

這是國內第一部介紹石油與石化的叢書

來自地心

石油與石化工業

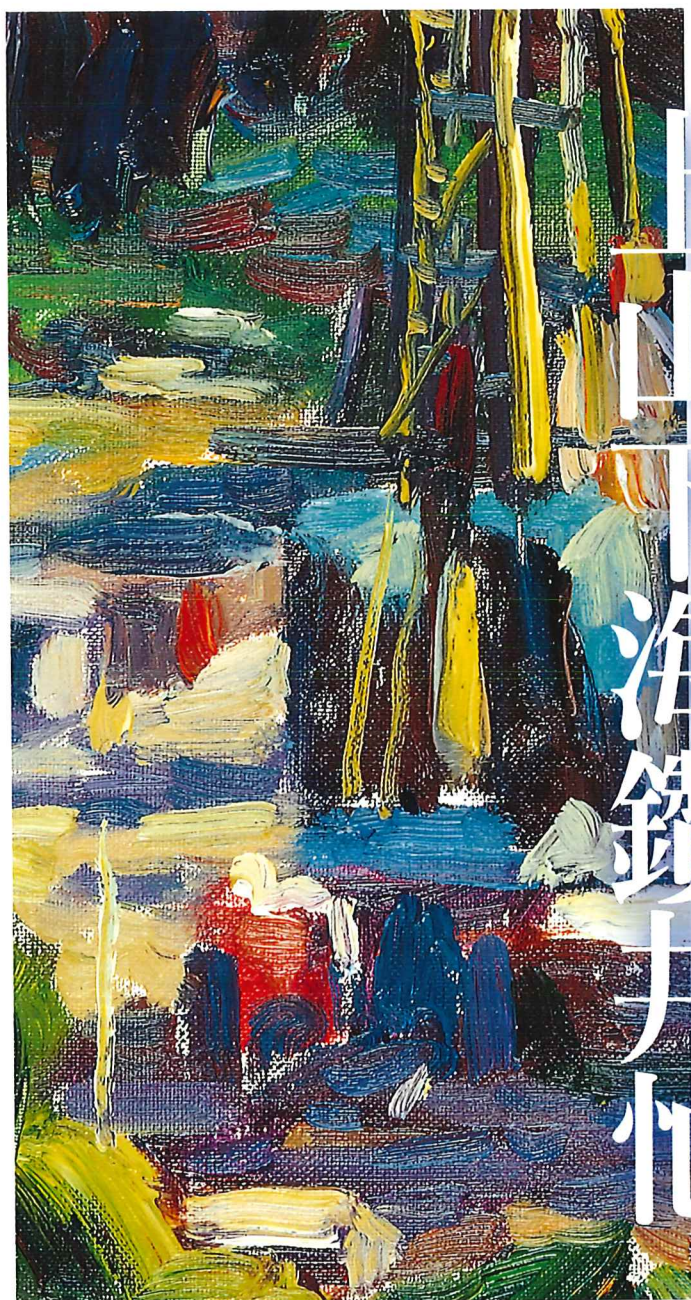
2

上山下海鑽井忙



來自地心

石油與石化工業



上山下海鑽井忙

序

石油是廿世紀最重要的能源，也是石化工業賴以生存發展的命脈。由於其產品範圍廣泛，無所不在，因此石油與石化工業不但被視為一國經濟生產力的指標之一，更與國防民生息息相關。

中國石油公司於民國卅五年六月成立於上海。隨政府播遷來台後，自力更生，於廢墟中重建起我國之石油事業，除充份供應石油產品外，更帶動相關工業之起飛，使台灣得以締造舉世聞名的經濟奇蹟。惟近數年來，由於國人對環境品質惡化頗感憂心，兼之部份民衆對石油科技一知半解，以訛傳訛，竟以石油與石化工業為「污染」的代名詞，時加阻擾，成為台灣未來經建發展的隱憂。

為消弭誤解，使國人得以正確認識石油及石化工業，中油公司乃著手編寫此一叢書，供一般社會民衆及青年學生閱讀，全套叢書依主題共分六冊，各冊均以深入淺出筆法介紹相關資訊，藉此建立共識，進而關心、支持台灣石油事業之發展；同時亦期許有志青年加入石油事業，共同努力，為廿一世紀的台灣經濟再創奇蹟。

書成之日，適逢中油公司成立五十周年，謹將此書獻予所有曾為台灣石油事業奉獻心力的人。

中國石油公司 謹誌



上山下海鑽井忙

目 錄

選擇井位與鑽井	1
陸上鑽井作業	6
陸上鑽井的程序	8
陸上鑽井設備	18
動力系統	19
捲揚系統	21
旋轉系統	23
循環系統	25
控制系統	25
鑽井過程的環保措施	26
海域鑽井的程序與設備	29
海上鑽機種類	31
海上鑽井作業	38
台灣地質概況與油氣分佈	42
油氣露頭	43
油氣分佈	48
台灣油氣田開發	51
石油探採科技的發展	62
描述油氣層的新利器－地質統計	63
突破傳統的水平鑽井法	64
千方百計只為「她」－激勵採油法	66



鑽探一口探井花費不貲，因此不論最後的結果是成功或失敗，都應仔細檢討原因，成功的原因何在？失敗的原因又何在？要好好地運用所獲得的岩樣及地下資料，讓它發揮最大功能。同時，當一個礦區有了新鑽的探井後，也要把過去該區其它老舊探井的資料重新再檢討、再解釋，

作為勘定下一口探井的參考，以尋求突破或避免類似的失誤再發生。許多老油氣田枯竭之後，常因新觀念而再鑽獲油氣，故油氣探勘人員應懷抱樂觀的態度，小心評估，仔細求證，以期能開創油氣探勘的新高峰。



小檔案

野貓井

如果要在以往未曾鑽探過的地區鑽一口探井，這類探井在石油探勘上被稱為「野貓井」(wildcat well)，此語係源於早期在美國德州鑽井時當地的俚語，猶如我國的俗語「瞎貓碰到死耗子」。在看不見的地下地層找尋油氣，真是猶如大海撈針般的困難，一舉即獲的例子多少總含有幸運的因素在內。

陸上鑽井作業



「需要為發明之本」，油氣鑽井技術的演進基本上也是受到需求的導引。現代石油探勘技術中最普遍的鑽井方法是旋轉鑽井法。其原理是以堅硬的鑽頭在井底旋轉以刮削地層，被刮削出的岩屑、泥渣則利用循環泥漿帶到地面，如此，可增加鑽頭在井底的工作時間；直到鑽頭磨鈍了，才將它升起換上新鑽頭，然後再下降到井中繼續鑽進。

油氣鑽井須在地下工作，由於工程特殊，又有許多潛在的困難因素例如鑽遇高壓地層、漏泥層；或遇到地層塌陷、鑽串斷折、設備故障等，全賴工程人員的經驗與技術，才能克服困難。而鑽井工作一經開工，全隊鑽井技術員就得日以繼夜地輪班工作；且無論風吹雨打、過年過節，均須全心全力投入工作，並緊急應變處理突發狀況，可見鑽井工程是相當具有挑戰性的工作。



陸上鑽井工程



管線工程銲接作業

陸上鑽井的程序



進行陸上鑽井之前必須先進行井位勘查、土木開坪及籌鑽等準備工作。



鑽井前的準備工作

地質人員所選定的鑽探目標是在地下，目標區對應的地面，就稱做預定井位。在選定井位前，必須對可能採用的土地進行多項調查，其中包括地形現況、交通通訊、水源電力、住宿環境、市鎮民宅等狀況，以便選擇合適井位。尤其要注意井坪四周情形，避免造成污染或噪音公害，以保護環境生態。為達到零污染的要求，有時甚至不得不放棄最佳的井位。

初步選定井位後，還要依法取得地上使用權。雖然我國礦業法明定石油礦產權屬國家所有，但為開採地下的石油礦，仍需獲得地主的同意，付給合理的地租並對原有地上物補償，以取得地上使用權。然後才可以開始進行土木測量、設計規劃、開闢道路、架設橋樑、砌檔泥牆、開井坪等工作。所謂開坪工作就是清除預定安置鑽井設備土地附近的雜物，再予以整平；



井心左側（泥漿池進口）
排水溝灌漿

四周要做好排水措施，井坪上還要鋪設適量碎石及填級配料。如地質相當鬆軟，還要加以打樁，以便使其能承載巨型設備的重量。一般井坪用地約為一百公尺長，五十公尺寬，約相當於三分之二個足球場的大小。如井場附近沒有合適的民房，還得在井場附近加闢空地，搭建貨櫃式活動房屋及簡易餐廚、浴廁等設施，提供員工臨時住宿之用。

已完成土木開坪的場所，稱之為井場。將成套鑽井設備運往井場，並加以組立，準備開始打井的全部過程就稱為籌鑽。整套鑽井設備重約七百至一千公噸，

因此需利用重車逐項分批運到井場，從基礎木板、底座、井架依序組合。這些準備工作都是分頭分組進行。井心工作組負責組立底座與井架、安裝鑽機和井架附屬設備；另有動力設備安裝組及泥漿循環系統裝配組等。泥漿儲槽、油料槽、水槽等也需由一組人負責；此外，尚有辦公區、倉儲房安裝、吊掛作業，供應各項器材等等，真是千頭萬緒，各忙其事。而雖然全隊有三十幾人，又有重機械設備的協助，但也總要忙上十幾廿天才能組立完成，經逐項試車，安全檢查合格後，方可開始鑽井。



鑽井作業

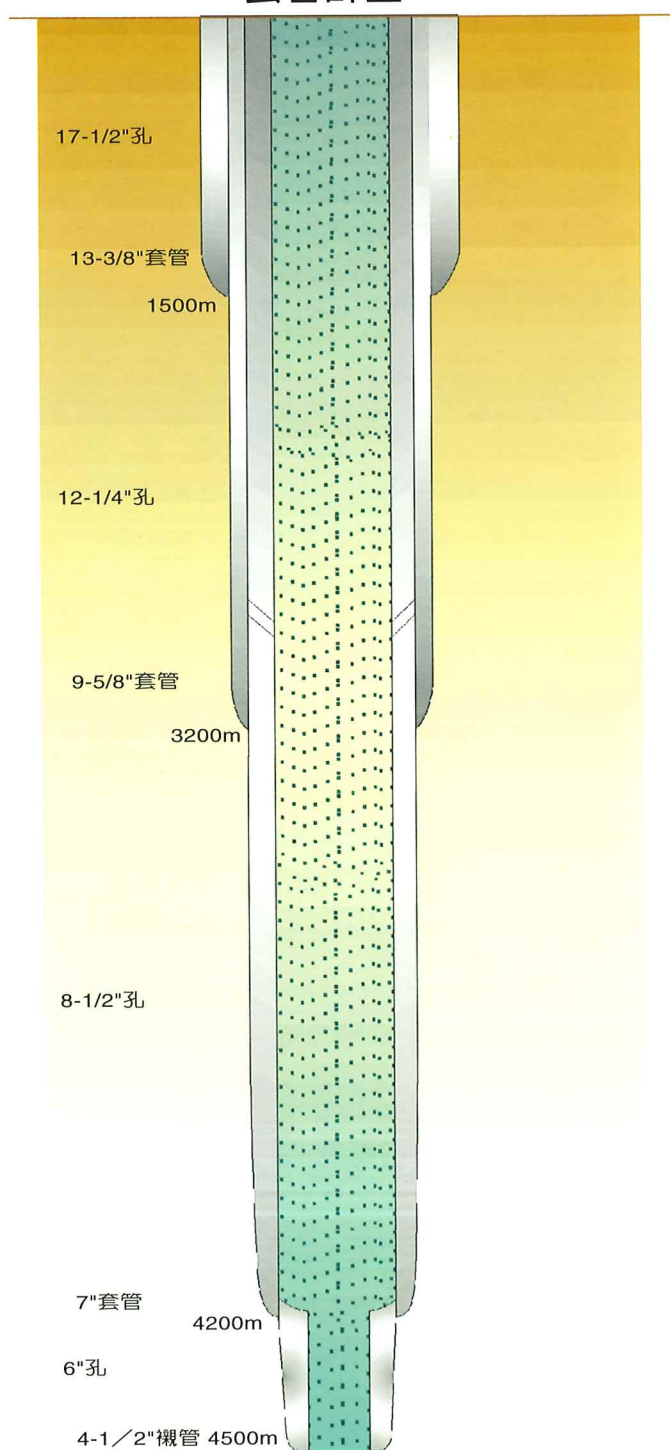
鑽探一口油氣井，因鑽井深度、地層軟硬、壓力、井程需求等不同因素，施工期從十幾天到一年以上不等。鑽井過程也相當錯綜複雜，我們僅討論較重要的關鍵。

1 下套管

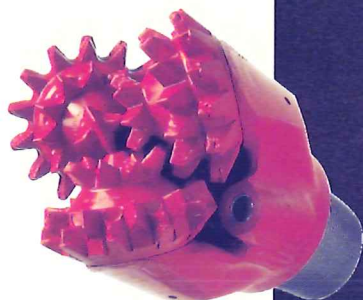
套管計劃可說是鑽井的重頭戲。任何一口井在鑽鑿過程中，常會遭遇數種不同的地質、深度、或突發狀況、生產開發需求等，所以需要數層的套管來保護井孔，才能順利鑽達目標。

鑽鑿井孔是由大井孔鑽進到某地層深度或層次後，下一層套管，再改以較小尺寸之鑽頭鑽進。以出磺坑141號井為例，第一期以17 1/2"鑽頭鑽進到1,500公尺後，先下13 3/8"表層套管後，只能用12 1/4"鑽頭鑽進……等。

套管計畫



出磺坑141號井內部剖面圖



2 起鑽、下鑽

爲了更換用鈍了的鑽頭，或是準備採岩心樣本、修理事材，以及打算在井內做其他工作時，需將鑽串和鑽頭提升到地面之後，再將用鈍的舊鑽頭取下，另外接妥新選定的新鑽頭，並依起鑽時的相反順序，再下到原井底開始鑽井。

鑽井愈深，起下鑽愈費時，真正鑽井的時間反而相對減少了，所以如何選用好的鑽頭，以增加鑽井進度，減少起下鑽次數，縮短施工期限，也是工程人員的職責。

3 泥漿與鑽井

旋轉鑽井法的最大特點，就是利用泥漿作爲井內的循環流體。最早使用於鑽井的流體是「水」，遠在古埃及時代，埃及人在採石場以手動式旋轉鑽頭鑽鑿二〇呎深度的井孔時，就會用水來移除岩屑。我國周朝時（西元前一千一百多年），在四川地區鑽鑿鹽井，也是以水來移除岩屑。水，可說是最早用於鑽井的「泥漿」。直到目前，水仍舊是泥漿的主要成份。特別是在低比重的泥漿中，水佔全部組成的百分之八十五以上。



隨著油井鑽鑿工業的發展，鑽井也愈往深部鑽鑿。泥漿除了仍舊擔任移除岩屑的重要任務外，必須再具備其他多種功能，才能完成深井及困難井的鑽鑿作業。

泥漿不但可清淨井孔、冷卻鑽頭、循環帶出鑽碎的岩屑、提高鑽進率，更可在井孔內壁形成泥壁，以暫時保護井孔，使它不致崩塌。而若在泥漿中加入重晶石

粉，更可以提高泥漿的比重，以抵抗地層的壓力防止塌陷，阻止地層流體侵入井孔。如遇漏泥層，也可以在泥漿中添加堵漏材料，以穩定井孔；而泥漿的粘性更可懸浮鑽屑，使井孔不致埋沒，所以泥漿的功能很多。

泥漿對鑽井的重要性，有如血液之於人體，會直接影響鑽井工程的成敗。因此如何在泥漿的各項性質間取得平衡點，並選擇適當的泥漿，正是工程隊現場隊長及泥漿人員最大的考驗。



小檔案

卡鑽與噴井

正常的鑽進過程看似單純，其實不然，一不小心，正常的鑽進作業就會中斷，原因是遇上了意外事故。而在諸多意外事故中，如地面設備故障、鑽進管串破孔、斷裂；鑽錐失落；漏泥、卡鑽、噴井等，其中以最後兩項卡鑽及噴井最令鑽井人員聞之色變。

所謂卡鑽，就是指鑽井管串不論在起揚、下管、或鑽進中，被卡住不能動彈，上下不得，旋轉也不行。一旦被卡，必須設法解救；針對卡鑽原因對症下藥，才能藥到病除，恢復正常作業。由於井內無法看到，狀況甚多，因此處理起來全憑技術、經驗，正是鑽井為一種藝術的最佳寫照。

卡鑽最常發生於鑽進中，由大量岩層崩塌引起，謂之「崩井」，就如同在煤礦坑內發生落磐，發生崩井後，泥漿大多不能循環，最難處理。追究原因或是因大量鑽屑未排乾淨，或無法排乾淨就起揚管串而被卡住；或是因水泥回堵時，被提早硬化的水泥卡住；其他或因地面工具掉落井底，或穩定器翼片斷落，鑽桿橡皮脫落，亦可能造成卡鑽；井程不順，井孔拐來拐去，被莫名其妙卡住者，亦有所見。加上有時是因多種原因併發



造成卡鑽，更增加排阻的複雜性及困難度。而排阻打撈的過程需苦心籌劃，披星戴月，動輒數日至二、三月的耗著，弄得人困馬乏，勞民傷財，有時甚至得另鑽新孔，或棄井重來呢。

說起噴井，更為可怕。噴井的原因主要是由於鑽井泥漿柱壓無法壓制地層流體的壓力，引起地層產物進入井孔，失去控制所造成。這股失控的流體，如主要為氣體時，則到處亂竄，衝出地面，有可能拋出井底管串、撞擊井架、引起火災；也有時就在地下鑽到別的地層，再從鄰近地方冒出，形成一泥火山，蔚為奇觀。

防止噴井，第一道也是最重要的防線就是必需具有足夠的泥漿柱壓，第二道防線才是可靠的防噴裝置。如因某種原因，不幸發生衝噴時，警覺心高的鑽井人員，愈早發覺處理，愈能將大事化作小事，小事化成無事；如果疏忽大意，處理不當，或防噴裝置失靈，出了紕漏，致事態擴大，將成為耗時、費事，既危險又損財的重大災難事件了。



地層評估

鑽井人員如果要了解是否已鑽達目標，或應否繼續深鑽，需應用多種方法加以評估。

1

泥漿測錄

由於泥漿會帶出地層中所含原生氣體的樣品，因此將循環帶出的泥漿利用地面設置的儀器加以分析，可作為評估油氣生產潛能的資料，這就是泥漿測錄。近年來，在鑽串底端通常裝有隨鑽測井儀，以便在鑽進中，隨時監測井底電阻、溫度等資料，即時判斷所鑽遇地層是否具有良好的儲油氣能力。

2

螢光反應

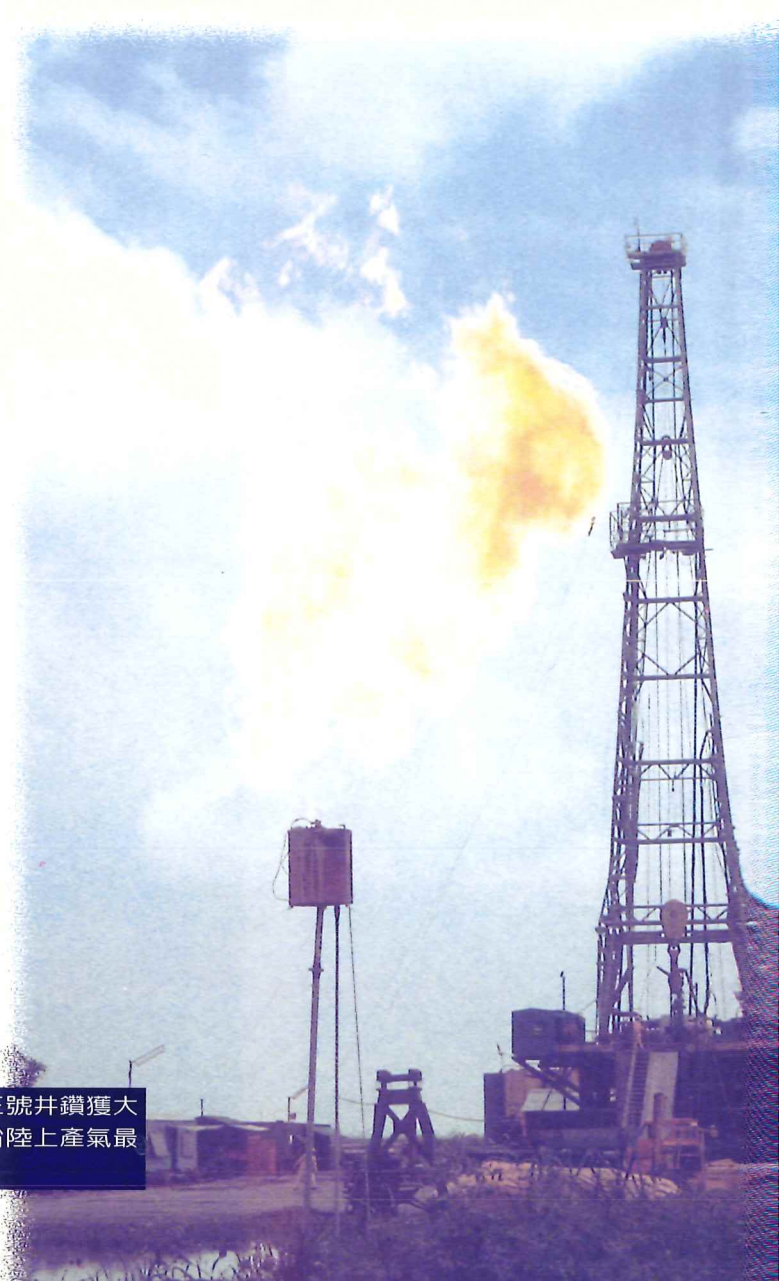
觀察鑽出來的岩屑，如在螢光燈下有螢光反應，呈金黃色，即可判斷具有油氣生產潛力。

3

電測評估

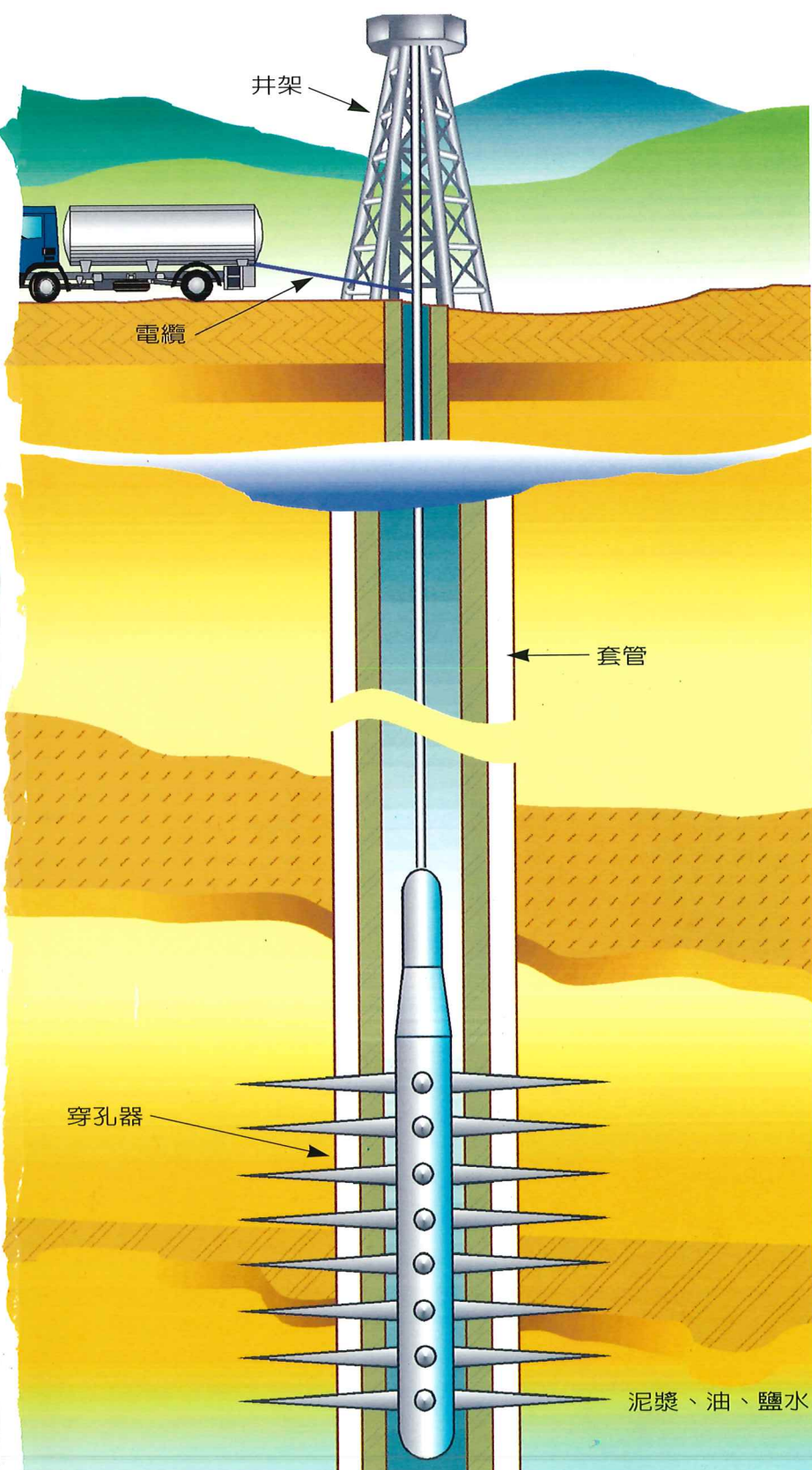
探出井底岩石後，將岩心和其中所含流體的性質加以研究分析，就可大概了解它是否有油氣生產的潛能，但這只是大概的評估，為得到更精確的資料，大多採用電測法

測定全井孔，也就是將電測儀器放入井內，在逐漸提升的過程中，記錄井孔各點的電阻、電導、聲波反應、放射性等，以供綜合研判地層的岩性和生產可能性。利用電測解釋，進行地層評估，是目前探勘業者最常用的評估方法。



嘉義地區八掌溪三號井鑽獲大量天然氣，為本省陸上產氣最豐富探井之一。

穿孔作業示意圖



4 地層測驗（試油氣）

地層測驗的目的是在了解地層內的流體，究竟是油、氣或是無價值的鹽水？同時可估定其產率，這是最直接的地層評估法，通稱為試油氣其作法為在油氣井下完套管，以水泥封固後，利用穿孔器在油氣層部位予以穿孔，使地層內的油氣流入油管引出地面，再利用井口裝設的節流嘴，記錄油、氣、水產率與流動壓力，並與各種電測或地質資料比對，估算出此一油氣井的蘊藏量；至於流出地面的油氣則須引火加以燃燒，以避免造成污染。



完井工程與生產井

如果一口井經評估沒有生產價值，那麼鑽井人員在取得各項參考用的地質資料後，就會用水泥封塞井孔廢棄，並搬遷至其他地區繼續鑽井。而一口井就算經過測試證明具有生產潛能，也不能直接生產，必須在鄰近地區再鑽數口井佐証，直到証實具有經濟開採價值後，才

能另外擬定完井計畫，裝設井口生產設備，並埋設集氣輸油管線等，加入生產行列。

一口探井如果經証實具開採價值後，工程人員就會把裝著各種控制器材的生產管串依序下到套管內，最後將井口裝置(俗稱耶誕樹)銜接在井口油管頭之上，完成整個井的油氣管路。



油氣生產井。

井口裝置俗稱聖誕樹



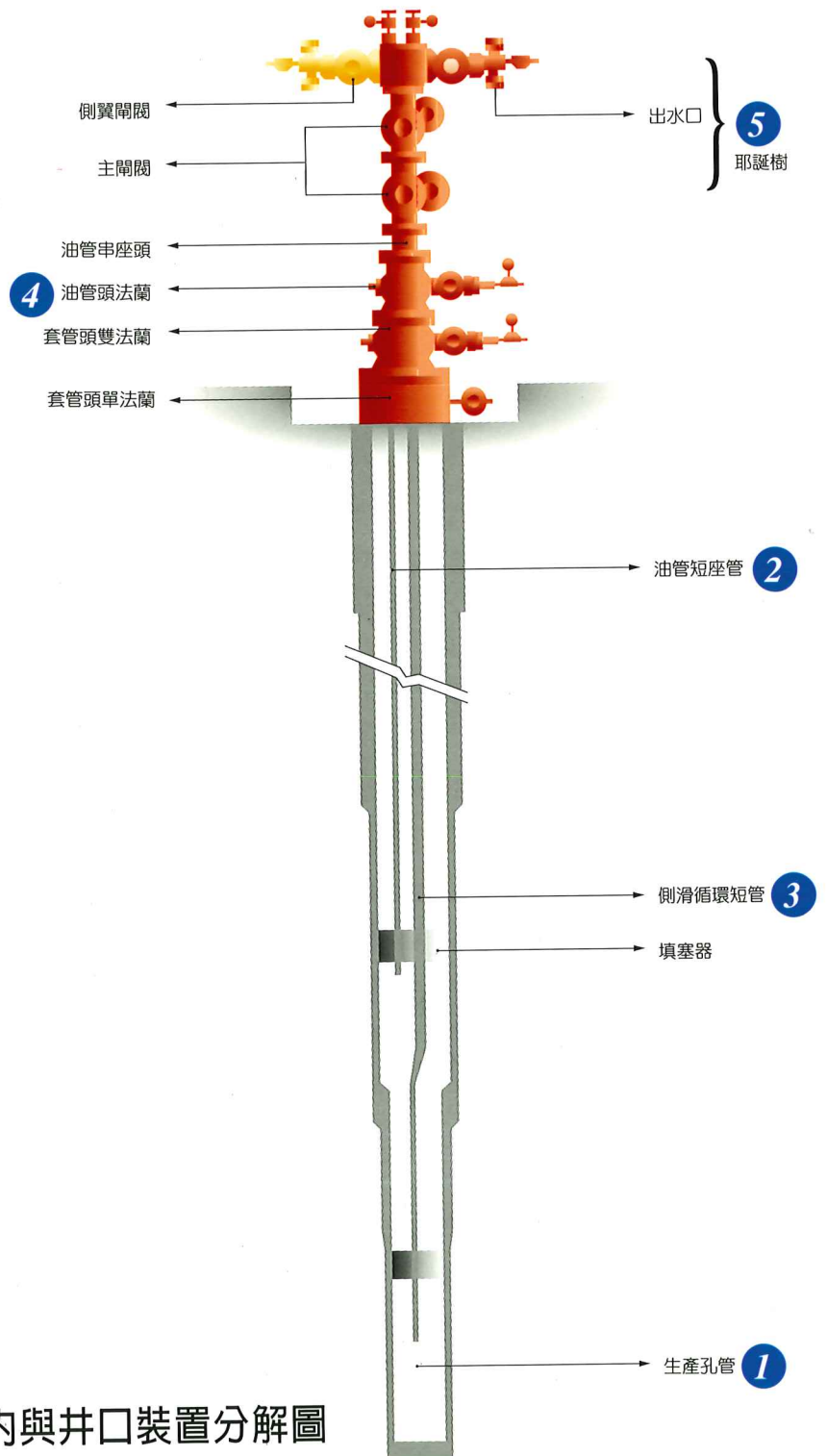
生產井井口裝置

1 生產孔管

位於油管串最下端，管身為槽孔狀，可以阻隔砂石流入油管内，是地層油氣進入油管串的第一關。

2 油管

用來引導油氣自井底噴流到地面，設計時需考慮到選用適當強度的鋼料與適當的尺寸。通常在油管串的短座管內並設置井底安全閥，以便在地面設備壓力異常時自動關閉，保障油氣井的安全。



井內與井口裝置分解圖

3 側滑循環短管

可接於油管串中，用鋼線操作以溝通或關閉油管與套管間的通路。

4 接頭

包括套管頭、單法蘭接頭、雙法蘭套管頭及油管頭等。

5 耶誕樹

這是自噴井最主要的控制部分，包括油管串座頭，主閥（T型或十字型）接頭、側翼閥等。油氣井的開關、及產量大小都由此控制。



井場處理設備

鑽井作業有時需在荒山僻野中進行，因此鑽井設備必須考慮到拆卸與運輸的方便性。成套鑽井設備是由下列各具不同功能的系統所組成的。



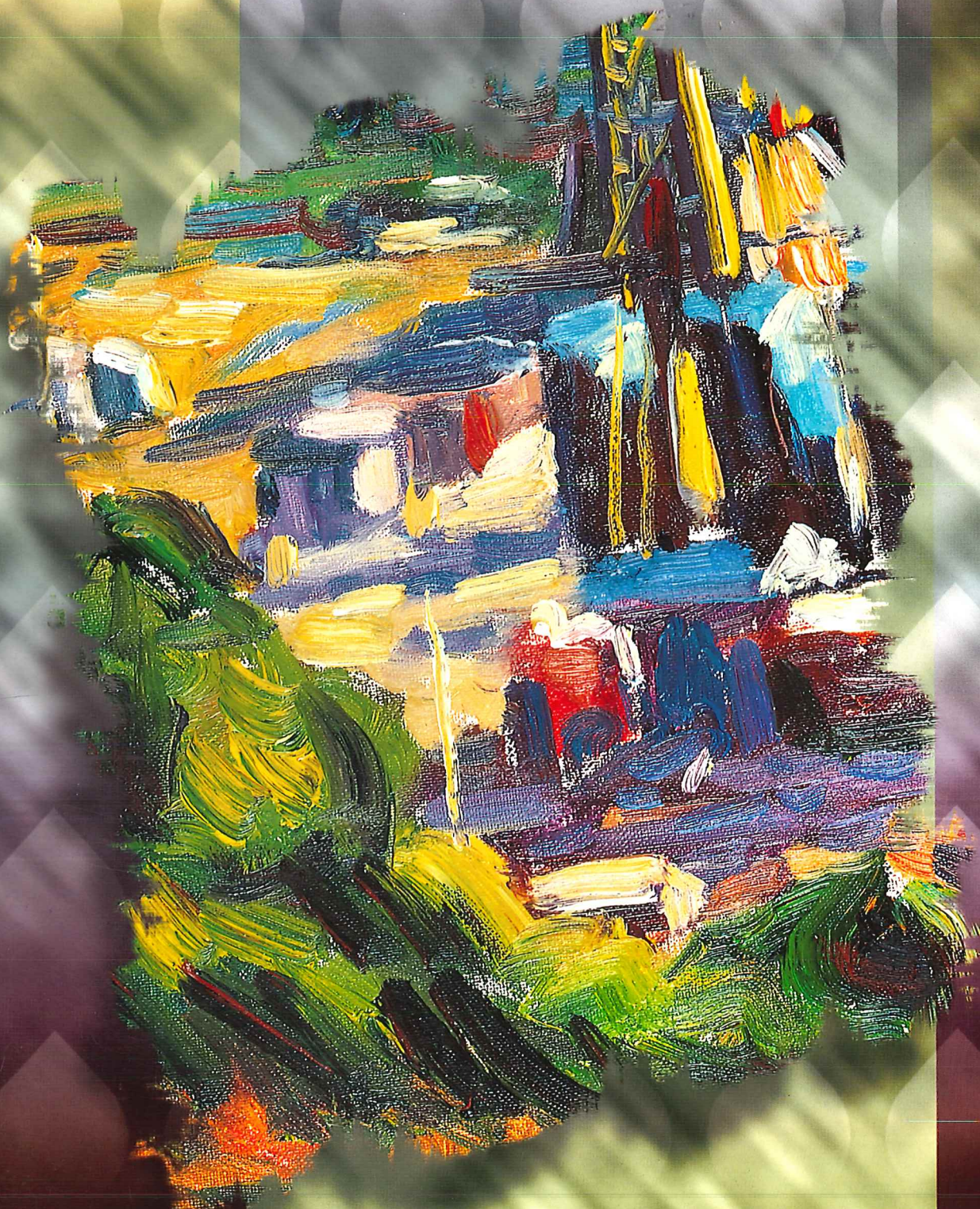
動力系統

井深不同，鑽井所需要的動力就有差異。一般需要動力在一千到三千馬力之間，由兩台以上的引擎組成。動力來源為柴油機及發電機。





陸上鑽井設備



捲揚系統

開鑽深井所需用的鑽串，包含了鋼製鑽桿和鑽鉞，其重量有時超過三〇〇公噸，所以需要有強大捲揚能力的設備來應用。捲揚系統是由井架、鑽機、天車、遊車、大鉤等所組成。

井架

是用以支持整個捲揚系統的高強度合金鋼架，鋼料表面並經過鍍鋅防銹處理。井架的型式有兩種：一為較方正穩重的標準型，需用人工來組立，較費工時；另一種桅式井架可在地面組立後，以本身鑽機動力拉豎起來，結構與組立均較簡單。選用井架除了考慮承受力外，還要注意對橫向強風的耐風力，以免被颱風吹垮。

鑽機

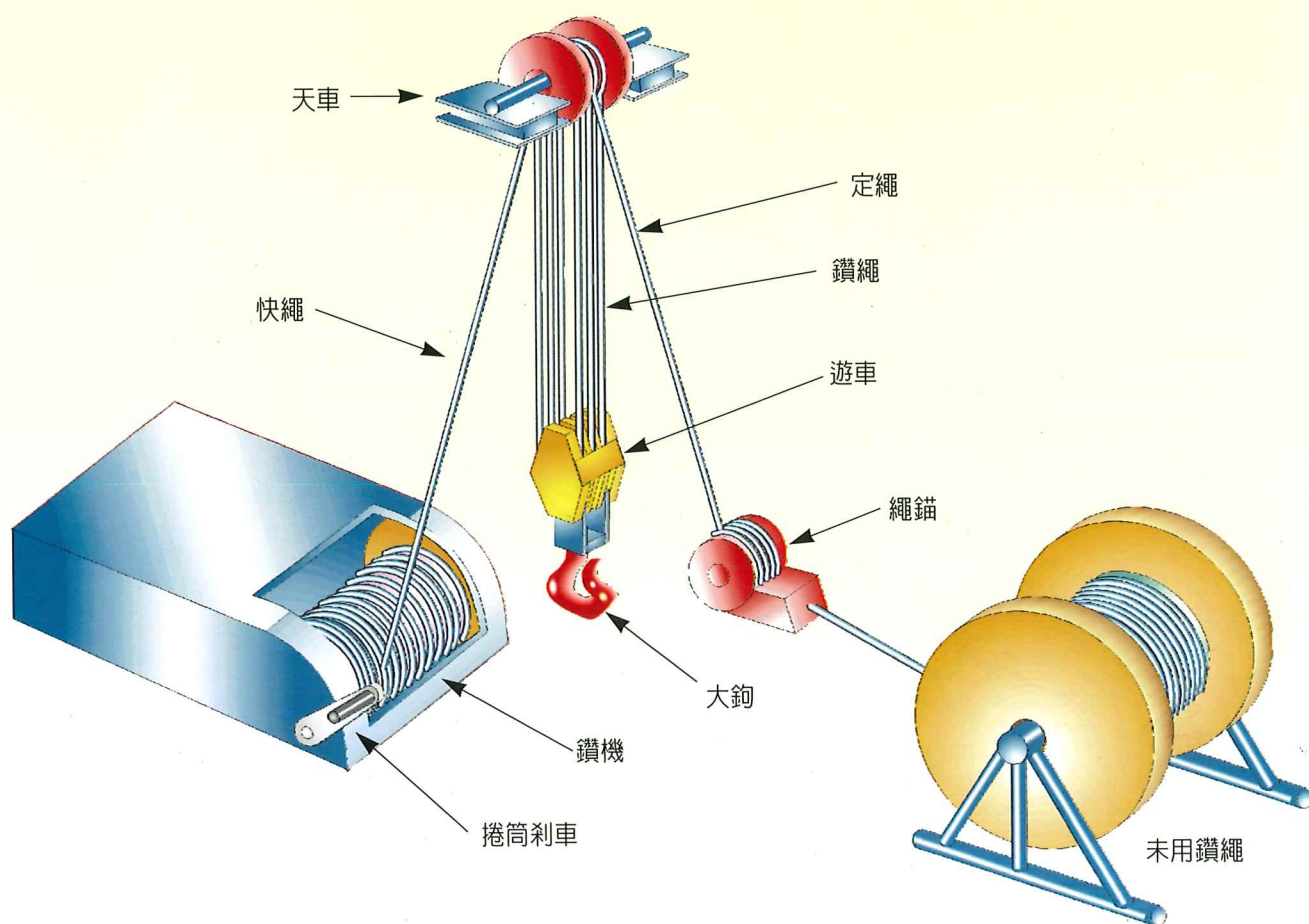
就是強而有力的絞車，一方面用來升降鑽串、套管等，另一方面也可吊起地面上或鑽井工作台面上的器材。在鑽機操作鑽串和套管串下井時，全靠剎車維持穩定的下降，而剎車在磨擦時會產生大量的熱，所以主輔剎車還要裝置循環冷卻系統，使鑽機能長期連續操作。

鑽機上使用的鋼絲繩都是以高級普洛鋼絲絞合而成，繩徑從一吋至一吋半，一般為六股，每股十九絲，才能有足夠的強度和曲撓性。

天車、遊車、大鉤

天車是裝置在井架頂上的定滑輪組，通常為六或七個滑輪，滑輪的直徑為六十吋左右。遊車則是與天車同樣大小的一組動滑輪，所需滑輪數較天車少一個，兩者之間以鑽繩穿繞形成了複滑輪組。穿繩數少則操作升降快，穿繩數多則操作起降慢，但可以提拉更重的鑽串。

遊車下端聯結大鉤，用來吊起鑽串或套管串。大鉤內裝有強力彈簧，可減少鑽串上下活動時的震動，使鑽繩的受力均勻；其鉤頭不僅可以張開關閉，也可以作三百六十度迴轉，或固定在某一定的方位上，這都是為方便鑽井作業而設計的。



捲揚系統示意圖

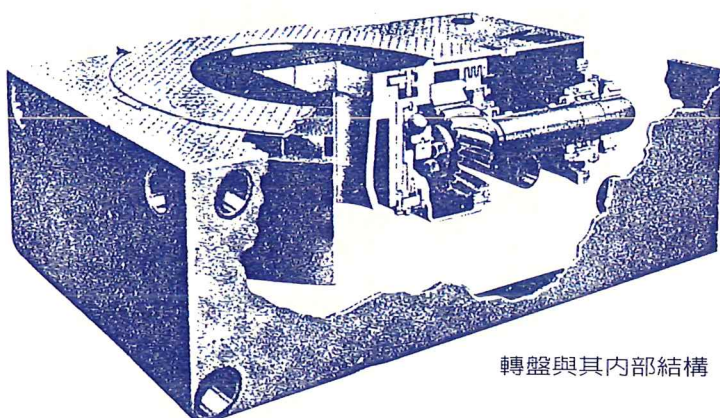
旋轉系統



旋轉系統的主角是轉盤，從上到下還包含了水龍頭、方鑽桿、鑽桿、鑽鉸而至鑽頭，這一長串被稱為鑽串，以轉盤來驅動，而最下端的鑽頭牙齒則用來旋轉切削地層。

轉盤

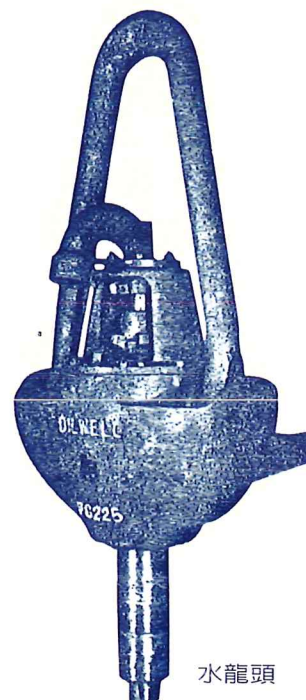
是由斜齒輪和驅動軸齒輪組成，固定在井架底座上，中心部份可以轉動。



轉盤與其內部結構

水龍頭

水龍頭上段有巨型的掛柄和大鉤相連，可承受鑽串一、二百公噸的重量，下段則不但能承受鑽串的重量，還能旋轉，高壓的泥漿就由此通過，進入轉動的鑽串內。



水龍頭

方鑽桿

方鑽桿大多為六角形，中心圓孔可供灌注泥漿，以方鑽桿襯套契合了方鑽桿和轉盤；轉盤旋轉帶動襯套，連帶驅動方鑽桿，也使整個鑽串旋轉，同時，方鑽桿和整個鑽串緩緩向下鑽進，愈鑽愈深。

鑽桿

鑽鉸：二者都是中空的鋼管，兩端各為公母絲扣便於旋接，每根長約九公尺。鑽鉸聯接鑽頭，用於鑽串的最下端，作為鑽頭的加重用，也可使鑽桿能保持引張垂直。

鑽頭

在鑽串的最下端，藉旋轉及加重鑽頭牙齒鑽入地層，並切削岩石。鑽頭因岩性及經濟上的考慮有數種不同設計，最常用的鑽頭是三錐岩石鑽頭，都配有噴嘴，以供循環泥漿高速射出，一方面沖蝕地層，另一方面也可清洗鑽齒。如果在深井鑽遇特別硬的地層時，還可

鑽鉸或稱鑽桿
下接鑽頭

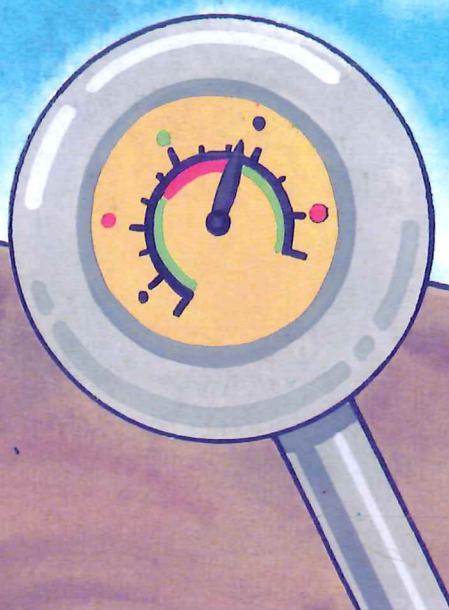
鑽頭

循環系統

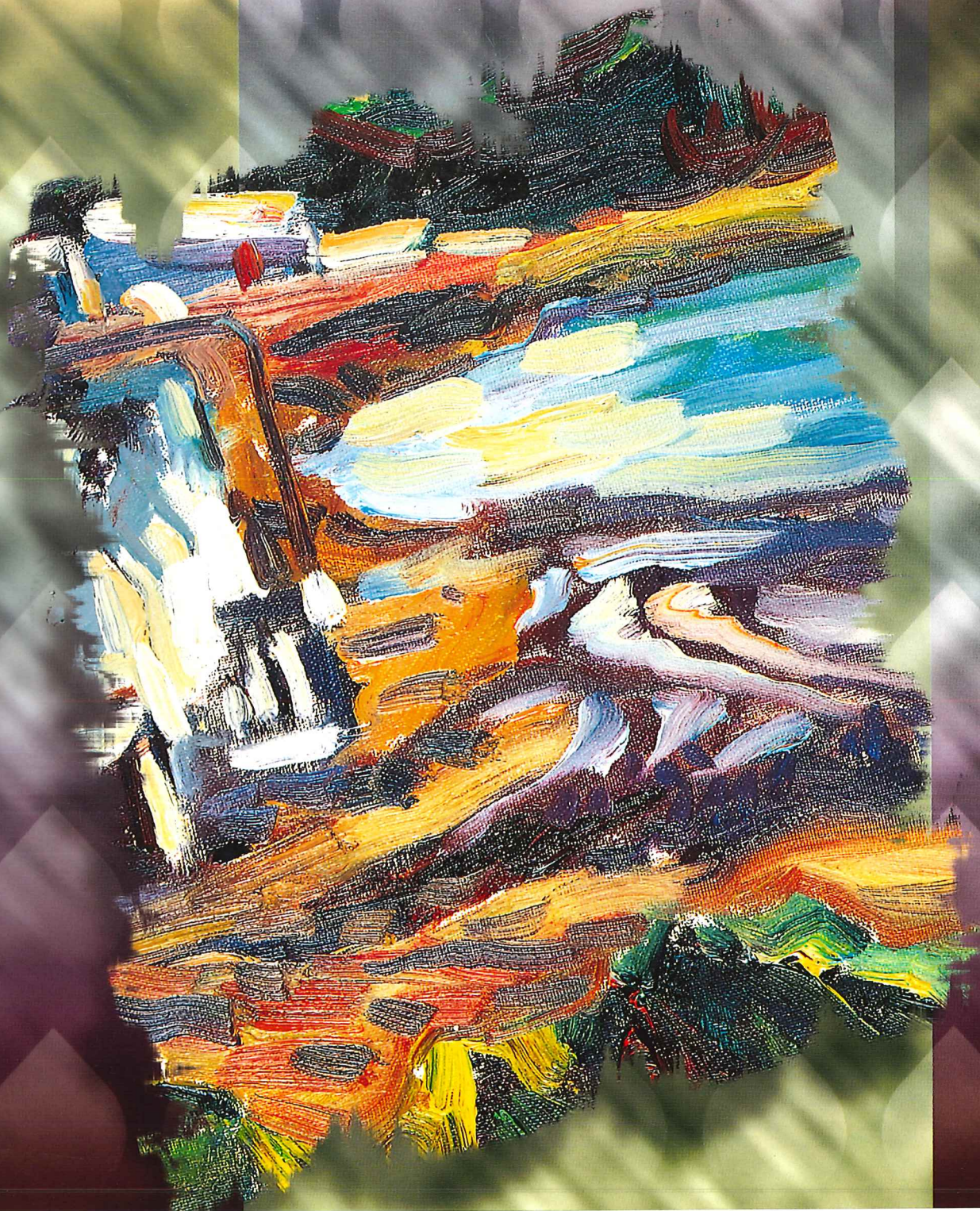
在旋轉鑽井的過程中，泥漿有協助鑽進、冷卻鑽頭、保護井孔等多重功能，但因需配合地層特性配製，因此成本高昂。為降低成本，在使用過後，可以過濾去除雜質及碎屑後再循環使用。

控制系統

鑽井成套設備的控制系統主要包括顯示鑽井所需資訊的儀錶，及設備控制與調節開關。另外還可加裝監測鑽井過程的泥漿測錄儀。



鑽井過程的環保措施





鑽井工程施工期間，需全天候二十四小時連續作業；其間柴油機運轉及機具動作均難免產生噪音；而從地層底排出來的鑽屑，除一小部份供取樣作為地質研判外，其餘也需當作廢棄物妥為處理。

為儘量減低鑽井作業所衍生的污染，需採取某些必要設備與措施：

改善泥漿，減廢起步

傳統的鑽井水基泥漿是以鉻質泥漿為主，近年來已被聚合物泥漿取代，所添加的化學材料，幾乎無污染性，不但能夠維持良好的泥漿性質，並引進高效率的離心泵，減少泥漿固粒含量，降低泥漿成本，充分達到減廢效果。

廢水再生，減少污染

鑽井設備運轉、機具清洗及循環泥漿調製過程所產生的廢水，必須先以化學凝聚法處理後，再利用離心機械設備將固粒和水分離、回收。回收後的再生水還可用作清洗設備及泥漿系統的調泥用水，減少污染。





改善噪音，敦親睦鄰

為降低鑽井噪音所造成的影響，除選定井位時應避免太靠近住家外，對於噪音值高的柴油發電機，也要以防音罩覆蓋降低噪音。

此外，如果能重視員工在職教育，提升工作人員環保意識與觀念，配合高效率的設備及改善操作方法，同時加強敦親睦鄰工作，必然可使鄰近井場的居民充份理解接受。

自從石油危機以來，油價居高不下，掀起了世界性的探油熱潮。中國石油公司近年來亦積極配合國家經濟政策，由陸上鑽井發展到海上。並從近岸淺海，而推進到波濤洶湧的深海；由台灣陸地、海域擴展至國外陸上、海上之國際合作探勘；油氣井則由淺層愈趨向深層開發；中油的鑽井技術，更因工程需要與市場需求，不斷引進新方法、新設備，力求進步，達到降低成本的目的。

固體廢棄物妥善掩埋

鑽屑以污泥固化劑攪拌後，須送到行政院環保署認可的機關檢驗合格，再依事業單位廢棄物處理法覓地掩埋。

海域鑽井的程序與設備





海域鑽井的過程和原理其實和陸上鑽井並無太大的差異，只是在海域中鑽井因為有一層海水隔離了地表，而海水層中又蘊藏了各種潮汐、氣候、波濤的變化，因而海域鑽井較陸上鑽井更為困難。

由於井位處於大海之中，離岸往往數十公里至數百公里之遙，要成功的抵達地質人員事先指定的位置上鑽鑿一口油井，除了要有陸上鑽井的設備外，更需另外設計製造許多能克服海洋環境影響的設備來執行任務。

此外在海上鑽井之前，必須收集井位區域的海洋環境資料，如海水深度、海流方向強度、風向風速、潮汐落差和海床土壤特性等資料，做為研判選擇適合此區域的海上鑽井設備（海域鑽機）及其他配屬設備如定位儀器、補給船和直昇機等的依據。



海上鑽機種類

海上鑽井因為必須經過海水層，而海水層中又有海流方向的變化及潮汐的落差，因此，海上鑽井設備必須特別設計製造，以期克服在海水中作業的困擾。首先，由於海上不比陸上有堅硬的地表可以支撐鑽井設備，必須利用船體或浮體來安置所有的主要及配屬設備，因此基本上海域鑽機設計製造成一整套式裝備，不須於鑽井前組裝，鑽完井後拆卸設備，僅需移動船體或浮體即可到下一口井鑽鑿。

海域與陸上鑽井作業的主要差異在於工作環境不同，如暴風雨、洋流、風力、化學腐蝕，寒冷環境下鋼料強度、海深及鑽井成本等問題，海域鑽機在設計均需列入考慮。各類鑽機種類雖繁多，大致可分為固定式及移動式兩大類。







固定式鑽機

多用於濱海水深不超過數十公尺的淺水區。



1 人工島

於水淺的濱海及河口等地區，以砂礫堆積而成的島，用來架設鑽機。



2 棧橋式

用於近岸鑽井，由岸邊搭建棧橋伸入海上，於橋末端作一平台以架設鑽井設備。



3 海上鑽井工作台

於海上建造工作台，並在工作台上裝設鑽井設備以進行鑽井。為節省成本，可於同一台面鑽數口定向井。



可沉式鑽機



昇降式鑽機



移動式鑽機

用於海水較深地區，依構造不同又可分：



1 底撐式鑽井設備

其足部或支腳座落於海床，鑽台則高出水面成一穩定台面，鑽井操作方法與陸上相似。又可分為昇降式及可沉式兩種。昇降式即於船殼上安裝鑽井機器，另加上3~4支腳構成，各支腳備有昇降設備，當鑽機到達井位時，把支腳撐於海床上，使船殼昇高離開海面後，即可展開鑽井作業。而可沉式通常使用於灣內淺灘，鑽井時船底沉坐於鑽探地點的海床上，變成固定鑽井作業台。



2

漂浮式鑽井設備

漂浮式鑽井設備的鑽台及配屬設備係靠船體或浮筒漂浮於水面，並由錨碇系統固定，適用於在海水較深之處鑽井。又可分為鑽井船及半沉式鑽機兩種。鑽井船船體本身與一般航海用船體相似，所需全套鑽井設備安裝於船上，船體由8條或多條重磅錨碇固定後，即可開始作業。半沉式鑽機是為改善鑽井船容易搖晃而昇降式鑽機水深及活動性較差的缺點而設計的。半沉式鑽機若在淺海作業可置於海床上，猶如底撐式作業；於深海地區則作業方式有如鑽井船。



海域鑽井直升機
補給作業

中油海域鑽井船Benlomond號於
新加坡裕廊碼頭上貨情形

為補充海上鑽井作業所需的器材及油、水和食物等，需建造或租用碼頭、倉儲及補給船來運送；而工作人員的換班及緊急傷患的送醫救治則由直昇機來擔任；並利用無線電及人造衛星通訊系統來連絡工程事務或其他緊急事項。

在配屬設備方面，海域鑽機上必須裝設航行及錨碇設備，使鑽機移動方便和便於固定；若水底下的設備發生故障時，則可利用海底電視攝影機、水下遙控機器人或潛水設備等來檢查修理；另外為補償潮汐落差及海浪造成的海水面起伏，必需用落差補償器、導管伸縮接頭來補償。



半沉式鑽機



固定式鑽機與移動式鑽機性能功比較

固定式：

		棧橋式	鑽井工作台
機動性		固定	固定
安定性	可承受最大風速	56 公尺／秒	56 公尺／秒
	可承受最大浪高	16公尺	16公尺
水深限制		15~16公尺	15~400公尺

移動式：

		底撐式		漂浮式	
		可沈式	昇降式	鑽井船	半沉式
用途		探井	探井、修井	探井、修井	探井、修井
水深限制		8.0~58公尺	10~30公尺	30~1000公尺	30~1000公尺
鑽鑿能力		5000公尺	7000公尺	7000公尺	7000公尺
作業限度	風速	20公尺／秒	20公尺／秒	10~15公尺／秒	20公尺／秒
	潮流	4節	4節	3節	4節
	浪高	7公尺	10~20公尺	3~5公尺	3~5公尺
安全性之設計條件	風速	60公尺／秒	60公尺／秒	60公尺／秒	60公尺／秒
	潮流	4節	4節	4節	4節
	浪高	10公尺	20公尺	10公尺	20公尺
固定方式		底艙	甲板昇降	錨碇	錨碇
貯藏能力		3000公噸	800~10,000公噸	2000公噸以上	2000公噸以上

海上鑽井作業

決定海上鑽機型式後，工作人員依其特性自航或由補給船拖到預定的位置，即可展開鑽井工作。由於井位離岸甚遠，無法利用肉眼及一般的測量儀器定出正確的位置，因此必須仰

賴精密的電子器材及人造衛星來導航，使鑽機進入預定的座標位置上，此項導航器材，就叫做定位器材。

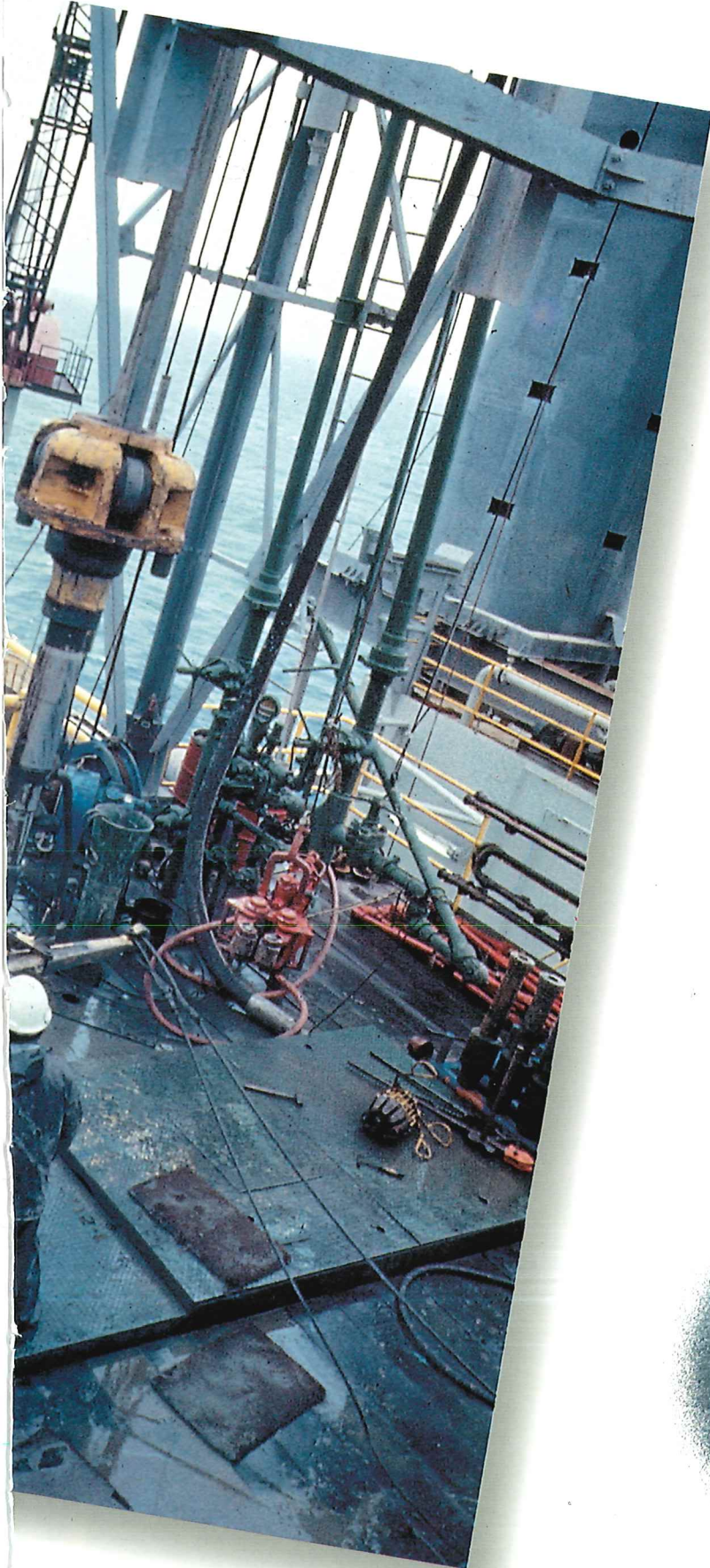


鑽機到達預定的位置後，即由補給船協助將鑽機上的錨碇拋置於海床上，使鑽機固定，直至一口井鑽完為止。如果是在鑽井期間遭遇颱風侵襲，基於安全理由，鑽機必需拖到安全海域，直至颱風通過後，再回到原來井位繼續執行未完成的工作。

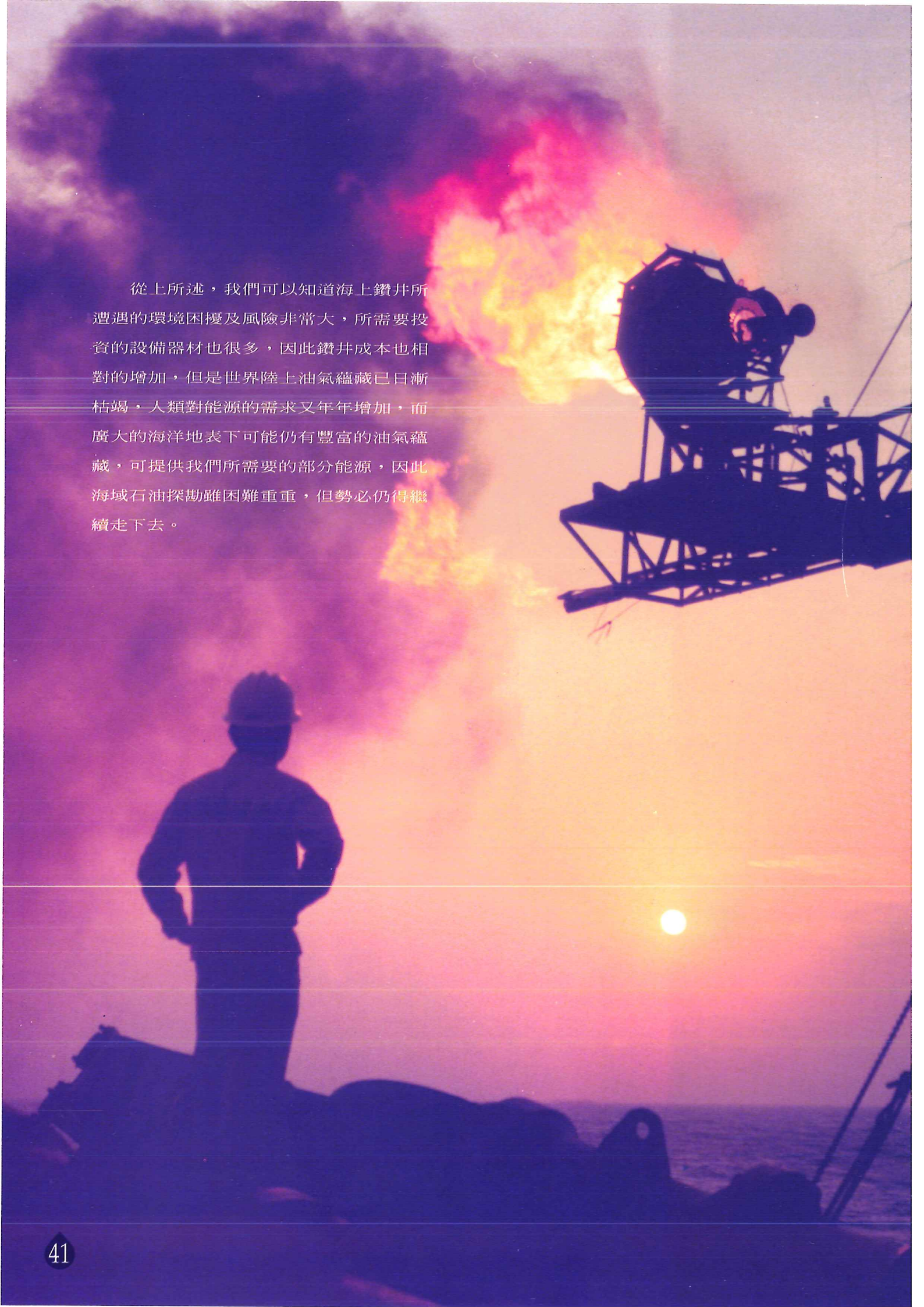
鑽機固定於預定井位，並拋置錨碇妥當後，接著就要組下海底電視攝影機，觀測海床平緩程度；假若海床凹凸不平，不適合設置海床井口器材，則需移動鑽機尋找一平緩合適的位置，再進行鑽進的步驟。海域鑽井的過程從此刻起就和陸上鑽井大同小異，在此不再贅述。



海域鑽井補給船



中油子公司OPIC馬來西亞分公司於砂撈越外海鑽井。



從上所述，我們可以知道海上鑽井所遭遇的環境困擾及風險非常大，所需要投資的設備器材也很多，因此鑽井成本也相對的增加，但是世界陸上油氣蘊藏已日漸枯竭，人類對能源的需求又年年增加，而廣大的海洋地表下可能仍有豐富的油氣蘊藏，可提供我們所需要的部分能源，因此海域石油探勘雖困難重重，但勢必仍得繼續走下去。

台灣地質概況與油氣分佈



油氣露頭



臺灣南北長約三百八十公里，東西最寬一百四十公里。東臨太平洋，西隔臺灣海峽與中國大陸相望。

除中央山脈外，臺灣環島的麓山帶及海岸平原區幾乎都是沉積岩。此沉積岩中產生油氣及煤，是臺灣油氣探勘的主要對象。

台灣常見的油氣露頭有氣苗、油苗及泥火山等三種（參閱臺灣油氣露頭分佈圖）：

氣苗

為臺灣分佈最廣且出現最多的地面石油徵兆。臺灣北部大屯山火山區域及蘇澳地區的氣苗主要成份都是二氧化碳，含甲烷很少，與石油天然氣無關。通常氣苗多因在水中發生氣泡上昇而被發現，目前台灣已知的主要石油氣苗地點有台北縣土城鄉；桃園縣龜山鄉、大溪鎮；新竹縣竹東鎮；苗栗縣錦水背斜、明德水庫、出磺坑油田、獅潭鄉、泰安鄉細道邦蘇魯；南投縣水里；嘉義縣中埔鄉；台南縣白河鄉關子嶺、六重溪、六甲鄉、龍崎鄉、楠西鄉；高雄縣旗山、杉林、

甲仙及六龜附近；屏東縣恆春及滿州；花蓮縣玉里鎮；台東縣卑南等地。在若干地區如苗栗縣蘇魯、台南縣關子嶺及六重溪、高雄縣六龜等地，湧出的天然氣量頗為豐盛，當地居民常以此為燃料之用。





台南縣南化鄉天然氣苗



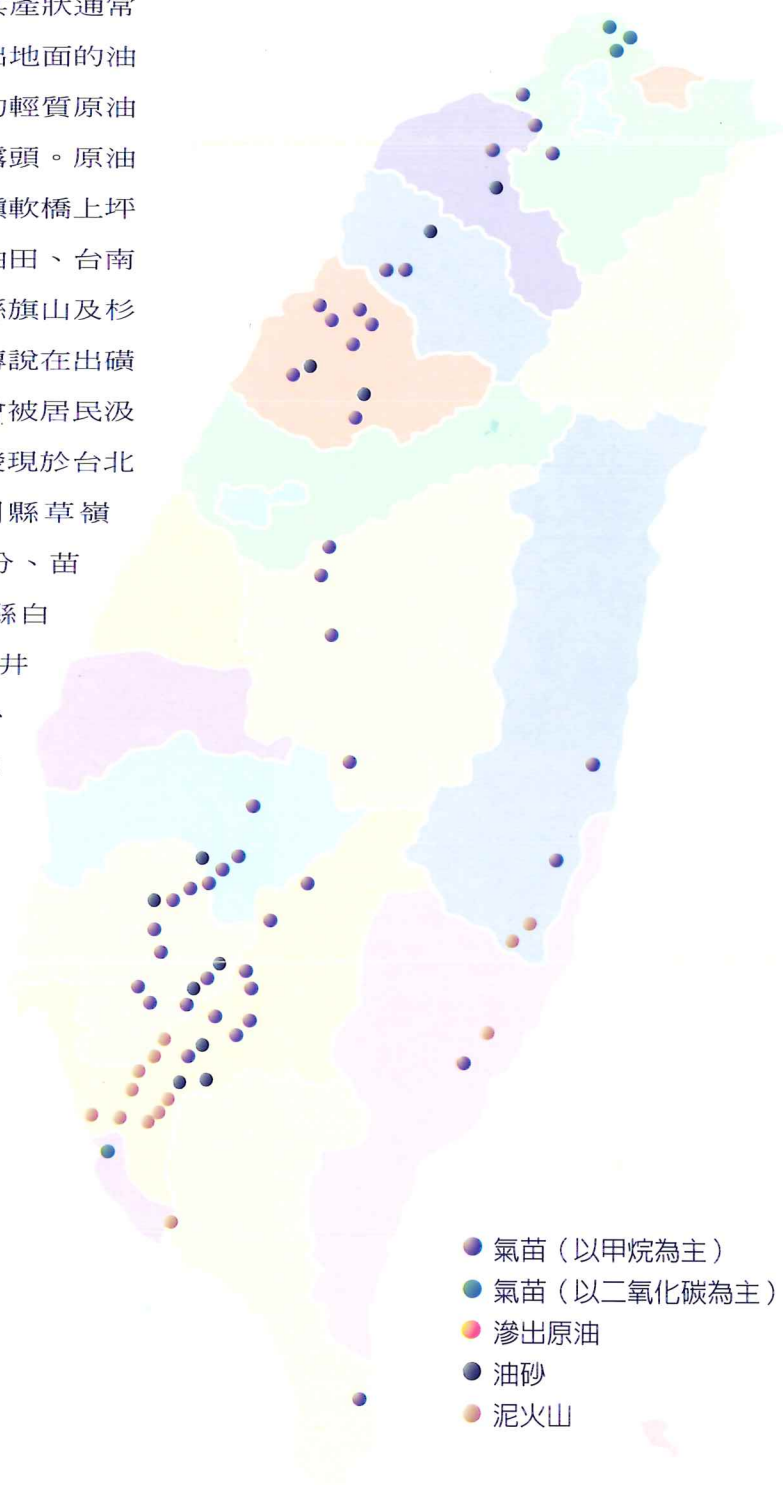
天然氣苗

台南縣竹頭崎構造氣苗露頭



油苗

在台灣所見不多，其產狀通常有兩種，一為由地下溢出地面的油液，另一為由地下上昇的輕質原油浸染於砂岩所成的油砂露頭。原油溢出地點有新竹縣竹東鎮軟橋上坪溪南岸、苗栗縣出磺坑油田、台南縣楠西鄉龜丹溪、高雄縣旗山及杉林鄉月眉附近等地點。傳說在出磺坑及軟橋所溢出的原油曾被居民汲取供點火之用。油砂則發現於台北縣金山鄉磺溪頭、桃園縣草嶺山、新竹縣橫山鄉八十分、苗栗縣出磺坑油田、台南縣白河鎮關子嶺、六重溪玉井鄉坑內、楠西鄉龜丹溪、龍崎鄉龍船、高雄縣旗山、美濃、杉林等地。



- 氣苗（以甲烷為主）
- 氣苗（以二氧化碳為主）
- 滲出原油
- 油砂
- 泥火山

泥火山

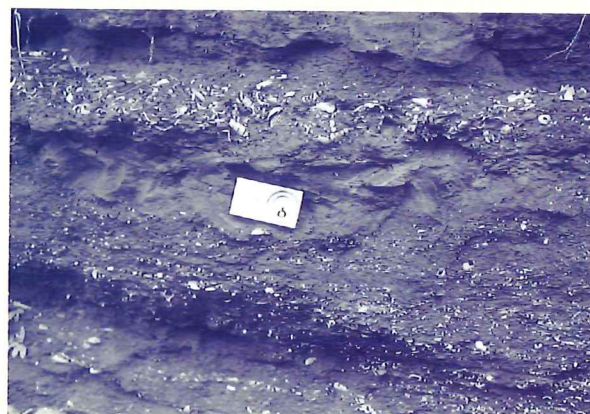
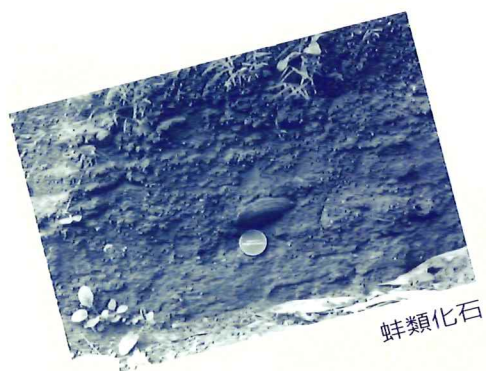
僅分佈於台灣南部及東部的泥岩地區，以高雄縣最多。泥火山多呈圓錐狀或低平圓錐狀，高度多在10公尺以下，以1—2公尺為最常見，平均噴口徑0.1—1公尺，大者竟達25公尺以上。此等泥火山以間歇性或持續不斷噴出泥水及天然氣，泥水中含有化石，噴泥溫度為攝氏28度至40度。台灣的泥火山多沿泥岩區的斷層線分佈，例如台南



Cardicichnus ichnosp.，糖
思山砂岩下部，心形海膽的
休息痕跡，存在砂岩頂部。

不斷噴出泥水的泥火山

除油氣苗及泥火山外，在台北盆地的士林及新莊附近，台南嘉義平原、宜蘭縣冬山五結及壯圍鄉一帶平原的飲用水井中，也常發現以甲烷為主的天然氣伴水湧出，尤其在冬山及五結鄉平原等地區的水井中，產氣歷年不衰，當地居民自建簡陋水氣分離槽，將天然氣引至屋內供燃料用。但這種水溶性天然氣也與石油封閉構造無關。



化石密集帶

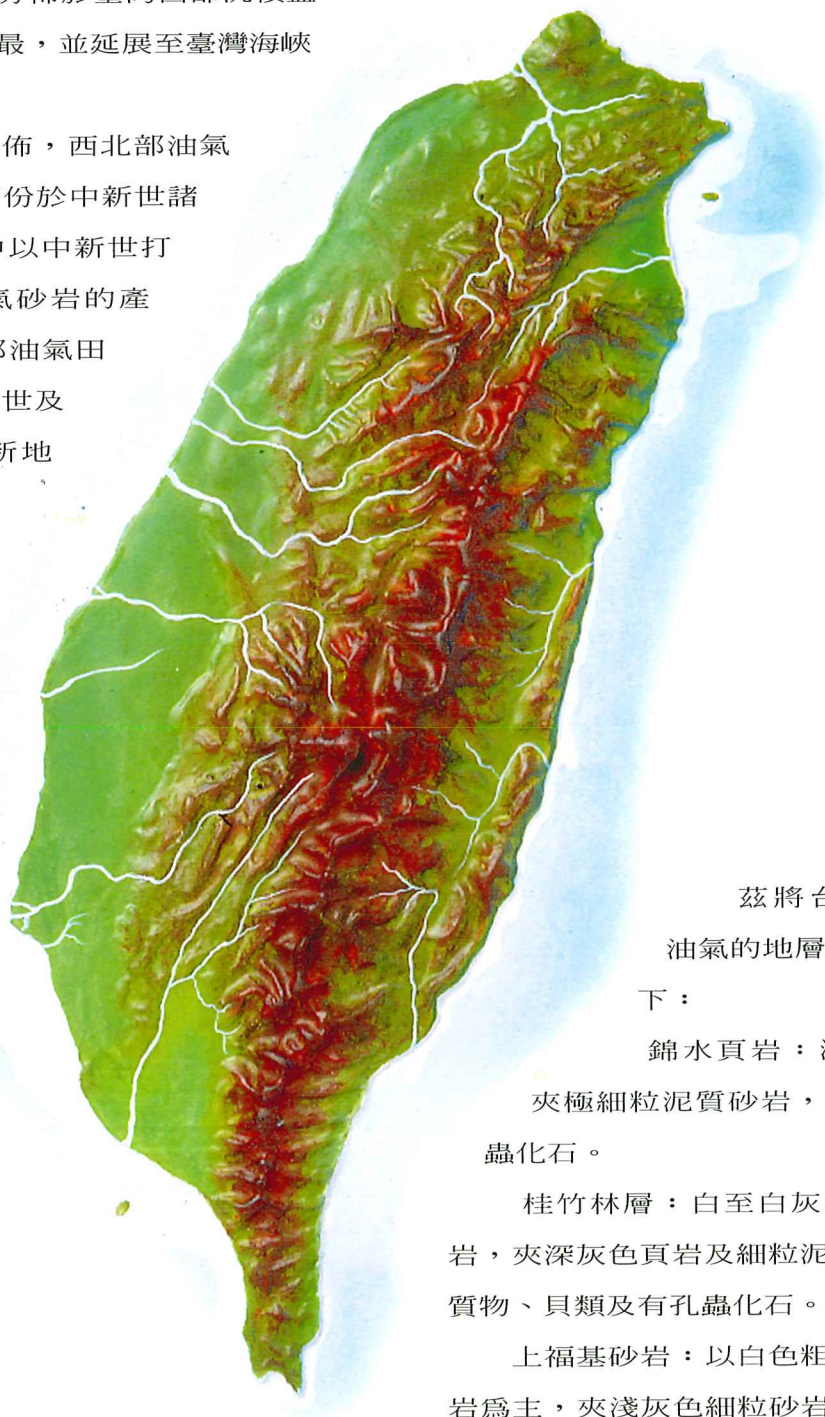


生痕化石

油氣分佈

台灣的含油氣層主要分佈於中央山脈西側及東部海岸山脈之新第三紀地層中。已開發的油氣田多分佈於臺灣西部沉積盆地內，尤以苗栗為最，並延展至臺灣海峽中。

台灣的油氣分佈，西北部油氣田產油氣層絕大部份於中新世諸地層內發現，其中以中新世打鹿頁岩所夾儲油氣砂岩的產量最為豐富。南部油氣田的油氣則產於上新世及上部中新世等較新地層內。



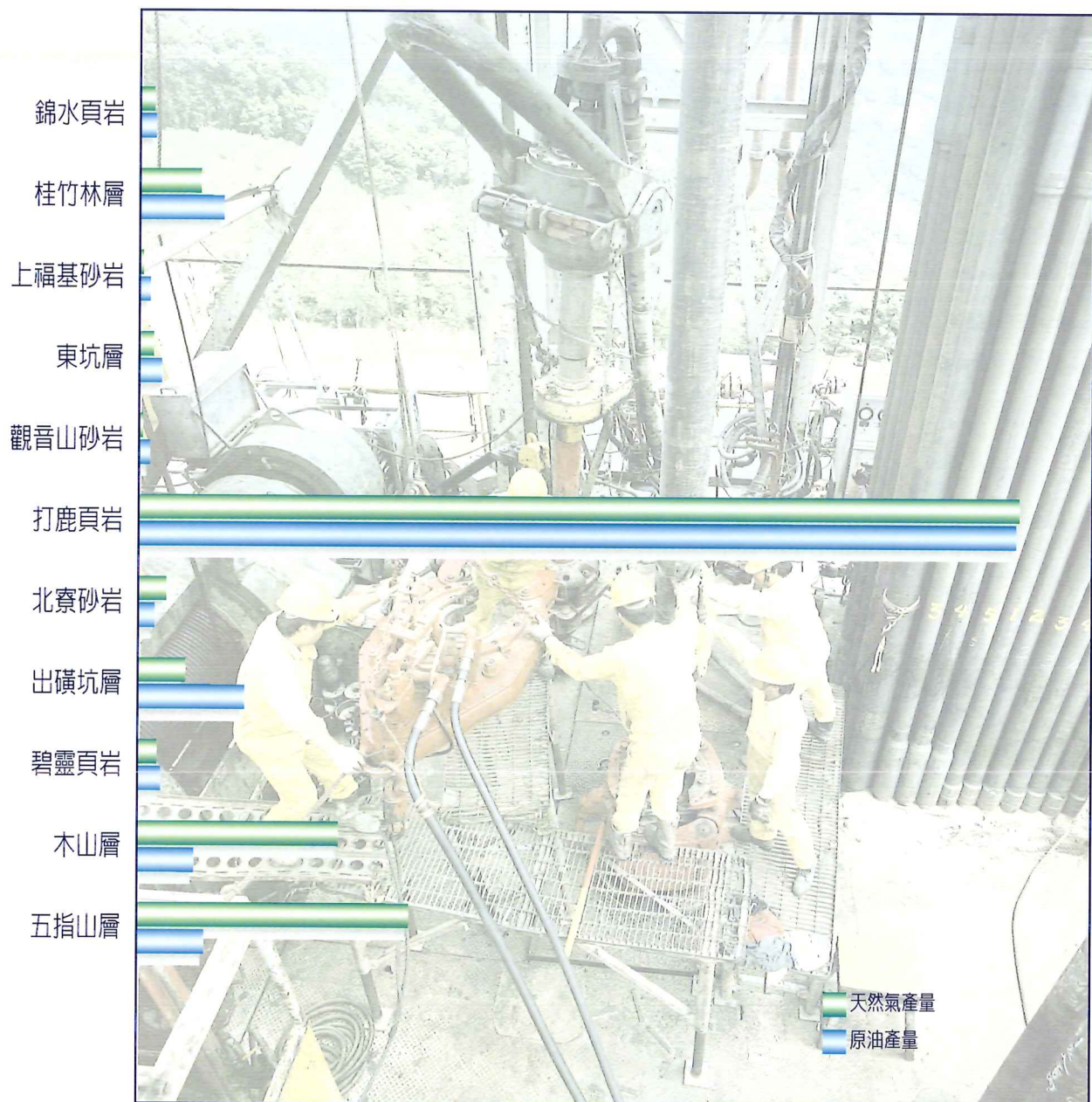
茲將台灣西北部產油氣的地層及岩性分述如下：

錦水頁岩：深灰色頁岩，夾極細粒泥質砂岩，含貝類及有孔蟲化石。

桂竹林層：白至白灰色的中粗粒砂岩，夾深灰色頁岩及細粒泥質砂岩，含碳質物、貝類及有孔蟲化石。

上福基砂岩：以白色粗粒至中粗粒砂岩為主，夾淺灰色細粒砂岩、深灰色頁岩及薄煤層。

臺灣天然氣及原油產量與地層關係圖



東坑層：淺灰色細或極細粒砂岩與深灰色頁岩之互層，夾灰色極細粒泥質砂岩及薄煤層，含貝類及有孔蟲化石。

觀音山砂岩：淺灰色細或極細粒砂岩，夾深灰色頁岩及細粒泥質砂岩，含碳質物、貝類及有孔蟲化石。

打鹿頁岩：深灰色頁岩為主，其中夾含中粗粒打鹿砂岩，含碳質物、貝類及有孔蟲化石。

北寮砂岩：淺灰色細至極細粒砂岩，夾深灰色頁岩及細粒泥質砂岩，含碳質物、貝類及有孔蟲化石。

出磺坑層：淺灰或白灰色的細或極細粒砂岩與深灰色頁岩之互層，夾薄煤層，含貝類及有孔蟲化石。

碧靈頁岩：黑灰色頁岩，夾淺灰色細或極細粒砂岩，含碳質物及有孔蟲化石。

木山層：淺灰色細粒與白灰色中粒砂岩，夾黑灰色頁岩與薄煤層。

五指山層：白灰色中粒砂岩，夾白色粗粒砂岩、黑灰色頁岩與薄煤層。

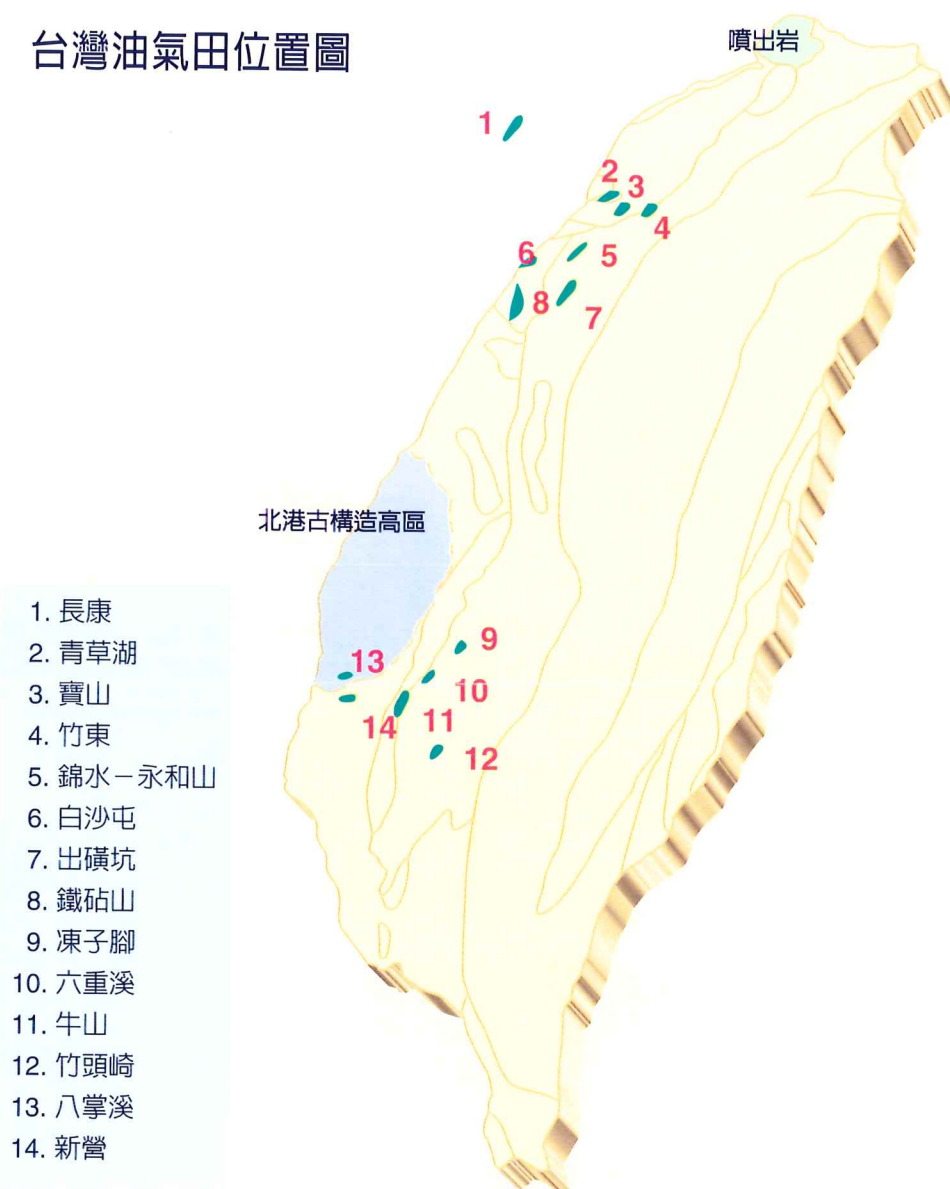


五指山層之原砂岩露頭
(萬里東邊海岸)。

臺灣油氣田開發

臺灣油氣探勘始於清朝。日本人據台時期，除在苗栗出磺坑及錦水鑽獲大量油氣外，另在新竹竹東、嘉義凍子腳、台南竹頭崎、牛山、六重溪等油氣田生產天然氣。

台灣油氣田位置圖



台灣光復後，中國石油公司為探勘開發台灣自有油氣，經多年努力經營，在本省中、北部地區先後鑽獲錦水、出磺坑兩個舊有油氣田深層油氣及鐵砧山、青草湖、崎頂、寶山、白沙屯、永如山、八掌溪、新營及新竹海域長康油氣田等新油氣田。鑽井深度多在五千公尺以內。民國七十三年，新竹寶山十一號井曾鑽達5,863公尺，為本省目前所鑽最深的油氣井。



小檔案

台灣早期的石油開採

台灣石油的發現相當早，約在一百三十年以前—清朝咸豐末年（1861），苗栗縣出磺坑地方有居民邱苟先生，首先在該處發現了石油露頭，他用人力挖了一個深度三公尺多的井，每天差不多產油四十斤，用來點燈。

清光緒三年（1878），兩江總督沈葆楨巡視台灣，聽說出磺坑出產石油，而且民間自行開採常起糾紛，於是呈准上峰，從當年起收歸官辦；聘請美國技師二人，採用機器鑿井，每天產油約一千五百斤，後來美國技師因事離去，探勘工作亦告停頓。

光緒十三年（1887）台灣巡撫劉銘傳設立礦油局，但因生產不多，入不敷出，四年以後就撤消了。根據紀錄，那時一共鑽井五口，最深的達一百二十公尺。以後由一位邱阿玉先生，每月以納稅金三十圓，採收舊井湧出的石油，每日約得六十斤。

光緒二十七年（1901）日本據台時期，日本派石油地質調查隊到台灣實地調查，次年在出磺坑開始鑽井。兩年後，出磺坑第一號井正式鑽探成功。



上述各油氣田均已陸續開發。茲將幾個較重要的油氣田，如錦水、出磺坑、鐵砧山、青草湖、新營及新竹外海長康油氣田分述於後：



出磺坑油氣田—— 台灣最老油田

位於苗栗縣公館鄉及大湖鄉之間，距苗栗市東南方約十四公里處，構造高區露出的地層為出磺坑層，為台灣最老油田。

清朝咸豐十一年(公元1861年)蕃通事邱苟於苗栗縣出磺坑附近後龍溪畔，手掘一井，深約10尺，日採原油2—3加侖，供點燈及醫藥用，為台灣油礦探勘的開端。後經滿清政府及日本人相繼鑽探油井；臺灣光復後，由中國石油公司接管經營，陸續在本油氣田鑽探，發現構造高區深部碧靈頁岩、木山層及五指山層的砂岩內也儲藏有大量油氣，迄今仍在開發生產。





小檔案

世界與台灣第一口油井

全世界第一口油井是位於美國賓州 Titusville 小鎮，名為德瑞克（Drake）的油井，為公元1859年所鑽。

台灣出磺坑油氣田僅較世界最古老的美國賓州油氣田慢兩年發現。但現今賓州油氣田的油井，已不生產，僅供參觀。而台灣出磺坑油氣田則尚在鑽探、開發、生產中。所以台灣出磺坑油氣田可以說得上是世界上尚在生產的最古老油氣田。

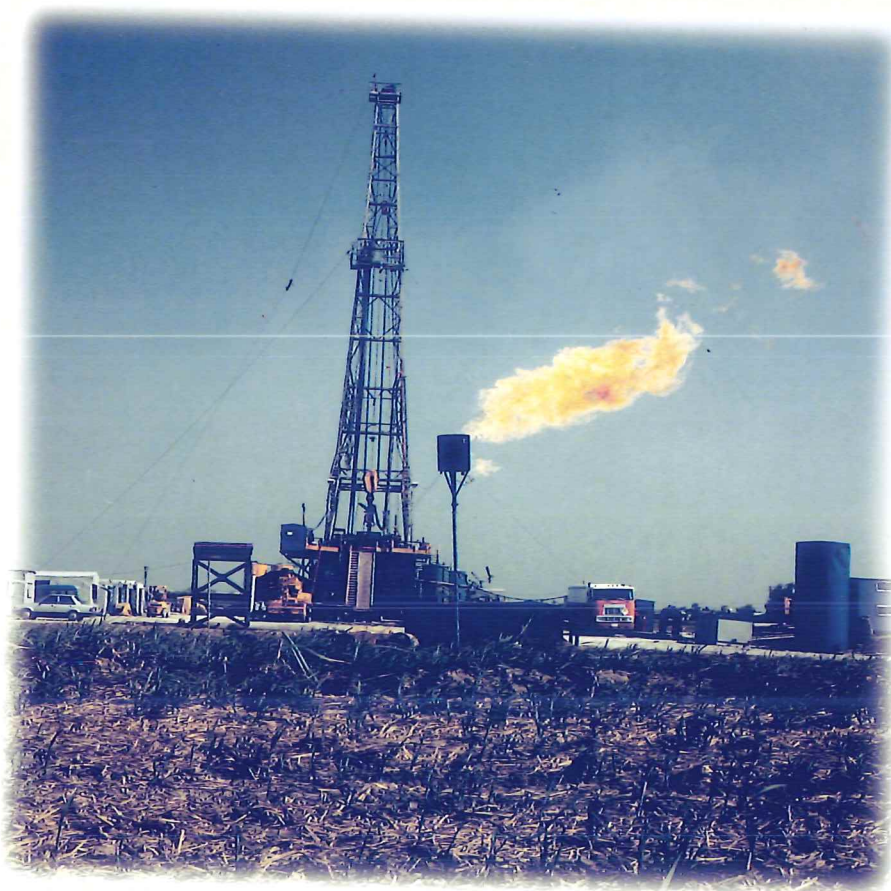
出磺坑第128號井

錦水油氣田

錦水氣田位於苗栗縣造橋鄉錦水村及頭屋鄉，在苗栗市東北約八公里處。構造高區露出的地層為錦水頁岩。錦水村在該構造的北端。早年附近的河流、池塘及稻田裡曾有油泡、氣泡冒出水面，金光閃閃，錦水村因而得名。

民國二年錦水地區試鑽第一口井，井深達517.3公尺。在鑽進中天然氣伴水突然猛噴，噴垮井架。

繼又鑽探三口井，均因機械故障而失敗。民國十二年錦水五號井鑽探成功，至民國三十四年共鑽四十七口井。同年台灣光復，錦水氣田由中國石油公司接管經營，起初少建樹，直到民國四十八年選擇錦水三十八號井加深鑽探成功，再獲大量油氣生產。後陸續在本油氣田作深層鑽探，始發現豐富油氣，油氣深度多在四千多公尺，仍在開發生產中。



錦水第38號井



錦水礦場



鐵砧山氣田

位於苗栗縣苑裡鎮，介於後龍溪與大安溪之間；西部近海岸帶。鐵砧山氣田的生產層為打鹿砂層。民國五十一年鑽探鐵砧山一號井，於打鹿砂層獲產大量油氣，油氣層深度約在2,600—2,900公尺之間，此層為本省最重要的油氣生產層，目前仍在開發生產中。



鐵砧山礦場



鐵砧山礦場油氣生產中心及儲油槽概貌。



青草湖、崎頂氣田

位於新竹市南郊及新竹縣香山鄉，全長約二十公里，寬八公里。高區露出地層為頭嵙山層香山相。自民國五十三年迄今，已鑽至青草湖二十一號井。油氣深度在1,500—5,000多公尺之間，分別自錦水頁岩、桂竹林層、河排層、打鹿砂層及木山層獲產油氣。



青草湖汽油廠

品質

服務

貢獻

青草湖礦場



新營、八掌溪氣田

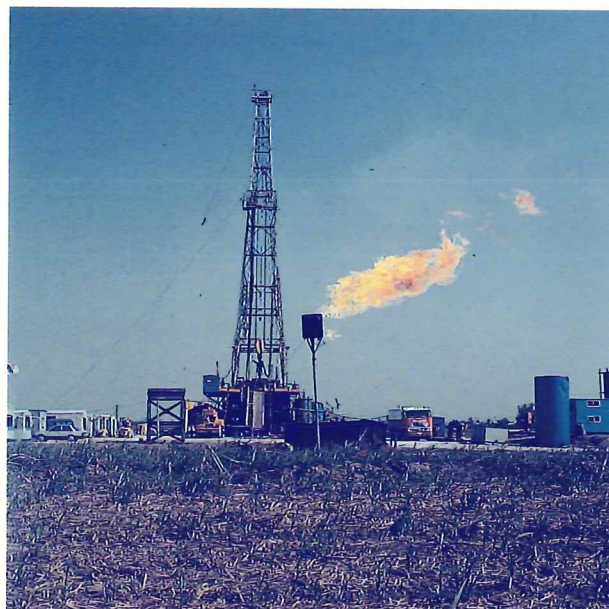
位於嘉義與臺南新營之間，全長二十公里，寬八公里。是民國六十年中油公司在進行震波測勘後發現，現已鑽至八掌溪十七號井。油氣深度多在1,000~3,000多公尺，分別自二重溪層、觀音砂岩、北寮層、石底層及木山層獲產油氣。



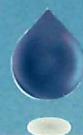
小 檔 案

OPEC

OPEC全名為「石油輸出國家組織」(Organization of Petroleum Exporting Countries)，係成立於1960年9月14日伊拉克首都巴格達，成員包括石油主要輸出國如沙烏地阿拉伯、委內瑞拉、科威特、伊拉克及伊朗等五國。其成立宗旨是為產油國而奮鬥，並維持原油價格及產量水準。OPEC成立至今，會員國已增為13國，新增會員國包括卡達、利比亞、印尼、阿布達比、阿爾及利亞、奈及利亞、厄瓜多爾及加彭。



八掌溪六號井試氣。

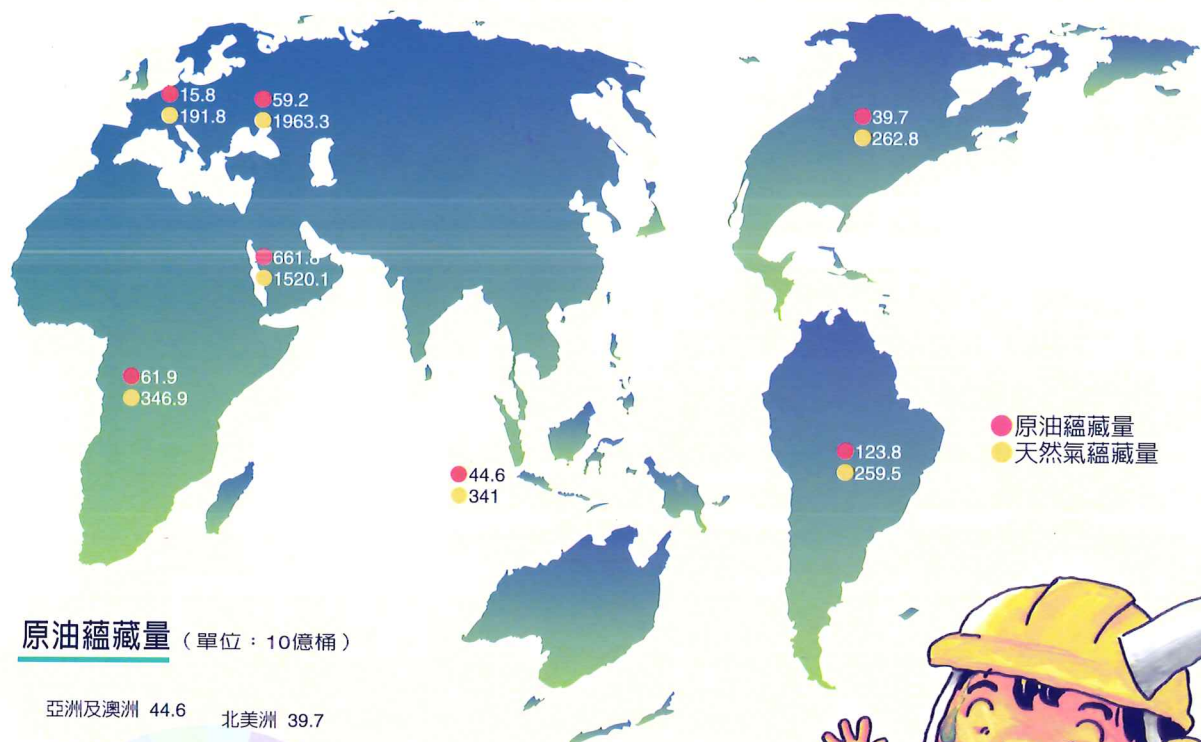


新竹外海長康油氣田

位於新竹外海，距海岸線二十五公里處，也是經由震波測勘所發現，油氣深度多在1,600—3,500公尺之間，分別自打鹿砂層、出磺坑層、碧靈頁岩及木山層生產油氣。



世界原油及天然氣蘊藏量圖表



原油蘊藏量 (單位：10億桶)



天然氣蘊藏量 (單位：兆立方呎)



附註：
OECD為歐洲經濟合作發展組織各國。非OECD歐洲為前蘇聯、中歐各國。



小檔案

世界石油與天然氣的分佈與蘊藏

根據英國石油公司1993年六月刊行的世界能源統計總覽 (BP Statistical Review of World Energy)，1992年底世界原油蘊藏量估計為10,068億桶。天然氣蘊藏量為4,885.4兆立方呎 (138.3兆立方公尺)。其中OPEC油國組織的蘊藏量佔全球石油蘊藏量的四分之三以上，足見波斯灣地區迄今仍是世界上蘊藏量最豐富地區。由於探勘技術不斷進步，二十餘年來，已被確認的石油及天然氣的蘊藏量有增無減。

石油探採科技的發展



石油探採是一項高風險的事業，由於人類對油氣需求的殷切，許多高科技在開發之初即被運用於石油工程上，因此把石油探採稱做日新月異的先進科技，一點也不為過。以下將介紹的三項技術，分別是用以更清楚瞭解油氣層狀況的「地質統計」；打破傳統觀念的「水平鑽井法」；以及促成油氣增產的「激勵採油法」。



雖然在本文中只介紹這三項新技術，但可以預期的是，未來石油探採工作的困難度將愈來愈高，而且石油工程師們也將發展出更多新技術，來克服探採上的瓶頸。

描述油氣層的新利器－地質統計

要成功地經營一家公司，必須先瞭解其組織架構；要妥善地管理一個油氣田，當然也少不了要對油氣層有深入的認識。油氣層描述就是瞭解油氣層的基本工具。過去由於資訊工業不發達，油氣層的描述是愈簡單愈好，所以一般均假設地層是均質的（Homogeneous）也就是說地層內每一位置的特性均相同，事實上這是不太可能的，因為地球內部的組成千變萬化，不可能一成不變，因此必須改善這種假設模式。

但地底下的情形，除非實地鑽井取得數據，根本沒有人能清楚地描繪出來，而地質統計就是利用統計學的原理，將油氣層上每一位置的特性，有系統的加以整

理，再由已知點的資料適當地推知未知點的特性，合理地描述整個油氣田的動態。

地質統計有所謂「硬資料（Hard Data）」與「軟資料（Soft Data）」之分，鑽井結果即屬於硬資料，因為它是真正在地底下挖一個洞所獲得的地層特性，可信度最高；至於井與井之間的地層狀況，並無明確資料可遵循，一般均採用地球物理測勘的分析結果，也就是軟資料。地質統計即在此軟、硬之間各取所長，產生一個最能代表油氣層特性的模式。

藉著地質統計方法的開發，將使得我們更能掌握油氣蘊藏的動向，以便對地下資源善加利用。

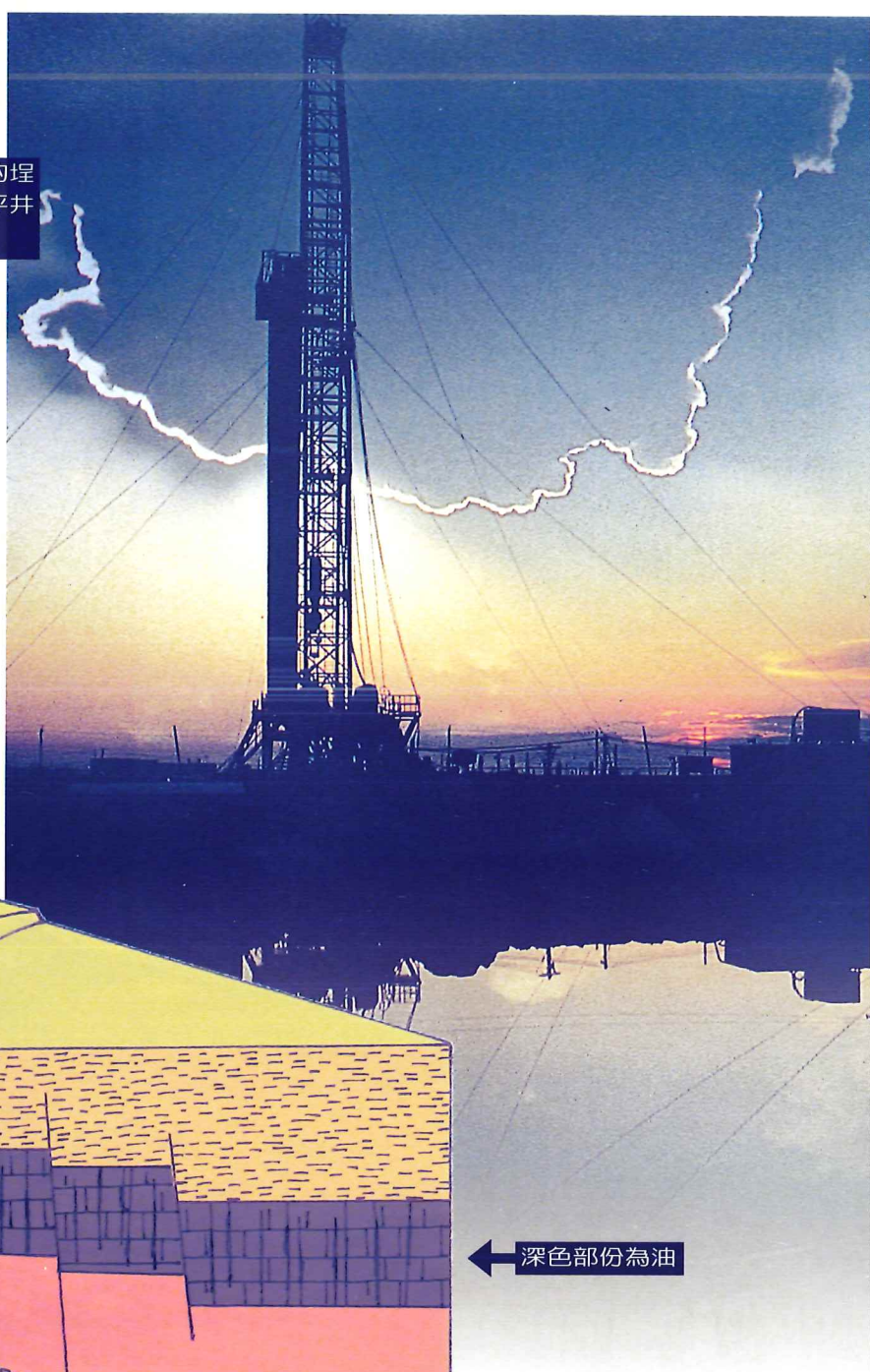
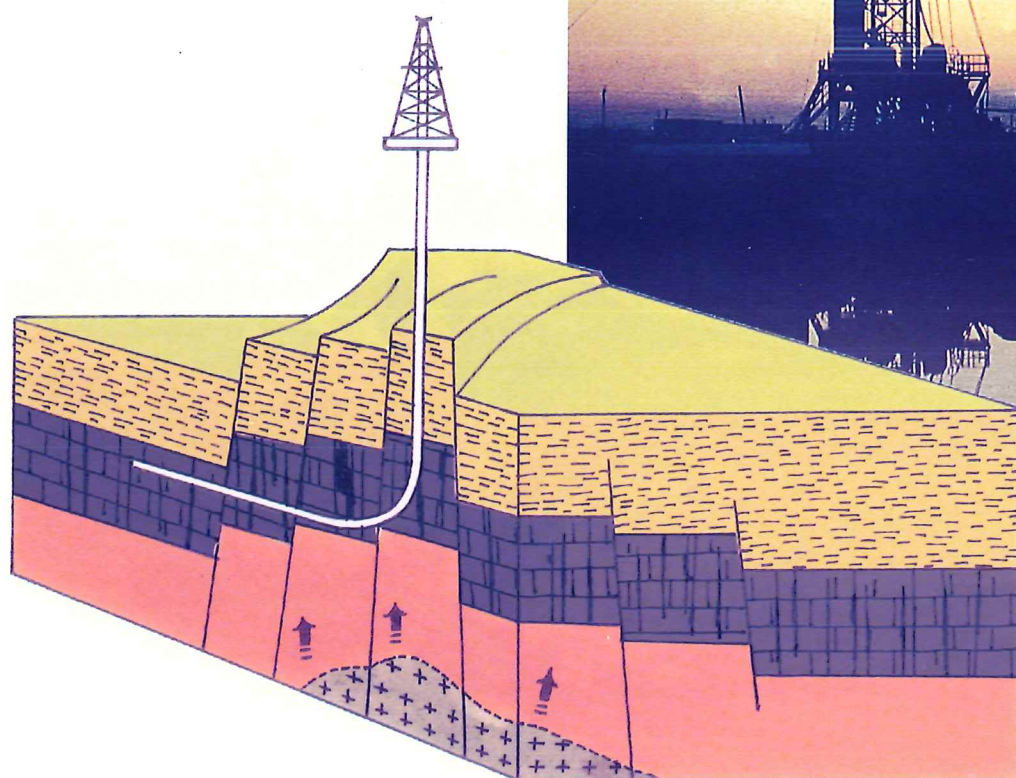


突破傳統的水平鑽井法

在傳統的觀念中，油井似乎都應該是由上往下垂直鑽鑿的，水平井該怎麼鑽呢？這個石油工程師們所想出來的新招，在開始的時候也是垂直往下打，直到接觸到目標油氣層時應用井底馬達等技術，將井轉為平行地層的水平方向，使整個油井的水平部份均在油層內。這樣有甚麼好處

呢？由於水平井的水平孔段深入油氣層中，與地層的接觸面積比一般垂直井要大很多，可以增加石油或天然氣的產率，另外水平井的井孔附近流速與壓力都較小，也可避免大量生產時，地層出水而影響生產的問題。

位於大陸渤海灣的埕科油田，採用水平井鑽井技術。



水平井早在一九二〇年代即已出現，但近十幾年來更迅速發展，其主要原因是由於鑽井器材與技術的進步，促使水平井的鑽井成本降低，許多過去無法達到經濟產率的油或氣層，如今可藉由水平井來達成。一般而言，水平井的生產能力約為垂直井的四至六倍，有些井甚至可達十倍以上，而其鑽井成本則約為垂直井的二至三倍，經濟效益極大。

水平井的主要應用時機包括：



自然裂縫油氣層

在地層深部的自然裂縫大多以垂直型態存在，裂縫可形成極佳的油氣通道，利用水平井可連接垂直的自然裂縫，增加生產能力高達十倍以上。



海域生產時

海域鑽井的成本極高，鑽水平井可減少鑽井數目，因而可節省鑽井成本，並減少對環境的污染。



薄層

油氣蘊藏如果呈水平分布，其油氣層較薄，那麼因垂直井與地層的接觸面積小，利用水平井開採薄層才具經濟價值。



目標層的地表 無法找到垂直井位者

可利用水平井來達到目標層。



地下儲氣窖

水平井能以較少的井數，達到短時間內大量生產（或注入），以符合供需調節的目的。



污染層的處理及補救

應用水平井接觸面積大的特性，可對受污染地層作大面積的補救。

使用水平井不僅增加油氣產量，降低鑽井成本，並可減少對環境的污染，是鑽採工程的一大突破。

千方百計只為「她」－激勵採油法

大多數的人以為石油就儲藏在地下岩洞中，其實並非如此。事實上，油氣大部份是蘊藏於地下岩層的孔隙內，因此更增加了油氣採收的困難。根據統計，一般油田的採收率大約只有百分之二十左右，也就是說地底下仍有百分之八十的原油因為

岩石毛細壓力或油氣驅動能力不足，而無法自然產出。這麼多的資源棄於地下，石油工程師們當然不會輕言放棄，因此才有所謂激勵採油法（enhanced oil recovery, EOR）的誕生。

最早的油氣增產方法是以注水與注氣為主，主要是希望能藉此維持油層壓力，並且利用水或氣的力量，將油氣由地層中推到井孔而產出。這些方法一般稱為二期採油法，以便與不假借任何外力自然產出的一期採油法有所區別。一、二期採油法加起來約可採出三分之一的地下資源。

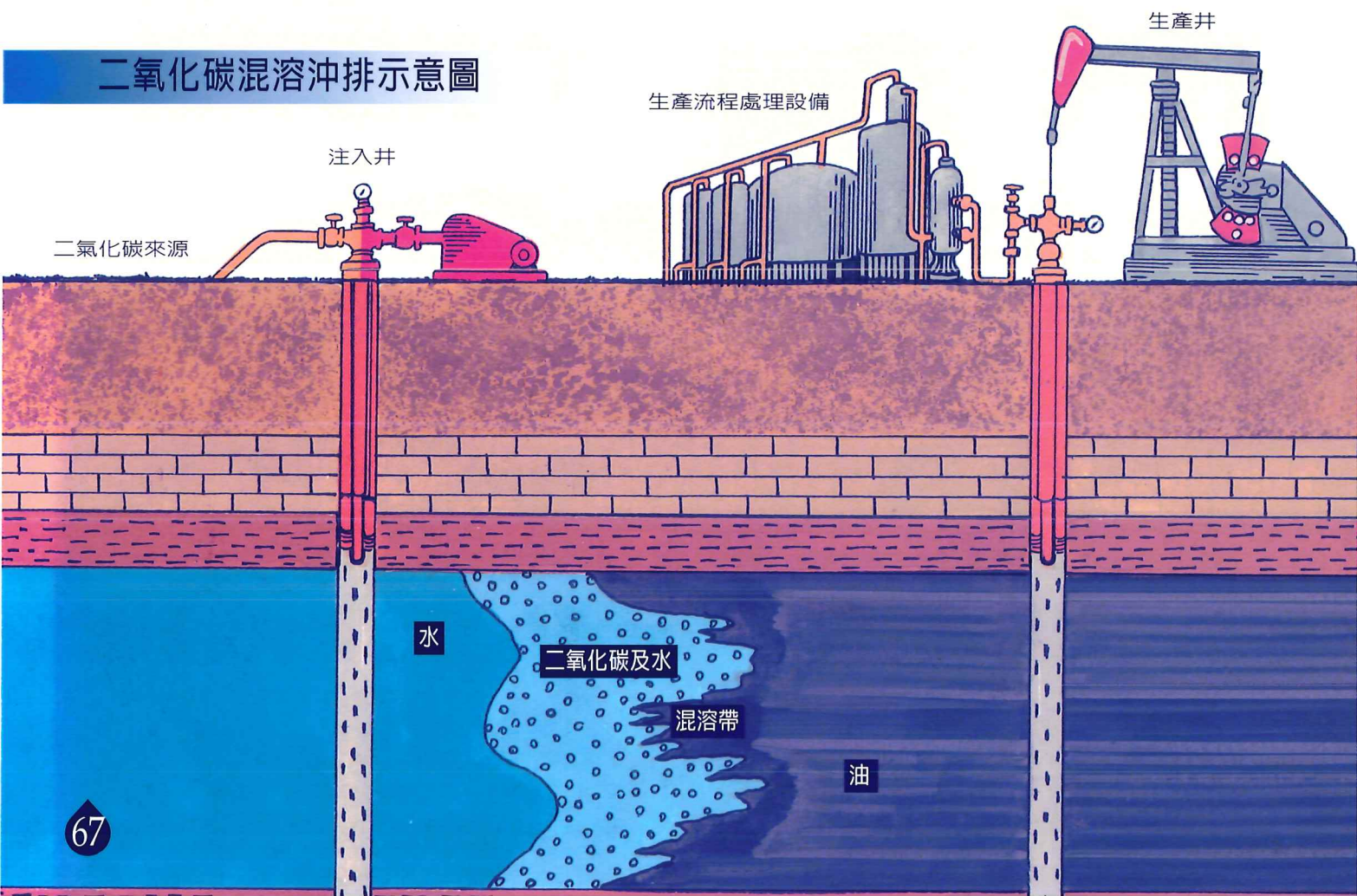


利用混溶沖排法，開發稠油，圖為中國華北的高升油田。

而三期採油法，也就是我們所要談的激勵採油方法，包括熱回收法、混溶沖排法及聚合物油排法等，簡單的說就是將「熱」、「氣」及「化學物」注入地層內，這些都是在二期採油法已無法奏效時，石油工程師們所想出來的新點子。

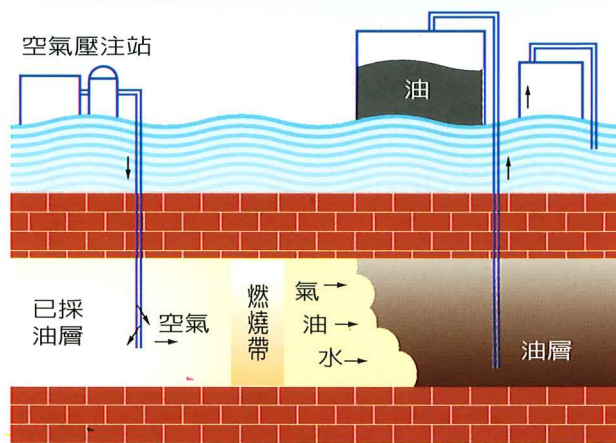
熱回收法包括火燒法及蒸氣注入法，前者是注入空氣並在油層內點燃，藉高溫降低原油黏度；後者則由地面直接注入蒸氣。一般來說，高黏度原油的採收率向來就不高，利用注入蒸氣或點火藉蒸氣的推排及浸泡效果，可降低原油的黏度，使其更容易流出。

二氧化碳混溶沖排示意圖

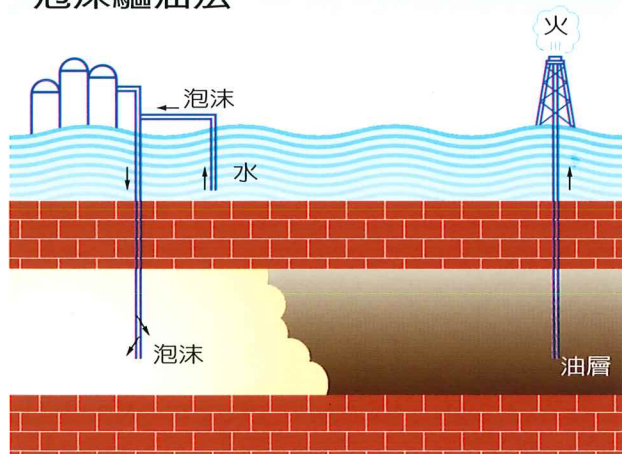


混溶沖排法則起因於注氣推油時，由於油與氣間的界面相當明顯，比重較輕的氣體，常越過油而先流到井孔，沒有善盡推油的職責。因此若利用一些在高壓下能與油互相混合而溶解的氣體，使油與氣之間沒有界面存在，就可以提高採收效率。這一類的氣體有液化石油氣（LPG）、二氧化碳及乾氣等。利用酒精或界面活性劑，也可產生混溶沖排的效果。

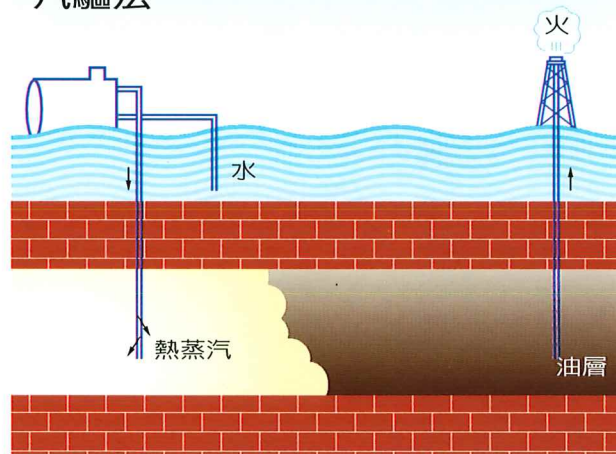
油層燃燒法



泡沫驅油法



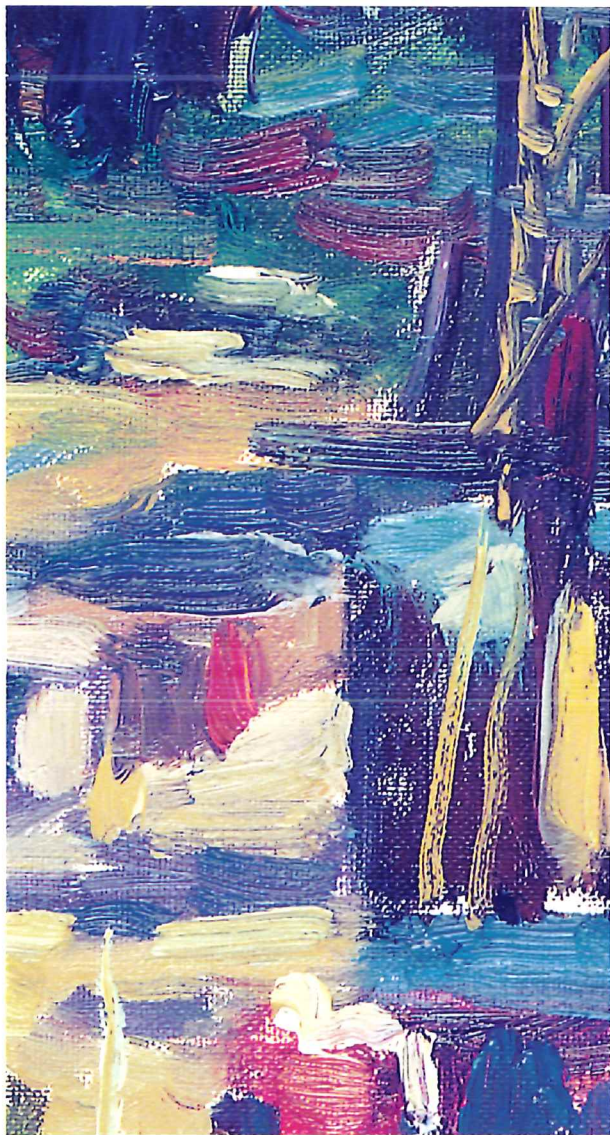
汽驅法



早期注水沖排時，常覺水的黏度不足以推動油前進，因此石油工程師想到若能提高水的黏度就能增加原油採收效率，於是在水中加入高分子聚合物，這也就是聚合物沖排法的由來。

目前在美國及加拿大地區，利用激勵採油法所增產的原油，約佔總產量的十分之一，可見其貢獻之大。經過激勵增產後，油田的最終採收率約可達百分之五

十，其餘未產出的油氣，恐怕還有賴人類未來的科技發展。當然，除了技術上的進步外，經濟上的考量也是一個重要的因素，如果油價低迷，開採原油利潤不高，自然就不會煞費周章去增產原油；但若原油價格看漲，油商有利可圖，情況就大不同了。然而由石油工程師千方百計想要增加採收率的企圖來看，石油確實是珍貴的資源。



上山下海鑽井忙

發行人：張子源
主任委員：陳國勇
總編輯：方義彬
副總編輯：陳春全
顧問：蔡信行
企劃編輯：林敏
執行編輯：伏文采
文字編審：伏文采、柯惠瑛、周婷婷、黃萱
美術編審：郭雲清、郭日吉
資料編輯：馬國英、鄭念祖、葉榮富
撰稿：邱肇峰、黃耀宏、謝申章
企劃設計：日創社文化設計印刷有限公司
圖片提供：中國石油股份有限公司
發行：程慧珠
出版者：中國石油股份有限公司
石油通訊編輯委員會
地址：台北市中華路一段83號
電話：(02)361-0221
印刷廠：國發企業股份有限公司
電話：(02)777-1860
初版：中華民國八十五年二月
版權所有·翻印必究





統一編號

008639850074



中油五十年・關心到永遠



中國石油股份有限公司

ISBN 957-00-6756-X