

矿产專輯

第 7 輯



地质出版社

1957年

矿产專輯

第 7 輯

石油地質

地质出版社
1957年

礦 產 專 輯

第 7 輯

石 油 地 質

地 質 出 版 社

1957 • 北 京

內 容 提 要

本專輯收集了七篇論文，主要是闡明石油生成問題和在地壳內石油及天然气的迁移問題。本書除供野外石油地質工作人員閱讀外，還可供石油院校師生及石油地質研究人員閱讀。

礦產專輯 第7輯

石 油 地 質

著 者 П. H. 克魯泡特金等

譯 者 史 崇 周 等

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可証出字第050号

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 印 刷 厂

北京廣安門內教子胡同甲32号

印数(京)1—1,160册

1957年11月北京第1版

开本31"×43²¹/₂₅

1957年11月第1次印刷

字数85,000

印張3²¹/₂₅ 插頁2

定价(10)0.55元

目 錄

石油生成問題.....	П. Н. 克魯泡特金 (4)
石油形成的階段及其在碳的地球化学.....	
循环系統中的位置.....	В. А. 烏斯賓斯基 (30)
論生油層岩石.....	И. А. 尤尔克維奇 (47)
地壳內石油迁移过程研究的現况及最.....	
近的任务.....	А. А. 巴基罗夫 (57)
氧化还原电位剖面上的沉積地球化学.....	
相及其成油类型.....	Г. И. 捷奧多罗維奇 (76)
脉狀地蜡的形成.....	А. Н. 斯納爾斯基 Н. Д. 費道琴科娃 (82) С. Т. 澤里茲娜婭
調查油气的地球化学方法會議的总結.....	Н. А. 卡 呂 寧 В. П. 薩夫欽柯 (89) В. Г. 瓦西列也夫

石油生成問題

論化学—岩性和区域地質方法对

解决石油生成問題的途徑

П. Н. 克魯泡特金

众所周知，研究石油成因問題的困难之处即在于石油与煤和腐泥类的可燃有机岩不同，石油只能是次生的，也就是說距离石油生成的原始來源相当的远。关于原始來源的性質还存在着分歧的意見。石油次生正如В. Б. 波尔菲里耶夫 (В. Б. Порфирьев) (1952年)所指出的；產狀性質可由下列事实獲得証明：第一，油藏的多層性，油藏分布在同一背斜褶皺範圍內不同的層位中；第二，石油一般產于氧化条件下形成的岩層中（例如砂質儲油層）；由此可見，按照其地球化学性質而言这些岩石怎么也不能与石油有成因上的联系；第三，石油聚集的局部性，不象圍岩那样，在广大的面積上岩性和岩相变化很穩定。

用直接研究含瀝青岩石的化学——岩性的方法也能确定石油和石油瀝青的次生性質。例如：В. А. 烏斯宾斯基和 О. А. 拉得欽科研究了苏联各区的瀝青和含瀝青岩石之后，就指出：“除了次生石油瀝青以外，从來未見過原生的石油瀝青，初步看來，好象得到了这样一种 怪的印象，即一般見不到原生產狀的石油瀝青” (1952)。

石油成因問題之所以未得到解决，在于研究方法是片面的、不完备的。在苏联以及國外，几乎完全是在化学和岩性方面進行研究的。研究者们企圖在沉積岩中找到一些与石油类似的生物有机物，然后假定（这些有机物）在温度、压力、接触剂、漫長時間和其它因素的影响下，轉变成石油。这样一來，实际上忽略了另一种最现实的研究方

法，这种方法即根据区域地質去解决沉積表層和基底岩石中石油，天然气分布問題以及闡明气态碳氢化合物与其它天然气空間分布上的和共生的关系問題。

我想，首先應該闡明：在何处、在哪一种垂直間隔內，哪一种構造条件下，和哪些地球化学伴生物在一起才可以遇到天然气，石油和石油瀝青，然后再去推断石油瀝青与可燃有机岩的有机物在成因上的联系或是否相似等等。順便說一下：可燃性有机岩之含氢有机化合物与石油瀝青之間的化学性質是很不相似的，所以要把这两种东西都称为“瀝青”就会發生誤解。

正象B. A. 烏斯賓斯基所指出的那样，在沉積岩的生物有机物質的成分中包括有“溶解在有机溶剂的和命名为‘瀝青’的各种物質，但是它們在成因上与由变化較少的脂肪質和臘質物質組成的石油类瀝青（例如，褐煤中的瀝青、腐泥質岩石等等）”完全无关（1943）。

由淤泥、腐泥岩、腐植煤、藻煤和油頁岩里提取出的“瀝青”与几乎完全是碳氢化合物成分的可溶性石油类瀝青不同之点，就是具有酸性的性質。此种瀝青含氧百分率較大，是由脂肪酸、醇、复雜的乙醚以及很少量的碳氢化合物組成的（即使这样也主要是不饱和的，它与作为石油特征的富含氢的饱和碳氢化合物不同）。“頁岩中的瀝青成分与石油相差很远，（拉得欽科1951）。生物有机質內含有某些碳氢化合物，这并不能証明石油就是由生物有机質生成的。

情况可能完全是另外一回事。根据A. И. 欧帕林的研究，生物本身最初是由于无机成因的碳氢化合物生成的（1953）。胆固醇（ $C_{27}H_{46}O$ ）（Холестерин）叶綠素的成分如葫蘿 蔔素（ $C_{40}H_{56}$ ）（Каротин）叶黄素（ $C_{40}H_{56}O$ ）（Ксантофил）以及其他一些最原始有机体所特有的化合物（病毒、細菌、水藻）都具有近似碳氢化合物的成分。較高級的植物和动物化石里含有数量不大的碳氢化合物与腐植質，蛋白質和脂肪質。

如果能肯定碳氢化合物在地質作用下，能由有机物的殘骸內分离出來，分离后發生集聚并且达到高度的饱和氢，也就是說在劇烈的还原环境下發生加氢作用的話，那么，生物有机質中具有碳氢化合物才

是石油有机生成的証据。可是在地質学和水化学方面均提供不出这种証据。

研究陸台区和褶皺区的石油和天然气分布的構造和区域地質規律表明着：控制整个含油省，含油区和个别石油礦床的因素是地壳的構造变动，而不是富含有机物質沉積的分布情况。因之有必要根据近代大地構造、地球化学和天文学的資料重新審查石油有机（生物）生成学說的基本原理。

同时發現許多事实与Д. И. 門捷列也夫在1876年首先提出的碳氢化合物无机生成假說符合而与碳氢化合物岩漿起源无关。我們所指的这种无机生成假說方案和現代認為地球內部是固态、行星是由冷的宇宙塵和气体形成的概念相符合，因之石油的成因与火山作用和岩漿作用并无关系，而与形成地球和其它行星的冷凝物質內的非岩漿生成的气体——氢、氮、碳氢化合物——上升有关（克鲁泡特金1955）。

大家都知道：很多專家門（И. М. 古勃金、И. О. 布罗德，В. А. 索科洛夫及其他等人）除承認有机生成外，也承認地壳上一部分碳氢化合物是无机生成的，但是，却把这些碳氢化合物当成石油和天然气形成的次要因素，这种在碳氢化合物生成关系上的特殊二元論廣泛的傳播着；例如，В. А. 索科洛夫認為“地球上油藏主要是有机生成的，但是，“…大行星上的碳氢化合物气体和石油是无机生成的；換句話說，門捷列也夫关于石油碳氢化合物无机生成的意見，对太陽系的大行星來說是正确的……；关于Д. И. 門捷列也夫認為石油碳氢化合物有可能为无机生成的这种見解，不能認為原則上有什么不对。在由地球深处放出的火山气体內，已确定有碳氢化合物的存在，这些碳氢化合物是以无机方式生成的。同时已确定木星、土星、天王星、海王星等太陽系大行星的气圈內有高度富集的碳氢化合物存在，而在其它星体内和彗星內也有碳氢化合物。因之不論在地球上，也不論在星体内，在一定的条件下都能以无机方式形成碳氢化合物。”（1951）。

石油有机（生物）生成学說

但是，并非这些一般的見解促使我們怀疑石油有机生成学說。有

机生成学說的主要缺点就在于它不能提供出适于任何含油区内調查石油的准則。实际上这种学說除了証实可以在沉積岩層内找油而外，并无任何作用。但是这种准則也可以以无机生成假說的观点加以論証。

經過整整一个世紀的工作以后，有机論者还不能确定：何种沉積建造类型屬生油建造，在什么深度、什么温度下形成了石油，有机物变成現代石油的过渡物是什么样子。虽然对許多石油礦床研究得很詳細，但这些过渡物（所謂原石油）到目前为止在什么地方也并未找到；这更令人信服的說明，这种物質似乎應該具有一种介于天然石油和动植物生成瀝青之間的过渡性質，也就是說應該具有高粘度的和比較大的比重（可能大于水）因这种物質似乎不可能从原始來源运移的很远，而似乎容易保存在原來的產地。

生油建造的主要类型是否确定了呢？沒有，并未确定。B. B. 維別尔認為生油岩系是富含砂岩的沉積層，И. М. 古勃金及許多美國地質学家認為是富含有机体的粘土層，而 H. M. 斯特拉霍夫及一些外國学者則傾向于承認碳酸鹽岩石（泥灰岩、石炭岩及其它）有着重要的作用。甚至石油是海相沉積生成的还是陸相沉積生成的呢？也还是不清楚的。

例如：新疆北部的石油与厚达8000公尺的中生代新生代陸相碎屑岩系有关，这种碎屑岩系并且不整合地复盖于古生代褶皺基底之上。此处褶皺基底岩石會發生变动，和动力变質作用，而后又上升，遭受剧烈的冲刷，一直持續到中生——新生代沉積表層堆積为止，如果从一般的石油生成概念来看，后一时期不应有石油形成。而实际上整个中生——新生代的沉積表層中并无海相沉積，可是却見到了丰富的石油。蒙古、以及埃及和阿尔貝尔特湖（非洲东部）的某些石油礦床均有类似这样的情况，在这些地方陸相的，主要是砂質岩層复在前寒武紀結晶基底上。

究竟在上述剖面与北美陸台古生代含油区剖面（沉積表層主要是海相碳酸岩和碳質一碎屑沉積建造）之間有何共同之点呢？当然，地質学家們在研究后一类的地区时会產生一种石油形成与海相碳酸岩沉積有关的想法。

地球上含油区内沉積表層剖面中的岩石性質是如此的各種各樣，以致於任何想利用某種類型的沉積建造分布，來局限石油的成因和分布，早就遭到了失敗。這種情況在研究陸台沉積表層的下部岩系和底部岩系（直接位於前寒武紀結晶基底上的岩系或者距前寒武紀岩層面上不很高的岩系）含油氣情況時就變得特別明顯了。在大多數情況下，石油和天然氣是不會從上面進入到這些岩系里去的。因此，碳氫化合物的源泉應該在最底部的岩系里或則更深——即在前寒武紀的基底岩內或則更深一些。

含油底部岩系本身，如北美阿爾布克里岩系底部的寒武紀沉積岩，常常是砂質岩層，生物有機物含量很少或則根本不含有生物有機物。有時是前寒武紀的花崗岩和片麻岩沖刷後形成的長石質礫石和卵石。在某些區域內如堪薩斯州（圖1）有工業價值的含油層甚至是前寒武紀結晶基底上部受到破壞變動的多裂隙岩石（Walters, 1953）。

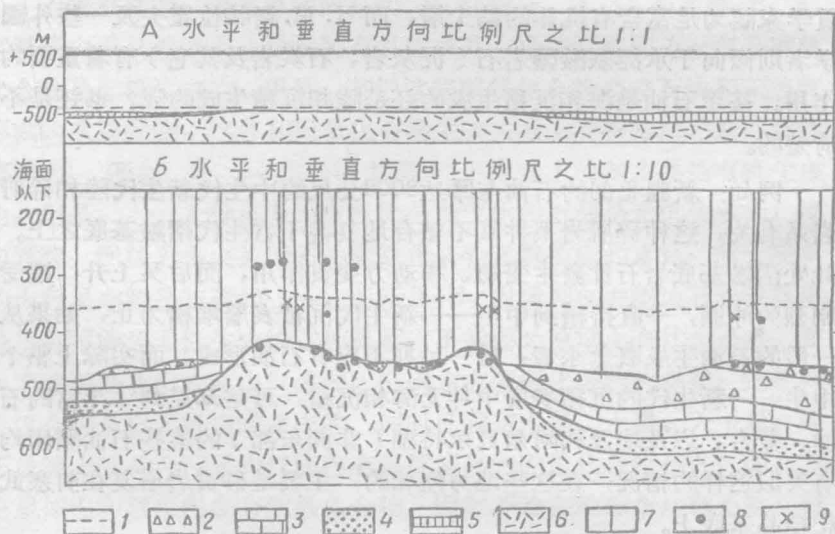


圖 1. 雷斯區（美國堪薩斯州）礦床剖面，該礦區正由前寒武紀基底岩層內開采石油

1-中上石炭紀沉積岩；2-寒武-志留紀砂質白雲岩；3-寒武-志留紀白雲岩；4-底部岩層—寒武-志留紀砂岩砂質白雲岩；5-寒武紀和奧陶紀沉積岩（在圖的上部）；6-前寒武紀岩層（主要是石英岩）；7-鑽孔；8-石油；9. 天然氣

在这种情况下怎么能說富含有机質的碳酸岩岩層和泥質岩層是石油岩系呢？

关于石油形成的深度和温度条件石油有机生成論者根本就不能肯定。B. A. 烏斯賓斯基和 O. A. 拉得欽科 (1952) 認為：只有在接近地表，“最不苛刻”的条件下，在成岩作用和成岩后化学变化作用下，石油才能生成。相反地 B. A. 索科洛夫和 B. Б. 波尔非里耶夫 (1951) 証明：自埋藏有机質中蒸餾出碳氫化合物需要高温。如時間、陸台区沉積表層控制的、适宜的温度 ($30-60^{\circ}$) 以及不大的压力是使埋藏有机体生成石油的因素的話，那么在有机体堆積的地方，离原始來源不远之处應該出現有机体預期的轉化物——石油和天然气。須知这种流动物質如象由甲烷、二氧化碳气、一氧化碳气組成的特殊礦井气也大量地充滿在有机質堆積区（也即是充滿煤田中的煤層和其圍岩）。

可是在自然界里类似这种現象并未見到。煤盆地和油頁岩类型的瀝青岩大量堆積的地方（苏格蘭、塔斯曼尼亞、瑞典爱沙尼亞等等）恰恰絕大多数不是有工業价值的含油区。假如某些地方例如：烏拉尔山前和宾夕文尼亞石油發現在这样的地区，即这里石油不僅位于富含有机物層位的上面而且也在該層很靠下的地方。因此，这里石油的形成与此層的有机物无关。

石油有机生成學說不能解釋沉積岩有机物成分內的不飽和的碳氫化合物，如何轉变为如烷族石油所特有的那种高度飽和的碳氫化合物。有机体内分散的粘滯的碳氫化合物借助于某种方式（Механизм）可以从埋藏有机体整个物質中分离出來，并且与其成分、比重和粘度相似的其它有机物分开，这种方式也是完全难以理解的。这些碳氫化合物也只能用磨碎岩石和采用溶剂（酒精、汽油）的方法才能提取出來。在自然界中，究竟是什么作用才能代替这样复雜的过程呢？曾經証明，就是用机械压榨也不可能把碳氫化合物从其它的有机体内分离出來，在自然界里富含氫的剧烈还原环境是不存在的，而这种还原环境对于有机碳氫化合物進行加氫作用，以达到象烷族石油所特有的那样高度飽和氫的程度來說是必需的。

相反地，沉積岩內主要具备氧化和弱的还原环境，它使有机形成的瀝青和天然石油發生氧化和去氫作用。

石油、石油类瀝青及可燃有机岩（煤、腐泥岩、油頁岩等等）的大批化学分析資料經過研究以后，可以很清楚的看到地壳上有机物質的变化規律（圖2），在三角形重心圖表上应看到原始有机物两个独立的中心。其中一个中心是纖維素、木質、泥炭及腐泥成分。已变化的煤类（褐煤、煙煤、无煙煤及其它）及腐泥类（腐泥煤、油頁岩、半石墨）的有机体，成分符号系从这个中心以狹長条帶狀向純碳（石墨）延伸。有机体的变化与失去二氧化碳、水和甲烷有关，其結果不是有机体富集氫而相反地是缺乏氫。同时碳氫原子数的比例發生規律性的减小。在纖維素內它們的比例为1.67，泥炭內为1.1—1.5，褐煤內为0.9—1.0，煙煤內为0.6—0.8，无煙煤內为0.2—0.5。另一种是碳氫之比在腐泥內为1.6，在頁岩（油母）內为1.3—1.5，在腐泥岩、藻煤、帶狀煤內为1.0—1.5，在某些无煙煤內为0.6，在半石墨內为0.2。整个生物有机体的全部命运就是如此。与失去碳酸气成分中和水成分中氧的同时，有机体内發生去氫作用和碳化作用，并且有机体的成分不但与作为石油特征的碳氫比1.7—2.0不相接近，反而愈來愈相差愈远。

假若99%的有机物質都是这样演变的話，那么有什么理由去設想，在同样条件下，該有机体内微小的、分散的、几乎和整个有机質是一样的全部瀝青質將按另一种完全相反的途徑進行演变，并發生氫的富集。相反地，發現有的事实可以推断，無論在初期的还是在后期的成岩作用和變質作用影响下，有机物的全部組份应受到同一种化学变化。如O. A. 拉得欽科所指出的：“……当然，頁岩的油母（Кероген）以及与其性質相同的分散狀的有机物在變質作用条件下應該接着与煤相似的方式發生变化……关于腐泥物質在變質作用下变为石油的概念則为实际資料完全推翻”（1951）。

各种有机物的原始物質的另一个中心，在圖表的上部可以看得很清楚。这就是甲烷和其它可燃性气体、冷凝油藏的复雜的碳氫化合物和烷族石油。在地壳內这些物質遭受氧化作用和去氫作用。石油在岩

石圈的上部地層中是不穩定的物質。由于依靠烷族石油的結果產生缺乏氫的和富含氧的環烷族石油和松脂質石油，以及產各種不同類型的軟瀝青、地瀝青及火瀝青。這裡沒有必要更詳細的敘述石油及其衍生物的氧化作用、分異作用及去氫作用的过程，因為這類問題在一般文獻里已有闡述。但是必須強調這樣的事實，即全部各種不同的天然有機物歸根結底以兩種完全不同類型的原始物質進行轉化。

一種類型這在我們圖表中是原始物質的第一個中心，生物生成的可燃有機岩就是發源于此。另一類型是原始物質的第二個中心，可燃性氣體和烷族石油發源于此。這就是各種石油瀝青的原始物質。由第一中心向純碳（石墨）演變的生物物質的那些部分和以那些方式可以不按正常的过程演變而跑越到第二中心，關於這方面，有機生成學說到目前為止沒有解釋過，並且永遠也不能解釋，因為象這樣的突變是與基本的物理、化學平衡狀態相矛盾的。

如果在陸台区沉積物和沉積表層內，低濃度氫氣、低壓力和低溫度的條件下，有機體真正有可能變成石油的过程，那麼工業上早就利用這種过程由煤和其它可燃有機岩內提取液體燃料了。同時，無論破壞氫化理論和 H. Д. 捷林斯基、A. B. 弗羅斯特在密閉系統中進行分解富含氫的有機化合物的試驗都證明；由有機物質形成石油碳氫化合物不僅需要 $170-500^{\circ}$ 的溫度，而且需要在該系統中含高量的氫或者高壓氫或最富含氫的天然氣——甲烷。

因此，化學實驗資料反駁了這種概念，即在陸台沉積表層所特有的條件下（溫度不超過 $30-80^{\circ}$ ），由有機物生成石油。顯然，當植物物質埋藏在地下後，在新沉積岩內集聚的一部分微少的碳氫化合物也遭受與全部有機物質同樣的命運，這就是在不同程度上遭受碳化作用。在沉積表層內有機體再發生氫的富集作用是不可能的。在有機體碳化过程中分出的甲烷未必是石油的原始物質。例如，煤礦豎井內有很多就是這樣生成的甲烷；然而在煤礦床內並沒有形成石油的任何標誌。

所有這一切都說明，石油是由沉積表層內有機物變化而形成的，這種廣泛傳播的有機假說是沒有根據的。

B. B. 波尔菲里耶夫和B. A. 索科洛夫 (1948) 的假說推測：石油碳氫化合物是在相當深的地方在地槽區褶皺基底岩內所具有的温度 (300—500) 条件下，由于有机物的变化而形成的。这种假說似乎也是缺乏根据。在这样的温度下，随着碳化作用的發生，受變質的有机体也还可能分解出少量的甲烷，但是根据实验和在礦井內观察，均未証实分离出复雜的石油类碳氫化合物的这种推断。上述作者推断：在这种条件下除了產生甲烷外，还会產生液态的碳氫化合物，这是缺乏充分的物理、化学根据的。應該着重的指出；波尔菲里耶夫和索科洛夫的見解不适用于陸台型的石油礦床，因为含有石墨化有机体的前寒武紀基岩，在以后加热作用下已經不能再放出大量的碳氫化合物；同时，也沒有任何标志說明这种基底在寒武紀后期的沉積建造在基底上形成后的地質年代里，遭到了變質作用。

石油和天然氣局部集聚的 構造規律性

正如地質工作所証明的，石油和天然氣局部集聚的基本規律，不是決定于富含有机物的沉積岩面積的和垂直範圍內的分布，而是決定于構造性質和地球化学性質的因素。在世界上任何含油区内，随着鑽井鑽到愈來愈大的深度，而發現了新的含油氣層，而这些含油氣層往往位于比不久認為是非生油岩系還要深些。并且逐漸查明，任何含油氣区内，石油的垂直分布情况根本与垂直剖面中富含有机物岩系的分布无关。

石油和天然氣發現在孔隙性良好的岩石里，一直到未變質的沉積表層底部都可以找到。如果褶皺基底的岩石破碎得相當厉害而能夠作儲油層的話，那么且有时候有工業价值的石油就產于这些岩石里面 (得克薩斯西北部阿馬里里歐一帶的裂隙性花崗岩內，堪薩斯所謂中央隆起帶的前寒武紀岩層內，加利福尼亞亞迪遜等油田的變質岩中)。已知在波罗的海和北美結晶古地盾上，常常有可燃性氣體 (包括重碳氫化合物) 由前寒武紀基底上升到地表。在北美陸台的中部大陸，阿

帕拉吉安及堪薩斯西部所謂二疊紀盆地等含油省內，現在正從沉積表層下部的下志留紀和寒武紀岩系內開采着大量的石油。

1948年，在外歐明寒武紀底部岩層內曾經發現了大量的石油。在中國陸台上志留紀沉積層內及東歐陸台（奇曼、伏爾加—烏拉爾含油區）泥盆紀沉積岩下部岩系內也均發現了石油。在西伯利亞陸台上石油產于寒武紀岩層內，在貝加爾湖岸石油含于前寒武紀多裂隙的片麻岩內，而且達到相當大的深度。

在上述區域內，石油充滿在各種岩層內——從沉積表層底部到上部岩系。在含油氣省或含油氣區以外，各種不同層位內的含油性發生消失。圖3內可以看到含油性的垂直分布範圍是如何之大（烏拉爾—伏爾加區D—T、德國北部P—Cr₂、洛磯山區Cm—Pg、沃奇塔—阿馬利俄一帶PreCm—Cr₁）。

地瀝青脈和火瀝青脈不僅在沉積表層岩石內見到，而且也在前寒武紀結晶基底內見到（法蘭西中央地塊，加拿大地盾和波羅的海地盾）。這些瀝青脈乃是碳氫化合物垂直運移的証據，產于前寒武紀岩層內的石墨脈（錫蘭島）同樣也是由于由深處上升的碳氫化合物而生成的（維爾納德斯基1927）。

可以根據對碳氫化合物分布的區域地質研究，去尋找解決石油成因問題的途徑。油氣礦床一般成群地聚集為廣泛的地帶，它們被稱為含油氣區和含油氣省（布羅德和耶列門科1953，維索茨基1954）。

在研究得較詳細的含油省內，如果帕拉吉安與加拿大東部、中部大陸和洛磯山含油省、伏爾加——烏拉爾區和埃及的含油省，都可以在沉積表層下部岩系和基底岩石內追尋出油氣苗（地瀝青脈和火瀝青脈，天然氣露頭）並且可以編制出底部含油氣遠景圖；同時也查明，陸台上含油氣省的一般範圍，可以按照石油、天然氣和地瀝青在沉積表層最下部岩系和基底岩石中的分布加以確定。含油省的範圍與基底的巨大變動有關，而與個別岩系的分布並不發生關係。同時，整個含油省內石油化學特征的共同性（例如氮、硫等的含量）和巨大的垂直（地層）範圍（也就是許多油氣礦床含油氣性的連通性質）都證明每個這樣的含油省內碳氫化合物的成因是一致的。

根据上述情况，可以作出这样合理的結論：即沉積表層上复岩系的岩性與該含油省內的石油，天然氣在成因上毫無联系，它只能決定由深處上升的碳氫化合物局部集聚的問題（由於不同程度的孔隙度和良好的構造等）。而底部岩系例如：寒武紀和志留紀的砂岩（莫旦系）和阿帕拉吉安含油省內的奧陶紀淺色石灰岩和白云岩、中部大陸上的（堪薩斯、奧克拉荷馬）寒武志留紀淺色砂質灰岩、伏爾加——烏拉爾區的中泥盆紀砂質岩石和砂質泥岩一般含有機物質相當的少，並且形成在這種地球化學條件下，即如果根據有機生成理論，這些岩石無論如何也不應該認為是生油岩系——假想的石油的源泉。

圖4中表明着北美陸台上石油和天然氣的分布情況。陸台東部有一含油省，它包括密西根盆地和東部含煤盆地（伊利諾斯、印第安納）、辛辛納提穹窿、阿帕拉吉安邊緣拗陷和被前寒武紀安吉倫達科斯隆起區所分割的一個不大的凹陷，此凹陷位於聖勞倫斯河流域蒙特利爾城和魁北克區內。聖勞倫斯海灣以南卡斯比半島上的志留紀油氣礦床

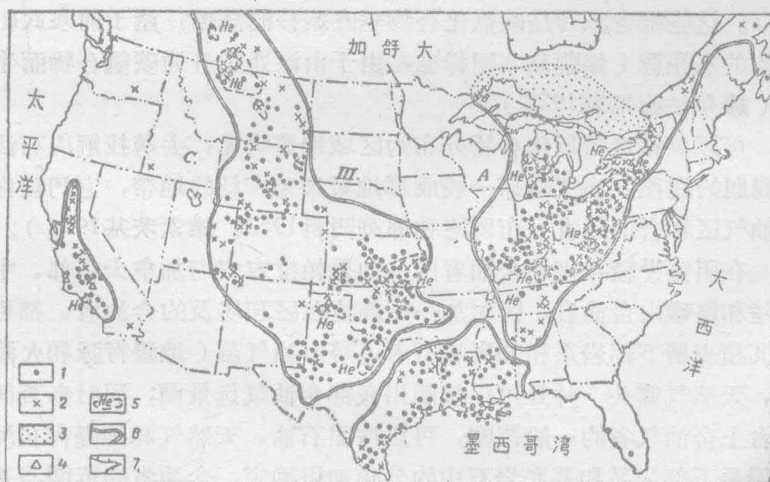


圖4. 美國和加拿大境內的石油和天然氣分布

1—石油；2—可燃性氣；3—前寒武紀地層上深成的可燃性氣和氫氣出露區；4—開采前寒武紀岩層內石油的地區，而在加利福尼亞開采褶皺基底變質岩層內石油的地區；5—富含氮氣的天然氣分布區；6—含油氣省的邊界範圍；7—前寒武紀地層出露範圍（結晶地盾）。

和同一海灣內的安齊科斯基島內奧陶紀油氣礦床都是東北最邊上的油氣顯示區。在辛辛納提穹窿地區內，沿阿帕拉吉安拗陷的南緣、北緣和聖勞倫斯流域內有下古生代的地層（主要是前寒武以上的志留紀和奧陶紀地層）出露地表，這裡石油和天然氣集中於下古生代沉積內，常常十分靠近基底的面。屬於這種情形的還有伊利湖北岸加拿大的安大略州奧陶紀天然氣礦床，紐約州寒武紀沉積層內的天然氣和安齊科斯基島內的奧陶紀油氣等等（ley 1935）。

在前寒武紀地盾最近部分，沿地盾邊緣旅順口和加拿大上湖湖岸的和佛爾特—維里亞姆附近以及直到聖勞倫斯區域和哈得遜灣和休倫湖上湖盆地間的分水嶺的一些其他地方，以及安吉倫達科斯前寒武紀（紐約州西北部靠近聖勞倫斯河流域的愛得瓦爾得斯礦山）隆起，在前寒武紀變質岩內都有可燃性氣體的露頭（Van Tyl 和 Pew Ker 1941）。佛爾特—維里亞姆區，在前寒武紀基底鑽井結果，於335—400公尺深處，而在另一些地方達到1000公尺獲得可燃性氣體。此外，在這裡以及在靠休倫湖北岸的謝得別里和巴里—山得地區附近、前寒武紀變質頁岩和片麻岩系中有碳瀝青脈，而且在巴里—山得區地瀝青充填在偉晶岩岩牆的橫裂隙內，岩牆穿插在太古代的片麻岩內。在魁北克和紐芬蘭省前寒武紀的岩層內也有碳瀝青存在。

在拗陷區內（阿帕拉吉安凹陷和東含煤凹陷）石油和天然氣不但集聚在下古生代的岩層內（肯塔基州和俄亥俄州地區奧陶紀的天然氣和上志留紀中的石油、密西根和東含煤盆地內的奧陶紀特連頓石灰岩內的石油），而且也集聚在拗陷上復的石炭紀和泥盆紀沉積岩層內（Landes 1951）。這兒含油層數目達到56。

上述整個情況可解釋為可能是碳氫化合物由深處，從基岩經過地層剖面全部地層上升的結果。

在落磯山脈區域（外歐明州）不同年代的岩系；由寒武紀的底部砂岩到下石炭紀和上石炭紀、侏羅紀、下白堊紀、上白堊紀及始新統的岩層均都含油。此外，靠外歐明州地理中心附近的銅山，從前寒武紀裂隙性花崗岩中曾開采過少量的地瀝青和瀝青質重油，並且在金山和其它地面於此紀的岩層中，也發現地瀝青和瀝青質重油（Powers,