

文章编号:0253-9985(2007)06-0703-10

塔里木古生界克拉通盆地海相油气富集规律与古隆起控油气论

赵靖舟¹,王清华²,时保宏¹,秦胜飞³,刘洪军¹,杨斌谊¹,曹青¹

(1. 西安石油大学 油气资源学院,陕西 西安 710065; 2. 中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司 勘探事业部,新疆 库尔勒 841000; 3. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:塔里木古生界克拉通盆地海相油气分布十分复杂,大油气田形成及分布主要受古隆起、有效烃源岩分布以及后期构造变动三大因素控制。其中最重要的是古隆起及其斜坡,原因是古隆起及其斜坡是克拉通盆地各种成藏条件的最佳耦合区。塔里木克拉通古隆起可划分为继承型、残余型、叠加型、衰亡型4种类型。长期发育的大型继承性古隆起与残余古隆起及其斜坡是油气最富集的地区。古隆起控油、斜坡富集,隆起高部位油气易发生调整破坏,斜坡部位有利于富集保存,这是塔里木克拉通区油气藏形成和分布的重要规律。多期成藏、多期调整是塔里木克拉通区油气藏形成的重要特点。晚加里东—早海西期是克拉通区原生油藏最主要的成藏时期;晚海西期既是原生油藏形成的主要时期,又是早期油气藏发生调整形成次生油气藏的重要时期;燕山期,特别是喜马拉雅期则是早期油气藏发生调整改造、定型定位及破坏的主要时期。据此认为,“晚期成藏论”并不适用于塔里木多旋回古老海相克拉通盆地。因此,古隆起及其斜坡,特别是大型继承性古隆起与残余古隆起及其斜坡是寻找大、中型油气田的最有利地区。据此提出了“古隆起控油气论”。

关键词:海相油气;分布规律;古隆起控油气论;克拉通;塔里木盆地

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

Marine hydrocarbon enrichment rules and palaeouplift-controlling hydrocarbon theory for the Paleozoic Tarim craton basin

Zhao Jingzhou¹, Wang Qinghua², Shi Baohong¹, Qin Shengfei³, Liu Hongjun¹, Yang Binyi¹, Cao Qing¹

(1. School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

2. Department of Petroleum Exploration, Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: The distribution of marine hydrocarbon reservoirs in the Paleozoic Tarim craton basin is very complex. The formation and distribution of large oil and gas fields are controlled by several factors including paleouplifts, effective source rock distribution and later tectonization. Among these factors, the palaeouplifts and their slopes are the most important because they have the most favorable combination of hydrocarbon accumulation conditions in the craton basin. The palaeouplifts in the Tarim craton basin can be divided into four types: inherited, residual, superimposed, and failed. The first two types, which are larger in scale and have long history of development, as well as their slopes, are the best for oil and gas enrichment. That oil and gas accumulation is controlled by palaeouplifts, hydrocarbon is enriched in the slopes, reservoirs in the high of uplifts are easy to be adjusted and destroyed and the slope areas are favorable to hydrocarbon enrichment and preservation, are the rules of the hydrocarbon accumulation and distribution in the Tarim craton basin. The multiphase of accumulation and multi-stage tectonic adjustment are the important characteristics of the marine hydrocarbon accumulation in the Tarim craton basin. The Late Caledonian and the Early Hercynian were the main periods for the formation of primary oil

收稿日期:2007-10-19。

第一作者简介:赵靖舟(1962—),教授,油气成藏地质学、天然气地质及地球化学。

基金项目:国家“十五”重点科技攻关项目(2004BA616A02-04-02-02)。

reservoirs in craton areas. The Late Hercynian was both the main period for the formation of primary gas reservoirs and the important period for the adjustment of earlier-formed reservoirs to secondary hydrocarbon pools. The Yanshan and the Himalayan periods were the main periods of adjustment, finalization and destruction of early-formed hydrocarbon reservoirs. It was therefore concluded that the theory of late stage hydrocarbon accumulation was not applicable to the multicyclic marine Tarim craton basin. Consequently, the inherited and residual palaeouplifts and their slopes were considered to be the most favorable regions for the discovery of giant oil and gas fields in the Paleozoic craton basin. Based on these understandings, a palaeouplifts-controlling hydrocarbon theory was put forward and discussed.

Key words: marine hydrocarbon; distribution rule; palaeouplift-controlling hydrocarbon theory; craton; Tarim Basin

塔里木古生界克拉通盆地是中国海相油气的主要富集区之一,并以既富油又富气而区别于中国其他海相含油气盆地。近年来,塔河油田、哈得4油田和田河气田等大、中型海相油气田的发现进一步表明,塔里木古生界克拉通盆地具有良好的勘探前景。

然而,由于塔里木盆地古生界为一经历了漫长演化历史的多旋回古老海相克拉通盆地,具有多期构造运动、多套烃源岩、多个含油气系统、多期成藏、多期调整再分配的石油地质特点,因而油气藏形成与分布十分复杂。因此,研究塔里木古生界克拉通盆地海相油气富集规律对于塔里木克拉通盆地的油气勘探具有重要的现实意义,同时对于中国其他古老海相克拉通盆地和叠合盆地古生界的油气勘探也具有十分重要的借鉴意义。

1 油气富集规律

“九五”、“十五”塔里木科技攻关以来,对塔里木克拉通盆地海相油气富集规律的研究得到进一步深化。研究认为,塔里木古生界克拉通盆地海相油气分布尽管受古隆起、有效烃源岩分布、优质区域盖层和储盖组合、断裂和不整合面等多重因素控制,但古隆起构造特征、寒武-奥陶系有效烃源岩的分布及热演化史以及后期构造变动是控制塔里木古生界克拉通盆地海相油气分布的3个主要因素。尤其是古隆起及其斜坡,是控制克拉通区海相大油气田形成和分布最重要的因素。

1.1 继承性古隆起与残余古隆起及其斜坡是油气最富集的地区

关于古隆起对塔里木盆地油气分布的控制作

用,早在20世纪50年代塔里木盆地勘探之初就已引起注意。当时的勘探家们注意到,在阿克苏-库勒勒一带存在一大型古生界隆起构造(即现在的塔北隆起),认为是塔里木盆地油气勘探的有利地区^[1]。1984年沙参2井在塔北隆起奥陶系潜山和1989年塔中1井在塔中隆起奥陶系潜山相继取得勘探的重大突破,使得塔北、塔中隆起等古隆起控油的重要性得到广泛认同。许多研究者都强调了古隆起与斜坡构造是塔里木盆地克拉通区大、中型油气田形成和富集的主要地区,是寻找大、中型海相油气田的主要领域^[2-11]。但对于什么样的古隆起和斜坡最有利于油气富集、不同的古隆起各具有何成藏特点、其油气富集规律又有何差异等有关克拉通古隆起成藏条件、成藏特点和控油规律的研究,则主要始于“八五”国家科技攻关项目开展以来。“八五”攻关研究认识到不同的古隆起具有不同的成藏条件和不同的油气分布特征^[12-16],其中最重要的一项成果是提出了稳定、残余、活动3类古隆起的划分认识^[12-15]以及对古斜坡控油重要性的认识^[16],这对塔里木盆地克拉通区海相油气勘探起了重要的指导作用和推动作用。“九五”国家科技攻关研究则对塔里木克拉通古隆起的控油规律与成藏特点有了进一步的认识,提出不同的古隆起以及同一古隆起之不同部位具有不同的保存条件、成藏特征与富集程度^[17-24],特别是提出了“古隆起控油、斜坡富集”以及“多期成藏、晚期调整”等重要认识^[18,19,①]。这一重要认识已为塔河、哈得4等大、中油田的勘探所证实,也为后来许多研究者的研究所认同^[25-30],因而已为勘探界和学术界广泛接受。

① 赵靖舟,李启明,王清华,等.塔里木盆地油气分布规律.“九五”国家重点科技攻关项目研究报告,2000

“十五”以来,对塔里木克拉通古隆起控油气规律和成藏特征的认识得到进一步深化,主要有以下认识。

1) 塔里木盆地克拉通存在4类古隆起,油气主要富集于继承性古隆起与残余古隆起及其斜坡。

“八五”攻关研究将塔里木克拉通古隆起分为稳定(塔中)、残余(塔北、塔东)、活动(巴楚、塔南)古隆起3种类型。何登发、谢晓安(1997)在研究中国克拉通盆地中央古隆起时,将这类古隆起划分为叠加、塌陷和残存3种类型^[31]。“十五”以来,李启明等(2004)对克拉通古隆起的分类作了进一步研究和补充,划分出稳定古隆起、残余古隆起、活动古隆起、消亡古隆起4种类型^①。考虑到上述分类中的“残余古隆起”(如塔北古隆起)实际上也是一种稳定的古隆起以及不同的稳定古隆起具有不同的演化历史特征和不同的控油气规律,赵靖舟等(2005)依据古隆起发育的继承性、后期叠加改造特征及控油气特征等因素,从动态演化角度对塔里木古隆起进行了进一步的分类研究,将塔里木盆地克拉通古隆起划分为继承型、残余型、叠加型和衰亡型4种类型^②。

继承型古隆起以塔中古隆起为代表。这类古隆起自形成以后在相当时期内构造相对稳定,地层发育相对较全,局部虽有剥蚀但程度不大,后期构造运动基本上以整体升降运动为主;在剖面上具明显的双层结构,断裂和局部构造主要发育在隆起形成阶段,上部断裂和局部构造则不发育。由于长期隆起又长期稳定,油气保存条件好,其顶部和斜坡部位都有利于大油气田的形成,是寻找大、中型油气田最有利的古隆起之一。近年来塔中北坡折带下古生界油气勘探的重大突破进一步证实了这类古隆起的富油气性。

残余型古隆起以塔北、塔东隆起为代表。这类古隆起自早古生代形成后,中、新生代发生强烈的构造变迁,形成上、下两种截然不同的构造形态。下部构造层仍然保留古隆起面貌,是古生界古隆起的残存;上构造层(中、新生界)则转为斜坡甚至凹陷。这类古隆起经过多次抬升剥蚀,隆起顶部古生界地层已残缺不全,成藏保存条件较差,不易形成大型整装油气田,但其上部中、新生界构

造层可形成较富集的次生油气藏;而翼部斜坡区地层相对齐全,保存条件较好,且剥蚀线和超覆尖灭线发育,是油气富集的主要部位,也是大型原生油藏形成的最有利部位。根据对成藏的意义,可以按抬升剥蚀时间将这类古隆起分为前印支期剥蚀的残余古隆起和前燕山期剥蚀的残余古隆起两种类型。前者如轮南隆起和英买力低隆,抬升剥蚀时间相对短于后者(如库尔勒鼻隆和塔东隆起),因而保存条件较好,有利于大、中型油气田的形成。塔河大油田即形成于轮南古隆起的斜坡部位。另外,哈得逊古隆起^[20,21]也为一古生界的残余古隆起,哈得4油田就位于该隆起的西南斜坡部位。

叠加型古隆起以巴楚古隆起为代表,其主要特征是古隆起自古生代形成后中、新生代受到强烈的叠加改造,形成新的隆起构造面貌,从而造成古隆起的形态、范围甚至高点位置发生了明显改变,仅部分面貌寓于新隆起之中(图1)。而且,由

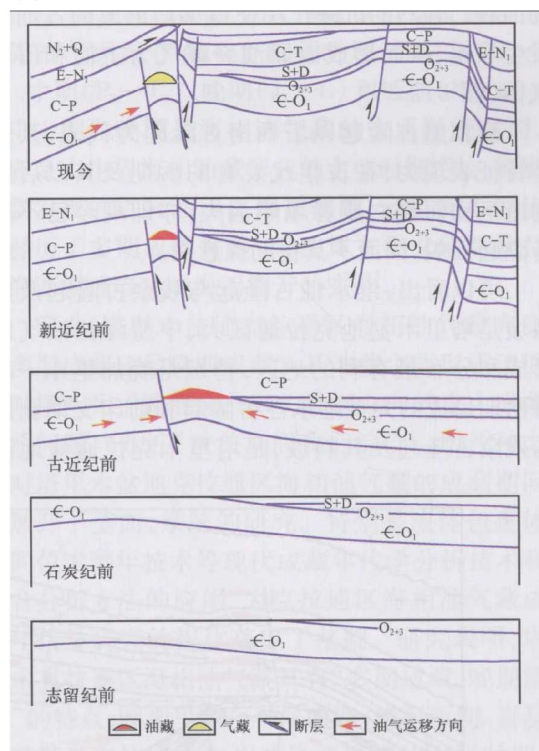


图1 巴楚隆起构造演化与和田河气田成藏史剖面示意图

Fig.1 Sketch map showing the evolution of the Bachu Uplift and the formation history of Hetianhe gas field

① 李启明, 郭光辉, 何登发, 等. 塔里木盆地古隆起大油田形成条件与勘探方向. 中油勘探与生产分公司重点科技项目研究报告, 2004

② 赵靖舟, 时保宏, 刘洪军, 等. 塔里木盆地大中型油田成藏模式及分布规律研究. “十五”国家重点科技攻关项目研究报告, 2005

于受到后期叠加改造的影响,这类古隆起后期抬升剥蚀和断裂活动比较强烈,以隆起顶部最为突出。相比之下,隆起低部位特别是斜坡部位构造相对比较稳定,保存条件相对较好,因而是这类古隆起油气聚集分布的主要地区,并且同样可以形成大油气田。如塔里木盆地目前发现的最大的海相油气田——和田河气田,就形成于巴楚隆起南部麦盖提斜坡北缘的玛扎塔克-乌山地区。构造演化史分析表明,该地区可能在晚加里东—早海西期即已形成隆起面貌,并在海西期一直处于巴楚隆起的较高部位;而广大中、北部地区在加里东—早海西期则一直为一北倾斜坡。因而,晚加里东—早海西期的油气在巴楚隆起始终是由北向南运移,并可能在和田河气田所在的玛扎塔克-乌山地区形成古油藏。喜马拉雅期特别是新近纪以来,巴楚隆起因构造挤压而强烈块断抬升,而其南侧的麦盖提斜坡则发生强烈沉降,形成现今南倾斜坡的面貌。强烈的沉降作用使得早期形成的古油藏发生裂解,从而形成以原油裂解气为主的和田河气田(图1)。

衰亡型古隆起以塔西南古隆起为代表,其基本特征表现为,在古生代发育的后期及其以后因构造运动而衰亡或者塌陷消失,亦即现今已不具备隆起面貌,因而不具备勘探意义。

可以看出,继承性古隆起与残余古隆起及其斜坡是塔里木盆地克拉通区大、中型海相油气田形成和分布最有利的地区,特别是晚加里东—早海西期形成的大型继承性古隆起和前印支期剥蚀的残余古隆起及其斜坡,是塔里木克拉通盆地油

气最富集的地区。其次是叠加型古隆起的斜坡部位,也是大、中型海相油气田形成的有利地区。

2) 古隆起控油、斜坡富集,隆起高部位油气藏易发生调整破坏,斜坡部位有利于富集保存。

塔里木克拉通盆地由于后期构造运动比较强烈,因而其油气分布总体具有古隆起控油、斜坡富集的规律。原因是,古隆起控制了油气运移的主流方向和优质储层的发育。另一方面,克拉通区海相油藏形成时间早,而盆地后期构造运动又比较强烈,因而早期形成的油气藏普遍受到了后期调整改造乃至破坏^[18,19]。但由于不同古隆起以及同一隆起之不同部位后期构造变动强度不同,其调整改造和破坏的程度也明显不同。总的来看,塔里木克拉通盆地油气藏调整改造的基本规律是隆起高部位油气藏易发生调整破坏、斜坡部位有利于富集保存。如轮南古隆起顶部后期抬升剥蚀十分强烈,造成隆起最高部位的轮南断垒带中部三叠系直接不整合于下奥陶统之上;而斜坡部位后期抬升剥蚀相对较弱,石炭系优质区域盖层保存较好。因而在隆起顶部以形成三叠系和侏罗系次生油藏为主;而斜坡部位保存条件较好,后期调整改造相对较弱,以形成原生油气藏为主(图2)。

可见,古隆起的斜坡部位是塔里木克拉通盆地海相大油气田形成的最有利部位。

1.2 后期构造变动是十分重要的控藏因素,多期成藏、多期调整是重要的成藏特征

1) 晚加里东—早海西期是海相原生油藏形成

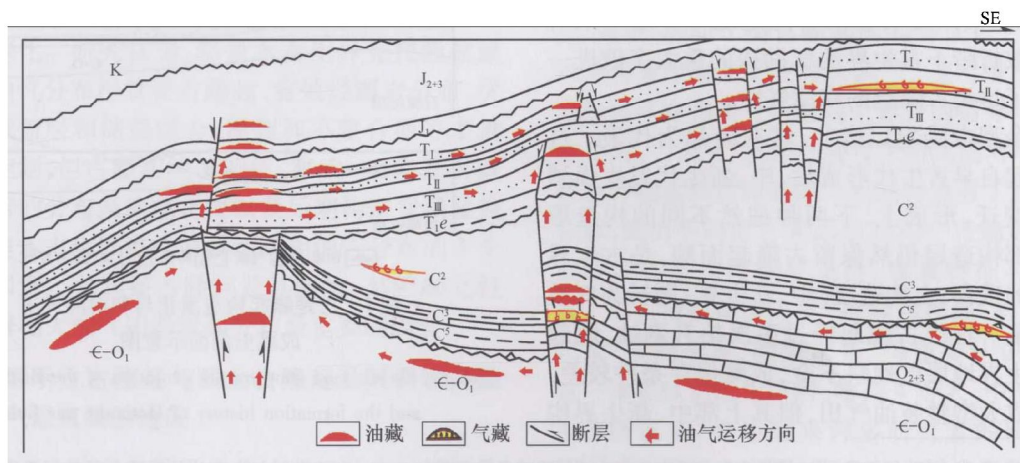


图2 轮南古隆起油气藏形成及分布示意图

Fig. 2 Sketch map showing the formation and distribution of oil and gas reservoirs in the Lunnan Palaeocuplift

的主要时期,晚海西期以后主要是海相次生油藏与气藏的形成时期。

关于塔里木盆地克拉通区海相油气藏形成的多期性,实际上在“九五”塔里木科技攻关开展以前就已得到广泛认同^[2,3,16,32~38]。其中代表性的观点如下。①“五期说”——康玉柱等(1996)^[3]、顾忆等(1998)^[38]认为塔里木盆地存在5期成藏(包括陆相油气藏),分别是早海西期、晚海西期、印支—早燕山期、晚燕山期和喜马拉雅期,以晚海西期和喜马拉雅期最具规模。②“四期说”——周兴熙等(1995)认为塔里木盆地油气藏有早期(晚志留世—泥盆纪)、中期(二叠纪—三叠纪)、晚期(晚侏罗世—中新世)和近期(上新世库车期至今)4个成藏时期,并认为晚、近期是当时已发现油气藏的主体成藏期^[32]。③“三期说”——何登发、李德生(1996)指出塔里木克拉通区存在晚志留世末—泥盆纪、晚石炭世—二叠纪和新生代3期成藏,并认为塔中、英买力奥陶系及东河塘石炭系等古生界海相油藏主要形成于晚石炭世—二叠纪或二叠纪—三叠纪,而新生代则是三叠、侏罗系成藏与破坏调整并存^[16];李小地(1997)认为满加尔油气系统存在早海西期、晚海西—印支期和喜马拉雅期3期成藏^[36];赵靖舟(1997)指出塔里木盆地具有多期成藏、多期调整再分配的特点,所发现的油气藏主要有3个成藏期,即晚加里东—早海西期、晚海西—印支期及晚喜马拉雅期,其中晚海西—印支期是塔里木盆地已发现油气藏的一次主要成藏时期,并指出该期形成的油气藏后来遭到一定程度的破坏或调整再分配^[37]。王金琪(1996)则更认为海西两期(早海西期和晚海西期)是塔里木盆地油气生、聚配套的最佳期,而晚喜马拉雅期新的油气聚集与对早期油气藏的改造、破坏都很显著^[33]。但也有人认为塔里木盆地海相油气藏主要形成于晚、近时期。周小进等(1997)认为塔中地区早海西期、晚海西期以及印支—燕山期形成的油气藏均受到不同程度的破坏,而喜马拉雅期由于具备了有效的成藏组合条件,因而是塔中地区现今油气藏的主要形成时期^[39]。尽管上述成藏期认识主要是根据构造(圈闭)演化史与生烃史研究结果得出的,且存在着“五期说”、“四期说”、“三期说”、“晚期说”等不完全相同甚至相反的认识,但“多期说”总体上是当时的主流观点,且多数研究者认为现存古生界海相油藏形成时间较

早,主要是在晚海西期—印支期^[3,16,33~38]。

然而,“九五”塔里木科技攻关开展以来,由于在塔中隆起北斜坡和塔北隆起南斜坡发现了一套中等成熟度的中—上奥陶统灰泥丘相富含有机质烃源岩,而这套烃源岩在白垩纪以后才进入生烃高峰期,因而一些研究者提出了“多期成藏,晚期保存”的观点,认为塔里木目前保存下来的海相工业性油藏主要就是在白垩纪以后成藏的,属“晚期成藏”^[40~42]。尽管“晚期成藏论”在公开发表的文献上赞同者不多^[43,44],但在勘探界却影响甚广。虽然如此,仍有少数研究者继续坚持“多期论”。如李小地等(2000)通过流体包裹体与同位素测年技术等现代成藏年代学分析方法研究认为,塔里木古生界油气系统存在奥陶纪、泥盆纪、二叠纪末和喜马拉雅期4期成藏,且古生界海相油藏主要形成于海西期,二叠纪末同时还是油气藏的调整期,喜马拉雅期则是干气侵入和对油藏的改造时期^[45]。周兴熙(2000)也认为塔里木克拉通区古生界油气系统存在4个成藏时期,即早期(S_3 — D)、中期(P_2 — T_1)、晚期(J_3 — E)和近期($N+Q$),其中中期和晚期是海相油气藏的主要形成时期,前者是古生界海相油藏形成的主要时期^[46]。特别是新发现的塔河油田奥陶系油藏,经研究不仅认为经历了多期成藏过程,而且其主要成藏期就是晚海西期或者从晚海西期开始^[47,48]。

那么,塔里木盆地克拉通区海相油气藏究竟是多期成藏还是晚期成藏?其油藏主要形成于哪一时期?为了搞清这一事关勘探方向的重大成藏地质问题,“九五”攻关期间我们综合运用各种方法对塔里木盆地克拉通区海相油气藏的成藏期问题展开了全面、系统的研究。特别是流体包裹体与同位素测年技术等现代成藏年代学分析技术和综合分析方法的应用,为克拉通区海相油气藏成藏年代学研究的深化奠定了基础。研究表明,塔里木克拉通区海相油气藏具有“多期成藏,晚期调整”的特点,晚加里东—早海西期、晚海西期、喜马拉雅期是克拉通区海相油气藏形成的主要时期。其中现存原生日生油藏主要形成于晚海西期;燕山期特别是喜马拉雅期是早期形成的油气藏后期调整再成藏的主要时期;喜马拉雅期同时也是气藏形成的主要时期^[49~51]。其他研究者也提出了类似的想法^[24,52,53]。目前,“多期成藏、晚期调整”的观点已得到塔里木勘探界和学术界的广泛认

同^[26,27,54~64]。

“十五”塔里木国家攻关课题开展以来,对塔里木盆地克拉通区海相油气藏形成期的研究取得了新的进展,提出了“多期成藏、多期调整”的认识^①,认为塔里木盆地克拉通区海相油气藏的形成主要有晚加里东—早海西期、晚海西期和喜马拉雅期3期,其中晚加里东—早海西期和晚海西期是海相油气藏形成的主要时期,晚海西期、燕山期和喜马拉雅期则是早期油气藏调整改造形成次生油气藏的时期,喜马拉雅期还是塔里木克拉通区海相油气藏定型、定位的主要时期。

需要指出的是,晚加里东—早海西期过去一直被认为是塔里木盆地一次较次要的甚至无效的成藏时期,理由是该期油气藏经过早海西运动后即普遍遭到破坏。但由于晚加里东期是塔里木盆地寒武—奥陶系烃源岩最主要的生排油时期,且在塔里木盆地并不乏良好储盖条件和保存条件的地区,因此作者认为该期油气藏可能是塔里木盆地一次有效的并且十分重要的成藏时期,其所形成的原生油气藏理应在寒武—奥陶系内幕组合中有相当规模的保存。最近,杨海军等(2007)明确指出,轮南地区寒武系存在巨型原生古油气藏,其上各层系均为后期调整形成的次生油气藏^[65]。

2)“晚期成藏论”并不适用于塔里木多旋回古老海相克拉通盆地。

与中国中、新生代盆地不同,塔里木古生代克拉通盆地海相油气源岩形成时间早、生排烃时间也早,因而成藏时间较早,主要在晚加里东—海西期。而盆地古、今地温梯度又相对较低,且古生界又发育寒武系内部蒸发岩、中—上奥陶统巨厚泥岩和石炭系厚层膏泥岩3套优质区域盖层,因而晚加里东—海西期形成的油气藏具备良好的保存条件,是现今盆地已发现古生界油气藏的主要成藏时期。因此,塔里木盆地古生界油气藏是早期成藏,且不止一期,而不是晚期成藏,更不是晚期一期成藏。另一方面,塔里木古生代克拉通盆地又经历了多期构造运动,特别是喜马拉雅晚期构造运动十分强烈,加之克拉通区圈闭幅度本来就普遍较低,因而稍较强烈的构造变动便会引起圈闭中聚

集的油气发生调整甚至溢出。强烈的构造变动必然造成早期形成的油气藏受到调整改造乃至被完全破坏。因此,塔里木克拉通盆地海相油气藏具有早期成油、多期成藏、晚期调整的特点,“晚期成藏论”并不适用于塔里木古老海相克拉通盆地油气藏的成藏实际。这也是“晚期成藏论”在塔里木盆地一直未得到广泛接受的原因。

事实上,晚期成藏可能主要适合于中国中、新生代盆地油气藏的形成以及气藏的形成,是我国大气田形成的一个重要特征^[66]。

1.3 寒武—奥陶系烃源岩热演化史与保存条件决定了塔里木盆地富气又富油

塔里木克拉通区海相油源问题一直处于争论之中。经过“八五”国家科技攻关研究,确认了寒武—奥陶系作为塔里木盆地海相原油的主力油源地位。但由于寒武—奥陶系地层巨厚,因而需要确定主力油源在寒武—奥陶系地层中的具体层段。“九五”科技攻关以来,由于在塔中隆起北斜坡和塔北隆起南斜坡发现了一套中等成熟度的中—上奥陶统灰泥丘相烃源岩,因而出现了“中—上奥陶统主力油源论”,认为塔里木目前保存下来的海相工业油藏绝大多数来源于中—上奥陶统中等成熟的油源岩,而中—下寒武统烃源岩虽然有机质丰度高但已达到高—过成熟,因而主要为一套气源岩,与已发现的油藏没有可比性^[40~42,67~70]。但更多的研究者则认为塔里木盆地海相原油的主力源岩为寒武系或寒武系—下奥陶统^[53,65,71,72,②~④]。

也有人认为奥陶系为主力烃源岩。如赵宗举等(2005)通过对海平面变化及沉积相分析、地震反射特征识别、生烃—成藏配置关系分析等认为,下奥陶统上部—中奥陶统是塔里木盆地台盆区海相主力烃源岩,其中塔中地区现今已发现工业油气藏的主力烃源岩为分布于满加尔凹陷内的下奥陶统上部—中奥陶统下部相当于塔东地区黑土凹组的层位,塔北地区海相油气藏的主力烃源岩应该是寒武系—中下奥陶统^[73]。随后,赵宗举等(2006)又提出塔中地区的主力烃源岩应该是分布于满加尔凹陷及阿瓦提凹陷中的中—上奥陶统,相

① 赵靖舟,时保宏,刘洪军,等.塔里木盆地大中型油田成藏模式及分布规律研究.“十五”国家重点科技攻关项目研究报告,2005

② 赵孟军,彭燕,李梅,等.塔里木盆地油气源对比.塔里木石油勘探开发指挥部科研报告,1997

③ 包建平,朱俊章,朱翠山,等.塔里木盆地台盆区海相原油成因研究.江汉石油学院科研报告,2000

④ 王廷栋,徐志明,林峰,等.轮南地区油气藏成藏机制研究.塔里木油田分公司勘探开发研究院科研报告,2002

当于黑土凹组上部—萨尔干组的层位^[59]。

最近,赵孟军等(2007)^[64]提出满加尔坳陷下古生界烃源岩划分为中—下寒武统、中—下奥陶统和上奥陶统3套烃源岩,前两套烃源岩在海西晚期及之前达到生油高峰,上奥陶统烃源岩则在燕山晚期—喜马拉雅期进入生油高峰阶段;认为轮西地区奥陶系潜山油藏中以重油为主的原油为源自中—下寒武统烃源岩和中—下奥陶统烃源岩的混合油,该区喜马拉雅期以来的构造格局排除了上奥陶统烃源岩对该地区油气的贡献。

可见,塔里木盆地寒武—奥陶系主力烃源岩问题还在争论之中。就其控油规律而言,主要有以下两方面的特征。

1) 多套烃源岩、多个供烃中心,形成了多个含油气系统。

塔里木克拉通盆地寒武—奥陶系发育寒武系、中—下奥陶统、中—上奥陶统等多套烃源岩。其中寒武系—中下奥陶统特别是寒武系烃源岩在塔里木盆地分布十分广泛,为一套广覆式烃源岩,从而决定了塔里木盆地海相油气分布的普遍性。另一方面,塔里木盆地寒武—奥陶系特别是寒武系烃源岩的埋藏热演化史又比较复杂,具有分区、分期成

熟的特征,从而形成了多个供烃中心。其中寒武系—下奥陶统烃源岩在盆地内主要有4个供烃中心,即满加尔东部晚加里东期供油中心和晚海西期以来供气中心、满加尔西部晚海西期以来供油中心和喜马拉雅期供气中心、阿瓦提—巴楚晚海西期供油中心及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了塔中、塔北2个喜马拉雅期供油中心(图3)。多套烃源岩的叠合分布与多个供烃中心的存在,一方面在塔里木克拉通盆地形成了满加尔、巴楚—麦盖提、阿瓦提等多个含油气系统,并形成了塔里木盆地多期成藏的特点;另一方面对塔里木克拉通盆地海相油气藏的形成与分布也起了重要的控制作用,已发现的海相油气藏主要即围绕寒武—奥陶系烃源岩的供烃中心分布。

2) 寒武—奥陶系热演化史和古油藏保存条件好,决定了塔里木克拉通区既富气又富油。

塔里木盆地克拉通区主力烃源岩寒武系—下奥陶统有机质类型主要为I型,因而在成熟阶段以成油为主。但由于该套烃源岩在古近纪和新近纪特别是新近纪普遍已达到高—过成熟热演化阶段,在满加尔凹陷东部甚至在晚海西期即已达到

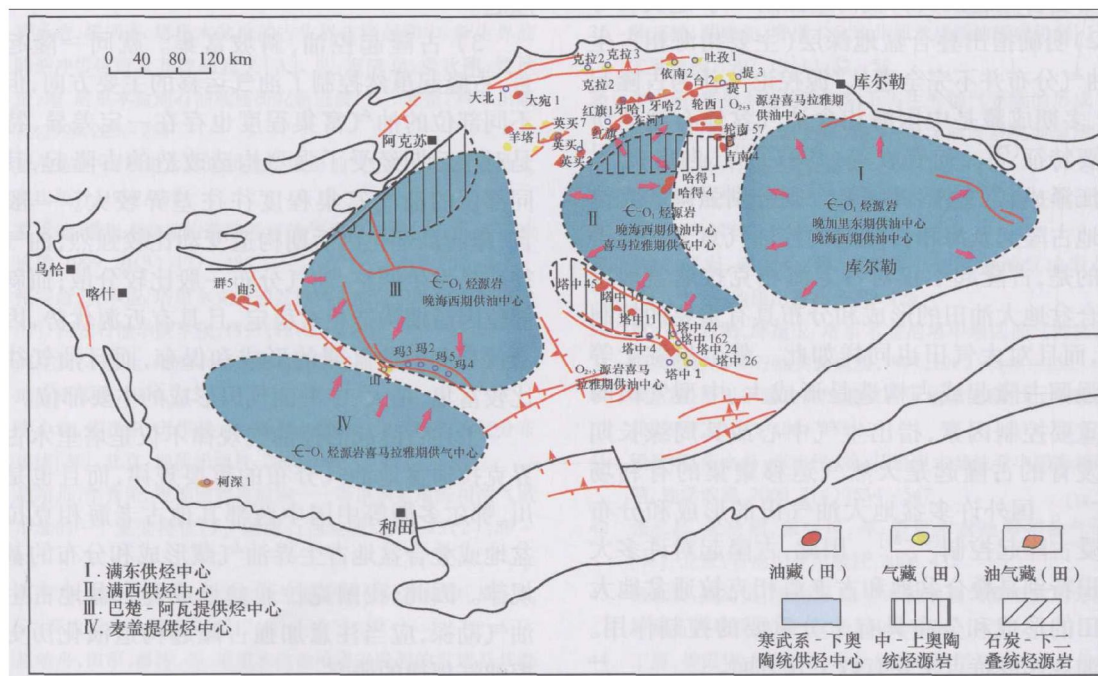


图3 塔里木盆地寒武—奥陶系烃源岩不同时期供烃中心分布

Fig. 3 Distribution of hydrocarbon kitchens of the Cambrian and the Ordovician source rocks in different periods of the Tarim Basin

高—过成熟阶段,因而决定了塔里木盆地克拉通区既富油又富气。克拉通区之所以富气又富油,除与烃源岩有机质类型好、成熟度高有关外,古油藏保存条件好、大量古油藏得以保存也是一个十分重要的原因。特别是低的地温场、相对稳定的后期构造活动以及中—上奥陶统与石炭系两套优质区域盖层的存在,对克拉通区早期油藏的保存起了关键作用。这也是塔里木盆地古生界资源结构有别于四川、鄂尔多斯盆地的一个重要原因。

2 古隆起控油气论

以上分析表明,塔里木古生界克拉通盆地油气藏形成及分布尽管受多重因素控制,但最重要的控油气因素是古隆起,古隆起及其斜坡是克拉通盆地油气富集的主要地区。这也是古老海相克拉通盆地以及叠合盆地古生界油气分布的一个十分重要的特点,它与中国东部裂谷盆地“源控论”的石油地质特点明显不同。这一点已为许多研究者所认识。贾承造院士(2005)指出,叠合盆地中、下部组合油气分布具有不同的主控因素,其中以元古界和下古生界为主的克拉通下部组合油气分布主要受古隆起及其斜坡构造控制^[74]。赵文智等(2002)明确指出叠合盆地深层(主要指海相古生界)油气分布并不完全遵从“源控论”,认为古隆起控油、多期成藏是中国海相含油气盆地石油地质的重要特征^[75]。何登发等(1997)^[31]、冉启贵^[76]以及汪泽成、赵文智(2006)^[77]则分别强调了克拉通盆地古隆起及海相古隆起的控油气意义。值得注意的是,古隆起不仅对古老海相克拉通盆地以及叠合盆地大油田的形成和分布具有重要的控制作用,而且对大气田也同样如此。戴金星院士等多次强调古隆起或古构造是形成大、中型气田的一个重要控制因素,指出生气中心或其周缘长期持续发育的古隆起是天然气运移聚集的有利场所^[78-81]。国外许多盆地大油气田的形成和分布同样受古隆起控制^[82-85]。因此,古隆起对许多大油气田特别是叠合盆地和古老海相克拉通盆地大油气田的形成和分布具有十分重要的控制作用。其控油规律或特点主要有以下几方面。

1) 古隆起及其斜坡是克拉通盆地和叠合盆地中、下部组合油气藏形成和分布的主要地区。这是由于古隆起及其斜坡特别是紧邻生烃凹陷的

古隆起及其斜坡,既是克拉通盆地油气运移的主要指向区,又是优质储层、各种圈闭以及断裂和不整合面最发育的地区,因而是克拉通盆地各种成藏条件的最佳耦合区。相反,包括生烃凹陷在内的克拉通内部坳陷内断裂和局部构造一般不发育,因而油气相对比较贫乏。而中国东部裂谷盆地油气分布则主要受生烃凹陷控制,且由于生烃凹陷内断裂发育、横向分割性较强,油气一般难以长距离运移,因而生烃凹陷内部及其附近油气一般最为富集。

2) 不同的古隆起具有不同的油气富集程度。依据古隆起发育的继承性、后期叠加改造特征及控油气特征等因素,可以将古隆起划分为继承型、残余型、叠加型和衰亡型4种类型。研究表明,长期继承发育的大型继承型古隆起及其斜坡是克拉通盆地油气最富集的地区。如塔中隆起即为一长期继承发育的大型继承型古隆起,因而油气比较富集。另外,残余古隆起也是油气较富集的一类古隆起,这类古隆起虽在后期发展中不具有继承性,但由于早期形成的古隆起面貌在后期构造变动中得以保存下来,因而油气一般也比较富集,但后期往往受到较强烈的调整和改造,如轮南古隆起。

3) 古隆起控油,斜坡富集。就同一隆起而言,古隆起虽然控制了油气运移的主要方向,但其不同部位的油气富集程度也存在一定差异,特别是对于后期经受了强烈构造改造的古隆起,其不同部位的油气富集程度往往差异较大。一般而言,隆起高部位因后期构造变动比较强烈,油气藏往往易发生调整,油气分布一般比较分散;而斜坡部位因后期构造相对稳定,且具有近源优势,因而不仅有利于油气藏的形成和保存,而且油气往往比较富集,是大、中型油气田形成的主要部位。

上述古隆起的控油气规律不仅是塔里木古生界克拉通盆地油气分布的重要规律,而且也是四川、鄂尔多斯等中国中西部其他古老海相克拉通盆地或叠合盆地古生界油气藏形成和分布的基本规律。因此,我国克拉通盆地或叠合盆地古生界油气勘探,应当注意加强古隆起构造演化历史及控油气规律的研究。

参 考 文 献

- 1 新疆油气区石油地质志(下册)编写组. 中国石油地质志(卷

- 十五下册)[M].北京:石油工业出版社,1995.85~96
- 2 康玉柱.试论塔里木盆地油气分布规律及找油方向[J].地球科学——中国地质大学学报,1991,16(4):429~436
- 3 康玉柱.中国塔里木盆地石油地质条件及资源评价[M].北京:地质出版社,1996.295~297
- 4 康玉柱,康志江.塔里木盆地寻找大型油气田的方向[A].见:康玉柱,编.中国塔里木盆地石油地质文集[C].北京:地质出版社,1996.1~15
- 5 叶德胜,周祿康.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
- 6 谢德宜.关于塔里木盆地大、中型油气田勘探方向的探讨[J].天然气地球科学,1993,4(4):1~5
- 7 贾承造,姚慧君,魏国齐,等.塔里木盆地板块构造特征和主要构造单元地质构造特征[A].见:童晓光,梁狄刚,编.塔里木盆地油气勘探论文集[C].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992.207~225
- 8 魏国齐,贾承造,姚慧君,等.中央隆起带海西运动早期构造形变特征及对油气聚集的控制作用[A].见:童晓光,梁狄刚,编.塔里木盆地油气勘探论文集[C].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992.292~301
- 9 康志宏,魏历灵.晚期海西运动在塔里木盆地北部油气藏形成中的作用[J].新疆地质,1994,12(4):324~332
- 10 张宗命,吕炳全,曹统仁,等.塔里木盆地中央隆起的构造特征与演化[A].见:童晓光,梁狄刚,贾承造,编.塔里木盆地石油地质研究新进展[C].北京:科学出版社,1996.110~119
- 11 汤良杰.塔里木盆地演化与构造样式[M].北京:地质出版社,1996.114~119
- 12 贾承造,魏国齐.塔里木盆地的古生界古隆起和中、新生界前陆逆冲带构造及其控油意义[A].见:童晓光,梁狄刚,贾承造,编.塔里木盆地石油地质研究新进展[C].北京:科学出版社,1996.225~234
- 13 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,1997.438
- 14 贾承造.塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J].新疆石油地质,1999,20(3):177~183
- 15 张宗命,贾承造.塔里木克拉通盆地内古隆起及其找油气方向[J].西安石油学院学报,1997,12(3):8~15
- 16 何登发,李德生.塔里木盆地构造演化与油气聚集[M].北京:地质出版社,1996.173
- 17 李小地,张光亚,田作基,等.塔里木盆地油气系统与油气分布规律[M].北京:地质出版社,2000.136
- 18 赵靖舟,李秀荣.晚期调整再成藏——塔里木盆地海相油气藏形成的一个重要特征[J].新疆石油地质,2002,23(2):89~91
- 19 赵靖舟,李启明.塔里木盆地油气藏形成与分布规律[M].北京:石油工业出版社,2003.241
- 20 赵靖舟,田军,廖涛,等.塔里木盆地哈得逊隆起的发现及其勘探意义[J].石油学报,2002,23(1):27~30
- 21 赵靖舟,田军,庞雯,等.塔里木盆地满西地区油气成藏规律[J].海相油气地质,2002,7(1):7~11
- 22 赵靖舟,李启明,王清华,等.塔里木盆地大中型油气田形成及分布规律[J].西北大学学报(自然科学版),2004,34(2):212~217
- 23 贾承造,魏国齐.塔里木盆地构造特征与含油气性[J].科学通报,2002,47(S0):1~8
- 24 张光亚,王红军,李洪辉.塔里木盆地克拉通区油气藏形成主控因素与油气分布[J].科学通报,2002,47(S0):24~29
- 25 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
- 26 蔡希源.塔里木盆地台盆区油气成藏条件与勘探方向[J].石油与天然气地质,2005,26(5):590~597
- 27 俞仁连,闫相宾,金晓辉,等.塔里木盆地研究进展与勘探方向[J].石油与天然气地质,2005,26(5):598~604
- 28 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
- 29 韩剑发,王招明,潘文庆,等.轮南古隆起控油理论及其潜山准层状油气藏勘探[J].石油勘探与开发,2006,33(4):448~453
- 30 徐宏节.塔里木盆地海西早期古隆起的控油作用[J].成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(5):517~521
- 31 何登发,谢晓安.中国克拉通盆地中央古隆起与油气勘探[J].勘探家,1997,2(2):11~19
- 32 周兴熙.塔里木盆地油气藏[M].北京:石油工业出版社,1995.84~99
- 33 王金琪.塔里木盆地油气活动地史观[A].见:康玉柱,编.中国塔里木盆地石油地质文集[C].北京:地质出版社,1996.16~26
- 34 吕修祥,张一伟,金之钧.塔里木盆地成藏旋回初论[J].科学通报,1996,41(22):2064~2066
- 35 陈正辅,翟晓先.塔里木盆地北部常规原油形成机制[J].石油实验地质,1997,19(1):52~58
- 36 李小地.塔里木盆地满加尔下古生界油气系统的形成与演化[A].见:胡见义,赵文智,编.中国含油气系统的应用与进展[C].北京:石油工业出版社,1997.112~119
- 37 赵靖舟.塔里木盆地石油地质基本特征[J].西安石油学院学报,1997,12(2):8~15
- 38 顾忆,罗宏,邵志兵,等.塔里木盆地北部油气成因与保存[M].北京:地质出版社,1998.126
- 39 周小进,范明,邱蕴玉.塔里木盆地塔中地区油气特征及成藏模式探讨[J].石油实验地质,1997,19(2):148~152
- 40 梁狄刚.塔里木盆地油气勘探若干地质问题[J].新疆石油地质,1999,20(3):184~188
- 41 梁狄刚,张水昌,张宝民,等.从塔里木盆地看中国海相生油问题.地学前缘,2000,7(4):534~547
- 42 张水昌,梁狄刚,张宝民,等.塔里木盆地海相油气的生成[M].北京:石油工业出版社,2004.432
- 43 康志宏,魏历灵,康艳芳.塔里木盆地油气藏形成期分析[J].新疆石油地质,2001,22(6):462~464
- 44 丁勇,晏银华,顾忆,等.塔里木盆地塔河油田成藏史与成藏机制[J].新疆石油地质,2001,22(6):478~479
- 45 李小地,张光亚,田作基,等.塔里木盆地油气系统与油气分布规律[M].北京:地质出版社,2000.136
- 46 周兴熙.复合叠合盆地油气成藏特征——以塔里木盆地为例

- [J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 39~47
- 47 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
- 48 蒋华山, 叶德胜, 王少立, 等. 塔河油田奥陶系油气藏特征[A]. 见: 蒋炳南, 编. 塔里木盆地北部油气勘探与开发论文集[C]. 北京: 地质出版社, 2000. 56~68
- 49 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(S0): 116~121
- 50 Zhao Jingzhou, Li Qiming. Timing and history of marine hydrocarbon accumulation in the Tarim craton[J]. *Science Bulletin*, 2002, 47(S0): 120~127
- 51 赵靖舟, 吴少波, 庞雯, 等. 塔里木盆地海相油气成藏年代与成藏特征[J]. 地质科学, 2002, 28(S0): 81~90
- 52 何登发, 贾承造, 柳少波, 等. 塔里木盆地轮南低凸起油气多期成藏动力学[J]. 科学通报, 2002, 47(S0): 122~130
- 53 何发岐, 俞仁连, 杨惠明, 等. 塔里木盆地北部碳酸盐岩油气田[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002. 217
- 54 康玉柱. 再论塔里木盆地古生代油气勘探潜力——纪念沙参2井油气重大突破20周年[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 479~483
- 55 金之钧, 王清晨. 中国典型叠合盆地与油气成藏研究新进展——以塔里木盆地为例[J]. 中国科学(D辑, 地球科学), 2004, 34(S1): 1~12
- 56 金之钧. 中国典型叠合盆地油气成藏研究新进展(之二)——以塔里木盆地为例[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 281~288, 294
- 57 何登发, 贾承造, 周新源, 等. 多旋回叠合盆地构造控油原理[J]. 石油学报, 2005, 26(3): 1~9
- 58 周新源, 王招明, 杨海军, 等. 中国海相油气田勘探实例之五——塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现[J]. 海相油气地质, 2006, 11(1): 45~51
- 59 赵宗举, 贾承造, 周新源, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系油气成藏主控因素及勘探选区[J]. 中国石油勘探, 2006, 11(4): 6~15
- 60 韩剑发, 梅廉夫, 杨海军, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩礁滩复合体油气来源与运聚成藏研究[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 426~435
- 61 杨海军, 邹光辉, 韩剑发, 等. 塔里木盆地中央隆起带奥陶系碳酸盐岩台缘带油气富集特征[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 26~30
- 62 顾忆, 邵志兵, 陈强路, 等. 塔河油田油气运移与聚集规律[J]. 石油实验地质, 2007, 29(3): 224~230, 237
- 63 闫相宾, 张涛. 塔河油田碳酸盐岩大型隐蔽油藏成藏机理探讨[J]. 地质论评, 2004, 50(4): 370~376
- 64 赵孟军, 潘文庆, 韩剑发, 等. 塔里木盆地轮西地区奥陶系潜山油藏成藏过程及聚集模式[J]. 科学通报, 2007, 52(S1): 174~184
- 65 杨海军, 郝芳, 韩剑发, 等. 塔里木盆地轮南低凸起断裂系统与复式油气聚集[J]. 地质科学, 2007, 42(4): 795~811
- 66 戴金星, 卫延召, 赵靖舟. 晚期成藏对大气田形成的重大作用[J]. 中国地质, 2003, 30(1): 10~19
- 67 张水昌, 王飞宇, 张保民, 等. 塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究[J]. 石油学报, 2000, 21(6): 23~28
- 68 Zhang S C, Hanson A D, Moldovan J M, et al. Paleozoic oil-source rock correlation in the Tarim Basin, NW China[J]. *Organic Geochemistry*, 2000, 31, 273~286
- 69 张水昌, 张宝民, 王飞宇, 等. 中上奥陶统: 塔里木盆地主要油源层[J]. 海相油气地质, 2000, 5(1): 16~22
- 70 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 轮南、塔河油田稠油油源对比[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 31~38
- 71 赵靖舟. 塔里木盆地北部寒武-奥陶系海相烃源岩重新认识[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 117~124
- 72 史鸿祥, 徐志明, 林峰, 等. 塔里木盆地轮南油田油源分析及勘探前景[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(6): 623~626
- 73 赵宗举, 周新源, 郑兴平, 等. 塔里木盆地主力烃源岩的诸多证据[J]. 石油学报, 2005, 26(3): 10~15
- 74 贾承造. 21世纪初中国石油地质理论问题与陆上油气勘探战略[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005. 411
- 75 赵文智, 张光亚, 何海清, 等. 中国海相石油地质与叠合含油气盆地[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 360
- 76 冉启贵, 陈发景, 张光亚. 中国克拉通古隆起的形成、演化及与油气的关系[J]. 现代地质, 1997, 11(4): 478~487
- 77 汪泽成, 赵文智. 海相古隆起在油气成藏中的作用[J]. 中国石油勘探, 2006, 11(4): 26~32
- 78 戴金星. 古构造在气藏形成中的重大作用[A]. 见: 现代地质学研究文集(上)[C]. 南京: 南京大学出版社, 1992. 259~262
- 79 戴金星, 宋岩, 张厚福. 中国大中型气田形成的主要控制因素[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(6): 481~487
- 80 戚厚发, 孔志平, 戴金星, 等. 我国较大气田形成及富集条件分析[A]. 见: 石宝珩, 编. 天然气地质研究[C]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 8~14
- 81 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 572~583, 589
- 82 张子枢. 世界大气田概论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990. 286
- 83 Peterson J A, Clarke J W. Geology and hydrocarbon habitat of the West Siberian Basin[J]. *AAPG Studies in Geology*, 1991, 32(5): 1~80
- 84 邱中建, 张一伟, 李国玉, 等. 田吉兹-尤罗勃钦碳酸盐岩油气田石油地质考察及对塔里木盆地寻找大油气田的启示和建议[J]. 海相油气地质, 1998, 3(1): 49~56
- 85 卫平生, 郭彦如, 张景廉, 等. 古隆起与大气田的关系——中国西部克拉通盆地与中亚卡拉库姆盆地天然气地质比较研究之一[J]. 天然气地球科学, 1998, 9(5): 1~9

(编辑 李 军)