

伊通盆地岔路河断陷油气成藏过程

丰 勇¹, 陈红汉¹, 叶加仁¹, 赵彦超¹, 赵志魁², 王立武²

1. 中国地质大学资源学院石油系, 湖北武汉 430074

2. 中石油吉林油田分公司, 吉林松原 138000

摘要: 揭示伊通盆地岔路河断陷复杂的油气成藏历史, 对指导伊通盆地油气勘探具有十分重要的意义。一维数值模拟结果显示: 岔路河断陷主要烃源岩在始新世中、晚期进入生烃门限; 渐新世早、中期达到生烃高峰。通过对岔路河断陷双阳组—永吉组砂岩储层流体包裹体样品中有机包裹体的荧光特征、均一温度以及共生盐水包裹体均一温度等分析, 结果表明, 岔路河断陷至少经历过3期油气充注; 结合埋藏史热史分析, 确定出油气充注分别发生在距今38.1~27 Ma、19.5~10 Ma和1~0 Ma, 与生排烃史模拟结果有很好的-致性。结合盆地构造演化认为古近纪末期和新近纪晚期两期构造抬升两度中止了油气充注过程, 最终形成了该断陷始新世晚期—渐新世中期、中新世早—中期和第四纪3个重要的油气成藏时期。

关键词: 流体包裹体; 油气成藏期次和时期; 岔路河断陷。

中图分类号: P618

文章编号: 1000-2383(2009)03-0502-09

收稿日期: 2008-10-11

Reservoir-Forming Periods and Accumulation Process of Chaluhe Fault Depression of Yitong Basin

FENG Yong¹, CHEN Hong-han¹, YE Jia-ren¹, ZHAO Yan-chao¹, ZHAO Zhi-kui², WANG Li-wu²

1. Department of Petroleum Geology, Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Jilin Oil Limited, CNPC, Songyuan 138000, China

Abstract: It is very significant to probe the complex charging history in Chaluhe depression of Yitong basin. 1D numeric modeling of hydrocarbon generation and expulsion history of source rocks in 4 wells confirms that the major source rocks had entered their threshold of maturity at the Middle-Late Eocene and reached the peak generation stage at the Early-Middle Oligocene. For this study, 145 fluid inclusion samples from 19 wells have been employed to systematically obtain information on fluorescent colors of hydrocarbon inclusions, homogenization temperatures of oil inclusions and their coeval aqueous inclusions. The results indicate three events of oil charging for the Paleocene reservoirs. By integrating with the burial historical curves, the oil charging events have been reconstructed at 38.1–27 Ma, 19.5–10 Ma and 1–0 Ma respectively. When combining the known information on hydrocarbon charging history and structural evolution, two intermittent periods of hydrocarbon migration and accumulation have been revealed, which were at 27–19.6 Ma and 10–2 Ma, respectively, corresponding to two structural uplift stages. In other words, tectonic uplift events occurring at the Late Palaeogene and the Early Neogene stopped the hydrocarbon supplies or destroyed the migrated and accumulated hydrocarbon so that hydrocarbon inclusions can not be probed at the two stages. Therefore, the Late Eocene to Middle Oligocene, Early-Middle Miocene and the Quaternary are the three important reservoir-forming periods in Chaluhe fault depression.

Key words: fluid inclusion; hydrocarbon charging order and time; Chaluhe fault depression.

20世纪90年代以来,随着流体包裹体理论和技术不断发展(Burruss *et al.*, 1983; Haszeldine *et al.*, 1984; Walderhaug, 1990; Grant and Oxtoby,

1992; 刘德汉, 1995; Stasiuk and Snowdon, 1997; Parnell *et al.*, 1998, 2001; Mark *et al.*, 2005),流体包裹体在油气成藏研究中得到了广泛应用(Chen

et al., 1997; 邱楠生等, 2000; 赵靖舟等, 2002; 陈红汉等, 2003; *Li et al.*, 2004; 刘建章等, 2007). 依据成岩矿物和裂纹捕获的烃类包裹体的大小、产状、荧光颜色、均一温度以及与烃类包裹体同期的盐水包裹体均一温度、盐度系统检测, 不仅能够划分油气充注期次, 而且结合地层埋藏史和热史的恢复还能有效地确定油气成藏时期 (*Haszeldine et al.*, 1984; *Goldstein*, 2001; 赵靖舟和李秀荣, 2002; 陈红汉等, 2003; 刘建章等, 2007).

伊通盆地为发育于郯庐断裂带之上、呈狭长状的新生代陆相断陷盆地, 盆内断层发育, 储层相变快, 不均匀沉降导致的沉积中心迁移和多期构造反转, 使得不同断陷油气生成、运移和聚集历史具有显著差异. 王永春(2001)通过单井的流体包裹体分析认为该井奢岭组一段油气运移主要时期是永吉组沉积期和渐新世时期, 并一直持续到新近纪时期. 李本才等(2003)通过含油气系统研究认为岔路河断陷主要成藏期为渐新世末期和中新世末期. 然而, 充分认识伊通盆地各断陷油气成藏条件的复杂性, 对进一步了解油气分布规律、以望获得勘探上的新突破至关重要. 本文主要对岔路河断陷研究区各层位系统采样, 运用流体包裹体分析方法, 结合 BASINMOD 软件模拟方法来探讨岔路河断陷油气充注期次和成藏历史.

1 地质概况

伊通盆地位于吉林省东部, 呈北东 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 方向分布, 为佳依盆地的南段(童亨茂, 2002)(图 1), 夹在那丹哈达岭和大黑山之间, 是紧靠依兰—伊通岩石圈断裂发展起来的晚白垩世—新生界的沉积盆地, 面积约 $2\,400\text{ km}^2$. 盆地内部以 2 号断裂为界分为南北两大部分, 北段相对较宽且沉降深, 凹陷中心靠近西界, 断裂发育; 南段相对较窄, 沉降相对较浅, 凹陷与边界断裂呈低角度斜交. 盆地自南往北可以划分为莫里青断陷、鹿乡断陷和岔路河断陷 3 个二级构造单元(童亨茂, 2002; 刘招君, 2003), 根据第三系基底起伏、沉积物厚度和断裂活动又可以进一步划分出 11 个次一级构造单元(图 1).

岔路河断陷位于盆地东北部, 是盆地内沉积厚度最大、分布范围最广的二级构造单元. 其东南为广阔的那丹哈达岭, 西北为大黑山山脉, 西南以 2 号断层与鹿乡断陷相接, 东北以第二松花江断裂与舒兰断陷相连. 岔路河断陷从南到北分别为梁家构造带、新安堡凹陷、万昌构造带、波泥河—太平凹陷、搜登站构造带和孤店斜坡. 第三系厚 $2\,000\sim 6\,000\text{ m}$, 主要为砂砾岩、砂岩和黑色、灰色、灰绿色泥岩. 依据钻井、测井及古生物资料, 岔路河断陷地层自下而上主要发育有古近系双阳组、奢岭组、永吉组、万昌组、

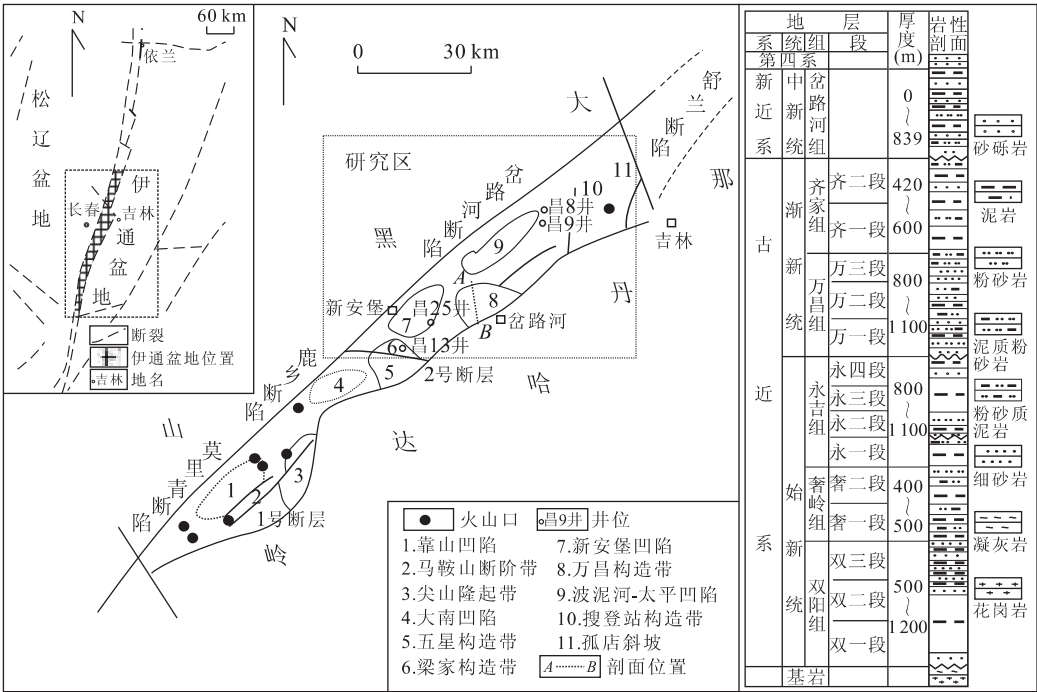


图 1 伊通盆地构造位置和构造单元图

Fig. 1 Tectonic position and division of tectonic units of Yitong basin

齐家组、新近系岔路河组和第四系,其中万昌构造以南缺失奢二段地层(图 1)。

2 烃源岩生烃历史

伊通盆地岔路河断陷黑色泥岩主要分布于新安堡凹陷和波泥河—太平凹陷,主要发育在古近系双阳组(E_2s)、奢岭组(E_2sh)和永吉组(E_2y)。其中双阳组烃源岩主要分布于双一段、双二段和双三段,奢岭

组烃源岩主要分布于奢一段和奢二段,永吉组烃源岩分布于永一段、永二段、永三段和永四段。本研究选取了地层发育比较齐全,能够代表岔路河断陷沉积埋藏历史的 4 口井(井位位置见图 1),利用 BAS-INMOD 软件系统,采用 Easy% R_o 模型进行烃源岩生排烃史模拟,结果如表 1、图 2 所示。

由模拟生排烃史结果(图 2)可看出:双阳组于始新世中、晚期进入成熟期,于渐新世早期达到生烃高峰;奢岭组于始新世晚期至渐新世早期开始成熟,

表 1 岔路河断陷主要烃源岩生烃时期

Table 1 Hydrocarbon generation periods of major source rocks in Chaluhe fault depression

井位	烃源岩层位	开始生烃时间	生烃高峰时间	井位	烃源岩层位	开始生烃时间	生烃高峰时间
昌	E_2s	E_2 晚期	E_3 早期	昌	E_2s	E_3 早期	—
8	E_2sh	E_2 末期	E_3 中期	13	E_2sh	E_3 早期	—
井	E_2y	E_3 早期	—	井	E_2y	E_3 早期	—
昌	E_2s	E_2 中期	E_3 早期	昌	E_2s	E_2 中期	E_3 早期
9	E_2sh	E_2 晚期	E_3 中期	25	E_2sh	E_3 早期	E_3 中期
井	E_2y	E_3 早期	—	井	E_2y	E_3 早期	—

注:“—”表示未达到生烃高峰时间。

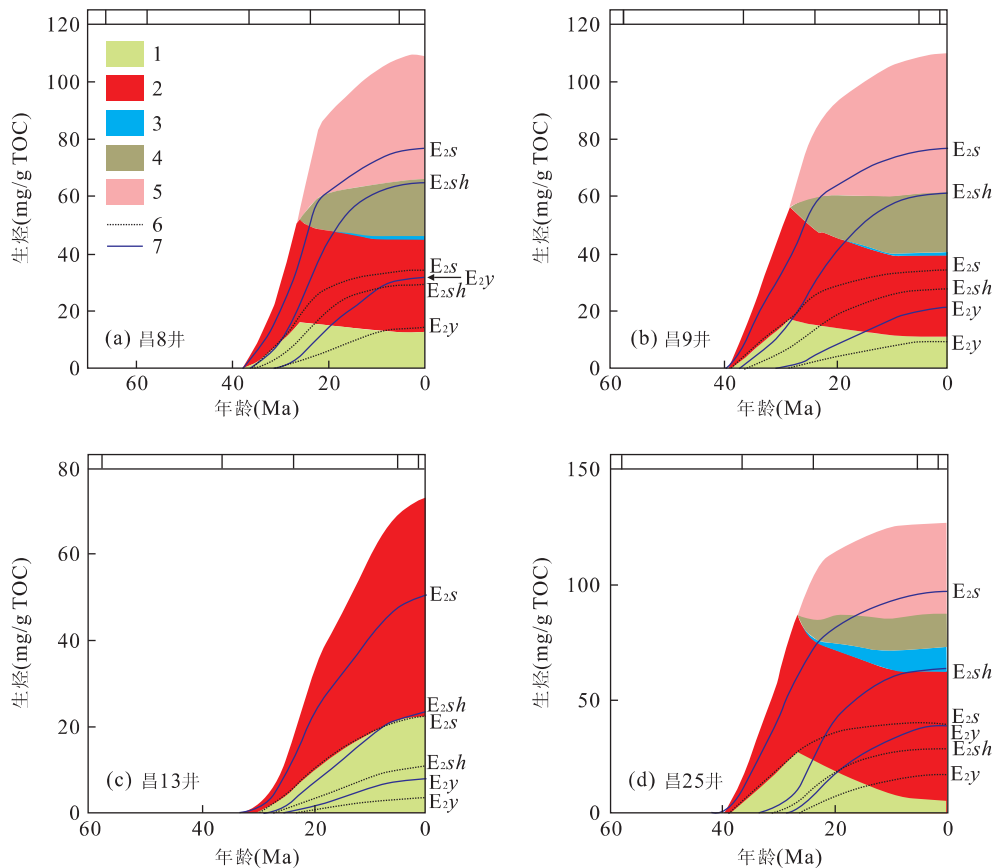


图 2 岔路河断陷 4 口井主要烃源岩生排烃史

Fig. 2 Hydrocarbon generation and expulsion histories of major source rocks for 4 wells in Chaluhe fault depression

1. 生油; 2. 生气; 3. 残留烃; 4. 排油; 5. 排气; 6. 烃源岩层生油底界; 7. 烃源岩层生气底界

至渐新世中期达到生烃主带;永吉组于渐新世早期开始生烃,至今尚未进入生烃高峰期.

3 油气充注期次及充注时期

本次研究在岔路河断陷 6 个次级构造单元的 19 口井中采集了双阳组、奢岭组、永吉组和万昌组砂岩共 178 块流体包裹体样品,进行了有机流体包裹体荧光观察及荧光光谱分析.在此基础上考虑到样品在平面和垂向上分布,挑选了双阳组—永吉组

145 块样品进行了成岩流体包裹体显微测温、测盐系统分析,旨在划分伊通盆地岔路河断陷油气充注期次,再结合埋藏史热史确定其油气成藏时期.

3.1 有机包裹体特征

对上述 178 块流体包裹体薄片进行显微观察,有机包裹体在双阳组—永吉组中普遍发育.产状上主要宿主于石英愈合裂纹、穿石英颗粒裂纹(图 3)、石英次生加大边以及少量宿主于长石解理纹和方解石中.相态上既有单相又有多相;成分上既有纯油又有纯气,还有油、气和盐水混合.综合显微观察结果,

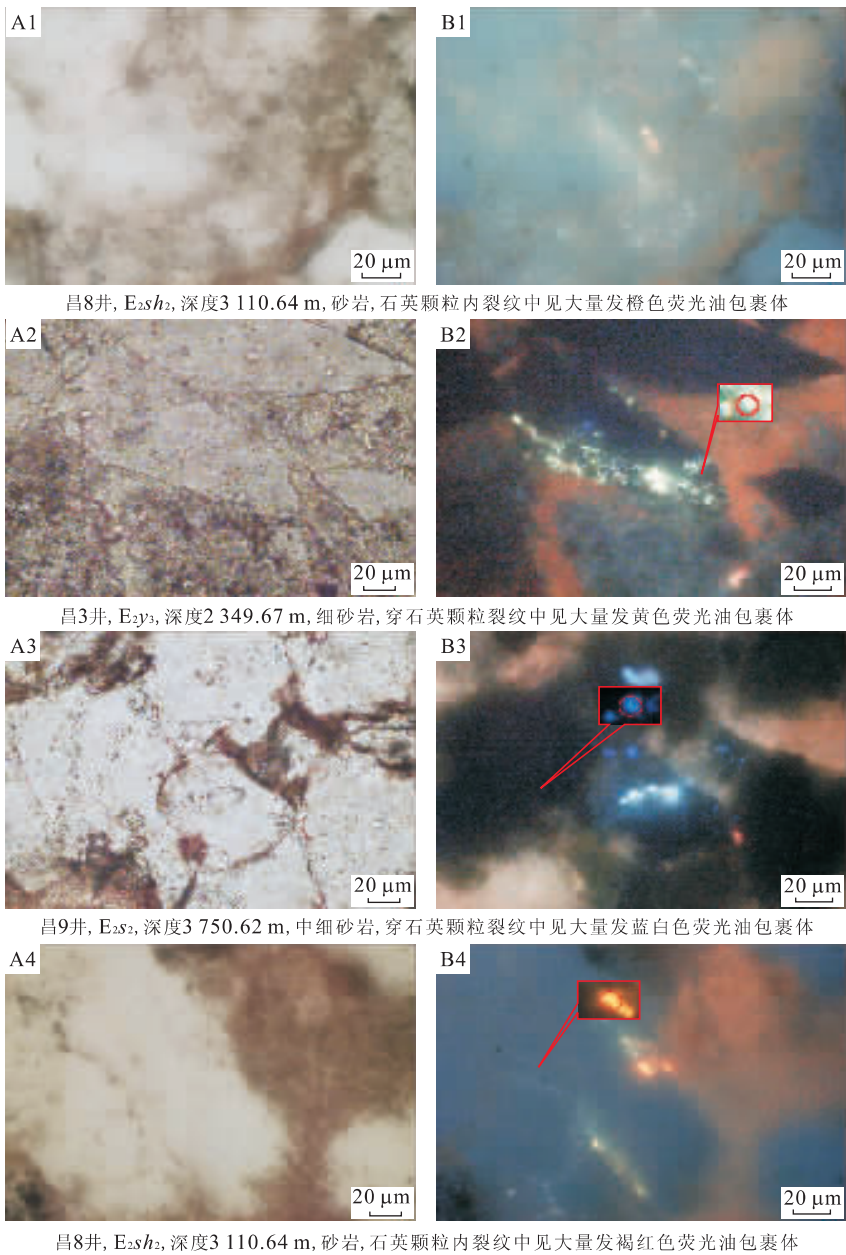


图 3 岔路河断陷不同期次油包裹体产状及荧光颜色观察结果

Fig. 3 Micrographs showing the occurrences and fluorescent colors of different orders of oil inclusion in Chaluhu fault depression
A1、A2、A3 及 A4 为透射光照片;B1、B2、B3 及 B4 为相应的荧光照片

岔路河断陷双阳组—永吉组地层中有机包裹体可划分为 4 类：(1)纯油相包裹体；(2)纯天然气单相包裹体；(3)油+气+盐水三相包裹体；(4)含烃盐水两相包裹体。其中主要以(1)、(4)两种类型有机包裹体为主。这些有机包裹体的存在，证实了岔路河断陷所经历的油气充注过程。

有机包裹体在紫外光照射下表现出荧光特性，利用此特性可迅速有效地区别一般的盐水包裹体 (Goldstein, 2001; Munz, 2001)。不同的荧光颜色 (强度) 表明了油包裹体所捕获流体的不同成分，指示着烃类的热演化程度 (Burruss, 1991; 李荣西等, 1998)。荧光颜色由红色→橙色→黄色→绿色→蓝白色的变化，体现了烃类从低成熟到高成熟的变化。赵艳军和陈红汉 (2008) 认为传统的荧光颜色与成熟度的对应关系仍然成立，但在运用油包裹体荧光颜色分期和确定油成熟度时，需要通过剔除的方法，消除捕获后发生热裂解的油包裹体。岔路河断陷流体包裹体薄片荧光观察显示，油包裹体丰富，荧光颜色多样，具有橙色、黄色、蓝白色和褐红色荧光油包裹体 (图 3)。其中广泛发育前 3 种荧光颜色油包裹体，只在个别样品中见到发褐红色荧光油包裹体 (图 4)。

通过荧光观察可以初步判定岔路河断陷在地质历史时期至少有过 3 期油充注，局部井存在 4 期油充注。

3.2 油气充注期次和时期

图 4 显示各井中观察到的荧光颜色略有差别，同时，同一期次油包裹体均一温度在不同井之间存在差异，这体现了单井在埋藏史和受热史上的差异性，同时也体现了单井在充注历史上存在的差异。所以仅仅依靠有机包裹体荧光颜色不足以有效区分期次，必须结合其他手段，才能比较客观划分油气充注的期次。在恢复单井埋藏史和热史基础上，将给定埋深样品的各期次同期盐水包裹体平均均一温度“投影”到标有等温线的埋藏史图上，对应于时间轴上的年龄即代表油气充注储层的年龄。

将图 4 各期与有机包裹体共生的同期盐水包裹体的均一温度范围投影到单井的埋藏史图上来确定单井的油气充注期次和时期，再综合岔路河断陷各单井充注期次和时期分析岔路河断陷油气充注期次和时期 (图 5)，结果显示岔路河断陷发育 3 期油充注：第 1 期 38.1~27 Ma、第 2 期 19.5~10 Ma 和第 3 期 1~0 Ma。

其中双阳组经历过 3 期油充注：第 1 期 38.1~

井号	层位	深度(m)	荧光颜色	油包裹体平均均一温度(℃)	同期盐水平均一温度(℃)	井号	层位	深度(m)	荧光颜色	油包裹体平均均一温度(℃)	同期盐水平均一温度(℃)
昌12井	E _{2y}	2 671.4~2 799	—	—	—	昌8井	E _{2sh}	3 084.04~3 112.6	褐红色 橙色 蓝白色	T _h =54.5 T _h =99.1 T _h =133.6	T _h =92.6 T _h =122.1 T _h =140.5
	E _{2sh}	2 885.84~3 305.40	黄色 蓝白色	T _h =94.9 T _h =116.0	T _h =97.5 T _h =123.0		E _{2s}	4 010.1~4 015	—	—	—
	E _{2s}	3 709.4	蓝白色	样品损坏	样品损坏		E _{2y}	984.66	—	—	—
昌32井	E _{2s}	2 408~2 414.3	—	—	—	昌4井	E _{2sh}	1 953.07~1 963.70	黄色 蓝白色	T _h =69.6 T _h =159.4	T _h =93.7 —
昌17井	E _{2y}	1 953.2~1 958	黄色	T _h =62.6	T _h =97.7		E _{2s}	2 170.58~2 192.9	橙色 黄色	T _h =68.4 T _h =114.2 T _h =126.2 T _h =157.2	T _h =87.6 T _h =114.6 T _h =130.0 T _h =163.5
昌24井	E _{2y}	1 537.9~1 539.9	—	—	昌29井			E _{2y}	2 453~2 483.95	蓝白色	T _h =105.0
昌24井	E _{2s}	2 143.8~2 181.7	蓝白色	T _h =130.6			T _h =133.3	昌28井	E _{2sh}	2 921.75~2 925.90	黄色 蓝白色
昌19井	E _{2y}	1 521.61	橙色	T _h =126.1 T _h =142.1	T _h =126.9 T _h =151.8	昌30井	E _{2y}	2 101.2.0~2 231.65	黄色 蓝白色	T _h =87.4 T _h =120.1	T _h =94.1 T _h =130.3
昌9井	E _{2y}	2 368.5~2 518	—	—	—		E _{2sh}	2 574.8	黄色	T _h =93.2 T _h =111.4 T _h =142.8	T _h =95.8 T _h =119.2 T _h =158.8
	E _{2sh}	2 822.3	—	—	—			昌3井	E _{2y}	2 344.25~2 758.30	黄色 蓝白色
昌7井	E _{2y}	2 216.1~2 341.4	黄色 蓝白色	T _h =80.9 T _h =57.9	T _h =106.3 T _h =78.2	昌13井	E _{2y}	2 354.78~2 339.90	蓝白色	T _h =72.4 T _h =93.1 T _h =104.8	— T _h =101.4 T _h =114.8
	E _{2sh}	2 983~2 989.3	黄色	T _h =86.8	T _h =103.3		E _{2s}	3 346.4~3 729.5	黄色 蓝白色	T _h =98.8 T _h =69.6	T _h =99.8 —
昌27井	E _{2s}	3 488.5~3 958.9	蓝白色	T _h =93 T _h =15.2	T _h =115.9 T _h =127.5	万参1		E _{2sh}	2 688.39~2 697.90	黄色 蓝白色	T _h =92.6 T _h =105.0
昌15井	E _{2y}	1 063.2~1 193.0	黄色	T _h =82.1 T _h =112.6	T _h =100.4 T _h =118.8		E _{2s}	2 814.00~3 603.05	蓝白色	T _h =80.3 T _h =107.1 T _h =126.3	T _h =101.3 T _h =118.5 T _h =126.6
	E _{2sh}	1 630.3~1 648.0	橙色 黄色	T _h =74.9 T _h =95.8 T _h =123.8	T _h =77.3 T _h =108.9 T _h =138.2						
	E _{2s}	2 632.4	黄色	T _h =81.7 T _h =113.3	T _h =96.2 T _h =114.7						

图 4 伊通盆地岔路河断陷有机包裹体特征

Fig. 4 Characteristics of hydrocarbon inclusions in Chaluhe fault depression of Yitong basin
“—”表示未检测到有机包裹体或者未检测到同期盐水包裹体；“T_h”表示包裹体均一温度

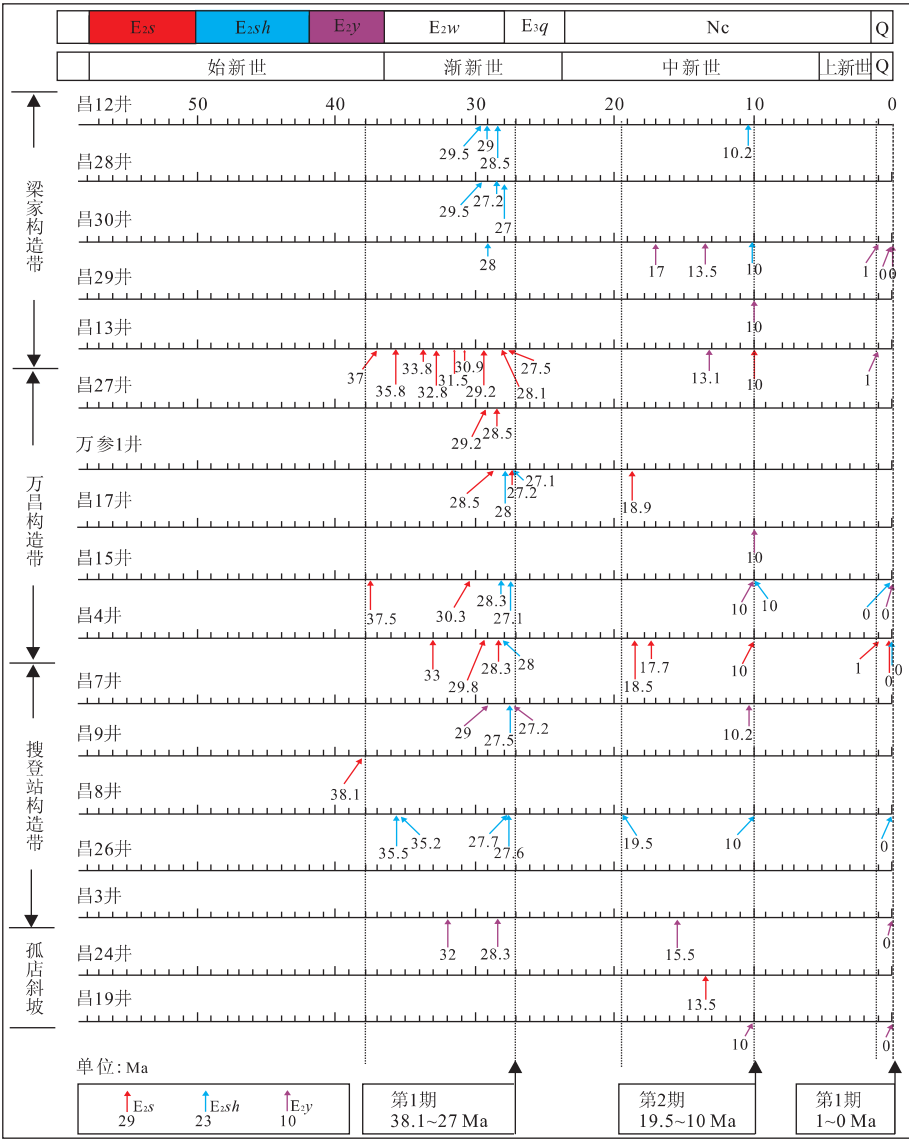


图 5 伊通盆地岔路河断陷流体包裹体确定油气充注期次和充注时期

Fig. 5 Dating results of oil charging by fluid inclusion method in Chaluhe fault depression

27.2 Ma、第 2 期 18.5~10 Ma 和第 3 期 1~0 Ma；
奢岭组经历过 3 期油充注：第 1 期 35.5~27.1 Ma、
第 2 期 19.5~10 Ma 和第 3 期 0 Ma；永吉组经历过
3 期油充注：第 1 期 32~27.2 Ma、第 2 期 17~10
Ma 和第 3 期 1~0 Ma。

4 油气成藏历史

岔路河断陷由于早期沉降作用小、晚期沉降作用明显，在形成演化过程中形成了双阳组、奢岭组和永吉组 3 套主要烃源岩，双阳组、奢岭组、永吉组和万昌组 4 套主要储集层，双阳组、奢岭组、永吉组和齐家组 4 套区域性盖层，具备了良好的生储盖配置。

生排烃史模拟揭示双阳组、奢岭组烃源岩的生烃作用较晚，主要生烃高峰期为渐新世早—中期。由图 6 可以看出，岔路河断陷存在 3 期油气成藏事件，第一期发生于始新世晚期—渐新世中期，是万昌组—齐家组沉积时期，该时期岔路河断陷明显下降，地层埋深加大，同时新安堡凹陷和波泥河—太平凹陷烃源岩也已达到生烃高峰时期，生成的油气很快进入圈闭中，形成了岔路河断陷的第一期油气成藏(图 7，剖面位置见图 1)；古近纪晚期，受大黑山一带隆升挤压和伊丹哈达岭隆升共同作用，全区再次隆升压扭、地层被抬升剥蚀，油气充注过程中止。新近纪开始后，盆地逐渐处于挤压状态，而且挤压作用随着时间的迁移不断加强。这一阶段岔路河断陷继续差异

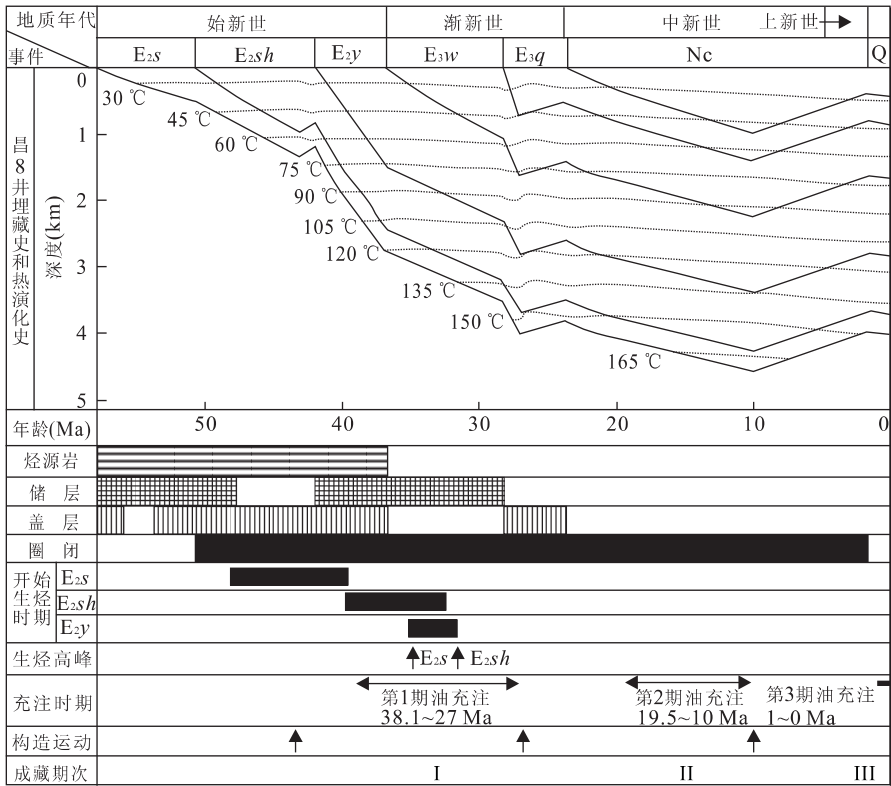


图 6 伊通盆地岔路河断陷油气成藏事件

Fig. 6 Hydrocarbon accumulation events in Chaluhe fault depression of Yitong basin

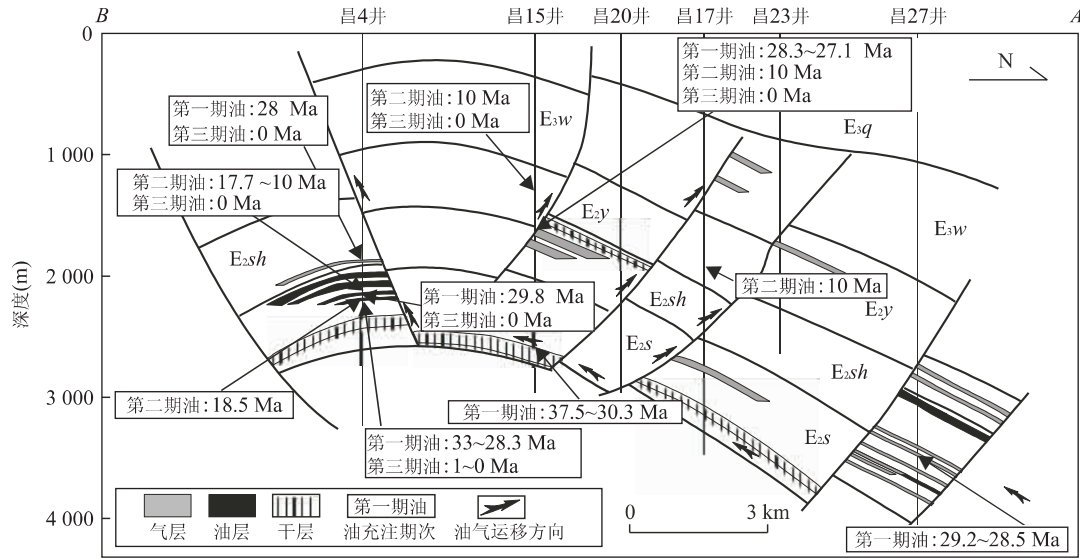


图 7 岔路河断陷过万昌构造带昌 4 井—昌 27 井油藏演化剖面

Fig. 7 Cross section of hydrocarbon accumulation evolution of the Wanchang tectonic zone

沉降,沉积岔路河组,此时烃源岩处于高成熟演化阶段,运移的油气在中新世早—中期进入圈闭中形成第二期成藏. 新近纪末期的构造运动导致油气充注过程再次中止,而且对部分地区的油气藏起到调整改造的作用(王永春, 2001),如图 7 所示,构造高部

位早期聚集的油气受到一定程度的改造和破坏. 进入到第四纪时,断陷中烃源岩处于生气高峰期,由新近纪末期构造活动改造的油气经过再次分配或者深部油气再次发生运聚形成第三期油气成藏.

5 结论

在烃源岩、储集层、盖层和圈闭等必备条件具备下,构造运动制约着伊通盆地岔路河断陷的油气运聚和成藏。岔路河断陷4口井生排烃史模拟结果表明,主要烃源岩在始新世中、晚期进入生烃门限,在渐新世早、中期达到生烃高峰;岔路河断陷流体包裹体样品系统分析揭示,岔路河断陷在38.1~27 Ma、19.5~10 Ma和1~0 Ma发育3期油气充注,两者在时间上有很好的-致性。同时结合盆地构造演化历史,发现在27~19.6 Ma和10~2 Ma存在两个油气充注间歇期,正好对应盆地两次构造抬升运动,两期构造抬升运动不仅阻止了油气充注,而且对早期形成油气藏进行了调整,最终形成了岔路河断陷始新世晚期—渐新世中期、中新世早—中期和第四纪3个重要的油气成藏期。

References

- Burruss, R. C., 1991. Practical aspects of fluorescence microscopy of petroleum fluid inclusions. *SEPM Short Course*, 25(1): 1—7.
- Burruss, R. C., Cercone, K. R., Harris, P. M., 1983. Fluid inclusion petrography and tectonic-burial history of the Al Ali No. 2 well: Evidence for the timing of diagenesis and oil migration, northern Oman Foredeep. *Geology*, 11: 567—570.
- Chen, H. H., Li, C. Q., Zhang, X. M., et al., 2003. Using fluid inclusion to determine hydrocarbon migration and accumulation events and times in Tahe Oilfield. *Earth Science Frontiers*, 10(1): 190 (in Chinese with English abstract).
- Chen, H. H., Zhang, Q. M., Shi, J. X., 1997. Evidence of fluid inclusion for thermal fluid-bearing hydrocarbon movements in Qiongdongnan basin, South China Sea. *Science in China (Ser. D)*, 40(6): 648—655.
- Goldstein, R. H., 2001. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems. *Lithos*, 55(1—4): 159—193.
- Grant, S. M., Oxtoby, N. H., 1992. The timing of quartz cementation in Mesozoic sandstones from Haltenbanken, offshore mid-Norway: Fluid inclusion evidence. *Journal of the Geological Society*, 149(4): 479—482.
- Haszeldine, R. S., Samson, I. M., Cornford, C., 1984. Dating diagenesis in a petroleum basin, a new fluid inclusion method. *Nature*, 307(5949): 354—357.
- Li, B. C., Liu, H. Y., Du, H. X., et al., 2003. The petroleum system and accumulation in Yitong basin. *China Petroleum Exploration*, 8(3): 38—44 (in Chinese with English abstract).
- Li, C. Q., Chen, H. H., Li, S. T., et al., 2004. Hydrocarbon charging histories of the Ordovician reservoir in the Tahe oilfield, Tarim basin, China. *Journal of Zhejiang University Science*, 5(8): 976—978.
- Li, R. X., Jin, K. L., Liao, Y. S., 1998. Analysis of organic inclusions using Micro-FT, IR and fluorescence microscopy and its significance. *Geochimica*, 27(3): 244—250 (in Chinese with English abstract).
- Liu, D. H., 1995. Fluid inclusion studies—An effective means for basin fluid investigation. *Earth Science Frontiers*, 2(3—4): 149—154 (in Chinese with English abstract).
- Liu, J. Z., Chen, H. H., Li, J., et al., 2007. Using fluid inclusion thermodynamic modeling to study paleo-fluid potential and natural gas migration and accumulation of the No. 2 member of Shanxi Formation of the Upper Paleozoic in Yi-Shaan Slope, Ordos basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 32(1): 93—98 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Z. J., 2003. Acus subaqueous fan sedimentary characteristics and influence factors—A case study of Shuangyang Formation in moliqing fault subsidence of Yitong basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21(1): 148—154 (in Chinese with English abstract).
- Mark, D. F., Parnell, J., Kelley, S. P., et al., 2005. Dating of multistage fluid flow in sandstones. *Science*, 309(5743): 2048—2051.
- Munz, I. A., 2001. Petroleum inclusions in sedimentary basins: Systematics, analytical methods and applications. *Lithos*, 55(1—4): 195—212.
- Parnell, J., Carey, P., Monson, B., 1998. Timing and temperature of decollement on hydrocarbon source rock beds in cyclic lacustrine successions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140(1—4): 121—134.
- Parnell, J., Middleton, D., Chen, H. H., et al., 2001. The use of integrated fluid inclusion studies in constraining oil charge history and reservoir compartmentation: Examples from the Jeanne d'Arc basin, offshore Newfoundland. *Marine and Petroleum Geology*, 18(5): 535—549.
- Qiu, N. S., Jin, Z. J., Hu, W. X., 2000. Study on the hydrocarbon charge history in Dongying depression by evidence from fluid inclusions. *Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science)*, 24(4): 95—97, 103 (in Chinese with English abstract).
- Stasiuk, L. D., Snowdon, L. R., 1997. Fluorescence microspectrometry of synthetic and natural hydrocarbon fluid inclusion: Crude oil chemistry, density and application to

- petroleum migration, *Applied Geochemistry*, 12(3):229—241.
- Tong, H. M., 2002. The property and evolution of boundary faults of Yitong graben. *Journal of Geomechanics*, 8(1):35—42 (in Chinese with English abstract).
- Walderhaug, O. A., 1990. A fluid inclusion study of quartz-cemented sandstones from offshore mid-Norway Possible evidence for continued quartz cementation during oil emplacement. *Journal of Sedimentary Research*, 60(2):203—210.
- Wang, Y. C., 2001. The petroleum system and accumulation in Yitong basin. Petrloeum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Zhao, J. Z., Li, X. R., 2002. Methods of geochronology of petroleum accumulation. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(3):257—261 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, J. Z., Pang, W., Wu, S. B., et al., 2002. Geochronology and characteristics of marine hydrocarbon accumulation in the Tarim basin. *Chinese Journal of Geology*, 37(Suppl.):81—90 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, Y. J., Chen, H. H., 2008. The relationship between fluorescence colors of oil inclusions and their maturities. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(1):91—96 (in Chinese with English abstract).
- 油田油气成藏期次及主成藏期. 地学前缘, 10(1):190.
- 李本才, 刘鸿友, 杜怀旭, 等, 2003. 伊通盆地含油气系统与油气藏. 中国石油勘探, 8(3):38—44.
- 李荣西, 金奎励, 廖永胜, 1998. 有机包裹体显微傅立叶红外光谱和荧光光谱测定及其意义. 地球化学, 27(3):244—250.
- 刘德汉, 1995. 包裹体研究——盆地流体追踪的有力工具. 地学前缘, 2(3—4):149—154.
- 刘建章, 陈红汉, 李剑, 等, 2007. 伊—陕斜坡山 2 段包裹体古流体势恢复及天然气聚集条件. 地球科学——中国地质大学学报, 32(1):93—98.
- 刘招君, 2003. 湖泊水下扇沉积特征及影响因素——以伊通盆地莫里青断陷双阳组为例. 沉积学报, 21(1):148—154.
- 邱楠生, 金之钧, 胡文喧, 2000. 东营凹陷油气充注历史的流体包裹体分析. 石油大学学报(自然科学版), 24(4):95—97, 103.
- 童亨茂, 2002. 伊通地堑边界断裂的性质与演化. 地质力学学报, 8(1):35—42.
- 王永春, 2001. 伊通地堑含油气系统与油气成藏. 北京:石油工业出版社.
- 赵靖舟, 李秀荣, 2002. 成藏年代学研究现状. 新疆石油地质, 23(3):257—261.
- 赵靖舟, 庞雯, 吴少波, 等, 2002. 塔里木盆地海相油气成藏年代与成藏特征. 地质科学, 37(增刊):81—90.
- 赵艳军, 陈红汉, 2008. 油包裹体荧光颜色及其成熟度关系. 地球科学——中国地质大学学报, 33(1):91—96.

附中文参考文献

陈红汉, 李纯泉, 张希明, 等, 2003. 运用流体包裹体确定塔河