

准噶尔永进地区深部储层的保存与发育机理

胡海燕 李平平

(中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:随着油气勘探向深部发展,在深部寻找优质储层是一个亟待深入研究的问题。永进地区位于准噶尔腹部中石化中部 3 区块,勘探目的层埋藏深,大于 5 000 m,储层多为低孔-特低孔低渗-特低渗储层,因此,在该地区深部寻找相对优质储层具有重要的理论意义和勘探意义。该地区发育区域性不整合,即 J/K 不整合。在不整合形成期间,大气淡水具有高的流速和相对开放的流体环境,可以溶蚀易溶矿物并将溶蚀产物带离出溶蚀区;颗粒包壳可以抑制石英加大和碳酸盐矿物沉淀,保存原生孔隙和形成的次生孔隙;永进地区油气充注早,早期的油气充注改善了流体成岩环境,抑制胶结作用,同时,其携带的有机酸溶蚀易溶矿物,产生次生孔隙,油气早期充注从两个方面改善储层。

关 键 字:准噶尔;深部储层;不整合

中图分类号:P641.4*62 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(1000)01-0081-05

储层的保存与发育机理主要有以下几种类型:(1) 表生期大气淡水的淋滤作用^[1];(2) 颗粒包壳。颗粒包壳抑制石英加大和碳酸盐矿物沉淀,从而保护储层^[2-4];(3) 油气早期充注。油气早期充注可以抑制胶结作用,同时促进溶蚀作用^[5-7];(4) 超压。超压可以减缓压实作用;同时,强超压可以产生水力破裂,将溶蚀产物带离出溶蚀区域,产生次生孔隙^[4,8]。笔者重点从各个方面探讨这些机理对研究区域储层保存的综合地质意义及结果。

永进地区位于准噶尔腹部中石化中部 3 区块(图 1),储层埋藏深,大于 5 000 m,储层经历了较强烈的成岩作用,物性较差,因此,研究永进地区深部储层的保存机理,在深部寻找相对优质储层具有重要的实践意义和勘探价值。

1 深部砂岩的演化特征

准噶尔腹部中 1 区块孔隙度小于 10% 的深度为 5 000 m;中 2 区块为 4 780 m;中 4 区块为 5 000 m 左右;中 3 区块受取心的限制,没有 5 000 m 深度的物性数据。中 4 区块与其有相似的沉积埋藏过程,因而按照常理推断中 3 区块进入低孔储层的深度与中 4 区块相当,认为永进地区约在 5 000 m 深度开始进入低孔储层。然而中 3 区块在 5 800 m 还有 10% 孔隙度,而且在西山窑组有一个孔隙异常带。中 3 区块进入低孔隙的深度整体上比腹部其他区块深将近 1 000 m,

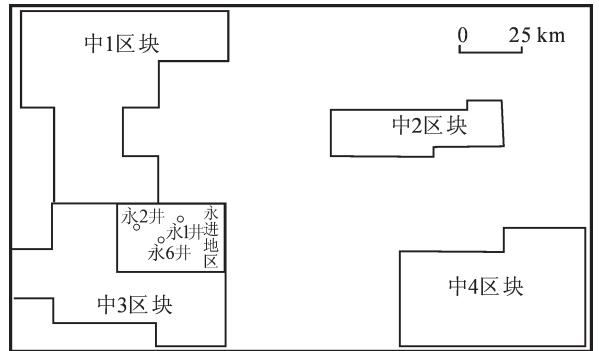


图 1 永进区域概况

Fig.1 Location of the Yongjin block in the Junggar basin

孔隙度还存在改善的趋势,并且在永进地区试油获得高产工业油气流,日产油 75.1 t,日产气 14 435 m³。

2 永进地区深部砂岩储层的保存与发育机理

该区深部砂岩储层的保存机理主要包括颗粒包壳对胶结作用的抑制作用,油气早期充注对石英加大和碳酸盐胶结作用的抑制和溶蚀作用,表生期淡水的淋滤作用等,这些因素共同作用使永进地区砂岩储层的孔隙在较深的深度进入低孔隙度,一定程度改善了储层。

收稿日期:2006-09-16;改回日期 2006-10-15

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40238059)资助。

作者简介:胡海燕,男,1977 年生,博士,石油地质专业;E-Mail: hyhucom@163.com。

2.1 表生期的大气淡水淋滤作用

构造抬升或海平面下降造成的不整合面之下的半风化岩层,矿物因遭受淋滤溶解作用会导致次生孔隙的发育。大气淡水具有高的流速和相对开放的流体系统。大气淡水携带的CO₂溶蚀碎屑岩中的长石、方解石等可溶类矿物,大气淡水的高流速将溶蚀产物迁移带离溶蚀作用发生区,产生次生孔隙。随着大气水流动路径的加长,其淋溶能力降低,溶蚀反应停止。所以,大气水的作用深度可以很深,但大量孔隙的产生只限于大气水作用的上部。

永进地区侏罗系与白垩系之间发育区域性不整合面。

不整合面结构中的半风化壳岩层是大气淡水的主要淋滤带,有较好的储集性能。该区永1井的高产工业油气流就产于J/K不整合面的半风化岩层中。不整合半风化壳中孔隙度和渗透率增高,粘土矿物含量降低(图2)。这正是侏罗纪地层抬升遭受剥蚀时,大气淡水对半风化砂岩进行淋滤冲刷,溶蚀方解石、长石等易溶矿物,同时将溶蚀产物迁移带离出溶蚀区域的结果。

2.2 颗粒包壳的发育特征

颗粒包壳可以抑制碎屑岩石英颗粒上自生石英的沉淀,某种程度抑制自生石英的胶结作用,保护深部砂岩孔隙度和

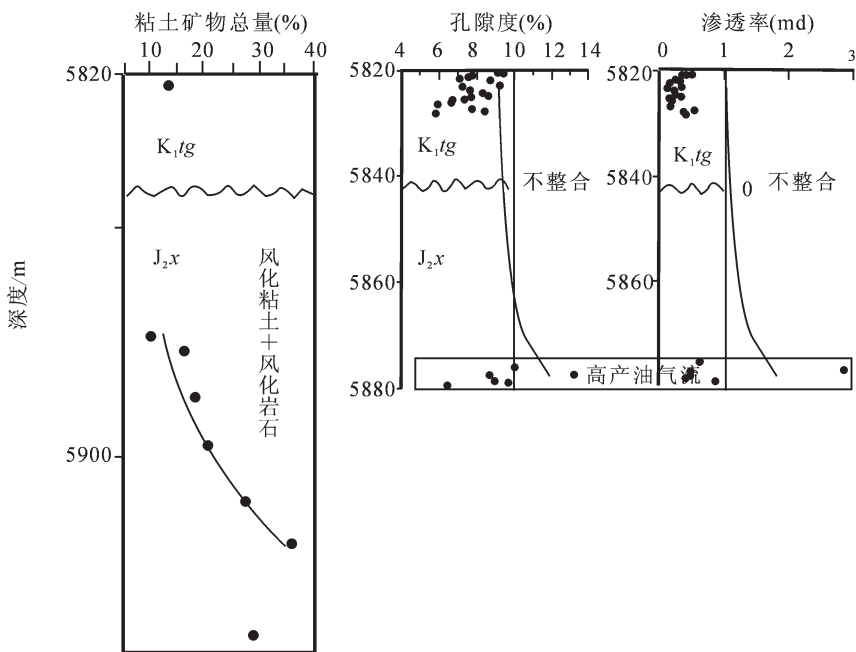


图2 永1井半风化壳特征

K_{1tg}—白垩系下统吐谷鲁群;J_{2x}—侏罗系中统西山窑组

Fig.2 Features of semi-weathering crust in well Yong 1

K_{1tg}—Lower Cretaceous Tugulu Group;J_{2x}—Middle Jurassic Xishanyao Formation

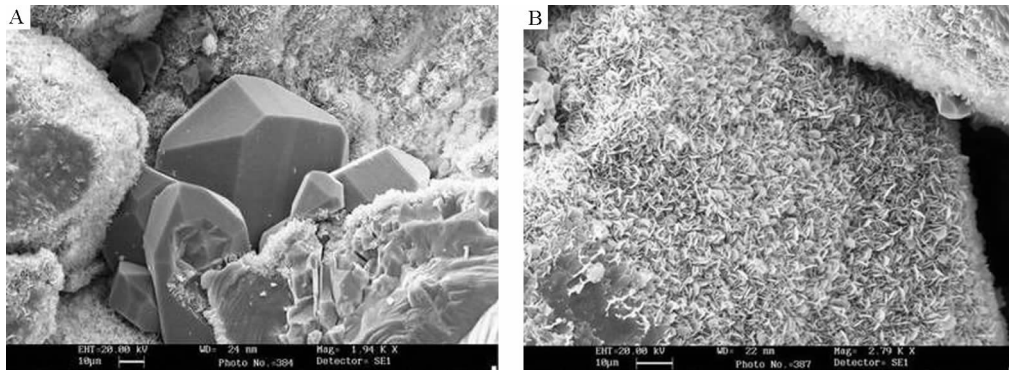


图3 扫描电镜下的绿泥石包壳

A—永1井,6118.2 m,J_{2s},粒间自生石英及粒表绿泥石;B—永1井,6114.2 m,J_{2s},粒表大量针叶状绿泥石;J_{2s}—侏罗系下统三工河组

Fig.3 Chlorite grain coats under the scanning electron microscope.

A—well Yong 1, 6118 m deep, in J_{2s}, intergranular authigenic quartz and grain surface chlorite;

B—well Yong 1, 6114.2 m deep, in J_{2s}, large amount of needleleaf-shaped chlorite on the grain surface;J_{2s}—Lower Jurassic Shangonghe Formation

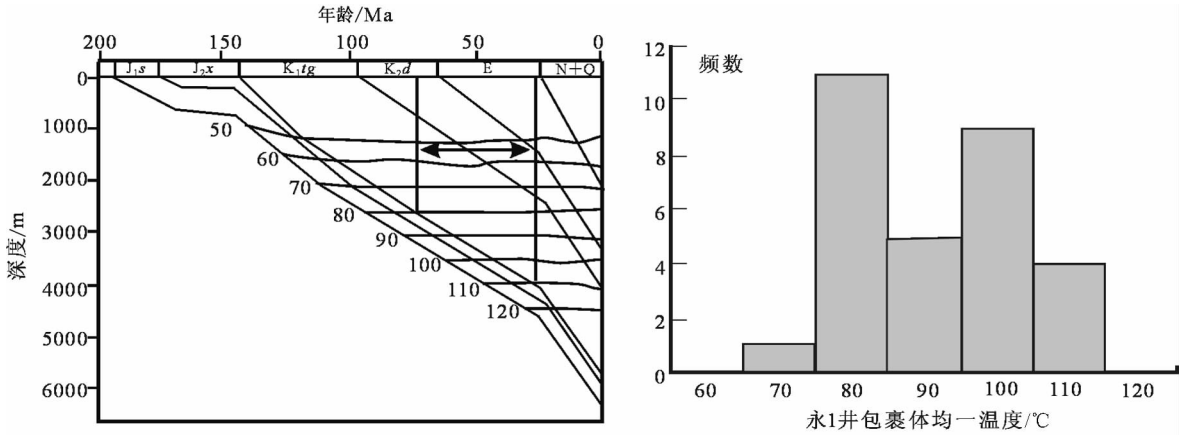


图 4 永 1 井油气充注历史分析

N+Q—新近系+第四系;E—古近系;K_{2d}—白垩系上统东沟组;K_{1tg}—白垩系下统吐谷群;J_{2x}—侏罗系中统西山窑组; J_{1s}—侏罗系下统三工河组;J_{1b}—侏罗系下统八道湾组

Fig.4 History of oil/gas filling in well Yong 1

N+Q—Neocene+Quaternary;E—Eogene;K_{2d}—Upper Cretaceous Donggou Formation;K_{1tg}—Lower Cretaceous Tugulu Group; J_{2x}—Middle Jurassic Xishanyao Formation;J_{1s}—Lower Jurassic Shangonghe Formation;J_{1b}—Lower Jurassic Badaowan Formation

渗透率^[2-3]。绿泥石包壳虽然堵塞喉道,但是阻止了次生石英加大的形成以及部分粒间碳酸盐胶结物的沉淀,从而使一部分原生孔隙得以保存。绿泥石衬边较薄(10~15 μm),由它造成损失的孔隙比起它保存的粒间孔要小得多。永进地区深部砂岩绿泥石粘土膜包壳发育,在扫描电镜中可以看到颗粒包壳表面干净,很少有胶结物沉淀;即使胶结物沉淀,也只能在颗粒间沉淀(图 3)。这正是绿泥石颗粒包壳抑制次生加大的结果。根据热力学原理,微、细粒石英比表面积比单晶石英大,总自由能亦大于单晶石英,因此,SiO₂沉淀成石英的自生加大边比其在孔隙中重新成核生长容易。如果没有颗粒包壳的抑制作用,将会生成更多的加大边,堵塞喉道,降低储层质量。

2.3 油气充注历史

烃类充注使成岩环境发生较大变化,导致孔隙水中无机离子浓度降低,烃类流体同时阻碍矿物与离子之间的质量传递,矿物胶结受到抑制。油气对矿物胶结作用的抑制还与其饱和度有关,含油饱和度较低时,原油对成岩环境未造成明显影响;当含油饱和度超过 50%时,对成岩环境影响就很明显。砂岩中有效渗透率很低,有限的孔隙水循环影响了离子从外界穿过储层,因此,残留孔隙水中可溶化合物(离子)的物质转换将主要受控于扩散作用,矿物胶结受到比较大的影响,受到一定程度的抑制,储层中的油饱和度一旦达到高值,矿物胶结就会终止^[5,6]。近年来的研究表明,石英、伊利石等在原油聚集后仍可继续沉淀,但是会受到一定程度的抑制。Marchand^[7]对比北海油气藏水区与油区中自生石英胶结物的含量发现,油区的石英胶结物含量比水区少,油区自生石英的胶结速率比水区自生石英的胶结速率低两个数量级。

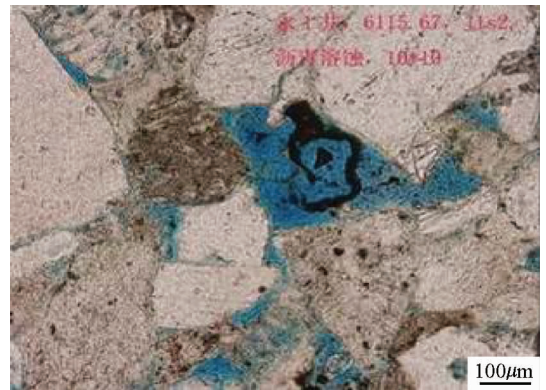


图 5 永进地区沥青溶蚀孔

永 1 井,6115.67m,J_{1s},沥青溶蚀孔(单偏光)
J_{1s}—下侏罗统三工河组

Fig.5 Bitumen dissolution pores in the Yongjin area
Well Yong 1, 6115.67 m deep, in J_{1s}, bitumen dissolution pores (plane polarized light)

J_{1s}—Lower Jurassic Shangonghe Formation

永进地区油气主充注期在晚白垩至古近纪(即 K₂-E)。流体包裹体均一温度的主频温度为 80~110℃(图 4)。根据沉积-沉降历史,储层埋藏浅,根据准噶尔成岩阶段的划分标准,此时砂岩储层处于早成岩的 B 亚期,此时储层以原生空隙为主。早期的油气充注抑制成岩作用的进行,一定程度上减缓胶结作用,保护深部砂岩储层的孔隙度。永进地区早期充注的烃类受到生物降解演变为沥青,残留于砂岩孔隙中,后期充注的烃类可以溶解沥青^[9-13],从而释放空间(图 5)。

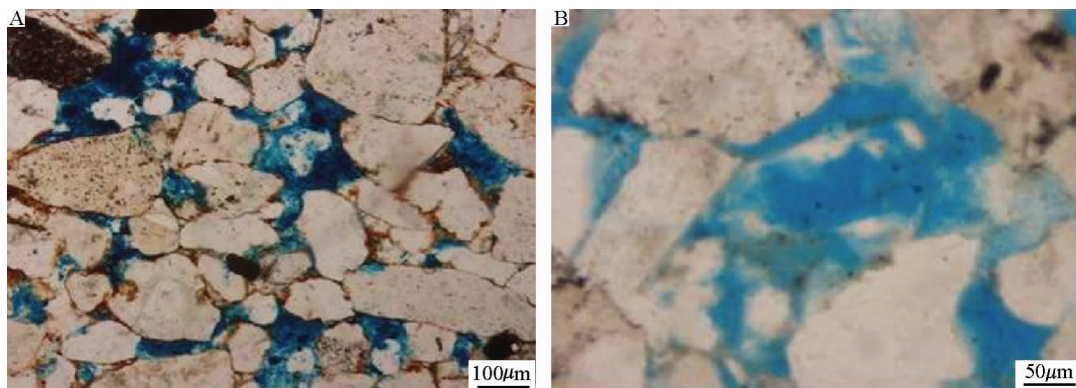


图 6 永进地区的溶蚀作用

A—永 2 井, 5967.82 m, J_{2x} , 溶孔; B—永 1 井, 5882 m, J_{2x} , 长石溶蚀残余(单偏光); J_{2x} —侏罗系中统西山窑组

Fig.6 Corrosion in the Yongjin area

A—well Yong 2, 5967.82 m deep, in J_{2x} , dissolution pores; B—well Yong 1, 5882 m deep, in J_{2x} , residue of dissolved feldspar (plane polarized light); J_{2x} —Middle Jurassic Xishanyao Formation

永进地区油气充注时,砂岩储层处于早成岩的 B 亚期,此时储层主要是原生空隙,为烃类溶蚀提供了空间基础。烃源岩在演化过程中产生溶蚀能力强的有机酸进入储层后,溶蚀砂岩中的易溶矿物,从而改善储层(图 6)。

永进地区西山窑组在表生期由于较高流速和相对开放流体环境的大气淡水,对砂岩进行淋滤冲刷,并将溶蚀产物带离出溶蚀区,提高结构成熟度,改善储层;随着不整合面再次深埋,在不整合面之上,发育底砾岩,成为良好的优质储层。随着砂岩的埋深增加,粘土矿物开始转化,并在颗粒表面形成粘土膜,即颗粒包壳。颗粒包壳多发生于早成岩期^①,抑制石英加大边的形成和碳酸盐胶结物在颗粒表面沉淀,保存表生期形成的次生孔隙和砂岩中的原生孔隙。早成岩末期和晚成岩期,为油气充注时期。烃类充注改变砂岩孔隙流体的性质,随着充注强度增大,岩石成岩环境改变,成岩作用受到抑制;另一方面,烃类流体携带的有机酸溶蚀长石、岩屑等易溶矿物,产生次生孔隙。随着烃源岩演化增高,进入生气阶段,储层开始发育超压。然而,这时的超压属于晚期超压,对于储层的保存意义不大。

3 结 论

①永进地区深部砂岩储层进入地孔隙的深度比其他地区深 1 000 m 左右,而且孔隙度还有改善的趋势,并在该地区深部砂岩储层中发现了高产工业油气流。

②永进地区深部储层的保存机理主要由颗粒包壳、油气早期充注、表生期的淋滤作用等。

致谢:感谢中石化西部指挥部、西北局、西北分院在收集资料的过程中给予的帮助。

参考文献 (References):

- [1] 杨晓宁, 陈洪德, 寿建峰, 等. 碎屑岩次生孔隙形成机制 [J]. 大庆石油学院学报, 2004, 28(1): 4-6.
Yang Xiaoning, Chen Hongde, Shou Jianfeng, et al. Mechanism of the formation of secondary porosity in clastic rock [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2004, 28(1): 4-6 (in Chinese with English abstract).
- [2] 罗静兰, 郭德运, 尹鹏, 等. 蟠龙探区长 2 砂岩储层物性的控制因素 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(6): 723-728.
Luo Jinglan, Guodeyun, Yi Peng, et al. Major factors controlling reservoir-quality of the Upper Triassic Chang 2 sandstones in the Panlong oil area [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2003, 33(6): 723-728 (in Chinese with English abstract).
- [3] Bloch S, Lander R H, Bonnell L. Anomously high porosity and permeability in deeply buried sandstone reservoirs: Origin and predictability [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(2): 301-328.
- [4] 郝芳, 邹华耀, 方勇. 隐蔽油气藏研究的难点和前沿 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 481-488.
Hao Fang, Zou Huayao, Fang Yong. The difficulties and frontiers of subtle oil/gas reservoir research [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4): 481-488 (in Chinese with English abstract).
- [5] 蔡进功, 张枝焕, 朱筱敏, 等. 东营凹陷烃类充注与储集层化学成岩作用 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 79-83.
Cai Jingong, Zhang Zhihuan, Zhu Xiaomin, et al. Hydrocarbon filling and chemical diagenesis evolution of the clastic reservoir of the Paleogen in Dongying Sag [J]. Petroleum Explore and Development, 2003, 30(3): 79-83 (in Chinese with English abstract).
- [6] 张枝焕, 常象春, 曾贻辉. 水-岩相互作用研究及其在石油地质中

①张福顺. 准噶尔盆地腹部储层评价. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 2004.

- 的应用[J]. 地质科技情报,1998,17(3):67-73.
- Zhang Zhihuan, Chang Xiangchun, Zeng Jianhui. Research on water-rock interaction and its application on petroleum geology[J]. Geological Science and Technology Information, 1998,17(3):67-73 (in Chinese with English abstract).
- [7] Marchand A M E, Smalley P C, Hasel dine R S, et al. Note on the importance of hydrocarbon fill for reservoir quality prediction in sandstones[J]. AAPG Bulletin,2002,86(9):1561-1571.
- [8] Holm G. How abnormal pressures affect hydrocarbon exploration, exploitation [J]. Oil&Gas Journal, 1998,96(12):79-84.
- [9] 陈强路, 范明, 尤东华. 塔里木盆地志留系沥青砂岩储集性非常规评价[J]. 石油学报,2006,27(1):30-33.
- Chen Qianglu, Fan Ming, You Donghua. Non-traditional method for evaluating physical property of Silurian bitumen sandstone reservoirs in Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006,27(1):30-33(in Chinese with English abstract).
- [10] 秦胜飞, 贾承造, 陶士振. 塔里木盆地库车坳陷油气成藏的若干特征[J]. 中国地质, 2002, 29(1):103-108.
- Qin Shengfei, Jia Chengzao, Tao Shizhen. Some characteristics of oil and gas accumulation in the Kuqa depression, Tarim basin[J]. Geology in China, 2002, 29(1):103-108(in Chinese with English abstract).
- [11] 康玉柱. 塔里木盆地塔河大油田形成的地质条件及前景展望[J]. 中国地质, 2003, 30(3):315-319.
- Kang Yuzhu. Geological characteristics of the formation of the large Tahe oilfield in the Tarim basin and its prospects [J]. Geology in China, 2003, 30(3):315-319(in Chinese with English abstract).
- [12] 周巧生, 李占游. 吐哈盆地西南缘地浸砂岩型铀矿地质特征及找矿前景[J]. 中国地质, 2003,30(2):186-191.
- Zhou Qiaosheng, Li Zhanyou. Geological characteristics and ore prospects of underground leaching sandstone-type uranium deposits on the southwestern of the Turpan-Hami basin [J]. Geology in China, 2003, 30(2):186-191(in Chinese with English abstract).
- [13] 吴伯林, 徐高中, 李卫红, 等. 吐哈盆地地浸砂岩型铀矿成矿条件与盆地动力学演化[J]. 中国地质, 2004,31(1):101-107.
- Wu Bolin, Xu Gaozhong, Li Weihong, et al. Metallogenic conditions of in-situ leachable sandstone-type uranium deposits and dynamic evolution of the Turpan-Hami basin [J]. Geology in China, 2004,31(1):101-107(in Chinese with English abstract).

Preservation of deeply buried reservoirs in the Yongjin zone, Junggar basin, and its development mechanism

HU Hai-yan, LI Ping-ping

(China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: With the development of the petroleum industry, looking for high-quality reservoirs at depths becomes a problem that must be studied intensively. The Yongjin area is one of the three blocks in the interior of the Junggar basin explored by the Sinopec. The exploration target in the Yongjin block is deeper than 5000 m, in which most reservoirs have low and very low porosity and permeability. So looking for relatively high-porosity and -permeability reservoirs in the block is important. Regional unconformity between the Jurassic and Cretaceous is well developed. During the formation of the unconformity, meteoric water, which has a high flow rate and a relatively open fluid environment, dissolved minerals and carried the dissolution product out of the dissolution area; grain coats inhibited quartz enlargement and carbonate precipitation and conserved primary pores and secondary pores; in the Yongjin block hydrocarbon filled earlier and the earlier hydrocarbon filling improved the diagenetic environment of the fluids and restrained cementation; on the other hand, organic acid in the hydrocarbon dissolved more soluble minerals and generated secondary pores. All those together can preserve and improve the porosity of deeply buried reservoirs of sandstone in the Yongjin block, Junggar Basin.

Key words: Junggar basin; deep reservoir; unconformity

About the first author: HU Hai-yan, male, born in 1977, Ph.D, majors in petroleum geology; E-Mail: hyhucom@163.com.