

經濟部暨所屬機關因公出國報告  
(出國類別：開會)

參加 2015 年國際石油技術會議年會

服務機關：台灣中油公司探採事業部

姓名職稱：林冠宏 鑽探工程處組長

陳炳誠 測勘處地質師

趙得棟 採油工程處石油工程師

派赴國家：卡達 杜哈市

出國期間：104 年 12 月 5 日至 12 月 10 日

報告日期：105 年 1 月 5 日

## 摘要

國際石油技術會議(International Petroleum Technology Conference)，簡稱 IPTC，為一國際石油和天然氣等能源技術的研討會與展覽會，以年會型式由一開始的兩年一次，至 2014 年起每年一次，在中東和亞洲各主要城市輪流展出，已先后在卡達、阿拉伯聯合大公國、馬來西亞、泰國和中國大陸等國家舉辦。

國際石油技術會議，主要由中東和亞太地區國家石油公司，聯合了美國石油地質學家協會(American Association of Petroleum Geologists，簡稱 AAPG)、歐洲地球科學家及工程師協會(European Association of Geoscientists & Engineers，簡稱 EAGE)、地球物理探勘學家協會(Society of Exploration Geophysicists，簡稱 SEG)和石油工程師協會(Society of Petroleum Engineers，簡稱 SPE)等國際石油天然氣主要行業協會共同發起，並獲得全球主要國際石油公司、國家石油公司、技術服務公司的積極參與，已成為當今全球石油行業重要的大型綜合性國際會議之一。

國際石油技術會議自 2005 年創辦以來，規模日益擴大，現已發展成為中東及亞洲地區最重要、最具影響力的石油、天然氣和石化裝備展覽會之一，世界各大石油公司都會參與展會，如：埃克森美孚(Exxon Mobil)、中石油(CNPC)、斯倫貝謝(Schlumberger)、卡達石油公司(Qatar Petroleum)、泰國石油勘探開發公司(PTTEP)、殼牌(SHELL)、道達爾(Total)、貝克休斯(Baker Hughes)、馬士基石油公司(Maersk Oil)、英國石油公司(BP)、溫特沙爾石油公司(Wintershall)等。

今(2015)年第 9 屆年會是 12 月 7 日至 9 日，在卡達杜哈市的卡達國際會議中心舉行，由卡達石油公司主辦，殼牌石油公司協辦，提供石油與天然氣之測勘、鑽井、開發生產及經營管理技術之交流。本公司為吸收業界之新知，掌握油氣探勘之趨勢，本年度本公司探採事業部派林冠宏(鑽探工程處組長)、陳炳誠(測勘處地質師)及趙得棟(採油工程處石油工程師)共 3 人參加。會中除論文宣讀外，並有鑽井與完井、設備及營建、生產操作、油層工程、管理資訊及工安與環保等技術專題研討會，此外，另有業界廠商攤位展示各項產品及技術服務，供與會人員觀摩。

## 目次

出國目的.....	3
出國行程.....	4
心得與建議.....	39

## 出國目的

今(2015)年第 9 屆年會是 12 月 7 日至 9 日，在卡達杜哈市的卡達國際會議中心舉行，由卡達石油公司主辦，殼牌石油公司協辦，提供石油與天然氣之測勘、鑽井、開發生產及經營管理技術之交流。本公司為吸收業界之新知，掌握油氣探勘之趨勢，本年度本公司探採事業部派林冠宏(鑽探工程處組長)、陳炳誠(測勘處地質師)及趙得棟(採油工程處石油工程師)共 3 人參加。希望藉由這次派員與會，可以增加與國際大型石油公司、各國家石油公司及國際石油行業之服務、設備廠商交流、了解石油探採之新技術及新設備及建立與優良的國際石油公司或服務商及設備商的關係。

會中除論文宣讀外，並有鑽井與完井、設備及營建、生產操作、油層工程、管理資訊及工安與環保等技術專題研討會，此外，另有業界廠商攤位展示各項產品及技術服務，供與會人員觀摩。

# 出國行程

本會議議程如下:

PRELIMINARY CONFERENCE PROGRAMME SCHEDULE									
SATURDAY 5 DEC 2015	1700-2200 hours International Education Summit: Rising to Meet the Grand Energy Challenges (Venue TBC)								
	0730-1700 hours Registration (QNCC-Central Foyer and Hall 5)								
SUNDAY 6 DECEMBER 2015	0900-1800 hours Registration (St. Regis Hotel Doha)								
	0800-2200 hours International Education Summit: Rising to Meet the Grand Energy Challenges (Movenpick Hotel)								
	0800-1600 hours Training Course: Carbonate Petroleum Geoscientifics: Integration of Static and Dynamic Models (Marriott Marquis City Centre)								
	0800-1600 hours Training Course: Optimising Existing Waterfloods (Marriott Marquis City Centre)								
	0800-1600 hours Training Course: Screening and Field Plotting for EOR Project Development (Marriott Marquis City Centre)								
	0800-1600 hours Training Course: Seismic Multiple Removal Techniques Past, Present and Future (EETI) (Marriott Marquis City Centre)								
	1900-2200 hours IPTC "EXCELLENCE IN PROJECT INTEGRATION" AWARDS CEREMONY AND CONFERENCE DINNER (ST. REGIS HOTEL DOHA)								
MONDAY 7 DECEMBER 2015	Auditorium 3 Meeting Room 103 Meeting Room 104 Meeting Room 105 Meeting Room 215-217 Meeting Room 218-220 Meeting Room 236-238 Meeting Room 239-241 Meeting Room 106								
	0730-1700 hours Registration (QNCC-Central Foyer and Hall 5)								
	0730-1700 hours Speaker Check-In (Room 102)								
	0830-2100 hours International Education Summit: Rising to Meet the Grand Energy Challenges (QNCC + Geological Trip)								
	0830-0930 hours OPENING CEREMONY (QNCC THEATRE)								
	0900-2100 hours International Young Professional Programme: Today's Young Professionals... Tomorrow's Global Leaders (QNCC, Youth Pavilion)								
	0930-1000 hours Exhibition Inauguration								
	0930-1000 hours Coffee Break (Exhibition Floor)								
	0930-1600 hours Exhibition (Halls 4-5)								
	1030-1230 hours CEO PLENARY SESSION 1: Technology and Partnerships for a Sustainable Energy Future (QNCC THEATRE)								
	1230-1330 hours Delegate Luncheon (Hall 3)								
	1330-1500 hours Panel Session 1: Supply and Demand: Current Trends, Future Projections for a Sustainable Energy Future Session 1: Reservoir Property, Facies and Heterogeneity Session 2: Regional Geology I Session 3: Integrated Geophysical Acquisition Session 4: Drill Bits Session 5: Reservoir Geologic Modelling I Session 6: Maximising Well Performance through Technology and Innovation Session 7: Innovations in Brownfield Project Execution Session 8: Safety								
	1500-1530 hours Coffee Break/Knowledge Sharing ePoster Sessions (Exhibition Floor)								
	1530-1700 hours Ask the Expert I Ask the Expert II Session 9: Regional Geology II Session 10: Enhanced Seismic Processing Resolution Session 11: Wellbore Stability and Geomechanics Session 12: Reservoir Geologic Modelling II Session 13: Integrated Approaches to Improve Well, Reservoir and Facility Management Session 14: Approaches for Drilling and Controlling Water Session 15: Water Management								
	DECEMBER 2015	0730-1700 hours Registration (QNCC-Central Foyer and Hall 5)							
0730-1700 hours Speaker Check-In (Room 102)									
0730-1600 hours Energymine Teachers' Workshop (QNCC)									
0800-1300 hours Energymine Students Workshop (Female Schools) (QNCC)									
0800-1300 hours Energymine Students Workshop (Male Schools) (QNCC)									
0800-1600 hours International Young Professional Programme: Today's Young Professionals... Tomorrow's Global Leaders (QNCC, Youth Pavilion)									
0800-1300 hours Non-Technical Seminar: Participating in Qatar Petroleum Tenders (Hospitality Suite 3)									
0830-1800 hours International Education Summit: Rising to Meet the Grand Energy Challenges (QNCC + Geological Trip)									
0900-1600 hours Exhibition (Halls 4-5)									
0800-0930 hours Panel Session 2: Unlocking Energy Resources through Technology Special Session: IPTC Project Awards Finalist Presentation Session 16: Petroleum Systems I Session 17: Towards Seismic Imaging Session 18: Innovative Acidising Solutions Session 19: Integrated Reservoir Management I Session 20: Corrosion Control in Wells and Facilities Session 21: Offshore Project Challenges and Solutions Session 22: Managing the GHG Emissions									
0930-1015 hours Coffee Break/Knowledge Sharing ePoster Sessions (Exhibition Floor)									
1015-1215 hours CEO PLENARY SESSION 2: Technology and Partnerships for a Sustainable Energy Future (AUDITORIUM 3)									
TUESDAY, 8	1215-1315 hours Delegate Luncheon (Hall 3)								
	1315-1445 hours IPTC Society Presidents Session (1315-1500 hours) Special Session: IPTC Project Awards Finalist Presentation Session 23: Petroleum Systems II * Session 24: Geophysical Reservoir Characterisation Session 25: Novel Approaches in Fracturing and Sand Control Session 26: Integrated Reservoir Management II Session 27: Achieving Excellence in Well Integrity Management Session 28: Conventional Oil Session 29: Workforce, Skills and Human Resources								
	1445-1530 hours Coffee Break/Knowledge Sharing ePoster Sessions (Exhibition Floor)								
	1530-1700 hours Panel Session 3: Who Will Run the Energy Industry in the Future? Special Session: IPTC Project Awards Finalist Presentation Session 30: Diagenetic Controls on Reservoir Heterogeneities Session 31: The Use of Technology in Geoscience Applications Session 32: Advanced Completion Solutions Session 33: Reservoir Case Histories Session 34: Sustaining and Extending the Life of Facilities Session 35: LNG and Gas Value Chain								
WEDNESDAY, 9 DECEMBER 2015	0730-1630 hours Registration (QNCC-Central Foyer and Hall 5)								
	0730-1630 hours Speaker Check-In (Room 102)								
	0730-1430 hours International Education Summit: Rising to Meet the Grand Energy Challenges (QNCC, Youth Pavilion)								
	0800-1300 hours Non-Technical Seminar: Participating in Qatar Petroleum Tenders (Hospitality Suite 3)								
	0800-0930 hours Panel Session 4: Investing in Energy and Optimizing Costs for the "Long Term" Ask the Expert III Session 36: Fault and Fracture Characterisation Session 37: Carbonate Stratigraphy and Sedimentology Session 38: Drilling Fluid & Cementing I Session 39: EOR/IOR I Session 40: Managing Production Operations Challenges * Session 41: Case Studies of Separation Facilities Session 42: 4D Seismic and Modelling								
	0900-1500 hours Exhibition (Halls 4-5)								
	0930-1015 hours Coffee Break/Knowledge Sharing ePoster Sessions (Exhibition Floor)								
	1015-1145 hours Ask the Expert IV Ask the Expert V * Session 43: Unconventionals-Geomechanics and Modelling Project Case Study Session - ENI Session 44: Drilling Fluid & Cementing II Session 45: EOR/IOR II * Session 46: Breakthrough Technologies in Production Operations Session 47: Brownfield and Redevelopment Session 48: GTL and Gas Technology								
	1145-1245 hours Delegate Luncheon (Hall 3)								
	1245-1415 hours Panel Session 5: The Role of Oil and Gas Industry: The Climate Change Puzzle Ask the Expert VI * Session 49: Unconventionals-Hydro Fracturing and Monitoring Session 50: Depositional Architecture and Reservoir Modelling Session 51: Drilling Optimisation Session 52: Reservoir Numerical Simulation and Characterisation I Session 53: Chemistry Technologies to Improve Production Session 54: Gas Developments * Session 55: Project Risk Management and Lessons Learnt								
1400-1600 hours High School Projects Competition (QNCC, Youth Pavilion)									
1415-1500 hours Coffee Break/Knowledge Sharing ePoster Sessions (Exhibition Floor)									
1500-1630 hours Session 56: Formation Evaluation while Drilling * Session 57: Unconventionals-Basin Geology and Characterisation Session 58: Risk and Uncertainty Management in Geoscience Session 59: Numerical Modelling and Simulation in Drilling Operations Session 60: Reservoir Numerical Simulation and Characterisation II Session 61: Novel Flow Assurance Solutions Session 62: Smart Fields and Collaborative Work Environments									
1530-1630 hours International Young Professional Programme: Today's Young Professionals... Tomorrow's Global Leaders (Venue TBC)									
1630-1700 hours Closing Session (Auditorium 3)									

探勘技術摘錄:

在探勘方面，這次參加年會，Sonatrach 公司發表的「探勘成功的整合研究 (Integrated Study To exploration Success)」論文。值得本公司參考。這個研究整合了探勘開發生產需要的技術因素，是本公司往後進行探勘及油田開發時，值得學習的作業程序。

## 研究簡介

這個研究整合地質、震測、電測、岩心及流體動力學資料，這些不同來源、不同尺度的資料，幫助了解儲集層的性質及建立儲集岩模型。在油田探勘生產的專案中，儲集岩特徵及模擬是最重要的部分。因為儲集層不均勻性對於流體的流動有很大的影響，儲集岩特徵及模擬可以幫助減低探勘開發的風險還可以增加資源量。它是以多學門的角度切入，以達到可靠預測儲集層性質的良好方法。

## 研究前言與區域介紹

這個研究是 Oued Mya 盆地三疊紀儲集地層的儲集岩特徵及生產模擬研究。以期找到最佳的井位，進行探勘及佐證井的鑽探。由於研究區域是河流相的沉積環境區域內儲集砂體的分佈為最大的地質風險。

三疊紀儲集岩，堆積在海進期堆積，形成下切河谷填充堆積層、辮狀河平原石英砂岩及風成石英砂岩。在這種型式的沉積系統內，河道砂顯示明顯的不均質性。淨砂體分佈的預測也比較困難。根據電測資料的評估，這些儲集層在某些井中是含油的，在構造較深處則是緻密乾層或是水層。由沉積模式建立的油層模擬中，這個地區的儲集岩層由兩個辮狀河沉積系統組成。

研究區域位於 Oued Mya 盆地中心位置。研究的目的是分析三疊系，新發現儲集岩體的性質，期望找出最適宜的井位，開發最佳化及油田蘊藏量的最大化。

## 盆地位置及構造史

Oued Mya 盆地位於阿爾及利亞境內的撒哈拉沙漠。面積 5300 平方公里。北邊是 Djemea-Touggourt 高區;南邊是 Moudir 盆地; 東為 Amguid Messaoud 高區; 西為 Allal 穹丘(圖 1)。

現今盆地的大地構造型貌受到數期的構造活動影響。主要是東北-西南向的泛非運動及晚古生代基盤的再活動所控制。而中白堊紀，西北東南向斷層的再張裂，對於三疊紀儲集層形成的油田，扮演了重要的角色。古生代晚期的海西寧期的抬升造成大區域的交角不整合。在交角不整合之上沉積了三疊紀 Argillo-gresex(TAG)陸相砂岩，也就是本研究的目標地層。

侏羅紀及白堊紀的海進造成厚層的蒸發岩及碳酸鹽岩的沉積，形成這個盆地最上部的蓋岩。研究區域的構造受控於東北-西南向的斷層。由於有許多因素控制儲集岩的厚度分佈，斷層對於儲層厚度的影響程度，目前仍是有疑問的。

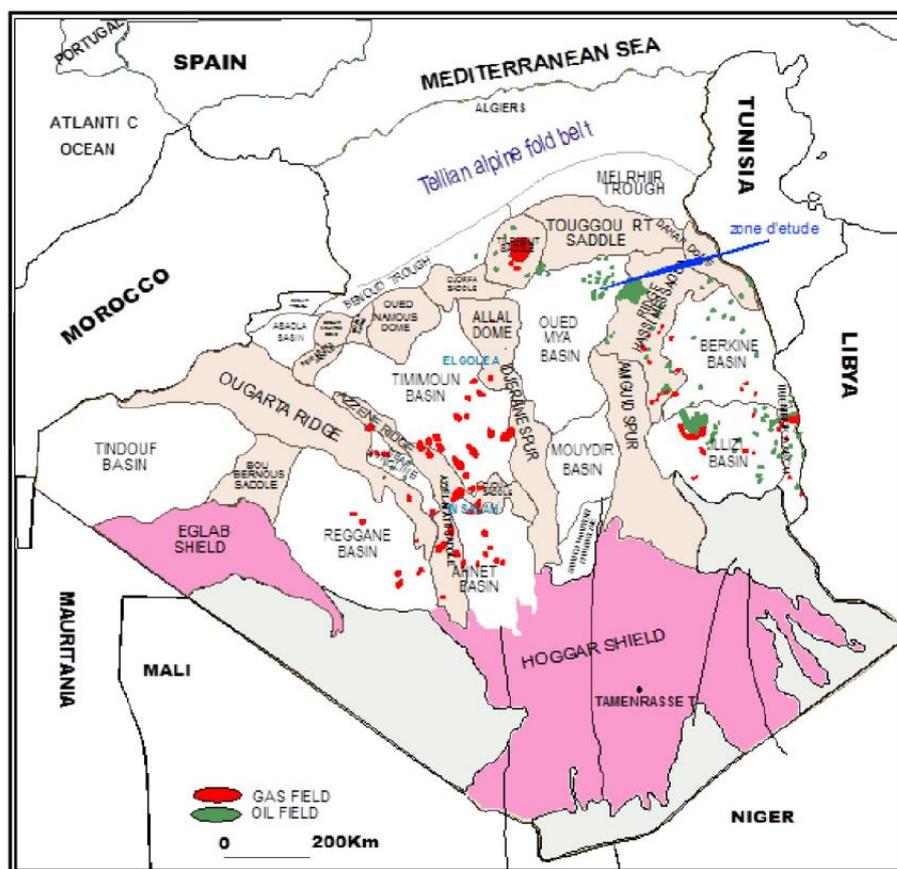


圖 1 盆地位置

## 地層與沉積環境

本研究區域主要的目標地層是三疊系。其上覆是厚層的中生陸相沉積層。下覆是海西寧期不整合面下方的古生代地層。

這個研究區域的三疊紀地層可以分成六個層序(圖 2)。每個層序都是獨立的架構，及獨立的層序地層幾何型貌。各層序間有顯顯的沉積間斷相隔。

從底部到頂部的地層層序有:

1. **Lower series:**為向上變細的層序，底部有砂質及黏土膠結。頂部為碳酸鹽岩、黏土及砂質膠結。層序地層與岩相分析研究顯示此層序是沉積在瓣狀河系統內，並週期性受洪水影響。厚度約 50 公尺，這是研究區內主要的儲層岩層。
2. **Intermediate series volcanic rocks:**由噴出性火山岩組成，上覆於 Lower series 的泛濫平原沉積上，厚度 7-30 公尺。
3. **Triassic T1:**本層是本區域的次要儲集岩層。由黏土膠結的砂岩組成。厚度 20-30 公尺間。其是由向下變細，中-細粒砂岩組成的。
4. **Triassic T2:**這一層標記三疊紀最後一次的粉砂質砂岩沉積事件，並發育了褐色紅色的黏土質粉砂岩相。厚度 8-15 公尺，此儲集層是緻密砂層，油氣潛能較低。
5. **Triassic Clay:**是三疊紀儲集岩的蓋岩，主要由含鹽類的黏土構成。
6. **S4:**最後一個三疊紀的層序，它標記了蒸發岩循環的開始。其上覆在所有三疊紀黏土質砂岩層序之上。

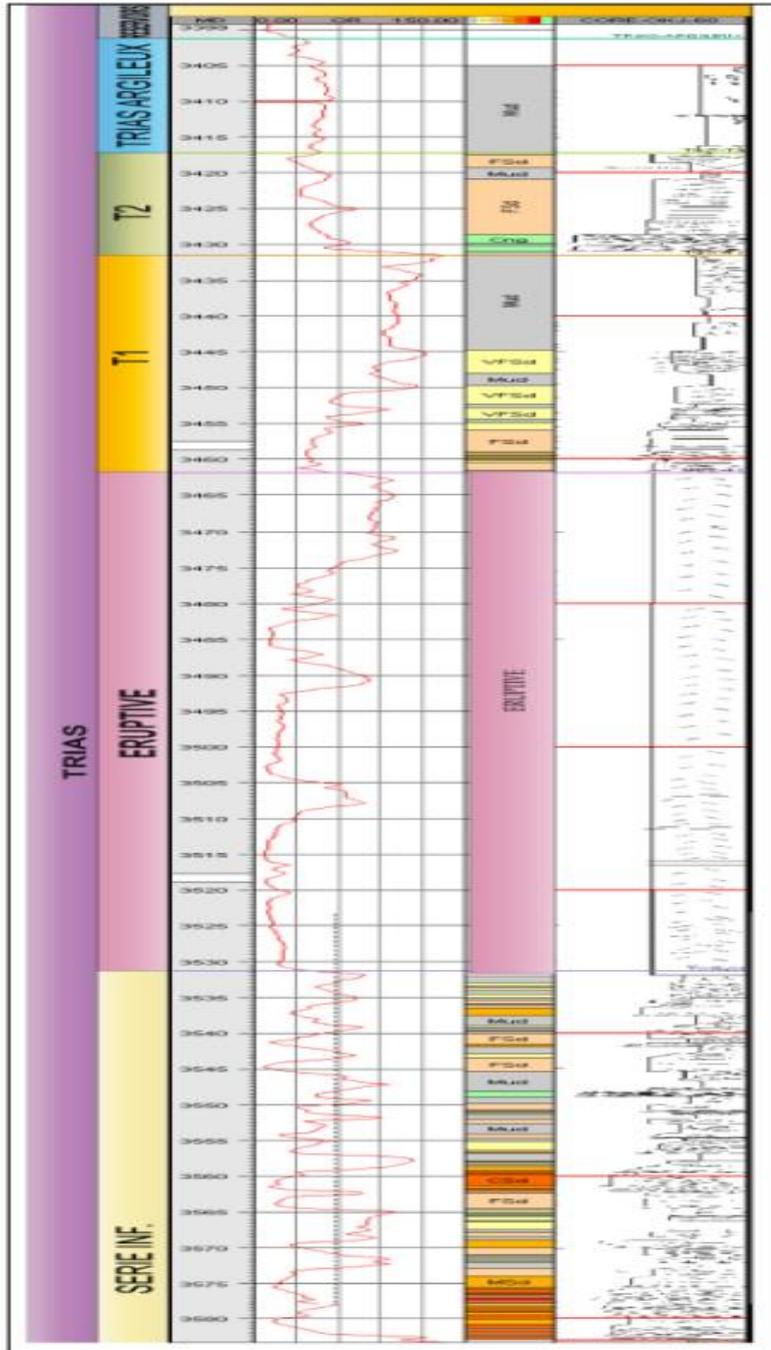


圖 2 盆地三疊系的層序

依照許多岩心的分析研究及其它研究方法，三疊紀的沉積層序主要由不同河道的沉積物相互疊加形成。其中偶爾夾有泛濫平原及鹽沼沉積物。

上述所提的碎屑儲集層主要是河道沉積物(由複雜的沖積型河道沉積物形成)。在這種系統中，河道砂體顯示很大的不均質性，難以預測淨砂岩的分佈。河道沉積物難以對比，因為頻繁的岩相變化。而河道沉積物難以對比，這個地區的井距也是很重要的影響因素。



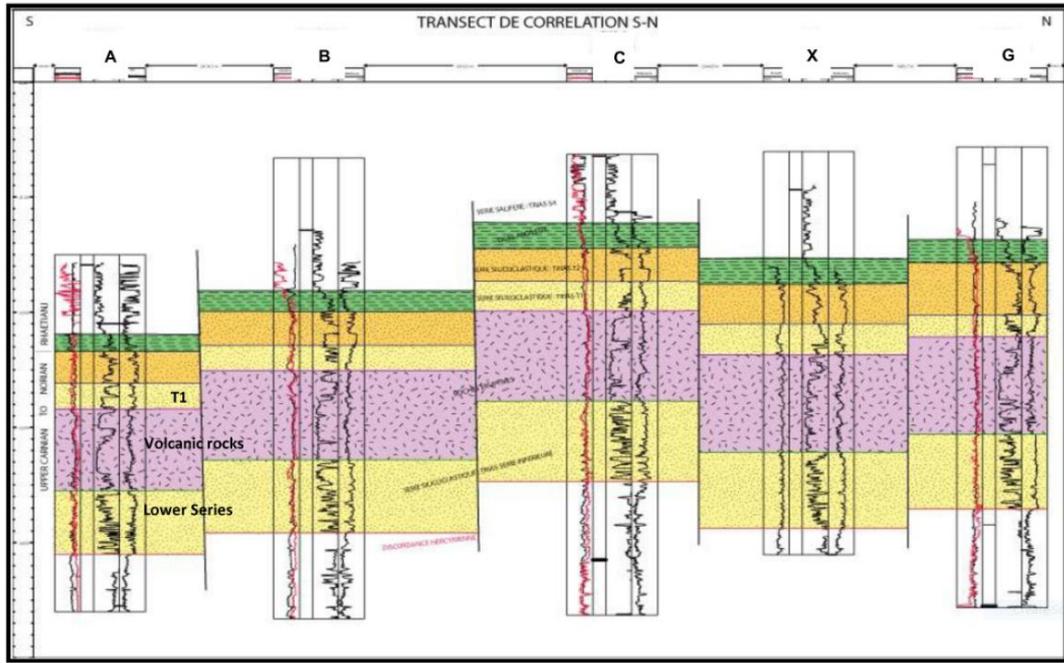


圖 4 南北向連井地層剖面(加上井間的斷層)

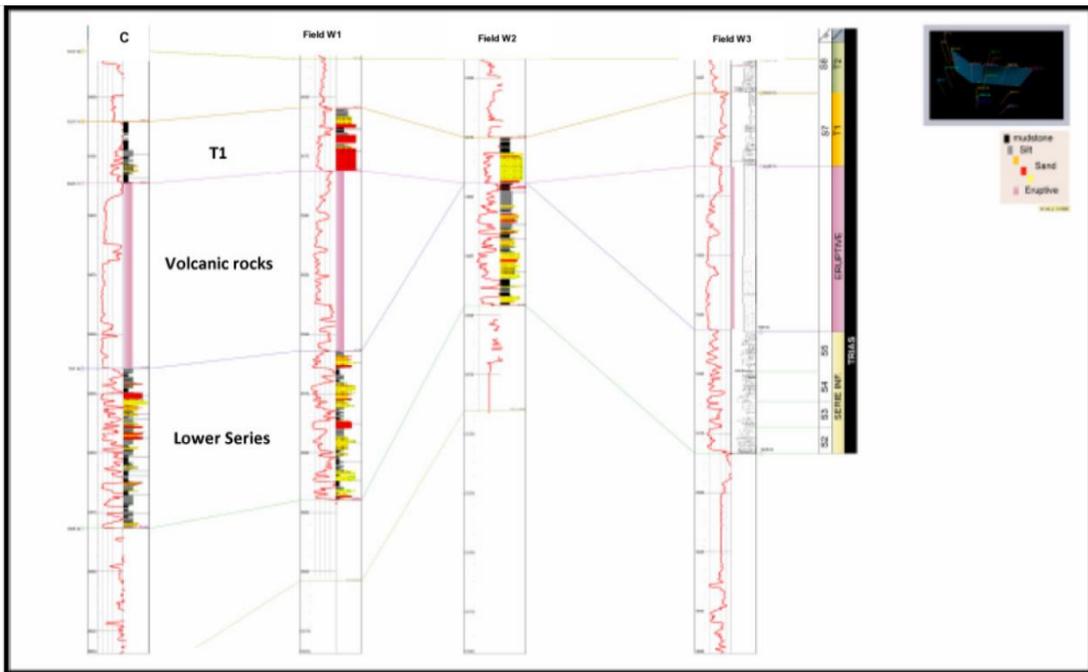
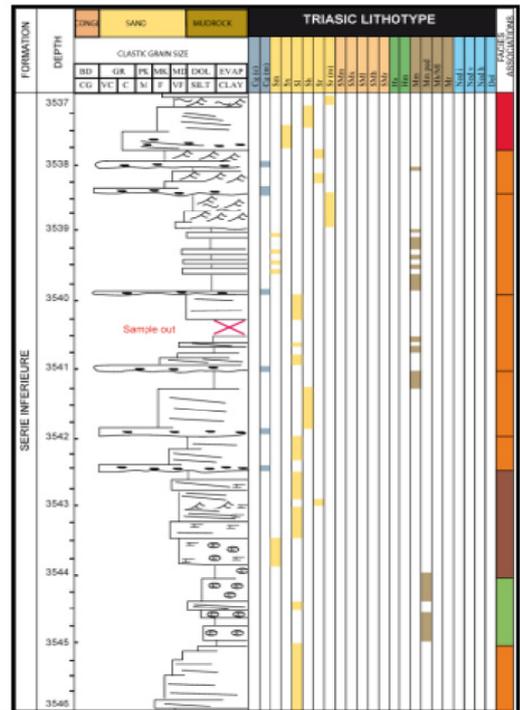
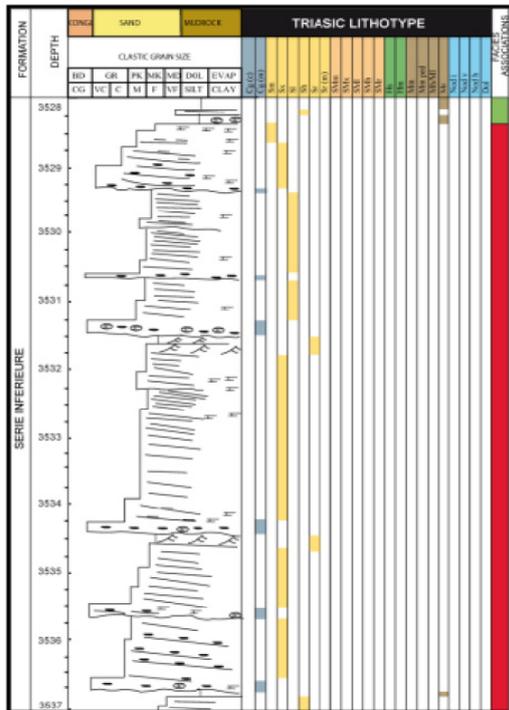


圖 5 東西向的連井剖面

### 儲集岩品質

在研究區中，共辨識出 18 個岩相及 9 個岩相組合。其中有 6 種砂岩相，3 種黏土岩相、5 種粉砂岩相，3 種碳酸鹽相及 1 種礫岩相。在 9 個岩相組合中，

包含河道填充(fluvial channel fill; FCF)、廢棄河道(abandoned fluvial channel; FCA)、決口扇(crevasse splay; CS)、堤岸堆積(levee; LV)、片狀洪流(sheetflood; SF)、鹽沼(sebkha; SB)、湖相(Lac; LM)、不成熟古土壤(immature paleosol; P1)及成熟古土壤(mature paleosol; P2)岩相。



■ (FCF) ■ (FCA)

圖 6 井 C 的岩心的岩性及岩相組合類型



河道砂體儲集層岩石物理的品質降低原因，在於砂顆粒間，發育的細粒薄層黏土。孔隙-滲透率的些微降低，反映了「岩層與岩層間介面間」及「低水位時期沉積物」2種情況產生的儲集層內部不均勻性。

根據 A 井的岩心的岩相分析及 X 光分析，砂岩相及泥質砂岩的砂岩顆粒是由石英、雲母、長石及其它重礦物組成。這些顆粒互相接觸，並夾有矽質、黏土及碳酸鹽質膠結物。成岩作用影響了泥質砂岩層的方式是

1. 矽質膠結物的發育
2. 黏土礦物的轉換
3. 碳酸鹽的沉澱
4. 矽質膠結物的溶解
5. 黃鐵礦的發育
6. 氧化鐵的發育
7. 岩鹽及硬石膏等蒸發岩成份的膠結。

這些成岩作用有利的影響有矽質膠結物的溶解，不利的影響則有各式膠結物的發育。尤其是碳酸鹽質膠結物的發育。

孔隙通道主要有顆粒間的原生孔隙還有溶解作用之後的次生孔隙。

## 井資料的地層評估

本研究共進行 18 口資料的地層評估。其中 5 口井位於本研究的探勘區，其它來自鄰近的近似可對比油田。

在探勘區內鑽探的第一口井 X，於 1973 年鑽探。從電測資料看，Lower series 的儲集岩為水層，T1 儲集岩為緻密砂岩層。井的地層測試也確認了這個結果。

井 A 是近期鑽探的，位於西北-東南走向的背斜上。在 T1 層有首次的油氣發現。但 Lower series 仍然是水層。PLT 生產電測資料顯示 T1 可生產的油層厚度只有 4 公尺。

井 B 鑽探於井 A 的東北方，構造位置較高的背斜上。鑽探目的是仔細描繪 T1 儲集層及探勘 lower series 和 Harma Quartzites 儲集岩。鑽探結果顯示 T1 含油淨砂厚度為 2.5m, Lower series 為水層，其餘儲集岩層為緻密砂層。井 C 與井 A、井 B 顯示不同的結果。lower series 有 10 公尺的油層，而 T1，T2 儲集層則是泥質含量高且緻密。油水界面在海水面下 3323 公尺，在這口井中，Lower series 的油層被認為是新的發現。

井 D 鑽探於井 C 的北方 3 km，但 T1 及 Lower series 是緻密砂層。

壓力梯度剖面在 A、B、C 井都有量測，以確定油水界面的位置及決定氣/油層間的壓力差和油/水層間的壓力差，以對儲集性質有更好的了解。

壓力梯度剖面顯示井 C 的 lower series 的上部兩砂層是含油的，密度分別是 0.62 g/cm<sup>3</sup> 和 0.8 g/cm<sup>3</sup>。自由水面在海水面下 3323m。

比較各井間的壓力測量值顯示在井 A 與井 B 的 T1(油層)和 Lower series (水層)儲集層壓力較高。顯示這兩口井與井 C 間存在不可滲透的壓力阻隔層。井 C 被視為被封阻性斷層阻隔的獨立區域。

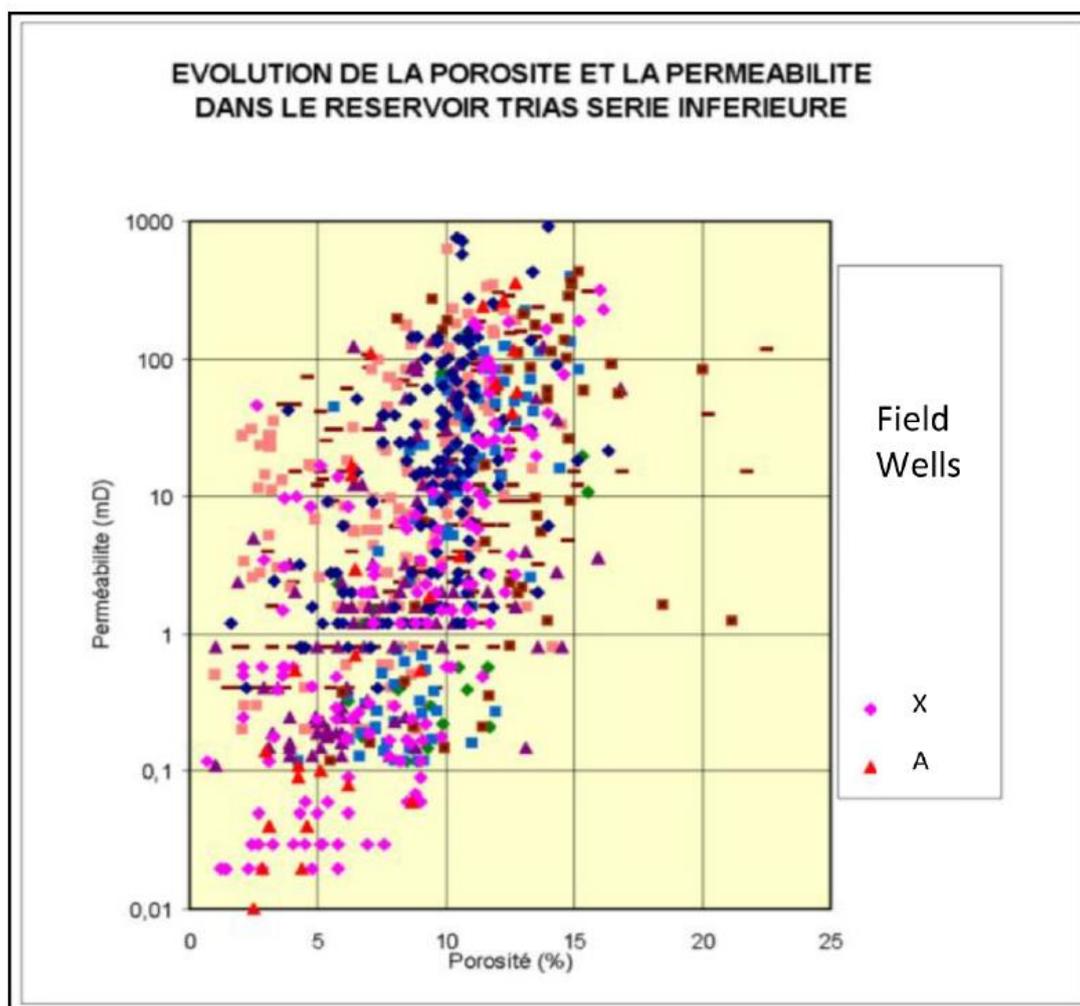


圖 8 儲集岩的孔隙率-滲透率交會圖

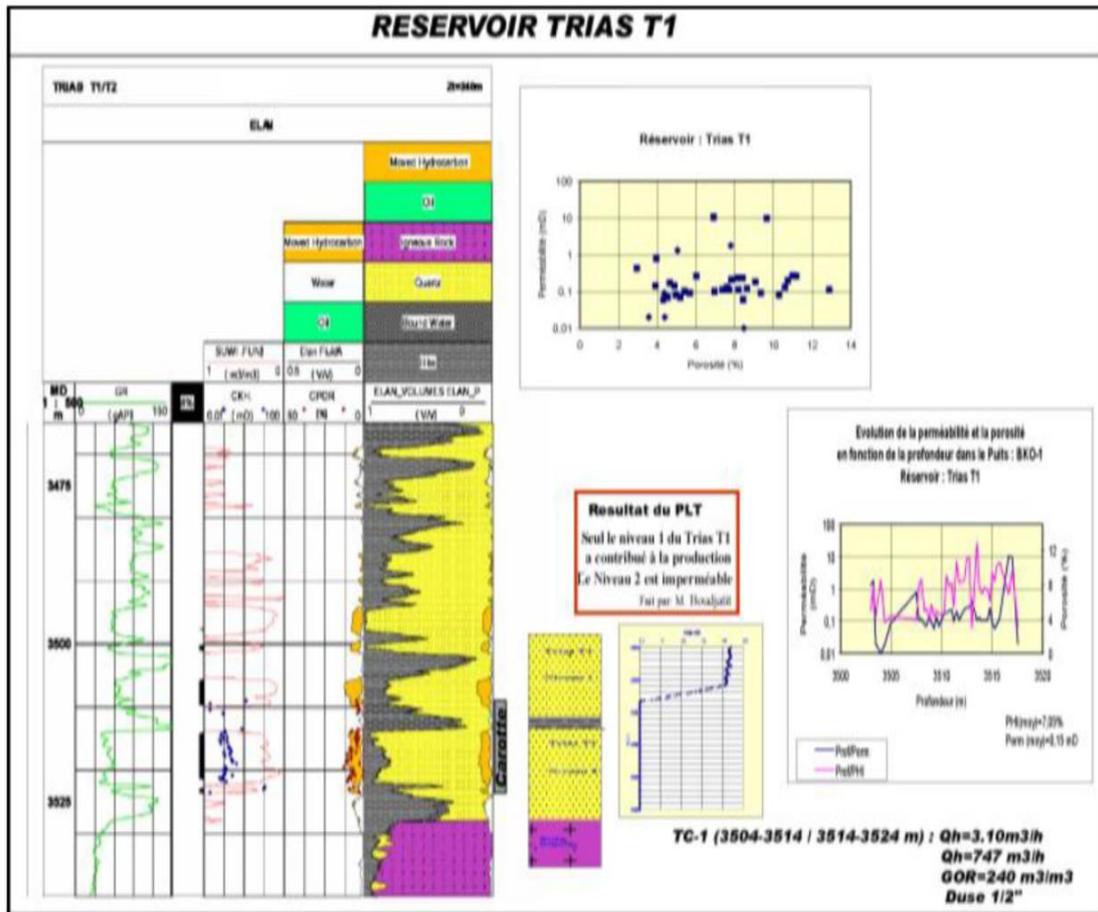


圖 9 井 A 的 T1 儲集岩的油氣發現



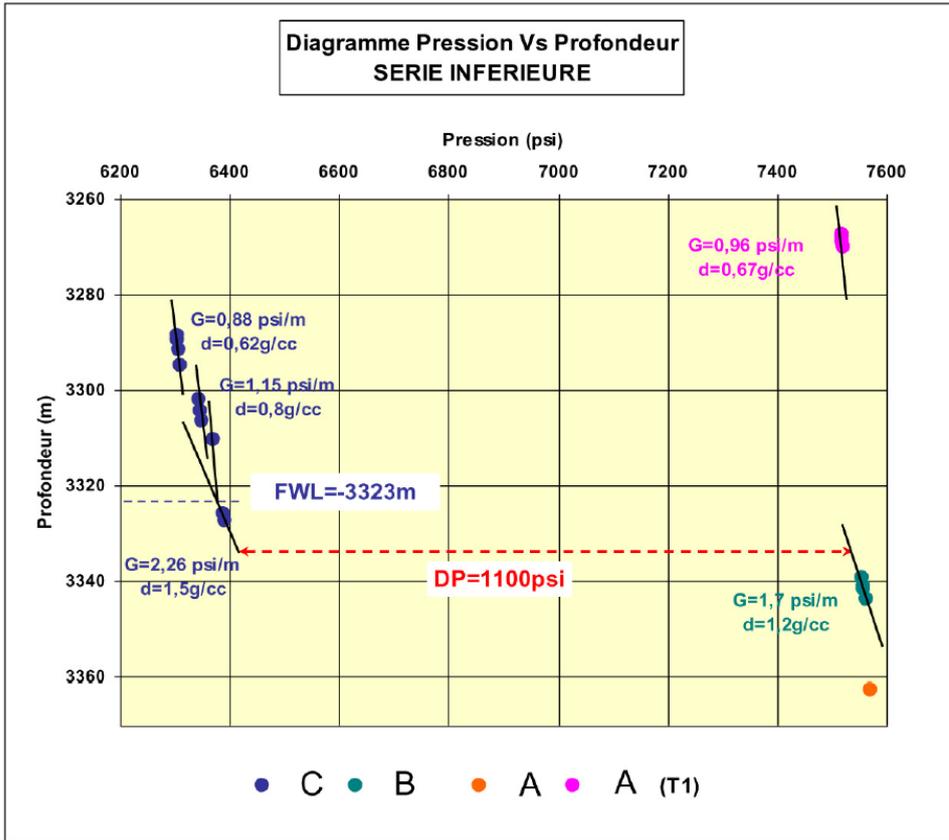


圖 11 壓力/深度對應圖

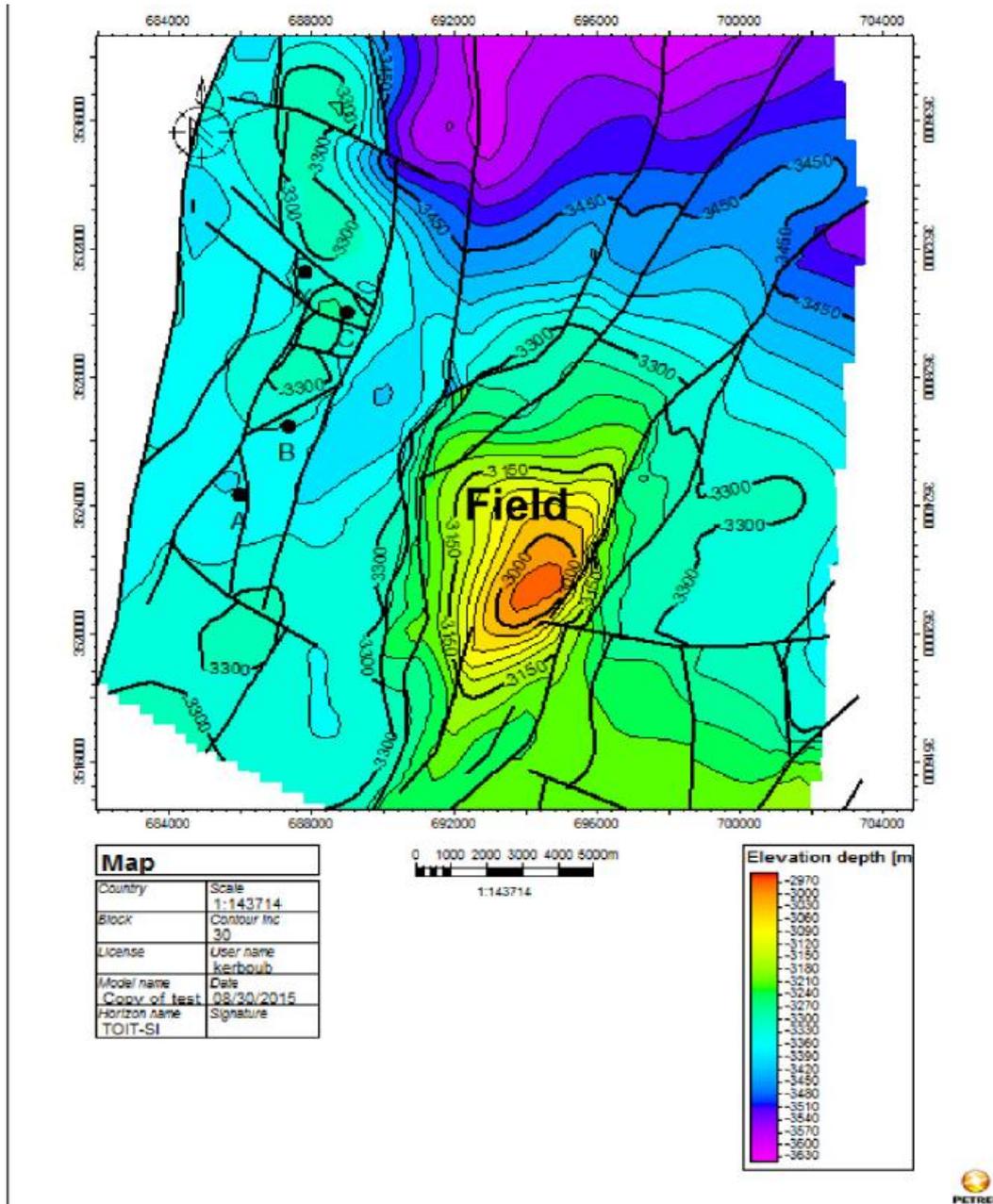


圖 12 Lower series 的深度構造圖，本研究區在圖左側，南-北向分佈的斷層塊體間。

## 震測解釋

以二維震測資料，解釋 S4 頂部及海西寧頂部的深部構造圖。

從 S4 頂部的深度構造圖為背景資料，繪製 lower series 的深度構造圖。圖上顯示有一個構造高區，其西部有一群小斷層塊體，以東北-西南向延展分佈，即為本探勘研究區塊。

東北-西南走向的震測線，顯示井的位置，井鑽探於不同構造期形成的小型構造起伏上。

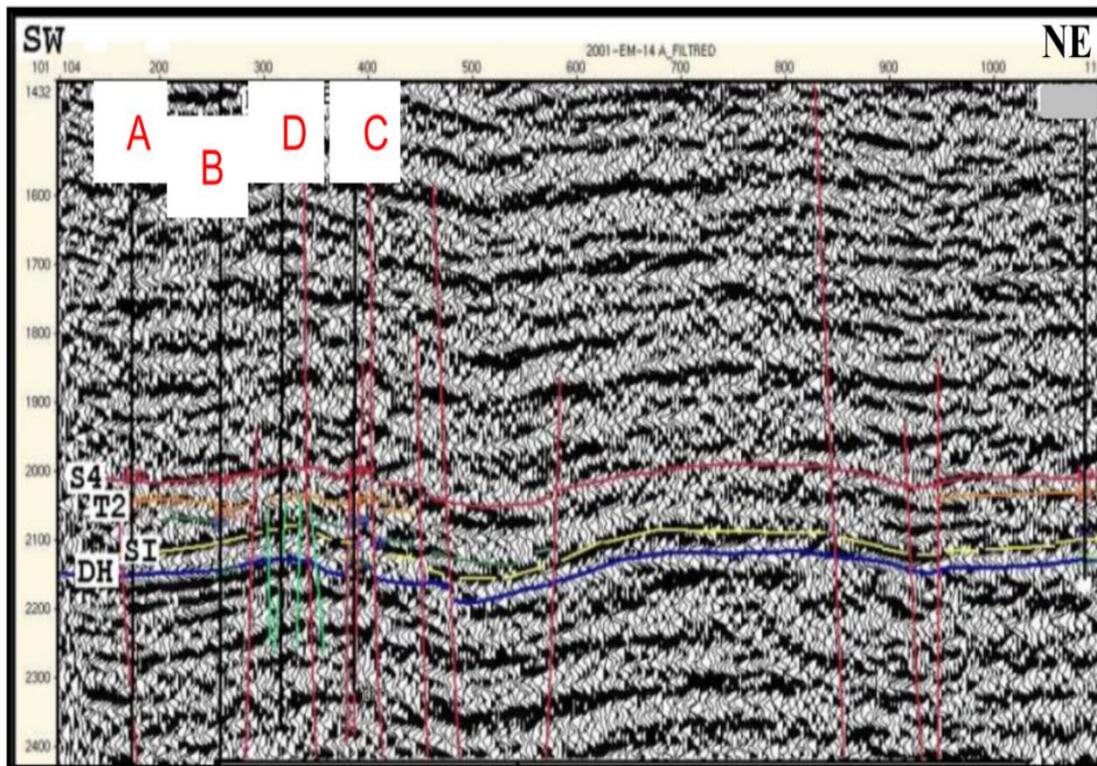


圖 13 東北-西南向通過井的震測線，各井打在斷層間的小型擠壓隆起構造上

### 儲集層的三維模擬

構造模型是從上至 T1 儲集層的頂部為起始，下至 Lower series 儲集層的底部。依照的資料是 2 維震測資料、井資料及地質概念模型。有一種岩相性質模型是使用隨機模型。

雖然性質的變異是很難了解與預測的，但對於避免鑽探低產能井或乾井還是有幫助的。

在控制點以外的性質，是使用地質統計法作外插。並配合適當的參數，並設井數是足夠的。儲集岩研究最的目的是建立一個預測模型以進行油田開發的最佳化。

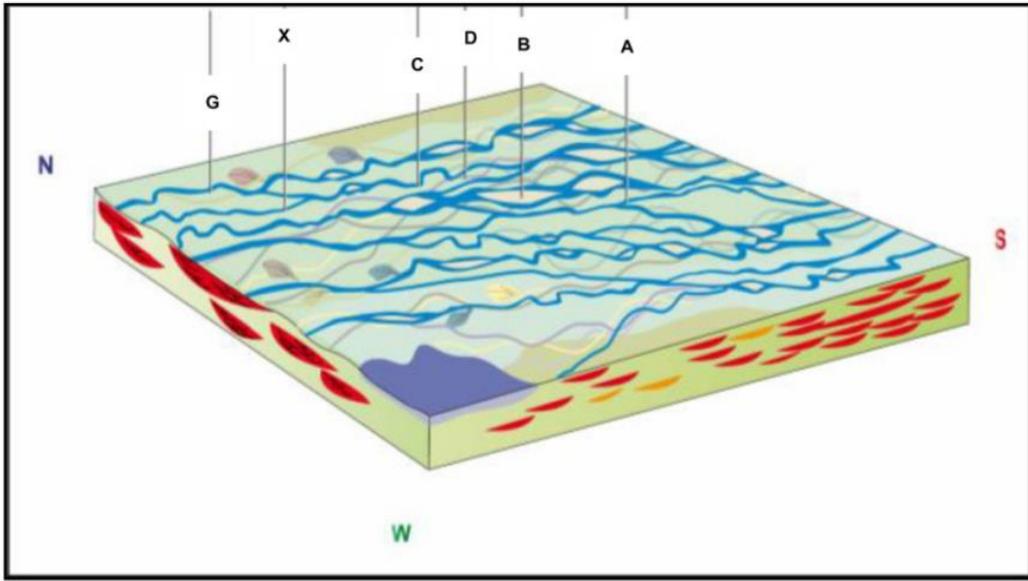


圖 14 Lower series 儲集岩層的概念模型:沖積平原辮狀河體系

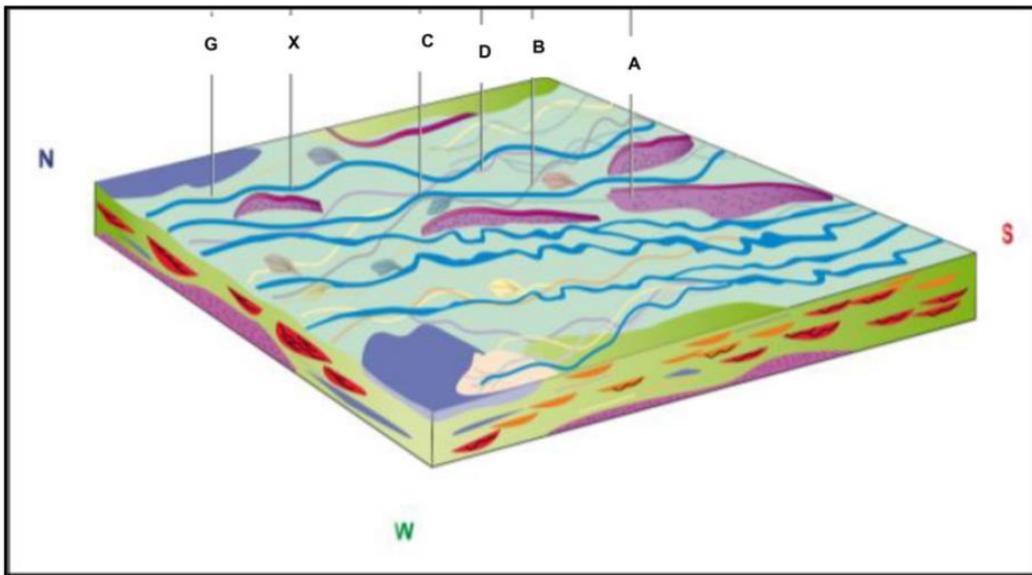


圖 15 T1 儲集岩層的概念模型:由低彎曲度沙洲組成的沖積平原  
構造模擬

三疊紀 Lower series 和 T1 這 2 層是模擬的目標層。模擬區的構造架構是建立於二維震測解釋出的斷層與層面。首先先進行斷層架構的模擬，再進行斷層的層位及油層後，再模擬。

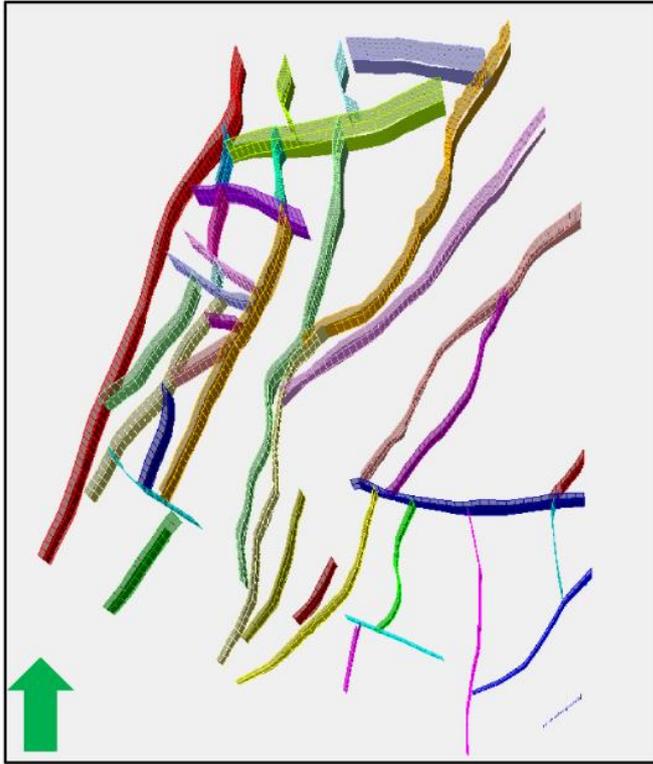


圖 16 斷層模型

## 岩石類型的決定

建立有預測能力的三維儲集岩模型前，岩石類型是必須的。

電測相的定義是有類似電測性質反應的群體。電測相就是依靠地質岩相及岩心試驗之岩石物理性質(孔隙率，滲透率)定義出來的岩石類型。

我們使用來決定電測相的資料有:

1. GR、NPHI、RHOB 與 DT 電測數據。
2. 電測解釋結果(有效孔隙率與泥質含量)。
3. 岩心試驗得到的孔隙率與滲透率。
4. 地層頂部標誌(T1、lower series(SI)、火成岩(RE))。

所有的資料都必須被分析過，也要先被刪除不一致的數據。

將電測數據與岩心實測數據作比對、校正。最具代表性的比對數據是利用所有岩心試驗的井的資料作統計分析後，取得最具代表性的電測相。

由有相似地岩相與岩石物理性的岩石決定的電測相可定出五種岩石類型

1. 類型 1:高孔高滲的岩石(黃色)
2. 類型 2:中孔高滲的岩石(紅色)
3. 類型 3:低孔低滲的岩石(橘色)
4. 類型 4:泥質砂岩(紫色)
5. 類型 5:頁岩(藍色)

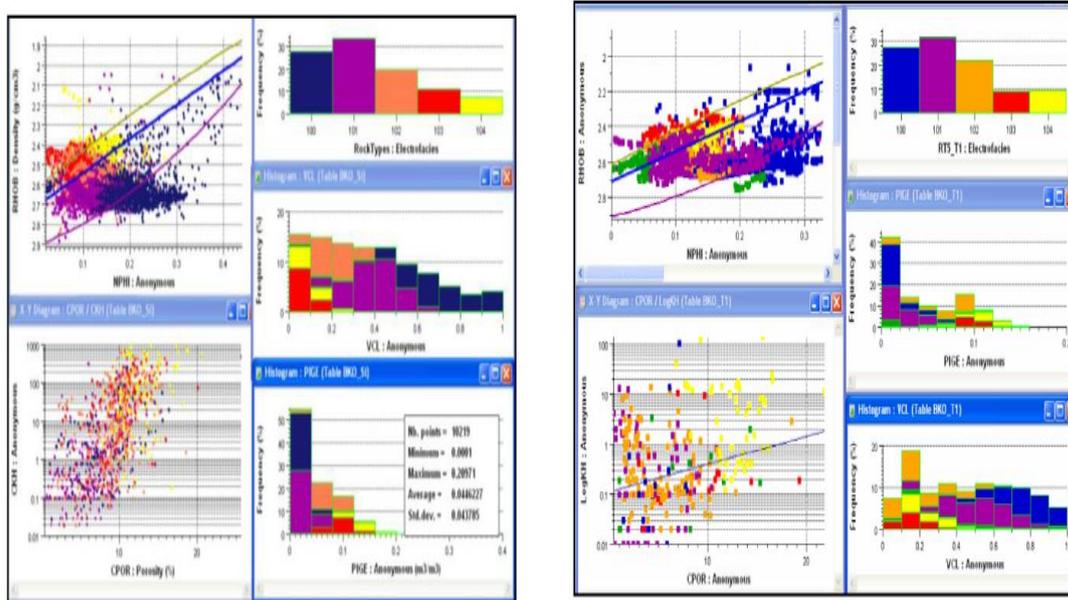


圖 17 Lower series 與 T1 儲集岩的電測相分析

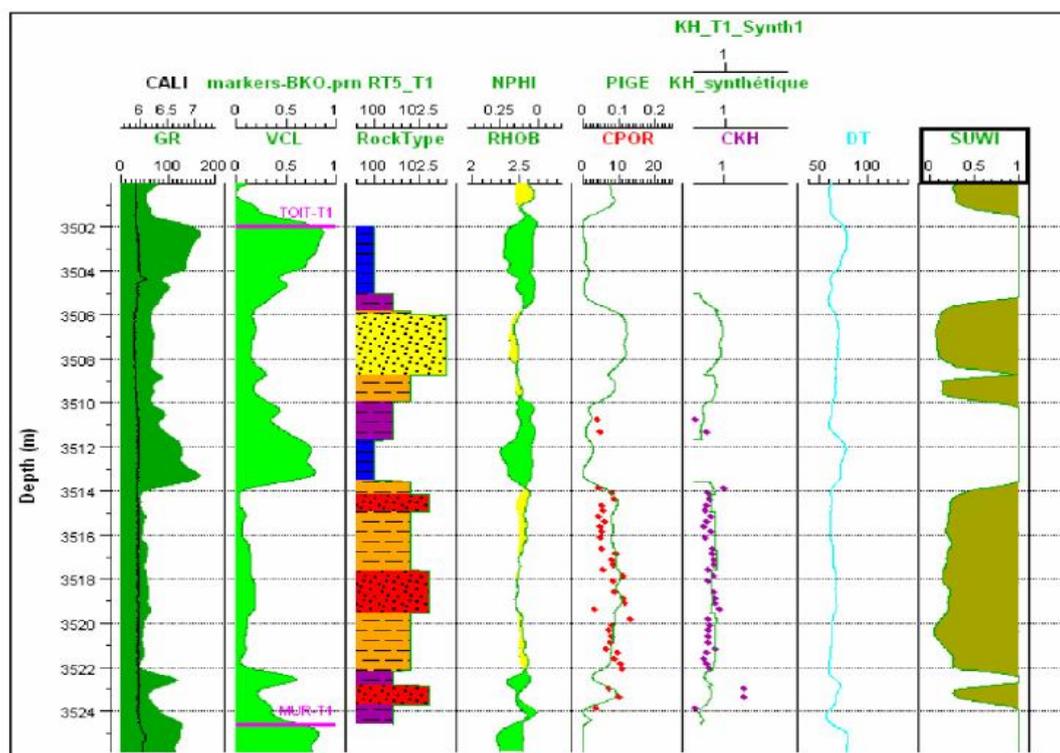


圖 18 T1 儲集岩的電測相分析

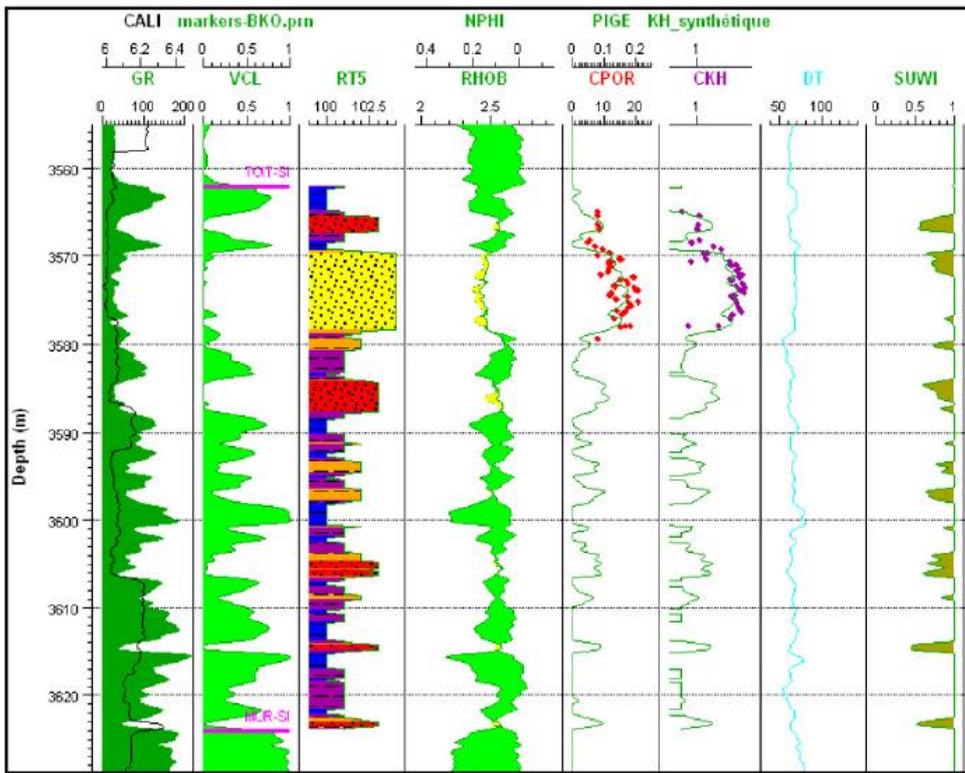


圖 19 井 B 之 Lower series 儲集岩電測相分析

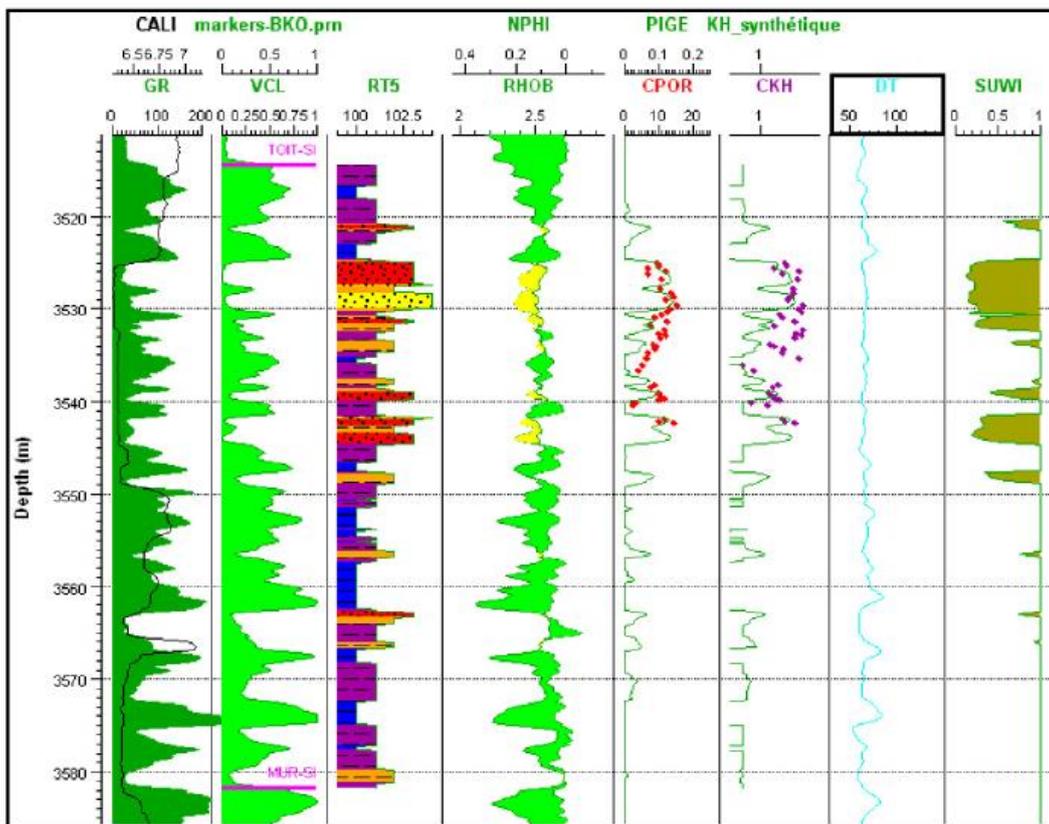


圖 20 井 C 之 Lower series 儲集岩電測相分析

## 岩相模擬

由於儲集岩的複雜度，及井數有限，所以採用隨機模擬的方法。

岩相模擬產生的岩相分佈顯示，岩相的演化與岩石物理性質會一起隨時間改變。有兩條經過所有的井的南北向剖面顯示 T1 及 Lower series 的岩相分佈。

岩相模擬確定了往北至 E 井，T1 儲集岩從砂岩變成泥岩的側向變化，即使如此，低孔低滲的中粒徑砂層(類型 3)，從 G 井至 H 井皆有分佈。T1 井被評估為緻密砂層。

Lower series 似乎是有最佳儲集岩性質的層次。似乎是未來鑽探的良好目標。

未來擬鑽探的井，我們選擇 lower series 儲集岩，位於油水界面以上的位置，以增加鑽探成功率。

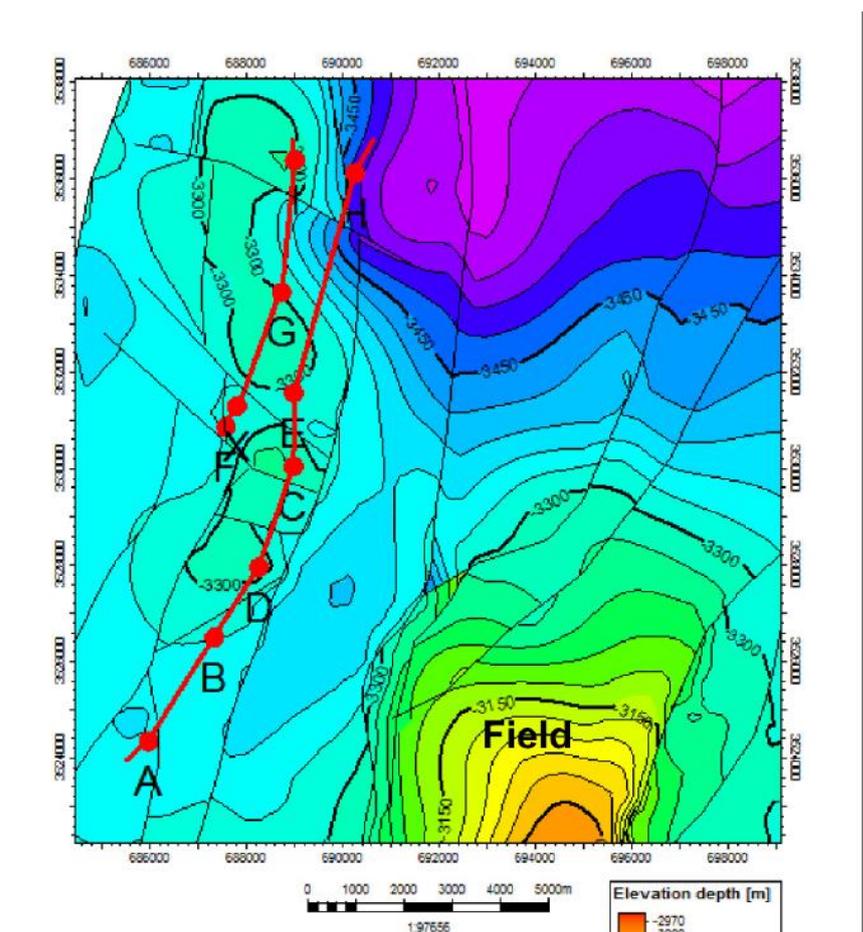


圖 21 本研究區的構造圖

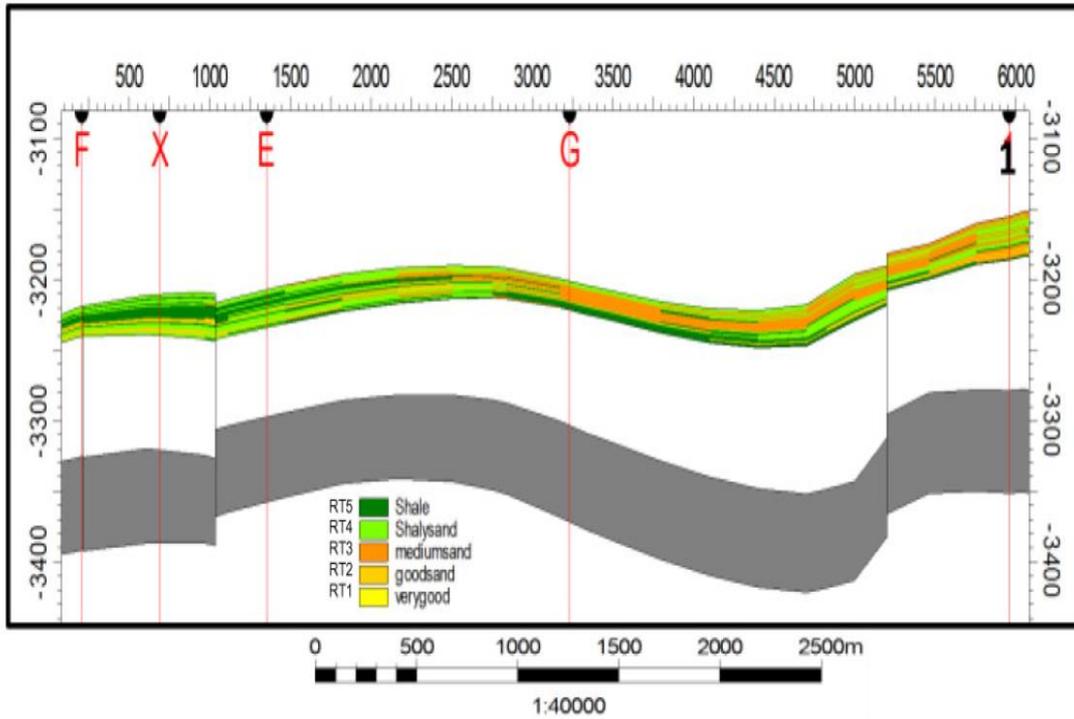


圖 22 T1 儲集岩的南北向岩相分佈(1)

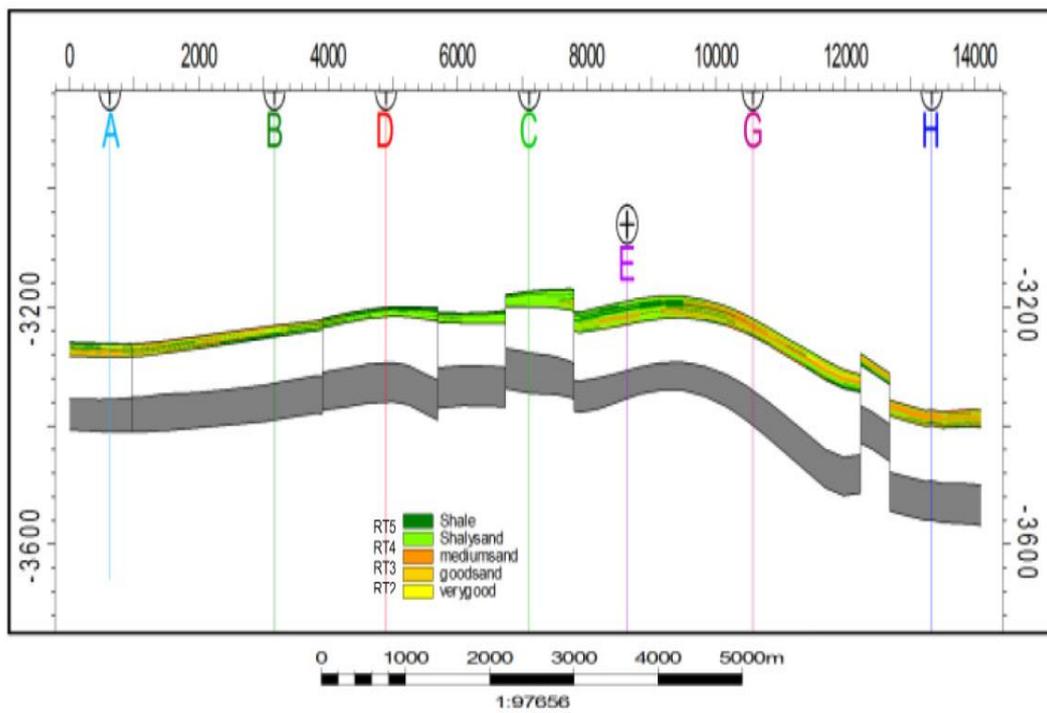


圖 23 T1 儲集岩的南北向岩相分佈(2)

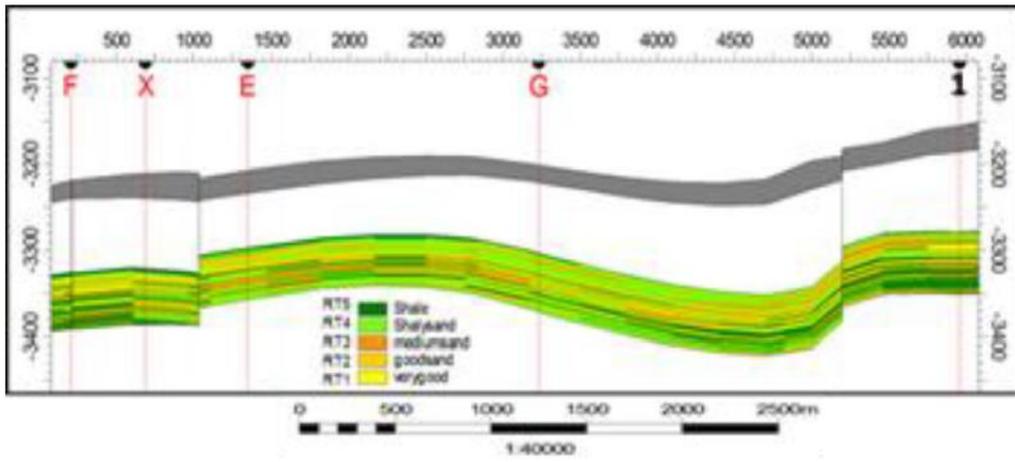


圖 24 Lower series 儲集岩的南北向岩相分佈(1)

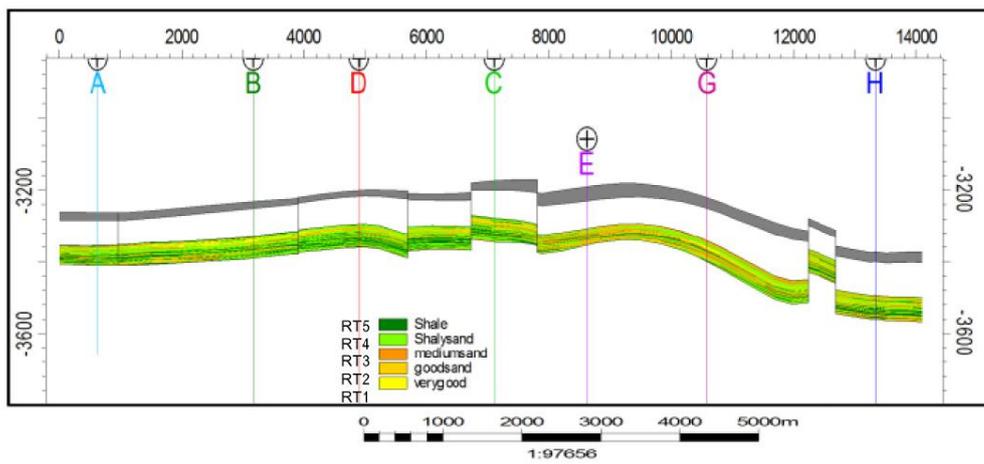


圖 25 Lower series 儲集岩的南北向岩相分佈(2)

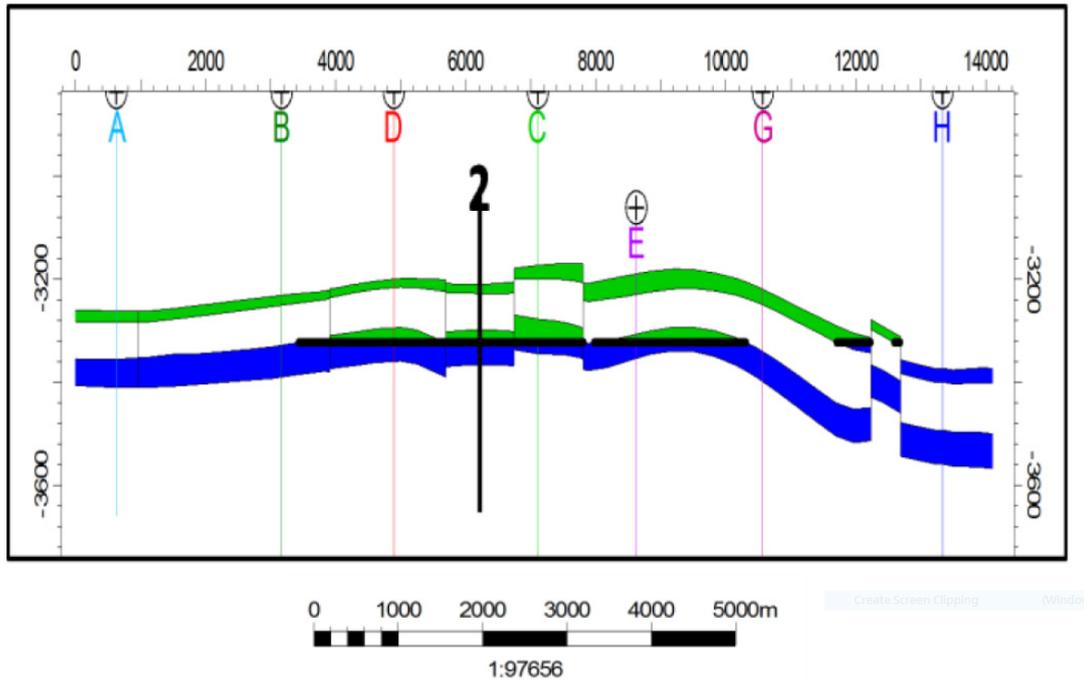


圖 26 南北向剖面的油水界面位置(1)，井 2 為本研究提出之鑽探井位

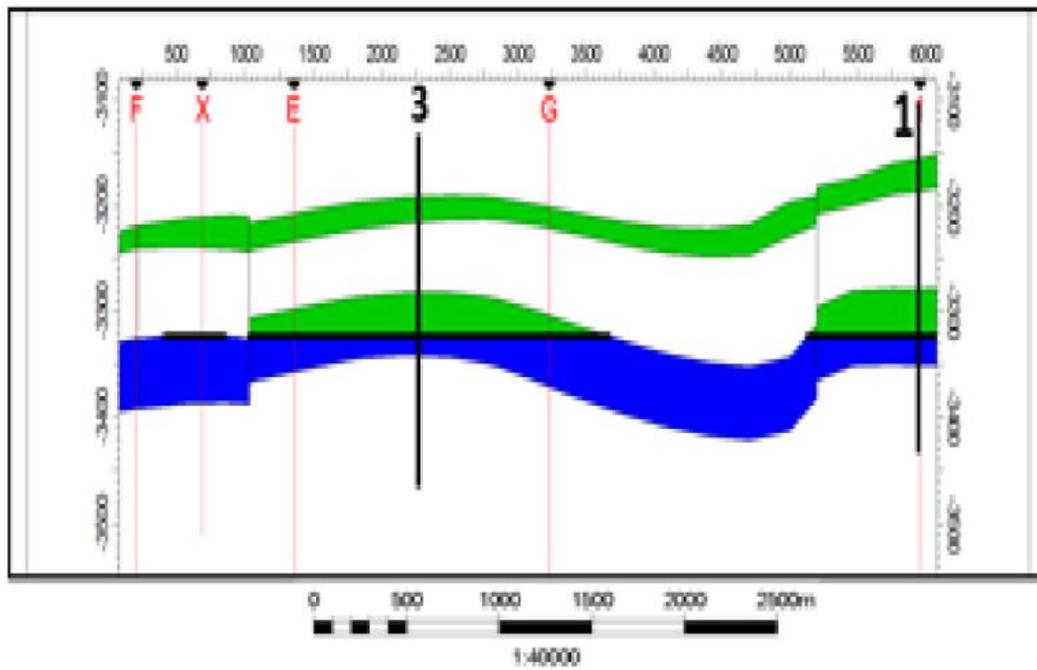


圖 27 南北向剖面的油水界面位置(2)，井 1 及井 3 為本研究提出之鑽探井位

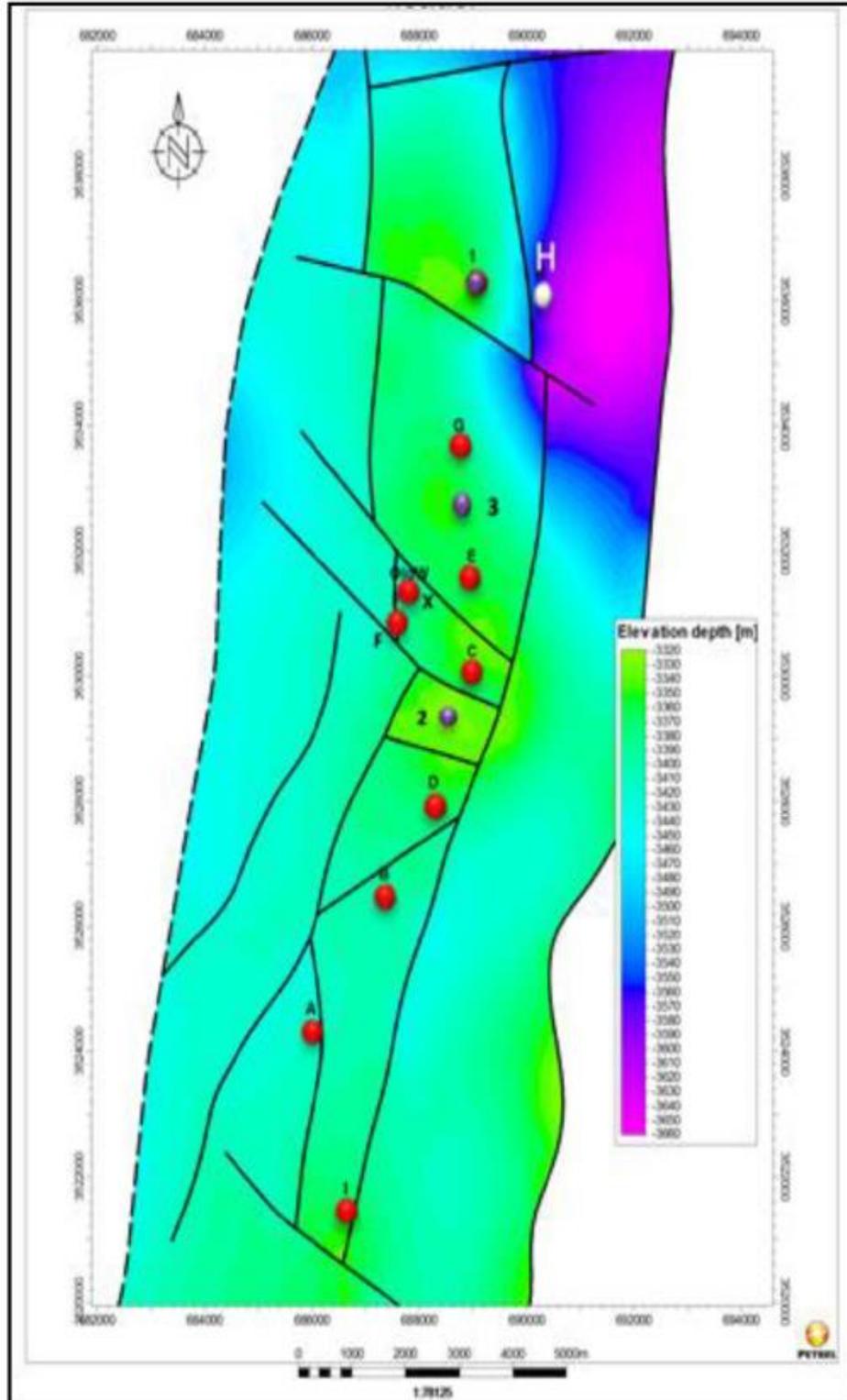


圖 28 Lower series 頂部深度構造圖及井位。井 1、2、3 為本研究提出之擬鑽探井位。

Trias T1 儲集岩的風險在於沒有連通的孔隙通道。雖然井 A 發現了 T1 有油層，但很薄。雖有 14 公尺的淨砂，但有生產力的厚度只有 4 公尺。Lower series 儲集岩有中等至良好的儲集岩性質，是本區域的主要探勘目標。

## 測勘部分小結

新的探勘成果的實現，依賴現代化的方法及先進的科技。鑽探高品質的井，可以在油田生產過程中，仍能持續藉由新技術，提升新蘊藏量。現在，可能的展望及條件資源量被認為位於地層封閉或更深更複雜的目標中。

這個整合性的研究，使我們更加地了解儲集岩的行為和可以找到最佳的鑽探井位。但需注意的是，儲集層的自然情況、構造及地層的真实封閉型貌、不連續的砂體、儲集層的厚度太薄，都可能造成不確定性。另外由於模型是建立於二維震測資料上，震測資料的品質也會限制模型的解析度。

本公司各個礦區探勘及開發計畫也進行了多方面的資料，但在多種資料的整合上，尚有努力的空間。這個研究提供了良好的模範，可供本公司參考學習。

## 鑽井部分

### PCDS精細控壓鑽井系統

於展覽會場中，中石油(CNPC)公司展出「PCDS 精細控壓鑽井系統(PCDS Precise Managed Pressure Drilling system)」，這是該公司自主研製的，集合固定井底壓力與微流量控制功能於一體，可進行近平衡、欠平衡精細控壓鑽井作業，透過環孔壓力監測與控制、回壓補償，能有效避免窄密度窗口(narrow density window)地層之易噴又易漏泥等鑽井複雜困難情況。

PCDS 精細控壓鑽井系統，即國際上所稱的控壓鑽井(Managed Pressure Drilling)，而控壓鑽井技術的發展源自於欠平衡鑽井技術，控壓鑽井的原理，簡單的說就是在鑽井操作循環過程中，針對井底壓力作即時監測並加以動態控制，傳統鑽井時之井底壓力(泥漿柱壓)，會隨著開泵循環與停泵而有上上下下之起伏，井底壓力之起伏，若超過地層破裂壓力就會有漏泥現象，若低於地層(孔隙)壓力就會有衝噴現象，如圖 29，因此在破裂壓力與地層壓力間差壓很窄小的地層層段，即前述窄密度窗口(narrow density window)地層，傳統鑽井方式不易執行，甚至有困難，控壓鑽井就是要讓井底壓力保持恆定，保持在窄小的差壓範圍內，如圖 30。

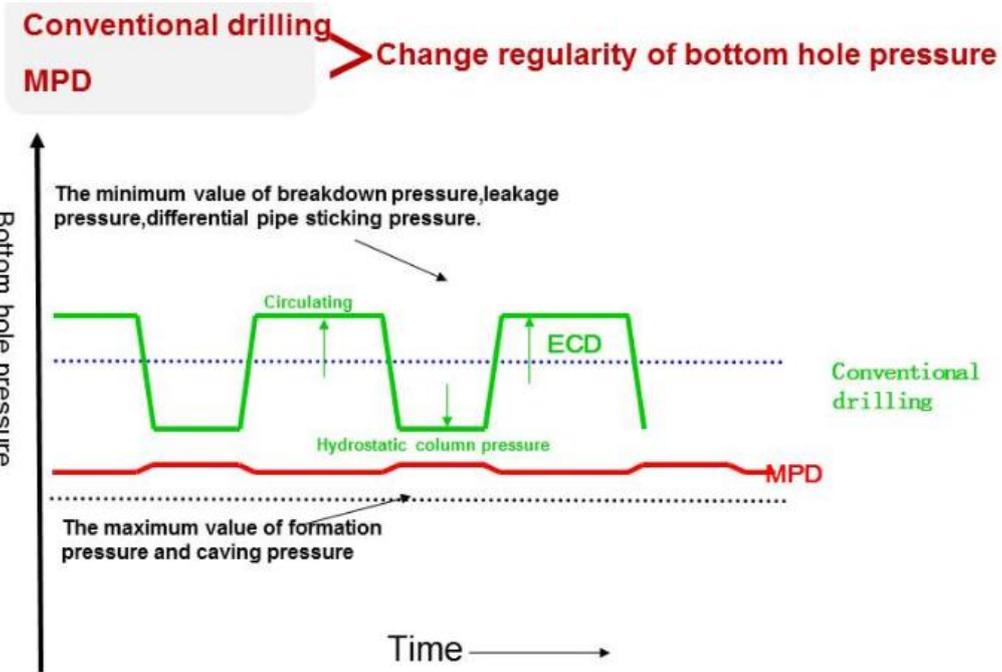


圖 29 井底壓力變化情形

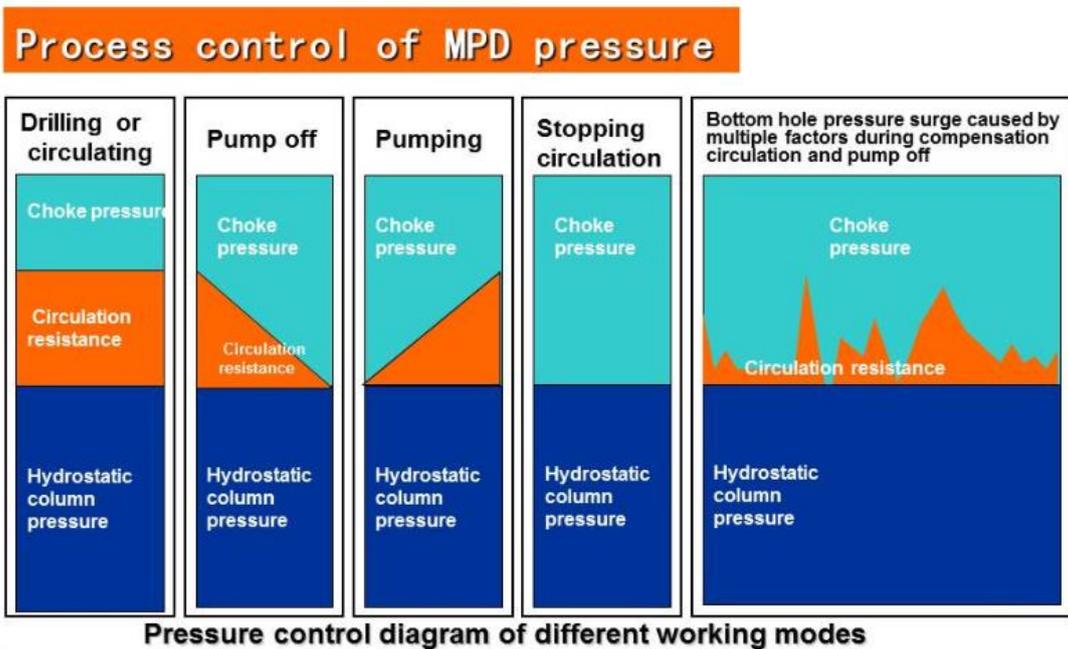


圖 30 控壓下之井底壓力情形

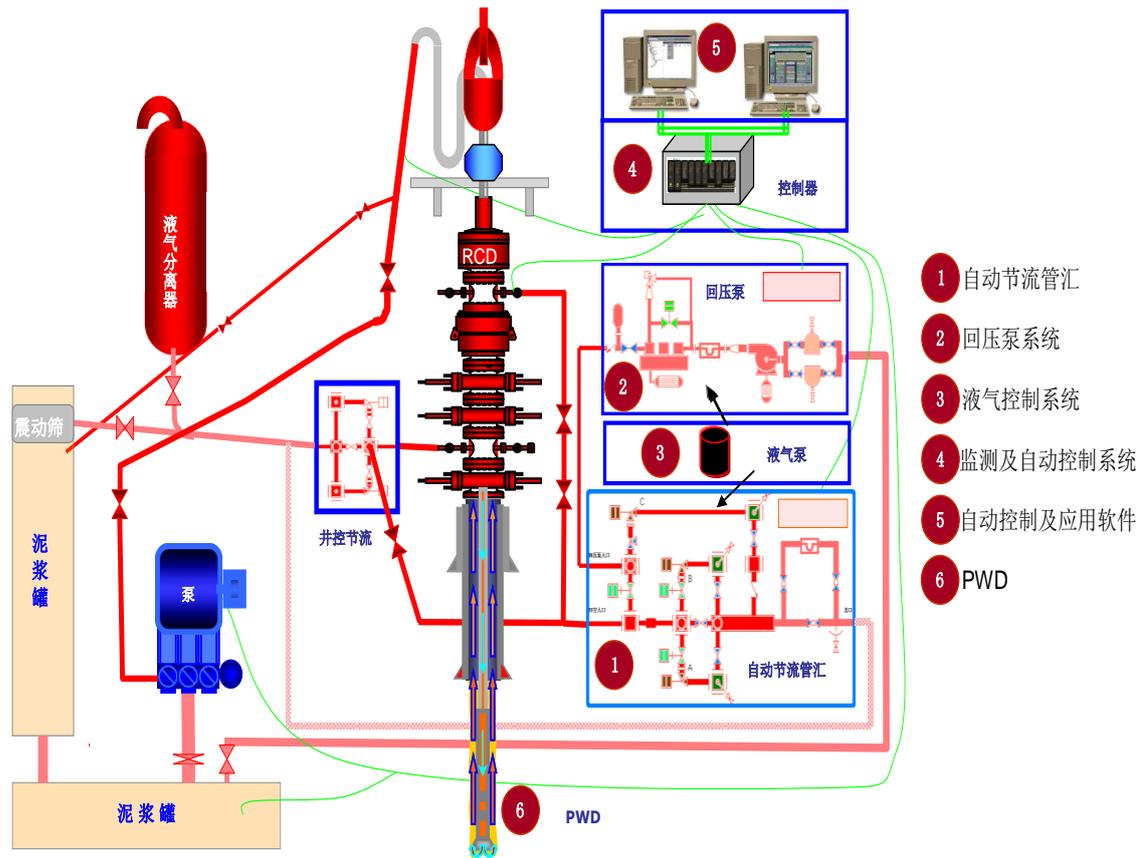


圖 31 控壓鑽井系統簡圖

中石油(CNPC)公司所提供的 PCDS 精細控壓鑽井服務，地面設備主要有三項：自動節流管匯(Automatic choke manifold)、回壓泵系統(Backpressure pump system)與控制中心(Control center)，如圖 31 所示，其中，除井口防噴器系統上方之旋轉控制裝置(Rotating Control Devices, RCD)由鑽機承攬商自備外，井底之隨鑽壓力偵測與傳輸為選用，若有，井底壓力偵測較精準，也可不備。

1. 自動節流管匯：具備多種管閥與各式節流閥，以自動調節鑽井循環系統壓力，如圖 32。
2. 回壓泵系統：包括一台小型三缸泥泵及其電動馬達、抽送管線與流量、液體密度計等，如圖 33。
3. 控制中心：為一貨櫃房，內含監視、自動控制系統，搭配各型自動控制軟件，如圖 34。

## Automatic choke manifold



圖 32 自動節流管匯



## Back pressure compensation system

圖 33 回壓泵系統



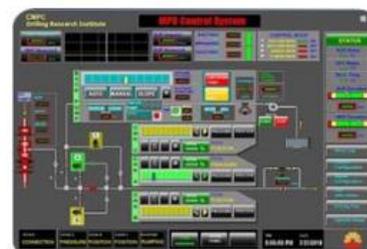
## Automatic control system and control center



圖 34 控制中心  
room



## Automatic control software



本套系統可預防和控制溢流、漏泥，避免井下複雜情況，適合應用在深井壓力敏感、碳酸鹽縫洞與窄密度窗口等條件下之地層，提高其鑽井安全性。

在中國大陸塔里木、四川、華北、山東等地區，中石油公司已成功應用與服務達 20 餘口井，系統性能穩定，有效解決了溢漏共存之鑽井難題，創造了 80% 控壓時間「點著火炬鑽進」、目標複雜困難地層零漏泥、零衝噴等紀錄，應用效果顯著。

控壓鑽井已慢慢發展越趨成熟，針對溢漏共存的裂縫發達地層，可有效解決，昔日台灣海域 F 構造區就有此鑽井困擾與難題，希望將來有機會能引進應用。

科威特石油公司發表之論文：

大尺寸混合型(Hybrid)鑽頭有效提昇鑽進效能(IPTC-18447-MS: Multiple Deployments of Large Diameter Hybrid Drill Bits with Optimized Drilling Systems Prove Enhanced Efficiency in Exploration Wells)

在科威特最大油田Burgan地區(世界第二大油田)，探勘井22吋大尺寸井段採用混合型(Hybrid)鑽頭，有效提昇鑽進率：

鑽頭之發展，以有否軸承區分為：有軸承者，其鑽錐齒以軸承方式滾動切削，如(滾錐)岩石鑽頭(rollar cone rock bit)，或稱牙輪鑽頭；無軸承者，即採用固定切削齒，如早期之金剛石鑽頭(Diamond bit)，近代因材料科技進步，固定切削齒型式發展至今日，以聚晶金剛石複合片(Polycrystalline Diamond Compact, 簡稱PDC)鑽頭為代表。

科威特Burgan地區在鑽鑿接近地表之22吋井孔段時，通常使用滾錐鑽頭，雖然扭力較為穩定但鑽進率不高，若想提高鑽進率而改用PDC鑽頭以井底馬達鑽進，雖有較高鑽進效率，但扭力高震動劇烈，耗損大、不符經濟效益，故而採用結合滾錐與PDC之混合型(Hybrid)鑽頭(如圖35)，既有PDC鑽頭高切削鑽進效能，亦有滾錐之穩定性。



Figure 5—22 Inch Hybrid Bit Design Selected for Well 5

圖35 混合型(Hybrid)鑽頭

科威特Burgan地區，本研究選了7口探勘井，皆為直井，井深約在4,000~4,300公尺(13,000~14,000英尺)，孔徑自36吋至6吋。

### 22吋井孔段：

深度約自1,200~1,800公尺(以well 5為例，自3,850~5,935英尺)，段距約600公尺(2,000英尺)之頁岩、砂岩與石灰岩互層，採地面旋轉鑽進，4口(offset well)

採用滾錐鑽頭，3口(Hybrid Deployment well)採用混合型鑽頭，如表1所示。

**Table 1—Paper Reference Well Numbers and their indication**

Reference Well Number	Details
Well 1	Offset well # 1
Well 2	Offset well # 2
Well 3	Offset well # 3
Well 4	Offset well # 4
Well 5	Hybrid Deployment well # 1
Well 6	Hybrid Deployment well # 2
Well 7	Hybrid Deployment well # 3

表1 7口井22吋井孔段鑽頭選用分配

**比較結果：**

採用滾錐鑽頭之4口井，平均鑽進率約13 ft/hr，鑽時約7天，每口井使用2個鑽頭，如表2所示。

**Table 2—Burgan Field 22 inch Sections Offset Wells**

Well Number	Footage	ROP (ft./hr.)	Number of Bits Used	Number of Trips
Well 1	2,251	14.9	2	2
Well 2	2,170	12.1	2	2
Well 3	1,967	11.5	2	2
Well 4	2,195	13.4	2	4
Section Average	2,146	13.0	2	2.5

表2 4口井22吋井孔段採用滾錐鑽頭使用情形

後3口井改採混合型鑽頭結果，鑽進率最高可達31 ft/hr，鑽時約3天，每口井使用1個鑽頭，如圖36、圖37所示，且鑽頭磨耗不大(圖38)。

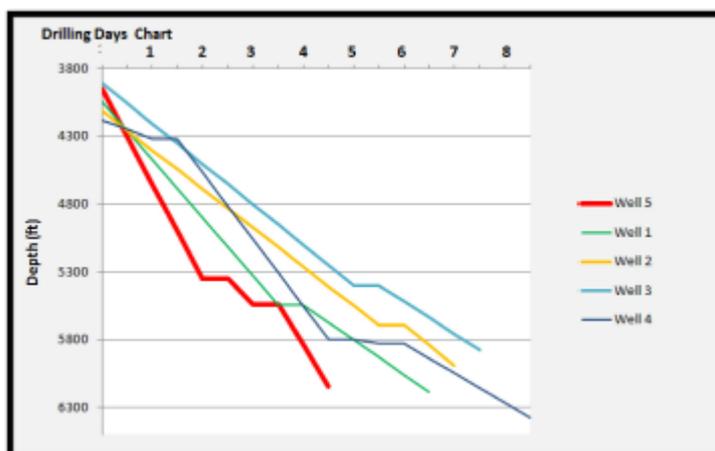


Figure 9—Drilling Days Chart for Well 5 and Offsets

圖36 well 5與前4口井之鑽時鑽深比較

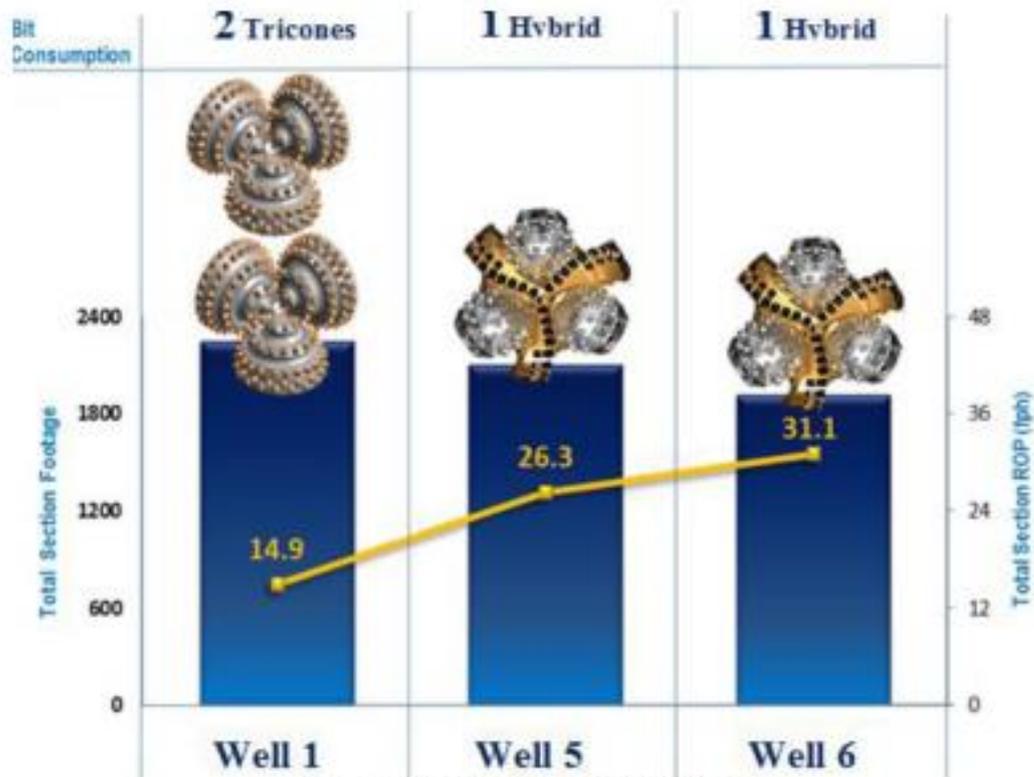


Figure 10—Well 1, 5 and 6 Performance Summary Chart

圖37 滾錐鑽頭與混合型鑽頭使用結果



Figure 13—22 inch Hybrid dull grading pictures for Well 5, 6 and 7

圖38 混合型鑽頭使用後之磨耗情形

### 鑽井部分小結

PDC鑽頭為近年來廣受採用之鑽頭，但在較接近地表之大尺寸井孔時，一般設計之鑽距也不可能很長，會因管串震動問題嚴重而容易磨損，不符經濟效益，因此有了結合滾錐與PDC之混合型(Hybrid)鑽頭構想，結果也達到預期之效果。

## 生產開發方面

因應查德開發工作，此次派赴參加IPTC任務之一為了解油田生產人工提舉方式之選擇與利弊。在參展廠商中，Weatherford公司在人工提舉方式有較詳細的介紹，主要分為四項：Plunger-lift systems、Foam-lift systems、Positive-displacement systems、Fluid-power lift systems。

1. **Plunger-lift systems**：在油管中設置一活塞，利用井內自身壓力驅動，使活塞自井底至井口反覆上下帶出油管串內流體，其他附屬設備包括井口自動控制裝置、潤滑裝置、緩衝器等，通常適用於低產量的高壓井。
2. **Foam-lift systems**：利用表面活性劑改變井內流體表面張力與密度，使伴產水容易生產出來減少柱壓，多用於儲集層壓力較低且伴產水多的狀況，當油管管徑受限或使用錐形油管無法放置活塞的狀況下，可考慮使用。
3. **Positive-displacement system**：當井內自身壓力過低無法使用氣舉、活塞生產等方式，須用機械方式提供能量將油汲取出來，此方法有最低的廢棄壓力可延長油井壽命，生產方式包括磕頭機、螺桿泵、電動潛水泵。
4. **Fluid-lift system**：利用注入流體及氣體等方式增加井內流體產出的能力，可分為單純注入氣體的氣舉、與控制注入速率、壓力、節流嘴之噴射氣舉等方式。

在數種人工提舉方式中，Weatherford提供了簡單決定如何選擇合適提舉方式之步驟如圖39，從內而外決定油氣井之產量、生產流壓、水切比、氣液比四項參數，即可對應最外圈適合的四大項人工提舉方式。而後在對照表3，參考井深、產量、溫度、流體特性、施工難易度、動力來源等狀況，決定最佳方法。

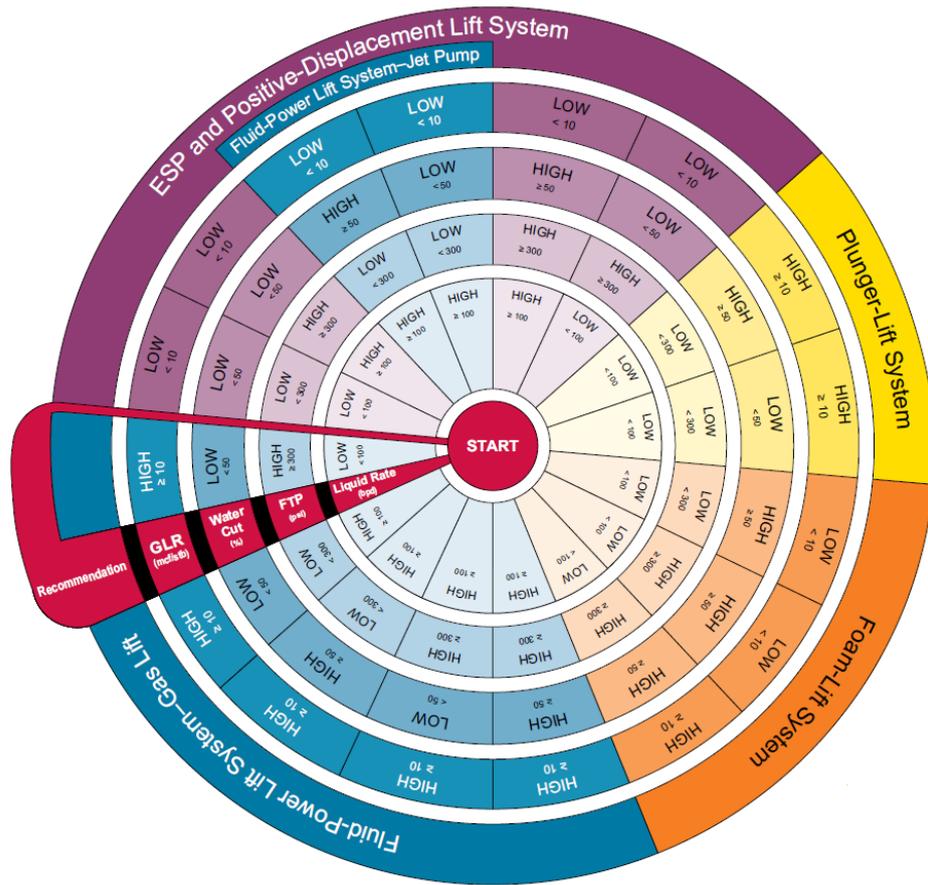


圖 39 如何選擇合適提舉方式之步驟

Form of Lift	Plunger Lift	Capillary String	Electric Submersible Pumping	Reciprocating Rod Lift	Progressing Cavity Pumping	Hydraulic Reciprocating	Hydraulic Jet	Gas Lift
Maximum operating depth, TVD (ft/m)	19,000 5,791	22,000 6,705	15,000 4,572	16,000 4,878	7,500 2,286	17,000 5,182	15,000 4,572	18,000 4,572
Maximum operating volume (BFPD)	200	500	60,000	6,000	4,500	8,000	35,000	50,000
Maximum operating temperature (°F/°C)	550° 288°	400° 204°	400° 204°	550° 288°	250° 121°	550° 288°	550° 288°	450° 232°
Corrosion handling	Excellent	Excellent	Good	Good to excellent	Fair	Good	Excellent	Good to excellent
Gas handling	Excellent	Excellent	Fair	Fair to good	Good	Fair	Good	Excellent
Solids handling	Fair	Good	Fair	Fair to good	Excellent	Fair	Good	Good
Fluid gravity (°API)	>15°	>8°	>10°	>8°	<40°	>8°	>8°	>15°
Servicing	Wellhead catcher or wireline	Capillary unit	Workover or pulling rig	Workover or pulling rig		Hydraulic or wireline		Wireline or workover rig
Prime mover	Well's natural energy	Well's natural energy	Electric motor	Gas or electric	Gas or electric	Multicylinder or electric		Compressor
Offshore application	N/A	Good	Excellent	Limited	Limited	Good	Excellent	Excellent
System efficiency	N/A	N/A	35% to 60%	45% to 60%	50% to 75%	45% to 55%	10% to 30%	10% to 30%

表3 參考井深、產量、溫度、流體特性、施工難易度、動力來源等狀況，決定最佳人工提舉方法

### 生產部分小結

依據公司於查德試油氣狀況，有數個生產層建議以人工提舉方式生產，其合理產率一天自數千至數百桶均有。井口壓力設定300psi以上、水切與氣液比均

低，依Weatherford公司建議以Positive-displacement system方式提舉，而油層深度介於2186~3276公尺之間、溫度未超過華氏250度、API位於34~40度、氣油比GOR低，其中數項指標接近人工提舉方式螺桿泵之操作限制，其餘磕頭機、電動潛水泵、液壓活塞泵均為可選擇之方式，如要正確選擇，則須更多資料，考慮流體腐蝕能力、固粒含量特性、現場動力來源方式，方可決定最合適之生產方式。

## 心得與建議

此次受選派至卡達杜哈參加此次年會，恰好是國際油價最低迷的時候。在出發前，心中想，會不會國際石油公司與服務公司皆在愁雲慘霧中？會議的氣氛是否也會是一股低氣壓呢？然而情況卻與我們想像的不同。

舉科威特石油公司為例，該公司在本次年會中公佈了它們2020年及2035年的目標與願景。就是以「科技及技術」，維持穩定的蘊藏量至2035年。由此可以發現，現在低迷的油價，已經使國際領先的石油公司、國家石油公司及服務公司漸漸體會到，石油行業已開始邁入了另一個階段，現在油價的低迷或許不是只是過去油價起起伏伏中的一次而已。

過去以立基於巨大資本投資的石油經濟及石油工業，已經要開始轉型是以技術導向的經濟及工業模式。並不是有大量的資本投資，就可以有大量的回收。而是需要靠尖端的技術，突破性方式來降低探採成本，降低探採風險，以提高採收率並能延長穩產時間。

本次年會，不管是各國的國營石油公司、國際大型石油公司，或服務公司，皆展示出其科技、技術的先進及利基，不僅沒有顯示出石油行業已進入頹敗之勢，反而顯露出蓬勃的氣象，令人印象深刻。

本公司與其它國際大型石油公司相比，每年能投入在國際石油探勘上的預算相對低了不少。單純以資本支出的能量來看，很難經由1分的投資規模真的獲得1分的效益。然而如果能夠掌握先進的科技及技術，有可能不僅可以獲得等比例的效益，而甚至可以得到倍數的效益。故建議本公司，應盡量以提高探勘生產的技術能力為優先。在一兩年內，或許只能看到金錢及人力的投資花費，而不能看到即時的益處，但是相信在幾年後，公司整體探採技術的提升，一定可以使公司獲得倍數等級的探採績效提升。

## 展會集錦

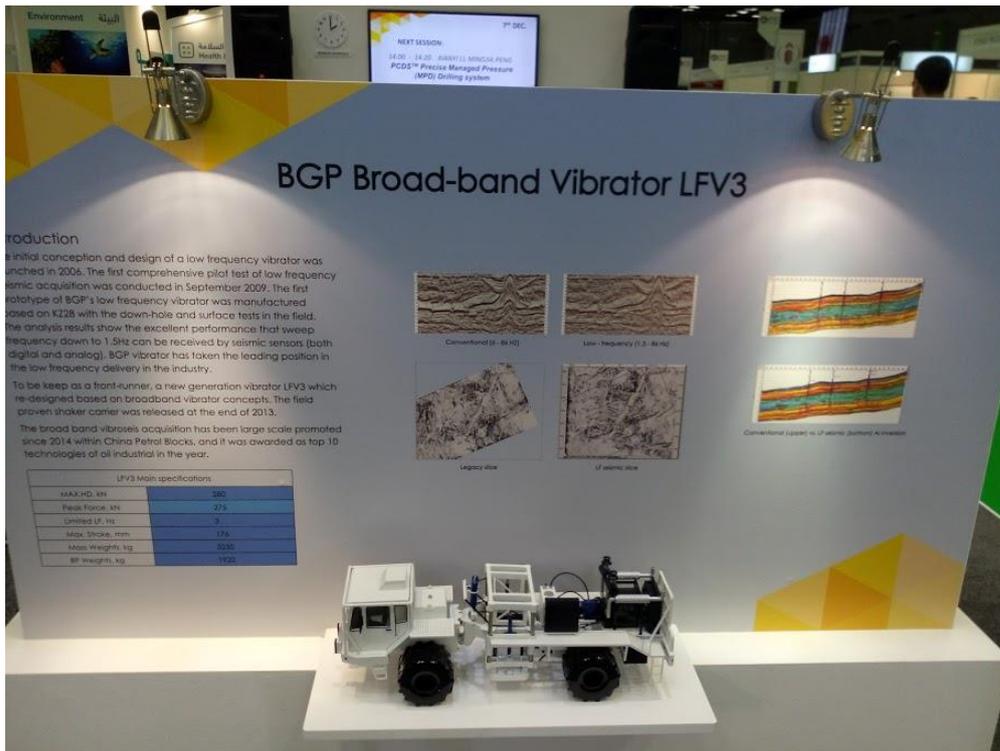


圖40 BGP公司設計製造的寬頻震源車及寬頻震測施測技術展示

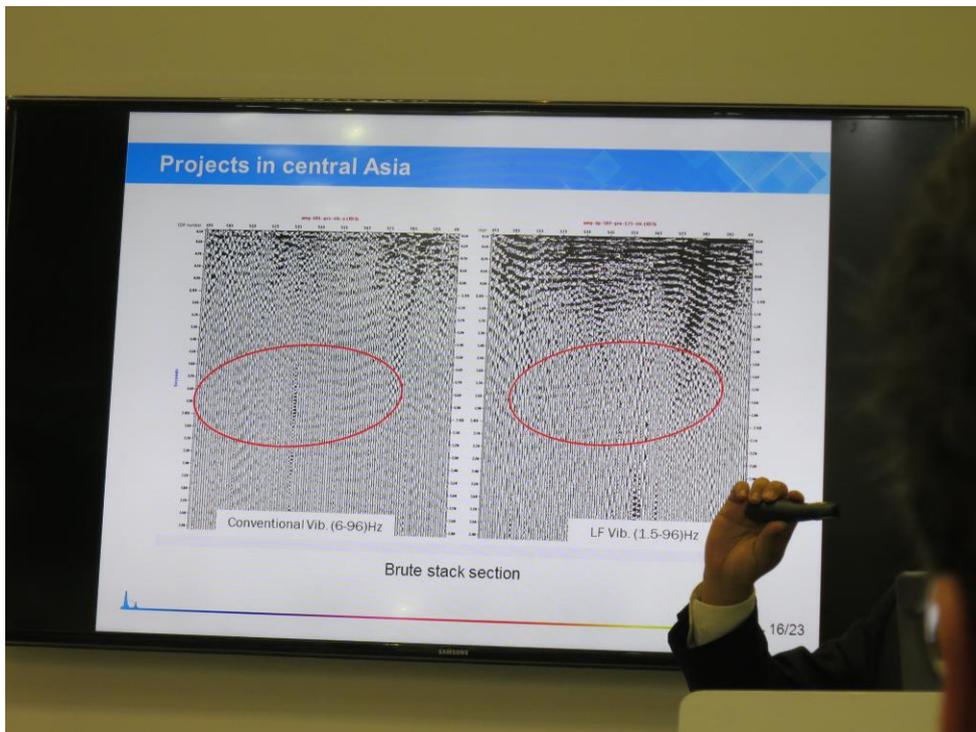


圖41 寬頻震測(1.5-96 Hz)與傳統震測(6-96 Hz)野外施測之Brute stack剖面比較。可以發現寬頻震測可以得到較強的深處反射訊號。

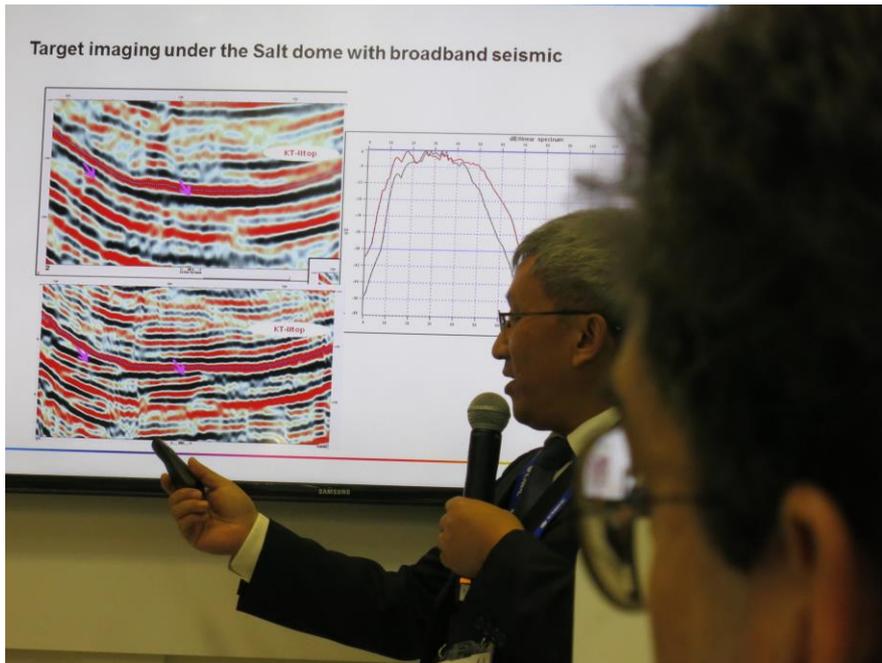


圖42 寬頻震測的目標層影像(下圖)較傳統震測佳(上圖)

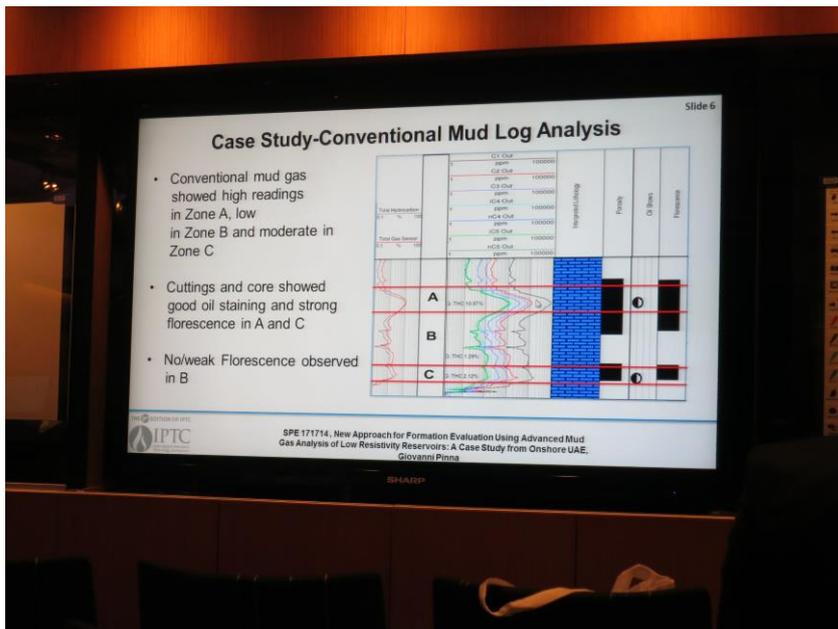


圖43 研究發表(高精度泥漿測錄在油層解釋上的應用(1))

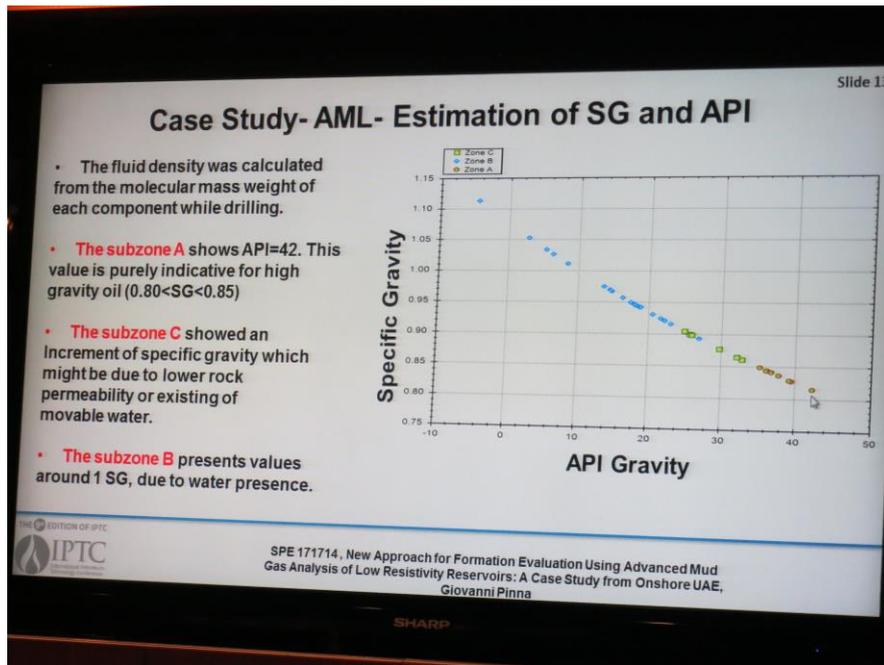


圖44 研究發表(高精度泥漿測錄分析在油層解釋上的應用(2))



圖45 年會會場入口一隅



圖46 年會展場一隅



圖47 本次年會的青年科學家優秀研究之發表會

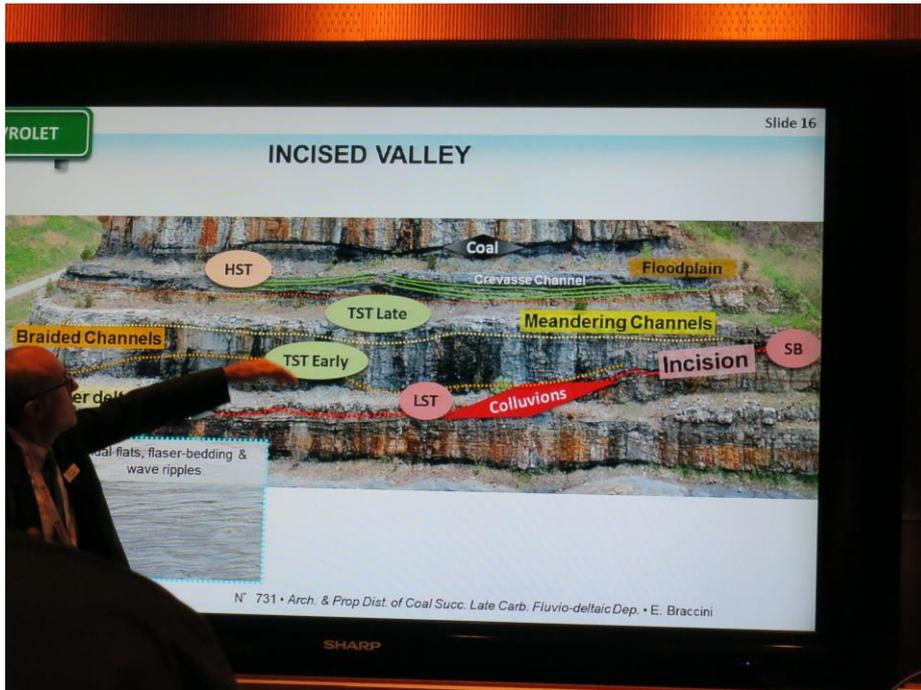


圖48 研究發表(地表露頭地質調查之層序地層分析)



圖49 年會會場PCDS設備模型展示



圖50 年會會場油氣提舉設備模型展示