

我国内陆沙漠与海岸沙丘石英颗粒 表面结构的对比研究*

吴正

(华南师范大学地理系 广州 510631)
(中国科学院兰州沙漠研究所 兰州 730000)

提 要 本文通过扫描电镜分析,对我国内陆沙漠与海岸沙丘石英颗粒表面结构进行了对比研究。研究认为,无论是内陆沙漠砂或海岸沙丘砂,其石英颗粒都具有较好的磨圆度,表面有碟形坑、麻坑及 SiO_2 沉淀物等代表风成环境的典型特征;此外,还叠加有代表原生沙物质来源于水下环境的V型撞击坑、撞击沟等痕迹。然而,受环境尤其是气候影响,其表面结构特征仍有差异,表现在内陆干旱区大陆性气候的沙漠砂的风成机械作用和化学沉淀作用,都要比沿海湿润季风性气候的海岸沙丘砂强烈;但海岸沙丘砂的化学溶蚀作用却比内陆沙漠砂要明显。同属海岸沙丘环境,其石英颗粒表面结构特征表现为北方温带海岸沙丘砂的机械作用痕迹强;而南方热带海岸沙丘砂的化学作用痕迹发育,但机械作用痕迹并非少见,仍然十分明显。

关 键 词 内陆沙漠砂 海岸沙丘砂 石英颗粒 表面结构

国内外学者研究认为,石英颗粒的表面结构特征可以提供沉积物生成环境的资料,推断它们的形成过程(陈丽华等,1986)。对内陆沙漠砂所具有的风成环境特征,国内外学者已取得较为一致的认识(D. H. 克林斯雪等,1973;谢又予,1984;王颖等,1985;戴枫年,1988);然而,对于海岸沙丘砂则有不同的看法。K. Pye(1983)认为,海岸沙丘环境下沙粒表面少有霜面、碟形坑等风成痕迹,因为风力搬运距离和时间通常不足以形成明显的表面结构,所以没有海岸沙丘环境特有的表面结构特征。吴正等(1987)认为,海岸沙丘石英颗粒表面结构具有既继承又改造了海滩砂的特征,在其上面又叠加了风成环境的特征。陈秀英等(1987)对我国南北方不同气候带海岸沙丘石英颗粒表面结构作了对比研究,认为北方地区气温低、气候干燥、风力大,石英颗粒表面出现强烈的机械作用痕迹,而化学作用痕迹不发育;南方地区大风季节(主要为台风)与降水一致,气温较高、气候湿润,使石英颗粒表面机械作用痕迹少见,化学作用痕迹发育。

最近,作者通过扫描电镜分析,进行了内陆沙漠砂与海岸沙丘砂石英颗粒表面结构的对比研究,对其特征提出看法。

1 方法

在内陆沙漠沙丘上共选取了10个样品,海岸沙丘上选取了21个样品。为了避免先入为主的观点在扫描电镜分析时带来的倾向性影响,采用“密码”分析法,即分析的样品除沙丘砂样外,还混有多个其它样品(如海滩砂等),并进行随机编号。每个样品中筛选大于0.25 mm的石英颗粒5g,置于浓盐酸(HCl,浓度30%)中煮沸10—20 min,用蒸馏水洗净,烘干,将处理好的

* 国家自然科学基金资助项目(49171012)

收稿日期:1994-12-16

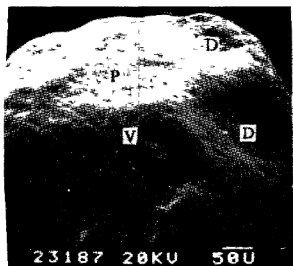
石英颗粒每个样品任意选取 20—25 颗,均匀粘放在透明胶纸上喷金,再用导电胶粘在样品墩上。然后,用日本日立 H-300 型透射电镜(带扫描装置),对每颗砂粒表面特征进行全面的仔细观察。对观察到的表面结构特征,运用环境颗粒百分比法作定量分析(陈丽华等,1986)。在观察基础上,选取典型特征放大 50—3 000 倍拍摄。

2 石英颗粒表面结构

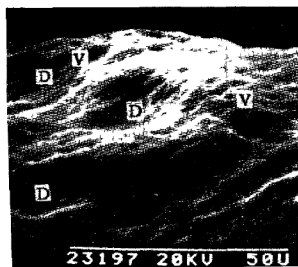
2.1 内陆沙漠砂

内陆沙漠砂样品分别取自塔克拉玛干沙漠腹地肖塘以南的满参一塔中地区高大的复合型穹状沙丘和复合型沙垄顶部,腾格里沙漠东南缘沙坡头地区铁路北侧高大的格状沙丘顶部,以及科尔沁沙地南部奈曼地区教来河西岸的新月形沙丘顶部。沙粒平均粒径(M_z)为 $2.04-3.12\phi$,属细砂和极细砂,标准偏差(δ_1)为 $0.39-0.62$,分选良好。

在扫描电镜下,观察到内陆沙漠砂石英颗粒表面有以下结构特征:(1)较好的磨圆度,大部分为次圆、圆状颗粒,未见棱角状颗粒。(2)大量的机械撞击痕迹,有的颗粒各类撞击坑成群出现,几乎遍布整个圆化的表面(照片 1)。在机械撞击坑中,以底部为弧形的圆盘状的碟形坑最为典型(照片 2),其直径一般在 $20-100\mu m$,小的仅 $12\mu m$,大的可达 $180\mu m$ 以上;深度较浅,大致在 $10-20\mu m$ 左右。除碟形坑外,还有 V 型撞击坑、不规则的撞击小麻坑等。V 型坑的大小(分枝顶点间距离)在 $2-40\mu m$,部分边缘明显圆化(照片 1)。(3)化学作用、特别是化学沉淀作用比较发育。 SiO_2 沉淀多见于各类撞击坑底部的硅质球;一些沙粒表面大量的 SiO_2 沉淀形成硅质薄膜,并出现裂纹(照片 3)。较厚的硅质沉淀层可使颗粒的表面结构(碟形坑、麻坑、V 型坑等)变得模糊或甚至被掩盖(照片 2)。



照片 1 颗粒圆化,碟形坑(D)、V 形撞击坑(V)及麻坑(P)等机械作用痕迹遍布沙粒表面。科尔沁沙地奈曼。 $\times 120$



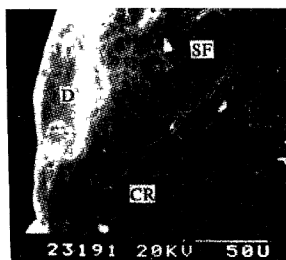
照片 2 顶部有多个碟形坑(D)与 V 型撞击坑(V),因受硅质沉淀层包裹,使之夷平变得模糊、甚至被掩盖。塔克拉玛干沙漠满参 1 号井。 $\times 900$

2.2 海岸沙丘砂

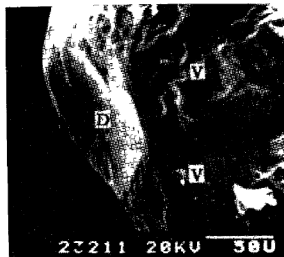
海岸沙丘砂样品则取自河北的昌黎七里海、福建的长乐江田、平潭竹屿,广东的汕头广澳、惠来靖海、湛江南三岛和东海岛,以及海南的文昌昌洒等沿海地区的海岸前丘、横向沙丘、新月形沙丘链和抛物线形沙丘的顶部。沙粒平均粒径为 $1.4-3.1\phi$,属中细砂;标准偏差为 $0.29-$

0.58,分选良好。

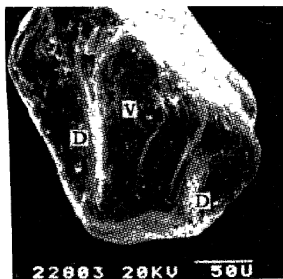
海岸沙丘砂石英颗粒的表面结构特征是:绝大多数为次圆与圆状颗粒;具有代表风成环境的典型特征,如碟形坑(照片4—5)、新月形撞击坑、不规则的小麻坑(霜面)和上翻解理薄片等;有代表海滩环境的水下撞击的V型坑、撞击沟和化学溶蚀沟与溶蚀坑(包括方向性的三角形溶蚀坑(照片6))等特征,但由于受到风力搬运改造,其边缘有不同程度的磨损、圆化。代表这两种环境的表面结构特征,常出现在同一石英颗粒表面,相互叠加或共生(照片4—6)。



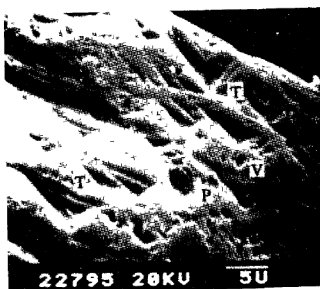
照片3 左侧为碟形坑(D);颗粒表面 SiO_2 大量沉淀形成的硅质薄膜(SF),并出现裂纹(CR)。腾格里沙漠,沙坡头。 $\times 300$



照片4 圆化颗粒,左侧为碟形坑(D),与多个V型撞击坑(V)等共生于同一颗粒表面。河北昌黎大蒲河口南。 $\times 280$



照片5 左侧和右下侧为碟形坑(D);中部突起处有多个小V型撞击坑(V)共生。广东湛江南三岛。 $\times 240$



照片6 有一定的方向性,并成簇地出现的三角形溶蚀坑(T);突起部位有密集的V型撞击坑(V)和麻坑(P)。广东湛江南三岛。 $\times 1600$

3 表面结构与环境关系

从石英颗粒表面特征定量分析(图1)可以看出,无论是内陆沙漠砂或海岸沙丘砂,其石英颗粒都具有较好的磨圆度,表面有碟形坑、麻坑及 SiO_2 沉淀物等代表风成环境的典型特征;其中,在强风作用下,由跃移的磨圆度良好颗粒高速撞击而形成的碟形坑最为常见,在内陆沙漠砂和海岸沙丘砂中出现的几率分别达 46.3%和 37.8%。此外,沙粒表面还叠加有代表原生沙

物质来源于水下环境(河流冲洪积或海滩)的V型撞击坑、撞击沟等痕迹。然而,因受环境尤其是气候的影响,其表面结构特征仍有差异(表1)。

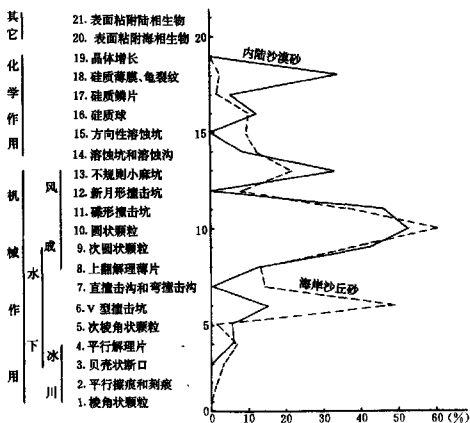


图1 我国内陆沙漠与海岸沙丘石英颗粒表面结构特征对比

表1 石英砂粒表面结构与环境关系

沉积环境			内陆沙漠			海岸沙丘	
			东部温带半干旱区(科尔沁沙地 奈曼)	西部温带干旱区 (腾格里沙漠 沙坡头)	(塔克拉玛干沙漠 塔中)	北方温带半湿润区海岸 (河北昌黎)	南方热带湿润区海岸 (雷琼地区文昌)
气候指标	平均气温 $^{\circ}\text{C}$	1月	-13.1	-6.7	-6.7	-5.3	17.8
		7月	23.6	24.5	27.5	25.1	28.1
		全年	6.4	9.6	12.1	10.9	23.9
表面结构率(%)	降水量(mm)		362.3	186.6	26.4	725.4	1746.3
	化学作用	沉积					
		硅质鳞片	4.00	5.70		—	3.40
		硅质薄膜	8.00	45.5		3.40	1.10
		硅质球	16.0	11.4		8.50	11.5
	溶蚀	溶蚀坑与溶蚀沟		8.40		3.40	20.7
		方向性溶蚀坑		—		—	19.5
	机械作用	碟形撞击坑		46.3		38.9	36.8
		新月形撞击坑		0.10		11.9	4.6
		不规则的小麻坑		33.7		27.1	16.1
水下		V型撞击坑		15.8		54.2	44.8
		直撞击沟与弯撞击沟		0.30		18.6	10.3

首先,我国内陆沙漠地处西北与内蒙古干旱、半干旱区,气候干燥,全年降雨稀少,风沙活动频繁;海岸沙丘则处于沿海半湿润及湿润的季风气候条件下,夏湿冬干,风沙活动表现为明显的季节性特点,其作用时间相对较短,故石英颗粒表面的风成机械作用痕迹,总的来说,内陆沙漠砂要强烈于海岸沙丘砂。

其次,我国内陆沙漠地区,由于大陆性气候明显,夏季炎热干燥,冬季寒冷,气温年较差和

日较差都很大。一般平均年温差在 30—40℃,绝对年温差达 50—60℃以上;日较差一般在 10—20℃,最大可达 40℃以上(吴正,1982)。沙漠地区冷热剧变的气候条件,不但加速了物理风化过程,而且十分有利于化学风化作用。石英是一种化学性质很稳定的矿物,它的化学成分是 SiO_2 ,在水中溶解度很小;在沙漠环境中,由于夜间气温骤然下降,当沙面温度低于近地层空气温度时,沙粒间孔隙中有凝结水产生,其中有溶解的盐分,因此 pH 值升高(我国沙漠地区,由东到西沙漠砂的 pH 值由 7.2 升到 9.0¹⁾),使得沙粒表面有少量 SiO_2 被溶解。pH 值愈高,石英的溶解度愈大(图 2)。从石英中分解出来的 SiO_2 呈胶体状态,易被水溶液搬运。当溶液中有电解质存在时,容易引起凝聚作用而沉淀。白天温度升高时,蒸发强烈,使 SiO_2 重新沉淀在颗粒表面,形成硅质球、硅质鳞片和硅质薄膜等硅质沉淀层;并在差别膨胀作用下,沉淀层可发生张裂,形成不规则的裂纹(吴正,1987)。因此,内陆沙漠砂石英颗粒表面的化学沉淀作用相对于海岸沙丘砂较强,尤其是西部干旱区沙漠更为突出。但是,海岸沙丘砂的化学溶蚀作用,比内陆沙漠明显。海岸沙丘地处沿海湿润、半湿润区,特别是南方热带海岸,处在气候湿热的高能化学环境中,富含氧化铝与腐殖酸化合物(谢又予,1987),促使化学溶蚀作用强烈。石英颗粒表面常沿构造软弱部位发展成溶蚀沟、溶蚀洞,甚至出现方向性三角形坑等溶蚀形态。

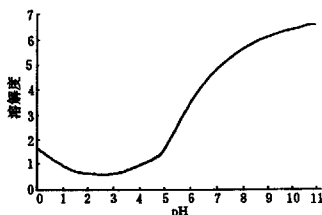


图 2 SiO_2 随 pH 值变化的溶解度曲线

再次,我国海岸沙丘石英颗粒,因处不同气候带,其表面结构特征也有所差异,表现为北方温带海岸沙丘石英颗粒表面机械作用痕迹强,而南方热带海岸沙丘石英颗粒表面则化学作用痕迹发育(陈秀英等,1987)。然而,这里要特别指出,从我们的扫描电镜定量分析结果看(表 1),南方热带海岸沙丘石英颗粒表面的机械撞击痕迹并非少见,仍然是十分显著的。雷琼沿海虽然地处热带,气候湿热,但因受季风气候影响,干湿季明显,夏雨冬干。冬季降雨稀少,如海南的海口冬半年的降水量只占全年降水量的 20.2%,其中,12 月至翌年 3 月仅占 8.8%(吴克刚,1985)。而干旱的冬季恰好又是强劲的东北季风盛行的季节。根据雷琼沿海地区气象站的测风资料,无论从风向频率或平均风速来看,都以东北季风为最强,东北季风的盛行期可长达 6 个月(10 月至翌年 3 月)。如湛江的硃洲岛站年平均风速为 5.4 m/s,冬季各月平均风速达 5.5—6.5 m/s,8 级以上(风速 ≥ 17.2 m/s)的大风日数 38 d/a;海口站年平均风速为 3.6 m/s,冬季各月最大平均风速 4.8—5.7 m/s,8 级以上大风日数 14.4 d/a。据研究,雷琼海岸沙丘砂的主要粒级为中细砂,平均粒径值为 2.1ϕ ,相当于 0.23 mm。0.1—0.25 mm 沙粒的起动风速,在干燥裸露沙质地表为 ≥ 5.0 m/s(吴正,1987)。因此,干旱的冬季最大风速都可超过沙粒的起动风速,风沙活动强烈,导致石英颗粒表面出现大量强烈的撞击坑,机械作用痕迹显

1) 戴枫年等,1993. 沙漠环境石英颗粒表面结构特征及机理

著,如碟形坑的出现几率可达 36.8%,麻坑几率为 16.1%。

所以,反映搬运介质和搬运方式及其能量条件的石英颗粒表面的机械作用特征,在任何气候条件下,都应该是判别沉积环境的最主要标志。

参 考 文 献

- 王颖、B. 迪纳瑞尔,1985. 石英砂表面结构模式图集,北京:科学出版社,1—64.
 吴正,1982. 我国的沙漠. 商务印书馆,55—72.
 吴正,1987. 风沙地貌学. 北京:科学出版社,176—183.
 吴正、吴克刚,1987. 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,42(2):129—141.
 吴克刚,1985. 海南岛东北部海岸沙丘地貌. 热带地貌,6(1):25—62.
 D. H. 克林斯雷, J. C. 杜尔坎普,1973. 石英颗粒表面结构图册. 石油工业出版社. 1980, 1—49.
 陈丽华等,1986. 扫描电镜在地质上的应用. 北京:科学出版社,21—44.
 陈秀英等,1987. 我国南北海岸风成砂丘石英颗粒表面结构的对比研究. 海洋科学, (5):20—22.
 谢又予主编,1984. 中国石英砂表面结构特征图谱. 海洋出版社,1—148.
 戴风年,1988. 我国北方沙漠地区沙丘石英的表面特征与环境的关系. 干旱区资源与环境,2(2)25—35.
 K. Pye, 1983. Coastal Dune, progress in physical Geography, 7(4):531—557.

A COMPARATIVE STUDY OF THE SURFACE TEXTURE OF QUARTZ SAND IN INLAND DESERTS AND THAT IN COASTAL DUNES, CHINA

Wu Zheng

(Department of Geography, South China Normal University, Guangzhou, 510631)

Abstract With the analysis of Transmission Electronic Microscopy (TEM), a comparative study of the surface texture of quartz sand in inland deserts and that in coastal dunes is made in this paper. The study shows that the quartz grains both in inland deserts and in coastal dunes have better roundness, with the characteristic features such as dished pit (D), pockmarked pit (P), and silica (SiO_2) etc. on the surface, which represent the aeolian environment. In addition, these quartz grains still superposed some traces including V-shaped percussion pit (V), percussion furrow and so on, which represent the origin of protosand material. However, because of the environmental affection (Especially, the climate), there are differences between their surface textures. These differences are as follows: (1) Located in inland arid area with continental climate, the desert sand underwent stronger aeolian mechanical action and chemical sediment action than the coastal dune sand located in humid area with monsoon climate. But the coastal dune sand has more evident chemical corrosion than the inland desert sand. (2) Even in the same coastal dune environment, for the surface texture of quartz sand, the coastal dune sand in north temperate zone has stronger traces of mechanical action than that in the south tropical zone; yet, the latter has more developed chemical action, and its mechanical traces are noticeable.

Key words Sand in inland deserts Coastal dune sand Quartz surface texture