

文章编号: 1001-6112(2011)02-0193-04

# 库车前陆盆地大北地区储层沥青与油气运聚关系

卓勤功<sup>1</sup>, 赵孟军<sup>1</sup>, 谢会文<sup>2</sup>, 方世虎<sup>1</sup>, 李梅<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油塔里木油田研究院, 新疆库尔勒 841000)

**摘要:**根据储层沥青的显微特征、热演化程度和生物标志化合物系统分析,对库车前陆盆地大北地区的储层沥青成因及油气运聚过程进行了探讨。大北地区库姆格列木群盐下砂岩储层显微裂缝中观测到少量黑色胶质沥青,其中,大北 202 井储层沥青发育 2 组,其反射率值分别为 1.07% 和 0.47%,吐北 1 井储层中只检测到一组沥青,且含量极少,反射率值为 0.43%;储层固体沥青为不同源、不同期的油、气混合沉淀而成。由此推断,大北地区天然气并非原油裂解成因;大北 1 和大北 2 等盐下圈闭至少发生了 3 期油气充注,其古油藏原油大多沿北部克拉苏逆冲断层进入浅部砂层,再汇聚于大宛齐背斜成藏;位于该断层附近的吐北 1 井,其储层沥青的存在说明其砂岩层是油气运移的通道,不排除该断块高部位有油气成藏的可能性。该结论对认识克拉苏构造带天然气成因和促进古油藏勘探具有重要意义。

**关键词:**储层沥青;古油藏;油气运聚;克拉苏构造带;库车前陆盆地

**中图分类号:** TE122.1+2

**文献标识码:** A

## Relationship between reservoir bitumen and hydrocarbon migration in Dabei region, Kuqa Foreland Basin

Zhuo Qingong<sup>1</sup>, Zhao Mengjun<sup>1</sup>, Xie Huiwen<sup>2</sup>, Fang Shihu<sup>1</sup>, Li Mei<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Tarim Oilfield Branch Company, PetroChina, Korle, Xinjiang 841000, China)

**Abstract:** Based on systematic analyses of microscopic characteristics, thermal maturation and biomarker compounds of reservoir bitumen, it was discussed in this paper the bitumen origin as well as the hydrocarbon migration and accumulation in Dabei region of the Kuqa Foreland Basin. A little black resin bitumen was observed in microscopic fractures of sandstone reservoir under salt bed of the Kumugeliemu Group in Dabei region. 2 groups of bitumen were found in well Dabei202, with reflectivity of 1.07% and 0.47%. 1 group of bitumen was found in well Tubei1, with reflectivity of 0.43%, and its content was very rare. Solid bitumen in reservoir was the result of mixed precipitation of oil and gas of different origin and stage. Therefore, natural gas in Dabei region is not originated from crude oil cracking. At least 3 stages of hydrocarbon charging took place in under-salt traps such as Dabei1 and Dabei2. Crude oil in ancient reservoir migrated into shallow sandstone along the Kelasu thrust fault in the north, and then accumulated in the Dawanqi anticline. Reservoir bitumen was found in well Tubei1 near the Kelasu thrust fault, indicating that sandstone worked as the pathway for hydrocarbon migration. Hydrocarbon might accumulate in the higher part of the fault block. The research illustrated the origin of natural gas in the Kelasu structural belt, and might guide ancient reservoir exploration in the region.

**Key words:** reservoir bitumen; paleo-reservoir; hydrocarbon migration and accumulation; Kelasu structural belt; Kuqa Foreland Basin

大北地区位于库车前陆盆地克拉苏构造带西段,其中,大北 1 气田富含煤成气,伴有少量凝析油,显微镜下在白垩系巴什基奇克组储气层岩石中见到少量固体沥青及油包裹体。储层中天然气、凝析油和固体沥青共存,其中,天然气的成因、来源前

人进行了大量有意义的研究<sup>[1-4]</sup>,但天然气是否存在油裂解成因仍有争议,而且关于凝析油、天然气和固体沥青三者的联系以及固体沥青的成因尚未见报道。为此,本文以大北地区气田储层沥青为研究对象,结合地质分析,揭示大北地区的油气运聚

收稿日期:2010-05-11;修订日期:2011-02-09。

作者简介:卓勤功(1969—),男,高级工程师,在读博士后,从事油气成藏研究。E-mail:zhuoqg@petrochina.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项大型油气田及煤层气开发(2008ZX05003)。

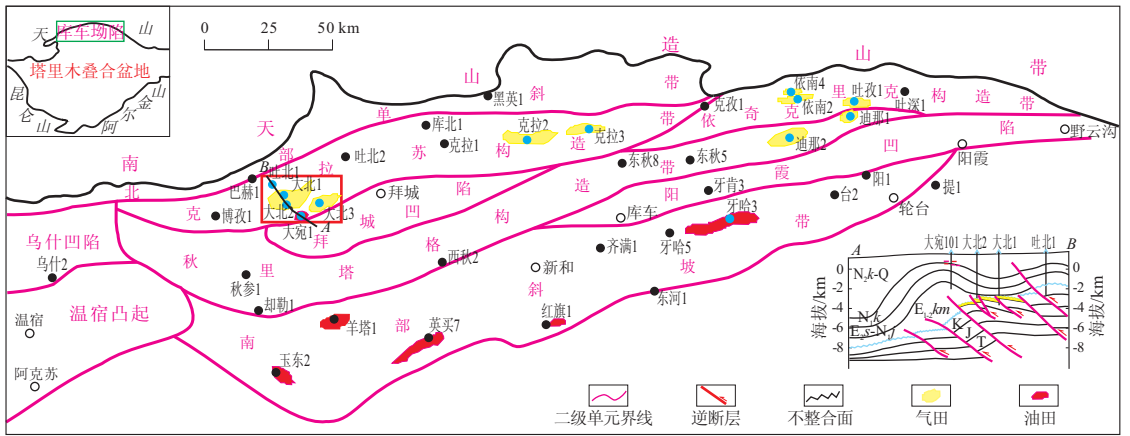


图 1 库车前陆盆地构造单元及油气分布

Fig. 1 Tectonic units and hydrocarbon distribution in Kuqa Foreland Basin

成藏过程,为本区的油气勘探提供科学依据。

不成藏情况并存,体现出该区油气成藏的复杂性。

### 1 石油地质概况

### 2 储层沥青观测

克拉苏构造带是塔里木盆地北缘库车前陆地逆冲构造体系的主体,位于拜城凹陷与北部单斜带之间(图 1),该区深层发育 5 套烃源岩,即上三叠统黄山街组和中侏罗统恰克马克组湖相烃源岩,上三叠统塔里奇克组和下侏罗统阳霞组、克孜勒努尔组煤系烃源岩<sup>[5-6]</sup>,油气源非常丰富;受新近纪晚期喜马拉雅运动的影响,形成了以古近系库姆克列木群膏盐岩<sup>[7]</sup>为界的盐下断块、断背斜圈闭和盐上背斜圈闭;区内多条逆冲断裂沟通源岩和圈闭,油气成藏条件十分优越,形成了盐下大北 1 气田和盐上大宛齐油田,前者储层为白垩系巴什基奇克组砂岩,以煤成气为主,含少量凝析油;后者储层为库车组砂岩,以轻质油为主,含少量煤成气。吐北 1 井位于大北 1 气田北部克拉苏穿盐断裂的上升盘,在盐上和盐下多套储层中只见到油气显示,测井解释为差气层或含气水层。因此,该区油、气成藏与

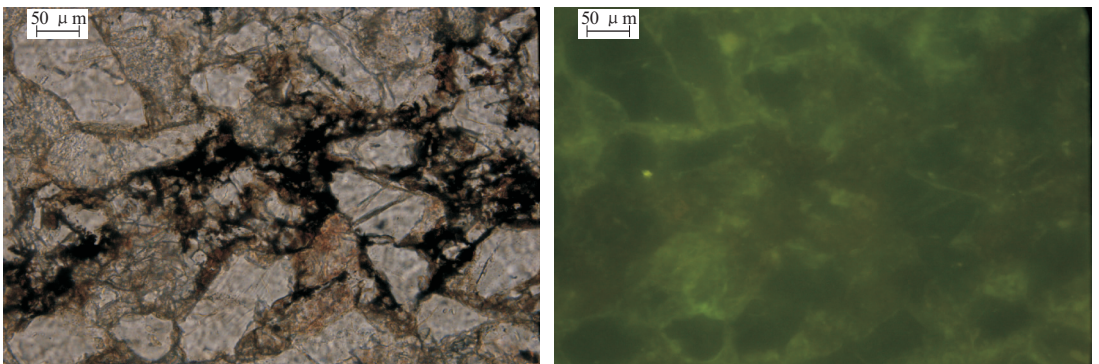
#### 2.1 沥青显微观察

为了查明大北地区油气运聚成藏过程,对大北 1 气田储层岩心进行了详细观察,肉眼没有见到明显的固体沥青,只在岩心薄片镜下观测到少量储层固体沥青。如大北 202 井巴什基奇克组砂岩,沥青分布在砂岩微裂缝中(图 2),透射光下为黑色,荧光为棕色—黑色,呈现胶质沥青特征;另外,矿物颗粒周围发浅蓝色荧光。结合储层中大量天然气的存在,说明储层至少发生了 2 期油气充注。

吐北 1 井多套储层孔隙中镜下观察到大量荧光显示,多为棕色、褐色,油质偏重,考虑测井解释成果(含气水层),可能受水洗氧化的影响;大宛 1 井储层中镜下没有观察到固体沥青,但大量浅蓝色荧光和褐色荧光共存,为 2 期轻质油特征。

#### 2.2 沥青反射率测定

鉴于储层固体沥青较少,为了测定储层中沥青



大北202井,砂岩,5 719.5 m

图 2 库车前陆盆地大北地区储层裂缝沥青镜下特征

Fig. 2 Microscopic characteristics of bitumen in reservoir fracture, Dabei region, Kuqa Foreland Basin

的反射率,本文采用“盐酸、氢氟酸、重液分选”干酪根提取的方法,溶蚀矿物,浓缩沥青,然后做成压光片,用分光光度计测量。

大北 202 井巴什基奇克组褐色粉砂岩(5 717. 15 m)储层沥青反射率测试,得出 2 组值,平均  $R_o$ 。分别为 1. 07%和 0. 47%;吐北 1 井库姆格列木群浅褐色含砾粗砂岩(4 241. 10 m)储层沥青反射率观测点较少,且只测得一组沥青反射率值,为 0. 43%。总之,大北地区储层固体沥青含量较少,且反射率较低,与石油高温裂解残余物焦沥青特征<sup>[8-10]</sup>相差较大,基本可排除原油裂解作用的存在。

### 2.3 沥青抽提物分析

对比吐北 1 井库姆格列木群底砂岩储层沥青抽提物和大北地区原油的生物标志化合物,可以看出,一方面,二者特征相似(图 3),均为混合来源,母源包括上三叠统黄山街组和中侏罗统恰克马克组湖相烃源岩<sup>[11]</sup>。其中,三环萜烷为正态分布,即  $C_{19} < C_{20} < C_{21} > C_{23}$ ,伽马蜡烷相对丰度与  $C_{31}$  升藿烷基本上相当或稍低,为上三叠统黄山街组烃源岩特征;富含  $C_{30}$  重排藿烷系列,为中侏罗统恰克马克组下部湖相泥岩的独有特点。另一方面,储层沥青抽提物没有明显的生物降解特征,表明沥青不是古油藏抬升暴露、生物降解成因<sup>[10]</sup>。

## 3 沥青与油气运聚

### 3.1 沥青的成因

通过上述论述,排除了大北地区储层固体沥青为原油裂解和生物降解成因。除此之外,气洗分馏作用,即不同源、不同期烃类的混合,特别是后期天

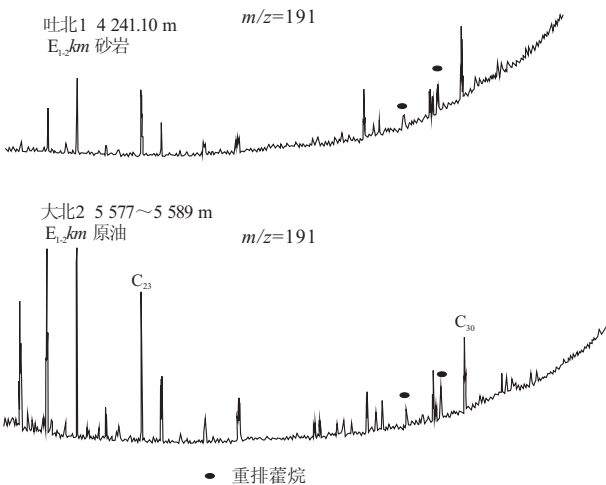


图 3 库车前陆盆地大北地区储层沥青与原油生物标志化合物特征

Fig. 3 Biomarker compound properties of reservoir bitumen and crude oil in Dabe region, Kuqa Foreland Basin

然气的侵入作用也是沥青形成的机制之一,储层沥青垫的成因即是如此<sup>[12]</sup>。

原油气洗分馏后产物的显著特征是低碳数正构烷烃含量较低、芳香烃和高碳数正构烷烃含量较高<sup>[13]</sup>。大北地区凝析油或轻质油的轻烃组成中正构烷烃相对含量明显降低,甚至低于苯、甲苯的含量(图 4);相反,高分子量烷烃含量相对增大,原油含蜡量介于 6. 07%~12. 82%,属于中蜡油。大北地区凝析油和天然气的同位素值、成因类型、成熟度等对比证实了该区油与气为不同源、油早气晚,油分别来自上三叠统黄山街组和中侏罗统恰克马克组湖相烃源岩,气为煤成气。从而表明大北地区原油确曾遭受过强烈气洗分馏作用的改造,现今的原油是改造后的残余油,固体沥青是油、气混合作用所致。

### 3.2 油气运聚

实验证实不同组成的原油或油气混合会导致原油中沥青质的沉淀,甚至形成固体沥青<sup>[14]</sup>。一旦形成,此沥青受地质历史时期长时间的热作用,将开始由油质沥青向胶质沥青、沥青质沥青、碳质沥青转化的成熟演化过程,其反射率越来越高。大北地区盐下大北 202 气藏储层 2 组不同反射率的沥青表明,该气藏至少经历了 3 期油气运聚,高反射率的沥青形成时间早,代表较早的一次油气混合;

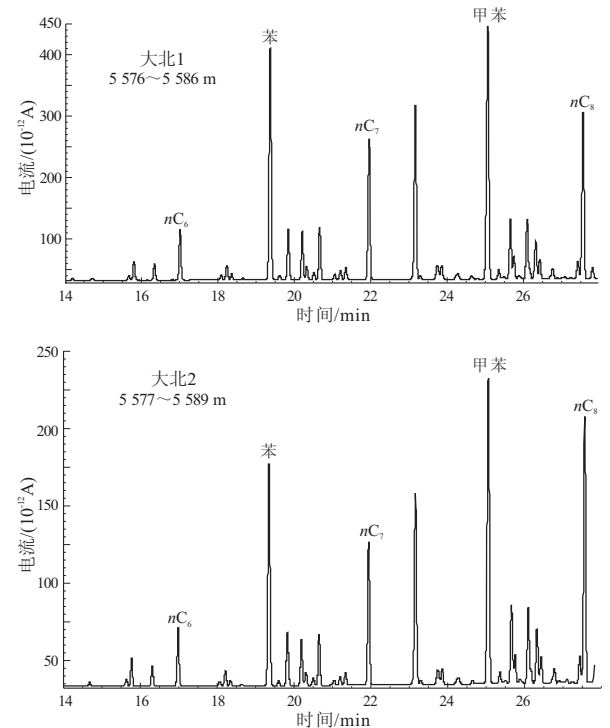


图 4 库车前陆盆地大北地区原油轻烃特征

Fig. 4 Properties of light hydrocarbon in crude oil, Dabe region, Kuqa Foreland Basin

反射率低的沥青应为晚期油气混合的产物。吐北 1 井储层沥青与大北 202 井后者基本为同一期的产物,说明吐北 1 井区曾发生了一期油气混合充注作用。

储层中油气混合后沥青沉淀的多少取决于油气混合比例以及这种混合作用发生的程度,如随着侵入气体量的增加,沥青先沉淀后溶解<sup>[14]</sup>,即固体沥青的量先增加后减少,或者在后期天然气侵入的同时储层中的原油发生迁移,古油藏被破坏,这 2 种机制都会造成储层固体沥青沉淀较少,大北地区即是如此。

结合大北地区烃源岩演化<sup>[15-16]</sup>、油油对比<sup>[11]</sup>、构造发育史<sup>[17-18]</sup>以及油气运移通道<sup>[19-20]</sup>等研究成果,对大北地区油气运聚过程作如下推断:古近纪末期,上三叠统黄山街组湖相烃源岩排出的成熟油气进入盐下大北 1—大北 2 古圈闭成藏;新近纪晚期即库车组沉积期,伴随天山的隆升作用与向南挤压推覆作用,煤系烃源岩和中侏罗统恰克马克组湖相烃源岩开始大量生排煤成气和湖相原油,煤成气和原油进入圈闭与早期原油混合形成第一组高反射率的沥青,与此同时,大北盐下古圈闭被断层分隔为多个断块或断背斜,且断层上盘向北依次升高,古油藏的油气也向北部断块调整,调整的油气与新运移的油气一并沿克拉苏穿盐断裂向上,再顺砂层向南部高部位运移进入大宛齐背斜成藏,部分油气也进入了此处(吐北 1 井区)断层沟通的多套储层中;第四纪早期,更高成熟度的天然气再次沿油源断层运移充注,大北盐下形成独立的圈闭,原大北 1—大北 2 等断块或断背斜油气再次混合形成第二组反射率较低的固体沥青,此时吐北 1 断块进一步抬升,不同源、不同期的油气经吐北 1 井区砂层向断块北部高点运移,在此混合也形成了极少量的固体沥青。

## 4 结论

1)大北地区盐下储层显微裂缝中存在微量固体沥青,其中大北 202 井区有 2 组沥青,反射率值分别为 1.07%和 0.47%;吐北 1 井区只有少量低反射率的沥青,反射率值为 0.43%。

2)沥青成分与原油的特征相似,为后期天然气洗分馏改造形成,排除了该区天然气原油裂解成因以及早期原油曾发生生物降解的观点。

3)由储层沥青观测,结合其它研究成果,推测大北盐下古圈闭为 3 期油气充注,其北侧吐北 1 断块为 2 期油气运移,而且,吐北 1 井区可能是大北盐下古油藏原油向盐上大宛齐调整的中转站或运移途径。

## 参考文献:

- [1] 李剑,谢增业,李志生,等. 塔里木盆地库车坳陷天然气气源对比[J]. 石油勘探与开发,2001,28(5):29—32,41.
- [2] 赵孟军,卢双舫,李剑. 库车油气系统天然气地球化学特征及气源探讨[J]. 石油勘探与开发,2002,29(6):4—7.
- [3] 范明,黄继文,陈正辅. 塔里木盆地库车坳陷烃源岩热模拟实验及油气源对比[J]. 石油实验地质,2009,31(5):518—521.
- [4] 张殿伟,刘文汇,郑建京,等. 氩同位素用于库车坳陷天然气主力气源岩判识[J]. 地球化学,2005,34(4):405—409.
- [5] 杜治利,王飞宇,张水昌,等. 库车坳陷中生界气源灶生气强度演化特征[J]. 地球化学,2006,35(4):419—431.
- [6] 赵孟军,张宝民. 库车前陆坳陷形成大气区的烃源岩条件[J]. 地质科学,2002,37(增刊):35—44.
- [7] 付晓飞,宋岩,吕延防,等. 塔里木盆地库车坳陷膏盐盖层特征与天然气保存[J]. 石油实验地质,2006,28(1):25—29.
- [8] 刘德汉,肖贤明,田辉,等. 应用流体包裹体和沥青特征判别天然气的成因[J]. 石油勘探与开发,2009,36(3):375—382.
- [9] 蔡勋育,朱扬明,黄仁春. 普光气田沥青地球化学特征及成因[J]. 石油与天然气地质,2006,27(3):340—347.
- [10] 赵孟军,张水昌,刘丰忠. 油藏演化的两个极端过程[J]. 石油勘探与开发,2003,30(5):21—23.
- [11] 肖中尧,黄光辉,卢玉红,等. 库车坳陷却勒 1 井原油的重排藿烷系列及油源对比[J]. 石油勘探与开发,2004,31(2):35—37.
- [12] 朱战军,袁井菊,林壬子,等. 文留油田 25 东区块沥青地球化学特征及成因[J]. 石油勘探与开发,2006,33(6):677—681.
- [13] 杨永才,张枝焕. 高蜡凝析油或轻质油的分布特征与成因机理[J]. 地质科技情报,2005,24(3):55—59.
- [14] 贾望鲁,彭平安. 凝析油充注对油藏沥青质分子结构的影响[J]. 石油勘探与开发,2003,30(6):112—116.
- [15] 何光玉,卢华夏,王良书,等. 库车盆地烃源岩特征及生烃史特征[J]. 煤炭学报,2002,27(6):570—574.
- [16] 李谦,王飞宇,孔凡志,等. 库车坳陷恰克马克组烃源岩特征[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2007,29(6):38—42.
- [17] 汪新,贾承造,杨树锋,等. 南天山库车冲断褶皱带构造变形时间:以库车河地区为例[J]. 地质学报,2002,76(1):55—63.
- [18] 郭光辉,罗春树,胡太平,等. 褶皱相关断层:以库车坳陷新生界盐上构造层为例[J]. 地质科学,2007,42(3):496—505.
- [19] 赵林,秦胜飞. 库车坳陷天然气藏成藏条件分析[J]. 石油实验地质,1999,21(4):307—310.
- [20] 李振生,刘德良. 塔里木北部库车地区的断层系统及其对油气的控制作用[J]. 地质科学,2009,44(1):26—34.