

文章编号:1672-9854(2007)-03-0010-05

塔里木盆地西部环阿瓦提凹陷区 油气勘探前景再认识

吕修祥^{1,2}, 李建交^{1,2}, 赵风云³, 肖中尧³, 陈新卫³

(1 中国石油大学盆地与油藏研究中心; 2 中国石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室)

(3 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院)



吕修祥

摘要 塔里木盆地台盆区震旦系到侏罗系的多个目的层中发现油气,显示了其良好的勘探前景。但从东西方向上看,目前发现的油气田主要分布在盆地东部的环满加尔凹陷区。处在盆地西部的环阿瓦提凹陷区尽管投入了一定的勘探工作量,但一直没有重大发现。井下和地面露头资料揭示,环阿瓦提凹陷区具有良好的油气源条件。寒武系—奥陶系碳酸盐岩、志留系—三叠系碎屑岩都是值得重视的勘探目的层。其中碳酸盐岩储层,不仅具有发育礁滩的古地理背景,同时还具有热液改造的条件;对于碎屑岩而言,断层沟通可能是其捕获油气的关键。

关键词 塔里木盆地;环阿瓦提凹陷地区;碳酸盐岩储层;碎屑岩储层;油气勘探;油气远景

中图分类号 TE112.36

文献标识码 A

吕修祥 1963年,教授,博士生导师。1994年于中国石油勘探开发研究院获博士学位,石油地质专业。通讯地址:102249 北京市昌平;电话:(010)89733357

1 问题的提出

塔里木盆地是由古生代克拉通盆地与中、新生代前陆盆地构成的大型叠合复合盆地^[1],对应于盆地腹部的克拉通盆地简称为台盆区,主要包括塔北隆起、北部拗陷(含满加尔凹陷和阿瓦提凹陷)和中央隆起带(自西向东为巴楚隆起、塔中隆起、塔东低凸起)。台盆区也可分为西部的环阿瓦提凹陷区和中东部环满加尔凹陷区。塔里木盆地西部环阿瓦提凹陷区主要包括阿瓦提凹陷及其周缘的巴楚隆起(断隆)、柯坪断隆、温宿凸起及阿瓦提—满加尔过渡带(图1)。从寒武纪—奥陶纪到石炭纪—二叠纪,阿瓦提凹陷长期继承性发育,凹陷内基底最大埋深达12 000 m。

从1984年处在塔北隆起上的沙参2井首先在震旦系海相碳酸盐岩中获得高产油气流,以及1989

年塔中1井又在塔中隆起奥陶系碳酸盐岩中获得高产油气流以来,塔里木台盆区发现了以轮南—塔河为代表的一批海相碳酸盐岩油气田以及以哈得逊为代表的东河砂岩油气田和以塔中11为代表的志留系沥青砂岩油田。

目前塔里木台盆区的勘探热点和重点依然集中在塔中隆起北坡和塔北隆起。2005年在塔中北坡(塔中I号坡折带)发现的奥陶系礁滩复合体,不仅单井产量高,而且储量规模大^[2];塔北隆起英买力地区以及轮南低凸起多目的层依然是增储上产的主要地区。

对于塔里木台盆区目前的发现,从南北方向看,主要集中在塔北隆起带和中央隆起带,但从东西方向看,则主要集中在盆地中东部,也就是说,主要是环满加尔凹陷分布。而对于盆地西部分布面积约 $14 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的环阿瓦提凹陷区,不仅勘探上少

收稿日期:2006-12-30

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(编号:2005CB422108)资助

有重大发现,而且认识程度也相当低。当盆地东部环满加尔凹陷区多目的层(包括碳酸盐岩和碎屑岩)油气勘探连连获得突破之际,有必要对盆地西

部环阿瓦提凹陷区油气勘探的前景进行探讨或重新认识,尽管过去对该区曾投入过勘探力量而勘探成效又不尽如人意。

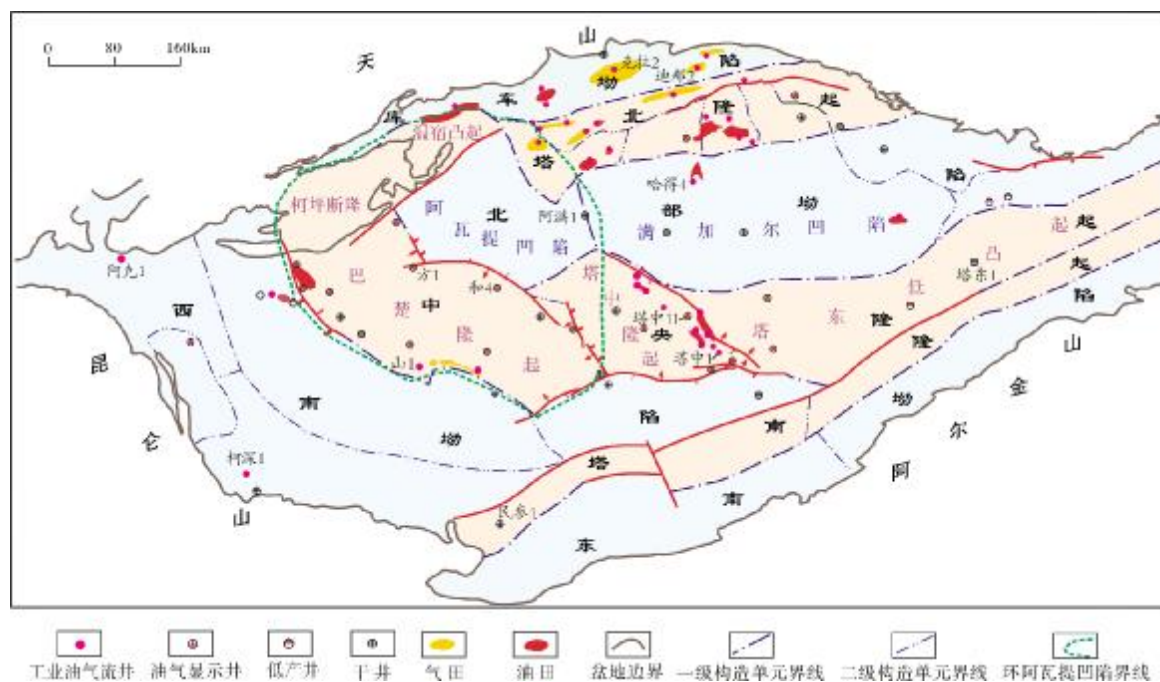


图1 塔里木盆地台盆区油气田分布

2 环阿瓦提凹陷区油气勘探现状

环阿瓦提凹陷区均有地震剖面覆盖,主体上地震测网达到 $4\text{ km} \times 4\text{ km} \sim 8\text{ km} \times 8\text{ km}$,局部达到 $1\text{ km} \times 1\text{ km} \sim 2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 。前期通过对地震资料的解释,发现了一批构造圈闭及潜山圈闭。

早在1963年,温宿凸起上就钻探过阿1井,该井于3252 m 钻穿古近系进入二叠系火山岩,但没有发现油气。1989年开始的塔里木盆地石油勘探会战以来,在环阿瓦提凹陷区打了一批探井,该区的钻探工作主要集中在巴楚隆起(皮1、乔参1、乔2、方1、和1、和2、和3、和4、和参1、巴东2、巴东4、山1、山2、康1、康2、古董1、古董2、罗斯1、丰南1井、胜利1、马纳1、玛参1、玛2、玛3、玛4、玛5、玛6、玛7、玛8等),其次是阿满过渡带(阿满1、阿满2、满西2、顺1、顺2、顺8井等)。这些探井均未获得工业油气流,只有部分井见到油气显示,并且有相当一部分井没有钻到奥陶系碳酸盐岩。2005年完钻的温参1井(温宿凸起上)钻遇碳酸盐岩,但没有发现油

气,反映了温宿凸起结构的复杂性和油气成藏的不确定性还没有被很好地揭示。

至于塔里木盆地西部的勘探,到目前为止仅在巴楚隆起南缘的玛扎塔格断裂带发现了和田河气田(奥陶系碳酸盐岩潜山为主要目的层之一)、乌山气藏以及比较早的巴什托普油田。油气源对比^[3-4]以及油气运移^[5]的研究结果表明,该区的石油天然气来自麦盖提斜坡深部的寒武系烃源岩,同时也有石炭系烃源岩的贡献。阿瓦提凹陷北缘的沙南1井在三叠系砂砾岩石中获得少量轻质油,但未获得工业油气流。所以,环阿瓦提凹陷区从地面到井下均见到油气显示,但尚没有实现油气田的发现。

3 前景展望

3.1 良好的油气源条件

环阿瓦提凹陷区具有丰富的油气来源。巴楚隆起上和4井、方1井的钻探揭示寒武系发育高有机质丰度的烃源岩^[6],位于阿瓦提凹陷北缘的沙南1

并在三叠系砂砾岩中获得少量原油,油源对比证实其来自奥陶系烃源岩。柯坪断隆油苗广泛发育,并在青松岭采石场奥陶系碳酸盐岩缝洞中还有可动油存在(图2);阿瓦提凹陷在地面发现的乌鲁桥油苗,经油源对比证实其来自寒武系烃源岩;塔河油田的油气来自西南方向^[7],塔中隆起石炭系、志留系的油气来自西南方向^[8-9],所有这些事实都证实环阿瓦提凹陷区不缺油气源。



图2 柯坪露头奥陶系碳酸盐岩可动油

那么,为什么前述巴楚隆起和阿满过渡带近30口井都落空了呢?这正是本区油气成藏的复杂性所致。如阿满过渡带的几口探井,最深钻达6500m,完钻于志留系,根据录井资料,气测显示十分普遍。经研究认为石炭系、志留系中没有获得油气的一个重要原因是缺乏大断裂沟通油气源,说明奥陶系碳酸盐岩中的油气没有遭到破坏,志留系及石炭系中的气测显示可能是奥陶系中的天然气向上扩散的结果。对于碳酸盐岩,由于储层的严重非均质性,侧向连通性较差,油气难于长距离地侧向运移^[10]。从塔里木盆地目前发现的碳酸盐岩油气田来看,奥陶系是主力烃源岩^[11],奥陶系的烃源与奥陶系的储层近距离接触,无需长距离运移即可成藏。而对于志留系及其以上的碎屑岩,断层的沟通则是其获得油气的重要渠道。

3.2 多套勘探目的层

下古生界碳酸盐岩 塔中隆起在与满加尔凹陷过渡的北部坡折带(过去称为塔中I号断裂带)发现了奥陶系的礁滩复合体高产优质储层,对阿满低隆也是一个鼓舞,因为围绕深凹陷边缘出现坡折带不是一个孤立的事件,礁滩的出现也具有成排或成

带分布的特点,如美国二叠盆地的环礁^[12]。另外,盆地西部二叠纪的火山活动发育^[13],并存在深部流体活动的诸多证据^[14-20],热流体通过物质和能量的交换对碳酸盐岩储层产生了明显的改善作用,如热液白云岩、孔洞萤石矿带等,使储集性能得到进一步改善^[21-24]。

志留系、石炭系及三叠系碎屑岩 台盆区志留系沥青砂岩分布十分广泛,并且主要受古隆起的控制,围绕塔中隆起、塔北隆起、巴楚隆起以及柯坪断隆,沥青砂岩的分布面积达30000 km²。沥青砂是早期成藏留下的证据,并且在晚海西期和喜马拉雅期成藏时^[25-26],它依然是主要含油气层^[27-28]。石炭系东河砂岩、生物碎屑灰岩以及与泥岩互层的砂岩都是盆地内已发现的含油气层系,如东河塘油田、塔中4油田、哈得逊油田以及和田河气田等。环阿瓦提凹陷区三叠系目的层已为沙南1井所揭示,在6100~6108.25 m井段取心,获2.18 m灰色油浸砾状砂岩,储层孔隙度12%~15%。对于碎屑岩成藏,断裂沟通至关重要。

4 结论与建议

4.1 结论

(1)与环满加尔凹陷区油气勘探如火如荼、油气储量与产量节节攀升的情景相对照,环阿瓦提凹陷区无疑没有得到足够的重视。塔里木盆地油气勘探要持续稳定地发展,必须是台盆区与前陆区并举、东部环满加尔凹陷区与西部环阿瓦提凹陷区比翼齐飞。

(2)从地面露头以及钻探揭示地下油气显示来看,环阿瓦提凹陷区具备形成油气藏的物质基础,具有多勘探目的层,海相碳酸盐岩和海相、陆相碎屑岩都是值得关注的对象。

4.2 建议

可从以下几个方面对环阿瓦提凹陷区进行系统研究、整体评价。

(1)对资源潜力的再认识。从烃源灶形成演化到油气资源潜力都需要重新评价研究,通过阿瓦提凹陷及周边烃源灶形成时间、排烃强度、排烃量研究,估算资源潜力;构造变动在环阿瓦提凹陷区产生了广泛的影响,对破坏烃量应有个估计,明确剩

余资源潜力。

(2) 对勘探目的层的再认识。从塔北隆起和塔中隆起的勘探实践来看,多层系含油气是塔里木台盆区的一个普遍特点,对于环阿瓦提凹陷区,下至寒武系—奥陶系碳酸盐岩,上到三叠系碎屑岩,都见到了油气显示。断层的穿透作用十分关键,位于阿满过渡带的阿满1、阿满2井的失利,主要原因就是缺少油源断层,源在寒武系或奥陶系,其下的碳酸盐岩是否还值得关注?而对于碎屑岩,则要寻找断裂发育区。

(3) 对海相碳酸盐岩优质储层形成机制及分布的再认识。从沉积学的角度、从恢复岩相古地理的角度研究有利储层(如塔中隆起北坡所发现的礁滩复合体)的发育分布;从构造活动、热流体活动改造储层的角度探讨次生储层的有利分布区。事实上,塔中北坡礁滩体的基质孔并不发育,孔隙度一般都小于4%,溶蚀作用以及裂缝的沟通十分关键。

(4) 对油气成藏主控因素的再认识。阿瓦提凹陷周缘的古隆起(断隆),性质及活动史差异大,需要区别对待:阿—满过渡带持续低隆;巴楚隆起是一个活动古隆起;柯坪断隆大规模推覆开始于古近纪;温宿凸起高抬深剥。圈闭的形成、储集层的发育改造和油气的后期保存等问题需要根据评价对象所处背景“因地制宜”,评价其制约成藏的关键控制因素。

(5) 对于有利勘探方向的再认识。阿瓦提凹陷周缘以碳酸盐岩为目的层的探井并不多,如阿满过渡带的几口井,目的层是石炭系或志留系,沙南1井目的层为三叠系。真正以寒武系—奥陶系碳酸盐岩为目的层的探井只有巴楚隆起上的几口井,没钻到优质储层是钻探落空的一个主要原因。对于主要勘探目的层、有利勘探区块选择需再评价,阿满过渡带的碳酸盐岩是值得认真对待的。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 周新源,王招明,杨海军,等. 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.
- [3] 赵孟军. 塔里木盆地和田河气田天然气的特殊来源及非烃组分的成因[J]. 地质评论,2002,48(5):480-486.
- [4] 秦胜飞,贾承造,李梅. 和田河气田天然气东西部差异及原因[J]. 石油勘探与开发,2002,29(5):16-18.
- [5] 刘洛夫. 塔里木盆地群4井原油吡咯类含氮化合物地球化学研究[J]. 沉积学报,1997,15(2):184-187.
- [6] 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.
- [7] 王铁冠,王春江,何发岐,等. 塔河油田奥陶系油藏两期成藏原油充注比率测算方法[J]. 石油实验地质,2004,26(1):74-79.
- [8] Liu Luofu, Kang Yongshang. Study on secondary migration of hydrocarbons in Tazhong area of Tarim basin in terms of carbazole compounds[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1999, 18(2):97-103.
- [9] 陈元壮,刘洛夫,陈利新,等. 塔里木盆地塔中、塔北地区志留系古油藏的油气运移[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2004,(4):473-482.
- [10] Pu Renhai, Qing Hairuo. Pool characterization of Ordovician Midale field: implication for Red River play in northern Williston basin, Canada[J]. AAPG, 2003,87(11):1699-1715.
- [11] 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):23-29.
- [12] 曹华龄. 二叠系含油气盆地[C]//国外含油气盆地勘探开发丛书编委会. 国外含油气盆地勘探开发丛书. 北京:石油工业出版社,1993.
- [13] 温声明,王建忠,王贵重,等. 塔里木盆地火成岩发育特征及对油气成藏的影响[J]. 石油地球物理勘探,2005,40(增):33-39.
- [14] 金之钧,张刘平,杨雷,等. 沉积盆地深部流体的地球化学特征及油气成藏效应初探[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2002,27(6):659-664.
- [15] 张景廉. 塔里木盆地志留纪砂岩固体沥青的形成机理[C]//张一伟. 油气成藏机理及油气资源评价国际研讨会论文集. 北京:石油工业出版社,1997:247-252.
- [16] 于炳松,陈建强,李兴武,等. 塔里木盆地寒武统底部黑色页岩地球化学及其岩石圈演化意义[J]. 中国科学:D辑,2002,32(5):374-382.
- [17] 王国安,申建中,何宏,等. 塔北、塔中天然气中烷烃同系物碳同位素组成系列倒转现象的解释[J]. 沉积学报,2002,20(3):482-487.
- [18] 黄思静,刘树根,李国蓉,等. 奥陶系海相碳酸盐岩同位素组成及受成岩流体的影响[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2004,31(1):1-7.
- [19] 黄德志,高俊,戴塔根,等. 西天山古俯冲带深部流体来源——来自高压变质带内高压脉和主岩的Pb,Sr同位素证据[J]. 中国科学:D辑,2004,34(9):835-844.
- [20] 朱东亚,胡文瑄,宋玉才,等. 塔里木盆地塔中45井油藏萤石化特征及其对储层的影响[J]. 岩石矿物学杂志,2005,24(3):205-215.
- [21] 吕修祥,金之钧,马玉杰. 塔里木盆地碳酸盐岩储层改造地质作用[M]//李丕龙. 隐蔽油气藏形成机理与勘探实践,石油工业出版社,2004:312-316.

- [22] 王嗣敏,金之钧,解启来. 塔里木盆地塔中45井区碳酸盐岩储层的深部流体改造作用[J]. 地质论评, 2004, 50(5): 543-547.
- [23] 杨宁,吕修祥,郑多明. 塔里木盆地火成岩对碳酸盐岩储层的改造作用[J]. 西安石油大学学报:自然科学版, 2005, 20(4):1-5.
- [24] 吕修祥,杨宁,解启来,等. 塔中地区深部流体对碳酸盐岩储层的改造作用[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 284-289.
- [25] 李宇平,王勇,孙玉善,等. 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.
- [26] 陈强路,蒋顺金. 塔中志留系油藏成藏期分析——以塔中S井为例[J]. 中国西部油气地质, 2005, 1(1): 62-65.
- [27] 赵风云,吕修祥,杨海军,等. 塔里木盆地塔中低凸起志留系油气成藏模式初探[J]. 西安石油学院学报:自然科学版, 19(4):54-57.
- [28] 胡剑风,吕修祥,赵风云,等. 塔里木盆地塔中隆起志留系油气聚集控制因素[J]. 沉积学报, 2005, 23(4):734-739.
- [29] 刘洛夫,霍红,李超,等. 利用咪唑类化合物研究油气的运移——以塔里木盆地环阿瓦提凹陷志留系古油藏为例[J]. 石油实验地质, 2006, 28(4):366-369.

编辑:金顺爱

Re-cognition on Petroleum Exploration Prospect of Marine Carbonates in Western Tarim Basin

Lü Xiuxiang, Li Jianjiao, Zhao Fengyun, Xiao Zhongyao, Chen Xinwei

Abstract: A series of significant discoveries from Sinian to Jurassic in multiple target layers exploration has exhibited great prospect of petroleum exploration in Tarim Basin. Comparing the present discoveries in the eastern basin with those in the western basin, it is shown that most of the oil and gas fields distribute around Mangar Sag in the eastern basin. Some workloads of exploration were put but no large oil or gas field has discovered around Awati Sag in western basin. Information from well logs, cores and outcrops reveals fine oil and gas source conditions around Awati Sag. The Cambrian-Ordovician carbonate rock and Silurian-Triassic clastic rock are all the noticeable target layers. For the carbonate reservoirs, it has not only the paleo-geography background of the reef-shoal but also thermal liquid condition; while for the clastic rock reservoirs, fault may be the key to trap oil and gas. It is necessary to further study systematically and evaluate entirely the prospects of areas around Awati Sag in aspects of source rock evolution, resource potential, reservoir distribution and the main controlling factors.

Key words: Carbonate reservoir; Clastic rock reservoir, Petroleum exploration prospect, Areas around Awati Sag; Tarim Basin

Lü Xiuxiang: male, Prof., Doctorate advisor. Add: Basin & Reservoir Research Center, Faculty of Natural Resource & Information Technology, China University of Petroleum, Changping, Beijing, 102249 China