

珠江口现代沉积速率与沉积环境*

陈耀泰

(河口海岸研究所)

摘要 采用历史海图分析对比、 ^{210}Pb 测年数据校核等方法,综合推算出珠江口不同地段的现代沉积速率。依据沉积速率大小和分布的特点,将珠江口划分出高速率沉积、快速率沉积、中速率沉积和慢速率沉积或稍有侵蚀等4个分区。再结合地形、动力和沉积特征方面的关系,又将该海区归纳为4大类沉积环境和8个亚环境。最后论述了高盐陆架水的上升作用对珠江口海区沉积环境的入侵和影响。

关键词 珠江口,沉积速率,沉积环境,陆架水入侵

1 前言

近几年,随着三角洲整治、航道港口建设、水产养殖以及海上石油勘探的开展,有关珠江口沉积的研究逐渐为人们所重视。所涉及内容主要为水文动力、沉积物粒度成分及结构构造特征等方面^[1~3]。本文在前人研究的基础上,根据作者在珠江口工作中所积累的认识,采用历史海图分析对比法,参照和考虑有关 ^{210}Pb 的测年资料,对该海区的沉积速率及其分区进行研究,并结合水动力条件及沉积化学、沉积生物、沉积物粒度成分等特征,对珠江口的现代沉积环境进行了综合探讨。

2 珠江口概况

珠江汇集西江、北江、东江后进入三角洲网河区,最后分由虎门、蕉门、洪奇沥、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门等八大口门注入南海。珠江口是上述八大口门与河口湾及湾内水域的总称。它北起虎门南至万山群岛附近(约25~30m水深)海域,东界香港西至上川岛,总面积约 $1 \times 10^4 \text{km}^2$ 。珠江口具有径流强、潮流较弱的特点。由于各江河及口门来水来沙的悬殊差异,以及河口地形及其他海洋动力因素的不同(见表1),而导致海区沉积速率的复杂多变与沉积类型及沉积环境的繁多。根据图1可归纳出珠江口形态及沉积物分布有如下3个主要特点。

本文1990年11月7日收到

• 国家自然科学基金资助项目

表 1 珠江口八大口门水文特征*

Tab.1 Hydrometric characteristics in eight mouths of the Pearl River

项 目	虎门	蕉门	洪奇沥	横门	磨刀门	鸡啼门	虎跳门	崖门	合计	
汇入的主要河流	东江、流溪河、北江部分	北江	北江、西江部分	西江	西江	西江	西江	潭江、西江部分		
径流特征	年径流量 ($\times 10^4 m^3$)	603	565	209	365	923	197	202	196	3260
	占总量 (%)	18.5	17.3	6.4	11.2	28.3	6.1	6.2	6.0	100.
	年输沙量 ($\times 10^4 m^3$)	658	1289	517	925	2341	496	509	363	7098
	占总量 (%)	9.3	18.1	7.3	13.0	33.0	7.0	7.2	5.1	100.
潮流特征	平均潮差 (m)	1.69	1.35	1.2	1.08	0.86	0.90	1.22	1.50	
	最大潮差 (m)	3.64	2.81	2.56	2.48	2.29	2.37	2.66	3.22	
	咸水上溯距离 (km)	76	34	30	18	20	20	25	44	
多年平均径潮比	0.26	1.74	2.16	2.75	5.78	2.95	3.56	0.31		
咸淡水混合类型	洪季缓混合、枯季强混合		洪季高度成层, 枯季缓混合				洪季缓混合、枯季强混合			
河口类型	潮流作用为主		河 流 作 用 为 主				潮流作用为主			

* 据文[4]改编

(1) 河口东、西侧是两个喇叭状海湾。东侧伶仃洋河口湾, 北起虎门向南发育成两条水深较大 (6~20m) 的川鼻—矾石水道 (伶仃洋东槽) 和伶仃水道 (伶仃洋西槽), 以及东、中两系列纵向水下浅滩 (伶仃洋东滩) 和沙坝 (伶仃洋中滩)。西侧黄茅海河口湾, 北自崖门向南形成一水深 5~11m 的潮道及水深小于 5m 的水下浅滩或拦门浅滩。潮道现代沉积多为砾砂、中粗砂、细砂等粒度较粗的物质, 水下浅滩和拦门浅滩以粉砂粘土占优势。

(2) 两河口湾间的沿岸地带是西、北江的主要分流口蕉门、洪奇沥、横门、磨刀门、鸡啼门和虎跳门的淤积带, 地形平缓广阔, 水深一般小于 5m, 沉积物主要为细砂



图 1 珠江口地形、沉积类型

Fig.1 Topographic and sedimentary types in the Pearl River mouth

和粉砂。

(3) 珠江口南端10m等深线附近, 水下地形有一明显坡折。坡折之南属南海内陆架北缘的浅海区。沉积物以粘土质粉砂和粘土质砂为主, 万山群岛附近见有中粗砂和细砂沉积分布。

3 珠江口的现代沉积速率

沉积速率系指由重力、沉积物及流体的物理、化学特性与动力环境相互作用而产生的单位时间内沉积物堆积的厚度。目前计算沉积速率的方法有多种。 ^{210}Pb 法是最近兴起和应用的测年新技术, 此法能直接较准确测定近几十年到百余年内的沉积速率, 但分析费用大, 要求样品采取和保管的技术条件较高, 暂时还难以广泛采用。目前获得的有限数据, 还不能全面系统地反映珠江口现代沉积的规律, 对局部区段仅能起到校核控制性的作用。历史海图分析对比法现时仍不失是直接求算河口三角洲沉积速率既较准确又较灵活简便的一种方法。

3.1 沉积速率的求算

采用历史海图求算沉积速率, 首先根据海图测量精度较高, 其前后年代间隔合理(河口三角洲一般为10~50年)的原则选好图件。本文选用了珠江口海区1:10000、1:30000、1:50000、1:100000的中日版海图以及1:30000、1:50000美版海图共58幅。第二, 把珠江口海区划分为内伶仃洋、磨刀门、鸡啼门、黄茅海和外伶仃洋5个分区, 把海图划分为1856年、1901年、1936年、1949年、1950年、1954年、1956年、1974年、1977年、1988年等10个时段, 分别采用代表剖面面积分析对比法进行冲淤变化的量算, 求算出各分区历史海图分析对比法的沉积速率。最后参照 ^{210}Pb 法测出的数据及考虑有关沉积速率的一些定性方面的依据, 综合推算出各分区的平均沉积速率(表2)。

表2 珠江口海区沉积速率求算

Tab.2 Calculation of sedimentary velocity in the Pearl River mouth

项 目	内 伶 仃 洋					磨刀门	鸡啼门	黄茅海	外伶仃洋	合计
	东滩	东槽	中滩	西槽	西滩					
历史海图分析对比法	1954~1975					1964~1977	1964~1977	1939~1977	1954~1975	
淤积量($\times 10^4\text{c}$)	2600					590	210	950	1040	5390
沉积速率(cm/a)	1.5~2.5					2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~1.8	0.5~1.0	
	0.5~1.5	1.5~2.7	1.0~2.0	5.4~7.0	1.0~5.0					
^{210}Pb 法	3.31 (A_1)		9.11 (A_3)					1.70 (A_7)	1.16 (A_4)	
沉积速率(cm/a)	2.98 (A_2)							2.17 (A_6)	2.32 (A_5)	
平均沉积速率(cm/a)	1.0	2.1	1.5	6.2	2.5	2.5	2.3	1.5	0.5~1.0	

3.2 现代沉积速率分区

根据沉积速率的不同及其分布的特点，把珠江口划分成 4 个不同的现代沉积速率区（图 2）。

3.2.1 高速率沉积区 平均沉积速率 $>2.5\text{cm/a}$ ，分布于伶仃洋西滩至磨刀门和虎跳门的西、北江主要分流河口的弧形淤积带。其中伶仃洋西滩北段（蕉门、洪奇沥和横门三口门附近）沉积速率高达 $3.0\sim 5.0\text{cm/a}$ ，而南段仅有 $1.0\sim 2.0\text{cm/a}$ 。磨刀门口外浅海湾沉积速率 $2.0\sim 3.0\text{cm/a}$ ，局部地段高达 $4.0\sim 5.0\text{cm/a}$ ，为珠江口现代沉积作用是最为活跃之地段。

3.2.2 快速率沉积区 沉积速率 $2.5\sim 1.5\text{cm/a}$ ，见于河口海区东、西侧两个喇叭状的河口湾，以及内伶仃岛以南 5~10m 等深线之间的海域，内伶仃岛附近及局部潮道的浅段沉速较大。

3.2.3 中速率沉积区 包括伶仃洋东滩及外伶仃洋的广大海区，平均沉积速率 $1.5\sim 0.5\text{cm/a}$ 。

3.2.4 慢速率沉积或稍有侵蚀区 分布于 20~30m 深的海域，沉积速率 $0.5\sim 1.0\text{cm/a}$ ，万山群岛附近局部地段出现侵蚀冲刷现象，沉积速率约为 -0.2cm/a 。

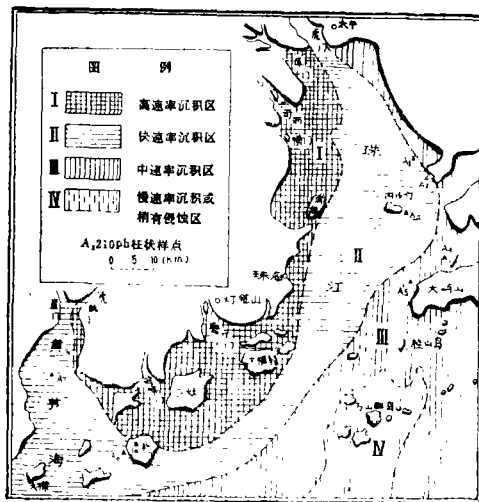


图 2 珠江口现代沉积速率区示意图

Fig.2 Sub-sections of modern sedimentary velocity in the Pearl River Mouth



图 3 珠江口沉积环境图

Fig.3 Sedimentary environments in the Pearl River Mouth

4 珠江口的现代沉积环境

根据沉积速率大小、分布及其与地形、动力、沉积物成分和沉积化学、生物等的相关特性，把珠江口海区综合划分成下述几类沉积环境（表 3、图 3），并对其主要特征作概要的描述。

表3 珠江口海区现代沉积环境特征

Tab.3 Characteristics of modern sedimentary environments in the Pearl River mouth

项目	三角洲前缘区 (I)	前三角洲区 (II)	河口湾区 (III)	陆架海区 (IV)
分布范围	河口沙坝 (I ₁)、洪奇沥、磨刀门和磨刀门的口门附近 水下叉道 (I ₂)、分流间海湾 (I ₃)、前缘加积带 (I ₄) 河口沙坝、磨刀门与磨刀门之间、磨刀门与崖门之间、河口沙坝外缘	介于 (I)、(II)、(IV) 之间	伶仃洋、黄茅海的中部 伶仃洋、黄茅海之间的东北或两侧 伶仃洋东岸与黄茅海西岸	珠江口10m等深线以外
平均水深 (m)	1~3 3~10 ≤5 5~10	5~15	5~30 1~5 3~5	>10m
水动力特征	径流作用为主, 单层的水动结构	径流、潮流混合作用	潮流、径流混合作用, 潮流作用为主, 双层的水动力结构	潮流、冲淡水流及深层陆架水作用, 三层的水动力结构
沉积化学	有机质含量 (%) 磷酸盐比值 (Ca/Ca+Fe) pH	1.2~1.6 0.08~0.33 7.4~7.6	1.6~2.0 0.22~0.65 7.4~7.6	1.2~1.6 >0.80 7.6~7.8
沉积生物	有孔虫 介形虫 红树林	Brizalina striatula Ammonina annectens Sinacytheridea latiovata-Legumicythereis hodgii 组合	Scutulovis sp.-Nonion sinensis 组合 Ammonia confertitesta-Nanon sinensis 组合 潮坪有红树林 Braguietragymnorhiza Aricecchia marina, kandelia candela 等生长	Ammonia annectens -Brizalina 组合, 个体有 Miliolina, Nodocavata, Bulminacca
底质类型及主要成分	FS FS CMS FST-Y TY 3~4%, 主要有磁铁矿、钛铁矿、褐铁矿、锆石、电气石以及特征成分铁质浑圆物 高岭石、伊利石 高岭石-绿泥石-伊利石	TY, YS 2~3% 磁铁矿、钛铁矿、褐铁矿、锆石、电气石 介于 (I)、(II) 之间	SG, MCS, TY FS, S-TY TY TY 1~3% 主要有云母、钛铁矿、褐铁矿、重晶石 高岭石、绿泥石、伊利石 高岭石-伊利石-绿泥石	FS, MCS, YS 1% 左右, 云母、钛铁矿、磁铁矿及特征矿物海绿石 伊利石、伊利石-绿泥石-高岭石
平均沉积速率 (cm/a)	>2.5 3.0~5.0 1.5~2.0 1.5~2.5 1.0~2.5	1.0~2.0	1.0~2.5 1.0~7.0 1.5~2.5 1.0~2.0 0.5~1.5	侵蚀 0.5~1.0

4.1 三角洲前缘区(I)

分布于伶仃洋西北侧至黄茅海东侧,大约5m等深线以内的沿岸地带。西、北江的主要水、沙经这里的六大分流口入海。径流作用强劲,沉积速率最大。沉积物粒度最粗($Md\phi = 1 \sim 5$),重矿物种类多含量高,并出现铁质浑园物的特征成分。粘土矿物以高岭石含量最高。广盐种属的有孔虫。本区可进一步分出4个亚环境:

(1)河口沙坝(I_1)。出现于口门附近。平面呈指状,沉积物主要为细砂,其中值粒径 $Md\phi 2.5 \sim 3.7$,分选系数 $QD\phi < 0.6$,概率累积曲线一般为推跃悬三段型,频率曲线多呈单峰型。这些粒度较粗、分选较好的泥沙随径流和落潮流由分流口以喷射流的形式进入河口湾后,由于自身的重量、流速的骤减使挟沙能力下降,不断产生机械分异而沉降,而在口门附近分别形成伶仃洋西部浅滩和磨刀门口外浅滩。前者平均沉积速率为 $3 \sim 5 \text{ cm/a}$,口门向海延伸速度平均达 $80 \sim 120 \text{ cm/a}$ 。后者局部地段沉积速率高达 $4 \sim 5 \text{ cm/a}$,口门向外延伸速度平均达 $100 \sim 130 \text{ m/a}$ 。

(2)水下义道(I_2)。位于河口沙坝之间,为陆上河流的水下延伸体,从整体看,处于河口沙坝内坡的义道,一般随着三角洲的向海伸展其深弘也向海拓展。如磨刀门5m深槽于1883~1977年的94年间向海推进约 32 km^1 ,平均速度为 32 m/a 。沉积物以粒度较粗($Md\phi = 0.5 \sim 2.0$)、分选中等($QD\phi = 1.4 \sim 2.2$)的中粗砂为主。处于河口沙坝外坡的义道,由于潮流顶托使水动力变弱,细砂级泥沙淤积严重而表现出逐渐的淤浅萎缩。

(3)分流间海湾(I_3)。如前所述,下泄的细砂组分于口门附近沉降形成河口沙坝,粒度较细的($Md\phi = 3.4 \sim 7.4$)粉砂和粘粒组分继续向口外扩散,淤积于砂体的外围,形成所谓“分流间海湾”沉积,沉积速率一般较河口沙坝小。

(4)前缘加积带(I_4)。呈弧形带状沿岸展布,是一种潮汐与河流相互作用的沉积环境。由于水动力的进一步衰减以及絮凝作用加强,粉砂粘土级组分不断向海方落淤迭置,加积于河口沙坝的外坡或海底,其垂直层序常见有粉砂—粘土互层,显示出季节沉积的特性。

4.2 河口湾区(II)

出现于珠江口东、西侧的两个喇叭状海湾,平均沉积速率 $1.0 \sim 2.5 \text{ cm/a}$ 。前者稍大于后者。本区动力沉积总的特点有:①潮流、径流相互作用,以潮流作用为主;②拦门浅滩大致出现于河口湾的湾腰部位。洪季其北侧,以河流作用为主。湾腰处则位于咸淡水交混区限,而河口湾的南端深槽底部受到南海高盐陆架水的入侵和影响。枯季径流锐减,盐水可分别入侵到狮子洋和银洲湖;③沉积物以粉砂粘土为主。有孔虫含量较高,多为广盐种属。重矿物以云母类含量最高,并偶见有海相的黄铁矿、重晶石产出;该区还可细分出下述4个亚环境。

(1)潮道(II_1)。分布于两河口湾的中部,它是潮流进出海湾的主要通道。蚀淤状态因动力环境差异而各处不一。位于拦门浅滩南侧和北侧,水深 $10 \sim 30 \text{ m}$ 的涨、落

1)罗章仁等。龙滩水电工程对珠江三角洲生态和环境影响研究。中山大学环境科学研究所、地理学系编,1989。49~83

潮冲刷槽。如伶仃洋的川鼻深槽及其东南的暗士顿—急水门深槽,底质多为分选较差($QD\phi = 2.2 \sim 3.0$)、并经粗化的砾砂、中粗砂的蚀余堆积或基岩;水深小于10m的浅段潮道,则为涨、落潮细颗粒泥沙($Md\phi = 7 \sim 8$)的淤积地段。如伶仃洋西槽中、南段淤积严重,平均沉积速率高达 $5.4 \sim 7.0 \text{ cm/a}$ 。黄茅海西槽现只能靠疏浚维持通航。

(2) 潮流沙坝(Ⅱ₂)。主要见于两河口湾的东北部,呈纵向排列,走向大致与潮流方向一致。由细砂、砂-粉砂质粘土组成。当落潮水流远离河口时,于潮道的侧向上流速迅速减弱,由下泄流挟带的或冲刷潮道而来的泥沙堆积于潮道两旁而形成沙坝。

(3) 水下浅滩(Ⅲ₃)。介于潮道之间或两侧,水深 $3 \sim 5 \text{ m}$,为咸淡水高度混合的环境。在潮汐与絮凝的作用下,广泛沉积了大量中值粒径 $Md\phi > 8$ 的粘粒组分。平均沉积速率 $1.0 \sim 2.0 \text{ cm/a}$,尤以内伶仃岛附近沉速最大,平均高达 $2.0 \sim 3.0 \text{ cm/a}$ 。显示出河口湾的湾腰地段系沉积作用较活跃的环境。

(4) 潮坪(Ⅳ₄)。呈带状分布于伶仃洋的东岸和黄茅海的西岸,受潮汐涨、落所控制,涨潮淹没落潮出露。潮坪以枯季淤积最为显著,哪些洪季落淤于河口前缘斜坡的粉砂或粘土,因枯季潮流作用增强而被冲刷重新悬浮,再由潮流和随陆架水入侵带到河口潮坪区段沉积。

4.3 陆架浅海区(Ⅳ)

珠江口海区10m等深线之外区域为南海内陆架北缘的浅海区。区内除受冲淡水流、潮流等作用外,主要还受到深层陆架水的入侵和影响。深层陆架水终年存在于香港以南60海里50m水深处^[6],为一高盐(盐度34.5‰)低温(水温 22°C)的水体。当夏季表层陆架水因珠江泄出大量淡水而退向海外时,深层陆架水则向岸运动产生上升流。伶仃洋夏季测流资料表明,其前锋可伸入到河口湾中心腹地,大致内伶仃岛以南、10m等深线以外广大海区均受到此水体的入侵和影响。深层陆架水的向岸运动加大了底层涨潮流的流速,强大的上溯水流可以把下泄流带出的部分悬浮泥沙沿底部搬回到河口湾区域内沉积,甚至可以冲刷起已沉积于床底的泥沙使之再悬浮并向陆搬运。因此,受陆架水入侵控制的浅海地区(如外伶仃洋)淤积作用微弱,平均沉积速率为 $0.5 \sim 1.0 \text{ cm/a}$,沉积物为混合型的粘土质砂,其中值粒径 $Md\phi 2 \sim 3.5$,分选中等($QD\phi = 1.4 \sim 2.2$),累积概率曲多呈跃悬二段型。浅海的局部地区(如万山群岛附近),分布有残留的细砂、中粗砂沉积,其中值粒径 $Md\phi 0.7 \sim 2.5$,分选好($QD\phi = 0.6 \sim 1.4$),显示为一局部的侵蚀区。此外,该区的有孔虫以窄盐种属为主,常见有特征矿物海绿石的产出。粘土矿物中伊利石含量最高。表明该区较典型的海相环境,以及南海高盐陆架水的重大影响。

4.4 前三角洲区(Ⅰ)

介于三角洲前缘区(Ⅰ)、河口湾区(Ⅱ)及陆架浅海区(Ⅳ)之间,其动力条件和沉积特征均具有过渡沉积环境的属性。

5 小 结

(1) 珠江口现代沉积速率是以历史海图对比为主, ^{210}Pb 测年数据校核而综合推算出来的,因而具有较高的可信性,并能较切合实际地反映该区现代沉积作用特征及淤积状态。

(2) 一般认为, 珠江河口为个淤进型的河口湾。从NW向SE, 由陆至海, 依据沉积速率的大小和分布的特点, 可划分出高速率沉积、快速率沉积、中速率沉积和慢速率沉积或稍有侵蚀等4个现代沉积分区。现代沉积速率大小与河流作用成正相关, 而与潮流作用成负相关。

(3) 根据沉积速率及其与地形、动力和沉积特征的相关性, 把珠江口海区归纳为四大类沉积环境和8个亚环境。三角洲前缘区以河流作用为主, 是目前该区淤积最为严重的地区。河口湾区潮汐作用明显, 具有中速率的沉积环境。陆架浅海区受南海高盐陆架水的入侵与影响, 为一缓慢沉积或稍有侵蚀的海相环境。前三角洲区介于上述三区之间, 动力条件及沉积特征则具有过渡相沉积环境的属性。

(4) 南海高盐陆架水对近岸的上升作用, 对珠江口海区的沉积环境有着重要的影响^[7]。受陆水入侵控制的区域淤积作用微弱, 局部甚至出现侵蚀冲刷现象。而受陆架水体顶托影响的冲淡水区域沉积作用活跃, 淤积现象明显。

参 考 文 献

- 1 李春初等. 中国海岸现代沉积. 北京: 海洋出版社, 1984. 94~104
- 2 王文介. 沉积学报, 1985, 3(2): 129~140
- 3 莫理景. 珠江口海岸带和海涂资源综合调查研究文集(四). 广州: 广东科技出版社, 1986. 89~100
- 4 杨干然. 珠江口海岸带和海涂资源综合调查研究文集(四). 广州: 广东科技出版社, 1986. 101~105
- 5 张光威等. 海洋地质与第四纪地质, 1988, 8(3): 71~81
- 6 Williamson G R. Hydrographical and Weather of the Hong Kong Fishing Ground. Hong Kong Fisheries Bulletin, 1970(1)
- 7 李春初. 海洋科学, 1990, 13(3)

Modern Sedimentary Velocity and Sedimentary Environment in the Pearl River Mouth

Chen Yaotai*

Abstract Modern sedimentary velocity in different sections of the Pearl River Mouth is calculated mainly by analyzing and comparing historical sea charts, checking data of ^{210}Pb from survey years. According to Characteristics of velocity variations and distribution, the Pearl River mouth is divided into four sedimentary sub-sections. Then by considering topography dynamics and sedimentary characteristics, this section is again divided into four large sedimentary environment sections and eight sedimentary sub-environments sections. Lastly, shelf water's invasion and influence on sedimentary environment of this mouth is discussed.

Keywords Pearl River Mouth, sedimentary velocity, sedimentary environment, invasion of shelf water

* Institute of Estuary and Coast