

邓兴梁,张庆玉,梁彬,等.塔中Ⅱ区奥陶系鹰山组岩溶古地貌恢复方法研究[J].中国岩溶,2015,34(2):154—158.
DOI:10.11932/karst20150208

塔中Ⅱ区奥陶系鹰山组岩溶古地貌恢复方法研究

邓兴梁¹,张庆玉²,梁彬²,淡永²,李景瑞²,郝彦珍²

(1. 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;

2. 中国地质科学院岩溶地质研究所/国土资源部、广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室,广西 桂林 541004)

摘要:塔中地区在构造上是塔里木盆地中央隆起的一部分,属于中央隆起带中段的塔中低凸起。良里塔格组沉积之前吐木休克组、一间房组、鹰山组地层遭受不同程度的剥蚀,精确雕刻鹰山组顶面古岩溶地貌,对岩溶储层地质建模及有利区块预测具有重要意义。论文对比了不同古地貌恢复方法:认为印模法可以很好地雕刻微地貌形态,但是区域构造趋势却与实际不符;残厚与残厚趋势面法构建了当时的古构造,但不能刻画微地貌形态。本次研究首次提出“残厚趋势面与印模残差组合法”古地貌恢复技术,该方法不仅解决了塔中地区古地貌恢复难题,且有利于计算机实现。研究认为塔中Ⅱ区奥陶系鹰山组古地貌形态可划分为三种二级地貌单元:岩溶台地、岩溶缓坡地和岩溶盆地,并给出了不同岩溶地貌单元的划分指标体系。

关键词:碳酸盐岩;古地貌;印模法;残厚法;鹰山组;塔中

中图分类号:P641.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—4810(2015)02—0154—05

古地貌是控制盆地内沉积相发育与分布的主导因素,层序地层单元结构类型、叠加样式由基准面旋回变化控制^[1]。古地貌对层序的形成与发育以及储层的分布起着重要的控制作用,古地貌的恢复可以有助于识别储层发育与分布特点、判断古地理环境、古生物分布以及构造演化特征等^[2]。不同的地貌单元,古水动力条件不同,进而决定着岩溶发育的差异性及后期充填的程度。目前,常用的古地貌恢复方法主要有残留厚度和补偿厚度印模法^[3]、回剥和填平补齐法^[4]、沉积学分析法以及层序地层学恢复方法。但是,在实际应用中发现他们存在一些不足之处,导致古地貌恢复存在相当大的误差。塔中Ⅱ区良里塔格组沉积之前吐木休克组、一间房组和鹰山组地层遭受不同程度的剥蚀,且构造活动较强,断裂发育,给古岩溶地貌恢复带来了难度^[5]。因此,精确的恢复鹰山组顶面岩溶古地貌,对岩溶储层地质建模,寻找有利区块及预测有利储层具有重要的指导意义。

1 区域地质概况

塔中地区地处塔克拉玛干沙漠腹地,是塔里木盆地中央隆起的一部分,属于中央隆起带中段的塔中低凸起^[6]。西与巴楚断隆相接,东与塔东低隆相连,北部紧邻满加尔坳陷,南部为塘古孜巴斯坳陷,呈北西向塔中隆起是一个相对比较稳定的古隆起,自早古生代—泥盆纪形成以来,构造相对稳定,地层发育比较齐全,仅在顶部遭受剥蚀;晚古生代至中生代稳定隆升,未受断裂强烈切割破坏。自北向南塔中隆起可分为北部斜坡、中部凸起及南部斜坡三个次级构造带。该区裂缝包括成岩缝和溶蚀缝等,溶蚀缝对储集性能的改善作用贡献更大。区内多组方向断层共生有利于次级微小断层和裂缝的产生,进而有利于岩溶的形成^[1]。该区断裂构造发育,据统计约200条,从断裂的发育规模、发育时期、断开地层等方面,可分为

基金项目:国家青年基金项目(41302122);国土资源部公益性行业科研专项(201211082);973计划项目(2011CB201001);中石油塔里木油田分公司科技项目(041013080063)

第一作者简介:邓兴梁(1969—),男,博士,高级工程师,主要从事碳酸盐岩油气开发工作。

通讯作者:张庆玉(1983—),男,助理研究员,主要从事油气古岩溶研究工作。E-mail:zhangqingyu427@163.com。

收稿日期:2014—09—02

加里东期平行I号坡折带的北西—南东向逆冲断裂体系和早海西期发育的近北东—南西向及南北向的走滑断裂体系^[7-10](图1)。

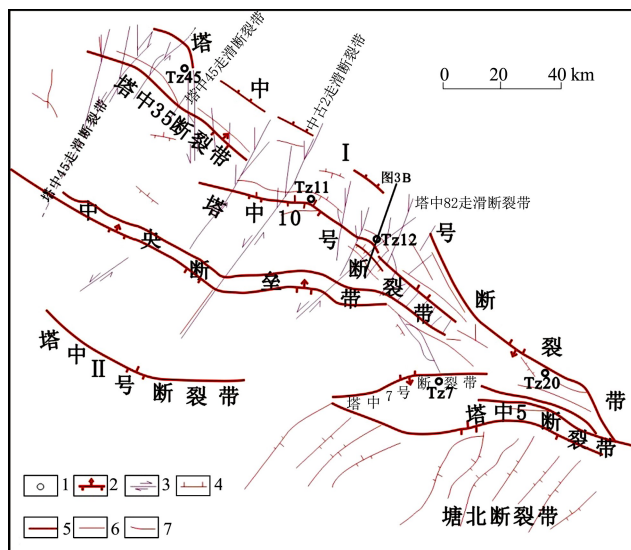


图1 研究区断裂构造图^[9]

Fig. 1 Map showing faults of study area^[9]

1—探井 2—逆断层 3—走滑断层 4—正断层 5—一级断层
6—二级断层 7—三级断层

该区奥陶系地层主要为下奥陶统蓬莱坝组、鹰山组及上奥陶统良里塔格组、桑塔木组。鹰山组主要钻遇鹰一段及鹰二段。

鹰一段以褐灰色、灰褐色巨厚层泥—粉晶灰岩为主,夹含泥灰岩、灰质白云岩、砂屑灰岩、鲕粒灰岩等。岩石灰质含量高,属于强岩溶化层组;

鹰二段岩性为褐灰色、灰色厚层状白云岩、泥—粉晶灰岩及白云质灰岩,夹燧石结核白云岩、灰岩,属于中~强岩溶化层组。

2 古地貌恢复方法研究

塔中地区在晚奥陶世吐木休克组沉积末期至良里塔格组沉积之前,由于构造抬升,吐木休克组、一间房组地层剥蚀殆尽,鹰山组($O_{1-2}y^{1-3}$)地层在全区遭受不同程度的剥蚀。反映了良里塔格组沉积前存在沉积间断的古岩溶作用。因此,鹰山组顶面岩溶古地貌研究对寻找有利储层及井位精确入靶具有重要意义^[11-12]。

2.1 印模法在该区的局限性

根据鹰山组上覆地层特征,良里塔格组良四段(O_3l^4)、良五段(O_3l^5)南部均未沉积。良二段(O_3l^2)地层中发育多种类型的生物礁,主要礁体类型为灰泥丘和少量的骨架礁、障积礁等^[13],其区域厚度不稳

定,因此不宜用其来恢复鹰山组古地貌。良三段(O_3l^3)顶面时期基本为泛海沉积,其完全覆盖了沉积间断面,且区域上较为稳定,因此,理论上良三段顶面拉平可以恢复鹰山组顶古地貌特征^[14]。

但是由于该区后期构造较强,断裂极为发育,而造成恢复的古地貌特征与实际古地貌趋势相差较大。但能较好地反应鹰山组顶面在良里塔格组沉积之前的微地貌形态。

2.2 残厚与残厚趋势面法在该区的局限性

该区鹰山组地层区域分布稳定,鹰山组与下伏蓬莱坝组地层为整合接触关系,因此可以利用残厚与残厚趋势面法根据鹰二段底($O_{1-2}y^2$)或者蓬莱坝组底(O_1p)恢复良里塔格组沉积之前鹰山组顶面古地貌特征^[15-16]。但是由于该区强烈的构造作用,该方法利用残厚趋势面镜像能反应古地貌相对趋势,由于把地层古构造趋势面作光滑考虑,未考虑沉积间断前的地层古构造趋势面变化特征及局部构造特点,不能刻画表层的微地貌形态。

2.3 残厚趋势面和印模残差组合法

本次研究针对以上方法的不足,首次提出用“残厚趋势面与印模残差组合法”来恢复塔中Ⅱ区岩溶古地貌。此方法可体现古岩溶面构造趋势与微地貌特征,为岩溶储层地质建模及预测提供依据。

(1)基于地震层位解释数据鹰山组($O_{1-2}y$)顶和鹰二段($O_{1-2}y^2$)底,利用残厚趋势面方法恢复良里塔格组沉积之前鹰山组顶面古构造趋势(图2);即利

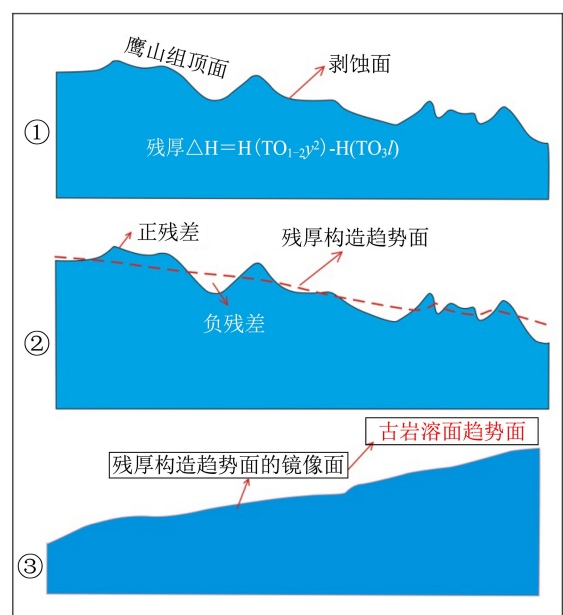


图2 鹰山组古岩溶趋势面示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the ancient karst trend surfaces

用①鹰山组二段底深度至沉积间断面深度计算残厚；②建立残厚构造趋势面并计算残差；③建立残厚趋势面的镜像面，构建古岩溶面趋势面。

(2) 基于地震层位解释数据良三段顶(O_3l^3)和鹰山组($O_{1-2}y$)顶,利用印模残差法恢复鹰山组顶面微地貌形态;塔中地区在经历了良里塔格组与鹰山组沉积间断后,于晚奥陶系又再度接受沉积。根据研究区

地震及实钻资料,依据印模法,通过对沉积间断面壳上下地层对应关系的分析,以良里塔格组二段底至鹰山组顶面沉积厚度,恢复该区古岩溶微地貌形态(图3)。

(3) 根据残厚趋势面方法恢复的沉积间断古构造趋势面与印模残差法恢复的沉积间断岩溶微地貌形态结合,恢复沉积间断面古岩溶地貌(图4)。

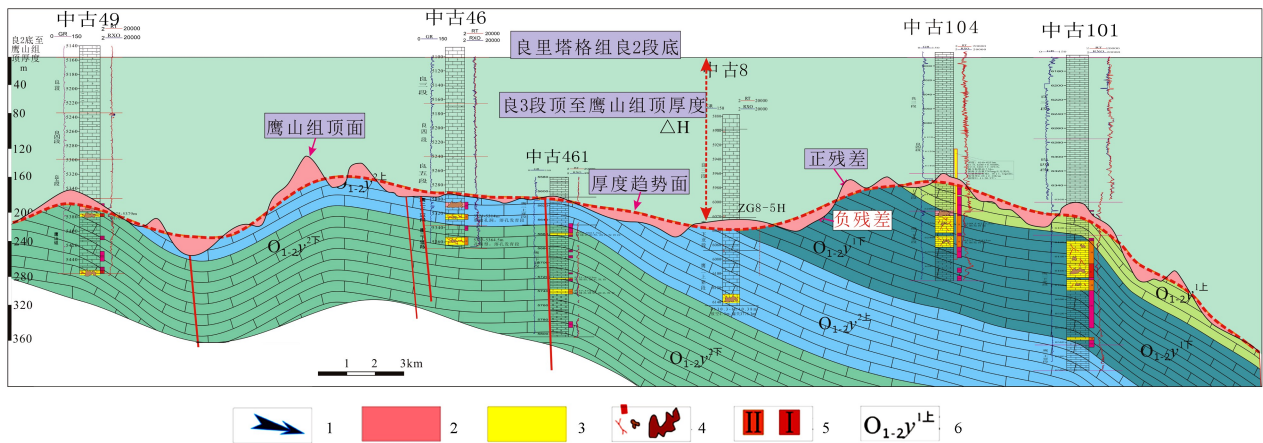


图3 印模法恢复沉积间断面岩溶微地貌方法图

Fig. 3 Impression method for recovering sedimentary discontinuity surfaces of karst landforms

1—地下水径流方向 2—高 GR 段 3—缝洞发育段 4—裂缝/溶孔/溶洞系统 5—岩溶储层及类型 6—地层代号

3 鹰山组岩溶古地貌特征

经研究,最后应用“残厚趋势面与印模残差组合法”对塔中Ⅱ区奥陶系鹰山组岩溶古地貌进行雕刻,取得了较好的效果(图5)。

根据塔中2区鹰山组顶至鹰山组二段底恢复的古地貌地形地势展布特征,结合良里塔格组二段底与沉积间断面恢复的微地貌特点,将塔中Ⅱ区二级地貌单元划分为岩溶台地、岩溶缓坡地和岩溶盆地三种,其划分指标体系见表1。

表1 塔中Ⅱ区二级地貌单元划分指标

Table 1 Indexes for subdivision of second-order geomorphic units in Tazhong II area

二级地貌类型	主要指标/m
I 岩溶盆地	$0 \leq H_c < 20$
II 岩溶缓坡地	$20 \leq H_c < 200$
III 岩溶台地	$200 \leq H_c < 300$

注: H_c 为利用残厚趋势面与印模残差组合法恢复古地貌地形所得的相对高程。

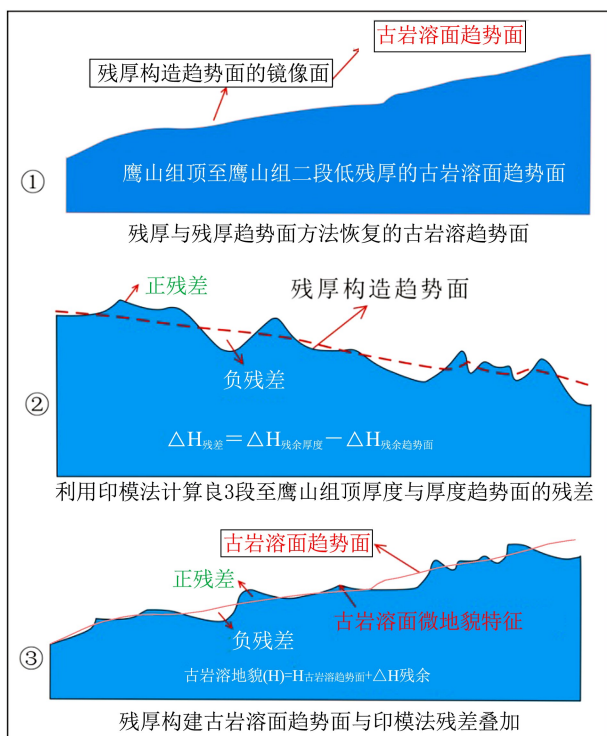


图4 印模残差与古岩溶面趋势面叠加

Fig. 4 Superposition of impression residuals and ancient karst surface trend surfaces

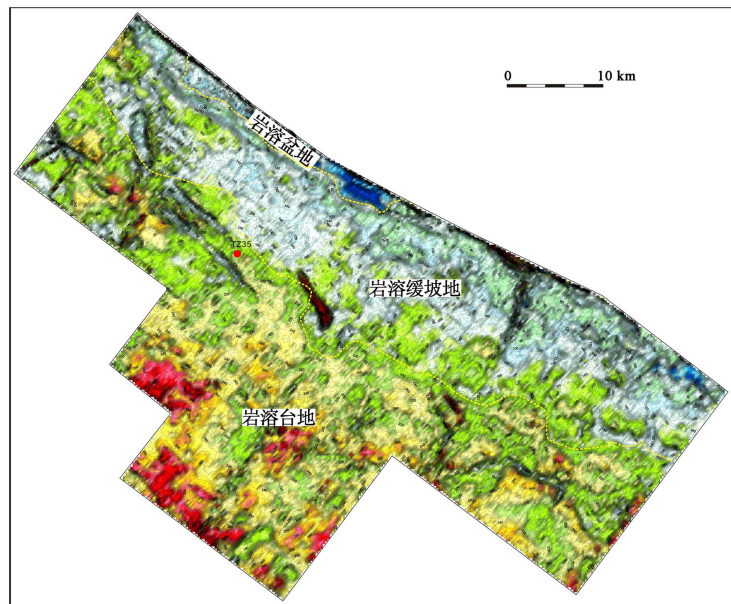


图5 塔中Ⅱ区鹰山组顶面古岩溶地貌图(二级地貌单元)

Fig. 5 Ancient karst landform of top Yingshan formation in Tazhong II area (second-order unit)

当 $0\text{ m} \leq H_c < 20\text{ m}$ 时,地形、地势平坦,地势展布平缓,地形相对高差一般小于 5 m ,属良里塔格组沉积前鹰山组风化壳岩溶期的岩溶盆地; $20\text{ m} \leq H_c < 200\text{ m}$,地形、地势有一定起伏,地形相对高差一般小于 30 m ,地势整体向北、北东方向倾斜,相对高差 $160 \sim 180\text{ m}$,属岩溶缓坡地; $200\text{ m} \leq H_c < 300\text{ m}$,地形、地势平坦,起伏较小,地形相对高差一般小于 50 m ,地势整体向北及向东、向西方向倾斜,地形坡度较小,相对高差 $50 \sim 100\text{ m}$,属岩溶台地。

4 结 论

(1)总结了印模法和残厚与残厚趋势面法在塔中地区应用的局限性,认为由于该区构造断裂活动较强,单一的印模、残厚方法已不再适用。印模法虽然可以较好地刻画微地貌形态,但是整体的构造趋势与实际不符,残厚与残厚趋势面法能体现古构造趋势,却不能雕刻微地貌形态。

(2)针对塔中构造及地层沉积特点首次提出了“残厚趋势面与印模残差组合法”恢复古地貌的技术方法手段,该方法首次在塔中Ⅱ区的应用取得良好效果。将塔中Ⅱ区奥陶系鹰山组岩溶古地貌划分为岩溶台地、岩溶缓坡地、岩溶盆地三类二级地貌类型。

参考文献

[1] 袁立,姚君波,胡有福,等.塔中地区中古8井区奥陶统碳酸盐岩地层缝洞定量雕刻与发育规律[J].科协论坛(下半月),2013,(2):129-131.

[2] 张春晓,涂峰,李东水.古地貌恢复技术的研究与应用[J].内江科技,2010,(8):97.

[3] 吴丽艳,陈春强,江春明,等.浅谈我国汽油勘探中的古地貌恢复技术[J].石油天然气学报,2005,27(4):559-560,586.

[4] 宋国奇,徐春华,樊庆真,等.应用层序地层学方法恢复加里东期古地貌:以济阳拗陷沾化地区为例[J].石油实验地质,2000,22(4):340-354.

[5] 张庆玉,梁彬,曹建文,等.测井技术在奥陶系洞穴型岩溶储层识别中的应用[J].海洋地质前沿,2011,27(5):67-70.

[6] 彭莉,刘小平,林畅松,等.塔中隆起晚奥陶世古地貌及其沉积相特征[J].石油地球物理勘探,2009,44(6):767-772.

[7] 李慧莉,邱南生,金之钧,等.塔里木盆地塔中地区地质热历史研究[J].西安石油大学学报(自然科学版),2014,19(4):36-39.

[8] 庞雄奇,周新源,李卓,等.塔里木盆地塔中古隆起控油气模式与有利区预测[J].石油学报,2011,32(2):190-197.

[9] 郭光辉,杨海军,屈泰来,等.塔里木盆地塔中隆起断裂系统特征及其对海相碳酸盐岩油气的控制作用[J].岩石学报,2012,28(3):793-805.

[10] 张明禄,王勇,卢涛,等.长庆气田下古生界气藏开发阶段储集层描述方法[J].石油勘探与开发,2002,29(5):74-76.

[11] 张庆玉,曹建文,淡水.奥陶系碳酸盐岩沉积间断古岩溶发育特征对比分析[J].西部探矿工程,2013,25(6):98-101.

[12] 张庆玉,梁彬,曹建文,等.塔里木盆地塔北露头区的古岩溶发育模式研究[J].海洋地质前沿,2013,29(12):34-38.

[13] 刘凤,王振宇,孙崇浩,等.中古2井区良里塔格组礁滩体发育特征[J].断块油气田,2009,16(5):13-16.

[14] 张庆玉,陈利新,梁彬,等.轮古西地区前石炭纪古岩溶微地貌特征及刻画[J].海相油气地质,2012,17(4):23-26.

[15] 张庆玉,梁彬,曹建文,等.哈拉哈塘一间房组古地貌及岩溶发育条件研究[J].断块油气田,2014,21(4):413-415.

[16] 王萍,袁向春,李江龙,等.塔河油田4区古地貌对储层分布的影响[J].石油与天然气地质,2011,32(3):382-387.

Reconstruction of karst palaeogeomorphology for the Ordovician Yingshan formation in the central Tarim basin

DENG Xing-liang¹, ZHANG Qing-yu², LIANG Bin², DAN Yong², LI Jing-rui², HAO Yan-zhen²

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

2. Institute of Karst Geology, CAGS / Key Laboratory of Karst Dynamics, MLR&GZAR, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract As part the central uplift of the Tarim basin, the Tazhong (central Tarim) II area is a low swell of the middle section of this uplift belt. In this area, before sedimentation of the Lianglitage formation, the strata of the Tumuxiuke, Yijianfang and Yingshan formations had experienced erosion of different degrees, leading to destruction of the original landforms. To delineate the karst paleomorphology of the top Yingshan formation is of great importance for modeling of karst reservoirs and forecasting favorable blocks in exploration. This work compares methods for paleogeomorphology reconstruction. The impression method can well describe micro morphology, but its resulting regional tectonic trends do not accord with the real ones. While the residual thickness and residual thickness trend surface method is able to build the palaeostructure at that time, but cannot depict the micro morphology. To solve this problem, this study proposes a combination approach of “residual thickness of trend surface and impression residuals” to recover the ancient karst landform. This new method not only facilitates the paleogeomorphology restoration of the Tazhong area, but also helps computer modeling. The research suggests that the Ordovician Yingshan formation of the Tazhong II area can be divided into three kinds of second-order geomorphic units, karst platform, karst basin, karst gentle slope, and gives the index system for subdivision of these landform units.

Key words carbonate, paleogeomorphology, impression method, the residual thickness method, Yingshan formation, impression the thick Tarim central uplift

(编辑 张 玲)

(上接第 135 页)

Eogenetic karstification in carbonatite and its significance for hydrocarbon geology

DAN Yong^{1,2}, LIANG Bin¹, CAO Jian-wen¹, ZHANG Qing-yu¹, HAO Yan-zhen¹, LI Jing-rui¹

(1. Institute of Karst Geology, CAGS / Key Laboratory of Karst Dynamics, MLR&GZAR, Guilin, Guangxi 541004, China;

2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract Solution caves or big karst caves can be generated in carbonatite by eogenetic karstification, which is very important for the study of distribution and genesis of such caves in karst areas of the Tarim and Sichuan basins. However, young carbonate karst is few in amount and poorly studied in China. So, a large number of foreign literature about this issue were collected and reviewed in this paper. The purpose is to present features of the caves by eogenetic karst and their corrosion mechanism, and the petroleum geological significance. (1) Young carbonatite is characterized poor cementation, loose structure, and high porosity and permeability, with uniform medium space. (2) Eogenetic karst is obviously associated with rise and fall of sea level. Especially in islands or coastal areas with fresh-salt water interaction zones, the karstification featured by mixed water is relatively intense. (3) Holes or caves which formed by eogenetic karst have such patterns that flank margin caves develop in islands while channels of mixed zones appear in coastal karst. (4) Development of karst caves depends on the CO₂ content of the freshwater, hydrological power of the mixed transition zone, and the change rate of sea level. (5) Eogenetic karst provides a theoretical reference for studying the short-term exposure of karstification during geological times. Such research will help understand formation mechanisms of hole-cave type carbonate reservoirs in internal karst areas and guide the distribution prediction of hole-cave type reservoirs in carbonatite regions.

Key words mixed karst, island karst, coastal karst, telogenetic karst, internal karst, flank margin cave, sichuan basin, tarim basin

(编辑 吴华英)