

石油成因及油气藏的形成

教授、地質礦物學博士

Г.Е. 梁 布 興

北京地質勘探學院

北 京 1 9 5 6 . 1 0 .

前 言

1956年秋季，从9月开始到12月止，我为北京地质勘探学院的研究生和教员们讲了『石油学』中有关石油成因和油气田形成问题的专题章节。这个专题章节我们共讲了22讲，以前在高等学校中从来没有讲过这样多的份量。

最近几年（1952—56年）在苏联和国外刊物中涌现了一些有关研讨这个重要问题的巨型的专题论文。论文集，以及许多短文。

在苏联，在重新维护石油无机理论的 Н.А. 库得梁采夫（Кудрявцев）和石油有机理论的拥护者之间进行过争论。所有这一切使得更详细地阐明这些问题不仅是可能的，而且也是必要的。在我们所研究的问题中还有许多不明确的方面，但是现在有许许多多各方面的学者在齐心协力的工作，他们正在为谋取这些问题的解决而努力。

在我所讲的课程中力求能说明各种各样的观点。这些观点在争论激烈的时候有时常常得不到足够完全和客观的叙述，而通常只限制于进行尖锐的批评。

在解决叙述本章节时所提出的任务时，中国高等学校中号召『百家争鸣』的新方针大大的鼓舞了我们。

这个在中国科学界中得到极其广泛反应的方针正好也能用来对待在许多方面尚在争论的石油成因和油藏形成的问题。

毫无疑问，在自己独特的陆相水盆地的地质条件下工作着的中国石油地质学家将要在解决这个具有世界意义的科学问题中作出宝贵的贡献。

本书由三部份组成：（一）石油、固体沥青和天然气的地球化学性质；（二）石油的成因；（三）油藏和油田的形成。

本书的资料是依据1956年秋天作者在北京地质勘探学院所讲的课程。

在本书的图件选配、书籍付印方面，以及在领导翻译同志工作方面石油地质教研室的助教袁宝华同志给予了一定帮助。本书由翻译同志刘学忠、陈敏英、陈世辉、金贵卿译出。作者在这里向他们致谢。

梁 布 兴 教 授

北 京 1956 年 12 月

目 錄

Ⅰ、石油、瀝青和天然气的地球化学性質。

頁 数

1. 石油.....	(1)
2. 地瀝青.....	(7)
3. 地臘.....	(9)
4. 石瀝青.....	(15)
5. 天然气.....	(20)
6. 可燃有机岩的分数.....	(25)

Ⅱ、石油的成因

1. 石油的矿物成因假說及其評價 (Д·И·門捷列耶夫)	(31)
2. В·Д·索柯洛夫之石油的宇宙成因假說.....	(33)
3. Н·А·庫得梁采夫的岩漿學說.....	(36)
4. П·И·克拉泡特金的无机學說.....	(44)
5. 有机學說的概述.....	(47)
6. 現代沉积中成油作用的研究 (В·В·維別尔, 斯密特)	(53)
7. 有机物質轉化为石油的各种因素.....	(61)
а) 温度.....	(61)
б) 压力.....	(63)
в) 細菌的生命活动.....	(64)
г) 接触剂.....	(68)
д) 酵母.....	(68)
е) 放射性.....	(70)
8. 生油岩系問題.....	(72)
а) 陆相条件下油气的生成.....	(80)
б) 碳酸鹽类生油层.....	(85)
9. 对成油問題的总结性意見.....	(87)
10. 对石油成因問題的各种观点.....	(91)

Ⅲ油藏的形成

1. 石油和天然气的运移.....	(98)
2. 石油和天然的聚集.....	(106)
3. 油藏及其分类.....	(111)
4. 油田.....	(130)
5. 区域性的油气聚集帶 (含油盆地和含油省)	(136)

I. 石油、瀝青和天然氣的地球化學性質

1. 石 油

衆所周知，石油按其成分來說是一種複雜的礦物質（或礦物）。它是由液體的，氣體的和固體的碳氫化合物所組成的。每一噸采出來的石油里通常含有數十到數百立方公尺的氣體碳氫化合物。大家把這個數值叫做油氣比。當油氣比大於一千時，油田就變成油氣田了。

以膠體狀態溶解於石油的固體膠質（Смолы）物質、石蠟等有時可達 40%。

我不準備講石油和瀝青的物理性質、化學性質、熱性能和電學性質，這些在一般的『石油學』中已經敘述的很清楚了。我想儘力來講敘述一些石油、固體瀝青和天然氣的地球化學概念，這些對了解成油過程來講是必須的。

儘管石油是十分複雜和多式多樣的，但按其成分來說，無疑的所有石油都是彼此相近似的。

在石油中含 84—88% 的碳；12—14% 的氫。碳氫比變化在 5.7—8.5 之間。

其他元素（氧、硫、及氮）約佔 1%，只在有很少時候佔達 2—3%。

當石油中氧、硫及氮的含量約佔石油元素成分的 3% 時，則其化合物却可能佔全部石油的 3%，有時甚至比碳氫化合物還要多。因此，十分流行的關於石油就是碳氫化合物混合物的概念是不正確的。非碳氫化合物的部分殘留在 550°C 時仍不蒸發的重組分中。其中首先包括酸類、酚、硫化物、膠質、瀝青質（асфальтен）和灰份元素（зольные элементы）。在酸類中環烷酸佔主要地位。在水中含有十萬分之幾微量的環烷酸，就是找油的直接標誌。

含硫和含氮化合物也主要含於膠質中。有不含硫的石油，但同樣也有含硫的石油（其硫的含量達到 5%）。應該指出灰岩中的石油大部份是含硫的。硫也可以呈膠體狀態存在，而佔達石油的 1%，或以四氫化噻吩（Геофаны）——環烷硫化物的形式存在。在含氮化合物中卽族化合物（Порфирины）——植物綠色部份葉綠素和動物殘余（氯化血紅素（Гемин））的衍生物——引起了人們的注意。

決定着石油的暗色的膠質和瀝青質又是一種什麼的物質呢？

對它們的化學性質目前研究得還不夠。它是一種多環基團（полициклические группировки）。其通式為 $C_nH_{2n-m}O$ 。石油中膠質和瀝青質有時可達 10—40%，而在中亞細亞捷爾麥茲的重質石油（гермезская нефть）中其含量達 70%。

瀝青質是一種和膠質相近似的化合物，是具有高分子量的凝聚的膠質。

實際上，瀝青質與膠質不同之點就在於溶解度較小。它象膠質一樣可溶於氯份（三氯甲烷）和苯，但不溶於石油醚。

石油的比重取決於氫的含量。含氫越多比重就越小。人們把碳氫化合物分為三類：1) 烷屬類——烷屬烴類（Алканы）；2) 環烷類——烯屬烴類（Алкены）；3) 芳香類或苯類。這三類佔主要地位。格羅茲內研究所根據這些成分的含量把石油分為五類：烷屬類、烷屬一環烷類、環烷類、烷屬一烷環一芳香類、環烷一芳香類。（見表）

石 油 的 五 类

(格罗兹内石油科学研究所)

格 罗 兹 内

石 油 成 分	石 油 分 类				
	烷 属 类	烷 属 一 环 烷 类	环 烷 类	烷属—环烷 —芳香类	环烷—芳 香类
含量 (%)					
1) 石臘	1.5—10	1—6	微 量	0.5—1	0.5
2) 瀝青質	5—6	5—6	5—6	10以下	20以下
250—300 时馏分的比重：					
1) 芳香族的碳氢 化合物脱出以前	0.815— 0.835	0.839— 0.857	0.858— 0.867	0.847— 0.870	0.872— 0.890
2) 芳香族的碳氢 化合物脱出以后	0.800— 0.808	0.818— 0.828	0.847— 0.863	0.813— 0.841	0.844— 0.866
250—300°时馏分的组份(%)					
Me	46—61	42—45	15—26	27—35	0.8
Na	22—32	38—39	61—76	36—47	57—78
Ap	15—25	16—20	8—13	26—33	20—35
300°C 以上残余物的比重	0.897— 0.929	0.897— 0.908	0.895— 0.912	0.921— 0.949	0.950— 0.970

校者註：Me为烷族石油省略写法 Na为环烷族石油略写，Ap为芳香族石油簡写。

还有其他的石油分类。如涅麥特金 (С.С. немеркин) 院士的分类，他根据石油碳氮化合物部分的含量比分为 10 类。

在石油的碳氮化合物部分中包括三类：烷族、环烷族及芳香族碳氮化合物。

这就是碳氮化合物的三个基本类型。

在石油里烷族碳氮化合物是非常多的。石臘通常是与烷族石油有关，其含量問題是很有意义的。重的环烷—芳香族石油只含很少量的石臘。这里的石臘是一种低熔点的提純地臘 (церезин)。有的石油如恩巴区道索尔 (Доссор) 油田的石油和格罗兹内的某些环烷—芳香族石油不含石臘。

格罗兹内、达格斯坦和西烏克蘭的石臘族石油是烷族—石臘族石油的明显的实例。也曾发现含有固体石臘的石油。例如西西伯利亞的米努新 (минчинская несргь) 黃色石油，这种石油还在十分低的温度时就变硬了。

石油中的石臘是如何获得的問題尚未解决。烏斯宾斯基 (успенский) 認為石臘来自分散的有机物質的輕質組分。而 А.Ф. 道布梁斯基 (А.Ф. добрянский) 認為石臘是与重組分中臘狀化合物和脂肪酸或其他非碳氮化合物的热接触反应有关，以及从某一种复杂的蛋白質—碳水化合物中分出来的。

在石油的碳氮化合物成分中，除了烷族以外，环烷族碳氮化合物就起着主要的作用。

环烷族碳氮化合物按組分均匀分佈。

在温度超过 300°C 的馏分中环烷族由多环型組成。

在輕的馏份里环烷族的成分包含了环己烷及环戊烷的同系物。关于这一点我們在過去已經提到过，当时是把它做为低温成油的証明。

在所有的石油中六員环烷碳氮化合物的量总是大于五員环烷碳氮化合物的量。

石油旋轉偏光面的特性是和其中含有环烷族碳氮化合物及这些环烷族碳氮化合物按組分的分

佈有着密切的連系。這個問題我們已經分析過了。不过可以在此指出，大多數石油的右旋性質可能出現的比較晚，因為試驗已經証明：醇類的左旋性質在粘土的熱接觸作用下較變為右旋。

在芳香族碳氫化物中也具有旋轉偏光面的能力，而只是在烷族中缺乏這種特性（如西伯利亞的米努新石油不旋轉偏光面）。

現在來講芳香族碳氫化合物。

在所有的石油里，較重的餾份中含有最多的芳香族碳氫化物。石油依芳香族碳氫化物的含量分為三類：

第一類石油的比重為 0.9 到 0.9 以上。在這一類里芳香族碳氫化物集中在 400—500°C 時的高分子餾分中（庫頁島的石油和阿塞爾拜疆的納弗太蘭石油（нофгаланская нефть））。

第二類石油的比重為 0.84—0.88。大部分的石油都屬於這一點。這類石油以 225—475° 的其中的芳香族碳氫化物均勻地分佈在各種餾份中。伏爾加—烏拉爾區的許多石油和高加索的餾分為主，石油是這一類型石油的例子。

第三類石油的芳香族碳氫化物含於 350°C 以下的餾份中，它是輕質的苯族石油。

這一類的特點是在輕質餾份中擁有二環碳氫化合物，並象在第二類中一樣，三環碳氫化合物只出現在油質組份中。

石油碳氫化物部分的成分最容易以碳氫化物的組分——烷族類、環烷族類、和芳香族類來表示。

在烷族類中可分出戊烷及其同質異構體、己烷、庚烷、辛烷及其許多的同質異構體。在固體碳氫化合物中含有石蠟，其含量達 3—4%。

在環烷族中有輕的——環丙烷、環丁烷；也有較重的，最常見的是環戊烷及環己烷。

在芳香族碳氫化物中最常見的有苯、甲苯、二甲苯（ксапол）及其衍生物。恩巴、庫頁島和高加索的石油含環烷族碳氫化物特別多，而烏拉爾—伏爾加流域含油區的石油則富含石蠟族碳氫化物。

В.А. 索柯洛夫(В.А.соколов)：在『石油及天然氣的運移』一書中（1956）援引了19種蘇聯石油的組份，這些石油是在 550°C 以下蒸餾出來的。

石 油 的 組 份

油 田	含 量 (%)		
	石 蠟 族	環 烷 族	芳香族碳 氫化物
蘇拉汗 (Сурахан)	16	71	3
比比埃巴特 (Бибэйбат)	12	68	20
格羅茲內 (Грозный) (石蠟族石油)	39	48	13
格羅茲內 (缺石蠟石油)	15	55	30
道索爾 (恩巴)	11	73	11
涅比特達格 (Небитдаг) (土庫曼)	25	57	18
丘索夫斯基鎮 (Чусовские городки) (烏拉爾)	18	24	58
依星巴依 (Ишимбой)	38	29	33
杜依馬茲 (Туймазы)	38	25	37
塞茲蘭 (Сызран)	42	31	27
紅卡馬 (Краснокамск)	34	42	24
奧哈 (Оха)	16	61	33
紹列茨 (Шорел)	41	33	26
哈烏塔格 (Хаудаг)	30	36	34

据道布梁斯基的意见，『世界』石油的平均成分为：石腊族碳氢化合物——30%；环烷族的——46%；芳香族的——24%。B·A·索柯洛夫不同意这个数字，他认为把天然气计算在内的(天然气的重量通常达石油总量的 50%)石油平均成份是：石腊族碳氢化合物——53%；环烷族的——31%；和芳香族的——16%。

碳氢化合物类别间的比列除了作为分类特征外，还指示着石油在各带的变质程度。异常的石油具有很大的意义。很有趣的是在某些石油中有大量不饱和的碳氢化合物。例如，爪哇岛的石油含有的 10%萜烯(терпен)，并有相应的味气。

在苏联西乌克兰和中亚的某些第三纪石油中也曾发现过不饱和的碳氢化合物。

苏联在格鲁吉亚的第三纪麦阔普沉积中就存在着具有治疗功用的绿色的纳弗太兰石油。它们全无烷族的碳氢化合物。在乌拉尔有的石油中 60% 都是芳香族碳氢化合物。西伯利亚的米努斯石油完全不含环烷族。

但是，在地球上环烷族类的石油是最主要的。在石油的成份中环烷族常居首位。

除了以上三类碳氢化合物以外，也还发现有一些其他的碳氢化合物。的确，其含量并不大。但它们的作用却很大，它们影响着石油的质量。现在我们引出它们的成份(据道布梁斯基)。(见表)

石油中含量少的碳氢化合物

系	碳 氢 化 合 物 (代表)
$C_n H_{2n+2}$	甲烷及其同系物。
$C_n H_{2n}$	单环多次甲基碳氢化合物。
$C_n H_{2n-2}$	双环多次甲基碳氢化合物。
$C_n H_{2n-4}$	三环多次甲基碳氢化合物。
$C_n H_{2n-6}$	单环芳香族的碳氢化合物。
$C_n H_{2n-8}$	双环、部分氢化的芳香族碳氢化合物。
$C_n H_{2n-10}$	苯化的双环多次甲基碳氢化合物。
$C_n H_{2n-12}$	苯化的三环多次甲基碳氢化合物。
$C_n H_{2n-14}$	双环、多次甲基芳香族碳氢化合物的同系物。
$C_n H_{2n-16}$	双环的芳香族的碳氢化合物，以双环的多次甲基表示。
$C_n H_{2n-18}$	三环的芳香族的碳氢化合物。
$C_n H_{2n-20}$	苯化的双环芳香族碳氢化合物。
$C_n H_{2n-22}$	多环芳香族碳氢化合物。
$C_n H_{2n-24}$	
$C_n H_{2n-26}$	
$C_n H_{2n-28}$	
$C_n H_{2n-30}$	

也有含硫的化合物。

石油中的含硫化合物

S	溶液中的游离硫。
$H_2 S$	硫化氢。
$C_n H_{2n+2} S$	硫醇(Меркаптаны)
$(C_n H_{2n+1})_2 S$	单硫化物或硫醚(Моносульфиды или тиогфиры)
$(C_n H_{2n+1})_2 S_2$	二硫化物。
$C_n H_{2n} S$	多次甲基硫化物或四氢化噻吩(Тиофаны)
$C_n H_{2n-4} S$	噻吩(Тиофены)
$C_n H_m S_p$	未知组分的硫化物

石油中的含硫量从 0.1% (含硫少的石油) 到 5% (含硫石油)。

含硫最多的石油一般多存在于碳酸鹽岩內，而含硫較少的則在砂岩里。烏拉尔——伏尔加含油区、阿尔巴尼亞、伊朗、墨西哥、委內瑞拉的含硫很多的石油是很著名的，含硫石油佔世界全部石油的 40%。大多数情况下含硫化合物是以硫化物的形式存在。石油硫化的主要过程是和細菌还原硫酸鹽有关。

含硫化物的分析方法、尤其是对輕組的分析方法还很不完善。

氧化物具有重要的意义。

石 油 中 的 氧 化 物

H_2O	水
$C_n H_{2n} O_2$	饱和的脂肪酸
$C_n H_{2n-2} O_2$	多次甲基的單环酸
$C_n H_{2n-x} O_2$	未知的其他酸类
$C_n H_{2n-c} O$	酚类
$C_n H_{2n-x} O_y$	未知組分的含氧化合物。

石油中环烷酸的平均含量約为 0.6%，而酚类为 0.05%。

膠質物質是石油中氧的主要载体 (носитель)。环烷酸和酚类主要是在重質石油中，有时可达 1—2%。

和有机界有关的含氮化合物引起了很大的爭論。其含量由极微量到 0.8% (加里福尼亞的一种重質石油)。其中的大多数属于喹啉 (хинолин) 和吡啶 (пиридин)。也具有吡咯化合物 (пироловые соединения)，这里也包括卟吩族化合物。

石 油 中 的 含 氮 化 合 物

N	气相的氮
NH_3	游离狀或束縛狀的氮
$C_n H_{2n-5} N$	吡啶
$C_n H_{2n+1} N$	氮化吡啶 (Гидропиридин)
$C_n H_{2n-1} N$	二氮化吡啶 (?) (Дигидропиридин)
$C_n H_{2n-1} N$	氮化喹啉 (Гидрохинлин)
$C_n H_{2n-x} N_y O_z$	复杂的卟吩族含氮化合物

卟吩族化合物是有机物——不論植物或是动物——的色素。它們是由四个吡咯 (пирольные колецы) 組成的卟吩族——杂环化合物 (порфино-гетероциклические соединения) 的衍生物。

它們具有很典型的吸光性和螢光性。尽管在石油中仅含千分之几、有时只含万分之几，但由于上述特性已触使我們很容易把它分辨出来。

全苏石油研究所确定了石油的硫化与卟吩族化合物含量增加間的关系。卟吩族在含硫石油中呈三价钒的复合体 (ванадиевые комплексы)。

О.А. 拉德琴科 (О.А. радченко) 和 Л.С. 謝希娜 (Л.С. шешина) 推測卟吩族化合物在石油中是由含硫細菌作用而形成的。除三价钒的复合体外，在少硫石油中还有鎳的复合体。也有时在石油里不含卟吩族化合物。

关于石油卟吩族化合物的成因，問題有兩種观点。

一些人認為卽族化物是和生油沉积有关系的（А·Ф·道布梁斯基教授）；另一些人認為它是在油藏形成的后期形成的，石油在运移过程中从周圍岩石里帶來了卽族化合物。

很有趣的是有一些石油中的卽族化合物是属于含鉄的血紅卽（гемоглобин）类，而另一些石油中的則属于叶綠素类。以上的事实說明石油有时是由动物生成的，而另外一些时候是由植物生成的。

但卽族化合物和含硫細菌的关系並沒有証实上述的說法。卽族化合物在含硫石油中比在含硫少的石油中要多几十倍、甚至于几百倍。

还有一点应当指出，地瀝青中所含的卽族化合物要比在石油里的多。这对某些化学家來說（如А·Ф·道布梁斯基）是原生地瀝青（从其中生成石油）存在的証明之一。

大家知道，把石油的分子式写得十分精确是不可能的。石油是以各式各样的形式存在着，通常是写出石油的組份，但对它研究也还远未臻完善。

在巴庫、格罗茲內、列宁格勒、莫斯科、烏法等地的苏联化学家們正在石油的化学研究方面进行着巨大的工作。

根据А·Ф·道布梁斯基的資料，已經研究透澈的个别碳氢化合物只佔石油成分的 8%；大致研究过的佔 75%；而还有 17% 的石油組分尙全未研究。至于談到石油的重組分，那么已經搞清的不超过其总量的 1—2%。

石油組分的研究与石油成因問題有直接关系。

目前通常采用石油和与石油有关瀝青的組分分析法。

在組分中分为油質（масла）、膠質（сомолы）、瀝青質（осфальтены）和碳青質（карбоиды）。

1. 油質是一种淡色的、有时是粘稠的液体。全部由碳氢化合物所組成。

地臘中的油質是一种固体的碳氢化合物，它由石臘和不多的液狀油質的混合物所組成。地瀝青中的油質是由环烷族和芳香族多环碳氢化合物所組成的。

2. 膠質一般都是黏的或玻璃狀的固体物質，顏色由黃色到黑色。在膠質中除碳和氢外，还具有相当数量的氧、硫、和氮，同样也含有灰份元素（鈣、鎳等）。膠質分为比較中性的（苯族的）和比較酸性的（醇—苯族的）。

3. 瀝青質是一种具环狀結構的黑色脆性固体。不溶于石油醚，人們就用这种性質来区分瀝青質和膠質。瀝青質中同样也含有非碳氢化合物成份（氧、氮、硫等等），但其含量大于在膠質內者。

4. 碳青質是一种含有更多的非碳氢化合物的物質。它甚至不溶于溶解性能最强的溶剂（氨仿，二硫化碳等）。只能按照元素成分来研究碳青質。在氧进一步增加的情況下，碳青質就將过渡为腐植酸，并可溶于硷中。和油質、膠質和瀝青質不同，碳青質不属于石油的成分，而只存在于煤狀的固体瀝青—碳瀝青和碳質瀝青中。

也应该談談石油的灰份。

現在已知在石油的灰分中有 30 种左右的元素，通常它們和石油的地瀝青—膠質部分有关。如果我們按遞減的次序来例举的話，則其中主要的元素为：（据 BA 索柯洛夫）

S、N、V、P、K、Ni、J、Si、Ca、Fe、Mg、Na、Al、Mn、Pb、Ag、Cu、Ti、U、Sn、As。

上述元素是以环烷酸鹽的形式存在于石油中。

鈣和鎳的氧化物佔灰分整个重量的 60%—70%。鈣的含量只佔膠質的 0.15% 以下，而鎳仅佔 0.001% 到 0.03%。

釩和鎳的数量比是从 0.1 到 10, 这个比值是所有区域的共同特征。

这些元素的出現是和原始淤泥—未来的生油岩系有关。

有人則認為这些組分也象噁族化合物一样, 是后来才进入油藏的。

存在着这样的概念: 認為石油的地瀝青—膠質物質是由硫化物—还原細菌作用于石油的噁族碳氢化合物而产生的。

在伏尔加—烏拉尔含油区二叠紀、石炭紀的层間水及石油中、在恩巴区的中生代石油和格罗茲內的第三紀石油里发现有丰富的微古植物化石。而在伏尔加—烏拉尔区泥盆紀的石油和层間水中沒有細菌。由此看来, 在这兩种类型的石油中就应当存在着不同数量与質量的膠質和瀝青質。但是, Н.А. 捷麥科娃 (Н.А. демекова) 和 А.П. 庫尔巴特卡婭 (А.П. курбатская) 的研究得出了另外的結果。

釩及鎳主要含于膠質—瀝青質部分中, 并和噁族复合体有关。70% 的氮和大部分的氧及硫都和石油的地瀝青—膠質部分相連系。

在含硫的石油中見到釩及鎳的富集。总的含硫量在从石油向固体瀝青变化过程中逐漸增加。釩与鎳的比值在石油向固体瀝青的轉变过程中是固定的, 它并不发生变化。因此应当認為 А.П. 維諾格拉多夫 (А.П. виноградов) 的意見是正确的, 他認為石油中的釩及鎳是原生的, 它們还是在有机淤泥的阶段就产生了。石油的次生硫化过程并不与釩和鎳的聚集过程相伴生, 釩和鎳与动植物机体中的四个吡咯結構 (тетра-пироловые структуры) 有关。同时叶綠素中的鎂可为鎳所代替, 而在血紅朊中的鉄則可以釩代之。但是釩的堆积过程是較复杂的。在含硫較少的石油中釩的含量很少, 而氮、鎳及合鉄的含量較多。PH 值低的区域 (近于硫化氢的浸染帶) 是有利于釩及鎳聚集的环境。

即使不是大部分, 也是相当大的一部分的地瀝青——膠質物質是原生的, 并與碳氢化合物一起在有机淤泥中同时形成。

2. 地 瀝 青 (асфальты)

現在我們談談其他的瀝青类。石油經蒸发后变濃, 輕質的碳氢化合物揮发了, 并且形成了粘的軟瀝青 (мольты)。这是一种富含氧和硫、比重大于一的黑色石油。再进一步变化的結果就形成了地瀝青。在自然界中地瀝青是很普遍的。它常呈脉狀; 沿岩层层面呈泉华狀; 成为浸潤岩石的瀝青; 最后, 在很少的情况下 (如在庫頁島和特里尼达島) 为巨大的瀝青湖狀存在。特里尼达的地瀝青的儲量計达 1500 万噸。而在拉—布列阿 (Ла-Бреа) 湖地瀝青的厚度达 50 公尺, 其面积約为 100 公頃。在文献中常有「кир」这一术语。有人認為它与地瀝青不同, 是来自含膠質少的石油。但是, 正象 В.А. 烏斯宾斯基的化学研究所証实的那样, 它与地瀝青間並沒有明显的区别

地瀝青是一种非晶質的物質, 它同样也是由碳及氢所組成, 并含有硫、氧及氮。地瀝青的物理性質如下表所示:

地瀝青的某些物理性質

性 質	特 征
顏色	黑色、黑褐色
条痕色	褐
硬度 (莫氏硬度計)	0—1
溶点 (°C)	0—110
比重 (在 25° 时)	0.9—1.09
煉焦率 (%)	5—10
瀝青質的含量 (%)	30—50
溶解度 (%)	
在 C ₂ S 中	100 以下
在苯中	100
在乙醚中	100以下

根据苏联地球化学家 А·Ф·道布梁斯基教授的研究与綜合，也可把許多地瀝青的元素成份列成一个表。

地瀝青矿物的元素成份 (А·Ф·道布梁斯基)

正 常 的 地 瀝 青

油 田	溶 化 温 度 (度)	元 素 成 份					
		C	H	S	O	N	CH
肯杜基 (Кентукн) (美国)	—	84.1	11.5	3.6	—	1.6	7.6
卡麥什拉 (Камышла) (外伏尔加)	液态	85.0	11.1	—	—	1.0	7.7
特里尼达 (南美)	110	85.9	11.1	2.5	—	—	7.7
捷布比特 (Теббнт) (美国、猶他)	約80	85.3	10.9	1.3	0.3	0.3	7.8
新地島	液态	86.0	12.2	—	—	—	7.1
彼舍尔布朗 (法蘭西) (Пешельброн)	—	86.6	11.4	1.4	0.4	0.3	7.6
澤依謝尔 (德国) (Зейсель)	53	87.0	11.2	—	—	—	7.7
印第安納 (美国)	—	87.4	11.0	1.5	—	0.6	7.9

平均 = 76

含 硫 的 地 瀝 青

		C	H	S	O	N	CH
昂科納 (Анкона) (意大利)	—	79.6	8.8	9.4	0.8	1.4	9.0
叙利亞 (小亞細亞)	140	80.0	9.0	10.0	0.6	0.4	8.9
烏它利捷 (Увальде) (美国, 德克薩斯)	—	80.3	10.1	9.6	—	0.4	8.0
馬拉凱博 (委內瑞拉)	136	81.6	9.6	8.0	—	—	8.5
特里尼达 (南美)	106	82.3	10.8	6.2	—	0.8	8.1
貝繆德群島 (Бермудец)	106	82.8	10.8	5.9	—	0.7	8.2
拉巴捷拉 (Иа патера) (美国加利福 尼亞)	—	83.3	9.9	6.2	—	0.7	8.4

平均 8.4

含 氧 的 地 瀝 青

		C	H	S	O	N	CH
伊星巴依	液态	70.5	8.6	4.2	16.7	微量	8.2
古比雪夫的外伏尔加 (Куибышевское завожье)	100	74.0	8.6	5.1	12.0	0.3	8.6
韃靼苏維埃社会主义自治共和国	液态	74.6	9.1	8.1	6.7	0.3	8.2
薩馬尔弧 (Самарская лука)	100	75.4	8.4	4.2	11.6	0.4	9.0
薩馬尔弧	36—50	75.7	9.2	4.4	10.7	0.0	18.2
龐-秋-查托 (Пен-дю-шато) (法蘭西)	—	76.4	9.6	—	—	2.4	7.9
巴什基里亞苏維埃社会主义自治共和国	18	76.7	9.6	3.8	11.6	0.5	8.0
巴什基里亞苏維埃社会主义自治共和国	76.5	78.0	9.4	3.4	8.9	0.2	8.3
薩馬尔弧	100	78.6	9.1	6.2	5.6	0.4	3.6
特里尼达	56—65	78.8	9.3	—	10.0	1.4	8.4
古比雪夫的外伏尔加	41	78.8	9.8	4.7	6	7	8.0
薩馬尔弧	100	79.0	8.9	6.1	5.6	0.4	8.9
古比雪夫的外伏尔加	100	79.3	9.6	4.4	6.4	0.3	8.3
古比雪夫的外伏尔加	63	79.5	9.3	4.3	6.1	0.3	8.1
韃靼苏維埃社会主义自治共和国	68	80.3	9.7	4.2	5.6	0.2	8.2
列依特林根 (Рейтлинген) (德国)	—	80.8	11.1	1.1	5.7	1.3	7.9
爱沙尼亞苏維埃社会主义共和国	—	81.4	9.4	7.9	7.9	1.3	8.6
薩馬尔弧	36.5	82.41	9.9	4.5	2.9	0.3	8.4
哈薩克苏維埃社会主义共和国	—	82.6	0.6	0.9	5.4	0.5	8.2
巴斯捷尼 (法国蘭德) (Босень)	—	84.5	9.6	9.6	4.1	1.8	8.3

平均=8.7

道布梁斯基單分出一类含氧地瀝青 (氧化地瀝青 (окисасфальгы)), 并認為这种地瀝青不可能是地壳深处的石油在原还环境下經氧化而形成的。他还認為: 含氧地瀝青就是一种原生的原石油 (прогонейфгы), 或者說是石油的原始物質。但是, 地質学家們是不同意这种意見, 并認為所有的瀝青均系石油的变化产物。从道布梁斯基的表中, 可以看出正常的地瀝青逐漸地变为含氧地瀝青。

显然, 各种地瀝青間的差異是与它們不同的变質情况密切相关的。例如有时在地表, 而另一些时候是处于深处条件下。

3. 地 臘 (Озокерит)

我們應該特別講述一下地臘——一种很貴重的、較少見的矿物。它很象蜂臘。用地臘而作絕緣体、蜡燭、蜂巢、及鞋油, 它也应用于国防工业。

地臘的比重为 0.90—0.94。其熔点越高, 則越貴重。

地臘是由石臘族石油形成的。地臘矿床并不太多, 最大的地臘矿在苏联里海的契列肯半島和西烏克蘭。苏联在近年来对地臘进行了新的研究工作。

从化学观点看来, 地臘是石臘族固体碳氢化合物 (C_nH_{2n+2}) 的混合物, 并含有液体碳氢化合物。其中碳的含量为 84.44%—86.15%、氢的含量为 13.7%—15.3%, 与石臘族的石油相似。地臘与一般地瀝青的区别在于地臘中含有达 5% 的氧。

远在十九世紀人們就已經开始对地臘的成因問題发生了兴趣。波蘭、奥地利和德国学的者們进行了最初的研究, 他們作了很多次的化学試驗。

别尔里涅尔帕拉茨 (Берлинер Брац) 認為石臘是石油的原始物質的假說曾經風行一時。也有過這樣一些想法，認為地臘和石油都是煤层分解的產物。

與上述情況相反，在俄羅斯從地質方面對具體的地臘礦藏進行了研究。

1917 年，К.П. 卡里茨基 (К.П. калицкий) 曾發表『地臘或石臘』一書。其中有一章論述了地臘的成因。卡里茨基認為費爾干區的地臘礦的成因是由于在干燥和炎熱的條件下石油輕組分蒸發的結果。

卡里茨基的這一假說引起了下列的反對意見：

1. 在地臘中含有大量處於高壓下的天然氣，而且最大量的天然氣是含於有高質量地臘埋藏的地方。

在過去的博里斯拉夫油礦史中可以很清楚地知道很多人當十九世紀在博里斯拉夫開采地臘時由于天然氣沖入坑道曾經這樣犧牲了性命。

2. 在存在着地臘礦的數百公尺深處，要想發生蒸發作用是不可想象的。

在費爾干區，在含地臘層很陡的情況可，侵蝕斷面非常的小。

3. 從蒸發作用的假說來看，就不能解釋沒有膠質的由固體碳氫化合物組的地臘的存在。如著名的博里斯拉夫地區的『大理石狀石臘』 (『Мраморный Воск』)，契列肯，紹爾蘇 (Шорсу) 的地臘脈等。

如果說地臘是由蒸發作用形成的，那末就不理解石油中所含的膠質和瀝青質到什么地方去了。要知道膠質和瀝青質是不能蒸發的。

蒸發假說現在已經被否認了。

所有的研究者目前都把石油的冷卻視為地臘結晶的原因。而對促使石油冷卻的因素方面存在着兩種看法。

因此，目前在蘇聯的文獻中通常認為在地臘的成因方面有兩個假說：一種是地熱假說，一種是脫氣假說。

按地熱假說的說法，石油冷卻的原因是由于石油從深處升起，並經過較低的地殼等溫線的結果。

石油在上升的過程中分出了全部較低溫的碳氫化合物，這樣就形成了地臘礦藏。

地熱假說的基本原理可歸納為下列幾點：

1) 地臘由石臘族結晶而形成。而石臘是由于熱石油 (горячая нефть) 沿裂隙上升較冷的地帶後分出來的。熱石油的存在 (在格羅茲內及其他等地) 是勿容置疑的。

2) 由于石油流動的結果就把母液 (маточный раствор) 擠出來。這一點是地臘形成中的必要條件。至于對如何完成上述流動的問題有着各種看法。一些研究者認為是由于在氣體和靜水壓力的影響 (提齊金 (тыцкин))，其他一些研究家們則認為是岩石和天然氣的壓力影響下產生的 (С.М. 利西奇金 (С.М. лисипкин))。但根據 В.Б. 鮑爾菲里也夫的意見認為是在水壓的影響下發生的。

3) 石臘的沉淀作用具有按組份結晶的特點。隨着深度增加，地臘的熔點也必增高。

4) 地臘的熔點越高，則地臘在岩石中的濃度就越小。

5) 殘余的石油礦藏和地臘礦藏間是彼此相銜接的。但是，在這個問題上存在着鮑爾菲里也夫的特殊意見，他認為只有在隔離的條件下，也就是說當產生地條礦的那一部分石油與原來油藏失掉聯系的條件下石臘才能形成 (形成石臘的石油是由原來油藏那里上升來的)。

根據脫氣假說，石油冷卻的原因與天然氣的膨脹有關，這些天然氣是沿着構造裂縫由石油中離析出來的。

气体的膨脹具有絕热的特性，也就是說，这种作用进行得很迅速，沒有热能的补充。这是由于岩石的导热率很差的緣故。

石油劇烈的冷却引起了高分子碳氢化合物的結晶，这就是地臘形成的第一个阶段。

脱气假說在 1945 年由苏联地質学家利文塔里 (левенталь) 提出，1953—54 年由 В. И. 莫拉托夫 (В. И. мурагов) 进行了詳細的研究，并在此基础上对地臘矿藏的远景作了估价。

В. И. 莫拉托夫首先对地热假說进行了有根据的批評。我們在这里仅就其地質方面的論点来講述一下。

1) 如果是石臘質的石油在上升到較高的地区时进行冷却并真的产生地臘矿藏的話，那末就不明白：为什么地臘矿藏这样少，而在地球上石臘質石油却这样多。

已經証明，对地臘形成來說，在石油中并不需要很高的石臘含量。

2) 按照地热假說，在地臘矿藏上面應該有殘余产物 (油質、地瀝青——膠質的組分) 的殘余矿藏。而在地臘矿藏之下應該有殘余的油藏。但是在勘采地臘时并未发现这些矿藏。所有地臘矿藏通常都是紧接着侵蝕面。

3) 从地热假說的观点来看，就不能理解为什么会有次生的烷族油藏存在，为什么石油在沿着断层运移时 (如在格罗茲內) 不形成地臘矿藏。

4) 假設碳氢化合物具有逐漸冷却和逐漸沉淀的可能性，那末为了分泌出所有在地臘中的高分子碳氢化合物，石油就必须經過很大的一段距离。象在波里斯拉夫油田的地热增温級为 42.9 公尺，要析出所有含在地臘內溶点为 35—92°C 的碳氢化合物，石油就必须上升垂距为 $42.9 \times 91 = 3903$ 公尺的距离。而实际上，波里斯拉夫地臘脉的埋藏深度并不超过 400 公尺。

对契列肯来講，它的地热增温級总共只有 7—7.6 公尺。石油就应该流經不少于 500 公尺的垂直距离，在这段距离上随时沉淀出可熔性越来越低的地臘。而实际上，契列肯在 500 公尺的深度上並沒有地臘。

对另外一些地臘矿藏來說也可以获得上述情况。

根据比較有論証的脱气学說 (該学說把从油藏沿裂縫分出的气体之膨脹作为石油冷却的原因) 在每一个裂隙附近都可能形成地臘的泉源，而地臘在成份和儲量上的不均匀性正与这种情况有关。

进行地臘形成作用的帶叫做地臘形成的「层」 (этаж)，其垂直高并不大只有 100—300 公尺。在油藏和地臘矿藏之間，在地臘形成作用完全停止的情况下，就形成了很明显的界限。

但大多数情况是可以看到一个过渡帶。在冷却作用的地方最后殘存了所謂的殘余油藏。

(見图)

在殘余油藏和地臘之間有着中間过渡帶，在过渡帶中部分地形成着地臘的細粒結晶。这里就产生了一个界于地臘和石油之間的組成物，这种組成物和地臘的區別在于油質較多和固体碳氢化合物較少；而与石油的區別又在于油質含量少而固体碳氢化合物較多。这是深部地臘帶 (зона ката-озокеритов)。

由于石油具有很高的热电阻 (тепловое сопротивление)，所以在地臘形成泉源附近的石油冷却作用分佈的距离很小。因此深部——地臘帶也很小，只佔全部地臘形成「层」的 10—12%。

再向上應該是地臘帶的本身或原地臘帶 (зона орто-озокеритов)。这一帶在全部地臘形成「层」中佔有不少于 65% 的垂直高度。在原地臘帶中有固体碳氢化合物、石臘、和提純地臘 (церезин)，其化学式为 $C_{37}H_{78}-C_{88}H_{108}$ 。

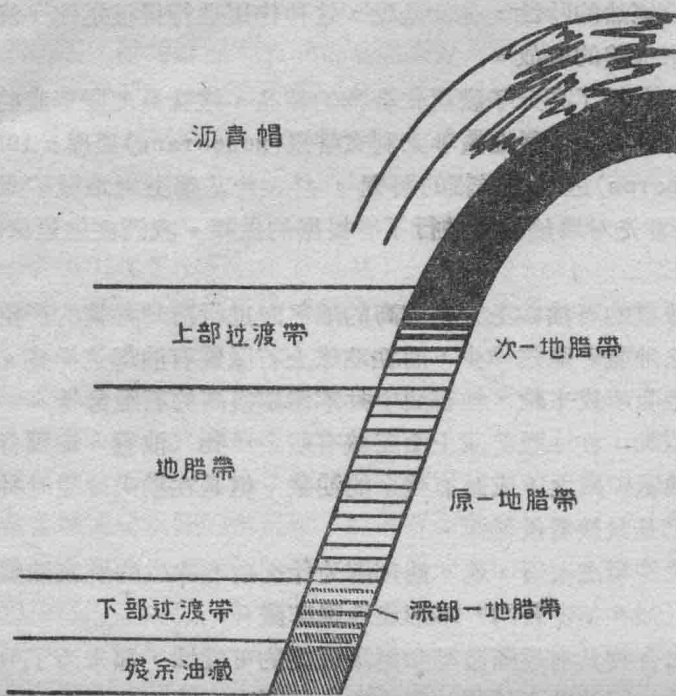


图 1. 地腊矿各带分佈图 (莫拉托夫)

在原——地腊带之上为次地腊带 (зона иоразокеритов)，它不超过地腊形成「层」的 25%。

在这一带里猛烈地进入了过剩的溶剂。溶剂里缺乏很高的高分子碳氢化合物的代表，但仍然是液相的。次地腊带靠近代表，在其中进行着胶质化作用，并可見到油质减少的情况。最后，剩过的石油流出来，并在地表上形成了瀝青伏盖 (кировые покровы) ——地腊矿藏的指示。又可把它叫做地腊矿床的瀝青帽 (кировые шляпа) (和金属矿床的铁帽相似)。

各带之间是逐渐过渡的。但是这种过渡却仍然比地热假说所认为正确的情况要急剧的多。地热说认为根本不可能有任何独立的带。B. H. 莫拉托夫认为所有地腊都不早于第三纪，因为地腊并不稳定，它们在细菌的作用下将变为高氮瀝青 (альгарит)。

在附合于脱气假说的先决条件方面要回答下列三个问题：

1. 该地是否发生过地腊的形成过程及其规模如何？
2. 地腊形成「层」如何？
3. 地腊矿床被剥蚀的程度如何？

为了回答第二个问题就必须打专门的估价井或勘探井。

毫无疑问，新的莫拉托夫的假说比其他的假说更有根据。

但是这个假说也有一系列的问题不能回答。

从这个假说出发，就不能理解在契列肯区为何存在着新的巴庫期 (第四期) 的地腊，它是由已经过完全脱气以后的石油形成的。

由于需要石油快速冷却，所以只有少量的裂隙能够满足形成地腊的条件。但是在契列肯地腊却填充着大量的裂隙和当地形成的与地表相連通的面，沿着这些裂隙石油快速的移动是不太可能的。

可是脱气假说在認識該问题的本质方面是进了一步，并值得进一步研究。最后来引述一个 H. A. 赫拉莫夫的地腊矿分类。

地 臘 礦 藏 的 形 态 分 类

礦藏特征	第一类	层 状 的	第二类 脉 状 的		
矿体特征 地臘分散在岩层中，包在砂层或砂壳灰岩中佔据孔隙的空间。 a) 在下面为含矿岩石帶 6) 在上面为矿藏的风化帶		为純地臘（或具有少量碎屑填充，隙中形成于下列地点的空隙中： A) 在断層裂隙和断層通道中（矿脉）； B) 在主要裂隙講为側向裂隙中（矿枝）； F) 在劈理和节理中（矿脉及矿集）； D) 在层間孔隙中（层狀矿脉）	在气体及圍岩（它們具有重新形成的层切割地臘）的压力影响下地臘（或含有填力（压出矿藏）或幼力（压出矿藏）	地臘好象是破碎的岩石的膠結物（这些岩石与純地臘相列普（nen）。	地臘以块狀，結核狀及餅狀（在或內呈細礫狀及在砂矿分散在地表或在埋藏不深的岩石中。
矿藏形状 层 状 a) 砂、泥質砂层 6) 砂岩 b) 灰岩及介壳灰岩		脉狀、集狀及矿枝狀 a) 粘土及泥質頁岩 6) 砂岩 b) 灰岩	網 脉 a) 粘土 6) 泥質頁岩 b) 砂岩	砂 状 a) 粘土 6) 泥質頁岩	矿 状 現代沉积的外部表面或現代沉积层。 沿的——現代海阶地，古老阶地大陸的——在脉狀矿藏发育的区域。
圍岩种类 厚度由数公尺至数十公尺。 延續性： a) 在岩层破坏微弱时延續性很大 6) 在岩层受剧烈錯动时只有局部性的延續。		a) 很厚、且延續性很大； 6) 厚度及延續性不大； b) 分佈深度很大； r) 深度不大。	有时很厚且較深； 厚而不深。	很厚且延續性很好； 厚度不大且延續性不好。	沿海岸帶分佈頗广，而在地臘脉破坏帶区域内分佈面积不大。

最近又出現一些对波里斯拉夫和契列肯油田中地臘埋藏情况的新的研究。

在西烏克蘭地臘是存在于波里斯拉夫倒轉褶皺的頂部，由第三紀沉积組成的褶皺被一系列的縱向和橫向的断层所切割。地臘含于由泥岩和鹽互层組成的含鹽建造內。

断层的形成和褶皺形成作用及岩石的性質有关，但地臘脉存在在含鹽建造中却不能只用热力条件来解釋。

存在在主要縱向断层中的地臘脉的寬度为 3 米。橫向断层被很薄的地臘脉（从几公分到 20—30 公分）所填充。

可以遇見兩種变态地臘：呈均質状态形成大理石狀、脆性和柱狀的一类；和呈『列普（лп）』*狀填充于構造角礫岩之間。

角礫岩的形成和逆掩断层及正断层有关。

許多学者（С.Н. 斯納尔斯基〔С.Н. снарский〕、Н.З. 費道捷科娃〔Н.З. фсдотенковл〕和 С.Т. 澤林茲納〔С.Т. зелинзна〕）曾作过很有趣的地臘矿形成和構造关系的觀察。

情况是这样的，純的脉狀地臘貼附于裂縫的一个壁上，而在靠近另外一个壁的地方則是被地臘——列普所联結起来的岩石碎屑。

也有时純地臘紧紧附在兩個壁上，而脉的中央部分为角礫岩所侵佔。

在所有的地臘中都含有滑动面，这說明構造运动在地臘填充了裂縫以后还在繼續着。

地臘是由于油、气、水三相系流运移的結果所形成的。水溶解了鹽，并在原来鹽所佔的地位上形成地臘巢。

在褶皺的頂部石油饱和程度較低，并且看不到水流。液体地臘的形成方式較特殊，它是在地臘已在裂縫中沉淀后由于断裂变質作用而形成的。

为了証实这个假說，曾对含有岩石碎屑的石臘进行了試驗。

將这些物質压置在兩块板中間。当其中一块板活动时，做为一种比較可塑物質的石臘就向活动的那一个面移动，而碎屑則聚集在不动的那块板的附近。

这个簡單的实验使研究家們連想到純地臘脉是由上述类似的方法形成的。滑动面的存在也証实了这种假說。（图 2 和图 3）

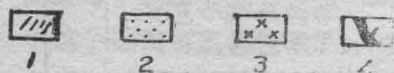


图 2. 矿脉的特征

（据 Менчинский）

1—頁岩； 2—砂岩。

3—地臘（列普）；4—地臘脉。

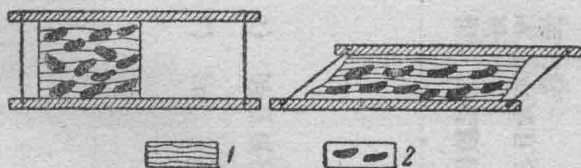


图 3. 由于移动一个夾板而引起的矿石的人工分異。

1—石臘； 2—粘土頁岩碎块。

*『列普』（лп）——据石油字典解釋为『被为地臘膠結的兩壁岩石碎屑所充填的張裂裂隙』此处只作音譯。

——譯者