

文章编号: 1000-0550(2013)01-0149-08

基于扫描电镜分析的猪野泽全新世砂层成因探讨^①

李育 周雪花 李卓仑 王乃昂

(兰州大学资源环境学院 兰州大学干旱区水循环与水资源研究中心 兰州 730000)

摘要 猪野泽全新世沉积物剖面中存在砂层和灰绿色湖相沉积层相间分布的现象。本研究对猪野泽 QTH01、QTH02 剖面砂层的石英砂样品进行扫描电镜分析,且与古湖泊岸堤和现代沙丘砂样做了对比,探讨了猪野泽全新世剖面中部和底部砂层的成因。研究发现,猪野泽 QTH01、QTH02 剖面样品中大部分石英砂兼具风成结构和水成结构,且水成特征大都覆盖于风成特征之上,N型坑分布频率相对较小,磨圆度特征与现代沙丘样品较为相似,与岸堤石英砂具有相似的结构特征,但剖面砂层不具岸堤典型的斜纹层理。结果说明,猪野泽砂层先经历了风成环境,后期转向湖相沉积,也有少部分砂是通过河流沉积于剖面位置;剖面砂层与岸堤砂层的成因相似,但剖面所在位置并非湖泊岸堤;剖面砂层形成时期风沙活动强烈,湖泊水动力条件稳定,河流对湖泊影响较小。

关键词 猪野泽 石英砂 扫描电镜 湖泊沉积物

第一作者简介 李育 男 1981年出生 副教授 博士 干旱区湖泊 E-mail: liyu@lzu.edu.cn

中图分类号 P512.2 P941.78 **文献标志码** A

扫描电镜作为一种沉积学研究手段运用于地学研究始于20世纪60年代^[1],目前这一方法已广泛运用于地学各个领域^[2~13],并积累了大量不同沉积环境下石英砂表面形态特征的成果。沉积物石英砂在其沉积过程中由于搬运介质、搬运形式以及沉积环境不同,常常会在其颗粒表面留下反映不同搬运和沉积过程的形状及外貌特征,再加上石英砂具有硬度大、化学稳定性强等特殊性质,因而运用扫描电镜分析石英砂的表面微结构特征可以推断其沉积、形成环境和搬运演化历史^[3,4]。

地处我国两大沙漠包围的石羊河终端湖猪野泽(图1),一直是晚第四纪时期气候变化研究的焦点。对于这一区域已有许多研究成果^[14~19],大多是基于湖泊沉积物中的古环境信息,如孢粉、有机地化指标、碳酸盐、沉积物粒度等环境代用指标来探讨该区域较大时间尺度上的古气候变化,也对某些环境突变事件做了论证,如高湖面、百年尺度的干旱事件等,但对湖泊沉积物本身的形成原因及过程探讨较少。然而,湖泊沉积物的变化也反应着古环境的变迁,因而,探明各沉积层的成因及其来源,可为重建古环境提供有力

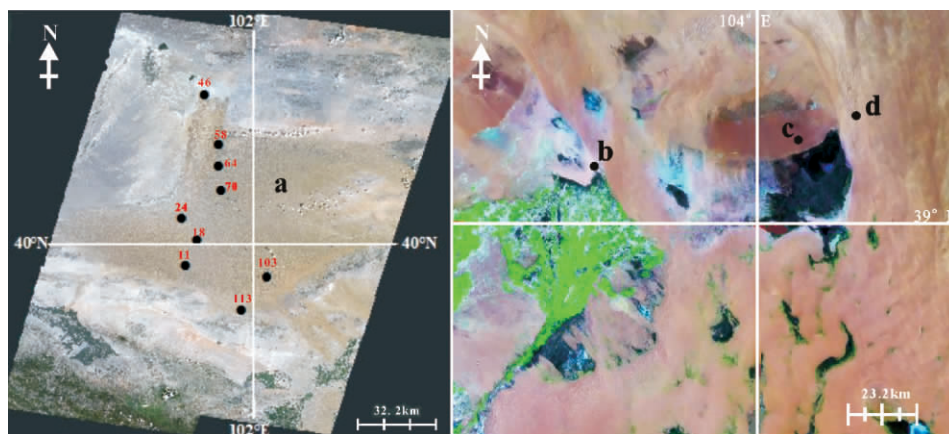


图1 研究区及采样点

a. 巴丹吉林沙漠采样点; b. 猪野泽; c. 古湖泊岸堤采样点; d. 腾格里沙漠采样点

Fig. 1 Map showing the study area and the sampling sites

^①国家自然科学基金项目(批准号:41001116);兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(LZUJBKY-2010-99)共同资助
收稿日期:2011-12-10;收修改稿日期:2012-03-29

旁证。

本文针对古湖岸进行系统采样,并通过扫描电镜手段将猪野泽古湖岸全新世剖面中部和底部砂层的35组砂样和巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠以及白碱湖岸堤的16组砂样进行表面形态的对比分析,揭示了猪野泽 QTH01 和 QTH02 两个剖面中砂层形成的原因及过程,为揭示猪野泽地区古环境的演变过程以及晚第四纪时期该地区湖岸的变迁提供依据。

1 区域概况

石羊河流域(37°02′~39°17′N,100°57′~104°57′E)位于甘肃省河西走廊东部,祁连山北麓,流域全长300余km,总面积4.16万km²(图1)。石羊河起源于祁连山,消失于巴丹吉林和腾格里沙漠之间的民勤盆地,主要由大靖河、古浪河、黄羊河、杂木河、金塔河、西营河、东大河、西大河等8条河流组成。猪野泽系石羊河水系终端湖,位于民勤县中渠乡志云村北。猪野泽自全新世中后期以来,由统一湖泊逐步缩小瓦解成若干小湖泊或沼泽地,包括野麻湖、青土湖、东平湖、西硝池和白碱湖^[20],自20世纪50年代以来,由于大量农业用水,现已完全干涸。据冯绳武^[20]的研究,猪野泽经历了多次湖面的变化,这从猪野泽周边的多条古湖岸可以得到印证,但是关于猪野泽最高湖面位置的认识历来分歧颇大,经实地调查发现白碱湖是猪野泽终端湖最靠近末端的残余。白碱湖规模宏大形态完整,是研究石羊河终端湖变迁的最佳地点。围绕白碱湖有9级岸堤,是白碱湖湖面多次变迁的结果,本文所采用部分样品是采自这9道岸堤的剖面。

2 研究材料及实验方法

QTH01 和 QTH02 剖面地理坐标为 39°03′N, 103°40′E, 海拔 1 309 m, 剖面深度分别为 692 cm, 736 cm(图2)。本文使用 QTH01 剖面 16 组样品, QTH02 剖面 19 组样品, 共 35 组采自剖面中部和底部砂层的样品做电镜分析。将巴丹吉林沙漠 39.13°~41.78°N、101.47°~102.41°E, 共 9 组样品; 腾格里沙漠 39.15°N、104.18°E, 3 组样品; 白碱湖古湖岸堤 39.08°N、104.08°E, 4 组样品选为对比样品(图3)。在以上各组样品均挑选出 2~3 g 砂颗粒进行电镜扫描。

粒径 0.005~0.01 mm 石英砂基本可反映它的成因类型,特征成因组合发育不全; 0.01~0.125 mm 石英砂完全可以反映成因类型,表面结构成因组合发

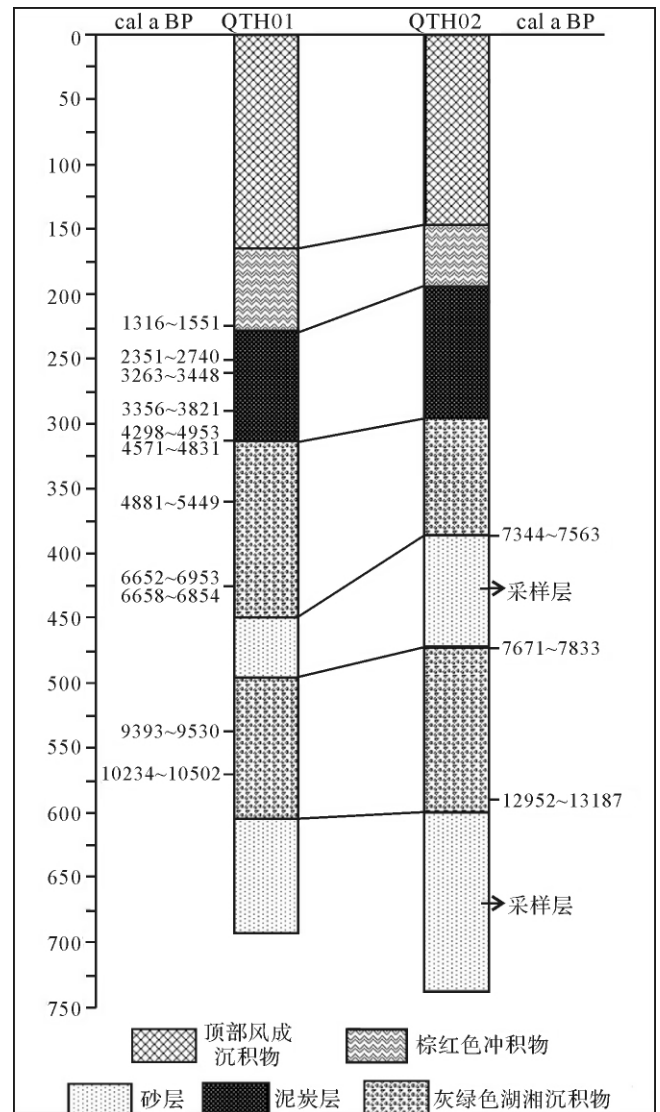


图2 剖面示意图及年代结果

Fig. 2 Dates and lithology at QTH01 and QTH02 sections

育较全; 0.125~0.5 mm 石英砂基本为各成因沉积物中的最活跃组分,表面结构成因组合发育齐全; 大于 0.5 mm 石英砂表面特征及成因组合不全^[21,22]。因此本次试验将样品过 30 和 120 目试验筛,选取粒径为 0.5~0.125 mm 的石英砂来观察。

先将所选 0.125~0.5 mm 的样品过 30 和 120 目试验筛,筛选好后用浓度为 20% 的 HCl 浸泡 8 h 后,用蒸馏水反复冲洗直至上清液为中性,再分别使用草酸溶液和无水乙醇再次冲洗至中性,清洗完毕后将沙样烘干,然后在双目镜下挑选较好样品,使用 EIKOIB-3、IB-5 型离子镀膜仪喷镀金膜后即可用扫描电镜观测。实验中运用了 S-4800 扫描电镜仪器观测,本实验在兰州大学物理科学与技术学院完成。

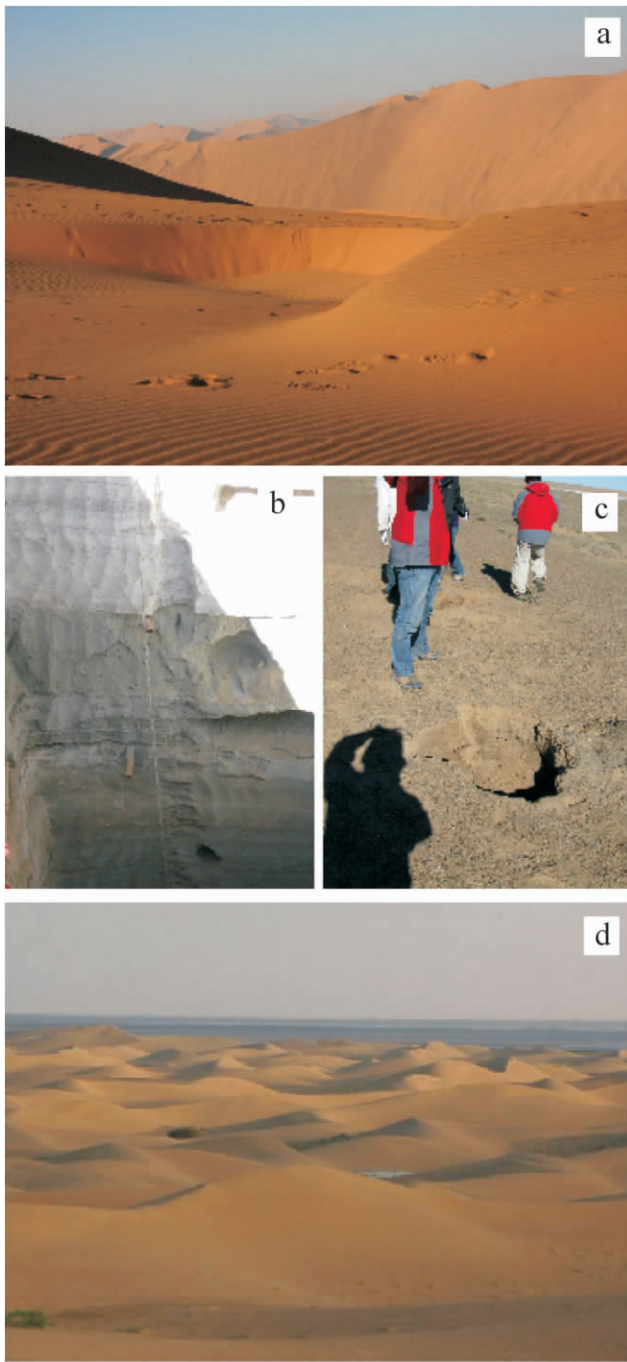


图 3 采样点

a. 巴丹吉林沙漠采样点 b. QTH02 剖面砂层 c. 古湖泊岸堤采样点 d. 腾格里沙漠采样点

Fig. 3 Typical sampling sites

3 结果

石英砂颗粒在不同成因下各种表面结构特征已有总结^[11-13, 23, 24], 其中与本研究有关的表面结构特征及其成因如表 1 所示。

猪野泽 QTH01、QTH02 剖面石英砂风成环境下的典型结构有蝶形坑和麻面, 两剖面蝶形坑结构分布频率分别 11.86% 和 40.40%, 麻面分别为 13.55% 和 11.11%, 虽然 QTH01 和 QTH02 剖面砂样之间存在差别, 但石英砂风成结构分布频率大致趋势与现代沙丘样品和岸堤样品分布频率较为相似(图 4), 巴丹吉林沙漠石英砂蝶形坑和麻面结构分别为 36.95% 和 13.64%, 腾格里砂样分别为 23.52% 和 29.41%, 岸堤砂样分别为 31.57% 和 15.78%。具体统计见表 2。

猪野泽剖面石英砂中水成环境下的典型结构有 V 型坑、水下磨光面和硅化物沉淀结构。QTH01、QTH02 剖面砂样中 V 型坑分布频率分别为 32.20% 和 26.26%, 水下磨光面分布频率为 44.06%、56.56%, 硅化物沉淀结构分别为 50.84%、75.75%。比较这三种水成特征结构发现, 猪野泽剖面样品 V 型坑分布频率明显少于水下磨光面和硅化物沉淀结构, 这可能与砂层形成过程中经历的不同水动力条件有关。与岸堤砂样相比, 猪野泽剖面砂样中水成结构分布特征与岸堤砂样较为相似, 但从砂层整体沉积形态来看, 岸堤砂层表面明显具有其特有的层理结构。干旱环境中的巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠砂样与水环境下的样品相比, 硅化物沉淀结构明显少于后者。具体统计见表 2。

猪野泽 QTH01、QTH02 剖面绝大部分石英砂表面既存在代表风成环境的结构又存在代表水成环境的结构, 说明这部分石英砂既经历了风成环境, 又经历了水成环境, 而且大部分石英砂表面的水成结构叠加与风成结构之上, 形成了代表不同沉积环境的微结构共存的复合结构。

解理面与贝壳状断口一般在冰川作用或较强的外力碰撞、物理分化下较为发育^[5]。猪野泽剖面砂样与岸堤砂样、腾格里沙漠砂样、巴丹吉林沙漠砂样

表 1 不同成因下的石英砂颗粒表面结构特征

Table 1 Surface textural feature of quartz grains from different sedimentation environments

成因	磨圆度	机械成因结构	化学成因结构
风成	圆状(1级)、次圆状(2级)	蝶形坑、贝壳状断口(少见)、麻面、平行解理面、新月形撞击坑	硅质球、硅质鳞片、薄膜、SiO ₂ 零星沉淀
水成	次圆状(2级)、次棱角状(3级)	V型坑、水下磨光面、贝壳状断口(小型)	硅质鳞片、薄膜、硅质球、溶蚀结构(热)
冰水成因	棱角状(4级)	贝壳状断口(大型)、平行擦痕或刻痕	发育较少

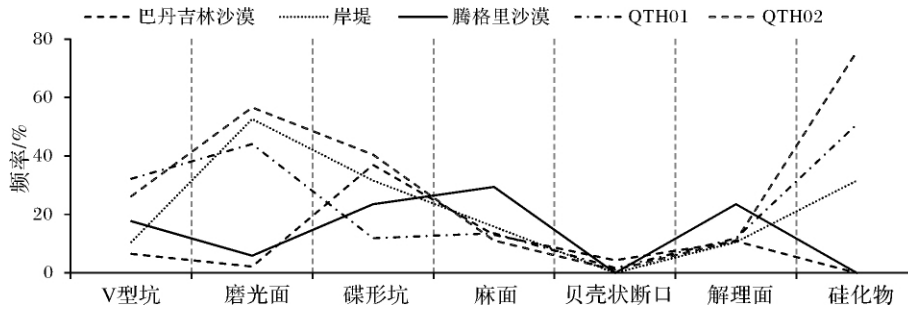


图 4 各采样点样品结构特征对比

Fig. 4 Comparison between samples from different sites

表 2 石英颗粒表面结构成因类型的颗粒频率统计

Table 2 Statistical grain frequency for genetic types of quartz grain surface textures

特征	巴丹吉林表样	岸堤	腾格里表样	QTH01 剖面	QTH02 剖面
圆状	10.63%	16.21%	2.94%	13.69%	6.83%
次圆状	31.91%	32.43%	20.58%	23.28%	40.17%
次棱角状	27.65%	18.91%	47.05%	26.02%	28.20%
棱角状	29.78%	32.43%	29.41%	36.98%	24.78%
V形坑	6.52%	10.52%	17.64%	32.20%	26.26%
磨光面	2.17%	52.63%	05.88%	44.06%	56.56%
碟形坑	36.95%	31.57%	23.52%	11.86%	40.40%
麻面	13.04%	15.78%	29.41%	13.55%	11.11%
贝壳状端口	4.34%	0%	0%	01.69%	1.01%
解理面	10.86%	10.52%	23.52%	11.86%	11.11%
硅化物	0%	31.57%	0%	50.84%	75.75%

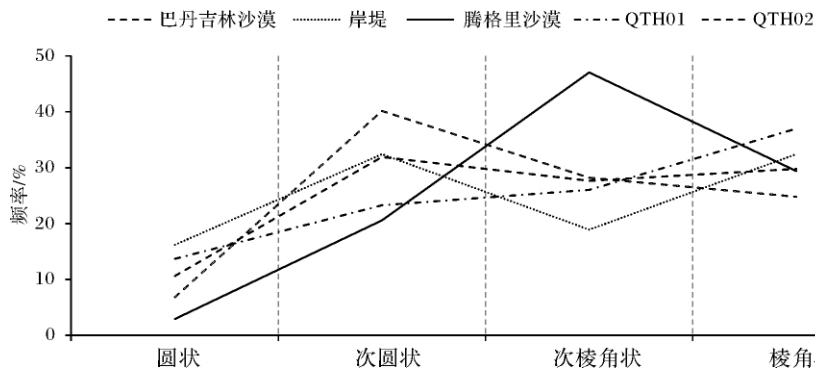


图 5 各样品磨圆度特征对比

Fig. 5 Comparison of the psepchicity features

中,石英砂颗粒表面解理面和贝壳状断口发育都很少。各采样点砂样的贝壳状断口的分布频率都小于 5%,解理面分布频率大多在 11%左右,说明冰川对各采样点砂样影响较小。

结合不同成因下石英砂的结构特征,颗粒磨圆度可判断砂粒被风或水流搬运的相对距离和湖泊的水动力条件^[25-26]。通过扫描电镜从磨圆度分析,所观测各采样点石英砂颗粒以次圆状和次棱角状居多,棱角状样品相对也较多,圆状结构都比较少。猪野泽

QTH01、QTH02 剖面砂样次圆状颗粒和次棱角状颗粒分布频率总计占 49.3%和 68.37%。棱角状颗粒分布频率分别为 36.98%、24.78%。与巴丹吉林沙漠、岸堤样品的磨圆度曲线相似,但是同为现代沙丘沙的巴丹吉林砂样和腾格里沙漠砂样在颗粒磨圆度上也有明显差别(图 5),这可能是由于腾格里沙漠样品较少,在统计中没有代表性。从磨圆度分布的表现来看, QTH01 和 QTH02 剖面的石英砂磨圆度不等,但次圆状和次棱角状居多,且与沙丘沙磨圆度特征相似,风

成特征明显,说明这部分石英砂颗粒经历不同距离的风力搬运过程。

4 讨论

在风成环境下,石英砂颗粒多次圆状和次棱角状

外形,在此背景下,表面常有蝶形坑、麻面等风成环境下的典型特征结构^[25]。猪野泽剖面样品中绝大部分砂样既有风成结构也有水成结构。QTH01 和 QTH02 剖面砂样与岸堤砂样中的风成结构分布特征与现代沙丘的风成结构分布特征较为相似,说明两者在形成

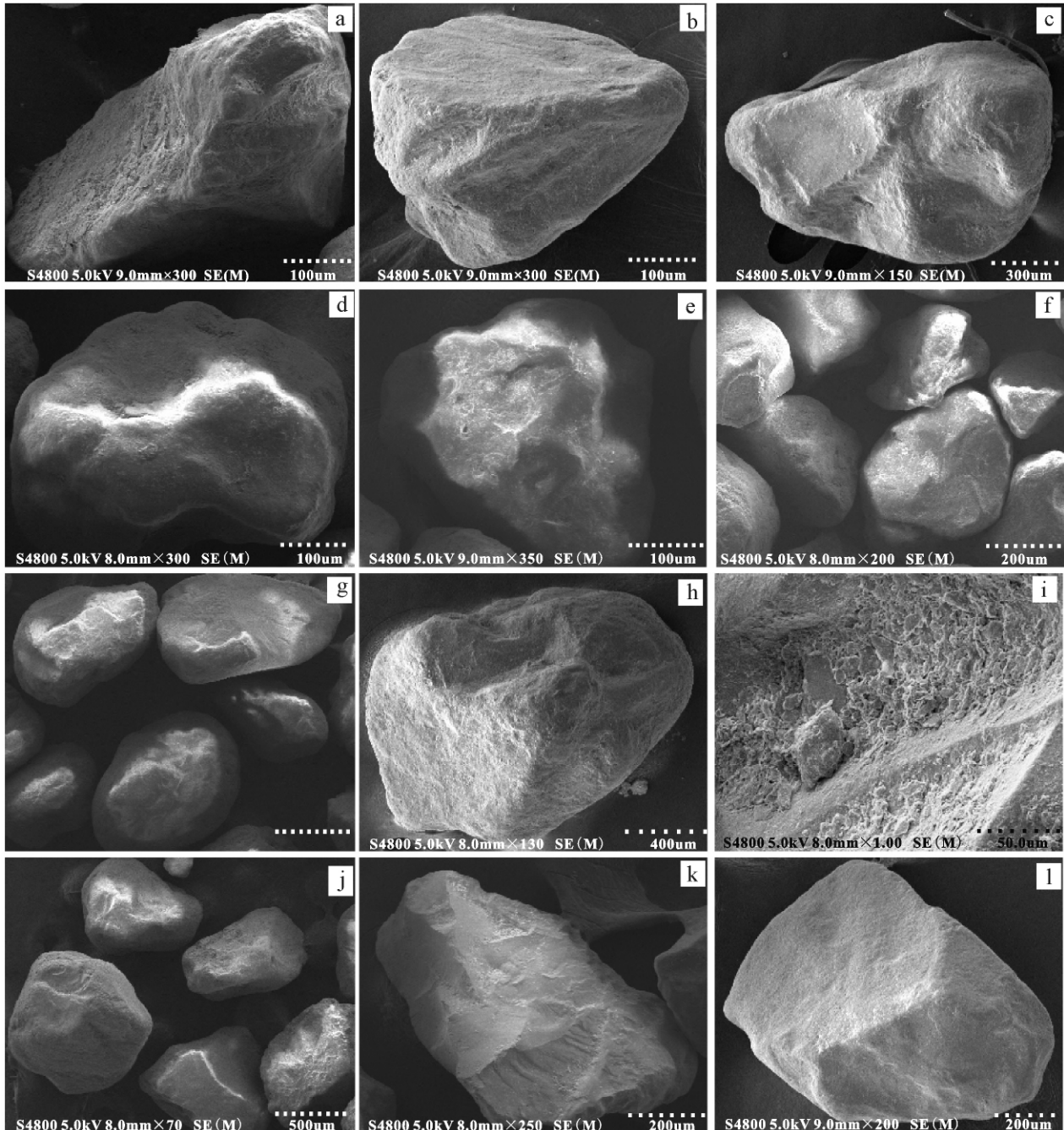


图 6 扫描电镜下石英砂表面典型微结构

a. QTH02 剖面砂样麻面与硅化物沉淀复合结构; b. QTH01 剖面砂样 V 型坑与麻面复合结构; c. QTH02 剖面石英砂 V 型坑与碟形坑共存; d. QTH02 剖面砂样蝶形坑中的硅化物沉淀; e. QTH01 剖面样品中底部被磨光的蝶形坑; f. QTH02 剖面砂样磨圆度; g. 现代沙丘砂样磨圆度; h. QTH01 剖面砂样 V 型坑边缘被磨圆; i. QTH01 剖面 V 型坑底部的硅化物沉淀; j. 岸堤石英砂颗粒; k. QTH02 剖面具贝壳状断口的棱角状石英砂颗粒; l. 现代沙丘样品平整的表面。

Fig. 6 The typical surface microtextures of quartz sand under SEM

过程中经历了大致与现代沙丘相似的风成环境。QTH01和QTH02剖面绝大部分砂样表面存在麻面和硅质沉淀、V型坑和麻面、蝶形坑和V型坑等复合结构(图6-a,b,c),这说明这部分砂粒既经历了风成环境也经历了水成环境。猪野泽QTH01、QTH02剖面水下磨光面和硅质沉淀大多是在风成特征基础之上形成,大部分蝶形坑底部沉淀有硅化物,或凹坑底部已经被磨光(图6-d,e)说明这一时期流域风沙活动频繁,使得这部分砂粒在风力环境中形成这些典型的风成结构,后期搬运到湖盆,在湖泊弱的水动力条件和相对较高的盐度环境下,形成了磨光面和硅质沉淀结构。猪野泽砂层石英砂的风成结构保存的也较完好,说明后期在水环境中没有经历强烈的搬运。QTH01、QTH02剖面石英砂磨圆度相对较高,绝大部分石英砂外形呈次圆状和次棱角状,磨圆度特征与岸堤砂样和现代沙丘砂样较为相似(图6-f,g,j),说明剖面砂层与岸堤砂层在形成时的搬运过程与现代沙丘砂较为相似。

猪野泽剖面水环境下的石英砂颗粒表面典型的结构特征有V型坑、水下磨光面以及小规模的硅化物沉淀结构。V型坑的大小、深浅、多少及分布范围和流水冲击能量有关,其形成需相对较强的水动力条件^[25]。水下磨光面一般与相对稳定的水动力条件相关^[4]。猪野泽QTH01、QTH02剖面砂样中,不论是发育有V型坑的石英砂颗粒数量,还是V型坑结构的分布频率,都明显少于水下磨光面和硅化物沉淀结构,而且这部分表面有V型坑的石英砂颗粒磨圆度都较高,以次圆状颗粒居多,V型坑边缘多被磨圆(图6-h),硅化物沉淀结构形成在V型坑之上(图6-i),因此说明这部分石英砂可能先经历了较长的河流搬运过程,后期汇入水动力条件相对稳定的湖泊环境中后,在低凹的V型坑底部沉淀了硅化物,且河水的盐度和水动力条件也不利于硅质沉淀的形成。剖面砂样的V型坑分布较少也说明了该时期河流对湖泊的影响较小或水流搬运作用不强。QTH01、QTH02剖面砂样水成结构分布特征与岸堤石英砂水成结构的分布频率较相似(图6-j),岸堤一般是形成于稳定的水动力环境之下,且具有岸堤砂层特有的斜纹层理,而剖面砂层不具斜纹层理,因此说明,剖面砂层与岸堤砂层形成时所处的水动力环境较为相似,但猪野泽剖面位置并非为岸堤,且砂粒在后期经历的水环境较为稳定,湖泊没有较大的波动。

在进行石英砂颗粒形态结构分析时发现,猪野泽

QTH01、QTH02剖面、岸堤、现代沙丘砂样中,贝壳状断口和解理面结构发育都很少,说明冰川作用对各采样点石英砂形成的影响都较小。猪野泽QTH01、QTH02剖面砂样中发育有贝壳状断口的石英砂颗粒磨圆度一般都很差,多为棱角状(图6-k),猪野泽距上游冰川发育的祁连山距离较远,经搬运颗粒磨圆度应较好,而这部分砂粒磨圆度相对都较差,可排除冰水作用的影响,因此这部分砂粒很可能是湖泊周围砂粒经较强风力作用或物理风化下形成后汇入湖盆的近源沉积物,这也说明这一时期湖泊周围植被覆盖度较低,本文作者在对该流域古气候重建时也得出这一阶段有相对的干旱事件^[14~16]。

石英砂化学特征的形成与弱的水动力作用和高盐环境有关。化学结构在不同的环境中也有所不同,高温潮湿的环境化学结构较发育^[28],多化学溶蚀结构,如溶蚀坑或沟等。气候相对干冷的环境,化学结构不发育,只有规模较小的硅化物沉淀结构,如硅质球、硅质鳞片、薄膜等硅化物的零星沉淀。对于北方干旱区,石英砂硅化物沉淀结构在稳定的水环境中发育的相对要多,在沙丘砂表层中分布较少。现代沙丘砂样石英颗粒表面化学结构发育较少,颗粒表面比较平整(图6-l),这是因为沙漠气候干燥,沙丘经常运动^[28],不利于石英砂化学结构的形成。与巴丹吉林沙漠相比,猪野泽QTH01和QTH02剖面样品中硅化物的沉淀结构较多,多为硅质鳞片、薄膜、硅质球等结构,并不发育大规模的硅质沉淀和溶蚀结构,这可能与北方干旱区相对低温的环境有关。

5 结论

综合上述分析可得,猪野泽QTH01、QTH02剖面砂层大部分石英砂兼具风成结构和水成结构,且水成特征覆盖于风成特征之上,说明剖面砂层是先经历了风成环境,后转向湖相沉积,这一时期流域较强的风沙活动可能是其动力因子。少部分砂是通过流水输入湖泊。

处于古湖泊不同位置的QTH01、QTH02剖面与岸堤,其样品中石英砂颗粒表面风成结构、水成结构和磨圆度特征都较相似,说明两者砂层形成过程相似。两者与现代沙丘砂样的磨圆度特征也较相似,说明都经历了大致与现代沙丘砂相同的搬运过程。

通过比较分析剖面与岸堤砂样结构特征可知,猪野泽砂层沉积时期,该流域风沙活动强烈,湖泊水动力条件稳定,河流对湖泊的影响较小,湖泊没有较大

的波动。

参考文献 (References)

- Krinsley D H, Perdok W C. Applications of electron microscopy to geology [J]. New York Academy of Science, Trans, 1962, 25(1): 3-22
- 于丽芳, 杨志军. 扫描电镜和环境扫描电镜在地学领域的应用综述 [J]. 中山大学研究生学刊, 2008, 29(1): 54-61 [Yu Lifang, Yang Zhijun. The application summary of scanning electron microscope (SEM) and environment scanning electron microscope (ESEM) in geo-science [J]. Journal of the Sun Yat Sen University Graduates, 2008, 29(1): 54-61]
- 陈丽华, 缪昕, 于众. 扫描电镜在地质学上的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1986: 21-44 [Chen Lihua, Miao Xin, Yu Zhong. Application of Scanning Electron Microscope on Geology [M]. Beijing: Science Press, 1986: 21-44]
- 谢又予. 中国石英砂表面结构特征图谱 [M]. 北京: 海洋出版社, 1985 [Xie Youyu. Atlas of Quartz Sand Surface Textural Features of China Micrographs [M]. Beijing: China Ocean Press, 1984]
- 戴枫年. 我国北方沙漠地区沙丘石英的表面特征与环境的关系 [J]. 干旱区资源与环境, 1988, 2(2): 25-35 [Dai Fengnian. The relationship between sedimentary environment and features of surface textures of quartz sand in sand dunes of desert areas in northern China [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1988, 2(2): 25-35]
- 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 [Wu Zheng. A comparative study of the surface texture of quartz sand in inland deserts and that in coastal dune, China [J]. Journal of Desert Research, 1995, 15(3): 201-206]
- 张光威, 杨子赓, 王圣洁. 南黄海第四纪时期石英砂表面结构特征及其环境意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(3): 37-47 [Zhang Guangwei, Yang Zigeng, Wang Shengjie. Characteristics of surface textures of quaternary quartz sand in the south yellow sea and environmental significance [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1996, 16(3): 37-47]
- 伍永秋, 崔之久, 葛道凯. 昆仑山垭口地区第四纪地层石英砂表面特征与沉积环境 [J]. 应用基础与工程科学学报, 1998, 6(2): 117-124 [Wu Yongqiu, Cui Zhijiu, Ge Daokai, et al. Surface character and sedimentary environment of the quartz grains in the Quaternary strata in Kunlun Mountains pass area [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 1998, 6(2): 117-124]
- 江新胜, 徐金沙, 潘忠习. 四川盆地白垩纪沙漠石英砂颗粒表面特征 [J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 23(1): 60-65 [Jiang Xinsheng, Xu Jinsha, Pan Zhongxi. The surface features of the quartz sand grains from the Cretaceous desert in the Sichuan Basin [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2000, 23(1): 60-65]
- 尹雪斌, 孙立广, 刘晓东. 南极无冰区典型沉积环境石英砂表面结构特征及其在沉积环境识别中的应用 [J]. 极地研究, 2003, 15(1): 1-10 [Yin Xuebin, Sun Liguang, Liu Xiaodong. Characteristics of quartz grain surface textures in the Antarctic ice-free area [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2003, 15(1): 1-10]
- 宋春晖, 孟庆泉, 夏维民, 等. 青藏高原北缘古近纪石英砂表面特征及其古环境意义 [J]. 沉积学报, 2009, 27(1): 94-103 [Song Chunhui, Meng Qingquan, Xia Weimin, et al. The Eocene surface texture of quartz sand and paleoclimatic change in northern margin of Tibetan plateau [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(1): 94-103]
- 石磊, 张跃, 陈艺鑫, 等. 贡嘎山海螺沟冰川沉积的石英砂扫描电镜形态特征分析 [J]. 北京大学学报, 2010, 46(2): 53-59 [Shi Lei, Zhang Yue, Chen Yixin, et al. Quartz grain SEM microtextures analyses of subglacial deposits at Hailuoguo glacier [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2010, 46(2): 53-59]
- 崔晓庄, 江新胜, 伍皓, 等. 云南西北部丽江-剑川地区古近纪宝相寺组石英砂颗粒表面特征 [J]. 地质通报, 2011, 30(8): 1238-1244 [Cui Xiaozhuang, Jiang Xinsheng, Wu Hao, et al. Surface microscopic characteristics of quartz sand grains in the Paleogene Baoxiangsi formation of Lijiang-Jianchuan area, northwestern Yunnan [J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(8): 1238-1244]
- 李育, 王乃昂, 李卓仑, 等. 石羊河流域全新世孢粉记录及其对气候系统响应争论的启示 [J]. 科学通报, 2011, 56(2): 161-173 [Li Yu, Wang Nai'ang, Li Zhuolun, et al. Revelation of the debate for Holocene pollen assemblages response to climate system in Shiyang River Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2011, 56(2): 161-173]
- 李育, 王乃昂, 李卓仑. 河西猪野泽沉积物有机地化指标之间的关系及古环境意义 [J]. 冰川冻土, 2011, 33: 334-340 [Li Yu, Wang Nai'ang, Li Zhuolun, et al. The relationships among organic geochemical proxies and their palaeoenvironmental significances in the Zhuye Lake sediments [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33: 334-340]
- 李育, 王乃昂, 李卓仑. 甘肃石羊河流域猪野泽湖泊沉积物粒度敏感组分与花粉组合关系 [J]. 湖泊科学, 2011, 23(2): 295-302 [Li Yu, Wang Nai'ang, Li Zhuolun. Relationship between grain-size sensitive components and pollen assemblages in the lake sediments of Zhuye Lake, Shiyang River Basin, Gansu Province [J]. Journal of Lake Sciences, 2011, 23(2): 295-302]
- 隆浩, 王乃昂, 李育, 等. 猪野泽记录的季风边缘区全新世中期气候环境演化历史 [J]. 第四纪研究, 2007, 27(3): 371-381 [Long Hao, Wang Nai'ang, Li Yu, et al. Mid-Holocene climate variations from lake records of the east Asian monsoon margin: a multiproxy and geomorphological study [J]. Quaternary Sciences, 2007, 27(3): 371-381]
- 赵强, 王乃昂, 李秀梅. 末次冰消期以来古猪野泽湖相地层沉积学及湖面波动历史 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 161-169 [Zhao Qiang, Wang Nai'ang, Li Xiumei. Lacustrine strata sedimentology and lake-level history in ancient Zhuye lake since the last deglaciation [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(12): 161-169]
- 赵强, 王乃昂, 李秀梅. 青土湖地区 9500aBP 以来的环境变化研究 [J]. 冰川冻土, 2005, 27(3): 352-359 [Zhao Qiang, Wang Nai'ang, Li Xiumei. Environmental change around the Qingtu Lake since 9500 a BP [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005,

- 27(3): 352-359]
- 20 冯绳武. 民勤绿洲水系演变[J]. 地理学报, 1963, 29(3): 241-249 [Feng Shengwu. Evolution of water system in Minqin Oasis [J]. Journal of Geographical Sciences, 1963, 29(3): 241-249]
- 21 李靖, 张金柱, 王晓. 20世纪70年代淤地坝水毁灾害原因分析[J]. 中国水利, 2003(9): 55-57 [Li Jing, Zhang Jinzhu, Wangxia. Viewing silt retention dam constructions by looking at rainstorm in the middle reaches of the Yellow River in the 1970s [J]. China Water Resources, 2003, (9): 55-57]
- 22 方学敏, 万兆惠, 匡尚富. 黄河中游淤地坝拦沙机理及作用[J]. 水利学报, 1998, 29(10): 49-52 [Fang Xuemin, Wan Zhaohui, Kuang Shangfu. Mechanism and effect of silt-arrest dams for sediment reduction in the middle Yellow River basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1998, 29(10): 49-52]
- 23 史兴民, 徐素宁. 新疆玛纳斯河湖积平原中砂物质的特征与环境意义[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 157-159 [Shi Xingmin, Xu Suming. Environmental significance and characteristics of sands of Manas River Lacustrine Plain [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(6): 157-159]
- 24 李明慧, 康世昌, 郑绵平. 青藏高原中部扎布耶茶卡 142ka 以来石英砂表面特征及环境意义[J]. 冰川冻土, 2008, 30(1): 125-130 [Li Minghui, Kang Shichang, Zheng Mianping. Surface textures on quartz grains from the Zhabuye Saline Lake in the middle Tibet Plateau since 142 ka BP [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(1): 125-130]
- 25 Mahaney W C, Dirszowsky R W, Milner M W, et al. Quartz micro-textures and microstructures owing to deformation of glaciolacustrine sediments in the northern Venezuelan Andes [J]. Journal of Quaternary Science, 2004, 19(1): 23-33
- 26 王永焱, 滕志宏, 岳乐平. 黄土中石英颗粒表面结构与中国黄土的成因[J]. 地理学报, 1982, 37(1): 35-40 [Wang Yongyen, Teng Zhihong, Yue Leping. Surface texture of quartz grains under the scanning electron microscope and the genesis of loess in China [J]. Acta Geographica Sinica, 1982, 37(1): 35-40]
- 27 Strand K, Passchier S, Näsi J. Implications of quartz grain microtextures for onset Eocene/Oligocene glaciation in Prydz Bay, ODP Site 1166, Antarctica [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2003, 198: 101-111
- 28 Mahaney W C, Kalm V. Comparative scanning electron microscopy study of oriented till blocks, glacial grains and Devonian sands in Estonia and Latvia [J]. Boreas, 2000, 29(1): 35-51

Formation of Holocene Sand Layers by SEM Analyses in the Zhuye Lake Sediments

LI Yu ZHOU Xue-hua LI Zhuo-lun WANG Nai-ang
(College of Earth and Environmental Science, Center for Hydrologic Cycle and
Water Resources in Arid Region, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract: Sand layers are commonly embedded in lacustrine sediments from Zhuye Lake. Surface textures of quartz sands of samples from the QTH01 and QTH02 sections in Zhuye Lake were analyzed and compared with samples from paleo-shorelines and modern sand dunes in the study area. The results showed that samples from the QTH01 and QTH02 sections have characteristics of both typical aeolian and aqueous environments. The characteristics of aqueous environment covered on the features of aeolian environment on the samples of the Zhuye Lake sediments, while the distribution frequency of V-shaped impact pits was not common. The psephicity of samples from the QTH01 and QTH02 sections was similar to samples from modern dunes samples, and the surface textures were similar to paleo-shorelines samples. These results suggested that the sand layers of Zhuye Lake had experienced aeolian environment before aqueous environment. The formation of sand layers in Zhuye Lake was similar to sands from paleo-shorelines. During the period of sand layer formation, the dust activity was strong; the hydrodynamic conditions of Zhuye lake were stable; and rivers had few impacts to it.

Key words: Zhuye Lake; quartz grain; SEM; lake sediments