厚层松散沉积物;(3)海岸处于相对稳定状

态;(4)有强潮流作用。

根据黄河夺准入海前后,苏北海岸的变迁,可分为三个阶段。

**第一阶段** 海岸线处于较长的稳定时期。公元 1128 年黄河夺准从苏北入海之前(约在公元 8—11 世纪),苏北海岸长期稳定在海州—阜宁—盐城—海安—如东—吕四一线(图 5)。苏北平原已初具规模,沿岸沙堤开始发育。约在公元 1—12 世纪之间,长江河

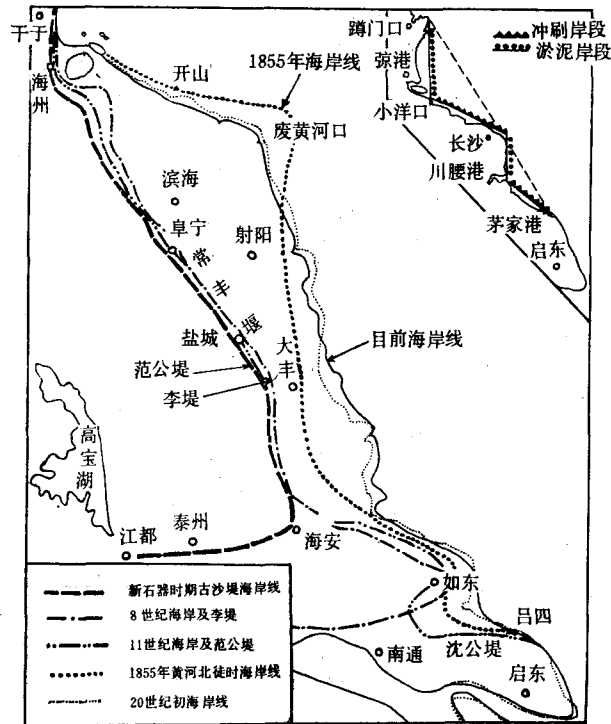


图 5 苏北海岸线变迁及冲淤分布图

口泥沙塑造了苏北南部海岸(弼港以南)。弼港—小洋口为中心的海湾,形成时间大约距今 2000 年<sup>[3]</sup>。据盐城县志记载,10—13 世纪苏北已有水下暗沙雏形发育,为今日暗沙之前身。但当时的弼港—小洋口海湾规模很小,沿岸泥沙移动主要是在风浪作用下,沿岸沙嘴、沙堤发育。

苏北岸线长期稳定时间,可上溯到五、六千年前,几条古海岸线均处于阜宁—盐城—东台一线西侧<sup>[4]</sup>。当时岸线特点,主要是沿岸沙堤发育。如阜宁—盐城一线及其西侧的“东沙冈”、“中沙冈”及“西沙冈”三条大型的古沙堤,而范公堤、李堤及常丰堰位置就是沿此古沙堤筑堤修堰的古海岸线。

**第二阶段** 岸线向海强烈增长时期。公元 1128—1855 年的 727 年中,黄河夺准从苏北入海阶段,由于黄河巨量泥沙倾入苏北海岸带,使海岸线迅速向海淤涨,废黄河口一带向海伸展约 90 公里<sup>[5]</sup>。沿岸浅水区的松散沉积物,被流浪再搬运,形成水下沙坝。

1) Shi Yafeng, Wang Jingtai, 1979. the Fluctuations of Climate, Glaciers and Sea-level Since the Late Pleistocene in China October 5, 1979. Lanzhou.

2) 参见郭瑞祥, 1979. 历史时期江苏海岸演变与现代地貌特征。水利部、交通部南京水利科学研究所, 第 9, 17—18页。

**第三阶段** 岸线处于冲淤稳定阶段。公元 1855 年黄河北徙入渤海后,泥沙来源基本断绝,海岸转入冲刷后退。废黄河口岸段蚀退最为严重,其速度达 200 米/年左右,沿岸大、小林干,六合庄等村落相继塌入海中。在双洋港—废黄河口—小丁港 100 多公里长的海岸线上,自 1855 年至今大约蚀去了 1400 平方公里的良田<sup>1)</sup>。海岸冲蚀下来的大量泥沙在双洋港—小洋口等开阔海湾内堆积,使岸线迅速向海淤长(见图 5)。冲淤的总趋势是使海岸趋向相对稳定、海岸剖面趋于暂时平衡。历史时期中,黄河巨量泥沙从苏北入海及长江入海口的不断南移,直接控制着苏北海岸的演化及岸线的变迁,海岸轮廓亦随之变化。公元 1855 年黄河北徙后,苏北海岸进入凸岸冲刷后退、凹岸堆积增长的均夷过程,海岸长坍的继承性和岸滩冲淤的分带性是苏北海岸动态的基本特点。射阳河口以北岸段受到强烈冲刷,以废黄河口为界,海岸冲刷下来的泥沙分别向南、北两侧迁移,向南直接扩散到暗沙区及射阳河口以南的王港湾、弼港—小洋口湾及川腰港。向北可直达连云港。应该指出,在开阔的海湾内,由于暗沙的辐聚及东北强风浪的作用,造成北岸淤长而南岸冲刷后退(见图 5 中右上图)。随着海岸受冲淤,岸线轮廓不断变化,促使沿岸潮流向海湾辐聚作用显著加强,进而引起水下沙坝适应浪流作用方向迁移变化。

苏北沿海暗沙的变化,受到十分活跃的水文动力因素的控制。暗沙的分、合、消、长及岸滩的冲、淤变化主要是受强潮控制着。区内的潮汐、潮流均属规则的半日潮性质,以太阴半日分潮最为显著。蒋家沙以南直接受西南太平洋  $M_2$  分潮以行进波形式传播之潮波影响,涨落往复潮流呈南东—北西向。而北上的海流及长江冲淡水又加强潮流作用。蒋家

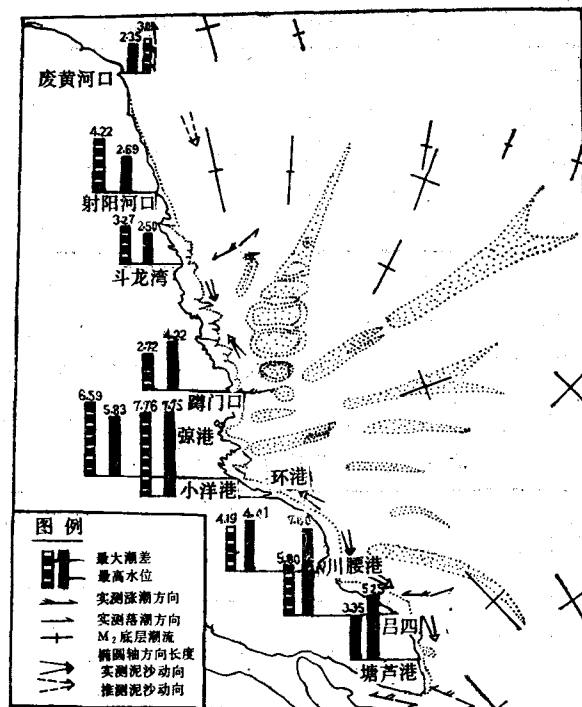


图 6 苏北沿海暗沙区水文动力要素图

1) 注见上页 2)。

沙以北受废黄河口外无潮点影响,该潮波呈反时针方向传播,涨、落潮流呈北东-南西向的往复流。而南下的风海流则加强了该涨潮流强度。上述两个不同方向的潮波和海流于蒋家沙-琼港附近辐聚汇合,导致环港-小洋口一带潮差(水位变化幅度)最大(图6)。从图中表明,大致在蒋家沙以北涨、落潮流为北东-南西向;东沙以北的废黄河口海区,涨、落潮渐变为南北方向;琼港以南涨、落潮为南东-北西向。暗沙区  $M_2$  分潮的表、底层流向一致,涨潮流向琼港湾,造成环港、小洋口一带为苏北沿岸最高水位和最大潮差地区(见表1)。从表1中可看出,岸线向海突出处,一般潮差、水位均较小(如废黄河口最大潮差3.01米、水位2.35米),相反在岸线凹进处潮差、水位均较大(如环港最大潮差达7.63米、最高水位7.73米)。该现象显然与暗沙区潮流向海湾辐聚有关。

表1 苏北沿海各站历年最大潮差、水位表

单位:米

测站	最大潮差	最高水位	测站	最大潮差	最高水位	注
灌河口	4.80	3.49	小洋口	6.59	5.83	1956.9.5-6
废黄河口	3.01	2.35	环港	7.63	7.73	1960.5.12-13
射阳河口	4.22	2.69	川腰港	4.19	4.41	
斗龙港	3.27	2.50	吕四	5.80	7.60	
蹲门口	2.72	4.22	塘芦港	3.35	5.25	

(据苏北沿海各水文站实测资料)

苏北沿岸浅滩的潮流流速,一般在0.3—0.4米/秒,个别地区超过1米/秒(见表2)。

表2 苏北沿海各站涨、落潮最大流速表

单位:米/秒

测站	最大流速		测站	最大流速	
	涨潮	落潮		涨潮	落潮
灌河口	0.59	0.70	川水港	1.02	0.97
废黄河口	0.88	1.03	长沙港	0.45	0.50
斗龙港	1.25	0.53	南滨村	0.22	0.20

(1960.4.4—5.30.实测资料)

由此可见,处于海湾的斗龙港、川水港,一般涨潮流速大于落潮流速,而涨潮历时却少于落潮历时。而在凸岸地区的废黄河口及长沙港岸段,则落潮流速大于涨潮流速。暗沙区  $M_2$  分潮的底层流速为30—50厘米/秒,略小于表层流速,涨潮流速亦大于落潮流速。

表3 苏北沿岸风力作用强度表

单位:米/秒<sup>2</sup>

地点	燕尾港	王家港北	王家港南	环港	长沙南	吕四	吕四南
力作用强度 单位							
$F^{1)}$	140	23.8	86.3	87.6	82.1	517	559

1) 风力作用强度系由简化公式  $F = V^2 P \sqrt{D}$  计算。式中  $V$  表示平均风速(米/秒);  $P$  表示风的年平均频率(%);  $D$  表示风区长度(公里);故  $F$  的次因为米/秒<sup>2</sup>。



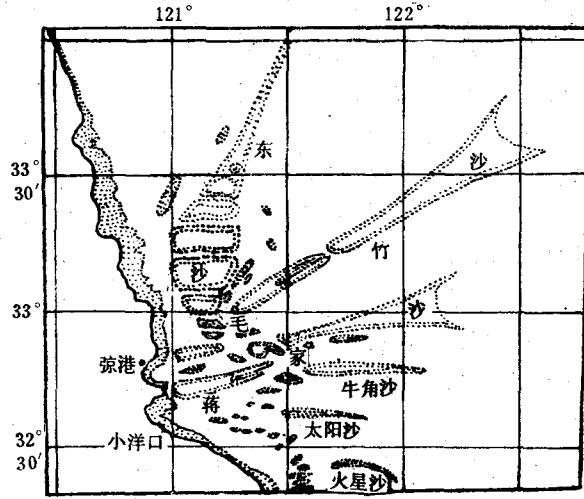


图7a 1957年苏北沿海暗沙分布图

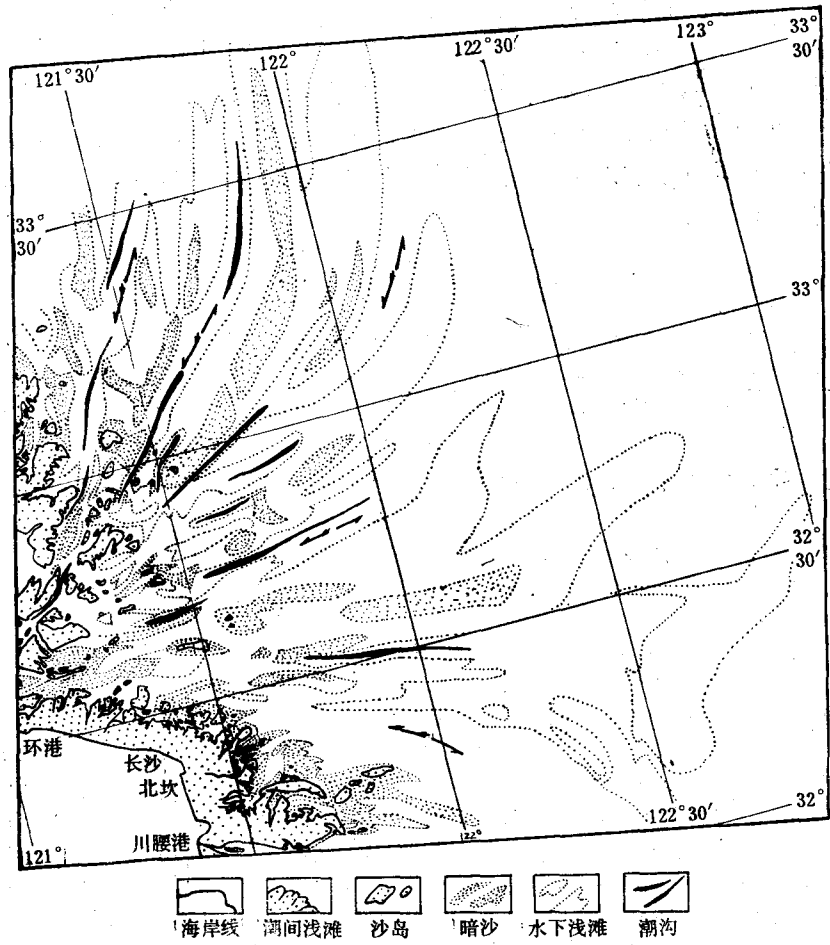


图7b 1957年苏北沿海暗沙分布图(陆地卫片解释图)

苏北沿岸常风向为东南风,强风向为东北,其风力经常在 4—5 级,甚至 7—8 级。风力作用方向与海岸走向几乎成正交。因此,弥港北侧斗龙港—川东港一带,全年东北、东南风出现次数基本相当。斗龙港以北偏北风显著增加,川东港以南偏南风经常出现(见表 3)。由表可知,风力作用的合成矢量吕四一带最大,  $F > 500$  个单位。凡岸线走向大于  $NW 45^\circ$  者,风作用矢量沿岸北上,岸线走向小于  $NW 45^\circ$  者,风作用矢量顺岸南下。而在海湾岸段作用矢量由湾口指向湾顶。据风向频率和风力作用方向基本特点得知,全年虽以东南风频率最高,但风力不强,而以东北风最强。由此,因海湾及暗沙起伏地形,导致潮流和风海流于弥港—小洋口湾辐聚,成为苏北沿岸最大的增减水地区。使水下松散沉积物向岸搬运,形成与潮流方向相吻合的水下辐射状沙坝。水下沙坝在浅水波和击岸浪的作用下,沙脊沉积物粗化成细砂,沙头高起、陡坡向岸。

苏北沿海暗沙变化十分显著(图 7 a, b)。在 1950 年前实测出版的地图上,可明显看出苏北沿海的暗沙集中分散在水深 10 米以内,无特殊排列,仅废黄河口外的“五条沙”垂直于海岸互相平行排列。这是黄河河口沙坝(属水下三角洲前缘),在强潮流作用下的暂时形态。在废黄河口以南,随海岸冲、淤夷平过程的进行,潮流及波浪作用不断加强,浅水区的松散沉积物不断分异,水下地形向着与潮流、波浪作用方向相适应的方向发展,而形成向岸辐聚的辐射状沙坝群,并逐渐与岸滩并连(见图 7 a, b)。从图 7 b 上更清晰看到暗沙与潮沟的一致性,水下暗沙地形与水动力作用互为因果关系,在暗沙向岸滩并连过程中,有的已变为明沙(沙岛)(见图 7 b),可围垦成农田。必须指出,苏北海岸处在海岸夷平过程中,当未达到平衡状态以前,暗沙将一直存在,但其规模和形态将随着海岸均夷过程的进行而不断变化。

### 参 考 文 献

- [1] 李从先等, 1979. 长江三角洲沉积相的初步研究. 同济大学学报 2:9.  
 [2] 任美镔等, 1979. 论现实主义原则在海洋地质学中的应用. 海洋实践 3:2.  
 [3] 郭蓄民等, 1979. 长江河口地区全新统的分层与分区. 同济大学学报 2:19—20.

## STUDIES ON THE FORMATION OF SUBEI SAND CAYS

Li Chengzhi and Li Benchuan

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

### ABSTRACT

Subei Sand Cays are distributed in the shallow region off the coast from the old estuary of Huanghe River (Yellow River) to the Subei cape, They were mainly formed by the tidal actions and thus being called the tidal sand cays. They consist of more than 60 sand cays of various sizes radiating seaward as a palm-like complex sand cay group. The groups formation was closely related to the evolution of the coast. The changeover of river channel and the dynamics of coastal hydrology. The actual causes for the formation of radiating sand cays off the coast have to be: (1) an open embayment with a wide underwater slope; (2) abundant sand and clay

resources or thick loose sediment on the sea floor; (3) a relatively stable and steady rising coast; (4) a strong oriented tidal movement.

There are three developmental stages for Subei coast. The first stage is before the Huanghe River's incorporation into the Huaihe River when the coast was rather stable and the sand bar began to take form. Huanghe River's sharing the same estuary with the Huaihe River (1128—1855) is the second stage when there was a strong silting up along the Subei coast owing to the great amount of silt pouring into the sea from the Huanghe River. It was recorded that as early as 10—13 centuries the forerunner of sand cays had already developed there. The third stage occurred after the Huanghe River took its course to the north, the terrigenous material being cut off and the alluvion and silting of the shoreline were rather stable. Sand cays constantly underwent change with the changing of alluvion, shoreline and tidal action.

The play of hydrodynamics is very active along the Subei coast, tidal current being the chief factor controlling the development and the change of these sand cays. The regional tide and tidal current are of semidiurnal nature, of which the lunar semi-diurnal tide being the most distinctive and controlling factor for this sand cay group. Sand cays south of Jiangjiasha are directly influenced by the tidal wave of M<sub>2</sub> component tide in the Pacific. Tidal movement being in the direction of SE-NW, for which the northbound current and the diluent water from Changjiang River (Yangtze River) played a great role. Sand cays north of Jiangjiasha are without the influence of tidal movement, their direction being NE-SW, for which the southbound wind current played a part. These two differently oriented tidal wave and wind current converge in the Jianggang bay, making greater the tidal variation and the water level, greater the velocity of flooding tide than that of the receding tide, shorter the duration of flooding and longer the duration of receding. Consequently the sand cays also converge toward the Jianggang bay, forming a group of sand bars parallel to the direction of tidal current. The underwater topography in turn intensified the actions of tidal current and residual current. As a result of this inter-action, the sand cays gradually converge toward the shore and become adjacent to the shore beach.