

改造型含油气盆地类型及研究思路

王定一

(西北大学地质系, 陕西西安 710069)

摘要: 改造型含油气盆地是指含油气盆地原型经过内外地质动力作用使其面貌发生了重大改变的盆地。根据内外地质动力作用方式将其划分为抬升改造型、块断改造型和冲断、褶皱改造型三类。勘探改造型盆地油气的技术路线不能仍然依照“定凹选带”的原则, 应建立新的“晚期成藏、成藏单元与整体持续封存”的研究思路与方法, 将改造型盆地成藏单元划分为改造-破坏型、改造-保存型与改造-建设型三种类型, 只有后二种类型的成藏单元才具有油气勘探价值。

关键词: 含油气盆地; 改造型; 类型; 研究方法

作者简介: 王定一, 男, 65岁, 教授, 石油地质与盆地分析

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

改造型含油气盆地是指含油气盆地原型经过内外地质动力作用使其面貌发生了重大改变的盆地。在我国主要为古生代和部分中生代海相含油气盆地, 经过印支、燕山和喜山运动的强烈改造而使盆地面貌发生构造变形、破碎, 或强烈剥蚀而成为残留盆地, 因此其中的烃源岩经过多次变动, 造成多期次油气生成、运移、聚散过程, 从而为寻找其中的油气藏带来了困难。从我国近五十年的勘探结果来看, 在比较稳定的四川、鄂尔多斯地区油气勘探工作取得了重要成果, 使天然气地质储量得到大幅度增长; 而在华北、华南及藏北-滇西特提斯构造域的油气勘探工作效果不佳。究其原因, 主要是对这类盆地经过多次构造运动的改造导致油气分布的复杂性认识不足, 仍然应用盆地原型未经改造或只有轻微改造盆地的“定凹选带”技术路线来指导勘探工作。因此对这类含油气盆地是我国油气资源未来的接替“基地”, 还是弃之可惜、食之无味的“鸡肋”有不同的认识, 所以进一步研究这类盆地的类型及研究方法就成为我国油气地质工作者当前迫切需要解决的任务, 它关系着今后油气勘探的战略部署。

1 盆地类型

根据内外地质动力的作用方式将这类盆地划分为以下3种类型。

1.1 抬升改造型

这类含油气盆地是指盆地中油气藏形成以后由于地壳抬升而使盆地面貌遭到强烈的剥蚀而大为缩小, 但已形成的油气藏并未因地壳抬升而遭到严重破坏或散失。例如云南思茅地区的景谷晚第三纪含油气盆地, 其走向 NNE, 南北长 18 km, 东西宽 3.5~5.6 km, 面积 88 km²。在盆地中充填了中新统景谷组(又称三号沟组)和上新统福东组, 地层厚度在 2 404 m 左右。主要烃源岩层为景谷组二段和三段的深灰-褐灰色泥页岩, 累积厚度可达 494 m; 主要储集层为景谷组一段的砂岩, 厚度变化在 143~276 m 之间; 盖层为上新统福东组及景谷组中泥页岩层, 厚度在 300 m 以上。已发现大牛圈背斜-岩性油田, 含油气面积 0.22 km²*, 是我国乃至世界上目前已知最小的含油气盆地, 一般习惯称其为微型含油气盆地(盆地面积小于 250 km²)。盆地的形成是由于晚第三纪早期印度板块向欧亚板块挤压碰撞过程中, 本区基底断裂发生走向滑动, 在断裂的弯曲部位发生引张和沉降而形成的。

该盆地形成时的海拔高度在 1 000 m 以下, 而现在的海拔高程是 1 800 m 左右, 也就是说从上新世末期以来它抬升了至少 800 m 的高度。尽管这种抬升是和云贵高原一起整体抬升的, 盆地边缘也遭到了较严重的剥蚀。从景谷县城到其以北的宋家村分布长达 84 km, 宽达 36 km, 面积约 3 000

km²的第三纪地层,可能是其盆地原型的展布地区。下、上第三系之间虽有一个不整合面存在,但其盆地形成机制未变,故盆地中未受剥蚀的油藏不会有大的改变,目前上第三系展布的 88 km²,是其剥蚀后的残留面积。

1.2 块断改造型

由于块断运动对前期大型盆地进行了改造,彻底改变了盆地原型面貌。例如华北地台古生代的克拉通盆地,其原始面貌与华北地台范围大体一

致,经过印支、燕山和喜山期构造运动断续强烈的改造而成为目前的格局,即现在所称的渤海湾盆地、南华北盆地、鄂尔多斯盆地及其周缘的断陷盆地等。在渤海湾盆地又可以进一步划分出下辽河拗陷、渤中隆起、黄骅拗陷、埕宁隆起、济阳拗陷、沧县隆起和冀中拗陷等一级构造单元。从而造成古生界油气生成、运移、聚散过程的复杂性。例如,沧县隆起、黄骅拗陷及其周缘地区下古生代盆地经历了复杂的演化过程(图1),即早古生代时该地区为

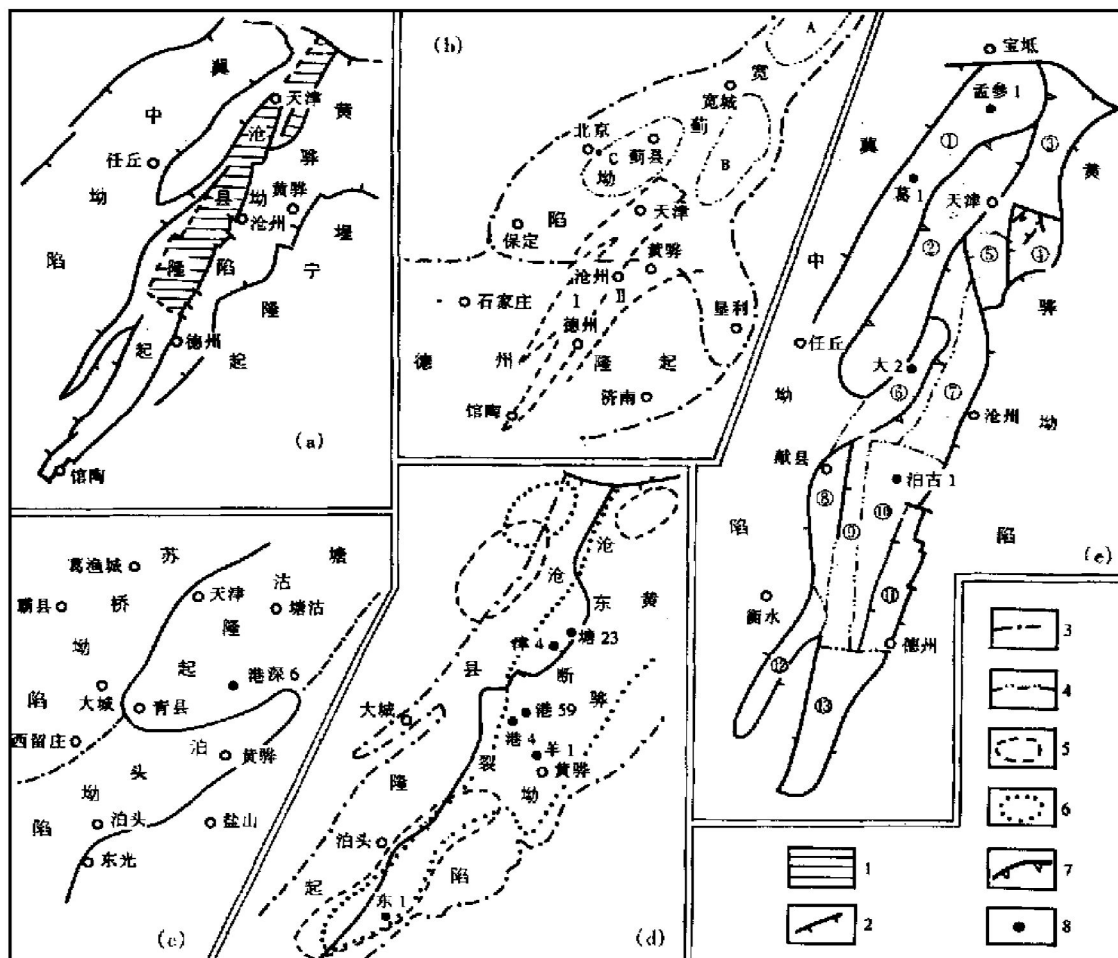


图1 沧县隆起及其周缘地区构造演化图

Fig. 1 Tectonic evolution of Cangxian uplift and its peripheral area

1—重点研究区;2—断层线;3—一级构造单元界线;4—二级构造单元界线;5—J₁₊₂拗陷;6—J₃—K₁拗陷;7—下第三系尖灭线;8—井位

I—沧县隆起;II—黄骅拗陷;A—建平凹陷;B—唐山凹陷;C—武清凸起;

①武清-文安凹陷;②大城斜坡;③潘庄凸起;④津南凹陷;⑤双窑凸起;⑥里坦凹陷;⑦兴济凸起;

⑧献县凸起;⑨阜城凹陷;⑩交河凸起;⑪景县凹陷;⑫明化镇凸起;⑬武城凸起

(a) 沧县隆起及重点研究区位置;(b) 早古生代盆地构造单元;(c) 晚古生代盆地构造单元;(d) 中生代晚期拗陷分布;(e) 现今构造单元划分

宽城-蓟县拗陷和德州隆起,晚古生代时演化为塘沽隆起、苏桥拗陷和泊头拗陷,三叠纪时则演变为天津拗陷和东侧的无棣-济阳隆起,西侧的任丘-霸县隆起。在天津拗陷发育部位由于中、下三叠统沉积厚度达到 2 000 m 左右,使古生界的烃源岩进入成油门限深度而生成油气。其后发生于中、晚三叠

世之间的印支运动使中、下三叠统抬升遭受剥蚀,地温降低,古生界烃源岩停止了油气生成,但盆地原始面貌并未完全改变,这是古生代盆地经历的第一次改造。燕山运动使天津拗陷进一步解体而成为一些小的拗陷与隆起,早、中侏罗世拗陷中的沉积厚度未超过 500 m,与残留的中、下三叠统厚度

不能使该地区古生界烃源岩二次进入成油门限。故燕山运动使该地区早期形成的油藏进一步遭到改造与破坏。发生于始新世到渐新世的喜山运动使沧县隆起与黄骅坳陷和冀中坳陷定型。沧县隆起的古生界烃源岩仍然处于油气生成的停滞阶段并继续遭到侵蚀破坏。黄骅坳陷和冀中坳陷的古生界则进入二次油气生成阶段。第四系沉积后,在这两个坳陷埋深较大的地区则生成天然气。这就是为什么在苏桥地区形成了储量达 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气藏和在黄骅坳陷中发现了古生界油藏的原因。实际上它属二次成藏的晚期成藏,即第三纪以来形成的油气藏,所以保存条件好;而沧县隆起地区早期形成油气此时已破坏殆尽,这从沧参1井石炭-二叠系煤层中总烃含量为 30.26 mg/g ,而与其相邻的砂岩中总烃含量最高值仅为 4.02 mg/g 得到证明^[1]。

1.3 冲断、褶皱改造型

由于后期逆冲断层和褶皱作用而将原型盆地面貌改造的盆地,例如广西的十万大山盆地。该盆地的中-上泥盆统、二叠系、下三叠统碳酸盐岩为主要勘探目的层,组成中-古生代海相沉积体,其上叠置着十万大山中-新生代陆相沉积盆地。从研究该地区构造演化历史来看,它经历了震旦纪-早奥陶世的被动大陆边缘盆地、泥盆纪-早二叠世的弧间洋盆地、晚二叠世-中三叠世的早期前陆盆地、晚三叠世到侏罗纪的晚期前陆盆地、白垩纪的弧后裂谷盆地与第三纪的张扭性盆地发育时期^[2]。由此可见,该地区自古生代以来经历了由张性的弧间洋盆发展为挤压性质的前陆盆地;然后又被弧后裂谷盆地和走滑伸展盆地所改造。尽管目前仍然保持着前陆盆地的基本面貌,但今与昔比已不完全相同,故在打到泥盆系的万参1井的 D_2 , T_3 , T_1 和 J 层位试油结果为地表水即为证明。

在我国海相含油气盆地发育史中这种正负反转多次出现的例子比比皆是。这就是我国海相含油气盆地形成演化的特殊性——多期次、多形式、多方向的改造,导致烃源岩多次抬升与沉降,油气藏多次形成与破坏。

2 研究方法

改造型含油气盆地由于它首先是含油气盆地,所以研究未经改造含油气盆地方法仍然是其基本方法,同时它又是改造型含油气盆地,因而必须在

“改造”上下功夫。例如对未经改造的含油气盆地来讲,其研究的技术路线是以沉积中心和生油中心来进行的,其勘探指导思想是“定凹选带”,但对改造型含油气盆地来讲靠“定凹选带”收效甚微,因为原有的凹陷已经变形或破碎,生油中心也随之解体,原来“带”中油气也经历了再聚散,所以造成了油气分布的复杂性。这可能是近几十年来勘探工作在这些地区未取得重要进展的主要原因之一。最近有人提出用“保存单元”来代替“定凹选带”的勘探思路,无疑是比以前有了前进,它强调了这种类型盆地后期“保存”的重要意义,但似乎还未全面揭示改造型含油气盆地的关键问题与技术路线。本文提出“晚期成藏、成藏单元与整体持续封存”的研究思路与方法,提供参考。

2.1 晚期成藏

这里的晚期成藏是指盆地经过多期改造以后最后一次成藏时期,即现在构造定型期以后是否有油气成藏的条件。它包括盆地未改造前形成且保存至今的油气藏,也包括盆地在改造过程中经过多次再运移、聚集而形成的次生油气藏以及现今构造格局定型后形成的油气藏。这一工作要在详细恢复盆地原型和研究盆地的演化改造历史以后才能确定。总之,是指盆地定型以后形成或保存的油气藏。

2.2 成藏单元

成藏单元是指现在所划分的二级或次级构造单元应具有成藏条件。对原型盆地来讲即是被改造后形成的二级或次级构造单元应具有形成工业或商业价值油气藏的成藏条件,它大体可以分为改造-破坏型、改造-保存型和改造-建设型三类。

2.2.1 改造-破坏型

是指原型盆地中的烃源岩由于地壳抬升而遭到严重剥蚀,残留烃源岩长期处于热演化的停滞阶段;或者烃源岩虽基本保存,但前期形成的油气已基本散失。例如沧县隆起北段古生界烃源岩虽在早、中三叠世末期进入成油门限深度,形成过油气藏,但印支运动一幕以后该地区即隆起,已生成的油气开始散失,此后在中、新生代历次构造运动中继续散失直到殆尽。沧县隆起南段的古生界烃源岩虽保存完整,但由于地壳抬升,盖层遭到破坏和烃源岩热演化中断而无油气继续生成,故已生成油气由于失去动态平衡而基本散失。这从前述沧参1井石炭-二叠系煤层中总烃含量高达 30.26 mg/

g, 而相邻储层砂岩中仅为 4.02 mg/g 得到证明。另外在该井井深超过 2 000 m 时仍然为低矿化度地层水也说明该地区油气保存条件差。

2.2.2 改造-保存型

是指原型盆地形态虽被改造解体, 但大面积烃源岩保存完整或比较完整, 在成藏条件具备时可以形成油气藏; 或者后期构造运动虽对已形成油气藏的保存条件有所影响, 但还远未达到完全破坏的程度。前者如陕甘宁地区陕北的古生界气藏, 其所处位置为华北古生代克拉通盆地的组成部分, 经印支-燕山运动使其原型盆地解体而成为陕甘宁侏罗纪盆地的基底。与此同时, 该地区接受了侏罗系及下白垩统而使古生界烃源岩演化达到生气阶段, 加上保存条件良好, 已生成的天然气在奥陶系顶部风化壳形成了大型气藏。后者如四川地区震旦系到三叠系不同层位天然气样的正烷烃、类异戊二烯、支链烷烃及环烷烃四类不同结构的系列化合物皆具 C_{12} 的绝对优势, 在其组成中又以异构烷烃占很大比例。这种共同特征反映了四川地区震旦系到三叠系气藏具有基本相同的气源, 属次生成因, 是油型裂解气长期溶解保存于地层水中, 晚期大幅度抬升而大量脱气聚集而成藏*。

2.2.3 改造-建设型

此类地区烃源岩保存完整或比较完整, 烃源岩处于低成熟阶段, 经过一定时期抬升之后再次沉降进入油气生成期, 随着埋藏深度的不断增加, 有机质热演化程度继续提高, 目前达到成熟、高成熟或过成熟阶段, 油气仍然源源不断的生成。例如冀中坳陷东侧的武清-文安地区在中生代时为一构造坳陷, 不仅完整地保存了石炭-二叠系, 而且其上还有 660 m 的中、下三叠统和 750 m 左右的上侏罗统-下白垩统。直到晚白垩世-古新世, 该地区古生界烃源岩先后处于低成熟到成熟阶段或演化中断时期。始新世-渐新世, 该地区沉积了厚约 1 000 m 的下第三系, 使古生界烃源岩再次进入成熟到高成熟阶段。晚第三纪-第四纪, 该地区继续下沉, 接受了约 1 800 m 的同期沉积, 使古生界烃源岩进入到高成熟到过成熟阶段, 达到成气高峰期, 至今仍然源源不断的生成天然气, 从而形成了储量超过 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的苏桥气田。

总之, 对改造型含油气盆地远景评价应按上述

三种类型地区(或单元)来进行评价, 而不是原型盆地的隆起(凸起)、坳陷(凹陷)或斜坡地区。只有改造-保存型和改造-建设型地区才有可能成为有利的成藏单元。

2.3 整体持续封存

在划分了成藏单元之后, 还要对改造-保存型和保存-建设型地区(单元)进行封存程度的研究, 特别要从宏观上研究成藏以后该地区构造运动期次、性质、强度, 水动力变化和油气显示状况等。本文主张整体持续封存的概念, 这对天然气藏来讲更为重要, 因为天然气藏的形成往往处于动态平衡状态, 如果气源供应不足或中断, 盖层及四周的封堵条件稍有变化, 天然气则会不断逸散而成为空圈闭。所以整体持续封存的概念应是全方位封存并持续到现在。例如十万大山盆地中的万参 1 井和沧县隆起上的沧参 1 井之所以失败的原因主要是封存条件不好。兰坪-思茅盆地油气远景评价中最有利的地区为景谷凹陷, 而古水文地质条件研究后则认为其范围大为缩小, 因为大部分地区是与地表水有关的低矿化度重碳酸盐、碳酸盐类型水区, 而高矿化度的氯化物卤水区范围不大。

总的来看, 整体抬升改造型地区封闭保存条件较好, 例如四川盆地、鄂尔多斯盆地; 块断抬升改造型地区次之, 例如渤海湾盆地; 冲断-褶皱型改造地区最复杂, 须分期、分块进行研究, 例如, 特提斯构造域的羌塘盆地等。

由此可见, 对改造型含油气盆地勘探理论与研究方法需要创新, 这是我国海相含油气盆地所具有的特殊性所决定的。如果我们仍然沿用外国海相盆地及我国陆相盆地油气勘探理论去指导实践, 今后还会遇到困难, 只有在“改造型”这一关键问题上下功夫, 才会取得事半功倍的效果。因此本文认为, 中国的海相盆地或者说改造型含油气盆地既不是中国未来油气资源的接替基地, 也不是弃之可惜, 食之无味的“鸡肋”, 而是具有一定油气资源量的“鸡翅”, 对缓解我国油气资源需求会作出它应有的贡献。

参 考 文 献

- 1 王定一, 罗铸金, 刘池阳. 沧县隆起地区古生界油气远景评价[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(4): 8~11
- 2 龙绮妹, 俞广, 何忠泉, 等. 十万大山地区构造演化和含油气评价[J]. 海相油气地质, 1998, 3(1): 11~22

* 马力. 南海相油气勘探成果及“九五”部署建议. 1997

RESEARCH THINKING AND TYPES OF REFORMED PETROLIFEROUS BASINS

Wang Dingyi

(*Geology Department, Northwest University, Xi' an, Shaanxi*)

Abstract: Reformed petroliferous basins are those that the feature of the prototype basins have changed greatly under inner and outer geological dynamics. According to different geological dynamics, the reformed basins could be divided into three types: (1) uplift-reformation type; (2) fault-block reformation type, and (3) thrust-fold reformation type. The thinking and method for the exploration of reformed basins should not always use the principle of “determining depression and selecting zone”, but establish a new research thinking of “late pool-forming, pool-forming unit and integral continuous sealing”, and divide the pool-forming units of the basins into reformation-destroying, reformation-preserving and reformation-building types. The last two kinds of pool-forming units are favourable for hydrocarbon exploration.

Key words: petroliferous basin; reformation; type; research method

(上接第 6 页)

STRONG ACTIVITY AND ACTIVE DEEP ACTION: TWO IMPORTANT FEATURES OF CHINESE SEDIMENTARY BASINS

Liu Chiyang Zhao Zhongyuan Yang Xingke

(*Department of Geology, Northwest University, Xi' an, Shaanxi*)

Abstract: Strong activity and active deep action are two important features of Chinese sedimentary basins, especially for Mesozoic-Cenozoic basins. These features were determined by texture, dynamic evolution of Chinese continent itself and its special tectonic location. The above two important features were proved by a series of geological phenomena took place in many basins and the neighboring areas. The features directly determined the basic nature, the total appearance, the evolution process and characteristics of the late stage reformation of Chinese sedimentary basins; deeply affected and restricted oil-gas preservation setting, the characteristics of hydrocarbon pool-forming, distribution regularity and resources scale of China's Mesozoic-Cenozoic continental basins and two types of Paleozoic (Including Mesozoic and Mid-Late Proterozoic) marine basins, thus forming distinct characteristics of abundant oil and gas resources in continental basins but complication in marine basin, which are completely in contradiction with the total characteristics of other areas of the world.

Key words: strong activity; active deep action; Chinese sedimentary basin; late stage reformation; oil-gas geology; continental dynamics; basin dynamics