

澳洲西北部海域坎寧區域三疊系探勘標的類型研究

廖韋智、李健平、蘇俊陽、梁守謙、張國雄、姜竣友

台灣中油股份有限公司探採研究所

摘要

本研究利用購買自澳洲政府 2010 年至 2012 年海域開放礦區探勘資料進行研究。首先整編蒐集購買之資料至 Petrel 專案檔與 Studio 資料庫供協同工作使用，共整編約 700 條剖面與 22 口鑽探資料。震測資料解釋前先進行合成震波比對，調整各目標地層的時間-深度關係，讓井下的層面位置能正確地套用到震測剖面上。震測剖面用來進行 3 個目標層面解釋：三疊系頂部、下部三疊系頂部與二疊系頂部，以及斷層解釋。根據目標層面與構造解釋成果，繪製出 3 個目標層面的構造圖。將構造圖與已發表之石油系統等資訊綜合分析，初步解析海域坎寧區域內三疊系中的探勘標的類型，其中三種在下部三疊系，分別為地層封閉型態的探勘標的、斷層封閉型態的探勘標的，以及兼具地層與斷層封閉型態的探勘標的。在較年輕的上部三疊系，則分析出一種兼具地層與斷層封閉型態的探勘標的。

一、背景說明

澳洲西北海域分佈的幾個大型沉積盆地，包含了波拿帕盆地(Bonaparte Basin)、布洛斯盆地(Browse Basin)、羅巴克盆地(Roebuck Basin)與北卡納文盆地(Northern Carnarvon Basin)等(圖 1)。其中的波拿帕盆地、布洛斯盆地與北卡納文盆地，過去數十年間在侏羅系與白堊系中皆有顯著的探勘成果，部分油氣田更是持續進行開發生產，如布洛斯盆地的 Prelude 與 Ichthys 氣田。而位在澳洲西北海域中部，海域坎寧區域中的羅巴克盆地，直到近十年內才在盆地的南側探勘發現多個油氣藏，其中包含了多達 1 億 5,000 萬桶資源量的 Dorado 油氣田，說明了此盆地也深具探勘的潛力。相比澳洲西北海域其他盆地，羅巴克盆地內的油氣儲集層在更深更古老的三疊系，顯示在澳洲西北海域的地下深部，仍存在具有探勘潛力的石油系統。本研究將調查目標鎖定在海域坎寧區域(羅巴克盆地與海域坎寧盆地(offshore Canning Basin)，圖 1 紅框區域)的三疊系內，藉由分析震測資料探討區域內的探勘標的類型。

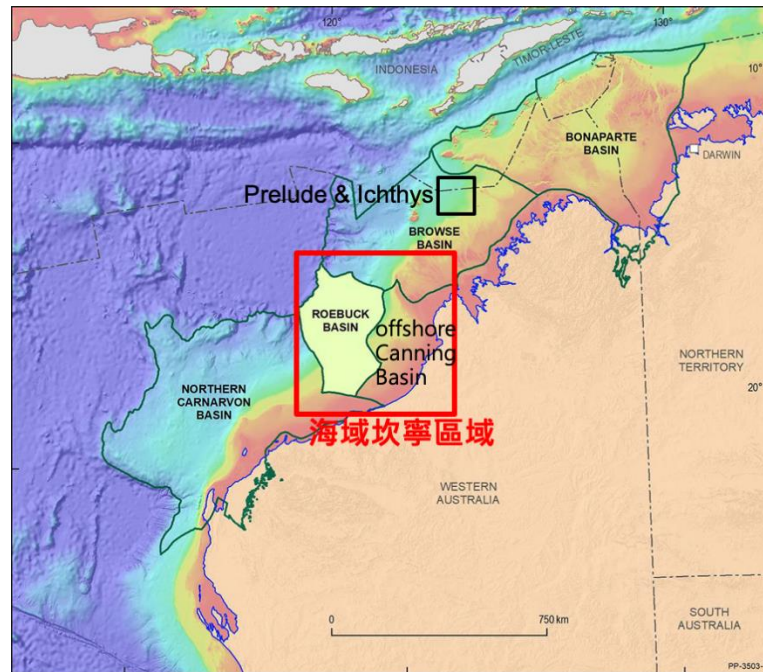


圖 1、澳洲西北海域盆地分布圖(Geoscience Australia, 2020)

二、研究資料與研究方法

本研究使用了澳洲政府發布之 2010 年至 2012 年三個年度的澳洲周邊海域開放礦區資料，並蒐集海域坎寧區域內的鑽井資料，進行三疊系目標層面與構造的震測資料解釋工作。藉由資料解釋成果，與已發表之報告期刊文獻提出之沈積盆地與石油系統等資訊，進行海域坎寧區域內三疊系的探勘標的分析與綜合解釋工作。

首先先整編所蒐集購買之資料，將資料匯入 Petrel 專案檔與 Studio 資料庫。在進行震測資料解釋前，先利用震波逆推軟體 CGG Jason 進行合成震波比對，利用 P 波阻抗與連波計算產生之合成震波(Bacon et al., 2003)，與實際震測資料中的震波進行比對，依據震波的特性確認目標層面的時間-深度關係，將井測資料的層面位置比對到震測資料上。本研究主要目標為三疊系，藉由合成震波比對成果，標定並摘取三疊系的目標層面的訊號。斷層辨識也是震測解釋工作中很重要的工作。藉由觀察震測訊號的終止、連續反射訊號的位移、位態與振幅的轉變、斷層面的反射訊號、相關褶皺幾何關係推論或震波屬性的特徵等現象，可識別斷層的位置。藉由目標層面與構造解釋成果，繪製出目標層面之構造圖，供後續分析使用

探勘標的類型分析延續了沉積盆地分析工作成果，同時也作為之後的探勘好景區分析工作的基礎(Royal Dutch Shell, 2013)。探勘標的類型分析需要沉積環境與石油系統的資訊，綜合不同的大地構造與石油系統，能形成不一樣的生儲蓋岩系統，各類的探勘標的及好景區的分析辨識皆與此有關。本研究利用已發表文獻之沉積盆地與石油系統分析成果，結合震測資料的目標層面解釋，分析海域坎寧區域可能的探勘標的類型。

三、資料整編與解釋成果

(一)、資料整編

本研究共完成整編蒐集澳洲西北海域坎寧區域內約 700 條 2D 震測剖面及 22 口井。震測資料部分，大致區分成下列三類：(1)海域坎寧區域內長剖面、(2)Rowley 次盆地的短剖面，以及(3)Bedout 次盆地的短剖面。本研究為了瞭解區域內層面與構造分佈，會選擇長剖面優先解釋，再輔以密度較高的小區域短剖面進行構造的串連等工作。井測資料的部分，區域內鑽井的密度最高的 Bedout 次盆地已有下部三疊系的 Lower Keraudren 層的油氣探勘發現。北邊的 Rowley 次盆地，至較近期的 Steel Dragon 1 與 Anhalt 1 等井才鑽達三疊系，但都缺乏油氣指徵。東側的海域坎寧盆地，鑽井都是位在三疊系地層缺失的區域，但在地層柱中，可知盆地中仍有少量的三疊系(Geoscience Australia, 2020)。

(二)、合成震波比對

本研究選取了 5 口鑽達三疊系的探勘井資料，包含了位在 Bedout 次盆地的 Phoenix 1 井、Keraudren 1 井，位在 Bedout 高區的 Bedout 1 井、Lagrange 1 井，以及位在 Rowley 次盆地的 Steel Drango 1 井，利用井下聲波測錄與密度量測資料，並選擇適當的漣波進行計算後得到的合成震波，與震測資料擷取出來的震波進行比對，依據兩者的震波特性，將三疊系中的目標層面標定。

(三)、目標層面與構造解釋

利用合成震波比對的成果，解釋 3 個三疊系目標層面：三疊系頂部、下部三疊系頂部及二疊系頂部。由於資料量非常龐大，本研究先以跨次盆地的長測線為主要解釋目標，再輔以密度較高的短測線進行構造連接，共解釋約 300 條剖面，解釋成果繪製成構造圖，覆蓋約 11 萬平方公里的區域。

根據構造與層面解釋成果，海域坎寧區域內除了 Bedout 高區外，三疊系各層面主要傾斜方向由東南往西北變深。三疊系內的斷層則主要分布在 Rowley 次盆地與 Bedout 次盆地西側，研究區域中並沒有觀察到較大型或是單一條延伸極遠的斷層，顯示在三疊紀時期構造活動較為和緩，與其他文獻認為的當時以熱沉降為主要構造活動相符。斷層構造的走向在不同區域中也有些微差異，Rowley 次盆地東側斷層走向主要為東北-西南向，到靠近 Rowley 次盆地西側邊緣與 Bedout 次盆地西側則為偏向南北走向，Bedout 次盆地東側與海域坎寧盆地則較少斷層分布。

(四)、探勘標的類型分析

藉由目標層面及構造分布解釋分析結果，與石油系統的生油岩與油氣移棲的相關資訊，進行探勘標的類型初步分析。Bedout 次盆地內根據已發表文獻與探勘成果，區域內的生油岩主要是三疊系底部的 Locker Shale (Smith, 1999)，顯示在三疊紀初期，沉積環境位在水深較深的陸棚環境。早三疊系至中三疊系則為高孔隙率的三角洲沉積物，與富含有機質的潟湖沉積物互層堆積的 Lower

Keraudren Formation (圖 2), 顯示沉積環境逐漸變淺(Bradshaw et al., 1988)。Lower Keraudren Formation 上方堆積了一套富含碳酸鹽碎屑的砂質沉積物地層 Cossigny Member, 為區域內良好的蓋層(Abbott et al, 2019), 反映了在中晚三疊紀時期曾有廣闊的淺海環境。根據沉積環境、石油系統以及震測資料的分析結果, 繪製了 Bedout 次盆地區域的探勘標的類型分析圖, 共區分出五種探勘標的, 其中三種位在下部三疊系, 包含了下部三疊系地層封閉型態的探勘標的、下部三疊系斷層封閉型態的探勘標的, 以及下部三疊系地層與斷層封閉型態的探勘標的。另兩種探勘標的則是在較年輕的上部三疊系與侏羅系, 油氣可藉由斷層, 突破下部三疊系頂部的 Cossigny Member, 往更淺部的封閉構造或儲集層移棲。

Rowley 次盆地內則由於斷層分布較為破碎, 導致可能的封閉構造偏小, 並且在三疊紀初期受到了北邊的火山活動影響, 難以堆積富含有機質的沉積物。雖然從文獻與鑽探資料中, Rowley 次盆地內有孔隙率良好的地層, 但由於區域內沒有良好的石油系統, 導致探勘標的類型分析的結果, 認為 Rowley 次盆地內沒有顯著的探勘標的類型。

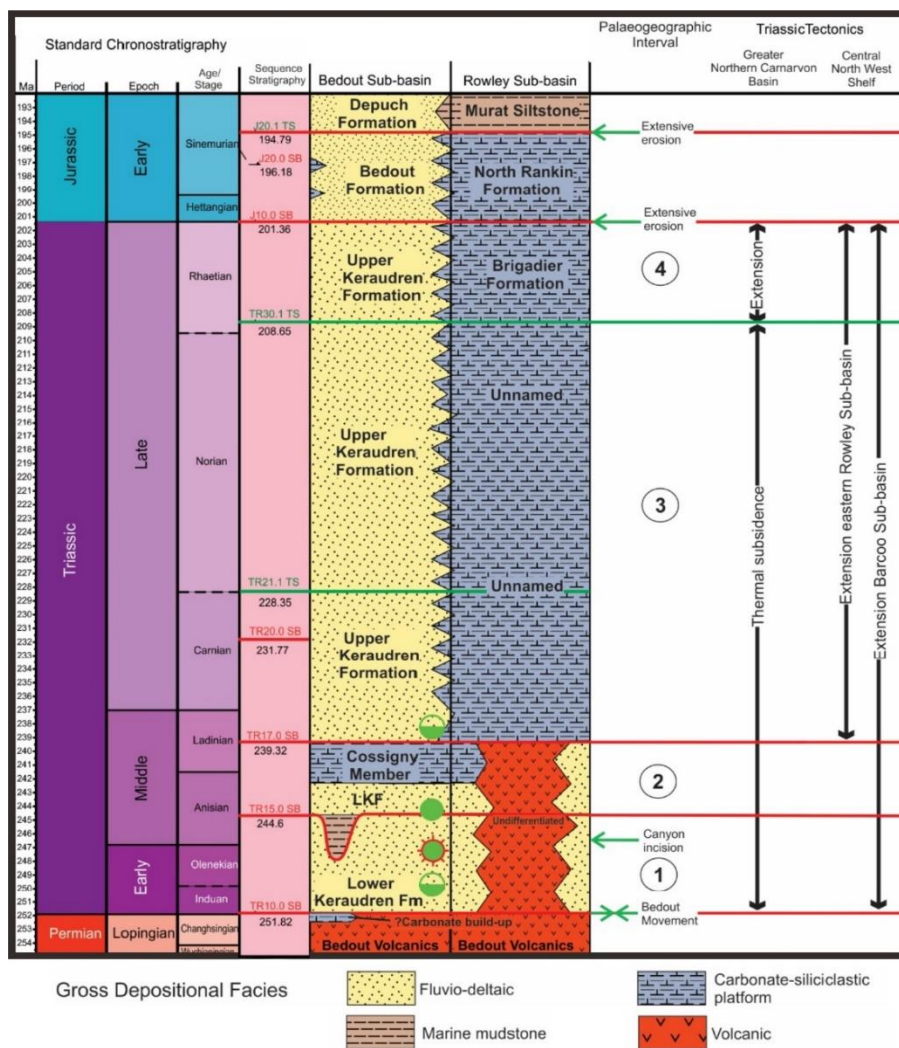


圖 2、Roebuck Basin 下部中生界之地層柱及主要沉積相分布圖(修改自 About et al., 2019)

四、結論

本研究收集與購買澳洲西北海域坎寧區域的 2010 年至 2012 年開放礦區探勘資料，建立 Petrel 專案檔與進行分析解釋。通過合成震波比對，確認目標層面訊號位置，摘取 3 個目標層面、進行構造解釋並繪製構造圖。根據解釋成果，海域坎寧區域的目標層面由東南往西北變深，三疊系內的斷層走向，在區域的東北側主要為東北-西南向，到區域西側則是變為南北走向為主。研究範圍內的斷層多數延伸十幾至數十公里，沒有辨識出超過百公里長的斷層，顯示三疊紀期間，沒有明顯且大型的構造活動。根據解釋結果，綜合已發表之石油系統資訊，在海域坎寧區域南側的 Bedout 次盆地進行探勘標的分析，三疊系內解析出四種探勘標的，分別為下部三疊系地層封閉型態的探勘標的、下部三疊系斷層封閉型態的探勘標的、下部三疊系地層與斷層封閉型態的探勘標的，以及上部三疊系地層與斷層封閉型態的探勘標的。而海域坎寧區域北側的 Rowley 次盆地，則是由於構造較為破碎，且缺乏生油地層，難以建立石油系統，故此區無顯著的探勘標的類型。

五、參考文獻

- Abbott, S., Orlov, C., Bernardel, G., Nicholson, C., Rollet, N., Nguyen, D., and Gunning, M.E. (2019) Stratigraphic and structural architecture across the central North West Shelf - implications for Triassic petroleum systems. *The APPEa Journal* 59, 823-839.
- Bacon, M., Simm, R., and Redshaw, T. (2003) 3-D seismic interpretation: Cambridge University Press.
- Bradshaw, M.T., Yeate, A.N., Beynon, R.M., Brakel, A.T., Langford, R.P., Totterdell, J.M., and Yeung, M. (1988) Palaeogeographic Evolution of the North West Shelf Region. In: Purcell, T.G., Prucell, R.R. (eds), *The North West Shelf, Australia: Proceedings of Petroleum Exploration Society Australia Symposium*, Perth, 29-54
- Geoscience Australia (2020) <https://www.ga.gov.au/scientifictopics/energy>.
- Royal Dutch Shell, (2013) Play based exploration: A guide for AAPG's imperial barrel award participants.
- Smith, S.A. (1999) The Phanerozoic basin - Fill history of the Roebuck Basin. Doctoral thesis, University of Southampton, UK.