

文章编号：1006-6616(2002)03-0201-06

海相成油新理论与塔河大油田的发现

康玉柱

(中国石化集团公司西部新区勘探指挥部, 乌鲁木齐 830011)

摘要：塔里木盆地北部超亿吨级塔河油田是中国第一个海相古生界大油田，它的发现、探明与创新理论的指导及采用先进技术有直接关系，本文阐述古生代海相成油理论、塔河油田的发现、基本特征及前景展望。

关键词：油田；成油理论；古岩溶；储量

中图分类号：TE121.3 **文献标识码：**A

1 古生代海相成油理论的建立

1984年9月西北石油局在塔北地区设计的沙参2并于井深5391m奥陶系喜获高产油气流，日初产油 1000m^3 ，天然气 $200 \times 10^4\text{m}^3$ ，成为我国古生代海相油气田的重要里程碑。之后，又连续发现古生界油气田，经过“七五”、“八五”科技攻关，笔者研究总结了塔里木盆地和国内有代表性古生界油气田成藏特征，于1992年首次建立了我国古生代海相成油理论^[1]。“九五”以来，又充实了这一理论。其主要内容：

(1) 多时代、多类型盆地叠加复合形成了巨大的海相沉积体，并造就了形成丰厚油气资源的构造、沉积背景和良好环境。

(2) 多时代生油岩、多期生油。盆地古生界生油岩有：上震旦统、寒武—奥陶系、志留系、石炭—二叠系等。由于盆地长期处于多旋回条件，使生油岩具长期生油特征。因此，油气资源十分丰富。

(3) 多时代、多类型的储集层系有：震旦系、寒武—奥陶系、志留—泥盆系及石炭—二叠系。储集岩有：碎屑岩、碳酸盐岩及火山岩等。而碳酸盐岩储集空间为：孔、洞、缝。孔、洞、缝储集体发育是大油气田形成重要因素之一。

(4) 油气具有长距离运移的特征。这是有别于陆相成油特征之一。

(5) 多期成藏。主要成藏期有：海西早期、海西晚期，印支—燕山期，喜马拉雅期，但以海西晚期和喜马拉雅期为主要成藏期。

(6) 多成藏模式。古生界成藏模式有：古生古储；后生古储；后生中储；后生新储。

(7) 油气分布特征。古生界海相油气田主要分布在古隆起、古斜坡、断裂带和区域性不

收稿日期：2001-12-18

作者简介：康玉柱(1936-)，男，教授级高工，1960年毕业于长春地质学院，长期从事和领导新疆石油普查和勘探工作。

整合面附近。

根据上述理论的指导,西北石油局坚持在古生界找大油气田的思路,先后在沙雅隆起、中央隆起区发现多个油气田,其后在塔北地区又发现了塔河大油田。

2 塔河大油田的发现

塔河大油田位于塔里木盆地北部沙雅隆起阿克库勒凸起的西南斜坡上(原艾协克—桑塔木地区),已控制含面积约 720km²。

1984年9月24日,塔北雅克拉构造沙参2井于奥陶系重大突破后,迎来了塔里木盆地的古生代海相地层为主要目的层的勘探热潮。先后发现了雅克拉、阿克库勒、东河塘、塔中等油气田。1990年10月在塔河3号(原艾协克构造上)完钻的沙23井于下石炭统获高产油气流,这是塔河大油田的第一口发现井,并于奥陶系灰岩中发现良好油气显示。但由于当时测试工艺存在技术问题,未获工业油气流。1991年9月在塔河1号(原桑塔木构造)三叠系又获高产油气流,这是第二口发现井。从此该地区成为西北石油局主要勘探区块之一。笔者坚持在奥陶系找大油气田,加大勘探力度。根据三维地震解译新资料,于1996年在塔河3号区又布了沙46井、沙47井、沙48井等。各井均在下奥陶统灰岩中获高产油气流。初步形成了大油田的轮廓。之后,勘探工作全面铺开。2001年初经国家科委审定,共探明储量 2.0×10⁸t 油当量。由此,形成了塔河超亿吨张油田。这是塔里木盆地乃至全国第一个古生界大油田。

3 塔河油田特征^[2]

3.1 地层和构造

塔北沙雅隆起于加里东中晚期开始出现,海西期快速抬升,一直到石炭纪时才下沉接受沉积。因此,奥陶系经过长期风化淋滤作用,形成大面积非常发育的古岩溶区。

油田区沉积地层为震旦系—奥陶统、下石炭统、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系和新近系。

早海西构造运动使本区成为阿克库勒凸起西南斜坡上的奥陶系潜山(丘)带(区),石炭系披覆其上,三叠系形成了低幅度构造。其含油层主要为奥陶系,其次是石炭系及三叠系(图1)。

区内发育了三组断裂:即:NNW向压扭性逆断裂、NEE向张扭性及SN向压扭性断裂。这些断裂系统对奥陶系古岩溶的形成及油气运移和聚集起了重要作用。

3.2 储集类型

塔河油田奥陶系碳酸盐岩孔、洞、缝三种储集空间以不同的组合构成了4类储层:裂缝型、孔洞—裂缝型、裂缝—孔洞型和生物礁(滩)孔隙型(表1)。

3.3 储集体分布规律

塔河油田奥陶系储集体三种基本类型的储集空间以不同组合形式出现,其分布规律受构造条件、成岩环境、原岩性质、岩溶发育程度、古地貌、古水文条件等方面的控制,分布规律如下:

(1) 裂缝—孔洞型储层纵向上有两个主要发育带,一是风化面附近的地表岩溶—渗流岩

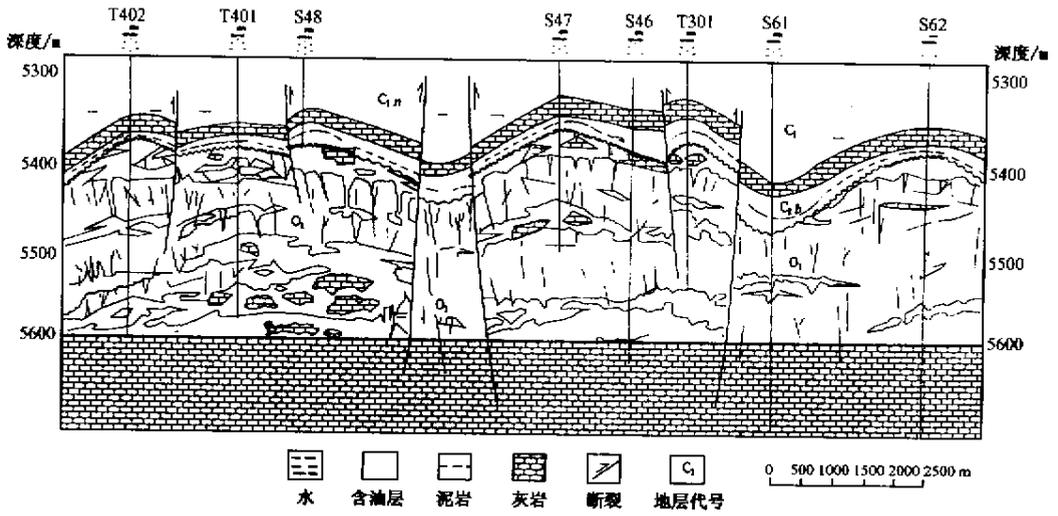


图 1 塔河Ⅲ、Ⅳ号油气田奥陶系油气藏剖面示意图

Fig.1 Section sketch showing Ordovician oil and gas reservoir at Ⅲ and Ⅳ oil and gas fields in Tahe

溶带上部；二是潜流岩溶带。主要缝洞发育带大多位于风化面以下 200m 范围内，受岩溶发育深度的明显控制。中—上奥陶统与下奥陶统分界面附近也是一个岩溶发育的有利带。

表 1 塔河油田碳酸盐岩储层类型及特点

Table 1 Type and characteristics of carbonate rock reservoir in the Tahe oilfield

储层类型	主要储集空间	岩溶发育情况	油气产出特点	代表区块
裂缝型	裂缝	较发育	初产高	塔河 3 号
孔洞—裂缝型	孔洞、裂缝	发育	产量较高—高	塔河 3 号
裂缝—孔洞型	裂缝、孔洞	发育	高产、稳产	塔河 3 号
生物礁（滩）孔隙型	孔隙	较发育	已获油气流	O ₂₋₃ 尖灭线附近

(2) 海西早期形成的 NE 构造线与海西晚期形成的近 EW 向构造线的交汇处也是裂缝—孔洞型储集体发育的有利场所。海西早期形成的裂缝为岩溶发育提供了良好的通道，海西晚期所形成的裂缝改善了早期缝洞的连通性，使储集空间在一定范围内连通。

(3) 在古背斜构造的轴部，由于受强烈挤压应力的作用，平行背斜走向产生一系列断裂和张性节理，为岩溶发育提供了地下水必要的导流条件，特别在两组断裂的交汇处，是裂缝—孔洞型储集体的主要发育部位。岩溶孔缝洞的分布一般由古构造的轴部向两翼由以洞为主逐渐变为以缝为主的洞缝储集体和少量裂缝的孔缝储集体，储集性能相应由好变差。

(4) 岩溶缓坡区储集体发育。在同一个岩溶斜坡内，岩溶强弱程度受次一级古地貌控制。地貌高部位，风化侵蚀程度高，即被埋藏后的岩溶残丘，岩溶缝洞相对发育。因此，斜坡上的残丘一般比低洼处的储集性能好。

(5) 生物礁（滩）孔隙型储集体分布于下奥陶统顶部，沿塔河油田中—上奥陶统尖灭线附近分布。

(6) 由深部岩溶作用和成岩作用形成的缝合线、缝合线溶孔、微孔隙组合成的储集体主

要发育在距风化面 200m 以下的部位, 储渗条件相对较差。

3.4 储盖组合

(1) 盖层条件 塔河油田奥陶系油藏的直接盖层为下石炭统巴楚组双峰灰岩及下泥岩段。塔河油田南部还发育有中—上奥陶统的棕红色泥灰岩、灰质泥岩段, 也可形成较好的局部盖层。

(2) 储盖组合 塔河油田奥陶系主要发育 4 种储盖组合: 石炭系巴楚组泥岩(盖)—奥陶系风化面岩溶储集体(储); 奥陶系地表岩溶坡积层(盖)—其下岩溶储集体(储); 中—上奥陶统泥灰岩(盖)—下奥陶统一间房组礁(滩)相灰岩(或经裂缝、岩溶改造)(储); 下奥陶统致密灰岩及岩溶充填层(盖)—岩溶储集体(储)。其中以第一种最重要、分布也最广泛; 第四种储盖组合主要发育在距风化面 100m 之下的范围, 有时可能出现大型溶洞。

3.5 油(气)藏类型

目前, 据区内奥陶系发现的油(气)田实际资料分析, 奥陶系的油(气)藏圈闭类型主要有两种:

(1) 古风化壳潜山(丘)型: 奥陶系经过海西运动抬升和长期风化剥蚀淋滤作用, 使其表面发育裂缝、溶孔(洞), 成为油气聚集空间, 形成圈闭或油气藏, 又可细分为背斜潜山和断块潜山。古风化壳厚度一般在 50m~100m, 如塔河 3、4 号油田。

(2) 岩溶储集体型: 由于长期的风化淋滤作用, 在渗流带和潜流带内形成较发育的裂缝、溶孔、溶洞等储集体形成的油(气)藏, 这类圈闭有的分布在构造高部位, 有的分布在斜坡或谷地等部位。如塔河 3 号沙 46 井 5556m 处油层是在奥陶系古风化壳下 180 多米。

3.6 岩溶主要形成期和岩溶古地貌

海西早期: 志留—泥盆纪沉积之后, 由于本区强烈抬升、风化淋滤、剥蚀作用, 岩溶开始形成。

海西晚期: 石炭—二叠纪沉积之后, 本区第二次抬升并遭风化、淋滤、剥蚀及断裂活动, 进一步扩展和强化第一次岩溶体。

印支—喜马拉雅期: 由于构造运动和地下水作用, 使奥陶系岩溶带特别是潜流岩溶带进一步扩展。

岩溶古地貌横向上划分为岩溶高地、岩溶斜坡和岩溶凹地; 纵向上划分为地表岩溶带, 渗流岩溶带和潜流岩溶带。

3.7 油气成藏期

(1) 海西早期: 寒武系—下奥陶统烃源岩, 在海西早期为成熟—高成熟阶段, 这是第一次成藏期, 生成了大量油气。

(2) 海西晚期: 是本区第二次成藏期, 此期寒武系烃源岩进入高成熟—过成熟阶段, 下奥陶统烃源岩为生油高峰—高成熟期; 中、上奥陶统进入成熟期。这个时期是本区主要成藏期。

(3) 印支—喜马拉雅期: 是盆地内第三个成藏期。

3.8 原油成因特点

塔河油田无论是三叠系、石炭系还是奥陶系的原油均为海相, 来源于寒武—奥陶系烃源岩。原油物性变化很大, 从凝析油—轻质油—重质油其原油密度由东向西变重, 含硫量增大, 纵向上为上轻下重。原油轻烃指纹表明塔河原油总体上为高成熟原油(表 2)。

天然气特点: 东部以凝析气为主、赋存状态多为气顶气, 西部则以溶解气为主, 成熟度

东高西低，并有晚期高一过成熟气的混入，充注是由东向西连续进行的（表 3、4）。

塔河油田奥陶系油藏油水关系复杂，不存在层间水；地层水总矿化度平均为 219467 mg/L，密度 1.154g/cm³，水型为 CaCl₂ 型，属高矿化卤水（表 5），地层水性质总体上变化不大。

表 2 塔河油田奥陶系地面原油物性表

Table 2 Ground properties of Ordovician crude oil at the Tahe oilfield

油区及油质	相对密度	动力粘度	凝固点	含盐量	含硫量	含蜡量
	/g/cm ³	/mPa·S	/°C	/mg/L	/%	/%
凝析油	0.819	3.7	-2.6	114.3	0.57	7.6
3号 常规原油	0.849		-2	685.3	0.94	6.8
重质油	0.948	215.1	-1.25	3363.2	2.73	6.4
4号重质油（平均值）	0.956	894	3	7974	2.57	3.1
6号重质油（平均值）	0.981	4176	22	3355.9	2.4	2.0

表 3 塔河油田奥陶系原油溶解气地面物性表

Table 3 Ground properties of dissolved-gas in Ordovician crude oil at the Tahe oilfield

区 块	样数 /个	相对密度 /g/cm ³	体积百分数/%									
			C ₁	C ₂	C ₃	IC ₄	NC ₄	IC ₅	NC ₅	N ₂	CO ₂	C ₂ ⁺
3号平均	14	0.757	75.58	7.56	5.64	1.53	3.01	0.78	0.86	3.46	1.29	12.83
4号平均	81	0.7281	77.26	7.24	4.67	0.82	1.63	0.433	0.51	4.92	2.51	15.32
6号平均	3	0.76	71.03	7.34	4.56	0.77	1.61	0.41	0.52	11.3	2.429	15.21

表 4 塔河油田奥陶系地层原油高压物性分析简表

Table 4 Properties of Ordovician crude oil at high pressure at the Tahe Oilfield

区块	井号	原始地层	原始溶解 气油比	饱和压力 /MPa	地层压力下	饱和压力下	地层原油 密度 /g/cm ³	地层条件下 脱气油粘度
		压力 /MPa			原油体积系数 /f	原油体积系数 /f		
3号	T302	59.45	763	59.67	2.6998	2.7301	0.5493	0.69
	S48		60	20.20	1.1625	1.2277	0.8604	21.703
4号	S65	59.88	40	14.25	1.1264	1.1785	0.8951	36.199
	TK404		58	19.55	1.1793	1.2159	0.8635	24.090
	TK407		57	19.15	1.1786	1.2132	0.8674	15.046
6号	S67	S67	53	17.00	1.1767	1.2400	0.8603	11.71

表 5 塔河油田奥陶系地层水地面性质简表

Table 5 Ground properties of Ordovician formation water at the Tahe Oilfield

区块	井号	样数	相对密度 /g/cm ³	pH 值	总矿化度 /mg/L	离子含量/mg/L					
						Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HC ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺
3号	S23	7	1.141	5.6	206671	124863	341	264	62737	15492	940
4号平均值		16	1.156	5.4	223269	104359	409	247	43380	23983	1390
6号	S75	23	1.157	5.3	234903	148342	300	768	48682	30124	6950

4 经济效益与油气前景

塔河油田自 1996 年大规模勘探以来, 已打探井、评价井、开发井 80 多口, 命中率高达 72%, 为世界罕见。单井产量最高 600 多吨, 一般井日产达 150~200t, 沙 48 井 1997 年 10 月用 11mm 油嘴日产油 450~500t。从 1997 年 10 月~2000 年 10 月三年产油 50×10^4 t, 创全国古生界单井稳产高产纪录, 被称为“王牌井”。

2000 年塔河大油田探明储量达到 1.5×10^8 t 规模, 由此, 形成了古生界为主超亿吨级塔河大油田, 是塔里木乃至全国第一个古生界大油田。

自 1998 年以来, 原油产量年年翻番, 即: 1998 年产 57×10^4 t, 1999 年为 100×10^4 t, 2000 年为 193.7×10^4 t。

据目前资料分析, 油气前景展望十分乐观。阿克库勒凸起的奥陶系的油气分布现已获探明储量 1.5×10^8 t, 控制储量 4000×10^4 t, 预测储量 16000×10^4 t。经勘探工作不断深入, 预测含油气面积可扩展到 1000~1500km², 将获地质储量 $8 \sim 10 \times 10^8$ t 的超大型油田。

参 考 文 献

- [1] 康玉柱, 黄有元, 张忠先, 等. 塔里木盆地古生代海相油气田 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992.
- [2] 康玉柱, 张希明, 凌支虎, 康志宏, 等. 中国新疆地区油气地质特征及资源评价 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 2001.

NEW THEORY OF MARINE OIL FORMATION AND DISCOVER OF TAHE OILFIELD , NORTHERN TARIM BASIN

KANG Yu-zhu

(Exploration Headquarters of New Area of West China , China Petroleum and Chemical Group Corporation , Urumqi 830011 , China)

Abstract : The Tahe Oilfield located in the northern Tarim Basin is the first marine Paleozoic oilfield in China, its discovery is directly related with the guide of innovation theory and the applications of advanced technique. The theory of Paleozoic marine oil formation, the discovery of the Tahe Oilfield and its basic features, and its prospects are given in the paper.

Key words : oilfield ; oil forming theory ; paleokarst ; reservoir