

油气运移与油气藏的形成

田在艺

前 言

研究油气从生成到运移以及油气藏的聚集与形成，是具有头等实践意义的。

大量的油气勘探资料，使我们认识到，所有的油气藏都不会象煤层或其他沉积矿床一样在它原来沉积的地方成层，而是在有利的油气生成和运移的地质条件下，经历了漫长的地质年代，不断运移，聚集到适当的圈闭中去保存起来的。同时，油气田的分布不仅在生油岩层的分布范围内，而且在生油岩层盆地内的广泛的地区都能找到油气田。我们还注意到，在山前褶皱区或山间盆地区，油气藏经受剧烈的破坏，有大量的天然油气露头，在这些地区，我们曾找到了一些油气田。同样的，在没有天然油气露头的地区，

在一些为现代沉积所覆盖的地区，也找到了许多油气田。

以上事实，使我们对于油气藏的形成树立了一个完整的动的概念。就是说，在一个盆地内，不仅要有生油母质的概念，还得有油气生成过程的概念。油气在地壳内的生成、转化、移动规模、运移方向、储集形成等等，都是决定油气在地下聚集过程的分布规律的，这一过程是油气聚集的基本规律。因此，油气运移与油气藏的形成是研究石油地质和找寻油气矿藏的基本问题。我们的石油地质科学必须给我们指出方向，使我们对找寻石油充满信心，并找出更多的油气田，为祖国的四化建设做出贡献。

密切配合，加强科技情报的交流，注意发挥综合勘探效果。

会议还指出：在寻找大型气田的同时，也要注意浅层气的开发利用。特别长江中下游、沪宁杭地区、珠江三角洲、河北临漳一带广泛分布有浅层生物气，要组织当地地质部门进行这方面的资源调查，并在技术上积极协助他们开发利用，这对解决一些地区农村的能源来说是有意义的。

会议还就加快天然气发展的有关技术经济政策问题进行了探讨，并就中央关于坚持开发与节约并重，近期把节约放在优先地位的能源方针，提出有些油田和炼厂尚有大量伴生气、裂解气放空，要采取措施尽快利用起来。煤炭部现有生产矿井中，有相当数量

的高瓦斯井，要把瓦斯和安全生产统一考虑，注意充分利用，并可进行加大矿井瓦斯抽放强度的试点工作。

与会同志一致认为国家计委、国家能委联合召开的这次座谈会，非常必要，也很及时。表示要认真贯彻会议精神，把加速天然气勘探开发及有关科研工作，尽速开展起来。目前，国家科委已决定把煤成气列入国家重点科研项目，由地质、石油、煤炭三部与中国科学院各有关所分别负责各有关研究专题。石油部也将召开专业会议，具体落实加速我国天然气，特别是煤成气勘探和科研的任务与措施。

(戴金星 戚厚发)

沉积盆地与生油条件

事实充分说明，石油和天然气的生成与聚集是在地壳拗陷盆地的沉积岩层中，这是一个总的特性。沉积岩所占据的整个盆地是地壳最活动的地带，以负向运动占绝对的优势，形成接受沉积物质的盆地，其堆积的沉积岩层是相当巨厚的。在这样下陷居优势的地质条件下，能使有机物质迅速堆积起来；也只有在这种下陷盆地的地质条件下，还原性的介质才会产生；而还原介质是使石油有机物质保存下来的主要条件之一。在沼泽、湖泊、泻湖、海湾、陆棚、海洋中，生物大量繁殖，在一定的深度中，水的含盐量、透明性和温度都是不一样的，有机物质堆积在这样的水域里，由于生活环境不利而死亡。在这种水盆地的环境里，暗色泥质岩层是主要的堆积物，因此，原始有机物质才能完善的保存下来。

盆地下陷的沉积作用是一个地壳运动的过程。在沉积物中，由于在沉积或成岩过程中压力和温度的关系，不断进行着物质转化及其运移有关的变化，这时一部分稳定物质，则完全固结，一部分活动性的液态和气体，则在沉积岩层中游移。运移的方向是从盆地中心最深的地区，受压最大的地带向盆地四周压力小的地带进行的。

这样，从沉积到聚集的地质变化和物理化学变化，都是在地壳下陷的盆地中进行的，所以我们认为，盆地是形成油气的基本地质构造单元。

从我国石油勘探的丰富资料来看，各含油气盆地与油气聚集带的地质情况不尽相同，决定油气藏形成的方式也就不同。

我国陆相沉积盆地是在中、新生代悠久的地质年代里，迭加在稳定地台或海西、印支、燕山等期的不同褶皱基底上发展起来

的。这些盆地在我国西部都是面积较大的断拗大向斜型盆地，或是面积较小的山间型盆地。这些内陆盆地都是位于地壳活动的地带，周围褶皱山岭不断剧烈上升，中间沉积盆地下陷幅度较大，其中堆积的沉积岩厚度也大。在我国东部的盆地，大部分是侏罗纪开始的先断、后拗、再收缩发育起来的；断是拗的开始，拗是断的发展，是地壳发生、发展到结束的一个有机的发展过程。其构造特征是地壳整体下沉，又受块断运动的影响，地壳向四周拉伸扩张，因而形成了巨厚的沉积盆地。由于受断裂控制，其盆地的构造格局具有多凹多凸、凹凸相间的箕状构造。

从中国陆成盆地发展历程来看，在不同的地质年代里，这些沉降盆地发展的地质条件是不完全相同的。有的发育早结束晚，如准噶尔盆地；有的发育晚结束早，如松辽盆地；有的大规模下沉，盆地整体下降，形成广阔的沉积范围，如鄂尔多斯、四川等盆地；有的早期仅具雏形，沉积范围局限，至晚期逐渐形成广阔的沉积盆地，如柴达木、渤海、塔里木、江汉等盆地。因而，在接受沉积物、生油地质条件以及液体、气体在地壳内运移等等的时期、规模、形式等方面都是因地而异的。

我们系统地研究了各含油气盆地的地层剖面，认为各盆地主要生油建造的发育都是与盆地的扩张发展阶段密切相关的。在任何一个地质历史时期，当古盆地处于发生阶段，其沉积范围小而窄狭，沉积多为洪积相、河流相的填充式粗粒碎屑堆积，其生油的地质条件是不优惠的。当古盆地处于发展的兴盛时期，盆地在扩大的地质条件下，盆地中心是相对稳定，持续下沉的，水动力条件优惠最佳，水域广阔，水体大而深，含滋生丰富的生物群，造成有利于油气生成的地球化学相，只有在这样沉降拗陷时期或地区，才能使丰富的有机物质迅速堆积和埋藏

起来。当盆地处于收缩回返时期，地壳上升，水体变得小而浅，沉积物以红色粗粒碎屑为主，在这种地质背景下，生油条件是不会理想的。

从生油层在各含油气盆地的平面分布情况看，沉积盆地在扩大的地质条件下，有利于生成石油的原始有机物质的沉积。在古盆地发展过程中，地壳下沉占优势，引起水域向陆地侵入，在这样长期发育情况下，有利于生油有机物质的生成。值得注意的是，在我国内陆湖相盆地，往往生油层的分布范围与沉积盆地的大小比例相差很远，例如二十余万平方公里的松辽盆地，白垩系青口山组的生油岩层有利地区只有六万余平方公里。同样大小的鄂尔多斯盆地，三迭系延长组生油岩层有利区只有五万余平方公里。又如准噶尔盆地第三系地层分布普遍，而生油岩系的下绿色岩组只分布在一万余平方公里的范围内。这一事实，我们在分析评价生油岩层时是应该注意的。

近年来，我国石油地质工作者对陆相生油母质做了大量深入的工作，分析了大量的地质资料。《石油地质实验基础》一书写道：“陆相生油岩的有机质与海相有机质相比，具有有机质数量高、转化效率偏低、正烷烃主峰碳数偏高而低碳与高碳比值偏低、OEP值偏高、镍卞啉优势及原油高含蜡量、镍含量大于钒含量等一系列地球化学特征”。另外，关于生油母质类型，该书根据蒂索等人将生油母质（干酪根）分为Ⅰ型（腐泥型），Ⅱ型（混合型）和Ⅲ型（腐植型），并认为松辽（下白垩系），华北（下第三系），准噶尔（上二迭系）以及鄂尔多斯（上二迭系）部分深水相沉积生油岩层为Ⅰ型，其余大部分为Ⅱ型和Ⅲ型，加之我国广大地区，成煤岩层分布广泛，因而在我国陆相沉积地要找寻有利于向石油转化的生油母质，更要找寻生成大量天然气的生母质。

综合我国各含油气盆地石油地质条件，可看出一个总的情况：（1）生油母质堆聚在下沉的拗陷盆地；（2）盆地在稳定持续下沉扩大具有封闭性盆地的沉积条件下，有机物质的堆积才是丰富的；（3）生油岩层都是在潮湿气候湖相沼泽相环境下所产生的暗色粘土岩层；（4）在整个地质历史中，主要经历沉降作用的地区，油气生成依次迭加的沉积盆地，那里油气蕴藏量最丰富；（5）生油母质的堆积与转化过程是与盆地的沉积作用、成岩作用以及构造变动的全部地质现象有相互因果关系。

油气运移与油气藏形成条件

许多关于含油气盆地的地质资料，说明油气在地下埋藏的条件是各式各样的，证明油气是在一定的供油范围内，经过运移而聚集形成，这种形成的过程不是只受某一因素控制，而是受许多因素控制的结果。这一事实使我们树立了油气从生成、演化、运移到聚集形成一个完整的概念。

我们早在松辽盆地勘探的中期，就总结了生、储、盖、圈、保五个字的找寻油气藏宝贵经验，这五个字的不同概念是以油气运移为扭带的一个有机体相结合的统一过程。就是说，在一个具有生油有机物质沉积拗陷盆地，有机物经过非常复杂的地质、物理及化学等条件的演化，使液体和气体碳氢化合物在有孔隙的地层内和各种连通的裂缝里游移，在适当的条件下，聚集到具有储集和封闭构造岩层里，最后形成油气藏。同时，在以后的地壳运动中，这些油气藏未遭受破坏，油气未流露到地面，而完整的保存成为油气田。

众所周知，在一个含油气盆地，有机物质是分散在粘土泥岩、粉砂质粘土泥岩或页岩层中，而砂岩层中含量极少。因而石油和天然气的碳氢化合物首先要从这些粘土泥

岩层中游移到储层中，这就是通常所说的初次运移。尽管初次运移这一过程是不可思议的难以证实的，但对于形成油气藏确是一个最有价值的油气聚集的基础过程。

随着沉积盆地的下降，岩层中的压力和温度将随着深度的增加而增加，油气演化过程就开始。在这种地质条件下，早形成的一些油气组份就会分解，由于油气组份和一些有机物质的裂化以及水的分解，产生氢气而和一些有机物质发生加氢反应，形成了碳氢化合物。

在沉积过程中，上伏沉积岩层逐渐堆积起来，随着沉积岩的增厚，下伏岩层会受到愈来愈大的压力。一般道理，有孔隙的砂岩层，由于支撑力强，静水压力总是小于粘土泥质岩层的压力，粘土岩层比砂岩层就有较大的压缩，因此，在这种压缩作用下，粘土泥岩层中的烃类物质就会被挤压出来，运移到有孔隙的砂质岩层中去。

在粘土泥岩层里一般比砂岩层含有丰富的液体，这些泥岩层中的液体在碳氢化合物的游移过程中，会起到很大的营力作用。

就各含油气盆地沉积岩层来看，其粘土质泥岩层的厚度和体积往往大于砂岩层若干倍。在剖面的分布上，由于地壳振荡运动造成沉积上的旋回性，常常形成砂岩与泥岩的互层，因而砂岩层与周围的泥岩层接触面积是非常广大的，若碳氢化合物在压力与温度的作用下，由泥岩层中挤出游移到砂岩层中，其接触面积愈大，生油层的排烃范围愈大，加之储油层厚度大，物性好，造成最佳的油气运移的地质条件，结果油气运移量就愈多。

还有一点值得我们注意，由于生油岩层与储油砂岩在沉积上的旋回性，造成油气聚集上的特征，形成了多层油气藏。

当粘土质泥岩中演化的油气挤入或游移到有孔隙的砂岩层后，就会相继产生油气的二次运移。油气在二次运移中，沿着岩层的

倾斜度向同层的上方运移。同时也沿着层面、地层不整合面、裂缝、裂隙、断层面等向上部岩层运移，在适当的圈闭内聚集起来。前者为油气的侧向运移，后者则侧向和垂向二者兼而有之。

在盆地接受沉积的过程中，由于盆地区域性的升降运动，造成盆地某些地区基底上升，一部分上部沉积物被冲刷或沉积物减少，而另一部分则下降，堆积了很厚的物质，这就形成了区域性的单斜构造。若单斜倾角很平缓，油气就很难在面积上作横向远距离的运移；若单斜层的倾角较大，上倾的隆起部分压力较小，又适逢储油层物性好，油气就会沿着岩层的倾斜方向向上作远距离的运移；若遇到有圈闭的场所，油气就聚集，形成油气藏。

在这些圈闭内，能否形成油气藏，还有一些其他地质因素影响：例如圈闭形态的大小，盖层的致密厚薄，水文地质条件，更重要的是储油层的渗透性、孔隙性、裂缝性以及厚度和延伸范围等等。

储油层所含油气的饱和程度，也是论证油气藏的好坏条件。一般推理，若生油岩层的有机物质含量丰富，加之深埋地下的物理化学条件，能充分发生加氢反应，就有含油饱和度高的可能。另外，在聚集的途中，若遇到储油层的颗粒大，渗透性好，在足够的液体压差下，就可能形成饱和度较好的油气藏。

从上面所述的一些地质因素来看，油气水在地下岩层的孔隙介质中，互相伴随的运移是遵照流体力学的规律、压力差的原则以及孔隙介质的渗透性来确定的。

试论油气藏类型

从我国各含油气盆地勘探的实际经验得悉，在盆地拗陷中心，沉积物质厚，有利于有机物质堆积和油气转化。而在拗陷中心的

隆起部分和盆地四周边缘部分，由于陆源碎屑物质粗，是有利的储油层相带。在盆地沉积过程中，不同地质历史发生发展过程中，地壳按固有的规律在不停的运动，凡是盆地上升部分，上升时期又早，岩层有较大的倾斜度，相邻地区又是生油深拗陷，油源近，供油充足，油气在继续运移的道路上，碰到任何一种圈闭，都会形成各式各样的油气藏。

我们知道，油气的生成运移和聚集是在地壳发展过程中，时时刻刻在起变化的一个完整过程。在油和气从粘土层中游移到砂层中，会按其不同比重，重新分配在岩层里。在这个时期，常常会形成一些岩性油气藏和地层油气藏。这些油气藏形成的时间，我们认为是在成岩过程中形成的，或发生在同期构造运动之前，或与同期构造运动相伴生。这一类形成的油气藏是比较隐蔽的，难以寻找的。但寻找隐蔽性油气藏是我们当前在东部勘探程度高的几个盆地中的主要问题和任务。

在地壳发展途中，地壳运动力的发展是不平衡的，时而以缓慢的区域性升降为主，时而以侧向横压力为主，因而在受力较剧烈的情况下，水平岩层会受到各种变形，储油层就会从水平层列变为各种不同形状的构造形态，遇到油气从拗陷运来，则形成构造油气藏。

构造圈闭油气藏，是比较容易找到的。因为油气苗的出露常在背斜构造的轴部。但由于构造类型不同，或受断层复杂化，储油岩层在构造不同部位而有偏移，或随着深度的增加而有所变化，这一些都需要我们进一步研究。

关于油气藏的形成，从十八世纪八十年代就有人研究，所谓的“背斜学说”、“构造学说”以及“圈闭学说”等等。十九世纪四十年代，对油气藏的形成进行了分类，但有

的强调构造形状，有的强调岩性因素，不尽相同。我们认为种种圈闭形态与其形成的成因二者是不可分割的，互相制约的，其中存在着内在的有机联系。这里就我自己的见解，提出以下油气藏的分类：

1. 构造圈闭油气藏。构造圈闭油气藏系指包含储油岩层在内的一系列岩层经过形变而褶皱或断裂所形成的圈闭。其圈闭构造形状视其作用力与岩层应变相适应而决定。有的为对称背斜、不对称背斜或倒转背斜，有的为长轴背斜、短轴背斜、箱状背斜或穹窿背斜，有的为单斜构造或被各种性质的断层所复杂化的断层遮挡构造。

在构造油气藏的圈闭中，我们有时碰见油气藏位置不在构造顶部，而偏向构造翼部，或构造圈闭范围内不存在，而位移于构造的一翼，这就值得我们重视和研究。这种自然现象很可能与水动力有关，由于油层水压力或水力压头把构造顶部的油气藏趋挤到构造翼部，致使油气成为“悬挂”状态，保持在背斜构造的翼部。

在向斜构造里，有时也会找到油气藏。我们初步认为，这是岩性油气藏的特殊情况。在油气初次运移过程，烃类从泥质岩层中已挤入凸镜体的孔隙岩层里，形成油气藏，随即受周围地层水的包围，直至地层变形后，处于构造的向斜部位。

2. 岩性圈闭油气藏。岩性圈闭油气藏指的是储油岩层的岩石性质在横向上的变化形成的圈闭。就是说渗透性的储油层变为不渗透性的岩层，这种渗透性的变化就是造成圈闭的唯一原因。其储油层的圈闭时间是在它沉积条件下成岩过程中产生的。这种油藏在碎屑岩层中常见的有凸镜体砂岩、砂坝、砂质条带、介壳灰岩、鲕状灰岩等。在碳酸岩层中常见的有生物岩层、生物礁块或碳酸岩的重结晶等。这类圈闭的范围，有受岩性局限的，也有区域性大范围，在一个层系受到

变化的。

关于古地形沉积油气藏，如鄂尔多斯盆地延安砂岩沉积在延长组岩层的古老浸蚀面上。延长砂岩为河道碎屑岩填充物，在河曲迂回的冲积平原的斜坡带，常堆积有粗粒砂岩，在沉积成岩过程中，由于上伏岩层压力递增，油气则运移到古地形的上侧，形成圈闭。

3. 地层圈闭油气藏。这里主要强调的是地层的接触关系，相互组合而形成的油气圈闭。不整合上面地层的油气藏或隐伏在不整合下面地层的油气藏。

地层超覆圈闭油气藏指的是在盆地或拗陷边缘部分，由于湖水浸漫所构成的地层超覆。在地壳升降运动中，烃类沿着地层超覆面或岩层面运移而形成地层圈闭性的油气藏。

这里值得指出的潜山构造圈闭油气藏，就是在上伏新地层沉积时，其下伏基岩为一古地形上的高地，二者接触，基本上是地层超覆不整合关系。由于周围的沉积岩经压实作用下沉而形成穹窿或背斜，这样就会形成上下迭加的复式构造油气藏，在不整合面以下的古老岩层会形成下不整合油气藏，在不整合面以上的新岩层内会形成上不整合油气藏以及上伏新地层形成披覆构造油气藏。有时在受力较强的情况下，新老地层之间发生不同性质的断裂，形成块断油气藏。

4. 盐（泥）丘构造圈闭油气藏。盐（泥）丘构造圈闭油气藏，常常发生在盐和其他蒸发岩或泥质等等可塑性的沉积岩地区。由于这类岩石性质的可塑性和脆弱性，从地下深处岩层侵入到上伏沉积岩层中，使其周围的岩层隆起而造成盐（泥）丘、盐（泥）背斜或刺穿褶皱等等，在其隆起的周围，常伴生有不同形状的断层，都会形成油气藏的圈闭。

这一种油气藏，由于造形作用力的不

同，尽管构造形态与构造油气藏类似，我们认为还是另分一类为宜。

5. 复合性圈闭油气藏。我们尽管把油气藏进行了分类，但实际上很少一个油气田的圈闭是纯属某一个构造形状或某一个岩性因素所造成的，这样就把多因素控制的油气藏叫做复合性圈闭油气藏。

结束语

我们认为石油和天然气的生成演化运移和油气的形成是在地壳演变中一个完整的不断发展的过程。对我们石油地质工作者来说，我们要有科学根据的选择一个有希望的地区，进行石油地质勘探，从地壳历史的发展作整体的研究，同时精细的分析各个含油气地区地质构造、沉积环境、生油物质以及地史发展所具有的特征，从而在理论和实际应用上找寻油气分布的规律。

关于油气藏圈闭类型的说法，历史上人们做过一些论证。我们认为各种圈闭形态与形成的成因二者是不可分的，并且存在着内在的联系。我们知道，用什么样的勘探方法和什么样的勘探步骤，甚至要具体的落实一口井位，都关系到油气圈闭的形状、大小、深浅、保存条件及作用力强弱和圈闭历史的发育情况等等。

在祖国辽阔的土地上，有丰富的石油资源。今后要继续找寻新的油气田，必须重视研究工作，这里写出的几点看法，不一定对，请同志们批评指正。

参考文献

- [1] A.I. 莱复生《石油地质学》1975年
- [2] 国家地质总局石油地质中心实验室《石油地质实验基础》1978年
- [3] A.Я. 克列姆斯《油藏与天然气藏的形成问题》1956年
- [4] Kingpi Magara《石油初次运移的证据》1981年