

文章编号: 1000-0550(2008)06-0975-07

蒙古南贝尔凹陷白垩纪地震作用的证据

王化爱¹ 钟建华¹ 隆 锋²

(1 中国石油大学(华东) 山东东营 275015 2 大庆方兴投资有限责任公司 黑龙江大庆 166512)

摘 要 在区域构造背景研究和岩心观察的基础上,在蒙古南贝尔凹陷白垩纪地层中识别出震积岩。震积岩的主要标志是发育各种类型的软沉积变形构造,包括微同沉积断裂、卷曲变形构造、液化砂岩脉、震积枕状及伴生构造等,这是首次在蒙古南贝尔凹陷发现与地震作用有关的沉积特征。在塔 21-9 井中发现完整的震积岩垂向序列,序列自下而上分为下伏未震层、砂岩脉(砂火山)、震动卷曲变形层、内碎屑角砾岩层、阶梯状微断层和震裂缝层、震浊积岩层和上覆未震层。如此完整地震序列在同一口井岩芯中同时出现实属罕见,为进一步深入研究古地震作用提供了良好的物质组合。

关键词 地震作用 震积岩 变形构造 垂向序列

第一作者简介 王化爱 男 1967 年出生 高级工程师 博士研究生 石油地质 E-mail: whanguai@yahoo.com.cn

中图分类号 P534.53 P512.2 文献标识码 A

0 引言

地震是一种事件性的地质事件。震积岩(Seismitite)最早由 Seilacher A 提出,原意指一个构造活动区未固结的水下沉积物受到地震活动改造再沉积的沉积层^[1,2],它不是一种岩石名称,而是具有成因联系的一组岩石的总称^[3]。

对震积岩的研究始于 1969 年^[4],我国对震积岩的研究始于 1988 年^[4],二十年来地质学家对震积岩研究的成果主要体现在:一、对海相震积作用和震积岩的研究。涉及了华北元古宙—古生代^[5-9]、西南三江地区古生代^[10]、云南中元古代^[11,12]等,其中以 20 世纪 90 年代初期由乔秀夫等在华北地台东部震旦系建立的碳酸盐震动液化序列为代表。二、对陆相湖盆震积作用和震积岩的研究。涉及了四川峨眉晚侏罗世^[13,14]、酒西盆地早白垩世^[15]、济阳凹陷古近纪^[2,3,16-18]、鄂尔多斯盆地南部上三叠统^[19]等,其中以吴贤涛等在研究四川峨眉晚侏罗世湖泊沉积时,建立的碎屑岩原地系统的地震液化序列为代表^[13]。最近几年,陆相断陷盆地陆续有震积岩的报道,陈世悦等^[18]、袁静^[16]、杨剑萍^[3]、付文利^[17]、魏垂高^[2]等通过对中国东部渤海湾盆地济阳拗陷古近系震积岩的特征研究,建立了陆相断陷湖盆碎屑岩地震序列,开创了由古生代海相地层向东部新生代陆相断陷湖盆震积岩研究时代的转移^[20]。

震积岩主要发育在裂谷、大陆边缘等构造活动地区^[21],然而在断陷盆地的形成过程中,伴随控盆边界断裂或盆内主要大断裂强烈的幕式构造运动而出现地震活动也是一种普遍的现象^[3]。蒙古南贝尔凹陷至今未有相关的报道。笔者在研究蒙古南贝尔凹陷白垩系沉积相和沉积环境时,通过岩心观察发现大量软沉积变形构造,认为是震积岩的特征,地震事件沉积的发现对于研究控盆构造演化和油气储层等具有重要意义。

1 区域地质背景

蒙古南贝尔凹陷位于我国内蒙古自治区呼伦贝尔市新巴尔虎右旗贝尔乡南约 20 km 与海拉尔盆地属同一个中生代沉积盆地。基本构造格局为凹陷夹凸起,走向为 NE 向。南贝尔凹陷发育了北东—北北东向雁行式排列的三个次洼槽,自东向西依次为:东部次洼槽、中部次洼槽和西部次洼槽。东部次洼槽北段为双断地垒式结构,南段为双断断槽式结构;中部次洼槽为单断超式结构的性质。西部次洼槽初步认为是单断超式结构。东部洼槽面积 1 560 km²,呈双断结构,基底最大埋藏深度 3 500 m 受一、二级断裂的控制,发育南北两个次洼,之间夹大型断鼻、背斜构造带;西部洼槽面积 1 200 km²,横轴较窄,以不对称双断结构为主,基底最大埋藏深度 4 000 m 同样发育南北两个次洼,围绕各次洼周边发育一系列断块、断鼻构造(图 1)。

收稿日期: 2008-01-14 收修改稿日期: 2008-03-18



图 1 蒙古南贝尔凹陷区域位置图

Fig 1 Regional geology of the South Beir Sag

塔 21-9 井位于中央隆起带断裂附近。取芯井段 2 114.2~2 564.38 m 分 6 次进行,进尺 39.01 m 芯长 37.52 m 平均收获率 96.2%。层位主要为白垩系下宗巴音组和查干组,形成于盆地断陷初期,分别对应于盆地断陷 II 幕和 I 幕^[22]。其中地震作用沉积特征主要发育在第一筒岩芯下宗巴音组砂泥岩薄互层中和砂岩中。

2 地震作用标志

国内外的研究表明,震裂缝、层内错开、层内阶梯状断层、层内褶皱、液化砂岩脉、火焰构造及震动液化卷曲变形构造等是鉴别地史时期地震记录的主要标志^[1~21]。塔 21-9 井的岩心中保留了许多与古地震事件有关的地质记录,主要有以下几种类型。

2.1 微同沉积断层和震裂缝

它是在沉积地层振动过程中形成的,以张性断裂为主,可单独发育,也可平行排列呈阶梯状。其中以阶梯状平行排列最为典型,断层规模较小。塔 21-9 井岩心中多处见阶梯状断层,单条断层延伸长度较

短,多在 0.5~5 cm 内,断距多在 0.2~1 cm 一般不超过 3 cm (图版 I-1-9),角度较陡,仅限于层内发育。微断裂之间的岩层常发生褶皱和揉皱现象。部分断层有砂质沉积物沿断层面充填 (图版 I-1)。

震裂缝也是在沉积地层振动过程中形成的,以张性断裂为主,主要发育于砂岩或砂岩夹薄层泥岩中,产状较陡,可贯穿夹层,但不穿越上下岩层。有时可发育成小型地堑^[23]。塔 21-9 井 2 120.6 m 处发育一小型地堑,上口宽约 8 cm 底宽约 4.5 cm 深 3 cm (图版 I-2)。其上部及边部均发育一层薄薄的暗色泥岩 (厚度小于 1 mm),界面清楚。

2.2 液化岩脉和泄水构造

液化岩脉和泄水构造是由地震—断裂作用引发软沉积物液化泄水的结果,与碳酸盐岩震积序列中的液化泄水泥晶脉 (molar tooth) 形态和成因相似^[24~28]。它是富水砂质沉积物在地震活动中由于受到上部及四周压力,迫使向压力小的方向移动,导致泄水脉同时向岩层内上方及下方两个相反方向液化,挤入泥质沉积物所形成的脉状体。脉体宽 0.5~

4 cm 不等, 长几厘米到十几厘米, 砂质纯度较高, 不规则状弯曲延伸, 顶端消失在泥岩中。岩心 2 400.33 m 处见液化的砂岩上涌形成火焰状构造 (图版 I-3), 有研究者将之称为砂火山^[17]。

2.3 负荷构造与枕状构造

此类构造是由于上下相邻的沉积物存在较大的密度差, 地震液化作用结束后, 沉积物体积收缩, 地面下沉, 在振动和重力的作用下, 上覆细砂、粉砂层发生断裂、解体, 形成大小不一的砂块向软性泥质沉积物中沉陷而成的。砂块的大小从几毫米到几厘米不等, 由于粒度细, 饱含水, 在振动下沉过程中可发生塑性变形而呈不规则碎块状、球状、枕状、瘤状、拖曳拉长状及其它各种变形形状, 构成 Reep T B 所说的枕状层 (pillow-beds)^[29]。塔 21-9 井 2 120.6 m 和 2 119.53 m 处砂岩底部见瘤状凸起, 2 115.34 m 处见拖曳拉长的枕状沉积构造 (图版 I-4)。

2.4 内碎屑角砾岩

内碎屑角砾岩 (intraclastic parabreccia) 是指自碎屑进一步位移形成的近原地异位的角砾岩^[21]。它是沉积岩层受地震振动被震裂破碎再沉积的产物。岩块大小和形状差异均较大, 从 0.5 cm 到 10 cm 均有分布, 有的棱角较分明, 有的泥质砾岩边缘被挤压而变圆滑, 表明当时处于半固结状态, 顺层分布, 相邻的角砾部分可以拼接。塔 21-9 井角砾主要为具软沉积变形特征的暗色泥岩碎屑。2 116.4 m 井段岩心为灰色砾质砂岩, 砾质成分为暗色泥岩角砾, 拉长、侧向变细和弯曲, 也有具明显撕裂痕迹 (锯齿状边缘) 的截面。大小混杂, 从几毫米至 2 cm × 1 cm 不等, 其含量 (体积分数) 约为 30% ~ 40% (图版 I-5)。

2.5 振动卷曲变形构造

振动液化卷曲变形指由于地震时液化作用引起的卷曲变形^[30], 主要表现在薄层的砂岩在某一特定层内的揉皱变形。在地震波的影响下, 作用于原颗粒支撑沉积物的有效压力被传递到孔隙流体中去, 产生极高的超孔隙压力, 使颗粒间的摩擦力减小而被液化, 使沉积物在很小的切应力作用下产生流动, 从而在层内发生明显褶曲, 形成一系列形态各异的小型紧闭型褶曲。这些小揉皱、卷曲变形构造互相连接, 形态各异, 此种构造以其褶曲轴面无规律可循而与构造作用引起的层间褶皱构造及沉积物沿斜坡滑动产生的变形构造有明显的区别^[31]。塔 21-9 井 2 115.3 m 处砂泥岩薄互层, 1 ~ 2 mm 厚的砂岩夹于层厚仅 3 ~ 4 mm 的暗色泥岩中, 液化的微褶皱象被

风吹皱一样发生明显褶曲 (图版 I-6)。2 115.34 m 井段由灰白色砂岩与暗色泥岩组成的薄互层段, 厚 4 ~ 5 cm 砂岩单层厚约 1 cm 左右, 泥岩单层厚 0.4 ~ 0.5 cm 3 ~ 4 层叠置而成。由于振动, 整个岩层段形成两个微褶曲相连的波状弯曲。单个褶曲大小约 2 cm 不对称。其底部具有枕状构造和滑移现象 (图版 I-4)。

2.6 (半) 环形层 (loop bedding)

乔秀夫等^[8]在研究中元古代白云岩地震作用时, 指出环形层是地震作用的重要记录。环形层横断面呈封闭的同心圆环状层, 环形层长轴平行于岩层面, 短轴垂直于层面。Rodríguez-Pascua 等^[32]讨论了环形层的地震成因机制, 是由弱地震诱发, 整个纹层状软沉积物尚未达到液化程度时的伸展变形。这种环形层在华北奥陶系纹层灰岩及古近系纹层砂岩中也有出现^[8]。塔 21-9 井 2 398.48 m 处发育一短轴长约 10 cm 的 (半) 环形层, 长轴略微向下倾斜, 由于其长度超过岩芯直径, 故不能见到完整的环形层 (图版 I-7)。

3 地震作用垂向序列

沉积序列是沉积单元的规律组合, 它反映沉积环境的规律变化 (环境) 或沉积作用过程 (事件相)^[21, 30]。地震沉积序列相应是指在地震作用的特殊事件条件下, 反映地震沉积作用过程的沉积序列。当地震发生时, 首先引发对先存沉积物的原地改造形成震积岩, 继而触发海 (湖) 啸形成海 (湖) 啸岩, 最终引发重力流形成震浊积岩; 当地震过后, 地壳恢复平静接受正常沉积 (即背景沉积)。蒙古塔木察格坳陷震积岩的垂向序列包括以下 7 层 (图 2), 自下而上简述如下。

(1) 底部未震层: 岩性为正常湖相沉积, 岩层未经地震干扰。

(2) 砂岩脉 (砂火山) 层: 砂岩脉呈现出复杂的空间形态, 平面上无统一走向, 边缘有撕裂的痕迹。多层薄砂层可以同时被液化, 共同参与砂岩脉的形成。根据研究, 地震震级小于 5 级从未发现有喷砂冒水现象^[5]。因此沙土液化是强地震的产物。

(3) 振动卷曲变形层: 主要表现为薄层泥岩和砂岩在层内发生明显褶曲, 形成一系列形态各异的小型褶曲, 卷曲构造相互连接, 而上下岩层中的纹理变化不大, 通常与微同沉积断层伴生。

(4) 内碎屑角砾岩层: 厚度约 10 ~ 30 cm 碎块

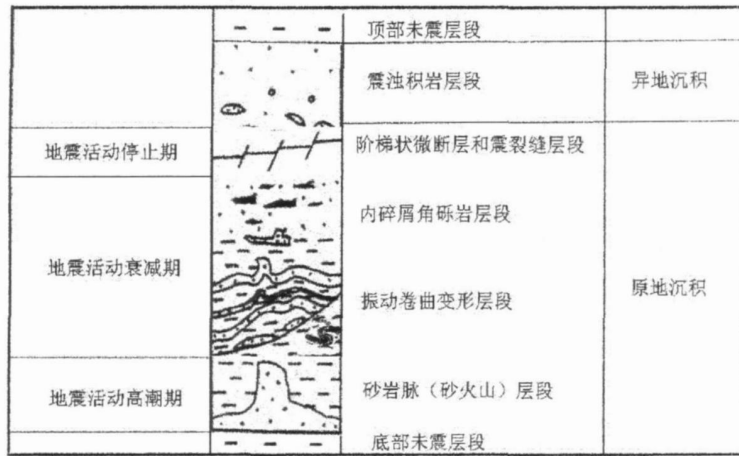


图 2 塔 21-9 井震积岩垂向序列
Fig 2 Vertical seismite sequence of Well Ta21-9

多为形态多变的泥质碎块,以棱角状和次棱角状为主,还有的呈三角形、四边形等,大小混杂,长条状的碎块中还可见未完全断开的断裂缝。这些碎块在地震过程中只遭到破碎而液化程度轻。

(5) 阶梯状微断层和震裂缝层:为地震衰减期产物。阶梯状微断层段厚度约 5~8 cm,断层密度最密可达 2~3 条/10 cm,也可单独出现,断距很小,向下逐渐消失于下伏未震层段中。震裂缝主要通过小型地堑表现出来。

(6) 异地沉积的震浊积岩层:震浊积岩是在地震作用下,岩石震裂发生位移后形成高密度重力流的沉积岩类型。震浊积岩与非地震浊积岩的区别在于:a 地震浊积岩鲍马层序 AB 段以含震裂构造砾石为特征;b 地震浊积岩与其母岩之间,可发现发育震裂构造的震积岩和海(湖)啸岩^[33]。杜远生^[21]指出“与原地震积岩共生的浊积岩应为地震引发的震浊积岩。”塔 21-9 井 2 119.08 m 发育一段 6 cm 厚的正粒序含砾砂岩,底部具冲刷面,其上为厚 1.5 cm 的砾岩层,砾大小 2~4 mm 最大达 8 mm 以次棱角状为主,也有圆形和棱角状的,向上递变为粗砂岩(图版 I-8)。

(7) 顶部未震层:当地震能量减少到不足以影响到的层段,又开始继续原始的沉积作用,不再具备震积岩的特点。

与其它事件沉积序列一样,震积岩垂向序列中各单元在剖面上常常发育不全,缺失其中一个或多个单元。这与震积岩序列组成的本身无关,而是由于剖面处于事件发生的相对位置不同所致,也可能是由于两次地震的时间间隔太短以致地震作用“叠置”而成。

4 结论

蒙古南贝尔凹陷首次发现地震作用沉积构造,类型丰富多样,主要有震裂缝、层内阶梯状断层、层内褶皱、负载构造、液化砂岩脉、砂火山及震动液化卷曲变形构造等。塔 21-9 井中发育完整的震积岩垂向序列,序列自下而上分为下伏未震层、砂岩脉(砂火山)、震动卷曲变形层、自碎屑角砾岩层、阶梯状微断层和震裂缝层、震浊积岩层和上覆未震层。如此完整地地震序列在同一口井岩心中同时出现实属罕见,为进一步深入研究古地震作用提供了良好的物质组合。

致谢 审稿专家细致、认真地审阅了本文,并提出了建设性的修改意见,特此致谢。

参考文献 (References)

- Seilacher A. Fault graded bed interpreted as seismites [J]. *Sedimentology* 1969 13 (1-2): 155-159
- 魏垂高,张世奇,姜在兴,等. 东营凹陷现河地区沙三段震积岩特征及其意义 [J]. *沉积学报*, 2006 24 (6): 798-805 [Wei Chuigao Zhang Shiqi Jiang Zaixing et al. Discovery and significance of Silurian in Member III at Shahejie Formation in Xianhe area of Dongying Sag [J]. *Acta Sedimentology Sinica* 2006 24(6): 798-805]
- 杨剑萍,王辉,陈世悦,等. 济阳拗陷古近系震积岩特征 [J]. *沉积学报*, 2004 22(2): 281-286 [Yang Jianping Wang Hui Chen Shiyue et al. The features of seismite in Jiyang Sub-Basin Paleogene [J]. *Acta Sedimentology Sinica* 2004 22(2): 281-286]
- 宋天锐. 北京十三陵前寒武纪碳酸盐岩地层中的一套可能的地震-海啸序列 [J]. *科学通报*, 1988 38(8): 609-611 [Song Tianrui. A possible seismic-tsunami sequence in Precambrian carbonate stratigraphy in Shisanling area Beijing [J]. *Chinese Science Bulletin* 1988 38 (8): 609-611]

- 5 乔秀夫, 宋天锐, 高林志, 等. 碳酸盐岩振动液化地震序列 [J]. 地质学报, 1994, 68(1): 16-32 [Qiao Xiufu, Song Tianrui, Gao Linzhi et al. Seismic sequence in carbonate rocks by vibrational liquefaction [J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68(1): 16-32]
- 6 乔秀夫, 李海兵, 高林志. 华北地台震旦一早古生代地震节律 [J]. 地质学前沿, 1997, 4(3-4): 155-160 [Qiao Xiufu, Li Haibing, Gao Linzhi. Sinian-early Palaeozoic seismic rhythms on the north China Platform [J]. Earth Science Frontiers, 1997, 4(3-4): 155-160]
- 7 乔秀夫, 高林志. 燕辽裂陷槽中元古代古地震与古地理 [J]. 古地理学报, 2007, 9(4): 338-352 [Qiao Xiufu, Gao Linzhi. Mesoproterozoic paleoearthquake and palaeogeography in Yan-Liao Aulacogen [J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(4): 338-352]
- 8 乔秀夫, 高林志. 华北中新元古代及早中生代地震灾变事件及与 Rodinia 的关系 [J]. 科学通报, 1999, 44(16): 1753-1758 [Qiao Xiufu, Gao Linzhi. Earthquake events in Neoproterozoic and Early Palaeozoic and its relationship with super continental Rodinia in North China [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(16): 1753-1758]
- 9 乔秀夫, 高林志, 彭阳, 等. 古郯庐带沧浪铺阶地震事件、层序及构造意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 2001, 31(11): 911-918 [Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Peng Yang et al. Seismic event sequence and tectonic significance in Canglangpu Stage in Palaeo-Tanlu Fault Zone [J]. Science in China (Series D), 2001, 31(11): 911-918]
- 10 孙晓梁, 梁定益, 聂泽同. 大陆边缘震积岩序列——以金沙江中段震积岩为例 [J]. 现代地质, 1995, 9(3): 1227 [Sun Xiaoliang, Liang Dingyi, Nie Zetong. Seismite sequence in continental margin taking seismite in middle region of Jinsha River as an example [J]. Geosciences, 1995, 9(3): 1-27]
- 11 杜远生, 张传恒, 韩欣. 滇西地区中元古代大龙口组震积岩的新发现 [J]. 沉积学报, 1999, 24(增刊): 28-37 [Du Yuansheng, Zhang Chuansheng, Han Xin. New discovery of seismites in Dabngkou group in Mid-Proterozoic in Dianxi [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 14(Suppl): 28-37]
- 12 杜远生, 张传恒, 韩欣. 滇西中元古代昆阳群的地震事件沉积及其地质意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 2001, 31(4): 284-290 [Du Yuansheng, Zhang Chuansheng, Han Xin. Earthquake events deposition and geologic significance of Kunyang group in Mid Proterozoic in Dianxi [J]. Science in China (Series D), 2001, 31(4): 284-290]
- 13 吴贤涛, 尹国勋. 四川峨眉晚侏罗世湖泊沉积中震积岩的发现及其意义 [J]. 沉积学报, 1992, 10(3): 19-24 [Wu Xiantao, Yin Guoxun. Discovery and significance of seismites of lake deposition of Late Jurassic in Eimei in Sichuan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1992, 10(3): 19-24]
- 14 尹国勋, 汤友谊. 地史时期地震事件的岩石学证据——以四川峨嵋晚侏罗世湖泊沉积中的震积岩为例 [J]. 地震地质, 1993, 15(1): 61-65 [Yin Guoxun, Tang Youyi. Petrology evidence for seismic event in geologic history with an example of seismite in the sediment of Late Jurassic lakes in the Emei Mountains, Sichuan province [J]. Seismology and Geology, 1993, 15(1): 61-65]
- 15 张琴, 朱筱敏, 张建军, 等. 酒西盆地青南凹陷柳沟庄—窟窿山地区下白垩统震积岩的发现及意义 [J]. 地质学报, 2003, 77(2): 158-162 [Zhang Qin, Zhu Xiaomin, Zhang Jianjun et al. The discovery of seismite and its significance in Lower Cretaceous in Liugouzhuan and Kulongshan Region, Qingnan Sag, Juxi Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 158-162]
- 16 袁静. 山东惠民凹陷古近纪震积岩特征及其地质意义 [J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 41-46 [Yuan Jing. The property and geological significance of seismites of Palaeogene in Huimin Sag, Shandong Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(1): 41-46]
- 17 付文利, 王艳琴, 杨光等. 东营凹陷沙三段、沙四段震积岩研究 [J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(2): 6-8 [Fu Wenli, Wang Yanqin, Yang Guang et al. Study on seismite of Sha3 and Sha4 member in Dongying Sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2004, 11(2): 6-8]
- 18 陈世悦, 袁文芳, 鄢继华. 济阳拗陷早第三纪震积岩的发现及其意义 [J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413-424 [Chen Shiyue, Yuan Wenfang, Yan Jihua. Discovery and significance of earthquake event deposits of Early Tertiary in the Jiyang Depression [J]. Chinese Journal of Geology, 2003, 38(3): 413-424]
- 19 夏青松, 田景春. 鄂尔多斯盆地南部上三叠统延长组震积岩的发现及地质意义 [J]. 沉积学报, 2007, 25(2): 246-252 [Xia Qingsong, Tian Jingchun. Characteristics and geological significance of seismites of the Yanhang Formation, Upper Triassic, Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(2): 246-252]
- 20 赵卫卫, 查明, 杨剑萍. 中国震积岩研究综述 [J]. 地层学杂志, 2006, 30(2): 172-176 [Zhao Weiwai, Zha Ming, Yang Jianping. An over-view of seismite research in China [J]. Journal of Stratigraphy, 2006, 30(2): 172-176]
- 21 杜远生, 韩欣. 论震积作用和震积岩 [J]. 地球科学进展, 2000, 15(4): 389-394 [Du Yuansheng, Han Xin. Seismo-deposition and Seismites [J]. Advance on Earth Science, 2000, 15(4): 389-394]
- 22 沈华, 李春柏, 陈发景, 等. 伸展断陷盆地的演化特征——以海拉尔盆地贝尔凹陷为例 [J]. 现代地质, 2005, 19(2): 287-294 [Shen Hua, Li Chunbai, Chen Fajing et al. Evolution characteristics of extensional faulted depression basin: an example from Beier Depression in Hailaer Basin [J]. Geoscience, 2005, 19(2): 287-294]
- 23 梁定益, 聂泽同, 万晓樵, 等. 试论震积岩及震积不整合——以川西、滇西地区为例 [J]. 现代地质, 1991, 5(2): 138-146 [Liang Dingyi, Nie Zetong, Wan Xiaojiao et al. On the seismite and seismic disconformity take the western Sichuan and western Yunnan regions as an example [J]. Geoscience, 1991, 5(2): 138-146]
- 24 Ian J Fairchild, Gerhard Einsele, Tianrui Song. Possible seismic origin of molar tooth structures in Neoproterozoic carbonate ramp deposits, north China [J]. Sedimentology, 1997, 44: 611-636
- 25 Rossetti D F, Goes A M. Deciphering the sedimentological imprint of paleoseismic events: an example from the Aptian Codo formation, northern Brazil [J]. Sedimentary Geology, 2000, 135: 137-156
- 26 Fairchild I J, Einsele G, Song T. Possible seismic origin of molar tooth structures in Neoproterozoic carbonate ramp deposits, north China [J]. Sedimentology, 1997, 44(4): 611-630
- 27 Frank T D, Lyons T W. "Molar tooth" structures: a geochemical perspective on a Proterozoic enigma [J]. Geology, 1998, 26(8): 683-686

- 28 魏垂高, 张世奇, 姜在兴, 等. 塔里木盆地志留系震积岩特征及其意义 [J]. 地质学报, 2007, 81(6): 827-833 [Wei Chuigao Zhang Shiqi Jiang Zaixing et al. Character and significance of Silurian seismite in the Tarim Basin [J]. Acta Geologica Sinica 2007 81 (6): 827-833]
- 29 Roep T B Events A J Pillow-bed, a new type of seismites? An example from Oligocene turbidite fan complex, Alicante [J]. Sedimentology, 1992 39: 711-724
- 30 周晓东, 陈跃军. 吉南地区晚震旦世震积岩特征 [J]. 吉林地质, 1998 17(4): 24-29 [Zhou Xiaodong Chen Yuejun The Late Sinian seismic depositional rock characteristics in the southern part of Jilin province [J]. Jilin Geology 1998 17(4): 24-29]
- 31 刘鹏举. 河北平泉中元古代高于庄组震积岩及地震节律 [J]. 现代地质, 2001, 15(3): 266-268 [Liu Pengju Seismite and its rhythm in the Gaoyuzhuang Formation of Mesoproterozoic in Pingquan County Hebei province [J]. Geoscience 2001 15(3): 266-268]
- 32 Rodriguez-Pascua M A Calvo J P Vicente G D et al. Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in lacustrine sediments of the Prebetic SE Spain and their potential use as indicators of earthquake magnitudes during the Late Miocene [J]. Sedimentary Geology 2000 135(1-4): 117-135
- 33 郭力宇, 甘枝茂, 张国伟, 等. 陕西洛南陶湾砾岩地震机理新认识 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2002 38(4): 497-503 [Guo Liyu Gan Zhimao Zhang Guowei et al. The seismic stratigraphic analysis of Taowan conglomerate in Luonan Shaanxi [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2002 38(4): 497-503]

The Evidence for Seismism in Cretaceous of South Beir Sag Mongolia

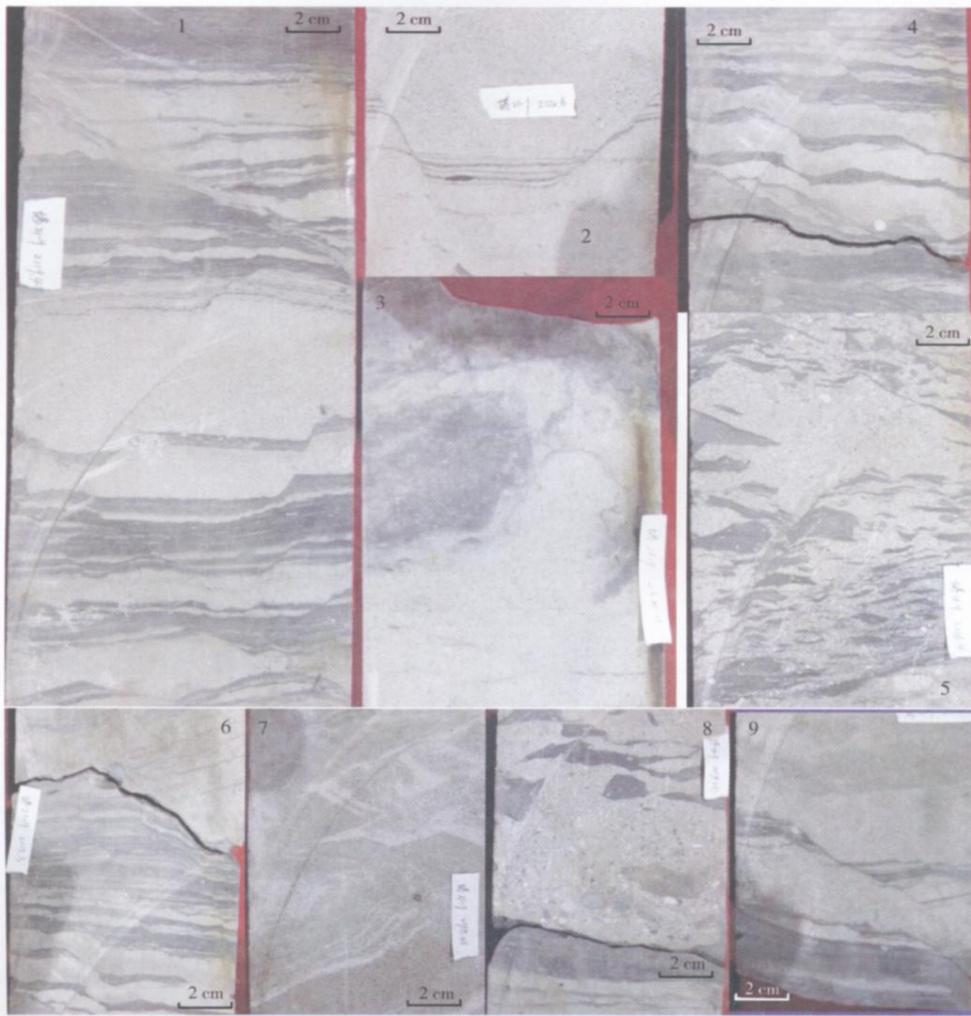
WANG Hua-ai¹ ZHONG Jian-hua¹ LONG Feng²

(1. Petroleum University of China (East China), Dongying Shandong 257009

2. Daqing Fangxing Investment Co., Ltd Daqing Heilongjiang 163318)

Abstract Based on studies of regional tectonic background and the observation of drilling cores, the seismite is recognized which mainly occurred in Cretaceous in South Beir sag Mongolia. Many kinds of soft sedimentary deformation structures have been found in seismite, such as step micro-faults, pleated within layers, liquefaction sandstone veins, vibrational liquefaction deformation structure and seismic breccias. It is the first time that seismite has been found in South Beir sag Mongolia. The complete vertical sequence of seismite developed in Well Ta21-9, which include bottom unshaken layer, liquefied sandstone vein bed, vibration liquefaction deformation structure bed, intraclastic parabreccia bed, ladder-shaped faulted and vibration split bed, seismic turbidite bed and top unshaken layer. It is rare among the reported examples about such complete sequence of seismite in one Well's core, so it is a good example and offers power evidences to study seismism.

Key words seismism, seismite, deformation structure, vertical seismite sequence, South Beir Sag



图版 I 说明: 塔 21-9 井岩心照片: 1. 阶梯状断层 2 119.4 m; 2. 发育成小型地垒的震裂缝 2 120.6 m; 3. 砂火山 2 400.33 m; 4. 负荷构造与枕状构造 2 115.34 m; 5. 内碎屑角砾岩 2 116.4 m; 6. 振动卷曲变形构造 2 115.3 m; 7. (半) 环形层 2 398.48 m; 8. 震浊积岩 2 119.08 m; 9. 阶梯状断层 2 115.7 m