

海南岛东北部海岸沙丘的沉积构造 特征及其发育模式

吴 正 吴克刚
(华南师范大学地理系)

提 要

海岸沙丘沉积构造中既有大型交错层理,也具某些区别于内陆沙丘构造的特征,如厚层顶积层的保存及变形层理的普遍存在。

本区海岸沙丘形成于东北季风,沙源来自海滩砂。从海滩后滨向陆地的沙丘类型依次是海岸前丘、横向沙丘和新月形沙丘、抛物线沙丘、纵向沙丘、海岸沙席。其中海岸前丘和沙席为海岸沙丘区别于内陆沙丘的特有类型。本区海岸沙丘的发育开始于3000年前。

关键词 海南岛 海岸沙丘 沉积构造 沙丘海岸

海南岛东北部文昌县境内(以下简称琼东北)海岸风成沙丘从铺前湾、木栏头至铜鼓岭,构成了长约100km的海岸沙丘带。沙丘带宽度3—5km,个别沙丘侵入陆地超过10km。整个沙丘带的分布面积约400km²(图1)。

琼东北海岸沙丘的向陆侵入,直到60年代造林固沙之后才逐渐停止。史载解放前200多年间,曾埋没了13个自然村,3062亩耕地¹⁾。据调查访问,300年前,五龙港可泊上百吨的船只。如今的五龙港则成为离岸数百米,为沿岸堤和上迭沙丘所隔开的淡水潟湖和几个为沙丘所隔离的串珠状小潟湖。

海岸沙丘在国外已有较多的研究,如Mckee^[1-3]、Bigarella^[4]等对沉积特征的研究;Goldsmith^[5]、Bigarella对风成环境的研究;Pye^[6]、Stewart and Walker对沙丘岩的研究。但国内对海岸沙丘的研究较少,只有蔡爱智等^[7]对中国海岸沙丘情况做过简要报道,业治铮等对西沙群岛的石岛、朱袁智和钟晋梁对海南岛和西沙群岛的风成岩做过一定的研究。

海岸沙丘的研究,有助于阐明海岸带的动力结构和特征、地貌的形成和演化以及第四纪海平面变化和新构造运动的性质和历史。同时能为港口选址设计、研究储油砂体和防止海岸风沙危害提供科学依据,在理论上和生产实践上都具有重要意义。

本文是作者在野外工作的基础上,根据对海岸沙丘沉积物进行粒度和沉积物分析、石英颗粒表面结构的电镜扫描分析、微体古生物和孢粉分析、¹⁴C年龄测定、沙丘岩的偏光显微镜鉴定、胶结物的化学成分分析等一系列实验室研究²⁾所取得的资料撰写而成。文中

1) 海南热带林业局等,广东省文昌县东北部沿岸防风固沙林的营造和效益,海南林业科技通讯,第三册,1978。

2) 实验工作承广州地理所中心实验室,广东省地质局中心实验室,华南师大电镜室和地理系沉积物分析室等大力协助,特此致谢。

就海南岛东北部海岸沙丘的沉积构造特征,动力地貌过程和演变规律等问题进行一些初步探讨。

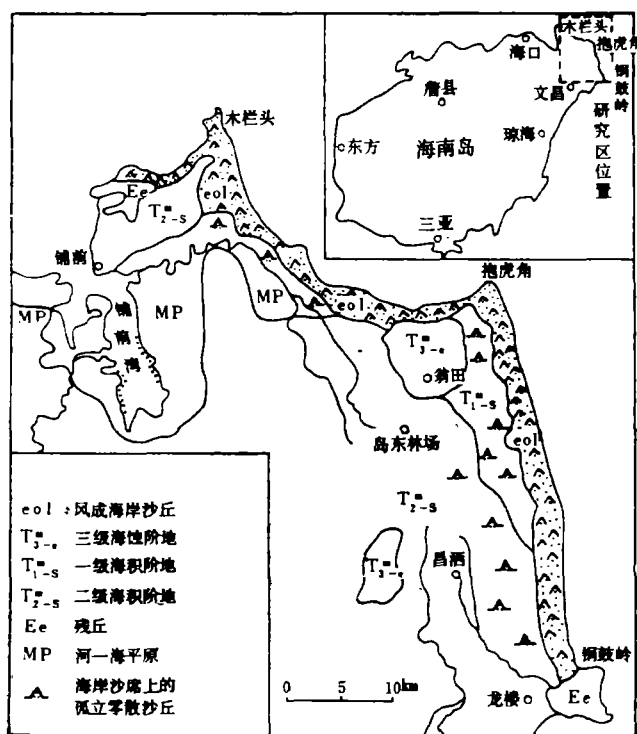


图1 海南岛东北部海岸地貌简图

Fig. 1 Geomorphological map along the NE coast of Hainan Island

一、海岸沙丘的沉积构造

沉积沙体的沉积环境鉴别,最可靠的证据莫过于反映其沉积过程的构造。麦基 (McKee, 1966)^[1] 等人认为风成沉积构造的主要特征是: (1) 层系规模大; (2) 交错层以板状为主,前积层顺风高角度倾斜,倾角常达 30° — 40° ; (3) 层系界面以水平或较缓倾角为主; (4) 从下向上,交错层变小变薄; (5) 具有各种类型的典型准同生变形构造。琼东北的海岸沙丘,虽然其形态经人工造林固沙受到不同程度的破坏,但在钙质胶结的沙丘岩保护下,上述风成沉积特点都表现得十分明显而且典型。

(一) 前积层

以木栏头海边抛物线沙丘剖面为例 (照片1), 沙丘高约 20m, 其上部已半胶结成沙丘岩, 剖面上沙丘岩可见长度约 170m, 出露沙丘前积层的顶部, 前积交错层均为微上凸或平板状层系。层系上部出露厚度大于 10m, 下部为松散沙所掩埋。前积层倾角介于 30° — 35° 之间, 代表了背风坡的沉积。层系面向海倾斜小于 10° 。

前积层的最顶部——沙丘脊部可见前积层与顶积层接触的两种方式: ①前积层为顶

积层所切割两者不一一对应(照片3);②顶积层——与前积层对应。前者代表了沉积时沙丘脊部的吹蚀;后者表示堆积一层顶积层,同时堆积一层前积层,常被认为是海岸沙丘的显著特点。二种接触形式的同时存在说明沙丘脊部的随风前移或沉积与吹蚀交替。另一处仅见后一种接触方式,揭示了沙丘脊的连续加高和沙丘的前移(照片2)。

沙丘前积层与下伏沉积物的接触关系可以在同一剖面向陆方向看到(照片4)。下伏沙层具水平层理,表明形成沙丘时的基底是平坦的。在靠近接触面有时可见到下伏沙层有黑白交替的夹层。黑色者为古土壤层,代表了丘间地有机质相对较多的环境。

上述前积层交错层理类型,在整个琼东北海岸沙丘中较为常见。此外,在南段海岸中还可以见到另一种形成于新月形沙丘(这种新月形沙丘多上迭于加积性横向沙丘之上)上的前积层层理类型。这种前积层呈下凹状,倾角 10° — 20° ,板状层系0.5—1.0m厚,多为向下逐渐变薄的底积层理,而且受顶积层切割,只留下下部缓倾角的一部分。也不保留连续对应的顶积层而只有很薄的顶积层。

然而,不论那一种类型的前积层,其产状大多一致地倾向SW,与今天琼东北海岸冬半年盛行东北风十分吻合。偶见少数前积层倾向西北的小型沙丘,可能与夏秋季节强台风造成的沙丘反向移动有关。

(二) 顶积层

顶积层在沿海边胶结的沙丘岩上保存得很好,而且还能明显地看出抛物线沙丘与新月形沙丘顶积层的区别。

抛物线沙丘的顶积层规模较大,单个出露常有数百平方米至一千多平方米,倾斜方向以向海为主(NE),倾角小于 10° (照片5),纹层多互相平行,成一倾斜的平板层系,偶有交错层,交角也极缓。顶积层至沙丘脊部变化较大,出现与向陆倾前积层之间的转折点,时而与相应的前积层形成连续沉积(见照片3),平面上受风蚀后形成开口向海的同心环状弧形层理花边(图2-B)。



图2 沙丘顶积层受切割在平面上的层理花边

Fig. 2 Truncated edges of topset laminae in plan view

A. 新月形沙丘 B. 抛物线沙丘

新月形沙丘的顶积层规模很小,单个的长和宽只有几米至十几米,有时以多个连续链状出现。顶积层的层理多以低缓的角度向陆倾,倾角仅数度,平面上受风蚀后形成开口向陆的同心环状弧形层理花边,且成列出现(图2-A)。

沙丘顶积层的厚度除新月形沙丘外,大型沙丘,包括北段的抛物线沙丘和南段的加积性横向沙丘的顶积层,保存下来的厚度都很大。如前所述的木栏头剖面,抛物线沙丘顶积层厚度就达2—4m。有的地方甚至可保留10m以上。

不论是前积层或顶积层,琼东北海岸沙丘风积砂层的共同特点是层薄,一般仅一至数

毫米,而且同一层内各级层厚度十分均匀。纹层内部砂粒间粘结较紧密,纹层间则相对较松散,易于沿层面剥开。

(三) 准同生变形构造

海岸沙丘沉积存在准同生变形构造,是其区别于内陆沙丘的重要特征。产生海岸沙丘准同生变形构造的主要作用有崩坍作用 (Avalanching)、差异负载 (Differential loading) 和植物生长作用^[2]。

常见的准同生沉积变形构造有崩坍作用形成的剪切面 (shear plane) (图 3-B)、扭曲层理 (contorted bedding) (图 3-C) 和角砾构造 (breccias) (图 3-A)。差异负载作用形成的包卷层理 (convolut structures) (图 3-D) 以及由植物生长而产生的根管 (图 3-E) 等。

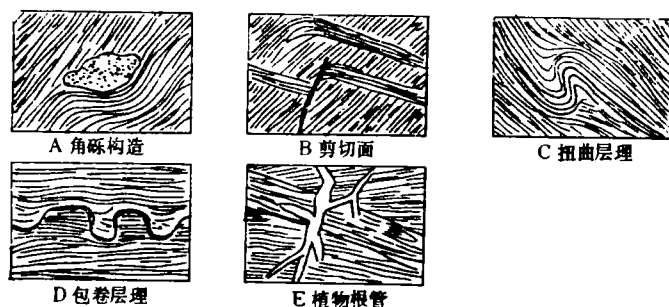


图 3 海岸沙丘的变形层理

Fig. 3 Deformational structures in coastal dune

造成海岸沙丘准同生沉积变形构造广泛存在的主要原因,是湿度对落沙坡上砂子下落方式的影响。湿沙或湿后的沙在沿落沙坡下落时趋向于成块发生滑动、崩坍,而不形成沙流。这样,成块的砂子和生物碎屑混杂一起形成角砾。层间的剪切形成剪切面和拖曳褶曲(扭曲层理),在饱水的情况下则形成包卷层理。

二、海岸沙丘的发育

(一) 海岸沙丘的发育条件

影响海岸风成沙丘形成发育的因素以风况、沙源及形成沙丘所需的地形空间为主。

1. 风况 根据海口站十多年的测风资料进行统计,绘出风向和风速玫瑰花图(图 4),得出琼东北海岸风场无论从风向频率或最大风速来看都以东北风为主。

2. 沙丘砂的沙源 形成大规模海岸沙丘除向岸风条件外,另一个基本条件就是要有丰富的沙源。

(1) 沙丘砂的粒度特征 海岸沙丘砂的平均粒径变化于 0.4ϕ 至 2.2ϕ 之间,平均值为 1.5ϕ ,相当于 0.35 mm ;从频率曲线上看峰值多在 2ϕ 左右。可见海岸沙丘砂的主要粒级是中细砂,比以细砂为主的内陆沙丘砂稍大。海岸沙丘砂 SK_1 值(偏度)也不同于呈正偏的内陆沙丘砂,而是近似于海滩砂呈负偏(变化于 -0.4580 至 0.1035 ,平均为 -0.17038)。

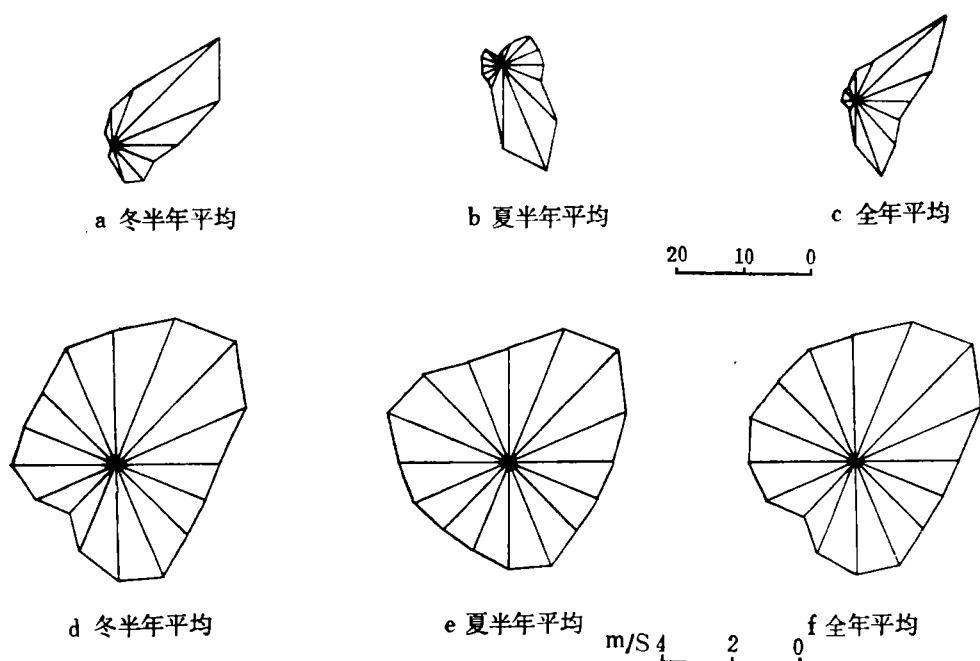


图 4 海南岛东北部风向频率和风速玫瑰花图 (据海口站资料)

Fig. 4 Vector diagram of wind direction and mean velocity of winds of different directions along the Northeastern coast of Hainan Island

A. a、b、c 为风向频率玫瑰花图

B. d、e、f 为风向平均风速玫瑰花图

海岸沙丘砂的 KG 值(峰态)在 1.0 附近,平均为 0.968,属中等(近正态)峰态,且出现双峰或多峰,也说明与海滩沙源有关。海滩砂中富含贝屑和重矿物,也使海岸沙丘中富集这二种组份。贝屑组份的片状形态使粗粒增加,重矿物因比重大而使细粒增加,故拉平了峰态,甚至出现双峰或多峰。在概率曲线图上(图 5)表现为跃移线段的斜率不大,倾角 45° — 80° ,并可出现双跃组份。

应用参数散点图发现海岸沙丘砂和海滩砂很难分开,这也反映海岸沙丘砂是来源于海滩砂。

(2) 石英砂表面微结构特征 在琼东海岸沙丘石英砂的表面有下列几点:①代表风成环境的碟形坑(照片 6)、新月形或半圆形撞击坑(照片 7)、霜面等都是迭加于代表水下环境的特征上,如化学刻蚀形成的溶蚀孔和溶蚀沟;②风成环境的新月形坑与海滩环境的 V 形坑出现于同一颗粒表面(照片 8);③代表海滩环境的典型特征 V 形坑在海岸沙丘砂表面表现为其边缘受风搬运改造而明显圆化(照片 9)。

正是因为沙丘砂来源于海滩砂,所以其表面结构特征既继承又改造了海滩砂的特征,同时又具有迭加其上或与其共生的风成环境的特征。

(3) 沙丘岩的镜下特征 滨海 200—300m 范围内,沙丘的向海坡(迎风坡)和丘顶上有一层厚一至数米的钙质胶结风成沙丘岩层,形成一个“盖帽”,通过对沙丘岩薄片的偏光鉴定,可以证明沙丘砂来自海滩砂:①大量海相贝壳碎屑和类似的重矿物组合;②

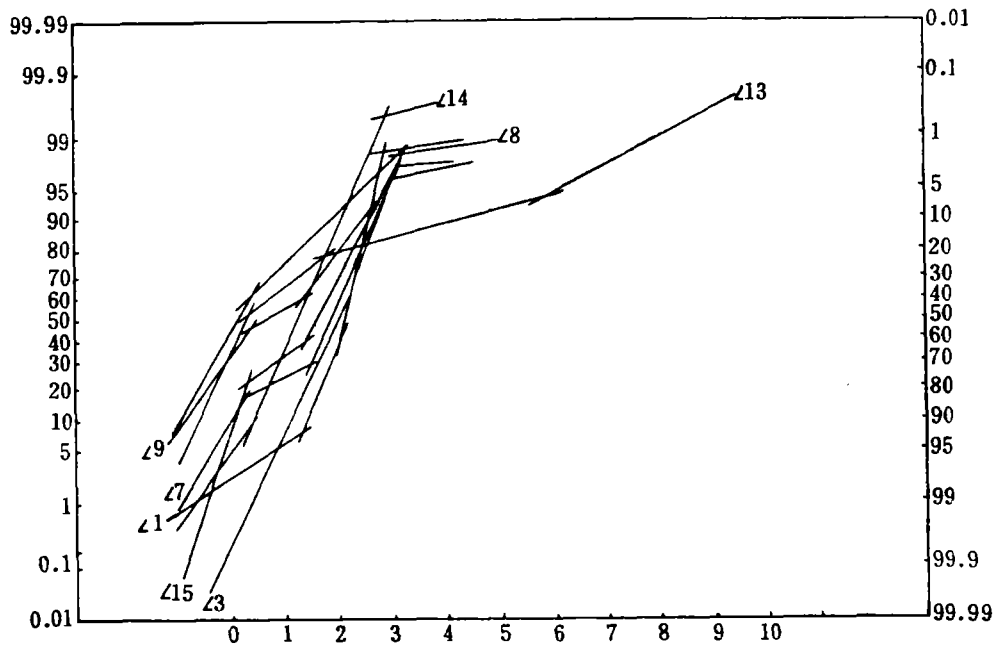


图 5 沙丘砂和海滩沙粒度频率曲线

Fig. 5 Frequency curve of grain size from coastal and beach sands

∠1、∠3、∠7、∠9、∠15 为沙丘砂；∠8、∠13、∠14 为海滩砂。

沙丘岩的胶结物为代表大气淡水胶结作用产物的粒状低镁方解石。然而，因为是淡水溶解砂中的贝屑组份后再胶结，薄片可见溶解由文石和高镁方解石组成的贝屑后低镁方解石充填的铸模和泥晶套。

总之，琼东北海岸一是有一定强度和延续时间的东北向岸风；二是具有丰富的海滩砂砂源；再加上有一个广阔低平的地势，因此，形成发育成我国沿海规模最大的沙丘海岸之一。

(二) 沙丘海岸的发育模式

1. 琼东北沙丘海岸发育的基本模式 琼东北海岸沙丘的主要类型，从海岸向陆分布依次为海岸前丘、加积性横向沙丘和新月形沙丘、抛物线沙丘、纵向沙丘、海岸沙席及草丛沙丘等。其中，海岸前丘和海岸沙席为海岸沙丘特有的类型。抛物线沙丘则是构成整个沙丘带的主体。

(1) 海岸前丘 海岸前丘 (coastal foredune) (照片 10) 发育的雏形是后滨的沙堤或滩脊。Pye (1983) 认为复合草丛沙丘 (multiple shadow dune) 可能就是前丘脊 (foredune ridge) 发育的第一阶段^[7]。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，由于沙堤上植物的滞积作用，形成了许多小的草丛沙丘。前丘的高程可达十几米，而草丛沙丘的相对高度较小，一般只有 1—2m。

在暴风时，前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

而使前丘上只残留下一些蚀余的数米长宽的小沙堆。暴风之后又接受新的沉积。海滩砂通过这种方式,借海岸前丘为“跳板”,不断地向内陆输沙并向其他沙丘形态演进。

(2) 加积性横向沙丘 加积性横向沙丘发育于前丘之后,它与一般横向沙丘不同之处在于其很少移动而是不断加高,故这一类型的沙丘在前丘之后形成了一列高 30 多米至 50 多米,甚至 60 多米,延伸几十公里长的巨型沙体。这种沙丘一般是在前丘后面风沙受阻于障碍物而形成。在这段海岸,一则地下水面高,砂子湿度大;二则,也许更重要的是由于风成砂中含有大量的贝壳碎屑,在湿砂中和雨水淋溶下溶解而使沙丘胶结。从海边的前丘到抛物线沙丘、横向沙丘的向海坡和丘顶部分都分布着一层半胶结或胶结的风成岩壳,有的地方已胶结的风成岩达 10m 以上。

在横向沙丘的丘顶时常还迭加着次一级的抛物线沙丘和小新月形沙丘,规模很小,高度很少超过 10m,但因在顶上,流动性强。抛物线沙丘的轴线延伸平行于东北风向。小新月形沙丘从保留下来的沙丘层理看,方向较乱,轴线方向有平行于东北风向的,也有平行于东南风向的,甚至反向的,可能是受次要的夏季东南季风或台风的影响。

(3) 抛物线沙丘 抛物线沙丘是海岸沙丘中分布最广泛的沙丘类型,常群集分布。这是因为海岸环境较湿润,地下水位高,可以有植物生长,对风的阻滞作用明显。尤其在较低的沙丘两翼,水分植被条件较好,移动缓慢。而脊部水分植被条件较差,移动较快,形成高大、密集分布的抛物线沙丘。

抛物线沙丘常多个相连成链状,整体呈 NW 走向,延伸可达数公里长,宽度可达 1km 以上。单个沙丘两翼长可达数百米,高 10 多米至 30 多米,开口向 NE 方向,两翼间距十几米至几百米。

抛物线沙丘可直接分布于海岸前丘之后,也可分布于加积性横丘之后,视不同岸段而异。前者是随植物阻滞成片出现于海岸前丘之后^[5];或是因前丘的吹蚀而出现于近岸线处,形态小而分离^[6],每年可移动 5—6m。因为靠近岸线,向海坡和沙丘顶上皆有沙丘岩形成。后者位于横丘之后,常呈发夹形,与纵向沙丘共生。因离岸较远,没有沙丘岩形成。

(4) 纵向沙丘 琼东北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 20m,长度也只是几十米至数百米。它是由发夹形的抛物线沙丘在单一风向作用下,其中间脊部被吹断而形成的,故与抛物线沙丘没有明显的分布界线。由于处在沙丘带的后缘,也没有沙丘岩形成。

(5) 新月形沙丘 新月形沙丘多数规模较小,一般以次一级的形态迭加于靠近海边的加积性横向沙丘或抛物线沙丘之上;偶尔也见有较大者直接出现于前丘之后,如木栏头可见长轴延伸达 700m,两翼相距达 300 多米的新月形沙丘直接分布于前丘之后。

在琼东北海岸,上述前丘、加积性横向沙丘、抛物线沙丘和纵向沙丘构成沿海近百公里、宽 3—5km、高 50 多米的主体沙丘带。

(6) 海岸沙席 海岸沙席是位于上述主体沙丘带后面一较广阔平坦的风沙堆积平原。澳大利亚东部和巴西东南部的一些地区,沙席就以具背风活动面的沙脊边(sand ridge rim)为界开始向陆方向发育^[6]。

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向岸风由于搬运沙子和沿程摩擦阻力的增加,越向陆方向风力越小;②向岸风所携带的沙由于沿程

堆积,也越来越少。所以,当上述的主体沙丘带之后存在低平的海岸平时,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。而当有阻滞沙子的障碍物(如植物)存在时,便堆积成草丛沙堆,高仅 1—3m。有时可形成小的新月形沙丘或抛物线沙丘,零散分布于平坦的海岸沙席之上,偶尔成群出现,可以一直分布到离海岸 10km 以外(照片 11)。

综上所述,琼东海岸沙丘的发育模式可归纳为:海滩砂在东北向岸风作用下,以海岸前丘为跳板向内陆输沙,以加积性横向沙丘、抛物线沙丘、发夹状抛物线沙丘和纵向沙



图 6 海南岛东北部海岸沙丘基本演进模式

Fig. 6 Developing model of coastal dunes along northeastern coasts of Hainan Island.

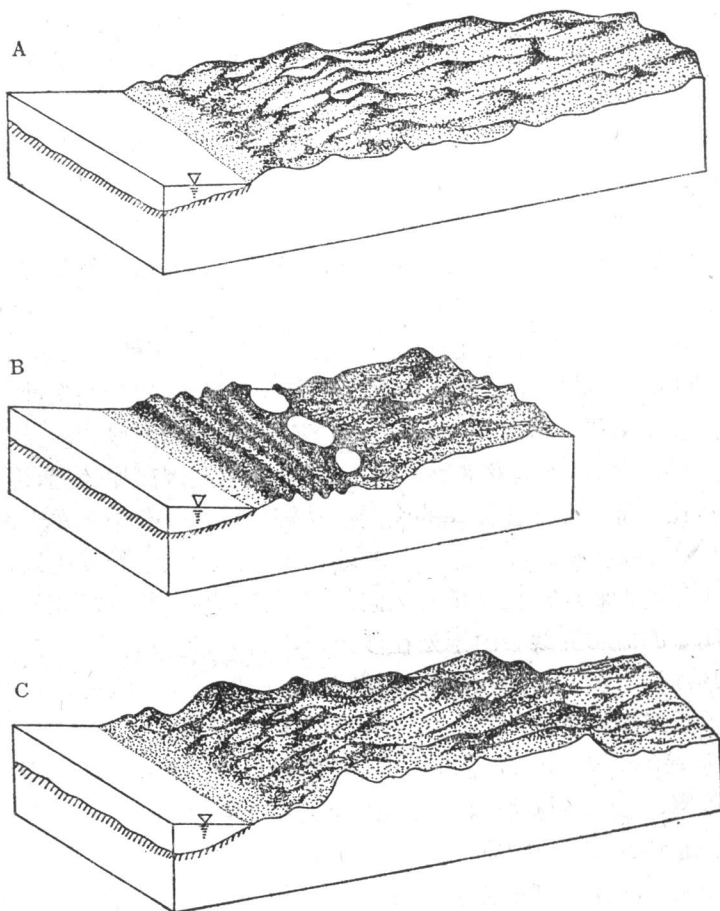


图 7 海南岛东北部沙丘海岸类型图

Fig. 7 Types of dune coast along Northeastern coast of Hainan Island

- A. 海岸线方向垂直于向岸风向 B. 海岸线方向与风向夹角小于 45°
C. 海岸线方向与风向夹角大于 45°

丘为主体构成沿海岸分布的高大沙丘带,在沙丘带后缘,随风力减弱形成沙席(图6)。

2. 琼东北沙丘海岸的区域分异 琼东北沙丘海岸的发育模式受岸线方向和原始地形的影响,在不同的岸段表现不同,沙丘的组合及发育特点也有所差异。明显可分为三种类型(图7):

(1) 海岸线垂直于主风向(北段) 分布于最北端的木栏头至山雅一带(木栏头西海岸为背风岸例外),岸线 SE-NW 走向延伸达 20 余公里,平直开阔,目前这段海岸处于侵蚀状态。

这段沙丘海岸的特点是海岸前丘不发育或发育不好,在较低的海滩脊之后,即出现较大的新月形沙丘或大规模群集的抛物线沙丘。这是因为岸线垂直于向岸风而使作用于海滩沙上的风得以发挥其最大能量作用,海滩沙不易于滨后形成前丘而直接吹入内陆,使前丘缺失或不发育。据 Svasek 和 Terwindt (1974) 研究^[9],海岸沙丘丘顶上测到的风速在同等海滩条件下以垂直海岸的类型为最大,故海滩沙不经过前丘这个“跳板”而直接吹向陆形成其他类型沙丘。因此,构成这段海岸的最主要沙丘类型以群集分布的抛物线沙丘为主,较少加积性横丘。

因为木栏头为一南北狭长的岸带,其西海岸离东海岸仅数公里,沙丘从东向西发育直逼背风的西海岸。

(2) 海岸线与主风向夹角小于 45° (中段) 这段沙丘海岸分布于山雅至抱虎岬,即五龙港段,岸线近 E-W 向延伸,与东北向岸风夹角很小,东北风作用于海滩上的有效力较小。

由于这段海岸处于二个岬角之间的波浪辐射小湾,物质的沿岸输送,沿岸堤形成迅速,3000 年间 (^{14}C 年龄为 2890 ± 95 年 B. P) 形成了五道沙堤,为风沙发育提供了充足的沙源,风沙不断地从岸堤向陆吹扬而形成大片风成沙丘,封死了四道沿岸堤和原为港口的五龙港泻湖,只剩下一个长约 2km 离岸数百米的淡水泻湖和几个为沙丘所隔断的串珠状小泻湖。

大面积的风成沙丘始见于填塞泻湖处,沙丘不仅填死泻湖,而且向陆分布达 4km,覆盖在铺前湾堆积阶地上,后缘形成十多米高的陡坎。

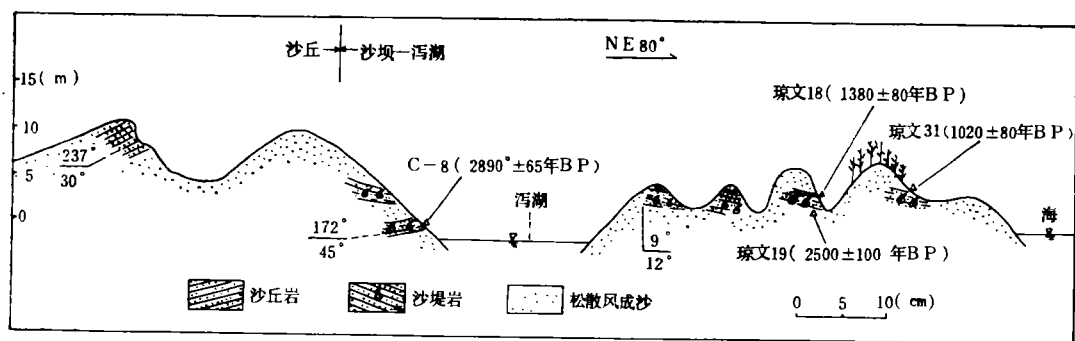


图8 海南岛文昌县五龙港海岸

Fig. 8 Coast section of Wulonggang (Five Dragon Port) in Wenchang County, Hainan Island

从五道沙堤的剖面图(图8)可以看出:每一道沙堤的地貌沉积相可分为二部分:①下部的海滩珊瑚碎屑层与海滩沙岩互层构成的海滩相;②上部为“盖帽状”沙丘岩层构成的风成相。在最后缘一道沙堤之后数十米处有抛物线沙丘舌前部的前积层胶结的风成岩出露。

(3) 海岸线与主风向夹角大于 45° (南段) 这种类型的岸线最长,从抱虎岬至铜鼓岭延伸约40km。此段海岸线平直开阔,地势低平,风沙可长驱直入,沙丘发育规模最大,类型最全,与基本模式一致。

(三) 海岸沙丘的形成年龄

野外工作和实验室分析表明,海南岛东北部海岸沙丘形成前本区的地貌十分复杂,已

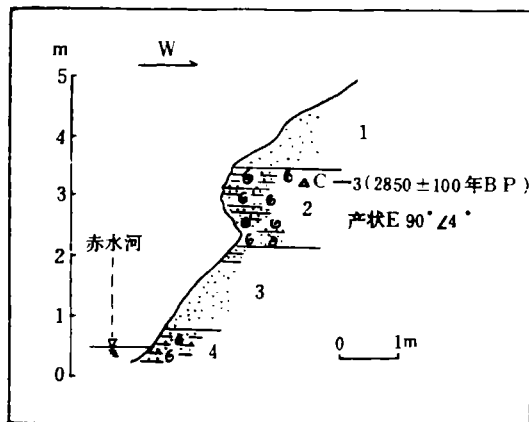


图9 海南岛赤水河剖面

Fig. 9 Coast section in Chishuihe, Hainan Island

1. 沙丘砂 2. 海滩岩 3. 海滩砂 4. 海滩岩

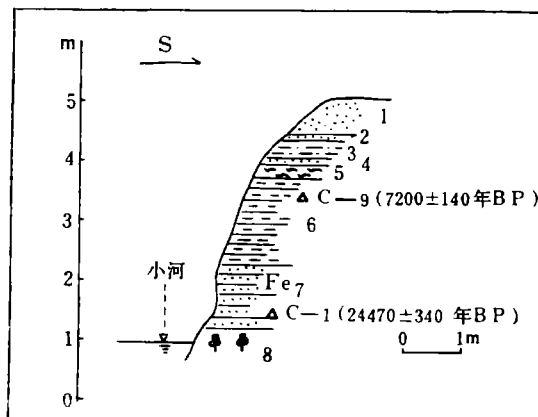


图10 海南岛文昌县东风海岸

Fig. 10 Section of Dongfeng coast, Wenchang County, Hainan Island

1. 灰白色沙丘砂 2. 条带色砂 3. 黑灰色砂层 4. 黄色细砂 5. 条带色状砂 6. 炭质粘土
7. 铁质半胶结黑砂层 8. 腐木层

发现下伏于海岸沙丘之下的基底类型就有六种: 1. 晚更新世晚期 (Q_3) 的老红砂; 2. 沙坝泻湖相; 3. 海滩岩 (图 9); 4. 陆相泥岩沼泽 (图 10); 5. 海相泻湖 (图 11); 6. 基岩海岸或海蚀平台。

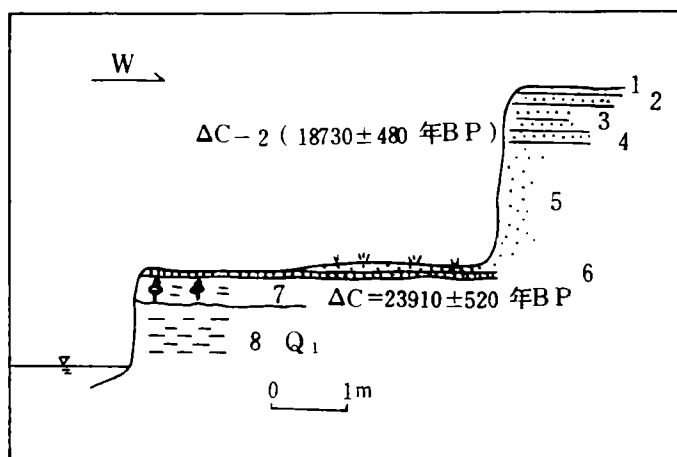


图 11 海南文昌县木栏头海岸

Fig. 11 Section of Molantou coast in Hainan Island

1. 表层 2. 黑砂层 3—5. 砂 6. 铁盘 7. 腐木泥炭层 8. Q_1 湛江层

在陆相泥炭沼泽类型的剖面中, 泥岩除含有大量植物碎屑外, 含有陆生的变形虫、孢粉以及中生草本, ^{14}C 年龄为 7200 ± 140 年 B. C.。

海岸泻湖类型的下伏层可分二类: ④海相类型 (图 10), 黑砂层中除含陆相昆虫外, 还有海相放射虫、有孔虫和海胆刺; ⑤海陆交互相类型, 黑砂层中含有海相有孔虫、陆相植物花粉和种子以及海陆交互相的海绵骨针。该层 ^{14}C 年龄为 5720 ± 140 年 B. C.。

琼东北中段五龙港剖面 (图 8) 中, 下伏于沙丘之下的海滩相, 测得 ^{14}C 年龄为 2890 ± 95 年 B. C. (样品 C-8)。据广州地理所地貌室的测年资料, 靠海的两道沙堤, 最外一道为 1020 ± 80 年 B. P. (高约 5m 左右); 次外一道为 2500 ± 100 年 B. P. (高 1.9m), 这说明五道沙堤和风成沙丘皆为三千年来形成的。

在南段海岸, 赤水河离海岸 0.5km 的河岸处, 下伏于沙丘之下的海滩岩 (图 9), ^{14}C 年龄为 2850 ± 100 年 B. P., 这与中段五龙港剖面的测年结果一致。另外北段木栏头剖面的沙丘岩样品 (C-5) 的年龄测得为 1150 ± 75 年 B. P.。广州地理所也在南段龙马二公滩测得沙丘岩年龄为 1890 ± 90 年 B. P., 都与上述结果相符合。

三、结 论

海南岛东北部海岸沙丘的沉积构造特征和发育模式的研究初步可得如下结论:

1. 海岸沙丘的沉积构造在琼东北海岸除了有典型的风成前积层外, 还因海岸的特殊环境而保留了厚层的顶积层和各种准同生沉积变形构造。

2. 形成这里大规模海岸沙丘的主要因素是东北向岸风、丰富的海滩沙源及有利于沙丘向陆发展的广阔低平原。

3. 海岸沙丘的主要类型从海岸向陆分布依次为海岸前丘、加积性横向沙丘、抛物线沙丘、纵向沙丘和海岸沙席。它们在不同的岸段有不同的组合和特征。

4. 海岸沙丘的发育是全新性的最新事件,其年龄从 3000 年前至公元二十世纪七十年代。

参 考 文 献

- [1] McKee, E. D., Primary Structures in some Recent Sediments, *A. A. P. G. Bull.*, 41(8), 1704—1747, 1957.
- [2] McKee, E. D. et al., Deformational Structures in Brazilian Coastal Dune, *Jour. Sedim. Petrol.*, 42(3), 670—681, 1972.
- [3] McKee, E. D., Structure of Dunes at White Sands Monument, *New Mexico Sedimentology*, 7(1), 1—70, 1966.
- [4] Bigarella, J. J., Eolian Environment: Their Characteristics, Recognition and Importance, in "Recognition of Ancient Sedimentary Environments", 12—62, 1972.
- [5] Goldsmith, V., Coastal Dune, in "Coastal Sedimentary Environment", Edited by Davis, R. A., 171—236, 1978.
- [6] Pyc, K., Coastal Dune, *Progress in Physical Geography*, 7(4), 1983.
- [7] 蔡爱智等, 中国海岸风沙沉积的成因与特征, *中国沙漠*, 3(3), 1—10, 1983。
- [8] 拜格诺, R. A. 风沙和荒漠沙丘物理学, 钱宁等译, 科学出版社, 1959。
- [9] Svasek, J. N. et al., Measurements of Sand Transport by Wind on a Natural Beach, *Sedimentology*, 21, 311—322, 1974.

SEDIMENTARY STRUCTURE AND DEVELOPING MODEL OF COASTAL DUNES ALONG THE NORTHEASTERN COAST OF HAINAN ISLAND, CHINA

Wu Zheng Wu Kegang

(Department of Geography, South China Normal University)

Key words: Hainan island; coastal dune; Sedimentary structure; Dune coast

Abstract

Along the northeastern coast of Hainan Island, Holocene coastal dunes and dune rock make a wide tropical coastal dune belt.

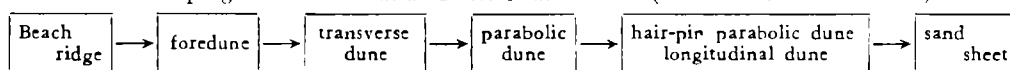
The sedimentary structure and developing model of coastal dunes are discussed based on morphologic field work, and laboratory research in which the analysing of grain size, scanning of the surface characteristics of quartz sand, identifying of microfossils, researching of dune-rock cement under the polarizing microscope, dating of ^{14}C age are experimented.

The structures are typified by aeolian large cross-bedding with steep (30° — 35°) windward dipping foreset and gentle (normally less than 10°) windward dipping topset. The structures are also typified by special features of coastal dune structure. such as the thick remaining topset.

Syngentic sedimentary deformed structures are common.

All conditions of the coastal wind regime, dune-sand resource, and basement topography are advantageous to the development of coastal dune belts. The coastal wind regime coincides with the distribution of dunes and dip of the stratum structure of dunes. All this reveals that the major dynamic source to form coastal dunes is the Northeastern wind that prevails during the dry winter from Sept. to March. And the results of grain size analysis in coastal dune sands are identified neither with the continental dune nor with the littoral sediments. The surface characteristics determined by the electronic microscope scanning of quartz sands are diplogenetic characteristics of both beach and dune. It is proved that the resources of coastal dune sands are beach sands.

There are a few kinds of dunes found along the coast. They are coastal foredunes, transverse dunes, barchan, parabolic dunes, longitudinal dunes, sand sheets and the shadow dunes which are superposed on others. The foredunes and sand sheets are particular types of coastal dunes distinguished from continental dunes. The other types are also different from continental dunes. The developing model of coastal dunes is as follows (from the coast to inland).



According to the angle between the direction of the coastline and the direction of on shore wind, the types of dune may be divided into three types of dune coasts.

The age of ^{14}C dating illustrates that the coastal dunes began to develop 3000 years ago.



照片1 抛物线沙丘的交错层理(已胶结成沙丘岩), 前积层倾角达 $33\text{--}35^\circ$, 可见前积层与顶积层接触方式之一: 切割, 不连续

Photo. 1 Cross bedding of cemented dunerock in a parabolic dune. Dip angle in the foreset is $33\text{--}35^\circ$ foreset cut by topset



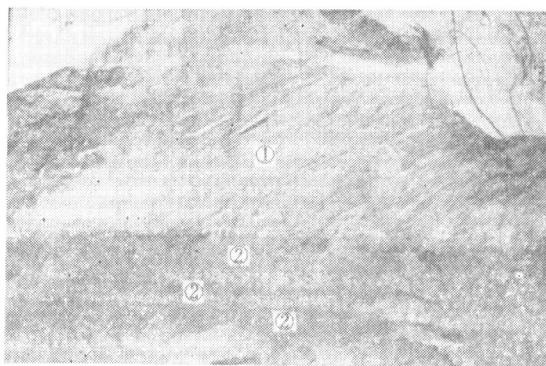
照片2 抛物线沙丘前积层与顶积层接触方式之二: 连续对应

Photo. 2 The other way of contact: foreset succeeding topset.



照片3 代表抛物线沙丘脊部的交错层理, 可见前积层与顶积层接触关系之一: 切割

Photo. 3 Cross bedding on top of a parabolic dune. foreset cut by topset,



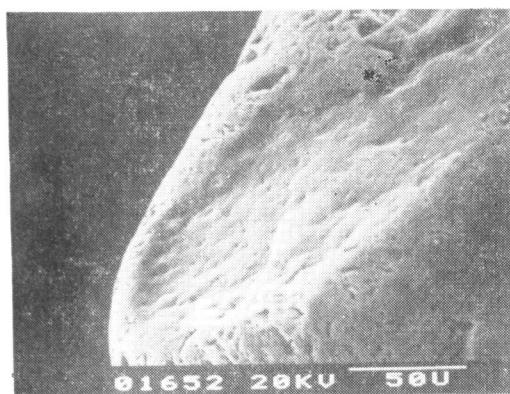
照片 4 未胶结的抛物线沙丘前积层及下伏的丘间地水平层理：①沙丘前积层；
 ②丘间地土壤层

Photo. 4 Foresets in a noncemented parabolic dune and underlying horizontal planar beds.
 ① foresets of in the dune; ② sandy soil interlayers

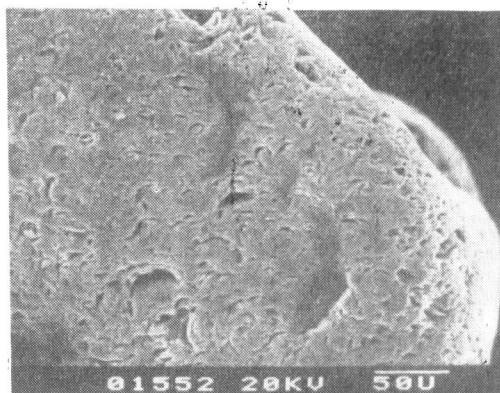


照片 5 成盖帽状分布于向海坡和丘顶的沙丘岩保存了厚层顶积层

Photo. 5 Slope facing the sea and top of dune are capped by thick cemented topsets.



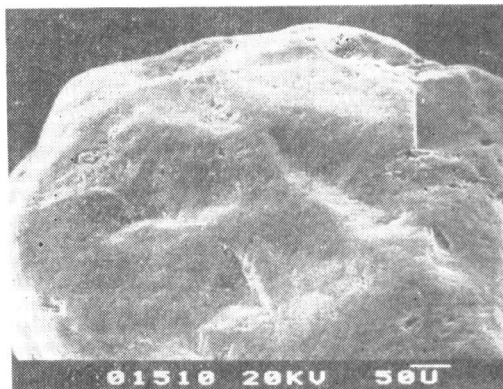
照片 6 碟形坑(海岸沙丘石英砂)
 Photo. 6 Dish-shaped concavities (quartz
 sand of coastal dune)



照片 7 新月形撞击坑(海岸沙丘石英砂)
 Photo. 7 Mechanical crescent pits (quartz
 sand of coastal dune)



照片 8 边缘圆化明显的 V 形坑与新月形撞击坑
Photo. 8 V-shaped depression with abraded edge and crescent pit of collision.



照片 9 边缘圆化明显的 V 形坑
Photo. 9 V-shape depression with obvious abraded edge.



照片 10 海岸前丘：风沙向陆移动的跳板
Photo. 10 Coastal foredune: the "gangplank" of sands for their transporting from beach to land



照片 11 海岸沙丘特有的类型之一：沙席。远处为沙席上的草丛沙丘
Photo. 11 Coastal sand sheet. dunes in the distant view and weeds in the foreground