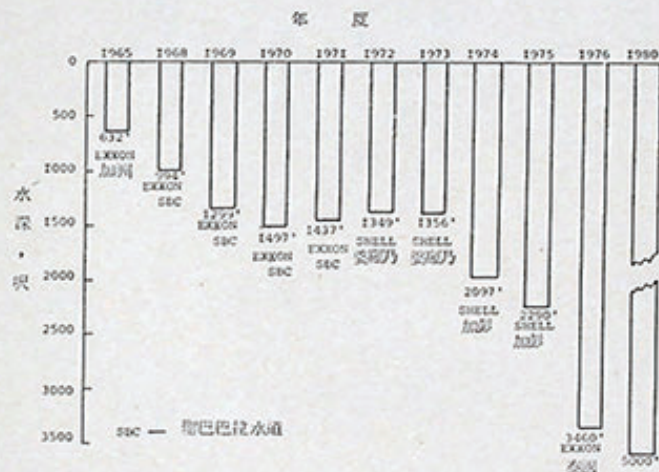


海域油氣 鑽探技術的演進

陳辛宗

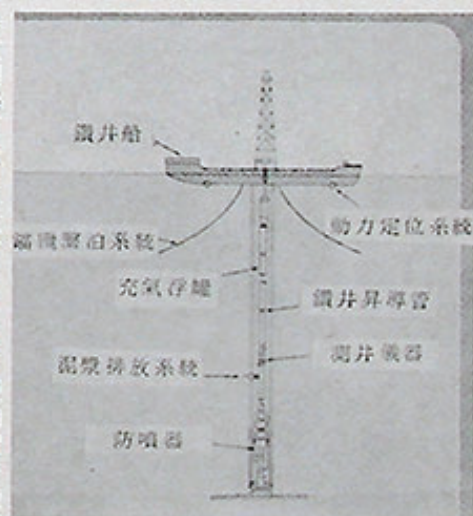


近十年來深水海域鑽井技術不斷的飛躍成長，其進步的實績可由工作區域的水深看出梗概，自一九六五年到一九七四年間在水深大於六百呎海域鑽井的井有五十口，其中有廿一口井的工作水深已超過一千呎。但至一九七五年及一九七六年的前八個月期間，這個數字急劇增加，水深大於六百呎的海域井已有七十九口，其中廿七口超過一千呎水深。這種向深水探勘進軍的趨勢可由附圖一中清晰顯示。此最大水深紀錄不斷增加從一九六五年的六三二呎，到目前的最大水深紀錄三、四六〇呎，此項紀錄乃由艾索（Esso）



附圖一、海域鑽探工作水深紀錄

探勘公司於一九七六年的第四季在泰國水域創立。此紀錄係由「發現者五三四號」鑽井船（Discoverer 534）所創出，此船為目前最大最新型深水鑽井船之一，由海域公司（Offshore Co.）建造，供艾索探勘公司使用，船長五三四呎，寬八十呎，如此龐大的船身，使鑽井船可以長期的在偏遠水域工作。船上可容納一百個工作人員，並能以十四節速度航行。該船的裝備極為新穎，有不少最新技術的獨特設備（附圖二）。第一，此船兼備傳統的強力錨索繫泊系統和動力定位系統，繫泊系統使用於淺水域，動力定位系統使用於深水域。第二，鑽井昇導管裝置充氣浮罐以減輕其重量，昇導管系統包含一儀器箱，可監控昇導管的壓力變化並採取若干鑽井數據，具備泥漿排放系統，於井況控制程序需要時，可將泥漿

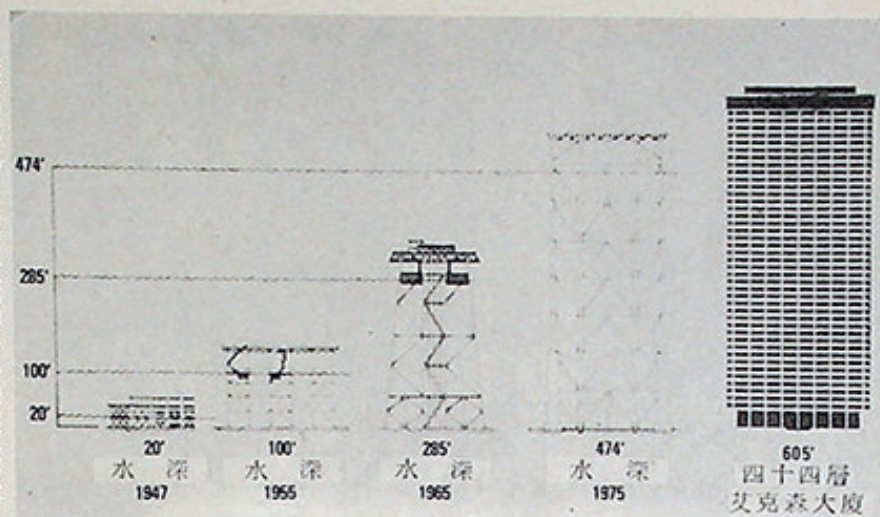


附圖二、深水海域鑽井設備

一旦探勘成功獲得油氣，下一個步驟便是設計、製造和裝建油氣田開發系統，在傳統上所指的是固定底部基礎的工作平台，作為從事鑽井和生產工作的根據地。自給式海域結構之進入石油工業，係從墨西哥灣的鋼鐵工作平台開始，時間已經有三十年，自此以後傳統的柱樁支撐工作平台裝設地點的水位便愈來愈深。附圖三說明固定底部工作平台的部份演進過程，圖中左邊的工作台到目前仍然矗立於墨西哥灣中，約已使用了三十年。墨西哥灣中最近所建造的工作台與圖中那一座的大小相似，目前最大的工作台係艾克森公司設計供八五〇呎水深的聖巴巴拉水道中使用的，其架構高約八六五呎，若包括甲板部份，則總高度達九四四呎，試看休斯頓四十四層樓的艾克森大廈僅高六〇五呎，就可想見此工作台工程之鉅

排放到海面上。最後，D-34 號的鑽井船其防噴器組製備有電力作動液力的控制系統，使得在緊急情況時，關閉防噴器所需之時間可以減少。至於鑽探水深能力在三千呎以上的鑽機，目前有數套正在加工建造中，至年底將至少有十一套完成並展開工作，其中若干套鑽機還能達到五千呎水深，使得鑽機能力，到一九八〇年時，海域鑽井水深紀錄將可達到五千呎。

海域油氣田開發系統的另一構想是重力式結構 (Gravity Structure)，通常以預應力之鋼筋水泥建造，由本身之巨大重量維持在海中的定位，這種結構有廣大的甲板面積，龐大的甲板負荷能力，內部空間可作為整個系統所必需的貯槽，以上幾點都有利於遠程海域作業。



附圖三、固定基礎工作台的演進

大。此工作平台架構於一九七六年下半年已成功地裝設完成，充分顯示工作平台設計技術的重大進步，不但其高度相當於現有海域工作台的兩倍之多，而且其設計還能應付地震的力量及海浪，全重近約一千兩百噸，裝備完成後可鑽井廿八口，其建造成本多達七千萬美元。

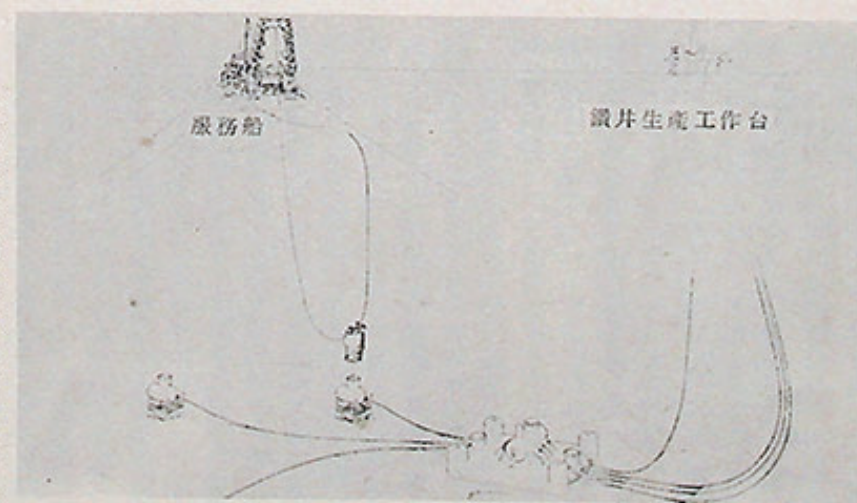
當工作地點的水深增加時，傳統的鋼鐵架構和重力式結構的若干部分必需特殊設計以適應水深條件，塔架拉索 (Cable Tower) 是艾克森公司發展出的方法，可用於六百至二千呎水深；此系統可隨著波浪作微小的運動，而不像底部固定的結構般強硬抗拒所承受之負荷。塔架在結合穩固以後，用數條支索由塔架上的旋轉環對正海底上的重塊拉住，保持塔架直立海中，支索從海底重塊延伸到一般的拖船上，在正常作業情況下，穩定的重塊靜臥於海床上，遇到惡劣氣候時，重塊被拉離海底，以便塔架能吸收海洋環境的負荷而不致危害到繫泊纜繩。塔架的運動量很小，小到足夠照常進行鑽井；同時也夠大，大到足夠把所承受的波浪力量抵銷掉大部份；於正常情況下，甲板的運動實際上很微小不易察覺，遇到設計範圍內的風暴，甲板的位移可達到十呎。

由於纜繩可抗拒環境產生的水平負荷，便無需柱樁來維持結構的穩定性。拉繩塔架坐落在一個鐵罐上，代替柱樁固定位置，鑽井昇降管可通過鐵罐，當塔架受力偏移時可稍為彎曲。若塔架安置於六百呎以上水中，導管之扭轉彎曲更可保持於容許限度以內。由於免除柱樁亦即減輕總噸位，拉繩塔架因而成為深水油氣鑽探操作中高度成本效應的新設備。

由海底基礎建立，露出海面的結構在水深超過二千呎時，即到達鑽井技術上和經濟上的水深限度，同時生產系統也必需潛沉於海底裝設。深水海域的油氣田開發，雖然用海底設備可免除昂貴的海域生產工作平台投資，但鑽井成本却極為可觀。開發鑽井必需以浮水船隻進行，而不得採用從海底建立基礎伸出水面的結構，或者價格較廉的工作台鑽井設備。

石油工業為採收海底油氣蘊藏，正在加強進行海底設備之研究發展的公司，有洛克希德石油

服務公司、海底設備集團有限公司 (Comex Seal)、艾克森石油公司等。

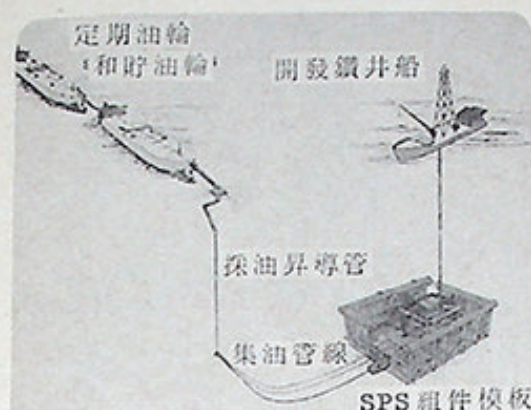


附圖四、藝術家所繪製之實驗型3井海底歧管中心及海底完成井 (墨西哥灣)

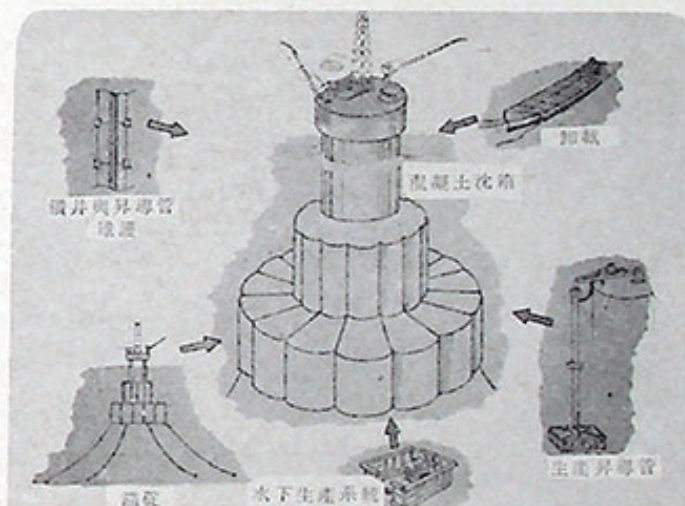
洛克希德的系統是將標準油田設備包在乾燥、一大氣壓的艙室中，工作人員可以穿著陸上的工作服，即可從事海底生產系統的裝設和維護 (附圖四)。海底設備集團公司一方面發展密封大氣壓的群集井口生產系統，可以讓工作人員接近維護，另一方面發展不密封水下衛星井完成系統，以供遙遠地區無潛水夫維護的生產井使用。莫比油公司在北海的一口油井，目前正在進行衛星井完成法的首次商業性測試，群集井口生產系統則早在一九七四年於墨西哥灣完成模擬操作測

試。像這種差不多能完全在遠距離裝設及維護，無需潛水夫協助的衛星井生產系統設計，其主要用途是在困難環境中，開發海底蘊藏，或在超出中央工作平台鑽施工範圍之外時應用之。全面使用海底衛星井系統以開發油田並不是不可能，但是大多數油田，主要使用群集井口生產系統，具備較多顯著的優點。

艾克森公司的水下生產系統 (Submerged Production System 簡作SPS)，是一座完全將各部份合而為一的群集生產井系統，遙控生產油氣，無需人員下水維護(附圖五)。此系統之心臟是遙控歧管，直接與海底定向井口之模塊連結，之後所有管線之接裝接合及試壓都是遙控進行，無需潛水夫協助。它所生產之流體輸送至水面之處理設備，或用管線輸送到岸上；或如圖所示，經由海底採油井導管送到一艘永久繫泊的油輪上，作原油儲存和處理，擔任儲運站的任務。此生產系統的水面支援裝置，可監督和控制海底設備，以及作油氣之處理和貯存後，經短程往返油輪載運到市場去，所生產的天然氣和井水



附圖五、艾克森公司設計的海底生產系統



附圖六、混凝土沉箱鑽井及生產系統附油料貯槽

可再注入井中。如果不幸有油料洩露，另有污染預防系統可作偵測、搜集和回收原油的作業；若安全控制系統偵查發現設備失靈，可以自動的有選擇性的關閉。所有維護工作均以遙控進行，如井務工作視情況，決定用遙控將器材經由油管泵入，或從一漂浮水上的鑽井船垂直重返井孔中。一套遙控的維護監督操縱器，可從服務船降下以修換故障配件，由於很多陸上使用的標準油田器材用於海底時，其可靠度不夠，使得一次保養維護的費用即相當可觀，因此將所有零件設計成爲簡易更換的組件，而且有特殊、高可靠度的零件設計，以儘量減少設備故障率。

目前艾克森公司正在墨西哥灣的一七〇呎深水中，作一座三口井水下生產系統的生產測試，此項實地測試之目的在模擬深水油氣田鑽井和生產所需之全部操作，試用兩種不同之遙控管線敷

設方法及管線連接器材，完成五條集油氣管線及兩條電纜，於原有工作台上裝好生產和控制設備，完成全部海域工作安裝工程；此外，維護監督操縱器也通過多次成功的試用，下一步驟即將展開全面生產測試。

深水海域進行油氣田開發的另一個構想：爲混凝土沉箱鑽井及生產系統，如附圖六所示，此系統有足夠的甲板載荷能力及空間，可同時鑽井至二萬呎和日產十萬桶原油及其伴產的天然氣和地層水，此外還能貯存六十萬桶油料。甲板面積有一三〇呎直徑，基礎部位直徑三百呎，從甲板至基礎底部高度四百呎。沉箱安置在一、五〇〇呎水中，採用傳統繫泊方式，以散佈式錨碇系統固定之，如於較深水域應用時，可配備以類似深水鑽井船使用之動力定位系統。

在使用時，鑽井工作通過沉箱中心通道進行，無需傳統的鑽井船或半沉式鑽井設備，各井應用改造過的水下生產系統在海底完成，油氣生產則可應用生產井導管送入固定於水下生產系統上方的外圍沉箱內，各生產井的支援設備以及維護修井所需空間均可由沉箱支援，原油可在沉箱中貯存，然後卸入短程油輪運送到煉油廠去。

張力索腿 (Tension Leg) 工作平台爲另一種可能應用的漂浮生產系統，它的設計爲的是支撐海底生產設備，但不能提供貯油的容積。此系統之實地測試曾經由深海技術公司 (Deep Sea Technology) 協助於加州水域進行。

海域油氣之鑽探，無論是已解決或尚待解決的問題，都帶給石油工業極大的挑戰，深水石油氣蘊藏的探勘和開發，其成本均非常龐大，除了必須克服技術上和經濟上的障礙外，石油工業還需要顧慮安全與效率的新技術開發，以謀求工程的順利進行。

(取材自石油工程月刊一九七七年元月份)