

闽江河口沉积结构与沉积作用*

刘苍宇 贾海林 陈祥锋

(河口海岸国家重点实验室, 华东师范大学河口海岸研究所 上海 200062)

提要 结合已有的闽江河口航道整治研究成果, 在该河口采集了 130 多个表层沉积物样品。根据对沉积结构、河口沙坝类型和水动力条件的分析, 探讨了闽江河口沉积物的分布规律和沉积作用机制。研究表明, 1) 闽江河口可划分为砂质、混合和泥质 3 个沉积区, 它们分别代表三角洲前缘、前缘斜坡和前三三角洲沉积环境; 2) 闽江河口各汉道径、潮流强度对比不同, 河口沉积过程有显著差异。径流在川石水道的发育中居主导作用, 潮流是塑造梅花水道的主要因素; 3) 河口沙坝类型受制于输出水流的扩散形式, 闽江河口有多种类型的河口沙坝, 川石水道的河口沙坝类型为水下突堤型, 乌猪水道北侧发育了水下突堤型沙坝, 熨斗水道为拦门沙型河口沙坝, 梅花水道则是潮流脊型的河口沙坝。

关键词 沉积结构, 河口沙坝, 沉积作用

中图分类号 P736.2

闽江河口为山溪性强潮河口, 河口地形复杂, 分汊水道众多, 河口过程和沉积作用独特。近年来一些学者结合闽江航道整治工程, 对闽江河口的沉积地貌特征(祝永康等, 1985; 祝永康, 1991; 郑德延, 1998)、水文泥沙特征与拦门沙成因(潘定安等, 1991、1992)以及闽江口盐淡水混合(潘定安等, 1993)等进行了研究, 但从已发表的成果来看, 大多集中在主干水道——川石水道, 且对沉积结构和沉积作用的研究涉及较少。本文拟在前人研究的基础上, 进一步阐明闽江河口沉积物的分布规律及其沉积结构特征, 并就闽江河口各分汊水道的水流扩散形式和沉积作用机制作一初步探讨。

1 闽江河口的自然概况

闽江河口地形深受 NE 和 NW 向两组断裂制约, 河口汊道多循构造线作高角度分汊。自亭江以下分



图 1 闽江口形势图

Fig. 1 Topography of the Minjiang River Estuary

* 国家自然科学基金重点资助项目, 49736220 号。刘苍宇, 男, 出生于 1938 年 9 月, 教授, 博士生导师, E-mail:

czliu@sklec.ecnu.edu.cn

收稿日期: 1999-11-28, 收修改稿日期: 2000-07-31

为长门水道和梅花水道,长门水道在金牌门以下又分为乌猪、熨斗、川石和壶江等 4 个次一级汉道,其中川石水道为闽江河口的主干水道(图 1)。

闽江为山溪性河流,径流量变率大,最大流量为 $29400\text{m}^3/\text{s}$,最小流量为 $196\text{m}^3/\text{s}$,平均流量为 $1750\text{m}^3/\text{s}$ 。洪季(4—7月)流量占全年的 61.8%,枯季(10—2月)流量仅占 14%。闽江悬移质输沙量年平均为 $715.5 \times 10^4\text{t}$,最大输沙量为 $2000 \times 10^4\text{t}$,最小为 $272 \times 10^4\text{t}$,洪季输沙占全年的 84%,枯季占 4.2%,闽江竹岐站悬沙多年平均粒径为 0.046mm (4.44ϕ),竹岐以下直至口门的底沙中值粒径为 $0.39-0.56\text{mm}$ ($1.36-0.84\phi$)。显然,参与河口造床过程的泥沙以推移为其主要形式。据估算,闽江河口推移质输沙量是悬移质输沙量的 10 倍。因此,由径流推移下泄的底沙成为河口沙坝建造的物质基础。而悬沙则以过境为主,绝大部分悬沙向口外扩散,成为三角洲前缘斜坡和前三角洲的主要物质来源。

闽江河口属强潮河口,头站平均潮差为 4.05m ,梅花站为 4.46m ,潮汐为正规半日潮,潮波属驻波性质,平均落潮流速一般大于平均涨潮流速,落潮流是塑造河口的主要动力。然而,由于进潮量大,如亭江断面进潮量达 $1670 \times 10^8\text{m}^3$,流量达 $12735\text{m}^3/\text{s}$ (祝永康,1991),因而涨潮流对闽江河口,特别是河口下段沉积物的再搬运、再沉积也有十分重要作用。闽江口外面向广海,波浪作用显著,常浪向和强浪向均为 NE 向,外围岛屿区平均波

高为 $1-1.5\text{m}$,口门附近平均波高为 0.8m ,而台风期间波浪更大,并伴有风暴潮。波浪作用不仅可以抑制河口浅滩的增高,而且可以改变浅滩地形。此外,盐淡水交会导致的河口环流对河口地区的水沙交换也产生一定影响。

2 研究方法

在外业工作中,底质样品用蚌式采样器采集,潮滩样品直接从滩面采集。在室内分析中,根据样品的粗细,分别采用筛析法、吸管法或综合法,用偏磷酸钠和超声波浴对沉积物样品进行分散处理。对沉积物中 $> 4\phi$ 的部分,以 $1/4\phi$ 间隔进行筛分;对 $< 4\phi$ 的部分,以 1ϕ 间隔进行测定。粒度参数统计采用 Folk 等(1957)公式计算,沉积类型划分采用 Shepard(1954)三角图式。

3 结果与讨论

3.1 闽江河口沉积结构与沉积环境

根据对闽江河口及其水下三角洲 130 多个底质样品的粒度分析结

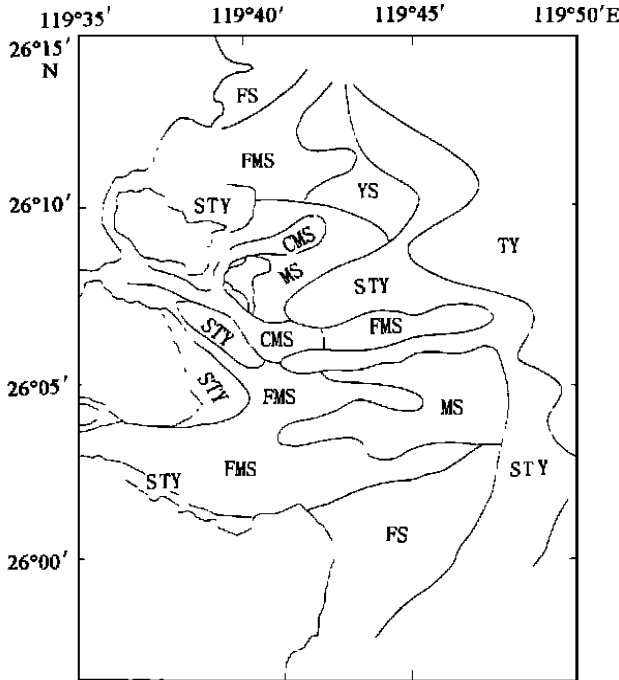


图 2 闽江河口表层沉积物类型

Fig. 2 Types of surficial sediment in the Minjiang River Estuary
 CMS 粗中砂 (Coarse-medium sand), MS 中砂 (Medium sand), FMS 细中砂 (Fine-medium sand), FS 细砂 (Fine sand), YS 粘土质粉砂 (Clayey sand), TY 粉砂质粘土 (Silty clay), SYT 砂-粉砂-粘土 (Sand-silt-clay)

果, 大体可以将本区底质划分为 3 个沉积区和 7 种不同的沉积物类型(图 2), 它们具有不同的沉积结构特征(图 3), 分别代表不同的沉积环境。

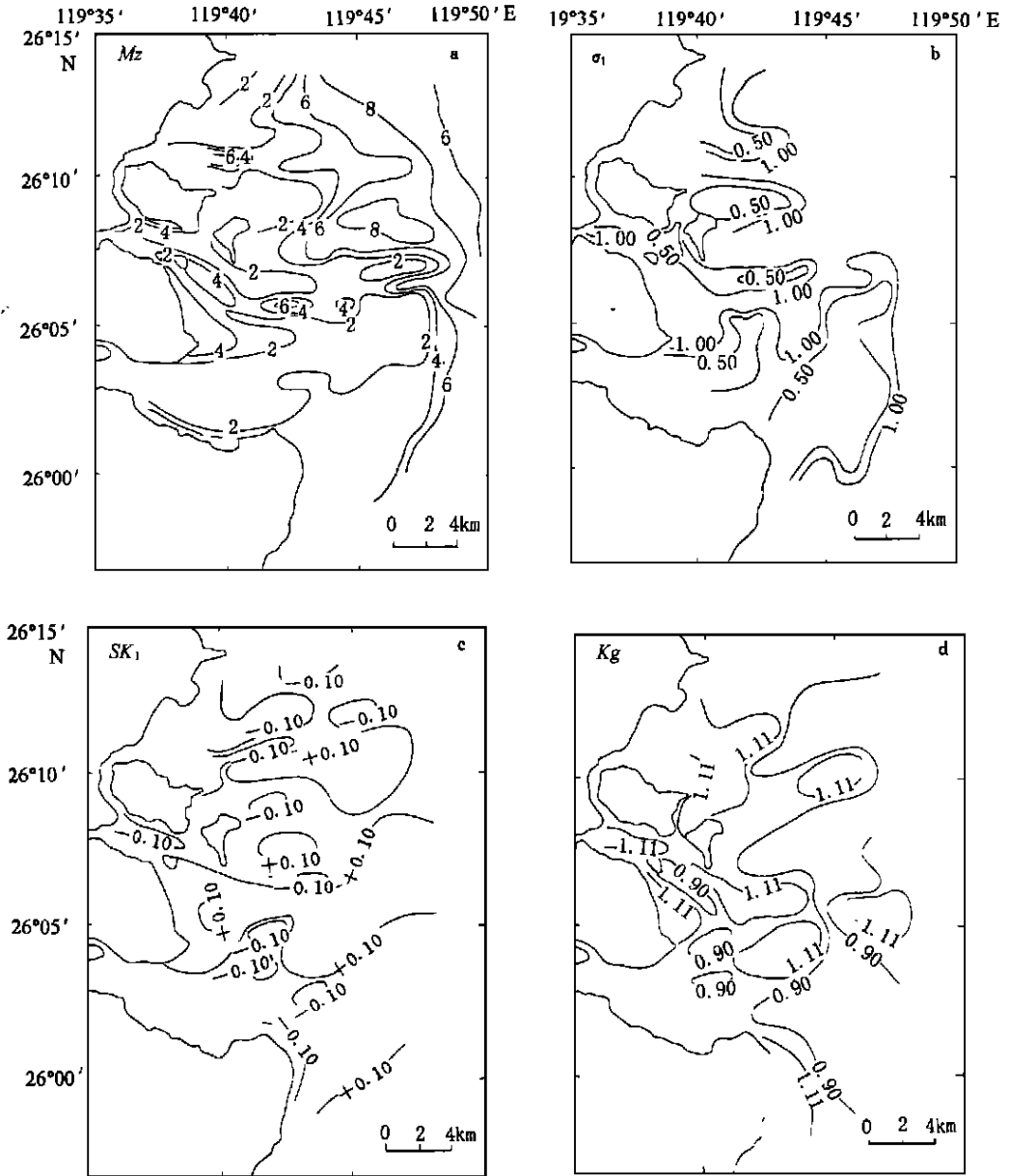


图 3 闽江河口表层沉积物粒度参数分布

Fig. 3 Distribution of statistical moments for surficial sediment in the Minjiang River Estuary

a. 平均粒径/ φ (Mean/ φ); b. 分选/ φ (Sorting/ φ): < 0.50 好, 0.50—1.00 中等, > 1.00 差; c. 偏态(Skewness): < - 0.10 负偏, - 0.10+ 0.10 对称, > + 0.10 正偏; d. 峰态(Kurtosis): < 0.90 扁平, 0.90—1.11 中等, > 1.11 细窄

3.1.1 砂质沉积区 砂质沉积区主要分布在各分汊水道及其口门地区, 构成闽江水下三角洲的主体, 属三角洲前缘沉积环境。该区沉积物包括中粗砂—粗中砂、中砂、中细

砂—细中砂和细砂等不同的沉积类型。

中粗砂—粗中砂 主要分布在川石水道和熨斗水道中,其粒度参数: M_z (平均粒径) 为 0.86—1.56 ϕ , σ_1 (标准偏差) 为 0.39—1.09, 分选程度以好—较好为主, SK_1 (偏态) 为 -0.12—0.32, 以正偏居多, K_g (峰态) 为 1.0—1.5, 以窄—中等峰态为主。在概率曲线上, 滚动组分 < 8%, 悬浮组分 < 5%, 跃移组分 > 85%, 床面上沙波发育良好, 波高为 1—2m, 具有缓坡朝向上游的剖面形态, 显然指示了径流和落潮流是造床的主要动力, 且以底沙推移为主。上述特征表明该沉积物属于河口分汊水道沉积环境。

中砂 主要分布在熨斗水道两侧及其前缘、川石水道外拦江沙以及梅花水道佛手沙和鳝鱼沙前缘。该类沉积物的结构参数: M_z 为 1.30—0.52 ϕ , σ_1 为 0.26—0.52, 分选好—极好, SK_1 为 -0.16—0.10, 以对称为主, K_g 为 0.94—4.97, 以窄峰态为主。在搬运方式上, 滚动组分 < 6%, 悬浮组分 < 2%, 跳跃组分 > 93%, 显示除受到强劲的潮流作用外, 波浪对该沉积物的筛选作用较为显著, 这也是河口沙坝环境的重要特征。

中细沙—细中沙 主要分布在梅花水道、佛手沙、鳝鱼沙和铁板沙的大部分地区, 以及乌猪水道口外。该沉积物 M_z 为 1.57—2.51 ϕ , σ_1 为 0.32—0.78, 分选好—较好, SK_1 为 -0.17—0.56, 以近对称为主, K_g 为 0.87—2.21, 峰态以中等—窄为主。概率曲线显示, 滚动组分 < 13%, 悬浮组分为 1%—7%, 跳跃组分为 80%—90%, 部分样品具有双跳跃组分, 反映了往复潮流的双向搬运作用, 以及波浪对浅滩的筛选作用, 这一特征常为潮流脊、潮汐水道和河口沙坝沉积环境所特有。

细砂 主要分布在梅花水道以南的侧翼浅滩地区, M_z 为 2.28—2.67 ϕ , σ_1 为 0.30—0.46, 分选极好—好, SK_1 为 -0.10—0.04, 以接近零的负偏为主, K_g 为 1.06—1.30, 窄峰态, 粒度参数显示了海滩沙的某些特征, 说明其形成的动力以波浪为主, 是梅花水道下泄的泥沙出口门后, 在 NE 向沿岸流驱动下不断向南运移和分选沉积的。

3.1.2 混合沉积区 混合沉积区主要包括砂—粉砂—粘土和粘土质砂两种类型, 主要分布在砂质沉积区的外围, 其次分布在潮滩和涨潮槽内。

砂—粉砂—粘土 主要分布在河口沙坝的前缘, 大体在 -5—10m 之间的狭长地带, 在沉积环境或地貌部位上, 相当于三角洲前缘斜坡。此外, 在涨潮槽和潮滩也有分布。其结构参数为: M_z 为 4.11—7.71 ϕ , σ_1 为 2.88—4.77, 分选差—极差, SK_1 为 0.19—0.85, 多为正—极正偏, K_g 为 0.80—1.77, 以 < 0.90 的宽峰态为主。

粘土质砂 主要分布在乌猪水道以东的涨潮槽及其附近, M_z 为 3.87—4.29 ϕ , σ_1 为 3.42—3.93, 分选差, SK_1 为 0.63—0.81, 极正偏, K_g 为 0.80—1.77, 宽—中等峰态。

上述混合沉积物中, 既有沿床底推移的粗碎屑组分, 也有由悬移方式带来的细颗粒组分, 因而形成了粗细混合或互层的混合沉积区。在频率曲线上一般具有双众数或多众数的特征, 显示出泥沙来源和动力条件的复杂性。

3.1.3 泥质沉积区 沉积类型以粉砂质粘土为主, 个别为粘土质粉砂, 主要分布在 -10m 等深线以外的海底。 M_z 为 8.09—9.36 ϕ , σ_1 为 2.08—3.81, 分选差, SK_1 为 -0.29—0.18, 以正偏为主, K_g 为 0.80—0.91, 属宽峰态。该类沉积物主要是闽江输送入海的细粒悬浮泥沙, 在以旋转流为主的潮流作用下扩散沉积的, 属前三三角洲沉积。

3.2 闽江河口沉积作用

闽江河口砂质沉积区是水下三角洲的主体, 而河口沙坝则是闽江水下三角洲的骨架。探讨这些沙坝的形成机制有助于揭示闽江河口各汉道的河口过程, 从而进一步认识闽江河口沉积物的分布规律及其与动力条件的关系。

如所熟知, 在河口地区河流输出水流与受水盆地水体的相互作用是最为重要的作用, 正是这种作用使输出水流的动量减小, 导致泥沙在河口地区沉积。由于河口输出水流和泥沙的扩散形式受惯性力、浮力和摩擦力之间的相互关系制约(Wright *et al*, 1974)。因此, 河口沉积作用过程主要取决于这三种力的作用状态, 并因其组合形式的差异, 而形成不同的水流扩散模式和不同的河口形态。Coleman 等(1975)就曾按河口堆积体的形态划分出 5 种不同类型的河口沙坝, 它们的形态各不相同, 其沉积动力过程也迥然各异。

闽江河口为山溪性强潮河口, 同时也是多汉道河口, 各汉道分水分沙条件、径潮流强度对比和盐淡水混合类型不尽相同, 注入水流与周围水体的相互作用方式也大相径庭, 因此, 在各分汉水道口塑造了不同类型的河口沙坝(图 4)。现就闽江河口各汉道的河口沙坝形态, 结合沉积动力条件, 探讨闽江河口各分汉水道的沉积作用机制。

3.2.1 川石水道 川石水道为闽江的主要入海水道, 宽约 1km, 水深相对较大, 最大水深可愈 10m, 芭蕉尾以下, 与水道平行的佛手沙和铁板沙南北夹持, 在平面形态上颇似水下突堤型的河口沙坝。铁板沙长约 10km, 其上有洪水冲决形成的横向串沟。佛手沙长约 8km, 其上则因潮流作用而改造成 NE-SW 向的脊槽体系。

此类型的河口沙坝, 其河口过程通常以惯性力和浮力作用为主。川石水道径流量大, 通过川石水道下泄的径流量最大时可占闽江河口径流量的

85% (潘定安等, 1993), 在径流迭加下的落潮流流速较大, 据 1984 年 4 月和 6 月水文测验(潘定安等, 1991), 实测垂线平均落潮流速 > 0.65m/s, 最大流速达 2.35m/s, 输出水流呈惯性向口门扩散, 当淡水水流出口门后, 即因与海水相遇而发生盐淡水混合。据实测资料分析(潘定安等, 1993), 当岐口站径流量 > 2500m³/s 时, 川石水道口门盐淡水出现分层; 径流量介于 2500—600m³/s 时, 出现部分混合; 径流量 < 600m³/s 时则出现高度混合。据此推算, 川石水道河口盐淡水混和类型年内出现机率分别为: 部分混合占 68%, 分层占 20%, 高度混合占 12%, 亦即在一年中的绝大部分时间里, 川石水道存在盐水楔异重流, 输出的淡水出口门后即浮托于盐水之上, 呈二维平面射流向口外扩散, 由于漂浮水流与周围水体的锋面效应, 抑制了泥沙的侧向扩散, 使砂质沉积物堆积于水道两侧, 形成类似于

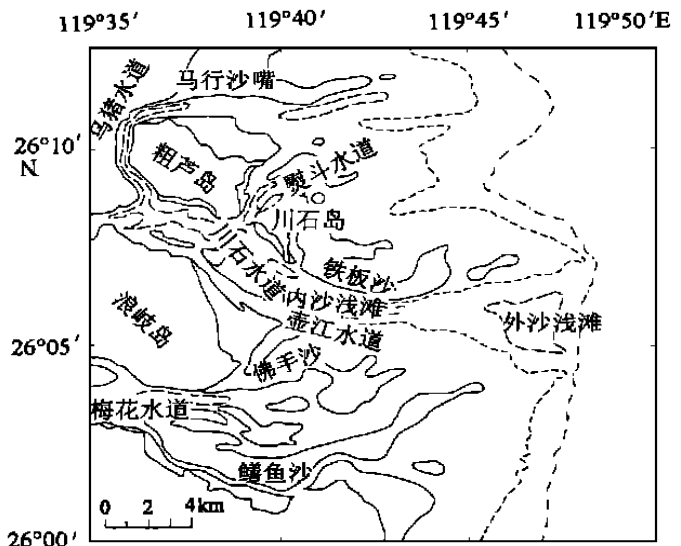


图 4 闽江河口沙坝形态

Fig. 4 Form of river mouth bars in the Minjiang River Estuary

水下天然堤的河口沙嘴。但平面射流在前进方向减速较慢,可将泥沙带到距口门宽度 4—6 倍的距离处沉积,形成河口拦门沙(Wright *et al.*, 1974)。

川石水道的河口作用过程也反映在沉积物的变化上。由于内沙下段是盐水楔经常作用的地带,因此成为滞流点的常驻部位。在盐水楔上方阻滞了大量的推移质,形成内沙浅滩;而楔顶下方由于细颗粒泥沙的絮凝作用,以及随底部涨潮优势流上溯而停积于川石水道内以下的深槽内,与粗粒的底沙掺混,形成槽内的混合沉积物。外沙浅滩则是川石水道的拦门沙坝,由于水深较浅,又面临广海,在波浪簸选下使坝顶沉积物不断粗化。

3.2.2 乌猪水道 乌猪水道是川石水道上口的第一条汉道,两侧受山体约束,水道长 7km,水面狭窄,宽 300m 左右,水深多大于 5m。北侧马行沙嘴长达 10km 以上,宽 600—700m,呈东西走向,由中细砂组成。南侧沙嘴不发育,为毗连粗芦岛的砂泥混合潮滩。整个乌猪水道河口沙体在平面形态上具有不对称性。在乌猪水道口外,涨落潮动力轴分歧现象十分显著,落潮槽偏北,靠近马行沙嘴;涨潮槽偏南, - 5m 槽向口内延伸达 5km。

从乌猪水道河口沙体的形态来看,其北侧沙嘴似呈水下突堤型(图 4),但其成因不同于川石水道。在长门水道以下乌猪、熨斗、川石和壶江诸汉道中,乌猪水道的落潮分流比占 17.5%,净流量占 15.9%,净泄沙为负值。这是由于乌猪水道与主干水道的交角大于 90°,落潮水流不顺,而该水道出口呈漏斗状,潮波变形显著,涨潮流速大于落潮流速,泥沙净进,且以细颗粒泥沙为主。因此,乌猪水道具有以潮流作用为主的潮汐汉道性质。至于北侧沙嘴的形成,可能是因北部鳌江来沙在沿岸流驱使下向南迁移,受乌猪水道落潮水流惯性力制约而形成向东突伸的马行沙嘴。

3.2.3 熨斗水道 熨斗水道位于粗芦岛与川石岛之间,水道长约 3km,宽 200—600m 不等,水道内岛礁众多, - 5m 槽贯通,但水道口门以外水深很浅,大多小于 2m,且分布有 4 个 0m 以上的河口拦门沙,以口门附近的拦门沙最大,长 3km,宽 300—1200m。其余沙坝长度 600—1200m 不等,宽 200—900m,均为次一级分汉的拦门沙。整个熨斗水道口外的河口沙体呈舌状分布,在平面形态上形成了拦门沙型河口沙坝。由此分析,熨斗水道的河口作用似以摩擦力为主。在长门水道以下,熨斗水道落潮分流比为 30.2%,仅次于川石水道,最大落潮流速 > 2m/s,可见落潮流仍是塑造该水道的优势流。当径流迭加下的落潮流将大量底沙推移至口门后,由于口外水深较小, h_0/h_b (口门深度与受水盆地深度之比) 比值增大,输出水流进入浅水盆地后,成为平面射流,以水平扩散为主,水流与床底的摩擦作用,导致阻力增大,流束分散,水流产生分汉,在分汉水道之间发育拦门沙浅滩,拦门沙浅滩又促使汉道继续发展,以致河口沙体分布范围较广,形成了舌状或扇状的河口沙体和多汉式的拦门沙型沙坝。

3.2.4 梅花水道 梅花水道为闽江河口的南汉,其外形呈漏斗状河口湾,湾口宽 7km,在相距 7km 湾内潭头港处河宽仅为 2km,收缩率仅为 0.71,湾顶潭头港以上水道呈弯曲状,湾内河床宽浅,洲滩鳞次栉比,水道两侧发育淤泥质潮滩,水道内浅滩多为狭长型,较大者如佛手沙、鲢鱼沙等。佛手沙中两个大沙脊长 6km 左右,宽 1—2km。佛手沙既是循川石水道延伸的沙嘴(或水下天然堤),同时又是因潮流作用改造而形成的梅花水道口外的潮流脊。鲢鱼沙长达 16km,宽 500—1500m。沙脊方向在口外呈 NE—SW 向,口内受边界条件制约近东西向分布,沉积物在口内以中细砂为主,但在口外多以中砂为主。

从梅花水道的水动力条件分析, 梅花站平均潮差为 4.46m, 最大潮差可达 7.02m。1986 年实测资料表明¹⁾, 梅花水道在洪季(6 月)的落潮分流比为 29.6%, 枯季(10 月)为 32.2%, 洪枯季的径流量分流比为 25.3% 和 31.3%。若以岐口站多年平均径流量为 $1750\text{m}^3/\text{s}$ 计, 梅花水道年平均径流量约为 $560\text{m}^3/\text{s}$, 而进入梅花水道的平均潮量高达 $9432\text{m}^3/\text{s}$ (祝永康, 1991)。径流量与进潮量的比率为 0.06。而据报道, 潮汐作用占优势的河口湾, 该比值一般 < 0.25 (李春初, 1997)。由此可见, 梅花水道为典型的河口湾, 潮流 是塑造梅花水道的主要动力。

就盐淡水混合而言, 梅花水道进潮量大, 而径流量小, 水深又浅, 因而在一年的绝大部分时间内以强混合或垂直均匀型为主, 仅在洪水期间短期出现部分混合型。因此, 惯性和摩擦作用显得比较重要。一般当水位在中潮位以下时, 水深较浅, 摩擦作用为主; 在中潮位以上时, 水深增大, 惯性紊流扩散为主。在涨落潮双向水流作用下, 河流带来的泥沙被改造成为平行潮流方向的潮流脊。

3.2.5 壶江水道 壶江水道位于乌猪岛、壶江岛与浪岐岛之间, 是与川石水道平行的一条小汊道。其落潮分流比仅占金牌门以下诸水道总和的 8.7%, 净流量分流比为 0.7%, 净泄沙分沙比为负值。该水道的平均涨潮流速 $>$ 平均落潮流速。因此, 壶江水道实际上是一条涨潮槽性质的汊道。乌猪洲是在川石水道落潮槽与壶江水道涨潮槽之间的缓流带发育的狭长沙洲。

4 结论

4.1 闽江河口为山溪性强潮河口, 其发育深受地质构造、上游来水来沙条件和海洋动力条件的制约。

4.2 按闽江河口及其水下三角洲的沉积物类型和分布规律, 大体可以划分为 3 个沉积区: 砂质沉积区、混合沉积区和泥质沉积区, 它们具有不同的沉积结构特征, 分别代表不同的沉积环境。

4.3 闽江河口为多汊道河口, 各汊道分水分沙条件、径潮流强度对比不同, 河口过程和沉积作用也有显著差异。

川石水道是河流和潮流共同塑造的河口, 尽管其为强潮河口, 但洪季强大的径流作用仍是川石水道造床的主要动力; 梅花水道是以潮流作用为主的河口湾, 潮流, 特别是涨潮优势流是梅花水道发育的主要因素。

4.4 根据各水道出口的河口沙体形态, 结合沉积动力特征分析, 各汊道输出水流的扩散形式和河口沙坝类型不同。其中, 川石水道是在惯性力和浮力作用下的“水下突堤型”河口沙坝; 乌猪水道北侧的马行沙嘴是由北向南的沿岸流与乌猪水道落潮流惯性力共同建造的突堤型河口沙坝; 熨斗水道是摩擦力占优势形成的“拦门沙岛型”河口沙坝; 梅花水道是以惯性力和摩擦力共同作用下形成的“潮流脊型”河口沙坝; 壶江水道则是一支具涨潮槽属性的汊道。

1) 海洋局第三海洋研究所, 1986 年闽江口水文测验报告

参 考 文 献

- 李春初, 1997. 论河口体系及其自动调整作用——以华南河流为例. 地理学报, 52(4): 353—359
- 郑德延, 1988. 闽江多汉口水的水沙运动和河床地貌初探. 热带海洋, 7(3): 36—44
- 祝永康, 郭玉华, 1985. 闽江口外海滨段三角洲的沉积特征. 东海海洋, 3(2): 8—14
- 祝永康, 1991. 闽江口分汉河床的特征、类型及其成因. 海洋学报, 13(3): 363—370
- 潘定安, 谢裕龙, 沈焕庭, 1991. 闽江口川石水道的水文泥沙及其内拦门沙成因分析. 华东师范大学学报(自然科学版), 1: 87—96
- 潘定安, 贺松林, 沈焕庭, 1992. 闽江口外通海航道及其外拦门沙形成机制探讨. 泥沙研究, 3: 1—10
- 潘定安, 沈焕庭, 1993. 闽江口的盐淡水混合. 海洋与湖沼, 24(6): 599—607
- Folk R L, Ward W C, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. J Sed Petrol, 27: 3—27
- Shepard F P, 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sed Petrol, 24: 151—158
- Wright L D, Coleman J M, 1974. Mississippi river mouth processes: Effluent dynamics and morphologic development. J Sediment Geol, 82: 751—778

SEDIMENTARY TEXTURE AND SEDIMENTATION IN THE MINJIANG RIVER ESTUARY

LIU Cang-Zi, JIA Hai-Lin, CHEN Xiang-Feng

(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Institute of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, 200062)

Abstract Combining the regulation of the navigable waterway in the Minjiang River Estuary, more than 130 surficial sediment samples were collected in the Estuary area. Based on analysis of the sediment texture, river-mouth bar type and hydrodynamic condition, the sediment distribution pattern and sedimentation mechanism of the estuary are investigated. The major conclusions are summarized below. 1) The Minjiang River Estuary can be divided into three sediment areas, i. e., sandy, mixed and muddy sediment areas, and they present delta front, front slope and prodelta sedimentary environments, respectively. 2) Because of the difference between runoff and tidal current intensity of various distributary channel, the estuarine processes of the channels are distinct. The runoff plays a major role in the development of the Chuanshi Channel, and the tidal current is a principal factor of building the Meihua Channel. 3) The type of the river-mouth is restricted by the diffusion pattern of the output flow. There are various types of the rivermouth bars in the Minjiang River Estuary. The bar of the Chuanshi Channel is a subaqueous jetted type. On the north side of the Wuzhu Channel grows the subaqueous jetted sand bar. A middle ground bar is located at the outlet of the Yundou Channel. The bar of the Meihua Channel consists of a series of tidal ridges.

Key words Sediment texture, River-mouth sandbar, Sedimentation