

华南海岸沙丘岩的特征及其与海滩岩的区别^①

王建华

(中山大学地质系, 广州 510275)

提 要 沙丘岩是热带亚热带的一种特殊的岩石类型, 尽管外貌相似, 但它们成因和特征上有别于海滩岩。作者通过对西沙石岛、海南岛文昌和临高、广东阳江青洲岛、汕头广澳等处具有一定代表性的沙丘岩的研究, 总结了沙丘岩的沉积学、岩石学特征及其与海滩岩的区别。

华南沙丘岩由岛屿上的灰砂和含生物碎屑的海岸风成沙丘物质胶结而成。分布高程可达+ 60 m 以上, 岩石中发育板状交错层理、大型槽状交错层理、上凸层理、似水平层理以及根管构造; 其物质来源与海滩砂具继承关系, 兼具风成砂的特点, 部分沙丘岩还混有坡积物及陆生生物壳体。

沙丘岩的颗粒多为中砂粒径, 普遍分选好, (SK_i) 偏度变化比较大, KG 峰度较小, Y_1 值为负值, 与海滩砂、海滩岩差别较大。沙丘岩中发育各种淡水渗流环境中特有的胶结物和胶结结构。虽然沙丘岩与现代海滩岩相比, 其 Ca Mg Sr 元素的含量及比例不同, 但可以完全与上升海滩岩相似。

本文作者认为: 辨别沙丘岩主要从产状、沉积构造、粒度分析、胶结物及组构诸方面进行研究。

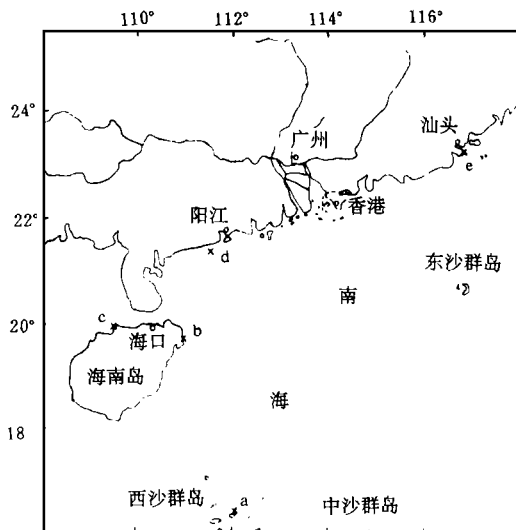
关键词 沙丘岩 海滩岩 沉积学 岩石学

分类号 P 512. 3

第一作者简介 王建华 男 38岁 副教授 沉积学

作的工作 (图 1), 结合对海滩岩的研究结果, 对沙丘岩的特征与鉴别作一肤浅的总结

华南地处热带亚热带, 在其漫长的海岸线和众多的岛屿上分布有各种类型的碳酸盐胶结碎屑岩, 其中, 根据成因又分为沙丘岩和海滩岩二大类岩石。沙丘岩泛指分布于潮上带及以上地带的固结的含生物碎屑风成堆积物。海滩岩指由波浪、潮流动力作用堆积于潮间带并在原地固结成岩的含生物碎屑堆积物。本世纪 50 年代末以来, 有较多的作者分别报道了加勒比海沿岸和海岛、墨西哥湾、地中海南岸、波斯湾、南部非洲沿岸、澳大利亚等处的沙丘岩 (dune rock), 地点集中于钙质沙丘发育的热带亚热带地区^[1]。国内本方面的研究始于朱袁智等对西沙石岛及海南岛沙丘岩^[2]和业治铮等对石岛沙丘岩的报道^[3], 其后, 有吴克刚和刘怀波对海南岛东北部莺歌海沙丘岩的研究报道出现^[4, 5]; 赵希涛、刘以宣等分别对福建莆田后石井、广东汕头广澳两地的沙丘岩作了出色的工作^[6, 7, 8]; 作者等对闽南、粤东几处沙丘岩也进行过初步的研究^[9]。期间, 也有部分学者将莆田后石井、汕头广澳等处的沙丘岩作为“高位海滩岩”加以研究并引作新构造运动的证据^[10, 11], 引起了较多的争论。本文根据作者近年来对西沙、海南岛、阳江、汕头等地出露的沙丘岩所



a. 西沙石岛 b. 海南岛文昌铜鼓岭北
c. 海南临高昌拱 d. 阳江青洲岛 e. 汕头广澳

图 1 华南海岸沙丘岩研究地点

Fig. 1 Positions of the studied dune rocks in the South China coast

① 国家自然科学基金资助项目 (编号 49202033)

收稿日期: 1995- 11- 19

1 沙丘岩的产状与沉积构造

1.1 西沙石岛沙丘岩

石岛位于西沙宣德群岛永兴礁坪的东北部, 是一个由生物砂屑灰岩(沙丘岩)构成的侵蚀型小岛, 基底为更新世珊瑚礁(图 2a)。沙丘岩由一含蜗牛化石的古土壤层分隔成上下两层, 上、下层的 ^{14}C 年龄分别为 16 630~22 265 a. B. P. 和 12 165~16 855 a. B. P.^[12], 这一年龄的反剖面现象相信是由于原灰砂岛砂丘的不断迁移造成“老砂”覆盖“新砂”以及钙质的不断淋溶和沉淀作用造成^[13]。沙丘岩由粒度均匀的生物碎屑中细砂组成, 含根管铸模, 表面发育溶蚀地貌, 各种层理构造十分发育, 如倾角达 $30^\circ\sim 35^\circ$ 的大型板状交错层理, 倾角达 38° 的大型上凸交错层理(图版 I -1), 低倾角的大型槽状和楔状交

错层理, 显示了风成沙丘及丘间的沉积构造

1.2 海南岛东北部 西北部沙丘岩

海南岛东北部文昌铜鼓岭至木栏头一带分布有高达 20~50 m 的高大海岸沙堤, 其顶部常胶结为厚 1~3 m 的沙丘岩(图 2b)。岩性为胶结较差的含生物碎屑石英中细砂岩, 发育有倾角 $8^\circ\sim 15^\circ$ 的交错层理, 胶结层较厚的剖面中还可见高角度板状交错层理及似水平层理(图版 I -2)。沙丘岩的胶结年代为距今 1 000~3 000 年之间^[4]。

海南岛西北部临高昌拱一带沿海岸分布有面积较广的半胶结的沙丘岩, 其表面丘状起伏, 厚可达数米, 由含生物碎屑的石英中砂组成, 发育高角度槽状交错层理, 前积纹层十分清晰。该处沙丘岩横向上有时渐向潮间带海滩岩(^{14}C 年龄为 $2\ 14\pm 81$ a. B. P.^[14])过渡(图 2c)。

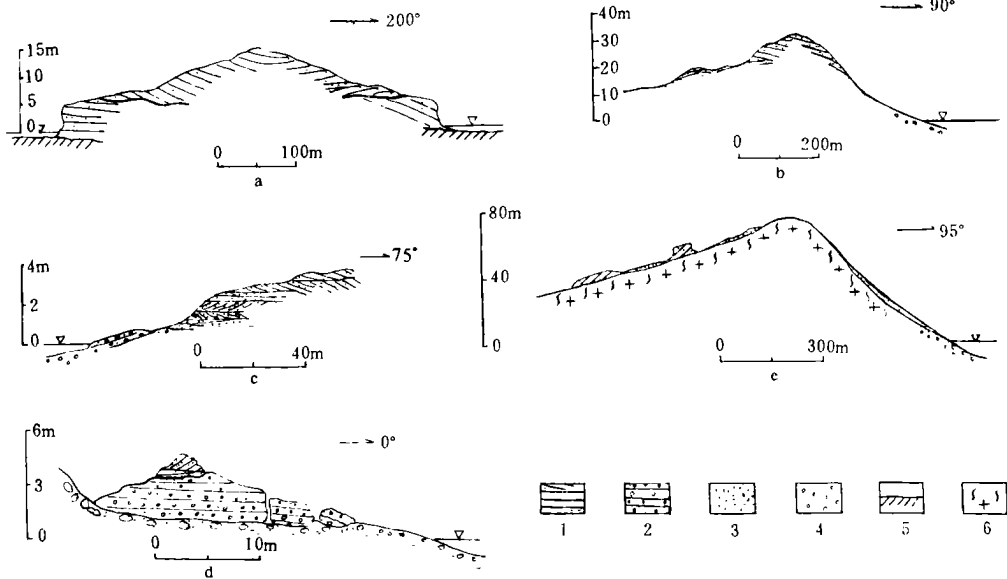


图 2 研究区沙丘岩代表性剖面

Fig. 2 Representative sections of some dune rocks

- a. 西沙石岛 b. 海南文昌铜鼓岭北 c. 海南临高昌拱 d. 阳江青洲岛 e. 汕头广澳
1. 沙丘岩 2. 海滩岩 3. 沙丘砂 4. 海滩砂 5. 珊瑚礁盘 6. 花岗岩风化壳

1.3 广东阳江青洲岛

在阳江青洲岛北侧海滩上部砾石层上, 残存有长宽约 20 m 的含生物碎屑砂砾岩和砂岩(图 2d), 其厚度约 3.5 m, 顶部高程约 5 m, 下部的砂砾岩夹粗大的砾石, 向上变为中粗粒砂岩, 胶结良好, 发育向北微倾的低角度楔状交错层理与平行层理及卵

石线, 故为成因明确的海滩岩, ^{14}C 年龄为 $2\ 080\pm 150$ a. B. P.; 其顶部存在一沉积不连续面, 面上覆盖有一层 50~70 cm 厚的中细粒砂岩, 分选极佳而完全不含砾石, 发育 $0^\circ < 29^\circ$ 的板状交错层理和 $120^\circ < 3^\circ$ 的楔状层理, 胶结中等, 经研究确认为风沙堆积成因, 其规模虽小, 但具有一定的对比意义。

1.4 汕头广澳沙丘岩

在该地尖石头山西北坡的红色坡积残积物上分布有几处由胶结的沙丘岩夹角砾质粉细砂层组成的垄状、残丘状、崩岗状堆积体(图 2e),其分布孤立,高度从海拔 40~60 m 不等,厚度 1~6 m,发育极明显的高角度板状交错层理,倾向西北,倾角约 25~33°不等(图版 I-3);沙丘岩由夹长石石英角砾的中砂构成,所含生物碎屑十分细碎,其形成的年代约为 2 600~2 800 a. B. P.^[8]。野外观察中可见极其浅显的风成成因证据:沙丘岩中夹陆生蜗牛完整壳体,沙丘岩及所间坡积物中棱角分明的长石、石英角砾的来源可直接目击追索至十几米外的风化花岗岩巨石,所夹的坡积物与山坡上的坡积物直接相连,沙丘岩附近继续在形成现代风成沙丘,沙丘岩沿山谷从高向低分布,宽不过 10 m 长却近 60 m 的长垄状沙丘岩顺其前积层倾向向谷坡下游延伸等等。向东南方向越过二山头所夹的风口,见向海侧谷坡至海滩发育一巨大的风成爬升沙锥,锥坡面倾角 32~34°,表面有多层薄壳状沙丘岩形成(图版 I-4),强风使海滩砂顺沙锥面上攀越过风口至西北谷坡形成风影沙丘,与雨季形成的坡积物相同出现,这一过程至今仍在继续。

综上所述,作者认为宏观特征对区别沙丘岩和海滩岩有着特别重要的意义:在分布接触关系上,沙丘岩可与下伏物质存在或不存在相过渡关系,如直接与基岩风化壳等接触,分布范围从海滩上部至海拔 70~80 m 的山坡丘岗,高位沙丘岩周围无海蚀海积地貌而孤立分布,展布上可与海岸线方向无关;沉积构造上具大型高角度板状、槽状、上凸交错层

理甚至可有楔状、似水平层理,滑塌、根管构造常见,物质成分上颗粒细小均匀,生物介壳碎薄均匀,可混有陆生生物化石及陆相物质甚至出现古土壤层。而海滩岩与相邻沉积物常有相过渡有关系,分布位置平缓或伴有海蚀地貌,岩体延伸方向常呈水平,发育大型低角度向海侧倾的海滩层理,物质粗细不匀,含磨圆的砾石和大大小小的生物介壳个体及碎屑,常形成粒度韵律构造、透镜状构造及重砂聚集层等。

2 沙丘岩颗粒成分和结构特点

2.1 颗粒特点

石岛沙丘岩的颗粒全由钙质生物个体及碎屑构成,细碎均匀,来自珊瑚藻、有孔虫、珊瑚、棘皮类、腹足类、瓣腮类等生物躯体的磨蚀,与东岛上分布的现代沙丘砂物质成分相同。

海南岛东北及西北部、广东阳江青洲、汕头广澳沙丘岩中的颗粒均由含少量生物碎屑的石英中细砂组成,可有个别海绿石出现。其中的石英砂磨圆程度在各个地点差异较大,但与附近的海滩砂相比,圆和次圆级颗粒总量可提高 5%~10%,这归咎于风力搬运对颗粒形状的筛选与搬运中磨蚀作用的叠加效应。对石英砂表面结构的电镜扫描表明:石英砂表面普遍有空气中强烈撞击造成的碟形坑、新月形坑等(图版 I-5),虽然在海滩环境中形成的三角形水下撞击坑、定向三角形溶蚀坑等也普遍存在,但常受到风沙作用磨蚀,叠加效应明显,经过风化、成岩作用后,石英砂表面还出现鳞剥状上翻解理片等。

表 1 沙丘岩及其他沉积物的粒度参数

Table 1 Granulometric parameters of dune rocks and other sediments

编号	样品	Mz (Φ)	σ_1	SK ₁	K _g	Y值* (风成砂、海滩砂)
S-2*	石岛沙丘岩下部	1.65	0.82	0.212	0.627	-1.8829
S-4*	石岛沙丘岩上部	1.70	0.91	0.250	0.732	-1.241
W-3	文昌铜鼓岭北沙丘岩	1.798	0.691	0.087	1.083	-1.457
W-5	文昌铜鼓岭北沙丘岩	1.85	0.72	0.061	1.022	-1.626
L-4	临高昌拱沙堤上部沙丘岩	1.602	0.619	0.187	0.782	-2.252
Y-3	青洲岛沙堤沙丘岩	1.448	0.444	-0.102	0.844	-1.5983
G-1	广澳沙丘岩	1.300	0.510	0.270	1.230	-0.407
G-2	广澳沙丘岩	1.340	0.750	0.470	0.880	-0.940
T-1	天涯海角海滩岩	0.275	1.662	0.446	1.118	11.800
L-2	临高昌拱海滩岩	0.451	1.679	0.469	1.322	11.969
Y-2	青洲岛上升海滩岩	0.738	1.155	-0.443	1.571	8.116
RL-16	陆丰甲子现代海滩沙	1.577	0.927	-0.013	0.840	0.200
RL-37	惠来靖海全新世风成沙丘沙	2.110	0.525	-0.035	1.013	-3.286

* Y₁ = -3.568Mz + 3.701σ₁² - 2.0766SK₁ + 3.1135K_g ** 薄片法分析

2.2 粒度分布特征

由粒度参数看(表1),沙丘岩的平均粒径 M_z 为 $1.3 \sim 1.5\Phi$ 落在中砂粒径范围中, 掺有少量坡积物质的广澳沙丘岩的粒径稍变粗; 其 σ_1 为 $0.44 \sim 0.91$, 属分选好—较好的范围; 偏度 SK_1 变化于 $4.7 \sim 0.102$ 之间 (多为正偏), 峰度 K_g 为 $0.627 \sim$

1.23 之间, Y_1 值为 $-0.407 \sim -2.252$, 未达到 -2.7411 的风成砂沉积判别上限值, 总体上与内陆沙丘砂仍有一定的差异, 但与海滩岩相比, 沙丘岩的粒径偏小, 分选明显要好, Y_1 值明显偏低。在所分析样品中, 所有样品均有 $M_z > 1.2$, $\sigma_1 < 1.0$, Y_1 值 < 0 的特点

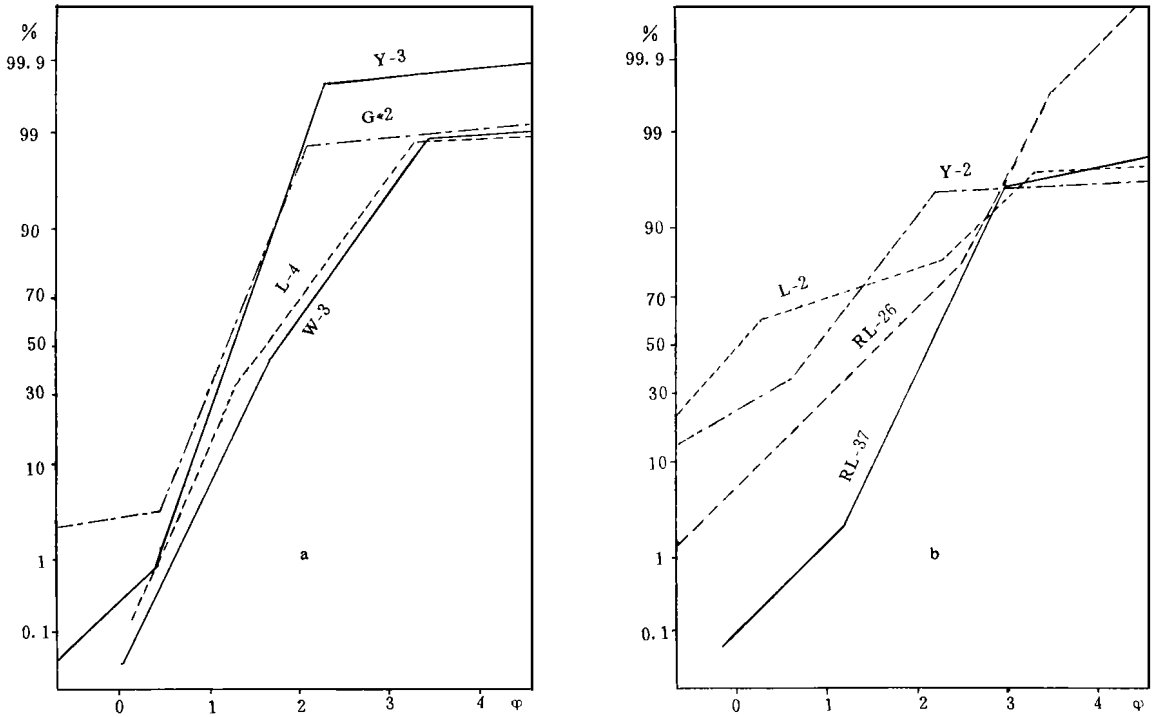


图3 沙丘岩及其他沉积物的粒度概率曲线

Fig. 3 Granulometric Probability curves of dune rocks and other sediments

概率曲线方面, 沙丘岩样品常具分选很好, 比例很大的跃移段(图3a), 有时也有双跃移的情况, 但粗跃移组分的斜率常较细跃移组分要大, 不同于海滩砂的双跃移情况(图3b), 同时, 不含坡积物的沙丘岩中缺乏推移组分, 与含有较多推移质、跃移组分比例小、分选欠佳的海滩岩差别很大。因此, 利用粒度分析区别沙丘岩与海滩岩仍不失为一种有效的方法, 但根据笔者的经验, 最好将样品除钙后用 $1/2\Phi$ 间隔的筛子进行筛析。

3 沙丘岩的胶结及化学成分特点

3.1 胶结特点

华南沿岸海滩岩的胶结物主要为潮间带海水蒸发作用沉淀的高镁方解石、文石等, 上升后处于淡

水渗流—潜流带的海滩岩中的前期胶结物由于矿物相不稳定, 更重要的是由于淡水对碳酸盐组分的溶蚀—交代充填作用, 很快地为低镁方解石代替, 同时, 生物碎屑中也发育了各种交代、充填结构^[13]。沙丘岩的胶结作用虽然有时也可受海水浪花飞溅作用与海水气溶胶影响, 但基本上在淡水渗流环境中进行, 因此, 绝大部分胶结物来沙丘砂中生物屑的溶解和再沉淀, 含钙质颗粒不足沙丘砂不能胶结或仅能发生轻微的胶结。

岩石薄片及电镜扫描观察均表明, 沙丘岩的胶结矿物为低镁方解石, 胶结较差的沙丘岩中(临高昌拱及汕头广澳), 细粒或短柱状方解石在颗粒接触处形成接触式胶结和新月形胶结, 或在颗粒下凸处形成微钟乳状—重力悬垂胶结(图版I-6, 7)在胶

结良好的沙丘岩中,胶结物进一步向孔隙中心生长,形成晶体较大的嵌晶胶结;随着胶结作用的发展,生物碎屑不断减少或被方解石铸模所代替,粉砂渗滤示底结构也同时出现,个别薄片中还见方解石交代硅酸盐矿物的现象,岩石的孔隙度也不断降低。

单从胶结物及组构看,上升海滩岩与沙丘岩是很难分开的,作者曾提出从寻找残留的早期胶结物及痕迹方面去认识上升海滩岩^[15],①后期封闭性较好的生物屑内孔隙中的残留针状文石;②广泛分布的细长柱状方解石环边组构的存在提示它们可能由文石针环边转变而来;③第一世代胶结物的放射轴纤维状嵌晶组构可能由重结晶的纤维状文石造成;其次,沙丘岩中极少出现上升海滩岩中常见的粗大的柱状方解石胶结物,这可能与后者脱离海水环境后曾被埋藏于淡水潜水带胶结环境中的原因有关;另外,由于沙丘岩的胶结过程一般是连续的,其胶结物的粒径从颗粒边缘到孔隙中心常呈有规律地增大,而上升海滩岩中各种晶形和大小方解石胶结物常与颗粒直接接触。在目前尚未有明确的胶结标志区分上述两类岩石情况下,这些方法值得研究者参考。

3.2 钙、镁、锶含量特点

表 2 沙丘岩和海滩岩可溶性组分中 CaO、MgO、SrO 含量

Tab. 2 CaO, MgO, SrO contents in the soluble components of some dune rocks and beach rocks.

样品	地点	性质	CaO	MgO	SrO	CaO (%)	MgO (%)	SrO (%)	$\frac{CaO}{MgO}$	$\frac{CaO}{SrO}$
S-2	西沙石岛	沙丘岩	53.12	2.05	0.06	96.19	3.70	0.11	25.91	885.33
W-3	文昌	沙丘岩	16.87	0.30	0.07	97.85	1.74	0.41	56.23	241.00
L-4	临高昌拱	沙丘岩	9.54	0.17	0.03	97.95	1.75	0.31	56.12	318.00
Yh-3	青洲岛	沙丘岩	10.12	0.15	0.05	98.06	1.45	0.48	67.47	202.40
G-1	广澳	沙丘岩	15.70	0.25	0.03	98.25	1.56	0.19	62.80	523.33
T-1	天涯海角	海滩岩	21.63	1.46	0.08	93.34	6.30	0.36	14.82	260.60
L-2	临高昌拱	海滩岩	17.91	0.32	0.11	97.68	1.74	0.58	56.13	168.92
Yh-2	青洲岛	上升海滩岩	11.50	0.19	0.06	97.87	1.62	0.51	60.53	191.67

4 结论

华南海岸沙丘岩的分布高程、产状、规模和特点多变,年代上也没有明显的发育期,分布区域常处于现代强风沙作用区,故可与海滩物质相邻或远隔。

分析结果(表 2)表明:在构成碳酸盐的三种氧化物的含量比例中,CaO 占 96.19~98.25%,MgO 占 1.45~3.7%,SrO 占 0.11~0.48;CaO/MgO 比值为 25.91~67.47,CaO/SrO 比值为 202.4~885.33,与潮间带海滩岩相比,有低 Mg 低 Sr 的特点;石岛沙丘因颗粒中含大量的高镁方解石质珊瑚藻,MgO 的含量比较高,但与颗粒构成相似的天涯海角海滩相比,MgO 仍较低,主要原因是后者中含大量高镁方解石胶结物,而前者则处于不断的脱镁过程之中;临高昌拱沙丘岩与潮间带海滩岩相比,MgO 的含量相似,SrO 的含量偏低,原因是后者含文石胶结物,前者仅有低镁方解石胶结物,生物屑中部分文石也已成为方解石所交代;已处于潮上带的青洲岛海滩岩和沙丘岩,由于物源、胶结物、后期成岩作用条件相似,故 MgO/SrO 比值极为相近。由此可见,岩石中碳酸盐的 Ca、Mg、Sr 含量比例主要由下列因素控制:①颗粒组分的原始构成;②早期成岩阶段中的胶结物性质;③后期成岩阶段中矿物的变化。因此,尽管沙丘岩与现代海滩岩相比具有低 Mg 低 Sr 的特点,但与已长期暴露于大气淡水渗流—潜流带中的上升海滩岩相比似无明显的区别。

沙丘岩的颗粒组分与海滩砂具继承关系,部分沙丘岩中可混入陆相成因的坡积物与陆生动物化石;在沉积构造方面,沙丘岩特有的大型高角度板状交错层理、上凸层理、滑塌构造、根管构造等均与海滩岩不同;沙丘岩中颗粒的粒度分布特点完全有异于海滩岩,其粒径细、不含砾石、分选佳、Y₁

值低的特点, 以及跃移组分量多、斜率大、缺乏推移组分的特点是鉴别沙丘岩的重要标志之一。沙丘岩中的石英砂表面碟形坑、新月形坑等微结构的出现也是风沙作用的一个佐证。

沙丘岩的胶结物为低镁方解石, 胶结组构有触点式、新月形、重力悬垂、嵌晶等形式, 与海滩岩不同, 但部分可与上升海滩岩相似, 不过, 通过对残留早期胶结物或痕迹以及后期胶结组构的细致研究, 辨别两者并非十分困难。

与成岩作用相关, 沙丘岩的 Ca、Mg、Sr 等组分含量与海滩岩有较大的区别, 但与上升海滩岩的情况可以完全相似, 故通过这些碳酸盐构成元素的含量分析不能提供区别两者的信息。

参 考 文 献

- [1] McKee E. D. Eolian sediments and Process. Development in Sedimentology, Elsevier Pub, 1983, 1-25.
- [2] 朱袁智等. 西沙石岛和海南岛砂丘岩初探, 热带海洋, 1984, 3 (3): 64-72.
- [3] 业治铮等. 西沙石岛风成石灰岩和化石土壤的发现及其意义. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4 (1): 1-10.
- [4] 吴克刚等. 海南岛现代风成岩 (沙丘岩) 的形成及其地貌意义. 地理研究, 1988, 7 (2): 67-72.
- [5] 刘怀波. 海南岛莺歌海现代和全新世海滩岩与沙丘岩的胶结组构和成岩作用. 沉积学报, 1986, 4 (2): 105-114.
- [6] 赵希涛等. 福建莆田海岸沙丘岩-I. 沉积构造与古风, 中国科学 (B辑), 1988, (11): 1196-1205.
- [7] 赵希涛等. 福建莆田海岸沙丘岩-II. 沉积与成岩作用, 中国科学 (B辑), 1989, (10): 1989, 1103-1111.
- [8] 刘以宣等. 汕头广澳全新世风积砂丘岩的发现, 热带海洋, 1987, 6 (4): 1-9.
- [9] 王建华等. 闽东南—粤东沿海一些全新世碳酸盐胶结岩的特征探讨. 广东地质, 1990, 5 (1): 69-77.
- [10] 袁又申等. 福建中段海岸晚全新世最高海滩岩的成因. 科学通报, 1984, 29 (19): 1193-1196.
- [11] 毕福志等. 闽粤沿海近五千多年来海岸升降周期的初步研究. 中国科学 (B辑), 1987, (4): 429-440.
- [12] 陈以键等. 西沙群岛石岛放射性碳剖面, 近代地壳运动的证据. 海洋地质研究, 1982, 2 (2): 28-36.
- [13] 徐启浩等. 新碳、老碳对¹⁴C年龄的影响及石岛沙丘岩的可能实际年龄, 地质科学 (增刊), 1992, 286-294.
- [14] 王建华. 海南岛西北部几处新发现的海滩岩及其意义. 中山大学学报 (自然科学版), 1992, 31 (1): 99-105.
- [15] 王建华. 华南沿海全新世海滩岩及其地质意义. 中山大学报论丛 (自然科学版), 1992, (1): 111-122.

Characteristics of Dune Rocks in the South China Coast and Their Differences from Beach Rocks

Wang Jianhua

(Department of Geology Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Abstract

Dune rock is a special type of rocks in tropic and subtropic areas. Although dune rock is similar to beach rock in the external figure, their origins and features are quite different. By the study on some representative outcrops of dune rocks in Shidao (Xisha Islands), Wenchang and Linggao (Hainan Island), Qingzhou Island (Yangjian, Guangdong) and Guang-Ao (Shantou, Guangdong), the author makes a summary to the sedimentological, petrological characteristics of dune rocks and their differences from beach rocks.

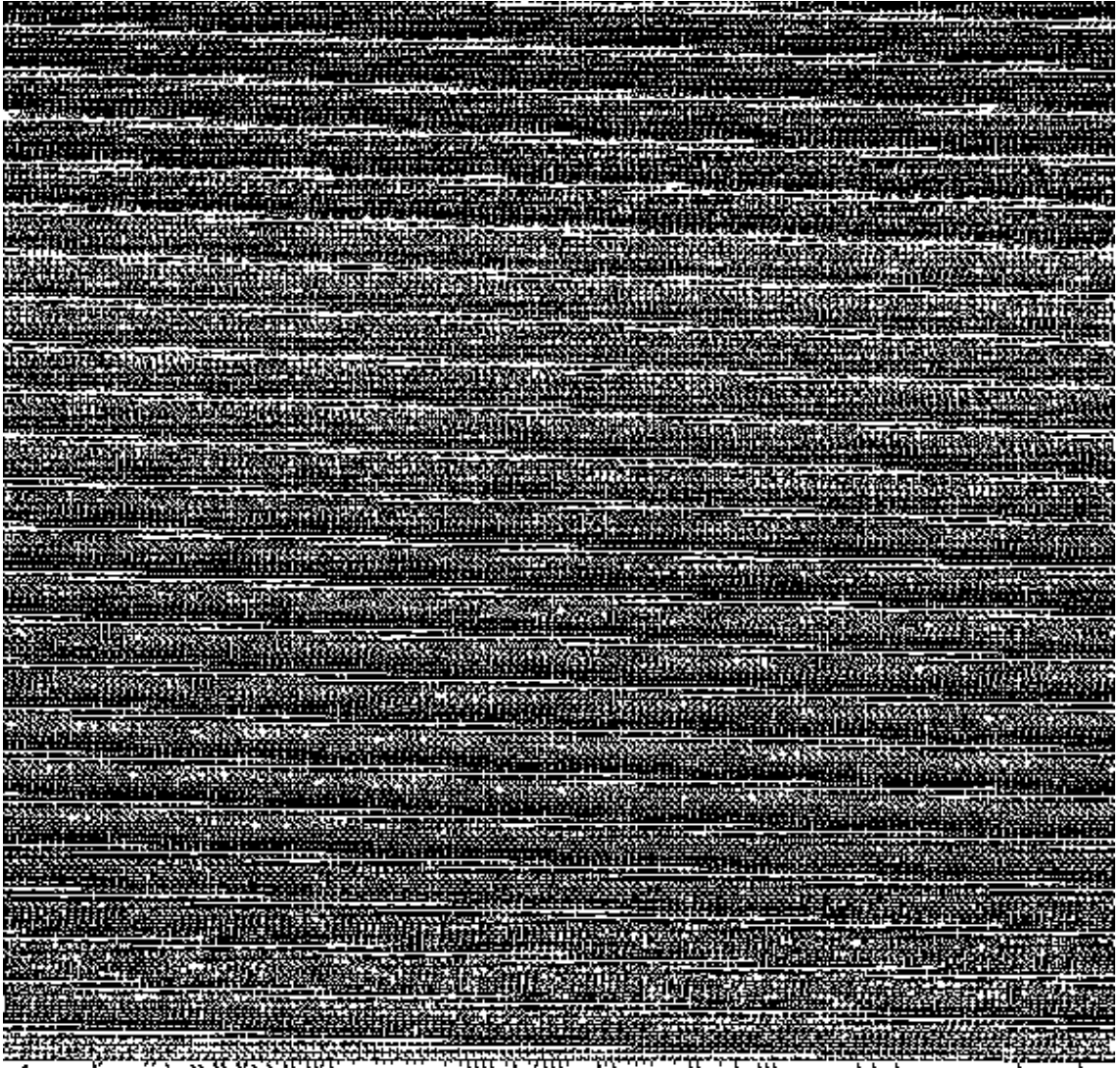
Dune rocks in South China are formed by the cementation of island limesands and coastal bioclastic dune sands, which can be distributed in the zone (with an altitude over 50m). There are high angle plate cross-bedding, megatrough cross-bedding, convex cross-bedding, para-parallel bedding, megatrough cross-bedding, convex cross-bedding, Parallel bedding, and casting tubes (mould) of tree roots in the rocks. The clastic materials of dune rock inherit the characters of the beach sands, but also carry on the features of eolian sands. Some of them contain the collision sediments or bodies of terrestrial organisms.

The grains of dune rocks which are, in general, middle-fine sands are well sorted with variable SK_1 , lower KG and negative Y_1 , which are quite different from those of beach sands. The cement miner-

als and fabrics, Paucular in the fresh water vadose environment, are welldeveloped in dune rocks. Although the Ca, Mg, and Sr contents and proportions in dune rocks are different from those of beach rocks, they can be very similar to those of uplift beach rocks.

So, the author considers that the main way to recognize dune rocks is to study their outcrop occurrence, sedimentary structure, granulometry, cement and cement fabric, etc.

Key Words dune rock beach rock sedimentology petrology



图版说明 I -1 沙丘岩中的上凸交错层理, 石岛; I -2 沙丘岩中的似水平层理, 文昌铜鼓岭北沙堤; I -3 背风谷坡上的垄状沙丘岩中的板状交错层理, 汕头广澳; I -4 迎风谷坡上的爬升沙锥及表层胶结, 汕头广澳; I -5 磨蚀强烈的风成砂粒, 文昌沙丘岩; I -6 广澳沙丘岩中方解石的触点式胶结, + N, \times 80; I -7 临高沙丘岩中有孔虫壳体上方的新月形胶结和下方的悬垂胶结结构, - N, \times 80.