

塔南凹陷铜钵庙组油气分布特征及主控因素

马立民¹,林承焰¹,范梦玮²

(1. 中国石油大学(华东) 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580;

2. 中国石化胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要:塔南凹陷铜钵庙组不同构造区带之间的油气分布具有严重的不均一性。通过精细油藏描述,系统总结出塔南凹陷铜钵庙组油气分布特征,并对其主控因素进行了分析。结果表明,西部、中部断裂潜山带和中部次凹构造转换带以断块、断背斜和断鼻油藏为主,是油气富集高产的主力区带;中部次凹南、北洼槽以断层-岩性、岩性和地层不整合遮挡油藏为主,储量丰度和油井产能均较低。区带间差异的构造沉积格局控制研究区多种类型油藏的形成与分布;沉积相和成岩相造成的储集相带的差异决定了储层质量,进而控制油气富集程度和油井产能;区带间差异输导体系决定了油气运聚规律,并控制形成3种油气分布模式,即源外不整合输导断控富集模式、源内复合输导相控贫化模式和源边断裂输导断控富集模式。

关键词: 油气分布特征 主控因素 不均一性 油藏类型 油气分布模式 输导体系 铜钵庙组 塔南凹陷

中图分类号: TE112.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2013)05-0028-05

油气不均一分布是含油气盆地中油气分布的普遍规律,通过油藏描述深入研究油气分布的不均一性及其控制因素,尤其是明确复杂油气藏油气分布的不均一性,可以为精细勘探、滚动勘探开发及油藏评价提供依据,实现勘探和开发的有机结合^[1-2]。

塔南凹陷为海塔盆地近年来增储上产的重要油气勘探开发区,铜钵庙组是重点勘探开发层系,探明石油地质储量占塔南凹陷总探明石油地质储量的87%,充分展示了铜钵庙组良好的油气勘探前景和开发潜力。勘探开发实践证明,塔南凹陷不同构造区带的铜钵庙组虽然具有相同的油源和区域盖层条件,但在油藏类型、油气富集程度和油井产能等方面均存在较大差异,油气分布具有严重的不均一性。前人对塔南凹陷的成藏条件、油气富集规律等进行了研究^[3-4],但对不同构造区带油气分布的不均一性及主控因素缺乏系统的分析和总结。为此,笔者对塔南凹陷探明石油地质储量区进行精细的油藏描述,综合动、静态资料及前人研究成果^[3-4],系统总结了不同构造区带之间铜钵庙组的油气分布特征,并对其主控因素进行剖析,以期深化油藏认识、指导后续滚动勘探开发及开发方案调整提供依据。

1 区域地质概况

塔南凹陷位于海塔盆地中央断陷带南部,为受北东、北东东向基底控陷断裂控制形成的东断西超的箕状凹陷。其断裂体系较发育、分割性强,整体具有东西成带、南北分区、凹凸相间的构造特征;自西向东依次为西部斜坡带、西部次凹、西部断裂潜山带、中部次凹、中部断裂潜山带、东部次凹和东部断鼻构造带^[5],其中中部次凹可进一步划分为南、北洼槽和中部构造转换带。

塔南凹陷的构造演化经历了断陷期、断拗期和拗陷期3个阶段,自下而上发育基底、白垩系、古近系和新近系。白垩系自下而上发育下白垩统铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组、伊敏组 and 上白垩统青元岗组。其中,铜钵庙组为初始裂陷沉降幕的沉积充填,受北东东向控陷断层活动的影响,断块差异沉降明显,同时伴随大面积火山喷发,主要发育以火山碎屑岩为主的浅盆、近源扇三角洲沉积,是研究区主要的储层和含油层系;南屯组为强烈断陷沉降幕的沉积充填,其下部发育一套广盆、深湖一半深湖暗色泥岩,是研究区主要的烃源岩层系,也是下伏铜钵庙组油藏良好的区域性盖层。

收稿日期:2013-07-01。

作者简介:马立民,男,在读博士研究生,从事油气成藏规律及油藏描述研究。联系电话:15964212453, E-mail:malm1985@126.com。

基金项目:国家科技重大专项“复杂油气藏精细表征及剩余油分布预测”(2011ZX05009-003)。

2 油气分布特征

“源控”是陆相断陷盆地油气分布的基本规律^[6]。塔南凹陷铜钵庙组已探明的油气藏主要沿有效烃源灶呈条带状分布于西部断裂潜山带、中部次凹和中部断裂潜山带,各构造区带之间油气分布的不均一性主要表现为油藏类型、油气富集程度以及油井产能的差异。

油藏类型 油藏类型反映油藏的成因机制,油气勘探开发主要依据油藏类型进行方案的部署。研究区西部断裂潜山带主要发育以反向断层为遮挡的块状断块油藏;中部次凹南、北洼槽以断层-岩性、岩性、地层不整合遮挡油藏为主,在构造转换带主要发育层状断鼻油藏;中部断裂潜山带主要发育断背斜油藏。不同的油藏类型其油藏特征也表现出较大的差异(图1)。













| 构造区带 | 主要油藏类型 | 油藏模式 | | 油藏特征 |
|---------|---------|---|---|------------------------------------|
| | | 平面 | 剖面 | |
| 西部断裂潜山带 | 断块 |  |  | 整体上油下水,呈块状;统一的油水界面和压力系统;具有明显的边水和底水 |
| 中部次凹 | 构造转换带 |  |  | 整体上油下水,呈层状;统一的油水界面和压力系统;具有明显的边水 |
| | 断层-岩性 |  |  | 整体上油下干,多呈层状;无统一的油水(油干)界面;无明显的边水和底水 |
| | 岩性上倾尖灭 |  |  | 无统一的油水界面;无明显的边水和底水 |
| | 地层不整合遮挡 |  |  | 多呈层状;无统一的油水界面;无明显的边水和底水 |
| 中部断裂潜山带 | 断背斜 |  |  | 整体上油下水;统一的油水界面和压力系统;具有明显的边水和底水 |

图1 塔南凹陷铜钵庙组油藏类型及特征

油气富集程度 研究区铜钵庙组储量评价结果表明,西部断裂潜山带已探明石油地质储量占总探明石油地质储量的32%;各断块的储量丰度较高,其中主力断块的储量丰度高达 $330 \times 10^4 \text{ t/km}^2$;油层的单层厚度大,平均为6.8 m。中部次凹南、北洼槽已探明石油地质储量分别占总探明石油地质储量的14%和13%,储量丰度均小于 $100 \times 10^4 \text{ t/km}^2$,北洼槽主要发育中厚层油层,油层单层厚度平均为5.3 m,南洼槽油层单层厚度较小,平均为3.4 m;中部次凹构造转换带已探明石油地质储量占总探明石油地质储量的29%,储量丰度为 $310 \times 10^4 \text{ t/km}^2$,主

要发育中厚层油层,油层单层平均厚度为4.3 m。中部断裂潜山带已探明石油地质储量占总探明石油地质储量的12%,储量丰度平均为 $208 \times 10^4 \text{ t/km}^2$,油层单层厚度较小,平均为3.5 m。

油井产能 西部断裂潜山带的纯油层比例高,仅在低部位局部发育油水同层,多数油井均具有自然产能,部分油井自然抽汲产能超过30 t/d;中部断裂潜山带和中部次凹构造转换带的构造高部位均以纯油层为主,低部位发育一定厚度的油水同层,油井自然产能相对较低,但经压裂改造可获得较高的工业油流,压裂后抽汲的平均产能为15.6 t/d;中部次凹南、北洼槽的油层横向变化快,以差油层为主,少数油井具有较低的自然产能,大部分油井须压裂才能获得工业油流,压裂后抽汲的平均产能为6.4 t/d。截至2010年底,研究区高产的主力区带为西部断裂潜山带、中部次凹构造转换带和中部断裂潜山带,中部次凹南、北洼槽整体动用效果较差。

3 油气分布的主控因素

3.1 构造沉积格局

陆相断陷盆地断裂体系较为发育,断裂的形成与演化控制着构造带的形成和沉积充填,决定了不同区带之间构造沉积格局的差异以及相应的圈闭类型响应,进而控制了多种类型油藏的形成与分布^[7-9]。塔南凹陷受早期伸展作用影响,形成了一系列北北东走向、呈多米诺式排列的反向断裂,控制了3个东断西超的半地堑结构,形成凹陷相间的复式箕状断陷^[3];不同构造区带之间的构造沉积格局具有较大差异,其相应的成圈模式及特点也不同。

西部断裂潜山带为受凹陷西部基底反向断裂控制形成的北北东向展布、区域东倾的长条形单斜构造。受次级断裂切割,在斜坡背景上形成了多个以基底反向断裂为边界的断块圈闭;由于边界断层断距较大,致使断层下盘铜钵庙组储层与上盘南屯组巨厚泥岩层对接,断层侧向封堵性好,为油气成藏提供了良好的遮挡条件。该区带临近西部物源区,以扇三角洲前缘水下分流河道沉积为主;砂地比高达80%,砂体厚度大,呈块状,层间泥岩隔层少而薄,横向稳定性差,有利于块状油藏的形成。

中部次凹属于塔南凹陷的深陷带,其构造格局主要受凹陷中央沿长轴方向伸展的基底控陷断裂控制。基底控陷断裂强烈活动过程中,受断块翘倾

作用影响,在中部次凹缓坡发育次级反向断裂;且由于控陷断裂南北活动强度的差异,于次凹的中部形成了构造转换带,将中部次凹分割为南、北2个洼槽。南、北洼槽缓坡反向断层的发育不仅为圈闭提供了遮挡,也为砂岩上倾尖灭圈闭的形成提供了良好的斜坡背景;且随着反向断层活动的持续,断块逐渐翘倾隆升,在顶部出现局部削截不整合,从而形成了地层不整合遮挡圈闭。中部次凹构造转换带整体表现为反向屋脊状凸起特征,受调节断层和控陷断裂双重控制,主要发育断鼻圈闭。在沉积格局上,中部次凹整体为扇三角洲前缘沉积,发育水下分流河道、河道漫溢、席状砂等储集砂体类型;单层砂体厚度较西部断裂潜山带有所减薄,岩性相对变细,且受成岩作用影响,储层物性较差,层间隔层横向上发育相对稳定;油藏明显受岩性控制,多以层状油藏为主。

中部断裂潜山带紧邻凹陷深陷带,受基底控陷断裂南北活动强度差异的影响,在铜钵庙组沉积时期,其北部呈小型低凸起的地貌形态,仅在南部接受沉积^[10]。铜钵庙组沉积末期,塔南凹陷发生区域强烈构造反转,随着基底断块翘起隆升,上覆铜钵庙组发生抬升褶皱,在基底控陷断裂下盘形成断背斜圈闭。在沉积格局上,中部断裂潜山带距物源区较远,储集砂体以薄层扇三角洲水下分流河道和席状砂为主,隔夹层较为发育,以发育层状油藏为主。

3.2 沉积相和成岩相

“相控”是含油气盆地油气成藏的普遍特征,在具备有效烃源岩和有利构造背景的前提下,沉积相和成岩相是决定有利储集相形成与分布的基础和关键,是控制储层物性和油气富集的核心要素^[11-12]。

铜钵庙组沉积时期,受基底古地貌控制和同沉积火山作用影响,研究区主要发育以火山碎屑岩为主的扇三角洲沉积体系^[13-14],探明储量区整体处于扇三角洲前缘相带。其中,西部断裂潜山带临近西部物源区,水下分流河道是其主要沉积微相类型,河道砂体平面上错叠连片、纵向上多期叠置,呈厚层块状发育,且岩性整体较粗,以凝灰质砂砾岩、砂

岩为主,含部分砂砾岩、砂岩以及凝灰岩;中部次凹北洼槽的物源来自凹陷北部古凸起,主要发育条带状水下分流河道和河道漫溢沉积,岩性整体较粗,以凝灰质砂砾岩、砂岩为主,含少量凝灰岩、沉凝灰岩;中部次凹南洼槽、构造转换带及中部断裂潜山带临近沉积中心,储集相带以水下分流河道和席状砂为主,储层岩性较细,以凝灰质细砂岩、凝灰岩和沉凝灰岩为主,含少量凝灰质砂砾岩、熔结凝灰岩。整体上,从西部断裂潜山带、中部次凹北洼槽到中部次凹构造转换带、南洼槽以及中部断裂潜山带具有岩性逐渐变细和凝灰质含量逐渐增高的变化规律。

依据镜质组反射率、最高热解温度和粘土矿物含量等资料统计表明,研究区铜钵庙组整体处于中成岩阶段A期^[13],但各区带之间成岩相具有较大差异。其中,西部断裂潜山带的储层埋深浅,岩石成分以刚性粗碎屑颗粒为主,压实作用较弱;受储层顶部削截不整合面影响,大气水淋滤作用明显,且由于断裂体系发育,酸性流体活跃,长石、岩屑及凝灰质填隙物的溶蚀、溶解作用较为发育,成岩相以强溶蚀、弱压实相为主。中部次凹南、北洼槽的储层埋深较大,整体岩性较细,填隙物含量高,易于压实;凝灰质成分具有一定的定向构造,并伴有碎屑颗粒的塑性变形和脆性破裂,压实作用中等—强;由于缺少酸性流体的影响,溶蚀作用较弱,但凝灰质填隙物、岩屑的脱玻化作用较为显著,成岩相总体表现为弱溶蚀、中等—强压实相。中部断裂潜山带和中部次凹构造转换带的储层埋深中等,凝灰质成分含量高,碎屑颗粒以线接触为主,压实作用中等;由于主要储层距顶部不整合约为120 m,大气水淋滤作用弱,溶蚀作用中等,以填隙物溶蚀为主,但凝灰质成分的脱玻化作用较为发育,成岩相整体以中等溶蚀、中等压实相为主。

塔南凹陷区带间沉积相和成岩相的差异控制了各区带储集相带的形成与分布,决定了储层的储集空间类型、孔喉特征和储层物性等(表1),进而控制了区带间油气富集及相应油井产能的差异。

表1 塔南凹陷不同构造区带储层特征

| 构造区带 | 主要沉积微相类型 | 成岩相类型 | 主要储集空间类型 | 孔隙度, % | 渗透率/ 10 ⁻³ μm ² | 储层类型 |
|---------|------------|-------------|------------------|--------|--|----------|
| 西部断裂潜山带 | 水下分流河道 | 强溶蚀、弱压实相 | 原生粒间孔、粒间溶孔、填隙物溶孔 | 17.6 | 102.2 | 中孔、中渗透 |
| 中部次凹 | 北洼槽 | 水下分流河道、河道漫溢 | 弱溶蚀、中等—强压实相 | 9.3 | 0.4 | 特低孔、超低渗透 |
| | 南洼槽 | 水下分流河道、席状砂 | 弱溶蚀、中等—强压实相 | 6.9 | 0.6 | 特低孔、超低渗透 |
| | 构造转换带 | 水下分流河道、席状砂 | 中等溶蚀、中等压实相 | 11.3 | 1.1 | 低孔、特低渗透 |
| 中部断裂潜山带 | 水下分流河道、席状砂 | 中等溶蚀、中等压实相 | 粒间溶孔、粒内溶孔、填隙物溶孔 | 12.1 | 7.8 | 低孔、低渗透 |

3.3 输导体系

输导体系是含油气系统中所有运移通道及其相互配置的综合,是连接烃源岩与圈闭的桥梁和纽带,并将成藏要素和成藏作用连结成一个有机整体;其决定了油气的输导样式、运移方向、油藏类型以及成藏位置,控制着油气成藏与分布^[15-17]。塔南凹陷铜钵庙组含油气系统的输导体系主要由不整合、断裂和连通砂体等输导要素构成,且横向上具有分带性,不同构造区带输导体系的构成具有明显差异,并控制形成3种油气分布模式,即源外不整合输导断控富集模式、源内复合输导相控贫化模式和源边断裂输导断控富集模式(图2)。

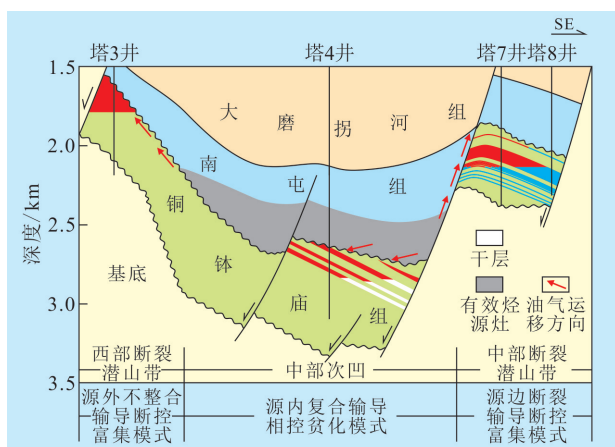


图2 塔南凹陷铜钵庙组油气分布模式

源外不整合输导断控富集模式分布于塔南凹陷西部断裂潜山带。该区带远离有效烃源灶,其油气来自南洼槽南屯组烃源岩,主要由铜钵庙组顶部区域不整合进行横向输导。根据岩心观察、录井、测井等资料显示,铜钵庙组顶部区域不整合未发育典型的三层结构,缺失风化粘土层,其顶板岩石中底砾岩亦不发育,主要为南屯组湖相泥岩;该套泥岩厚度大,平面连续性好,为油气沿不整合侧向运移提供了良好的封盖条件^[18-19]。不整合面之下半风化岩石主要为凝灰质砂砾岩和凝灰质砂岩,受大气水淋滤改造,部分形成支撑型砾岩,物性好,是油气运移的良好通道^[4],且西部断裂潜山带的不整合面倾角较大,一般为 $15^{\circ} \sim 22^{\circ}$,倾角越大,浮力动力梯度越大,为油气侧向运移提供了较好的条件。油气沿不整合侧向运移至断裂带,在反向断层的遮挡下形成断块油藏,且同一断块内具有统一的油水界面,油柱高度和油藏规模主要受控于断层的侧向封闭性^[20-21]。西部断裂潜山带具有充足的油源、良好的油气运移通道和较高的断层侧向封闭能力,同时具备优质的储集相带;因此,油气较为富集,油气储

量丰度大,油井产能高。

源内复合输导相控贫化模式主要发育于中部次凹南、北洼槽。铜钵庙组沉积时期,南、北洼槽扇三角洲前缘砂体发育程度高,砂地比一般为 $60\% \sim 80\%$,且平面上连片分布,纵向上多期错叠,形成骨架连通砂体,与铜钵庙组顶部区域不整合共同构成了洼槽内的复合输导系统。上覆南屯组烃源岩生成的油气初次运移至下伏不整合和铜钵庙组骨架砂体输导层后,在超压和浮力作用下,顺洼槽内斜坡向上倾方向二次运移,并在距烃源岩层较近的反向断层、岩性或不整合遮挡圈闭中聚集成藏。受沉积相和成岩相的控制,南、北洼槽的储层物性较差,导致其输导效率较低,油气主要分布于物性较好的优质储层内;因此,中部次凹南、北洼槽虽然位于有效烃源灶内,但油气却相对贫化,储量丰度相对较小,油井产能较低。

源边断裂输导断控富集模式分布于中部次凹构造转换带和中部断裂潜山带。这2个构造带的形成和演化均受塔南凹陷中央长期继承性活动的基底断裂控制,该断裂演化时间长、落差大,将其上盘深部南屯组烃源岩和下盘浅部铜钵庙组与断层相关的圈闭沟通,且该断裂的主活动期与油气大规模运聚成藏期相耦合,是油气垂向运移的高效通道,油藏多沿断裂带呈层状叠置分布。中部断裂潜山带和中部次凹构造转换带紧邻有效烃源灶,油源充足,基底油源断裂为油气运聚提供了高效的垂向运移通道及良好的圈闭条件;因此,其油气较为富集,油气储量丰度较大,油井产能较高。

4 结论

塔南凹陷铜钵庙组不同构造区带之间油气分布具有严重的不均一性,主要表现为油藏类型、油气富集程度及油井产能的差异。西部、中部断裂潜山带和中部次凹构造转换带以断块、断背斜和断鼻油藏为主,是油气富集高产的主力区带;中部次凹南、北洼槽以断层-岩性、岩性和地层不整合遮挡油藏为主,储量丰度和油井产能较低。研究区铜钵庙组油气分布的不均一性主要受构造沉积格局、沉积相、成岩相和输导体系的控制。其中,区带间差异构造沉积格局控制了多种类型油藏的形成与分布;沉积相和成岩相造成的储集相带的差异决定储层质量,进而控制油气富集程度和油井产能;区带间差异输导体系决定油气运聚规律,并控制形成源外

不整合输导断控富集模式、源内复合输导相控贫化模式和源边断裂输导断控富集模式3种油气分布模式。

参考文献:

- [1] 林承焰,谭丽娟,于翠玲.论油气分布的不均一性(I)——非均质控油理论的由来[J].岩性油气藏,2007,19(2):16-21.
- [2] 林承焰,谭丽娟,于翠玲.论油气分布的不均一性(II)——非均质控油理论探讨[J].岩性油气藏,2007,19(3):14-22.
- [3] 王玉华,蒙启安,张革,等.塔南凹陷油气成藏条件与富集规律[J].大庆石油地质与开发,2009,28(5):13-17.
- [4] 付晓飞,王勇,渠永红,等.被动裂陷盆地油气分布规律及主控因素分析——以塔木察格盆地塔南坳陷为例[J].地质科学,2011,46(4):1119-1131.
- [5] 王显东,贾承造,蒙启安,等.塔南断陷陡坡带南屯组岩性油藏形成与分布的主控因素[J].石油学报,2011,32(4):564-572.
- [6] 胡朝元.生油区控制油气田分布——中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论[J].石油学报,1982,3(2):9-13.
- [7] 孙永河,漆家福,吕延防,等.渤中坳陷断裂构造特征及其对油气的控制[J].石油学报,2008,29(5):669-675.
- [8] 张琴,朱筱敏,董国栋,等.南苏门答腊盆地构造演化对沉积演化及成藏条件的控制[J].油气地质与采收率,2013,20(1):16-19.
- [9] 张锐锋,李先平,于兴河,等.冀中坳陷深县凹陷构造沉积格局与圈闭类型响应关系[J].现代地质,2011,25(1):62-69.
- [10] 蒙启安,纪友亮.塔南凹陷白垩纪古地貌对沉积体系分布的控制作用[J].石油学报,2009,30(6):843-848.
- [11] 邹才能,陶士振,薛叔浩.“相控论”的内涵及其勘探意义[J].石油勘探与开发,2005,32(6):7-12.
- [12] 张恒,孙海龙.相控模式下的储层预测方法与应用——以海坨北地区青山口组为例[J].油气地质与采收率,2010,17(2):60-63.
- [13] 蒙启安,刘立,曲希玉,等.贝尔凹陷与塔南凹陷下白垩统铜钵庙组一南屯组油气储层特征及孔隙度控制作用[J].吉林大学学报:地球科学版,2010,40(6):1232-1240.
- [14] 纪友亮,蒙启安,单敬福,等.塔南一南贝尔凹陷南屯组下部沉积体系平面展布特征[J].石油实验地质,2011,33(3):260-265.
- [15] 卢学军,刘华,王建瑞,等.渤海湾盆地霸县凹陷输导体系与新近系油气运聚特征[J].石油实验地质,2010,32(3):258-261.
- [16] 姜慧超,宋宁,耿长波.苏北盆地海安凹陷泰州组输导体系及其控藏作用[J].油气地质与采收率,2011,18(5):23-26.
- [17] 张照录,王华,杨红.含油气盆地的输导体系研究[J].石油与天然气地质,2000,21(2):133-135.
- [18] 刘维亮,夏斌,孙治雷,等.徐家围子断陷深层不整合结构及其与天然气运移的关系[J].油气地质与采收率,2011,18(6):14-17.
- [19] 宋国奇,隋风贵,赵乐强.济阳坳陷不整合结构不能作为油气长距离运移的通道[J].石油学报,2010,31(5):744-747.
- [20] 王学军,苏惠,曾澍辉,等.东濮凹陷西部斜坡带长垣断层封闭性及其输导模式[J].油气地质与采收率,2012,19(4):5-9.
- [21] 冷济高,庞雄奇,杨克明,等.断块圈闭控藏模式——以辽河盆地西部凹陷为例[J].油气地质与采收率,2011,18(2):1-6.
- [10] 王平,常安定,董安国,等.鄂尔多斯盆地东南部长3油层段储层岩石类型聚类分析[J].油气地质与采收率,2012,19(5):39-42.
- [11] 国殿斌.东濮凹陷三叠系裂缝性砂岩储层微观孔隙结构特征[J].断块油气田,2011,18(2):191-194.
- [12] 付国民,李子甲,李磊.鄂尔多斯盆地东南缘长3油层组成岩储集相[J].油气地质与采收率,2010,17(2):29-32.
- [13] 周桂芹.鄂尔多斯盆地延长组中部层序地层格架及有利储层分布[J].油气地质与采收率,2012,19(2):16-19.
- [14] 宋子齐,常蕾,孙颖,等.雁木西油田白垩系有利沉积相带与油藏储量分布[J].断块油气田,2010,17(1):14-18.
- [15] 陈安清,陈洪德,林良彪,等.岩性油气藏储层非均质性成因模式——以鄂尔多斯盆地榆林—米脂地区盒8段为例[J].油气地质与采收率,2010,17(3):19-23.
- [16] 宋子齐,唐长久,刘晓娟,等.利用岩石物理相“甜点”筛选特低渗透储层含油有利区[J].石油学报,2008,29(5):711-716.
- [17] 隋军,吕晓光,赵瀚卿,等.大庆油田河流三角洲相储集层研究[M].北京:石油工业出版社:138-148.
- [18] 宋子齐,王浩,赵磊,等.灰色系统储盖组合精细评价的分析方法[J].石油学报,2002,23(4):35-41.
- [19] 宋子齐.灰色理论油气储层评价[M].北京:石油工业出版社,1995:20-55.
- [20] 宋子齐,程国建,杨立雷,等.利用测井资料精细评价特低渗透储层的方法[J].石油实验地质,2006,28(6):595-599.
- [21] 宋子齐,丁健,巴素玉,等.利用测井资料计算非均质砾岩油藏单井控制地质储量[J].中国石油勘探,2007,12(1):60-66.
- [22] 孙宝佃,宋子齐,成志刚,等.特低渗透储层测井系列优化评价研究[J].石油地球物理勘探,2012,47(3):483-490.
- [23] 宋子齐,李亚玲,潘玲黎,等.测井资料在小洼油田盖层评价中的应用[J].油气地质与采收率,2005,12(4):4-6,28.
- [24] 宋子齐,程国建,王静,等.特低渗透油层有效厚度确定方法研究[J].石油学报,2006,27(6):103-106.
- [25] 宋子齐,李文芳,唐长久,等.WZ12-1油田南块濶四段油层有效厚度研究[J].断块油气田,2009,16(2):21-24.
- [26] 孙宝佃,成志刚,宋子齐,等.特低渗透储层有利沉积微相带测井精细评价[J].测井技术,2011,35(增刊):652-656.

编辑 邹澍滢

(上接第27页)

- [10] 王平,常安定,董安国,等.鄂尔多斯盆地东南部长3油层段储层岩石类型聚类分析[J].油气地质与采收率,2012,19(5):39-42.
- [11] 国殿斌.东濮凹陷三叠系裂缝性砂岩储层微观孔隙结构特征[J].断块油气田,2011,18(2):191-194.
- [12] 付国民,李子甲,李磊.鄂尔多斯盆地东南缘长3油层组成岩储集相[J].油气地质与采收率,2010,17(2):29-32.
- [13] 周桂芹.鄂尔多斯盆地延长组中部层序地层格架及有利储层分布[J].油气地质与采收率,2012,19(2):16-19.
- [14] 宋子齐,常蕾,孙颖,等.雁木西油田白垩系有利沉积相带与油藏储量分布[J].断块油气田,2010,17(1):14-18.
- [15] 陈安清,陈洪德,林良彪,等.岩性油气藏储层非均质性成因模式——以鄂尔多斯盆地榆林—米脂地区盒8段为例[J].油气地质与采收率,2010,17(3):19-23.
- [16] 宋子齐,唐长久,刘晓娟,等.利用岩石物理相“甜点”筛选特低渗透储层含油有利区[J].石油学报,2008,29(5):711-716.
- [17] 隋军,吕晓光,赵瀚卿,等.大庆油田河流三角洲相储集层研究[M].北京:石油工业出版社:138-148.
- [18] 宋子齐,王浩,赵磊,等.灰色系统储盖组合精细评价的分析方法[J].石油学报,2002,23(4):35-41.
- [19] 宋子齐.灰色理论油气储层评价[M].北京:石油工业出版社,1995:20-55.
- [20] 宋子齐,程国建,杨立雷,等.利用测井资料精细评价特低渗透储层的方法[J].石油实验地质,2006,28(6):595-599.
- [21] 宋子齐,丁健,巴素玉,等.利用测井资料计算非均质砾岩油藏单井控制地质储量[J].中国石油勘探,2007,12(1):60-66.
- [22] 孙宝佃,宋子齐,成志刚,等.特低渗透储层测井系列优化评价研究[J].石油地球物理勘探,2012,47(3):483-490.
- [23] 宋子齐,李亚玲,潘玲黎,等.测井资料在小洼油田盖层评价中的应用[J].油气地质与采收率,2005,12(4):4-6,28.
- [24] 宋子齐,程国建,王静,等.特低渗透油层有效厚度确定方法研究[J].石油学报,2006,27(6):103-106.
- [25] 宋子齐,李文芳,唐长久,等.WZ12-1油田南块濶四段油层有效厚度研究[J].断块油气田,2009,16(2):21-24.
- [26] 孙宝佃,成志刚,宋子齐,等.特低渗透储层有利沉积微相带测井精细评价[J].测井技术,2011,35(增刊):652-656.

编辑 经雅丽