

郑多明,张庆玉,赵宽志,等.塔北哈拉哈塘地区奥陶系层间改造区岩溶古水文条件分析[J].中国岩溶,2015,34(2):179-186.  
DOI:10.11932/karst20150212

# 塔北哈拉哈塘地区奥陶系层间改造区 岩溶古水文条件分析

郑多明<sup>1</sup>,张庆玉<sup>2</sup>,赵宽志<sup>1</sup>,梁彬<sup>2</sup>,淡永<sup>2</sup>,李景瑞<sup>2</sup>

(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:**哈拉哈塘地区自北往南可分为潜山岩溶区、层间岩溶顺层改造区、层间岩溶台缘叠加区、层间岩溶斜坡区。层间岩溶一顺层改造区为潜山岩溶区和层间岩溶区过渡区域,文章对前志留纪和良里塔格组岩溶期沉积间断古岩溶水文条件特征进行了详细分析,认为地表河流特征总体表现为自北往南径流,深切河谷决定着局部排泄基准面的深度。在此基础上对地下暗河特征进行刻画,本区地下暗河类型多样,总体表现为流入型和流出型暗河管道系统发育,多为单流入、流出系统,地震反射暗河特征较明显,多为连续或断续串珠强反射,以良里塔格组岩溶期暗河最为发育,且前志留纪岩溶期“断头河”多为部分伏流出口。地下暗河管道附近往往发育大型缝洞体,是目前勘探开发重点研究攻坚对象,因此精确恢复和刻画古岩溶流域水文系统的分布特征,寻找油气藏有利储层是广大岩溶油藏专家所关注的重点。

**关键词:**古岩溶;古水文条件;层间岩溶;奥陶系;哈拉哈塘地区

**中图分类号:**P618.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-4810(2015)02-0179-08

## 0 引言

哈拉哈塘地区具有良好的油气成藏条件,是近期塔北地区油气勘探的重点关注区域,勘探的主要目标是奥陶系碳酸盐岩。为了更便于勘探开发,自北往南划分为潜山区、顺层改造区、台缘叠加区和断裂控储区四个区带。由于多期的沉积间断,北部奥陶系一间房组地层直接出露,为北部潜山区;南部桑塔木组碎屑岩覆盖区为层间岩溶区,其中紧邻北部潜山的顺层改造区岩溶发育,具有极强的非均质性,钻探揭示钻井在一间房组存在大量的放空漏失。本文研究重点为层间岩溶顺层改造区的古地表水系及地下暗河系统,旨在为探寻大型缝洞系统及有利储层提供依据。

## 1 区域地质概况

哈拉哈塘凹陷位于塔里木盆地塔北隆起中部,北

为轮台凸起,南邻满加尔凹陷,西接英买力低凸起,东部为轮南低凸起,勘探面积达4 369 km<sup>2</sup>,包括哈6区块、新垦区块、热瓦普区块和齐满区块,是塔里木油田在塔北地区奥陶系碳酸盐岩重点勘探区块<sup>[1-3]</sup>。哈拉哈塘地区奥陶系经历了加里东期、海西早期、海西晚期及燕山期—喜马拉雅期等多期构造运动。地层遭受了多期次岩溶作用,岩溶作用十分强烈<sup>[4-7]</sup>。并在顺层岩溶改造区形成了一系列以地下暗河为主体的大型岩溶缝洞体。

塔北地区自早奥陶世蓬莱坝组沉积时期开始至晚奥陶世桑塔木组沉积时期总体上经历了半局限台地相—开阔台地相—台地边缘相—台缘斜坡相—混积潜水陆棚相的演化<sup>[8]</sup>。哈拉哈塘地区早中奥陶世鹰山组沉积时期以开阔台地滩间海沉积为主,间夹台内砂屑滩沉积,横向展布稳定;至中奥陶统一间房组沉积期海水变浅,沉积相演变为开阔台地台内滩间夹生物礁沉积,横向展布稳定,滩体时常暴露,形成层间

基金项目:国家青年基金(41302122);973计划项目(2011CB201001);国土资源部公益性行业科研专项(201211082)

第一作者简介:郑多明(1974-),男,硕士,主要从事碳酸盐岩油气开发工作。

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

收稿日期:2013-10-08

溶蚀孔洞,晚奥陶世吐木休克组沉积期,沉积一套斜坡相泥晶灰岩和泥灰岩,良里塔格组沉积期为台地边缘相,早—中期为台地边缘台缘洼地瘤状灰岩沉积,晚期为台缘滩砂屑灰岩沉积<sup>[9-10]</sup>。且哈拉哈塘北部奥陶系遭受强烈剥蚀,经历三期沉积间断岩溶作用,即:奥陶系上统桑塔木组/志留系柯坪塔格组沉积间

断,良里塔格组/桑塔木组沉积间断、吐木休克组/一间房组沉积间断,桑塔木组地层局部缺失,良里塔格组地层也受到一定程度的剥蚀。桑塔木组、良里塔格组、吐木休克组、一间房组地层由南往北逐渐尖灭(图 1)。哈拉哈塘地区古生界地层及主要岩性特征见表 1。



图 1 研究区前志留纪地质构造背景

Fig. 1 Geological setting prior to Silurian period of study area

- 1—奥陶系上统桑塔木组 2—奥陶系上统良里塔格组—吐木休克组 3—奥陶系中统一间房组—鹰山组
- 4—断层 5—尖灭线 6—古水系 7—暗河 8—钻井及编号

表 1 哈拉哈塘地区古生界地层简表

Table 1 Paleozoic strata of Halahatang area

地层					地层代号、 接触关系	厚度 / m	主要岩性
界	系	统	群/组	段			
古 生 界	二叠系	下统			P	317	凝灰岩、玄武岩、泥岩、粉、细砂岩
			石炭系	中、上统	卡拉沙依组	C	197.5
	下统	巴楚组					
	泥盆系	下统	东河砂岩段		D	210	细砂岩为主
	志留系	下统	塔塔埃塔格组		S ↓角度不整合	298.5	粉—细砂岩、细砂岩、泥岩
			柯坪塔格组				
			桑塔木组	碎屑岩段			
	上统	良里塔格组		O <sub>3</sub> l	92	灰岩、瘤状灰岩、藻粘结岩	
		吐木休克组		泥灰岩段	O <sub>3</sub> t ↓平行不整合	29	紫红色瘤状、浅褐色泥晶灰岩为主, 夹褐色泥岩
	奥陶系	中统	一间房组	颗粒灰岩段	O <sub>2</sub> yj	33	砂砾屑灰岩、瓶筐石生物灰岩、鲕粒灰岩、泥晶灰岩
一段					O <sub>1-2</sub> J <sup>1</sup>	234	
中下统		鹰山组	二段	O <sub>1-2</sub> J <sup>2</sup>	195	泥晶灰岩、砂屑灰岩、砂砾屑灰岩	
			三段	O <sub>1-2</sub> J <sup>3</sup>	175		
			四段	O <sub>1-2</sub> J <sup>4</sup>	131		
下统	蓬莱坝组		O <sub>1</sub> p		云质灰岩、灰质云岩		

## 2 顺层改造区古水文系统识别与追踪

为了更便于把握区域岩溶发育规律,本文将哈拉哈塘地区按照岩溶发育特征及溶蚀作用特点划分为:北部潜山区,南部层间岩溶区,并将层间岩溶区划分为一顺层改造区、台缘叠加区和斜坡区。北部潜山区为奥陶系碳酸盐岩直接裸露,表层岩溶缝洞系统发育;层间岩溶区由于上覆桑塔木组泥岩地层,进而阻隔其直接接收大气降水淋滤的机会,北部潜山大气降水在此潜流入渗至层间区地层,岩溶顺层发育,发育大型地下暗河系统。勘探证明哈 803 井在一间房组地层发育 11.34 m 溶洞系统,漏失钻井液 1 129.5 m<sup>3</sup>;

哈 7-H12 在一间房地层钻井放空 13 m,漏失钻井液 724.79 m<sup>3</sup>。

### 2.1 前志留纪岩溶期地表河特征

奥陶系上统桑塔木组/志留系柯坪塔格组沉积间断岩溶期,顺层改造区为桑塔木组碎屑岩浅覆盖区,由于桑塔木组碎屑岩阻隔作用,潜山区地表水未能直接向南径流,而是在桑塔木组尖灭线附近形成一系列岩溶湖,或部分岩溶水顺层及沿断裂径流,形成地表径流伏流口(图 2)。后在下游河流深切部位排泄。水动力以侧向径流为主,主要以顺层岩溶或断裂岩溶发育为主,从而促使一间房组、鹰山组碳酸盐岩层间岩溶缝洞系统发育。

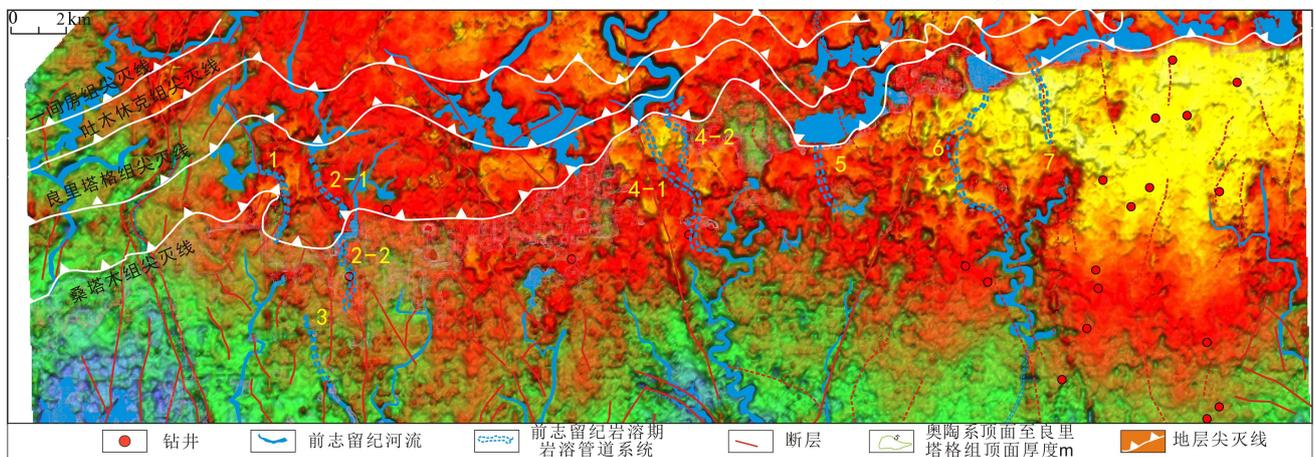


图 2 前志留纪顺层改造区岩溶古地貌与古水系特征叠合图

Fig. 2 Overlap map of ancient karst landform and ancient drainages in Pre-Silurian bedding reform area

哈拉哈塘地区顺层改造区共发育三条地表河流系统,均为从北往南径流,根据奥陶系顶面至良里塔格组顶面厚度,即桑塔木组在良里塔格组顶面残余厚度分析(图 2),I 号地表水系河道良里塔格组上覆桑塔木组地层厚 0~25 m,局部河段深切至良里塔格组地层;II 号地表水系河道良里塔格组上覆桑塔木组地层为 5~20 m,局部河段已切至良里塔格组地层;III 号地表水系河道良里塔格组上覆桑塔木组地层厚度大于 25 m,未见河谷切至良里塔格组地层。研究表明,深切古河道构成北部岩溶地下水局部排泄基准,为良里塔格组、一间房组岩溶缝洞系统发育提供了有利条件。

### 2.2 前志留纪岩溶期地下河特征

根据地震反射与古地表河流发育特征,结合前志留纪顺层改造区岩溶古地貌条件及断裂特征分析,岩

溶缝洞系统与古河道排泄基准面发育深度具有明显关系。岩溶缝洞系统发育层位主要集中于一间房组与良里塔格组地层。岩溶地下暗河发育特征明显,地下暗河附近往往发育大型缝洞体,多为从潜山区明河或者岩溶湖伏流进入本区,属于典型的流入型地下暗河系统,少数地下河在顺层改造南段河流深切处转为明河系统,形成完整的流入—流出型地下河体系。

本文将研究区共划分为 7 条暗河管道系统(表 2、图 2),且以流入型岩溶管道系统为主,流出型岩溶管道系统次之。岩溶管道系统发育不完整,局部呈现单串珠状,横向连通不连续。地下河系统在地震剖面上多表现为连续强串珠反射特征(图 3)。

### 2.3 良里塔格岩溶期地表河流特征

良里塔格组岩溶期,此区带属丘峰洼地与岩溶谷地组合地貌区。区域上属古岩溶流域补给、径流区域。

表 2 前志留纪岩溶期地下暗河发育特征统计表

Table 2 Characteristics statistics of underground rivers of Pre-Silurian karst period

暗河编号	发育位置	发育层位	暗河延伸方向/长度/km	暗河管道系统类型与暗河性质
1	新垦 3 与新垦 602 井之间	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	SN/2.0~2.5	深切河谷流入型暗河管道系统
2-1	新垦 3 与新垦 401 井之间	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	NW/2.0~2.5	属暗河管道中部系统,地震连续型强反射
2-2	过新垦 5-1 井	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	NW/1.5~2.0	暗河管道特征不明显,反射杂乱且相对较弱
3	过新垦 601 井附近	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	NW/2~2.5	流出型暗河管道系统,中部含天窗,地震强反射
4-1	哈 11-5 东侧,过哈 11 井	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	NW/4.5~5.0	4 号暗河管道支管道;属由潜山区至浅覆盖区流入型岩溶缝洞系统,地震强反射
4-2	过哈 121-2 井	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	SSW/3~3.2	4 号暗河管道支管道;属由潜山区至浅覆盖区流入型岩溶缝洞系统,地震强反射
5	过哈 12 井与哈 12-1 井附近	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	NNW/2~2.2	前半段流入型,地震反射较强,后半段不明显
6	过哈 10-1X 及哈 10-7 井附近	O <sub>2</sub> yj/O <sub>3</sub> l	SN/5~5.5	为岩溶湖流入型缝洞系统,地震反射连续型弱
7	过哈 16-1-哈 702-哈 7-6 一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	NNW/3~3.5	为流入型暗河管道系统

此区地势缓慢向南方向倾斜,地形相对高程为 550~650 m,地形起伏较大,峰洼相对高差一般为 50~80 m,水系切深较大,一般 80~100 m,具有较多岩溶槽谷,古水系切割把良里塔格组岩溶地貌分割成多个近南北延伸的丘峰洼地与岩溶谷地、峰丛谷地地貌单元。该岩溶期地表水系发育,切深较大,局部切穿良里塔格组和吐木休克组地层至一间房组,形成北部潜山区岩溶地下水局部排泄基准面,为该期一间房组岩溶缝洞系统发育的主要水动力条件。同时,也是良里塔格组碳酸盐岩储层发育的主要控制因素。

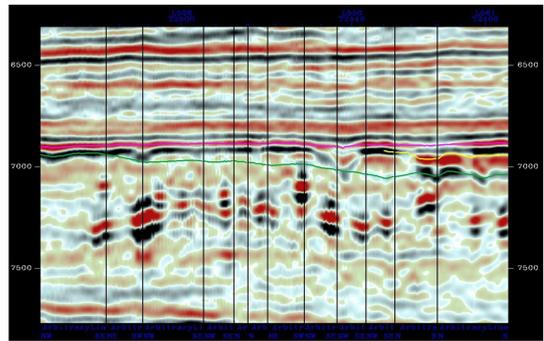


图 3 前志留纪岩溶地下暗河地震响应特征  
Fig. 3 Feature of seismic responses of Pre-Silurian karst underground rivers

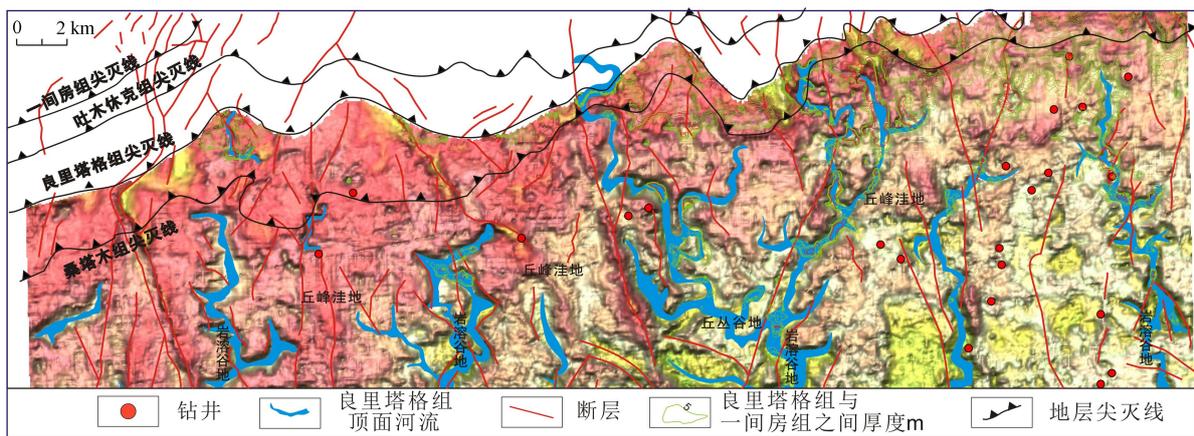


图 4 良里塔格组岩溶期顺层改造区古地貌与地表水系叠合图

Fig. 4 Overlap map of ancient landform and surface drainages in bedding reform area of Halahatang

### 2.4 良里塔格裸露岩溶期地下河特征

良里塔格组岩溶期暗河管道系统发育,为该区地下河主要发育时期。研究表明,岩溶地下暗河管道系

统发育方向与地表水系发育主方向基本一致。岩溶缝洞发育层位主要集中于一间房组及鹰山组上部。本次结合地震反射结构特征及岩溶古地貌共刻画出

5 个暗河管道系统、29 条暗河管道(图 5,表 3)。地下暗河形态不规则,多为枝状、单管道状,所识别的单条暗河管道发育规模多集中在 3~4 km;在地震剖面上多具有连续或断续串珠状强反射特征(图 6)。该区暗河管道系统发育不完整,多属流入型或流出型岩溶管道,仅局部发育中部岩溶管道系统,这点同前志留

纪岩溶期地下暗河管道发育特征类似(表 3)。

识别出的地下暗河类型多样化,可分为:流入型暗河系统(图 7)和流出型暗河系统(图 8),天窗型暗河管道系统(图 9),以及暗河管道的中部缝洞系统(图 10)。

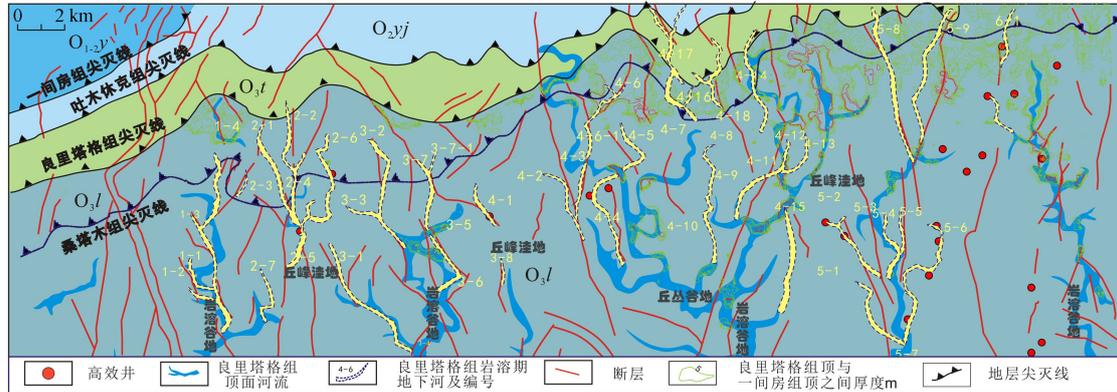


图 5 良里塔格岩溶期顺层改造区岩溶古流域明、暗河特征图

Fig. 5 Superficial and underground rivers in bedding reform area of Lianglitag karst period

表 3 良里塔格组岩溶期地下暗河发育特征统计表

Table 3 Statistics of underground rivers of Lianglitage formation karst period

暗河编号	发育位置	发育层位	暗河延伸方向/长度/km	暗河管道系统类型与暗河性质
1-1	XK6 与 XK601 井之间	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	NE/1.0~1.5	流出型暗河管道
1-2	XK6 与 XK601 井之间	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	NE/0.8~1.2	流出型暗河管道
1-3	XK3 井西侧-XK601 井	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	NS/8~9	1-3 属流入型暗河管道、
1-4	-XK602 井西侧			1-4 属流出型暗河管道
2-1	XK3 井东侧	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSE/3~3.5	属由潜山区至浅覆盖区流入型
2-2	XK401 井西侧	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSE/2.5~3.0	属由潜山区至浅覆盖区流入型
2-4	XK401-XK5-1 井西侧	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSW/3~3.5	上段属流出型、下段属流入型
2-5	XK401-XK5-1	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSW/7~7.5	属中部岩溶缝洞系统,2-6 具有天窗
2-6				
2-7	XK601 井东侧	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSW/3~3.5	上段属流出型、下段属流入型
3-1	XK5 井-XK501-XK403 井一带	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SE/6~6.5	暗河管道中部岩溶缝洞系统
3-2				3-2 属暗河管道中部岩溶缝洞系统;
3-3	XK401 井与 XK4 井之间	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSE/5~5.5	3-3 属流出型岩溶缝洞系统
3-7				
3-5	XK4-XK403 井一带	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSE/7~7.5	3-5,3-6 属流入型;3-7 属流出型岩溶缝洞系统
3-6				
4-1	XK402-XK404 井一带	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSE/1.5~2.0	属暗河管道中部岩溶缝洞系统
3-8			SSE/1-1.2	
4-2	Ha11-5-Ha11-1 井一带	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSE/2.5~3.0	属暗河管道中部岩溶缝洞系统
4-6	Ha8-Ha121-1-Ha11-1 井	O <sub>2yj</sub> /O <sub>1-2y</sub>	SSW/6.0~6.5	4-6 属流出型岩溶缝洞系统;
4-3				4-3 属流入型缝洞系统

续表 3

暗河编号	发育位置	发育层位	暗河延伸方向/长度/km	暗河管道系统类型与暗河性质
4-5	Ha121-Ha11-2-Ha11-	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/7.5~8.0	4-5 属流出型岩溶缝洞系统;
4-4	Ha11-3 井一带			4-4 属流入型缝洞系统
4-17	沿 Ha802 西侧—Ha8-2PT2 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/4.0~4.5	属流入型缝洞系统
4-18	沿 Ha12-2 西侧	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/2.5~3.0	属流入型缝洞系统
4-16	沿 Ha12 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/1.5~2.0	属流入型缝洞系统
4-14	沿 Ha802-1C 南侧—Ha12-12 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/4.0~4.5	属自潜山区至浅覆盖区流入型缝洞系统, 具有暗河天窗
4-9	沿 Ha12-1-Ha12-2 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/4.5~5.0	属暗河管道中部岩溶缝洞系统
4-12	沿 Ha10-7-Ha12-4 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SW/5.0~5.5	4-12 属流入型缝洞系统; 4-13 属流出型岩溶缝洞系统; 4-11 缝洞特征不明显
4-13				
4-11				
4-15	沿 Ha603C-Ha6 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/4.0~4.5	属流入型与流出型缝洞组合, 中部岩溶缝洞系统不发育
5-8	沿 Ha702-Ha7-6 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SE/5.0~5.5	属自潜山区至浅覆盖区流入型缝洞系统, 具有暗河天窗
5-9	沿 Ha15-3-Ha7-9-Ha7-9 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SSW/6.0~6.5	属自潜山区至浅覆盖区流入型缝洞系统, 具有暗河天窗
5-1	沿 Ha601-Ha601-10 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SE/3.0~3.2	属于暗河管道中部缝洞系统
5-2	沿 Ha601-6-Ha601-2-Ha601-7 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SE/3.0~5.5	暗河中部缝洞系统
5-4	沿 Ha601-11-Ha601-1 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SE/2.5~3.0	属自潜山区至浅覆盖区流入型缝洞系统
5-5				
5-6	Ha601-4-Ha601-5-Ha601-1-Ha601-9-Ha601-8 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SW/6.0~6.5	流出型暗河管道
6-1	沿 Ha7-2-Ha7-5 井一带	O <sub>2</sub> yj/O <sub>1-2</sub> y	SN/4.0~4.5	属暗河中部缝洞系统, 特征明显, 属多个缝洞系统组合
6-2				

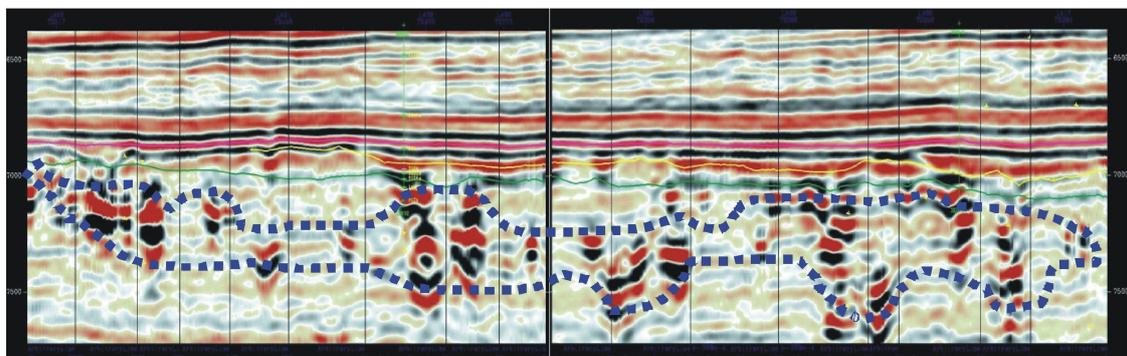


图 6 良里塔格岩溶期地下暗河地震响应特征

Fig. 6 Seismic responses of underground rivers of Lianglitag karst period

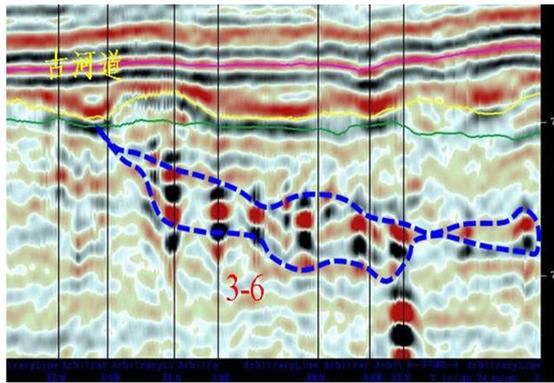


图 7 流入型暗河系统

Fig. 7 Underground river system of flow-in type

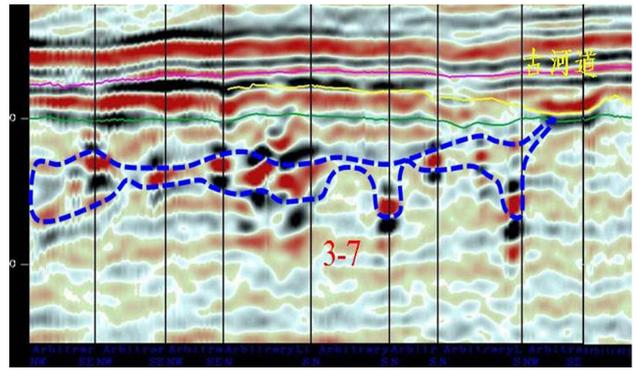


图 8 流出型暗河系统

Fig. 8 Underground river system of flow-out type

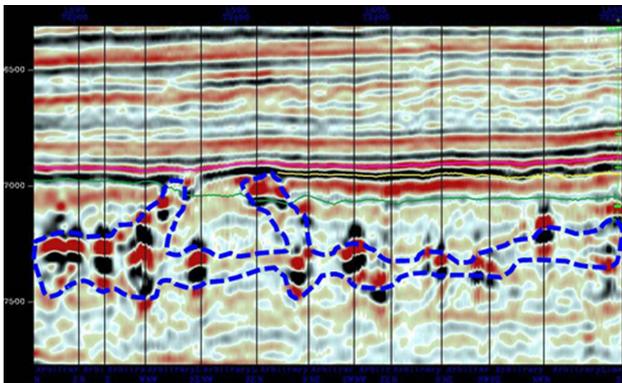


图 9 天窗型暗河系统

Fig. 9 Underground river system of roof-light type

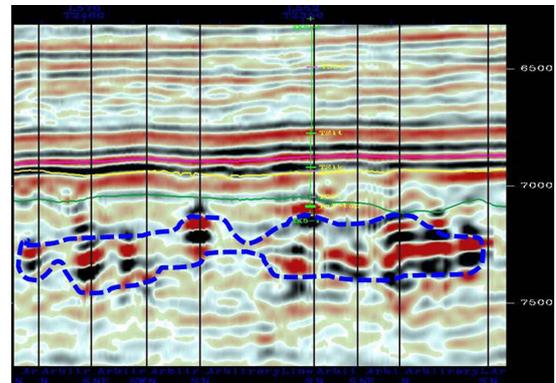


图 10 暗河中部岩溶缝洞系统

Fig. 10 Karst fissure-cavity system in central underground river

### 3 结 论

(1)哈拉哈塘地区自北往南划分为潜山岩溶区、层间岩溶—顺层改造区、层间岩溶—台缘叠加区、层间岩溶—斜坡区;层间岩溶—顺层改造区为潜山岩溶区和层间岩溶区过渡区域,由于不同岩溶层组叠加,岩溶差异性溶蚀明显,岩溶地下暗河管道系统发育,靠近暗河附近往往发育大型缝洞体,是目前勘探开发重点研究攻坚对象,因此精确恢复和刻画古岩溶流域水文系统的分布特征已引起广大岩溶专家学者的关注。

(2)对前志留纪岩溶期和良里塔格组暴露岩溶期的古水动力条件特征进行了详细分析,地表河流特征表现为总体自北往南流,深切河谷决定着局部排泄基准面的深度。在此基础上对地下暗河特征进行刻画,其地震响应特征对应为连续或断续串珠强反射。

(3)针对两期次岩溶地下暗河进行刻画,地下暗河类型多样化,总体表现为流入型和流出型暗河管道系统发育为主,多为单流入、流出系统,地震反射暗河特征较明显,且以良里塔格组岩溶期暗河发育为主,

且前志留纪岩溶期“断头河”多为部分伏流出口。

### 参考文献

[1] 姜华,汪泽成,王华,等.地震沉积学在塔北哈拉哈塘地区古河道识别中的应用[J].中南大学学报(自然科学版),2011,42(12):3804-3810.

[2] 倪新峰,张丽娟,沈安江,等.塔里木盆地英买力—哈拉哈塘地区奥陶系岩溶储集层成岩作用及孔隙演化[J].古地理学报,2010,12(4):467-479.

[3] 张硕,马青,高春海.哈拉哈塘地区奥陶系碳酸盐岩储层地质建模[J].内江科技,2012,(6):116-117.

[4] 张学丰,李明,陈志勇,等.塔北哈拉哈塘奥陶系碳酸盐岩岩溶储层发育特征及主要岩溶期次[J].岩石学报,2012,28(3):815-826.

[5] 崔海峰,郑多明,滕团余.塔北隆起哈拉哈塘凹陷石油地质特征与油气勘探方向[J].岩性油气藏,2009,21(2):54-58

[6] 朱光有,刘星旺,朱永峰,等.塔里木盆地哈拉哈塘地区复杂油气藏特征及其成藏机制[J].矿物岩石地球化学通报,2013,32(2):231-242.

[7] 朱光有,杨海军,朱永峰,等.塔里木盆地哈拉哈塘地区碳酸盐岩油气地质特征与富集成藏研究[J].岩石学报,2011,27(3):827-844.

[8] 卢玉红,肖中尧,顾乔元,等.塔里木盆地环哈拉哈塘海相油气地

- 球化学特征与成藏[J]. 地球科学, 2007, 37(增II): 167-176.
- [9] 倪新峰, 张丽娟, 沈安江, 等. 塔里木盆地英买力-哈拉哈塘地区奥陶系碳酸盐岩岩溶型储层特征及成因[J]. 沉积学报, 2011, 29(3): 465-474.
- [10] 张丽娟, 马青, 范秋海, 等. 塔里木盆地哈6区块奥陶系碳酸盐岩古岩溶储层特征识别及地质建模[J]. 中国石油勘探, 2012, (2): 1-7.
- [11] 陈利新, 潘文庆, 梁彬, 等. 轮南奥陶系潜山表层岩溶储层的分布特征[J]. 中国岩溶, 2011, 30(3): 327-333.
- [12] 黄成毅, 邹胜章, 潘文庆, 等. 古潮湿环境下碳酸盐岩缝洞型油气藏结构模式: 以塔里木盆地奥陶系为例[J]. 中国岩溶, 2006, 25(3): 250-255.
- [13] 张庆玉, 陈利新, 梁彬, 等. 轮古西地区前石炭纪古岩溶地貌特征及刻画[J]. 海相油气地质, 2012, 17(4): 23-26.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 张庆玉, 梁彬, 曹建文, 等. 塔里木盆地轮古西地区奥陶系古潜山岩溶作用机理与发育模式[J]. 石油实验地质, 2015, 37(1): 1-7.
- [17] 张庆玉, 梁彬, 曹建文, 等. 塔里木盆地塔北露头区古岩溶发育模式研究[J]. 海洋地质前沿, 2013, 29(12): 34-38.
- [18] 夏日元, 唐建生, 邹胜章, 等. 塔里木盆地北缘古岩溶充填物包裹体特征[J]. 中国岩溶, 2006, 25(3): 246-249.

## Ancient hydrological conditions of the Ordovician transformation zones in the Halahatang area, northern Tarim

ZHENG Duo-ming<sup>1</sup>, ZHANG Qing-yu<sup>2</sup>, ZHAO Kuan-zhi<sup>1</sup>, LIANG Bin<sup>2</sup>, DAN Yong<sup>2</sup>, LI Jing-rui<sup>2</sup>

(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** From north to south, the Halahatang area of northern Tarim can be divided buried hill in karst, interbed karst bedding reform, interbed karst platform-margin overlap, and karst slope zones. Among these, the inter-bed karst-bedding reform zone is the transition area between the buried hill karst and bedding karst zones. This paper presents a detailed analysis on the ancient karst hydrological conditions for sediment discontinuity in the Pre-Silurian and Lianglitage formation karst period. The results suggest that the surface drainages are characterized overall by runoff from north to south and deeply incised valleys that decided the depth of the local discharge datum. There are various kinds of underground rivers, which are of flow in and flow out types as pipeline systems, mostly in single inflows and outflows. On seismic reflection profiles, these rivers can be recognized by continuous or intermittent beaded strong reflections, of which the karst subsurface river of the Lianglitage formation is particularly obvious. Most of beheaded rivers of the Pre-Silurian have hidden outlets. In the vicinity of these underground rivers, there exist big fissure-cavity bodies which are the important targets in current exploration. Thus accurate reconstruction and description of the hydrology of these ancient karst drainages would be help to search for favorable reservoirs of hydrocarbon.

**Key words** paleokarst, ancient hydrological conditions, interbed karst, Ordovician, Halahatang area

(编辑 张 玲)