

冀中坳陷第三系下生上储型 油气藏供油条件探讨

王致和

(华北石油勘探开发设计研究院)

冀中坳陷第三系中的下生上储型油气藏的探明石油地质储量约占第三系总储量的60%。油气运移通道以断层为主,油气垂向运移距离一般小于2.5km。下伏生油岩的大量排烃期一般为渐新世末期至晚第三纪。

冀中坳陷以新生古储型油气藏(古潜山油气藏)闻名于国内。近几年又在第三系非生油层段中发现了一系列油气藏,其探明石油地质储量约占第三系总储量的60%。依其成因特点,我们称此类油气藏为下生上储型油气藏。

这些下生上储型油气藏,是时代较老的第三系生油层段所生成的油气通过各种途径向上运移至时代较新的第三系非生油层段的圈闭中聚集而形成的油气藏。其成因特点有三:(1)非生油层段具备良好的圈闭条件,可供油气聚集而形成油气藏;(2)非生油层段中的圈闭依赖下伏生油层段供给油气;(3)具有连通生油层段与其上非生油层段的油气输导通道,油气以垂向运移为主。

本文仅对冀中坳陷第三系下生上储型油气藏供油条件作初步分析。

一、下生上储型油气藏的空间分布

冀中坳陷第三系生油凹陷及生油层段较多,断裂纵横,油气垂向运移比较普遍。下生上储型油气藏的分布,无论在平面上或剖面中都具有一定的广泛性。

在纵向上,这类油气藏的分布层位共有6个(上第三系明化镇组,馆陶组,下第三系东营组,沙一段上亚段,及一部分凹陷内的沙二、三段),其中以渐新统上部的东营组占重要地位。这些组段或者是红层(如明化镇组、馆陶组);或者夹少量暗色泥岩,但其有机质丰度低,且未成熟;或者虽暗色泥岩较多,但埋藏较浅,未达到生油门限深度(如廊固凹陷中、南部沙三段中、上亚段)。它们自身缺乏生油能力,其油气来自下伏生油层段。

在横向上,此类油气藏主要发现于第三系生油凹陷中,在凸起上极少发现。

在生油凹陷中,下生上储型油气藏主要分布于凹陷陡侧的下第三系逆牵引构造带(如霸县凹陷岔河集-高家堡构造带)、第三系断阶构造带(如饶阳凹陷河间-留路构造带),以及凹陷内部的渐新统挤压背斜带(如廊固凹陷柳泉-曹家务构造带)、下第三系披盖

构造带(如深县凹陷深南构造带)。此外,在凹陷斜坡带亦有分布(如文安斜坡)。

二、油气来源

冀中坳陷第三系下生上储型油气藏主要由下伏生油层段供给油气,供油层段大多为各凹陷的主要生油层段。下生上储型油气藏分布的层段与下伏供油层段在层位上比较靠近。油气垂向运移距离较小,一般小于2.5 km。

勘探成果表明,冀中坳陷各凹陷下生上储型油气藏与生油层段在层位上存在着明显的相关性。在生油层段较老的凹陷中,下生上储型油气藏分布的层段亦较老;在生油层段较新的凹陷中,下生上储型油气藏分布的层段亦较新(表1)。这种现象大体可分为3种类型。

表1 冀中坳陷下生上储型油气藏与生油层段纵向分布关系图

地 层			廊 固 凹 陷 (柳泉油田)	霸 县 凹 陷 (岔河集油田)	饶 阳 凹 陷 (中、东部地区)	深 县 凹 陷 (深县南油田)	晋 县 凹 陷 (赵兰庄构造)
上 第 三 系	明化镇组	Nm	剥 失	油 气 藏 分布层段	油 气 藏 分布层段	油 气 藏 分布层段	油 气 藏 分布层段
	馆陶组	Ng					
	东营组	Ed					
渐 新 统	沙一段	Es ¹ 上	油 气 藏 分布层段	生 油 层 段	生 油 层 段	生 油 层 段	油 气 藏 分布层段
		Es ¹ 下					
	沙二段	Es ²					
	沙三段	Es ³ 上					
		Es ³ 中					
		Es ³ 下					
始 新 统	沙四段	Es ⁴	生油层段				生油层段
	孔店组	Ek					

1. 晋县凹陷型

生油层段为始新统,下生上储型油气藏分布于沙三段。

晋县凹陷于始新世沉陷为湖,始新统为盐湖相沉积,具有较好的生储盖组合。在赵兰庄、南柏舍构造上已找到孔店组、沙四段的自生自储型油气藏,其原油的突出特点是高含硫(9.44—10.21%)、凝固点低(-15℃至-33℃)。该凹陷于始新世末期抬升,沙四段上部遭受剥蚀。渐新统为河流相沉积,泥岩以红色泥岩为主,不具备生油条件。赵兰庄构造沙三段亦发现工业性油藏,其原油含硫量也高达9.28%,凝固点为-13℃(赵3井)。显然,这些高含硫的沙三段原油来自下伏始新统生油层段。

2. 廊固凹陷型

生油层段为始新统及沙三段下亚段,下生上储型油气藏分布于沙三段中、上亚段及沙二段(凹陷中、南部)。

廊固凹陷孔店组、沙四段、沙三段为湖相沉积,具有多套良好的生储盖组合。沙三

段沉积之后凹陷开始抬升。沙二、一段及东营组主要为河流相沉积，泥岩以红色者为主，暗色泥岩有机质丰度低（有机碳0.14—0.35%，氯仿沥青0.005—0.017%，总烃<100ppm），属非生油岩。渐新世末期该凹陷强烈抬升、剥蚀，直至中新世，因而凹陷中缺失馆陶组。下第三系剥蚀程度由北向南加剧，造成桐南断槽以南的广大地区沙一、二、三、四段依次与明化镇组不整合接触。凹陷中，南部沙三段中、上亚段生油岩因埋藏较浅而未能成熟，如安29井沙三段中、上亚段埋深<2700m，其暗色泥岩镜质体反射率仅为0.36—0.47%，OEP值达2.94—1.45。柳泉油田沙三段中段油藏的油源对比表明，其油气来自下伏沙三下亚段生油岩^[1]（表2）。

3. 饶阳凹陷型

生油层段为始新统及沙三、二、一段，下生上储型油气藏分布于沙一段上亚段、东营组及上第三系。此类凹陷有饶阳、霸县、深县三个凹陷。

霸县、饶县、深县凹陷位于冀中拗陷东部，凹陷的发展有较好的继承性。始新统和沙三、二段以及沙一下亚段为湖相沉积，具有多套良好的生储盖组合。沙一上亚段及东营组为河流相沉积（饶阳凹陷局部地区沙一上亚段及东三段为滨浅湖相沉积），泥岩以红色者为主、暗色泥岩有机质丰度较低（有机碳一般为0.08—0.42%，沥青A一般为0.01—0.038%），且未成熟，如任101井东营组灰色泥岩埋深2949m，镜质体反射率为0.48%，OEP值为1.72。因此，除饶阳凹陷局部地区沙一上亚段外，该凹陷带的沙一上亚段、东营组及上第三系均缺乏生油能力。对霸县、饶县、深县南三个凹陷中主要的馆陶组、东营组油气藏的油源研究表明，其油气来源于沙一段下亚段、沙三段生油岩^{1,2,3)}（表2）。

表2 冀中拗陷下生上储型油气藏原油和生油岩地化指标

四 陷	油 田	样 品	层 位	井 号	井 深 (m)	链 烃			甾 烷		
						Pr Ph	Pr nC ₁₇	Ph nC ₁₈	$\frac{5\alpha-C_{27}}{5\alpha-C_{29}}$	$\frac{5\alpha-C_{28}}{5\alpha-C_{29}}$	$\frac{(5\beta+14\beta)C_{29}}{\Sigma C_{29}}$
饶 阳	留 北	原 油	Ng	留49	1984—1990.6	0.39	0.82	2.19	1.18	0.85	27.43
		生油岩	Es ¹ 下	留3	3245—3265	0.41	0.78	1.43	—	—	—
		生油岩	Es ³	留29	2978—3000	0.43	1.47	3.90	1.28	0.90	27.21
霸 县	岔 河	原 油	Ed	岔5	2486—2494	1.25	0.87	0.74	—	—	—
		原 油	Ed	岔4	1972.4—1989.6	—	—	—	0.53	0.55	19.64
		生油岩	Es ¹ 下	冀参7	3169—3173	1.24	1.11	1.14	0.68	0.46	24.84
	集	原 油	Ed	岔15	2231.8—2338.1	0.81	0.47	0.63	0.90	0.72	25.27
		生油岩	Es ³	家6	3915—3940	0.55	0.75	1.32	0.94	0.59	23.81
廊 固	柳 泉	原 油	Es ³ 中	泉28	2185—2206	1.41	0.85	0.55	1.10	0.84	34.9
		生油岩	Es ³ 下	安29	2835	1.41	1.28	1.20	1.11	0.81	25.9

1) 谭 铁、王致和等，1980，冀中拗陷下第三系油气藏形成条件及找油方向。

2) 王致和、段佩潜，1981，冀中拗陷上第三系油气藏形成条件及勘探方案。

3) 梁狄刚等，1983，冀中拗陷油气的生成。

上述资料显示出以下趋势：沙三段下生上储型油气藏之油气来自始新统或沙三段下亚段生油岩，上第三系及东营组之油气来自渐新统生油层段。显然，这种趋势反映了冀中坳陷第三系下生上储型油气藏依赖于下伏较近的生油层段供给油气的特点。

冀中坳陷各凹陷下第三系生油岩因母质类型等因素的差异，其成熟门限深度略有差别，变化在 2700m 至 3000m 之间，地温为 95—104℃^{1,2)} 根据生油岩埋深史与成熟度的关系分析，冀中坳陷各凹陷不同层段生油岩的成熟、排烃大多发生在渐新世末期至晚第三纪，只有廊固凹陷始新统生油岩成熟时期略早，约在渐新世早—中期。

冀中坳陷第三系生油岩成熟和大量排烃时期较晚，决定了坳陷内各种成因的油气藏形成时期亦较晚。可以设想，当生油层段中成熟生油岩大量排出的烃类进入二次运移阶段后，侧向运移与垂向运移相继进行，油气的空间自然分配随之发生。由于各凹陷、凸起不同地区油气藏形成条件的差别，一部分油气在生油层段的圈闭中聚集起来形成自生自储型油气藏，一部分油气运移至古潜山圈闭中聚集起来形成新生古储型油气藏，此外也有一部分油气经断层等通道向上运移至非生油层段圈闭中聚集起来形成下生上储型油气藏。

经过油气藏形成条件及油源对比研究之后，下生上储型油气藏的供油层段及供油通道即可确定，从而在油藏剖面中可求出油气垂向运移的距离。根据对虎泊营、王居、柳泉、岔河集、留北、薛庄、深南等油藏的分析，可知油气沿断层垂向运移的距离一般为 1400—2500m，部分地区可达到 3000m 以上（如雄县明化镇组油藏）。

三、油气运移的输导系统

冀中坳陷下生上储型油气藏之油气输导系统大体包括以下因素：（1）断层及裂缝，（2）不整合面及岩层层面，（3）渗透性岩层，（4）第三系内部的古剥蚀窗孔。

在不同地区、不同地质条件的构造带中，上列因素对油气的输导作用是有差别的。位于凹陷内部及凹陷陡侧第三系成熟生油区内的各类构造带，下生上储型油气藏主要依赖于垂向运移获得油气，断层及裂缝起重要作用，如岔河集油田东营组油藏（图 1-A）。而位于凸起及凹陷斜坡带的下生上储型油气藏，则依赖于侧向、垂向双重运移方式获得油气，断层、不整合面、渗透性岩层等因素对油气运移都是重要的。前者如雄县油田明化镇组油藏，后者如苏桥油田东营组油藏（图 1-B）。油气通过古剥蚀窗孔进行垂向运移在冀中坳陷是局部现象。由于第三纪构造运动的多幕性，部分地区始新世形成的一些背斜构造在始新世末期因抬升而遭受强烈剥蚀，构造顶部生、储油层裸露而形成剥蚀窗孔，其后为渐新统覆盖，始新统的古剥蚀窗孔就构成了油气向上运移的通道，如赵兰庄构造（图 1-C）。

尽管如此，在坳陷范围内下生上储型油气藏获得油气的重要途径仍然是断层。能使流体通过并为上部圈闭输送油气的断层称为供油断层。供油断层均向下切开生油层段，它们可以是始新世早期或渐新世早期形成、其后长期活动的坳陷Ⅱ级大断层，也可以

1) 牟永文等, 1980, 廊固凹陷下第三系油气的生成。

2) 梁狄刚等, 1983, 冀中坳陷油气的生成。

是渐新世末期或晚第三纪形成的Ⅲ级小断层。例如, 岔河集东营组油藏的供油断层均为Ⅲ级断层, 走向北东, 断距一般为180—320 m, 向下切穿沙三段, 如岔4井南断层、岔15井东断层等。其依据是, 在断层附近流体性质出现了明显的异常变化: 近断层油轻、气重、水咸, 远离断层则油重、气轻、水淡¹⁾(表3)。岔河集地区沙河街组地层水总矿化度高达 2×10^4 — 9×10^4 ppm, 东营组地层水正常总矿化度仅 0.4×10^4 — 0.8×10^4 ppm, 而断层附近东营组地层水总矿化度却高达 1.8×10^4 ppm。显然, 断层附近东营组流体性质的上述异常变化, 是由于油气水从沙河街组沿断层向上运移至东营组后所产生的。

在冀中坳陷, 下生上储型油气藏的供油断层一般与断层的成生特点, 断层的归并、交接特点, 以及断层的形成、活动时期相关。

能垂向输导油气的断层一般形成于以下构造部位。(1) 两构造单元的接合部或转变带, 如牛驼镇凸起与霸县凹陷的接合部——牛东断裂带, 留路高潜山构造带与大王庄低潜山构造带间的转变带——留西断阶带。(2) 两组构造线的交汇带, 如北东向构造线与近东西向构造线的交汇带——肃宁-大王庄地区、苏桥-文安地区。(3) 各

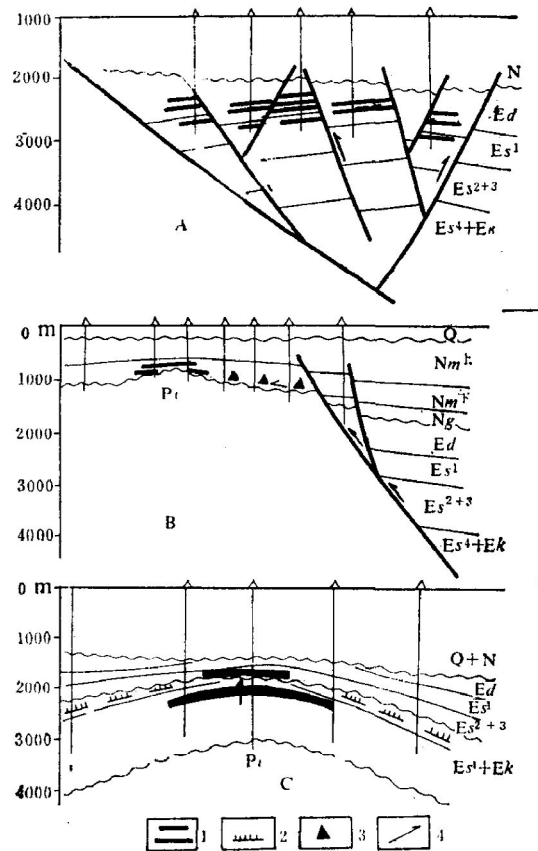


图1 冀中坳陷下生上储型油气藏的三种油气运移途径

A—成熟生油区内油气垂向运移 B—油气从凹陷向凸起运移 C—油气通过剥蚀窗孔向上运移

1—油层, 2—石膏层, 3—油气显示, 4—油气运移方向

肃宁-大王庄地区、苏桥-文安地区。(3) 各

表3 冀中坳陷岔河集油田岔4断块东三段流体性质变化表

井 号		岔8	岔107	岔4	岔101*
原 油	比 重(D_{4}^{20})	0.8386	0.8494	0.8424	
	粘度(50℃厘泊)	5.51	6.52	8.50	
天 然 气	比 重	0.8729	0.7617	0.6531	
	重 烃(%)	34.94	21.16	12.71	
地 层 水	总矿化度(ppm)	18234.7	17165.3	14912.3	12081.1
	水 型	CaCl ₂	CaCl ₂	NaHCO ₃	NaHCO ₃
井位至断层距离(m)		0	400	850	750

* 岔101井在油水界面外

1) 张钧燕等, 1980, 岔河集-高家堡构造带东营组油气聚集规律初步分析。

种背斜构造带上的张裂区。

两组断层的归并、交接地带是地层形变、破碎比较强烈的地带。在这些地带既易形成构造圈闭，也往往产生开启性断层。拗陷内Ⅱ级断层的复合、归并地段，Ⅱ级断层的截交地带，以及Ⅲ级断层与Ⅱ级或同级断层的交接地带，是下生上储型油气藏形成的重要地带，例如饶阳凹陷东部河间-留路大断层与其他断层的交接地带发现了一系列下生上储型油气藏（图2）。

断层的形成、活动时期是油气通过断层进行运移的良好时期。冀中拗陷上第三系及东营组油藏的供油断层与早第三纪形成晚第三纪继续活动的断层及晚第三纪形成的断层有关，如河间-留路断层。此断层形成于始新世早期，在早第三纪多期强烈活动，明显控制沙一段及东营组沉积，其断裂活动指数可达1.5—3；晚第三纪继续活动。它向下断至拗陷基底，向上断开明化镇组下亚段，是留北油田东营组及上第三系油藏的供油断层。油气沿断层向上运移的明显标志是断层向上断至哪里，油层就分布在哪里。沿断层向上，东营组、馆陶组、明下段均有油层，最上部的油层埋深仅1241m（图3）。冀中拗陷上第三系及东营组油藏的分布特征也反映出这些油藏的形成与各凹陷晚第三纪的断裂活动有关。如晋县、廊固凹陷晚第三纪块断运动微弱，上第三系断裂极少，规模亦小，两凹陷中均未发现东营组及上第三系油藏。相反，位于拗陷东部带的霸县、饶阳、深县凹陷，晚第三纪块断运动较强，上第三系断裂发育，冀中拗陷已发现的上第三系及东营组油藏几乎都分布于这三个凹陷之中。

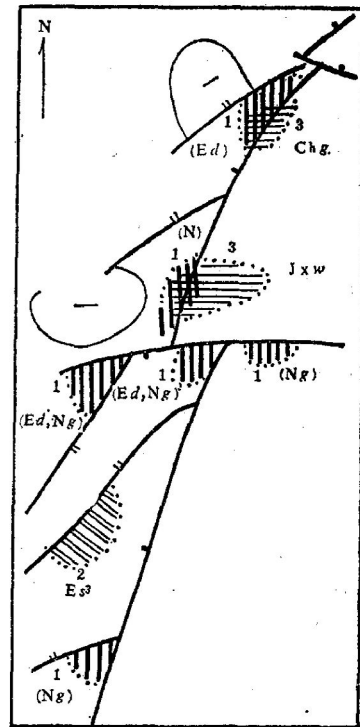


图2 冀中拗陷留路-河间大断层附近油藏平面分布

1—下生上储型油气藏。产油层位为明化镇组、馆陶组、东营组。2—自生自储型油气藏。产油层位为沙三段。3—新生古储型油气藏。产油层位为中元古界雾迷山组、高于庄组

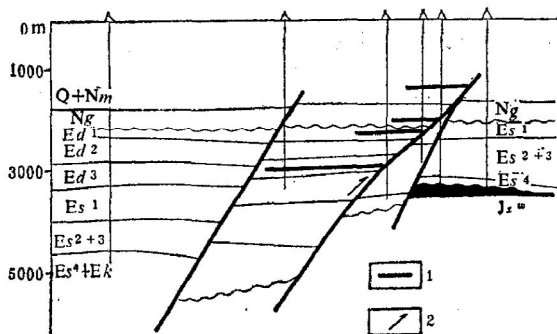


图3 冀中拗陷留北油藏剖面图

1—油层， 2—油气运移方向

现流体产量的异常变化现象。如辽河油田兴5井，1972年5月投产，生产11个月 after 油产量降至2吨/日，地层压力由210.1降至185个大气压。关井2次，产量仍未能恢复。

断层的形成、活动时期其所以有利于油气经断层垂向运移，初步认为原因在于：(1)在断层的形成、活动时期能产生加速流体在岩层空隙中流动的效应。据蔡祖皇等同志研究^[2]，地震力可以在岩石颗粒接触处引起高达2000kg/cm²短时附加应力。地应力的多次脉冲状加强可以引起岩石孔隙水压的多次急剧升降，从而加速流体的运移。我国海城、唐山地震前后，震区许多水井及油井曾出

海城地震前4个月,产液量猛增到46—48吨,超过投产时2—3倍。震前为33.7吨/日,震后又回升到40余吨/日,然后缓慢下降,三个月后停喷^[3]。这表明,构造活动可以加速流体在岩层空隙中的流动。(2)断层的形成活动与生油岩成熟、大量排烃共同进行时,有利于油气沿断层垂向运移。如前所述,冀中坳陷上第三系及东营组油气藏之油气凡经油源对比者都来源于渐新统生油岩。渐新统生油岩的成熟、大量排烃时期发生于晚第三纪,与晚第三纪的断裂活动同步进行。因此晚第三纪的断裂活动对冀中坳陷下生上储型油气藏的形成是重要的。

结 束 语

冀中坳陷第三系下生上储型油气藏一般埋藏较浅,勘探效益较好,是重要的找油领域。成油条件较好、应进一步勘探的地区有:岔河集-高家堡构造带两侧及高家堡背斜,文安斜坡中段,留西构造带,里县斜坡低坡区(庞佐-肃宁西地区);留楚-皇甫村-榆科构造带,河西务断层下降盘,王家务构造带,等。

在生油凹陷中或凸起上以非生油层段为目的层进行勘探,圈闭是探井部署的依据,也是油气藏形成的基础。但仅限于此,尚难于提高勘探成功率。在进行油气藏预测时,还要考虑油源条件及供油条件。为此,又往往需要考虑以下因素:坳陷内凸起、凹陷的地质结构特点及构造模式,第三系各构造层上下构造的继承性及变异性,断层的分布、规模、交接特点及断层的形成、活动时期,不整合面的空间分布,成熟生油岩的空间分布,等。

参 考 文 献

- [1] 张振才等, 1981, 京津地区原油、生油岩中的甾烷和萜烷。石油学报, 第4期。
- [2] 蔡祖皇等, 1980, 地震流体地质学概论。地震出版社。
- [3] 吴振林等, 1980, 渤海湾地区油、水井异常与地震的关系。石油学报, 第4期。

DISCUSSION ON OIL SUPPLY CONDITIONS FOR TERTARY “LOWER GENERATING-UPPER RESERVOIRING” TYPE OIL AND GAS RESERVOIRS IN JIZHONG DEPRESSION

Wang Zhihe

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Huabei Petroleum Administration)

Abstract

“Lower generating-upper reservoiring” type oil and gas reservoirs are one of the origin type of oil and gas reservoirs in Jizhong depression. This paper discusses briefly the distribution of the oil and gas reservoirs in the depression and analyzes oil supply path during the formation stage of the reservoirs. It follows that oil and gas in the reservoirs are from underlying source rocks and migrated vertically within a short distance.