

文章编号:0253-9985(2007)06-0738-07

塔里木盆地奥陶系边缘相分布及储层主控因素

赵宗举¹,周新源²,王招明²,沈安江³

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院 石油地质实验研究中心,北京 100083;

2. 中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司,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 杭州分院,浙江 杭州 310023)

摘要:通过对塔里木盆地奥陶系层序地层及其沉积相、碳酸盐岩储层等方面的研究,探讨了盆地奥陶系台地边缘相分布及储层的主控因素。识别出分布位置不同的下奥陶统下部蓬莱坝组、下奥陶统上部-中奥陶统下部鹰山组、中奥陶统中上部一间房组及上奥陶统中部良里塔格组4期台地边缘高能相带。认为该边缘相带碳酸盐岩形成有效储层的主控因素为:高能滩相颗粒灰岩是有效储层发育的主要物质基础,而障积礁与灰泥丘次之;高频与三级海平面下降造成的同生暴露所产生的淡水溶蚀作用、混合水白云石化作用及混合水溶蚀作用是有效储层的主要建设性成岩作用;志留纪-泥盆纪期间奥陶系边缘相碳酸盐岩的古潜山岩溶作用进一步造就了次生溶孔洞;二叠纪期间的深部埋藏有机酸溶蚀作用和岩浆热液流体溶蚀作用以及与主压应力平行或低角度斜交的开启断裂-裂缝带对奥陶系边缘相碳酸盐岩有效储层的形成具有建设性改造作用。

关键词:岩溶;边缘相;储层;碳酸盐岩;奥陶系;塔里木盆地

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

Distribution of marginal facies and main controlling factors of reservoirs in the Ordovician, the Tarim Basin

Zhao Zongju¹, Zhou Xinyuan², Wang Zhaoming², Shen Anjiang³

(1. Test Center of Petroleum Geology, RIPED, PetroChina, Beijing 100083, China;

2. Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China;

3. Hangzhou Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: Through research on the Ordovician sequence stratigraphy, sedimentary facies and carbonate reservoirs in Tarim basin, this paper discusses the distribution of platform marginal facies and main controlling factors of reservoirs in the Ordovician. Four stages of platform marginal high-energy facies belts are identified, including the Penglaiba Formation of the lower Lower Ordovician, the Yinshan Formation of the upper Lower Ordovician to the lower Middle Ordovician, the Yijianfang Formation of the middle to upper part of the Middle Ordovician, and the Lianglitage Formation of the middle Upper Ordovician. The main factors controlling the effective formation of carbonate reservoirs in these marginal facies are that the high-energy bank facies grainstone serves as the main material basis for the effective formation of reservoirs, followed by the barrier reefs and micrite mounds; the fresh water dissolution, mixed-water dolomitization and mixed-water dissolution, caused by contemporaneous exposure of marginal carbonate due to Milankovitch or the third-rank sea level dropping, are the chief constructive diagenesis for the formation of effective reservoirs; secondary vugs and cavities were generated by the karstification of the Ordovician marginal carbonate during the Silurian and the Devonian; and the organic acid dissolution and magma hydrothermal fluid dissolution during deep burial of the Permian and the open fault-fracture system paral-

收稿日期:2007-07-20。

第一作者简介:赵宗举(1967—),男,博士后,教授级高级工程师,沉积储层及油气地质。

基金项目:中国石油天然气股份有限公司重大科技攻关项目(20536);塔里木油田博士后科研项目(2004-06)。

lel or small-angle oblique to the major compressional stress are constructive for forming effective reservoirs in the Ordovician marginal carbonate.

Key words: karst; marginal facies; reservoir; carbonate rock; Ordovician; Tarim Basin

随着塔河油田中奥陶统一间房组台地边缘滩相颗粒灰岩储集体及其油气藏的发现^[1,2],2002 年以来分别在轮古 19 和轮古 39 井及轮南 63、轮南 621、轮南 631 井等钻遇的一间房组台缘滩相储层中获得工业油气流;特别是塔中 62 井在上奥陶统良里塔格组上部台缘礁滩相储层中获得高产工业油气流,预示塔中凸起北缘具备了形成特大型良里塔格组台地边缘相碳酸盐岩非均质岩溶储层成岩圈闭原生岩性油气藏的条件^[3],使人们逐渐认识到塔里木盆地奥陶系除了以塔河-轮南地区古潜山岩溶储层油气藏外,还存在另一个十分重要的油气勘探领域——以同生-埋藏溶蚀孔洞为主

的台地边缘滩相储层形成的成岩-岩性圈闭油气藏。通过对塔里木盆地奥陶系层序地层及其沉积相、碳酸盐岩储层等方面的研究工作,本文试图就盆地奥陶系台地边缘相分布及其有效储层主控因素作一些探讨。

1 盆地奥陶系边缘相分布

前人对整个塔里木盆地奥陶系沉积相的研究主要是从传统沉积分析方法的角度出发并分“统”进行的,仅识别出了轮南凸起东侧-古城 4 井区一带的台地边缘相^[4,①,②]。

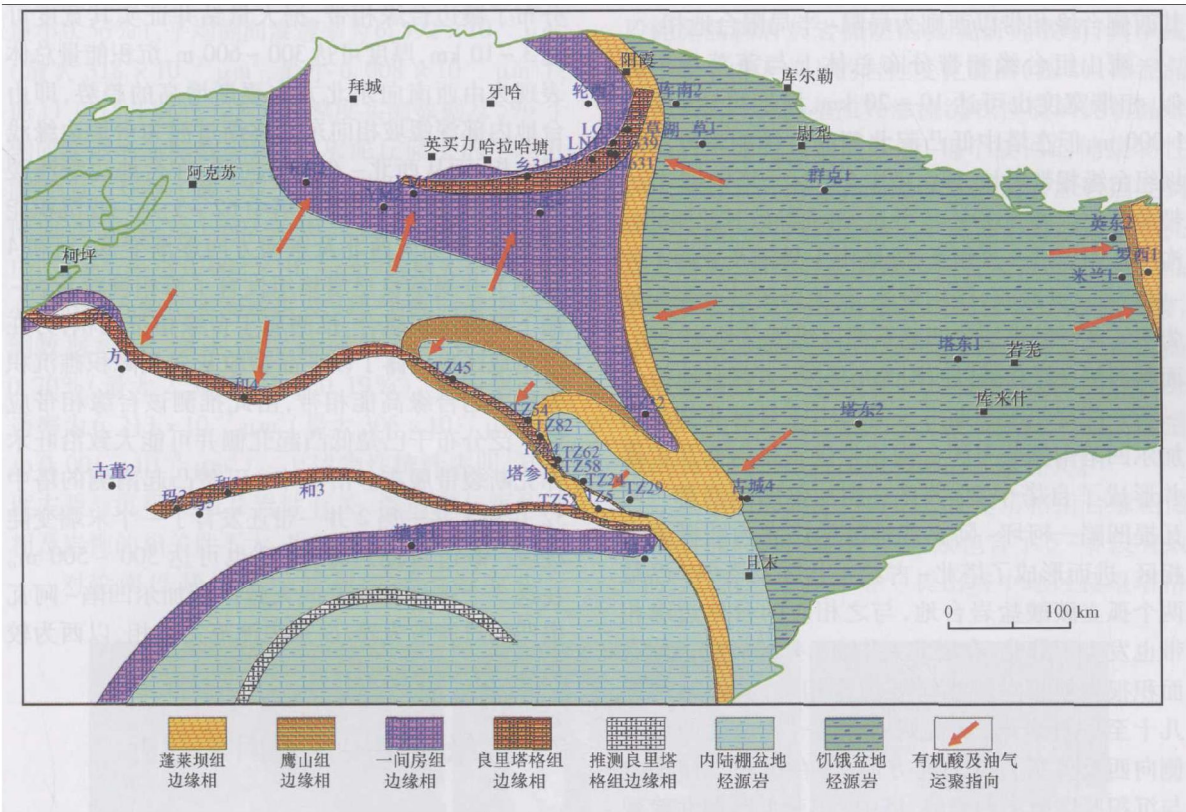


图 1 塔里木盆地奥陶系边缘相分布
Fig. 1 Distribution of the Ordovician marginal facies in the Tarim Basin

① 何远碧,王振宇,罗俐,等. 塔里木盆地上震旦统一奥陶系沉积相及古地理研究. 西南石油学院,塔指地质研究中心,1994
② 罗平,朱如凯,罗忠,等. 塔里木盆地奥陶系、石炭系沉积相精细研究和编图. 中国石油天然气股份有限公司石油勘探开发研究院油气储层重点实验室,北京大学,江汉石油研究院,2000

通过对塔里木盆地奥陶系层序地层及其沉积相研究表明^①,塔里木盆地奥陶系发育了分布位置不同的4期台地边缘相带——下奥陶统下部蓬莱坝组、下奥陶统上部-中奥陶统下部鹰山组、中奥陶统中上部一间房组及上奥陶统中部良里塔格组,它们主要分布于北部拗陷周缘(图1)。这些边缘相以滩相颗粒灰岩为主,夹有少量障积礁、灰泥丘及藻席粘结岩沉积,属于相对高能带沉积。

据钻井及地震资料,蓬莱坝组沉积期分别在满加尔凹陷东部的两侧发育了台地边缘相带,即分布于轮南低凸起东侧草湖—古城4井—塔中82井—塔中5井一带以及满加尔凹陷东侧的罗西1井一带,相带宽约10~20 km、厚约300~500 m;除塔中5井区及罗西1井一带为镶边台地边缘外,其他主要属于典型的末端变陡缓坡台地边缘。在塔中29井—塔中82井北侧的满加尔凹陷南侧发育了台沟相带,而满加尔凹陷东部主要为盆地相,其西侧台缘相带以西则为局限—半局限台地相。

鹰山组台缘相带分布总体上与蓬莱坝组类似,相带宽度也可达10~20 km、厚度可达500~1 000 m,但在塔中低凸起北侧的台缘相带较蓬莱坝组台缘相带更长,即由塔中5井区—塔中82井一带向西北扩展到塔中45井区,进而导致其北侧的台沟相范围也进一步增大;除塔中I号带及罗西1井一带表现为镶边台缘相带外,其他以缓坡台缘相带为主。此时的满加尔凹陷东部以饥饿盆地相为主,而其西侧台缘相带以西则为半局限—开阔台地相。

一间房组沉积期由于沿塔中I号带北侧及满加尔凹陷南侧分布的台沟相带进一步向西北扩展并形成了自塔中29井区—满加尔凹陷西部—阿瓦提凹陷—柯坪—阿克苏地区的广大内陆棚盆地相区,进而形成了塔北—古城4井区及塔中—巴楚两个孤立碳酸盐岩台地,与之相应的台地边缘相带也发生了分化,在塔北—古城4井区形成了分布面积很大的相对浅水缓坡边缘相带,其厚度约为几十至一百余米,从古城4井区—轮南低凸起东侧向西及英买力低凸起方向,存在沉积水体能量与沉积厚度减小的趋势;塔中—巴楚低凸起北缘现今不存在一间房组,推测被中奥陶世晚期—晚奥陶世早期的构造挤压抬升运动剥蚀,据塔中29井—一间房组沉积为斜坡相砾屑灰岩及钙屑浊积岩推断,

该台缘应属受断裂控制的镶边台地边缘;据露头及钻井资料,巴楚地区、塘参1井区及罗西1井一带均为末端变陡缓坡边缘相带。此时满加尔凹陷东部仍为饥饿盆地相,而塔中—巴楚凸起区特别是某些相对高部位可能并未沉积一间房组而是剥蚀区。

良里塔格组沉积期总体继承了一间房组的沉积古地理格局,但在古城4井区—羊屋2井区及罗西1井一带的一间房组台地均被淹没并被相当于良里塔格组的碎屑浊积岩沉积覆盖了。塔北及塔中—巴楚两个孤立碳酸盐岩台地进一步缩小,据地震资料推测在塘古兹巴斯拗陷南部出现了一个新的孤立台地及其北侧推测发育的台地边缘相带。塔北隆起外缘发育了缓坡台缘相带,据已有钻井揭示其主要分布于轮古39—轮南16—乡3—英买1井北侧一带,宽度可达5~10 km,厚约几十到一百余米;塔中低凸起北缘由于受到塔中I号断裂带由南向北同生逆冲挤压的控制,沿塔中I号带分布了镶边台缘相带,据大量钻井证实其宽度可达3~10 km,厚度可达300~600 m,沉积能量总体表现为由西南向东北方向逐渐增高的趋势,即由台地内部深缓坡相向东北逐渐过渡为台地边缘浅缓坡相;而从西北—东南方向看,在台地边缘浅缓坡相带中,以塔中623—塔中62—3井一线沉积能量最高,分别向西北及东南方向逐渐变低;据和4及乔1井揭示良里塔格组发育了滩相颗粒灰岩—潮下藻席沉积组合,推测属于台缘相带沉积,另在巴楚地区也出露了以亮晶颗粒灰岩及障积礁沉积为代表的台缘高能相带,由此推测该台缘相带应该广泛分布于巴楚低凸起北侧并可能大致沿吐木休克断裂带展布。沿塔中—巴楚凸起南侧的塔中52井和3井—玛2井一带还发育了一个末端变陡缓坡—镶边台地边缘,厚度也可达300~500 m。在这3个孤立台地之间大致以满加尔凹陷—阿瓦提凹陷过渡带为界,以东为浊流盆地相、以西为较深水内陆棚盆地相。

2 边缘相储层主控因素分析

2.1 高能滩相沉积是有效储层发育的主要物质基础

钻井岩心及其铸体薄片观察显示,塔里木盆

^① 赵宗举. 塔里木盆地奥陶系层序地层及碳酸盐岩储层有利区预测(博士后科研项目成果报告). 塔里木油田公司博士后科研工作站, 中国石油天然气股份有限公司石油勘探开发研究院博士后流动站, 2006

地奥陶系边缘相碳酸盐岩储层的沉积亚相主要有滩相、障积礁、灰泥丘及藻席4种。大量岩心观察及取心物性(孔隙度、渗透率)分析资料的对比、统计表明,塔中凸起北缘良里塔格组台地边缘相的具体有效储层主要是颗粒灰岩,而不是障积岩或者藻灰岩;储层以泥亮晶棘屑灰岩、生屑砂砾屑灰岩为主,少量鲕粒灰岩,沉积亚相应属于滩相。从储集物性统计分析看到,滩相颗粒灰岩的实际储集物性最好,障积礁与灰泥丘物性次之且比较相近,潮下藻席储集条件最差。14口钻井取心,563个孔隙度实测数据及363个侧向渗透率实测数据统计表明,滩相储层的平均孔隙度为2.68%(最大12.74%,最小0.06%),平均侧向渗透率为 $4.544 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (最大 $348 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.003 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$);3口钻井取心,171个孔隙度实测数据及90个侧向渗透率实测数据统计表明,障积礁储层的平均孔隙度为1.44%(最大7.15%,最小0.56%),平均侧向渗透率为 $6.592 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (最大 $318 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.008 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$);据11口钻井取心723个孔隙度实测数据及596个侧向渗透率实测数据统计,灰泥丘储层的平均孔隙度为1.03%(最大7.71%,最小0.10%),平均侧向渗透率为 $1.602 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (最大 $279 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.002 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$);据2口钻井取心186个孔隙度实测数据及115个侧向渗透率实测数据统计,潮下藻席储层的平均孔隙度为0.70%(最大2.50%,最小0.19%),平均侧向渗透率为 $6.213 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (最大 $306 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.001 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)。上述物性统计表明,孔隙度主要与沉积亚相及岩性有关,渗透率与沉积亚相及岩性的相关性不大,推测主要与裂缝有关。

对轮南巴楚地区一间房组储层研究也显

示^[5,6],礁基、礁盖的滩相颗粒灰岩储层物性明显好于障积礁体本身。

2.2 高频与三级海平面下降造成的同生期暴露作用对储层的改造

由于边缘相特别是滩相沉积水深较小,高频海平面特别是四至五级高频海平面(分别相当于0.4 Ma及0.1 Ma Milankovitch天文周期)下降常常可造成其同生期暴露并产生淡水淋滤及形成淡水透镜体,而三级层序尤其是I型层序界面的海平面下降幅度更大,甚至可造成整个台地区暴露风化与淡水淋滤改造。高频与三级海平面下降造成的同生暴露对储层的改造主要表现在以下3个方面。

2.2.1 同生淡水溶蚀作用

对塔中62井良里塔格组4765~4730 m井段泥亮晶棘屑灰岩储层的微观研究表明,其中发育了3个由下向上的岩性变化旋回(图2),即泥晶棘屑灰岩—泥晶基质具渗流沉积性质的泥粉晶棘屑灰岩—泥亮晶棘屑灰岩,每个旋回的储集物性向上变好。旋回上部的泥晶棘屑灰岩原岩因受到淡水淋溶并在其次生溶孔中发育了自形的淡水亮晶方解石,进而形成泥亮晶棘屑灰岩,下部的泥晶棘屑灰岩未受淡水淋溶影响而保持了原岩面貌,中部泥粉晶棘屑灰岩的渗流灰泥来自于上部泥晶基质的溶解并下渗沉积;分析形成这样的旋回分别与3次0.1 Ma周期的五级高频海平面下降造成的良里塔格组台缘棘屑滩的暴露有关。

塔中凸起北缘多口钻井良里塔格组台缘相储层发育段的对比显示^[3],大致包含了5~6段有效储层发育段;王振宇等^[7]提出塔中地区良里塔格



图2 塔中62井良里塔格组台缘棘屑滩相储层微观($\times 50$ 倍)特征

Fig. 2 Microscopic features of marginal crinoid bank reservoirs in the Lianglitage Formation of Tazhong-62 well

- a. 旋回下部泥晶棘屑灰岩,4744.68 m; b. 旋回中部泥晶基质具渗流沉积性质的泥粉晶棘屑灰岩,4741.85 m;
c. 旋回上部泥亮晶棘屑灰岩,发育残留的淡水自形亮晶方解石晶间孔,4752.54 m

组碳酸盐台地边缘相带中发育4期同生期大气淡水溶蚀作用和4个旋回的大气成岩透镜体,分别见于不同旋回的礁滩沉积序列顶部,厚度一般为15~50 m,在大气成岩透镜体中上部发育厚几米至二十余米的透镜状孔隙层;推测均与0.4 Ma周期的四级高频海平面下降造成的同生暴露有关。

塔中44井良里塔格组4 918~4 925.66 m井段浅灰色障积岩中含有厚约3 m溶洞充填的绿灰-深灰色钙质泥岩(距桑塔木组/良里塔格组之间的I型三级层序界面100 m),塔中62-2井良里塔格组4 782.5~4 798.4 m井段见到溶洞充填物(距I型层序界面10 m,由下向上为泥质砾岩、粗晶方解石及柱状方解石),以及塔中82井、塔中822井分别距良里塔格组顶面I型层序界面30 m与70 m深度内发育了灰绿色岩溶渗流泥,据张宝民^①测定这些岩溶泥质的硼含量均低于桑塔木组沉积的正常海相泥岩,属于淡水-半咸水产,应属溶洞充填物,推测与桑塔木组/良里塔格组之间的I型三级层序界面暴露溶蚀及其随后桑塔木组泥质的充填有关。

2.2.2 同生混合水白云石化作用

由于高频及三级海平面下降所导致的台地边缘相尤其是高能滩相颗粒灰岩的同生暴露,会在边缘相带部位产生大气淡水透镜体及其与正常海水的混合带,进而在混合水带中会产生相应的白

云石化作用。一般地,这类白云石以细晶为主,呈半自形-自形晶选择性交代灰泥基质与部分颗粒。塔中82井良里塔格组5 354~5 362.7 m井段泥晶棘屑灰岩中就见到了泥晶基质被部分白云石化(图3a),推测属于近地表混合水白云石化产物,与良里塔格组层序顶面属于I型层序界面^[8~10]的暴露及淡水淋滤有关,其晶间微孔发育,对储层物性的改善具有建设性作用。

2.2.3 同生混合水溶蚀作用

据Paul Wright(2006)^②介绍,国外近年来通过对Yucatan及Bahama现代碳酸盐岩台地及西班牙北部古新统Danian台地、美国西Texas州Yates油田的研究,发现由碳酸盐台地暴露形成的大气淡水透镜体与海水形成的混合水不但可以产生白云石化,而且具有强烈的溶蚀能力,可以在距台地表面5~12 m深处形成水平延伸长达8~12 km的中、小型米级溶洞及海绵状溶孔洞层,这个新的发现对拓宽碳酸盐岩储层的形成机理与有效储层勘探领域具有十分重要的意义,值得我们借鉴。

据录井情况统计,塔中58井良里塔格组(井段4 648~4 950 m未穿)4 709.43~4 710.6 m井段放空1.17 m,以及4 931.91~4 932.34 m井段放空0.43 m,经中测证实分别为含油气水层和水层。塔中62-1井良里塔格组(井段4 890~4 980 m未穿)4 959.1~4 959.3 m井段放空0.2 m,4 973.21~4 973.76 m井段放空0.55 m并发生井漏,测试获

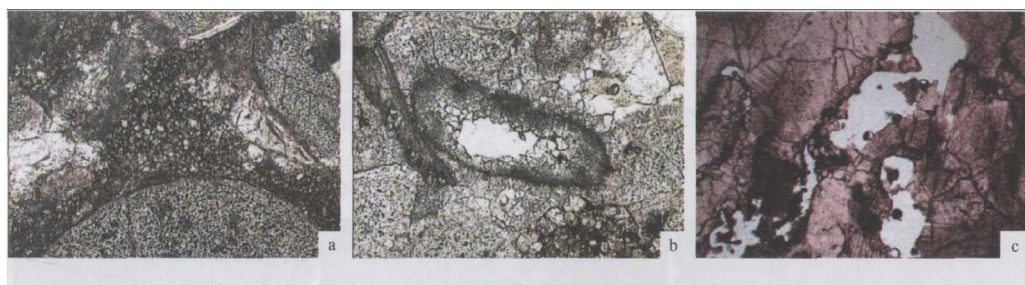


图3 塔中I号带良里塔格组台缘棘屑滩相储层微观($\times 50$ 倍)特征

Fig. 3 Microscopic features of marginal crinoid bank reservoirs in the Lianglitage Formation of the Tazhong I structural zone

- a. 泥晶棘屑灰岩,泥晶填隙物大多被白云石化,白云石呈0.1~0.15 mm半自形-自形晶,属混合水白云石化产物,塔中82井5 354.0~5 362.7 m;b. 泥亮晶棘屑灰岩,含少量藻屑及藻粘结泥晶灰岩屑,在藻屑粒内重结晶方解石中见到粒内溶孔,属埋藏溶蚀成因,塔中82井5 354.0~5 362.7 m;c. 泥亮晶棘屑灰岩,发育亮晶方解石溶孔,属埋藏溶蚀成因,塔中62井4 749.8~4 758.0 m

① 张宝民. 塔中I号带礁滩相发育特点与下一步研究方向(多媒体). 中国石油天然气股份有限公司石油勘探开发研究院塔里木分院,2006

② Paul Wright. Palaeokarst 讲座. 中国石油天然气股份有限公司石油勘探开发研究院,2006

得工业油气流。轮南 631 井鹰山组(井段 5 898 ~ 5 988 m 未穿)顶部 5 912.69 ~ 5 913.41 m 井段放空 0.72 m,测试获得工业油气流。英买 203 井一间房组(层序Ⅲ海侵体系域,井段 6 063 ~ 6 141 m 未穿)6 131.4 ~ 6 140.9 m 井段取心钻进中放空,岩心中见 0.57 m 破碎的自形晶方解石。这些放空的溶洞中均未见到陆源的岩溶渗流泥等古潜山溶洞充填物,说明其成因与古潜山岩溶无关,结合层序地层及高频海平面变化初步分析,我们认为上述溶洞的形成主要与四级高频海平面下降及三级层序界面海平面下降所造成的同生暴露导致的边缘相带混合水溶蚀作用有关。

2.3 志留纪—泥盆纪古潜山岩溶作用对储层的改造

志留纪—泥盆纪期间,由于塔里木盆地普遍遭受了大规模构造隆升剥蚀改造,进而导致奥陶系碳酸盐岩普遍发育古潜山岩溶作用。该期古潜山岩溶作用对奥陶系边缘相碳酸盐岩储层的影响主要表现在以下两个方面。

2.3.1 奥陶系边缘相碳酸盐岩直接暴露古潜山岩溶作用

主要分布于塔北隆起带南、东外围的良里塔格组及一间房组边缘相储层中,在塔中 5 井区鹰山组边缘相及塔中 16、塔中 52 井区良里塔格组边缘相储层中也有分布。这些地区的边缘相碳酸盐岩均直接与上覆的志留系甚至石炭系接触,缺失了上奥陶统上部的桑塔木组碎屑岩覆盖层,进而导致奥陶系边缘相碳酸盐岩被志留纪—泥盆纪期间的暴露与古潜山淡水岩溶改造并形成有效储层。轮南 14、轮南 16 井、轮古 18 井及塔中 16、塔中 52 井良里塔格组边缘相古潜山岩溶储层中均试获工业油气流。

2.3.2 疏导层沟通地表淡水深部岩溶作用

在塔北隆起南侧及塔中凸起北侧,奥陶系地层分别呈向南及向北倾斜状态,并在塔北隆起高部位及塔中凸起的中央断垒带呈现奥陶系碳酸盐岩直接与上覆志留系甚至石炭系地层接触,也就是说,塔北隆起高部位及塔中凸起中央断垒带是

志留纪—泥盆纪期间的奥陶系碳酸盐岩古潜山。由于碳酸盐岩中存在高频层序界面尤其是三级层序界面等疏导层,可能导致上述古潜山区的志留纪—泥盆纪地表淡水沿这些疏导层向地层深部下渗,进而在塔北隆起南缘及塔中凸起北缘的深部奥陶系碳酸盐岩中产生淡水溶蚀改造,这可能成为其储层发育的又一重要因素。但这种溶蚀机制尚待进一步的探讨。

2.4 埋藏溶蚀作用对储层的改造

埋藏溶蚀作用是奥陶系边缘相碳酸盐岩有效储层形成的一种非常重要的建设性改造作用,主要发生于深部埋藏阶段。对于塔里木盆地奥陶系而言,埋藏溶蚀作用主要表现在以下两方面。

2.4.1 埋藏有机酸溶蚀作用

埋藏有机酸溶蚀作用与烃源岩的热成熟与生烃有关。塔里木盆地地下古生界主要包括几乎分布于全盆地的中下寒武统源岩^①,主要分布于北部坳陷区的中—上奥陶统相当于黑上四组—萨尔干组的层位^[11](图 1),以及主要分布于塔中凸起区的上奥陶统良里塔格组源岩^[12]。烃类流体包裹体分析表明^[13],晚海西期(二叠纪)是现存古生界原生油藏的主要形成时期,同时也是有机酸溶蚀作用发生的主要时期。盆地模拟显示,该期有机酸溶蚀作用主要与北部坳陷区中—上奥陶统烃源岩的成熟生烃有关。与该源岩有关的有机酸埋藏溶蚀作用及其随后的油气充注成藏作用应主要分布于其分布区及周缘地带——塔北隆起南缘及塔中—巴楚凸起北缘,尤其是奥陶系碳酸盐岩边缘相带具备了得天独厚的形成埋藏有机溶蚀储层的条件(图 3b,c),该边缘相带紧邻以斜坡相带以下的盆地相为主的成熟生油岩分布区,成为生油岩成熟过程中所产生的有机酸与油气运聚的首选地带,因此也是埋藏有机溶蚀作用及油气成藏作用首选的最有利地带(图 1)。

2.4.2 埋藏热液流体溶蚀作用

塔中 45 井良里塔格组颗粒灰岩溶洞中充填有萤石晶体,其晶间含油。萤石同位素测年表明^②,

① 梁狄刚,张水昌,王飞宇,等.塔里木盆地生油岩与油源研究.1998

② 梁狄刚,张水昌,王飞宇,等.塔里木盆地寒武系、中上奥陶统早期和晚期成藏的勘探潜力.塔里木油田分公司,CNPC 油气地球化学重点实验室.2002

其 Rb-Sr, Sm-Nd 等时线年龄介于 263~241 Ma, 反映萤石形成于二叠纪一早三叠世。萤石属于低温热液矿物, 结合二叠纪时塔中地区张性断裂及伴生的岩浆活动强烈的情况^[14], 说明了断裂在二叠纪时对沟通地壳深部含氟岩浆热液中所起的重要作用, 进而形成溶洞及其中的萤石胶结物。发生于晚海西期二叠纪的岩浆活动不仅分布于塔中 45 井区, 在整个塔中地区西部以及英买力地区、巴楚凸起等均有广泛分布, 由此推测与之相关的岩浆热液溶蚀作用在上述地区的寒武-奥陶系碳酸盐岩储层中均有表现, 但关于二叠纪岩浆热液溶蚀作用的分布规律与预测等方面的研究十分薄弱, 有待于做深入细致的工作。

2.5 断裂-裂缝带对储层的改造

塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩以灰岩为主、仅下奥陶统下部的蓬莱坝组含有少量白云岩。岩心观察表明, 奥陶系碳酸盐岩中普遍发育较多裂缝, 特别是与主压应力平行或低角度斜交的裂缝大多呈开启状态, 进而成为油气渗流的通道, 对储层具有建设性改造作用。因此, 加强断裂-裂缝带的研究与预测对碳酸盐岩有效储层的预测具有十分重要的意义。

3 结论及意义

由于塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩台地边缘相带大多上覆了较厚的上奥陶统上部桑塔木组碎屑岩, 导致其并未遭受强烈的志留纪-泥盆纪期间古潜山岩溶改造。其有效储层主要形成于高能滩相颗粒灰岩中, 现今的有效储集空间主要形成于高频及三级海平面下降导致其同生暴露进而产生淡水溶蚀、混合水白云石化及混合水溶蚀作用, 以及二叠纪深埋藏期的有机酸及岩浆热液溶蚀作用, 属于明显不同于典型的塔河-轮南古潜山风化壳岩溶储层的另外一类十分重要的岩溶储层。加强对这类储层的勘探与研究, 对拓宽塔里木盆地

奥陶系碳酸盐岩油气勘探领域具有十分重要的现实意义, 塔中 I 号带良里塔格组边缘相岩性-成岩圈闭亿吨级油气藏^[15]的发现, 充分说明了奥陶系边缘相带可能成为塔里木盆地油气再一次大发现的突破口。

参 考 文 献

- 翟晓先, 俞仁连, 何发岐, 等. 塔河地区奥陶系一间房组微裂隙颗粒灰岩储集体的发现与勘探意义[J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 387~392
- 闫相宾, 李铁军, 张涛, 等. 塔中与塔河地区奥陶系岩溶储层形成条件的差异[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 202~207
- 赵宗举, 李宇平, 吴兴宁, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系特大型岩性油气藏成藏条件及勘探潜力[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(5): 12~20
- 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. 423~425
- 胡明毅, 朱忠德, 贺萍, 等. 轮南巴楚地区奥陶系生物礁储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 179~182
- 吴欣松, 潘文庆, 顾乔元, 等. 塔里木盆地轮西地区古岩溶洞穴型储层分布规律[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(2): 1~4
- 王振宇, 李宇平, 陈景山, 等. 塔中地区中-晚奥陶世碳酸盐陆棚边缘大气成岩透镜体的发育特征[J]. 地质科学, 2002, 37(增刊): 152~160
- 赵宗举, 赵治信, 黄智斌. 塔里木盆地奥陶系牙形石带及沉积层序[J]. 地层学杂志, 2006, 30(3): 193~203
- 于炳松, 陈建强, 林畅松. 塔里木盆地奥陶系层序地层格架及其对碳酸盐岩储集体发育的控制[J]. 石油天然气地质, 2005, 26(3): 305~309
- 郑冰, 承秋泉, 高仁祥. 塔里木盆地东北部奥陶志留系沉积成岩作用[J]. 石油天然气地质, 2006, 27(1): 85~92
- 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
- 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
- 赵靖舟. 塔里木盆地烃类流体包裹体与成藏年代分析[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(4): 21~25
- 陈汉林, 杨树锋, 董传万, 等. 塔里木盆地二叠纪基性岩带的确定及大地构造意义[J]. 地球化学, 1997, 26(6): 77~87
- 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

(编辑 董立)