

滇西思茅盆地景谷地区曼岗组石英颗粒 表面特征及其指示意义

龚政¹⁾, 吴驰华²⁾, 伊海生^{3,4)}, 张华²⁾, 沈立建²⁾

- 1) 成都理工大学地球科学学院, 成都, 610059; 2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037;
3) 成都理工大学沉积地质研究院, 成都, 610059;
4) 成都理工大学油气藏地质及开发工程重点实验室, 成都, 610059;

内容提要: 石英具有硬度大和化学稳定性高的特点, 其颗粒表面特征能很好的反映沉积环境, 通过扫描电镜观察石英表面微细特征是判别沉积环境行之有效的方法。思茅盆地白垩系曾一度被认为是陆相水成沉积, 笔者通过野外识别及室内基础研究发现, 景谷地区下白垩统曼岗组具有风成沉积特征, 需对该套地层开展石英颗粒表面特征的系统研究来进一步确定其沉积相, 研究表明: 研究区曼岗组石英颗粒表面具有明显的风成特征, 磨圆度高, 普遍发育典型的蝶形撞击坑、新月形撞击坑、毛玻璃化表面, 存在沙漠漆, 极易与水成特征相区别; 而其较强的溶蚀作用与沉淀作用则显示了当时干旱炎热的气候条件。在风成沉积确定的基础上, 笔者再结合典型沉积构造, 粒度分析、岩性特征等沉积特征进行综合分析, 认为研究区曼岗组应属沙漠沉积。

关键词: 思茅盆地; 扫描电镜; 曼岗组; 沙漠沉积; 石英颗粒表面特征

钾盐是卤水演化最后阶段的产物, 故它的形成需要持续干旱的气候条件。白垩纪作为钾盐的主要成矿时代之一(王春连, 2013), 其间发生了众多重大地质事件, 如大规模火山活动(Larson, 1991; Jones et al., 2001)、大洋缺氧事件(Schlanger et al. 1976; Jenkyns, 1980; Bralower et al., 1994)、大洋红层与富氧作用(Hu et al., 2005; Wang et al., 2005)、生物群重大辐射和更替(Leckie, 2002)、超静磁带出现(Helsley et al. 1968; Cronin et al., 2001; 史瑞萍等, 2002), 白垩纪末生物集群绝灭事件等(Walliser, 1996), 这些事件直接或间接地控制和影响白垩纪温室气候(王成善, 2006)。重建白垩纪温室期(特别是白垩世中期森诺曼阶—土仑阶)古气候并研究其变化轨迹, 可以为认识当今全球气候变暖问题提供启发与借鉴。沙漠沉积中蕴含着丰富的古气候信息(Bigarella, 1972), 已有学者通过分析类比中国白垩纪广布的沙漠来重建古气候(江新胜, 2000b; 江新胜等, 2005)。同时, 盆山型沙漠沉积体系在横向上依次发育冲积扇、旱谷、沙丘、

干盐湖或萨布哈(弗里德曼等, 1987), 其中的萨布哈沉积常伴生着蒸发盐矿, 如以萨布哈成盐模式形成的达布逊盐湖(袁见齐等, 1982)、波斯湾特鲁希尔海岸的石膏矿(邓尔新, 1981)等。

思茅盆地白垩系普遍被认为主要是一套陆相水成的碎屑岩地层(裴力田等, 1981; 郭福祥等, 1985; 陈跃昆等, 2004; 杨尖絮等, 2014), 仅个别学者提及该盆地在扒沙河组存在一期时间较短的风成沙漠沉积(夏文杰, 1981)。笔者通过野外识别以及室内基础研究工作发现曼岗组也具有典型的风成沉积的特征, 为了进一步证明风成沉积甚至沙漠沉积的成因解说, 需对该套地层开展石英颗粒表面特征研究。石英具有硬度大和化学稳定性高的特点, 其颗粒表面特征能很好的反映沉积环境, 自从扫描电镜出现成为研究工具以来, 就开始利用它来观察石英颗粒表面特征以区分各类沉积环境, 并取得了很好的效果(Krinsley et al., 1968, 1973; 谢又予等, 1984; Frihy et al., 1987; 陈方等, 1999; 江新胜等, 2003; 宋春晖等, 2009)。本文旨在通过系统研究景谷大海

注: 本文为国家重点基础研究发展计划“973”项目(中国陆块海相成钾规律及预测研究, 2011CB403007)资助的成果。

收稿日期: 2015-07-06; 改回日期: 2015-08-12; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 龚政, 男, 1991 年生, 硕士研究生在读, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 主要从事沉积学研究, Email: gzdedj@163.com。通讯作者: 吴驰华, 男, 1984 年生, 博士后, 主要从事沉积盆地分析及热泉沉积研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号, Email: wuchi-hua@foxmail.com。

子等地区曼岗组石英颗粒表面特征,并结合典型沉积构造特征、粒度分析等,确定曼岗组沉积期沙漠沉积的存在。

1 区域地质概况与沉积特征

1.1 区域地质概况

思茅盆地隶属云南兰坪-思茅盆地的南段,地处欧亚板块、印度板块和特提斯三大构造域的交汇部位,属于特提斯-三江构造带,盆地东邻金沙江-哀牢山深大断裂带,西接澜沧江深大断裂,北部与兰坪盆地相连,向南撤出国境入老挝、泰国,与万象、呵叻盆地相接,主体为一中—新生代地堑式拗陷盆地(郑智杰,2012)。盆地内沉积建造主要由三叠系、侏罗系和白垩系组成。白垩系在盆地内分布广泛,厚度巨大且接触关系清楚,按照 Wang(2015)的划分方案,白垩系从老到新依次为景星组、曼岗组、扒沙河组及勐野井组。景谷县位于盆地西北部的景谷凹陷,该地区的白垩系仅存有景星组和曼岗组,缺失扒沙河组与勐野井组。

景星组:下伏地层为上侏罗统坝注路组,并呈整合接触。该组岩性,岩相比较稳定。下段以浅灰色石英砂岩为主夹紫红色—灰绿色粉砂岩、泥岩;上段紫红色夹灰绿色泥质岩,局部含砂岩,从下到上砂岩逐渐减少,泥质含量逐渐增加。

曼岗组:与景星组整合接触。岩性主要为大套的紫红色石英砂岩夹紫红色或灰紫色泥岩、粉砂岩,由下到上也有粒度变细的趋势,在其底部还出露了厚约 5 m 的灰白色砾岩。

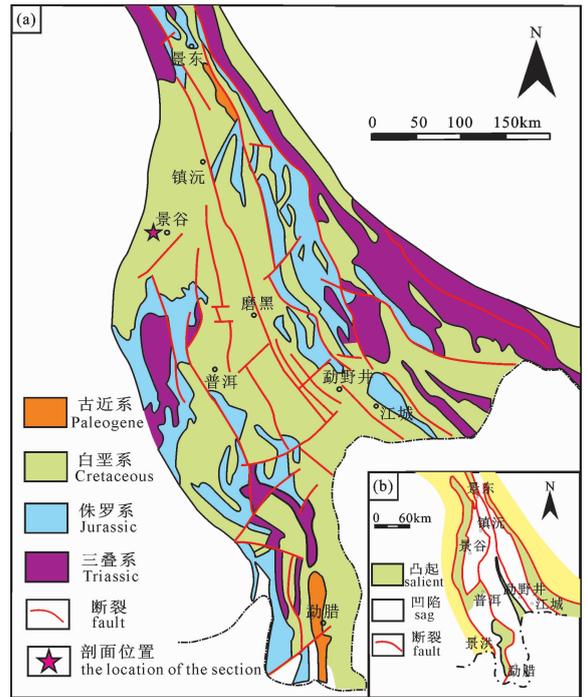


图 1 思茅盆地区域地质简图

Fig. 1 Regional geological map of the Simao Basin

1.2 研究区曼岗组沉积特征

景谷县大海子一带曼岗组露头良好、地层产状清楚、且交通便利,因此笔者选择在此处实测了一条剖面,并采取了相应的样品进行室内研究(图 1)。

大海子剖面曼岗组厚 1180 m,露头处曼岗组可见大型—特大型高角度板状交错层理,层系稳定,厚度一般为 0.8~1.7 m,最大可见 3.6 m,前积细纹层平均厚约 1.0~2.3cm,交错层理的细层与层系顶

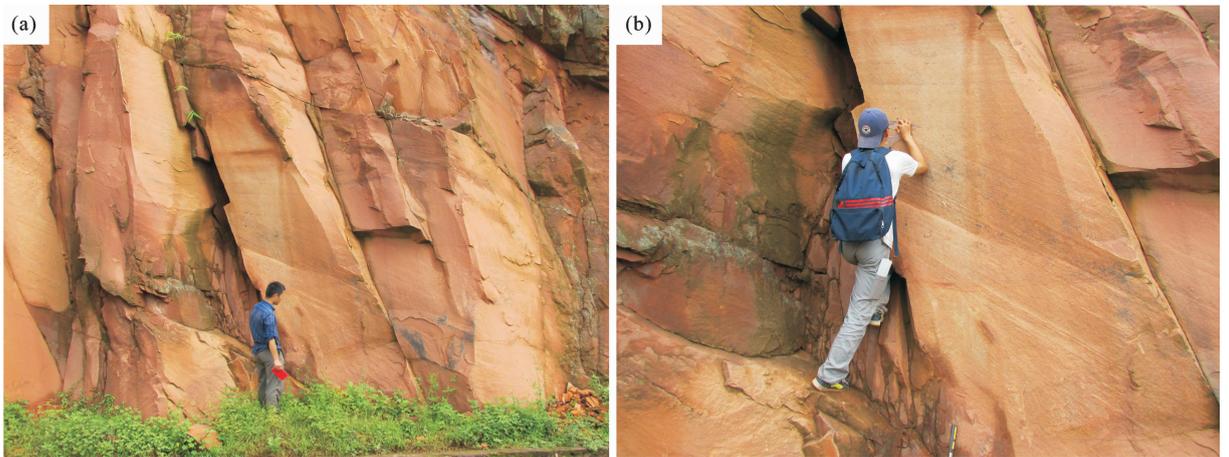


图 2 景谷大海子地区曼岗组沉积构造

Fig. 2 Sedimentary structure of the Mangang Formation in Dahaizi area, Jinggu

(a)—大型高角度板状交错层理,层系厚度约 1.6m,交角角度约 34°; (b)—图(a)的局部放大,大型高角度板状交错层理

(a)—Large-scale tabular cross-bedding, the set thickness is about 1.6m, the obliquity is about 34°;

(b)—enlarged large-scale tabular cross bedding of picture (a)

部之间交角集中于 $28^{\circ}\sim 38^{\circ}$ (图 2a, b)。单偏光显微镜下观察到石英含量高,颗粒以中—细粒为主,分选和磨圆度好,缺乏泥质、云母等悬移质,石英周围多见规则的红色—暗红色环边。据袁桃等(2015)的粒度分析中的概率累计曲线显示,滚动次总体和悬浮次总体斜率低,含量极少,甚至在有些样品中不出现,中部的跳跃次总体斜率约为 70° ,含量最高可达 99%;在频率曲线中,除大多数样品为单峰态曲线外,有少量样品中还出现了特征的双峰态曲线。这些特征均与前人总结的风成砂特征相吻合(夏文杰, 1981; 李玉文, 1988; 江新胜等, 2005; Swezey, 1998)。

2 研究方法

根据普通薄片观察及粒度分析的结果,笔者在大海子剖面中挑选了 3 件疑似风成成因的砂岩样,分别进行处理。研究表明,进行表面特征分析的石英颗粒以 0.25 mm 级最为适宜(王颖, 1985)。通过 0.25 mm 的筛子,在样品中选取 0.25 mm 粒级的颗粒约 10 克,加入 30% 的 H_2O_2 溶液静置 48h,加热煮沸以除去有机物。用蒸馏水清洗干净后,将样品置于浓度为 15% 的盐酸中,煮沸 15min,去除石英砂颗粒表面黏附的碳酸盐类矿物。用蒸馏水反复冲洗后烘干,在双目显微镜下任意挑选出石英颗粒 40~50 粒,并均匀的粘到双面胶上。然后将样品放在金属托上均匀镀上钯合金,进行扫描电镜分析和能谱测试分析,并做好相应的拍照,记录工作。测试分析在中国地质科学院矿产综合利用研究所完成,仪器型号为 Quanta250 和 EDAX 能谱。

3 石英颗粒表面特征

不同与水成环境中水介质的强大的缓冲作用,在风成环境中由于沉积介质的低缓冲作用、颗粒运动的高速度以及强烈频繁的温度、湿度和 pH 值的变化,形成了高机械能和高化学能环境,所造成的颗粒表面特征也最丰富、最特征,且最具环境意义(江新胜, 2003)。本文根据石英颗粒表面特征的成因将其划分为机械成因、化学成因和表面附生物质三大类。机械成因的特征是指颗粒在搬运过程中受到机械作用而产生的痕迹;化学成因的特征是指石英颗粒受沉积环境中化学营力作用而产生的特征;表面附生物质主要是在附着在石英颗粒表面的生物、矿物和某些特定环境中的元素,有些表面附生物质成因较为复杂,既有机械作用也有化学作用,因此需要

单独进行讨论。

3.1 机械成因表面特征

(1)磨圆度:大海子地区的砂岩样品中的石英颗粒普遍具有很高的磨圆度,并且在表面发育因机械碰撞而产生的毛玻璃化(图 4b)。按照陈丽华等提出的目测五级估计法(陈丽华, 1986),研究样品中粗砂级颗粒可达 IV 级,呈浑圆状;中砂级颗粒可达 III 级,呈圆状;细砂级颗粒磨圆稍差,但也可达 III 级(图 3a, c, e, f, g)。经过比较,其磨圆度比现代风成砂还高,推测与成岩过程中石英的溶蚀,沉淀和重结晶有关。

(2)撞击坑:撞击坑的类型一般根据形状来划分和命名。蝶形撞击坑即圆盘状撞击坑,除风成环境外在其他环境中未见及,因此是风成环境的特有标志。经研究,蝶形撞击坑为磨圆度好的颗粒互相撞击的结果,由于颗粒磨圆度好,接触点作用力分散而均匀,所以尽管能量很高,也无法将砂粒击碎而成贝壳状断口,只能形成圆盘状撞击坑。新月形撞击坑(又称指甲印痕)也是风成环境中特有的,其成因与蝶形坑相似,都代表着高能环境,能量比蝶形坑稍弱,被认为是蝶形坑与 V 形坑的之间的过渡类型。V 形撞击坑是机械碰撞、磨损的痕迹,虽在低能的风成环境可偶见,但它主要在水成环境中出现,故不能用来确定风成环境的存在。

在研究样品中,普遍发育标准的蝶形撞击坑(图 3d, g, I; 图 4e),新月形撞击坑出现频率稍次于蝶形撞击坑,但也非常常见(图 3c, f),显示了高能的风成环境,V 形撞击坑出现频率较低,仅在少量颗粒上见及,且后期的充填与磨蚀较强烈(图 4c),不具有指示意义。

(3)上翻解理薄片:是一系列薄的平行的解理片,在颗粒表面稍稍有些翻卷并与表面形成一个角度。上翻解理薄片是由于颗粒之间的磨蚀形成的,在风成砂中最为发育,但并非风成砂所特有。在研究样品中,上翻解理薄片非常发育,一般在颗粒的棱上出现,而凹坑内基本上没有,它往往在表面上成片的出现,显示了高能风成环境(图 3b, h; 图 4a)。

(4)贝壳状断口:一般呈圆盘状或扇形,见平行解理纹,在弧形面上极像贝壳状同心纹,因而得名,其实质为矿物的极不完全解理。贝壳状断口在很多环境中都可以产生,因此并不是良好的环境标志,一般在冰川环境中较发育,水成环境中由于水介质的缓冲作用,仅在能量高时出现,且表现为断口少、规模小。样品中未发现贝壳状断口,推测是因为大海

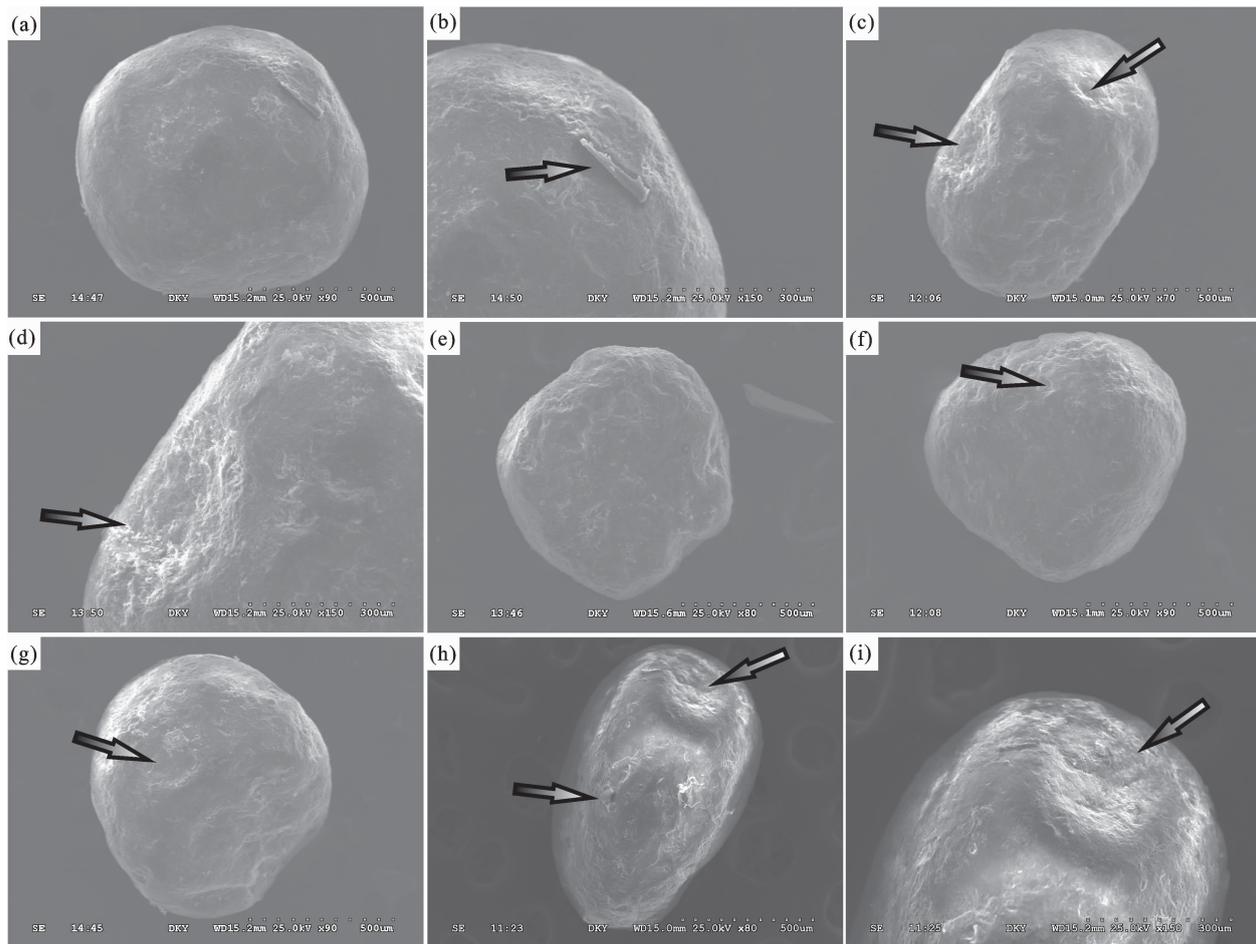


图3 景谷大海子地区曼岗组石英颗粒表面特征

Fig. 3 Surface features of the quartz grain of the Mangang Formation in Dahaizi area, Jinggu

(a)一完全磨圆的石英颗粒, 示上翻解理薄片; (b)一图(a)的局部放大, 示上翻解理薄片; (c)一完全磨圆的石英颗粒, 表面被薄膜覆盖, 示典型的蝶形撞击坑(左侧箭头)和新月形撞击坑(右侧箭头); (d)一图(c)的局部放大, 示典型的蝶形撞击坑; (e)一基本磨圆的石英颗粒; (f)一完全磨圆的石英颗粒, 示新月形撞击坑; (g)一基本磨圆的石英颗粒, 示一个较浅的蝶形撞击坑; (h)一完全磨圆的石英颗粒, 示典型的蝶形撞击坑(右侧箭头)和上翻解理薄片(左侧箭头); (i)一图(h)的局部放大, 示典型的蝶形撞击坑

(a)—Totally rounded quartz grain, showing an upturned cleavage plate; (b)—enlarged upturned cleavageplate of picture (a); (c)—totally rounded quartz grain that is covered with layer, showing a typical dish-shaped impact scar (left one) and a crescent-shaped impact scar (right one); (d)—enlarged dish-shaped impact scar of picture (c); (e)—roughly rounded quartz grain; (f)—totally rounded quartz grain, showing a crescent-shaped impact scar; (g)—roughly rounded quartz grain, showing a superficial dish-shaped impact scar; (h)—totally rounded quartz grain, showing a typical dish-shaped impact scar (right one) and an upturned cleavage plate (left one); (i)—enlarged dish-shaped impact scar of picture (h)

子地区风成砂成熟度较高, 颗粒在进入风成环境后经历了长时间的风蚀作用使得断口被磨蚀殆尽。

3.2 化学成因表面特征

3.2.1 溶蚀作用

石英的化学稳定性强, 不易被溶蚀, 但在炎热的沙漠环境中, 夜间凝结的水因为溶解有盐类而使得PH值升高呈碱性, 从而让石英颗粒表面少量的SiO₂被溶解, 当白昼气温升高时, 蒸发作用又使得SiO₂重新沉淀在颗粒表面成为不规则圆化(谢又予等, 1984), 该过程的反复进行会造成石英极高的磨

圆度。值得注意的是, 后期的次生作用也可能会导致一定强度的溶蚀作用。

在研究样品中, 石英颗粒的溶蚀作用中等, 常常可见小规模溶蚀坑, 溶蚀坑无固定形态, 不规则的圆形和三角形溶蚀坑均可见及, 与撞击坑相比, 溶蚀坑较深且轮廓线更明显(图4a, f)。

3.2.2 沉淀作用

沉淀作用与溶蚀作用作为矛盾双方是对立统一的, 溶蚀作用往往伴随着一定强度的沉淀作用。风成环境中, 干湿变化极为明显, 但孔隙水不饱和, 不

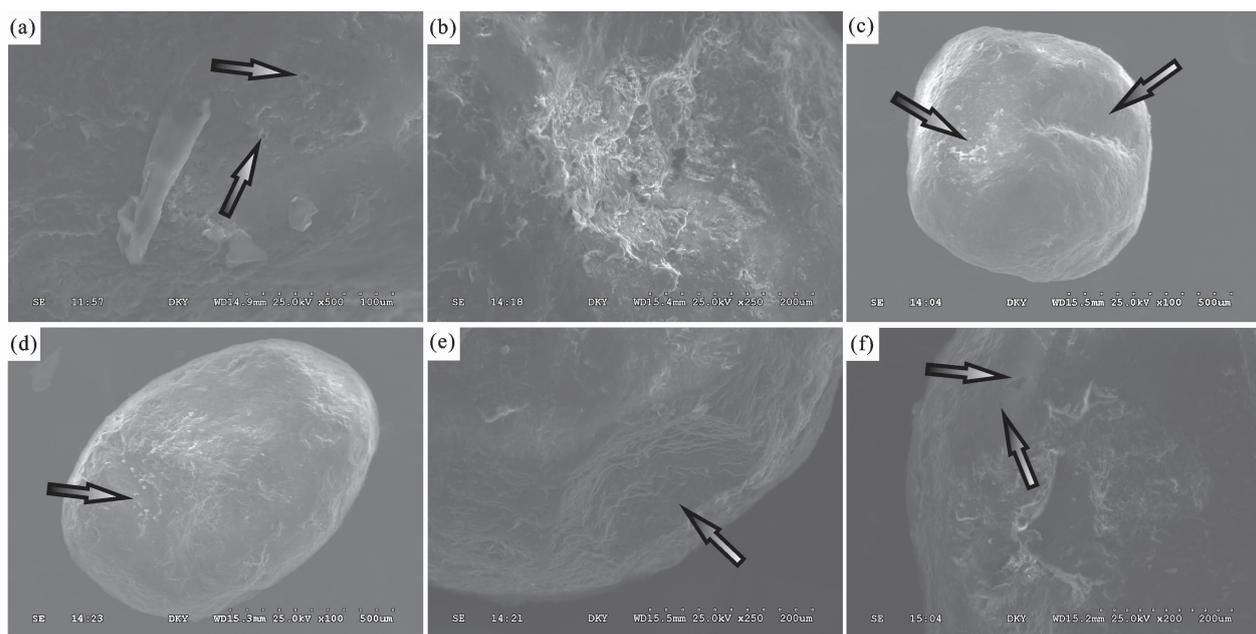


图 4 景谷大海子地区曼岗组石英颗粒表面特征

Fig. 4 Surface features of the quartz grain of the Mangang Formation in Dahaizi area, Jinggu

(a) 一局部放大的石英颗粒, 示成片的上翻解理薄片和近似圆形的溶蚀坑; (b) 一局部放大的石英颗粒, 示硅质薄膜和原本毛玻璃化的表面; (c) 一基本磨圆的石英颗粒, 示磨蚀和充填过的 V 形撞击坑 (右侧箭头), 在颗粒凹陷处生长的硅质球与硅质鳞片 (左侧箭头); (d) 一完全磨圆的石英颗粒, 表面被薄膜覆盖, 示大量生长的硅质球; (e) 一局部放大的石英颗粒, 示典型的蝶形撞击坑; (f) 一局部放大的石英颗粒, 示不规则溶蚀坑

(a) — Enlarged quartz grain, showing extensive upturned cleavage plates and roughly round solution pits; (b) — enlarged quartz grain, showing siliceous layer and frosted surface; (c) — roughly rounded quartz grain, showing a V-shaped impact scar that has been abraded and filled (right one), moreover, siliceous sphere and flake that grow in the concavity of quartz grain; (d) — totally rounded quartz grain that is covered with layer, showing extensive siliceous spheres; (e) — enlarged quartz grain, showing a typical dish-shaped impact scar; (f) — enlarged quartz grain, showing irregular solution pits

易带走溶蚀掉的 SiO_2 , 仅在石英颗粒表面就近沉淀, 因此沉淀现象明显, 其强度明显强于溶蚀现象。不同的沉淀强度对应着不同的沉淀形态, 可据此将研究样品中沉淀作用现象大致分为硅质球、凸起状硅质鳞片和硅质薄膜。

① 硅质球: 沉淀硅质球为 SiO_2 沉淀的初始状态。在研究样品中常见, 形状近似圆球形, 多形成于颗粒表面的凹陷处 (图 4c, d)。

② 凸起状硅质鳞片: 由大量的硅质球堆积而成, 形状似花瓣状或鳞片状。在研究样品中发育中等, 常与硅质球一起出现, 多呈花瓣状产出 (图 4c)。

③ 硅质薄膜: SiO_2 沉淀作用进一步加强, 硅质鳞片面积扩大而连成一片。在研究样品中发育, 呈薄膜状覆盖在石英颗粒的表面, 有时甚至可包裹整个颗粒, 使得原本较为发育的毛玻璃化现象只能小面积的露出 (图 4b, d)。

3.2.3 结晶作用

上述 SiO_2 沉淀物以及一些外来的物质在一定

的温度、压力下可发生晶体生长的现象, 但该现象是在次生变化中形成的, 不能用来指示原始沉积环境, 所以在此不进行讨论。

3.3 表面附生物质

风成砂中典型的表面附生物质有“沙漠漆”、龟裂纹等。此次分析的样品中“沙漠漆”特别发育。“沙漠漆”是由于毛细管作用, 地下水上升蒸发后, 在颗粒表面沉淀了一层氧化铁和氧化锰, 呈黑色酷似油漆, 故因此得名, 它在次生氧化作用下多变成红色, 这也是为何古沙漠沉积多为紫红色的原因, 它是风成砂独有的标志。随机选取样品中的 10 个石英颗粒, 利用能谱分析仪对颗粒光滑处做点成分分析, Fe 的含量最高为 13.80%, 平均值 4.71%, 这充分证明了颗粒表面“沙漠漆”的存在 (图 5)。前面已提及单偏光镜下可见石英颗粒周围红色—暗红色环边, 该环边即为“沙漠漆”在单偏光显微镜下的表现形式。值得注意的是, 沙漠沉积环境中的石英颗粒实际上被复杂的物质包裹着, 既有 SiO_2 沉淀, 又有

铁、锰等氧化物沉淀,造成颗粒表面普遍发育薄膜覆盖在原本毛玻璃化的表面上。

石英颗粒表面龟裂纹的形成机理类似于泥岩中的泥裂,是由于胶状的 SiO₂ 沉淀薄膜在沙漠环境中迅速干燥下收缩干裂而成。它一般在热带沙漠颗粒表面上发育,而在白垩纪沙漠沙中甚少出现,此次研究的样品中龟裂纹未见及。

4 讨论

石英颗粒表面特征不仅反映着最后一次事件,而且包含着一系列的沉积历史过程,因此复杂而丰富,在研究中切忌以单一特征的出现作为判断依据,而是需要充分的考虑各个特征之间的组合特征与相互关系,才能做出正确的分析与判断。本文系统的研究了思茅盆地景谷地区的曼岗组石英颗粒表面特征,结果表明:石英颗粒磨圆度极好,其表面具典型

的风成沉积的特征,上翻解理薄片常见,普遍发育形成于高能风成环境下的蝶形撞击坑和新月形撞击坑,存在风成砂所特有的沙漠漆;而在水成沉积中经常出现的特征则非常有限,V形撞击坑仅在少量颗粒上见及,且磨蚀严重;溶蚀和沉淀作用发育,常见溶蚀坑与各类沉淀作用产物,说明研究区曼岗组为风成沉积。

风成沉积主要发育于沙漠、海岸、河岸、以及湖岸等环境。宋春晖等(2000)、师永民等(1996)研究了青海湖岸的沙丘沉积学特征,刘妙容(2009)、吴正等(1987)研究了海南岛海岸沙丘的沉积学特征,Miall(1977)研究了河岸沙丘的沉积学特征,江新胜等(2005)研究了沙漠风成砂的沉积学特征,陈方等(1999)、谢又予等(1984)研究了不同沉积环境岩石的石英颗粒表面特征。笔者总结了前人的研究成果(表1),结合研究区曼岗组沉积特征进行综合对比

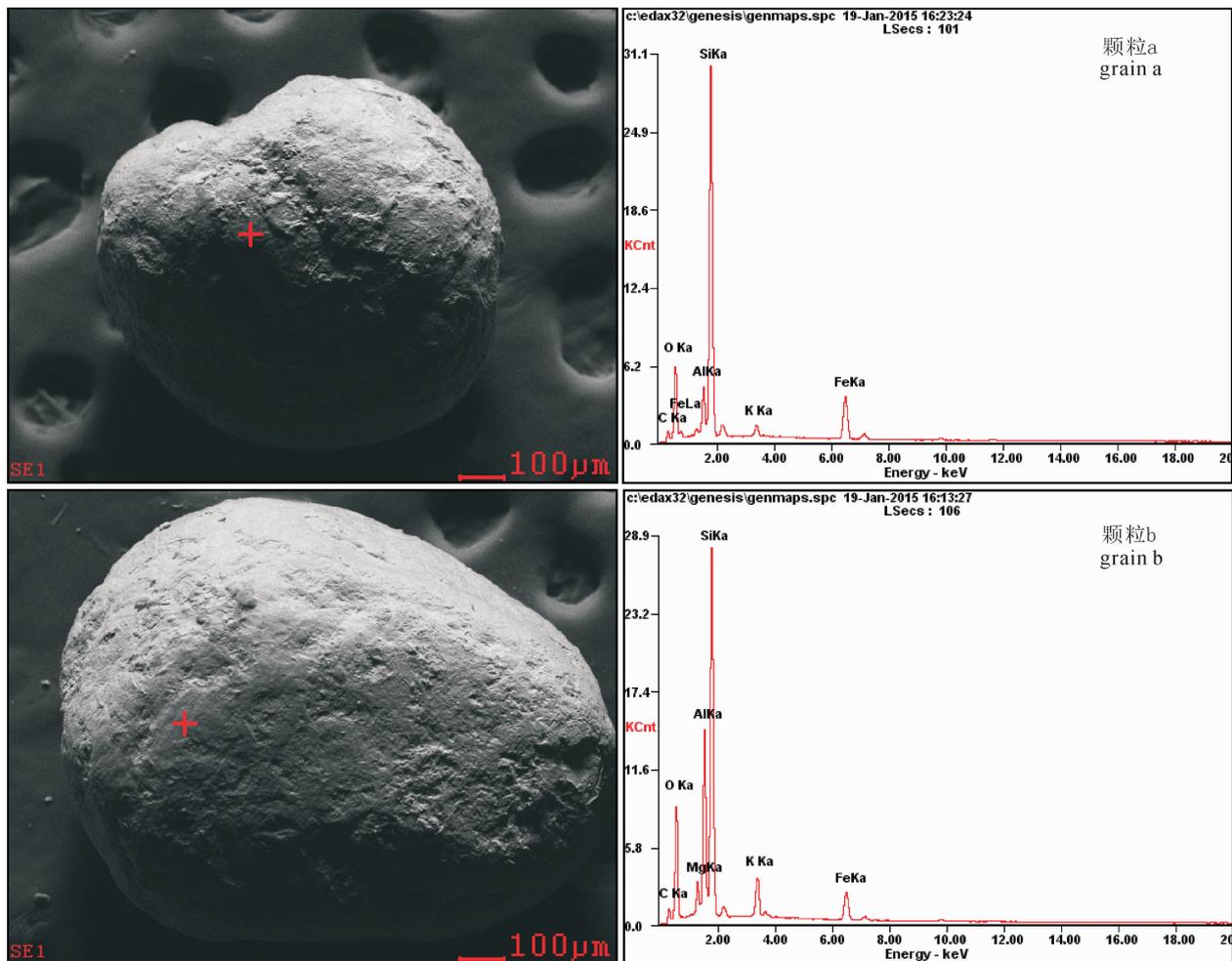


图5 石英颗粒表面点扫描能谱图(样品选自大海子地区曼岗组,20140803DHP-11b1)

Fig. 5 Energy spectrum of fixed point scanning on the surface of quartz grain (selected from the Mangang Formation in Dahaizi area, 20140803DHP-11b1)

分析:①河岸与湖岸风成砂沉积厚度一般仅几米,且层系厚度不稳定,结构成熟度和矿物成熟度低,研究区曼岗组风成沉积层厚度巨大,常见大型—特大型板状交错层理,砂岩结构成熟度和矿物成熟度高,因此笔者认为不属于河岸或湖岸风成沉积;②海岸风成砂的分布面积与沉积厚度与沙漠沉积几乎相同,从沉积构造上也难以截然区分,但海岸风成砂的组分是在经历了河口、海滩环境之后才进入海岸风成环境的,所以石英颗粒表面特征具双重性,即风成环境特征叠加在水成环境特征之上,且砂岩成分中常

见云母、孢粉、贝壳碎屑及类似的重矿物组合,然而在研究区曼岗组的石英颗粒表面特征中,风成环境特征出现频率与水成环境特征相比,占统治地位,且砂岩成分中甚少出现云母、孢粉等重矿物。再者,思茅盆地在早白垩世早期开始海水逐渐退出,到曼岗组沉积期,除南部尚存海滩潮坪,北部(包括景谷在内)都已经处于内陆地区(曲一华等,1998),因而在大地构造属性上也排除了海岸风成砂的可能性。综上所述,笔者认为景谷大海子地区曼岗组应属沙漠沉积。

表 1 不同风成环境砂岩沉积特征

Table 1 Sedimentary characteristics in different eolian environment

环境类别 沉积特征	河岸,湖岸	海岸	沙漠	研究区曼岗组
沉积构造	厚度较小(特大型湖泊例外)。可见大型近似板状的交错层理和小型纱纹交错层理,交错层系不稳定。	厚度大。常见水平层理,板状交错层理(角度 $16^{\circ}\sim 28^{\circ}$),层系稳定,具准同生变形构造。	厚度巨大,可达数百米。以大量的大型甚至特大型高角度板状交错层理(角度 $25^{\circ}\sim 42^{\circ}$)为特征,层系稳定,丘间沉积中可见准同生变形构造。	厚度巨大,发育大型—特大型高角度板状交错层理,层系稳定,厚度一般 $0.8\sim 1.7\text{m}$,最大可见 3.6m ,交角集中于 $28^{\circ}\sim 38^{\circ}$,可见准同生变形构造。
岩性特征	由于搬运距离较小,岩性受物源控制不固定(可见根土岩),结构成熟度和矿物成熟度低,石英含量一般低于 45% 。	以石英砂岩类常见,结构成熟度高,矿物成熟度高,胶结物常为低镁方解石常,具有云母、孢粉等重矿物。	以石英砂岩类常见,结构成熟度高,矿物成熟度高,胶结物以铁锰质为主,极少见云母及粘土悬移物质。	石英砂岩,石英含量高,磨圆和分选好;石英在单偏光镜下可见红色铁质环边,缺乏云母及粘土,缺乏重矿物。
石英颗粒表面特征	水成特征与风成特征共生,风成特征不明显。	风成特征叠加在水成特征之上,后者由于受风力搬运而变得模糊,溶蚀作用沉淀作用偏弱—中等。	风成特征频率极高,仅偶见水成特征,具“沙漠漆”,溶蚀与沉淀作用中等—强烈。	上翻解理薄片、蝶形和新月形撞击坑发育,V形撞击坑极少,具“沙漠漆”。溶蚀与沉淀作用较强。

中国白垩纪沙漠由于所处古纬度的关系,应属盆山型内陆热沙漠(江新胜等,2005)。在思茅盆地曼岗组沙漠沉积确定的基础上,根据前人对盆地中生代演化的研究(陈跃昆,2004;曲一华,1998;杨尖絮等,2014),发现思茅盆地在横向上依次发育了与盆山型沙漠体系配套的沉积相带,证实了思茅盆地属于盆山型内陆热沙漠。石英颗粒表面特征除了受搬运的动力条件影响之外,还取决于当时的气候条件,研究样品表现出较强的溶蚀作用和沉淀作用,小规模溶蚀坑常常可见,但颗粒表面广布的 SiO_2 沉淀作用产物显示出了其明显高于溶蚀作用的强度,反映出蒸发性的高能的化学环境,代表着干旱炎热的气候条件,与热沙漠形成所需的气候条件吻合。因此,思茅盆地曼岗组沉积期沙漠沉积体系中的萨布哈或干盐湖沉积和干旱炎热的气候为钾盐的形成提供了良好的古地理条件和古气候条件。

5 结论

(1)本文系统研究了思茅盆地景谷地区的曼岗组石英颗粒表面特征,结果表明:磨圆度极好,上翻解理薄片常见,普遍发育形成于高能风成环境下的蝶形撞击坑和新月形撞击坑,存在风成砂所特有的“沙漠漆”,V形撞击坑很少见及,溶蚀作用和沉淀作用较强。

(2)笔者综合分析了各个特征之间的组合与相互关系,确定思茅盆地景谷地区曼岗组属风成沉积。在此基础上,结合研究区曼岗组的沉积特征进行综合对比分析,其巨大的风成沉积厚度、大型—特大型板状交错层理、双众数频率曲线与缺乏滚次总体和悬浮次总体的概率累计曲线、风成成因的石英颗粒表面特征等均与沙漠沉积一致,表明,研究区曼岗组应属沙漠沉积。

(3)石英颗粒表面溶蚀作用与沉淀作用的强度反映了曼岗组沉积期思茅盆地内干旱炎热的气候,为钾盐的形成提供了优良的气候条件,而盆山型沙漠沉积体系中的盐湖或萨布哈沉积则为其提供了优良的古地理条件。

参 考 文 献

- 陈方,朱大奎. 1999. 海岸,内陆沙漠与大陆架砂质沉积石英颗粒表面结构的对比研究. *地理学报*, 54(2): 134~138.
- 陈丽华,缪昕,于众. 1986. 扫描电镜在地质上的应用. 北京:科学出版社, 51~61.
- 陈跃昆,廖宗廷,魏志红,李明辉. 2004. 兰坪一思茅中生代盆地的特征及构造演化. *石油实验地质*, 26(3): 219~222.
- 邓尔新. 1981. 关于萨布哈成因的石膏和硬石膏矿床. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2: 31~38.
- 弗里德曼,桑德斯. 1987. 沉积学原理. 北京:科学出版社, 211~212.
- 郭福祥,蒋志文,张翼飞. 1985. 云南白垩系的三分性. *云南地质*, 4(2): 159~177.
- 江新胜,潘忠习. 2000b. 白垩纪时期东亚大气环流格局初探. *中国科学:D辑*, 30(5): 526~532.
- 江新胜,潘忠习. 2005. 中国白垩纪沙漠及气候. 北京:地质出版社, 55~91.
- 江新胜,徐金沙,潘忠习. 2003. 四川盆地白垩纪沙漠石英沙颗粒表面特征. *沉积与特提斯地质*, 23(1): 62~63.
- 李玉文,陈乐尧,江新胜. 1988. 川南黔北白垩—第三纪沙漠相及其意义. *岩相古地理*, (5): 1~14.
- 刘妙容,王贵勇,李森,廖肖霞,黎志伦. 2009. 海南岛海岸沙丘岩的特征,成因及其环境意义. *中国沙漠*, 29(6): 1081~1085.
- 裴力田. 1981. 中华人民共和国区域地质调查报告景谷幅, 36~41.
- 曲一华,袁品泉,帅开业,张瑛,蔡克勤,贾疏源,陈朝德. 1998. 兰坪一思茅盆地钾盐成矿规律及预测. 北京:地质出版社, 6~13.
- 师永民,王新民,宋春晖. 1996. 青海湖湖区风成沙堆积. *沉积学报*, 14(A00): 234~240.
- 史瑞萍,朱日祥. 2002. 白垩纪地球物理场异常与地球深部动力学. *地球物理学进展*, 17(2): 295~300.
- 宋春晖,孟庆泉,夏维民,徐丽,苗运法,杨用彪,胡思虎. 2009. 青藏高原北缘古近纪石英砂表面特征及其古环境意义. *沉积学报*, 27(1): 94~103.
- 宋春晖,师永民. 2000. 青海湖西岸风成沙丘特征及成因. *中国沙漠*, 20(4): 443~446.
- 王成善. 2006. 白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化研究. *地球科学进展*, 21(7): 838~842.
- 王春连,刘成林,王立成,张林兵. 2013. 钾盐矿床成矿条件研究若干进展. *地球科学进展*, 28(9): 976~987.
- 王颖,迪纳瑞尔. 1985. 石英砂表面结构模式图集. 科学出版社, 3~20.
- 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.
- 袁桃,吴驰华,伊海生,龚政,曾令旗. 2015. 云南思茅盆地景谷地区下白垩统曼岗组风成砂岩沉积学特征及其古气候意义(收录待刊).
- 夏文杰. 1981. 云南思茅盆地扒沙河组风成沙漠沉积特征. *矿物岩石*, (5): 42~46.
- 谢又予. 1984. 中国石英砂表面结构特征图谱. 北京:海洋出版社, 1~11.
- 杨尖絮,尹宏伟,张震,郑绵平. 2013. 滇西兰坪一思茅盆地成钾地质条件分析. *大地构造与成矿学*, 37(4): 633~640.
- 袁见齐,霍承禹,蔡克勤. 1982. 盐类矿床成因理论的新发展及其在矿床学上的地位. *矿床地质*, 1(1): 15~24.
- 郑绵平,张震,张永生,刘喜方,尹宏伟. 2012. 我国钾盐找矿规律新认识和进展. *地球学报*, 33(3): 280~294.
- 郑智杰,尹宏伟,张震,郑绵平,杨尖絮. 2012. 云南江城勐野井盐类矿床 Sr 同位素特征及成盐物质来源分析. *南京大学学报(自然科学)*, 48(6): 719~727.
- Ahlbrandt T S, Fryberger S G. 1982. Introduction to Eolian Deposits. *AAPG Memoir* 31(31): 11~47.
- Bigarella J J. 1972. Eolian Environments their Characteristics Recognition and Importance. *SEPM*, 16:12~62.
- Bralower T J, Arthur M A, Leckie R M, William V. S, David J. A, Seymour O. S. 1994. Timing and paleoceanography of oceanic dysoxia/anoxia in the Late Barremian to Early Aptian (Early Cretaceous). *Palaios*, 335~369.
- Cronin M, Tauxe L, Constable C, Selkin P, Pick T. 2001. Noise in the quiet zone. *Earth and Planetary Science Letters*, 190(1): 13~30.
- Frihi O E, Stanley D J. 1987. Quartz grain surface textures and depositional interpretations, Nile Delta region, Egypt. *Marine geology*, 77(3): 247~255.
- Helsley C E, Steiner M B. 1968. Evidence for long intervals of normal polarity during the Cretaceous period. *Earth and Planetary Science Letters*, 5: 325~332.
- Hu X, Jansa L, Wang C, Sarti M, Bak K, Wagreich M, Michalik J. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age, and environments. *Cretaceous Research*, 26(1): 3~20.
- Jenkyns H C. 1980. Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *Journal of the Geological Society*, 137(2): 171~188.
- Jones C E, Jenkyns H C. 2001. Seawater strontium isotopes, oceanic anoxic events, and seafloor hydrothermal activity in the Jurassic and Cretaceous. *American Journal of Science*, 301(2): 112~149.
- Krinsley D H, Donahue J. 1968. Environmental interpretation of sand grain surface textures by microscopy. *Geological Society of America Bulletin*, 79(6): 743~748.
- Krinsley D H, Doornkamp J C. 1973. Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge University Press, 2~56.
- Larson R L. 1991. Latest pulse of Earth: Evidence for a mid-Cretaceous superplume. *Geology*, 19(6): 547~550.
- Leckie R M, Bralower T J, Cashman R. 2002. Oceanic anoxic events and plankton evolution: Biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous. *Paleoceanography*, 7(3): 1~13.

Miall A D. 1977. A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Science Reviews*, 13(1): 1~62.

Schlanger S O, Jenkyns H C. 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. *Geologie en mijnbouw*, 55(3~4): 179~184.

Swezey C. 1998. The identification of eolian sands and sandstones. *Comptes Rendus de des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*, 327(8): 513~518.

Walliser O H. 1996. Global events in the Devonian and Carboniferous. *Global events and event stratigraphy in the*

Phanerozoic. Springer Berlin Heidelberg, 225~250.

Wang C, Hu X, Sarti M, Scott R W, Li X. 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds in southern Tibet: a major change from anoxic to oxic, deep-sea environments. *Cretaceous Research*, 26(1): 21~32.

Wang L, Liu C, Fei M, Shen L, Zhang H, Zhao Y. 2015. First SHRIMP U—Pb zircon ages of the potash-bearing Mengyejing Formation, Simao Basin, southwestern Yunnan, China. *Cretaceous Research*, 52(A): 238~250.

Surface Features of Quartz Grains of the Mangang Formation in Jinggu Area, Simao Basin, Western Yunnan and Their Sedimentary Significance

GONG Zheng¹⁾, WU Chihua²⁾, YI Haisheng^{3,4)}, ZHANG Hua²⁾, SHEN Lijian²⁾

1) *College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059;*

2) *Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing, 100037;*

3) *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059;*

4) *State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu, 610059*

Abstract

The surface features of quartz grains can be used as an indicator for their depositional environments due to its large hardness and high chemical stability. And Scanning Electron Microscopy is a useful tool to identify the features of quartz grains. The Cretaceous in the Simao Basin was generally considered to be hydrothermal deposit, however, after field identification and indoor basic research, the authors consider that the Mangang Formation in the Jinggu area shows typical features of eolian sediments, so much research on surface features of quartz grains is needed to figure out the sedimentary facies. The result shows that quartz grains of the sample of the Mangang Formation in the Jinggu area are well rounded, and massively developed dish-shaped impact scars, crescent-shaped impact scars, and frosted surface, thus suggesting typical features of eolian environment. The surface features are different from those in aqueous environment. The high-intensity dissolution and precipitation indicate the dry and hot climate. Based on the fact that they are in origin eolian deposits analysis of the Mangang Formation in the Jinggu area, sedimentary features such as typical sedimentary structure, grain size analysis, lithologic features, etc, authors finally considered that it belongs to desert deposit.

Key words: Simao Basin; scanning electron microscopy; the Mangang Formation; the surface features of quartz grains; desert deposits