

油气成藏动态预测

赵重远¹, 张小会¹, 任战利¹, 靳久强²

(1. 西北大学地质学系, 陕西西安 710069; 2. 中国石油天然气集团公司石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 油气成藏动态预测法, 将油气成藏过程涉及的地质因素和作用分别称为可见系统和不可见系统。前者为烃源岩、输导层、区域盖层和圈闭组成的成藏要素格架; 后者为在前者之中运行的烃源岩生烃作用、初次及二次运移作用和油气向圈闭充注的成藏作用。油气成藏动态预测法以成烃期烃源岩或近烃源岩输导层的构造图为基础, 结合相应图件按油气生成、运移和聚集成藏的过程, 分析和预测可能形成油气聚集的构造或非构造圈闭分布的地区。同时, 根据成藏期后沉积盆地沉降和构造作用是否引起原生油气藏的变化, 绘出油气成藏预测图或油气成藏过程分析图。如果后期变化显著, 则须绘制烃源岩或近烃源岩输导层的今构造图, 同分析图比较, 以分析原生油气藏保存的现状和预测次生油气藏形成的位置。

关键词: 油气成藏; 动态预测; 要素格架; 可见系统; 不可见系统

第一作者简介: 赵重远, 男, 76 岁, 教授, 石油地质学、含油气盆地地质学

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

背斜说或圈闭油气聚集原理已控制油气勘探思想 100 多年。它虽取得过辉煌成就, 并且现在还有效地应用着, 但不可否认, 随着勘探工作深入, 日益暴露出了它的严重不足。首先, 圈闭虽是油气聚集的唯一场所, 但却不是所有圈闭都能捕集油气; 其次, 以寻找背斜或其他构造圈闭为目标研制和开发的仪器设备和技術, 主要是针对寻找以背斜为主的构造圈闭的, 而那些不易显出构造形态又大量存在的非构造圈闭则很难发现; 再次, 在背斜说的影响下, 虽然通过勘探取得了大量地质资料, 但在后续勘探中的应用, 却被局限在背斜或圈闭本身以及和其他成藏要素间静态关系的分析上, 而未能有效运用与其相伴而行建立和发展起来的石油地质学原理; 最后, 长期形成的思想和观念已根深蒂固, 即使有些新思想和新观念露出端倪, 由于相悖于人们当前的认识和传统信念, 或者新思想和新观念还欠完善而难以运作, 还不易被人接受。

新的勘探思想和观念至少在上世纪 70~80 年代已经出现。首先是随着板块构造研究, 兴起的关于沉积盆地构造类型划分及其油气资源评估和类比的研究^[1-5], 而后是试图通过油气成藏条件和原理研究, 建立含油气圈闭评估和预测机制的努

力^[6-8]。其中, 在理论上更向实用方向趋近的机制, 即为 Perrodon^[9] 和 Perrodon 及 Masse^[10] 提出的石油系统 (petroleum system) 概念和以沉积盆地的主要类型为基础建立的三大石油系统模型, 以及 Demailhon 和 Huizinga^[11] 以沉积盆地的演化历史及其构造和地层格架为基础, 在石油系统之下建立的生成和运移-圈闭两大子系统。但更易于操作者则为在 Dow^[12] 的“Oil System”基础上, 由 Magoon^[13-14] 以及 Magoon 和 Dow^[15] 建立的石油系统。该系统的特征和范围被严格限定在其关键时刻之时, 表征的是一特定地质时期的瞬时静态现象, 利于用作特定条件下的资源评估^[13-14]; 而用作研究流体矿产的成藏和保存的动态过程及对其聚集成藏地区和圈闭的预测则有一定局限, 特别是在中国的多沉积-构造旋回盆地。同时, 在研究思想上又将沉积盆地、石油系统、成藏组合和勘探对象置于 4 个分立的研究等级, 割裂了石油系统与成藏组合和勘探对象之间, 特别是与沉积盆地之间密不可分的天然联系。

本文试图在以上研究基础上, 能够按照一个更接近历史实际和合理的油气成藏原理, 提出一个简易可行的油气藏预测方法, 即油气成藏动态预测法。

1 原理

油气成藏动态预测以沉积盆地为对象, 视沉积

盆地是油气生成的母体, 并是一个天然具备孕育油气能力和使之聚集为矿藏的独立完整体系^[16], 并认为油气藏的形成是各种地质因素和作用综合作用的结果, 只有从整体上对其成藏过程进行动态的综合研究, 方能揭示油气分布的内在地质规律^[17]。

油气成藏过程涉及地质因素和作用众多, 它们在向油气成藏方向演化的时空进程中, 如何互补和制约, 以达最佳匹配效果, 包含了十分纷繁和复杂的内容。概括起来可划分为两个相依的子系统: 一个为其构成形态或多或少可见的成藏要素格架系统; 另一个为其构成形态不可见, 而依靠物理化学实验和思维联想可推断的成烃-成藏作用和过程系统。后者在前者之中运行, 二者可分别简称为可见系统和不可见系统。

2 可见系统——成藏要素格架

2.1 成藏要素格架及其表示方法

成藏要素包括烃源岩、输导层、区域盖层和圈闭, 其在某一特定时期的结构构造称为成藏要素格架。所谓特定时期, 系指烃源岩生油高峰期和/或生气高峰期, 以及成藏期后可能发生的改造期。因此, 就某一特定时期而言, 成藏要素格架为一相对静止结构。但从不同时期其发生的变化而言则为

一种动态结构。

成藏要素格架建立的基础为成烃期烃源岩或近烃源岩输导层的构造图。该图用成烃期烃源岩或近烃源岩输导层的埋藏图, 即等厚图表示。该图之所以为建立成藏要素格架的基础, 是因为它反映的输导层构造形态和高程, 直接影响地下流体的运动。

成藏要素格架为三维结构。最好的图示方法为以成烃期烃源岩或近烃源岩输导层埋藏图为基础而绘制的三维透视图, 但这种图因各要素彼此叠置形成遮挡, 所以并不能一览无遗, 只有层层剥离才能看清。其次为以该埋藏图为基础, 连接穿过盆地不同方向的构造横剖面图绘制的栅状图。这种图在分析油气成藏过程方面比较直观, 但不便于结合各要素其他方面性质以及其他相关因素进行综合分析。因此, 比较实用的图示方法则为以该埋藏图为底图, 依次由烃源岩、输导层、区域盖层和圈闭分布图叠加而成的平面(俯视)图。在这种图上可以根据成藏过程分析需要, 分别叠加诸如烃源岩生烃和排烃强度图、输导层渗透率或孔隙度等值线图、流体势图和断裂或裂隙系统图, 等。为了强调某一方向成藏要素的垂向结构, 可附加剖面图予以表示, 如图1。

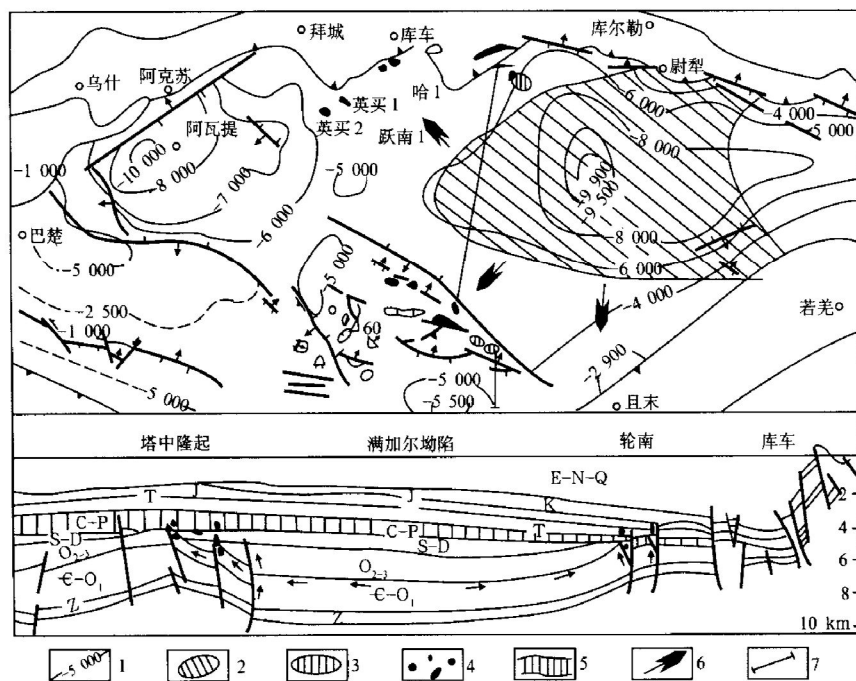


图1 塔里木盆地满加尔坳陷下古生界烃源岩喜马拉雅成藏期油气运移趋势图^[18]

Fig. 1 Trend map of oil and gas migration in the pool-forming period of Himalayan in the Low Paleozoic source rocks of Manjiaer sag in Tarim basin

1—O₁埋深等值线; 2—E—O₁烃源岩生气区; 3—喜马拉雅期气藏; 4—喜马拉雅和华力西期气藏; 5—盖层; 6—运移方向; 7—剖面线位置

该图虽不专门是一幅成藏要素平面图,但表示了成藏要素的基本内容^[18]。其中,以寒武-早奥陶世烃源岩埋深图为底图,反映了该烃源岩的分布范围和生气区域。剖面图显示的输导层就是烃源岩本身;区域盖层为石炭-二叠系,之外还有上奥陶统和志留系泥岩。

如果烃源岩的早期生油和晚期生气都有较大潜力时,由于早、晚期埋深不同,应分别绘制各时期该烃源岩的埋深图。或者,当近烃源岩输导层侧向尖灭,油气有可能通过其他途径运移到上方距烃源岩较远的输导层时,则应绘制该输导层的埋深图,以避免上下层面构造不同影响对油气运移和成藏的分析。

2.2 有效烃源岩位置和范围

有效烃源岩,指具有生烃能力的不同成熟度的烃源岩。在烃源岩分布图中应划出不同成熟度烃源岩的位置。在只有一次沉降期的单构造旋回,或一次主沉降期的双构造旋回盆地,可能只有一层烃源岩或一个烃源岩系;而在多构造旋回盆地则往往有多层烃源岩或多个烃源岩系。由于它们埋藏深浅不一,将有一个以上的成烃期和各成烃期不同成熟度烃源岩的分布范围。同时也将有一个以上多层次的成藏要素结构构造。因此,须绘制多层次的成藏要素格架图,以便分析早期油气藏的破坏程度、次生油气藏或混源油气藏形成的可能,以及它们的位置。

2.3 运移通道和通道网络

运移通道是油气从源岩向圈闭运移所经由的道路。在盆地中部,由于地层平坦,油气在烃源岩之上的输导层中,只能向其上方运移、积聚和向四周扩散。那时可能没有明显的运移通道,油气只在输导层的孔隙网络中选择易于通行的孔隙通道。向盆地边缘,随着输导层的翘起和形态变化,油气除随地层倾角的增大加强了向上翘方向运移的能力外,则依据地层表面形态的起伏,向着背斜或鼻状褶曲的脊部汇集,由此形成明显的运移通道。而褶曲脊倾伏角愈大者还有可能构成运移的主通道。向盆地边缘翘起的向斜褶曲轴似也可以吸引油气向那里汇集,但实际上因两翼倾角大于轴倾角,即使有汇集到那里的油气,也将要循两翼上翘方向向两侧相邻的背斜中运移。

除此之外,开启性断层和裂隙也是一种重要运移通道。如果它们与烃源旺盛的输导层沟通,也易

成为油气运移的主通道。断层或裂隙通道和输导层通道相比,其突出优势是不受岩石孔隙结构的约束,相对比较畅通。因此,与由断层或裂隙组成的有效通道相通的圈闭,或圈闭本身就是与断层相关的褶皱,最利于油气聚集。

输导层侧向变化引起岩性或胶结程度不均一时,会导致油气运移道路和方向的紊乱和复杂化。当输导层上方的区域盖层不能完全覆盖它时,或输导层被断层切割时,油气将在其尖灭或切断的地方向上运移,进入另一输导层。如类似情况多次发生,油气将依次进入多个输导层。在断层发育的盆地,输导层的运移通道和断层通道连接,将构成复杂的通道网络。断层通道网络常以不同力学性质断层的组合样式为纲和断层相关圈闭一起形成有规律可寻的油气成藏组合。

2.4 有效圈闭

圈闭是由沉积、构造、成岩和水动力等各种作用在一定地质条件下单独或彼此结合形成的一种上方对油气相对封闭,下方开放的地质空间。这种规模大小不一的空间在沉积盆地中有极广泛分布。但圈闭不仅其本身须具备较完善的圈闭性能和规模,而且只有当其与油气运移通道或通道网络连通时,才具形成油气聚集的有效性。

最经济有效的成藏圈闭为直接延入圈闭的输导层的另一端直接与下伏或上覆烃源岩相接者。在这种情形下,输导层和区域盖层直接延入圈闭成为储层和直接盖层,并和圈闭一起构成结构优良,又处于最佳捕集油气地位的圈闭体。

当油气有机会向上运移进入另一输导层时,那里亦将有另外一种情况下形成的圈闭。在地层侧向变化较大的盆地,这种层层向上运移现象会多次出现,并形成楼房式的多层次圈闭。在断层构造发育的盆地,沿断层可能形成各种断层相关圈闭。

成烃期前,盆地内的隆起区和边缘斜坡区是形成地层超覆、退覆和岩性,以及成岩圈闭的集中场所。成烃期它们是否处于捕集油气的有利地位,将决定它们是否能成为油气聚集区。因此,在成藏要素格架分析中,应特别注意这种隆起和边缘斜坡构造是否具有继承性发展历史。如果这种隆起或斜坡现在处于捕集油气的有利地位,即使现在没有发现构造圈闭,也应高度注意那里可能隐藏的非构造圈闭,当然,有时隆起本身就是一个大圈闭。

圈闭有效性评价的核心,除圈闭体本身结构和

组成条件的优劣和规模大小外,主要是与油气运移通道,特别是与主通道连通的程度。与主通道连通的大圈闭,将有可能形成大型油气田或油气聚集区。

3 不可见系统——成烃-成藏作用和过程

本系统包括烃源岩的成烃作用、油气的初次和二次运移作用和向圈闭充注的成藏作用,以及遭受成藏期后破坏可能导致的三次运移和次生成藏作用。本系统各种作用的内在机理和运行过程虽不可见,就油气成藏预测而言,这些也并非都一一重要,但重要的是哪些机理和过程及其表现可能被用作判断和分析成烃-成藏过程的依据。

3.1 生烃量与初次运移时间

当前的研究比较认同,油气在其生成时已经开始运移,并且在不涉及其他因素情况下,初次运移是石油生成的函数,即生成的愈多排出的愈多。同时认定,石油生成的初期或高峰期($R_o = 0.6\% \sim 0.7\%$)和热解气生成的高峰期($R_o = 1\% \sim 1.35\%$)分别是油和气初次运移的高峰期^[8]。因此,除依此为据确定油气开始运移和成藏的时间外,其峰值出现的深度即可被用于确定烃源岩至成烃期已埋藏的深度和时间。

3.2 二次运移遵循的法则

油气二次运移是在饱和着地层水的疏导层中进行的。由于油气水密度的差异,它们将遵从阿基米德的浮力原理和地下水动力作用效果发生运移。

油气在运移途中要受岩石渗透性和颗粒孔径大小的限制。孔径愈小毛细管阻力愈大,游离成珠状的油气便不易或不能通过。因此,须用经过埋深校正的成烃期疏导层孔隙度和渗透率图,寻找利于油气运移的高孔隙度、高渗透率异常带。

水动力所起作用的大小将取决于油气运移途中所处状态是游离的还是溶解的。如是前者,它和浮力之间的相对大小和方向将决定油气运移的方向。水动力作用和浮力同向将促进油气运移,反之则遏制油气运移。水动力封闭油藏的形成就是顺疏导层倾向流动的强水动力作用,在一定构造条件下遏制油气向上翘方向运移的结果。因此,油气在疏导层中的运移,将遵从它们与水之间以及它们各自之间,在一定构造条件下的流体势场中角逐的结果。具有高势能者将向其相对低的势区运动。如

是后者,水动力作用将居次要地位。但在盆地的浅表地区或露头区,水动力作用无疑是重要的。

3.3 油气向圈闭充注成藏

油气藏是油气在运移途中进入所遇圈闭而被滞留的一种现象。由于油气水的密度差异,油气进入预先有水充填的储集层时,水将被油气所置换。如油先进入圈闭置换了水,而后来的气亦会将油置换而成为气藏或带气顶的油藏或油气藏。如气先进入圈闭,后来的油则会在气未充满的圈闭中继续聚集。如气已充满,油则会越过它而向更高位置的圈闭运移。总之,无论在一单独圈闭或在一梯级相连的圈闭带中,油气在圈闭中的聚集过程将服从Gussow^[19]提出的油气差异聚集原理。这一原理将帮助我们根据盆地油气成藏的具体条件分析我们所预测的是油藏还是气藏,或者是油气藏^[16]。

油气藏的形成,从地质尺度看,始终处于一种动态过程。油气藏形成后并不处于静止状态。它的保存要依赖于其中油气逸散和补偿的动态平衡。同时,在盆地后期改造中它还可能被破坏,以致造成油气的再运移和再聚集,或者向大气中逸散。

当在一盆地中发现了大型背斜油气藏时,除想到在什么地方还能有同样或更大规模的聚集外,更应注意如果油源充足,在此大型聚集形成的同时,油气在运移途中还可能在什么地方遇到更多的非构造圈闭而形成同样规模的大油气区或中小型油气藏。因此,应以该油气藏为基点沿运移通道检查其连接地区,搜寻这种圈闭可能存在的构造位置。

4 模型例证

4.1 原生油气成藏

4.1.1 盆地状态

某第三纪沉积盆地,渐新世有湖相泥质烃源岩发育,上新世末进入生油高峰期,形成原生油气藏;第四纪以来缓慢沉降,构造变形微弱。

4.1.2 成藏期图件编制

(1) 成藏要素空间格架图: 渐新世烃源岩或近烃源岩疏导层至上新统顶面的地层等厚图; 烃源岩成熟度分区图和生烃、排烃强度图; 疏导层和区域盖层分布范围图; 构造圈闭和可能的非构造圈闭分布图。

(2) 相关图件: 疏导层孔隙度和渗透率等值线图, 或高孔隙度、高渗透率异常带图; 断层、裂隙格局和分布图; 油气水流体势图; 其他相关图件, 如地

层层序格架图、构造横剖面图,等。

4.1.3 成藏过程与油气成藏预测图

成藏过程分析的核心是研究油气从烃源岩进入输导层和从输导层再进入圈闭的主要途径和道路。因此,其主要工作是以古构造图展现的构造起伏格局为基础,结合成藏要素格架和其他相关图件,分析油气运移的主次方向和通道。叠加烃源岩成熟度、生烃和排烃强度图,判断油气进入输导层的主要地区;叠加输导层孔隙度、渗透率图,分析可供油气运移的高孔、渗异常带;叠加区域盖层和断层裂隙分布图,分析油气穿层运移的走向和与圈闭的连接;叠加流体势图,分析油气的流向和水动力作用对油气成藏的促进和抑制,等。经过综合分析后,确定出可能形成的油气藏位置,编出显示油气源区、经由运移道路和抵达圈闭过程的油气成藏过程分析图。

在本例中,因该盆地上新世油气藏形成后至今仅处于缓慢沉降状态,上新世末的构造形态未发生重大变化,所以成藏过程分析图即可代表成藏预测图(图2)。

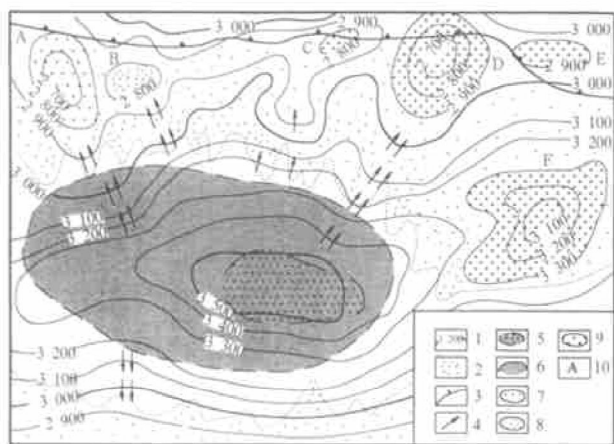


图2 油气成藏过程分析图

Fig. 2 analytic map showing pool-forming process of oil and gas
1—成烃期烃源岩埋深等值线; 2—输导层; 3—区域盖层尖灭线;
4—运移方向; 5—烃源岩生气范围; 6—生油范围; 7—可信度高的
预测目标; 8—可信度低的预测目标; 9—空圈闭; 10—圈闭编号

图2表示由烃源岩、输导层、区域盖层和圈闭等构成的成藏要素格架。从图中可见,成烃期烃源岩埋深图显示的古构造形态为一不对称盆地。南侧为一简单单斜,其西部有一未构成圈闭的平缓鼻隆。北侧构造比较复杂,从西向东有4个向盆地中心有效烃源岩分布区倾伏的鼻隆。其中A、D鼻隆直接没入油气源区,鼻隆上方有圈闭形成,因而有

连接最好的运移通道,形成油气聚集的可能性最大。但圈闭D北侧盖层尖灭,仅在构造顶部可能有聚集保存。圈闭B和C的鼻隆倾伏端均未直达源区,圈闭C亦无盖层,所以只有圈闭B可能形成聚集。圈闭E和盆地中部东端的圈闭F均不在运移通道上,而且圈闭E也无盖层,所以不可能形成聚集。值得进一步分析的是位于生烃中心向斜东翘起端的圈闭F。它虽然圈闭完整、范围大、离源区近,但它向油气源区面对的是一个翘起的向斜端。除前述向斜端的轴倾角小于两翼地层倾角不易成为运移通道外,它还面对向斜端等值线3 300 m与圈闭F等值线3 300 m间的一个构造平台。这样,油气将更难越过它而进入圈闭F。

4.2 次生油气成藏模型

4.2.1 盆地状态

某盆地早奥陶世有碳酸盐岩烃源岩沉积;加里东-中华力西期盆地整体抬升,遭受剥蚀,特别是溶蚀;晚石炭世-早二叠世有含煤岩系烃源岩沉积;之后到中生代发育陆相地层;侏罗纪末有一次构造-热事件,两套烃源岩同时进入热解气生成高峰期;早白垩世盆地继续发生差异沉降,接着全面抬升。其特征是两套烃源岩间虽有长期沉积间断,但仍保持平行接触关系,上下两套烃源岩构造基本一致;成烃期后差异沉降和抬升,使原生气藏破坏,形成次生气藏。

4.2.2 天然气成藏过程

所需基础图件和上一模型相同。首先编出两套烃源岩间较稳定的下二叠统底至侏罗系顶等厚图,即埋深图(图3),代表二者的古构造形态。从图中可见,盆地中南部为一近EW向凹陷。烃源岩生气中心主要位于凹陷中北部,生气强度较弱的有效烃源岩分布则很广。北部和南部斜坡分别有4个(A-D)和一个(E)均未构成圈闭的鼻状隆起,西部则有几个幅度不大的NS向背斜构造。

该盆地寒武纪-早奥陶世的沉积环境为一向其南侧海槽倾伏的陆架;晚石炭世-早二叠世先为其南侧已被加里东褶皱带封闭的滨浅海,后逐渐转变为海陆交错以至完全的大陆盆地环境。由于该盆地沉降幅度最大的地区长期位于盆地南部,广大北部地区处于斜坡地位,所以出现地层向北超覆、减薄、尖灭和岩性变化的现象,以及河流三角洲的形成均十分普遍,易于和起伏幅度虽不大,而覆盖面积却较广的鼻状隆起结合形成圈闭。同时,上下古

生界两套烃源岩之间长期发育, 分布又十分普遍的风化壳和岩溶地貌, 兼具了输导层或运移通道、储集层和圈闭(古地貌)等多种功能, 可随时、随地和就近为天然气聚集或向它处运移提供便利条件。

从图3可见, 鼻隆A位于凹陷中生气强度中心, 处于最易于捕集天然气的有利地位。其次, 鼻隆B和C, 除本身部分位于生气范围之内外, 还直接向生气中心倾伏, 特别是鼻隆B, 地位最为有利。鼻隆D和E分别处于北部和南部边缘翘起地区, 虽然有天然气向那个方向运移, 但形成圈闭的条件可能较差。西部的几个背斜亦位于天然气运移通道上, 但构造条件比较复杂。因此, 通过以上分析编出了如图3的天然气成藏过程分析图。其中, 鼻隆A、B、C为可信度高的预测目标; 鼻隆D、E和西部几个背斜为可信度低的预测目标。

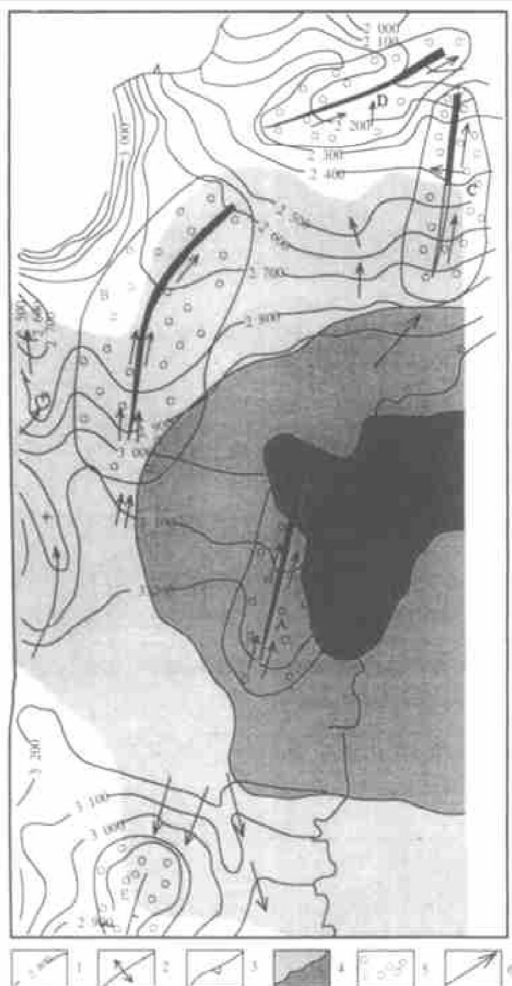


图3 天然气成藏过程分析图

Fig. 3 Sketch analytic map of natural gas

pool formation process

- 1—成烃期烃源岩埋深等值线; 2—鼻隆构造轴线;
3—白垩系尖灭线; 4—生气强度(由深至浅分强中弱3级);
5—预测目标; 6—运移方向

4.2.3 天然气成藏预测

原生气藏于侏罗纪末形成后, 早白垩世起, 盆地东部全面翘升; 同时西部发生大幅度沉降, 从而改变了生气期烃源岩的古构造面貌。从图4表示的烃源岩今构造图上可见, 烃源岩的构造面貌基本变成了一个向西南倾斜的简单平缓单斜。其上虽也发育了一些向西或西南倾伏的鼻状隆起, 但与图3相比, 鼻状隆起不仅位置发生了变化, 而且二者的轴向几乎成了直交关系。但原先预测的两个可信度高的目标, 即图4中的A和B, 均位于新形成

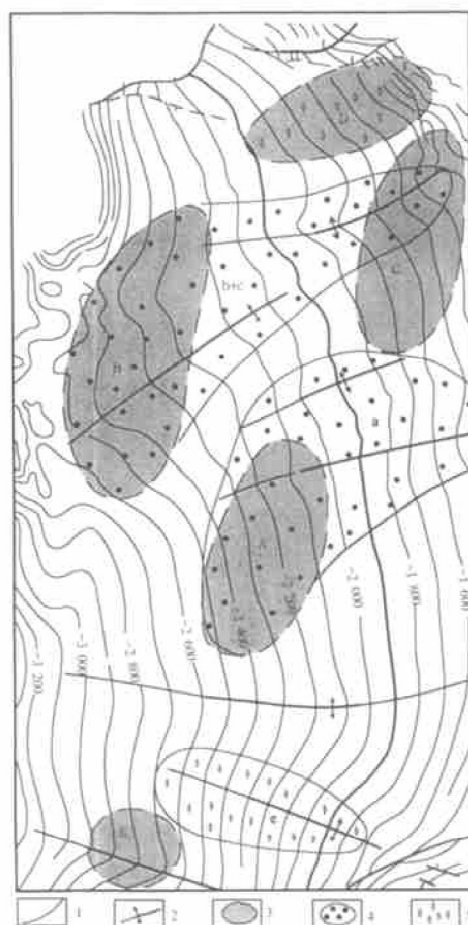


图4 天然气成藏预测图

Fig. 4 Predictive map of gas pool formation

- 1—烃源岩今构造等值线; 2—鼻隆轴线; 3—原预测目标;
4—可信度高的预测目标; 5—可信度低的预测目标

的鼻状构造的下倾方向。所以, 随着盆地东翼的翘升, 鼻隆A和B的东翼亦逐渐失去封闭能力。这样, 天然气便沿着新鼻隆脊向东侧的上翘方向运移和再聚集。然而由于地层倾角十分平缓, 有的输导层物性比较致密而又多不均匀, 所以此种运移和再聚集可能主要表现为原聚集之天然气的势扩散, 即

气势降低而聚集范围扩大。但如后继生气能力强,亦将是另一情况。

因此,预测的结果主要是在原目标基础上扩大了范围,如目标 A 的范围扩大了二倍以上,变成了 Aa; 目标 B 和 C 连为一体,成了一覆盖面积很大的 B+ b+ c+ C 含气区。应该说明,这种含气区不一定是连片的整体,而是受储层成岩作用、溶蚀状况、成层条件、砂体分布和岩性变化等因素影响而相对分割的。

另外,北部边缘的目标 D 位置和构造形态基本未变;南部的目标 E 目前的构造为一向斜。它的东北方和一个新形成的鼻隆 e 相邻,因此目标 E 被破坏后,部分天然气可能沿鼻隆 e 南翼进入该鼻隆。盆地西侧的几个背斜此时已完全消失,原先有可能聚集的天然气,此时可能大部分逸散,部分也许向东运移,进入了目标 B+ b+ c+ C 含气区。图 4 是根据以上分析编制的天然气成藏预测图。

这项预测虽然粗糙,但却是一个实例。该预测完成于 1996 年。那时目标 A 已有大型气田发现,而最近在目标 B 区已有规模可能更大的气田发现。不过,该发现和早先的预测没有直接联系。这里只是说明本预测法可能有一定的可行性。至于二者的一致是偶然还是必然,但愿是后者。

最后,对直接参与上述早先预测工作的蒲仁海博士表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Klemme H D. Giant oil fields related to their geologic setting: a possible guide to exploration[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1975, 23: 30~ 66
- 2 Klemme H D. Types of petroliferous basins [A]. In: Mason J F, ed. Petroleum geology in China[C]: AAPG Treatise of Petroleum Geology Reprint Series, 1980, 1: 87~ 101
- 3 Bally A W, Snelson S. Realms of subsidence[A]. In: Mial A D, ed. Facts and principles of world petroleum occurrence[C]. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 1980, 6: 9~ 94
- 4 Kingston D R, Dishroon C P, Williams P A. Global basin classification system[J]. AAPG Bull, 1983, 67: 2 175~ 2 193
- 5 Helwig J A. Origin and classification of sedimentary basins[J]. Proceedings of the Seventeenth Annual Offshore Technology Conference, 1985, 1: 21~ 32
- 6 蒂索 B P, 威尔特 D H. 石油形成和分布——油气勘探新途径[M]. 郝石生, 译. 北京: 石油工业出版社, 1982
- 7 佩罗东 A. 石油地质动力学[M]. 冯增模, 邬立言, 王殿开, 译. 北京: 石油工业出版社, 1993
- 8 真柄钦次. 石油圈闭的地质模型. 童晓光, 贾承造, 译. 北京: 中国地质大学出版社, 1991
- 9 Perrodon A. Petroleum system: methods and application[J]. Journ of Petrol Geol, 1992, 15(3): 319~ 326
- 10 Perrodon A, Masse P. Subsidence, sedimentation, and petroleum systems[J]. Journ Petrol Geol, 1984, 7(1): 319~ 325
- 11 Demaison G, Huizinga B J. Genetic classification of petroleum system [J]. AAPG Bull, 1991, 75(10): 1 636~ 1 640
- 12 Dow W G. Application of oil correlation and source rock data to exploration in Williston Basin[J]. AAPG Bull, 1974, 58(7): 1 253~ 1 262
- 13 Magoon L B. The petroleum system— a classification scheme for research, exploration, and resource assessment [A]. In Magoon L B. Petroleum systems of the United State[C]. USGS Bulletin, 1988, 1870: 2~ 15
- 14 Magoon L B. The petroleum system— status of research and methods [J]. USGS Bulletin, 1990, 1912: 0~ 88
- 15 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system— from source to trap [J]. AAPG Memior, 1994, 60: 3~ 24
- 16 赵重远, 靳久强. 含油气盆地系统——原理和应用[A]. 见: 孙肇才, 王庭斌, 杨起, 等. 化石燃料地质——石油、天然气和煤(第 30 届国际地质大会论文集, 第 18 卷)[C]. 北京: 地质出版社, 1998. 163~ 176
- 17 赵重远. 论含油气盆地的整体动态综合分析[A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远. 含油气盆地地质学研究进展[C]. 西安: 西北大学出版社, 1993. 3~ 8
- 18 李小弟. 塔里木盆地满加尔下古生界油气系统的形成与演化 [A]. 见: 胡见义, 赵文智. 中国含油气系统的应用与进展[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 112~ 119
- 19 Gussow W G. Differential entrapment of oil and gas: a fundamental principle[J]. AAPG Bull, 1954, 38(5): 816~ 853

DYNAMIC PREDICTION OF OIL AND GAS POOL FORMATION

Zhao Zhongyuan¹ Zhang Xiaohui¹ Ren Zhanli¹ Jin Jiuqiang²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing)

Abstract: In accordance with the method of dynamic prediction of oil and gas pool formation, the geological factors related to the process of pool formation and effects can be respectively referred to as two systems of visible system and (下转 342 页)

- 9 黄第藩, 传武, 杨俊杰, 等. 鄂尔多斯盆地中部气田气源判识和天然气成因类型[J]. 天然气工业, 1996, 16(6): 1~ 5
- 10 徐永昌, 沈平, 刘文汇, 等. 天然气中稀有气体地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998
- 11 蒋助生, 胡国艺, 李志生, 等. 鄂尔多斯盆地古生界气源对比新探索[J]. 沉积学报, 1999, 17(增刊): 820~ 823
- 12 Bottinga Y. Calculated fractionation factors for carbon and hydrogen isotope exchange in the system, calcite-carbon dioxide-graphite-methane-hydrogen-water vapor[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1969, 33: 49~ 64

A NEW METHOD IN ASSAYING GAS ISOTOPES IN FLUID INCLUSION AND THE WAY OF APPLICATION

Chen Mengjin^{1,2} Hu Guoyi²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi ,

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development , Langfang Branch, Petro- China, Hebei)

Abstract: The methods of pyrolysis and vacuum ball grinding are used to obtain carbon dioxide, methane and other gasses. Then, the carbon isotope values of these gases can be assayed by a higher sensitive apparatus(Delta S). CO₂ resulting from the pyrolysis can affect the assaying of isotope value whereas the method of vacuum application can't change nature of gasses, therefore, gases extracted by the vacuum ball grinding can reflect the nature of true ancient current and it's more reliable for assaying isotopic value. This method has been used to isotopic assay hydrocarbon gas in inclusions from the Ordovician reservoir calcite veins in central gas field of Ordos basin. The results show that the values of $\delta^{13}\text{C}_1$ distribute between -2.673‰ and -4.360‰ . The values of $\delta^{13}\text{C}_2$ are from -2.253‰ to -2.580‰ . The values of $\delta^{13}\text{C}_3$ are from -2.253‰ to -2.580‰ . The characteristics of gas from the fluid inclusion show that the gas generated from coal is very different from the gas in gas fields. It is speculated by the author that there would have been at least two stages for the formation of the low Paleozoic natural reservoirs in central gas field of Ordos basin, coal type gas was probably dominant at the earliest stage.

Key words: fluid inclusion; natural gas, carbon isotope; gas source; Ordos

(上接 320 页)

invisible system. The visible system Framework of system of pool-forming elements is composed of source rocks, carrier beds, regional seals and traps. Invisible system-hydrocarbon generation, pool formation and its processes, run in and along the framework of the former system, includes the hydrocarbon generation, primary and secondary migration and charge to trap forming the pools. The method of dynamic prediction of oil and gas pool formation is based on the structural map of source rock or the carrier bed near the source rock occurring during the stage of hydrocarbon generation. And then, upon which it is superposed respectively by the maps of pool-forming elements and other corresponding maps, using that separately to analyze and predict the possible structural or non-structural traps which may be charged by the oil and gas. And at the same time, a predictive map of oil and gas pool formation or a analytic map of the process of pool formation will be drawn up according to whether the changes of primary oil and gas pool formation caused by the successive subsidence and tectonic activity of sedimentary basins in post-pool-forming stage. If great changes really occurred in the primary pools, it is, thereby, necessary to draw up a map of the present structural map of source rock or carrier beds near the source rock to compare with the analytic map to analyze the present occurrences of the primary pools and predict the location of secondary oil and gas formation.

Key words: oil and gas pool formation; dynamic prediction; element fragment; visible system; invisible system