

文章编号: 1009-3850(2009) 01-0065-06

河南登封地区上二叠统石千峰组风暴沉积特征

阳 伟¹, 田景春^{1,2}, 朱迎堂³, 王 峰¹

(1. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室 成都理工大学分室, 四川 成都 610059; 3. 成都理工大学 信息工程学院, 四川 成都 610059)

摘要: 河南登封地区上二叠统石千峰组以湖泊相碎屑岩为主, 其中发育有典型的风暴岩沉积, 在风暴岩中发育有冲刷面、丘状交错层理、包卷层理、波痕和泄水构造等风暴沉积构造, 并存在典型的序列, 自下而上可划为 S_a、S_b、S_c、S_d 和 S_e 五段。同时深入探讨了风暴岩的类型, 主要包括原地风暴岩和异地风暴岩, 并论述了其研究意义。风暴岩是湖泊发育的典型标志, 所以风暴岩的提出对确定研究区的沉积相类型增加了新的认识, 并且对上二叠统石千峰组的古地理恢复也具有重要意义。

关键词: 上二叠统; 石千峰组; 冲刷面; 风暴岩

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

风暴流沉积的概念是二十世纪 70 年代初由 G. Kelling 和 P. R. Mullin^[1] 正式提出的, 后被 T. Aigner^[2] (1979) 重新定义。在上世纪 80 年代以后发表了大量有关风暴岩, 尤其是古生代以来海相碳酸盐风暴岩的论著, 但对湖相碎屑岩的风暴岩报道很少, 直到最近几年国内学者才注意对湖泊风暴岩的研究。笔者在对河南登封地区西村石炭系—二叠系剖面的测制过程中, 在上二叠统石千峰组中发现了大量有关湖泊风暴岩沉积的证据^[1,2,3] (图 1), 本文就该区风暴岩特征、沉积序列及类型进行深入研究。

1 风暴岩沉积特征

研究区湖泊风暴岩主要见于上二叠统石千峰组中, 其中发育有典型的风暴沉积构造, 如冲刷面、粒序层理、丘状交错层理、包卷层理、波痕等^[4,5], 各类型沉积构造具体特征如下:

1.1 冲刷面

冲刷面是最常见的风暴沉积构造, 也是风暴沉积的重要相标志。冲刷面是强烈的风暴流冲刷沉积基底形成的槽状凹陷或波状起伏的不平坦面, 有平坦状、波状、复杂形状等形态, 其凹凸程度反映了风暴作用的大小。风暴过后, 湖水恢复平静, 于是较深湖 (晴天浪底之下) 的泥岩便覆盖在剪切面之上, 这是风暴流影响湖底的证据。

1.2 层理构造

研究区石千峰组风暴岩中层理类型多样, 特征各异, 主要有粒序层理、丘状交错层理、包卷层理等, 都是典型的风暴沉积构造, 为本区湖泊风暴沉积的确定提供了可靠而有力的证据。

1. 粒序层理

粒序层理位于冲刷面之上, 是由于风暴高峰过后, 风暴密度流按重力分异沉降而形成粒序层理。粒序层代表风涡流减弱的过程, 粒序层理的厚度从

收稿日期: 2008-10-10 改回日期: 2008-12-25

作者简介: 阳伟 (1983—), 男, 硕士, 主要从事沉积学研究。Tel: 13880302632 E-mail: yw110mm@yahoo.cn

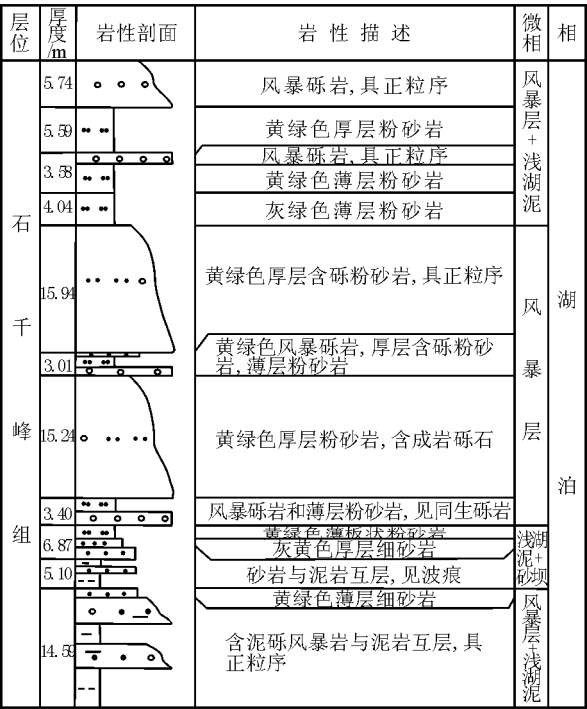


图 1 河南登封地区上二叠统石千峰组风暴沉积柱状图
Fig.1 Column through the tempestites in the Upper Permian Shiqianfeng Formation in the Dengfeng region, Henan

数厘米至数米不等, 不管整个风暴岩体在垂向上是向上变粗或变细的层序, 一次风暴流形成的单砂层总是呈向上变细的正粒序 (图 2 a), 即自下而上由粗砾-中砾-细砾组成, 泥砾含量逐渐减少, 粒径逐渐变小。

2 丘状交错层理

丘状交错层理 (图 2 b) 是风暴事件后期形成的最重要的风暴沉积构造, 是由飓风下面的巨大表面重力流在近底部产生强大的摆动和多向底流改造底部床沙而成^[9], 形成于正常浪底之下风暴浪底之上。丘状交错层理是一种由上凹和上凸的交错层系所组成的层理类型, 以低角度相交的曲面为特征, 湖泊风暴岩中丘状交错层理的存在是湖泊风暴岩沉积的有力证据。研究区的丘状交错层理发育于粉砂岩和细砂岩中, 其经常与平行层理共生, 位于递变层理之上。

3 包卷层理

包卷层理是在一个层内的层理揉皱现象, 表现为连续的开阔“向斜”或紧密“背斜”所组成。研究区发现的包卷层理 (图 2 g, 其规模中等, 波长为 20 m, 波高为 8 m, 属于风暴沉积序列中的一种层理, 可以出现在砂质风暴岩中, 但侧向不稳定。刘宝

珺 (1986) 等在扬子地台西缘寒武系梅树村组风暴岩沉积序列中也曾在介壳层中发现包卷层理^[7], 这更加证明研究区风暴岩的存在。此外, 这一现象还反映沉积速率小, 风暴作用持续时间相对较长的沉积构造特征。

1.3 波痕

波痕 (图 3 d) 也是风暴砂岩顶部的典型构造之一。波痕是波浪活动最常见的鉴别标志, 是风暴高潮之后, 转为正常天气的波浪运动的结果。波痕虽然不是直接由风暴作用形成的, 但是它对风暴作用环境有着明显的指相作用。Aigne 所提出的理想的风暴层序与浊流层序的主要区别就在于风暴岩中粒序层顶部常过渡为波浪作用形成的浪成沙纹层理, 而浊流及其它重力流形成的粒序层之上则没有波浪作用痕迹。

1.4 泄水构造

石干峰组中的泄水构造 (图 2 g) 多发育在细砂岩、粉砂岩中, 泄水构造是迅速堆积的松散沉积物内由于孔隙水的泄出过程中所形成的同生变形构造。其典型特征是塑性体尖端指向块体中心, 仅局部发育。

1.5 平行层段与生物扰动

平行层段是风暴过后成悬浮状态的细砂沉积的产物。平行层理见于中细砂岩中 (图 2 f), 代表了风暴流活动的高能环境。研究区的生物逃逸迹常见垂直和倾斜两种, 呈管状分布, 部分见回填现象。生物逃逸迹是快速沉积的一个重要标志, 当快速的沉积作用发生时, 生物为了不被埋葬便向上逃逸, 也是风暴沉积中常见的遗迹化石之一。风暴期后生物沉积构造, 反映风暴停息后生物在刚沉积的泥岩上觅食、栖息。

2 垂向序列

一次风暴的水动力变化, 塑造了各阶段对应的沉积层序和沉积特征。依据研究区野外剖面的观察, 可概括出风暴岩的理想层序, 即似鲍马序列, 共由五段组成 (图 3 g, 具体特征如下:

- (1) 块状层理段 (S_a): 由块状层理砾质砂岩到细砂岩组成, 具粒序层理, 底见冲刷面, 与下伏地层呈突变接触。
- (2) 平行层理段 (S_b): 由具平行层理的粉砂-细砂组成, 偶见波痕和丘状交错层理, 形成于风暴能量减弱、沙床平坦的条件下。
- (3) 丘状交错层理和波状层理段 (S_c): 主要由

发育丘状交错层理、波状层理等的粉砂岩组成,底面常发育冲刷面,形成于浪成振荡水流作用。与平行层理段 (S_b) 有一个沉积间断面。

- (4)水平层理段 (S_d):由发育水平层理、波状层理的粉砂岩和泥岩构成。
- (5)块状泥岩段 (S_e):主要由较深水沉积的深

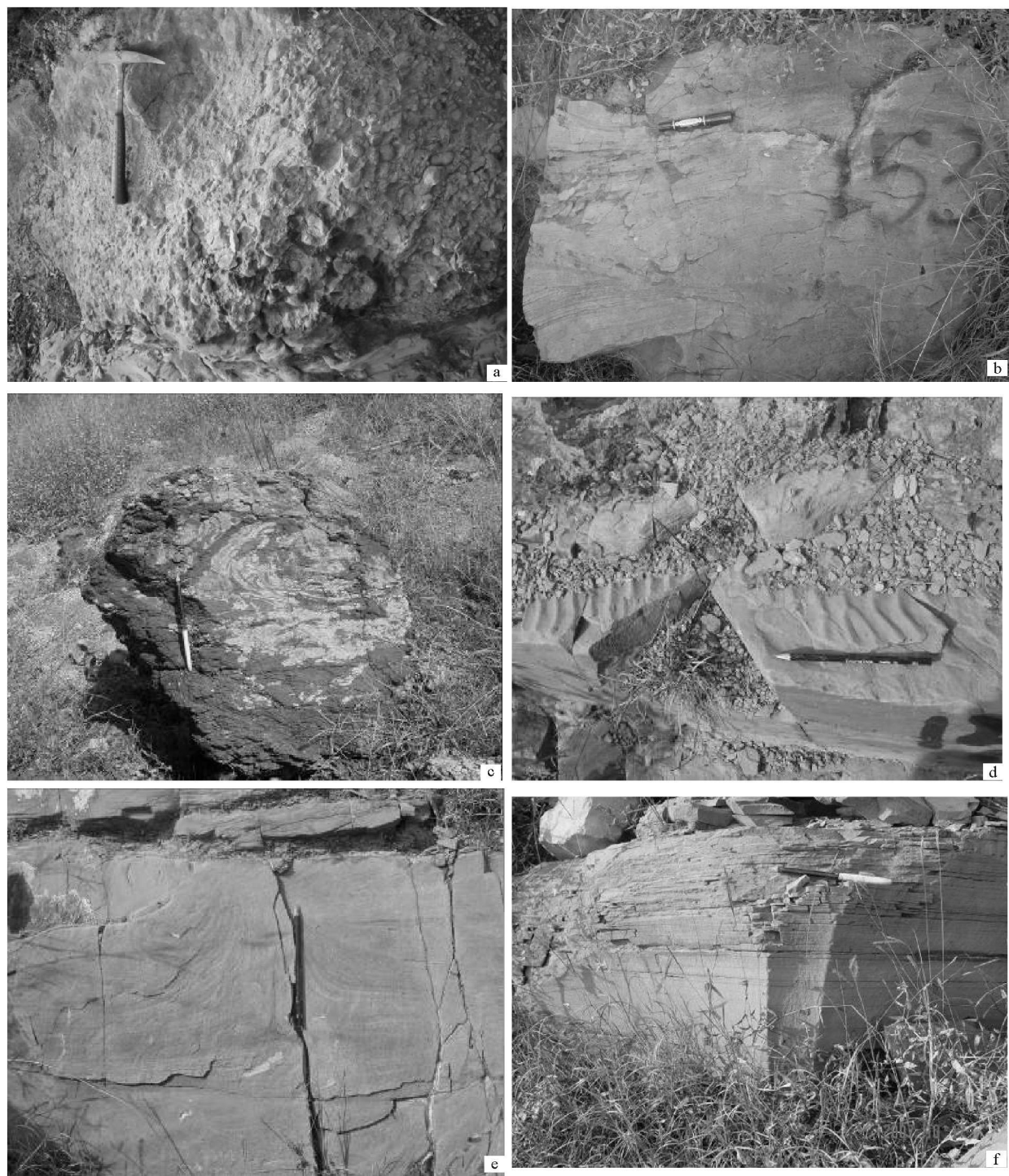


图 2 河南登封地区石千峰组风暴沉积构造

a 粒序层理; b 丘状交错层理; c 包卷层理; d 波痕; e 泄水构造; f 平行层理

Fig 2 Sedimentary structures of the tempestites in the Upper Permian Shiqianfeng Formation in the Dengfeng region, Henan
a Graded bedding b Hummocky cross bedding c Convolute bedding d Ripple bedding e Water-escape structure
f Parallel bedding

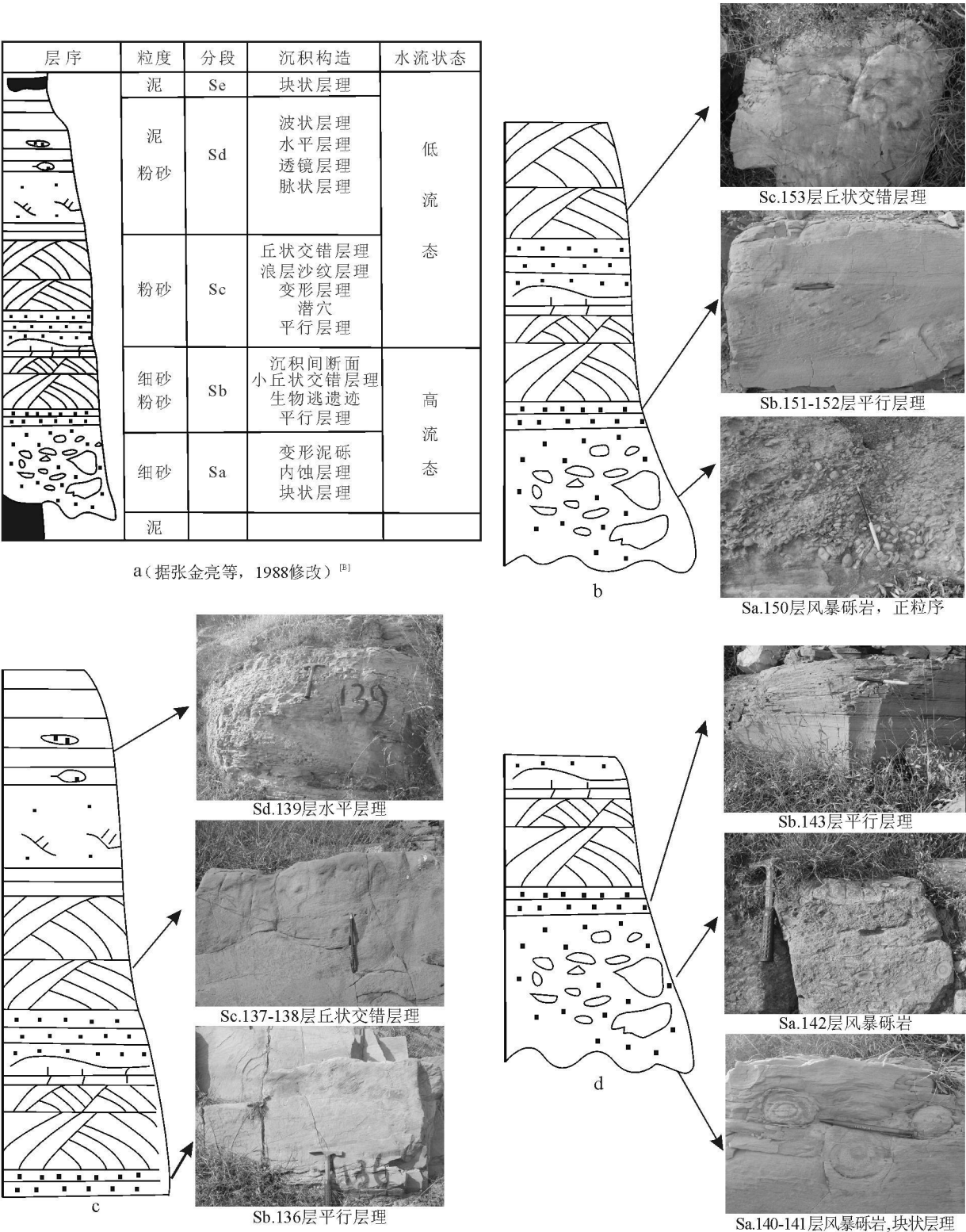


图 3 河南登封地区石千峰组风暴岩垂向沉积模式及序列

a 风暴岩沉积模式; b c d 河南登封地区石千峰组风暴岩沉积序列

Fig 3 Vertical sedimentary model and sequences of the tempestites in the Upper Permian Shiqianfeng Formation in the Dengfeng region, Henan

a Sedimentary model(modified from Zhang Jinliang et al, 1988); b c and d Sedimentary sequences

灰色泥岩及页岩组成。

从 Sa至 Se为由粗变细的正旋回风暴序列, 形成于风暴能量逐渐衰退的过程中。当然, 很难见到一个完整的序列, 研究区常见的风暴序列组合是: SaSb-Sc (图 3 b), Sb-Sc-Sd (图 3 g) 和 Sa-Sb (图 3 d)。风暴沉积是事件性沉积, 纵向上, 风暴沉积之上为三角洲或扇三角洲沉积, 其下为浊积岩或正常湖相沉积; 平面上, 向陆方向为三角洲或滨湖, 向盆地方向与浅湖砂坝或浅湖 半深湖相泥岩接触。

3 风暴岩类型

关于湖泊风暴岩的分类, 金瞰、刘鹏举等均作过论述^[9-10], 本文基本遵循刘鹏举的划分方案, 研究发现本区存在原地风暴岩和异地风暴岩。

3.1 原地风暴岩

原地风暴岩与浅水沉积相伴生, 是由于风暴流对湖底的搅动和掘起作用, 使先期的沉积物被掀起、搅碎, 堆积在原地形成的产物。研究区常见 Sa和 Sb序列 (图 4 A), 下部单元 (Sa) 为中厚层状, 由粗砾屑构成, 砾屑的成分为砂质或泥质, 泥砾多呈片状, 砂砾为圆状、次圆状, 顺层分布或杂乱分布, 堆积较紧密, 其顶界面不规则; 主要发育粒序层理及冲刷面等沉积构造。上部单元 (Sb) 为粉 细砂岩, 发育平行层理。

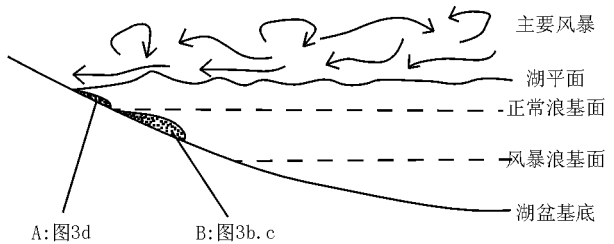


图 4 研究区风暴岩类型及其分布位置示意图

Fig 4 Sketch to show the types and distribution of the tempestites in the Upper Permian Shifan Feng Formation in the Dengfeng region, Henan

3.2 异地风暴岩

异地风暴岩是指风暴回流携带的大量从物源区冲刷、侵蚀下来的碎屑物质经过一定距离的搬运后再沉积下来形成的产物, 研究区主要为发育在正常浪基面之下的近源风暴岩。风暴流在由强到弱或风暴密度流速开始降低的过程中, 短距离搬运的碎屑物质按颗粒大小依次沉积, 研究区常见 SaSb-Sc, Sb-Sc-Sd (图 4 B)。沉积物的粒度较粗, 泥砾呈碎片状, 砂岩呈透镜状, 砾屑排列趋于规则, 厚度趋于稳

定。这类沉积由于受到风暴浪的冲刷, 常常发育丘状交错层理、浪成沙纹层理等沉积构造。粒序层段明显, 并见生物的倾斜逃逸潜穴。

4 研究意义

河南登封地区晚二叠世石干峰沉积期, 湖泊水面广阔, 地形平缓, 总体水体较浅, 易产生风暴回流物质, 形成湖泊风暴沉积。根据野外观察认为研究区发育丰富的浅湖风暴沉积; 主要有冲刷面、丘状交错层理、粒序层理等典型的风暴成因构造。研究区风暴岩理想的沉积序列从下至上可概括为“似鲍马序列”: 块状层理段 (Sa), 平行层理段 (Sb), 丘状交错层理和波状层理段 (Sc), 水平层理段 (Sd), 块状泥岩段 (Se)。由图 1可以看出, 在垂向剖面中; 风暴沉积与非风暴沉积交互出现, 发育程度与层位、古地形、古水深、构造位置及碎屑供给特征等条件有关; 在平面上, 风暴岩被非风暴岩所包围; 向陆、向浅水方向一般为三角洲、滨湖砂坝沉积体, 向盆地方向变为浅湖砂坝、浅湖 半深湖泥页岩 (图 5)。

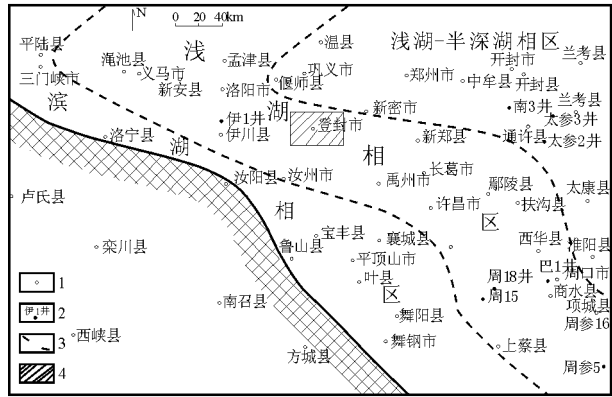


图 5 南华北盆地上二叠统石干峰组沉积相

1. 地名; 2. 井名; 3. 相界线; 4. 研究区

Fig 5 Sedimentary facies in the Upper Permian Shifan Feng Formation in the southern part of the North China Basin

1 = place name 2 = well site 3 = facies boundary 4 = study area

风暴沉积的发现对于研究区的古地理位置、古环境特征, 以及地层学研究都有重要的意义。同时, 风暴岩还可作为储集层, 经过湖泊风暴和波浪改造作用的砂体, 其孔隙更发育, 储集性能更良好。风暴岩下伏湖相泥岩, 生烃后优先排入邻近的砂岩, 易形成砂岩透镜体油藏; 另外风暴岩形成的砂岩侧向与三角洲前缘砂体叠置, 加上差异性压实构造的配套, 可形成具有一定面积的构造岩性油气藏。

参考文献:

[1] KELLING G, MULLIN P R. Graded limestones and limestone quartzite couplets: possible storm sediments from the Pleistocene of Massachusetts[J]. Petrology, 1975, 38: 971—984

[2] 李华启, 姜在兴, 邢焕清. 四川盆地西部上三叠统须家河组二段风暴岩沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 81—85.

[3] 高山林, 陈海泓, 窦伟坦, 等. 鄂尔多斯盆地延长组的湖泊风暴沉积[J]. 沉积学报, 1999, 17(增刊): 758—762

[4] 孙钰, 钟建华, 姜在兴, 等. 松辽盆地南部青山口组湖相风暴沉积[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 2(1): 12—15.

[5] 杨宝忠, 杨坤光, 夏文臣. 鄂东黄石地区下三叠统大冶组风暴沉积[J]. 古地理学报, 2007, 9(4): 379—386

[6] 刘宝珺. 中国扬子地台西缘寒武纪风暴事件及磷矿沉积[J]. 沉积学报, 1987, 5(3): 28—29

[7] 刘宝珺, 张继庆, 许效松. 四川兴文四龙下二叠统碳酸盐风暴岩[J]. 地质学报, 1986, 60(1): 55—67

[8] 张金亮, 秦建峰, 赵澄林. 东濮凹陷沙三段的风暴沉积[J]. 沉积学报, 1988, 6(1): 65—66

[9] 刘鹏举. 河北省平泉下奥陶统冶里组碳酸盐风暴沉积[J]. 吉林大学学报, 2004, 34(1): 1—4.

[10] 金瞰. 徐州大北望寒武纪地层中的风暴岩及其特征[J]. 岩相古地理, 1997, 17(1): 34—38

The storm deposits in the Upper Permian Shiqianfeng Formation in the Dengfeng region, Henan

YANG Wei¹, TIAN Jing-chun², ZHU Ying-tang³, WANG Feng¹

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The Upper Permian Shiqianfeng Formation in the Dengfeng region, Henan is mainly composed of the lacustrine clastic rocks in which the tempestites are well developed. These tempestites have the features of sedimentary structures including scour surface, hummocky cross-beddings, convolute beddings, ripple beddings and water escape structures. The idealized sedimentary sequences of the tempestites are generalized and consist from bottom to top of the intervals Sa, Sb, Sc, Sd and Se. The types of the tempestites include autochthonous and allochthonous tempestites, indicating a typical lacustrine environment. The identification of the tempestites in the study area has an important significance for the recognition of sedimentary facies and reconstruction of the palaeogeographic environments of the Upper Permian Shiqianfeng Formation in the Dengfeng region, Henan.

Key words: Upper Permian Shiqianfeng Formation; scour surface; tempestite