

石油生成与 游移问题讨论集

B. Б. 波尔费里也夫 主编

科学出版社

烏克蘭蘇維埃社会主义共和国科学院
有用礦產地質研究所

石油生成与游移問題討論集

B. B. 波尔費里也夫 主編
(烏克蘭科学院通訊院士)

周 家 珩 譯

科 学 出 版 社

1 9 6 2

МАТЕРИАЛЫ ДИСКУССИИ ПО ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И МИГРАЦИИ НЕФТИ

Изд. АН УССР 1955

內容簡介

本书是苏联在乌克兰里沃夫城召开的一次石油生成和石油游移討論会的資料汇编,包括 11 个报告和 21 个发言。所討論的内容归納起来主要可以分四个方面:(1)石油有机生成說,主要是对 И. М. 古物金学說的发展,特別值得注意的是 В. В. 維別尔根据研究近代海洋沉积物的資料而提出的論点;(2)石油无机生成說,即 Н. А. 庫德烈雅夫采夫提出的石油岩漿生成說;(3)И. И. 波达波夫提出的石油由甲烷氧化生成說;(4)В. В. 波尔費里也夫和 И. В. 格林別尔格提出的石油由均質有机物高温分解生成說。这些論說都是各人根据实际工作中的观察或实验研究的結果而得出的結論。各人的結論虽然不同,但是他們所引証的大量地質学、地球化学、化学、生物学等方面的資料,都是非常宝贵的。

現在,石油生成和游移問題,虽无肯定結論,但是各方面在各时期所提出的資料,都可以供我国科学研究人員作进一步研究时的参考。同时,这些資料既反映实际存在的事实,对于广大从事石油地質工作人員和教学人員,也能有很大的启发和参考价值。

石油生成与游移問題討論集

В. В. 波尔費里也夫 主編

周 家 珩 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

*

1962 年 9 月第 一 版

书号:2589 字数:291,000

1962 年 9 月第一次印刷

开本:850×1168 1/32

(京) 0001—1,000

印张:11 1/8 插页:3

定价:1.90 元

前 言

目前,石油生成問題已經引起了不仅是广大范围的石油地質学家們的注意。尽管已經經過很长時間的研究工作,并收集到了大量地質、地球化学等等研究以及鉆探方面取得的資料,这个問題还没有彻底解决。不但如此,过去有許多看来似乎十分满意和有充分論証的学說,由于新資料的提出而引起了許多研究工作者的怀疑,他們先后提出一些极为大胆的假設,例如,石油无机合成說,石油高温生成說之类。在討論这个問題的專門文献里,出現了各种不同彼此矛盾的假說,这些假說都是根据对同样資料的不同理解而提出的。但是,如果这个問題得到了正确和可靠的解决,不仅有很大理論上的意义,而且还有极大的实际价值,因为关于石油形成条件的概念,是評价某一含油区远景和指导普查勘探工作的基本原則。

鉴于展开广泛自由討論这些复杂問題的重要性,1954年末,乌克兰苏維埃社会主义共和国科学院有用矿产地質研究所,里沃夫工艺学院油、气田地質勘探教研組,設立在里沃夫国立弗兰柯大学的里沃夫地質学会等組織一并召开了一次討論会,其目的就是要通过自由討論和爭辯,澄清分歧的論点和意見。在討論会中,这一学科領域的各个学派的代表人物都提出了报告,并作了补充发言,經記錄汇编成这部資料,供石油地質工作者和有关科学部門的研究和参考。

組織委员会主席

乌克兰苏維埃社会主义共和国科学院通訊院士 B. Б. 波尔費里也夫

組織委员会委员

乌克兰苏維埃社会主义共和国科学院通訊院士 E. K. 拉札廉科

地質礦学博士

A. H. 斯那尔斯基

• • •

目 录

前 言	(v)
-----	-------

报 告 部 分

根据近代海洋沉积的研究資料論述石油形成問題	· · · B. B. 維別尔 (1)
研究石油生成問題的現狀	· · · H. A. 庫德烈雅夫采夫 (30)
地壳內碳氫化合物的生成	· · · И. H. 克洛包特金 (83)
根据阿普歇伦生产层中有“悬掛”油藏論述石油和油藏形成問題	· · · И. И. 波达波夫 (115)
根据生物化学、地球化学、地球物理学、岩石学等規律来論阿普歇伦半島的瀝青形成問題和油藏形成問題	· · · И. И. 波达波夫 (129)
石油及其油藏的生成	· · · A. H. 斯那尔斯基 (150)
石油形成的途径和因素	· · · B. B. 波尔費里也夫 (163)
关于石油形成的化学变化方面的几个問題	· · · И. B. 格林別尔格 (192)
粘土重力压实作用是导致石油游移的因素	· · · B. Ф. 李年茨基 (207)
关于喀尔巴阡石油的生油岩系問題	· · · H. P. 拉德仁斯基 (225)
文盆地油藏的形成条件	· · · Г. H. 道連柯 (230)

发 言 部 分

B. A. 烏斯宾斯基	(239)
B. A. 烏斯宾斯基	(243)
H. A. 波戈莫洛夫	(251)
M. A. 麦西尼娃	(254)
M. A. 麦西尼娃	(262)
C. A. 柯瓦列夫斯基	(266)
И. И. 波达波夫	(279)
A. H. 斯那尔斯基	(286)
И. B. 格林別尔格	(287)

В. Ф. 李年茨基	(289)
В. И. 斯拉芬	(296)
Ю. А. 道尔戈夫	(297)
А. И. 馬尔特諾夫	(299)
Н. Ю. 切尔尼雅克	(301)
В. Б. 波尔費里也夫	(302)
М. Е. 沃斯科博依尼科夫	(308)
А. Н. 斯那尔斯基	(310)
Н. А. 庫德烈雅夫采夫	(315)
А. Н. 斯那尔斯基	(333)
О. С. 維雅洛夫	(335)
В. Б. 波尔費里也夫	(337)
苏联第五次石油生成与石油游移問題討論会決議(摘要)	(345)

注：原书中有一篇“辯論組織委员会主席开幕詞”，由于缺乏学术意义的内容，这里没有选譯出来——編者。

根据近代海洋沉积的研究資料

論述石油形成問題

B. B. 維別尔

(全苏石油地質勘探科学研究所, 莫斯科)

关于石油生成和油田形成問題, 實質上可以分为两个彼此有联系的部分。一方面, 有机物的初期轉化阶段和堆积問題; 另一方面, 石油本身的形成与集聚在油藏中的問題。直接研究含有早已处于形成石油阶段的原始有机物的岩层, 并不能解决第一个問題, 唯一的方法就是从研究相似的近代海洋沉积着手。

当然, 我們不一定能找到两种完全相似的現代的和古代的沉积条件, 因为地質发展过程是周期性的; 而且在現在这样极其短促的地質时期內所确定的各种現象的規模, 是无法和古代相比拟的。何况, 古代的和現代各盆地內的有机物界的組成以及各时期水-盐的分布情况等, 并不是一样的。但是, 在以往有机物堆积和轉化过程中, 也同今天一样服从一些共同的、与蓄水盆地和沉积环境有关的規律。因此, 从研究現代海洋的各种沉积相, 就可以了解这些規律的一部分。

在石油地質学中, 大家应当注意的不是象特拉斯克 (P. D. Trask)^[1] 所研究的一些統計数字問題, 而是要查明由不同的相的情况决定的各个沉积方向。自然, 我們研究的范围应当尽可能地广泛, 而研究工作本身應該是綜合性的。

根据石油工业部全苏石油地質勘探科学研究所提出的任务, 我們同各专业的同事們曾进行了近代海洋沉积的研究工作。参加这项工作的还有全苏石油地質勘探科学研究所的許多同事 (A.

И. 高尔斯基組)。根据大家工作的結果,我們有可能对泻湖和浅海湾、前三三角洲、阿速夫—黑海及里海辽阔部分以及黑海沿岸大陆斜坡和黑海陆棚邻近部分各处有机物堆积及轉化的条件进行比較。同时,我們还研究了一些与大洋有联系的比較深的海水沉积样。

从获得的資料表明,有机物堆积的方式和轉化的方向,决定于沉积的条件。下面我們只想討論几个最突出的特点,討論的深度只限于能說明某些有爭論的石油成因問題¹⁾。

沉积物中有机物的堆积

許多人认为,陆源沉积中有机物的含量,随着沉积中粘土篩分的增長而增長,海盆地辽阔部分的情况也是一样。在某种程度上,根据局部条件,从砂質沉积到粉砂沉积以及从粉砂沉积到粘土沉积,其中有机物的含量一般都是增長的。H. M. 斯特拉霍夫^[6]认为,这是因为比較粗粒的沉积物堆积速度快的緣故。也可能是因为較細的海泥的吸收性比溶解在水里的有机物高。在这两种情况下,我們都可以假設,在海盆地辽阔部分的沉积物中,有机物的堆积形态是呈均匀而分散的。

根据水生生物学資料(H. И. 福金娜、E. A. 馬奴查洛娃),如在海盆地的浅处,在那样均匀分散堆积在海底(或者均匀地沉落在海底)的有机物質中,以深海生物为主的話,其中包括海底砂藻类;那么随着深度的增加,浮游生物的数量也逐漸增加,最后居統治地位的意义。此外,随着水深的增加,里面沉落的浮游生物后来的分解程度也增大。所以,在較深的海水相,如其他条件相同,其沉积物中的有机物浓度总是逐漸減少的。

由于这个原因,以及其他局部因素(水的透明度,水流的方向和速度等等),在同样粒度成分的沉积物中,有机碳²⁾的含量也有很大的差別,例如在前三角洲相的粘土質海泥中,有机碳含量为

1) 我們第一阶段研究工作的詳細成果,业已发表过^[1]。

2) 在这里和以下的敘述中,有机碳的含量均以干的沉积物的重量計算。

0.5%，而在同一海盆地的亚潮相的类似海泥中，有机碳含量高达2.45%。

但是，在同样的或相似的沉积相条件下，海盆地大部分相同粒度的沉积物中的有机碳含量的频率曲线，总是有一个很陡而对称的高峯(图1, 曲线 III)，这恰好可以证明有机物的相对均匀的堆积情况。在两极端的指数变化为0.6 到 2.9% 时，在大部分的沉积物体中(总沉积物样的 3/4)，有机碳含量变化在很窄的范围之内(1—2%)。

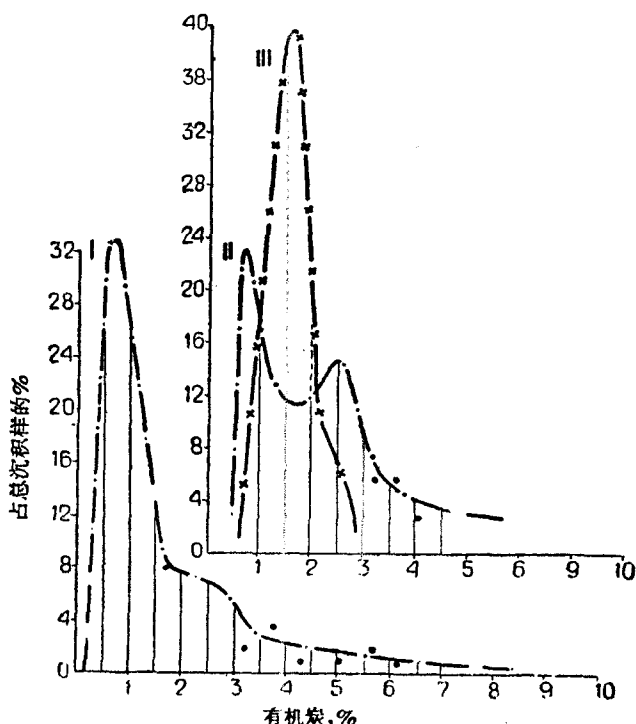


图1 近代海洋沉积物中有机碳含量频率曲线

有机碳含量间隔0—0.5；1.0—1.5%等所示指数均系平均数。频率以占总沉积物样的%表示。I、II——泻湖及浅海湾的沉积物(I——粉砂岩及砂岩；II——粘土沉积)；III——黑海沿岸斜坡及其陆棚连接部分的粘土沉积。

在泻湖和浅海湾沉积中,有机物的堆积还有另一个特点。在浅海湾的底上,常有大量的底生有机物——主要是由植物堆积起来并进行分解,原生的或移置的生成物质反正都是一样。这些有机物也许就是复盖在水底的水绵藻类,也许就是死亡的巨型水藻类或海生显花植物,也许就是堆积在水底的植物残余,一般还混杂着水底砂藻类和极少量底栖生物。由于这些有机物完全分解成为无结构体,同时再加上从大陆上带来的物质,结果形成一种富含有机物的黑色半液态软泥。我们可以借用 И. М. 古勃金提出的术语,把这种软泥叫做有机软泥 (органогенные илы) 或生物软泥 (биогенные илы), 虽然在这种软泥里矿物成分多于有机物成分。

由于接近冲刷区的缘故,软泥里的陆源物质的粒度成分是不一样的,而且它们的分选性也差。但是,与均匀分布在沉积物中的情况不同,在有机软泥中有机物的含量与它们粒度成分的关系,不如与它们原来堆积数量的关系那么大。从图 2 的粒度成分三角形中可以看出,含有大量有机碳的有机软泥,主要是粘土沉积,其中粘土筛分含量超过 50%,另一部分主要是粉砂—砂质沉积,其中粘土筛分占 20% 或不到 20%¹⁾。

如果我们对比一下第 1 图中各相应有机碳含量频率曲线,也可以发现在沉积物中,有机物的堆积条件也有这样的区别。比如,在泻湖及浅海湾沉积物中,这些曲线以及向有机碳含量少的方面移动的主高峰(“左面的”),不是有第二个曲线上升(在粘土沉积曲线 II 上),便是有一个平缓下降的阶梯(在粉砂—砂质沉积曲线 I 上);在这两种情况下,有机碳含量变化范围为 2—3%。在曲线图上有这样两个好象都是高峰(两种因素的影响)的现象,证明不管主要是粘土成分还是粉砂—砂质成分,有机物的堆积是既比较分

1) 在三角形中,这两类沉积是沿着 50% 粘土筛分含量线划分的;根据 Л. В. 普斯托瓦洛夫的划分法,粉砂—砂质沉积应在无分选性的部分,他把这部分叫做 хлидолиты (即由 25--50% 砂质、粉砂质、粘土物质组成的无分选性碎屑岩——译者注)。

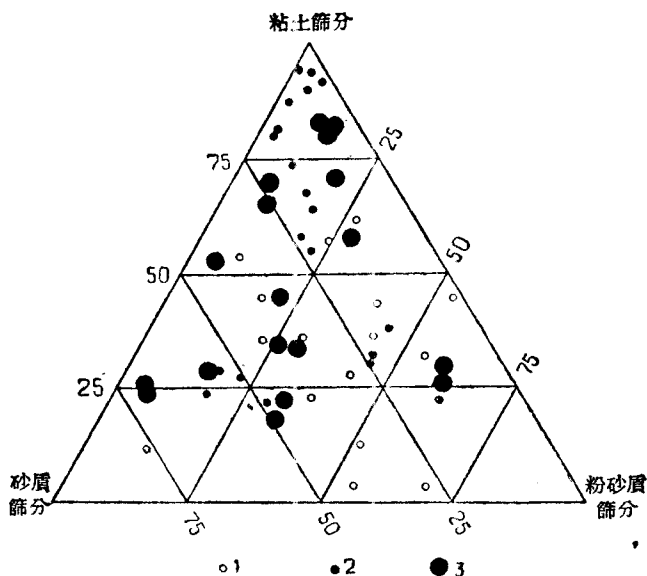


图2 表示泻湖、浅海湾有机软泥粒度成分的三角形
软泥中的有机碳含量：1——1—2%；2——2—3%；3——3%以上。

散又比較集中的。泻湖及浅海湾曲线的“第二个”高峯，正好和生物沉积以及它們压实后的衍生物的分布情况一致。在海盆地的大海部分，只有在粘土沉积中有机物才是这样集中堆积的。同时，在泻湖和海湾中，有机碳含量的上限很高（在曲线 III 中没有有机碳含量超过 3% 的沉积岩样，在曲线 I 及 II 中，有机碳含量分别为 12.5% 及 20%）。

大家知道，水底沉积物的湿度是随着其中所含粘土篩分的增加而增长的。而且，有机物的含量对沉积物的湿度影响也不小。这可以从图 3 中看出（图 3）。在生物软泥中，即在有机物含量高的沉积物中，湿度总是很高的（达 70—80%），而其中的粘土篩分含量也許并不大（20—30%）。在这里，主要吸收水分的东西是有机物。

在 В. Б. 波尔費里也夫和 И. В. 格林別尔格的著作中，曾

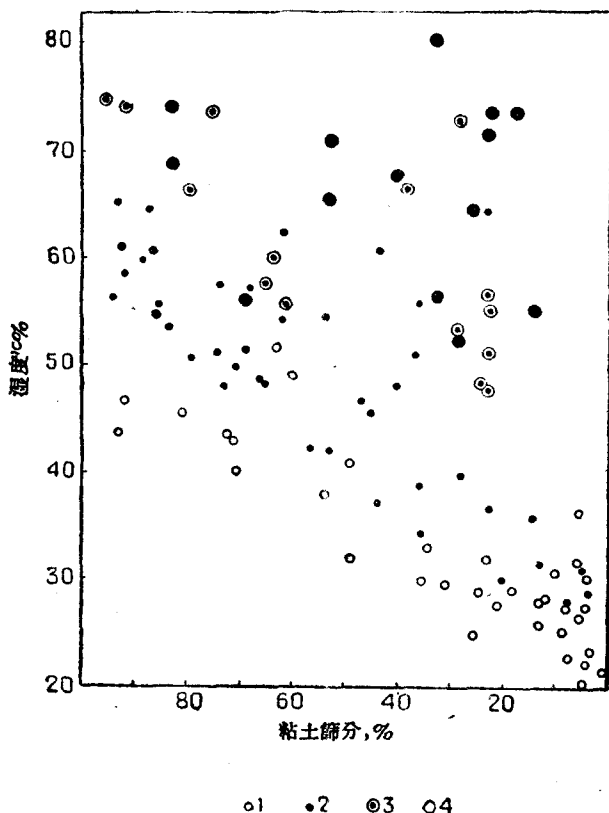


图3 水底沉积层的湿度与所含粘土筛分的对比

有机碳含量: 1—1% 以下; 2—1—2%; 3—2—3%; 4—3% 以上。

谈到过, 随着石油形成过程而转化的原始有机物, “应该保持很高的含水胶质状态, 因为只有在这个条件下, 生物化学还原因素才能一直起着作用^[4, 第239页]。按波尔费里也夫的意见, 要做到这点, 有机物堆集必须是均质堆集(不夹矿物杂质)。根据现有资料, 在矿物成分占主要地位的沉积物中, 如有机物的含量很高, 也可以达到这样高的含水状态。

如沉积物埋藏得愈深, 而且上面又复盖着新的沉积层, 它们的

湿度就急剧降低。但是,在同样的成岩阶段,富含有机物的沉积层比邻近含有机物少的沉积层能繼續保持比較高的湿度。虽然,成岩过程的进行并不是平衡的,但是,沉积物埋藏越深,它們就越来越被压得結实,压成粘土及粉砂—砂質沉积,把原来所含的一部分(在粘土中是大部分)湿度挤掉了。在这种新沉积岩里的有机物的富集情况,可以反映它在沉积层中的堆积方式。所以,不仅在粘土层中,而且在相当粒度成分的生物軟泥压实后形成的泻湖和海灣的砂层和粉砂层里,也会含很多的有机碳(达2—3%或更多)。当然,这并不是純砂层或純粉砂层;里面至少含有10—15%的粘土篩分,这是它們的特征。

这样看来,在上述各种情况下,沉积层中有机物的堆集是同沉积作用同时进行的。

沉积层中能富含有机物,也可能另有途径。例如,在某些里海海湾里,有分选性很好的砂层和粉砂层,里面很少有机物,而且几乎完全沒有粘土篩分——如在沿岸砂洲等地的情况。如果因为海岸綫的变迁,在这些砂层和粉砂层上面复盖着生物軟泥或者是腐烂的海生植物,它們就变为黑色的、能急剧还原而且富含有机物的东西(有机碳含量达0.75—1.15%,在同一砂层或粉砂层剖面下部,有机碳含量为0.28—0.44%)。在这种情况下,由于生物化学同物理—化学因素的相互影响,流动的有机物組分就会从生物軟泥中(或者是腐烂植物的复盖层內)移到下面砂层或粉砂层中。这是由于上下岩层之間原来的有机物含量不同所造成的。同时,还应当注意到,上部岩层中的有机物是一种无結構的半液态胶質体,它的物理—化学性質,与浸透下面砂层或粉砂层的海水不同。同时,在上部岩层中还存在着氧化—还原状态。

经过一系列的試驗証明,这样的现象是可能发生的。进行試驗的步骤是这样的。在玻璃圓筒的下部放有机物含量少的海砂、粉砂或軟泥,在上部則放生物軟泥或腐烂的海水植物。在整个玻璃筒內灌滿相应水盆地的水。再从玻璃筒上面和下面放入电极,以便观察上下两层中氧化—还原状态的变化。过一些时候(过一

星期、一月或更长的时间),下层里原来很高的氧化—还原电位值,就跳跃式地降低到象上面生物软泥或腐烂植物层的一样,为 $E_h = -200,270$ 毫伏。同时,由于里面富含有机物,上部砂层、粉砂层及粘土层因沉积物的还原而变成黑色。砂层和粉砂层中所含的有机碳量也分别从 0.02 增长到 0.4%、粘土层中的有机碳则由 0.6 增长到 0.9%¹⁾。在这种渗入沉积层的流动有机物部分的成分中,除发现有其他化合物外,还见有沥青组分。

根据由试验证明的野外观测的结果,在一定的岩层里,有机物可能是同生的(这是比较典型的情况),也可以是后生的(上面有一部分是后生的)。如系同生时,有机物的转化过程与水底沉积(包括粘土及粉砂—砂质成分等生物软泥)的成岩作用有关;如系后生时,有机物的转化与它的流动部分从富含这种物质的上层中流出而进行二次再分布有关;而这种再分布现象是在介于沉积现象的成岩作用的早期就能看到的。

水盆地和沉积层的氧化—还原介质

原始有机物的转化,与水盆地及沉积层的氧化—还原介质有密切的关系。在浅水盆地(泻湖、海湾),或者是在比较深的水盆地的上部水层里,如有大量有机物繁殖,能够造成氧化环境,而沉积层中有机物的腐烂,能影响其中还原介质的形成。

因此,在浅水中水和沉积层的交界处,氧化条件被还原条件所代替。如有有机物堆集不多,氧化作用占上风,这时,根据 B. Г. 沙维契的资料²⁾,沉积层和沉积层上面的水便具有很高氧化—还原电位正值。如有有机物富集,则它的分解过程能在沉积层中形成强烈的嫌氧环境(E_h 从 -170 到 -250 毫伏),与水盆地的需氧环境成正比。

在比较深的黑海型封闭水盆地中,在近 200 米深处就能看到

1) 这是在试验前和试验后测定的结果。试验延续时间从 11 个月到三年。

2) 本文以后所作有关沉积层氧化—还原的论述,也都是根据 B. Г. 沙维契的资料。

这种氧化条件被还原条件代替的现象,因为在这样的深度,水里已没有氧而出现有硫化氢,水的氧化—还原电位值已接近 E_h 的负值。在硫化氢感染带内,软泥的氧化—还原电位值也逐渐降低 (E_h 平均为 $-150, -173$ 毫伏)。

还应该注意,沉积层中还原作用的强度,并不决定于沉积的粒度成分,而决定于其中有机物富集的程度。所以,主要是粉砂—砂质的生物软泥,也象主要是粘土的软泥一样起了剧烈的还原作用。原始有机物的优质成分在一定程度上影响氧化—还原电位。但在砂层中,氧化作用和还原作用的更迭要比在其他沉积层中快,所以砂层的氧化—还原电位的变化幅度很大^[1, 34]。在大多数情况下,要在砂层和粉砂层中形成还原介质,有 0.5% 的有机碳就足够了。在粘土层中,这个数目要稍高些。

在水底沉积层中引起的这种还原状态,在沉积物越埋越深的过程中始终是保持着的,也就是说,在我们能追溯到的成岩作用的早期,也保持着这种还原状态;但是有一个条件,就是这种沉积物的埋藏必须要在没有变化的水下盆地条件下进行的。在某一个古里海沉积层中,经海上钻井和陆地钻井揭露,在一定间距的剖面内,第一次发现有还原的迹象,第二次除极少例外,却见有明显的后期的氧化迹象。

在我们研究黑海土壤层柱状剖面时,曾比较了各层的平均氧化—还原电位值。根据研究结果,我们发现硫化氢感染带内,水底软泥的还原程度比下面沉积里的强。在盆地的氧化带内,情况正相反。例如,从水底软泥沉积层过渡为同相的较古沉积层时,氧化—还原电位平均值逐渐降低。值得注意的是,在同一方向平均有机碳含量也随着增加,最富含有机碳的层位,其平均氧化—还原电位值最低 ($E_h = -222$ 毫伏)。换句话说,硫化氢感染作用刺激了水底沉积中还原介质的形成。但是,单靠这种作用,并不能在沉积层深埋时保持这种介质不变。在泻湖里,有机物富集的程度在一定情况下也起着决定性的作用。

沉积层中有机物的轉化

由于同氧化—还原的方向有相互的依賴关系，沉积层中的有机物也会轉化。

上面已經談到，形成沉积层中有机物的原始有机質料种类很多。虽然，这种質料是在深层中轉化的，但是在近代海洋沉积层沉积的时期和成岩作用初期，已經可以找到一些能变成有机物的原始有机質料的迹象。这些迹象可以表明沉积物的氧化—还原电位值、有机碳同氮的比例和腐植系数¹⁾、沉积物灰的含鈣量、有机物中的瀝青和瀝青中的碳氢化合物，以及沉积有机物的生物化学成分等等。所有这些都需要在野外进行一定的观察，以查明沉积有机物同原始有机質料主要結合情况的成因联系。

但是同时，特殊形态有机物轉化时，它的原始生物化学特征会随着改变。这是因为，由于生物化学作用的结果，所有气态的和可以被水溶解的分解产物都析离了，所以有一部分有机物消失了；而一些能經得起生物化学变化的物質則被留下来了，也就是說从各种比較相似的物質中被保存下来了。例如，在許多軟泥母体（如綠色及車軸狀藻类，某些碳水化合物含量达 65—75% 的海生显花植物）有机質中占主要成分的碳水化合物首先腐烂，而在相应沉积物的有机体中，这种情况居次要地位，甚至至于完全看不到。蛋白質的含量和质量变化了，瀝青組分的含量也增加了，特别是在氧化条件下不能被水解的有机化合物；由于分解产物相互作用而可能有新的物質产生，所以这种瀝青組分增加的现象显然是絕对的。此外，这些过程还伴随着新的微生物的急剧增长，这些微生物虽然并不占重要地位，但在有机界組成中可以看得出来。所以，在沉积物中留下的、由各种原始有机質料分解而产生的最終（越上面的年代越新）产物，彼此相似的程度比相应活有机物的成分要大²⁾。

1) 腐植质碳与总有机碳含量的比例，以百分比表示。

2) 这里我們所指的是有机物原有区别的逐漸消失，而不是指有机質化学均質体的形成，因为在有机質料分解阶段和以后各个阶段，都沒有看到这种化学均質有机体的形成。

图4 上部表示有机物轉化过程中有机質各主要組分之間比例的变化,这种轉化过程有时候(表中 I)与富含蛋白質的水底藍綠色藻类占主要地位有关,有时候(表中 II)与富含碳水化合物海生显花植物占主要地位有关,包括从原始有机物質(表中 A)到砂层中富含类似有机物的生物軟泥(表中 B)。图4 下部 IV—VI 表示里海和黑海水底軟泥中的有机物平均成分,以及某些边缘海深水砂藻軟泥的有机物平均成分;在这些地方,浮游生物,其中包括砂藻类,对有机物的形成起主要的作用。为了比較起見,在該表中还列有海生浮游生物的图解¹⁾。虽然各种原始有机物的生物化学成分有所区别,但是,在所有的沉积物中,不管它是来自水底生物或是浮游生物,原則上比例关系是一样的(表中 IV 及 VI 的瀝青含量略高)。

也有人认为,在形成石油的过程中,只有富含油質的生物,就是浮游生物参加。他們认为,高等植物不可能是形成石油的东西。事实上,这是一个比較复杂的問題,即使在浮游动物中,以及特别是在浮游植物中,主要組分并不是含油物質,即瀝青²⁾,而是蛋白質和碳水化合物。在还原介質里原始有机質料分解过程中,瀝青相对含量总是增长的,而且有机質料中容易腐烂的化合物愈多(其中首先包括碳水化合物),增长的量也愈大。在浮游生物的有机質料中,根据在水里氧化带停留時間的长短,有一部分含瀝青物質会掉落到沉积层中而失散了。所以,各类有机体所具的生物化学特征(含油物質多或含碳水物少等等),对于是否能形成石油,彼此之間并无特殊的区别。更重要的是,这些有机体必須有足够能使沉积层中富集有机物的生物化学基質,同时还要有适于还原的介質。

- 1) 除图解 III 外,其他都是根据 Н. Т. 沙巴洛娃的分析資料。浮游生物生物化学成分图解(III),是根据 Н. Т. 沙巴洛娃、А. И. 高尔斯基、Г. К. 巴拉什科夫資料繪制的。
- 2) 在这里和本文以后的論述中,瀝青(Битум)这个术语是就广义而言的,代表用有机溶剂提取出来的物質。为了同石油瀝青区别开,В. А. 烏斯宾斯基和拉德欽柯采用“Битумогены”这个术语(与岩石中有机物同生的分散含瀝青物質——譯者注)。