

文章编号: 0253-9985(2007)02-0250-07

准噶尔盆地莫索湾-莫北地区 油气运移方向和成藏体系

高小康¹, 胡文瑄¹, 曹 剑¹, 张越迁², 唐 勇², 陶国亮¹

(1. 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093)

(2. 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)

摘要: 运用无机地球化学元素示踪方法, 对储层方解石胶结物中的 MnO 含量变化趋势进行了分析, 就准噶尔盆地莫索湾-莫北地区的油气运移方向开展比较系统地研究, 揭示了盆 1 井西凹陷、昌吉凹陷和东道海子北凹陷的油源对该区都有贡献, 但在油源组成、充注范围和强度上有所不同, 可以划分出 3 个成藏体系: 盆 1 井西凹陷-东环带、昌吉凹陷-莫索湾、东道海子北凹陷北坡成藏体系, 并认为莫索湾凸起的南东翼和东道海子北凹陷的西北斜坡区是有利勘探区域。

关键词: 方解石胶结物; MnO; 元素示踪法; 成藏体系; 油气运移方向; 莫索湾-莫北地区; 准噶尔盆地

中图分类号: TE112.3 **文献标识码:** A

Study of hydrocarbon migration and accumulation in the Mosuowan-Mobei area, Junggar Basin

Gao Xiaokang¹, Hu Wenxuan¹, Cao Jian¹, Zhang Yueqian², Tang Yong², Tao Guoliang¹

(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093)

(2. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000)

Abstract The inorganic geochemical element tracing approach is adopted in the analysis of changing trends of the MnO content in the calcite cements of reservoirs and the systematic study of hydrocarbon migration direction in the Mosuowan-Mobei area of the Junggar Basin. The results show that the source rocks in the Well Pen-1 west sag, Changji sag and Ddzhb sag all have contributed to the pools in the study area, but they vary in the composition of oil charging ranges and intensities. Three plays are recognized in the study area, including Well Pen-1 west sag-east loop belt, Changji sag-Mosuowan uplift and northern slope of Ddzhb sag. The southeastern flank of Mosuowan uplift and the northwestern slope zone of Ddzhb sag are prospective targets for exploration.

Key words calcite cement; MnO; element tracing approach; inorganic geochemistry; play; hydrocarbon migration direction; Mosuowan-Mobei area; Junggar Basin

准噶尔盆地是我国西部典型的大型叠合含油气盆地, 腹部地区是当前的重点勘探区域。莫索湾-莫北地区就位于腹部中央拗陷内, 主要聚油单元包括莫索湾凸起和莫北凸起, 为典型的拗中凸(图 1)。1998 年后, 这两个凸起上先后发现了亿吨级的油气储量, 展示了良好的勘探前景。

就油源而言, 莫索湾和莫北地区西邻盆 1 井西凹陷, 东与东道海子北凹陷相接, 南抵昌吉凹陷(如图 1), 而每个凹陷均发育有多套成熟烃源岩^[1], 因此从理论上讲, 本区可能存在多个烃源灶。长期以来, 普遍认为本区油气主要源于盆 1 井西凹陷中的二叠系下统风城组(P₁f)和中统乌

收稿日期: 2006-07-07

第一作者简介: 高小康(1983-), 男, 硕士研究生, 油气成藏机理

基金项目: “十五”科技攻关项目(2003BA613A-03)

王绪龙, 张义杰, 况军, 等. 准噶尔盆地第三次油气资源评价. 新疆油田公司勘探开发研究院内部报告, 2000

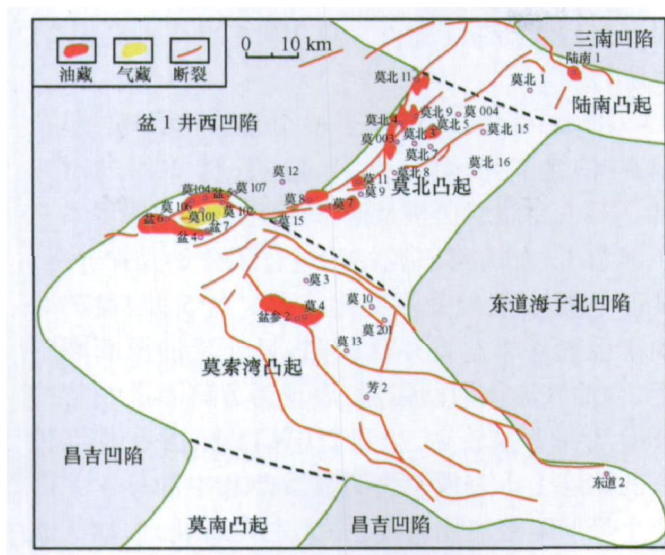


图 1 准噶尔盆地莫索湾-莫北地区地质构造与主要井位分布

Fig. 1 Sketch map showing the geological structures and the locations of the major wells in Mosuowan-Mobei area, Junggar basin

移通道和方向时存在一定的局限性,因此,本文试图在有机地球化学研究的基础上,结合无机地球化学方法,来探讨本区的油气运移方向。

1 无机地球化学研究方法与原理

研究表明:油气“多源多期”运移成藏过程中,通过与地层水以及围岩矿物的相互作用,不仅会形成“多期”的水岩反应产物,而且会造成水岩反应产物的微量元素地球化学异常,从而为精细追溯含油气流体活动史提供了可能^[4]。如 Gregg 和 Shelton 研究了美国密苏里州东南 Bonnetterre 组底部白云岩中的 Fe 和 Mn 含量变化,认为 Fe 和 Mn 高含量区是流体活动的中心地带,Fe 和 Mn 含量降低方向指示流体流动和油气运移方向^[5]。陈景山^④对塔中 I 号断裂带中晚海西期埋藏成因的缝洞方解石胶结物进行元素组成分析,得出了与前人相似的结论。因此,胶结物的微量元素(特别是

的胶结物中心。

叠合盆地的“多源多期多藏”特征使得现今采集的原油或储层岩心抽提物极可能经历了不同油源或不同成熟度原油混合。众多表征原油性质的生标参数在运移和成藏过程中因构造运动而发生次生变化。因此,利用现今的种种地球化学参数进行油气运移示踪必须进行深入细致的分析。目前,通过有机地球化学方法来确定油气运移方向,仍存在问题,如东道海子北凹陷和昌吉凹陷对莫索湾-莫北地区的油气藏有没有贡献,如果有,油气运移的大体方向如何?充注范围大体有多大?鉴于有机地球化学方法在研究混源油气运

(包括原油和岩石)进行原位的微量元素分析,并观察其形态与结构。

实验结果表明,准噶尔盆地储层方解石胶结物中的微量元素含量以 Mn、Fe 和 Mg 相对较高^④。从这 3 个元素各自的地球化学属性上来看,Mn 是典型的与火山物质相关的元素组分,Fe 的来源比较复杂,可以来自于大气降水,也可以来自于黑云母、角闪石等矿物的释放,而高 Mg 含量一般指示着原始的地层水环境^[8]。

准噶尔盆地西北缘和腹部地区的油源主要来自石炭系-二叠系,其地层中发育了大量的火山岩物质。因此,当石炭系-二叠系油源流体演化到成

惠荣耀,孟任祥,丁安娜,等. 准噶尔盆地盆参 2 井油源研究. 中国科学院兰州地质研究所内部科研报告, 1993

④陈景山,等. 塔中地区碳酸盐岩储层评价和有利储集空间预测. 2000

④胡文瑄,张义杰,姚素平,等. 2004 准噶尔盆地重点地区断控运聚体系与流体成藏机理研究. 2004

烃高峰期时,与火山物质的长期作用,孔隙流体中必然富集 Mn 等与火山物质相关的元素组分。这种深部含油气流体运移进入浅部储层过程中,与围岩发生水岩反应。在溶解碳酸盐和长石类矿物的同时,发生化学扩散作用,使得方解石胶结物(脉)中富 Mn,有时还促使富 Mn 方解石沉淀,从而留下深部油源流体活动的痕迹。另一方面,随

钻孔进行了分析(盆 6-莫 101-盆 5-莫 102)(图 4)。

剖面一(图 2)跨越了整个莫索湾凸起,包括盆 5 井、盆 7 井、莫 4 井、莫 13 井、芳 2 井、东道 2 井。对主要储层白垩系清水河组 K_1q 和侏罗系三工河组 J_1s 的方解石胶结物进行了微量元素分析, MnO 含量表现出分段变化特点。盆 5 井、盆 7 井

运移方向,其烃源灶可能分别是盆 1 井西凹陷和昌吉凹陷。为解决此问题,根据以往积累的样品资料,选择了两条分别为 NW-SE 向的(盆 5-盆 7-莫 4-莫 13-芳 2-东道 2)(图 2)和临近昌吉凹陷的 SN 向的联井剖面(莫 10-莫 201-莫 13-芳 2)(图 3),并分别对其进行了分析。此外,为了进一步细致刻画临盆 1 井西凹陷井区的油气运移特点,还对莫索湾凸起西北翼的 4 口典型

度比较高,在不整合附近方解石胶结物的 MnO 含量达到 1.6%~1.8%。三工河组 J_1s 储层相对偏低,除个别外,都集中 0.6%~0.8% 之间。东道 2 井位于莫索湾凸起东端,远离盆 1 井西凹陷;有机地化研究表明主要接受来自昌吉凹陷的贡献;不整合上下流体作用强烈。

分析认为,剖面两侧均是较强的供烃凹陷,含油气流体在不同部位运移的主要通道有所差别。

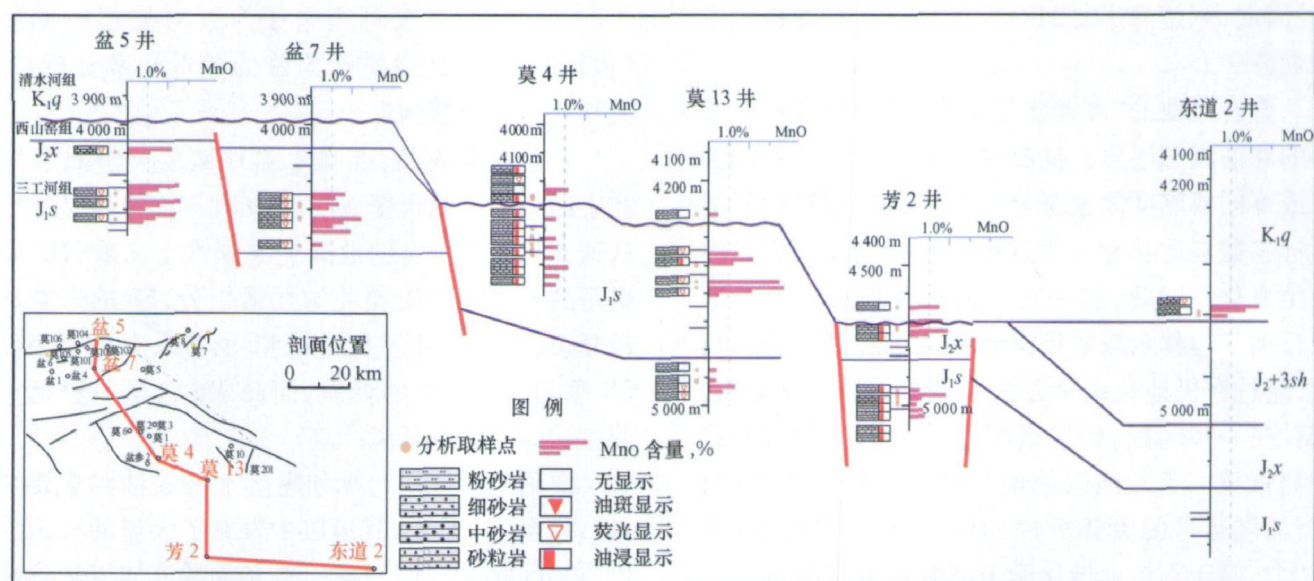


图 2 莫索湾地区 NW-SE 向联井剖面储层方解石胶结物 MnO 含量分布

Fig. 2 Distribution of MnO content in calcite cements on the SE-NW welltie profile in Mosuowan-Mobei area

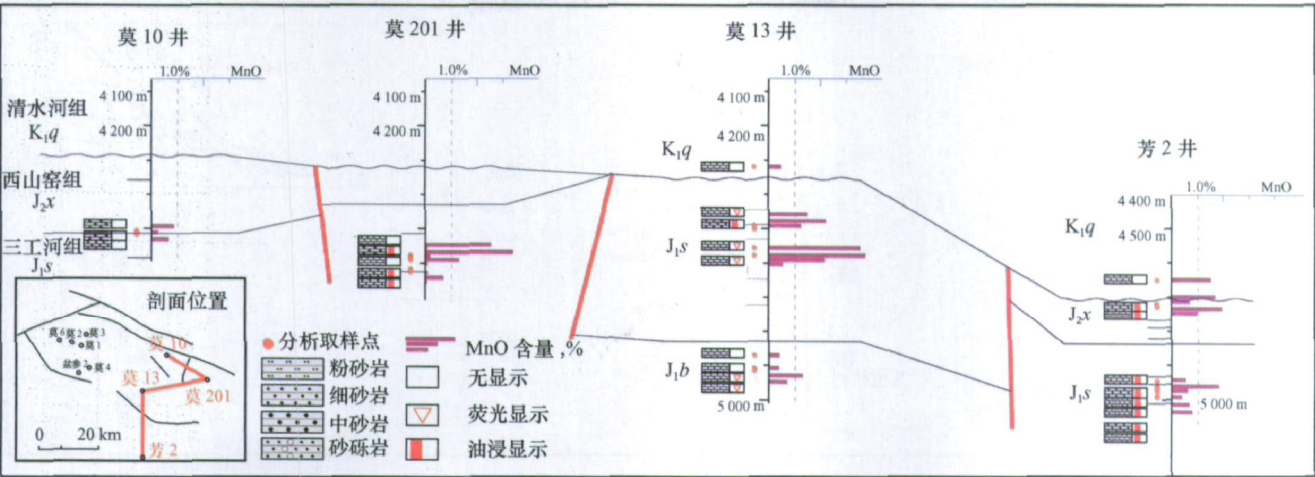


图 3 莫索湾地区东部 SN 向联井剖面储层方解石胶结物 MnO 含量分布

Fig. 3 Distribution of MnO content in calcite cements on the SN well-tie profile in eastern Mosuowan-Mobei area

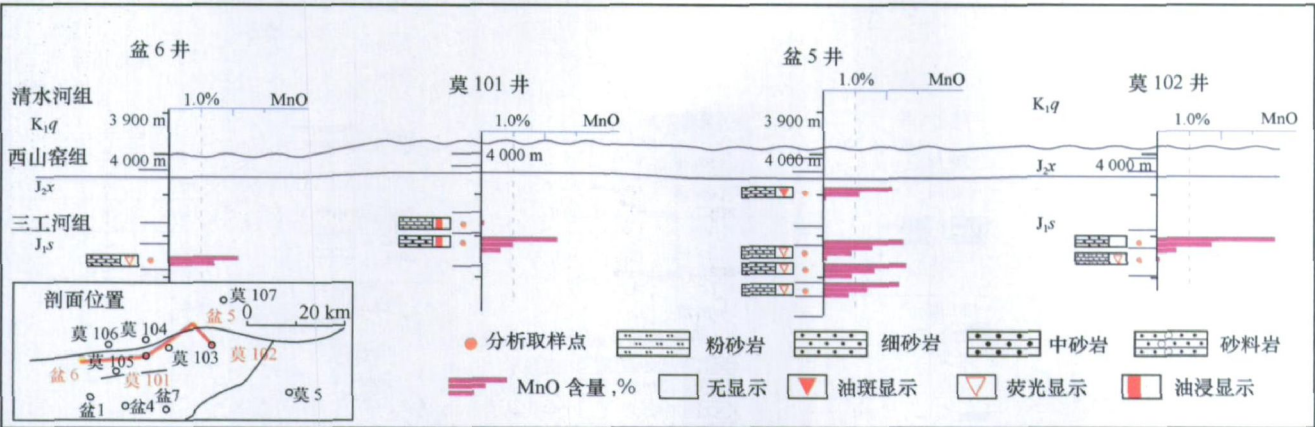


图 4 莫索湾地区临盆 1 井西凹陷联井剖面储层方解石胶结物 MnO 含量分布

Fig. 4 Distribution of MnO content in calcite cements on the well-tie profile of the nearby area of Well Pen-1 west sag in Mosuowan-Mobei area

不同来源的含油气流体大致在盆 7 井区到莫 4 井区间交汇。

剖面二 (图 3) 位于莫索湾凸起东南侧, 除芳 2 井外, 储层方解石胶结物的 MnO 含量由南至北大体逐渐降低 (排除储层岩性和含油级别的影响), 指示油气充注是由南向北推进, 到达莫 10 井区充注规模已相当微弱。芳 2 井比较特殊, 油气显示非常好而 MnO 含量却普遍较低。结合原油地球化学研究结果^[10-11], 推测芳 2 井可能接受了来自昌吉凹陷的侏罗系油气的充注。因为侏罗系烃源层系中不存在火山岩物质, 因而油源流体中的 MnO 含量相对较低, 这也是其与之叠系油源流体的最大区别。

图 4 为莫索湾凸起邻盆 1 井西凹陷东南侧一条联井剖面储层胶结物 MnO 含量分布。该剖面大致与主断裂带走向一致。数据显示, 三工河组

J_{1s} 储层的方解石胶结物 MnO 含量都超过 2.0%, 并未见明显差异, 说明断裂带地区含油气流体活动比较强烈, 不存在与储层充注类似的渐变趋势, 油气运移以油源断裂为主。邻近断裂带, 则优先接受油气充注, 油气运移呈发散状。

2.2 莫北地区

莫北地区目前关于油气运移方向研究的焦点主要有: 1) 莫北 C 块油气田的勘探成功使沿盆 1 井西凹陷的东环带, 油气藏连成一片, 该带的油气运移方向成为关注的热点与难点; 2) 东道海子北凹陷内成 1 井的油流备受关注, 该凹陷是不是可能是莫北凸起潜在的有效烃源灶; 3) 构造演化研究表明, 莫北 1 井在中晚侏罗世属于构造高点, 钻井过程中油气显示非常好, 然而试油结果却与预期相去甚远, 反而在更北端的陆南 1 井发

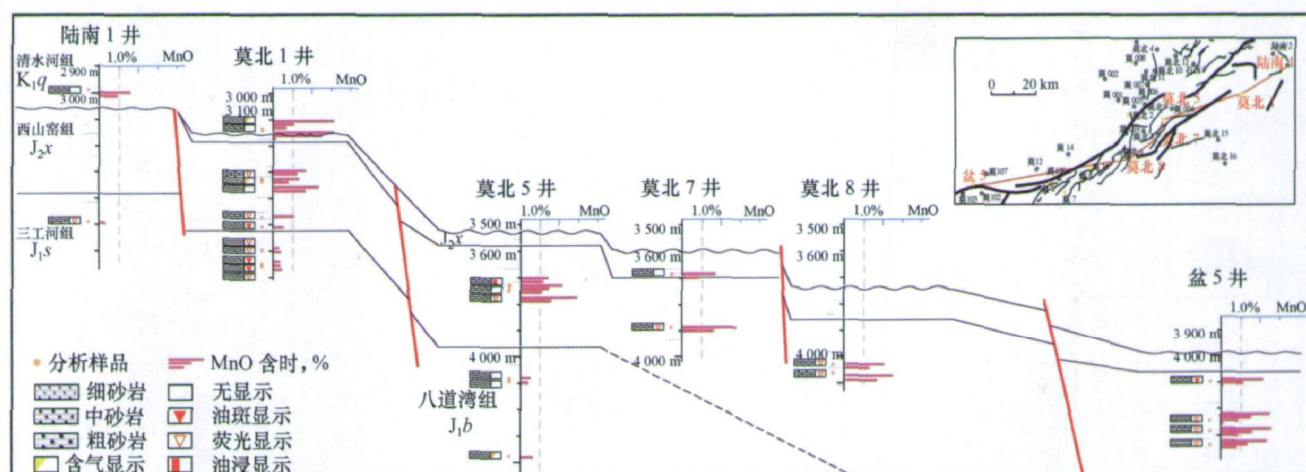


图 5 盆 1 井西凹陷东环带联井剖面储层方解石胶结物 MnO 含量分布

Fig. 5 Distribution of MnO content in calcite cements on well-tie profile of Well Pen-1 west sag-east loop belt

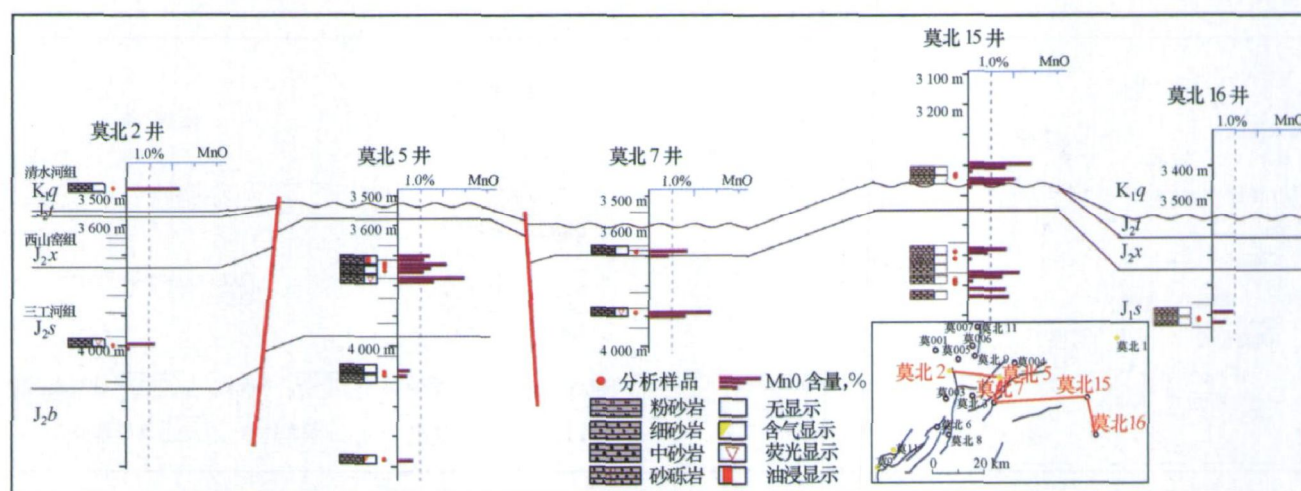


图 6 莫北凸起东西向联井剖面储层方解石胶结物 MnO 含量分布

Fig. 6 Distribution of MnO content in calcite cements on EW well-tie profile in Mobei uplift

现了工业油流。这里的油气运移方向究竟如何确定?

为研究上述利用有机地球化学方法尚未解决的问题,选择了 3 条典型联井剖面,从储层胶结物的 MnO 含量分布角度,对含油气流体活动的路径和强度进行了对比分析。

图 5 为盆 1 井西凹陷东环带上的一条联井剖面。其 MnO 含量分布显示:在盆 1 井西凹陷周缘的各口井中, MnO 的含量都大于 1.0%, 最高值 3.0%, 不同样品数据有细微差异但不显著, 这一定程度上表明油气运移可能呈多个方向同时运移的。此外, 莫北 1 井样品的 MnO 含量数据呈现两个特点, 一是 MnO 含量自上而下逐渐降低, 表明含油气流体饱和度自上而下逐渐降低, 属于断裂主控下的流体运移特征; 第二, 莫北 1 井样品 MnO 含量在这条剖面上相对较高, 说明这曾是一个流体活动中心, 推测这

可能与莫北 1 井在中晚侏罗世前属于古构造高点, 是油气流体的汇聚中心有关。

图 6 展示了一条横跨莫北凸起东西两翼的联井剖面。样品的 MnO 含量分布呈现出由西向东逐渐微弱减小的趋势, 至莫北 16 井其样品的 MnO 含量都低于 1.0%, 表现出受到的含油气流体影响非常微弱。从盆 1 井西凹陷排出的烃类流体在莫北凸起存在一个由西向东的运移方向, 而且流体活动强度逐渐减弱。莫北凸起东侧不存在由东向西的流体运移方向 (莫北 16 井样品的 MnO 含量低于莫北 15 井样品), 说明这里不处于东道海子北凹陷的主排烃方向。

图 7 是莫北凸起东侧至陆南 1 井的联井剖面。储层胶结物的 MnO 含量数据分布表明, 莫北 1 井和莫北 15 井样品中记录的 MnO 含量相对最高, 说明这里曾是含油气流体活动的中心,

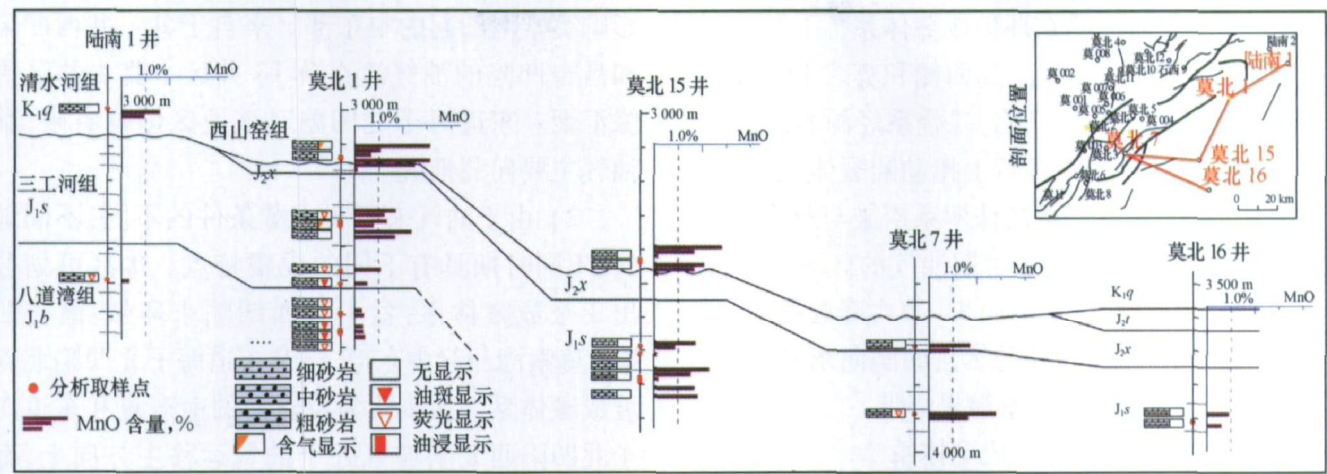


图 7 莫北凸起东侧联井剖面储层方解石胶结物 MnO 含量分布

Fig. 7 Distribution of MnO content in calcite cements on well-tie profile of eastern side of MoBei uplift

主控因素是这两口钻孔都位于断裂带附近, 并且莫北 1 井中晚侏罗世前属于古构造高点。莫北 16 井, 与莫北 15 井或莫北 7 井相比, MnO 含量数据都低, 进一步说明莫北凸起东侧并非潜在的油气运移通道。此外, 从莫北 1 井和陆南 1 井的对比分析来看, 白垩纪后莫北 1 井的油气可能自东南向北西方向调整至陆南 1 井, 推测可能是莫北 1 井油气显示良好却未能成藏的重要

原因。

3 成藏体系划分

通过对莫索湾- 莫北地区多个部位不同方向 6 条联井剖面分析, 根据 MnO 含量所反应的油气流体活动强度, 结合现有的原油地球化学分析结果, 将本区大致划分为 3 个成藏体系 (图 8)。

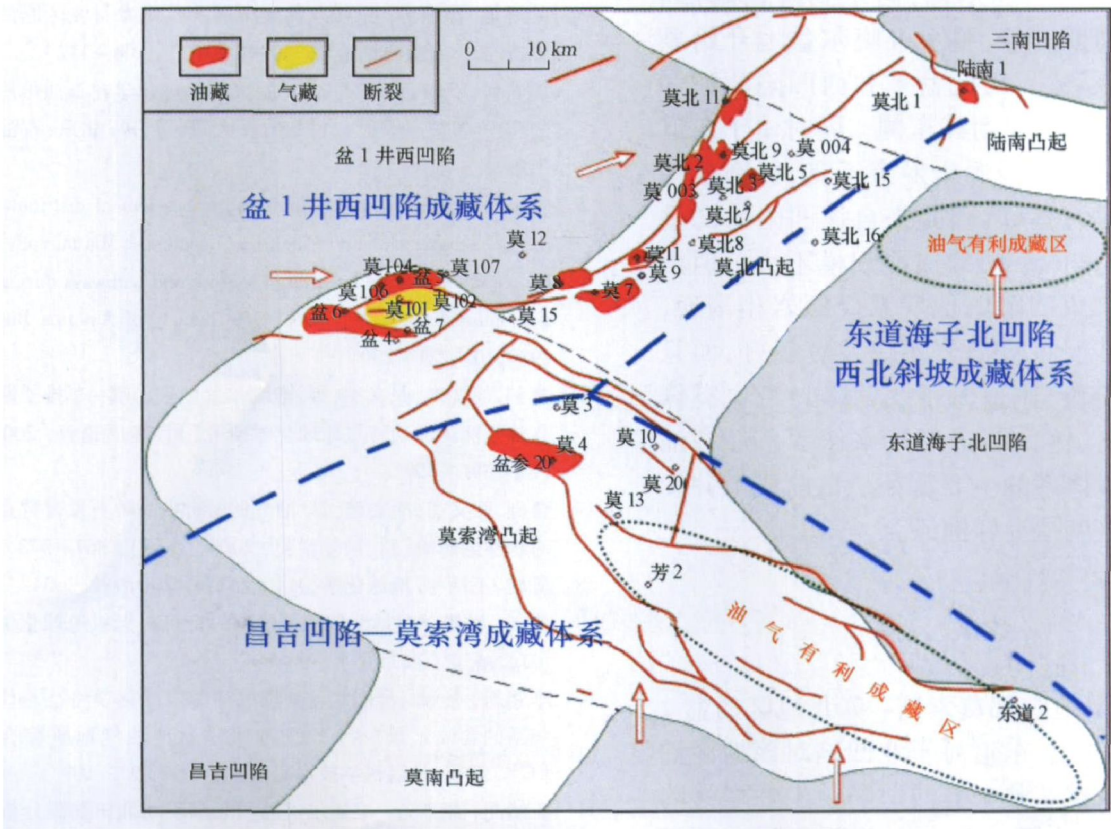


图 8 莫索湾- 莫北地区成藏体系划分及有利成藏区预测示意

Fig. 8 Sketch map showing the recognized plays and prospective targets for exploration

1) 盆 1 井西凹陷东环带成藏体系

包括盆 5 井区、莫北凸起西侧和莫北 13 井区。其油气来源于盆 1 井西凹陷, 二叠系烃源岩是该区主力烃源岩。运移受东环带上扭动断裂体系控制, 同时受车-莫古隆起造成的侏罗系褶皱与断阶构造制约。虽侏罗系储层成藏时期油气的区域运移方向已总体呈由南向北^[2], 但受车-莫古隆起控制, 盆 1 井西凹陷中的部分油气仍然自凹陷向东侧运聚, 在凹陷东环带形成侏罗系油藏聚集带。

2) 昌吉凹陷-莫索湾成藏体系

包括盆 1 井区-盆 4 井区, 向东经芳 2 井到东道 2 井区的莫索湾主体部分, 向南与昌吉凹陷相连。本区二叠系油源并不是来自西部的盆 1 井西凹陷, 而是来自南部的昌吉凹陷。事实上, 昌吉凹陷是准噶尔盆地二叠系烃源岩的最大分布区, 车排子地区大量二叠系油气主要来自于昌吉凹陷。而莫索湾凸起更靠近昌吉凹陷二叠系烃源岩生烃区, 加之白垩纪以来油气总体运移方向是由南而北, 莫索湾凸起南侧是接受昌吉凹陷二叠系供烃特别是乌尔禾组高成熟油气的有利位置。

3) 东道海子北凹陷北坡成藏体系

主要包括莫北凸起东侧, 向东到滴西地区。由于自白垩纪初期开始, 整个准噶尔盆地开始显现出向南掀斜趋势^[2], 因此盆 1 井西凹陷的油气已经很难越过莫北凸起到其东侧。同时由于东道海子北凹陷中二叠系烃源岩发育不良, 特别是乌尔禾组烃源岩发育不好, 因此来自该凹陷的二叠系油源不足, 在该体系中的成藏规模不大。但由于该亚体系与阜康凹陷的侏罗系烃源岩相沟通, 而阜康凹陷中侏罗系烃源岩不仅发育良好, 而且已经达到成熟阶段, 东道海子北凹陷自身也有侏罗系烃源岩发育, 因此新近纪以来侏罗系烃源油的聚集是该成藏体系的主要特征。目前成 1 井发现的侏罗系油藏就是良好例证。

4 结语

1) 准噶尔盆地腹部莫索湾-莫北地区的盆 1 井西凹陷、昌吉凹陷、东道海子北凹陷对该地区油气成藏都有所贡献。盆 1 井西凹陷是生烃运移的主力, 其运移范围主要在环盆 1 井西凹陷东环带(莫索湾凸起的西部和莫北凸起的西北翼)。昌吉凹陷的二叠系高熟和侏罗系低熟-成熟油气主要

影响莫索湾凸起的中东部。来自于盆 1 井西凹陷和昌吉凹陷的油气流在莫 13 井区-莫 4 井区周缘汇聚。东道海子北凹陷对该地区影响有限, 其油气主要向北推进。

2) 由于油气来源和成藏条件的不同, 不同地区、不同时期具有不同的成藏特点。本区可划分出 3 个成藏体系: 盆 1 井西凹陷东环带、昌吉凹陷-莫索湾凸起中东部、以及东道海子北凹陷北斜坡成藏体系。初步认为莫索湾的南东翼和东道海子北凹陷西北斜坡区处于油气运移主方向上, 有良好的探勘潜力。

3) 以往单从有机地球化学角度刻画油气成藏过程存在一定局限。通过无机地球化学的研究, 在有机地化研究的基础上更好地对油气成藏过程作出判识。综合运用无机地球化学和有机地球化学方法来研究油气成藏值得进一步探索。

参 考 文 献

- 1 张义杰. 新疆准噶尔盆地断裂控油气规律研究 [D]. 北京: 中国石油大学, 2002
- 2 王绪龙. 准噶尔盆地盆 1 井凹陷区油气源与成藏研究 [D]. 四川南充: 西南石油学院, 2000
- 3 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地腹部及西北缘斜坡区原油成因分析 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20(2): 108~112
- 4 埃美利 (Emery) D, Robinson A. 无机地球化学在石油地质学中的应用 [M]. 王铁冠, 金振奎, 王大锐, 等, 译. 北京: 石油工业出版社
- 5 Gregg JM, Shelton K L. Minor and trace element distributions in the Bonnetville dolomite (Cambrian), southeast Missouri: Evidence for possible multiple basin fluid sources and pathways during lead-zinc mineralization [J]. Geological Society of America Bulletin, 1989, 101: 221~230
- 6 曹剑, 胡文瑄, 张义杰, 等. 准噶尔盆地红山嘴-车排子断裂带含油气流体活动特点地球化学研究 [J]. 地质论评, 2005, 51(5): 591~599
- 7 曹剑, 张义杰, 胡文瑄, 等. 油气储层自生高岭石发育特点及其对物性的影响 [J]. 矿物学报, 2005, 25(4): 367~373
- 8 陈骏, 王鹤年. 地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004
- 9 曹剑. 准噶尔盆地油气成藏过程的有机与无机地球化学研究 [D]. 南京: 南京大学, 2005
- 10 李建新, 杨斌. 准噶尔盆地煤成油的地球化学特征与侏罗系煤系的含油远景 [A]. 见: 准噶尔盆地油气地质综合研究 [C]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1992, 97~109
- 11 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地西北缘玛北油田油源分析 [J]. 西南石油学院学报, 2001, 23(6): 6~8

(编辑 武新民)