

文章编号:0253-9985(2010)03-0347-06

准噶尔盆地陆东-五彩湾地区石炭系 源岩演化及成藏时序

向宝力¹,王绪龙¹,赵孟军²,杨迪生¹,达江²

(1. 中国石油天然气股份有限公司 新疆油田分公司 勘探开发研究院,新疆 克拉玛依 834000;

2. 中国石油 勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:陆东-五彩湾地区石炭系源岩呈带状分布,源岩最发育区位于滴南凸起西段及其南部。不同地区石炭系源岩成熟度差异较大,成熟度中心沿滴南凸起西段-五彩湾凹陷北西向展布,向南、向北成熟度降低。通过源岩热演化史及包裹体温度,综合分析了该区的油气成藏过程。不同区块表现出明显的成藏时序性,第一期成藏时间由早到晚的顺序依次是五彩湾-滴南西段-滴南东段-滴北地区。源岩分布、演化及成藏时序控制了该区的油气分布。

关键词:源岩演化;成藏时序;石炭系;滴南凸起;陆东-五彩湾地区

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Evolution of the Carboniferous source rocks and hydrocarbon accumulation sequence in Ludong-Wucaiwan area, the Juggar Basin

Xiang Baoli¹, Wang Xulong¹, Zhao Mengjun², Yang Disheng¹ and Da Jiang²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 834000, China; 2. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China)

Abstract: The Carboniferous source rocks in the Ludong-Wucaiwan area are in zonal distribution and are most highly developed in the west and south parts of the Dinan uplift in the area. The maturity of the source rocks varies greatly from one place to another. The highest maturity is mainly located along the west part of the Dinan uplift and the northwest of the Wucaiwan sag. While towards the south and the north of the area, the maturity presents a tendency of decreasing. A comprehensive analysis of hydrocarbon reservoiring in the area is performed based on the thermal evolution of the source rocks and inclusion temperatures. The results indicate that hydrocarbons accumulated in different blocks at a certain sequence. Ranking according to the time of the first phase of accumulation, Wucaiwan is at the top of the list, followed by western Dinan, eastern Dinan, and finally northern Dinan. The distribution of hydrocarbons is controlled by the location and evolution of the source rocks as well as the reservoiring sequence.

Keywords: source rock evolution, reservoiring sequence, Carboniferous, Dinan Uplift, Ludong-Wucaiwan area

本次研究的主要区域为准噶尔盆地陆东-五彩湾地区,包括滴北凸起、滴南凸起、五彩湾凹陷和白家海凸起北部等二级构造单元(图1)。

准噶尔盆地油气源研究表明,石炭系储层中的油气主要源于石炭系、二叠系烃源岩,尤其是天然气主要源于石炭系烃源岩^[1~10]。因此,石炭系

源岩的评价引起了众多学者的关注,研究总体认为是一套中等-好,Ⅱ-Ⅲ型,高-过成熟,以生气为主的烃源岩^[4~6,11~16]。盆地石炭系油气藏与石炭系源岩的分布、演化及构造运动关系密切,燕山期是其成藏的关键时期^[15~22]。

陆东-五彩湾地区石炭系源岩特征明显,需要

收稿日期:2010-03-31。

第一作者简介:向宝力(1971—),男,硕士、高级工程师,地球化学。

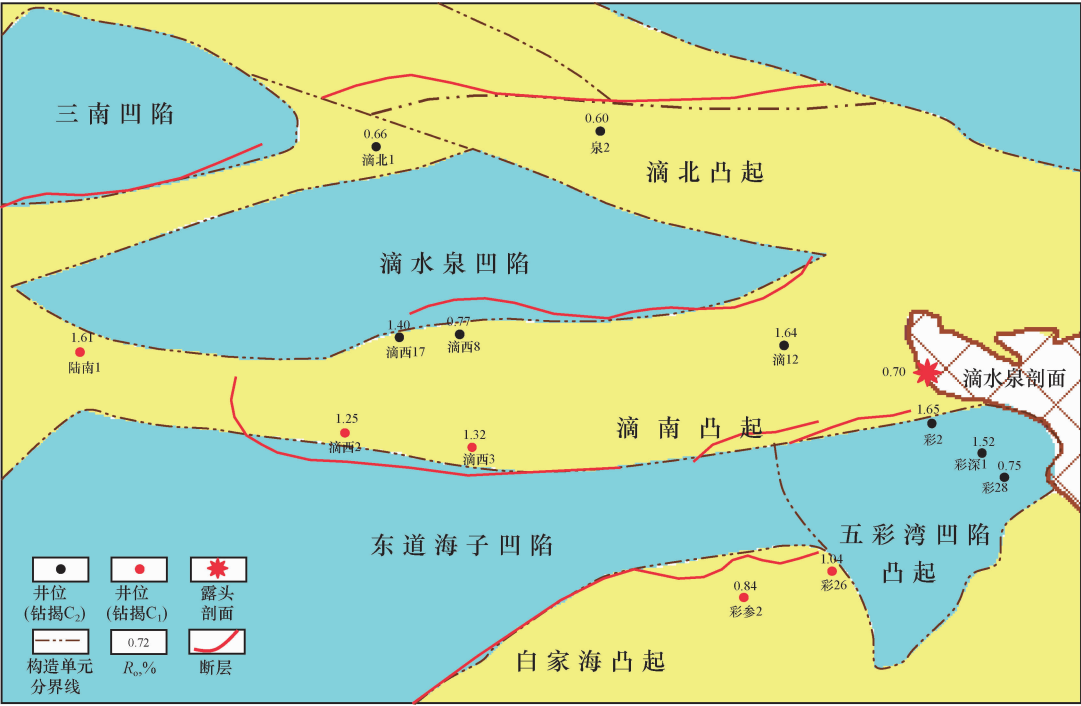


图 1 准噶尔盆地陆东-五彩湾地区构造分区
Fig. 1 Structural units in Ludong-Wucuiwan area, the Juggar Basin

在宏观评价的基础上进一步细化研究,主要表现在两个方面,一是石炭系源岩的分布控制了油气的分布,其次石炭系源岩的成熟度决定了所生成油气的组分。笔者尝试在前人工作的基础上,结合目前所掌握的资料,在陆东-五彩湾地区分区、分块开展石炭系烃源岩的分布、成熟度及热演化研究,结合包裹体数据和成藏过程分析,确定不同区块源岩的生烃期次及成藏时序,并对源岩的分布、演化及成藏时序与油气关系进行分析,为区域油气深化勘探提供新的参考信息。

1 石炭系源岩分布

本次研究将上、下石炭统作为一个整体,通过重、磁、电及地震、钻井等资料进行联合剖面反演,划分石炭系基底岩性岩相(图 2)。

1) 研究区石炭系基底顶面附近,中酸性岩、中基性岩、火山角砾岩分布面积约为 3 320 km²,占全区总面积的 45%;可以作为源岩的三类岩性,砂泥岩、凝灰质砂泥岩、凝灰岩,分布面积分别为 1 990,870,1 430 km²,分别占全区总面积的 27%, 10%,18%。

2) 源岩和火山岩从北到南主要呈东西向带状展布,源岩与火山岩呈互补关系,反映了石炭纪

时期的火山活动具一定规律性,分割控制了源岩的分布。

3) 从源岩的平面分布区域来看,无论是基底凸起区还是凹陷区均有源岩分布,总体而言,基底凹陷区较凸起区源岩更为发育。

4) 根据不同岩类的生烃潜力、已钻揭源岩的厚度、源岩的成熟度特征及石炭系基底岩性岩相特征,可以预测石炭系源岩最发育区位于滴南凸起西段及其南部,其次为白家海凸起、五彩湾凹陷部分地区及滴水泉凹陷北部。

2 石炭系源岩成熟度及热演化特征

2.1 石炭系源岩现今成熟度

为了更好的说明陆东-五彩湾地区石炭系烃源岩的成熟度特征差异,分别对不同区块有机质成熟度 R_o 值进行分析(图 3)。

1) 五彩湾凹陷为古生代沉积凹陷,凹陷中心地层沉积较为连续,石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系镜质体反射率 R_o 值与深度具有较好的相关性,烃源岩随深度的演化是一个连续过程,源岩 R_o 值能够代表该地区的纵向演化特征,源岩处于成熟-高成熟阶段。

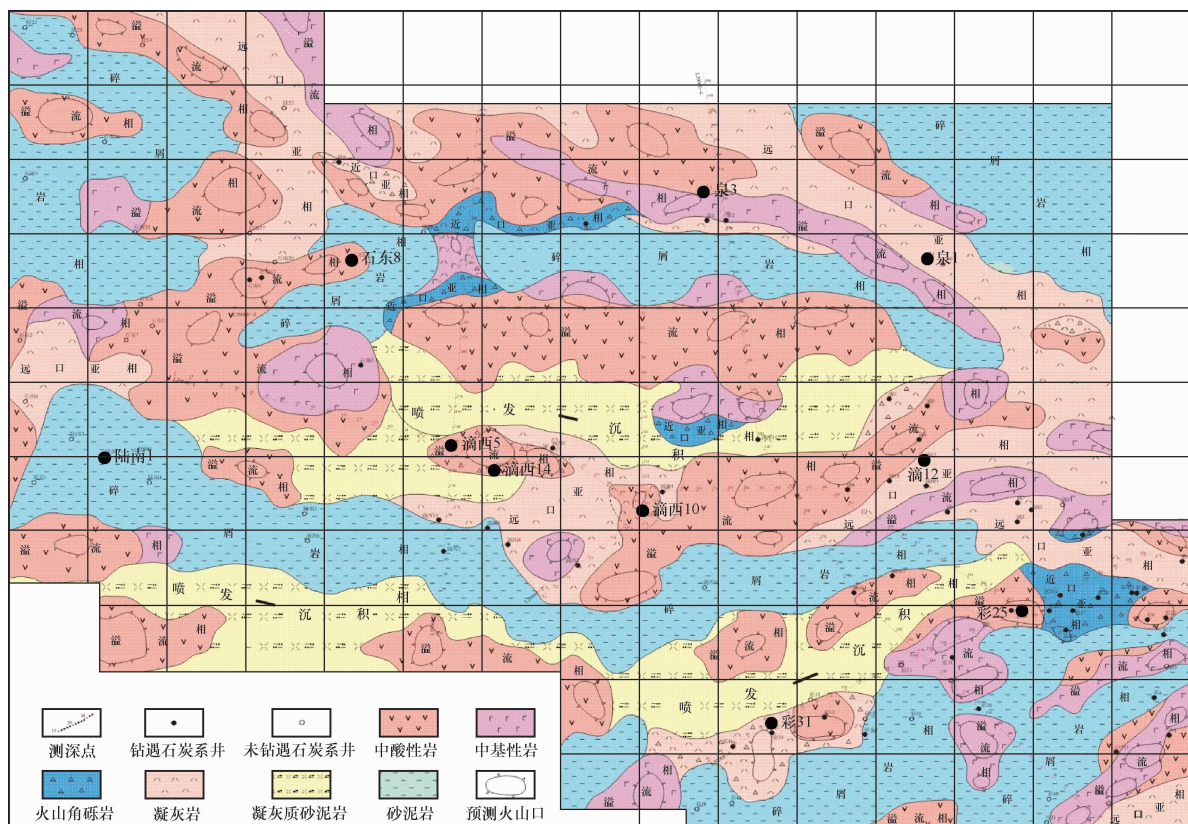


图2 陆东-五彩湾地区石炭系基底岩性-岩相分布

Fig. 2 Distribution of lithology and lithofacies of the Carboniferous basement in Ludong-Wucaiwan area, the Juggar Basin

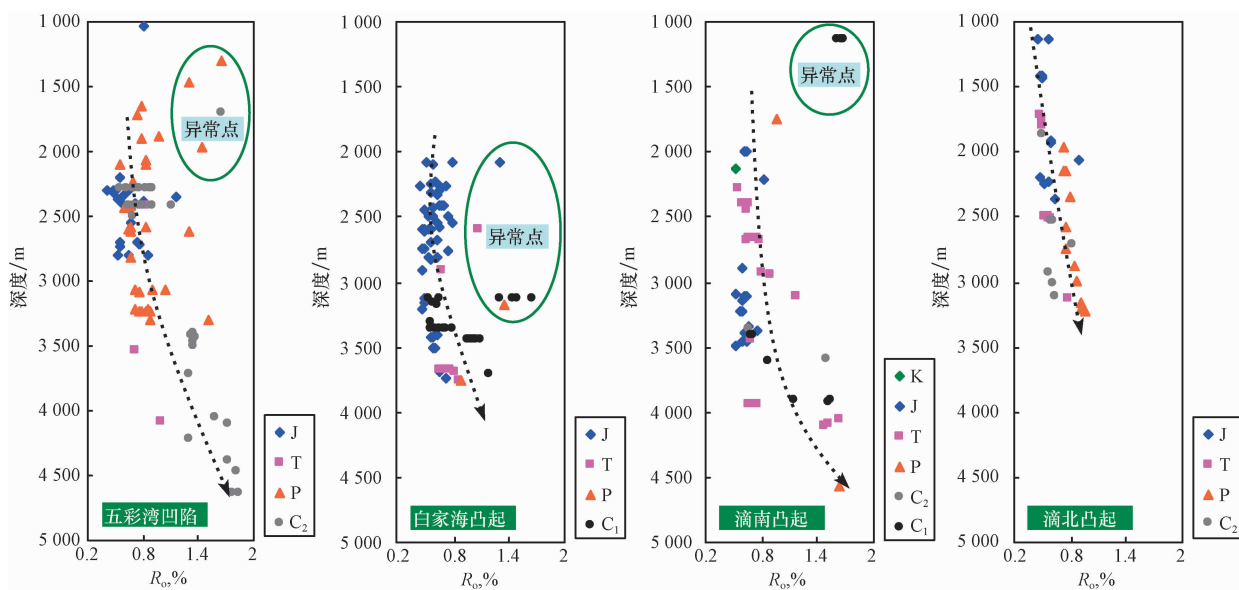
图3 陆东-五彩湾地区烃源岩 R_o 值与深度关系

Fig. 3 R_0 values vs. depth of source rocks in the Ludong-Wucuiwan area, Juggar Basin

2) 白家海凸起形成于海西运动中晚期,该区彩参2井下石炭统滴水泉组(C₁d)源岩,深度3 314 ~

3 704 m。成熟度 R_o 值为 0.56%~1.09%, R_o 与深度之间具有很好的相关性, 源岩处于成熟阶段。

3) 滴南凸起西段,总体上地层沉积较为连续,从滴西8井—滴西17—陆南1—滴西2—滴西3井,石炭系源岩埋深逐渐加大,深度范围3 400~5 000 m, R_o 值为0.69%~1.76%,源岩从低成熟—成熟—高成熟阶段,基本为连续演化,海西运动期之后相对连续的地层沉积,导致了石炭系源岩埋深加大、连续演化及最终的成熟。

4) 滴南凸起东段,源岩成熟度 R_o 值与深度关系明显异常,滴12井上石炭统巴塔玛依内山组(C_2b)源岩样品深度1 126 m, R_o 值为1.61%~1.67%。滴12井靠近克拉美丽山前,燕山运动期地层深埋及后期的构造隆升运动是造成 R_o 值与深度关系异常的主要原因。

5) 滴北凸起形成于石炭纪末期,该区已钻揭样品成熟度较低,滴北1井、泉2井巴塔玛依内山组烃源岩(C_2b)样品深度2 500~3 000 m, R_o 值为0.56%~0.82%, T_{max} (最高热解峰温)值为433~440℃,源岩成熟度与深度匹配,处于低成熟阶段,且演化连续。石炭系巴塔玛依内山组底界深度约3 200 m,根据 R_o 与深度关系可以推测深巴塔玛依内山组源岩成熟度 R_o 值小于1.0,成熟度较低。

总体上陆东五彩湾地区石炭系源岩成熟度中心沿滴南凸起西段—五彩湾凹陷北西向展布,沿这两个中心,向南、向北石炭系烃源岩的成熟度降低, R_o 值减小,南部东道海子北凹陷—白家海一带处于成熟阶段,北部滴北凸起—三个泉凸起一带处于低成熟阶段。

2.2 石炭系烃源岩热演化史

烃源岩热演化主要受温度和时间控制,所以反映在地质史上制约生烃期和生烃史分析准确性的因素主要有埋藏史、古地温和化学反应动力模型3个方面。笔者运用 BasinModel-1D 软件,分析了陆东—五彩湾地区石炭系烃源岩热演化史。

1) 五彩湾凹陷石炭系烃源岩在二叠纪即开始生烃,至中侏罗世开始大量生气,早白垩世末为第三个生烃高峰。

2) 滴南凸起西段有两个主要的生烃高峰期,中侏罗世—早白垩世石炭系烃源岩开始大量生油,早白垩世末开始大量生气。

3) 滴南凸起东段石炭系烃源岩在侏罗纪处于低熟阶段,早白垩世,白垩系迅速沉积,导致石炭系烃源岩的开始熟化,早白垩世末进入大量生

油阶段。

4) 滴北凸起石炭系烃源岩在白垩纪末开始进入生油阶段。总体上,该地区烃源岩热演化程度较低,主要生烃高峰为白垩纪末—古近纪。

陆东—五彩湾地区石炭系烃源岩具有3个生烃高峰期,分别为二叠纪末、中侏罗世末、早白垩世末,不同地区源岩生烃时刻具有差异。

五彩湾凹陷石炭系烃源岩在二叠纪末期已经进入成熟阶段,烃源岩最早成熟;滴南凸起西段石炭系烃源岩有中侏罗世末、早白垩世末两个生烃高峰期;滴南凸起东段石炭系烃源岩有早白垩世末一个生烃高峰期;滴北凸起石炭系烃源岩在早白垩世末进入低成熟—成熟阶段。

3 典型油气藏包裹体期次分析

3.1 五彩湾凹陷

彩深1井2 715 m 巴山组玄武岩早期方解石脉包裹体呈群体分布特征,伴有液态烃包裹体分布,盐水包裹体均一温度70~78℃,反映海西晚期油气充注特征;在彩参2井中相应的巴山组凝灰岩石英裂隙矿物胶结物中的包裹体均一温度为73.7℃。彩参2井巴山组凝灰岩石英颗粒中早期石英次生加大形成的包裹体分布呈环状,盐水包裹体均一温度测定值为99.6~106.3℃,反映了印支末期地层的温度;石英裂隙及次生加大边包裹体均一温度为133.9~139.6℃,则代表了燕山中期巴山组地层温度最高的时期,间接的代表了石炭系烃源岩高成熟湿气的聚集期。

3.2 滴南凸起西段

滴西17井石炭系玄武岩3 637.8 m 样品中的包裹体主要分布在两期方解石脉中。早期方解石脉包裹体数量较少,零星分布状态,伴生烃类包裹体有液态烃类和气态烃类包裹体,盐水包裹体均一温度主要分布在100℃左右,反映了印支期源自石炭系油气充注时的温度。晚期方解石脉中包裹体丰富,主要呈串珠状分布或群体定向分布,也有零星分布,伴生的烃类包裹体以气态烃类包裹体为主,盐水包裹体均一温度主要分布在140~150℃区间,与燕山中期天然气为主的烃类充注相一致。两期包裹体与成藏期匹配很好。综合分

析,滴西17石炭系气藏经历印支期的油气充注时期和燕山中期的以天然气充注为主的关键成藏时期。

4 成藏过程与成藏时序

陆东-五彩湾地区石炭系烃源岩油气藏形成主要经历了海西晚期、印支期和燕山中期的油气成藏聚集过程,几期油气充注与包裹体数据有较好的对应性。

海西晚期,五彩湾地区石炭系烃源岩成熟较早、在二叠系地层沉积时就进入了成熟阶段,在滴南凸起的西段进入低成熟阶段,其他地区尚未成熟。

印支晚期,由于三叠纪和早侏罗世地层的沉积,五彩湾地区石炭系烃源岩进入成熟阶段的末期或高成熟阶段的初期,在滴南凸起的西段进入成熟阶段;滴南凸起的西段进入成熟阶段,东段进入低成熟阶段。

燕山中期是陆东-五彩湾地区石炭系烃源岩成藏的关键时期,由于白垩纪地层的巨厚沉积,决定了该区石炭系烃源岩的最终成熟程度。五彩湾地区石炭系烃源岩进入高成熟湿气阶段;滴南凸起的西段进入高成熟凝析油-湿气阶段,东段进入成熟阶段;滴北凸起进入了低成熟阶段。

燕山晚期至今,由于该时期断裂活动很弱,有利于早期在上二叠统泥岩区域盖层之下聚集的石炭系原生气藏的保存,燕山晚期局部发生天然气藏调整在侏罗系、白垩系中形成次生天然气藏,并造成天然气从石炭系到侏罗系、白垩系的分馏。

陆东-五彩湾地区总体来说经历了海西晚期、印支晚期和燕山中期的多期油气充注和成藏,但燕山中期是该地区成藏的关键时期。决定了该地区石炭系烃源岩最终的成熟程度和该地区最终的油气特征,而且陆东-五彩湾地区不同区块在成藏时间上存在明显的差异,具有明显的成藏时序性,即从第一期成藏的时间从早到晚的依次顺序是五彩湾-滴南西段-滴南东段-滴北地区。

5 石炭系烃源岩分布、演化、成藏时序与油气关系

石炭系烃源岩的发育控制了陆东-五彩湾地

区油气的分布,总体上烃源岩具有滴水泉-三南凹陷和五彩湾凹陷两个沉积中心,沿沉积中心呈北西向展布,向南、向北凸起带烃源岩厚度逐渐减小。石炭系烃源岩发育的中心控制了现今陆东-五彩湾地区的油气分布,五彩湾地区和滴南凸起西段是石炭系烃源岩发育区,也是现今油气发现和勘探成果最大的地区。

陆东-五彩湾地区总体来说经历了海西晚期、印支晚期和燕山中期的多期油气充注和成藏,但燕山中期是该地区成藏的关键时期。同时,陆东-五彩湾地区不同区块表现出明显的成藏时序性,即从第一期成藏的时间由早到晚的依次顺序是五彩湾-滴南西段-滴南东段和滴北地区。

石炭系烃源岩的成熟度及成藏时序控制了现今发现的油气组分。五彩湾地区石炭系烃源岩处于高成熟的湿气阶段,油气藏中的天然气以湿气为主;滴南凸起西段石炭系烃源岩处于高成熟凝析油-湿气阶段,油气藏中的流体组分则以湿气和轻质油为主;滴南凸起东段石炭系烃源岩处于成熟阶段,油气藏中的流体则以正常油为主;滴北地区处于低成熟-成熟阶段,形成了以低成熟天然气为主的天然气藏。

6 结论

1) 陆东-五彩湾地区的油气分布具明显的源控特征,五彩湾地区和滴南凸起西段是石炭系烃源岩发育区,也是现今油气发现和勘探成果最大的地区。

2) 总体上石炭系源岩成熟度中心沿滴南凸起西段-五彩湾凹陷呈北西向展布,向南、向北成熟度降低。

3) 陆东-五彩湾地区不同区块表现出明显的成藏时序性,即从第一期成藏的时间由早到晚的依次顺序是五彩湾-滴南西段-滴南东段和滴北地区。

4) 石炭系烃源岩的成熟度及成藏时序控制了现今发现的油气组分。

参 考 文 献

1 杨斌,李建新. 准噶尔盆地东部油区石炭系原油探讨[J]. 新疆石油地质,1992,13(2):171~178
2 赵白. 石炭、二叠系是准噶尔盆地的主要油源岩[J]. 新疆石油

地质,1994,15(1):10~15

3 杨斌,严志民,尤绮妹,等.准东石炭系原油地球化学特征[J].新疆石油地质,2002,23(6):478~481

4 解宏伟,田世澄,胡平,等.准噶尔盆地东部石炭系火山岩成藏条件[J].特种油气藏,2008,15(3):29~32

5 罗力崇,廖健德,程显胜,等.准噶尔盆地滴西地区油气成因探讨[J].天然气勘探与开发,2005,6:18~19,26

6 石昕,王绪龙,张霞,等.准噶尔盆地石炭系烃源岩分布及地球化学特征[J].中国石油勘探,2005,10(1):34~39

7 王绪龙.准噶尔盆地石炭系的生油问题[J].新疆石油地质,1996,17(3):230~236

8 孟繁有,帕尔哈提.准噶尔盆地石炭系成气潜力评价[J].新疆石油学院学报,1999,11(2):1~6

9 张朝军,石昕,吴晓智,等.准噶尔盆地石炭系油气富集条件及有利勘探领域预测[J].中国石油勘探,2005,(1):11~15

10 靳军,张朝军,刘洛夫,等.准噶尔盆地石炭系构造沉积环境与生烃潜力[J].新疆石油地质,2009,30(2):211~214

11 徐兴友.准噶尔盆地东部克拉美丽地区石炭系烃源岩研究[J].油气地质与采收率,2005,12(1):38~41

12 赵文智,邹才能,李建忠,等.中国陆上东、西部地区火山岩成藏比较研究与意义[J].石油勘探与开发,2009,36(1):1~11

13 张明洁,杨品.准噶尔盆地石炭系(油)气藏特征及成藏条件分析[J].新疆石油学院学报,2000,12(2):8~13

14 杨品,孟繁有,朱爱国,等.准噶尔盆地石炭系含油气系统及天然气有利勘探区带评价[J].新疆石油学院学报,2000,12(4):1~4

15 康永尚,邱楠生,刘洛夫,等.流体动力系统对流体包裹体均一温度的影响及其意义——以准噶尔盆地陆东地区为例[J].地质学报,2004,78(5):407~907

16 杨庚,王晓波,李本亮,等.准噶尔盆地西北缘斜向挤压构造与油气分布规律[J].石油与天然气地质,2009,30(1):26~32

17 吴青鹏,谭开俊.陆东地区构造几何学和构造运动学分析[J].西南石油学院学报,2004,26(5):14~17

18 李溪滨,买光荣,况军,等.准噶尔盆地腹地石油地质特征与找油领域[J].石油与天然气地质,1993,14(1):23~33

19 王屿涛,陈克迅.准噶尔盆地东部原油地球化学特征[J].石油与天然气地质,1990,11(1):16~22

20 赵文智,龙道江,买光荣.新疆三大沉积盆地油气藏形成与分布[J].石油与天然气地质,1994,15(1):1~11

21 尹伟,郑和荣,徐士林,等.准噶尔盆地中央坳陷带油气成藏过程分析[J].石油与天然气地质,2008,29(4):444~452

22 宋传春,彭勇民,乔玉雷,等.准噶尔盆地中国石化探区油气勘探方向探讨[J].石油与天然气地质,2008,29(4):453~459

(编辑 高 岩)

(上接第 346 页)

参 考 文 献

1 Leythaeuser D, Schaefer R G, Yukler A. Role of diffusion in primary migration of hydrocarbons [J]. AAPG Bulletin, 1982, 66(4):408~429

2 郝石生,黄志龙.天然气盖层研究与评价[J].沉积学报,1991,9(4):20~26

3 付广,吕延防.天然气扩散作用及其研究方法[M].北京:石油工业出版社,1999.1~88

4 林春明,卓弘春,李广月,等.杭州湾地区浅层生物气资源量计算及其地质意义[J].石油与天然气地质,2005,26(6):823~830

5 付晓泰,王振平,卢双舫.天然气在盐溶液中的溶解机理及溶解度方程[J].石油学报,2000,21(3):89~94

6 E L 柯斯乐.扩散 流体系统中的传质[M].王宇新,姜忠义,译.北京:化学工业出版社,2002.109~110

7 Nelson J S, Simmons E C. Diffusion of methane an ethane through the reservoir caprock: Implication for the timing and duration of catagenesis[J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(7):1 064~1 074

8 薛海涛.碳酸盐岩烃源岩评价标准研究[D].大庆石油学院博士学位论文,2003.74~77

9 王民,郭晓博,薛海涛,等.多套源岩天然气扩散损失量评价——以松辽盆地北部浅层气源岩为例[J].石油与天然气地质,2009,30(2):203~209

10 卢双舫,付广,王朋岩,等.天然气富集主控因素的定量研究[M].北京:石油工业出版社,2002.58

11 庞雄奇.排烃门限控油理论与应用[M].北京:石油工业出版社,1995.148~149

12 薛海涛,卢双舫,钟宁宁.碳酸盐岩气源岩有机质丰度下限研究[J].中国科学,2004,34(S1):127~133

13 薛海涛,卢双舫,付晓泰,等.烃源岩吸附甲烷研究[J].石油学报,2003,24(6):45~50

14 薛海涛,卢双舫,付晓泰.甲烷、二氧化碳和氮气在油相中溶解度的预测模型[J].石油与天然气地质,2005,26(8):444~449

(编辑 高 岩)