

华南沿海全新世海岸沙丘研究*

吴 正 吴克则 黄 山 朱 膺 胡守真 金志敏

(华南师范大学地理系, 广州 510631)

摘要 海岸风沙堆积是海岸带陆、海、气相互作用的产物。文中着重阐述了华南沿海海岸风沙的沉积结构与沉积构造特征、海岸沙丘的发育条件、演化模式以及形成的年龄等。认为华南海岸风沙堆积是中全新世以来的温凉干燥气候期的产物。

关键词 海岸沙丘 风沙沉积 发育模式 华南

海岸带是陆、海、气三种介质相互交接、相互作用的地带,而海岸风沙堆积是这一特殊动力环境的产物。我国华南沿海风沙堆积分布广泛,据初步调查,仅广东和海南沿海就有滨海沙地 $1\,880\text{ km}^2$ (18.8 万公顷)^[1],且沙化土地有迅速扩大之势。对海岸风沙堆积的研究,不仅有助于阐明海岸带的动力结构特征、沙质海岸的演化,以及第四纪海平面变化和新构造运动的性质,同时能为港口建设和海岸防沙等提供科学依据,在理论上与生产实践上都有重要意义。

国外对海岸沙丘已有较多研究^[2],但国内海岸沙丘的研究则刚刚起步^[3~7]。近年来,我们对华南沿海的风沙地貌和风成沉积进行了较系统研究,本文就华南沿海全新世海岸风沙沉积特征、动力地貌过程和演化规律等问题进行一些初步探讨。

1 海岸风沙沉积特征

沉积物的沉积结构特征,对于解释其成因和判别沉积环境(古地理)是十分重要的。对华南全新世海岸沙丘砂的研究,查明其物质成分除陆源碎屑外,还有较多的海相贝壳碎屑,如在海南岛东北部沿海可高达 30%,因此,部分沙丘上部已钙质胶结形成沙丘岩^[8]。陆源碎屑主要为石英(平均占 86.6%)和长石,含有较多的重矿物(5.8%~15.3%,平均 10.5%),甚至可形成重矿物局部富集层(呈黑色条带)。海岸沙丘砂的粒度特征(表 1),主要粒级为细砂和极细砂,中砂亦较多,粗砂和粉砂含量很少。平均粒径(M_z)为 2.1~3.1;标准偏差(σ_1)为 0.4~1.0,分选好或较好,这也反映在粒度分配上的跃移组分含量可达 90%~95%,甚至更高,且有较大斜率($60^\circ\sim 85^\circ$)。其偏度(SK_1)多数为正偏,也有负偏(-0.09~0.45);峰态(kg)在 1.0 附近,属中等(近正态)峰态,且出现双峰或多峰。

扫描电子显微镜观察了海岸沙丘石英砂表面微结构特征,并用环境颗粒百分比法作定量

1994-01-16 收稿, 1994-10-04 收修改稿

*国家自然科学基金和中国科学院西安黄土与第四纪地质开放研究实验室基金资助项目

表 1 现代海岸沙丘砂粒度特征^{a)}

地 区	各粒级百分含量(φ值)					粒度成分(百分含量)						粒度参数					
	粗		中		细	极	粉	推 移		跃 移		悬 移		平 均 值	标 准 偏 差	偏 度	峰 态
								含 量		含 量		含 量					
	砂 1	砂 2	砂 3	砂 4	砂	斜率	斜率	斜率	斜率	斜率							
粤东	0.5~ 1.5	20.6~ 40.4	40.5~ 48.8	15.8~ 35.9	0.05~ 0.6	<1.5	<65°	88~ 92	60°~ 80°	6~ 11	60°~ 75°	2.2~ 3.0	0.7~ 1.0	0.05	~0.45	0.9~ 1.3	
粤西	0.1~ 1.8	4.8~ 21.6	34.7~ 56.3	37.5~ 45.7	0.03~ 0.5	<1.7	<62°	94~ 98	66°~ 85°	3~ 7	55°~ 70°	2.5~ 3.1	0.4~ 0.9	-0.09	~0.03	0.8~ 1.2	
海南	1.1~ 3.4	7.2~ 19.8	50.4~ 58.5	21.2~ 34.6	0.1~ 0.8	<2	<55°	92~ 97	65°~ 82°	4~ 8	54°~ 66°	2.1~ 2.8	0.6~ 0.9	0.01	~0.15	1.1~ 1.5	

a) 含量单位为 %, 斜率单位为度

分析^[9](图 1), 可以明显看出: (1) 具有代表风成环境的典型特征, 如颗粒棱角磨蚀、磨圆好, 有碟形坑、新月形撞击坑和麻面, SiO₂ 的沉淀层和裂纹等; (2) 有代表海滩环境的水下撞击的 V 型坑, 化学溶蚀坑和溶蚀沟等特征; (3) 风成环境的碟形撞击坑等与海滩环境的 V 型坑等出现于同一颗粒表面. 表明海岸沙丘石英砂表面结构特征, 既有继承又改造了海滩砂的特征, 又具有叠加其上或与其共生的风成环境特征.

海岸沙丘砂的沉积结构特征, 充分显示它除有典型的风成特征外, 因其受风力吹扬搬运距离较短, 故明显地表现其受海滩砂源的影响.

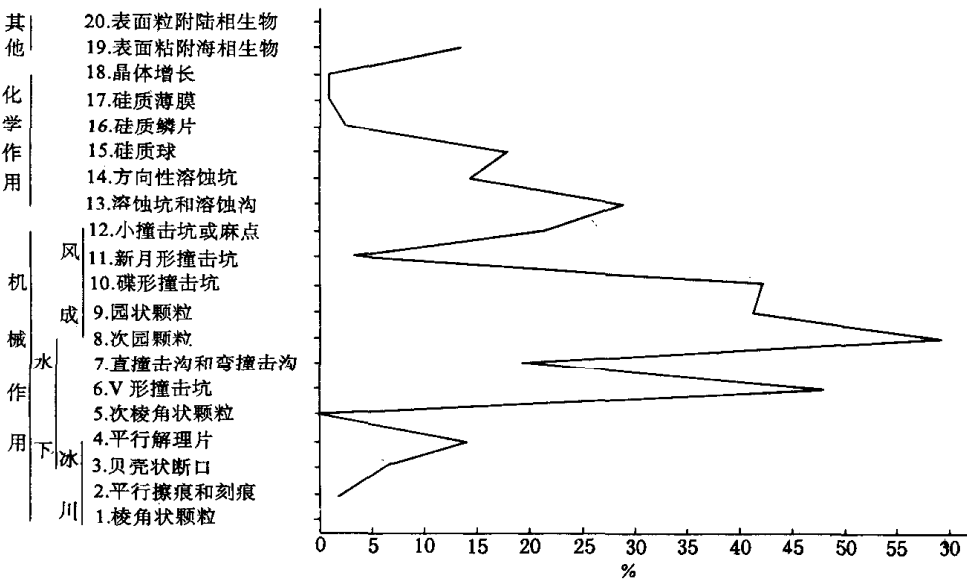


图 1 海岸沙丘石英颗粒表面特征曲线

沉积沙体的沉积环境鉴别, 最可靠的证据莫过于反映沉积过程的构造. 海岸沙丘的沉积构造, 根据沙丘上开挖的探槽和部分近海边沙丘上已半胶结的沙丘岩剖面揭示, 层理主要类型为大型的高角度板状或楔状交错层理, 倾角 30°~35°(图 2). 层系厚度很大, 可达 5~6m (海南文昌的南北沟和昌洒, 广东汕头的广澳), 代表了沙丘背风坡的沉积(前积层). 准同生变形构造是海岸沙丘的重要沉积构造特征, 主要原因是沿海较大的湿度对落沙坡砂子下落方式的影响. 湿砂在沿落沙坡下落时趋向于成块发生滑动、崩塌, 而不成沙流. 这样, 成块的

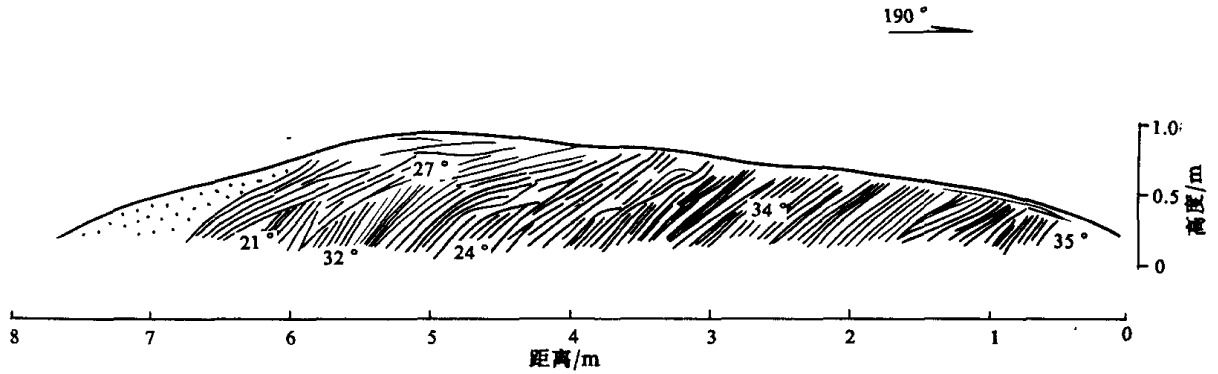


图2 广东惠来南海乡新月形沙丘的内部构造特征(人工探槽剖面)

砂子和生物碎屑混杂一起成角砾;层间的剪切形成剪切面和拖曳褶曲(扭曲层理),在饱和水的情况下则形成包卷层理。

2 海岸沙丘的发育

2.1 海岸沙丘的发育条件

2.1.1 风况

根据实验研究,0.25~0.1 mm砂粒的起动风速,在干燥状态为3.8 m/s,湿润(含水率2%~3%)时可提高到6.0~10.5 m/s^[10]。华南沿海地处亚热带和热带季风区,冬季受蒙古强大冷高压和寒潮侵袭的影响,盛行干冷的东北季风¹⁾;夏季又受西太平洋和南海台风的影响,风力强劲。华南沿海各地各月最大风速都可超过砂粒的起动风速。例如,闽南的东山站年平均风速为7.1 m/s,冬季平均风速为7.8~9.0 m/s,≥8级(即风速≥17.2 m/s)的大风日数为119.7 d/a;粤东的汕头广澳表角站年平均风速为6.3 m/s,冬季风速平均达6.5~7.5 m/s,≥8级大风日数103 d/a^[11];海南的海口站年平均风速为3.6 m/s,冬季各月最大平均风速为4.8~5.7 m/s,≥8级大风日数为14.4 d/a^[4]。华南沿海各地无论从风向频率或最大风速来看,都以东北向岸风为主,东北风盛行期可长达6个月(10月至次年3月)。具有一定强度和延续时间的东北向岸风,是华南海岸沙丘形成的强大动力。

2.1.2 砂源

海岸沙丘的直接砂源是海滩砂。华南沿海绝大部分岸段分布着燕山期花岗岩,以及湛江组、北海组和八所组等第四纪砂质地层。花岗岩在热带、亚热带湿热气候下易风化形成深厚风化壳,受暴流冲刷产砂量甚高。较松散的湛江组、北海组等地层也极易受流水的侵蚀或海浪冲蚀而大量产砂,它们是华南沿海海滩砂的主要物源,也为海岸沙丘的发育提供了丰富砂源。

华南沿海正由于有强劲、恒定的东北向岸风与丰富的海滩砂源相配合,十分有利于海岸沙丘的广泛发育。例如,海南岛东北部文昌沿海地区,广布较松散的湛江组等第四纪砂质地层,受流水侵蚀和海浪冲蚀大量产砂,倾泻入海再经海浪的淘洗与海相生物碎屑一起堆积在海滩,形成丰富的海滩砂。加之本区位于海南岛的东北部,岸线呈北西和近南北方向延伸,面

1) 来自蒙古高压的冬季风,由于在行进中受到地球自转力的影响,而按顺时针方向偏转,经过杭州湾后,已由西北风转化为北风和东北风

迎延续时间长(每年 10 月至次年 4 月)、风力大(各月最大平均风速超过 5 m/s)的东北季风,且台风也常在此登陆。因此,强劲的风力将丰富的海滩砂不断向宽阔低平的滨海平原搬运加积,形成海岸沙丘。海岸沙丘从铺前湾、木栏头至铜鼓岭,构成了长约 100 km 的海岸沙丘带,沙丘带宽度 3~5 km,个别沙丘侵入内陆超过 10 km。沙丘一般高达 10~30 m,最高达 58.7 m(昌酒湖垵坡),成为我国沿海规模最大的沙丘海岸之一(图 3)。

2.2 沙丘海岸的发育模式

华南沿海的海岸沙丘主要发育于由滨岸沙堤、河口沙咀、湾口沙坝等构成的海岸平原,如韩江三角洲南部、雷州半岛东岸和海南岛东北部等;部分可以分布在近海岸的基岩丘陵山坡上,如粤西湛江的东海岛东岸,现代风沙堆积覆盖到了 75 m 高度的龙水岭(为一海拔 106 m 的玄武岩锥形火山)山腰上,形成所谓“爬坡沙丘”。

发育于海岸平原上的海岸沙丘的主要类型,从海岸向陆地分布依次为:海岸岸前沙丘、加积性横向沙丘和新月形沙丘、抛物线形沙丘、纵向沙丘和海岸沙席,以及草丛沙丘等;其中,海岸岸前沙丘和沙席是海岸沙丘特有的类型,抛物线形沙丘构成了整个沙丘带的主体。

2.2.1 海岸岸前沙丘

海岸岸前沙丘(coastal foredune)发育的雏形是后滨的沙堤或滩脊。Pye 认为复合草丛沙丘(multiple shadow dune)可能就是岸前沙丘脊(foredune ridge)发育的第一阶段^[2]。平时向岸风从海滩上吹扬起的砂,首先沉积在滨后的滩脊上,在滩脊的海滩沉积上形成了一个风成沙层的盖帽,使得这种沙丘在沉积相上具有独特的“二元相”,即上部风成相和下部海滩相。而且,由于沙堤上植物的阻积作用,形成了许多小的草丛沙丘。岸前沙丘的高度可达十几米,而草丛沙丘一般只有 1~2 m。

在暴风时,岸前沙丘上部的风成盖帽大多被强劲的风力所吹蚀,吹扬起的砂向陆移动,从而使岸前沙丘上只残留下一些蚀余的数米长宽的小圆丘状沙堆。暴风之后又接受新的风砂沉积。海滩砂通过这种方式,借岸前沙丘为“跳板”,不断向内陆输沙并向其他沙丘形态演进。

2.2.2 加积性横向沙丘

它发育于岸前沙丘之后,很少移动而不断加高,形成一系列巨型沙体。如海南岛东北部文昌沿海的横向沙丘,高度达 30~50 m,延伸几十公里。横向沙丘的向海坡和丘顶部分都发育有一层半胶结或胶结的沙丘岩,有的地方已胶结的沙丘岩厚度达 10 m 以上。

2.2.3 新月形沙丘

可直接分布于岸前沙丘之后,呈单个形态出现,但常多个沙丘相连成沙丘链,高度数米至十几米;新月形沙丘也可以次一级的形态迭加于靠近海边的加积性横向沙丘之上,多数规模

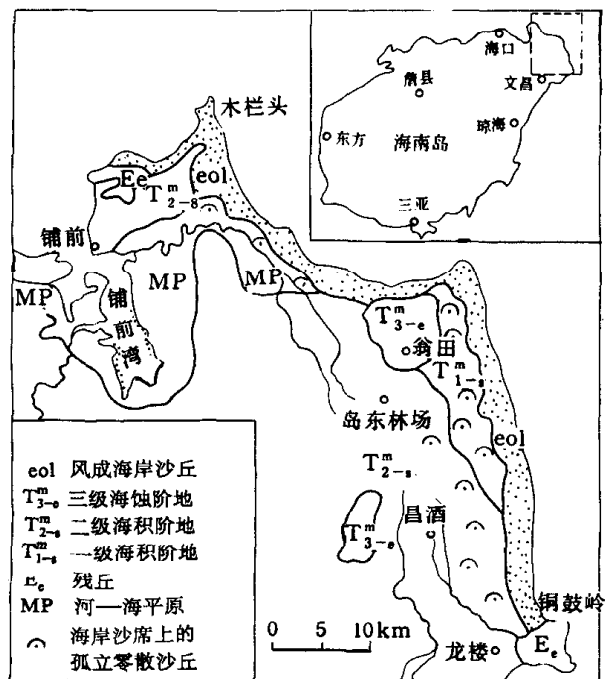


图 3 海南岛东北部海岸地貌简图

较小, 高度很少超过 5 m.

2.2.4 抛物线形沙丘

抛物线形沙丘是海岸沙丘中分布最广泛的沙丘类型, 常群集分布. 它一般是由新月形沙丘演变而来, 因为海岸环境较湿润, 地下水位较高, 有植物生长, 尤其在较低沙丘两翼, 植被条件较好, 风的作用受到阻碍, 移动缓慢; 而沙丘顶部因相对高起, 植被条件较差, 易受风的吹扬. 使丘体不断前移, 从而形成高大、密集分布的抛物线形沙丘.

抛物线形沙丘常多个相连成链状, 单个沙丘两翼长可达数十米至数百米, 高 10 ~ 30 m. 抛物线形沙丘一般分布于新月形沙丘之后, 也可直接分布于海岸岸前沙丘之后, 或加积性横向沙丘之后, 视不同岸段而异. 因植物阻滞或岸前沙丘的吹蚀而出现于岸前沙丘之后近岸处, 形态小而分散; 位于横向沙丘之后, 常呈发夹形, 与纵向沙丘共生.

2.2.5 纵向沙丘

华南沙丘海岸的纵向沙丘较少见, 一般是分布于海岸沙丘带的后缘, 其规模也不大, 高度在数米至十几米之间, 少数超过 20 m, 长度也只有几十米至数百米. 它是由抛物线形沙丘在风的作用下, 其中部受风蚀断开而形成的, 故常与抛物线形沙丘交错分布, 其间没有明显的分布界线.

上述几种类型沙丘构成了沙丘海岸的主体沙丘带.

2.2.6 海岸沙席

位于主体沙丘带后面一较广阔平坦的风沙堆积平原. 沙席这种风成沙堆积类型与海岸特殊的动力环境和物源供应有关: (1) 向岸风由于搬运砂子和沿程磨擦阻力的损失, 越向陆方向风力越小; (2) 向岸风所携带的砂子由于沿程堆积, 也越来越少. 所以, 当上述的主体沙丘之后存在低平的海岸平原时, 风沙便可在其上加积一层水平的沙层, 厚度一般为几十厘米至数米. 而当有阻滞砂子的障碍物(如植物)存在时, 便堆积成圆丘状草丛沙堆, 高仅 1 ~ 3 m.

综上所述, 海岸沙丘的典型发育模式可以归纳为: 海滩砂在东北向岸风作用下, 以岸前沙丘为“跳板”向内陆输沙, 以加积性横向沙丘、新月形沙丘、抛物线形沙丘和纵向沙丘为主体构成沿海岸分布的高大沙丘带, 在沙丘带的后缘, 随风力减弱形成沙席. 这一发育模式可以海南岛东北部抱虎岬至铜鼓岭岸段为其代表. 此段海岸延伸长约 40 km, 岸线近南北走向, 与主风向交角大于 45°; 海岸线平直开阔, 地势低平, 风沙可长驱直入, 沙丘发育规模大, 类型齐全.

海岸沙丘的发育模式, 因受岸线走向和原始地形等的影响, 在不同地区表现不同, 因此, 沙丘的组合特征及其分布规律也有所差异. 例如, 粤东惠来神泉港发育于隆江河口巨大沙咀上的海岸沙丘, 因海岸线与向岸风夹角很小, 向岸风作用于海滩上的有效力较小, 岸前沙丘发育不好, 更缺失加积性横向沙丘. 在较低的海滩脊之后, 即出现大片新月形沙丘和大规模群集的抛物线形沙丘, 构成了该岸段海岸最主要的沙丘类型.

2.3 海岸沙丘的形成年龄

野外调查研究表明, 华南沿海下伏于海岸沙丘之下的基底地貌和沉积类型十分多样. 笔者通过对一些典型岸段的海岸沙丘下伏沉积地层和沙丘上部半胶结的沙丘岩的采样进行测年, 并收集了前人的部分年代数据, 以确定海岸沙丘形成的年龄.

琼东北文昌海岸的中段五龙港地区人工开挖剖面(图 4(a))所见, 下伏于沙丘之下为沙堤

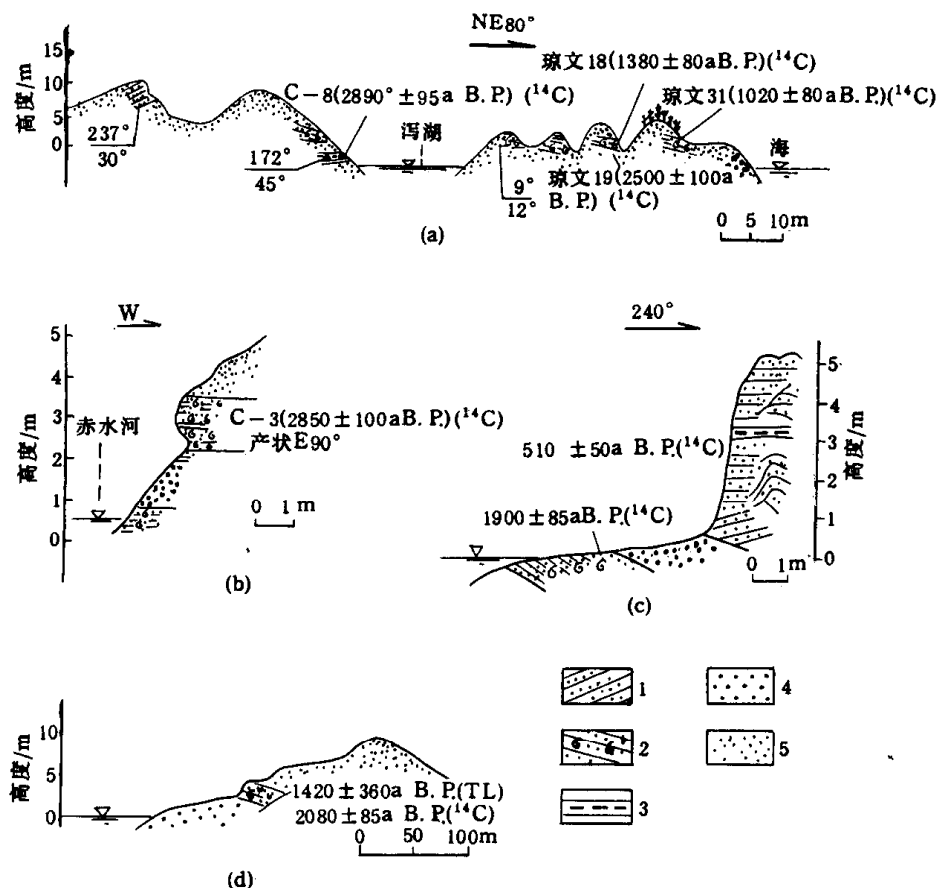


图 4 海岸沙丘下伏沉积地层剖面

1——砂丘岩, 2——沙堤岩与海滩岩, 3——泥炭土, 4——海滩沙, 5——松散风成砂; (a) 海南文昌五龙港, (b) 海南文昌赤水河, (c) 广东惠来南海乡, (d) 广东深圳西冲湾^[13]

岩, 测得 ^{14}C 年龄为 $2890 \pm 95 \text{ a B.P.}$; 另据广州地理研究所地貌与第四纪室的测年资料, 靠海的两道沙堤, 最外一道为 $1020 \pm 80 \text{ a B.P.}$ (海拔约 5 m 左右), 次外一道为 $2500 \pm 100 \text{ a B.P.}$ (海拔 1.9 m)。在南段赤水河离海岸 0.5 km 的河岸处, 下伏于沙丘之下的海滩岩 (图 4(b)), ^{14}C 年龄为 $2850 \pm 100 \text{ a B.P.}$, 与中段五龙港剖面的测年结果一致。

粤东惠来神泉港海岸, 在南海乡隆江人工河距海 2 km 处, 沙丘下覆含腐木的淤泥层, 测得腐木 ^{14}C 年龄为 $5250 \pm 120 \text{ a B.P.}$ 。在人工河口距海大约 200 m 的河岸处, 沙丘下伏的海滩岩测得 ^{14}C 年龄为 $1900 \pm 85 \text{ a B.P.}$, 粉细砂泥炭土的 ^{14}C 年龄为 $510 \pm 50 \text{ a B.P.}$ (图 4(c))。

深圳大鹏湾在大鹏半岛南端西冲湾岸上发育了四道沙丘, 最靠海一道沙丘直接覆盖在海滩岩上。海滩岩样品的 ^{14}C 年龄为 $2080 \pm 85 \text{ a B.P.}$, 其上覆沙丘砂作了粗粒 ($90 \sim 125 \mu\text{m}$) 石英热释光测年, 其年龄为 $1420 \pm 360 \text{ a B.P.}$ (图 4(d))^[12]。

韩江三角洲的南部, 分布着 5 列呈北东-南西走向平行于海岸线展布的滨海沙堤, 沙堤经风力改造和加积而发育风成沙丘。据李平日等研究, 最靠陆的第一列沙堤, 以一条贝壳堤为骨架, 贝壳堤的贝壳碎屑和海滩砂已胶结成海滩岩, 其 ^{14}C 年龄为 $4330 \pm 120 \sim 2485 \pm 70 \text{ a B.P.}$; 其余 4 列沙堤则根据其相邻泻湖平原内的泥炭、淤泥等样品的 ^{14}C 测年, 分别为 $1800 \pm 85 \text{ a B.P.}$, $1580 \pm 65 \text{ a B.P.}$, $720 \pm 50 \text{ a B.P.}$ 和 150 a B.P. 左右等^[13]。

闽南长乐江田东北海岸, 沙丘中常夹有富炭细砂层。含炭细砂 ^{14}C 年龄为 $1\,725 \pm 100\text{ a B.P.}^{1)}$ 。漳浦的对霞美下蔡海岸, 沙丘下覆的泥炭层, 其 ^{14}C 年龄为 $700 \pm 50\text{ a B.P.}^{[14]}$ 。

综合的测年数据(表2), 不难看出, 华南海岸沙丘是中全新世以来发育而成的, 尤其是在

表2 华南海岸沙丘的年龄

采样地点	高程/m	试 样	年代/a B.P.	资料来源
海南文昌五龙港	0	沙堤岩(贝屑)	$2\,890 \pm 95$	吴 正, 1987
海南文昌赤水河	4	海滩岩(贝屑)	$2\,850 \pm 100$	吴 正, 1987
海南文昌锦山东坡南北沟	20	沙丘岩(贝屑)	$2\,350 \pm 70$	本文
海南文昌昌洒白土村	45	沙丘岩(贝屑)	$3\,080 \pm 70$	本文
海南文昌抱虎港	1.4	沙丘岩(贝屑)	$2\,500 \pm 100$	张钟英, 1986
海南文昌抱虎港	2.8	沙丘岩(贝屑)	$1\,380 \pm 80$	张仲英, 1986
海南临高昌拱	4.5	沙丘岩(贝屑)	$1\,480 \pm 60$	张仲英, 1986
海南昌江海尾	8	沙丘岩(贝屑)	$1\,720 \pm 70$	本文
广东湛江硇洲岛	15	沙丘岩(贝屑)	$1\,380 \pm 65$	本文
广东湛江南三岛大岭	29.5	中细砂(黄橙色)	$7\,440 \pm 1\,100^{\text{a})}$	本文
广东惠来神泉距海2 km		腐木	$5\,250 \pm 120$	朱孝宁, 1988
广东惠来神泉人工河口	1.1	海滩岩(贝屑)	$1\,900 \pm 85$	本文
广东惠来神泉人工河口	3	炭质粉细砂	510 ± 90	本文
广东深圳西冲湾	2 ⁺	海滩岩(贝屑)	$2\,080 \pm 85$	卢演伟, 1991
广东深圳西冲湾	4	中细砂(淡黄色)	$1\,420 \pm 360^{\text{a})}$	卢演伟, 1991
广东澄海樟林	2.5	海滩岩(贝屑)	$2\,485 \pm 70$	李平日, 1987
广东澄海南社	0	淤泥	$1\,840 \pm 85$	李平日, 1987
福建长乐江田		炭质细砂	$1\,725 \pm 100$	王雨灼, 1990
福建漳浦霞美下蔡		泥炭	700 ± 50	陈承惠, 1982

a) 热释光法(TL)年龄, 其余均为 ^{14}C 法年龄

近三千年的晚全新世。根据广东番禺菱坑孔中全新世以来部分岩芯样品的孢粉综合分析结果, 反映在距今约 4.4 ka, 3.2 ka, 2.9~2.3 ka, 1.7 ka 和 1.4~1.3 ka 为较干燥气候期^[11]。闽南沿海若干全新世沉积物剖面的孢粉分析, 也反映中全新世后期气候干燥^[15]。华南海岸沙丘的年龄测定所反映的几个主要形成期, 与孢粉分析出的这些干燥期基本吻合。所以, 华南海岸风沙堆积是中全新世以来的温凉干燥气候期的产物。

参 考 文 献

- 1 广东省海南带和海涂资源综合调查大队等. 见: 广东省海岸带和海涂资源综合调查报告. 北京: 海洋出版社, 1988. 263~264
- 2 Pye K, Coastal Dune. Progress in Physical Geography, 1983, 7(4): 531~557
- 3 蔡爱智, 蔡月娥. 中国海岸风沙沉积的成因与特征. 中国沙漠, 1983, 3(3): 1~10
- 4 吴克刚. 海南岛东北部海岸沙丘地貌. 热带地貌, 1985, 6(1): 25~62
- 5 李善为, 刘敏厚, 王永吉等. 山东半岛海岸的风成沙丘. 黄渤海海洋, 1985, 3(3): 47~55
- 6 吴 正, 吴克刚. 海南岛东北部海岸沙丘的沉积构造特征及其发育模式. 地理学报, 1987, 42(2): 129~141
- 7 赵希涛, 沙庆安, Goldsmith V et al. 福建莆田海岸沙丘岩——1. 沉积构造与古风. 中国科学, B 辑, 1988, (11): 1 196~1 205

1) 王雨灼. 福建省第四纪地层的划分. 1990

- 8 吴 正,王 为. 华南海岸沙丘岩的特征及其形成发育模式. 第四纪研究, 1990, (4): 334 ~ 343
- 9 陈丽华,缪 昕,于 众. 扫描电镜在地质上的应用. 北京: 科学出版社, 1986. 21 ~ 44
- 10 吴 正. 风沙地貌学. 北京: 科学出版社, 1987. 30 ~ 39
- 11 李平日. 华南沿海全新世风成贝屑砂岩及其形成条件分析. 海洋学报, 1991, 13(2): 221 ~ 229
- 12 卢演俦,张景昭,谢 军. 广东省深圳大鹏湾沿岸沙堤粗颗粒石英热释光测年. 海洋学报, 13(4): 531 ~ 539
- 13 李平日,黄镇国,宗永强等. 韩江三角洲. 北京: 海洋出版社, 1987. 10 ~ 19
- 14 陈承惠,黄宝林,王明亮. 闽南沿海全新世地质年代学研究. 台湾海峡, 1982, 1(2): 64 ~ 73
- 15 陈承惠. 闽南沿海若干全新世沉积物剖面的孢粉组合. 台湾海峡, 1982, 1(1): 45 ~ 53