

文章编号: 1009-3850(2013)04-0006-10

滇西北衙地区中三叠统北衙组风暴沉积特征 及其古地理意义

董黎阳^{1,2}, 王 剑², 尹福光², 王 鹏², 周业鑫^{2,3}

(1. 中国地质科学院, 北京 100037; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081; 3. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059)

摘要: 在滇西北衙地区中三叠统北衙组中首次发现风暴沉积, 其表现为砾屑灰岩、网纹状灰岩的频繁互层, 见丰富的风暴沉积构造。通过对笔架山及倒流箐剖面详细的野外观察及室内分析, 识别出4种类型的风暴沉积序列。研究区风暴沉积的背景沉积为薄层网纹状灰岩, 发育波状层理、鸟眼等构造, 指示潮坪环境。潮坪风暴沉积在研究区的首次发现, 对区内中三叠世古地理、古气候的研究具有重要的意义。

关键词: 扬子西缘; 北衙组; 潮坪; 风暴沉积

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

风暴岩的概念由 Kelling 和 Mullin(1975) 提出, 指经风暴作用扰动后, 在浅海盆地再沉积形成的递变浊积岩^[1], 并将风暴岩沉积环境局限在正常浪基面与风暴浪基面之间的浅海陆棚。随后, T. Aigner (1979) 提出风暴沉积, 泛指所有受风暴作用影响的沉积, 其沉积环境最浅可至潮上带^[2]。国内学者严钦尚(1984) 提出滨岸和浅海风暴沉积的层理特征、形成机理、区域差异和沉积模式^[3]; 孟祥化等(1986) 在华北碳酸盐台地发现受风暴影响的潮坪沉积并提出其相序模式^[4]; 胡明毅等(1997) 于湘西北杨家坪中寒武统地层中发现了明确的潮坪风暴沉积, 并将潮坪风暴沉积划分为不同于正常浅海陆棚区风暴岩的二段式层序: 即砾屑白云岩风暴段(S段) 和正常潮坪沉积段(N段)^[5,6]。众多学者也先后在现代海岸带识别出潮坪风暴沉积(张国栋等, 1987; 许世远等, 1997), 并建立了相应近岸地带现代风暴沉积层序^[7-10]。

一个完整的风暴沉积剖面序列自下而上包括: A. 粒序层段, 具有突变底界和冲刷充填构造; B. 平行层理段; C. 丘状交错层理段; D. 水平层理段; E.

泥质层段^[11,12]。然而, 由于后期水流或再次风暴作用的破坏, 常造成风暴沉积序列的不完整。对潮坪风暴沉积来说, 其形成后往往遭受潮汐作用的反复冲洗, 使得潮坪风暴沉积各段保存很不完整^[6]。潮坪风暴沉积区别于深水陆棚风暴沉积的显著标志为沉积物相对粗且厚、粒序层段常以生物碎屑灰岩或粗砂屑灰岩为主、底侵蚀充填构造发育。

早、中三叠世时期, 滇西北衙地区处于峨眉山玄武岩喷发结束、盆地快速热沉降、快速海侵的构造背景下, 研究区的沉积相从早三叠世青天堡组河流相、三角洲相、水下冲积扇相快速过渡到中三叠世北衙组潮坪相。本次在滇西北衙地区中三叠统北衙组中发现的潮坪环境风暴沉积现象丰富、独特。风暴序列下部滞留沉积和上部韵律层理段组呈明显的二元结构, 发育波状侵蚀底面、粒序层, 且滞留沉积中的灰泥砾屑及层间孔洞、鸟眼等指示了潮坪环境。由于潮汐的强烈作用, 序列各段均保存不完整。研究区风暴沉积的发现, 丰富了滇西地区中三叠统北衙组碳酸盐岩沉积的类型, 对进一步认识盐源-丽江盆地中三叠世的古地理、古气候条件具

有重要意义。

1 地质背景

研究区位于扬子陆块西缘,中三叠统北衙组沉积时期,研究区处于被动大陆边缘,发育陆相-浅水碳酸盐台地沉积^[13-17]。区内三叠系自下而上包括青天堡组、北衙组、中窝组、松桂组(如图1)。青天堡组为一套河流相、三角洲相的黄红色砾岩、含砾长石岩屑砂岩、紫红色泥岩、红色粉砂岩,顶部灰质成分渐多。北衙组与下伏青天堡组为整合接触,可分为三段:下段为砾屑灰岩、网纹状灰岩、蠕虫状灰岩互层,夹碎屑岩薄层;中段为薄层灰白色砂屑白云岩、致密纯净白云岩;上段为深色隐晶灰岩。上

覆中窝组与北衙组为平行不整合接触,接触面发育厚约1m的铝土矿,中窝组底部为鲕粒灰岩、生屑灰岩,向上变为藻灰岩,发育点礁,局部夹泥岩层。松桂组为厚层砾岩、含砾砂岩、碳质泥岩,与下伏中窝组为整合接触。三叠系自下而上组成一个海水变深后又变浅的沉积序列。

本文研究的风暴沉积主要发育在鹤庆县南部的笔架山剖面 and 倒流菁剖面之北衙组中部的灰岩段沉积中,其主要为灰色角砾灰岩、蠕虫状灰岩、泥岩等的互层,夹白云岩薄层,其背景沉积为薄层网纹状灰岩(图2-a),内部鸟眼及层间孔洞构造非常发育(图2-b),层面上常含有大量的生物遗迹,整体上代表潮坪沉积环境。

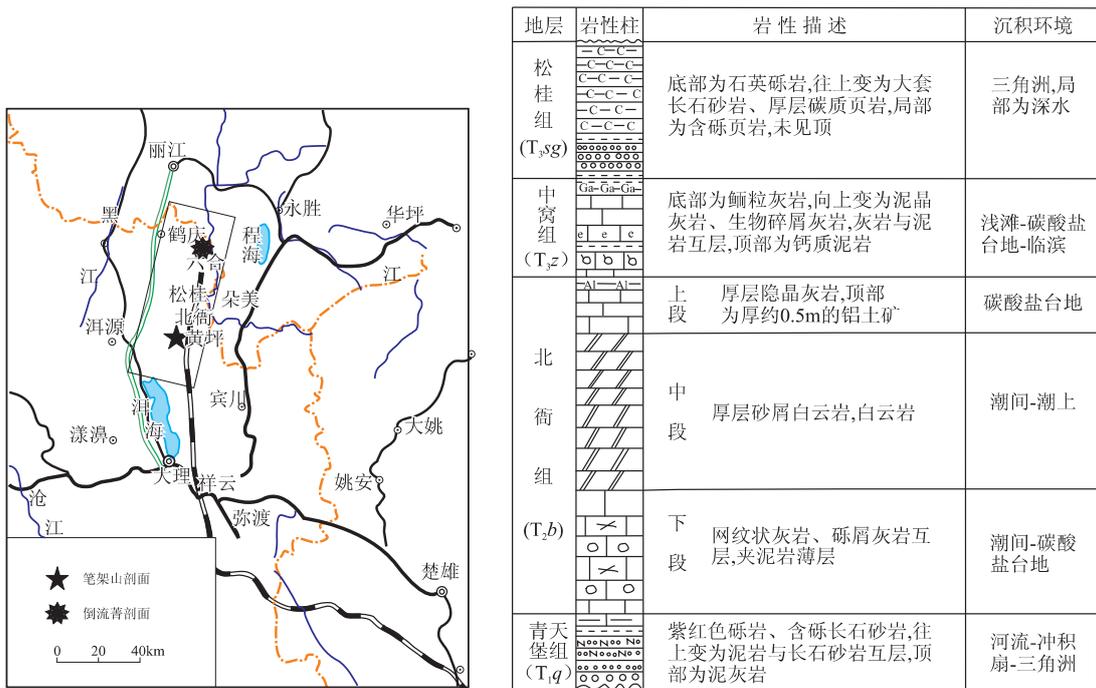


图1 研究区位置图及三叠系地层序列

Fig.1 Location of the study area and stratigraphic sequences of the Triassic strata

2 风暴沉积特征

2.1 侵蚀底面

侵蚀底面是在风暴起始和高峰阶段,强烈的风暴涡流对沉积底面进行强烈的冲刷、侵蚀而形成的一种构造,是风暴沉积的典型标志^[11,12]。研究区风暴沉积中发育渠模和冲刷面两种侵蚀底面。渠模反映强侵蚀作用,主要见于笔架山剖面,其形态上宽下窄,侵蚀底面深约5cm,指示风暴涡流的强度比较大。冲刷面于笔架山和倒流菁剖面中均有发育(图3a),起伏幅度较小,约1~2cm,波峰缓而波谷

陡,偶有泥砾,指示风暴涡流作用不是很强。

2.2 粗粒滞留沉积

粗粒滞留沉积往往发育于侵蚀底面之上,是风暴高峰期风暴涡流对原沉积层进行掏蚀、掀起、撕裂、搅动并沿沉积底层进行短距离搬运后再沉积而成,是风暴沉积的典型特征^[18,19],其于研究区笔架山剖面最为发育(图3b),主要由灰岩砾屑组成。砾屑一般5~10cm,最大40cm。砾屑多呈次棱角状,显示搬运距离较近。砾屑呈放射状、扁平状、倒“小”字型及透镜状等形态,大部分呈颗粒支撑,局部显基质支撑。多数向上粒度逐渐变小且磨圆度变

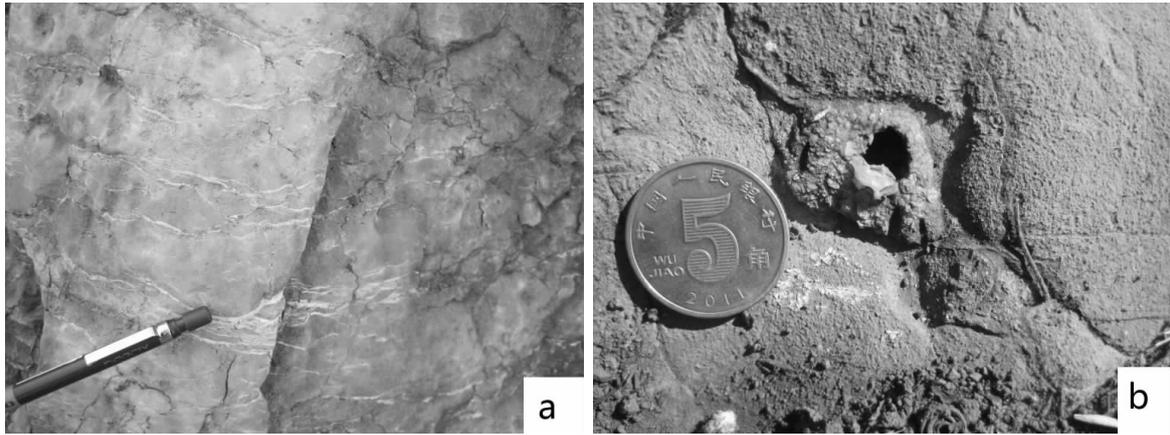


图2 北衙地区北衙组风暴沉积段的背景沉积

a. 网纹状灰岩 笔架山剖面; b. 网纹状灰岩中鸟眼构造 笔架山剖面

Fig. 2 The background deposits of the storm deposits from the Middle Triassic Beiya Formation in the Beiya region

a. Reticulated limestones from the Bijiaoshan section; b. Bird's-eye structures in the reticulated limestones from the Bijiaoshan section

差 砾屑成分为网纹状灰岩,其内部生物扰动强烈,部分砾屑为生物遗迹虫管。杂基、填隙物为钙泥质,含有较多陆源物质如长石、岩屑及生物碎屑。

2.3 粒序层理和块状层理

当风暴减弱或风暴密度流流速开始降低时,沉积物按重力分异依次沉降,形成向上变细的粒序层^[11, 12, 20]。其在笔架山剖面中极为发育(图 3c),单个粒序层通常厚约 0.5~0.8m,多表现为灰岩砾屑由下往上粒度逐渐变小的正粒序,砾径由底部的 3~5cm 变为顶部的 0.5~3cm,磨圆亦随之变差。偶见逆粒序,其见于粒序层的上段,为沉积时重力作用因素小于剪切力作用因素的产物^[11, 12]。块状层是由于风暴密度流悬浮颗粒快速堆积而形成的沉积构造^[11],剖面上常位于正粒序之上,与其呈过渡关系。

2.4 生物逃逸构造

风暴作用期间,当沉积作用快速发生时,生物为了不被埋葬而大量向上活动形成逃逸迹,因此生物逃逸迹是快速沉积的一个重要标志^[13, 21]。生物逃逸构造在研究区剖面中常发育于风暴层序的下部,在网纹状灰岩、砾屑灰岩中均很发育,尤以砾屑灰岩底部为甚,普遍可见大量的生物钻孔,几何形态以垂直管型为主,多为逃逸迹,虫管细长,断面近圆形,直径一般 < 10mm(图 3d)。偶尔可见 U 型管型,在小范围内密集分布,其形态复杂,粗细相差悬殊,分布密集,对层理有着很大的破坏作用,尤以岩层顶部破坏最为剧烈,在单一的岩层中常具有由下而上破坏程度加剧的韵律性。生物扰动剧烈的灰岩经地表风化作用后,常形成角砾状、“姜块”状构

造,层理大部或完全消失^[13]。

2.5 平行层理

风暴沉积中的平行层理是风暴高峰期能量较高的牵引流作用产物(姜在兴, 2003)。其在研究区笔架山剖面与倒流菁剖面中均有发育,见于小砾屑灰岩、泥质条带灰岩及生物碎屑灰质泥岩中。小砾屑灰岩中的平行层理表现为近乎等大的灰岩小角砾组成厚 0.1m 的薄层(图 3e)。

2.6 丘状交错层理

丘状层理被认为是风暴浪形成的一种原生沉积构造,常作为鉴别风暴岩的标志性构造。研究区灰岩中见有一处丘状交错层理(图 3f),发育于砾屑灰岩中,位于平行层段之上。丘高 0.1~0.3m,丘直径 0.8~1.5m,凸起纹层与平行纹层的倾角约 10°。其顶部为韵律层段所截切。

2.7 韵律层理

潮坪环境中潮汐流的周期性变化可形成泥质层与灰质层或砂质层的韵律互层,研究区韵律层理主要见于笔架山剖面中,多位于平行层理段之上,表现为泥质层与灰质层的互层(图 3g)。单个泥质纹层厚约 0.1m,灰质层则稍厚,纹层平直或略有波状起伏。韵律层理代表了风暴作用减弱、潮汐作用占据主导地位的潮坪环境。

2.8 水平层理

水平层理是风暴作用趋于停止时,呈漂浮状态的灰泥质缓慢沉降而成。对于潮坪环境来说,由于这期间潮汐的反复作用,水平层理多保存不完全。研究区水平层理见于含泥质较多的灰质泥岩中(图 3h),平行层理单层厚 1~2cm,含有大量的生物碎屑。

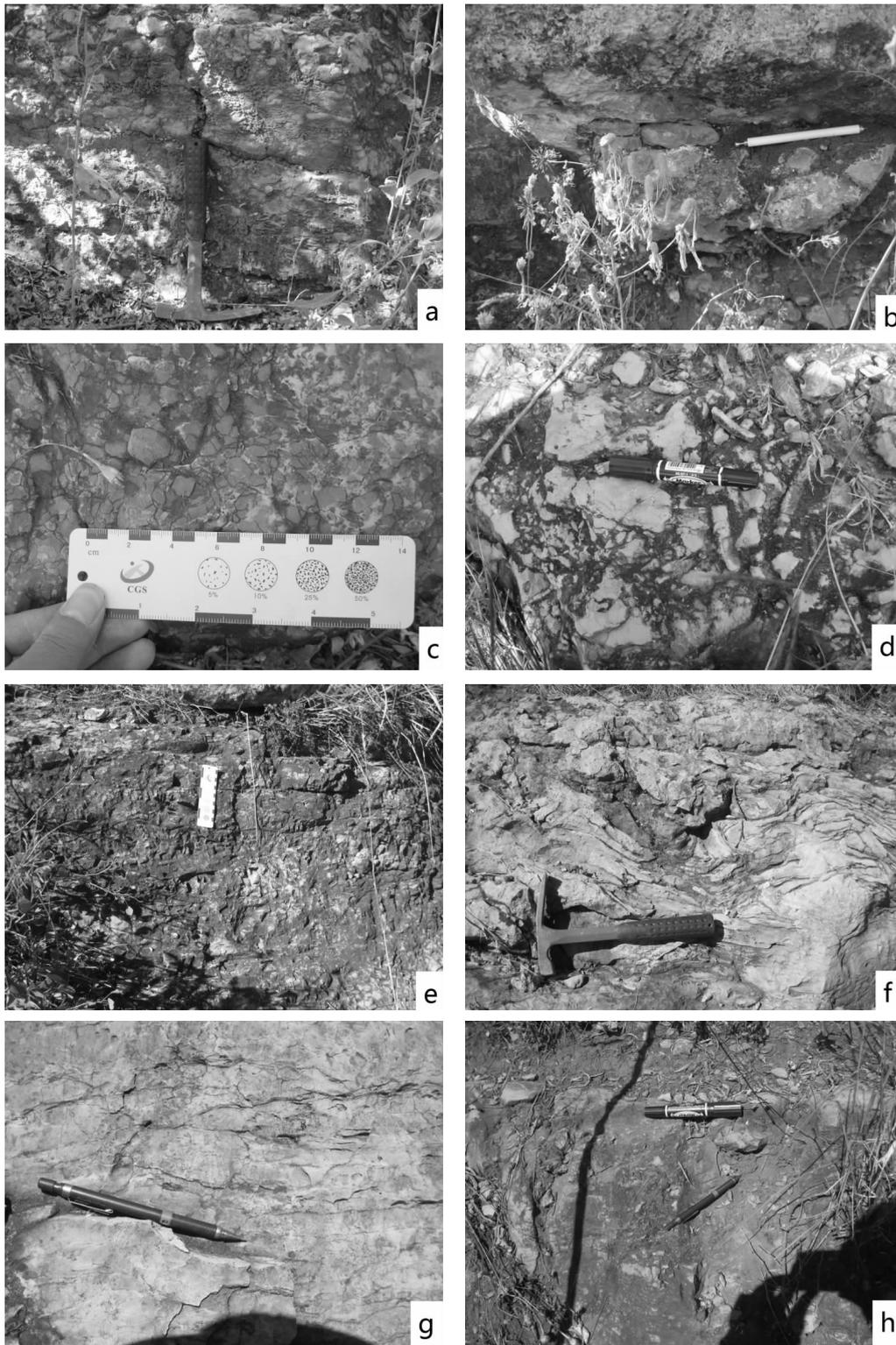


图3 北衙地区风暴沉积构造特征

a. 侵蚀底面, 笔架山剖面; b. 粗粒滞留沉积, 笔架山剖面; c. 粒序层理, 笔架山剖面; d. 生物扰动构造, 笔架山剖面; e. 平行层理, 笔架山剖面; f. 丘状交错层理, 笔架山剖面; g. 韵律层理, 倒流菁剖面; h. 水平层理和交错层理, 倒流菁剖面

Fig. 3 Sedimentary structures in the storm deposits in the Beiya region

a. Erosional soles in the Bijiaoshan section; b. Coarse-grained lag deposits in the Bijiaoshan section; c. Graded beddings in the Bijiaoshan section; d. Bioturbated structures in the Bijiaoshan section; e. Parallel bedding in the Bijiaoshan section; f. Hummocky cross-beddings in the Bijiaoshan section; g. Rhythmic bedding in the Daoliujing section; h. Horizontal bedding and cross-bedding in the Daoliujing section

3 风暴沉积序列

风暴作用不同发展阶段的水动力条件决定了风暴沉积的垂向序列^[19]。北衙地区风暴沉积主要表现为二段式层序,即砾屑灰岩风暴段(S段)和正常潮坪沉积段(N段)。在垂向上,剖面中风暴沉积似鲍马序列的A、B、C段保存较好,D、E段则发育较少。这说明风暴沉积形成后,遭受过潮汐及波浪作用的强烈改造,导致其保存不完整。根据各段发育的具体情况,划分出4种风暴序列。

类型 I:

该序列组合简单,在剖面中最为常见,仅由粒序层理段(A)与正常潮坪环境网纹状灰岩(N)组成。厚度较大,常大于1m。粒序层理段表现为砾径较大的砾屑组成正粒序,局部见有逆粒序。网纹状灰岩多为薄层状,与粒序段之间为突变接触。

类型 II:

自下往上依次由粒序层段(A)、丘状交错层理段(C)、韵律层(D)构成,上覆正常潮坪沉积网纹状灰岩(N),序列厚约0.9m。其中粒序层段厚度达到序列的一半,砾屑个体较大,向上粒度快速变小,砾间泥质含量增多;丘状交错层理段厚约0.2m,只在笔架山剖面发育一处,说明其形成后多被改造破坏;韵律层段厚约0.2m,其向上过渡为正常沉积网纹状灰岩,代表风暴作用渐弱,潮汐作用渐占主导。

类型 III:

由块状层理段(A)、平行层理段(B)构成,序列厚0.8m,上覆网纹状灰岩(N)。块状层理段与平行层理段厚度相当,均约0.4m。块状层理段由砾屑灰岩组成,颗粒较少,砾径平均0.5~2cm,多为棱角状;平行层理段单层厚约0.1m,岩性为含泥质较多的小砾屑灰岩,磨圆与分选均较好,代表风暴高峰期流速较高的牵引流对其进行过一定距离的搬运。

类型 IV:

由粒序层理段(A)、韵律层理段(D)、泥质层段(E)构成,上覆正常潮坪沉积的网纹状灰岩(N)。该风暴序列厚度变化较大(0.8~1.2m)。该序列中D、E、N的组合说明风暴作用衰减期风暴与潮汐的共同作用,形成了潮汐-风暴-潮汐组合。

4 古地理及古气候意义

4.1 古地理意义

北衙地区北衙组薄层网纹状灰岩发育波状纹层、鸟眼构造、层间孔洞格造,普遍具有白云岩化,

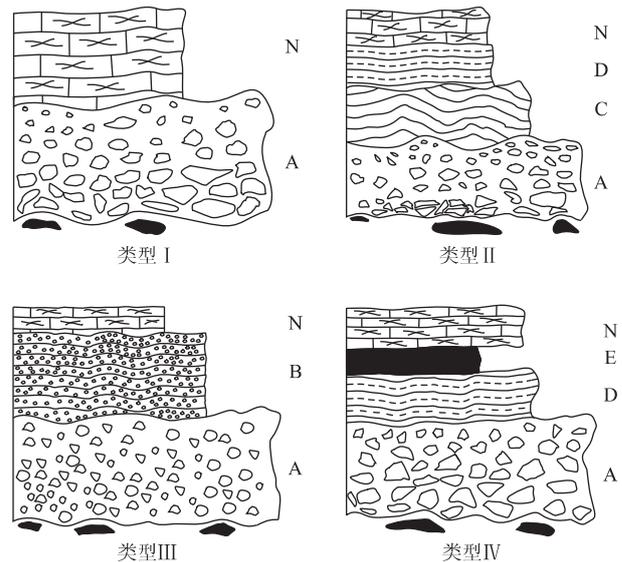


图4 北衙地区风暴沉积序列

Fig. 4 Depositional sequences of the storm deposits in the Beiya region

为典型的潮坪环境潮水期与憩水期交替沉积垂向加积产物。风暴沉积段主要特征是粗粒滞留沉积及粒序层理段发育,其砾屑成分主要为泥晶网纹状灰岩、生物碎屑灰岩,与背景沉积一致,说明这些砾屑物质是在风暴潮作用下搬运再沉积而成,从砾屑分选磨圆均较差可以得出其搬运距离较近。丰富的生物扰动构造及大量的生物碎屑亦表明,风暴沉积的沉积位置应为碳酸盐台地-潮坪,推测其水深约数米。该风暴岩组合上覆层位为正常天气下沉积的中薄层状白云岩,鸟眼构造普遍发育。在倒流蓍等地还见有较多的石盐假晶及紫红色氧化圈大量出现,表明其为水体很浅的泻湖产物。北衙组沉积时期,水体较浅,总体处于灰泥混合坪-泻湖环境。在这里,沉积物以灰泥为主,沉积速度中等偏慢,生物活动有充分的时间进行。当风暴来临,强烈的风暴浪对原始沉积层产生强烈破坏作用,形成风暴密度流,就地或短距离搬运后仍在潮坪至碳酸盐台地沉积下来。

前人研究表明,二叠纪玄武岩喷发结束后,位于扬子西缘的盐源-丽江盆地经历快速的热沉降,海平面快速上升,海侵方向来自北侧的甘孜-理塘洋^[13],拉开了三叠纪大规模海侵的序幕。中三叠世时期,在研究区北侧的长枪-棋木林一带,尚存在一障壁岛链,盐源-丽江地区为一向北开口的半闭塞海盆^[13,14]。北衙地区北衙组潮坪风暴沉积的发现,丰富了研究区三叠纪海侵大背景下不同沉积环境的沉积物类型。

4.2 古气候意义

风暴是热带、亚热带海洋的一种热带气旋,多形成于赤道附近(纬度 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$)的热带洋面上^[22]。中低纬度地区受赤道暖流影响,是强风暴的重要发源地和内源风暴碳酸盐岩沉积的主要场所^[18]。古地磁数据表明,中三叠世时期,扬子陆块位于赤道附近。二叠纪峨眉山玄武岩喷发后,扬子西缘仍处于局部环境相对动荡的环境中,加之赤道暖流的影响,造成扬子西缘北衙地区在此时处于一个多风的气候条件下,北衙组风暴沉积的发现对扬子陆块西缘古气候研究具有重要的意义。

参考文献:

- [1] KELLING G, MULLIN P. Graded limestones and limestone quartzite couplets: possible storm-sediments from the Pleistocene of Massachusetts [J]. *Petrology*, 1975, 38: 971-984.
- [2] AIGNER T. Schill-Tempestit in Oberen Muschelkalk (Trias, SW Deutschland) [J]. *Neues Jahrbuch Geologie and Palontologie, Abhandlungen*, 1979, 157: 326-343.
- [3] 严钦尚. 论滨岸浅海的风暴沉积 [J]. *海洋与湖沼*, 1984, 15(1): 14-19.
- [4] 孟祥化, 乔季夫, 葛铭. 华北古浅海碳酸盐风暴沉积和丁家滩相序模式 [J]. *沉积学报*, 1986, 4(2): 1-18.
- [5] HU MINYI, GUO CHENGXIAN, ZHU ZHONGDE. Tidal flat storm deposits of Middle Cambrian in Shimen district, Hunan Province [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1997, 6(2): 221-227.
- [6] 胡明毅, 贺萍. 潮坪风暴沉积特征及其研究意义 [J]. *地球科学进展*, 2002, 17(3): 391-395.
- [7] 陈世悦, 张鹏飞, 杨怀宇. 湘西北江坪地区志留系风暴沉积特征及意义 [J]. *古地理学报*, 2009, 11(1): 51-57.
- [8] 许世远, 邵虚生, 陈中原, 等. 长江三角洲风暴沉积系列研究 [J]. *中国科学(B)*, 1989, 1(7): 767-773.
- [9] 许世远, 邵虚生. 杭州湾北部滨岸的风暴沉积 [J]. *中国科学(B)*, 1984, 1(12): 1136-1143.
- [10] 张国栋. 现代滨岸风暴沉积—以舟山普陀岛、朱家尖岛为例 [J]. *沉积学报*, 1987, 5(2): 17-27.
- [11] 刘宝瑛, 张继庆, 许效松, 等. 四川兴文四龙下二叠统碳酸盐风暴岩 [J]. *地质学报*, 1996, 1(1): 55-67.
- [12] 刘宝瑛, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [13] 四川省地质矿产研究所专题研究组. 盐源-丽江地区三叠纪地层及沉积相 [M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [14] 刘家铎, 刘文周. 盐源盆地演化及早三叠世青天堡组沉积环境 [J]. *成都理工学院学报*, 1995, 22(3): 70-74.
- [15] 尹福光, 潘桂棠, 万方, 等. 西南三江造山带大地构造相 [J]. *沉积与特提斯地质*, 2006, 26(4): 33-39.
- [16] 孙晓猛, 简平. 滇川西部金沙江古特提斯洋的威尔逊旋回 [J]. *地质论评*, 2004, 50(4): 343-350.
- [17] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等. 中国大地构造单元划分 [J]. *中国地质*, 2009, 36(1): 01-28.
- [18] 马志鑫, 张万平, 刘伟, 等. 黔东镇远地区早寒武世清虚洞组潮坪风暴沉积特征及古地理意义 [J]. *沉积学报*, 2012, 30(5): 787-794.
- [19] 吝文, 姜在兴, 向树安, 等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田下二叠统下石盒子组盒2及盒3段风暴岩研究 [J]. *古地理学报*, 2008, 10(2): 167-174.
- [20] 彭靖淞, 刘树根, 赵霞飞, 等. 川西中三叠统天井山组风暴沉积的发现及古地理意义 [J]. *岩性油气藏*, 2009, 21(1): 83-88.
- [21] 胡斌. 浊流、风暴和洪水事件沉积及其伴生的痕迹群落 [J]. *岩相古地理*, 1989, 6: 10-39.
- [22] 陈世悦, 杨怀宇, 李文涛, 等. 贵州紫云地区上泥盆统风暴重力流沉积特征及地质意义 [J]. *地质学报*, 2010, 84(1): 127-132.

The storm deposits from the Middle Triassic Beiya Formation in the Beiya region, western Yunnan and their palaeogeographic implications

DONG Li-yang^{1,2}, WANG Jian², YIN Fu-guang², WANG Peng², ZHOU Ye-xin^{2,3}

(1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China; 3. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The storm deposits are recognized for the first time from the Middle Triassic Beiya Formation in the Beiya region, western Yunnan, and consist of alternating gravelly limestones and reticulated limestones with abundant sedimentary structures of storm deposits such as erosional soles, lag deposits, graded beddings and hummocky cross-beddings. The background deposits of the storm deposits are dominated by thin-bedded reticulated limestones with wavy beddings and bird's-eye structures, suggesting a tidal-flat environment in the study area. The discovery of the tidal-flat storm deposits may be important to the research of the palaeogeography and palaeoclimatology in the study area during the Middle Triassic.

Key words: western Yangtze block; Beiya Formation; tidal flat; storm deposits