

汕头港外拦江沙及其航道段泥沙回淤的物质来源与疏浚量的估算*

林宝荣 尤芳湖 周天成

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提要 本文主要讨论了汕头港外拦江沙及其航道回淤的物质来源。认为外拦江沙的形成和消长, 与新津溪输出泥沙以及该处的海洋动力因素的作用密切相关。外拦江沙的物质来源主要是新津溪的入海泥沙, 而对浚深航道来说, 待狎金浅滩的泥沙本身就是它的直接物质来源。外拦江沙在自然状况下处于准动态平衡, 淤积缓慢, 但一经浚深, 便会出现严重的淤积。为维持 -5.5m 以下的航道, 估计回淤疏浚量最大为 $50-60 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。

在海港建设中, 航道回淤量的预测是一个重要的问题。

汕头港外拦江沙是该港扩建的一大障碍, 如果开挖, 必须对后果作出科学论证和预测。为此, 前人曾多次作过调查研究。根据当时研究的结果, 认为外拦江沙的泥沙主要(粗粒)来源于西南面的赤屿岛和东湖一带沿岸的冲刷物, 其次(细粒)是汕头湾与新津溪入海的部分悬沙¹⁾; 也有的认为除南半部来自赤屿岛外, 主要来源于待狎金浅滩²⁾。但由于赤屿岛及东湖一带沿岸是由坚硬的花岗岩所组成, 现代风化浪蚀的产物不多, 因此都认为外拦江沙挖后淤强不大, 可以维持使用, 不致造成严重淤积。据此, 1977年便开始试挖了外拦江沙航道, 由 -4.6m 挖至 -5.5m 水深, 经过8个月后进行水深测量, 发现浚深航道完全被淤沙填满, 又恢复到挖前的自然状况。事实说明, 泥沙回淤相当严重。笔者于1979年应汕头港务局的邀请, 与有关单位合作又重新作了调查研究, 本文为这次调查研究的部分结果, 主要讨论泥沙来源和回淤量的估算。

对泥沙来源的判断正确与否是关系到能否正确估计开挖后航道回淤强度的关键所在。本文首先从外拦江沙的地貌特征、物质组成、地形演变等方面讨论其泥沙来源, 然后再进一步讨论淤入浚深航道的泥沙来源。这两个问题既互相联系又有所区别, 对此将在下面加以讨论。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1237号。

本文是根据“汕头港外拦江沙航道泥沙回淤调查研究报告”部分成果撰写的, 参加现场调查的有中国科学院南海海洋研究所的王文介、黄成发, 广州航道局的林光裕等同志, 图由本所李清、蒋孟荣、张弘、严理等同志清绘, 一并致谢。

收稿日期: 1983年10月20日。

1) 南京大学地理系, 1976。汕头港动力地貌勘测研究报告。

2) 宋朝景等, 1978。榕江口动力地貌与拦门沙的发育。南海海洋地貌学论文集。第三集, 79页。

一、外拦江沙的泥沙来源

1. 外拦江沙的地貌特征

汕头湾的北岸为韩江三角洲平原,属沙质海岸;南岸为低山丘陵,属基岩海岸。海湾腹大口小,出口朝向东南。外拦江沙位于出口海峡外约4km处,以-5m等深线为标志线,拦江沙的最窄宽度为1600m,向北东—南西方向延伸,横亘出口航道。其剖面形状是沿航道轴线呈内、外低,中部隆起的垄岗状,沿拦江沙走向横过航道则成微微下凹的弧形,它是在波浪、海潮流联合作用下形成的拦门沙坝。

在出口海峡的通道中,座落有妈屿和鹿屿两个小岛,将通道分隔成北水道和南水道(又称鹿屿水道)两支分流。韩江支流之一的新津溪由北向南注入出口海峡,与北水道汇合。由于妈屿岛的阻挡,受地形的限制及涨落潮流的作用,迫使新津溪河口发育成不对称型的三角洲。其右侧受制约,无浅滩发育,只有一个窄的弧形沙咀伸向湾内,这表明有部分泥沙输向海湾;其左侧海域宽阔,是人海泥沙主要扩散区,在这里形成规模较大的沿岸沙堤和宽广的待狎金浅滩。浅滩的尾间呈螺丝状向东南延伸,后折向南偏西,构成了所谓的待狎金沙嘴(渔民称为螺丝沙),与外拦江沙连成一体,拦堵出口航道。据钻探得知,拦江沙上部沉积物为极细砂和淤泥质砂,属三角洲沉积,厚0.6—2.0m,下部为砂砾层,属沙坝堆积。因此,外拦江沙是在古海岸沙坝基础上、由现代海湾落潮三角洲与新津溪河口三角洲叠加而成的综合体,其发育形成和消长与新津溪输出泥沙以及该处的海、潮流和海浪的作用密切相关。

拦江沙西南面赤屿岛、东湖一带的基岩海岸,海岬坡折明显,海底平坦,除岬角间有小型的海滩外,没有明显的堆积地形形态发育。海岬侵蚀下来的物质主要运向各弧形湾顶,显然它不可能为外拦江沙提供较大的物质来源(图1)。

拦江沙西南面赤屿岛、东湖一带的基岩海岸,海岬坡折明显,海底平坦,除岬角间有小型的海滩外,没有明显的堆积地形形态发育。海岬侵蚀下来的物质主要运向各弧形湾顶,显然它不可能为外拦江沙提供较大的物质来源(图1)。

2. 底质类型及沉积作用

泥沙的搬运、沉积受一定的水动力因素的控制,不同的水动力环境造就不同的沉积类型。据1979年夏季表层底质分析结果,用

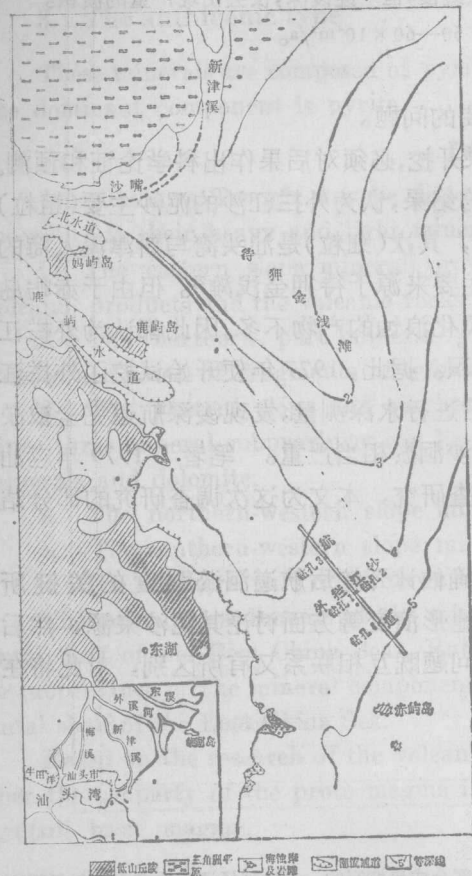


图1 汕头港外拦江沙地貌略图

矩值法计算各粒度参数,按林克分类法^[1],本区有以下沉积类型分布(图2)。

中细砂 ($\bar{x}_\phi = 1-3\phi$): 分布在新津溪口、北部沿岸和西溪口,范围较小,属本区的沙源区。

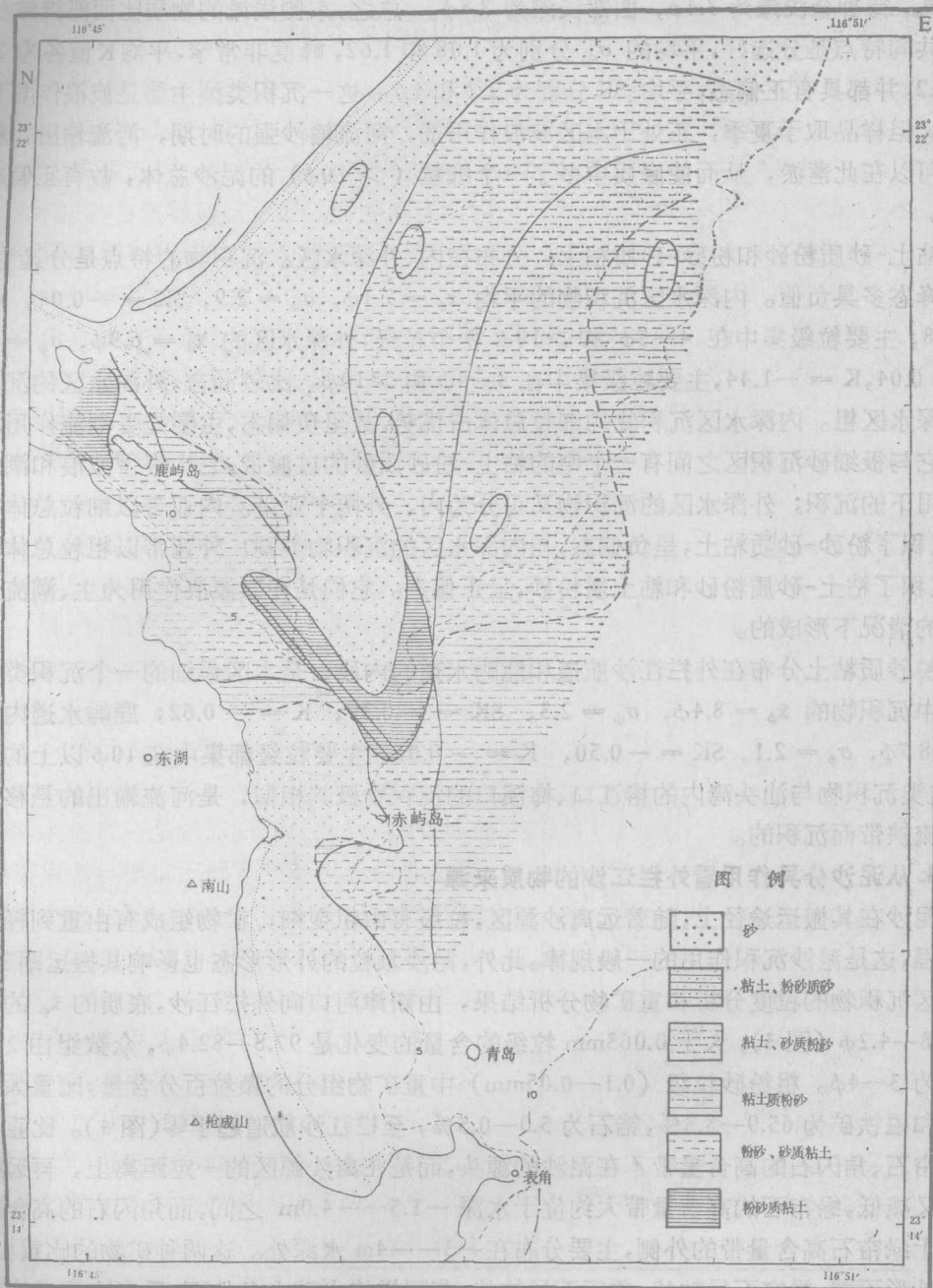


图2 底质类型图

极细砂 ($\bar{x}_\phi = 3-4\phi$): 分布在待狎金浅滩和西部浅滩, 是本区的主要沉积类型。沉积物的主要粒级集中在 $3-4\phi$ 之间, 以航道为界, 东侧待狎金浅滩的平均含量为 69.8%, 最高达 86.7%, 西部浅滩平均含量为 79.9%, 最高为 93.2%, 但较粗的一个粒级 ($2-3\phi$) 待狎金浅滩的平均含量比西部浅滩约高一倍 (分别为 24.8% 与 12.8%), 而小于 8ϕ 的泥粒在待狎金浅滩的平均含量只有西部浅滩的 1/4 (分别为 1.6% 和 6.0%), 总平

均的 \bar{x}_ϕ , 待狎金浅滩为 3.4ϕ , 西部浅滩为 3.8ϕ 。总之, 东侧浅滩的物质比西部浅滩粗。但其共同特点是分选好, 平均的 σ_ϕ 分别为 1.08 和 1.62, 峰度非常窄, 平均 K 值各为 26.0 和 11.2, 并都具有正偏态, 平均 SK 分别为 2.2 和 1.7。这一沉积类型主要是波浪作用下形成的。但样品取于夏季, 正处于本区波浪作用弱, 河流输沙强的时期, 河流输出的悬移质也可以在此落淤, 从而使底质中多了一个细粒 ($> 10\phi$) 的泥沙总体, 故有正偏态的特征。

粘土-砂质粉砂和粉砂-砂质粘土: 分布在内、外深水区。沉积物的特点是分选差, 偏态和峰态多具负值。内深水区沉积物的平均 $\bar{x}_\phi = 7.1\phi$, $\sigma_\phi = 2.9$, $SK = -0.04$, $K = -1.48$, 主要粒级集中在 $4-5\phi$ 和 $> 10\phi$ 两个粒级; 外深水区的 $\bar{x}_\phi = 6.9\phi$, $\sigma_\phi = 2.7$, $SK = 0.04$, $K = -1.44$, 主要粒级集中在 $3-4\phi$ 和 $> 10\phi$ 。比较而言, 外深水区的沉积物较内深水区粗。内深水区沉积物的细粒总体占优势, 故呈负偏态, 主要是受潮流作用沉积的。它与极细砂沉积区之间有一个窄的粘土-粉砂质砂的过渡带, 它代表了波浪和潮流混合作用下的沉积; 外深水区的沉积物又可分为内、外两个亚带。内亚带以细粒总体占优势, 沉积了粉砂-砂质粘土, 呈负偏态, 与内深水区的沉积物类同; 外亚带以粗粒总体占优势, 沉积了粘土-砂质粉砂和粘土质粉砂, 呈正偏态。它们是在以波浪作用为主、潮流作用为副的情况下形成的。

粉砂质粘土分布在外拦江沙航道和鹿屿水道的内段, 是本区最细的一个沉积类型。航道中沉积物的 $\bar{x}_\phi = 8.4\phi$, $\sigma_\phi = 2.3$, $SK = -0.39$, $K = -0.62$; 鹿屿水道内段的 $\bar{x}_\phi = 8.7\phi$, $\sigma_\phi = 2.1$, $SK = -0.50$, $K = -0.05$, 主要粒级都集中在 10ϕ 以上的泥粒中, 这类沉积物与汕头湾内的榕江口、梅溪口的沉积物极其相似, 是河流输出的悬移泥沙受潮流挟带而沉积的。

3. 从泥沙分异作用看外拦江沙的物质来源

泥沙在其搬运途径上, 随着远离沙源区, 粒级有由粗变细, 矿物组成有由重到轻的分异过程, 这是泥沙沉积作用的一般规律。此外, 泥沙颗粒的外形形态也影响其搬运距离。根据本区沉积物的粒度分析和重矿物分析结果, 由新津河口向外拦江沙, 底质的 \bar{x}_ϕ 的变化为 $1.8-4.2\phi$ (图 3), 大于 0.063mm 粒级的含量的变化是 $97.8-82.4\%$, 众数组由 $2-3\phi$ 过渡为 $3-4\phi$ 。粗粉砂粒级 ($0.1-0.05\text{mm}$) 中重矿物组分的颗粒百分含量, 比重大的钛铁矿和磁铁矿为 $65.9-8.3\%$, 锆石为 $5.0-0.5\%$, 至拦江沙航道趋于零(图 4)。比重中等的绿帘石、角闪石的高含量带不在泥沙的源头, 而是在离沙源区的一定距离上, 再远则其含量又减低, 绿帘石的高含量带大约位于水深 $-1.5-4.0\text{m}$ 之间, 而角闪石的高含量带则位于绿帘石高含量带的外侧, 主要分布在 $-3-4\text{m}$ 水深处。这两种矿物的比重相当, 但其外形不同, 绿帘石呈粒状, 角闪石呈柱状, 在同样的水动力条件下, 后者比前者的水动力性质活跃些, 故搬运距离较远。片状黑云母的水动力性质更为活跃, 其搬运距离更远, 而且只有在动力条件比较平静的水域才能大量沉积, 其高含量区是在淤深以后的拦江沙航槽中和其他深水区。由新津河口向拦江沙航道的矿物分带是钛铁矿和磁铁矿、锆石矿物带→绿帘石、角闪石矿物带→黑云母矿物带。由此可见, 无论是按泥沙的粗、细或按矿物比重和外形的分带, 都表明新津溪入海泥沙是向拦江沙扩散并进行有规律的沉积分异的, 这就证明新津溪入海泥沙是外拦江沙的主要物质来源。然而外拦江沙西南面浅滩,

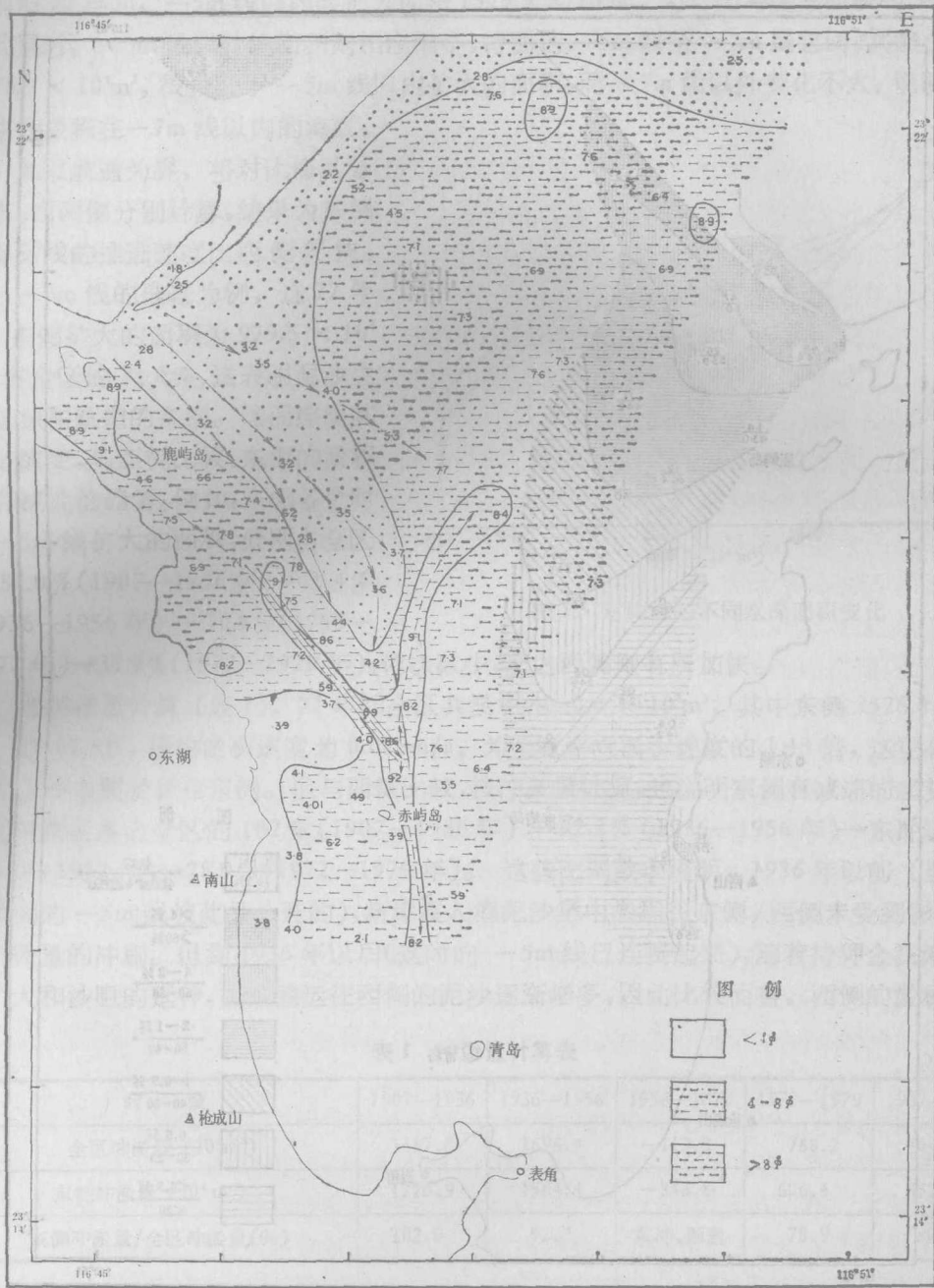


图3 平均粒径 \bar{x}_ϕ 分布图

由东湖一带沿岸向拦江沙方面没有这种分异作用，接近航道边的沉积物反而比岸边的粗，钛铁矿和磁铁矿、锆石在海岬上的含量也比较高，但稍离岸边便突然减少到最低，这表明东湖一带沿岸的侵蚀物质对拦江沙不构成明显的影响，因此它不可能是外拦江沙的主要物质来源。上述各种重矿物的分布趋向表明，东侧的物质可以影响到西部。

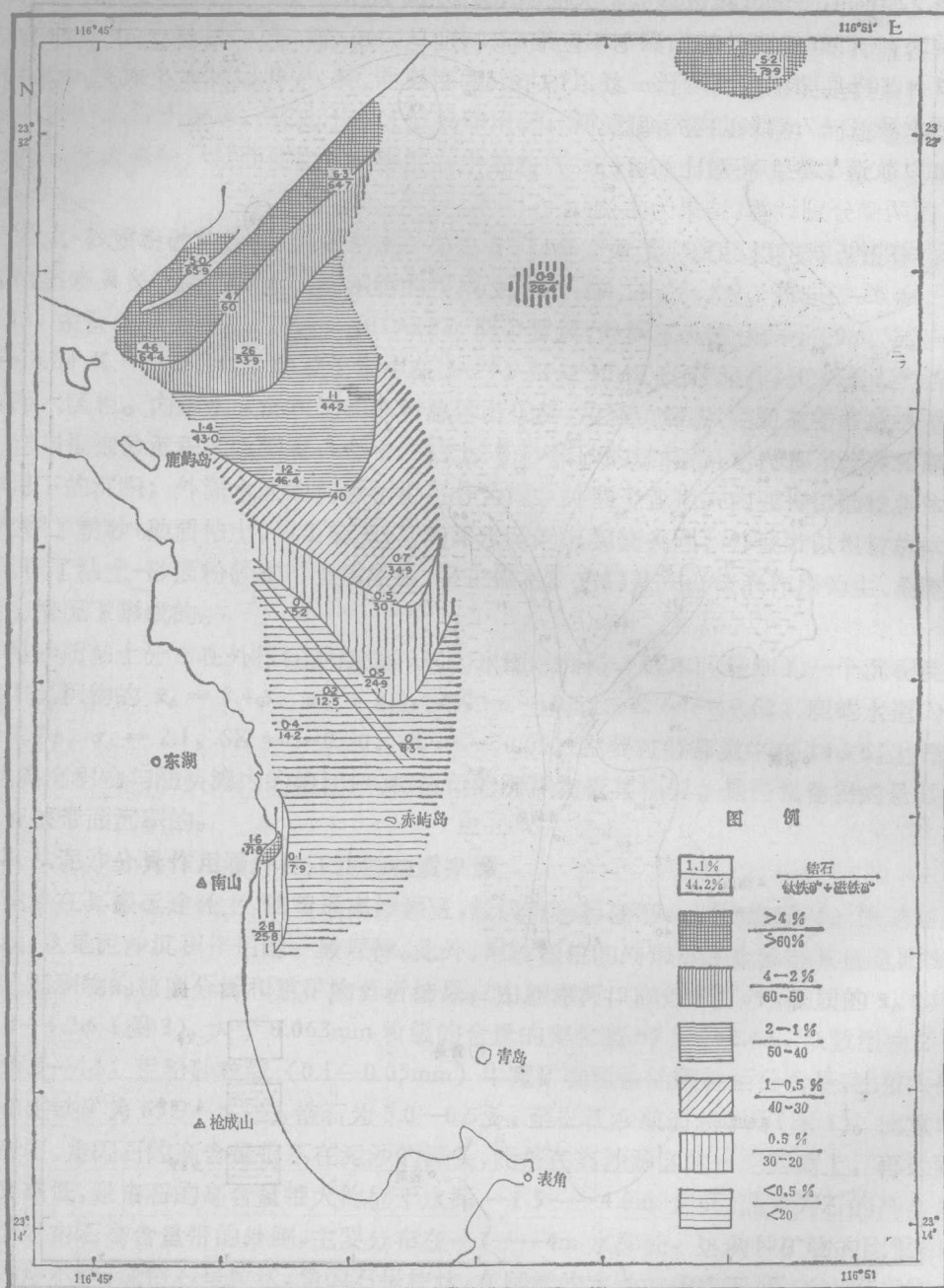


图4 铁矿石和磁铁矿、铅石分布图

4. 从海底地形的演变看外拦江沙的物质来源

海底泥沙的堆积或冲刷结果一定要在地形上表现出来。

根据1907, 1936, 1956, 1972和1979年5次测图的对比计算结果, 可见在 $166^{\circ}45'30''$ — $166^{\circ}48'0''$ E 和 $23^{\circ}16'0''$ — $23^{\circ}21'0''$ N 之间的 $3501 \times 10^4 \text{m}^2$ 海域内, 水深在不断淤浅, 各等深线都在向外推进(图5), 其中尤以-5m线推进得最快, 并且几乎以等速向前推进。

在前后 72 年间, -5m 线以内共扩大面积 $1379.9 \times 10^4 \text{m}^2$, 为对比海区总面积的 39.4%。与此同时, -5m 线以外的面积则相应缩小, 特别是 -5m 线至 -7m 线之间, 共缩小面积 $1178.9 \times 10^4 \text{m}^2$, 很接近于 -5m 线以内扩大的面积, 而 -7m 线以外变化不大, 说明了泥沙主要淤积在 -7m 线以内的海区。

如以航道为界, 将对比海区分东、西两侧分别计算, 结果为东侧各等深线的推进速度比西侧要快。仍以 -5m 线的推进为例, 这 72 年间, 东侧扩大的面积为 $979.5 \times 10^4 \text{m}^2$, 占全区的 71.0%, 这表明泥沙主要淤积在航道的东侧。然而综观其历史演变, 与西侧比较, 东侧的淤积则有减速的趋势。例如, 东侧各个时期 -5m 线扩大的面积, 分别占全区的 82.0% (1907—1936 年) \rightarrow 70.4% (1936—1956 年) \rightarrow 70.0% (1956—1972 年) \rightarrow 32.5% (1972—1979 年), 依次减少, 反之西侧则有所加快。

按冲淤量计算 (表 1), 72 年间全区共淤积 $4040.6 \times 10^4 \text{m}^3$, 其中东侧 $3528.0 \times 10^4 \text{m}^3$, 占 87.3%, 平均淤积速度为 0.023m/a , 为全区平均淤积速度的 1.43 倍, 这更有力地说明泥沙主要淤积在东侧。但与西侧比较, 按冲淤量计算, 也说明东侧有减速的趋势。东侧的冲淤量各占全区的 102% (1907—1936 年) \rightarrow 92.2% (1936—1956 年) \rightarrow 东冲、西淤 (1956—1972 年) \rightarrow 78.9% (1972—1979 年)。这些比例数字说明, 1936 年以前 (当时东西两侧 -5m 线彼此是分开的), 新津溪入海泥沙集中淤积在东侧, 西侧未受到影响, 反而有微量的冲刷。但到 1936 年以后 (这时的 -5m 线已连接起来), 随着待狎金浅滩的淤积扩大和沙咀的延伸, 由东侧运往西侧的泥沙逐渐增多, 因此比较而言, 西侧的淤积速度

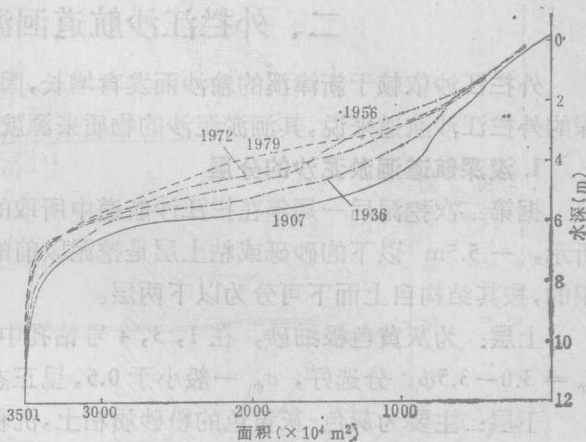


图 5 对比海区不同水深面积变化

表 1 冲淤量计算表

时 段	1907—1936	1936—1956	1956—1972	1972—1979	1907—1979
全区冲淤量 (10^4m^3)	1687.8	1696.4	-113.3	768.2	4040.6
东侧冲淤量 (10^4m^3)	1720.9	1564.4	-343.8	606.4	3528.0
东侧冲淤量/全区冲淤量 (%)	102.0	92.2	东冲、西淤	78.9	87.3

也开始越来越快。1956—1972 年间, 全区 -4m 以内和航道东侧都出现了明显的冲刷, 但 -4m — -6m 之间和西侧仍然在淤积。在此期间, -4m 线内冲刷了 $381.4 \times 10^4 \text{m}^3$, -4 至 -6m 之间淤积了 $287.8 \times 10^4 \text{m}^3$, 东侧冲刷 $343.8 \times 10^4 \text{m}^3$, 西侧淤积 $230.6 \times 10^4 \text{m}^3$, 总的结果是全区冲刷了 $113.3 \times 10^4 \text{m}^3$, 说明这一时期河流来沙不丰, 海底斜坡遭受波浪的改造, 导致岸坡上部的泥沙移入下部, 东侧的泥沙移往西侧。海底受冲刷的原因可能是由于 1958 年前后, 韩江中上游兴建的大量水利工程截住了大部分泥沙入海; 1969 年 6903 号

台风引起的风暴潮对海滩的冲刷作用也是不可忽视的因素。综上所述,不管是淤积或是冲刷,上述海底地形的变化趋势都表明泥沙是从东侧运往西侧的,这又证明外拦江沙地区的物质来源主要是新津溪的人海泥沙。

二、外拦江沙航道淤积泥沙的来源

外拦江沙依赖于新津溪的输沙而发育增长,因此其物质来源是新津溪。而对于人工加深的外拦江沙航道来说,其淤积泥沙的物质来源就不一定完全直接依赖于新津溪的输沙。

1. 浚深航道淤积泥沙的分层

据第二次挖泥后一周年在拦江沙航道中所取的4个柱状样品的分析,其结果如图6所示, -5.5m 以下的砂砾或粘土层是挖泥以前的残留沉积物,其上部则是挖泥以后淤积的,按其结构自上而下可分为以下两层。

上层:为灰黄色极细砂,在1,3,4号钻孔中的厚度分别为56,7,76cm,沉积物的 $\bar{x}_\phi = 3.0-3.5\phi$,分选好, σ_ϕ 一般小于0.5,呈正态或正偏态分布, $SK = 0-0.02$ 。

下层:主要为灰色-灰黄色的粉砂质粘土,沉积物的 $\bar{x}_\phi = 6.3-7.3\phi$,分选差, σ_ϕ 均大于2.0,呈正偏态, $SK = 0.05-0.25$ 。但在航道中段的3号钻孔中,粉砂质粘土与极细砂成互层,极细砂与上层岩性相同,总厚度83cm,粉砂质粘土的合计厚度为36cm,极细砂47cm。航道内、外段的1,4号钻孔只沉积粉砂质粘土,其厚度分别为18和11cm。位于航道边坡上的2号钻孔全部沉积了极细砂,故未分层。

上述泥沙沉积层序看来与季节性的泥沙运动特点有关。

2. 不同季节表层沉积物与垂直分层沉积物的比较

将上述钻孔中各层沉积物与1979年8月和12月在航道所取的代表夏、冬季的表层样品以及在榕江口、梅溪口附近所取的表层沉积物的分析结果,用累积曲线作比较(图7),可以看出,航道夏季表层沉积物(浚深后头两个月沉积的)与榕江口、梅溪口的沉积物俨如一体;而钻孔中的极细砂则与待狎金沙咀的表层沉积物很近似,只因钻孔中混入部分贝壳碎片,使其大于 3ϕ 粒级的含量偏高一些;钻孔中的粉砂质粘土与航道冬季的表层沉积物则介于前两者之间。这说明钻孔中的极细砂与待狎金沙滩的沿岸输沙有关,而粉砂质粘土层则与河流输出的悬移泥沙和沿岸输沙有关。

本区的外动力除经常性的潮流作用外,主要是波浪的作用。冬季的波浪作用强度大于夏季。据计算,冬半年(10月一次年3月)的沿岸输沙量为夏半年(4-9月)的三倍,而河流输沙主要集中在夏半年(占89.2%)。上、下层沉积物的岩性与厚度的差异性变化,反映了不同季节动力、泥沙运动的特点和不同物质来源的影响强度。因此,可以认为钻孔中的下层沉积物属于夏半年的9月份以前沉积的,其上层则属于冬半年沉积的。这在地形变化上也有所反映。

浚深航道的长度约3120m,底宽80m,按泥沙淤积的强度可分为内段(1360m)、中段(720m)、外段(1040m)。根据1979年7月3日第二次的挖泥竣工图与同年9月3日和次年4月的测图比较,9月3日以前航道的内、中、外段平均各淤积了31,65,28cm,与上述钻孔下层所代表的各段沉积厚度是对应的,都是中段>内段>外段;9月3日至次年4月,内、中、外段平均各淤积了36.8,11.5,40.4cm,与上述钻孔的上层的极细砂层的厚

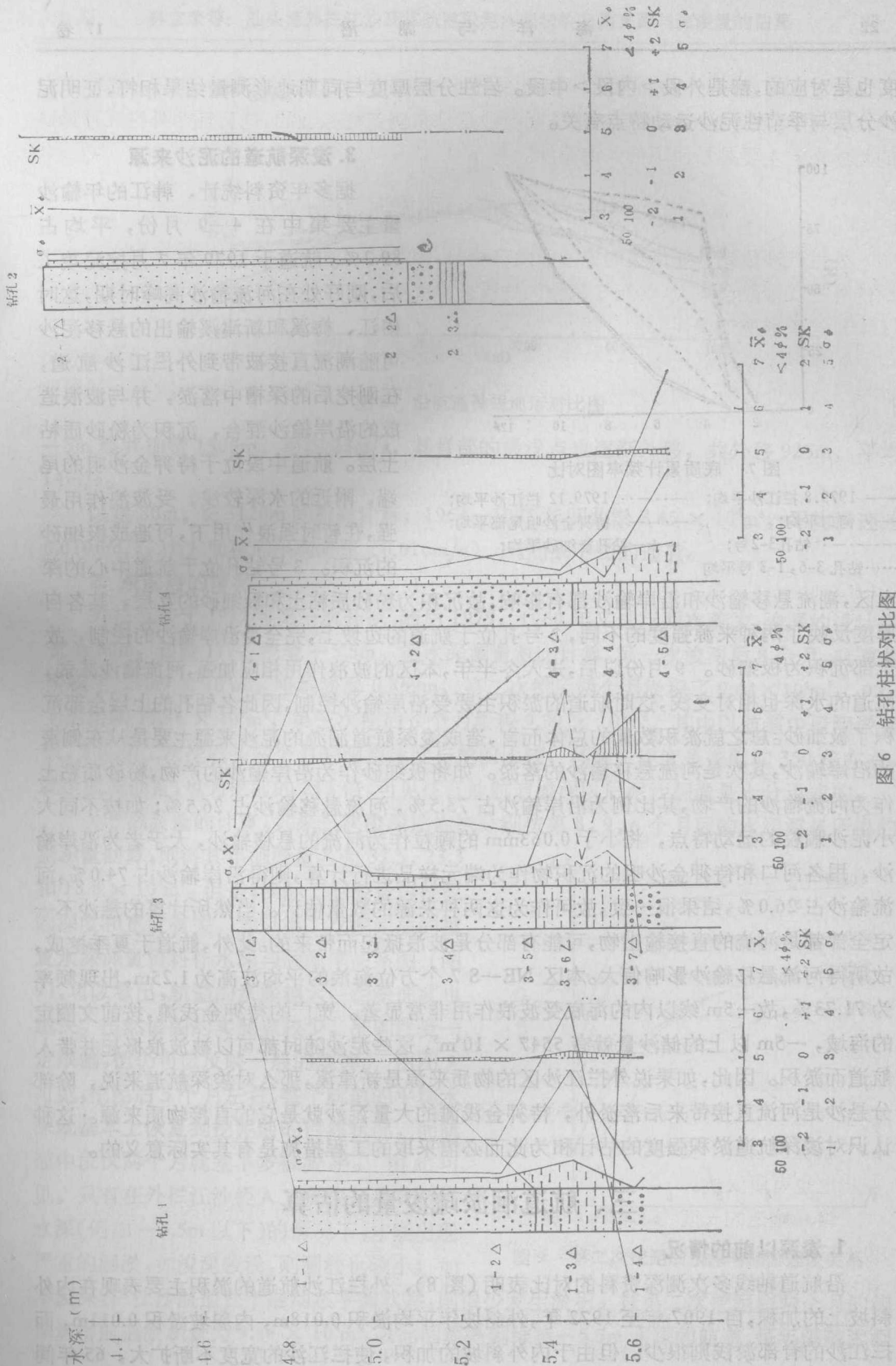


图 6 钻孔柱状对比图

度也是对应的,都是外段>内段>中段。岩性分层厚度与同期地形测量结果相符,证明泥沙分层与季节性泥沙运动特点有关。

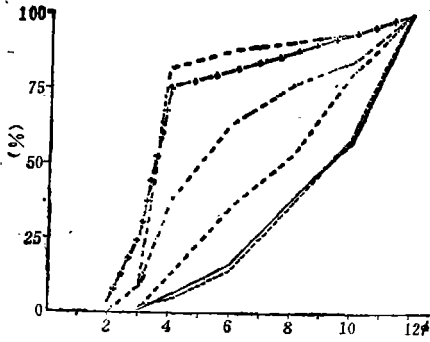


图7 底质累计频率图对比

—— 1979.8 拦江沙平均; - - - - 1979.12 拦江沙平均;
 - - - - 河口平均; - · - · - 待狎金沙咀尾部平均;
 - · - · - 钻孔3-2号; - + - 钻孔极细砂平均;
 ····· 钻孔3-6, 1-3号平均

3. 浚深航道的泥沙来源

据多年资料统计,韩江的年输沙量主要集中在4—9月份,平均占89.2%。航道于1979年7月挖泥竣工后,刚好处在河流输沙高峰时期,这时榕江、梅溪和新津溪输出的悬移泥沙可随潮流直接被带到外拦江沙航道,在刚挖后的深槽中落淤,并与波浪造成的沿岸输沙混合,沉积为粉砂质粘土层。航道中段位于待狎金沙咀的尾端,附近的水深较浅,受波浪作用最强,在暂时强浪作用下,可造成极细砂的沉积。3号钻孔位于航道中心的深水区,潮流悬移输沙和沿岸输沙都有影响,故沉积为粉砂质粘土和极细砂的互层,其各自厚度反映了两种来源强度的不同,2号孔位于航道的边坡上,完全受沿岸输沙的控制,故全部沉积为极细砂。9月份以后,进入冬半年,本区的波浪作用相应加强,河流输沙减弱,航道的水深也相对变浅,这时航道的淤积主要受沿岸输沙控制,因此各钻孔的上层全部沉积了极细砂。总之就淤积数量的总体而言,造成浚深航道淤积的泥沙来源主要是从东侧来的沿岸输沙,其次是河流悬移输沙的落淤。如将极细砂作为沿岸输沙的产物,粉砂质粘土作为河流输沙的产物,其比例为沿岸输沙占73.5%,河流悬移输沙占26.5%;如按不同大小泥沙颗粒的运动特点,将小于0.063mm的颗粒作为河流的悬移输沙,大于者为沿岸输沙,用各河口和待狎金沙咀的沉积物作为端元样品进行计算,则得沿岸输沙占74.0%,河流输沙占26.0%,结果很一致,故可作为这两种来源的数量估计。当然所计算的悬沙不一定全部都是河流的直接输出物,可能有部分是波浪掀起而带来的。此外,航道于夏季挖成,故所得河流悬移输沙影响偏大。本区NE—S7个方位海浪的平均波高为1.25m,出现频率为71.73%,故-5m线以内的海底受波浪作用非常显著。宽广的待狎金浅滩,按前文圈定的海域,-5m以上的储沙量就有 $5547 \times 10^4 \text{ m}^3$,这些泥沙随时都可以被波浪掀起并带入航道而淤积。因此,如果说外拦江沙区的物质来源是新津溪,那么对浚深航道来说,除部分悬沙是河流直接带来后落淤外,待狎金浅滩的大量泥沙就是它的直接物质来源。这种认识对浚深航道淤积强度的估计和为此而必需采取的工程措施是有其实际意义的。

三、航道淤积疏浚量的估算

1. 浚深以前的情况

沿航道轴线多次测深资料的对比表明(图8),外拦江沙航道的淤积主要表现在内外斜坡上的加积,自1907年至1972年,外斜坡年平均淤积0.018m,内斜坡淤积0.011m,而拦江沙的脊部淤浅则很少。但由于内外斜坡的加积,使拦江沙的宽度不断扩大,65年间

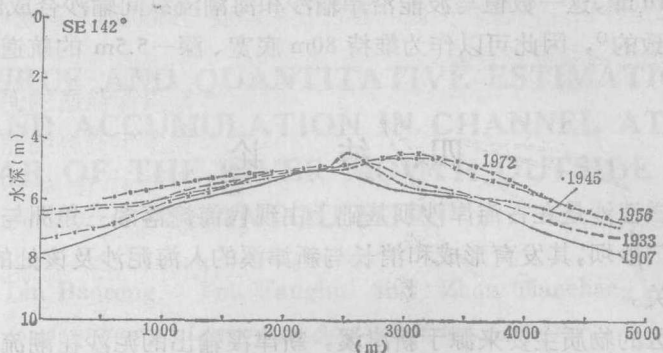


图8 沿航道轴线地形对比图

—5m 线共加宽 1500m, 平均 23m/a, 其脊部的最浅点也逐渐外移, 共外移 925m, 平均 14m/a。

以宽 80m, 长 3120m 的航道计算, 1964—1977 年间共淤 $3.45 \times 10^4 \text{m}^3$, 平均淤速为 0.0106m/a, 比大面积的平均淤速 (0.016m/a) 小, 而成下凹的通道。

2. 浚深后的情况

外拦江沙于 1977 年第一次开挖, 随后 1979, 1980 年又进行两次疏浚, 浚深的设计底宽为 80m, 边坡 1:7, 挖至 -5.5m。据水深测量对比计算, 第一次浚深后 8 个月, 航道共淤积了 $21.69 \times 10^4 \text{m}^3$, 平均淤厚 0.869m, 第二次挖后两个月淤积了 $9.44 \times 10^4 \text{m}^3$, 9 个月后淤积 $17.46 \times 10^4 \text{m}^3$, 第三次挖后 6 个月淤积 $9.39 \times 10^4 \text{m}^3$ 。其中以航道中段淤积最快, 如以第二次挖后头两个月的淤积速度与挖前比较, 其淤积速度是挖前的 350 倍左右, 就全航道而言, 也为挖前的 213 倍, 可见拦江沙航道浚深以后泥沙淤积是十分迅速的。

关于淤积量的计算, 如果三次浚深后依次分别按第 8, 9, 6 个月后的水深测量所得的淤积量回算, 则得其年淤积量各为 32.5, 23.3 和 $18.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 。但是, 实际上淤积量与挖泥的深度和宽度有关, 如以第二次挖泥后的重复水深测量资料作水深与淤积率关系图 (图 9), 可以看出, 航道的水深越大, 淤积速度也越快。虽然该图的实测点较少, 准确性受一定限制, 但仍可以反映一般的规律。由图 9 可见, 挖泥后 5 个月左右, 整个航道的平均水深就基本上恢复到挖泥前的自然状况, 而航道中段仅两个月就差不多被淤平。由此可见, 只有在外拦江沙经人工疏浚至具有相当水深 (例如 -5.5m 以下) 的情况下, 才能出现严重的淤积, 如浚深较浅, 则淤积也较小; 如不浚深, 拦江沙航道处于准动态平衡状态, 则很少发生淤积。按第二次挖泥后两个月的测

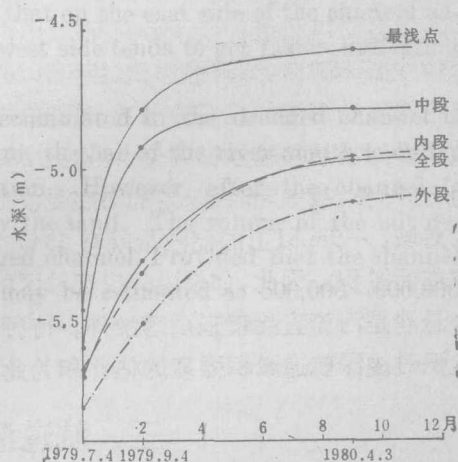


图9 第二次挖泥后水深与淤积速度关系

算算得航道淤积量为 $9.44 \times 10^4 \text{m}^3$, 以此回算得到维持 -5.5m 水深的航道, 每年需疏浚回

淤泥沙为 $56.6 \times 10^4 \text{m}^3$, 这一数值与波能沿岸输沙和海潮流纵向输沙合成结果的 $(50-60) \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 是一致的¹⁾, 因此可以作为维持 80m 底宽、深-5.5m 的航道洄淤疏浚量的估算。

四、结 论

1. 汕头港外拦江沙是在古海岸沙坝基础上由现代海湾落潮三角洲与新津溪河口三角洲叠加而成的拦门沙坝, 其发育形成和消长与新津溪的入海泥沙及该处的波浪, 海流和潮流的作用密切相关。

2. 外拦江沙区的物质主要来源于新津溪, 新津溪输出的泥沙在潮流和波浪的作用下自北向南运移, 后折向南偏西淤于外拦江沙, 并可跨越拦江沙航道运往西部浅滩。西南面的赤屿岛、东湖一带沿岸的冲刷物对外拦江沙影响不大。

3. 浚深以后的外拦江沙航道的泥沙回淤主要来自其东侧的沿岸输沙, 其次是河流悬移输沙的落淤。在自然的情况下, 拦江沙处于准动态平衡, 淤积缓慢的状态, 但由于待狎金沙滩的扩大和沙咀的延伸, 外拦江沙的宽度不断扩大, 最浅部向外迁移。

4. 外拦江沙航道浚深至 -5.5m 以下以后, 将出现严重淤积, 要维持 -5.5m 水深的航道, 每年的回淤疏浚量最大可估计为 $50-60 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。

参 考 文 献

- [1] 成都地质学院陕北队编, 1978。沉积岩(物)粒度分析及其应用。地质出版社, 第3页。
[2] Сафьянов, Г. А., 1978。Береговая зона океана в XX веке. Изд. «Мысль», стр. 33.

1) 详见“汕头港外江沙航道泥沙回淤调查研究报告”, 1982。

THE SOURCE AND QUANTITATIVE ESTIMATION OF THE SAND ACCUMULATION IN CHANNEL AT THE BAR OF THE RIVER MOUTH OUTSIDE SHANTOU PORT*

Lin Baorong, You Fanghu and Zhou Tiancheng

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

In this paper the sand sources of the bar at the river mouth outside the Shantou Port and the dredged channel are further discussed and the accumulation is calculated roughly based on other's studies and the data recently acquired. The results revealed that the bar at the river mouth outside Shantou Port just overlaps the modern ebb delta and the delta of the Xinjinxi River based on the ancient longshore bar. The development, growth and decline of it are closely related to the characteristics of the sand carried there from Xinjinxi River and by the wave and the tidal current.

The bar at the river mouth has turned to be declining after dredging a channel through it according to the sediment patterns. The volume of the sediment is on the decrease from the river mouth to the channel on the bar, and the heavy minerals can be divided into three zones: titanite, magnetite, zircon→epidote, hornblende→biotite in accordance with their specific gravities and shapes.

Its properties show that the sand was transported to the river mouth from the Xinjinxi River. Comparison of the historic charts (1907—1979) show that average annual accumulation in this area is about 560,000 m³, that on the east side of the channel accounts for 87.3%. However, accumulation on the west side tends to get faster, indicating that the sand was transported from east to west.

Various informations testify that the sand accumulated in the dredged channel is transported from shoal in the east side. At present, the bar of the river mouth is under a dynamic paraequilibrium with a slight accumulation. However, after the channel is dredged, the channel will be silted up gradually by the sand. The volume of the silt deposit is related to the width and depth of the dredged channel. Provided that the channel is 80 m wide and -5.5 m deep, the accumulation may be estimated as 500,000—600,000 m³/a.

*Contribution No. 1237 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.