

文章编号:0253-9985(2004)04-0428-05

浅谈塔里木盆地台盆区天然气勘探前景

云露¹,肖志高²,徐明军²

(1. 中国石化西北分公司勘探开发规划设计研究院,新疆乌鲁木齐 830011;

2. 中国石油塔里木油田分公司开发事业部,新疆库尔勒 840001)

摘要:塔里木盆地是一个由古生代克拉通盆地与中、新生代前陆盆地叠合而成的大型叠合盆地。克拉通盆地天然气成藏的主要控制因素为:巨厚的烃源岩、长期的低地温背景是长期生烃、多期成藏的重要条件;古隆起、古斜坡控制了古生界海相油气的运移、聚集与成藏;古岩溶储集体为古生界碳酸盐岩大型油气田的形成提供储集空间;古生界非构造圈闭是大型油气田的主要圈闭类型;油气成藏封闭系统的演化控制了盆地古生界油气资源及勘探方向。塔河油田9区凝析气藏和田河气田是克拉通盆地天然气成藏的两个实例。主力烃源岩的生烃期特征决定着克拉通周缘的隆起带具有较好的天然气聚集成藏条件,下古生界烃源岩相邻的层位和地区是天然气勘探的重要目标。应加强对巴楚-麦盖提地区、满加尔坳陷周边地区高成熟-过成熟海相天然气的勘探研究工作。

关键词:克拉通盆地;烃源岩;生烃期;天然气;塔里木盆地

中图分类号:TE112.1

文献标识码:A

A brief talk on gas exploration potential in the platform-basin region, Tarim basin

Yun Lu¹, Xiao Zhigao², Xu Mingjun²

(1. Exploration & Production Planning and Designing Institute, North-west Branch Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang;

2. Department of Development, Tarim Oilfield Branch Company, PetroChina, Korle, Xinjiang)

Abstract: Tarim basin is a huge superposed basin composed of Paleozoic cratonic basin and Meso-Cenozoic foreland basin. The main factors that control the gas accumulation in the cratonic basin are (1) thick source rocks and prolonged low-geotemperature field, which are an important conditions for prolonged hydrocarbon generation and multi-phase gas accumulation; (2) palaeohigh and palaeoslope, which control the hydrocarbon migration and accumulation in Paleozoic marine strata; (3) palaeokarst reservoir, which provides reservoir space for the large oil and gas fields in paleozoic carbonate rocks; (4) Paleozoic non-structural trap, which is the main trap type of large oil and gas fields; (5) evolution of closed system of oil and gas accumulation, which controls the distribution of oil and gas resource and its exploration strategy. The condensate reservoir in the ninth block of Tahe oilfield and Hetian river gas field are selected as two examples that illustrate the gas accumulation in cratonic basin. The characteristics of hydrocarbon-generating period of main source rocks indicate that there is a better conditions of gas accumulation in the uplifted belts around the Paleozoic cratonic basin. The potential reservoir rocks near the early Paleozoic source rock are the important targets of gas exploration. Therefore, in Bachu-Maigaiti region and peripheral areas of Manjiaer depression, the exploration activity of mature and overmature gas exploration in marine strata should be increased.

Key words: cratonic basin; hydrocarbon-generating period; natural gas; Tarim

近两年来,对天然气的勘探,重点集中在库车中、新生代前陆盆地油气体系,而对盆地内的另一

基金项目:国家“九五”重点科技攻关项目(99-111-02-01)

第一作者简介:云露,男,32岁,高级工程师(硕士),石油地质

收稿日期:2004-05-12

重要领域——克拉通盆地油气体系来说,是以找油为主,忽视了对天然气勘探。笔者认为,塔里木盆地内台盆区也具有较好的天然气勘探前景,应加强对天然气的勘探工作。

1 成藏地质条件

多年来的油气勘探实践证实,塔里木盆地是一个由古生代克拉通盆地与中、新生代前陆盆地叠合而成的大型叠合盆地。不同的盆地原型具有不同的油气分布特征,油气成藏的主要控制因素亦不同,由此形成了塔里木盆地复杂的油气面貌。塔里木克拉通盆地最大的特点在于其演化的多旋回性与油气成藏的多期性^[1,2]。这种特点决定了克拉通盆地油气分布十分复杂。克拉通盆地的天然气成藏的主要控制因素有以下几个方面。

1.1 巨厚的烃源岩、长期的低地温

塔里木克拉通盆地发育有寒武系一中下奥陶统、上奥陶统两套海相烃源岩和石炭系一下二叠统海陆交互相烃源岩。这3套烃源岩在塔里木

于满加尔克拉通边缘拗陷盆地和塔西南克拉通内拗陷盆地,由此形成东部饥饿盆地相和西部闭塞泻湖相优质烃源岩。在这两个克拉通盆地周缘已发现多个油气田藏^[3,4](图1)。

塔里木盆地除加里东期有较高的地温场外(地温梯度为 $30 \sim 35^{\circ}\text{C}/\text{km}$),海西期以后长期处于低地温背景。尽管寒武—奥陶系烃源岩有 $5\,000\text{ m}$ (隆起区)~ $8\,000\text{ m}$ (拗陷的主体部位)的巨大埋深,但由于上覆的中、新生界属低地温场,使古生界油气生成、演化的速度远低于一般含油气盆地^[5,6]。

满加尔凹陷生烃区烃源岩以斜坡、盆地相暗色富含有机质泥岩、泥灰岩为主,目前埋深在 $10\,000\text{ m}$ 左右,处于高—过成熟阶段。在地质历史中不同阶段成熟的烃源岩向不同部位提供不同相态的烃类,如早期生成的油气向卡塔克、沙雅隆起运移聚集,后来由于海西期的构造运动古油藏遭受不同程度的破坏,形成沥青砂和残留的重质油藏;晚期生成的凝析油和天然气主要向沙雅隆起和塔中隆起东部充注^[7,8]。例如沙雅隆起区阿克

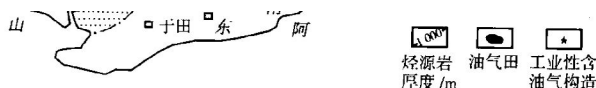


图1 塔里木盆地位置与油气勘探成果图

Fig.1 Position of the prototype cratonic basin and discoveries of oil and gas in Tarim basin

塔西南拗陷生烃区以泥质泥晶白云岩和泥晶灰岩烃源岩为主。烃源岩现已达到高—过成熟阶段,产物为干气。它们在地质历史上也曾有多期成烃过程。其中,海西晚期形成的聚集包括巴什托油气藏;喜马拉雅期形成的油气藏,如亚松迪、山1井气藏和田河气田(图1)^[9,10]。

1.2 古隆起、古斜坡

古隆起、古斜坡相对于克拉通盆地处于相对较高的部位,位于油气运移的指向区,控制着油气的运移、聚集与成藏。目前塔里木盆地最重要的3大古隆起为沙雅隆起、卡塔克隆起、巴楚隆起及其斜坡都已有重大油气突破,发现了一批大中型油

气田。这3个古隆起由于经历了不同的演化历史、具有不同的构造活动性,因而也具有不同的油气成藏条件与不同的油气成藏特点和油气分布规律。分析认为,影响克拉通古隆起油气藏形成与油气富集程度的因素除了烃源岩和储盖条件等因素外,古隆起形成时间、后期构造稳定性以及古隆起的规模等也是十分重要的控油因素^[1]。

克拉通盆地海相油气主要分布在后期构造活动相对稳定的古隆起及其斜坡地区。塔里木盆地目前所发现的海相油气藏几乎均集中分布于前印支期古隆起及其斜坡地区,并以晚加里东—早海西期古隆起及其斜坡油气最为富集,其次是晚海西期形成的古隆起。这也是塔里木盆地古隆起的主要形成时期^[8]。

塔里木克拉通盆地地区由于后期构造运动比较强烈,因而早期形成的古油气藏在后期普遍发生过调整乃至破坏作用。其中古隆起高部位由于后期断裂活动、抬升剥蚀等构造作用比较强烈,油气藏保存条件一般较差,容易造成古油藏发生调整破坏;而隆起低部位和斜坡部位构造活动相对较弱,油气藏保存条件较好,有利于大中型油气田的形成。隆起的高部位,油气主要分布于断裂断开的上部一套优质储盖组合中(石炭系或中生界储盖组合),奥陶系古潜山油气富集程度相对较低;而隆起低部位特别是斜坡部位,油气则主要分布于石炭系和奥陶系等下部储盖组合中。

1.3 古岩溶储集体

碳酸盐岩以孔、洞、缝为储集空间形成双重或多重孔隙介质的储集类型,碳酸盐岩基质孔隙度一般都小于2%,储集性主要取决于洞、缝发育程度。以塔河油田为例,由于海西早期运动,志留—泥盆系、上奥陶统被剥蚀殆尽,中下奥陶统碳酸盐岩经长期剥蚀后被下石炭统及以上地层覆盖,经历了淡水岩溶作用,形成了风化面附近的地表岩溶—渗流岩溶带与潜流岩溶带,海西早期北东向构造线与海西晚期近东西向构造线的交汇处及古背斜轴部等构造部位都是这种岩溶储集体发育的有利地带。塔河油田的缝洞发育带大都位于风化面以下200 m范围内。而由下石炭统巴楚组下泥岩段与中下奥陶统岩溶储集体则构成了该区封闭最及时的储盖组合类型。勘探实践证明,古岩溶储集体作为优良的储层,是形成塔河古生界碳酸盐岩亿吨级油田的重要条件之一。该类储集体也

是和田河气田的主要储层。

1.4 非构造圈闭

勘探实践表明,大油气田往往与非构造圈闭有关,国外如委内瑞拉玻利瓦尔湖岸油气田、美国东德克萨斯油田、加拿大阿尔伯塔油田、墨西哥黄金港油田等都与地层超覆、不整合面、岩性尖灭、礁滩沉积等有关。塔里木盆地的第一个古生界海相油气田——雅克拉凝析气田奥陶系凝析气藏及我国第一个亿吨级古生界海相油田——塔河油田都是非构造圈闭。

塔里木盆地古生界的非构造圈闭主要与区域不整合面有关,这是塔里木盆地石油地质的重要特征之一。海西晚期的 T_2^0 界面与海西早期的 T_2^0 界面是古生界海相油气两个最重要的油气汇聚面。海西早期运动主要是控制了前石炭纪剥蚀带的展布,塔北阿克库勒凸起南斜坡大面积形成石炭系与下古生界接触,下石炭统巴楚组下泥岩段与中下奥陶统岩溶储集体南倾向同遮挡形成削截圈闭,是塔河古生界大油田的重要圈闭类型之一,巴楚地区和田河大气田也主要是石炭系盖层与奥陶系潜山组成的地层岩性类圈闭^[11,12]。

1.5 成藏封闭系统的演化

塔里木盆地古生界有规模的油气聚集最早成藏于海西早期,海西晚期、燕山—喜马拉雅早期、喜马拉雅晚期都为有效成藏期,海西晚期及喜马拉雅晚期分别是早、晚期最重要的成藏期,前者的油气规模及油气性质决定于早期成藏封闭系统的演化,后者则与中、新生界巨厚沉积及盆地整体封闭系统的形成有关^[8,13]。

成藏封闭系统的演化主要与封盖层的岩石类型、成岩作用等沉积特点及构造运动对盖层改造以至破坏有关。塔里木盆地盖层比较发育,除第三系、石炭系在部分地区有膏盐岩发育外,以泥质岩类为主。其中上第三系为盆地分布最广的区域性盖层,也是塔里木盆地晚期整体封闭系统形成的最重要盖层。下石炭统盖层对塔里木海相古生界油气聚集具有特别重要的意义,该套盖层是盆地海相古生界早期油气最重要的封盖层,分布于盆地的大部分地区^[14]。

以勘探及研究程度较高的塔北地区为例,塔里木海相古生界油气经历了:加里东晚期—海西早期先封闭后开放的过程(上奥陶统作盖层形成地区性封闭、海西早期抬升剥蚀成开放系统),成

藏后油气遭严重破坏;海西晚期-燕山早期半封闭-封闭系统的形成(主要是下石炭统盖层封闭性的形成),成藏油气遭不同程度改造,形成重质油藏;燕山-喜马拉雅早期区域性封闭系统的建设(三叠-侏罗系及下白垩统盖层封闭性的形成),高成熟油气的聚集(包括对前期重质油藏的充注);喜马拉雅晚期盆地整体封闭系统的建立,形成高-过成熟油气的聚集(如雅克拉、塔河油田9区)。早期封闭系统的演化,形成了重质海相原生油藏;晚期封闭系统的重建,则是轻质油气藏尤其是天然气藏形成的重要条件。

2 两个实例

2.1 塔河油田9区奥陶系凝析气藏

塔河油田9区凝析气藏位于沙雅隆起阿克库勒凸起的东南斜坡,满加尔生烃坳陷的西北缘。目前在上奥陶统良里塔格组和中下奥陶统灰岩岩溶缝洞型储层中获得突破。灰岩储层储集空间以岩溶缝洞和构造裂缝为主,主要沿中下奥陶统顶面不整合面发育,发育深度在风化面以下200 m以内。圈闭类型为典型的非构造圈闭-地层不整合-岩溶缝洞型圈闭^[11]。圈闭形成期为海西晚期。原油密度为0.803 g/cm³,含硫平均为0.523%,含蜡平均为8.55%。属低粘、低硫、高蜡的轻质原油,具有明显的海相原油特征。地面天然气C₁含量平均为92.33%,重烃(C₂⁺)含量平均为5.14%,甲烷系数(C₁/C₂⁺)平均为27.54,干燥系数[C₁/(C₂+C₃)]平均为35.11,N₂含量平均为1.16%,CO₂含量平均为1.37%,天然气相对密度为0.615。天然气甲烷系数、干燥系数均反映出凝析气藏特点。通过对流体性质及温度、压力系统特征分析也证明为具有正常温压系统的凝析气藏。油源对比研究证实,其油气来自满加尔克拉通边缘坳陷盆地寒武-奥陶系烃源岩。

塔河油田9区凝析气藏位于沙雅隆起阿克库勒凸起的古斜坡部位。该斜坡是油气运移的指向区。在地史时期中,长期的低地温背景(地温梯度为21.8℃/km)下,满加尔克拉通边缘坳陷盆地寒武-奥陶系烃源岩具有长期的生烃、供烃过程,长期向本区运移并在奥陶系碳酸盐岩岩溶缝洞型储集体中聚集成藏。同时本区处于古隆起的斜坡部位,有利于油气的保存。

海西早、晚期构造运动使塔河地区大量的古油藏遭受破坏,形成大量的重质油藏和沥青。燕山-喜马拉雅晚期,满加尔坳陷烃源岩进入轻质油及凝析气为主的生烃阶段,油气沿奥陶系不整合面运移至距离油源较近的古隆起和斜坡区,形成凝析气藏,如塔河油田9区凝析气藏,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,如塔河油田3区。

2.2 和田河气田

和田河气田位于巴楚隆起南侧的玛扎塔格断裂构造带,整体表现为由南北两条逆断裂夹持的断垒构造带,自西向东发育了3个断背斜构造。目前已在石炭系双峰灰岩段、生屑灰岩段、奥陶系灰岩、白云岩、碳酸盐岩储层和石炭系卡拉沙依组、巴楚组下泥岩段碎屑岩储层获得工业气流。碳酸盐岩储层储集空间主要为古岩溶作用形成的溶蚀孔洞和裂缝。圈闭类型为典型的非构造圈闭,圈闭形成期为喜马拉雅期早期。天然气为干气,呈明显的海相天然气特征。经气源对比,其烃源岩为塔西南克拉通内坳陷盆地的寒武系沱湖相深灰、灰黑色含盐、含膏的泥质泥晶云灰岩。目前有机质成熟度R_o值一般为1.65%~2.23%,处于高成熟-过成熟阶段^[9]。

和田河气田的主要烃源岩从加里东期开始生烃,但是在喜马拉雅期之前,由于多期构造活动的影响,也出现过多期的油气成藏破坏过程,在多口井中的奥陶系灰岩孔、缝中见到的重质油和沥青即是证据。

喜马拉雅早期,和田河气田圈闭形成,同时寒武系烃源岩也进入了生成干气阶段,本区处于巴楚隆起上,紧邻塔西南克拉通内坳陷盆地寒武系烃源区,是油气运移的指向区,天然气沿断裂、不整合面等运移通道进入圈闭聚集成藏,形成了和田河气田(图2)。

塔河油田9区奥陶系凝析气藏和和田河气田的发现与探明,证明紧邻克拉通盆地的古隆起边缘斜坡地区是勘探天然气藏的有利地区。

3 勘探前景

塔里木盆地早古生代克拉通边缘坳陷、克拉通内坳陷的盆地-斜坡相沉积,发育了规模巨大的寒武-奥陶系烃源岩,这是塔里木盆地形成丰富海相油气资源的物质条件。

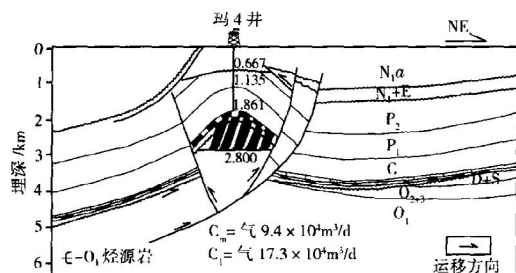


图2 和田河气田成藏模式图

Fig.2 Reservoiring mode of Hetian river gasfield

对于塔里木盆地这种时代老、经历多次构造的主力烃源岩,要客观地评价其成藏规模和前景,仅仅评价其累计生油气量及其分布是不合适的,还必须对其生烃史进行研究,对不同时期的生烃量及油气结构进行定量评价,才能得出正确的认识。对塔里木盆地寒武—奥陶系烃源岩而言,其具有早期生油(加里东—海西期开始生油)、后期生气的特点,早期油气聚集形成的巨型—大型油藏容易受后期盆地所经历的多次强烈构造运动的破坏、改造和再分配的影响,从而使油的勘探难度增大。在围绕满加尔坳陷的隆起上普遍发现的沥青砂岩,即是古油藏被破坏的实例^[15]。后期(燕山运动至今)寒武—奥陶系烃源岩到了高—过成熟阶段,形成的天然气向克拉通坳陷周边隆起带上运移集成藏,并且构造运动破坏程度弱,有利于后期保存。所以塔里木盆地两个最主要的克拉通坳陷——满加尔克拉通边缘坳陷和塔西南克拉通内坳陷的周缘隆起区是下步天然气勘探的有利地区,如巴楚隆起、卡塔克隆起和沙雅隆起南斜坡。克拉通坳陷周边隆起带上与下古生界烃源岩相邻的层位和地区是天然气勘探的重要领域。

以塔河油田为例,塔河油田主要烃源岩为满加尔坳陷寒武系一下奥陶统的泥岩和灰岩,演化到喜马拉雅期时,资源结构发生很大的变化,形成的资源量中气/油比为1.62,凝析油气—天然气占比较高的比例。勘探的油气成果也验证了资源结构的这一演化过程。塔河油田晚期成藏的均为轻质油—凝析油气(如塔河油田9区奥陶系凝析气藏),沙60井还见到了干气。区域上东达里亚也

为凝析气田,而早期成藏的均为油藏,加上强烈氧化降解,已成为重质油,仅含极少量的溶解气,气/油比一般小于10。初步认为在沙雅隆起阿克库勒凸起东部及南部斜坡,相当于塔河油田东南部满加尔坳陷北缘,晚期成藏的天然气将是重要的勘探领域。根据一般的储/资比及本区晚期资源的气/油比推算,天然气资源前景可达 $3 \times 10^8 \sim 7 \times 10^8$ t,相当于 $3\,000 \times 10^8 \sim 7\,000 \times 10^8$ m³。

参 考 文 献

- 1 蒋炳南,康玉柱.新疆塔里木盆地油气分布规律及勘探靶区评价研究[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2001
- 2 张光亚,宋建国.塔里木克拉通盆地改造对油气聚集和保存的控制[J].地质评论,1998,44(5):511~521
- 3 康玉柱.塔里木盆地油气藏[J].石油实验地质,2000,22(2):115
- 4 张宝民.塔里木盆地寒武—奥陶系烃源岩特征及其发育的控制因素初探[A].见:王宜林.第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集[C].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1997.319~322
- 5 王飞宇.塔里木盆地台盆地寒武系烃源岩有机成熟度[J].新疆石油地质,2002,23(2):372~375
- 6 马安来,张水昌,张大江,等.塔河油田稠油油源对比[J].石油与天然气地质,2004,25(1):31~38
- 7 翟晓先,刘鹏生.塔里木盆地北部复杂地质条件下寻找大油田的方向和地区[A].见:康玉柱.中国塔里木盆地石油地质文集[C].北京:地质出版社,1996.41~45
- 8 叶德胜,周康康.塔里木盆地形成大巨型油气藏的地质条件[J].石油与天然气地质,1991,12(3):283~291
- 9 杨威,王清华,赵仁德.和田河气田奥陶系碳酸盐岩裂缝[J].石油与天然气地质,2000,21(3):252~255
- 10 刘长伟,王飞宇,李术元.塔西南坳陷北坡至巴楚凸起的生烃史[J].新疆石油地质,2002,23(2):121~123
- 11 岳建华,韩燕英,虎北辰.新疆塔里木盆地艾协克—桑塔木油气区带圈闭类型及空间组合规律[J].石油实验地质,1999,21(4):316
- 12 梁狄刚.塔里木盆地九年油气勘探历程与回顾[J].勘探家,1999,4(1):56~60
- 13 张恺.论塔里木盆地类型、演化特征及含油气远景评价[J].石油与天然气地质,1990,11(1):1~15
- 14 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
- 15 徐旭辉.塔里木古生代原型盆地分析的油气勘探意义[J].石油与天然气地质,2002,23(3):224~228