

中国东部陆相盆地的层次结构、油气成藏体系与隐蔽油气藏特征

——以济阳拗陷为例

徐怀民^{①*}, 徐朝晖^①, 张善文^②, 王志高^②, 王永诗^②

① 中国石油大学(北京)资源与信息学院, 北京 102249;

② 中国石化胜利油田有限公司, 东营 257015

* E-mail: xuhuaimin@sina.com

收稿日期: 2007-04-20; 接受日期: 2008-03-21

国家自然科学基金项目(批准号: 40772088)资助

摘要 从盆地构成的层次结构及油气藏特点出发, 提出了基于陆相盆地的层次结构的油气成藏体系概念及划分方法, 将济阳拗陷油气成藏体系划分为四级三类. 四级: 油气成藏体系组合、油气成藏体系、油气成藏组合和油气藏, 三类: 它源型前古近系基底潜山型油气成藏体系组合、自源型古近系中深层油气成藏体系组合、它源型新近系浅层油气成藏体系组合. 阐述了各油气成藏体系组合及其内部单元的油气藏分布特点.

关键词

成藏体系
济阳拗陷
盆地结构
油气藏

油气成藏体系研究一直是当前油气地质研究的重点, 近几年国内外有关学者、专家提出了许多理论和观点^[1-11]. 目前流行的油气藏体系研究理论和方法思路有二种观点: 其一是含油气系统理论, 强调“源”的特征, 主要通过源→圈闭的关系来揭示油气成藏过程, 确定油气成藏规律, 这种观点适用于自源型含油气系统; 其二是油气成藏体系理论, 强调的是“藏”的特征, 这种“藏”具有多源性, 通过研究“藏”的特征来揭示油气成藏规律, 这种观点适用于它源型含油气系统. 含油气系统强调从源→圈闭, 通过源分析追踪寻找油气藏, 这种分析思路和方法对勘探程度低或油气横向运移明显的盆地十分有效. 但对陆相盆地而言, 油气来自于相互分割的生烃洼陷, 以断裂控制的垂向运移为主, 横向运移距离短, 生烃洼陷和油气藏同属一个地理单元, 这样的成藏分布特点使得含油气系统的边界很难界定, 不易深入分析油气成

藏规律. 而成藏体系强调的是“藏”, 通过成藏分析, 揭示油气分布规律, 这种方法不依赖于源和藏的地理分区, 对深入揭示油气成藏规律及目标评价有指导作用.

笔者多年在对中国的陆相盆地研究基础上, 以济阳拗陷为例阐述陆相盆地构成的层次结构、油气成藏体系类型以及相互关系, 揭示油气成藏规律, 用于指导油气勘探.

1 陆相盆地的层次结构及油气成藏特征

我国的含油气盆地中, 东部陆相盆地构成格架多呈现三层结构单元组合样式, 包括下元层、中元层和上元层, 剖面上构成“三元”层次结构(图 1). 下元层是由多期叠加的复合岩体组成; 中元层是以断裂为主控制的沉积体, 盆地形态不对称, 可容空间大, 易形成深水的沉积环境, 烃源岩发育; 上元层是以水

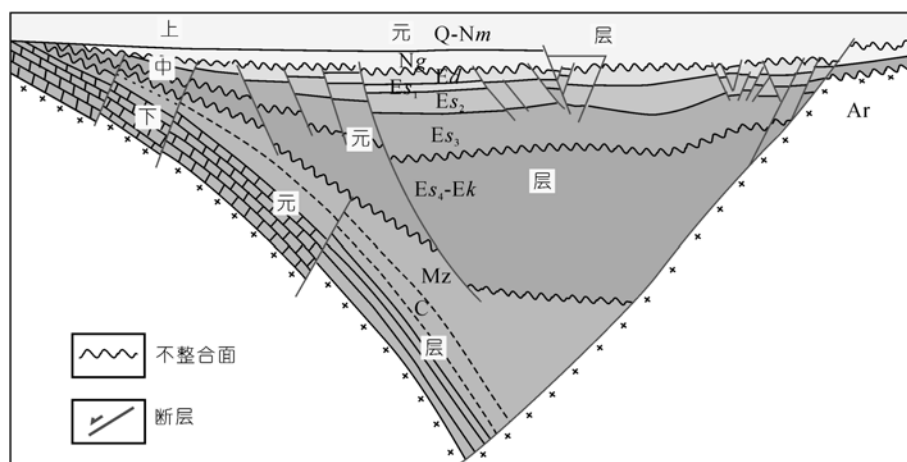


图1 济阳拗陷三元结构型盆地示意图

平伸展方式控制的充填沉积,常常是盆大、水浅、烃源岩不发育.盆地“三元”结构单元的形成地质环境差异较大,油气成藏的特点和规律各有不同.

多年勘探证实,济阳拗陷经历了前古近纪的叠合盆地阶段、古近纪断裂阶段和新近纪的拗陷阶段,垂向上构成了三元层次结构.各层次单元的构造、岩相以及油气成藏特点各有不同,尤其是控制三个层次单元的油气成藏要素和分布规律差异较大.下元层由前古近系各期叠合的褶皱岩系组成,目前已发现的油气藏多源于古近系的源岩,油气成藏关键在于油气输导体系的空间配置,包括不整合面、断裂的组合及其与有效烃源岩的接触范围等.中元层由古近系的不对称凹陷和凸起构成,在沙河街组发育了多套烃源岩层,沙一段上部形成了分布广泛的区域盖层.中元层的古近系油源充足,热演化及控油规律明显,古地理背景分区明显,油气呈环带分布,由此而形成的一些油气成藏理论,如“源控论”、“场环”成藏理论等都能有效地指导油气勘探.上元层是一套分布面积大、厚度稳定的新近系沉积,缺少有效的烃源岩层,其下部往往存在区域盖层将上元层与中元层分隔,只有经过断层或不整合的输导才能使油气进入上元层成藏.下元层、上元层油气成藏的关键是有效的输导条件,而与热演化条件、温-压场的变化关系不大,以热演化机制为基础的油气成藏理论解释不了下、上元层的油气成藏机理和规律.因此,需要提出新的油气成藏理论才能有效地指导下元层、上元层的油气勘探.

2 济阳拗陷的层次结构与油气成藏体系

2.1 盆地层次结构组成

通过对济阳拗陷盆地演化史研究,认为济阳拗陷经历了前古近纪的挤压造山运动和负反转运动、始新世—渐新世扭张运动、中新世拗陷运动,形成了中生代负反转、古近纪裂陷、新近纪拗陷三个原型盆地,并且依次叠置,形成了下元层、中元层和上元层3个构造层次,剖面上构成了盆地的三元结构^[12-17](表1、图1).

2.2 盆地层次结构与油气成藏体系

目前,我国陆相断陷盆地已发现的油气藏呈现环带状含油的分布规律,在凸起带油气最为富集,这些富集的油气常常具有多烃源灶(生烃洼陷)的特点,形成的油气藏为多期多源且相互叠置而成.在济阳拗陷中,三元层次结构内部油气藏形成和分布规律各有不同,中元层的古近系油气藏主要以原生油气藏为主,油气成藏分布明显受烃源岩类型、成熟程度和分布范围控制,具有环带特点;上元层的新近系油气藏以次生油气藏为主,油气主要来源于中元层沙河街组的烃源岩和先期已形成的油气藏再次调整的油气,油气成藏必须具有切穿区域盖层的断层输导条件才可形成,烃源岩类型、成熟程度和分布并不是成藏的主因.下元层油气藏以潜山型油藏为主,油气主要来源于中元层沙河街组的烃源岩,油气成藏必须具有与潜山构造沟通的不整合和断裂输导才可形成油藏,烃源岩类型和分布也不是成藏的主因.综合上

表 1 济阳坳陷三元结构盆地地层次划分表^{a)}

构造层序	地层层序	绝对年龄 /Ma	火成岩特征(中、新生代)	断层及褶皱几何学特征	
上元层	Kz	Q	2.0	以霞石碱玄武岩为主, 次为碱性玄武岩, 局部安山岩	断层活动弱, 披覆背斜发育
		Nm	5.1		
		Ng	24.6		
中元层	Kz	Ed	37.0	碱性玄武岩为主, 次为霞石碱玄武岩、拉斑玄武岩、安山岩等	N, NEE, NW, NWW, SB 和 EW 向断层及其组合断层带发育, 断层带内滚动背斜、同沉积拖褶皱、调节地垒、走向斜坡及调节背斜发育
		Es ₁			
		Es ₂ ^上			
		Es ₂ ^下			
		Es ₃ ~Es ₄			
下元层	Pz	Ek	65	拉斑玄武岩为主, 次为碱性玄武岩	NW 向负反转断层为主, 间以 SN 向左旋扭张断层, 局部地区存在 NEE 向压性构造 NW 向逆断层及褶皱, 一般没有大规模断层和褶皱作用
		K~J	190	钙碱性玄武岩为主, 次为拉斑玄武岩及碱性玄武岩等	
		D~C~P	350	中、酸性侵入岩	
		ε~O	570		
		Ar	Art	2500~?	

a) 表内 Ek 示孔店组; Es 示沙河街组; Ed 示东营组; Ng 示馆陶组; Nm 示明化镇组

所述, 三元结构中油气成藏主控因素规律各不相同, 中元层油气成藏主控因素是烃源岩条件, 而下元层和上元层油气成藏主控因素是油气输导体的有效性。引用强调“源”的含油气系统的概念体系和方法只能适合于中元层油气勘探; 而用强调“藏”的油气成藏体系的概念体系和方法, 可以有效地将三元结构分为不同的油气成藏体系, 通过不同类型成藏体系的成藏主控要素分析, 确定各成藏体系的成藏类型、分布及成因特点, 在此基础上, 通过分析各成藏体系间的相互关系来揭示全盆地的油气成藏分布规律。对全盆地各层次油气勘探有广泛指导作用。

2.3 油气成藏体系类型划分原则

2.3.1 油气成藏单元的层次性与主控要素一致性原则

油气成藏体系是含油气盆地的一个地质实体, 符合层次地质理论, 不同层次所强调油气成藏要素及勘探目标不同。按油气藏的成因、成藏关键要素及组合特点, 可将油气成藏体系分为油气成藏体系组合→油气成藏体系→油气成藏组合→油气藏等四个层次级别(图 2)。

油气成藏体系组合强调源岩层、区域盖层、储集层的成因及层位分布关系, 可分为 3 种类型: 自源型油气成藏体系组合、它源型油气成藏体系组合和混源型油气成藏体系组合。

油气成藏体系指由单一油气源提供的油气形成

的一个或一个以上的油气成藏组合。强调的是成藏要素的综合, 通常以控制油气成藏主控要素及其所圈定的地层和构造为单元, 包括与捕集油气有关的输导网络、储层、盖层、圈闭等组合形成的三维空间单元, 可包括一个或多个油气成藏组合。单源的称为单一油气成藏体系, 二个或二个以上源的称为复合的油气成藏体系。

油气成藏组合是指具有成因联系的、具有相似成藏条件的油气藏(圈闭)的组合, 可包括一个或多个油气藏。主要强调的是油气成藏的背景条件因素。

油气藏是指单一圈闭中的油气聚集, 是油气聚集的基本单元, 包括单一构造油气藏和非构造油气藏。主要强调的是油气藏的圈闭类型因素。

2.3.2 统一性原则

考虑到油气成藏体系组成的层次差异, 油气成藏单元的命名应强调各层次主控因素, 但同一层次命名方式应该统一。如体系级强调体系形成的关键控制要素及影响范围, 成藏组合级强调同成因油气藏(圈闭)的控制要素, 油藏级强调圈闭类型。

2.4 油气成藏体系类型

根据如上成藏体系划分原则, 结合济阳坳陷盆地结构的层次特点, 将具有三元结构单元的盆地内的油气成藏体系组合划分为 3 种类型(图 3): 它源型前古近系潜山油气成藏体系组合、自源型古近系中-

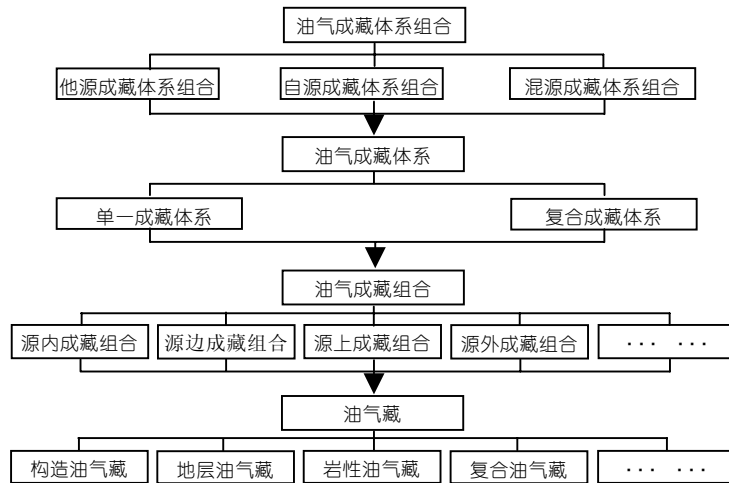


图2 油气成藏单元层次级别划分示意图

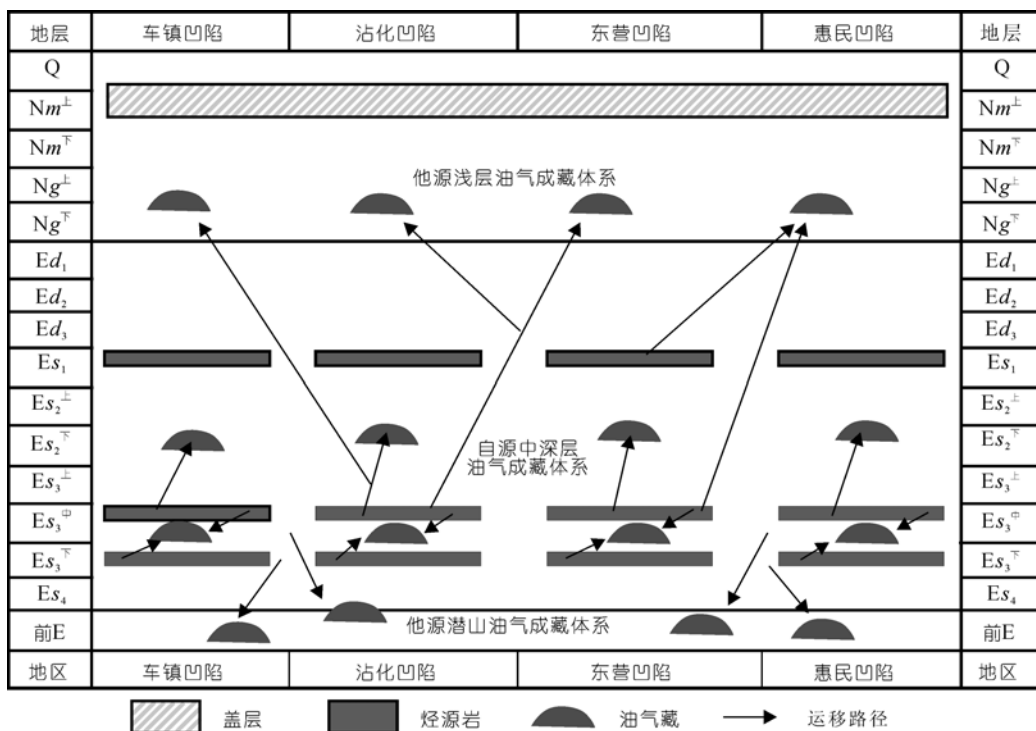


图3 济阳拗陷油气成藏体系组合类型关系图

深层油气成藏体系组合和他源型新近系浅层油气成藏体系组合 [18-24]。

2.4.1 它源型前古近系潜山油气成藏体系组合

根据济阳拗陷基底潜山分布及成藏特点, 将该油气成藏体系组合分为二个油气成藏体系: 潜山内幕油气成藏体系和潜山顶部油气成藏体系。

(1) 潜山顶部油气成藏体系。潜山顶部油气成藏

体系指来自于古近系源岩的油气, 进入基底潜山顶部汇集形成的油气藏组合, 底界以不整合面以下的第一套风化淋滤层的底部为界, 顶部由致密风化壳层或古近系底部泥岩盖层组成。油气主要通过不整合面和断裂输导进入有利圈闭成藏。根据圈闭与输导层关系可分为潜山顶部不整合控制的油气成藏组合和潜山顶部断裂控制的油气成藏组合(图4)。

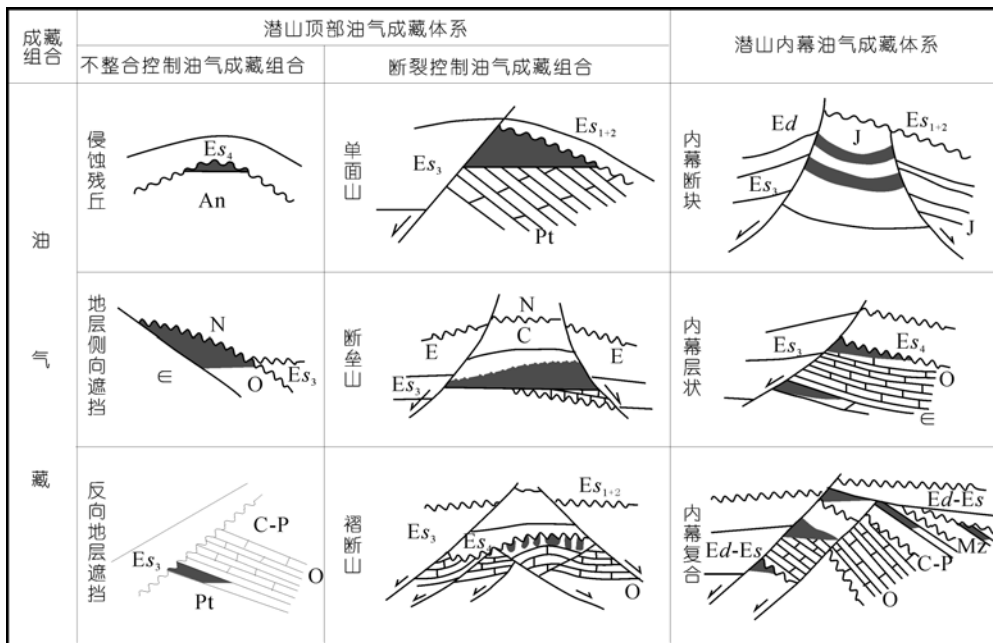


图 4 它源型前古近系潜山油气成藏体系组合特征图(据谯汉生, 修改)

潜山顶部不整合控制的油气成藏组合, 成藏主控因素是地层不整合及其不整合顶部圈闭, 可分为 3 种油气藏类型(图 4): 侵蚀残丘型、侧向地层遮挡型和反向地层遮挡型。

潜山顶部断裂控制的油气成藏组合, 成藏主控因素是断裂及其潜山顶面的圈闭, 按潜山形成方式可分为 3 种成藏类型: 单面山型、断垒山型和褶断山型。在各洼陷斜坡带上, 构成阶状潜山, 在凸起带上主要受断裂控制(图 4)。

(2) 潜山内幕油气成藏体系。潜山内幕油气成藏体系指在基底不整合面控制的第一套风化淋滤带以下的油气藏组合, 该组合成因复杂, 多为多种成因要素控制的复合油气藏。按油气藏类型可分为 3 种油气藏类型: 内幕块状型、内幕层状型和内幕复合型(图 4)。

2.4.2 自源型古近系油气成藏体系组合

指来源于沙河街组的油气直接在古近系沙一段区域盖层地层之下形成的油气藏组合, 顶界为沙一段区域盖层封挡。该体系组合内部分为四个古地理背景区: 陡坡带、缓坡带、中央背斜带、隆(凸)起带和洼陷带。油气以生油洼陷为中心呈环状或半环状分布的特点。按油源与古地理单元分布的空间关系

划分, 可分为: 源内油气成藏体系、源上油气成藏体系和源侧油气成藏体系。

(1) 源内油气成藏体系。指圈闭位于烃源层内, 烃源岩生成的油气从一个或多个方向直接充注于圈闭中成藏。主要在深洼带发育。存在二类成藏体系, 其一是透镜状岩性体型油气成藏组合, 通常是深洼区沙河街组的成熟烃源岩排出后的油气就近进入浊积砂体和扇三角洲前缘或三角洲前缘的孤立砂体中形成岩性油气藏。因该类砂体孤立发育, 被巨厚的烃源层包围, 故一般不发生油气的二次运移, 油藏一般具有异常高压; 其二是岩性上倾尖灭岩性体型成藏组合, 通常是储层与烃源层交互成层, 形成自生、自储的配置关系, 油气首先进入本层系内的分枝状砂体, 之后汇聚或沿砂层向低势区运移成藏(图 5)。

(2) 源上油气成藏体系。指圈闭或构造带位于烃源岩层之上, 烃源岩生成的油气沿断裂垂上运聚而成。主要表现为储集层系位于主要烃源岩系之上, 以断裂为输导通道。洼陷中的成熟烃源岩生成的油气, 沿油源的断层向上部运移, 并在断层的两侧合适的圈闭中聚集成藏, 常造成含油层位多且上下叠置形成含油气井段长的特点。济阳坳陷断层多, 各生油洼陷中心区和深洼隆起区内切入沙三、沙四段的油源断层都是油气垂向运移的通道(图 5)。

(3) 源侧油气成藏体系. 指圈闭位于有效烃源岩层之侧, 烃源岩生成的油气沿断裂或连通储层作垂上、侧向运聚而成的油气藏组合. 以斜坡坡折带的拐点为界分为: 近源源侧油气成藏组合和远源源侧油气成藏组合

近源源侧油气成藏组合往往发育在进积式准层序组的低位体系域中, 它们向盆地方向终止于较深水水泥岩中, 向盆地边缘终止于初次湖泛面之下的沉积间断面或微不整合面上, 易形成岩性尖灭圈闭. 此外, 在近源源侧斜坡, 也发育有走向与斜坡延伸一致

的断裂, 这些断裂一方面自身可形成与断裂有关的构造圈闭, 同时与断裂与低位储集岩相组合形成构造-岩性圈闭. 因此, 在近源源侧斜坡带上往往形成断块、断块-岩性和岩性油气藏(图 6).

远源源侧油气成藏组合往往发育在湖侵-高位沉积体系域中, 对应于退积式和进积准层序组, 准层序的分布以向盆地边缘的不断上超为特征. 此类层序边界之上, 砂体超覆不整合面被湖侵期沉积的稳定泥岩所覆盖, 形成了良好的封盖条件, 形成超覆不整合地层圈闭. 在这种地形背景下, 沿斜坡也可形成下

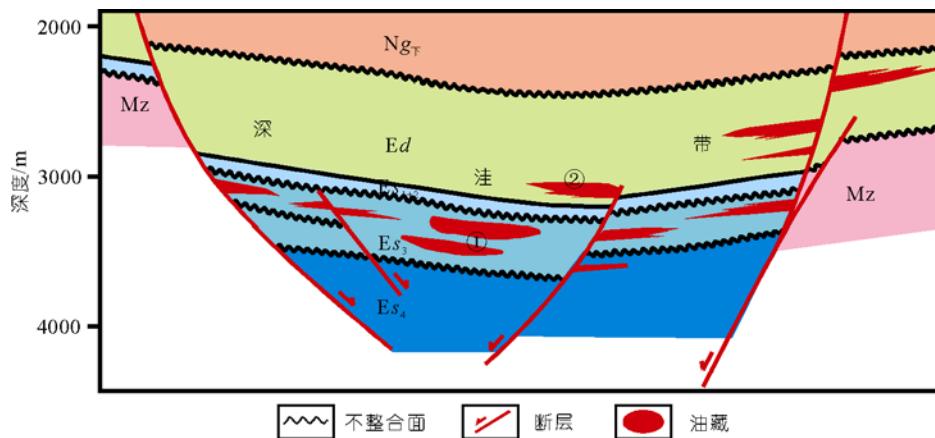


图 5 沾化凹陷源内-源上油气成藏体系图

① 源上带构造-岩性油气藏; ② 源内带岩性透镜体油藏

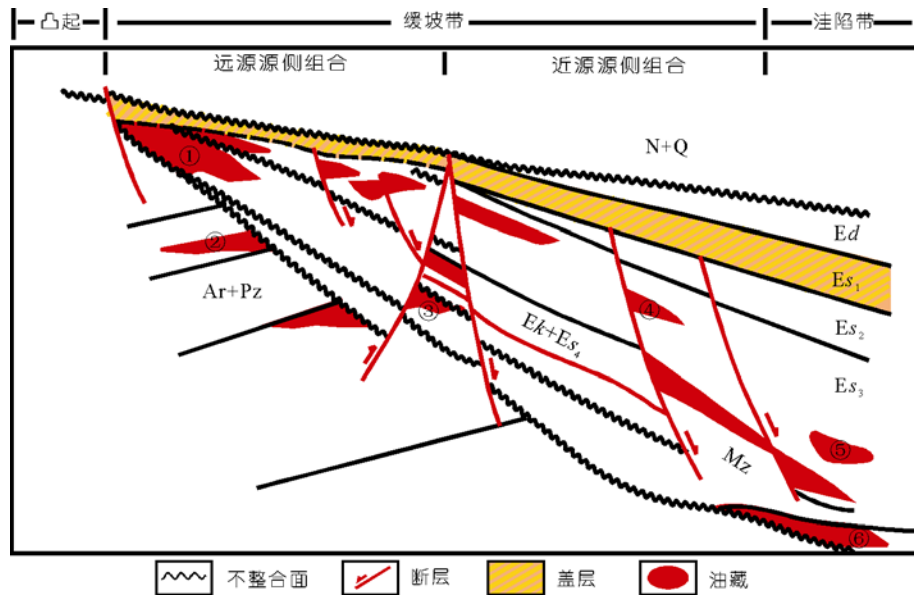


图 6 沾化凹陷缓坡带源侧油气成藏体系构成模式图

① 超覆地层不整合油气藏; ② 地层不整合遮挡油气藏; ③ 断块-地层油气藏; ④ 断块-岩性油气藏; ⑤ 透镜体油气藏; ⑥ 地层超覆油气藏

伏地层不整合遮挡的圈闭. 此外, 在远源斜坡带上, 也发育有各种类型的断裂, 一方面, 这些断裂自身可形成与断裂有关的构造圈闭, 同时与断裂与高位储集岩相组合形成构造-地层圈闭. 因此, 在远源斜坡带上往往形成断块、断块-地层和地层油气藏(图 6).

2.4.3 它源型新近系油气成藏体系组合

是指来源于古近系的油气, 包括沙河街组烃源岩的成烃物质和在古近系中已成藏的油气, 通过断裂和不整合输导进入新近系地层中形成的油气藏. 该体系顶界为明化镇组上部的泥岩区域盖层, 底界为馆下段与下伏地层的不整合面.

(1) 层次结构组成. 它源型新近系油气成藏体系组合分布在上元层内, 其构成可分表 2 所示的三次结构: 油源输导网层、仓储层和聚集网层 [25-27].

油源输导网层位于油气成藏体系的下部, 由断裂和不整合面组合而成. 其作用是作为油气输导通道向上覆地层提供油气. 这些油气可以是源自成熟烃源岩的直接排出的烃类物质, 也可以是先期已形成的油气藏再分配或二者的混合.

仓储层位于油气成藏体系的中部, 由厚度较大、分布稳定、物性较好的储集体组成, 主要作用是油毡的形成、油毡溢散和聚集成藏提供场所. 济阳拗陷内, 新近系的馆下段存在巨厚砂砾岩体(俗称馆陶块砂), 其厚度为 300~600 m, 具有连通性好、储存空间大的特点, 构成了连接古近系和新近系油藏的仓储层.

聚集网层位于油气成藏体系的中上部, 由断裂和透镜状或树枝状储集层组成, 主要成藏作用是输导油气和聚集成藏, 成藏规模及分布取决于圈闭规

模及断裂分布的关系. 济阳拗陷内, 聚集网层由馆上段-明化镇组断裂和透镜状或树枝状储集层组成.

(2) 油气成藏体系类型. 根据新近系浅层油气成藏体系结构特点, 将该成藏体系可分为: 下部的仓储层内油气成藏体系和上部的聚集网层内油气成藏体系.

仓储层内的油气成藏体系是它源型油气成藏体系组合内最具特色的成藏体系, 分为地层-岩性控制的油气成藏组合和断裂控制的油气成藏组合二类(图 7). 前者是指油气沿仓储层上倾方向的横向输导成藏, 输导距离取决于仓储层的物性及分布范围. 在油气输导过程中, 可在仓储层顶部形成低幅背斜油气藏, 在仓储层边部的尖灭附近形成地层超覆油气藏; 后者通常与仓储层连通的油源网层断裂有关, 断裂起着输导和聚集成藏的双重作用. 通常是在断裂两翼形成与断层有关的断鼻、断块和断块-岩性等油气藏. 聚集网层内油气成藏体系分四种类型成藏组合: 切穿仓储层的断裂构造成藏组合、沟通仓储层的断裂构造成藏组合、未沟通仓储层的断裂构造成藏组合和与仓储层连通的油气成藏组合. 其中断裂构造型油气成藏组合是聚集网层中油气成藏的主体(图 8). 与切穿仓储层的断裂有关的成藏组合主要分布于大型披覆构造带的轴部及二翼; 与沟通仓储层的断裂有关的成藏组合指新近系内部断裂下切到仓储层, 从而使仓储层内的油气经横向输导调整后沿断裂进入聚集网层成藏; 与未沟通仓储层的断裂有关的成藏组合分布在新近系 Ng_1-Nm 层中, 内部断裂的油气输导间接性最强, 其输导效能是断裂中最低的, 在聚集网层中起着使其油藏复杂化作用.

表 2 济阳拗陷新近系油气成藏体系单元构成表

传统地层划分			构造层序	组成结构关系	油所成藏体系			
系	组	段			组合	复合	单一	
新近系	明化镇组	上段	拗陷层	区域盖层	它源型组合体系	断裂+不整合疏导体系	单一断裂疏导体系、不整合复合体系等	
		下段		聚集网层				
	馆陶组	上段		仓储层				
古近系	东营组	沙一段	断拗	油源输导网层				
		沙河街组	沙二段					过渡层
			沙三、四段					断陷层

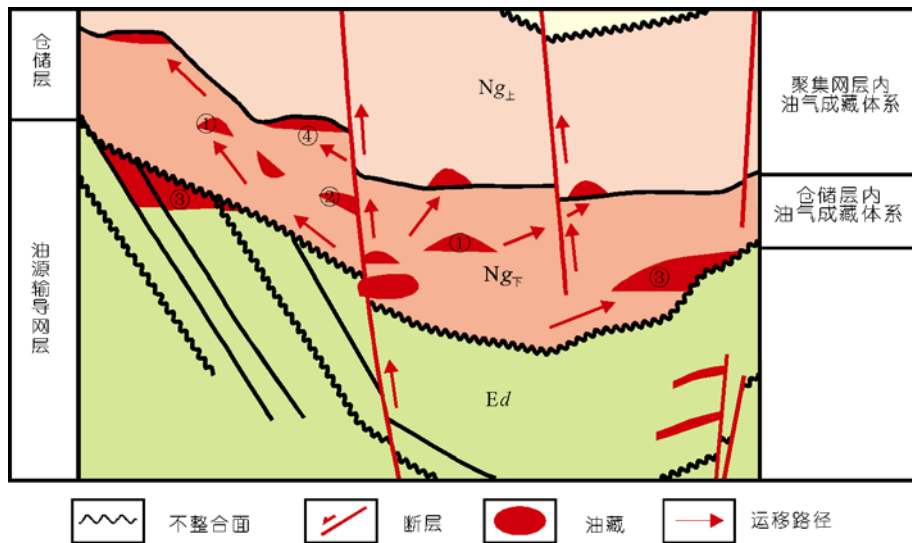


图7 仓储层内成藏组合类型模式图

① 岩性油气藏; ② 断层-岩性油气藏; ③ 地层-不整合遮挡油气藏; ④ 背斜型油气藏

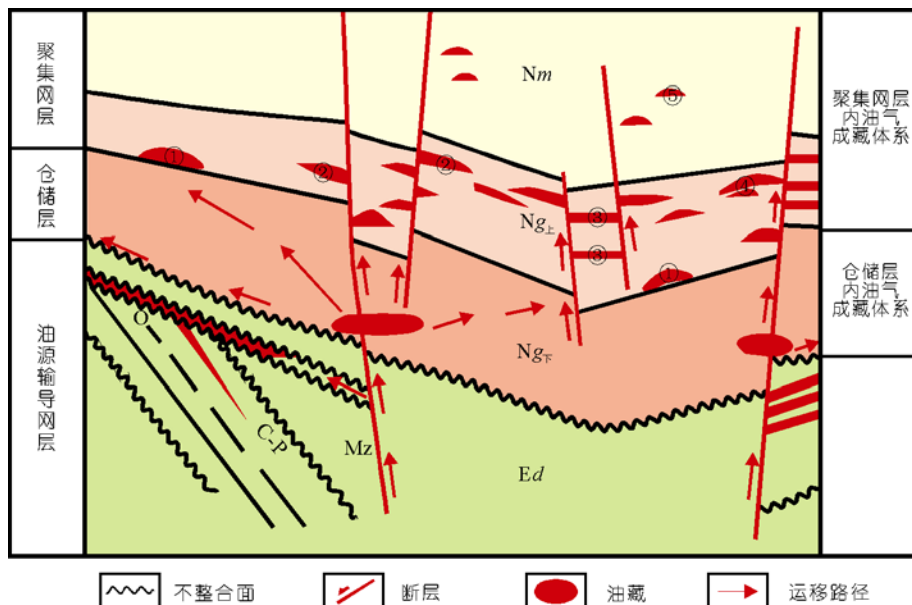


图8 聚集层内油气成藏组合类型模式图

① 岩性油气藏; ② 断层-岩性油气藏; ③ 断块油气藏; ④ 背斜型油气藏; ⑤ 透镜体油气藏

3 结论

(1) 东部陆相盆地具有三元结构, 由下元层、中元层和上元层构成. 基于结构特点的油气成藏体系研究思路和方法能更有效的揭示油气成藏规律, 指导油气勘探.

(2) 济阳坳陷存在三类油气成藏体系组合, 包括它源型基底潜山型油气成藏体系组合、自源型古近系

中深层油气成藏体系组合、它源型新近系浅层油气成藏体系组合. 每个成藏体系组合都有四级不同特点的油气单元组成, 包括油气成藏体系组合、油气成藏体系、油气成藏组合和油气藏.

(3) 自源型古近系油气成藏主要受烃源岩类型、成熟程度和分布控制, 油气呈“环带”分布. 它源型新近系油气成藏主要受切割下伏层的断裂和仓储层的

分布控制, 油气成藏具有构造背景. 它源型基底潜山型油气成藏主要受油气输导体系的空间配置控制, 包括不整合面、断裂的组合及其与有效烃源岩的接触范围等.

参考文献

- 1 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system. In: Magoon L B, Dow W G, eds. The Petroleum System—from Source to Trap. AAPG Memoir 60, 1994. 3—24
- 2 Magoon L B. Identified petroleum systems within the United States. USGS Bull, 1992, B2007: 2—11
- 3 陈景达. 板块构造大陆边缘与含油气盆地. 东营: 石油大学出版社, 1989. 104—111
- 4 王永诗, 张善文, 曾溅辉, 等. 沾化凹陷上第三系油气成藏机理及勘探实践. 油气地质与采收率, 2001, 8(6): 32—34
- 5 窦立荣, 李伟, 方向. 中国陆相含油气系统的成因类型及分布特征. 石油勘探与开发, 1996, 23(1): 1—6
- 6 徐怀民, 任怀强. 中国陆相断陷盆地含油气系统组成及分布规律. 中国石油学会石油地质专业委员会编. 中国含油气系统的应用与进展. 北京: 石油工业出版社, 1997. 77—88
- 7 李丕龙. 济阳拗陷复式油气聚集模式. 复式油气田, 1999, (2): 1—3
- 8 曾溅辉, 王洪玉. 输导层和岩性圈闭中石油运移和聚集模拟实验研究. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(2): 193—196
- 9 赵文智, 何登发, 范土芝. 含油气系统术语、研究流程与核心内容之我见. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 1—7
- 10 刘克奇, 金之钧. 塔里木盆地塔中低凸起奥陶纪油气成藏体系. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(4): 489—494
- 11 梁书义, 刘克奇, 蔡忠贤. 油气成藏体系及油气输导子体系研究. 石油实验地质, 2005, 27(4): 327—332
- 12 陈洁. 济阳拗陷第三系构造层序及其演化. 地球物理学进展, 2003, 18(4): 700—706
- 13 任安身, 杜公仪. 济阳拗陷构造特征及油气勘探. 见: 中国含油气区构造特征. 北京: 石油工业出版社, 1989. 128—138
- 14 陆克政, 漆家福, 戴俊生. 渤海湾盆地新生代含油气盆地构造模式. 北京: 地质出版社, 1997
- 15 宗国洪, 施央中, 王秉海, 等. 济阳盆地中生代构造特征与油气. 地质论评, 1998, 44(3): 289—294
- 16 宗国洪, 肖焕钦, 李常宝, 等. 济阳拗陷构造演化及其大地构造意义. 高校地质学报, 1999, 5(3): 275—278
- 17 李明娟, 张洪年, 胡宗全, 等. 济阳拗陷古生界层序地层研究. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 106—110
- 18 董清水, 赵占银, 刘招君, 等. 半地堑式断陷盆地的油气成藏模式——以松辽盆地梨树断陷为例. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(1): 43—46
- 19 秦永霞, 姜素华, 王永诗. 斜坡带油气成藏特征与勘探方法-以济阳拗陷为例. 海洋石油, 2003, 23(2): 14—20
- 20 何海清, 王兆云, 韩品龙. 渤海湾盆地深层油气藏类型及油气分布规律. 石油勘探与开发, 1998, 25(3): 6—9
- 21 龚再升, 王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏. 石油学报, 2001, 22(2): 1—7
- 22 赵文智, 池英柳. 渤海湾盆地含油气层系区域分布规律与主控因素. 石油学报, 2000, 21(1): 10—15
- 23 邓运华. 渤海湾盆地上第三系油藏形成与勘探. 中国海上油气(地质), 2000, 14(3): 163—167
- 24 李丕龙, 庞雄奇. 陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成——以及济阳拗陷为例. 北京: 石油工业出版社, 2004
- 25 张善文, 王永诗, 徐怀民, 等. 网毯式油气成藏体系——以济阳拗陷上第三系为例. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 1—9
- 26 李丕龙, 张善文, 宋国奇, 等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制-以渤海湾盆地济阳拗陷为例. 石油实验地质, 2004, 26(1): 3—10
- 27 石砾石. 济阳拗陷太平油田网毯式油气成藏体系研究. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 32(6): 592—596