

珠江三角洲晚第四纪沉积特征

蓝先洪

(地质矿产部海洋地质研究所, 青岛 266071)

提 要 本文根据钻孔资料和沉积分析资料,研究和探讨了珠江三角洲晚第四纪沉积特征及其沉积层的形成过程。结果表明,珠江三角洲晚第四纪具有两个陆相—海陆过渡相的沉积旋回;在两个沉积旋回之间,包含了一个海退过程。珠江三角洲晚第四纪沉积层是由晚更新世和全新世两套海进河床充填层序和海退进积层序构成。

关键词 沉积特征 沉积旋回 晚第四纪 珠江三角洲

第一作者简介 蓝先洪 男 37 岁 副研究员 海洋地质与沉积地球化学

珠江三角洲是由西江、北江和东江所携带的大量泥沙在珠江口湾内堆积而成的三角洲。对它的形成和演变的研究,曾做了大量的工作^[1-4]。本文试图根据《珠江三角洲沉积特征及沉积模式》课题^①中所取得的钻孔资料和沉积分析资料,研究和探讨珠江三角洲晚第四纪沉积特征。

1 晚第四纪沉积

对于珠江三角洲晚第四纪沉积,虽然近来有人认为可能存在中更新统^[5],但大量的研究资料表明主要由上更新统和全新统组成,厚度一般在 20—40 m,南部沿海一带可增厚到 60 m 以上,并一般向北渐薄。根据钻孔中的沉积环境、沉积旋回及岩相特征,可将珠江三角洲晚第四纪沉积划分为六层(图 1),自下而上依次为:

I 层(Q₃²⁻¹): 主要为黄白色、灰褐色砂砾层,砾径为 2—5 mm,个别达 1.5—3.0 cm,砾石成分主要为石英和砂岩岩屑,磨圆度好,分选差,不整合于基岩风化壳之上。向上渐变为以中粗砂、中砂为主的碎屑层。厚约 3—7 m。¹⁴C 年龄距今为 3.7—3.0 万年,如中山市横栏穗丰埋深 22.5 m 淤泥¹⁴C 年代为 30440±2300 a B. P.,其上出现海相软体动物化石,而东莞市石排沉积于砂砾层中的腐木¹⁴C 年代为 37000±1480 a B. P.^[1]。这一层主要分布在北部和中部,南部钻孔大部分缺失,晚更新世中期三角洲沉积直接不整合于基岩风化壳之上。

II 层(Q₃²⁻²): 与 I 层连续沉积或不整合于基岩风化壳之上。空间上主要分布在中部、东南部。主要为三角洲前缘水下斜坡亚相或河口湾亚相的粉砂质粘土、粘土质粉砂、中细砂及少量粗砂。沉积物平均粒径为 2—8.5 φ,标准偏差为 1.5—3.5。含有贝壳层和牡蛎及有孔虫、海相介形虫、半咸水硅藻等。本层段具波状层理、交错层理、透镜状层理、生物扰动构造。

① 该课题为地质矿产部海洋地质研究所与地质矿产部第二海洋地质调查大队的合作项目。

厚约 5—10 m。其¹⁴C 年代为距今约 2.0—3.0 万年(图 1, 钻孔位置参见文献⁽⁴⁾)。

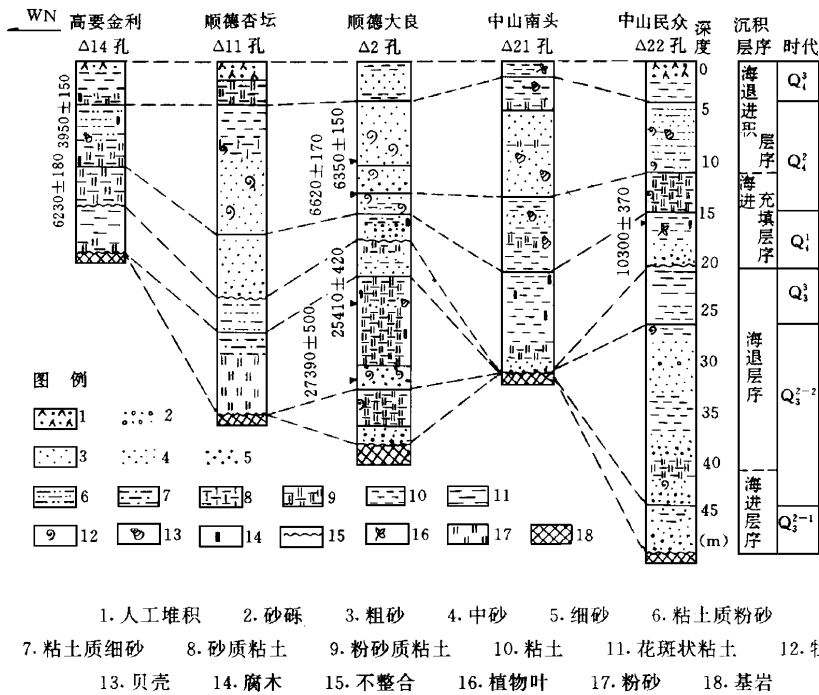


图 1 珠江三角洲晚第四纪钻孔剖面图

Fig. 1 Section of drilling of Late Quaternary in the Zhujiang River Delta

Ⅲ层(Q₃³): 沉积物主要为花斑状粘土,青灰色含牡蛎粉砂质粘土,青灰色粘土及黄褐色中细砂等。平均粒径为 5—9 φ,标准偏差 2.0—4.0。具微水平层理,夹砂透镜体。年代为 1.2—2.0 万年(图 1)。有的钻孔下部青灰色粘土含牡蛎碎片;顶部大部分钻孔都遭风化作用,为花斑状粘土;与上覆砂层间有冲蚀现象。有的钻孔本层缺失。本层厚度为 4—8 m,为晚更新世晚期的三角洲平原沉积。

Ⅳ层(Q₃¹): 本层与Ⅲ层或Ⅱ层呈不整合接触。为青灰色含腐木碎屑粘土、粉砂质粘土,底部含细砂、中砂层或砂砾层。平均粒径为 4—8.5 φ,标准偏差为 2.0—3.5;具有水平纹层理,底部为冲蚀构造。年代为 7500—12000 年(图 1)。厚度 4—6 m。本层是全新世海侵初期的溯源搬运用作用形成的河床充填沉积。

Ⅴ层(Q₃²): 为粘土质粉砂、青灰色粉砂质粘土、青灰色粘土及薄层细砂。平均粒径为 4.5—9 φ,标准偏差为 3.0—4.0;具水平波状层理、槽状交错层理、透镜状层理、生物扰动构造。含有大量的海相软体动物、有孔虫、海相介形虫与半咸水、咸水硅藻等,有时牡蛎成层出现。为三角洲前缘的河口湾亚相或中上潮坪亚相沉积,部分钻孔有前三三角洲沉积。本层在珠江三角洲分布广泛,从南到北的钻孔中均可见到(图 1)。一般南部厚度大,向北部渐渐变薄。厚度一般为 5—10 m。年代为 2500—7500 年。

Ⅵ层(Q₃²): 主要为黄褐色、灰褐色、土黄色粘土及粉砂质砂。平均粒径为 6—9.5 φ,标准偏差 2.5—3.5;具水平纹层理、透镜状层理。本层分布广泛,离地表 2—5 m,含有腐木泥炭

层,有些钻孔含有少量硅藻。本层为三角洲平原沉积。

综上所述,珠江三角洲晚第四纪具有两个陆相→海陆过渡相沉积旋回,其中包含了一个海退过程。上述沉积特征,与生物、孢粉、粘土矿物和地球化学等分析资料相吻合。

1.1 生物特征

钻孔中的贝类分析,介形虫、有孔虫分析及硅藻分析,为珠江三角洲生物地层划分提供依据。贝类、海相介形虫、有孔虫和硅藻在钻孔中的分布层位基本上一致。在民众—中山—顺德一带钻孔中均见有两个富集层。在两个富集层中,下部富集层的海相性程度要较上部富集层低。如海相介形虫在上部富集层复合分异度可达1.00以上,半咸水硅藻也较下部富集层丰富,有孔虫种属多,复合分异度高,并含有浅海属种如半缺五块虫(*Quinqueloculina seminula*)、茸毛希望虫(*Elphidium hispidulum*)和异地希望虫(*E. adrenum*)等;而下部富集层有孔虫种属少,复合分异度低,并基本上为半咸水相广盐性的有孔虫。全新世沉积钻孔和西北部钻孔,只有一个富集层,相当于上部富集层。

在三角洲前缘沉积区内,底栖生物中的浅海、潮间带属种剧增。如篮蛤(*Corbula* sp.)、牡蛎(*Ostrea*)、宽卵形中华丽花介(*Sinocytheridea latiorata*)、毕克卷转虫(*Ammonia beccarii*)、颗粒先希望虫(*Protelphidium granosum*)和半咸水种硅藻条纹小环藻(*Cyclotella striata*)等。在前三角洲沉积区内,则方地豆艳花介(*Leguminocythereis hodgii*)、半缺五块虫、异地希望虫及咸水种硅藻小眼园筛藻(*C. oculus*)含量明显增多。三角洲平原区,基本上不含海相介形虫、有孔虫、偶然见有牡蛎碎片和少量半咸水硅藻,甚至出现淡水贝类属种如河篮蚬(*Corbicula fluminea*)等。

1.2 孢粉分析

位于顺德市大良镇△2孔的孢粉分析结果表明,孢粉共有98个科属,以孢子植物居优势,占30%—89%;木本花粉占11%—55%,灌木和草本植物花粉占2.5%—23%。主要有栗属、栲属、松属、栎属、红树科、水龙骨科、金毛狗属、凤尾蕨和海金砂科等。根据珠江三角洲△2孔孢粉组合和气候特征(图2),可把本区晚更新世以来划分出三个组合带:

I带:埋深35.96 m至22.00 m,植被以蕨类为主(占60%),其中又以热湿科金毛狗属占优势(可占40%)。含有大量热带、南亚热带种属如松属、栲属和红树林等。这段孢粉组合反映的气候相当温暖、湿润,显示了中亚热带南部阔叶林分布的植物景观。在此阶段,随着气温的转暖,发生了一次规模相当的海侵。

II带:埋深22.00 m至15.00 m,植被以木本及蕨类为主,热带、南亚热带种属减少,中亚热带属种如栗属、栎属及暖温带种属栎属增多,这种属种分布状况均显示出当时气候偏冷。随着气温的降低,发生了大规模的海退,本区沉积了一套陆相地层。

III带:埋深15.00 m以上,以蕨类为主,而湿热蕨类相当多,中亚热带属种栎属、栗属向上显著减少,而热带、南亚热带种属松属则向上明显增高,反映了当时气候相当暖湿。此阶段的较大范围的海侵,本区普遍沉积了第二层海相地层。

1.3 粘土矿物分析

粘土矿物伊利石在海相层位的含量比在陆相、滨岸相层位中高,高岭石则相反^[6]。本区钻孔中的粘土矿物分析结果表明(表1),伊利石含量及伊利石/高岭石比值在三角洲平原和陆相沉积中最低,高岭石含量则较高;在前三角洲伊利石含量及伊利石/高岭石比值则为最高,而高岭石则为最低。反映出以三角洲平原到前三角洲这种海陆过渡性环境的特点。

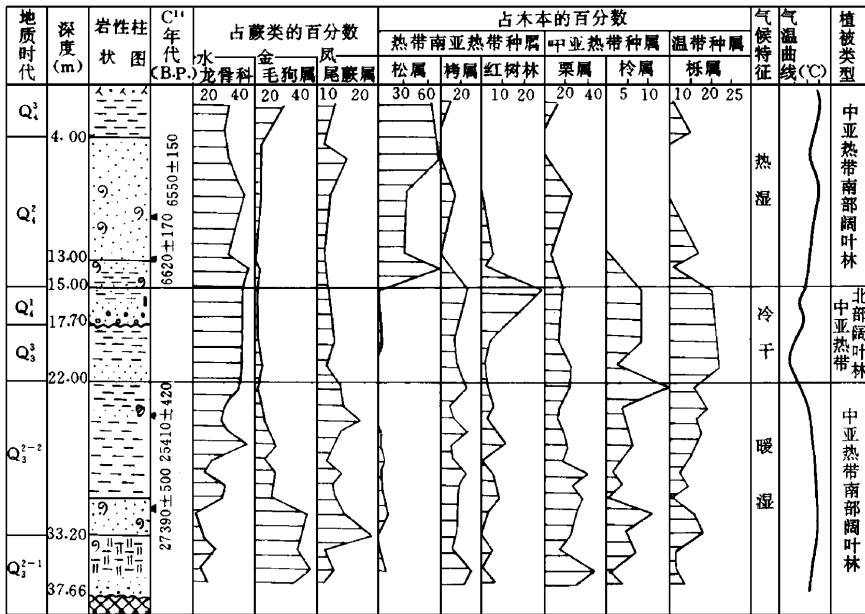


图 2 珠江三角洲 Δ2 孔剖面的孢粉组合及气候反映

Fig. 2 Sporo-pollen composition and climate reflect of drilling Δ2 section in the Zhujiang River Delta

表 1 珠江三角洲晚第四纪沉积物中的粘土矿物(%)

Table 1 Clay mineral of Late Quaternary sediments in the Zhujiang River Delta (%)

时代	沉积环境	样品数	伊利石	高岭石	绿泥石+蛭石	混层矿物	伊利石/高岭石
全新世	三角洲平原	14	38.1	27.3	20.4	7.3	1.40
	三角洲前缘	17	43.0	27.2	17.9	5.8	1.56
	前三角洲	4	47.0	23.0	17.5	10.0	2.04
	陆相沉积	9	35.2	30.0	24.3	6.4	1.17
晚更新世	三角洲平原	5	42.0	28.8	20.6	7.4	1.46
	三角洲前缘	10	44.2	27.6	18.6	8.0	1.60
	陆相沉积	6	39.0	26.8	21.2	7.6	1.46

1.4 地球化学分析

1.4.1 化学成分与微量元素分析

本区部分钻孔泥质样品的化学分析结果(表 2),可发现主要氧化物有如下分布特征:

(1)全新世四种氧化物 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 MnO 有从三角洲平原向前三角洲百分含量逐渐减少的趋势。这与珠江口表层沉积物中的分布规律相一致⁽⁷⁾。陆相沉积除 MnO 值较低外,接近三角洲平原沉积区的值。

(2) CaO 、 MgO 的百分含量则为三角洲平原低于前三角洲。

(3)晚更新世沉积物的主要氧化物含量较全新世的低。

(4)与沉积岩平均值相比较^[8],Ca、Mg 含量低,Fe₂O₃、TiO₂、Al₂O₃ 含量偏高。反映了珠江三角洲在炎热气候条件下河口海滨环境的沉积特点。

表 2 珠江三角洲晚第四纪沉积物的化学成分(%)

Table 2 Chemical compositions of Late Quaternary sediments in the Zhujiang River Delta (%)

时代	沉积环境	样品数	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂
全新世	三角洲平原	18	7.41	15.86	0.72	1.40	0.14	0.088	1.03
	三角洲前缘	43	6.54	15.50	1.23	1.53	0.12	0.083	0.89
	前三角洲	5	5.92	16.24	1.42	1.68	0.10	0.072	0.86
	陆相沉积	17	6.76	17.12	0.56	1.06	0.12	0.053	0.93
晚更新世	三角洲平原	7	5.76	13.75	0.40	0.78	0.084	0.059	0.88
	三角洲前缘	14	6.08	12.95	1.27	1.15	0.098	0.075	0.88
沉积岩平均值			5.55	13.39	5.89	2.65	0.13		0.57

微量元素 Ga、Ba、B 和 Sr 作了光谱定量分析及 Cr、V、Ni 和 Co 元素作了光谱半定量分析。微量元素含量在三角洲地区变化较为复杂(表 3),这与元素本身化学性质、沉积环境及元素的迁移和沉积方式等因素有关。

表 3 珠江三角洲晚第四纪沉积物中微量元素含量($\times 10^{-6}$)

Table 3 Trace element contents of Late Quaternary sediments in the Zhujiang River Delta ($\times 10^{-6}$)

时代	沉积环境	样品数	Ga	Ba	B	Sr	Cr	V	Ni	Co	B/Ga	Sr/Ba
全新世	三角洲平原	15	32.1	464.7	62.6	90.6	78.1	133.2	53.1	23.9	1.95	0.19
	三角洲前缘	26	29.9	477.0	77.0	93.1	103.3	100.0	41.6	22.5	2.58	0.20
	陆相沉积	15	34.3	473.8	67.6	91.2	71.7	109.9	46.4	22.3	2.11	0.19
晚更新世	三角洲平原	7	33.0	426.7	64.1	81.5	113.1	103.7	35.5	14.0	1.94	0.19
	三角洲前缘	14	32.1	506.9	67.2	98.7	128.9	108.8	46.7	21.2	2.09	0.20

表 3 的分析结果表明,三角洲平原 B 低于三角洲前缘,Ga 则高于三角洲前缘,这与上述粘土矿物的分析结果是相吻合的(因伊利石吸附 B 能力最强)。

由于 Sr、Ba 元素的迁移性不同,可利用 Sr/Ba 值来指示环境。表 3 表明 Sr、Ba 含量有从陆相向海陆过渡相略有增加的趋势。Sr/Ba 比值显然偏低,这是由于本区 CaCO₃ 含量偏低造成的。

本区微量元素 Cr、V、Ni 和 Co 含量变化较复杂(表 3),这可能与分析方法及本区非典型海、陆相沉积环境有关。

1.4.2 沉积磷酸盐法对古盐度的分析

用沉积磷酸盐法估测古盐度,是基于 Ca 和 Fe 元素迁移习性不同。B. Nelson(1967)研究证实磷酸钙组分(Ca/(Ca+Fe))与盐度成正比例关系(相关系数为 0.97)^[9]。本区晚第四纪沉积物中磷酸钙组分分析结果表明,Ca/(Ca+Fe)比值最小值为 0.10,最大值为 0.87,绝大部

分在 0.30—0.65 之间。从表 4 可见,沉积磷酸钙组分和古盐度值的变化是明显的,并且与珠江口现代沉积物中的沉积磷酸盐分析结果基本相似。表明从三角洲平原到前三角洲海相性逐渐增加,均属于半咸水性质的河口、海滨环境。

表 4 珠江三角洲沉积物中沉积磷酸钙组分和古盐度值
Table 4 Sedimentary phosphate fraction and paleosalinity value
in Late Quaternary sediments in the Zhujiang River Delta

沉积环境		三角洲平原	三角洲前缘	前三角洲	陆相沉积
全新世	Ca/(Ca+Fe)	0.34(21)*	0.44(50)	0.57(8)	0.31(25)
	S %	9.62	13.46	18.46	8.46
晚更新世	Ca/(Ca+Fe)	0.33(9)	0.51(9)		
	S %	9.23	16.15		
现代沉积物	Ca/(Ca+Fe)	0.34(17)	0.40(46)	0.65(7)	
	S %	9.62	11.92	21.54	

* 括号内为样品数

表 4 中盐度的相对变化亦同样地反映出了晚更新世以来珠江三角洲地区经历了陆相→滨海(三角洲前缘到三角洲平原)→陆相→浅、滨海(前三角洲、三角洲前缘到三角洲平原)的沉积旋回。这与古生物、孢粉等分析结果相一致。

2 珠江三角洲晚第四纪沉积层的形成过程

珠江三角洲位于浙、闽、粤隆起带上,受北东向、近东西向和北西向三组断裂切割而成的断陷盆地^[3]。新第三纪直至 4 万年以前,本区一直处于相对隆升,属遭受风化剥蚀的陆地。大理亚间冰期全球性海侵,海面上升,基面抬高,河口位置逐渐向内陆退缩,导致本区形成第四纪以来第一个以海相为主的层位。

大理亚间冰期全球性海侵时,珠江三角洲地区的沉积速率不足以补偿海面上升速度(3mm/a)^[3],因而海水进侵,河口不断向陆后退,海水沿古珠江峡谷由东南向西北的内陆上溯,沉积物逐渐充填古河谷和古冲沟。因此,海面上升初期,在顺德—中山—民众一带沉积层底部主要是为一套海进河床充填层序。该层序的上部含海绿石、淡咸水混生软体动物及少量广盐性有孔虫、介形虫。这是溯流搬运作用的结果^[10]。向上出现海相微体生物化石,海相性逐渐增强;粘土中 Ba、B、Sr 含量高, Ga 含量低,伊利石含量及伊利石/高岭石比值增高, Ca/(Ca+Fe)比值等于 0.51,以含丰富潮间带软体动物牡蛎、微体古生物化石为特征。这一海相层所出现的海相生物,数量较多,属种单调,主要为广盐性属种。可见海相程度不高,为三角洲前缘沉积。

距今 2—1.2 万年左右地层中(图 1),粘土中 Ba、Sr 含量降低, Ca/(Ca+Fe)比值降为 0.33,伊利石/高岭石比值也降低;只含有少量牡蛎碎片及植物碎屑和根系,说明海水已退出这一地区。据南海北部研究认为^[11],晚冰期最寒冷的气候期在 18ka 左右,最低海平面为一 130m。本区有的钻孔在全球低海面时,原来深灰色粘土出露地表变成花斑状粘土。该层与上

覆砂层间有冲蚀现象,呈不整合接触(图 1)。

冰后期全球海面曾以较快的速度上升,海进初期,表现为海水进侵、河口以上的回水以及河口以内河床水面的比降减缓而引起的溯源堆积。在海进过程中,随着溯源堆积作用的进行,沉积作用逐渐向上游方向扩大,充填沉积物将依次超覆。这种情况常常表现为正常河流的正旋回,所不同的是它们的顶部混有海相生物,而向上为海相层。珠江三角洲全新统下部正是在海进背景下充填的结果。

中全新世早期,是珠江三角洲地区海进最盛时期(约 6kaB. P.)。这个海进时期正是海相层由海向陆逐渐扩展的时期。随着海面上升,海水仍沿大理亚间冰期海侵故道上溯。海相层则由东南向北或西北部扩展(图 1)。在珠江三角洲东南部、中部地区,伊利石含量及伊利石与高岭石比值较高, $Ca/(Ca+Fe)$ 比值为 0.57;并含丰富的浅海微体古生物,复合分异度为 1.3—2.5。这一时期海相沉积层的底面实际上为不等时面,这从图 1 地层相对比不难发现。如 $\Delta 22$ 孔距今约 8 千年出现大量海相微体古生物化石, $Ca/(Ca+Fe)$ 比值为 0.64, $\Delta 2$ 孔埋深 13.00—13.13m 牡蛎砂 ^{14}C 年龄为 $6620 \pm 170aB. P.$, $Ca/(Ca+Fe)$ 比值为 0.55,而 $\Delta 14$ 孔在距今约 4 千年左右才出现海相微体古生物, $Ca/(Ca+Fe)$ 比值为 0.49,这说明珠江三角洲地区冰后期海侵到达时间有先后,中部地区海相性要比西北部强,并且开始时间较早,以海相为主的沉积层较厚(图 1)。

中全新世晚期,珠江三角洲沉积速率显著加快,海面上升速度减缓,沉积速率逐渐超过了海面上升速度,因而发生海退。三角洲向前进积,三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲依次叠覆,构成完整的三角洲层序。因此,珠江三角洲晚第四纪沉积层是由晚更新世和全新世两套海进河床充填层序和海退进积层序构成。

收稿日期:1995 年 7 月 2 日

参 考 文 献

- [1] 黄镇国,李日平等,珠江三角洲形成发育演变,科学普及出版社广州分社,1987。
- [2] 赵焕庭,珠江三角洲的形成和发展,海洋学报,1982,4(5):595—607。
- [3] 马道修,徐明广等,中国近海及沿海地区第四纪进程与事件,海洋出版社,1989,93—102。
- [4] 蓝先洪,马道修等,珠江三角洲第四纪沉积物地球化学特征及古地理意义,热带海洋,1988,7(4):62—68。
- [5] 李日平等,广州地区第四纪地质,华南理工大学出版社,1989。
- [6] 刘敏厚等,黄海晚第四纪沉积,海洋出版社,1987。
- [7] 蓝先洪,珠油表层沉积物的地球化学特征,海洋湖沼通报,1989,(4):53—61。
- [8] B. 马逊,地球化学原理,中国工业出版社,1963。
- [9] B. Nelson, Science, Sedimentary phosphate method for estimating paleosalinity, 1987,158(3803):913—920。
- [10] 李从先等,河口地区沉积物的溯河搬运,同济大学学报,1987,15(2):201—208。
- [11] 金翔龙等,南海地球科学研究报告,东海海洋,1989,7(4):1—10。

Sedimentary Characteristics of Late Quaternary in the Zhujiang River Delta

Lan Xianhong

(Institute of Marine Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources, Qingdao 266071)

Abstract

The sedimentary characteristics and forming processes of sedimentary bed of Late Quaternary in the Zhujiang (Pearl) River Delta have been studied based on the data of drilling in this paper.

The Zhujiang River Delta is located in subtropical zone of South China, where a great deal of mud and sand is accumulated in the Zhujiang River Estuary carried by the Xijiang, Donjiang and Beijiang Rivers. Paleontology, spore-pollen, clay mineral, geochemical and radiocarbon dating of Late Quaternary sediments in the Zhujiang River Delta have shown that strata may be divided into Late Pleistocene Series and Holocene Series and each may farther be divided into three layers. Middle Late Pleistocene and Middle Holocene contain a lot of *forminifera*, marine *osthacoda*, brackish water diatoms, *Corbula* sp. and *Ostrea* sp., the average ratio of illite/kaolinite > 1.5 and that of $Ca/(Ca+Fe)$ in sedimentary phosphate > 0.40 , especially early Middle Holocene is characterized by containing an abundance of shallow sea facies micropaleontology, its compound differential degree is similar to that of prodelta in the Zhujiang River Estuary, the average ratio of illite/kaolinite is higher (2.04) and that of $Ca/(Ca+Fe)$ is 0.57, similar to the case of the prodelta in the Zhujiang River Estuary. It has been shown that marine beds have gradually increased from deltaic plain to prodelta.

Sedimentary beds since Late Pleistocene in the Zhujiang River Delta are provided with two sedimentary cycle from river facies to sea—land transitional facies, the river facies—deltaic front facies—deltaic plain facies—river facies—prodelta facies—deltaic front facies—deltaic plain facies from bottom to top.

The result comparing with strata of Late Quaternary in the Zhujiang River Delta has shown that the Northwest of the Zhujiang River Delta contains merely marine facies of the Holocene and there is no marine facies in Late Pleistocene, indicating that the scope of Middle Holocene transgression are greater than that of Late Pleistocene transgression. When marine layers have gradually expanded from sea to land, its bottom surface is actually unisochronous surface. Sedimentary beds of Late Quaternary in the Zhujiang River Delta are made of two sequences of the transgressive fluvial-filled and the retrogressive aggradation in Late Pleistocene and the Holocene.

Key Words: Sedimentary characteristics Sedimentary cycle Late Quaternary Zhujiang River delta