

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書

(出國類別：實習)

「赴卡加利參加完井及採油工程研討會」報告書

出國人： 服務機關：中油公司探採事業部

職務：石油開採工程師

姓名：林佩蓉

出國地點： 加拿大卡加利

出國期間： 102年9月13日至9月23日

報告日期： 102年12月5日

摘 要

台灣中油公司探採事業部採油工程處石油開採工程師林佩蓉於102年9月13日至9月23日前往加拿大卡加利參加『完井及採油工程』研討會。完井及採油工程係指規劃如何將石油及天然氣從地底下抽取並輸送至煉製設備的過程，然而近行完井及採油工程所需之專業技能甚為廣泛，本次研討會中著重於討論如何有效蒐集油氣層之生產資料、分析油氣層特性，並針對不同特性之油氣層擬定最佳生產開發設計及開發策略，建立綜合性生產體系並提供必要的技術背景，來提升專業能力和技能且制定技術解決方案，完井和生產力問題。經由參加此類型研討會將提升本公司對於油氣田開發步驟及完井所需之專業知識，有效提升未來國內外油氣田生產及設計之能力。

另在參加國外研討會過程中，個人也有所感觸；針對公司往後在國內辦理安排的相關技術研討、課程及訓練，建議能透過實際練習、分組討論並上台簡介其討論的過程，激發出更有效果的學習體驗並勇於提問，會使個人得到莫大的幫助。

目 次

一、前言	1
二、出國行程	1
三、研討會結果簡介.....	3
四、結論與建議	10

一、前言

近年來，全球各大油公司皆不斷投入大量資金、技術與人力以增加自有油源擁有率。台灣中油公司（以下簡稱本公司）亦藉由選派技術人員參加國際性油氣資源開發研討會方式，以盼提升人員之專業能力及引進國外新技術。本次選派探採事業部採油工程處石油開採工程師林佩蓉前往加拿大卡加利參加 Schlumberger 集團內負責舉辦石油探勘及生產之研討之子公司 NExT 所舉辦之『完井及採油工程』研討會。與會人員於 102 年 9 月 13 日啟程，9 月 23 日返國，順利完成出國任務。

二、出國行程

1. 出國流程

出國期間：102 年 9 月 13 日至 102 年 9 月 23 日共計 10 天

出國行程：

102/9/13：啟程（臺北至加拿大溫哥華轉機到達卡加利）

102/9/16~9/20：參加完井及採油工程研討會

102/9/21~102/9/23：返程（加拿大卡加利至溫哥華轉機返回臺北）

2. 研討會流程

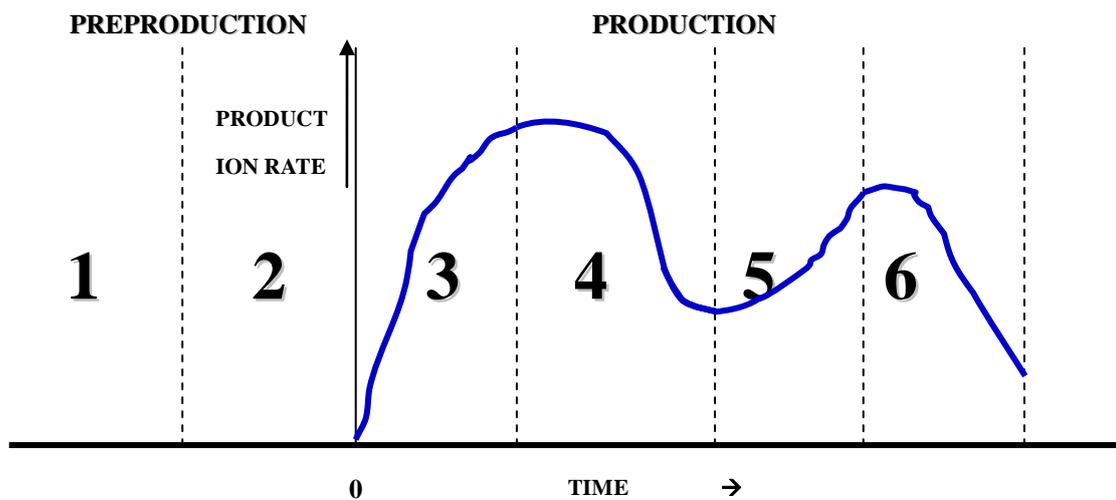
- ◆ 簡介課程及與會人員交流
- ◆ 內容講解及討論
- ◆ 完井方法簡介及效能分析

- ◆ 五種油氣層流體及油氣驅動機制
- ◆ IPR(Inflow Performance Relative)動態曲線
- ◆ 節流嘴效能、節點分析
- ◆ 完井工程: 油管設計、生產填塞器選擇、聖誕樹選用、安全閥設計等
- ◆ 井場地面設備
- ◆ 特殊工法: 防砂工程、深海生產、人工氣舉等方法
- ◆ 分組研習
- ◆ 分組討論並上台分享
- ◆ 交換組員
- ◆ 綜合討論

三、研討會結果簡介

當測勘人員找到可能儲積油氣構造後即需在構造的高區勘定井位，並進行鑽井工作。鑽進時是以鑽頭接管串，以旋轉的方式鑽碎岩層，並利用泥漿循環，將鑽屑帶出地面，在鑽到相當深度時就需下套管保護井壁，並用水泥將套管外壁與地層密封以防油氣洩漏。當鑽達目標層後，則立刻進行各種測試。如果經過測試證實具有採收價值時，則分別於地下或地表安裝採收及處理設備，將原來埋藏在地下之油氣導引至地面，然後經由管線輸送至汽油廠或直接銷售到市場。

油氣生產週期共分為六階段：1.發展前景 2.探勘評估 3.現場/油氣層開發 4.生產及消耗 5.激勵生產 6.油氣層生產之下降至廢棄如下圖，此課程則針對第 4 及第 5 點進行研討。



在鑽探獲得油氣後，需進行油氣田開發設計，在這之前石油開採工程師須先得知油氣層流體類型之確認，以便評估蘊藏量等後續工作。決定油氣層流體類型是決定油氣田開發設計的第一步，流體的分類可決定地面設備之選擇、估算方法、預測未來產率、擬定油氣枯竭須復產之計畫等，因此判定流體類型為油氣田開發設計之重要先河。油氣層類型可被分為五大類：黑油(Black Oil)、揮發性原油(Volatile Oil)、逆變凝結油氣(Retrograde Condensate)、溼氣(Wet Gas)、乾氣(Dry Gas)五大類，黑油及揮發性原油在油層內以液態存在但油層壓力於生產過程中降至泡點壓力(Bubble Point)以下時，氣體即從油中逸出。至於逆變凝結油氣、溼氣及乾氣等在油氣層中以氣態存在，逆變凝結油氣在油氣層壓力降至露點壓力(Dew Point)以下時會生成液態凝結油，另於氣層內溼氣及乾氣均維持氣態，溼氣會在分離器狀態下生成少許凝結油，乾氣則始終維持氣態。台灣自產天然氣約為濕氣或乾氣類型，下表為現場及實驗室如何判斷油氣層類型指標：

	Black Oil	Volatile Oil	Retrograde Gas	Wet Gas	Dry Gas
Initial Producing Gas/Liquid Ratio, scf/STB	<1750	1750 to 3200	> 3200	> 15,000*	100,000*
Initial Stock-Tank Liquid Gravity, °API	< 45	> 40	> 40	Up to 70	No Liquid
Color of Stock-Tank Liquid	Dark	Colored	Lightly Colored	Water White	No Liquid

現場判別

	Black Oil	Volatile Oil	Retrograde Gas	Wet Gas	Dry Gas
Phase Change in Reservoir	Bubblepoint	Bubblepoint	Dewpoint	No Phase Change	No Phase Change
Heptanes Plus, Mole Percent	> 20%	20 to 125	< 125	< 4*	< 0.8*
Oil Formation Volume Factor at Bubblepoint	< 2.0	> 2.0	-	-	-

實驗室判斷

經由生產及油層地質等人員評估後進行最重要的步驟：完井，完井是油氣井施工中的重要階段，是從鑽開油層開始到下套管注水泥固井、穿孔到下生產管串的一項系統工程。最後會下完井管串，讓油氣流出表面。當油氣層經測試及油田視為可作商業開發，已鑽探的井將需要進行完井以達致最佳的商業生產。保護油氣層和延長油氣產能的壽命是完井作業的核心目標。

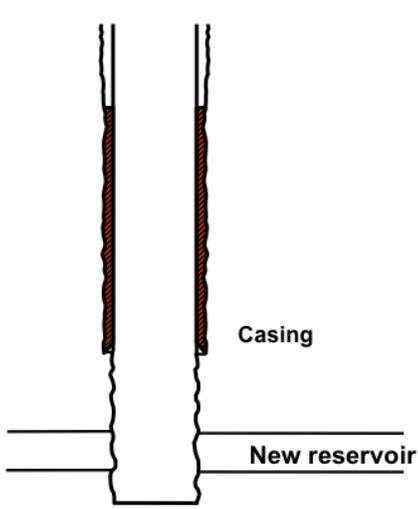
完井操作是以提供儲集層及表層之間之溝通生產資料為宗旨包

含一系列操作，內容為：

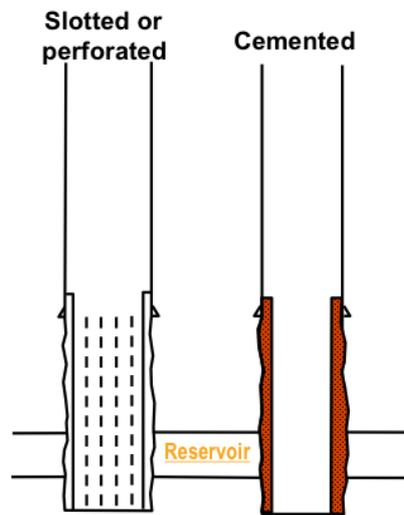
- ◆ 穿孔
- ◆ 防砂處理

- ◆ 生產填塞器之設置
- ◆ 組下生產管串
- ◆ 安全閥設置 (SSSV, SCSSV)
- ◆ 聖誕樹安裝

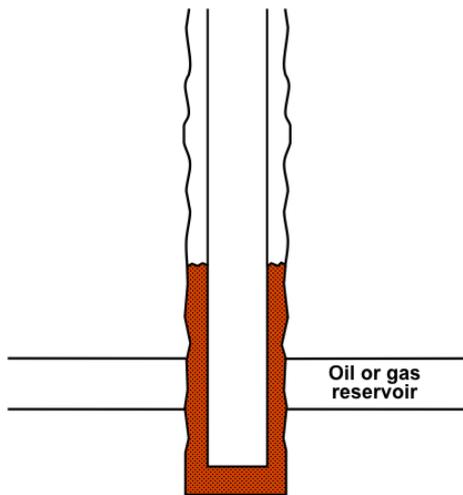
另完井方法可分為裸孔完井、襯管完井、套管生產井及小孔徑或無油管完井，其示意圖及優缺點如下圖及下表：



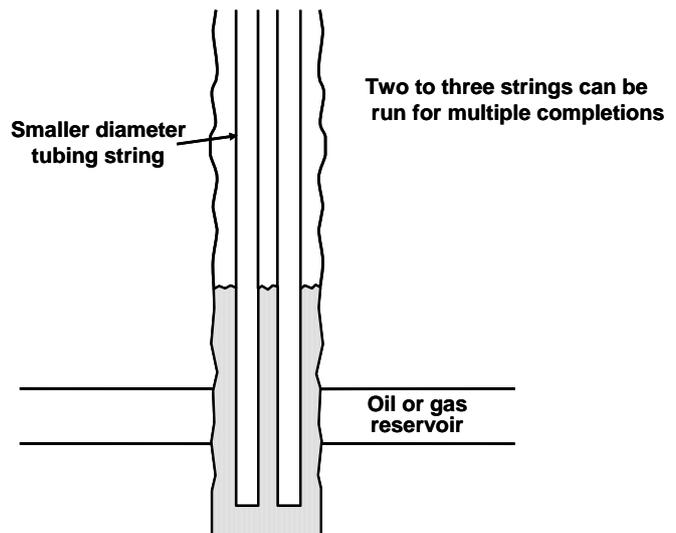
裸孔完井



襯管完井



套管生產



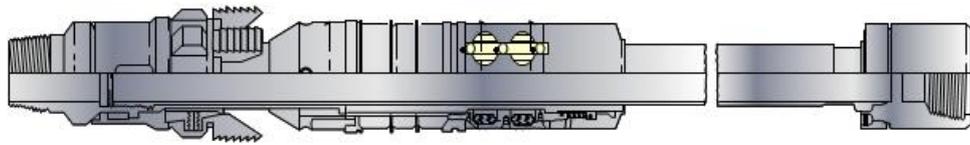
小孔徑生產井

Completion Type	Advantages	Disadvantages
Cased Hole	<ul style="list-style-type: none"> - Pressure control - Isolation of zones - Control of stimulation - Wellbore Stability 	<ul style="list-style-type: none"> - More expensive - Limited communication to reservoir - Possible cement damage
Liner	<ul style="list-style-type: none"> - Less expensive than casing entire hole - Pressure and stimulation control (when cemented) - Wellbore stability 	<ul style="list-style-type: none"> - Cementing more difficult - No control of flow if not cemented - Slots plugged w/formation - Limited control of stimulation (if not cemented)
Open Hole	<ul style="list-style-type: none"> - Maximum flow area - Minimize damage 	<ul style="list-style-type: none"> - No control of flow - Limited or no control of stimulation - Hole collapse in weak formations
Slimhole	<ul style="list-style-type: none"> - Lower Cost 	<ul style="list-style-type: none"> - Limited workover capability due to small hole - Limited stimulation rate - No zone isolation

完井方式之優缺點比較

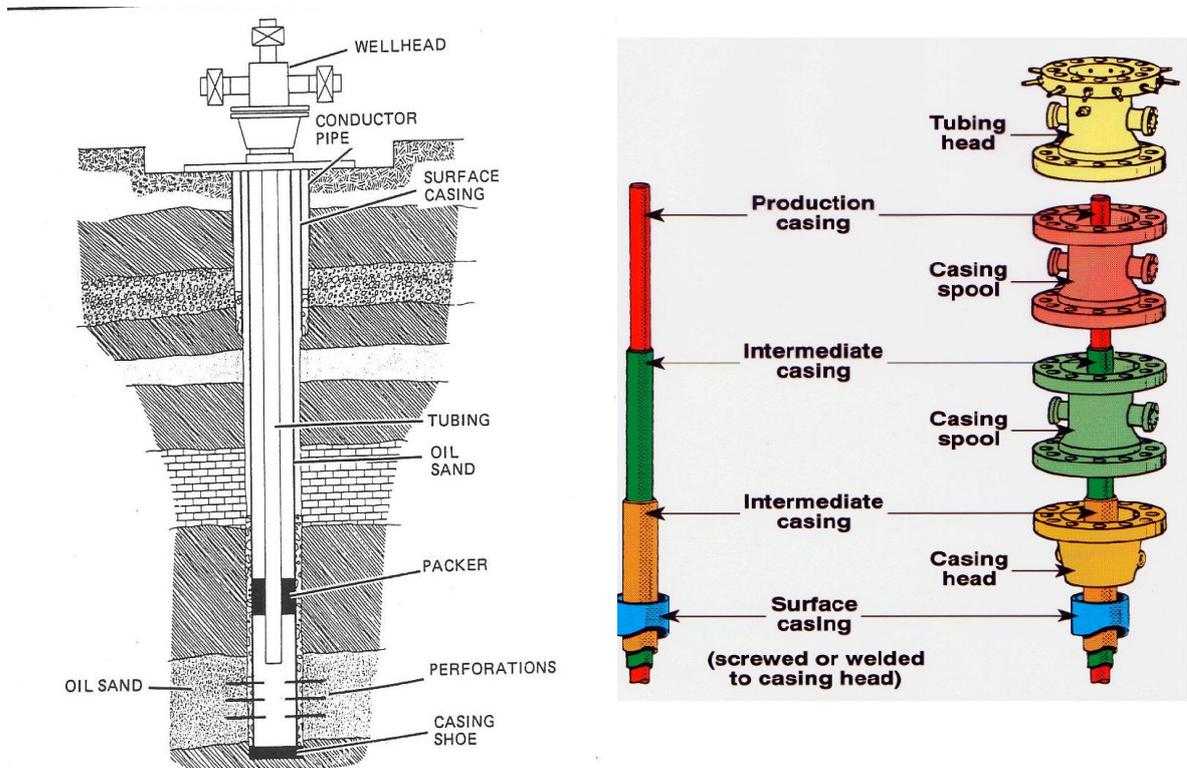
完井管串中非常重要的課題為套管及油管選擇設計，套管主要由一連串之金屬管所組成，用以設置在新鑽井孔中。套管功能在於強化井孔壁的強度，確保油氣不會從井孔洩漏並噴出地表，並保持其他流體或氣體僅在地層之間流動。套管共有五種形式：導向套管、地表套管、中間套管、內襯管串、生產套管。而油管用以導引油氣自井底噴流至地面，正確的選用適宜大小油管至為重要，同時要儘可能的使生產位置避免井底有沉砂及積水現象。油管設計主要是考量適應地層深度及地層壓力，而從油管本身材質之頹毀強度，引張負荷及內部屈服壓力等安全因素的考慮而選用適當強度的鋼料等級並選擇正確內徑及長度。

而完井器材中生產填塞器(Packer)需要特別注意，主要功用為減少油氣層能源損耗，能有效驅送油氣生產、減少套管長期承受高壓、作為地層測驗及測漏用、油氣井激勵處理（液裂、酸處理）封隔壓力。生產填塞器種類可分為固定式及可移式，固定式特點為適用高溫高壓井、油管串能單獨取出、操作不易，更換時須磨銑；可移式特點為不耐高溫高壓但操作靈便可縮短施工日數。下圖為生產填塞器構造圖：

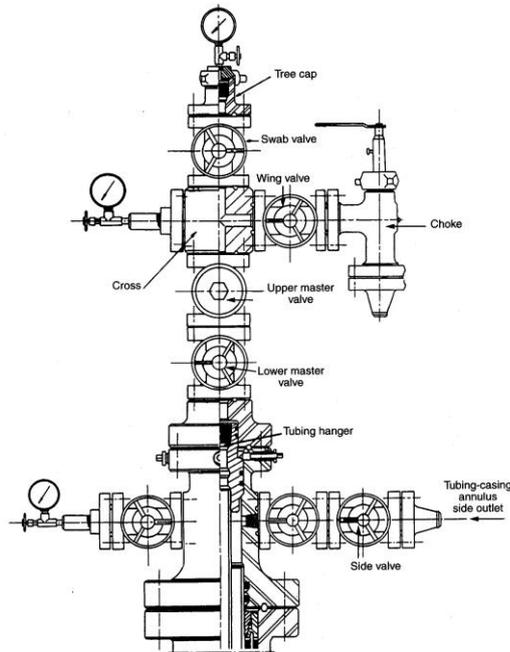


BAKER MODEL 'R'
RETRIEVABLE PACKER

井口裝置包含套管頭(Casting Head)、油管掛(Tubing Hanger)、油管頭(Tubing Head)及聖誕樹(Christmas Tree)。套管上連接著套管頭，套管頭可在套管內與地表運作，提供管串的封閉。支持套管全長以及提供地表的連接以控制流體流出生產井。油管掛包夾於油管上端外層坐於油管頭內，主要功用為內外分別密封油管外壁及套管內壁。油管頭如同套管頭一樣，其內以油管掛吊住油管管串，兩端法蘭上接聖誕樹下之油管串座頭，下接油管頭。下圖為井下管串圖及井口裝置圖。



聖誕樹(Christmas Tree):生產時為最主要的控制部份，包含油管串座頭上所有設備的組合體，也為油管之出口。主要組成為上下主閥(Master Valve)、側翼閥(Wing valve)、節流嘴(Choke)、抽刷閥(Swab Valve)



此次課程特別將節流嘴效益(Choke Performance)提出討論，節流嘴之功用主要為控制油氣體流至地表之壓力，主要接於側翼閥之外側井口安全閥之後及加熱器上，作為流量及壓力控制用，下為現場地面設備照片



另外特別需注意的一點為防砂設計，因為台灣南部地區天然氣層多為鬆散砂岩，容易膠結疏鬆的砂岩顆粒隨油、水進入井底或攜帶至地面，會沖蝕、磨損、堵塞管線以及地面設備，或沉積於井底，堵塞天然氣層，使氣井減產或停產；甚至地層坍塌，擠毀套管，導致氣井大修或報廢。採油時應根據生產動態、砂樣分析及聲波測井等資料，及時了解出砂原因、層位及性質，採取有效的防砂措施。防砂措施有篩管濾網和化學膠固兩類，前者適用於各種完井方式，應用較廣，後者主要用在套管射孔完成的井。通過試油、試採已證實出砂的油層，應考慮防砂完井。NExT 講師也建議根據岩心粒徑分析後可選擇不同的防砂方式如下：

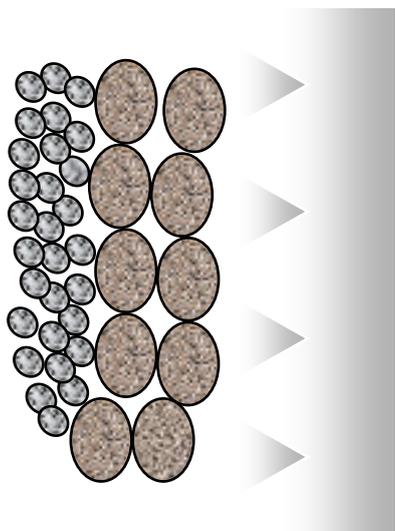
$D_{10}/D_{95} < 10$, $D_{40}/D_{90} < 3$, sub 325 mesh $< 2\%$, Screen

$D_{10}/D_{95} < 10$, $D_{40}/D_{90} < 5$, sub 325 mesh $< 5\%$, Premium Screen

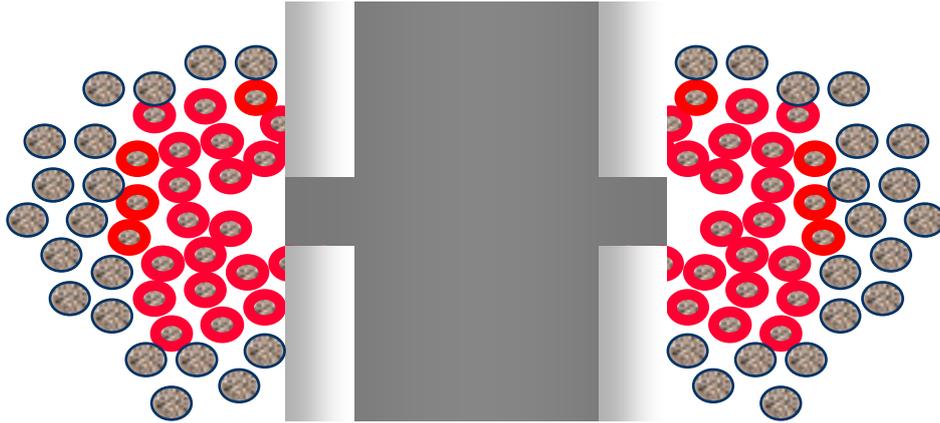
$D_{10}/D_{95} < 20$, $D_{40}/D_{90} < 5$, sub 325 mesh $< 5\%$, Gravel Pack

$D_{10}/D_{95} < 20$, $D_{40}/D_{90} < 5$, sub 325 mesh $< 10\%$, Screen Large G P

$D_{10}/D_{95} > 20$, $D_{40}/D_{90} > 5$, sub 325 mesh $> 10\%$, GP Horizontal



礫石填充法



化學膠固

Use of resins to consolidate formations.

四、結論與建議

感謝採油工程處給予這次非常難得的機會，本次出國任務圓滿完成。本次研討會主辦單位 NEX T 公司實為當今世界業界主流集團，舉辦本次會議不論在會議場地、議題、文件編列甚至是與會人員生活協助方面皆具國際水準。藉由與會技術人員間相互交流，對於油氣田完井設計也做深入的討論，雖然研討會的時間甚短，無法將案例逐一深入討論，但各與會人員皆對於完井設計及採油工程有近一步了解。對於本公司未來從事相關工作仍有助益。此外除專業上的收穫外，來自世界各地之與會人員在上課討論與休息時間亦可與進行交流，了解不同領域人員對於油氣開發的專業知識及各地風俗民情。甚至可藉此了解當今其他國外石油公司的工作現況與未來探勘策略，增廣見聞。建議公司可多編此類列訓練預算，提高人員參與國際級訓練課程頻率，借以提升人員專業技能，導入世界主流之最新油氣探勘技術。同時藉由世界各地之石油公司人員交流，提升專業人員的國際觀與工作競爭力。