

泌阳凹陷北部斜坡带油气富集条件及油藏类型

邱 荣 华

(河南石油勘探局)

近年在泌阳凹陷北部斜坡带先后发现五个油田,形成一个面积较大的油气富集区。该区油气富集条件主要有:①继承性的沉积-构造复合斜坡是油气运移的主要指向;②多个砂体发育提供了良好的储集条件;③一系列鼻状构造对油气富集起着控制作用;④两组断层为油藏的形成提供了遮挡条件;⑤区域不整合面上的盖层使浅层油藏得以保存。该斜坡存在多种类型油藏,而以断鼻、断块、地层不整合油藏为主。

关键词 泌阳凹陷 油气富集条件 沉积-构造斜坡 油气藏类型 含油气盆地 油气分布

泌阳凹陷面积仅 1000 km²,在 1975—1984 年的勘探过程中,在凹陷的南部相继发现了双河、下二门、赵凹、安棚四个油田,以“小而肥”著称。但在占凹陷面积一半以上(530 km²)的北部斜坡带却只找到了储量不大的王集油田。1985 年以来,开展以北部斜坡带为重点的深入勘探,先后在该区找到了井楼、古城、傅湾、杨楼、新庄五个油田。目前北部斜坡已经探明和控制的石油地质储量占整个凹陷储量的 40%以上,而且还在进一步勘探,其石油地质储量将会增加。勘探成果表明,北部斜坡带与南部陡坡带和中部深凹带相比,虽然地质特点各异,但同样具有油气富集的有利地质条件,且形成了面积较大的油气富集区。

一、地质背景

泌阳凹陷是叠置在东秦岭褶皱带上的一个中生代断陷盆地。其形成主要受北西向和北东向两条边界大断裂的控制,深凹陷位于东南部两条边界断裂的交汇处,基底最大埋深逾 8000 m。向凹陷北部地层逐渐抬高,是一个南深北浅的扇形楔状凹陷(图 1)。

凹陷的构造格局,大体可划分为三个带,即南部陡坡带、中部深凹带和北部斜坡带。凹陷内的局部构造以鼻状构造为主,背斜构造较少,它们一般形成较早,且具有一定的继承性,多向深凹陷倾没,分布在生油区内或邻近生油区,为形成各种类型的油藏提供了良好的构造背景。

凹陷的地层主要为下第三系(图 2),推测深凹陷可能有上白垩统存在。上第三系和第四系厚约 200 m,上、下第三系之间呈明显的角度不整合接触。下第三系自下而上为:玉皇顶组-大仓房组、核桃园组(分为三段)、廖庄组。这三套地层反映了盆地由下降到上升的过程中,所形成的河流相—湖泊相—河流相的红粗—黑细—红粗的完整旋回。

下第三系核桃园组是本区的勘探目的层系,一般厚 3000 m。核三段为主要的生储油层段,最大厚度 1800 m,岩性为灰色、深灰色泥岩、油页岩、白云岩及砂、砾岩。其生油岩的特点是厚度大,最大可达 1600 m;有机质丰度高,平均有机碳为 1.68%,氯仿沥青“A”为 0.20%;干酪根类型好,以 I 型(腐泥型)和 II-A 型

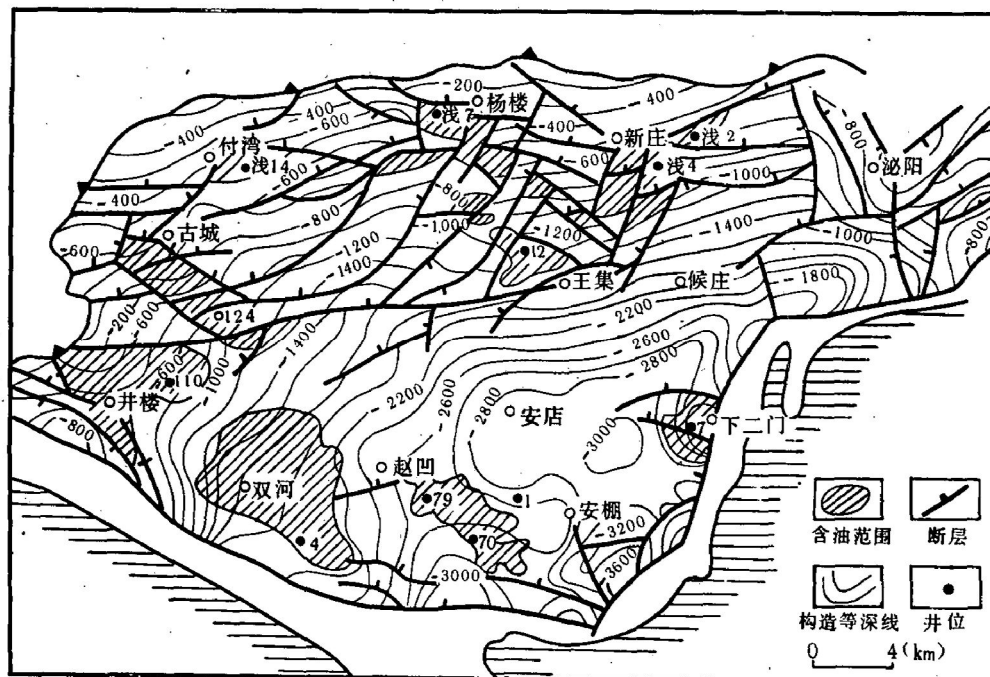


图1 泌阳凹陷核三上段底面构造图

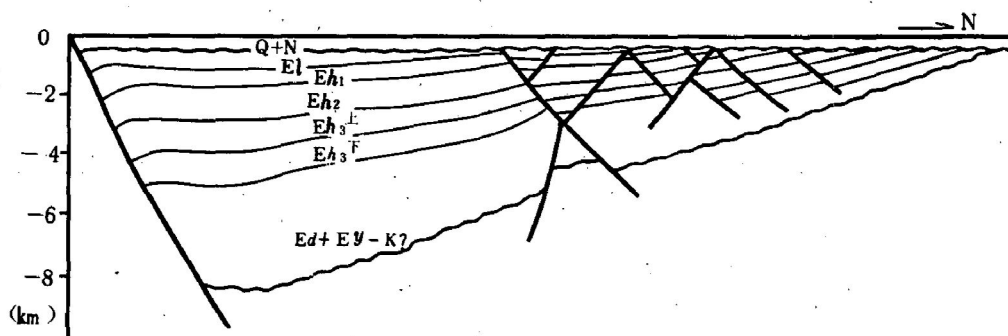


图2 泌阳凹陷南北向构造横剖面图

(腐殖腐泥型) 为主, 只有少量Ⅱ-B型(腐殖腐泥型), 未见Ⅲ型(腐殖型)干酪根。同时由于地温梯度高(4.1℃/100 m), 成熟门限深度浅(1900 m), 因此有效生油岩的面积和体积都较大, 从而能生成丰富的油气。

泌阳凹陷具有多物源、多砂体类型的特点。北部发育有多个三角洲砂体, 其中以侯庄三角洲砂体最大, 面积170 km²。南部则发育有一系列水下冲积扇(锥)砂体, 其中以双河水下扇砂体最大, 面积120 km²。这些砂体围绕凹陷分布, 有的延伸到生油中心, 形成良好的储集层。

由于泌阳凹陷生油条件好, 油源丰富; 储集层发育, 且生储盖配套良好; 具备形成期早、继承性强的局部构造; 存在多种类型的圈闭, 因此能够形成多个油气富集区, 成为“小而肥”的含油凹陷。

二、油气富集条件

国内外断陷盆地油气分布的资料表明, 不对称单断式张性断陷缓坡带的油气富集程度差异很大。多数断陷盆地缓坡带的油气发现量只占盆地总储量的一小部分; 而辽河凹陷西斜坡的油气储量则占凹陷总储量的四分之三, 澳大利亚珀斯盆地丹达拉干凹陷卡达斜坡发现的油气储量也占凹陷储量的四分之三。这是由于不同

断陷缓坡带地质条件的差异所致。泌阳凹陷北部斜坡之所以能找到多个油田，形成较大面积的油气富集区，主要具备以下五个方面的有利条件：

1. 继承性的沉积-构造复合斜坡是凹陷油气运移的主要指向地区

根据断陷盆地斜坡的沉积及构造发育特征，可以把斜坡分为沉积斜坡、构造斜坡以及沉积-构造斜坡三种类型（图3）。

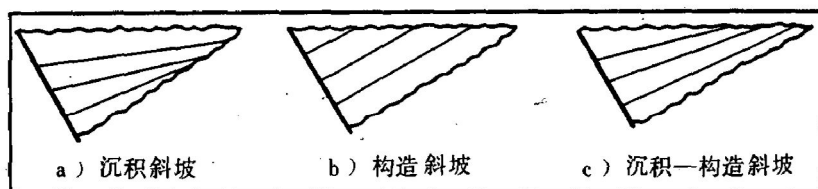


图3 断陷盆地斜坡类型示意图

利用地震剖面结合钻井资料分析，泌阳凹陷北部斜坡带的地质特点是：下第三系各组段在整个斜坡均接受沉积，地层从凹陷内部向边缘逐渐减薄，但未见明显的超覆现象。这就说明该斜坡是一个边接受沉积边翘倾的继承性斜坡（只是后期的构造运动使斜坡进一步抬升，部分遭受剥蚀）。这个长期继承性发育的沉积-构造复合斜坡成为凹陷油气大规模运移的指向地区。南部深凹陷生成的油气可以沿斜坡运移到其中的圈闭内聚集。由于凹陷整体面积不大，因此油气运移的距离也不长（在20 km以内）。同时在斜坡内带也沉积了较厚的生油岩层，这些生油岩层未遭受剥蚀而得以保存，并埋藏较深。据生油资料分析，其中有一部分已经成熟，具备生油条件。

2. 多个砂体发育给油藏的形成提供了良好的储集条件

北部斜坡带自西向东存在古城、张厂、王集、侯庄四个三角洲砂体，各自的分布面积分别为70、80、60、170 km²，其前缘部分多延伸到生油区（图4）。砂层由于埋藏浅，胶结疏松，因此物性好。一般孔隙度为25—35%，渗透率为0.4—3.9×10⁻³ μm²。这些砂体在不同沉积时期的发育程度不同。砂层在纵向上与生油层交错

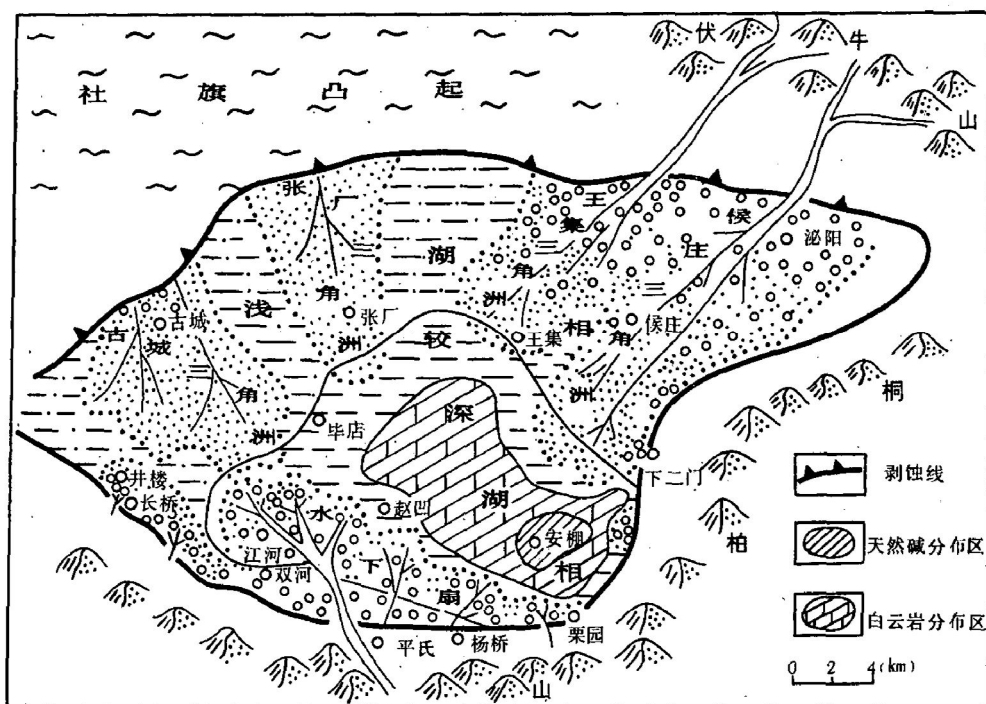


图4 泌阳凹陷下第三系核三上段沉积模式图

（据李纯菊，1988）

叠置, 形成良好的生储盖组合; 而在平面上则复合连片, 因此给油藏的形成提供了良好的储集条件。

3. 一系列鼻状构造对油气富集起着良好的控制作用

北部斜坡带的构造特点之一是鼻状构造十分发育, 共有十七个。其中面积较大的有六个, 自西向东为前杜楼、古城、傅湾、杨楼、新庄、吴庄鼻状构造, 面积为 9—23 km²。由于这些局部构造一般形成较早, 多向深凹陷倾没, 因此对油气聚集非常有利。勘探成果表明, 在鼻状构造主体部位的高断块钻探多能见到较厚的油层, 而到其翼部的低部位一般含油情况变差或者没有油层。说明鼻状构造不仅给油气聚集提供了有利场所, 而且对油气的富集起着良好的控制作用。

4. 两组断层发育为油藏的形成提供了良好的遮挡条件

北部斜坡带虽然鼻状构造发育, 但其上倾方向若无断层遮挡, 则不能形成圈闭。而该斜坡构造的又一特点恰是断层发育, 据统计, 共有 130 余条。这些断层主要有北东向和北西向两组, 其走向与斜坡的走向平行或斜交, 即与油气运移的方向垂直或斜交, 两组断层交错切割遮挡了油气向斜坡上倾方向运移的去路。断面倾向多为北倾而与斜坡地层倾向相反, 在垂直于斜坡走向的剖面上, 多条正断层节节北掉而形成阶梯状屋脊式断块。由于这些断层的存在, 在斜坡背景上形成一系列断鼻、断块, 为油藏的形成提供了良好的圈闭条件。

5. 区域不整合面上的盖层是浅层油藏得以保存的地质条件

早第三纪末期, 由于构造运动, 地层抬升, 造成区域性剥蚀, 而凹陷的缓坡带地层剥蚀尤为严重。油层在遭受剥蚀时, 受地表水的氧化和生物降解作用, 原油变稠, 从而在斜坡边缘形成稠油封堵。加之区域性不整合面上的上第三系广泛发育, 一套砂泥岩成为区域性大面积的盖层, 构成了斜坡浅层油藏得以保存的地质条件。

三、油藏类型

北部斜坡带的有利地质条件, 形成了多个油气富集区块; 而由于其特定的地质条件, 因此油藏类型与南部陡坡带差别很大。南部陡坡带以砂岩上倾尖灭油藏为主; 而北部斜坡带则以断鼻、断块和地层不整合油藏为主, 共有八种类型油藏 (图 5)。

1. 断鼻油藏

是北部斜坡带最主要的油藏之一。这里鼻状构造和断层都很发育, 每个鼻状构造都被断层切割为多个断鼻圈闭, 成为油气富集的良好场所。尤其是位于鼻状构造轴部的圈闭, 油气富集程度高, 所占储量比重大。如古城鼻状构造, 被断层切割为 18 个断鼻、断块圈闭, 单个圈闭面积 0.5—4 km² 不等, 而沿鼻状构造轴线分布的 11 个断鼻圈闭均含油。这种油藏是古城油田的主力油藏, 约占该油田储量的 70%, 斜坡其它油田均有这种类型油藏。

2. 断块油藏

这种油藏的主要特点是在斜坡宽缓的隆起构造背景上, 被多条断层切割形成一系列封闭断块。断块有各

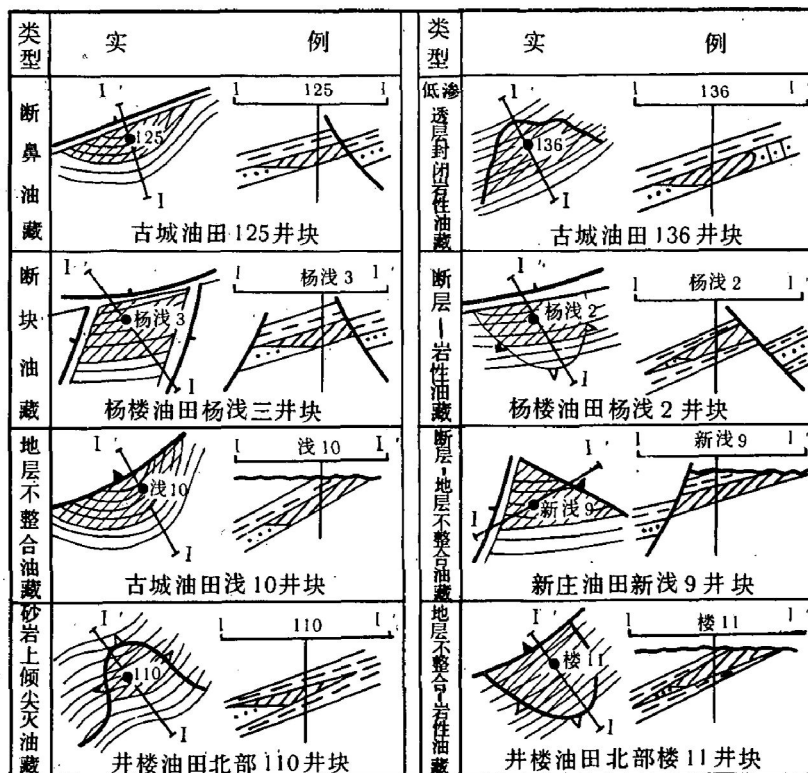


图 5 泌阳凹陷北部斜坡带油藏类型实例图

种形态,如地垒式、地堑式、屋脊式、阶梯式、扇状等等。有些鼻状构造,如杨楼和新庄鼻状构造等,由于构造平缓,虽然面积大,但隆起幅度并不大,因此仅靠其上倾方向的断层遮挡与构造线配置所圈闭的面积仍很小。只有在多条断层相互切割配置的情况下,才能形成较大有效面积的断块圈闭。在这些断块圈闭的高部位钻探,一般能发现较厚的油层。单个断块的面积不大,一般为 $1-3\text{ km}^2$,部分小于 1 km^2 ;由于在纵向上多层含油叠置,平面上多个含油断块复合连片,可形成较大含油面积。杨楼油田、新庄油田及傅湾油田均以这种类型油藏为主。

3. 地层不整合油藏

主要分布在斜坡北缘。由于早第三纪末期的构造运动,地层抬升,油层上倾部位遭受剥蚀风化,形成稠油或沥青塞封堵,后期沉积的上第三系盖层又使油层进一步受到保护;油藏的侧缘及下倾方向则靠鼻状构造形成圈闭。这种油藏在斜坡各个油田的北部边缘均有分布。其埋藏深度很浅,一般为 $100-400\text{ m}$,多是在探井钻穿上第三系进入核三段就很快见到油层。原油稠,粘度一般为 $1.5-5.0\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (地面 50°C),最高可达 $9.4\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (地面 50°C)。比重一般大于 $0.93\text{ (d}_{4}^{20})$,个别样品高达 $0.99\text{ (d}_{4}^{20})$ 。

4. 砂岩上倾尖灭油藏

它是泌阳凹陷南部各个油田的主要油藏类型,约占各个油田储量的 90% 以上。但在北部斜坡带这类油藏的储量所占比重较小,只分布在井楼和古城油田靠近斜坡的内侧。其形成机制为:在核三段沉积时,由凹陷南部物源供给的沉积砂层部分伸展到现在斜坡的南部,后来,随着凹陷北部区域性的掀斜抬升,导致原来沉积时下倾尖灭的砂层变为现今的上倾尖灭。这些砂层与前杜楼、古城等鼻状构造相配置而形成砂岩上倾尖灭圈闭。虽然这类油藏在北部斜坡所占储量比重较小,但由于其封闭保存条件比其它类型油藏好,因此原油性质好,其粘度均小于 $0.05\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (地面 50°C),比重小于 $0.90\text{ (d}_{4}^{20})$ 。常规试油即可获得工业油流,易于开采。

5. 低渗透层封闭岩性油藏

这类油藏系由砂层在上倾方向及侧缘物性变差与鼻状构造或单斜构造配置而形成圈闭条件。其圈闭形式与砂岩上倾尖灭圈闭类似。导致砂层渗透性变差的原因主要是碳酸盐含量高。古城油田有多个含油区块存在这种类型油藏,但其占整个油田的储量比重较小。

北部斜坡带除以上五种油藏外,还有构造、岩性、地层不整合多种因素形成的复合油藏,如:断层-岩性油藏、断层-地层不整合油藏、地层不整合-岩性油藏等。

上述油藏的埋藏深度均较浅,为 $100-1500\text{ m}$,主要集中层段埋深 $200-800\text{ m}$ 。其中以地层不整合油藏埋藏最浅,为 $100-400\text{ m}$;而断鼻、断块油藏和岩性油藏埋藏深度较大一些,一般超过 400 m 。原油的性质从斜坡内侧向外外部边缘有规律地变稠。其变化范围较大,粘度为 $0.02-9.4\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (地面 50°C),比重为 $0.88-0.99\text{ (d}_{4}^{20})$ 。在纵向上,一般油藏埋深越大,原油的粘度和比重越小;但也有上下为稠油层中间为稀油层的情况,其原因主要是受油藏类型及其封闭条件的控制。如岩性油藏由于封闭条件好,一般为稀油;而断鼻、断块油藏的封闭条件较差,原油性质居中,多为普通稠油;地层不整合油藏封闭条件最差,氧化和生物降解作用很强,常为特稠油。

结 语

我国东部一系列断陷盆地,斜坡面积一般占盆地面积的一半或一半以上,但据已有勘探成果,它们的油气富集程度常有较大差异。分析不同类型斜坡的地质特征,掌握其油气富集规律,可以指导未来的勘探。根据泌阳凹陷北部斜坡的勘探实践,可以得出如下几点认识:

1. 长期继承性发展的沉积-构造复合斜坡是生油凹陷油气运移的主要指向地区。如果斜坡同时具备良好圈闭条件,则油气聚集条件十分有利,可以形成大面积的油气富集区。

2. 泌阳凹陷北部斜坡带的一系列鼻状构造为油气聚集形成良好的构造背景;多个三角洲砂体为油气藏的形成提供很好储集层;而至关重要的一组反向正断层为油气藏的形成提供了遮挡条件。因此,在构造研究过程中,应特别重视对断层特征的研究。

3. 泌阳凹陷北部斜坡带存在构造、地层、岩性等多种油藏类型，但以断鼻、断块油藏和地层不整合油藏为主。

4. 盆地缓坡带由于掀斜抬升，因此与深凹带和陡坡带相比，油层埋藏较浅，原油部分或大部分为稠油。针对这种特点，在勘探中应该采取相应的对策。如泌阳凹陷北部斜坡带在勘探中，地震采用保护浅层的野外采集和处理方法，从而很好地得到了浅层的地震反射资料；钻探利用浅钻井实行全取心，这样在稠油层常规试油效果不好的情况下，有助于油层识别，并取得了良好的勘探效果。

参 考 文 献

- [1] 朱水安、徐世荣等，1981，石油学报，第2卷，第2期。
- [2] 唐 智，1979，石油勘探与开发，第6卷，第2期。
- [3] 张文昭，1987，石油与天然气地质，第8卷，第1期。
- [4] 戚声范，1987，石油勘探与开发，第14卷，第3期。
- [5] Thomas, B. M., 1979, AAPG Bull, Vol. 63, NO. 7, P. 1092—1107.

HYDROCARBON ACCUMULATION FACTORS AND POOL TYPES IN NORTH SLOPE OF BIYANG DEPRESSION

Qiu Ronghua

(Henan Petroleum Exploration Bureau)

Abstract

Biyang Depression covers an area of 1000 km². Within it, 530 km² belongs to its north slope. The 4 oilfields discovered before 1985 are distributed in the south slope and the central deep subsided area. In recent years, 5 oilfields have been discovered in the north slope, the prospected and controlled hydrocarbon reserves occupies above 40% of the total reserves of the depression, and this percentage may even rise as the exploration carrying on.

Favourable conditions for hydrocarbon accumulation in the north slope are: 1. The successional sedimentation-structure complex slopes are the target area for hydrocarbon migration; 2. Multiple sandbodies provide good reservoirs; 3. A series of nose-structures are in control of hydrocarbon accumulation; 4. Two sets of faults provide the condition of shelter for hydrocarbon accumulation; 5. Cap rocks on regional unconformity makes well preservation for shallow pools in slope. There are various kinds of oil pools, within which fault-nose, fault-block and unconformity ones are the main types.