

文章编号: 0253-985(2001)01-0052-05

## 断陷盆地砂砾岩体的发育特征

## ——以沾化凹陷埕南断裂带下第三系沙三段为例

武恒志

(胜利石油管理局勘探事业部, 山东东营 257200)

摘要: 沾化凹陷埕南断裂带沙三段中可识别出7个向上变浅的沉积旋回。这些沉积旋回是古水深和湖平面相对升降变化的沉积记录。在分别假定构造持续匀速沉降和气候保持温暖潮湿条件下, 从沙三段沉积时的水位相对升降变化四级周期曲线可分解出构造沉降和气候变迁所引起的水位升降变化分量。其中, 构造沉降分量远远大于因气候变迁引起的沉降分量。由此不难看出: (1) 若断裂活动的旋回周期与气候变化周期同步, 则两者对砂砾岩体的发育都有影响, 为双重驱动, 但断裂活动的贡献更大; (2) 若两者不同步, 砂砾岩体的形成主要受断裂活动的控制。

关键词: 断陷盆地; 砂砾岩体; 成因模式; 沉积旋回; 气候旋回; 断裂活动

作者简介: 武恒志, 男, 36岁, 高级工程师, 石油地质勘探开发

中图分类号: P512.2 文献标识码: A

断陷盆地陡坡带由于坡陡、近物源、沉积速度快, 在古沟谷口广泛发育近岸水下扇、深水浊积扇相的砂砾岩体, 这种扇体通常为复合扇, 由多期和多种类型的扇体叠合而成, 统称之为水下扇<sup>[1,2]</sup>。本文以沾化凹陷北坡埕南断裂带下第三系沙河街组三段(以下简称沙三段)水下扇砂砾岩体为例, 探讨砂砾岩体发育的控制因素及成因机理。

## 1 发育期次

埕南断裂带位于济阳拗陷北部沾化凹陷的北陡坡, 属于沾化凹陷内的一级正向构造单元。在埕南断裂带的沙三段中, 可以识别出7个反映古水深向上变浅的相序旋回(图1)。在每个旋回的下部发育油页岩、含油泥岩, 代表深湖、半深湖深水环境沉积; 上部或顶部发育夹有砂岩、粉砂岩的较稳定泥岩段, 水体相对变浅。在视电阻率曲线上, 表现为下部电阻率高, 向上降低, 至顶部发育较明显的低阻段(泥岩段)。在水下扇相的连续砂、砾岩段, 旋回的上部或顶部因岩性相对变细, 亦呈现出相对的低阻段特征, 使区内每个旋回的电阻率曲线都呈向上降低的变化趋势。

在地震剖面上, 这7个岩性旋回所对应的地层段(包括砂砾岩体)都可以进行追踪对比。

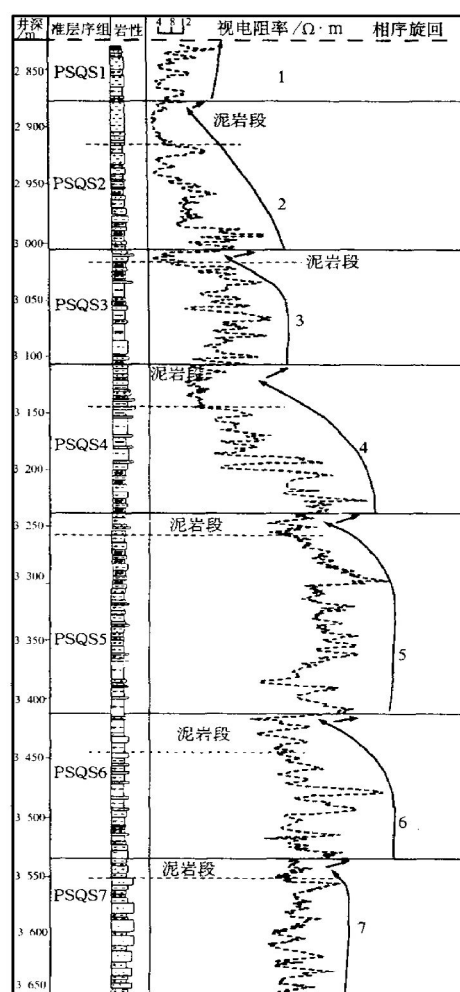


图1 埕南断裂带Y-107井沙三段的相序旋回剖面

Fig. 1 Profile of facies sequence cycles from Sha 3 member of Y-107 Well in Chengnan fault belt

每个相序旋回对应地发育一个期次的水下扇砂砾岩体, 由老到新, 7 个期次的砂砾岩体沿断层陡坡上超, 并呈退覆式堆积(图 2)。

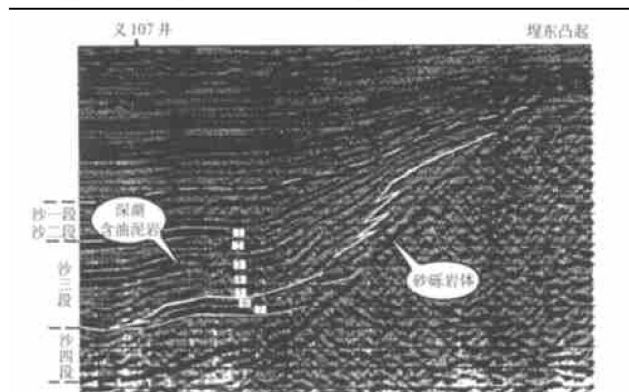


图 2 与相序旋回对应的 7 个期次砂砾岩体的地震剖面  
Fig. 2 Seismic section of seven phases sand conglomerate bodies corresponding to facies sequence cycles

## 2 影响因素

砂砾岩体发育的期次性反映其发育过程中的沉积间断或间歇。砂砾岩体间断或间歇发育与湖平面的相对升降变化有关, 每一期扇体的发育都经历了一个湖平面的相对升降周期变化的过程。陆相层序的形成受构造沉降和气候周期的双重驱动<sup>[3]</sup>, 它们影响着砂砾岩体的发育。

### 2.1 气候变迁

据上超点法, 我们制作了湖平面相对升降变化的三级周期曲线<sup>[3]</sup>。含油泥岩增多反映水体加深, 湖平面上升; 相反, 若含油泥岩减少, 则反映水体变浅, 湖平面上升速率减缓或停止, 甚至下降。因此, 含油泥岩百分比含量变化曲线与湖平面的相对升降变化曲线有很好的对应性(图 3, 4)。

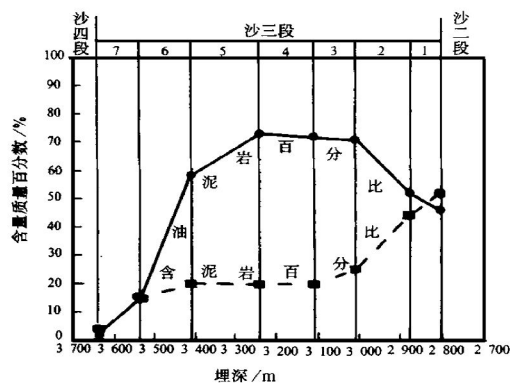


图 3 义 107 井沙三段含油泥岩、泥岩含量变化曲线  
Fig. 3 Curves showing contents variation of petroliferous mudstone and mudstone from Sha-3 member of Y-107 Well

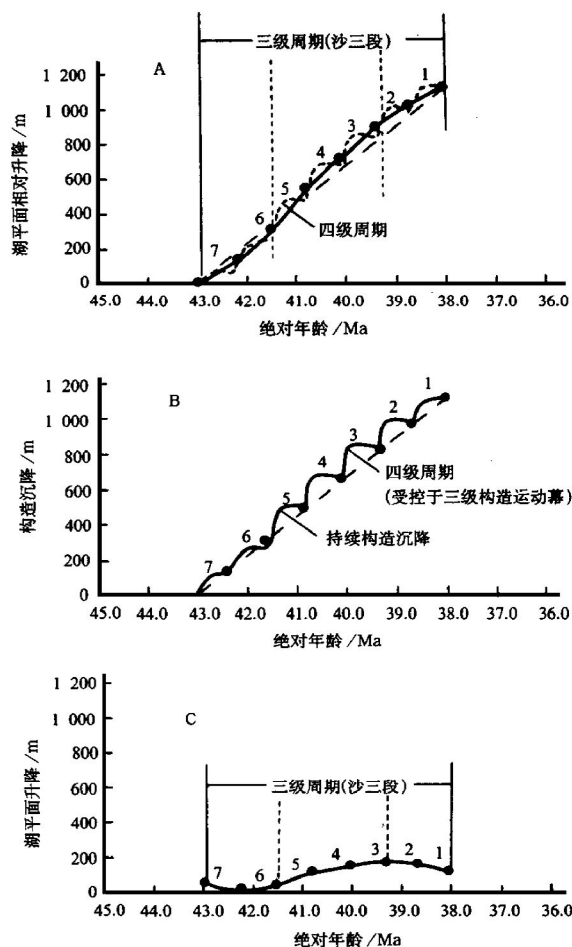


图 4 湖平面升降变化周期与气候周期、构造旋回的关系

Fig. 4 Relationship between lake level variation and climate periods and tectonics cycles

假定在沙三段沉积期, 构造运动为持续匀速沉降, 即不存在次一级的构造运动幕, 则可将湖平面的相对升降变化曲线分解为两个分量: (1) 沙三段沉积期的构造沉降曲线, 表现为一条斜线; (2) 沙三段沉积期受气候周期影响所产生的湖平面的升降变化曲线, 表现为 7 个四级周期。在构造持续匀速沉降的假设条件下, 沙三段沉积期湖平面的相对升降变化四级周期与气候周期一致, 古水深的周期性变化及砂砾岩体分期次发育受气候周期控制。

(1) 湖平面相对缓慢上升时期, 由于水体开始加深, 水域扩大, 在凹陷带含油泥岩开始发育, 泥岩逐渐减少; 在陡坡带, 由于基底下陷, 埕东凸起与湖盆的落差加大, 水下冲积扇相砂砾岩体开始发育。

(2) 湖平面相对快速上升时期, 水体迅速加深, 水域扩大, 在凹陷带含油泥岩单层厚度和在岩性剖面上的百分比增大, 泥岩迅速减少或不发育; 在陡

坡带,由于砂砾岩沉积物的欠补偿供给,总体表现沿陡坡退覆式上超堆积。

(3) 湖平面相对停滞时期,水位保持相对稳定或略有下降,水体变浅。在凹陷带,含油泥岩减少,泥岩大量发育;在陡坡带,埡东凸起与湖盆的落差小,粗粒沉积物减少,或停止发育(甚至原先的砂砾岩体可能出露地表遭受剥蚀),砂粒级沉积物可以搬运到凹陷地带沉积,致使凹陷带泥岩中夹有较多的砂岩层(相当于高水位体系域前积作用)。

综上所述,在深湖凹陷带,自下而上一个旋回所对应的地层序列表现为含油泥岩开始发育—含油泥岩—泥岩为主—泥岩为主夹砂岩;而在陡坡带,自下而上地层序列则表现为粗粒砂砾岩(扇根)—细粒砂砾岩(扇中)—砂泥岩(扇端),总体呈正粒序。作为砂砾岩体期次划分界面,即四级周期所控制的层序界面在凹陷带是以泥岩层顶面作为分界面,其上是一层序组底部的含油泥岩;而在陡坡带,砂砾岩体内部与之对应的等时面也是泥岩顶面或一个正粒序旋回顶部相对较细颗粒层的顶面,其上为下一期砂砾岩体的底部砾岩。

## 2.2 断裂幕次活动

沙三段砂砾岩体沉积时期,埡南断裂带表现为持续的快速拉张,但拉张活动的强度是有区别的。断裂活动以活跃—停顿—活跃—停顿的方式反复进行(图 4)。每一个断裂活动旋回,代表济阳运动的一个三级构造运动幕,它控制了沙三段内部砂砾岩体的发育期次(图 5)。

图 5-A 表示沙四段的低水位期沉积,发育洪积扇和浅湖相沉积体系。图 5-B 为进入沙三段沉积后,边界主断裂发生首次强烈拉张,水位迅速上升,水体加深,出现含油泥岩沉积(小层 7)和含油泥岩为主的深湖相沉积(小层 6);而在陡坡带,随着湖盆强烈下陷,湖盆与剥蚀区的高差加大,粗粒沉积物出沟谷口后进入陡坡脚形成水下冲积扇相砂砾岩体。由于水位的快速上升,可容空间的迅速增大,砂砾岩体呈退覆式的欠补偿沉积,所以在边界主断裂强烈拉张时期,无论是凹陷区,还是陡坡带,都表现为水体上升半旋回的正粒序沉积。

断裂首次强烈拉张后,接着发生拉张速率减缓及停顿(图 5-C),从而水位上升速率减缓或暂时停滞。由于断陷小盆地周边都有物源,相对于海盆和大型的拗陷湖泊充填速度较快,可容空间减少也较快,水体相对变浅。此时接受类似于三级周期

(层序)中水位上升速率减缓—停滞—缓慢下降时段所对应的高水位体系域的沉积体系(小层 5)。在陡坡带,由于断裂停止下陷,湖盆与剥蚀区的高差减小,物源颗粒变细,砂粒级沉积物可以向盆地方向前积,搬运到凹陷区沉积。凹陷区除了水体变浅沉积物为泥岩外,泥岩层中夹有特别多的砂岩层。所以,在边界主断裂强烈拉张后的停顿时期,凹陷区表现为水体相对下降半旋回的反粒序沉积(泥岩段,夹较多砂岩);而在陡坡带,一般情况下因物源颗粒变细仍表现为向上正粒序,但如果停顿时间较长或水位小幅下降(四级周期旋回的下降),则局部出现沉积间断或由前积作用形成的反粒序。因此,断裂活动的“停顿期”,对应于四级周期的高水位期,形成水位的相对下降半旋回沉积。

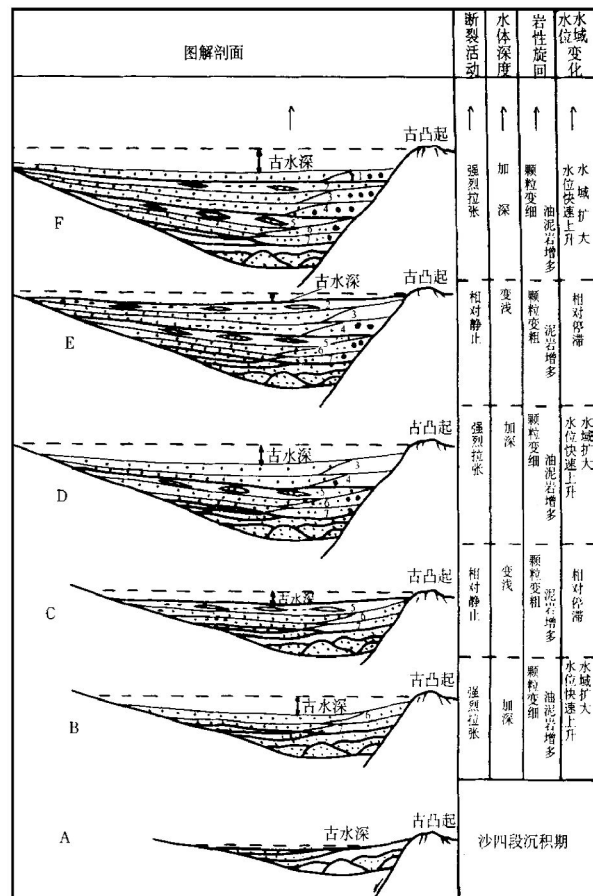


图 5 断裂幕次活动与砂砾岩体期次发育的关系

Fig. 5 Relationship between episodes of faulting and periods of sand conglomerate development

由此可见,在沙三段沉积期,断裂活动的第一幕次控制了地层 7—6—5 这样一个由四级旋回对应的准层序组。同样地,断裂活动的第二幕次则控制了由 4—3—2 小层构成的准层序组。因此,在沙

三段沉积期内,若有 $N$ 个断裂活动幕次,相应地就发育 $N$ 个准层序组及 $N$ 期砂砾岩体,砂砾岩体发育的期次与断裂活动的幕次对应,并受断裂活动控制。

### 2.3 讨论

图4所展示的沙三段地层层序及内部准层序组的样式似乎能解释砂砾岩体发育的成因,但也有不足。构造持续匀速沉降显然只是人们习惯上的一种假定,实际上断裂的拉张或构造的沉降在沙三段内部是非匀速的,是以幕式旋回进行的;同时,图4所展示的沙三段内部受气候控制的湖平面升降变化也应该有次一级的周期性变化。虽然现有的资料还不足以判别沙三段沉积期三级构造旋回幕和气候变迁旋回各自引起的水位升降变化周期是否同步,但据以下几点可以推测构造活动对砂砾岩体分期次发育的影响占主导地位:(1)每个相序旋回顶部相对浅水环境的泥岩沉积变为相对深水环境的含油泥岩沉积的突变接触关系;(2)断裂拉张活动引起的水位相对上升幅度;(3)气候变迁造成的水位相对升降变化幅度值,在沙三段三级周期

中,构造活动引起的水位相对上升幅度逾1 000 m,而由气候变迁造成的水位相对升降幅度仅约200 m,两者对湖平面相对升降变化的贡献比为5:1,这表明构造旋回幕和气候变迁旋回同步时,构造旋回的影响远大于气候变迁的影响(图6-A);如果两者不同步,控制砂砾岩体分期次发育的湖平面相对升降变化四级周期与三级构造运动幕对应,与气候变迁旋回不对应,四级周期主要受构造旋回驱动(图6-B)。在沙三段沉积期,断裂强烈拉张活动期使盆地基底快速下陷,拉张和下陷速率达0.4 mm/a,单个三级构造运动幕的平均下陷幅度超过150 m。由此生成的深湖沉积环境(含油泥岩沉积),是很难较长时间的受气候变迁旋回(下降速率仅约0.08 mm/a,水位下降幅度总量不超过30 m),的影响而变成半深湖-浅湖环境(泥岩沉积)。

因此,沙三段内部相序旋回对应的四级周期总是与三级构造运动幕旋回对应,而与气候变迁造成的水位升降变化旋回不对应,除非它与三级构造运动旋回同步。

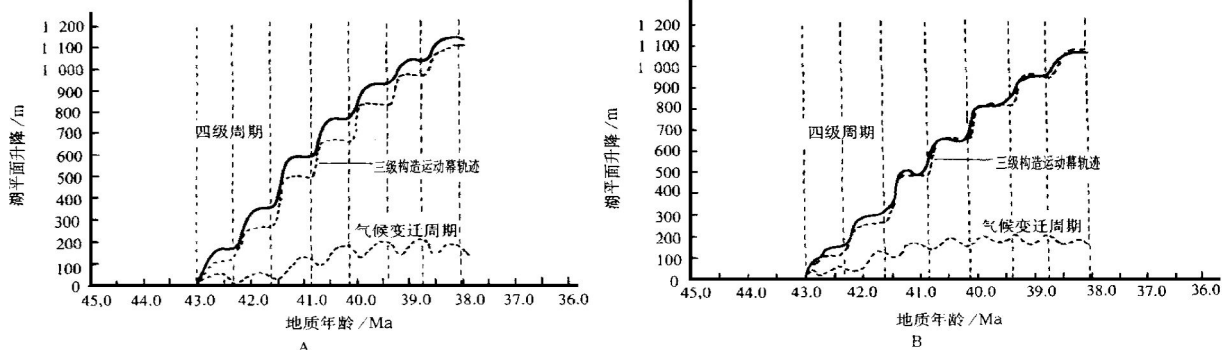


图6 构造旋回和气候变迁旋回的关系图

Fig. 6 Relationship between tectonic cycles and climate variation cycles

A—同步; B—不同步

## 3 结论

综上所述,在断陷盆地的陡坡带,虽然构造沉降与气候周期对砂砾岩体分期次发育性都有影响,但是三级构造运动幕旋回的作用远远大于气候变迁旋回的影响,砂砾岩体的分期次发育性主要受三级构造运动幕旋回驱动,即湖平面相对升降变化四级周期和不同期次砂砾岩体形成主要受断裂幕次拉张活动控制。

## 参 考 文 献

- 1 王宝言,朱明,刘宝洁. 含油气扇体的勘探经验、技术与方法——以东营凹陷北陡坡带为例[A]. 见:杜贤樾,孙焕家,郑和荣主编. 胜利油田勘探开发论文集(第一辑)[C]. 北京:地质出版社,1997. 38~52
- 2 徐怀大. 层序地层学理论应用于我国断陷盆地分析中的问题[J]. 石油与天然气地质,1991,12(1):52~57
- 3 朱筱敏,层序地层学原理及应用[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 69~78

## DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF SAND-CONGLOMERATE BODIES IN FAULT-DEPRESSED BASINS: TAKE EOGENE SHA-3 MEMBER IN CHENGNAN FAULT BELT AS AN EXAMPLE

Wu Hengzhi

(*Exploration Project Department, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong*)

**Abstract:** Seven sedimentary cycles could be distinguished in Tertiary Sha-3 member of Chengnan fault belt in Zhanhua Sag which recorded the changes of paleo-water levels. It is constant that the changes of water level caused by tectonic subsidence are bigger than that caused by climate. This suggests that: if faulting cycle and climate variation cycle synchronize perfectly, they are both helpful for the development of sand-conglomerate; if they do not synchronize, the development of sand-conglomerate is mainly controlled by faulting.

**Key words:** fault-depressed basin; sand-conglomerate body; genetic model; sedimentary cycle; climate cycle; faulting

(上接第 51 页)

## EFFECTS OF WATER CONDUCTION OF FAULTS ON WATERFLOODING AND DEVELOPMENT COUNTERMEASURES IN HANAN OILFIELD

Yue Leping<sup>1</sup> Zhang Li<sup>1</sup> Yang Yajuan<sup>1</sup> Miao Kun<sup>2</sup> Song Shemin<sup>2</sup> Zhang Manku<sup>2</sup>

(*1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi; 2. Erlian Company, Huabei Oilfields, Xilinhot, Nei Monggol*)

**Abstract:** The directions of fractures in Hanan Oilfield are determined by paleomagnetic method. 121 micro-fracture slices are identified to analyze the relationship between micro- and macro-fractures. The tracer experiment of a well group is done to detect the water transmission fractures and faults. Based on the data of seism, drilling interpretation in faults and the performance data, a conclusion is drawn that in the fault system of Aershan Reservoir, NE strike faults and NW strike fractures are conjugated. The transmissibility of the fault system is so serious that the inflow rate in fault-developed areas is 40-100 m/d. The effects of transmissibility resulted in the confusion of the injection-production layers, thus forming injection-production in different layers. On the same time, some production wells are of high pressure and flooded. According to the characteristics of the fault system, corresponding countermeasure is put forward.

**Key Words:** fault system; fault transmissibility; Hanan Oilfield; development