

西藏札达盆地沉积物的石英砂表面特征及其环境意义

韩建恩¹⁾, 余佳¹⁾, 孟庆伟¹⁾, 吕荣平¹⁾, 朱大岗¹⁾,
孟宪刚¹⁾, 邵兆刚¹⁾, 杨朝斌²⁾

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081

2) 西藏自治区国土资源厅, 西藏拉萨 850000

摘 要: 在扫描电镜下对札达盆地香孜组、古格组和托林组地层中的石英砂表面结构特征进行观察, 三个组中石英颗粒外形磨圆度均不好, 以棱角和次棱角状为主, 结合区域地质认为, 盆地的沉积物源距离盆地沉降区很近, 为盆地周围的山地。其中香孜组的上部和中部冰川砂粒表面特征明显, 认为是水体较浅冰缘区河湖相沉积环境; 香孜组下部为湖泊水体较深的冰缘区河湖相沉积环境。古格组石英砂颗粒表面具有溶蚀坑和沟, 属于低化学能的湖相沉积。托林组则表现出河流相沉积的特点。

关键词: 札达盆地; 石英砂; 表面结构; 沉积环境; 西藏

中图分类号: P534.6; P588.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-3021(2009)05-651-08

Quartz grain Surface Characteristics of Sediments from the Zanda Basin of Tibet and Their Environmental Significance

HAN Jian-en¹⁾, YU Jia¹⁾, LÜ Rong-ping¹⁾, MENG Qing-wei¹⁾,
ZHU Da-gang¹⁾, MENG Xian-gang¹⁾, SHAO Zhao-gang¹⁾, YANG Chao-bin²⁾

1) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;*

2) *Tibet Bureau of Land and Resources, Lhasa, Tibet 850000*

Abstract: The quartz grain surface structural characteristics of the strata in Xiangzi, Guge and Tuolin Formations of Zanda basin were studied under scanning electron microscope. The quartz grains of the three formations are poorly rounded, and the quartz grains are mainly in sharp-edged and subangular forms. Taking into account regional geology, the authors hold that the sedimentary provenance of the basin was very close to the basin subsidence area, being the mountainous area surrounding the basin. The sand surface of Upper and Middle Xiangzi Formation shows clear glacial characteristics, suggesting that the sedimentary environment was a shallow water periglacial river-lacustrine area. The existence of corrosion pits and trenches in the grains suggests that the sedimentary environment of Lower Xiangzi Formation was a deeper water periglacial river-lacustrine area. The quartz grain particle surface of Guge Formation assumes low chemical energy of lacustrine facies. The surface of quartz grain in Tuolin Formation shows characteristics of fluvial sedimentary facies.

Key words: Zanda Basin; quartz grain; surface texture; sedimentary environment; Tibet

本文由国家自然科学基金项目(40572134)和中国地质调查局项目(1212010511902)联合资助。

收稿日期: 2009-04-16; 改回日期: 2009-09-20。

第一作者简介: 韩建恩, 男, 1980年生。主要从事区域地质、沉积相与古环境研究。通讯地址: 100081, 北京市海淀区民族大学南路11号。电话: 010-68422370。E-mail: hanjianen@163.com。

札达盆地位于西藏西南隅,其内沉积了一套厚层的上新世-早更新世地层,该套地层以砂泥质为主,笔者近年来对这套地层进行了详细的研究,认为该地层主要为河湖相沉积地层,然而该地层沉积厚度大,各层内的精细沉积环境受宏观沉积特征所限,还未进行讨论。石英具有较大的硬度和较高的化学稳定性,因而其沉积物颗粒表面特征和形态可以反映沉积环境。扫描电镜是六十年代末在国际上兴起的一种新的技术(Krinsley D H, 1973),可以清楚的显示石英颗粒的表面特征(谢又予, 1985; 陈丽华等, 1986),为研究沉积环境提供了有效的方法。目前虽然认为石英的表面特征对研究沉积环境具有鉴定意义,但在不同的沉积环境可以形成同一结构特征,同时,同一表面特征也可以出现在不同的沉积环境中。因而,在利用石英表面特征来对沉积环境进行解释时,不能单靠某一种特征,必须将多种特征结合起来,同时要结合其它地质方法。

综合目前对石英颗粒的研究,其表面特征可以分为机械成因、化学成因和附生物特征三大类(高全洲等, 1997; 伍永秋等, 1998; 夏应菲等, 1998; 李珍等, 1999; 曲希玉等, 2002; 汪新胜等, 2003)。机械成因的特征是颗粒在搬运过程中受到机械作用而产生的痕迹。主要有贝壳状断口、V形撞击坑、碟形撞击坑、擦痕、平行解理台阶、平行解理面、上翻解理薄片等。化学成因的特征是石英颗粒受沉积环境化学作用而产生的特征。主要有溶蚀沟、晶体生长、鳞片状剥落等。附生物特征主要是生物、矿物和某些特定环境中的元素。

石英颗粒表面特征具有多样性和叠置性,即一颗石英颗粒表面具有多种成因的表面特征,有时各种表面形态叠加在一起,运用单一颗粒解释其地质意义会产生片面性。而数学统计方法是对许多石英表面特征进行统计分析,可在一定程度上消除解释的片面性,使其成为解释和识别沉积环境的一种重要技术方法(Madhavaraju J, 2004)。本文对札达盆地河湖相地层石英砂表面特征进行了统计分析,根据不同表面特征出现频率讨论石英颗粒的来源和其沉积环境。

1 地层系统与沉积环境

札达盆地处于喜马拉雅山与其北部支脉阿依拉日居之间,为一晚新生代山间断陷盆地(西藏自治区地质矿产局, 1993),盆地沉积了一套上新世-早更新世河湖相地层。朱大岗等人在盆地内河湖相沉积地层中发现了两个不整合面(朱大岗等, 2004),孟宪刚等人在札达盆地进行研究时,在新近系上新统地层

中采集到了犀类(额鼻角犀亚科)第三趾骨化石(孟宪刚等, 2004、2005),据此将札达盆地自下到顶细分为托林组、古格组和香孜组,认为托林组和古格组属于新近纪地层,香孜组属于更新世地层(朱大岗等, 2005)。

香孜组(Qp^{1-x}): 厚度 250.2 m,与下伏古格组呈角度不整合接触,主要由互层状产出的砾岩、泥质粉砂岩和含砾砂岩组成,具有明显的二元结构特征,属于冰缘区河湖相地层。

古格组(N_2^2g): 厚度 526.5 m,与下伏托林组呈平行不整合接触,主要由厚层的砾岩,互层状的灰色与灰黄色泥质粉砂岩组成,水平层理发育,多呈薄层状,属于湖泊发育期湖相沉积地层。

托林组(N_2^1t): 厚度大于 130 m,直接不整合覆盖于盆地基底之上。托林组由 3 个由粗到细的正沉积韵律层组成,分为 3 个岩段,岩性相似,底部均为砾岩、中部含砾中粗粒钙质长石岩屑砂岩,顶部为中细粒砂岩。各岩性段沉积韵律清晰,冲刷面明显,斜层理、交错层理发育,属于湖泊发育初期的冲积相沉积地层。

2 样品

样品为西藏阿里札达盆地上新世-早更新世河湖相沉积物,采样位置及区域地质如图(图 1)。在上新统托林组、古格组和早更新统香孜组地层中选择具有代表性的样品,对其中的石英颗粒表面形态及结构特征进行了比较研究和分析,挑选了 8 个样品,其中香孜组 3 个,古格组 3 个,托林组 2 个。

每个样品取 0.2kg,用蒸馏水浸泡,作如下处理:

①加少量 NaCl,充分分散样品;②加双氧水氧化有机质;③过 0.25 mm 筛,选取直径为 0.25 mm 的矿物颗粒;④将矿物颗粒置于稀盐酸中煮沸约 10 min;⑤双目镜下挑选纯石英 10 颗左右;⑥将石英颗粒成行粘于透明纸上,置于标准真空镀膜机中,镀上一层金粉;⑦将镀金的石英矿物颗粒置于扫描电子显微镜下,进行观察和结构特征的统计,并进行照相,计算出具有某种表面特征结构的颗粒的百分数,将所获得的各种表面结构表现的丰度进行比较。所有样品在中国地质科学院地质研究所扫描电镜实验室进行处理。

3 石英颗粒表面特征的统计分析

为了便于研究和比较,把前人对各种成因的沉积物的石英颗粒表面特征(表 1)与札达地区的沉积物石英颗粒表面特征加以比较,以便提出其成因类型的可能性。就石英颗粒的形态特征、表面的机械

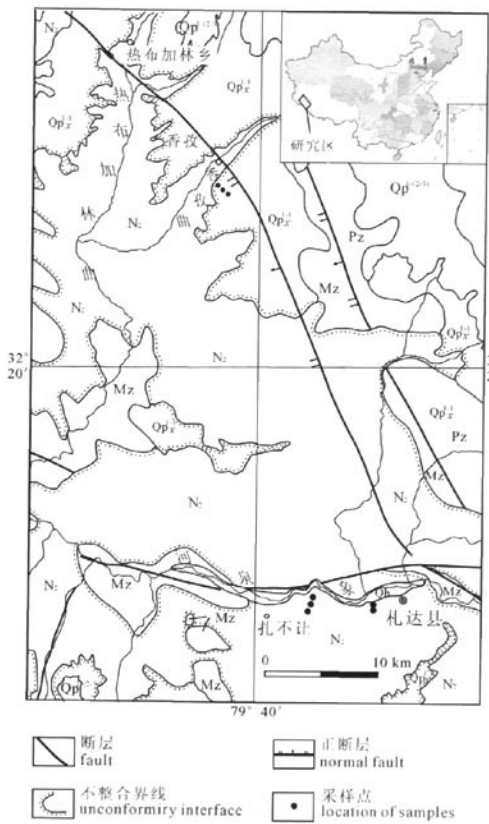


图1 札达盆地石英砂取样位置及区域地质图

Fig. 1 Geological map and sampling locations of quartz grains in Zanda basin

Qp^{1-1.1}-下更新统香孜组; Qp^{1-2.5}-更新统冰水冰碛堆积; Qp²⁻³-中-上新统冰碛冰水堆积; N₂-上新统; Mz-中生界; Pz-古生界; Σ-超基性岩
Qp¹⁻¹- Lower Pleistocene Xiangzi Formation; Qp^{1-2.5}- Pleistocene glacioaqueous pile; Qp²⁻³- Middle-Upper Pleistocene glacioaqueous pile; N₂-Pliocenes; Mz-Mesozoic; Pz-Paleozoic; Σ-ultrabasic rock;
1-fault; 2-normal fault; 3-reversed fault; 4-unconformity; 5- sampling location of quartz grain

物理特征及化学溶蚀和沉淀的表面特征做一分析。

如前所述, 石英颗粒表面特征对其沉积环境具有鉴定意义, 但不能只强调某一孤立的标志, 应该采用数量分析的方法, 本文采用特征颗粒百分比的方法进行定量分析。在扫描电镜下对 8 个样品的 73 粒石英砂粒进行观察, 其主要表面特征有下列 15 种类型: 棱角状颗粒, 平行擦痕与刻痕, 压坑及碾磨痕迹, 粘附小碎片, 大贝壳状断口, 小贝壳状断口, 半平行或弧形阶梯状裂面, 次棱角状颗粒, 磨光面, V 形撞击坑, 次圆状颗粒, 麻面, 鳞片状剥落, 溶蚀坑和沟, 硅质鳞片。借助 27 项指标把镜下观察到的特征出现频率统计分析如下(表 2)。

3.1 香孜组上部石英颗粒特征

①50%颗粒以棱角状主, 次棱角和次圆状均为 25%, 这表明沉积物经过了较短时间或较短距离的搬运作用。②颗粒表面特征明显, 37.5%的颗粒具有贝壳状断口, 断面新鲜如初, 还可见平行解理面组成阶梯状裂面, 是一种强烈的机械碰撞、压碎作用形成的。③此外还有 12.5%的颗粒具有磨光面, 磨光面表明有少数颗粒由水下作用形成(图 2)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明, 沉积物源离盆地不远, 主要以机械作用为主, 水下作用不明显。

3.2 香孜组中部石英颗粒特征

①颗粒以次棱角、棱角状为主, 次棱角状颗粒占 40%, 棱角状颗粒占 30%, 其余为次圆状和圆状颗粒, 这表明沉积物经过了较短时间或较短距离的搬运、磨蚀作用。②颗粒表面特征明显, 30%的颗粒具有小贝壳状断口, 20%的颗粒具有大贝壳状断口, 还可见平行解理面组成阶梯状裂面, 为强烈的机械碰撞、压碎作用形成。③水下作用明显, 有 30%的

表1 不同沉积环境的石英砂颗粒表面结构特征

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

沉积环境	石英砂表面结构特征
风成环境	①颗粒磨圆度较好, 表面无光泽, 呈浑圆状; ②颗粒表面有上翻解理薄片; ③有新月形撞击坑, 碟形撞击坑; ④表面有 SiO ₂ 沉淀和硅质鳞片及薄膜
残、坡积环境	①颗粒新鲜, 常有贝壳状断口; ②外形多呈尖角状, 很少磨损; ③小颗粒有翘翘薄片; ④如经长期风化, 有 SiO ₂ 溶蚀与沉淀
冰川环境	①颗粒表面起伏较大, 呈棱角状, 轻度磨圆; ②贝壳状断口发育, 尤其是较大颗粒; ③常有平整的解理面、平行解理薄片和上翻解理片; ④表面常有平行擦痕; ⑤有平行和弧状解理台阶; ⑥常有挤压的压坑、撞击坑; ⑦因挤压表面贴附有 SiO ₂ 沉淀
冰水环境	①颗粒保持冰川环境的基本特征外, 其表面又叠加上水的磨蚀和溶解作用; ②颗粒磨圆度增高, 有水下磨光面; ③在表面常可见到有叠加的“V”形撞击坑出现; ④溶蚀作用强烈, 贝壳状断口, 平行解理面常遭磨蚀
冲积环境	①颗粒均有磨圆, 随搬运距离越远磨圆度越高; ②表面“V”形撞击坑发育; ③有“V”形撞击沟痕, 小贝壳状断口; ④表面见有撞击痕迹、化学沉淀和溶蚀痕迹
洪积环境	①颗粒磨圆较差, 机械强烈撞击有不规则外形; ②有贝壳状断口、阶梯状锯齿状解理背线, 沿边界线有磨蚀; ③颗粒表面有撞击“V”形坑, 撞击小坑所组成的擦痕; ④表面有解理面剥落现象和 SiO ₂ 的沉淀物
泥石流环境	①颗粒呈棱角状, 没有挤压的深坑; ②表面见有贝壳状断口, 并十分密集分布, 远比冰川石英颗粒发育; ③表面见擦痕线, 并有撞击坑、痕伴生; ④具有光滑的刮削面和并行弧状的刮痕
湖泊环境	①颗粒表面常见有两环境特征的叠加现象; ②常见的现象是磨光面、磨光的棱角与贝壳断口同时存在; ③表面很少有撞击的坑和痕迹

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 texture /%

表面结构			香孜组			古格组			托林组	
成因	编号	形貌特征	上部 P ₄ Z ₁	中部 P ₅ Z ₁₀	下部 P ₂ Z ₁	上部 P ₂ Z ₂	中部 P ₂ F ₂₂	下部 P ₁ Bf ₂₈	上部 P ₁ C ₁₉	下部 P ₁ Z ₁
化学作用	27	石英晶体增长	0	0	0	11.1	10	0	0	0
	26	硅质薄膜	0	0	16.6	22.2	20	12.5	8.3	0
	25	硅质鳞片	0	0	16.6	33.3	40	12.5	0	0
	24	硅质球	0	0	16.6	22.2	10	25	16.7	0
	23	溶蚀坑和沟	12.5	30	66.6	44.4	50	50	50	30
	22	鳞片状剥落	12.5	20	16.6	11.1	20	25	8.3	0
	21	碟形撞击坑	0	20	0	11.1	0	0	0	10
	20	麻面	0	10	16.6	22.2	10	50	41.7	10
	19	圆球状颗粒	0	10	0	11.1	0	0	0	0
	18	次圆状颗粒	25	20	16.6	11.1	10	25	16.7	0
机械作用	17	高的突起	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	中等突起	12.5	0	0	0	0	0	0	0
	15	V形撞击坑	12.5	30	50	11.1	20	0	16.7	0
	14	磨光面	12.5	30	16.6	11.1	10	0	16.7	20
	13	次棱角状颗粒	25	40	33.3	22.2	70	62.5	25	40
	12	平整解理面	0	10	33.3	11.1	0	0	8.3	0
	11	半平行或弧形阶梯状裂面	37.5	30	16.6	11.1	0	0	0	0
	10	小贝壳状断口	37.5	30	33.3	22.2	30	0	16.7	20
	9	大贝壳状断口	37.5	20	0	11.1	0	0	16.7	40
	8	低的突起	12.5	0	0	0	0	0	0	0
用	7	平整剪切断口	0	10	0	0	10	12.5	0	20
	6	裂纹扩大的破裂面	12.5	0	0	11.1	0	12.5	0	20
	5	粘附小碎片	50	10	50	33.3	10	0	25	20
	4	翻翘薄片	25	0	16.6	0	0	0	0	0
	3	压坑及碾磨痕迹	12.5	30	0	0	10	12.5	8.3	20
	2	平行擦痕与刻痕	12.5	20	16.6	44.4	10	12.5	8.3	20
	1	棱角状颗粒	50	30	50	55.5	20	12.5	66.7	60

颗粒具有磨光面和 V 形撞击坑, 30%的颗粒具有溶蚀坑和沟, 其余水下化学作用不显(图 2)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明, 沉积物源离盆地不远, 以机械作用破碎岩石, 后经短暂的水下作用。

3.3 香孜组下部石英颗粒特征

①颗粒以棱角、次棱角状为主, 棱角状颗粒占 50%, 次棱角状颗粒约占 33%, 其余为次圆状颗粒。②颗粒表面特征明显, 33%的颗粒具有小贝壳状断口, 17%的颗粒具有平行解理面组成的阶梯状裂面。③水下作用明显, 50%的颗粒具有 V 形撞击坑, 17%的颗粒具有磨光面。④水下化学作用明显增加, 67%的颗粒具有溶蚀坑和沟, 17%的颗粒具硅质薄膜、硅质鳞片和硅质球(图 2)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明, 沉积物源离盆地不远, 经机械作用破碎之后, 经流水搬运

至湖泊, 在湖盆中受水化学作用改造。

3.4 古格组上部石英颗粒特征

①颗粒以棱角为主, 棱角状颗粒占 56%, 次棱角状颗粒约占 22%, 其余为次圆状、圆状颗粒。②颗粒表面可见贝壳状断口、麻面、裂纹扩大的破裂面等, 但出现频率均不高。③水下化学作用明显, 44%的颗粒具有溶蚀坑和沟, 33%的颗粒具有硅质鳞片, 22%颗粒具硅质薄膜和硅质球, 个别颗粒上还可见石英晶体增长特点(图 3)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明, 沉积物经流水搬运至湖泊, 经受弱的水动力作用, 但水化学作用强烈。

3.5 古格组中部石英颗粒特征

①颗粒以次棱角为主, 次棱角状颗粒占 70%, 棱角状颗粒约占 10%, 其余为次圆状颗粒。②颗粒表面可见小贝壳状断口、V 形撞击坑、麻面、裂纹

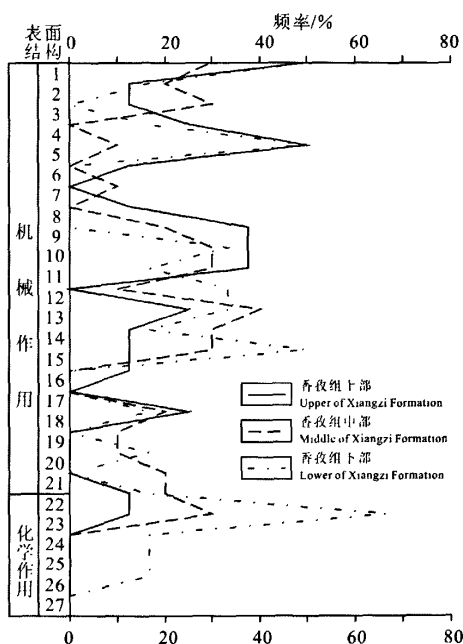


图2 札达盆地香孜组石英颗粒表面结构特征出现频率
Fig. 2 Frequency diagram showing various surface textures of quartz grains in Xiangzi Formation, Zanda basin

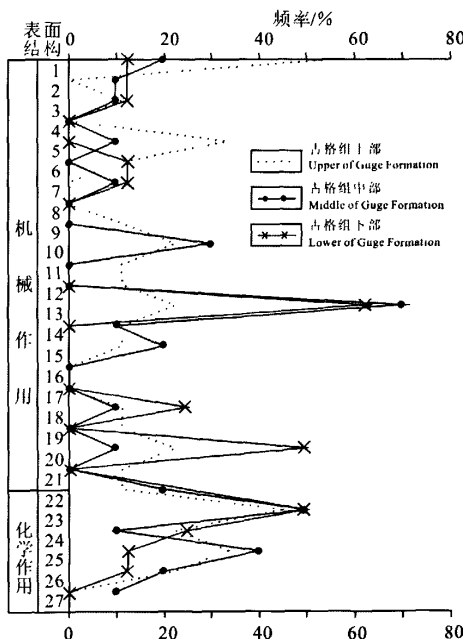


图3 札达盆地古格组石英颗粒表面结构特征出现频率
Fig. 3 Frequency diagram showing various surface textures of quartz grains in Guge Formation, Zanda basin

扩大的破裂面等,但出现频率均不高。③水下化学作用明显,50%的颗粒具有溶蚀坑和沟,40%的颗粒具有硅质鳞片,20%颗粒具硅质薄膜和硅质球,个别

颗粒上还可见石英晶体增长特点(图3)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明,沉积物经流水搬运至湖泊,水化学作用又较古格组上部强烈。

3.6 古格组下部石英颗粒特征

①颗粒以次棱角为主,次棱角状颗粒占63%,次圆状颗粒约占25%,棱角状颗粒约占12%。②贝壳状断口、V形撞击坑、麻面、裂纹扩大的破裂面等,均未出现。③水下化学作用明显,50%的颗粒具有溶蚀坑和沟,25%的颗粒具有鳞片状剥落,25%的颗粒具有硅质球,13%的颗粒具有硅质鳞片和硅质薄膜(图3)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明,沉积物经较短时间进入深水环境,仅出现水化学作用。

3.7 托林组上部石英颗粒特征

①颗粒以棱角和次棱角为主,棱角状颗粒占67%,次棱角状颗粒约占25%,其余为次圆状颗粒。②可见贝壳状断口、V形撞击坑、裂纹扩大的破裂面等,出现频率均不高,具有流水特征的麻面频率达到42%。③水下化学作用明显,50%的颗粒具有溶蚀坑和沟,17%的颗粒具有硅质球,8%的颗粒具有硅质薄膜(图4)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明,沉积物经较短时间进入湖泊,仅出现水化学作用。

3.8 托林组下部石英颗粒特征

①颗粒以棱角和次棱角为主,棱角状颗粒占60%,次棱角状颗粒占40%。②颗粒表面特征明显,40%的颗粒具有大贝壳状断口,20%的颗粒具有小贝壳状断口,还可见平行解理面组成阶梯状裂面、平整剪切断口、平行擦痕与刻痕等,机械碰撞、压碎作用形成的特征。③水下化学作用只见溶蚀坑和沟,还可见流水作用形成的麻面和碟形撞击坑(图4)。

以上石英砂表面特征的分析结果表明,沉积物经机械作用强烈。

4 讨论与结论

在札达盆地的河湖相地层剖面内,几乎每条剖面中的石英颗粒圆化程度都很高,多呈近似球形,棱角极不明显(图版I-1、5)。在一些颗粒上,仍残留着擦痕、溶蚀、淀积痕迹,属于残留的初始痕迹;初始痕迹之上,又叠加了刻槽、V形坑、蛇形脊、鳞状坑等河流搬运的痕迹(图版I-2)。在河流搬运痕迹之上又附加了毛玻璃状、麻坑状等风蚀痕迹(图版I-6)。由此证明,札达河湖相沉积区的砂粒经历过复杂的沉积历史。在原始基岩中时,首先受到剥蚀和风化作用,获得擦痕、贝壳状断口、溶蚀和沉积

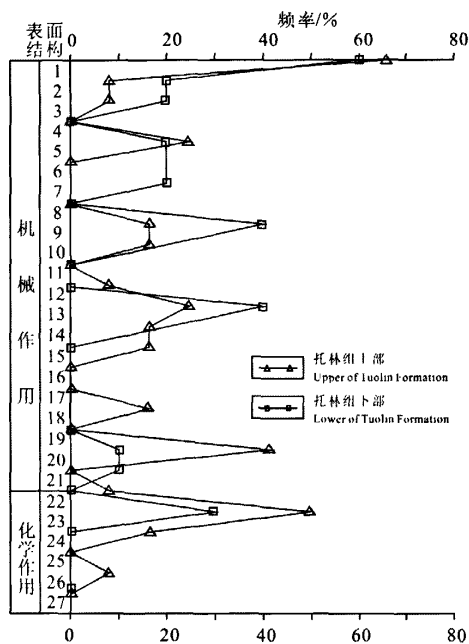


图4 札达盆地香托林组石英颗粒表面结构特征出现频率
Fig. 4 Frequency diagram showing various surface textures of quartz grains in Tuolin Formation, Zanda basin

痕迹。接着风化层由流水冲刷使它进入河道,成为河流的成分而进入湖泊。部分石英粒经过风的作用,以风沙的形式进入湖泊,因而这些砂粒表面形态以风沙磨蚀撞击痕迹最为突出(图版 I -6)。

从痕迹顺序上,既有风化-水流-风蚀顺序,又有冰水-风化顺序。从区域地质来看,沉积物是近源的,或者说沉积物来自盆地两侧山地,移动距离不是很远。而石英颗粒的表面特征,进一步证明沉积物是近源的的看法是正确的。

在象泉河南岸河湖相地层剖面中的细砂岩层,有些是次圆-圆状的,具贝壳状断口(图版 I -3);有些在碟形坑上叠加了麻坑状风蚀痕迹,代表来自上游沙丘砂的物质,以及阶地砂层堆积过程中仍存在过风沙作用,在更新世晚期呈减弱趋势。

多儿东沟剖面内的河湖相砂岩中的砂粒,除洪积砂、冲积砂外(图版 I -7),风蚀痕迹也十分清楚(图版 I -4、图版 I -6)。反映砂层堆积前或堆积过程中风沙作用是很强的。

香孜南冲沟剖面沉积始于132万年以前(朱大岗等,2008),其河湖相地层中的石英颗粒,棱线清晰,棱角明显,贝壳状断口与棱脊、裂纹等清晰,以冰水搬运为主(图版 I -8、9),但有较强的风蚀作用。从剖面表层的风化溶蚀痕迹,直到剖面底部层位都有显示。

研究者普遍认为根据石英的表面特征可以恢复沉积环境,并运用于各种沉积环境的判定中(陈丽华等,1986;高全洲等,1997;伍永秋等,1998;夏应菲等,1998;李珍等,1999;曲希玉等,2002;汪新胜等,2003)。冰川石英砂粒表面特征主要是:①贝壳状断口和不规则断块,②平整的解理面和翻翘薄片,③平行解理面组成的“阶梯”,④解理面上有粘附物的平整扁平石英粒。冲积石英砂的表面特征主要是:①砂粒边沿与棱角的磨圆度较高,②有水下V形坑、凹坑、假擦痕和沟槽,③水下机械成因的磨蚀光面。湖相沉积石英砂的表面特征是多种环境特征的叠加,既有进入湖泊前水流等的作用,又有进入湖泊后经湖水的磨蚀。

从札达盆地地层石英砂表面结构特征可以看出,三个组中颗粒外形磨圆度均不好,以棱角和次棱角状为主,结合区域地质可以得出,盆地的沉积物源距离盆地沉降区很近,为盆地周围的山地,石英砂粒来不及磨蚀就进入湖泊水体。①香孜组的上部和中部冰川砂粒表面特征明显,认为是水体较浅冰缘区河湖相沉积环境;香孜组下部为湖泊水体较深的冰缘区河湖相沉积环境。②古格组石英砂颗粒表面具有溶蚀坑和沟,属于低化学能的湖相沉积。③托林组则表现出河流相沉积特点。

石英的表面特征对研究沉积环境虽具有鉴定意义,但在不同的沉积环境可以形成同一结构特征,同时,同一表面特征也可以出现在不同的沉积环境中。因而,在利用石英表面特征来对沉积环境进行解释时,不能单靠某一种特征,必须将多种特征结合起来,同时要结合其它地质方法。

致谢: 在野外工作期间得到了西藏自治区国土资源厅王保生厅长,河南省地勘局区域地质调查院王建平院长和河南省地勘局区域地质调查队刘彦明队长、白朝军高级工程师、王丰收工程师、贾共祥工程师等的热情帮助和全力支持。成文中,自始至终得到了王建平、孙立儒、韩同林、马天林、钱方研究员的指导和帮助,谨致谢忱。

参考文献:

- 陈丽华, 廖昕, 于众. 1986. 扫描电镜在地质上的应用[M]. 北京: 科学出版社
- 高全洲, 崔之久. 1997. 青藏高原古岩溶风化壳红土中石英颗粒表面结构特征及环境意义[J]. 中山大学学报论丛, 5:64-67.
- 李珍, 张家武, 马海洲. 1999. 西宁黄土石英颗粒表面结构与黄土物质来源探讨[J]. 沉积学报, 17(2):221-225.
- 孟宪刚, 朱大岗, 赵希涛. 2004. 西藏阿里札达盆地上新统厚层类化石的发现及意义. 地质通报, 23(5-6):609-612.

- 孟宪刚, 朱大岗, 邵兆刚. 2005. 西藏西部札达盆地早更新世香孜组沉积特征和时代——对青藏高原第四系底界的约束[J]. 地质通报, 24(6):536-541.
- 伍永秋, 崔之久, 葛道凯. 1998. 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, 6(2):117-124.
- 汪新胜, 徐金沙, 潘忠习. 2003. 鄂尔多斯盆地白垩纪沙漠石英砂颗粒表面特征[J]. 沉积学报, 21(3):416-422.
- 曲希玉, 刘立, 高福红. 2002. 图们江口附近沙丘的成因[J]. 海洋地质动态, 18(6): 6-10.
- 西藏自治区地质矿产局. 1993. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社.
- 夏应菲, 杨浩. 1998. 安徽宣城第四纪红土剖面石英颗粒扫描电镜研究[J]. 南京师大学报(自然科学版), 21(1): 120-124.
- 谢义予. 1985. 中国石英砂表面结构特征图谱[M]. 北京:海洋出版社
- 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚. 2004. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相沉积中两个不整合面的发现及意义. 地质通报, 23(5-6): 605-608.
- 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚. 2005. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相地层的重新厘定与划分[J]. 地质通报, 24(12): 1111-1120.
- 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚. 2008. 西藏札达盆地上新统一早更新统河湖相地层多重地层划分与对比. 地球学报, 29(2): 137-144.
- References:**
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. 1993. Regional geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- CHEN Li-hua, MIAO Xin, YU Zhong. 1986. Application of Scanning Electron Microscope on Geology[M]. Beijing: Science Press(in Chinese).
- KRINSLEY D H, DOORCAMP J. 1973. Atlas of Quartz Sand Surface Textures [M]. New York: Cambridge Press
- GAO Quan-zhou, CUI Zhi-jiu. 1997. The Quartz Grain Surface Textures Characteristics and Environmental Significance of the Laterites in Tibetan Paleokarst Area[J]. Journal of Sunyatsen University, 5(Suppl.): 64-67(in Chinese with English abstract).
- LI zhen, ZHANG Jia-wu, MA Hai-zhou. 1999. Discussion on the Texture Features of Quartz Grains and Their Origin in the Xining Loess[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 17(2): 221-225(in Chinese with English abstract).
- MADHAVARAJU J, RAMASAMY S, MOHAN S P. 2004. Petrography and surface textures on quartz grains of Nimar Sandstone ,Bagh Beds , Madhya Pradesh-Implications for provenance and depositional environment [J] . Journal of the Geological Society of India , 64(6): 747 - 762.
- MENG Xian-gang, ZHU Da-gang, SHAO Zhao-gang. 2004. Discovery of rhinoceros fossils in the Pliocene in the Zanda basin, Ngari, Tibet[J]. Geological Bulletin of China, 23(5-6): 609-612(in Chinese with English abstract).
- MENG Xian-gang, ZHU Da-gang, SHAO Zhao-gang. 2005. Sedimentary characteristics and age of the early Pleistocene Qangzê Formation in the Zanda basin, western Tibet, China: Constraints on the lower boundary of the Quaternary of the Tibet-Qinghai Plateau[J]. Geological Bulletin of China, 24(6): 536-541(in Chinese with English abstract).
- WANG Xin-sheng, XU Jin-sha, PAN Zhong-xi. 2003. Microscopic Features on Quartz Sand Grain Surface in the Cretaceous Desert of Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 21(3): 416-422(in Chinese with English abstract).
- WU Yong-qiu, CUI Zhi-jiu, GE Dao-kai. 1998. 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, 6(2): 117-124(in Chinese with English abstract).
- QU Xi-yu, LIU li, GAO Fu-hong. 2002. Origin of Sand Dune in the Vicinity of the Tumen River[J]. Marine Geology letters, 18(6): 6-10(in Chinese with English abstract).
- XIE You-yu. 1984. Atlas of Quartz Sand Surface Textural Features of China Micrographs[M]. Beijing: China Ocean Press, 3-148(in Chinese with English abstract).
- XIA Ying-fei, Yang Hao. 1998. SEM Scanning of Quartz of the Quaternary Red Earth in Xuancheng, Anhui[J]. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science), 21(1): 120-124(in Chinese with English abstract).
- ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang. 2004. Discovery of two unconformities in Pliocene-early Pleistocene fluvio-lacustrine deposits in the Zanda basin, Ngari, Tibet[J]. Geological Bulletin of China, 23(5-6): 605-608(in Chinese with English abstract).
- ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang. 2005. Redefinition and redivision of the Pliocene-early Pleistocene lacustrine strata in Zanda basin, Ngari, Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 24(12): 1111-1120(in Chinese with English abstract).
- ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang. 2008. Division and Correlation of Pliocene and Early Pleistocene Fluvio-lacustrine Strata in the Zhada Basin, Tibet, China[J]. Acta Geoscientica Sinica, 29(2): 137-144(in Chinese with English abstract).

图版说明

1-香孜组上部(P4Z1); 2-香孜组中部(P5Z10); 3-香孜组下部(P2Z1); 4-古格组上部(P2Z2); 5-古格组中部(P2F22); 6-古格组下部(P1Bf28); 7-托林组上部(P1C19-3); 8-托林组上部(P1C19-3); 9-托林组下部(P1Z1)

1-Sub-rounded outline in Upper of Xiangzi Formation(P4Z1); 2-V shape impact pits in Middle of Xiangzi Formation(P5Z10); 3-Conchoidal fractures in Lower of Xiangzi Formation(P2Z1); 4-Conchoidal fractures in Upper of Guge Formation(P2Z2); 5-Rounded outline in Middle of Guge Formation(P2F22); 6-Chemical solution pits in Lower of Guge Formation(P1Bf28); 7-surface Solution pits in Upper of Tuolin Formation(P1C19-3); 8-Anglar grain in Upper of Tuolin Formation(P1C19-3); 9-Anglar grain in Lower of Tuolin Formation(P1Z1)

图版 I Plate I

