

台灣中油股份有限公司人員從事兩岸交流活動報告書

## 2014 年海峽兩岸石油天然氣資源 學術研討會

研提人單位：總經理室  
職務：特別助理  
姓名：吳榮章

研提人單位：探採研究所  
職務：石油開採工程師、化學師、微古生物師、地球物理探勘師、地球化學探勘師  
姓名：王文烈、黃德坤、王明惠、李健平、林殷田

研提人單位：探採事業部  
職務：組長、工程師、地質師、地球物理師  
姓名：王志銘、劉永郎、林麗華、周定芳、曾彥祺

參訪期間：103 年 11 月 25 日至 103 年 11 月 28 日

報告日期：103 年 12 月 12 日



## 政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

### 壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：2014 年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會
- 二、學術研討會：第 5 屆海峽兩岸石油天然氣資源學術研討
- 三、活動日期：2014 年 11 月 25 日至 2014 年 11 月 28 日
- 四、主辦（或接待）單位：福建省礦業協會  
中國礦冶工程學會  
福建省台灣海峽地質研究所
- 五、報告撰寫人服務單位：台灣中油股份有限公司探採事業部、  
台灣中油股份有限公司探採研究所

### 貳、活動（會議）重點

#### 一、活動性質

「2014 年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」於本年 11 月 26 日假福建省福州市悅華酒店舉行，由福建省礦業協會、中國礦冶工程學會共同主辦，福建省海峽地質研究所承辦。共有 100 多位來自海峽兩岸石油企業、研究機構、高等院校及相關政府職能部門的專家學者參加此次會議。會議議程分為大會主題發言、分組交流討論及 11 月 27 日至 28 日之野外地質考察等三部份。

本屆研討會共收到基礎地質、油氣地質、油氣勘探開發領域的論文共 45 篇，參與人員透過論文發表與研討的方式，進行兩岸石油天然氣等礦業研究發展之成果交流，並就兩岸油氣資源勘探前景等熱點問題進行詳細交流研討。

#### 二、活動內容

為加強台灣海峽油氣探採技術共同研究、平等互利互惠精神，兩岸專家學者和研究人員通過面對面交流研討台灣海峽及周邊地區基礎地質、海洋地質、地質構造演化、油氣地質、油氣成藏模式、頁岩氣以及礦產地質等方面最新的研究成果，探討台灣海峽及周邊地區油氣資源的勘探開發前景。積極支持兩岸加強台灣海峽油氣探採技術交流並有效推動海峽兩岸地質礦產領域交流合作的進程。

海峽兩岸石油天然氣資源研討會是兩岸深化地質領域交流合作的重要平臺。2010年起由兩岸輪流主辦，兩岸專家交流了兩岸地質領域的最新研究成果，探討了兩岸地質領域的合作議題。自2010年在福州市首次召開兩岸油氣研討會，並建立常態化交流機制以來，兩岸油氣研討會再次在福州市召開。藉助兩岸地質領域交流合作進一步加大廣度和深度。

### 三、遭遇之問題(無)

### 四、我方因應方法及效果(無)

### 五、心得及建議

1. 此次參加2014年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會，從人員接待、會議安排、研究成果展示與討論、雙方與會人員互動交流等，每每體現福建省礦業協會與中國海洋石油總公司的精心規劃與安排，其各項作業的分工極為細膩，值得借鏡。
2. 由交流報告中深刻體認中國大陸各石油公司、研究單位投入於油氣探勘開發工作上，其規模遠較台灣為大，許多領域及項目之研究，值得借鏡參考。
3. 透過此次之交流機會，深刻體認台灣中油公司若意欲成為國際性之大石油公司，必須於探勘研究上加強規劃，擴大專業人員進用，引進新設備，於探勘領域之研究應分工更細緻，增加研究之深度及廣度。
4. 經檢討本公司參與之人數，已建議兩岸主辦學會及協會，擴大資源礦產交流領域，則油氣探採部分可減低參與人數，另增加其他礦產資源之專家學者，故2016年赴由大陸舉辦時(明年由台灣舉辦)，台灣中油公司公假前往人員將可減少60%人數進行。

參、謹檢附參加本次活動(會議)相關資料如附件，報請

鑒核並請轉行政院大陸委員會備查。

職：吳榮章、王文烈、黃德坤、王明惠、李健平、林殷田、  
王志銘、劉永郎、林麗華、周定芳、曾彥祺

103年12月12日

所屬機關意見

## 摘 要

103年11月25日至28日由中國鑛冶工程學會理事長吳榮章率團，參加「2014年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」，探採事業部及探採研究所各選派5人參加並發表論文，另有鑛冶工程學會、臺北科技大學、成功大學等共22人與會共襄盛舉。

大會於11月26日假福建省福州市悅華酒店舉行，由台灣中國鑛冶工程學會與福建省礦業協會聯合主辦，福建省台灣海峽地質研究所承辦，會議之議程分為大會主題發言、分組交流討論及11月27至28日上午之野外地質考察等三部份。

本研討會之目的旨在交流兩岸之基礎地質、海洋地質、油氣地質、礦產地質以及勘查技術等領域的最新研究成果，探討台灣海峽及週邊地區油氣資源的探勘前景、兩岸地質領域的合作議題，為兩岸交流合作的重要平臺。

# 目次

摘要.....	I
目次.....	II
壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
I. 會議開幕式.....	2
II. 大會主題發言.....	4
III. 分組交流研討.....	4
IV. 野外地質考察.....	6
考察內容一：泰寧丹霞地貌.....	7
考察內容二：邵武市晒口街道焦坑組剖面.....	10
V. 台灣中油公司代表之論文摘要.....	15
VI. 各專業領域之收穫及感想.....	70
(一) 地質及古生物.....	70
(二) 地球物理.....	70
(三) 地球化學.....	71
(四) 電測工程.....	73
(五) 油層工程--頁岩氣的儲層特徵.....	74
(六) 鑽井工程.....	75
參、心得與建議.....	78
肆、附錄.....	80
附錄一 行程及會議議程.....	80
附錄二 會議概況.....	82

## 壹、目的

「2014 年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」於本年 11 月 26 日假福建省福州市悅華酒店舉行，由台灣中國鑛冶工程學會與福建省礦業協會聯合主辦，福建省台灣海峽地質研究所承辦。會議之議程分為大會主題發言、分組交流討論及 11 月 27 至 28 日之野外地質考察等三部份，共有 100 多位來自海峽兩岸之石油企業、研究機構、高等院校及相關政府職能部門的專家學者參加此次會議。

海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會自 2010 年開始，由大陸福建省礦業協會邀請台灣中國鑛冶工程學會組團參加，第一年在大陸福建省福州市舉辦，第二年在台灣省苗栗縣苗栗市之中油探採研究所舉行，第三年在大陸福建省廈門市舉辦，第四年在台灣省苗栗縣竹南市之台灣保來得公司舉行，雙方輪流主辦，今年為第五次會議，在福建省福州市舉行。

本研討會之目的旨在交流兩岸在基礎地質、海洋地質、油氣地質、礦產地質以及勘查技術等領域的最新研究成果，歷年來兩岸專家、學者在研討會中探討台灣海峽及週邊地區油氣資源的探勘前景、兩岸地質領域的合作議題，為兩岸深化地質領域交流合作的重要平臺。

## 貳、過程

【2014 海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會】於本年 11 月 26 日假福建省福州市悅華酒店舉行，會議之議程分為大會主題發言、分組交流討論和 11 月 27 日至 28 日上午之野外地質考察等三部份。共有 100 多位來自海峽兩岸之石油企業、研究機構、高等院校及相關政府部門等各級專業人員、學者、教授、研究生等參加此次會議。

參與此次會議之大陸代表，共來自以下 23 個單位：國土資源部、中石化西北石油局、中海油研究中心、中海油深圳分公司、中國地質調查局、廣州海洋調查局、青島海洋地質研究所、中石油杭州地質研究院、中石油福州大項目、中石化上海油氣分公司、中石化油田事業部、中石化江蘇油田分公司、中石油石油勘探開發研究院、同濟大學海洋與地球科學學院、中國石油大學(北京)、中國地質大學(武漢)、中國地質大學(北京)、福建省國土資源廳、福建省地礦局、福建省煤田地質局、福建省地質測繪院、福建省地質調查研究院、福建省礦業協會等。台灣代表由中國鑛冶工程學會理事長吳榮章先生率團參加，團員包括：台灣中國鑛冶工程學會、台灣中油公司、成功大學臺北科技大學等 4 個單位共 22 人共襄盛舉。

茲歸納會議議程之相關內容如下(行程安排與研討會概況請參考附錄一與附錄二)：

### I.會議開幕式

時 間：11 月 26 日 8:30~9:30

地 點：福州悅華酒店華庭 A 廳

參加人員：全體會議代表

主 持 人：邵 旭(福建省地礦局局長)

議程：

1. 福建省礦業協會宋祥文會長致辭；
2. 中國鑛冶工程學會吳榮章理事長致辭；
3. 國土資源部彭齊鳴司長致辭；
4. 福建省人民政府陳照瑜副秘書長致辭；
5. 福建省礦業協會與中國鑛冶工程學會互贈禮品；
6. 全體會議代表合影(華庭廳廊廳)；

## 2014年「海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」吳榮章團長大會致詞內容簡要：

尊敬的來自大陸各位領導、尊敬的福建省礦業協會宋會長、康院士、各位專家學者、各位與會女士、先生們，大家早安！大家好！

我會與福建省礦業協會，自2010年在福建與台灣輪流合辦「海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」，迄今已邁入第五年；回顧4年來，兩會已建立良好學術交流與合作關係，促進了兩會間濃厚的友誼與感情，堪值慶賀！

中國鑛冶工程學會於1927年2月9日在北京西城兵馬司胡同9號，前農商部地質調查所圖書館成立，學會現在保存一幀成立當天全體與會礦業界先賢在大樓前合影的珍貴紀念照；彼等身著長袍馬褂神采奕奕，為開發大中國礦產，展現堅卓毅力與信心；仰望泛黃照片，緬懷先賢先進的偉大宏圖與憧憬，讓我後人不由肅然起敬！

我會於1951年10月在台復會，購置會所，積極發展會務，擴大學術活動，目前擁有會員二千餘人，為台灣各專門工程學會歷史最悠久的社團法人之一，每年辦理重要學術活動50餘項，備受產官學研各界人士所肯定與讚揚，獲獎無數。

我會會章組織設有礦業、冶金、石油委員會，在不同領域進行國內外鑛冶學術研究與服務，頗著績效。

在油氣事業方面，台灣2013年進口石油4,276萬公噸，天然氣1,290萬公噸，自產油氣不及進口1%；煤炭自2001年全面停產，目前年進口6,775萬公噸，能源自產嚴重偏低；目前台灣正積極探勘陸地深部儲油構造、進行礦區修井復產工作；在兩岸合作探勘油氣方面，除台潮石油合約繼續進行東南側三維震測；南日島繼續與CNOOC洽談合約內容，規劃由雙方輪流擔任經營人；台陽深水區兩岸三方(CPC/CNOOC/Total)合作案，7月間三方在深圳展開第三輪契約協商，就「合作程式」「礦區權利金」「稅制繳交賦稅比例」及「生產年限」進行討論，順利圓滿；台灣中油亦積極與國際油公司在10個國家25個礦區合作探勘或洽談油氣田購併，均有斬獲。

福建與台灣各有廣袤經濟海域，希望通過貴我兩會的學術研究成果，促進兩岸合作探勘能源資源，以富裕民生，增進兩岸人民福祉！

辦理「海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」，備極辛勞，感謝主辦單位「福建省礦業協會」及承辦單位「福建省台灣海峽地質研究所」，為表示敬意與謝忱，我會特製作水晶紀念牌兩面，致贈礦業協會及地質研究所，敬請宋會長及陳所長笑納！

最後預祝大會圓滿成功，各位與會先進身體健康，萬事如意！謝謝！

## II.大會主題發言

時 間：11 月 26 日 9:50~12:00

地 點：福州悅華酒店華庭 A 廳

參加人員：全體會議代表

主 持 人：李上卿、丁原智

1. 中國主要盆地油氣分佈規律與戰略思考 / 康玉柱
2. Benzohopanes 在生油岩沉積環境辨識上之應用 / 林麗華
3. 東海及台灣海峽盆地油氣前景展望 / 王國純
4. 台灣西南部前陸地區正斷層作用之運動學模式 / 楊耿明
5. 原油中 V、Ni 與沉積環境關係研究 / 黃德坤
6. 台灣海峽鄰近地區晚中生代造山作用 / 陳潤生

## III.分組交流研討

### 第一組

地 點：福州悅華酒店拂翠樓-夢松廳

時 間：11 月 26 日 14:30~12:00

主 持 人：劉守全(第一階段)、吳榮章(第二階段)

- 1-1. 出磺坑氣田復產研討 / 王志銘
- 1-2. 東海陸架盆地南部中生代盆地油氣資源潛力分析 / 江東輝
- 1-3. 南黃海地區海相盆地油氣選區評價 / 楊鳳麗
- 1-4. 鐵砧山儲氣窖新注產氣井泥漿配方設計研究 / 劉永郎
- 1-5. 中國頁岩氣富集地質特徵與探勘進展 / 陳踐發
- 1-6. 泥頁岩不同賦存態經的分離及特徵探討 / 蔡進功
- 1-7. 應用震測資料及 dc 指數預測地層孔隙壓力研究 / 王文烈
- 1-8. 頁岩氣與天然氣水合物的古氣候環境指示意義 / 雷振宇
- 1-9. 頁岩氣與天然氣水合物的古氣候環境指示意義 / 邱小平
- 1-10. 桃園盆地的油氣潛能 / 李長之

- 1-11. 含油氣盆地深部油氣資源潛力探討 / 汪文洋
- 1-12. 福建探區露頭樣品風化校正研究及經源岩評價 / 周進峰
- 1-13. 印尼煤樣對於 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 吸附量特性之初探討 / 陳怡臻
- 1-14. 要素組合模式預測珠一坳陷珠江組下段油氣運移範圍 / 彭俊文
- 1-15. 功能要素匹配控藏模式定量預測岩性油氣藏有利成藏區 / 尚爽
- 1-16. 台灣西南海域水合物礦區降壓生產法案例分析 / 吳政嶽
- 1-17. 川西坳陷須五段天然氣成因類型及賦存機理 / 劉雨晨

## 第二組

地 點：福州悅華酒店拂翠樓-玉帶廳

時 間：11 月 26 日 14:30~17:30

主 持 人：劉守全(第一階段)、吳明賢(第二階段)

- 2-1. 番婆坑構造之儲集層特性分析 / 周定芳
- 2-2. 南方下古生界富有機質頁岩分佈特徵與沉積環境 / 徐政語
- 2-3. 水細粒沉積岩—油氣地質研究新熱點 / 傅強
- 2-4. 利用重合前震測逆推方法探討台灣官田地區儲氣層分佈 / 曾彥祺
- 2-5. 南海北部陸坡-深水盆地水道-深水扇系統演化及控制因素 / 周江羽
- 2-6. 台灣南部 FE-3 號井與 FE-1 號井地層對比 / 王明惠
- 2-7. 台灣海峽西部重磁特徵及其地質構造指示 / 林珍
- 2-8. 台灣海峽周邊中生代古地理面貌及啟示 / 王海榮
- 2-9. 南海北部中生代構造格局與沉積盆地發育特徵 / 易海
- 2-10. 利用三原色視覺化展示頻譜分解分析於儲集層特性 / 李健平
- 2-11. 利用重磁資料研究南海西沙海槽盆地地質構造特徵 / 塗廣紅
- 2-12. 流體中穩定氫氧同位素於探勘中的應用 / 林殷田
- 2-13. 新版《福建省區域地質志》成果概要 / 徐維光
- 2-14. 南海北部雙峰南陸坡深水區早-中中新世沉積充填特徵 / 錢星
- 2-15. 利用二氧化碳封存層之薄頁岩層增加地質封存安全性 / 陳璽元
- 2-16. 基於策井曲線細分碳酸鹽岩岩性 / 王寧
- 2-17. 大邑背斜的構造建模與演化 / 嚴青霞

#### IV. 野外地質考察

時 間：11 月 27 日至 28 日上午

地 點：(一)福建省三明市泰寧縣-丹霞地貌

(二)福建省南平市邵武市曬口街道-焦坑組剖面

福建省受白堊紀時燕山火山運動的影響，使得全境內存在三分之二的火成岩(其中一半是火山岩一半是侵入岩)，其餘三分之一為變質岩和沉積岩，本次野外考察的地點泰寧縣與邵武市為福建省的沉積岩區。

## 考察內容一：泰寧丹霞地貌 (11 月 27 日)

福建省泰寧縣的丹霞地貌位於福建省西北部，是構成整個中國丹霞的重要部分，由金湖和上清溪南北兩區組成，總面積約 234.88 平方公里，存在最密集的網狀谷地、最發育的崖壁洞穴(圖一)和最完好的古夷平面。丹霞地貌是指由鐵鈣質不均勻混合膠結(cementation)而成的平緩層狀紅色碎屑岩(圖二)，受垂直或高角度節理(joint)切割(圖三)、差異風化、重力崩塌、流水溶蝕和風力侵蝕等綜合作用下形成城堡狀、寶塔狀、針狀、柱狀、棒狀、方山狀或峰林狀的陡崖地形，岩性以礫岩(conglomerate)和砂岩(sandstone)為主(圖四)。



圖一、泰寧丹霞崖壁洞穴地形。

在地質上，福建省泰寧縣的丹霞地貌位於華夏古陸武夷隆起的中心部位，屬於泰寧紅層盆地的一部分，泰寧紅層盆地是白堊紀時發育在崇安-石城大斷帶上的眾多盆地之一，組成紅層盆地的地層即為前段所述的晚白堊紀紅色碎屑沉積岩，盆地西北側受大斷帶的斷層控制，為西斷東超的箕撞斷陷盆地。盆地的基盤是前寒武紀(pre-Cambrian)的變質岩、晚三疊紀-早侏羅紀的碎屑沉積岩或晚侏羅紀-早白堊紀的火山岩。



圖二、鐵鈣質不均勻膠結之紅色碎屑岩。呈現紅色是因富含鐵質的地層受氧化而形成紅色的氧化鐵。



圖三、丹霞地貌受高角度節理切割。



圖四、丹霞地貌之礫岩。大小不一的礫石膠結其中形成礫岩。

## 考察內容二：邵武市矸口街道焦坑組剖面 (11月28日上午)

晚三疊紀的焦坑組(圖五)是福建省北部主要的含煤碎屑岩地層，在福建北部的武夷山、順昌、建甌、漳墩、邵武、建寧、南屏和龍溪皆有露頭。地層走向大致呈東北-西南向長條狀分佈，底部以交角不整合和寒武紀地層接觸；頂部以假整合和梨山組接觸。



圖五、矸口焦坑組露頭。矸口的焦坑組露頭沿著富屯溪西岸公路出露。

焦坑組根據岩性可以分成上下兩段，下段岩性以厚層角礫岩或礫岩為主，夾雜石英砂岩、細砂岩、粉砂岩和煤層，部分地區含有中酸性火山碎屑岩或熔岩。下段地層之顆粒由下向上變細，分別對應到沖積扇和河流的沉積環境；上段為灰黑色粉砂岩(圖六)、碳質泥岩(圖七)、細砂岩、煤層和少量含礫砂岩，夾雜中基或中酸性熔岩和火山碎屑岩等，含有植物化石碎片，屬於湖泊或沼澤相沉積環境。



圖五、焦坑組灰粉砂岩。圖中灰粉砂岩和碳質泥岩互層排列，右側地層疑似受斷層截切。

焦坑組為福建省兩大煤系地層其中之一，煤層厚度約 2.2 公尺，地質年代屬於晚三疊紀，下方以不整合和前寒武紀地層接觸，如此大的年代差異顯示存在大量的侵蝕作用，造成古生代的地層全部缺失。一般認為是由兩個主要的造山運動造成華南陸塊抬升，進而發生侵蝕。第一個造山運動為古生代早期志留紀與泥盆紀之間的加里東運動(Caledonian movement)；另一個為印支運動(Indosinian movement)，是發生於晚二疊紀和早三疊紀間的造山運動。焦坑組地層沉積後，於白堊紀時又發生了一次燕山運動，使得火成岩遍佈於福建省的地層中。



圖六、焦坑組碳質泥岩。碳質泥岩為泥岩中含大量的碳物質(carbon materials)，薄層碳質泥岩位於圖中砂岩下方。

這次野外地質考察看到許多風化(圖七)或構造(圖八)現象，以及福建省的煤系地層焦坑組，對照台灣的三個產煤層木山、石底和南莊層，雖然年代不相同，但因福建和台灣在大地構造上的距離相當近，許多地質概念或能共同拼湊，進而解釋大陸東南沿海的地質演化，提升未來對煤或石油探勘的掌握度。



圖七、風化剝離作用(exfoliation)。剝離作用屬於物理風化的一種，是當上方荷重岩層減輕或消失時，下部岩層因壓力減低而發育向上張裂的節理面。



圖八、褶皺(fold)。焦坑組部分地層受應力擠壓而形成背斜(anticline)褶皺。

## V. 台灣中油公司代表之論文摘要

### **Benzohopanes在生油岩沈積環境辨識上之應用**

林麗華(Li-Hua Lin)  
台灣中油探採事業部

關鍵詞：碳酸生油岩、Benzohopanes

台灣的油氣田大部份屬於第三紀的三角州～淺海相碎屑岩沈積，對碳酸岩之石油系統與油氣探勘較陌生，而全世界與碳酸岩有關的石油蘊藏量和產量卻佔全球的一半以上；所以本研究希望對碳酸生油岩所產原油之地化特性進行分析，並建立關鍵分析技術，以協助本公司在海外進行油氣探勘時對碳酸岩石油系統能夠有效率的辨識。

碳酸生油岩內由於缺乏陸源沈積物與有機物之輸入，所以主要的有機物為海藻和菌類，大部份屬於第II類型油母質；除非有濁流發生才會將陸相有機物帶到碳酸岩內沈積，而形成了含第II 和第III 類型混合之油母質；由於缺乏陸源高等植物所提供的高臘份鏈狀碳氫化合物，再加上碳酸岩沈積環境中孔隙水之鐵份較少，所以碳酸岩所產之原油通常含較多環狀碳氫化合物和有機硫化物，根據統計，碳酸岩所產之原油中含硫量平均為0.86%，有時可高達5%，在受到菌蝕的重油和石油砂中可高達10% (Tissot和Welte, 1984)；同屬於高還原性環境的海相頁質生油岩所生成之原油，則屬於低含硫量之原油，因為海相頁岩的沈積環境中鐵離子較多，大部份的硫與鐵離子結合成為硫化鐵 (pyrite)，所以其原油之含硫量較低，而其生油岩中常有pyrite富集帶之出現。

原油樣品之分析流程，通常先進行API比重與含硫量分析，再以氣相色層質譜儀分析各個油樣所含碳氫化合物之整體分佈狀況 (whole oil gas chromatographic mass spectrometry analysis)，全油之GCMS data 係以MassLynk軟體進行各種特徵離子之圖譜分析，如：正烷烴(m/z 57)，類萘烷(m/z 123, 191)，類固烷(m/z 259, 217,218)，菲與甲基菲(m/z 178+192)，二苯並噻吩與甲基二苯並噻吩(m/z 184+198)等之圖譜分析與比對，可提供原油之生油岩沉積環境與熱成熟度之相關資訊。

本研究分析四個貝裡斯原油之全油GCMS分析資料發現其與台灣之原油成分有明顯之差異，尤其是這些油樣的 m/z 191圖譜中在C3420S藿烷之後出現一些前所未知之化合物(圖一)，經質譜圖分析之後，發現這些化合物可能含有一個苯環，故決定進行管柱分離法，將原油分為飽和烴、芳香烴與NSO化合物，再將飽和烴與芳香烴分別進行GCMS分析，如此可以避免原油中各種複雜成份在成份鑑定時產生幹擾現象，並由此確認圖一之中的4個不知名化合物屬於芳香烴類(圖

二)。

GC-MS分析條件如下：

Injector: 310°C

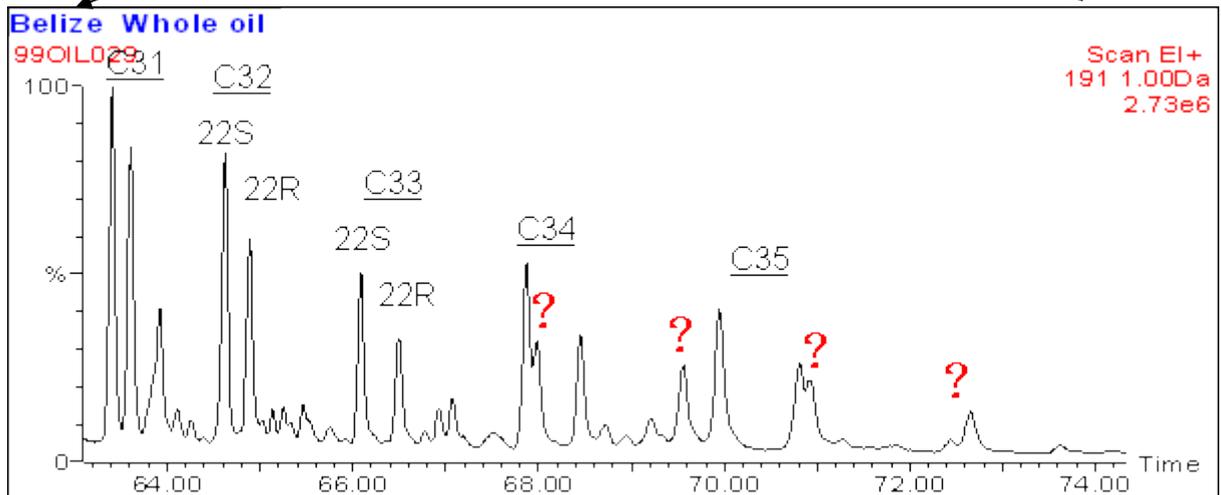
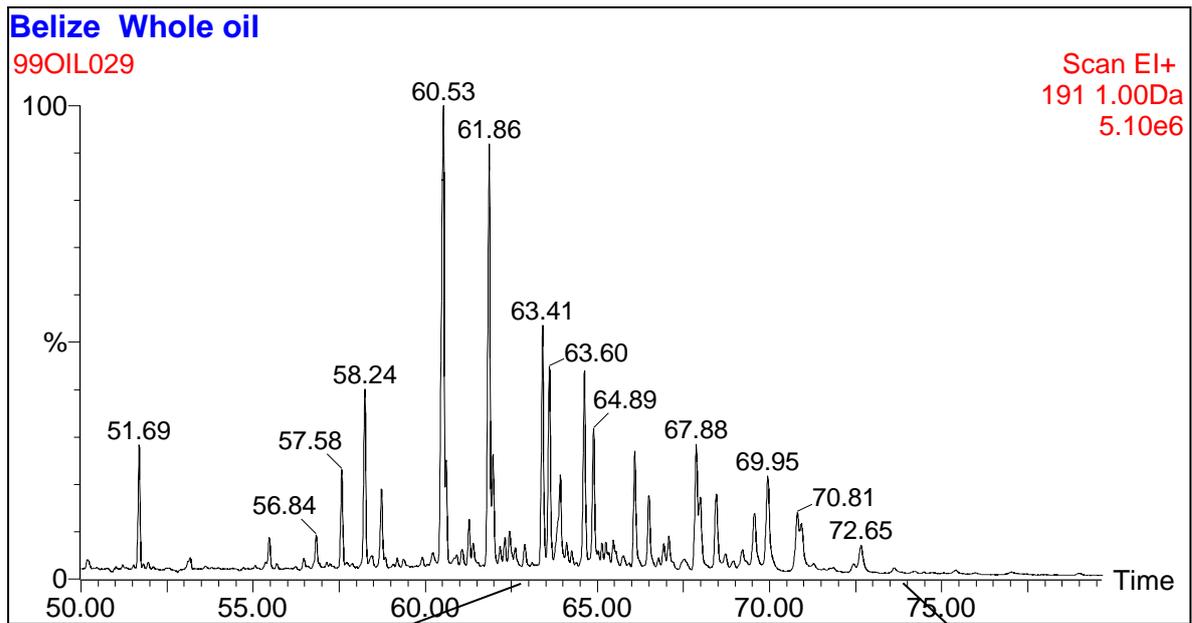
Column Oven: 60°C(5min)  $\xrightarrow{4^\circ\text{C}/\text{min}}$  300°C(15min)

Column : DB-1 30m x 0.25mm ID x 0.25 $\mu\text{m}$  Film

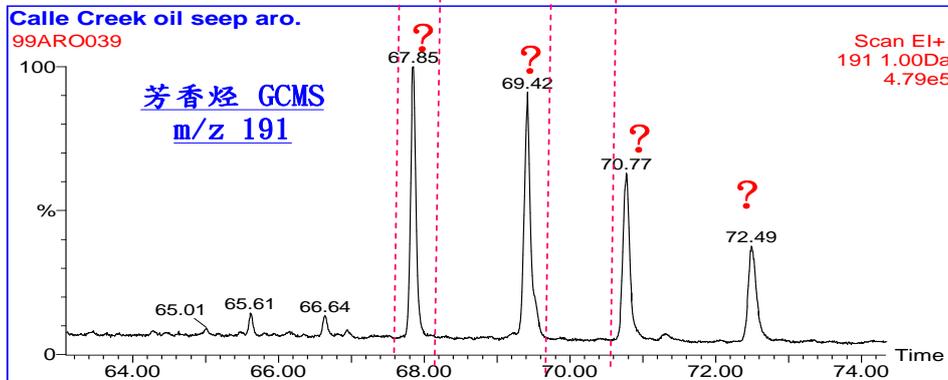
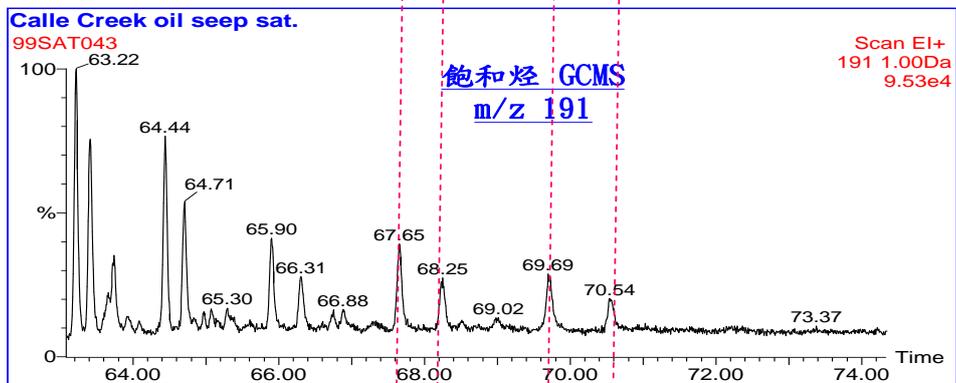
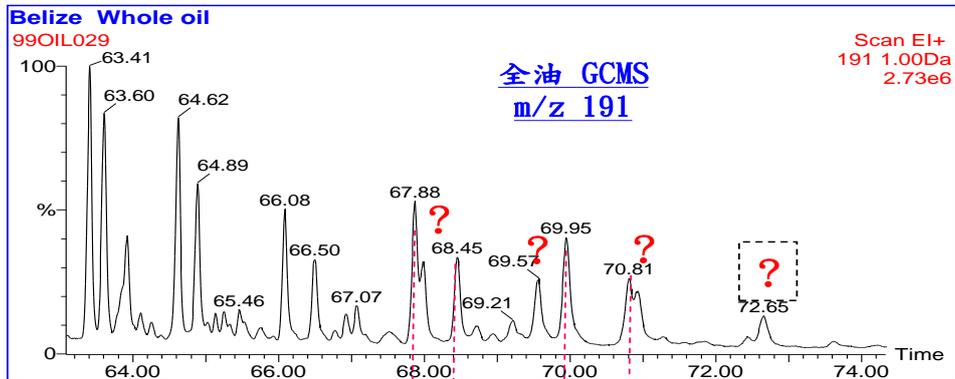
Column Flow : 1cc/min

這4個不知名的化合物均具有m/z 191之特徵離子，推測它們可能與藿烷具有相似的結構，經由The Biomarker Guide (Peters et al., 2005)書中有關Benzohopanes與其特徵離子之描述終於確認這四個化合物是C32，C33，C34，C35Benzohopanes(圖三)。

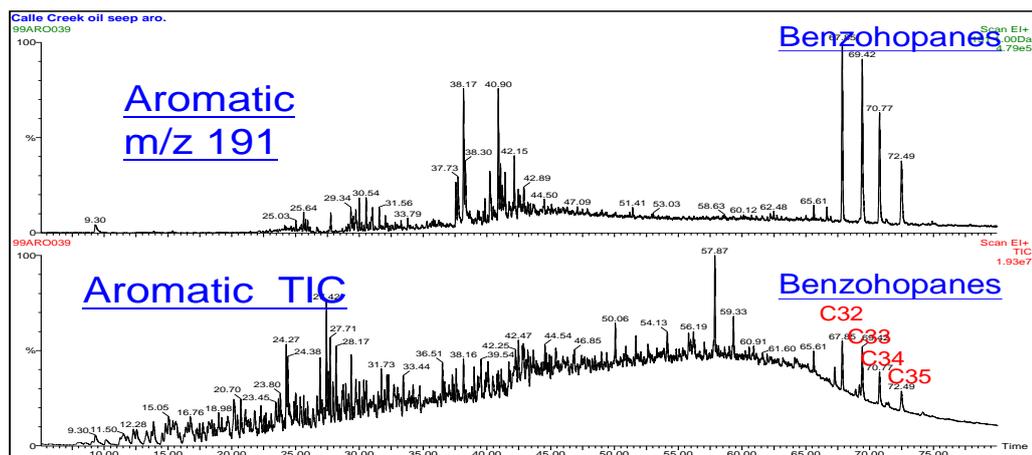
Benzohopanes 的起源可能是由homohopanoid 的支鏈，在成岩作用的早期，先環化(cyclization)再芳香化(aromatization)所形成的(Peters., et al. 2005)；在蒸發岩和碳酸岩類之生油岩所生成之原油中Benzohopanes 之濃度會有增高之現象；因此，原油中若有顯著的Benzohopanes含量，可能指示其生油岩為蒸發岩類或碳酸岩類，可作為生油岩沉環境之推測，其圖譜指紋也可作為油-岩對比之依據。據此，我們發現中東地區之原油也含有這4個Benzohopanes，對蒸發岩和碳酸岩類石油系統之辨識又增加一項對比指標。



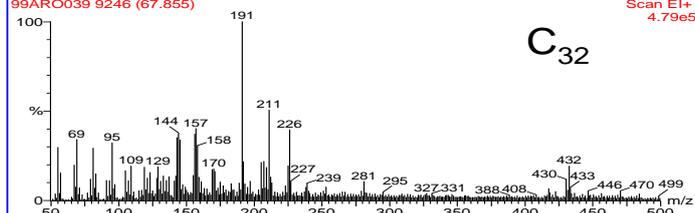
圖一、貝裡斯陸上原油之全油GCMS m/z 191圖譜(上)，下圖顯示在C34 藿烷之後出現4個不知名的化合物



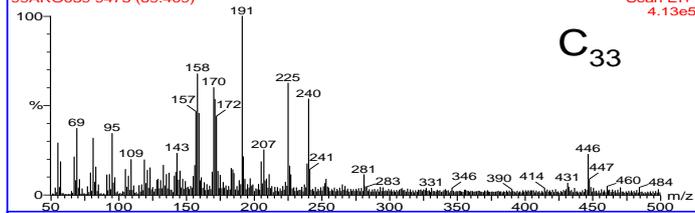
圖二、貝裡斯原油之全油(上)、飽和烴(中)和芳香烴(下)之 GCMS m/z 191圖譜。GC-MS



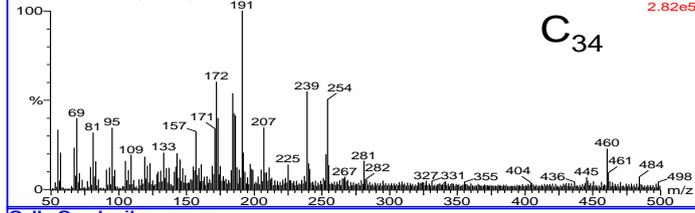
Calle Creek oil seep aro.



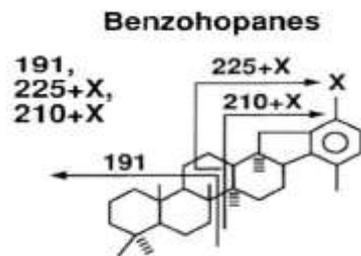
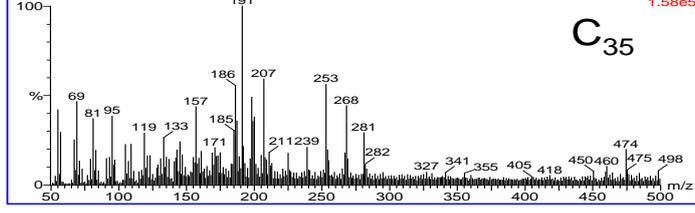
Calle Creek oil seep aro.



Calle Creek oil seep aro.



Calle Creek oil seep aro.



圖三、貝裡斯原油中 C32~C35 Benzohopanes 之鑑定

主要參考文獻：

Peters, K.E., C.C. Walters and J.M. Moldowan, *The Biomarker Guide*, Cambridge University Press, 2nd ed., UK, 2005.

# 原油中V、Ni與沉積環境關係研究

黃德坤

台灣中油公司探採研究所

關鍵詞：過渡金屬、原油、沉積環境

有機地球化學在油氣探勘上是不可或缺的工具，其相關的各項技術已發展了數十年，已具有相當成熟的理論基礎及應用性，不管是在源岩的鑑定或是原油的分類上都具舉足輕重的角色。有機地球化學的方法主要包括油品指紋圖、特徵化合物比值、多環芳香烴分析，以及生物指標化合物指紋圖、同位素比值等。就油品成份的大致分類而言，可以分成飽和烴(Saturates)、芳香烴(Aromatics)以及含NSO的成份(Asphaltenes及Resins)，傳統的有機地球化學著重的是碳數較低的飽和烴及芳香烴部份，對高分子量且含NSO的部份則鮮少著墨，究其原因主要是傳統的有機地球化學分析工具以氣相層析儀或氣相層析質譜儀為主，限於設備的特性必須是能夠氣化成氣態的成份始能進行分析，因此對高沸點的成份所能提供的資訊相對極少，通常僅Asphaltenes的含量百分比而已。然而不論是就油氣的形成機制或是為了取得更多油氣形成、移棲的訊息而言，原油中高沸點成份的分析仍極為重要。文獻上的報導已經證實原油中的微量過渡金屬主要是存在於Asphaltenes中，也有一些分析結果顯示過渡金屬的種類及比值可以有效的進行原油分類，且與有機地球化學方法的分類結果具高度相關性。因此本研究的目的是希望建立原油中過渡金屬的分析方法，再進一步針對一系列不同沉積環境的油品進行其中過渡金屬種類及含量的分析，最後與有機地球化學的分析結果相互比較，綜合論述，冀望為油氣的對比提供更多有效的資訊。

與原油中過渡金屬分析結果較相關的性質主要為API比重、硫含量及Asphaltenes含量。由分析結果顯示中東地區來源的油樣其硫含量明顯較高，與其主要為海相沉積環境相符。非洲地區的油樣則硫含量甚低，屬於偏好氧的湖相沉積環境。

進行原油中V、Ni分析時，所有原油、Maltenes及Asphaltenes均以二甲苯為溶劑進行稀釋或溶解，原油及Maltenes的配製濃度約為1/100(w/w)，Asphaltenes的配製濃度約為1/1000(w/w)。配製妥的溶液以ICP-MS進行分析。對同一個油樣而言，V及Ni的濃度都是Asphaltenes遠大於原油，原油又略大於Maltenes。雖然Asphaltenes、Maltenes及Crude中V、Ni的測值有明顯的不同，但整體而言V/Ni比值差異不大，此結果可提供做為油源對比的基礎。

由V/Ni比值來看，非洲地區的Cabinda、CB1、CB2、CB3及台灣的P14均遠小於1，亦即Ni濃度甚大於V。這是硫含量較低且氧氣相對較充足之沉積環境所

產生油的特性。事實上CB1、CB2及CB3是由同一口井的三個不同生產層深度所取得的油，其沉積環境為湖相沉積；Cabinda的沉積環境亦屬湖相環境；P14則為陸相沉積環境。這種沉積環境由於氧氣較多，大部份的葉綠素在沉積過程中均被分解，因此主要由葉綠素衍生的卟啉含量便相對減少，所能累積的V及Ni自然就變少。又由於沉積環境相對較不還原，厭氧性硫酸根還原菌的作用較差，且淡水環境中硫酸根含量較低，不會產生大量的硫離子與鎳離子結合成硫化鎳沉澱。此外，在偏氧化的環境中，鎳容易形成Ni<sup>2+</sup>離子，進而與卟啉錯合，但釩常以金屬V形態存在，較不易形成V<sup>2+</sup>或VO<sup>2+</sup>的氧化態，以致降低與卟啉錯合的機會，最終所呈現的就是陸相及淡水型湖相沉積環境的原油中過渡金屬V及Ni的濃度總量甚低(如CB系列，V<3 ppm，Ni<14 ppm，P14更低至<1ppm)，且Ni>V。

產自中東地區的AL、KC、Oman A、Oman B、OM、U2、F-AL、F-AL2、F-BLT、F-BLT2、F-KEC、F-KEC2、F-Oman、F-Oman2及F-UPP等，其V/Ni比值除OM為2.66，Oman B為2.98，F-Oman為1.99，F-UPP為2.49外，其餘均大於3，其中AL及KC更高達10.95及10.41。擁有高的V、Ni濃度，而且V濃度遠大於Ni濃度，這是屬於高度缺氧的海相沉積環境的特徵。在高度缺氧的環境中，葉綠素在沉積過程中能夠有效的保存下來，在其後的油氣形成中產生較多的卟啉，並進一步與過渡金屬錯合。又因為高度缺氧的沉積環境有利於硫酸根還原菌的生長，產生更多偏好與鎳離子形成硫化鎳沉澱的硫離子，因此導致Ni濃度降低，形成V大於Ni的情形。

產自委內瑞拉之V70B及V70E原油係來自西帕裡亞礦區同一口井的兩個不同生產層，其V、Ni濃度明顯高於其他原油樣品，同屬高硫原油，V/Ni比約介於5.1~5.4，亦可推測其沉積環境為高度缺氧之海相沉積。由氣相層析質譜圖明顯看出V70E受到嚴重的菌蝕作用，然而由兩個油樣的SIM 191及SIM123生物指標圖譜可研判兩者係同一來源。另外從氣相層析質譜圖中顯示Pr/Ph<1、C35 Homohopanes>C34 Homohopanes及低的Diasteranes等特性，亦可支援其沉積環境為海相環境。由於V70B與V70E的油源相同，但V70E受到嚴重菌蝕，在油品性質的意義上可以說V70E因細菌的作用而產生了濃縮的效果，最直接呈現的就是API比重，由V70B的25.5°變成V70E的16.7°，油樣變得非常黏稠。在過渡金屬的分析上也呈現相當一致的結果，不論是在Crude、Maltenes或Asphaltenes中，V/Ni比值都甚為接近，介於5.13~5.42之間，支持V70B及V70E兩者來自相同油源的推論。另外在V、Ni分析濃度值方面均呈現V70E的測值大於V70B，此即前述提及的濃縮效應。綜合而言，兩個相同來源的油一旦有一個受到菌蝕作用，則將顯現API比重值降低，黏度增加，硫含量增加，過渡金屬V及Ni的濃度增加等現象，但是V/Ni比值無明顯改變。

原油中的硫含量與沉積環境有密切的關係，若沉積環境中有較高的 $SO_4^{2-}$ 的濃度，且屬於厭氧的環境，就有機會藉由厭氧的硫酸根還原菌產生硫。這種含高濃度 $SO_4^{2-}$ 且厭氧的環境通常即是海水較深的海相沉積環境。在湖相及陸相的沉積環境則鮮少有這種優勢，通常顯現低硫的結果。 $V/Ni$ 比值與沉積環境亦有密切相關，因此將其與硫含量繪製成關係圖，可明顯區別沉積環境或油源的差異。圖1是所有原油 $V/Ni$ 比值與硫含量的關係圖，由圖中顯示Cabinda、CB1、CB2及CB3的沉積環境類似，屬低硫、低 $V/Ni$ 比值的湖相沉積環境。P14屬低硫、低 $V/Ni$ 比值的陸相沉積環境。AL及KC則屬高硫、高 $V/Ni$ 比值的陸相碳酸鹽沉積環境。Oman B、OM、F-Oman、U2及F-UPP具有類似的海相沉積環境，呈現中等濃度的硫及 $V/Ni$ 比值。圖2是所有原油 $V/(V+Ni)$ 比值與硫含量的關係圖，F. Galarraga等人(2008)的研究報導中認為 $V/(V+Ni)$ 比值大於0.5，且硫含量大於1wt%，其沉積環境傾向為海相碳酸鹽環境，若根據此論點，則取自中東地區國家的油樣及委內瑞拉的油樣均歸為海相碳酸鹽沉積環境。此外，由圖中也顯示同樣產自阿曼的Oman B、OM、F-Oman與Oman A、F-Oman2可區分成兩個不同的族群，有機地化的分析結果也得到相同的結論。

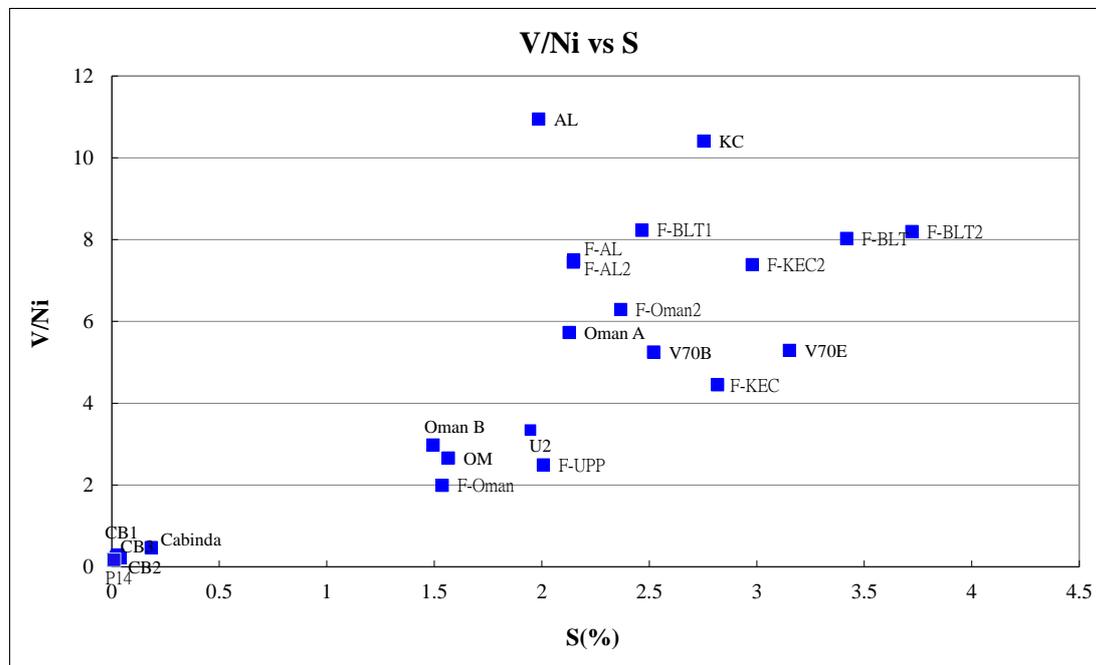


圖 1 原油  $V/Ni$  比值與 S 含量之關係圖

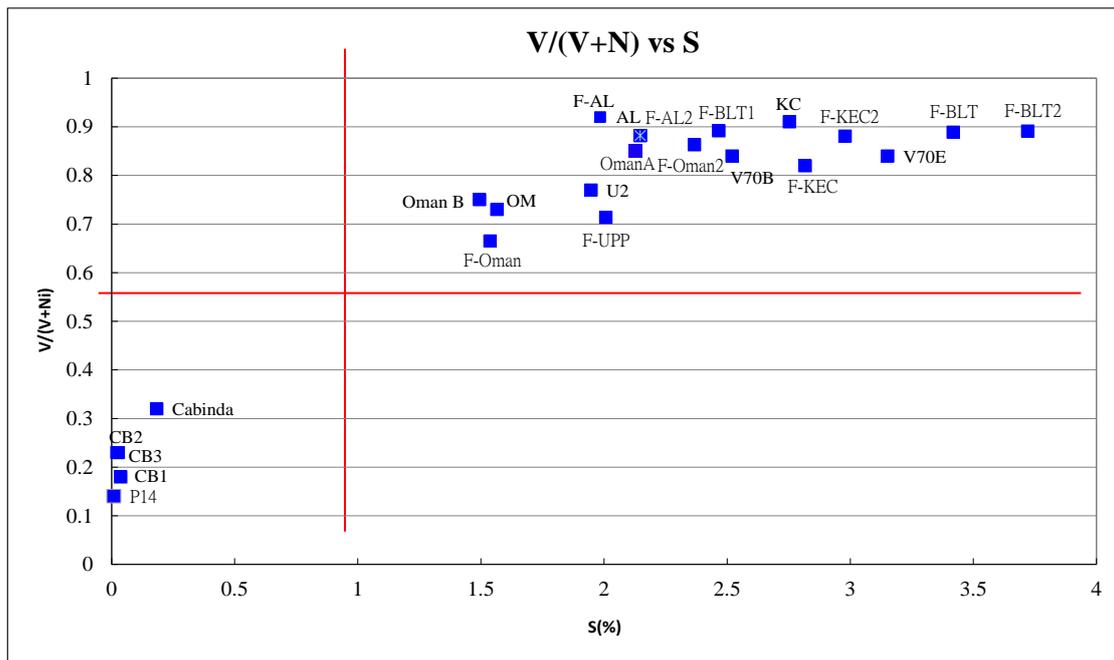


圖 2 原油 V/(V+Ni)比值與 S 含量之關係圖

# 出磺坑氣田復產研討

王志銘

台灣中油探採事業部採油工程處穿測工程組

關鍵詞：出磺坑氣田，飽合率電測，生產電測

出磺坑氣田位於台灣西北部苗栗縣境內，自清朝時期即發現油苗而挖掘生產，後經日治時期大量挖掘淺層油氣而繁華一時，至1945年日本戰敗投降為止共鑽鑿了98口井，原油產量始終占全台產量95%以上，但淺層石油亦已被掠奪一空。台灣光復後由於採購大型鑽機，經鑽探後於深部發現大量油氣層，故而開始深部油氣開發之濫觴，亦使一度凋敝之礦場煥發新春。

出磺坑氣田深部地層油氣經逾30年之生產已近枯竭，多井因出水導致井口壓力降低而無法維持生產。目前出磺坑氣田所產天然氣主要用來與進口天然氣摻配以維持穩定熱值，因此出磺坑氣田之堵水復產，穩定及維持市場供需，為近年來本人服務單位元採油工程處的主要工作。

本報告討論藉由飽合率電測 (RST, Reservoir Saturation Tool)及生產電測 (Production Logging)所獲得之資料，判斷各穿孔區之生產狀況。並以經油管方式設置橋塞器之實際案例資料說明堵水復產之成效。報告中亦討論RST電測於本地區之適用性。

## 1. 由裸孔電測圖看地層性質

圖1為出磺坑深部地層之珈瑪/自然電位/井徑/電阻率/聲波 (GR/SP/CAL/Resistivity/Sonic) 裸孔電測圖，此井為較新近鑽探之井，資料品質較佳亦較完整，圖中由左至右第1軌 (Track 1) 綠色短虛線為珈瑪、紅色實線為自然電位、紫色短虛線為井徑、黑色長虛線為鑽頭尺寸，灰色暗影為鑽頭至井徑之標示。珈瑪電測資料顯示砂岩變化大而不純淨，及可能的薄砂、頁互層，自然電位電測解析度低，細部無法明確分辨岩性，但大致上亦顯示出砂、頁岩之變化，可用於與僅有自然電位及早期電阻率電測資料之舊井做井間對比及層位確認。本礦區由於地層傾斜角度高，地層緻密，鑽井裸孔時間長，頁岩浸泡後常崩塌，故井徑電測通常顯示井孔崎嶇不平，其他電測資料亦品質不佳。本井井徑資料顯示井孔堪稱平整，故其他電阻、聲波等電測資料亦為可靠，井徑皆大於鑽孔，顯示無甚泥壁，本段地層滲透率不佳。

深度標記欄中的長虛線及短虛線為重量紀錄，圖中重量紀錄僅有小變化，無明顯拉阻，故測井資料品質甚佳。第2軌 (Track2) 為對數刻度用以顯示儀器測得之地層電阻率，分別為淺測距(約10吋)之棕色實線、中測距(約30吋)之藍色虛線及深測距(約60吋)之紅色實線，3測距資料近乎重疊，顯示地層滲透率不佳，

與井徑資料符合。地層電阻率跳動劇烈，可能為砂、頁互層，與珈瑪資料吻合。第3軌（Track3）為聲波電測資料及由聲波資料計算得之聲波孔隙率，本段地層孔隙率大約為10%。

由裸孔電測圖可看出出磺坑地區深部地層滲透率不佳、孔隙率低，地層甚少純淨砂岩，大多為砂、頁互層或砂、頁岩混合。

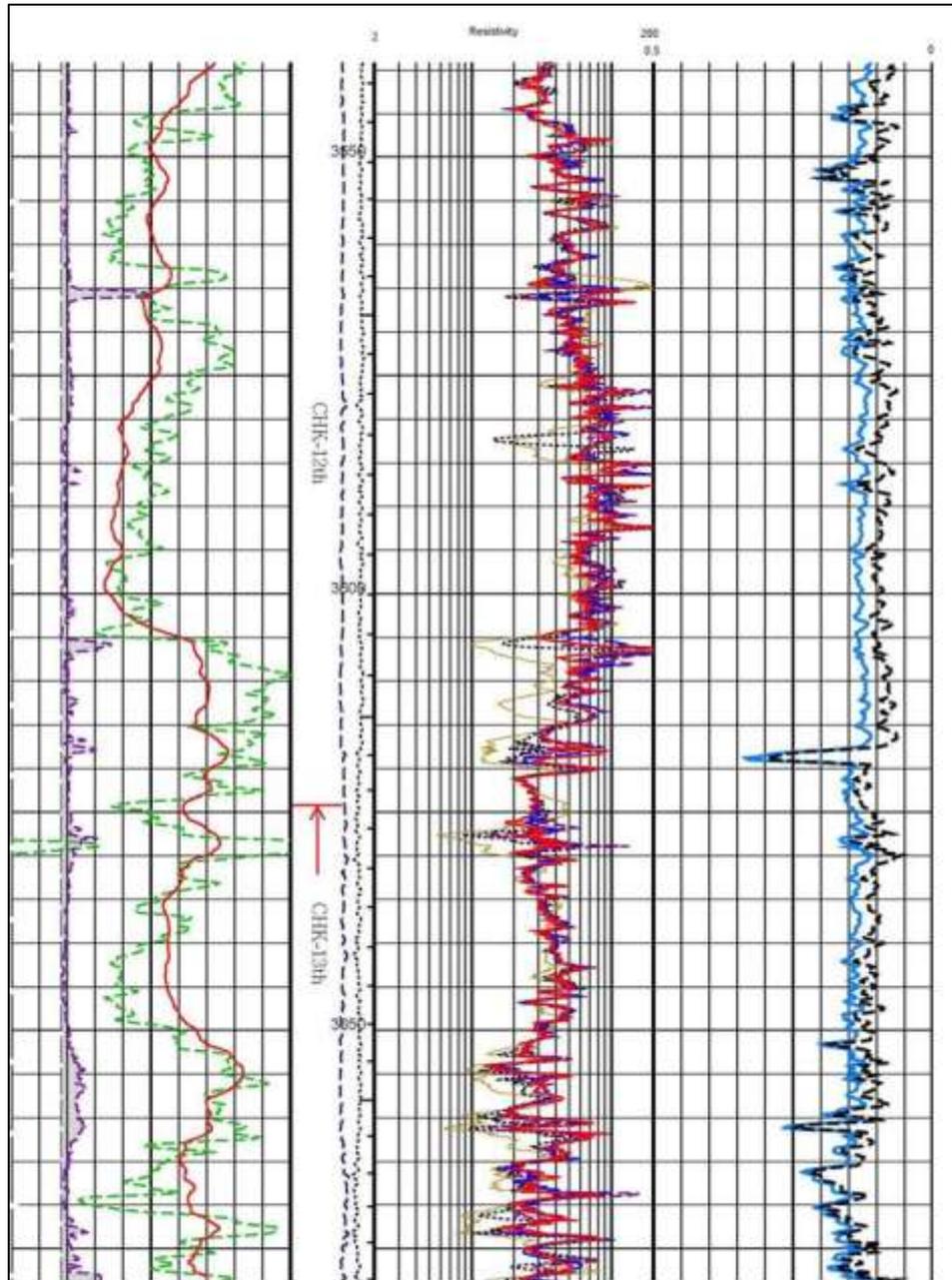


圖1、出磺坑深部裸孔電測圖(範例)

## 2. 生產電測與飽合率電測(RST)電測資料對比與研討

圖2為A井之RST電測圖，如圖標示有3段顯示較佳之含氣層，圖3為生產電測圖，穿孔區間以天藍色標示於第1軌(Track 1)，由生產電測圖可看出本井所有穿孔區間僅如圖標示之2個區間產出，3278公尺穿孔處出水量較大，氣量增加較少，3252公尺穿孔處出水量稍增，而氣量增加較多，溫度及流體密度資料亦顯示主要產氣區為3252公尺之穿孔處。

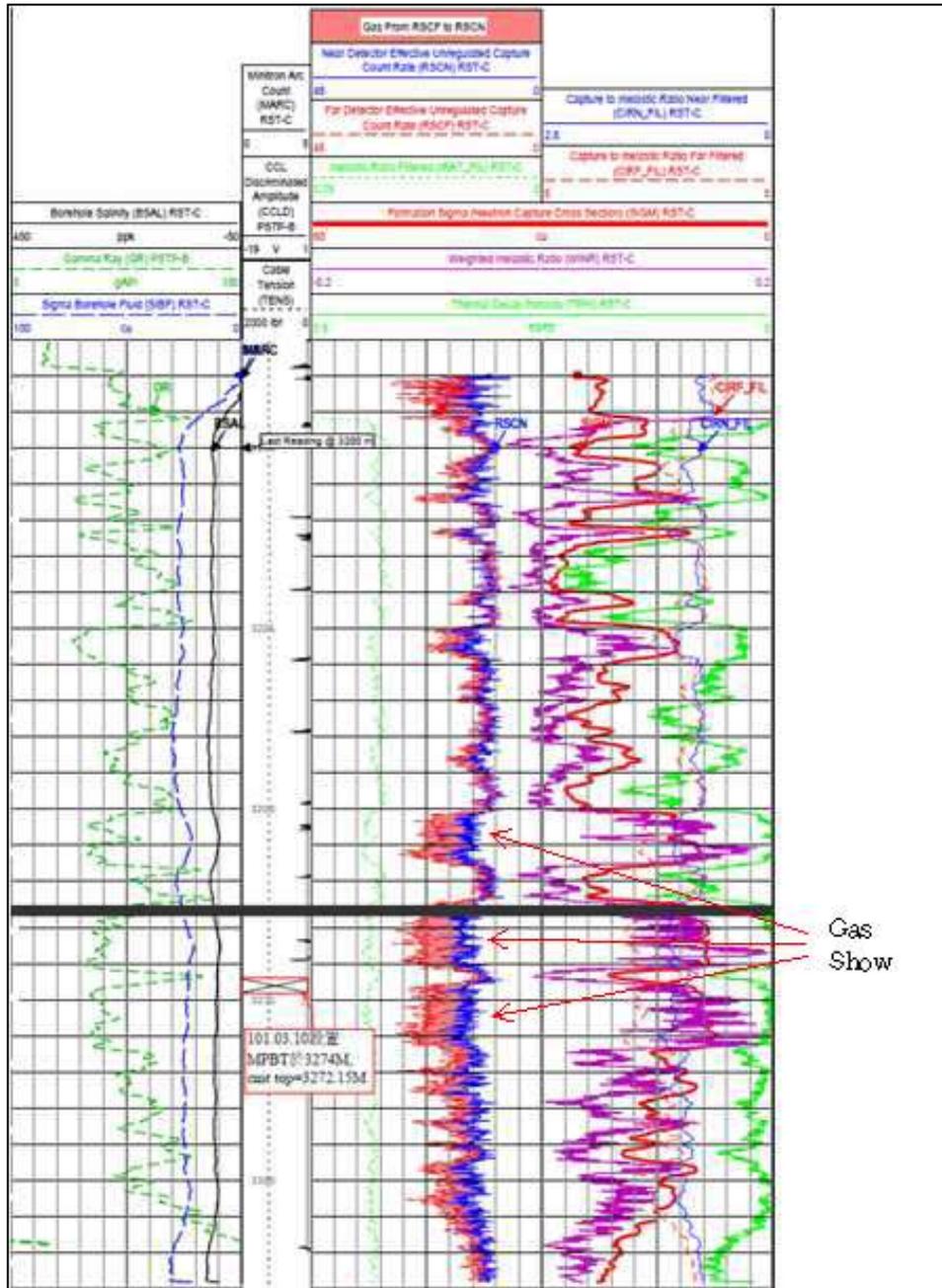


圖2、A井之RST電測圖，顯示3段較佳之含氣層

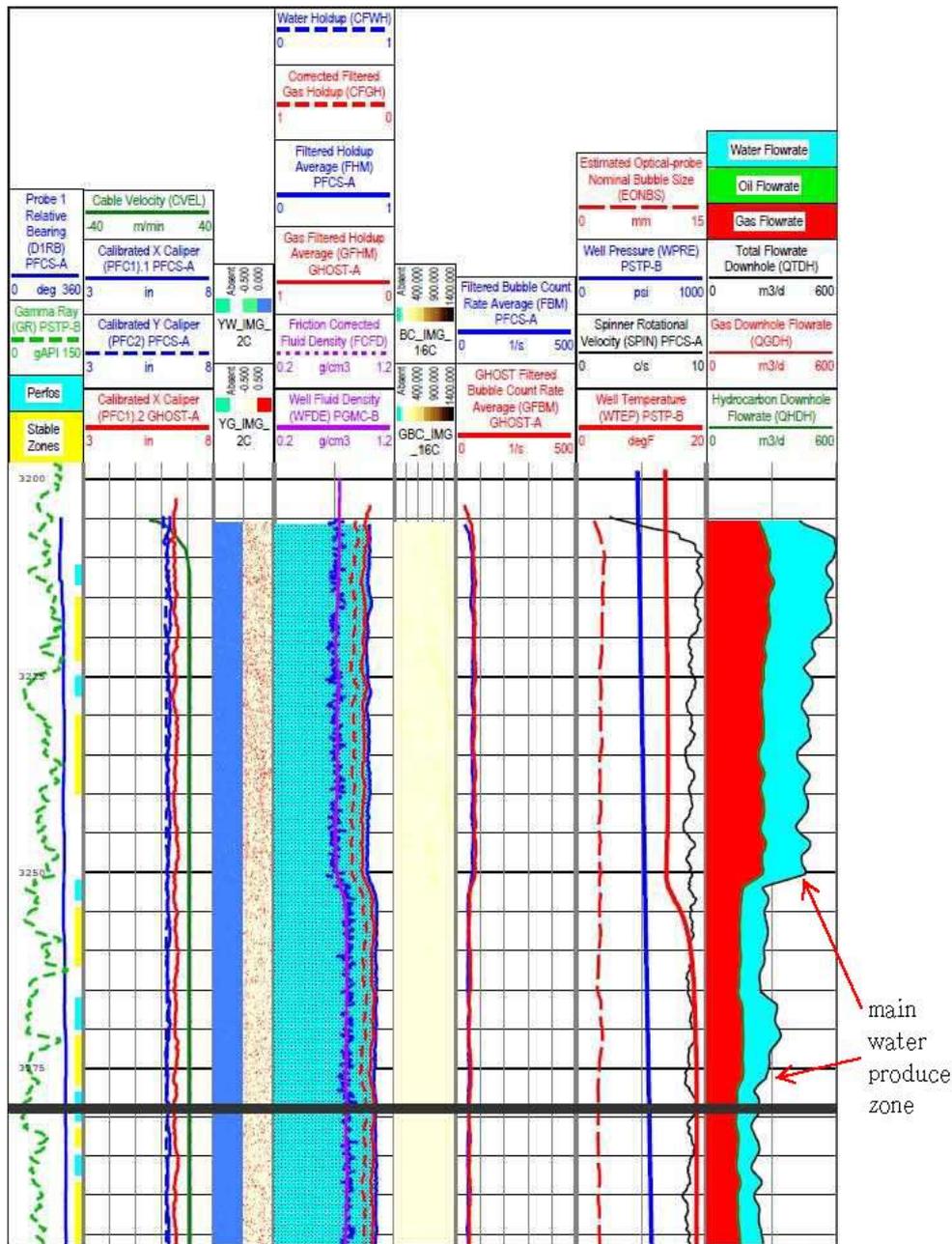


圖3、生產電測圖，僅2個區間產出

由圖4兩圖並列可看出RST電測雖顯示3段較佳氣層，但僅上段地層產量較大，本井後來以經油管設置橋塞器方式，封堵3275公尺以下區間，堵水前氣量為4500立方公尺/天，水量為 6.4 公秉/天，井口流壓為715psi，堵水後氣量為2030立方公尺/天，與生產電測資料符合，氣量約減少一半，水量為0公秉/天，顯示主要出水區確實位於3275公尺以下，井口流壓亦上升為770 psi。

由本井可看出RST電測似乎不能準確判斷出氣水介面，因為本地區地層水鹽分低（約為15000ppm），孔隙率低（約為10%）且砂岩及頁岩混合之岩性變化大，故RST電測無法提供較佳之解析度。但3227.5公尺以上的兩個穿孔區間，似有增

加水量產出，此兩區間明顯RST資料顯示不佳，故RST電測資料雖解析度差，但仍可分辨油氣飽和度差別較大之層次。生產電測可提供較清晰之各穿孔區間生產狀況。出磺坑深部地層根據以前的研究認為滲透率低，主要靠微裂隙生產，由生產電測可証實，許多穿孔區間並無明顯產出，可能該穿孔區裂隙不發達。

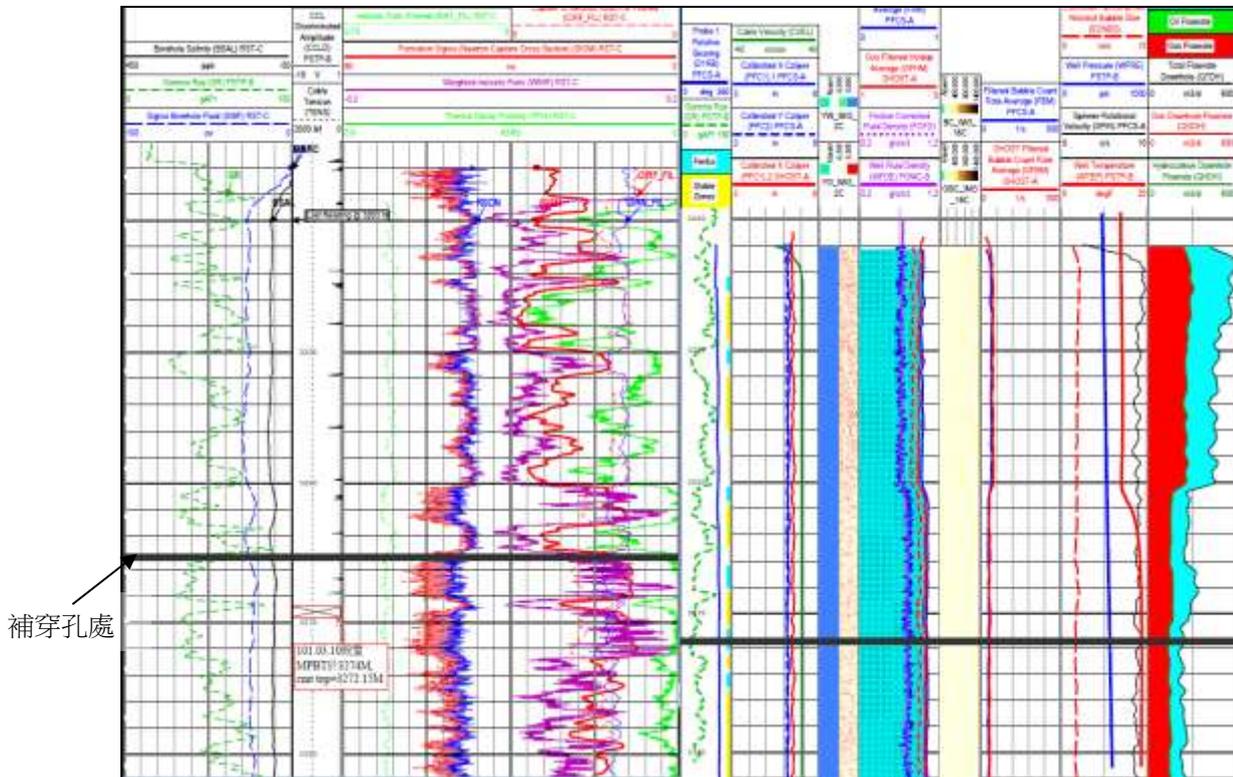


圖4、RST與生產電測並列對比

本井堵水生產1年6個月後，氣量下降且有出水現象，經檢視裸孔電測資料，圖4所示3255~3257公尺處聲波電測之聲波走時稍高，顯示較佳之孔隙率及可能較發達裂隙，RST亦顯示此段地層較優之含氣反映，本段地層使用經油管穿孔器負壓（under balance）補穿孔24發後，氣量增加為 12,000立方公尺/天，水量為2公秉/天，井口流壓上升至1500 psi。

### 3. 結論

- (1) 本礦區深層孔隙率（porosity）及滲透率（permeability）不佳，主要靠小裂隙（micro fracture）生產。
- (2) Invasion較深，formation damage嚴重，地層長期生產後壓力降低，invasion fluid不易排出，故通常之修井方式可能失敗。
- (3) 本礦區深層孔隙率低，地層水鹽份（salinity）低，RST電測解析度較差，無法僅由RST電測判斷氣水介面，但仍可分辨油氣飽和度差別較大之層次。
- (4) 由temperature log較可判斷出主要產氣區間。

# 鐵砧山儲氣窖新注產氣井泥漿配方設計研究

黃乙倫<sup>1</sup>、塗福太<sup>2</sup>、劉永郎<sup>3</sup>、範振暉<sup>4</sup>

- 1 台灣中油股份有限公司探採研究所，研究員
- 2 台灣中油股份有限公司探採事業部鑽探工程處，組長
- 3 台灣中油股份有限公司探採事業部鑽探工程處，工程師
- 4 台灣中油股份有限公司探採研究所，組長

關鍵字：超壓鑽井、地層汙損、鑽井泥漿、地層反應評估試驗

## 摘要

國內目前常用的超壓鑽井技術，所衍生之地層汙損問題，會造成新井注產能力不如預期之現象，因此有必要透過事前試驗與分析，設計適合的鑽井泥漿配方與操作參數，以防制地層汙損情形。

本研究嘗試自行調配鑽井泥漿配方，並透過實驗室分析，比較各配方之基本性質與抑制地層汙損能力，結合成本效益分析，篩選出符合目標地層之鑽井泥漿配方。此外，本研究亦針對此鑽井泥漿配方進行不同鑽井差壓之地層反應評估試驗，藉此分析此配方之最適鑽井差壓限制，此研究成果可做為未來施工時各項鑽井參數設定之重要科學依據，期望藉此降低鑽井作業所造成之地層汙損情形，進而提高新井之注產能力。

## 一、地層反應評估試驗

鑽井泥漿所引發的地層汙損機制包括液相間的不相容、岩石與液體間的不相容、固粒入侵、相阻塞、可濕性變化與生物作用等，上述作用所構成之最終結果均為滲透率下降，致使油氣不易，甚至無法自地層中流出，因此本研究將以 Chandler Engineering 公司所開發之地層反應評估試驗儀(formation response tester model 6100)(圖一)量測岩心樣本暴露於不同鑽井泥漿與鑽井差壓下之滲透率變化。

地層反應評估試驗係用於量測岩心樣本既定溫度與壓力條件下，與特定流體(如鑽井泥漿或酸液)接觸後之滲透率變化，而為使滲透率量測結果更符合實際地層狀況，將岩心樣本安裝於地層反應評估試驗儀之岩心室(core holder)後，需先透過儀器設定給予特定圍壓(confining pressure)與溫度，以確保其回復至原始地層狀態，再由儀器附屬之電腦軟體依據達西定律(Darcy's law)(式1)計算其滲透率。

$$k = \frac{\mu QL}{A(P_1 - P_2)} \dots \dots \dots (式 1)$$

其中k=滲透率變化(mD)、μ=流體黏度(cP)、Q=流率(ml/min)、L=岩心樣本長

度(cm)、A=岩心樣本截面積(cm<sup>2</sup>)、P1=入口端壓力(psi)與P2=出口端壓力(psi)。

主要試驗流程如圖二所示，包含岩心製備、泥漿配方設計與地層反應評估試驗等三部分，茲說明如下：

### (1) 岩心製備

本研究之目的在於建立符合儲氣層(TT-1A層)實際地質條件之分析結果，惟該地層滲透率變化甚大，保守起見，選擇使用300 mD標準岩心作為試驗岩心，並配合地層反應評估試驗儀之岩心室尺寸，製作成直徑1.46”、長3.08”之岩心樣本。製備流程係先以烘箱進行乾燥處理，去除岩心樣本孔隙內之水份。並考量TT-1A主要為天然氣層，假設地層孔隙內僅存在氣(天然氣)液(鹽水)兩相流體，再以10,000ppm鹽水浸泡標準岩心，使之飽和，以模擬地層岩心原始狀態。

### (2) 泥漿配方設計

本研究所採用的試驗泥漿包括本公司鑽探工程處常用的PHPA系統，以及過去曾使用的低汗損鑽入泥漿(drill-in fluids)系統等兩大類型。在泥漿配方設計方面，考量過去的使用經驗以及服務公司建議，並與現場泥漿工程師討論後，共同設計了六種不同的泥漿配方，如表一所示，其中，PHPA-1為低固粒泥漿(不添加Bentonite)，PHPA-2~4則採用不同種類的Bentonite，藉此比較不同Bentonite對於泥漿性質與汗損後滲透率之影響；Drill-in-1與Drill-in-2採用不同時期購入的特殊規格Bentonite(Gelplex與MI Gel)，藉此比較其性能差異。泥漿配製完成後，參考鐵砧山礦區地層測驗之井底溫度資料，將滾動烘箱溫度設定為200 °F，並滾動24小時，藉此模擬泥漿循環過程中，經地層加溫後之各項基本性質。最後將泥漿樣本取出並冷卻至室溫後，再依照API的試驗規範進行泥漿基本性質試驗，項目包括比重、漏斗黏度、塑性黏度(plastic viscosity)、屈服值(yield point)、膠黏力(Gel 10s/ 10min)與常溫脫液量(API fluid loss)等。此外，基本性質試驗為評價泥漿性質優劣之第一道關卡，須符合此次鑽井作業之要求(如漏斗黏度小於100與脫液小於15c.c.)者，方可進行後續地層反應評估試驗。

各泥漿配方之基本性質試驗結果如表二所示，其中，PHPA系統方面，PHPA-1因未添加Bentonite，黏度過低，無法量測漏斗黏度，且無泥壁形成，故脫液高達40c.c，不符合現場工作要求；PHPA-2與PHPA-3之基本性質近似，PHPA-3之漏斗黏度略高於PHPA-2，但仍在可接受的範圍內，且實際應用時，仍可以稀劑(如Ex-Drill)微調黏度，故兩者均符合現場工作需求；PHPA-4之漏斗黏度偏高，且塑性黏度與屈服值亦偏高，不符合現場工作要求。Drill-in系統方面，Drill-in-2脫液高達20c.c，容易造成膨脹性頁岩吸水膨脹與崩落，故不符合現場工作要求。

上述基本性質分析結果顯示僅PHPA-2、PHPA-3與Drill-in-1足以滿足現場工

作要求，故後續地層反應評估試驗與成本分析將僅分析此三種配方。

### (3) 地層反應評估試驗

地層反應評估試驗主要用於量測岩心樣本受泥漿與鑽井差壓所造成的地層汙損前後之滲透率變化，並參考國外相關論文(Ramalho, J. et al., 2009；Suryanarayana, P. V. et al., 2007)與技術報告，以及鐵砧山礦區實際鑽井資料，設定各項試驗參數。試驗內容分為兩階段進行，茲說明如下：

#### a. 第一階段 (泥漿配方篩選)

此階段係針對通過基本性質試驗之泥漿配方(PHPA-2、PHPA-3 與 Drill-in-1)，執行地層反應評估試驗，藉此分析在相同試驗條件下(表三)各泥漿配方對於岩心滲透率之影響(式 4)，藉此篩選出地層汙損預防效果最佳的鑽井泥漿配方。此外，配合鑽井部門要求，除考量泥漿性能外，藥品成本亦是決定是否應用於現場之中要依據，故此階段同時亦執行單位成本分析，以篩選出性能與價格兼具競爭力之泥漿配方。

$$dk = \frac{k-k_s}{k} \dots\dots\dots(式 4)$$

其中 dk=滲透率變化(%)、k=原始滲透率(mD)、ks=泥漿汙損後之滲透率(mD)。

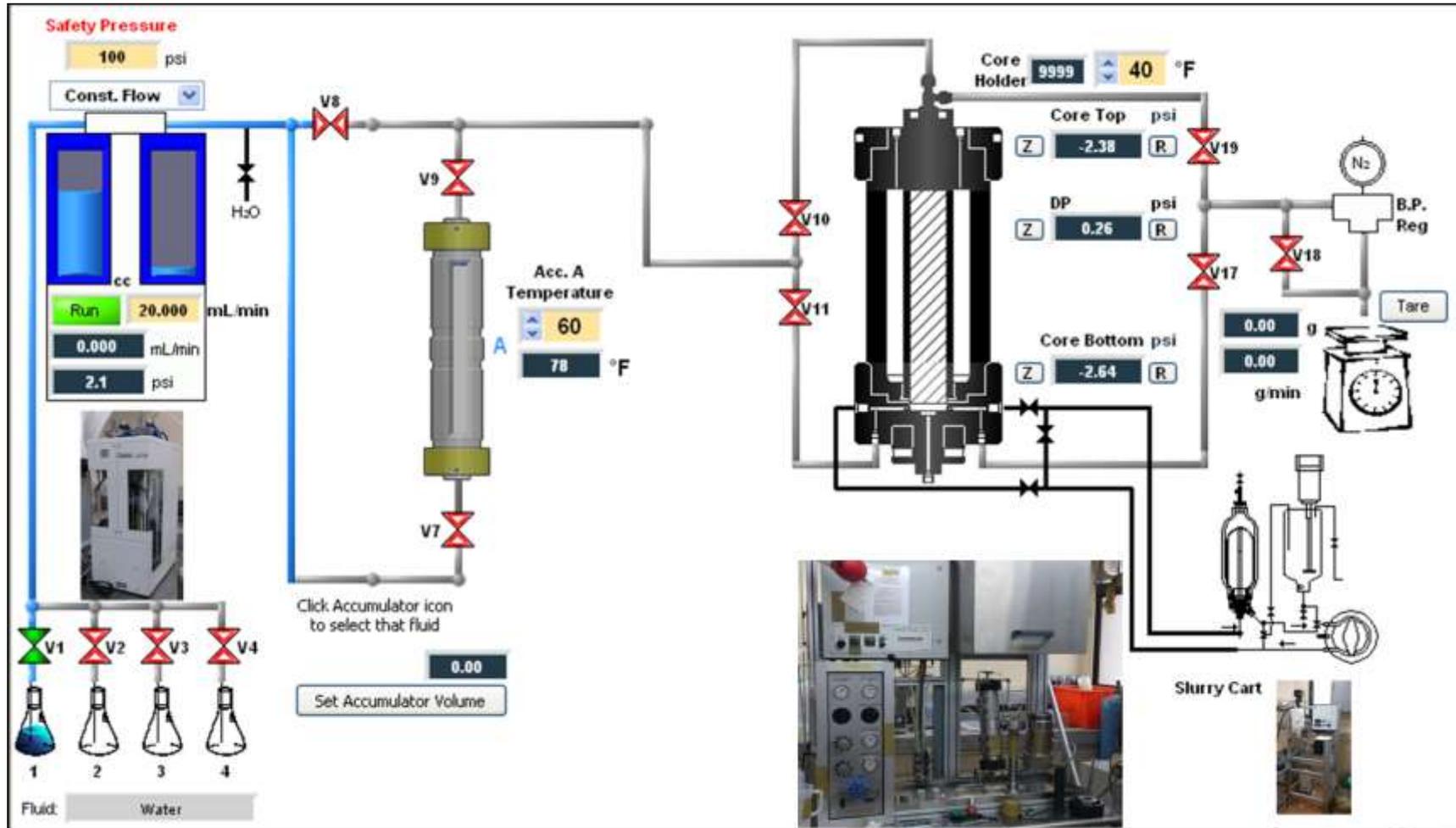
試驗結果與單位成本如表四所示，Drill-in-1 之汙損後滲透率變化最小(30.8%)，抑制地層汙損效果最佳，其次為 PHPA-3(51.7%)，最差者為 PHPS-2(74.9%)。然而，就單位成本而言，Drill-in-1 之成本最高(7,510 元/公乘)，其次為 PHPA-3(5,528 元/公乘)，價格最低廉者為 PHPA-2(5,187 元/公乘)。經與鑽井部門討論，Drill-in-1 雖抑制地層汙損能力較佳，但單位成本較高，且依據過去於 CHK-146w 與 CHK-147w 之使用經驗，此類型泥漿配方對水泥甚為敏感，容易受水泥汙影響，導致性質惡化，影響鑽井作業。經多次討論後，最終決定以 PHPA-3 做為未來新注產氣井之鑽井泥漿配方。

#### b. 第二階段 (鑽井差壓設計)

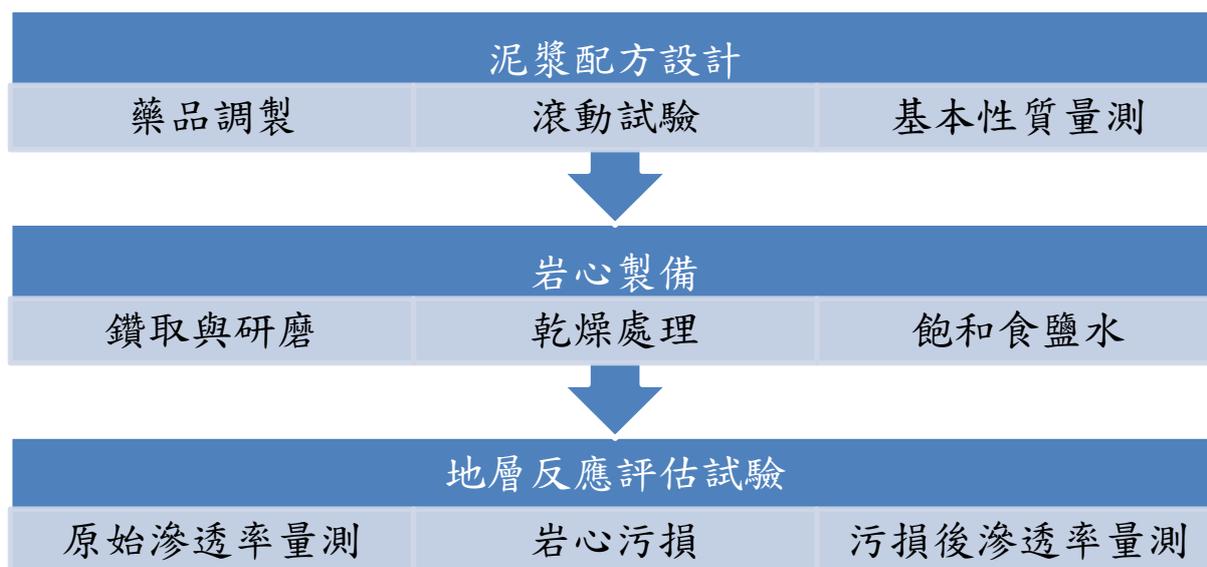
本階段將採用上述泥漿配方篩選程式所選出之最佳鑽井泥漿配方，以不同鑽井差壓將該配方與岩心樣本接觸(表五)，並量測汙損前後之岩心滲透率變化，藉此比較不同鑽井差壓(dp)對於滲透率變化(dk)之影響，並將試驗結果繪製成「鑽井差壓與滲透率變化關係圖(dk/dp)」。

試驗結果如圖三所示，鑽井差壓為 2 MPa(290 psi)時，滲透率變化率約為

51.7%，隨著鑽井差壓超過 500 psi，滲透率變化率會驟升，其後均維持在 85%左右，此結果顯示未來在實際鑽井時，應透過泥漿側錄妥善監控鑽井差壓，並避免其超過 500 psi。



圖一、地層反應評估試驗儀



圖二、地層反應評估試驗流程

表一、泥漿配方設計說明

泥漿配方	說明
PHPA-1	低固粒泥漿(不添加 Bentonite)。
PHPA-2	採用 Wyoming Bentonite(目前現場使用)。
PHPA-3	採用 Gelplex(CHK-146w 與 CHK-147w 使用)。
PHPA-4	採用 MI Gel(TCS-A、B 井所用 Bentonite)。
Drill-in-1	依據 CHK-146w 與 CHK-147w 經驗調整之配方。
Drill-in-2	採用鑽鑿 CHK-146w 時所採購之鑽入泥漿藥品與 MI Gel(TCS-A、B 井所用 Bentonite)。

表二、泥漿基本性質

	<b>PHPA-1</b>	<b>PHPA-2</b>	<b>PHPA-3</b>	<b>PHPA-4</b>	<b>Drill-in-1</b>	<b>Drill-in-2</b>
比重 (s.g.)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
漏斗黏度(s)	-*	64	89	133	53	53.8
600 RPM	54	79	81	116	56	57
300 RPM	34	51.5	51.5	79	40.5	33
200 RPM	26	40	39.5	61	35	26
100 RPM	15.5	27.5	25	39	31	19
6 RPM	1.5	8	6	6	13.5	8.5
3 RPM	1	7	4.5	4.5	11.5	7.5
塑性黏度	20	27.5	29.5	37	15.5	24
屈服值	14	24	22	42	25	9
膠黏力(10s/10min)	1/1.5	6/9.5	4.5/5.5	4/5	10/11.5	10/10
脫液 (c.c.)	40	7.8	10.9	9.5	9.6	20
pH	10.5	11	11	11	11	11

備註：\*黏度過低，無法量測。

表三、地層反應評估試驗參數設定(泥漿配方篩選)

試驗參數	數值設定
岩心尺寸	直徑：1.46” 高：3.08”
圍壓	1,200 psi
溫度	200°F
注入率	5 ml/min
注入液體	10,000 ppm 鹽水
試驗泥漿	PHPA、drill-in fluids
鑽井差壓	2 MPa (290 psi)
汙損時間	16 小時

資料來源：本研究整理。

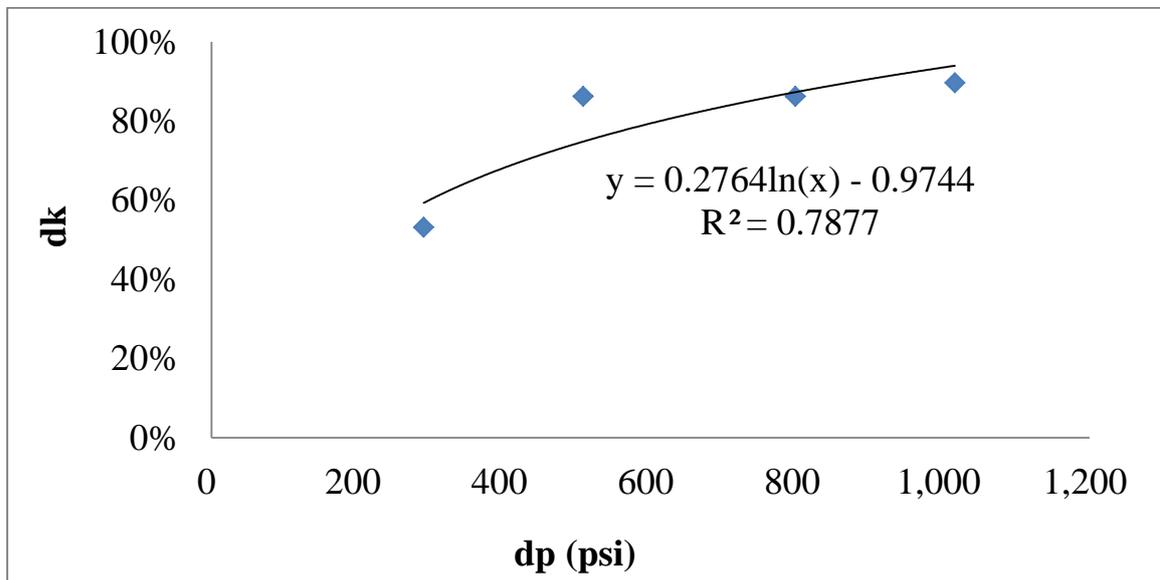
表四、地層反應評估試驗與單位成本分析

	原始滲透率 (K)	汙損後滲透率 (K <sub>S</sub> )	滲透率變化率 ( $dK = \frac{K-K_S}{K}$ )	單位成本 (元/公秉)
PHPA-2	210.5	52.8	74.9%	5,187
PHPA-3	212.4	102.5	51.7%	5,528
Drill-in-1	199.1	137.7	30.8%	7,510

表五、地層反應評估試驗參數設定(鑽井差壓設計)

試驗參數	數值設定
岩心尺寸	直徑：1.46” 高：3.08”
圍壓	1,200 psi
溫度	200°F
注入率	5 ml/min
注入液體	10,000 ppm 鹽水
試驗泥漿	依據鑽井泥漿設計試驗結果
鑽井差壓	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2 MPa (290 psi)</li> <li>➤ 3.5 MPa (508 psi)</li> <li>➤ 5.5MPa (798 psi)</li> <li>➤ 7 MPa (1,016 psi)</li> </ul>
汙損時間	16 小時

資料來源：本研究整理。



圖三、鑽井差壓與滲透率變化率變化關係圖(PHPA-3)

## 二、 結論

地層反應評估試驗可有效分析目標地層受泥漿汙損後之滲透率變化，此可作為鑽井部門未來設計鑽井泥漿之科學依據，除能降低鑽井作業之地層汙損外，並可減少泥漿藥品之花費。

## 三、 參考文獻

1. 王文烈、吳柏裕與黃乙倫，2011，「低汙損鑽井技術研究」，經濟部石油基金獎勵石油開發技術研究發展計畫。
2. 中油公司內部訓練資料，泥漿工程作業程式，民國 71 年，中國石油學會，第 18-29 頁。
3. 翁豐源，民國 58 年，“台灣油氣生產層之岩性與鑽井泥漿之關係研究”，石油鑽採工程，第 10 期，第 43-60 頁。(ok)
4. 翁豐源、湯淳雄，民國 62 年，鑽採試驗，中國石油學會，第 1-22 頁。
5. 魏明輝、秦策、莊蒼榕、陳國義、李錦章、王水雄、郭兆標、羅榮金，民國 81 年，“聚合物泥漿之應用研究(一)”，中國石油股份有限公司台灣油礦探勘總處，第 11-16 頁。
6. 鮑有光、梅逸等，1994，鑽井液和完井液的組分與性能，石油工業出版社，第 333-340 頁。
7. Chandler Engineering, 2007, “Model 6100 Formation Response Tester w/ Slurry Cart”.
8. Charnvit, K., 2010, “Drilplex System”, MI SWACO 公司簡報資料。
9. Civan, F., 2007, Reservoir Formation Damage: Fundamentals, Modeling, Assessment, and Mitigation, Gulf Professional Publishing, USA, pp.5-7.
10. Dake, L. P., 1978, “Fundamentals of Reservoir Engineering”, Elsevier Scientific Publishing Company.
11. Ramalho, J., Wu, Z., Vaidya, R. N. and Suryanarayana, P. V., “Quantification of Overbalance-Induced Invasive Damage and the Estimation of Equivalent-Skin Effect on Production”, SPE Drilling & Completion, Vol. 24, No. 1, pp. 200-209, March 2009. SPE-104467-PA.
12. Suryanarayana, P. V., Wu, Z., Ramalho, J. and Himes, R. “Dynamic Modeling of Invasion Damage and Impact on Production in Horizontal Wells”, SPE Reservoir Evaluation & Engineering, Vol. 10, No. 4, pp. 348-358, August 2007. 95861-PA.

# 應用震測資料及dc指數預測地層孔隙壓力研究

王文烈 台灣中油公司探採研究所

關鍵詞：孔隙壓力、聲波走時、dc指數

在石油天然氣鑽井工程上，地層壓力之判斷或預測為擬訂鑽井泥漿比重、下套管位置、避免差壓黏卡及增加工程安全之重要影響因素，尤其是在異常壓力或高壓地層鑽進時，地層壓力之預測更為重要。地層壓力梯度及泥漿比重預測結果，供擬定鑽探計畫及調配最適的泥漿比重，可避免因比重過高汗損地層或比重過低而發生衝噴。

當頁岩中的孔隙裡充滿水，而在其厚度不變的條件下，若快速的增加重量於頁岩上，則地層水不因覆蓋重量之增加而被擠出，結果地層水承擔部份之重量。時間一久則地層水應被擠出的已被擠出，致使組成頁岩的顆粒(Matrix)慢慢的承擔過去水份所負擔之重量而變為緻密。當顆粒受到最大擠壓而達到平衡緻密作用時(Equilibrium Compaction)，亦就是正常緻密作用。此時顆粒所受到之壓力增加，而孔隙中流體之壓力梯度恰好相當於地層水之壓力梯度(圖1)。若地層為不正常緻密作用，則地層壓力梯度高於正常壓力梯度，謂之高壓層。

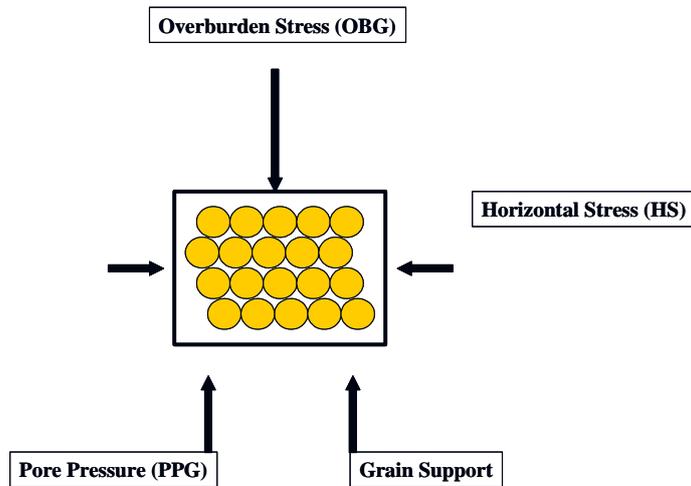


圖1 地層覆蓋壓力與地層孔隙壓力關係圖

由震測資料逆推計算地層之聲波走時，進一步預測地層孔隙壓力，應用於A井地層壓力預測，預測孔隙壓力之程式經測試分析，結果顯示本設計程式有較快速及較精確等優點。但是震測品質影響預測結果，故改善震測品質可提高聲波走時準度，以降低誤差。

利用震測資料來計算間隔速度(Interval Velocity)，此速度是地層密度、孔隙率、孔隙中所含流體及岩性、沈積環境之函數。如前所言高壓層之孔隙率較大、密度較小，其速度應較低。間隔速度之倒數為間隔傳播時間(Interval Transit Time)，將深度與間隔傳播時間繪在半對數圖上。正常壓實趨勢線(Compaction Trend)有區域性，其斜率隨地區而不

同。在圖上偏離正常壓實趨勢線處，表示高壓層之存在及其深度，對野貓井而言，由震測資料導算出之間隔傳播時間配合地質資料之解釋，可能是目前鑽井前較常用預測高壓層之方法。但是由於地表震測資料常有不夠清晰或有誤差等缺點，應用VSP震測資料來預測地層壓力，可以更有效改善地表震測資料不夠清晰或有誤差之缺點。

伊頓法(Eaton Method)

$$PP_g = P_{ov} - (P_{ov} - P_n) \times \left( \frac{\Delta t, n}{\Delta t, o} \right)^3$$

PP<sub>g</sub>：地層孔隙壓力梯度

P<sub>ov</sub>：地層覆蓋壓力梯度

P<sub>n</sub>：地層水比重

Δt,n：在正常趨勢線上之電測聲波走時，微秒/呎

Δt,o：觀測之電測聲波走時，微秒/呎

應用A井75-LTN-D5線震測資料，預測高壓層位置及地層壓力梯度，供擬定鑽探計畫及調配最適的泥漿比重，可避免因比重過高汗損地層或比重過輕而發生衝噴。首先求出聲波走時正常趨勢線方程式為 $y = 3409.4\ln(x) - 17075$ (圖2)。

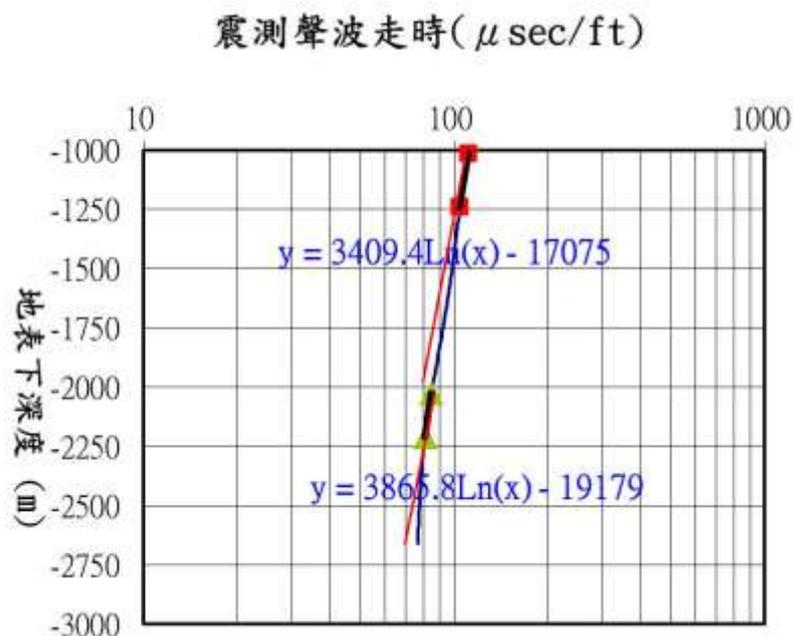
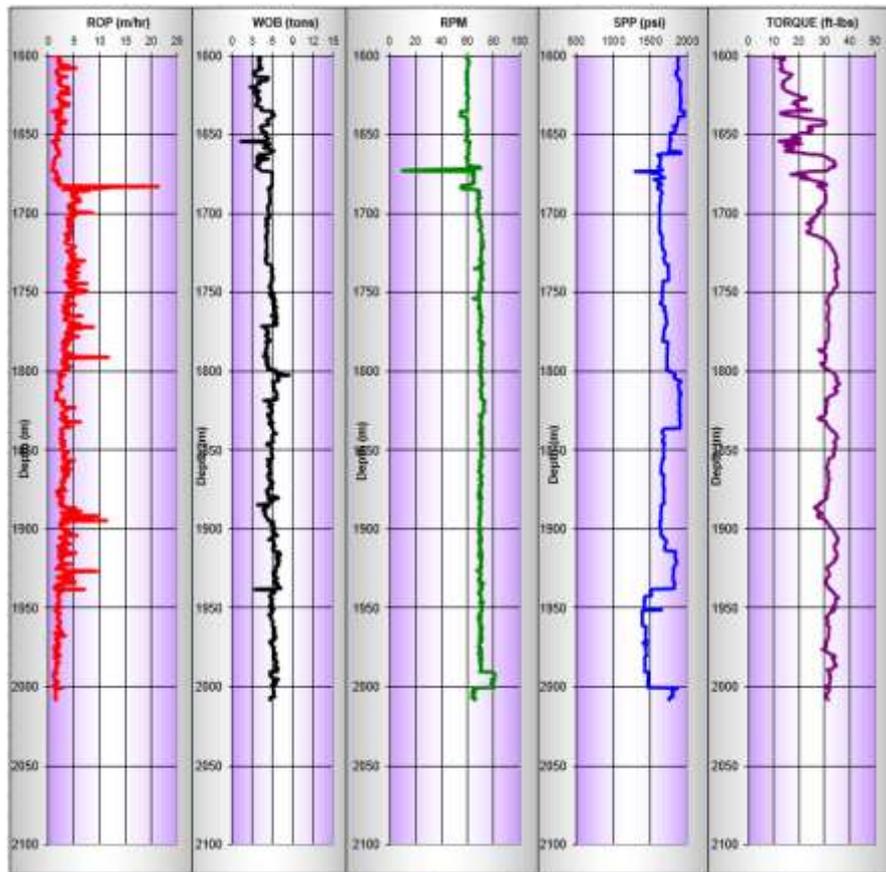


圖2 A井震測聲波走時與深度關係圖

A井震測聲波走時與深度關係詳見圖2，其地層壓力梯度預測結果顯示，於1600~1880公尺附近局部壓力梯度稍高，約為1.15。於2540~2660公尺附近可能存在局部高壓，壓力梯度約為1.35至1.4。調配泥漿比重時，須以地層壓力梯度預測結果，再加300psi左右，以避免起鑽時發生衝噴，視現場狀況而定。

表1 B井泥漿測錄鑽井資料數據表



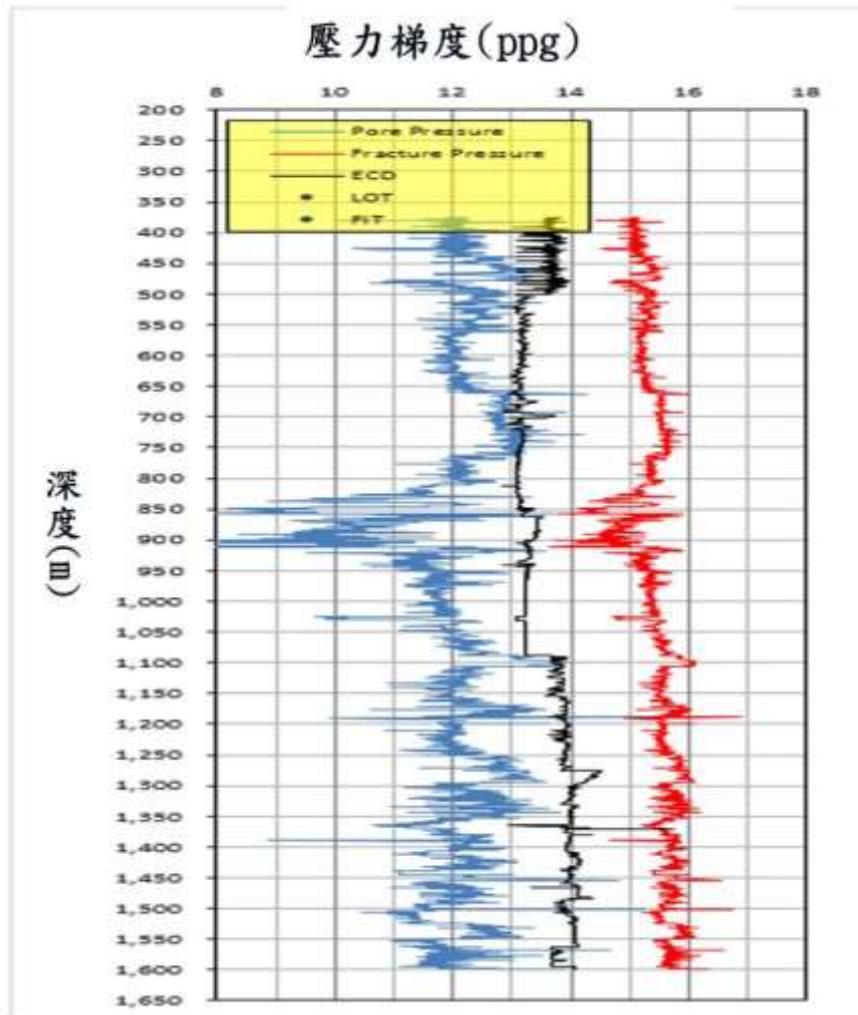


圖3 B井dc指數計算結果及趨勢線

另外，在鑽井工程中，可利用dc指數之變化來判斷是否鑽遇高壓層。綜合鑽進率、鑽頭尺寸、鑽頭加重、轉盤轉速、泥漿比重等數據求得之dc指數來預測鑽遇地層之地層壓力變化，再由dc指數及趨勢線關係求得壓力梯度。假如鑽進條件(轉速、鑽頭加重、鑽頭大小及其他)不變，在正常壓力地層鑽進時因深度愈深，壓實愈好，鑽進率則隨深度而減慢，但如遭遇高壓層則鑽進率反有增高之趨勢，以dc指數表示時，當鑽入高壓層時其dc指數變小，鑽進率反而變高。

利用鑽進率、鑽頭尺寸、鑽頭加重、轉盤轉速、泥漿比重等數據求得之dc指數來預測鑽遇地層之地層壓力變化，計算dc指數(corrected d exponent)方程式(Shajaria M., Najibi H.,2012)如下：

$$dc = \frac{\log(R/60N)Pn}{\log(12W/10^6B)Pm}$$

式中:

R:鑽進率，ft/hr

N:轉速，rpm

W:鑽頭加重，lbf

B:鑽頭直徑，in

Pn:正常壓實情況下之孔隙流體比重(以地層水比重表示)

Pm:泥漿比重

dc : dc指數(corrected d exponent)

由B井各深度之泥漿測錄資料如鑽進率、鑽頭尺寸、鑽頭加重、轉盤轉速、泥漿比重等數據(表1)先求得dc指數，dc指數計算結果如圖3所示，並劃出趨勢線，再由dc指數及趨勢線關係求得壓力梯度，壓力梯度介於1.15至1.35之間與地層測驗結果接近。

# 桃園盆地的油氣潛能

李長之<sup>1</sup> 莊惠如<sup>2</sup>

關鍵詞: 桃園盆地、張裂盆地、同張裂沉積

## 摘要

在觀音隆起以北及南日島脊以南,有許多探井都鑽獲始新世早期(NP11~12)的地層,但觀音隆起與南日島脊以東的探井,都缺失這一段地層,顯示可能是抬昇地塊,乃造成地層缺失。

AA'與BB'兩條震測線,證實始新統確實在抬昇部份減薄,甚至於尖滅。但AA'的始新統較薄而且厚度變化不大,好像薄薄的淺碟狀。而BB'之始新統由薄到厚的變化非常大,就如一個深厚的大大碗公。顯然是不同的盆地架構所造成。以往泛稱為台西盆地,並不恰當。所以暫時將AA'以南的部份稱為台西地台, BB'以北的部份定名桃園盆地。

抬昇地塊的南北都有化石資料,證明NP11~12地層的存在。而抬昇地塊西側的南日島盆地雖然並未鑽探,但推測也在NP11~12的時期開始張裂。

始新世早至中期(NP13~15),有兩條東北~西南走向的構造高區同時抬昇,西邊由東引島脊到澎湖隆起,都有抬升作用存在。東邊的古台灣同時抬昇,造成中間地區受到拉張形成張裂盆地,成為桃園盆地主要沉積地層。桃園盆地北側的南彭佳嶼盆地,有許多探井都鑽過完整的NP13~15地層,表示可能與開放性海洋連通。澎湖隆起的東南各井則鑽遇NP13~14地層,澎湖隆起西南的W-1井,鑽獲NP15地層。桃園盆地可能與南北連通,形成始新世中期的古台灣海峽。

張裂盆地以生長斷層張裂的開始與停止,區分為前張裂沉積、同張裂沉積、以及後張裂沉積。同張裂沉積富含有機物質,配合快速沉積以及急速掩埋形成的還原環境,非常有利於油氣生成,形成張裂盆地內最佳的生油氣源岩。

桃園盆地的深度與面積,都相當或優於澳洲的Swan Graben,理當能夠生成同樣規模的油氣田,並且能夠同時鑽探深層的油與淺層的氣,實為台灣油氣探勘的首要標的。

1. 台灣中油退休地質師
2. 台灣中油地質師

# 番婆坑構造之儲集層特性分析

周定芳<sup>1</sup> 莊恭周<sup>2</sup> 張渝龍<sup>3</sup>

1 中油探採事業部 2 中油探採研究所 3 中油探採事業部退休

## 摘要

關鍵詞：番婆坑構造、儲集層特性、成岩作用、井孔影像電測

中油公司於2003年在新竹縣竹東番婆坑構造鑽探番婆坑六號井，以鑽探該構造北埔斷層下盤構造之油氣潛能。本區有五口井均曾鑽入北埔斷層下盤地層，但多僅限鑽探斷層後100~200公尺即停止鑽進，番婆坑六號井為中油公司第一口以鑽探逆斷層下盤構造為目標的探井，對今後中油公司在麓山區之鑽探深具意義。

本研究針對番婆坑構造之儲集層特性進行相關分析，包括井下岩心之觀察、孔隙率與滲透率分析、儲集層之成岩作用分析(包括X射線繞射分析、岩石薄片分析)及井孔影像電測之裂縫分析等，並配合鄰近地區之野外露頭觀察，詳細查核各構造之地層厚度變化、砂岩層野外沈積現象、關西構造北寮層石灰岩之沈積環境等，期能對番婆坑構造之儲集層特性有更完整的認識。

### (一)野外露頭觀察

由竹東-番婆坑區野外觀測的結果，認為在北埔斷層及軟橋斷層可能是早期，可能是早期雪山槽邊緣同張裂期所造成一系列北北東方向的正斷層，受到上新世以後構造運動的影響，由正斷層反轉而成逆斷層。為觀測赤柯山石灰岩在北寮層中之位置，特別觀察舊南福採石場，並沿線道做路線圖及測繪剖面及做地層柱，可確定石灰岩層並不是在北寮層頂部，而是在頂部極厚層砂岩之下。赤柯山石灰岩形成於凝灰岩基底之上，其底部為近岸環境，向上水深逐漸變深，轉為中大陸棚環境，於接近頂部再逐漸轉為珊瑚礁環境，其沈積環境可能是大陸棚中部的安靜海域，由底部到中部為一向上變深的事件，可能為海平面上升，亦可能為陸地沈降所造成。

### (二)井下岩心觀察及分析

1. 岩心觀察~FPK-4號井(2段)；FPK-6號井(3段)及EL-1號井(1段)等六段岩心之觀察。

FPK-4號井2120.9至2125公尺岩心包括有塊狀泥、岩相、暴風砂與頁岩互層相以及生物擾動砂岩相，本段岩心三處有裂縫現象。2313至2316.5公尺岩心之岩心分類包括塊狀砂岩相、生物擾動砂岩相、塊狀泥岩相以及粉砂紋理泥岩相，四處有裂縫現象。FPK-6號井4420至4427公尺之岩心為石灰岩，常見縫合線構造與裂縫，裂縫充填物以方解石為主。4465.5至4472.5公尺之岩心為玄武岩質凝灰岩，本段岩心觀察到25組裂縫，裂縫部份為開放型，部份有方解石充填。4684至4690公尺岩心之岩相可分成生物擾動砂岩相，低角度交錯層理砂岩相以及塊狀砂岩相，生物擾動砂岩相沈積於低水流能量，低角度交

錯層理與塊狀砂岩相皆沈積於高能量之沈積環境。EL-1號井2350至2351公尺之岩心為暗灰塊狀泥岩，沈積環境為低能量環境。

2. 孔隙率與滲透率分析～共分析與搜集十一口井之井下岩心分析與電測分析之孔隙率資料，包括番婆坑構造有FPK-2、FPK-3、FPK-4、FPK-5、FPK-6等五口井及竹東構造有CTU-25、CTU-26、CTU-27等三口井以及橫山HSN-1號井、二寮EL-1、大坪TP-1等。

十一口井中FPK-6、FPK-2、FPK-3、HSN-1以及TP-1井有採集岩心，可量測岩心之孔隙率與滲透率，其餘各井則使用電測分之析孔隙。地層由上新世的錦水頁岩、魚藤坪砂岩段、關刀山砂岩段、中新世的上福基砂岩、東坑層、觀音山砂岩、打鹿頁岩、北寮層以及石底層。上福基砂岩以上之地層其孔隙率性質屬佳至極佳；河排層包括東坑層與觀音山砂岩之孔隙率介於中等至佳；北寮層之孔隙率為中等，打鹿頁岩與出磺坑之孔隙率為劣。

分析滲透率的岩樣為FPK-2、FPK-3、FPK-6與HSN-1等四口井，除FPK-3號井於河排層分析之岩樣滲透率介於緻密至極佳，變化很大，其餘三口井岩樣之滲透率皆屬緻密，但在國外有些滲透率低於0.1md的油層仍可獲得有經濟價值的產量，可能是實驗室檢測不到的高滲透性之裂縫存在。

3. 儲集層之成岩作用～主要為FPK-6號井之岩心與岩屑之X射線繞射分析及岩石薄片分析。

(1) X射線繞射分析：挑選部份岩樣磨成粉末後進行X光繞射分析，包括全岩之礦物組成分析及黏土礦物半定量分析。

東坑層各岩樣之高嶺石含量均較高，因屬海陸相交之陸台型沈積相，較有利高嶺石之生長，岩性受成岩作用影響較小，受濱海沈積環境影響較大。在3800公尺岩屑之混層黏土礦物含量較鄰近岩樣高，疑為崩下之岩屑，尚待進一步確認。打鹿頁岩(北寮層)之岩樣以凝灰岩及石灰岩為主，因為凝灰岩之沈積物來源包含火山灰，其黏土礦物中之蒙脫石含量較高，與伊利石、綠泥石、高嶺石同為主要成份，混層黏土礦物含量為0~23%，變化較大。北寮層之砂岩受淺海沈積環境與成岩作用影響，岩心之高嶺石含量較東坑層者少，且因埋藏較深經成岩作用有些已轉變為混層黏土礦物，本段岩樣之混層黏土礦物含量甚高，由21%至68%。

(2) 岩石薄片分析：岩屑及岩心樣品經磨製成厚度為0.03mm之岩石薄片，利用偏光顯微鏡進行岩石薄片鑑定分析。

東坑層岩屑之岩性為頁岩夾細至極細粒緻密砂岩薄層，偶含方解石或菱鐵礦團塊，因緊密排列之石英粒形成堅硬之岩層，局部出現較多呈方向性排列之白雲母與棕黑色之

有機物細脈，大多集中在頁岩薄層內。

屬打鹿頁岩(北寮層)之石灰岩與凝灰岩岩屑，因顆粒較細小，有些不易觀察出完整之岩性特徵。石灰岩大多是以有孔蟲及藻類為主之生物性顆粒岩，或含少許珊瑚碎片，偶有微細裂縫出現，但大多已被方解石膠結，有些是開放型裂縫，局部有溶蝕孔隙(?)出現。凝灰岩則大多為玄武岩質或玻璃質之凝灰岩，部份岩樣經強烈蝕變作用成份轉變為方解石或綠泥石，有些岩樣則含有許多氣孔，應以方解石與沸石為主要的氣孔充填礦物，偶有少許為開放型裂縫出現。

北寮層之岩樣中含少許大型有孔蟲，部份岩樣含有大量方解石膠結及取代作用，有些則緊有少量方解石膠結物。許多岩樣中含有大量黃鐵礦團塊、脈狀黃鐵礦或或為散佈於顆粒間與化石中之細粒黃鐵礦，黃鐵礦大量出現是本段砂岩之一大特色，於岩心切面中即可明顯看出黃鐵礦之分佈。於岩樣中不含方解石膠結物或黃鐵礦之部份，部份岩樣有良好之原生及次生孔隙存在，但有時則僅有少許原生或次生孔隙，部份孔隙間偶有大量伊利石或混層黏土充填其中。

### (三)井孔影像電測之裂縫分析

由於FPK-6B號井之井孔影像電測有很多資料品質不良的區段，完全無法進行地層層面或裂縫之解釋，因此本報告所有解釋之結果應較實際的裂縫數目少。本研究分析結果於FPK-6B號井整段地層(4410.5至4638公尺)共摘取了476個導電型裂縫、36個電阻型裂縫，其裂縫密度為每公尺2.3個。

經由番婆坑構造FPK-6B號井之井孔影像電測之裂縫分析結果與綜合柱狀圖對比，於厚層石灰岩段(4410.5至4454公尺)之裂縫密度最高(每公尺5.7個)，共摘取了248個導電型裂縫，並未摘取到電阻型裂縫，這似乎與從野外露頭及岩心觀察之結果有些差異。但因本研究是使用動態影像來進行裂縫之分析及摘取作業，所以於本段岩層所摘取之導電型裂縫係與高電阻石灰岩對比之結果，若參考動態影像之電阻值，整段厚層石灰岩段之地層均屬高電阻，不易判定出電阻型裂縫，因此本段所定義之導電型裂縫應該有許多是已被方解石充填之裂縫。而以凝灰岩為主包括凝灰岩/玄武岩、凝灰岩/石灰岩、泥質砂岩(即扣除厚層石灰岩)之地層的裂縫密度為每公尺1.4個，大多屬導電性裂縫(可提高滲透率)。

番婆坑地區之石灰岩在三種不同尺度下(包括FMI井孔影像資料、野外露頭、井下岩心)均展示有裂縫的發育；最左邊為FPK-6B號井部份石灰岩段之FMI井孔影像資料裂縫解釋結果，中間為亞洲水泥關西採石場石灰岩露頭有發達的裂縫，雖然有許多裂縫已被方解石充填形成大量方解石脈，右邊為及FPK-6B號井4420~4424公尺之石灰岩岩心，亦觀察到發育良好的微裂縫。

由井孔影像電測之裂縫分析結果，FPK-6B號井厚層石灰岩段(可能含有白雲岩)之裂縫密度(每公尺5.7個)遠較其他岩層之裂縫密度(每公尺1.4個)高，其傾角大多分佈在20至80度之間，以30至40度最多；其方位以320至350度為主；其走向主要為北50至80度東—南50至80度西，且大多屬於導電型微裂縫。

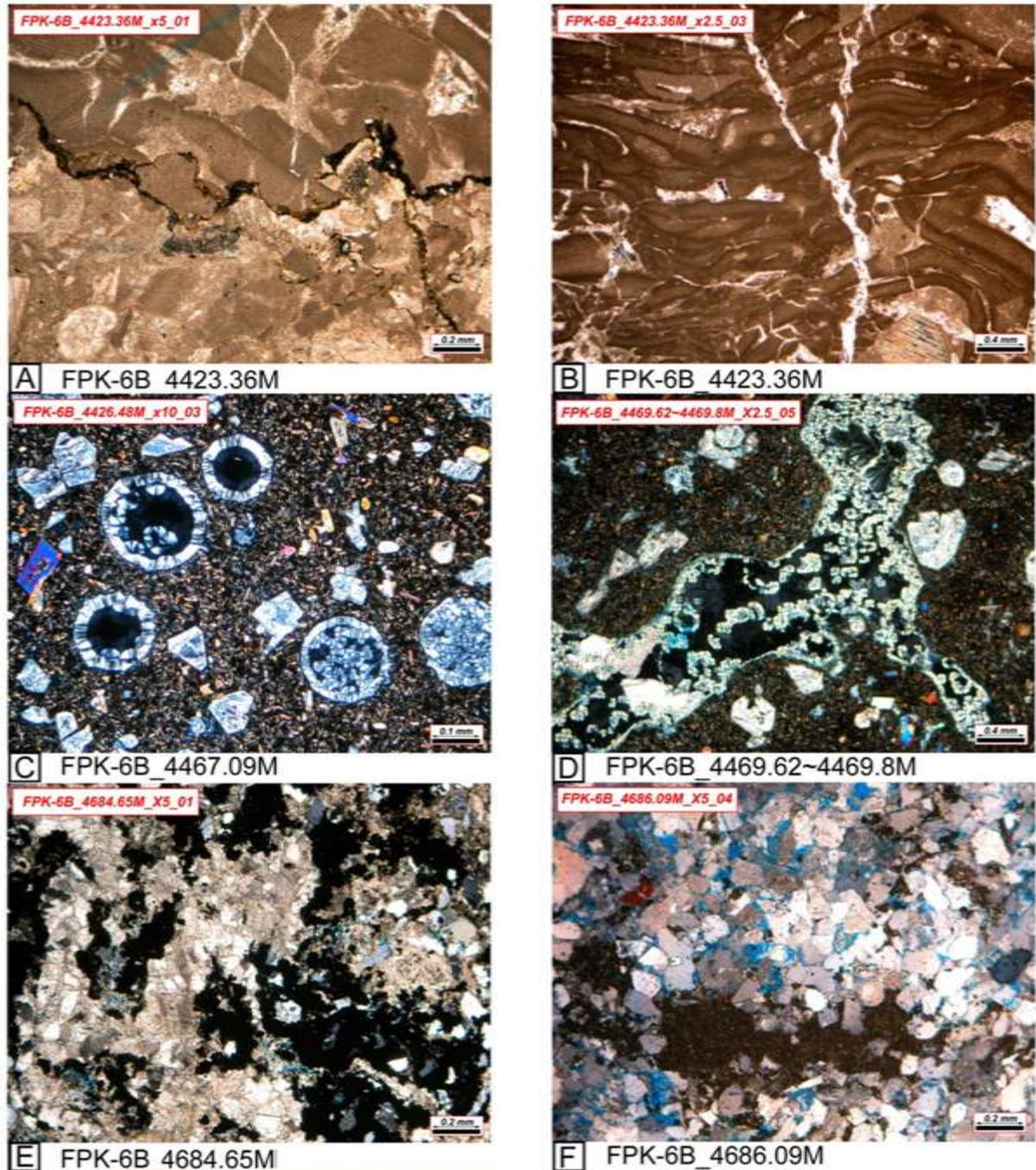


圖1、FPK-6B號井三段岩心之岩石薄片照片

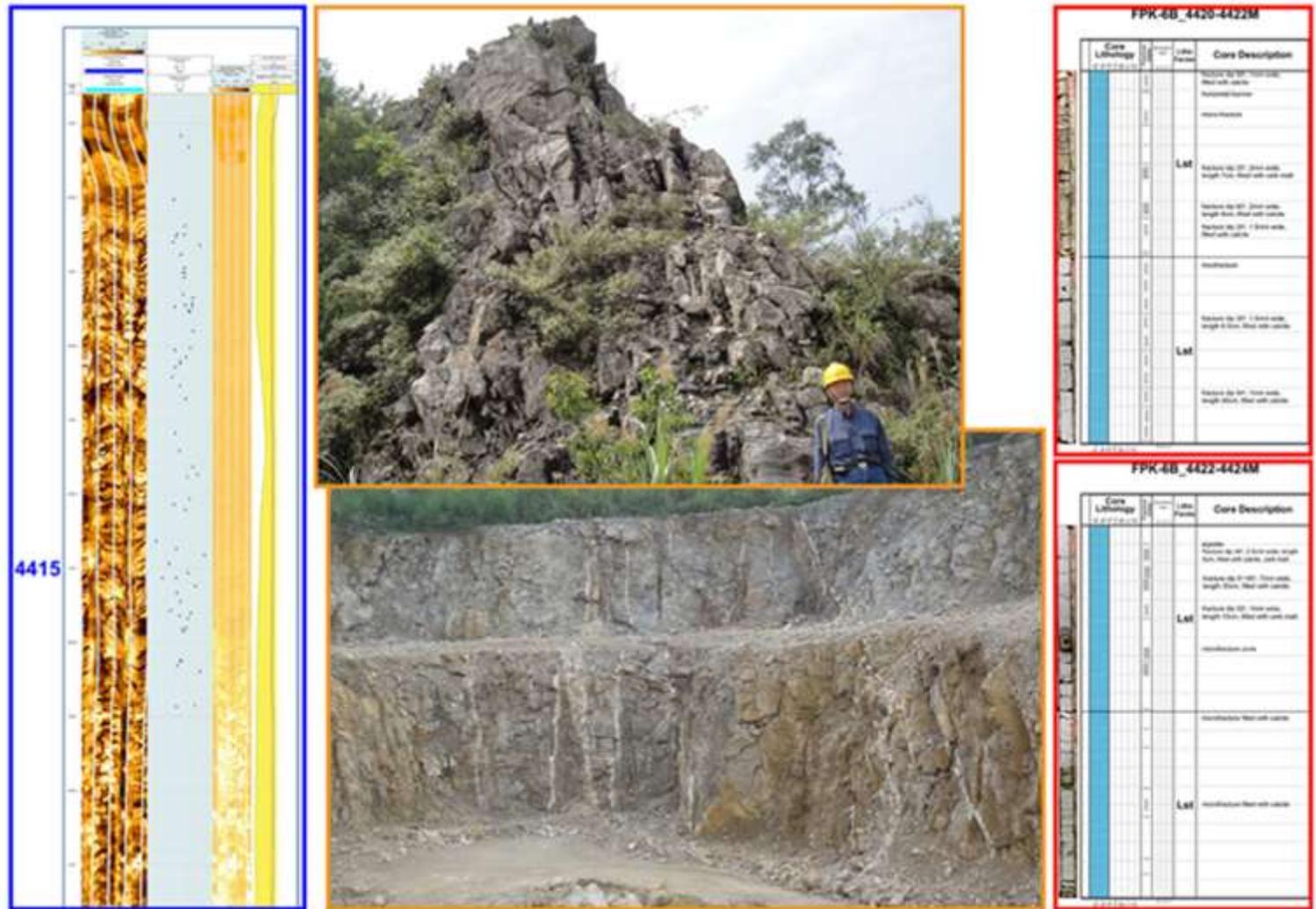


圖2、番婆坑地區之石灰岩在三種不同尺度下均展示有裂縫的發育

# 利用重合前震測逆推方法探討臺灣官田地區儲氣層分佈

曾彥祺 1

1 台灣中油公司探採事業部

關鍵字:重合前震測逆推、保幅、交叉圖分析

Keyword: Pre-stack seismic inversion, true amplitude recovery, cross-plot analysis

台灣中油近年在官田地區(圖1)更新世(Pleistocene)二重溪層底部附近發現三層天然氣層，分別命名為K1、K2和K3氣層，儲集岩皆為砂岩。為了瞭解氣層的分佈情況和尋找額外的潛力地層，以保幅(true amplitude recovery ; TAR)及重合前時間移位(pre-stack time migration ; PSTM)處理後的東西向二維震測，測線名為96KTNNV1(圖2)，搭配四口生產井(KTN-1、2、3和4B)的井測資料，進行重合前震測逆推。

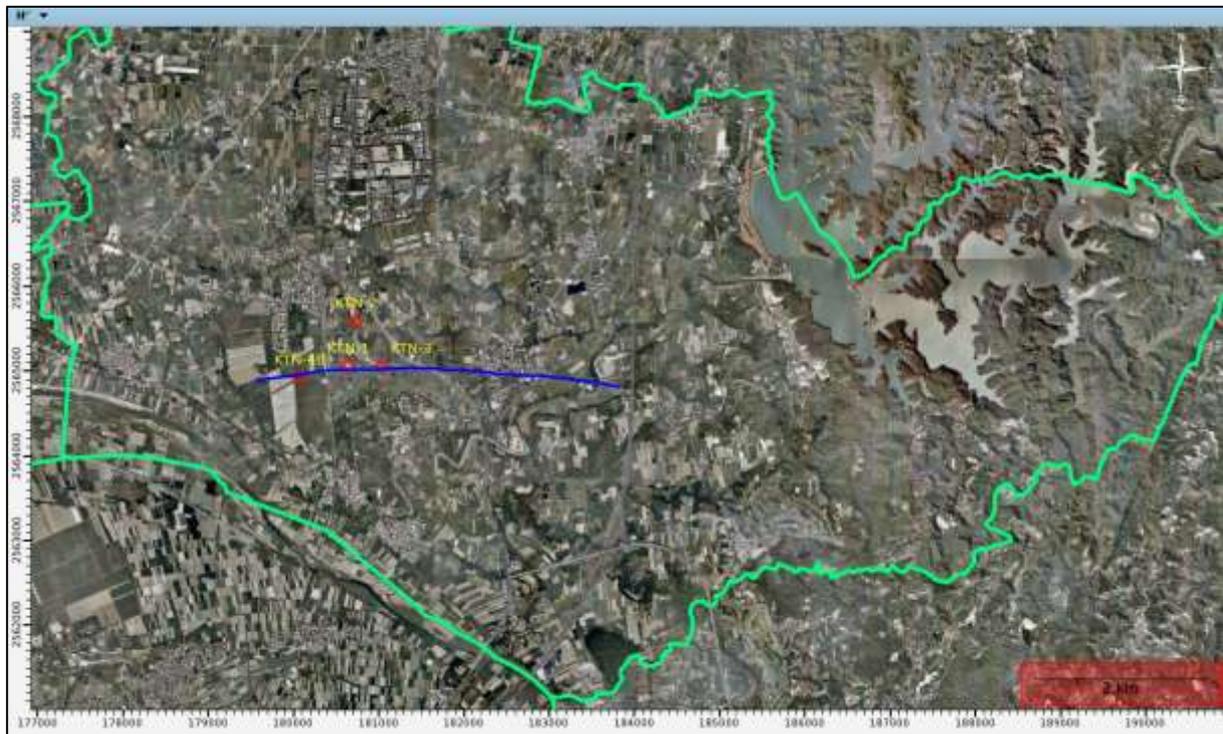


圖1、官田地區航照與測線位置圖。藍線為二維測線96KTNNV1，綠線為官田的行政界線。

震測逆推(seismic inversion)是用來預測岩石物理特性和建立地質模型的有效方法，依所選用的震測資料不同，又可分為重合前(pre-stack)和重合後(post-stack)兩種(圖3)。重合後震測逆推能獲得地下岩層的P波阻抗(P impedance ;  $I_p$ )，但無油氣頁岩和含油氣砂岩之 $I_p$ 範圍常重疊分佈，解釋者易將低 $I_p$ 的頁岩誤判為含油氣砂岩，故單以 $I_p$ 很難區分兩者差異；重合前震測逆推除獲得 $I_p$ 外，能額外得到S波阻抗(S impedance ;  $I_s$ )，利用 $I_p$ 和 $I_s$ 可計算出縱橫波速度比( $V_p/V_s$ )、拉曼係數-密度(Lambda-Rho ;  $\lambda\rho$ )、剛性係數-密度

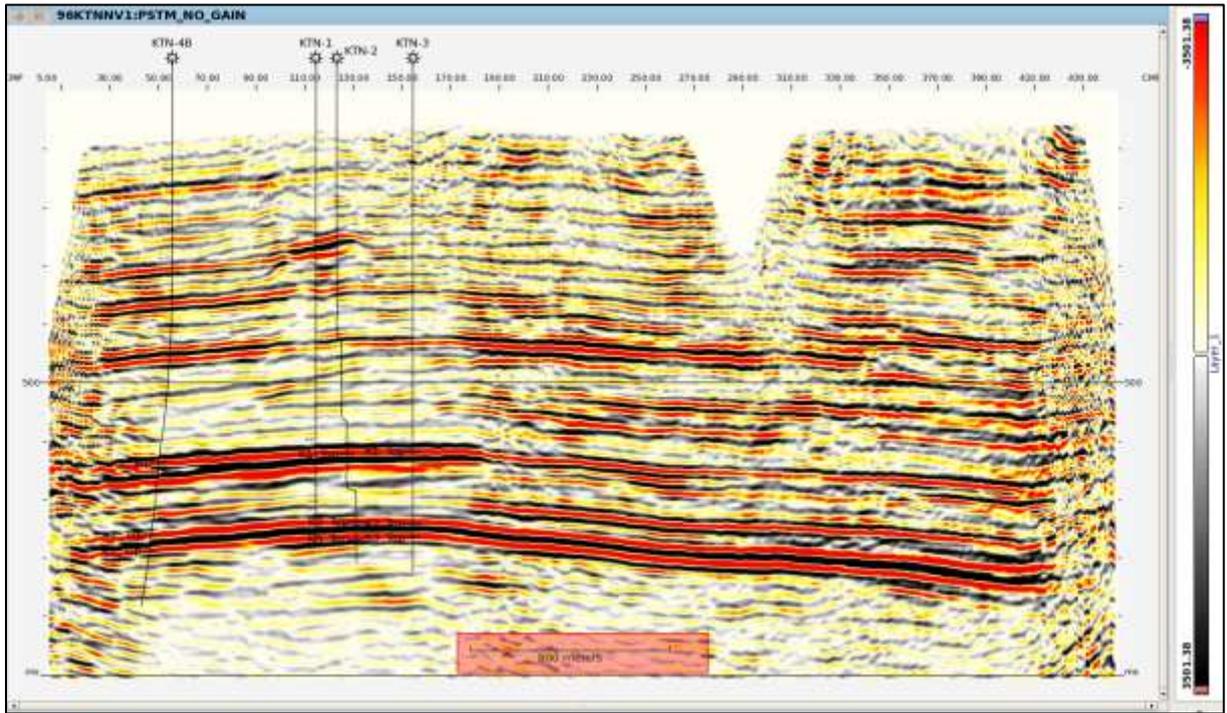


圖2、96KTNNV1零支距保幅震測影像。四口井KTN-1、2、3和4B分佈於測線西側。

(Mu-Rho ;  $\mu\rho$ )、泊松比(Poisson's ratio ;  $\sigma$ )、體積係數-密度(Bulk Modulus-Rho ;  $K\rho$ )和楊氏係數-密度(Young's Modulus-Rho ;  $E\rho$ )等彈性係數因數，協助解釋者區分地下岩體的岩性。當擁有高角度入射的同反射點聚集(CRP gather)資料時，重合前震測逆推甚至能推估地層密度(Rho ;  $\rho$ )。

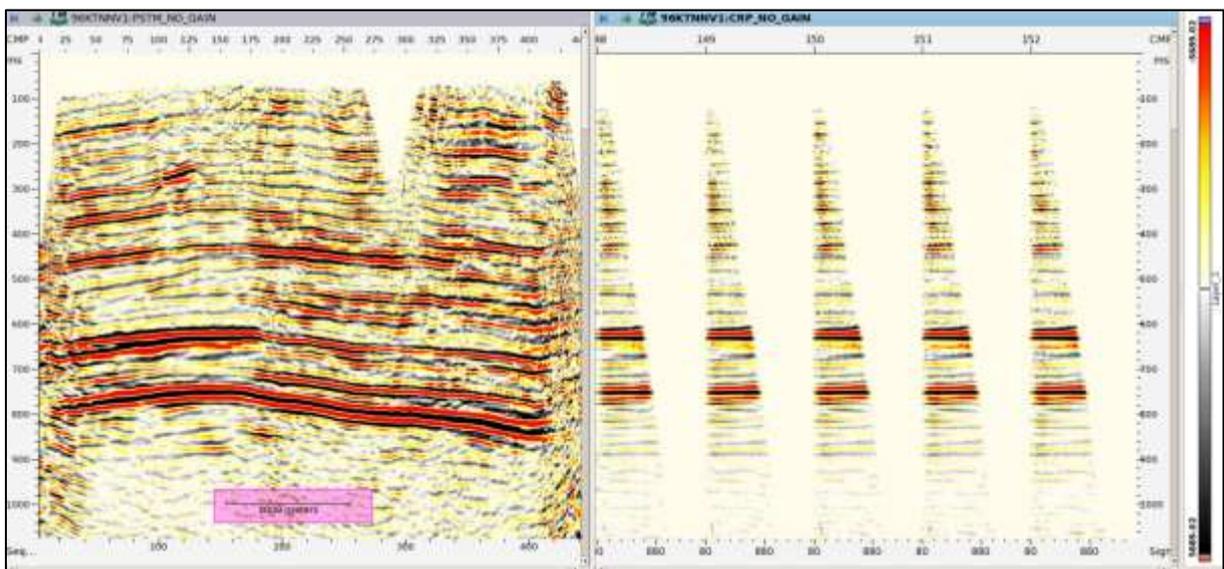


圖3、96KTNNV1保幅之重合後與重合前資料。

在進入重合前震測逆推演算前，先利用KTN-3的井測資料，觀察K1、K2和K3天然氣層的彈性係數特性。藉由P波聲波(P sonic log)、S波聲波(S sonic log)和密度井測(density log)，可計算出 $I_p$ 、 $I_s$ 、 $V_p/V_s$ 、 $\sigma$ 、 $\lambda\rho$ 、 $\mu\rho$ 、 $K\rho$ 和 $E\rho$ 等井測曲線(圖3)，發現在氣層的位置，所有的井測曲線都異常降低。

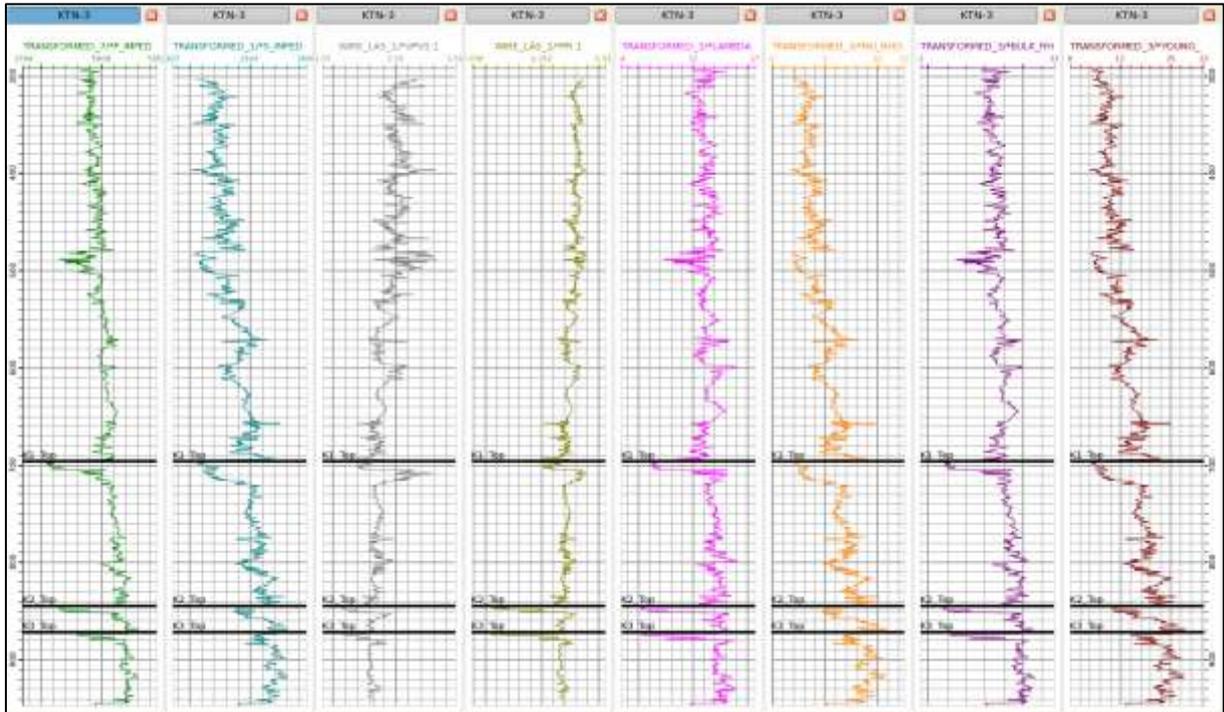


圖3、KTN-3井測與K1、K2、K3氣層。由左而右分別為 $I_p$ 、 $I_s$ 、 $V_p/V_s$ 、 $\sigma$ 、 $\lambda\rho$ 、 $\mu\rho$ 、 $K\rho$ 和 $E\rho$ ，深度為垂深(true vertical depth；TVD)。

以交叉圖(cross-plot)方式搭配Gamma ray井測，尋找氣砂(gas sand)、水砂(brine sand)和頁岩的彈性係數差異。將 $I_p$ 、 $I_s$ 和Gamma ray設定為交叉圖的X、Y和Z軸，Z軸以顏色表示，Gamma值高設定為黑色，岩性以頁岩為主；Gamma值低為黃至紅色，岩性以砂岩為主。從交叉圖中(圖4)可以發現大部份岩層的井測值都沿迴歸線附近分佈，少數偏離迴歸線的井測點正好是K1、K2和K3氣層的位置。 $I_p$ - $I_s$ 交叉圖顯示官田地區氣砂的 $I_p$ 值低於水砂和頁岩，但無法區分水砂和頁岩的差異，利用線性計算可獲得迴歸線的公式，定量出水砂和頁岩在 $I_p$ - $I_s$ 交叉圖上的分佈帶。

震測逆推的第一步是藉由合成震波(synthetic)比對，獲得震測資料的漣波(wavelet)和尺度因數(scale factor)。決定漣波的原則是該漣波能使合成震波和震測資料比對得最好，即有最佳的交對比係數(cross-correlation coefficient)。本次震測逆推選用的漣波頻寬約介於20~60Hz，相位接近0度，在KTN-1、2、3和4B的比對結果裡都能獲得大於0.75的交對比係數(圖5)。由於震測資料的振幅是相對且單位是無意義的，故需要一尺度因數讓逆推

求得的阻抗乘上該因數後，縮放成能和井測比較的絕對阻抗，本次逆堆的尺度因數為0.0000838327。

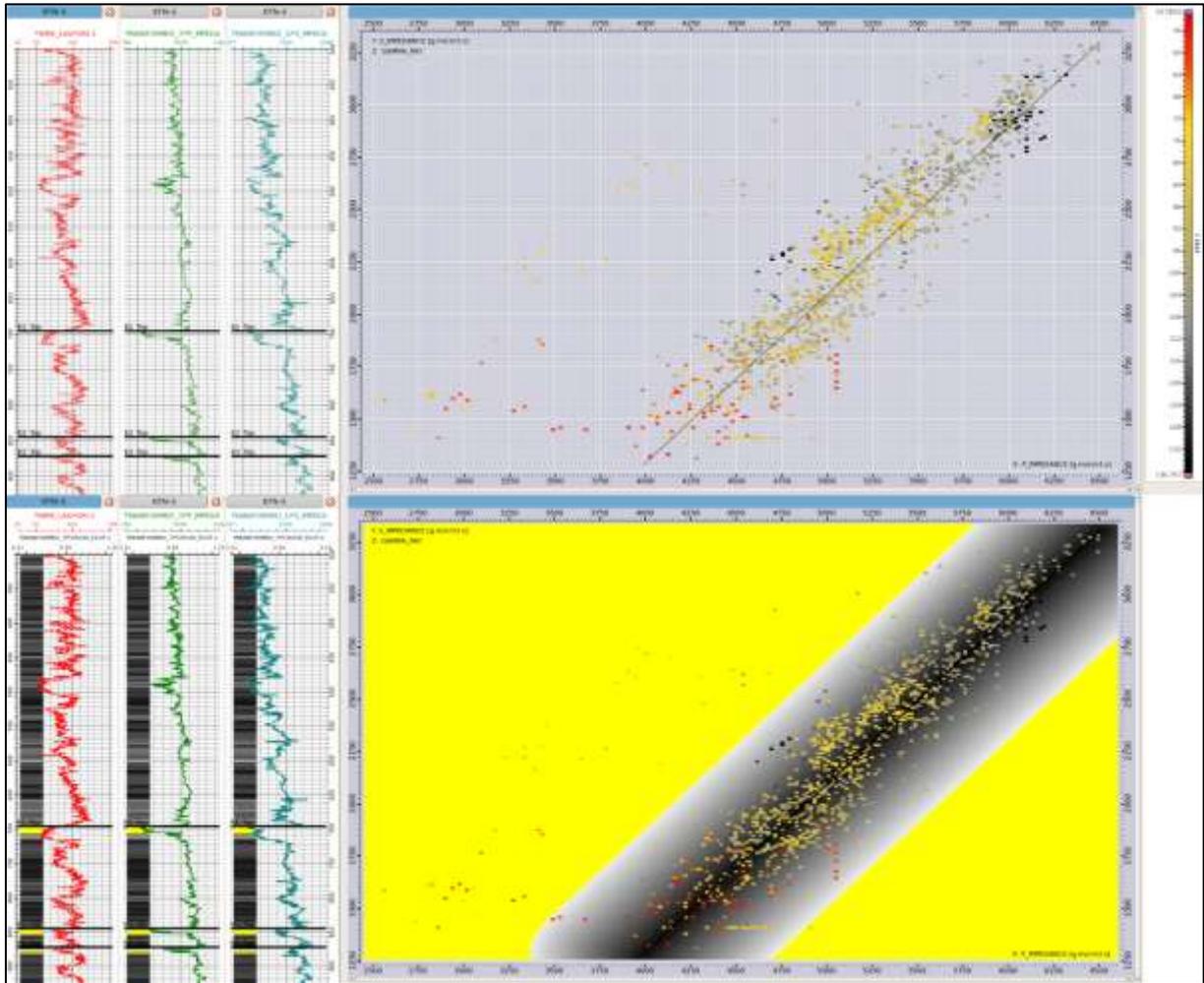


圖4、KTN-3之Gamma ray、Ip和Is交叉圖。黑線為迴歸線，黑色色塊為水砂和頁岩的分佈帶。

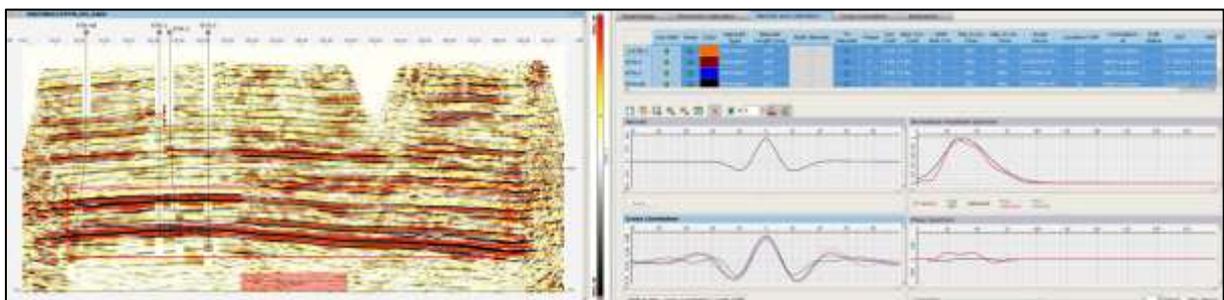


圖5、震測逆推之漣波和尺度因數。

合成震波比對除了可獲得漣波和尺度因數外，還能確定氣層在剖面中所代表的波型，以KTN-3為例，經合成震波比對後，可知K1、K2和K3層的頂部(top)在震測剖面中皆是

落於波谷(trough)之位置(圖6)，進而拾取(picking)地層(圖7)，本次解釋一共拾取六層，由上而下分別為H1、H2、H3、K1\_Top、K2\_Top和K3\_Top。

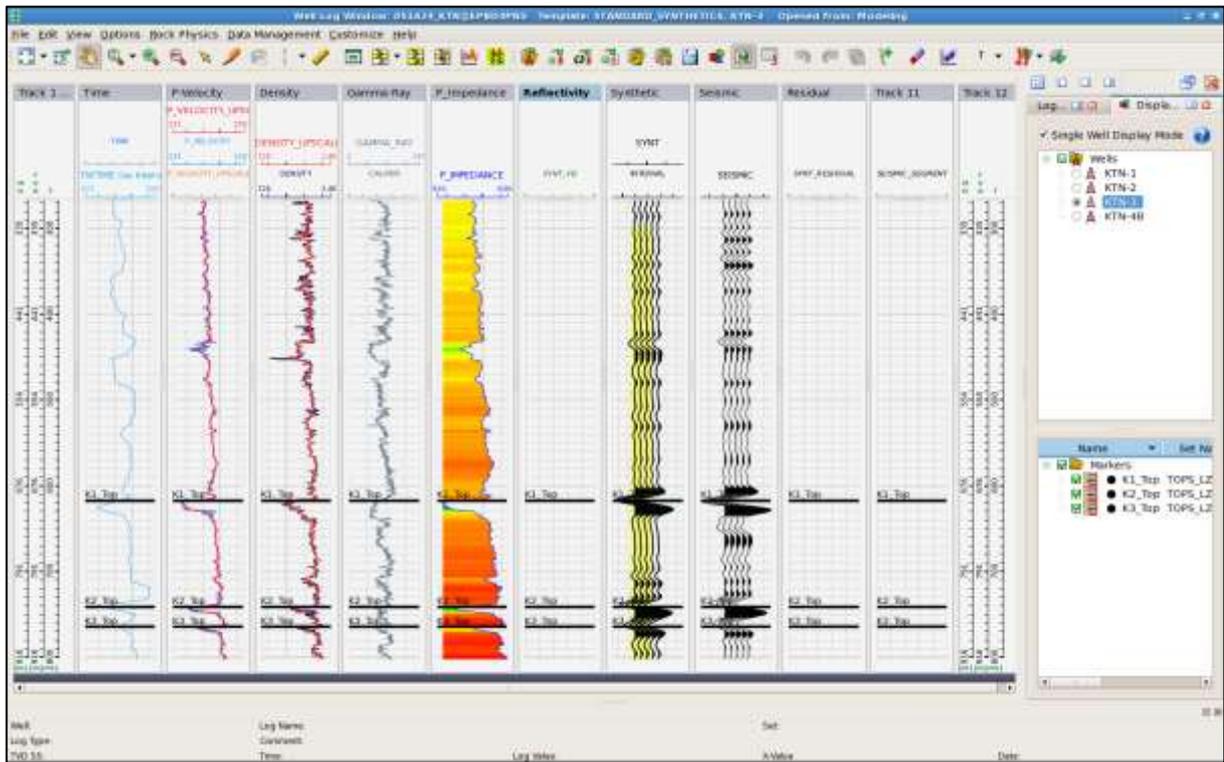


圖6、KTN-3合成震波比對結果。

一旦有了漣波、尺度因數和目標層的拾取後，以重合前的角度聚集(angle gather、圖8)或重合後的角度重合(angle stacks、圖9)作為震測逆推的原料，搭配由井測內插(interpolation)建立的低頻Ip和Is背景模型(background model)，可逆推出96KTNNV1的Ip和Is剖面(圖10)。

將逆推後得到的Ip和Is剖面做交叉圖分析，仿照先前在井測的模式，將X和Y軸分別定為Ip和Is，Z軸設為震測影像並用黑色和紅色分別代表波峰(peak)和波谷。首先將分析範圍設定在H1到H3層間，發現H1到H3間的Ip-Is數值幾乎呈一線性分佈(圖11)，這是因為H1到H3間的地層都為水砂或頁岩，並無氣砂的存在，造成交叉分析的結果和圖4井測分析的結果相似，都可歸納成一線性關係，但兩迴歸線的斜率和截距並不相同。

接下來將分析範圍放到大至H1到K3\_Top間，此區間包含了K1、K2和K3天然氣層，形成的Ip-Is交叉圖也出現許多偏離迴歸線的點(圖12)，這些偏離迴歸線的點是由K1、K2、K3，甚至額外的潛能氣層所造成。

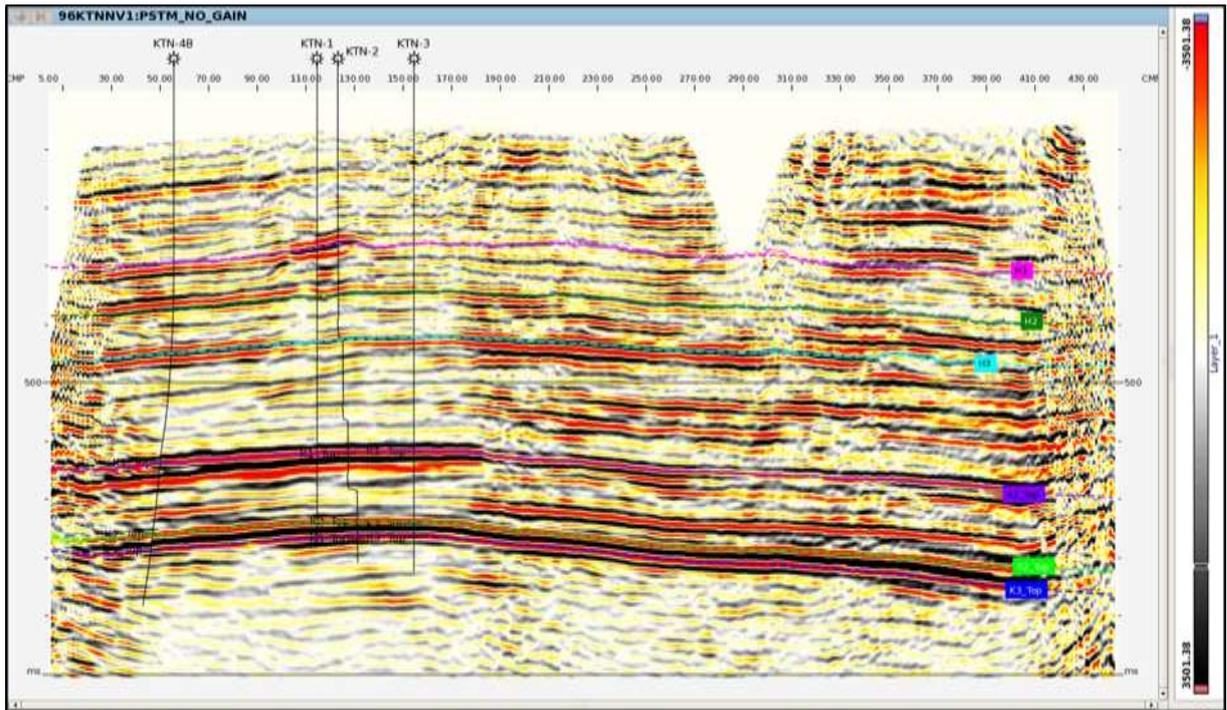


圖7、96KTNNV1地層拾取結果。

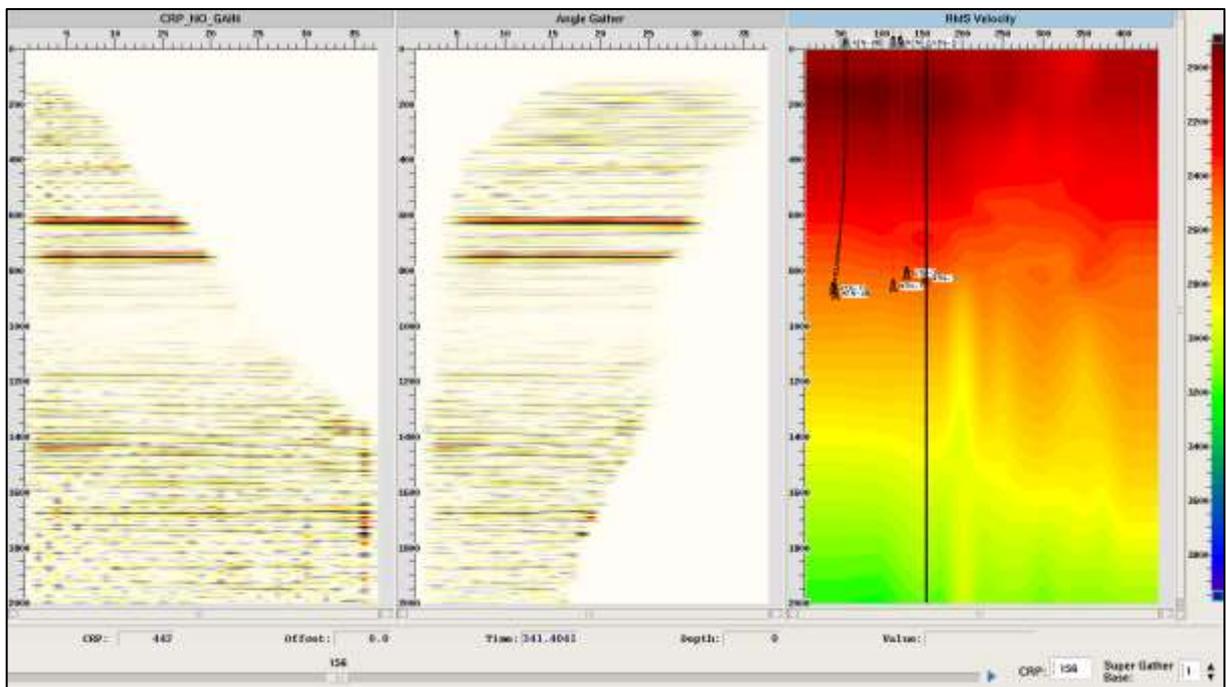


圖8、96KTNNV1的角度聚集。由左而右分別為CRP gather、angle gather和震測RMS速度。

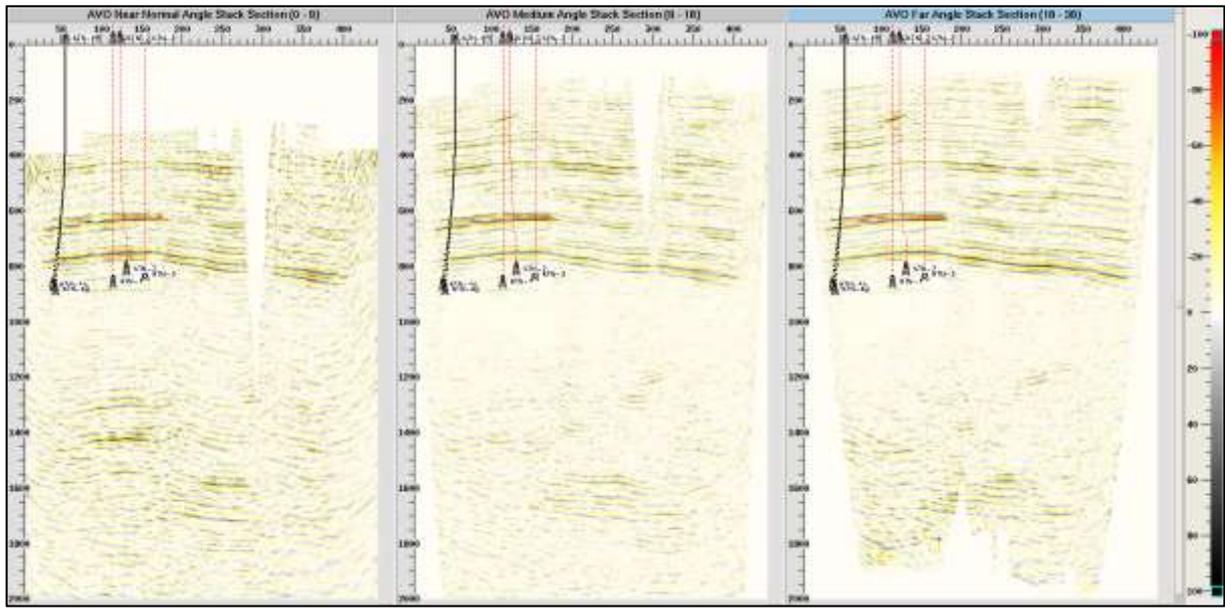


圖9、96KTNNV1的角度重合。由左而右分別為近(near)、中(middle)和遠(far)角度重合。

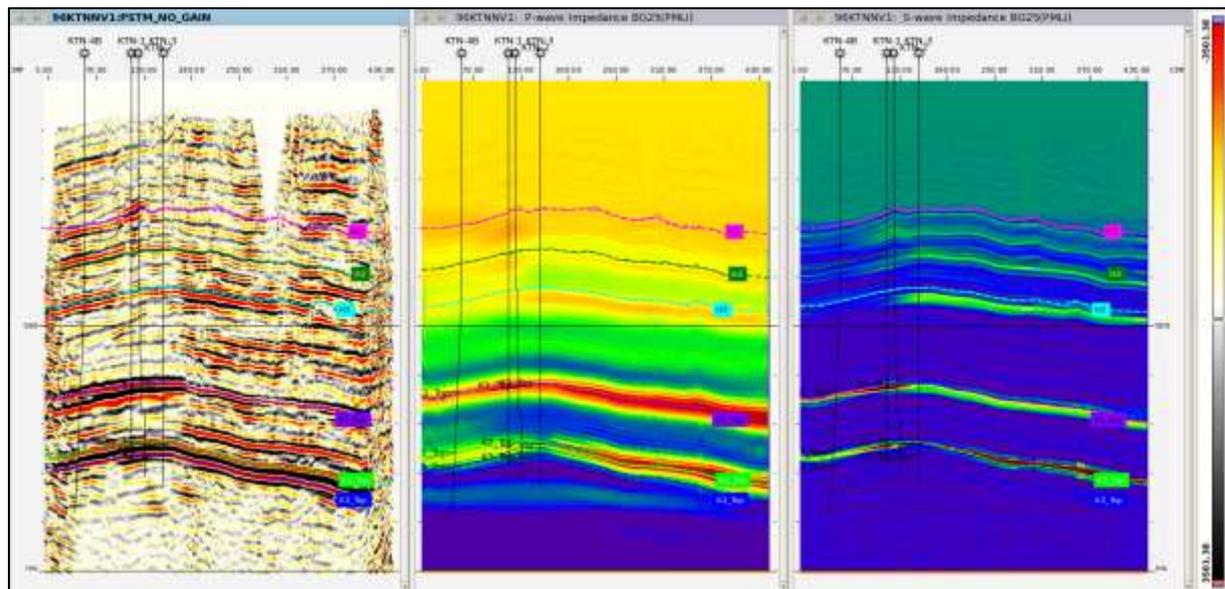


圖10、96KTNNV1逆推後之 $I_p$ 和 $I_s$ 。由左而右分別為震測、 $I_p$ 和 $I_s$ 剖面。

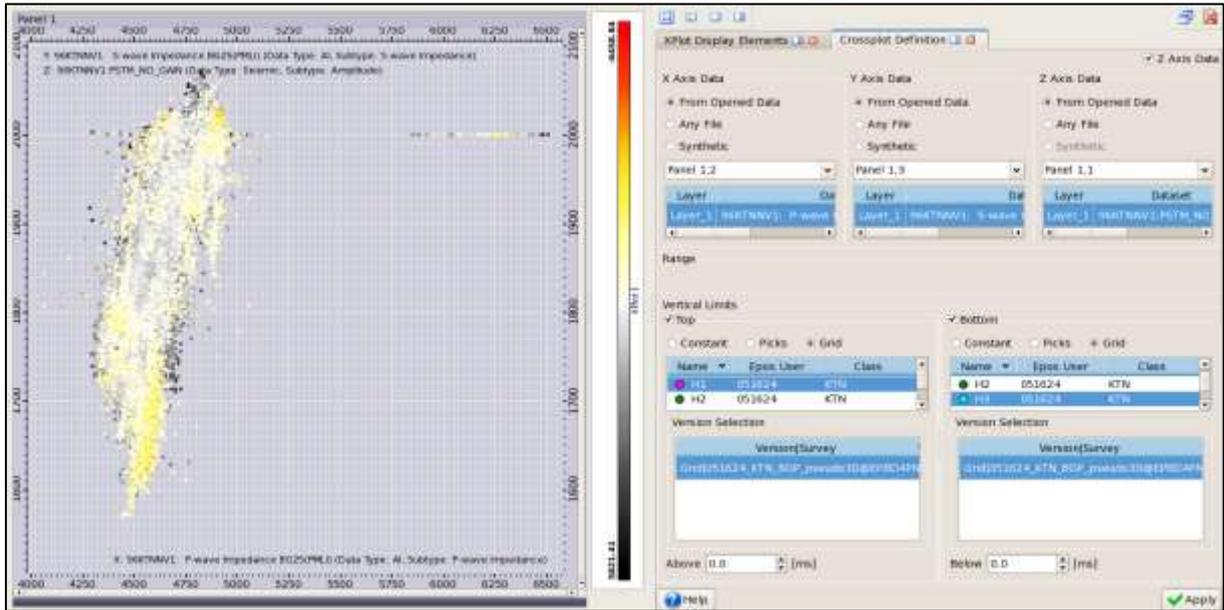


圖11、H1至H3間的Ip-Is交叉圖。

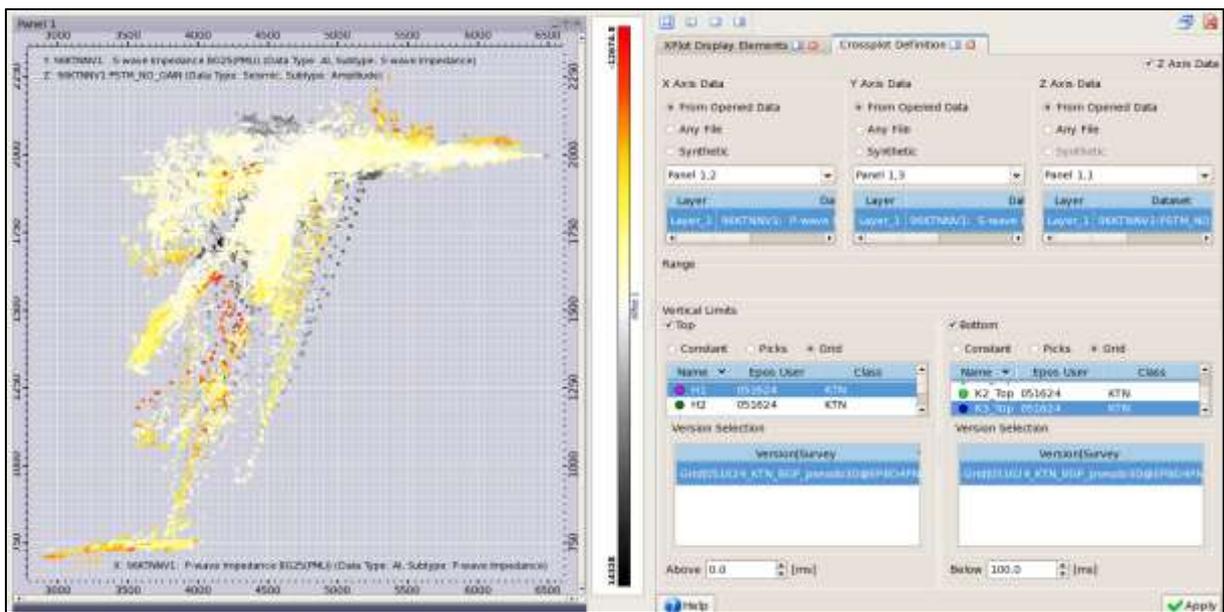


圖12、H1至K3\_Top間的Ip-Is交叉圖。

將這些偏離迴歸線的Ip-Is點以色塊方式對應回震測剖面上，顯示黃色色塊內的Ip-Is點對應到K1氣層、紫色色塊則對應K2氣層，另外發現綠色色塊內的點對應到K2層東側之地層(圖13)。擁有比K1和K2氣層更低Ip與Is值的綠色地層，是否為官田地區尚未鑽遇的新氣層，亦或是K2層天然氣的實際分佈範圍，尚待進一步研究。

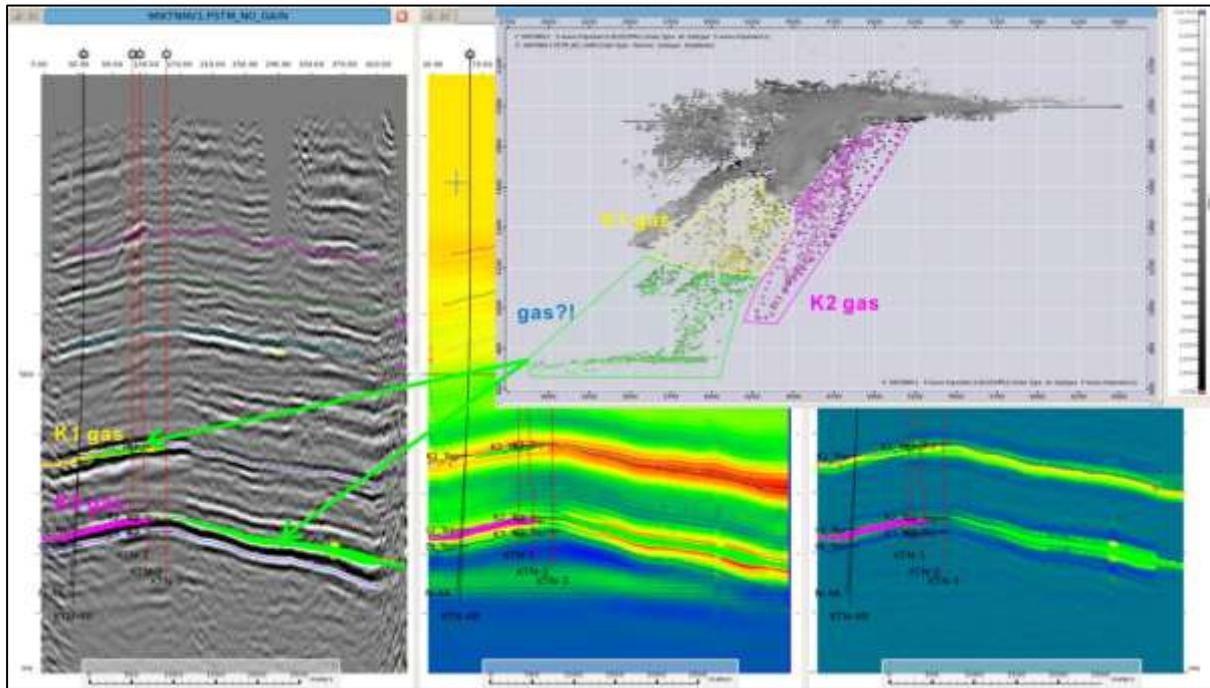


圖13、H1至K3\_Top Ip-Is交叉分析與地層對應圖。

#### 參考文獻

- Aki, K. and P.G. Richards (1980) Quantitative Seismology, Theory and Methods, Vol. I and II, W.H. Freeman, San Francisco.
- Connolly, P. (1999) Elastic impedance: The Leading Edge, Vol. 18, p. 438-452.
- Fatti, J. L., Smith, G. C., Vail, P. J., Strauss, P. J., and Levitt, P. R. (1994) Detection of gas in sandstone reservoirs using AVO analysis: A 3-D seismic case history using the Geostack technique: Geophysics, 59, 1362-1376.
- Gelfand, V., Ng, P., Nguyen, H., and Larner, K. (1986) Seismic lithologic modeling of amplitude versus offset data: 56th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys. Expanded Abstracts, 334-337.
- Goodway, W. (2001) AVO and Lamé constants for rock parameterization and fluid detection: CSEG Recorder, June 2001, 39-60.
- Goodway, W. (2009) The magic of Lamé: SEG 2009 North America Honorary Lecture presented in Geophysical Society of Alaska Anchorage.
- Jesper M. Smidt (2009) Table of elastic constants for isotropic media: The Leading Edge, 117.
- Perez, M.A. and Tonn, R. (2003) Reservoir modeling and interpretation with Lamé's parameters: A Grand Bank case study: 2003 CSPG/SCEG joint convention.

## 臺灣南部FE-3井與FE-1井地層對比

王明惠

臺灣中油公司探採研究所

關鍵詞：地層對比、鳳山斷層

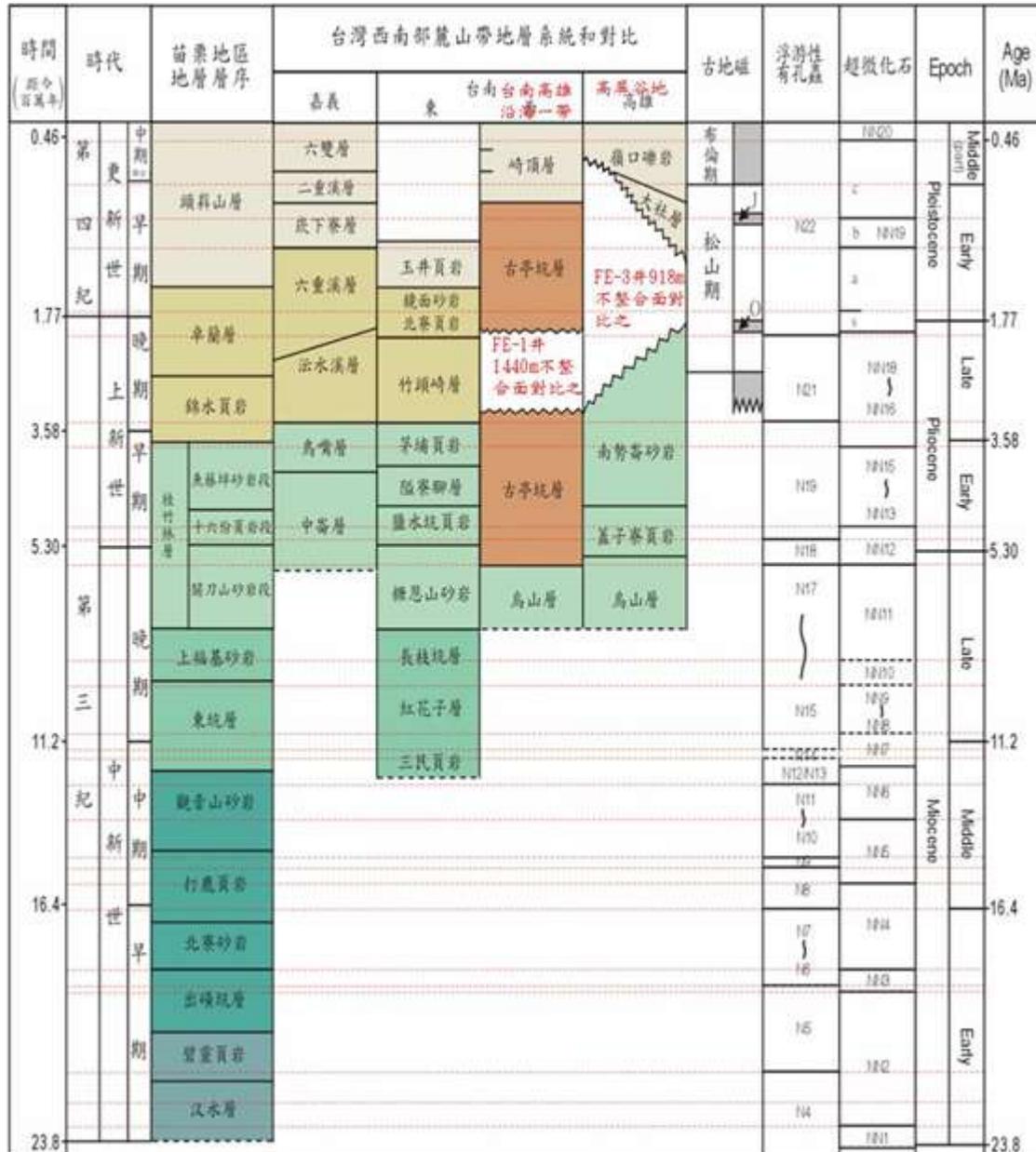
前人研究對旗山—鳳山地區出露之地層定義不一致，為瞭解嶺口礫岩與大社層分佈，完成FE-1井與FE-3井的超微化石生物地層，高屏地區在臺灣的油氣探勘史上仍屬於低度探勘地區，地層對比提供給震測解釋的層序問題一些訊息。

FE-3井鑽探完成，中新世的成熟油氣經由上新世時期之泥貫入體作用，移棲儲聚在泥貫入體側翼上傾之上新統砂層中，更新統泥岩提供了良好的蓋岩。FE-3井超微化石生物地層0-340m沒有化石，地層對比於嶺口礫岩與大社層，340-920m歸屬NN19c-NN20，相當於更新統，地層對比於大社層，920-1755m歸屬NN13-NN15，相當於上新統，地層對比於南勢崙砂岩。

FE-1井鑽深1597m以下遇高壓現象，頻遇氣切，推斷FE-1井可能鑽入泥岩貫入體中心裡面，當初(1970年)FE-1井依有孔蟲化石鑑定認為鑽遇地層均為嶺口礫岩，然而嶺口礫岩是最年輕的地層，怎麼又說已鑽入較老的泥岩貫入體呢？經泥火山採樣後超微化石分析，大都歸屬NN13-NN15，相當於下部上新統或更老的地層，顯示FE-1井的岩石地層對比有些不合宜，FE-1井的井下地質報告將嶺口礫岩分為清水段、下山腳段及礫岩及頁岩段，幾乎沒有被後輩引用，所以需要重新修正FE-1井的岩石地層。超微化石生物地層分析結果顯示：0-170m歸屬NN19相當於更新統、170-1440化石稀少、1440-1530m 歸屬NN16，相當於上部上新統，1530-2447m歸屬NN15，相當於下部上新統，本研究根據超微化石生物地層作參考，修正岩石地層為0-60m鳳山石灰岩，60-1440m上部古亭坑層，1440m-2447m下部古亭坑層。

根據中央地質調查所旗山圖幅說明表示：地下水井永芳井之井深104m定年結果(為)大於37000 B.C.，潮寮井之井深180m，所測定的年代為15360±60 B.C.。也就是說，更新統的地層對比(來看)，永芳井的104m年代略老於潮寮井的180m，同樣地，FE-1井的上部古亭坑層年代也略老於FE-3井的嶺口礫岩，上新統的地層對比來看，反而不同，FE-3井的南勢崙砂岩年代略老於FE-1井下部古亭坑層。

上新世晚期/更新世早期有不整合面存在，造成地層缺失，超微化石生物地層缺失了局部的NN16-NN17-NN18-NN19的下半段，該不整合面對比於FE-3井918m與FE-1井1440m；FE-3井918m的不整合面地層缺失的時間較長，FE-1井1440m的不整合面地層缺失的時間較短。地層表參考圖一

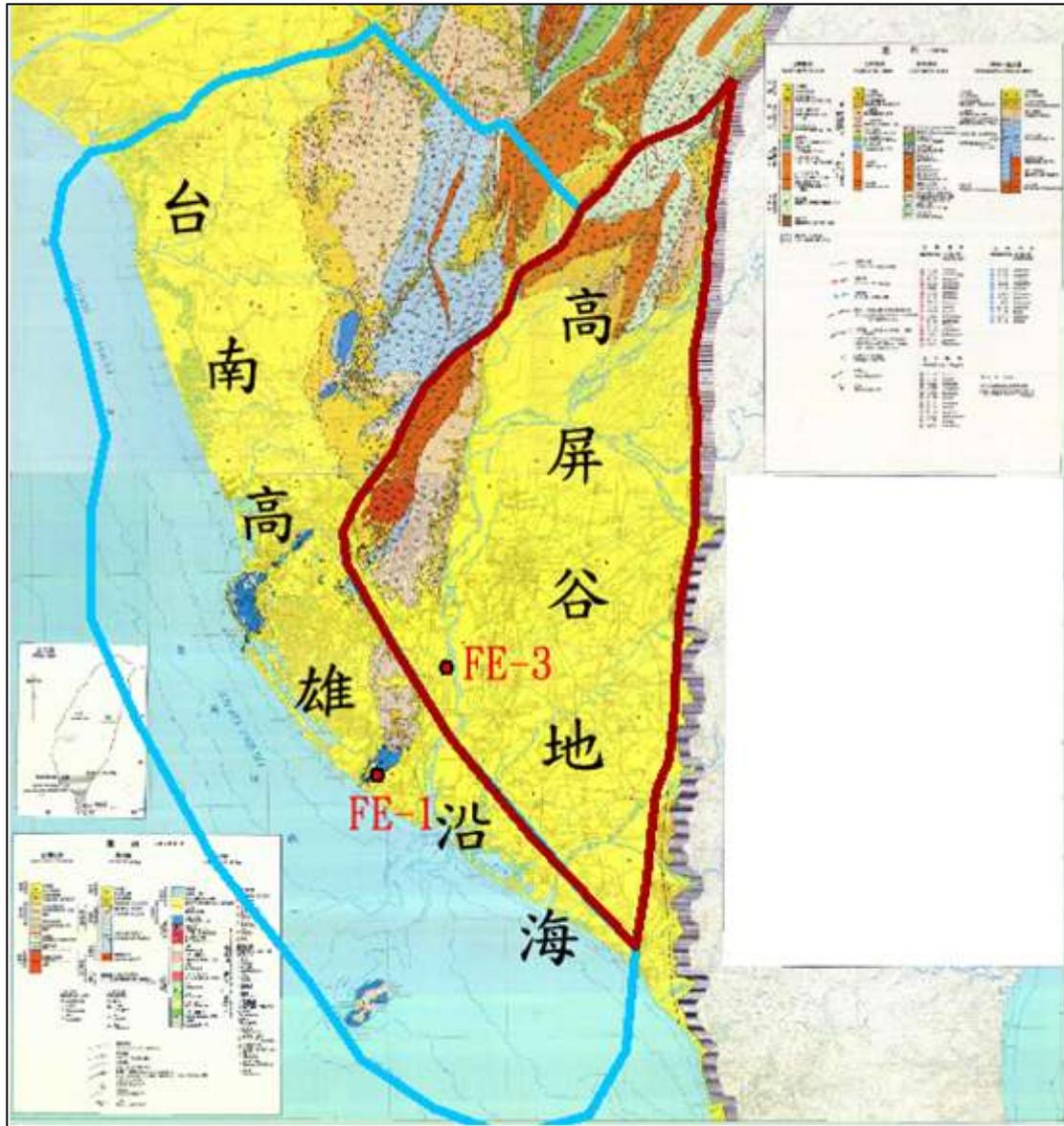


圖一、臺灣南部地層表(修訂自謝凱旋,2003)

由於FE-3井與FE-1的地層序差異，推斷旗山斷層與鳳山斷層應該存在，在旗山斷層與鳳山斷層東側稱之為高屏谷地，請參看圖二，高屏谷地適用烏山層、蓋子寮頁岩、南勢崙砂岩、大社層與嶺口礫岩之地層序，鳳山斷層西側稱之為台南高雄沿海，請參看圖二，台南高雄沿海適用烏山層、下部古亭坑層、上部古亭坑層與崎頂層之地層序，同樣地，永芳井位於台南高雄沿海區，潮寮井位於高屏谷地區。

孫習之(Sun,1964)鳳山丘陵與東側沖積平原交會處的明顯地形崖面稱之為鳳山斷層，此斷層目前在地表上並未發現斷層露頭，乃為一推測斷層(陳華玟等，

2001), FE-3井的井下地質報告表示震測解釋無法證實斷層存在,但是Ching et al. (2007) 解釋之台灣西南部構造,利用GPS位移向量場發現通過旗山斷層與鳳山斷層處位移量有明顯改變,因此認為旗山斷層與鳳山斷層為共軛斷層,且鳳山斷層是一條左移斷層。經FE-3井與FE-1井生物地層對比認為鳳山斷層應該存在。震測剖面上鳳山斷層的兩側僅上新世/更新世之不整合面可以追縱,更新統各自地層對比,跨鳳山斷層更新統的層界追縱是無意義的。



圖二、高屏谷地與台南高雄沿海範圍以及FE-3井與FE-1井位置之示意圖

(底圖是中油公司地質圖\_比例尺10萬分之1,1992)

## 利用三原色視覺化展示頻譜分解分析於儲集層特性

李健平、梁守謙、邱維毅、古佳艷、張國雄、張資宜、羅仕榮  
台灣中油公司探採研究所

關鍵詞：震測構造解釋、震測屬性、頻譜分解、三原色視覺化展示、儲集層厚度

### 摘要

震測屬性的目的在於利用物理、數學或統計方法分析震測剖面，以期作為直接油氣指徵（DHI, Direct Hydrocarbon Indicator）。然而每個礦區的沈積環境與地質特性不同，可套用的震測屬性也不盡相同，這些屬性並非完全皆可套用於每個礦區，需選取適當的屬性進行解釋，瞭解地下地層的形貌與物理特性，進而評估油氣潛能。頻譜分解（Spectral decomposition）震測屬性為近年來廣泛被應用的新技術（Partyka et al., 1999），可針對地層厚度或衰減帶進行分析解釋，也可應用於河道分佈的分析。可透過此震測屬性，瞭解頻率信號的意義與對應的地質構造關係，甚至進一步瞭解其與油氣之間的關係。而三原色視覺化展示為呈現頻譜分解分析結果的一項重要的工具，利用三原色的顏色加成，可瞭解不同頻率信號的強弱，比主觀的肉眼判讀來得客觀且直覺，為此技術的優點，因此三原色視覺化展示頻譜分解震測屬性亦為近年常見之油氣潛能評估工具（Bahorich et al., 2002；Marfurt and Kirlin, 2001）。

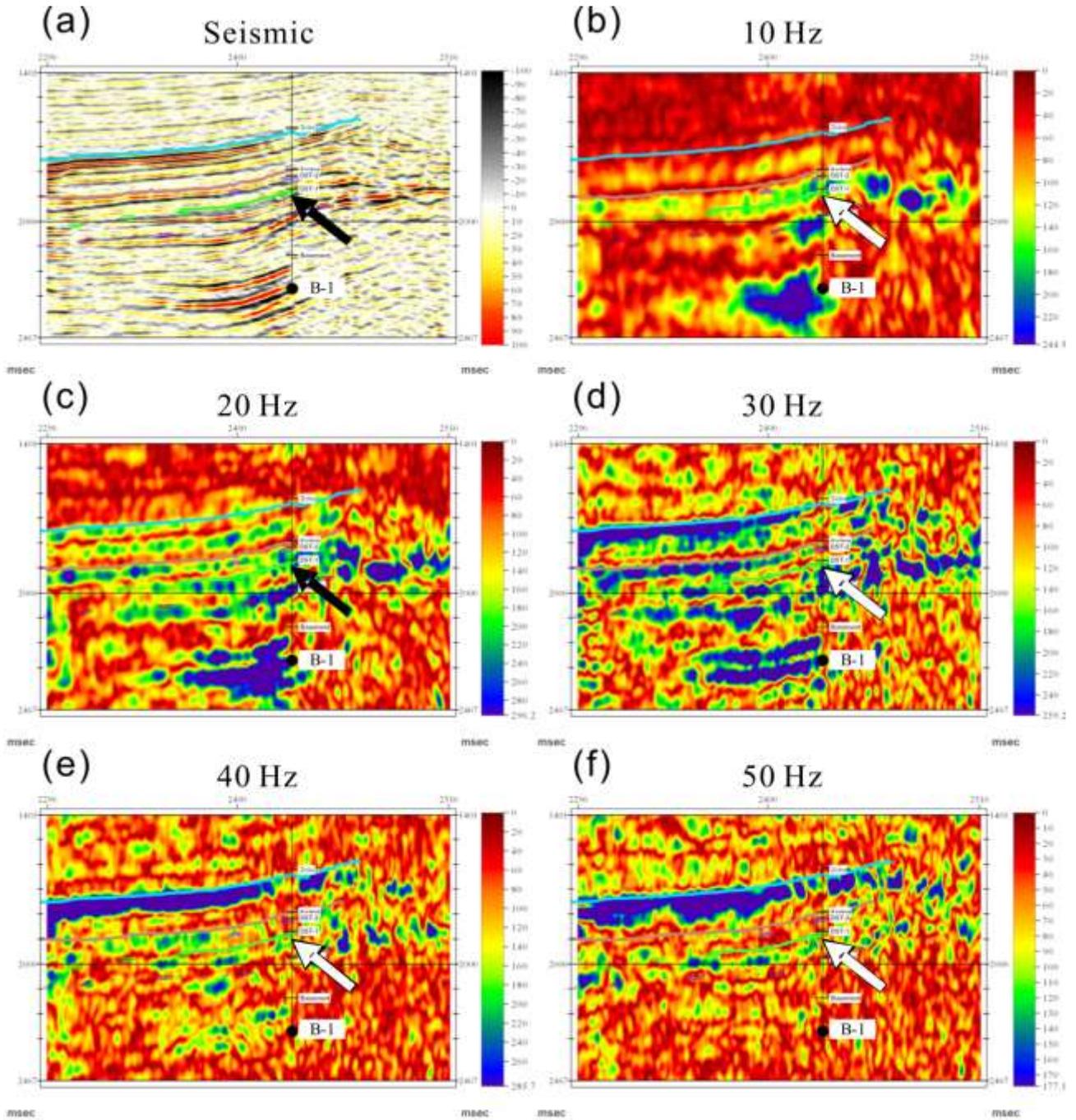
本研究為應用三原色視覺化展示頻譜分解分析技術的實際應用案例。套用三原色視覺化展示頻譜分解分析前，需計算頻譜分解的結果，儘管二維測線也可進行頻譜分解計算，但是三維震測資料體對於整個地層的分佈有較佳的解析，才可套用三原色視覺化展示方法呈現結果。圖一為頻譜分解應用於二維測線的結果，儘管能看出剖面上不同頻段的能量強弱，但是針對儲集層的解釋不夠直觀，因此本技術需以三維震測資料體作為資料輸入。首先針對目標層進行三維震測構造解釋，然後將三維震測資料體計算頻譜分解之震測屬性，可得到不同頻段的三維資料體，接著將計算好的頻譜分解之三維震測資料體，選取低頻、中頻與高頻三個頻段，以對應的紅色（Red）、綠色（Green）和藍色（Blue）展現，再將三個不同頻段的資料體進行顏色的疊加，以進行地層厚度的分析。因此，利用頻譜分解的震測屬性搭配三原色視覺化展示的方法，來瞭解探勘礦區的儲集層厚度變化，進而瞭解其油氣潛能，通常為瞭解儲集層砂岩厚度或古河道的分佈。將三維震測資料體進行頻譜分解，得到五個主要頻段的資料體，分別為10 Hz、20 Hz、30 Hz、40 Hz與50 Hz，藉以瞭解其主要信號頻率段。本研究選取20 Hz、30 Hz與40 Hz三個頻率段的資料體，分別以三原色（紅、綠、藍）來展示此三個資料體，透過顏色加成的視覺化展示來呈現不同頻率段的信號強弱，亦可代表地層厚度的變化。

三原色視覺化展示頻譜分解分析的結果，可展現儲集層厚度，地層尖滅與河道分佈，以下藉由不同的應用實例來說明三原色視覺化展示的結果。圖二為A礦區的頻譜分解結果，以三原色視覺化展示可看出儲集層厚度變化(李等人, 2014)。此區域經震測構造解釋的K1地層為主要目標層，K1地層切面的頻譜分解分析可以說明儲集層的厚度特性。而頻譜分解的三原色視覺化展示結果，在K1地層的地層切面可看出儲集層地厚度變化。結果顯示地層由東往西漸厚，而地塹的下降盤地層厚度較上升盤為厚，說明因斷層作用造成上升盤與下降盤的沈積不對稱。圖三為B礦區利用三原色展示頻譜分解技術，呈現地層尖滅與河道的分佈。另外，C礦區以三原色視覺化展示河道分佈，可清楚看到河道分佈與厚度變化(Ku et al., 2014)。

運用此方法於目標礦區，可瞭解儲集層厚度、地層尖滅與河道分佈，可藉由這樣的技術，描繪出目標地層的可能分佈。未來亦可套用此方法於其他目標礦區，以此作為目標地層油氣潛能評估的參考。

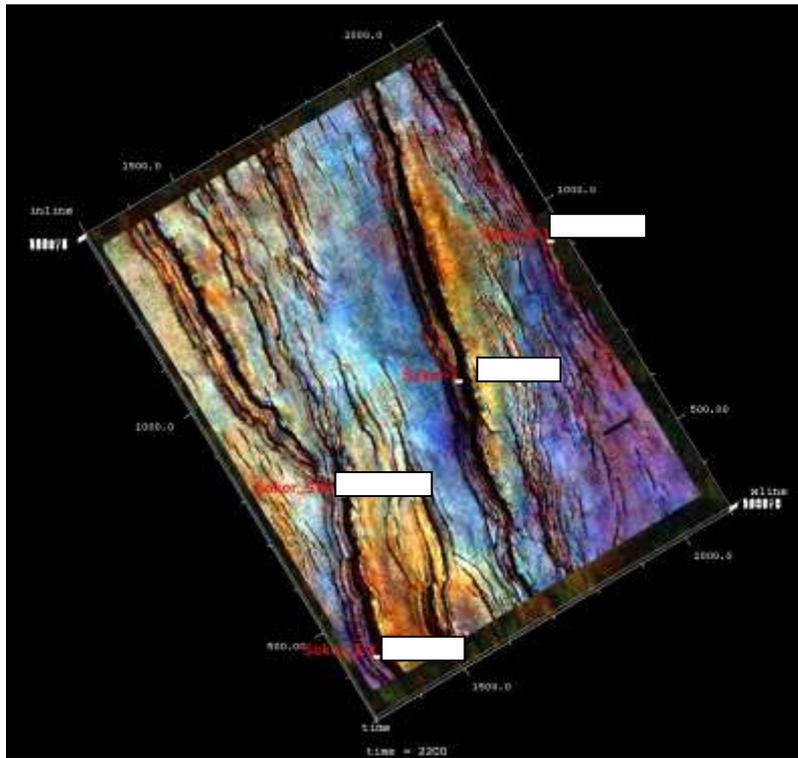
#### 參考文獻

- Bahorich, M., A. Motsch, K. Laughlin, and G. Partyka (2002). Amplitude responses image reservoir. *Hart's E & P*, January, 59-61.
- Ku, C. Y., C. P. Lee, and S. Z. Lo (2014). Identifications of channel systems using coherence and spectral decomposition in offshore northwestern Australia, SEG Denver 2014 Annual Meeting, doi:<http://dx.doi.org/10.1190/segam2014-1427.1>.
- Marfurt, K. J., and R. L. Kirlin (2001). Narrow-band spectral analysis and thin-bed tuning. *Geophysics*, 66 1274-1283.
- Partyka, G., Gridley, J., and J. Lopez (1999). Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization. *The Leading Edge*. 18, 353-360.
- 李健平、梁守謙、古佳艷 (2014). 利用頻譜分解與三原色視覺化展示分析儲集層厚度變化, 中華民國地質學會與中華民國地球物理學會103年年會暨學術研討會, 1F-R-GP-123, 512.

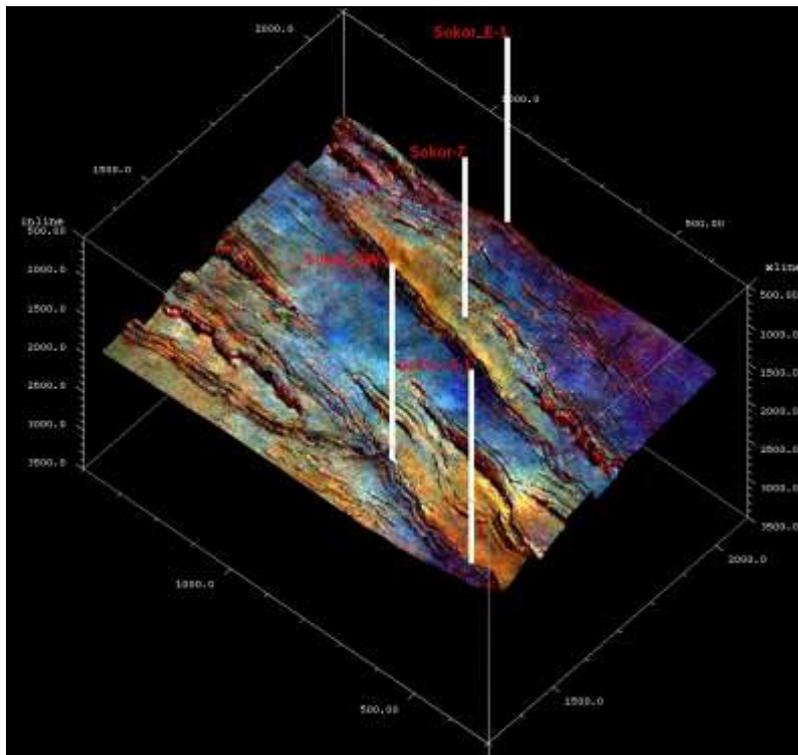


圖一、對 K11 二維測線進行頻譜分解的結果。(a) K11 二維測線的震測剖面。(b) 對(a)進行頻譜分解得到 10 Hz 的能量分佈範圍。(c)對(a)進行頻譜分解得到 20 Hz 的能量分佈範圍。(d)對(a)進行頻譜分解得到 30 Hz 的能量分佈範圍。(e)對(a)進行頻譜分解得到 40 Hz 的能量分佈範圍。(f)對(a)進行頻譜分解得到 50 Hz 的能量分佈範圍。透過頻譜分解分析 10 到 50 Hz 的震測剖面，結果說明 20 Hz 的頻段與油氣存在位置相關。

(a)

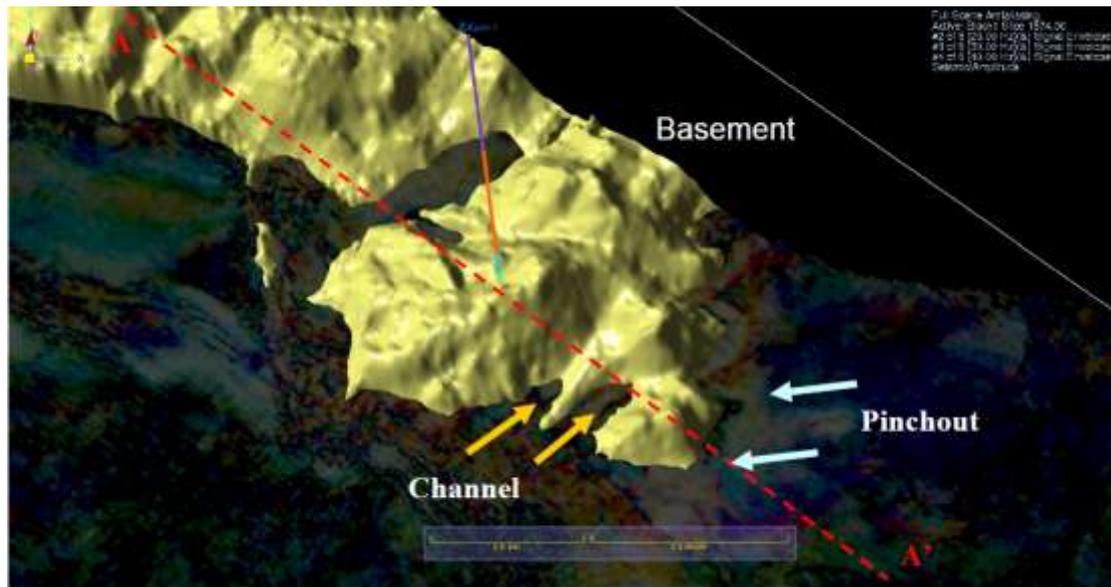


(b)

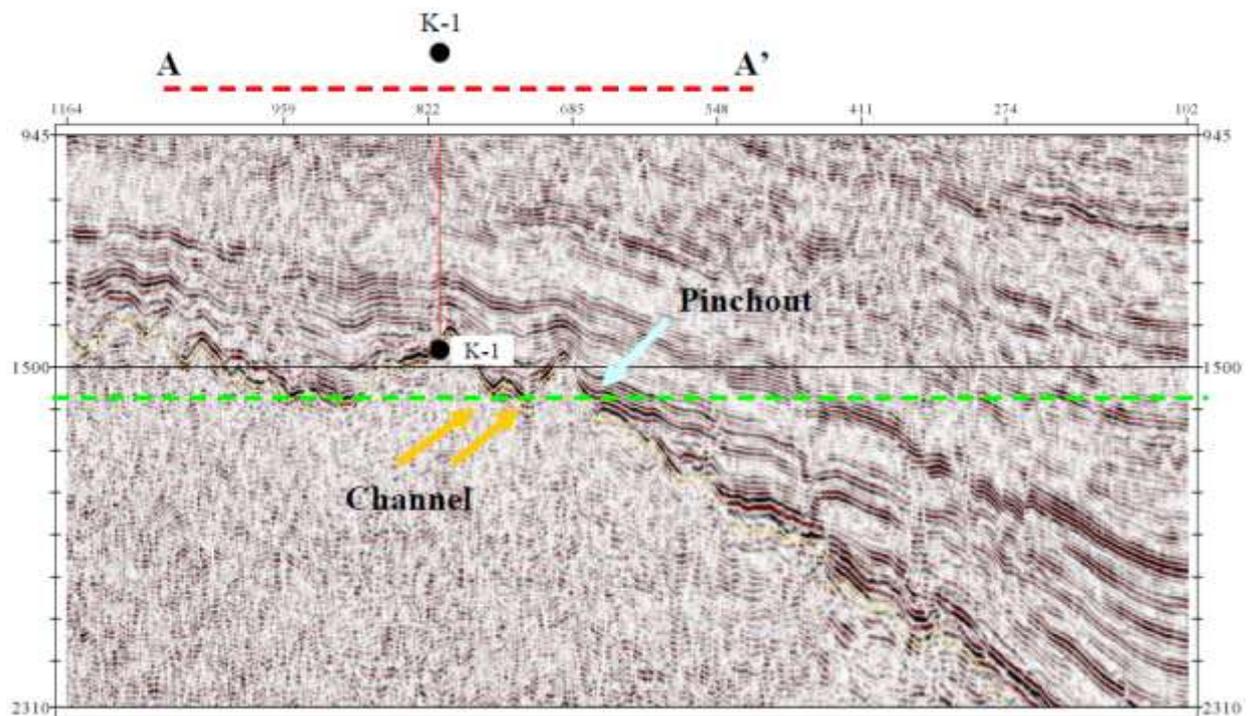


圖二、A 礦區震測資料頻譜分解結果在 RGB 的視覺展示，由顏色顯示儲集層厚度變化，其中 R（紅色）為 20 Hz、G（綠色）為 30 Hz 和 B（藍色）為 40 Hz。

(a)



(b)



圖三、(a)在 1574 ms 的 RGB 時間切面，對應圖(b)之綠線，黃色面為基盤面，橘色箭頭標示河道位置，淺藍色箭頭標示地層尖滅位置。(b) Inline 710 測線剖面，綠線標示 1574 ms 時間剖面，黃色圓圈為基盤位置，橘色箭頭標示河道位置，淺藍色箭頭標示地層尖滅位置。

# 流體中穩定氫氧同位素於探勘中的應用

林殷田

台灣中油探採研究所 地球化學組

關鍵詞：氫氧同位素、地熱資源、泥火山

## 一、前言

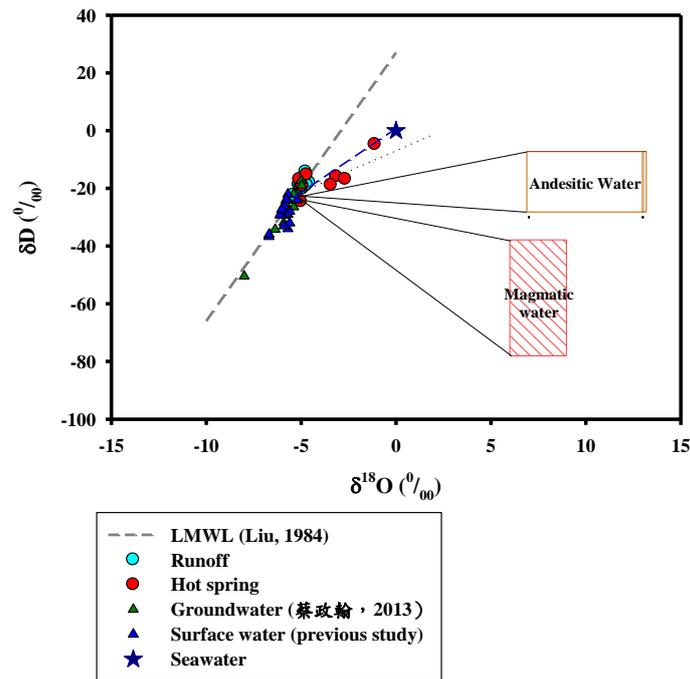
傳統的地球化學分析多被用來瞭解碳氫化合物的可能生油岩，進行油岩對比及區域的成熟度及石油資源的評估。然而沉積盆地中約20%是由地下水組成的，是盆地流體中數量最大，分佈最廣的一種流體，其溫度、壓力和化學組成變化範圍很大。因此，研究含油氣區（盆地）地下水（油田水）與油氣關係，包括地下水（油田水）的賦存、運動及化學組成是研究盆地流體（包括油氣）運動的基礎。可幫助釐清油氣生成、遷移、聚集，也是判識油氣封閉條件優劣的重要因素。分析油氣探勘開發過程中地層流體，則可進一步用於促進油氣生產。另外油田深部的地下水多為熱水，亦可作為研究地熱能資源的基礎。

大氣降水下滲到地下含水層後，與深部熱儲層進行充分熱交換後，再經地層下之裂隙或斷層帶上湧，帶來了地層深部的訊息。而穩定氫、氧同位素對於流體來源的示蹤是相當有利的工具，因為它們是水分子的一部份，與水分子一起參與水循環的變化，藉由分析氫、氧同位素，可幫助瞭解地下流體之來源、移棲路徑、不同水體間的混合、與圍岩的交互作用以及水源的補助區域等等訊息。本文將就地熱資源及泥火山流體（地層深部流體）兩例來闡述穩定氫、氧同位素於探勘中的應用。

## 二、氫、氧同位素於地熱資源的應用

近年來，為了因應化石能源逐漸枯竭，全球均致力於開發替代能源。而台灣溫泉的遍佈，顯示了地熱資源的豐富。地熱能是地球的天然熱能，由地球內部熔岩中放射性物質的衰變反應所產生的熱能，而經由水或蒸氣等熱載體，把地球深處的熱能以噴泉或溫泉形式傳送到地面或者接近地表處，使得來自地球深部的熱能成為可以應用的資源，因此要開發地熱資源應當從溫泉研究著手。

台灣北部的大屯火山區的溫泉很多，包括陽明山、北投、金山等溫泉。本文則著重在金山地區的穩定氫、氧同位素研究。藉由採集溫泉水及鄰近區域之天水，分析其氫、氧同位素組成，藉以探討其來源（天水、變質水或岩漿水）與圍岩相互作用之程度，進而追蹤地熱水的來源、補注區、循環及儲集深度（圖一）。



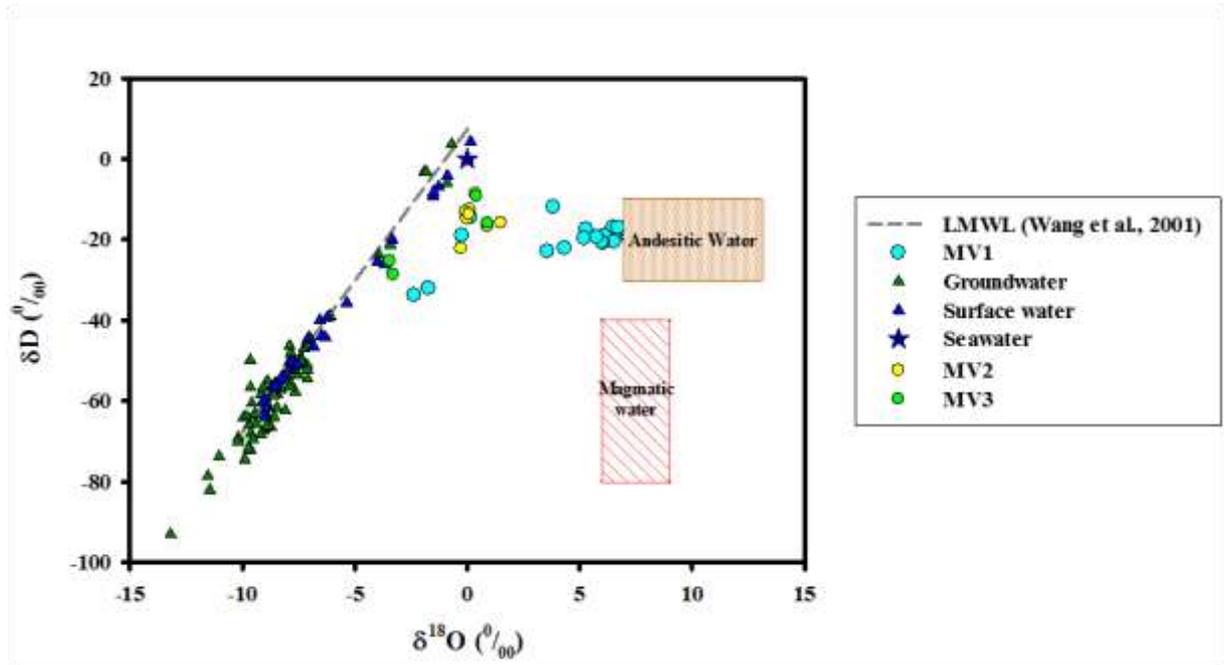
圖一、台灣北部大屯火山區之水樣氫氧同位素組成

### 三、氫、氧同位素於泥火山流體的應用

由於國際油價攀升，維持油氣的穩定供應及提高舊油氣田油氣產量為世界各國所注重之課題。在台灣，由於陸上主要氣田逐漸達到生產末期，各氣田產量逐漸下降，因此為穩定提供國內的天然氣量，台灣中油公司積極進行陸海域新氣田之探勘與開發，近來鳳山3 號井以泥貫入體四周上傾地層為鑽探目標，鑽進中自 940 公尺深以下即陸續有油氣徵兆，推測其油氣經由泥岩貫入作用，將油氣往上移棲至泥貫入體四周之油氣封閉構造中。泥貫入體普遍存在於高屏地區，為形成泥火山之主要成因，鳳山3 號井的鑽探成功，顯示台灣南部泥火山區極具油氣鑽探潛能。

台灣南部泥火山的噴出物可見油膜並含有豐富的天然氣，顯示可能為深部地層的生油岩進入油窗生成油氣的表現，並隨著流體上湧至地表，欲瞭解地底下之氣體及流體之組成及來源，陸上泥火山是一現成深部油氣的研究素材。岩層中的裂隙有利於地底氣體和地下水的流通，而地底的超高壓氣體又有助於地下水的上湧。如果上湧的泉水經過厚層泥岩，則可形成泥漿，冒湧出地表形成泥火山。泥火山為地下流體提供一個滲流的通道，地下深處的氣體也藉由載體流體的攜帶而得以遷移，藉由氫氧同位素的訊息可釐清臺灣泥火山流體以及油氣的來源與移棲行為。

台灣西南部地底下有厚達2000公尺以上的南化泥岩，因此，台灣西南部處於斷層沿線的泥火山，其泥漿水可能源自於地底深處，分析其氫、氧同位素組成，顯示其泥漿水為高溫下黏土礦物脫水過程中，流體與礦物間交互作用後的產物（圖二）。因此經泥火山系統性的研究，結合區域性鑽井資料及震測解釋建立之構造系統，有助於瞭解地底下氣體及流體之組成及來源，進而幫助公司探尋台灣南部的油氣新資源。



圖二、台灣西南部泥火山之泥漿水氫氧同位素組成

## VI. 各專業領域之收穫及感想

### (一) 地質及古生物

陸豐LF35-1-1是台潮合作公司鑽的兩口井之一，雖然沒有鑽遇油氣，然因為陸豐LF35-1-1井位於東沙隆起旁，它鑽遇了白堊系與侏羅系，有三篇文章都引用該井的地層序，文章分別是台灣海峽鄰近區晚中生代造山作用、東海陸架盆地南部中生代盆地油氣資源潛力分析和南海北部中生代構造格局與沉積盆地發育特徵。陸豐LF35-1-1井相當於地質探井。可預知未來發展向較老的中生界找資源，建議將來我們在台南盆地鑽井也應中生界鑽入100m後才停鑽，以前只鑽入10m左右就停鑽了，漸新統與白堊系之間以交角不整合面接觸之，白堊系鑽入僅數米的地層，無法採樣作地層對比，這樣就很難作多方面的研究，例如盆地分析、地質架構研究。

由地質旅行：考察內容1，泰寧丹霞地貌由平緩的層狀鐵鈣質混合不均勻膠結而成的紅色碎屑岩，它是河流下切均夷作用形成的，未曾受到造山運動影響。臺灣是造山運動與變質作用影響甚大的地區，所以臺灣沒有這樣的地形地貌。考察內容2，邵武矸口焦坑組剖面，晚三疊紀焦坑組是福建閩北地區含煤地層，屬內陸山間盆地沉積相，臺灣中油公司目前在台灣海域尚未鑽遇晚三疊紀的地層。

### (二) 地球物理

本次研討會的主題分為三大項，分別為基礎地質、油氣地質與油氣探勘開發。發表主題多以地質為主，地球物理、地球化學與工程為輔。本公司此次發表地球物理相關的主題有曾彥祺發表的「利用重合前震測逆推方法探討台灣官田地區儲氣層分佈」與李健平發表的「利用三原色視覺化展示頻譜分解分析於儲集層特性」。這兩篇研究皆是應用震測屬性的方式，對於儲集層或油氣可能分佈進行分析研討，尋求可能探勘機會的研究。

在其他地球物理相關議題方面，有廣州海洋地質調查局礦產所所發表的兩篇重力與磁力研究，林珍所發表「台灣海峽西部重磁場特徵及其地質構造指示」和塗廣紅發表「利用重磁資料研究南海西沙海槽盆地地質構造特徵」，利用重力與磁力資料分析火成岩分佈。台灣海峽西部火成岩多為侵入岩體，極少數為海底火山岩，因此火成岩多呈現中性—基性。在九龍江凹陷局部區域看到震測反射層不連續，可能反映間隔小、分佈密集的多個火成岩體，透過重力、磁力異常圖顯示重力低、磁力低的結果，表示密度低與磁性低的岩體特性，經過重力、磁力與震測的擬合分析，火成岩密度為 $2.45-2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，磁化強度為 $500-2000 \times 10^{-3} \text{ Am}^{-1}$ ，推測為酸性—中性岩類，發育於始新世—漸新世，這期岩漿活動早於始新統，對始新統生油岩的油氣轉化有利。另外，南海西沙海域的重磁資料，結合震測資料進行聯合綜合分析，結果顯示火成岩主要分佈於西沙海槽斷階帶，盆地磁性基盤深度在6-12.6 km之間，呈現中部深、南北淺的特徵，而莫荷面在19-26 km

之間，呈現南北深、中部淺的趨勢，為西沙海槽盆地的地質構造特徵。

### (三) 地球化學

地球化學部分總共有 7 篇論文，大陸代表方面有 3 篇。分別為「福建探區露頭樣品風化校正研究及烴源岩評價」、「川西坳陷須五段天然氣成因類型及賦存機理」以及「含油氣盆地深部油氣資源潛力探討」。台灣代表方面有 4 篇。分別為「Benzohopanes 在生油岩沈積環境辨識上之應用」、「原油中 V、Ni 與沈積環境關係研究」、「印尼煤樣對於 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 吸附量特性之初步探討」以及「流體中穩定同位素於探勘中的應用」。

由以上論文可以發現大陸的地化研究著重於傳統的地化分析，以生油岩評價、天然氣成因及資源潛力為主。而台灣方面則致力於新方法的開發。由於台灣礦區較少，因此探勘地化新方法的研究有助於台灣走出另一條路。值得一提的是，在 43 篇論文中，被選為大會重點報告論文有 6 篇，台灣方面佔了一半，而台灣代表的這 3 篇中地化部分就佔了 2 篇，在在顯示台灣的地化研究方面的成功與所受到的重視。以下我就將這次會議中地球化學部分的所見所學做一整理，讓未能與會的同仁可以藉此報告，瞭解兩岸在地球化學研究方面的進展。

#### 「福建探區露頭樣品風化校正研究及烴源岩評價」

作者利用福建探區進行生油岩評估時，採用了大量的露頭樣品與泥岩有機地球化學特徵的對比，探討了風化作用對生油岩有機質特徵的影響。

風化作用是地球表面或近地表的岩石或礦物與大氣、水及生物接觸過程中產生的各種物理、化學變化。這一過程可以發生物理、化學變化，也可以發生生物化學變化。作為埋藏在地下的油氣成藏第一要素的生油岩，如果由於構造抬升作用而暴露地表或位於近地表，則風化作用會使生油岩遭受一定變化，這種作用不僅影響生油岩的物理結構、化學組成，也會影響生油岩的有機地球化學特徵和成烴潛力。

作者指出地表風化作用主要對生油岩有機質豐度產生嚴重影響，不同岩性、不同參數樣品的風化程度存在著明顯差別，並提出了福建探區地面樣品的有機碳風化校正係數，同時指出可溶有機質如瀝青“A”、總烴、熱解遊離烴 S1 和裂解烴 S2 影響很大，且有機探的風化影響與地質年代之間有一良好的線性關係。

風化作用不僅影響可溶有機質的總體組成，也破壞低分子烴類，對可溶有機質的破壞總體比對固體有機質要強，這對於其他地區類似的生油岩研究可以提供借鑒。

#### 「川西坳陷須五段天然氣成因類型及賦存機理」

作者透過流體地化特徵的精細研究、對比，瞭解研究區天然氣的成因及來源，分析了研究區須家河組天然氣成藏的動態過程，總結了天然氣的成藏模式。論文的主要結論

及創新性成果如下: (1)須家河組烴源岩具有厚度大、分佈範圍廣、有機質豐度高、成熟度高、類型單一(主要以Ⅲ型為主)的特性。(2)須五段天然氣與其他層段天然氣相比具有甲烷含量低、重烴含量高、乾燥係數低及碳同位素分佈廣泛。(3)須五段天然氣為吸附氣及遊離氣的混合,但以吸附氣為主,佔 70%以上。且泥頁岩吸附氣含量最高、灰質頁岩及粉砂岩次之,細砂岩最差。

### 「含油氣盆地深部油氣資源潛力探討」

作者對“深部”的概念作一探討,比較了世界及中國對深部的判別標準。並提出了五個概念,分述如下。(1)深部生油岩生烴效率高,累積的生排油氣量大幅增加;(2)深部儲集層緻密,有利油氣保存,儲集層物性要求較低;(3)深部油氣成藏蓋層要求低,可有可無;(4)深部發育各種圈閉,圈閉分佈廣泛;(5)深部源儲緊鄰,油氣移棲效率高;(6)深部油氣穩定性高,保存條件良好。

### 「Benzohopanes 在生油岩沈積環境辨識上之應用」

碳酸生油岩內由於缺乏陸源沈積物與有機物之輸入,所以主要的有機物為海藻和菌類,大部份屬於第Ⅱ類型油母質;除非有濁流發生才會將陸相有機物帶到碳酸岩內沈積,而形成了第Ⅱ和第Ⅲ類型混合之油母質,由於缺乏陸源高等植物所提供的高臘份鏈狀碳氫化合物,再加上碳酸岩沈積環境中孔隙水之鐵份較少,所以碳酸岩所產之原油通常含較多環狀碳氫化合物和有機硫化合物。

在進行貝裡斯目標礦區油氣儲聚研究專題中,收到四個貝裡斯陸上之原油樣品,由於貝裡斯原油產自白堊紀之碳酸岩,其原油中之碳氫化合物含有特殊之生物指標化合物,與台灣之原油成分有明顯之差異,故進行相關文獻之研究與成份鑑定。這四個貝裡斯原油之全油 GCMS 分析資料與台灣之原油成分有明顯之差異,尤其是這些油樣的  $m/z$  191 圖譜中在 C3420S 藿烷之後出現一系列前所未知之化合物,而檢視貝裡斯陸上礦區所收集到的飽和烴  $m/z$  191 圖譜中則未含這些化合物;經質譜圖之分析後,發現這些化合物可能含有一個苯環,故決定進行管柱分離法,將原油分為飽和烴、芳香烴與 NSO 化合物,再將飽和烴與芳香烴分別進行 GCMS 分析,希望藉此可以鑑別這些化合物之成分與其在石油地球化學上之特殊意義。由於這 4 個不知名的化合物均具有  $m/z$  191 之特徵離子,推測它們可能與藿烷具有相似的結構,並由 The Biomarker Guide (Peters et al., 2005) 書中有關 Benzohopanes 與其特徵離子之描述終於確認這四個化合物是 C32, C33, C34, C35-Benzohopanes。根據 Peters., et al.(2005) 的描述, Benzohopanes 的起源可能是由 homohopanoid 的支鏈,在成岩作用的早期,先環化(cyclization)再芳香化(aromatization)所形成的;在蒸發岩和碳酸岩類之生油岩所生成之原油中 Benzohopanes 之濃度會有增高之現象;因此,原油中若有顯著的 Benzohopanes 含量,可能指示其生油岩為蒸發岩類或碳酸岩類,可作為生油岩沉環境之推測,其圖譜指紋也可作為油-岩對比之依據。目前應用於貝裡斯地區之油-岩對比,成效顯著;中東地區之原油也含有這 4 個

Benzohopanes，對蒸發岩和碳酸岩類石油系統之辨識又增加一項對比指標。

#### 「印尼煤樣對於 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 吸附量特性之初步探討」

煤具有吸附 CO<sub>2</sub> 及 CH<sub>4</sub> 的特性，可用於擠注 CO<sub>2</sub> 以及提高煤層甲烷的採收率，以上都與煤中 CO<sub>2</sub> 的吸附和擴散過程密切相關。實驗分析了煤樣中吸附和擴散的性質，分析其等溫吸附機理，並得到擴散係數模型。結果顯示，在一定壓力範圍內，煤體吸附 CO<sub>2</sub> 氣體滿足 Langmuir 吸附模型。印尼煤對 CO<sub>2</sub> 吸附能力遠大於甲烷，且吸附量之趨勢與水分、微孔特性及 R<sub>o</sub>%，均有相關性。

#### 「流體中穩定同位素於探勘中的應用」

傳統的地球化學分析多被用來瞭解碳氫化合物的可能生油岩，進行油岩對比及區域的成熟度及石油資源的評估。然而沉積盆地中約 20% 是由地下水組成的，是盆地流體中數量最大，分佈最廣的一種流體，其溫度、壓力和化學組成變化範圍很大。因此，研究含油氣區（盆地）地下水（油田水）與油氣關係，包括地下水（油田水）的賦存、運動及化學組成是研究盆地流體（包括油氣）運動的基礎。可幫助釐清油氣生成、遷移、聚集，也是判識油氣封閉條件優劣的重要因素。分析油氣探勘開發過程中地層流體，則可進一步用於促進油氣生產。另外油田深部的地下水多為熱水，亦可作為研究地熱能資源的基礎。

### (四) 電測工程

大陸地區幅員廣大，鑽井及探勘資料較為豐富，有甚多經驗及資料值得參考借鏡，本次交流會中電測部分，北京中國石油大學王甯等四人提出基於測井曲線細分碳酸鹽岩岩性—以南堡凹陷為例論文即相當具有參考價值。文中基於測井曲線，運用主成分分析的方法，對單井碳酸鹽岩晶粒細微性進行劃分，然後再結合泥質、灰質、白雲質含量對奧陶系下馬家溝組儲層岩性進行劃分，共劃分出了泥晶灰岩、含白雲泥晶灰岩、白雲質泥晶灰岩、含白雲細晶灰岩、白雲質細晶灰岩、泥質細晶灰岩、含灰泥晶白雲岩、灰質泥晶白雲岩、含灰細晶白雲岩以及灰質細晶白雲岩等十種岩性。然後統計不同岩性裂縫發育和油氣富集程度，發現白雲質含量越高，晶粒細微度越大，越容易發育裂縫，油氣也越富集。通過對比薄片分析，該方法能夠對碳酸鹽岩儲層晶粒細微性的劃分，且方法簡單易行，成本低，對沒有取岩芯或取岩芯困難地區儲層岩性的確定以及儲層評價提供可靠的依據。

該研究利用已測得之傳統電測資料包括聲波走時（ $\Delta T$ ），自然伽瑪（GR），中子電測（CNL），密度電測（DEN），井徑電測（CAL），自然電位（SP）以及電阻率電測（Rt）。其中電阻率電測受研究區域普遍發育的裂縫影響，不能準確反映岩性變化，而自然電位曲線在碳酸鹽岩地層中不具參考價值，因此僅選取聲波走時（ $\Delta T$ ）、自然伽瑪（GR）、中子電測（CNL）及密度電測（DEN）四種電測曲線進行主成分分析。研

究結果，把經過薄片鑑定已經確定的岩性和主成分分析的岩性進行對比，岩性符合程度很高。

該研究僅對單一地區進行主成分分析，其適用性對其他地區尚待深入研究。雖然台灣地區無碳酸鹽岩儲層，但世界上很大部分之油藏皆來自碳酸鹽岩，而碳酸鹽地層的電測資料解釋，目前仍存在困難，若井況不佳，無法取得岩芯及地層影像資料時，則甚難判斷油氣產狀，本研究或許能提供多一份資料提供判斷。

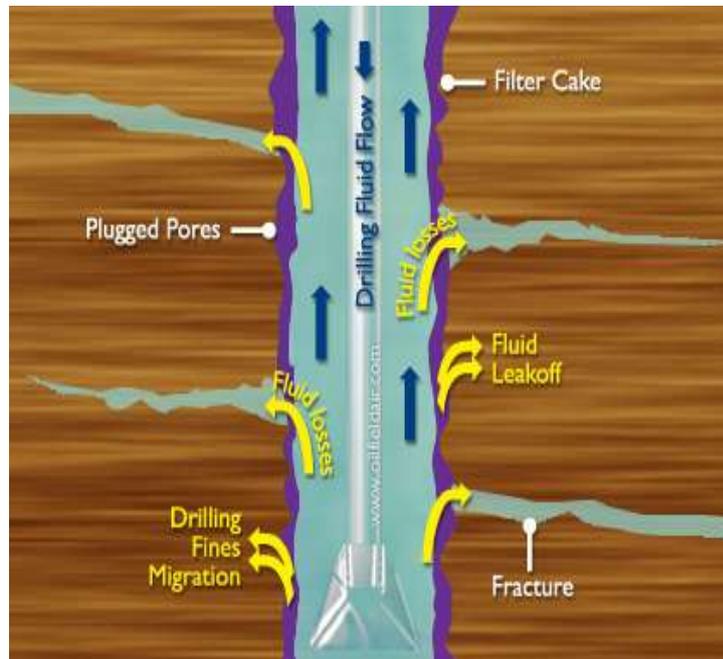
### (五) 油層工程--頁岩氣的儲層特徵

作為一種特殊的儲集岩，頁岩的儲層特徵與常規儲集層（碎屑岩、碳酸鹽岩）有很大的不同，而這些特殊性也是建立與完善頁岩氣勘探、開發相關地質理論與關鍵技術的基礎。這些特殊性表現在：

- 1、頁岩的生烴能力較強，具有自生自儲特點。頁岩氣富集於泥頁岩內部複雜的介質條件中。泥頁岩氣既富存於暗色泥岩和頁岩的孔隙內、裂縫中，也富集在泥頁岩內部的淺色粉砂岩、細砂岩的薄互層中，還有的溶解於乾酪根介質內。暗色頁岩不僅是烴源岩，還有可能是常規油氣藏的封閉蓋層。而且頁岩還是一種特殊的儲集岩，即頁岩氣沒有或僅有極短距離的運移，通常就近聚集成藏，不受構造影響，無圈閉、無清晰的氣水介面。
- 2、泥頁岩氣富集在非常細小的原生孔隙內。事實上，儘管泥頁岩自身非常緻密，但其孔隙度的大小隨裂縫發育程度的不同變化範圍較大，可由 1% 到 15%，滲透率則隨裂縫發育程度的不同而有較大變化。頁岩以小粒徑物質為主，一般以泥質（粒徑為 5~63 $\mu\text{m}$ ）和粘土（粒徑<5 $\mu\text{m}$ ）為主要組分，砂(>63 $\mu\text{m}$ )所占的組分相對較少。由於小粒徑的特點，所以頁岩氣儲層的滲透率極低，一般在  $(0.0001\sim 0.000001)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$  之間，其滲透率要比常規儲層的滲透率 $(0.01\sim 0.001)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 低 2~3個數量級；頁岩總孔隙度一般小於 10%，而含氣的有效孔隙度一般只有 1%~5%，基質滲透率一般低於  $0.0000001\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ，因此一般形成低孔低滲裂縫性儲層，而且隨著埋深加大，物性變差。如果處於裂縫發育帶或斷裂帶，頁岩滲透率和孔隙度將會增加。由於頁岩孔隙半徑小，相對於常規儲層的高含油飽和度，頁岩儲集層的含油飽和度就比較低。
- 3、泥頁岩氣以多種相態形式存留於孔隙空間，包括吸附態、遊離態以及溶解態，賦存在泥頁岩中。其中吸附作用是頁岩氣儲集下來的重要機制之一，吸附態天然氣的含量變化為 40%~85%，主要是吸附在乾酪根或礦物表面上，遊離氣及溶解氣則富集在岩石孔隙、有機質內孔隙及裂縫的空間內。常規儲存由於孔滲性好，有利於壓力傳導，故壓力梯度為 1，而頁岩孔滲性比較差其壓力梯度為 0.13，為一低壓異常。

## (六) 鑽井工程

在國內陸地鑽井一般均採用超壓鑽井，亦即泥漿柱壓高於地層壓力方式進行鑽井，而鑽井泥漿差壓若過高可能造成地層汙損，尤其是低壓層，於鑽入生產層發生漏泥不循環時，更為明顯。另外鑽鑿裂縫型生產層，特別是多裂縫地層，滲透率良好時，很難避免泥漿漏入地層而造成地層汙損，進而降低產率。



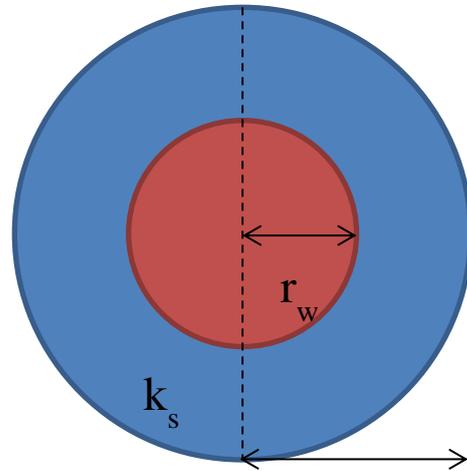
資料來源：

<http://petroleumsupport.com/under-balance-drilling-is-a-alternative-for-our-clean-formation/>

在鑽井過程中經常會發生地層汙損的情形致生產率下降，而造成地層汙損之成因有很多，包括鑽井泥漿汙損、泥漿濾液汙損、循環量及差壓、起下鑽之擠壓或抽刷作用等。若從造成地層汙損的機制來分類則可分為化學、物理及生物三個部份。其中鑽井液與地層流體不相容，將造成乳化反應而堵塞地層孔道，鑽井液與岩層不相容，將使岩石產生膨脹或碎裂進而堵塞地層孔道，另外在相的阻塞及可濕性的變化方面，尤其是使用水基泥漿，其水份滲入地層，由於初始水飽和度的作用亦會影響地層流體的滲透性，這些都是屬於化學方面的汙損。另外在物理方面則包括有固粒的堵塞孔道，以及微細顆粒的遷移，最終於孔喉累聚而堵塞孔道。至於生物方面，主要是泥漿中所含的微生物和細菌會產生多醣體聚合物的黏稠液而堵塞孔道。上述作用所造成之最終結果均為滲透率下降，至使油氣不易甚至無法自地層中流出。

有關地層汙損的評估我們可用膚表因數（ $S$ ）來表示，膚表因數（ $S$ ）為膚表效應之量化指標，通常代表井壁與地層滲透率之相對性變化，亦代表鑽進中地層或井內受汙損之程度。膚表因數為零時（ $S = 0$ ），代表生產井未受到破壞；膚表因數為正值（ $S > 0$ ），

代表井孔受到汗損，井壁附近地層滲透率較原始地層低；膚表因數為負值（ $S < 0$ ），代表地層受到激勵，井壁附近地層滲透率較原始地層滲透率高(例如利用液裂或酸洗等方式，來提高地層滲透率)。因此膚表因數（ $S$ ）可用下述公式計算求得：



$$s = \left( \frac{k}{k_s} - 1 \right) \ln \left( \frac{r_s}{r_w} \right)$$

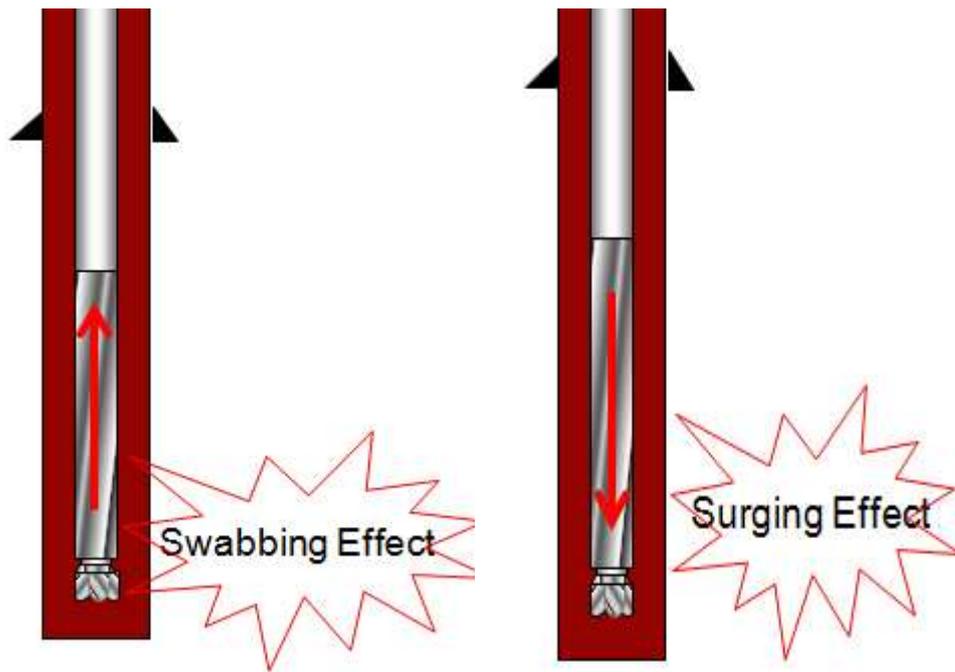
式中  $k$  表示原始滲透率； $k_s$  是汗損區地層滲透率； $r_s$  是汗損區半徑； $r_w$  是井孔半徑。

由上述關係可知欲提高產率必須降低膚表因數  $S$  值，也就是說必須提高汗損區的滲透率  $k_s$  及降低汗損的範圍  $r_s$ 。

瞭解造成地層汗損的成因及如何進行地層汗損的評估之後，其次最重要就是採取預防的行動，地層汗損的預防可從以下四個不同的層面來進行。

- 一、改變過去超壓鑽井的方式，改用控壓或負壓鑽井等鑽井技術，當然這方面所牽涉的層面較廣，不僅鑽井設備必須更新同時相關的鑽井技術亦必須隨之提升，屬於長程規畫。
- 二、設計及使用與該地層相容的鑽井液或使用無汗損地層的泥漿。
- 三、若於現有資源無法使用控壓或負壓鑽井等鑽井技術，則必須設計、決定出所使用之鑽井液對地層汗損最小的最適差壓，以減少對地層所造成的汗損。
- 四、鑽井作業中應避免倉促起下鑽，起鑽速度過快易引起抽刷作用而破壞泥壁，不但造成井孔的不穩定同時易產生泥漿濾液滲入地層而汗損地層，另外下鑽速度過猛，則會產生衝擊壓易擠裂地層造成漏泥而汗損地層。

在設計與地層相容的泥漿時，必須先瞭解該地層的礦物組成、孔隙率以及滲透率，可使用該區所採的岩心進行岩性分析，藉以篩選適合的岩心樣本，並利用地層反應評估試驗儀測量岩心汗損前後之滲透率下降率，進而擇定對地層汗損最低的泥漿配方。



資料來源：

<http://www.drillingformulas.com/surge-and-swab-calculation-method-1/>

傳統天然氣是遠古生物經過長年分解而成，但頁岩氣則是存在於頁岩層、煤層與砂岩層等較深地層。且頁岩氣的開採也不同于傳統油氣的開採，傳統方式開採天然氣或石油是用垂直鑿井方式。頁岩氣開採是採用創新的水準鑽井，先垂直鑽井約 2000 公尺，抵達頁岩層時鑽頭再轉彎改水準鑽鑿井，長度通常可達到 2000 公尺。傳統開採油氣，是在裂縫較大的砂岩與石灰岩層中找尋油氣，難度較低，但頁岩縫隙較小，要如何把頁岩中的油氣逼出來，是整個頁岩氣產業的最核心技術，美國採用的技術是水力壓裂法，此種方法是在水準鑽鑿井完成後，使用水、化學藥劑的混合物，利用高壓在頁岩層中貫通無數比頭髮還細的裂縫，利用細砂鞏固這些通道，再讓頁岩氣從這些通道中抽上地面。

中國大陸近幾年在鑽井技術方面已大幅進步更超越我們，在這次的交流我們得知中國在頁岩氣的開發已有相當純熟的經驗。雖然美國掌握頁岩氣開採的核心技術，使其他國家難以快速切入。但由於中國大陸頁岩氣蘊含量豐富並不輸美國，至今中國大陸在這方面的技術已有所突破，其石化業者已在四川、貴州、安徽等西南地區進行大量開採。未來勢必將掀起一波頁岩氣革命，必定會對石化產業帶來衝擊。

反觀我們仍停留在最傳統的石油開採技術，容易開採的蘊藏區幾乎已開採殆盡，未來我們亦將面臨更新技術的挑戰，如果我們的技術再不圖突破精進，一味閉門造車，不思與國際接軌，那麼我們很快就會在競爭快速的洪流中消逝。

## 參、心得與建議

本次援例公假出訪參加「2014年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會」，旨在交流兩岸在基礎地質、海洋地質、油氣地質、礦產地質以及勘查技術等領域的最新研究成果。歷年來兩岸專家、學者在研討會中探討台灣海峽及週邊地區油氣資源的探勘前景，交流兩岸地質領域的最新研究成果，探討兩岸地質領域的合作議題，本研討會成為兩岸深化地質領域交流合作的重要平臺。

本次會議圓滿順利，不僅促進海峽兩岸學術界交流、增進彼此的瞭解，為後續兩岸石油天然氣資源合作，奠定良好基礎。整合參與同仁提供之參訪心得與建議，列舉如下：

1. 參與油氣資源相關研討會，能夠擴展公司內人員的視野，強化專業研究能力與提高研究水準，未來仍有參與之必要性，希望能獲得公司全力支持，培育與養成專業探勘人才，乃是公司在探勘領域未來發展應思考之方向。
2. 本公司與會者皆有發表個人相關領域的研究成果，亦聆聽其他與會者之研究簡報，對於對岸油氣相關的研究方向與主題有全面性的瞭解，極富正面意義。對探採研究所而言，藉由出國會議發表研究成果亦為所內年度績效之一，具有實質的目的與成效。
3. 福建與台灣只相隔一道台灣海峽，雖然分屬不同政經的人為環境，但在自然環境的構造與地質上是相關且緊密相連的。本次會議除了台灣與福建的專家學者外，亦有來自廣州、上海、武漢、北京等相關單位專家學者與會並進行報告，透過這樣多單位且跨領域的學術交流形式，讓人對於同樣議題有不同面向的瞭解。可惜會期太短，在議程安排上，每人報告十分鐘，未能充分呈現研究成果，在問題討論與意見交流的時間也不足，是值得改善之處。
4. 此次會議除了研討會，亦安排了野外地質考察，對於福建國家公園知名的丹霞地貌的形成有所瞭解，另對福建的煤層分佈有所認識。所謂讀萬卷書不如行萬裡路，透過實際的野外考察，提供實際作業時對地下構造解釋的想法，期能在尋求探勘標的上，有實質幫助。
5. 透過此次交流機會，台灣中油公司在探勘研究上必須增加研究之深度及廣度，參加者以地質師最踴躍，希望可以成為常態學術交流就像探採研究所與探採事業部人才交流執行狀況一樣，目的是要瞭解別人的學術研究進度如何。尤其是地質師參與學術研討會可以增加對地質架構瞭解的廣度及深度。彼此一直保持溝通，石油業內的高度共識，加強能源開採持續發展，中國大陸國土資源部高度重視這會議，大陸福建省重視海洋經濟發展也得到其中央的支持，將來也可能有進一步合作的機會。
6. 中國大陸除了有豐富的油氣資源外，探勘市場廣大，人才濟濟，對於不同的探勘型態有實際的經驗，值得我們學習與借鏡。而在探勘的思維和專業方面，與台灣仍有不

同之處，值得透過交流互相觀摩。

7. 台灣海峽的油氣探勘潛能為台灣與福建共同面對的問題，目前本公司在台灣周圍海域探勘有台潮計畫、台陽計畫以及台灣西南外海的探勘等，這都是需要兩岸交流合作進行海上油氣探勘的重點，透過這樣的學術交流，對於地質與構造上有進一步的認識，以提高油氣探勘成功的機會。
8. 公司未來的探勘趨勢主要有三：往海外發展、往深海發展、往非傳統油氣發展。台灣海峽及其南北延伸區域在油氣探勘方面仍有值得期待的機會，不宜輕言放棄。

肆、附錄

附錄一 行程及會議議程

【2014 年海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會】

日期	時間	內容	報告人	主持人	
11/25	11:25~12:50	搭乘廈門航空公司 MF880 航班抵達福州及至會議現場報到			
11/26	08:30~09:30	會議開幕式	福建省地礦局局長 邵 旭		
	09:30~09:50	全體會議代表合影			
	09:50~12:00	大會 主題 發言	1.中國主要盆地油氣分佈規律與戰略思考	康玉柱	李上卿 丁原智
			2. Benzohopanes 在生油岩沉積環境辨識上之應用	林麗華	
			3.東海及台灣海峽盆地油氣前景展望	王國純	
			4.台灣西南部前陸地區正斷層作用之運動學模式	楊耿明	
			5.原油中 V、Ni 與沉積環境關係研究	黃德坤	
			6.台灣海峽鄰近地區晚中生代造山作用	陳潤生	
	12:00~14:30	午餐時間			
	14:30~16:00 分組交流 研討 第一階段	第一組	1.出磺坑氣田復產研討	王志銘	劉守全
2.東海陸架盆地南部中生代盆地油氣資源潛力分析			江東輝		
3.南黃海地區海相盆地油氣選區評價			楊鳳麗		
4.鐵砧山儲氣窖新注產氣井泥漿配方設計研究			劉永郎		
5.中國頁岩氣富集地質特徵與探勘進展			陳踐發		
6.泥頁岩不同賦存態經的分離及特徵探討			蔡進功		
7.應用震測資料及 dc 指數預測地層孔隙壓力研究			王文烈		
8. 台灣海峽盆地西部坳陷帶油氣地質條件			雷振宇		
9.頁岩氣與天然氣水合物的古氣候環境指示意義			邱小平		
第二組		1.番婆坑構造之儲集層特性分析	周定芳	楊耿明	
		2.南方下古生界富有機質頁岩分佈特徵與沉積環境	徐政語		
		3.水細粒沉積岩—油氣地質研究新熱點	傅強		
		4.利用重合前震測逆推方法探討台灣官田地區儲氣層分佈	曾彥祺		

11/26	14:30~16:00 分組交流 研討 第一階段	第二組	5.南海北部陸坡-深水盆地水道-深水扇系統演化及控制因素	周江羽	楊耿明
			6.台灣南部 FE-3 號井與 FE-1 號井地層對比	王明惠	
			7.台灣海峽西部重磁特徵及其地質構造指示	林珍	
			8.台灣海峽周邊中生代古地理面貌及啟示	王海榮	
			9.南海北部中生代構造格局與沉積盆地發育特徵	易海	
	10:10~10:20	茶 歇			
	14:30~16:00 分組交流 研討	第一組	10.桃園盆地的油氣潛能	李長之	吳榮章
			11.含油氣盆地深部油氣資源潛力探討	汪文洋	
			12.福建探區露頭樣品風化校正研究及經源岩評價	周進峰	
			13.印尼煤樣對於 CO <sub>2</sub> 和 CH <sub>4</sub> 吸附量特性之初探討	陳怡臻	
			14.要素組合模式預測珠一坳陷珠江組下段油氣運移範圍	彭俊文	
			15.功能要素匹配控藏模式定量預測岩性油氣藏有利成藏區	肖爽	
			16.台灣西南海域水合物礦區降壓生產法案例分析	吳政嶽	
		17.川西坳陷須五段天然氣成因類型及賦存機理	劉雨晨		
	第二組	10.利用三原色視覺化展示頻譜分解分析於儲集層特性	李健平	張光學	
		11.利用重磁資料研究南海西沙海槽盆地地質構造特徵	塗廣紅		
		12.流體中穩定氫氧同位素於探勘中的應用	林殷田		
13.新版《福建省區域地質志》成果概要		徐維光			
14.南海北部雙峰南陸坡深水區早-中中新世沉積充填特徵		錢星			
15.利用二氧化碳封存層之薄頁岩層增加地質封存安全性		陳璽元			
16.基於策井曲線細分碳酸鹽岩岩性		王寧			
17.大邑背斜的構造建模與演化	嚴青霞				
11/27	08:00~18:00	野外地質考察：(一)福建省三明市泰寧縣-丹霞地貌			
11/28	07:50~12:00	野外地質考察：(二) 福建省南平市邵武市曬口街道-焦坑組剖面			
		搭乘廈門航空公司 MF883 航班離開福州			

附錄二 會議概況



2014年11月26日上午全體會議代表合影(地點：福州悅華酒店華庭廳廊廳)



2014年11月26日上午【2014 海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會】會議開幕式(之一)



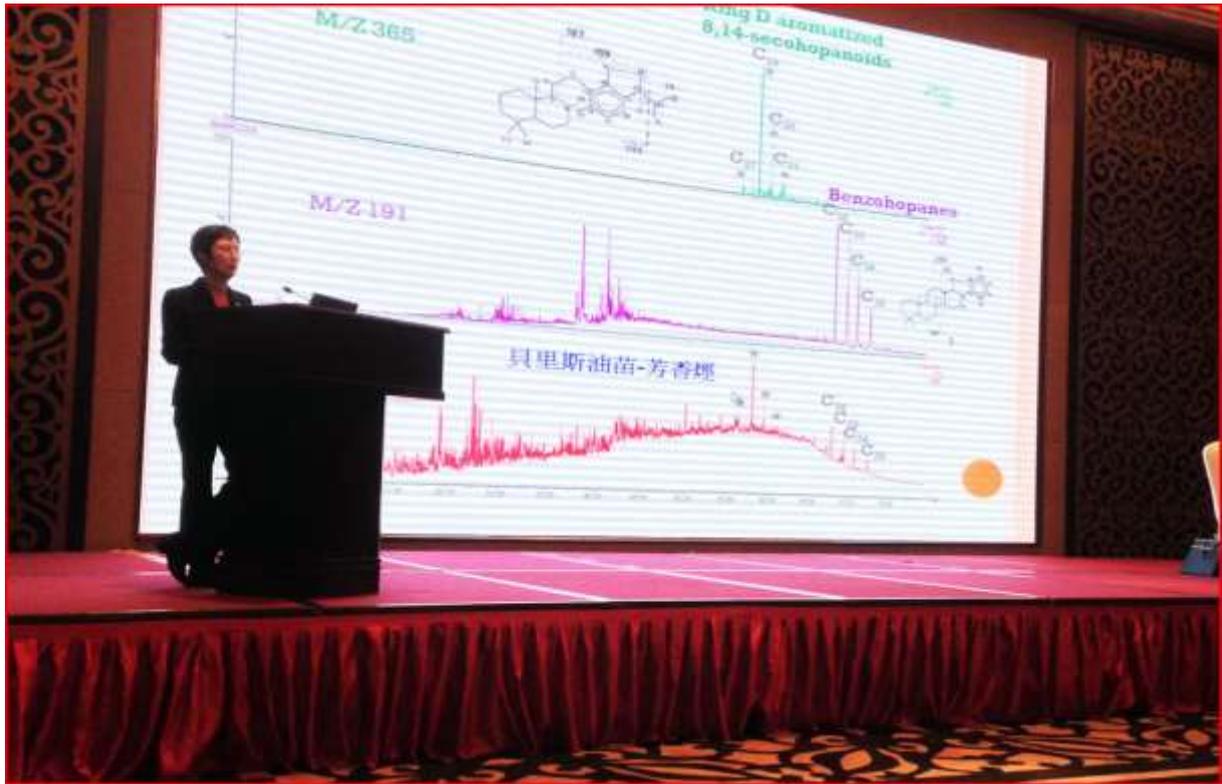
2014年11月26日上午【2014 海峽兩岸石油天然氣資源學術研討會】會議開幕式(之二)



福建省礦業協會與中國鑛冶工程學會互贈禮品(之一)



福建省礦業協會與中國鑛冶工程學會互贈禮品(之二)



探採事業部企劃室林麗華於大會主題發言之照片



探採研究所技術服務組黃德坤於大會主題發言之照片



2014年11月26日下午分組交流研討第一組之會議情景



2014年11月26日下午分組交流研討第二組之會議情景



2014年11月27日下午前往泰寧縣考察丹霞地貌



2014年11月28日上午在邵武市曬口鎮路邊觀察焦坑組剖面