

鄂尔多斯盆地南部镇泾油田 前侏罗纪古地貌与油层分布规律

晓琪, 张峭楠, 刘 岩

(成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 通过大量的岩心观察、铸体薄片、物性测试、测井资料解释等, 用印模法编制了镇泾油田前侏罗纪古地貌图。通过分析古地貌与上覆地层延9的沉积相展布、构造格局及下伏长6的储层特征, 认为延9的沉积相展布完全受控于前侏罗纪古地貌, 辫状河道自高地经缓坡从山谷流出, 北边河流有支流汇入南边河流; 延9构造均为差异压实形成, 高地和山脊易形成幅度较大的背斜构造; 剥蚀面之下的长6储层物性明显受控于淋滤作用的改造程度, 淋滤作用愈强、蚀变产物易带走, 则储层具有较好的物性, 而淋滤作用的改造程度和蚀变产物的易带程度也完全受古地貌的控制, 山谷为淋滤带最发育区。剥蚀面之上的延9油层主要受构造和砂体的控制, 油层分布于高地和山脊; 而剥蚀面之下的长6油层主要受控于淋滤带的改造程度, 油层主要分布于山谷。

关键词: 镇泾油田; 印模法; 古地貌; 压实效率

中图分类号: TE121.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)04-0385-04

Relationship Between Pre-Jurassic Palaeogeomorphology and Oil Distribution of Zhenjing Oilfield in South Ordos Basin

DING Xiao-qi, ZHANG Shao-nan, LIU Yan

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract Pre-Jurassic palaeogeomorphology of Zhenjing oilfield has been mapped by mold method according to well cores, cast liquid photos and petrophysical data, as well as interpretation of well logs. Based on analysis of palaeogeomorphology, it is found that the distribution of sedimentary facies of Yan 9 formation was controlled by pre-Jurassic palaeogeomorphology, braid channels flew out the valley from highland with gentle slopes, and some distributaries of braid channels in the north part came to braid channel in the south. The structures of Yan 9 were formed by differential compaction. Highland and ridge could formed comparative high angle anticline easily. The petrophysics of Chang 6 formation under the denudation plane were controlled by leaching degree, that is to say, reservoir has better petrophysics if it experienced strong leaching through which the products of alteration were discharged easily. The degree of leaching and discharge of alteration products were controlled by palaeomorphology, thus, valley had most leaching zones. The Yan 9 reservoir over the denudation plane were controlled by structures and sandstones, and oils distributed in highland and ridge. However, the Chang 6 reservoir under the denudation plane were controlled by degree of leaching, and oils distributed in valley.

Key words: Zhenjing oilfield; method of mold; palaeogeomorphology; compacting efficiency

0 引言

剥蚀面下古地貌的研究起步于20世纪50年

代, 现已在石油勘探开发中得到了广泛应用^[1-9]。中国从70年代之后才开始真正重视古地貌的研究, 并取得了一系列的成果, 如鄂尔多斯盆地中部

收稿日期: 2008-02-26

作者简介: 丁晓琪(1981-), 男, 甘肃武威人, 讲师, 工学博士, 从事储层沉积学与储层地球化学研究。E-mail: Evans_qi@163.com

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

气田的发现^[7]、塔里木盆地塔河油田的发现^[8]、华北油田古潜山油气田的发现^[9]等。然而,以上研究主要针对剥蚀面下的碳酸盐岩古风化壳,很少有人研究剥蚀面下的碎屑岩古风化壳对剥蚀面上、下的沉积、构造、储层及成藏的影响。笔者以鄂尔多斯盆地南缘镇泾油田为例,探讨碎屑岩地层中剥蚀面起伏形态对其上下油层分布的控制作用。

镇泾油田位于天环拗陷南部(图 1),目前共有钻井百余口,主要勘探层位为延 9、长 6 及长 8^[10]。镇泾油田中生界地层主要有三叠系延长组,侏罗系延安组、直罗组、安定组及白垩系地层。受印支运动的影响,延长组缺失长 4+长 5 或长 6 以上地层,延安组缺失延 6 以上地层,在延长组顶和延安组顶形成 2 个剥蚀面。目前镇泾油田的主要产油层位为延 9 和长 6,均与前侏罗纪剥蚀面有密切关系。

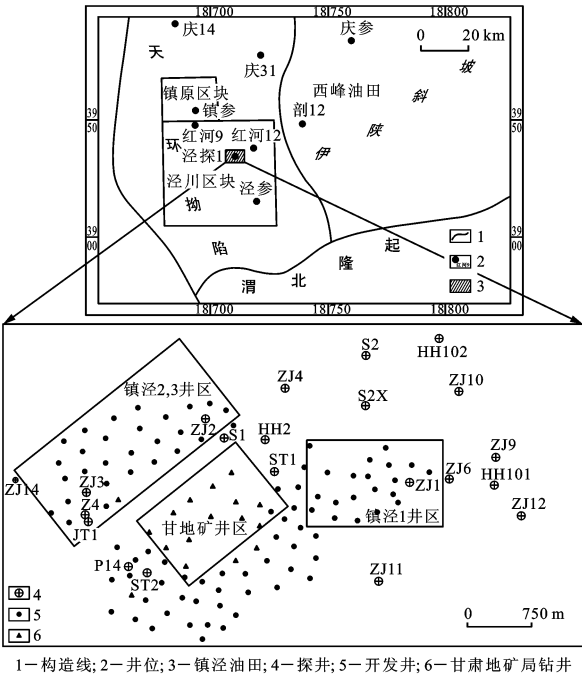


图 1 研究区地理位置
Fig. 1 Location of the Study Area

对鄂尔多斯盆地南部中生界石油勘探的深入研究表明:前侏罗纪古地貌形态控制着侏罗系延安组的沉积、构造,进而控制了油层的分布规律^[11-13]。而古地貌下伏的延长组碎屑岩系地层也受古地貌的影响,古地貌对其储集物性起明显的控制作用。基于鄂尔多斯盆地南部油气勘探的现状,要求对前侏罗纪古地貌进行详细刻画,明确前侏罗纪古地貌与成藏之间的关系,进而对鄂尔多斯盆地南部中生

界油气勘探提供理论指导。

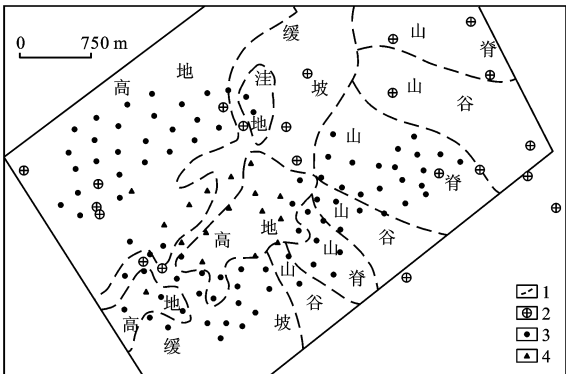
1 前侏罗纪古地貌平面分布特征

1.1 古地貌图的编制

鄂尔多斯盆地延安组的石油勘探表明,前侏罗纪古地貌形态与延安组油藏的形成关系密切。三叠纪末,印支运动使盆地整体抬升,形成了广泛而明显的侵蚀古地貌,延安组延 10 段属于河道充填型沉积,延 9 段为广覆型补偿沉积,至延 9 顶煤沉积期,地形已起伏不大^[4]。笔者应用印模法恢复前侏罗纪古地貌形态。印模法的地质依据是延长组顶侵蚀面至延安组延 9 顶煤之间的地层厚度,这种面状特征为侵蚀面印模,它间接反映了侵蚀面的起伏形态^[14-15]。也就是说,古地貌高,则上覆沉积薄;古地貌低,则上覆沉积厚。延 9+延 10 的厚度与前侏罗纪古地貌呈镜像关系,利用其厚度可以反演前侏罗纪古地貌形态,地层厚度由大到小反映了古地貌由低变高。在以上分析的基础上,考虑不同岩性的压实效率不一致,取研究区砂岩初始孔隙度为 37%,现今为 12%;取泥岩的初始孔隙度为 50%,现今为 4%;取煤层的初始孔隙度为 80%,现今为 7%。根据骨架不变原理^[16],对其进行压实恢复。通过编制延 9+延 10 原始沉积厚度图就可以恢复前侏罗纪古地貌形态。

1.2 古地貌分区

图 2 为用印模法考虑压实效率编制的前侏罗纪古地貌图,古地貌为西高东低,坡度很平缓,平均在 1/100 m 左右。根据地形的相对高低变化,可划分出高地、洼地、缓坡、山谷和山脊等微地貌单元。



1—古地貌单元界线;2—探井;3—开发井;4—甘肃地矿局钻井

图 2 镇泾油田前侏罗纪古地貌
Fig. 2 Pre-Jurassic Palaeogeomorphology
of Zhenjing Oilfield

1.2.1 高地

文中所定义的高地仅指延安组沉积时, 古地貌相对较高, 延 10+ 延 9 地层厚度小于 70 m 的区域。高地主要有 3 块, 较大的一块在镇泾 2、3 井区, 次为甘肃地矿局井区, 最小的一块在 SK1 井区。

1.2.2 缓坡

是指地形线较平缓、坡度变化不大的区域。

1.2.3 洼地

是指地形相对较低的区域。研究区只有小范围的洼地出现, 分布于缓坡中。

1.2.4 山谷

是指等高线凸向高处的山谷连线, 山脊之间的低洼部分。研究区主要分布 3 个山谷。

1.2.5 山脊

是指等高线凸向低处的山脊连线。研究区也主要分布 3 个山脊, 与 3 个山谷相间出现。

2 前侏罗纪古地貌对延安组沉积、构造的控制作用

2.1 对沉积的控制作用

剥蚀面之上为延 10 沉积, 但研究区延 10 砂体极不发育, 以泥岩沉积为主, 夹有少量的决口扇粉砂岩沉积。延 10 之上为镇泾油田的主力产层延 9 沉积, 虽然延 9 与剥蚀面不直接接触, 但仍然受剥蚀面的控制, 因为延 10 结束时, 填平补齐并没有结束。延 9 为一种广覆型沉积, 顶煤稳定, 在整个镇泾油田均可对比, 说明延 9 沉积结束后, 才真正达到准平原化。

图 3 为延 9 的沉积微相平面展布图, 结合古地

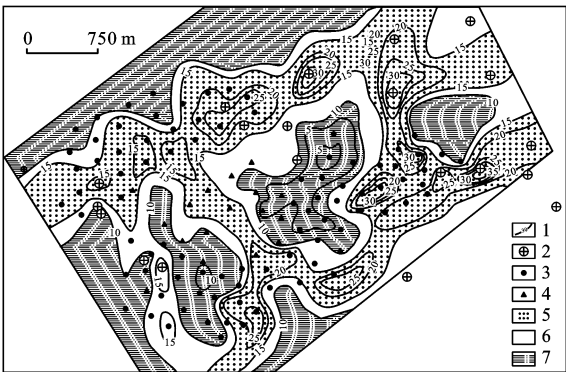


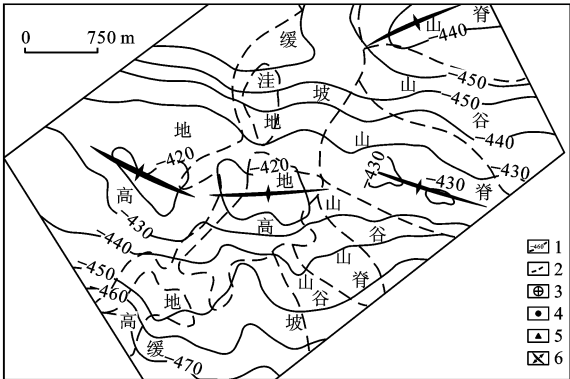
图 3 镇泾油田延 9 沉积微相

Fig. 3 Distribution of Sedimentary Microfacies of Yan 9 Formation in Zhenjing Oilfield

貌图可以看出: 延 9 的沉积受控于前侏罗纪古地貌, 辫状河道自高地经缓坡流出, 由于研究区北边古地貌较高, 有 3 条支流从北边古河道汇入南边古河道, 支流的流向选择高地之间的低洼处由高向低流, 而甘肃地矿局井区和 SK1 井区的高地则完全为河道间沉积。

2.2 对构造的控制作用

图 4 为延 9 顶煤的顶面构造叠加古地貌图, 可以看出, 研究区发育 4 个低幅背斜(鼻状构造): 位于北部高地的镇泾 2、3 井区低幅背斜、位于中央高地的甘肃地矿局井区低幅背斜、位于东部山脊的镇泾 1 井区背斜、位于北部山脊处的北部低幅背斜。4 个低幅背斜均位于高地和山脊处。勘探表明延长组的地层很平缓, 不存在像延 9 这样局部构造如此发育的地区。延长组地层比延安组地层老, 如果是构造成因, 延长组也应构造发育才对, 说明延安组的低幅背斜不是构造成因, 而与差异压实有关。



1—延9海拔; 2—古地貌单元界线; 3—探井; 4—开发井; 5—甘肃地矿局钻井; 6—构造轴线

图 4 镇泾油田延 9 顶面构造叠加前侏罗纪古貌

Fig. 4 Top Surface Structure of Yan 9 Formation and Pre-Jurassic Palaeogeomorphology of Zhenjing Oilfield

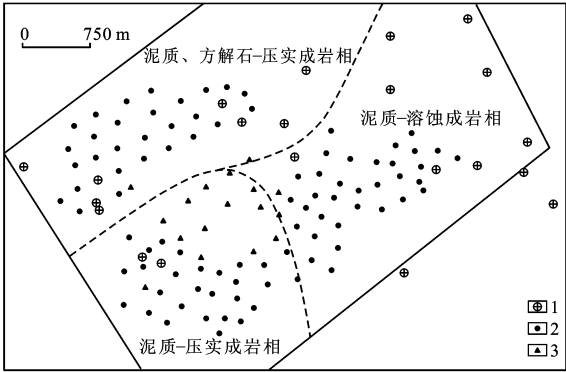
3 前侏罗纪古地貌对延长组储层的淋滤作用

不整合面之上多为砾岩或砂岩, 不整合面之下是风化壳。风化壳在纵向上往往具有明显的分带性, 从上至下是水解带和淋滤带^[17-18]。研究区水解带因含高岭石较多, 岩性常为泥岩, 有效孔隙度和渗透率很低, 可作为封闭油气的盖层; 而淋滤带常有较大孔隙度和渗透率, 既可做为油气运移的通道, 又可储集油气。

镇泾油田延长组长 6 储层属于致密砂岩储层^[19]。在非淋滤带, 孔隙度最大为 18.5%, 平均为

11.3%，以剩余原生粒间孔为主，渗透率最大为 $7.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均为 $0.45 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在淋滤带作用区，钻井取心过程中发现岩心疏松，呈弱固结状，孔隙度最大超过 27.0%，平均为 16.0%，渗透率最大为 $52.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均为 $32 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。淋滤带不发育区，见大量的新鲜长石；而在淋滤带，长石、岩屑发生蚀变，形成大量的蚀变高岭石和淀高岭石，高岭石含量最大超过 10.0%，平均为 6.8%。淋滤带在测井曲线上表现为井壁垮塌、密度减小、声波变大甚至出现周波跳跃。淋滤带大量溶孔的形成，极大改善了储层的储集物性。

从成岩相分布图也可以看出，高地主要发育泥质、方解石-压实成岩相和泥质-压实成岩相，而在山谷和山脊处主要发育泥质-溶蚀成岩相(图 5)，说明淋滤作用促进了方解石胶结物、长石及岩屑的溶蚀，形成了大量的次生孔隙。



1—探井; 2—开发井; 3—甘肃地矿局钻井

图 5 镇泾油田成岩相分布

Fig. 5 Distribution of Diagenetic Facies in Zhenjing Oilfield

4 前侏罗纪古地貌与油层分布规律

4.1 古地貌与延 9 油层分布规律

延 9 油层主要分布在背斜上，油层分布在构造高部位的厚层砂岩中，油水分异彻底，油水界面在 -445 m 左右。

通过以上分析可知，研究区的低幅背斜主要形成于差异压实。要形成幅度相对较大的大规模背斜，则前侏罗纪古地貌之上的延 10+延 9 地层要相对薄且富砂，高地和山脊正好具备这样的条件，图 4 中 4 个背斜圈闭均位于高地和山脊上。

高地是延 9 古河道的发育区，砂体发育。由于延 9 古河道的总体走向为近东西向，沉积前地形坡度相对较缓，山脊亦可能发育厚砂体。

从以上分析可以看出，延 9 油层最优越的分布区域为高地，次为山脊。

4.2 古地貌与长 6 油层分布规律

研究区长 6 油藏类型可以分为两种：一种与淋滤作用无关；另一种受淋滤作用的影响。这里只讨论后者。

受淋滤作用影响的油藏，地层平缓，为东高西低的单斜，油藏完全受岩性的控制。储层的孔隙结构直接控制着油气的充满度。如果没有淋滤作用的进行，长 6 储层较为致密，一旦受淋滤改造影响，则极大改善其孔隙结构。淋滤作用改造程度完全受古地貌的影响，长 6 砂体离剥蚀面越远，剥蚀面下的泥岩封隔层就越厚，淋滤作用愈弱；反之则越强。从前侏罗纪古地貌图可以看出，山谷是古地貌最低的地方，也就是剥蚀面离长 6 砂体最近的地方，淋滤带最发育，而高地、山脊及缓坡由于古地貌较高，受剥蚀面上厚层泥岩的封隔作用，地下水难以下渗，淋滤作用很难影响到长 6 砂体，砂体储集物性较差。因此，山谷中发育的长 6 砂体具有良好的储集油气的能力，为最有利的勘探区域。

5 结语

(1)受剥蚀面影响，淋滤作用可以改善储层的孔隙结构，使储层的储集性能变好。淋滤作用对储层的改造程度受前侏罗纪古地貌的影响，古地貌低，剥蚀面与长 6 砂体之间距离小的区域是淋滤带发育区。

(2)剥蚀面上延 9 油层主要受构造和砂体的控制，而构造和砂体又受控于前侏罗纪古地貌，所以高地砂体发育区是延 9 油层聚集的最有利区域，次为山脊；剥蚀面下长 6 油层主要受淋滤改造程度的影响，淋滤作用强的区域是油层富集区，古地貌低，水循环良好的山谷是长 6 最为有利的勘探区域。

参考文献:

[1] Troutman T. J. Reservoir Characterization, Paleoenvironment, and Paleomorphology of the Mississippian Redwall Limestone Paleokarst, Hualapai Indian Reservoir, Grand Canyon Area, Arizona[J]. AAPG Bulletin, 2000, 84(11): 1875-1883.

[2] House M. A, Wernicke B. P, Farley K. A. Paleogeomorphology of the Central and Southern Sierra Nevada: Further Insights from Apatite(U-Th)/He Ages[J]. Geological Society of America, 1999, 31(7): 481-482.

(下转第 395 页)

[5] Jiang C, Li M, van Duin A C T. Inadequate Separation of Saturate and Monoaromatic Hydrocarbons in Crude Oils and Rock Extracts by Alumina Column Chromatography[J]. Organic Geochemistry, 2000, 31(7/8): 751-756.

[6] 别道哲, 曹建平, 郑伦举. 原油及生油岩族组分旋转变薄层色谱分析[J]. 石油试验地质, 1999, 21(2): 184-187.

[7] 徐世平, 孙永革. 一种适用于沉积有机质族组分分离的微型柱色谱法[J]. 地球化学, 2006, 35(6): 681-688.

[8] 季 东, 关 平, 肖玉雄, 等. 原油极性分离法及其对解释原油碳同位素特征的作用[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 447-453.

[9] 孟志强, 秦 鹏, 刘景伟, 等. 有机抽提物族组分小柱状色谱分离[J]. 化学世界, 2006, 8(5): 271-272.

[10] Didyk B M, Simoneit B R T, Brassell S C, et al. Organic Geochemical Indicators of Palaeoenvironmental Conditions of Sedimentation[J]. Nature, 1978, 272: 216-222.

[11] Peters K E, Moldowan J M. Effects of Source, Thermal Maturity, and Biodegradation on the Distribution and Isomerization of Homohopanes in Petroleum[J]. Organic Geochemistry, 1991, 17(1): 47-61.

[12] Hughes W B, Holba A G, Dzou L I. The Ratios of Dibenzothiophene to Phenanthrene and Pristane to Phytane as Indicators of Depositional Environment and Lithology of Petroleum Source Rocks[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(17): 3581-3598.

[13] Peters K E, Moldowan J M. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments [M]. New Jersey: Prentice Hall, 1993.

[14] Peters K E, Walters C C, Moldowan J M. The Biomarker Guide: Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History[M]. Combridge: Cambridge University Press, 2005.

[15] Moldowan J M, Seifert W K, Gallegos E J. Relationship between Petroleum Composition and Depositional Environment of Petroleum Source Rocks[J]. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1985, 69(8): 1255-1268.

[16] Fu J M, Sheng G R, Peng P A, et al. Peculiarities of Salt Lake Sediments as Potential Source Rocks in China[J]. Organic Geochemistry, 1986, 10(1/3): 119-126.

[17] Seifert W K, Moldowan J M. The Effect of Thermal Stress on Source Rock Quality as Measured by Hopane Stereochemistry[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 1980, 12: 229-237.

[18] Tissot B P, Welte D H. Petroleum Formation and Occurrence [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1978.

[19] Volkman J K. A Review of Sterol Markers for Marine and Terigenous Organic Matter [J]. Organic Geochemistry, 1986, 9(2): 83-99.

[20] Czochanska Z, Gilbert T D, Philp R P, et al. Geochemical Application of Sterane and Triterpane Biomarkers to a Description of Oils from the Taranaki Basin in New Zealand[J]. Organic Geochemistry, 1988, 12(2): 123-135.

[21] Ten Haven H L, de Leeuw J W, Peakman T M, et al. Anomalies in Steroid and Hopanoid Maturity Indices[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1986, 50(5): 853-855.

[22] 张枝焕, 关 强. 新疆三塘湖盆地二叠系油源分析[J]. 石油试验地质, 1998, 20(2): 174-181.

[23] 常象春, 王明镇, 韩作振. 试论适合叠合盆地的油源对比方法[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(4): 32-36.

(上接第 388 页)

[3] Sangster D F. Paleogeomorphology in the Exploration for Undiscovered Sandstone-Lead Deposits, Salmon River Basin, Nova Scotia[J]. CIM Bulletin, 1990, 83(4): 62-68.

[4] 宋 凯, 吕剑文, 凌升阶, 等. 鄂尔多斯盆地定边—吴旗地区前侏罗纪古地貌与油藏[J]. 古地志学报, 2003, 5(4): 497-508.

[5] 吴丽艳, 陈春强, 江春明, 等. 浅谈我国油气勘探中的古地貌恢复技术[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(4): 559-586.

[6] 徐国强, 李国蓉, 刘树根, 等. 塔里木盆地早海西期多次风化壳岩溶洞穴[J]. 地质学报, 2005, 79(4): 557-568.

[7] 代金友, 史若珩, 何顺利. 鄂尔多斯盆地中部气田沟槽识别新方法[J]. 天然气工业, 2006, 26(4): 26-28.

[8] 王家豪, 王 华, 赵忠新, 等. 层序地层学应用于古地貌分析——以塔河油田为例[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2003, 28(4): 425-430.

[9] 刘栓驹, 黄 杰, 王根久, 等. 碳酸盐岩潜山油藏古地貌及剩余油分布关系[J]. 石油学报, 1999, 20(2): 39-44.

[10] 丁晓琪, 张哨楠, 王少飞, 等. 鄂尔多斯盆地西南缘镇泾油田长 6-2 沉积相研究[J]. 新疆地质, 2007, 25(1): 105-110.

[11] 周 瑞, 胡学智. 鄂尔多斯盆地西北部灵盐定地区油藏类型及其控制因素[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 390-394.

[12] 喻 建, 宋江海, 向 惠. 鄂尔多斯盆地中生界隐蔽性油气藏成藏规律[J]. 天然气工业, 2004, 24(12): 35-40.

[13] 王 平, 周 义, 李海银. 靖安油田北东区局部构造与石油富集关系研究[J]. 地球科学与环境学报, 2003, 25(4): 9-12.

[14] 郭正权. 前侏罗纪古地貌刻画技术[J]. 低渗透油气田, 2001, 6(3): 64.

[15] 郭正权. 鄂尔多斯盆地侏罗系古地貌油田的形成条件与分布规律[J]. 杨 华. 低渗透油气田研究与实践. 北京: 石油工业出版社, 2001: 51-60.

[16] Chilingarian G V. Compaction of Coarse-grained Sediments [M]. New York: Elsevier Scientific Publish, 1975.

[17] 付 广, 许泽剑, 韩冬玲, 等. 不整合面在油气藏形成中的作用[J]. 大庆石油学院学报, 2001, 25(1): 1-4.

[18] 赵卫军, 支东明, 党玉芳, 等. 准噶尔盆地陆西地区侏罗系西山窑组顶界不整合结构特征及其与油气关系[J]. 新疆地质, 2007, 25(1): 92-96.