

出國報告（出國類別：開會）

## 參加「2019年區域型油氣探勘研討會 及短期課程」心得

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：陳怡如 地質師

派赴國家：美國

出國期間：108 年 5 月 18 日至 108 年 5 月 24 日

報告日期：108 年 6 月 21 日



## 摘要

本次出國參加 2019 年美國石油地質師學會(American Association of Petroleum Geologist)年會，行程自 108 年 5 月 18 日至 5 月 24 日。美國石油地質師學會年會每年在美加各地輪流舉行，為世界石油地質界的盛會，今年會議為十年來首次回到聖安東尼，並吸引了來自 72 個國家約 7500 名專業人士的與會，會議地點位於德州聖安東尼的 Henry B. Gonzalez 會議中心。會議前後舉辦共 9 場野外實地調查以及會前 8 場短期課程。會議第一天參與會議舉辦的短期課程

「Essentials for Understanding Unconventional Mudrock Plays」，本課程的主要目的是對非傳統泥岩探勘標的中許多基本要素進行了解，包含泥岩相關的沉積學與層序地層學、有機物類型與熱成熟度，泥岩孔隙類型與孔隙率、滲透率數據測量等相關基礎要素進行解說。本次會議能與各國專家學者進行交流討論，學習相關探勘技術，並於年會中蒐集探勘新技術與全球探勘現況等相關資訊，瞭解目前國外油氣探勘之新技術與發展方向，未來將應用於公司探勘研究參考。

## 目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、 目的.....	3
貳、 過程.....	4
參、 具體成效.....	7
肆、 心得及建議 .....	15

## 壹、目的

美國石油地質師學會(American Association of Petroleum Geologist)年會每年在美加各地輪流舉行，為世界石油地質界的盛會，參加人員來自世界各地，場內聚集了全球最新探勘資訊。藉由參加會議了解各大石油公司的近年研究重點及探勘技術的發展，並同時了解目前全世界沉積盆地的探勘熱點。此外，研討會將匯聚全球各大探勘服務公司，將於會場上展示並介紹近期新技術，經由此次參與及研討，取得目前全球探勘熱點與相關技術發展，提供公司未來國內外探勘參考。

職參與 108 年研究計畫「台南盆地南部凹陷生油潛能研究」，在計畫內負責深水層序分析及其盆地構造演化等工作，於此次會議口頭和海報張貼皆有深水油氣探勘相關的議程進行，可安排前往聆聽，而會議中也有關於非傳統油氣和蒸發岩系統等議程，期望參與這些議程吸收新知，且會場駐有各大廠商展示最新的探勘相關軟體，資訊相當多元且豐富。

希望藉由參加此會與各國專家學者進行交流討論，學習相關探勘技術，並於年會中蒐集探勘新技術與全球探勘現況等相關資訊，瞭解目前國外油氣探勘之新技術與發展方向，未來將應用於公司探勘研究參考。

## 貳、過程

本次出國任務為期 7 天，第 1 天與最後 2 天為飛機路程時間，主要行程為中間 4 天(5 月 19 日至 5 月 22 日)於聖安東尼所舉辦的美國石油地質師學會 ACE 研討會，5 月 19 日參與主辦單位所舉辦之一日短期課程，5 月 20 日到 5 月 22 日參與會議口頭與海報的議程，詳細行程如表 1 所示。

表 1、出國行程表

預定起訖日期	天數	到達地點	詳細內容
108.05.18(六)	1	台灣-美國洛杉磯(轉機)-聖安東尼	啟程
108.05.19(日)	1	聖安東尼	參加 AAPG ACE 研討會短期課程
108.05.20(一)- 108.05.22(三)	3	聖安東尼	參加 AAPG ACE 研討會
108.05.23(四)- 108.05.24(五)	2	美國聖安東尼-洛杉磯(轉機)-台灣	返程

### (一) 會議介紹

ACE 會議由美國石油地質學家協會 (AAPG) 及其分部、沉積地質學會 (SEPM)，以及奧斯汀地質學會和南德克薩斯地質學會所主辦，會議地點位於德州聖安東尼的 Henry B. Gonzalez 會議中心。會議前後舉辦共 9 場野外實地調查以及會前 8 場短期課程。

這次會議主題主要分為 10 個類別如下：

Theme 1: Siliciclastic Systems(矽酸鹽系統)

Theme 2: Carbonates, Evaporites and Mixed Systems

(碳酸鹽、蒸發鹽和混合系統)

Theme 3: Geochemistry, Basin Modeling and Petroleum Systems

(地球化學、盆地模擬和石油系統)

Theme 4: Structure, Tectonics and Geomechanics(構造運動與地質力學)

Theme 5: Unconventional Resources(非傳統能源)

Theme 6: Energy Sustainability and the Environment(能源永續性與環境)

Theme 7: Geophysics – What’s New and Innovative?

(地球物理之新消息與創新)

Theme 8: Deep Integration of Data and Disciplines(數據與學科之深度整合)

Theme 9: Exploration Frontiers, Energy Minerals and Planetary Geology

(探勘前沿，能源礦產和行星地質學)

Theme 10: Business, Finance and Regulatory Framework

(商業、金融和管理的架構)

本次會議除了各大石油公司、服務廠商與學校展示攤位，另有一區設立來自不同國家的攤位，這些國家包含阿根廷、烏拉圭、牙買加、秘魯、墨西哥、巴貝多(Barbados)、格陵蘭、愛爾蘭、波蘭、荷蘭、以色列、菲律賓、塞席爾(Seychelles)、迦納等國家。現場有提供目前他們國家目前探勘情況與開放礦區提供了解，在會議中也有場地安排他們進行簡報發表，由於時間有限尚未詳細了解，故不在此報告進行說明。

## (二)短期課程介紹

主辦單位這次總共舉辦了 9 個短期課程，包含機器學習、層序地層、非傳統探勘標的基礎探勘之要素、泥岩儲集岩的岩相學等課程，原先是有更多的課程可選擇，但有部分因最後報名人數不足而取消，職選擇「Essentials for Understanding Unconventional Mudrock Plays」參加。

本次課程時間從 8:00 至 16:45，於會場對面的 San Antonio Marriott River walk 旅館會議室所舉行，上課人數共 30 人，本課程由 6 位講師輪流講述內容，一開始先介紹泥岩相關的沉積學與層序地層學、有機物類型與熱成熟度，也有提到地化相關的 XRF 儀器分析與碳同位素分析，之後提到泥岩的孔隙類型與其孔隙率與滲透率如何測量，且討論到泥岩中的氣體與液體流體情形，最後進行總結的提問與討論。



## 參、具體成效

ACE 研討會於同時段共有 8 個會議室進行論文發表，且同時間於另一個大展覽廳也有海報展示與各家石油廠商展示攤位，因時間有限，篩選與今年進行工作較相關的議程進行參與，也對於參加短期課程的內容進行以下說明。

### (一) 短期課程內容

大會於會議第一天有舉辦短期課程，職選擇「Essentials for Understanding Unconventional Mudrock Plays」參加，本課程的主要目的是對非傳統泥岩探勘標的中許多基本要素進行了解。以下進行說明敘述：

在非傳統的泥岩系統中，泥岩扮演生油岩、儲集岩和蓋岩的腳色，其中，泥岩為油氣來源與蓋層是大家都熟知的，但是扮演儲集岩，則與一般傳統石油系統認知有所差異。每個泥岩的探勘標的都有自己一套獨立的地層系統，需要分開討論。泥岩系統的特徵如下敘述，其為緻密岩層，代表低滲透率的岩層，具有高的總有機碳含量(TOC)。

Folk 在 1968 年提出細顆粒岩石的分類法(圖 1)，其依據顆粒粒徑大小、固結程度以及其是否有構造來進行分類，可以分為六種類型，主要分為粉砂岩、泥岩、黏土以及他們經過構造力作用所形成的粉砂質頁岩、泥質頁岩和黏土質頁岩。而泥岩的定義其顆粒組成由多於 33%的黏土與少於 67%的粉砂岩所組成，其中礦物基質、組成和結構都會影響到泥岩內的孔隙種類和裂隙。泥岩中的礦物基質可分為三大類(圖 2)，包含黏土、碳酸鹽與長石、矽酸鹽和磷酸鹽。

泥岩的沉積物來源可以分為兩大類，一類是異地來(Allochthonous)的碎屑沉積物，包含砂、粉沙、泥，也有矽質碎屑或碳酸鹽與陸緣的有機物質；另一類為原地(Autochthonous)產生的生物性海洋沉積物，包含砂、粉砂、泥，也有矽質或方解石與海洋的有機物質。我們通常可以將泥岩分布的沉積環境區分為兩大類(圖 3)，非海相的沉積環境主要為內三角洲(interdeltaic)、湖泊和沼澤；海相的沉

積環境則為前三角洲、潮灘(Tidal Falts)、陸坡及深海平原。而泥岩沉積物搬運的方式可以分為近端靠陸地側和遠端靠盆地中心兩大類。從簡單的模型剖面(圖 4)可看出近陸端的沉積物供應主要為異地帶來的碎屑流,具有高能量環境和高沉積速率,且其搬運力受控於風力、河流、波浪、風暴的作用力;而近盆地中心的沉積物供應來源主要為原地的生物性的沉積物,具有低能量的環境與低沉積速率,其主要受到懸浮沉降、重力流以及海底流再沉積作用力所影響。

有機物質主要可以分為陸相與海相,其中,海相有機物質生成與營養鹽供應有很大關係,其機制與碎屑運送、火山作用與湧升流有關。受不同作用力以及沉積物來源影響,近陸端與近盆地中心的泥岩其礦物組成也有差異(圖 5),矽質礦物、碳酸鹽質礦物和黏土礦物的含量,在近陸緣主要為碎屑成因為主,而往盆地中心比則以自生生物性成因為主。黏土礦物種類靠近陸緣多為高嶺土和綠泥石組成,靠盆地中心多為蒙脫石和伊萊石所組成,黃鐵礦與有機物質的含量則越往盆地中心逐漸增加。

X 射線螢光光譜分析儀(XRF)其利用 X 射線,測量樣品中各種元素的種類及含量。講者利用 XRF、XRD 等儀器進行岩心樣品分析,並密集連續取樣,建立高解析度的礦物成分資料。在此主要說明海洋中微量元素的應用,從元素週期表(圖 6)可以看到不同的元素各代表不同的意義,例如元素 Ni、Cu、Zu 和 P 可以表示表層水的營養鹽,Mo、V、U 等元素則可表示底層水的還原狀態,所以從元素的含量變化,可以表示當時海水的深度或狀態。以元素 Ni、Cu、Zu 來說明,其在表層水的含量很低,但隨海水深度增加其含量逐漸上升。這是由於這類元素會被表層水的浮游生物所吸收利用,造成其在表層水的含量變低。由於海盆內的構造活動可能會影響海水表層水或底層水流動的變化,像是底層水被隆起構造阻擋而消失,所以不同年代中微量元素的變化,可以應用於解釋海盆內的構造運動。但是海洋化學環境變化不單純只受控於某一變因,尚須考慮眾多因素,才能較正確的解釋。

在泥岩中主要的礦物成分為方解石、黏土礦物、石英和白雲石，而這些礦物的主要元素為 Ca、Mg、Si、K、Al 和 Ti。我們可以利用 XRF 分析結果進一步將泥岩又進行細分。而在微量元素中對氧化還原反應主要的元素為 Mo、Ni、U 和 V，其中 U 因為與 Gamma ray 數值相關而顯得特別重要，此類元素的含量通常跟 TOC 呈現正相關的關係。但光從 XRF 結果無法判別礦物的種類或來源，還是需要結合岩心和顯微鏡的觀察描述，才能進行更正確的解釋。

泥岩中的孔隙大小為奈米至微米等級，其孔隙類型可大致區分為三種類型，為礦物顆粒間(inter)的孔隙、礦物顆粒內(intra)的孔隙和有機物內的孔隙(圖 7)。礦物間的孔隙包含顆粒與顆粒之間的孔隙、晶體之間的孔隙、黏土片狀礦物間的孔隙等，礦物內的孔隙包含像黃鐵礦莓狀體內的孔隙、化石內的孔隙等。

課程中亦有對於同位素分析、孔隙率和滲透率儀器分析和氣體流體特性進行說明，因涉及地化與工程技術領域，故不在此報告進行說明。

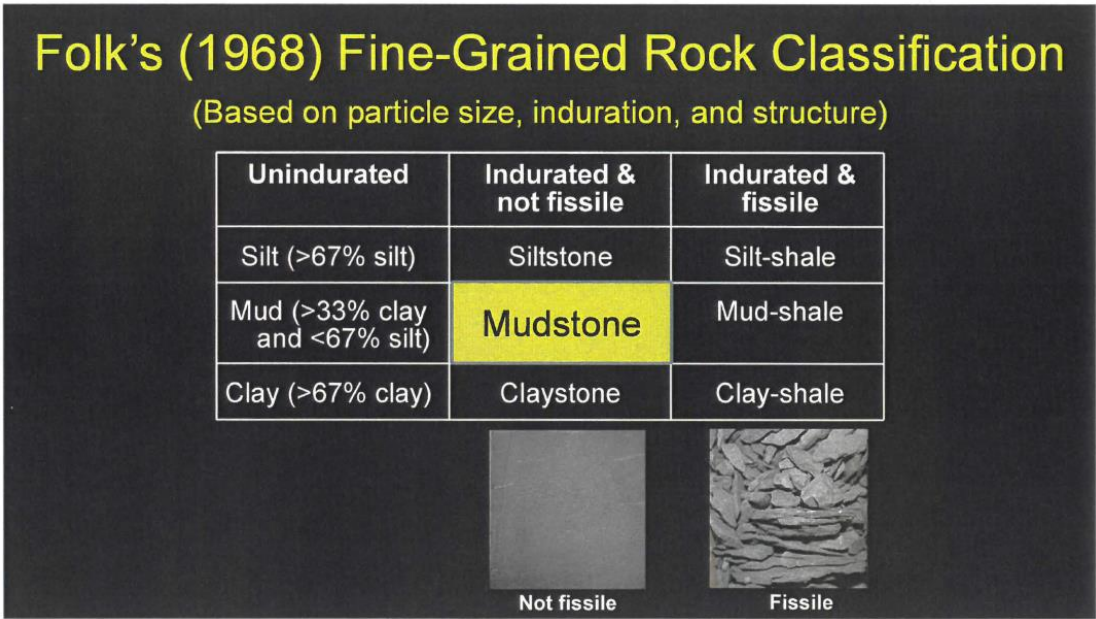


圖 1、細顆粒的岩石分類。

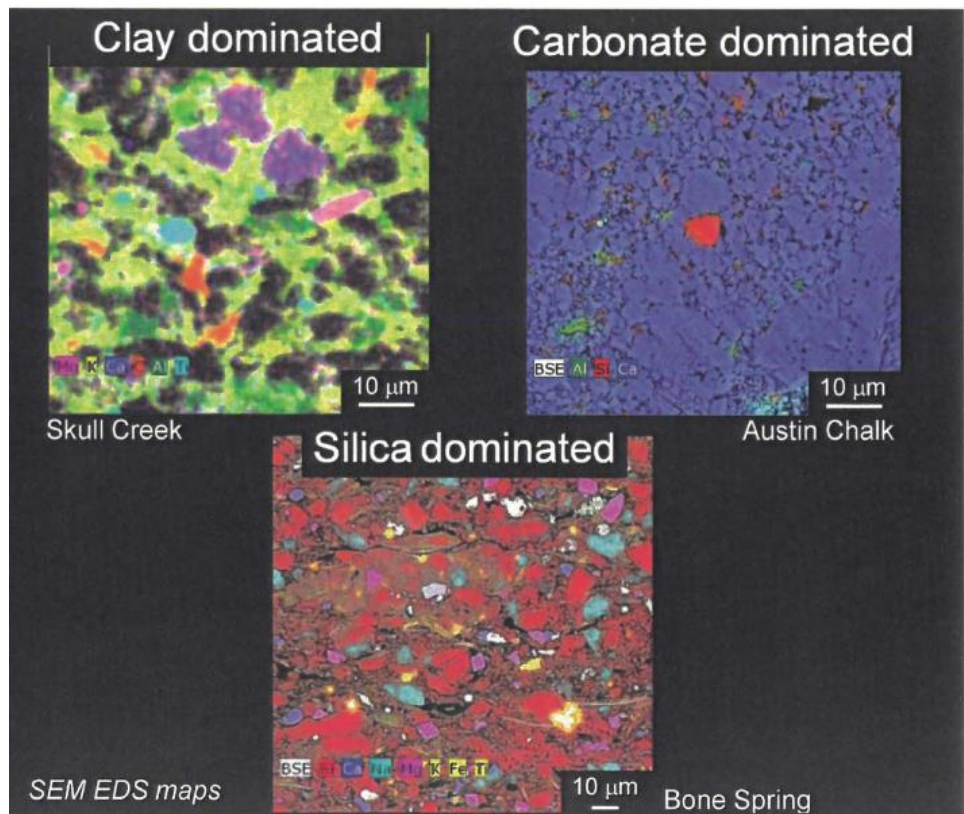


圖 2、泥岩基質的種類。

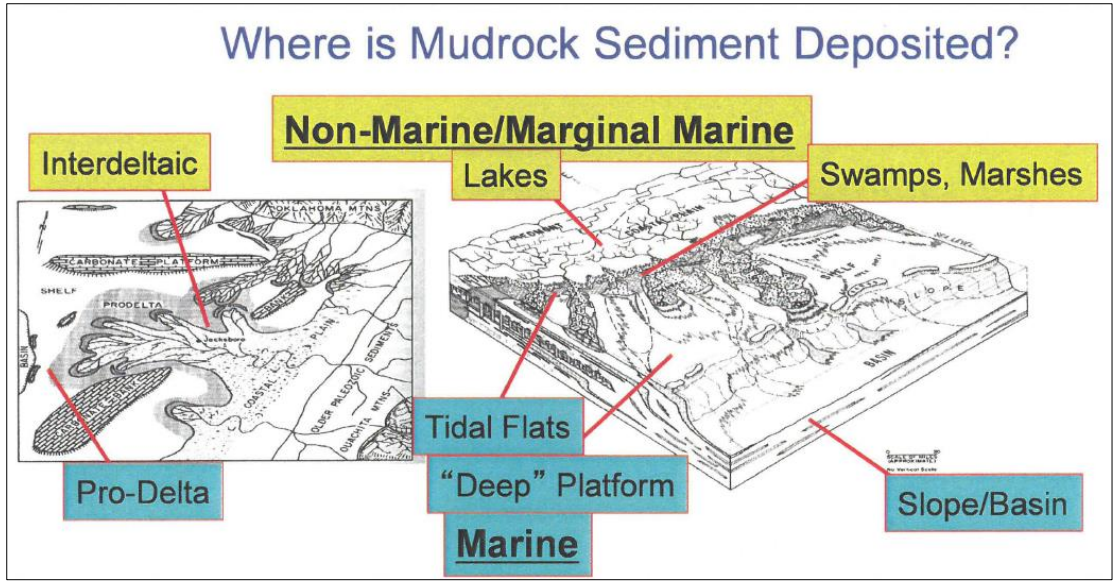


圖 3、泥岩沉積環境。

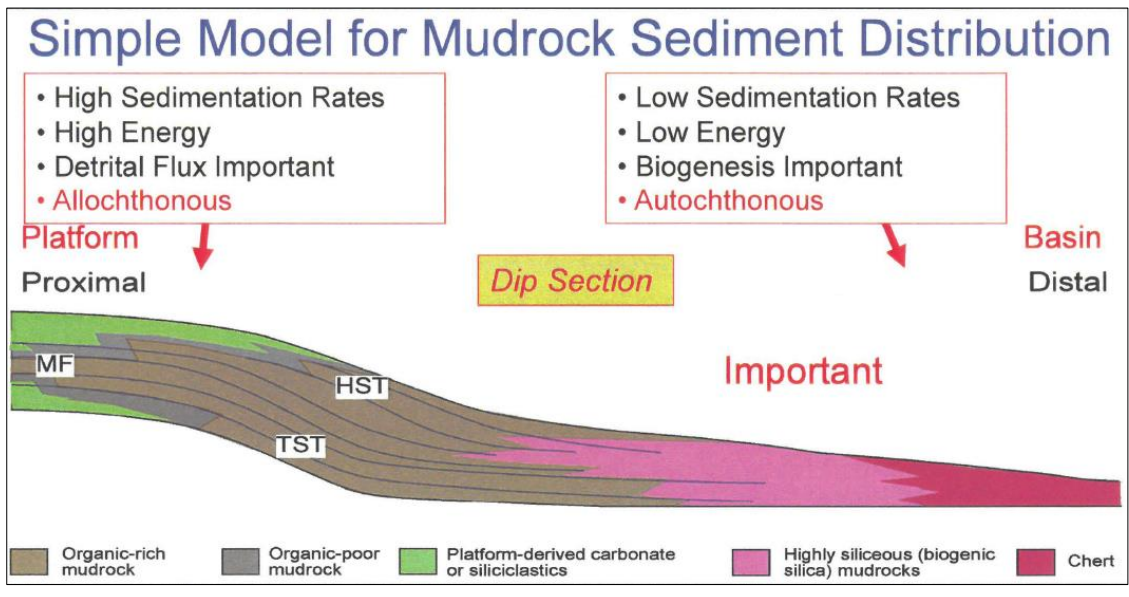


圖 4、泥岩沉積物運輸模型。

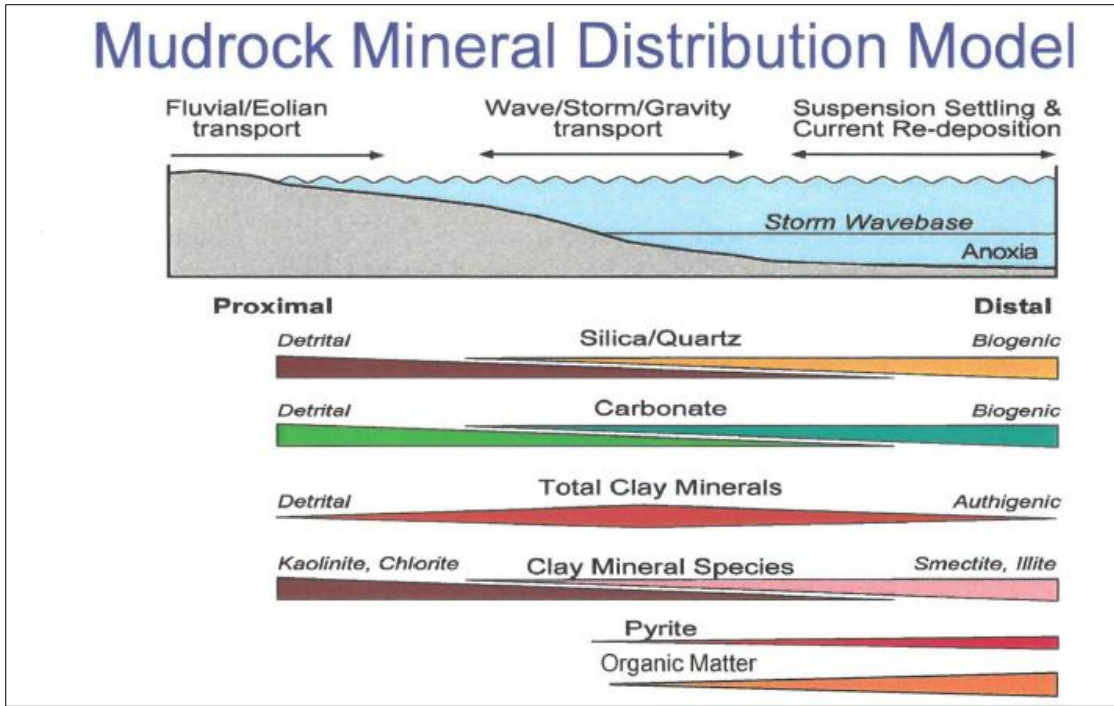


圖 5、泥岩礦物成分分布模型。

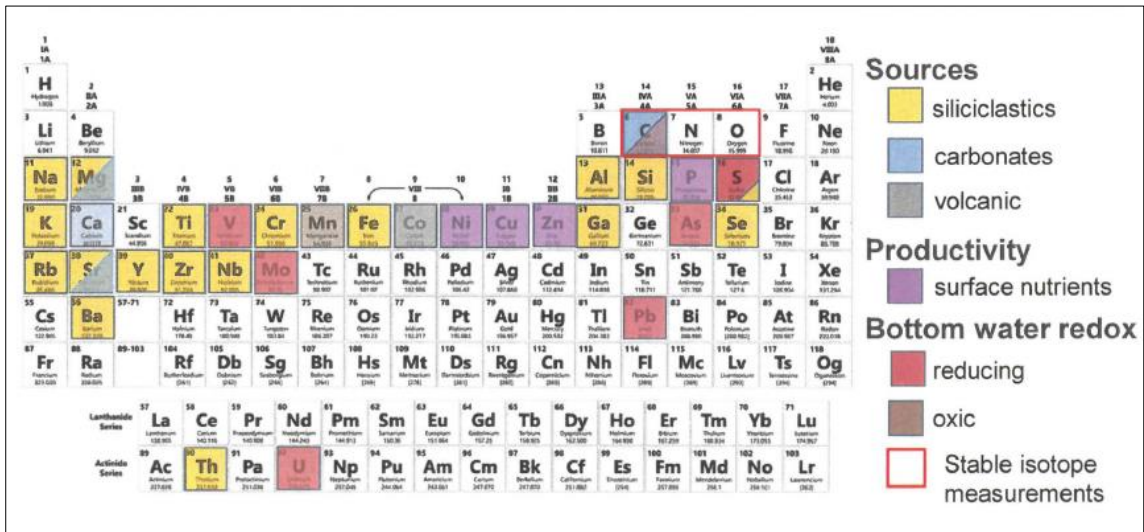


圖 6、元素週期表，不同顏色表示此微量元素代表的意義。

# Mudrock Pore Classification

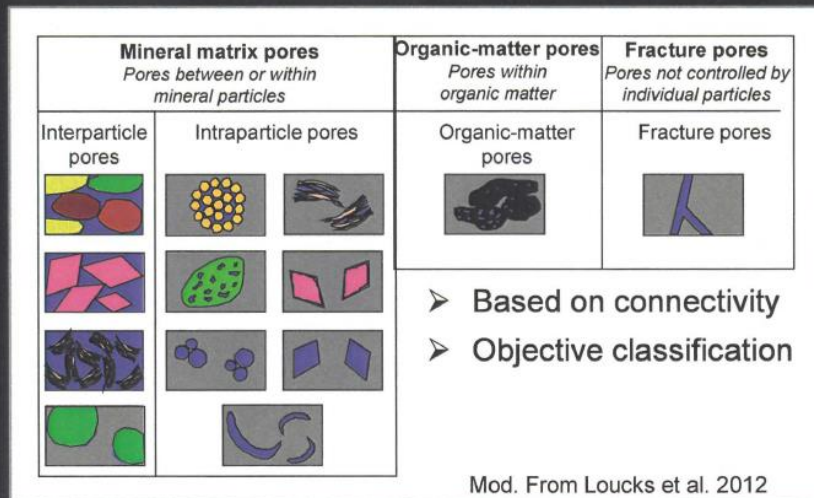


圖 7、泥岩孔隙分類。

## (二)相關議程海報

由於職今年度工作內容以台灣西南深水震測解釋為主，故這次目的希望對於關於深水震測解釋的發表進行了解。會議中有人員發表關於白雲凹陷的論文，白雲凹陷鄰近台灣西南海域，期望其研究成果可對今年工作有所幫助，故節錄重點概述。

白雲凹陷位於珠江口盆地珠二凹陷內，相對於北側的珠一凹陷，白雲凹陷內鑽井數稀少。其利用此地區三維震測解釋與鑽井資料，解釋追蹤古近紀(恩平組)的地層，並判釋出不同類型水道沉積與其分布位置，且製作各時期等厚圖與沉積相分析，並對白雲凹陷內鑽井的碎屑鈾石做 U-Pb 定年分析。其結合所解釋的三維震測解釋成果，並蒐集已發表的珠江口盆地古近紀碎屑鈾石年代分析結果，進而與白雲凹陷內的鈾石定年資料做對比，分析盆地內物源和沉積相隨時間的變化。

由於不同物源其碎屑鈾石定年結果會有差異，其將白雲凹陷內鑽井對比鄰近區域鑽井資料分析的鈾石定年結果發現，白雲凹陷物源轉換的時間晚於北側的珠一凹陷，其物源轉換過程於晚始新世時期其沉積物來源主要來自盆地內，而到早漸新世時期其沉積物來源則轉為由盆地外所供應。配合三維震測解釋的等厚圖、震測相與鑽井資料，解釋白雲凹陷於晚始新世時期，盆地內砂體多為扇體三角洲，顆粒較粗且淘選度差，砂體來源主要來自週圍鄰近的高區或隆起，到早漸新世時期古珠江三角洲的河道擴張，砂體從白雲凹陷的西北進入並往東南延伸，造成大規模瓣狀三角洲近積(progradation)，此砂體由於經過較長距離的搬運，沉積物顆粒相對較細。



#### 肆、心得建議

此次執行出國計畫於會議中吸收新知且增廣見聞，希望能將所見所聞用於未來公司內相關研究。

##### (一) 建立 XRF 礦物分析和碎屑鋯石定年分析技術

本次會議認識到 XRF 礦物分析技術，其結合 XRD、電測等其他分析數據資料，可將岩心分析數據建立更完善，亦可應用於海相地層微量元素的變化，幫助解釋可能的古環境變化。而碎屑鋯石定年分析技術可應用於沉積物源對比追蹤，對於盆地內砂體來源解釋有所助益。以上技術於國外已應用於油氣探勘，而目前國內學界應已建立此技術，但在所內尚未建立，建議可以先與學界交流進一步了解其應用於石油探勘的助益。

##### (二) 建立公司地質資料庫

本次會議於會前短期課程和會議議程內都有提及機器學習方面的內容，顯示這也是一個未來新興技術的趨勢。然而機器學習這方法需要建立在大數據的資料庫基礎之下才能有更良好的應用。本公司已在國內外進行多年探勘與鑽探，已累積為數眾多的原始資料和分析解釋報告，但由於早期數據尚未電子化或公司內人力斷層影響，造成礦區資料零散不周全，往往造成計畫執行初期皆需花費大量時間蒐集資料和確認資料正確性。顯現原始資料保存和整理的重要性，建議可統一建立原始資料庫與使用平台，一方面將早期的資料建立，一方面也可以將後來新增的資料上傳，完善的資料庫可便於未來計畫專案的進行或交接，亦可幫助未來公司內進行機器學習方法的建立。

##### (三) 大型會議能派任不同專業技術人員參加

油氣探勘為一個複雜的課題，所以於大型會議中常包含許多的專業議題，於論文發表時也常集合數種技術的應用。本身專業的關係與時間場地的限制，造成僅能參與與自己相關性較高的論文，無法廣納所有的議題。建議同個大型國際會議可派任不同專業技術人員參加，一方面可以同時間分別收集不同的議題，另一

方面議題中若有不同於本身專業的部分，可現場互相討論學習。

#### (四) 增進其他專業能力與語文能力

此次會議為職第一次出國參加國際會議，對於探勘與工程類的技術議題以及整個會議運作尚未熟悉，會場內許多國際油公司進行論文發表，亦有學術單位與學校進行發表，但幾乎都是與業界合作取得使用材料進行解釋，並實際應用於石油探勘，與國內相關會議幾乎都是進行學術研究大有差異。在聆聽論文發表方面，不同專業上的術語不太熟悉，故感到吃力，期望未來自身能加強外語能力與專業能力，這樣能與各國人士溝通討論能更得心應手。