

一、油气成矿系统类型的划分

一般地说,构造盆地、油气成矿系统、成藏组合、勘探目标被视为油气地质研究的不同的层次。它们都需要研究油气的成因和位置,但每个层次的侧重点各不相同。(1)构造盆地侧重于地层层序和构造类型;(2)油气成矿系统重点研究源岩和油气藏之间的成因联系;(3)成藏组合则集中了解一系列圈闭的地质相似性;(4)勘探目标即指单个的圈闭。除了油气成矿系统之外,其它三个概念已广泛地运用于

石油地质研究。据 C. B. Magoon(1992)最新定义,油气成矿系统包括成熟的烃源岩及所有已生成的油气藏,并且包括一个油气田赋存所必不可少的一切地质要素及作用。

绝大多数学者都认为,构造盆地与油气成矿系统具有密切的联系。虽然一个含油气成矿系统可以跨跃两个盆地形成。构造盆地不仅控制油气各地质要素的形成,还控制油气形成的地质过程,从而对油气田的分布有一定的控制作用。由上可知,构造盆地对油气成矿系统有一定的控制作用。

克拉通盆地是位于前寒武纪地盾之上,具有为不整合分开多旋回沉积体系,呈平坦的碟形盆地。该类盆地基底稳定,未发生强烈褶皱,以整体升降运动为主。克拉通盆地的

沉降时间可延续几亿年,但其沉降沉积速率很低,平均沉降速率为 $0.66\text{cm}/1000\text{a}$ 。这类盆地的沉积物很少有超过 4,000 米深度的。其正常温度梯度为 $0.7\sim 1.0^\circ\text{C}/30\text{m}$,较其它类型的盆地为低。

大陆裂谷盆地是由地幔对流上涌产生地壳减薄,并形成一系列以正断层为界的长且窄的大陆凹槽。这类盆地的沉降和沉积速率较快,其平均沉积速率为 $16.9\text{cm}/1000\text{a}$,其沉积厚度一般不超过 5,000m。裂谷盆地一般为高热流带,可达 $4.4\mu\text{Cal}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ 。此外,该类盆地沉积物与火山岩流紧密伴生。

前陆盆地可以定义为介于山系前缘及相邻克拉通之间的沉积盆地。在压性应力体制下在造山带一侧发育一系列逆冲断层。该类盆地的沉降沉积速率最大,其平均沉积速率为 $20\text{cm}/1000\text{a}$ (其变化范围为 $10\text{cm}/1000\text{a}\sim 40\text{cm}/1000\text{a}$),其沉积物的厚度可以超过 10,000m。其地热梯度较高。

笔者据与油气成矿系统形成密切相关的构造盆地的类型将其划分以下主要类型:即大陆裂谷型油气成矿系统、克拉通油气成矿系统、前陆盆地型油气成矿系统。下面重点分析这三类油气成矿系统特征。

二、大陆裂谷型油气成矿系统特征

这种类型油气成矿系统受控于大陆裂谷盆地的构造演化,它主要形成于前寒武纪——寒武纪末和早三叠世至侏罗纪两个时期。

该系统在空间分布上呈现一定的规律性。平面上平行于构造带方向呈带状分布,剖面上具有一定的对称性。油气田的展布也平行于构造轴线方向。松辽盆地的油气带的分布遵循上述规律。油气藏一般位于烃厨的正上方,沿断层地表油气泄漏明显。

裂谷盆地内断块分隔产生多沉积中心,源岩形成于地垒之间深水凹陷中央。正如东海西湖凹陷的三潭深凹和白堤深凹,它是平湖组—花港组(!)油气成矿系统的生烃中心。

一般这类油气成矿系统的源岩有机质丰度指标较高,它的油气产率达140,000桶/英里²。储集层产于盆地所有的砂岩中,盖层常为进积型前三角洲页岩。

裂谷发育的早期阶段都有较高的热流值,沉降和沉积速率也较高,使早期沉积的源岩快速成熟。东海西湖凹陷平湖组—花港组(1)油气成矿系统平湖组源岩仅历时40Ma年埋深2,000m左右即已完全进入生油门限。正断层网的存在且经常重新活动,有利于烃的垂向运移,侧向运移距离短。垂向运移经常导致不同源岩的烃混合以及不同层位的油气藏分布。快速堆积导致地层压力增高,易于形成异常高压油气圈闭。诸如西湖凹陷平湖组普遍地具有异常高压油气藏特征。这类油气成矿系统通常具有断块、地垒或者披盖式背斜圈闭的特点。

笔者据大陆裂谷型油气成矿系统特征建立其简化地质模型(图1)。在裂谷早期的裂陷阶段,区域地热流高,沉积速率快,形成一套暗色泥岩或碳酸盐岩的源岩沉积。之后的中期阶段盆地以坳陷为主,易于发育储集条件良好的砂岩体。裂谷发育末期挤压作用所

产生的萎缩阶段,使得油气发生运移和聚集,油气藏形成和定位。位于盆地中部隆起区是该类油气成矿系统油气勘探的有利地区。

三、克拉通型油气成矿系统特征

就全球范围而言,这类油气成矿系统形成于志留纪—纪盆纪和侏罗纪—白垩纪两个主要的地质时期。

该类油气成矿系统空间上具有轴对称展布特征。油气田自轴心呈放射状分布,它们在垂向上分带明显,下部区带通常以天然气藏为主,上部区带以油藏为主。多套垂向封隔层,有利于在一个克拉通盆地内形成多个油气成矿系统。

克拉通盆地延续时间较长,一般为150~700Ma,大多数克拉通盆地发育一系列以不整合为界的层序。这些层序可为储集层—圈闭组合提供多种可能。这些层序受控于全球海平面变化的旋回。每一个层序内在超覆层可以形成良好的源岩层或盖层。所谓退覆层可以形成储集条件最佳的砂岩体。克拉通型油气成矿系统就是由这样一个或多个层序所构成。

同样,一个克拉通型油气成矿系统也需要经历较长的时间,这是由地热梯度值、沉降和沉积速率低等原因所致。诸如美国北堪萨盆地、衣阿华盆地和福里斯特盆地源岩达到生烃高峰经历了200百万年的时间。它们的油气成矿系统层序发育,不整合面,地层界面成为侧向运移的最佳通道,而运移距离较长。又如威林斯顿盆地中油气成矿系统的厚油侧向运移达160公里之远,远离成熟源岩区。该类系统发育多套广泛分布(阻止垂向运移)的封隔层,且沉降速率低,易于形成正常压力下地层圈闭型油气藏。它的持续时间较长。

笔者根据以上分析,建立克拉通型油气成矿系统的简明模型(图2)。该系统地层上具有多旋回的层序性,不整合面发育。垂向上油气分带性明显,以侧向运移为主,形成以地层—岩性圈闭的油气藏为特征。该系统产生

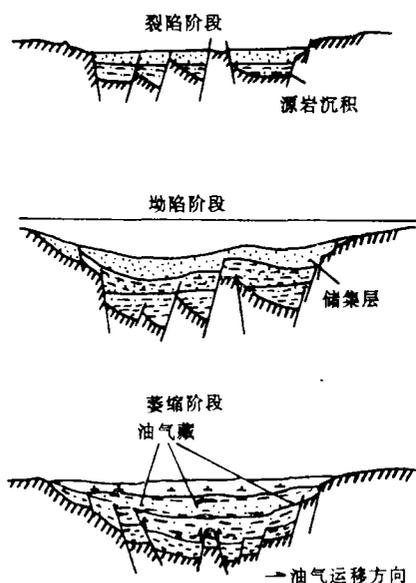


图1 大陆裂谷型油气成矿系统地质模型

的油气丰度不高,属于欠补偿型的油气充注。其平均石油丰度为18,000桶/英里²。就油气勘探战略而言,该类系统最有利的油气聚集区位于克拉通盆地的中部,它最适合于生烃且具有避免破坏的最佳保存条件。在盆地中央最大的单一构造上进行勘探,成功的可能性最大。

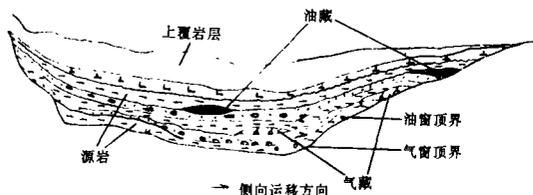


图2 克拉通型油气成矿系统地质模型

四、前陆盆地型油气成矿系统特征

这类油气成矿系统一般形成于石炭纪和第三纪二个地质时期。

该系统空间分布呈一定规律变化,平面上沿造山带向台地地方向呈“扇形”展布。剖面上沉积体明显不对称,靠近造山带一侧地层层厚度大,向台地方向逐渐变薄,沉积体呈“楔状”结构。油气田在平面上分带明显,靠近造山带一侧为气区带,远离造山带一侧为油区带。我国四川盆地中生代前陆盆地和美国阿拉斯北坡的 Colville 盆地都具有此规律。

此类油气成矿系统的源岩是较古老的克拉通或被动大陆边缘内存在的富含有机质的地层,源岩的成熟度向克拉通台地方向逐渐降低。例如 Colville 盆地靠逆冲带一侧的源岩已进入气窗阶段,而挤压线以北的地区则仍处于生油阶段。该类系统的储集层一般也是克拉通或被动大陆边缘的富含石英砂岩或碳酸盐岩滩和生物礁。前陆盆地的沉积物堆积厚度可超过10,000m,形成巨厚的促使源岩成熟的上覆岩层。据估计,此类油气成矿系统生油岩潜力大约为120,000桶/英里²。

这类油气成矿系统的沉降沉积速率相当高,其地热流值也较高,因此烃源岩也能在较短的时间内成熟。如 Colville 盆地内 Ellesmerian 油气成矿系统,在 Kingak 组源

岩沉积之后的较短时间里堆积近三千米的上覆岩层使之较快成熟。已生成的油气沿着逆冲带界面,不整合砂岩体向克拉通方向运移。既可以形成克拉通一侧的构造圈闭,也可以形成前陆盆地地层内碎屑岩组成的地层圈闭,以及与逆冲断层有关的圈闭。此类油气成矿系统的持续时间不太长,其油气形成的高峰期与造山期强烈活动紧密相关。

D. G. Howell 和 K. J. Bird(1992)提出了前陆盆地油气成矿系统的地质模型(图3)。据以上分析,可以制定前陆盆地油气勘探的方向,在远离造山带的地区找以油为主的烃类圈闭,而在邻近造山带的地区则可发现以天然气为主的烃类圈闭。

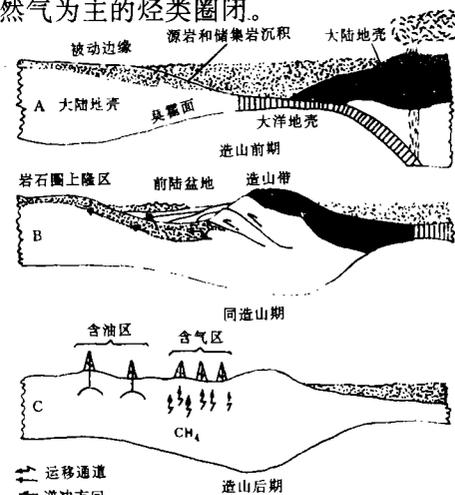


图3 前陆盆地型油气成矿系统地质模型

(D. G. Howell, K. J. Bird, 1992)

五、三种不同类型油气成矿系统的时空关系

就全球构造演化而言,裂谷型油气成矿系统、克拉通型油气成矿系统、前陆盆地型油气成矿系统在时空上都统一于前寒武纪末和显生宙两个 I 级全球构造旋回的演化(图4)。

裂谷型油气成矿系统分别形成于前寒武纪末—寒武纪和早三叠世—侏罗纪两个时期,它对应于两个全球构造旋回早期阶段的联合古陆的解体。克拉通型油气成矿系统形成时期为志留纪—泥盆纪和(下转第29页)

晤代表团库尔斯腾院长等一行 4 人来华, 进行中德地学合作年度会晤并签订了 94 年度会晤会谈纪要, 宋瑞祥部长会见了代表团一行。

▲九月二十三日, 宋瑞祥部长会见冰岛前总理赫尔曼松, 探讨双方合作开发地热事宜。

▲九月二十七日, 陈洲其副部长会见荷兰 Shell 公司勘探总裁 Sprague 一行。

▲九月三十日, 宋瑞祥部长会见澳大利亚戴比尔公司金刚石代表丹庆博士等。

▲十月七日, 陈洲其副部长会见美国联合石油公司总裁 Imle 一行 12 人, 双方探讨了在东海进行石油勘探开发的事宜。

▲十月十一日, 应地矿部邀请, 毛里塔尼亚工矿部部长瓦尔率团来华, 宋瑞祥部长和瓦尔部长就发展两国地矿合作举行了会谈。

▲十月十七日, 张宏仁副部长和陈洲其副部长会见美国雪佛龙海外石油公司总裁麦斯奇。

▲十月二十二日~十一月三日, 张文驹(前)副部长率团赴印尼参加第四届亚太采矿大会。

▲十月二十四日, CCOP 第 24 次指导委员会会议和第 31 届年会在马来西亚吉隆坡举行, 我国常任代表汪熊麟等出席了会议。

▲十一月七日, 张宏仁副部长会见加拿大 Teck 公司董事长 Wright 等一行。

▲十一月十四日, 张宏仁副部长会见澳大利亚 BHP 公司勘探部副总裁 Pummet 一行, 商谈 BHP 公司在华投资开发有色金属矿产事宜。

▲十一月十七日~十二月十一日, 陈洲其副部长率团访问丹麦、荷兰、英国、法国和尼日利亚五国。

▲十一月十八日, 张宏仁副部长会见美国 PhelpsDodge 公司总裁叶尔利, 探讨合作开发玉龙铜矿事宜。

▲十一月二十四日, 宋瑞祥部长和张宏仁副部长会见南非 DeBeers 金刚石公司 Doone 一行, Doone 先生提出与我湖南、辽宁、贵州、四川等省开展金刚石勘查合作的意向。

▲十一月三十日, 张文岳副部长会见英吉利海峡隧道法国施工专家 LEBLAIS 一行, 双方就今后的合作交换了意见。

▲十二月六日, 宋瑞祥部长参观日本石油资源株式会社举办的 GDabs-4 型地震仪展示会。

▲十二月十三日, 陈洲其副部长会见美国 Amoco 东方石油公司总裁 Urban 一行。

(国际合作司供稿)

(上接第 25 页) 侏罗纪—白垩纪, 它对应于全球构造旋回的中期阶段的海底扩张和收缩阶段。前陆盆地型油气成矿系统形成于石炭纪和第三纪两个时期, 它对应于二次全球构造旋回晚期大陆碰撞的阶段。

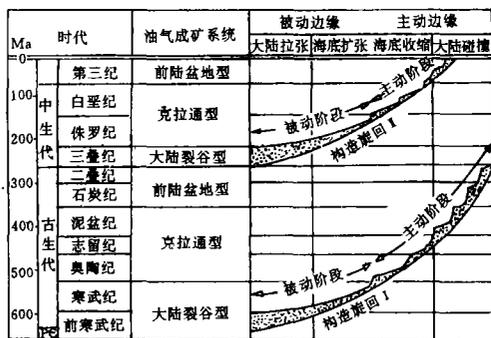


图 4 三个类型油气成矿系统的时间关系图

这三种类型油气成矿系统在油气形成的地质要素方面各有所长, 只有它们在时空间方面相互良好配置才可能形成大型油气田。裂谷型油气成矿系统一般可以提供丰富的油

气烃源岩。克拉通型油气成矿系统通常具有最佳的储集、盖层条件。前陆盆地型油气成矿系统具有使源岩成熟厚的上覆岩石。前陆盆地型油气成矿系统上覆于克拉通型油气成矿系统形成良好的取长补短的配置关系。例如马拉开波盆地、东委内瑞拉盆地和波斯湾地区。此外, 克拉通型油气成矿系统迭置于大陆裂谷型油气成矿系统之上也是一种有利的组合, 诸如苏伊士湾和北海侏罗系地块。

参考文献

- [1] Interior Cratonic Basins, AAPG MEMOIR 51, 1992.
- [2] Kenneth J. Bird, 1993, The Ellesmerian (?) Petroleum System, North Slope of Alaska, USA.
- [3] D. G. Howell, K. J. Bird, 1992, Compressional tectonics point to more gas reserves, 《World Oil》 June, 1992.

(地矿部石油地质研究所)