

塔里木盆地大中型油气田成控因素与展布规律

蔡希源

(中国石油化工股份有限公司,北京 100029)

摘要:塔里木盆地油气分布十分复杂,油气藏形成及分布受多种因素控制。烃源岩分布及其热演化决定了油气田的平面分布,优质区域盖层和储盖组合控制油气富集的纵向分布,长期继承发育的大型稳定古隆起、古斜坡以及前陆逆冲构造带是大中型油气田形成的最有利地区,构造-岩性圈闭及低幅度构造圈闭控制上古生界—中生界油气成藏,多源多期动态成藏—早期成藏改造、晚期充注调整是塔里木盆地油气成藏的重要机理。碳酸盐岩领域重点突出大型表生岩溶型和礁滩相溶蚀孔隙型等复合圈闭的勘探,碎屑岩领域应突出志留系大型地层超覆型、构造-岩性圈闭。塔北地区的阿克库勒凸起及雅克拉断凸是近期增储上产的地区,应加强该区的多层系复合油气藏立体勘探。塔中古隆起、和田河古隆起、巴楚隆起、古城墟古隆起、玛南断褶带是进一步寻找大油气田的有利目标区。超深层及寒武系盐下白云岩领域值得进一步探索。

关键词:分布规律;控制因素;大中型油气田;塔里木盆地

中图分类号:TE122.3 **文献标识码:**A

Main factors controlling hydrocarbon accumulation of middle- and large-sized oil and gas fields and their distribution rules in the Tarim Basin

Cai Xiyuan

(China Petroleum & Chemical Corporation, Beijing 100029, China)

Abstract: The formation and distribution of oil and gas pools in the Tarim Basin is complicated and controlled by many factors. The distribution of source rocks and their thermal evolution determines the plane distribution of oil and gas fields, while excellent regional seals and reservoir-cap rock combination control the vertical distribution of oil and gas. Large and stable inherited paleohighs and paleoslopes with long-term development history, and foreland thrust belts are considered to be the most favorable regions for the formation of middle and large oil and gas fields. The structural lithologic traps and low-amplitude structural traps control the Paleozoic-Mesozoic hydrocarbon accumulation. Multi-source and multi-stage dynamic accumulation-early reservoir modification and late charge adjustment dominate the hydrocarbon reservoiring in the Tarim Basin. The exploration of carbonate reservoirs shall be focused on compound traps such as the large hypergene karst and reef-bank facies with dissolution pores, as for clastic rock formations, the exploration shall aim at large Silurian stratigraphic overlap traps and structural lithologic traps. The Tabei uplift is the hope for improving reserves and production and all-round exploration of composite hydrocarbon reservoirs should be strengthened. Tazhong paleohigh, Hetianhe palaeouplift, Bachu uplift, Guchengqu paleohigh, and Manan faulted fold belt, shall be the potential areas for further discovery of oil and gas fields, and the superdeep layers and the Cambrian pre-salt dolomites are worthy of further prospecting and investigation.

Key words: distribution rule; controlling factor; middle- and large-sized oil and gas field; Tarim Basin

收稿日期:2007-10-11。

作者简介:蔡希源(1953—),男,教授级高级工程师、博士生导师,矿产普查与勘探。

塔里木盆地是中国陆上最大的含油气盆地,面积达 $56 \times 10^4 \text{ km}^2$,是一个典型的叠合复合型盆地或改造型盆地,具有多种盆地原型、多期构造运动、多期调整再分配的区域地质特点,油气藏形成与分布十分复杂^[1]。勘探实践表明塔里木盆地油气资源量大,具有多套生油层系、多油气源区、长期生烃多期生烃、多期聚集的特点^[2,3]。台盆区临近生油坳陷发育在大型古隆起、古斜坡背景上的构造圈闭构造-岩性复合圈闭以及岩性地层圈闭,前陆区近源发育多排多层系背斜、断背斜构造,有利于油气聚集成藏;多储集层系、多储集类型与良好的区域和局部盖层匹配,有利于在纵向上寻找不同类型的含油气层位。近十年来,随着对塔里木盆地油气地质认识的深入和勘探综合技术(地球物理预测评价、储层改造工艺等)的进步,陆相和海相领域的油气勘探进入一个新的阶段,不断取得新突破,取得了丰硕的勘探成果。到目前为止,塔里木盆地勘探已形成3个油田群,3个天然气聚集区(图1),累计探明石油储量达 $20.6 \times 10^8 \text{ t}$ (油当量),探明天然气储量(含溶解气) $8\,390.04 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1 油气藏类型与分布

1.1 分布特征

在台盆区,已形成3个油田群,分别是轮南-

塔河-哈得逊油田群、塔中油田群、东河塘-英买力油田群。该油田群属满加尔油气系统,是塔里木盆地海相油气最富集的含油气系统,目前发现的大型油田均属于该系统,油气主要来自寒武系-下奥陶统($\epsilon-O_1$)与中上奥陶统(O_{2+3})两套源岩,油气性质十分复杂,油气藏类型丰富多样。两个天然气聚集区,包括塔东气区、巴楚-麦盖提气区。其中巴楚-麦盖提气区属巴楚-麦盖提油气系统,已发现巴什托普石炭系油田、山1井奥陶系气田,和田河奥陶系、石炭系气田(图1)。按分布领域和层系划分为:1)碳酸盐岩,岩溶型(风化壳及内幕)主要分布于中下奥陶统-寒武系;礁滩型主要分布在中上奥陶统;白云岩型主要分布于下奥陶统-寒武系。2)碎屑岩:主要分布于上泥盆统东河砂岩-石炭系(D_3d-C)、志留系(S)、三叠系(T)、侏罗系-白垩系(J-K)等几个层系(表1);从油气相态看:天然气田(和田河)-凝析气田(吉拉克、东达里亚)-油气田(轮南、塔中6等)-油田(东河塘等)-重质油田(塔河、沙西等)。黑油主要分布在克拉通区,如塔北、塔中及雅克拉断凸占全盆黑油探明储量的80%,而天然气主要分布于前陆区,库车坳陷气藏所获得的天然气探明储量占总量的60%。

从已发现的油气田(藏)来看,台盆区油气藏类型主要有构造型、地层岩性型和复合型3大类,

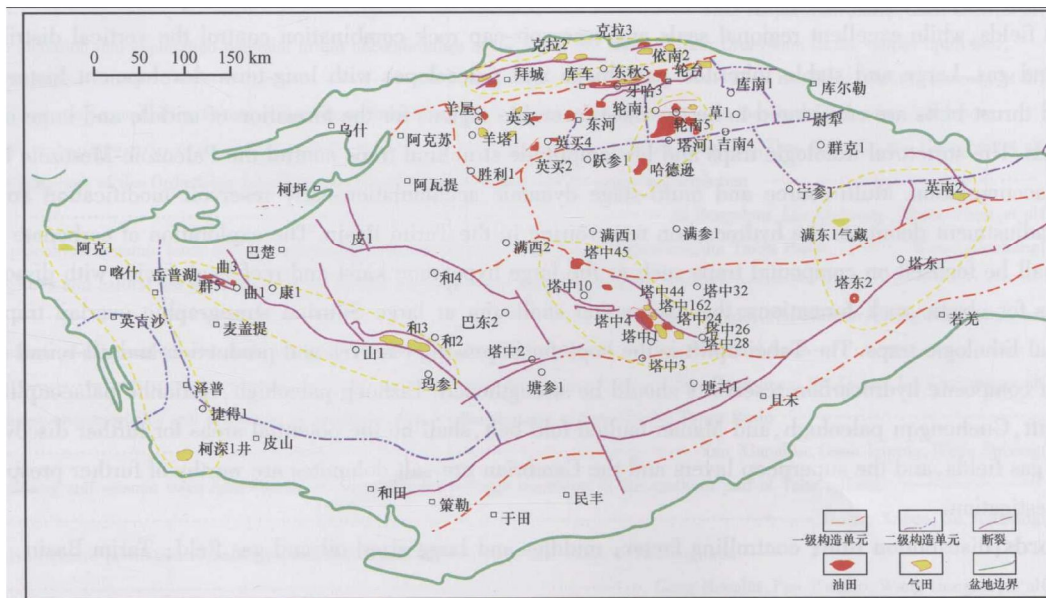


图1 塔里木盆地构造单元划分与油气田分布

Fig. 1 Tectonic unit division and oil and gas field distribution in the Tarim Basin

表1 塔里木盆地主要油气田特征

Table 1 Characteristics of main oil and gas fields in the Tarim Basin

油田名称	构造单元	油气聚集带	储层	源岩	探明地质储量 (截止 2006 年底)	成藏期次	油藏类型	产层时代
塔河-轮南-轮古油田	沙雅隆起	阿克库勒凸起	碳酸盐岩岩溶孔缝洞、碎屑岩粒间孔隙	€-O ₁ 源岩为主, 次为 O ₂₊₃ , €-O ₁ 源岩油裂解气, 混有 €-O ₁ 干酪根裂解气	原油: 80 840.01 × 10 ⁴ t 凝析油: 1 111.99 × 10 ⁴ t 气层气: 615.28 × 10 ⁸ m ³ 溶解气: 827.11 × 10 ⁸ m ³	海西早期、海西晚期、印支燕山、喜马拉雅期	与不整合有关的潜山油气藏, 低幅度背斜、岩性-构造复式	O, T, C, D, S
英买力油气田群(英买7号、羊塔克和玉东2号)		沙西凸起	碳酸盐岩砂岩	T湖相油、J煤成油混源, J煤成气	原油: 1 674.25 × 10 ⁴ t 凝析油: 2 131.10 × 10 ⁴ t 气层气: 649.44 × 10 ⁸ m ³ 溶解气: 26.57 × 10 ⁸ m ³	康村期库车期	€-O 潜山 E-N 断背斜	€-O, S E, N
牙哈油气田		轮台断隆	碳酸盐岩砂岩	T湖相油、J煤成油混源, J煤成气	原油: 553.00 × 10 ⁴ t 溶解气: 18.88 × 10 ⁸ m ³	康村期库车期	€-O 潜山 E-N 断背斜	€-O E, N
哈得逊油田	满西		砂岩	哈拉哈塘凹陷 €源岩	原油: 8 202.00 × 10 ⁴ t 溶解气: 18.90 × 10 ⁸ m ³	海西晚期成藏, 燕山和晚喜马拉雅期再调整	披覆背斜、构造-地层	C, D ₃ d
克拉2气田	库车坳陷	克-依构造带	砂岩粒间溶孔	T, J煤成气	气层气: 2 840.29 × 10 ⁸ m ³	晚喜马拉雅期	背斜, 断背斜	K-E
迪那2气田		秋里塔格构造带东部	砂岩粒间溶孔	T, J煤成气	气层气: 1 752.18 × 10 ⁸ m ³	晚喜马拉雅期	背斜	E
塔中4	塔中隆起	塔中主垒带	砂岩粒间溶孔	€-O ₁ 源岩为主, 次为 O ₂₊₃	原油: 3 765.00 × 10 ⁴ t 凝析油: 69.40 × 10 ⁴ t 气层气: 23.87 × 10 ⁸ m ³ 溶解气: 77.93 × 10 ⁸ m ³	晚海西期, 燕山期和晚喜马拉雅期调整	背斜, 断背斜	C
塔中 I 号奥陶系凝析气藏		塔中北斜坡	碳酸盐岩粒间(内)溶孔、晶间溶孔、裂缝	€-O ₁ 源岩为主, 次为 O ₂₊₃	凝析油: 3 137.68 × 10 ⁴ t 气层气: 629.04 × 10 ⁸ m ³	晚海西期成藏印支-燕山期调整, 在喜马拉雅期 O ₂₊₃ 成熟油再次充注	礁滩相层状岩性圈闭	O ₃ l
和田河气田	巴楚隆起	玛扎塔格构造带	以粒间(内)溶孔、溶洞裂缝	西部€源岩干酪根裂解气为主, 东部€源岩油裂解气	气层气: 616.94 × 10 ⁸ m ³	喜马拉雅期	石炭系生屑灰岩背斜, 奥陶系潜山	O, C
柯克亚油气田	塔西南		砂岩, 孔隙型	J湖相泥岩, C-P ₁ (下二叠统)煤系	原油: 1 367.23 × 10 ⁴ t 凝析油: 1 631.44 × 10 ⁴ t 气层气: 348.86 × 10 ⁸ m ³ 溶解气: 49.91 × 10 ⁸ m ³	喜马拉雅期		E, N

其中构造型以背斜型为主, 并可进一步划分为披覆背斜型、内幕背斜型和断背斜型 3 种; 地层岩性型主要有岩性型、地层不整合型和礁滩型 3 个亚

类; 复合型则主要是上述 2 种或 2 种以上类型的油气藏复合而形成。前陆区库车坳陷目前发现的油气藏有断块、背斜和断背斜 3 种类型, 其中除断

块型仅见于大宛齐油田外,背斜型为其油气藏的主要类型。西南坳陷目前发现的油气藏数目很少,主要为背斜型。

从地区油气分布差异看,塔中地区油气充注早,多源多期次成藏^[4],油气聚集主要集中在石炭系及以下地层,勘探目标明确。塔北古隆起因喜马拉雅中、晚期以来构造面貌变化较大,伴有张性断裂活动,造成后期油气运聚调整活跃,油气运聚调整活跃,导致其含油气层系较塔中多,且复杂^[5,6]。

区域上塔北、塔中、库车油气最为富集,油气藏的数量及探明储量都集中在这3个区域。从油藏类型看,碳酸盐岩岩溶缝洞型油藏的油气分布最为复杂,含油性差别大,油质差异大,横向变化大。以塔河油田为例,油气分布不完全受现今局部构造高低、潜山山头控制,多层油气累计高度常常大于潜山圈闭幅度;油水界面复杂,没有统一的油水界面。塔河油田北部的轮南20、沙78井在5 000 m左右均产水,而塔河油田南部塔904井在5 936 m仍获高产油气流,托普2井在6 920 m仍有低产油流,总体看,油水界面呈倾斜状,由北向南呈阶梯式降低。相比较而言,碎屑岩油藏油气分布比较有规律,主要受圈闭类型及油气充注的控制。

1.2 油气藏的成藏期次

1.2.1 台盆区

塔里木盆地克拉通区海相油气藏主要有晚加里东—早海西期、晚海西期和喜马拉雅期3期成藏以及燕山期和喜马拉雅期2期调整再成藏。其中晚海西期是已发现海相油藏的主要形成时期,燕山期特别是喜马拉雅期是古油藏的调整期,喜马拉雅期也是气藏的主要形成时期^[3,7,8]。由于多期成藏,出现混源和多期充注特征,成藏模式多样,可分为几种模式:1)古油藏与晚期充注混合模式,塔河—轮南古潜山油气藏;2)古油藏裂解成藏,和田河气田、古隆1气藏,该气藏为加里东期古油藏在喜马拉雅期原油裂解气再聚集成藏的产物;3)晚期成藏,哈得4石炭系油田;4)古油藏调整与裂解成藏,英南2气藏。后期的调整和改造也是塔里木盆地油气藏的一个主要特征^[3,7,8],塔河油田、塔中1油田、和田河气田等油气田均经过不同程度的调整和改造。

台盆区陆相油气藏形成较晚,成藏期为喜马拉雅期,台盆区中生界碎屑岩油气藏则主要为喜马拉雅期调整再聚集形成的次生油藏。如塔河油田碎屑岩油气藏,其上叠加成带分布的石炭系、三叠系低幅度背斜圈闭、岩性圈闭及复合型圈闭,由断裂、不整合沟通形成次生油藏。纵向上具有“复式”成藏组合特征,油气成藏期次较晚。

1.2.2 前陆区

库车前陆冲断带油气系统、轮台凸起牙哈凝析气田、英买7凝析气田、红旗凝析气田以及塔西南柯克亚凝析气藏等陆相油气藏的成藏分析,至少具有两期成藏,即吉迪克—康村期(5~24 Ma)与库车期—第四纪西域期(1~5 Ma)。两期都是轮台断隆油气藏的重要形成时期,而后一期是库车坳陷油气藏特别是气藏形成的主要时期。

2 成藏主控因素与展布规律

2.1 供烃区控制油气藏的分布

2.1.1 发育多套、多区高丰度烃源灶

多期演化的塔里木盆地各单元中形成了不同的成藏背景,古生代塔里木板块处于低纬度地区,易于生储盖的发育,南北古纬度30°之间的地区,是源岩、碳酸盐岩储层和膏盐盖层发育的最有利地区。中奥陶世以前,塔里木盆地东西分区,决定了烃源岩的位置及储集体的原始物质基础;塔里木盆地海相主要有中下寒武统、中奥陶统和上奥陶统3套烃源岩,按岩性来划分,又可以划分为碳酸盐岩和泥质岩2大类,各套烃源岩分布、质量、成熟度见表2,首次在塔里木盆地西北部XH1井揭示了一套下寒武统生油岩,其岩性及沉积构造与柯坪露头区下寒武统下部(玉尔吐斯组)极为相似,均为一套盆地斜坡—盆地相沉积,表明塔里木盆地西北部可能存在生油坳陷。陆相烃源岩主要是三叠—侏罗系湖相泥岩和煤系烃源岩,分布在盆地边缘,具有明显的分割性。

2.1.2 有效供烃区限制了油气藏有利勘探的范围

寒武系—下奥陶统、中—上奥陶统在盆地分布广泛,但受沉积、构造演化、埋藏史的控制,具有

表2 塔里木盆地烃源岩分布
Table 2 Distribution of source rocks in the Tarim Basin

层系	分布	TOC 含量	成熟阶段
寒武系	塔东台缘斜坡-盆地相区烃源岩, 钻厚 220 ~ 706 m	TD1, KN1 和 TD2 井为 1.24% ~ 2.28%	高过成熟阶段
	柯坪、新和、沙西等下寒武统玉尔吐斯组斜坡-盆地相发育黑色页岩	XH1 井高达 6.05%	高过成熟阶段
	盆地中西部蒸发台地相区的中下寒武统碳酸盐岩烃源岩。TOC 大于 0.5% 的烃源岩厚度为 173 m	H4 井分布范围为 0.21% ~ 2.14%	高过成熟阶段
中-下奥陶统	塔北、塔中隆起之间的台内拗陷区, 以泥灰岩为主, 推测厚度可达 100 m	属较好的烃源岩	成熟阶段
	柯坪隆起-阿瓦提断陷的盆地-斜坡相区发育的萨尔干组烃源岩	属较好的烃源岩	成熟阶段
	满加尔拗陷及邻区斜坡-盆地相区, 黑土凹组烃源岩钻井钻遇 50 ~ 60 m	属较好的烃源岩	成熟阶段
上奥陶统	塔北、塔中之间, 阿瓦提断陷区及巴楚东南部。良里塔格组为台缘斜坡灰泥丘相, 印干组为海湾相, 厚度一般为 20 ~ 80 m	平均值分布于 0.42% ~ 0.84%	成熟阶段
志留系	模拟实验分析结果, 认为盆地内大面积分布的志留系沥青砂岩, 可作一个新的烃源岩		
三叠-侏罗系	主要为湖相泥岩和煤系烃源岩, 分布在盆地边缘, 库车拗陷、草湖凹陷、孔雀河斜坡、英吉苏凹陷和塔西南拗陷等地区		

分区、分期成熟的特征,地史过程中有 4 个重要的排油气阶段:加里东期(Є—O)、加里东晚期(S—D)、晚海西—印支期(C—T)、燕山期—喜马拉雅期(K—Q)从而形成多个供烃中心,其中寒武系—下奥陶统烃源岩形成 4 个供烃中心:满东晚加里东期供油中心和晚海西期以来供气中心、满西晚海西期以来供油中心和喜马拉雅期供气中心、巴楚—阿瓦提晚海西期供油中心、麦盖提斜坡喜马拉雅期供气中心。中—上奥陶统烃源岩则形成两个喜马拉雅山期供油中心,即塔北、塔中供油中心(图 2)。目前台盆区的油气藏均分布在紧邻供烃中心的古隆起、古斜坡上。古隆起具有明显的控灶效应,空间尺度上有效烃源岩分布区在不同构造期发生迁移变化,地质历史中,拗陷区并非最有利的生烃区,如中下寒武统烃源岩现今有效供烃区主要分布在三大隆起及其围斜区,中—上奥陶统烃源岩现今有效供烃区主要分布在塔北、塔中及塔东地区;古隆起区具有多阶段不连续生烃的特征;斜坡区连续生烃时间长,是最有利的生烃区。沙雅隆起区与卡塔克隆起区以“古源”早聚、“古源”晚聚的叠加复合为主,兼有古油藏的调整再成藏。时间尺度上存在 3 次大规模有效供烃阶段,

分别为加里东—早海西期,晚海西期与喜马拉雅期。从石油的运移距离范围看,主要集中在 40 kg 之内,天然气在 100 km 之内^[9,10]。因此,烃源岩分布及其热演化限定了油气藏有利勘探的范围。

前陆盆地油气分布具有近源特征,大、中型气田主要形成于生烃拗陷的生烃强度中心附近,主要是由于前陆冲断带中新世代地层受强烈冲断构造变形作用,形成成排分布的一系列构造带,隐伏断裂沟通下部烃源岩与上覆背斜、断背斜构造,形成天然气的富集,如克拉 2 气田即位于库车前陆盆地三叠系与侏罗系两套烃源岩生气强度的中心附近。

2.2 优质储盖组合决定油气藏的纵向分布

塔里木盆地主要发育的 4 类储层是:1) 岩溶型储层,岩溶型储层受构造不整合面控制,主要分布在沙雅、卡塔克、巴楚和古城墟等古隆起广泛分布。2) 台地边缘礁滩相溶蚀孔隙型储层,该类储层受控于沉积相,分布台地边缘高能相带,原始孔隙性好;高位期滩体沉积与海平面同步,形成加积型储层;早期暴露大气水溶蚀和白云岩化、后期深埋溶蚀与改造(有机质热演化酸性流体溶蚀、热液

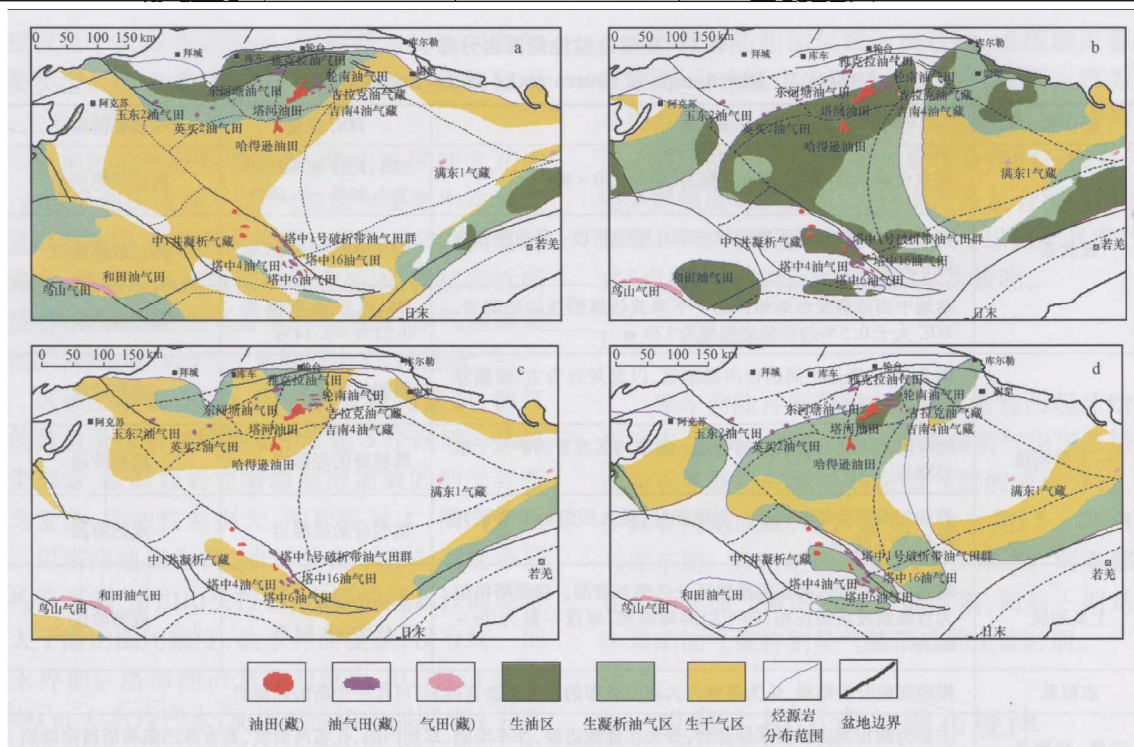


图2 塔里木盆地有效烃源岩分布

Fig. 2 Distribution of effective source rocks in the Tarim Basin

- a. 中、下寒武统烃源岩二叠纪末(250 Ma)有效供烃区分布;b. 中、下奥陶统烃源岩二叠纪末(250 Ma)有效供烃区分布;
c. 中、下寒武统烃源岩现今有效供烃区分布;d. 中、下奥陶统烃源岩现今有效供烃区分布

溶蚀)等作用的控制,在塔里木盆地中上奥陶统呈条带状展布。3)白云岩储层,主要有风化壳型和内幕型两类,风化壳型位于不整合面之下,主要分布在巴楚地区的南缘、塔中地区和塔北隆起的北缘。深埋条件下白云石比方解石更易溶解^[11],有利于白云岩孔洞的形成,白云岩比石灰岩更有利于形成裂缝,塔深1井在埋深大于8 400 m,温度160℃,压力80 MPa的环境下,仍存在优质的白云岩储层,超深层白云岩是一个潜在的领域,古隆1井、巴楚隆起西部的同1井证实上寒武统白云岩溶蚀孔洞发育。4)碎屑岩储层,志留系为一套滨岸-滨外陆棚相沉积,孔隙度一般为5%~15%,属低孔低渗储层,早期油气充注可使储层保持较好储集性,如塔中北斜坡及英买力滨岸相砂体。泥盆系主要为滨浅海沉积,东河砂岩为滨海相的海滩沉积,孔隙度为12%~22%,优质储层主要分布在塔北南斜坡、满西地区、塔中低隆及其北斜坡。石炭系卡拉沙依组砂泥岩段、巴楚组生屑灰岩、底砂砾岩段为和田河、塔中、塔北、哈德逊等地

区的重要产层;三叠-侏罗系为陆相碎屑岩储层,以塔北隆起为最好,主要为辫状河三角洲砂体、扇三角洲砂体、辫状河砂体等,总体具有高孔高渗的特点;侏罗系优质储层主要分布在满加尔坳陷南侧和东西两侧,原生孔隙发育。白垩系储层主要分布于塔北隆起(塔759井、雅克拉气田)、库车坳陷(克拉2气田)及塔西南一带,主要受沉积相控制。

塔里木盆地发育的5套区域盖层和多套局部盖层,区域盖层主要是:1)中寒武统膏泥岩;2)中-上奥陶统泥岩;3)石炭系泥岩;4)古近系泥岩,部分地区为膏泥岩;5)新近系膏泥岩。其中,前三者是台盆区古生界领域的主要盖层,与寒武-奥陶系岩溶缝洞型储集体组成有效储盖组合,如奥陶系鹰山组($O_{1-2}y$)岩溶缝洞储集体与石炭系巴楚组(C_1b)泥岩组成储盖组合;奥陶系鹰山组岩溶缝洞储集体与奥陶系鹰山组致密灰岩组合;良里塔格组岩溶缝洞储集体与石炭系巴楚组泥岩或上奥陶统桑塔木组组合,是塔河油田主体区的重要类型。

雅克拉地区白垩系舒善河组泥岩与寒武-奥陶系岩溶型储集体形成组合。后两者为库车坳陷最为主要的盖层。

塔里木盆地发育多套区域盖层与对应的储层形成多套优质储盖组合,并且均有油气藏发现,从而形成多含油气层系。目前奥陶系是克拉通区油气最富集的层系,其次是东河砂岩、石炭系、三叠系。关键原因是生储盖组合较好,并且是克拉通区油气侧向运移的主要通道,因而对油气聚集十分有利。志留系古油藏虽然在海西早期遭到破坏,但在早海西期运动不强烈的地区仍有古油藏的保存,加之海西晚期的油气再次充注,仍可形成晚海西期油藏,如塔中11井。奥陶-寒武系、东河砂岩、石炭系、三叠系是台盆区主要的含油气层系,寒武系盐下领域是值得重视的领域。前陆区白垩-古近系是重要的储盖组合。

2.3 台盆区古隆起、古斜坡具有明显控藏作用

塔里木盆地海相油气藏形成时间较早,现存古生界油藏主要形成于海西晚期,喜马拉雅期是早期油藏的重要调整时期和气藏的主要形成时期,因此继承性古隆起和古斜坡奠定了台盆区海相油气成藏的背景条件。台盆区古隆起古斜坡的控藏作用主要表现在3个方面:1)控制烃源灶的分布;2)控储效应,主要包括古隆起顶部潜山风化带、古隆起周边生物礁体、古隆起围斜带溶蚀岩体及周边砂体形成发育,包括古隆起上方背斜、周边地层超覆、下方低位砂体,如志留系储层发育近滨、潮坪、浅海陆棚相等不同成因的砂体,东河塘储层主要为滨岸相,巴楚组储层为三角洲与冲积

扇砂体;3)控藏效应,对于烃源灶位于寒武-奥陶系、储层为寒武-奥陶系及其以上地层的塔里木盆地来讲,古隆起形成的越早、发育时间越长、后期构造越稳定、规模越大,越有利于油气的聚集和保存,继承性古隆起、古斜坡处在构造活动枢纽部位,多期叠加构成了构造平衡叠合带^[12],成藏期控制油气运聚、调整期的隆起控制油气再分配,定位期决定着油气的最终富集部位,因此,古隆起、古斜坡有利油气运聚和保存。塔北和塔中这两个晚加里东期一早海西期形成的大型继承性古隆起,是台盆区油气最富集的地区。塔中与塔北之间的哈德逊地区,存在东河砂岩优质储层的分布,也发育石炭系中部泥岩和膏泥岩优质区域盖层,是泥盆-石炭系海相油气的主要富集区(图3)。

2.4 断裂及不整合的富集效应

油气源对比表明,台盆区不同构造单元的奥陶系油气藏具有不同的油气来源,其中塔北隆起塔河油田、轮南油田的油气主要来源于满加尔坳陷边缘的寒武系-下奥陶统,塔中隆起的塔中1号、塔中4号奥陶系油气藏的油气主要来源于塔中隆起围斜区的中上奥陶统,巴楚隆起的和田河气田奥陶系油气主要来源于塔西南坳陷的寒武系-下奥陶统烃源岩,哈得逊油田石炭系中泥岩段和东河砂岩原油均来自中-上奥陶统烃源岩,油气藏是沿不整合面长距离运移的结果。上述油气田中,塔中油田的油气属近源,其余均需长距离的穿层运移,断层或不整合面是油气运移的有利通道。库车坳陷烃源岩分布于三叠-侏罗系,储层是以苏维依组、古近系、白垩系为主,断裂及其裂缝带沟

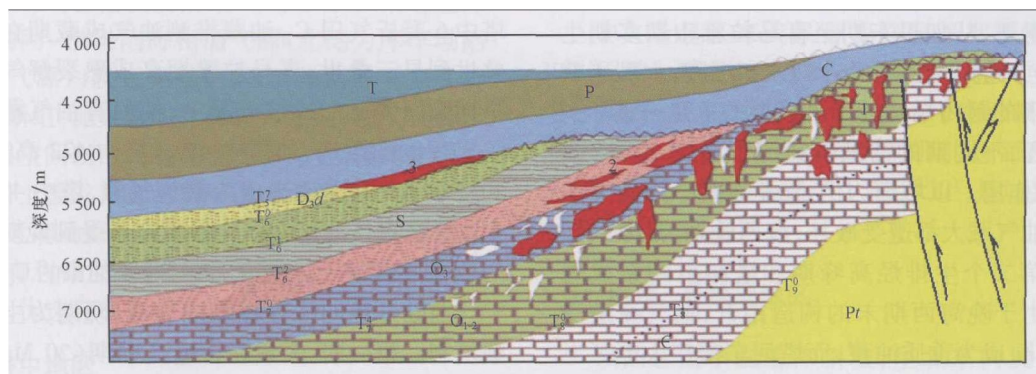


图3 塔北古隆起、古斜坡油气藏分布示意图

Fig. 3 Sketch map showing the distribution of hydrocarbon reservoirs in the palaeouplifts and palaeoslopes of Tabei area

1. 岩溶油气藏;2. 志留系油藏;3. 哈德逊油田

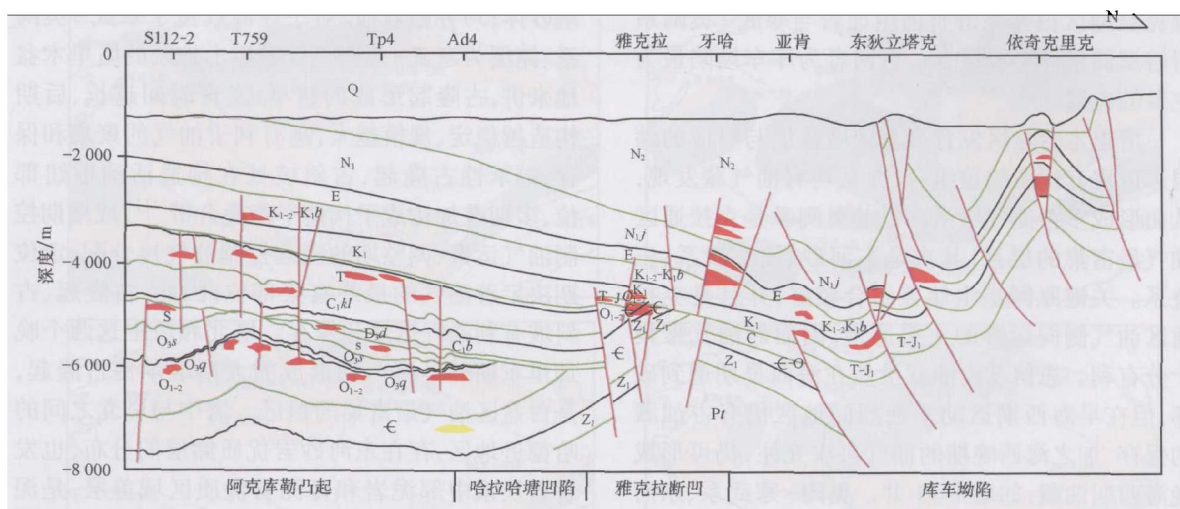


图4 库车坳陷—阿克库勒凸起油气藏分布示意图

Fig. 4 Sketch map showing the distribution of hydrocarbon reservoirs across the Kuche depression and the Akekule uplift

通了深部油气源和浅部储集层,是天然气垂向运移的主要通道,断开的层位越多,含油气层就越多,如东秋 5 井,从白垩系到新近系均见到油气显示。塔北隆起亦是如此,断层一直可以向上延伸到第四系地层内。所以,塔北隆起含油层位较多,包括 N,E,K,J,T,C 和 O 层(图 4),塔中隆起在隆起定型以后未发生过任何较大的构造事件,几乎没有断层断穿石炭系泥岩。在塔中隆起的石炭系下面是个大型的含油气领域,目前所发现的油气显示几乎全都集中在 C,S 和 O 这 3 套地层内,油气的分布比塔北隆起更集中^[3,6]。

2.5 多源多期动态成藏控制了油气成藏多样性

台盆区发育 ϵ -O多套海相烃源岩,在长期低温背景下,从加里东期至喜马拉雅山期多期生排烃。同时,由于多期隆升剥蚀和沉降,大型碳酸盐岩圈闭的封闭系统经历了多期的重建—破坏—重建过程,不同期的油藏也经历了形成、破坏、改造、叠加作用。以塔河为例,加里东期—海西早期形成的油气藏大都遭受破坏;海西晚期,是寒武系烃源岩第二个生排烃高峰期和塔河奥陶系成藏期。但由于晚海西期末的构造抬升,油气藏遭受水洗氧化,成为重质油藏,而塔河东南广大地区上奥陶统覆盖较厚,封闭条件好,多为正常油藏,是塔河地区最主要成藏期。晚期(燕山—喜马拉雅期)满加尔坳陷烃源岩进入轻质油及凝析气为主

的生烃阶段,形成轻质油藏,如凝析气藏(如沙 60 和沙 96 井区),或对早期形成的油藏进行充注,并在重力分异作用下,形成带凝析气顶的油藏(如沙 46 井)。喜马拉雅中、晚期阿克库勒凸起中-新生代地层区域性北倾,使先期油气藏改造,油气重新分异、调整,浅层油气由北向南运移,形成新的油气藏^[4,7]。同时,满加尔坳陷油源区处于生干气阶段,在塔河东部、南部局部地区形成气藏。

塔里木盆地中部地区志留系早期成藏时间为志留纪末,随即志留系抬升地表,油藏遭受大气淡水淋滤和细菌作用破坏,留下大量沥青和一定量的稠油显示。志留系油藏第二期成藏时期在白垩-古近纪,后期充注是志留系下砂岩段油藏成为具有工业价值油藏的重要条件^[13,14]。塔中4油田和塔中6凝析气田C_{III}油藏推测油气成藏期在晚二叠世到早三叠世,喜马拉雅期高成熟裂解气进入早期圈闭和已形成油气藏中,使原有油气藏受到一定程度的改造,如塔中6C_{III}、塔中422高点C_{II}和塔中402高点改造成为凝析气藏,塔中402、塔中422高点气油比变高。但也有未受到晚期改造的油藏,如塔中16油田C_{III}和塔中4油田的C_I油藏。

前陆盆地同样存在多期成藏、晚期为主的成藏机制。第一期:大致在吉迪克中期(20 Ma);第二期:大致在库车期(3~5 Ma);第三期:为库车末期到第四纪(0~3 Ma)。油气藏分布呈现环带状,内气外油,这主要与烃源岩的成熟度展布、圈闭形

成时期有关,这种成藏特征使得油气藏得以有效保存。

3 大中型油气田勘探方向

3.1 塔北地区

塔北隆起总的勘探面积为 $4.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,石油远景资源量为 $38.4 \times 10^8 \text{ t}$ 、天然气为 $1.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。已累计探明原油储量超过 $10.0 \times 10^8 \text{ t}$,是塔里木盆地油气最为富集的地区。

阿克库勒凸起该区紧邻满加尔生烃拗陷,发育寒武系-下奥陶统和中-上奥陶统两套优质烃源岩系,储集层系主要为下奥陶统岩溶型、裂缝型储层和中-上奥陶统礁滩型储层,石炭系下泥岩段为油气藏的形成提供了有效的保存条件。加里东期岩溶作用证据的发现及关于岩溶型储层成因机理的突破,近期艾丁地区的艾丁4井获得日产千吨的高产油流,预示该区有更大的勘探潜力,塔河油田已探明区外围、盐下圈闭等是下一步勘探的有利方向。三叠系、石炭系正在扩大油气成果。白垩系在塔756井、沙108-1井获得工业油气流,实现了新层系、新领域的重大油气突破,有望形成重要接替层系。塔深1井8405m实测井温 160°C 仍发现轻质原油,检测出25-降霍烷系列,存在生物降解,反映超深层白云岩领域成藏的复杂性,塔北深层仍然是下步勘探的一个重要领域。

雅克拉断凸夹持于亚南断裂和轮台断裂之间,呈北东东向展布,面积 4400 km^2 ,目前在沙参2井区发现奥陶系白云岩潜山油气藏。受海西期挤压褶皱、挤压隆升及轮台和亚南断裂影响,白云岩潜山众多,已落实的潜山20个。该区南北逢源(南边为阿-满拗陷海相油气源、北侧为库车拗陷陆相油气源),新近完钻的XH1井钻遇下寒武统玉尔吐斯组,泥页岩的有机碳含量高,油气资源丰富;储集空间以白云岩次生孔隙为主、横向连通性较好,若上覆发育有利盖层即可形成稳产、高产油气藏。近期勘探重点是在雅克拉油田外围预测碳酸盐岩有利储层,同时应重视盖层及成藏匹配关系分析,优选有利目标钻探。

3.2 塔中地区

3.2.1 塔中古隆起礁滩-岩溶领域

塔中隆起西北部及北部台缘的灰泥丘,已证

实是优质的烃源岩;满加尔、顺托果勒低隆区以及阿瓦提等生烃中心提供的油气;先期的稠油和沥青的再次降解油气。塔中1号断裂带礁滩相领域探明油气当量 $1.04 \times 10^8 \text{ t}$,其中天然气 $629 \times 10^8 \text{ m}^3$,凝析油近 $4000 \times 10^4 \text{ t}$ 。钻井证实良里塔格沉积期塔中台地南北两个斜坡都发育台缘礁滩相,呈近东西向分布,顺西、卡2、卡3、卡4区块均有分布。中2井钻遇礁滩相带,藻屑砂屑灰岩,部分微裂缝中见有淡黄色有机质痕迹。顺6井位于卡塔克隆起北部坡折带,良里塔格组颗粒灰岩段为粒屑滩相沉积,岩心发育针状溶孔及较小的溶洞。中国石化探区可供勘探的礁滩相面积 3474 km^2 ,远景资源量 $12.6 \times 10^8 \text{ t}$ (油当量)。在卡1区块发现 2500 km^2 的岩溶发育区;中1、中1H井获得突破,展示出很大勘探前景。

3.2.2 志留系领域

塔河地区南部,顺托果勒隆起、卡塔克1区块和阿东区块是该领域有利勘探区。长期处于低隆,构造稳定,发育良好的两套储盖组合,存在大型地层超覆型、构造-岩性圈闭,临近油气源区,如塔北具有海、陆相两大油气系统油气双向汇聚的优越条件,顺托果勒隆起临近燕山期-喜马拉雅期烃源灶分布区,目前已有多口井在志留系砂岩中获工业油气流,如塔中11、塔中47、塔中111、塔中117井,塔北沙112-2、沙112-5H、英买34、英买35等井,综合分析是早期古油藏形成、晚期聚集扩大的有利区。

3.2.3 寒武系盐下白云岩领域

中央隆起区寒武系膏盐岩层厚度普遍大于 300 m ,最大厚度大于 1200 m ,具有完整的生储盖组合,塔中、巴楚地区盐下及盐间气显示频繁,目前,已圈定5个大于 500 km^2 的圈闭,总面积超过 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,预测资源量 $1.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$,是加强勘探有望突破的领域。

3.3 巴楚-麦盖提地区

该凸起位于麦盖提斜坡,呈北东向展布,主体部位缺失中上奥陶统一泥盆系。从构造演化上讲,该区和田河凸起经历了加里东期的抬升剥蚀、海西期的水下低幅度潜山和喜马拉雅期的破

坏3个阶段,其中加里东期的抬升剥蚀使该区缺失下奥陶统长期暴露地表,具备发育岩溶型储层的条件;隆起南部为塔西南坳陷,发育寒武-奥陶系、石炭-二叠系两套烃源岩,生成的油气易于向该区的构造高部位聚集成藏。目前在该区已发现了和田河气田、乌山气藏,下一步勘探的重点目标是玛南断褶带及其他奥陶系岩溶发育带。

3.4 库车坳陷南部

中新生界构造与中生界地层岩性圈闭是库车坳陷两大勘探领域。受库车前陆冲断挤压的影响,在库车南缘形成的挤压背斜和断背斜构造是重要的勘探方向;发育在库车一二八台-阳霞南侧一线,以侏罗系及白垩系底砂岩尖灭型圈闭是重要勘探目标。最现实的目标是亚肯-阳霞地区挤压背斜型构造,位于天山南缘区块北部边缘地带,邻近库车坳陷拜城生烃凹陷,同构造带已发现迪那1、迪那2号气藏,依附秋里塔格断裂带,油源沟通顺畅,并且处于断裂带下盘,保存条件较好,是主要勘探方向,速度研究和圈闭落实是关键。

4 结论

1) 塔里木盆地优质烃源岩长期生烃多期排烃为油气成藏提供了丰富的油气资源基础,多期岩溶形成的缝、洞是油气聚集的有利场所,紧邻主力烃源岩的古隆起、古斜坡具有典型的控灶(烃源灶)、控储、控藏效应,是油气富集有利区带。多期成藏、后期调整形成了油气在纵向上的多层系和平面上的多相态,保存条件是油气成藏的关键因素。

2) 台盆区发育3套区域分布的岩溶储层和两套优质白云岩储层及中上奥陶统礁滩相储层,决定了碳酸盐岩油气富集和产能情况。深刻解剖塔河、塔中、英买力碳酸盐岩油气藏的主控因素和油气富集规律。整体认识塔里木盆地的油气疏导体系和油气聚集过程,是研究碳酸盐岩油气富集规律和扩大海相碳酸盐岩油气勘探领域

的关键。

3) 塔北地区的阿克库勒凸起、雅克拉断凸是近期增储上产的主要地区,塔中低凸起、古城墟、和田河古隆起是“十一五”期间进一步寻找大油田的有利目标区,孔雀河斜坡、寒武系深层是重要的勘探领域。

4) 塔里木盆地有效烃源岩的展布与演化,碳酸盐岩储层识别与预测,非构造圈闭的识别与描述,天山南地区地震速度等重大难题制约了勘探进展。通过多学科联合,尽快解决这些重大难题是突破的关键。

参 考 文 献

- 1 康玉柱. 塔里木盆地塔河大油田形成的地质条件及前景展望[J]. 中国地质, 2003, 30(3): 315~319
- 2 叶德胜, 周康康. 塔里木盆地形成大型-巨型油气田的基本地质条件[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(3): 283~291
- 3 翟光明, 何文渊. 塔里木盆地石油勘探实现突破的重要方向[J]. 石油学报, 2004, 25(1): 1~7
- 4 闫相宾, 张涛. 塔河碳酸盐岩大型隐蔽油藏成因机理与模式探讨[J]. 地质论评, 2004, 50(4): 371~376
- 5 赵重远, 周立发. 成盆期后改造与中国含油气盆地地质特征[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 7~10
- 6 张涛, 闫相宾, 郭兴威. 塔中与塔河地区油气成藏对比及大型油田勘探方向[J]. 中国西部油气地质, 2006, 2(1): 26~29
- 7 顾忆. 塔里木盆地北部塔河油田油气藏成藏机制[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 307~312
- 8 赵靖舟, 李启明. 塔里木盆地克拉通区海相油气成藏期与成藏史[J]. 科学通报, 2002, 47(增刊): 116~121
- 9 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 57~201
- 10 胡朝元. “源控论”适用范围量化分析[J]. 天然气工业, 2005, 25(10): 1~7
- 11 杨俊杰, 黄思静, 张文正, 等. 表生和埋藏成岩作用的温压条件下不同组成碳酸盐岩溶蚀成岩过程的实验模拟[J]. 沉积学报, 1995, 13(4): 49~54
- 12 周新源, 吕修祥, 金之钧, 等. 塔里木盆地构造活动枢纽部位碳酸盐岩油气聚集[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2004, 19(4): 19~23
- 13 李宇平, 王勇, 孙玉善. 塔里木盆地中部地区志留系油藏两期成藏特征[J]. 地质科学, 2002, 37(增刊): 45~50
- 14 何治亮, 陈强路, 钱一雄, 等. 塔里木盆地中央隆起区油气勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 769~778

(编辑 高 岩)