

塔里木盆地奥陶系生物礁的发现及其意义

顾家裕 方 辉 蒋凌志

中国石油勘探开发研究院

本文为国家 973 项目(编号 19990433)资助研究成果

近年来,通过对塔里木盆地野外地质露头的考察和井下岩心的观察以及地震剖面解释,先后在一些地区的中、上奥陶统发现了生物礁,这是塔里木盆地碳酸盐岩研究的一个重大突破。

这一发现对研究塔里木盆地奥陶纪所处的位置、沉积环境和对塔里木盆地地下古生界的油气勘探必将产生重要意义。

发现生物礁的地区、层位及分布规律

塔里木盆地生物礁发现于轮南 46 井、轮南 48 井、塔中 161 井、塔中 30 井等井区和巴楚的一间房及永安坝、库鲁克塔格的乌里格孜格、阿尔金断隆的环形山和尧勒萨依等地区。发育生物礁的层位集中于中奥陶统的一间房组、上奥陶统的吐木休克组和良里塔格组,以一间房地区的生物礁发育最完整。初步研究,生物礁主要呈长条状分布于两种沉积环境:①碳酸盐台地向台地斜坡过渡的台地边缘环境;②碳酸盐台地内的地形由平坦向较陡处转折的地带(见图 1)。

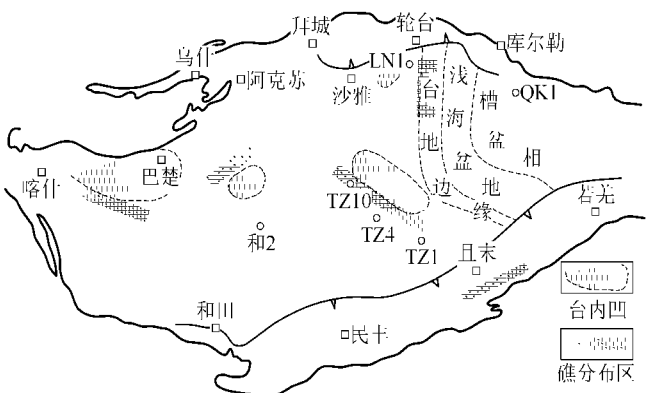


图 1 塔里木盆地生物礁平面分布图

特殊的地质、地理环境使塔里木盆地广泛分布的生物礁只能发育于中、晚奥陶世。上述两个地带形成生物礁的条件是:①原底部地形是隆起,波浪在此破碎,水体能量较高,生物碎屑滩沉积物胶结后具坚硬海底,利于固着生物生长繁殖;②远离陆源供给区,陆源

碎屑物质供应不足,因而水体清澈,波浪能量高,适于抗风浪的生物生长;③根据古地磁研究和碳、氧同位素的分析,中、晚奥陶世塔里木盆地处于古纬度南纬 20°~30°的热带—亚热带地区,平均古温度为 24.22~31.53℃,适宜抗风浪的生物生长;④在早奥陶世以后大约 20Ma 的时间内,塔里木地区的海平面处于缓慢下降至缓慢上升的稳定阶段,中奥陶世末期转入海平面快速上升阶段,海平面稳定的早、中奥陶世最适宜于生物礁的发育。

生物礁中的生物种类和生态特征

根据生物在生物礁形成过程中的作用,把生物礁中的生物分为造礁生物和附礁生物。塔里木盆地不同地区中、晚奥陶世的造礁生物和附礁生物的组合及分布地区见表 1。

1 造礁生物

生物礁中造礁生物的含量可达 30%以上。造礁生物相互交织形成具抗浪结构的坚固的生物骨架,能抵

表 1 塔里木盆地不同地区造礁生物和附礁生物分布表

类型	生物	轮南	塔中	永安坝 一间房	阿尔金 断隆	库鲁 克塔格
造 礁 生 物	层孔虫		○		○	
	苔癣虫	○	○	○	○	
	珊瑚	○	○		○	○
	蓝绿藻			○	○	
	管孔藻	○	○			
	托盘类	○	○	○		
	海绵	○	○			
附 礁 生 物	角石			△		
	腹足类		△	△		
	棘皮类	△	△	△	△	
	介形虫	△	△	△	△	
	瓣鳃类			△		
	腕足类	△	△	△	△	△
	海百合				△	
	藻类		△		△	
	三叶虫		△			
	头足类				△	

抗风浪, 既使附礁生物附着于其骨架, 避免风浪的侵袭而生长, 又捕集海水中的灰泥和其它生物的遗骸。塔里木盆地中、上奥陶统的造礁生物主要有海绵、苔藓虫、层孔虫、珊瑚、托盘类、蓝绿藻、管孔藻等。

(1) 海绵

海绵是一种固着表生动物, 能牢固地固着于硬质基底, 并具有良好的挠曲性, 适于在具一定风浪、水体动荡的环境生长, 一般在不同温度条件下都能生长于正常盐度的滨、浅海环境, 主要食用流动海水中的浮游生物和其它浮游有机质。在中、上奥陶统的生物礁中, 石质海绵骨骼可占礁体体积的 50% 以上, 主要种属为古钵海绵 (*Archaeosyphia*)、钵海绵 (*Astylospongia*)、深杯腔海绵 (*Calycocoelia*)、串管海绵 (*Sphinctozoa*) 等。轮南地区海绵呈生长状态保存。

(2) 苔藓虫

苔藓虫是一种适应性很强的底栖群体生物, 匍匐于硬质海底营底栖附着生活, 可生长于不同温度、盐度、深度和底质的海洋环境, 但主要生活于温暖洁净有一定水体能量的浅海中。塔里木盆地生物礁中的苔藓虫主要分布于轮南地区、巴楚的永安坝和一间房地区以及塔中地区, 特别是在轮南 46 井及附近地区, 造礁生物主要是苔藓虫, 构成了苔藓虫障积礁。主要种属是直立生长的变口目苔藓虫 (*Trepostomata*) 和少量泡孔目苔藓虫 (*Cystoporina*)。

(3) 托盘类

托盘类是一类早已灭绝的生物, 仅发现于古生代, 过去都被视为海绵, 但 Niticki (1972) 认为它们可能属于与粗枝藻有联系的藻类 (*Receptaculitids*, 称西方花托藻), 生长最繁盛的水域是水深 6m 左右, 能抵抗风浪, 起着捕获和障积生物碎屑和灰泥的作用。本区托盘类主要见于轮南、塔中和巴楚地区, 是该区较重要的造礁生物。轮南地区托盘类呈杯状、亚杯状单体, 以细端在下、粗端在上的状态生长, 在岩石中所见的全呈生长状态, 倾斜者少。巴楚地区的托盘类大多数开口朝下或呈平卧状态, 表明沉积时水动力较强。

(4) 珊瑚

珊瑚是主要造礁生物之一, 其坚硬的钙质骨骼与其它造礁生物骨骼一起构成生物礁的骨架。珊瑚生活在洁净温暖、盐度正常 (3.4% ~ 3.7%) 的海水中, 水体深度一般在 20m 以内, 在 25 ~ 29℃ 的水温中生长最繁盛。塔里木盆地中、上奥陶统的珊瑚主要为床板珊瑚和四射珊瑚, 包括四方管珊瑚 (*Tetradida*)、四射珊瑚 (*Heliolitida*)、蜂巢珊瑚 (*Favosiyida*)、刺毛珊瑚

(*Chaetetida*) 等。它们呈群体生长, 多保持直立生长状态, 常见丛状、枝状。在巴楚的永安坝和一间房地区十分丰富, 形态保存完好。

(5) 层孔虫

层孔虫是群体生长的造礁古生物, 营底栖固着的生活方式, 主要生活在温暖且盐度基本正常的滨海浅水环境, 常与四射珊瑚和横板珊瑚共生。塔中地区参与造礁的层孔虫有拉贝希层孔虫 (*Labechia*)、小拉贝希层孔虫 (*Labachiella*)、图瓦层孔虫 (*Tuveichia*)、隐板层孔虫 (*Cryptophoragmus*)、罗森层孔虫 (*Rosennella*) 和蜂巢层孔虫 (*Ecclimadictyon*) 等。

2 附礁生物

在生物礁中, 附礁生物居于造礁生物坚硬骨骼构成的礁体骨架中, 与造礁生物一起构成生物礁的生态群落 (见图 2)。

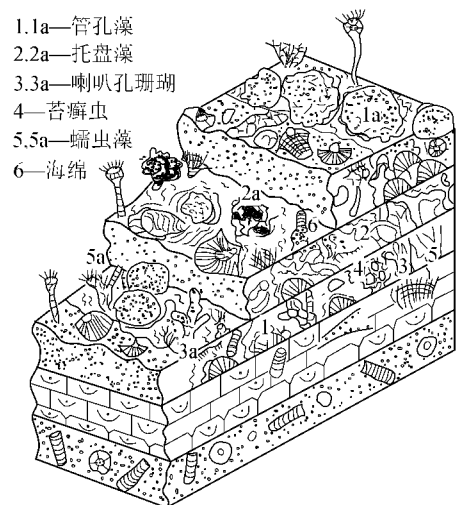


图 2 塔里木盆地中、晚奥陶世的生物生态群落示意图^①

塔里木盆地中、上奥陶统生物礁中的附礁生物主要为角石、腹足类、腕足类、棘皮类、介形虫、海百合以及各类钙藻等, 它们虽然不直接参与造礁, 但残骸却是礁灰岩的主要沉积物来源。其中, 海百合茎尤其重要, 它们大量快速地生长于礁的侧翼, 形成一个天然的生物屏障, 减轻海流和风浪对礁体的冲蚀, 起到保护礁体的作用, 海百合碎屑堆积的棘屑滩又是生物礁生长的基础。

塔里木盆地生物礁发现的意义

中国以往仅有在陕西渭河以北地区、浙赣交界地区和湖北地区发现奥陶系生物礁的报道。本文对塔里木盆地发现早、中奥陶世生物礁的系统报道, 结束了塔

① 陈景山, 塔里木盆地寒武、奥陶系储层特征与生物礁分布规律, 1998.

里木盆地奥陶纪“无礁”的认识历史。

古地磁研究认为, 塔里木盆地在奥陶纪处于南纬 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的热带—亚热带气候环境。研究塔里木盆地奥陶纪生物礁中的古生物组合和生物群落、古生态环境, 进行同位素测年和古温度恢复, 可以进一步佐证和修改由古地磁研究所确定的早、中奥陶世塔里木盆地所在的位置。通过研究礁体中沉积物的成分、结构和礁体结构、礁体发育演化过程、不同成岩场条件下礁储集体的演化, 有可能创造和建立符合塔里木盆地特殊条件的礁体沉积模式和成岩演化理论, 丰富以现代生物礁研究为基础的礁沉积学和储集层地质学理论。

众所周知, 生物礁自身既是优质的烃源岩, 又具有良好的储集性能, 孔隙度高, 可以作为优质的储集岩, 同时生物礁衰亡后, 其顶部覆盖的泥膏岩是良好盖层, 因此生物礁往往形成储量大、单井产量高的自生自储的油气藏, 是油气勘探的重要对象。在塔里木盆地礁发育区, 有大量热液通过断裂进入生物礁, 形成大量高孔隙的荧石晶洞, 增加了礁储集体的储集空间, 塔中 45 井、塔中 45—1 井就是很好的例子。

塔里木盆地生物礁的发现已得到地质界、油气勘探界的高度重视。通过对构造运动、断裂活动、生物礁成岩作用和孔隙演化的研究, 可以寻找更有利的构造环境、沉积相带和有利的成岩环境区, 有可能为塔里木盆地台盆区的油气勘探开辟一个新的领域。

结 论

在塔里木盆地的中、上奥陶统, 已经发现了真正意

义上的生物礁。生物礁主要呈长条状分布于碳酸盐台地向台地斜坡过渡的台地边缘环境和台内地形由平坦向较陡处转折的地带。生物礁中的生物分为造礁生物和附礁生物两类, 中、晚奥陶世造礁生物主要是海绵、层孔虫和珊瑚等, 附礁生物主要是角石、腹足类、腕足类、棘皮类、介形虫、海百合、钙藻、其它藻类等。

塔里木盆地中、上奥陶统生物礁的发现, 无论是对于沉积学和储集层地质学理论的发展, 还是对塔里木盆地台盆区勘探生产实际, 都具有重要的意义。

对于范嘉松、陈景山、朱忠德教授在研究中给予的指导、帮助以及同意引用他们部分尚未发表的资料, 在此表示深切的感谢。

参 考 文 献

- 1 刘秉理等. 鄂西南地区奥陶纪生物礁的发现. 江汉石油学院学报, 1990, 12(2): 107~108.
- 2 朱忠德等. 湖北宜昌黄花场早奥陶世 *Pelmatozoan* 障积丘的发现. 科学通报, 1994, 39(12): 1106~1109.
- 3 James N P and Bourque P A. Reef sand mounds. In: Walker R G and James N P(eds.). Facies Model: Response to Sea Level Change, 1992, 229~257.
- 4 范嘉松(主编). 中国生物礁与油气. 北京: 海洋出版社 1996, 39~75.

第一作者简介 顾家裕, 男, 56 岁, 教授级高级工程师, 博士生导师, 获硕士学位, 主要从事沉积、储集层和石油地质研究。地址: 北京市 910 信箱, 院部, 电话: (010)62098082。E-mail: Gujy@riped.cnpc.com.cn

收稿日期 2001-01-17

(编辑、绘图 王孝陵)

他山之石

开发重油的新型热采技术——电动井下蒸汽发生器

郑炯摘译自 SPE 69731

目前美国德士古公司正与 Meshekow 石油开采公司合作开发电动井下蒸汽发生器。所开发的电动井下蒸汽发生器是以开发埋藏深的、海上的、环境条件较差的以及资金投入有限的重油资源为目标。这种井下蒸汽发生器与传统的蒸汽发生器相比具有许多优点。比如, 电动井下蒸汽发生器没有地面蒸汽分配系统, 克服了其蒸汽干度的相分离问题。同时, 由于其是在井底输送蒸汽, 从而克服了地面和地下热量流失问题。此外, 还具有体积小、地面装置少和易于移动、安装、展开使用速度快等优点。与传统的注蒸汽设备相比, 电动井下蒸汽发生器估计可节约 50% 的投资成本。由于这些优点, 使其不仅对海上作业很具吸引力, 而且对于蒸汽驱先导试验区也是较为理想的选择。这项技术目前正在德士古公司 Kem River 油田的许多油藏中试用。

(编辑 唐金华)

石油勘探与开发·中文摘要

第 28 卷 第 4 期 出版日期 2001 年 8 月 23 日

·石油地质研究·

Q915

20010401

塔里木盆地奥陶系生物礁的发现及其意义[刊]/顾家裕,方辉...//石油勘探与开发.-2001,28(4).-1~3

通过对塔里木盆地野外地质露头的考察和岩心的观察以及地震剖面的解释,在奥陶系发现了大量的生物礁。生物礁的分布地区和层位存在着规律性,从层位上来看,生物礁主要分布在中、上奥陶统;从地区来看,主要分布在塔中、轮南、巴楚、阿尔金断隆和库鲁克塔格地区。造礁生物主要有层孔虫、苔藓虫、珊瑚、蓝绿藻、管孔藻、托盘类、海绵,附礁生物主要有角石、腹足、棘皮、介形虫、瓣鳃、腕足、海百合、藻类、三叶虫、头足类,不同地区造礁生物和附礁生物组合是有差异的。生物礁发育的环境是台地边缘和台地内部相对高的地方。生物礁的发现无论在实践上还是在理论上都具有很重要的意义。图2表1参4(顾家裕摘)

主题词 塔里木盆地 中奥陶世 晚奥陶世 生物礁 生物群 组合 生态学 环境

TE112.3

20010402

柴达木盆地北缘冷湖地区油气成藏条件研究与勘探建议[刊]/门相勇,赵文智...//石油勘探与开发.-2001,28(4).-4~7

冷湖地区深层侏罗系具有良好的生油条件,但储集层物性差;其上的第三系发育多套较好的储盖组合,与侏罗系油源构成了本区较好的下生上储型的生储盖组合。冷湖构造深、浅断层发育,油气主要分布在大断裂的下盘,断层既是深层油气向上运移的良好通道,其封堵性又是油气能否保存的关键因素。油气藏形成过程大致经历了两个阶段:一为 E_3 末期深层油气藏形成,下第三系具备形成较大规模油气藏的可能,二为 N_2 末期深层油气藏遭受调整和破坏,浅层第三系次生油气藏形成和部分油气散失。据此分析,应在油源区内加强对具有油源通道的第三系的勘探,同时须重视断层封堵性的研究。图4表1参2(门相勇摘)

主题词 柴达木盆地 冷湖 生储盖组合 断层 油气藏形成 勘探建议

TE111

20010403

合肥盆地构造演化及油气系统分析[刊]/赵宗举,李大成...//石油勘探与开发.-2001,28(4).-8~13

合肥盆地位于华北板块南缘,面积约为 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,迄今尚

未发现油气藏。盆地印支面(侏罗系底)上、下构造层具有明显差异,上构造层为陆相盖层,主要表现为张性构造;下构造层为海相层系,主要表现为压性构造。盆地经历了前中生代基底形成期和中、新生代陆相盆地发育期,现今盆地总体表现为中央隆起、四周凹陷的格局。按照“主力烃源岩—主要储集层—主要成藏期”的命名原则,盆地可划分为3个油气系统: $P_z-J_1-P_z-J_1(K_1)-T_3-K$ 、 K_1-K-K_2-E 和 $P_z-P_z-K_2-E-E$ 。最有利勘探区为大桥凹陷,其次为朱巷斜坡。由于盆地内古生界缺乏钻井标定,烃源岩条件不清,侏罗系及白垩系以河湖相砂泥岩为主,缺少良好的膏盐岩区域盖层,且曾遭燕山期等多次构造运动的改造和破坏,不利于油气保存,加之中、新生界缺乏构造圈闭,因此,总体而言盆地油气勘探存在较大风险。图3参22(赵宗举摘)

主题词 合肥拗陷 构造演化 油气远景 油气系统 勘探风险

TE112.1

20010404

青藏高原海相烃源岩生排烃模式[刊]/王东良,张君峰...//石油勘探与开发.-2001,28(4).-14~16

在青藏高原实地踏勘采集了大量样品,首次成功地进行了青藏高原海相烃源岩的生排烃热压模拟实验。在对实验产物和残渣计量、检测后,总结、归纳出4类青藏高原海相烃源岩生排烃模式:Ⅰ型泥页岩生排烃模式、Ⅱ₁型泥页岩生排烃模式、Ⅱ₁型灰岩和泥灰岩生排烃模式、沥青生排烃模式。这些模式的建立为正确评价、研究该区海相烃源岩和资源量计算提供了可靠的依据。就这4类模式之间、这些模式与常规模式之间进行了对比,找出了它们之间的异同点,这对进一步研究青藏地区具有重要意义。模拟实验结果与露头剖面实际分析资料对比表明,通过模拟实验所建立的青藏高原海相烃源岩的生排烃模式基本上能够反映地下生排烃的实际情况。图3表1参1(王东良摘)

主题词 青藏高原 海相烃源岩 模拟试验 生排烃模式 热演化

TE112.1

20010405

黄骅拗陷千米桥古潜山构造凝析油气藏的油源研究[刊]/卢鸿,王铁冠...//石油勘探与开发.-2001,28(4).-17~21

对千米桥古潜山高蜡凝析油 $C_{12}-C_{35}$ 液态烃馏分进行精细的化学组成剖析,是开展准确的油源研究之基础。原油地球化学特征分析表明,受凝析油形成过程中的化合物分馏效应影响,常规馏、砵烷含量甚微且分布面貌已不同程度失真;凝析油具有相对富集的重排补身烷和较高的苯并[e]芘及单峰的甾系列等

SHIYOU KANTAN YU KAIFA

(PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT)

Vol. 28 No. 4 Aug. 2001

ABSTRACT

The significance of Ordovician reef discovery in Tarim basin. GU Jiayu; et al. (Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(4), 1-3. Through the study of field outcrops and core examination and interpretation of seismic sections, some reefs are discovered in the Ordovician of Tarim basin. There is some law in distribution area and horizon of reefs. In horizon, reefs are mainly distributed in the Middle and Lower Ordovician. In region, reefs are mostly distributed in Tazhong, Lunnan, Bachu, Aierjin and Kuluketage areas. Reef-building organisms are Stromatoporida, Bryozoa, Coral, Cyanophyta, Solenoporaceae, Calathium, Spongia, and reef-associated organisms are Hornstone, Gastropoda, Echinodermata, Ostracoda, Lamellibranchia, Brachiopoda, Crinozoa, Algae, Trilobita, and Cephalopoda. The association of organisms differs from one area to another. The environments which are favorable for development of reefs are platform-edge and relatively high land in intraplatform. The discovery of reefs in the Ordovician is very important to petroleum exploration practice and development of the relevant theory. **Subject heading:** Talimu basin, Middle Ordovician epoch, Late Ordovician epoch, Organic reef, Biota, Pattern, Ecology, Environment

A study on oil and gas accumulation in Lenghu area of the northern margin of Qaidam basin and some relevant exploration suggestions. MEN Xiang-yong; et al. (Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(4), 4-7. There are good oil-generating conditions but bad reservoir physical properties in deep Jurassic system. However some good reservoir-cap rock assemblages exist in the overlying Tertiary

system, so building up a good lower source rock-upper reservoir assemblage in this region. Many faults developed in Lenghu structure and controlled oil and gas distribution; faults provided better migration path-way for oil and gas deep source rocks and their good sealing ability is the key factor to preserve the oil and gas generated and migrated. The process of oil and gas accumulation includes two stages: one is the deep oil and gas pools formed at the end of E₃, and it is possible to make large scale oil and gas accumulation in the Lower Tertiary system; the other is that the deep oil and gas pools were readjusted and even destroyed at the end of N₂. In the second stage, the secondary oil and gas accumulation formed in shallow Tertiary system, and part of oil and gas was lost. Based on their analysis, we acquire some enlighten, suggesting that exploration in the Tertiary system having oil pathway to oil source area should be strengthened and fault sealing ability research should be paid more attention to. **Subject heading:** Chaidamu basin, Lenghu, Source Reservoir-Cap assemblage, Fault, Reservoir formation, Exploration suggestion

The structure evolution and the petroleum system in Hefei basin. ZHAO Zong-ju; et al. (Hangzhou Geological Institute, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Hangzhou 310023, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(4), 8-13. Hefei basin is located in the southern edge of Huabei plate, with an area of about 20,000 km², up to now still no oil (gas) reservoirs have been discovered there. There is obvious difference between upper and lower tectonic levels of Indosinides Plane (Lower Jurassic) in the basin. The upper tectonic level is continental cap rock, which is characterized by extensional structure; lower tectonic levels are marine series of strata, which are characterized by compressional structures. The development of