

採油工程設計

邱聰烈 編著
羅瑞星

探採叢書之五



台灣油礦探勘處
中國石油學會
中華民國六十四年六月修訂版

採油工程設計

探採叢書之五

邱 聰 烈
羅 瑞 星 編 著

臺灣油礦探勘處
中國石油學會
中華民國六十四年六月修訂

中 國 石 油 學 會

Chinese Petroleum Institute

理 事 長： 張 光 世

總幹事： 吳 德 楣

技術委員會

主任委員： 金 開 英

探探組主任委員： 靳 叔 彥

委 員：	馬 廷 英	戴 運 軌	董 蔚 翹
	吳 德 楣	楊 玉 璠	孟 昭 彝
	詹 益 謙	樊 遺 風	畢 慶 昌
	卞 美 年	張 錫 齡	潘 玉 生
	楊 舒	黃 清 豐	董 樹 勳
	黃 錦 澄		

地址：臺北市忠孝東路一段一四八號

電 話：3212225

探採叢書編譯小組

召 集 人： 靳叔彥

副召集人： 黃錦澄

委 員： 林 宏 汪傳瑜 李漢津
李恨之 張日炎 陳瑞祥
潘玉生 郭明哲 張錫齡
韓恕一

幹 事： 李恨之

序 言

「採油工程設計」係取自中國石油股份有限公司石油技術訓練班專業教材之一，該教材專為發給受訓學員研習者，刊印後深得與業務有關同仁歡迎。經徵得技訓班劉主任魁餘之同意，將各種有價值資料，諸如鑽井工程設計、油層工程概論、油氣井測試、鑽探試驗等委請中國石油學會採探組修訂編印成專冊，藉供將來專業訓練，以及與業務有關同仁進修或參考之需。

本公司在臺經營油氣開發廿餘年，所獲技術及成果，不論在量與質的方面均有長足進步；但對鑽井及採油工程技術上作專業性及有系統的介紹，以此為創舉。其內容係由具實地經驗之專業人員經廣泛收集資料整理研究而得；並聘請採探組委員詹益謙、楊舒、杜學林、黃錦澄、董樹勳、李漢津諸先生審訂，其內容甚為豐富與實用。

該叢書承劉主任魁餘，各審定委員之協助下，得以順利完成刊行，順此誌謝。

中國石油股份有限公司協理兼
臺灣油礦探勘處處長 吳 德 楫

民國六十一年十一月誌于苗栗

前 言

石油事業之探勘、鑽井、生產、煉製、石油化學、儲運、銷售及近代企業經營研究等項的發展，誠屬大有一日千里之勢。至於此工業之人力資源之品量增進，確更爲重要。中國石油公司於民國五十八年創設石油技術訓練班，甄選工作人員，施以專科教育，爲石油事業培植基層人才。因國內暨缺石油事業之專業教育，亦無此項合適教材，乃由中油公司委請中國石油學會轉聘學驗湛深之資深會員，編撰有關之書籍，專供教學之用。「採油工程設計」即爲此項專業教材之一。

此書係經聘請致力石油事業多年，學驗兼豐之本學會會員邱聰烈、羅瑞星兩先生聯合編撰。取材方面除參考國外各種採油工程文獻外，並以編者從事採油工程實際經驗，遍舉各種實例，以充學用。惟各位編者於公餘撰成，又專業詞彙術語尚欠完備統一編制，簡偏之處或所難免，尚祈海內外諸先進不吝予以匡正爲幸。

中國石油學會技術委員會 新 叔 彥
採探組委員會主任委員

民國六十一年十一月謹識於臺北

採油工程設計

對內參考書籍
恕不對外發售

中華民國六十四年六月修訂

中國石油股份有限公司臺灣油礦探勘處 合編
中國石油學會技術委員會採探組

目 錄

第一章	油氣井完成工程設計概要.....	001
第二章	主要完井器材及井口裝置.....	017
第三章	生產填塞器之選用及其設置法.....	054
第四章	油管串之設計.....	066
第五章	完井設計範例.....	109
第六章	油管串坐重之設計.....	128
第七章	油氣井地面採收設備.....	169
第八章	間接加熱器之設計.....	177
第九章	油氣分離器之設計.....	220
第十章	低溫分離器.....	263
第十一章	集油氣管線系統設計.....	282
第十二章	集油氣管線之設計及計算.....	322
第十三章	輸油泵馬力設計.....	376
第十四章	控制閥之設計.....	392
第十五章	修井工程之設計.....	438

第一章

油氣井完成工程設計概要

鑽鑿油氣井主要之目的在於開發油氣田及生產油氣，欲使生產油氣順利與生產量合於理想，必須採用合適之完井方法，庶可達於所希冀之目的。

油氣井之完成工程為採油工程重要工程之一，倘完成工程之設計欠週，則非但影響油氣井之安全，甚而導致油氣生產作業休止，使生產者蒙受莫大之損失。故油氣井完成工程之設計，務須綜合過去已獲得之各項實際工程經驗，井內情況與地層變化等資料作為設計參考，始能使油氣井完成工程趨於週密。

廣泛說：一口井自鑽達預計生產層深度之時間起至正式開始生產時止，其間一切有關之工作均屬於完成工程之範圍。例如穿孔，設置填塞器，下油管，安裝井口裝置及置換清水等均屬之。

一、油氣井完成法

一般油氣井完成方法，可分為裸孔完成法 (Open Hole Completion)、穿孔完成法 (Conventional Perforated Completion)、除砂完成法 (Sand Exclusion Type Completion) 及油管完成法 (Permanent Type Well Completion) 四種，目前臺灣省所採用者為穿孔完成法，其他三種方法因受井況及設備條件之限制未予採用。茲將各完成方法之特性列舉如下：

1. 裸孔完成法：

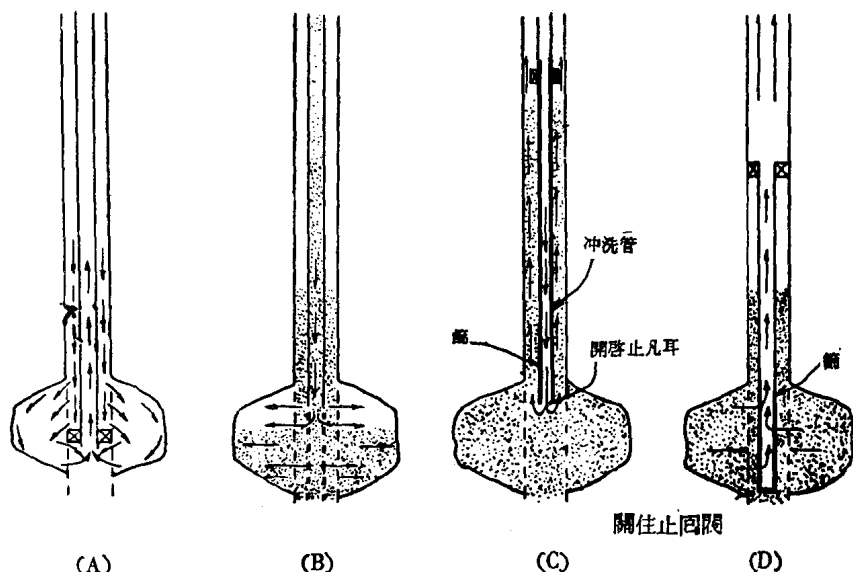
裸孔完成法係將生產套管 (Oil String) 下至生產層頂部之完井方法，僅適用於完成地層不易坍塌之油氣井，如低壓石灰岩層之頓鑽井或藉頓鑽法加深之油氣井等。但不適用於本省各地區高壓井完成之用。

2. 穿孔完成法：

下生產套管至生產層底部封固水泥後，穿孔完井之方法。本法除在有嚴重出砂問題之井外，一般高低壓油氣井皆可採用。至於穿孔方法有彈丸穿孔法及噴射穿孔法兩種；彈丸穿孔法為將彈丸穿孔器下至欲穿孔之部位，由地面控制點火而發射子彈穿孔者，該法用在淺井及中深井之穿孔作業。深井或高壓油氣井大都藉噴射穿孔法完井，此法係藉穿孔火藥之高熱能及高噴速度之作用穿孔，其速度約在每秒30,000呎左右，其衝壓力亦有4,000,000psi之鉅。通常各井穿孔工作最主要之考慮因素包括穿孔孔徑之大小，每呎之穿孔數及穿入深度，一般井以 $1\frac{1}{2}$ 吋孔徑，每呎4孔者為最普遍。

3. 除砂完成法：

鬆砂油氣層之完井方法與一般油氣井之完成方法不同，其油管管串下端須裝設除砂篩或在其油氣層內填充礫石鞏固粗砂，以阻止砂粒湧流入油管內引起油管及生產設備發生磨蝕，或因大量出砂致阻塞油管串而使生產中斷等弊端之發生。至於礫石完成法 (Gravel Completion)，係先沖淨地層，然後擠送礫石經穿孔口而入地層以鞏固鬆砂之完成法。如第1—1圖所示。此法尚有擠送塑膠質凝結劑使鬆砂固結而成堅固砂層者，為現代最新穎最可靠的固結鬆砂法，惟操作費用較高。採用此法之先，必須考慮其工程經濟及施工設備等因素後始可決定。



(A) 清洗穿孔部位

(B) 擠送礫石經穿孔口而入地層

(C) 填充礫石後洗淨砂篩

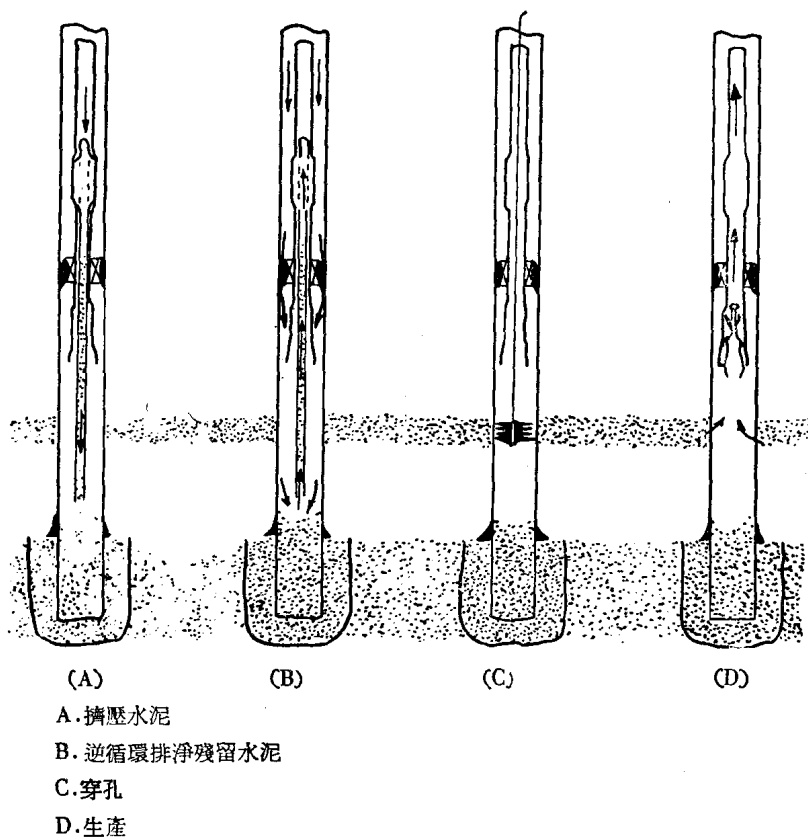
(D) 設置濾砂篩及填塞器後關住止回閥，退出沖洗管

第1—1圖 除砂完成法簡略圖

4. 油管完成法：

下完油管串安裝井口裝置 (Well Head Assembly) 後，再下穿孔器至生產層由油管穿孔經套管而入地層之完井方法。本法不但能節省完井費用，且可避免泥漿糊粘砂層孔隙阻塞油氣通路。提高油氣生產量及增加油氣井之安全，其完成法如第1—2圖所示。

油氣井之完成方法可分上述四種完成法外，尚有單層與多層完成法之區別。單層完成法僅採一層，可藉單串油管或用套管生產；深井或高壓井須設置填塞器以隔絕油管內外壓力，淺井或低壓井視井況及生產之需要決定設置填塞器或不設置填塞器生產。雙層完成法為同時分別採收兩層油氣之方法，其完井方法又可細分為油管與套管環孔完成法以及並排雙串油管完成法兩種，茲將其簡述如下：



第1—2圖 油管完成法略圖

(1) 油管及套管環孔完成法

多層完井法中以本法之成本最低，若地層之油氣流動良好，油氣對套管無顯著之腐蝕作用，及各種條件均合適時可以應用。然該法中缺點甚多，如無法下鋼繩操作器具入環孔操作，地層全部之壓力加諸套管，影響生產井之壽命以及甚難施行人工氣舉法等。

- A. 單串油管單隻填塞器：填塞器僅用一隻，置於兩層穿孔位置之間，以隔絕兩層之油氣，下層之油氣經油管昇至地面，而上層之油氣則自穿孔位置進入套管內，經套管油管間之環孔採收之，如第1—3圖。本法之優點為能節省一半之油管及一隻填塞器。但在套管外，若無以水泥封固

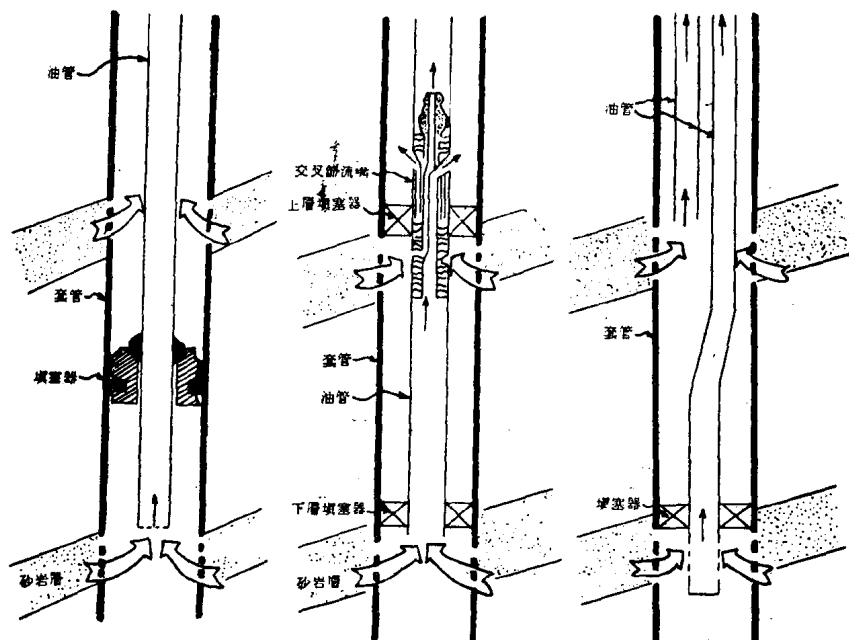
至地表之生產井或天然氣含有硫化氫或二氧化碳之油氣井均不適用本法。

- B. 單串油管與雙套填塞器：兩油氣層穿孔位置上方數公尺處各置填塞器一隻，油管串中加接交叉節流嘴裝置，使上層之油氣經油管噴流至地面，下層之油氣經油管於到達上層填塞器交叉節流嘴後換為環孔間採收，如第 1—4 圖。本法之優點為能節省半數油管，應用之條件與前法同。

(2) 並排兩串油管完成法：

兩油氣層之生產分別由兩串油管完成之，油氣之流動有規律，能够維持並延長油氣井生產之年限，兩層或兩層之一能與氣舉或抽油法合併應用，以增加各層之產量。若以兩填塞器兩串油管完井法論之，油氣不與套管直接接觸，對套管之防蝕及防裂效果良好。

- A. 單填塞器法：填塞器安置於下層穿孔位置之上方，長管串插於填塞器，下層之油氣則經長管串逸出，上層之油氣由短管串採收而不用填塞器，如第 1—5 圖所示。
- B. 上下兩固定式填塞器法，先在上下兩層穿孔位置上方各設置一固定式填塞器，然後下長串油管帶填塞器助流管 (Flow Tube) 將部份重量坐於上層填塞器，並將其下部插入下層填塞器而封隔之。而後再下短串油管插於上層填塞器之填塞器助流管。短長兩管串分司上下兩油氣層之採收工作，如第 1—6 圖所示。本法因上下填塞器均為固定式，故適用於高壓油氣層之雙層完成。
- C. 固定式與可移式填塞器共用法：先設置下層之固定式填塞器，下長串油管時帶可移式填塞器至其預計之深度，將長串油管插入下層之填塞器內並坐以適當之重量時，則上層可移式填塞器隨之設置妥善。然後下短管串油管插於上層填塞器中，兩管串分司上下兩油氣層之採收工作，如第 1—7 圖所示。因可移式填塞器易於組配油管長度並可耐 4,000psig 以內之油氣層壓力，故中深井均採用該法採收，如鐵砧山及青草湖地區皆採用該法完井之。



第1—3圖 單串油
管單套填塞器
完成法

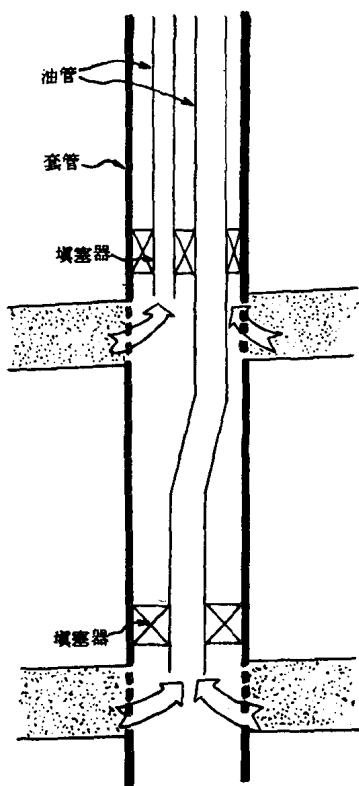
第1—4圖 單串油
管雙套填塞器
完成法

第1—5圖 並排兩
串油管單套填
塞器完成法

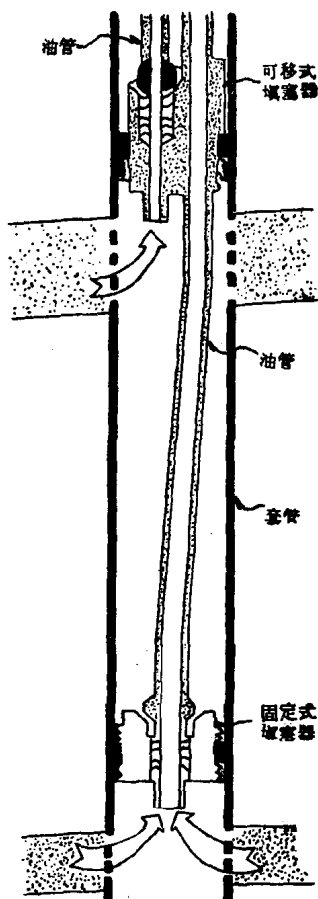
二、油氣井完成步驟

1. 完井前準備工作

- (1) 刮洗套管內壁——沖洗套管內殘留水泥後，應用套管刮刷器(Casing Scraper)刮清套管內壁，以利設置填塞器。
- (2) 清除井內污物——如水泥屑、鐵片、橡皮等，可利用循環法及撈器行之。
- (3) 調整完井泥漿——將井內鑽井泥漿置換或調整為適宜完井用泥漿。



第1—6圖 並排兩串油管上
下兩套固定式填
塞器完成法



第1—7圖 固定式與可
移式填塞器
共用完成法

- (4) 在預計穿孔部位放油——通常放置柴油於穿孔部位，以在穿孔時保護油層。
- (5) 穿孔操作——採用彈丸式穿孔或噴射式穿孔皆依生產層之特性與井況之需要而定。一般油氣井以每呎穿射四孔者為最普遍。
- (6) 通套管規同時清除泥漿中之污物——利用鋼繩下捕捉器帶套管規，

測試管徑能否令填塞器順利通過，並清除井內殘留之污物。

- (7) 設置生產填塞器——用油管或電纜設置填塞器於穿孔部位頂部10公尺附近，以便油氣之生產。
- (8) 安裝油管頭及防噴器等井口裝置。

2. 下油管串

油管串由下而上之組立順序如下：

- (1) 多孔管
- (2) 封塞器 (Tubing Seal Assembly)
- (3) 單根油管
- (4) 短座管附帶助流管 (Landing Nipple with Flowing Coupling)
- (5) 油管
- (6) 短油管 (Pup Joint)
- (7) 單根油管及油管掛

下完油管時將封塞器插入填塞器內孔，使油管串有適當之坐重於填塞器頂上，記錄坐重後管串至油管頭法蘭頂之位置，以便俟後組配短油管 (Pup Joint) 之依據。其次關閉防噴器由環孔試壓 500psi，試驗封塞器與填塞器是否不漏，試妥後吊起管串置於油管卡瓦上移開防噴器。

3. 安裝井口裝置

組配適當之短油管後以單根吊起井口裝置，緊接油管串頂部之公接頭於井口裝置底部母接頭內，徐徐下降井口裝置至油管頭上，再藉油管試壓器試壓至其規定之壓力為止。在美國各石油公司俗稱此井口裝置為耶誕樹。

4. 置換清水

吊起耶誕樹至能使封塞器退出填塞器上適當距離，利用高壓泵浦送清水或其他液體入油管換出泥漿後，停泵關閉井口閥復降耶誕樹至油管頭，此時封塞器已復插入原填塞器內，按計算所需油管串之坐重坐妥後安裝耶誕樹，並由外壓試壓 1,000psi 證實不漏後準備噴流，作生產試驗。

置換清水方法除上述吊起耶誕樹退出封塞器泵入清水置換之方法外，尚有下列幾種方法：

- (1) 抽刷法——此法適用於淺井或低壓油井，因有卡住抽刷器之危險，危險性大且費時間，故高壓井及深井較不採用。
- (2) 循環閥法——藉打開循環閥泵入清水經循環閥排出泥漿之方法，單層完井時，將循環閥緊接在油管串下段約在填塞器上面10—15公尺處；雙層完井時連接在長油管下段約在填塞器上面10—20公尺處，泥漿經長油管串由循環閥而流至短油管串，再由管串流出地面。清水置換完畢後利用鋼繩操作工具關住循環閥，就可開始生產油氣。

5. 生產試驗

置換清水後油管内液體靜柱壓力較地層壓力為低，故油氣井大都能自噴而排出清水。如不能自噴，則應設法使油管内液體靜柱壓力降低，始能誘導自噴，通常採用抽刷法或氣舉法誘導自噴；排淨油管内清水或液體後，進行試產油氣工作。由生產試驗所得井口井底之流壓與靜壓，油氣產量，氣油比以及其他數據，作為決定該井合理產率之依據，藉此合理產率，可控制及預計每一生產井之油氣產量。

三、完井泥漿

一般完井泥漿，係由鑽井泥漿添加藥劑處理而製成，調配時需提高 pH 值至10.5以上，使其呈鹼基性以預防鋼管腐蝕，增高泥漿黏度，可防止泥漿固粒沉澱於填塞器上，妨碍以後修井工作，並可維持足夠比重，以防止油管因內外差壓所發生之迸裂損毀與穿孔時足夠壓制井噴；此外尚須注意改善其流動性，避免其在高溫高壓之井況下發生類似現象。

完井泥漿之種類甚多，化學鹽類溶液、水基泥漿、油基泥漿均可當作完井泥漿。因其長久置於油管與套管環孔內，甚易被細菌所侵及，且因井內溫度甚高，常使其有機化合物分解成為硫化物、二氧化碳、與有機化合物等，故其腐蝕性較鑽井泥漿為甚。所以完井泥漿在調製時須先注意及此。