

西宁黄土石英颗粒表面结构与 黄土物质来源探讨

李 珍 张家武 马海洲

摘 要 利用电子扫描电镜分析了西宁黄土地层中的石英颗粒表面形态和机械结构特征,发现近1.2 Ma以来西宁黄土石英颗粒形态以尖棱角—棱角为主,颗粒表面具有典型的剪切断口或大贝壳状断口或平行擦痕,且比例较高;有些颗粒表面还具有V形坑、水下磨光面,这类颗粒以次圆状为主,这些信息指示出,西宁黄土物质不是主要来源于沙漠环境,而是来源于青藏高原第四纪冰川和冰缘作用区。

关键词 西宁黄土 石英颗粒表面结构 黄土物质来源

中图分类号 P642.131 **文献标识码** A

Discussion on the Texture Features of Quartz Grains and Their Origin in the Xining Loess

LI Zhen¹ ZHANG Jia-wu² MA Hai-zhou¹

1(Department of Geography, Qinghai Normal University, Xining 810008)

2(Department of Geography, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract

It has been proved that quartz grains of different sources are characterized with different surface textures and features, which has been successfully applied in distinguishing the original source of Chinese loess. Seven groups of loess samples were retrieved from Dadunling loess section in Xining basin, Qinghai Province, Northwest China. Quartz grains were separated by chemical processes and their surface textures and features were observed under SEM in this study to discover the original source of loess on the Qinghai-Tibet plateau.

It is found that the quartz grains in Xining loess since 1.2 Ma are mainly angular and subangular in features which are different from those of ordinary desert sands. Besides, these quartz grains display a distinct set of surface features including typical shearing fractures (with a frequency of 31%), big conchoidal breakages (occurred on 50% of grains that are $> 1 \mu\text{m}$) and oriented striations (3%), which is generally considered to be the markers of glacial actions. At the same time, the sub-rounded quartz sands with typical V-shaped pits (12% in frequency) and polished surface (21%) under water environment are also found in the samples. All the above information indicates that the Xining loess material is not mainly originated

from desert but from glacial and periglacial environment of the Tibetan plateau.

and freezing and melting processes when the Qinghai-Tibet Plateau reached an average altitude of 3 000 m 1.1Ma ~ 0.7Ma ago, when most of the Plateau reached the cryosphere. Under the Plateau winter monsoon or the westerly, the fine grains were transported eastward and deposited in relatively lower basins such as Xining Basin. The quartz grains in Xining loess have documented not only the information of global change but also the history of glacial actions on the Qinghai-Tibet Plateau.

Key words Xining Loess quartz grain textures Loess material source

目前多数学者认为我国黄土是风成的, 其物质主要来源于中亚和我国西部沙漠和戈壁地带, 但不排除青藏高原冰碛物和冰融作用的产物可能为其提供了一定的物质来源^[1, 2]。研究发现, 兰州黄土中含有较多起源于青藏高原冰缘环境的物质成分^[3], 而西宁更靠近青藏高原主体, 该盆地黄土厚250 m以上, 黄土沉积包括早、中、晚更新世各个时期^[4], 其物质来源研究对于认识该区域第四纪大气环流状况及其变化有重要意义。前人的研究证实, 不同应力形成的石英砂其表面留下特定的表面结构组合, 因此可用于识别沉积物的形成、搬运和沉积环境^[5], 这一技术已被成功地应用于黄土物质起源的识别^[6~8]。本文对西宁大墩岭剖面黄土石英砂颗粒的表面形态和微观结构进行研究, 探讨该区黄土的物质来源。

1 样品的采集与制备

1.1 样品采集

样品采自西宁盆地大墩岭黄土剖面。该剖面位于西宁湟水北岸6级阶地砾石层之上, 黄土厚261.3 m, 是西宁盆地黄土厚度最大、地层最全的典型区域黄土剖面, 含S0~S17连续完整的黄土—古土壤序列, 剖面底界黄土年龄约1.2 Ma B.P^[9]。整个剖面包括全新世黄土、马兰黄土、离石黄土和部分午城黄土。

在大墩岭黄土剖面采集7组石英砂表面结构样品: 马兰黄土1组, 离石黄土上部3组, 下部2组, 午城黄土1组。为了对比, 在发育有现代冰川的冷龙岭山麓地带(门源冰川)的黄土采集1组。

1.2 样品制备

样品的制备采用文献^[5]描述的步骤进行。首先将样品置于浓盐酸中煮沸10分钟, 用蒸馏水充分清洗; 再将样品置于氯化亚锡溶液中煮沸20分钟后, 用蒸馏水反复冲洗, 最后将样品放入30%的过氧化氢中煮沸10分钟, 用蒸馏水冲洗干净, 等样品干燥后使用。将干燥后的样品过筛, 大于0.063 mm粒级的样品在双目镜下选出石英颗粒。用于表面结构研究的石英颗粒最佳粒径为大于0.125 mm^[5], 但研究发现黄土中0.125 mm~0.01 mm的石英颗粒表面结构可较好地反映其形成应力^[3]; 由于西宁黄土较中国其它地区的黄土偏粗^[10], 故本项研究中使用大于0.063 mm的石英颗粒。经上述过程后, 每组样品随机抽取12至15粒石英颗粒, 置于样品金属托上, 用双面胶纸固定并编号; 再将样品托放入镀膜机中均匀地镀上层厚为200Å的金钯合金, 最后在扫描电镜下进行观察、摄影、统计。其结果见表1。

表1 西宁黄土石英颗粒形态和表面结构特征统计

Xining

样号	DD-541	DD-501	DD-401	DD-402	DD-90	DD-36	DD-4	频率/%	DC-21	频率/%
层位	L1	S1	L2	L4	L13	L15	L16	L1		
个数(粒)	15	15	12	15	15	15	14	100	14	100
尖棱角	4	6		4	1	5	3	23	10	71
次棱角	10	5	7	7	14	7	7	56	4	29
次圆	1	4	5	4		3	4	21		
圆										
剪切断口	6	4	3	2	5	9	2	31	9	64
大贝壳状断口	6	11	4	7	7	9	6	50	11	79
小贝壳状断口		4			1	4	1	10		
机械断口									1	7
曲脊						1		1		
压坑	1	1				4		6		
平行擦痕	2	1	5	4	2	3	3	20	4	29
擦痕	12	12	9	13	12	11	11	79	12	86
高突起		3	2		2	5	1	13	12	86
中突起		4				10	1	15		
小突起		5			1		6			
撞击坑	15	13	12	14	14	15	11	93	8	57
撞击沟	11	5	5	2	5	11	4	43	6	43
V形坑		2				9	1	12		
水下磨光面	2	1						3		
翻壳小碎片		1						1		

2 石英颗粒形态和表面机械结构特征

2.1 颗粒形态

石英颗粒形态是区别外营力种类和搬运距离长短的重要标志。西宁黄土石英颗粒多呈不规则多面体(图版-1~4),少数为近椭球体,按颗粒磨圆度进行分类统计表明,西宁黄土石英颗粒以次棱角状(图版-1~2)为主,占50%;尖棱角状(图版-3)和次圆状(图版-4)次之,分别占23%~21%。门源黄土石英颗粒尖次棱角状高达71%,次棱角状占29%。由于沙漠砂多呈球体、椭球体或纺锤体,而冰川砂、泥石流砂、洪积砂多呈尖棱一次尖棱角状不规则多面体形态〔5〕。因此,西宁黄土有别于黄土高原主体黄土,其物质不是来源于沙漠环境。

2.2.1 机械破裂面

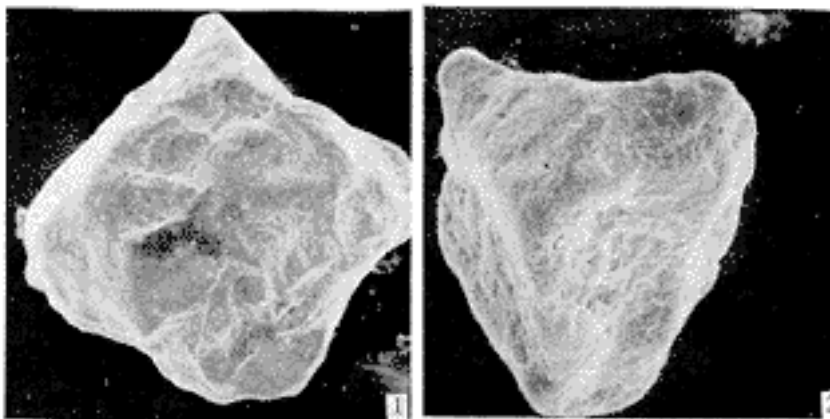
机械破裂面是由于强大挤压作用或猛烈撞击作用在石英颗粒表面留下的平行或弧形破裂痕迹。冰川作用可形成各种机械破裂面,泥石流、洪流作用多形成较小的机械破裂面。一般认为破裂面大、平整、光滑的剪切断口和大贝壳状断口是冰川作用的标志之一〔5~7〕。西宁黄土石英颗粒剪切断口(图版-3)出现率为31%,大($>1\ \mu\text{m}$)贝壳状断口(图版-3)出现率为50%。门源黄土石英颗粒剪切断口和大贝壳断口更高,高达46%~79%。

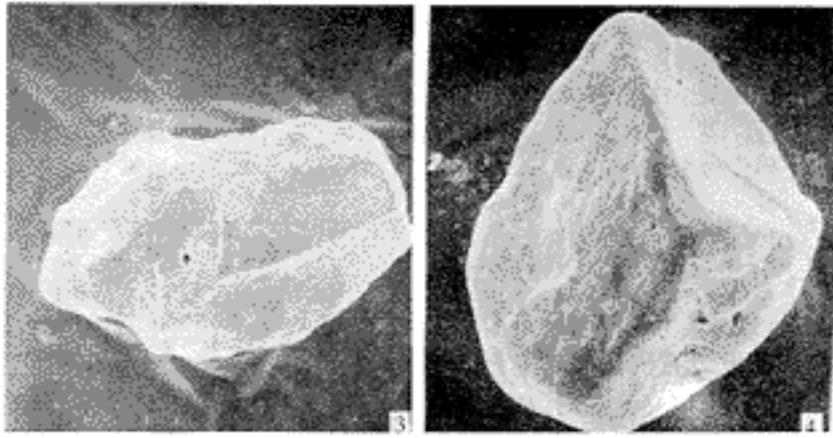
2.2.2 撞击坑、V形坑、压坑

石英颗粒表面不规则形态的撞击坑和较规则形态的V形坑是外营力搬运过程中颗粒之间相互碰撞留下的痕迹。压坑是固态或半固态搬运介质中,颗粒之间挤压形成的痕迹。一般认为撞击坑可以是多成因的,但主要是水成的或风成的。V形坑是水成的标志之一。压坑是冰川作用的标志之一。西宁黄土石英颗粒撞击坑(图版-1~3)出现率高达93%,V形坑(图版-4)出现率为12%,压坑为6%。门源黄土石英颗粒撞击坑较少,为57%。

2.2.3 水下磨光面、擦痕

水下磨光面是强度适中水介质、颗粒之间反复碰撞、磨蚀,在石英颗粒表面留下的较为光滑的面。一般认为多种外营力均可形成擦痕,但平行擦痕是冰川作用的标志之一。西宁黄土石英颗粒擦痕(图版-3~4)出现率高达79%,平行擦痕出现率仅为3%。门源黄土石英颗粒擦痕和平行擦痕出现率略高,分别为86%~29%。





图版说明1.次棱角状颗粒, 剪切断口、贝壳状断口、撞击坑 S1L2×130; 2.不规则形颗粒, V形坑、撞击坑、平行条痕 L15×280; 3.尖棱角状颗粒, 剪切断口、大撞击坑 L4×340; 4.次圆状颗粒, V形坑、擦痕、撞击坑 L16×240

西宁黄土石英颗粒形态与表面结构之间往往有一定的组合关系, 不规则多面体多呈尖棱一次尖棱角状, 并多与剪切断口、大贝壳状断口、平行擦痕等共同出现, 这种组合多在西宁黄土石英颗粒中约占79%。近椭球体多为次圆状, 并多与V形坑、水下磨光面等共生, 这种组合在西宁黄土石英颗粒中约占21%。两种组合的石英颗粒中几乎均有撞击坑或小麻点, 但未见风力作用形成的典型结构—麻面结构。这些均表明西宁黄土石英颗粒经受冰川、冰水或流水作用后, 又经受过风力的短距离搬运历程。

3 讨论与结论

西宁黄土石英颗粒中具有典型剪切断口、大贝壳状断口, 具平行擦痕的尖棱一次棱角状颗粒占79%, 表明西宁黄土与一般的沙漠环境形成的粉尖物质不同, 这些物质在沉积之前曾经历了较为强烈的冰川作用或寒冻风化作用。由于西宁盆地属青藏高原边缘山地内的河谷盆地, 因而黄土物质应当主要来源于青藏高原地区。前人研究曾注意到, 兰州黄土中也有新鲜的冰川砂成分〔3〕。

据青藏高原地面平均气压场分析, 青藏高原东北部主要以偏西风为主〔11〕。作者对青海东北部各主要气象台站多年气象记录统计也发现, 湟水流域大风特别是冬季大风以偏西风为主, 其次为偏东风。利用黄土磁化率各向异性对古风向重建发现, 离石黄土沉积时已是近东西方向的古风向〔12〕。西宁黄土比兰州黄土粒度粗, 石英颗粒呈不规则多面体, 棱角钝化程度低, 表明西宁黄土距离物质来源近, 即应主要来自青藏高原内部。青藏高原自3.5 Ma以来经过多次强烈隆升, 至早中更新世之交, 即1.1 MaBP~0.7 MaBP, 高原面升至平均海拔3 000 m~3 500 m, 大范围进入冰冻圈〔13〕, 高原上形成最大冰川作用区, 据估算冰川面积达 $17 \times 10^5 \text{ km}^2$, 约占高原面积的60%, 冰缘面积则更为广阔〔14〕。高原表面在强烈的冰川磨蚀和冻融作用下, 必然产生大量的粉尘物质, 这些物质在高原冬季风或西风的吹扬下东移, 首先沉积于高原东部海拔较低、沉积环境较好的宽阔盆地中。位于高原东部的西宁盆地的厚层黄土正是从早中更新世之交(约1.2 Ma BP)前后开始沉积的, 西宁黄土中不但记录了全球气候变化的信息, 而且保留了青藏高原冰川作用的历史。

综上所述，西宁黄土石英颗粒中具有典型的剪切断口或大贝壳状断口或平行擦

状石英颗粒(占21%)。这些信息指示出，西宁黄土主要来源于青藏高原第四纪冰川和冰缘作用所产生的大量粉砂。

国家自然科学基金重点项目(49731010)资助

第一作者简介 李珍 男 1941年出生 副教授 从事第四纪地质科学研究与教学

作者单位：李 珍 马海洲(青海师范大学地理系 西宁 810008)
张家武(兰州大学地理系 兰州 730000)

参考文献

- [1] 刘东生等.黄土与环境 [M].北京：科学出版社，1985.336~348
- [2] 王永炎.黄土与第四纪 [M].西安：陕西人民出版社，1982.72~80
- [3] 方小敏，史正涛，沈明智.试从兰州地区黄土石英砂表面特征探讨黄土物质来源、成因及环境变迁 [A].见：中国西部第四纪与环境 [C].北京：科学出版社，1991.138~148
- [4] 陈发虎，张维信.甘青地区的黄土地层学与第四纪冰川问题 [M].北京：科学出版社，1993
- [5] 王颖，B.迪纳瑞尔.石英表面结构模式图集 [M].北京：科学出版社，1985.4~10
- [6] Smalley I, et al.The formation of fine particles in sandy desert and the nature of desert loess [J].Journal of sediment Petrology.1968,38(3):766~774
- [7] Pye K.Grain surface textures and carbonate content of late pleistocen loess from west Germany and Poland [J].Journal of Sediment Petrology.1983,53:973~980
- [8] 王永炎.黄土中石英颗粒表面结构与中国黄土成因 [J].地理学报，1982，37(1)：35~40
- [9] 曾永年，马海洲，李珍等.西宁地区湟水阶地的形成与发育研究 [J].地理科学，1995，(3)：253~258
- [10] 李珍，马海洲，张德等，西宁地区黄土的粒度组成及其环境意义 [J].青海师大学报(自)1992，(2)：58~64
- [11] 汤懋苍，彭洁.青藏高原及其周围地区降水变率的初步分析 [J].高原气象，1985，(2)：354~360
- [12] 张宇田，陈发虎，曹继秀.黄土磁化率各向异性特征初探—以西宁大墩岭为例 [J].兰州大学学报(自)，1993，(2)：158~160
- [13] 施雅风，郑本兴.青藏高原进入冰冻圈的时代、高度及对周围地区的影响 [A].青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究.学术论文、年刊(1995) [C].北京：科学出版社，1996.136~146
- [14] 崔之久，武永秋，刘耕年等.关于：“昆仑—黄河运动” [J].中国科学，D辑，1998，28(1)：53~58

收稿日期：1999-02-05 收修改稿日期：1999-03-09