

出國報告（出國類別：開會）

參加 2016 年 SPE ATCE 技術研討會

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：王騏璋 環境保護師

派赴國家：阿拉伯聯合大公國

出國期間：105 年 9 月 25 日至 9 月 29 日

報告日期：105 年 10 月 13 日

摘要

本出國案目的是配合 105 年度研究計畫「NMR 與儲集層流體特性之關係研究」之執行，參加石油工程協會在杜拜舉辦之 2016 年年度技術大會及展覽(Annual Technical Conference and Exhibition)。藉此會議能學習實驗室岩石物理性質量測方法，並了解核磁共振技術以及非傳統能源之研究發展成果，期望能提升本公司技術。

SPE 所舉辦的年度技術大會及展覽是相當大型的研討會。今年技術大會依照不同領域分成 58 個研究主題，涵蓋油氣田生產開發技術與規劃管理、職業安全與健康、環境保護和資源永續利用等議題，總共發表 400 多篇文章。展覽會場上除了石油公司之外，有化學品供應商、顧問公司、軟體公司和實驗室儀器製造商等等。許多廠商每日都會在固定時間舉行小型演講或是訓練課程，讓與會者了解他們所提供的新技術或新軟體。

參加此研討會可向國外油公司或研究單位在傳統及非傳統油氣礦區上，學習如何利用核磁共振技術進行岩性分析，並且就現地探勘及開發之經驗進行交流，有助於本年度及未來研究工作之推展。

參加 2016 年 SPE ATCE 技術研討會

目次

摘要	2
壹、目的	4
貳、過程	4
參、心得及建議	17

壹、目的

本出國計畫是 105 年「參加 SPE 亞太非傳統油氣資源研討及展覽會」所編列，希望藉由參與國際研討會之機會，蒐集資料、累積經驗和拓展視野。從 SPE 所舉辦的年度技術大會之論文發表，可學習國外岩石物理性質測量技術與非傳統能源發展之研究發展成果，並藉此將新觀念或新知識引進本公司，增進實驗室的量測技術，提供日後礦區生產模擬之依據。此外，配合 105 年度研究計畫「NMR 與儲集層流體特性之關係研究」之執行，參加該研討會除了能拓展本所核磁共振岩心分析儀的應用範圍，也能與國外石油公司就核磁共振技術應用於礦區探勘之經驗上進行交流。期望藉由參加此類技術會議之機會與專家學者研討，快速累積經驗與技術，並應用於本公司未來油氣田之探勘及開發作業。

貳、過程

本次出國詳細行程如下表所示，共為期五天，105 年 9 月 25 日至桃園機場搭機，26 日至 28 日至杜拜世貿中心參加年度技術大會及展覽，會期總共三天。論文發表是從早上八點開始，至下午五點結束，而展覽會時間則是從上午九點半至下午四點半。第一天除了開始各項研究領域之論文發表外，也舉辦學生的知識競賽，考驗學生對於石油產業與工程技術的了解。下午也舉行科技論文寫作的免費指導課程。

第一天上午完成報到手續後，隨即前往會議室聆聽研究論文發表；第二天至第三天持續參加有興趣之論文發表場次，並且在會議的休息時間前往展覽廳，了解廠商的展品以及公司業務內容。於 9 月 29 日搭機返台。

表一、出國行程

日期	地點	工作內容
9/25	台北-杜拜	啟程
9/26-9/28	杜拜	參加 SPE ATCE 研討會
9/29	杜拜-台北	返程

今年的技術大會包含 58 個研究主題，涵蓋油氣田生產開發技術及規劃管理、勞工安全與健康、環境保護和資源永續利用等議題，總共發表 400 多篇文章，相當緊湊密集。會期中，本著了解核磁共振技術的應用以及非傳統油氣的探勘和開發之出國目的，前往聆聽多場的論文發表。



圖 1 會場入口



圖 2 報到區



圖 3 論文發表現場

一、參加研究論文發表演講

1. SPE-181561

題目：Petrophysical Study of UAE Carbonate Outcrop at Jabal Hafit

此篇研究探討的是 72 顆岩心樣本的孔隙率、滲透率、核磁共振量測和汞擠注法量測之差異性。這些岩心樣本分別來自 Rus、Dammam 和 Asmari 層，而這些層存在於中東地區並包含大面積範圍的儲集層。圖 4 是比較核磁共振和氬氣分別對這 72 顆岩心樣本所測得的孔隙率之相關性，發現不論是該篇研究(藍色菱形點)或是過去學者研究(綠色圓點)之量測值，線性關係都相當好。同時也發現到，在低孔隙率的部分，核磁共振和氬氣量測的孔隙率較為接近，而隨著氬氣量測的孔隙率增加，偏離的程度愈高，表示核磁共振的測值偏低。圖 5 是比較核磁共振和汞擠注法量測對氬氣量測結果的相關性。發現核磁共振量測的相關性遠比汞擠注法來得好。圖 6 是岩心的孔隙率對滲透率之相關性，從圖中可發現 Rus 和 Asmari 層的岩心比起 Dammam 層的岩心較符合迴歸線的趨勢。利用 RQI (rock quality index) 這個參數，可以大致將 72 顆岩心分為 2 群，如圖 7 所示。為了在 NMR 井測時預測滲透率，必須從這些岩心樣本建立預測模式。Coates 和 SDR 是常用的兩種滲透率估算模式，透過與傳統方法量測之液體滲透率做相關性比較，發現 SDR 估算的滲透率相關性最佳。如圖 8 和圖 9 所示。此篇論文的部分研究成果，與本所過去對非洲礦區岩心之核磁共振量測結果所做的探討非常類似，差異只在於此篇研究的是碳酸岩層，而我們的樣本是來自砂岩。

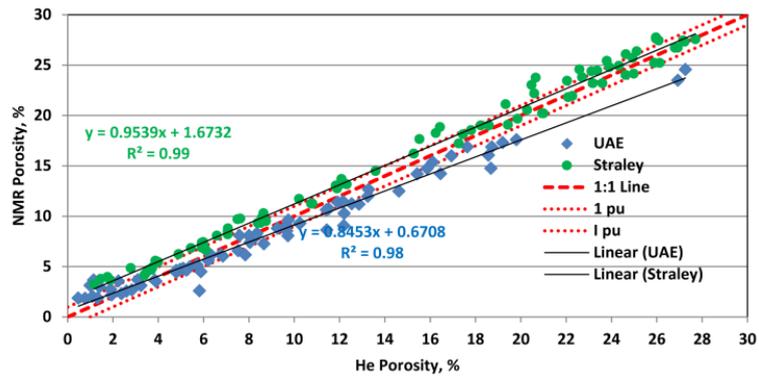


圖 4 核磁共振孔隙率和氦氣孔隙率之相關性比較

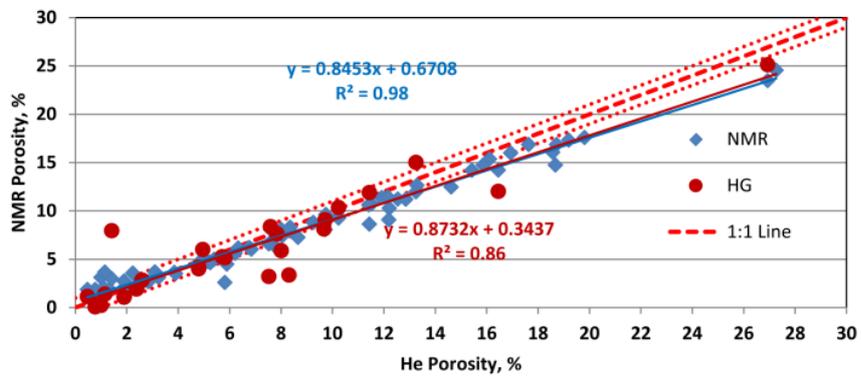


圖 5 核磁共振和汞擠注法量測的孔隙率分別對氦氣孔隙率之相關性比較

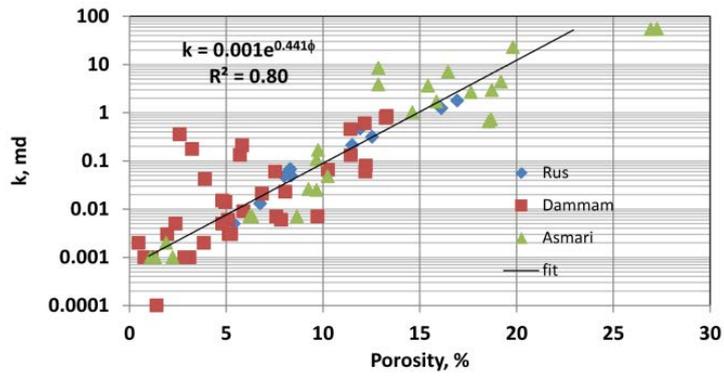


圖 6 72 顆岩心樣本的孔隙率對滲透率相關性

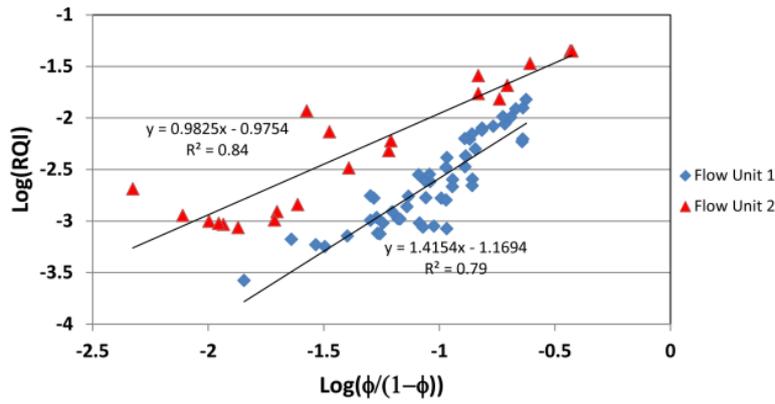


圖 7 72 顆岩心樣本的孔隙率對滲透率相關性

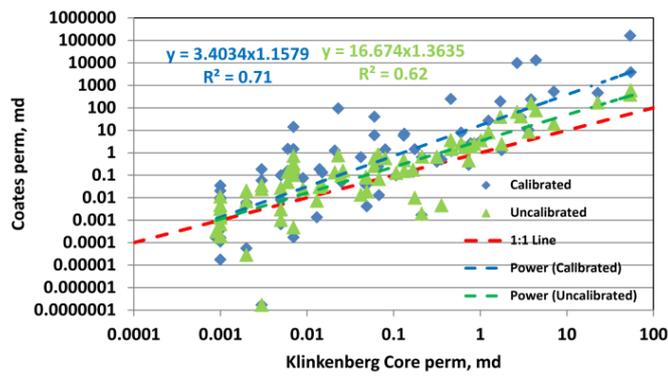


圖 8 72 顆岩心樣本的滲透率與 Coates 模式估算滲透率之相關性

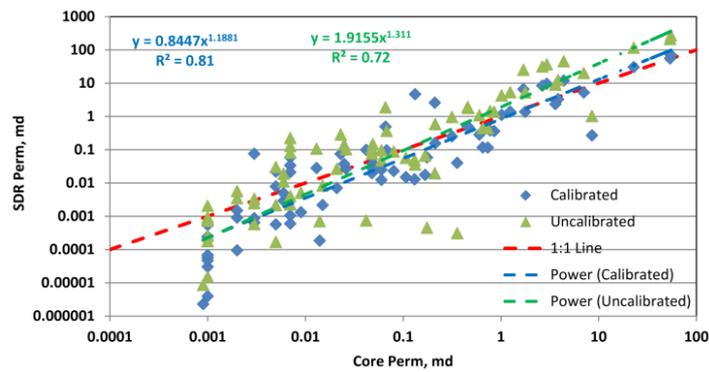


圖 9 72 顆岩心樣本的滲透率與 SDR 模式估算滲透率之相關性

2. SPE-181539

題目：Improved Characterization of Carbonate Rock Properties: A Multiphysics Integrated Approach

單一的井下測量技術無法完整了解儲集層中岩石和流體的特性，必須結合各種不同物理量測工具所提供的資料，才能進行完整的分析評估。此外，在實驗室進行岩心量測時必須將井下的溫度和壓力納入考量，才能獲得較具有代表性的數據。因此 Schlumberger 公司製作一個可以耐高溫高壓且絕緣的試驗容器，並且將電阻、聲波、核磁共振與介電等四種常用於井下量測工具，於實驗室中進行岩心的測量，並且比較在常溫常壓下和儲集層高溫高壓下之量測差異。此篇研究觀察到，對聲波量測而言，隨著溫度之增加， V_p 和 V_s 分別平均下降約 4% 和 2%；對於介電而言，由於高溫高壓試驗容器的特殊設計，使得岩心的含水飽和度比起常溫下的測值還高；對於核磁共振而言，因為在高溫下，流體的黏度會降低，使得 T_2 時間增長，所以 T_2 分布會偏右，如圖 10 所示。部分岩心在高溫下，短 T_2 時間的位置會出現訊號峰，這是因為溫度變化會改變 exchange coupling，讓 T_2 時間增長。在 D- T_2 量測上，他們發現溫度上升會降低含水飽和度，同時增加油的 T_2 時間，幫助油在 D- T_2 圖上的訊號更為明顯，如圖 11 所示。綜合所有實驗結果，此篇研究發現，溫度是影響量測結果的主要因子，壓力的效應不甚明顯。

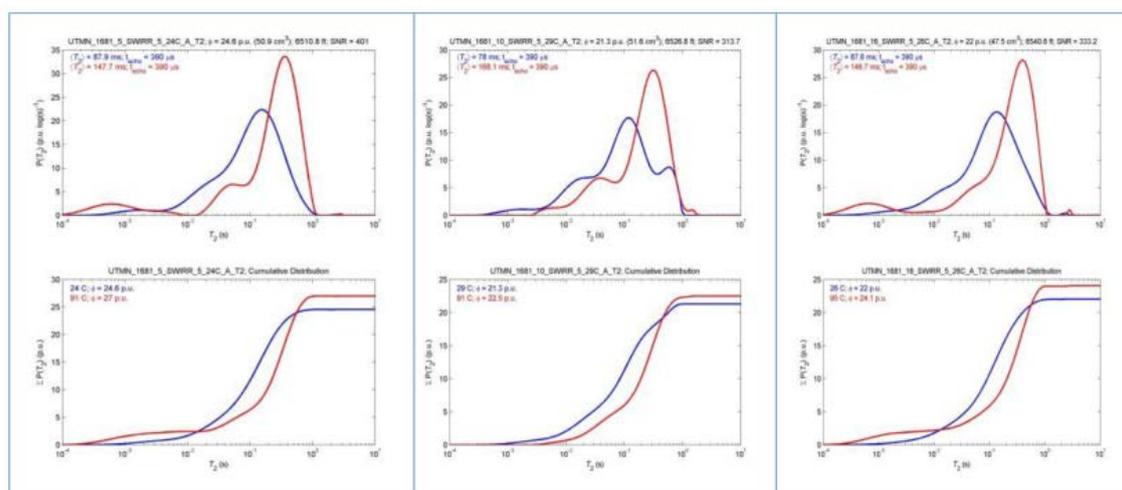


圖 10 比較不同溫度下對 T_2 分布圖的影響

3. SPE-181600

題目：Oil Viscosity Estimation from NMR Logs for In-Situ Heavy Oil Characterization

本篇研究提出一個新的核磁共振黏度預測實驗公式，涵蓋更廣的黏度範圍(1cP 至 1400cP)。總共測量 37 個油樣之黏度，分別取自 2 個沙烏地阿拉伯油田中的 11 口井。核磁共振井測技術已經廣泛應用在黏度的預測上。其理論基礎是由於 bulk relaxation 會受到流體黏度的影響，所以可以建立核磁共振訊號與黏度之間的相關性。原油中含有複雜的成分，因此其整體的核磁共振的訊號會呈現一個分布。T₂ 時間愈長，代表的是愈輕成分的油；T₂ 時間愈短，則愈趨向重成分的油，如圖 12 所示。此篇研究所建立的黏度預測關係式，是參考 Akkurt 等人所提出的方程式：

$$f_5 = \frac{VOL_{LO}}{VOL_{LO} + VOL_{MO} + VOL_{HO}}$$

分母代表的是原油的總體積，分子則是輕成分油的體積，f₅ 即是兩者之比值。計算 f₅ 的關鍵在於 T₂ 截取值的選擇，此篇研究是以 220 ms 的 T₂ 時間作為分界，大於 220 ms 的 T₂ 分布面積就是輕成分油的體積。圖 13 為 live oil 黏度對中度至重成分油的相關性。這 37 個油樣形成 2 條趨勢線，稱為 VT-11，包含黏度 3 cP 以下和 3 cP 以上。因為這兩個油田的距離相距數百公里遠，而且 11 口井彼此也相距甚遠，但是這些油樣黏度和核磁共振井測有很好的相關性，因此這個方法可能適用於大面積範圍的儲集層，而且不需要做校正。此篇研究建議，若從新油田取得最低黏度、最高黏度以及這區間的幾個油樣之數據落在 VT-11 的數據組，代表這個相關性將能夠有效預測現地的原油黏度。

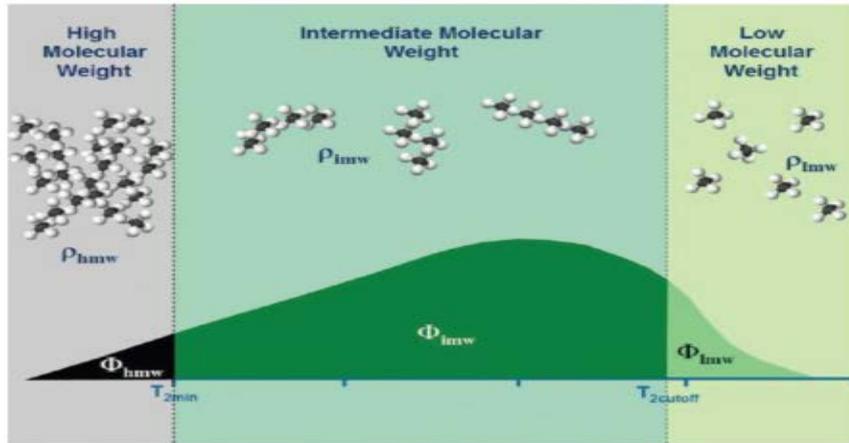


圖 12 原油 T₂分布依分子量可分成三部分

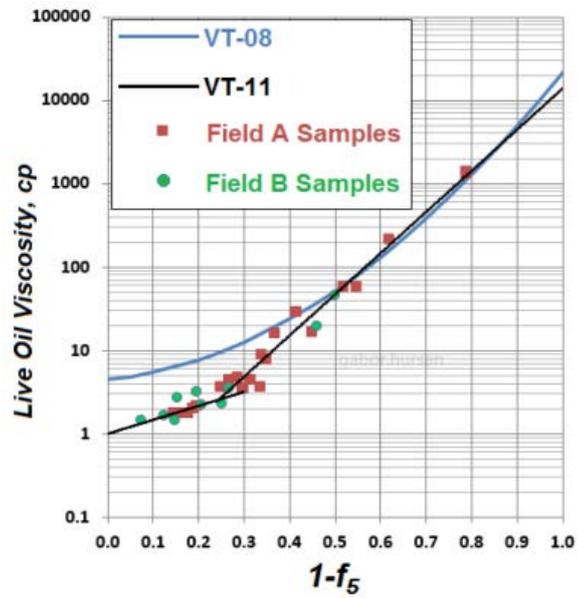


圖 13 live oil 黏度對 1-f₅ 之相關性

4. SPE-181653

題目：Petrophysical Characterization of Tight Sands in Granite Wash, Anadarko Basin

Granite Wash 是美國主要的緻密氣區域，但是因為滲透率(<0.001 md)和孔隙率($<8\%$)非常小，以至於經過數十年仍沒有完全採收殆盡。這個地層相當複雜且異質性很高，對於岩石物性量測是一個很大的挑戰。這篇研究顯示，岩層的孔隙率分布從 1.2%至 7.4%，平均有 $4.3\pm 1.3\%$ 。岩心樣本的孔隙率隨著粒徑增加而上升。礦物鑑定的結果顯示石英含量 $24\pm 8\%$ 、長石 $50\pm 13\%$ 、黏土 $23\pm 14\%$ 和碳酸鹽岩 $3\pm 6\%$ 。汞擠注法和核磁共振的數據都顯示岩心樣本的孔喉分布與 T_2 分布呈現雙峰分布(圖 14 和圖 15)，表示這裡存在兩種的孔隙型態。利用主成分分析和 K means 分群法可以將相似物性的岩心做出差異性之區分。結果顯示主要有 3 種岩石類別。從毛細壓力試驗也發現不同類別的岩石，其毛細壓力曲線也不同，而且薄片分析也支持這個結果。第一類岩石的孔隙率低，石英和長石的含量最低，但黏土含量最高；第二類岩石的孔隙率相對較高，石英和長石的含量高，但黏土含量低；第三類岩石的孔隙率最高，石英和長石的含量最高，但黏土含量最低，是相對較佳的岩石。

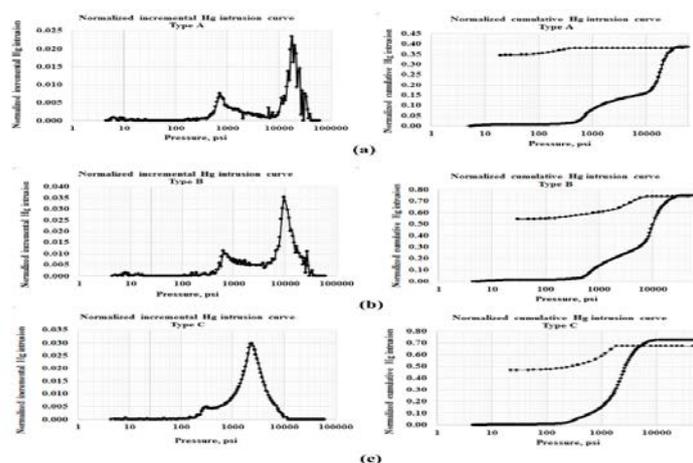


圖 14 汞擠注法所測得之岩石孔喉分布

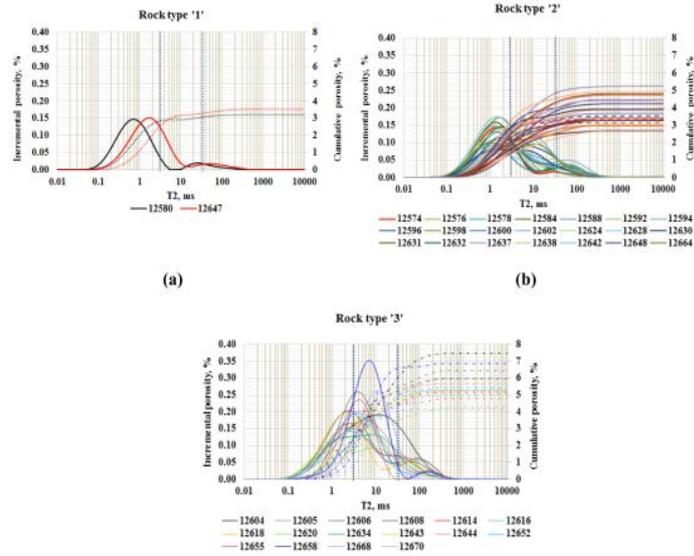


圖 15 核磁共振之岩石 T_2 分布

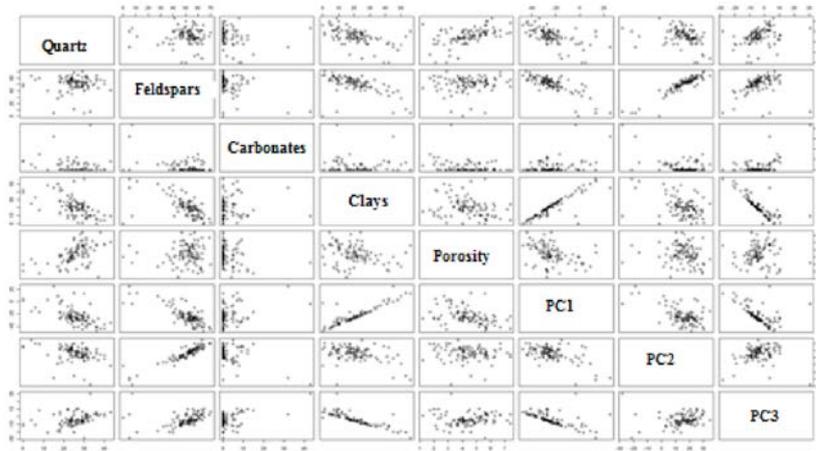


圖 16 所選的 5 個變數與 3 個主成分建立之散布圖

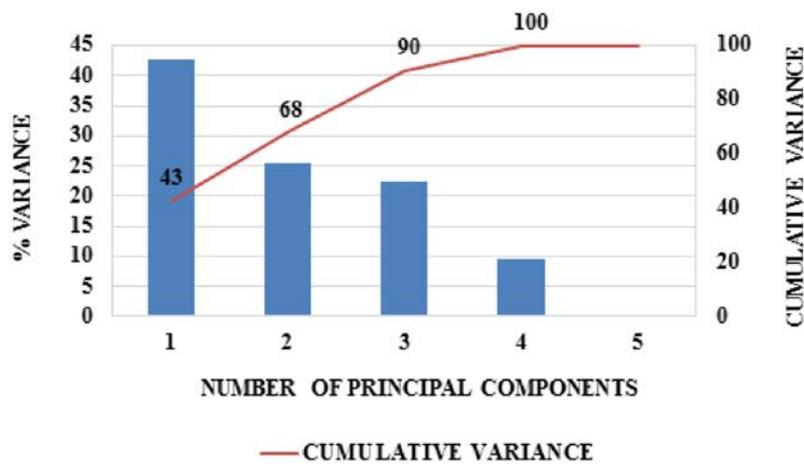


圖 17 主成分數目(n=5)與變異數之關係

5. SPE-181525

題目：Evaluation and Development of Complex Clastic Reservoirs using NMR

由於沉積環境快速變化以及成岩作用之影響，使得砂的異質性相當高。gamma 射線和傳統孔隙率井測方法對於這種岩石性質的變化之偵測靈敏度並不高。儲集層中的水，其電阻會因為受到外部水的流入而改變鹽度，導致進行電阻井測時的量測誤差，而無法準確得知流體的飽和度。利用核磁共振井測法可以有效減少這些效應所產生的影響。這篇研究統整 wireline 和隨鑽 NMR 量測技術的操作經驗。與傳統井測法相比，NMR 井測對孔隙大小之變化有極佳的靈敏度。而且 NMR 孔隙率和束縛流體之分析，有助於地層試驗操作最佳化以及完井設計。此外，NMR 的 2 維分析能幫助決定氣/油和油/水的界面。隨鑽 NMR 井測有助於了解儲集層特性並進行井的最佳化配置。

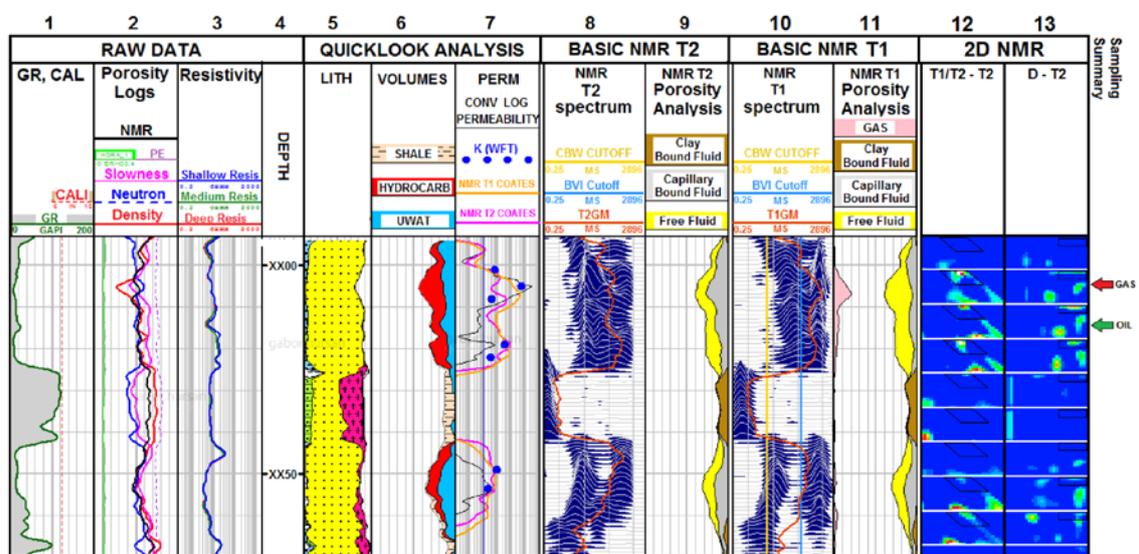


圖 18 2D NMR 顯示氣/油之界面

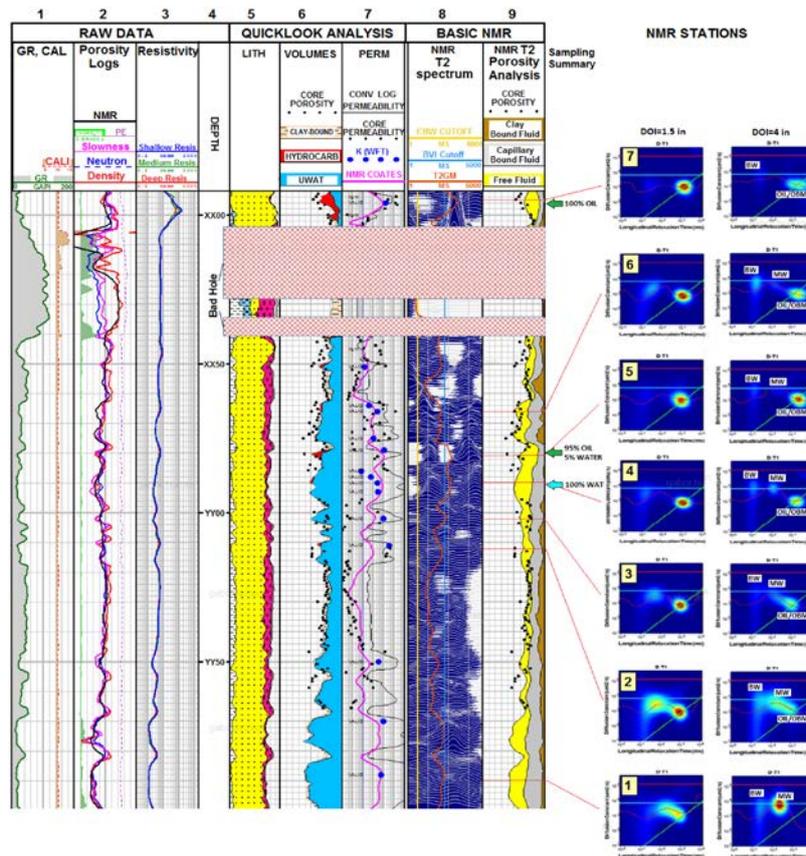
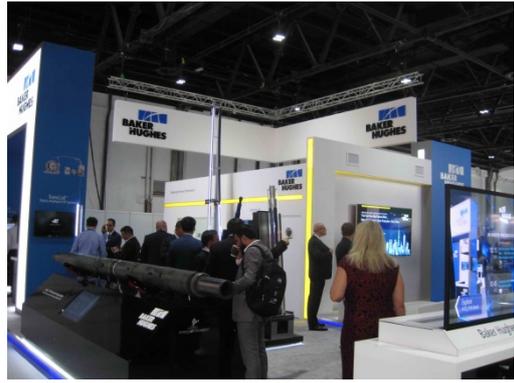


圖 19 NMR 可提供之基本和進階的分析

二、參加廠商展覽會

本次利用技術研討會論文發表之外的時間空檔，前往展覽會場。參展的廠商相當多，涵蓋大部分石油產業的領域，除了大型石油公司之外，有化學品供應商、顧問公司、軟體公司和實驗室儀器製造商等等。會場中許多展覽攤位面積較大的廠商，大多是石油公司或是顧問公司，他們在三天的會期中每天舉辦數場的演講或訓練課程，讓與會者了解他們所提供的新技術或新軟體。本所核磁共振岩心分析儀之軟體商 Green Imaging Technologies 也前來設攤，主要是宣傳他們和 Oxford 儀器合作的新儀器：ImaCore 3017，它是使用超導磁鐵(磁場強度 3T)。此儀器的特色是能提供高解析度之 2 維和 3 維顯影，幫助了解岩石的孔隙結構。



參、心得及建議

1. SPE 舉辦的年度技術大會及展覽是一個大型的研討會，討論的主題包羅萬象，建議多人一同參加，並進行適當的分工，如此才能做完整的資料蒐集。
2. 由於是大型研討會，發表的論文眾多，所以發表場地分散各處。在會議開始前先依據最有興趣題目來規劃路程，不要頻繁更換場地，因為各場次的主持人對時間的掌控並不一致，再加上距離過長，可能導致顧此失彼，錯過想聽的題目。
3. 因為論文的題目不一定會提到所使用的儀器，若想要了解該儀器的相關研究或應用，可事先於 OnePetro 網站上查詢，通常在摘要會提及研究方法。或者在報到完成後向 SPE 工作人員領取驗證碼，於官網認證後即可閱讀所有研討會之論文，藉此篩選值得聆聽的場次，因為主辦單位已經不再提供紙本論文集。
4. 此研討會不只發表論文眾多，在展覽會場上設攤位的廠商數量也相當多，幾乎各種領域都有涵蓋。不過即使是同領域之廠商，所提供的商品或技術服務都有些微差異，因此可以和廠商代表積極交流，藉此比較它們之間的優缺點。在和軟體技術公司的代表討論時，若展現出對該軟體有著濃厚的興趣，通常有機會得到短期試用版的軟體金鑰。
5. 核磁共振技術應用於石油探勘領域已逾二十年，不論實驗室儀器或是井下量測設備都發展的相當成熟，它對於岩石的異質性及微米級的流體飽和度都有很高的靈敏度，而且能透過 2 維掃描進行地層流體的辨識。核磁共振技術能與傳統井測法互補，對於儲集層特性的分析有極大幫助。