

文章编号:0253-9985(2012)02-0190-10

# 扎格罗斯盆地新生界 Asmari - Gachsaran 成藏组合地质特征及成藏模式

张震<sup>1,2</sup>, 李浩武<sup>3</sup>, 段宏臻<sup>4</sup>, 徐祥恺<sup>5</sup>, 蒋思芹<sup>6</sup>

- (1. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 国土资源部 盐湖资源与环境重点实验室, 北京 100037;  
3. 中国石油 勘探开发研究院, 北京 100083; 4. 中国石油 测井有限公司 青海事业部, 甘肃 敦煌 736202;  
5. 中国石油 青海油田公司 英东油田勘探开发一体化项目部, 青海 海西蒙古族藏族自治州 816400;  
6. 中国石油 大庆油田分公司 第六采油厂, 黑龙江 大庆 163114)

**摘要:** Asmari - Gachsaran 成藏组合是扎格罗斯盆地重要的成藏组合。通过对该成藏组合古地理演化、烃源岩、储层、盖层、成藏过程和模式的分析认为, 新近纪至第四纪的扎格罗斯褶皱作用使白垩系 Kazhdumi 组烃源岩埋深加大, 大面积进入生烃高峰; 同时, 构造作用形成了贯穿新生界 Asmari 组灰岩、Pebdeh 组泥岩和白垩系 Sarvark 组灰岩的开放性裂缝网络, 构成油气自烃源岩向储层运移的垂向通道。在大部分地区, Asmari 组成藏组合内的油气都是 Kazhdumi 组烃源岩直接一次充注, 而不属于由 Sarvark 组圈闭中纵向调整而来的次生油气藏。由于裂缝的沟通, Asmari 组合 Sarvark 组储层具有统一的水界面, 在浮力的作用下, 浅部的 Asmari 组储层要比深部的 Sarvark 组储层更早地充注油气, 油气充满度也更高。优质烃源岩、沟通烃源岩与储层的大量开放性垂直裂缝、厚度大的蒸发岩盖层及烃源岩生烃期与构造和裂缝形成期的良好配合是油气富集的主控因素。

**关键词:** 裂缝; Kazhdumi 组烃源岩; Gachsaran 组蒸发岩; 成藏模式; Asmari - Gachsaran 成藏组合; 扎格罗斯盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

## Geological characteristics and hydrocarbon accumulation model of the Cenozoic Asmari-Gachsaran play, Zagros Basin

Zhang Zhen<sup>1,2</sup>, Li Haowu<sup>3</sup>, Duan Hongzhen<sup>4</sup>, Xu Xiangkai<sup>5</sup> and Jiang Siqin<sup>6</sup>

- (1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Key Laboratory of Saline Lake Resources and Environments, Ministry of Land and Resources, Beijing 100037, China; 3. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China; 4. Qinghai Business Division, CNPC Logging, Dunhuang, Gansu 736202, China; 5. Yingdong Oilfield Exploration and Development Department, PetroChina Qinghai Oilfield Company, Haixi National Municipality of Mongol and Tibetan, Qinghai 816400, China; 6. No. 6 Oil Production Plant, PetroChina Daqing Oilfield Company, Daqing, Heilongjiang 163114, China)

**Abstract:** The Asmari-Gachsaran play is an important play in Zagros Basin. We studied the paleogeography evolution, hydrocarbon source rocks, reservoir rocks, cap rocks and hydrocarbon accumulation process and model of the Asmari-Gachsaran play. The Cretaceous Kazhdumi source rocks was more deeply buried due to the Noogene-Quaternary Zagros folding and mostly reached peak hydrocarbon generation. Meanwhile, open fracture networks that penetrate the Cenozoic Asmari limestone, Pebdeh mudstone and the Cretaceous Sarvark limestone were also formed due to the tectonics, and they constitute vertical pathways for hydrocarbon migration the Kazhdumi source rocks to the above reservoirs. In most areas, the hydrocarbons in the Asmari play were directly charged from the Kazhdumi source rocks instead of the Sarvark play. The Asmari and the Sarvark reservoir share the same oil-water contact due

收稿日期: 2011-10-10; 修订日期: 2012-02-10。

第一作者简介: 张震(1980—), 男, 博士, 沉积学与矿床地质学。

to the connection of fractures, thus the shallow Asmari reservoirs were charged earlier than of the deeper Sarvark reservoir, and have higher filling degree. High quality source rocks, vertical open fractures connecting the source rocks and reservoirs, thick evaporate cap rock, and the good timing between peak hydrocarbon generation and trap-fracture development are the key factors controlling hydrocarbon accumulation in Asmari-Gachsaran play.

**Key words:** fracture, Kazhdumi source rock, Gachsaran evaporate, hydrocarbon accumulation model, Asmari-Gachsaran play, Zagros Basin

新生界阿斯玛里-加奇萨兰组 (Asmari - Gachsaran) 成藏组合是扎格罗斯盆地乃至中东地区重要的成藏组合之一, 它由 Asmari 组裂缝型储层与 Gachsaran 组蒸发岩盖层组成 (图 1)<sup>[1-2]</sup>。其蕴含的石油最终可采储量为  $148.66 \times 10^8 \text{ t}$  ( $1090 \times 10^8 \text{ bbl}$ ), 天然气最终可采储量为  $5.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$  ( $199\,242 \times 10^9 \text{ ft}^3$ ), 凝析油最终可采储量为  $3.45 \times 10^8 \text{ t}$  ( $2\,532 \times 10^6 \text{ bbl}$ )。扎格罗斯盆地石油储量的 62%、凝析油储量的 35%、天然气储量的 38% 都赋存于该成藏组合中。它是优质裂缝型储层与厚层蒸发岩盖层的典型代表, 且储量巨大, 探索其成藏和聚集规律具有重要的理论意义和经济意义。

## 1 地质背景

扎格罗斯盆地属于陆陆碰撞的前陆盆地<sup>[3-4]</sup>, 其东北以扎格罗斯挤压破碎带为边界, 西北至黑尔加拉 (Hail Ga'ara) 凸起, 东南延伸至迪兹富勒 (Dzeful) 地槽<sup>[3, 5]</sup>。由于扎格罗斯构造带以逐渐向西南变缓的向斜褶皱过渡到阿拉伯地台, 所以扎格罗斯盆地的西南边界难以确定, 但是为了便

于识别, 分界线人为划定在褶皱带的前沿。

扎格罗斯褶皱区由北东至南西, 可以划分出 3 条走向平行的北西-南东向构造带, 依次为破碎带或缝合带、叠瓦构造带和简单褶皱带 (图 2)。扎格罗斯盆地包括了叠瓦构造带和简单褶皱带<sup>[6-7]</sup>。

扎格罗斯盆地丰富的油气聚集, 不仅与盆地的形成和演化有关, 而尤为重要的是与其成盆前的演化历史密切相关。从前寒武纪阿拉伯板块的结晶基底克拉通化起, 扎格罗斯盆地即开始了漫长但却十分简单的演化历史: 古生代, 它基本处于冈瓦纳大陆东北缘的被动陆缘环境; 三叠纪, 新特提斯洋张开, 它仍基本处于被动陆缘环境; 晚白垩世, 阿拉伯东北陆架发生洋壳仰冲, 虽有构造扰动, 但基本平静, 而且至晚始新世新特提斯洋闭合, 扎格罗斯褶皱上升, 稳定陆架环境基本未曾改变。在碰撞造山和褶皱带形成之后, 才发育了前陆盆地<sup>[8]</sup>。

## 2 Asmari 期古地理环境

渐新世的海退使阿拉伯半岛的大部分地区都发生暴露作用。新特提斯洋的快速关闭使位于板

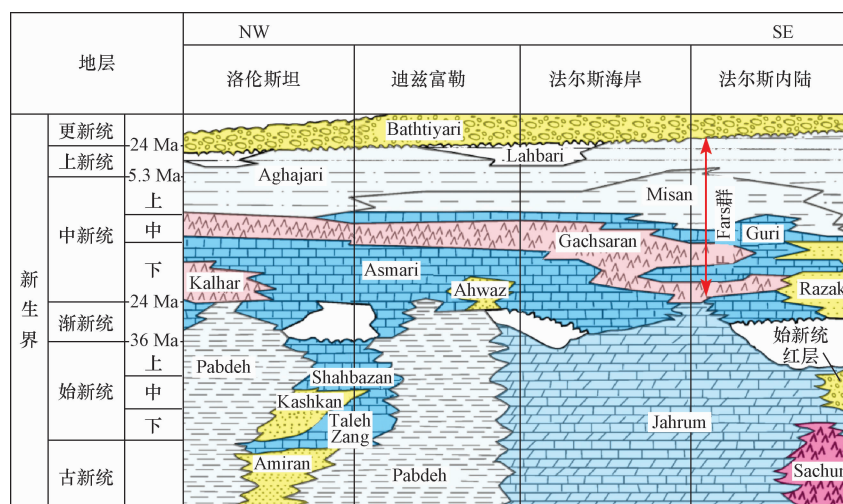
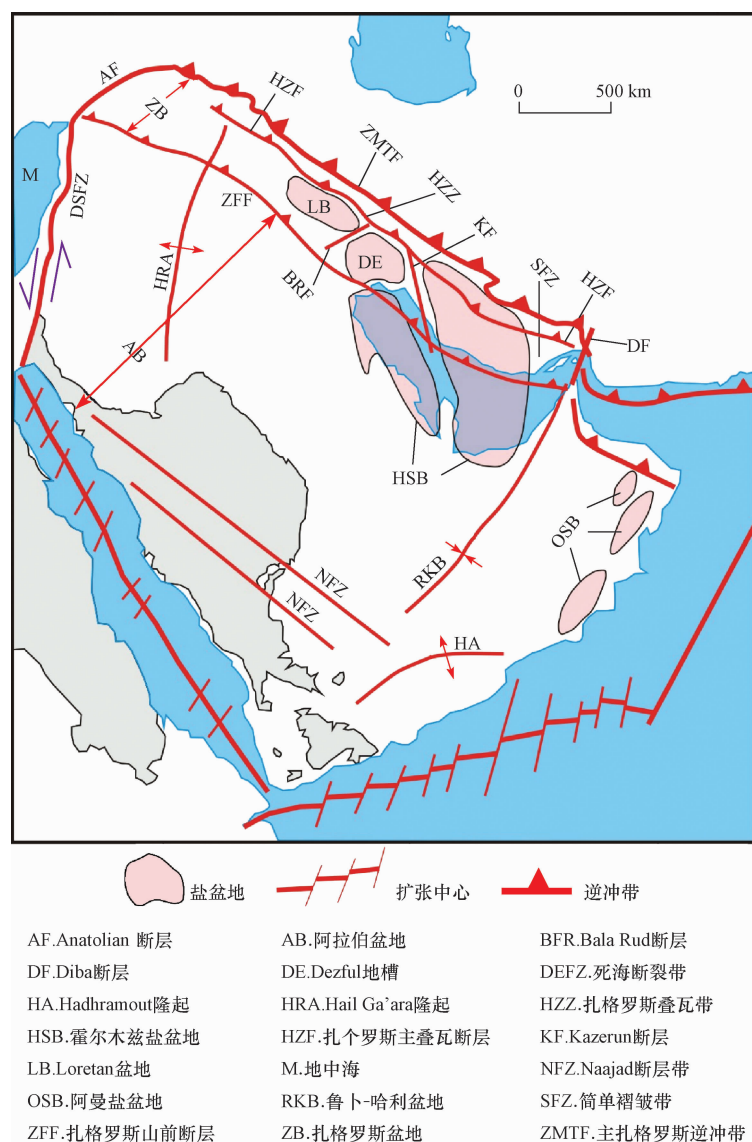
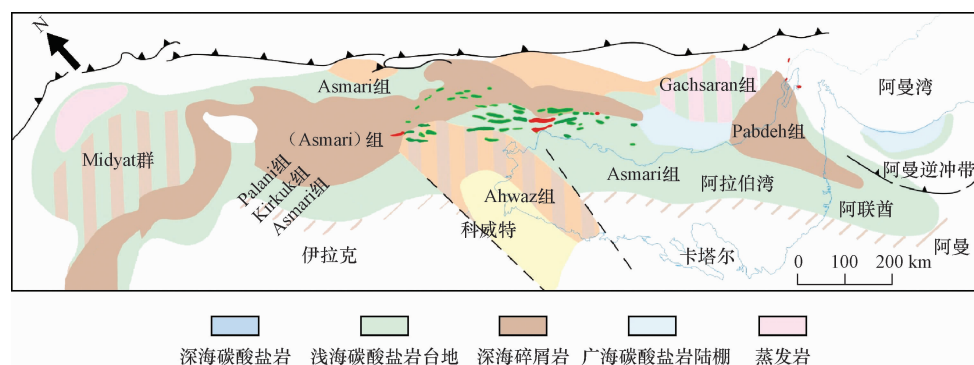


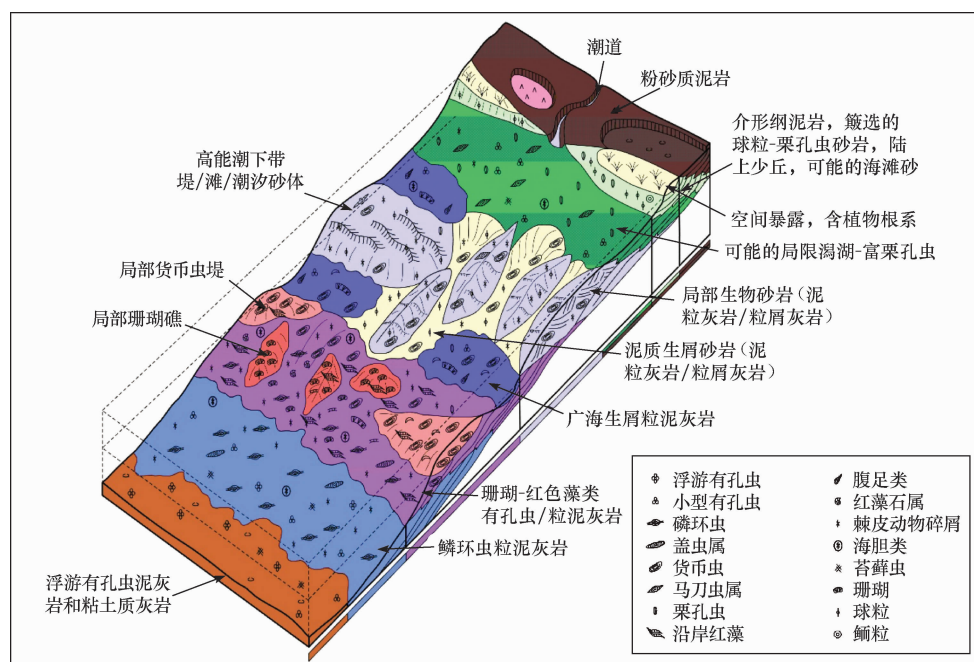
图 1 扎格罗斯盆地新生界地层剖面<sup>[1-2]</sup>

Fig. 1 Stratigraphic column of the Cenozoic in Zagros Basin<sup>[1-2]</sup>

图2 扎格罗斯盆地及邻区构造纲要图<sup>[9]</sup>Fig. 2 Structure outline map of Zagros Basin and its adjacent areas<sup>[9]</sup>图3 Asmari组古岩相与油气田分布<sup>[10]</sup>Fig. 3 Distribution map showing Asmari Formation palaeofacies and oil/gas fields<sup>[10]</sup>

块东北部边缘的扎格罗斯前陆重新变成一个窄的海槽,碳酸盐岩主要沉积在其边缘(图3)。在前

陆的中部,帕巴得赫组(Pabdeh)的沉积为硅质或砂质泥岩,中间夹薄层的粘土质灰岩<sup>[10]</sup>。

图4 Asmari组沉积模式<sup>[11]</sup>Fig. 4 Sedimentary model of Asmari Formation<sup>[11]</sup>

在晚渐新世,沉积了 Taleh Zang 组,在盆地最深的部位,Goff 等曾记录有一层致密的深海相层序,并在局部有缺失。扎格罗斯叠瓦带以东更远一些的地方,沉积物类型多样,泥质、硅质和钙质胶结的都有发育。Razak 地区地层特征表明,板块东部边缘存在抬升和侵蚀。扎格罗斯前渊周边的斜坡主要由浅色的、具有良好节理的微晶有孔虫、货币虫、栗孔虫灰岩组成(图4),这就是重要而著名的 Asmari 组地层。

在扎格罗斯前渊,Asmari 组下段相变为钙质砂岩[即阿瓦兹(Ahwaz)砂岩段],含少量海相页岩<sup>[2]</sup>。Alshahrani 和 Nairn<sup>[12]</sup>认为 Asmari 组的砂岩与科威特的加拉(Ghar)组是相当层。物源供给区可能是红海东部前裂谷期的地垒。伊拉克南部和伊朗西部的 Ghar/Ahwaz 三角洲可能受中阿拉伯穹窿向北延伸的海西期深部构造影响。

### 3 烃源岩

在阿尔必期末,发生了一次比较重要的海退,导致阿尔必期沉积的碳酸盐岩暴露于海平面之上。随后又发生了大规模的海侵,其标志是沉积了大量碎屑岩。在沙特阿拉伯的大部分地区、科

威特、伊拉克和幼发拉底河的西部,都被广阔的冲积平原所覆盖,碎屑沉积物快速向萨法尼亚-布尔干(Safaniya - Burgan)一带发生进积作用,在科威特东部,布尔干组砂岩过渡为卡兹杜米(Kazhdumi)组泥岩地层(图5),此时,阿拉伯地台处于赤道附近,在湿润的气候条件下,很多河流汇入迪兹富勒坳陷,富含硝酸盐和磷酸盐的河水从阿拉伯-努比亚(Arabo - Nubian)地区流过,为浮游生物的高产提供了良好的条件,因而 Kazhdumi 组有机质含量很高,为扎个罗斯盆地最为重要的烃源岩。

Kazhdumi 组烃源岩主要为一套沉积于低能闭塞环境的含沥青泥岩,厚度在 300 m 以上。Kazhdumi 组有机碳含量变化较大,介于 1% ~ 11%,有机碳含量在坳陷东北缘为 3% ~ 6%,在坳陷中心为 3% ~ 11%,平均值为 5%。氢指数为 200 ~ 450 mg/g。干酪根类型为 II 型。Kazhdumi 组的有机质中含 5% ~ 7% 的硫,其生成的烃类含硫量都比较大<sup>[13]</sup>。油源对比研究发现,迪兹富勒地区 Asmari 组灰岩储层和白垩系班基斯坦(Bangestan)群灰岩储层中的油主要源自 Kazhdumi 组<sup>[12, 14]</sup>。同样,伊朗数十个包含 Asmari 储层的大油田和特大油田基本都由 Kazhdumi 组烃源岩供烃。

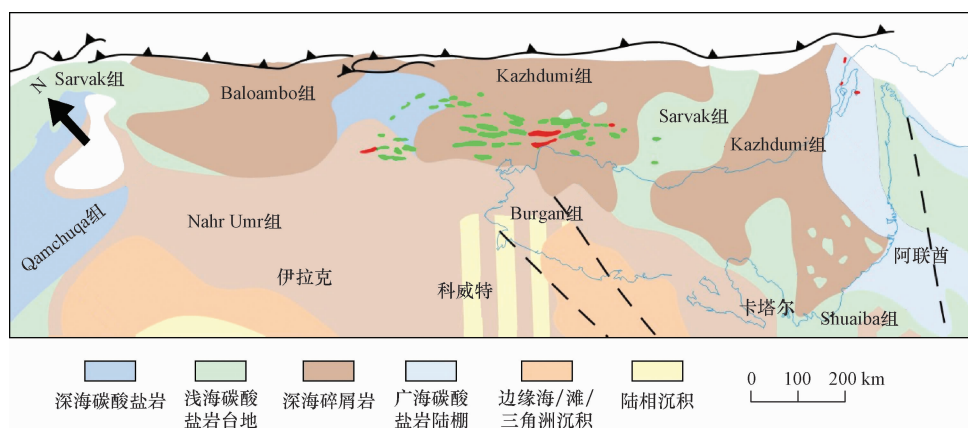
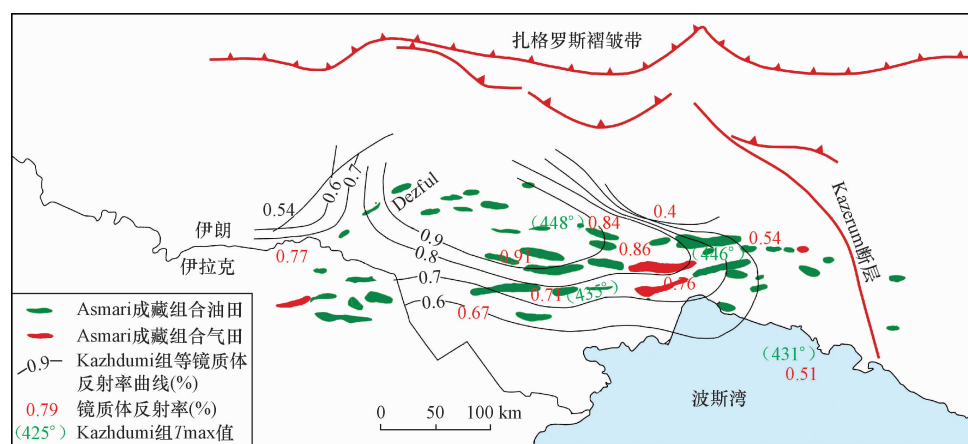
图5 Kazhdumi 组烃源岩沉积古地理与 Asmari 组成藏组合油气田分布<sup>[10]</sup>Fig. 5 Sedimentary paleogeography of the Kazhdumi Formation source rocks and oil/gas distribution of Asmari play<sup>[10]</sup>图6 Kazhdumi 组烃源岩成熟度展布<sup>[15]</sup>Fig. 6 Map showing maturity of the Kazhdumi Formation source rocks<sup>[15]</sup>

图6展示了Kazhdumi组烃源岩现今成熟度及Aamari组成藏组合油气田平面分布,可以看出,油气田都位于Kazhdumi组烃源岩镜质体反射率大于0.6%的范围内。Agha Jari地区的地层埋藏史资料显示,在1~8 Ma时,Kazhdumi组的埋深在3 900~5 000 m之间,开始进入生油窗并大量生烃<sup>[13]</sup>(图7)。

除了帕扎南(Pazan)油田外,现今还没有证据表明Asmari组和萨瓦克(Sarvark)组储层的烃类是其他比Kazhdumi组更深的烃源岩提供的。这主要是由于成熟的Kazhdumi组具有较高的孔隙压力,构成了其他深部烃源岩生成的烃类向上运移屏障,而深部的烃类很难突破这个屏障向上继续运移<sup>[16, 17]</sup>。

## 4 储层特征

### 4.1 储层性质

Asmari组储层主要由白云岩、有孔虫粒泥灰岩和泥粒灰岩组成。底部单元的粒度要粗一些,呈席状分布,局部受到白云岩化影响。

基质孔隙在很大程度上受白云岩化程度的影响,在一些部位,只有白云岩提供了有效的孔隙<sup>[18]</sup>。总体趋势是,在白云岩含量大于50%时,孔隙度要大一些<sup>[19-21]</sup>。这主要是由于白云岩的抗压实能力要比灰岩要强一些造成的。

在灰质泥岩和粒泥灰岩中,白云化作用发生

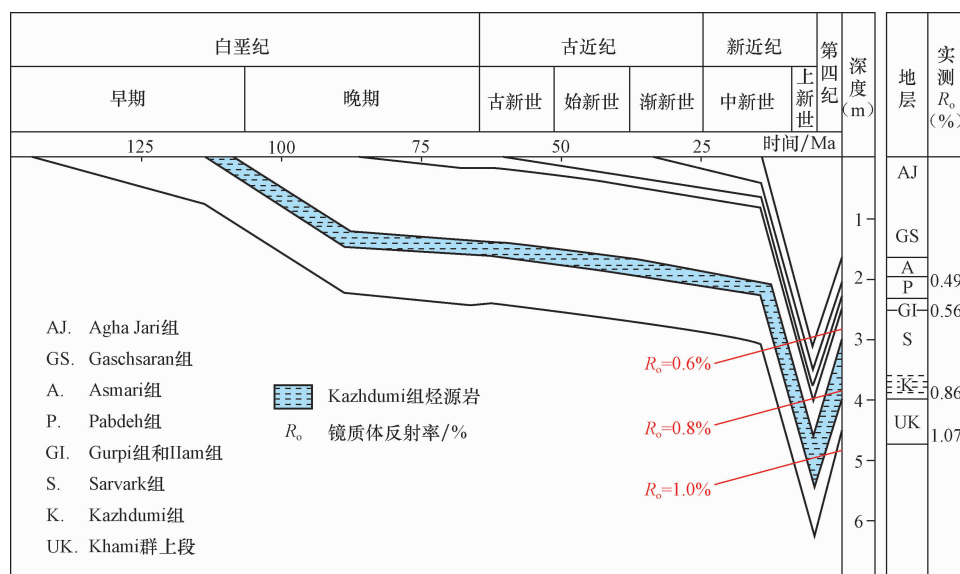
图7 Agha Jari 地区埋藏史曲线<sup>[13]</sup>,

Fig. 7 Burial history curve of the Agha Jari area, showing similar structure and the same source rocks of Kazhdumi Formation to the adjacent Gachsaran field

(该区与 Gachsaran 油田相邻且构造相似,都以 Kazhdumi 组为烃源岩。)

的更加普遍一些,而那些粒度较粗的灰岩要么没有受到白云化作用的影响,要么仅仅部分白云岩化。部分白云岩化的粒泥灰岩和泥粒灰岩表现出以钙质颗粒被白云化泥所环绕的特征。在白云岩中,孔隙主要由连通性较差的、很小的印模孔隙和连通程度很高的晶间孔组成。

Asmari 组的孔隙度低至中等,在 Gachsaran 油田中平均为 9%,变化区间为 1%~18%。基质渗透率很低,介于  $0.01 \times 10^{-3} \sim 16 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为  $4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。粗略估计石油原始地质储量的 90% 存在于基质孔隙中,而仅 10% 储存于裂缝中<sup>[18]</sup>。碳酸盐岩基质属亲水性岩层,平均含水饱和度为 29%。

#### 4.2 裂缝发育与储层性质的关系

前人的研究表明,在扎格罗斯盆地新生代圈闭中,给定方位角时,裂缝的密度是随着构造部位的变化而变化的,转折端部位的裂缝密度最高,脊部次之,翼部的密度最小<sup>[22-23]</sup>。碳酸盐岩只有在裂缝密度和基质孔隙度等因素都比较优越的时候,才能维持较高的产能。在储层裂缝密度(包含微裂缝)和基质孔隙较高的区域,裂缝能在最快的时间内重新充注,也就可以达到持续的高产<sup>[24-27]</sup>。

同时,在扎格罗斯盆地,裂缝的发育显示出与岩性无直接相关性的特征,泥岩层段同样也发育

大量开放性裂缝(图 8),正是这些存在于泥岩内的裂缝,使得 Asmari 组储层与白垩系 Savark 组储层发生流体沟通作用。

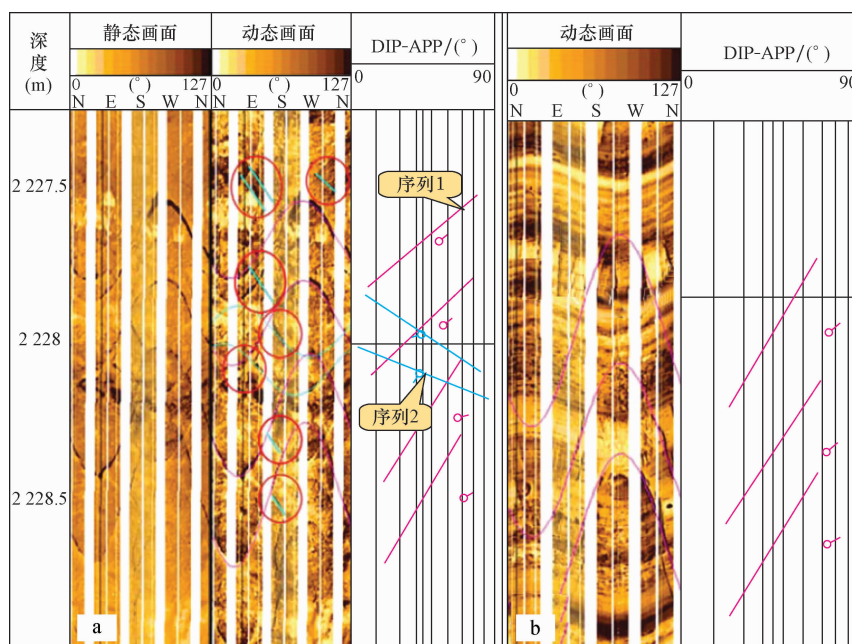
### 5 盖层特性

Gachsaran 组是 Asmari 组储层的直接盖层,其为 Fars 群的下半部分,在伊朗和伊拉克也被称为 Fars 群下段。主要是指一套面积广阔的、厚层蒸发岩沉积,中加夹变化的海相沉积。Setudehnia<sup>[1]</sup>将 Gachsaran 组分为 7 段,其中第 4 段主要由岩盐和硬石膏组成,是整套 Gachsaran 组封盖性能最好、厚度最大的部分,在 Gachsaran 油田第 4 段厚度达到 874 m。

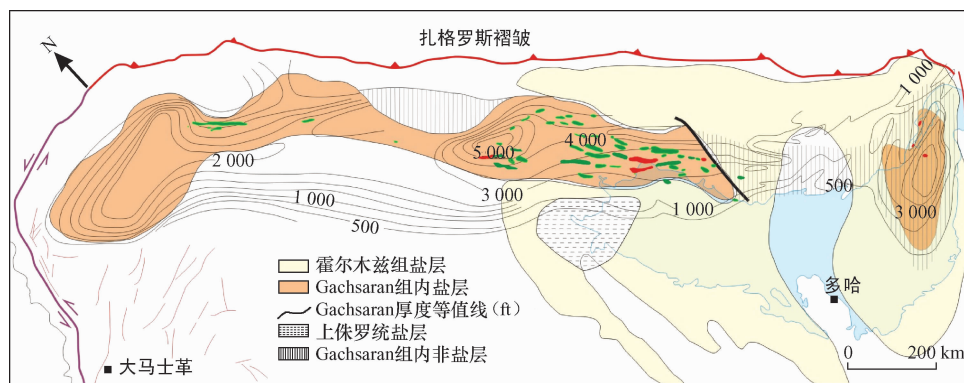
Gachsaran 组分布面积较大,几乎遍布整个扎格罗斯盆地。总体来讲,组内蒸发岩的分布大体上与整套 Gachsaran 组厚度呈对应关系(图 9),对于下伏的 Asmari 组储层具有重要的意义。统计研究发现,现今已经发现的 Asmari 组成藏组合内的油气田,全部分布于 Gachsaran 组蒸发岩的展布范围内(图 9)。

### 6 圈闭

在扎格罗斯盆地,目前已经发现的圈闭几乎

图8 新生界地层内裂缝发育情况<sup>[28]</sup>Fig. 8 Fractures in the Cenozoic<sup>[28]</sup>

a. Asmari 组内的开放性裂缝; b. Pabdeh 组内的开放性裂缝

图9 Gachsaran 组厚度及组内蒸发岩平面分布<sup>[29]</sup>Fig. 9 Map showing the Gachsaran Formation thickness and its evaporate distribution<sup>[29]</sup>

全部为新近纪褶皱作用形成的背斜,其他类型的构造圈闭以及地层、岩性圈闭数量极少,发现的油气全部储于背斜褶皱中<sup>[12]</sup>。

背斜圈闭规模差异很大,埋藏较深的背斜(如迪兹富勒地区深层的背斜)一般规模不大,但大部分地表背斜的规模则比较可观。卡比尔库赫(Kabir Kuh)背斜是目前发现的最大背斜,核部为下白垩统,背斜长190 km,宽10~60 km。

在迪兹富勒地区和伊拉克,背斜表现为同心状,其形成与卷入褶皱的数层坚硬厚层碳酸盐岩及下伏霍尔木兹盐层滑脱、塑性变形有关。在伊朗的洛伦斯坦省,背斜的形态相对较小和紧闭,

可能卷入的地层以泥岩为主,且与下伏的霍尔木兹盐层的缺失或较薄有关<sup>[30]</sup>。从平面上来看,背斜多呈平行走向排列,部分呈雁列式排列,反映深部可能存在着起源于滑脱面的拆离断层<sup>[31]</sup>。

## 7 成藏作用与成藏过程

Dunnington<sup>[32-36]</sup>曾多次指出,在扎格罗斯盆地,新生界油气的聚集成藏是褶皱改造作用后,重新调整达到平衡的产物。在新近纪褶皱作用以前,中、下白垩统的烃源岩在部分地区开始成

熟生烃,烃类就近侧向进入下白垩统浅海灰岩储层中。

到了新近纪,由于造山运动和褶皱作用,产生了纵向上延伸很长裂缝,将下白垩统及其以上的地层连通起来,Asmari 组等新生界储层才得以间接与白垩系烃源岩相沟通。而裂缝对 Gachsaran 组盖层的影响很小,不破坏其封闭能力。从而先期聚集于白垩系储层中的油气和后期烃源岩继续排出的油气,在垂直运移机制下陆续进入 Asmari 组储层中,封堵于 Gachsaran 组盖层之下,在同期背斜圈闭中聚集成藏,由于受到强烈的构造改造作用,现今的油气聚集主要是经历了新近纪的褶皱作用后重新调整的产物。

但这种油气重新调整成藏的观点,只能适用于那些在新近纪褶皱作用以前,下白垩统烃源岩已经成熟生烃,并且大量的烃类进入了下白垩统储层的模式。对于 Asmari - Gachsaran 成藏组合,在大部分地区,Kazhdumi 组烃源岩由于受扎格罗斯造山运动的影响,成熟大量生烃的时间为 1 ~ 8 Ma(图 7),因此,大量的烃类聚集只能发生在此之后。用褶皱作用后形成了裂缝,沟通了 Kazhdumi 组烃源岩、Sarvark 组与 Asmari 组储层,大量油气生成之后直接通过裂缝系统运移的模式来进行解释,似乎更加合理。

对于 Gachsaran 油田,其主要成藏事件见图 10。圈闭形成的中期,裂缝开始形成,裂缝形成的中期,才发生油气大量生成-运移-聚集作用,并没有发生大规模的后期油气重新调整运移作用。

Asmari 组和下伏的白垩系储层 Sarvark 组基质渗透率都很低,流体的流动完全依靠开放性裂缝网络<sup>[29]</sup>。在比比哈吉梅(Bibi Hakimeh)油田,存在大量 1 ~ 3 mm 宽的裂缝,大多集中于褶皱面附近,其将 Asmari 组和 Sarvark 组穿过中间夹层 Pabdeh 组和古尔珠(Gurpi)组页岩连通起来。在 Gachsaran 油田,两套储层被大约 183 ~ 442 m (600 ~ 1 450 ft)厚的非储层隔开。但中间夹层 Pabdeh 组和 Gurpi 组页岩中间也同样存在大量的开放性裂缝,尤其在褶皱面附近,这些裂缝将两套储层有效的沟通起来(图 11)。

在图 11 的沟通模式中,石油首先从 Kazhdumi 组烃源岩垂向运移至 Sarvark 组储层,然后通过开放性裂缝穿过 Pabdeh 组和 Gurpi 组页岩,进入 Asmari 组储层,由于 Gachsaran 组蒸发岩的封闭性没有受到断层或裂缝破坏,石油垂向继续运移受阻,而底部烃类不断供应,压力增大,于是开始向圈闭翼部做侧向运移,当 Asmari 组与 Sarvark 组达到统一的水油界面时,满足动态平衡条件。

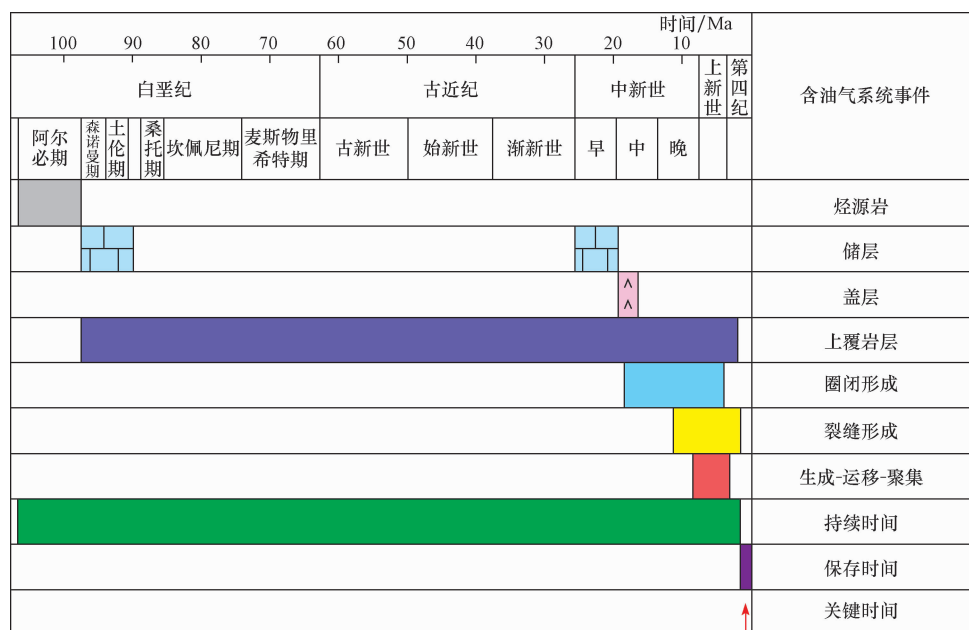


图 10 Gachsaran 油田成藏事件<sup>[15]</sup>

Fig. 10 Hydrocarbon accumulation events chart of the Gachsaran oil field<sup>[15]</sup>

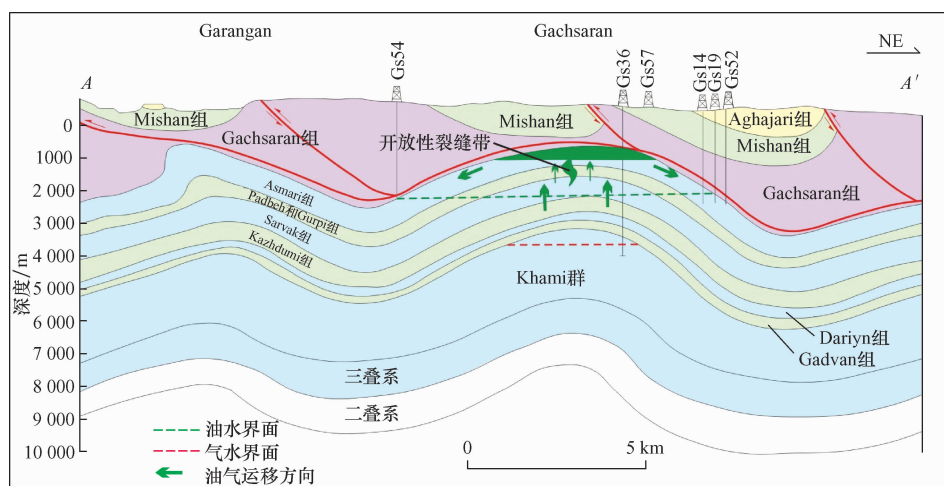


图 11 Gachsaran 油田油气运移模式(剖面底图自 McQuillan, 1985)<sup>[27]</sup>

Fig. 11 Hydrocarbon migration model of Gachsaran field (base map of the profile from McQuillan)<sup>[27]</sup>

## 8 成藏主控因素

对于 Asmari - Gachsaran 组成藏组合,其油气聚集成藏主控因素有其独特性和得天独厚的优势,概括起来主要有以下几点:

1) 优质成熟的 Kazhdumi 组烃源岩为油气聚集提供了强大的生烃物质基础,现今已发现的油气田基本上都位于 Kazhdumi 组成熟生烃的范围内;

2) 强烈的构造作用产生大量的裂缝,使储层的质量得到极大的改善。垂向延伸很长的裂缝将 Asmari 组储层和下伏的白垩系 Kazhdumi 组烃源岩连通起来,使生成的烃类能够很顺利地垂向运移至 Asmari 组储层中;

3) 优质的厚层 Gachsaran 组蒸发岩盖层的存在,有效的抑制了油气继续垂向的逸散,凡是缺失 Gachsaran 组蒸发岩盖层的地方,Asmari 组储层就不能成藏,由于盖层的厚度大,断层断穿的难度也就大,在同样的构造强度下,能够经受剥蚀的时间也就长;

4) 生烃期和构造形成期配合良好,对于 Asmari - Gachsaran 成藏组合,烃源岩成熟大量生烃时间稍晚于圈闭和裂缝的形成时间,油气生成后,利用现存的裂缝沟通系统,可以直接进入圈闭,聚集成藏;

5) 油气成藏期较晚,经历的地质历史短,散失量小。

## 参 考 文 献

- [1] Setudehnia A. Stratigraphic lexicon of Iran, Report No. 18 [R]. Tehran: Geological Survey of Iran, 1991, 289 - 376.
- [2] James G A, Wynd J G. Stratigraphic nomenclature of Iranian consortium agreement area [J]. AAPG Bulletin. 1965, 49: 2182 - 2245.
- [3] Mcquarrie N. Crustal scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran [J]. Journal of Structural Geology. 2004, 26: 519 - 535.
- [4] Haynes S J. Evolution of the Zagros Suture Zone, Southern Iran [J]. Geological Society of America Bulletin. 1974, 85: 739 - 744.
- [5] Mohajjel M. Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran [J]. Journal of Asian Earth Sciences. 2003, 21: 397 - 412.
- [6] Alavi M. Regional stratigraphy of the Zagros fold thrust belt of Iran and its proforeland evolution [J]. American Journal of Science. 2004, 304: 1 - 20.
- [7] Sepehr M. Structural framework of the Zagros fold-thrust belt, Iran [J]. Marine and Petroleum Geology. 2004, 21: 829 - 843.
- [8] Homke S. Late Cretaceous-Paleocene formation of the proto-Zagros foreland basin, Lorestan Province, sw Iran [J]. GSA Bulletin. 2009, 121: 7 - 8.
- [9] Fadhlil. Stratigraphic sequence, microfacies and petroleum prospects of the Yamama Formation, Lower Cretaceous, southern Iraq [J]. AAPG Bulletin. 1993, 77(11): 1971 - 1988.
- [10] Ziegler M A. Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian plate and its hydrocarbon occurrences [J]. GeoArabia, 2001, 6(3): 445 - 505.
- [11] IHS Company. Basin Monitor; Zagros Province-Iran, Iraq, Turkey, Syria [M]. Colorado: IHS Company, 2008.
- [12] Alsharhan A S, Nairn A E M. Sedimentary basins and petroleum geology of the Middle East [M]. Amsterdam Netherlands:

- Elsevier B V, 1997; 843.
- [13] Bordenave M L. The Middle Cretaceous to Early Miocene Petroleum System in the Zagros Domain of Iran, and its Prospect Evaluation [C] // AAPG Annual Meeting, March 10 - 13, 2002. Houston, Texas: AAPG, 2002; 1 - 9.
- [14] Alsharhan A S. Tertiary of the Arabian Gulf; sedimentology and hydrocarbon potential [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1995, 114; 369 - 384.
- [15] Bordenave M L, Burwood R. The Albian Kazhdumi Formation of the Dezful Embayment, Iran; one of the most efficient petroleum generating systems [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1995; 183 - 207.
- [16] Bordenave M L. Gas prospective areas in the Zagros domain of Iran and in the Gulf Iranian waters [Z]. AAPG Annual Meeting March 10 - 13, Houston, Texas, 2002; 1 - 8.
- [17] 石广仁. 油气运聚定量模拟技术现状、问题及设想 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 1 - 10.  
Shi Guangren. Status, problems and proposals of the quantitative modeling techniques for hydrocarbon migration and accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(1): 1 - 10.
- [18] Hull C E, Warman H R. Asmari oil fields of Iran [C] // Halbouty M T. Giant petroleum fields, AAPG Memoir 14, 1970; 428 - 437.
- [19] 崔海峰, 张年春, 郑多明, 等. 塔里木盆地牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山储层预测 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 116 - 121.  
Cui Haifeng, Zhang Nianchun, Zheng Duoming, et al. Prediction of dolomite reservoirs for the Cambrian buried hills in the Yaha fault structural belt, the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(1): 116 - 121.
- [20] 周新科, 许化政. 海相碳酸盐岩的形成环境与有机质特征 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 337 - 342.  
Zhou Xinke, Xu Huazhen. Features of organic matter and formation environment of marine carbonate rocks [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(3): 337 - 342.
- [21] 蔺军, 周芳芳, 袁国芬. 塔河地区寒武系储层深埋藏白云石化特征 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 13 - 21, 27.  
Lin Jun, Zhou Fangfang, and Yuan Guofen. Features of deep burial dolomitization of the Cambrian reservoirs in Tahe region [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 13 - 21, 27.
- [22] Gibson H S. The production of oil from fields of southwestern Iran [J]. Journal of Institute of Petroleum. 1948, 34; 347 - 398.
- [23] Mcquillan H. Fracture patterns on Kuhe Asmari anticline south-west Iran [J]. AAPG Bulletin. 1974, 58; 236 - 246.
- [24] 鲁新便, 蔡忠贤. 缝洞型碳酸盐岩油藏古溶洞系统与油气开发——以塔河碳酸盐岩溶洞型油藏为例 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 22 - 27.  
Lu Xinbian and Cai Zhongxian. A study of the paleo cavern system in fractured vuggy carbonate reservoirs and oil/gas development-taking the reservoirs in Tahe oilfield as an example [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 22 - 27.
- [25] 荣元帅, 刘学利, 杨敏. 塔河油田碳酸盐岩缝洞型油藏多井缝洞单元注水开发方式 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 28 - 32.  
Rong Yuanshuai, Liu Xueli, and Yang Min. A discussion on water flooding in the multi well fractured vuggy units of carbonate reservoirs in Tahe oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 28 - 32.
- [26] Gholipour A M. Patterns and structural positions of productive fractures in the Asmari reservoirs, southwest Iran [J]. Journal of Canadian Petroleum Technology, 1998, 37(1): 1 - 7.
- [27] McQuillan H. Gachsaran and Bibi Hakimeh fields [M]. New York: Springer-Verlag, 1985; 513 - 523.
- [28] Bahroudi A. Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin [J]. Marine and Petroleum Geology, 2004, 21; 1295 - 1310.
- [29] Hamid A M, Fan V. Deposition and chemical diagenesis of Tertiary carbonate Kirkuk oil field [J]. AAPG Bulletin, 1986, 70(12): 213 - 216.
- [30] Blanc E J. Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran [J]. Journal of the Geological Society, London. 2003, 160; 401 - 412.
- [31] Fard I A. Interaction of the Zagros fold-thrust belt and the arabian-type, deep-seated folds in the Abadan plain and the Dezful Embayment, SW Iran [J]. Petroleum Geoscience, 2006, 12; 347 - 362.
- [32] Dunnington H V. Generation, migration, accumulation, and dissipation of oil in northern Iraq; Middle East [J]. AAPG Special Volumes (in Habitat of Oil), 1958, 18; 1194 - 1251.
- [33] Dunnington H V. Stratigraphic distribution of oilfields in the Iran-Iraq-Arabia Basin [J]. Journal of the Institute of Petroleum. 1967, 53; 129 - 161.
- [34] Dunnington H V. Aspects of Middle East Oil Geology [C] // AAPG Annual Meeting March, 1974, Banff, Alberta: AAPG, 1974; 89 - 156.
- [35] O'Brien C A E. Discussion of fractured reservoir subjects [J]. AAPG Bulletin. 1953, 37; 325.

(编辑 董立)