

中亚北乌斯丘尔特盆地油气富集规律与勘探潜力

余一欣^{1,2},殷进垠³,郑俊章⁴,李 锋⁵,徐小龙^{1,2},吴 航^{1,2},于 笑²

[1. 中国石油大学(北京) 油气资源与探测国家重点实验室,北京 102249;

2. 中国石油大学(北京) 地球科学学院,北京 102249; 3. 中国石化 石油勘探开发研究院,北京 100083;

4. 中国石油 勘探开发研究院,北京 100083; 5. 中国地质调查局 油气资源调查中心,北京 100029]

摘要:根据北乌斯丘尔特盆地主要地质特征及已发现油气田的分布特点,总结了油气富集规律及其主控因素,并分析了勘探潜力。受油气来源及烃源岩沉积环境差异的影响,北乌斯丘尔特盆地的油气分布具有“西油东气”的特点,而且优质储层的发育决定了石油和天然气分别富集于中侏罗统和始新统储层中,良好的运移通道则是北布扎奇隆起油田形成的重要条件。北布扎奇隆起中生界的勘探目标主要是发育于隆起北坡及顶部的拉长型断背斜构造,古生界巴什基尔阶和阿赛尔阶碳酸盐岩储层的勘探潜力也不容忽视。盆地中部和东部地区的侏罗系和始新统储层潜力较有限,但东北部的下白垩统可能是一个新的勘探层系,东南部石炭系维宪阶碳酸盐岩储层在局部地区也具有一定潜力。

关键词:运移通道;沉积环境;储层;烃源岩;北乌斯丘尔特盆地;中亚

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Hydrocarbon accumulation rules and exploration potential in the North Ustyurt Basin

Yu Yixin^{1,2}, Yin Jinyin³, Zheng Junzhang⁴, Li Feng⁵, Xu Xiaolong^{1,2}, Wu Hang^{1,2}, Yu Xiao²

[1. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China;

2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Petroleum Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China;

4. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

5. Oil & Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100029, China]

Abstract: Based on the integrated analysis of key geological features and distribution of oil and gas fields in the North Ustyurt Basin, central Asia, this paper focuses mainly on hydrocarbon accumulation rules, their controlling factors, and exploration potential in the basin. Because hydrocarbons are originated from multiple source rocks and depositional settings of source rocks vary, hydrocarbon distribution in the North Ustyurt Basin is characterized by ‘oil accumulations in the west and gas in the east’. Oil and gas accumulated respectively in the middle Jurassic and Eocene reservoirs with high-quality. Favorable migration paths have played a key role in hydrocarbon accumulation in the North Buzachi Uplift, where the most favorable traps in the Mesozoic are the elongated faulted anticlinal structures in the northern part and top of the Uplift. Exploration potential in the Paleozoic Bashkirian and Asselian carbonate reservoirs also cannot be ignored. In the middle and eastern part of the basin, the Jurassic and Eocene reservoirs are of limited potential, but the Lower Cretaceous in the northeastern region may become a new exploration target. In addition, it is possible to discover hydrocarbon in the Carboniferous Visean reservoirs in the southeastern part of the Basin.

Key words: migration path, depositional environment, reservoir, source rock, North Ustyurt Basin, central Asia

北乌斯丘尔特盆地位于中亚里海和咸海之间,盆地内的油气勘探工作始于20世纪50年代,初期以产气为主,但20世纪70年代中期,特别是1976年卡拉姆卡斯大油田的发现,使得该盆地成为哈萨克斯坦的

一个主要含油气区。截至2014年,北乌斯丘尔特盆地已发现53个油气田,其中石油可采储量为 4.8×10^8 t,天然气可采储量为 2.935×10^8 m³^[1]。北乌斯丘尔特盆地目前的勘探程度还较低,待发现油气资源较丰富,具

收稿日期:2015-01-03;修订日期:2015-12-11。

第一作者简介:余一欣(1977—),男,博士、副教授,盆地分析和构造地质学。E-mail:yuxin0707@163.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(41472117,41125010);国家科技重大专项(2011ZX05031-001,2011ZX05029-002)。

有一定勘探潜力^[2],已成为我国石油公司实施海外油气合作的重点目标区之一。但从国内目前公开发表的文献来看,仅有为数不多的文献对北乌斯丘尔特盆地以及邻区的地质特征和资源潜力进行过简单介绍^[3-11],远不能满足资源潜力评价与战略选区的需要。本文利用新资料,结合勘探进展,在简要分析北乌斯丘尔特盆地主要地质特征的基础上,总结油气聚集成藏规律,分析影响油气成藏的主要因素以及勘探潜力,可以为我国石油公司的海外战略选区提供借鉴和参考。

1 区域地质特征

北乌斯丘尔特盆地整体呈三角形展布,面积约 $27 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中大部分位于哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦境内,还有极小部分(约1%)位于土库曼斯坦境内(图1)。从大地构造背景来看,北乌斯丘尔特盆地位于中亚特提斯构造域北缘^[12-13],是一个发育在微地块之上的深拗陷,四周均被晚古生代和三叠纪褶皱带所围限。北乌斯丘尔特盆地发育北布扎奇隆起、乌斯丘尔特拗陷和东咸海拗陷等3个次盆,进一步可划分出多个主要呈北西向展布的次级构造单元(图1)。

北乌斯丘尔特盆地基底由前寒武纪小型地块和早古生代轻微变质深水页岩组成,南部基底相对隆起,埋深在5.5~8 km,可能为前寒武纪的稳定花岗岩壳。基底埋深向北部变大,达9~11 km,可能是洋壳或过渡性地壳。晚泥盆世—早二叠世,北乌斯丘尔特盆地为一个克拉通地块,主要沉积了克拉通型台地碳酸盐岩和碎屑岩^[2]。随后,在石炭纪晚维宪期和早二叠世,北乌斯丘尔特地块分别与北部东欧克拉通和南部块体发生碰撞,而哈萨克斯坦板块则在海西期与东欧克拉通发生碰撞,形成盆地东部的缝合线^[2]。晚二叠世—三叠纪,南北向伸展作用导致北乌斯丘尔特地块发生裂谷作用,较厚的陆相碎屑沉积物主要来自盆地东部造山带。在三叠纪末期或侏罗纪早期,受古特提斯洋的局部关闭以及伊朗和北阿富汗微大陆与欧亚大陆之间的碰撞作用影响,北乌斯丘尔特盆地发生了较强烈的逆冲活动,尤其是在北布扎奇隆起区。自侏罗纪以来,北乌斯丘尔特盆地一直发生较平缓的拗陷活动,沉积了厚达5 km的地层。

北乌斯丘尔特盆地的沉积地层主要包括上古生界、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系,发育多套生储盖组合(图2)。目前有关烃源岩的研究程度还较低,已得到证实的烃源岩主要是上三叠统海

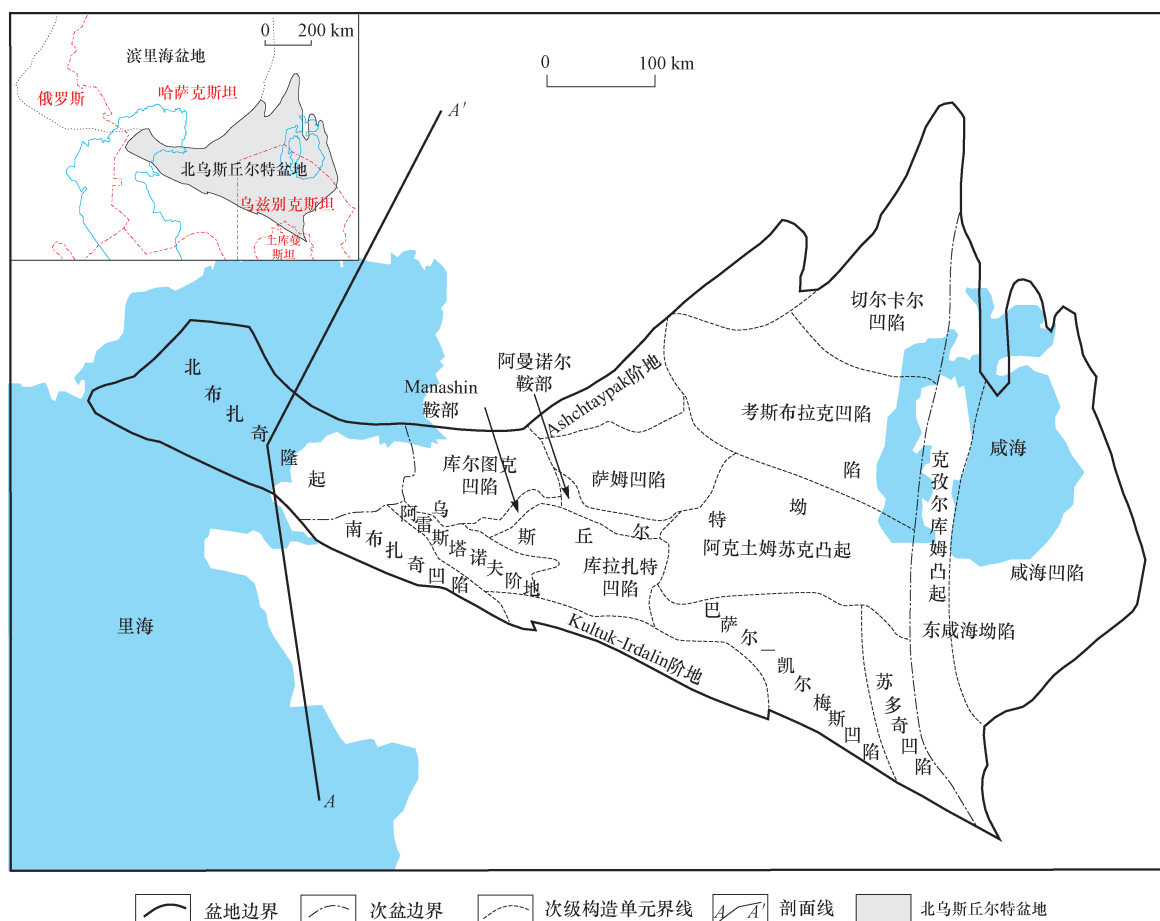


图1 北乌斯丘尔特盆地地理位置与构造单元划分

Fig. 1 Location and structural unit division of the North Ustyurt Basin

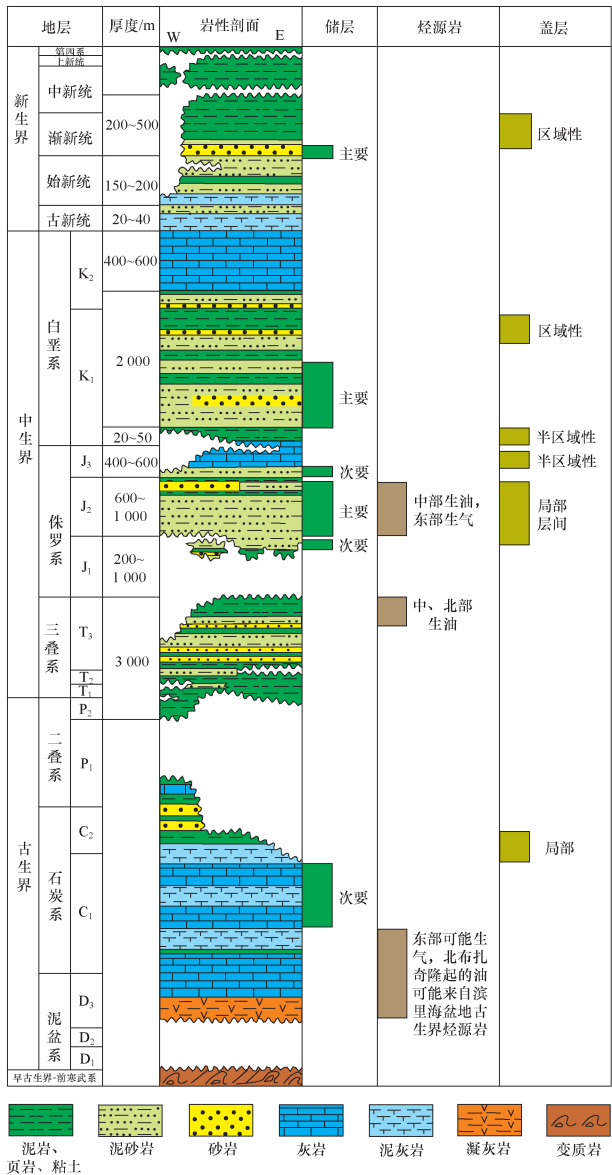


图2 北乌斯丘尔特盆地地层综合柱状图

(据文献[14]修改)

Fig. 2 Stratigraphic column of the North Ustyurt Basin

(modified based on reference[14])

相页岩和中侏罗统陆相含煤页岩。前者主要分布于盆地中部的库尔图克凹陷中,后者在盆地中、东部均有分布。上三叠统海相烃源岩中腐殖型有机质含量为0.2%~1.1%。在盆地东南部苏多奇凹陷内,中侏罗统陆相烃源岩中腐殖型有机质含量最高可达15%^[14]。另外,在盆地东部咸海坳陷内还可能发育上泥盆统—下石炭统烃源岩,有机碳含量可达5%。主力储层是中侏罗统浅海相到海陆过渡相砂岩和粉砂岩,以及始新统浅海相砂岩。中侏罗统砂岩储层主要分布在北布扎奇隆起,在侧向上和垂向上都具有强烈的非均质性,储集性能良好,以含油为主。始新统砂岩储层主要分布在盆地东部地区,埋深一般只有数百米,以含气为主。另外,在盆地东南部苏多奇凹陷内还发现了石炭系维宪阶储层,孔隙度平均为14%,渗透率平均达90×

10⁻³ μm²。
半区域性或区域性盖层主要发育在上侏罗统、下白垩统和渐新统内(图2)。

2 油气分布规律

从目前已发现油气田的平面分布来看,北乌斯丘尔特盆地具有明显的“西油东气”的特点(图3)。油田主要分布在西部北布扎奇隆起区,如卡拉姆卡斯、卡拉让巴斯和北布扎奇油田等,还有少量油田分布在中部的库尔图克和库拉扎特凹陷中。而东部广大地区则以气田为主,其中东北部切尔卡尔凹陷和考斯布拉克凹陷以干气为主,东南部苏多奇凹陷及邻区主要为气—凝析气田。

这种“西油东气”的分布特点可能与油气来源以及烃源岩沉积环境有一定关系。首先,目前还未有可靠资料证实北布扎奇隆起区已钻遇地层内发育有效烃源岩^[2]。尽管北布扎奇隆起区侏罗系的有机碳含量可达1%~4%,但其埋深并未进入生油窗^[15]。北布扎奇隆起区的原油具有比重大(18~29API°)、粘稠、含硫(0.8%~2.2%)、含蜡(0.6%~4.1%)以及焦油含量高(6.0%~26.5%)等特点,地化分析结果也证实原油产自古生界海相页岩^[12]。其北侧的滨里海盆地广泛发育上泥盆统—石炭系海相页岩,同时也是滨里海盆地的主力烃源岩之一^[16]。因此,北布扎奇隆起区的石油很有可能是来自北侧的滨里海盆地。推断滨里海盆地东南部上古生界海相页岩生成的石油沿下二叠统孔谷阶(P₁kg)盐层底部向南发生侧向运移,然后进入北布扎奇隆起聚集成藏(图4)。该运聚模式与北布扎奇隆起区的油气分布特点也是相一致的,因为目前发现的油田仅分布在更靠近滨里海盆地的隆起北坡一侧,而南坡却没有(图3)。

另外,北乌斯丘尔特盆地侏罗系烃源岩的沉积环境在东、西部也存在一定差异^[2,5]。盆地西部多为内、外陆架(浅、深水)环境,仅在全面抬升时期为陆相沉积环境,而东部地区以陆相沉积环境为主,含煤页岩和煤层增多,仅在大范围海侵期为浅水内陆架沉积环境,以生气为主。

从油气田分布的构造背景来看,主要都位于大型凹陷周围的阶地、凸起以及斜坡的边缘,构造对油气分布的影响作用明显。北乌斯丘尔特盆地的圈闭类型以背斜类圈闭为主,仅有部分圈闭的边界受到砂岩尖灭的影响。北布扎奇隆起主要发育近东西向和北西向的逆冲断层,以及一些北东向的走滑断层。这些不同走向的断层相互切割,对油气聚集产生了有利影响,如卡拉姆卡斯油田就位于北西向和北东向断层的交汇处^[17]。

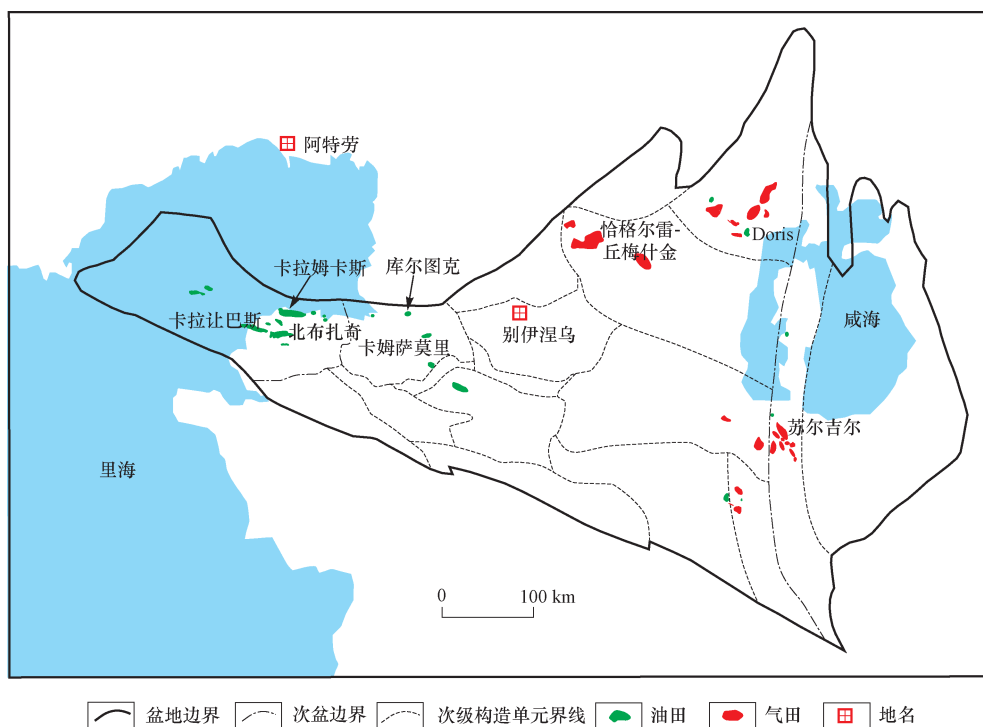


图3 北乌斯丘尔特盆地主要油气田分布

Fig. 3 Distribution of main oil and gas fields in the North Ustyurt Basin

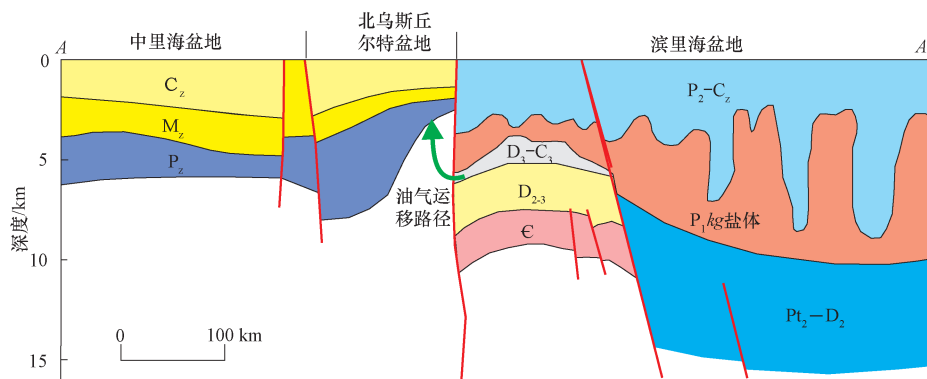


图4 里海地区区域地质剖面(剖面位置见图1,据文献[14]修改)

Fig. 4 Regional structural section across the basins of the Caspian Sea (profile location see Fig. 1, modified based on reference [14])

Pz. 古生界; Mz. 中生界; Cz. 新生界; Pt₂-D₂. 中元古界—中泥盆统; E. 寒武系; D₂₋₃. 中—上泥盆统;

D₃-C₃. 上泥盆统—上石炭统; P_{1kg}. 下二叠统孔谷阶; P₂-Cz. 上二叠统一新生界

3 成藏主控因素

通过综合分析北乌斯丘尔特盆地主要地质及油气成藏特征,认为影响油气聚集成藏的主要因素包括3个。

3.1 有效烃源岩分布控制油气的平面分布

地球化学分析对比表明,盆地西部北布扎奇隆起区的石油很有可能是来自滨里海盆地的上泥盆统—石炭系海相烃源岩,并经历了远距离运移,生物降解和水洗作用造成了北布扎奇隆起区的石油具有比重较大的特点。受油气来源方向控制,北布扎奇隆起上的石油

仅分布在靠近滨里海盆地的隆起北坡一侧,而相对远离滨里海盆地的南坡则没有(图3)。

在盆地西部库图克和库拉扎特凹陷内主要发现了两类石油。一类是以库图克油田为代表,具有高芳烃、焦油及沥青的含量,硫的含量也较高,但姥鲛烷/植烷的比值相对较低(1.7~1.9),是库图克凹陷内上三叠统海相烃源岩的产物。另一类则是以卡姆萨莫里油田为代表,正烷烃含量较高,饱和烃明显较芳香烃含量高,姥鲛烷/植烷的比值达3.2~3.4,应该是来自库拉扎特凹陷内的中侏罗统陆相烃源岩^[14]。

关于盆地东北部切尔卡尔凹陷和考斯布拉克凹陷内浅层始新统砂岩中的干气来源还未有明确认识,可

能是来自侏罗系烃源岩,也可能是生物气^[2]。总体来看,受侏罗系烃源岩向东越来越偏向于陆相,含煤页岩和煤层增多的影响,形成了盆地西部以石油为主,东部以天然气为主的分布格局(图3)。

3.2 优质储层控制油气的层系分布

虽然目前已在北乌斯丘尔特盆地从石炭系到始新统的多个层系中都发现了油气,但不同层系的油气储量却极不均匀。其中主力含油储层是中侏罗统砂岩和粉砂岩,其次是下白垩统砂岩,两者分别占已发现石油储量的74%和22%。始新统浅海相砂岩则是重要的含气储层,占有36%的已发现天然气储量。另外,上侏罗统和下白垩统储层分别占有24%和18%的天然气储量。这种油气的层系分布特点与优质储层的良好物性是密切相关的。

北布扎奇隆起区中侏罗统为浅海相-海陆过渡相砂岩和粉砂岩,埋深约1 000 m,储集性能良好,孔隙度为23%~34%,渗透率为 $(30 \sim 1\,700) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $350 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。中侏罗统储层一般都含有多个产层,单一产层厚度从几米到40 m不等。下白垩统储层由弱胶结的浅海相、冲积相砂岩和粉砂岩组成,孔隙度达23%~29%,平均为26%,渗透率为 $(40 \sim 365) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $160 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,产层厚度一般为8~10 m。

切尔卡尔凹陷和考斯布拉克凹陷内的始新统浅砂岩埋藏极浅,只有数百米,但物性非常好,孔隙度一般都超过30%,渗透率也达数百毫达西。

3.3 良好的运移通道是北布扎奇隆起油田形成的重要条件

由于北布扎奇隆起的石油是来自北侧滨里海盆地的上古生界烃源岩,良好的运移通道对油气的远距离运移就显得非常重要。石油首先从滨里海盆地的上古生界烃源区开始排出,并沿孔谷阶盐层底部侧向运移至盆地边缘,然后再沿断层和中侏罗统古河道沉积的砂岩输导层运移到北布扎奇隆起北坡聚集成藏(图4)。

4 勘探潜力

在盆地西部北布扎奇隆起区,中生界的勘探领域主要还是隆起向里海延伸的侏罗系和下白垩统储层。受油气可能来自北侧滨里海盆地的影响,勘探目标应该集中在隆起北坡及顶部的拉长型断背斜构造。这些背斜构造排列成几个线性构造带,并延伸进入里海,其分布主要受断层控制(图5)。背斜构造大多都具有北侧陡、南翼缓的特点。新的地震资料也显示该地区在中生界发育多个披覆背斜和逆冲背斜构造^[18]。2002年10月,在卡拉姆卡斯-1远景区克洛格里区块的一

个预探井在1 617 m深处打到侏罗系顶部,在侏罗系储层发现重油,远景资源量估计至少为 $7\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 。

另外,北布扎奇-7和阿曼-1井已经证实古生界巴什基尔阶和阿赛尔阶发育碳酸盐岩和礁体储层,可以形成多种类型圈闭(图6),而且在邻近的里海卡沙甘地区古生界中也发现了特大型油气田。因此,北布扎奇隆起区古生界的勘探潜力也值得关注。但需要指出的是,由于下二叠统孔谷阶盐岩盖层可能仅在滨里海盆地内发育,北布扎奇地区一些古生界构造上很可能缺少盐岩盖层,这是个较大的地质风险。

在北布扎奇隆起以外的盆地中部和东部地区,侏罗系和始新统储层的潜力总体都比较有限。库尔图克凹陷内的上三叠统海相烃源岩已经成熟,并且发育了物性较好的中侏罗统砂岩储层。但目前在该地区发现的油气田数量和规模都较小,未来可能会在地层或岩性圈闭获得一定发现。

在切尔卡尔和考斯布拉克凹陷中已发现气田的南部地区,始新统砂岩发生尖灭,而古新统全部都是页岩,在较小的构造圈闭和地层圈闭中可能会有新的发

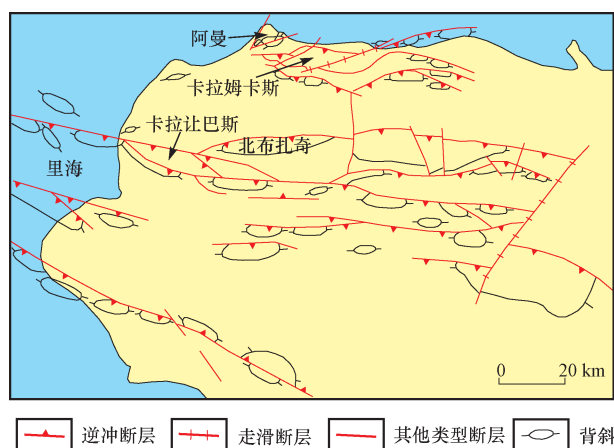


图5 北布扎奇隆起构造纲要(据文献[2]修改)

Fig. 5 Structural outline of the North Buzachi Uplift (modified based on reference[2])

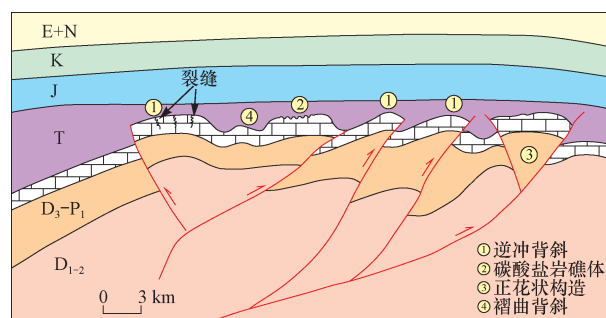


图6 北布扎奇隆起古生界碳酸盐岩可能发育的圈闭类型(据文献[11]修改)

Fig. 6 Potential trap styles of the Paleozoic carbonate in the North Buzachi Uplift(modified based on reference[11])

D₁₋₂. 中-下泥盆统;D₃-P₁. 上泥盆统一下二叠统;T. 三叠系;
J. 侏罗系;K. 白垩系;E+N. 古近系+新近系

现。另外,2009年12月在切尔卡尔凹陷上侏罗统和下白垩统内发现了Doris油田,其上侏罗统储层孔隙度为17%,渗透率达 $700 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,下白垩统储层孔隙度为23%,渗透率高达 $1750 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。这也是首次在北布扎奇隆起以外的地区发现下白垩统产油,可能揭示了一个新的勘探领域。

由于受资料限制,还无法对东南部地区古生界的勘探潜力做出比较准确的评价。但目前已在东南部的石炭系维宪阶碳酸盐岩储层顶部获得了两处新发现,尽管油气储量非常有限,但证实其深部仍然存在碳酸盐岩气藏。在埋深达5 800~6 400 m范围内的古生界中也追踪到了类似于滨里海盆地盐下层系的碳酸盐岩地层,这是一个值得注意的勘探领域。

5 结论

1) 北乌斯丘尔特盆地是一个发育在前寒武纪—早古生代微地块之上的深拗陷,经历了比较复杂的形成演化过程。构造作用对油气聚集有明显影响,圈闭类型以背斜类圈闭为主,油气田主要分布在大型凹陷周围的阶地、凸起以及单斜层的边缘地区。

2) 受油气来源及烃源岩沉积环境差异影响,北乌斯丘尔特盆地油气分布具有“西油东气”的特点,优质储层的发育决定了石油和天然气分别富集于中侏罗统和始新统储层中,良好的运移通道则是北布扎奇隆起油田形成的重要条件。

3) 北乌斯丘尔特盆地西部北布扎奇隆起中生界的勘探目标主要是发育于隆起北坡及顶部的拉长型断背斜构造,但古生界巴什基尔阶和阿赛尔阶碳酸盐岩和礁体储层的勘探潜力值得关注。盆地中部和东部地区的侏罗系和始新统储层潜力总体较有限,但东北部的下白垩统可能是一个值得重视的新勘探层系。东南部石炭系维宪阶碳酸盐岩储层在局部地区也具有一定潜力。

致谢:研究过程中得到了计秉玉、钱基、陈文学、刘红和孙红军等人的指导与帮助,在此一并致以深切的谢意。

参 考 文 献

- [1] IHS Energy. Field & reserves data[DB/OL]. IHS Energy, 2014.
- [2] Ulmishek G F. Petroleum geology and resources of the north Ustyurt Basin, Kazakhstan and Uzbekistan[EB/OL]. USGS Bulletin 2201-D, 2001.
- [3] 安作相, 胡征钦. 中亚含油气地区[M]. 北京:石油工业出版社, 1993.
An Zuoxiang, Hu Zhengqin. The central Asian oil and gas-bearing area[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993.
- [4] 郑俊章, 周海燕, 黄先雄. 哈萨克斯坦地区石油地质基本特征及勘探潜力分析[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(2): 80-86.
Zheng Junzhang, Zhou Haiyan, Huang Xianxiong. Basic characteristics of petroleum geology and exploration potential analysis in Kazakhstan[J]. China Petroleum Exploration, 2009, 14(2): 80-86.
- [5] 韩雷. 北乌斯丘尔特盆地构造及沉积演化规律研究[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(28): 6946-6951.
Han Lei. Tectonic and sedimentary evolution of north Ustyurt Basin[J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(28): 6946-6951.
- [6] 陈学海, 卢双舫, 薛海涛, 等. 地震属性技术在北乌斯丘尔特盆地侏罗系泥岩预测中的应用[J]. 中国石油勘探, 2011, 16(2): 67-71.
Chen Xuehai, Lu Shuangfang, Xue Haitao, et al. Application of seismic attribute technique to Jurassic mudstone prediction in North Ustyurt Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2011, 16(2): 67-71.
- [7] 聂明龙, 吴蕾, 孙林, 等. 阿姆河盆地查尔朱阶地及邻区盐相关断裂特征与油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(6): 803-808.
Nie Minglong, Wu Lei, Sun Lin, et al. Salt-related faults characteristics and their petroleum geological significance in Zarchu terrace and its adjacent areas, the Amu Darya Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(6): 803-808.
- [8] 侯平, 田作基, 郑俊章, 等. 中亚沉积盆地常规油气资源评价[J]. 地学前缘, 2014, 21(3): 56-62.
Hou Ping, Tian Zuoj, Zheng Junzhang, et al. Evaluation of conventional hydrocarbon resources in sedimentary basins of central Asia region[J]. Earth Science Frontiers, 2014, 21(3): 56-62.
- [9] 塔斯肯, 李江海, 李洪林, 等. 中亚与邻区盆地群构造演化及含油气性[J]. 现代地质, 2014, 28(3): 573-584.
Abitka Taskyn, Li Jianghai, Li Honglin, et al. Tectonic evolution and hydrocarbon potential of basins in central Asia and its adjacent region[J]. Geoscience, 2014, 28(3): 573-584.
- [10] 张长宝, 罗东坤, 魏春光. 中亚阿姆河盆地天然气成藏控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(5): 766-773.
Zhang Changbao, Luo Dongkun, Wei Chunguang. Controlling factors of natural gas accumulation in the Amu Darya Basin, Central Asia[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(5): 766-773.
- [11] 常海亮, 郑荣才, 王强. 阿姆河盆地中-下侏罗统砂岩储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(6): 985-993.
Chang Hailiang, Zheng Rongcai, Wang Qiang. Characteristics of lower-middle Jurassic sandstone reservoirs in Amu Darya Basin, Turkmenistan[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(6): 985-993.
- [12] 王素华, 钱祥麟. 中亚与中国西北盆地构造演化及含油气性[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 321-325.
Wang Suha, Qian Xianglin. Tectonic evolution and oil-gas potential of basins in central Asia and northwestern China[J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(4): 321-325.
- [13] Golonka J. Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic[J]. Tectonophysics, 2004, 381(1-4): 235-273.
- [14] IHS Energy. North Ustyurt Basin[DB/OL]. Basin Monitor, 2011.
- [15] Brookes N J, Flanagan S, Thomas I. NIMIR Petroleum Bars B. V. Exploration and Production Licence #974 on the Buzachi Peninsula Western Kazakhstan[EB/OL]. 2000.
- [16] IHS Energy. Precaspian Basin[DB/OL]. Basin Monitor, 2011.
- [17] C&C Reservoirs. Kalamkas Field, North Ustyurt Basin, Kazakhstan[DB/OL]. C&C Reservoir Evaluation Report, 2003.
- [18] Okere D, Toothill, S. New insights into hydrocarbon plays in the Caspian Sea, Kazakhstan[J]. Petroleum Geoscience, 2012, 18(3): 253-268.