

伊拉克库尔德地区油气地质特征及勘探潜力分析

宋大玮

(中石化国际石油勘探开发有限公司, 北京 100029)

摘要:伊拉克库尔德地区位于扎格罗斯盆地北部褶皱带,油气资源富集,近年来对该区域勘探潜力探索较少。利用前人研究成果及国外数据库最新数据资料,研究库区油气成藏条件和油气成藏因素,探讨其勘探潜力目标。结果表明:伊拉克库区发育的4套含油气系统中侏罗系和白垩系为主力含油气系统;油气主要分布于基尔库克低褶皱带;油气富集的主控因素是优质区域盖层、有效烃源岩的展布和后期构造运动改造;最具勘探潜力的成藏组合是北部低褶皱带三叠、侏罗系低缓背斜圈闭和断层下盘的成藏组合。

关键词:伊拉克库尔德;油气地质特征;油气勘探潜力;成藏控制因素

中图分类号:P618.13 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)19-0218-07

伊拉克库尔德地区位于伊拉克北部(图1),油气资源较为富集。根据 Wood Mackenzie 咨询公司数据,截至2021年12月31日,库尔德地区剩余2P^①储量油当量5 739 MMboe(百万桶油当量),占伊拉克全境剩余2P储量油当量的8.6%。其中剩余2P原油储量5 638 MMbbl(百万桶),剩余2P天然气储量10 886 Bcf。2P油当量综合采出程度24.1%,低于伊拉克中央区的45.3%,相对采出程度较低。此外,库区2C^②可采资源量6 890 MMboe,占伊拉克全境2C可采资源量的8.7%^[1]。

长久以来,由于民族与地缘政治等原因,伊拉克库区油气行业投资风险一直居高不下。对该地区的区域地质研究和勘探潜力研究也陷入停滞。但随着伊国内民族和解进程的推进,未来伊拉克库区作为油气富集区,其油气勘探潜力将得以释放。以各专业数据库、油气田资料、前人研究成果为基础,对伊拉克库区盆地及区域的沉积构造演化、含油气系统进行系统研究,分析其油气成藏和分布规律,总结区域勘探潜力,为国际油气公司进入该区域指出下步勘探潜力目标区。



图1 伊拉克库尔德地区位置示意图

1 区域地质特征及构造沉积演化

1.1 区域地质特征

伊拉克库尔德地区北临土耳其,西与叙利亚接壤,东临伊朗,面积约8万km²。从地质上来看,伊拉克库区位于扎格罗斯盆地西北部褶皱带,受北东—南西挤压应力作用影响形成的三期逆冲断层将褶皱带分割划分为3个次级褶皱带,自北向南分别为高角度褶皱带、宽缓褶皱带和低角度褶皱带。

收稿日期:2023-06-14

作者简介:宋大玮(1984—),男,山东威海人,中石化国际石油勘探开发有限公司,工程师,硕士,研究方向为国际油气勘探开发及资产运营。

①2P和2C为国际SEC储量标准中对油气储量及资源量的分类,其中P1为证实储量(proved reserves),P2为概算储量(probable reserves),P3为可能储量(possible reserves),2P=P1+P2。

②C级储量为资源量(contingent),1C为条件潜在资源量的低估算量方案,2C为条件潜在资源量的最佳估算量方案,3C为条件潜在资源量的高估算量方案。

同时受转换断层切割,整个褶皱带由西向东分为摩苏尔、基尔库克两个地块。

伊拉克库尔德地区地质结构上形成现今的“两区三带,东西成块、南北成带”的格局^[2](图2)。

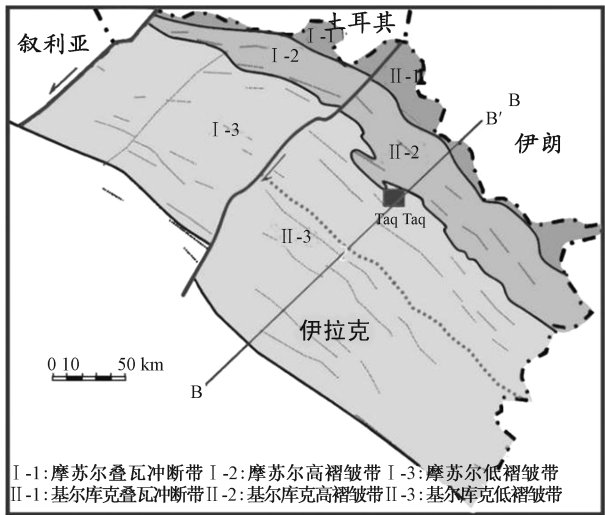


图2 伊拉克库区地质构造单元

1.2 构造沉积演化

伊拉克库尔德地区所在的扎格罗斯盆地为新生代前陆盆地,基底为前寒武纪阿拉伯板块结晶克拉通^[3]。盆地演化史可分为4个阶段:克拉通内坳陷期、活动大陆边缘期、被动陆缘盆地期和前陆盆地期。扎格罗斯盆地的构造活动一直持续至今,现今仍处于挤压应力状态^[4]。

2 石油地质特征

扎格罗斯盆地作为一个经历了被动陆缘演化

阶段的前陆盆地,具有优越的油气成藏时空匹配条件^[5]。得益于盆地被动大陆边缘演化阶段区域性蒸发岩与浅海相页岩多期次交替叠加沉积,库区主要发育志留-三叠、侏罗和白垩系3套烃源岩、4套储层,形成4套储盖组合(图3)。

1)三叠系含油气系统。三叠系源岩主要是上三叠统 KurraChine、Baluti 组。储层为 KurraChine 组,盖层包括上三叠统 KurraChine 组和下侏罗统的 Adaiyah 组。

2)侏罗系含油气系统。烃源岩为中侏罗统 Sargelu 组、上侏罗统 Naokelekan 组和 ChiaGara 组。储层主要为下侏罗统 Butmah、Adaiyah 组、中侏罗统 Sargelu 组、中上侏罗统 Najmah 组等。主要盖层为上侏罗统 Gotnia 组,Naokelekan 组为局部盖层。

3)白垩系含油气系统。白垩系烃源岩包括下白垩统的 Sarmord 组、Balambo 组、Garagu 组等泥灰岩和页岩。白垩系烃源岩的供烃能力受有机质成熟度控制。在低褶皱带南部,生油岩组段埋深较大,供烃能力强。但在低褶皱带及其以北地区,生油岩尚未进入成熟阶段,生烃能力不足。储层主要有下白垩统的 Qamchuqa 群、上白垩统 Kometon、Shiranish 组。盖层主要是古近系的 Aaliji/Kolosh 组。此外,上白垩统 Shiranish 组页岩也可以作为局部盖层。

4)古近系含油气系统。新生界烃源岩主要为 Aaliji 和 Jaddala 组,但大部分地区都处于未成熟状

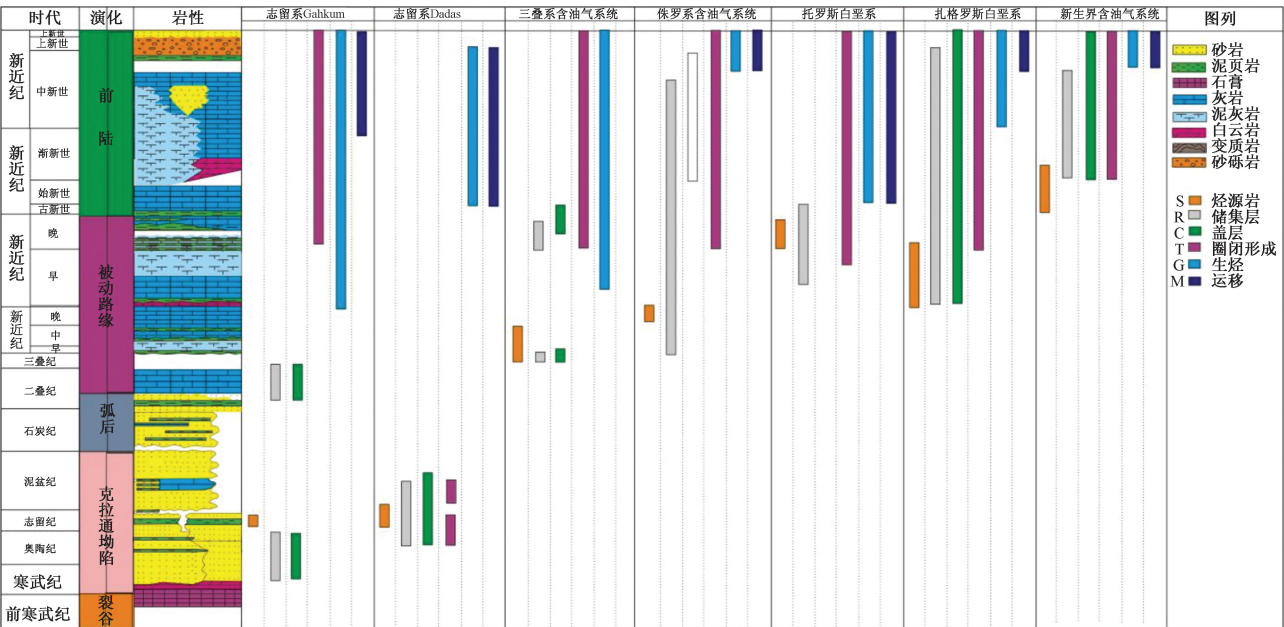


图3 伊拉克库尔德地区综合柱状地层图

态。储层主要有渐新统-中新统 Kirkuk 群、Euphrates、PilaSpi 和 Jeribe 等组。盖层主要是新近系 LowerFars 组,该层在盆地的东北缘和东南部分地区遭受了剥蚀,因此油气保存不好。

2.1 烃源岩

伊拉克库尔德地区主要发育志留系-三叠系、侏罗系和白垩系三套烃源岩。

1)区域主力烃源岩为侏罗系 Sargelu 组,由泥岩、沥青石灰岩及钙质页岩组成。干酪根类型为 II-III 型,平均有机碳含量为 6%。该烃源岩在库区北部厚度为 100~200 m,中央区可达 400 m。成熟度整体呈现高褶皱带未成熟、低褶皱带成熟、由北西向南东逐渐增强的特征。演化程度东高西低,低褶皱带高于高褶皱带。目前该套烃源岩已过生油高峰,开始大量生气。

2)区域次要烃源岩为志留系 Akkas 热页岩,为原特提斯洋演化阶段——广泛海侵形成的深水优质烃源岩,主要分布在库区南部褶皱带。干酪根类型为海相 II 型,TOC(总有机碳)含量为 1.0%~4.3%,成熟度较高。该套烃源岩自早白垩世进入生油窗,是二叠系、三叠系气藏的主要源岩^[6]。

3)晚白垩世 Sulaiy 组(距今 80 Ma)为潜在烃源岩,为内陆架海相泥灰岩。目前已进入生油窗,大部分地区都处于未成熟状态,尚未大规模排烃,生烃门限为 2 950 m。

2.2 储层

伊拉克库区发育 4 套储层,分别为三叠系 Kurra Chine 组,侏罗系 Adaiyah 组,白垩系 Jeribe、Shiranish、Kometan、Qamchuqa 组以及古近系-新近系的 Kirkuk、Jaddala Avana、Aaliji、Euphrates、组。目前区域主要油气发现集中在中生代。

1)三叠系储层以 Kurra Chine 组为主,沉积相为局限台地白云岩及蒸发盆地周缘潮坪-泻湖白云岩相带,主要岩性为含鲕粒-生屑白云质颗粒灰岩,孔隙充填白云石。储集空间类型主要为晶间溶孔和裂缝。该组由白云岩、石灰岩、蒸发岩组成,厚度约 90 m。其原生孔隙被成岩作用所破坏,但溶蚀孔隙及裂缝提高了渗透率。

2)侏罗系储层以 Butamah、Mus、Adaiyah 组为主,岩性为灰岩、白云岩。侏罗系油田(含油构造)主要位于低褶皱带北部,包括 Qara Chauq、Bijeel、Sarta、Demir Dag 等油田。其中,Butmah 组由白云岩夹泥岩和硬石膏构成,厚度最大可达 540 m,次

生裂缝发育,储层平均孔隙度为 14%,平均渗透率为 700 mD。埋深为 1 200~2 500 m,厚度为 3~144 m,储集空间类型以裂缝-孔隙型为主,基质孔隙度为 8%左右,裂缝孔隙度为 0.14%,渗透率与裂缝发育有关。

3)库尔德地区上白垩统储层以 Shiranish、Qamchuqa 组为主。沉积相为浅内陆棚或台地相,岩性为灰岩为主、白云岩。储层厚度平均 225 m。储集空间类型以裂缝-孔隙型为主,其次为孔隙型、裂缝型。孔隙度为 1.0%~16.5%,平均孔隙度 6.0%。下白垩统储层以 Qamchuqa 组、Sarmord 组和 Balambo 组储层为主,有利储集岩相为局限台地白云岩及台地边缘礁滩相,储集空间类型为溶孔。

4)古、新近系主要储层为 Kirkuk 组石灰岩,次要储层为 Pila Spi、Euphrates 和 Jeribe 组。储层原生平均孔隙度和渗透率的变化由岩相控制。同时,构造裂缝对储层物性改善起重要控制作用。Kirkuk 群是最重要的产层之一,主要由台地边缘礁滩相颗粒灰岩构成,孔隙度为 15%~25%,平均值为 22%,平均渗透率为 100 mD(图 4)。

2.3 盖层

伊拉克库区主要发育 2 套区域性盖层,分别为中新世 Lower Fars 组和古-始新统盖层 Aaliji 组。

中新世 Lower Fars(又称 Gachsaran 组^[7])盖层为全区最重要的盖层,为中新统末期的蒸发岩,封盖了全区 80%以上的油气储量,是白垩系油气分布的重要控制因素。该组上部 and 下部为膏、泥页岩和灰岩互层,中部以石膏岩为主,夹灰岩、泥岩。沉积厚度为 100~800 m,基本覆盖低褶皱带,西北薄(一般小于 200 m)、东南厚(一般大于 300 m)。受地层抬升剥蚀的影响,在高褶皱带和叠瓦逆冲带被剥蚀殆尽,低陡逆冲带北缘和中部局部构造顶部也被剥蚀,圈闭盖层遭到破坏。晚白垩世之后,阿拉伯板块与伊朗板块碰撞,区域地层抬升,使上白垩统地层遭到剥蚀,地层再次沉降,并接受沉积。总体来看,Lower Fars 层在高褶皱带和叠瓦逆冲带以及低陡逆冲带北缘遭到剥蚀。在逆冲低幅褶皱带,由于该区域盖层为脆性岩石组成,极易产生裂缝,封盖作用较差。

古-始新统盖层 Aaliji 组覆盖范围较广,但在低褶皱带北部不具油气封盖作用(图 5)。

区域内局部盖层主要为层间膏盐层、泥岩、灰岩。

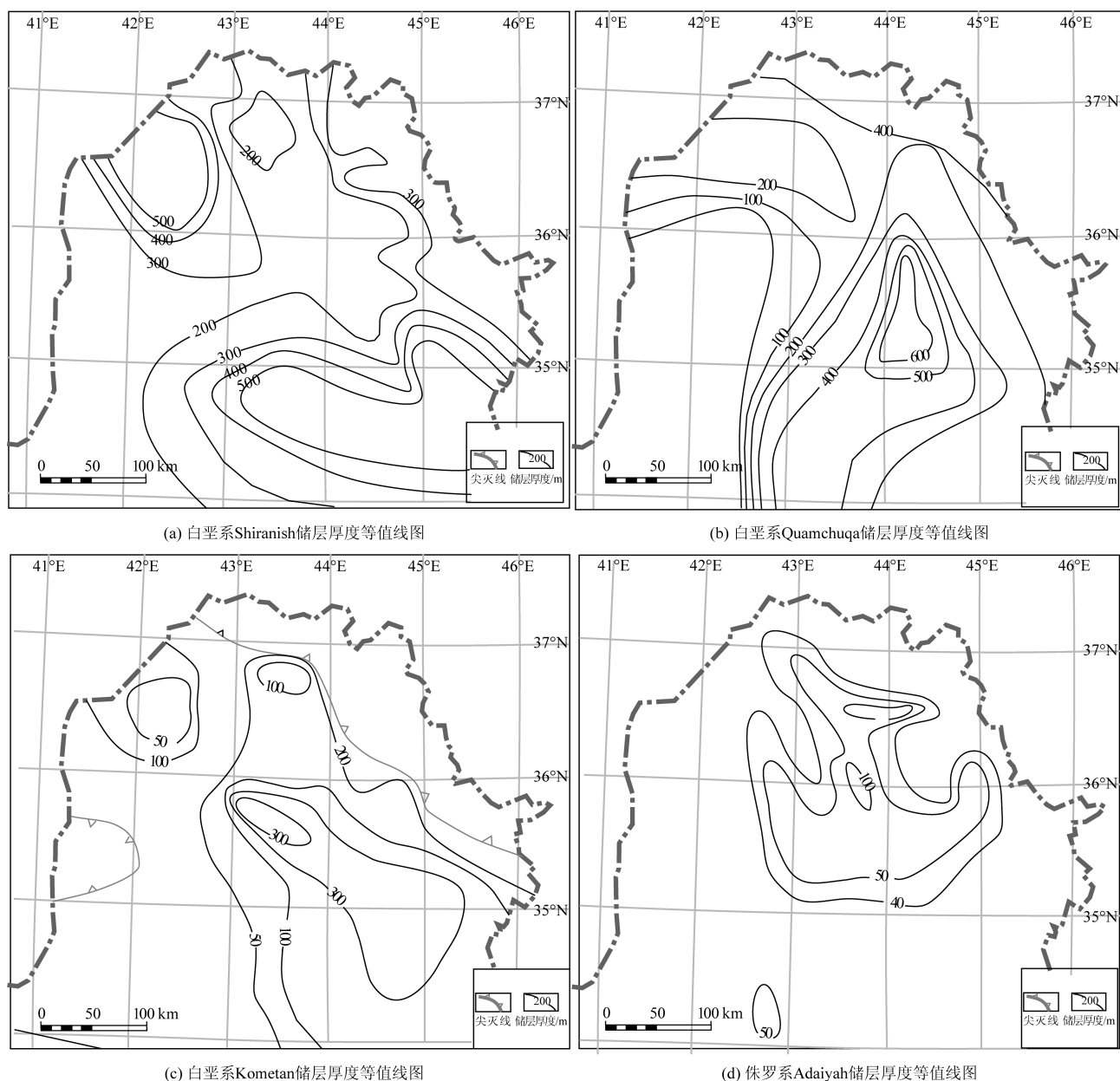


图4 伊拉克库区储层分布

2.4 油气运移特征

库尔德地区油气田油气运移通道多样:中生代构造运动形成的正断层、晚白垩世顶部的不整合面、持续形成的系列逆冲断层以及因后期构造运动导致碳酸盐储层内部产生的裂缝都是有利的运移通道。研究发现,大部分运移通道形成时间略晚于生油期和运移期,但同于圈闭形成期。因此,运移通道与圈闭形成的时间匹配较好,与油气生成运移期匹配弱差。

整体来看,基尔库克区的低褶皱带西部油气运移条件最好,主要是因为中生代地层发育正断层,并断及白垩系不整合,油气从烃源岩运移至不

整合面,再横向运移至构造高点。同时,油气还可通过控制圈闭的逆断层运移至不整合面,或直接运移圈闭中,加之层间裂缝疏导层的辅助通道作用,油气可顺利到达圈闭中。在低褶皱带东段,由于不存在正断层运移通道,油气只能通过逆冲断层面从本地烃源岩运移到圈闭,运移效率不及西部。摩苏尔区低褶皱带与基尔库克低褶皱带东部类似,缺乏中生代地层的正断层,油气主要依靠逆冲断层沟通烃源岩和储集层,但该区烃类排出和运移效率相对较高。在摩苏尔和基尔库克区高褶皱带和叠瓦冲断带带中,由于埋深关系,中侏罗统及下白垩统本地烃源岩尚未成熟,油气成藏主要

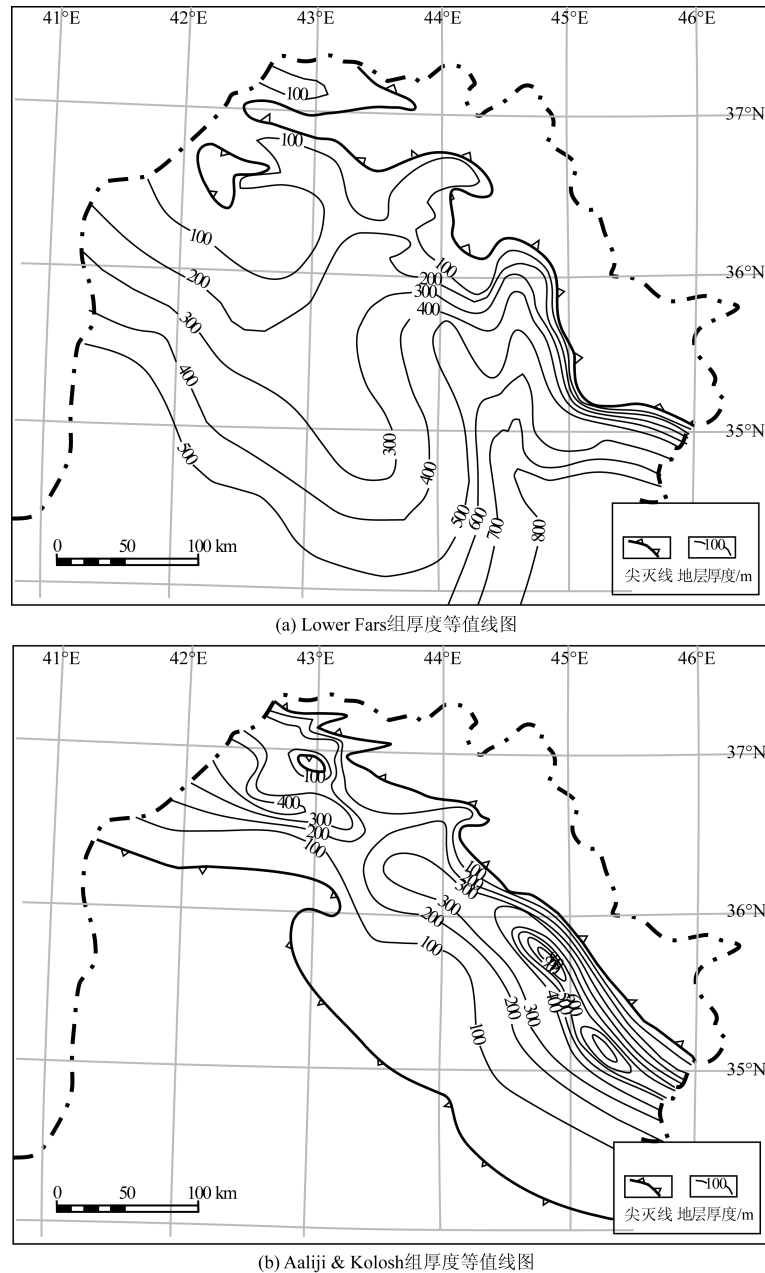


图5 伊拉克库尔德地区主要盖层厚度

依靠异地油源。由于该区主力烃源岩内部裂缝发育,侏罗系和三叠系可形成自生自储型油气藏。这类油气藏主要分布在低褶皱带的北部、高褶皱带南部等构造变形比较大的部位,如 Shaikan 油田 Serglu 组油气藏。

2.5 圈闭类型及保存条件

库区不同构造带受构造期次影响发育多种类型圈闭。总体来看,在低褶皱带以背斜为主,由于受构造影响较小,背斜形态较为完整;宽缓褶皱带圈闭类型以背斜和断鼻构造为主,且圈闭埋深较浅;在北部叠瓦冲断带则主要以向斜、背斜(线性)

为主,形态较为宽缓^[8]。

研究区圈闭油气保存条件主要受后期改造强度、埋深及区域水动力场的影响。从区带上来看,由于地层被剥蚀,古近系-新近系的盖层缺失,导致叠瓦冲断带和高褶皱带保存条件最差。油气主要依靠白垩系底部的 Chia Gara 组,以及侏罗系自身的膏岩层形成封堵;同时由于油气成藏后构造形变大,断层、裂缝发育,对油气保存不利,油气逃逸或运移至上部地层,形成次生油气藏。

摩苏尔区低褶皱带由于 Chia Gara 组缺失导致保存条件不理想,只能依靠局部盖层对油气进行封

堵,同时,圈闭顶部的正断层、裂缝发育,对油气保存也极为不利。

基尔库克区低褶皱带是研究区保存条件最好的地区,特别是在低褶皱带南部,地表被第四系地层覆盖,地层形变不大,保存条件最好。高褶皱带北部,保存条件与摩苏尔区低褶皱带类似,部分圈闭盖层被剥蚀。

2.6 成藏控制因素

综合以上研究,总结区域成藏控制因素如下:构造与演化控制圈闭类型、大小、分布。有效烃源岩展布与演化控制油气富集与相态。储层主要受裂缝发育控制,受沉积相控制较弱。区域盖层与保存条件控制油气的平面分布。以背斜为主的油气成藏模式,如 TaqTaq 油田, Lower Fars 区域盖层对成藏层位和流体性质有控制作用,盖层的完整性控制油气聚集规模和层位。断层下盘断鼻构造若断层两侧储盖岩性对接良好时可能成藏,如 Atrush 油田。浅部油藏易受生物降解,油藏遭受改造轻组份散失,原油密度向上增大。

具体到某个区块,往往不是单一因素控制成藏,可能是几个因素共同控制油气成藏特征。需要结合构造单元成藏条件进行具体分析。

3 勘探潜力分析

伊拉克库尔德地区现有区块 69 个(勘探 45 个,开发/待开发 24 个),面积 3.9 万 km²。勘探井总计 202 口,勘探成功率 75%,整体上处于中等勘探阶段,为全球陆上具有巨大勘探开发潜力地区。主要油气公司包括 BP、Eni、CNPC、CNODC 等共 34 家,日产 45 万桶油当量,集中在 Khumala、Tawke 等 10 个大油气田,单油气田规模大,单井产量高,大多在 5 000 桶/d 左右,目前约 80% 的油气发现集中在白垩系,2/3 的钻井仅钻到白垩系,深层侏罗系和三叠系具有一定的勘探潜力^[1](图 6)。

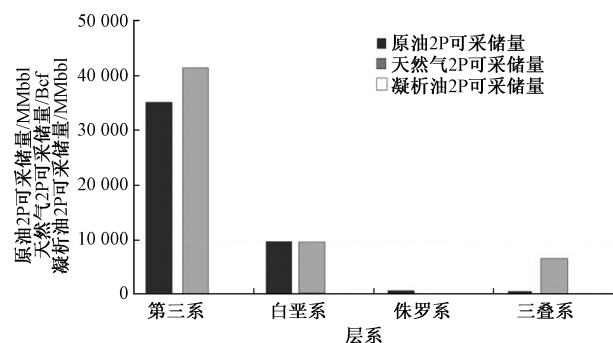


图 6 伊拉克库尔德地区各层系油气储量

综合分析库区各构造带构造、沉积、储层、生油、运移、盖层与保存特征,对侏罗系、白垩系有利勘探区带进行综合评价,认为基尔库克区低褶皱带(Ⅱ-3)为最有利勘探构造带,其次是摩苏尔区低褶皱带(Ⅰ-3),而基尔库克区高褶皱带、摩苏尔区高褶皱带存在保存、生烃、储层等风险。(图 7)

整体来看,基尔库克区东南部低褶皱带(Ⅱ-3)为库区油气成藏条件匹配最好的区带。截至 2020 年底,该区发现 20 多个含油气构造,有 6 个油田已投入开发,包括巨型油田 Kirkuk、BaiHassan、TaqTaq 和 Jambur 等油田。Qaiyarah 油田为重油,东南部的 KorMor、Gilabat 构造为天然气藏。

1)摩苏尔区东部和基尔库克西部发现 10 个含油气构造,其中 4 个已建成并投入开发。其中, AinZalah 油田主力产层为白垩系裂缝型 Shiranish 组和 Kometan-Mishrif-Mauddud 层系; Butmah 油田产层为白垩系裂缝型 Shiranish 组和三叠系 KurraChine 组灰岩; Sufaiyah 油田产层为白垩系 Kometan 组,并在 Shiranish、Sarki 和 KurraChine 组发现油气; Tawke 油田产层为侏罗系 Sarglu 组和白垩系。区域盖层 LowerFars 组在此区域暴露地表并遭风化破坏,但古近系 Aaliji 和 Jaddala 组泥灰岩作为局部盖层得以保存^[9]。

该区勘探潜力层系为中-上白垩统、三叠系-下侏罗统。上侏罗统-下白垩统本区大部分缺失,而 Shiranish 以前沉积的上-中白垩统地层普遍遭到剥蚀。该区新生届地层普遍见油气显示,为潜在目的层。

2)在基尔库克低褶皱带南部背斜之间的宽缓向斜中,发育地层形变强度不大的低幅背斜油气藏,

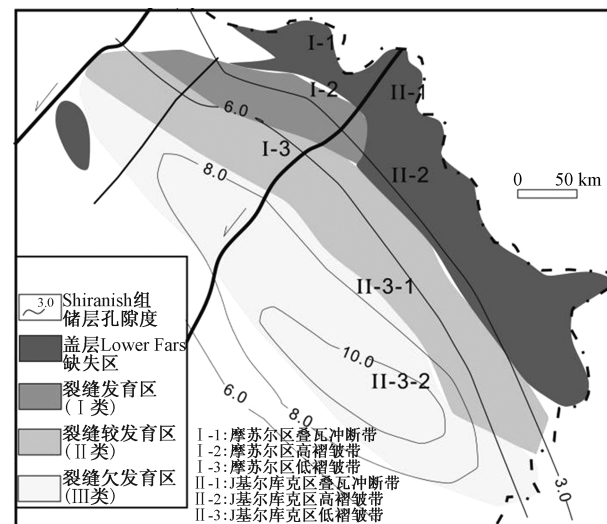


图 7 伊拉克库尔德地区勘探潜力区带分布

如 ZeyGawr 油田。该类油气藏位于烃源岩成熟区,受构造应力作用较小,油气保存条件良好。目前对该类型油气藏研究较少,地震资料缺乏,因此低褶皱带低幅构造圈闭具有较大勘探潜力。在基尔库克高褶皱带区域,尽管白垩系地层普遍遭到剥蚀,但在逆冲断层下盘的侏罗系、三叠系深层仍具有一定的勘探潜力,也应引起足够的重视。

整体来看库区仍具有较大勘探潜力,未来主要勘探方向应集中在基尔库克区东南部低褶皱带、在主要断层下盘、侏罗系及三叠系深层力争突破。

4 结论

伊拉克库区位于扎格罗斯盆地北部褶皱带,前寒武纪基底形成后主要经历了晚前寒武纪-晚泥盆世的克拉通内盆地发育阶段、晚泥盆世-中二叠世的活动大陆边缘发育阶段、晚二叠-晚白垩世的被动陆架边缘发育阶段和晚白垩世-今的活动大陆边缘发育阶段 4 个演化阶段。现今地质格局具有南北分带,东西分块的“两块、三带”特点。

研究区共发育三叠系、侏罗系、白垩系和古近系 4 套含油气系统,其中古近系和白垩系为现阶段主要勘探层系。勘探潜力方面,从区带上看,北部低褶皱带是油气聚集有利区带。圈闭类型以低缓

背斜圈闭为主要目标,同时注重断层下盘的油气勘探。其他的圈闭类型油气勘探风险较大。从层系上来看,深层的侏罗系、三叠系地层是下步油气勘探的主要方向。

参考文献

- [1] Iraq upstream summary[R]. New York:Wood Mackenzie, 2021.
- [2] 周航辉,贾随良,赫鹏飞. 伊拉克库尔德地区油气保存条件分析[J]. 石油地质与工程,2018(6):41-44,48,118.
- [3] 唐颖,樊太亮,张涛. 构造运动对扎格罗斯前陆盆地白垩系碳酸盐岩储层的影响:以 Y 油田为例[J]. 石油与天然气地质,2016(6):944-951.
- [4] 赫鹏飞,周航辉,贾随良. 伊拉克库尔德地区油气藏类型及分布特征[J]. 石油地质与工程,2018(6):6-11,121.
- [5] 王大鹏,白国平,陆红梅. 扎格罗斯盆地含油气系统分析与资源潜力评价[J]. 现代地质,2016(2):361-372.
- [6] 仲米虹,吴晓丹,仲米剑. 扎格罗斯盆地油气成藏特征及分布规律[J]. 地质与勘探,2019(2):961-982.
- [7] 刘小兵,温志新,王兆明. 中东扎格罗斯盆地构造演化与油气分布[J]. 天然气地球科学,2018(7):973-981.
- [8] 贾怀存,刘铁树,康洪全. 伊拉克中东部盆地油气成藏特征及勘探潜力[J]. 资源与产业,2015(4):8-16.
- [9] 贾小乐,何登发,童晓光. 扎格罗斯前陆盆地大油气田的形成条件与分布规律[J]. 中国石油勘探,2013,18(5):54-67.

Analysis of Petroleum Geological Characteristics and Exploration Potential in the Kurdish Region of Iraq

SONG Dawei

(International Petroleum Exploration and Development Company,SINOPEC,Beijing 100029,China)

Abstract: The Kurdish Region of Iraq is located in the northern folded zone of the Zagros Basin, where oil and gas resources are abundant. In recent years, there has been little study of the exploration potential in this region. The article utilizes previous research results and the latest data from foreign databases to study the conditions and factors of oil and gas accumulation in this area, and studies its exploration potential targets. The research results indicate that among the four sets of oil and gas systems developed in the Iraq reservoir area, the Jurassic and Cretaceous one is the main oil and gas systems. Oil and gas are mainly distributed in the Kirkuk low fold belt. The main controlling factors of oil and gas enrichment are high-quality regional cap rocks, the distribution of effective Source rock and the later tectonic movement. The most promising reservoir formation combination for exploration is the Triassic in the northern low fold zone, the Jurassic low gentle anticline trap, and the reservoir formation combination in the footwall of the fault.

Keywords: the Kurdish Region of Iraq; petroleum geological characteristics; exploration potential; control factors for reservoir formation