

## 中国海相油气田勘探实例之十五

## 塔里木盆地塔中北斜坡鹰山组凝析气田的发现与勘探

韩剑发<sup>1</sup>, 韩杰<sup>2</sup>, 江杰<sup>2</sup>, 张敏<sup>2</sup>, 刘炜博<sup>1</sup>

(1 中国石油塔里木油田公司塔中勘探开发项目经理部; 2 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院)

**摘 要** 塔里木盆地塔中北斜坡中—下奥陶统鹰山组凝析气田发现于2006年,至2010年底探明石油地质储量 $3.81 \times 10^8$  t(油当量)。气藏的储层为受层间岩溶缝洞型储集体控制的鹰山组大型准层状优质碳酸盐岩,主力烃源岩为中—下寒武统白云岩和上奥陶统碳酸盐岩及泥灰岩,油气主要分布于奥陶系不整合面之下0~200 m范围内。论述了气田的勘探历程、主要地质特征、勘探的技术创新,以及对海相碳酸盐岩凝析气田勘探的启示。

**关键词** 塔里木盆地; 奥陶系; 鹰山组; 凝析气田; 油气藏特征; 油气勘探史; 勘探启示

**中图分类号**: TE122.14

**文献标识码**: A

自20世纪90年代在塔里木大漠腹地开展塔中海相碳酸盐岩油气勘探以来,经过二十余年艰难曲折的探索与勘探,于1996年在塔中I号坡折带发现大型上奥陶统礁滩型凝析气田之后,又于2009年在塔中北斜坡发现了大型中—下奥陶统层间岩溶凝析气田<sup>[1-3]</sup>。这个储量千亿方的大型凝析气田的发现与勘探突破,拓展了复杂碳酸盐岩勘探开发理论,创新了勘探开发一体化配套技术,确立了塔中油气储量亿吨级规模,实现了塔里木盆地油气产量和储量的快速增长。分析气田的地质特征、回顾气田的勘探历程、总结气田的勘探开发认识与技术创新,对促进塔里木油气工业的发展具有重要的现实意义。

## 1 气田概况

塔中奥陶系鹰山组大型凝析气田位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州且末县和沙雅县境内,是塔里木盆地塔中隆起北斜坡中西部上一个似矩形的准层状岩性圈闭(图1,图2)。该气田于2006年发现,2008—2010年期间,先后探明T83井区、Z8井区、Z43井区。截至2010年底,在塔中北斜坡鹰山组凝析气田探明石油地质储量 $1.39 \times 10^8$  t,天然气地质

储量 $3.048 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,油气当量折合原油为 $3.81 \times 10^8$  t。凝析气田的基本参数归纳于表1。

塔中隆起自北向南划分为塔中北斜坡、塔中中部凸起、塔中南斜坡三个二级构造单元,构造均呈北西—南东向展布。塔中北斜坡东西长约260 km,南北宽15~50 km,气田位于塔中北斜坡的中西部(图1)。气田的主力产层为中—下奥陶统鹰山组,发育有中—下寒武统白云岩以及上奥陶统碳酸盐岩和泥灰岩两套烃源层,直接盖层为奥陶系良里塔格组下部致密泥质灰岩(一般厚200~250 m),二者之间为不整合接触(缺失中奥陶统上部吐木休克组 and 一间房组);间接盖层为奥陶系桑塔木组泥岩(一般厚550 m)(图3)。多期油气充注形成塔中普遍含油的格局,石油地质条件优越。储层主要为碳酸盐岩层间岩溶缝洞型储层,油气层分布在不整合面之下0~200 m范围内(图3),整体表现为纵向叠置、横向连片的大型准层状凝析气藏,局部含少量底水和边水<sup>[3-7]</sup>。

## 2 发现与勘探历程

塔里木盆地塔中地区的油气勘探工作始于1983年。自从1989年10月在塔里木盆地塔中隆起东部潜

收稿日期: 2013-01-24; 改回日期: 2013-05-10

韩剑发: 1965年生,博士,高级工程师。现任中国石油塔里木油田公司塔中勘探开发项目经理部总地质师。主要从事海相碳酸盐岩油气地质与关键技术研究。通讯地址: 841000 新疆库尔勒

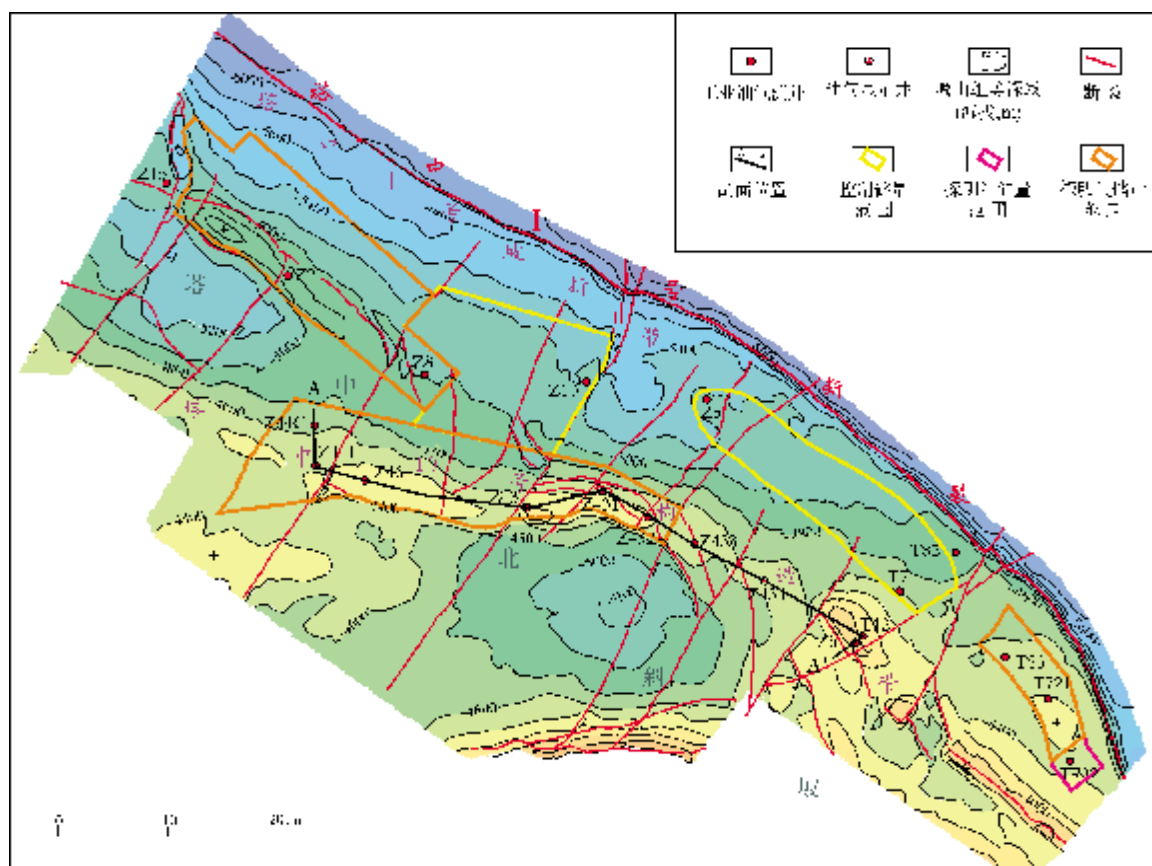
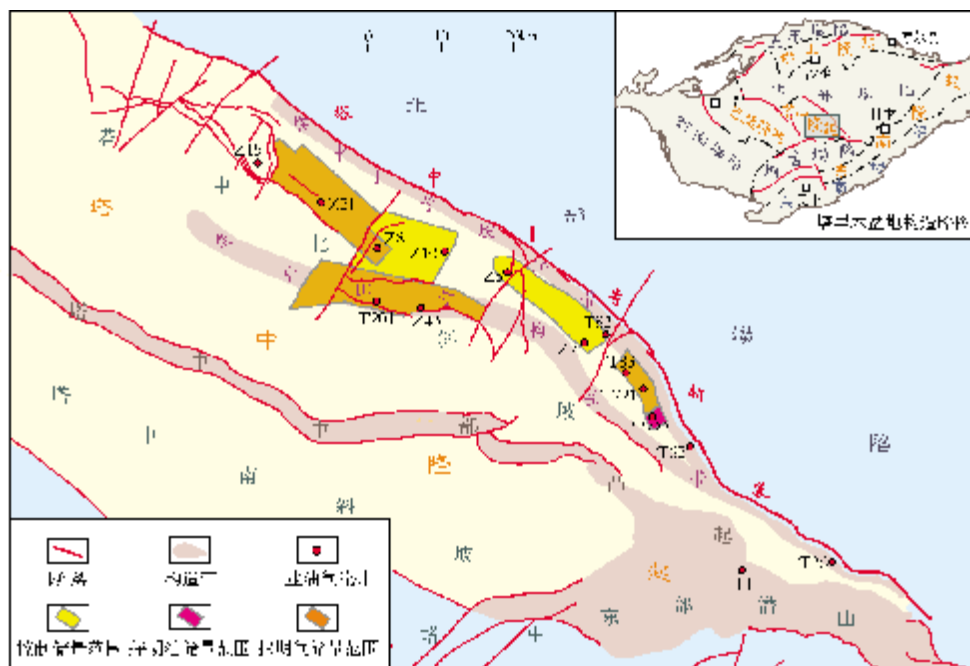


表 1 塔中北斜坡鹰山组凝析气田基本参数

油气田名称		塔中北斜坡鹰山组凝析气田
油气田位置		新疆且末县和沙雅县境内
区域构造位置		塔里木盆地塔中隆起塔中北斜坡
发现井(时间)		T83 井(2006 年 9 月 13 日)
发现井流量		凝析油: 10.6m <sup>3</sup> (鹰山组) 天然气: 63.9×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (鹰山组)
首次产油时间		2007 年 6 月 25 日(T722 井)
探明储量(年份)		石油: 13856.51×10 <sup>4</sup> t(2010) 天然气: 3048.11×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> (2010)
可采储量(年份)		石油: 3470.28×10 <sup>4</sup> t(2010) 天然气: 1775.21×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> (2010)
储量丰度		(3.4~5.4)×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
发现依据		上奥陶统良里塔格组台缘带勘探的重大突破,促使在塔中寻找“大场面”;老井复查重新厘定与评价中—下奥陶统鹰山组顶面不整合岩溶,预测岩溶储层较发育,与其上覆盖的上奥陶统泥灰岩构成良好的储盖组合,且与上奥陶统礁滩体具有相同的油气来源与成藏期次、相似的碳酸盐岩岩性圈闭、相近的时空配置
油 气 藏 特 征	圈闭类型	风化壳岩溶岩性圈闭
	圈闭形成时间	加里东末期—喜马拉雅期
	圈闭面积	1053.5km <sup>2</sup>
	圈闭高度	400~1360m
	油气藏埋深	4923~6504m
	油气藏厚度	30~120m
	含油气面积(年份)	710.21km <sup>2</sup> (2010)
	油气来源	寒武系—奥陶系烃源岩
	油气成分	原油 密度: 0.7724~0.8123g/cm <sup>3</sup> 黏度: 0.9137~1.8598mPa·s(50℃) 凝固点: -12~-4℃ 含硫量: 0.07%~0.29% 天然气 CH <sub>4</sub> 含量: 69.00%~92.37% H <sub>2</sub> S 含量: 4.1~93900mg/m <sup>3</sup>
	地层压力	56.76~74.8MPa
储 集 层	压力系数	1.09~1.15
	盖层时代与岩性	中—上奥陶统石灰岩
	层位	中—下奥陶统鹰山组
	主要岩性	石灰岩、白云质灰岩
	沉积环境	碳酸盐岩台地相
	总厚度	500~800m
	有效厚度	0~200m
	孔隙类型	粒间孔隙、溶蚀孔隙
	平均孔隙度	2.1%~5.2%
	平均渗透率	3.776×10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup>
	含油饱和度	72%~95%

山区T1井下奥陶统蓬莱坝组获高产油气流,油气勘探从此向塔里木大漠腹地大踏步进军。2006年首次在塔中北斜坡T83井中—下奥陶统鹰山组层间岩溶获得突破,打开了中—下奥陶统鹰山组油气勘探的新局面。鹰山组凝析气田的发现与勘探,可以大致分为四个阶段。

## 2.1 塔中隆起的发现及油气勘探突破 (1983—1989年)

1983年5月,原石油部组建沙漠地震队,揭开了石油人征战“死亡之海”的宏大序幕。在1983—1984年的两年内共完成19条纵贯盆地南北的区域地震大剖面,明确了塔里木盆地“三隆四坳”的构造格局,包括其中发现的“塔中古隆起”。1986年开展第一轮资源评价,塔中 I 号构造在41个圈闭中名列首位,成为台盆区战略突破的首选目标。1989年10月18日,对塔中隆起东部潜山区T1井下奥陶统蓬莱坝组白云岩层(3 565.98~3 649.77 m井段)裸眼测试(22.33 mm油嘴),日产凝析油356 m<sup>3</sup>和天然气55.7×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,从而发现了塔中隆起奥陶系高产凝析气藏。

T1井取得了沙漠腹地油气勘探的首次胜利,表明塔里木盆地不仅在山前前陆区有油气,而且在台盆区内部也有油气富集,由此奠定了台盆区寻找大油气田的战略思想,“成为塔里木油气勘探史上第五个里程碑”<sup>[8]</sup>。

## 2.2 O<sub>3</sub>良里塔格组礁滩型凝析气田的发现与探明(1989—2006年)

为了扩大T1井所在奥陶系潜山区的勘探成果,1989—1996年针对塔中隆起潜山区钻探了20余口井,但除发现塔中 I 号凝析气藏外,其余探井均告失利。1996—1998年,勘探从潜山高部位向塔中斜坡区转移,针对上奥陶统良里塔格组礁滩体钻探的4口井均获得成功。1998—2008年,先后连片探明塔中东部试验区的T26、T62、T82井区和塔中西部T45—T86井区,截止到2012年,塔中 I 号气田上奥陶统良里塔格组礁滩体已累计探明石油地质储量6 079.58×10<sup>4</sup> t,天然气地质储量972.61×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,油气当量1.38×10<sup>8</sup> t。

塔中上奥陶统良里塔格组礁滩体凝析气田是我国第一个奥陶系礁滩复合体大型凝析气田<sup>[1-3]</sup>,它的发现和探明,历经20多年的艰辛探索,实现了由构造勘探和局部勘探向储层勘探和整体勘探的思路转

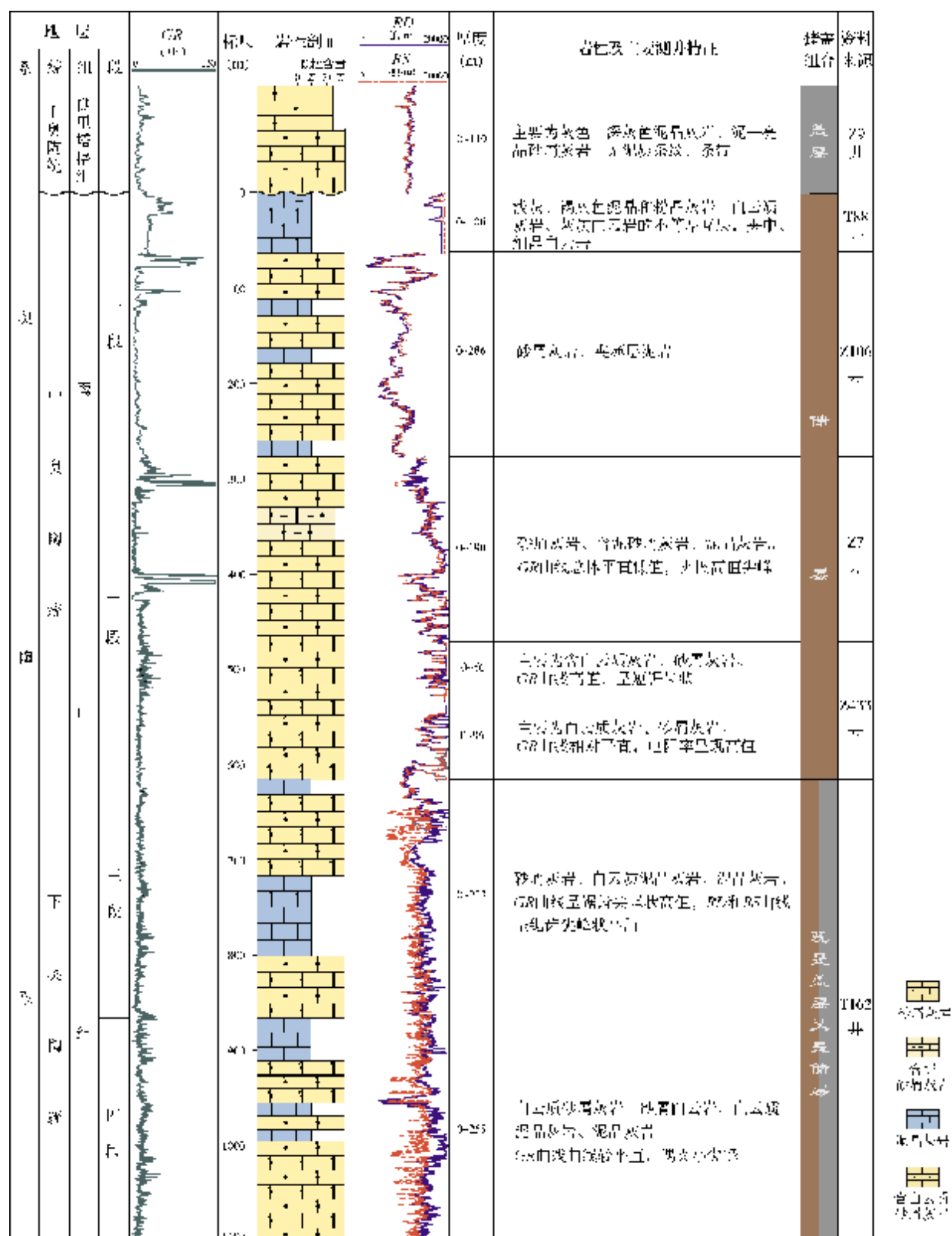


图3 塔中北斜坡奥陶系综合柱状图



化,极大地提升了塔中下古生界复杂碳酸盐岩油气藏地质认识,为后续塔中隆起中—下奥陶统鹰山组的发现和探明,培养了大批海相碳酸盐岩勘探开发的一流人才,积累了丰富的管理和实践经验。

### 2.3 $O_{1-2}$ 鹰山组不整合层间岩溶储层的勘探突破(2006年)

2006年根据塔里木油田公司对塔中隆起奥陶系“加快做大”的战略部署,认为在探明评价上奥陶统礁滩复合体的同时,应积极探索中—下奥陶统鹰山组碳酸盐岩的含油气性,塔中隆起鹰山组的勘探由此也经历了由探索到突破的过程。

塔中北斜坡 T83 并于 2006 年 3 月 27 日开钻,钻至 5 589 m 进入中—下奥陶统鹰山组,8 月 29 日至 9 月 13 日对 5 666.1~5 684.7 m 井段鹰山组进行酸化压裂中测,11 mm 油嘴求产,获日产原油 10.6 m<sup>3</sup> 和天然气 639 177 m<sup>3</sup>。中测过程中, H<sub>2</sub>S 含量高达 32 700 mg/m<sup>3</sup>, 决定提前完钻,完钻井深 5 684.7 m。同年 10 月 18 日,对 T721 井 5 355.5~5 505 m 井段(奥陶系良里塔格组—鹰山组)测试,在鹰山组获高产工业油气流,12 mm 油嘴求产,油压 39.16 MPa,获日产原油 126.48 m<sup>3</sup> 和天然气 720 352 m<sup>3</sup>。

T83 井鹰山组油气的战略突破,证实塔中地区加里东中期的中—下奥陶统不整合层间岩溶溶蚀孔洞型储层在塔中北斜坡区最为发育,岩溶作用强,勘探潜力大,使塔中地区由上奥陶统潜山构造勘探向中—下奥陶统不整合层间岩溶斜坡勘探转变。

### 2.4 鹰山组凝析气田的发现和探明(2006—2009年)

随着科研、勘探评价力度的加大,塔中北斜坡中—下奥陶统鹰山组岩溶的勘探获得持续突破。

2007年,在 T83 井区获得突破的基础上,向北斜坡岩溶区甩开的 Z5 井和 Z7 井相继在中—下奥陶统层间岩溶储层获得高产油气流,2008 年向岩溶次高地甩开的 Z8 井和 Z21 井也相继在中—下奥陶统层间岩溶储层获得了高产油气流。自此,塔中北斜坡奥陶系岩溶斜坡带整体含油气的假设得到证实,由此也展示了巨大的勘探潜力。

Z8 井在钻进至中—下奥陶统鹰山组时,多次发

生钻具放空并伴随有井漏,累计放空 4.3 m,累计漏失泥浆 2 647.3 m<sup>3</sup>,这为塔中北斜坡中—下奥陶统鹰山组储层存在大型溶蚀洞穴提供了直接证据,也进一步确定了该套储层主要为层间岩溶储层。2009 年,在 Z8 井区仅有两口井获得工业油气流的情况下,科研人员充分利用基于缝洞系统综合评价基础上的井位优选技术、缝洞系统定量化雕刻与评价技术、油气检测、储量评估等一系列井位优选配套技术及相关理论上的创新成果,整体部署 6 口探井和 1 口评价井,均获高产油气流。至 2009 年底,整装探明了 Z8 井区亿吨级鹰山组凝析气田,面积 251.88 km<sup>2</sup>,提交天然气探明储量 1 365.73×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>、石油探明储量 4 961.74×10<sup>4</sup> t,探明油气当量为 1.58×10<sup>8</sup> t。

### 2.5 勘探—评价—开发一体化阶段(2010 年— )

2010 年遵循“以 Z8 为中心,集中力量,整体解剖,整体评价塔中北斜坡鹰山组,加速 Z8 井区周缘规模探明,形成高效建产优势,实现规模效益开发”的总体部署思路<sup>[1]</sup>,基于老井复查和油气藏地质研究认识,在塔中北斜坡 10 号构造带果断部署 Z43 井,并对已钻的 T201 井进行加深侧钻,由此发现了塔中 10 号鹰山组富油气区带。随后整体部署 12 口勘探(评价)井,以此整体解剖该富油气区带。经过钻探,10 号构造带主体部位当年完钻的 10 口井均获高产油气流。Z43 井区当年发现、当年探明,是塔里木油田公司千亿方大气田勘探的第一例。Z8 井区、Z43 井区连片探明,累计探明天然气 2 720.21×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>、石油 1.30×10<sup>8</sup> t,油气当量 3.47×10<sup>8</sup> t。

在相继探明 Z8 井区和 Z43 井区之后,塔中隆起西部鹰山组油气藏的地质认识清晰了,资源规模得到落实;同时,2011 年建成投产的塔中东部试验区(塔中上奥陶统良里塔格组礁滩型凝析气田)因相应钻井、完井、开发技术成熟,为西部油气产能建设提供了有效经验(图 1)。研究认为:“塔中现在整体考虑,谋划整体建产,条件是最具备的”<sup>①</sup>。2012 年 3 月,以 Z8、Z43 井区为主建产区的塔中西部鹰山组初步开发方案通过审议,被塔里木油田公司认为是启动碳酸盐岩开发的第一个重头戏。

截至 2012 年 10 月 31 日,塔中西部鹰山组层间

① 江同文,罗春树,施英,等.塔中 I 号凝析气田中古 8—中古 43 井区初步开发方案(气藏地质与气藏工程).中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司,2012:4-5.

岩溶储层共有试采井 49 口,其中开井 30 口,日产天然气  $129 \times 10^4 \text{ m}^3$  和油 577 t,含水 36.16%;累计产天然气(工业)  $8.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,累计产凝析油(核实)  $40.53 \times 10^4 \text{ t}$ 。

### 3 凝析气田地质特征

#### 3.1 古隆起斜坡区发育风化壳岩溶岩性圈闭

塔中隆起是一个寒武系—奥陶系巨型褶皱背斜基础上长期发育的继承性古隆起,形成于早奥陶世末、泥盆系沉积前基本定型,早海西期以后以构造迁移及改造为特征。塔中隆起具有形成演化北早南晚、构造作用西弱东强、构造作用多期叠加的特点,震旦系—泥盆系总体面貌为巨型复式台背斜<sup>[9]</sup>。

根据断裂展布方向、断开层位、区域构造应力场背景等方面分析,塔中地区断裂体系大致可分为两期和两种体系:加里东期平行塔中 I 号坡折带的北西—南东向逆冲断裂体系和早海西期近北东—南西向及南北向走滑断裂体系<sup>[10-11]</sup>(图 2)。逆冲断裂系统控制了构造格局,控制了早奥陶世末—中奥陶世时期中一下奥陶统风化壳岩溶良好储层的发育与横向分布。此外,走滑断裂、逆冲断裂的后期活动,一方面促进了塔中地区次生微断裂、裂缝系统和岩溶的

发育,形成孔洞型和裂缝—孔洞型优质储层,从而奠定了鹰山组准层状气藏的基础;另一方面逆冲断裂及走滑断裂共同构成油气的空间输导通道,对油和气的再分配起了重要作用。

鹰山组油气圈闭整体属于风化壳岩溶岩性圈闭,不受局部构造控制,是碳酸盐岩储层的不均一发育而形成的局部封闭储集空间<sup>[12-15]</sup>。

#### 3.2 优质储层控制油气富集程度

塔中隆起中一下奥陶统鹰山组碳酸盐岩经历了长期的成岩演化,储层以低孔低渗为主,沉积相带、古地貌、岩溶、裂缝是储层发育的主控因素。尽管塔中北斜坡奥陶系油气分布复杂,但储层的良好发育控制了油气的富集。

开阔台地相带中,台内滩是储层发育的有利场所。随阶段性构造沉降和海平面变化,区块上发育多个台内滩沉积旋回,沉积厚度较大。台内滩中颗粒灰岩的泥质含量少,易于溶蚀;此外,颗粒灰岩内由于颗粒支撑作用形成大量的粒间孔,虽然大部分孔洞为灰泥和多期方解石所充填或半充填,但研究表明仍有近 1% 的残余孔隙被保存。由于原生孔隙在胶结充填中多有残余通道,且充填物与颗粒之间有薄弱带,在后期酸性流体的运聚过程中,有利于溶蚀作用发育。

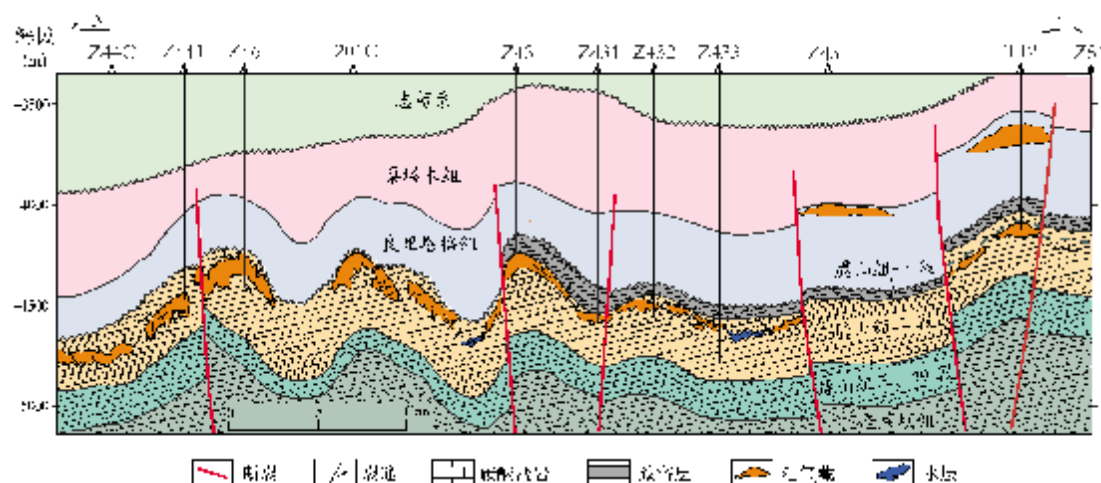


图 4 塔中奥陶系准层状油气藏模式图

A—A'连井剖面位置见图 2

古地貌平面上的分带性决定了层间岩溶的深度、范围及强度;岩溶分带性则控制了优质储层的垂向发育特征;断裂活动改善了储层的渗滤性能,断裂

附近储层更为发育,往往伴随断裂裂缝发育大型岩溶。多种作用的多期叠加改造使塔中鹰山组层间岩溶储层形成了“横向连片,纵向叠置”的分布特征,纵

向上储层主要发育于鹰山组上部约 0~200 m 范围内,具有准层状特征<sup>[16-20]</sup>(图 4)。

### 3.3 良好的成藏条件造就大型准层状凝析气藏

塔中隆起的油气来源于中一下寒武统和上奥陶统两套烃源岩<sup>[21-22]</sup>,地化分析表明原油具有明显的混源特征,天然气主要来源于中一下寒武统高成熟度原油裂解气。油气成藏过程可概括为加里东—早海西期、晚海西期、喜马拉雅期三期油气充注,早海西期油气破坏调整,喜马拉雅期油气补充调整三个阶段。

油气通过底部气源断裂输导,由下向上充注,经不整合面横向运移,调整成藏。既有正常油、弱挥发油,也有凝析气、干气,油气相态的变化没有截然的边界,油气的产出不受构造高低的控制<sup>[23]</sup>,整体表现为油气水分布复杂的大型准层状非常规凝析气藏<sup>[24-25]</sup>(图 4),以及与寒武系白云岩油气藏、上奥陶统良里塔格组礁滩型油气藏相似的特征,具体如下:

(1)含油面积广,油气分布不受局部构造控制,低孔低渗的碳酸盐岩非均质储层,以低丰度油气藏为主,局部有中等丰度的油气富集区;

(2)岩溶储层类型多样,非均质性强,以次生溶蚀孔洞形成的低孔低渗储层为主,储层纵向叠置、横向连片,具有大面积层状分布的特征;

(3)具有多期油气充注与调整,储层的发育程度是油气富集的主控因素,多期油气充注与储层非均质性造成了油气水产出的复杂性;

(4)缺少构造圈闭,多为受储层控制的准层状分布的大面积岩性圈闭,没有明显边、底水,油气水分布复杂,具有相对统一的温压系统,为非常规准层状岩性油气藏。

## 4 勘探启示

塔中中一下奥陶统鹰山组获得突破是 2006 年的 T83 井,在不到十年的时间里,油气勘探持续突破,评价进展顺利,实现了钻井成功率、储量和产量的快速提高和增长。Z8 井、Z43 井区的大面积连片探明、规模建产是深部海相碳酸盐岩地层油气勘探的巨大成果,也是中国海相勘探理论和实践的重大突破,它在中国碳酸盐岩型油气藏的勘探开发历史

上具有里程碑式的意义,显示出中国海相碳酸盐岩巨大的勘探潜力。

### 4.1 优越的地质背景是形成大油田的基础

优越的成藏背景 塔中北斜坡北接北部大型生烃、排烃凹陷,多期断裂和不整合面构成立体输导体系,同上奥陶统成藏条件相比,中一下奥陶统成藏组合在油气充注先后和逼近深层古油藏等方面具有更大的优越性,气侵型准层状凝析气藏潜力巨大,成藏条件更为优越。

优质岩溶储集体 勘探初期,首次厘定了塔中隆起奥陶系鹰山组大型不整合面;根据构造沉积特征、古生物鉴定、微量元素分析成果,厘定出上、下奥陶统相似灰岩地层之间缺失中奥陶统吐木休克组 and 一间房组,中一下奥陶统鹰山组暴露时间长达 15 Ma,这是大型不整合岩溶储集体发育的关键<sup>[26]</sup>。早期形成的储集体经过同生期、表生期、热液作用、化学作用(TSR)等多种成因、多期次的岩溶叠加改造,在断裂及相关岩溶作用的改造下,形成了在空间上不整合岩溶与断层相关岩溶叠合、复合的岩溶缝洞系统<sup>[27]</sup>,在此基础上构建了多成因、多期次叠合复合岩溶储层地质模型。

优越的输导体系 加里东中晚期、海西期断裂系统及其交汇处、不整合储集体等构成油气空间输导体系,是寒武系—奥陶系油气沿岩溶斜坡大面积聚集成藏的关键。在此基础上,发展了多充注点、多期次大面积复式混源成藏理论,创建了塔中北斜坡鹰山组缝洞型准层状大型凝析气藏模式<sup>[28]</sup>(图 4)。

### 4.2 物探技术的进步是提高碳酸盐岩钻井成功率的必要条件

缝洞系统勘探单元的细化 提出了将缝洞系统作为圈闭进行精细刻画,并以缝洞系统为勘探开发单元进行井位部署与开发技术政策制定的新理念。

缝洞系统的量化评价技术 通过高产油气井储层井—震响应标定、模拟正演建立缝洞体量化校正量版、波阻抗反演计算缝洞体体积,实现缝洞体定量雕刻以及缝洞系统自动化分类,形成多信息融合的缝洞量化雕刻评价技术,使缝洞钻遇率大幅提高至 100%。

多种方法集成的烃类检测 利用叠后 MDI、



VVA、WVD 和叠前 AVO 等技术开展鹰山组不整合储集体油气综合检测,集成多种方法实现了复杂储层流体检测。其中,MDI、WVD 技术油气检测与实钻结果吻合率一般大于 85%。

高产油气流井位部署技术 形成了以缝洞系统量化综合评价与油气藏认识为核心的井位、井型优选技术(油气藏地质优越,与高稳产井相似,地震反射串珠强,属性预测有利区,缝洞单元体积大、部位高,烃类检测油气富);形成了工程地质一体化超深缝洞体中靶、酸压等配套技术,探井+评价井成功率 2007—2010 年连续三年保持在 85%以上<sup>[29-32]</sup>。

### 4.3 勘探开发一体化的管理模式是实现碳酸盐岩增储上产的坚实保障

塔中地区中—下奥陶统层间岩溶是塔里木盆地油气勘探的重要领域,针对层间岩溶油气勘探面临的一系列难题,中国石油塔里木油田公司制定了“以高效井点—井组—井区建设、上产增储为核心,整体评价塔中富油气区,积极推进一体化,在钻井、测试过程中坚持地面服从地下,地面地下一体化,确保中靶”的方针。按照“研究一体化、技术一体化、生产组织一体化、成果一体化、投资一体化”的指导原则<sup>①</sup>,实现勘探开发一体化,强化海相油气理论与技术创新,落实油气资源,加速规模效益开发的攻关思路,以油气藏地质模型的建立与储层预测为重点,不断深化塔中地区中—下奥陶统层间岩溶的地质认识,积极创新储集体预测技术,攻关创新了缝洞系统量化雕刻与评价、油气检测及储量评估配套技术,形成了塔中碳酸盐岩井位优选技术,指导了井位优选,促成了千亿方天然气储量探明,基本明确了塔中北斜坡 10 亿吨级油气储量规模和 500 万吨产能规模,将塔中油气勘探开发事业推向了新的高峰。

#### 参考文献

- [1] 王招明,杨海军,王清华,等.塔中隆起海相碳酸盐岩特大型凝析气田地质理论与勘探技术[M].北京:科学出版社,2012:8-16.
- [2] 周新源,王招明,梁狄刚.塔里木油气勘探 20 年[M].北京:石油工业出版社,2009:45-59.
- [3] 周新源,王招明,杨海军,等.中国海相油气田勘探实例之五:塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现[J].海相石油地质,2006,11(1):45-51.
- [4] 周新源,杨海军,郭光辉,等.塔中大油气田的勘探实践与勘探方向[J].新疆石油地质,2009,30(2):149-152.
- [5] 顾家裕.塔里木盆地轮南地区下奥陶统碳酸盐岩岩溶储层特征及形成模式[J].古地学报,1999,1(1):54-56.
- [6] 梁狄刚.塔里木盆地九年油气勘探历程与回顾(续)[J].勘探家,1999,4(1):56-61.
- [7] 王招明.塔里木盆地油气勘探与实践[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [8] 邱中建,龚再升.中国油气勘探:第二卷[M].北京:石油工业出版社,1999:112-167.
- [9] 贾承造,魏国齐,姚慧君,等.盆地构造演化及区域构造地质[M].北京:石油工业出版社,1995:15-63.
- [10] 李传新,贾承造,李本亮,等.塔里木盆地塔中低凸起古构造演化与变形特征[J].地质评论,2009,55(4):521-530.
- [11] 李明杰,胡少华,王庆果,等.塔中地区走滑断裂体系的发现及其意义.石油地球物理勘探,2006,41(1):116-121.
- [12] 韩剑发,于红枫,张海祖,等.塔中地区北部斜坡带下奥陶统碳酸盐岩风化壳油气富集特征[J].石油与天然气地质,2008,29(2):167-173.
- [13] 康玉柱.塔里木盆地寒武—奥陶系古岩溶特征与油气分布[J].新疆石油地质,2005,26(5):472-480.
- [14] 潘文庆,刘永福,Dickson J A D,等.塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩热液岩溶的特征及地质模型[J].沉积学报,2009,27(5):983-994.
- [15] 王招明,赵宽志,郭光辉,等.塔中 I 号坡折带上奥陶统礁滩型储层发育特征及其主控因素[J].石油与天然气地质,2007,28(6):797-801.
- [16] 杨海军,韩剑发,陈利新,等.塔中古隆起海相碳酸盐岩油气复式成藏特征与模式[J].石油与天然气地质,2007,28(6):784-790.
- [17] 郭光辉,李启明,张宝收,等.塔中 I 号断裂坡折带构造特征及勘探领域[J].石油学报,2005,26(1):27-30.
- [18] 王招明,杨海军,王振宇,等.塔里木盆地塔中地区奥陶系礁滩体储层地质特征[M].北京:石油工业出版社,2010.
- [19] Gong S, George S C, Volk H, et al. Petroleum charge history in the Lunnan Low Uplift, Tarim Basin, China—evidence from oil-bearing fluid inclusions[J]. Organic Geochemistry, 2007, 38: 1341-1355.
- [20] Wang S X, Guan L P. Prediction of fracture-cavity system in carbonate reservoir: A case study in the Tahe Oilfield[J]. Applied Geophysics, 2004, 1(1): 56-62.
- [21] 张水昌,梁狄刚,张宝民,等.塔里木盆地海相油气的生成[M].北京:石油工业出版社,2004:26-52.
- [22] 郭光辉,陈利新,徐志明,等.塔中奥陶系碳酸盐岩油气成藏机理[J].天然气工业,2008,28(6):20-22.
- [23] 吕修祥,杨宁,解启来,等.塔中地区深部流体对碳酸盐岩储层的改造作用[J].石油与天然气地质,2005,26(3):284-289.
- [24] 苗继军,贾承造,邹才能,等.塔中地区下奥陶统岩溶风化壳储层特征及勘探领域[J].天然气地球科学,2007,18(4):497-500.



- [25] 韩剑发, 张海祖, 于红枫, 等. 塔中隆起海相碳酸盐岩大型凝析气田成藏特征与勘探[J]. 岩石学报, 2012, 28(3): 769-782.
- [26] 王招明, 于红枫, 吉云刚, 等. 塔中地区海相碳酸盐岩特大型油气田发现的关键技术[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(3): 218-223.
- [27] 王振宇, 孙崇浩, 杨海军, 等. 塔中 I 号坡折带上奥陶统台缘礁滩复合体建造模式[J]. 地质学报, 2010, 84(4): 546-552.
- [28] 杨海军, 韩剑发, 孙崇浩, 等. 塔中北斜坡奥陶系鹰山组岩溶型储层发育模式与油气勘探[J]. 石油学报, 2011, 32(2): 199-205.
- [29] 姚姚. 深层碳酸盐岩岩溶风化壳洞缝型油气藏可检测性的理论研究[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(6): 623-629.
- [30] 董瑞霞, 韩剑发, 张艳萍, 等. 塔中北坡鹰山组碳酸盐岩缝洞体量化描述技术及应用[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(2): 314-317.
- [31] 刘立峰, 孙赞东, 杨海军, 等. 缝洞型碳酸盐岩储层地震属性优化方法及应用[J]. 石油地球物理勘探, 2009, 44(6): 747-754.
- [32] 韩剑发, 周锦明, 敬兵, 等. 塔中北斜坡鹰山组碳酸盐岩缝洞储集层预测与成藏规律[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(3): 281-287.

编辑: 赵国宪

Cases of Discovery and Exploration of Marine Fields in China, Part 15:  
**Ordovician Yingshan Condensate Gas Field  
in North Slope of Tazhong Uplift, Tarim Basin**

Han Jianfa, Han Jie, Jiang Jie, Zhang Min, Liu Weibo

**Abstract:** Yingshan condensate gas field is the Mid-lower Ordovician Yingshan Formation reservoir in the north slope of Tazhong Uplift, Tarim Basin. It was discovered in 2006. The field reached 0.381 billion oil equivalent of proven reserves in place by the end of 2010. The gas reservoir consists Yingshan Formation excellent quasi-layered carbonate rock that is controlled by the fractured/caved reservoir-body with interbedded karstification. Gas is mostly distributed in the range of 0~200 m beneath the unconformity surface at the top of Yingshan Fm.. The Yingshan reservoir is directly capped unconformably with the Upper Ordovician Lianglitage dense argillaceous limestone. Hydrocarbon derived mostly from the middle-lower Cambrian dolostone and upper Ordovician carbonate rock and marlite. The exploration history, main geology characteristics, improving technique are reviewed on the marine carbonate gas field.

**Key words:** arim Basin; Ordovician; Yingshan Fm.; Condense gas field; Oil and gas reservoir chareacristics; Oil and gas exploration; Exploration history

**Han Jianfa:** male, Doctorate, Senior Geology Engineer. Add: Tazhong Exploration and Development Project Manager Dept., Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, 841000, China