

文章编号: 1001- 6112 (2005) 06- 0640- 09

# “两转一断”与地球烃

薛超<sup>1</sup>, 薛玲<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油天然气管道局, 河北廊坊 065000)

**摘要:** 基于系统论的思维方式, 认为石油天然气的烃源是从银河系旋转孕育烃类吸积开始, 逐步导致软流圈演化, 形成行星地球上唯一规模最大、潜能最丰富的准烃源层; 地球自转导向石油天然气的运移聚集成藏; 断裂是通道也是演化过程的储集空间, 阐述了断裂(带)控制地球油气分布的认识, 提出“两转一断”与地球烃新的地质理论。应用现代地球物理、现代地球化学的新成果, 阐述地球物质圈层分化和岩石圈板块构造与地球烃运聚成藏的机理和规律性。

**关键词:** 断裂; 软流圈; 烃; 地球自转; 银河系

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

“21 世纪的石油发现究竟依靠什么? 传统的机遇几乎不再存在, 新的挑战需要新的思维”<sup>[1]</sup>。据中国石油《2001 年国际石油科技十大进展》资料, 地球天然气水合物中 CH<sub>4</sub> 总量约为  $2.1 \times 10^{18} \text{ m}^3$ , 是地球上煤、石油、天然气能量总和的 2~ 3 倍; 地球壳层浅部天然气水合物储层中 CH<sub>4</sub> 有机碳储量 ( $10 \times 10^{12} \text{ t}$ ) 约为全球化石燃料含碳量 ( $5 \times 10^{12} \text{ t}$ ) 的 2 倍。

如此庞大数量的 CH<sub>4</sub> 总量和有机碳储量从何而来? 肯定的回答, 只能是宇宙。再作进一步思考: 一问如此庞大数量的烃类是从天上掉下来的吗? 答曰: 正是, 是地球天文演化时期从天上掉下来的, 它在先; 二问抑或者是从地球内部涌出来的吗? 答曰: 也是, 是地球地质演化阶段从地球壳层内部涌出来的, 它在后。

鉴于此, 引发了“两转一断”与地球烃的命题, 即银河系旋转孕育烃类吸积, 导致软流圈演化形成行星地球上唯一规模最大、潜能最丰富的准烃源层; 地球自转导向油气运聚; 断裂(带)控制地球油气分布。把地球作为一个整体, 作为天体的一员, 放在宇宙空间, 用时空四维、动态的观点, 从切向及垂向研究物质运动和转化<sup>[2]</sup>, 以此为石油天然气在地球上作一个宏观的量的定位。

## 1 银河系旋转孕育烃类吸积

地球心脏部分由内地核和外地核组成, 内地核是高温高压固态 Fe、Ni 晶体 (5 000 km 深以下至地心

6 378. 14 km), 外地核是高温高压处于循环流体状态的 Fe、Ni (2 900 km 深以下)。地球的内、外地核恰似一个正处于完全运转中的巨大的核裂变反应堆。然而, 地球在  $46.5 \times 10^8$  年前的天文演化时期, 即原始地球形成初期, 却是一个比较冷的呈原始状态的行星。

地球作为太阳系的一颗行星, 与太阳系所有行星形成的物质来源是统一的, 均源于银河系的气体星云和尘埃物质。

银河系为旋涡星系, 由约  $1.5 \times 10^8$  颗恒星和星云、尘埃物质及各种射线组成, 太阳是其中的一颗恒星。太阳附近银河系的旋转速度为 250 km/s, 太阳绕银心转动一周的时间约为  $2 \times 10^8$  年<sup>[3,4]</sup>。形成太阳的原始星云一面自转, 一面吸引收缩, 中心部分密度大者演化为太阳, 形成行星的物质主要是原始太阳星云外部区域的星际物质, 这些星际物质除气体以外, 还有半径约为  $10^{-5} \text{ cm}$  的尘粒, 尘粒包括 H<sub>2</sub>O 和 CH<sub>4</sub> 的结晶, 石墨 (C), SiO<sub>2</sub> 及 Fe、Mg 物质等。

在原始地球形成过程中, 物质运动最主要的形式是较小的物质团块或称星子随机碰撞、汇聚和集结在一起的运动, 这种运动统称为“吸积”。由碰撞吸积形成行星胎到行星胎发生引力吸积, 最后演化成为原始地球<sup>[5]</sup>。

原始地球形成并演化到具有坚硬固体岩石圈外壳的阶段称为地球的天文演化阶段 (约  $45 \times 10^8$  年前的几十亿年漫长历史); 从地球岩石圈外壳形成以后直到现今称为地球的地质演化阶段 (约  $45 \times 10^8$  年前至今)。

收稿日期: 2005- 05- 19; 修订日期: 2005- 09- 13。

作者简介: 薛超 (1932- ), 男 (汉族), 山西万荣人, 高级工程师, 长期从事石油天然气地质勘探与研究工作。

原始状态的地球充满着大量挥发性物质，由于其内部具有很高的压力，很大一部分气体被压缩成为液体，主要成分是  $H_2$ ， $H_2$  和  $He$  占原始地球质量的大部分。由于原始地球在天文演化阶段不断发生体积收缩，其速率和幅度愈向地心愈小，非常有利于部分烃类在地球内部以不同物态保存至今。

著名天体学家 Ahrens (1994) 在论述地球起源时明确指出，地球是吸积形成的，被吸积的物质是冷却的，因此，它们保留了相当一部分挥发分 ( $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$  和稀有气体等)<sup>[6]</sup>。Gold 等依据太阳系、地球形成演化的模型，认为地球深部存在着大量的  $CH_4$  等资源，这些  $CH_4$  在地球形成时就已存在<sup>[7]</sup>。欧洲航天局维托里奥·福尔米萨诺利用“火星快车”探测器上探测  $CH_4$  的光谱仪，确定火星大气中有  $CH_4$  存在，而且还能估算出  $CH_4$  的量，并且肯定有物质不断制造  $CH_4$ 。火星是最外一颗类地行星，与地球密切相关。

安徽农业大学周俊教授认为，早在地球形成之前，形成地球的原始尘云物质中就分散有产生复杂有机化合物的基础物质，如含有丰富的  $CH_4$  等有机小分子和 C, H, N, O 等在一定条件下能化合生成复杂有机物的化学元素及其简单化合物，提出原始地球与丰富的烃类同在<sup>[8]</sup>。

有鉴于此，可以论定在地球海洋形成之前，地球烃或者说地球上的原始油气藏早已出现。测量证据表明，当今地球上的海洋水量可以将整个地球包围厚达 2 600 m。须知海洋是地球物质圈层分化的产物，其原始水组合于矿物之内，含水矿物脱水喷出形成海洋。当地球内部核变聚热，矿物发生熔化和物质分异后，原始水便随同火山熔岩喷出，在空中形成蒸汽云，遇冷凝结成雨，降至地面，逐渐积累而成为浩瀚无垠的海洋，受稠密大气圈的保护，海洋得以存留。然而，由于  $CH_4$  分子比  $H_2O$  分子质量轻，所以在  $(43\sim 45) \times 10^8$  年前地球天文演化向地质演化过渡期内，地球烃形成的石油雨早于  $(40\sim 42) \times 10^8$  年前地球地质演化初期水蒸汽雨的形成。

原始地球的外围包围着浓厚的  $CH_4$  层，当旋转状态的行星地球在银河年的特殊阶段和特定位置时，地球内部的烃类就会喷出地表，形成稠密的  $CH_4$  雾气。 $CH_4$  雾气遇冷凝结，就会从天上降下液态  $CH_4$  石油雨。石油雨在地面形成的劲流向低洼处流动，汇集成原始石油湖泊，其中大部分渗入地下，当遇到具有圈闭的储集层则可形成原始油气藏。因此，地球烃所形成的原始油气藏依然是早期地球物质圈层分化的产物，在后来的地球地质演化

时期中，又几经构造变动，褶皱断裂，其中有的储油气层未经大的构造运动的破坏，能够在相对有圈闭的条件下保存下来即形成了今日为数极少的原始油气藏。虽然此类油气藏为数寥寥，但以其为基础延续继承而形成的多次再生油气藏或混生油气藏却广为存在，可运用 Pb, Sr, Nd 同位素及微量元素地球化学方法加以识别。

原始地球经过漫长的天文演化时期，进入具有原始地质圈层结构的地质演化时期<sup>[9]</sup>，同时也形成了原始软流圈（图 1）。软流圈是地球内圈圈层（包括地幔圈、外核液体圈和固体内核）在圈层分化过程中分异出来的挥发性组分在岩石圈之下大量积聚的结果。呈低温刚硬状态的岩石圈底面是地球物质圈层分化过程中物质运移方式的一个突变面，形成一个阻隔层，地球内圈中向上分异出来的挥发性物质，其普遍、连续的运移过程在此发生了中断，大量挥发性物质 ( $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$  等) 在岩石圈之下积聚起来，导致岩石圈底面的岩石熔点显著降低，岩石大规模熔化，产生大量熔岩即岩浆。关于岩石熔化形成软流圈的热源分析，侯德封院士指出：“能够引起地球地质过程的地球内能主要是放射性元素的核转变能”<sup>[10]</sup>，放射性元素中  $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ,  $Th^{232}$ ,  $K^{40}$  等的核转变能最重要。放射性元素主要集中在地幔，特别是上地幔和地壳中，放射能的聚集和逸散也主要发生在这里。总之，热能积聚产生了大量熔岩，形成全球性的软流圈，并维持其长期持续存在和发展<sup>[9]</sup>。

1926 年，古登堡 (Gutenberg) 根据地震资料提出低速层的概念，后把此低速层称为软流圈。20 世纪 60 年代以来，建立在面波频散和自由振荡等资料

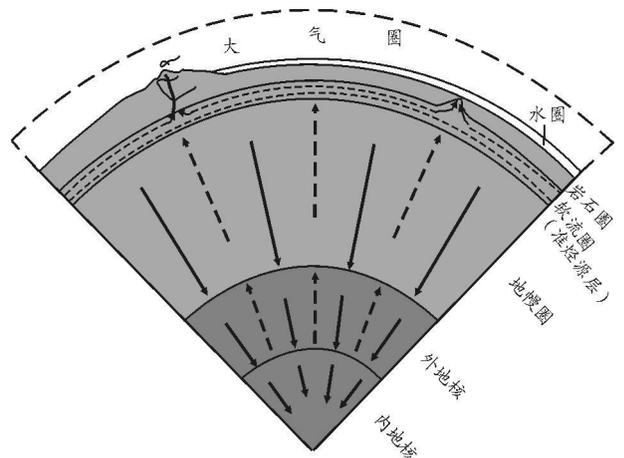


图 1 软流圈在地球圈层中的位置示意图<sup>[8]</sup>

Fig. 1 Sketch map showing the location of asthenosphere in the earth

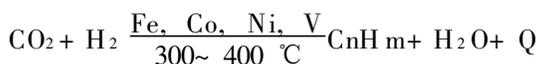
基础上的地球物理学,进一步支持了有关上地幔低速层即软流圈的概念。软流圈作为一个不断运动的开放亚地质系统,必然存在其下部整个地球内圈不断向软流圈交流物质和能量的过程,即一方面熔融的和较轻的物质(包括  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  等)不断输出到岩石圈中溢喷或集聚,另一方面软流圈中较重的物质在重力作用下不断向下部地幔中运动。岩浆主要在 50~200 km 的深度形成,这个范围正是软流圈系统所占据的主要空间。研究表明,软流圈是一个在全球范围内普遍存在的圈层,虽然其厚度是很不均一的,但从全球性大洋中脊体系在洋底扩张过程中所喷发出来的巨量熔岩和洋底火山、大陆火山、岛弧、大陆裂谷等熔岩喷发情况来看,软流圈系统物质发生熔融是普遍的,其规模也是相当大的。

Gold 认为,来自地幔的烃可以进入到大气圈中,也可以运移到沉积岩储层内,运移到火成岩、变质岩中,更可以进入水圈。北极地区大量  $CH_4$  水合物的发现正是  $CH_4$  等烃类气体向上运移所形成的类冰态化合物。自地幔上升的流体中有  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$  等,其碳同位素具双峰特征。因此,存在于油气之中的烃,一部分是深源成因,一部分是壳幔相互作用生成,还有一部分由有机质热解生成<sup>[7]</sup>。

1998 年,欧阳自远院士在《中国天体化学研究展望》一书中,从宇宙化学、太阳系的演化角度指出:“地球很可能类似碳质球粒陨石,被吸积于地球内部的原始太阳星云中的有机化合物(如  $CH_4$  等)构成了非生物成因天然气的最重要来源。”

1991 年,俄罗斯学者沃里沃夫斯基提出超基性岩底辟成烃说。超基性蛇纹岩显著的特点是低速、高导性,地幔脱气生成的  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$  沿玄武岩的破裂带上升到超基性蛇纹岩带发生费-托合成反应生烃<sup>[11]</sup>。

(催化)



自然界常见到超铁镁岩的蛇纹石化,伴随蛇纹石化过程有  $H_2$  放出<sup>[12]</sup>。研究者形象地称蛇纹石化超基性岩是油气生成的“发生器”,油气的费-托合成反应在此带即软流圈内及附近发生。

地球烃所形成的石油与天然气烃源可能来自准烃源层即软流圈的证据与论证如下:

1) 据统计,全世界在 68 个盆地中找到了 324 个大油气田 ( $\geq 1 \times 10^8$  t;  $\geq 1.25 \times 10^8$  m<sup>3</sup>),其中有 45 个为裂谷型盆地,占 66%。裂谷是破谷,深达软流圈,深部的岩浆、气体(包括  $CH_4$  等)、液体可大规模上涌<sup>[13]</sup>。目前,世界上已在 21 个盆地中发现了 75 个埋深 > 6 000 m 的工业油气藏,最深的气藏是美国西内盆地阿纳达科凹陷下奥陶统碳酸盐岩米尔斯奇气田,深达 7 663~8 083 m;最深的油藏是美国湾岸(Gulf Coast)盆地古近系深海相砂岩 Auger 油气田,深达 6 511 m。中国塔里木盆地石炭系海相砂岩东河塘油田,埋深达 6 029 m。深层油气藏不仅有正常石油、烃类气,还有轻质石油、 $CO_2$  气等,成藏特征具有近源性,以垂向运聚成藏为主<sup>[14,15]</sup>。深部油气藏距软流圈更近,圈层物质交换特别是流体物质交换,造成油气聚集的几率应当是肯定的。

2) 与通达软流圈的岩石圈断裂密切相关的前陆盆地是全世界生产石油天然气的主力,如中东地区扎格罗斯前陆盆地是世界上油气最富集的地区<sup>[16]</sup>。

3) 壳内低速层、高导层与地球烃形成有关。研究表明,壳内低速层、高导层的发育与上地幔高导层活动密切相关<sup>[17]</sup>。在我国松辽<sup>[18]</sup>、下辽河、华北、四川<sup>[19]</sup>、鄂尔多斯、塔里木<sup>[20,21]</sup>、吐哈、柴达木、莺歌海等含油气盆地,已经发现有低速、高导层<sup>[22]</sup>。

4) 幔源成因气田被发现,在我国有克拉 2 大气田、四川威远气田、松辽盆地昌德气田、YA13-1 气田等<sup>[23]</sup>。昌德气田位于松辽盆地徐家围子断陷北部西翼斜坡带上,烃源岩为深部幔源和侏罗系煤系,储层为侏罗纪酸性火山岩流纹岩,储量达  $1\ 000 \times 10^8$  m<sup>3</sup>。长白山天池火山区释放出的气体中,化学组分主要是  $He$ 、 $H_2$ 、 $Ar$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO_2$ ,其中锦江两岸温泉气体中  $CH_4$  含量高达 1.51%~1.61%,由于火山区周围岩石均为玄武岩、粗面岩,唯一可能就是  $CH_4$  来自以幔源气体为主的地球深部,属火山喷发遗留的幔源岩浆体中的  $CH_4$ <sup>[24,25]</sup>。

5) 东太平洋海岭 Guaymas 盆地的热液成因石油是现代成油作用的产物,热卤水由地幔分异而来,石油与含金属及挥发组分的热卤水一同喷出<sup>[26]</sup>。

6) 澳大利亚 3 名学者在太古宙砂岩流体包裹体中发现了液态石油<sup>[27]</sup>。

7) 中国南海海域与越南交界地区的白虎、龙基岩油田年产达  $1\ 000 \times 10^4$  t,其中有 1 口井钻透基底 1 600 m,全段饱含石油<sup>[28]</sup>,基岩油田与岩石圈断裂密切相关。

8) 前苏联波罗的海地盾科拉半岛上的 SG-3 并于 1983 年 2 月钻至 12 066 m,成为世界上最深的井,在该井 7 000 m 深处的太古宙科拉群片麻岩和角闪岩中,发现了沥青包裹体和高浓度  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $He$ ,  $N_2$  及卤水,证明地壳深处烃的存在。瑞典锡利

扬超深井钻达 6 779 m，于基性岩床中采集到 CH<sub>4</sub>，经碳同位素测定来自地幔。德国超深钻 KTB，于 4 000 m 深获得 60 m<sup>3</sup> 的结晶水样，含 15% 气体，主要是 H<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub><sup>[29]</sup>。

9) 日本名古屋大学的 Sugisaki 和 Mimura 对全世界 50 个地区的 227 块地幔岩石（蛇绿岩带构造橄榄岩及碱性玄武岩中的橄榄岩捕虏体）进行分析，发现有重烃（n- 烷烃），在矿物流体包裹体中和颗粒边界分布有类异戊二烯，为姥鲛烷、植烷；其 δ<sup>13</sup>C 均一，为 - 27‰，属地幔烃<sup>[30]</sup>。

10) 杜乐天教授通过对地幔流体及软流圈层地球化学多年的系统深入研究，在 1987 年提出幔汁说的基础上，于 1996 年提出了地球内部有 5 个气圈的新假设<sup>[13]</sup>，认为地球是一个充气的天文球体，内部存在压力极大、温度和密度很高的气体，从地球表面一直到地核形成了至少 5 个气圈，其中地壳气圈位于地壳 8~ 10 km 以下，它蕴藏着可供人类大规模开发利用的巨大天然气资源。这一学说，支持了软流圈是行星地球上唯一规模最大、潜能最丰富的准烃源层这一石油地质论断。

## 2 地球自转导向油气运聚

人类对地球自转的认识，是随着现代科学的不断发展而逐步深入的。马宗晋院士等研究发现，大陆地震构造的基本特征是集中在北半球，沿纬向环带展布，地震区西半区的西南边缘都有一个缓弧形的地震构造带，其弧顶指向西南，并且强调指出这一特征与地球自转具有相关性<sup>[31]</sup>。因而地下石油天然气与地球自转所产生的向西运动力和离极运动动力必然密切关联。

地球是在旋转的原始星云中吸积形成的，已形成的地球极赤半径比约为 1. 27。地球由于其自转作用逐渐变为短椭球，完成这个过程的时间大约是 1 800 Ma 前；1 800 Ma 以后，地球又逐渐向圆球变化。地球形状变化引起的地球两极水平挤压力的变化如图 2 所示，由图可知地球南北纬 45° 左右是两极水平挤压力的高值区，最高值可达到地表引力的 1/10，这是相当大的离极水平作用力，以致地球早期与后来的地质作用大不相同<sup>[32]</sup>。但是，对软流圈准烃源层与离极运动力来说，地球南北纬特别是北纬 45° 左右（马宗晋院士最近发现全球构造中显著的南北不对称现象），从地球形成早期延续至今却一直是烃类的运移指向和集聚丰富烃源的空间指向。

全球岩石圈块体相对于地球内圈向西运动，实

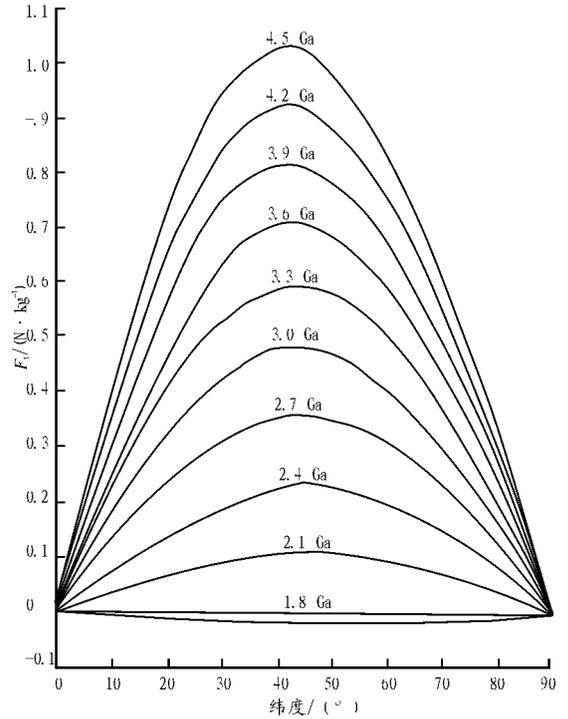


图 2 地球自转变化与两极挤压力强度<sup>[32]</sup>

Fig. 2 Strength of polar compressive forces of the earth

际上是地球内圈不断向东加速转动的结果。地球内圈作为主体运动单元，由软流圈熔岩物质包括烃类等挥发组分构成其润滑性自由球面。从运动机制方面分析，软流圈准烃源层的存在，减少了岩石圈块体运动的阻力，为岩石圈块体大规模水平运动提供了必要的滑移条件。因此，软流圈是岩石圈块体滑移运动的“助推器”，是造就地球上多彩地形的关键所在。

岩石圈由许多块体所构成，各块体依其自身的惯性相对于地球内圈向西滑动。由于各岩石圈块体质量大小的差异，造成不均一滑动。全球岩石圈块体东西方向的相对运动有愈接近赤道规模愈大的总趋势，是地球内圈这一球体参考系向东加速转动的必然结果。因为地球内圈表面线速度愈靠近赤道愈大，而作用于岩石圈的向西的惯性力也是愈靠近赤道愈大。

在地球内圈这一动参考系作定轴转动的情况下，由东向西对岩石圈起作用的切向惯性力称“向西运动力”；由两极向赤道方向对岩石圈块体起作用的惯性离心力称“离极运动力”。向西运动力从两极向赤道不断增大，在赤道处达到最大值；而离极运动力则从极点和赤道向中纬度处不断增大，在纬度 45° 处达到最大值。此外，在赤道处仅有向西运动力起作用而没有离极运动力。对处于地球内圈地理坐标系

或地球的旋转轴而言,不同纬度地带的任何一个岩石圈块体,其实际运动是向西运动和离极运动的合成,这种合成的规律,可以论证是与纬度相关的。因此,岩石圈大规模构造运动的方向性规律,就是向西和向赤道方向与纬度 $\lambda$ 者结合而得的规律。表明在以地内因素为主的情况下,岩石圈块体向西运动和离极运动的动力统一源于地球自转。

以地球内圈作为动参考系,岩石圈块体普遍发生的向西运动的统一表现,就是所有岩石圈块体相对于地球内圈不断大规模向西转动。其总形式是,由东太平洋板块开始向西,依次为太平洋板块、印澳板块、亚欧板块、东非板块、西非板块和美洲板块,每一板块都比其东部板块向西运动的幅度加大一些,亦即一个板块比一个板块更为显著地向西推移,直至造成美洲西缘山系;其结果是大致沿南北方向依次形成了东太平洋洋脊、西太平洋边缘海盆—岛弧—海沟系、印度洋中脊、红海—东非裂谷带、大西洋中脊和美洲西缘科迪勒拉山系等大型构造带。全球构造体系的形成追其原因,均是岩石圈板块及其低层次的岩石圈块体在软流圈上面运动的直接结果。若以地面实际类比预测地下的情况,从岩石圈上下同样都处在相同的地球内圈这一转动参考系范围之内而言,地球自转引起岩石圈整体转动即圈层相对运动对石油天然气运移、聚集成藏,理应起到最重要、最普遍、最基本的关键性导向作用。

纵览全球已发现的油气区(田),它们均与地球自转致使岩石圈块体向西运动,从而形成长轴为近南北向的油气区(田)相联系,并且在油气区(田)的正西方向存在与其平行的大型构造带。这种规律性可在油气勘探实践中指导寻找新的油气区(田)。

在占有世界 2% 陆地,却拥有世界探明石油储量 50% 以上的中东地区,著名的布尔干(可采储量  $99.1 \times 10^8$  t)、加瓦尔(可采储量  $82.6 \times 10^8$  t)、萨法尼亚—卡夫奇等大油田,其长轴都接近南北方向,与其正西方向地球上最大的南北向红海—东非裂谷带的展布方向吻合。

在俄罗斯,与经向平行的乌拉尔山脉以东的西北伯亚油气区内,萨莫特洛尔、马蒙托夫等油田的长轴是南北方向;储量达  $5.94 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup> 的乌连戈伊大气田及西西伯利亚许多气田的长轴也均接近南北方向。

在美国,与经向近似平行的落基山脉以东的落基山油气区内,比威洛奇油田、盐溪油田、潘尼气田等主要为南北方向展布;西得克萨斯油气区的耶茨油田、瓦松—潘汉得尔油田、胡果顿气田以及墨

西哥湾沿岸油气区的东得克萨斯油田、豪金斯油田、门罗气田、卡西奇气田等也都为南北向展布。

苏门答腊—爪哇半岛以东、缅甸若开山脉以东、马来西亚半岛以东、加里曼丹岛东缘、意大利亚平宁山脉以东、西班牙伊贝里卡山脉以东、英国不列颠岛以东、英国北海设得兰—奥克尼群岛以东、墨西哥马德雷山脉以东、哥伦比亚与委内瑞拉的安第斯山脉以东、阿根廷的安第斯山脉以东、加拿大的科迪勒拉山脉以东等国家和地区均沿南北方向分布有许多规模不等的油气田<sup>[33]</sup>,表明与地球自转相关。

在我国,大兴安岭中段(近南北向)以东的松辽盆地,长轴为南北方向的大庆油田(探明石油地质储量,下同,  $56.21 \times 10^8$  t) 雄踞其中;在经向展布的贺兰山、六盘山即鄂尔多斯盆地西缘逆冲带以东,长轴为南北方向的长庆气田、苏里格气田( $3200 \times 10^8$  m<sup>3</sup>) 等分布于中部,并分布有马岭、直罗、延长、安塞等 10 多个油田;主体为南北方向的岷山—龙门山—邛崃山以东,在四川盆地大致沿南北方向分布有五百梯( $587.11 \times 10^8$  m<sup>3</sup>)、威远、新场、沙坪场、卧龙河、磨溪等气田和桂花、莲池等油田;在位于帕米尔高原东缘的塔里木盆地,有克拉 2 气田( $2840 \times 10^8$  m<sup>3</sup>) 和长轴为南北向的塔河油田( $1.4042 \times 10^8$  t) 等;在扎依尔山、哈拉阿拉特山以东,准噶尔盆地西部近南北向分布有克拉玛依( $8.5879 \times 10^8$  t) 一夏子街油田;中部有陆梁—石西油田( $1.2257 \times 10^8$  t), 东部有彩南( $5371 \times 10^4$  t) 一甘河油田;在我国东部经向展布的太行山以东,渤海湾盆地内分布有长轴趋向于南北向的曙光油田( $48158 \times 10^4$  t)、北大港、任丘( $40652 \times 10^4$  t)、胜坨( $47851 \times 10^4$  t)、濮城( $13884 \times 10^4$  t) 等油气田;在阿尔金山和祁漫塔格山以东的柴达木盆地,尕斯库勒油田( $10722 \times 10^4$  t) 和冷湖油区都呈明显的南北向分布;我国海域在闽浙隆起区以东,呈南北向分布的有平湖油气田( $903 \times 10^4$  t,  $170.5 \times 10^8$  m<sup>3</sup>)、宝云亭、武云亭、春晓、丽水、断桥、残雪等油气田。

上述诸多实例中,油气区(田)的西面多数分布有大型经向构造带或经向断裂带,而油气区(田)自身的长轴多数为近南北向。南北方向是地球上大多数油气田,特别是大型油气田长轴的首选地理坐标定位。而在非南北向的油气田,常常是南北向钻井剖面上油气储集的丰度趋于一致。因此,可以概括地称“南北方向是油气田优选方向”。这是岩石圈块体向西转动,平行滞后于构造带的东缘形成张力区,油气流体受地球内圈不断向东加速转动惯性力的作用,流入

南北方向孔隙度较大独立圈闭的张性岩层空间区域成藏。由此进一步说明了地球自转导向油气运移聚集的成藏机制。

### 3 断裂(带)控制地球油气分布

1980年,法国地质家 A. Perrodon 说:“没有盆地,便没有石油”。1982年,朱夏院士指出:“油气存在于盆地之中”。若从断裂控制盆地角度,则可引申为“没有断裂,便没有含油气盆地”。笔者认为,从油气成因和运移通道及聚集成藏相联系的角度,断裂对于油气的实际意义更胜盆地一筹,断裂是形成盆地乃至油气田的先导和基本的必要条件之一。

地球自转作用于岩石圈块体,使其普遍发生不均一的向西运动和离极运动。地球表面的断裂系统,由于离极运动而产生南北向挤压应力场;向西运动产生东西向挤压应力场。1984年,张文佑院士将全球断裂系统归结为4个主要方向,即:1)在南北向挤压应力场的作用下,地球表面产生 NNE, NNW 向的 X 型共轭剪切断裂系,从而发育近南北向(经向)锯齿状断裂;2)在东西向挤压应力场的作用下,地球表面产生 NEE, NWW 的 X 型共轭剪切断裂系,从而发育近东西向(纬向)锯齿状断裂系;3)受 NNE, NEE 向剪切面控制而发育的近 NE 向锯齿状断裂;4)受 NNW, NWW 向剪切面控制而发育的近 NW 向锯齿状断裂。这几组不同方向的断裂互相交织,构成了全球性的断裂网络<sup>[34]</sup>。这4个全球性断裂系统的方向是地球自转运动产生全球向西运动力和离极运动力作用的结果。

张文佑院士曾将地球上的穿层断裂按其深度及地质和地球物理标志划分为岩石圈断裂、地壳断裂、基底断裂和盖层断裂4大类,并重点指出这4大类断裂向下延伸时倾角变缓,形成铲形断裂(Listric fault)和阶梯状断裂(Staircase fault),且分别终止于软流圈、莫霍面、康拉德面和花岗岩质层的顶部,相应地转变为顺层滑动隐伏的岩石圈滑动断裂、地壳滑动断裂、基底滑动断裂和盖层滑动断裂4大类层间断裂。这2套共8类断裂构成烃源通道和进行生烃地球化学反应以及储集烃类等的必要空间。

邱中建院士(1998)指出,油气富集带常常同大断裂带和二级断裂带相结合,如新疆克一乌断裂、塔里木盆地塔北隆起的轮南断裂、塔中隆起的北缘断裂、巴楚隆起的南断裂带(即玛扎塔克断裂带)。渤海湾盆地、松辽盆地、柴达木盆地等也有这样的规律。这是中国油气聚集的一个重要特点,

要十分重视含油气区内主要断裂及二级断裂构造带的解剖<sup>[35]</sup>。

深大断裂包括岩石圈断裂、地壳断裂和基底大断裂,它们的活动导致地表隆升或沉陷,进而导致含油气盆地的形成<sup>[36]</sup>。深大断裂常作为盆地群或大型盆地的边界控制性断裂,控制整个盆地群或大型盆地的构造演化和沉积发展,区域上控制油气区或大型含油气盆地的分布<sup>[37]</sup>。

Giardini 等统计了世界上78个超大型油田,其中66个在断裂带上或附近,另外12个则尚不明了,统计中包括了中国的大庆和孤岛油田<sup>[38]</sup>。

自古生代以来,深大断裂发育的中国岩石圈块体,共形成断穿岩石圈或地壳的深大断裂136条(其中84条岩石圈断裂,52条地壳断裂),在这些深大断裂组成的网络中有2条横贯、3条竖切<sup>[39]</sup>和3大走滑(郯庐走滑、阿尔金走滑、金沙江—红河走滑)断裂构成的大三角(东部三角一边与东部一竖叠加)称为“两横三竖大三角”,是中国断裂构造格局的基本模式。

1996年,杜乐天论述了胜利油田形成的地质背景。他指出,裂谷环境、拉张背景、沿深大断裂(郯庐走滑剪切断裂)分布的大地构造条件,正是地壳减薄、拆离、韧性剪切带、铲形断裂构造发育。岩石圈块体由于裂隙、断裂发育变为高度可渗透,而软流层(准烃源层)上隆,幔源流上涌,烃碱流体上升,这些烃使盆地中有机干酪根发生氢化而形成石油天然气<sup>[13]</sup>。

近期研究表明,在鄂尔多斯盆地、四川盆地均发现有 NE 向基底断裂,对盆地的沉降和岩相的分异起着控制作用。勘探实践说明对天然气田分布的控制取决于基底断裂与上覆盖层断裂的立交及复合。如鄂尔多斯盆地中部的大同、吴旗断裂带是变质杂岩体内的缝合线,属于壳深大断裂带,这种被盖层掩埋了的断裂带,正是油气垂向运移的通道<sup>[39]</sup>。四川盆地半个世纪以来天然气勘探规律可以总结为“一条裂缝一个矿”,深入研究表明,卧龙河、中坝气田在深部均有深大断裂与储集层连通,卧龙河气田受元古宙基底的断裂所控制<sup>[40]</sup>。

1992年,贾承造院士等根据最新的精细航磁资料,认为塔里木盆地在12~20 km 以下,盆地中部基底轴部有超壳断裂的上地幔基性、超基性岩浆,因此这里的地壳不是典型的大陆地壳,而是陆壳被断裂和上涌的上地幔物质改造的产物<sup>[41]</sup>。塔里木盆地油气藏与断裂的关系早被地学家所重视。王秋明等认为,油气田或出油气井无一例外地出现

在断裂附近, 距离不超过 30 km; 断层断开的最高层位也是油气藏出现的最高层位<sup>[42]</sup>, 断裂断到什么层位, 油气就富集到什么层位, 油气在垂向上的运移富集高度, 完全受断裂控制。梁狄刚等指出, 在塔北隆起, 气源断层的存在至关重要, 沿断裂带寻找凝析气藏是一个重要勘探方向<sup>[43]</sup>。李庆忠院士指出, 准噶尔盆地找到的石油天然气, 绝大部分不在背斜里面, 而是集中在克一乌大断裂带上; 在塔里木盆地应重视区域性断裂带的油气勘探, 如塔北轮南、桑塔木、牙哈的油气主要受几条大断裂带控制, 塔中也是如此; 他认为玛扎塔克是一条规模巨大的断裂带, 可能是塔里木盆地的克拉玛依<sup>[44]</sup>, 1998 年在此断裂带发现了和田河气田 (储量约  $600 \times 10^8 \text{ m}^3$ ), 勘探结果证实了李庆忠院士的论断。

俄罗斯地质学家伊凡根据由北向南延伸、穿越乌拉尔山、切过俄罗斯地台东部进入里海的深大断裂分布, 以及 20 世纪 60 年代已发现的鞑靼油区 (大断裂西侧)、西西伯利亚油气区 (大断裂东侧) 的情况, 运用“全球裂谷成因构造可以预测基底岩石的含油气性”的新概念, 预言滨里海盆地必定是一个大油气区。果然于伊凡预言后的第 7 年, 在滨里海盆地相继发现了田基兹特大油田、阿斯特拉罕大型凝析油气田<sup>[45]</sup>。同样具有地堑裂谷特征的北海盆地、西西伯利亚盆地也发现了一些大油气田, 如科麦兰特、哈通、布伦特 (北海)、亚姆布尔格、鲁吉涅茨 (西西伯利亚) 等。这一新概念可以概括为: 以地球扩张假设为基础发展起来的全球裂谷作用, 在地壳的不同深度都可能存在近似垂直的断层和裂缝带, 这些断层和裂缝彼此之间联系在一起, 从而进一步增大空隙空间及渗透性。正是这些断层和裂缝的存在, 才使基岩具有运移、储集油气的能力。

1978 年, 俄罗斯地质家加弗里什阐述了深大断裂与油气分布的关系, 指出波斯湾的超巨型油田布尔干、加瓦尔形成于俯冲带内, 且与近 SN 向深断裂和 NW 向断裂的交汇地带有关; 俄罗斯乌连戈伊、古勃金和共青团城 3 大油气田都位于格丹—鄂木斯克深大断裂带上<sup>[46]</sup>。地质家库德良采夫认为油田普遍与深大断裂有关, 如乌拉尔—伏尔加含油气区麦列克斯凹陷的石油储量达  $150 \times 10^8 \text{ t}$ , 与深断裂带有关。1984 年, 克鲁泡特金也指出, 世界油气田的分布与深大断裂带有关。加弗里什在论及阿尔及利亚哈西迈萨乌德大油田 (储量  $50 \times 10^8 \text{ t}$ ) 和美国俄克拉荷马城巨型油田的形成时认为均与深大断裂有关, 并且明确指出, 寻找与火山岩有关的油气藏, 首要对象就是深断裂带。

世界大油气田的分布情况表明与岩石圈断裂、地壳断裂或基底断裂相沟通, 断裂与油气总是同时出现在一个剖面上。因此, 前陆冲断带、被动大陆边缘陷盆地、板块俯冲的主动边缘弧后盆地以及推覆、褶断所造成的圈闭, 均是聚集、保存深部烃类流体的有利地区。从油气分布的特征分析, 纵向上具有楼台式、树丛式等立体形态, 平面上沿隐伏断裂、裂谷、褶断或火山喷溢带呈带呈片分布, 而其规模则常受断裂纵深展布的控制。

## 4 结语

1) 系统论是本文的基石, 大系统控制小系统, 自然宇宙包括石油天然气莫不如此。

2) 地球是在旋转的原始星云中吸积形成的, 地球内部存在有大量的烃。宏观估算有机烃约占全球总烃量的 5%, 已经开发利用的有机烃约占全球总烃总量的 1%; 而占全球总烃量 95% 的深成烃尚待开发利用。

3) 地球上大型油气田多呈南北向分布, 因为受地球内圈不断向东作加速旋转运动的惯性作用滞后于经向大型构造带的东方, 实则是与地球自转相关的表现。

4) 深大断裂不仅是地球能量和地幔物质的通道, 也是深部烃类向地壳运移的唯一通道。深入认识深大断裂与大油气田的相关关系, 对未来的油气勘探将有现实指导意义。

5) 重视低速层、高导层分布的深度、厚度、形态和范围, 发掘其与软流圈准烃源层相关之处, 从松辽盆地、渤海湾盆地近期向深部勘探并且有所发现的事实来看, 在我国沉积岩区进行一次中地壳低速层、高导层普查, 是油气区 (田) 增储上产的一条可行之路。

6) 软流圈准烃源层是不均一的, 并且在地球岩石圈表面也有许多表征。因此, 在油气勘探区内掌握油气分布规律, 查清地球烃 (主要是  $\text{CH}_4$ ) 的“烟囱”效应就显得十分必要。

7) 建议在老油气田, 以高分辨率三维地震和振幅保真成像, 查清外围和深部南北向大断裂, 于受断裂控制的圈闭施钻可能增储上产; 在新油气区, 应用空间技术, 以遥感卫星定位, 探测分析构造, 查清区域和油气田内南北向大断裂, 在断裂控制的背斜、断背斜和岩性圈闭施钻可能有新的大突破。

8) 根据中国区域地质背景的特征, 重点查清中国大陆主体板块碰撞拼接成陆, 即三叠纪以来这些板块焊接的部位和活动边缘部位以及所形成的造

山带、沉积盆地的部位，查清耦合系统，分析与油气的相关性，可圈定新的勘探靶区，揭示油气田的存在。应加强油气勘探综合研究。

9) 重视甲烷水合物、非常规油气藏的勘探。在中国陆地海域，应用信息化、数字化、微电子化等技术，综合处理判别油气资源成藏的全过程，预测新领域和可持续发展的有利因素。

10) 追踪国内外深井、超深井资料；追踪月球、月岩、金星和火星太空车发回的资料，以及我国宇宙飞船发射成功所带回的太空有关生命信息、物质转化等资料。科学资料的交叉渗透，对勘探石油天然气往往会产生新的启迪。

致谢：成文之前，感谢王鸿祯院士指点迷津。在本文撰写过程中，感谢翟光明院士、田在艺院士、徐旺总地质师、宋建国总地质师、高维亮教授、张清总地质师给予的指导和帮助。

#### 参考文献

- 1 翟光明. 21世纪中国油气资源远景展望 [A]. 见: 21世纪中国暨国际油气勘探展望论文集. 北京: 中国石化出版社, 2003. 9~17
- 2 任纪舜, 陈廷愚, 牛宝贵等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿 [M]. 北京: 科学出版社, 1990. 1~205
- 3 谢鸣谦, 薛超. 银河系旋转是板块构造活动的动因 [J]. 石油知识, 1986 (1), 1: 11~14
- 4 王汉卿. 地壳应力的形成、发展变化及其与地质年代的关系 [A]. 见: 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集 [C]. 北京: 地震出版社, 1998. 85~95
- 5 戴文赛. 太阳系演化学 (上册) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979
- 6 萨根 C. 太阳系 [M]. 北京: 科学出版社, 1981
- 7 Gold T. The origin of methane in the crust of the earth: The future of energy gases [J]. US Geological Survey Professional Paper, 1993, 1570: 57~80
- 8 周俊. 生命地球同源说天地生综合研究进展 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1989
- 9 盖保民. 地球演化 (第一卷) [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 32~235
- 10 侯德封, 欧阳自远, 于津生. 核转变能与地球物质的演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1974. 17~26
- 11 沃里沃夫斯基 C. 沃里沃夫斯基 C. 世界最大含油气盆地 [M]. 任俞译. 北京: 石油工业出版社, 1991. 1~76
- 12 Sztamari P. Petroleum formation by Fischer-Tropsch synthesis in plate tectonics [J]. AAPG Bull, 1989, 73 (8): 989~998
- 13 杜乐天. 烃碱流体地球化学原理 [M]. 北京: 科学出版社, 1996
- 14 石昕, 戴金星, 赵文智. 深层油气藏勘探前景分析 [J]. 中国石油勘探, 2005, 10 (1): 1~10
- 15 黄瑞华. 石油无机成因说的新进展 [J]. 石油实验地质, 1981, 3 (1): 66~69
- 16 贾承造, 何登发, 雷振宇等. 前陆冲断带油气勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 1~351
- 17 刘国栋, 刘昌铨. 华北北部地区地壳、上地幔构造与新生代构

- 造活动的关系 [J]. 中国科学 (B 辑), 1982
- 18 戴金星, 文亨范, 宋岩. 五大连池地幔成因的天然气 [J]. 石油实验地质, 1992, 14 (2): 200~203
- 19 符晓. 探索无机成因油气藏的地质条件兼论四川盆地西部找油方向 [J]. 石油实验地质, 1987, 9 (3): 211~217
- 20 高长林. 塔里木库鲁克塔格高原洋裂谷与地幔柱 [J]. 石油实验地质, 2004, 26 (2): 161~168
- 21 高长林. 塔里木中新生代盆地扩张和盆地俯冲与地幔柱 [J]. 石油实验地质, 2003, 25 (6): 661~669
- 22 陈沪生. 积极开展无机成因油气领域的勘查——无机成因油气上油气资源战略后领域 [J]. 石油实验地质, 1998, 20 (1): 1~5
- 23 徐永昌, 沈平, 刘文汇等. 天然气成因理论及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1994. 1~414
- 24 高清武. 长白山天池火山水热活动及气体释放特征 [J]. 地球学报, 25 (3): 348~351
- 25 熊寿生, 卢培德. 火山喷溢—喷流活动与半无机成因天然气的形成和类型 [J]. 石油实验地质, 1996, 18 (1): 13~35
- 26 涂光灼, 陈先沛, 王秀璋. 中国层控矿床地球化学 (第三卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1988. 1~388
- 27 Dutkiewicz A, Resmussen B, Buick R. Oil preserved in fluid inclusions in Archean Sandstones [J]. Nature, 1998, 395: 885~888
- 28 夏赫诺夫斯基. “油气成因说”的现代概念 [J]. 国外油气勘探, 2000, 12 (3): 267~270
- 29 张泽明. 德国大陆科学钻探的地壳流体研究 [J]. 地质科技情报, 1998, 17 (2): 7~12
- 30 Sugisaki R, Mimura K. Mantle hydrocarbons, abiotic or biotic? [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1994, 58 (11): 2527~2542
- 31 马宗晋. 大陆地震构造的基本特征 [A]. 见: 大陆地震活动和地震预报国际学术讨论会论文集 [C]. 北京: 地震出版社, 1984
- 32 蒋志. 地幔脉动与地质现象 [A]. 见: 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集 [C]. 北京: 地震出版社, 1998. 39~46
- 33 甘克文, 李国玉, 张亮成. 世界含油气盆地图集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1982
- 34 张文佑. 断块构造导论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984. 37~158
- 35 邱中建. 我国油气勘探的经验和体会 [J]. 石油学报, 1999, 20 (1): 1~7
- 36 薛超. 石油地质学基础 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1987
- 37 罗群, 白新华. 断裂控理理论与实践——断裂活动与油气聚集研究 [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1998. 6~89
- 38 Giardini A A, Melton C E. A Scientific explanation for the origin and location of petroleum accumulation [J]. Journal of Petroleum Geology, 1983, 6 (1): 117~138
- 39 郭占谦. 中国含油气盆地的变格与特征. 油气盆地研究新进展 (第一辑) [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 1~20
- 40 张景廉. 论石油的无机成因 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 1~305
- 41 贾承造, 姚慧君, 魏国齐. 塔里木盆地构造演化和主要地质构造单元地质构造特征 [A]. 见: 董晓光, 梁狄刚主编. 塔里木盆地油气勘探论文集 [C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生

- 出版社, 1992. 207~ 225
- 42 王秋明, 张纪易. 塔里木盆地 40 年油气勘探的回顾展望 [A]. 见: 童晓光, 梁狄刚主编. 塔里木盆地油气勘探论文集 [C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992. 1~ 6
- 43 梁狄刚, 顾乔元, 皮学军. 塔里木盆地塔北隆起凝析气藏的分布规律 [J]. 天然气工业, 1998, 18 (3): 5~ 9
- 44 李庆忠. 按科学程序发展石油工业 [A]. 见: 中国石油天然气总公司会议文集, 1997
- 45 裘慰庭. 俄罗斯找油的理论和技术方法 [J]. 勘探家, 1997, 2 (3): 32~ 38
- 46 加弗里什 B K. 深断裂在石油及天然气运移和聚集中的作用 [M]. 金衍泰译. 北京: 石油工业出版社, 1988. 85~ 89

## ROTATIONS OF THE GALAXY AND THE EARTH AND THEIR RELATIONSHIP WITH EARTH HYDROCARBONS

Xue Chao<sup>1</sup>, Xue Ling<sup>2</sup>

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China;*

2. *China Petroleum Pipe-line Bureau, CNPC, Langfang, Hebei 065000, China*)

**Abstract:** Based on the mode of thinking of systematology, the new geological theory of rotations of the galaxy and the earth and their relationship with earth hydrocarbons is put forward in this paper. Hydrocarbons of which oil and gas are composed are stemmed from accretion during the Galaxy rotation. The evolution of the asthenosphere resulted in the only large scale potential hydrocarbon sources. Hydrocarbon accumulation is governed by the rotation of the earth. As pathways and reservoir spaces, faults control the hydrocarbon distribution on the earth. With the new achievements of modern geophysics and geochemistry, mechanism of earth hydrocarbon migration and accumulation with relation to the layer differentiation of the earth matter and the plate tectonics is elaborated.

**Key words:** fault; the asthenosphere; hydrocarbons; rotation of the earth; the galaxy

(continued from page 639)

**Abstract:** Unit coefficient refers to hydrocarbon bearing volume in unit reservoir. In reserves calculation, it is in direct ratio to oil saturation which has a close relationship with hydrocarbon accumulation degree. On this basis, a method used in reserves calculation in carbonate formation with unit coefficient is put forward in this paper. For a certain reservoir, unit coefficient can be defined through comparing petroleum geological surroundings to conditions of the other known reservoirs. Reservoir thickness can be defined according to well condition and regional karst distribution. This method is more advantageous in carbonate formations due to the following points: taking full consideration of hydrocarbon transportation and accumulation; finding the key points controlling oil and gas reservoir formation; comparing petroleum geological surroundings with conditions of the known area. In parameters definition, more geological factors can be taken into consideration, and difficulties in reserves calculation with volume method can be avoided, therefore the result of reserves calculation with unit coefficient is more reasonable.

**Key words:** unit coefficient method; oil and gas reserves volume; carbonate rock; the Ordovician; the Tahe oil field; the Tarim basin