

# 台灣黑金戰士 原力與你同在

董鈞堯

台灣目前各油氣田產量已減少，為了維持自有油源，除加強台灣西南海域的探勘外，並積極把腳步邁向國際，增加發現油氣資源量的機會。

## 黑金戰士 原力覺醒

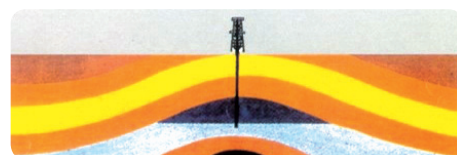
**油氣的形成** 油氣就是石油和天然氣的總稱，由碳氫化合物組成，成分相當複雜，其形成的理論有無機成因和有機成因兩類。無機成因論認為地球構造岩漿由熱變冷時，會釋放出大量含氫、氮以及乙炔的氣體，這些氣體在地層內受高溫高壓的作用就轉變成各類碳氫化合物。有機成因論則認為古代的有機質，包括陸生植物、藻類、細菌、微生物等，死亡後可能在生長處沉積，或經過搬運到它處沉積。有機質中的特定生化組成，經過成岩作用、熱解作用、後成熟作用和變質作用而轉變為油氣。

由現有的研究成果來看：絕大部分的油氣田都分布在沉積岩層，而且多集中在淺海相、三角洲和深湖相沉積層；在中國大陸古老地層自寒武紀到第四紀的更新世時代都有油氣的發現，並可見到其形成和地層中的有機質相關，和煤或油頁岩形成的時代也很吻合；近代科學家研究海相和湖泊相的沉積物，已發現有機物轉化為油氣的過程，並發現這些有機物

### 石油的形成



水中生物的遺骸下沉而埋沒於地下。



石油大多集中在地層的背斜構造部分，像砂岩之類的空隙較多的岩石地區等。

油氣生成時散布在地層中，經由孔隙通道聚集到適當的封閉構造形成油氣藏，聚積的油氣量達到可以商業性開採時才會成為油氣田。

整合各種地質、地球物理和地球化學資料，建立可靠的石油系統，  
才能掌握油氣藏的分布狀況。

愈在深層處，其特質愈接近石油，已有大量的證據支持有機成因論。

**油氣的聚集** 油氣生成時散布在地層中，經由地層中的孔隙通道移棲，聚集到適當的封閉構造而形成油氣藏。當油氣藏內聚積的油氣量達到可以商業性開採時才會成為油氣田，進一步開發生產，這就是油氣生成的生儲蓋三要件。

「生」指的是生油岩，大量的生物遺骸與泥砂或碳酸質沉澱物埋藏在地下，經過長時期的物理化學作用形成富含有機質的岩石，其中的生物遺骸轉化為石油，這種岩石稱為生油岩。良好的生油岩不但必須含有豐富的有機物，還要能夠完整保存這些成分，使它們不會被氧化，以便在適當條件下進行去氧、加氫、集碳等過程。之後再加上生化作用、溫度和無機質的催化等，經長時間的作用才能達到成熟而產生油氣。主要的生油岩多是頁岩和碳酸鹽岩二大類。

「儲」指的是儲集層，就是有儲存油、氣空間的岩層必須有良好的孔隙率與滲透率。所謂孔隙率就是岩石中含有許多空隙，而且這些空隙必須互相連通，這是儲集油氣必須的條件。例如比重輕、可浮於水面的浮石雖然有很高的孔隙率，但由於孔隙間互不相通，就不能成為儲油岩。至於滲透率，是指在有壓力差的情況下，岩石本身讓流體通過的性能。儲集層通常以砂岩、碎屑岩、碳酸鹽岩為主，小部分是變質岩體。

「蓋」指的是蓋岩，有了生油岩及儲集層，當然儲集層上部還必須有一個冠頂，圍合使油氣不致跑掉、漏失，這一個岩層就叫做蓋岩。通常蓋岩能封合的範圍就叫

封閉，封閉範圍越大，儲存的油氣量也就越多。蓋岩通常由很緻密、不透水的頁岩層所組成。

**油氣的探勘** 最早期的石油探勘是尋找露頭，也就是油氣在地表露出油氣苗徵兆的地方，這種方法可稱為直接找油法。但是很快的地表露頭都找完了，地表下無法看透的地層要如何探勘呢？這就要靠整合各種地質、地球物理和地球化學資料，建立可靠的石油系統，才能掌握油氣藏的分布狀況。

石油地質—調查、分析和油氣形成相關的地質構造、沉積環境、移棲和聚集機制，以發現可能的油氣田。

地球物理測勘—地表上的地層和形貌可藉由地質人員量測取得實際地層資料，但地底下的地質資料除了以鑽井方式，或開採礦石坑道、修築交通隧道可以取得區域性的資料外，無法一窺地表下的地層和形貌。地層主要由岩石組成，不同的岩石因其礦物組成不同，具有不同的物理特性，如密度、磁性、導電度和傳波速度都不一樣。利用量測這些物理特性，以推斷地下地質構造形貌的方法，就稱為地球物理測勘。

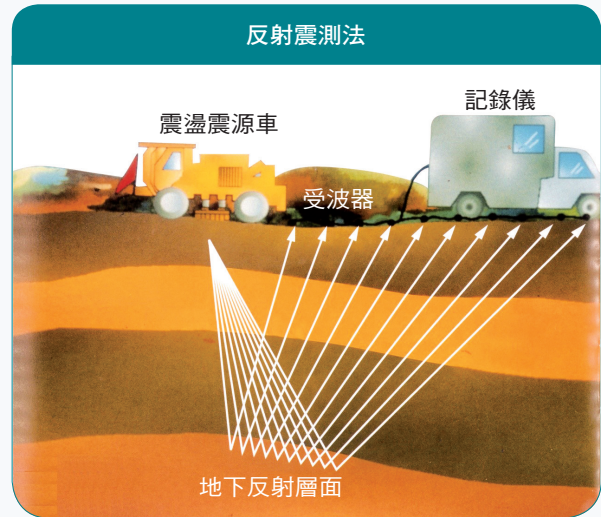
磁力測勘是量測地球表面或低空量測地球磁場的變化，其變化是由於地下構造或磁感率的變化，沉積岩的磁感率通常遠小於火成岩或變質岩，因此可用以描繪基盤面的起伏或探測磁礦體。對於儲油構造受基盤影響的地區，用這方法探勘石油是有效的，如新墨西哥的 **Hobbs** 油田。自從空載磁測發展以來，油氣探勘的磁測大都採用這項技術以了解沉積岩的厚度。

重力測勘法藉由量測地表重力的微小變化，可推斷地下構造的形貌。不同岩石有不同的密度，密度大的岩石有較大的吸引力。例如高密度的地層拱起形成背斜，在軸部的重力會比其翼部高。相反地，鹽丘上方的重力比周圍低。重力測勘法適合於探勘目標地層與其周圍地層在密度上有相當的差異者。由於基盤的密度常大於其上沉積岩的密度，因此常用這個方法描繪沉積盆地，也適用於描繪鹽丘。重力測勘法也用於探測高密度的礦物。

電力測勘法是利用地球內物質許多電性的探勘技術。電阻法是利用地層或物體的導電率特性，常應用於工程上描繪基岩、探勘地下水與地熱。感應極化法常用於探勘浸染礦體如硫化礦，當地面電極切斷電流時，由於金屬顆粒表面的離子交換，流經礦體的電流切斷時，則橫跨礦體兩邊的電壓會延遲下降。地電流法與大地電磁法是利用自然的地球電流，不需輸入電流。若有不均質的地質構造存在，則會影響地電流的流動而造成地電場的異常，選擇同周期的電場強度與磁場強度可推算地層深度與電阻率。

自然電位法用於探勘一些礦物，其可與地下電解質發生作用產生電化電動勢。如硫化礦在頂部的氧化程度比底部大而產生電位差，可在地面上測到。電磁法檢測地下岩層電感應的變化，於地面或空中由發射線圈向地下傳送交流電壓，在地下產生感應電動勢的幅度與相位可由接受線圈檢測並記錄。

震波測勘法分為反射震測法及折射震測法兩種。反射震測法是使用最普遍的地球物理探勘方法，在地表用炸藥、機械衝擊或震盪震源產生震波，傳遞到不同物性的地層界面並反射回地面，利用震波經過



的時間及震波信號以描繪出地下構造。炸點至受波器的展距通常小於深度，不同地點的震波反射時間若加入速度分析的資料，就可決定反射面的深度。近年來，反射資料也用於預測岩性及探測油氣的生產狀況，是利用速度、反射振幅與其他震波特性等分布和變化，經由逆推與屬性分析來了解。

反射法比其他方法更能獲得接近真實的地下構造形貌，相當於由很多密集的井下資料所獲得的。現代的震測反射剖面很像地質剖面的形貌，但解釋者要注意資料處理過程及假訊號以免做錯誤的解釋。在理想的情況下，構造的起伏可準確達數公尺。

折射震測法的展距比地層深度大，震波必須沿著地層走很長的距離。由不同展距的走時可獲得地層的深度與速度，進而辨識其岩性，這種方法比較快速與經濟。

折射法特別適合於探勘高速面的構造，例如由描繪基盤面探勘沉積盆地的深度與形狀，也適合探勘鹽丘。在適當的情況下，這個方法可用於探勘與決定高速層的斷距。雖然折射法有上述許多優點，

在油氣探勘上比反射法用得少，可能是由於這個方法所獲得的構造資訊的精確度較差，以及需要大量的炸藥與野外工作。

地球化學—地球化學研究的主要目標是生油岩的研究，根據有機成因論，石油是由海中及陸上動、植物的遺骸掩埋在沉積岩中，長時間受地層溫度和壓力及某些礦物的催化逐漸轉變而成。分析評估生油岩中有機物富集度、類型及成熟度，可以判斷頁岩層是否能成為生油岩。

有機物富集度就是測量岩石樣品中的有機碳含量，可以推算油氣的生成量。由有機物類型可以判斷產油或產氣，如果有有機物以藻類為主，就是典型的產油型油母質；若以植物木質部和纖維素為主，則以產氣為主。生油岩在地層中所受的熱若不足以讓有機物轉化為油氣，那麼富集度高也沒有用。成熟度高與不及都不好，成熟度不足會生成比重高、黏度大的石油；過於成熟則會形成天然氣。油氣藏的形成需要油氣生成移聚和各種地質條件的配合，缺少一種就無法形成，因此探勘的成功率都很低。

**油氣的鑽探** 油氣藏在地表下數百至數千公尺深，當地質人員評估油氣潛藏位置後，必須進行鑽探作業。使用鑽井成套設備，利用鑽井管串鑽鑿一個人工通道到油氣藏位置，確認評估結果是否正確。利用鑽井成套設備進行鑽井工作，其組成包括：

動力系統—一般以柴油發電機作為動力來源，經由配電盤分送電力以驅動各項機械設備。鑽井深度不同，所需的動力就不同，一般在1～3千馬力之間。

捲揚系統—作為吊掛鑽井管串與套管串用，它們都是鋼製品。一串鑽井管串的重量往往超過一百公噸，而一串套管串的重量更有重達三百公噸以上的。主要包括：井架、鑽機、貓頭機、鑽繩、天車、遊車、大鉤。

旋轉系統—主角是轉盤，透過轉盤帶動鑽井管串旋轉，而使最下端的鑽頭旋轉切削地層以鑽達目標地層。

循環系統—藉由循環流體把鑽頭切削的岩屑帶到地面，並降低鑽頭溫度，也可達到潤滑鑽井管串與井壁間以減少摩擦的目的。當地層壓力異常時，也可利用循環流體壓制或封堵地層。使用最多的流體是以搬土（bentonite）或聚合物加上化學藥劑，再混上清水或柴油（現今多使用合成油）與加重劑如重晶石等，成為一種有黏性及高比重的液體，稱為泥漿。

井口裝置—控制井口壓力以免發生井噴的危險，也稱為防噴器。

控制系統—包括兩部分，一是儀錶，一是設備控制及調節開關，可即時顯示整套設備的工作狀態，並調整控制在設定的工作條件下進行鑽井作業。

**油氣的生產** 含油氣的目標地層經過鑽井測試確定有油氣存在後，就需進一步在儲油氣構造進行多口的鑽井，以確定構造範圍並評估油氣蘊藏量。當油氣蘊藏量達到可以商業化生產的門檻時，就開始開發生產工作。生產設備可以分為地面下的油管串及地面上的耶誕樹。

油管串—主要由油管組成，其他還包括特殊操作使用的短座管、助流管、側洩循環閥等，作為讓地層內的油氣流體流到地表的通道。為了使油氣流體只能經油管流動而不進入油管外或其他地層，一般會在生產層的上方設置生產填塞器，油管串利用油管封塞器組穿過生產填塞器產生密封作用。

耶誕樹—是油氣流體流到地表的控制裝置，主要包括兩個主閘閥和一個側翼閥，作為生產開關使用。油氣流體生產到地表時仍在高壓狀態，為了達到下游使用和輸送的

需求，必須經過地面採收設備的初步處理。地面採收設備主要有井口節流嘴組、加熱器和分離器。

井口節流嘴組安裝於耶誕樹側翼閥下游，作為控制油氣產量使用，並可維持井內壓力以保護油氣生產層。油氣流體經過井口節流嘴組後壓力降可達到每平方英寸數千磅，導致流體溫度大幅下降，使得流體中的水汽與碳氫化合物在管線內形成固體水合物，造成地面管線或生產設備阻塞而有爆炸危險。因此降壓後的油氣流體先經過加熱器，經由直接或間接的加熱方式提高溫度以防止固體水合物的形成。

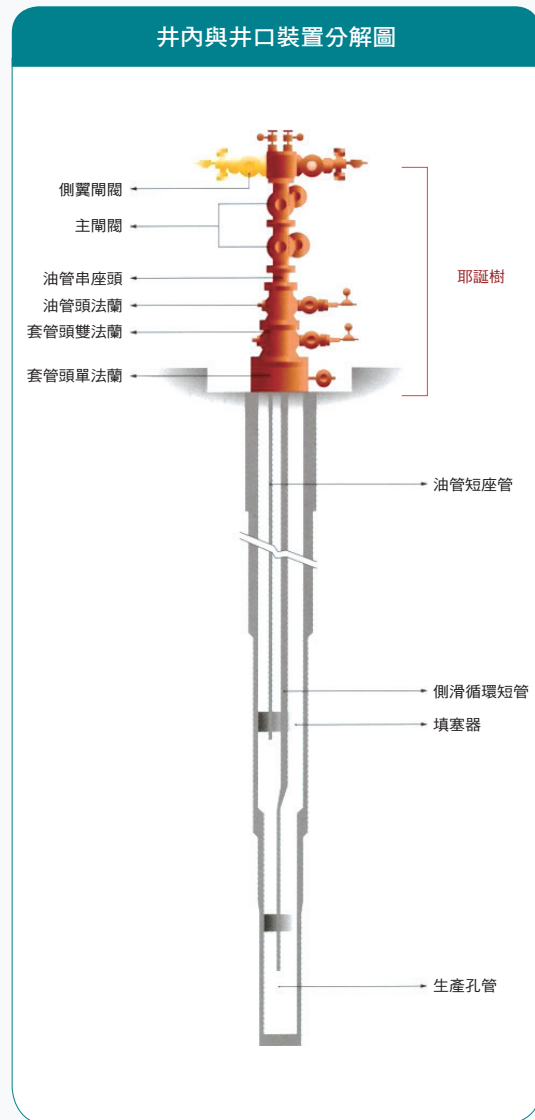
油氣流體內有油、氣和伴產水，油與氣各有不同的用途。一般都使用三相分離器使油、氣和伴產水分開，伴產水可以回注地層或處理後排放，油與氣則分別計量後外輸。

## 石油原力與你同在

**石油的運輸和交易** 石油和天然氣由產地（油氣田）販售輸送到客戶端（煉油廠），陸地上一般都以管線輸送，海上運輸則視距離長短，採用管線或船隻輸送。

石油呈液態，輸送方式比較簡單。世界上 85% 以上的石油都靠管線輸送，輸油管線密布於北美洲、俄羅斯、中東等產油地區，經由跨國管線分送到其他國家。例如北美洲從加拿大的埃德蒙頓到美國的布法羅，全長 2,856 公里。由俄羅斯的斯科沃羅季諾到中國東北大慶的中俄石油管線也長達 1,000 公里。海運則利用油輪運輸，裝載容量由早期的 3,000 噸油輪已提升到 40、50 萬噸油輪。

天然氣呈氣態，大部分利用管線輸送。若要如石油用船運送，因其體積龐大不符合經濟效益，必須先把天然氣液化。透過淨化和超低溫過程，把氣態的天然氣轉變



為液化天然氣，體積縮小約 600 倍，再利用特殊設計的液化天然氣船運送，到達接收端重新氣化後使用。

**石油的煉製和營銷** 液化天然氣重新氣化後，可用於生產石油化工產品，也可以直接作為燃料氣銷售。普通的天然氣除了作為燃料氣外，也可以製造化工產品。石油經過煉製就可以作為燃料，例如汽油和柴油，當然也可以作為各種石油化工產品的

原料，也就是一般所說的石油化學工業的範圍。

**石油化學工業** 石油化學工業（簡稱石化工業）是以石油或天然氣為原料製造各種化學品的工業。以石油為原料所生產的石化基本原料，計有烯烴類（如乙烯、丙烯、丁二烯等）和芳香烴類（如苯、甲苯、二甲苯等）。以天然氣為原料所生產的石化基本原料，則包括烷烴類，如甲烷、乙烷等。

這些基本原料經過一連串的化學製造過程，先製成各種中間產品，再經各種製造程序製成合成纖維、塑膠、合成橡膠、肥料、清潔劑、溶劑、黏著劑、塑膠增韌劑等石油化學成品。這些成品再經過加工，最後製成食、衣、住、行、育、樂等日常生活需要的各種消耗品，如鞋子、輪胎、衣服、油漆等。

台灣陸上油氣資源歷經六十多年生產，對能源供應和經濟發展貢獻良多。目前各油氣田產量已減少，為了維持自有油源，除了提升探採技術，積極進行低壓增產工作，進行生產井堵水、復產工作，提高採收率外，加強台灣西南海域探勘，並已積極把腳步邁向國際，在美國、加拿大、非洲、澳大利亞、印尼等地區爭取優良礦區，增加油氣資源量發現機會。此外，加強與國際大油公司聯繫，尋求聯合研究、投標及併購機會，期許再進入生產高峰，為大家提供更多的能源和原料。

董鈞堯

台灣中油公司探採事業部企劃室探勘鑽井組

