

石油地质学论文集

第一集



科学出版社

石油地质学论文集

第一集

地质出版社

石油地质学论文集

第一集

成都地质学院石油教研室 译

科学出版社

1961

內 容 簡 介

本书共选譯了1957年以来苏联有关石油地质方面的十七篇論文，其中选自“第廿届国际地质会议”(第一卷)者六篇，“石油地质”杂志者五篇，“苏联地质”杂志者三篇，“地球化学論文集”(第五集)者二篇以及“石油运移及油气聚集的形成問題”者一篇。

内容主要論述石油生成、油气聚集及其分类問題，并介紹了苏联进行含油預測的准則，論述范围并涉及世界油田分布規律等。

所有这些内容，提供給我們許多新的材料，对于开展我国石油地质研究工作以至对于普查勘探我国油气資源，都有相应的参考价值。附录一文，可供我国地球化学勘探工作者参考。

本书可供我国地质工作者，特别是石油地质工作者，包括科研、教学以及野外工作人員参考。

石 油 地 质 学 论 文 集

(第一集)

成都地质学院石油教研室·譯

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1961年9月第一版

书号：2199 字数：202,000

1961年9月第一次印刷

开本：850×1168 1/32

(京) 0001—3,100

印张：7 3/4 插頁：3

定价：1.20 元

目 录

論石油的成因.....	H. Б. 瓦薩耶維奇	(1)
第四紀海相沉积中的瀝青生成問題与石油成因.....	B. Б. 維別尔	(17)
現代沉积中的气态烴类.....	B. Б. 維別尔等	(34)
石油生成的某些地球化学問題.....	E. А. 格列包夫斯卡婭	(42)
石油生成的化学和物理-化学因素.....	A. B. 托普切夫等	(50)
石油的旋光性問題.....	M. Ф. 德瓦里	(65)
中亚石油生成与湖泊沉积的关系.....	M. H. 沙依道夫	(76)
关于儲油岩研究及分类.....	B. И. 柯尔加諾夫	(82)
关于岩性因素在某些油气藏形成中的作用.....	C. C. 卡契金等	(89)
油田形成原理.....	C. Ф. 費多洛夫	(96)
論油田形成的時間問題.....	B. Б. 波尔菲利耶夫	(103)
附: B. Б. 波尔菲利耶夫在石油运移及油气聚集的形成 問題討論会上的两次发言.....		(140)
关于油气藏形成的一个理論.....	B. Ф. 拉宾	(153)
論油气藏的成因分类問題.....	C. П. 柯茲林柯	(164)
油气聚集的分类原則 (油气聚集带、油田和油藏).....	И. О. 布罗德	(168)
油气聚集的分类問題.....	A. Г. 阿列克辛	(180)
苏联普查工作中的含油性預測准則.....	M. Ф. 德瓦里等	(192)
苏联中亚各加盟共和国境内普查新油气区的大地构造先 决条件.....	A. А. 巴基洛夫	(205)
附录: 苏联 1958 年石油化探会議簡介.....		(236)

論·石 油 的 成 因

Н. Б. 瓦薩耶維奇 (Вассоевич)

目前科学上正在認真地解决石油形成的一些基本条件問題。这个問題,长期以来,总是模糊不清,并在持有极不相同概念的拥护者之間进行着激烈的爭論。

石油的深成假說、岩漿成因假說和一般的无机合成假說都已失去了意义。有机說之中認為由均匀的、集中的和分散的有机物质堆积轉变为石油的概念,迄今仍然存在。遺憾的是还有一些人贊成石油由多种方式形成的折衷概念。

如果我們不仅对自然界中石油的集中聚集,而且也對石油的分散聚集,予以注意,則其生成的机理是足够复杂的。石油并不是在岩石生成和构造生成的某一阶段立刻产生的,正确地說,而是在一个相当长的時間过程中形成的。石油开始形成于有机物质中,而終止于深埋作用 (катагенез) 的中期 (早期变质作用——这个术语已广泛理解)。石油从主要是微体生物的有机体中繼承了极小一部分的組分而其主要部分是由于有机物质中的瀝青組分发生了生物自生轉化作用而形成的。

在本报告中將簡短地闡述石油形成的条件和其在前渊拗陷的陆源沉积中的变化。很多丰富的油藏都与这种陆源沉积有关。报告基本上是依据全苏石油地質勘探研究所石油成因組,由 1950—1955 年底,在北高加索所进行綜合研究的成果和很多苏联学者以及国外学者所掌握的丰富文献資料。

研究的主要对象是北高加索地区充填于捷爾斯克前渊拗陷的中新世沉积。在石油地質学史上記載着对該地进行专门研究最早的是 А. Д. 阿尔汉格爾斯基 (Архангельский), 其目的在于闡

明石油的形成条件。A. Д. 阿尔汉格尔斯基广泛地运用了现实主义方法(比较岩石学)而将北高加索的中新世沉积与黑海的现代沉积进行了对比。在1927年所发表的他的工作成果是众所周知的。全苏石油地质勘探研究所广泛地展开和深入地研究之后,修正了A. Д. 阿尔汉格尔斯基的概念并得出了完全新的资料。

原生分散石油的形成

在石油的形成中很清楚地显示出两个主要阶段,即原生分散石油在沉积岩中的形成及其在储油层中的富集。

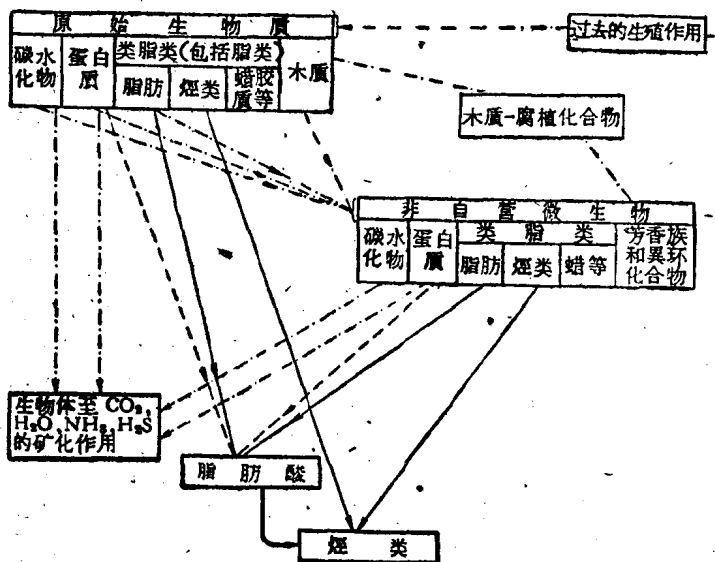


图1 汗泥中靠水生(自营和非自营的)有机体的原生烃类生成和靠生活在水底沉积物中非自菌微生物的次生烃类生成。点线表示烃类生成的次要途径。

目前已知,大多数水底生成的沉积岩,或多或少都含有有机物质。在沉积岩中有机碳的总含量约为 2×10^{16} 吨。克拉克含量约为 1.1% (頁岩为 1.4%)。象煤、油頁岩和石油这样的集中形式总共只占沉积圈中有机物质总含量的 $10^{-1}\%$ 。

在所有情况下,在未經變質的有机物质(包括无烟煤和石墨)的成分中,都有不同数量的能够溶解于有机溶剂中的所謂瀝青组分。这些组分基本上是发源于与其有同样性质的类脂化合物(包括脂类化合物本身),这种类脂化合物含于一切有机物之中,包括在石油形成的最初阶段起极为重大作用的細菌在內。类脂类的組成中包括烴类以及有机化合物,該种化合物在其石化过程中可以形成烴类的补充部分(图1)。在这些物质中起主要作用的是甾醇酯、甾醇、类胡萝卜素、色素(包括叶綠素和細菌叶綠素),特别是主要組成浮游生物及淤泥中生物体的微体生物(就中有藻类及細菌)所富含的脂肪,更为重要(图2上部)。根据我們的計算,浮游生物及細菌仅在黑海及里海每年即可产生 $n \times 10^6$ 吨的烴类。对于整个水圈的酵母活素可以认为是 $n \times 10^7 - n \times 10^8$ 吨/年。

如果不仅計算烴类,而且也計算全部类脂化合物,則这个数目至少也得增加十倍。例如,据 А. И. 高尔斯卡婭(Горская)的資料,黑海浮游生物中类脂化合物的含量約占其干重的8%;同时烴类的含量仅为0.6%。由于淤泥中部分类脂化合物的水解作用,可形成脂肪酸(在蛋白質的去氨基作用下可形成某些数量的脂肪酸),脂肪酸的去羧基作用(生物化学的和生物自生的)則导致烴类的形成。

如果估計到那种重要情况,就是浮游生物和細菌早在寒武紀时就已普遍发育并形成了生物沉积物(它們超过所有其它的水生生物沉积物的許多倍);那么,应当把浮游生物和細菌(特别是那些在海底淤泥中能够以烴类、蛋白質和有机物的其它被吸收组分来形成补充的类脂化合物的浮游生物和細菌),看作是沉积物中瀝青的主要供应者(图1)。

瀝青对抵抗有机物质組分的氧化作用是非常稳定的,这就决定了它們在沉积物中聚集的可能性。的确,瀝青广泛地分布于現代陆地上的水体以及大洋海湾的淤泥中,在数量上約占沉积物干重的 $n \times 10^{-2}\%$ 。

在成岩过程中,瀝青并不消失,只是发生一定的变化(表1)而

表 1 前渊拗陷水下陆源沉积中初生的分散的石油(微石油)之形成

地球化学带	与成煤阶段作用对比	阶段的时间	生油沉积物(岩石)的特性	地球化学环境	基本作用过程	微生物超分的形式和转化	有机物质及其分解产物的运移现象
沉积带	生物体死亡	10 ³ —10 ⁴ 年	渐含水(50—90%)的或砂-泥质的、非钙质的或砂-泥质的、数量有限的、腐植一般不高于克拉克值(换算成有机碳物质不少于1%)。往往有有机碳物质存在(其中也包括 мелановидный¹⁾，而其中有带于腐植的腐植酸类组分存在。	沉积物中的环境是为本底部水层的特性所决定的。可能是氧化的，只限于沉积物上部的一厘米深度上。还原条件下是几厘米深度上，还原条件往往从淤泥表层开始，有阶段性的。还原条件往往与这个阶段合在一起了。	当淤泥中有氧化的条件存在时，将有机物质进行分解：碳水化合物分解成二氧化碳和脂肪族化合物。在缺氧条件下，部分脂肪族化合物分解成二氧化碳和脂肪族化合物。在缺氧条件下，部分脂肪族化合物分解成二氧化碳和脂肪族化合物。在缺氧条件下，部分脂肪族化合物分解成二氧化碳和脂肪族化合物。	部分超分(人体上是直接落到尸体上)是微生物体中的；部分是在微生物体中合成的。	分解出的气态物质—CO₂、CH₄、H₂、H₂S、C₂H₆、C₃H₈、C₄H₁₀、C₅H₁₂、C₆H₁₄、C₇H₁₆、C₈H₁₈、C₉H₂₀、C₁₀H₂₂、C₁₁H₂₄、C₁₂H₂₆、C₁₃H₂₈、C₁₄H₃₀、C₁₅H₃₂、C₁₆H₃₄、C₁₇H₃₆、C₁₈H₃₈、C₁₉H₄₀、C₂₀H₄₂、C₂₁H₄₄、C₂₂H₄₆、C₂₃H₄₈、C₂₄H₅₀、C₂₅H₅₂、C₂₆H₅₄、C₂₇H₅₆、C₂₈H₅₈、C₂₉H₆₀、C₃₀H₆₂、C₃₁H₆₄、C₃₂H₆₆、C₃₃H₆₈、C₃₄H₇₀、C₃₅H₇₂、C₃₆H₇₄、C₃₇H₇₆、C₃₈H₇₈、C₃₉H₈₀、C₄₀H₈₂、C₄₁H₈₄、C₄₂H₈₆、C₄₃H₈₈、C₄₄H₉₀、C₄₅H₉₂、C₄₆H₉₄、C₄₇H₉₆、C₄₈H₉₈、C₄₉H₁₀₀、C₅₀H₁₀₂、C₅₁H₁₀₄、C₅₂H₁₀₆、C₅₃H₁₀₈、C₅₄H₁₁₀、C₅₅H₁₁₂、C₅₆H₁₁₄、C₅₇H₁₁₆、C₅₈H₁₁₈、C₅₉H₁₂₀、C₆₀H₁₂₂、C₆₁H₁₂₄、C₆₂H₁₂₆、C₆₃H₁₂₈、C₆₄H₁₃₀、C₆₅H₁₃₂、C₆₆H₁₃₄、C₆₇H₁₃₆、C₆₈H₁₃₈、C₆₉H₁₄₀、C₇₀H₁₄₂、C₇₁H₁₄₄、C₇₂H₁₄₆、C₇₃H₁₄₈、C₇₄H₁₅₀、C₇₅H₁₅₂、C₇₆H₁₅₄、C₇₇H₁₅₆、C₇₈H₁₅₈、C₇₉H₁₆₀、C₈₀H₁₆₂、C₈₁H₁₆₄、C₈₂H₁₆₆、C₈₃H₁₆₈、C₈₄H₁₇₀、C₈₅H₁₇₂、C₈₆H₁₇₄、C₈₇H₁₇₆、C₈₈H₁₇₈、C₈₉H₁₈₀、C₉₀H₁₈₂、C₉₁H₁₈₄、C₉₂H₁₈₆、C₉₃H₁₈₈、C₉₄H₁₉₀、C₉₅H₁₉₂、C₉₆H₁₉₄、C₉₇H₁₉₆、C₉₈H₁₉₈、C₉₉H₂₀₀、C₁₀₀H₂₀₂、C₁₀₁H₂₀₄、C₁₀₂H₂₀₆、C₁₀₃H₂₀₈、C₁₀₄H₂₁₀、C₁₀₅H₂₁₂、C₁₀₆H₂₁₄、C₁₀₇H₂₁₆、C₁₀₈H₂₁₈、C₁₀₉H₂₂₀、C₁₁₀H₂₂₂、C₁₁₁H₂₂₄、C₁₁₂H₂₂₆、C₁₁₃H₂₂₈、C₁₁₄H₂₃₀、C₁₁₅H₂₃₂、C₁₁₆H₂₃₄、C₁₁₇H₂₃₆、C₁₁₈H₂₃₈、C₁₁₉H₂₄₀、C₁₂₀H₂₄₂、C₁₂₁H₂₄₄、C₁₂₂H₂₄₆、C₁₂₃H₂₄₈、C₁₂₄H₂₅₀、C₁₂₅H₂₅₂、C₁₂₆H₂₅₄、C₁₂₇H₂₅₆、C₁₂₈H₂₅₈、C₁₂₉H₂₆₀、C₁₃₀H₂₆₂、C₁₃₁H₂₆₄、C₁₃₂H₂₆₆、C₁₃₃H₂₆₈、C₁₃₄H₂₇₀、C₁₃₅H₂₇₂、C₁₃₆H₂₇₄、C₁₃₇H₂₇₆、C₁₃₈H₂₇₈、C₁₃₉H₂₈₀、C₁₄₀H₂₈₂、C₁₄₁H₂₈₄、C₁₄₂H₂₈₆、C₁₄₃H₂₈₈、C₁₄₄H₂₉₀、C₁₄₅H₂₉₂、C₁₄₆H₂₉₄、C₁₄₇H₂₉₆、C₁₄₈H₂₉₈、C₁₄₉H₃₀₀、C₁₅₀H₃₀₂、C₁₅₁H₃₀₄、C₁₅₂H₃₀₆、C₁₅₃H₃₀₈、C₁₅₄H₃₁₀、C₁₅₅H₃₁₂、C₁₅₆H₃₁₄、C₁₅₇H₃₁₆、C₁₅₈H₃₁₈、C₁₅₉H₃₂₀、C₁₆₀H₃₂₂、C₁₆₁H₃₂₄、C₁₆₂H₃₂₆、C₁₆₃H₃₂₈、C₁₆₄H₃₃₀、C₁₆₅H₃₃₂、C₁₆₆H₃₃₄、C₁₆₇H₃₃₆、C₁₆₈H₃₃₈、C₁₆₉H₃₄₀、C₁₇₀H₃₄₂、C₁₇₁H₃₄₄、C₁₇₂H₃₄₆、C₁₇₃H₃₄₈、C₁₇₄H₃₅₀、C₁₇₅H₃₅₂、C₁₇₆H₃₅₄、C₁₇₇H₃₅₆、C₁₇₈H₃₅₈、C₁₇₉H₃₆₀、C₁₈₀H₃₆₂、C₁₈₁H₃₆₄、C₁₈₂H₃₆₆、C₁₈₃H₃₆₈、C₁₈₄H₃₇₀、C₁₈₅H₃₇₂、C₁₈₆H₃₇₄、C₁₈₇H₃₇₆、C₁₈₈H₃₇₈、C₁₈₉H₃₈₀、C₁₉₀H₃₈₂、C_{191</}

早期深埋作用阶段	10 ⁴ —10 ⁷ 年	粘土质的、泥灰质的和粉砂—粘土质的岩石。粘土主要是伊利石和蒙脱石，而非高岭土质的。它们或多或少地混有其它粘土矿物。孔隙度降低到30—20%，而容重增加到1.9—2.2克/厘米 ³ 。有机物质处于早期褐煤变化阶段。腐植酸逐渐丧失了溶于碱中的性能，生成了聚合，生成了带弱带酸性的腐植组分。	还原环境保存了下来。物质再分配的速度减低了，温度升高到40—50°C，压力增大至200—300大气压。在前期孔隙中的地层有微弱的倾斜，这只能引起气体的运移，地下水维持于停滞状态。	有机物质的分子发生扩大或缩小的反应。最高分子和酸性的组分聚集，脂肪醇和羧酸自生的去羧基作用逐渐发展，生成CO ₂ 和数量很少的CH ₄ 。	主要是由脂肪醇的去羧基作用形成补充了。部分烃类发生了转化，甲烷族(甲烷的)气藏是可能的。	在生油岩中有一阶段的情况——油岩存在时则和上一阶段的情况一样。在圈闭中形成可能的。
真正深埋作用阶段	10 ⁷ 年	岩石同上，但是更为压缩了。粘土质岩石的孔隙度急剧降低，容重大至2.6—2.65克/厘米 ³ 。有机物质由中期褐煤阶段进入晚期褐煤阶段。脂肪醇和腐植酸在达石炭阶段前已耗尽，凝析变得较为中性，凝析量增长了。	同上，温度逐渐升高，在本阶段结束前为150°C甚至200°C；压力增大到1250—1500大气压。在前期5000—6000米的沉积物中产生褶皱。这种作用加强了岩石的压缩，同时使地层尤其是石油层发生了很大的倾斜，易进行运移。多孔地层建立了供水区和潜水区。	同上，去羧基作用结束。他生(附生)元素O ₂ , N ₂ , S ₂ 被较稳定的化合物(昇环状)所代替。有机物质中氮的再分布作用减弱了；昇环化合物开始有了甲烷。由于再分配作用的结果，昇环各部分发生了和成为固相；部分变为较辐射性的真正烃类。	形成补充了。烃类的作用加强了。而向烃类转化的作用，部分原因是由于甲烷族的作用，部分原因是由于再结晶作用(如为碳酸盐作用)决定的。不稳定的烃类，其性质是接近于石油的(即接近于石油)。本阶段之前只生成甲烷。	在这一阶段中，取一个时期中，取决于粘土母岩中的微细结构，取决于母岩的压缩性(如为碳酸盐作用)决定的。不稳定的烃类，其性质是接近于石油的(即接近于石油)。本阶段之前只生成甲烷。
晚期深埋作用阶段	10 ⁷ —10 ⁸ 年	强烈压缩的粘土质的、粉砂—粘土质的、粉砂岩和几乎等于无孔隙度的、有机物质含量无保留。	同上，温度升高至几百度，压力增大至2000大气压或更高。	开始了粘土矿物的分子再造。加强了不稳定矿物元素的重生和溶解。他生元素以及氢(呈CH ₄)停止被有机物质所消耗。	曾保存在地层中的微石油损失了，只有甲烷形成。	残余的甲烷也逸过了。

1) меланойлиты 是氨基苯(蛋白质分解时形成的)和碳水化合物形成的)和碳水化合物形成的)——譯者。

2) 悉尔 H₂S 之誤

表 2. 高加索东北部中新统岩石中有

层	岩 石	样品数目	岩石中有机碳含量(%)		样品数目	岩石中瀝青含量(%)	
			最大的	平均的		最大的	平均的
卡拉干	粘土.....	376	10.6	1.6	360	0.08	0.02
	砂岩和粉砂岩...	19	1.7	0.8	103	0.08	0.015
	碳酸岩.....	18	1.3	0.6	89	0.08	0.02
上巧拉克	粘土.....	108	7.7	1.8	273	0.08	0.02
	砂岩和粉砂岩...	11	1.4	1.0	63	0.06	0.02
	碳酸岩.....	5	2.1	0.9	38	0.04	0.06

繼續留存在岩石里。岩石中的瀝青通常含量不大，但却是組成有机質总含量的十分明显部分，平均約占 2—3%。在成层岩石圈中瀝青的总含量不少于 5×10^{13} 吨。

处于成岩或早期深埋阶段的現代沉积物和变化很少的古代沉积物中的瀝青，其成分中往往既含有烴类，也含有在較晚的成岩阶段中能够或确实能够由其形成烴类的物质（例如脂肪酸）（表 1）。在現代泥質沉积物的瀝青中，烴类含量达 12%；平均含量为 4—5%。处于早期深埋阶段的泥質岩石中，烴类平均約占有机物质的 0.3% [据 B. C. 穆罗采娃(Муромцева)]。

由北高加索中新世沉积中所得烴类的成分研究資料表明，它們的 75% 是甲烷族烴类和环烷族烴类。分散在墨西哥湾沉积物中的烴类具有相似的成分 [P. V. 史密斯(Smith)]。

对从阿尔貢河(Аргун)上始新統庫姆組的泥灰岩中分析出的烴类成分，曾进行过較詳細的研究。据 B. A. 烏斯宾斯基(Успенский)的資料，烴类中甲烷族占 30%，环烷族占 28%，芳香族占 42%。可惜，这些資料仅只是属于中等馏分和重馏分的，而輕的馏分在采样和分析的时候已損失掉(图 3)。这些烴类¹⁾的元素成分和族成分完全属于相应的石油資料范围。

1) 应该估計到，泥灰岩的样品是从露头中采出的，露头中的有机物质经过风化作用，使之甲烷族烴类含量減少，芳香族烴类含量增加(見后述)。

机物质的组分和有机碳(Copr)含量

样品 数目	岩石中被腐化的 酸类含量(%)		样品 数目	有机碳中瀝青 含量(%)		样品 数目	C/N	
	最大的	平均的		最大的	平均的		最大的	平均的
118	5.93	1.54	153	7.69	1.32	83	42.9	16.5
6	2.46	0.76	15	8.33	3.75	10	35.5	16.9
—	—	—	16	5.66	2.5	10	17.5	13.2
79	7.00	1.55	97	5.16	0.67	67	27.9	17.1
8	2.50	1.06	12	7.76	1.81	7	32.2	14.1
2	—	0.12	2	—	1.31	2	—	18.3

由馬克-凱奈(J. W. Mac Kinney, 1924)著作可知,在加拿大阿尔伯达地区晚寒武世頁岩中获得的烴类,其成分中有甲烷族烴(从 $C_{14}H_{30}$ 到 $C_{26}H_{54}$) 和环烷族烴,无论是单环烷(从 $C_{12}H_{24}$ 到 $C_{24}H_{48}$),或双环烷($C_{25}H_{48}$ 及 $C_{26}H_{50}$) 都有。这些烴类在所有普通的石油中都可以遇到。显然,对含于沉积岩瀝青中的烴类进行广泛和深入研究,将可能发现数十甚至数百种新的为石油所共有的化合物。

由此可見,我們所知道的、分散于泥質沉积岩中的烴类,都說明了其与石油的相似性。因此,完全有理由称这些烴类为微石油¹⁾。

很早以来,就把泥質沉积物认为是主要的生油岩了。首先,它在

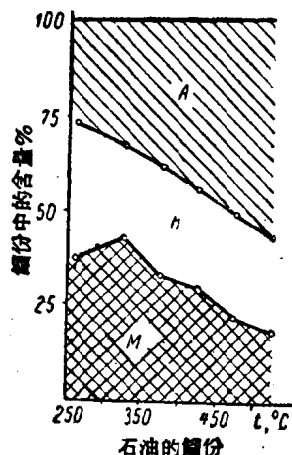


图3 上始新統庫姆組泥灰岩中微石油的烴类組成,用苯胺点(анилиновые точки)方法确定的(据 В. А. 烏斯賓斯基材料)
A——芳香族烴类(和含硫化物);
H——环烷族烴类; M——甲烷族烴类。輕餾份跑掉了。

1) 微石油(микронефть)能够較正确地作为分散于沉积物和岩石中的憎水流体来测定。这种流体乃是烴类的混合物,并含有真溶液或胶体溶液状态的非烴类(胶质,色素等等)。

成层岩石圈中分布极广，约占沉积岩总量的三分之二；第二，在成层岩石圈中有不少于总量 85% 的有机物和瀝青以及烴类都生于泥质沉积中；第三，它们具有极大的压缩性，从而得以给出大量的含于其中的液体及气体物质。

有机物质及其组分分布的基本规律可由表 2 捷尔斯科前渊拗陷中的中新世沉积的例子说明。

在表 2 中所列举的岩层都含有许多油藏。格罗兹尼、北奥塞汀和达吉斯坦地区的大多数曾很好研究过的油田正与这种岩层有关。各个区域石油产出的地质条件（和水文地质条件）都排除了石油从某一个另外的层中运移而来的一切可能 [И. М. 古勃金 (Губкин, 1940); Е. Л. 别什齐奇 (Пештич, 1950—1952) 及其他]。巧克拉克及卡拉干层是以 60—75% 的泥质岩和 40—25% 的砂岩和粉砂岩组成的。成夹层、透镜体和结核状的碳酸盐岩类只占一小部分 (1.5—3%)。巧克拉克层厚达 600—1200 米 (在前渊拗陷中心部分)，而卡拉干层则厚达 350—450 米。它们的下面是厚达几百米主要是粘土质的迈科普层，而上面则为相当厚的萨尔马特层和上新世沉积。向着拗陷的两侧边缘，所有沉积层的厚度都急剧变薄，部分沉积层甚至完全尖灭。

巧克拉克和卡拉干层是在浅水条件下形成的，其大部分深度不超过 200 米，甚至 100 米。巧克拉克盆地中，含盐度小于正常海水，大约与现在黑海中的含盐度相似 (2.0—2.5%)，而卡拉干盆地中的含盐度还要小些。在这两个岩层中，有机物质是混合的——腐泥—腐植质的；这些物质处于变质的褐煤阶段；在拗陷边缘处于早期褐煤阶段，而在拗陷轴部带则处于较晚的褐煤阶段。分散在巧克拉克和卡拉干粘土中的微石油（主要是烴类）总量，高于砂岩（储油层）中的石油总量很多倍。

微石油形成的一般情况如图 2 所示。

当然，可以把分散的微石油认为是滴状液态石油（显石油）的泉源。

瀝青在沉积物及岩石中的含量极低，这似乎是一个主要论据

用来反对认为瀝青及加入其組成中的微石油是天然石油的可能源泉。这样的論据曾不止一次地为地质学家及化学家所提出[П. 特拉斯基(Траский), А. Ф. 多布良斯基(Добрянский), В. Б. 波尔菲里耶夫(Порфирьев), В. А. 索柯洛夫(Соколов)]。但是如果說沉积岩中初生的微石油和岩石中幼年期及成年期的微石油之相对含量少,那末,其在成层岩石圈中的绝对总量則是极大的甚至超过世界石油儲量的若干倍。

否認石油是由于微石油富集的另一種論据,通常不外是这样产生的:即很难想象,微量分散的烴类能够离开母岩,它們必定是留存于母岩中的。这一論据,同样也經不起批評。还早在1927年,杰出的科学思想家之一、生物地球化学創始者、科学院院士 В. И. 維尔納茨基(Вернадский),就曾在自己的“地球化学概論”一书中強調指出:“地壳中存在着各种不同机理,从而使得呈微量分散的这些产物(指石油和泛指瀝青——作者注)能够集聚起来并形成更大的聚集体”。

石油的形成

大多数的意見认为原生粘土的压紧是使微石油发生集中的主要机理。考虑到伴生的作用时,当然这一点是极重要的,并且在高加索方面的材料中也获得了一个証明。图4表明粘土如何迅速地进行压紧以及說明主要是为水及气体所充滿的粘土孔隙空間如何迅速地縮小。显然,在达到一定的临界压力时,液体和气体,包括微石油部分,将被迫离开受压缩的粘土。

微石油从粘土中移出不仅是由于泥質岩石的压紧,而且也由于以下諸原因:

1. 微石油不是不变化的,而是經受着一定程度的促使其容易移出的演化——其成分变得較为中性,并且較輕的组分也逐漸富集起来(表1)。

沒有理由认为,泥質岩中分散的石油及儲油岩中呈滴状液态的石油不发生这样的变化。相反,如果估計到粘土矿物和其它矿

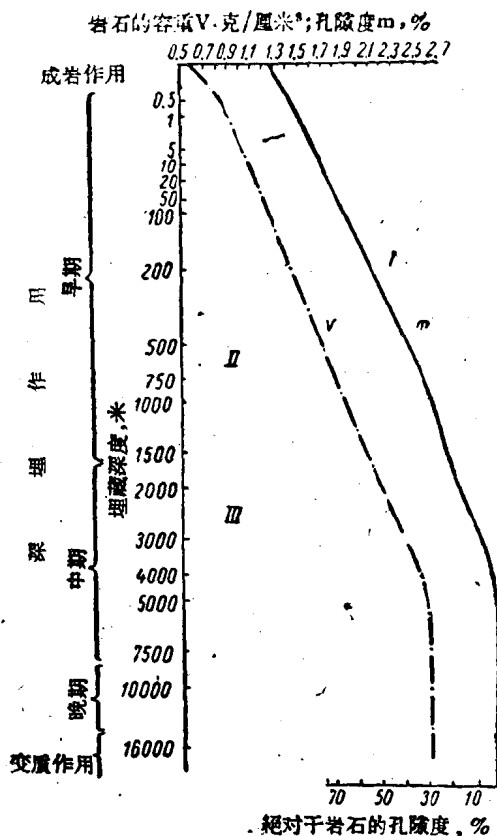


图4 泥质沉积物容重的变化以及它们的绝对孔隙度随埋藏深度的变化。曲线是估计到上面有200米的水柱而绘制的。所示的粘土压缩阶段是依据 B. Л. 罗姆塔得杰所分。I——自由压缩阶段；II——难于压缩阶段；III——固结作用停止阶段。

物的催化能力,则可以合理地认为,微石油在粘土中的变化应超越石油在砂岩和碳酸岩储油层中的变化。

2. 考虑到 M. A. 加比留什尼柯夫 (Капелюшников), Т. П. 茹兹 (Жуз) 和 С. Л. 查克斯 (Закс) 所提出的最新资料,即考虑到石油和天然气 (CO_2 , CH_4 和其它) 系统向单相的蒸汽状态过渡的那些条件时,那末应该承认,类似的条件可能在地下1500米深处产生。因之,在更深处(2500—3500米)微石油不仅可能变为

流动的液体,而且也可由于其变为蒸汽状态而溶于气体,从而更有利于从母岩(由于上复沉积岩累加重量而受到挤压的母岩)中移出。气体也是由于含在同样母岩沉积中的分散有机物质所形成¹⁾。

这些 Б. А. 烏斯宾斯基称之为变质作用气体的数量是极大的。据他计算,这个数量超过微石油的好多倍。

根据上述材料,应该承认,正如 Б. А. 烏斯宾斯基所说的一样,石油在储油层中最初的运移不是在岩石-水-石油系统中,而是在岩石-气体-水系统中完成的。微石油从形成石油的洼陷带呈“油气”(Нефтерас)状态进入深处的圈闭中;而在其通往较高圈闭的途径中可以发生分化,并将在岩石-水-石油-气体的系统中继续运移²⁾。

按照发展的概念,初生的石油应该是比较轻的,少含胶质的,并象我们在下面将谈到的一样,是甲烷族的,或环烷-甲烷族的。

石油在地壳中的变化

了解石油在地下变化的规律性具有巨大科学的和实际的价值。因为,一方面这就使我们有可能预测在新发现的油藏甚至油田中石油的性质;另一方面,又有可能明确石油形成的环境,特别是有可能确定最接近于原生石油的石油类型,亦即最接近于受地表(表生作用)或深处(深埋作用)因素所改变得最小的石油类型。

由于对高加索东北部许多油田中的石油及伴生气体和水的物理化学研究,以及对于做为地下油、气、水产状特征的地质、水文地质及微生物参数的判断³⁾,结果就查明了它们彼此间的关系。已获

1) 这样一来,岩石的有机物质的主要部分也间接地参加了石油的形成作用。

2) 微石油向最近的储油层,首先是向其孔隙中的压力近于静水压力(由于直接或间接地与岩石圈表面——水底或水下的连通而产生的)的储油层中过渡,同时并转为液相;于是微石油就变成成为真正的石油了。

3) 参加这些由作者及全苏石油地质勘探研究所石油成因部的化学家及地质学家所领导进行的综合研究的还有 Г. А. 阿莫索夫(Амосов)、А. И. 包格莫洛夫(Богомолов)、Н. П. 布尔采娃(Бурцева)、З. А. 柯列斯尼克(Колесник)、К. П. 帕尼娜(Панина)、Н. В. 斯特利加列娃(Стригалева)、Н. И. 特列希娜(Трешина)和其他人等。

得的資料可以作为專門图解(图5)的基础,該图說明了液体和气体的变化所服从的基本規律。在編制該图时特別注意了石油的性質。

已經查明,石油的性質首先是受地下溫度及地下水所控制。在同一含油层中,由于外在条件的变化,石油可以改变自己的性質。同时相反,在不同年代的地层中,例如在最上和最下的地层中(按深度有时彼此可相距750米),如果它們的产状——地下溫度及水文地質都相同的話,那末,石油彼此却可以极为近似。从表示不同深度、但是同一溫度的石油的性質的图中(图5)可以看出,埋藏深度所起的作用要小得多。

已經查明,在大多数情况下,冲洗油藏的水其溫度都不超过75°。这时与石油相接触的附近常有包括硫酸盐还原菌的微植物羣存在,更准确地說,是有相适应的微生物羣存在。这种微植物羣是石油在沒有游离氧的地带中发生变化的主要因素。这一带称为潛表生作用带或隱表生作用带。对于这一带最显著的是石油的厌氧作用,这很明显地表现为甲烷族烴在油質部分及固体的石蜡中減少¹⁾,有时几乎消失,以至发生芳香族烴的絕對和相对的富集以及环烷族烴的相对富集。

微植物羣的作用也表現在甜素和鈣的含量的增加上。目前认为在表生作用带中,这些物質部分具有次生的性質,这一点,目前是不会引起怀疑的[O. A. 拉德欽柯(Радченко)]。

石油的氧化作用在明显或特殊的表生作用(称为自生表生作用)带中剧烈地加强起来,其中也有厌氧的颇为活跃的微植物羣出現。这一带由于接近地表,所以輕(揮发性)組分常发生損失(图5)。

直接产于隱表生作用带以下的石油,已經不帶有任何显著的氧化作用痕迹。但是进行氧化作用的可能性(的确,在很小的程度上)并不能完全被排除。因为当沿着含有鉄的氧化物和硫酸盐的

1) 在專門进行的实验中首先为脫硫微生物羣所消耗的正是这些烃类。