

文章编号:0253-9985(2006)01-0001-10

油气系统成因分类及其勘探思路

赵宗举^{1,2}

(1. 中国石油 杭州石油地质研究所, 浙江 杭州 310023;

2. 中国石油 塔里木油田分公司博士后工作站, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:通过复杂构造改造区油气系统及其油气藏成藏规律的总结,立足于油气系统“动态演化”分析,结合油气藏成因类型,将油气系统分为原生油气系统、再生烃油气系统及复合油气系统3大类。原生油气系统主要是由烃源岩初次生烃所形成的油气系统,其中的油气藏又包括初次生烃形成的原生油气藏,以及原生油气藏被改造、重新调整、再次运聚形成的次生油气藏。再生烃油气系统是指曾经有过生烃过程但因后期构造抬升而暂停生烃的烃源岩被再次深埋,由烃源岩二次或多次生烃的后期生烃过程所形成的油气系统。复合油气系统是指由不同烃源岩形成的不同油气系统在空间与时间上的复合或叠合而成的油气系统。不同的油气系统其勘探思路不同。原生油气藏的勘探主要在于“定凹(生烃凹陷)选带(有利构造带)”。次生油气藏及复合油气藏的勘探关键在于搞清油气藏的形成、演化与改造过程。再生烃油气藏的勘探主要是确定“二次生烃中心”或再生烃中心,强调晚期成藏的重要性。

关键词:原生;次生;再生烃;复合;改造型盆地;叠合盆地;残留盆地

中图分类号:TE112.3

文献标识码:A

Genetic classification of petroleum system and idea of exploration

Zhao Zongju^{1,2}

(1. Hangzhou Institute of Petroleum Geology, Hangzhou, Zhejiang 310023, China;

2. Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: Based on summarizing the petroleum systems and reservoiring patterns in complex areas reworked by tectonic movements, petroleum systems can be classified into primary, regenerated and composite types through analysis of “dynamic evolution” and genetic types of reservoirs. The primary petroleum system has mainly been formed by primary hydrocarbon generation of source rocks. The oil and gas reservoirs in the primary petroleum system include primary reservoirs being sourced by primary hydrocarbon generation and secondary reservoirs having experienced remigration and reaccumulation of hydrocarbons after the primary reservoirs have been reconstructed and readjusted. The regenerated petroleum system has been formed in later stage through secondary or even multiple hydrocarbon generation of source rocks that have been reburied after the hydrocarbon generation process ceased due to uplifting. The composite petroleum system has been formed as a result of overlapping or superimposition in space and time of various petroleum systems generated from different source rocks. Different ideas should be applied while exploring different petroleum systems. Exploration of primary petroleum system should be focused on “delineation of sag (oil-generating sag) and selection of zones (favorable structural zone)”. Exploration of secondary and composite reservoirs hinges on understanding the formation, evolution and reconstruction processes of reservoirs. While the key of exploration of regenerated reservoirs is to define the “secondary hydrocarbon generation center” or “regeneration center” and to stress the importance of late reservoiring.

收稿日期:2005-08-20

作者简介:赵宗举(1967—),男,高级工程师、博士后,油气地质及构造地质

基金项目:中国石油天然气集团公司“九五”油气勘探科技工程项目(970205);中国石油天然气股份有限公司科技项目(200203-15及20421)

Key words: primary; secondary; regeneration of hydrocarbon; composite; reconstructed basin; superimposed basin; residual basin

“油气系统”(petroleum system)概念的提出与发展经历了一个逐渐完善的过程。Dow^[1]最早于 1972 年的丹佛 AAPG 年会上提出“石油系统”(oil system)的概念。Perrodon 和 Masse^[2]于 1984 年最先使用了“油气系统”这一术语。1994 年 Magoon 等^[3]系统阐述了其概念、理论体系及研究方法。

1 油气系统成因分类综述

经过 20 多年的发展,不同研究者分别从不同的角度出发,提出多种分类方案,归纳起来主要有如下 4 种分类意见。

1.1 Demaison 等的三因素成因分类

Demaison G 和 Huizinga B J^[4]根据油气充满量因素(超充满量、正常充满量及欠充满量)、运移排泄方式(垂向运移及侧向运移)及油气捕集-封盖方式(高阻抗及低阻抗)3 因素,将油气系统划分成 12 类。由于油气的运移及捕集方式非常复杂,其影响因素很多,在客观上有些因素是无法定量描述的,因此,该油气系统分类存在的不确定性是显而易见的。其后, Demaison G 等^[4]提出使用源岩潜能指数(SPI,相当于我国常用的源岩生烃强度)来定量地描述一个油气系统的最终油气丰度及勘探潜力。由于源岩潜能指数(SPI)只能反映烃源岩的累计及最终生成油气的潜力,使用该指标对发育成熟源岩的简单的单旋回盆地或者是烃源岩具有一次连续生烃过程情况下所形成的油气系统的划分是适合的,但对诸如我国中、古生界被多期构造改造情况下所常见的同一套烃源岩多期生烃(二次生烃)、多期成藏所形成的油气系统的划分则有其局限性。

1.2 Magoon 的多因素分类

Magoon L B^[5]根据上覆岩层的复杂程度(单一的及混合的)、储集层岩性(硅质碎屑岩及碳酸盐岩)及干酪根类型(I 型、II 型及 III 型)对美国的油气系统进行了分类。之后,又根据烃源岩的地质年代^[6],以及烃源岩是否为正常埋深热成熟作用下所形成的油气系统,分成典型油气系统(属正

常埋深热演化形成)及非典型油气系统(属其他途径如岩浆热烘烤、生物化学作用等形成)^[5]。

1.3 Perrodon 等的盆地动力学背景分类

Perrodon A^[7]根据沉积盆地的动力学背景将油气系统分成 3 种主要类型,即:①大陆裂谷型油气系统;②简单克拉通盆地或离散边缘盆地中的台地型油气系统;③挤压区及活动边缘盆地特别是弧前盆地及前陆盆地前渊中的造山型油气系统。他还指出了每一类油气系统在地质时代上的分布。

宋建国等^[8]依据沉积盆地类型、演化及烃源岩形成的古地理、古气候条件,将中国油气系统划分成古生界克拉通型、中-新生界前陆-陆内挠曲拗陷型及中-新生界裂谷-伸展拗陷型 3 大类 5 小类油气系统。

窦立荣等^[9]立足于盆地类型,结合油气相态将中国陆相油气系统划分成伸展裂陷型、拗陷型及挤压型 3 大类,以及含生物气系统、含油系统、含凝析油气系统及含干气系统 4 种油气相态类别。

这种以盆地动力学背景为主要划分依据的油气系统分类方案,由于其侧重于盆地的大地构造背景及盆地动力学环境,基本上等同于对沉积盆地类型的划分,而沉积盆地类型与其所含的油气系统之间并不存在一一对应的关系。

1.4 张厚福等的历史-成因分类

张厚福等^[10]根据中国南方古生界海相地层多旋回构造变动情况下存在的油气多期成藏、晚期成藏、纵向混源等特点,提出了油气系统的历史-成因分类法,并划分出了原生型油气系统、残存型油气系统、次生型油气系统以及破坏型油气系统 4 类。应该说,是对复杂构造改造区的油气系统分类的创见,具有重要意义。但对复杂改造区油气系统的研究方法未进行深入讨论。

2 油气系统成因分类方案

在上述油气系统分类的基础上,针对中国中、古生界多期生烃、多期成藏、晚期成藏^[11,12]的特点,将油气系统划分成原生油气系统、再生烃油气

系统及复合油气系统3大类。

2.1 原生油气系统

主要是由烃源岩初次生烃所形成的油气系统,其中的油气藏又包括初次生烃形成的原生油气藏,以及原生油气藏被改造、重新调整、再次运聚形成的次生油气藏。诸如四川盆地威远气田水溶脱气气藏^[13]、塔里木盆地和田河气田^[14]、英南2气藏^[15]等原油二次裂解及重新运聚形成的气藏,均属次生油气藏。

Magoon L B等^[5]定义的油气系统基本属于原生油气系统,他介绍的研究方法亦是主要针对原生油气系统的。关于油气被改造、再次运移的问题,Magoon L B等^[5]只是在描述油气系统事件图所需的保存时间的论述中提及,但未深入讨论油气系统改造后的研究方法。张厚福等^[10]对原生油气系统的定义是:在沉积一成岩期间形成,包含着油气生成、运移、聚集全过程的系统。

2.2 再生烃油气系统

是指因后期构造抬升而暂停生烃过程的生烃源岩被再次深埋或构造热事件的作用下,由烃源岩二次或多次生烃的后期生烃过程所形成的油气系统^[16],其中的油气藏称之为再生烃油气藏。

再生烃的烃源除了主要来源于烃源岩有机质干酪根的二次生烃及多期生烃以外,烃源岩早期或一次生烃所形成的但未被完全排出的残留吸附于烃源岩中的烃类、以及早期形成但被破坏的古油藏等所演化成的分散状储层沥青、甚至发育于碳酸盐岩中的矿物结合有机质、缝合线沥青等均可成为再生烃的烃源^[16]。在我国东部地区及塔里木盆地的古生界中常见有烃源岩“二次生烃”及多期生烃情况^[17,18]并可形成工业性油气藏^[19]。Magoon L B等^[5]对油气系统的定义及研究方法的阐述中未提到烃源岩“二次生烃”及多期生烃的情况。张厚福等^[10]将烃源岩“二次生烃”及多期生烃所形成的油气系统划归残存型油气系统,与原生油气系统被改造及部分破坏后所残存的油气系统划为同一类。实际上,在烃源岩“二次生烃”及多期生烃情况下,其早期形成的原生油气系统多已被破坏或大部分破坏。单独划分再生烃油气系统,是因为烃源岩“二次生烃”及多期生烃的晚期生烃过程所形成的油气系统是一个“崭新”的系

统,它有别于原生油气系统被改造及部分破坏之后所形成的残存油气系统,具有自身特有的特征。其分布范围主要受烃源岩“二次生烃”及多期生烃的晚期生烃范围控制,往往与原生残存的油气系统的分布范围不同。

2.3 复合油气系统

复合油气系统的概念最早由赵文智等^[20]所提出,指的是在叠合含油气盆地中,多套烃源岩系在一个或数个负向地质单元中集中发育,并在随后的继承发展中,出现多期生烃、运聚成藏与调整改造的变化,从而导致多个含油气系统的叠置、交叉与窜通。因此,复合油气系统是指由不同烃源岩形成的不同油气系统在空间与时间上的复合与叠合而成的油气系统,其中的油气藏可称之为复合或混源油气藏。

在塔里木盆地^[21]及华北地区古生界油气藏中常见的油气混源现象,说明了油气系统的复杂性及不同油气系统复合、叠置的特点。

2.4 油气系统划分原则及主要研究方法

油气系统多期生烃及多期成藏动态演化研究,需要分别计算不同生烃及成藏期阶段主力烃源岩的生烃强度,以及加强古构造演化对油气系统改造的研究,并作出相应的油气系统分析图件如阶段生烃强度平面及剖面图、古构造演化图等。由于油气系统的演化主要受控于构造运动,为此,在Magoon L B^[5]等油气系统划分原则的基础上,经适当修正后,提出针对复杂改造区油气系统的划分原则:以主力烃源岩、主要储集层及主要生烃一成藏期为划分的主要依据,已知的古、今油气藏及油气显示是划分油气系统的重要参考依据,综合考虑不同的油气演化历史而进行油气系统的划分。例如某盆地主力烃源岩为中奥陶统,其在二叠纪发生初次生烃并于上泥盆统储集层中成藏,则应划分为 O_2-D_3-P 原生油气系统,而该烃源岩在晚第三纪又再次生烃并于下白垩统储集层中成藏,则应划分为 O_2-K_1-N 再生烃油气系统,若该烃源岩在晚第三纪再次生烃过程中对上泥盆统储层油气藏再次进行充注,则应划分为 O_2-D_3-P,N 复合油气系统。当然,复合油气系统还可以是不同层位的主力烃源岩在初次或者再次生烃过程中所形成的烃类聚集于相同的储集层中所形成的油气系统,也就是说混源油气藏应属于复

合油气系统。

油气系统的命名原则是:主力烃源岩—主要储层—主要成藏期(可靠级别)—成因类别。

主要成藏期是指主力烃源岩的高峰生烃期(高峰生油—高峰生气)直至主要的油气运聚结束的时期。

油气系统的可靠级别划分为如下3类。

① 已知的油气系统:指已经有发现的以古今油气藏为代表的油气系统,包括已知存在的油气系统——现今已经发现仍然存在油气藏的油气系统和已知破坏的油气系统——现今已经遭受破坏的油气系统(古油藏及油气显示)。

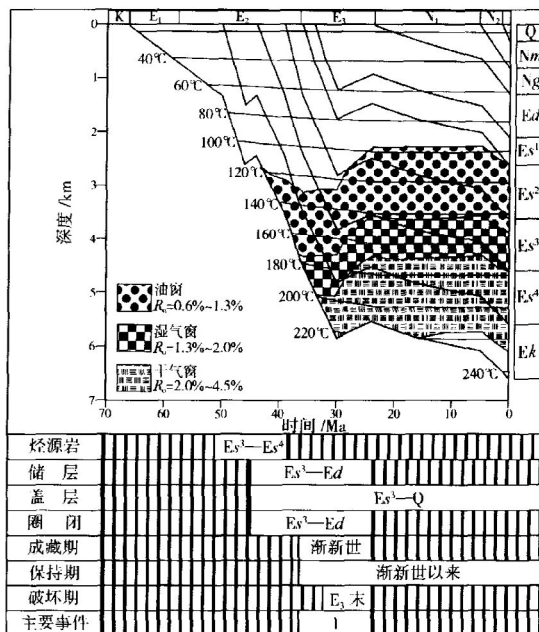
② 潜在的油气系统:经综合分析认为现今可能存在的油气系统。

③ 推测破坏的油气系统:通过综合分析 with 类比推测地质历史时期曾经存在古油藏、但现今已被破坏的油气系统。

成因类别包括原生、再生烃及复合3类。

油气系统事件图(图1)上所表示的保持期是指该油气系统及其油气藏形成以后直至最终遭到彻底破坏的时期。破坏期是指油气系统及其油气藏遭到部分或彻底破坏作用的时期。主要事件是指油气系统及其油气藏最初形成,并对油气系统及其油气藏产生了关键的或者重要影响的地质时期。由于构造运动对复杂改造区油气的演化起到了至关重要的控制作用,一般是采用重要的构造运动期作为主要事件。这里所说的主要事件包括了 Magoon L B 等^[5]所指的关键时刻(成藏事件)及主要破坏事件。

进行油气系统分析,非常重要的一项是动态地考虑了主要烃源岩在不同地质历史时期的生烃强度。要形成有工业价值的油气系统或油气藏,其主要烃源岩的生烃强度应该达到形成工业性油气藏的下限。据研究^[22],中国含油气盆地生烃强度分类为:大中型油气田,(最大生气强度大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 、平均为 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$);中小型油气田(最大生气强度为 $50 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 、平均为 $10 \times 10^8 \sim 20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$);小型油气田(最大生气强度为 $25 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 、平均为 $5 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$);非工业性油气藏(最大生气强度小于 $25 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 、平均小于 $5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$)。据此,我们采用的生气强度下限指标为 $5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。当然,生气强度的标准



注:1—渐新世形成东营凹陷 Es³-E-E₃ 原生油气系统,渐新世末发生喜马拉雅运动主幕——东营幕,造成区域地层抬升剥蚀及对该原生油气系统进行改造。

图1 东营凹陷 Es³-E-E₃ (已知存在的) 原生油气系统事件图

Fig. 1 Diagram showing the events of Es³-E-E₃ (known) primary petroleum systems in Dongying sag

(相当于前述的源岩潜能指数 SPI) 因运移方向、油气系统形成的地质年代等的差异也有所不同,正如 Demaison G 等^[4]所指出的,要形成同等规模的油气聚集,垂向排烃运移较侧向排烃运移所需的源岩潜能指数要高,因为后者有更大的汇集油气面积;而形成时代早的油气系统较年轻的油气系统需要更大的源岩潜能指数,因油气的散失量随着时间的推移会逐渐增加,年轻的油气系统遭受散失与破坏的几率更小。

3 中国典型油气系统实例

有关复合油气系统及其实例,赵文智等^[23]、张义杰等^[24]已有详细论述,本文主要列举原生油气系统及再生烃油气系统的实例,进一步说明其特征与成因。

3.1 原生油气系统

3.1.1 原生油气藏

我国中、新生界陆相盆地已发现的油气藏,主

要属于原生油气藏^[25,26],此外,还有鄂尔多斯盆地中、古生界油气藏等。它们的共同特点是:

① 油气藏多围绕原始生烃凹陷及沉积中心分布,符合“源控论”的思想,“凹中隆”是形成原生油气藏的最有利地带;

② 烃源岩主要为一次连续生烃过程形成的原生油气藏;

③ 油气藏形成后,经后期改造与破坏作用相对较弱;

④ 油气藏产于年轻的中、新生代单旋回盆地及中、古生代以来的稳定克拉通盆地(如鄂尔多斯盆地)之中。

现以渤海湾盆地东营凹陷下第三系油气系统

为例,说明原生油气藏的一些特征。

东营凹陷是一个北断南超的下第三系箕状断陷,其间沉积了以下第三系沙河街组三段(以下简称沙三段)为主、沙河街组四段、一段(以下简称沙四段、沙一段)为辅的湖相泥质生油岩^[27](图2),盆地模拟表明,沙三段及沙四段烃源岩主要生油高峰期为沙三段沉积后期至东营组沉积时期(图1),与下第三系中的各种圈闭(图2)的形成期配置关系良好,因此,在沙三段沉积后期至东营组沉积时期形成了东营凹陷中的各类原生的油气藏。图3表明,油气藏基本围绕生烃凹陷呈环带状分布。越靠近最有利生油凹陷,油田规模越大,表明东营凹陷下第三系油气系统属典型的原生油气系统。

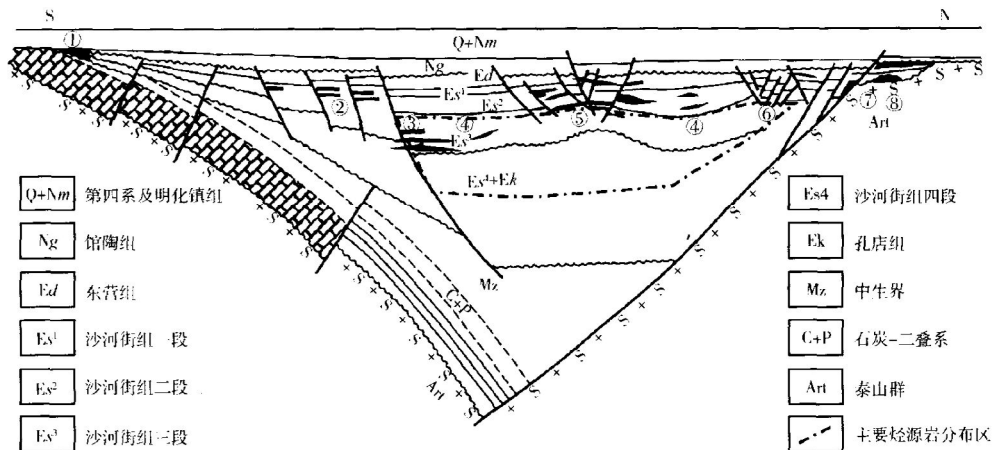


图2 东营凹陷 Es^3-E-E_3 (已知存在的) 原生油气系统剖面示意图^[27]

Fig. 2 Diagrammatic cross-section of Es^3-E-E_3 (known) primary petroleum systems in Dongying sag

- ①地层不整合油藏;②断块油藏;③构造-岩性油藏;④岩性油藏;⑤塑性拱张背斜油藏;
⑥滚动背斜油藏;⑦构造-地层超覆油藏;⑧潜山残丘油藏

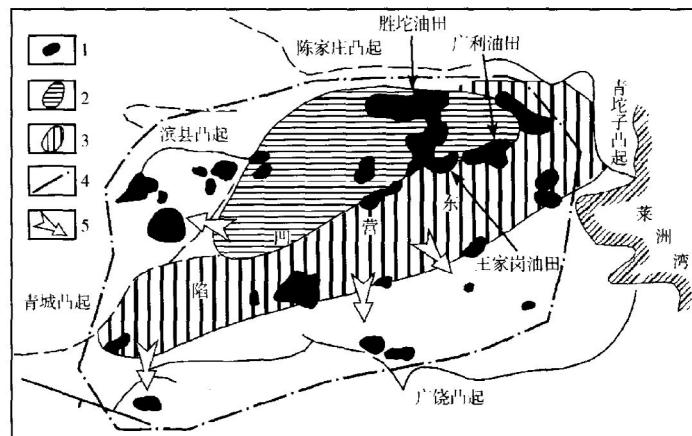


图3 东营凹陷 Es^3-E-E_3 (已知存在的) 原生油气系统分布图^[8]

Fig. 3 Diagram showing the distribution of Es^3-E-E_3 (known) primary petroleum systems in Dongying sag

- 1—油田;2—最有利烃源区;3—有利烃源区;4—油气系统边界;5—油气运移方向

渤海湾盆地的其他下第三系断陷中所发育的油气系统亦大致与东营凹陷相似,油气系统的分布范围主要受控于下第三系断陷的沉积范围^[28]。实际上,发育了多少个具成熟生油岩的下第三系断陷盆地(凹陷)即会形成多少个下第三系原生油气系统。

对复杂构造的多旋回盆地或叠合及改造型残留盆地,如南方沿江南-黔中隆起带北缘分布的一系列下古生界及上震旦统古油藏;滇黔桂地区沿南盘江地区及十万大山盆地西北缘的上古生界-下三叠统孤立台地及台地边缘分布的众多古油藏^[11,12];塔里木盆地塔中隆起上分布的志留系沥青砂等,均属已被破坏的(早期)原生油气藏。

3.1.2 次生油气藏

我国典型的次生油气藏主要为分布于四川盆地的中、古生界气藏及塔里木盆地古生界海相烃源岩形成的油气藏。在渤海湾盆地第三系、准噶尔盆地侏罗系及西北缘稠油分布区等中、新生代盆地中也见到了次生油气藏。对四川盆地川东、川东南地区的石炭系、二叠系及下三叠统气藏和川西北地区的上三叠统-侏罗系煤成气藏的研究表明^[13,29],它们绝大多数属于印支-燕山期形成的天然气藏经喜马拉雅期构造改造、调整及重新分配、再次运聚成藏所形成的次生气藏,也属于原生油气系统。

以下以川东气区油气系统的形成与演化说明原生油气系统中次生气藏的一些特征。

盆地模拟表明,四川盆地下志留统、二叠系及下三叠统烃源岩于中三叠世进入生油阶段,与中三叠世末泸州、开江古隆起的最初形成期基本吻合。推测当时在泸州、开江古隆起形成了上石炭统及二叠系最初的石油聚集^[30,31](图4)。随着巨厚侏罗系的沉积加载,烃源岩进一步热演化达到干气高峰,致使泸州、开江古隆起持续得到烃源供给。同时,地层深埋的结果也使先期聚集于隆起带上的石油热裂解成天然气,从而形成了下志留统、二叠系一下三叠统-上石炭统、二叠系一下三叠统-中三叠统一侏罗系原生油气系统。因此,晚侏罗世一早第三纪,隆起带表现为巨大的天然气田^[30](图4),其中,也有一定数量的天然气溶于地层水中。早第三纪末,强烈的喜马拉雅运动形成了现今的川东及川南中、古生界高陡背斜带及一系列高陡背斜圈闭,并造成地层的抬升剥蚀,地层最大剥蚀量可达2 000 m^[32]。致使泸州、开江古隆起天然气藏进行重新调整、改造及水溶脱气,聚集于喜马拉雅期形成的高陡背斜圈闭之中,形成了现今的川东及川南上石炭统-中下三叠统高陡背斜气田群。气藏充满度随气藏位置远离隆起带中央而减小^[33],因此,它们属于典型的次生气藏。说明泸州、开江古隆起早期(印支期-燕山期)对油气运聚起到了重要的控制作用。

综上所述,次生油气藏分布受原生油气藏所制约,因此,在评价和寻找次生油气藏时,应加强

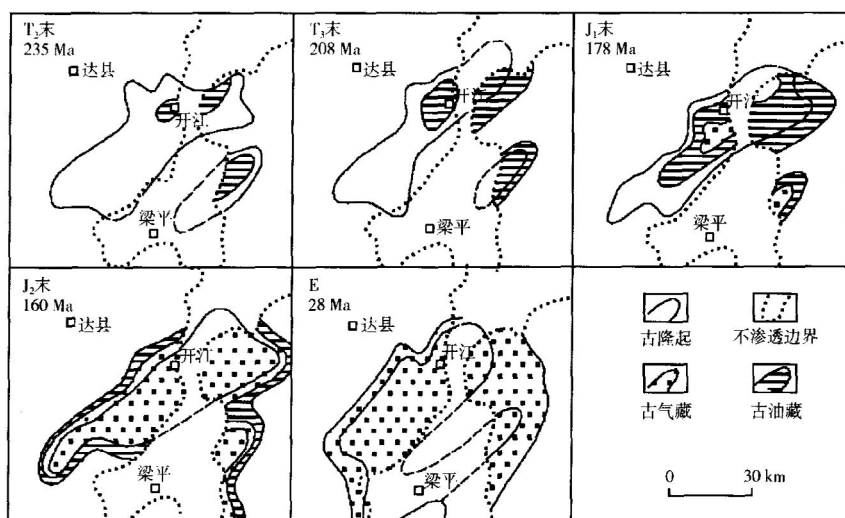


图4 川东开江梁平古隆起印支期后-喜马拉雅运动前成藏演化

Fig. 4 Post-Indosinian - pre-Himalayan reservoiring evolution of Kaijiang - Liangping paleohigh, eastern Sichuan

原生油气藏的形成、分布及演化规律的研究。

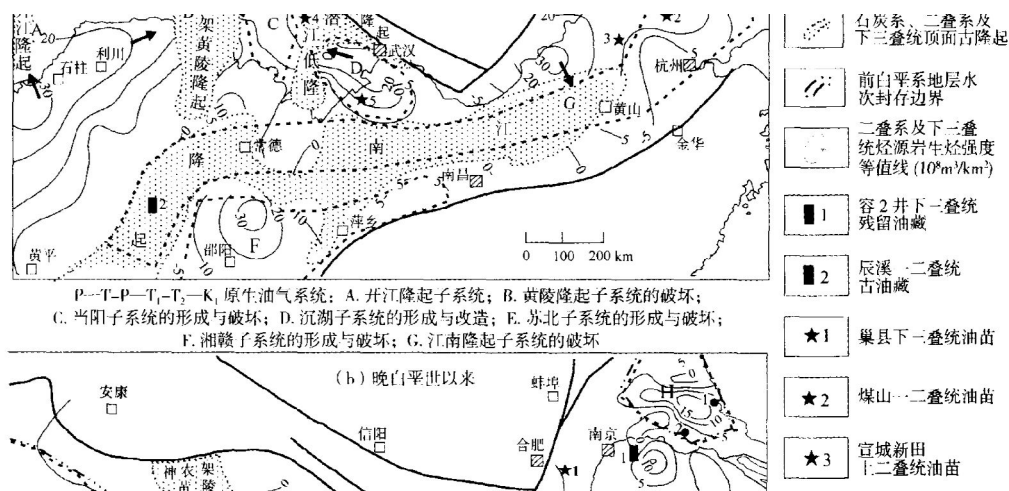
3.2 再生烃油气系统

我国的再生烃油气系统主要分布于东部地区及塔里木盆地的古生界烃源岩分布区。

现以中下扬子区二叠系-下三叠统烃源岩所

层,致使该原生油气系统保存较好。

侏罗纪一早白垩世,湘鄂西及钱塘坳陷继续生烃,并保持了较大的生烃强度。此外,由于侏罗系的沉积加载,使江汉盆地南部的沉湖、当阳地区及湘中、赣中地区也具备了较大的生烃强度、成为生烃中心(图5a)。在晚侏罗世一早白垩世燕山



晚白垩世以来特别是早第三纪时期,二叠系—下三叠统烃源岩的生烃强度仅在苏北盆地、江汉盆地南部沉湖地区及南鄱阳盆地达到了形成工业性油气藏的“二次生烃”标准(图5b),加之苏北盆地、江汉盆地南部的沉湖地区及南鄱阳盆地发育有白垩系—第三系较好的陆相细碎屑岩储层及含膏盐岩盖层,因此,分别形成了苏北盆地 $P-T_1-K_2-E_1-E-N$ 再生烃油气系统(图6)、江汉盆地南部沉湖地区 $P-T_1-K-K_2-N$ 再生烃油气系统及南鄱阳盆地 $P-T_1-K_2-K_2-E$ 再生烃油气系统。目前,分布于苏北盆地盐城“二次生烃”凹陷朱家墩气田(图5b)及分布于江汉盆地南部沉湖地区“二次生烃”中心的开先台西上白垩

统含油构造,即为上述再生烃油气系统的代表。

除此以外,我国较典型的由石炭系—二叠系煤系烃源岩“二次生烃”形成的油气藏有:东濮拗陷的文留气田、文北—户部寨气田,冀中拗陷的苏桥气田,黄骅拗陷孔古4井油气藏及奥陶系“二次生烃”形成的孔古3井油藏。近年来发现的冀中拗陷信安镇气藏、黄骅拗陷乌马营气藏可能也属于石炭系—二叠系煤系烃源岩“二次生烃”形成的油气藏。它们均分布于古生界烃源岩的“二次生烃”或晚期生烃中心附近。这是由于中国东部地区自中晚三叠世以来,因华北板块与华南板块的最终碰撞拼贴成一体,受到库拉板块及太平洋板块斜向对中国东部地区俯冲的影响,从而使中国东部表现出相似的构造演化及冲断抬升剥蚀、沉降,发生二次生烃的演化历史。另外,塔里木盆地满加尔及西南拗陷—麦盖提斜坡也存在古生界烃源岩的晚喜山期“二次生烃”过程^[34,35]。

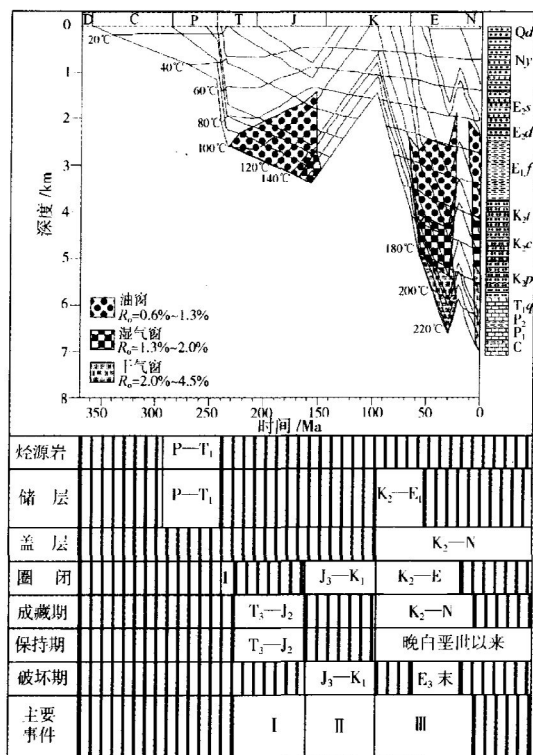
再生烃油气藏的成藏规律是:

- ① 烃源岩在一次生烃或先期生烃过程中未曾完全耗尽其生烃潜力,致使部分生烃潜力在“二次生烃”或晚期生烃过程中成为再生烃油气藏的烃源;
- ② 再生烃油气藏的形成常常表现为早期原生油气藏在构造抬升的作用下遭到破坏或部分破坏,而烃源岩的二次生烃成为现今油气藏的主要烃源;
- ③ 再生烃油气藏圈闭可以是早期形成的圈闭或者是与二次生烃同期形成的圈闭,表现为晚期成藏的特征,因此,晚期良好的油气保存条件对再生烃油气藏的形成是至关重要的;
- ④ 再生烃油气藏分布主要受“二次生烃”中心所控制。

综上所述,原生、次生及再生烃3类油气藏之间的异同点为:原生油气藏相对比较简单,规模较大,大多见于中、新生代沉积盆地及古生代以来长期稳定的克拉通盆地中,要求一个稳定及后期改造弱的大地构造环境;而次生及再生烃油气藏形成与演化复杂,所形成的油气藏规模大多较小,主要见于经多期构造改造的古老叠合盆地或改造型残留盆地以及构造活动区的年轻(中、新生代)沉积盆地中,属(复杂)构造改造背景下的产物。

4 不同油气藏的勘探思路

由于不同类型油气藏的成因、演化及分布规律的差异,必然导致其勘探思路及勘探方向、勘探



注: I—中—叠世末—晚三叠世初期、印支运动主幕形成苏北中、古生界之中的宽缓低降; II—晚三叠世—中侏罗世形成 $P-T_1-P-T_1-T_1-J_3$ 原生油气系统; III—晚侏罗世—早白垩世燕山运动主幕造成对 $P-T_1-P-T_1-T_1-J_3$ 原生油气系统的改造与破坏; III—晚白垩世以来特别是第三纪期间形成 $P-T_1-K_2-E_1-E-N$ 再生烃油气系统; Qd—第四系东台组; Ny—上第三系盐城组; E_{2s}—始新统三垛组; E_{2d}—始新统戴南组; E_{1f}—古统阜宁组; K_{2r}—上白垩统泰州组; K_{2f}—上白垩统泰山组; K_{2r}—上白垩统浦口组; T_{1q}—下三叠统青龙组; P₁—上二叠统; P₁—下二叠统; C—石炭系。

图6 苏北盆地 $P-T_1-K_2-E_1-E-N$ 再生烃油气系统事件图

Fig. 6 Diagram showing the events of P, T_1, K_2, E_1, E, N regenerated petroleum systems in northern Jiangsu basin

层系的不同。

原生油气藏的勘探思路关键在于“定凹(生烃凹陷)选带(有利构造带)”:生烃凹陷中的隆起带(“凹中隆”)及其周缘隆起带、以及凹陷与隆起之间的斜坡带往往是油气运聚及原生油气藏形成的最有利构造带,是勘探原生油气藏的主要地区。

次生油气藏的评价及勘探思路是:先搞清原生油气藏可能形成的位置,再分析其遭受构造运动改造后油气再次分配运聚的指向与部位,从而可能发现次生油气藏。因次生油气藏形成、演化及改造的复杂性,应该说,对它的评价与勘探,目前还存在许多不确定因素,如:构造改造及形变史、剥蚀量的恢复,构造变动造成先存油气藏的油气再次运聚的方向、部位、油气聚集与散失量的估计,古保存条件的评价等,目前仍缺乏有效的研究及评价方法。为此,次生油气藏的勘探风险是较大的。

再生烃油气藏主要分布于“二次生烃”中心附近,因此,首先要找到“二次生烃”中心、其次在“二次生烃”中心附近寻找有利的保存条件的圈闭中即可能发

现出版社,1997. 25~32

Song Jianguo, Zhang Guangya. Classification of petroleum system and exploration direction in China[A]. In: Hu Jianyi, ed. Application and evolvement of petroleum system in China[C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 25~32

- 9 窦立荣,李伟,方向. 中国陆相含油气系统的成因类型及分布特征[J]. 石油勘探与开发,1996,23(1):1~6

Dou Lirong, Li Wei, Fang Xiang. Genetic classification and distribution characteristics of continental petroleum systems in China[J]. Petroleum Exploration and Development, 1996, 23(1):1~6

- 10 张厚福,孙红军,梅红. 多旋回构造变动区的油气系统[J]. 石油学报,1999,20(1):8~12

Zhang Houfu, Sun Hongjun, Mei Hong. The petroleum system in the region of polycyclic tectonic movement[J]. Acta petrolei Sinica, 1999, 20(1):8~12

- 11 赵宗举,朱琰,王根海,等. 叠合盆地油气系统研究方法——以中国南方中、古生界为例[J]. 石油学报,2002,23(1):11~18

Zhao Zongju, Zhu Yan, Wang Genhai, et al. The studying method of petroleum system in superposition basin—as an example by analyzing Mesozoic & Paleozoic in southern China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(1):11~18

- 12 赵宗举,朱琰,徐云俊. 中国南方古生界—中生界油气藏成藏

- 3 Magoon L B, Dow W C. The petroleum system: from source to trap[J]. AAPG Memoir 60,1994

- 4 Demaison G, Huizinga B J. Genetic classification of petroleum system[J]. AAPG Bulletin, 1991, 75(10):1 626~1 643

- 5 Magoon L B. Identified petroleum systems within the United States [M]. in Magoon B L, ed., The petroleum system—status of research and methods. USGS Bulletin, 1989.2~9

- 6 Magoon L B. Identified petroleum systems within the United States [M]. in Magoon L B, ed., The petroleum system—status of research and methods. USGS Bulletin, 1992.2~11

- 7 Perrodon A. Petroleum systems: models and applications[J]. Journal of Petroleum Geology, 1992, 15(3):319~326

- 8 宋建国,张光亚. 中国油气系统分类与勘探方向[A]. 见:胡见义,编. 中国含油气系统的应用与进展[C]. 北京:石油工

- 15 张水昌,赵文智,王飞宇,等. 塔里木盆地东部地区古生界原油裂解气成藏历史分析—以英南2气藏为例[J]. 天然气地球科学,2004,15(5):441~451

Zhang Shuichang, Zhao Wenzhi, Wang Feiyu, et al. Paleozoic oil cracking gas accumulation history from eastern part of the Tarim basin—a case study of the YN2 gas reservoir[J]. Natural Gas Geoscience, 2004, 15(5): 441~451

- 16 赵宗举. 再生烃油气系统成因及分布[J]. 海相油气地质, 2005, 9(4):1~8

Zhao Zongju. Formation and distribution of hydrocarbon—regeneration petroleum system[J]. Marine Petroleum Geology, 2005, 9(4):1~8

- 17 冉启贵. 华北古生界煤岩成烃及二次生烃研究[J]. 石油勘探与开发,1995,22(增刊):6~9

- Ran Qigui. The study of secondary hydrocarbon generation from coal bearing series of Palaeozoic in North China[J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(S0):6-9
- 18 解启来,周中毅,施继锡,等. 塔里木盆地塔中地区下古生界二次生烃的类型及其特征[J]. 地质论评,2004,50(4):377-383
Xie Qilai, Zhou Zhongyi, Shi Jixi, et al. Classification and characteristics of hydrocarbon regeneration from the Lower Paleozoic Group in the Tazhong area of Tarim basin[J]. Geological Review, 2004, 50(4):377-383
- 19 秦建中,郭树之,王东良. 苏桥煤型气田地化特征及其对比[J]. 天然气工业,1991,11(5):21-26
Qin Jianzhong, Guo Shuzhi, Wang Dongliang. Geochemical characteristics of Suqiao coal-formed gas field and their contrast[J]. Natural Gas Industry, 1991, 11(5):21-25
- 20 赵文智,何登发,池英柳,等. 中国复合含油气系统的基本特征与勘探技术[J]. 石油学报,2000,22(1):6-13
Zhao Wenzhi, He Dengfa, Chi Yingliu, et al. Major characteristics and exploration technology of multi-source petroleum systems in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 22(1):6-13
- 21 何治亮,毛洪斌,周晓芬,等. 塔里木多旋回盆地与复式油气系统[J]. 石油与天然气地质,2000,21(3):207-213
He Zhi-liang, Mao Hong-bin, Zhou Xiao-fen, et al. Complex petroleum systems in the Tarim basin[J]. Petroleum & Natural Gas Geology, 2000, 21(3):207-213
- 利油田[M]. 北京:石油工业出版社,1993
- Shuai Defu, Wang Binghai, Chen Yukang, et al. Petroleum geology of China(V6)—Shengli oil field[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993
- 28 池英柳. 渤海湾盆地含油气系统形成与油气分布特征[A]. 见:胡见义,编. 中国含油气系统的应用与进展[C]. 北京:石油工业出版社,1997. 195-206
Chi Yingliu. Formation of the petroleum system and hydrocarbon distribution in the Bohaiwan basin. In: Hu Jianyi, ed. Application and evolution of Petroleum system in China[C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 195-206
- 29 孙肇才,邱蕴玉,郭正吾. 板内形变与晚期次生成藏——扬子区海相油气总体形成规律的探讨[J]. 石油实验地质,1991,13(2):107-142
Sun Zhaocai, Qiu Yunyu, Guo Zhengwu. On the relationship of the intraplate deformation and the secondary formation of oil/gas pools—the general regularities of the oil/gas formation in marine environment of the Yangtze area[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1991, 13(2):107-142
- 30 李一平. 四川盆地已知大中型气田成藏条件研究[J]. 天然气工业,1996,16(增刊):1-12
Li Yiping. Reservoir-formed condition research on the known gas fields in Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 1996, 16(supplement):1-12
- Zhang Yijie, Liu Guangdi. Characteristics and evolution of composite petroleum systems and the exploration strategy in Junggar basin, northwest China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1):36-39
- 25 王运所,姜舒文,廖家汉,等. 莘县凹陷下第三系含油气系统分析[J]. 石油天然气地质,2001,22(3):256-260
Wang Yunsuo, Jiang Shuwen, Liao Jiahao, et al. Analysis of Lower Tertiary petroleum systems in Shenxian sag[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(3):256-260
- 26 顾惠荣,贾健谊,叶加仁. 东海西湖凹陷含油气系统特征[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):295-297,306
Gu Huirong, Jia Jianyi, Ye Jiaren. Characteristics of oil- and gas-bearing system in Xihu lake depression in the East China Sea[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3):295-297,306
- 27 帅德福,王秉海,陈余康,等. 中国石油地质志(卷六)——胜利油田[M]. 北京:石油工业出版社,1993
- Shuai Defu, Wang Binghai, Chen Yukang, et al. Petroleum geology of China(V6)—Shengli oil field[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993
- 28 池英柳. 渤海湾盆地含油气系统形成与油气分布特征[A]. 见:胡见义,编. 中国含油气系统的应用与进展[C]. 北京:石油工业出版社,1997. 195-206
- 29 孙肇才,邱蕴玉,郭正吾. 板内形变与晚期次生成藏——扬子区海相油气总体形成规律的探讨[J]. 石油实验地质,1991,13(2):107-142
- 30 李一平. 四川盆地已知大中型气田成藏条件研究[J]. 天然气工业,1996,16(增刊):1-12
- Li Yiping. Reservoir-formed condition research on the known gas fields in Sichuan basin[J]. Natural Gas Industry, 1996, 16(supplement):1-12
- Ran Hong. Discussion on the types of gas packing density and control factors in Chuandong Carboniferous reservoirs[J]. Natural Gas Industry, 1994, 14(5):34-37
- 34 董秀芳. 塔里木盆地寒武-奥陶系生油岩成油期:兼谈喜山晚期“二次生油”[J]. 海洋地质与第四纪地质,1994,14(3):51-60
Dong Xiufang. Study on the oil-forming periods of Cambro-Ordovician source rocks in the Tarim basin and also on the secondary generation of oil in the late Himalayan epoch[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1994, 14(3):51-60
- 35 牟泽辉,熊海河,朱宏权,等. 塔里木盆地阿克库勒凸起油气成藏演化[J]. 石油与天然气地质,1997,18(3):228-230
Mou Zehui, Xiong Haihe, Zhu Hongquan, et al. Evolution of oil reservoiring in Akekule uplift, Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(3):228-230

(编辑 李树森)