

南极普里兹湾石英砂表面 微结构特征及环境意义

陈建林 马克俭 张敏

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州)

一、样品

1981年我所颜其德同志在南极莫森站北面海区和戴维斯站基岩沙滩及其以北的普里兹湾采集了共11个站位的沉积物样品, 它们分布在南纬66°—68°区间, 其中水下7个, 滩面4个, 见图1。

南极洲除少数山峰和岩石出露外, 98%面积终年为冰川所覆盖, 冰盖厚度可达数千千米。地质环境特殊, 气候严寒干燥, 常有暴风袭击。化学作用微弱, 而物理作用, 特别是冰川作用显著。本文通过对普里兹湾石英砂表面微结构的分析, 了解极地洋区典型的石英砂微形态的类型以及与此相适应的沉积环境和塑造这种形态的机械的、物理的和化学的因素。

极地洋区水下沉积物样品洁白纯净, 但仍作一定处理。将经过偏光镜检查后的粒级为0.25—0.125毫米的石英砂粒用稀盐酸煮沸10分钟, 后用蒸馏水洗净, 烘干, 置于粘有导电胶的样品铜墩上, 用作扫描电镜观察。以放大200—500倍观察其整体, 1000—3000

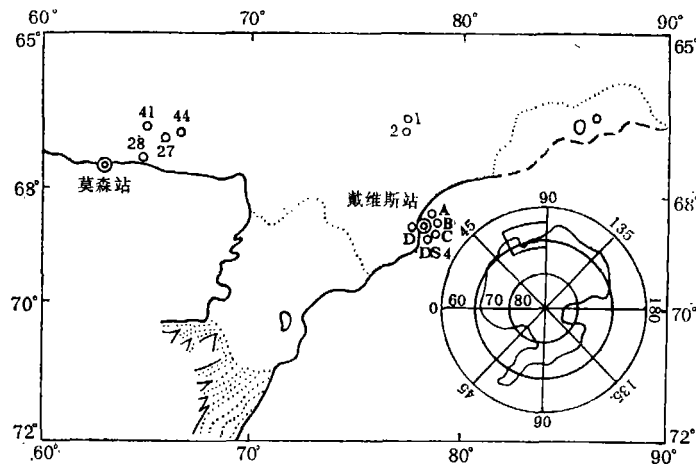


图1 南极普里兹湾沉积物取样站位图

Fig. 1 Sampling stations of surface sediments in Prydz Bay, Antarctica

倍观察局部微区。

二、石英砂表面微结构类型

通过对普里兹湾100多个石英砂粒的数百张电子显微镜照片的观察，按《石英颗粒表面结构图册》的定名标准^[1]，可将该区石英砂微形貌特征归结为如下几种类型：

1. 贝壳状断口

在分析的石英砂中以贝壳状断口出现率为最高，约占46%。具贝壳状断口的石英砂外形一般棱角尖锐，见图版 I，1。表面比较新鲜。少数颗粒外形有所钝化，极少数浑圆者。但在具综合印记叠加的颗粒上，其断口棱脊往往有所磨损，甚至被磨光。

2. 阶梯状断口

为比较常见的一种类型，形状极似台阶，图版 I，2。这种断口阶面一般都比较光滑，边缘棱角已变钝（图版 I，2、3）少见棱脊尖锐阶梯状者。部分在已变光滑的阶面上还具有次一级的贝壳状断口以及刻有“△”形撞击坑，图版 I，7。

3. 冰川磨擦痕

不常见，可作为高纬度冰川环境中所独有的它形特征之一。石英砂上可见一组或一组以上的磨擦痕，平直，略有弯曲（图版 I，4 和 I，6）。

4. 参差状断口

断口无规则状，极其凹凸不平，大多具尖锐棱角（图版 I，5）。

5. 叠瓦状断口

棱脊突起、弯曲，多达20条以上，以相同的间距向同一方向延伸，极似屋顶瓦片排列（图版 I，6）。

6. 撞击坑

撞击坑往往发育在外形有所钝化或具浑圆的石英表面，其形状有“V”形（图版 I，7）、“△”形（图版 I，3）和不规则形，偶见碟形。

7. 二氧化硅沉淀

具SiO₂沉淀的石英，主要集中在形状次圆或浑圆的颗粒上（图版 I，7），少数分布在棱角状颗粒上（图版 I，8）。沉淀厚者，一般呈圆形；薄者可见原先矿物形态，有的可见溶蚀沟。

石英砂上所出现的表面微形貌特征往往不是孤立的，常常是两种或两种以上印痕的叠加。它们是，贝壳状—阶梯状—撞击坑；贝壳状—冰川擦痕—磨光；贝壳状—磨光—二氧化硅沉淀。

三、表面微形态类型分区特征

笔者根据采样点所处的不同部位以及石英砂受损程度、表面光泽度和主要表面微结构类型等所反映的规律性，结合碎屑矿物的组合和分布特点，可把该区划为水下区和海滩区（海岸基岩砂滩），前者又可分为东部亚区和西部亚区。碎屑矿物组合分区特点

是, 海滩区: 角闪石-紫苏辉石-石榴石(重矿物部分), 长石-石英(轻矿物部分)。东部亚区: 角闪石-石榴石-紫苏辉石, 石英-长石。西部亚区: 石榴石-砂线石-紫苏辉石, 石英-长石¹⁾。而石英砂形态和表面微结构类型分布规律也比较类似于碎屑矿物的分区特征(表1)。

表1 石英砂表面微结构类型出现率

Table 1 Occurring percentage of microstructure types on quartz sand surface

类 型 站 位	出现率(%)	微 结 构 类 型											磨 圆 度					
		贝壳状	参差状	多晶面	阶梯状	剪切形	机械撞击	撞坑	磨擦痕	化学溶蚀	溶坑	定向“V”坑	平行解理纹	硅质沉淀	硅质碎片	棱角状	次棱角状	次圆状
海 滩 区	A	61	22		6		6					6			76	23	1	
	B	47	12	6	20		6						6	64	36			
	C	67	17		17									58	39	3		
	D	64	9										27	80	20			
	Ds ₄	75			8	8							8	72	27	1		
水 下 区	东部亚区	1	38		7		14		12	2	2	12	14	22	46	26	6	
	2	44	11		22							22		31	56	12	2	
	西部亚区	27	29	3	3	9		9	6	3			20	20	52	42	6	
	28	43			14		7				7		28	56	38	4	2	
	41	60			10			10					20	55	38	7		
	44	50			6		6	6	6		19		6	52	43	5		

1. 水下区(包括莫森站和戴维斯站北面海域)

(1) 东部亚区 位于戴维斯站北面海域的陆架斜坡上, 包括站位1和2。

石英和长石磨圆度的统计表明, 该区以出现次棱角状和次圆状颗粒较多为特征, 是磨圆度最好的一个区。磨圆度好的为无光泽型(表面暗淡无光), 磨圆度差的一般为光泽型(表面呈玻璃光泽或油脂光泽)。该区石英砂微形貌多见贝壳状断口(贝纹多而大, 如图版II, 1所示)、阶梯状断口以及机械撞击坑(碟形坑), SiO₂沉淀物常见。

(2) 西部亚区 位于莫森站北面海域陆架外缘和盆地边缘, 包括站位27、28、41和44。

该区棱角状石英砂超过半数, 其次为次棱角状, 较少次圆状。多属无磨损—光泽型或钝化—光泽型。磨圆程度次于东部亚区。表面微形貌类型多种: 除有贝壳状、阶梯状及硅质碎片外, 更典型的则见有冰川磨擦痕、撞击“V”形坑以及贝壳状—阶梯状—撞击坑和贝壳状—冰川擦痕—磨光作用的综合印痕。

2. 海滩区(戴维斯站基岩沙滩), 包括站位A、B、C、Ds和D²⁾

1) 南极普里兹湾及邻近海区表层沉积中碎屑矿物的初步研究, 待刊稿。

2) 董兆乾, 南极普里兹湾海域的水团和环流, 待刊稿。

棱角状石英数量达70%以上，为三个分区中出现棱角颗粒最多、磨圆度最差的一个区，几乎未见圆化颗粒。以断口贝壳状、参差状、阶梯状以及棱脊锋利为特点。除D站外，以无生物贝壳和极少硅质碎屑区别于水下区。

四. 极地洋区对塑造石英砂表面微形貌的影响

极地洋区以其独特的物理化学条件塑造了任何低纬度洋区或近海陆架所没有的石英砂表面微形貌特征。利用这些微形貌特征可帮助恢复它们所曾经逗留过的沉积环境。

1. 基岩海滩环境

戴维斯站基岩沙滩大部分时间为厚冰所覆盖，陆海连成一体，仅在夏季冰块融化后才有海陆之分。岸边的波浪和潮汐作用表现不明显，是一个与低纬度海滩根本不同的低能环境。岸边上沉积物主要来至夏季冰水对高处基岩的冲刷，其次为强度不大的海浪摔打留下的碎屑物（图版Ⅱ，2中的硅质碎片和图版Ⅱ，3上的“△”撞击坑可以验证）。因此影响石英砂表面形貌的因素主要是严寒干燥环境下，物理风化作用对基岩的破坏以及冰川的挤压作用，故出现大量的不规则状、贝壳状和阶梯状断口。这几种类型的集中出现，反映了成因上的共同性。图版Ⅱ，4和Ⅱ，5分别代表贝壳状断口和剪切位移特征类型，前者一部分是基岩崩解产生，一部分是冰川挤压结果。而后者则是冰川挤压过程中沿剪切方向破碎而成。同时大多数颗粒棱脊的锋利和岩耳的存在，进一步表明了这些石英砂离其母岩的剥蚀地不远和受侵蚀时间较短。

2. 海洋环境

戴维斯北面的普里兹湾是一个深水盆地，中央最大水深800米，向外变高，大致到67°S以北又急剧变深，采样点1和2站在陆坡处水深1000米。而莫森站北面海区是浅滩和盆地相间的地形，除站位28在盆地边缘外，其它各站位（27、41和44）均在陆架外缘，水深400—800米，系深海环境。测区东临西冰架区，南接艾米瑞冰架区。冬季浮冰可至65°S附近，而夏季大部分浮冰融化，冰川范围缩至湾内，广阔洋区上只有零星冰块和冰山。因此洋区底质沉积物大多是由冰水冲刷陆上风化岩石和冰川运行携带的碎屑在其融化后沉积而成。

其次水动力作用不可忽视。本测区位于极地洋区的五种水团，即夏季表层水、冬季南极水、环极深层水、南极底层水和冰架水的作用范围之内，对于63°S以南还有环极东风漂流¹⁾。这些水团、环流和海浪为沉积物的搬运以及它们之间的相互撞击、磨擦提供了动力因素。由此所塑造的海相石英砂表面特征除具最初崩解或挤压形成的贝壳状、阶梯状断口之外，还具后期的冰川磨擦痕、机械撞击坑、光滑的棱脊以及它们之间几种印痕的叠加。

测区西侧以图版Ⅱ，6、7为例说明。图版Ⅱ，6上可见参差不平的阶梯面，凹坑内又有贝壳状断痕残迹，表明起源于冰川沉积，受巨冰挤压崩解而成。其后，同一方向

1) 站位D水深20米，紧靠海岸。大部分石英砂表面特征与海滩区相似，故将它并于后者。

的轻微磨擦痕叠加在棱脊上,说明后来又受浮冰或冰流的作用。最后棱脊均已圆化,最高处磨光,并有机械撞击痕,表明经过了海浪的作用。同时凹坑内见有硅质沉淀物,证明最后是在较低能的水下环境中沉积。图版 I, 7 出现了台阶状的平行阶面(断面上又有小贝壳状断口)可认为外力作用正好沿其解理面发生破碎,而后又在水下环境中受到海浪的冲击,致使阶面上及其它部位刻下了多许“V”形坑,整个颗粒又明显得以钝化。

测区东部虽然也有上述几种常见的特征,但由于它在地形地貌上又有独特地方,因此,反映在石英砂表面微形貌上也有所差异。这里坡度大,地势开阔,水深,外区碎屑物有可能在这里沉积(实际上在同一环境中外形不同的石英砂则显示出不同的物源)。搬运距离长,又受到水流的充分作用,因此颗粒的圆化程度比其它区都好。而水下环境的另一种特征即 SiO_2 的溶解和沉淀则比西部常见。石英在弱碱性的海水中,可被缓慢地溶解,使原先已经圆化的外形进一步光滑,并且其上又往往发育溶蚀坑。图版 I, 8 上端为呈定向排列的“V”形溶蚀坑,而这种溶蚀坑的出现,证明该处是低能的(或碱性的)水下环境。

致谢:南京大学地理系王颖副教授曾对石英砂表面微结构的分析予以指导,本所李粹中等同志对本文提出了宝贵意见。

收稿日期 1984年4月16日

参 考 文 献

- [1] 戴维 H·克林斯雷和约翰 C·杜尔坎普著,陈瑞君等译,1980,《石英颗粒表面结构图册》,石油工业出版社。

FEATURES OF QUARTZ SAND SURFACE MICROSTRUCTURE AND THEIR ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE IN THE PRYDZ BAY, ANTARCTICA

Chen Jianlin Ma Kejian Zhang Min

(Second Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

Abstract

Owing to specific geological environment the surface of quartz sand in Antarctica has a distinguishing microstructure, which has not been found in any low-latitude ocean areas and continental shelves. In this paper, by analyzing the microstructure of quartz sand surface of the Prydz Bay, we

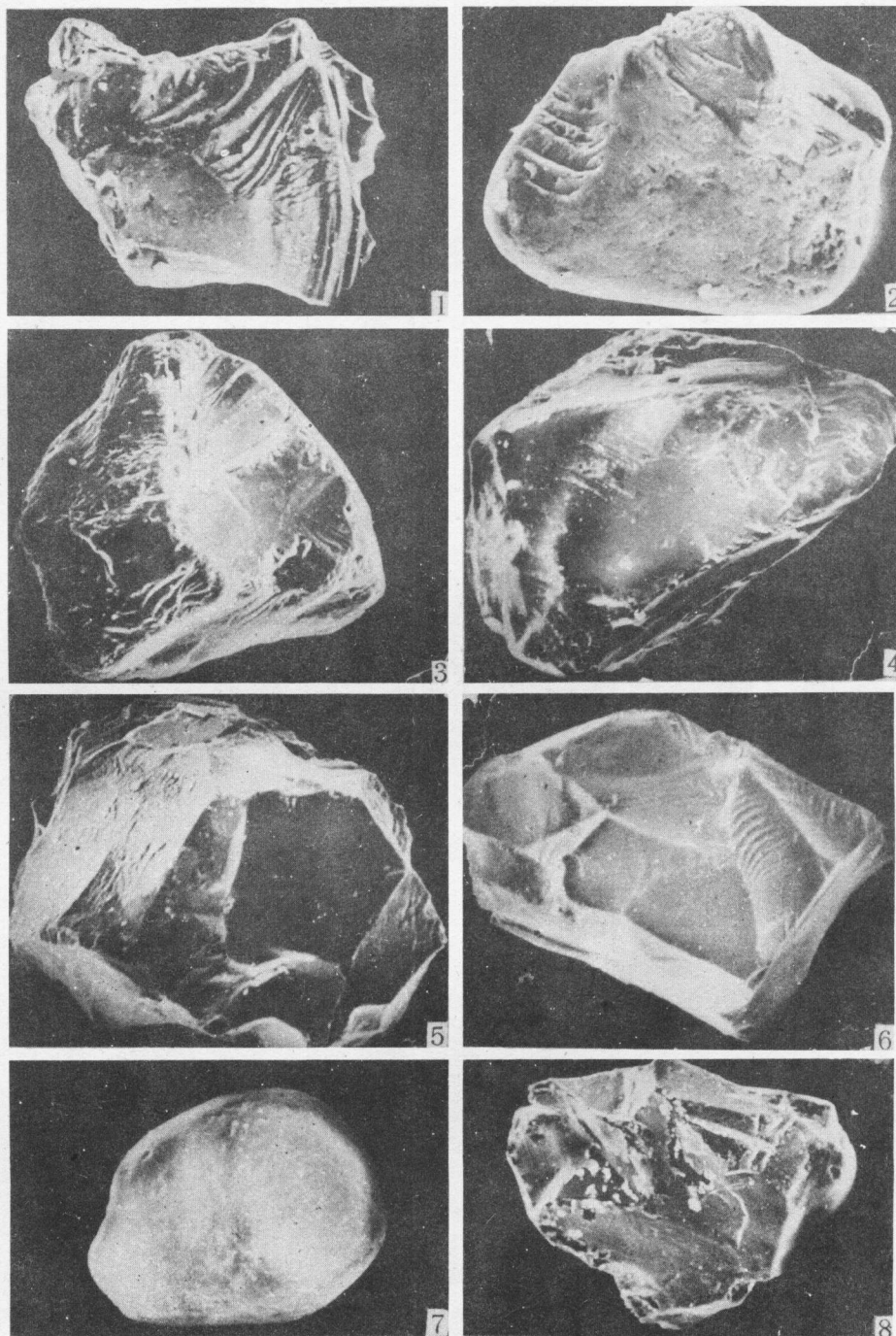
try to know the distinguishing characteristics of quartz sand surface, corresponding sedimentary environment, and the mechanical, physical and chemical factors.

Our observation of several hundred electron micrographes of quartz sand indicates that on the surface of quartz sand, there are not only common collision pits and silica deposits, but also the forms which are peculiar in the Antarctic ocean area, such as widely-developed step fractures, big conchoidal fractures, glacial striae, etc. The distributions of these microstructure types are controlled strictly by the concrete and special environments. According to the regularity reflected by the mentioned-above surface microstructure types, the rounded degree of the quartz sand, and features of detrital mineral associations and distributions, the collection area can be divided into two sedimentary environments, underwater area and beach area. The former can also be divided into the east sub-region and the west sub-region.

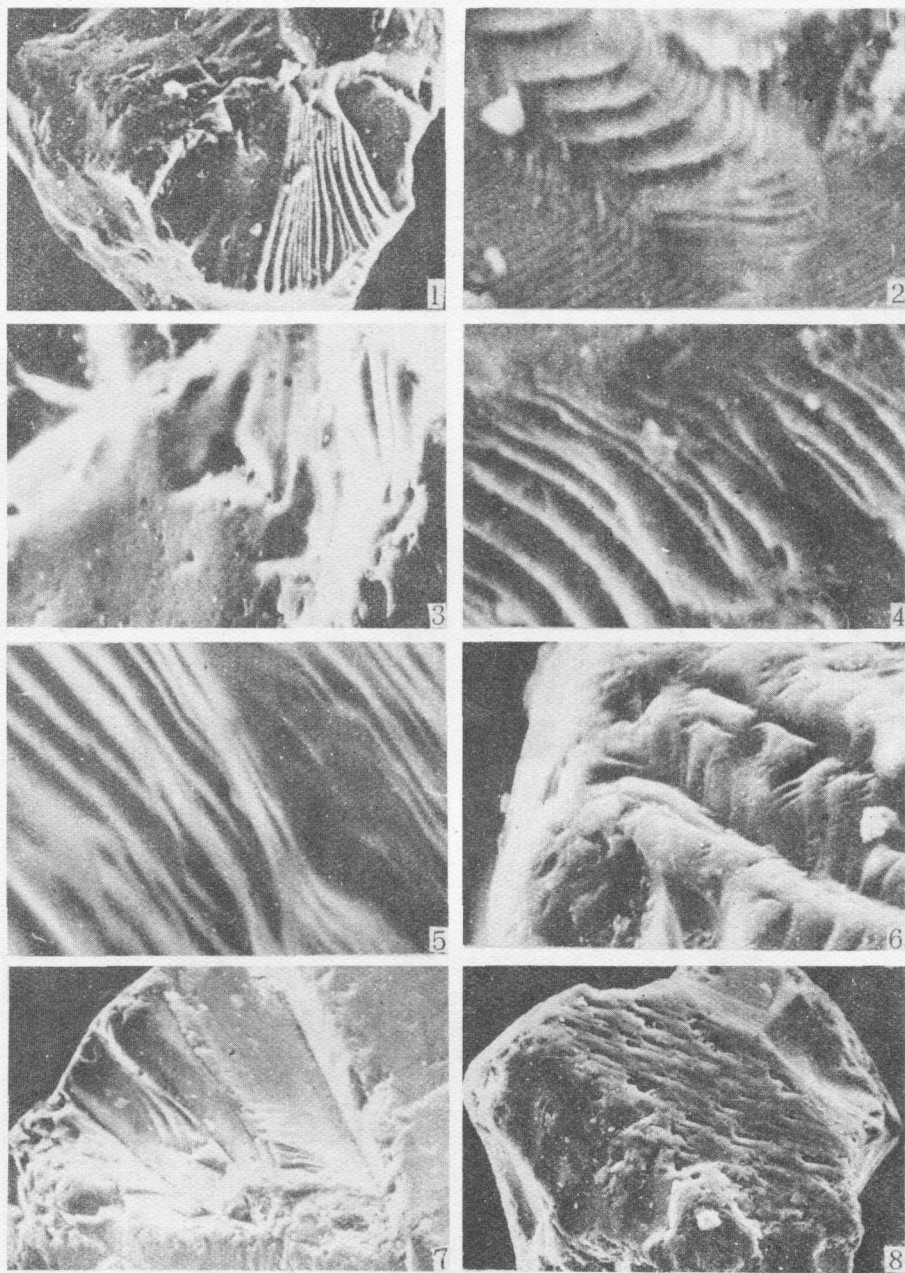
The factors affecting the quartz sand surface forms in the beach area are mainly the physical weathering and glacial compression action under the condition of severe cold and arid climate. So on the sand surface occur a large number of irregular fractures, conchoidal fractures and step fractures. The edges and corners of most grains are sharp, and the rounded grains are found unfrequently.

The Prydz Bay is in an environment of deep sea basin. Great flow-ices occur on the ocean surface in winter, and most of them melt in summer. The sediments at the ocean bottom derive mainly from the weathered rocks of land, which are washed by ice-water, and the fragments carried by glacial. The area are affected by five water masses. They are the superficial water in the summer, the Antarctic water in the winter, the plutonic water round the Antarctica, the bottom water of Antarctica and ice shelf water. These water masses, circulations and waves provide dynamic factors for the carrying, striking and rubbing of sediments. As a result, the forms of quartz sand surface have not only the features found in the beach area, but also peculiar glacial striae in the high-latitude area. In addition, the V-shaped dissolution pits of directional arrangement can be found. Compared with the beach area, this area has more rounded grains.

This paper also centres on the time sequence of the exogenic force actions which result in the overlapping of the imprints on quartz sand surface.



1. 棱角尖锐的石英砂，具贝壳状断口×200 2. 颗粒外形已明显圆化，可见阶梯状、贝壳状断口及撞击坑×200 3. 颗粒外形有所钝化，右上部断口呈阶梯状，阶面宽而平，并具V形坑×200 4. 冰川磨擦痕×200 5. 断口不规则状×200 6. 叠瓦状断口×200 7. 具SiO₂沉淀的石英砂外形呈浑圆状×200 8. 少量硅质碎片分布在棱角状石英上×200



1. 大形贝壳状断口×500 2. 阶梯状断口及硅质碎片×3000 3. "△"形撞击坑×1000 4. 贝壳状断口×2000 5. 剪位移特征×3000 6. 贝壳状——磨擦痕——磨光作用的综合印痕×3000 7. 阶梯状断口，断口又有小贝壳状断口面，V形坑，颗粒外形已钝化×500 8. 定向排列的V形溶蚀坑（上部）×500。