

盆地的改造及其油气地质意义

张 抗

(中国新星石油公司规划研究院, 北京 100083)

摘要 改造型盆地是指原型沉积盆地在后期构造运动中受到较明显的改造, 而改造较弱的简单深埋和微弱侵蚀者仍可归入原型沉积盆地范畴。就油气勘探而言, 盆地实际上是指联片分布的沉积岩体。以储量而论, 改造型盆地中油占一半, 气占 70% 以上, 其探明程度较低, 是下世纪勘探的主要指向。在盆地改造研究中区域性不整合面具有重要意义, 可把该面及上下地层作为一特殊地质体来分析其对油气的影响。地壳的多旋回开合运动是认识盆地改造和油气复杂演化过程的钥匙。勘探者要把从原型和改造保存现状入手的正向和反向思维方式结合起来探索油气藏。

关键词: 盆地改造; 原型盆地; 不整合; 开合运动; 反向思维

作者简介: 张抗, 男, 58 岁, 教授级高工, 油气勘探、大地构造

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

具有工业价值的油气, 绝大部分源自于沉积岩。从沉积盆地或原型(prototype)盆地入手, 研究烃类富集规律, 成为综合研究的传统思路。原型沉积盆地在后期构造运动中受到改造, 发生了或大或小的变化, 其中, 被明显改造的盆地可称为改造型盆地。盆地的改造及其对油气的控制日益受到人们的注意, 逐渐形成新的研究热点^[1]。

1 盆地的内涵

盆地概念似乎是浅显和明确的, 但是, 多年的研究和勘探实践发现, 某些重大问题的争论却源于对盆地概念的不同理解。在研究沉积盆地改造乃至消亡的过程之前, 重新审视盆地的概念是有益的。

1.1 不一定是封闭性的洼地

在地理学上, 盆地是指(基本)封闭的洼地, 在石油地质学中即使从原型沉积盆地来看也早已突破了地理学上的含义。固然可以有封闭或基本封闭的内陆湖盆和相应的沉积, 但很多沉积区只是相对低洼而已。对于地质历史上曾广泛存在的碳酸盐岩台地来说, 它甚至不是相对洼陷, 而是其外缘存在深海-半深海的相对高地^[2]。

一部分沉积物和沉积岩目前仍然处于低洼, 甚至基本封闭的环境中, 如准噶尔盆地、四川盆地等。

但也有盆地处在相对隆起的环境中, 如鄂尔多斯盆地^[3]。

1.2 有统一性的盆地群

我国南方众多的小盆地, 大体上归为两类, 一类为白垩纪到早第三纪的裂谷盆地, 它们在沉积时可相互连接, 亦可若断若连, 但在晚新生代隆起并受一定程度的剥蚀后, 原先相连的特点不明显了, 多数为孤立的小盆地; 第二类为以中生界火山岩-沉积岩为主体的盆地, 分布于浙、闽、粤地区, 它们的原型可能为断陷-拗陷型沉积, 形成大联片之势。

1.3 不同阶段应有不同的格局

值得油气地质工作者注意的是盆地(或盆地的一部分)在地质历史上的巨大变化。如塔里木的库车拗陷在第四纪是典型的山前拗陷或前陆盆地, 在中生界也有与之有一定相似性的箕状盆地。个别研究者忽略了前陆(它的前身往往是前渊)在时间和空间上明显的局限性, 将整个塔里木盆地称为前陆(它的主体和重要发育阶段都应属于克拉通拗陷), 在历史上称为“准前陆”, 这就近于“削足适履”了。

1.4 联片分布的沉积实体

将原型沉积盆地与改造残余盆地联系起来看, 作为油气地质研究和勘探单元的盆地实际上是指联片分布的沉积物或沉积岩实体的分布域。如对于油气地质和勘探来说, 鄂尔多斯盆地应是指在这片独立的中生界分布范围内变质基底之上的全部沉

积岩实体(图1)。不言而喻,它是多种盆地原型改造叠加形成的复杂结构盆地。

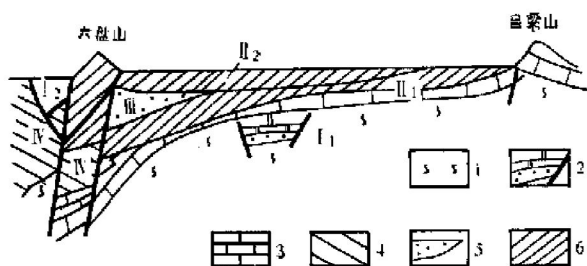


图1 鄂尔多斯盆地结构示意图

Fig. 1 Structural sketch map of Ordos Basin

结构单元: I—断陷(I₁中元古界, I₂新生界); II—坳陷(II₁寒武系-侏罗系, II₂白垩系-第三系); III—充填(上侏罗统芬芳河组); IV—楔积(中上奥陶统); 1—变质岩; 2—石英砂岩, 碳酸盐岩; 3—碳酸盐岩; 4—陆缘-陆间海沉积; 5—磨拉石粗碎屑岩; 6—碎屑岩和煤系

1.5 原型盆地与改造盆地的界定

笔者建议不管是单个原型盆地的深埋部分,还是仅仅被上覆结构层掩盖而造成的深埋都还属于原型沉积盆地范围。沉积盆地边缘有角度或微角度不整合,而内部为平行不整合,甚至整合,如祁连山北侧宁夏的中宁、中卫一带的泥盆系和石炭系间就有这种情况^[4]。低级别的沉积间断和对下伏层的轻微剥蚀对沉积盆地影响不大,仍可将其视为原型盆地范畴。那么,什么程度的剥蚀可作为改造型盆地的条件呢?笔者认为这要从盆地沉积和构造格局及其控制它的构造环境上来分析,与构造格局变化相应的会是较明显、影响较大的剥蚀,这时被剥蚀的残缺不全的下伏沉积盆地就可归于改造型盆地之列。我国沉积盆地多数都是改造型盆地,只有少数早新生代沉积可能保留有较完整的原型盆地面貌。

2 沉积盆地与后期改造

2.1 原型盆地及其组合和叠加

所谓原型盆地是指“受单一动力机制所产生的盆地沉降类型和结构实体”^[7]。换言之,它是具相同大地构造特征的沉积堆积体。从地壳构造发育历程看,多数沉积盆地形成在开合旋回的拉张阶段^[6],各独立的原型沉积盆地所经历时间跨度的长短可相差很大。在同一大地构造发育阶段和同一运动体制下,不同原型盆地可以并列,形成与大地构造环境相应的盆地组合^[7]。随着时间推移,特别是所处大地构造环境的变化,相似的和不同的

原型盆地或其被改造后的残留体在纵向上形成叠加关系。这种平面上的组合和纵向上的叠加可以使盆地具有不同的结构。盆地的结构单元可以是断陷、坳陷、充填和楔积^[7](图1)。由一个结构单元(如断陷或坳陷)或两个结构单元叠加构成的盆地可以归为简单结构者;由二个以上结构单元或二个结构单元多次叠加构成的可归为复杂结构者;对具有多期断陷者也可列为较复杂者。从盆地结构上看,我国主要含油气盆地(预测资源量近于或大于一亿吨者)结构可分为5种类型(表1)。显然,无论从所占面积还是所探明的油气储量看,最主要的是两类:一类是发育在古老克拉通上的经历了多次拉张-挤压(或开合)旋回的复杂多元结构盆地;另一类是具简单断坳二元结构的盆地。

表1 我国主要含油气盆地改造状况分类

Table 1 Texture classification of petroliferous basins in China

类	盆地特征	盆地	个数	面积 / 10 ⁴ km ²	所占比例/%
I	上覆为基本未被剥蚀的原型盆地,下伏为保存大致完好的简单断陷或断坳结构	海拉尔、三江、河套、敦煌、伊宁、焉耆、酒东、巴丹吉林、南襄、北黄海、台西、台西南、珠江口、北部湾、莺琼	15	68.97	19.3
II	上覆为基本未被剥蚀的原型盆地,下伏为复杂结构盆地,其中部分为剥蚀残留盆地,但构造破坏微弱	渤海湾、南华北、武腾、库木库、准噶尔、塔里木、江汉、苏北、南黄海、东海、柴达木	11	170.06	47.6
III	上覆层已受到轻微剥蚀破坏,下伏层中主力生储层系受到一定程度的剥蚀分割和构造破坏	松辽、依舒、鄂尔多斯、二连、潮水、酒西、柴窝堡、吐哈、三塘湖、百色、四川、羌塘、伦坡拉-班戈	13	102.50	28.8
IV	上覆层受到严重的剥蚀分割,主力生储层系受到严重破坏	沁水、楚雄	2	7.65	2.1
V	全盆各沉积层系均受剥蚀和构造破坏,常被分割成盆地群,油气藏多被地下水氧化破坏	六盘山、十万大山、兰坪思茅	3	8.01	2.2

2.2 盆地后期改造

2.2.1 深埋

原型沉积盆地在后期可被新的沉积盆地叠加。当新盆地面积等于和大于下伏盆地的面积时,形成盆地改造中最简单的类型——深埋。经受深埋改造的原型盆地,其沉积岩和其中的有机质保存好,有相当的热成熟度,易于聚集保存而形成较大油气

田(群)。如渤海湾盆地老第三纪断陷盆地后期被晚新生代拗陷盆地所深埋,其勘探程度高,已成为对我国石油贡献最大的领域。

2.2.2 破坏和消亡

原型盆地形成后,特别是在构造格局不断变化的情况下,紧接着被上覆新的沉积盆地全部掩盖的情况是较少见的。即使是相当稳定的克拉通内盆地,上下两个发育阶段所形成的沉积盆地间也往往是部分的叠合。如鄂尔多斯盆地上三叠统和中下侏罗统间,仅在西缘和北缘沉积边界大致相同,有些地方还可见中下侏罗统超覆上三叠统。但在华北地台的中、东部,侏罗系大幅度的退覆,使三叠系在此后受到不同程度的剥蚀^[3]。塔里木盆地东部寒武-奥陶系属碳酸盐台地,部分属大陆边缘盆地,有较好的生烃条件。但志留-泥盆系为退覆式沉积,使东部进入相当长时期的侵蚀阶段,这对有机质的演化和保存产生了不利影响。

盆地所在区域剧烈的隆起和侵蚀,多发生在开合旋回的挤压阶段。该阶段的主要发育趋势是伴随块体间的闭合和软、硬碰撞而发生隆起和程度不同的构造变形,后者改造了原型盆地的沉积层(岩),使之发生褶皱、断裂和构造裂隙。它有利于圈闭的形成和储层的改造,促进油气的运移、聚集。但过分强烈的变形却对油气富集产生明显的负面影响,造成圈闭有效性的破坏和油气的散失,这种改造作用在地质历史上的过渡型和大洋型地壳区上所发育的大陆坡和深海沉积盆地的表现尤为典型,以致使原型盆地大部分被卷入各种复杂变形的造山带,丧失了实际的油气勘探价值。

2.3 区域不整合与盆地改造

在油气地质的基础研究中往往对沉积过程认识较深入,而对与不整合相关的沉积缺失和侵蚀认识不够,往往忽略了总计时间相当长的若干沉积间断,有时把有相当幅度剥蚀而造成的地层缺失简单地归为沉积缺失。这往往造成盆地演化史分析的重大失误。通过侵蚀研究认识到鄂尔多斯盆地不仅在三叠纪,而且在侏罗纪,甚至白垩纪沉积范围都远大于目前盆地的矩形框架。作为其主要生、储油层系的三叠系和侏罗系曾被认为整合而难以分层,而后确认为简单的平行不整合,直到大规模的勘探和详细的小层对比才发现两者间存在一个影响巨大的不整合面。在其内发育明显的河流下切侵蚀带,侏罗纪初的古河床可下切而直接与延长群

第三、四段接触。正是这种下切形成了三叠系生成的油向侏罗系河流相具良好物性的砂体内运移、形成丰度和产能较高的油藏^[3]。

近年来,一些研究者已经把不整合及其上下的地层作为一个特殊地质体、一个特殊的油气运移、储聚单元来看待。这使研究者得以从盆地改造的新视角来观察油气藏的形成和演化。由于不整合面的形成,不仅使一些地质体因剥蚀而消失了,还使保存下来的地层,特别是其中敏感的有机物受到不同程度的改造。某些油气藏被破坏消失了,有些氧化成稠油和“沥青塞”而在一定程度上保护了古油藏。风化淋滤形成的各类缝洞改善了储集物性,为其后赋存油气提供了条件。在上覆地层沉积后,不整合面作为一个特殊的结构面可以使油气上下运移和较长距离的侧向运移,不整合面上覆地层中可形成同沉积的披覆构造,也可形成超覆尖灭带,岩性侧变带以及不整合面上下地层的特殊组合而形成岩性圈闭和相应的油气藏。总之,不整合的研究成为盆地改造、油气藏形成演化中的重要新生面。

2.4 多旋回开合与盆地改造

构造环境是多数盆地在演化过程中最根本的控制因素,许多具生烃岩系的沉积盆地在区域性沉降背景上,形成从克拉通内部向其边缘,乃至陆间海和大洋的不同盆地组合。板块的分离、碰撞及威尔逊旋回,断块说中的拉张造洋、挤压造陆及拉张(开、沉降)和挤压(合、隆升)的叠加,空间上多级块体多模式的拉张分离和挤压碰撞组合成为地质历史演化的主线,控制着盆地的形成和改造。拉张期的构造背景控制着沉积或原型盆地的组合,挤压期的构造活动则更多的体现在盆地的改造上,这种地质历史上的块体开合成为我们认识盆地的形成和改造的钥匙。

3 油气地质意义

3.1 保存条件决定改造型盆地的油气潜力

表层覆盖属于“原型”的多为晚新生代地层,其中最重要的是渤海湾盆地和大陆架。而多数盆地的主体是经历过较强改造的(表1),它们也是生储油岩系的主体。以集中我国绝大部分油气储量的12个含油气盆地而论*,其中仅柴达木盆地上覆的第四系原型盆地中探明天然气储量,占全国气储量的3.48%(以1997年底为准计算,下同),渤海湾和南海北部陆架三个盆地的油气绝大部分埋藏

于未经较强烈剥蚀而深埋的下第三系中,它们中的油占全国储量的46.74%,而气占27.50%。因此,以全国几个主要含油气盆地而论,改造型盆地沉积层中原油的储量占全国储量的一半以上,气占70%以上。我国主要含油气盆地按改造程度可划分五种类型,I、II类盆地个数和面积占多数,从另一方面说明了不论对原型还是改造型盆地,后期保存状况的重要意义。另外II类中的松辽、依舒等盆地的主力油气田主要分布在被晚新生代沉积覆盖的沉降区。所以,保存条件对研究改造型盆地的油气潜力具有重要的意义。

3.2 改造型盆地油气成藏过程复杂

在盆地改造发育的过程中,早期形成的油气与盆地一起经历了复杂而漫长的发展演化。沉积中的有机质如果没有经历充分的热演化,可以在后期的沉降中多次生烃。未能从生烃岩系中排出的烃类可以在盆地改造时随温度、压力和动力(包括水动力)条件变化而改变其赋存状态并从中排出、运移。对于石油,特别是天然气来说,其水溶性的变化可以在后期隆起(或剥蚀减压)时大量逸出并再运移。已经形成的油气藏可遭受破坏、改造,既可保留相当数量的原生油气藏,也可再次运聚形成次生油气藏。在这些因素的共同作用下,其油气的富集规律显然要比简单盆地复杂得多,认识它也必然经历曲折漫长的历程。塔里木盆地主力生烃岩系古生界(特别是寒武系和奥陶系)经历了巨大的改造,部分古油藏经历了多期改造但却基本上保存下来,但也有些古油藏破坏后形成相当厚的含沥青砂岩。勘探者们应从盆地初期改造入手,不断调整和改变勘探思路,发现多种类型的原生和次生油气藏,逐步逼近大型气田群。

3.3 今后勘探的方向

从我国目前的勘探现状看,下一步的勘探总体指向有二:一为老油区的挖潜,包括老油田的滚动开发和周缘、深层新区带、新领域的开拓;二为向没有和较少探明储量的盆地进军,开辟新产区,实现石油生产的战略接替。以松辽盆地而言,勘探的重要指向是深层的侏罗系-白垩系断陷沉积,它不仅经历了较明显的剥蚀,而且经历了一定程度的挤压改造,形成相应的构造形变。渤海湾盆地向前第三系下覆层进军。

* 它们是陆地上的松辽、渤海湾(包括渤海)、鄂尔多斯、四川、塔里木、准噶尔、吐哈、柴达木;海上的东海、珠江口、北部湾、莺琼

以作为石油产区战略接替目标的西北区而言,现有的勘探指向有三类。①克拉通(或断块)内部的中、新生界,前者如塔里木盆地内部的以三叠和侏罗系为主体的坳陷型沉积,后者如柴达木的第三系。②断陷型的中生界,在西北区它以侏罗系为主体(新疆个别盆地可下延至三叠系如吐哈)。其中分布在克拉通间的如焉耆等,它在新生代成为山前盆地。③克拉通内部的古生界,如准噶尔盆地的石炭系、二叠系,塔里木盆地震旦系到下二叠统。它们在旋回的开合张压中受到多次挤压,从而多次隆起剥蚀并产生相应的形变。显然,除了①类中部分可归属原型盆地外,其余均是改造型盆地。但需指出,这类盆地新生界中的次生油、气藏中的油气仍是来自被改造的下伏盆地。

4 两种思想路线

在油气地质研究的总体思路上有两条:一是从生烃岩系出发,研究生烃中心和排烃中心的位置、生排烃量、运移及聚集规律,寻找原生和次生油气藏;另一种是从油气的保存、储集出发,强调从圈闭的落实、评价、优选以实现油气勘探的突破,其着眼点在储集层的含油气性。这可以说是传统的正向和反向思维方式。实际勘探活动中总是两种思维方式同时并用或者有时以此为主,有时以彼为主。自觉地意识到这一点,对我们避免片面性、更灵活地提出勘探思路显然是有益的。

在盆地研究中也存在类似情况,从原型沉积盆地入手也可看作一种正向思维,它追索盆地形成演化及对油气的控制。与之相应的反向思维则是从盆地保存的现状入手,强调研究能有效保存油气的沉积实体和变形盆地的改造作用,并着眼现存的原生和次生油气藏。在勘探实践中往往更着重于后者。有的油田已被开采,但对其源岩、运聚历史可能还有这种或那种争论。但是,勘探和开发决策者不会允许在可采储量的分布上有重大失误。他们会努力研究作为复杂演化结果的油气田的现状或者含油气盆地的现状,而不使自己因为对这一过程,对盆地原型恢复上的某些困惑而停止自己勘探开发的脚步。将正向与反向思维结合起来,将原型盆地的恢复和改造型盆地的现状研究结合起来,更多地关注盆地改造及其结果,这将是我国油气勘探与开发的重要课题。

(下转第45页)

sis peak temperature, the rate of hydrocarbon conversion and vitrinite reflectance would change distinctly, the conventional distinguishing index of organic matter evolution would lose its significance. The study results of the southeast uplift in Songliao Basin show that after the oxidation of organic matter, the O/C ratio of kerogen decreases with the increasing of evolution degree, thus resulting in the reflected evolution degree higher than the actual one and increasing in T_{amx} . The oxidated organic matter usually has higher conversion ratio under the same thermal condition. The reflectance of the vitrinite formed in strong oxidation condition is higher than in normal circumstance, and that in strong reduction condition reduces. Therefore, to study the evolution of organic matter in the southeast uplift, especially in Yingcheng Formation of the uplift in Songliao Basin, one could not make a conclusion according to a certain index.

Key words: oxidation; organic matter; evolution; Songliao Basin

(上接第 41 页)

参 考 文 献

- 1 刘池阳. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~ 261
- 2 张抗. 海台及其性质的初步分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11(1): 1~ 14
- 3 张抗. 鄂尔多斯断块构造资源[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1979. 147~ 369
- 4 张抗. 塔里木盆地的大地构造及油气远景[A]. 见: 石宝珩, 编. 中国地质科学新探索[C]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 207~ 217
- 5 张渝昌, 秦德余, 徐旭辉, 等. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京: 南京大学出版社, 1997
- 6 张文佑, 张抗. 中国及相邻海域中、新生代盆地类型及含油气远景[A]. 见: 翟光明, 编. 北京石油地质会议报告论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 20~ 32
- 7 张抗. 沉积盆地的演化和结构[A]. 见: 崔广振, 石宝珩, 编. 中国地质科学探索[C]. 北京: 北京大学出版社, 1989. 322~ 333

REFORM IN BASIN AND ITS SIGNIFICANCE IN PETROLEUM GEOLOGY

Zhang Kang

(Research Institute of Planning, CNSPC, Beijing)

Abstract: The reformed basins were the prototype basins which were evidently reformed during post-stage structural movements; those underwent weak erosion and reformation are still prototype basins. As for oil and gas exploration, basin means connectedly distributed sedimentary rock mass; as for the reserves, about 50% of oil reserves and 70% of gas reserves are in reformed basins. Those basins are the main targets of hydrocarbon exploration in the 21st century since their exploration degree is low. In the research of basin reformation, regional unconformity is an important factor in influencing the oil and gas distribution of the basins, thus the unconformity and the strata above and below it should be taken as a special geological body. The multicycle opening-closing movement of the crust is the key to understand the basin reformation and its hydrocarbon evolution. One should investigate the oil and gas pools by means of the positive and opposite thinkings of the prototype and present basins.

Key words: reform in basin; prototype basin; unconformity; opening-closing movement; opposite thinking