

江苏省淤泥质海岸潮沟系统

张 忍 顺 王 雪 瑜

(南京大学大地海洋科学系)

摘要 江苏省淤泥质潮滩是最适于潮沟系统发育的潮滩之一。本文分析了影响潮沟系统发育的诸因素,进行了潮沟系统形态与潮差的相关分析,并把江苏的潮沟系统与沪、浙、闽等省市的潮沟系统进行了对比。主要结论如下:1.影响潮沟发育的主要因素是在落潮后期才存在的沟渠效应;2.潮沟和潮盆是潮滩上规模较大的韵律地形;3.粉沙级沉积物最宜于发育潮沟;4.潮沟的某些形态特征与潮差有非常好的线性相关;5.陆地径流干扰了潮沟发育过程。

关键词 淤泥质潮滩 潮沟系统 韵律地形 潮盆

在宽广而平缓的淤泥质潮滩上,只有潮沟系统以其复杂多变的形态丰富着单调的地貌。近二、三十年来,人们越来越注意到潮沟系统在潮滩沉积过程中的作用^[1-6]。它是向潮滩上部输水输沙的“脉管”,而且形成了新的沉积构造组合,为从地层中划分古潮坪环境提供了重要标志。它的横向运动和溯源侵蚀往往对沿海堤闸和围垦工程造成威胁,然而却为滨海地区排涝,引潮以及渔船碇泊提供了良好的条件。因此,潮沟研究对海洋石油勘察、滩涂资源开发及海岸工程防护有重要意义。

从连云港云台山直抵长江口北支这段江苏淤泥质海岸全长 522 km,不仅是我国,也是世界上绵延最长的潮坪之一(图 1)。

从射阳县射阳河口到启东市塘芦港口,潮差在 2 m 以上,其中东台市及如东县沿海平均潮差多达 4m 以上,属强潮海岸。岸外沙洲水域的潮差比毗邻岸滩大 2 m 以上。这为潮沟系统的发育提供了动力背景。黄河曾于 1194—1855 年由江苏北部入海,约有 6000—7000×10⁸ t 以粉沙为主的沉积物被带到江苏沿海。江苏潮滩具有良好的沉积物供给、淤积和存储环境,发育了宽阔的潮滩及其上的潮沟系统,成为研究潮滩和潮沟系统最有代表性的区域之一。本文主要以江苏淤进型潮滩为例,讨论潮沟系统及其在潮滩发育过程中的作用。

一、潮沟系统的形成和在潮滩发育中的作用

(一) 滩面归槽水与归槽水深。

不同潮沟段在涨落潮过程中作为沟渠水流的行水时间是不同的。在江苏淤泥质潮滩

来稿时期: 1989年3月。

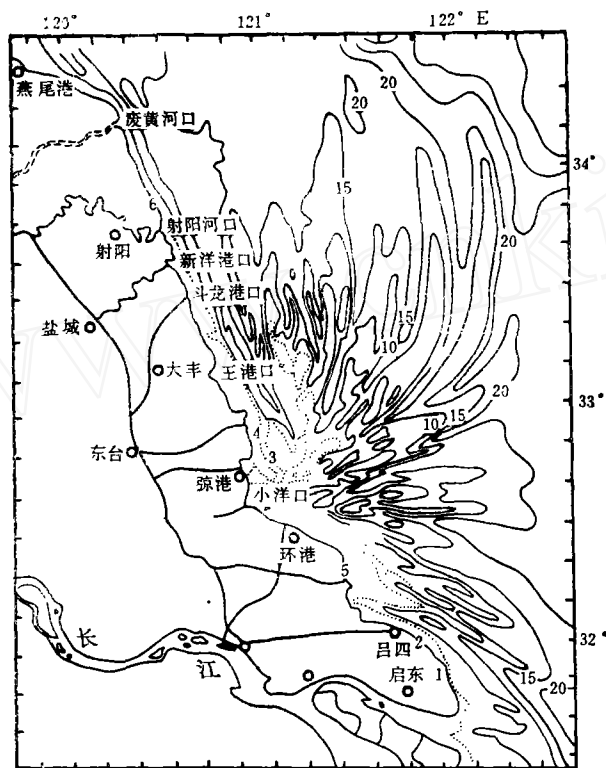


图1 江苏淤泥质潮滩和岸外沙洲的分布

1 塘芦港口 2 蒿枝港口 3 条子泥 4 死生港 5 东凌星区 6 大喇叭口

Fig. 1 The tidal mud flat along the coast and the offshore banks in the inner shelf

上,由于潮波在浅水区变形,造成了潮时不对称性,涨潮时仅为落潮时的73%^[7]。初涨期间,潮位上涨速度很快,在潮沟下段,潮锋只比两侧滩面早到10—20 min,随后涨潮水迅速漫滩涌过,因此涨潮水流主要为漫流型式。潮沟上段则不同。由于所处滩面较高,涨潮后期潮位上涨速度大大减缓,因而潮水作为沟渠水流的时段要长得多,甚至有时不能溢出潮沟。相反,在落潮过程中水位下降较为均匀。落潮开始时,潮滩中下部的潮水仍以漫流形式退回滨外区。至某一水深后,滩面对于水流的摩阻力便在整个水柱中起明显作用,坡度变成控制水流的主要因素,从而使水流顺坡,即向着低凹的潮沟流去。此时滩面潮水开始归槽。故潮沟中下段除接受上游(就落潮流而言)的落潮水外,还要容纳两侧滩面的薄层归槽水。潮间带和潮下带滩面占整个潮滩面积的绝大部分(在江苏占4/5),因此潮沟中下段在其两侧滩面基本疏干后仍有潮水下泄。在下段,甚至在下次潮锋到来前的整个落潮阶段一直有沟渠水流存在。可见,潮沟系在动力上的功能是疏干落潮后期的滞留滩面水。上述落潮流由漫滩转为归槽时的滩面水深,称为归槽水深。它与滩面的物质组成,孔隙率,滩面微形态等有密切关系。据作者在江苏淤泥质潮滩长期野外观察的经验,归槽水深大约在5—15 cm范围内变化。故潮沟和潮盆形成和发育的主要动力乃是落潮归槽水及其汇流后形成的沟渠水流。

(二) 潮滩盆地和韵律地形

试想一片由松散的粉沙级物质组成的、有原始起伏的滩面,其上的初始薄层水将向低洼处流动,汇合成线流。它必然冲刷出并加深滩面沟槽,从而越来越有利于滩面薄层水的汇流。在汇流中水流梢部向周围滩面呈掌状或扇面状溯源侵蚀,扩大汇流面积,形成树枝状分叉,塑造出潮沟系统,同时产生了沟渠水流对潮沟边界的不均匀作用,使潮沟本身也开始迁移。显然在漫长而宽阔的潮滩上,一条潮沟只能渲泄或容纳毗邻滩面各种高程的归槽水。不能把全部滩面水泄入滨外水域或容纳在潮沟中,必须有许多伸展方向大致垂直于海岸的潮沟系统才能达到这一要求。这一归槽潮水的分布区域就是潮滩盆地(简称潮盆)。相邻潮盆由一片地势稍高的分水滩相间隔,这些分水滩只在落潮后期才明显地起分水作用。在粉沙组成的潮间下带,甚至并不存在明显的分水滩(图 2)。在涨潮阶段,一部

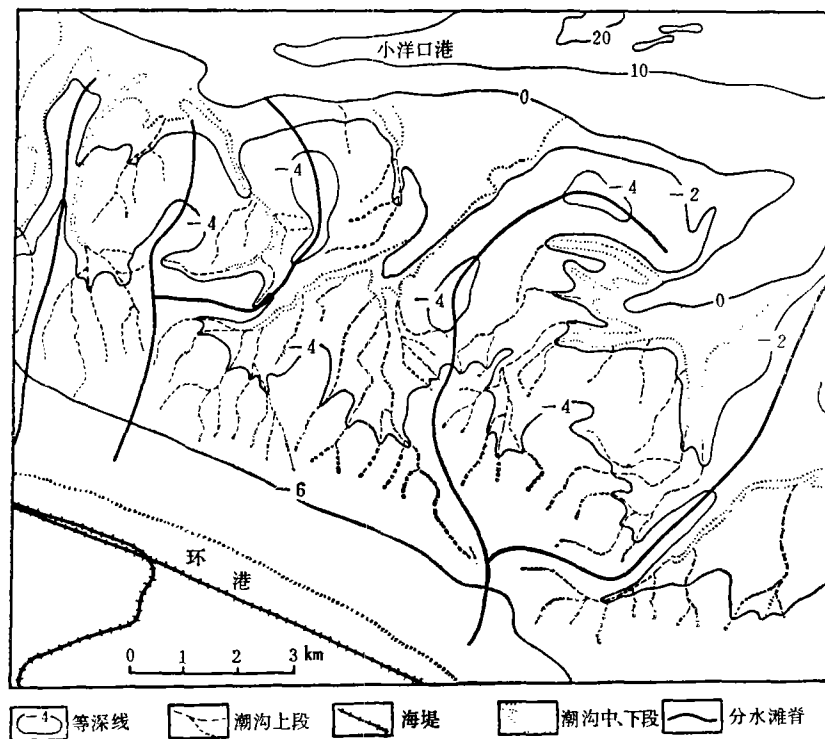


图 2 如东环港附近的潮滩盆地及两侧分水高滩

(高程以海图深度基准面起算, 向下为正)

Fig. 2 The tidal basins and watersheds in its sides near Huangang of Jiangsu province.

分潮量可能越过分水滩进入相邻潮盆。因此漫长的潮滩是由沿岸排列的一系列潮盆(包括其中的潮沟系统)及分水滩组成。这是尺度较大的韵律地形。江苏海岸从大喇叭到塘芦港,以低潮水边线为准,每 2.5 km,便有一潮沟系统。其中较大的潮盆约有 40 多个。作者曾论证在泥沙动力条件上,这些潮盆也对应着一系列余水量和余沙量的沿岸单元^[7]。

(三) 潮沟对滩面的改造

潮沟由于发育曲流而产生横向运动。曲流发育的动力因素乃是潮沟中涨落潮流路或涨落潮水道的分歧^[8]。涨潮流走直道,形成曲流内侧沙坝;而落潮流走弯道,形成一较为连续的主槽。

显然,摆动的速度和幅度主要受潮沟中的落潮水量的控制。在江苏潮滩上,潮沟落潮水量主要有三种来源:一是滩面归槽水;二是入海陆地径流;三是由相邻潮盆翻越分水滩而来的潮量。东台市死生港潮沟就是因第三种来源的潮量破坏了原有潮沟的动力与形态的平衡关系而迅速西移。1974年,辐射沙洲区动力条件发生突变^[9],潮流主轴的移动使南侧一部分潮量越过条子泥滩脊而进入北侧,大大增加了死生港的落潮水量,使得该水道拓宽,向上游延长,由原仅几公里长的小潮沟变为长20 km以上、宽0.5—1.0 km的大型水道,同时横向移动速度大大加快。据卫片与航片分析,从1973年11月16日到1978年4月24日,死生港尾梢以0.5 km/a、中段以0.25 km/a的速度西移。1978年4月24日至1980年5月,该潮沟的急剧西移段向下游发展,中段移动速度已达1 km/a。又据实测,1980年10月,中段西移速度为12 m/d,大潮汛时可达30 m/d,大片盐沼坍入潮沟,岸侧陡坎高达1—5 m。1983年后,死生港才趋向于与新的动力环境相适应的状态,停止急剧西移,正常地向两侧缓慢轮番摆动。毗邻岸滩也稳定下来^[10]。可见,潮沟的稳定性是潮滩稳定性的标志。

(四) 潮沟活动性与潮滩的淤长

显然,潮沟系统的动力功能是渲泄落潮后期滞留滩面的薄层潮水。归槽水流此时已成为水力学水流,即主要受重力和摩阻力的作用,从而使滩面比降和沉积物及其结构在潮沟发育过程中起重要作用。

显然,滩面愈宽,潮沟的纵比降则越小,渲泄潮量的能力亦越小。在淤长性潮滩,随着潮滩加宽,原有潮沟系统便难以完成疏干滩面滞留水的功能要求,它必须通过自身调节来适应潮滩的淤长。这种自身调节过程有如下几种途径。一是产生新的潮沟系统,从而增加潮沟密度;二是尽快选取坡度最大、即至滨外水域距离最短的流路,于是潮沟频繁的切滩、裁弯,造成滩面的不稳定性;三是沟口分叉,增加过水断面。如如东县东凌垦区新港潮沟沟口便分为四汉¹⁾;四是拓宽和深切原有潮沟,以增加潮沟本身的库容。在江苏琼港和小洋口附近潮滩的一些潮沟下段往往宽达数百米,甚至超过1—2 km,而且一直延伸到潮下带。五是发育平行于海岸的潮沟。在本文中,将陆续讨论这几种过程的地貌表征。

可见,潮滩愈宽,淤长愈快,则滩面潮沟密度越大,裁弯和横向迁移愈快,亦即滩面越不稳定。因此潮沟的活动性正是潮滩淤长的一个重要的地貌表现。淤长的速度越快,潮沟的活动性越大,并通过潮沟横向迁移使潮滩各处产生较为均匀的淤积。

新洋港口至射阳河口,以及蒿枝港口以南的潮滩属稳定的或淤积较缓的潮滩,其上潮沟长期来变化不大。而由新洋港向南,就总的趋势而言,随着潮滩淤长速度的增加,潮沟的移动越快。东台市琼港岸外的条子泥潮滩,宽达30 km以上,近十几年的淤长速度为214 m/a,是江苏、乃至全国淤积最快的潮滩之一。其上潮沟频繁地切滩裁弯,相互蚕吞、重新发育曲流,淤死又活化,在一、二年内潮滩便被改造得面貌全非^[9,10]。通过卫片分析得

1) 丁贤荣, 潮滩上的潮水沟问题及如东海岸发育, 1983。

知, 该处潮沟在 8—10 a 中就可把除滩脊部分的潮滩耕耘一次, 比荷兰潮沟破坏滩面的速度^[4]要快得多。这是因为琼港外的潮滩既是强潮的又是强烈淤进的。现代黄河三角洲迅速淤进段潮滩上, 潮沟系统亦异常发育, 并延伸到高潮线附近。表 1 亦表明, 新洋港附近和崇明东滩中部, 上海奉贤县南闸附近近期淤积速度在 100—150 m/a 上下, 均有深大潮沟发育; 而上海和杭州湾南岸庵东潮滩的近期淤积速度为 38—50 m/a, 潮沟亦较为发育, 但缺少深大潮沟。在地处海州湾顶的较稳定的青口潮滩上潮沟则不发育。 横向环流造成了潮沟的迁移, 从而把沉积物由凹岸向凸岸搬运^[11]。但潮沟移动所造成的局部冲刷现象并不表示海岸全面受到侵蚀, 相反, 它是潮滩均匀淤长的表现, 在看起来似乎是起破坏作用的背后却包含着建设性的主导因素。

二、影响潮沟系统发育的主要因素

塑造潮沟系统的主要动力因素是落潮滩面归槽水, 因而凡影响归槽水的因素均会影响潮沟的塑造。有的文献^[12,15,16]已作过这方面的分析。本文就沉积物、潮汐、陆地径流等因素作一探讨。

(一) 潮滩的沉积物组成

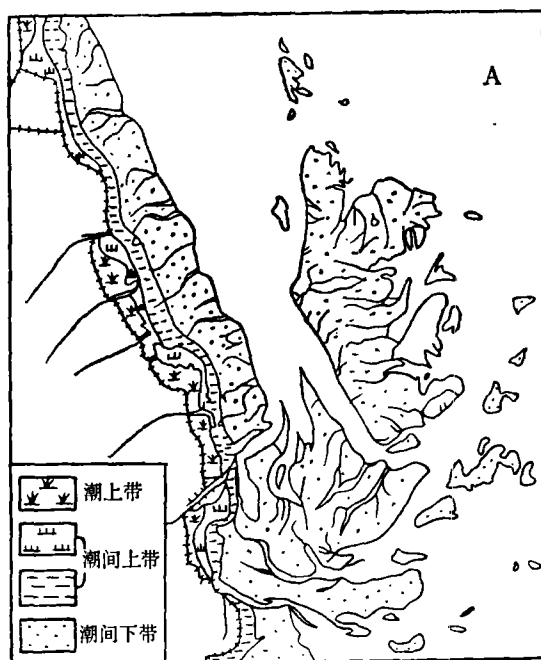


图3 江苏大丰和东台潮滩的分带性和潮沟的分布

Fig. 3 The sedimental zonation of tidal flat and distribution of tidal creek in Dafeng county and Dongtai county of Jiangsu province

显然, 滩面归槽水如要持续地溯源侵蚀并保持沟渠状态, 沟渠边界必须不含有过多粘土, 这样滩面便不至于有太大的粘结力妨碍溯源侵蚀和横向移动; 同样也不能含有过多的沙级沉积物, 不然, 滩面渗漏将使滩面水不易归槽, 归槽后也不

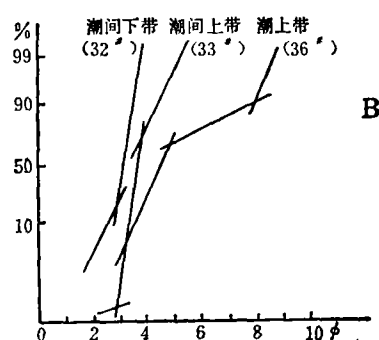


图4 江苏如东小洋口剖面表层沉积物的级配曲线

Fig. 4 The size curve of surface sediment on flat in Xiaoyingkou profile of Jiangsu province

能保持明渠状态,陡得多的沙滩滩坡亦不能容纳大量的落潮归槽水。表 1 给出了上海与苏、浙、闽各省淤泥质潮滩的物质组成及潮沟发育状况。在浙江乐清湾和福建沙埕湾,从高潮滩到低潮滩表层沉积物的含泥量均高达 50—72%,并无潮沟发育。上海东海岸老港高潮滩和中潮滩,含泥量约为 20%,多宽浅小潮沟。而江苏新洋港南、上海东海海岸、以及杭州湾庵东等处潮滩,沉积物粉沙质含量多高达 75% 以上,即使是新洋港南的低潮滩含粉沙量也在 54—64%。这些潮滩上潮沟非常发育。值得注意的是崇明东部,高潮滩粉沙含量达 82%,潮沟非常发育;而低潮滩上沙的含量急增至 60%,潮沟一到中潮滩便立即消失。江苏海州湾青口潮滩的高潮滩被围,中潮滩含泥量达 34%,而低潮滩的含沙量竟高达 42—100%,在中低潮滩均无潮沟发育。福建厦门湾潮滩沙含量达 70—92%,无潮沟发育。由上述可见,粉沙级沉积物最利于潮沟的发育。滩面沉积物中含泥量大于 20% 或含沙量

表 1 滩面沉积物组成和潮沟发育概况

Tab. 1 The grain size composition and creek development state of different areas of coastal zone

断面名称	沉积部位	中值粒径 $M_{d\phi}$	含砾量 (%)	含砂量 (%)	含粉沙量 (%)	含泥量 (%)	潮沟发育概况
江苏海州湾 青口断面	中潮滩	5.6	—	7	59	34	只有细小潮沟局部发育
	低潮滩	2.8—4	0	42—100	24—58	0	
江苏新洋 港南	高、中潮滩	5.5—6.5	—	6—10	77—88	6—13	横向迁移速度 3—100 m/a。
	低潮滩	4.7—5.3	—	30—40	54—60	7—9	潮沟系统发育完整,贯串整个潮滩,近期淤长速度为 152 m/a
浙江乐清湾	—	7.8—8.6	—	—	40—50	50—60	无潮沟
福建沙埕湾	—	8.3—9.5	—	—	28—40	60—72	无潮沟
福建厦门湾	—	0.8—3.5	1—6	70—92	8—15	10—15	无潮沟
上海东岸 ^[13] 老港	高、中潮滩	6.06—6.65	—	0.3—0.5	75—82	17—24	无深大潮沟,近期淤长速率为 38 m/a
	低中潮滩	4.76	—	10.09	85.77	4.14	
上海东岸南闸	高中潮滩	4.96—6.51	—	0.16—0.40	80.58—94	19.25—5.59	局部有深大潮沟,近期淤长速率为 100 m/a
	低潮滩	4.72	—	1.51	94.3	4.22	
崇明东滩 ^[14] 中部	高潮滩	4.20—4.75	—	0.5	82	17	分布在潮上带和潮间上带,浅窄的树枝状小潮沟汇成宽深大潮沟,并在潮间上带变宽变浅,最终消失,迁移速度 0.5—3.0 m/a, 近期淤涨速度为 143 m/a。
	低潮滩	3.10—3.74	—	60	37	3	
杭州湾庵东	—	4.0—5.0	—	—	84—93	—	潮沟系统较发育;并有平行于岸线的深大潮沟发育,近期淤长速度 50 m/a

大于 40%, 潮沟的发育便受到限制。

图 3 为根据 1980 年 10 月 28 日陆地卫星影象绘制的江苏省大丰县和东台市沿海滩涂潮沟分布和沉积分带图。对照图 2, 可以看出潮间的沉积分带和潮沟分段的一致性。在潮上带和潮间带上部的含泥稍多的盐沼上, 潮沟成树枝状分叉。由于植被的保护, 沟槽流量较少, 及粘土粘结力强, 潮沟横向迁移速度较小, 如在新洋港南潮滩约为 5 m/a , 而在崇明东滩为 $0.5 \text{ m/a}^{[4]}$ 。在潮间下带的下部由于特殊的动力条件而发育粗细相间的潮成层理。这种特殊的二元结构特别有利于发育曲流。曲率与滩坡有关, 坡度愈陡, 曲率越大。潮沟下段所在的潮间下带和潮下带的沉积物组成变粗, 多为粗粉沙且分选良好。由于承接潮沟中段的落潮水量, 从而受曲流的牵制而随之摆动, 但因较纯的粗粉沙粘结力不强, 且极易冲刷, 故潮沟下段要顺直得多, 横向运动速度也快, 新洋港南滩的潮沟下段可达 100 m/a 。图 4 为小洋口断面各沉积相带滩面沉积物的级配曲线, 表明了潮滩沉积物由岸向海平均粒径由砂质粉沙、粉沙质沙而增大为极细沙, 分选性增强的特征。

图 5 给出了江苏潮滩一些代表性断面滩面平均粒径变化曲线。尽管各断面沉积物组成均属粉沙级, 但从总的趋势上讲, 从射阳大喇叭口向启东茅家港粒径有增大趋势。大喇叭口大部分滩面属细粉沙, 潮沟不甚发育, 而琼港断面(其延长部分在条子泥沙洲之上, 属粗粉沙)属中粉沙, 斗龙港断面属粗粉沙, 小洋口断面在极细沙和粗粉沙之间, 从射阳河口向南直至小洋口止是潮沟最为发育的潮滩。看来中粗粉沙的滩面最有利于潮沟的发育, 而启东茅家港为细沙和极细沙, 潮沟不太发育。

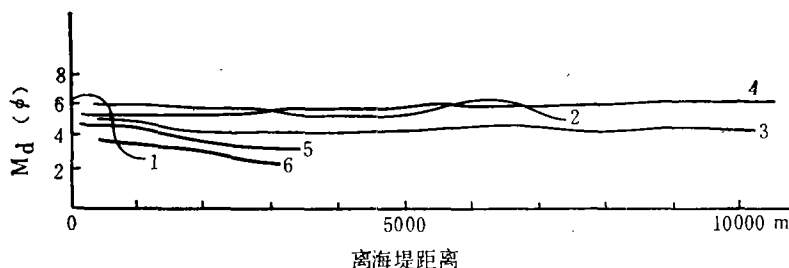


图 5 潮滩断面中值粒径从陆向海的变化

1 滨海县废黄河口 2 射阳县大喇叭口 3 大丰县斗龙港口 4 东台市琼港 5 如东县小洋口 6 启东县茅家港

Fig. 5 The change of median size of tidal flat profiles from land to sea

(二) 潮汐作用

潮滩是有潮海岸的重要海岸类型, 其主要动力作用是潮汐。潮差是潮汐作用强度的重要指标, 只要泥沙供应充足, 包括滨外水域泥沙库存区的供给, 潮滩淤长的相对稳定宽度随潮差的增大而加宽, 江苏中部的淤长性海岸正是如此。因此, 潮沟系的许多形态特征与当地潮差有密切关系。根据 1984 年 5 月 4 日的卫片, 参照 1980 和 1982 年江苏海岸的航片, 量计了淤进型潮滩的潮盆面积, 计算了各段海岸潮沟沟口宽度占低潮线的比例 (y_1), 潮沟密度 (y_2), 潮沟面积与潮盆面积之比 (y_3), 并与平均潮差 (x) 的沿岸分布绘成散点图, 发现 y_1 , y_2 , y_3 与平均潮差有着非常密切的线性相关 (见表 2 和图 6)。表

2 中, r 为相关系数; α 为显著性水平; r_α 为临界相关系数。

表 2 回归方程及相关性检验

Tab. 2 The correlation coefficients and regression equations between several geometry features and tidal range

y	m	回归方程	r	α	r_α	相关程度
沟口宽度/低潮线长度(%)	13(段)	$y_1 = -0.28 + 0.21 x$	0.8883	0.001	0.8010	密切相关($r > r_\alpha$)
潮沟系密度(N/km)	13(段)	$y_2 = -0.30 + 0.23 x$	0.9232	0.001	0.8010	同上
潮沟系面积/潮盆面积(%)	44(条)	$y_3 = -0.159 + 0.089x$	0.7403	0.001	0.4797	同上

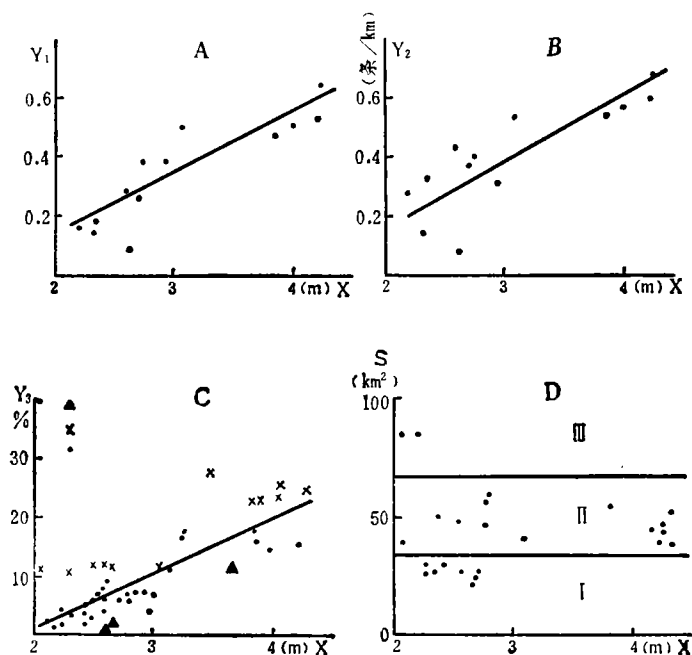


图 6 潮沟系统尺度与潮差的相关

× 有径流注入 ● 无径流注入 ▲ 侵蚀, 无径流注入

Fig. 6 The linear correlation of tidal range, separately, and relative width of creek mouth(A), and the density of creek system(B), and the ratio of creek area to basin area(C), and scatter diagram of tidal range to basin area(D)

尽管潮沟在由粉沙和极细沙组成的潮滩上主要由落潮时的归槽水流所塑造, 但江苏潮滩潮流的特点是涨潮流强于落潮流。在潮锋到达后约一个小时内, 涨潮流很强^[7], 它的流路取直道, 因此潮沟、特别是潮沟下段和沟口受涨潮流的改造而大大加宽。密切的正相关说明加宽的程度与涨潮流强度, 从而与该段潮滩的潮差有密切关系。江苏淤积性潮滩沟口总宽度占低潮水边线的 40%。在强潮滩的小洋口附近, 竟达 60—68%。表 2 和图 6C 中潮沟系面积与所属潮盆面积之比值与该段潮差亦呈密切的正相关, 表现了与沟口

相对宽度潮差相关的一致性。在整个江苏潮滩, 潮沟面积平均占 10%, 在沿岸潮差为 2—4 m 的东台市大丰县及其以北潮滩, 无大量径流注入的潮沟系统的这一比值为 5—7%; 在大量径流注入的潮沟系统中, 潮沟面积占潮盆面积的 11—12%。在沿海潮差超过 4 m 的如东潮滩, 无径流的潮沟占潮盆面积的 15%, 而有较多径流的潮沟则占 20% 上下。在建立这一相关时 also 包括了侵蚀性潮滩的潮沟。在侵蚀性潮滩上, 涨潮流及波浪夷平滩面的作用更大, 从而使潮沟系统不甚发育, 数量亦少, 即使有残留潮沟, 其曲流过程也大大减弱。由图 6 C 明显看出, 在潮差相同的条件下, 有径流潮盆的沟盆面积比比无径流潮盆大; 而侵蚀性潮滩的这一比值最小。但无论何类潮盆, 其沟盆面积比均随当地潮差的增大而增大。

(三) 陆源水的作用

江苏潮滩后侧滨海平原上的渠道均选择潮沟系统作为排涝口。陆源水量往往比原潮沟的归槽水量大得多。如新洋港闸下河段共有 25 条次级潮沟归入, 组成了一个完整的潮沟系统, 最长的达 3 300 m。表 3 列举了新洋港闸下河段各部分落潮水量的数量和比例。一般而言, 闸下河段和潮沟的库容可认为是不加入涨落潮过程的。只有陆源水和归槽水才随潮涨落。由上表可见, 滩面归槽水仅为陆源水量的 13.5%。陆源水量越大, 则闸下河段越深越宽与滨外区的水交换越通畅, 低潮位越低, 愈接近于滨外区低潮位, 故归槽水的流程缩短, 潮沟溯源侵蚀加剧, 潮盆面积越大。这正是图 6 D 中 II 区和 III 区中的潮沟所表明的情况。II 区中各沟系的陆源径流相对较少。而 III 区的两个点子正是著名的苏北四大排涝渠道中的二条所注入的潮沟系: 新洋港和斗龙港。(射阳河和黄沙港共同注入的射阳河闸下潮沟段则因人工改造的影响而未计入)。上文已指出, 陆源水量也使潮沟面积与潮盆面积之比增大。另外, 陆源水固定的注入位置固定了潮沟上段的位置使其侧向运动范围受到一定限制。

表 3 新洋港闸下段落潮水量的组成及所占比例¹⁾

Tab. 3 The runoff from land, storage capacity of channel below gate, converged water volume and creek storage in Xinyinggang tidal creek system

组成 数量与 比例	闸下河段库容	归槽水量	潮沟库容	陆源水量	合 计
数量 ($\times 10^4 \text{m}^3$)	425.3	43.0	42.3	318.6	829.2
%	51.3	5.2	5.1	38.4	100

三、讨 论

(一) 潮盆面积与潮差。

由潮盆面积-潮差散点图(图 6 D)上看出, 两者没有明显的相关性。但根据潮盆的大

1) 罗肇森等, 射阳县芦苇基地围滩后对新洋港闸下河道影响的计算分析, 1987。

小可将图形分为三个区域。I区的点集中在潮盆面积为 $22.5\text{--}23.5\text{ km}^2$ 的范围内,潮差的分布区间为 $2.05\text{--}2.80\text{ m}$ 。I区各点所代表的均是没有陆地迳流泄入的潮沟,代表了自然发育过程。在淤进型潮滩向海淤长时,潮滩上部淤高,潮沟上段淤积,潮水不再浸漫上部潮滩,潮盆于是向海迁移,仍保持其面积大致不变。可见潮盆有着自身的稳定性,它的发育过程,如上述,受制于落潮后期的归槽水,但它的规模却可能受制于潮滩大范围的总体特征以及水动力结构。对照II、III区中有径流汇入的潮沟系统可知,潮盆面积与其说受潮差控制,不如说受人海陆源水量的控制更为恰当。应该说明的是江苏潮滩上部早已开始全面围垦,由于各段海岸围垦状况不一,确定潮盆的陆侧边界有一定的困难,潮盆面积的量计精度有待提高。尽管潮盆面积与潮差在统计上并无线性相关,但表2中的第二个回归方程表明,潮沟系统亦即潮盆的顺岸分布密度却与潮汐动力作用密切相关。已经指出,潮沟的存在是潮滩淤长的表现,而潮沟活动性亦是潮滩淤长速度和潮沟作用强度的表现,故潮沟是应潮滩淤长的需要而产生的。侵蚀性潮滩上的潮沟则处于退化、衰老的过程中。可以想象,潮沟系统的密度亦应反应了潮滩淤长速度和潮汐作用强度。江苏淤积性岸段上,潮差和潮滩淤长速度的分布恰好基本一致。故潮沟系统密度与潮差存在着明显的相关性。

(二) 最终淤积平面与潮沟向海退缩

显然,随着潮滩的淤高,由盐沼潮沟中溢出两侧滩面的涨潮水量及其所携带的泥沙量越来越少。当盐沼滩面达到某一高程后,潮水在正常天气下不再涌出,滩面不再淤高,这便是潮滩的最终淤积平面^[5]。此时细颗粒泥沙则主要淤积在潮沟梢部,潮沟向海退缩。图2中,一6 m等深线已达最终淤积平面,只有在风暴潮事件中才能有所淤积。故在淤进型潮滩,最终淤积平面的形成,潮沟向海退缩与潮滩向海淤长是潮滩淤进过程三种不同的表现。

(三) 平行于岸的潮沟

平行于岸的潮沟的发育乃是适应于潮滩淤长的自身调节过程的一种表现,在突出于海岸的特别宽广的潮滩上表现较充分。如江苏琼港岸外的潮滩,处于江苏辐射沙洲的中心,南黄海旋转潮波系统和东海前进潮波系统在此相汇。辐聚的涨潮流把大量海底泥沙带往该水域,先形成了几个小沙洲,并逐渐合并成长为一个巨大沙洲条子泥,现已完成了并滩阶段^[17],成为江苏潮滩的突出部。这些小沙洲在依次向西并滩的过程中,其间大致平行于岸的潮流槽被淤浅,残存为今条子泥上潮沟系统的主干^[11],正好适应了渲泄滩面薄层水的功能要求,故在条子泥潮滩上发育了平行于岸的潮沟。正常的主干与岸大致正交的潮沟系统则不能达到渲泄宽达30 km以上的潮滩上退潮滞留水的要求。

庵东潮滩是突出于杭州湾南岸淤积最快的潮滩,近几年来发育的西三潮沟便平行于海岸,并向岸逼近¹⁾。

(四) 潮滩盆地的划分在潮滩研究中的意义

潮盆作为潮滩的大尺度韵律地形是由周边的分水高滩、潮沟系统及其边滩,以及两者间的过渡带组成。这三部分均有自己独特的沉积动力条件和环境生态特征。把这种潮滩

1) 施纪青、严蔚云,遥感图象在杭州湾滩涂调查中的应用,1987。

分成一系列潮盆加以研究,比研究垂直于海岸的断面的传统方法更具有代表性。因为断面在潮盆中所处的位置稍有挪动,则它所经过的地貌部位就可能有很大差别,从而导致在研究潮滩形态及沉积物分布时失真。在研究潮滩剖面时尤其如此,不能不考虑落潮归槽水流的影响。

四、结 论

潮沟系统和潮滩盆地是淤长型潮滩上的大尺度韵律地貌形态。其动力功能至少有二。一是渲泄退潮时滞留滩面的潮水;二是向潮滩、特别是向潮滩上部输送沉积物。潮沟的横向移动是使潮滩各部位趋于均匀淤积的过程。形成潮沟的主要动力因素是落潮后期归槽水造成的沟渠效应,而漫流期的潮流对潮沟起重要的改造作用。陆地径流的加入干扰了潮沟的正常发育过程,使潮沟系和潮盆的规模增大。粉沙级沉积物最适于潮沟的发育。

潮沟的稳定性是潮滩稳定性的标志。潮滩的迅速淤长,使潮沟系统通过自身调节过程,包括增加潮沟密度,加大过水断面,加强活动性来适应潮滩的迅速淤长。潮沟的活动性正是潮滩淤长的地貌表现。最终淤积平面的形成过程伴随着潮沟和潮盆的向海移动。

潮沟系统的几何尺度与当地潮差有着明显的线性相关。但潮盆面积与潮差的相关性差,在无陆源水干扰的情况下,潮盆可能具有自身的稳定性。

潮盆作为淤泥质潮滩的一个组成单元,也反映了沉积动力条件和环境生态特征的韵律性。把潮滩分成一系列潮盆来研究更具科学性。

参 考 文 献

- [1] Postma, H., Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea, *Netherlands J. Sea Research*, 1(1/2), 148—179, 1961.
- [2] Postma, H., Hydrography of the wadden Sea, Movement and properties of water and particulate Matter, Printed in the Netherlands, Chapt. 2, 18—19, 34—47, 1982.
- [3] Straaten, K. N. J. Van, and Kuenen, ph. H., Tidal Action as a Cause for Clay Accumulation, *J. sed. Petrol.* (28), 406—413, 1958.
- [4] Reineck, H. E. and Singh, I. B., *Depositional sedimentary Environments*, Springer Verlag, 1985.
- [5] Kestner, F. J. T., The Loose-boundary Regime of the Wash, *The Geograph. J.*, 141(3), 388—414, 1975.
- [6] Bridges, P. H. and Leeder, M. R., Sedimentary model for intertidal mudflat channels, With examples from the Solway Firth, Scotland, *Sedimentology*, 23(4), 533—552, 1976.
- [7] 张忍顺,江苏淤泥质潮滩潮流特征及悬移质沉积作用, *海洋与湖沼*, 17(3)235—245, 1986.
- [8] Schou, A., Estuarine Research in the Danish Moraine Archipelago, in *Estuaries*, Ed. by Lauff, G. H., 129—145, 1967.
- [9] 张忍顺,辐射沙洲与琼港海岸发育的关系, *南京大学学报(自然科学)*, (2), 369—380, 1984.
- [10] 张忍顺、王雪瑜,潮流作用下的水道与岸滩演变, *海洋工程*, 4(4), 84—94, 1986.
- [11] 张忍顺、陈家记,琼港辐射沙洲内缘区海岸发育及近期演变, *海洋通报*, 7(1), 42—48, 1988.
- [12] 邵虚生,潮沟成因类型及其影响因素的探讨, *地理学报*, 43(1), 35—43, 1988.
- [13] 邵虚生、严钦尚,上海潮滩沉积, *地理学报*, 37(3), 240—251, 1982.
- [14] 徐志明,崇明岛东部潮滩沉积, *海洋与湖沼*, 16(3), 231—239, 1985.
- [15] 任美镔、张忍顺、杨巨海、章大初,风暴潮对淤泥质海岸的影响, *海洋地质与第四纪地质*, 3(4), 1—24, 1983.
- [16] 张国栋、朱静昌、王益友、王慧中,苏北琼港现代潮间沉积研究, *海洋学报*, 6(2), 223—235, 1984.
- [17] 张忍顺,黄河回归后江苏海岸带的调整及演变, *南京大学学报(地理学专辑)*, 9, 22—31, 1988.

作者简介 张忍顺,男,1940年7月生,副教授。1963年毕业于山东海洋学院海洋水文气象系海洋水文专业。长期从事海岸动力地貌与海岸演变研究,发表“苏北黄河三角洲及滨海平原成陆过程”等30余篇论文。

TIDAL CREEK SYSTEM ON TIDAL MUD FLAT OF JIANGSU PROVINCE

Zhang Renshun Wang Xueyu

(Nanjing University)

Key words Tidal mud flat; Creek system; Rhythmical landform; Tidal basin

Abstract

The tidal creek systems are the most noticeable landform of tidal mud flat and have their unique feature in hydrodynamics and sedimentology. There is one of the most perfect flat for development of tidal creek system in Jiangsu mud flat. The authors analysed the aerial and satellite photographs of Jiangsu's mud coast, measured the some geometry of creek systems and tidal basins made correlation analyses between the geometry and the tidal range there and compared the creek systems in Jiangsu province with those in Great Shanghai city, Zhejiang province, Fujian province and others. The conclusions obtained are as follows:

1. The main factors determining development of tidal creek system consist of the water volume in-flowing into creek in late ebb phase, surface sediment composition, tidal current and their asymetry, the runoff from land, storm tide and impact of reclamation and other human actions.
2. The most important factor is the channel effect of flow coming into being in late phase of ebb because the thin layer of tidal water which lags on flat converges into creeks in that time. The depth below which the lag water starts to converge into creek is about 5-15 cm. The great current velocity in early stage of flood reforms locally the form of the creeks.
3. Tidal creek system and tidal basin are first order rhythmical landform of tidal flat. There is a creek system in 2.5 km of low tide line on the average in Jiangsu's mud flat.
4. Silty sediment is the most appropriate for creation of tidal creek.
5. The difference among areas of tidal basin with different tidal range is not obvious. But there are best correlations between the density of creek system, the relative width of the creek mouth, the ratio of the creek area of water in low tide with that of its tidal basin, separately, and tidal range.
6. The runoff from land disturbs the developmental process of tidal creek. It breaks the balance between drainage area of tidal basin and discharge inflowing into creek in late ebb phase, and causes great increase to the former.