

文章编号:1001-6112(2008)06-0552-05

# 塔里木盆地塔河地区三叠系油气勘探现状与对策

丁勇<sup>1,2</sup>, 王允诚<sup>1</sup>, 黄继文<sup>3</sup>

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 成都 610059;

2. 中国石油化工股份有限公司 西北油田分公司 勘探开发研究院, 乌鲁木齐 830011;

3. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

**摘要:**塔里木盆地塔河地区三叠系圈闭类型多样, 主要为复合型。构造圈闭总体上表现为构造幅度低、闭合面积小; 岩性圈闭主要受控于相变和砂体尖灭, 砂层厚度多在 20 m 以内。三叠系埋藏深度多在 4 200 m 以上, 埋深大、圈闭面积小、幅度低、岩性圈闭砂体薄、识别难度大、次生油气分布不均匀是目前塔河地区三叠系勘探的难点。通过层序格架的建立、地震振幅属性的深入研究、低幅度圈闭识别、非构造圈闭识别、砂体追踪与对比和沉积微相研究, 勘探开发一体化立体勘探等各种手段与方法的应用, 在三叠系低幅度与岩性圈闭勘探方面取得显著进展。

**关键词:** 油气勘探; 构造圈闭; 岩性圈闭; 三叠系; 塔河油田; 塔里木盆地

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

## EXPLORATION ACTUALITY AND COUNTERMEASURE OF THE TRIASSIC OIL RESERVOIRS IN TAHE OILFIELD OF THE TARIM BASIN

Ding Yong<sup>1,2</sup>, Wang Yunchen<sup>1</sup>, Huang Jiwen<sup>3</sup>

(1. Department of Petroleum, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Exploration & Exploitation Research Institute of Northwest Oilfield Branch, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 3. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

**Abstract:** The Triassic traps were multiplex with mainly compounded types in Tahe Oilfield of the Tarim Basin. Structural traps generally were with low amplitude and small close area. Lithologic traps were mainly controlled by sedimentary facies and sands pinchout. The sand thickness of lithologic traps was mostly less than 20 meters. The burial depth of the Triassic mostly was more than 4 200 meters. Deep burial, small trap area, low amplitude, difficult recognition of thin sand layer, uneven distribution of pools were the difficult factors of the Triassic exploration. By the means of consolidating basic research, including the establishing of sequence framework, indepth research of seismic amplitude, identifying of low amplitude traps, identifying of nonstructural trap, study of sands body tracing and sedimentary sub-facies, and so on, some good results have been achieved in the Triassic exploration in Tahe oilfield.

**Key words:** oil mal gas exploration; structural trap; lithologic trap; Triassic; Tahe Oilfield; the Tarim Basin

新疆塔里木盆地塔河油田主体构造位于沙雅隆起阿克库勒凸起(图 1), 三叠系构造圈闭的勘探始于 1988 年, 当时发现了西达里亚构造, 1990 年发现了西达里亚油气田; 20 世纪 90 年代初, 落实了桑塔木 1 号构造并获得油气突破, 发现了塔河 1 区三叠系油气藏; 1996、1997 年落实了桑塔木构造、艾南构造并获得油气突破, 发现了塔河 2 区三叠系油气藏。之后在奥陶系的大规模勘探中, 又相继在桑塔木 5 号、桑东 3 号、于奇西地区三叠系获

得油气发现, 三叠系圈闭总体表现为圈闭面积小、幅度低, 油气分布复杂, 油气藏规模小而落实难度大。总结三叠系勘探成果、在低幅度圈闭落实及岩性圈闭识别等方面采用的对策, 对扩大三叠系油气发现, 加快三叠系勘探进程有着重要意义。

### 1 塔河油田三叠系勘探现状

勘探初期的三叠系油气发现集中于盐边东部。20 世纪 90 年代初发现了塔河 1 号三叠系油气藏;

收稿日期: 2007-04-09; 修订日期: 2008-10-22。

作者简介: 丁勇(1968—), 男, 高级工程师, 博士生, 从事石油地质综合研究工作。E-mail: dingyongemail@163.com。

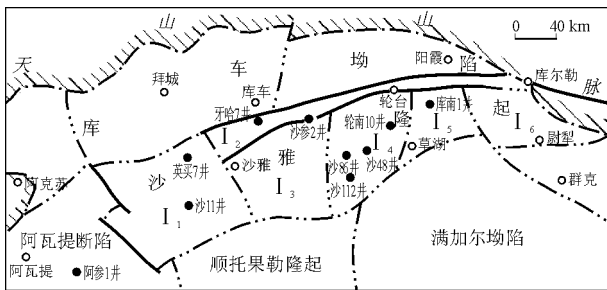


图1 塔里木盆地塔河油田构造位置

Fig.1 Regional structural of Tahe oilfield in the Tarim Basin

1996、1997年,塔河油田的桑塔木构造上的沙41、沙51井、艾南构造上的沙56井在三叠系钻获高产工业油气流,发现了塔河油田2区,进一步推动了塔河油田三叠系盐边油气勘探开发的进程。

近几年,塔河地区三叠系在盐上新领域、在低幅度背斜、岩性油气藏等新圈闭类型油气勘探中不断获得新发现。2000年在盐边以北S73井的上油组、下油组分别获得油气突破,将三叠系油气发现向北扩大;2004年,于奇地区YQ3井三叠系上油组获良好油气显示,YQ4对上油组测试获得工业油气,实现了于奇地区三叠系油气突破;2005年对塔河南部盐上地区的沙110井在三叠系中油组测试获得工业油气,揭开了三叠系盐上勘探领域的突破。2005年通过开展三维地震资料精细解释以及储层特征研究,发现落实了一批盐上三叠系岩性圈闭及复合型圈闭,目前在阿克亚苏和塔河南等一批构造和岩性—构造复合型圈闭上以三叠系为目的层钻探的AT1,AT2,THN1等井均获得工业油流。从该地区的储层沉积特征、构造和圈闭形态分析看,主要是以岩性尖灭控制为主体的、受岩性上倾尖灭、断裂及局部微背斜控制的复合型圈闭油气藏。塔河地区三叠系隐蔽圈闭的勘探还刚刚起步,前景十分广阔。

## 2 塔河油田三叠系勘探难点

塔河油田三叠系圈闭类型复杂多样,且多以低幅度构造或岩性、地层圈闭或构造加岩性的复合圈闭为主。勘探初期以寻找背斜型圈闭为主,随着勘探开发进一步深入,能识别的圈闭越来越少,圈闭识别难度越来越大。工区内三叠系埋深大,多在4200 m以上,构造圈闭幅度小(多小于20 m),上、中、下3套厚层砂体横向连续性好,难以形成岩性圈闭。只有在薄砂层或泥岩段砂岩夹层中能形成岩性圈闭,物探识别难度大。因此,三叠系低幅度

构造与岩性圈闭识别是塔河油田三叠系油气藏勘探中最关键的问题之一,也是难点所在。其次,前期研究表明三叠系油气藏主要为次生调整油气藏,且成藏较晚。次生调整运聚成藏的因素决定了油气分布比较分散而不均匀,油气沿疏导层运移路径分布,因此三叠系疏导网络体系的研究也是勘探难点之一。

## 3 塔河油田三叠系勘探对策与效果

近年来针对塔河油田三叠系勘探难点,借鉴东部油田隐蔽圈闭勘探提出的以“五线”研究落实圈闭的思路和方法,即通过落实岩性尖灭线、地层超覆线、地层剥蚀线、砂体顶面构造线和砂体厚度等值线,加强沉积相、沉积微相研究,开展精细断裂解释,沿“断裂带、地层尖灭带、有利沉积相带”发现新的圈闭类型,针对砂体进行构造解释,落实砂体顶面构造形态,砂体厚度分布,进而综合岩性尖灭线、地层超覆线、地层剥蚀线、砂体顶面构造线和砂体厚度等值线的分析,确定砂体的空间展布。以该思路和方法对塔河油田三叠系隐蔽圈闭识别与评价进行了探索,主要采取的对策是以识别砂体分布、非构造圈闭识别与评价为主线,从点(钻井、测井)、线(钻井对比剖面、地震剖面)、面(地震解释与井震联合反演进行综合研究)的三维空间开展了系统研究工作,取得较好应用效果。

### 3.1 层序地层学研究

以层序地层学理论为指导,在岩心观察研究基础上,开展了单井高分辨率地层层序的划分,进行详细的地层对比、砂层组或小层的划分,大比例尺的沉积相研究,从沉积相律上进行高分辨层序的对比,在工区内三叠系中识别出6个以不整合面为界的I型层序边界,包括柯吐尔组底部区域性不整合面、中统阿克库勒组底部下砂层组底界、下砂层组内部、中砂层组底界,及哈拉哈塘组上砂层组底界、内部和哈拉哈塘组顶部(三叠系顶)区域性不整合面,据此将三叠系划分为边界均为侵蚀沟谷形成的I型层序边界的6个三级层序(表1)。

研究区构造活动较弱,低位期基准面上升,侵蚀沟谷发生充填作用,由于辫状河道的相互侵蚀、叠加,形成了巨厚的低位砂体;湖侵期湖水由西南部侵入,遍布全区,广泛发育半深湖—深湖和滨浅湖的沉积;高位期基准面下降,可容纳空间减小,物源供应充分,发育三角洲和湖泊相滨浅湖沉积。根据研究区层序地层学格架,建立了塔河油田三叠系层序地层沉积模式(图2),从宏观上先确定砂体格

表 1 塔里木盆地塔河油区三叠系剖面特征

Table 1 Characteristics of the Triassic sequence in Tahe oilfield of the Tarim Basin

系	地 层			波组 界面	层序	厚度/m	岩性	主要沉积相
	统	组	段					
三 叠 系	上 统	哈拉哈塘组	哈 II 段	-T <sub>4</sub> <sup>6</sup> -	SQ6	45~90	泥岩	浅湖相
			哈 I 段	T <sub>4</sub> <sup>6S</sup>	SQ5	35~130	砂岩、含砾砂岩夹泥岩	分流河道、河口沙坝
	中 统	阿克库勒组	阿 IV 段	T <sub>4</sub> <sup>5Z</sup>	SQ4	21~99	泥岩夹细粉砂岩	浅湖、河湾、席状砂
			阿 III 段		SQ3	1.5~65	砂岩及含砾砂岩	分流河道、河口沙坝
			阿 II 段		SQ2	14.5~86	泥岩	滨浅湖
			阿 I 段	T <sub>4</sub> <sup>6X</sup>	SQ1	63~152	砂岩、含砾砂岩、砂砾岩	分流河道、河口沙坝
	下 统	柯吐尔组				0~77	泥岩	浅湖相

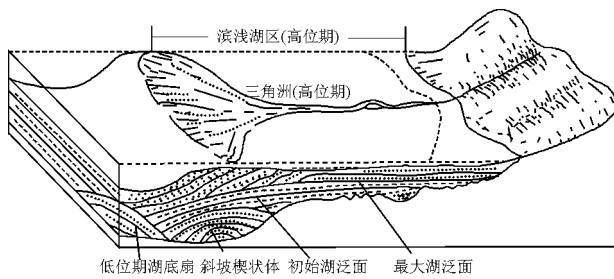


图 2 塔里木盆地塔河油田三叠系层序地层沉积模式示意

Fig. 2 Sketch map of the Triassic depositional model in Tahe oilfield of Tarim Basin

架及岩性圈闭可能发育区域。

在单井层序格架建立的基础上,通过主干剖面及加密剖面进行层序地层学连井剖面的解释,将单井层序界面深度加到相应的三维地震剖面中,利用反演地震剖面可清晰反映河道的相互侵蚀、叠加及河道的下切作用,改变了因测井连井对比中存在的井间距过大、难以控制砂体尖灭点的不足,通过地震反演的结果可以清楚的确定体系域或砂体的尖灭点,为层序对比提供了可靠的依据。在此基础上绘制三叠系砂体厚度图、各层序沉积相平面图(图 3),同时预测隐蔽圈闭的有利发育区。对已完钻各类井分层位进行油气显示统计,寻求隐蔽圈闭与各种体系域的相关性,通过平面成图,优选有利岩性圈闭分布区,锁定重点研究目标重点刻画。

### 3.2 地震精细处理

精细解释工作分 4 步进行,首先进行目标储层的精细标定,二是精细构造解释成图,三是利用叠前时间偏移数据进行第二轮解释成图,四是利用叠前、叠后资料成果(包括构造图、地震特殊处理解释成果图等)进行综合解释,发现、落实圈闭。

针对三叠系圈闭类型的特点,加强变速成图技

术研究,建立起能够反映实际地质情况的时—深转换关系,提高低幅度构造、岩性圈闭的发现和落实概率。对重点优选区进行叠前偏移技术研究,进一步提高三叠系目的层资料的分辨率、保真度和信噪比,利用精细相干体分析技术、三维可视化解释技术、地震属性分析技术、地震测井联合反演技术和模式识别油气检测等技术,精细标定目标砂体的展布、构造形态,描述低幅度构造圈闭和岩性、地层不整合等隐蔽圈闭。

通过正演模型分析及钻井地质统计,建立、并不断提高了地震振幅与储层含油气性关系的研究认识,形成以地震振幅找油为核心的识别三叠系油气藏的技术。在含油气地震振幅阈值统计的基础上,结合与局部构造、断裂等地质条件的配合关系,确定地震振幅异常分级标准,即地震振幅异常与低幅度构造相匹配的为一级异常;与构造背景、或可能岩性圈闭相匹配的二级异常;与上述二者都不匹配的为第三级异常。以上振幅信息的进一步分析总结,为利用地震振幅进行油气预测奠定了定量分析依据和地质、构造综合评价依据,减少了地震预测的多解性。

结合钻探井分析表明三叠系低幅度圈闭与地震振幅有密切的关系,一般情况下,低幅度构造与地震的强振幅相对应,低幅度构造闭合面积与强振幅异常的分布范围基本相同。在低幅度构造识别与评价中总结出了以下几点:1)地震隆起  $t_0$  形态与构造形态相似;2) $t_0$  幅度与利用平均速度求取的构造幅度具有 1 ms 相当于 1.6~1.8 m 的关系;3)大于含油气门槛值的地震振幅属性形态与构造形态相匹配,与含油气分布范围相匹配。

地震振幅的影响因素非常多,主要地质因素为砂体厚度、砂体物性、流体性质、振幅提取的时窗等,由于振幅影响因素的多样性决定了不能单一的

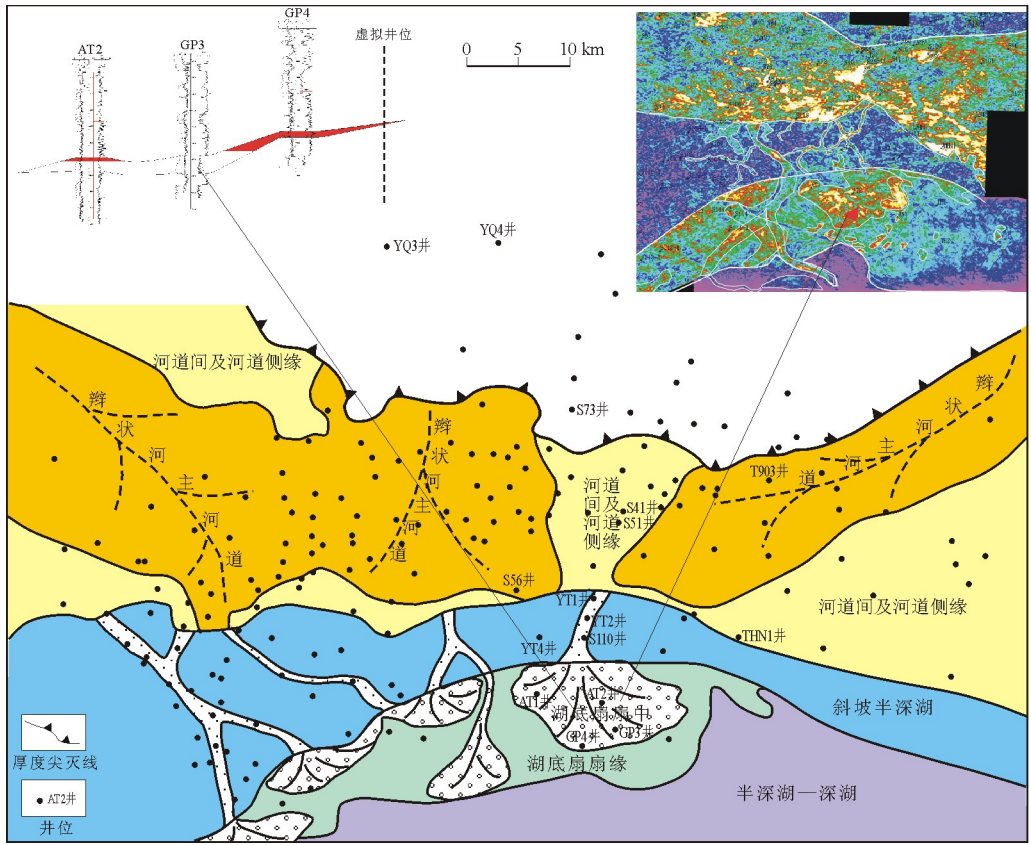


图 3 塔里木盆地塔河油田三叠系 SQ4 低位体系域阿克亚苏地区上倾尖灭圈闭  
 Fig. 3 Up-dip pinchout of the Triassic in SQ4 low stand system tract in Akeyasu area in Tahe oilfield of the Tarim Basin

利用绝对振幅统一模式进行油气预测,还要综合波形分析、时窗以及频谱衰减等方法,并结合沉积环境、构造、断裂等进行系统分析,减少地震振幅预测的多解性。通过对岩石物理测定及模型正演研究为地震振幅属性与砂体厚度分布或岩性组合之间的响应关系为岩性圈闭的识别奠定了理论基础。

利用三叠系地震属性(振幅、相干等)提取技术,能清晰地刻画出中油组砂体的展布范围和尖灭线,能很好识别与评价岩性圈闭。研究表明地震属性异常特征与野外现代辫状河的模式具有很强的可比性。塔河地区中油组砂体总体表现为席状、中强振幅、长连续反射,砂体不发育地区则主要对应大片的弱-空白反射。据此反射特征可以较清楚地预测中油组砂体平面分布情况及其尖灭线位置,强振幅区可能代表砂岩发育区,弱振幅区可能是砂岩厚度较薄直至尖灭,或是砂岩太厚到顶底可分辨的程度;尖灭线分布在强振幅向弱振幅变化、反射连续性变差(波消失)的分界处。根据薄层反射特征研究,以反射波振幅预测砂岩厚度,以相干分析、可视化技术研究砂体的空间分布,从而识别岩性圈闭。

实践表明,通过对 YT1, S1102 等 9 口井储油

薄层标定及统计,基于空间地震属性的变化识别了小于  $\lambda/4$  厚度的砂体。中油组砂岩厚度与振幅具明显的正相关,砂层越厚振幅值越强。在 YT2 井区进行砂体厚度预测已得到很好应用;YT4 井预测中油组 17 m,实钻 21.5 m,预测厚度与实钻吻合度较高。

通过开展上述工作,克服了三叠系圈闭幅度低、

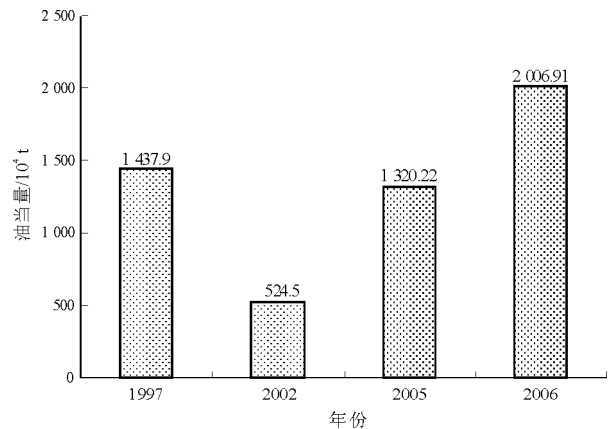


图 4 塔里木盆地塔河油田三叠系探明储量提交情况  
 Fig. 4 Situation of proved Triassic reserves in Tahe oilfield of the Tarim Basin

岩性圈闭难落实的困难,2006 年新发现圈闭 11 个(层圈闭 16 个),重新落实圈闭 16 个,落实圈闭层位 35 个。储量大幅增长(图 4),发现并落实了以 T903 为代表的低幅度构造圈闭和以 YT2 三叠系中油组河道砂典型岩性复合圈闭群,在三叠系低幅度和岩性复合圈闭勘探上均取得了较好的效果。

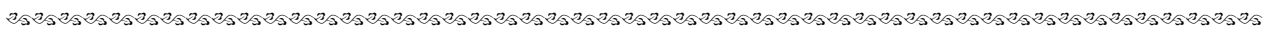
#### 4 结论

塔河油田三叠系圈闭类型多样,构造圈闭幅度低、闭合面积小;岩性圈闭砂体薄,岩性变化大。针对三叠系圈闭类型多、埋深大、圈闭面积小、构造幅度低、岩性圈闭砂体薄、识别难度大等油气勘探现状及勘探的难点,通过层序格架的建立、以地震精细处理为手段,通过地震振幅属性的深入研究为低幅度圈闭识别、非构造圈闭识别、砂体追踪与对比提供了好的思路和方法。实践表明该对策在塔河油田三叠系低幅度构造与岩性圈闭勘探中取得了显著效果。

#### 参考文献:

- 1 顾 忆. 塔里木盆地北部塔河油田油气藏成藏机制[J]. 石油实验地质,2000,22(4):307~312
- 2 王洪辉,李德发,刘文碧. 塔东北阿克库勒三叠系油气藏特征及流体性质研究[J]. 成都理工学院学报,1995,22(3):30~35
- 3 吴因业,顾家裕,施和生等. 从层序地层学到地震沉积学[J]. 石油实验地质,2008,30(3):217~220
- 4 王晓东,王 玲,张星海. 塔河 1 号三叠系油气藏特征及成藏机理[J]. 新疆地质,2003,21(2):240~242
- 5 杨 飞,张宏艳,陈俊生. 岩性油藏勘探方法研究[J]. 石油实验地质,2007,29(1):95~98
- 6 李桂荣,巢 阳. 塔河油田三叠系油藏特征分析[J]. 石油物探,2004,43(4):407~409
- 7 赵迎月,顾汉明,蔡成国. 塔河油田三叠系砂岩储层地震正响应特征[J]. 天然气工业,2008,28(6):52~55
- 8 王者顺,樊佳芳,高 鸿等. 塔河油田叠后地震资料高保真处理技术[J]. 物探与化探,2004,28(5):436~438
- 9 蒲仁海,翟晓先,严 华等. 塔河油田典型地震相[J]. 石油地球物理勘探,2007,42(3):308~314
- 10 王汝珍,袁联生,李 鹏等. 三维叠前时间偏移技术在塔河地区的应用[J]. 勘探地球物理进展,2006,29(5):360~369

(编辑 叶德燎)



(上接第 551 页)

- 3 陈红汉,李纯泉,张希明等. 运用流体包裹体确定塔河油田油气成藏期次及主成藏期[J]. 地学前缘,2003,10(1):190
- 4 王铁冠,王春江,何发岐等. 塔河油田奥陶系油藏两期成藏原油充注比率测算方法[J]. 石油实验地质,2004,26(1):74~79
- 5 Wang T G, He Faqi, Wang Chunjiang, et al. Oil filling history of the Ordovician oil reservoir in the major part of the Tahe Oil-field, Tarim Basin, NW China [J]. Organic Geochemistry, 2008, 39(11): 1637~1646
- 6 王传刚,王铁冠,张卫彪等. 塔里木盆地北部塔河油田原油分子地球化学特征及成因类型划分[J]. 沉积学报,2006,24(6):901~908
- 7 赵宗举,王招明,吴兴宁等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系储层成因类型及分布预测[J]. 石油实验地质,2007,29(1):40~46
- 8 林忠民. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征及成藏条件[J]. 石油学报,2002,23(3):23~26
- 9 林忠民. 塔里木盆地塔河油田奥陶系大型油气藏形成条件[J]. 地质论评,2002,48(4):372~376
- 10 闫相宾,张 涛. 塔河油田碳酸盐岩大型隐蔽油藏成藏机理探讨[J]. 地质论评,2004,50(4):370~375
- 11 翟晓先. 塔河大油田新领域的勘探实践[J]. 石油与天然气地质,2006,27(6):751~761
- 12 张达景,吕海涛,张 涛等. 塔河油田加里东期岩溶储层特征及分布预测[J]. 沉积学报,2007,25(2):55~64
- 13 刘小平,孙冬胜,吴欣松. 古岩溶地貌及其对岩溶储层的控制:以塔里木盆地轮古西地区奥陶系为例[J]. 石油实验地质,2007,29(3):265~268
- 14 张达景. 塔里木盆地塔河地区奥陶系古岩溶储层形成机理及分布规律[D]: [学位论文]. 北京:石油大学,2007
- 15 鲁新便,高博禹,陈姝媚. 塔河油田下奥陶统碳酸盐岩古岩溶储层研究:以塔河油田 6 区为例[J]. 矿物岩石,2003,23(1):87~92
- 16 叶德胜,王根长,林忠民等. 塔里木盆地北部寒武—奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气前景[M]. 成都:四川大学出版社,2000
- 17 王飞宇,金之钧,吕修祥等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法[J]. 地球科学进展,2002,17(5):754~762
- 18 高 波,刘文汇,范 明等. 塔河油田成藏期次的地球化学示踪研究[J]. 石油实验地质,2006,28(3):276~280
- 19 高 波,范 明,刘文汇等. 塔河油田天然气的碳同位素特征及其成因类型[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):618~622
- 20 Jacob H. Disperse solid bitumens as an indicator for migration and maturity in prospecting for oil and gas [J]. Erdol und Kohle, 1985, 38: 365

(编辑 徐文明)