

塔里木盆地轮古地区奥陶系古岩溶作用及储层特征

吕优良¹, 曹思远¹, 吕玉民²

1. 中国石油大学(北京)CNPC物探重点实验室, 北京 102249
2. 中海油研究总院新能源研究中心, 北京 100027

摘要 通过古岩溶作用标志识别和成因分析,综合利用残余地层厚度法、地貌法和印模法等技术手段,对轮古地区奥陶系古岩溶地貌进行恢复,划分3个岩溶地貌单元和8类微地貌单元,并细分古岩溶地貌分区,对分区岩溶地貌及储层发育特征进行剖析。研究认为,不同岩溶带普遍发育裂缝和孔洞,但在不同地貌分区内储集类型具有明显的差异性。其中表层岩溶带的岩溶高地和斜坡主要发育裂缝孔洞型和裂缝型储层;垂直岩溶带裂缝、孔洞均发育;而径流岩溶带中的孔洞和洞穴较发育。

关键词 古岩溶;储层特征;地貌;轮古;塔里木

中图分类号 P642.251

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.17.005

Paleo-karstification and Reservoir Characterization of Ordovician Carbonates in the Lungu Area, Tarim Basin

LÜ Youliang¹, CAO Siyuan¹, LÜ Yumin²

1. CNPC Key Laboratory of Geophysics, China University of Petroleum, Beijing 102249, China
2. New Energy Research Center, CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China

Abstract Based on the identification and genesis analysis of paleo-karstification, paleo-geomorphology of the Lungu area is reconstructed by using residual formation thickness method, geomorphologic method and impression method. Karst upland margin, karst slope, and karst valley of Ordovician carbonates in the Lungu area are marked and eight types of micro-geomorphology units are identified. The relationships between karst morphology and characteristics of carbonate reservoirs are studied in different subareas. The results show that all the karst zones develop fractures and vugs, but reservoir types are different in micro-geomorphology units. Karst upland and slope in the superficial karst zone mainly develop fracture-vug-type and fracture type reservoirs, the vertical karst zone develops fractures and vugs, and run-off karst zone is apt to develop vugs and caverns.

Keywords paleo-karstification; reservoir characterization; geomorphology; Lungu; Tarim

碳酸盐储层作为除碎屑岩外最为重要和主要的烃类储层,其形成、演化与碳酸盐岩古岩溶作用有着密切关系。塔里木盆地北部轮古地区的奥陶系碳酸盐岩古岩溶储集层发育,其发育层位多、分布广、厚度大,且岩溶作用复杂、期次多、储层非均质性强,是该区油气勘探开发的重点难点。众多学者^[1-15]应用沉积学、层序地层学、岩石学、水文地质学、地球物理学、地球化学等理论和方法对碳酸盐岩古岩溶作用及发育规律进行了大量研究。但目前为止对于古岩溶的类型、

发育的期次还存在一定的争议^[8-10],古岩溶的发育规律、控制因素以及各种古岩溶类型、古地理、古气候对储层发育的控制作用仍缺乏系统深入的研究。因此,本文结合塔北地区丰富的勘探开发资料情况,以地球物理资料及其分析资料为基础,对奥陶系碳酸盐岩古岩溶作用发育特征、成因类型和储层类型进行研究,剖析古岩溶发育规律,以期对塔北地区奥陶系碳酸盐岩油气勘探及有利区带的认识提供一定的理论和实践指导作用。

收稿日期:2014-02-24;修回日期:2014-03-17

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05024-001-01)

作者简介:吕优良,博士,研究方向为地球物理解释与反演,电子邮箱:lyl2208@163.com

引用格式:吕优良,曹思远,吕玉民.塔里木盆地轮古地区奥陶系古岩溶作用及储层特征[J].科技导报,2014,32(17):35-40.

1 区域地质简况

轮东古潜山(简称轮古)位于塔北隆起轮古低凸起中部,加里东末期区域不均衡的构造抬升,使轮古地区形成一个南倾大斜坡(图1)。轮古东地区寒武-奥陶系的断裂体系是特定的应力场中多期构造活动叠加的结果。整体具有幕式发育的特点。加里东晚期,轮古地区承受南北向挤压作用,潜山中东部的北东向断层(轮古逆断层)剧烈活动,上升盘奥陶系地层强烈拱升、形变并接受风化、淋滤和剥蚀作用。上奥陶统桑塔木组、土木休克组和一间房地层剥蚀殆尽,鹰山组地层遭受强烈岩溶淋滤作用。而此时轮古东地区构造活动相对较弱,断层活动不强烈,仅产生延伸较短的北西向逆断层,主要错断地层为奥陶系、寒武系,并被后期北东向断层所切割走滑。此时轮古东地区地层东倾,波折带已经产生,层间呈整合或平行不整合接触。海西早期,轮古地区整体重新沉降接受了石炭系海陆交互沉积,此时断层活动不剧烈。

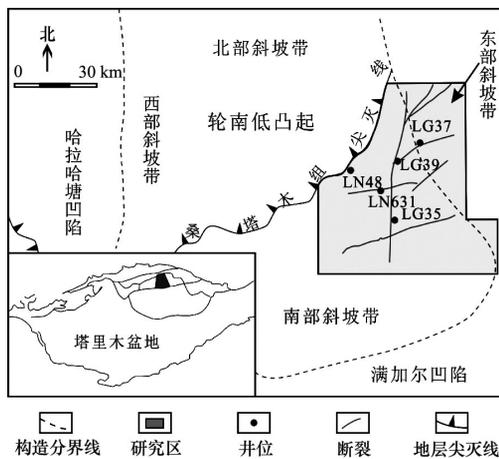


图1 研究区构造位置示意

Fig. 1 Sketch for geological location of the research area

2 岩溶相带类型及识别标志

由于河流的下切侵蚀达到地下水水位时,地表河流常常成为岩溶水的主要排水通道,并控制着岩溶水的流动状态。地下水运动方式、岩溶作用方式及岩溶发育强度,在垂向上共同作用形成不同的水动力作用带,这些不同的水动力作用带往往形成不同的岩溶特征,可以在垂向上划分出表层岩溶带、垂直渗流带、径流溶蚀带、潜流溶蚀带^[16-18]4个岩溶带如图2所示^[18]。

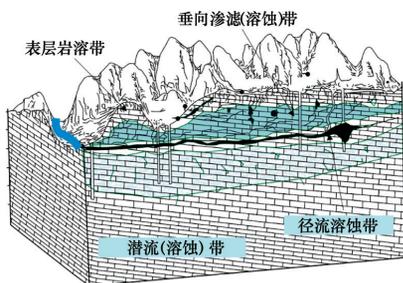


图2 岩溶垂向分带示意

Fig. 2 Sketch for vertical zonation of karst

2.1 表层岩溶带

表层岩溶带是位于表层强风化岩溶带,处于包气带上部。岩溶作用主要是地表附近的大气淡水作用下的风化、剥蚀和溶解作用,包括地表塌积、生物剥蚀和一定的沉积作用;岩溶方式以大气淡水的地表径流为主,岩溶产物主要为大气淡水产生的地表径流冲刷、溶蚀过程中形成的一些溶沟、溶洞、溶缝、溶蚀洼地、溶蚀漏斗及落水洞等,岩溶空间规模相对较小,溶蚀空间连通性相对较强,局部发育有小型岩溶管道系统。

在电测曲线上,自然伽马多呈锯齿状,该带顶部的地表残积物被砂泥质充填时则明显增大;电阻率值明显低于基质灰岩,总体上呈现出由上而下,电阻率增加的趋势;声波时差和中子孔隙度出现明显的高异常(图3)。

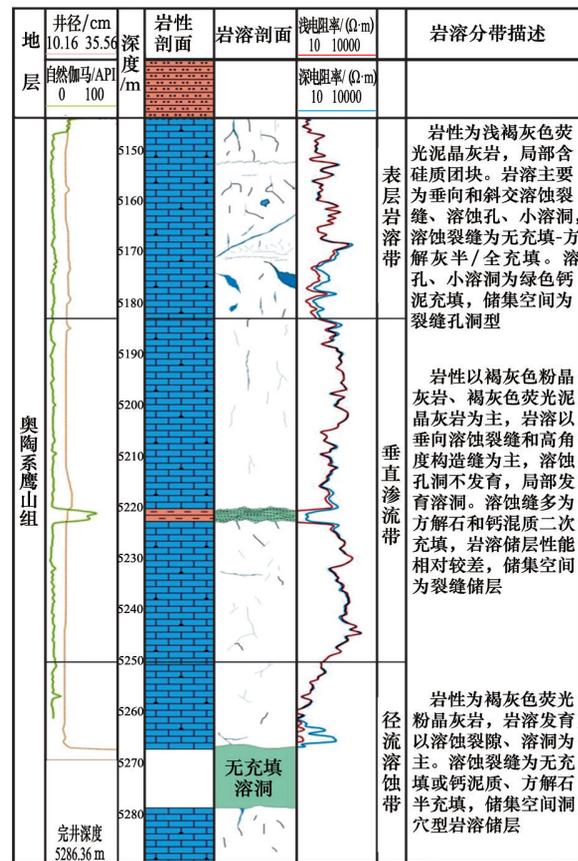


图3 岩溶带测井与岩性对照

Fig. 3 Association between karst logging and its lithology

根据完钻井岩溶分带的储层测井解释结果统计,表层岩溶带裂缝层厚度0~37.5 m,平均单井裂缝层厚度4.5 m。裂缝孔洞层厚度0~22.5 m,平均单井裂缝孔洞层厚度1.4 m。孔洞层厚度0~14.9 m,平均单井孔洞层厚度2.3 m。洞穴层厚度0~15.5 m,平均单井洞穴层厚度1.1 m。

2.2 垂直渗流带

位于表层岩溶带以下,最高潜水面以上,包气带下部,为水动力的充气带,属地下水渗滤带。水流主要是沿着岩层中

的早期裂缝向下渗流,从而发生淋滤溶蚀。该带一般岩溶发育偏弱,多形成近垂直或高角度的溶蚀缝、串珠状溶蚀孔洞和孤立的落水洞;以渗流机械充填物和重力胶结(呈新月型)为特征,并含少量化学充填物。

在测井曲线上,自然伽马呈近于平直或呈微齿状,相对于上部岩溶带较低,电阻率略低于基质灰岩,常出现呈正差异,声波时差略增加,井径无扩径或略扩径(图3)。

垂直渗流带裂缝层厚度0~85.7 m,平均单井裂缝层厚度9.7 m。裂缝孔洞层厚度0~22.6 m,平均单井裂缝孔洞层厚度2.5 m。孔洞层厚度0~41.2 m,平均单井孔洞层厚度4.5 m。洞穴层厚度0~7.5 m,平均单井洞穴层厚度0.4 m。

2.3 径流溶蚀带

位于地下水径流带,地下水流速相对较快,地下水沿断层或裂隙近水平方向径流,多形成一系列近水平溶缝、溶洞或岩溶管道系统(图3);溶蚀空间规模相对较大,同系统岩溶空间连通性较强,岩溶发育极不均一,不同地貌单元其分带厚度差异不明显,岩心发育大溶洞,充填物为钙泥质岩、粉砂岩;在测井曲线上表现为高伽马,低电阻。

径流带裂缝层厚度0~20.7 m,平均单井裂缝层厚度6.4 m。裂缝孔洞层厚度0~4.2 m,平均单井裂缝孔洞层厚度0.7 m。孔洞层厚度0~12.7 m,平均单井孔洞层厚度2.2 m。洞穴层厚度0~16.2 m,平均单井洞穴层厚度0.9 m。

2.4 潜流溶蚀带

潜流(溶蚀)带位于地下水径流带之下,地下水流速相对较慢,溶蚀空间规模相对较小,岩溶发育极不均匀,后期机械充填相对较弱,化学沉积作用相对较强,整体岩溶相对不发育,充填物以化学充填为主,在测井曲线上表现为低伽马,高电阻。

从各类储层所占地层比率来看,孔洞型储层储地比率普遍较高,其次为洞穴层,裂缝孔洞层和裂缝层(图4和图5)。

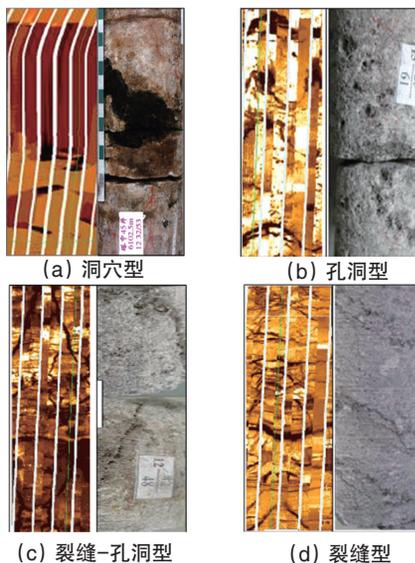


图4 碳酸盐岩储层类型岩心测井对照

Fig. 4 Comparison between logging and lithology in various carbonate reservoirs

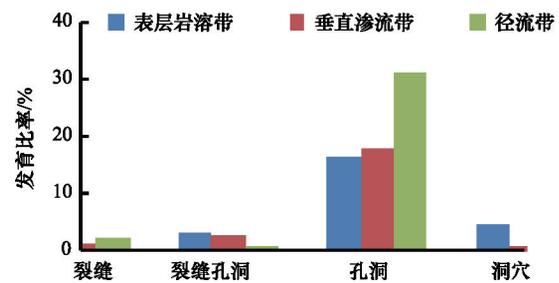


图5 轮古地区奥陶系潜山储层岩溶分带发育比率

Fig. 5 Development ratio of Ordovician reservoir types in the Lungu area

从不同岩溶分带来看,径流带储层明显好于其他分带,以发育孔洞层和洞穴层为主,储层发育优势顺序是孔洞层—洞穴层—裂缝层—裂缝孔洞层。垂直渗流带储层以孔洞层和裂缝洞穴层为主,储层发育优势顺序是孔洞层—裂缝孔洞层—裂缝层—洞穴层。表层岩溶带同样以孔洞层为主,储层发育优势顺序是孔洞层—洞穴层—裂缝孔洞层—裂缝层。

3 古岩溶地貌特征

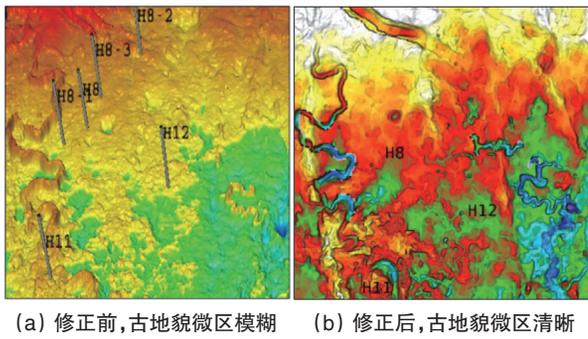
3.1 古地貌恢复

古地貌恢复技术常用的方法有残留厚度法、补偿厚度印模法、回剥和填平补齐法、沉积学分析法以及层序地层学恢复法^[19]。其中残留厚度和补偿厚度印模法是比较成熟的岩溶性潜山古地貌恢复法。

借助古潜山界面之上覆地层中某一个能够代表古海平面的地层界面(等时辅助面),利用其与风化壳间的地层厚度来求取风化壳上地形的相对高低,从而恢复古地貌,此方法相当于使用沉积层底面上泥裂、波痕的印模来恢复下覆地层顶面上的泥裂、波痕的起伏形态^[20,21]。

当潜山界面之上近距离范围内难以得到稳定连续反射的等时层时,可以用残留厚度法编制古地貌图。一般地,残厚度大的地方是剥蚀强度弱的区域,同时也是古地貌较低的区域。残厚度小的区域是剥蚀强度大的地方,往往也是古地貌较高的地方。但对于下切河道却是例外(图6(a)),恢复后的古地貌图上河道明显呈漂浮状,这不符合实际。为此,本次研究利用趋势面反转技术修正河道形体(图6(b)),发现在大范围内残厚度相对小的地方是剥蚀强度大的区域,但在三级古地貌级别来看,残厚图的细节(高频信息)具有一定的误差,甚至会产生相反的结果。因此,正确的残厚法古地貌恢复应该保留区域的低频信息,同时还需要矫正三级古地貌上的高频信息。

由于在研究区内,潜山之上只有TG21反射层相对稳定易追踪,但其分布于范围比较局限。因此,在古地貌恢复过程中,针对区内不同地区,分别利用了残厚法和印模法来恢复古地貌(图7)。



(a) 修正前,古地貌微区模糊 (b) 修正后,古地貌微区清晰

图6 利用趋势面法修正古地貌

Fig. 6 Paleo-geomorphic map modified by the trend surface analysis

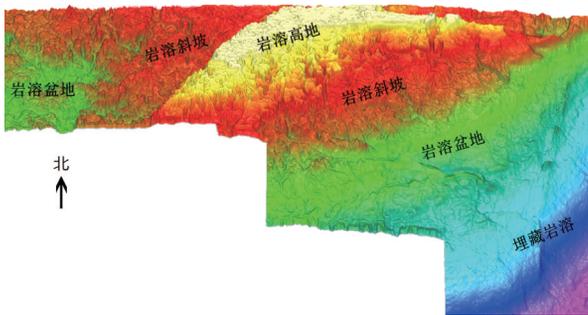


图7 轮古地区奥陶系潜山古地貌

Fig. 7 Paleo-geomorphic map of Ordovician buried-hill reservoirs in the Lungu area

3.2 古水系恢复

根据古地貌地形特点,分析降水之后潜山可能发育的水系分布区域和类型,发现该区总计发育189个古水系,面积3.63~246 km²;东部地区地貌陡峭,地势起伏小,水系数量少,水流大而长;西部地区地貌相对平坦,地势起伏大,水系数量多,水流短小;中平台居中,尤其是轮古26井区,水系急促。水系流域的大小和长短影响着古岩溶规模和深度。

3.3 岩溶平面区带划分

根据上述单井岩溶分析、岩溶剖面分析、古地貌恢复、古水系分析,对轮古奥陶系潜山岩溶划分出了1个一级岩溶区带,4个二级地貌单元(图8)。

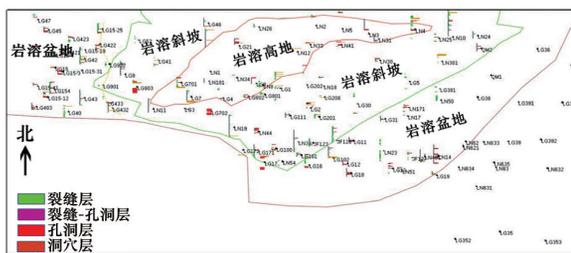


图8 岩溶分区与储层类型的关系

Fig. 8 Relationships between karst zonation and reservoir types

二级地貌单元包括岩溶高地、岩溶斜坡、岩溶盆地、埋藏岩溶4种类型。其中岩溶高地对应供水区,岩溶斜坡对应径流区,岩溶盆地对应汇流区,埋藏岩溶区对应排泄区。不同分区具有不同地貌特点和不同岩溶特点。其中,岩溶高地(补给区)多属开放或半封闭岩溶缝洞系统发育区,主要以风化、侵蚀为主,发育了裂缝型、孔洞型和洞穴型储层,储层单层厚度较小,纵向上密集发育。该带缝洞系统受后期影响,化学充填程度较高。岩溶斜坡多属封闭或半封闭缝洞系统发育区,主要渗滤为主,储层十分发育,洞穴层较多,缝洞系统不易充填。岩溶盆地多属开放或半封闭岩溶缝洞系统发育区,开放式岩溶缝洞系统易充填,处于局部分水岭地带半封闭式岩溶缝洞系统充填程度相对较低。

3.4 岩溶空间分布特征

表层岩溶带厚度为5.5~76.0 m(图9),其中峰林谷地地区储层厚度较大,溶丘洼地、峰丛垄脊次之,丘丛垄脊最不发育。在轮西大断层以东,沿岩溶高地—岩溶斜坡—岩溶盆地方向,表层岩溶带厚度具有逐渐增大的趋势。岩溶高地处于供水补给区,表层岩溶带储层类型以孔洞层、小洞穴层为主,反映该区以侵蚀为主,溶蚀为辅的特点,只保留了岩溶作用较强的储层类型。岩溶斜坡地区位于径流区,表层岩溶厚度较大,以孔洞层、洞穴层为主,发育了较大规模的洞穴层,反映了该区以溶蚀为主,侵蚀为辅的特点,是岩溶性储层发育的主要地区。岩溶盆地地区位于汇流区,表层岩溶厚度较小,以孔洞层、小型洞穴层为主。岩溶溶蚀强度还与断裂展布具有密切关系,沿着断裂走向,完钻井基本上都钻遇较好的储层。

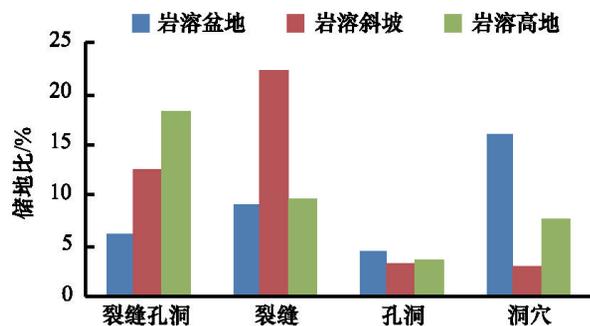


图9 表层岩溶带各岩溶分区储地比

Fig. 9 Development of reservoirs in various karst zones in surface karst zonation

垂直岩溶带厚度为11~192 m(图10),位于奥陶系顶面下11~200 m范围,带厚一般为3~100 m,厚度明显大于表层岩溶带;岩溶以溶蚀孔洞为主,同时洞穴十分发育,岩溶发育中等,属于溶蚀孔洞-洞穴型岩溶储层。总体上,峰林谷地、峰丛垄脊、溶丘洼地地区不仅厚度较大,而且储层十分发育,普遍发育洞穴。丘丛垄脊、溶丘平原地区储层不发育,尤其在轮西大断裂以西丘丛垄脊地区,储层普遍不发育。

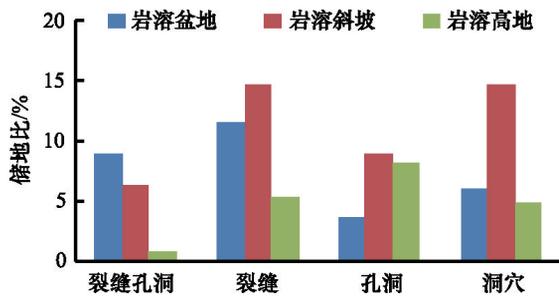


图10 垂直渗流岩溶带各分区储层发育统计

Fig. 10 Development of reservoirs in various karst zones in vertical vadose karst zonation

径流岩溶带厚度为14~45 m,钻穿的井比较少,储层以洞穴层和孔洞层为主。储层基本发育于岩溶斜坡区域的峰林谷地、溶丘洼地。同时沿着断裂走向,裂缝型储层比较发育。

4 结论

1) 不同的水动力作用带往往形成不同的岩溶特征,结合测井资料,确定区域4个岩溶作用带厚度和储集层类型。研究认为径流带储层明显好于其他分带,以发育孔洞层和洞穴层为主,垂直渗流带储层以孔洞层和裂缝洞穴层为主,而表层岩溶带以孔洞层为主。

2) 表层岩溶带中的岩溶高地处于供水补给区,储层类型以孔洞层、小洞穴层为主,岩溶斜坡地区储层类型以孔洞层、洞穴层为主,岩溶盆地储层类型以孔洞层、小型洞穴层为主。

3) 垂直岩溶带中的峰林谷地、峰丛垄脊、溶丘洼地地区不仅厚度较大,而且储层十分发育,普遍发育洞穴,但其丘丛垄脊、溶丘平原地区储层不发育,尤其在轮西大断裂以西丘丛垄脊地区。径流岩溶带储层基本发育于岩溶斜坡区域的峰林谷地、溶丘洼地。

参考文献(References)

- [1] 刘静江, 刘池洋. 塔里木盆地轮南地区奥陶系沉积储层研究新进展[J]. 中国地质, 2007, 34(3): 515-521.
Liu Jingjiang, Liu Chiyang. New advances in the study of Ordovician sedimentary reservoirs in Lunnan, Tarim basin[J]. China Geology, 2007, 34(3): 515-521.
- [2] 张涛, 蔡希源. 塔里木盆地加里东中期古岩溶作用及分布模式[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1125-1134.
Zhang Tao, Cai Xiyuan. Caledonian paleo-karstification and its characteristics in Tahe area, Tarim basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(8): 1125-1134.
- [3] 顾家裕, 周兴熙, 刘雯林. 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.
Gu Jiayu, Zhou Xingxi, Liu Wenlin. Buried-hill karst and the distribution of hydrocarbon in Lunnan area, Tarim basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.
- [4] 闫相宾, 韩振华. 塔里木盆地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. Reservoir characteristics and formation mechanisms of the Ordovician carbonate pools in the Tahe oil field[J]. Geological Review, 2002, 48(6): 619-626.

[5] 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): 75-80, 86.

Xiao Yuru, He Fengyu, Sun Yimei. Reservoir characteristics of paleocave carbonates: A case study of Ordovician paleocave in tahe oil field, Tarim basin[J]. Oil and Gas Geology, 2003, 24(1): 75-80, 86.

[6] 刘忠宝, 于炳松, 李廷艳, 等. 塔里木盆地塔中地区中上奥陶统碳酸盐岩层序发育对同生期岩溶作用的控制[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 103-109.

Liu Zhongbao, Yu Bingsong, Li Tingyan, et al. Sequence development controls on in-situ karst of the middle-upper Ordovician carbonate in Tazhong Area, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(1): 103-109.

[7] 钱一雄, 何治亮, 邹远荣, 等. 塔里木盆地塔中 I 号带西北部上奥陶统碳酸盐岩同生期岩溶——以顺 2 井为例[J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 59-66.

Qian Yixiong, He Zhiliang, Zou Yuanrong, et al. The meteoric diagenesis of the upper Ordovician carbonate rocks occurred in synsedimentary karstification in the No.1 belt of Northwestern Tazhong, Tarim basin: Taking the well Shun 2 as an example[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 59-66.

[8] 钱一雄, 邹远荣, 陈强路, 等. 塔里木盆地塔中西北部多期、多成因岩溶作用地质川地球化学表征——以中 1 井为例[J]. 沉积学报, 2005, 23(4): 596-603.

Qian Yixiong, Zou Yuanrong, Chen Qianglu, et al. Geological and Geochemical Implications for Multi-period and Origin of Carbonate Karstification in the Northwestern Tazhong: Taking Well Zhong 1 as an example[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(4): 596-603.

[9] 钱一雄, Conxita T, 邹森林, 等. 碳酸盐岩表生岩溶与埋藏溶蚀比较——以塔北和塔中地区为例[J]. 海相油气地质, 2007, 12(2): 1-7.

Qian Yixiong, Conxita T, Zou Senlin, et al. Diagenesis comparison between Epigenic karstification and Burial dissolution in carbonate reservoirs: An instance of Ordovician carbonate reservoirs in Tabei and Tazhong regions, Tarim basin[J]. Marine Geology Letters, 2007, 12(2): 1-7.

[10] 陈景山, 李忠, 王振宇, 等. 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩古岩溶作用与储层分布[J]. 沉积学报, 2007, 25(6): 858-868.

Chen Jingshan, Li Zhong, Wang Zhenyu, et al. Paleokarstification and reservoir distribution of Ordovician carbonates in Tarim basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(6): 858-868.

[11] 金之钧, 朱东亚, 胡文暄, 等. 塔里木盆地热液活动地质地球化学特征及其对储层影响[J]. 地质学报, 2006, 80(2): 245-253.

Jin Zhijun, Zhu Dongya, Hu Wenxuan, et al. Geological and Geochemical Signatures of Hydrothermal Activity and Their Influence on Carbonate Reservoir Beds in the Tarim Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(2): 245-253.

[12] 张兴阳, 顾家裕. 塔里木盆地奥陶系萤石成因及其油气地质意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(8): 2220-2228.

Zhang Xingyang, Gu Jiayu. Genesis of the fluorite in the Ordovician and its significance to the petroleum geology of Tarim basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(8): 2220-2228.

[13] 鲍志东, 齐跃春, 金之钧, 等. 海平面波动中的岩溶响应——以塔里

- 木盆地牙哈-英买力地区下古生界为例[J]. 地质学报, 2007, 81(2): 205-211.
- Bao Zhidong, Qi Yuechun, Jin Zhijun, et al. Karst development response to sea level fluctuation: A case from the Tarim area in the early Paleozoic[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2): 205-211.
- [14] 吴茂炳, 王毅, 郑孟林, 等. 塔中地区奥陶纪碳酸盐岩热液岩溶及其对储层的影响[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007, 37(S1): 83-92.
- Wu Maobing, Wang Yi, Zheng Menglin, et al. Hydrothermal in Ordovician carbonate rocks and its effect on reservoir in Tazhong Area [J]. China Science Series D: Earth Sciences, 2007, 37(S1): 83-92.
- [15] 康玉柱. 塔里木盆地塔河大油田形成的地质条件及前景展望[J]. 中国地质, 2003, 30(3): 315-319.
- Kang Yuzhu. Geological conditions of the formation of the large Tahe oilfield in the Tarim basin and its prospects[J]. China Geology, 2003, 30(3): 315-319.
- [16] 樊大亮. 层序地层学进展及在油气勘探开发中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 2006, 123-131.
- Fan Tailiang. Progress of sequence stratigraphy and its application in hydrocarbon exploration[M]. Beijing: Geology Press, 2006, 123-131.
- [17] 许红, 夏斌. 我国油气层序地层学进展及碳酸盐岩油气勘探应用[J]. 海洋地质动态, 2008, 24(4): 23-30.
- Xu Hong, Xia Bin. Progress of sequence stratigraphy and its application in carbonate reservoir [J]. Marine Geology Letters, 2008, 24 (4): 23-30.
- [18] 刘钰铭, 侯加根, 胡向阳. 塔河油田古岩溶储集体三维建模[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2012, 36(2): 34-39.
- Liu Yuming, Hou Jiagen, Hu Xiangyang. 3D modelling of paleokarst reservoir in Tahe oilfield[J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Sciences, 2012, 36(2): 34-39.
- [19] 郭少斌, 孙绍寒. 周家湾地区前侏罗纪古地貌恢复及油气富集规律[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2006, 31(3): 372-377.
- Guo Shaobin, Sun Shaohan. Rebuilding paleogeomorphology of pre-Jurassic and oil-gas accumulation regulation in Zhoujiawan area[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2006, 31 (3): 372-377.
- [20] 邢凤存, 陆永潮, 刘传虎, 等. 车排子地区构造-古地貌特征及其控砂机制[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 78-83.
- Xing Fengcun, Lu Yongchao, Liu Chuanhu, et al. Structural-paleomorphologic features of Chepaizi area and mechanism of their control on sandbodies[J]. Oil and Gas Geology, 2008, 29(1): 78-83.
- [21] 辛云路, 任建业, 李建平. 构造-古地貌对沉积的控制作用——以渤海南部莱州湾凹陷沙三段为例[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(3): 302-308.
- Xin Yunlu, Ren Jianye, Li Jianping. Control of tectonic-paleogeomorphology on deposition: A case from Shahejie Formation Sha 3 member, Laizhouwan sag, southern Bohai sea[J]. Petroleum Exploration and Development, 2013, 40(3): 302-308.

(责任编辑 刘志远)

·学术动态·



中国科协与内蒙古自治区人民政府签署战略合作协议

2014年5月28日,中国科协与内蒙古自治区人民政府在呼和浩特市签署“关于落实内蒙古‘8337’发展思路合作协议”和“落实全民科学素质行动计划纲要共建协议”。中国科协副主席、书记处书记陈章良,内蒙古自治区副主席白向群分别代表双方在协议上签字。

“关于落实内蒙古‘8337’发展思路合作协议”明确双方将本着立足实际、强化合作,优势互补、共同发展,相互支持、注重实效的合作原则,汇聚科技力量,通过大力实施“十百千万”工程、促进科技中介服务机构建设、举办院士专家草原行活动、支持开展国家级科技思想库试点工作等,为内蒙古经济社会发展提供科技支撑。加大全民科学素质工作力度,通过加强对《科学素质纲要》实施工作的组织领导、加快科普基础设施建设步伐、加大科普项目实施力度、开展青少年科技实践活动,为内蒙古经济文化建设奠定科学素质基础。支持内蒙古科协工作,通过支持指导学会能力建设、支持发展基层科协组织、支持科协人才培养和举荐,增强服务科学发展的能力。

“落实全民科学素质行动计划纲要共建协议”旨在通过加强组织领导、加大经费投入、提升服务能力、建立成效机制等共建工作,完善监测评估和支持制度,落实公民科学素质建设分工责任,建立公民科学素质建设共建机制,使内蒙古自治区到2015年公民具备基本科学素质比例超过4.75%。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35096/n10225918/15688303.html>。