

文章编号: 1009-3850(2007)04-0080-05

济阳坳陷车西地区隐蔽油气藏发育特征及勘探潜力

车京虎^{1,2}, 林承焰¹

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 胜利油田 东胜精攻石油开发集团股份有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 车西地区因自身地质结构特点在勘探初期以来一直以隐蔽油气藏为主。其中, 北部陡坡带二台阶滑脱潜山油气藏、中部洼陷带浊积岩性油气藏、南部缓坡断阶带低位扇岩性油气藏是该区最为典型的隐蔽油气藏。本文从形成机制、成藏主控因素等多方面阐述了上述隐蔽油气藏的发育特征。在此基础上, 结合目前油气分布特征, 进一步分析了不同区带隐蔽油气藏的勘探潜力。认为在不同区带、层系和油藏类型上有明显的不均衡性, 勘探潜力较大。

关键词: 车西; 隐蔽油气藏; 勘探潜力; 济阳坳陷

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

车西地区位于渤海湾盆地济阳坳陷北部车镇凹陷西部, 以车西洼陷为主体, 是一个典型的窄陡型箕状负向构造单元。区内自南而北可细分为 3 个次级构造单元: 南部缓坡带、中部洼陷带和北部陡坡带 (图 1)。剖面上, 前古近系发育的一系列反向断层与古近系发育的顺向盆倾断层, 构成洼陷典型的双元地质结构 (图 2)。该区自上世纪 80 年代末陆续进行二维地震连片详查及三维地震处理解释, 发现构造线、断层线、剥蚀线、超覆线四线走向近乎平行, 难以形成油气富集高产的大型构造, 多形成较小的鼻状构造, 因此勘探初期既以隐蔽油气藏为主。但经过 20 多年的勘探历程, 目前已发现奥陶系、古近系沙河街组四段至一段等多套含油层系, 找到了套尔河、东风港、富台 3 个油田, 累计探明石油地质储量近 8000 万吨, 目前仍不断有新的发现。总结该地区隐蔽油气藏发育特征, 对该地区下步工作及相似类型盆地的勘探具有重要的指导意义。

1 隐蔽油气藏发育特征

目前该区已发现多种油藏类型, 但以岩性、地层

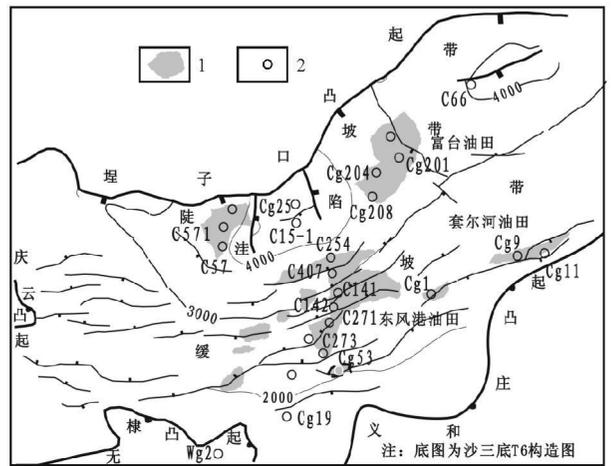


图 1 车西地区构造纲要

1. 探明储量含油面积; 2. 井位及代号

Fig. 1 Structural outline of the Chexi region

1= measured reserves and oil area; 2= well site

等隐蔽油气藏为主 (图 2)。从其隐蔽程度、识别难度及已发现储量规模来分析, 北部陡坡带二台阶滑脱潜山油气藏、中部洼陷带浊积岩性油气藏、南部缓坡断阶带沙河街组四段上亚段低位扇岩性油气藏是

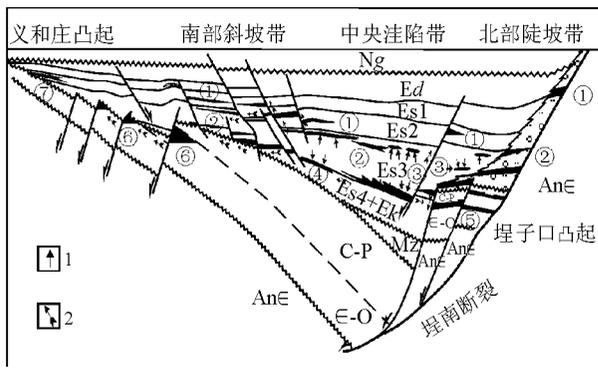


图2 车西地区油藏类型与油气成藏模式

①. 岩性-断层油藏; ②. 上倾尖灭岩性油藏; ③. 浊积岩性油藏; ④. 断层-岩性油藏; ⑤. 滑脱潜山地层油藏; ⑥. 反向翘倾断块潜山油藏; ⑦. 地层超覆油藏。1. 油气初次运移; 2. 油气二次运移
 Fig.2 Model showing the types of oil pools in the Chexi region
 ①= lithologic-fault oil pool; ②= dipping-upward and thinning-out lithologic oil pool; ③= turbiditic lithologic oil pool; ④= fault-lithologic oil pool; ⑤= decollement buried hill oil pool; ⑥= reversed-warped fault buried hill oil pool; ⑦= stratigraphic overlap oil pool. 1= initial migration of oil; 2= second migration of oil

该区最为典型的隐蔽油气藏。

1.1 北部陡坡带二台阶滑脱潜山油气藏

北部陡坡带二台阶滑脱潜山构造带的形成主要受埋南大断层所控制。通过构造演化分析及物理模拟试验^[1], 滑脱型潜山的成因与坡坪式边界断层关系密切。在拉张环境下, 边界坡坪式断层活动规模大, 在拐点处易产生台阶断层, 由于其下盘邻近沉降中心, 在重力及拉张应力的共同作用下, 脱离凸起主体并沿边界断层断面向下滑脱, 形成滑脱潜山, 后期又被受边界断层控制形成的巨厚砂砾岩体所覆盖, 形成隐蔽滑脱潜山断块。

由于埋南断层下降盘二台阶潜山埋藏较深, 且其所发育大套砂砾岩体的层速度高达5000m/s, 形成速度陷阱, 利用常规资料难以正确刻画潜山的构造形态, 早期曾被认为是古新近系, 没有引起足够的重视。之后, 通过三维地震资料叠前深度偏移处理、重磁力联合约束反演等技术手段, 最终发现了陡坡带特有的延伸长度大、分布范围广的大型滑脱潜山带, 取得勘探上的重大突破。

埋南断层走向自东向西由北东向转为北西西向, 断层活动时期由早变晚。潜山块体在滑脱过程中, 受断层活动期次的差异性和活动强度的不均衡性影响^[2], 在断层走向交叉转折部位, 形成规模较大的残丘-滑脱潜山圈闭(C571潜山)和褶皱-滑脱潜山

圈闭(Cg201潜山), 其最大特点为剖面上呈现上大下小的“Y”字型结构(图3)。

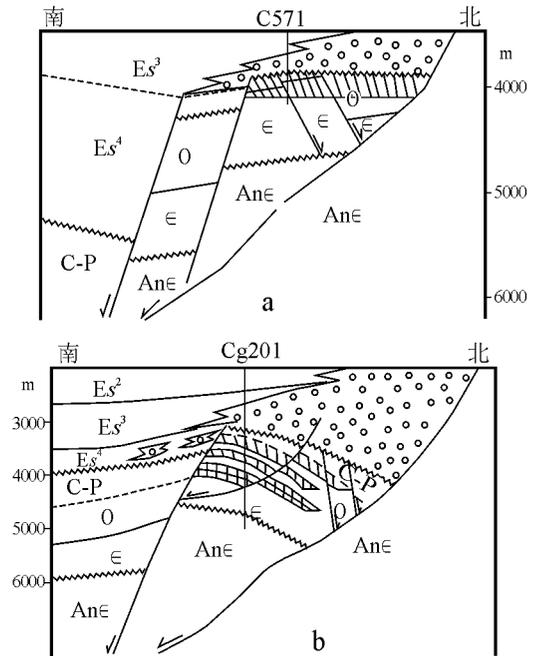


图3 残丘-滑脱潜山(a)与褶皱-滑脱潜山(b)油藏剖面
 Fig.3 Sections across a relict hill-decollement buried hill oil pool (a) and fold-decollement buried hill oil pool (b)

由于滑脱潜山带紧邻洼陷异常高压生烃中心, 油源条件优越, 运移动力充足, 尽管侧向上因砂砾岩体的阻挡未能与烃源岩直接对接, 但在异常高压的作用下, 可通过C571东、Cg25东两条有效切割沙三段烃源岩的南北向次级断层作为运移通道, 并沿断层-不整合面输导体系向两侧C571、Cg201潜山隐蔽圈闭运移聚集成藏。因此, 成藏与否的关键是潜山储层问题。C571潜山形成于燕山运动晚期, 之前经受长期的风化剥蚀, 不仅石炭—二叠系剥蚀殆尽, 而且下古生界也受到强烈的差异剥蚀, 潜山顶面出露下奥陶统治里组—亮甲山组白云岩, 其下为寒武系凤山组白云岩, 总厚度达200m, 溶蚀缝洞、晶间孔洞均异常发育, 相互交错沟通形成良好的残丘型块状不整合面储集系统(图3a)。

Cg201潜山形成于燕山运动早期, 上覆石炭—二叠系近200m, 风化剥蚀程度相对较弱。但由于潜山在滑脱过程中形成褶皱构造, 同时因脆性碳酸盐岩层与塑性泥岩层呈多套不等厚互层发育的特点。在这种地层结构特点下, 当岩层受到褶皱外因作用, 塑性泥岩层在形成褶皱的过程中将起着重要的分隔作用, 使得脆性碳酸盐岩单层具有各自的应变中性面。因此, 多个应变中性面的存在将会在其之上产生多套潜山地层内幕裂缝集中发育段, 在后期构造

沉降和湖平面升降耦合基础上^[1],通过进一步溶蚀作用改造,最终形成内幕多套孔洞-裂缝型层状储集系统(图3b)。

可见,潜山顶面和内幕背斜轴部经受的风化侵蚀时期相对较长,外营力作用最集中,储集层的次生孔隙发育最好,往往成为含油性最好和高产的有利部位。此外,距离断层较近的部位裂缝作用与风化溶蚀作用比较发育,储层孔渗性能好,也具备油气富集高产的基本条件。

1.2 中部洼陷带浊积岩性油气藏

车西地区洼陷带发育相对较窄,储集体类型主要为北部沙三中、下亚段砂砾岩扇体滑塌形成的浊积扇体,以及南部缓坡带沙三上亚段扇三角洲前缘的浊积扇体。过去在盆地勘探早期主要以不同类型正向构造带上的构造油藏为勘探目标,直到盆地勘探中后期才注重深洼带负向单元隐蔽岩性油气藏的勘探。尽管洼陷带储层存在埋藏深、物性差、变化大的不利因素,但由于其紧邻有效烃源岩或被其所包围,近距离的油气运移、优先的烃类充注、良好的保存条件^[3]仍使其成为较为重要的勘探目标。

钻井揭示洼陷带主要有沙三下、上亚段两套含油层系。下亚段砂砾岩体储层物源方向主要来自北部陡坡带,砾岩成分主要为灰岩,为北部巨厚砂砾岩体前缘浊积沉积,可划分为深水浊积扇和滑塌浊积扇两种类型(图4)。前者形成受北部陡坡带前古近系铲式断裂结构所控制^[4],地形相对开阔,坡度较缓,形成的扇体个体展布范围较大(以C66井为代表),具一定分选性,形成“泥包砂”组合;后者受坡坪式陡坡断裂结构所控制,形成地形较为狭窄,坡度较大,分选性略差,多期沉积物重力流活动叠加,形成“砂包泥”组合(以C15-1为代表)。由于两者均为近岸水下扇在重力流作用下二次搬运形成,深入到中部洼陷异常高压带内并被优质烃源岩所包围,且受多期滑塌、分选所改造,同时异常高压能在一定程度上有效保护次生孔隙,故物性相对较好,储集空间以溶蚀孔隙、微裂缝为主,往往导致油气富集高产。

洼陷内沙三上亚段储层靠近南斜坡一侧,物源方向为南部缓坡带,岩性为粉细砂岩,下细上粗,具反旋回特点,其沉积时期为沙四—沙三沉积旋回末期,为水退沉积过程。由于车西缓坡带较为为窄陡,沉积区与物源区高差较大,沉积时物源区不断抬升,碎屑物质供给量不断增加,沉积物在浅水湖盆不断向前推进,形成具浊积特征的扇三角洲沉积体系并延伸至洼陷中央(图4)。由于位于深洼部位且距南

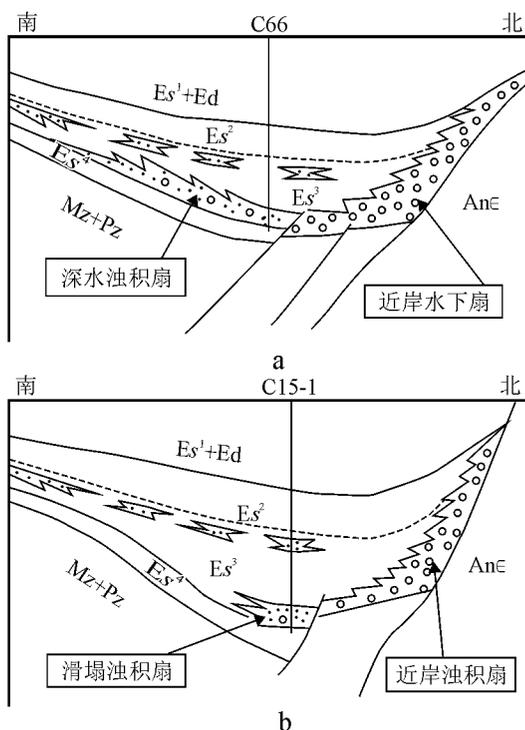


图4 洼陷带不同浊积扇类型

a. 深水浊积扇; b. 滑塌浊积扇

Fig. 4 Types of the turbidite fans in the depression

a. deep-water turbidite fan; b. fluxoturbidite fan

部断层较远,垂向上和侧向上均难以和沙三中、下亚段烃源岩相沟通,成藏条件不利,故勘探上一直未引起足够重视。但近期研究表明,沙三中、下亚段异常高压带虽然是一个相对独立的压力系统,但并非一成不变。随着沉积的进行,其埋深及上覆负荷不断增加,异常压力不断升高。当流体压力达到或超过烃源岩本身及上覆岩层的破裂压力时,烃源岩和顶部封盖层均会发生破裂,产生裂缝,油气通过其向外排出运移,达到一定程度后,高压带内压力下降,顶封盖层封闭,再次积聚压力,周而复始形成“暮式排烃”模式^[5]。而洼陷内沙二下亚段—沙三上亚段储层恰好位于封盖层上方,可优先进行烃类充注而成藏。

1.3 南部缓坡断阶带沙四上低位扇岩性油气藏

在无棣凸起和义和庄凸起过渡部位,发育两个向洼陷汇聚指向的盆缘沟谷。这些盆缘沟谷在沙四段沉积早期均位于沉积基准面之上,作为沉积物良好的搬运输送通道,或外界水体流入湖盆的通道,由其所输送的碎屑沉积物将在盆缘峡谷前端卸载^[9],控制了沉积体的发育位置。而在紧邻盆缘沟谷的正前方,前古近系地形拐点的构造枢纽带^[7],发育一系列东西转北东向、自南向北先后逐次下掉的同沉积

弧形盆倾断层。这些断层,一方面可形成受断层控制的构造油藏,目前已发现的断层逆牵引背斜油藏、岩性-断层油藏主要位于该带,另一方面,由于坡度的变化,形成断裂坡折带,在坡折带以下平缓地带构成沉积物卸载场所^[8],控制了沉积体系的展布,特别是控制了沙四上亚段等低位扇三角洲的沉积分布与厚度中心(图5)。其上的沙三下亚段既是有效烃源岩又是优质盖层,生储盖配置良好。砂体含油程度主要受储层物性所控制^[9],物性好则含油性好,物性差则含油性差,而储层物性则受沉积相带和成岩作用双重因素所决定。

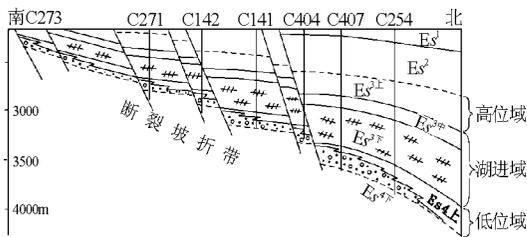


图5 车西缓坡断阶控砂层序地层模式

Fig. 5 Sequence stratigraphic model for the Chexi ramp fault terrace zone

统计沙四上亚段不同埋深、不同粒度的储层物性(图6),结合薄片分析资料,可看出:相同埋深情况下,粒度较大的储层物性较好,其沉积环境为扇三角洲分流河道、河口坝等主体微相。不同埋深情况下,储层物性则呈规律性变化:2800m以上,以粒间孔隙储油为主,孔隙连通性较好,渗透率较高,单井有一定自然产能,压裂开发效果好;2800~3400m左右,粒间孔隙多被泥、灰质所充填或胶结,以填隙物间微孔隙储油为主,偏干,孔隙连通性差,渗透率极低,无自然产能,压裂开发效果也较差;3400~3700m深度左右属异常高压带内,以次生孔隙储油为主,孔隙具一定连通性,有一定渗透率,开发效果也较好;3700m以下,无可见连通孔隙,渗透率极低,基本无产能。可见,尽管储层物性随埋深加大有整体变差的趋势,但受沉积和成岩作用控制仍形成两个物性较好、油气相对富集的深度范围。

2 油气分布特征与勘探潜力

根据济阳拗陷第三次石油资源评价结果,车镇凹陷的石油总资源量为 5.60×10^8 t,目前仅探明 1.6×10^8 t,探明程度小于30%,明显低于胜利油区其它凹陷,表明车镇凹陷仍具有较大的勘探潜力。

结合目前已发现油气分布特征分析车西地区勘

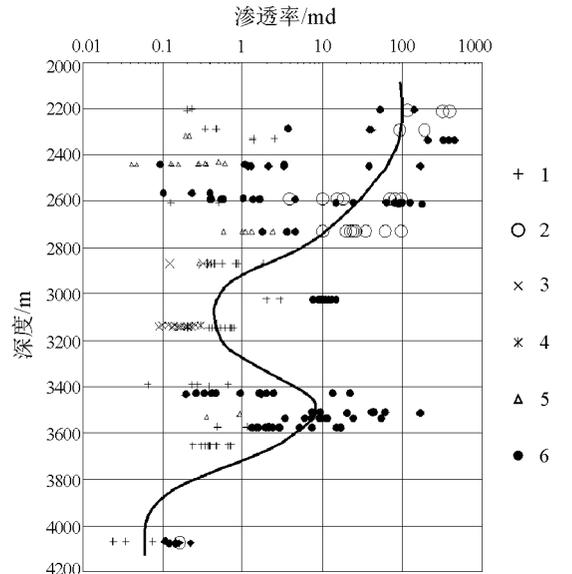


图6 沙河街组四段上亚段储层渗透率随埋深变化

1. 粉砂岩; 2. 含砾砂岩; 3. 灰质粉砂岩; 4. 灰质细砂岩; 5. 泥质粉砂岩; 6. 细砂岩

Fig. 6 Permeability-depth diagram of the reservoirs in the upper part of the fourth member of the Shahejie Formation
1= siltstone; 2= gravelly sandstone; 3= lime siltstone; 4= lime fine-grained sandstone; 5= muddy siltstone; 6= fine-grained sandstone

探潜力如下:

(1) 不同构造带目前探明储量分布不均。车西洼陷具有压实流盆地的特点,流体从生、排烃中心向四周运移,致使油气在平面上以生油洼陷为中心,总体具有围绕生油洼陷呈环带状分布的趋势。但是,不同构造带目前探明储量分布不均:北部陡坡带45%,南部断阶带42%,南部盆缘超覆带13%,中部洼陷带尚未上报探明储量。根据前述对隐蔽油气藏的分析,中部洼陷带因其得天独厚的成藏条件而成为该区下步最为有利的勘探目标区。而南部盆缘超覆带探明储量较少,相当多的探井在此区均失利,究其原因主要是输导条件差所致。考虑到地层油气藏的隐蔽性与复杂性,应该通过仔细分析不整合面的输导性能入手,确定油气优势运移路径,并进一步确定地层超覆线准确位置,寻找有利地层圈闭目标进行勘探。该区带是下步相对有利的勘探潜力区。

(2) 油气分布具有东富西贫的特点。目前在Wg2—C57井一线以西,至今在沙三段烃源岩下部未发现有利油气显示,形成了油气环带状分布的一个缺口。造成油气分布东富西贫的原因在于东、西部洼陷断层走向与油气运移方向的配置。东部断层走向为北东向,与油气运移方向基本垂直,断层遮挡作

用可为油气的聚集提供了有利的圈闭条件。西部断层走向多为近东西走向,与油气运移方向一致,难以形成有利的圈闭,但有利于油气的向上运移,在合适的地层超覆位置可形成有利的地层超覆油气藏,具备一定的勘探潜力。

(3) 北部与南部探明储量相差不大。目前北部陡坡带探明储量 3207×10^4 t,南部缓坡带探明储量为 3823×10^4 t,两者相差不大。由于北部陡坡带流体势能梯度较大,是油气运移聚集的有利地区,故油气富集程度相对较高。但是,根据 Pratsch (1982) 提出的“简单椭圆型不对称盆地”烃类运移特征^[10],车西洼陷最大可运移烃类是向南部缓坡带运移的。而且沙三段成熟烃源岩绝大部分分布于洼陷的斜坡上,其生成烃类应以向缓坡带运移为主。北部与南部探明储量相差不大,恰恰说明车西地区南坡仍有较大的勘探潜力。

(4) 油气纵向分布具有差异性。目前探明储量在不同层位上的分布是:古生界59%,石炭系和沙四上亚段20%,沙三段3%,沙二段14%,沙一段4%,已发现储量较少的含油层系仍有进一步的滚动勘探潜力。而馆陶组、明化镇组等新近纪地层尚未发现储量,这与济阳拗陷其它地区具有明显的差别。其成因主要在于该区沙一段、东营组的区域性厚层泥岩盖层发育十分稳定,而且长期持续活动并切入新近系的油源断层较少,限制了油气向上运移,故新近系勘探潜力最差。

3 结 语

尽管车西地区未能发现大型的含油气构造,但

不同区带独具特色的隐蔽油气藏类型仍显示出该区具有“满洼含油”的富油气凹陷特点。目前车西地区勘探程度还比较低,且在区带、层系和油藏类型上有明显的不均衡性,勘探潜力很大,新的地区和层系有待突破,前景广阔。

参考文献:

- [1] 李丕龙,张善文,王永诗,等.多样性潜山成因、成藏与勘探——以济阳拗陷为例[M].北京:石油工业出版社,2003.24-43,75-84.
- [2] 王永诗.箕状断陷湖盆滑脱潜山油气藏成藏模式——以富台油田为例[J].油气地质与采收率,2004,11(4):13-15.
- [3] 刘震,赵政璋,赵阳,等.含油气盆地岩性油气藏的形成与分布特征[J].石油学报,2006,27(1):17-23.
- [4] 王永诗,鲜本忠.车镇凹陷北部陡坡带断裂结构及其对沉积和成藏的控制[J].油气地质与采收率,2006,13(6):5-8.
- [5] 潘元林,李思田,等.大型陆相断陷盆地层序地层与隐蔽油气藏研究——以济阳拗陷为例[M].北京:石油工业出版社,2004.185-188.
- [6] 冯有良.断陷湖盆沟谷及构造坡折对砂体的控制作用[J].石油学报,2006,27(1):13-16.
- [7] 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[J].石油实验地质,2004,26(1):3-10.
- [8] 李丕龙,等.陆相断陷盆地构造演化与构造样式[A].陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷一)[C].北京:石油工业出版社、地质出版社,2003.80-83.
- [9] 郭玉新,林会喜,王亚琳.车西洼陷缓坡带下第三系低位扇勘探[J].油气地质与采收率,2003,10(6):28-41.
- [10] 张厚福,方朝亮,等.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,2001.148-150.

Concealed oil pools and their exploration potential in the Chexi region, Jiyang depression, Shandong

CHE Jing-hu^{1, 2}, LIN Cheng-yan¹

(1. College of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China;
2. Dongsheng Petroleum Cor., Ltd., Shengli Oil Field, Dongying 257000, Shandong, China)

Abstract: The present study gives a detailed description of the concealed oil pools in the Chenxi region, Jiyang depression, with stress on the decollement buried hill oil pools on the second terrace of the northern steeped slope zone, turbiditic lithologic oil pools in the central depression, and lowstand fan lithologic oil pools on the fault terrace zone of the southern ramp. The examination of the mechanism and controlling factors of the oil pools cited above has revealed that the Chexi region is expected to be a potential area for oil and gas accumulation.

Key words: Chexi; concealed oil pool; exploration potential; Jiyang depression