



洋地质调查

石油地质专辑

地质部海洋地质调查局科技情报资料室

一九八一年二月

9436

P736
014



200357461



00287890

目 录

最近的石油成因论..... (1)

地球沉积岩石圈中的石油类型..... (8)

日本的石油地球化学现状..... (16)

石油的运移与聚集..... (26)

世界石油资源的未来..... (39)

陆坡和陆隆的生油层..... (55)

世界深水区的石油远景..... (76)

沉积学和找油工作的关系——美籍华人、地质学家
许靖华79年8月在上海的报告..... (89)

许靖华79年在我局一次座谈会上的谈话记录..... (96)



5259/24

最近的石油成因论

浅川忠

前言

了解清楚石油的成因，并不局限于满足学术上的需要，对石油勘探亦是极其重要的。

石油勘探与其它矿产资源相比，其效率低的最大原因是其在矿藏形成的过程中有许多不明瞭之点。就是说，因为石油是流体，一般是从其生成的场所向别的场所运移、储集后形成矿藏，因此不能精确地追踪其生成过程和了解其原来的环境是石油勘探效率低的主要原因。石油矿藏经由生成、运移、储集三个阶段而形成，其各个阶段的理论正如田口(1968)所指出的那样，是三位一体、相辅相成的，而不是相互矛盾的。其中关系到生成方面的石油成因论，近年来逐渐发展成为获得许多学者支持的一大理论——干酪根起源学说。

本文所指的石油系指形成一定经济量的石油，而非指地球上所普遍存在的所有碳氢化合物的成因。

石油成因学说的变迁

众所周知，石油成因学说内分无机成因论和有机成因论两大流派。换言之，即可分为非生物起源论和生物起源论两类。而无机成因论内又可大致分为地球深部学说和宇宙学说两个支流。最初提出地球深部学说的是 Humboldt(1804)和 Virlet d'Aut(1834)等的学说。他们认为，石油是由于地球深部碳元素和氢元素直接反应而形成的。此后，以发表周期律表而著名的 Mendeleef(1877年)指出，石油是由于地下深部的碳化铁(FeC_2)与水的反应而形成的。宇宙学说是由 Sokolov(1890)和 Hoyle(1955)等提出的。他们认为石油在地球问世时即已存在，只不过是以后经过有效的聚集而形成的，其根据是地球之外的行星中亦广泛分布甲烷气体和陨石中发现含有各种各样的碳氢化合物。

主张上述无机成因论的主要是化学家。与此针锋相对，地质学家们认为：无机成因论所提出的石油来源物的存在从地质学方面事实上得不到证实，因而进行了激烈的反驳。尽管如此，到了20世纪，无机成因论者仍然获得相当广泛的支持。但最近约十年来，无机成因论终于趋于劣势。然而，目前有时仍能见到无机成因论的论文。无机成因论者的观点是将碳氢化合物的成因和石油的成因混为一谈，而笔者认为应该将它们区别对待。无机成因论者的理由是在地球上普遍分布的碳氢化合物之中，已经证明某些部分是无机生成的。

另一方面，有机成因论则非常古老，大概开始于十六世纪初，具体时间不详。有机成因论进入十八世纪后开始得到广泛支持。例如，Maeguier(1758)提出了植物油与酸之间的反应：

Lomonov (1763) 和 Boccone (1697)、Hutton (1795) 提出了煤的自然蒸餾学说。Mongez (1784) 认为, 植物的分泌物和动物的排泄物埋藏于地下, 与无机盐产生反应而生成沥青物质。到二十世纪初叶, 又涌现了许多与此相似的成因学说, 但都是靠头脑中的想象及在实验室中实验而确认的, 而不是以石油生成过程为出发点——即没有考虑到生成后的运移和聚集。然而, 在这些理论中, 亦有几例设想引人注目。比如 Newberry (1860) 提出的暗色页岩中的有机物在低温下缓慢地向石油转化的蒸馏学说; Engler 和 Hofer (1900) 就动物脂肪或植物的蒸发而形成石油的学说做了实验。此外, 日本的高桥 (1922) 亦提出了对淤泥中所含有的不溶性有机物进行分解的学说。这些学说都与今日的有机成因论非常相似。

围绕石油成因而产生的有机起源论和无机起源论之间的辩论, 由于至今石油的99%以上发现于沉积岩中, 而且即使发现于火山岩或变质岩中, 其位置亦与沉积岩邻接, 其周围有沉积岩分布; 以及石油中含有大量的化合物(这些化合物仅仅由一种叫生物显示物的生物而合成的)等事实, 有机起源论处于绝对有利的地位。因此, 近年来的有关成因论的争论点可以说主要是有机成因论范围内的见解上的差异。

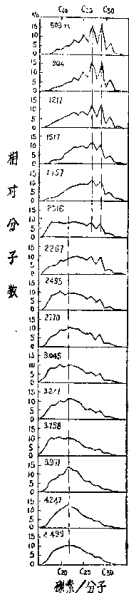
田口 (1975) 将有机成因论分成三大类, 即生物碳氢化合物直接成因论, 成岩作用初期成因论和成岩作用后期成因论。生物碳氢化合物直接成因论是在美国石油学会的研究项目——No. 43《石油成因》一文中, 主要由宾夕法尼亚州立大学的小组提出来的。这一主张指出: 石油是生物体内生成的物质经过选择性的浓缩及聚集而形成的。Riley (1944) 提出: 海洋中的生物在一年内生成1,200万吨碳氢化合物。因此, 即使仅仅是其中的0.01%, 假如储有100万年的话, 就完全可能供给全世界的石油资源。但是, 在原油中的碳氢化合物内, 含有许多非生物体内形成的种类, 因此该学说不能适用于所有石油成因。

成岩作用初期成因论者认为: 沉积物在固结之前, 其中有有机物生成亲水性的原生石油, 并随着沉积物的急剧增加的压力而溶解于大量排出的水中, 然后进入到储油层。此后, 随着地层的沉没而受到地温增加的影响, 变成真的石油, 并变为疏水性而聚集于封闭构造内。然而, 这一学说中有一处不明确之点, 即在沉积后的较早时期里, 由于还原性分解作用, 有可能从生油的有机物中生成亲水性的类似石油的物质。但这种亲水性物质不可能在从泥质岩中分解出来并溶解于水而进入渗透层之后原封不动地被埋没复盖。因为只要地层在继续堆积和增压, 那么, 溶解亲水性物质的水就会继续向外排出, 使亲水性物质完全残留在渗透层内而将不会全部排出的作用, 称为亲水性作用。而且在沉积初期, 岩岩的性质必须完整, 即应考虑到: 即使这些物质暂时进入渗透层, 其大部分亦将与水一起逸散于构造之外。

成岩作用后期成因论学说是目前最获得支持的学说, 也是本世纪初提倡过的地下深部成熟学说的再版, 但是其内容已经焕然一新。进入六十年代后, 随着化学分析技术的进步, 各地对沉积岩中的有机物的详细研究业已蓬勃开展。这些研究表明: 随着埋设深度的增大而产生地温上升, 在某一深度上发现碳氢化合物含量剧增。这对于成岩作用后期成因论来说, 是一个极有利的数据。这里, 成岩作用初期成因论中指出形成的石油的成流——干酪根, 开始受到人们的注目。基于干酪根起源学说, 即基于石油主要以干酪根为主并由于热分解作用而生成油学说, 考察油田和油层的分布状况, 就可能获得极其完整的解释。因此, 目前该学说作为最可信的学说而获得了压倒多数的支持。

干酪根起源学说的有力的地质学证据

最初发表石油主要是由干酪根热变作用而生成的设想是由Abelson(1963)提出的。根据这一学说,自数年前开始,不断地出现证实成岩作用后期成因学说的证据。在这些证据中间,最熟悉的是高分子n-烷的奇数、偶数碳的存在比。此外,Stevens等(1956)提出,墨西哥湾中的现代沉积物中的n-烷含奇数碳数分子的成分要比偶数碳数分子多包含几倍,可以与原油或古老沉积物中基本相等的含量相对比。这些论点有力地证实了沉积有机物是由漫长的地质年代之后才能转换成石油的。此后,Cooper等(1968)将n-烷的奇数碳分子的优势称做碳优指数CPI。随着埋藏深度增大,n-烷的结构图型由现代型向原油型转化,其转化形态如图1—《滨勇知》基准井所示。在较浅的深度范围内,n-C₂₂和n-C₂₃几乎等量,形成锯齿状的顶点。其形状随深度增加而变化,在锯齿状逐渐转变为平滑的同时,直方图的模式向低分子端方向转移。这一由现代型向原油型转换的过程虽然尚未得到充分的解释,但被认为是一种最有力的学说。随着埋藏深度的增大和地温上升,由于干酪根生成新的CPI=1的n-烷,并由于深度的增加,原先的奇数占优势的习性逐渐消失。最近,据石渡(1976)的干酪根热分解实验,证明分解当初生成的n-烷中,其偶数分子丰富,并随着分解的继续,奇偶数接近同等量。假如在自然界亦产生同样现象的话,那么CPI=1的成分将由于深度增加而整体快速向1靠近。此外,直方图的图形显示向低分子量移动的原因是由于热分解而产生的轻质化和干酪根中所释放出的n-烷,在成熟过程的同时轻质成分增加所引起的。



CPI研究与随后Philippi(1965)和Tissot等(1971)的研究共称为三大研究,后两者对石油成因有较大的影响。Philippi通过对洛杉矶盆地和文杜拉盆地的地球化学研究指出,尽管在两个盆地内n-烷和环烷烃环数与碳氢化合物/有机碳之比向成熟型转化的程度不同,但其转化点的地层温度是相同的,都是115°C,即在洛杉矶盆地,进入成熟带的深度大约是8,000呎(2,400米),地温上升梯度为3.91°C/100米;而在文杜拉盆地,到达12,000呎(3,600米)之后进入成熟带,地温上升梯度则为2.66°C/100米。这一事实证明,石油生成很大程度上受温度支配,以及生成于相当深的地层深部,这一事实为成岩作用后期成因论提供了有力的证据。

Tissot等的研究是在Philippi研究的基础上进一步系统探讨的结果,他们采用各种埋藏深度的岩芯样品对发育于整个巴黎盆地的侏罗纪均质页岩进行了详细的有机地球化学研究。据这一研究结果表明,埋藏深度约达1,500米以后,干酪根的含量就开始减少,同时碳氢化合物增

左图1 随着埋藏深度增大的n-烷直方图形的变化,
《滨勇知》基准井(浅川1975)

多。这一事实是直接显示干酪根的一部分向碳氢化合物转化的证据,而且其转换点亦是各种

有机物的质的变换点。比如，CPI与原油相同，接近1，姥鲛烷/ $n-C_{17}$ 比以及植烷/ $n-C_{18}$ 比就增大，大于1，而且环烷烃环数减少，芳香族碳氧化合物处于低分子化等。

上述研究表明，在沉积岩中，要达到碳氢化合物开始急剧增加的深度以及CPI变成其原油同等值的深度是需要相当厚度的地层复盖的。此外，除了在这一深度上石油物质只能来自干酪根外，室内试验也表明，通过室内的加热和添加氢元素，生成与石油相同质量的碳氢化合物。因此，干酪根石油学说终于被广泛接受了。在实际勘探活动中，这一学说已得到有效地运用。随着这一学说的运用，能不矛盾地说明石油分布的事实的不增多，它正逐渐变为有说服力的学说。

沉积有机物的成岩变化

在海洋与湖泊中生存的生物残骸和由河流、风带进海洋与湖泊中的残骸掺杂于细粒沉积物中一起沉积下来。这些有机物在那时受到各种各样的反应，其一部分变成底栖生物的食饵，在处于高能层位的氧化环境下，由于风化作用和需氧细菌作用，变成气体而逸失，或者变成可溶性有机物，向水中扩散。然而，在还原环境中，不产生激烈的分解，仅仅受到厌氧细菌所产生的微弱反应，因而变成有机物含量丰富的沉积物。这种沉积物作为石油母岩将来有可能进一步有效地演变。沉积有机物随着埋藏深度的增加和地温上升以及时间的推移而演化，到一定时期生成大量的石油碳氢化合物、二氧化碳和水等。同时，进一步环化和高分子化，最终生成石墨。从石油地质学的立场来看，有关沉积有机物的演化过程和石油起源之间的关系论述，目前，Tissot和Welte(1978)的设想(见图2)是最能被广泛接受的。近年来，将沉积物的演化分为三个阶段，即将其分为成岩作用、退化作用和变质作用三个阶段的研究者增多。

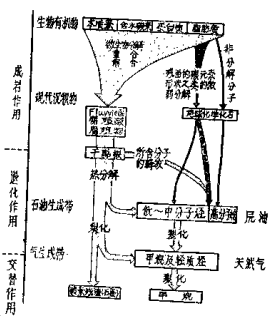


图2 有机物的演化和石油生成 (Tissot和Welte, 1978)

这里特别将石油地质学上的变质作用的最初阶段称做交替作用。石油起源的途径有二：一是干酪根起源，另一是由于生物体内含有的碳氢化合物及其微弱的反应，而向碳氢化合物转换的物质所产生的碳氢化合物。

首先，在成岩作用初期，沉积后的生物体高分子——含水碳素、加水分解和再组合，转变为Fluvio酸、腐殖酸、腐殖物等腐殖物质以及糖类、氨基酸、脂肪酸和酚醛等单量体。到了成岩作用的后期，这些有机物由于环化、浓缩、脱氨基化和还原等作用，转变为称做不溶于碱溶液中的高分子化合物，即生成干酪根。

在退化作用阶段，由于热变作用而产生激烈的反应，干酪根最初生成石油，接着生成湿气和凝析油。它们都伴有大量的甲烷气。在退化作用的最后阶段，脂肪族侧链基本完全消失，若按煤的等级分类来说，即已达到进入无烟煤的阶段。

在最后的交替作用阶段，温度和压力进一步上升，而且沉积物受到岩浆和热水的强烈影响。在这一阶段，干酪根的煤化进一步发展，最终演变为石墨；另一方面，石油进一步气化，分解为甲烷。

温度、时间和压力对石油生成的影响

由于石油生成是石油母岩层中的干酪根的化学反应所致，因此必然受温度、时间和压力的影响。然而，由于有机物的体积和水分减少也产生促使其演化的作用。但这一作用与温度、时间对石油生成所产生的影响相比较，就不值得一提了。此外，据Gutjar(1966)采用沉积岩中的花粉化石所作的室内实验，基本排除了压力对石油成熟演化带来的影响。然而，可以充分认为，将伴随进化而产生的挥发性成分制约在系统内并使分压力上升的压力因素，反而作为负的因素而产生作用。

干酪根通过热分解而产生碳氢化合物的反应被称为一次反应(Tissot, 1969)。现在，若设与沉积岩中的反应有关的干酪根初期浓度为 n_0 ， t 时间后的浓度为 n ，反应速度常数为 K ，即求得下式：

$$-\frac{dn}{dt} = Kn \quad (1)$$

$$\text{积后得分：} \quad \ln \frac{n_0}{n} = Kt \quad (2)$$

此外，若将该反应按Arrhenius的一次反应式计算，

即得：

$$K = A \exp \left[-\frac{E_a}{RT} \right] \quad (3)$$

这里 A 表示频率因子， E_a 为活化能， R 为气体常数， T 为绝对温度。若将式(3)代入式(2)，并假设 n_0/n 不变，即得出下式：

$$\ln t = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T} + C \quad (4)$$

这里， C 为常数，即 $\ln t$ 和 $1/T$ 之间是直线关系。

关于石油开始快速生成深度的地温与地质年代之间的关系，根据油田地带的测井数据介绍其实例。这时的条件是，现在的地温在地质年代中显示最高以及地温梯度无变化。综合 Connan (1974) 所求出的关系式和其它文献上得到的结果以及笔者等的分析结果，并将其绘制成图表，即为图 3 所示。Connan 根据自己的分析数据引出下述关系式：

$$\log t = 3014 \times \frac{1}{T} - 6.498 \quad (5)$$

笔者们按照图 3 所归纳的一切数据（包括 Connan 的分析数据），运用最小二乘法求得下述关系式：

$$\log t = 2895 \times \frac{1}{T} - 6.367 \quad (6)$$

Connan 式中所见的活化能是 13.79 千卡/克分子，笔者所提出的 是 13.25 千卡/克分子。这些数值与 Galway (1969) 提出的内泥炭生成率的价值——24.00 千卡/克分子相比较，似乎稍低，但是由于粘土矿物的催化效果和有机物的种类不同而不能一概谓之过低。如图 3 所示，可以说在地质年代较年青的情况下，这一范围就必需高温。与此相反，在地质年代较老的情况下，石油生成开始于低温范围内。

图内编号地名：

1. 亚马孙，巴西
2. 阿基得诺，法国
3. 阿基得诺，法国
4. Eruaian-rio-toro
5. 塔拉纳基海面，新几内亚
6. 卡马尔克，法国
7. 塔拉纳基海面，新几内亚
8. 苏尔海，沙巴
9. 撒哈拉，阿尔及利亚
10. 巴黎，法国
11. 怀俄明，美国
12. 基阿拉，喀麦隆
13. 远州，北海道
14. 西非
15. 岩内，北海道
16. 滨勇加，北海道
17. 洛杉矶，美国
18. 文图拉，美国
19. 下五十风，新潟

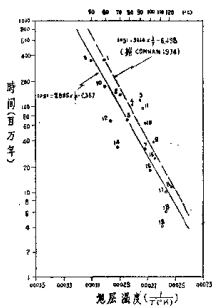


图 3 石油生成开始时的温度与时间之间的关系

石油生成的温度范围除时间以外，可充分认为因于酪根的种类不同亦各有差异。干酪根种类的分类除显微镜观察外，亦经常采用如图 4 所示的 Van Krevelen (1961) 的图示归纳法。其座标本来用于煤的分类，但亦可用于干酪根的分类。Tissot 等 (1974) 通过座标将干酪根分为三大类型：腐泥型 (I)，壳质型 (II)，及腐植型 (III)。腐植型基本相当于“煤带”，因此其不带有长脂肪族侧链，没有生成石油的能力，确切地说是气的成因物质。有关各石油生成温度范围内干酪根类型的考察报告极少，故尚未充分阐明。图 4 介绍了为数不多的例子之中的

Pusey(1977)的报告。该图显示了几乎经过1亿年(白垩纪)的地层内的石油生成范围。因此在腐泥型的场合,70°~150°C是石油生成的范围。从第8图中笔者等所求的关系式中,亦可发现其1亿年的温度基本为70°C,显示了很好的一致性。在壳质型的场合,需要更高的温度,而进一步由腐植型开始生成气的温度则达100°C。假若这一分析正确的话,即可以说其将是石油和天然气勘探中值得考虑的一大依据。

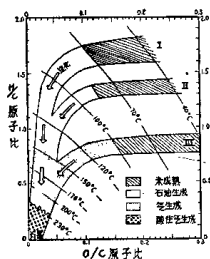


图4 绝对年龄约1亿年的场合下,干酪根种类和油气生成温度的关系。(Pusey, 1977)

结 束 语

上面以获得压倒多数支持的干酪根生油学说为中心,试作了论述。然而,关键的是干酪根本身的性质和其化学结构等方面的尚未查明。因为其既不溶解于有机溶剂,亦不溶解于碱溶液。因此,给查明其性质和化学结构带来了决定性的困难。干酪根生油学说得到了各种实际证据的有力支持。成岩作用初期成因学说,即原生石油学说适用于我国(指日本一译注)的油田地带,并取得比干酪根学说更有利的场合也不少。此外,一般认为腐殖物质是在沉积后较早的时期内转换成干酪根的,但据笔者等的调查,其深度达到3,000米,而且有的沉积岩含有不可忽视的一定量的腐殖质物质。这些情况是否与石油起源有关,这一问题尚未得到解决。今后的研究方向,将在化学方面查明干酪根本身的性质,同时,在地质学方面,通过原油与母岩的对比,力争直接获得干酪根起源学说的直接证据。

译自日刊《地质学杂志》1979年88卷第6期

张维德译 陶鲁校

地球沉积岩石圈中的石油类型

A·Э·康特洛维奇, O·Ф·斯塔索娃

摘要 本文提出石油类型的定义。分出四类石油: A—烷烃类、石蜡类; B—烷烃类、低石蜡类; C—环烷烃—烷烃类; D—环烷烃类。指出前三类石油形成于主要生油相带。A类石油成因上与埋藏的陆上高等植物有机质相关联, B类和C类石油和海相沉积中的浮游类和底栖类有机质相联。研究了形成D类石油的几种可能的机理。它们的来源, 可能是未经历主要生油阶段的沉积中的《未成熟》微石油的烃类。根据第二种观点, D类石油的形成是烃类从主要生油相带垂直运移情况下, 分异作用的结果。也存在这样的意见, 即D类石油的特性是由表生作用带的细菌改造作用所决定的。指出在油藏里石油组分的地球化学演化中, 盆地的地质历史、围岩的岩石学和水文地质学起着决定性的作用。

地球沉积岩石圈的石油分类, 在近几年内成为石油与天然气地质和地球化学的中心任务之一。还在前一世纪, 曾把石油分为烷基的和环烷基的。这样的石油有时叫做《沃列尼特》和《玛尔科夫斯基特》或《俄罗斯石油》。三十年前, A·Ф·多勃梁斯基作了第一次科学分类的尝试。以后, 石油分类问题引起了И·Б·瓦萨也维奇等人的注意。近年来又引起了 T·A·波特涅瓦娅等人的注意。对于这个问题, 笔者也进行了研究。

研究分布最广泛的石油类型的兴趣多年来毫无削弱, 这不是偶然的。实际上, 多数情况下, 它已成为确定石油形成和演化问题的关键。

在推进这样十分重要的问题方面, 明显的困难在于缺乏诸如石油分类、石油级别、石油类型、石油成因类型等概念的明确定义。而且, 还缺少将多组分的、成分特别复杂的大量石油进行分类所必需的根据充足的一套主要标准。因此, 我们首先要弄清这些概念。

由于石油的组分复杂, 它的分类可按下列许多性质进行: 比重、初馏点、胶质、沥青质和石蜡的含量、石油的全烧成分或它的个别馏份等等。

大量的石油, 可以按照预先确定的一些性质, 以及每一性质的数值范围内分成几个区间, 形式上划分为某些组, 这称为石油的形式分类。而每个这样的组, 叫做级。根据石油分类的目的不同和对于石油的化学成分研究程度不同, 用作分类的那一套性质, 也可能改变。在笔者之一的著作中阐述过这些分类的例子, И·Б·瓦萨也维奇和M·Г·贝尔盖尔详细研究过按烃类成分进行的近似分类。

石油, 作为烃类和含杂元素(N·S·O)的碳氢化合物的天然混合物, 它的形式分类允许其成分是非常多样性的。但是, 事实上, 石油的许多形式上设想出来的级别, 在自然界是见不到的(《空的》级)。而大量聚集的石油, 按成分、特别按烃类组分, 是属于比较少数几个级别

的石油。

这些按类组分相近的最常见的级和组，叫做石油的类型。

下面，我们试图说明，每一类型石油的特征在于：包括杂环和环状化合物在内的各馏价具有明显的互和联系和互相制约的特性。每类石油最重要的特性是主要成分（烃和非烃）的统一的化学结构。因此，石油的烃类成分和杂环化合物的烃类碎片的成分，最广泛地反映了成因特性，它本身具有成因标记。这些类型的数量有限，是石油地球化学的最主要的特性之一。

在文献中常常利用《石油成因类型》这个概念。这是指成因上和一定时代的生油岩层相联系的石油。在原则上不否认这个概念的优点的同时，我们认为还是不要采用这个术语来表示。根据类似的理解，石油的成因类型是区域性的概念，因为每个区域多少有它自己的一组生油岩层。此外，众所周知，含烃类成分相近的石油在不同地区都能见到。正是对于这些化学性质相近的石油，一般采用和上述石油类型完全适应的概念，即全球性的概念。

至于《成因类型》这一术语，它是从生物学借鉴来的，那里成因类型是考虑了有机体的所有遗传因素的综合，它被看作是遗传信息的代表。以此类比，并考虑到现代知识水平，可以分出两个石油成因类型：1. 腐泥型（《水成的》）有机质形成的，2. 腐植型（《陆源的》）有机质形成的。即把《成因类型》的概念，也看作是全球性的概念。生物学上确认同一成因类型的属，在生物个体发育的不同阶段，并由于外界条件的影响，有机体全部特征的综合（成因类型）能起显著的变异。同样，同一成因类型的石油，取决于盆地的地质史和石油本身的历史，它们可能有不同的成分，并分属于不同的级，甚至不同的类型。

在弄清基本概念以后，现在我们可转向描述石油的类型，根据苏联油气盆地的地球化学资料分析和国外油气盆地的系统资料，可将石油分成四种主要类型。（见表1和下图）。

A类——烷烃类、石蜡类。这类石油具有中—低比重，含少量胶质，含蜡量高（达40%）。它们含较少的硫、钒、镍和砷族络合物，顺磁中心数不大，旋光性低。这类含甲烷的和含大量甲烷的（75~95%）石油富含高沸点的正构烷烃，其最高峰值在 $C_{22} \sim C_{27}$ 处。在煤油和稠油类馏份的异环烷烃中，也是长的、少支链的甲基链烃占优势。和正构烷烃一起，A类石油还有较高含量的（占石油的3~8%）异戊二烯类 $C_6 \sim C_{20}$ 。其中烷烃和植烷起着最大的作用，特别是在前者占优势时。其余的异戊二烯类的含量显著降低。这些石油的环烷类，主要是单环和双环的环己烷结构，后者的作用往往更大。在高分子的芳基中带有少支链的脂肪链取代基的苯系烃类占优势。在这些石油中，还存在多环的聚合芳基。对于含杂元素的石油，高脂肪性也是其特点。

因此，少支链的脂肪链结构成为A类石油的所有组份的主要结构单元。

这类石油在泥盆纪开始的各时代沉积中均能遇到。通常，它们埋藏于陆相次含煤和含煤层岩层中，这些岩层已到达后生变质作用的 MK_1^2 亚阶段（气煤阶段）和 MK_2 亚阶段（肥煤阶段）。这是西西伯利亚地块的北部和东南部的中—下侏罗世沉积中的石油，是图拉地块和斯基福地块的一些地区的二叠—三叠纪、侏罗纪和白垩纪沉积中的石油。

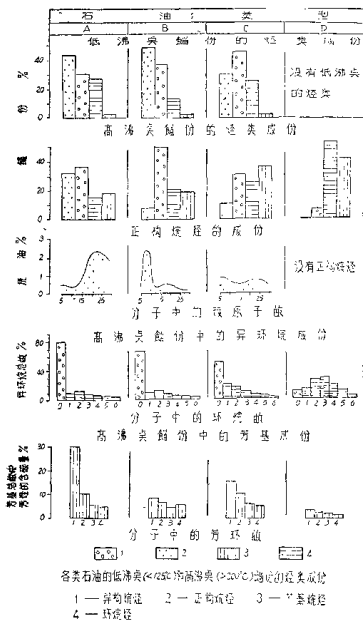
这种成分的石油，在维留依半陆向斜的二叠—三叠纪沉积中，在库兹涅茨煤田和其它地区的二叠纪沉积中能见到。A类石油的工业储藏仅在不多的油气田里见到。这类储藏的空间上与气田和凝析气田发育带相重叠。通常，这些地带以强烈的现代或古代地热动态为特征。

B类——烷烃类、低石蜡类。这类石油具有轻—中等比重，含胶质或含少量胶质的，含蜡量

各 类 石 油 的 化 学 成 份

表 1

石 油 类 别	其 量 分 数 f_1^2	含 量 %		硫 含 量		硫 含 量		硫 含 量		其 余 的 分 子 式
		硫	石 油	硫 含 量	硫 含 量	硫 含 量	硫 含 量	硫 含 量		
A	$\frac{0.02}{0.02-0.05}$	$\frac{1}{53-55}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$	$\frac{0.2}{0.2-0.3}$ $\frac{0.2}{0.2-0.3}$ $\frac{0.2}{0.2-0.3}$
B	$\frac{0.03}{0.03-0.06}$	$\frac{1}{53-55}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$	$\frac{0.6}{0.6-0.8}$ $\frac{0.6}{0.6-0.8}$ $\frac{0.6}{0.6-0.8}$
C	$\frac{0.06}{0.06-0.08}$	$\frac{1}{53-55}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$ $\frac{1.5}{1.5-2.0}$ $\frac{1.5}{1.5-2.0}$
D ¹	$\frac{0.02}{0.02-0.08}$	$\frac{1}{53-55}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$	$\frac{1.5}{1.5-2.0}$ $\frac{1.5}{1.5-2.0}$ $\frac{1.5}{1.5-2.0}$
D ²										$\frac{1.5}{1.5-2.0}$ $\frac{1.5}{1.5-2.0}$ $\frac{1.5}{1.5-2.0}$



低。在这类型内也记载了相对重的和高胶质的石油。在这些石油中，当钒和镍的比值接近 1 时，灰份和钒镍的含量非常低。钒的卟啉络合物虽然含量不大，但还是存在的。顺磁中心数小。

按烃类组份，B 类石油与 A 类石油一样，实质上是甲烷类石油。汽油馏份的组成决定于高含量的正构烷烃。在煤油，特别是柴油馏份中它们的数量显著降低，即区别于 A 类石油。在这些石油中，高沸点的正构烷烃的作用极小，最高峰值在 $C_{16} \sim C_{17}$ 处。高沸点烃类的主要部分是异构烷烃。异戊二烯类烃的含量达 2~4%，萜烯类和植烷之比近于 1，环烷烃主要是单环或双环，轻的芳基或高分子芳基的含量都是低的，行一个苯环的化合物成为后者的基础，其中大部分碳处于分子的脂肪部分，脂肪取代基具有多分支的特点。

伯—顿涅茨拗陷的中下侏罗统沉积中，在里海拗陷和提曼—伯朝拉油气盆地的盐上层沉积中。

人们早已提出了烷烃、环烷—烷烃和环烷烃石油在地层中非常明显的空间分布的局限性。这种空间分布的局限性已由石油普查工作的历史出色地证实了。在1948年，当普查、勘探，特别是开采石油的对象主要还停留在沉积岩圈的不深的地层中时，A. Ф. 多勃梁斯基认为烷烃石油是自然界分布最广的石油，并坚信随着勘探深度的加深，甲烷石油将变得更多。而且他用下列数据估价了世界石油的平均组分：甲烷烃—30%，环烷烃—46%，芳香烃—24%。过了不到二十年，石油勘探在全世界新区的迅速发展和钻探深度急剧加深的年代里，O. A. 拉特琴柯总结了大量的资料后得出结论，世界石油平均组分是环烷—烷烃，其中芳烃和硫化馏出化合物占24%，环烷类30%，烷烃类46%。世界上低硫石油的馏出产品的成分变化依赖于埋藏深度，并指出在深部找到环烷—烷烃类和烷烃类石油的可能性比环烷类大（表2）。

低硫石油的烃类成份性质和埋藏深度的关系 表2

烃 %	深 度 (米)			
	> 500	500-1000	1000-1500	>1500
烷 烃 Me	0-55(24)	24-59(43)	6-60(39)	39-93(59)
环 烷 烃 Nn	24-71(50)	20-50(39)	16-65(41)	2-37(25)
芳 烃 Ar	13-46(26)	8-27(18)	15-29(20)	5-24(16)

注：括号内是平均数值。

A. A. 卡尔采夫确定，除含油层埋藏深度外，石油的年龄也影响其成份。他建议把经常在新世代遇到的环烷烃石油，称作新生代石油。常与古生代的沉积在一起的烷烃石油，称作古生型石油。根据他的资料，古生型石油也能在中生代、新生代沉积中遇到，而新生代石油在古生代沉积中几乎见不到。过渡型组分的石油广泛分布于中生代沉积中。卡尔采夫称之为中生型石油。

通过各类油藏形成条件的对比分析，可以认为石油种类的形成是大量因素综合作用的结果，其中最主要的因素是：原始生物的化学组成特征，沉积生油层时的成岩作用环境，与形成油藏有关的后生变质作用的阶段，初次与二次运移的条件和机理。

这个题目当然不是新的，有许多研究者大体上定义过，但未进一步宣传这些观点，而且，在论证自然界石油的多样性时，采用的众所周知的图式是：存在着某些单一的《原始》类型的石油，以后由于种种因素的作用，它经受了定向的变化。

在多勃梁斯基和他的信徒的图式里，《原始》石油是重的、环状结构的，其进一步的转化是变轻、组份简化、脂肪化。在乌斯宾斯基和拉特琴柯的图式里则相反，《原始》石油是轻的、脂肪族的，而所有多种多样的石油，是由于氧化，很大程度上由于细菌使它变化的结果。不久以前，Г. Т. 菲力浦、H. Б. 瓦萨也维奇，使这种图式复活了，在其著作中，取决于构造运动的性质，允许石油有按上述两种图式变化的可能性。

笔者不否认这种或那种过程是同时进行的，但是我们认为油气形成理论、有机地球化学、

还有油气形成过程阶段性的学说的成就，使我们有按新的方式去研究这个问题。

从分析成岩作用和后生变质作用中不同类型有机质转化的规律性，从分析原油初次运移的条件，最后，从分析在此背景下不同类型原油在地层中局部分布的规律性出发，必然引出以下主要结论：在自然界没有不依赖于有机质成分和埋藏环境、不依赖于后生变质作用中转化程度单一的《原始》石油类型。在每个沉积岩层中，石油或油与气的聚集，开始于它们沉降到主要生油带以前，在其中不断继续着，并至少到岩层沉降至强烈成气带的最初几个阶段，不会完全停止。这些相带中的每个带，当然，还有每一种有机质，都有与其相应的特有的《原始》石油类型。

在有利于石油的烃类或非烃类成分初次运移和聚集的条件下，A、B、C类石油形成于主要生油相带。正是在主要生油相带形成的石油，其成分最完全地继承了原始生物的脂类化合物和类脂化合物的化学结构。

A类石油往往主要和富含石蜡的高等陆相植物的有机质有成因联系。B类和C类石油主要和埋藏在海相沉积中的浮游生物和底栖生物的有机质有成因联系。

有机质的原始类型是控制石油类型的唯一因素。后生变质作用对有机质的改造程度是很重要的。其中包括富含噻吩化合物和硫的C类石油，它们形成于盆地的底部水完全缺氧的强还原条件下的地层内，个别情况下是由硫化氢的污染所造成。有根据认为，B类石油是在有机质较少的，保存着后生作用的中性弱还原环境的海相沉积中形成的。

由此可看到，B类石油在中等后生变质作用相带的沉积中的大量聚集，目前仅在西伯利亚地台的上震旦和下寒武系中见到。与C类石油相比，不能排除B类石油取决于古代浮游植物化学成分特征的特殊性。

因此，B类和C类石油的区别，一定程度上依赖于沉积物的氧化—还原条件，并和腐泥型有机质的成岩作用的转化特点相关。

对于D类石油的产生，有两种观点。其中之一是：这是由没有经历主要生油阶段的有机质组成的不成熟的石油。对于萜烯类聚合物、甾族化合物和异戊二烯类聚合物系列的天然化合物，是以带短支链的脂肪链的高环烷为特征的。这就给予在同生沉积的不成熟的微石油中寻找这些烃类的来源以可能性。D类石油的特殊成分，不单由后生成岩作用中变化不大的底栖有机质的组成特性来解释，而且可以由温度压力较低的情况下，这些化合物的初次运移条件来解释。根据第二种观点，这些石油和B类、C类石油一样，是在主要生油带形成的，而它们的组成特性是烃类在垂直运移时的分异作用和沉积盆地上部地层的细菌对正构烷烃选择性地消灭所决定的。形成D类石油的这两种机理在自然界里都有可能。

在深成的含油气层的热动力条件下，当生油过程结束，生气过程加剧时，原始的有机质类型和原先的石油的地球化学历史对它们的成分的影响减小。这里凝析气藏占优势，而其中的石油是A类石油和B类石油，后者占优势。出现这样的情况，即这些石油可含大量的环烷烃，特别是凝固状态的环烷烃。在后生变质作用的最高阶段，可能发现只有同位素重甲烷的油气藏。

以上扼要地指出了在相应的各后生变质作用带内，形成各种所谓《原始》石油类型的主要成因概貌。当然，在各油气盆地的具体条件下，不同类型石油的聚集与它们的成因相带的联系多少消失了。首先，这是由于广泛的、有时是很大范围的石油的垂直运移。在彼此垂直的对

流条件下，石油本身也经历了很大的变化，而且取决于初次运移和再次运移的机理和热动力作用，这些变化的性质强烈地变动着。

对于石油成分影响严重的因素有：油藏的历史，不断地进入油藏或从中扩散开来的烃类的成分和速度的比例关系，石油和围岩以及支托它们的水的相互作用。这样，B类石油，在一系列情况下还有在碳酸盐地层中C类石油的硫醇的富集，大概是它们与围岩后生变质作用的相互影响的结果。

当沉积盆地抬高时，发生油藏部分或全部破坏，而且其中首先跑掉的是气态烃或低分子的液态烃。饱和烃比环烷—芳香烃等扩散得更强烈。可见，这种过程可用来解释下述现象：在构造的穹窿部分（例如东西伯利亚的涅波斯克—鲍多奥平斯卡娅背斜）的B类石油有低含量的轻馏份和偏高的环烷类。

这些作用不断加强，在它们上面叠加了燃气作用，然后，在油气藏进入表生风化带时是氧气的氧化作用。

在含烃类矿藏的沉积岩层下降时，可能有少量新的的烃类组分进入圈闭，烃类的产生和初次运移在新的更强的热动力条件下进行。其中包括石油中的石蜡，B. A. 乌斯宾斯基已提出了这种观点。应该指出，在自然界中，这种过程是分布极广的。最后，在后生变质作用的晚中期或后期，发生着起初较慢后来在越来越大的范围内进行石油高分子化合物的分解作用。

由此可见，在油藏中石油组分的地球化学演化中，盆地的地质历史、周围地层的岩石学和水文地质学起着决定性的作用。

译自苏刊《地质学与地球物理学》1978年第8期3~12页

李明娟译 王国忠校