

## 出國報告（出國類別：開會）

### 參加 SPE 油田流動保障研討會 (2016 ATCE Flow Assurance)

服務機關：中油公司探採研究所

姓名職稱：梁閔森 研究員

派赴國家：阿拉伯聯合大公國-杜拜

出國期間：105 年 9 月 25 日至 9 月 29 日

報告日期：105 年 10 月 12 日

# 參加 SPE 油田流動保障研討會

(2016 ATCE Flow Assurance)

## 摘要

本奉准出國案主要目的係配合 105 年度研究計畫「查德 BCO III 礦區油田聯合開發研究」及石油基金計畫(105F0106)「查德礦區原油流體特性分析與生產流動保障研究」之相關聯性工作。公司目前正積極投入查德及國外油氣礦區之生產開發工作，所面臨之挑戰也相當多元。「流動保障」在本公司研究領域尚在初探階段，諸如原油由油層往地表設備之流動，抑或是伴產水或地表水為持壓或增加採收效率而往油層之注入等，皆屬於流動保障的一環。瞭解流動保障所需進行之分析或試驗，及油層生產模擬如何評估其影響性，是礦區開發之關鍵因素。期藉由此次研討會，瞭解流動保障相關評估和研究方法，提昇本公司未來在油氣田生產開發之相關技術。

本次出國案參加 SPE 年會收穫豐盛，除聆聽流動保障相關論文發表外，更參加與業務相關之論文發表包含動態建模、測井預測油層溫度及人工舉升篩選方法，本次於研討會所收集文章領域包含鑽井技術、完井技術、模擬技術、鑽井泥漿、流體性質、測井技術、增產技術等，皆可開放予本公司相關業務同仁參考。另在年會展覽場，本次行程同時參訪英國 Petroleum experts IPM 軟體公司及美國 KAPPA 公司，除研討本公司已購買軟體應用情形外，更進一步討論各項軟體更新與適用中油公司未來發展所需軟體。未來若可購入相關軟體，將使評估更趨可靠信。

# 參加 SPE 油田流動保障研討會

(2016 ATCE Flow Assurance)

## 目次

|             |    |
|-------------|----|
| 摘要.....     | I  |
| 目次.....     | II |
| 壹、目的.....   | 1  |
| 貳、過程.....   | 2  |
| 參、心得.....   | 3  |
| 肆、結論建議..... | 21 |

## 壹、目的

本年度研究計畫「查德 BCO III 礦區油田聯合開發研究」及石油基金計畫(105F0106)「查德礦區原油流體特性分析與生產流動保障研究」，旨在完成查德礦區之生產開發設計及地層流體特性研究，做為爾後生產規劃與地面管線及生產設備建置之參考。公司所探勘查德 BCO III 礦區已成功取得井底及地表油樣，透過油樣分析發現為湖相生成之高蠟份原油，由於蠟質含量高，具高析蠟溫度及高流動點特性，一般而言此類原油採收及輸油過程困難度較高，因此研究評估其流動保障因素，是為生產開發之必要課題。

另外，基於生產最佳化之操作，注水是使油井長期高產、穩產的一項重要技術措施，也是提高原油採收率的二次採油方法。經由油田的開發經驗可知，水質是影響注水開發效率及決定油田注水開發經濟效益的一項關鍵因素。從保護儲集層的角度出發，注入水水質標準越嚴格對儲集層傷害越小，越有利於注水井長期穩定地工作。但是，從保障油田注水開發經濟效益的角度出發，注水費用也必須有效控制。如何在實驗室評估注水水質對油層岩石之敏感度，使油藏在注入水方面也可獲得流動保障，是生產最佳化同時必須注重的研究課題。在SPE年度研討會中，諸如上述所提之流動保障方面的研究具有相當高的質與量，可藉由參加研討會，增加流動保障方面的知識，並應用在實際生產開發之操作。

## 貳、過程

本次出國行程如下表表 1 所示，參加 SPE 年會期間主要是 9/26-9/28 共三天。SPE 年會每年皆會區分為論文發表、硬軟體設備廠商展覽、學生論文比賽及年會要事研討等。行程中與參加年會之廠商、各油公司與會人員討論後發現，SPE 年會舉辦周期為 4 年，前 3 年在美國舉行，第 4 年將在美國以外國家地區舉辦。本年度舉辦地為杜拜，推測可能是低油價或是舉辦地偏遠及氣候問題，不管論文投稿人數與廠商參展數量，皆不如美國舉辦年會之 1/3 數量。

表 1 研習課程行程表

| 預定起迄日期    | 天數      | 到達地點  | 地區等級 | 詳細工作內容               |
|-----------|---------|-------|------|----------------------|
| 9/25      | 第一天     | 台北－杜拜 | 260  | 啟程                   |
| 9/26－9/28 | 第二天至第四天 | 杜拜    | 260  | 參加「SPE 油田流動保障研討會」研討會 |
| 9/29      | 第五天     | 杜拜－台北 | 260  | 返程                   |

2016 SPE 年會討論主題與歷年相去不遠，約有鑽井技術、完井技術、模擬技術、鑽井泥漿、流體性質、測井技術、流動保障、實驗室試驗新技術、非傳統能源開發、增產技術、生產操作自動控制、資料分析、油田監測與開發、經濟分析.....等，每個主題約 4-6 篇論文。本次行程除參與主要目的--流動保障之論文發表外，根據大會公佈之論文內容，更參與動態建模、測井預測油層溫度及電潛泵篩選方法之論文發表場次，收穫豐碩。本次行程同時參訪英國 Petroleum experts IPM 軟體公司及美國 KAPPA 公司，討論各項軟體更新與適用中油公司未來發展所需軟體。

## 參、心得

### 流動保障論文

流動保障論文投稿共有5篇，2篇是氣田在產砂進入管線時，在管線高速流動條件下於轉折處產生的磨蝕作用模擬；1篇是輸氣管線洩漏偵測方法；1篇是使用聚合物沖排增產工法時，在伴產水管線聚積的化合物沉澱觀察；最後1篇是生產井蠟沉澱之清除工法與預測模型。本次出國報告將擷取與本公司目前業務較為相關之管線磨蝕及結蠟清除進行簡述。

防砂及生產管理是油氣田生產開發重要的課題，但防砂工程即使徹底施作，微細砂(<50-75 microns)依舊會穿透防砂隔離裝置進入管線中，且以難以預測的方式(常見以 CFD 經驗式模擬磨蝕性)造成管線磨蝕。另外，當管線中的流體不再以單相氣體為主而含有水或油相時，微細砂對管線的磨蝕將以更複雜的情形呈現。Subramani 等人利用現場設備進行微細砂磨蝕試驗，試驗主要利用管線組裝元件含孔板(Orifice plates)、彎頭(Elbows)及三通(Tees)組合成輸氣管線(圖 1)。試驗考慮生產乾氣與溼氣氣藏，即管線中氣體利用攜帶較小比例水分以模擬濕氣，藉以觀察濕度增加對管線磨蝕的作用性。試驗管線為 4 英寸管徑，並利用空壓機以 1000 scfm 模擬管線輸氣量，並外加微細砂及水樣進流口，以表 2 之試驗規劃觀察不同條件下的管線磨蝕程度。由表 2 可知，當輸送乾氣氣藏與溼氣氣藏之差異，主要是濕氣的微量水分將於管線內形成水膜，保護管線避免與微細砂直接碰撞而磨蝕(test2 vs test3 or test4)，由表可知在三通接頭部分幾乎沒有磨蝕發生；另外，濕度的增加可適度減少磨蝕程度(Test3 vs test4)；最後，微細砂粒徑越大，將使磨蝕程度加劇(test1 vs test2)。



圖 1 Subramani 等人之管線出砂磨蝕現場試驗

表 2 管線出砂磨蝕之試驗設計與結果

| Test # | U <sub>sg</sub> (m/s) | U <sub>sl</sub> (m/s) | D <sub>p</sub> (microns) | Orifice plate 5D before E6 | Maximum erosion extent (mm/1000 kg of fines) |       |       |     |     |
|--------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--|-------|-------|-----|-----|
|        |                       |                       |                          |                            | E6   | E8    | E12   | T10 | T14 |
| 1      | 40                    | 0                     | 170                      | No                         | 0.923  | 0.783 | 0.559 | 2.5 | 2.5 |
| 2      | 40                    | 0                     | 25                       | No                         | 0.386  | 0.375 | 0.324 | 2.5 | 2.0 |
| 3      | 40                    | 0.075                 | 25                       | No                         | 0.112  | 0.098 | 0.070 | -   | -   |
| 4      | 40                    | 0.2                   | 25                       | No                         | 0.216  | 0.081 | -     | -   | -   |
| 5      | 40                    | 0.075                 | 25                       | Yes                        | 0.264  | -     | -     | -   | -   |

Shirazi 等人則使用商業模擬軟體(SPPS)，先針對文獻各種微細砂磨蝕試驗進行磨蝕程度擬合(圖 2)，再根據常見現地常使用輸氣管線，進行臨界磨蝕流速之模擬。模擬方案如圖 3、4、5 所示，圖 3 主要在模擬 4 英吋管線在管線負載 500 psi 泵送壓力下，若含有 150 um 粒徑微細砂且砂速率為 10 lb/day 時，管線磨蝕速率為 1、5 及 10 mpy (meter per year)之氣體及流體在管線中的臨界流速。於現場選擇的耐磨損管材或更換管線時間，可根據模擬結果加以制定。圖 4 及圖 5 則為選擇 5 mpy 磨蝕速率下，不同泵送砂量及不同尺寸管線下的流體臨界流速。設備工程師可根據產層出砂程度，設計所需管材與操作條件。

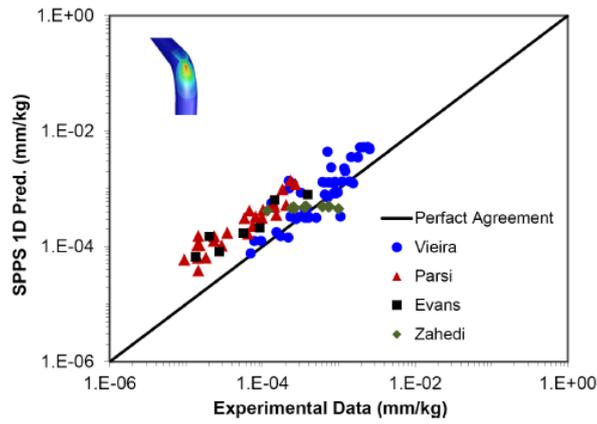


圖 2 SPPS 管線磨蝕模擬針對不同試驗之擬合結果

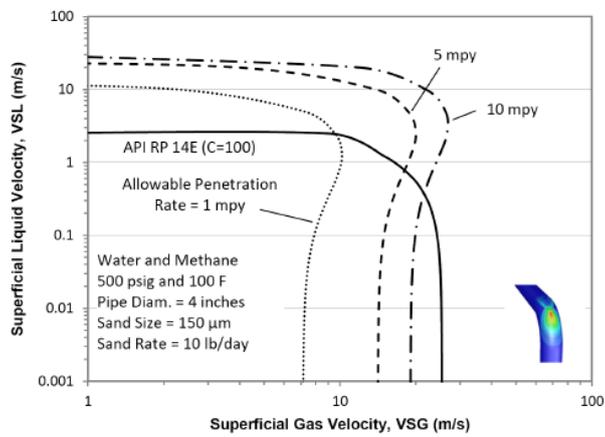


圖 3 固定試驗條件下，不同磨蝕速率之流體臨界流速

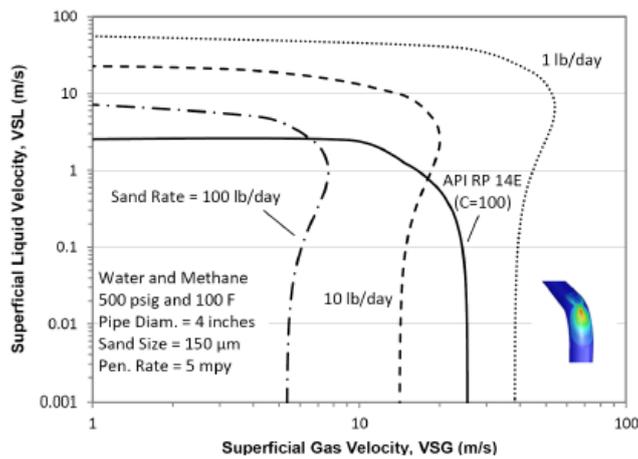


圖 4 5 mpy 磨蝕速率下，不同泵送砂量之流體臨界流速

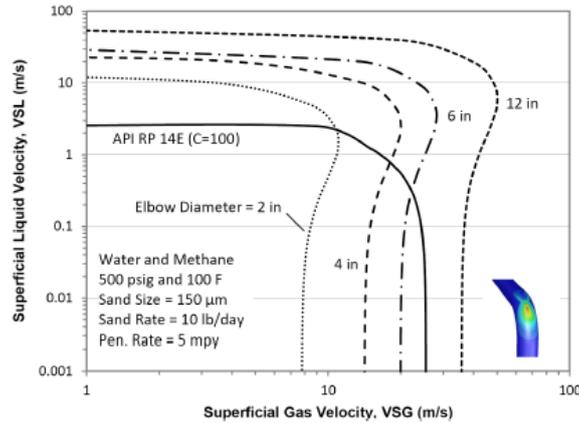
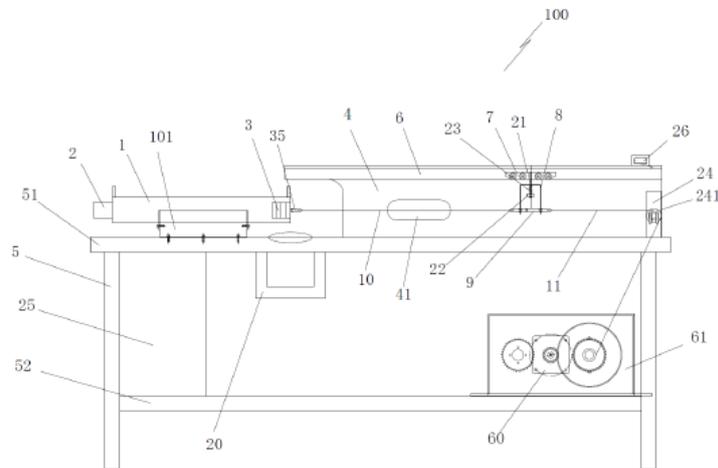


圖 5 5 mpy 磨蝕速率下，不同尺寸管線下的流體臨界流速

在結蠟清除之論文部分，Huang 等人在實驗室進行利用小型試驗(圖 6)模擬結蠟硬度，量測結蠟之屈服應力與破壞庫倫線，藉以預測結蠟清除管(Wax pigging)之操作條件。試驗主要利用不同含蠟比率及結蠟固結時間，模擬蠟份在生產井的沉澱。接續以實驗室結蠟清除管進行結蠟清除，並記錄不同硬度蠟份所需清除管之操作強度。最後作者利用自行開發的 Pigging model(eq.1)，模擬試驗結果。



1-test pipe; 101-fixed frame; 2-pig launcher; 20-wax receiver; 21-erect rod; 22-screw nut; 23-spiral spring; 24—pulley bracket; 241-fixed pulley; 25-electrical box; 26-microswitch; 3-pig; 35-towing ring; 4-acrylic cap; 41-handle hole; 5-operating platform; 51-table top; 52-table baffle; 6-overhead railway; 60-servo motor; 61-reduction gearbox; 7-oriented double pulleys unit; 8- hanger; 9-tensile force transducer; 10, 11-wirelines; 100-pigging simulation setup for wax removal.

圖 6 Huang 等人之結蠟清除試驗設計圖

$$\tau_w = a\tau_y + b \quad (1)$$

其中  $\tau_w$  為蠟份破壞應力、 $\tau_y$  為屈服應力、 $a$  與  $b$  為試驗常數

圖 7 為蠟份破壞應力之量測值與 Pigging model 模擬值比較結果，圖 7 同時比較文獻中常見的 Hovden 模型。由圖 7 可知，Huang 等人開發之 Pigging model 可藉由計算或量測屈服應力，進而演算蠟份破壞應力。並藉由適當的結蠟清除管操作條件，清除生產井結蠟沉澱的流動保障問題。

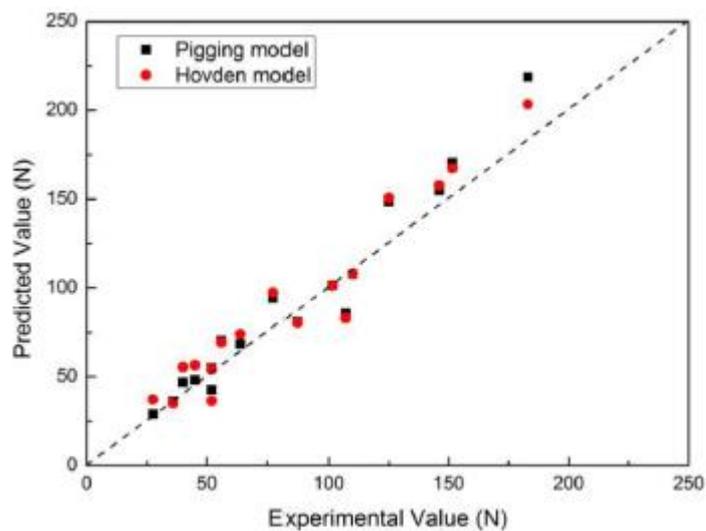


圖 7 Pigging model 及 Hovden model 針對實驗室結蠟破壞應力模擬結果

## 業務相關論文

本次行程除參與主要目的--流動保障之論文發表外，根據大會公佈之論文內容，更參與動態建模、測井預測油層溫度及人工舉升篩選方法之論文發表場次，收穫豐碩。本出國報告摘錄 Kefford 等人(Integrated Production Technology Limited)所整理人工舉升篩選方法，該論文彙整文獻對各種人工舉升技術之討論，並建立

篩選方法，該論文成果及評估流程可應用於本公司油田礦區之開發。Kefford 等人所建議人工舉升篩選機制為：抽液能力(Fluid flow rate capacity)、抽空容忍度(Gas handling capacity)、淨正吸揚程(Net positive suction head)、增壓排量(Head capacity)、井內設置深度與彎曲度(Setting depth and dogleg severity)、耗電與馬達功率(Power capacity)及馬達效率(Efficiency)。Kefford 等人所摘錄討論的泵浦形式有電潛泵(Electrical submersible pump)、電潛螺桿泵(Electrical submersible progressing cavity pump)、連桿帶動螺桿泵(Rod Driven progressing cavity pump)、抽油泵(Sucker rod pump)、噴射泵(Jet pump)、水力活塞泵(Hydraulic piston pump)、液壓潛水泵(Hydraulic submersible pump)及氣舉(Gas lift)，茲將簡介如下。

抽液能力通常與馬達尺寸、馬達功率、油管尺寸及套管尺寸相關，已商業化之人工舉升技術及商品，皆可在產品型錄中查詢其抽液能力範圍。馬達在運轉時，因油層氣體或原油壓力低於泡點等原因導致馬達內含氣而“空轉”，各類人工舉升馬達可持續運轉之含氣比率稱為抽空容忍度。各泵浦內因含氣之抽空容忍度如表 3 所示，其中電潛泵與液壓潛水泵皆可處理含氣高達 75%之抽空容忍度。淨正吸揚程為馬達要正常抽吸時，進流口的最小壓力需求。表 4 為各類馬達淨正吸揚程彙整結果，由表 4 可知電潛泵與螺桿泵之淨正吸揚程需求最低，該類泵浦也通常做為低井底壓力或非傳統礦區如煤層氣之抽液泵浦。增壓排量通常也可在已商業化之人工舉升商品中查詢，生產井可配合不同馬達尺寸、馬達功率、油管與套管尺寸及下泵深度規格中，尋找合適人工舉升技術及其增壓排量。表 5 為各類泵浦井內設置深度與彎曲度文獻彙整，通常下泵深度會盡量靠近油層避免 1)壓力不足導致氣體脫出使泵浦能力下降，及 2)獲得較高的馬達進流壓力。但因各類泵

表 3 各類泵浦抽空容忍度文獻整理

|     |   |
|-----|---|
| ESP | 5-10% Gas locking for conventional radial flow pump (Bellarby 2009, Chap. 6.3.3.)   |
|     | $VLR = 3P_{suc}$ (Turpin et al. 1980) Correlation for conventional radial flow pump showing dependency on suction pressure. |
|     | 70% Using helicoaxial pump stages (Camilleri et al. 2011)   |
|     | 75% Using gas handling technology (Bagci et al. 2010)   |
| PCP | 33% Due to dry running and overheating of elastomer stator (Hua et al. 2011)  |
|     | 60% Using all metal PCP (Arredondo et al. 2014)   |
| SRP | 50% Limit related to gas locking (Clegg et al. 1993)  |
| JP  | Free gas in a jet pump can lead to critical flow and reduce capacity (Verma et al. 2014)                                    |
| HPP | 50% (Brown 1980, Chap. 5.824)   |
| HSP | 70% Using helicoaxial impeller design (Bhatia et al. 2014)  |
|     | 75% (Mali et al. 2010)  |
| GL  | No upper limit as such. The benefit of gas lift will potentially be reduced, environments.                                  |

表 4 各類泵浦淨正吸揚程文獻彙整

|     |   |
|-----|---|
| ESP | 20 – 30 psi (46 – 70 ft) in all liquid (Simpson et al. 2003)<br>64 psig for a standard ESP, 16 psig for a CBM specific ESP (Bassett 2006) |
| PCP | 60 ft (Simpson et al. 2003)<br>25 psig (Bassett 2006)   |
| SRP | 75 – 100 ft (Simpson et al. 2003)<br>32 psig (Bassett 2006)   |
| JP  | 86 psig (in a 1,200 ft well) (Bassett 2006)   |

表 5 各類泵浦井內設置深度與彎曲度文獻彙整

|        |  |
|--------|--|
| ESP    | 3°/100ft for standard equipment, up to 12°/100ft using specialist equipment (Gallup et al. 1990)   |
|        | 20°/100ft in 7" Casing, 12°/100ft in 5-1/2" Casing (Bassett 2010)  |
|        | 10°/100ft in the build section, 3°/100ft in the ESP tangent (Gray 2015)  |
| ES-PCP | 15°/100ft (Taufan et al. 2005)   |
|        | 1.5-3.5°/100ft with pump landed in horizontal (Garcia 2013)  |
| RD-PCP | 4.5°/100ft (Correa et al. 2013)  |
| SRP    | 15°/100ft using rod guides (Clegg et al. 1993)   |
|        | 12-16°/100ft depending on hole size, using 'molded on' rod guides (Cortines et al. 1992)   |
| JP     | 24°/100ft in 2" tubing (Clegg et al. 1993)   |
| HPP    | 12°/100ft in 5-1/2" casing (Pugh et al. 2011)  |
|        | "If tubing can be run in the well, pump normally will pass through the tubing" (Clegg et al. 1993)   |
| HSP    | 6°/100ft, with 200ft tangent section < 1°/100ft where the pump is landed   |
| GL     | Dogleg severity not typically an issue but conventional wireline access (for valve change-outs) limited to 70° deviation (Clegg et al. 1993) |
|        | Wireline tractor technology is available for deviations > 60° (Chow et al. 2012)   |

浦增壓強度或設備限制，井下設置深度及彎曲度通常有其限制。由表 5 可知，各類泵浦可承受井彎曲度能力接近，其中氣舉技術可承受井彎曲度達 70 度為最高。耗電與馬達功率通常也可在已商業化之人工舉升商品中查詢，生產井可配合不同馬達尺寸、馬達功率、油管與套管尺寸及下泵深度規格中，尋找合適人工舉升商品及其耗電與馬達功率。馬達效率為泵送單位液量之實際地表輸出功率與商品提供規範之比值，本項因素常與泵浦操作環境及地表供電能力有相當大的關連性，表 6 摘錄不同文獻對於泵浦效率之彙整，除噴射泵浦外之馬達效率基本上皆可達 50% 以上，噴射泵浦效率較差，由表可知低於 25%。本文獻內容並說明，上述方法屬於人工舉升技術之篩選，並無法選擇最適合的一種人工舉升商品，後續必須視現地應用結果及經濟分析決定合適人工舉升商品，或不同區域不同開發時期的商品組合。

表 6 各類各類泵浦馬達效率之文獻彙整

|                 |  |
|-----------------|--|
| ESP             | 50% overall efficiency (pump, motor, cable)(Bellarby 2009 Chap. 6.3.1.)  |
|                 | 33-41% overall system efficiency (Takacs 2011)   |
|                 | 50% overall system efficiency (Clegg et al. 1993)  |
| ES-PCP & RD-PCP | >80% hydraulic efficiency (Bellarby 2009, Chap. 6.6.1.) - need to include motor and mechanical losses for rod driven option and electrical losses for submersible motor driven option. |
|                 | 50-70% overall system efficiency (Clegg et al. 1993)   |
| SRP             | 50-56% overall system efficiency (Takacs 2011)   |
| JP              | 10-20% operating efficiency (Clegg et al. 1993)  |
|                 | 20-25% hydraulic efficiency (Brown 1980, his Fig. 6.6)   |
| HPP             | Volumetric efficiency: 90% @ engine end, 85% @ pump end and no load DP from Brown (1980, his Fig. 5.45)  |
| HSP             | 50% combined turbine and pump hydraulic efficiency (Brook et al. 2014)   |

## 參展廠商資訊

2016 ATCE 或因場地或舉辦國或其他因素，不論投稿論文或硬體、軟體或顧問公司展覽商皆數量極少。本次參加展覽場所拜訪廠商有 Schlumberger、KAPPA、PETROLEUM EXPERTS IPM 及 BAKER HUGHES，除討論本公司已購置商品的應用情形外，更討論到未來可能面臨業務所需硬軟體。對於未來本人規劃之學習方向，可能面臨如注水、水質改善、分離器及化合物增產等方面，已留有相關人物的聯絡方法。至於軟體方面，本次拜訪 PETROLEUM EXPERTS IPM 後發現，其產品 GAP 及 RESOLVE 相當符合查德礦區目前所需油田規劃作業之應用。

GAP(General Allocation Package)是一透過節點分析模擬管線多相流之模擬器，可藉由地表設備包含管線、分離器、注水系統等，及生產井產能(Prosper only)與油層產能(Mbal only)共同運算最佳化生產剖面。GAP 可視為一地表生產操作平台軟體，管線節點可直接透過生產井節點同時與不同相態油藏連結，如乾氣氣藏、濕氣氣藏、凝結油氣藏、揮發油及黑油油藏等，GAP 可藉由黑油模型或組分模型方程式計算油氣水含量。另外，GAP 因利用 Prosper 將井節點與油氣層節點相連結，故也可處理流動保障(蠟份沉澱或水合物)等問題。GAP 經常被使用於油氣田開發最佳化地面設備設計、生產階段 PVT 性質變化(連結 PVTp)、流動保障、人工舉升設計及生產井規劃等領域。本次行程在與 PETROLEUM EXPERTS IPM 工程師詳談後，已向該工程師商借 GAP 試用版，並利用該適用版 GAP 軟體操作一深海油田之生產設備設計及優化結果。

圖 8 為一深海油田礦區含有兩個構造(Reservoir A and B)，開發方案是每個構造皆用三口井生產井下原油，每個構造之生產井井口連結至各自之生產歧管，最後生產歧管 A 連結至歧管 B，管線為三相輸送至生產平台上的分離器。圖 9 為 GAP 管線及設備之規劃示意圖，綠色半圓形圖示為油氣層示意圖，控制軟體為 Mbal，Reservoir A 與 B 皆為黑油油藏且埋藏量分別為 376.95 MMSTB 及 238.93 MMSTB；綠色三角為生產井節點，所有生產井生產限制、IPR 曲線及 VLP 曲線(圖 10)等有關生產產能之設置必須在該節點下設定；紅色原點為計算節點，包含井口條件設計、生產歧管設計、管線合併等皆須給予該節點，作為流量在不同節點之計算，不同節點間除考慮流體相態、流速、摩擦力及熱傳導外，因節點間是以管線互相連結，故也可考慮管線起伏間高低落差之重力影響(圖 11)；圖 12 為一天 20000 STBD 之分離器能力限制下，生產設備模型優化之原油與地層水產量。

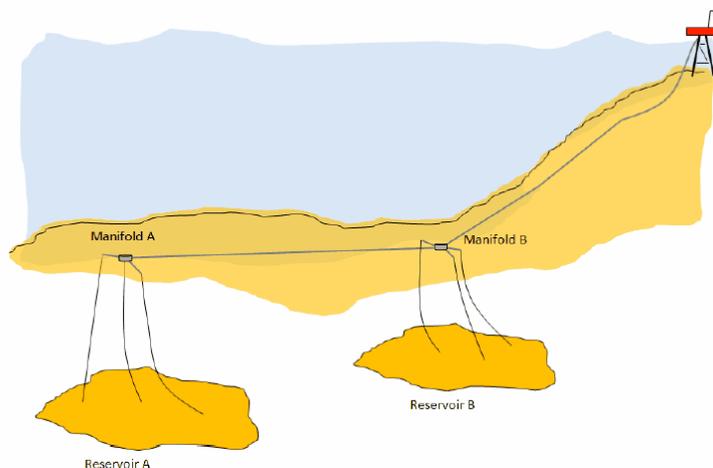


圖 8 GAP 軟體測試之深海油田開發示意圖

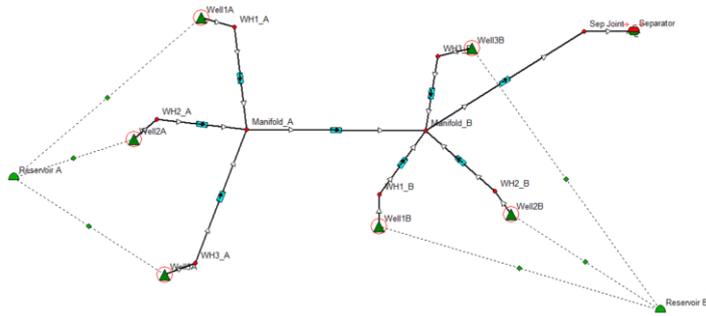


圖 9 GAP 軟體測試之地面生產管線配置

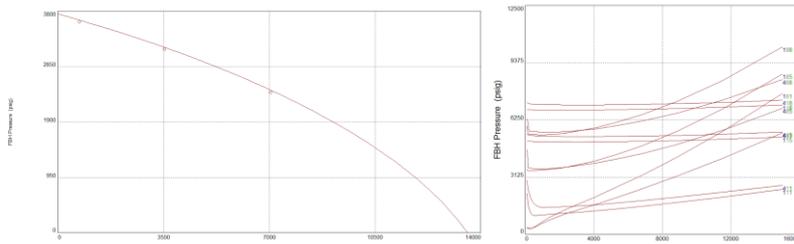


圖 10 生產井節點所需設定之 IPR 及 VLP 參數

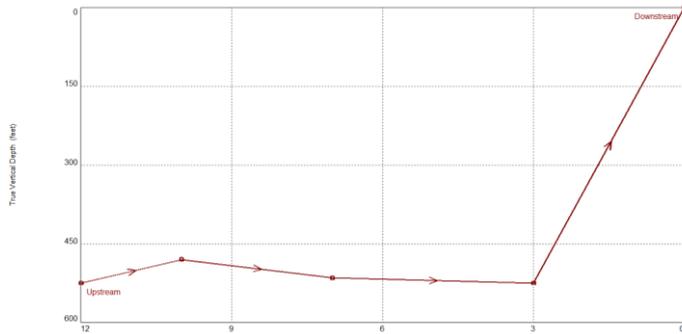


圖 11 管線平面長度與相對高度

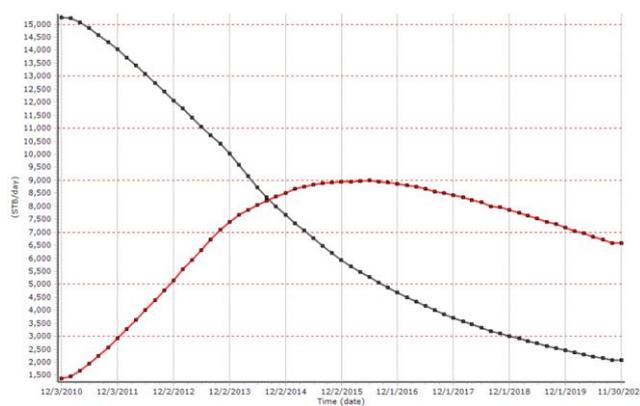


圖 12 地面設備根據分離器條件優化後之生產剖面

IPM 軟體之一的 RESOLVE，則是功能相當強大的生產工程設計與優化軟體，該軟體可結合油層模擬軟體(CMG、Eclipse、Intersect、Revel 等)、生產井產能分析軟體(Prosper)、地面設備優化軟體(GAP)、地面生產程序控制軟體(UniSim)及經濟分析軟體(Excel)等，同時演算符合從地面下油層、生產井、地面設備、處理程序及經濟分析之限制條件下之優化生產剖面(圖 13)。RESOLVE 之生產優化演算方法如圖 14 所示，主要計算流程是由油層模擬軟體計算每口生產井的 IPR，再透過 VLP 演算地表流體產量，最後根據地表設備的條件優化生產產量，最後可根據程序控制及經濟分析輸出 Excel 經濟分析結果。油田生產規劃通常是油層模擬、生產井設計、地面設備限制、程序控制及經濟分析皆為獨立分析單元，需耗費相當多時間進行溝通與協調才有辦法達到最佳生產剖面。例如油層工程師需測試完油層生產潛能後，才可與生產工程師討論生產井的設計。而在生產井井位與井數達到油層模擬優化後，方可與地面設備工程師討論生產方案，最後再由經濟分析結果定案生產策略，但因為各項任務分開執行，通常可以完成生產方案設計，但不一定可達到優化生產方案。RESOLVE 優點在於將上述各項分析單元進行融合，且各項節點如油層數量及相態、生產井與人工舉升設計、處理程序及經濟分析敏感度等皆為非單一性。且 RESOLVE 可根據任一節點所設定之限制，演算最佳化生產剖面，該功能可大大節省油層工程、生產工程、地面設備工程及經濟分析所需共同討論，藉以得到“最佳生產策略”而耗費的時間。圖 15 為利用試用版 RESOLVE 與本所已購置 Eclipse 軟體完成連結之示意圖，Eclipse 油層模型設計有兩口生產井、一口注水井及一口注氣井，地面設備可由三組 GAP 軟體所設計之模組輸入 RESOLVE 中。生產井及注入井與 GAP 地面設備的連結，可在

RESOLVE 軟體的圖形化設計平台上手動執行。利用 RESOLVE 計算圖 15 之模型因需要 Schlumberger 提供額外 license，故無法執行油層模擬部分的演算。但該模型在 RESOLVE 範例中的結果可見圖 16，該模型在地表部分皆無任何限制條件，故生產剖面則由 RESOLVE 控制 Eclipse 以生產井最大產能獲得生產剖面如圖 16 所示。若在未來可購入 GAP 及 RESOLVE 軟體，相信可應用在更多的自營礦區開發方案，而使方案決策時間大大縮短，且投資獲利方面的計算更加精確。

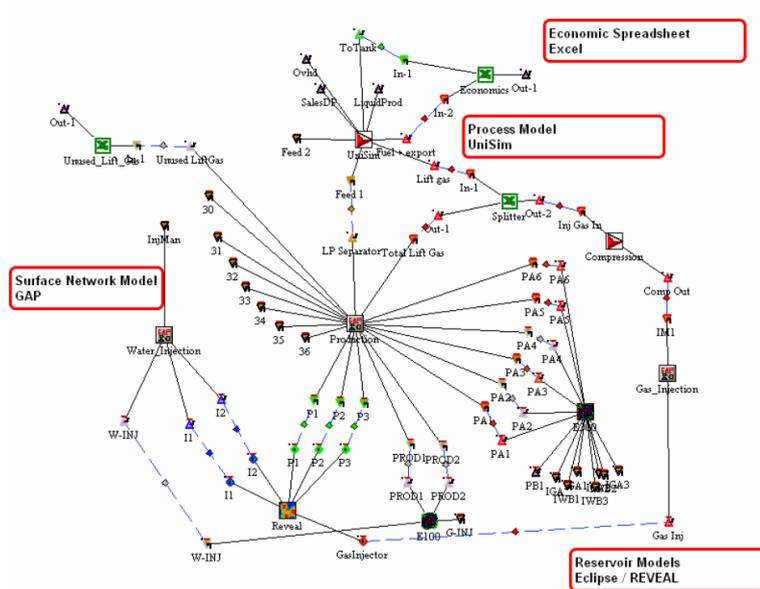


圖 13 RESOLVE 軟體功能與演算示意圖

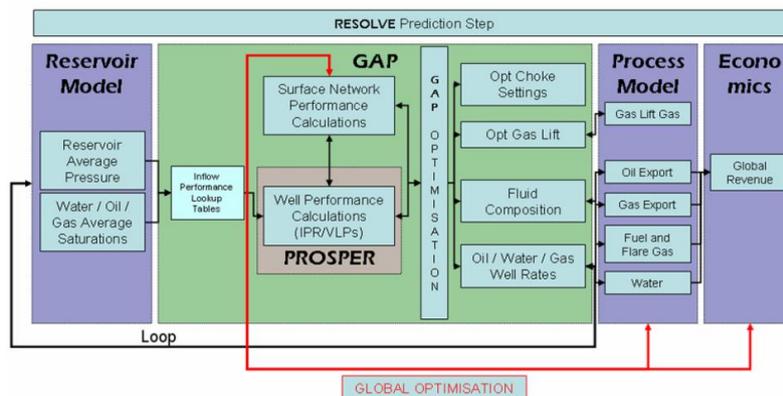


圖 14 RESOLVE 最佳化生產之演算法示意圖

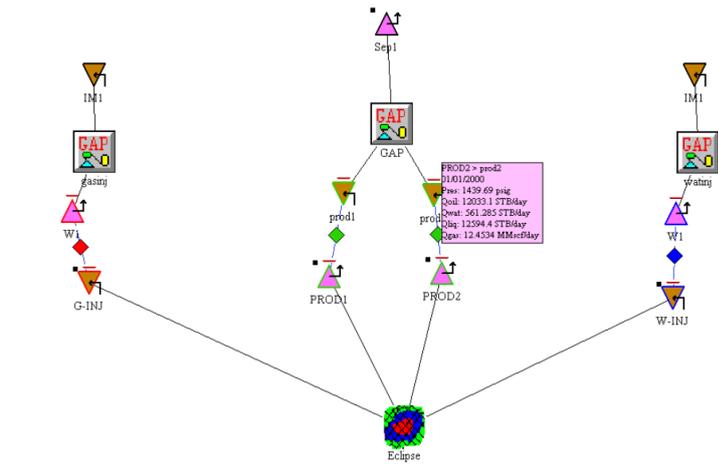


圖 15 RESOLVE 與本所購置 Eclipse 軟體之連結測試

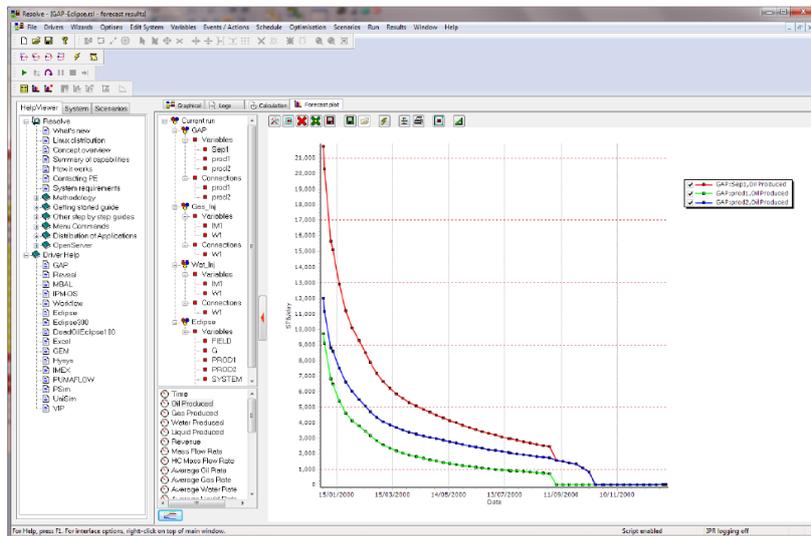


圖 16 Eclipse 模型軟體之連結測試

## 肆、結論建議

1. 本次參與 SPE2016 年會討論主題眾多，約有鑽井技術、完井技術、模擬技術、鑽井泥漿、流體性質、測井技術、流動保障、實驗室試驗新技術、非傳統能源開發、增產技術、生產操作自動控制、資料分析、油田監測與開發、經濟分析……等，每個主題約 4-6 篇論文。建議公司未來可多派相關專業同仁參加，藉以獲得最新資訊與技術。
2. 流動保障相關論文發表約有 6 篇，本出國報告摘錄與中油公司目前業務較為相關之管線出砂防蝕及結蠟清除論文，並留有作者聯絡資訊，未來可視需求與作者進行討論。
3. 本次行程除參與主要目的--流動保障之論文發表外，根據大會公佈之論文內容，更參與動態建模、測井預測油層溫度及人工舉升篩選方法之論文發表場次，收穫豐碩。本報告摘錄人工舉升篩選方法，可應用於未來相關自營油田之增產措施參考。
4. 本次行程同時拜訪 PETROLEUM EXPERTS IPM 軟體開發商，其產品 GAP 及 RESOLVE 相當符合查德礦區目前所需油田規劃作業之應用。本報告摘錄使用試用版完成之成果，若在未來可購入 GAP 及 RESOLVE 軟體，相信可應用在更多的自營礦區開發方案，而使方案決策時間大大縮短，且投資獲利方面的計算更加精確。