

文章编号: 0253-9985(2005)02-0202-06

塔中与塔河地区奥陶系岩溶储层形成条件的差异

闫相宾^{1,2}, 李铁军¹, 张涛¹, 李国蓉³, 金晓辉¹, 马晓娟^{1,4}

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 西北大学, 陕西西安 710069;

3. 成都理工大学, 四川成都 610059; 4. 中南大学, 湖南长沙 410000)

摘要: 对比研究表明, 塔中、塔河地区奥陶系岩溶型储层存在显著差异, 塔中奥陶系白云岩储层以小型岩溶孔洞为特征, 而灰岩储层以发育局限的岩溶洞穴型储层为特征; 塔河地区岩溶洞穴型储层以大面积、多层系、叠置连片的分布为特征。造成塔中、塔河地区奥陶系岩溶型储层差异的主要原因是构造演化、古地理岩相和可溶岩岩石类型之间的差异。加里东中期塔中地区冲断褶皱强烈发育, 可溶的白云岩或灰岩地层呈窄条带状分散出露, 岩溶斜坡发育局限; 塔河地区构造活动微弱。海西早期塔河地区整体抬升幅度大, 地层强烈剥蚀夷平, 可溶的灰岩地层大面积平缓出露, 岩溶斜坡发育, 大气水沿先前的裂隙系统流动并呈管状流溶蚀改造裂隙, 形成大型洞穴系统, 多套洞穴储层大面积多层系叠置连片分布; 塔中地区构造活动却相对平缓。因此, 塔中地区以加里东期岩溶为主, 塔河地区以海西期岩溶为主。

关键词: 塔里木盆地; 奥陶系; 岩溶作用; 岩溶储层

中图分类号: TE112.21

文献标识码: A

Differences between formation conditions of Ordovician karstic reservoirs in Tazhong and Tahe areas

Yan Xiangbin^{1,2}, Li Tiejun¹, Zhang Tao¹, Li Guorong³, Jin Xiaohui¹, Ma Xiaojuan^{1,4}

(1. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing; 2. Northwest University, Xi'an, Shaanxi;

3. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan; 4. Central South University, Changsha, Hunan)

Abstract: Comparative study shows that Ordovician karstic reservoirs in Tazhong and Tahe are quite different. In Tazhong, Ordovician dolomite reservoirs are characterized by small karst vugs, and limestone reservoirs are characterized by limited karst caves. While the karst cavernous reservoirs in Tahe are characterized by superimposition of multiple series of strata and continuous distribution in a large area. The main factors that have caused the differences of Ordovician karstic reservoirs in Tazhong and Tahe are tectonic evolution, lithofacies palaeogeography and dissolvable rock types. In Middle Caledonian, thrusting and folding were strong and well developed, dissolvable dolomites or limestones were dispersedly outcropped in narrow strips, and karst slopes were developed limitedly in Tazhong area; while tectonic movement in Tahe area was weak at that time. In Early Hercynian, Tahe area was wholly and largely uplifted, resulting in formations being strongly denuded and leveled, dissolvable limestone strata being flatly outcropped in large area, and karst slopes being well developed. Meteoric water flowed along the existing fracture systems and dissolved and reconstructed them in tubular flow, resulting in large cave systems. Several sets of cavernous reservoirs are distributed in large areas, due to multiple series of strata being superimposed and interconnected. However, tectonic movement in Tazhong was relatively moderate in Early Hercynian. Therefore, Tazhong area was dominated by Caledonian karst, while Tahe area was dominated by Hercynian karst.

Key words: Tarim Basin; Ordovician; karstification; karstic reservoir

1984 年沙参 2 井在塔北地区下奥陶统钻获高产油气流, 拉开了塔里木盆地古生代海相碳酸盐岩

油气勘探的序幕。其后, 相继在塔里木盆地不同地区发现了一批奥陶系碳酸盐岩油气藏^[1], 特别是

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目“塔里木盆地北部碳酸盐岩大中型油田勘探目标选择”(2001BA605A-03-01)

第一作者简介: 闫相宾, 男, 42 岁, 教授级高级工程师(博士), 综合地质

收稿日期: 2004-12-08

1997年在塔北地区塔河超亿吨级奥陶系岩溶缝洞型油气藏的发现和探明,掀起了塔里木盆地古岩溶型油气藏勘探的高潮。随着勘探、认识程度的深入,除塔北地区以外,塔中地区奥陶系成为继塔河岩溶缝洞型油气藏之外的又一重要的勘探目标。虽然早在1989年和1994年在该区先后发现了塔中1井下奥陶统白云岩潜山凝析气藏与塔中16井上奥陶统良里塔格组风化壳岩溶型油藏。但由于塔中地区奥陶系岩溶储层特征和分布规律目前尚不十分清楚,制约了该区碳酸盐岩油气勘探的扩大发现。为此,本文从控制岩溶作用的地质条件差异分析入手对塔中、塔河地区奥陶系碳酸盐岩岩溶作用机理及岩溶储层特征进行对比分析,以期对塔中地区的岩溶型油气藏勘探起到有益的指导作用。

1 基本特征

从岩性特征上看,奥陶系碳酸盐岩储层的主要岩石类型有灰岩和白云岩,但碳酸盐岩基质储集物性较差,在塔中、塔河地区表现为低孔低渗的非有效储层。在塔北,灰岩的孔隙度分布范围为0.1%~2.9%,平均仅为0.67%,渗透率的分布范围为 $0.002 \times 10^{-3} \sim 44.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.196 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;在塔中孔隙度为0.09%~27.45%,平均1.95%,渗透率为 $0.005 \times 10^{-3} \sim 144.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $2.38 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。白云岩基质孔渗性相对较好,可构成有效储层,经过了后期裂缝和溶蚀作用改造,物性进一步提高。如塔中地区塘北2井海西早期不整合侵蚀面之下的白云岩因相关的大气水作用的改造,33个白云岩岩心样品中,孔隙度大于2%的占35%,渗透率为 $0.06 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

勘探实践表明,奥陶系碳酸盐岩有效储层是经多期多旋回构造破裂、溶蚀等作用改造后形成的次生孔洞缝储集体,按储层的成因与岩性可将塔中奥陶系碳酸盐岩储层分为白云岩溶蚀孔洞型储层、白云岩岩溶缝洞型储层、灰岩岩溶缝洞型储层、礁滩相溶蚀孔洞型储层和裂隙型储层5种类型。对于其孔隙类型,虽然不同的学者有不同的认识,但总体可分为孔隙型、洞隙(穴)型、裂隙(缝)型和组合(复合)型^[2,3];塔河奥陶系碳酸盐岩储层分为洞穴型、风化裂隙型、构造裂隙型、台缘滩相颗粒灰岩溶蚀孔隙型、花斑状灰岩裂隙-孔隙型和地表残积物裂隙孔隙(洞)型等6种类型。其储渗空间包括溶蚀孔隙、溶蚀孔洞、

大型洞穴、风化裂隙和构造裂隙等5种类型^[4,5]。

2 岩溶储层发育特征与差异性

2.1 塔中地区

塔中地区主要发育加里东中期和海西早期的岩溶,岩溶储层有奥陶系白云岩岩溶缝、孔洞型储层和灰岩岩溶缝洞型储层。其中,前者是加里东期和海西期岩溶作用叠加的结果,岩溶改造使白云岩岩溶缝、孔洞型储层的储集空间除发育晶间孔、晶间溶孔、溶蚀孔洞外,还有一些中、小型溶洞和风化裂隙,如塔中38、塔中2、塔中1、塘北2、山1等井剖面的下奥陶统白云岩段与石炭系直接接触,经海西早期不整合侵蚀面改造,白云岩层段的缝、孔洞较发育,岩石中均见有针孔及中小型溶洞,但是白云岩层发育原始晶间孔、晶间溶孔、溶蚀孔洞,使得大气水进入地层后以弥散渗流方式缓慢运动,流动改造的结果是原始孔隙空间的溶蚀扩大和地层的均匀整体溶蚀,难见大型洞穴系统,故从不整合面向下,岩心溶蚀孔洞面孔率从40%减小到5%。

奥陶系灰岩段构成塔中隆起区最具可溶性的一套地层。其内部发育加里东中期和海西早期侵蚀不整合面,具多期岩溶改造的历史,灰岩岩溶缝洞型储层的储渗空间主要为不规则风化裂隙系统、沿裂隙发育的溶蚀孔洞以及大型洞穴系统等。但不同时期构造作用和地质背景的差异,使岩溶改造和岩溶储层特征具明显的差异。

早奥陶世末加里东中期一幕,塔中区域性的上隆,使上奥陶统良里塔格组低角度不整合直接超覆在下奥陶统鹰山组下部之上。在整个中奥陶世,下奥陶统碳酸盐岩长时间处于暴露剥蚀状态,接受岩溶改造。但塔中构造隆升是一个区域性的上隆,强烈抬升主要局限于断褶带及其附近,相应地,岩溶储层主要出现在下奥陶统的顶部,岩溶储层厚度小,孔渗性较差。

奥陶纪末加里东中期三幕构造升降频繁,造成塔中奥陶系碳酸盐岩呈带状分布出露,主水体系从东南向西北流动,岩溶改造强烈,岩溶储层发育。如塔中16、塔中162、塔参1、塔中4、塔中37、塔中17、塔中50、塔中18等井剖面中的下奥陶统灰岩或中上奥陶统灰岩之上虽被厚度较大的志留系砂泥岩覆盖,但岩溶储层仍较发育。

泥盆纪末海西早期,塔中隆起及其外围区的断褶构造进一步抬升,具南高北低、东高西低的古

地貌特征。碳酸盐岩的暴露区范围较之加里东中期风化壳范围明显减小,仅在塔中隆起及其以南的区域地形起伏变化大,潜山、残丘发育。塔中隆起东南部奥陶系碳酸盐岩出露剥蚀,加之发育大量与断裂相伴生的裂隙系统,岩溶作用的通道条件优越,供水区面积较大,地下水流相对稳定,有利于强烈岩溶作用的发生。岩溶储层有大型洞穴、风化裂隙和岩溶孔、洞、缝,其中洞穴是主要储集空间,综合识别的12口井中,出现率为33.3%,但低于塔河地区奥陶系灰岩段洞穴层出现率(74%)。

2.2 塔河地区

塔河地区奥陶系海西早期不整合面以下约250 m的深度范围内,受海西早期构造脉动式升降(或侵蚀基准面脉动式升降)控制,主要发育3期岩溶旋回,形成3套区域性展布的岩溶洞穴层(图1),纵向上主要集中于海西早期不整合面以下约250 m的深度范围内^[6,7]。洞穴型储层i分布在不整合面之下0~30 m,洞穴层③分布在40~100 m,洞穴层④分布在150~250 m。洞穴层在平面上的分布受海西早期岩溶相带的控制。在侵蚀基准面脉动式升降影响下,岩溶地下水泄水点不断向南推进,导致3期岩溶旋回的岩溶相带展布和洞穴层分布特征虽不一致,但整体具多层叠置连片分布的特征。按岩溶旋回编制的岩溶相带图表明:洞穴层i主要在中上奥陶统尖灭线以北的区域发育,尖灭线以南中上奥陶统覆盖区缺乏此套洞穴层;洞穴层③和④的分布领域广泛,在中、上奥陶统覆盖厚度较小的地区仍有洞穴层③和洞穴层④的发育。洞穴层经多期抬升在顶

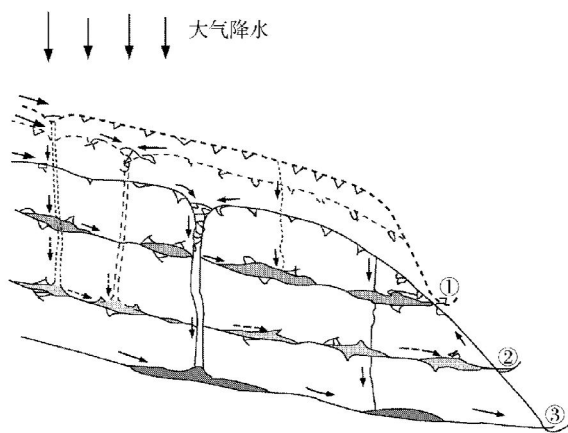


图1 塔河地区奥陶系海西早期不整合面下岩溶洞穴层
Fig. 1 Ordovician karst cavernous layers under the Hercynian unconformity in Tahe area
—洞穴层 i; ④—洞穴层 ③ ④—洞穴层 ④

底附近还普遍发育风化裂隙型储层。这些密集发育的不规则网状风化裂隙系统与构造裂隙不但可连通不同期次洞穴子系统,而且为本区油气富集和高产稳产创造了得天独厚的有利条件。

3 成因分析

3.1 构造演化

构造作用控制着岩溶古地貌特征和可溶岩出露区的岩溶作用,并影响着岩溶流体的通道,进而制约了岩溶作用及岩溶储层的发育。塔北和塔中隆起分别位于满加尔坳陷的两侧,从横贯塔中-塔北地区的地震剖面Z45线的平衡剖面(图2)分析表明,这两个隆起区自前寒武纪到第四纪,构造作用及构造演化特征存在显著差异,并导致了塔北和塔中地区碳酸盐岩的岩溶古地貌和岩溶作用的差异。

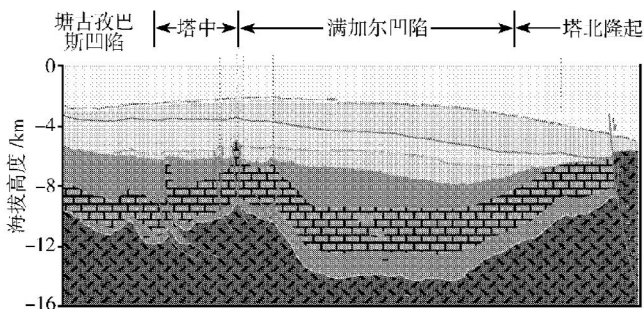


图2 塔中-塔北地区地震剖面Z45线的平衡剖面
Fig. 2 Equilibrium profile of Z45 seismic line in Tazhong-Tabei area

3.1.1 加里东中期

早奥陶世末的区域性挤压作用,塔里木地区由被动大陆边缘盆地转变为挤压型盆地,盆内形成隆坳相间的构造格局,形成塔中、塔北隆起的雏形。由于塔中地区距塔里木板块南缘与北昆仑碰撞带较近,隆升强烈,隆起主体区缺失了大湾阶、牯牛潭阶、庙坡阶的9个牙形刺化石带*,而满加尔坳陷北侧的塔河地区隆升幅度较小,呈向北抬升的缓坡形态,在塔河外围地区中奥陶统发育相对齐全,仅缺失2~4个牙形刺化石带,沉积间断时间约1.5~3 Ma。

奥陶纪末的加里东中期运动是塔中地区最为重要的一次构造运动^[8]。受塔里木南缘的碰撞作用影响,塔中地区强烈隆起,形成一系列北西走向的带状冲断褶皱构造带(图3),如塘东、塘北、塔中的iv、⑦、④号构造等。局部冲断褶皱构造的相对

* 赵治信,朱怀诚,刘静江,等.新疆塔里木盆地石炭-二叠系底层基准剖面的建立及其对比.1997

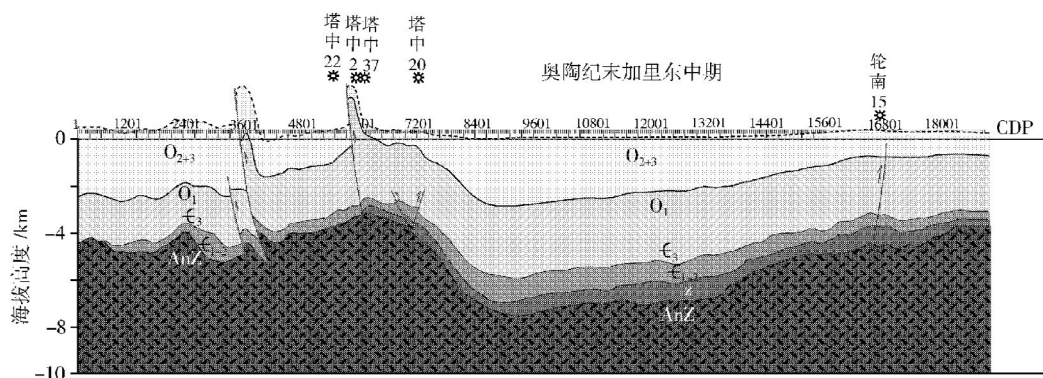


图3 塔中-塔北地区奥陶纪末加里东中期地震剖面Z45线的平衡剖面

Fig. 3 Middle Caledonian (at the end of Ordovician) equilibrium profile of Z45 seismic line in Tazhong-Tabei area

隆升幅度可高达数千米, 远离断裂带则抬升幅度迅速降低, 岩溶斜坡发育局限。而塔北地区构造形变仍较微弱, 抬升幅度小, 继续保持宽缓的缓坡形态, 冲断褶皱构造不发育。

3.1.2 海西早期

海西早期塔里木地块东端与中天山地块的碰撞, 使塔北地区强烈抬升, 轮台断裂带的累计上冲幅度达4000 m。受其影响, 轮台断裂下盘塔河地区发育较为密集的小断层及褶皱构造, 其上部泥盆系、志留系、中上奥陶统、下奥陶统顶部地层依次被剥蚀, 剥蚀厚度约1500 m, 遭受剥蚀的时间约10 Ma。而塔中隆起抬升幅度远小于塔北地区。塔中北带断褶构造几乎没有活动; 塔中中带和南带有新的断褶构造, 但断褶构造的褶皱强度偏弱; 塔中东部和南部的局部隆起区的剥蚀强度很大, 志留纪和泥盆纪一直出露地表遭受剥蚀。

海西晚期塔里木地块与中天山地块的碰撞, 塔北地区又一次强烈抬升降起, 石炭系和二叠系部分或全部被剥蚀, 三叠系底面为角度不整合, 在轮台断裂北侧(上盘)构造抬升剥蚀强烈, 出露震旦系。而塔中隆起区构造形变相对较弱, 仅局部地段有继承性构造活动, 形成石炭系和二叠系宽缓褶皱构造, 但整体抬升幅度不大。

3.2 岩相古地理与岩石类型

3.2.1 岩相古地理

早奥陶世塔中、塔河地区都为碳酸盐岩开阔台地环境, 沙76、轮南1、轮南12、轮南14井以及塔中3、塔中12、塔中162、塔中35井等剖面发育颗粒滩相沉积, 表明有较强的水动力环境。早奥陶世末的区域性挤压作用, 塔中地区隆升强烈而塔河地区隆升幅度较小。塔中地区中央主坳带经历了较长时间的剥蚀改造和沉积缺失, 缺失了鹰山组上部、一

间房组、恰尔巴克组、良里塔格组下部等地层, 从而影响了中晚奥陶世的沉积作用, 表现为: 塔中地区呈孤岛状位于台地边缘, 较长时间处于剥蚀或沉积间断状态。在晚奥陶世受区域性海进的影响沉积了良里塔格组台地相碳酸盐岩和桑塔木组泥质碎屑岩。塔河地区在中晚奥陶世基本继承原来的台地沉积格局, 只是晚奥陶世区域性海进使台地的范围略有缩小。奥陶纪末的构造运动使塔中地区遭受强烈的隆升和剥蚀, 塔北地区构造形变微弱, 抬升幅度较小, 继续保持宽缓的台地缓坡形态。

3.2.2 岩石类型

塔河油田主体区风化壳内可溶岩主要为奥陶系鹰山组纯灰岩, 岩性主要为颗粒灰岩、微晶灰岩、藻粘结灰岩和云灰岩等^[9]。岩石内部缺乏有效孔隙, 基质孔隙度绝大多数小于1%, 平均值为0.67%, 渗透率大多小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均值为 $0.193 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但灰岩中杂质很少, 碳酸钙含量多数为95.66%~98.20%, 岩石溶解性强, 易形成次生孔洞缝储集体。另外塔河主体区南部依次出现的一间房组和良里塔格组灰岩也是可溶岩, 部分地区这两套灰岩可溶岩可发育溶蚀孔洞。

塔中地区风化壳内可溶岩石类型相对多样, 有致密性灰岩、孔洞性灰岩、孔隙性白云岩和致密性白云岩等, 并呈带状展布^[10, 11]。在塔中隆起核部往往出露下奥陶统(孔隙性或致密性)白云岩可溶岩, 向翼部依次出现下奥陶统致密灰岩可溶岩和良里塔格组孔洞性灰岩可溶岩, 灰岩中泥质含量较塔河地区大, 岩石整体溶解性不及塔河地区。

流体在灰岩的岩溶作用以化学溶蚀为主(图4), 机械破碎作用较弱; 白云岩的岩溶作用除化学溶蚀外, 机械破碎溶解也有重要意义。

塔中地区下奥陶统白云岩段在岩溶作用前就

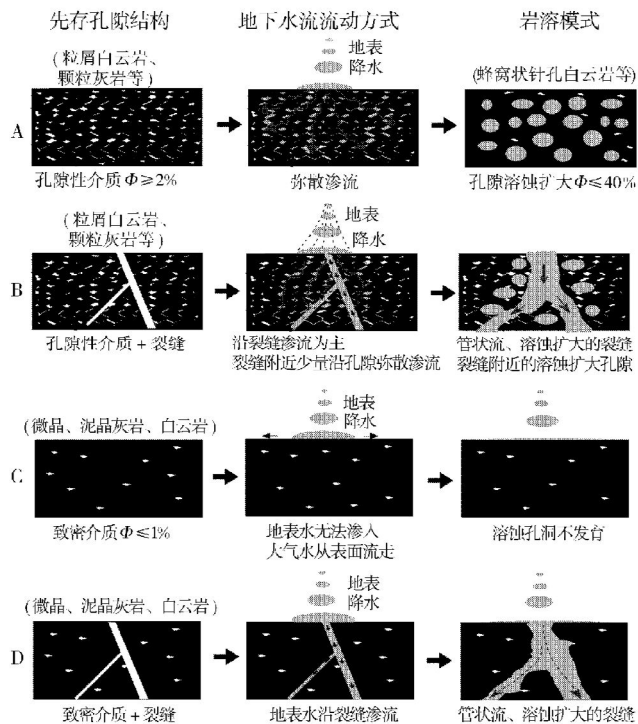


图4 不同原始通道条件下的流体流动及岩溶改造结果图解

Fig. 4 Illustration of fluid flow and karst reconstruction at different primary pathway conditions

广泛发育有晶间孔、晶间溶孔、溶蚀孔洞, 加里东中期和海西早期的大气水在地层中的流体以弥散渗流方式缓慢运动, 岩溶改造主要表现为原始孔隙空间的溶蚀扩大和地层的均匀整体溶蚀。这些特征决定了下奥陶统白云岩岩溶储层的发育主要形成馒头山, 难见大型洞穴系统。

当致密灰岩可溶岩中孔隙、裂隙均不发育, 大气水无法渗入到地下, 大气水将以地表径流形式流动, 岩石内部将缺乏岩溶改造, 溶蚀孔洞不发育。早奥陶世末加里东期塔中地区的构造隆升是一个区域性的上隆, 局部断裂、褶皱构造和碳酸盐岩地层中的裂隙系统欠发育, 流体活动的初始通道条件缺乏, 岩溶储层欠发育。但是, 塔河油田所处的阿克库勒凸起轴部因发育较为密集的小断层-褶皱构造和纵张裂隙, 岩溶地下水的渗入通道条件优越, 在海西期形成多套区域性岩溶洞穴。

因此, 对于既有孔洞又有裂隙的可溶岩, 大气水在地下的流动将主要沿裂隙流动, 部分通过孔洞流动, 结果形成管状洞穴系统并溶蚀扩大先前的孔洞。

3.3 岩溶作用期次

3.3.1 塔中地区

塔中地区以加里东中期岩溶为主, 其次是海

西早期岩溶。早奥陶世末加里东中期, 塔中区域性的上隆缺失整个中奥陶统和上奥陶统恰尔巴克组这就意味着整个中奥陶世, 该区都处于暴露剥蚀状态, 下奥陶统碳酸盐岩长时间接受岩溶改造。

奥陶纪末加里东中期构造升降频繁, 较明显的有两次, 其一在良里塔格组沉积之后, 桑塔木组沉积之前, 桑塔木组假整合超覆在良里塔格组不同层位之上, 反映该期次隆升造成的间断和良里塔格组大段地层遭受剥蚀。其二在桑塔木组沉积后, 下志留统沉积之前, 下志留统塔塔埃尔塔格组超覆在良里塔格组和桑塔木组之上。频繁构造升降造成塔中奥陶系岩溶改造强烈, 岩溶储层发育。

泥盆纪末海西早期塔中隆起及其外围区的断褶构造进一步抬升, 与奥陶纪末的加里东中期构造运动相比, 该期构造运动的规模较小, 塔中的大部分区域, 特别是中部、西部和北部地区构造活动强度低, 未能将志留纪-泥盆纪地层剥蚀, 碳酸盐岩的暴露区范围较之加里东中期风化壳大大减少。

3.3.2 塔河地区

该区岩溶作用主要发生于海西早期, 其主要依据有:

在选送的34件孢粉分析样品中, 有S81, TK427, S70, S75, T314和S86井岩溶缝洞砂泥质样品检测出泥盆纪孢子。

④从区域上看, 早奥陶世塔里木地区地表出露的是一套正常海相碳酸盐岩, 在此种背景下, 岩溶水介质及岩溶缝洞方解石中的锶同位素组成将主要受下奥陶统海相碳酸盐岩控制, 并与下奥陶统海相碳酸盐岩的锶同位素组成相近, 显相对低值特征。然而, 样品分析显示出区内岩溶缝洞方解石的锶同位素组成明显高于早奥陶世海相碳酸盐岩的锶同位素组成, 暗示了现有岩心的岩溶缝洞及其充填作用主要不是发生于早奥陶世末。相反, 海西早期构造运动可导致通过大陆硅铝质岩石区或岩层的地下水, 渗滤进入到奥陶系或下奥陶统碳酸盐岩中, 并影响其岩溶作用及岩溶缝洞方解石的沉淀, 造成岩溶缝洞方解石具有明显高于下奥陶统碳酸盐岩的锶同位素组成。岩溶缝洞方解石的锶同位素组成有力地揭示了岩溶作用应主要发生于海西早期。

④塔河地区下奥陶统碳酸盐岩位于海西早期不整合面下, 下奥陶统碳酸盐岩中发育的洞穴、溶蚀缝洞主要是海西早期岩溶作用的产物。塔河油田南部区与北部区岩溶缝洞方解石的碳氧稳定同

位素组成、锶同位素组成、稀土元素组成以及岩溶缝洞填积的砂泥质稀土元素组成等十分相似,揭示了塔河油田南部中上奥陶统覆盖区与塔河油田主体区一样,岩溶作用主要发生于海西早期。另外从区域构造演化、地震反射结构、牙形石、地球化学特征及钻井等资料看该区具备发育加里东中期岩溶作用的条件。在塔河主体区,海西早期、加里东中期形成的两个不整合面重合,加里东中期岩溶作用形成的洞穴被海西早期构造运动进一步加剧,使塔河岩溶储层更为发育,岩溶储层分布的深度和范围更广。

4 结论

(1) 塔中与塔河奥陶系的发育、分布有别,其中塔中下奥陶统大致相当于塔河地区的下奥陶统蓬莱坝组和鹰山组下部,缺失了塔河鹰山组上部 and 一间房组、恰尔巴克组及良里塔格组下部地层。

(2) 构造演化的差异是导致塔中、塔河地区可溶地层剥蚀、分布、地貌及岩溶储层不同的重要因素。

(3) 塔中地区在加里东中期奥陶系可溶的白云岩或灰岩呈窄条带分散出露,岩溶斜坡发育局限,大气水在白云岩中以弥散渗流方式缓慢运动,造成地层原始孔隙空间的溶蚀扩大和均匀整体溶蚀,难见大型洞穴系统,仅在灰岩中发育岩溶洞穴;海西期除塔中东南部外,区内多保存了志留纪—泥盆纪地层,碳酸盐岩的暴露区范围较加里东期明显减少,岩溶型储层的发育程度较塔河地区大为逊色。

(4) 塔河地区在海西早期整体抬升幅度大,地层剥蚀强烈,下奥陶统顶部及上伏地层剥蚀夷平,可溶的灰岩地层大面积出露,地层展布平缓,岩溶斜坡发育,大气水沿先前的裂隙系统流动并呈管状流溶蚀改造裂隙,形成大型洞穴系统,多套洞穴储层大面积多层系叠置连片分布。

(5) 塔中地区以加里东中期岩溶为主,其次是海西早期岩溶;塔河地区以海西早期岩溶为主,进一步促进了加里东中期岩溶的发育程度

参考文献

- 康玉柱. 再论塔里木盆地古生代油气勘探潜力——纪念沙参2井油气勘探重大突破20周年[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 479~483
Kang Yuzhu, Re-discussion on exploration potential of Paleozoic in Tarim basin: 20th anniversary of significant discovery in Shacan 2 well[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(5): 479~483
- 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

Kong Jinping, Liu Xiaozeng. A study on the void in Ordovician carbonate reservoir, Tazhong area, Tarim basin[J]. Journal of Mineral Petrology, 1998, 18(3): 25~33

- 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
Wang Simin, Lu Xiuxiang. Feature and petroleum significance of Ordovician carbonate reservoir in Tazhong area, Tarim Basin[J]. Journal of Xi'an Petroleum University(Natural Science Edition), 2004, 19(4): 72~76
- 闫相宾. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 262~265
Yan Xiangbin. Characteristics of Ordovician carbonate rock reservoirs in Tahe oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 262~265
- 闫相宾, 韩振华, 李永宏. 塔河油田奥陶系油藏的储层特征和成因机理探讨[J]. 地质论评, 2002, 48(6): 619~626
Yan Xiangbin, Han Zhenhua, Li Yonghong. Reservoir characteristics and formation mechanisms of the Ordovician carbonate pools in the Tahe oilfield[J]. Geology Review, 2002, 48(6): 619~626
- 肖玉茹, 何峰煜, 孙义梅. 古洞穴型碳酸盐岩储层特征研究——以塔河油田奥陶系古洞穴为例[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 75~86
Xiao Yuru, He Fengyu, Sun Yimei. Reservoir characteristics of paleocave carbonates: a case study of Ordovician paleocave in Tahe oilfield, Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(1): 75~86
- 顾家裕, 周兴熙. 塔里木盆地轮南潜山岩溶及油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 67~103
Gu Jiayu, Zhou Xingxi. Buried hill karsts and distribution pattern of oil and gas in Lunnan, Tarim basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001. 67~103
- 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 42~70
Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun, et al. Structural evolution in the basin and regional tectonics[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995. 42~70
- 张希明. 新疆塔河油田下奥陶统碳酸盐岩缝洞型油气藏特征[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(5): 17~22
Zhang Ximing. The characteristics of Lower Ordovician fissure vuggy carbonate oil and gas pools in Tahe oilfield, Xinjiang[J]. Petroleum Exploration & Development, 2001, 28(5): 17~22
- 王子煜, 陆克政, 漆家福, 等. 塔里木盆地塔中凸起的构造演化及其与油气藏的关系[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1998, 22(4): 14~17
Wang Ziyu, Lu Kezheng, Qi Jiafu, et al. Relation between tectonic evolution and oil gas reservoirs in Tazhong uplift of Tarim Basin[J]. Journal of University of Petroleum, China, 1998, 22(4): 14~17
- Xiuxiang Lu, Zhijun Jin, Luofu Liu, et al. Oil and gas accumulations in the Ordovician carbonates in the Tazhong uplift of Tarim Basin, west China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2004, 41: 109~121