

出國報告(出國類別:開會)

## 參加 2019 年地球物理探勘師學會年會 與訓練課程

服務機關:台灣中油股份有限公司

姓名職稱:張國雄 地球物理探勘師

派赴國家/地區:美國

出國期間: 108 年 9 月 13 日至 108 年 9 月 21 日

報告日期: 108 年 10 月 21 日



## 摘要

本次出國參與會前之「Structural Geology in Seismic Interpretation」短期課程，此課程內容主要在強調於震測構造解釋前需先對該石油區域(petroleum province)之構造型態有所了解，在資料不完全或構造複雜地區，可利用構造模型來輔助震測解釋，同時需注意震測成像對解釋的影響。解釋過程中和預期的地質形貌有落差時，可和震測資料處理人員討論。

也藉此機會並於展示場中蒐集有關機器學習法相關資訊，其中一案例是利用大數據觀念，透過三維震測資料體，運算後產生有別於傳統剖面之震測屬性剖面。尤其在複雜的沉積環境，利用機器學習法可偵測隱含於震測資料無法顯示的訊息，協助解決震測解釋之盲點。

研討會期間也以塔里木盆地 Tahe 油田碳酸鹽岩儲集層之斷層特性進行探討，作者利用三種不同方法，相參性(Coherence)、斷層自動提取(AFE)、擬似估計法(Likelihood)，來繪製不同規模之斷層。此研究顯示利用相參性能夠於震測剖面可展示大尺度斷層、斷層自動提取可描繪中尺度斷層、擬似估計法可用於描繪和走向滑移構造相關之小尺度斷層。



## 目 錄

一、目的 .....	1
二、訓練課程內容.....	1
三、參與會議內容.....	9
四、具體成效.....	10
五、心得及建議.....	11
六、附錄-作業練習 .....	11



## 一、目的

地球物理探勘專業技術對於油氣探勘相當重要，如能適當運用，可增加探勘成功機率，為公司找尋有利之探勘標的。今年度之 SEG 年度學術研討會於美國德州之聖安東尼奧(SAN ANTONIO)市舉辦。藉由參與 SEG 年會機會，蒐集國外油氣探勘新技術，及其應用成果，並與國際石油公司進行探勘技術交流。同時參加短期訓練課程「震測構造地質解釋」，目的在於學習石油盆地之複雜構造震測解釋技術，此專業課程可提升本公司探採研究之技術。

## 二、訓練課程內容

「Structural Geology in Seismic Interpretation」訓練課程之授課講師為 Shankar Mitra。Shankar 教授任教於奧克拉荷馬大學 Mewbourne 地球與能源學院（Mewbourne College of Earth and Energy）內的地質與地球物理學系。

Shankar 教授將構造地質學應用於石油探勘和生產工作。為期兩天訓練的課程(圖 1)，授課講師首先強調，於震測解釋前需先對該石油區域(petroleum province)之構造型態(圖 2)有所了解，在資料不完全或構造複雜地區，可利用構造模型來輔助震測解釋，同時需注意震測成像對解釋的影響。



圖 1、上課訓練教室(221A)

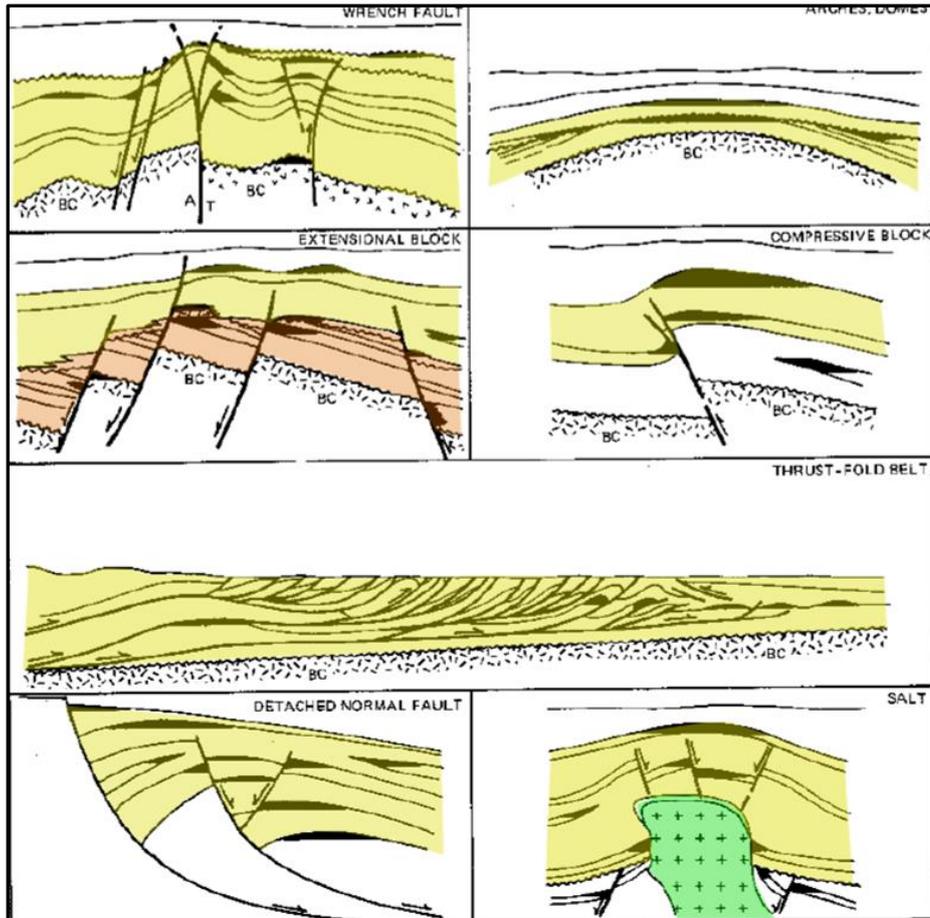


圖 2、沉積盆地中之構造型態及油氣封閉類型(Harding and Lowell,1979)

以下將針對常見的構造型態及油氣封閉：1.張裂伸展構造 2.壓縮構造 3.扭轉構造 4.鹽岩構造 5.震測解釋陷阱等進行討論，課程中也附帶作業練習(附錄)。

### 1. 張裂伸展構造：

以正斷層為主的張裂斷塊，可分成(1)張裂構造(伸展斷塊)及(2)鉞型生長斷層(滑脫正斷層)兩種構造型式。張裂構造之震測剖面常呈地壘-地塹或旋轉斷塊之形貌，以北海 Brent 油田為例(圖 3)，此油田為北海的大油田，傾斜狀的斷塊構造，上升側受到侵蝕作用而形成斷崖，儲集層為侏羅紀淺海相砂岩。鉞型生長斷層則常見於被動大陸邊緣，受張裂作用，整體朝盆地方向傾斜，(圖 4)為尼日三角洲之反轉褶皺及崩潰構造。

## BRENT STRUCTURE VIKING GRABEN

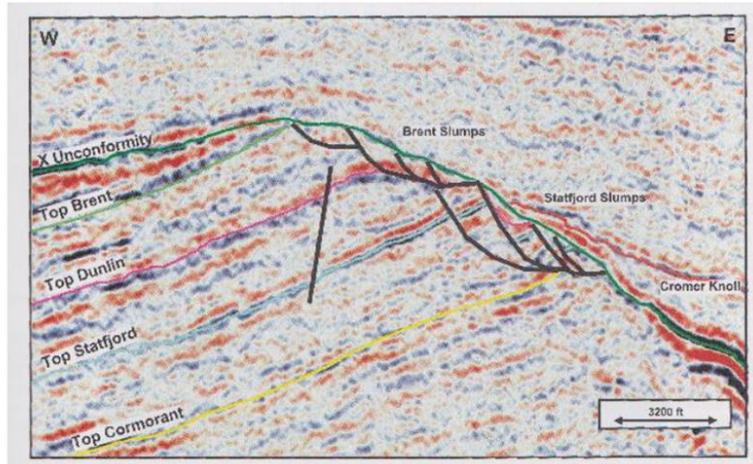
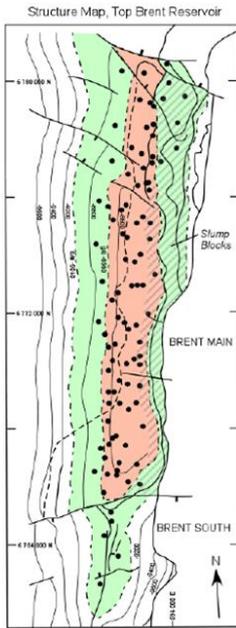


圖 3、北海 Brent 油田，呈斷塊狀構造

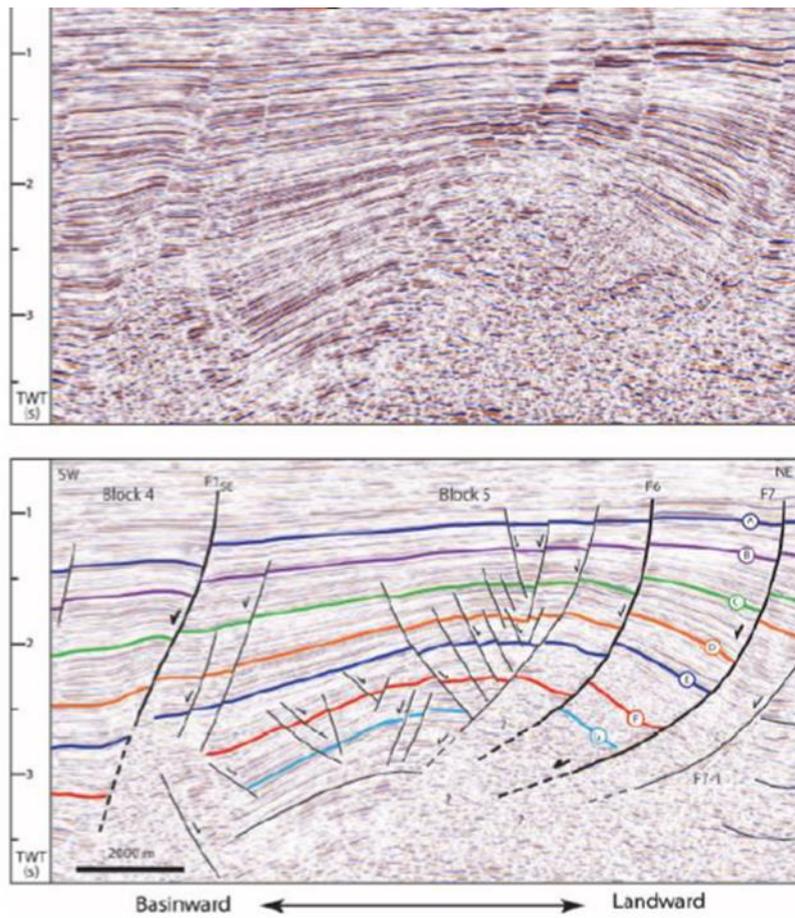


圖 4、尼日三角洲生長朝盆地方向傾斜之反轉斷層(Khani and Back,2012)

## 2. 壓縮構造：

此構造為受斷層作用擠壓產生之褶皺，常見的構造型式如斷彎褶皺(Fault-Bend Folds)、斷展褶皺(fault propagation folds)及滑脫褶皺(detachment folds)。形成斷彎褶皺的主要原因是受到斷層沿緩坡(ramp)之逆衝運動，斷層常於弱帶中發育，形成階梯狀的形貌，(圖 5)為斷彎褶皺之運動學模型。

斷展褶皺的構造特徵為在斷層停止發育(fault tip)時，發展成前翼陡背翼緩之褶皺形貌，(圖 6)為斷展褶皺之運動學模型，(圖 7)為利用斷展褶皺模式解釋台北逆衝構造。

相較於前兩種逆衝變形的褶皺，滑脫褶皺則是當位移沿平行於層面的斷層轉移到上盤地層並發生褶皺作用時所形成，雖然滑脫褶皺的某些幾何形態與斷彎褶皺和斷展褶皺很相似，但由於褶皺之形成與斷層之緩坡無關，其形變發生在滑脫面之上。(圖 8)為滑脫褶皺之分類。

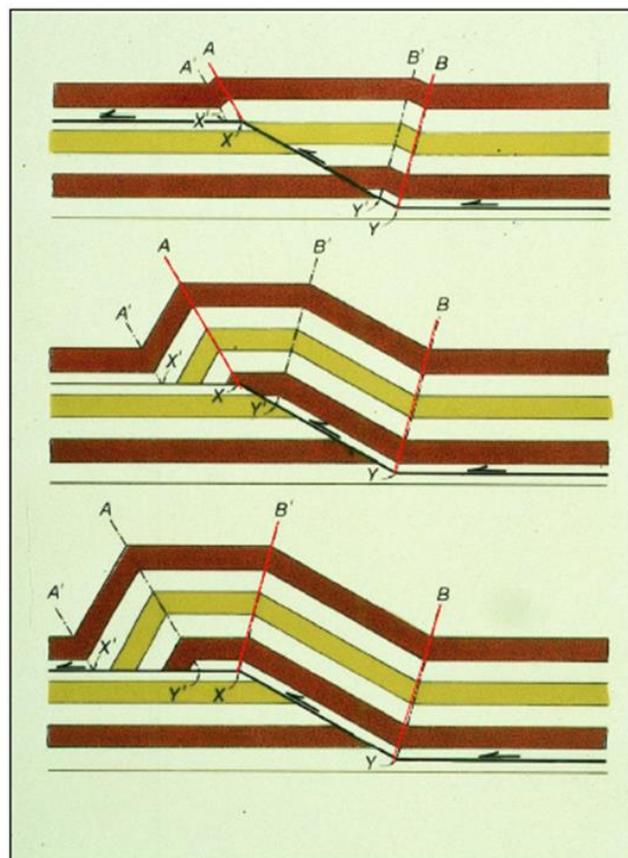


圖 5、斷彎褶皺之運動學模型(Suppe,1980)

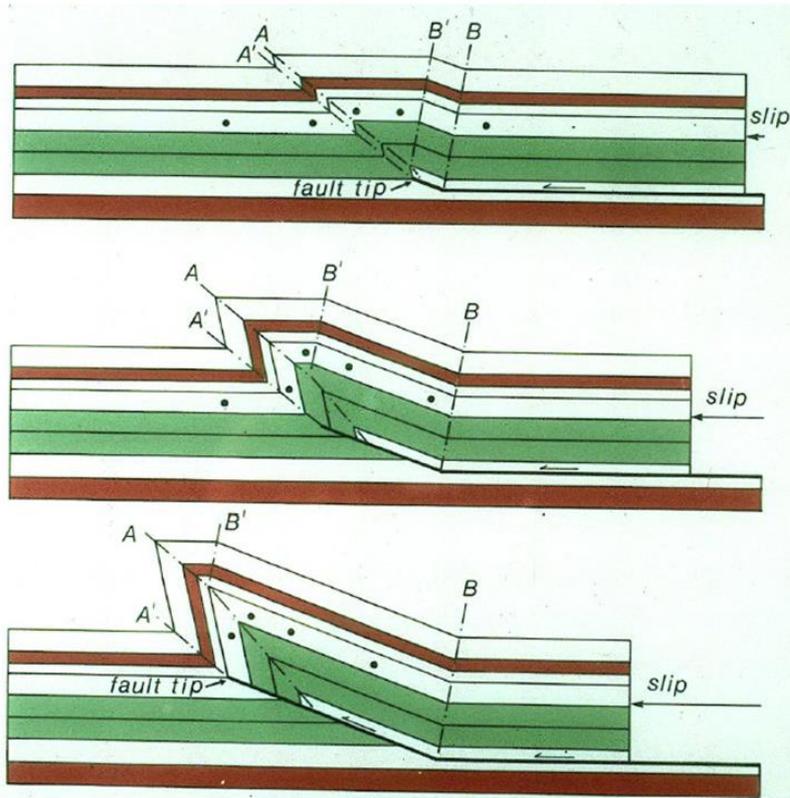


圖 6、斷展褶皺之運動學模型(Suppe and Medwedeff,1990)

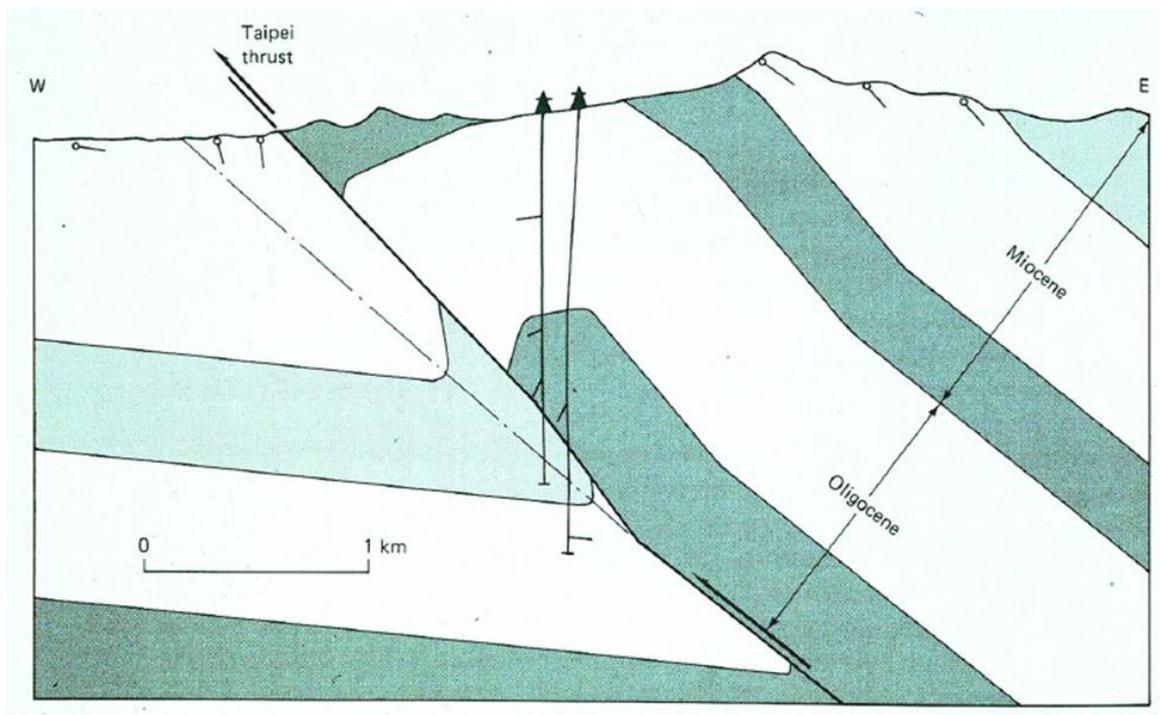


圖 7、利用斷展褶皺模型解釋台灣西部之台北逆衝構造

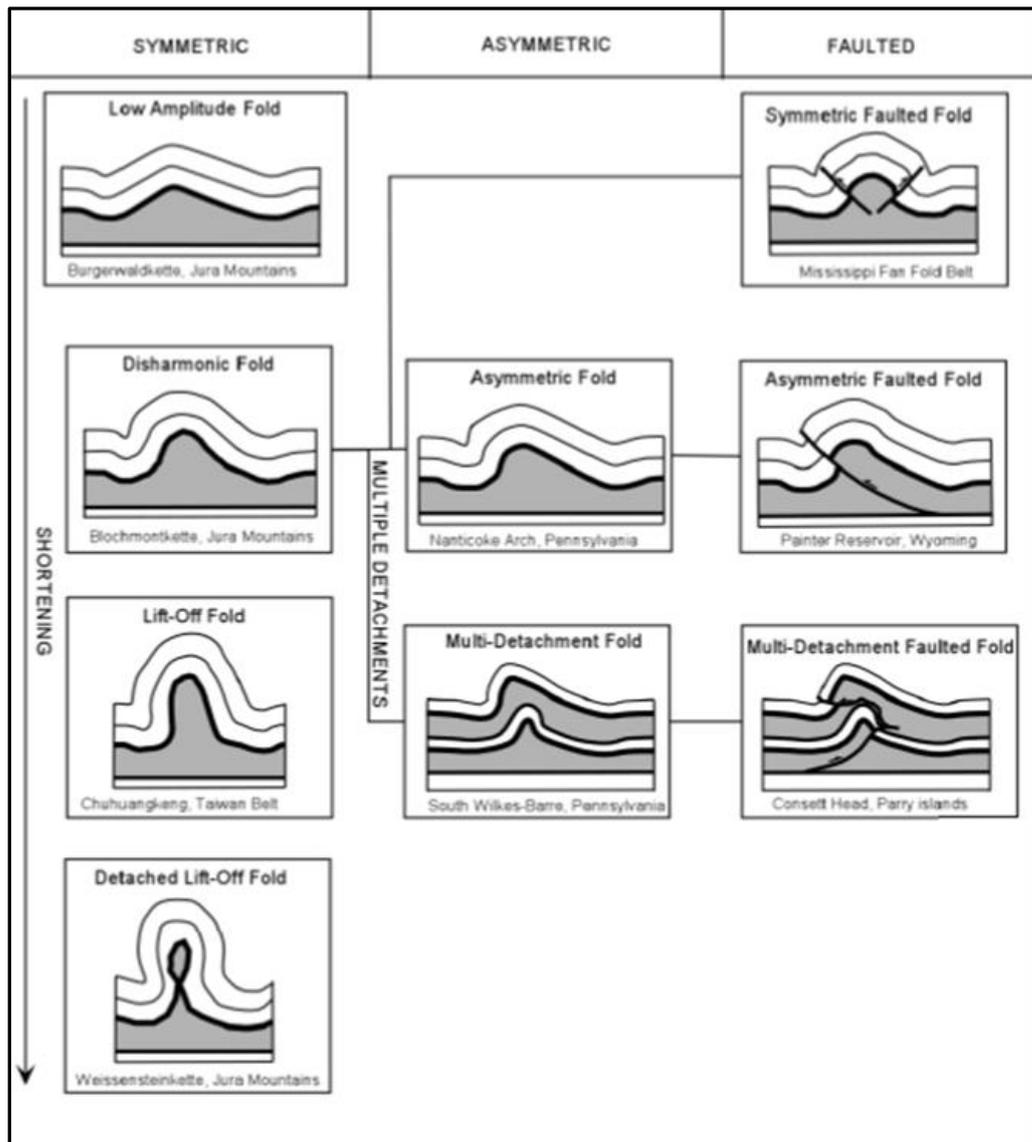


圖8、滑脫褶皺分類(Mitro,2003)

### 3.扭轉構造:

形成此構造之斷層則是以水平運動方向為主，且和斷層走向面平行，扭轉錯動而形成雁行排列之油氣封閉。(圖 9)為經扭轉斷層作用所形成之封閉構造，(圖 10)為走向滑移運動作用形成之花狀構造，震測剖面顯示於淺部斷層分叉處呈凹陷狀，此構造位於 Andaman 海域。

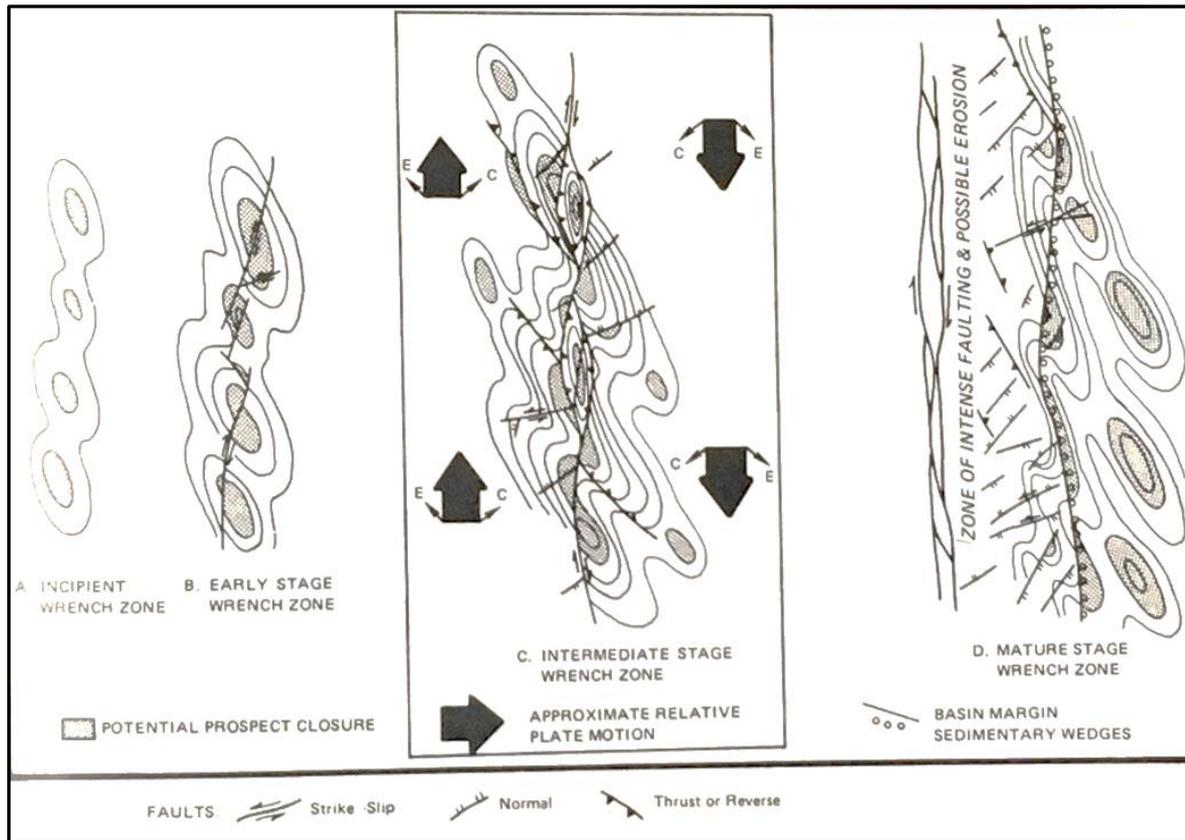


圖 9、扭轉斷層作用形成之封閉構造(Harding,1983)

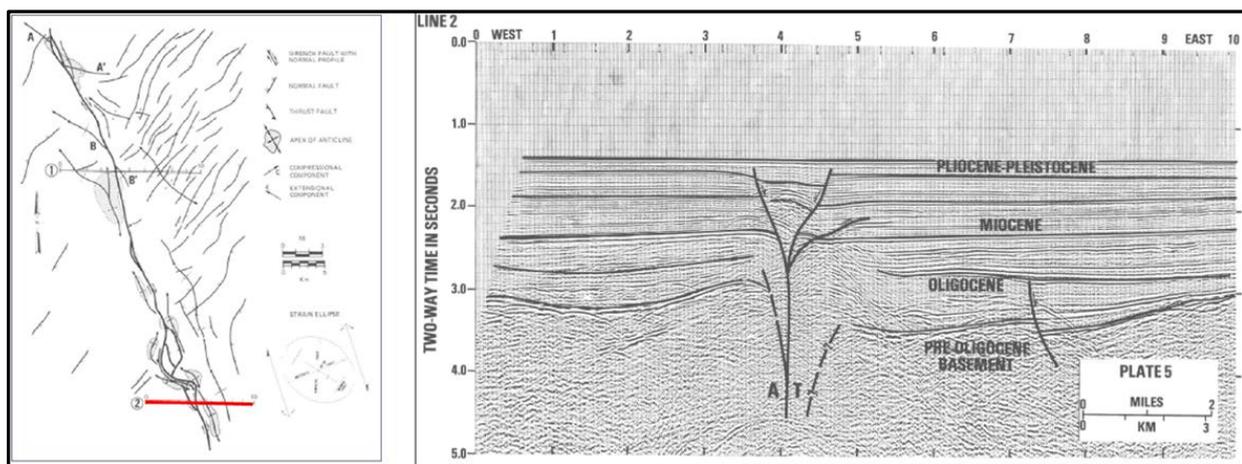


圖 10、震測剖面(右圖)為扭轉斷作用形成之花狀構造(Harding,1983)

#### 4. 鹽岩構造:

任一鹽岩構造至少都超過一種以上的封閉型式，鹽岩構造共通之油氣封閉標準剖面(圖 11)，其封閉包括(1)丘狀背斜封閉(2)地塹狀斷層封閉(3)蓋岩(石灰岩或白雲岩)封閉(4)尖滅封閉(5)倒懸狀封閉(6)鹽體的封閉(7)不整合封閉(8)斷層降側封閉。除了上述提及之封閉，位在鹽丘上方受擠壓形成之放射狀的斷層也可做為油氣的封閉。

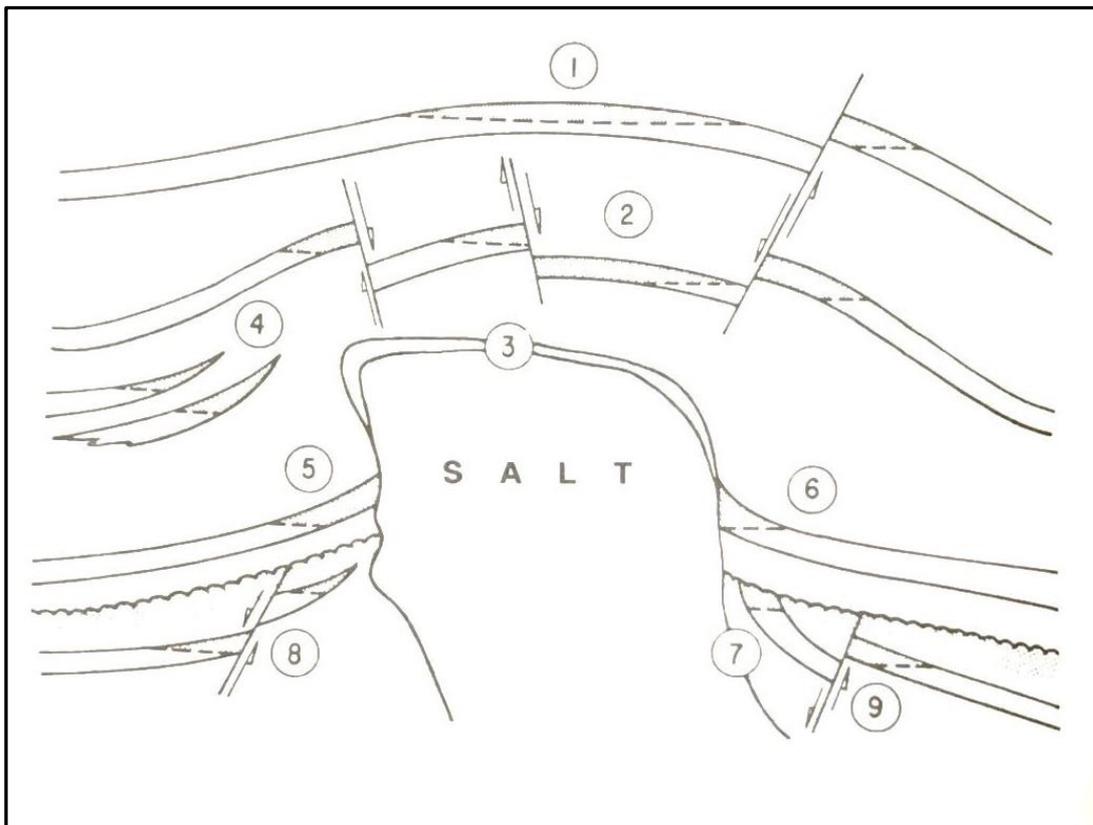


圖 11、標準的鹽岩封閉型態

#### 5. 震測構造解釋陷阱：

在進行震測構造解釋當中，和預期的地質形貌有落差時，可和震測資料處理人員討論，例如速度是否合理？在複雜構造或岩性變化大的區域，需留意震測剖面可能出現的假像？針對成像品質不佳的震測資料，無法呈現需解釋的構造形貌時，震測解釋常見落入不同構造型式之陷阱。震測剖面之繞射現象、複反射及斷層下降側之陰影構造即為解釋中常見之陷阱。

### 三、參與會議內容

藉由參加本次 SEG 年會，除實際了解探勘最新資訊外並於展覽會場眾多參展的單位中蒐集和機器學習(machine learning)相關之案例，此例子是利用機器學習法來協助震測解釋。PSTM 資料和經處理之高解析 PSTM 資料之震測解釋結果不近相同，原始的 PSTM 剖面解釋結果(圖 12a)，(圖 12b)是高解析版解釋結果。但藉由高解析 PSTM 資料，經多重屬性分類(multi-attribute classification)及無監督自我學習法產生的震測屬性剖面(圖 13)，似乎可辨識出其他沉積現象，如喀斯特地形(Karst)、岩屑流(derbis flow)及礁體(reef)。

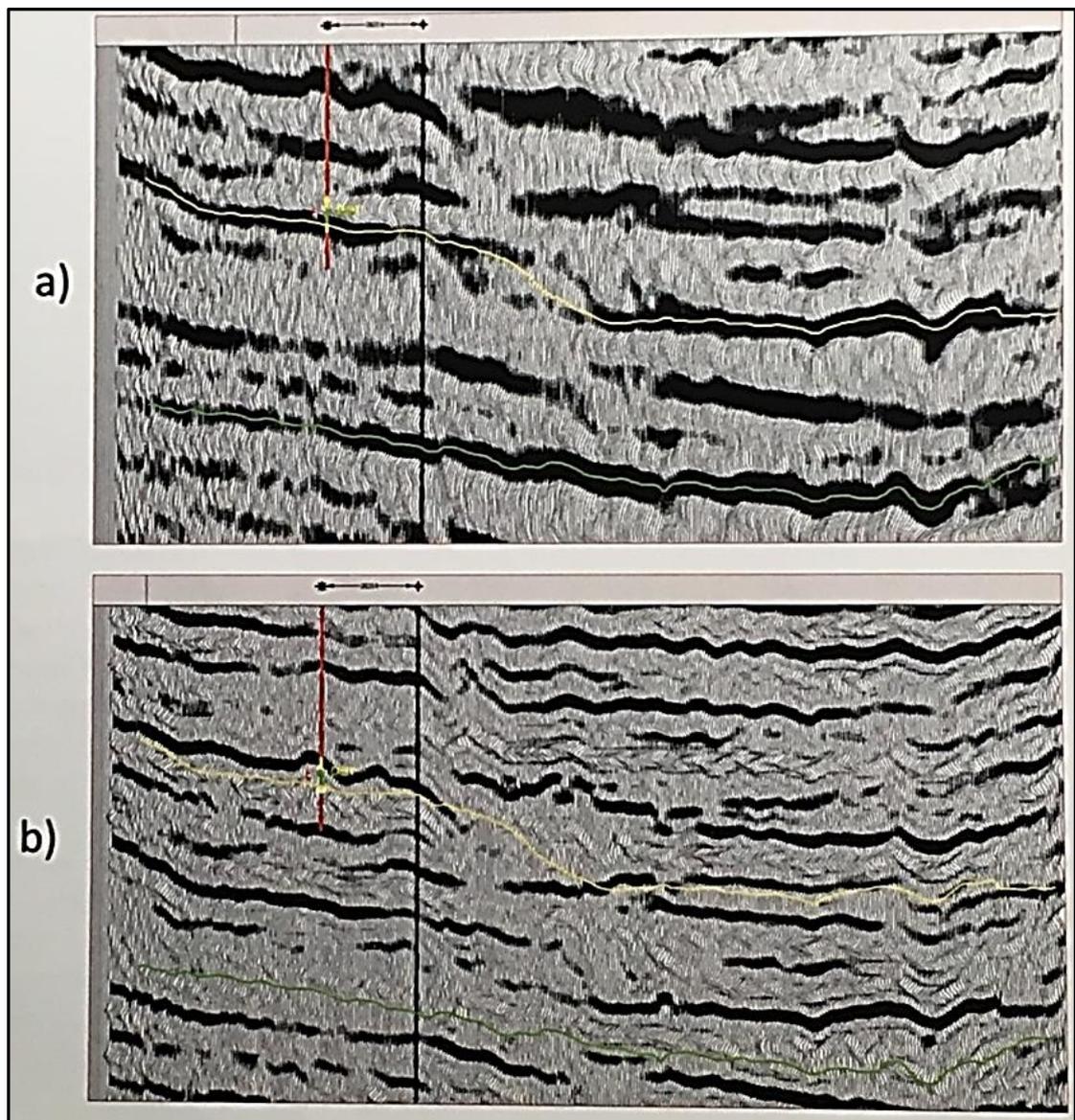


圖 12、(a)PSTM 剖面、(b)經重新處理之 PSTM 剖面

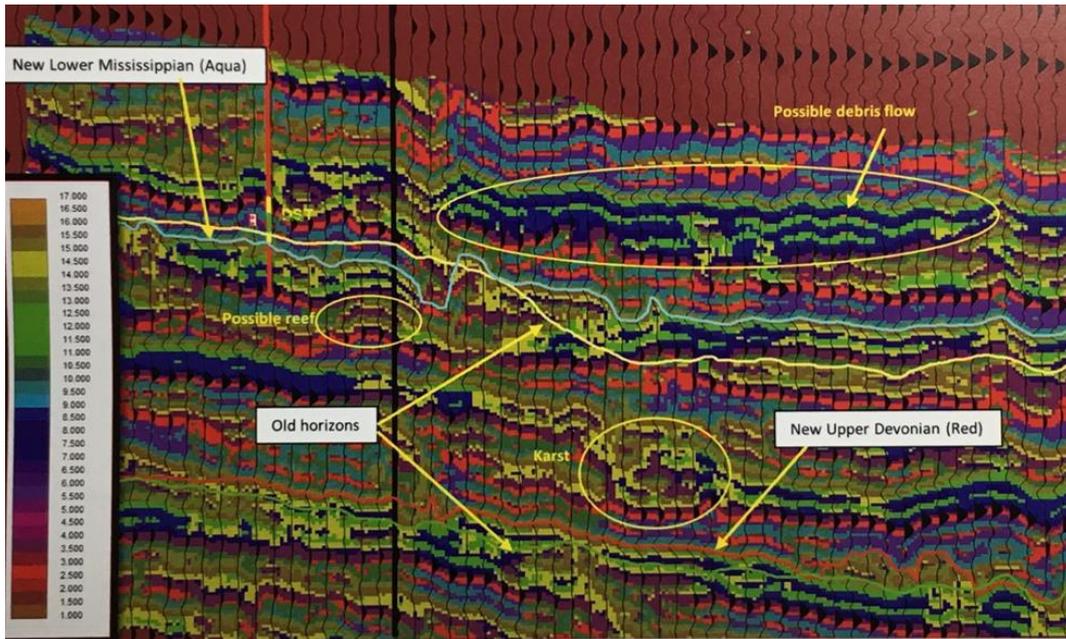


圖 13、藉由機器學習運算產生之震測屬性剖面

另外，會議期間也針對和碳酸鹽岩相關的議題-「fault interpretation for carbonate reservoir and its application for reservoir connectivity」進行討論。作者將塔里木盆地 Tahe 油田之斷層規模區分成大、中、小三種尺度來解釋，在震測剖面中可明顯識別則定義成大尺度斷層，中尺度斷層伴隨褶皺發育，小尺度斷層和走向滑移運動相關，沒有明顯的構造特徵。利用 Coherence 屬性運算可用於展示大尺度的斷層，但需避開水道及火成岩體等線狀形貌。AFE 屬性運算可協助突顯一些線性狀的斷層，但可能遺漏微小斷層的訊息，至於 Likelihood 屬性運算則是藉由掃瞄不同的方位和傾角找出最可能的破裂位置。

#### 四、具體成效

藉由參加本次 SEG 年會，除實際了解探勘最新資訊外，更攜回各油公司與服務公司之最新技術簡介，如機器學習法相關探勘之技術提供單位參考。

會前短期訓練課程講義將置於本單位共享資料夾內，提供予有興趣之同仁參考；課程內所列舉之世界上重要石油盆地類型、相關構造型態及震測成像品質等問題，將應用在未來之震測解釋工作上。

另外將利用三種不同方法(coherence、AFE 和 Likelihood)應用於 109 年度「碳酸鹽岩研究應用阿布達比礦區」計畫，期望建立碳酸鹽岩不同尺度的斷層規模，使震測解釋更臻完善。

## 五、心得及建議

非常感謝公司讓職有機會出國參加地球物理探勘師學會年會與短期訓練課程，藉由此次執行出國計畫，瞭解國外地球物理探勘專業技術的最新進展，學習相關專業知識，並參觀會場中全球廠商展示軟、硬體設備之功能，期望本次參加年會與訓練課程所帶回之參考資料與相關資訊，能進一步應用於相關業務或研究。

這次參加地球物理探勘師學會的年會，年會的性質較偏向業界導向，會中發表的講者，大多是來自世界各石油公司，內容與技術都比較偏向應用層面，但藉由新技術與新觀念改進地球物理探勘的技術，以提升油氣探勘效能，讓職受益頗豐。

## 六、附錄-作業練習

1.北海 Magnus 張裂盆地震測解釋(圖 14)：

(a)震測解釋前及(b)震測解釋後之剖面：

完成地層解釋，base Cretaceous 和 Lower Cretaceous 地層於西側合而為一，此現象證明同張裂時期為斷層發育的高峰,後張裂時期斷層停止作用。

2.巴西外海 Campos 盆地震測解釋(圖 15)：

(a)震測解釋前及(b)震測解釋後之剖面：

此為鹽運動形成之 rafting 構造，斷層朝盆地方向傾斜，斷塊沿滑脫面發育，呈槽狀沉積中心。

3.墨西哥灣反轉構造震測解釋(圖 16):

(a)震測解釋前及(b)震測解釋後之剖面：

完成地層及主斷層解釋。反轉構造(主斷層截切 JSK 地層，KM 地層則為反轉構造)。

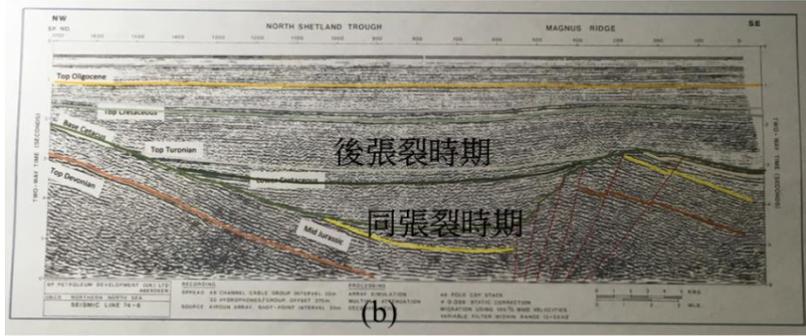
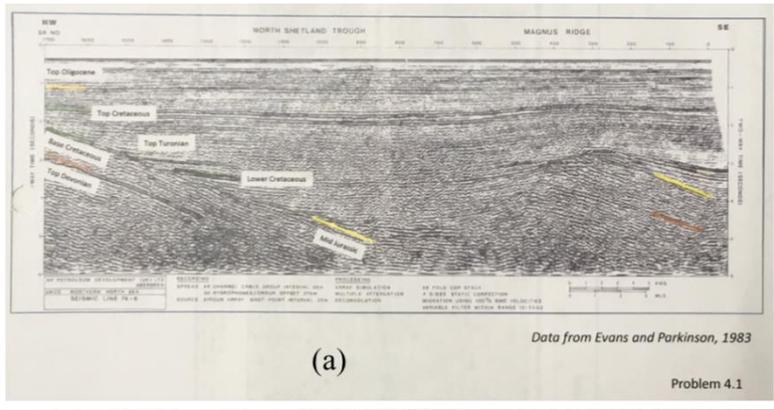


圖 14、(a)震測解釋前、(b)震測解釋後

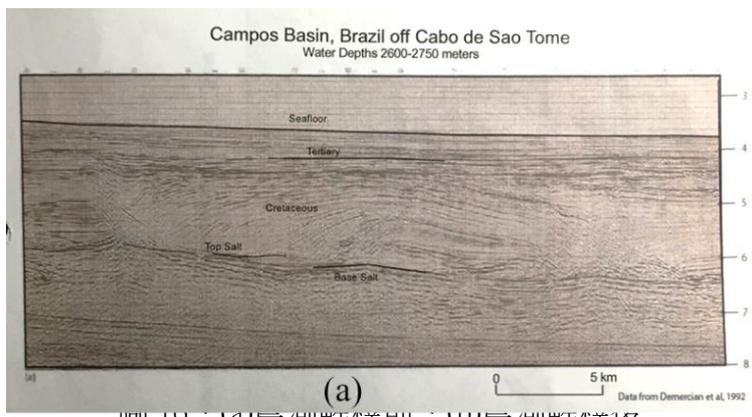


圖 15、(a)震測解釋前、(b)震測解釋後

