

黄日辉,张立婷,冯森彦,等.广东省东海岛大岭剖面沉积物粒度、微形态特征与沉积环境[J].中国沙漠,2023,43(2):121-129.

# 广东省东海岛大岭剖面沉积物粒度、 微形态特征与沉积环境

黄日辉<sup>1</sup>, 张立婷<sup>1</sup>, 冯森彦<sup>1</sup>, 刘铮瑶<sup>1,2</sup>, 李健熙<sup>1</sup>,  
陈韵琪<sup>1</sup>, 张志浩<sup>1</sup>, 王 璟<sup>1</sup>

(1.岭南师范学院 地理科学学院, 广东 湛江 524048; 2.陕西省地质调查院 陕西省地质环境监测总站/陕西省地质  
灾害中心, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 沉积物粒度与表面微形态特征是反映沉积环境及源区等信息的重要指征。基于粒度分析和扫描电镜影像,研究广东省东海岛海岸大岭剖面的海岸风沙沉积物石英颗粒与微形态特征,以揭示其沉积环境和沉积过程。结果表明:(1)大岭剖面的粒度特征总体具有典型风成砂的特点。(2)大岭剖面沉积物石英颗粒磨圆度适中,表面具有麻点/麻面、碟形坑、新月形撞击坑、水下磨光面、鳞片状剥落等特征。东海岛大岭剖面石英颗粒先受到流水磨蚀与搬运作用,再受到风力的二次搬运和改造作用,风力作用特征显著。(3)大岭剖面整体上记录了从温暖湿润环境向寒冷干旱环境演变的历史。

**关键词:** 东海岛; 石英颗粒; 粒度特征; 表面微形态特征

**文章编号:** 1000-694X(2023)02-121-09

**DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2022.00098

**中图分类号:** P931.3

**文献标志码:** A

## 0 引言

海岸风沙地貌是海洋-陆地-大气三者交互作用下形成的复杂动力地貌系统<sup>[1]</sup>。在强劲向岸风和丰富沙源的作用下,海岸线数十千米范围内广泛发育风沙地貌<sup>[2]</sup>,包括风成堆积地貌(海岸流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘等)、风蚀地貌(风蚀穴、风蚀墩台等)以及丘间地和沙席等<sup>[3]</sup>。海岸风沙地貌的发育过程受大气、波浪与海滩相互作用的影响,其沉积层理可记录风沙活动与气候变化信息,沉积物特征可以反映海岸演化、海平面变化、古气候特征及人类活动等信息<sup>[4]</sup>。

20世纪50年代,Mason等<sup>[5]</sup>通过研究美国东部砂质海岸沉积物认为粒度参数可以有效区分沉积环境。近年来,国内外相关研究表明海岸沙丘沉积物特征能较好地反映各地海岸沙丘在形成过程中所经历的沉积环境<sup>[6]</sup>、沉积动力<sup>[7]</sup>、搬运方式<sup>[8]</sup>等。

海岸沙丘沉积物中的石英颗粒因硬度大,受机械作用变化程度小,化学性能稳定<sup>[9]</sup>,颗粒表面形态特征参数常用于表征沉积物运动过程<sup>[10-12]</sup>。扫描电镜影像是一种广泛应用于分析风化壳、黄土、砂质沉积物颗粒表面微形态特征的方法<sup>[13]</sup>,可用于分析沉积物特征的分异规律<sup>[14]</sup>、揭示沙丘与河流沉积的关系<sup>[15]</sup>、明晰沉积物搬运过程等<sup>[16]</sup>。

利用扫描电镜研究石英颗粒表面形态已经取得了丰富的研究成果,但对于广东省东海岛海岸沙丘沉积物的研究较少。鉴于此,本研究通过进行沉积物样品采集以及利用扫描电镜对石英颗粒微形态进行实验分析,结合粒度分析数据,探讨东海岛石英颗粒表面微形态特征及其所反映的沉积环境,以期完善东海岛海岸沙地沉积特征研究。

## 1 研究区概况

东海岛位于广东省雷州半岛东部,20°04′—

收稿日期:2022-05-30; 改回日期:2022-08-15

资助项目:国家自然科学基金项目(42102161);湛江市科技计划项目(2021E05023);国家级大学生创新创业训练计划项目(202110579006)

作者简介:黄日辉(1988—),男,广东湛江人,博士,讲师,研究方向为地貌过程及第四纪环境演变。E-mail: huangrhok@foxmail.com

通信作者:刘铮瑶(E-mail: liuzhengyaolzy@163.com)

21°08'N、110°09'—110°33'E,全岛面积289.49 km<sup>2</sup>,以平原为主,总体呈西低东高,海岸线约140 km。全年平均气温23℃,年降雨量大于1500 mm,年平均风速4 m·s<sup>-1</sup>,夏季盛行东风,常受台风影响,冬季盛行偏北风,海浪与盛行风向一致,伴有不规则半日潮现象,属典型亚热带季风性湿润气候<sup>[17]</sup>。东北岸段以条带状固定沙丘发育为主<sup>[3]</sup>,沙地内主要为人工种植的木麻黄林。研究区地处东海岛东北岸大型风沙堤东侧大岭剖面(21°03'04"N、110°32'57"E),剖面露头19.5 m,不同沉积地层界限明显且层序保存完整(图1)。

## 2 研究方法

依据大岭剖面沉积物色度直观差异,自上而下将采样剖面划分为9层,编号依次为DL-1~DL-9,具体地层特征见图2。选取深度10.73~16.57 m为采样部位,以1 cm为间距,共采集了584份样品;对每一层沉积层自上而下选取5份样品(等重量)混合进行粒度实验,共选取粒度样品127份;同时在每个层段随机选取10~12颗,共96颗石英颗粒进行扫描电镜测验,拍摄表面微形态特征照片425张。

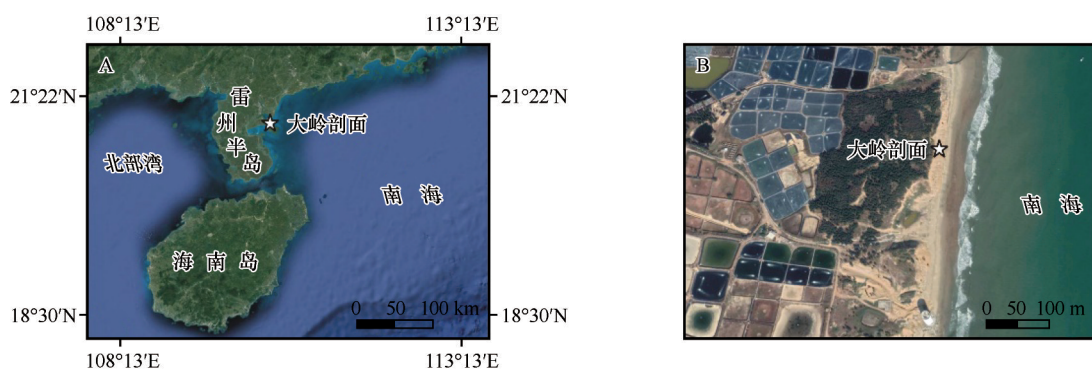


图1 研究区东海岛及大岭剖面位置图

Fig. 1 Location of Donghai Island and Daling section

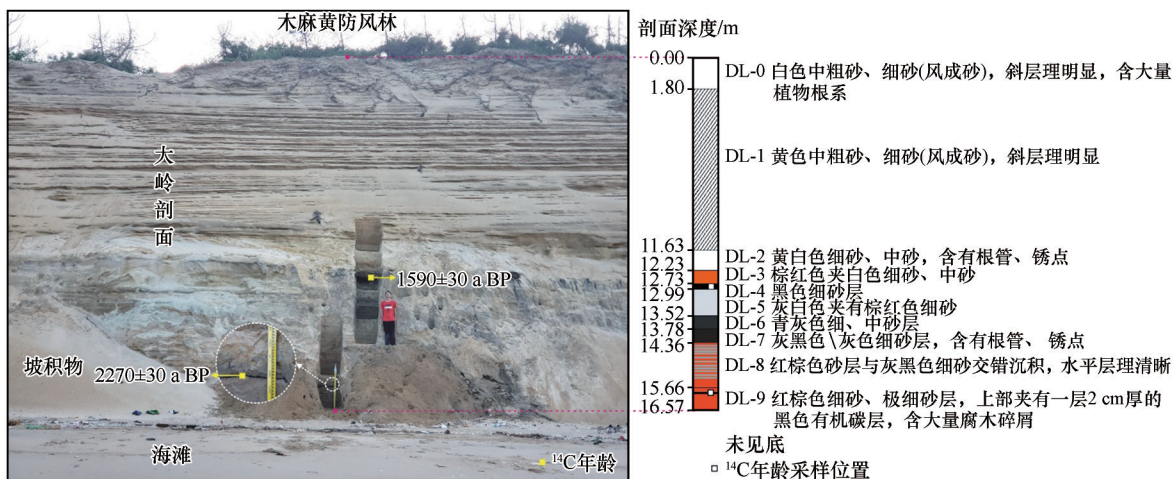


图2 大岭剖面地层描述

Fig. 2 Stratigraphic description of the Daling section

沉积物粒度及颗粒表面微型态特征检测均在陕西师范大学地理科学与旅游学院土壤沉积物实验室完成。粒度检测使用MS-2000型激光粒度仪,按文献<sup>[17]</sup>所述方法进行前处理和测试,粒级采用尤登-温德华氏等比 $\Phi$ 值粒级标准划分<sup>[14]</sup>,并依据福克-沃德(Folk-Word)公式<sup>[18]</sup>计算平均粒径( $M_z$ )、分选系数( $S_d$ )、偏度( $SK$ )、峰度( $K_g$ )等粒度参数。表面微形态检测使用TM3000日立台式电子显微镜,

形态特征用磨圆度和特征标志表示<sup>[19]</sup>,并依据微形态特征统计结果计算微形态特征频率分布。

## 3 结果

### 3.1 粒度组成

沉积物粒度组成反映了样品各个粒级的相对含量。大岭剖面以细砂和中砂为主,二者含量达到

了 86%,其中细砂占比 59.02%,中砂占比 26.98%;极细砂平均含量为 10.83%,含量较少;粗砂、粉砂、极粗砂和黏粒含量少(表 1)。随剖面深度增加,细砂和中砂组分占比波动增加。

表 1 大岭剖面各层段粒度组成(单位:%)  
Table 1 Grain size distribution of each section of Daling section (unit:%)

层段	中粉砂	粗粉砂	极细砂	细砂	中砂	粗砂	极粗砂
DL-1	0.00	0.00	3.19	34.16	46.84	15.50	0.32
DL-2	0.00	0.00	6.04	48.88	40.73	4.36	0.00
DL-3	0.38	0.01	10.03	56.28	31.69	1.60	0.00
DL-4	0.67	0.01	12.46	60.01	26.42	0.43	0.00
DL-5	0.00	0.00	13.68	68.64	17.66	0.02	0.00
DL-6	0.00	0.00	9.61	55.63	32.04	2.72	0.00
DL-7	0.86	0.02	12.17	61.28	24.07	1.60	0.00
DL-8	0.11	0.00	10.23	72.27	17.39	0.00	0.00
DL-9	0.00	0.00	20.04	74.01	5.95	0.00	0.00
平均	0.22	0.00	10.83	59.02	26.98	2.91	0.04

3.2 粒度参数

大岭剖面所有样品平均粒径为 1.37~2.76 Φ,平均值是 2.27 Φ,以细砂和中砂为主,二者占比达 86%。分选系数与粒径分布分散程度呈正相关,反映了沉积物的搬运路程、沉积环境等因素,均在 0~1 Φ。偏度有正负之分,负偏表示沉积物粒度平均值向中位数较粗方向移动,正偏则相反。大岭剖面中 DL-2 偏度最小,为-0.03,DL-1 最大值为 0.02,平均值为-0.008,为负偏。峰度表示频率曲线峰形的宽窄程度,是频率曲线的尾部展开度和中部展开度之比<sup>[20]</sup>。大岭剖面各层段峰度的平均值最小值为 0.93,最大值为 0.97,主要为中等到窄峰态(图 3)。

剖面层段的平均粒径呈现随深度的加深而减小的变化规律,其中,DL-1 和 DL-6 层段变化幅度较大。大岭剖面各层段的分选系数总体上随深度的加深呈现增大的趋势,在 DL-1 和 DL-6 层段波动较为明显,具有较好的分选性。剖面各层段的峰度随着深度的加深变化较小,峰度平均值为 0.95,以中等到窄峰态为主,在 DL-4、DL-7、DL-8 层段出现波动。

在漫长的历史进程中,沉积物质搬运和分选过

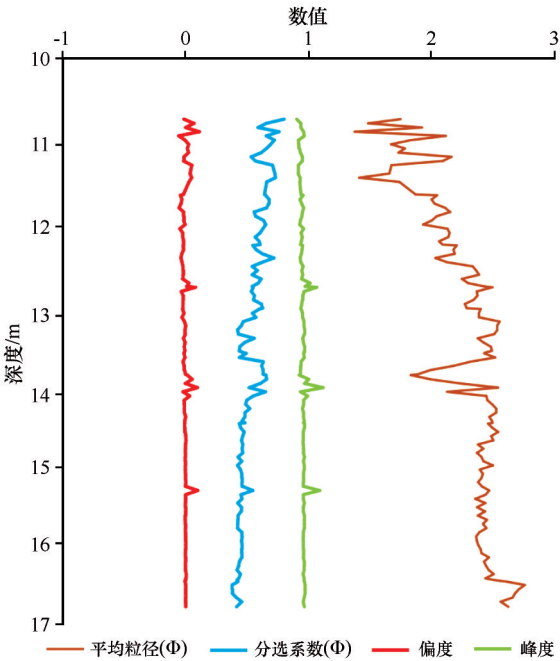


图 3 大岭剖面各层段粒度参数  
Fig.3 Grain parameters of each section of Daling section

程通常可以反映出沉积时期的环境。依据 Sahu<sup>[21]</sup>的线性多元判别方法,对大岭剖面各层沉积物进行计算统计和分类,公式如表 2 所示:

表 2 Sahu 沉积物粒度分析判别公式<sup>[21]</sup>  
Table 2 Discriminant formula for grain size analysis of sediments by Sahu<sup>[21]</sup>

沉积物环境公式	判别值
$Y_{\text{风成, 海滩}} = -3.5688M_z + 3.7016\sigma^2 - 2.0766SK + 3.1135K_g$	若 $Y < -2.7411$ , 则为风成环境; 若 $Y > -2.7411$ , 则为海滩环境
$Y_{\text{浅海, 河流}} = 0.2852M_z - 8.7064\sigma^2 - 4.8932SK + 0.0482K_g$	若 $Y < -7.4190$ , 则为河流环境; 若 $Y > -7.4190$ , 则为浅海环境



由图4A可知,大岭剖面DL-1层根据沉积物粒度参数计算判别沉积环境为海滩环境,其余皆为风

成环境;由图4B可得剖面各层沉积环境皆为浅海环境。

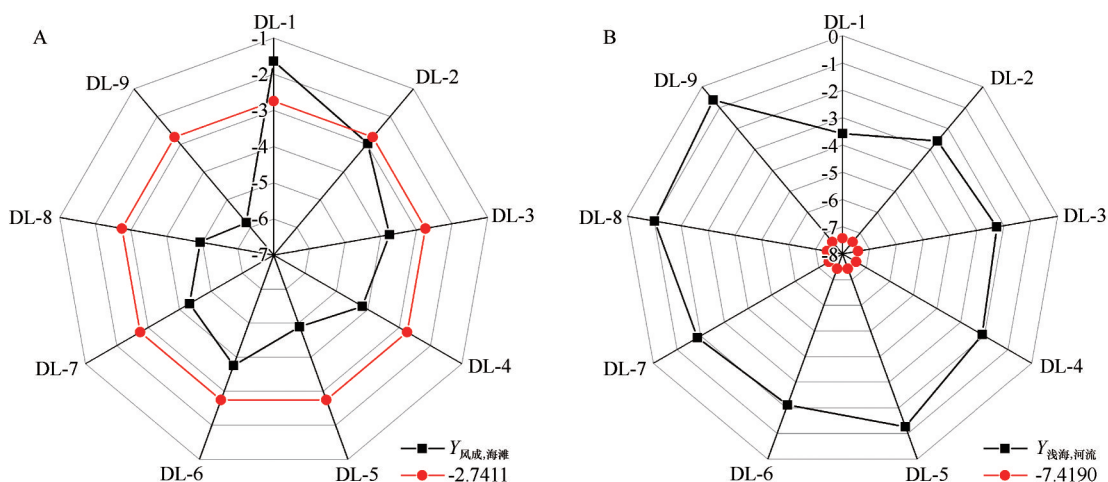


图4 Sahu沉积物粒度分析判别

Fig. 4 Discriminant for grain size analysis of sediments by Sahu

### 3.3 表面微形态特征

石英颗粒表面微形态特征有3类,分别为受机械作用而形成的机械成因特征、受化学作用而形成的化学成因特征以及受两种作用共同形成的机械化学成因特征。该剖面石英颗粒圆状、次圆状、次棱角状和棱角状颗粒分别占9.25%、31.19%、31.48%、24.06%,颗粒磨圆度适中,次圆状、次棱角状较多。表面各类微形态特征占比见图5。

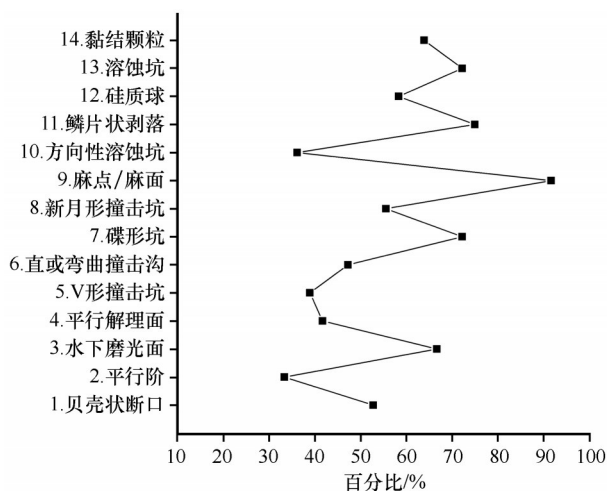


图5 石英颗粒表面微形态特征分布

Fig.5 Distribution of surface microtextural features of quartz particles

#### 3.3.1 石英颗粒表面机械成因特征

石英颗粒表面机械成因特征反映石英颗粒的搬运过程及所处环境,是石英颗粒在搬运过程中受

到机械作用而产生的<sup>[22]</sup>。不同沉积环境下的石英颗粒表面微形态特征有差异,如碟形坑、麻点/麻面常指示风成环境,直撞击沟或弯曲撞击沟以及V形撞击坑常用于指示石英颗粒经历高能水下环境。

##### 3.3.1.1 贝壳状断口

贝壳状断口似圆盘形或扇形,断口表面有多条平行弧线<sup>[23]</sup>。一般认为贝壳状断口常出现在海岸沙丘、冰川环境和水下环境。根据其直径可将贝壳状断口划分为小( $<10\ \mu\text{m}$ )、中( $10\sim100\ \mu\text{m}$ )、大( $>100\ \mu\text{m}$ )3类。大岭剖面中出现贝壳状断口的样品占所观察样品的52.78%,其中,以中贝壳断口为主,约为41.67%,大贝壳状断口较少,无小贝壳状断口。贝壳状断口多数出现在石英颗粒的边缘部位(图6A),大部分断口纹理弧线清晰,少数模糊不清。

##### 3.3.1.2 碟形坑

碟形坑的形成与较好磨圆度的石英颗粒之间碰撞有关,虽然能量高且撞击力强,但因为石英磨圆度较好,撞击点作用力分散,使得碟形坑呈现圆盘状、漏斗状和碟子状。碟形撞击坑多形成于强风暴环境中,故可用于指示风成环境<sup>[24]</sup>。大部分碟形坑易于辨认,在所有样品中其占比最高为72.22%。该形态在颗粒边缘和颗粒内部表面上均有出现(图6B),伴有多个碟形坑一起出现,具有大小不一、深浅交替的特征,其中最大的约 $300\ \mu\text{m}$ 。碟形坑内部或是光滑,或是发育有微小的撞击坑,或是化学作用明显,坑内有溶蚀痕迹和黏结颗粒。

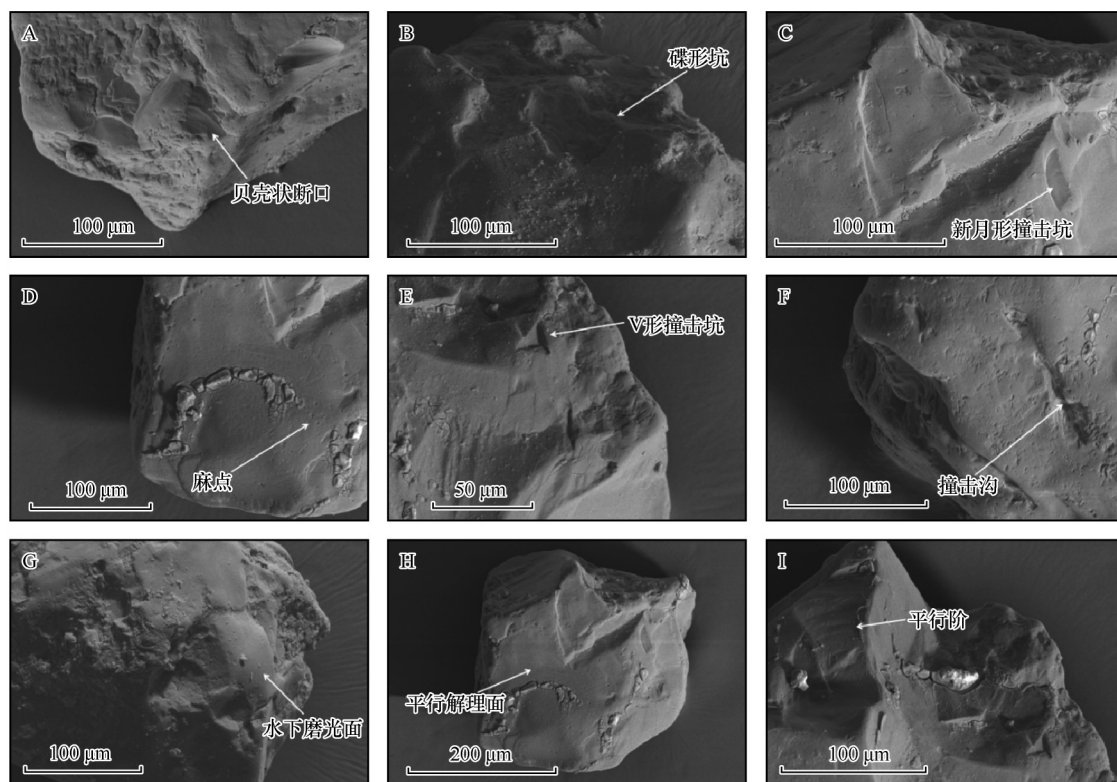


图6 石英颗粒表面微形态机械成因特征

Fig. 6 Surface microtextural features of quartz particles induced by physical factors

### 3.3.1.3 新月形撞击坑

新月形撞击坑形似月牙,形成原因与碟形坑相似<sup>[25]</sup>,主要见于风成环境中。所有样本中新月形撞击坑出现的频率为55.56%,主要发育在颗粒的边缘部位(图6C)。新月形撞击坑一般清晰可辨,形态各异,有半圆形、小月牙形,有些坑内出现黏结颗粒,或边缘被磨平。

### 3.3.1.4 麻点/麻面

麻点/麻面的形成与石英颗粒之间发生相互磨蚀、机械碰撞有关,是石英颗粒在风力搬运中形成的撞击浅坑,主要在风成环境中形成<sup>[24]</sup>。所有样本中麻点/麻面出现的频率为91.67%。麻点分布不均,可出现在颗粒表面的某一部位(图6D),或遍布整个表面使其凹凸不平。

### 3.3.1.5 V形撞击坑、直或弯曲撞击沟

V形撞击坑的形成与石英颗粒发生磨蚀、碰撞有关,表面形态似三角形,无方向性且不规则<sup>[25]</sup>。V形撞击坑常常在水下环境中可见,指示水下磨蚀作用,偶尔可以在风成环境中可见。样品中V形撞击坑出现的频率为38.89%,出现频率较低。观察发现,出现较多的是小而浅、轮廓清晰的V形坑,大且深的V形坑出现较少,但在颗粒表面各部位均有出

现(图6E)。

直撞击沟或弯曲撞击沟常常指示着中高能水下环境,是长条状、锯齿边、表面较深的沟痕<sup>[24]</sup>。大岭剖面所观察的颗粒中直撞击沟和弯曲撞击沟出现频率较低,为47.22%,其中直撞击沟出现得比较多,颗粒边缘部位和中心部位均有出现,位于边缘的撞击沟通常宽且深邃(图6F),而位于颗粒中心的通常呈现细长形态。

### 3.3.1.6 水下磨光面、平行解理面和平行阶

当石英颗粒处于较稳定的水动力的状况下时,会形成常见于水下高能环境中表面清晰光滑的水下磨光面<sup>[26]</sup>。样品中水下磨光面出现的频率为66.67%,大多发育在颗粒表面的突出部位(图6G),麻点、黏结颗粒和硅质球等特征常常叠加在水下磨光面之上。

平行解理面一般形成于水下环境或冰川环境<sup>[26]</sup>,是搬运过程中的石英颗粒相互作用而留下来的痕迹,是平行的解理表面,当平行解理面呈现阶梯状则成为平行阶,平行阶通常为直线或者弧线。大岭剖面的石英颗粒平行解理面(图6H)和平行阶(图6I)出现的频率都比较低,分别为41.67%和33.33%。

## 3.3.2 石英颗粒表面化学成因特征

石英颗粒在搬运过程中受到不同程度的化学

沉淀或化学溶蚀作用时,会在其表面留下起伏不平、规则不一的痕迹<sup>[26]</sup>,表现为溶蚀坑、鳞片状剥落、方向性溶蚀坑等。该特征在多种环境下产生,其中在风成环境中最为常见。

### 3.3.2.1 鳞片状剥落、硅质球

化学溶蚀作用使得石英颗粒表面形成厚薄不

均、大小不一的解理薄片甚至形成轮廓不规则的鳞片,具有显见的剥落趋势<sup>[16]</sup>。在所分析的样品中,鳞片状剥落出现的频率为75%,有的单独出现在颗粒的边缘,有的聚集出现在颗粒的某一表面,具有大致统一的方向,在表面稍微有些翻卷(图7A)。

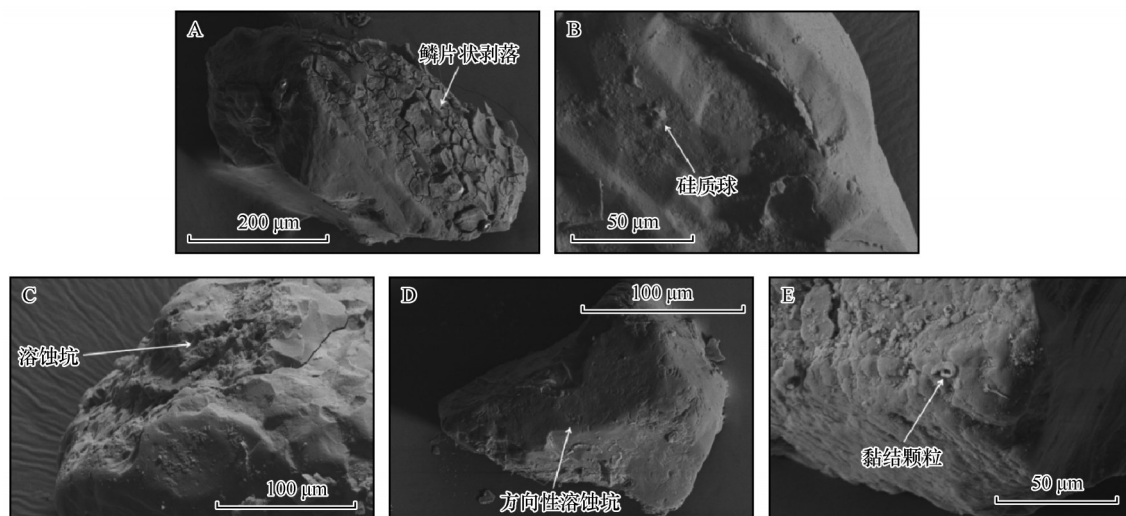


图7 石英颗粒表面微形态化学成因和机械化学成因特征

Fig. 7 Surface microtextural features of quartz particles induced by chemical factors and physical-chemical factors

硅质球形状近似圆球形,是氧化硅沉淀的初始状态<sup>[25]</sup>,多种环境下可以形成,在风成石英砂表面较为常见(图7B)。大岭剖面硅质球出现的频率为58.33%。

### 3.3.2.2 溶蚀坑和深邃溶蚀沟、方向性溶蚀坑

溶蚀坑常发育于石英颗粒抵抗化学溶蚀能力比较弱的部位,形状不规则,深邃溶蚀沟相对溶蚀坑来说溶蚀程度更高<sup>[22]</sup>。大岭剖面的石英颗粒中,溶蚀坑和深邃溶蚀沟出现的频率为72.22%,形状、大小和深度不尽相同(图7C)。

方向性溶蚀坑反映了高能化学环境,是定向溶蚀现象<sup>[19]</sup>。形似等腰三角形,具有一定方向,或是成簇出现,或是两排呈现X形状。大岭剖面的石英颗粒中,方向性溶蚀坑出现的频率为36.11%,往往成簇出现,具有不同的大小和不同的深度,边缘较为清晰(图7D)。

### 3.3.3 石英颗粒表面机械化学成因特征

机械化学成因特征有突起和黏结颗粒。突起是描述颗粒的光滑和粗糙程度,可分为低突起、中突起和高突起<sup>[27]</sup>。低突起颗粒表面平坦光滑,粗糙程度低;高突起粗糙程度最高,表面起伏大;中突起则介于两者之间。大岭剖面所观察的石英颗粒以

高突起为主,未见低突起。

黏结颗粒是黏结的生物、矿物碎片等,其种类多样,大小不同,常出现在颗粒地势低平之处<sup>[6]</sup>。大岭剖面黏结颗粒出现的频率为63.89%,黏结颗粒表现为圆球状、近球状和长条状,有的黏结颗粒出现在碟形坑之上,有的出现在颗粒的边缘,有的黏结在颗粒较为平坦的表面(图7E)。

## 4 讨论

### 4.1 大岭剖面石英颗粒环境指示意义

沉积物的粒度参数分析有助于识别沉积环境特征与运动过程等。福建沿海全新世海岸风沙粒度数据表明海岸风成砂具有分选差、峰态为微弱负偏态、中等峰度、细砂和中砂为主的特点<sup>[28]</sup>。总体而言,大岭剖面各层段以细砂和中砂为主、多为中等峰度、分选性好且属负偏,通过Sahu线性多元判别方法判断,整体为典型的风成砂特点。

石英颗粒表面微形态特征可以反映石英颗粒搬运和沉积信息,然而某一特征可以在不同的环境中发育,如贝壳状断口和黏结颗粒,在风成环境和水下环境皆可形成。因此需结合多种特征并利用



统计学方法来研究石英颗粒的沉积环境。Newsome等<sup>[29]</sup>在对石英颗粒表面特征环境的解译中,根据表面特征出现频率划分为大量出现(>75%)、正常出现(50%~75%)、少量出现(2%~50%)、极少量/不出现(<2%)。据此观点,大岭剖面石英颗粒麻点/麻面和鳞片状剥落为大量出现,碟形坑、新月形撞击坑、溶蚀坑和深邃溶蚀沟、水下磨光面、硅质球、黏结颗粒为正常出现,直撞击沟或弯曲撞击沟、V形撞击坑、平行解理面、平行阶、方向性溶蚀坑为少量出现,揭示风成环境。

陈方等<sup>[30]</sup>的研究表明,海岸沙丘沙的砂粒表面出现频率最高的风成特征是撞击麻点和碟形坑,并且砂粒先后经历了河口、海滩环境和海岸风成环境,所以在同一颗粒表面风成特征和水成特征会共同出现或者叠加。大岭剖面位于东海岛东部一个天然海岸沙丘中,大岭剖面的石英颗粒的搬运过程在石英砂的表面形态上得到了体现。在大岭剖面的石英颗粒样品中,根据出现频率高低依次为麻点/麻面(91.67%)、碟形坑(72.22%)、新月形撞击坑(55.56%)、直或弯曲撞击沟(47.22%)。其中V形撞击坑和水下磨光面等水下特征被磨蚀变得模糊,麻点、方向性溶蚀坑、黏结颗粒和硅质球等特征叠加其上,可以认为,大岭剖面的石英砂受到了水力作用与风力作用,石英砂颗粒首先经历了水力磨蚀与搬运作用,风力对其进行二次搬运和改造。

吴正<sup>[31]</sup>认为中国南方热带地区的海岸沙丘石英颗粒化学作用特征明显,而北方温带地区以机械作用特征明显。马锋等<sup>[15]</sup>认为温度对化学作用有显著正向影响。东海岛大岭剖面处于低纬地区,气候湿热,大岭剖面鳞片状剥落和溶蚀坑出现频率较高,发育显著,且溶蚀坑常常叠加在碟形坑之上,可见大岭剖面石英颗粒化学作用明显。然而受季风气候影响,干湿季分明,降水呈夏丰冬枯,加之干旱的冬季风沙活动强烈,最大风速可超过沙粒的起动风速,致使大岭剖面的石英颗粒出现大量机械撞击坑,如麻点/麻面出现几率达到了91.67%,碟形坑出现的概率达72.22%。大岭剖面石英砂表面的机械作用特征和化学作用特征的显著发育反映了剖面所在地区独特的气候环境对石英颗粒的改造。

#### 4.2 大岭剖面不同层段石英颗粒的沉积环境

东海岛海岸风沙大岭剖面各层段的粒度参数呈现出一定的变化规律。从DL-1到DL-9,平均粒

径总体上呈变小的趋势,分选系数总体上也变小。其中,DL-1和DL-2层段平均粒径较大,粒度分布集中,属于中等峰态,分选性好,说明在DL-1和DL-2此阶段风沙活动频繁,风力强度较强,表明该阶段为寒冷干旱的沉积环境。根据DL-4层段黑色砂层有机质<sup>14</sup>C年代数据推算,DL-1和DL-2沉积时间应该在1590±30 a BP之后(图2)。王为等<sup>[32]</sup>对中国海岸沙丘岩的形成进行研究,认为海岸风沙于1000 a BP前后气温开始回升时大规模结束堆积,这间接说明1000 a BP气温较低,DL-1和DL-2可能在1000 a BP前后结束堆积。DL-8和DL-9层段的平均粒径平均值为2.56 Φ,平均粒径较小,分选系数均值为0.43 Φ,偏度均值为-0.003,峰态均值为0.96,说明在DL-8和DL-9沉积时期风力强度较弱,该沉积时期沉积环境较温暖湿润,在野外地层描述中发现的这两个层段包含的棕红色砂层、灰黑色砂层及大量腐木(图2)均可证实其沉积的气候环境较为温暖湿润。

各个层段的石英颗粒表面微形态特征表明,DL-1和DL-2层段的直或弯曲撞击沟、V形撞击坑出现频率为37.5%和25%,新月形撞击坑、水下磨光面、鳞片状剥落出现频率为62.5%、50%和100%,风力作用特征显著;中部层段差异不明显;下层DL-8和DL-9层段中,直或弯曲撞击沟、V形撞击坑、新月形撞击坑出现频率分别为100%、50%和37.5%,水下磨光面、鳞片状剥落出现频率为100%和62.5%,水的磨蚀与搬运作用显著,整体来看该沉积时期较为湿润。

大岭剖面沉积物石英颗粒的粒度参数和表面微形态特征表明,大岭剖面整体上记录了从温暖湿润环境向寒冷干旱环境演变的历史。这与吴旭东等<sup>[33]</sup>通过对本区域湖光岩玛珥湖元素分析所得出的中、晚全新世开始气候干旱化结论相一致。

## 5 结论

广东省东海岛大岭剖面沉积物以细砂和中砂为主,平均粒径为2.27 Φ,分选系数为0.53 Φ,偏度为-0.005,峰态为0.95,总体具有典型风成砂的特点。

大岭剖面沉积物石英颗粒磨圆度适中,麻点/麻面、碟形坑、新月形撞击坑等风成特征显著发育。还存在V形撞击坑、水下磨光面、直撞击沟或弯曲撞击沟等水成特征,鳞片状剥落、溶蚀坑等化学作用特征也显著发育。东海岛大岭剖面石英颗粒先

受到水的磨蚀与搬运作用,再受到风力的二次搬运和改造作用,风力作用特征显著。

大岭剖面整体上记录了从温暖湿润环境向寒冷干旱环境演变的历史。

#### 参考文献:

- [1] 董玉祥,李志忠.近40年中国海岸风沙地貌研究回顾[J].中国沙漠,2022,42(1):12-22.
- [2] 白旸,陈佳升,程延,等.广东全新世海岸风沙沉积分布[J].中国沙漠,2020,40(6):71-81.
- [3] 姚清尹,陈华堂,陆国琦,等.琼雷地区地貌类型研究[J].热带地理,1981(1):13-20.
- [4] 杨林.海岸沙丘形态对季风/台风的协同响应研究现状与展望[J].中国沙漠,2022,42(1):108-113.
- [5] Mason C C, Folk R L. Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas [J]. Journal of Sedimentary Research, 1958, 28(2): 211-226.
- [6] 曾照爽,庄振业,祁兴芬,等.秦皇岛昌黎黄金海岸的沙丘沉积和发育机理[J].海洋地质动态,2003(7):23-27,38.
- [7] 傅启龙,沙庆安.昌黎海岸风成沙丘的形态与沉积构造特征及其成因初探[J].沉积学报,1994,12(1):98-105.
- [8] 龚松柏,李志忠,苏晓玲,等.福建漳浦六鳌半岛海岸沙丘记录的风沙气候变化[J].华中师范大学学报(自然科学版),2014,48(3):448-455.
- [9] 程涌,文文明,吴伟,等.场发射扫描电镜在现代河流沉积石英颗粒表面形态特征研究中的应用[J].电子显微学报,2017,36(5):457-465.
- [10] Vos K, Vandenbergh N, Elsen J. Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): from sample preparation to environmental interpretation [J]. Earth Science Reviews, 2014, 128: 93-104.
- [11] Bellanova P, Bahlburg H, Nentwig V, et al. Microtextural analysis of quartz grains of tsunami and non-tsunami deposits a case study from Tirúa (Chile) [J]. Sedimentary Geology, 2016, 343: 72-84.
- [12] Li Z L, Yu X H, Dong S P, et al. Microtextural features on quartz grains from eolian sands in a subaqueous sedimentary environment; a case study in the hinterland of the Badain Jaran Desert, Northwest China [J]. Aeolian Research, 2020, 43: 100573.
- [13] David K, Taro T T. Applications of electron microscopy to geology [J]. Transactions of the New York Academy of Sciences, 1962, 25(Series II): 3-22.
- [14] 刘铮瑶,董治宝,萨日娜,等.巴丹吉林沙漠边缘沉积物粒度和微形态特征空间分异[J].中国沙漠,2018,38(5):945-953.
- [15] 马锋,刘立,王安平,等.图门江下游沙丘粒度分布与石英表面结构研究[J].沉积学报,2004,22(2):261-266.
- [16] 范庆斌,叶玮,陈渠.江西南昌横岗“砂山”石英颗粒表面形态特征[J].干旱区地理,2014,37(6):1170-1181.
- [17] 李天光,高伟,周庆杰,等.东海岛东北部砂质岸滩年度冲淤变化及沉积物运移分析[J].海岸工程,2016,35(4):10-18.
- [18] 成都地质学院陕北队.沉积岩(物)粒度分析及其应用[M].北京:地质出版社,1978:3.
- [19] Donoghue J F. Sea level history of the northern Gulf of Mexico coast and sea level rise scenarios for the near future [J]. Climatic Change, 2011, 107(1/2): 17-33.
- [20] 卢连战,史正涛.沉积物粒度参数内涵及计算方法的解析[J].环境科学与管理,2010,35(6):54-60.
- [21] Sahu B K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1964, 34(1): 73-83.
- [22] 张思洋.曹家卧龙红色风化壳石英颗粒表面形态和粒度分布特征初步研究[D].大连:辽宁师范大学,2020.
- [23] 郑利敏.贡嘎山东坡冰川及相关沉积的粒度和石英颗粒表面特征分析[D].兰州:兰州大学,2017.
- [24] 沈俊杰.辽南七顶山剖面石英颗粒表面形态特征初步分析[D].大连:辽宁师范大学,2018.
- [25] 梁婷婷.大连长兴岛砂质沉积物石英颗粒表面形态特征研究[D].大连:辽宁师范大学,2019.
- [26] 白涛.辽东半岛红色风化壳石英颗粒表面形态特征研究[D].大连:辽宁师范大学,2021.
- [27] 王丹.大连地区红色风化壳地球化学元素和石英颗粒表面特征分析[D].大连:辽宁师范大学,2018.
- [28] 靳建辉,李志忠,胡凡根,等.全新世中晚期福建海岸沙丘记录的海岸环境与人类活动[J].地理学报,2015,70(5):751-765.
- [29] Newsome D, Ladd P. The use of quartz grain microtextures in the study of the origin of sand terrains in Western Australia [J]. Catena, 1999, 35(1): 1-17.
- [30] 陈方,朱大奎.海岸、内陆沙漠与大陆架砂质沉积石英颗粒表面结构的对比研究[J].地理学报,1999,54(2):40-47.
- [31] 吴正.我国内陆沙漠与海岸沙丘石英颗粒表面结构的对比研究[J].中国沙漠,1995,15(3):201-206.
- [32] 王为,吴正.华南海岸沙丘岩形成与全新世环境变化的关系[J].地理学报,2009,64(9):1126-1133.
- [33] 吴旭东,沈吉,汪勇.全新世低纬地区古环境演化与北大西洋之间的联系:以湖光岩玛珥湖元素和元素比值记录为例[J].沉积学报,2011,29(5):926-934.



## Granularity, surface microtextural features and sedimentary environment of the Daling section in Donghai Island, Guangdong, China

Huang Rihui<sup>1</sup>, Zhang Liting<sup>1</sup>, Feng Miaoyan<sup>1</sup>, Liu Zhengyao<sup>1,2</sup>, Li Jianxi<sup>1</sup>,  
Chen Yunqi<sup>1</sup>, Zhang Zhihao<sup>1</sup>, Wang Jing<sup>1</sup>

(1.School of Geographical Sciences, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, Guangdong, China; 2.Shaanxi Institute of Geo-Environment Monitoring, Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Sediment granularity and surface microtextural characteristics are important indicators that reflect the sedimentary environment and source area. Based on particle size analysis and scanning electron microscopy imaging, the granularity parameter and microtextural characteristics of coastal aeolian sediments in the Daling section of the coastal Donghai Island in Guangdong Province were studied to reveal their sedimentary environment and sedimentary processes. The results show that: (1) The granularity characteristics of Daling section are typical of eolian sand. (2) The quartz particles in Daling section have moderate roundness, and the surface is characterized by pockmarks/pits, dished pits, crescent-shaped impact pits, underwater polished surfaces, scaly peeling, etc. The quartz particles in Daling section are firstly abraded and transported by water, and then secondarily transported and reformed by wind. The characteristics of wind action are remarkable. (3) The Daling section records the evolution history from warm and humid environment to cold and arid environment.

**Key words:** Donghai Island; quartz particles; granularity; surface microtextural characteristics