第 26 卷 第 3 期
2011 年 9 月:304-310

地 质 找 矿 论 丛
Contributions to Geology and Mineral Resources Research

Vol. 26 No. 3
Sep. 2011:304-310

塔拉哈—齐家地区下白垩统震积岩特征及其油气储集问题

钟建华[1,2],王德金[2],李 佳[1],陈 熙[1]

(1. 中国石油大学(华东)资源与信息学院,山东 青岛 266555;
2. 中国科学院 广州地球化学研究所,广州 510640)

摘 要: 文章通过对松辽盆地塔拉哈—齐家地区白垩系沉积地层钻孔岩心的观察和研究,识别出大量具有震积岩特征的变形构造,并发现了多个完整的震积垂向序列。在震积岩的识别过程中,认识到震积岩自身可能就是一种潜在的油气储集体。

关键词: 震积岩;变形构造;垂向序列;松辽盆地

中图分类号: P588.2;P511.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)03-0304-07

0 引言

地震活动是一种常见的灾变性地质事件,记录地震灾变事件的岩层称为震积岩。

震积岩是由 SeilacherA 最早提出的,指的是在一个构造活动区水下沉积物在未固结之前由于地震作用发生再次改造之后重新沉积的岩层[1-2],这种沉积层不是单一的岩石名称,而是存在成因上有某种关联的一组岩石总称[3]。最近几年,不断有关于陆相断陷盆地震积岩的文章发表,陈世悦[5]、杨剑萍[4]、袁静[6]、魏垂高[2-3]、付文利[7]、钟建华[8-10]等在对中国东部渤海湾盆地济阳坳陷古近系震积岩特征研究的基础上,建立了陆相断陷湖盆碎屑岩地震序列,从而开启了从古生代海相地层向东部新生代陆相震积岩转变的时代[11]。

本文以松辽盆地塔拉哈—齐家地区岩心资料为基础,在观察和描述大量具有震积岩特征的变形构造前提下,对研究区的地层特征和沉积体系进行研究分析,力图建立该区震积岩的垂向序列,并探讨震积岩的油气储集问题。

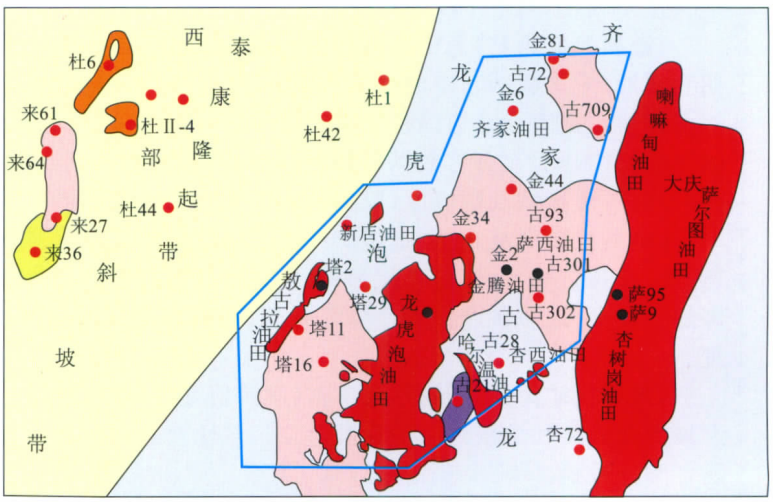


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Locatiomn map of the study area

1 区域地质背景

塔拉哈—齐家地区位于松辽盆地中部,包括龙虎泡阶地及齐家—古龙凹陷的北部,东与大庆长垣相连,西以西部斜坡与中央凹陷的一级构造边界为界,南至塔拉哈油田,北至齐家油田。包括齐家、金腾、萨西、龙

收稿日期: 2009-12-02; **改回日期:** 2011-05-26

作者简介: 钟建华(1957-),男,江西南昌人,教授,研究方向为构造地质学与沉积学。通信地址:山东省青岛市黄岛开发区中国石油大学(华东)地球资源与信息学院工科楼 C 座 704 室;邮政编码:266555;E-mail:zhongjh4020@126.com

虎泡、杏西、龙南等油田以及龙西地区(图 1)。

松辽盆地是中新生代的大型陆相沉积盆地,白垩系是盆地内主要的沉积岩系,总厚达 5 000 m 以上,分布广泛。大庆长垣以西地区自下而上发育下白垩统登娄库组、泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组,上白垩统四方台子组、明水组,第三系大安组、泰康组和第四系。其中,下白垩统是本次研究工作中的主要目的层段。侏罗纪晚期形成分割性的断陷盆地,早白垩世登娄库组沉积时期断陷盆地有连片的趋势,并由断陷向坳陷转化。从泉头组沉积时期开始,松辽盆地以坳陷盆地为特征。

2　震积岩的特征

在岩心观察过程中发现研究区存在广泛的震积岩。就目前而言,国内学者发现的有关震积岩的信息主要来自于野外的露头剖面,岩性主要是碳酸盐岩,在钻井取心中很少能获取到关于震积岩的信息[12-13]。而笔者在研究区的岩心中发现了广泛而丰富的震积变形现象,几乎涵盖了震积岩的所有形态,其中包括在固结地层中和软沉积中的震积岩特征。

2.1　固结地层中的震积岩特征

笔者认为无论是未固结的软沉积物还是已固结岩层,地震活动都对其具有一定程度的改造作用,由于地震级别的不同,地震活动所产生的能量也有很大不同,对地层的改造程度也不相同,主要表现为裂缝、微型断层和地层破碎。

2.1.1　裂缝

根据裂缝的发育位置可将其分为沉积物表面形成的地裂缝和地下沉积物内部的裂缝 2 种。地裂缝内部可以充填上覆的沉积物砂泥,形成沉积岩墙(脉),地下沉积物内部的裂缝中一般充填液化的砂,形成液化脉。地下沉积物内部的裂缝也可以称为震裂缝,在砂岩或砂岩所夹的薄层泥岩中广泛存在。

震裂缝主要是由于振动作用产生,性质以张性为主,在砂岩或者砂岩所夹薄层泥岩中可见,产状较陡。研究区古 708 井和古 921 井是典型震裂缝集中发育的区域,这些震裂缝均是发育在粉砂岩中的垂向裂缝。古 708 井部分岩心特征如图 2 和图 3 所示。

2.1.2　微型断层

微型断层代表了地震活动的发生,指的是由于地震振动液化在层内形成的一系列规模较小的阶梯状正断层。我们在研究区高台子油层岩心中观察到了大量微型断层,微断层之间的岩层常发生褶曲和

图 2　岩心中的砂岩震裂脉

Fig. 2　Seismic crack filling vein in sandstone observed at the core

古 708 井:充填物为粉砂质泥

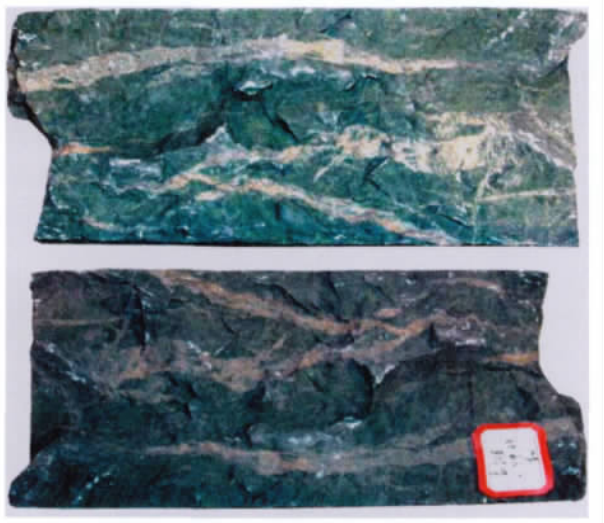


图 3　岩心中的灰绿色泥岩震裂脉

Fig. 3　Seismic crack filling vein in grey green mudstone observed at the core

古 708 井:充填物为泥质粉砂

图 4　岩心中的微型断层

Fig. 4　Micro-faults observed at the core

揉皱现象,有的断层沿着断层面可见砂质充填。在研究观察了包括其他沉积盆地在内的大量的岩心之

后可知，微型断层不仅仅可以在软沉积物中发育，还可以在已固结的地层中发育（图 4）。

2.1.3 地层破碎

在地震活动中，由于地震强度、地层物性、坡度、固结程度等因素的不同，使沉积物地震响应的过程变得复杂，在已固结的岩层中由于地震活动发生的破碎称为地层破碎。在研究区可见典型的地层破碎。由于钻井并不能完全钻遇地下所有的地质现象，因此，此处采用其他区域的岩心图片来说明。海拉尔盆地霍 3 井岩心中地震造成的岩层破碎带（图 5）和岩心 360°扫描特征（图 6）。

地震作用在固结岩层中还会形成龟裂式破裂，这种破裂在岩心表面呈现出类似于龟壳的纹理或长颈鹿的斑纹形态。其形成的原理是前期地震活动作用形成了宽约 0.5 mm 的小裂缝，以此为基础流体或者气体充填，并沿着小裂缝浸染两侧岩石，逐渐形成龟裂式形态特征，岩心中的裂缝错综交叉，形成了裂缝系统（图 7）。

图 5 地震形成的岩层破碎带（海拉尔盆地霍 3 井）

Fig. 5 Seismic fractural zones

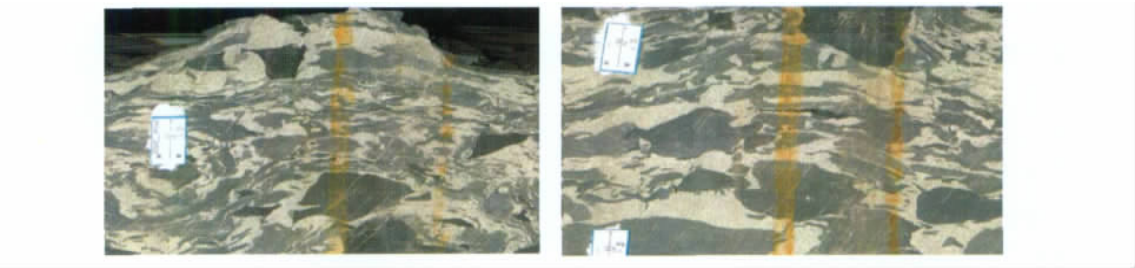


图 6 震碎带岩心表面 360°扫描及其三维还原图（海拉尔盆地霍 3 井）

Fig. 6 360°scanning and 3D reconstruction diagram of Seismic fractural zone observed at the core

图 7 龟裂式破碎

Fig. 7 Polygonal fractures

2.2 软沉积地层中的震积岩特征

沉积物在沉积之后、固结之前由于差异压实、液化、滑移、滑塌等作用形成的各种变形构造被称为软沉积变形，也称准同生变形。这种变形构造往往与地震作用相关，地震活动使软沉积物产生不同程度的变形，产生了不同的变形构造。

2.2.1 液化砂岩脉

液化砂岩脉在震积岩中是最为常见的的一种构造类型，形成机理是地震—断裂活动使软沉积物液化泄水。砂岩脉指的是发育在砂、泥岩互层沉积物

中的砂质岩墙或岩脉,其形态呈不规则状,并向周围延伸,切穿围岩层理。根据砂岩脉刺穿体的岩性差别,将其分为 2 种类型:

(1)肠状、串珠状、蠕虫状砂脉。这种砂岩脉常见于暗色泥岩,形状大多呈肠状,极易分叉,向不同的方向延伸展布,垂向上切穿岩层,水平方向则是顺着岩层发育,且前者较后者发育得粗一些(图 8)。

图 8　肠状、串珠状、蠕虫状砂脉岩心照片

Fig. 8　Core photo showing ptigmatic, beaded and verm-like sand vein

(2)竖向液化砂脉。此类砂岩脉发育于砂泥岩薄互层中,脉体往往刺穿砂泥质薄层,薄层层理受挤压往往向上、下两端发生明显弯曲,岩脉中间膨大,走向以垂向为主,是一种比较典型的震积岩类型。在金 191 井中见到一条高度为 1.2 m 的完整的液化砂脉,岩心恰巧从砂脉中穿过,这是非常罕见的、具有很高的研究价值一组岩心标本(图 9)。

图 9　垂向液化砂脉岩心照片

Fig. 9　Core photo showing vertical liquified sand vein

2.2.2　折弯砂脉

原本平直的砂脉发生折弯,从毫米级的砂脉到几十厘米的砂脉均可以见到折弯,同时也常常与其他震积岩的变形现象如肠状、串珠状砂脉、微断层等共生(图 10)。

图 10　折弯砂脉岩心照片

Fig. 10　Core photo showing bending of sand vein

2.2.3　絮状砂脉

主要见于砂泥小互层频繁混合发育的岩层中,受地震作用的影响,砂质颗粒向下坠入下部的未固结疏松泥岩中,并在自重和横向振动等作用下发生摆动,形成类似于棉絮状的下沉砂脉(图 11)。

图 11　絮状砂脉岩心照片

Fig. 11　Core photo showing flocculent sand vein

2.2.4　振动液化卷曲变形构造

振动液化卷曲变形是在地震活动时液化作用形成的一种变形构造[14],典型特征是薄层的砂岩在一特定层内发生的揉皱变形。由于地震波的作用,使得原先作用于颗粒支撑沉积物上的有效压力被作用到了孔隙流体中,造成孔隙中超高的压力,导致颗粒间摩擦力减小而发生液化,沉积物亦可以在较小的作用力下产生流动,在层内出现揉皱变形,形成各种

形态迥异的小型紧闭褶曲，这一类小揉皱的卷曲变形构造相互连接、各不相同，构造的褶曲面没有规律，以此区别于层间由于构造活动产生的褶皱构造和沉积物沿滑坡滑动产生的变形构造[15]。

2.2.5 震积砂枕及其伴生构造

这种构造形成于地震液化结束之后，由于上覆和下伏沉积物之间存在密度差会使得沉积物的体积收缩，导致地面的下沉，在振动和重力双重的作用下，上覆的砂岩层发生断裂，解体成形状、大小不同的砂块，沉陷于下伏的泥质沉积物中。砂块的级别从几厘米到几毫米不等，在向下伏泥质沉积物沉陷的过程中，由于粒度较细并富含水，砂块发生塑性变形，呈球状、枕状、不规则碎块状、拖曳拉长状等不同形态，这样就形成了 Rope 等所谓的枕状层(图 12)。

图 12 眼球、蝌蚪及丘形微隆起构造岩心照片

Fig. 12 Core photo showing eye ball, tadpole and dome structure

同沉积变形构造是指沉积物在沉积之后、固结之前所产生的变形构造，包括枕状构造、球状构造、负荷构造、泄水构造、包卷层理构造等。沉积物液化、颤动、沿着裂隙泄水与这些变形构造的形成息息相关。虽然不能肯定这些构造的形成是否还与非地震因素有关，但是在地震活动中可以形成这些变形构造，如与包卷层理和火焰构造很相近的砂泥交互变形(图 13)。

图 13 火焰构造岩心照片

Fig. 13 Core photo showing flame structure

3 震积岩垂向序列

沉积单元中有规律的沉积组合称为沉积序列。沉积序列能够反映出沉积环境的变化规律和沉积作用的过程[14,16]。在地震作用下形成的沉积序列为地震沉积序列，这种沉积序列能够指示地震沉积作用的过程。在塔拉哈—齐家地区发现了震积岩的垂向序列[17-19]，从下到上可以分为 7 层(图 14)：

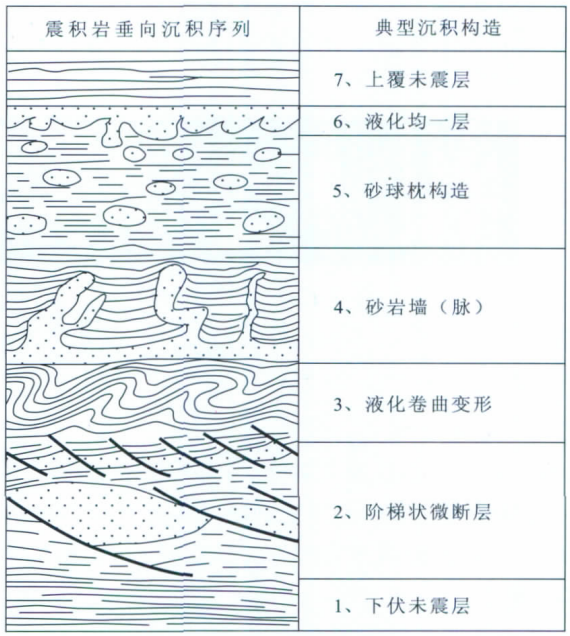


图 14 震积岩垂向沉积序列

Fig. 14 Core photo showing vertical sequence of seismite

(1)下伏未震层。这一层段未受到地震活动的影响，主要发育湖相深灰色泥岩夹有薄层的砂岩，发育的沉积构造为原生的水平层理和小型交错层理。

(2)阶梯状断层。常常在砂质、灰质等脆性较大的沉积物含量较高的情况下发育，往往伴有重荷模、火焰构造及微褶皱等，垂向上断层主要发育在上部，向下逐渐变疏变少，组合方式表现为小型地堑，最后渐变为未受到振动的地层。

(3)软沉积物震动液化卷曲变形层。主要发育在泥岩和砂质泥岩中，这些岩层发生显著的褶曲变形，从而在层内产生揉皱，形成各种形态迥异的小型紧闭褶曲，这类小揉皱的卷曲变形构造相互连接、各不相同，往往还发育有微同沉积断层。

(4)液化砂岩墙(脉)层。在剖面上可见砂岩脉分布不规律,平面上走向也不一致,砂岩脉的周缘可见撕裂现象。砂岩脉是由于多层薄砂层同时被液化所致。根据前人研究结果,震级高于 5 级的地震才可能产生喷砂冒水的现象[5],故此可知砂泥液化是强地震活动的结果。

(5)震积砂岩及其伴生构造层。在研究区部分井段可见,碎裂的岩石主要呈多种形状的砂球、砂枕,垂向上碎块依着形状大小排列分布,在某些岩块中还可以观察到弯曲层理。研究表明这些岩块在地震作用中只是发生了破碎而没有被液化的迹象,上部紧邻发育液化均一层。泥岩撕裂屑也常见,有时相邻泥岩可以对接,甚至可见到弯曲层理。

(6)液化均一层。这一层段与下伏震积砂枕及伴生构造层段呈过渡关系,是由于细粒沉积物在振动、晃荡的过程中被稀释液化,使得层段的性质趋于均一。层段主要是砂岩或者粉砂质泥岩层段,未发育层理等沉积构造,结构较为均一。

(7)上覆未震层。形成于地震结束后,属于正常的沉积,向下突变为液化均一层。是原始沉积作用的结果,不具备震积岩的特点。

4　震积岩的油气储集问题

迄今为止,国内对震积岩的研究主要集中在震积岩的成因、变形过程及机制、构造变形形态等方面,很少见及震积岩油气储集问题方面的研究。在大量研究观察基础上,我们首次在岩心中发现了有油气显示的震积岩层段。这一发现给震积岩的储层研究提出了新的方向和目标,同时对整个长垣以西水下沉积成因储层的研究具有积极意义[20—23]。

地震作用往往从以下 3 方面改变原有地层的油气成藏条件。

(1)储层物性方面。未固结的疏松、饱含水的非胶性沉积物在地震过程中发生了液化作用,对于含油储层而言,水下的砂泥质沉积物在地震过程中更为紧密结实,经历成岩固结作用后孔渗性较差,不利于油气的储集、连通,由此可知地震活动使储层物性发生了改变,储层的渗透率和孔隙度有所降低,极易形成低孔隙度、低渗透率的储层。

(2)运移方面。地震活动不仅对未固结的沉积物进行改造,对已固结的地层同样具有改造作用,地震活动使岩层产生裂缝或者发生破碎,而这些裂缝在油气的运移、聚集方面发挥着不可小觑的作用。

(3)盖层方面。由于地震震级的不同对岩层产生的影响也不相同,在强烈的地震作用下泥岩和砂岩均会发生破裂,破裂改善了砂岩的储集性能,而有可能导致良好的盖层被破坏,作为盖层的泥岩遭受地震产生裂缝,之后被砂质沉积物充填,使得盖层的隔挡性减弱,如果发育有大量的地震裂缝很可能加速油气的散失,不利于油气成藏,故地震活动对油气成藏的影响是我们在研究中不能忽视的课题。

在研究区内,尤其是在高台子油层的岩心中见到了广泛发育的震积岩,这对本区以致整个长垣以西地区的基础地质研究和油气成藏研究都具有重要意义。

参考文献:

[1] Seilacher A. Fault-graded bed interpreted as seismites[J]. Sedimen-tology, 1969, 13 (1-2):155-159.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 杨剑萍,王辉,陈世悦,等. 济阳坳陷古近系震积岩特征[J]. 沉积学报,2004,22(2):281-286.

[5] 陈世悦,袁文芳,鄢继华. 济阳坳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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 王化爱,钟建华,陈鑫,等. 蒙古塔木察格坳陷白垩系震积岩特征及其地质意义[J]. 地质学报,2008,82 (8):1088-1094.

[9] 王化爱,钟建华,隆锋. 蒙古南贝尔凹陷白垩纪地震作用的证据[J]. 沉积学报,2008,26 (6):975-981.

[10] 杨玉芳,钟建华,王海侨,等. 松辽盆地青山口组震积岩特征及油气地质意义[J]. 西南石油大学学报(自然科学版),2010,32 (3):41-49.

[11] 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.

[12] 王大洋. 震积岩的特征及识别标志研究[J]. 胜利油田职工大学学报,2009,23 (6):34-35.

[13] 李元昊,刘池洋,王秀娟. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组震积岩特征研究[J]. 沉积学报,2008,26 (5):772-779.

[14] 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.

[15] 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.

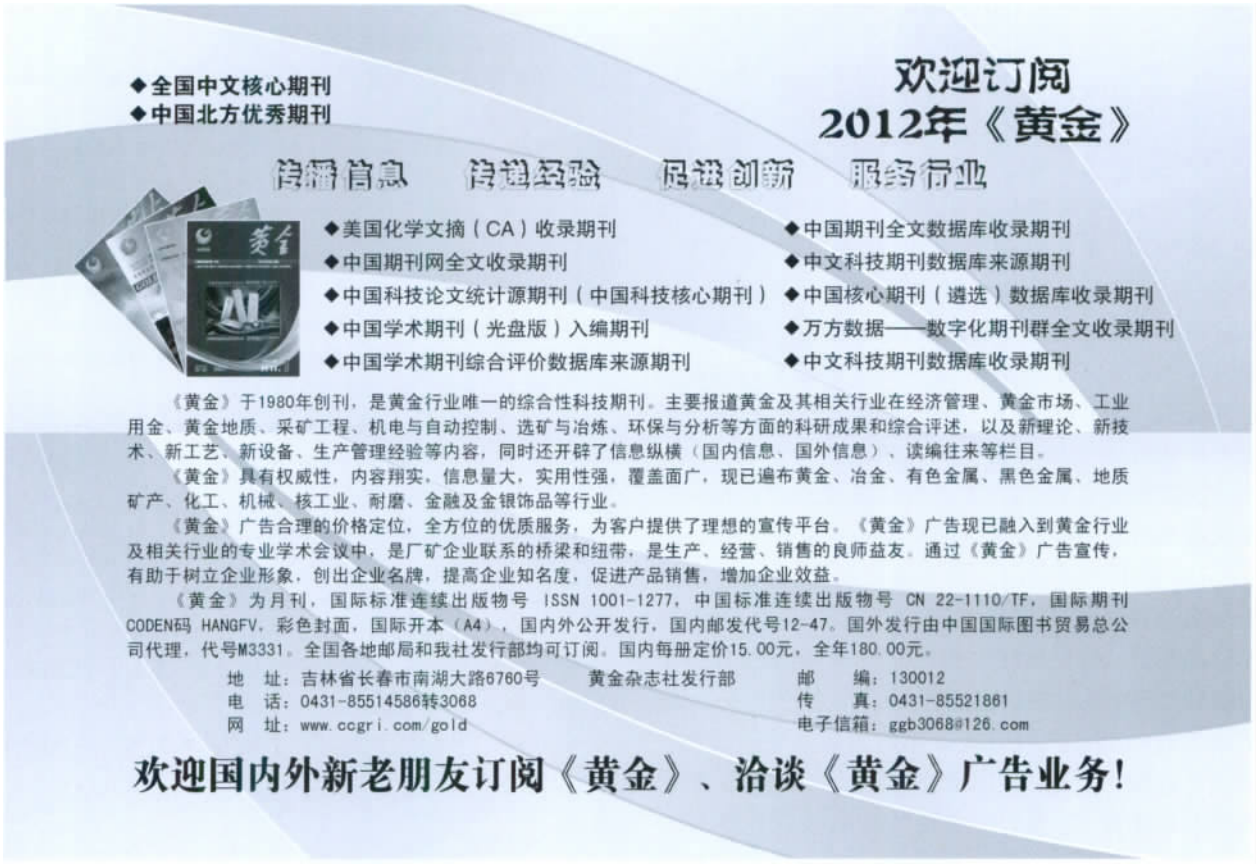
[16] 杜远生,韩欣. 论震积作用和震积岩[J]. 地球科学进展,2000,15(4): 389-394.

[17] 李元昊,刘池洋,王秀娟. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组震积岩

特征研究[J]. 沉积学报,2008(5):1-8.
[18] 王化爱,钟建华,隆锋. 蒙古南贝尔凹陷白垩纪地震作用的证据[J]. 沉积学报,2008(6):1-7.
[19] 杨仕维,李建明. 震积岩特征综述及地质意义[J]. 岩性油气藏,2008(1):1-6.
[20] 王昌勇,郑荣才,高振中. 准噶尔盆地下侏罗统八道湾组震积岩的发现及其研究意义[J]. 地质论评,2008,54(6):821-826.
[21] 王克,刘显阳,赵卫卫,等. 济阳坳陷阳信洼陷古近纪震积岩特征及其地质意义[J]. 岩性油气藏,2008,20(2):54-59.
[22] 田敏. 汶川地震"震积体"形成模式研究[D]. 成都:西南石油大学,2010.
[23] 王威. 龙门山谢家店震积体发育特征及其控制因素分析[D]. 成都:西南石油大学,2010.

Characteristics of Cretaceous seismite in the Talaha-Qijia area and its significance

ZHONG Jian-hua[1], WANG De-jin[2], Li Jia[1], CHEN Xi[1]
(1. *Petroleum University of China (East China), Qingdao* 266555, *Shandong, China*;
2. *Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou* 510640, *China*)

Abstract: A large number of characteristics of seismite are identified during observation and study of core of Cretaceous sedimentary strata inTalaha-Qijia Area and a number of complete vertical sequence seismites recognized. we recognize that seismites may be a potential reservoir of oil.

Key Words: seismite; deformation structure; vertical seismite sequence