

石油知識叢書

石油地質淺說

16450

TE C12]
041

石油知識叢書



石油地質淺說

5048/22



200362963



中國石油學會發行

序

石油在人類廿世紀的各種活動中，無疑地扮演了一個重要的角色。大部份能源，和衣食住行之所寄，都和石油息息相關。我國的石油資源，包括大陸和台灣，雖然不算是富裕，可是石油工業，自探勘、開採、輸儲、煉製，以至石油化學品的製造，這幾十年來，在台灣地區，由於政府的倡導，和國人的努力，已經有了很好的基礎。不過石油也是地球多年來滄海變化中聚積的財富，不斷的開發採用，終將有枯竭的一天。因此，如何加強功效、節約使用，便是我們每一個消費者的責任了。

中國石油學會爲了紀念成立二十週年，特別邀約了會員中的學者專家，編撰了一套「石油知識叢書」，將有關石油工業每一個階段的作業，用通俗的文字，作簡明的敘述，便是希望社會各界人士，藉這幾本小冊子，增加對石油的認識，也許會對這個得來不易、煉製也頗爲艱辛的時代產物，添上一點珍惜。

這套「石油知識叢書」分「石油地質淺說」、「地球物理探勘」、「石油鑽探」、「石油煉製工業淺說」、「石油產品簡介」、「石油化學品」、「石油化學品應用」七種，其中「石油化學品」有上、中、下三冊，共九本，動員了五十多位實際參與石油有關工作的專家，歷經易稿，辛勞可知，中國石油學會謹在此向他們致謝。對主編的張錫齡、潘玉生、詹益謙、夏昶、胡培植、潘柱材、林雲騰諸位先生，我們尤爲銘感。

中國石油學會理事長

董在芳

前 言

對於一般人來說，石油是一種黑金，是一種維繫現代文明、增進人類生活的動力；但對於探勘石油的地質人員，它是岩層的一部份：生成於某一種岩石，而又移聚到另一種岩石之中。石油地質便是探討石油的成因、產狀、移棲與聚集的應用科學，是要以最便捷、最經濟的方法尋找出石油埋藏在地下的所在。

石油的探勘應用了地球化學、地球物理學、古生物學、構造地質學、沉積學與地層學等方面的知識與技術。地球化學在作油氣評估及追蹤油氣的來源；地球物理學在運用震波、重力、地磁等測量方法，尋找地下可能的儲油氣構造；構造地質學在探討這些構造的成因，並實施野外的地質調查工作；古生物學在決定地層的年代與順序，以進行區域性的地層對比，而沉積學與地層學在分析地層的特性，進而解釋區域性的地質條件與地質史，以指示值得探勘的地區。所以，石油地質是理論與實際並重，是一種團隊的工作與研究，匯集了許多有關人員的心力與智慧，共同戮力於地下碳氫化合物的發現與開發。

本書由原振維、江文昭、林國安、紀文榮及曾弘志諸位先生共同執筆，全書共分八章，以淺顯的文字介紹石油地質的理論與實際，希望能給初學者一個概略的認識。值此石油學會成立二十週年，本書之編撰自亦有其特殊的意義存在。由於倉促付梓，掛漏在所難免，尚祈學者先進不吝賜予指正。

張錫齡 識

中華民國七十一年七月

目 錄

第一章 石油地質的基本概念

一、緒 言	1
二、什麼叫做石油	3
三、石油是怎樣形成的	5
四、油氣的產狀	11
五、生成與儲聚油氣的岩層	13
六、儲集油氣的地質封閉	17
(一)構造封閉	18
(二)地層封閉	21
(三)聯合封閉	23
七、油氣的移棲與聚集	24
八、如何探測石油	27

第二章 地質測勘

一、地面地質的調查	32
二、地下地質的研究	41
(一)構造圖與剖面圖	41
(二)等厚圖	43
(三)相 圖	45
(四)古地質圖及隱沒露頭圖	45
(五)地球物理測勘圖	47

內地球化學測勘圖	47
三、擇定井位鑽鑿探井	48
四、井下電測資料的解釋	52

第三章 沉積學與地層學

一、沉積學與地層學的意義	65
二、沉積岩的岩性與岩石分類	69
(一)沉積岩的分類	69
(二)碎屑沉積岩的分類	72
(三)沉積岩的岩性	78
三、研究方法	80
(一)粒徑分析	82
(二)顯微鏡鑑定	83
(三)X線繞射分析與黏土礦物	85
(四)孔隙率與滲透率	85
(五)電子顯微鏡	87
(六)其他方法	89
四、沉積構造與沉積環境	89
(一)沉積環境的分類	91
(二)沉積構造及其環境意義	92
(三)沉積環境分析	99
五、地層學	99
(一)岩層的描述	99
(二)區域性地層對比	101
(三)區域性地質史的解釋	101

第四章 微體化石與石油探勘

一、微體化石之意義與特性	102
--------------------	-----

二、微體化石的類別	104
(一)矽藻 (Diatom) 化石	105
(二)放射蟲	107
(三)牙形蟲	107
(四)介形蟲	108
(五)雙鞭毛藻	111
(六)花粉化石	112
(七)有孔蟲化石	113
(八)超微化石	115
三、研究步驟和方法	120
(一)岩樣的來源	120
(二)薄片之調製及化石分離	120
(三)化石的分類和鑑定	120
(四)綜合研究和分析	120
四、微體化石在石油探勘上的應用	120
(一)建立標準生物地層層序	120
(二)確定地層層位及地質時代	121
(三)決定井下地層層位與含油層之關係	121
(四)地層對比	121
(五)古生態及古沉積環境之研判	123
五、古構造運動的解釋	124

第五章 石油之地球化學研究

一、地球化學與石油探勘之關係及主要工作內容	130
二、油母質及其種類	131
三、生油岩評估	136
(一)有機富集度	136
(二)成熟度評估	137

四、油氣與生油岩之對比	141
五、地化分析與地質資料之配合運用	143

第六章 地球物理探勘

一、重力探勘法	145
(一)重力基本理論	147
(二)測定重力之儀器	149
(三)重力野外測定與重力修正	150
(四)重力修正法	151
(五)重力解釋	152
二、磁力測勘法	155
(一)磁力測勘之基本理論	155
(二)地球之磁性	156
(三)岩石磁性	156
(四)磁力儀與磁力操作	157
(五)磁力解釋	159
三、震波測勘法	160
(一)折射法震波測勘	160
(二)反射法震波測勘	161
(三)反射法震波測勘資料解釋	163

第七章 沉積盆地分析與油氣評估

一、沉積盆地的意義	165
二、控制沉積盆地中沉積物性質的因素	168
(一)沉積物來源	168
(二)沉積盆地在地形盆地中的位置	172
(三)地區性下陷	174
三、相對海平面與岩相變化	174
(一)相對海平面變化	174

(二)海進、海退與進覆、退覆	175
四、沉積盆地分析與油氣評估	179

第八章 台灣的石油地質

一、台灣油氣探勘的經過	182
二、台灣石油地質概述	187
三、台灣的主要油氣田分佈	194
四、結 語	208

第一章 石油地質的基本概念

一、緒言

駕駛員將汽車駛入掛有火炬商標的中油公司加油站，汽油從油鎗管子中流出，注滿油箱後，車子揚長而去，這就是一幕奇妙的千百萬年石油劇之劇終畫面。同樣地，當您烹煮美味可口的中國佳餚時，自來瓦斯的熊熊烈焰使得鍋中食物火候適度；類似這樣人類使用汽油、天然氣和其他油品如潤滑油、煤油、柴油及燃料油的例子有很多，從而也就結束這篇漫長的石油劇本。無論這些石油是遠自中東購買來的，或是產自苗栗地區的天然氣田，我們要利用這些油氣前，必須依賴石油地質學家就有油氣儲蘊希望地區加以探勘，然後由鑽井人員從事鑽探任務，若有所獲，再經過生產、煉製、儲運、營銷等階段的石油工業人員同心協力，人們纔可以方便的使用到這些寶貴的地下資源。

我們所處的二十世紀已處處用到石油，尤其二次大戰後中東大油田相繼發現，導致人類對該項資源的依賴。時至今日，石油化學工業的突破與蓬勃發展，使得我們日常起居，舉凡衣、食、住、行…，無一不與石油有關。

若將這個時代名之為「石油時代」亦無不可，後世子孫為我們這時期的文明作一總結時，必不吝惜筆墨地描述石油對我們的貢獻。「石油時代」於人類演化上的重要性，絕不亞於史策上所載的「石器時代」、「銅器時代」及「鐵器時代」。可惜，石油却是一種無法再生的資源，並非取之不盡，用之不竭。故有朝一日，石油耗盡了，「石油時代」也終將成為歷史上的名詞。

我們現在已可略見「核能時代」之即將屆臨，至於其間演變、接替及轉換年代，則胥視我們對能源所持有的態度，其中包括人們對石油的節約程度，核融合技術在商業性運轉上技術能否突破，以及大眾對核能的接納性。然而，無論以後演變如何，石油已留下一段不容抹煞的史實，這也是所有石油工業從業人員努力的成果。

石油究竟已讓人們應用了多少年代？若要追溯人類用油的記載，最早者應是聖經創世紀中，上帝對諾亞說，他所建造的方舟裡外都須塗上「瀝青」，以防洪水的滲入，瀝青就是固態的石油。考古學家也證實早在四千多年前巴比倫王朝就有使用石油的實據。相同的記載在我國、希臘、羅馬的古籍中也屢見不鮮，如西元前 206 年，前漢書地理誌載有「高奴縣有洧水可燃」；西元 300 年晉朝博物誌載有「酒泉延壽縣南山出泉水，……水有肥如肉汁，可著器中，始黃後黑，如凝膏，燃極明，彼方人謂之石漆」；西元 1030 ~ 1090 年宋朝夢溪筆談有謂「鄜延出石脂水」，此皆指石油。

雖說人類用油的歷史可追溯至幾千年，可是以往石油大都用在宗教及醫藥上，至於取代木材及煤而成為人類能源的寵兒，却是遲至晚近百餘年前的事。十八世紀末，地球上人口聚落區的大森林已被砍伐殆盡，人類開始尋覓新能源時，由於內燃機的證明，煤得以藉此而轉換成動能，因此大大風光一閃。以後石油的大量被發現，由於當時價廉美物廉的特性，瞬間就取代了煤的地位；同時人們也開始殫精竭慮地研究石油更廣泛的用途。終於在短短的時間內加速石油時代的來臨。

石油使得傳統的人類生活方式起了重大變革，無論是科技、戰略、經濟活動、社會組織、國際關係都有重大的影響。它使世界似乎變小了，擴展了人們的生活領域，消彌了彼此的隔閡。藉著石油所產生的動力，人們彷彿可在天地間自由遨遊，海洋不再遼闊，天空也不是遙不可及。由石油所衍生的石化產品，更豐富了人們生活的內涵，難怪詩人會謳歌石油是一位萬能大師，它發威時可使汽車風馳電掣，細膩之處更憑添淑女們無限嫵媚。

二、什麼叫做石油

石油 (Petroleum)，顧名思義就是藏蘊在岩石內的油。Petroleum 一字由希臘文 Petra (石頭) 與 Oleum (油) 兩個字合成，意即岩石裡生出來的油類。更精確地說，石油是氣態、液態與固態的碳氫化合物之自然混合物。氣態的石油即天然氣，固態如瀝青，而液態的則稱為原油 (crude oil)，原油經提煉，就能成為一系列的石油產品。

若以化學觀點來討論，石油是由氫和碳兩個主要元素組成的。氫和碳之間可有不同的方式相結合，而組成各種成份不同的碳氫化合物 (Hydrocarbon)，即所謂烴類。最簡單的烴類，於常溫常壓下氣態的甲烷 (CH_4)，如圖 1 - 1 所示，碳有四鍵分別與氫元素結合。

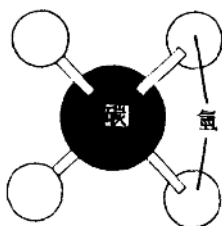


圖 1 - 1 最簡單的碳氫化合物為氣體的甲烷，係由一個碳及四個氫組成的。

甲烷可以在某些地層內找著，也可在低溫地區的沼泥中生成，作氣泡狀逸出，即所謂的「沼氣」，不過沼氣係直接來自沼泥中的有機物腐爛而成，尚未經歷各種不同的地質作用程序，與石油地質所討論的範疇不同。埋在地層內甲烷則經歷過所謂的油氣移棲與聚集作用，它係最簡單最輕的天然氣。瀝青 (柏油) 則屬較重的複雜物質。

氫和碳能夠化合成數千種不同的化合物，它們大多數以液體狀態在。這些液態的石油較天然氣重，但比固態化合物輕。圖 1 - 2 為輕質的石油分子，圖 1 - 3 則為較重的石油分子，我們可以看出其間差異在於碳分子的多寡及碳氫間結合方式的不同。

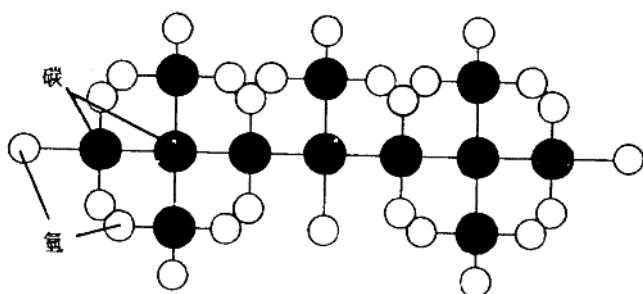


圖 1 - 2 輕質分子分子的結合分式，其中碳鍵相連

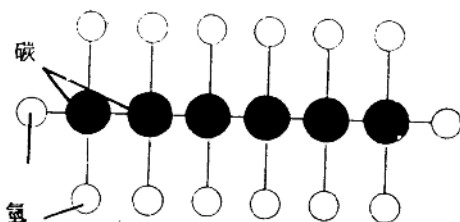


圖 1 - 3 重質石油分子的結合方式，可連結成較此圖更長的分子

一般而言，碳分子愈少便愈輕，愈可能以氣態存在，碳分子愈多則愈重，很可能以固態存在。一般人觀念裡總把石油想成單單只是一種如同潤滑油般的淺褐色、粘褐狀的液體而已。事實上，氫和碳間有太多太多種千奇百怪的結合方式，其中大部份是以液態存在。而這些

碳氫化合物又可以不同的比例相混合，所以沒有兩種石油的成份是完全相同的，就如同人的面孔沒有完全相像的同樣情形。

液態的石油包括範圍很廣，從最輕的汽車燃料之汽油、柴油，到又粘又稠的軸承潤滑油，乃至火箭燃料油、航空汽油……等，應有盡有，不勝枚舉。這些系列油品都是從油井抽取上來而組成成份複雜的原油，經煉油廠的分餾而成的。

三、石油是怎樣形成的

根據分析結果得知，石油含量中碳佔 80 — 89 % 間，氫則佔 10 — 14 %，除這兩個元素外，尚含有二氧化碳、氮、氧、硫磺等雜質。由於碳氫在石油組成比例上佔 90 % 以上，所以我們要追溯石油的來源時，須把握住這個特性。

「石油的來源牽涉到千百萬年前，現今人類既無法目睹而身歷石油生成的環境，從而科學家也無法模擬出完全的當時環境模型，加以石油是可以流動的物質，它現今存在的地方不一定是生成之處，此所以石油成因的探討衆說紛紛，要尋得合理的結論乃得大費周章」

經過多年的紛爭，現階段的石油學家多少理出一些頭緒，但不容諱言的，所有學說多少都有些臆測的成份在內。石油成因的學說大致歸納結果，不外有兩大類別：一為無機形成學說，另一派則主張有機形成。

無機形成說的支持者強調甲烷、乙炔及苯均可在實驗室內以無機化學方法合成，這也就是這套理論在早期稍佔優勢的原因。這派學者包括以編週期表聞名的門德列夫，以及完成無機合成實驗的費雪。但這項理論的弱點在於無法提出實例來反駁反對者提及在偌大的自然界中，未曾發現有這種合成過程的現象。

無機形成說曾提及石油中氫含量問題，一般海洋有機物氫的含量至多為 7 — 10 %，而石油的氫含量則高到 10 — 14 %，而且儲存石油的

沈積岩內甚少有自由氫的存在，為此他們以這個論點來反對石油源於有機物質的說法。

然而，無機學說所提及的證據遠少於此學說許多無法自圓其說的漏洞，其中最重要的反對理由包括：

(一)石油的組成是複雜且多變，故須源於可含有重分子量的有機物質才合理。

(二)石油內所含有的血紅質 (porphyrin)、含氮的物質、碘、溴、極微小的生物骸片，以及在攝氏 120 - 150 度沸點時，石油的旋光性之光學特質甚為明顯，這些都是有機物質的主要特色。

(三)氫的來源可源於大量的細菌作用，或是放射性作用的結果，故氫含量較一般有機物為多。

(四)儲存石油的沈積岩與其所含碳氫化合物以碳-14 定年法測得結果往往相同。

此外尚有其他許多事實理論被提及，也因此有機學說愈來愈被接受。時至今日，幾乎大家都認為石油是由有機生物殘骸經過熱、壓力與其他複雜的作用轉變而成的。

假若仔細地分析現時的有機學說，又可分成許多派別，其中一學派假定石油是生物轉變而來的，並由覆蓋其上的地層重壓或構造運動所產生的一種溫度與壓力作用而成的；另一學派認為這種變化須依循著一種生物化學程序，而這種作用主要由細菌所造成；第三學派則主張這種變化純粹是化學程序；第四學派指出現生海洋生物普遍能產生碳氫化合物，此即石油的直接來源。有的學者特別強調放射能在石油形成時佔有一席之地，另有學者提及某些粘土礦物及微量金屬；觸媒劑 (catalyst) 在石油變化中扮演著要角。諸多理論似乎都有根據，於是有人贊同前述生物及化學作用的兩個程序或更多的程序之同時進行，方得以形成我們目前賴以維生的石油。

無論有機學說各學派如何堅持自見，我們在探討石油成因時須把握下列五項癥結：

(一)產生石油的生油岩層通常是在海洋環境所沈積成的海相地層。雖說石油中並未含有化石，但其上下岩層及相連的地層都有海棲生物化石，且油田中必有鹽水。

(二)油田皆生成在地槽內側，向大海開口的大海灣，或是大海盆等地。

(三)生油岩均具厚度，且為組成均勻的黑色頁岩。此可佐證那是在缺氧的海底下環境所沈積的地層。

(四)前述地層中均無激烈的火成岩侵入，唯此係只指黑色頁岩而言；就大油田地層來說，還是有火山運動的痕跡證據。

(五)生油岩的石油會移棲到地質封閉中儲油層而聚集。

由這五項概結，我們可研判石油源於海底的黑色腐泥，然而却不可驟然下斷言它就是石油的直接來源處。

各種學說發展至今，最被接受的係根據石油碳氫化合物的特性來解釋，石油原料是經微生物作用的有機碎屑（蠟、樹脂、孢子、花粉）及細菌和藻類遺體所組成。這些有機物掩埋在沈積物裡，於缺氧的還原性環境下（圖 1 - 4，1 - 5），被嫌氧細菌作用而分解為碳氫化合物，隨著埋藏深度的加深，溫度與壓力也顯得增加，經過長時間（百萬年甚至千萬年）壓力與熱的作用而演變，與地殼活動時發生的斷層、褶皺，而造成油氣的移棲與聚集成油田。

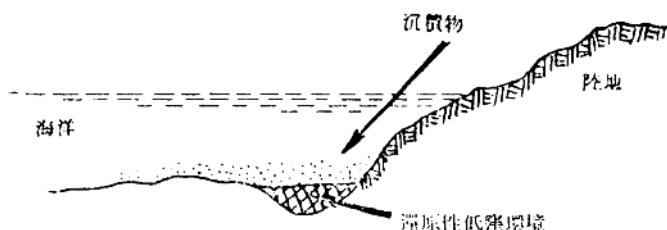


圖 1 - 4 生成油氣的環境必須在還原性低氧區

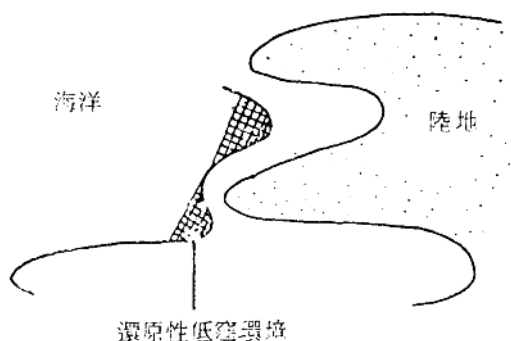


圖 1 - 5 為上圖之平面示意圖，還原性低窪環境延展在海陸交界處

自然界中能提供有機物來源的種類很多，諸如苔蘚、海藻、高等植物、昆蟲、魚、高等動物及人類等（圖 1 - 6），其中以植物較重要，因為植物繁孳迅速，分佈廣泛，同時經由光合作用吸收二氧化碳及水可產生大量碳氫化合物。植物中又以浮游植物最為重要，遍佈海

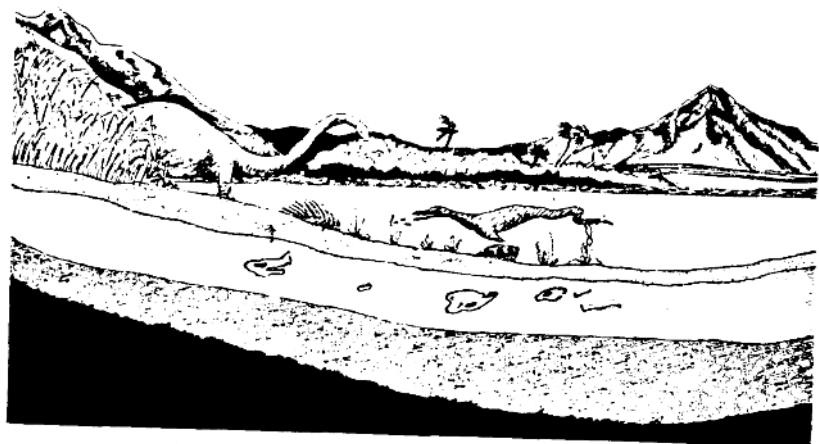


圖 1 - 6 提供生成油氣的生物包括植物及動物，而以低等浮游植物為主