

中国东部与西部典型 碳酸盐岩潜山的岩溶特征

刘阳¹, 陈利新², 梁彬³, 张庆玉³

(1 中海油研究总院海外评价中心, 北京 100027; 2 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆库尔勒 841000;
3 中国地质科学院岩溶地质研究所, 桂林 541004)

摘要: 通过对比分析我国东、西部典型碳酸盐岩古潜山任丘潜山和轮南—塔河潜山的岩溶发育特征, 总结得出了影响东西部岩溶差异性发育的主要因素为岩性因素和构造因素, 对分析不同古潜山岩溶储层发育规律和古潜山油气田的勘探开发具有一定的指导意义和参考价值。

关键词: 碳酸盐岩; 古潜山; 储集层; 岩溶; 对比
中图分类号: P583 **文献标识码:** A

碳酸盐岩潜山是古地貌的高点, 是经过前期的风化剥蚀和后期的沉积覆盖的产物。在其形成过程中经历了数次上升、下降等不同的构造运动形式。碳酸盐岩古潜山岩溶储层是古岩溶作用下形成的油气储集体, 在国内, 众多与古岩溶密切相关的潜山油气藏在渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地及四川盆地等逐渐被发现^[1]。1975年, 渤海盆地冀中坳陷中部的任4井在中元古界蓟县系雾迷山组白云岩中获得千吨油气流, 从而发现了任丘超亿吨级潜山油田^[2]。而位于中国西部塔里木盆地的轮南—塔河奥陶系古潜山, 经过二十几年的勘探开发已经成为了储量超20亿t, 年产油超600万t的特大型潜山油田^[3]。

1 基本地质特征

渤海湾盆地潜山油藏的主要产油层为蓟县系雾迷山组和奥陶系, 它们是海侵高潮期的沉积物,

多接受潮间及潮下、中到高能带的沉积, 为一套厚度大、质较纯的碳酸盐岩, 间夹有厚度较小的潮上低能带的泥质碳酸盐岩类。其经受了长期的地质构造运动, 断层、裂缝十分发育; 通过强烈的风化剥蚀作用, 溶蚀缝洞也很发育, 使整个地层形成上下连通的连通体。雾迷山组古潜山西侧被断距为1000~2600m的任西大断层切割形成断层崖, 峰顶沿断棱延伸, 东侧呈缓坡状倾伏于凹陷之中, 古潜山地形为一西陡东缓的单面山, 总体上北高南低、西高东低, 属裂缝型、底水、块状、低饱和油藏类型。其北端为府君山、奥陶系油藏, 油藏高度1200余米, 而奥陶系储层厚度只有550m, 油水界面只能分布在潜山边部, 为一双重孔隙介质的厚层状边水油藏^[4]。任丘潜山构造位置见图1。

塔里木盆地轮南—塔河潜山位于塔里木盆地塔北隆起轮南低凸起—沙雅隆起阿克库勒凸起构造带, 东接草湖凹陷, 西接哈拉哈塘凹陷, 南临满加尔凹陷, 北靠轮台古陆(图2)。潜山储集层为下奥陶统碳酸盐岩, 形成于开阔—局限海台地环境, 岩石类型较简单, 主要岩性是石灰岩。由于受到后期多期次强烈的构造运动、岩溶作用和成

收稿日期: 2010-08-10

基金项目: 轮南—哈拉哈塘地区奥陶系岩溶地貌特征及岩溶储层综合评价(041009080041)

作者简介: 刘阳(1977—), 男, 工程师, 主要从事油气勘探综合地质研究工作。E-mail: liuyang3@cnoc.com.cn

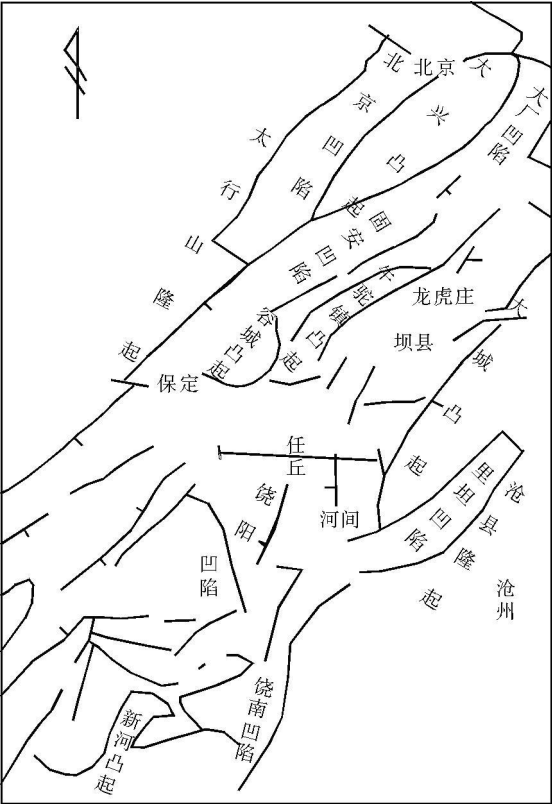


图 1 任丘油田构造位置

Fig. 1 Structural map of Renqiu oil field

岩作用的叠加改造, 在碳酸盐岩中形成了分布极不均匀的裂缝和孔洞系统^[5,6]。轮南—塔河古潜山奥陶系碳酸盐岩储层主要以石灰岩为主, 基质孔隙、裂缝和溶蚀孔洞是该地区奥陶系储层的主要储集空间, 其古岩溶作用形成的最重要的时期是加里东—海西早期。任丘、轮南—塔河潜山特征见表 1。

表 1 任丘—轮南—塔河潜山特征对比

Table1 Comparison of Renqiu and Lunnan-Tahe oil fields

古潜山名称	储层层位	储层主要岩性	盖层	油藏类型
任丘潜山	蓟县系雾迷山组	白云岩	新生代	裂缝型、底水、块状
	奥陶系	灰岩	新生代	厚层状边水油藏
轮南—塔河潜山	奥陶系	灰岩	石炭系巴楚组泥岩、双峰灰岩、三叠系泥岩和志留系粉砂质泥岩	缝洞型岩性油藏

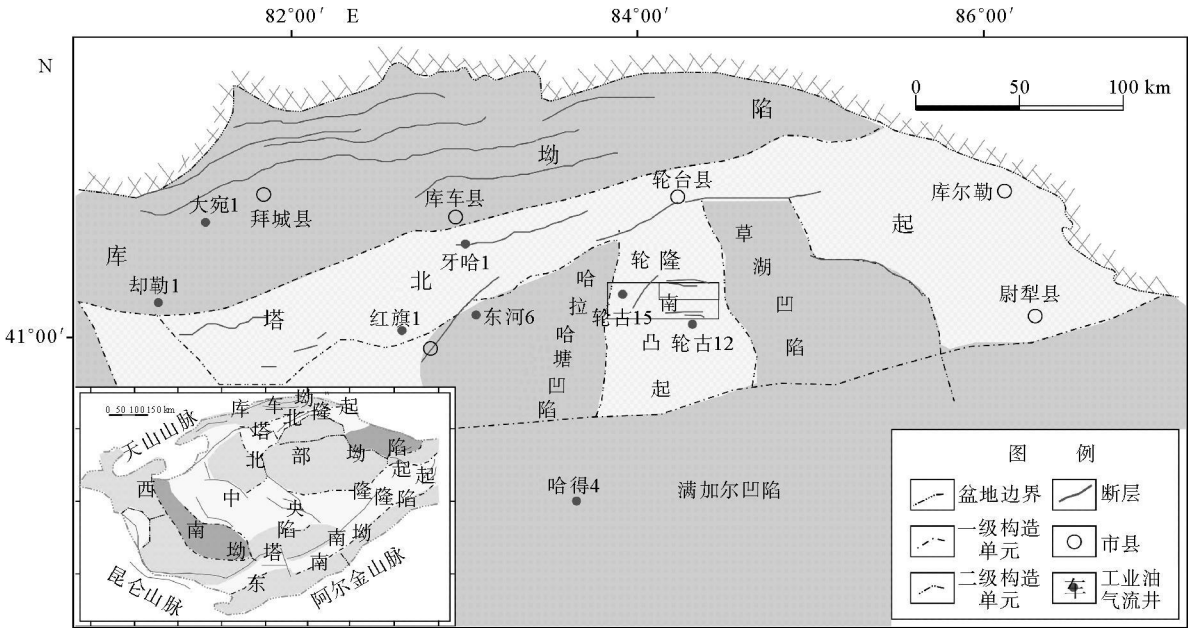


图 2 轮南古潜山构造位置

Fig. 2 Structural map of Lunnan buried hill

2 岩溶发育特征对比

我国东西部碳酸盐岩潜山岩溶均较发育, 分带明显, 具有良好的储层发育特征, 同时又具有一定的差异性, 华北任丘潜山断裂、张性缝较发育, 整体连通性较好, 除在潜山顶面风化壳岩溶带较发育外, 顺层、水平和断裂岩溶带均较发育^[7]。而轮南一塔河潜山为挤压扭转构造, 裂缝及微裂缝密集发育, 多组系交错切割, 且多受后期溶蚀改造, 大型溶洞发育, 而一些溶蚀孔洞则被方解石—泥质充填一半充填, 局部无充填。

2.1 岩性组合特征

任丘雾迷山组储集层岩性以隐藻白云岩为主, 颗(晶)粒白云岩次之, 并夹有泥质、含泥质白云岩。预测厚度约 2 300 m, 根据储渗特征, 从上至下、由新到老把油层细分为 10 个油组。其中雾一、雾二组为硅质白云岩; 雾三—雾五组、雾七组和雾十组为藻屑白云岩和块状白云岩; 雾六、雾八和雾九下部为泥质白云岩相对集中段。在平面上其分布由南向北逐渐变新, 白云岩储集类型为裂缝孔洞型, 具有双重孔隙介质, 非均质性明显^[8]。

阿克库勒凸起轮南—塔河古潜山钻井揭示的下奥陶统有鹰山组、一间房组。中、上奥陶统仅在油田南部呈裙边状分布, 有恰尔巴克组、良里塔格

组, 总体属混积陆棚相沉积。

2.2 古潜山岩溶垂向分带特征

我国东西部灰岩潜山垂向分带明显, 在古剥蚀面以下, 古岩溶带发育的深度视不同地区 and 不同地质时代而异。

任北奥陶系风化壳岩溶非常发育, 据前人统计 51 口井, 有 22 口井中 67 个井段有钻具放空、泥浆漏失或者井径异常扩大的现象, 任 76 井于 3 199 m 钻入潜山, 发生 216 m 钻具放空, 并伴有井涌和泥浆漏失;

裴宗平^[7]等将任北奥陶系岩溶分成了 4 个带: ①潜山顶面风化壳岩溶发育带; ②顺层岩溶发育带, 该带增大了任北奥陶系油藏在剖面方向的非均质各向异性; ③断层岩溶发育带, 任丘油田岩溶发育特征受断层控制非常明显, 沿断层附近溶蚀裂隙非常发育; ④两个相距 88 m 的水平岩溶发育带, 一个距潜山顶 120~156 m; 另一个距潜山顶 234~266 m, 非均质各向异性明显。

根据岩溶发育程度、地下水运动方式和岩溶作用方式, 中国地质科学院岩溶地质研究所对塔河油田 4 区奥陶系风化壳岩溶垂向发育特征划分为: 表层岩溶带、垂向渗滤带、径流溶蚀带、潜流溶蚀带, 各分带岩溶发育特征见表 2, 岩溶垂向分带发育模式见图 3。

表 2 塔河 4 区岩溶垂向分带特征
Table 2 Vertical distribution of karst in Tahe 4 region

分析类型	岩溶分带			
	表层岩溶带 (0~30 m)	垂向渗滤带 (30~80 m)	径流溶蚀带 (80~150 m)	潜流溶蚀带 (150 m 以下)
充填物 类型与特征	钙泥质充填, 局部未充填; 风化壳顶部岩石破碎, 多 见塌积角砾岩	机械充填为主, 部分为化 学充填, 充填物灰绿色钙 泥为主	机械充填为主, 具地下河 沉积特征, 粉砂质泥岩、角 砾岩充填为主	化学充填为主, 充填物以 方解石为主, 部分充填灰 绿色钙泥
岩溶特征	溶洞、溶蚀孔洞、垂向溶蚀 缝为主, 缝洞系统具有一 定的连通性	垂向溶蚀裂缝、溶洞为主, 溶洞垂向规模一般较大、 横向规模一般较小, 连通 性弱	以岩溶管道或水平溶洞为 主, 规模一般较大, 连通性 相对较好	岩溶发育程度较弱, 主要 发育一些溶孔、溶蚀裂缝

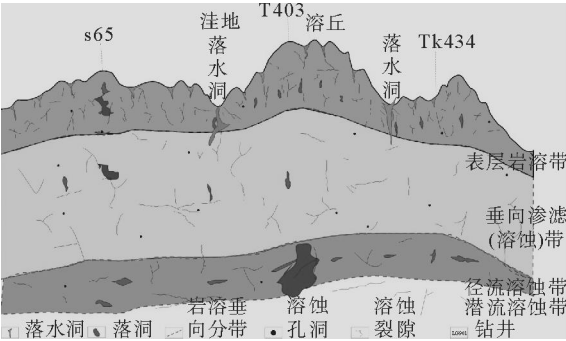


图 3 塔河 4 区垂向分带结构模式

Fig. 3 Vertical zonation of the Tahe 4 region

2.3 储集层特征

不同的构造部位发育不同的储集空间, 各种储集空间组合关系形成不同的储层类型。在前人研究的基础上^[9-12], 任丘潜山雾迷山组油藏和轮南—塔河潜山油藏岩溶储集层特征可总结如表 3 所示。

表 3 东西部典型潜山储层类型及其岩溶特征对比
Table 3 Comparison of karst features and typical reservoirs between Renqiu and Tahe oil fields

任丘潜山	雾迷山组	溶洞—裂缝型	以裂缝连通溶洞为主
		裂缝—孔隙型	小型孔洞为主, 裂缝为通道
	奥陶系	孔隙型	以发育溶蚀孔洞为主
		裂缝—孔隙型	小型孔洞为主, 裂缝为通道
裂缝型		溶蚀缝洞不发育, 致密层多	
轮南—塔河潜山		大缝大洞型	发育较大缝洞, 断层发育区
		裂缝型	溶蚀缝洞不发育, 致密层多
		裂缝—孔洞型	小型孔洞为主, 裂缝为通道
		孔洞型	以发育溶蚀孔洞为主
		洞穴型	发育洞穴, 井漏、放空扩径等

3 影响岩溶发育的因素

影响碳酸盐岩岩溶发育的因素很多, 主要分为岩性因素、构造因素、古地貌因素、不整合面因素、古气候因素等^[13]。根据现有资料, 综合分析东西部岩溶发育机理, 影响其岩溶发育差异性因素主要为岩性因素和构造因素。

3.1 岩性因素

岩性是控制古岩溶最重要的内在因素, 关于可溶岩岩性对岩溶作用的影响, 使用了“比溶蚀度”的概念。比溶蚀度越高越有利于岩溶的发育^[10]。

轮南—塔河潜山中下奥陶统发育一套厚层、质较纯的灰岩地层, 一般地, 岩溶发育的规模、岩溶化程度具有纯的碳酸盐岩高于不纯的碳酸盐岩、灰岩高于白云岩的规律。

而任丘古潜山雾迷山组岩性则以隐藻白云岩为主, 颗(晶)粒白云岩次之, 并夹有泥质、含泥质白云岩, 如任 28 井在 3 231.13~3 239.7 m 为重结晶亮晶藻屑白云岩, 岩心上蜂窝状溶蚀孔洞发育, 是主要的出油层段^[4]。这是因为孔隙率和渗透率较高, 溶蚀孔洞发育。有些白云岩和泥质白云质灰岩的富水性比质纯的灰岩更好, 就是因为主要以生物碎屑结构、鲕状结构和砂级颗粒结构为主, 孔隙率和渗透率较大^[14]。

3.2 构造因素

构造是控制古岩溶发育最重要的外在因素之一。构造背景是古岩溶发育的基础, 塔里木盆地阿克库勒凸起是一个自加里东期就开始发育的大型由北向南倾没的鼻状隆起, 直至海西运动早期, 昆仑洋及天山洋曾发生过多次开合运动, 是该区奥陶系褶皱、断层、裂缝发育的重要时期^[15]。如轮古 41 北断裂群、轮古 9 西南断裂群、轮古 40 东断裂群以及轮古 15 井区断裂群附近都是古岩溶储层的有利发育区^[16]。

任丘雾迷山组碳酸盐岩潜山油藏, 位于冀中饶阳凹陷北端。前后经历了 7 次构造运动, 形成了众多以张性断裂为主的断裂带。潜山主体受近东西向断层切割, 形成大小不等的 4 个山头, 对任丘潜山岩溶发育的控制性作用十分明显^[17]。

4 结论

(1) 我国东西部碳酸盐岩潜山岩溶受岩性、构造、古地貌、不整合面、古气候等因素的控制作用, 在不同的地区, 不同构造部位以及不同的古地貌单元岩溶发育及储集层类型均存在差异性。

(2) 两典型潜山尽管岩性上存在差异,但由于其内在结构的影响,岩溶均较发育。任丘潜山受构造带的控制,岩溶发育具有明显的成层性;而轮南一塔河古潜山则与现今的桂林现代岩溶类似,在垂向上则具有明显的分带性,即表层岩溶带、垂向渗透带、径流溶蚀带、潜流溶蚀带。

(3) 总结得出了影响东西部岩溶差异性发育的主要因素为岩性因素和构造因素,对分析不同古潜山岩溶储层发育规律和古潜山油气田的勘探开发具有一定的指导意义和参考价值。

参考文献:

- [1] 柏松章. 碳酸盐岩潜山油田开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [2] 张淑娟, 罗永胜, 张亚娟, 等. 任丘潜山油藏剩余油分布及潜力分析[J]. 油气采收率技术, 2000, 7(1): 42-46.
- [3] 宋文杰, 江同文. 塔里木盆地油气勘探开发进展与“西气东输”资源保障[J]. 天然气工业, 2008, 28(10): 1-4.
- [4] 袁建国, 罗承建, 于俊吉, 等. 岩溶理论在碳酸盐岩油藏开发中的应用: 以任丘油田为例[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.
- [5] 夏日元, 唐建生, 邹胜章, 等. 碳酸盐岩油气田古岩溶研究及其在油气勘探开发中的应用[J]. 地球学报, 2006, 27(5):

503-509.

- [6] 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.
- [7] 裴宗平, 韩宝平, 韩彦丽, 等. 任丘奥陶系岩溶发育规律及对油田开发的影响[J]. 中国矿业大学学报, 2000, 29(4): 368-373.
- [8] 刘大昕, 张淑娟. 任丘碳酸盐岩潜山油藏剩余油分布研究[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(2): 46-47.
- [9] 王定一, 梁苏娟. 任丘大油田形成与变换带演化[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 9-12.
- [10] 康志宏. 塔河碳酸盐岩油藏岩溶古地貌研究[J]. 新疆石油地质, 2006, 27(5): 522-525.
- [11] 顾乔元, 潘文庆, 曹淑玲, 等. 轮南地区奥陶系油气成藏特征[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 36-38.
- [12] 刘大昕, 张淑娟, 童亨茂. 任丘潜山油藏裂缝预测及剩余油分布研究[J]. 石油学报, 2001, 22(4): 49-54.
- [13] 任美镔. 岩溶学概论[M]. 北京: 商务印书馆, 1983.
- [14] 柳广弟. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材: 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [15] 顾乔元, 韩剑发. 轮南地区奥陶系断裂及储层裂缝分形特征[J]. 新疆石油地质, 1998, 19(4): 287-289.
- [16] 龚福华, 刘小平. 塔里木盆地轮古西地区断裂对奥陶系古岩溶的控制作用[J]. 中国岩溶, 2003, 22(4): 313-317.
- [17] 张淑娟, 刘大昕, 罗永胜. 潜山油藏内幕隔层及断层控制的剩余油分布模式[J]. 石油学报, 2001, 22(6): 50-54.

COMPARISON OF KARST FEATURES OF TYPICAL CARBONATE BURIED HILLS IN CHINA

LIU Yang¹, CHEN Lixin², LIANG Bin³, ZHANG Qingyu³

(1 International Research Department, CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China;

2 Reservoir Institute of Exploration and Development, Tarim Oilfield Company, Petro China, Korla 841000, Xinjiang, China;

3 Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004, China)

Abstract: Comparative study of the karst features of the typical carbonate buried hills in Renqiu and LunNan-Tahe was made in this paper. It is concluded that lithology and structures are the main factors in control over the development history of the karst in west and east China. The conclusion could be used as a guide for oil exploration in ancient buried hills.

Key words: Carbonate; Buried hill; Reservoir bed; Karst; Correlation