

塔里木盆地石炭系沉积特征及石油地质意义

王君奇 武 涛

(西北石油局规划设计研究院, 乌鲁木齐 830011)

本文在简述塔里木盆地石炭纪时期沉积环境、岩相带的发育和构造运动影响的基础上, 对已发现的油气田作了描述和评价, 指出了石炭系勘探的有利靶区。

关键词 石炭系 沉积相 生、储、盖组合 油气田 勘探靶区

第一作者简介 王君奇 男 31 岁 工程师 石油地质

塔里木盆地是一个多时代、多类型的原型盆地, 也是复合、叠加的大型含油气盆地。自 1984 年 9 月 22 日沙参 2 井首次在下古生界奥陶系海相碳酸盐岩(白云岩)中实现了日产原油约 1000m^3 、天然气约 $2 \times 10^6\text{m}^3$ 的历史性重大突破以后, 又相继在沙雅隆起阿克库勒构造石炭系底部获得了日产原油 1400m^3 、天然气 $420 \times 10^4\text{m}^3$ 的全国产量之最。并在卡塔克隆起石炭系中获高产油气流。此后相继在石炭系中发现了上亿吨的塔中大油田、东河塘油田、巴什托油田、亚松迪油田等。加上最近又获突破的艾协克油田, 都充分证明了石炭系对塔里木油气聚集成藏的重大贡献。

1 石炭系沉积特征

泥盆纪末, 塔里木区内发生了强烈的早海西构造运动, 塔里木地块再次遭受侧向挤压而发生褶皱、断裂, 进一步形成了隆起和坳陷。如柯坪隆起、塔北隆起、库鲁克塔格隆起和卡塔克隆起。石炭系角度不整合于志留-泥盆系之上。从石炭纪开始, 全区发生了广泛的海侵, 使塔里木除塔北雅克拉-轮台断隆、孔雀河斜坡及东南地区外, 广泛沉积了浅海台地相为主的碎屑岩及碳酸盐岩。原来的前陆盆地随之转化为克拉通盆地。早、中石炭世, 塔东北坳陷区为三面被隆起环绕的向南开口的半封闭海湾。东部沉积了一套潮坪-蒸发岩台地相沉积, 向西变为浅海相; 晚石炭世, 西部海侵扩大, 逐渐淹没了柯坪。在早、中石炭世隆起包围的海湾区, 此时为局限台地相沉积, 南缘也应分布有这类沉积, 是储集相带的有利发育区。早二叠世, 塔里木盆地东部缓慢抬升, 陆地逐渐

扩展, 海水自东而西退缩至乌什-柯坪-巴楚一线西部。在该线以西, 以滨、浅海陆源碎屑沉积为主, 以东则以河流、洪泛盆地砂、泥岩为主夹海相层。乌什-拜城地区发育台缘斜坡相碳酸盐岩、重力流相碎屑灰岩, 向北到南天山过渡为边缘盆地相, 总厚度 $1000 \sim 3500\text{m}$ 。

2 石炭系典型油气田简述

2.1 东河塘油田

东河塘油田处于沙雅隆起雅克拉断凸西端与哈拉哈塘凹陷北缘接壤处, 波斯断裂背斜带东段。油田由下石炭统挤压背斜和断裂背斜油藏组成(图 1)。产油层为下石炭统底部的东河砂岩段, 砂岩平均孔隙度为 15.25% 渗透率 $57.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属中孔、中低渗储层, 非均质性较严重。储集性具有上部油层最好, 油水过渡带次之, 水层部分最差的规律。盖层为下石炭统中段底部砾屑白云岩之上厚 20m 的含膏泥岩、粉砂质泥岩, 是油田范围内分布稳定的统一盖层。油藏为具有统一压力系统的底水块状油藏。该油田具有良好的储盖组合, 储集层靠近油源岩。下石炭统下部砂岩(东河砂岩)段的厚度较大, 具有良好的储层物性。上段泥岩作为盖层, 两者均成了良好的储盖组合。油源对比研究表明, 油藏的原油来源于寒武系、奥陶系生油岩。运移通道以海西-印支期活动的断裂为主。在纵向上, 这一套储层离油源岩最近。在油气向上运移的过程中, 可以优先获得石油的补给。

2.2 巴什托油田

巴什托构造(图 2)位于西南坳陷区麦盖提斜坡

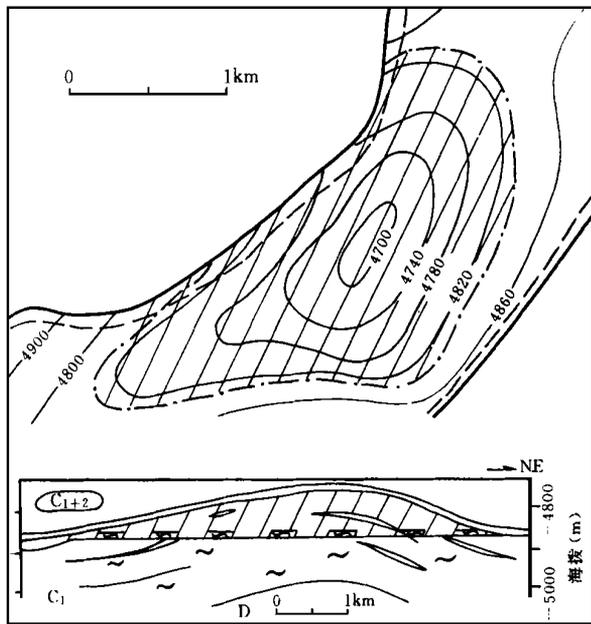


图 1 东河塘油田东河 1 井区 C₁ 油藏图
(据中国石油天然气总公司)

Fig. 1 Structural map and cross section of the C₁ pool of well Donghe-1 in Donghetang oilfield

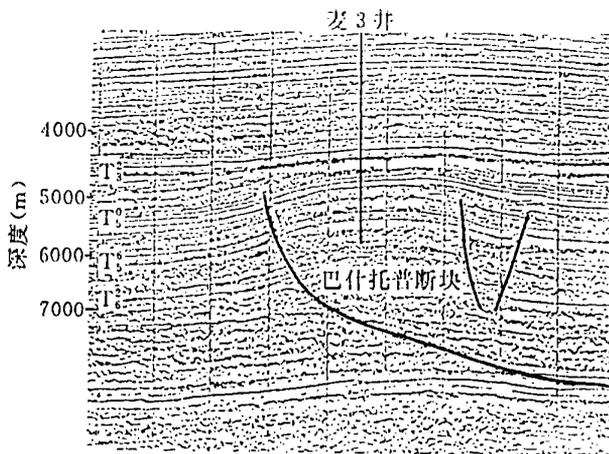


图 2 巴什托构造剖面图

Fig. 2 Seismic profile through Bashituo structure

东北部, 是一个 NW 向展布的背斜断层圈闭。该构造海西晚期形成, 由寒武系- 石炭系组成, 石炭系幅度最大, 二叠系不整合于石炭系之上。现将其主要含油气的石炭系介绍如下:

上覆下二叠统南闸组。

小海子组 (C_{2x}): 下部为生物屑灰岩, 上部为灰

岩。

卡拉沙依组 (C_{1k}): 下部为灰色灰质白云岩及白云岩; 中部为白云岩及灰质白云岩; 上部为灰色泥岩及灰岩。

巴楚组 (C_{1b}): 下部为浅灰色细砂岩; 中部为灰色- 绿灰色及棕褐色泥岩、粉砂质泥岩; 上部为灰色灰岩夹白云岩。

已经发现 3 套油气产层, 它们是小海子组顶部灰岩、巴楚组顶部灰岩和下部的东河砂岩。每层厚度在 10~ 20m。所产原油的相对密度为 0.7763 (20), 粘度为 1.282M Pa·s 含硫量为 0.14%, 含蜡量为 0.1%。油源分析结果表明该区石炭系的灰岩和泥岩都是较好的生油岩, 总厚 400~ 1400m。有机碳平均含量 0.29%, 氯仿沥青“A”为 244 × 10⁻⁶, 含量较高, 属较好的生油岩。泥岩(地表样)有机碳平均含量 1.16%, 氯仿沥青“A”为 31 × 10⁻⁶, 有机质类型属 II- III 型干酪根, 排除地表风化影响, 亦属较好的生油岩。

2.3 塔中油田

塔中油气田位于中央隆起带上的卡塔克隆起, 它包括多个断裂控制的背斜构造, 是由多层系、多类型油气藏组成的一个复合型油气田(图 3)。目前已获工业油气流的储集层有奥陶系、志留系和石炭系共 5 个层段。其中, 石炭系为该油田主力产层, 包括 3 个油组。C I 油组属中、下石炭统卡拉沙依组, 该组分 3 个岩性段: 第一段为砂泥岩互层夹灰岩, 砂岩由含砾粗砂岩、中砂岩和细砂岩组成正韵律层, 属三角洲平原分流河道沉积, 其中泥质岩较纯, 具有氧化环境下沉积特点; 灰岩为亮晶和泥晶生物屑灰岩, 是清洁海水短暂侵进形成的灰岩夹层, 总体上显示滨海平原环境特点。第二岩性段为砂岩夹泥岩, 由含砾砂岩、粗中粒砂岩、细砂岩和粉砂岩组成 4 个正韵律层, 属三角洲平原河道沉积。第三段为泥岩段, 其岩性为泥岩、粉砂质泥岩、炭质泥岩夹泥质粉砂岩及细砂岩, 属三角洲洪泛平原亚相。C II 油组属下石炭统巴楚组, 也分 3 个岩性段: 第一段(双峰灰岩)岩性为藻纹层泥晶灰岩, 属潮间上带至潮上带沉积。第二段(泥岩段)由泥岩及粉砂质泥岩组成, 属潮间带沉积。第三段(生屑灰岩段), 岩性由针孔白云岩、藻纹层灰岩、白云岩、砂屑、砾屑灰岩及鲕粒灰岩等组成, 属潮间至潮下沉积环境。C III 油组亦属巴楚组, 分 2 个岩性段: 第一段(泥岩段)岩性为泥岩和粉砂质泥岩, 属远滨沉积。第二段(东河砂岩段)上部岩性为中- 细

粒砂岩和粉- 细粒砂岩夹泥质粉砂岩, 砂岩含砾; 中部以厚层细粒砂岩为主; 下部多为钙质细砂岩, 属陆缘滩坝相沉积。

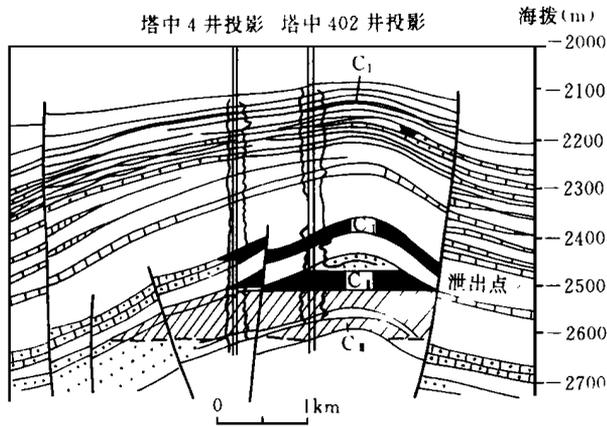


图 3 塔中 4 号构造石炭系油藏横剖面图

Fig 3 Cross section of the Carboniferous oil pool, Tazhong-4 structure

其中 C I 和 C III 油组的储层以碎屑岩为主, C II 油组以碳酸盐岩为主。碎屑岩储层的岩性主要为长石英砂岩、岩屑石英砂岩, 其次为岩屑砂岩和长石砂岩。储集空间类型包括粒间溶孔、粒内溶孔、残余原生粒间孔及少量微孔隙等。平均孔隙度为 15. 52%

~ 19. 05%, 平均渗透率为 $190. 12 \times 10^{-3} \sim 285. 87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 从孔、渗条件分析属好的储集层。碳酸盐岩储层包括灰岩和白云岩两大类, 灰岩主要包括亮晶内碎屑灰岩、亮晶- 泥晶鲕粒灰岩和生物屑灰岩, 白云岩包括藻纹层白云岩、藻凝块白云岩和泥粉晶白云岩。孔隙类型是以晶粒间溶孔为主, 其次为晶粒间微孔。平均孔隙度为 11. 89%, 平均渗透率为 $5. 64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属极好储集岩。中央隆起及北部满加尔坳陷中, 上奥陶统的海相暗色泥岩和泥晶灰岩提供了充足的油源, 加里东- 海西期、海西晚期- 印支期构造运动的断裂及不整合面提供了油气运移的主要通道。石炭系特有的沉积环境发育了下部储层与上部泥岩配置良好的储盖组合, 形成了油藏和凝析气藏复合的塔中油气田。

2. 4 亚松迪油气田

亚松迪油气田(图 4) 位于巴楚隆起西北部, 是受控于色力布亚断裂逆冲牵引的背斜型构造。该构造的生成发展主要在海西晚期- 末期, 喜马拉雅晚期再次活动并定型。现将主要含油气的石炭系- 二叠系下统南闸组地层简述如下:

上覆下二叠弘库普库兹满组

南闸组(P_{1n}): 亮晶粒屑灰岩、生物屑泥、微晶灰岩、泥晶灰岩、亮晶生物屑灰岩及含砂质生物屑粉晶

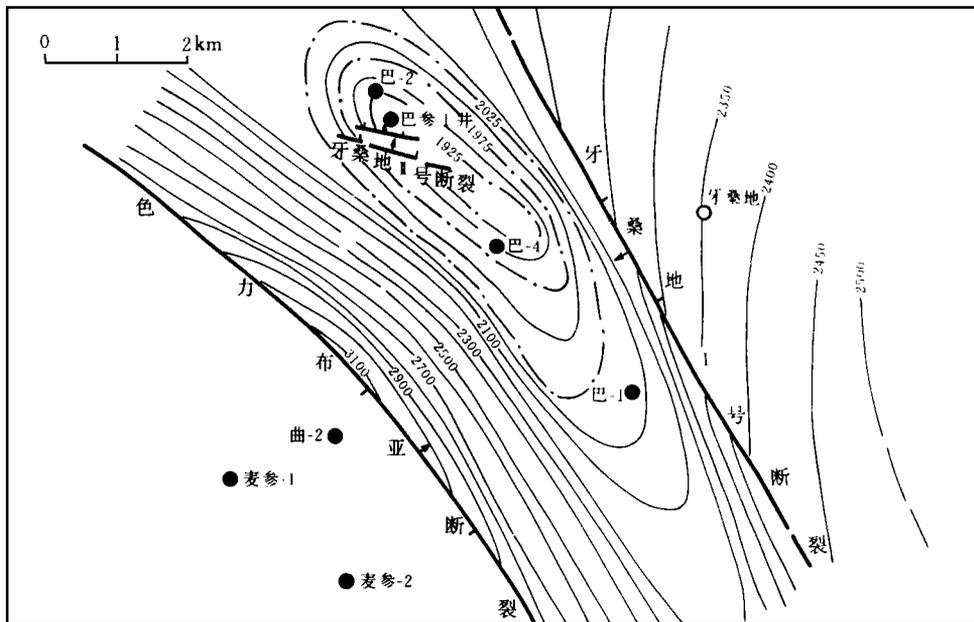


图 4 亚松迪油气田 C₂ 构造图

Fig 4 The Middle Carboniferous structural map of Yashondi oilfield

灰岩夹灰质泥岩薄层,顶部为泥晶白云质灰岩。

小海子组(C_{2x}):上部为砂屑微、粉晶白云岩、微晶白云岩夹粉晶白云岩、砾屑白云岩、砂屑鲕粒灰质白云岩。下部为泥晶灰岩、白云石化泥、微晶灰岩夹泥岩。

卡拉沙依组(C_{1k}):第一段,中、上部为微晶白云岩、微-粉晶白云岩、微晶灰质白云岩夹亮晶砂屑灰岩、亮晶鲕粒砂屑灰岩、泥微晶灰岩及膏质泥岩、泥岩;下部为泥晶白云岩、细砂岩、含膏粉砂质泥岩互层。第二段,泥质泥晶白云岩、泥晶白云岩、微晶白云岩、泥晶灰质白云岩及微晶灰岩夹(膏质)泥岩、含膏粉砂质泥岩、石膏层。

巴楚组(C_{1b}):第一段,上部为亮晶粒屑灰岩、含膏砂屑灰岩夹微晶粒屑白云质灰岩、亮晶砂屑灰岩,中部为微晶灰岩夹亮晶粒屑灰岩、细-中晶灰岩;下部为含砂屑泥晶白云岩及白云质泥岩。第二段,粉砂质泥岩、泥岩夹细粒长石石英砂岩、细粒岩屑石英砂岩、粉砂岩及砂质白云岩、砂屑粉晶白云岩、泥质泥晶白云岩。第三段(东河砂岩段),细-中粒岩屑石英砂岩、细粒岩屑石英砂岩夹石英细砾岩及粉砂质泥岩。

目前已发现了小海子组(C_{2x})砾屑白云岩段油气藏;卡拉沙依组(C_{1k})砾屑白云岩段油气藏;卡拉沙依组(C_{2k})油气显示;巴楚组(C_{1b})裂隙泥岩段油气藏、双峰灰岩油藏及东河砂岩油气显示,其中小海子组砾屑白云岩产层横向稳定,储集性能为本区最好。主要为一套半封闭-封闭台地相沉积的碳酸盐岩,储集空间以粒间孔、晶间孔、溶蚀孔为主,发育微裂隙及压溶缝,平均孔隙度为 12.9%~16.47%,平均渗透率为 $23.43 \times 10^{-3} \sim 132.72 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属较好的储集层(张博全等,1989)。经测试获凝析油 $5\text{m}^3/\text{d}$ 、天然气 $20 \times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 的高产油气流。双峰灰岩段岩石虽本身物性差(孔隙度 0.1%~1.6%,渗透率小于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),但不规则的斜裂隙和缝合线构造发育。裂隙泥岩段经测试获 $3\text{m}^3/\text{d}$ 的原油产量。油源分析结果表明巴楚组上部的海相碳酸盐岩和泥岩厚度较大,有机质丰度较高,其类型属陆源腐殖型混入的腐泥型,已进入生油期,属于好的生油岩(康玉柱等,1992)。与同层位的原油对比具明显的亲缘关系,上部泥岩、膏层为良好盖层,形成了自生自储自盖型油藏。目前亚松迪油田控制面积近 2km^2 ,初步控制储量原油 $32 \times 10^4\text{t}$ 、天然气 $5.09 \times 10^8\text{m}^3$ 。证实巴楚隆起是一个较有希望的含油气构造。

3 结束语

本区石炭系沉积具有优越的石油地质条件。地层本身生储盖配制良好,在各旋回沉积地层不同的沉积相带中都已获得油气突破。据“八五”研究成果,塔北地区(以阿瓦提断陷和沙雅隆起为主)石炭系生油岩在喜马拉雅晚期形成油气资源量为 $5.4441 \times 10^8\text{t}$;中央隆起区石炭系生油岩厚度可达 216m。自供油气资源量为 $37.28 \times 10^8\text{t}$ 。西南坳陷区石炭系生油岩总厚 400~1400m。巴楚-麦盖提地区海陆交互相灰岩和泥页岩属 I 型和 II 型干酪根,有机质成熟度在不同区域有明显区别,巴楚隆起西部小海子一带 $R_o < 0.5\%$,未成熟。其余大部分地区处于低成熟阶段, R_o 值在 0.5%~0.8% 之间。麦盖提斜坡总体处于成熟阶段。阿图什-麦盖提-和田一线以西至英吉沙一线为高成熟区, R_o 为 1.3%~1.5%;叶城一带达成成熟阶段, $R_o > 2.0\%$ 。总体上年,该区生油岩属较好生油岩,厚度也较塔北地区大。燕山期进入生油门限,喜马拉雅期为其主生油期。油气资源量较塔北地区还丰富,而且又覆盖在盆地内最佳生油岩寒武-奥陶系之上。使得石炭系储层既能捕捉寒武-奥陶系生油岩提供的油源,又能富集自身的油气。综合研究表明,石炭系储层主要受控于沉积相带的展布,同沉积期的不同相带发育的不同层位和不同岩性都可作为储层。而断裂的发育对于储集性的改变很有利。半封闭-封闭台地相区发育的砾屑白云岩段分布较稳定,在巴楚隆起-麦盖提斜坡和雅克拉断凸西端都有发现。该储层自身储集性能好,在斜坡带距坳陷较近处处于捕集油气前沿。在隆起上,断裂发育,与下部油源之间有良好的油气运移通道,有利于形成油气藏。滨海砂砾滩坝相带的东河砂岩段在雅克拉断凸西端东河塘区及卡塔克隆起沉积最佳。有效的储集空间主要是靠自身的孔渗条件,并且已获油气突破。相应的有利区带为顺托果勒隆起以北雅克拉断凸西端、沙西断褶带东部区域、阿克库勒凸起及卡塔克隆起。巴楚隆起-麦盖提斜坡的东河砂岩段虽然岩性本身致密,不具储集性能,但在钻井钻进时出现了以 $5\text{m}^3/\text{h} \sim 7.5\text{m}^3/\text{h}$ 的漏失泥浆 60m^3 左右,取心见到原油浸染岩石和高级别荧光显示情况。虽然测试出水,但仍然不能忽视。上述两类沉积应作为勘探大、中型油气田的“第一靶区”。

双峰灰岩段主要为生物屑灰岩,缝洞型储集岩,

物性较差,但其自身有生油能力,同时也可捕捉下伏源岩寒武-奥陶系的油气,可形成自生自储自盖型亚松迪式油藏和混源的塔中式油气藏。以断裂发育带为最佳勘探区,但规模小,以油为主(王燮培等,1990)。

三角洲相沉积的砂岩夹灰岩及潮坪-洪泛平原相沉积分布较广,且已发现小规模油气藏,亚松迪、巴什托小海子组顶部灰岩凝析气藏。巴楚隆起、卡塔克隆起、古城墟隆起西南部的广大地区都有分布,以断裂发育带较为有利,成藏规模小,以气为主。

迄今勘探成果已表明石炭系具有自生、自储、自盖能力,并能形成多储盖组合的特点,具有较好的油气远景。历经两期大的构造运动-海西运动和喜马拉雅运动,两个生油运移聚集破坏期,使油藏类型复杂,分异、次生、残留油气藏并存。其中化学改造的早期油藏和经分异运移后的残留油藏都以产油为主,油质具有高粘偏重特点。分异运移作用形成的次生油气藏以凝析油气为主,目前虽然已在沙雅隆起东

河塘和阿克库勒构造、卡塔克隆起、巴楚隆起、麦盖提斜坡的局部构造发现了一系列大、中、小型石炭系油气(田)藏,但对于石炭纪早、晚两期广大的海侵沉积区域,勘探程度依然很低,是我们今后工作应该注意的。

本文承蒙魏真鑫先生的指导和帮助,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 康玉柱 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价. 北京:地质出版社,1996
- 2 康玉柱 塔里木盆地古生代海相油气田 武汉:中国地质大学出版社,1992
- 3 王燮培等 石油勘探构造分析 武汉:中国地质大学出版社,1990
- 4 张博全等 油(气)层物理学 武汉:中国地质大学出版社,1989

(收稿日期:1998年3月5日)

THE CARBONIFEROUS DEPOSITIONAL CHARACTERISTICS AND PETROLEUM GEOLOGY IN THE TARIM BASIN

Wang Junqi Wu Tao

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Northwest Bureau of Petroleum Geology, Urumqi 830011)

Abstract

The sedimentary environments, development of lithofacies zone, and influence of tectonic movement during the Carboniferous in the Tarim basin were briefly discussed and some typical oil fields were described and assessed in the paper. The favorable targets for hydrocarbon exploration in the Carboniferous of the basin were pointed out.

Key words depositional facies, oil and gas fields, exploration targets, Carboniferous, Tarim basin