

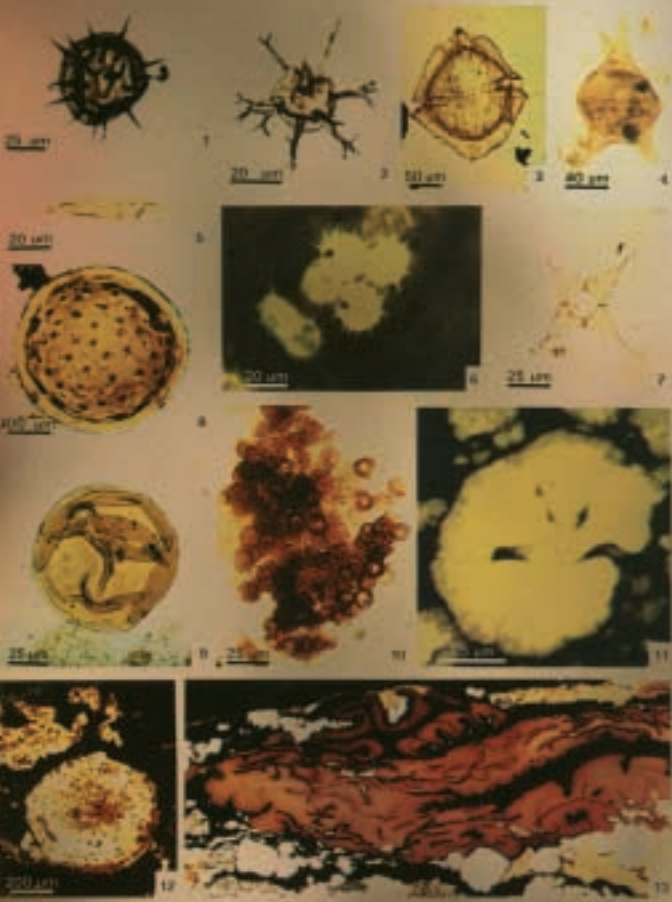
石油是油，大概不會有人懷疑，事實上它也確實是油。因此，儘管它不能食用，但我們卻很容易把它和豬油與植物油的來源聯想在一起。石油來自地底而數量又多，於是六千萬到一億多年前之間大量出現在地球上的龐大恐龍便成為石油來源的最合理推測，因為恐龍是那麼地有份量，恐龍屍體腐爛後產生的液體滲入地下後，油會浮在距地表很近的地下水表面上，而被地下水帶著往下游流去，再匯聚在某一個地方。如果這個過程沒有錯，那麼墓園附近應可找到油，特別是老墓園附近。遺憾的是，答案卻是否定的。如果您再想想幾年前口蹄疫埋入地下的那一堆豬隻，是否有人發現過一窩子的豬油？答案也是否定的。為什麼呢？

因為這些動物的油脂很容易會被細菌分解，它在地表很快就消失得無影無蹤（全下了微生物的肚子）。如果油脂類這麼容易被分解消化，那麼石油是不是就特別耐菌蝕呢？否則怎麼仍會有這麼多石油被發現，難道微生物吃了會拉肚子？其實在高濃度的石油裡細菌是難以存活的，但石油儲集於封存構造中總有幾百萬年到一億年歷史，在這漫長歲月裡，菌類只要一天吃一點總有一天可以吃完。按目前已知的常識，深達地下一千多公尺的石油都會受到菌蝕作用，其實菌類是無所不在而且數量多得嚇人，在您的腸道裡是如此，在您的口腔裡、皮膚表面上也是如此，即使在深海的火山熱液噴出口（高溫、高壓且高毒性的環境）都有細菌存在。現代的基因工程中生物的基因能被人工快速複製，靠的還是在溫泉中存活的細菌。

石油通常來自較深的地層（2,000 5,000公尺），超過此深度的地層因地層間的孔隙受壓力消失而接近緻密，缺乏儲存油氣的空間，而且因過高的地下溫度（正常情況下每公里增加攝氏30度）會將石油裂解成天然氣。因此，太深的地底下較不容易找到石油；而在較淺的地底下（通常小於1500公尺）的石油，除容易被菌蝕外，由於地下水沖刷與低分子成分透過地層的逸散而導致石油多呈濃稠狀，開採較不易。在一般的情況下，石油的比重是由地下深部往地表逐漸增大。

既然恐龍不是石油的來源，那麼石油的可能來源

石油及天然氣的 誕生、漫遊與定居



石油及天然氣的來源、生成、漫遊與定居就像游牧民族，它來自不起眼的藻類、花粉、孢子、樹脂及葉片上的角皮等，在廣闊的空間中零星分布著，偶而在合適的環境下才會聚合在一塊，在大部分的地底下它們持續地生成油氣，這些生成的油氣會經過不斷搬移而逐漸匯集，並且隨著環境條件的變化而改變居留時間的長短。

沈俊卿 郭政隆

是什麼？當我們的眼光被侏儸紀的恐龍所吸引時，卻忘了比恐龍更多的是藻菌類，這些東西無處不在，數目繁多，增殖速率更快。不要忘了一個黃金葡萄球菌可在四小時繁殖到百萬個，而導致食物中毒。也不要忘了路邊的小池塘總是綠色的，因那裡面有無數的藻類活動著。小池塘如此、湖裡如此，海裡就更不用說了，它是食物鏈的最基層供應者，同時也是石油的重要基本來源。

石油的真正來源是藻菌類，它在地球上已悠然地存在了幾十億年。而陸生植物雖然出現較晚，但也比恐龍早幾億年就已披覆在地表上，只要水份夠，這些盎然的綠意何處不在？何時不在？即使在解凍後的北極凍原也如此，幾億年來滄海桑田，何曾讓其容顏憔悴？這些東西死亡後和動物一樣，很快會被微生物分解消化，但因為數量繁多，即使是萬分之一的機率，或多或少仍會有一些保留在沉積物中。

就陸生植物而言，花粉、孢子、葉片上的角皮及樹脂等都可以轉化成石油。而樹幹的木質部，則因為化學組成的限制，在受地球內部大烤爐細火慢燉時，只能生成天然氣，就像瘦肉是熬不出油來的。這些陸生植物被分解後的殘餘與還未經分解的部分，歷經大雨沖刷，帶離原地，進入湖泊或海洋，而被保留在水底下的沉積物中，特別是高等植物具有抗氧化及抗菌蝕性質的木質部分。

若您在大雨之後到海邊走一趟，會發現那裡堆滿了漂木，但除此之外少有其他東西，畢竟海濱是能量最高（破壞能力最大）、氧化最強的環境。因此，有機物在海洋沉積的頁岩中，高等植物的木質部分占約 70-80%，其餘的才是花粉、孢子及少量的樹脂、角皮，而藻類則相當少。其實不論是在湖水及海水中，藻類均是最活躍，也是最繁多的生物，按理它在水底下所沉積下來的沉積物中應較陸生植物的殘骸為多，但因為它含較多易為微生物分解的脂類，也是食物鏈中的基礎供應者，因此一般的沉積中它的含量甚少。

但是自然界總存在著偶然與意外，當特殊或突發的狀況下出現特別有利的生存條件時，藻類就會快速而大量地繁殖，其死亡殘骸墜落水底後，如果氧的供

應不足導致生物分解不及時，這些殘骸便會被後續落下的沉積物覆蓋而保留下來。當沉積物中的含量較高時，便會形成一個好的產油層，在漫長的地質史上，這類特異事件發生了不計其數。但徒有好的生油岩，未必能生成大量的石油，有機物要轉化成石油需靠兩大因素：即時間與溫度，而後者比前者的影響更大。

一般而言，生油岩要在攝氏100度左右的溫度（即埋深在3公里左右），台灣因地層沉積速率較快，要埋深3.5公里才能開始生成石油，而當溫度達攝氏190度左右，長鏈的油分子會開始被裂解成低分子的氣。也就是說較高的溫度，只能生成天然氣，這些生成的油或氣會從由泥巴形成的頁岩移出，跑到由砂子形成的砂岩中。砂岩的孔隙較多，油與氣則順著連通的孔隙漸漸往較高的地方移動，直至遇到讓移動產生障礙的處所（也就是一個好的封閉

構造，它包含了好的蓋層與儲集層），就會積聚在該處。但這並不是它的永久歸宿，經歷過地震的人都知道，地殼其實是會變動的。

同理，封儲油氣的條件也會不斷地改變，故油氣的聚集也就不會恆久不變地待在同一個地方，而是隨著條件的改變不斷地移動。大部分的情況是油氣如同滾水中的泡泡，冒出地表。百年前苗栗的出磺坑就是因為有油溢出而得名。至於台灣的地質受先天條件限制，只能產氣（地層中所含的有機物以陸生植物碎屑為主），因為斷層多且地層破碎，所以由南到北雖有許多的氣苗分布，卻少有原油溢出，也因此原油都得

靠進口。

石油的來源

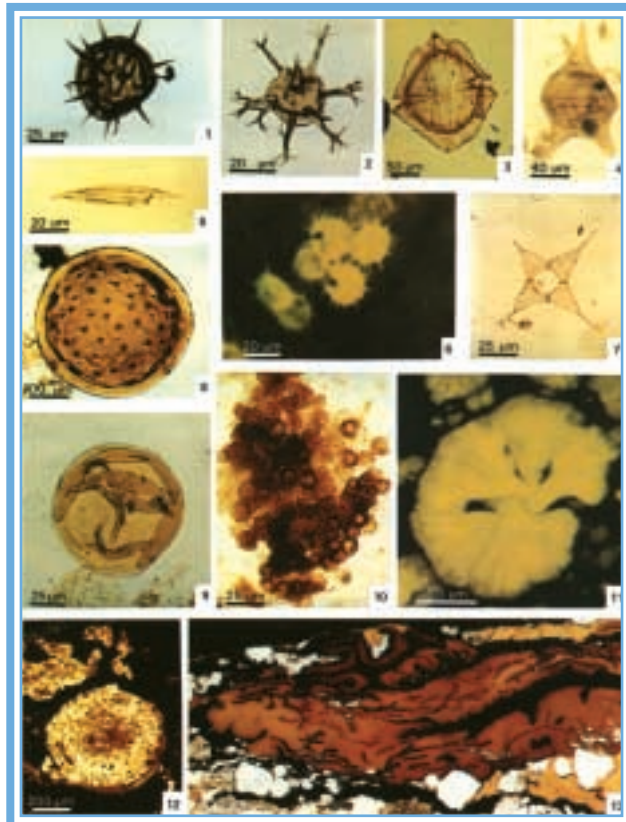
雖然石油和我們的食衣住行都有相當密切的關係，但我們大多數人可能都只看過汽油與機油，少有機會看到真正的石油。究竟它長得什麼樣子？其實什

麼樣子都有，從墨黑濃稠到清淡如水，從烏漆嘛黑到五光十色，但大部分是棕黑色，不同的產地、不同的深度，所採出的石油都有不同的成分，而成分的差異是由許多原因造成的，如溫度、水沖、菌蝕、移聚、擴散等等。不同的來源物所生成的石油會有不同的組成。

石油的來源物有那些呢？石油的來源是有機物質，是來自曾經有生命的東西。而同為生物的人可不可能是石油的來源？儘管現今人是地球的主宰，而且數目有幾十億之多，但確定

為人類祖宗的非洲原始人類，其出現年代最早也才三百多萬年，對地質史而言，這是剛才發生的事，何況幾十億的人口數量也是近幾十年來才有的。

會形成石油來源有如恆河沙數的生物，人與恐龍的數量固然也是多得難以盡數，但能供應人與恐龍作為食物的生物，植物數量必然更為龐大。而植物所生成的花粉、孢子及葉片的角皮數目自然更多，水中的藻類也一樣。這些存在數目超級龐大的東西，能躲過食物鏈的消化及自然界微生物的分解而保存在地層中，即使機率只有萬分之一，數目也非常可觀。所以一般的岩層中都可以發現這些東西，但數量不會太



在透射光下古代各種藻類。(μm = 微米)

B. Durand, 1980

多，如果以重量計算，多半只有千分之幾的含量而已。而在特殊的情況下，含量會到達百分之幾，那就會是個很好的生油地層。

但我們在一般地層中，很少看到動物的大形遺骸，所以石油的來源雖然是有機物，卻不是來自大型動物。舉例來說，如果你家前面的那座山含有千分之五的有機物（生油物質

油母質），而這些有機物有一半可以轉化成石油，那麼所生成石油的數量會是那座山的千分之二點五，或許你家前面得到的那座山只有一千公尺，但是地底下能生成石油的地層厚度範圍，卻可高達五千公尺到六千公尺，另外，山多半只是單薄的一片，但形成一個油氣儲聚點的成油範圍卻往往有幾十到幾百平方公里，所以一個值得開發的構造都會有幾億桶或幾十億桶的油可供開採。台灣因先天條件的關係，只產氣不產油，但幾個主要的生產構造（天然的儲氣窖）

有數量龐大的天然氣儲藏在裡頭，這些天然氣曾讓台灣人煎煮炒炸了幾十年之久。

前面提過，能形成石油的大都是難以數盡的東西，其中花粉、孢子、樹葉的角皮等對形成石油的能力都不如藻類。在三十多億年前的地層中，曾發現有像藻類的球體及像細菌的桿狀體，早期的藻類是藍綠藻，這表示那時候已經是陽光普照，它已發展出光合作用的能力。但是地球在二十億年以前，大氣中並沒有氧氣存在，而只是以氮及二氧化碳為主，因此，在十多億年的漫長歲月中，只有簡單的單細胞生命體存在。而這些生命體的細胞核中，遺傳的物質極為紊

亂，並且行無性生殖而無法變異，以類似的形態存活了無數的歲月。

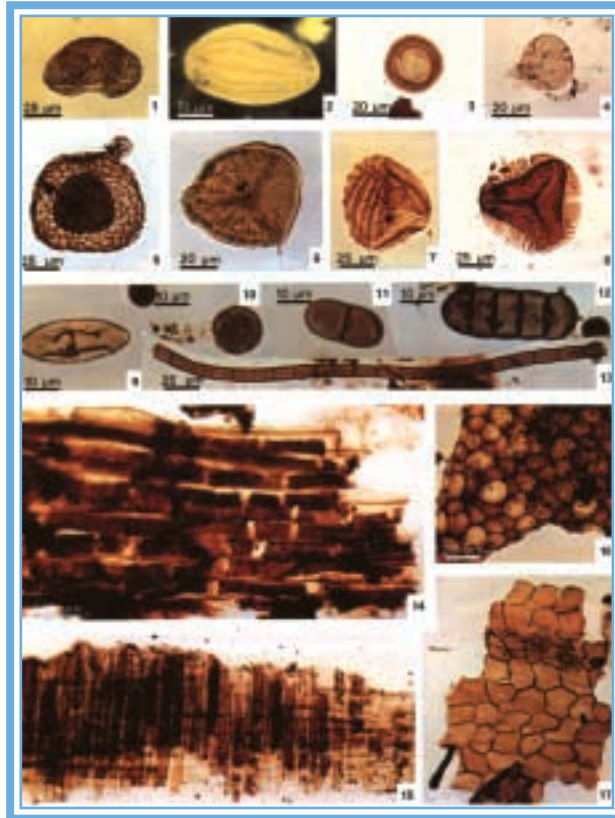
直到那麼一天，地球大氣中，氧出現了，比前核生物更進一步演化的真核生物也就在十六億年前開始生成；這些具有染色體與細胞核的生物開始出現，但仍舊是行無性生殖，且也不能產生變異。再經過幾億年的漫長演化，直到八到十億年前，有性生殖的真核生物才出現，而多細胞有機體則隨著大氣中氧的增加，在七到十億年前出現，由此可知，多樣性的生命體是後來才有的。

多樣性的生命體固然使石油有更寬廣的來源，能形成石油的地層卻不一定非得要多樣的來源不可，所以在西伯利亞、安曼、澳洲及美國的密西根州都可找到這類由六億年以上的古老地層所生成的石油。

地球的年齡約有47

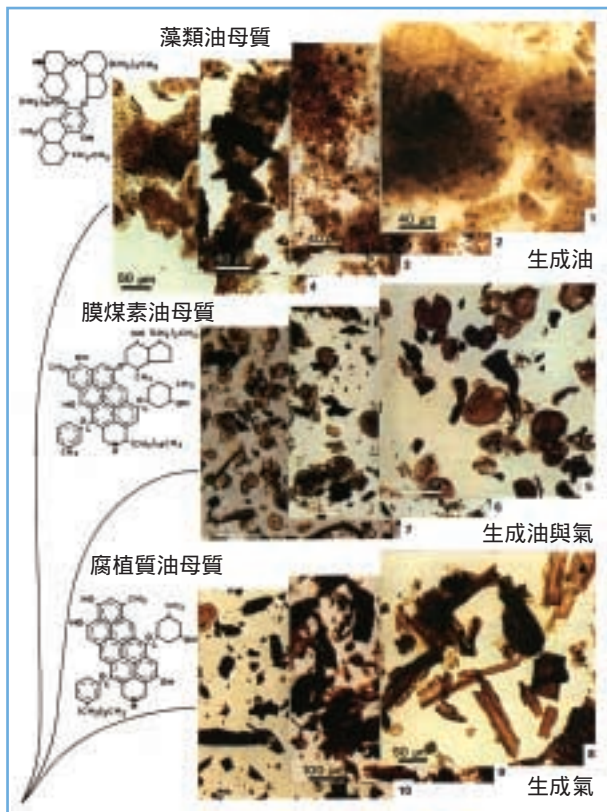
億年之久，藻類的出現則有三十多億年，如果按等比例分，老的地層對石油的貢獻應該占有非常高的比例。但實際上被發現的石油有一半是在恐龍時代的地層（侏儸紀與白堊紀），其次是恐龍消失的年代（六千五百萬年內的地層），恐龍出現前的地層對石油形成的貢獻已不多，十億年以前形成石油的地層更是少見。

這中間似乎有些矛盾存在，問題在於石油形成的機制及地質構造。有機物要形成石油有兩個要素，就是溫度與時間，愈老的地層需要的溫度愈低，換句話說，只要埋深即可形成石油。在古生代（2億4千5百萬年至5億7千萬年前）或更老的地層中，除了在穩定的



在透射光下的古代孢子（1-4）花粉（5-9）角皮（16-17）與木質部14-15。（ μm =微米）

B. Durand, 1980

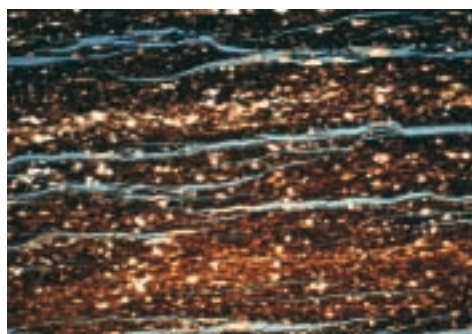


在透射光下的古代藻類來源的不定型產油有機物（上圖）古代孢子花粉產油有機物（中圖）與產氣木質部（下圖）。（ μm = 微米）

B. Durand, 1980

大陸地塊（地盾）裡能維持較淺的深度外，大部分若不是埋藏過深便是消失了。在地質史裡，它們雖曾生成石油並蘊育成藏，但事實上，地殼是不斷地被拼湊或拆解，每次拼湊、拆解出來的圖樣都不同，而它的移動（推、拉、擠、撞）會產生隱沒、融溶與岩漿噴出並冷凝固化；它不斷地生成，也不斷地被消化，換句話說，它有新陳代謝的作用。

石油含有無數不同的化合物，但主要組成可以就所含數量的多寡依序為正烷烴、支鏈烷烴、環烷烴與芳香烴等。若以元素組成來說，碳占全部含量的84.5%，其次為氫13%。換句話說，石油就是碳與氫的化合物，與瀝青的碳84%、氫10%，油母質的碳79%，氫6%相近；而瀝青為油的前驅物，瀝青裂解後就形成石油。



在貧氧環境沉積的岩層中夾含有機物情形，黑色者為有機物。

B. Kartz, 1980

前面提過，石油是有機來源，主要來自數量極大的生物；與石油最接近的是脂肪，脂肪在動物中主要儲藏在皮下、腹部及肌肉組織中；但在植物中，主要儲藏在種子、果實和孢粉中。對海洋生物而言，脂肪類的功能是為了食物的儲存、隔熱以及浮游的需要，而以短鏈的液態烴（液態脂肪）為主，陸生植物則因外部的保護作用而需要長鏈烴（蠟）。

一般感覺上好像動物的脂肪比較多，如豬的腦滿腸肥，人的大肚皮等。但比較植物與動物的差異，則植物的脂肪含量變化極大。含量最多的是孢子，占50%，高的可達90%；其次為藻類20-30%；細菌則稍少於藻類，是5-20%；樹木的樹皮可達25-30%。相對於動物的10%左右（浮游動物18%，浮游植物僅11%），植物顯然有較高的脂肪含量。動物的組成是以蛋白質為主，碳水化合物為次；而植物的組成以碳水化合物為主，次要成分則不一定。

在海洋中，浮游植物和浮游動物占了海洋生命組成的95%以上，比例極高，而浮游植物的年產量是浮游動物及底棲生物的十幾倍到幾十倍，從這樣的數量及其組成，我們不難理解到浮游植物在石油的形成上所具有的意義。當這些生物死亡之後，不論是海底或土壤表層數公分深的地方都充滿了微生物，每立方公尺的沉積物裡，細菌可達到500公克，也就是每毫升沉積物會有幾百萬個細菌。

這些生物會用破壞死去的組織，但這僅止於沉積物的表層，當沉積物埋入較深，氧的供應減少，細菌的數量會迅速減少，到了地下三公尺深處，就只存在了幾百個。所以，較快的沉積，可使這些死去殘骸降

低被微生物分解的機會，而可以保留在沉積物中。

微生物分解及使用有機物的過程，可利用將高分子的蛋白質、碳水化合物和脂肪分解成簡單的分子以利吸收，再合成一部分進入細胞質。在氧化的環境下，分解的破壞作用相當快，蛋白

質被分解成水、二氧化碳、硝酸根離子及氨基酸等。而碳水化合物則水解成葡萄糖等單糖，接著進一步分解成二氧化碳及水；木質素則因部分產物不能被生物利用所以分解速度慢。但真菌等微生物能將其轉變成較簡單的酚類、脂肪類化合物，或更進一步的分解成水及二氧化碳。在植物組織中，較能抵抗生物破壞的是角質、孢粉、樹蠟及樹脂；但在沉積物中，木質素是被保留下來最多的有機物。

但這些都僅止於沉積物表面氧化環境，當沉積物進一步掩埋時，氧因被消耗且無法由水體及空氣供應，而且有機物殘骸分解過程產生的物質及細菌代謝物會使酸度增加，而抑制了喜氧細菌及真菌的繁殖。大部分的細菌在中到弱鹼性環境中（酸鹼值為7-7.5）繁殖最盛，在酸鹼值為5時已大大減弱，當酸性增強到酸鹼值為2-3時，多數細菌便無法存活。由於沉積物埋入地表以下時，環境就變成還原環境，在這樣的環境下，水解及厭氧菌的分解是主要作用，脂肪轉變成脂肪酸、蛋白質則斷裂變成氨基酸，而木質素就分解成苯環類的衍生物及大量的活性基團。

這些有機物除了受上述生物的分解作用外，在低溫及埋深較淺的狀態下會因化學反應而造成改變，特別是在攝氏50-60度的溫度下，如氫原子的重新分配，有的化合物變成缺乏氫，有的則含有很多氫。脫水作用會使醇類轉化成烷類，脫羧及還原作用則會使脂肪酸變成烷類等。

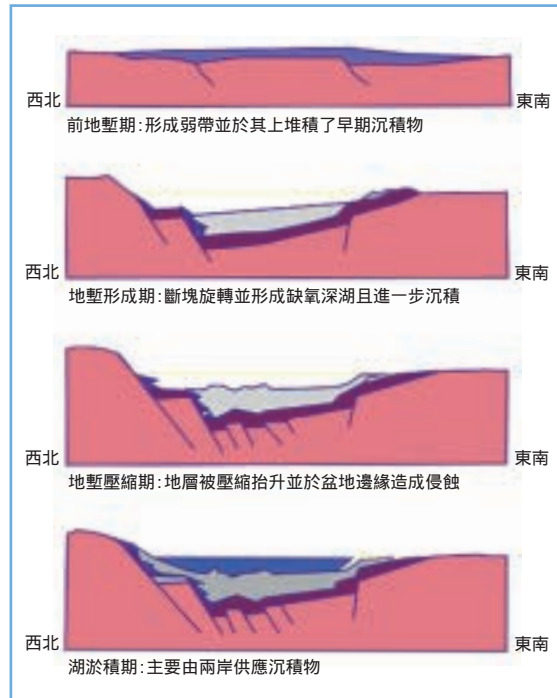
當埋深漸增加時，溫度也跟著增高，地溫的增高原因有許多，如岩漿的化學反應、放射性元素蛻變、重物質位移、物質分子壓縮變化時的晶格熱、構造變動與潮汐所造成的摩擦熱、以及原始的地球殘餘熱等

來源，使得地球愈往內部溫度愈高，通常每1公里的深度會增加攝氏30-35度，換句話說，當深度達到地底下三千公尺時，溫度會超過攝氏100度。

同樣的原理，當有機物埋深大於1公里也就是溫度大於攝氏50度時，開始進行熱分解作用，這時候，時間對有機物的變化開始有了意義，如同炒菜或煮炸東西，時間愈久則愈老或愈焦；在地層中有機物的變化與此相似，如果我們把不同深度的花粉或孢子放在透射光顯微鏡下，便可看到，隨著埋深增大，花粉與孢子逐漸由淡黃色，轉深黃色再變成棕色，最後則成為黑色。

石油的形成既受溫度也受時間的影響，就溫度而言，太低的溫度石油不能形成，太高的溫度則石油會被破壞，所以石油大多形成於攝氏50-200度的範圍內，生成石油的高峰則出現在100度左右；而溫度的範圍則與時間的長短有關，愈久則可形成石油的溫度愈低。攝氏50-200度的埋深，用正常的溫梯度換算大約是地下1公里至6公里，太深，油會被裂解成氣，而且，如果埋藏太深，地層中的孔隙幾乎消失，

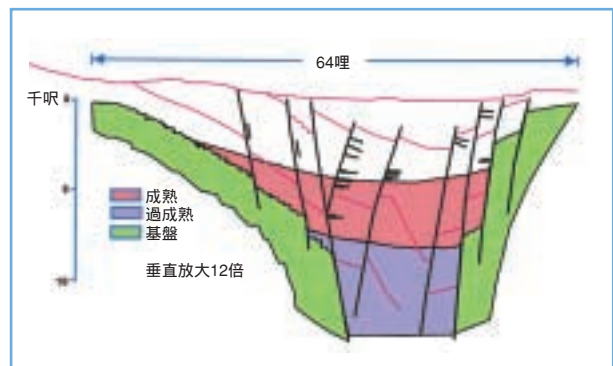
石油的形成既受溫度也受時間的影響，就溫度而言，太低的溫度石油不能形成，太高的溫度則石油會被破壞，所以石油大多形成於攝氏50-200度的範圍內，生成石油的高峰則出現在100度左右；而溫度的範圍則與時間的長短有關，愈久則可形成石油的溫度愈低。攝氏50-200度的埋深，用正常的溫梯度換算大約是地下1公里至6公里，太深，油會被裂解成氣，而且，如果埋藏太深，地層中的孔隙幾乎消失，



由張裂所產生的斷陷盆地之發育實例，地層逐漸埋深。

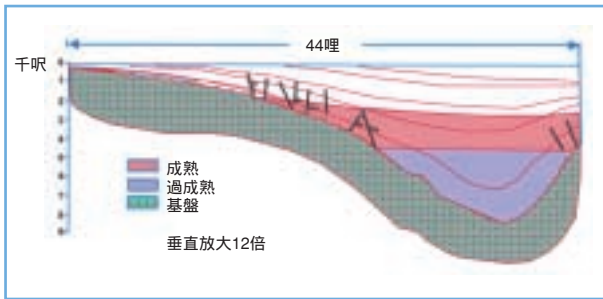
H. H. Williams et al., 1985

的範圍內，生成石油的高峰則出現在100度左右；而溫度的範圍則與時間的長短有關，愈久則可形成石油的溫度愈低。攝氏50-200度的埋深，用正常的溫梯度換算大約是地下1公里至6公里，太深，油會被裂解成氣，而且，如果埋藏太深，地層中的孔隙幾乎消失，



張裂性的斷陷盆地埋深後有機物成熟度分布範圍，紅色為產油油窗，紫色為產氣氣窗，黑短線為油藏。

D. W. Waples, 1985



D.W. Waples, 1985

凹陷盆地埋深後有機物成熟度分布範圍，紅色為產油窗，紫色為產氣窗，黑短線為油藏。

也不利於油氣從地層中移出，形成具經濟價值的油氣藏。所以，太深的地下，石油不會存在。另外，太深的地下鑽油，費用非常高，並不經濟，所以探油的深度多半在五、六千公尺的範圍內進行。

一般油的比重大多比水輕，會隨著浮力而往上移動，往淺處跑。因此，雖然石油的形成有一定的溫度門檻，但比此溫度門檻淺的深度並不難找到石油，在地下較淺處形成的石油通常較粘稠，越往深處則越輕越稀，這是因為溫度的增大，使大的分子裂解成較小的分子。換句話說，溫度會使分子趨向於在該溫度能維持穩定的結構，如重油逐漸變為輕油，再變成氣，最後只有結構穩定的甲烷存在。

另外則是芳香環的聚合，芳香烴分子越變越大，使石油成熟為焦瀝青，在更高的溫度（如高於攝氏250度）進一步成為石墨。

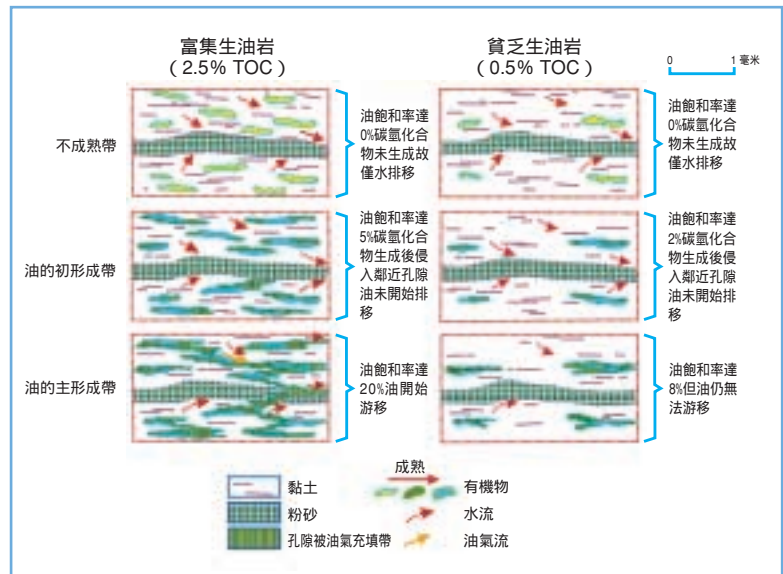
石油的遷移和聚集

水在石油的形成與遷移上扮演很重要的角色，形成石油的有機物主要是散布在由泥巴形成的頁岩或鈣質含量較多的泥岩之中，當泥巴與砂子沈積時，都含有接近一半的水，在海中沈積的含了海水，在淡水中形成的則是含淡水。

但不論海水或淡水，水分子在有機物轉化成石油或石油裂解成較輕成分（較小分子）時，提供了氫離子，否則會因缺乏氫而形成二氧化碳。這些水會因岩

層埋深受壓而逐漸排出，就像用手去擠浸溼的海綿。要把水從海綿擠出並不難，但如果想把它完全擠乾，卻不是一件容易的事。

岩石在沈積時不論是砂子或泥巴，都像海綿一樣，空隙間全是水。不同的是，砂子的孔隙很大，泥巴的空隙卻很小，在後者中的流動卻不是那麼容易。但地層累計的壓力，溫度；所造成的膨脹力與油氣生成所增加的壓力、都會迫使水從泥巴形成的頁岩中排



P. ungerer et al., 1984

水與油從小孔隙的頁岩流至較大孔隙的粉砂岩的可能情形，左圖為富含有機物的岩層不成熟時只有水排出直到生成的油飽和度達20%時才開始排油，右圖為有機物貧乏的岩層只有水排出。

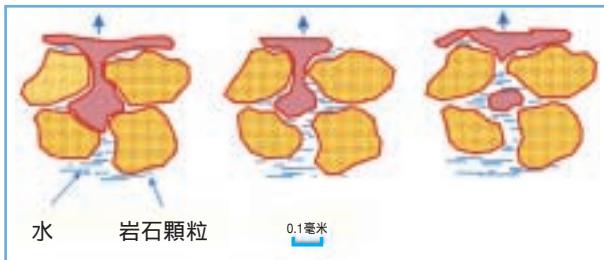
移出去。不過地層受壓而排水，主要是發生在淺層，愈往深處愈少，而粘土礦物的脫水作用則發生在攝氏80 120度，即較深處。

前面曾提過石油生成的高峰是攝氏100度，粘土礦物脫去的水占沉積物體積的5 10%，對石油從頁岩層中移出是有幫助的。因為從石油生成到結束，孔隙的損失也只是5 20%，當油與氣的數量不多時，都必須藉由水來帶出頁岩層。如甲烷氣在1,000公尺的深度下，溶解於水的體積是水的兩倍，到了深度6,000公尺時就是10倍。溶解氣體隨著水而移出，但當氣體量大於溶解度時，不需要藉助於水，也能以氣相方式移出生油岩層。這時候氣體可溶解部分的油，也把油帶出生油岩層。

至於油平常是不溶於水的，但當水的溫度超過攝氏100度時，水會從高極性變成低極性，而變成可溶解不具極性的油，因此，此油也會藉水而移出生油岩層。但是油的數量多時，不需要藉助水也能移出生油岩層。有時候雖然數量不多，但也能藉由有機物的分布當作途徑而移出。不過，在地底相當於攝氏100度的深度時，油與氣成為單相，所以，是以單相方式移出生油岩層。

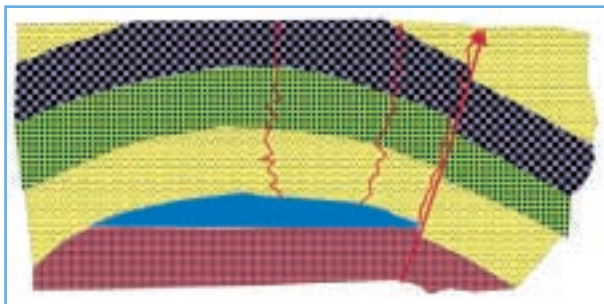
油與氣從細顆粒的生油層移到粗粒的運載層時，是藉由上述不同方式進行，而在粗粒的運載層中也同樣可以氣相、油相或分散相進行。分散相是0.5 1.5微米的小油滴，它們帶負電，會互相排斥，而不會凝聚，可以進行長程的遷移。至於油相與氣相的遷移會像狗狗走路，一路走一路留下紀念品，如果不是數量夠，還未達終點站，就已消耗怠盡，無法儲集成具經濟價值的油氣藏。所以油與氣要做長途旅行，除了本錢要夠，還得要有好的環境，例如載層的延續性要好，途中也不能有太多的斷層構造導致漏失，所以油與氣的長程移居不是常態。

油與氣在載層的運動是朝低勢能的方向運動，簡單的說，就是朝向較低的壓力與溫度的方向移動。岩



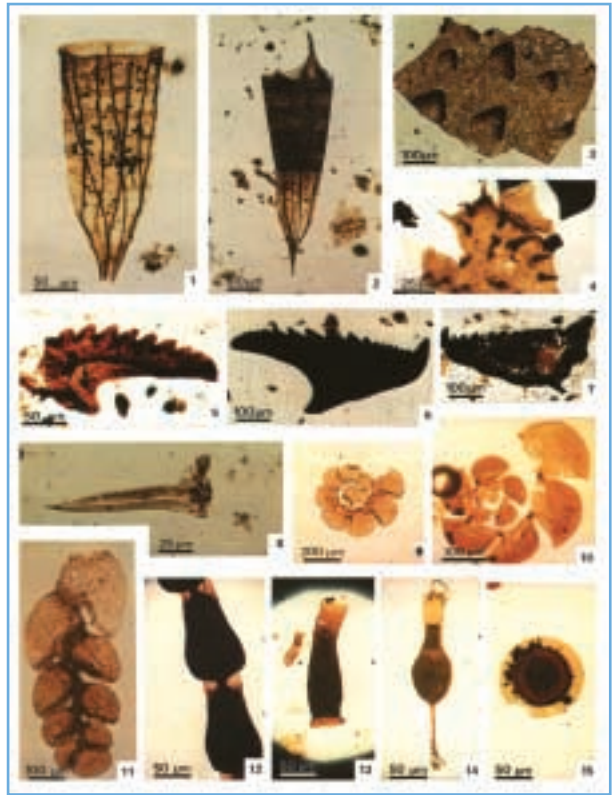
油在載層中的移動需穿越較小的孔喉也必須克服毛細壓力，也會沿路留下紀念品。

B. Durand, 1988



油在載層中不斷的移動最後在背斜高區中儲聚成油氣藏，若蓋層不緊密仍會向上漏失至它處成藏。

D.W. Waples, 1985



在透射光下的古代動物殘片。

B. Durand, 1980

層埋得愈深，孔隙愈小，孔隙壓力愈大，地溫也愈高，但油氣卻是愈往深部的分子愈小，比重也愈低。在比重較小的情況下，它是會朝上運動，但是地層沈積時，多半呈水平方向分布。垂直方向的岩性變化通常很大，褶皺固然會使岩層呈相當程度的傾斜，但油氣仍然不容易垂直往上移動。側向或斜角的移動是較容易進行的，除非有斷層破壞了地層的延續性，才有機會往上移動。

油氣在孔隙較大的載層（大多為砂層）中游移，當移動受到障礙時，例如水流由上往下、壓力變大、或孔隙與滲透率降低時，導致移動速度很慢或停止，就會積聚成油氣藏。如果障礙大到阻擋大量的油氣時，就會形成具經濟價值的油氣藏，這多半是背斜構造的軸部或是斷層所形成的封閉。油氣的遷移通常是走走停停的，而且歇止的地方也不會永久，因為地殼是動態的。

沈俊卿 郭政隆
中國石油公司探探研究所