

全新世以来珠江三角洲快速沉积体的初步研究

贾良文¹, 何志刚^{1,2}, 莫文渊¹, 吴超羽^{1*}

(1. 中山大学 近岸海洋科学与技术研究中心, 广东 广州 510115; 2. 广东天信电力工程检测有限公司, 广东 广州 510600)

摘要: 根据珠江三角洲代表性钻孔资料以及 PRD-LTMM 长周期“动力—沉积—形态”模型分析了珠江三角洲形成发育过程中的快速沉积现象, 提出了珠江三角洲快速沉积体的概念, 并且对典型快速沉积体的成因进行了初步分析。快速沉积体有明确的沉积环境和特定的沉积动力成因, 沉积速率为每年厘米级, 研究它可以深入地揭示珠江三角洲基本沉积单元的形成过程, 为探索珠江三角洲的形成、发育机制打下基础。初步发现的快速沉积体有古汇潮点快速沉积体、古涨潮射流快速沉积体和台地周边快速沉积体。研究结果表明, 快速沉积体的形成多与特定的地形边界条件下形成的中、小尺度动力结构有关, 具有高度的时空变化。掌握珠江三角洲地形边界的特点、变化过程及其作用下的中、小尺度动力结构是研究珠江三角洲快速沉积体的关键。

关键词: 珠江三角洲; 地形边界; 快速沉积体; 成因

中图分类号: P731

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2010)02-0087-09

1 引言

三角洲是河流注入海洋时在近岸所形成的复杂的沉积体系, 沉积速率是三角洲发育成长速度的定量指标。在各种沉积环境中沉积速率差异很大, 其中又以三角洲沉积速率最大。在垂直海岸的方向上, 自河口向外海沉积速率逐渐减小, 在河口砂坝最大, 在前缘斜坡次之, 在前三角洲最小。美国密西西比河河口砂坝与前三角洲的沉积速率分别为 30~45 和 0.30 cm/a, 相差 100~150 倍。沉积速率在三角洲的不同发育阶段也有变化, 在早期沉积速率较大, 可以达到每年数十厘米。在崇明岛厚达 10~15 m 的砂质“水下基座”形成的时间只有数百年, 然而各个部分相继出露水面连成统一的崇明岛却延续达千余年。在河口砂坝形成早期和晚期沉积速率的差异是异常明显的^[1]。Stefani 等^[2]研究了海平面、气候、人类活动在晚第四纪波河三角洲沉积演变和沉积结

构中的相互作用, 认为控制沉积的不同因素的相对重要性随时间而变, 因而沉积速率也变化较大。Steven 等^[3]在研究恒河—布拉马普特拉河水下三角洲时发现, 沉积速率在前积层最大, 达到了 5 cm/a, 在底积层减小, 小于 0.3 cm/a。黄镇国等^[4]将珠江三角洲分为不同的沉积区, 并根据 127~230 个有代表性的钻孔资料计算了各沉积区主要时段的沉积速率, 经计算, 整个珠江三角洲自海侵盛期(Q_2^{-1})以来的平均沉积速率为 2.52 mm/a, 沉积速率随时间加快, 近 2 500 a 的沉积速率比前 2 500 a 加快了 19.5%。在海侵前及海侵初期, 在靠近上游的区域沉积速率大, 在海侵之后高速区渐转到河口段。

由上述研究可见, 在三角洲内部, 由于控制沉积的因素随时间变化及在不同部位沉积动力的差异等, 故沉积速率有明显的差异, 时空不均衡性是三角洲沉积的普遍现象。

收稿日期: 2009-07-19; 修订日期: 2010-02-03。

基金项目: 珠江河口“门”的动力沉积研究(40176026); 珠江河口的“门”及其在三角洲末次海进以来的演进中的作用和数值模拟研究(40331007); 一个弱潮河口潮差沿程异常变化及其对河口动力场的影响(40676056)。

作者简介: 贾良文(1966—), 男, 江苏省涟水县人, 博士, 副教授, 主要从事河口海岸研究。E-mail: jialwen@126.com

* 通信作者: 吴超羽, 教授, 从事河口海岸研究。E-mail: eeswcy@m-aile.sysu.edu.cn

2 珠江三角洲沉积的独特性

珠江三角洲是个十分独特的三角洲,它主要由西江、北江、东江带来的泥沙在河口湾内充填而成,目前仍处在河口湾内发育,充填过程还在继续。湾内岛屿众多,三角洲内约有五分之一的面积是星罗棋布的丘陵、台地、残丘,其沉积不具有典型的三角洲的底积层和顶积层^[5]等沉积层序。密西西比河三角洲的冲决(crevasse)模式^[6-8]、长江三角洲^[9]和黄河三角洲^[10]等大河口的三角洲沉积发育模式不适用于珠江三角洲。

密西西比河三角洲和长江三角洲均在开敞环境中发育,地形边界的作用相对较小。密西西比河千年尺度和百年尺度的三角洲叶(delta lobe)或子三角洲(subdelta)是在不同时间主干河流反复冲决天然堤、河流改道而形成的一系列的三角洲沉积体,其子三角洲在空间上可以重叠,而在形成时间上一般不相同。长江近代三角洲可分为六期亚三角洲,各期从西向东依次退覆叠置,河口沙洲从西北向东南有规律地呈雁行排列^[11],其亚三角洲在空间上和时间上均按形成的先后顺序有序排列。

与密西西比河三角洲和长江三角洲不同,地形边界在珠江三角洲的发育过程中起到了重要的作用。由于古珠江河口湾复杂的边界条件,海洋动力

和河流动力受到重大的重塑,产生多种中小尺度沉积动力结构,沉积模式极其复杂,既有河口拦门砂体沉积、岛屿周边沉积、平行水道出口沉积,还有独特的‘门’的双向射流沉积,形成众多相对独立的沉积单元。其沉积单元可同时发展,互不重叠。例如,珠江三角洲中部平原由番禺平原、顺德平原和大鳌平原三个子平原组成,这些子平原在时间上基本是同时发展的,在空间上是相邻的沉积体,互不重叠^[12]。

由于地形边界的作用,珠江三角洲内部产生了很多中小尺度的动力结构,对应于这些动力结构往往形成快速沉积,使珠江三角洲沉积的时空不均衡性非常突出,这种时空不均衡性是三角洲地形边界、动力和泥沙运动等因素变化的反映,因此研究这种时空不均衡性对揭示珠江三角洲的形成发育规律具有重要作用。

3 珠江三角洲快速沉积体概念的提出和研究意义

3.1 珠江三角洲快速沉积体概念的提出

以珠江三角洲中部平原的代表性钻孔(见图1)碳-14测年数据对主要沉积体的沉积速率的时空差异进行了分析,根据各钻孔的碳-14测年资料计算的沉积速率见表1。

表1 代表性钻孔中沉积物的沉积速率

孔号	距今时间/a	沉积速率/mm · a ⁻¹	孔号	距今时间/a	沉积速率/mm · a ⁻¹
PRD01	3 930~2 160	0.23	PRD08	2 500~1 960	2.48
	7 657~3 930	1.18		2 690~2 500	2.98
PRD02	5 050~1 560	0.20		6 360~2 690	0.47
	7 250~5 050	0.44		8 760~6 360	0.45
PRD03	970~500	1.33	PRD09	1 120~970	12.23
	5350~970	0.63		4 200~1 120	0.26
	5 910~5 350	21.85	GG81	2 530~1 230	1.55
PRD04	6 330~5 910	2.48		4 250~2 530	3.11
	2 665~2 230	17.2		8 200~4 250	0.94
	3 050~2 665	2.77	PRD14	1 840~1 590	16.42
	3 710~3 050	9.44	PRD15	1 210~970	44.9
	6 050~3 710	1.42		7 930~1 210	0.16
PRD05	7 600~6 050	5.15		8 630~7 930	1.61
	2 995~2 355	8.16		8 780~8 630	9.72
	3 681~2 995	1.85		8 890~8 780	8.66
	5 185~3 681	0.49	PRD16	2 040~1 720	8.23
	5 530~5 185	3.50		2 520~2 040	5.79
	6 380~5 530	0.87		4 540~2 520	0.54
	7 630~6 380	2.53		7 460~4 540	0.26
7 925~7 630	17.2				

注:PRD 钻孔系列是中山大学近岸海洋科学与技术研究中心在研究关键部位的钻孔采样,其他钻孔资料为广州地理研究所李平日教授提供。

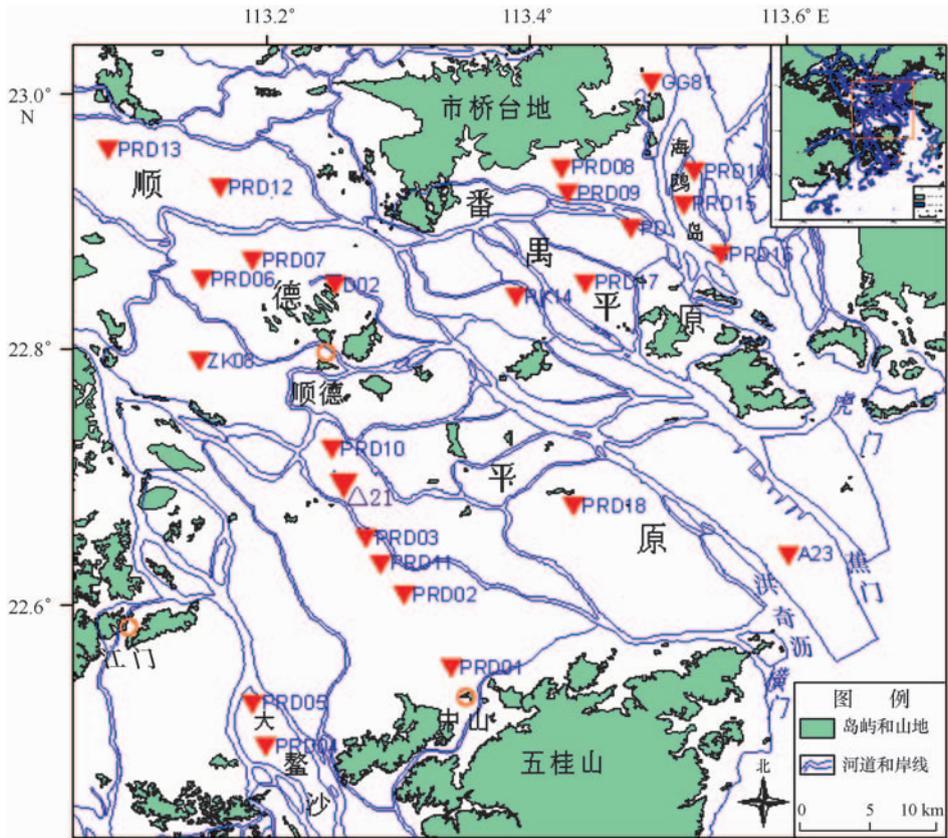


图1 钻孔分布图

从五桂山北麓平原的沉积速率看,自冰后期海侵以来在平原顶端沉积快。在 PRD03 孔距今 5 910~5 350 a 的平均沉积速率达 21.85 mm/a(见表 1),而在距今 5 350~970 a 的 4 380 a 仅沉积了 2.75 m,沉积速率仅为 0.63 mm/a。在平原中部的 PRD02 孔和南部的 PRD01 孔沉积速率都很小。

PRD05 孔和 PRD04 孔位于大鳌沙沉积体上。在 PRD05 孔距今 7 925~7 630 a 是明显的沉积高峰期,平均沉积速率达到了 17.2 mm/a,在 PRD04 孔距今 3 710~3 050, 2 665~2 230 a 是两个沉积高峰期(平均沉积速率为 9.44 mm/a 和 17.2 mm/a)。PRD05 孔和 PRD04 孔在空间上相距约 4 km,但是在相同时段上沉积速率有明显差异,沉积速率在垂向和水平方向上均有明显变化。

位于番禺平原北部、市桥台地南部的 PRD09 钻孔,在距今约 1100 a 前接受现代沉积,在距今 1 120~970 a 沉积速率达 12.23 mm/a,而在之前的 3 000 a 内(距今 4 200~1 120 a)沉积速率仅为 0.26 mm/a。在距该孔北部不远处的 PRD08 孔各时段沉积速率均较低。在番禺平原东部的海鸥岛上的 PRD15 号

钻孔,在距今大约 1 200 a 前接受现代沉积,而在距今 7 930~1 210 a 的约 6 700 a 时间里处于冲刷或者无沉积状态,自距今 1 200 a 以来快速沉积,沉积速率高达 45 mm/a。在 PRD16 孔距今 7 460~2 520 a 的沉积速率不到 0.5 mm/a,在距今 2 520~2 040 a 沉积加快,这一阶段的沉积速率为 5.79 mm/a;在距今 2 040~1 720 a 进入快速沉积阶段,这一阶段的沉积速率为 8.23 mm/a。

通过以上的论述可知,在珠江三角洲形成、发育过程中沉积体内有快速沉积过程,我们将这种快速沉积过程所形成的沉积部分称为快速沉积体(快速沉积体概念是笔者之一莫文渊提出的,个人交流)。吴超羽等^[12]在研究珠江三角洲中部平原形成演变机理中发现,大鳌沙涨潮三角洲、五桂山北麓边沿沉积体和磨刀门—古横门汇潮点沉积体均有快速沉积过程。珠江三角洲自海进盛期以来平均沉积速率仅为 2.52 mm/a^[4],而在上述的快速沉积阶段,沉积速率是珠江三角洲平均沉积速率的数倍甚至在 10 倍以上。快速沉积体是时空上相对的概念,是三角洲沉积时空不均衡性的突出表现。在时间上快速沉积

体的沉积速率比该处垂向上的平均沉积速率大,在空间上该处的沉积速率比同期珠江三角洲平均沉积速率大。从量级上看,年均沉积速率为厘米级。

本文提出的快速沉积体为百年至千年长时间尺度的概念,短时间尺度的动力过程如风暴潮等所形成的快速沉积可能包含在一些沉积体内。李平日等^[13]研究过珠江河口湾的全新世风暴潮沉积,发现在距今 6 000~2 000 a 时期海平面接近或已处于现今的位置,风暴潮沉积层出现的频率较低;自距今 2 000 a 以来风暴潮沉积层出现的频率明显增大,但是主要发生在现代珠江河口湾附近。因此,风暴潮沉积在本研究范围内出现频率的较低,即使存在,与在长期较稳定的动力作用下形成的快速沉积相比,风暴潮沉积的影响也不大。

3.2 珠江三角洲快速沉积体的研究意义

珠江三角洲由若干子平原组成,而子平原又由若干相邻的沉积单元或沉积体构成,沉积体是珠江三角洲最基本的建构单元,包含了具有不同沉积速率的沉积过程。快速沉积过程为各种沉积体形成的重要阶段,快速沉积体为各种沉积体如河口拦门沙、涨潮三角洲等沉积体的主要组成部分,因此认识这些基本沉积单元对研究快速沉积体是必须的。三角洲的沉积时空不均衡现象已被国内外研究者认识到和研究过^[1-4],这些研究多从大范围的沉积区进行比较,并且以描述和一般性分析为主,而针对具体沉积单元的研究成果还很少。从快速沉积体入手,不仅可以反演局部的沉积过程,而且通过对快速沉积体的时空关联分析,可以反演三角洲沉积过程的整体图像,为三角洲的研究提供新的视角。

快速沉积体有明确的沉积环境和特定的沉积动力成因。通过快速沉积体的研究可揭示沉积体的环境-作用-产物之间的内在联系,从而深入地揭示珠江三角洲基本沉积单元的沉积形成过程。只有对沉积体及伴随其形成的动力结构进行深入研究和积累大量资料,才可以为珠江三角洲沉积相的研究奠定坚实的基础,更真实地认识珠江三角洲形成演变的历史^[12]。快速沉积体的研究能帮助我们建立珠江三角洲的基本沉积相,从而为科学地概括珠江三角洲的沉积模式和探索珠江三角洲的形成、发育机制打下基础,可将前人的研究成果向前推进一步。

4 珠江三角洲典型快速沉积体成因初步分析

本文根据上述钻孔资料和 PRD-LTMM 长周期

“动力-沉积-形态”模型的输出结果对已发现的珠江三角洲典型快速沉积体的成因进行初步分析。模型以 EFDC(environmental fluid dynamics code)模型为基础,结合长周期模拟技术,将其进一步开发成应用于珠江三角洲长周期模拟的 PRD-LTMM 模型,采用正交曲线网格,空间步长为 200~500 m。基于重建的海侵盛期古珠江河口湾水下地形,以大于平均潮差约 12.5% 的 3 个代表潮为输入条件,以推延时间长度为 10 a 的潮汐延展技术为地形时间步长延长方法。有关模型的详细情况见文献^[14]。

4.1 五桂山北麓平原快速沉积体成因分析

根据钻孔资料分析,五桂山北麓 PRD03 孔附近约数十平方千米的区域在距今 6 000~5 000 a 时段内沉积速率大。

五桂山北麓平原基底地势南高北低,其代表性钻孔自南向北依次为 PRD01 孔、PRD02 孔、PRD03 孔和 $\Delta 21$ 孔(见图 2)。PRD03 孔的地面高程为 2.27 m(85 高程),总进尺 15.39 m,取心率为 85.5%。PRD03 孔沉积相序自下而上为河漫滩—浅海—潮下浅滩/滨岸—中潮坪/高潮坪—高潮坪。快速沉积层位于埋深 3.99~9.30 m 处,沉积物为灰色砂层,分选较差。沉积特征表明,本层形成于水动力相对比较强且动荡的潮下浅滩—滨岸。快速沉积使此处地形迅速抬高,水深变浅,在距今 5 000 a 之后水深大约已浅于 2 m,成为中潮坪、高潮坪,沉积速率变小。

仅从钻孔资料难以解释为什么只在 PRD03 孔附近的局部地区有快速沉积。我们从 PRD-LTMM 长周期模型输出结果进行分析。

根据长周期模型的输出结果,PRD03 孔在距今 5 910~5 350 a 成为高速沉积阶段,这主要与此处特定的沉积动力有关。图 3 和 4 为五桂山北麓附近距今 6 000 a 的流场。由这两幅图可见,从古磨刀门进入的涨潮流与从伶仃洋方向进入的涨潮流在五桂山北麓平原相汇,落潮流在平原顶端的 PRD03 孔位置附近分离,落潮流速减弱,加上地形阻挡,粗颗粒泥沙在平原顶端快速堆积。我们称之为古汇潮点快速沉积体。平原顶端到山麓间的地带无论是涨潮或落潮,流速都比较小,细颗粒的泥沙才能被涨落潮流输送到这一区域,因此 PRD02 和 PRD01 孔的沉积物沉积速率小,而且沉积物较细。

4.2 大鳌沙快速沉积体成因分析

现在的大鳌沙是西江磨刀门水道上的一个大沙

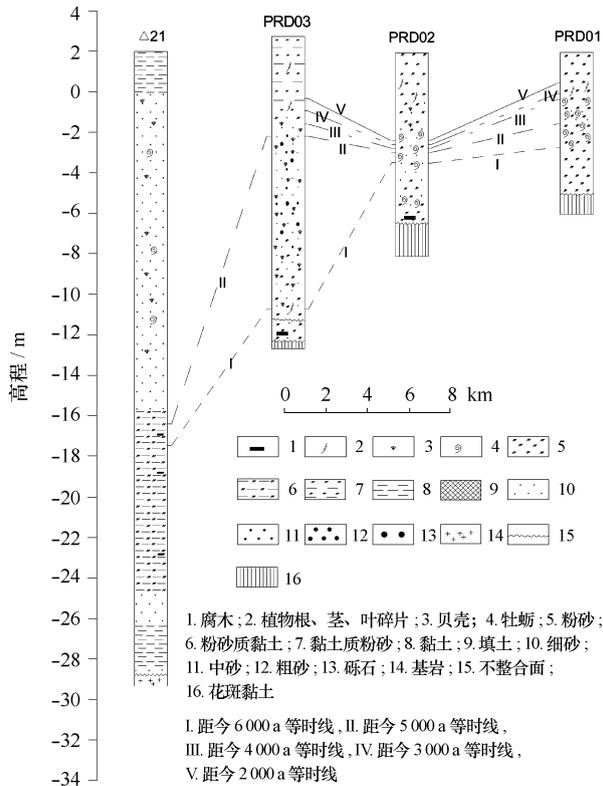


图2 五桂山北麓钻孔剖面图(85 高程)

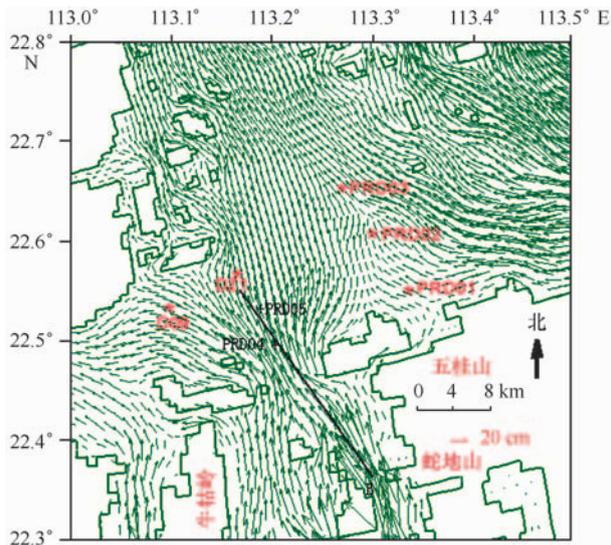


图3 距今 6000 a 涨急流场(引自文献[14])

洲,南北长 16.5 km,东西最宽为 4.5 km,位于古磨刀门的北端。本文以其上的 PRD04 孔和 PRD05 孔为代表对其沉积环境进行分析。

PRD04 孔快速沉积层位于埋深 3~15 m。该层为灰色-灰黄色粉砂、砂质粉砂、细砂-粉砂、中砂-细砂等,发育脉状层理、斜层理和水平层理。在埋深

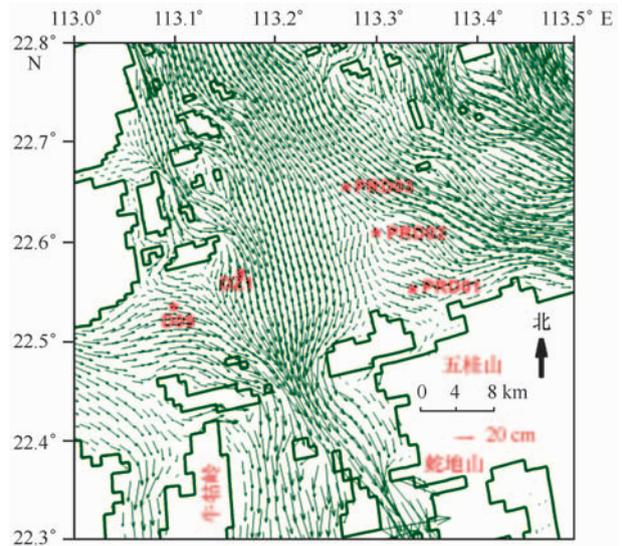


图4 距今 6000 a 落急流场(引自文献[14])

14.86~14.96 m, 8.85~8.95 m, 7.91~8.01 m 处碳-14 测年分别为距今 (3710 ± 110) , (3050 ± 100) , (2665 ± 100) a。从沉积物粒度、古生物、颜色反射率等方面综合分析,该层为河口砂坝沉积。在快速沉积时段内钻孔处位于古磨刀门河口位置。

PRD05 孔快速沉积层位于埋深 16~23 和 4~10 m 两个层段,在 16~23 m 层段沉积物为灰色粉砂,局部夹有细砂质粉砂和细砂-粉砂。在埋深 19.07~19.17, 17.01~17.11, 15.98~16.08, 15.00~15.10, 13.92~14.02 m 处碳-14 测年分别为距今 (7770 ± 215) , (7630 ± 185) , (7000 ± 155) , (6450 ± 180) 和 (6380 ± 135) a。根据沉积物和古生物等的分析,本层为浅海环境沉积。4~10 m 层段为灰色-灰黄色砂和粉砂质砂,多为中砂和细砂,发育脉状层理和斜层理。该层氧化程度高,反映水深变浅,在样品中均未发现有孔虫和介形虫。本层为河口砂坝沉积。

在距今 9000 a 前后现在的大鳌沙头北部为一以河流作用为主的热带大河口^[15],随海平面的进一步上升,在距今 8000 a 前后,大鳌沙附近被潮水淹没。在 PRD05 孔沉积快,在距今 7925~7630 a 沉积速率达到了 17.2 mm/a,而在同一时期 PRD04 孔的沉积速率要小很多,这可能是西江带来的泥沙和由涨潮流带来的泥沙在大鳌沙头北部相汇沉积,使该处沉积速率较大。

塑造大鳌沙的主要动力是古磨刀门双向射流系统。在距今 9000~4200 a 涨潮流出古磨刀门通道

口之后流速迅速减小,携带的泥沙在口内淤积。随着射流口以北泥沙的不断淤积,口内的纳潮面积随之减小,潮汐动力也逐渐减弱。沉积动力由早期的以潮汐作用为主向径-潮相互作用、径流作用为主转变,大约在距今 3 500 a 以后以径流作用为主。图 5 为根据长周期模型输出的古磨刀门射流口以北涨急时刻沿程流速的变化情况,由图 5 可见,自距今 6 000 a 以来,磨刀门古射流口以北的涨潮射流明显减弱。在距今 4 200~3 500 a 在现今的大鳌沙中部

发育拦门沙,在距今 3 710~3 050 a PRD04 孔沉积物的沉积速率达 9.44 mm/a。根据李平日等^[13]的研究,珠江三角洲在距今 3 000~2 500 a 有一次短暂的海平面上升,上升幅度在 2.0~2.5 m 上下。由于海平面上升,河口范围上移,涨潮流量增大,在大鳌沙顶部在距今 3 500~1 900 a 发育河口拦门沙,在距今 3 000~2 500 a,在 PRD04 孔和 PRD05 孔出现了第二次快速沉积。

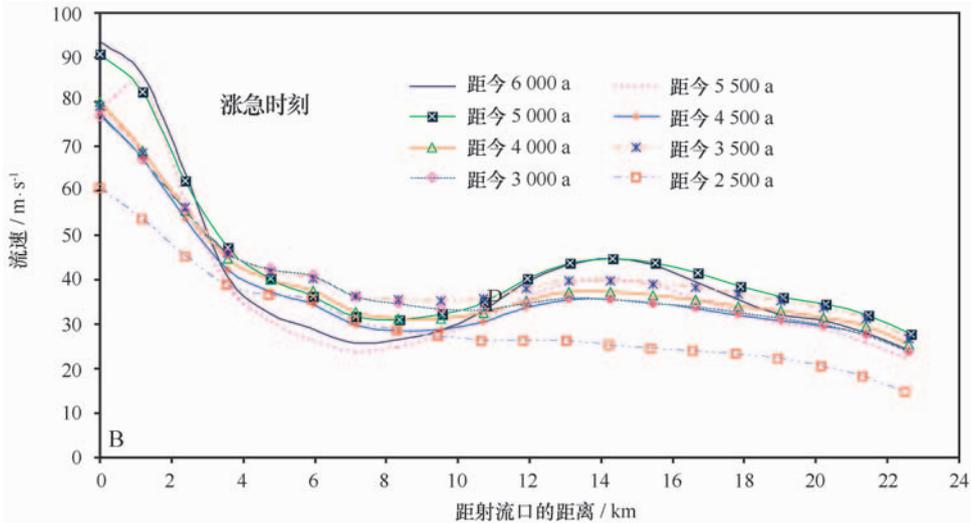


图 5 涨急时刻射流口(B)以北至 PRD05 孔沿程流速变化(剖面位置见图 3,引自文献[14])

古磨刀门涨潮射流形成的涨潮三角洲沉积是上述快速沉积的主要原因,我们将这种成因的快速沉积体称为古涨潮射流快速沉积体。

4.3 番禺平原快速沉积体成因

从 PRD08 和 PRD09 孔的碳-14 测年数据看,PRD08 孔在距今 6 000~2 700 a 处于沉积间断,表明此期间沉积物来源少,大约在距今 2 700 a 以后才有沉积,由于水深较浅,约在距今 2 000 a,PRD08 孔处已经出露水面成陆。PRD09 孔在距今 6 000~4 200 a 形成了厚约 0.7 m 的贝壳砂层,然后也进入沉积间断期。GG81 孔处水深较深,不断地接受沉积。PRD09 孔和 GG81 孔处的成陆年代大约在距今 1 000 a(见图 6)。PRD09 孔快速沉积层位于 3.44~1.43 m,该层为灰色和深灰色粉砂、砂和粉砂质砂,含少量小砾和贝壳碎片,其中在埋深 3.29~3.34 m 处 1~5 mm 的贝壳保存完好,含有较多的腐木。在对埋深 3.01,2.08 m 处的黏土、腐木用常规碳-14 测年法测得的年龄分别为(1 120±130),

(970±110)a。从沉积环境看,本段上端(1.43~1.95 m)为洪泛沉积或冲积物,下端(1.95~3.44 m)为中高潮坪沉积。快速沉积的原因主要是该处位于滨线附近,西江、北江带来的泥沙受市桥台地的阻隔形成快速沉积。随着滨线向外推移,此处由滨海成为河流洪泛淤积区。我们将这种成因的快速沉积体称为台地周边快速沉积体。

根据海鸥岛上 PRD14,PRD15,PRD16 钻孔资料(图 7),海鸥岛的形成以北部的的水下高地(PRD14 孔处)为沉积核心,在距今 6 000~2 500 a 形成江心暗沙,在距今 2 500~1 600 a 形成江心浅滩,进入快速沉积阶段,PRD14 孔和 PRD16 孔分别接受了 3.9 和 3.5 m 左右的沉积物。据碳-14 测年数据,在 PRD14 孔处距今(1 840±90)~(1 590±120)a 的沉积速率达到 16.4 mm/a,而在 PRD16 孔处距今(2 040±120)~(1 720±90)a 的沉积速率为 8.23 mm/a。在距今 1 600~6 00 a,江心洲形成和侧向加积,在海鸥岛的西侧在距今(1 210±90)~

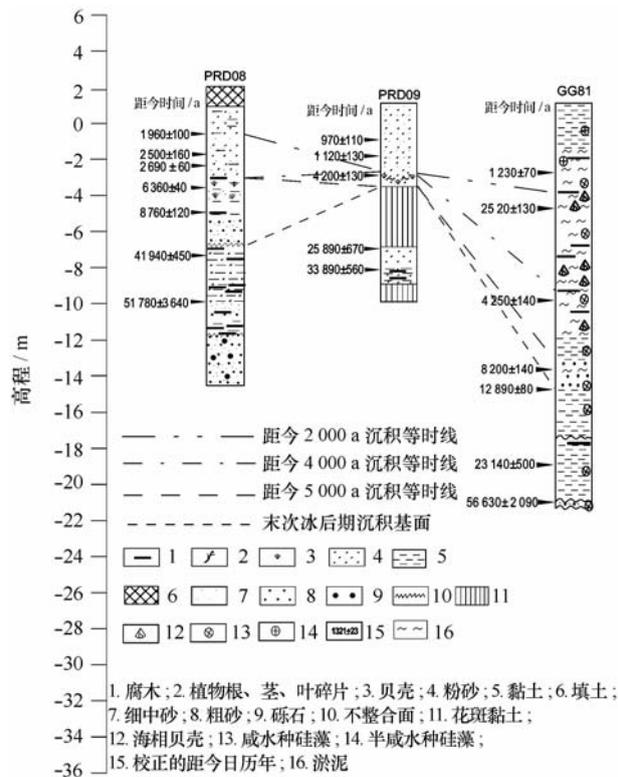


图6 番禺平原北部钻孔剖面图(85 高程)

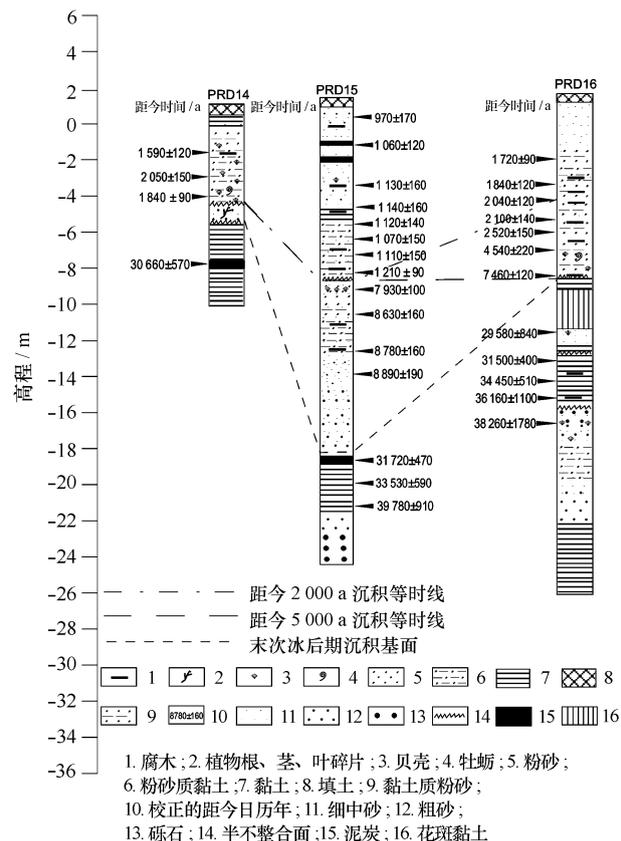


图7 PRD14,PRD15,PRD16 孔剖面图(85 高程)

(970 ± 170)a 沉积速率突然加快,在大约 300 a 的时间里堆积了厚约 8.5 m 的沉积物,PRD15 孔沉积速率高达 44.9 mm/a,这是江心浅滩在西侧横向上的加积作用形成的。

从沉积动力看,虎门涨潮射流对海鸥岛的发育具有重要影响。在初期虎门射流带来的泥沙在原有基础上形成江心暗沙并使暗沙向南部伸展;在江心浅滩时期,虎门射流维持了江心浅滩条带状的狭长地貌形态;在侧向加积和江心洲形成阶段,虎门射流与西江、北江径流相互顶托,使江心沙洲在西侧快速加积。从成因上看该沉积体也属于古涨潮射流快速沉积体。

5 讨论

5.1 快速沉积体的形成与中小尺度动力结构的关系

从以上珠江三角洲几个典型的快速沉积体的成因看,它们均与特定的地形作用下所形成的中小尺度沉积动力有关。五桂山北麓平原的快速沉积主要是受五桂山的作用而形成的来自古伶仃洋和古磨刀门两个方向的涨潮流汇潮点的作用。大鳌沙和海鸥岛的形成主要是受古磨刀门和虎门双向射流的作用。番禺平原的快速沉积受虎门的强劲涨潮流和市桥台地的共同作用,受市桥台地的作用,在台地周边形成沉积,落潮时西江、北江带来的泥沙受市桥台地的阻隔而加速了沉积;涨潮时虎门强劲的西北向涨潮射流带回部分入海泥沙受阻于市桥台地而落淤。

在特定地形作用下所形成的中小尺度动力结构多有明确的驱动力,如河口射流的主要驱动力为惯性力,滞流点的驱动力为密度梯度力,而且有一定的作用范围,多在十几千米的范围内,因此由此形成的快速沉积体在空间上也多在十几千米的范围内。当地形边界发生变化时,相应的动力结构随之发生改变,如随着河口的外移,原在河口射流作用范围内的地方会变为处于河道内,主要受径流作用,快速沉积的位置也随河口外移。因此,快速沉积体存在于某特定时段、特定地形边界条件下的一定空间范围内,一般来说,为中小尺度的空间沉积体。

5.2 珠江三角洲快速沉积体的时空变化

珠江三角洲快速沉积体高度的时空变化一方面是由于三角洲基底地形本身的复杂性,另一方面是由于三角洲在演变过程中地形边界的不断变化。因此,在珠江三角洲发展的特定阶段,特定地貌单元在整体的水文动力环境下会形成有利于快速沉积的局

部动力环境。由于海平面的变化及三角洲的演变, 滨线、河口位置、地貌和沉积空间等在时间上会发生变化, 快速沉积发生的位置也会随之变化, 这样使得珠江三角洲在形成发育过程中快速沉积体具有高度的时空变化。

5.3 珠江三角洲地形边界的特点及其变化

尽管快速沉积体具有复杂的时空变化, 但是其时空分布是有规律可循的。从沉积动力角度看, 快速沉积体多与特定的地形边界条件下形成的中小尺度动力结构有关, 如在古河口、古射流口、古汇潮点及岛丘周围等泥沙容易落淤的部位均可能有快速沉积体。因此, 研究快速沉积体必须掌握珠江三角洲的地形边界及其在演变过程中的变化, 就需要反演珠江三角洲形成发育的动态过程。由于钻孔资料仅能提供某些地点的沉积记录, 加上钻孔数量毕竟有限, 故用传统沉积学的方法难以反演地貌演变过程, 而长周期数值模拟提供了这种可能。经过钻孔资料的验证, 长周期模型不仅可以提供少数钻孔点不同时间的地貌和沉积演变过程, 而且可以提供整个沉积空间在不同时间的地貌和沉积演变过程。结合地貌动力分析, 可以较好地掌握快速沉积体的时空分布规律及形成机制。

6 结论

(1) 分析珠江三角洲的代表性钻孔沉积速率表明, 珠江三角洲在其形成发育过程中具有快速沉积过程, 由这种快速沉积过程所形成的沉积部分为快

速沉积体, 其年沉积速率一般为厘米级。

(2) 快速沉积体为珠江三角洲基本沉积单元的主要组成部分, 是认识这些基本沉积单元的基础。快速沉积体有明确的沉积环境和特定的沉积动力成因。通过快速沉积体的研究, 可以深入地揭示珠江三角洲基本沉积单元的沉积形成过程, 从而帮助我们建立珠江三角洲的基本沉积相, 为探索珠江三角洲的形成、发育机制打下基础, 将前人的研究成果向前推进一步。

(3) 初步发现的快速沉积体有古汇潮点快速沉积体、古涨潮射流快速沉积体和台地周边快速沉积体。

(4) 珠江三角洲快速沉积体的形成多与特定的地形边界条件下形成的中小尺度动力结构有关, 具有高度的时空变化。因此, 掌握珠江三角洲地形边界的特点、变化过程及其作用下的中小尺度动力结构是研究珠江三角洲快速沉积体的关键。

本文仅是珠江三角洲快速沉积体的初步研究成果, 关于珠江三角洲快速沉积体的时空分布规律和成因等问题是个十分复杂的科学问题, 有待进行深入的探讨。

本文主要内容是通讯作者在多项国家自然科学基金支持下指导多个博士研究生的研究成果, 文中引用的部分博士论文尚未提交, 在征得各作者同意后, 由第一作者分析整理成文。此外, 李平日教授无偿朝供了近 2 000 个钻孔资料, 在此一并致谢!

参考文献:

- [1] 李从先. 三角洲沉积率及其地质意义[J]. 海洋科学, 1981(3): 30—33.
- [2] STEFANI Marco, VINCENZI Stefano. The interplay of eustasy, climate and human activity in the late Quaternary depositional evolution and sedimentary architecture of the Po Delta system[J]. Marine Geology, 2005(222—223): 19—48.
- [3] STEVEN A, KUEHL A, BETH M, et al. Subaqueous delta of the Ganges-Brahmaputra river system[J]. Marine Geology, 1997(144): 81—96.
- [4] 黄镇国, 等. 珠江三角洲形成发育演变[M]. 广州: 科学普及出版社广州分社, 1982: 1—271.
- [5] GILBERT G K. Lake Bonneville[J]. U. S. Geological Survey Monograph[J], 1890, 1(1): 438.
- [6] FISK H N. Sand facies of recent Mississippi Delta deposit[C]// Fourth World Petroleum Congr. Rome: Proc Sec 1/C, 1955: 377—398.
- [7] COLMAN J M, GAGLIANO S M. Cyclic sedimentation in the Mississippi River Deltaic Plain[J]. Trans Gulf Coast Assoc Geol Soc, 1964, 14: 67—80.
- [8] FRAZIER D E. Recent deltaic deposits of the Mississippi River: their development and chronology[J]. Trans Gulf Coast Assoc Geol Soc, 1967, 17: 287—315.
- [9] 陈吉余, 恽才兴, 徐海根, 等. 两千年来长江河口发育的模式[J]. 海洋学报, 1979, 1(1): 103—111.
- [10] 周志德. 黄河河口三角洲海岸的发育及其对上游河道的影响[J]. 海洋与湖沼, 1980, 11(3): 211—219.
- [11] 同济大学海洋地质系三角洲研究组. 全新世三角洲的形成发育[J]. 科学通报, 1982(5): 310—313.

- [12] 吴超羽,何志刚,任杰,等.珠江三角洲中部平原形成演变机理研究——以大鳌平原为例[J].第四纪研究,2007,27(5):814—827.
- [13] 李平日,乔彭年,郑洪汉,等.珠江三角洲一万年来环境演变[M].北京:海洋出版社,1991:154.
- [14] 何志刚.珠江三角洲大鳌平原形成与古磨刀门动力演变的互动机制研究[D].广州:中山大学,2006.
- [15] 汪桂荣.珠江三角洲全新世硅藻[J].古生物学报,1998,37(3):305—324.
- [16] 吴超羽,包芸,任杰,等.珠江三角洲及网河形成演变的数值模拟和地貌动力学分析:距今6 000~2 500 a[J].海洋学报,2006,28(4):64—80.

A preliminary study on rapid deposition bodies in the Zhujiang Delta since Holocene

JIA Liang-wen¹, HE Zhi-gang^{1,2}, MO Wen-yuan¹, WU Chao-yu¹

(1. Center for Coastal Ocean Science and Technology Research, Sun Yatsen University, Guangzhou 510275, China;
2. Guangdong Tianxin Electric Power Engineering Testing Co., Ltd, Guangzhou 510660, China)

Abstract: Based on the typical bore holes of the Zhujiang Delta and the long-term morphodynamic model PRD-LTMM, rapid deposition body (RDB) is examined. The RDB is defined, and the formations of typical RDBs in the Zhujiang Delta are analyzed initially. The RDBs hold the specific sedimentary environment and particular sedimentary dynamics with the annual deposition rate of centimeters; so, the research on the RDBs can help disclose the mechanism of the basic sedimentary units in the Zhujiang Delta, providing a basis for the study of mechanism of the Zhujiang Delta evolution. The initially discovered RDBs include depositions at the paleo-tide convergent flow and the paleo-flood tidal jet, fringing deposition around the palco-terrace. A study result shows that the formation of RDBs, with being highly variable in time and space, is related to the small- to medium-scale dynamic structures under particular morphologic boundaries. Understanding the morphologic boundary, its evolution process and medium- to small-scale dynamic structures under corresponding morphologic boundaries in the Zhujiang Delta is key to the research of the RDBs.

Key words: Zhujiang Delta; morphologic boundary; rapid deposition body; mechanism