

文章编号: 1001-6112(2007)01-0040-07

塔里木盆地塔中地区 奥陶系储层成因类型及分布预测

赵宗举^{1,2}, 王招明², 吴兴宁¹, 陈学时¹

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院 杭州地质研究所, 杭州 310023;

2. 中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司 博士后工作站, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 将塔中地区奥陶系碳酸盐岩有效储层分为古潜山岩溶储层、埋藏溶蚀储层及内幕白云岩储层 3 大类, 其中古潜山岩溶储层又可分为志留纪后古潜山储层及中晚奥陶世古潜山储层 2 类。志留纪后古潜山储层主控因素为志留纪—泥盆纪, 特别是泥盆纪期间的岩溶古地貌及二叠纪岩浆热液(硅化)改造作用; 有利勘探领域主要分布于中央断垒带的塔中 1—塔中 4—塔中 403 井区、塔中 19—塔中 9 井区及塔中 16—塔中 15 井区。对新发现的中晚奥陶世古潜山储层起主要控制作用的应该是中奥陶世晚期—晚奥陶世早期(兰代洛世—卡拉道克世早期)的岩溶古地貌及多期断裂岩溶作用, 该储层主要分布于下奥陶统鹰山组中上部, 并在塔中凸起—巴楚凸起区均有分布。以上奥陶统良里塔格组为主的埋藏溶蚀储层主要受沉积相(滩相)及准同生暴露淡水溶蚀、埋藏(有机—无机)溶蚀作用、断裂沟通淡水溶蚀作用控制, 有效储层主要分布于沿塔中 1 号断裂带南侧发育的良里塔格组陆棚边缘高能礁滩相带中, 并具备形成特大型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。下奥陶统内幕白云岩储层主控因素应为沉积相(半局限—局限台地相)、埋藏重结晶作用、埋藏岩溶—断裂沟通淡水溶蚀作用, 储层总体呈层状大面积分布, 在整个塔中—巴楚凸起区甚至更广的范围内均有分布, 以小型孔洞型储层为主。

关键词: 古潜山岩溶; 埋藏溶蚀; 储层; 碳酸盐岩; 奥陶系; 塔中; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

GENETIC TYPES AND DISTRIBUTION FORECAST OF AVAILABLE CARBONATE RESERVOIRS IN ORDOVICIAN IN THE CENTRAL AREA OF TARIM BASIN

Zhao Zongju^{1,2}, Wang Zhaoming², Wu Xingning¹, Chen Xueshi¹

(1. Hangzhou Institute of Geology, Research Institute of Petroleum Exploration and Development,

PetroChina, Hangzhou, Zhejiang 310023, China; 2. Postdoctor work station, Tarim Oil Field,

PetroChina, Kuerle, Xinjiang 841000, China)

Abstract: The available reservoirs of Ordovician carbonate in central Tarim can be classified into 3 types as epidiagenetic paleo-karst reservoir, burial karst reservoir and interlayer dolomite reservoir, and the epidiagenetic paleo-karst reservoir can be subdivided into 2 types as epidiagenetic karst reservoir formed later than Ordovician (EKR-1) and epidiagenetic karst reservoir formed from late Middle Ordovician to early Late Ordovician (Llandeilo to early Caradoc) (EKR-2). The key controlling factors to EKR-1 are paleo-karst morphology from Silurian to Devonian especially in Devonian and silicification by magma heat liquids in Permian. The favorable exploration regions are mainly distributed in areas from Tazhong-19 to Tazhong-9, Tazhong-1 to Tazhong-4 to Tazhong-403 and Tazhong-16 to Tazhong-15. The chief controlling factors to EKR-2 recently-discovered should be paleo-karst morphology from Llandeilo to early Caradoc and fault karstification of several stages. The reservoir is chiefly distributed in the middle-upper part of the Yinshan Fm. of the Lower Ordovician and in the area from the Tazhong Uplift to the Bachu Uplift. The burial karst reservoir mainly distributed in the Lianglitage Fm. of the Upper Ordovician is

收稿日期: 2005-10-13; 修订日期: 2006-12-29。

作者简介: 赵宗举(1967—), 男(汉族), 重庆大足人, 博士后, 教授级高级工程师, 主要从事沉积储层及油气地质研究。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科技项目(20421)。

chiefly controlled by sedimentary facies (carbonate shoal) and the meteoric water dissolution produced from penecontemporaneous exposure, burial (organic or inorganic) karstification and fault-channeled fresh-water karstification. The available reservoir is chiefly distributed in shelf marginal high-energy shoal and reef of the Lianglitage Fm. developed in the southern belt near Tazhong-I Fault, forming a giant primary stratigraphy oil-gas pool trapped by diagenetic carbonate heterogenetic karst reservoir. The key controlling factors to interlayer dolomite reservoir in the Lower Ordovician should be sedimentary facies (semi-restricted to restricted platform), burial recrystallization, burial karstification and fault-channeled fresh-water karstification. The reservoir is generally distributed by layers of larger area, and in the whole Tazhong-Bachu Uplift even in other more extensive regions, with small types of pore and cavity.

Key words: epidiagenetic paleo-karst; burial karst; reservoir; carbonate; ordovician; the central area of Tarim Basin; the Tarim Basin

对塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层特征及其发育分布,前人已进行了较多研究工作。主要对塔中 I 号断裂带附近与奥陶系礁滩相有关的储层从其发育特征及其主控因素^[1~5]、二叠纪埋藏热液溶蚀改造^[6~9]、裂缝特征及其对储层的改造^[10,11]、储集圈闭类型^[12]等方面展开了较为深入的研究,另外对主要与海西期暴露表生岩溶有关的储层从储层特征及其成岩作用^[13]、主控因素及其分布^[14,15]、以及与塔北地区相当的古风化壳储层的对比^[16,17]等方面进行了较多研究,但对整个塔中地区奥陶系碳酸盐岩有效储层成因分类及其主控因素、分布预测方面的研究较为薄弱,且争论较大^[18~20]。笔者试图在前人工作的基础上,通过大量实物工作量及综合研究,系统地阐述塔中地区奥陶系碳酸盐岩有效储层的实用成因类型及其主控因素、空间展布等问题。

1 有效储层的识别及特征

通过对塔中地区几乎所有钻遇奥陶系钻井(约 80 余口)岩心—薄片观察、井漏井涌及测试情况统计、测井储层分析等,将塔中地区奥陶系碳酸盐岩主要有效储层分为古潜山岩溶储层、埋藏溶蚀储层及内幕白云岩储层 3 大类,其中古潜山岩溶储层又可分为志留纪后古潜山储层及中晚奥陶世古潜山储层 2 类。

志留纪后古潜山储层是指以下奥陶统为主的碳酸盐岩直接与上覆石炭系或志留系不整合接触、主要形成于泥盆纪成岩后暴露表生岩溶作用的储层,其特征类似于塔北轮南—塔河地区奥陶系古风化壳储层^[16,17]。据发育层位又可分为下奥陶统古潜山储层及上奥陶统良里塔格组古潜山储层:前者有效储层主要分布于塔中 1 井(近古风化面厚达 534 m)、塔中 2 井、塔中 3 井、塔中 7 井、塔中 9 井、塔中 17 井、塔中 48 井及塘古 1 井中,有效储层岩

性主要是白云岩及亮晶砂屑灰岩,储集空间类型主要是孔洞型(主要发育于白云岩中,见于塔中 1,2 井)及裂缝—孔洞复合型(主要发育于亮晶砂屑灰岩中,见于塔中 3,7,9,17 井);后者有效储层主要分布于塔中 16—塔中 15 井区,另外在塔中 52 井良里塔格组顶部见到较好的灰岩溶孔型储层,有效储层主要发育于滩相及灰泥丘沉积中,主要岩性为砂屑灰岩、藻粘结生屑灰岩及藻粘结砂砾屑灰岩等,棚内缓坡低能带沉积的泥灰岩等储层不发育,储集类型有孔洞型(主要分布于砂屑灰岩、藻粘结生屑灰岩中,以粒间溶孔及溶洞为主)、裂缝型及孔洞—裂缝复合型(主要分布于藻凝块岩及藻粘结砂砾屑灰岩中,以网状微裂缝、缝合线为主,少量构造缝)。

中晚奥陶世古潜山储层是指主要形成于中奥陶世晚期—晚奥陶世早期(兰代洛世—卡拉道克世早期)的隆升暴露表生岩溶作用,并发育于下奥陶统鹰山组中上部而被良里塔格组直接覆盖的古风化壳储层。这套储层在塔中地区目前仅有 12 口井钻遇,也是我们近年新发现的一套重要储层^[21],并已得到中国石油化工股份有限公司的中 1 井、中 1H 井及中 3 井钻探结果的证实,其特征表现为鹰山组顶部或上部岩溶发育,但其上的良里塔格组岩溶反而不明显。以塔中 162 井鹰山组上部油气藏、塔中 12 井鹰山组上部气藏及塔中 452 井鹰山组顶部油藏为代表。储层岩性主要是开阔—半局限台地滩相夹滩间海、潮下藻席沉积的泥亮晶粒屑灰岩、生屑灰岩与泥晶灰岩互层及藻纹层灰岩、藻粘结岩,少量泥粉晶白云岩。储集类型包括溶孔型、裂缝—溶孔复合型及裂缝—溶洞型。

埋藏溶蚀储层是指主要形成于志留纪以来深部埋藏阶段各种溶蚀作用改造下的碳酸盐岩储层,与前述古潜山储层不同的是其有效储集空间主要由埋藏溶蚀作用形成,而古潜山储层则主要由成岩

后表生淡水溶蚀形成。迄今钻遇的有效储层仅分布于良里塔格组中,主要分布于塔中 I 号断裂带南侧,由西向东见于塔中 45 井区—塔中 54 井区—塔中 82 井区—塔中 30 井区—塔中 62 井区—塔中 24 井区—塔中 26 井区。这套储层的特点是在良里塔格组之上均上覆有 400~600 m(厚者可达 1 000 m)厚的上奥陶统桑塔木组陆棚相砂泥岩,阻止了碳酸盐岩直接暴露表生岩溶作用的进行。有效储层主要发育于滩相颗粒灰岩中,包括棘屑灰岩、砂屑灰岩及鲕粒灰岩等,少量发育于灰泥丘藻粘结生屑灰岩、藻粘结粒屑灰岩等中。储集类型多样,以裂缝—溶孔复合型、裂缝—溶洞复合型、溶孔型为主,裂缝型较少。

内幕白云岩储层是指主要分布于下奥陶统中下部甚至中上寒武统中的未经成岩后暴露表生岩溶改造的白云岩储层。有效储层以塔中 162 井下奥陶统下部内幕气藏为代表,另在塔中 12、塔中 43 井下奥陶统下部也见到了较好的白云岩储层。储层岩性以粉细—中细晶白云岩为主,并有少量泥粉晶白云岩、中粗晶白云岩。储集空间以孔洞型为主,包括白云石晶间孔、晶间溶孔、溶洞等。

2 有效储层主控因素分析

各种岩溶作用是形成塔中地区奥陶系碳酸盐岩

有效储集空间的主要动因,原岩岩性、岩溶古地貌、断裂及裂缝发育状况、岩浆热液活动、有机酸溶蚀作用、重结晶作用等对有效储集空间的形成均有重要影响。针对前述不同储层,其主控因素也有所不同。

对志留纪后古潜山储层而言,有效储层主控因素为志留纪—泥盆纪,特别是泥盆纪期间的岩溶古地貌及二叠纪岩浆热液(硅化)改造作用。从图 1 看到,前述有效储层发育的钻井均主要分布于泥盆纪岩溶斜坡及岩溶残丘上,而分布于岩溶洼坑、谷地及高地的塔中 4,401,5,8,38 井及塘北 2 井中的储层均不发育或较差,充分说明了石炭纪前的岩溶古地貌对该古岩溶有效储层分布的控制作用。另外,硅化作用对下奥陶统碳酸盐岩储层的改造及破坏也是非常重要的,在塔中 102,3,403,8,18,19,38,61 井及塘北 2 井下奥陶统中均普遍存在硅化现象,致使原有较好的古岩溶储层遭到破坏及致密化。这种硅化现象在塔中地区下奥陶统中表现出较好的规律性:硅化强度由上向下(即地层由新到老)、由东向西呈逐渐增加趋势,这是由于硅化作用在塔中地区尤其是西部普遍存在的早二叠世晚期的基性岩浆活动所产生的硅质热液改造的结果。据区域构造及岩浆活动分析^[6,22,23],推断硅化时间应该是早二叠世晚期(茅口期),硅质热液的来源与以高角度张性断裂及其相关裂缝发育带作为岩浆热液通道有关。

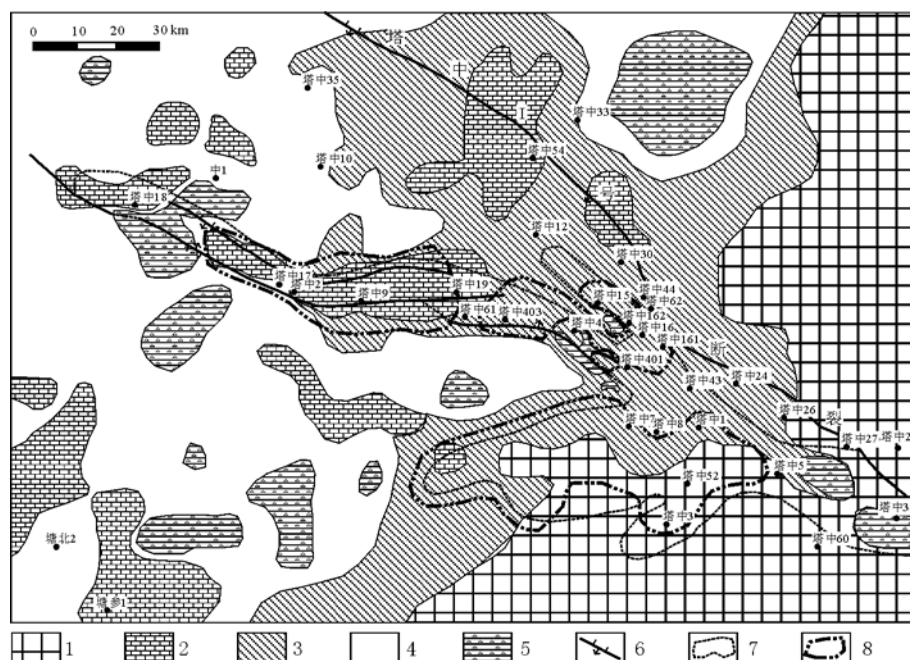


图 1 塔中地区石炭纪前古地貌及奥陶系古潜山储层分布

桑塔木组尖灭线范围以内的桑塔木组被剥蚀以及奥陶系碳酸盐岩直接与上覆石炭系或志留系接触。

1. 岩溶高地; 2. 岩溶残丘; 3. 岩溶斜坡; 4. 岩溶谷地; 5. 岩溶洼坑; 6. 逆冲断裂; 7. 桑塔木组尖灭线; 8. 有效储层分布范围

Fig. 1 Paleo-morphology at the end of Devonian and Ordovician epidiagenetic karst reservoir formed later than Ordovician (EKR-1) in the central area of Tarim Basin

对中晚奥陶世古潜山储层起主要控制作用的应该是兰代洛世—卡拉道克世早期的岩溶古地貌及多期断裂岩溶作用^[21]。兰代洛世—卡拉道克世早期,塔中凸起区在北侧塔中 I 号断裂带及南侧塔中 60 断裂的背向反冲挤压作用下,发生长达 10 Ma 的隆升剥蚀及暴露淡水岩溶作用。该套储层成因与见于塔河油田的加里东期古岩溶储层类似^[24],推测与昆仑—阿尔金岛弧跟塔里木陆块碰撞^[25]造成塔中—巴楚凸起区及塔北隆起区暴露岩溶有关。

以良里塔格组为主的埋藏溶蚀储层主要受沉积相(滩相)及准同生暴露淡水溶蚀、埋藏(有机—无机)溶蚀作用^[1~11]、断裂沟通淡水溶蚀作用控制。前已述及,其有效储层主要发育于滩相颗粒灰岩中,少量发育于灰泥丘之中,说明原岩岩性为滩相及灰泥丘颗粒灰岩,有利于岩溶作用的发生,而低能环境下形成的泥晶灰岩及泥质灰岩等则不利于后期岩溶作用的进行。这与较高能环境中形成的颗粒灰岩的原生粒间孔及其准同生期暴露淡水溶蚀孔^[1]发育而有利于后期沿这些孔隙进行埋藏溶蚀有关。另外,我们在塔中 44,62 等井的良里塔格组中上部亮晶生屑灰岩及砂屑灰岩中发现溶洞及溶缝充填了绿灰色钙质泥岩,推测为良里塔格组沉积末期,塔中 I 号断裂带幕式逆冲活动造成该套储层暴露淡水淋滤并使岩溶渗流泥沿断裂—裂缝带下渗带来充填其中所致,因此,断裂沟通淡水溶蚀及断裂—裂缝带^[10~12]本身也对该套储层有积极的改造作用。

下奥陶统内幕白云岩储层主控因素应为沉积相(半局限—局限台地相)、埋藏重结晶作用、埋藏岩溶—断裂沟通淡水溶蚀作用,储层总体呈层状大面积分布。白云岩主要分布于下奥陶统下部蓬莱坝组局限台地相中,在下奥陶统上部鹰山组白云岩分布范围缩小。从柯坪及巴楚露头区蓬莱坝组及鹰山组中,常见到形成于 2~4 万年、厚约几米的高频韵律层,由灰岩与白云岩间互构成的现象可以推断,其白云岩化发生的时间也大约为 2~4 万年,说明基本属于主要受沉积相(局限台地相及潮坪相)控制的同生—准同生白云岩化产物。塔中地区下奥陶统中普遍见到的中细—中粗晶白云岩大多为埋藏重结晶作用改造形成,其中常见异形白云石(或称鞍状白云石),具较高的铁[可达 $(1\ 804 \sim 4\ 652) \times 10^{-6}$]和锰(最高可达 132×10^{-6})含量,以及较轻的 $\delta^{18}\text{O}$ 值($-10.20\% \sim -6.83\%$,平均为 -8.41%),反映其形成于还原条件、温度较高的深

埋藏成岩环境。由于深埋藏环境下白云石的重结晶致使晶体变大,易于形成晶间孔,这对其储集性能的改善起到了重要作用。另外,岩溶作用也是改善白云岩储集性能的重要因素。塔中地区奥陶系内幕白云岩所发生的岩溶作用主要为埋藏岩溶作用。主要受地层深部酸性流体沿断层裂缝运移至白云岩储层中进行溶蚀而形成以细小溶蚀孔洞为主的有效储层,并为油气所充注。塔中 162 井蓬莱坝组下部岩溶角砾岩中见到方解石及天青石作为角砾间胶结物,天青石属于低温热液矿物,说明该岩溶角砾岩可能属于深部酸性流体溶蚀成因。除此以外,也不排除下奥陶统白云岩存在淡水岩溶作用的改造,如塔中 12 井蓬莱坝组上部白云岩中含有陆源渗流泥质顺溶缝下渗,说明存在淡水岩溶作用,可能与中奥陶世晚期—晚奥陶世早期暴露淋滤时的断裂及裂缝发育带沟通了当时的地表淡水岩溶有关。

3 有效储集空间演化

塔中地区奥陶系上述碳酸盐岩储层有效储集空间演化虽然存在差异,但总体上看,仍有如下规律性:建设性成岩—成藏作用主要包括 3 期暴露淡水岩溶作用及 3 期埋藏(有机)岩溶—烃类充注作用,前者分为中奥陶世晚期—晚奥陶世早期、奥陶纪末—早志留世、志留纪末—早中泥盆世 3 期暴露淡水古风化壳溶蚀及相应的断裂沟通地表水下渗至地层深处所发生的深部淡水溶蚀作用;后者分为晚奥陶世—志留纪(泥盆纪)、二叠纪—三叠纪、第三纪以来的 3 期分别与下寒武统、中下奥陶统及上奥陶统源岩^[26]高峰生油充注及相应的深埋有机溶蚀作用、以及第三纪以来下奥陶统—寒武系古油藏原油热裂解气形成—充注及伴生的埋藏有机溶蚀作用、中下奥陶统源岩第三纪以来进入高峰生气期的天然气充注作用。其中志留纪末—早中泥盆世的暴露表生淡水岩溶作用及二叠纪—三叠纪、第三纪以来的埋藏岩溶—烃类充注作用对现今工业性油气藏的形成起到了至关重要的作用。

下面主要以志留纪后古潜山储层及内幕白云岩储层为例,来代表性地说明主要的储集空间演化过程,而中晚奥陶世古潜山储层^[21]及埋藏溶蚀储层^[2]的主要储集空间演化过程分别与前面 2 类有较多相似且已有另文专述,为此从略。

塔中 1 井下奥陶统古潜山储层是志留纪后古潜山储层的典型,以之为例来说明其储集空间演化:有效储层以潮坪—局限台地相白云岩为主,主

要属于岩溶孔洞型,主要发育于下奥陶统上部 3 576~4 110 m井段,岩性主要为被生物扰动的泥粉晶白云岩(岩溶孔洞主要沿生物扰动部分发生,因该部分白云石相对结晶较粗、可达粉细晶)、藻纹层白云岩及叠层石白云岩等原岩具鸟眼孔的扩溶、砂砾屑白云岩的粒间溶孔、结晶较粗的白云岩如粉细晶白云岩的晶间孔、晶间溶孔以及未被全充填的宏观溶洞等,在泥质白云岩及泥晶白云岩等原岩本身原始孔隙就不发育的岩性中,岩溶孔洞也不发育,说明后期岩溶作用具有选择性。因此,塔中 1 井奥陶系有效储层应为岩溶孔洞型储层,从该井岩溶储层的发育可达 534 m 的深度来看,说明在适宜的条件下(因处于石炭纪前岩溶斜坡),岩溶作用可达较大深度并由此形成巨厚的古岩溶储层,这对油气勘探十分有利。其储集空间演化主要经历了 5 期建设性成岩改造(图 2):1)中奥陶世晚期—晚奥陶世早期,塔中隆起区遭受构造挤压抬升,产生第一期暴露淡水溶蚀改造;2)奥陶纪末—早志留世,遭受第二期暴露淡水岩溶改造;3)志留纪末—早中泥盆世,遭受第三期暴露淡水岩溶作用改造,因暴露持续时间长,同时塔中 1 井处于该期岩溶斜坡部位(图 1),因此该期暴露溶蚀作用是最为重要的一期淡水岩溶作用,对现今有效储集空间贡献最

大;4)二叠纪—三叠纪,因满加尔凹陷区中下奥陶统源岩高峰生油期所产生的第一期埋藏有机溶蚀作用及其随后的石油充注成藏,形成塔中 1 井最初的油藏,与油包裹体共生的盐水包裹体(均一温度为 76~100 ℃)推测属于该期溶蚀与白云石胶结—结晶作用的产物;5)喜马拉雅期,形成塔中 1 井奥陶系凝析气藏,是由于前期形成的古油藏在喜马拉雅期发生原油向气的裂解,因裂解气的加入使黑油藏转变为富含凝析油的凝析气藏^[27,28],同时可能有上奥陶统良里塔格组源岩成熟生油及满加尔凹陷中下奥陶统源岩进入生气高峰期的贡献,并由此产生第二期埋藏有机溶蚀作用。第二期与油包裹体共生的盐水包裹体(均一温度为 110~130 ℃)推测属于该期溶蚀与白云石胶结—结晶作用的产物,因气侵产生脱沥青作用进而形成部分沥青质沥青。

以塔中 162 井下奥陶统下部白云岩储层为例,来说明内幕白云岩储层的储集空间演化:储层原岩岩性为灰色泥粉晶灰质白云岩,岩溶成为斑块状及白云石、方解石岩溶粉砂,局部溶洞中被白云石、方解石岩溶粉砂半充填,白云石、方解石岩溶粉砂晶间孔及溶孔较为发育;局部发育岩溶角砾岩,角砾为灰色泥晶—亮晶砂屑灰岩及泥粉晶灰质白云岩,分选磨圆差,被岩溶方解石粉砂基底胶结,角砾间及裂缝中见方解石及天青石胶结物全充填;总体属于中—差孔隙型储层。综合分析,笔者认为该套储层主要经历了以下 4 期建设性成岩—孔隙形成作用(图 3):1)中奥陶世晚期—晚奥陶世早期发生的塔中隆起被挤压冲断所产生的暴露及断裂沟通地表造成的淡水沿断裂—裂缝带下渗所产生的岩溶作用;2)晚奥陶世—泥盆纪期间,因下寒武统源岩高峰生油所产生的第一期深埋有机溶蚀—烃类充注作用,形成最初的油藏,图 3 中表示的与油包裹体共生的盐水包裹体均一温度范围说明了该期有机溶蚀与成藏过程;储层中的高反射率固体沥青(沥青反射率多在 1.24%~1.67%)应该是该期成藏的产物;3)二叠纪—三叠纪,下奥陶统白云岩发生深埋藏重结晶作用以及满加尔凹陷中下奥陶统源岩高峰生油期所产生的有机溶蚀作用均可改善储集条件,并发生烃类充注—成藏作用,对油藏的形成与保持有利;储层胶结物盐水包裹体(均一温度为 110~130 ℃),推测属于该期溶蚀与随后发生的沉淀胶结作用的产物;4)喜马拉雅期,油藏中的原油发生热裂解变成天然气,同时产生有机溶蚀作用,有利于储层的改善,并有中下奥陶统源岩进入高峰生气阶段的天然气充注,故形成及保存了现今所见的气藏。储层胶结物盐水电

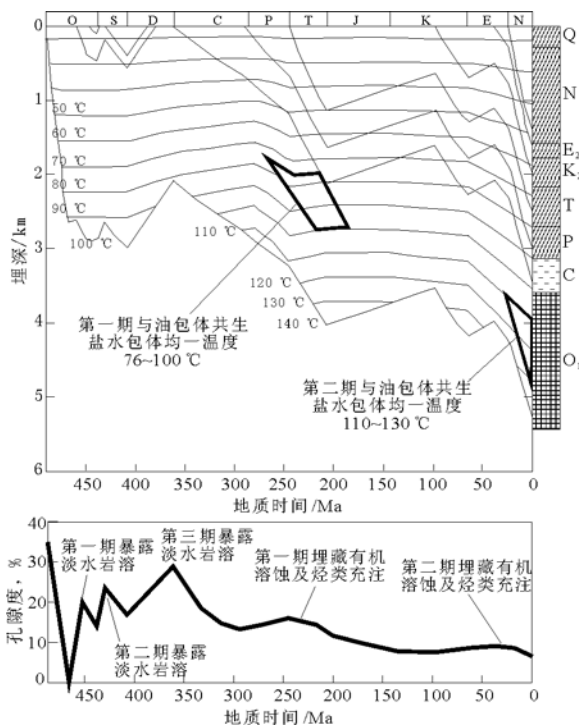


图 2 塔中 1 井下奥陶统古潜山凝析气藏储集空间演化
Fig. 2 Evolution of reservoir space of the Lower Ordovician epidiagenetic karst reservoir in the Tazhong-1 condensate pool

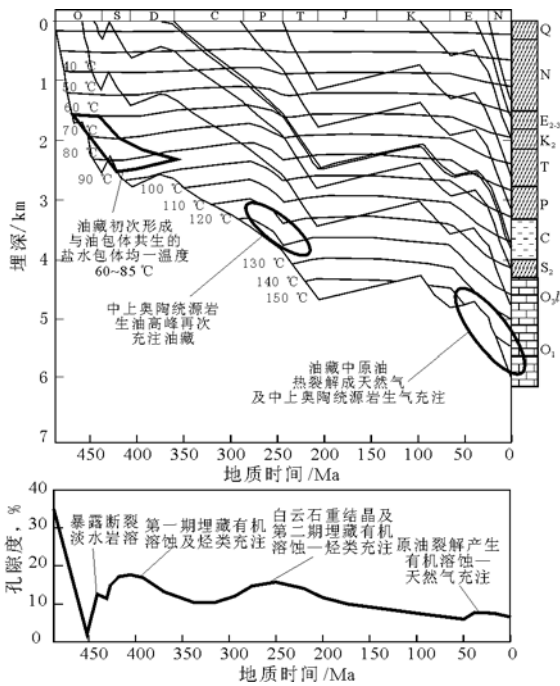


图 3 塔中 162 井下奥陶统内幕白云岩气藏储集空间演化

Fig. 3 Evolution of reservoir space of the Lower Ordovician interlayer dolomite reservoir in the Tazhong-162 gas pool

裹体(均一温度为 140~160 °C),推测属于该期溶蚀与随后发生的沉淀胶结作用的产物。

4 有效储层分布及成藏有利区预测

根据前述有效储层主控因素分析可知,塔中地区奥陶系碳酸盐岩有效储层分布如图 4。

值得说明的是,图 4 只是指出了塔中地区奥陶系碳酸盐岩有效储层的大致分布范围。由于碳酸盐岩储层普遍存在较强的非均质性,具体有效储层的分布尚需要结合断裂及裂缝发育带、精细的岩溶古地貌恢复等来进行深入的综合分析,因为断裂—裂缝发育带对岩溶作用(包括沟通地表淡水岩溶及深部有机酸、无机酸岩溶)、岩浆热液硅化作用以及形成裂缝型储层等均有重要制约作用。中奥陶世晚期—晚奥陶世早期、奥陶纪末期—早志留世以及志留纪末期—泥盆纪 3 期岩溶古地貌图的编制对塔中地区奥陶系碳酸盐岩古岩溶储层的预测有着十分重要的意义,而断裂—裂缝带的分析及岩溶古地貌图的编制均有赖于高精度地震等多种资料的支持。因此,对具体有效储层发育部位的预测还需要做更多深入细致的工作。

根据已有钻探及地震勘探资料来看,对于塔中地区奥陶系碳酸盐岩不同成因类型有效储层,结合成藏条件综合分析,对于有利储层—成藏分布,可初步得出如下认识:1)志留纪后古潜山储层有利勘探领域主要分布于中央断垒带的塔中 1—塔中 4—塔中 403 井区、塔中 19—塔中 9 井区及塔中 16—塔中 15 井区,尤其是其北侧岩溶斜坡区,这已为 2004 年 5 月塔中 4,7,38 井在下奥陶统古潜山储层中获得高产工业油气流所证实! 2)中晚奥陶世古潜山储层分布主要受当时的岩溶古地貌控制:以中央断垒带—塔中 48 井区为主要岩溶高地,塔中 10 构造带、中 1 井及其以西一带为次级岩溶高地,

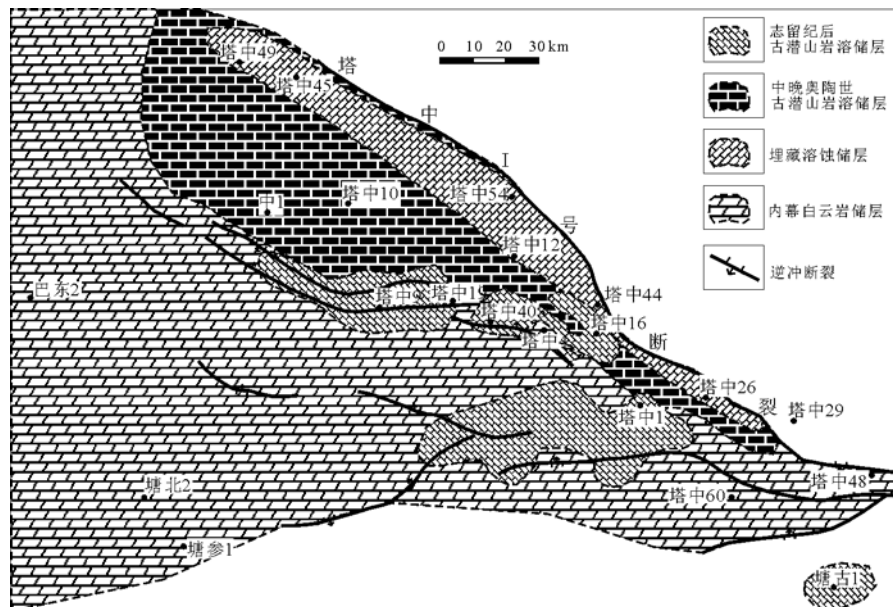


图 4 塔中地区奥陶系碳酸盐岩有效储层分布

Fig. 4 Sketch map of Ordovician carbonate available reservoirs in the central area of Tarim Basin

其间为岩溶低地,其余凸起区为岩溶斜坡,满加尔凹陷及塘古孜巴斯坳陷海盆相当于岩溶汇水(洼地)盆地;总体上看,位于岩溶斜坡及次级岩溶高地上的储层较好,岩溶高地储层较差,而位于岩溶低地的储层最差。另据研究^[29],塔中凸起—巴楚凸起一带均缺失中奥陶统一上奥陶统下部沉积,由此推测下奥陶统中上部由中奥陶世晚期—晚奥陶世早期形成的古潜山岩溶储层在塔中凸起—巴楚凸起区均有分布,图 4 中所示为仅根据区内已有钻井资料予以推断的范围。3)迄今发现的埋藏溶蚀储层主要分布于沿塔中 I 号断裂带南侧发育的上奥陶统良里塔格组陆棚边缘高能礁滩相带中。已有研究提出^[2],塔中 I 号断裂带南侧的良里塔格组陆棚边缘礁滩体发育带构成特大型碳酸盐岩非均质岩溶储层成岩圈原生岩性油气藏,其岩性圈闭面积可达 1 000~2 000 km²、礁滩体厚约 100~300 m,有效储层厚度 50~100 m,预计储量可达 (5~10)×10⁸ t 油当量。这一认识有效地指导了塔中 I 号带良里塔格组的油气勘探,并获得 2005 年该区带探明+控制储量 1.39×10⁸ t 油当量的证实(其中塔中 62 井区凝析气田正式上报国家储委探明储量油 2 098×10⁴ t、气 366×10⁸ m³)。该区带的油气勘探工作正在进行,预计在未来 3~5 年内可将整个礁滩复合体油气藏探明。4)下奥陶统一中上寒武统内幕白云岩有效储层的发育不成问题,且在整个塔中—巴楚凸起区甚至更广的范围内均有分布,以小型孔洞型储层为主要储层的横向连通性较好。仅从储层质量上看,应该是相当好的。鉴于埋藏深度大,应以勘探天然气为主,但由于下奥陶统一中上寒武统中缺乏较好的直接盖层等原因,其成藏问题尚待深入研究。

参考文献:

- 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,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
- 邬长武,蒋春雷,郑志祥等. 塔中 16—24 井区奥陶系碳酸盐岩古岩溶研究[J]. 矿物岩石,2002,22(2):69~73
- 何幼斌,张兴阳,戴福贵等. 塔中 I 号断裂带中奥陶统灰岩储层特征[J]. 江汉石油学院学报,1999,21(3):17~20
- 代宗仰,周翼,陈景山等. 塔中中上奥陶统礁、滩相储层的特征及评价[J]. 西南石油学院学报,2001,23(4):1~4
- 朱毅秀,金之钧,林畅松等. 塔里木盆地塔中地区早二叠世岩溶岩及油气成藏关系[J]. 石油实验地质,2005,27(1):50~54,61
- 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
- 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
- 赵霞. 塔里木盆地塔中 45 井及柯坪西克尔萤石化成因的讨论[J]. 西北地质,2000,33(3):5~8
- 邬光辉,李建军,卢玉红. 塔中 I 号断裂带奥陶系灰岩裂缝特征探讨[J]. 石油学报,1999,20(4):19~23
- 秦启荣,刘胜,苏培东. 塔中 I 号断裂带 O₂₊₃ 灰岩储层裂缝特征[J]. 石油与天然气地质,2002,23(2):183~185,202
- 李宇平,王振宇,李文华等. 塔中 I 号断裂构造带奥陶系碳酸盐岩圈闭类型及其勘探意义[J]. 地质科学,2002,37(增刊):141~151
- 翟永红,王泽中,王正允等. 塔中 1 井储层段岩石学特征及成岩作用[J]. 西安地质学院学报,1994,16(3):38~45
- 田纳新,徐国强,李学永等. 塔中地区早海西期风化壳古岩溶控制因素分析[J]. 江汉石油学院学报,2004,26(2):61~63
- 邹元荣,郭书元. 塔中地区奥陶系碳酸盐岩表生岩溶分布特征及主控因素[J]. 新疆地质,2005,23(2):209~212
- 郭建华. 塔北、塔中地区下古生界深埋藏古岩溶[J]. 中国岩溶,1996,15(3):207~216
- 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
- 孔金平,刘效曾. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层空隙研究[J]. 矿物岩石,1998,18(3):25~33
- 黎平,陈景山,王振宇. 塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层形成控制因素及储层类型研究[J]. 天然气勘探与开发,2003,26(1):37~42
- 王嗣敏,吕修祥. 塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层特征及其油气意义[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2004,19(4):72~76
- 赵宗举,周新源,陈学时等. 塔中地区中晚奥陶世古潜山岩溶储集层特征[J]. 新疆石油地质,2006,27(6):660~663
- 俞仁连. 塔里木盆地塔河油田加里东期古岩溶特征及其意义[J]. 石油实验地质,2005,27(5):468~472,478
- 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
- 杨树锋,陈汉林,董传万. 塔里木盆地二叠纪正长岩的发现及其地球动力学意义[J]. 地球化学,1996,25(2):121~128
- 周志毅,赵治信,胡兆珣等. 塔里木盆地各纪地层[M]. 北京:科学出版社,2001
- 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
- 王红军,周兴熙. 塔里木盆地典型海相成因天然气藏成藏模式[J]. 石油学报,2001,22(1):14~18
- 陈世佳,付晓文,沈昭国等. 塔中地区石炭系及部分奥陶系储层天然气的成因[J]. 天然气工业,2001,21(1):39~41
- 贾承造,张师本,吴绍祖等. 塔里木盆地及周边地层[M]. 北京:科学出版社,2004