

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

## 黄骅坳陷古近纪地震事件沉积研究

杨萍, 杜远生, 徐亚军

中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074

**内容提要:**震积岩是地层中具有古地震事件记录的岩石。通过岩心观察和描述,在黄骅坳陷古近系中识别出震积岩,主要标志为同沉积变形构造,包括小规模阶梯状正断层、微褶皱纹理、振动液化砂泥岩脉、负荷构造、火焰构造等,通过单井岩心分析,建立了震积垂向序列。震积岩在单井岩心中重复出现,表明裂隙活动具有周期性和幕式特点。黄骅坳陷震积岩的发现为陆相断陷湖盆构造演化研究和震积岩的识别和描述提供了重要的依据,同时也具有一定的油气地质意义。

**关键词:**黄骅坳陷;震积岩;古近纪

地震是一种自然灾变现象,是地球动力作用的表现。在不同构造与沉积背景下,地震作用过程中地壳颤动引起的各种作用力对先成沉积物进行改造,形成具地震灾变事件记录的岩层——震积岩(seismites)。

国际上震积岩的研究起于20世纪50~60年代,一些学者对地震作用对海底沉积物变形和位移的影响进行了研究,如Heezen等(1952)对加拿大格兰德班克地震对海底沉积物位移、变形和引发的浊积岩进行了研究。Seilacher(1969)认识到由于地震作用改造未固结的水下沉积物形成再沉积层,并定义为震积岩(seismites)。之后,许多沉积学家对地震和海啸作用与震积岩和海啸岩(tsunamite)进行了研究。1984年,美国《Marine Geology》刊登了“地震与沉积作用”专集,对地震与震积作用进行了系统总结。2000年,《Sedimentary Geology》出版了“震浊积岩、震积岩、海啸岩”专辑,对发生在地史时期和近代的地震、海啸及地震引起的震浊积岩进行了总结(Shiki等,2000),从而推动了地震事件沉积学的发展。

中国震积岩研究始于1988年宋天锐对北京十三陵前寒武纪震积岩的研究(宋天锐,1988),之后乔秀夫等许多地质学家对地层中的震积岩与震积作用、震积序列,震积岩识别标志等方面开展了卓有成效的研究,取得了丰硕的成果(梁定益等,1991,1994;吴贤涛等,1992;乔秀夫等,1994,1996,1999,

2001,2002;孙晓猛等,1995;杜远生等,2000,2001,2005;袁静,2005;吕洪波等,2006),主要集中在中生代以前的地层,近年来,地质学家陆续在新生代地层中发现震积岩(吴贤涛等,2000;杨剑萍等,2004),而在钻井取心中发现地震作用的报道仍较少。笔者等在对古近系地层和沉积相的研究中,通过岩心观察,发现很多具震积岩特征的同沉积变形构造,为黄骅坳陷古近纪演化提供了重要的依据,同时认为地震事件对黄骅古近系储层进行了有利的改造,具有一定的油气地质意义。

### 1 区域地质概况

黄骅坳陷位于渤海湾盆地的西部,是渤海湾新生代盆地内部的一个次级大型坳陷。黄骅坳陷呈NE40°展布,南西窄,向北东逐渐变宽,与渤中凹陷相连,面积约17000km<sup>2</sup>,其中陆地部分为12000km<sup>2</sup>。黄骅坳陷北西以沧东断裂与沧县隆起带相分隔,南东与埕宁隆起相接;北西与燕山褶皱带为邻,南西与临清坳陷相连,南东接济阳坳陷(图1)。

黄骅坳陷是新生代发育起来的断陷—坳陷,与渤海湾盆地新生代构造演化整体相似,都经历了初始断陷(始新世孔店期)、扩张断陷(早渐新世沙三段沉积期)、稳定断陷(渐新世中期沙二段—沙一段沉积期)、衰减(东营组沉积期)和坳陷(新近纪)5个发展阶段,相应的反映出裂隙活动由弱到强再到弱,拉伸速度由低到高再到低,沉陷由分割到统一,水域由

注:本文为中石油大港油田分公司“黄骅坳陷主要二级断裂控盆控油规律研究”项目资助成果。

收稿日期:2006-03-10;改回日期:2006-06-16;责任编辑:章雨旭。

作者简介:杨萍,女,1981年10月生。2004年毕业于西北大学地质系,现为中国地质大学地球科学学院硕士研究生,古生物与地层学专业。

通讯地址:430074,中国地质大学(武汉)地球科学学院;Email:yang233269@sohu.com。

小到大再到小的发育过程。在此基础上,形成了孔店潜山构造带、南大港潜山构造带、北大港潜山构造带及板桥断裂构造带、沈青庄断裂构造带、小集断裂构造带等 8 个正向构造带和歧口凹陷、板桥凹陷、沧东凹陷、南皮凹陷、北塘凹陷等 5 个凹陷,构成了隆凹相间的构造格架。

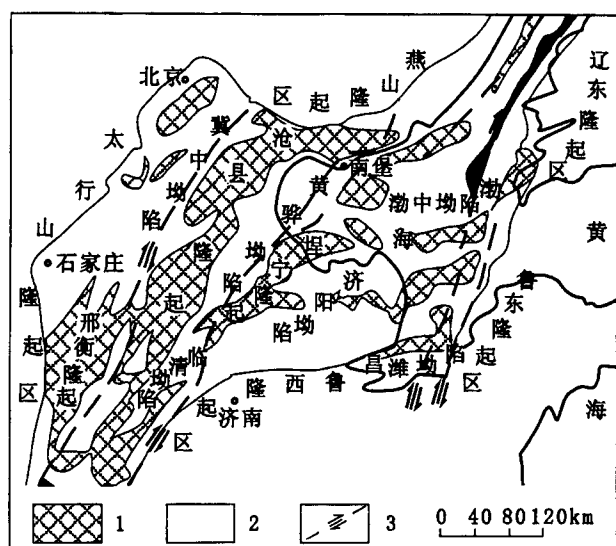


图 1 黄骅坳陷位置图

Fig. 1 Location of the Huanghua Depression

1—隆起区;2—坳陷区(凹陷区);3—主要走滑断层

1—Uplift;2—depression (or sag);

3—the main strike-slip faults

黄骅坳陷所属的渤海湾盆地是中国东部的新生代裂陷盆地,沉积了几百米至近万米的新生代陆相沉积层,具有丰富的油气资源,是中国东部主要的油气产区之一,同时亦是现代大陆地震比较活跃的区域之一。黄骅坳陷由于靠近环太平洋地震带,内部次级断层活动,地震事件也频繁发生。在板桥断裂构造带的板深 51、板深 35,北大港潜山构造带的港深 30、港深 35、港深 37、港深 47,歧东海断裂构造带的歧东 1、歧东 3-1,南大港潜山构造带的歧古 1、张巨河潜山构造带的张海 6、张 7 等钻井的岩心中都发现了震积岩。

## 2 地震引起的同沉积变形构造

黄骅坳陷新生代沉积主要包括古近系的孔店组、沙河街组、东营组和新近系的馆陶组和明化镇组。砂、泥岩沉积较普遍,其中沙河街组、东营组地震形成的同沉积变形构造发育,主要包括微褶皱纹理、地震微断裂、液化砂岩脉、负荷构造和火山构造、枕

状构造和球状构造、振动液化卷曲变形构造。

### 2.1 地震微断裂

黄骅坳陷的微同沉积断裂以张性为主,多在层内形成小规模阶梯状正断层(图版 I-1,2),张性微断裂裂隙宽度 0.5~1.0cm,断裂面不平整,排列无序,不具共轭性,多限于岩层内部,或切割有限岩层。微断裂多数为泥、砂质充填形成小型砂、泥岩脉,其成份与围岩相同,由此可见微断裂是在同沉积期未固结状态沉积物中形成,微断裂常常形成角砾化(图版 I-3),微断裂与后期构造形成的断裂不同,后期构造断裂的断面平直且排列规整有序,断裂缝常为石英脉充填。

### 2.2 微褶皱纹理

微褶皱纹理是黄骅坳陷震积岩中十分普遍的同沉积构造变形现象。微褶皱纹理也属于层内变形,即地震微褶皱纹理局限于地震扰动层之内,多发育于纹层状砂、泥岩中。一般形态不规则、不协调,定向性差,尺度较小,以区别于后期构造形成的褶皱变形(图版 I-4)。微褶皱纹理单个褶曲波长 1~10cm,尤以 1~5cm 为多,褶曲层厚度常见 10~20cm。其形态不规则、不协调,定向性差,有些类似于包卷层理(图版 I-5)。

### 2.3 砂泥岩脉

砂泥岩脉是沉积物沉积之后,成岩作用之前由地震作用形成的以砂泥质组分为主的沉积岩脉,在砂泥岩互层沉积物中发育。黄骅坳陷的砂岩脉主要是地震扰动层液化溢出的砂岩脉。液化溢出形成的岩脉多不规则弯曲,中间膨大,向两端变细,且分叉现象较普遍。脉壁不规整而模糊,空间上呈现复杂的板状几何形态,平面上无统一走向,有呈平行层理发育的,也有斜交和近垂直的。并常见沿泄水岩脉使岩层弯曲形成似碟状构造(图版 I-6)。

泥岩脉同砂岩脉成因,液化泥岩脉除了向上运动外,由于受到上部及四周的压力,迫使泥砂向压力小的下方移动,导致泄水脉同时向岩层上方及下方两个相反方向液化。

### 2.4 负荷构造、火焰构造、枕状构造、球状构造

负荷构造、火焰构造、枕状构造、球状构造都是砂体在地震颤动的过程中形成的同沉积变形构造(图版 I-7,8,9)。负荷构造与火焰构造多见于砂岩、泥岩界面之间。负荷构造是在地震颤动过程中砂质沉积层沉陷下落形成的一种同沉积变形构造,而火焰构造是泥质沉积楔入砂质沉积物形成的,与沉积物压实作用形成的火焰构造不同,砂质沉积物不

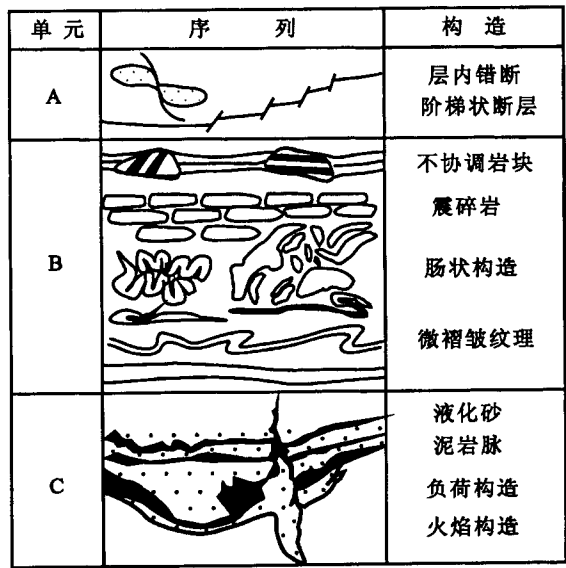


图 2 黄骅坳陷震积岩序列  
Fig. 2 The seismic sequence in the  
Huanghua Depression

仅向下,而且向上运移,这是由于在振动液化过程中孔隙水不仅向上排泄,同时也向下排泄造成的。负荷构造和火焰构造之间的界面呈不规则状,火焰构造楔入的高度可达 6cm 左右。黄骅坳陷负荷构造和火焰构造十分发育,是本区地震事件沉积的主要特征。枕状构造和球状构造陷落到泥层中形成的枕状体或球状体。黄骅坳陷负荷构造和火焰构造非常发育,枕状构造和球状构造在岩心中因尺度问题仅在局部见到。

3 震积岩垂向序列

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(环境相)或沉积作用过程(事件相)。地震事件沉积是一种特殊的事件沉积,其沉积序列反映了地震事件的沉积作用过程。在不同的沉积和构造背景下,震积岩内部组成不同。根据歧 129、港深 37、歧古 1 和房 13 井的岩心资料的分析,按照地震过程,建立了碎屑震积岩的垂向组合序列(图 2),自下而上包括 3 个单元:①振动液化单元(A)(主要包括液化砂泥岩脉和液化均一层,伴有负荷、火焰、枕状等构造);②半固结变形单元(B)(主要包括半固结变形的微褶皱和微断层,部分发育肠状构造,角砾状构造,不协调岩块);③阶梯状断层、微断裂单元(C)。其中振动液化单元为震积岩组合

的下部单元,为沉积物液化层在地震颤动过程中变形形成的。半固结变形单元为震积岩的中部单元,为液化一半固结层在地震作用下褶皱、破裂形成的。阶梯状断层、微断裂单元为震积岩的上部(表层)单元,为地震作用下形成的断裂层(震裂层)。

在单井岩心观察中,震积序列并不完整,多数井含有 A、B 单元,缺少 C 单元,且震积岩在很多井中多次重复出现,反映了地质活动具周期性特点(表 1)。

4 结论

黄骅坳陷震积岩主要发育在沙河街组,表明这一沉积时期是地震强烈活动的时期,对应黄骅坳陷扩张断陷和稳定断陷发展期,为黄骅坳陷演化过程提供了佐证。

在单井岩心中,震积岩序列并不完整,且不连续,说明一次地震事件不一定被完整而有序地记录下来,其记录完整程度与地震过程中震级,与震源的距离以及岩层固结状况有关。单井岩心中震积岩多次重复出现,表明了断陷活动具有周期性和幕式的特点。

岩心观测发现,地震形成同沉积变形主要在岩性存在差异的砂泥岩互层的地层中,对岩性单一的泥质岩影响不大。因此地震作用形成的同沉积变形

表 1 黄骅坳陷单井震积序列分析

| Table 1 The analysis on seismic sequence of single drilling core |      |         |         |                |                       |
|------------------------------------------------------------------|------|---------|---------|----------------|-----------------------|
| 井号                                                               | 序列单元 | 深度(m)   | 层位      | 岩性             | 震积岩特点                 |
| 歧 129                                                            | B    | 2855    | 东营组     | 灰白色粉砂岩         | 层内微断层,震碎角砾岩           |
|                                                                  | A    |         |         | 灰白色粉砂岩夹泥脉      | 液化泥脉                  |
|                                                                  | B    | 3776    | 沙河街组沙一段 | 黄褐色砂岩夹黑色泥条带    | 液化卷曲变形构造,肠状构造,不协调塑性岩块 |
|                                                                  | A    | 3777    |         | 黄褐色砂岩夹黑色泥条带    | 液化砂泥岩脉,负荷构造,枕状构造      |
| 港深 37                                                            | B    | 3639    | 沙一段     | 黄色砂岩           | 角砾状构造                 |
|                                                                  | A    |         |         | 黄色砂岩           | 液化砂岩脉                 |
| 歧古 1                                                             | B    | 4101    | 沙三段     | 青灰色砂质泥岩,灰白色砂岩  | 微褶皱,震碎岩               |
|                                                                  | A    | 4102    |         | 灰白色砂岩          | 液化砂岩脉                 |
|                                                                  | B    | 4105    | 沙三段     | 灰白色砂岩夹暗色泥质     | 震碎岩,不协调岩块             |
|                                                                  | A    | 4106    |         | 灰白色砂岩,暗色泥岩     | 液化砂岩脉                 |
| 房 13                                                             | C    | 2083.6  | 沙一段     | 白色砂岩为主,暗灰色泥岩条带 | 阶梯状断层                 |
|                                                                  | B    | 2080.88 | 沙一段     | 白色砂岩为主,暗灰色泥岩条带 | 微断层,微褶皱               |
|                                                                  | A    | 2079.16 | 沙一段     | 白色砂岩为主,含暗灰色泥岩  | 液化砂岩脉,负荷构造            |

及其产生的裂隙对油气的储集是有利的。而这些裂隙往往不透过上覆的泥岩盖层,因此对盖层的覆盖没有不利影响,不破坏盖层对油气的保护。

### 参考文献

- 杜远生,韩欣. 2000. 论震积作用和震积岩. 地球科学进展, 15(4): 389~394.
- 杜远生,张传恒,韩欣. 2001. 滇中中元古代昆阳群的地震事件沉积及其地质意义. 中国科学(D辑), 31(4): 283~289.
- 杜远生,彭冰霞,韩欣. 2005. 广西北海涠洲岛晚更新世火山活动引起地震同沉积变形构造. 沉积学报, 23(2): 203~209.
- 付文利,王艳琴,杨光,等. 2004. 东营凹陷沙三段、沙四段震积岩研究. 油气地质与采收率, 11(2): 6~8.
- 郭建华,王方平,刘贵,等. 1999. 湘西大庸上震旦统灯影组震裂角砾岩. 石油实验地质, 21(3): 219~224.
- 梁定益,聂泽同,万晓樵. 1991. 试论震积岩及震积不整合——以川西、滇西地区为例. 现代地质, 5(2): 138~147.
- 梁定益,聂泽同,宋志敏. 1994. 再论震积岩及震积不整合——以川西、滇西地区为例. 地球科学, 19(6): 845~850.
- 吕洪波,章雨旭,肖国望,张绮玲. 2006. 内蒙古白云鄂博南东黑脑包腮林忽洞群下部发现地震滑塌岩块. 地质论评, 52(2): 163~169.
- 乔秀夫,宋天锐,高林志,等. 1994. 碳酸盐岩振动液化地震序列. 地质学报, 68(1): 16~32.
- 乔秀夫. 1996. 中国震积岩的研究与展望. 地质论评, 42(4): 317~320.
- 乔秀夫,李海兵,高林志. 1997. 华北地台震旦纪一早古生代地震节律. 地学前缘, 4(3~4): 155~160.
- 乔秀夫,高林志. 1999. 华北中新元古代及早中生代地震灾变事件及与 Rodinia 的关系. 科学通报, 44(16): 1753~1758.
- 乔秀夫,高林志,彭阳,等. 2001. 古郑庐带沧浪铺阶段地震事件、层序及构造意义. 中国科学(D辑), 31(11): 911~918.
- 乔秀夫. 2002. 中朝板块元古宙板内地震带与盆地格局. 地学前缘, 9(3): 141~149.
- 乔秀夫,宋天锐,李海兵. 2002. 是地震液化泄水成因,不是“渗流管”构造. 科学通报, 47(14): 1118~1120.
- 宋天锐. 1988. 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. 科学通报, 38(8): 609~611.
- 孙晓猛,梁定益,聂泽同. 1995. 大陆边缘震积岩序列——以金沙江中段震积岩为例. 现代地质, 9(3): 1~27.
- 吴贤涛,尹国勋. 1992. 四川峨眉晚侏罗世湖泊沉积中震积岩的发现及其意义. 沉积学报, 10(3): 19~24.
- 吴贤涛,林又玲,潘结南. 2000. 东濮凹陷两种新储层类型. 古地理学报, 2(3): 52~57.
- 杨剑萍,王辉,等. 2004. 济阳坳陷古近系震积岩特征. 沉积学报, 22(2): 281~287.
- 袁静. 2005. 中国震积作用和震积岩研究进展. 石油大学学报, 29(1): 144~149.
- Du Yuansheng, Gong Shuyun, Han Xin, et al. 2001. Silurian seismites in Hanxia, Yumen, North Qilian Mountains, and their tectonic significance. Acta Geologica Sinica, 75(4): 385~390.
- Heezen B C, Wing E M. 1952. Turbidity currents and submarine slump sand 1929 Grandbank earthquake. American Journal of Science, 250(12): 849~873.
- Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Peng Yang, et al. 2001. Seismic event, sequence and tectonic significance in Canglangpu stage in paleo Tancheng—Lujiang fault zone. Science in China (Series D), 45(9): 781~791.
- Seilacher. 1969. A Fault-graded bed interpreted as seismites. Sedimentology, 13(1~2): 155~159.
- Shiki T, Cita M B, Gorsline D S. 2000. Seismoturbidites, seismites and tsunamites. Sedimentary Geology, 135: 1~326.

### 图版说明

1. 阶梯状小断层(房13井, 2083.6m)。
2. 层内正断层(房13井, 2080.88m)。
3. 负荷构造和火焰构造(上)、角砾化(下)(歧古1井 4106m)。
4. 微褶皱纹理(板深35井, 3955m)。
5. 微褶皱(似包卷构造)(板深35井, 3960m)。
6. 砂岩脉、微褶皱纹层(板深35井, 5079m)。
7. 负荷构造和火焰构造(板深35井, 3954m)。
8. 球状构造(歧129井, 3776m)。
9. 负荷构造和火焰构造(歧129井, 3777m)。

## Eogene Seismite of Huanghua Depression

YANG Ping, DU Yuansheng, XU Yajun

Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074

### Abstract

By the observation of drilling cores, the seismite is recognized in Tertiary in Huanghua Depression. Many Kinds of syn-sedimentary deformation structures have been found in seismite, including stepmicro-faults, micro-corrugated laminations, vibrational liquefaction sandstone and clay veins, loading structure, flamboyancy structure and so on. By the analysis of seismite of single well, seismite sequence have been put forward. The repeated emergence of seismite in strata section shows that the faulting activity has periodicity and episodicity. The research provides theoretical foundation for the tectonic evolution studies and seismite recognition in continental rift lacustrine basin, and also have certain oil—gas geology meaning.

**Key words:** Huanghua depression; seismite; Tertiary

