

石油的生成及 油气儲集

苏联 И.О.布劳德 В.Г.列文遜著

石油工业出版社

原編者的話

苏联石油工業發展中所取得的成就也反映在石油地質学理論問題的研究工作上。最近几年来，苏联石油地質学界对石油生成問題、油气藏和油气田形成問題进行了热烈的爭論。許多科学研究机构，無論是石油工業的，或者是地質机构的、科学院的、高等学校的都在进行工作和研究，以便查明天然碳氢化合物儲集——从單个的油气藏和油气田直到巨大的含油气帶和含油气区——在地下形成和分佈的地質規律。不論是現代的和很年青的沉积層內的分散有机質，或者是各个地質时代和不同岩性岩層內的分散有机質，都在研究中。有机物質轉化的分散产物在地下轉变为大量的，碳氢化合物儲集的条件及生油層在平面上和在剖面里的分佈規律等問題也正在进行研究。在各广大的地壳部分的發展过程中，瀝青形成旋迴和决定天然石油各种性質及其在地壳內的变化規律性，正在得到闡明。

因此，报导外国近几年来在这方面所做的工作，对苏联广大石油工作者是有重大意义的。本書的作者系統地敘述了第二次世界大战时和战后的年代里外国專家关于石油生成和它在地下儲集問題的主要研究成果。在敘述外国文献內容的同时，作者也扼要地报导了苏联对各該問題的研究情况。

从所列举的材料里可以看出，有許多最复杂的問題仍需作进一步的研究。書中指出，虽然石油地質学的許多主要問題尚未解决，但是最近 10—15 年来在研究这些問題中所取得的主要进展和成就跟苏联科学家的研究工作是分不开的。

作者在分析所引用的材料时是以 N. M. 古勃金在“石油学”和其它著作中所闡述的主要理論为根据的。

虽然本書只包括了已經發表的著作和論文，并且显然不是最近 10—15 年来出版的全部論著，但在系統地綜合关于上述問題的主要材料方面，它是值得注意的。

M. 米尔欽克

目 录

原編考的話

緒言 1

第一章 生油沉积 3

§ 1. 論生油沉积問題 3

§ 2. 生油沉积的基本类型 5

§ 3. 大陆条件下石油和天然气的形成 25

§ 4. 特拉斯克和巴特諾德的研究 31

§ 5. 现代沉积物的研究 55

第二章 石油的形成过程 62

§ 6. 石油形成过程的研究现状 62

§ 7. 瀝青形成的地質和物理化学条件 66

§ 8. 細菌在瀝青形成过程中的作用 88

§ 9. 放射性作用对石油生成的意义 101

§ 10. 無机催化剂和天然石油性質多样化的問題 122

§ 11. 石油無机生成說 139

第三章 石油及天然气在地壳中儲集的問題 144

§ 12. 問題的現狀 144

§ 13. 油气儲集形成的地質条件 148

§ 14. 油气儲集的相对年代 174

§ 15. 油气儲集的区域地質环境 136

結語 203

参考文献 205

緒 言

近几年来苏联科学家發表了許多著作，闡述了天然碳氫化合物的成因問題、油气田的形成問題、油气儲集的水文地質条件問題和其他許多有关的問題。这些著作企圖把有关这些問題的資料加以綜合，并根据石油和天然气在地壳里儲集和分佈的規律制訂出油气形成和儲集的現代理論。

石油、天然气地質学乃是地質科学中最年輕的一个学科。要想極成功地解决这一学科的理论基础問題，必須充分地說明外国在这方面所取得的成果。

不久以前，在克列格的“石油普查”(1923年)、布留迈尔的“石油地質学原理”(1929年)、克列依奇-格拉夫的“石油地質学原理”(1934年)、利列依的“石油和天然气地質学”(1938年)、汪泰尔等的“石油和天然气的游移和聚集”等書的譯本中，以及搜集在学术論文集里的許多翻譯文章中已經介紹了外国科学家对石油及天然气地質問題的理论研究和概念。

学术論文集一般提供的是关于各个問題的相当零星的資料，根据这些資料很难全面地了解到外国对石油、天然气地質学的主要問題的研究現狀。

1938年国家工業研究所(ГОНТИ)出版、M. B. 阿布拉莫維奇主編的美国学者們关于油藏形成問題的論文的一个譯文專集，問世到現在已經有十五六年了。在这段時間里，在外国，尤其是在美国，关于石油地質各种問題的文献里已經积累了不少有关瀝青形成和油气田形成問題的資料。对于研究苏联含油气地区及含油气远景地区和石油、天然气地質理论問題的苏联地質学家來說，在研究外国文献时，上述各著作中的实际資料和外国学者的主要結論有着重要的意义。本書对于外国專業書籍、文集和期刊上發表的材料和結論作了系統的評論。本書的目的在于向讀者

报导現在外国在石油生成問題和油气在地下儲集問題的主导概念，报导最近十五年来上述問題的主要發展方向。在个别情况下为了叙述材料的連貫性也引用了以前發表的著作。

研究外国文献可以得出如下的結論：研究工作非常紊乱，缺乏能概括丰富的实际材料的理論和概念。这些丰富的实际材料是在研究、勘探和开发美国和其它国家油田的过程中搜集起来的。超出描述实际材料范围以外的理論經常遭到毫無根据的万能說的反对，企圖把局部的規律提升到普遍的原則，而不考虑各种地質环境的特点和它在地史过程中的变化。例如，認為有机物質轉化的一些因素具有特殊的意义，而完全否認其他因素的作用，这种情况同样也表现在对天然碳氢化合物游移、分異和聚集問題的研究工作中。石油的游移經常被完全否定，或者宣揚垂直或橫向游移的特殊意义，宣揚某一因素对游移的特殊作用，譬如岩石的膠結作用。因此，在編写本書时采用的主要是以大量实际材料为基础的那些著作。

为了帮助讀者了解本国的文献，在各节里也介紹了苏联科学家已經發表的各种著作。

第一章 生油沉积

§ 1. 論生油沉积問題

早在石油工業萌芽的时期，在某种程度上富含分散有机質的岩層跟許多含油气層的关系就已被确定了。在俄国，生油層这样的問題早在阿比赫(Г.В. Абих)、安德魯索夫(Н. И. Андрусов)和米哈依洛夫斯基(Г. П. Михайловский)的著作中就作了闡述。例如，阿比赫在上一世紀四十年代写道：石油可以从深处富含分散有机物質的岩層浸入滲透性良好的岩層，并漂浮在其中的水面上。在本世紀初，米哈依洛夫斯基[337]全面地描述了石油生成过程和工業性石油儲集的形成。他在这方面所依据的正是灰-泥質生油沉积的概念，这种生油沉积在堆积时就含有大量的原始有机物質。起初它們分散在这种沉积里，后来这些分散的有机物質就形成了石油。

其后，阿尔汗格爾斯基(А. Д. Архангельский) [208]指出，根据数十年来大家研究欧美兩洲油田的丰富經驗，已經确定了許多油田的石油是在沉积岩里生成的，这种岩層包括着富含石油类型有机物質的岩石，即所謂瀝青質粘土、油母頁岩和瀝青質灰岩。他又說道：“許多学者提出了瀝青質岩石的形成条件問題乃是極其自然的事，因为形成条件在很大程度上可以确定石油生成的过程”。阿尔汗格爾斯基把这些跟高加索許多油藏有关的岩層称为原始含油層，即生油層或油母層。

阿尔汗格爾斯基在描述北高加索含油層的泥質沉积中所含的有机質的堆积、埋藏和轉化的可能条件时，說明了生油層理論的基本原理。

許多石油和天然氣儲集跟分佈在广大坳陷区域的沉积岩系的区域性規律的关系已被許多实际材料完全証明了。在古勃金(И. М. Губкин)著作中[268、269]，关于石油和天然氣形成过程主要

是靠泥質沉积岩中之分散有机物質区域性轉化的概念現在几乎是众所公認的了。如果是这样的话,那末,生油建造的成分問題,堆积条件和成因問題就是解决全部石油成因問題中的一个主要問題了。

当然,个别作者,尤其是巴尔費力也夫(В. Б. Порфирьев)和戈林別尔格(И. В. Гринберг)[348,349,350],他們怀疑石油是由泥質沉积中的分散有机物質形成的可能性。他們認為,形成石油的原始有机物質应堆积成巨大的均質体,以后这种均質体在高温高压作用下轉变成石油。均質体轉变为石油的中间产物应该是类似瀝青的高分子不饱和碳氢化合物的混合物。巴尔費力也夫和戈林別尔格的概念是建立在有机物的均質体轉变为碳氢化合物的实验基础上的,而不是建立在研究区域含油層形成条件的自然环境基础上的。

巴尔費力也夫和戈林別尔格否認生油層的存在,并且認為研究生油層的形成条件对解决石油形成問題不仅沒有理論意义,而且也沒有很大的实践意义。对生油建造进行岩性地球化学綜合研究并查明分散瀝青和油气藏在其中分佈的規律乃是評比广大地区含油气远景的研究工作的主要方向之一。当对这种地区进行区域性調查以确定它的含油气远景时,查明剖面中的生油建造并在区域范圍內全面地研究这种建造乃是一个重要的任务。

苏联在这些問題的研究上已經取得了一定的成績。古勃金和阿尔汗格爾斯基对北高加索第三紀沉积的生油層所作的結論已被近年来的詳細調查所証实。根据莫斯科大学石油及天然氣地質教研室所进行的專門研究,确定在中生代和第三紀沉积中有含瀝青物質和类似石油的同样沉积形成的一系列輪迴 [281, 282, 284, 338]。因此个别岩層不仅是区域性的含油气層,而且是生油岩層,即石油和天然氣在成因上跟其中分散的含瀝青物質有关。

捷欧多羅維奇(Г. И. Теодорович)[388,389,390,391]对伏尔加-烏拉尔含油区的含油岩層和其他有关的岩層进行了岩性和地球化学研究以后,建立了关于生油沉积物的地球化学特征的学

說。在他的著作中也分析了決定适于石油瀝青生成的環境的所有各種條件問題。捷歐多羅維奇正在研究沉積物中和盆地里水中的氧化條件和還原條件對分散有機物質的作用，並測定 pH 值、硫化氫感染和硫化物含量對瀝青形成過程的作用。

烏里揚諾夫(А. В. Ульянов)[393, 394]綜合了多年來對西北高加索中生代和第三紀沉積含油氣性的研究以後，曾用沉積條件、沉積相的特徵和岩性特徵的觀點全面地說明生油岩層的特徵。

§ 2. 生油沉積的基本類型

暗色的泥質沉積 倫敦皇家礦業學院教授伊靈(C. V. Illing)在討論石油一般問題的著作中論證道：石油這一種物質的產生是和自然界沉積輪迴的一般過程相關的[82]。伊靈指出，石油的形成不是這個輪迴內類似岩漿活動的偶然爆發現象。雖然石油的形成需要許多一定的條件，但是這些條件在沉積輪迴過程中是極經常而普遍的。生油沉積形成的環境並不是什麼特殊的，而是和陸棚範圍內沉積物的堆積條件一致的。

可以同意伊靈的概念，他的概念和阿尔汗格爾斯基、米哈依洛夫斯基和其他許多研究者所說明的原理是一致的，即認為暗色的、灰色的，直到黑色的頁岩都是主要的生油沉積。伊靈又說道：這些頁岩的沉積顯然是在沒有或缺乏游離氧的條件下產生的。陸棚的黑色淤泥只能在這樣的條件下產生。這種沉積在地層剖面中是極其平常的。但是它卻不是唯一可能的生油沉積。除了這種沉積以外，在某種條件下也應該研究作為生油沉積的泥灰岩和石灰岩。分散有機物質在缺氧條件下的堆積是這些岩石共有的唯一特徵，因為這樣可以防止有機物質被完全氧化。同時應該指出，分散有機物質的含量並不需要特別多。早在有機物質轉化的最初階段，不管生油沉積最初是否富含有機物質，流体碳氫化合物的游移可以引起有機物質的大量富集並形成巨大的石油和天然氣儲集。

維爾考克斯(I. Wilcox)的意見和這種說法是一致的。維爾考

克斯認為富含有機物質的任何泥質頁岩層，在適當的條件下都可以變成生油岩層[182]。他並且認為砂岩在許多情況下也可以成為油母岩層，但是在自然界卻很少見到適合它的條件。

汪泰爾(E. M. Van Tuyl)和派克(B. H. Parker)的著作中[169]引証了大量資料來證明在許多情況下泥質沉積、碳酸鹽類岩石有時甚至砂岩都可成為生油岩層。粘土質泥岩和含油層緊密共生的情況是最常見的，但和富含有機物質的泥灰岩共生的情況較少見。

在洛克波爾特(路易斯安納州卡爾卡修區)油田中，產油層跟含軟體動物和有孔蟲遺骸的中新世頁岩有密切的關係。沒有任何資料說明該剖面中有地層不整合或角度不整合。

在阿卡凡亞和聖萊德里地區的波斯考油田中有五個厚的含油層，每層上下有富含動物化石的中新世頁岩。

棉谷油田(Cotton Valley)的波特考含油砂岩顯然位於生油的黑色頁岩層中。在該剖面中沒有地層不整合和角度不整合。富含動物化石的海相黑色頁岩，當然從前就極富含有機物。這種黑色頁岩上面復以白堊紀特萊維斯皮克建造；這些白堊紀建造是由紅色硅質砂岩和紅色頁岩組成的，這兩種岩層不含石油，通常認為它們是陸相的。

南德克薩斯州的各油田中，上始新世的捷克遜建造是產油層。顯然，在這裡生油岩層是極富含化石和分散有機物質的頁岩，這種頁岩復蓋在各種不同的含油層上。淺水生成的捷克遜建造也包含著一系列的牡蠣夾層和褐煤層。油田水的礦化程度較小。

維利斯(上奧地利)氣田，塔烏弗基爾辛(上奧地利)和索克里尼采(捷克斯洛伐克)油田的產油層是中新世泥灰岩底部的透鏡狀砂岩；中新世泥灰岩富含有孔蟲并和透鏡狀砂岩成互層。最下面是波格姆地塊的花崗岩和片麻岩。中新世泥灰岩是唯一可能的生油岩層。

埃及的胡爾卡油田位於地殼盆地的局部隆起上。在這裡產油層是自堊紀砂岩，這種砂岩上面不整合地復以中新世瀉湖相石膏及石灰岩層系，下伏以花崗岩。唯一富含有機物的沉積是漸新世

的抱球虫泥灰岩，这种抱球虫泥灰岩应在隆起沿断層下降的东部。

很久以前就知道第三紀的泥質硅藻沉积跟西阿尔及利亞和加里福尼亞含油岩層有着密切的关系。

在加里福尼亞的聖馬奇奧郡，即在普里西姆背斜上从深1000多公尺的井中取出了致密的岩心。在这口井中深約720—915公尺的間隔內出現了石油。在所穿过的整个剖面內已經确定有厚仅8.5公尺的砂岩。剖面其他部分都是頁岩，有时是微含砂質的頁岩，但是实际上总是不渗透的。这里沒有任何可以作为石油游移途徑的断層或裂縫。石油只能在这种岩層里形成，总厚度为2300多公尺的普里西姆建造(上新世)的泥質頁岩就为生油岩層。普里西姆建造由致密的硅藻泥質頁岩組成，并帶有少量的硅質沉积和石灰質結核。

加里福尼亞康托克利克油田的情形也証明石油产生在油藏与之有关的同一岩層里。石油儲集在厚約3公尺的粗粒砂岩透鏡体内，这种透鏡体上下被不渗透的膨潤頁岩包围着。这里沒有任何断層。这种含有硅藻类遺骸的膨潤頁岩就是生油岩層。

加里福尼亞聖乔阿津河谷的中新世含油砂岩(本州的油气藏跟这种砂岩有关)已經饱含了石油和天然气。显然石油和天然气是在厚約1000公尺其中包括产油砂岩的頁岩層中形成的。頁岩層的成分全是一样的，恐怕不能分出可以作为生油層的单独岩層。整个岩層都是海相泥質頁岩組成的，有些地方富集了大量硅質的硅藻类遺骸。从前，硅藻类一般被当作是主要的生油物質。实际上石油和天然气主要是由在这种頁岩層沉积过程中堆积的各种分散有机物質轉化而成的。

查塔努格泥質頁岩通常都被当作是印第安納，伊里諾斯和西肯塔基各油田的生油層。这种頁岩是含瀝青質的，跟产油層有着密切的关系。在緬斯佛德維尔区，复盖在頁岩上的考福尼費魯斯石灰岩是产油層。必須指出，在上面沒有頁岩的構造隆起是不含石油的。

在落磯山脈，即在佛洛倫斯峽谷城和波烏尔捷尔油田，石油

是在皮叶尔建造的頁岩裂隙帶和洞穴帶中。这里沒有地層不整合和角度不整合。在下伏沉积里沒有可使石油由此向上游移的饱含石油的天然儲油層。所以生油岩層只能是这一建造的頁岩。

汪泰尔和派克用上面所引用的例子說明主要的泥質岩層，特别是富含有机物的海相泥質沉积物都是生油層。海相泥質沉积物应当是最普遍的生油沉积，这类沉积可分三种：1)含有游离瀝青的瀝青質頁岩；2)不含或含有極少的石油瀝青的頁岩。这种頁岩含有被蒸餾作用析出的固定瀝青，所以叫做焦性瀝青頁岩；3)富含碳質的暗色頁岩，但是它既不具有游离瀝青也不含固定瀝青。

大家知道，石油有时可能是由焦性瀝青頁岩在火成岩侵入作用下經过蒸餾而形成的。用苏格蘭微含瀝青質頁岩的例子就可以很清楚地說明这种現象。在离这种頁岩極近的地方可以看到被石油浸染的現象。显然，德阿尔西的石油也是由油頁岩在岩牆侵入的作用下經过蒸餾而形成的。在南美洲飽含于砂岩中的石油就其成因來說也是这样形成的。在葡萄牙，瀝青頁岩埋藏在有油苗显示的岩層中，这些油苗也跟岩牆的侵入有关。

在有工業性油气藏的焦性瀝青頁岩中，查塔努格、奇罗基和伊格尔弗尔德等建造的頁岩最为普遍，在美国也最著名。除去馬克考耶、列沃尔遜、普拉特等人所引証的区域性关系的說明外，在汪泰尔和派克的上述报告中还引証了一系列的补充例子。

在奧克拉荷馬、阿肯色和堪薩斯州，查塔努格頁岩最底部的数公分的間隔里和这一建造的基底砂岩里含有大量的鱗片和魚齿、蠕形动物遺骸和树脂植物孢子。这些化石遺骸是北美古生代剖面中有机物堆积最多的一个。

在印第安納州維果郡的薩約齐和普列伊河油田上，泥盆紀的产油石灰岩跟新欧尔班尼頁岩有着密切的关系。这种頁岩乃是查塔努格頁岩的类似物。在伊利諾斯州克拉克郡的馬尔琴斯維尔油田上，卡尔派尔含油砂岩被津捷尔古克的焦性瀝青頁岩所掩盖着。在肯塔基州克里頓区，查塔努格頁岩不但是生成天然气的岩層，同时也是含气岩層。在堪薩斯州，查塔努格頁岩是焦性瀝青

頁岩。油母包含在 *Sporangites huronense* 的孢子壳里。在奧克拉荷馬的許多地區，查塔努格黑色頁岩复盖于維爾考克斯砂岩之上，這種砂岩乃是水、石油和天然氣的天然儲集層。在美國大陸中部密西西比河流域的許多地區，查塔努格頁岩是典型的焦性瀝青岩石；含油石灰岩跟它有關係，在個別情況下含油砂岩也跟它有關係。在奧克拉荷馬和堪薩斯州，查塔努格頁岩跟各種不同的含油層共生在一起。但是絕不能這樣肯定：一定的一些地層—岩性的層組就一定包括着和這種頁岩相接觸的產油層。許多儲油層包含着石油，但其上下却沒有焦性瀝青頁岩。

在德克薩斯州可以證明：直接复盖在烏德班含油砂岩上的伊格爾弗爾德建造的頁岩乃是焦性瀝青頁岩。

奇羅基焦性瀝青頁岩跟奧克拉荷馬和堪薩斯州的許多砂質含油層緊密的共生在一起。

古茨、布洛翁和約翰早期對加利福尼亞州許多油田的調查就已經指出，上中新世的焦性瀝青頁岩乃是普萊依捷里萊伊各油田的生油建造。在這裡，這種頁岩至复盖在產油砂岩、礫岩和裂隙泥質岩層的上部。頁岩中含有大量瀝青物質和能被普通溶劑分離出的少量黑色重石油。前者經蒸餾作用可以形成石油。這種石油跟普萊依捷里萊伊油田的石油一樣，它的特点是含硫量很高，因此可以說明它們的成因是很相似的。頁岩里的重石油是它里面生成的殘留石油，而分散的固定瀝青（油母）則是從前頁岩中的有機物質分解的殘留產物。在加利福尼亞的奧爾卡特和聖瑪利亞谷油田也有類似的焦性瀝青頁岩。

汪泰爾和派克研究了許多實例以後指出，如果石油確是在頁岩中形成的話，顯然在泥質沉積物成岩作用和轉變為頁岩的初期石油就應該從這種岩層中游移出來。汪泰爾和派克認為，石油是由有機物質（油母）轉化而成的說法是不大可靠的。在那種情況下，應該有很多固定狀態的瀝青物質保存在岩石中。阿巴拉契亞盆地和落磯山脈的一些瀝青頁岩中有大量的油母型瀝青，雖然這些油母型瀝青的變質程度很高，但是跟石油是由蒸餾而形成的這

种說法并不完全吻合。实验証明，油母經過蒸餾而轉变成石油所需要的温度比有工业价值的石油儲集在地壳深处所遇到的温度要高得多。

石油形成的变质蒸餾理論的积极拥护者罗伯茨(L. Roberts) [138]却持有恰恰相反的观点。在石油形成的因素和条件一节里将要談到他的观点。在这里我們仅指出罗伯茨是一貫主張蒸餾理論的，自然，他認為瀝青頁岩是生油岩層的主要类型。罗伯茨認為，任何的油母頁岩，甚至碳化程度小的煤都可能是生油沉积。

汪泰尔和派克把瀝青頁岩以及焦性瀝青頁岩假定为生油沉积。实际上这两种頁岩都属于同一类型的暗色泥質沉积；在这种沉积里，石油显然是由其中的分散有机物質轉化而形成的。

在汪泰尔和派克的上述报告及以后發表的一些著作中引証了許多新的实例說明作为油田沉积的各种泥質沉积的假想作用。

汉特(C. W. Hunt) [78]指出，暗色頁岩是加拿大艾伯特州乔治夫湖油田石油的最可靠的生油層。这个油田位于完整的短背斜中，它使等斜層(它的总傾斜度不超过 1°)复杂化了。含油層是白堊紀的中粒和粗粒砂岩。这两种砂岩都被白堊紀柯洛拉多建造
• 的灰色和黑色泥質頁岩所掩盖。这两种頁岩一般是薄層狀的，有些地方含有石灰質的結核，有时跟粉砂岩和砂岩成互層。在頁岩里間或可以遇到薄壁的瓣腮类。剖面中的个别岩層在很大領域上是很稳定的。暗色頁岩建造的厚度在300公尺以上。显然，这些沉积物是經過長距离搬运之后在陆緣盆地的稳定环境里在深15—25公尺处堆积下来的。

艾伯特州的生油層可能也是下白堊紀布莱尔莫尔建造介形虫帶的暗色頁岩[79]。它是一厚約15公尺的灰泥質頁岩，其中富含介虫类、腕足类和腹足类化石。全部动物化石都是半咸水的动物，正常含鹽量的盆地所具有的动物种屬尚未确定出来。这种灰泥質頁岩直接复盖在分佈很广的含油砂岩上。在这种砂岩中不含石油的地方，在頁岩的層理面上都發現了石油。

瓦尔特史密特(W. A. Waldschmidt) [172]在叙述柯洛拉多州的

格蘭普油田時指出，達柯特建造的上白堊紀砂岩是這個油田的含油層。油藏是沿東西向斷層的構造遮掩式的；這一東西向的斷層和南北伸長的背斜褶曲相交。所有的油氣都儲集在斷層以南。因此石油是在斷層形成後從南面游移而聚積起來的。但在格蘭普油田以南的隆起中，達柯特砂岩並不含石油。瓦爾特史密特在研究一般地質環境時認為，復蓋在達柯特砂岩上的暗色頁岩是生油層。在格蘭普油田和格蘭普油田以南的上白堊系剖面中都有這種頁岩。在這種頁岩里形成的石油游移到多孔隙的達柯特滲透性砂岩中，在游移的晚期達到了格蘭普隆起。格蘭涅羅斯、格林赫恩、卡爾拉伊里、納約布拉拉和留伊斯的上白堊紀建造的暗色岩石都是灰色和黑色泥質頁岩，最多的是石灰質的頁岩，在剖面的底部是極薄而且略經黃鐵礦化的頁岩，可是最上部是一些砂質頁岩。暗色頁岩及其所屬砂岩和石灰岩的總厚度超過 1700 公尺。

溫德蘭特(E. A. Wendlandt)和謝爾伯(T. H. Shelby Jr.) [179] 在敘述塔爾柯油田——德克薩斯斷層帶的一個最大含油區——時指出，巴魯克斯含油建造(下白堊紀)本身很可能是該油田的生油層，在東德克薩斯盆地的許多其他地區也是這樣。在這些油田上都從巴魯克斯建造中采出了黑色的瀝青基重石油，可是油田的構造條件證明石油從外面遷移到含油岩系的說法是不可靠的。在塔爾柯油田上，巴魯克斯建造是由暗灰色褐煤化的薄層泥質頁岩、膠結的砂泥質頁岩和泥質砂岩、具有斜交層理的各种顆粒的膠結砂岩和紅色岩石組成。砂岩和紅色岩石呈透鏡狀。這一建造的總厚度約 190 公尺。

巴拉貝(L. Barrabé) [4] 分析了法國南部阿克維坦盆地的含油條件和地質構造以後，作出這樣結論：除了上里阿斯統的暗色頁岩外，在這裡可能的生油層主要是中白堊紀和上白堊紀的復理相雜岩的灰泥質和砂泥質岩層。

碳酸鹽類岩石 許多學者認為只有泥質頁岩才是生油層，此外有許多學者認為這種說法應該批判地加以修正。

在所引証的著作中 [169]，汪泰爾和派克指出，在許多極其

丰富的含油地区，剖面里或者根本没有黑色的泥質頁岩，或者在地層上和含油沉积相距甚远，他們指出無論如何不能把这些黑色泥質頁岩当作是形成石油和天然气的碳氢化合物的原产地。因此，把暗色泥質岩石只当作一种可能生油沉积的說法是可靠的。

在很久以前，瀝青質石灰岩的显微鏡鑑定（巴托尼耶和庫列克）就已經确定，其中所含的有机物質不是原生的，而是次生的。最近發表的許多著作指出，北美陆台古生代石灰岩岩系里的瀝青物質比泥質頁岩中的瀝青更接近于構成石油的碳氢化合物。

美国学者在他們的著作里都把厚的碳酸鹽类岩層和个别的碳酸鹽类夾層統称为石灰岩（Limestones），可是根据这些著作中的描述和分析来看，白云岩在这些岩石中又佔优势。在許多著作中指出，碳酸鹽类岩石在适当的条件下也可能成为生油層。

盖特别尔格研究了委內瑞拉西北部馬拉开博盆地的拉魯納（白堊紀）建造有孔虫类碳酸鹽沉积以后得出了如下的結論。即其中已知的有孔虫类化石有时竟占全部岩石的90%以上。孔隙里充滿了普通的淡色方解石結晶。膠結物主要是暗灰色或黑色的碳氢化合物和瀝青物質。許多岩样經過三氯甲烷浸取后每次都得到一些提出物。用显微鏡观察岩石的磨片确定，在暗灰色膠結物中有石油类型的瀝青均匀地分散着。游离的液态瀝青物質的含量約为0.20%到0.19%。此外还有0.44%到13.6%的有机物質未被溶解到石油溶剂中。显而易见，这种有机物質部分是由游离瀝青組成的，因为在加热时有一部分被溶解了。拉魯納石灰岩是致密的，实际上是不滲透的岩石，所以有机物質不可能从外面侵入。可見石灰岩就是生油層，而且構成这种石灰岩的有孔虫类基本上就是生成瀝青的物質。

朱安納（G. De Juana）和罗德里盖茨（L. P. Rodriguez）[40]研究了馬拉开博盆地的含油標誌以后指出，在这里产油石灰岩，尤其是拉魯納和柯隆建造是中白堊紀石油儲集最可能的生油層。厚100公尺以上的中白堊紀碳酸鹽类岩層位于結晶基岩上，并且是化学沉积和生物沉积的石灰岩。生物石灰岩大部分是由有孔虫类

遺骸組成的。在這種黑色瀝青質石灰岩里沒有底棲生物的遺骸。在靜止的盆地裡，沉積物堆積於底部。石灰岩局部地含有石油的痕跡。而從盆地的地質構造來看，石油從其他任何岩系向中白堊紀石灰岩建造游移的可能性都是很少的。

瓦勒泰爾斯 (R.F. Walters)[173]指出，在中央高加索，節理發育的前寒武紀石英岩是含油的，這種石英岩是潛伏的基岩隆起的上部。碳酸鹽類岩石——或在潛伏隆起邊緣的奧陶紀白云岩，或覆蓋在碳酸鹽類岩石上面的賓夕法尼亞砂岩——乃是這種石油唯一可能的生油層。

密勒爾 (R.L. Miller)[113]認為，弗吉尼亞州玫瑰山 (Rose Hill) 油田的中奧陶紀特連頓建造的石灰岩是生油層。這種石灰岩也是這一油田的主要含油建造。這種石灰岩是中晶質的和粗晶質的，層理規則，呈暗灰和暗棕色，其中富含有機物質；這種石灰岩中富含腕足類、苔蘚植物和腹足類的遺骸。岩石里有很多被類似上述瀝青物質充滿的小裂隙。石灰岩層的總厚度約 180 公尺。其他岩石是生油層的說法是不大可靠的，實際上石灰岩是被不滲透的岩石所掩蓋着的。根據本區的地質構造條件來看，橫向游移是不可能的。

赫瓦爾德 (W.V. Howard)[72]根據用顯微鏡研究石灰岩磨片的結果得出了原則上類似的結論。

研究北阿拉巴馬州卡斯派爾石灰岩磨片的結果證明：瀝青是在石灰岩形成時堆積下來的。個別一些觔狀顆粒中有被瀝青包裹起來的方解石核體，而被瀝青包裹起來的方解石核體又被大量的方解石所包裹着。在這裡還發現許多其他的集合體和更多的不同時間形成的同族礦物。雖然這種岩石本身並不是有工業價值的油瀝的儲油層，但是瀝青和方解石在沉積物堆積和岩石形成時的結合却是值得特別注意的因素。

研究德克薩斯州尤瓦里德弧形地帶的阿納卡喬石灰岩磨片的結果證明：這種岩石是由石灰岩顆粒或含地瀝青的灰質砂岩所組成。岩樣經過四氯化碳處理，去掉了地瀝青並呈非硬化的石灰

岩物質后証明：地瀝青不是在岩石形成后迁移到岩石中去的。正如許多地質學家所推測的一樣，這并不是飽和了地瀝青的介壳石灰岩，這點已用石油飽和介壳石灰岩和随后將兩種岩樣对比的結果所証明。

范杜(F. M. Van Tuyl) [169]描述过德克薩斯州聖安東尼奧區斷層帶油田的石油形成環境。白堊紀奧斯汀建造的白堊層是這裡的產油層。石油被保存在石灰岩裂隙中。有一種說法認為：石油可以从下伏的下白堊紀愛德瓦爾斯石灰岩中沿着裂隙向上游移；愛德瓦爾斯石灰岩在斷層帶的某些油田中是產油層。這種說法已被下列的事實所推翻。第一，有時在愛德瓦爾斯建造中沒有石油的地方在奧斯汀建造中却可以遇到石油。第二，在穿过几乎整个石灰岩系剖面的深井里取出的岩芯中發現了許多 *Gryphaea* 介壳，它的內部充滿了飽含石油的石灰岩。介壳的外部完全被干燥的类似白堊的白色致密石灰岩包裹着。石油只能在成岩作用的初期进入介壳的內部并且在以后的地質变化过程中也不能从此逸出。这种石油的各种性質和奧斯汀建造中油藏里的石油完全一樣。因此，富含化石的碳酸鹽類建造就是生油層。

苏联的文獻中發表了一些著作，這些著作的結論在原則上跟赫瓦爾德和凱利所作过的研究和結論是類似的。塔塔爾斯基 (B. Б. Татарский) [380]用顯微鏡研究了瀝青在碳酸鹽類岩石中的分佈，他得出結論說：在一定情況下，瀝青与包裹它的白云岩是共生的。

在任何情況下，有時發現石油礦物包裹体或固体瀝青，其存在環境表明它們在石灰岩或白云岩中的原生性時，這并不說明石油就是靠它所充滿的那些介壳有机物質的轉化而在原地（未經迁移）生成的。

从另外一方面来看，有時大量地包含在淤泥質碳酸鹽類和碳酸鹽類沉积中的分散状态的瀝青質很可能就是石油形成的来源。在这种情况下，石灰岩和白云岩的洞穴和孔隙不管它們的成因如何，都只能是分子游移过程中，和分散的瀝青物質轉化产物分異