

海南岛西部八所组上部砂质沉积物的成因及其环境意义

曾兰华¹⁾, 李森^{2,3)}, 李保生^{3,4)}, 李会川⁵⁾, 郑影华⁶⁾

- 1) 嘉应学院地理系, 广东梅州, 514015; 2) 佛山大学资源与环境科学研究所, 广东佛山, 528000;
3) 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安, 710075;
4) 华南师范大学地理科学学院, 广州, 510631; 5) 佛山市国土资源局顺德分局, 广东佛山, 528333;
6) 北京师范大学中国沙漠研究中心, 北京, 100875

内容提要:海南岛西海岸地区砂质沉积物广泛发育。对昌化棋子湾剖面砂质沉积物的 TL(热释光)测年表明, 该地层沉积于 $32.1 \pm 3.30 \sim 10.30 \pm 1.30$ ka BP 间, 归属于上更新统八所组上部。通过对该地层沉积构造特征、粒度特征和石英颗粒扫描电镜分析, 显示本区八所组上部自下而上为“风成砂—弱成壤—风成砂—冲积砂—风成砂”沉积“相序”, 八所组上部总体上以厚层风成相为主, 夹短周期气候波动引起的薄层河流相(II层)和弱成壤风成相(IV层)沉积, 与本区八所组陆相冲洪积成因地层为同期异相地层。由此说明, 末次冰期时南海北部受冰期气候影响, 海平面大幅度下降, 大陆架广泛出露, 局部沙漠化, 并成为海岸风成沉积的物源区。

关键词:海南岛西部; 八所组上部; 砂质沉积物; 沉积环境

海南岛西海岸的砂质沉积物主要分布于岛西北的洋浦港至岛西南莺歌海沿海地带, 在长约 160km、宽 3~7km 的滨海平原、河流三角洲平原及泻湖平原上, 砂质沉积物呈狭长带状断续分布, 在海尾—昌化大角—佛罗—莺歌海一线沿海岸带上, 尤其在昌化江、通天河、感恩河、珠碧江等河流三角洲平原及莺歌海周边平原多有分布(李森等, 2005)。砂质沉积物构成纵向沙垄、横向沙垄、草灌丛沙丘、新月形沙丘、爬升沙丘和沙席等地貌形态, 其中, 纵向沙垄、横向沙垄多形成固定、半固定状的埋藏沙丘或残留沙丘(董光荣等, 1983), 草灌丛沙丘、新月形沙丘、爬升沙丘和沙席呈固定、半固定或半流动状。

前人对海南岛西部砂质沉积物的地层及其成因问题作过研究。薛万俊等(1981)根据东方八所港北藜村剖面创建了八所组($Q_p^3 bs$), 并根据孢粉化石、热发光测量、地层接触关系等确定八所组为晚更新世的砂质沉积, 其地层岩性主要是棕黄、黄色、白色中砂及含细砾石中粗砂^①。袁宝印(1984)将这套地层改称为白沙组。刘瑞华等(1986)认为该地层属上更新统八所组, 为陆相冲洪积成因, 其 TL(热释光)

年代为 12.4 ± 0.619 ka BP。海南省地质矿产局(1997)在编制海南省岩石地层表时, 停用白沙组, 这一套地层仍采用八所组的命名, 其 TL 年代在 $12.7 \pm 0.06 \sim 199 \pm 0.9$ ka BP 之间。此后, 吴正等(1995)对海南岛海岸风沙的分布做了相关研究。近年, 作者在对海南岛西部八所组上部砂质沉积物研究的过程中发现, 本套地层的沉积相在不同地区表现各异。为了查明八所组上部砂质沉积物形成年代及成因, 本文在对砂质沉积物进行广泛调查的基础上, 选择昌化棋子湾地层剖面进行 TL 测年, 对其沉积构造、粒度、石英砂扫描电镜等特征进行分析, 探讨其成因, 并初步分析八所组上部砂质沉积物沉积时的气候环境。这对于重建本区晚第四纪环境变化过程具有重要意义。

1 棋子湾地层剖面及其时代

棋子湾剖面位于海南岛西端的昌化江入海口东北面($19^{\circ}21'37''N, 108^{\circ}41'40''E$), 距海岸线约 500m, 剖面由棋子湾河切割、冲刷纵向沙垄后形成, 出露地层厚度约 7.2m。地层上覆草灌丛沙丘, 两者整合接

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40671186、40271012、40471139)及国家重点基础研究发展计划“973 计划”(编号 2004CB720206)的成果。

收稿日期: 2006-11-22; 改回日期: 2007-03-28; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 曾兰华, 女, 1980 年生。硕士, 主要从事环境演化及沙漠化研究。Email: cockroachflower@126.com。通讯作者: 李森, 教授。Email: fslisen@163.com。

触。剖面可划分为5层(图1),自上而下分别为:

I层,浅黄色中—粗砂,松散,分选好;上部可见交错层理,产状分别为 $185^{\circ}/24^{\circ}$ 和 $275^{\circ}/14^{\circ}$;厚2.5m。

II层,浅黄色—灰黄色含砾粗砂,总体分选差,略胶结;偶见透镜体,各纹层厚度不等;厚0.2m。

III层,浅黄色中—粗砂,松散,分选较好;顶部由高角度板状斜层理构成,产状为 $315^{\circ}/34^{\circ}$;厚2.3m。

IV层,浅黄色中砂,分选差,有弱成壤作用,弱胶结;形成大型板状斜层理,产状为 $223^{\circ}/18^{\circ}$;厚0.3m。

V层,浅灰黄色—棕色—暗黄橙色中—粗砂,颜色自上而下由浅变深,分选较差;顶部弱胶结,具大型板状斜层理,产状为 $223^{\circ}/18^{\circ}$;中部可见植物根系炭化后的腐殖质,斑状,黑色;底部暗黄—橙色粗—中砂有明显红化作用;厚1.9m。

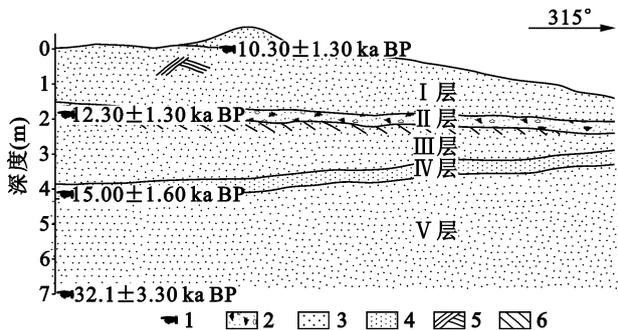


图1 棋子湾剖面图

Fig. 1 Section of the Qiziwan

1—TL年代; 2—含砾粗砂; 3—中—粗砂; 4—中砂; 5—交错层理; 6—斜层理

1—TL ages; 2—coarse sands with gravel; 3—medium—coarse sands; 4—medium sands; 5—cross-bedding; 6—diagonal bedding

表1 棋子湾剖面石英砂热释光(TL)测年数据表

Table 1 TL dating data of quartz sands from the Qiziwan section

测年位置	深度(m)	年龄(ka BP)
剖面顶部(草灌丛沙丘底部)	0	10.30±1.30
II层底部	2.6	12.30±1.30
IV层中部	4.8	15.00±1.60
V层底部	7.1	32.1±3.30

本次对棋子湾地层剖面测年结果为 10.30 ± 1.30 ka BP~ 32.1 ± 3.30 ka BP(图1,表1)。若以海南地质矿产局(1997)测定的年代来看,则以棋子湾地层剖面为代表的海南岛西部砂质沉积地层当属

上更新统八所组上部。

2 八所组上部沉积物的特征

2.1 沉积物的沉积构造特征

如前所述,棋子湾剖面中I~V层均为砂质沉积物。沉积砂体在沉积过程中所形成的沉积构造特征是鉴定其沉积环境的重要指示。棋子湾剖面各层具有以下沉积构造特征:

2.1.1 交错层理

剖面I层可见交错层理(图2a),产状分别为 $185^{\circ}/24^{\circ}$ 和 $275^{\circ}/14^{\circ}$ 。各组层理纹层面相互平行,排列紧凑,厚薄均匀,多在3~8mm之间,由灰黄色(颗粒较粗)和浅黄色(颗粒较细)的两种纹层相互叠覆而成,层内颗粒粗细均匀。

2.1.2 斜层理

(1)高角度板状斜层理:在III层顶部,见一纹层薄、纹层面互相平行的水平纹层,纹层内颗粒粗细较均匀,其下为一高角度板状斜层理,产状为 $315^{\circ}/34^{\circ}$,接近沙丘的休止角(图2b)。如此高角度的板状斜层理是风成沉积所特有的沉积构造特征,应为沙丘的前积层,其上的水平纹层为顶积层,两者的界面接近水平。

(2)大型低角度板状斜层理:在IV层及V层顶部,可见低角度大型板状斜层理(图2c),产状为 $223^{\circ}/18^{\circ}$ 。层系厚度在20~30cm间,沿地层出露方向尖灭,长达60m以上,与上、下层理组行程较缓界面。层内颗粒分选稍差,层理不明显。

2.1.3 小型斜层理和斜波状层理组

II层主要由小型的斜层理和斜波状层理组成(图2d)。层间厚度不均,在2~20mm之间,小斜层系间夹有不成层的透镜状沉积,局部地方是不规则的小波状层理。层内颗粒大小差异较大,并由下而上规律性逐渐变小。

McKee(1966)在对世界各地风成砂进行了大量调查后,总结了风成沉积具有层系规模大、交错层以板状为主、前积层顺风高角度倾斜,倾角达 30° ~ 40° 、层系界面以水平或较缓倾角为主、从下向上,交错层变小变薄、各种类型的典型准同生变形构造等构造特征。

棋子湾剖面I、III、V各层分别或同时具有交错层理、大型板状斜层理、高角度前积层、层系界面角度较缓等特征。

交错层理反映了当时有两个方向的近地表风交替控制本地,大型板状斜层理指示风力风向持续稳

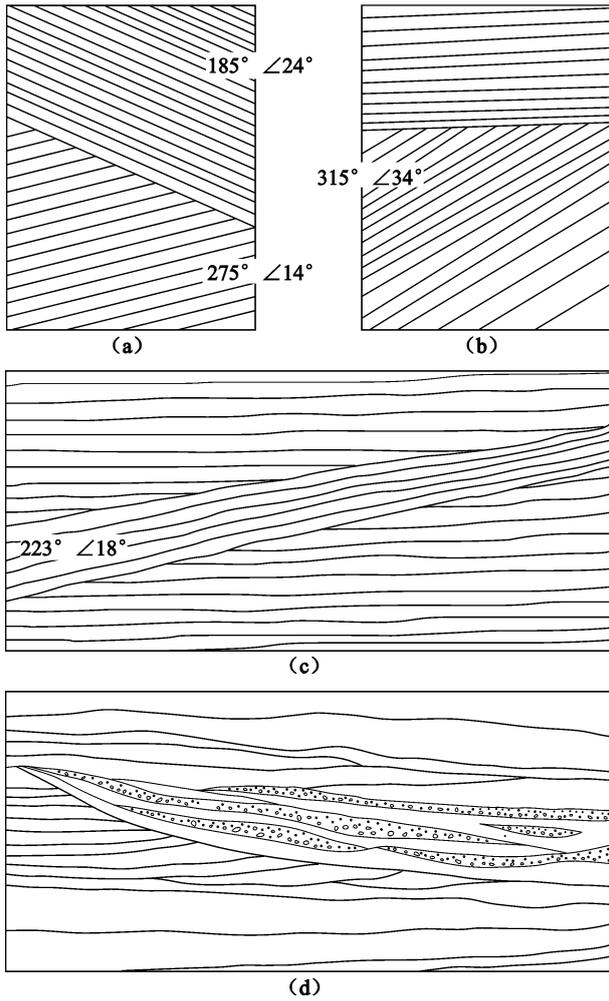


图 2 棋子湾剖面沉积构造特征

Fig. 2 The sedimentary structure characteristics of the Qizhiwan section

定的条件下形成的风成堆积,高角度板状斜层理则是沙丘在风力作用下推移前进过程中在落沙坡形成的前积层。综合以上多种沉积构造特征,不难看出,棋子湾剖面 I、Ⅲ、V 层沉积层具有风成沉积的基本特征。

小型斜层理和斜波状层理组是河流相沉积的标

志,其特征是层理多近于水平状、在层里面能看出小斜波状、斜凹状、平缓波状、舟状和水平状的规则和不规则的层理(列兹尼科夫,1961)。棋子湾剖面 II 层在构造上表现出的纹层面水平或近水平、小斜层系间夹着不成层的透镜状沉积、局部地方有不规则的小波状层理等特征与上述的河流相沉积特征非常相似。同时,II 层中局部地方在同一层内砂粒粒径差异较大,并有自下而上规律性逐渐变小的特征,这与洪水在一次泛滥时期内因流速由快到慢的变化导致沉积物形成初期比末期粗的规律也是相符的。

2.2 粒度特征

为了进一步分析确定各层成因,对棋子湾剖面按 10cm 等间距采集了 72 个样品进行粒度分析,同时在剖面附近地表选取了 49 个现代风成砂标准样,以便进行对比研究。

2.2.1 粒度组成

粒度分析结果表明,棋子湾剖面砂质沉积物在粒度组成上以 0.32~2.70 Φ 为主,平均值 1.26 Φ ,相当于 0.43mm,以中砂、粗砂含量居多(以质量计,下同),二者平均含量分别为 36.77%和 44.13%,粘土、粉砂、砂和砾石的平均含量分别为 0.91%、1.30%、97.27%和 0.52%,砂的含量占绝对优势(图 3)。

从图 3 可以看出,I、Ⅲ、V 层沉积物在粒度组成上均以粗砂和中砂为主,I 层粗砂和中砂的含量分别为 35.47%和 46.87%,Ⅲ层粗砂和中砂的含量分别为 52.46%和 36.56%,V 层粗砂和中砂的含量分别为 49.79%和 26.48%,两者之和在这三层中均占总含量的 76%以上,这与现代风成砂中粗砂和中砂的含量分别为 26.80%和 51.65%,两者之和 77.4%相接近。通过以上 3 层砂物质与现代风成砂的粒度组成对比可以看出,它们在粒度组成上与现代风成砂极为相近。而 II 层颗粒则明显偏粗,物质组成集中在极粗砂、粗砂和中砂上,砾石的含量高达 10.42%。IV 层相对偏细,以粗砂、中砂和细砂为主,

表 2 棋子湾剖面各层粒度参数

Table 2 Grain-size parameter in different stratum of the Qizhiwan section

		整个剖面	I 层	II 层	III 层	IV 层	V 层	现代风成砂
M_z (Φ)	均值	1.26	1.44	0.52	1.14	1.96	1.13	1.34
	范围	0.04~2.16	1.08~1.82	0.04~0.99	0.69~1.48	1.88~2.07	0.54~2.16	0.97~1.67
σ	均值	0.75	0.58	1.14	0.58	1.37	0.97	0.56
	范围	0.43~1.89	0.43~0.76	0.99~1.28	0.38~0.82	1.20~1.89	0.58~1.32	0.44~0.79

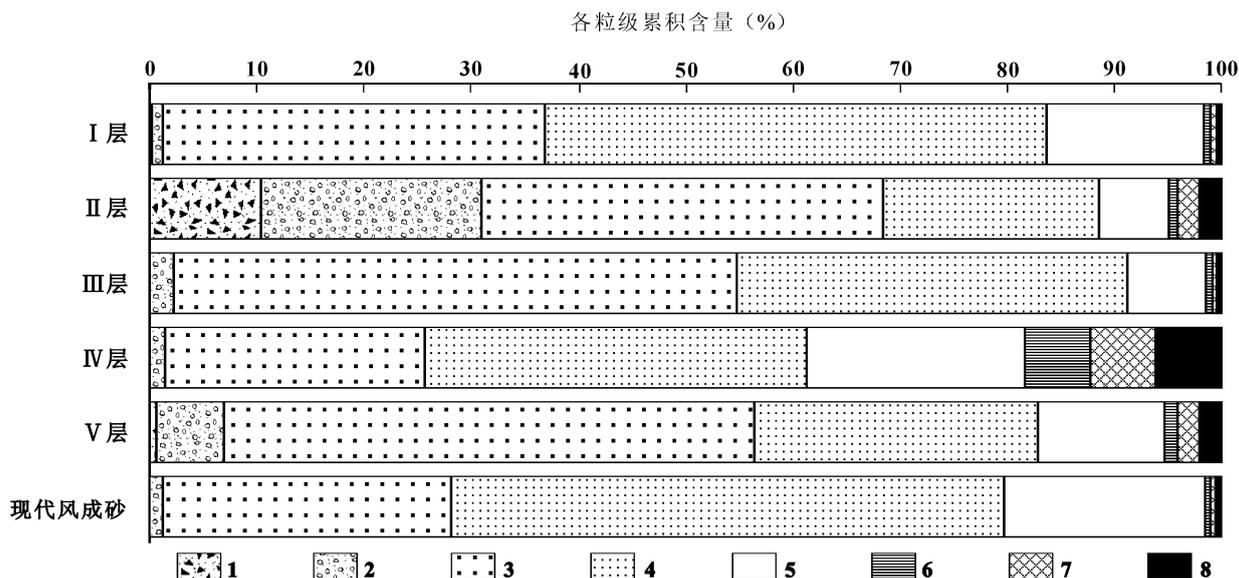


图3 棋子湾剖面各层粒度累积含量

Fig. 3 The grain-size accumulative centigrade content in different stratum of the Qiziwan section

1—砾石; 2—极粗砂; 3—粗砂; 4—中砂; 5—细砂; 6—极细砂; 7—粉砂; 8—粘土

1—gravel; 2—very coarse sands; 3—coarse sands; 4—medium sands; 5—fine sands; 6—very fine sands; 7—silt; 8—clay

粘土含量达 6.41%，居剖面各层之首。

2.2.2 粒度参数

根据样品的粒度分析数据,采用 Folk and Ward(1957)的公式计算出 Mz (平均粒径, mean grain size)、 σ (标准离差) 等粒度参数:

$$Mz = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$$

$$\sigma = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6}$$

Mz 可以较全面地表征颗粒组成的基本特征,是反映物质搬运过程中搬运营力大小的一个重要指标, Mz 值越大,颗粒越粗,反映其搬运营力越大,反之,则颗粒越小,搬运营力越小。 σ 是反映沉积物分选程度好坏的一个指标,与沉积物搬运过程中的动力条件和沉积后的风化成壤作用密切相关, σ 越大,分选越差,表明受后期成壤作用影响大;反之,则分选越好,受后期成壤作用小。这两个参数结合能较好地反映了各层沉积物沉积环境的变化情况(表 2,图 4)。

如表 2 所示,剖面中 I、III、V 层的 Mz 均值分别为 1.44Φ 、 1.14Φ 、 1.13Φ ,范围分别为 $1.08 \sim 1.82\Phi$ 、 $0.69 \sim 1.48\Phi$ 和 $0.54 \sim 2.16\Phi$,与剖面附近的现代风成砂的 Mz 均值 1.34Φ 、范围 $0.97 \sim 1.67\Phi$ 相当,说明这三层的搬运营力与现代风成砂接近。II、IV 层 Mz 均值分别为 0.52Φ 、 1.96Φ ,范围

分别为 $0.04 \sim 0.99\Phi$ 和 $1.88 \sim 2.07\Phi$,偏离于现代风成砂,II 层颗粒明显偏粗,推测其搬运营力较大,IV 层颗粒较细,说明其搬运营力比现代风成砂稍小。I、III、V 层 σ 均值分别为 0.58、0.58、0.97,范围分别为 $0.43 \sim 0.76$ 、 $0.38 \sim 0.82$ 和 $0.58 \sim 1.32$,总体上分选较好,这与现代风成砂的均值 0.56、范围 $0.44 \sim 0.79$ 相近。II、IV 层 σ 均值分别为 1.14、1.37,范围分别为 $0.99 \sim 1.28$ 和 $1.20 \sim 1.89$,分选差,明显区别于现代风成砂,IV 层 σ 均值达 1.37,风化成壤作用明显。

再由 $Mz-\sigma$ 散点图(图 4)可以看出, I、III、V 层样品聚集在一起, Mz 值集中在 $0.9 \sim 1.5\Phi$ 之间,

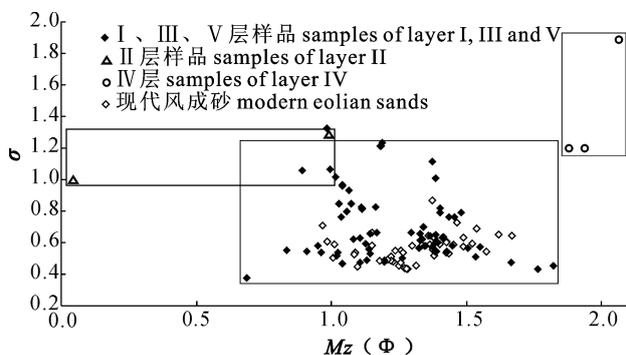
图4 棋子湾剖面各层 $Mz-\sigma$ 散点图

Fig. 4 $Mz-\sigma$ scattergram in different stratum of the Qiziwan section

σ 值集中分布于 0.4~1.0 之间,与现代风成砂标准样 Mz 分布区间 0.97~1.67 Φ 、 σ 分布区间 0.44~0.79 具有相近的相位,指示 I、III、V 层具有与现代风成砂相似的沉积环境。而 II、IV 层的样品在图中的分布则分别具有其独立的相位,II 层 Mz 值分布于 <1.0 Φ 的区间, σ 值分布于 >1.0 的区间,这与该区八所组下伏的北海组河流相沉积具有相似的粒度参数及相位特征^⑨。IV 层 Mz 值分布于 >1.8 Φ 的区间, σ 值分布于 >1.2 的区间,偏离 I、III、V 层及 II 层所分布的相位,具有明显不同的粒度参数特征,因此可以推断 IV 层为区别于 I、II、III、V 层的不同成因的沉积类型。

2.2.3 概率累积曲线

概率累积曲线是分析沉积物搬运方式与粒度分

布之间的关系及一些环境概率图的模式(成都地质学院陕北队,1976),由概率累积曲线显示推移、跃移和悬移三个总体的特征,可以较可靠地判断沉积物的沉积环境。

如图 5 所示, I、III、V 层以上凸两段式或三段式为主(图 5a、c、e),斜率大,分选好,推移总体缺失,跃移总体含量之和在 95% 以上,具悬移总体。有的具有两个跃移总体,相交呈上凸形,较粗的一段(一跃)斜率较大(60°~77°),分选较好,而较细的一段(二跃)斜率较小(5°~66°),分选稍差。双跃总体反映了两个方向、强度不同的风作用,一跃总体的含量普遍高于二跃总体的含量,说明主风向风力较强,形成了分选较好的一个总体,次风向风力较弱,使较细的颗粒叠加在第一个跃移总体之上,而形成分选

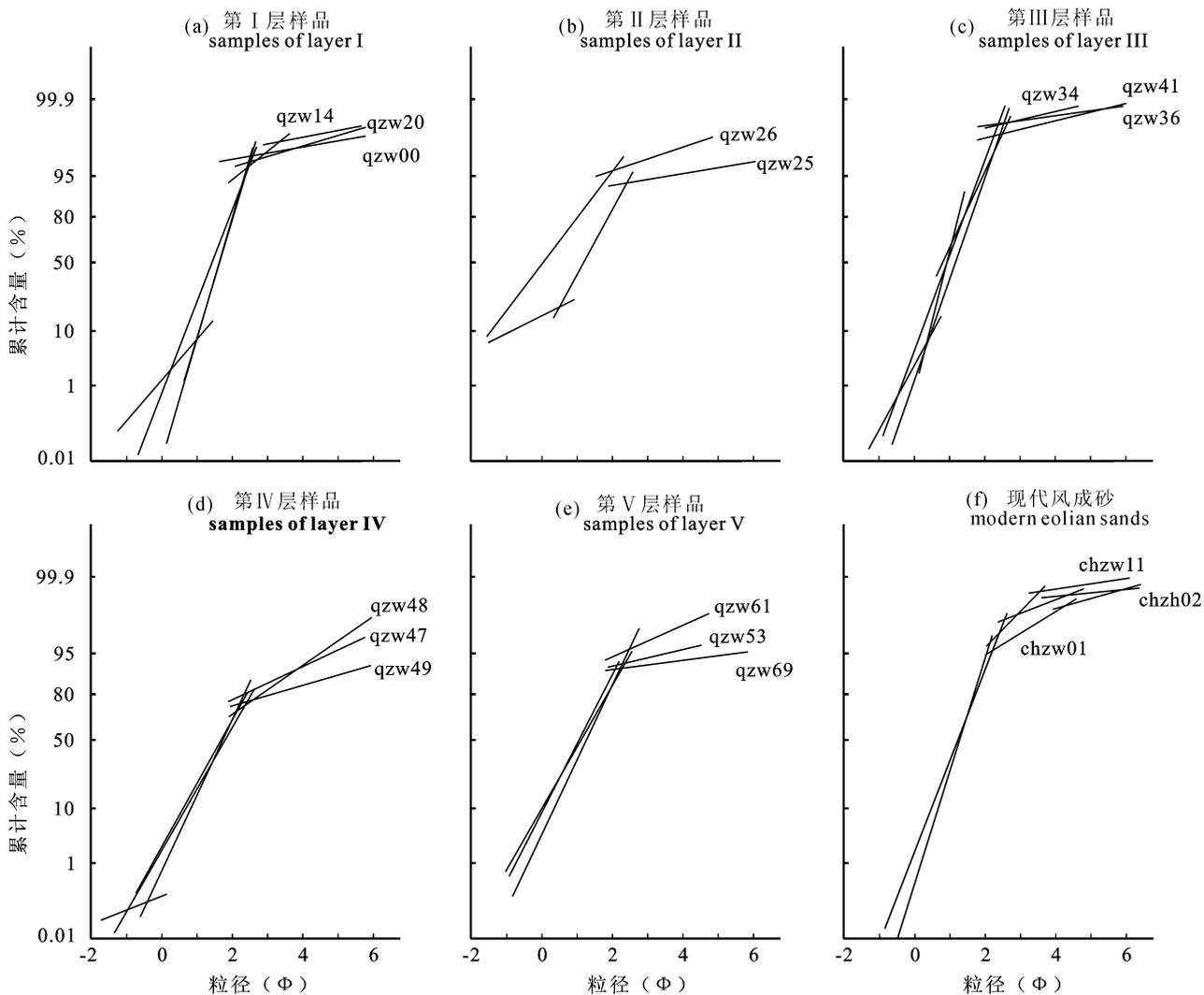


图 5 棋子湾各层样品概率累积曲线

Fig. 5 Probability cumulative curve in different stratum of the Qiziwan section

较差的第二个跃移总体。可见, I、Ⅲ、V层与现代风成砂的概率累积曲线具有相似的特征(图 5f), 推测当时海南岛西部与现代具有相似的近地表流场, 由于长期受冬夏季风交替控制, 从而使砂物质的概率累积曲线具有双跃移特征。

Ⅱ层(图 5b)为上凸两段式或三段式, 仅有一个跃移总体, 斜率小($54^{\circ}\sim 71^{\circ}$), 分布区间宽, 分选差, 跃移总体含量较低(74%~93%), 并含一定量的悬移总体(4%~6%), 推移总体可达 20%以上。总体上指示其搬运营力比 I、Ⅲ、V层大。

Ⅳ层(图 5d)以上凸两段式为主, 由跃移、悬移两个总体组成。跃移总体含量相对较低(74%~78%), 斜率也较小, 分选相对较差, 悬移总体含量较高, 达 20%~27%, 推移总体缺失。以上分析可看出该层的搬运营力远比Ⅱ层小, 与 I、Ⅲ、V层相当或略小。

2.3 石英砂粒表面结构特征

石英砂粒的表面结构特征对其沉积环境具有鉴别意义(陈丽华等, 1986)。棋子湾剖面石英砂粒表面扫描电镜分析结果显示, 各层的石英砂表面均有代表风成环境的特征, 如: 磨圆好, 有碟形撞击坑(图版 I-1)、新月形撞击坑、麻面、硅质沉淀(图版 I-2)等, 同时也有代表水下环境的特征, 如: V形撞击坑(图版 I-3), 化学溶蚀沟与溶蚀坑(图版 I-4)等, 且边缘都有不同程度的磨损现象。代表风成环境和水下环境的特征往往共存于同一颗粒上(图版 I-5)。说明石英砂粒在搬运到剖面位置前应该既经过了水的搬运, 又经历了风力搬运(吴正, 1995)。而颗粒表面风成环境的特征往往叠加在水下环境特征之上, 因此推断这些颗粒应为先经过水的作用, 后期又经过风力的搬运才到达剖面位置。

需要指出的是, Ⅱ层石英砂粒扫描电镜结果显示, 其颗粒表面磨圆较差, 呈棱角状或次棱角状, 表面遍布 V形撞击坑(图版 I-6), 水下环境特征明显, 应为以流水为主要搬运营力。而Ⅳ层颗粒的扫描电镜结果则显示其表面仅存有原来水下作用特征(V形撞击坑、化学溶蚀等)的痕迹, 在后期风的作用下这些颗粒的水下环境特征被强烈磨蚀, 颗粒磨圆得非常好, 呈浑圆状(图版 I-7~8), 因此就其搬运营力来说应以后期的风力作用为主。

3 八所组上部砂质沉积物的成因

综上所述, 棋子湾地层剖面的 I层、Ⅲ层和 V层砂质沉积具有交错层理、大型板状斜层理、高角度板

状前积层等风成沉积的构造特征; 具有分选较好、概率累积曲线斜率大、跃移总体大、推移总体缺失等特征, 与该地现代风成砂的粒度特征相似, 且 $M_z-\sigma$ 分布图与现代风成砂有相似的相位; 其石英颗粒表面具有磨圆好、碟形撞击坑、新月形撞击坑、硅质沉淀等反映风成沉积过程的特征。因此, 判定 I层、Ⅲ层和 V层砂质沉积物为风成相沉积物。

Ⅱ层垂直面上存在小型斜层理、透镜状沉积等河流相沉积所特有的构造特征; 粒度组成上较其他几层明显偏粗, 分选差, 概率累积曲线总体斜率小, 磨圆差等水下作用的特征; 具 V形撞击坑、化学溶蚀等水下环境特征。因此判断其为河流相沉积。

Ⅳ层由大型板状斜层理组成, 显示风成沉积的特征; 粒度上 σ 值偏大, 分选相对较差, 颗粒明显偏细, 粘土含量所占比重较大, 应为后期风化成壤作用的结果; 石英颗粒表面有风力强烈磨蚀的痕迹, 原有水下环境所形成的 V形撞击坑在后期风的作用下边缘基本被磨圆, 颗粒呈浑圆状。因此Ⅳ层为以风为主要搬运营力、经过一定风化成壤作用后形成的风成相沉积。

总之, 棋子湾剖面是一套以风成沉积为主的砂质沉积地层, 其间夹有薄层河流相沉积(Ⅱ层)和经弱成壤作用形成的风成相沉积(Ⅳ层), 这可能是风积过程中短周期的气候波动所形成的, 但并不影响和改变该地八所组上部沉积总体的岩性和岩相的基本特征。刘瑞华等(1986年)认为海南岛西部八所组属陆相冲洪积成因类型地层。这与本文认为棋子湾剖面及其所代表的八所组上部砂质沉积物为以风成相为主的沉积类型的观点并不矛盾。应该说, 海南岛西部八所组(上部)在沉积类型上存在同期异相沉积, 即冲洪积相和风成相共存的现象。

4 八所组上部沉积的环境意义

海南岛西部八所组上部沉积地层记录了晚更新世后期南海北部环境变化过程。据研究, 晚更新世以来南海曾发生多次海侵与海退, 其中, 第 8 次海侵(35~24 ka BP)和第 8 次海退(24~8 ka BP)的规模均很大(冯文科等, 1988, 1994)。依据前述八所组上部风成砂地层可知, 35~24 ka BP 时第 8 次海侵的范围未到达海南岛海岸带, 在偏北风作用下海岸带出现风沙活动, 西海岸形成相当于棋子湾 V层下部砂质沉积物, 但当时风力尚不太强劲, 风成砂沉积速率比较小, 仅为 0.141mm/a。24~8 ka BP 时第 8 次海退的范围很大, 致使南海北部大陆架广泛出露,

残留砂在风力作用下就地起砂,形成沙丘、沙波,并成为海岸沙丘的主要物源地。棋子湾 V 层上部砂质沉积就是在这种环境背景下形成的风成沉积。到了 15 ka BP 前后,南海北部出现一个短暂的温暖期,在温湿气候环境中沉积物的粒度组成较其它各层细,粘土含量增多,颗粒表面的化学物理风化加速,从而形成了棋子湾剖面 IV 层的弱成壤风成砂。约 13.7 ka BP 时南海北部海平面下降至晚更新世以来的最低海面,当时海平面比现在海平面低大约 131m(陈欣树等,1990)。大陆架上偏北风仍比较强盛,风沙活动强烈,形成大面积的沙丘、沙波,使南海北部大陆架局部沙漠化,同时,大陆架上的砂物质不断向岸输送,海岸沙丘堆积速率明显加快,达到 0.853mm/a,规模不断扩大。棋子湾剖面中 III 层风成砂就是在这个时期沉积形成的。至 12.30 ka BP 时,南海北部出现短暂的湿润气候,降水量增加,河流径流量较现在大,剖面 II 层的河流相沉积物即是此时期形成的。11.82~10.30 ka BP 时南海北部海平面仍为低海面,大陆架的气候环境与 15 ka BP 后相似,海岸沙丘砂源直接来自于临近的大陆架,由于搬运距离短,沉积速度明显加快(1.71mm/a)。

综上所述,海南岛西部八所组上部风成砂沉积记录并反映了末次冰期南海北部的环境及其变化过程。末次冰期时,受冰期气候影响,南海海平面大幅度下降,北部大陆架广泛出露,局部沙漠化,大陆架也成为海岸风成沉积的物源区。

致谢:中国科学院广州地球化学研究所卢良才先生完成了热释光测年;中国科学院寒区旱区环境与工程研究所王远平老师完成扫描电镜分析;林培松、廖继武、尹秋菊等参加了野外工作,欧先交、温小浩协助完成粒度分析实验;在成文过程中,华南师范大学地理科学学院吴正教授、中国科学院南海海洋研究所赵焕庭研究员给予第一作者悉心的指导,谨此致谢!

注 释 / Notes

- ① 薛万俊,等. 1981. 南海北部沿岸第四纪地质地貌调查报告. 地质部南海地质调查指挥部综合研究大队. 45~49.
- ② 薛万俊,等. 1981. 南海北部沿岸第四纪地质地貌调查报告. 地质部南海地质调查指挥部综合研究大队. 30~35.

参 考 文 献 / References

陈丽华, 缪昕, 于众. 1986. 扫描电镜在地质上的应用. 北京: 科学

出版社, 21~44.

- 陈欣树, 包砾彦, 陈俊仁, 赵希涛. 1990. 珠江口外陆架晚第四纪最低海平面的发现. 热带海洋, 9(4): 73~77.
- 成都地质学院陕北队. 1976. 沉积岩(物)粒度分析及其应用. 北京: 地质出版社, 55~66.
- 董光荣, 李保生, 高尚玉, 吴正, 邵亚军. 1983. 鄂尔多斯高原的第四纪古风成沙. 地理学报, 38(4): 341~347.
- 冯文科, 薛万俊, 杨达源. 1988. 南海北部晚第四纪地质环境. 广州: 广东科技出版社, 22~206.
- 冯文科, 黎维峰. 1994. 南海北部海底沙波地貌. 热带海洋, 13(3): 39~47.
- 海南地质矿产局. 1997. 海南省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 98~112.
- 李森, 孙武, 李凡, 林培松, 郑影华, 聂磊. 2005. 海南岛西部热带沙漠化土地特征与成因. 地理学报, 60(5): 433~444.
- 列兹尼科夫 A II. 1961. 沉积岩相与建造. 北京: 科学出版社, 64~88.
- 刘瑞华, 张仲英, 韩中元. 1986. 海南岛西部的沙地成因探讨. 热带地理, 6(3): 256~263.
- 吴正. 1995. 我国内陆沙漠与海岸沙丘石英颗粒表面结构的对比研究. 中国沙漠, 15(3): 201~206.
- 吴正, 黄山, 胡守真, 吴克刚. 1995. 华南海岸风沙地貌研究. 北京: 科学出版社, 38~39.
- 袁宝印. 1984. 海南岛北部第四纪玄武岩分期问题. 见: 中国地理学会地貌专业委员会编. 中国地理学会第一次构造地貌学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 182~187.
- Folk R L, Ward W C. 1957. Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27: 3~26.
- McKee E D. 1966. Structure of dunes at white sands monument. New Mexico Sedimentology, 7(1): 1~70.

图 版 说 明 / Explanation of Photos

棋子湾剖面石英颗粒表面结构特征。

1. 碟形撞击坑(D)。
2. 硅质沉淀(SF)。
3. V形撞击坑(V)。
4. 化学溶蚀(T)。
5. V形撞击坑(V)、新月形撞击坑(B)共存于同一颗粒上。
6. V形撞击坑(V)。
7. 棱角被完全磨圆的颗粒。
8. V形撞击坑(V)、新月形撞击坑(B)边缘已被磨圆。

The quartz grain surface textures features of the Qiziwan section.

1. Dish-shaped pits (D).
2. Siliceous precipitates (SF).
3. V-shaped pits (V).
4. Chemolysis (T).
5. V-shaped pits (V) and crescent-shaped pits (B) on the same Grain.
6. V-shaped pits (V).
7. Edge angles have been well rounded.
8. The edge of V-shaped pits (V) and crescent-shaped (B) has been rounded.

The Genesis and Environmental Significance of the Sandy Sediments of the Upper Basuo Formation in Western Hainan Island

ZENG Lanhua¹⁾, LI Sen^{2,3)}, LI Baosheng^{3,4)}, LI Huichuan⁵⁾, ZHENG Yinghua⁶⁾

1) *Department of Geography, Jiaying University, Meizhou, Guangdong, 514015;*

2) *Resources and Environment Science Research Institute, Foshan University, Foshan, Guangdong, 528333;*

3) *State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an, 710075;*

4) *College of Geography Science, South China Normal University, Guangzhou, 510631;*

5) *Shunde Branch of Foshan Land Resource Bureau, Foshan, Guangdong, 528000;*

6) *Center of Desert Research, Beijing Normal University, Beijing, 100875*

Abstract

Sandy sediments extensively developed in the west coast of Hainan Island. The TL dating data for the sandy sediments of Qiziwan section showed that the stratum which belongs to the upper Basuo Formation of Upper Pleistocene deposited between $32.1 \pm 3.30 \sim 10.30 \pm 1.30$ ka BP. The stratum of Qiziwan section ranged from aeolian to weak soil-forming to aeolian to alluvial to aeolian from bottom to top, and this was proved by technical analysis including sedimentary structure characteristics, grain-size characteristics, scanning electron microscope etc. The arrangement of sedimentary facies reflects that the stratum was mainly consisted of thick aeolian facies, mixed by some thin fluvial facies (layer II) and weak soil-forming aeolian facies (layer IV) which were caused by the short-term climate changes. This is heteropic deposit of Basuo Formation, which is considered as alluvial—pluvial deposition in this area. We infer that continental shelf of the South China sea broadly emerged by the climate change in the last Ice Age, accompany by the frequent sand-drift activities which caused sandy desertified process and provided an important sources of aeolian deposits in the west coast of Hainan Island.

Key words: Western Hainan Island; upper Basuo Formation; sandy sediments; sedimentary environment

