

文章编号: 1009-3850(2013)04-0068-06

准噶尔盆地四棵树凹陷古近系-新近系储层特征研究

杨 凡

(长江大学, 湖北 武汉 430100)

摘要: 根据录井、岩石薄片、铸体薄片、压汞、物性分析等资料,结合沉积相,对古近纪-新近纪储层特征、成岩作用、孔隙演化等进行研究。结果表明:四棵树凹陷古近系-新近系储层为中-细砂岩,储集空间以原生孔隙为主。其成岩阶段多处于早成岩 B 亚期,局部地区处于中成岩 A 亚期。通过分析,研究区古近系-新近系储层为中孔中渗储层,储集性能较好。

关键词: 准噶尔盆地;四棵树凹陷;古近系-新近系;储层特征

中图分类号: TE122.2⁺21

文献标识码: A

四棵树凹陷位于准噶尔盆地南缘西段,南邻北天山,西北为西准噶尔界山,向西直至艾比湖地区,东北与车排子凸起相接(图1),面积约为6400km²。构造上属准噶尔盆地一部分,即北天山山前坳陷带西段的次级负向构造单元^[1-2]。自独山子油田发现以来,四棵树凹陷区经历几十年的油气勘探历程,表明四棵树凹陷具有有利的成藏条件,同时研究区油气成藏条件复杂,有利目标区的选择具有很大的难度和挑战。

1 研究区地质概况

四棵树凹陷可分为卡因迪克、西湖、高泉、独山子四个区块,研究区新近系沙湾组和古近系紫泥泉子组均为较好储集层,主要发育河流、三角洲和湖泊沉积体系^[3],局部地区发育扇三角洲沉积体系。新近系沙湾组(图2)岩性为棕红色砂质泥岩夹灰红色、灰绿色砂岩、砾岩;古近系安集海河组分布较广,自东南向西北减薄,主要岩性较细,多为湖相沉积;紫泥泉子组(图3)上部为棕红色砂质泥岩,下部为棕红色石英砂岩,总体厚度不大,该组与下伏吐古鲁群呈不整合接触。研究区古近系-新近系主要包括两个生储盖组合,分别为古近系安集海河组半深湖-深湖相暗色泥岩-新近系沙湾组辫状河三角

洲砂岩-新近系塔西河组滨浅湖相含膏泥岩的生储盖组合和古近系安集海河组半深湖-深湖相暗色泥岩-古近系安集海河组滨浅湖砂-古近系安集海河组顶部泥岩的生储盖组合。

2 储层特征

2.1 储层岩性及物性特征

研究区储层主要分布于紫泥泉子组和沙湾组中,其岩性主要有粗砂岩、中砂岩、中-细砂岩、粉砂岩,部分地区可见砾岩。不同地区发育不同沉积体系和砂体,因此不同地区的岩性有所不同,进而岩性和物性关系有所差异。卡因迪克地区沙湾组储层主要以中-细砂岩为主,存在粗砂岩和少量砾岩;紫泥泉子组以中-细砂岩、细砂岩为主,存在粗砂岩。西湖地区紫泥泉子组储层主要以细砂岩、粉砂岩为主。砾岩主要分布于独山子地区,主要以砾岩、粗砂岩、细砂岩为主。

独山子地区发育扇三角洲沉积相带,扇三角洲砂体物性最好(图2),平均孔隙度为15%,平均渗透率为 $127 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;其次为卡因迪克地区辫状河三角洲平原砂体,平均孔隙度为12%,平均渗透率为 $30.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。西湖地区发育湖泊相沉积体系,

收稿日期: 2013-05-09; 改回日期: 2013-06-17

作者简介: 杨凡(1988-),女,在读研究生,研究方向储层评价。E-mail: 122127797@qq.com

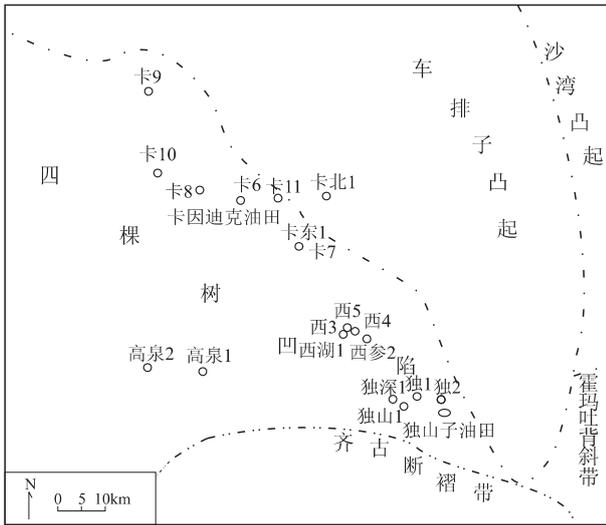


图1 研究区位置

Fig.1 Location of the study area

总体物性较差。研究区储层的孔隙度介于 1.8% ~ 27.8% 之间,平均值为 12.5%;渗透率介于 $(0.089 \sim 5000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率 $72.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,表明研究区储层整体储集物性较好。

1.1 储集空间类型及特征

四棵树凹陷新近系沙湾组、古近系安集海河组及紫泥泉子组储集空间类型有原生孔隙、次生孔隙和微裂缝^[4,6]。由图4可以看出,研究区主要以原生孔隙为主,包括粒间孔和剩余粒间孔,局部地区发育粒间溶孔、粒内溶孔等次生孔隙,存在少量微裂缝。研究区储层孔隙中次生孔隙占 1% ~ 2%,次生溶蚀现象在研究区东北段独山子区块内最为明显,该区块部分储层孔隙中粒间溶孔,粒内溶孔等次生孔隙占 80% ~ 90%。

2.2 喉道类型及特征

根据研究区储层的喉道特征参数,将喉道类型划分为 5 类(图 5):

(1) I 类喉道: 此类喉道典型压汞曲线排驱压力较小,一般小于 0.05MPa,最大进汞饱和度在 90% 以上,中值半径大于 $5\mu\text{m}$,饱和中值压力小于 0.5MPa,可见喉道较粗,分选好,储集性能很好。

(2) II 类喉道: 该类压汞曲线排驱压力介于 0.05 ~ 0.2MPa,最大进汞饱和度在 80% ~ 90%,饱和中值压力介于 0.5 ~ 2MPa,中值半径为 $0.5 \sim 5\mu\text{m}$,表明喉道较粗,分选较好,储集性能较好。

(3) III 类喉道: 该类压汞曲线为负偏态中等孔喉型,物性中等,主要表现为中孔中渗或中孔低渗特征,最大进汞饱和度在 70% ~ 80%,排驱压力为 0.2 ~ 0.5MPa,中值毛管压力为 2 ~ 5MPa,饱和中值

半径为 $0.2 \sim 0.5\mu\text{m}$ 。

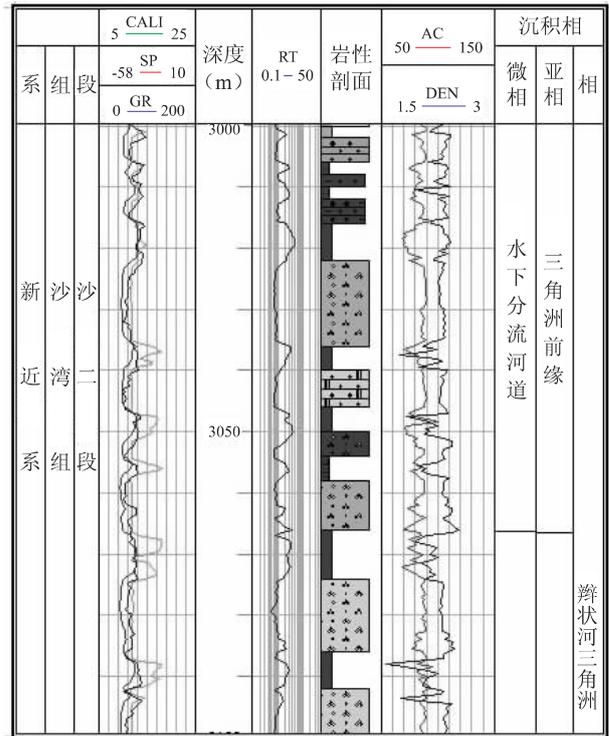


图2 沙湾组岩性剖面

Fig.2 Lithologic section through the Neogene Shawan Formation

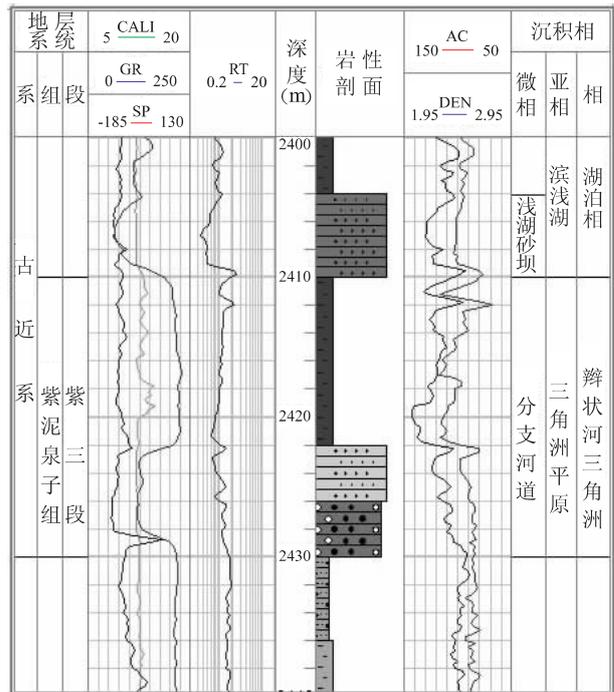


图3 紫泥泉子组岩性剖面

Fig.3 Lithologic section through the Palaeogene Ziniquanzi Formation

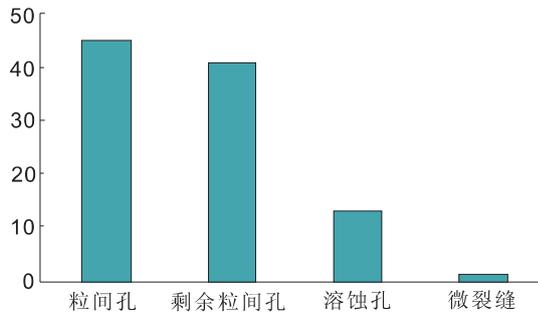


图4 四棵树凹陷储层孔隙类型直方图

Fig. 4 Histograms showing the porosity types of the hydrocarbon reservoirs in the Sikeshu depression

(4) IV类喉道: 该类压汞曲线为负偏态细孔喉型, 孔隙度较低、渗透性较差。排驱压力为 0.5 ~ 1.3 MPa, 最大进汞饱和度在 50% ~ 60%, 饱和中值压力为 5 ~ 10 MPa, 中值半径 0.05 ~ 0.2 μm , 显示喉道很细, 储集性能较差。

(5) V类喉道: 该类压汞曲线为负偏态微孔喉型, 物性很差。排驱压力普遍大于 1.3 MPa, 最大进汞饱和度小于 50%, 饱和中值压力大于 10 MPa, 中值半径小于 0.05 μm 。

3 成岩作用

2.1 成岩作用序列

根据成岩阶段划分标准, 结合镜质体反射率、粘土矿物、自生矿物等资料分析^[7-10]认为, 四棵树地区古近系-新近系储层目前所处的成岩阶段为早成岩阶段 B 亚期-中成岩阶段 A 亚期(图 6)。储层的次生孔隙较少, 接触关系以点接触-线接触为主, 经历的成岩作用相对较弱, 总体处于早成岩阶段 B 亚期; 但在研究区东北部独山子部分地区岩层的 R_o 值较大, 接触关系以线接触、凹凸接触为主, 最高热解温度较高, 该区域处于中成岩阶段 A 亚期。

早成岩阶段 B 亚期主要表现: 镜质体反射率介于 0.35% ~ 0.5%, 最高热解温度 430 ~ 435 $^{\circ}\text{C}$; 石英次生加大属 I 级, 粘土矿物可见高岭石; 孔隙类型以原生孔隙为主, 发育少量次生孔隙。该阶段主要

以机械压实作用为主, 石英次生加大以及粘土矿物的胶结物也从此时期开始。

中成岩阶段 A 亚期主要表现: 镜质体反射率介于 0.5% ~ 1.0%, 最高热解温度 435 ~ 460 $^{\circ}\text{C}$; 石英次生加大属 II 级, 粘土矿物可见高岭石、伊利石和绿泥石; 孔隙类型以次生孔隙为主, 保留少量原生孔隙。该阶段机械压实作用相对减弱, 化学压溶和胶结作用较明显, 薄片分析显示溶缝、微裂缝发育, 胶结向压嵌型转化, 主要胶结物为方解石。

2.2 孔隙演化特征

在成岩作用不同阶段, 孔隙演化情况有所不同, 二者存在一定关系。研究区储层孔隙类型主要以原生孔隙为主, 局部地区存在一定比例的次生孔隙, 个别地区可见少量微裂缝。

Scherer 等^[11, 12]根据 Beard 和 Weyl 提供的孔隙度与分选系数的资料, 建立了原始孔隙度与分选系数的函数关系式:

$$\varphi = 20.91 + 22.9\eta \quad (1)$$

其中: φ 为原始孔隙度; η 为分选系数。

研究区分选系数介于 0.93 ~ 3.33 之间, 不同地区分选系数有所不同, 取分选系数平均值为 1.95, 由公式(1)得出原始孔隙度约为 33%。根据成岩作用的特征, 结合薄片分析资料, 分析研究区内碎屑岩储集层自埋藏后孔隙所经历变化, 表 1 反映了四棵树凹陷受溶蚀作用影响较小的地区孔隙度变化情况(表 1)。

四棵树地区储层原始沉积时其原始孔隙度大约为 33%, 研究区经历机械压实作用, 致使岩石中的塑性颗粒发生变形, 颗粒接触关系从点接触到线接触乃至凹凸接触, 原生孔隙大幅下降, 多数地区的埋深在 4500m 以上, 使孔隙度明显降低。随后由于胶结作用, 孔隙度进一步受到损失, 最主要的胶结物为方解石, 其次为粘土矿物。据薄片分析研究区胶结作用使孔隙减少约 2%, 局部可高达 5%; 该区储层中含高岭石、绿泥石、伊利石等粘土矿物, 除了粘土矿物的胶结作用和充填孔隙外, 还可通过储

成岩作用		古地温 ($^{\circ}\text{C}$)	镜质体 反射率 (%)	最高热 解温度 ($^{\circ}\text{C}$)	压 实 作 用	伊 蒙 层	伊 利 石	绿 泥 石	方 解 石	石 英 次 生 加 大	长 石 及 岩 屑
早成岩	B	65~85	0.35~0.5	430~435							
中成岩	A	85~140	0.5~1.3	435~460							

图6 四棵树凹陷成岩作用序列

Fig. 6 Diagenetic sequences in the Sikeshu depression

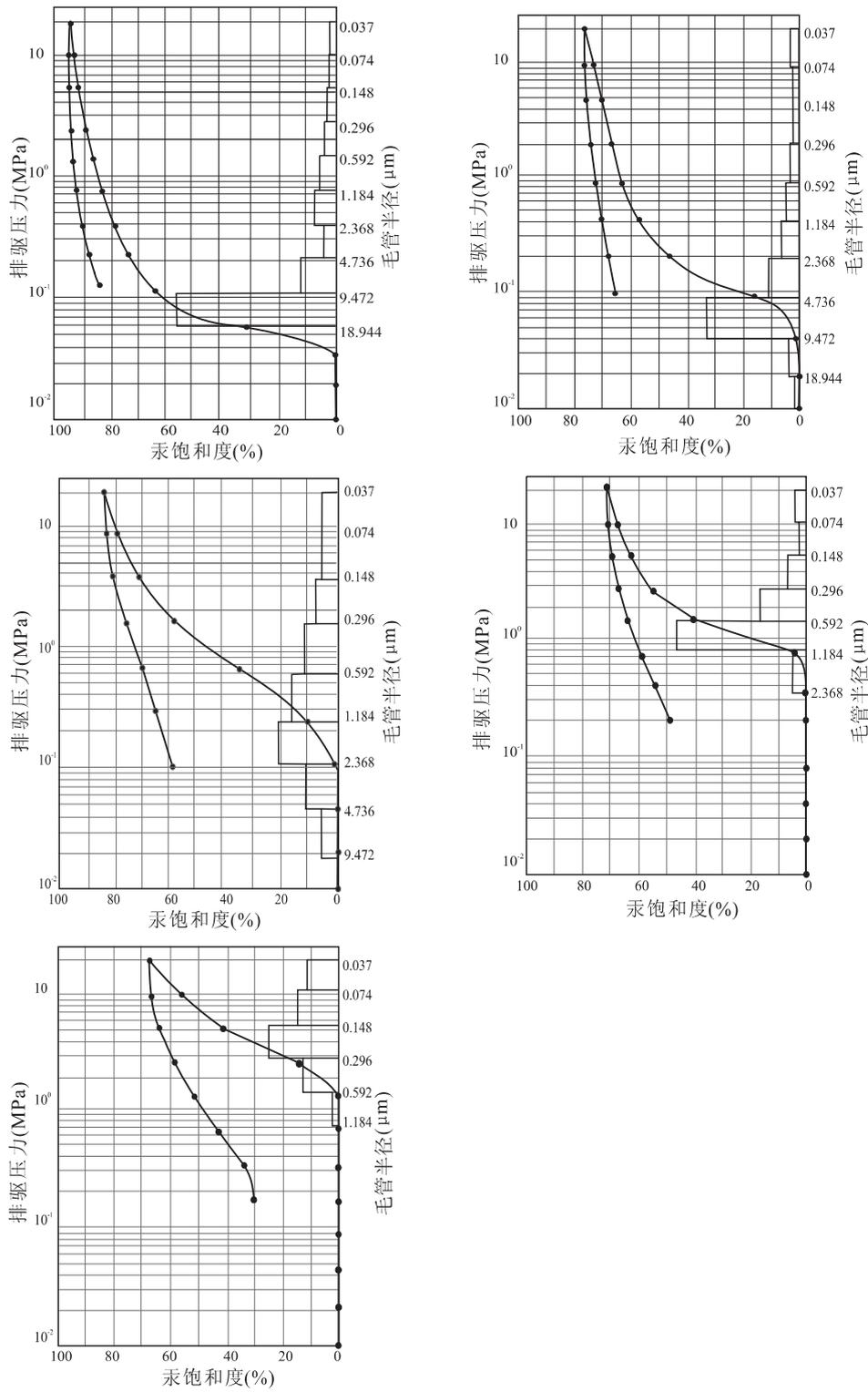


图5 四棵树地区储层的喉道类型

a. I 类喉道; b. II 类喉道; c. III 类喉道; d. IV 类喉道; e. V 类喉道

Fig.5 Diagrams showing the pore throat types of the hydrocarbon reservoirs in the Sikeshu depression

a. Type I pore throat; b. Type II pore throat; c. Type III pore throat; d. Type IV pore throat; e. Type V pore throat

表1 四棵树凹陷砂岩储层不同成岩作用孔隙度变化表

Table 1 The variations in porosity of the hydrocarbon reservoirs in the Sikeshu depression

成岩作用	原始孔隙度(%)	今孔隙度(%)	胶结减孔量(%)	压实减孔量(%)	次生增孔量(%)
孔隙度变化	33	10.8~25	2	20.2~10	<1

层敏感性降低储层孔隙度和渗透率。而局部地区后期方解石(油沸石)等胶结物和长石及部分岩屑颗粒的溶蚀作用,又使储层物性得以改善,以独山子地区最为明显。

3 储层综合评价

3.1 储层评价标准

根据孔隙度、渗透率、孔隙结构参数、压汞曲线特征、沉积相等资料,将研究区储层划分为5类。由

表2可以看出,V类储层喉道微小,物性很差,并非有效储集层。

3.2 储层评价

根据储层评价标准分析,由表3可以看出,四棵树凹陷主要以II,III类储层为主,储层储集性均较好。独山子地区沙湾组存在I类储层,II类储层主要发育于卡因迪克和独山子区块,西湖区块以III,IV类储层为主。

表2 准噶尔盆地南缘四棵树凹陷储层评价表

Table 2 Evaluation of the hydrocarbon reservoirs in the Sikeshu depression

地区	孔隙度(%)	渗透率(mD)	排驱压力(MPa)	中值压力(Mpa)	中值半径(μm)	孔隙类型	胶结类型	储层评价
卡因迪克	13.6	42	0.46	2.55	1.81	粒间孔,剩余粒间孔	孔隙型,孔隙-压嵌型	II~III
西湖	9.5	3.87	0.6	5.9	0.37	粒间孔,溶蚀孔	孔隙-压嵌型	III~IV
独山子	14.3	127	/	/	/	粒间溶孔	孔隙-压嵌型	II~III

4 结论

(1) 四棵树凹陷古近系-新近系储层就物性而言,新近系沙湾组储层优于古近纪紫泥泉子组储层。研究区沉积相与储层的物性有一定关系,辫状河三角洲前缘砂体和扇三角洲砂体储集性能最好,是主要的储集体。

(2) 四棵树凹陷古近系-新近系储层经历了压实、胶结、溶蚀作用的改造,总体处于早成岩B亚期-中成岩A亚期。孔隙在成岩作用的影响下从原始孔隙度演化为现今的孔隙度,溶蚀作用的影响使得局部地区孔隙度有所提高。

参考文献:

[1] 庄新明. 准噶尔盆地四棵树凹陷石油地质特征及勘探方向[J]. 新疆地质, 2006, 24(4): 429-433.
 [2] 高志勇, 韩国猛, 等. 准噶尔盆地南缘古近纪-新近纪前陆盆地沉积格局与演化[J]. 古地理学报, 2009, 11(5): 491-502.
 [3] 肖立新, 陈能贵, 张建, 等. 准噶尔盆地南缘古近纪紫泥泉子组沉积体系分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(3): 426-431.

[4] 罗蛰潭, 王允诚. 油气储集层的孔隙结构[J]. 北京: 科学出版社, 1986.
 [5] 裴亦楠. 碎屑岩储层沉积基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987.
 [6] 顿铁军. 储层研究状况与发展趋势[J]. 西北地质, 1995, 16(2): 1-15
 [7] 薛新克, 黄治超, 李震华, 等. 准噶尔盆地乌夏地区侏罗系储集层成岩作用与孔隙演化[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(4): 428-431.
 [8] 刘树辉, 哈丽娅. 试用成岩法确定准噶尔盆地侏罗系油藏的时代[J]. 新疆石油地质, 1995, 16(4): 352-356.
 [9] 贾凡建, 姚卫江, 梁则亮, 等. 准噶尔盆地西北缘克百断裂下盘二叠系储集层成岩作用特征及其孔隙演化[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(3): 458-463.
 [10] 王传刚, 王毅, 许化政, 等. 论鄂尔多斯盆地地下古生界烃源岩的成藏演化特征[J]. 石油学报, 2009, 30(1): 38-44.
 [11] SCHERE M. Parameters influencing porosity in sandstones: a model for sandstone porosity prediction [J]. AAPG Bulletin, 1987, 71(5): 485-491.
 [12] 牛海清, 陈世悦, 张鹏, 等. 准噶尔盆地乌夏地区二叠系碎屑岩储层成岩作用与孔隙演化[J]. 中南大学学报, 2010, 41(2): 749-758.
 [13] 朱筱敏, 信基麟, 刘泽容. 区域储层评价的方法和技术[J]. 石油大学学报, 1991, 15(4): 103-111.

The study of the Palaeogene – Neogene hydrocarbon reservoirs in the Sikesu depression , Junggar Basin , Xinjiang

YANG Fan

(*Yangtze University , Wuhan 430100 , Hubei , China*)

Abstract: The physical properties , diagenesis and porosity evolution of the Palaeogene – Neogene hydrocarbon reservoirs in the Sikesu depression , Junggar Basin , Xinjiang are discussed on the basis of well logs , thin section examination and mercury-injection curves. The Palaeogene – Neogene hydrocarbon reservoirs in the Sikesu depression are characterized by medium-to fine-grained sandstones , abundant primary porosity , and B substage of the early diagenesis and the A substage in local places. These hydrocarbon reservoirs belong to the moderate mesoporosity and mesopermeability reservoirs , and thus have good reservoir potential.

Key words: Junggar Basin; Sikesu depression; Palaeogene – Neogene; physical property of hydrocarbon reservoirs