

冀中坳陷下第三系构造-沉积相特征

田崇鲁 李德同

刘铁铮 江宏涛

吴振明 卢松年

(华东石油学院北京研究生部) (石油工业部物探局解释中心) (武汉地质学院北京研究生部)

本文以构造-沉积相的概念,划分了冀中坳陷下第三系构造-沉积相的类型,论述了在次级构造因素控制下沉积相带在时间、空间上的分布规律。

冀中坳陷由东向西划分为三个构造-沉积相带。冀中坳陷的14个小凹陷,分属上述三带。由于次级构造因素的控制,文中提出8种不同类型的、各具特色的构造-沉积相。

根据凹陷的结构特征将其分为封闭式、半封闭式和非封闭式三种盆地结构类型。

冀中坳陷是我国东部主要的中、新生代含油气盆地之一。以往的文献对其构造形成机制、沉积环境均有不少论述,也提出过若干类型的沉积相模式,以及有利储集砂体的类型及其分布规律。但是,对于沉积相与控制沉积的构造背景之间的关系论述较少。近年,地震地层学的研究为认识覆盖区沉积相的时空展布及其与构造因素的关系提供了新的途径。现仅就此问题谈谈初步认识。

一、问题的提出

沉积作用与构造活动之间的关系早就引起人们的重视。近年, W·R·迪肯森进一步提出构造-沉积组合的概念。国内也有文章阐述构造-沉积组合类型,并对渤海裂谷的第三系构造-岩性组合进行了研究。

冀中坳陷具多凸多凹、多断块的构造格局,沉积作用明显受控于次级构造因素。在我们研究冀中坳陷构造与沉积相之间的关系时,感到有必要进一步论述次一级构造-岩性组合及其空间分布,这对研究油气远景、寻找非背斜油气藏是有益的。

本文在沉积建造与构造-岩性组合的基础上运用构造-沉积相的概念,划分了冀中坳陷下第三系的构造-沉积相类型,并简述其特征。

我们理解构造-沉积相是在不同的大地构造单元及其不同的演化阶段,受不同级别构造因素控制的沉积相带。这些构造因素在冀中坳陷主要表现为:差异升降运动及其强度;同沉积构造控制的古地形;重力构造控制的古地形;以及由构造原因引起的湖水面升降等。这些构造因素有些是单独地起作用,而更多的是诸因素的综合作用。

应用构造-沉积相的概念,主要是研究在次级构造因素控制下的沉积相带在时间、空间上的分布,而主要侧重于后者。

二、冀中拗陷的构造背景

冀中拗陷位于华北盆地的西北部,界于太行山隆起与沧县隆起之间。隆起、拗陷与其边界断裂主要为北东-北东东向。太行山断裂为壳断裂,显示为张扭性正断层,强烈活动时期为中、新生代。

冀中拗陷下第三系存在四个主要不整合面,在地震剖面上多表现为上覆层底面的上超与下超,下伏层序顶面的削截。四个不整合面由下而上为:第三系与前第三系间界面(T_g);沙二、三段与沙四段孔店组间界面(T_0);沙一段与沙二、三段间界面(T_4);上下第三系间界面(T_2)。

拗陷内次级断裂亦主要为北东-北北东向张性正断层。有些断层面与下第三系倾向相反,为丹尼斯提出的反倾向滑动断层,形成掀斜断块,使拗陷内组合成一系列箕状凹陷和凸起;有些断层组合成阶梯状或一系列地堑、地垒。拗陷内另一组次级断裂为北西-北西西向张扭性正-平移断层或正断层,其形成时间稍晚于北东-北北东向断裂,发育程度亦逊于前者。

根据下第三系的发育程度和断裂特征,冀中拗陷划分14个凹陷和6个凸起(图1)。

冀中拗陷东面分带十分明显,从西向东,其抬升时间由早到晚,因而沉降中心随时间向东迁移。

根据冀中拗陷内凹陷的构造特点,从东向西分三个构造带:长期下沉构造带,从沙四孔店期开始,整个早第三纪均为相对下沉;升降更替构造带,该带在沙四孔店期下沉,沙二、三期抬升,沙一东营期复下降;早期下沉,中后期相对抬升构造带,沙四孔店期下沉,沙三期开始抬升。

总之,这三个构造带都各具特色,并控制着各凹陷内的沉积体系,沉积相分布,沉积相组合及其生储岩层的发育。

三、拗陷内构造-沉积相带特征

如前所述,冀中拗陷具明显的东西构造分带性,而构造又控制着沉积作用,因此构造-沉积相带由东向西也相应分为三个带:长期下沉湖相带;升降更替河湖相带;先拗后隆河流相带(见图1、表1)。这三个带在其凹陷结构、沉积相组合、地震相特征及含油气性方面均不相同。

表1 冀中拗陷构造-沉积相带特征

构造-沉积相带	构造特征	地震地层学特征	含油气性
长期下沉湖相带	长期稳定下沉	中至较差连续性,弱振幅,席状平行地震相,楔状发散地震相(均表征为湖相特征)	一般为封闭式断陷湖盆。古湖盆长期下沉,利于有机质的富集和转化,找到工业性油气田
升降更替河湖相带	早拗中变晚期复下沉	上部层序为连续、强振幅地震相(对应为河流相)。下部层序为较连续、不连续、弱振幅地震相(对应为湖相)	一般为半封闭式湖盆。封闭条件略差,对油气形成亦较有利,找到工业性油气田
先拗后隆河流相带	早期下沉中后期抬升	连续好、强振幅地震相(对应河流相)	为非封闭式断陷湖盆。不具良好封闭条件。缺乏有利生油环境

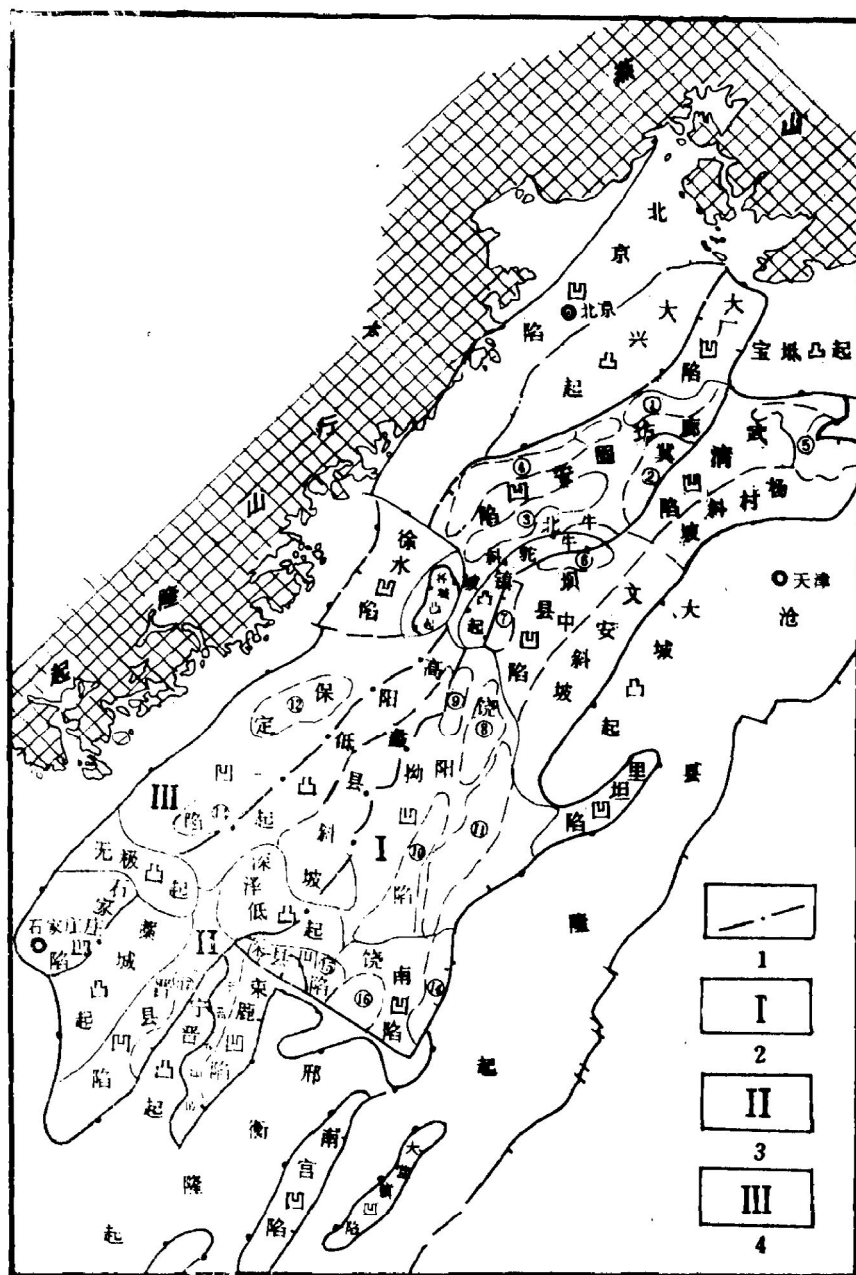


图1 冀中坳陷内凹陷、凸起及区域构造-沉积相带分布示意图

1—相带界线, 2—长期下沉湖相带, 3—升降更替河湖相带, 4—先拗后隆河流相带

1. 长期下沉湖相带 (相应于长期下沉构造带) 该带位于坳陷东部, 包括霸县、饶阳、饶南、东鹿等凹陷。这个带内各凹陷的构造演化特征是: 长期下沉为主要趋势, 并在此背景上发生多次的升降。主要发育深湖-半深湖相。地震地层学特征是: 地震相外形为席状, 中至较差连续性, 弱振幅, 表征岩性为较单一的以泥岩为主的沉积。这在束鹿、霸县等各凹陷都易于识别。另一较常见的为发散地震相, 为图 2 所示, 其特征为中振幅、连续性较好、楔状外形地震相。该地震相或发育在湖盆缓坡一侧, 或发育在同

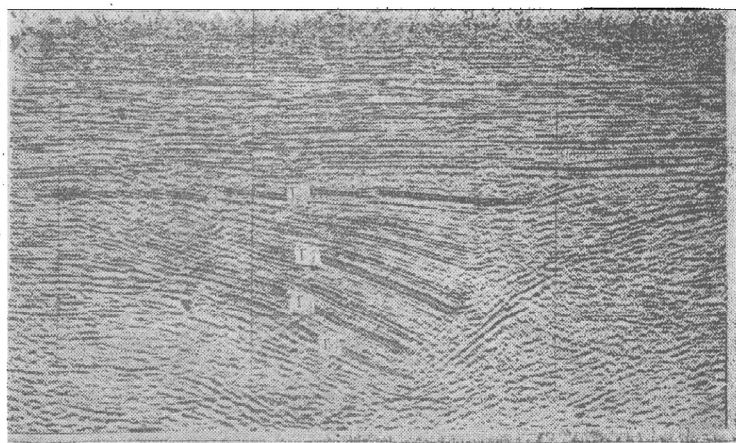


图2 凹陷沉降速率不均所形成的楔形发散地震相

生断层下降盘一侧，这是由于湖盆沉降速率不均一所致。如图2所示 T_6-T_8 、 T_4-T_6 层序的反射终端均有上超现象，表示湖盆面积的不断扩展。显然位于此带上的箕状凹陷是处于长期下沉环境。因此，古湖盆水域也长期处于封闭状态，形成良好的封闭型结构的断陷湖盆（图3）。此外，从地震剖面还可见到，其沉降速率在各时期不是一成不变的，而有沉降停滞和相对上升现象。该环境对有机质的富集和转化极为有利，因此，在这个构造-沉积相带上几乎均找到一定规模的油气田。

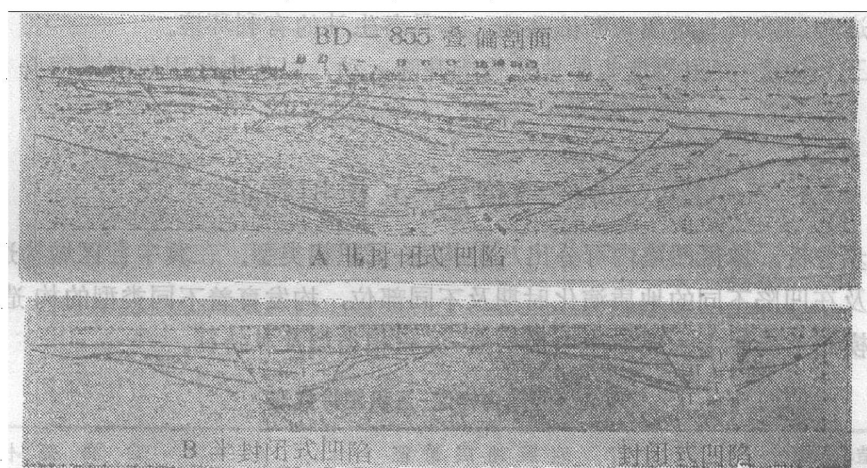


图3 三种凹陷结构类型示意图

2. 升降更替河湖相带（相应于升降更替构造带） 该带包括廊固、晋县等凹陷。由于该区的升降活动，导致在沉积相上为相对稳定的湖泊相与河流、洪积相的交替（图4）。图示 T_4-T_6 层序，基本为弱振幅、较连续地震相，对应为湖泊相；而上覆层序为连续性好的强振幅地震相，对应为一抬升的河流、洪积相。这种河湖相的交替在此构造-沉积相带上具有一定的代表性。此外，在凹陷边界同生断层一侧，尚有低丘状杂乱地震相，代表重力滑塌堆积。

综上所述，在这个构造-沉积相带上，由于隆升和下降的构造活动，致使断陷构造湖盆为半封闭式结构（图3），但仍不失为较有利的油气形成场所，在廊固、晋县等凹陷均找到油田。

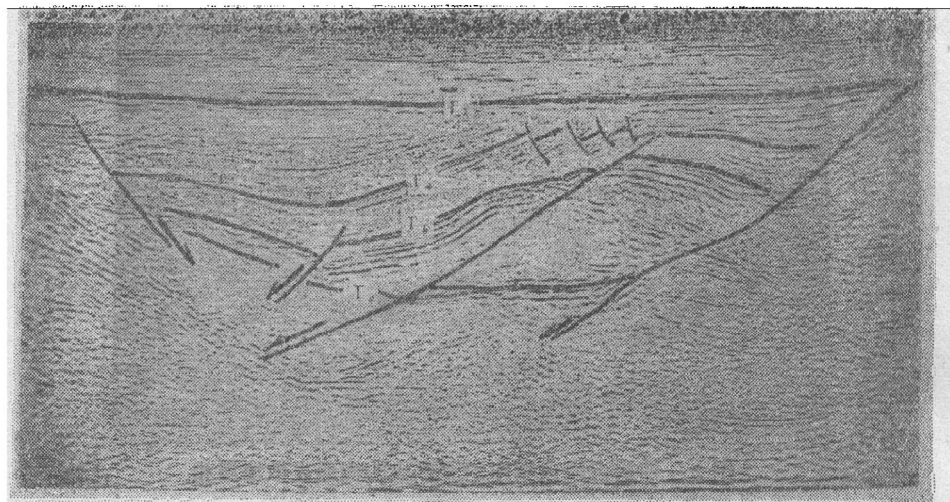


图4 稳定湖相与河流相更替的沉积地震相剖面

3. 先拗后隆河流相带(相应为早期下沉后期抬升构造带) 位于坳陷西部, 包括徐水、保定、石家庄诸凹陷。它们多表现为在沙四孔店期快速下降, 堆积一套冲积、洪积相, 在地震剖面上表现为典型的较连续的强振幅地震相, 至沙三期及其以后, 一直处于抬升状态, 致使沙二、三段厚度明显减薄, 甚至缺失沙一东营组(见图3)。由于该区的升降构造运动, 前期为一套巨厚的冲积、洪积相粗碎屑沉积, 而后期受到不同程度的剥蚀。这种凹陷属非封闭式断陷盆地, 不具备生油的良好环境。

上述三个构造-沉积相带明显地受构造升降运动, 以及由此引起的湖面升降等因素的控制。

四、凹陷内构造-沉积相特征

经初步分析, 本区凹陷内可分出八种构造-沉积相类型。在冀中各区域构造-沉积相带内, 以及在凹陷不同的地质演化时期及不同部位, 均发育着不同类型的构造-沉积相及其组合模式(表2)。现简述主要构造-沉积相类型及其特征。

表2 凹陷内构造-沉积相特征表

构造沉积相带		地震地层特征	含油气性
缓超带	三角洲相	较连续、中振幅斜交前积或S形前积层	储油物性好, 近油源, 有利储层相带
	冲积扇	变振幅、较连续、叠瓦状地震相	好储集层
	滨浅湖滩坝相	不连续或连续, 中弱或强振幅, 亚平行席状地震相	好储集层
陡断带	扇三角洲相	扇状、杂乱反射过渡到较连续, 中振幅斜交前积相	好储集层
	带油流性质水下冲积扇	连续性差、变振幅或杂乱反射丘状相	有利条件, 可作为储集层
	重力滑塌相	杂乱反射丘状相	有一定储集能力
湖凹带	滨浅湖	不连续, 中、弱振幅, 亚平行席状或楔状地震相	可作为生油岩, 夹好的储集层
	深湖-半深湖相	不连续, 弱振幅, 席状地震相	为生油层
	水下河道及某些砂体	充填地震相	可作为储集层

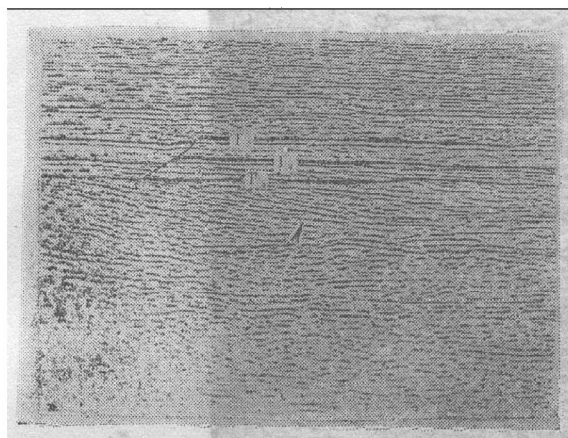


图5 大王庄三角洲多期前积朵叶体剖面图

个透镜体的叠覆,而不具单一的S形前积。图5所示大王庄三角洲至少可清楚地分出三个推进期。同时三角洲砂体往往不是单独存在,而是若干个组成群体,其分布表现为层位由老至新、能量由强至弱地向盆地逐次前积。其单个三角洲体的分布明显受控于古构造因素,如饶阳凹陷大王庄,留西三角洲群体,分别位于水下古隆起的斜坡及低凹处。缓坡三角洲相在冀中拗陷较常见,因其近油源而为主要储集砂体类型。

2. 陡断带扇三角洲相

位于箕状凹陷断层陡坡一侧。扇三角洲是冲积扇和三角洲的复合体。由于扇三角洲邻近物源区,地形坡度大,因此碎屑成分复杂,颗粒较粗,分选磨圆度差,地震剖面上反映为扇根部位呈杂乱反射,由边缘向湖内,由杂乱相过渡为较连续、中振幅斜交前积相,构成完整的扇三角洲模式,缺少正常河流相序(图6)。在冀中拗陷亦是有利的储集砂体类型。



图6 扇三角洲地震相模式

3. 陡断带具浊流性质的水下冲积扇

位于箕状凹陷同生断层陡坡一侧。平面外形呈扇状的冲积砾岩体。在地震剖面上为连续性差、变振幅或杂乱反射丘状地震相。在剖面上可见古山口、扇体的分布,形状和结构均与古山口有关。扇体明显受同生断层控制,而同生断层在本区显示出时而活动时而稳定的特点,在断层活动时期,产生冲积层的垂向加积,构成了这种特定构造带上的沉积体系(图7)。图示 T_4 - T_6 地震层序内,位于大断层一侧为连续性差、变振幅或杂

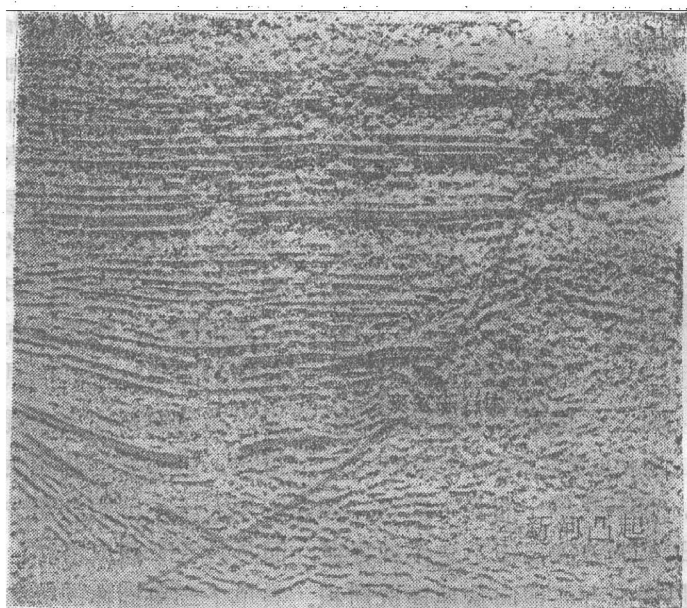


图7 带浊流性质的水下冲积扇砂砾岩体

乱反射丘状相。钻井证实为一套砾岩体。在冀中各凹陷下第三系均普遍发育此类砂砾岩体。

4. 陡断带重力滑塌相

位于同生断层下降盘一侧。在断层活动期，断崖塌积物在重力作用下堆积而成，滑塌相的岩性与物源区岩性呈倒序亦说明其为重力滑塌成因。地震地层学特征为杂乱反射丘状相（图8）。钻井证实岩性为分选极差的角砾岩。在冀中三大构造带的凹陷中，凡在不对称箕状凹陷断层活动期均有发育。

5. 缓超带冲积扇

位于凹陷缓坡一侧。在地震波特征上表现为振幅强弱相间，反射波组呈叠瓦状逐层覆于下伏层之上（图9）。钻井证实为一套砂岩、深灰色泥岩与灰褐色角砾岩互层。

6. 滨浅湖相

主要位于箕状凹陷缓坡超覆带。地震地层学特征为不连续，中弱或强振幅，亚平行或平行席状地震相。对应岩性为湖坪或滩坝相的席状碎屑砂泥岩或碳酸盐岩滩等。

7. 湖凹区深湖半深湖相

主要位于稳定下沉和升降更替构造-沉积相带的各凹陷中，占据凹陷湖盆大部分面积。处于长期稳定下沉环境，古湖盆封闭条件好，沉积一套厚层、具微细层理的暗色泥页岩层系，为理想的生油环境。地震地层学特征为一套能量极低的、低频、弱振幅，连续性较差地震相，层速度偏低，一般为3500m/s。

8. 抬升带冲积洪积相

该相发育于早期下沉、后期抬升构造带内，为一巨厚的粗碎屑沉积建造。地震地层学特征一般表现为较连续至连续、较强振幅、平行或亚平行地震相，外形为席状或滩状，为典型高能的冲积、洪积碎屑岩相。

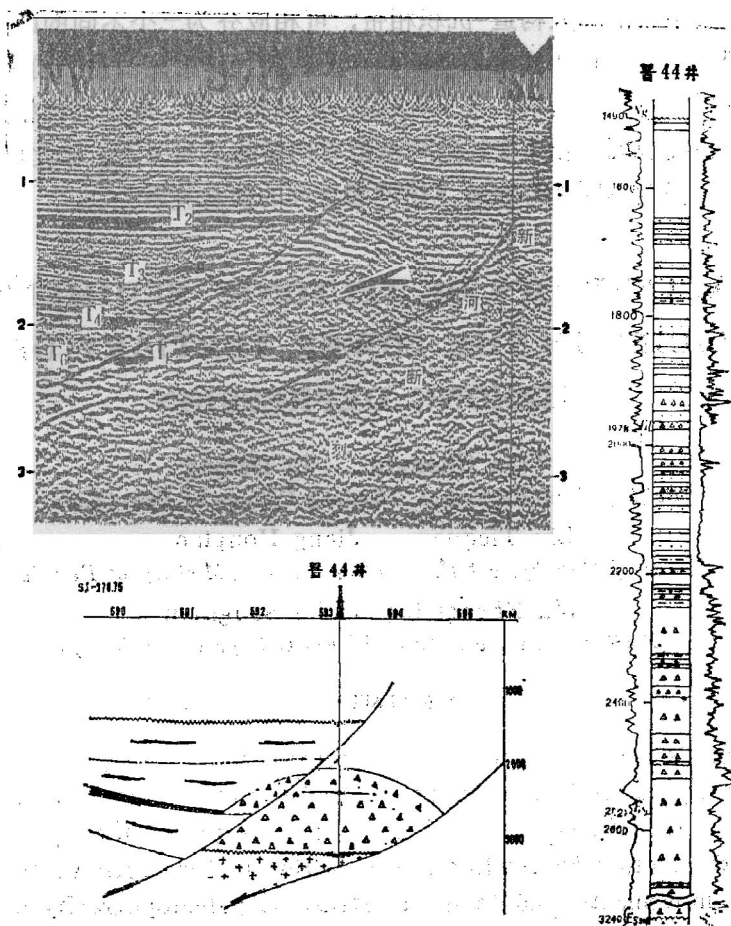


图8 重力滑塌砾岩体剖面图

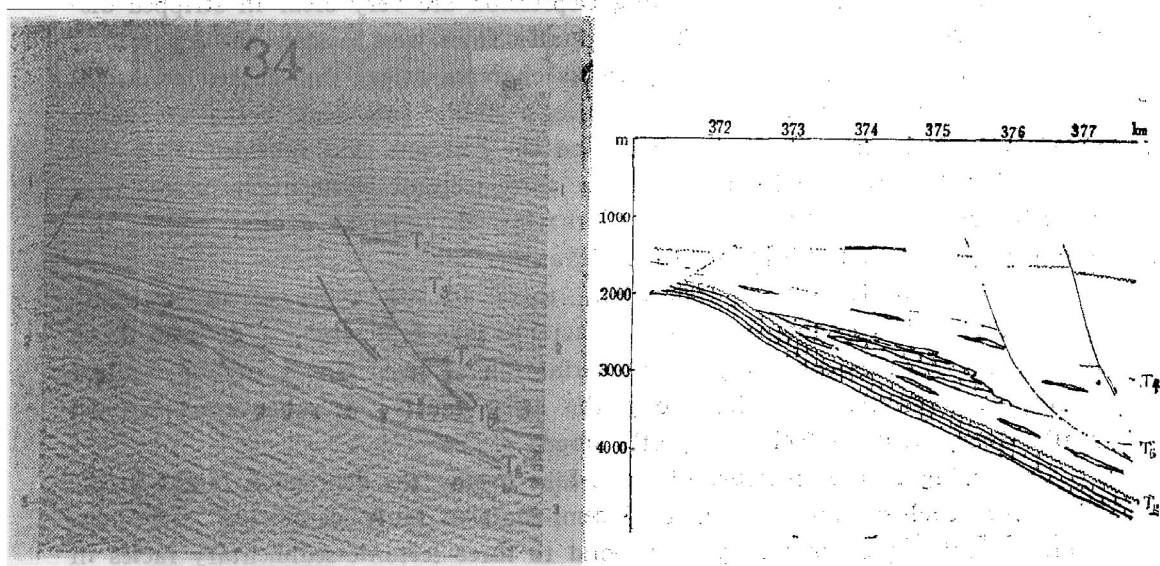


图9 缓超带冲积扇剖面图

综上所述,冀中坳陷三大构造-沉积相带,可相应分为三个不同的凹陷结构类型,即封闭式结构型凹陷、半封闭式结构型凹陷和非封闭式结构型凹陷。前两个对油气形成与聚集有利,而后者不利。同时,在三大构造-沉积相带内,由于沉积相严格受构造活动所控制,因此各类型沉积相与受控的构造带有明显的从属关系。由此可推断,在我国其它陆相湖盆均会程度不同地存在着上述两者之间的依从关系。

CHARACTERISTICS OF TECTONIC - SEDIMENTARY FACIES IN THE LOWER TERTIARY OF JIZHONG DEPRESSION

Tian Chonglu Li Detong

(Beijing Graduate School, Huadong College of Petroleum)

Liu Tiequan Jiang Hongtao

(Interpretation Center of Geophysical Exploration Bureau, Ministry of Petroleum Industry)

Wu Zhengming Lu Songnian

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

Abstract

Deposition is usually controlled by tectonic movements. The so-called tectonic-sedimentary facies is the sedimental facies that are controlled by various tectonic factors in different tectonic units and evolution stages. In the Jizhong Depression, the factors controlling the deposition include followings: 1. differential vertical movements and their strengths; 2. paleotopography is controlled by synsedimentary structures; 3. paleotopography is controlled by gravitational tectonic, and 4. lake level undulation resulted from the tectonic events.

The tectonic unites of the Jizhong Depression are very clear in stripped distribution. As the basement uplifted gradually from west to east, the depo-center moved correspondingly. According to its characteristics, the depression might be divided into three tectonic belts, i.e. a stable subsident belt; an alternated belt of elevation and subsidence and the last one that subsided first and then uplifted. Correspondingly, there are three tectonic-sedimentary facies, i.e., 1. stable subsidence lake facies; 2. alternating fluvial-lake facies; and 3. fluvial facies with first subsiding, soon elevating.

On the tectonic unit of depression, there are six types of the tectonic-sedimentary facies: 1. shore-shallow lake facies of lake-depression; 2. deep-hemideep lake facies of lake-depression; 3. submarine fan of steep slopes or/and faulted scarps; 4. gravitative slumping along the steep faults; 5. subaqueous fan on gentle slope; 6. delta facies on gentle slope.

According to the structure of paleo-lake basin, the depression might be divided into enclosed fault depression; semi-enclosed fault depression and non-enclosed fault depression. They correspond to three tectonic-sedimentary facies in the Jizhong Depression as stated above. The first two are favourable for hydrocarbon accumulation, but the last one is not.