

廊固凹陷油藏类型及油气分布特征

于英太

(华北石油管理局第一勘探公司)

该凹陷的油藏类型及油气分布特征是：(1) 有新生新储、新生古储和古生古储等三类四种成油组合类型。(2) 按圈闭成因可把已发现的油气藏划分为三类十种。(3) 有多套含油气层系，油气在纵向上可能分布于很大的深度，推测“湿气带”上限深度约为 5000—5500 m。

廊固凹陷位于京津地区，面积 2800 km²，是在古生界—元古界基底上发育起来的下第三系单断箕状凹陷。近十年来的集中钻探已发现了一批中、小型油气田，展示了进一步勘探的良好前景。本文重点讨论该凹陷油藏类型和油气分布特征。

一、地质概况

廊固凹陷前第三系基底自东而西依次为石炭二叠系、奥陶系、寒武系和蓟县系。不整合于基岩之上的下第三系，自上而下划分为东营组、沙河街组一、二、三、四段和孔店组，累加厚度近 10000 m。上部覆盖着上第三系明化镇组和第四系。凹陷具有早期沉降、后期抬升的发育史。沙四—沙三早时，沉降速率约 2 mm/a，沉积厚度逾 5000 m，

是凹陷的主要发育时期。沙三中—沙三晚时开始回返，沙一、二时和东营期强烈抬升，中南部抬升幅度较北部大。

凹陷内分布着五个二级构造带（图 1），即凤河营—侯尚村断裂潜山构造带、固安—旧州构造带、柳泉—曹家务挤压背斜构造带、河西务断裂潜山构造带和牛北斜坡带。凹陷的断裂系统主要有北东、北北东和北西（或近东西）向三组，前二者控制了二级构造带的生长发育，

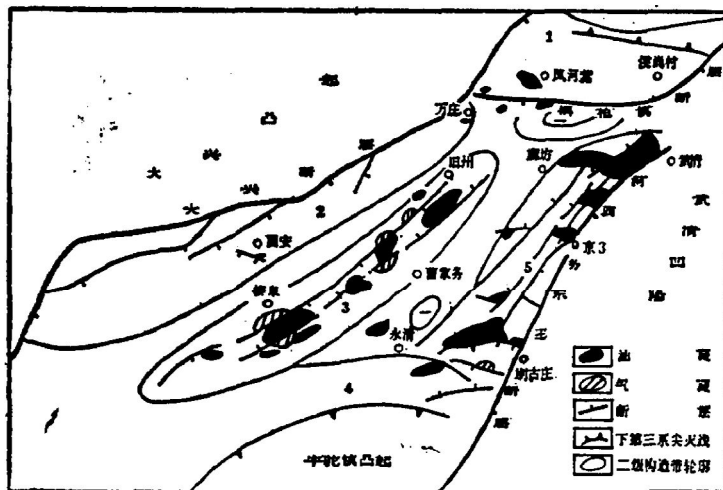


图 1 廊固凹陷构造单元划分及油气藏分布图

1—凤河营—侯尚村断裂潜山构造带，2—固安—旧州构造带，
3—柳泉—曹家务挤压背斜构造带，4—牛北斜坡带，5—河西务断裂潜山构造带

后者则使构造带进一步复杂化,并与北东、北北东向断裂相交形成若干断块。凹陷的上、下古生界之间,下第三系和古生界一元古界之间及上、下第三系之间是三个重要的区域性不整合面。潜山油气藏分布在前第三系基岩中。沙三段与沙四段,沙一、二段与沙三段之间则呈局部不整合接触。凹陷的地温梯度平均为 $2.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。下第三系沙三、四段普遍存在较高的压力异常,最高压力系数为 1.67。

二、成油组合

廊固凹陷主要生油层系为下第三系沙四段—孔店组和沙三段中、下部,古生界的石炭二叠系也有一定生油气能力。下第三系生油门限深度 2800 m 左右,成熟生油岩最大厚度 3000 m 以上。生油中心在固安南—廊坊一带,与凹陷的基岩最大埋深区基本吻合,油气藏围绕着生油洼陷大致呈环状分布(图 2)。据油源对比资料及对沉积构造条件的分析,认为本区具有三类四种成油组合类型^[1](图 3)。

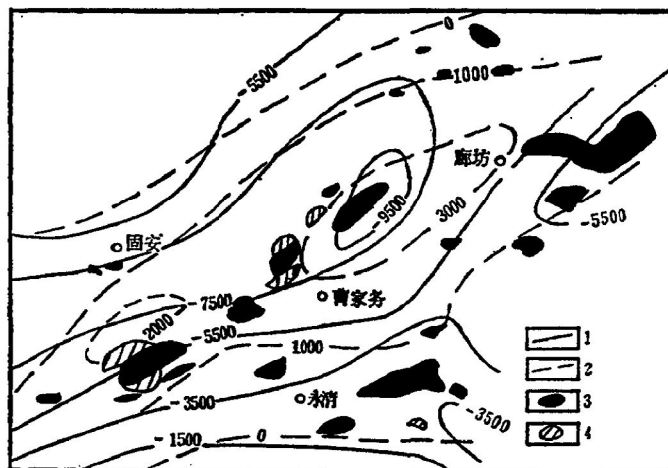


图 2 廊固凹陷基岩埋深与成熟生油岩等厚图

1—基岩埋深线(m), 2—成熟生油岩等厚线(m), 3—油藏, 4—气藏

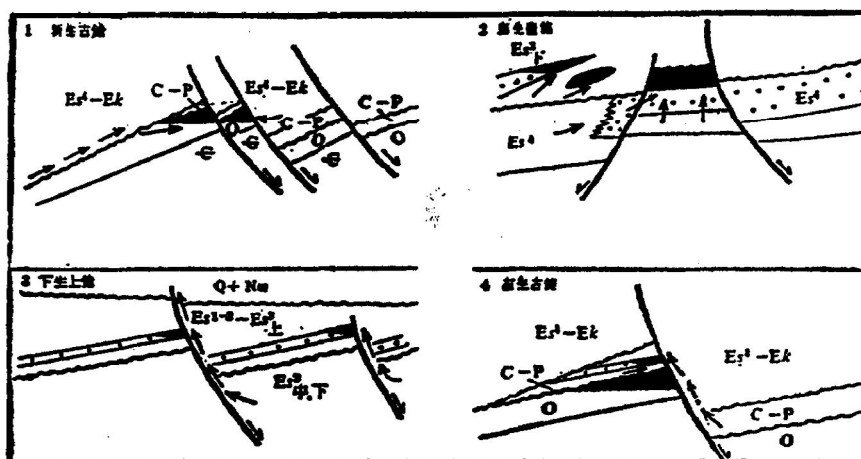


图 3 廊固凹陷成油组合关系示意图

1—新生古储; 新生新储, 2—自生自储, 3—下生上储; 4—古生古储

“新生新储”成油组合 下第三系生成的油气在第三系中聚集。该类组合资料比较丰富,研究程度较高,又可划分为“自生自储”和“下生上储”两个亚类。自生自储成油组合,形成于沙四段一孔店组和沙三段中、下部,相应层系的原油饱和烃分布特征与其生油岩十分相似(表1)。各层系原油和生油岩的Ni卟啉含量变化也相一致,沙四段一孔店组的分别为7—41.5 ppm和789—391 ppm,沙三段中、下部的则分别为0—7.5 ppm和0—184 ppm。该组合分布遍及全区,约控制了已找到石油地质储量的80%。推测在桐柏镇地区,埋藏较深的沙一、二段也可能存在这类组合。下生上储成油组合,主要是沙三段中、下部生成的油气通过断面运移到沙三段上部和沙二、一段,形成浅层次生气藏;另外,少量埋藏较浅的聚集在沙三段中、下部的凝析气,油源对比来自沙四段一孔店组。下生上储成油组合主要分布在凹陷的中、北部。

表1 原油—生油岩正、异构烷烃对比表*

层位	井号	样品	正烷烃主峰碳数	Pr/Pb	Pr/nC ₁₇	Ph/nC ₁₈	nC ₂₁ /nC ₂₂ *
Es ³ 中	京122	原油	C ₂₃	1.34	1.13	0.70	0.81
	京125	生油岩		1.31	0.80	0.70	0.58
Es ³ 下	京16	原油	C ₂₃	0.85	1.72	2.74	0.90
	安29	生油岩		1.10	0.98	1.01	0.58
Es ⁴	安56	原油	C ₁₇	1.85	0.37	0.22	1.15
	安72	生油岩		1.26	0.67	0.57	0.87

* 据华北石油勘探开发设计研究院梁狄刚等

“新生古储”成油组合 下第三系沙四段一孔店组生成的油气,沿不整合面或断面供给潜山的碳酸盐岩或砂岩储集体。潜山原油与沙四段一孔店组生油岩的亲缘关系,已被甾烷、萜烷诸参数的综合对比所证实^[1]。该类组合主要分布在河西务、牛北、凤河营等构造带及凹陷的深层。

“古生古储”成油组合 石炭二叠系生成的油气聚集在奥陶系或寒武系中,主要运移通道是断层。本区石炭二叠系为一套含煤碎屑岩建造,最大厚度677 m。有生油能力的深灰色泥岩、炭质泥岩一般厚100—200 m,煤层厚10—61 m,镜质体反射率R₀0.55—1.79%。据凹陷内少量的天然气甲烷碳同位素资料(表2),刘其营和凤河营潜山奥陶系的天然气 δC_1^{13} 为-39.1—-39.3‰,别古庄沙四段油藏 δC_1^{13} 为-44.5—-44.7‰,两者有一定差别。按戴金星等划分的煤成气与油型气的标准衡量^[2],前者处于煤成气与油型气的重叠数值区,后者则在油型气区。从表2还可以看出,奥陶系天然气氩同位素比值明显地高于沙四段,其天然气形成时代可能更老^[3]。众所周知,煤在煤化过程中能释放出较多的CO₂,表2所列的奥陶系天然气的CO₂含量比不同深度的下第三系油气藏都高,可达4.42—9.73%,推测也可能是煤系的产物。综上述并结合地质条件分析,初步认为本区奥陶系的天然气可能有一部分是通过断面来自石炭二叠系。古生古储成油

1) 梁狄刚等,1983,冀中拗陷油气的生成,华北石油勘探开发设计研究院。

表2 廊固凹陷天然气分析

层位	地 区	井 号	井段(m)	天然气组分 (%)				δC_{13} (PDB, ‰)	Ar40/Ar36
				CH ₄	C ₂ +	N ₂	CO ₂		
O	刘其营潜山凝析气藏	新永30*	2892—3100	81.58	13.16	0.42	4.42	-39.1	
	凤河背潜山水中溶解气	桐7*	1892.74—2272	83.80	4.64	1.84	9.73	-39.3	1274.8
Es ⁴ 下	刘其营油藏	永35	2512.6—2530.2	83.73	13.26	0.86	1.79		
Es ⁴ 上	别古庄油藏	京230*	1580—1614.2	98.58	0.74	0.68	痕	-44.5	299.4
		京256*	1527.6—1584	98.16	2.09	1.50	0.26	-44.7	396.8
	曹家务油藏	曹6	3584.79—3748.72	85.21	13.53	0.52	0.85		
Es ³ 下	曹家务凝析气藏	泉20	2179.6—2186.4	84.09	14.46	1.06	0.40		
Es ³ 中	柳泉气藏	泉2*	1135—1149	97.16	痕	0.74	痕		436.5

* 据华北石油勘探开发设计研究院, 1983, 冀中坳陷生油数据手册。

组合分布在凹陷东部及毗邻的武清凹陷。石炭二叠系生成的油气也可能在本层系中聚集, 形成自生自储类型。

三、油 藏 类 型

廊固凹陷在其漫长的发育过程中, 形成了以构造和沉积诸因素相互结合的多种类型圈闭。从潜山和第三系两个勘探领域着眼, 按圈闭成因^[4]把已发现的油藏划分为构造、地层和岩性等三类十种(表3)。其中潜山不整合面岩性油藏、泥岩裂缝油藏等, 目前在冀中地区尚发现不多。

表3 廊固凹陷油藏类型划分

圈闭成因 勘探领域	构造	地 层	岩 性
潜 山	潜山内幕断块		潜山不整合面岩性
第三系	断块	不整合面遮挡	砂岩上倾尖灭
	挤压背斜 浅层披覆背斜 泥岩裂缝	地层超覆不整合	砂岩透镜体

潜山油藏。即前第三系基岩油藏, 包括潜山内幕断块和潜山不整合面岩性油藏两种, 分属于构造和岩性成因。凹陷内切割基岩的东北和北北东向断裂大致有5条, 主要集中在河西务构造带—牛北斜坡带。潜山带沿上述断层的上升盘分布, 并被北西向断层分割成一系列潜山断块。图4-1是河西务构造带南部的刘其营潜山油藏, 由四个断块山组成, 含油层位奥陶系峰峰组—上马家沟组。靠近断层的碳酸盐岩缝洞发育, 钻探有泥浆漏失和钻具放空现象。该潜山带在东北向断层的控制下, 形成于早第三纪早期。主要油源是沿不整合面来自西侧的沙四段—孔店组生油区, 部分天然气可能是经断层来自石

炭二叠系。潜山内幕断块是现今本区发现的主要潜山圈闭类型,除奥陶系外,在石炭二叠系砂岩和寒武系府君山组也获得了油气,都是应予特别注意的勘探层位。

潜山不整合面岩性油藏。已发现的有永清油田(图4-2)。该潜山位于牛北斜坡石炭二叠系缺失区,沙四段一孔店组直接覆盖在奥陶系之上。储集岩是不整合面上的奥陶系峰峰组燧石层,溶蚀孔洞和晶间孔隙发育。孔洞直径0.35—2 mm,面孔率10—20%,有效孔隙度5%,溶孔内见自形石英晶体,连通性较好,生产采油压差0.9 atm。燧石层面积约3.5 km²,最大厚度17 m,与白云质灰岩和灰岩交互出现。镜下观察,燧石主要由泥—细粉粒状硅质组成,扫描电镜定为溶孔状白云质硅质岩,见少量解理发育的白云石晶体。该燧石层可能属化学成因,是沉积时期水体中的Ca²⁺、Mg²⁺、Si⁴⁺等,经化学分异作用形成的二氧化硅与碳酸盐共生体。后来大气水的淋滤作用,使不整合面上的燧石层中可溶性碳酸盐被溶解,产生了发育的孔洞,而抗风化能力较强的硅质成分则又形成了地貌高。远离不整合面的燧石层,淋滤作用弱,储集性能变差,从岩心中可以看到这一现象。不整合面是沙四段一孔店组油气运移的通道。这种古地貌背景上的岩性油藏,在牛北斜坡带还可能发现。

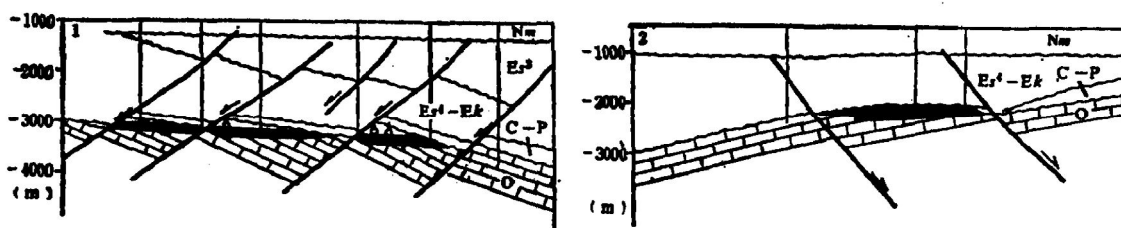


图4 腐陷凹陷潜山油藏类型图

1—刘其营潜山内幕断块油藏, 2—永清潜山不整合面岩性油藏

第三系油藏类型较多,属构造成因的有断块、挤压背斜、浅层披覆背斜和泥岩裂缝油藏等。

断块油藏。切割下第三系的断层远较潜山的发育,形成了众多的断块。其圈闭的有效性,除其它因素外,最重要的是侧向岩接关系,即储集岩类只有与不渗透地层,如泥岩等相接,才能造成良好的封堵条件。断距大小往往并不重要,只是对砂岩连续厚度大,而其上泥岩又厚的沙四段上部断块,随断距增大,含油高度也可能大。断块的储集岩除砂岩外,还有砂砾岩和火成岩等(图5-a, h)。沙四段顶部不整合面上的玄武岩、凝灰岩,溶蚀孔洞较发育;下部的辉绿岩等,主要为裂缝含油。

挤压背斜油藏。发育在凹陷中部的柳泉构造带。该构造带在重力滑动作用下并受侧向挤压形成于沙三时,同时在构造轴部产生的多组对偶状张性断层造成顶部陷落,呈堑式结构。地堑内为油层,两翼高部位主要为气层(图5-b)。含油气层有沙三段中、下部及沙三段上部和沙一、二段。该带沙三段中部砂体处于三角洲前缘—前三角洲部位,沙三段下部也大致是水下扇砂体的端部。勘探发现,油气往往聚集在连通性差的或小的砂岩透镜体中,具有构造—岩性复合型油气藏的特征。

浅层披覆背斜气藏。见于凤河营构造带的上第三系明化镇组(图5-c)。早第三纪

晚期, 桐柏镇断层强烈活动, 凤河营构造带的沙河街组遭到一定程度剥蚀, 构造顶部出露地层较老, 两翼较新。在下第三系背斜地貌的背景下, 上第三系明化镇组披覆其上, 形成披覆背斜; 下第三系天然气经断层进入明化镇组砂砾岩中, 形成次生气藏。

泥岩裂缝油藏。已发现于柳泉构造带和牛北斜坡带 3500 m 以下的深灰色泥岩层中 (图 5-h)。钻井槽面油气显示活跃, 试油获低产油和气。测井资料解释, 裂缝性泥岩渗透率 19.2—605 mD, 有较好的储集条件。裂缝形状可能不规则, 构造作用和超压泥岩的压力释放都可能产生裂缝。由于裂缝发育在有一定生油气能力的深灰色泥岩中, 对油气聚集是有利的, 因此泥岩裂缝油藏是本区深层勘探值得重视的油藏类型。

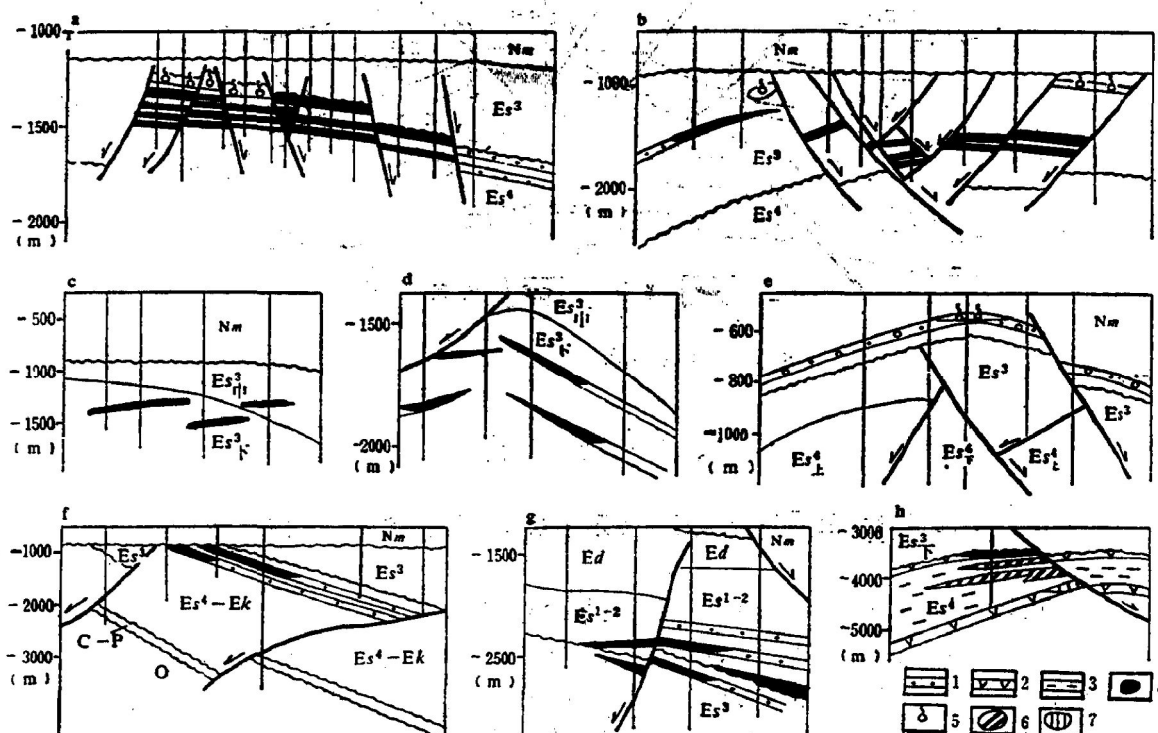


图 5 廊固凹陷第三系油藏类型图

1—砂岩, 2—火成岩, 3—泥岩, 4—油藏, 5—气藏, 6—低产油气, 7—预测油藏圈闭;

a—别古庄断块油藏, b—柳泉挤压背斜油藏, c—中岔口砂岩透镜体油藏, d—柳泉砂岩上倾尖灭油藏,

e—凤河营浅层披覆气藏, f—牛北地层不整合遮挡油藏, g—廊东地层超覆不整合油藏, h—王居火成岩断块和泥岩裂缝油藏

第三系地层成因的油藏有地层不整合面遮挡和地层超覆不整合类型 (图 5-f, g)。前者位于牛北斜坡带, 上第三系不整合于沙三、四段之上, 形成不整合面遮挡的沙四段砂岩油藏。后者见于河西务构造带北部的廊东地区, 沙一段砂岩超覆不整合在沙三段之上, 形成地层超覆不整合油藏。

第三系的岩性油藏有砂岩透镜体和砂岩上倾尖灭油藏等 (图 5-c, d)。该类油藏大量出现在沙三段和沙一、二段, 分布在三角洲前缘—前三角洲相带, 直至深湖相区。油层的显著特点是厚度较薄, 连续性差, 横向含油层多变, 一个油田由多个含油砂体叠合连片组成。

另外,尚需提及的是,在柳泉构造带北部的琥珀营地区,可能存在构造成因的泥丘遮挡型油藏(图6)。沙三早时,该区处于沉积中心位置,主要沉积了一套暗色泥岩,钻井已揭露400多米。由于沉降速率快,约2.5 mm/a,泥岩中的大量原生水未能及时排出,随上覆地层不断增厚,在沙三中期发生塑性流动上拱,并导致顶部地层拉伸破裂^[5]。以往把泥丘边界解释为断层,在泥丘顶部地堑块内已发现沙三段油藏。泥丘两侧及下部尚未钻探,预计也可能有油气藏。

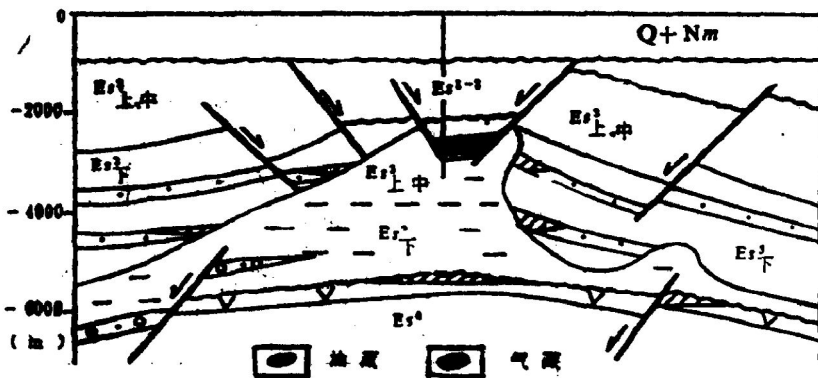


图6 琥珀营地区泥丘遮挡圈闭示意图

四、油气分布特征

廊固凹陷油气藏的空间分布,与我国东部众多的陆相含油气盆地一样,具有复式油气聚集的特征。

前已述及,廊固凹陷早第三纪后期不均衡抬升,前上第三系分布情况如图7所示,自南而北依次出露沙四段—孔店组、沙三段、沙一二段和东营组。沉积相分析指出,沙四时主要物源为凹陷的东北和东南方向,砂体集中分布在河西务构造带和牛北斜坡带;同时由于火山活动较频繁,在区域上发育了多组火成岩储集层。沙三段及沙一、二段物质主要来自西北方向,在凹陷中,北部相继沉积了水下扇和三角洲等砂体。这些砂体或火成岩体,或是插入生油岩中,或是紧邻生油中心。这种沉积结构,不仅导致了含油气层位南老北新,更重要的是为油气的聚集提供了多套层系。钻探证实,在河西务构造带中南部和牛北斜坡带,主要发育潜山内幕断块油藏、潜山不整合面岩性油藏和沙四段断块、不整合面遮挡油藏及孔店组砾岩油藏等,构造带的斜坡部位也有沙三

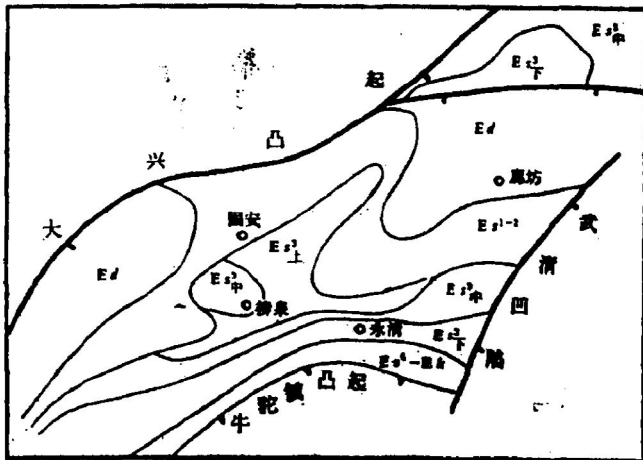


图7 廊固凹陷前新第三纪古地质图

段砂岩上倾尖灭和透镜体油藏。凹陷中部柳泉构造带, 含油层位有沙三段、沙一—二段和沙四段。沙三段及沙一—二段为挤压背斜油藏和岩性油藏, 沙四段为火成岩断块及泥岩裂缝油藏等。凹陷北部, 包括柳泉构造带北部、河西务构造带北部倾没端和桐柏镇洼陷周边地区, 已发现沙一、二段和沙三、四段油藏及明化镇组气藏, 油藏类型主要为砂岩岩性、断块和地层超覆不整合等。不难看出, 廊固凹陷油气分布是多领域、多层系的。不同深度或层系的油气藏, 或在纵向上叠加, 或在平面上连片, 勘探工作具有比较广阔的天地。

凹陷内巨厚的下第三系沉积、多套生油层系及相关的热动力条件, 制约着油气在纵向上分布于很大的深度。图8表示了廊固凹陷油气纵向分布与地温剖面的关系, 可大致划分为上、中、下三个油气分布带。上带, 底界深度560—2100 m, 最高温度80℃, 主要分布气藏、凝析气藏和比重0.83—0.92 (d_4^{20} , 下同) 的油藏, 除个别气藏可能属生物成因气外, 多数气藏和凝析气藏都是次生的, 油藏则为次生或氧化的; 原油胶质沥青质含量高达20—35%, 粘度最高为0.305 Pa·s (50℃, 下同); 含油气层位包括上第三系明化镇组、下第三系沙一、二段及埋藏较浅的沙三、四段和奥陶系。中带, 底界深度3000—3500 m, 最高温度130℃, 广泛分布着沙三段中、下部、沙四段—孔店组自生自储油藏及潜山油藏和凝析气藏; 原油比重0.79—0.86, 粘度小于0.012 Pa·s, 胶质沥青质含量小于12%。下带, 主要分布油藏、凝析气藏和气藏。本区见原油的最大深度已达4700 m, 比重0.84, 见凝析油深度约为4900 m, 比重0.79, 地温分别为168℃和173.9℃。由于目前钻达3500 m以下的探井较少, 如暂把170℃作为“湿气带”的上限温度, 按本区平均地温梯度2.8℃/100 m计算, 凹陷内油藏大致在5000—5500 m深度消失。需要指出, 廊固凹陷存在的超压地层, 在高温下压力的增加可能阻碍碳氢化合物的解体速度, 使油藏得以保存^[6]。还要注意, 本区埋藏较深的沙四段下部—孔店组主要为腐殖型生油母质, 通常认为有利于生成凝析油和天然气, 所以在下带可能更多地发现气藏、凝析气藏或轻质油与凝析气混合的油藏。由此可见, 廊固凹陷的深层勘探是有潜力的。已有的少量深层钻探资料揭示出, 在3500 m以下仍有大套的暗色泥岩, 深度4171 m的深

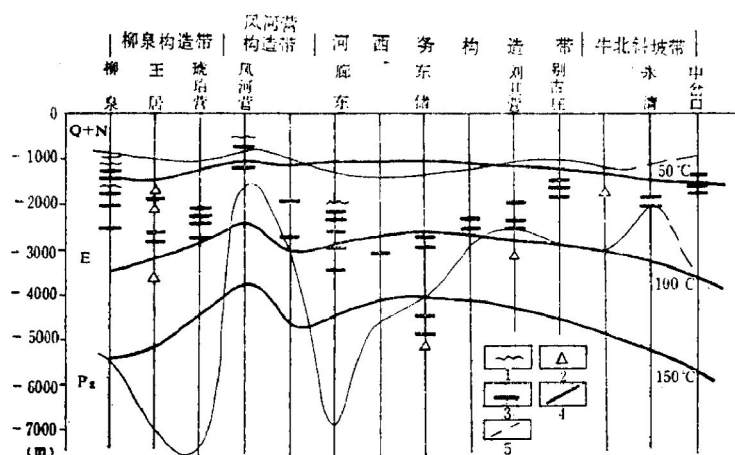


图8 廊固凹陷油气纵向分布与地温剖面图

1—气藏, 2—凝析气藏, 3—油藏, 4—等温线(℃), 5—地层界线

灰色泥岩测得 R_o 为 0.82%，显然处于生油阶段。同时深层也有砂岩、碳酸盐岩、火成岩及裂缝性泥岩等多种储集岩类。深层也不乏圈闭条件，由于切割深层的断层相对较少，下第三系的深层构造可能比中、浅层的完整，更有利于储集油气。因此，深层钻探将是廊固凹陷的重要勘探方向，特别是河西务、柳泉和旧州-固安构造带是很有希望的地区。

从图 1、2 可以看出，围绕着生油洼陷分布的油气藏主要受二级构造带的控制，尤其是在沙四—沙三时已经形成并且继承性发育的河西务构造带和柳泉构造带，更是油气集中的主要场所。但是就目前主要钻探构造圈闭时所发现的一些地层、岩性类油藏，也是值得注意的。像牛北斜坡带、河西务构造带的西斜坡及桐柏镇洼陷的周边地区，不仅有地层不整合，也有砂岩上倾尖灭、砂岩或砂砾岩透镜体及火成岩岩性等圈闭类型。在牛北斜坡带东部和河西务构造带北部倾没端已发现了诸如前述的潜山不整合面岩性和地层超覆不整合等地层、岩性类油藏，这些地区无疑对继续寻找该类油藏是有利的。深湖相区也需要引起重视，图 9 表示了柳泉构造带沙三段油气藏分布与砂岩相带的关系，油气藏主要分布在近深湖相区的砂岩厚度占地层 <10—20% 的区间内。推测向着柳泉构造带东翼还有断续分布的透镜状砂岩，有可能聚集油气。可以预料，随着地震地层学研究的深入，在潜山和第三系都可能发现多种地层、岩性类圈闭，廊固凹陷油气藏的空间分布也将会出现新的局面。

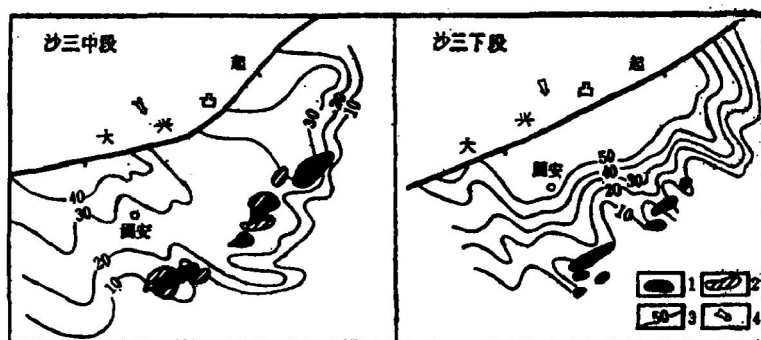


图 9 廊固凹陷沙三段油气藏分布图

1—油藏，2—气藏，3—砂岩厚度占地层百分比，4—物源方向

本文编写过程中得到了郝石生副教授的指导，文中部分插图由叶兴元、段其鑫编制，图件清绘由汪淑琴完成，公司地质大队有关同志给予了许多帮助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 唐 智, 1979, 石油勘探与开发, 第 6 卷, 第 5 期。
- [2] 戴金星等, 1985, 石油学报, 第 6 卷, 第 2 期。
- [3] 刘英俊等, 1984, 元素地球化学, 科学出版社。
- [4] 王尚文, 1983, 中国石油地质学, 石油工业出版社。
- [5] 李德生等, 1984, 京津地区廊固凹陷的石油地质特征, 北京国际石油地质会议论文。
- [6] Осадчий, В.Г. и др., 1976; 刘淑董编译, 1980, 石油勘探开发译丛, 第 6 期。

OIL POOL CATEGORIES AND HYDROCARBON DISTRIBUTION FEATURES IN LANGFANG- GU'AN DEPRESSION

Yu Yingtai

(The First Exploration Company, North China Petroleum Administration)

Abstract

Langfang-Gu'an Depression, situated in Beijing-Tianjin region with an area of 2800 km², is a single faulted half-basin of the Eocene which developed on the Paleozoic-Proterozoic basement. It is suggested that,

1. According to oil source contrast and the analysis of the sedimentation and tectonics, the depression contains three categories and four kinds of source rock-reservoir-cap assemblages.

2. The oil and gas pools can be divided into three categories and ten kinds based on their trapping origin.

3. Oil- and gas-bearing formations include the Minghuazhen Formation of the Neogene, the first, second, third and fourth members of the Eocene Shahejie Formation and the Ordovician as well. Vertically speaking, oil and gas may probably distribute in a great depth, and the upper limit of wet-gas zone is inferred to be in the depth of about 5000-5500m.

The discovered pools mainly distribute in the Hexiwu and Liuquan structural belts which are located near oil-generating sags formed during the Late Shahejie stage, but the exploration of stratigraphic and lithologic pools in Niubei slope zone and around Tongbeizhen sag should also be taken into account.