

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

前陸盆地之地層研究-應用在石油探勘領域 研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-ET-7-002-012-ET
執行期間：95年01月01日至95年12月31日
執行單位：國立臺灣大學海洋研究所

計畫主持人：俞何興
共同主持人：蔣正興
計畫參與人員：主持人：俞何興
共同主持人：蔣正興

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年03月30日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
期中進度報告

前陸盆地之地層研究-應用在石油探勘領域

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95-ET-7-002-012-ET

執行期間：95年1月1日至 95年12月31日

計畫主持人：俞何興

共同主持人：蔣正興

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：台灣大學海洋研究所、修平技術學院

中 華 民 國 95年 12月 31 日

中文摘要

前陸盆地的發育過程形成不同的地層層序架構，前陸盆地的地層層序較一般被動大陸邊緣與張裂型盆地的層序來的複雜，主要是地層層序受到造山運動的側向遷移而使得地層層序受到影響，在沈積物供應與基準面變化的交互作用下，前陸盆地發育可分成三個階段分別為未充填、已充填與過充填三個時期，這三個時期的沈積過程演化從未充填前陸盆地之深海相、淺海相到過充填前陸盆地之陸相沈積環境。

現以伊朗的札格洛斯(Zagros)前陸盆地為例，探討其地層之演化及特性，盆地中的油氣生成、儲集層及蓋層形成的關係，並分辨古生及中生代石油系統中油氣的聚集差異與特徵，進而提出區域地層架構及古沈積環境為油氣產狀的主控因子。在前陸盆地從事油氣探勘，傳統的作法，重點放在褶皺-逆衝斷層的構造圈閉，但有時忽略了研究碰撞作用前穩定大陸邊緣的區域地層架構，即古地理氣候、古沈積環境及堆積的沈積物，因而失去了較老地層的目標層。札格洛斯前陸盆地之褶皺-逆衝斷層的構造圈閉，包括新生代、中生代及古生代的岩層，但最大的油氣田來自堆積在穩定大陸邊緣的中生代及古生代的岩層。因此，碰撞作用前穩定大陸邊緣的區域地層架構研究，是不可忽略的。期待本研究結果，有助於中國石油與台塑石油公司在尋找油源的工作。

關鍵字：前陸盆地、油氣、區域地層架構、古沈積環境

英文摘要

Major tectonostratigraphic frameworks develop through foreland basin evolution. Stratigraphic packages in foreland basins are more complex than that in the rift basins in the passive continental margins. The lateral movement of progressive faulting and folding towards foreland mainly controls the sediment filling of the basin and resulting stratigraphy. Influenced by the interaction between sediment supply and variation of base level of the basin floor, the development of a foreland basin can be divided into three major stages: the early underfilled basin characterized by deep marine sediments, followed by filled basin with dominant transition facies from shallow marine to coastal settings and the late overfilled basin characteristic of terrestrial sediments mainly of fluvial facies.

Using the Zagros foreland basin in Iran areas as an example, this research project discusses the characteristics and stratigraphic evolution of the Zagros foreland, exploring the relationships between source rocks, reservoir and seals. It compares fundamental differences in reservoir characteristics from two different petroleum systems of Paleozoic and Mesozoic in the foreland areas, emphasizing regional stratigraphic framework and paleo-sedimentary environments being the key factors for the formation of oil and gas fields. The conventional petroleum exploration in foreland basins is to stress the importance of structural traps in the fold-and-thrust belts. However, the regional stratigraphic framework and paleo-sedimentary environments of the passive continental margins before collision are sometimes ignored, resulting in missing petroleum targets of older strata. Structural traps in the fold-and-thrust belts of the Zagros foreland basin include deposits from Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic. But, the largest oil and gas fields are produced from Paleozoic and Mesozoic strata deposited in the passive margins. Therefore, studies of regional stratigraphic framework and paleo-sedimentary environments of the passive continental margins can not be overlooked in the exploration in foreland basin. Hopefully, the results of this research project can be helpful for exploration activities engaged by the Chinese Petroleum Company and Taiwan Plastics and Petroleum Company.

.Key words: foreland basin 、 petroleum 、 regional stratigraphic framework 、 paleo-sedimentary environments

前言

根據 2002 年中東經濟調查報告，世界前 120 個大油氣田產量佔全世界油氣產量的 47%，其中位於前陸盆地的大油氣田高達 70 多個(約 59%)，排名世界前 14 個大油氣田的產量占世界總產量的 20%，其中 10 個位於前陸盆地，鑑於前陸盆地具百巨大的油氣潛能，前陸盆地之盆地分析，包括區域地層架構及構造演化，應用於油氣探勘的研究，對石油業的重要性，則不言而喻。

前陸盆地位於穩定的古陸與造山帶之間的下陷盆地，在油氣的聚集上處於有利的儲油環境，更具有豐富的油氣資源；在適度斷層褶皺構造條件使油氣的聚集與封閉提供更有利條件。因此，前陸盆地的油氣資源豐富成為世界上探勘業者認為具油氣開採價值的區域。國內中油公司最近探勘的區域例如澳洲與委內瑞拉皆為前陸盆地環境，世界上著名的油田如伊朗的札格洛斯(Zagros)、美國落磯山脈周圍的盆地皆為前陸盆地，因此對於前陸盆地的研究是相當迫切的。

前陸盆地早期稱為前淵盆地(Aubouin, 1965)，持續三十年的研究直到最近才將前陸盆地大幅的修改並釐清過去名詞術語含糊之處，將前陸盆地分成四個部分，並將前陸盆地擴充成前陸盆地系統(foreland basin systems) (DeCelles and Giles, 1996)。前陸盆地是油氣蘊藏的豐富地區，然則前陸盆地各次系統中油氣生成、移棲及儲集形成是否有其差異，以及在前陸盆地系統的儲油形成與遷移，區域地層的架構(regional stratigraphic framework)及古沈積環境的特徵，主導著生油岩、儲集層及蓋層的品質，為目前石油探勘研究的最佳課題。

研究目的

中東之札格洛斯(Zagros)、西加拿大落磯山、東委內瑞拉、阿拉斯加等前陸盆地，都有豐富的油氣資源。本計畫主要以伊朗的札格洛斯前陸盆地為例，探討其地層之演化及特性，進而應用於盆地的油氣生成、移棲與儲集形成的分析，並分辨前陸盆地各次系統中油氣的聚集差異與特徵，進而提供一套前陸盆地系統儲油環境模型。期待能以本研究結果，成為中國石油與台塑石油公司在尋找油源的重要依據。

文獻探討

有關前陸盆地地層的文獻，多如恆河沙數，但有兩本專集，可供初學者及油氣探勘工作者參考。一為 *Stratigraphy evolution of foreland basin*, edited by Steven L. Dorobek and Gerald M. Ross, SEPM (Society for Sedimentary Geology), Special Publication No. 52, 1995. 此書主要內容有三部份: I. Quantitative models of foreland basin evolution and stratigraphic development, II. Provenance studies in foreland basins 及 III. Regional studies of foreland basins. 此書為研究前陸盆地區域地層的架構提供了許多實用的資料及基本觀念。另一專集是 *Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits*, edited by J. C. Van Wagoner and G. T. Bertram, AAPG Memoir 64, 1995. 此書著重在以層序地層學的方法來研究前陸盆地的地層的沈積物。

根據文獻探討，前陸盆地的區域地層架構研究是推演及恢復鄰近造山帶逆沖斷層構造之發展歷史及下覆岩石圈流變過程的基礎。斷層構造對沈積作用的控制和沈積過程對構造變形的反應，兩者有密切的相關性。前人研究大多以層序地層學的方法解析前陸盆地的充填序列和沈積體系在空間上配置型式，以不整合面為界，畫分地層層序，建立前陸盆地的地層架構及模式，重建前陸盆地的沈積演化歷史。前陸盆地呈現不對稱的幾何型態，從盆地基盤(basement)最深處的鄰近楔形體上方區往前凸起方向減薄。前陸盆地地層發育的過程，受到隆起的造山帶向穩定的被動大陸邊緣位移時，導致前陸盆地空間的調適，配合不同時期沈積物的充填形成複雜的層序架構。在基準面的變動與沈積物供應交互作用下，主要控制前陸盆

地堆積空間充填過程的演變。前陸盆地的充填過程可分成未充填(underfilled)、已充填(filled)與過充填(overfilled)，對應到前陸盆地演化可從深海、淺海到陸相沈積環境的改變(Sinclair and Allen, 1992; Catuneanu, 2004)，如圖一所示。未充填早期的前陸盆地系統中，前凸起與後凸起堆積區都在海水面以下。未充填晚期的前陸盆地的地層特徵，以海底沖積扇發生在前淵盆地，而陸上沖積扇發生在前凸起(圖二)。反之，在過充填的前淵盆地沈積物主要以向上顆粒變粗的層序為主。在過充填時期前淵盆地受造山帶荷重使層序堆積過程受影響(圖三)。瞭解不同時期前陸盆地的地層演化，配合層序地層和岩相分析，可以幫助推測前陸盆地內生油岩、儲集岩及蓋層的可能時空分佈。

研究方法

本計畫研究方法主要收集國內外有關前陸盆地地層與油氣探勘的文獻，整理分析出前陸盆地的地層架構、沈積環境、堆積歷史及盆地演化。主要以Zagros 前陸盆地為例，說明油氣田在前陸盆地形成的過程。Zagros前陸盆地及附近的區域的主要生油岩層是古生代的Lower Silurian shales 及Jurassic之海相沈積物，主要儲集岩層是Permian-Triassic的Khuff Formation 及中生代 Upper Jurassic Arab Formation 及Oligocene-Early Miocene之Asmari Formation (石灰岩為主)而主要的蓋層是以蒸發岩為主。這些前陸盆地內不同沈積物的堆積及分佈，主要受控於古沈積環境及古氣候，大多以赤道熱帶為主，造成世界聞名的超大型油氣田。Alavi(2004)研究伊朗的前陸盆地的演化，顯示各時期前陸盆地內的大層序(megasequence)的區域沉積特徵。最年輕(新生代-現生)的前陸盆地大層序經濟開採價值較低，相對較老的古生代及中生代的大層序之淺海相地層屬油氣蘊藏的豐富地區，強調深埋(Depth Burial)時間尺度對前陸盆地演化與前陸盆地油母質的形成與油氣生成、移棲及儲集形成則是相當重要的因素。

研究結果

伊朗 Zagros 前陸盆地油氣區的地層架構

伊朗 Zagros 前陸盆地位於阿拉伯板塊邊緣(Arabian plate margin)的東北(圖四)，盆地充填沈積物經區域構造擠壓作用，形成一系列西北-東南走向的褶皺及逆衝斷層，向東南伸延到 Strait of Hormuz，形成著名的 Zagros 褶皺-逆衝斷層造山帶(Zagros fold-thrust belt)。這些西北-東南走向的褶皺及逆衝斷層帶分割伊朗 Zagros 前陸盆地成三個主要地質區，由東南向西北依次為 Imbricate Belt，Simply Folded Belt 及 Lurestan、Dezful Embayment 與 Fars 三個次盆地。許多的油氣田都發生在 Lurestan、Dezful Embayment 與 Fars 三個次盆地，而 Imbricate Belt 與 Simply Folded Belt 目前無生產油氣田。

Zagros 前陸盆地之區域地層主要由四組岩層組成，分別以區域不整合面為界，地質年代由前寒武紀至今，形成四個大層序(megasequence)，每一個大層序包括數個小的岩石地層單位(lithostratigraphic unit)，代表特有的沈積循環(sedimentary cycle)。現簡述如下。
I. 前寒武紀至二疊紀拉張及陸緣海平台盆地(pull-apart and epicontinental platform basins)。這些前寒武紀至二疊紀的沈積物主要堆積在岡瓦那古陸拉張盆地的陸緣海平台上。其中的前寒武紀至寒武紀的蒸發岩(Hormuz series)作為一個脫離層(detachment horizon)，影響到後期構造及地層的演化。另外，志留紀的頁岩(Gahkum)成為後期二疊紀-三疊紀儲集層的油氣來源(Bordenave and Burwood, 1990)。II. 二疊紀-三疊紀的盤古大陸邊緣平台(Epi-Pangean Platform)。二疊紀-三疊紀的沈積物堆積在非常淺而溫熱的古海洋平台上，分佈了廣闊的海洋碳酸岩層(Marine carbonates)，形成了世界上最有天然氣潛能探勘的岩層(Alavi, 2004)。III. 侏羅-上部白堊紀的新特提斯大陸棚岩層(Neo-Tethyal continental

shelf)。沈積物主要以淺海的碳酸岩伴隨著蒸發岩及深海的石灰岩及頁岩，造成了許多生油岩、儲集層及蓋層的良好組合，成為熱門的探勘標的(Bordenave and burwood, 1990, Stoneley, 1990)。IV. 上部白堊紀-現代的前陸盆地岩層。海相、濱海相及陸相的沈積物主要由東北向西南輸送堆積，形成沈積物顆粒向上變粗的岩相變化，表示已進入了沈積物過充填的階段。地層紀錄指出岩層厚度變化不一，但可厚達 6480 公尺，海相碳酸岩層可達到 1940 公尺。在盆地中低能量(low-energy)及高能量(high-energy)不同位置的岩層，分別成為生油岩及儲集層。蓋層(Seals)一般為蒸發岩或是深海的石灰質頁岩、灰泥或泥質石灰岩。

Zagros 前陸盆地之區域地層年代分佈主要由前寒武紀到現今，這些岩層過去是岡瓦那古陸一部份，後來經歷了二疊紀-三疊紀的張裂作用(Rifting)及晚新生代的板塊碰撞作用。二疊紀-三疊紀的張裂作用使得阿拉伯板塊與伊朗板塊分開並形成古地中海(Tethys Ocean)。板塊邊緣形成了一系列以正斷層為主的半地塹盆地(Half grabens)，充填了海洋碳酸岩層(Marine carbonates)。進入了侏儸-白堊紀，Izeh-Kazerun Fault Zone 控制了 Zagros 盆地發育成兩個次盆地，即西北方的 Lurentan 盆地及東南部的 Fars 盆地，各具不同的沈積型態，Izeh-Kazerun Fault Zone 的構造活動在白堊紀中期達到了高峯。Fars 盆地經歷穩定的下沉作用，堆積了淺海沈積物，持續到晚白堊紀。反之，Lurentan 盆地及 Dezful Embayment 的西北部在早白堊紀，接受了深海沈積物，仍具有被動邊緣沈積特性。進入了白堊紀晚期，阿拉伯板塊與伊朗板塊開始初期碰撞(Collision)，同時封閉了古地中海，Zagros 前陸盆地主要處在擠壓的區域應力下，西北-東南走向的 Mountain Front Fault 主控了沈積作用，Lurentan 盆地及 Fars 盆地聯合成一個盆地，Gurpi Formation 覆蓋了整個 Zagros 前陸盆地(圖五)。在 Paleocene-Eocene 期間，Zagros 前陸盆地的主要構造活動是 Mountain Front Fault 的影響，盆地的東北部堆積了淺海碎屑沈積物及碳酸岩層，盆地的西南部堆積深海頁岩，如 Pabdeh Formation (圖五)。在漸新世時，淺海碳酸岩層(Asmari Formation，世界著名的儲集岩)堆積在 Pabdeh Formation 之上，同時堆積範圍擴大到 Laurentan 及 Fars 兩區域。在漸新世-中新世中期時，以蒸發岩(Evaporites)為主的 Gachsaran Formation (Lower Miocene)主要堆積在 Mountain Front Fault 前方的 Dezful Embayment 及 Fars 區域，形成良好的蓋層(Seal)。到了新生代晚期，Zagros 前陸盆地的沈積物逐漸併入由東北向西南移動的褶皺及逆衝斷層帶，而變形前緣也向阿拉伯穩定陸塊(Craton)前進。由構造及地層的演化指出 Zagros 前陸盆地不同沈積物的堆積及分佈，主要受控古生代的盤古大陸的張裂形成廣闊的陸緣平台，隨後，晚中生代-新生代，板塊的碰撞，古地中海關閉，主要淺海陸棚相的岩層，變形後分佈於西北-東南走向的褶皺及逆衝斷層帶，古地理環境及溫熱氣候，造成前陸盆地內生油岩、儲集岩及蓋層的石油系統組合，形成世界聞名的油氣田，富集在 Zagros 前陸盆地區域(圖四，六)。

區域地層架構及古沈積環境—油氣產狀的主控因子

由上述的區域地層資料可知油氣儲集層主要是石灰岩(carbonate reservoirs)，Ehrenberg 等(2007)一文特別強調在 Zagros 前陸盆地及阿拉伯/波斯灣區域，有兩個不同年代的主要石灰岩儲集層：Khuff Formation (Upper Permian-Lower Triassic)及 Arab Formation (Upper Jurassic)；前者主要生產天然氣，孔隙率小於12%，而後者以產油為主，孔隙率介於12至26% (Alsharhan and Nairn, 1997)。介紹這兩個生產-儲集層有兩個主要的考量，首先是油氣探勘的經濟面，Khuff Formation 有世界最大的氣田：North field (Qatar)及 South Par (Iran)兩個氣田的總合約有1,500 TCF (Ehrenberg et al., 2007)。The Arab Formation 有世界最大的油田：the Ghawar field (Saudi Arabia)約有1200億桶油。其次，其地層條件大不相同，油氣產狀也大不相同，值得作為油氣探勘的借鏡。

Khuff及Arab層在地層尺度(scale)上差異甚大。前者的地層厚度比後者大三至五倍，堆積的地質年代約四至七倍長。Khuff層堆積時間約17百萬年，包括5-11個較小的沈積層序(depositional sequence)；Arab Formation 堆積時間約2.1百萬年，包括4個較小的沈積層序(Sharland et al., 2001)。Khuff層代表Upper Permian-Lower Triassic的陸緣石灰岩平台，其厚度可達1000公尺(United Arab Emirates)，沈積終止於250百萬年前。Arab 層有4組區域性的石灰岩沈積循環，每組沈積循環頂部為蒸發岩所覆蓋。Arab 層之厚度介於130至280公尺間。

不同的陸緣平台的幾何形貌是一個重要因子，造成Khuff層及Arab層在儲集層特性上差異甚大。Khuff層的沈積物堆積在廣闊的、低起伏的大陸棚上，同邊有珊瑚礁隔離了開放性的海洋(圖七)。結果是Khuff儲集層的幾何形貌以水平堆積的方式為主，粒狀石灰岩(grainstone)與泥岩互層(Insalaco et al., 2006)。Arab層的沈積物堆積在大陸棚上，具有淺水灘及大陸棚內次盆地(intrashelf basins)，如圖八所示。結果是Arab儲集層的幾何形貌以前積(progradation)的方式為主，以粗顆粒的石灰岩為主，伴隨其他淺海至深海的沈積相。主要的硬石膏堆積及膠結作用大都發生於Arab層沈積循環的末期(lowstand to early transgressive)。

Khuff層屬於古生代石油系統，天然氣主要來至下志留紀頁岩，歷經深埋歷史(burial history)，進入氣窗階段，反之，Arab層屬於中生代石油系統，石油主要來至上侏羅紀頁岩，歷經深埋歷史，進入油窗階段(Alsharhan and Magara, 1994, Ehrenberg et al., 2007)。在成岩過程中(diagenetic processes)，Khuff層中的白雲石膠結作用強盛，導至孔隙率大幅降低，反之，Arab層的膠結作用較弱，以至粗顆粒的石灰岩孔隙，並未大幅充填，因此，孔隙率較高。由Khuff層及Arab層在地層特徵上的差異，導至不同的油氣富集情況，因此，除了構造演化，區域地層架構及古沈積環境變成為油氣產狀的主控因子，實在不能忽略其重要性。

結論

由Zagros前陸盆地之區域地層研究，可以得到以下的結論，在前陸盆地從事油氣探勘，傳統的作法，重點放在褶皺-逆衝斷層的構造圈閉，但有時忽略了研究碰撞作用前穩定大陸邊緣的區域地層架構，即古地理氣候、古沈積環境及堆積的沈積物，因而失去了較老地層的目標層。Zagros前陸盆地之褶皺-逆衝斷層的構造圈閉，包括新生代、中生代及古生代的岩層，但最大的油氣田來自堆積在穩定大陸邊緣的中生代及古生代的岩層。因此，碰撞作用前穩定大陸邊緣的區域地層架構研究，是不可忽略的。

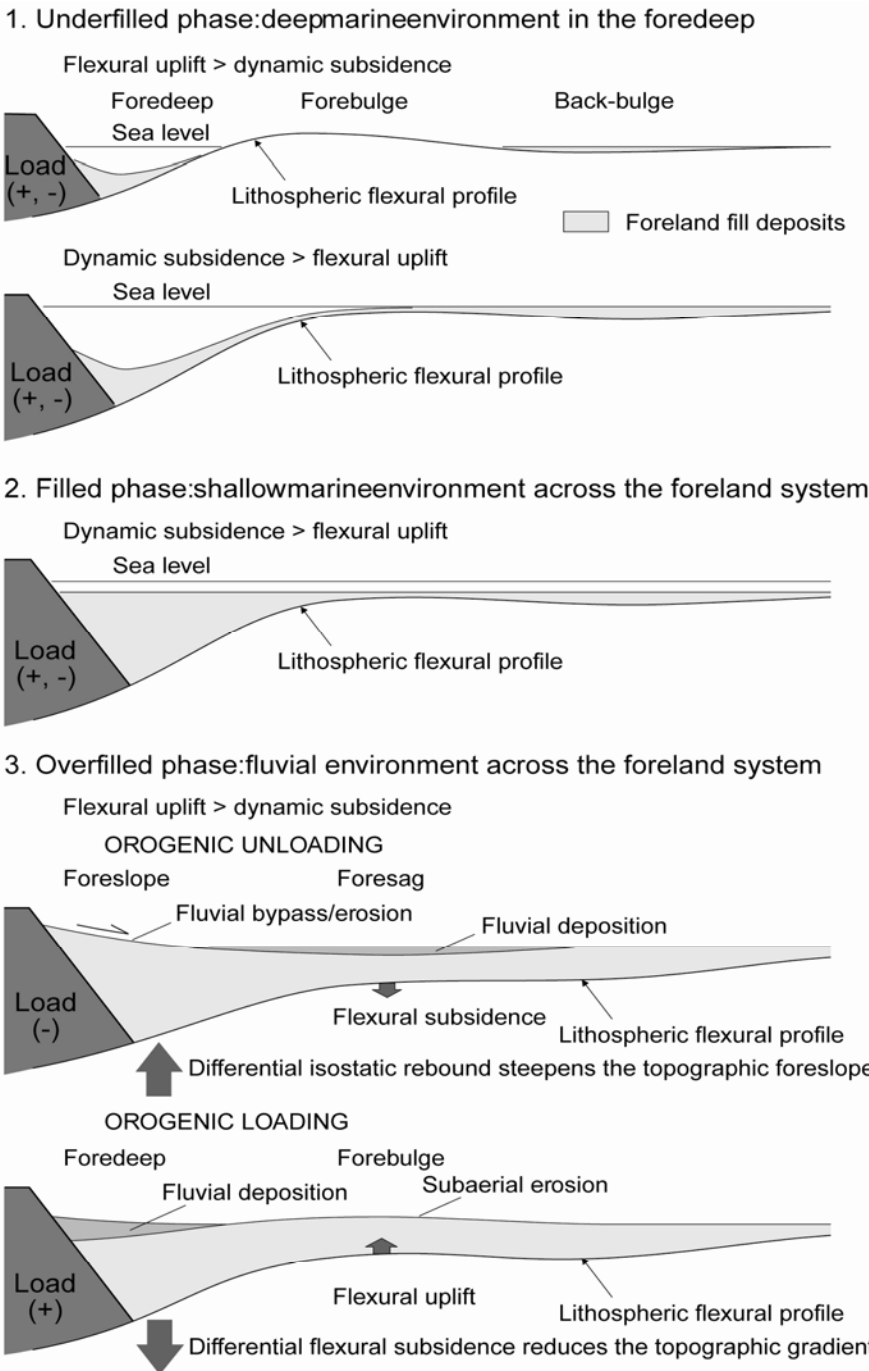
誌謝

感謝國科會能源科技研究計畫NSC 95-ET-7-002-012-ET補助支持，特此致謝。

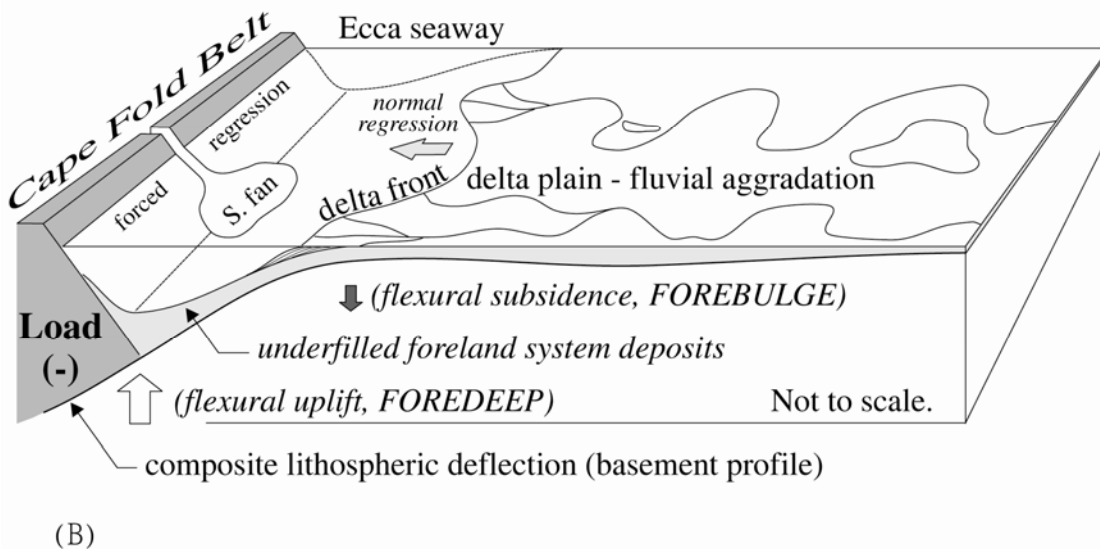
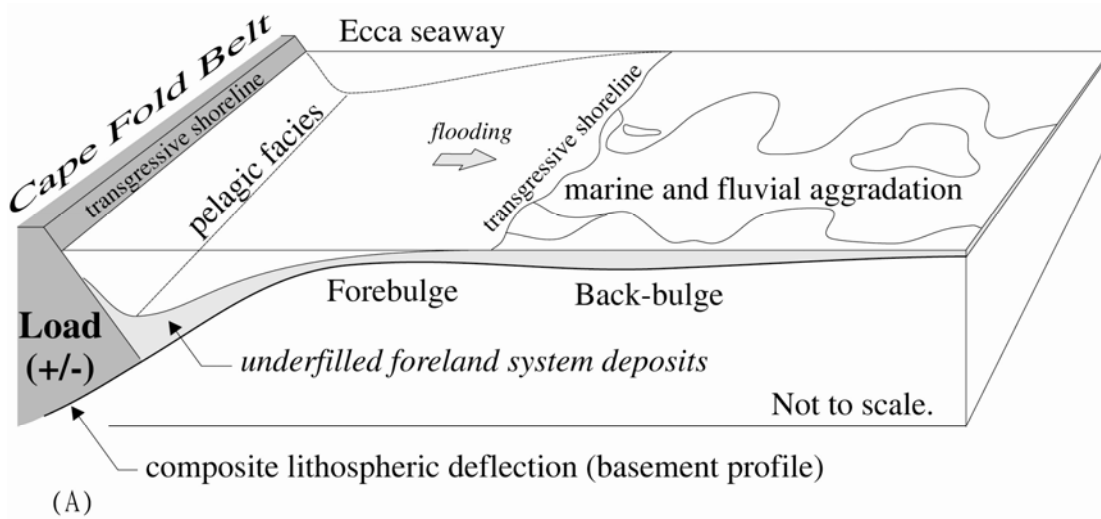
參考文獻

- Alavi, M. (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *Amer. Jour. Sci.*, 304, 1-20.
- Alsharhan, A. S. and Magara (1994) The Jurassic of the Arabian Basin: facies, depositional setting and hydrocarbon habitat. *Can. Soc. Petroleum Geol. Memoir* 17, p. 397-412.
- Alsharhan, A. S. and A. E.M. Nairn (1997) Sedimentary basins and petroleum geology of the

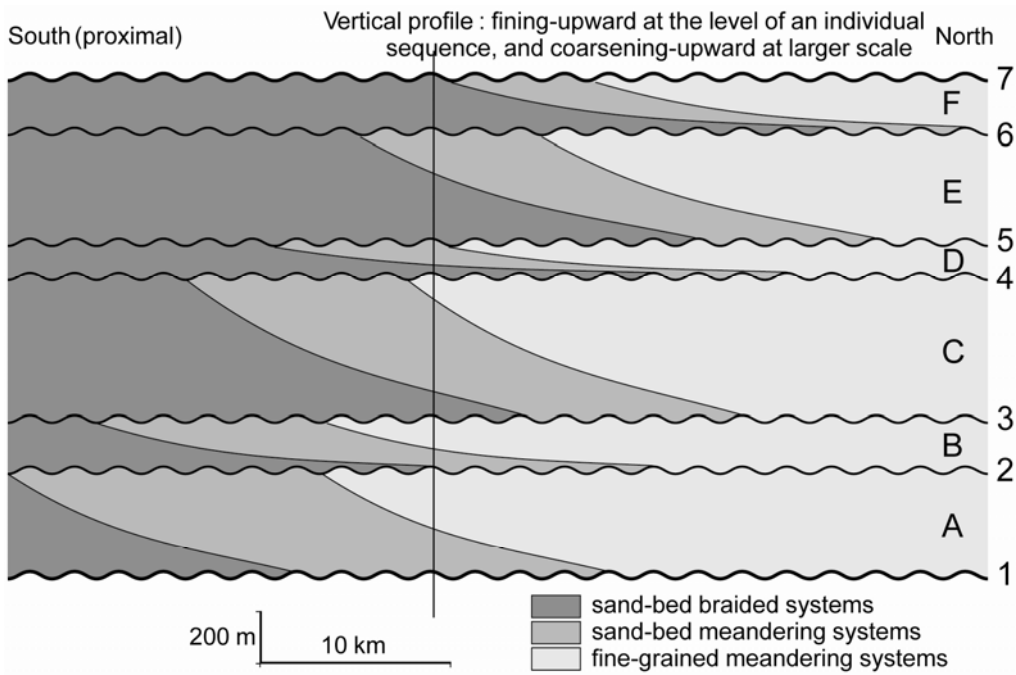
- Middle East. Amsterdam, Elsevier, p. 843.
- Aubouin, J. (1965) *Ceosynclines*, Elsevier, New York, USA
- Bordenave, M. L. and R. Burwood (1990) Source rock distribution and maturation in the Zagros orogenic belt: provenance of the Asmari and Bangestan reservoir oil accumulation. *Organic Geochemistry*, 16, 369-387.
- Catuneanu, C. (2004) Retroarc foreland systems-evolution through time. *Jour. African Ear. Sci.*,38:225-242.
- DeCelles, P. G. and K. A. Giles (1996) Foreland Basin systems. *Basin Res.*, 8:105-123.
- Dorobek, S. L. and G. M. Ross (1995) Stratigraphic Evolution of Foreland Basins. SEPM Special Publication No. 52, p. 310.
- Ehrenberg, S. N., P. H. Nadeau and A. A. M. Aqrabi (2007) A comparison of Khuff and Arab reservoir potential throughout the Middle East. *AAPG Bull.*, 91, 275-286.
- Insalaco, E., A. Virgone, B., Courme, J. Gaillot, M. Kamali, A. Moallmi, M. Lotfpour and S. Monibi (2006) Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountain and offshore Fars, Iran. Depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *GeoArabia*, 11, 75-176.
- Sharland, P. R., R. Archer, D. M. Casey, R. b. Davis, S. H. Hall (2001) Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia Special Publication 2*, p. 371.
- Sinclair, H. D. and P. A. Allen (1992) Vertical vs. horizontal motions in the Alpine orogenic wedge: stratigraphic response in the Foreland basin, *Basin Res.*, 4:215-232.
- Stoneley, R. (1990) The Middle East basin: a summary overview. *London Geol. Soc. Spec. Publ.*, 50, p. 509-526.
- Van Wagoner, J. C. and G. T. Bertram (1995) Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits. *AAPG Memoir 64*, p. 487.



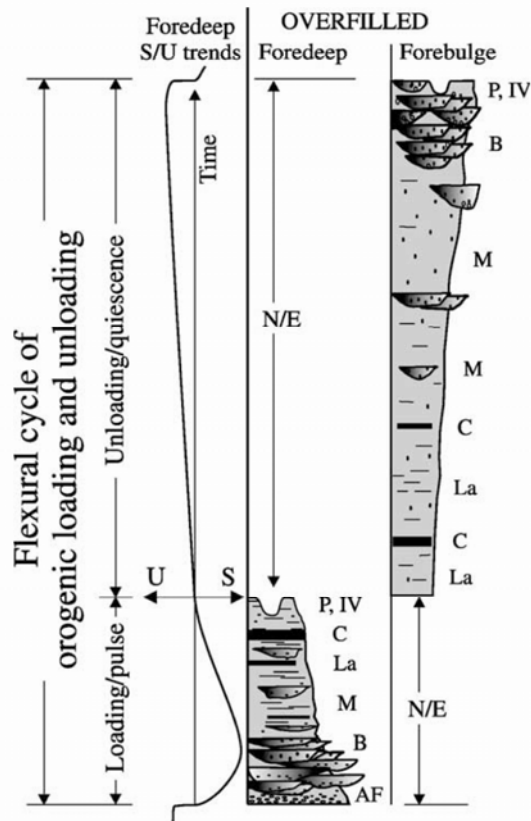
圖一 前陸盆地受造山帶荷重下壓使得板塊彎曲，在造山帶前方形成充填空間 (accommodation)。前陸盆地從未充填(Underfilled) 過渡到已充填(filled)直到過充填(Overfilled) 的演化過程。(Catuneanu, 2004)。



圖二(A) 未充填早期的前陸盆地系統，此時期的前陸盆地，前凸起與後凸起都在海水面以下。(B)未充填晚期的前陸盆地系統，海底沖積扇發生在前淵盆地，陸上充積扇發生在前凸起。(Catuneanu ,2004)。

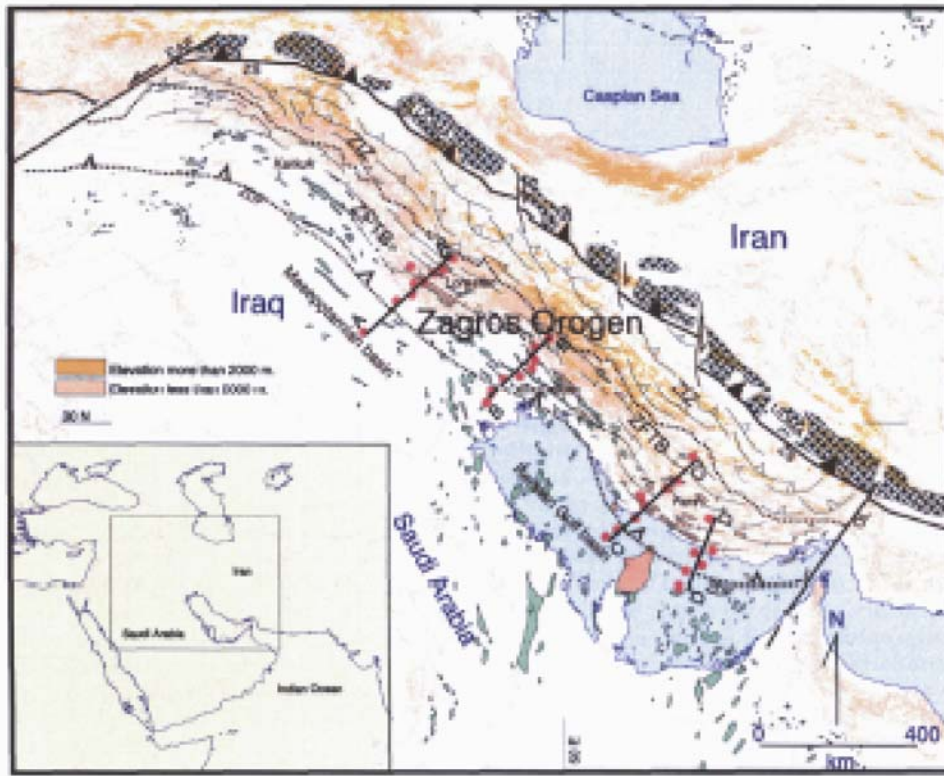


(A)

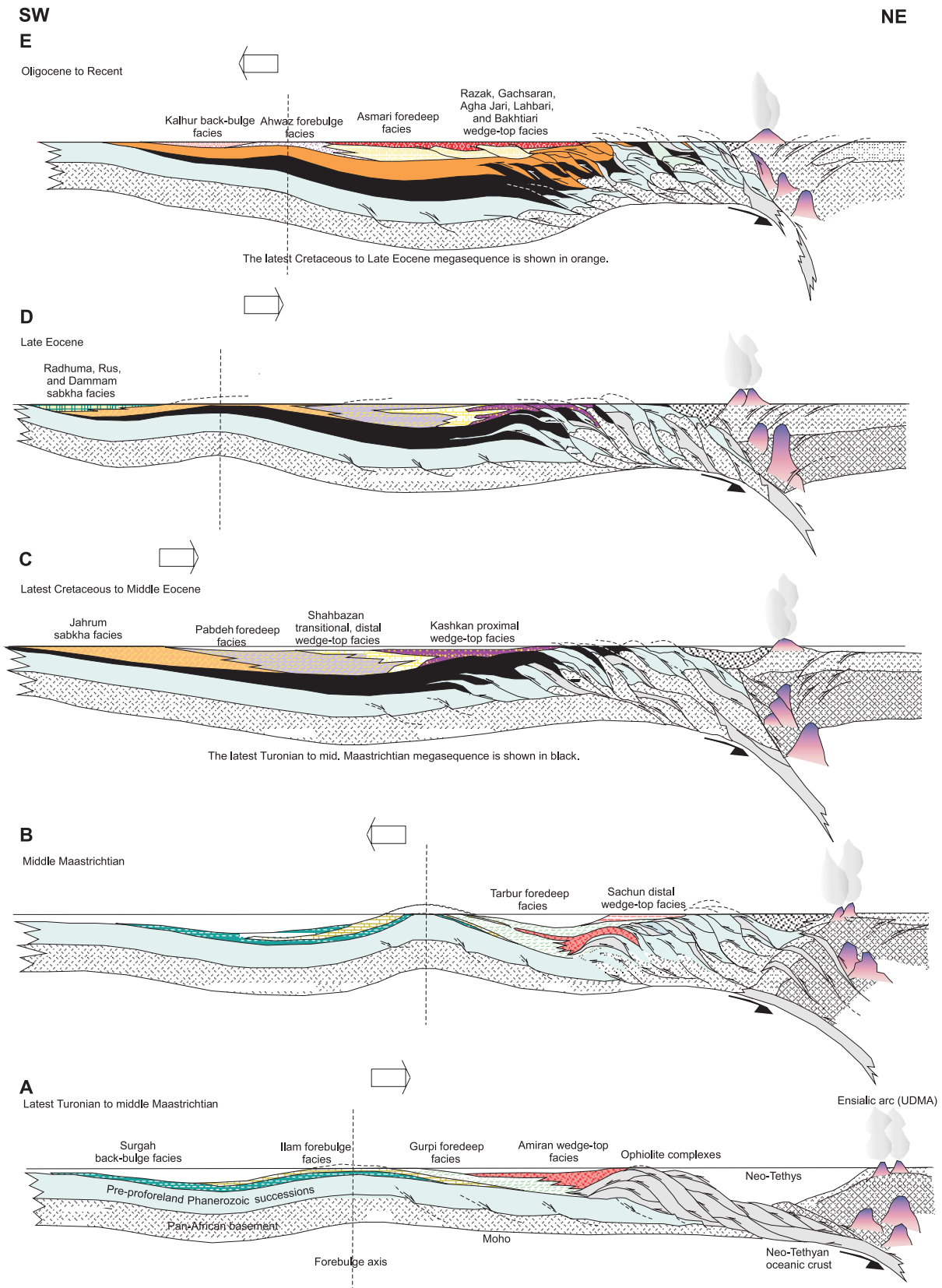


(B)

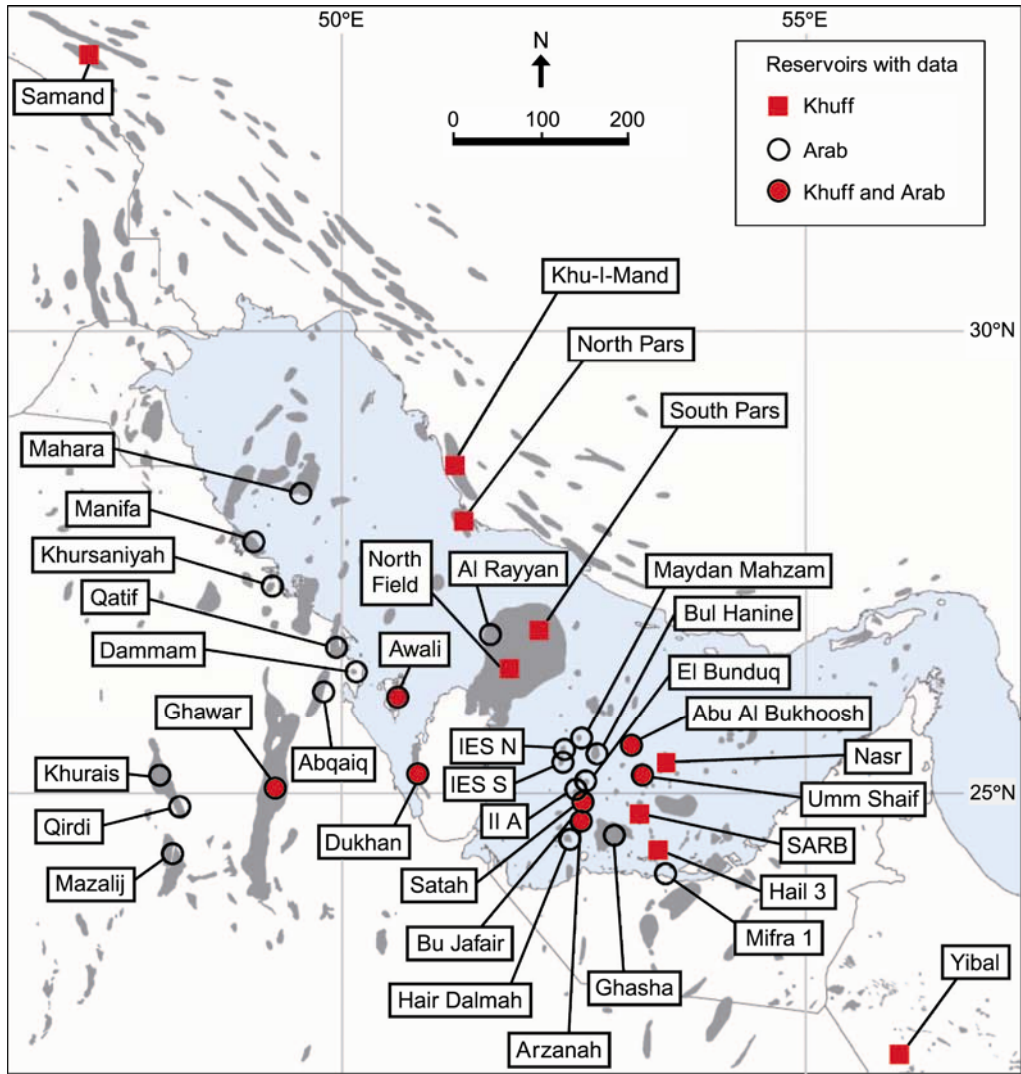
圖三(A)在過充填的前淵盆地主要以向上變粗的層序為主。(B)在過充填時期前淵盆地受造山帶荷重使層序堆積過程受影響。(Catuneanu, 2004)。



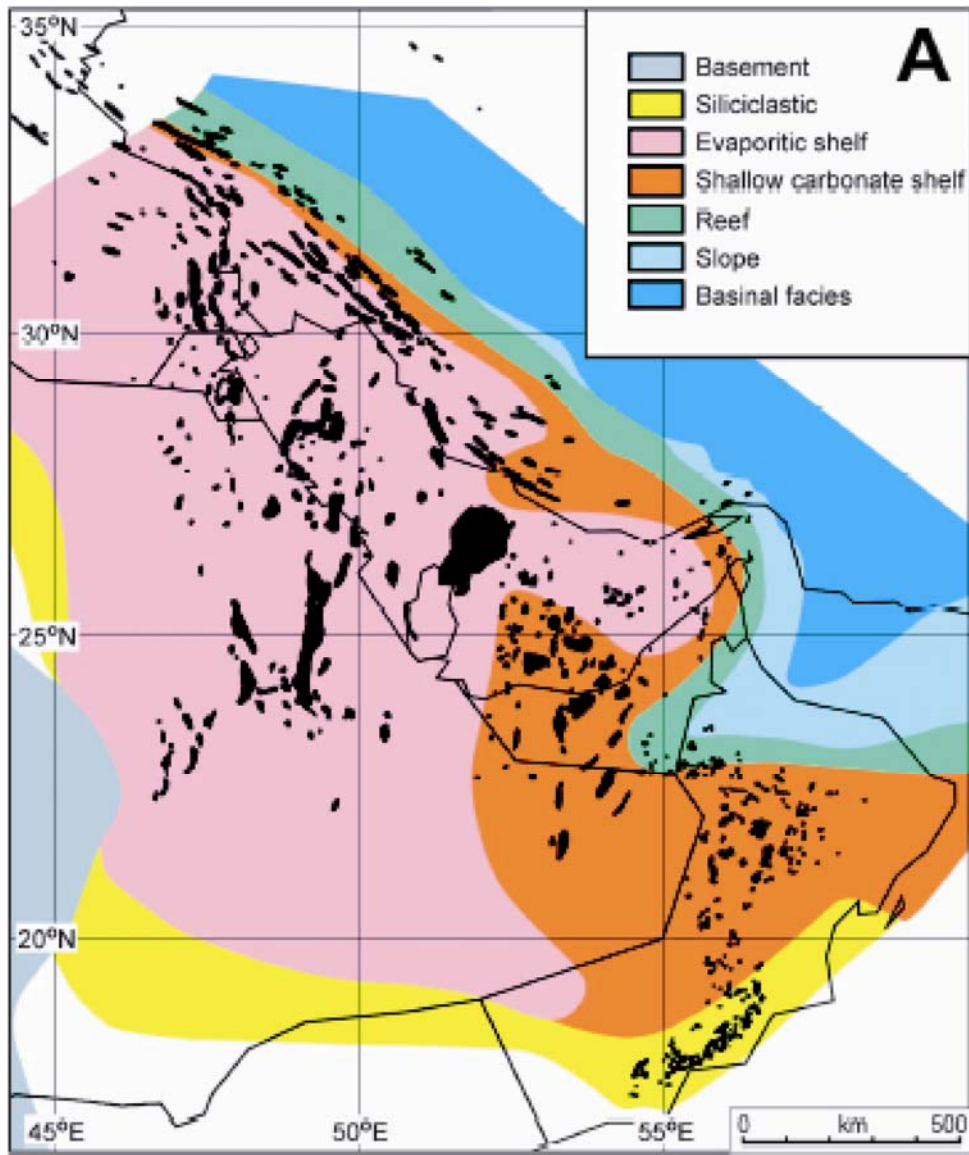
圖四伊朗的Zagros前陸盆地及鄰近地區之地層與構造分布。主要的油田以綠色表示，氣田以粉紅色表示。(Alavi, 2004)。



圖五伊朗Zagros 前陸盆地之層序與構造演化。(Alavi, 2004)。

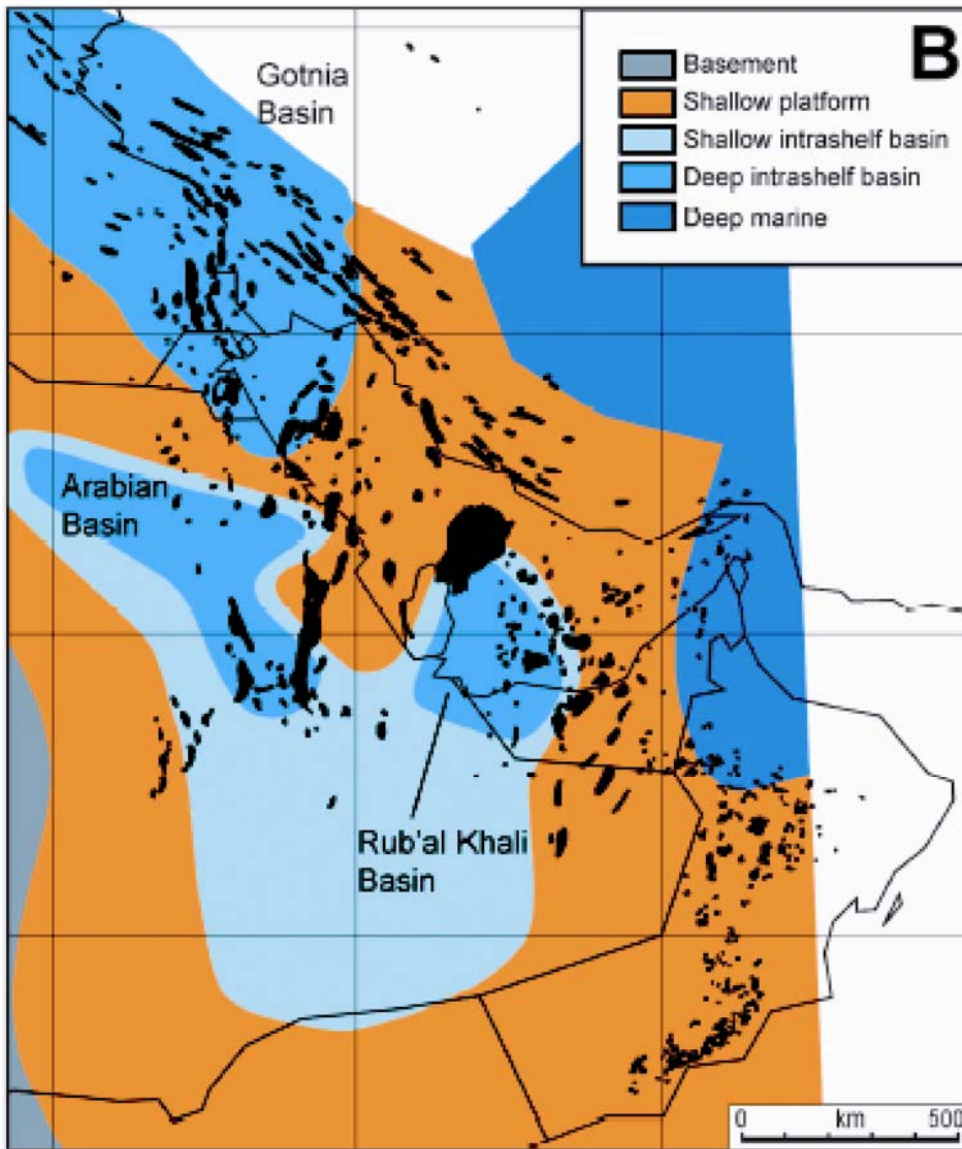


圖六 Khuff 儲集層(Permian-Triassic)與 Arab 儲集層(Jurassic)的油氣田分布圖。(Ehrenberg et al.,2007)。



圖七 Khuff 層的古地理及沈積環境。(Ehrenberg et al.,2007)。

。



圖八 Arab 層的古地理及沈積環境。(Ehrenberg et al.,2007)。

。