

國立臺灣大學理學院海洋研究所

碩士論文

Institute of Oceanography

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

新竹外海構造研究

Structures in Offshore Hsinchu Area



沈玟劭

Wen-Shao Shen

指導教授：劉家瑄 博士

Advisor: Char-Shine Liu, Ph.D.

中華民國 97 年 7 月

July, 2008

## 臺灣大學碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為立書人在臺灣大學\_\_\_\_\_學院  
\_\_\_\_\_研究所，96學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文題目：新竹外海構造研究

指導教授：劉家瑄博士

### 授權事項：

- 一、立書人同意無償授權臺灣大學將上列論文全文資料以微縮、數位化或其他方式進行重製作為典藏之用。臺灣大學在上述範圍內得再授權第三人進行重製。
- 二、立書人同意  有償授權  無償授權【請勾選其一】將前條典藏之資料收錄於資料庫，並以電子形式透過單機、網際網路、無線網路或其他傳輸方式授權用戶進行檢索、瀏覽、下載、傳輸、列印等。臺灣大學得將上述權利再授權于第三者。
- 三、立書人同意第二項有償授權產生之權利金：【選擇無償授權者不需勾選，選擇有償授權者請勾選其一】  
 捐贈學校圖書館做為發展基金  
 回饋本人

註：前兩條授權均為非專屬授權，立書人仍擁有上述授權著作之著作權。立書人擔保本著作為立書人所創作之著作，有權依本授權書內容進行各項授權，且未侵害第三人智慧財產權。如有侵害他人權益及觸犯法律之情事，立書人願自行負責一切法律責任，被授權人一概無涉。

### 論文全文上載網路公開時間：【請勾選其一】

- 授權書繳交後立即公開  
 自訂公開時間，自\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日起公開

### 請填寫您的個人資料，便於日後聯繫使用：

- 常用 E-Mail: cathy.abra@gmail.com
- 聯絡電話 1: 0912154854
- 聯絡電話 2: 0968846106
- 聯絡地址: 台東縣池上鄉埔中一街34巷13號

註：立書人同意上述資料倘有不全、錯誤或異動而未書面通知，導致權利金無法給付，於時間超過一年後，自動將此筆款項捐贈給臺灣大學校務發展基金指定用於圖書館館務使用。

立書人簽名：

中華民國 97 年 8 月 28 日

國立臺灣大學碩士學位論文  
口試委員會審定書

新竹外海構造研究  
Structures in Offshore Hsinchu Area

本論文係沈玟劭君 (R93241304) 在國立臺灣大學海洋研究所完成之碩士學位論文，於民國九十七年七月三十日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：



(簽名)

羅聖宇 (指導教授)

林慶順

系主任、所長



(簽名)

## 誌謝

本論文得以完成，首先特別要感謝指導教授劉家瑄老師的悉心指導與諄諄教誨。老師總是耐心教導我研究上的知識以及對生活上的指引，如今順利完成學業，非常感激老師對我的耐心及關心！口試委員林殿順老師以及羅聖宗博士對於論文的諸多寶貴意見與指正，讓學識淺薄的我受益匪淺，在此一併感謝。

感謝海研所的每一位貴人，感謝Philippe震測資料處理的指導，感謝John熱心與我討論研究的問題，感謝國榮、紹勇學長在資料的提供及出海時的知識傳授，過去及現在的各位實驗室夥伴：惠如、麗雯、力中、威豪、鶴瀚、日新、一剛、奕翔、耀霆、瑞焜、志勤、佳蓁、柏鈞、浩庭、佳瑜、松稜、口試時前來幫忙的學弟妹們，真心感謝你們的陪伴、鼓勵以及所有精闢的見解。

一顆顆閃耀的吉星：PiPi、BG、idea、春捲、小可愛、yyyhh、koum、藍匆匆、kiwi、美麗、阿才、小馬、謝謝祥、ticket、Piin、mimimo、店長、CCC，謝謝你們這幾年來帶給我的歡笑與美好回憶。

最後感謝最重要的爸爸媽媽，感謝你們讓我在生活上不虞匱乏，感謝你們一直以來的支持，給予我最多的愛與關心，感謝哥哥與表姊總是對我照顧有加，還有不離不棄的乒乓，我們要永遠相親相愛喔！

## 摘要

位於台灣西北部的新竹地區，正處於活動碰撞變形的北界，接近碰撞到伸張環境的轉換區，過去中油公司在新竹苗栗地區進行石油探勘，對於地層深部構造有相當之了解，但對於接近地表之淺層構造則報導不多。本研究為探討台灣造山運動對新竹苗栗海域影響的程度，利用高解析反射震測來分析雙程走時兩秒之內的地層構造，以辨識出近期之斷層活動。

經由震測剖面的解析，以及與相鄰剖面之比對，本研究整理出新竹外海淺部構造，認為研究區域內北部之褶皺—逆衝構造或可與陸上之湖口斷層及新竹斷層連接，且發展為海域的主要橫移斷層構造。研究區域南部與陸上構造連結之可能性則較低。本研究也依據加積現象停止的位置、斷層型態的改變，推論出整個變形前緣在海域的延伸，其位置介於北港高區及觀音高區之間。

在斷層的活動性方面，本研究發現竹南外海淺部有斷層出露於海床，再往南則只在剖面較深處觀察到明顯的正斷層，顯示研究區域北部之構造活動較活躍，而研究區域南部則已進入北港高區範圍，其構造較為穩定，不易發生斷層活動。

## Abstract

Hsinchu area in Northwestern Taiwan is located on the northern edge of the active collision-deformation belt, close to the transition zone between the collision environment to the east and the extension environment to the west. Different from the studies of CPC in the Hsinchu-Miaoli area which focus on deep structures, this study analyses the structures above 2 seconds of two-way travel time on seismic sections for the purpose of identifying recent fault activities.

Through the seismic profiles and comparing with adjacent ones, we identified structural features in offshore Hsinchu area. The fold and fault structures in the northern study area could be connected with on land structures, such as the Hukou fault and the Hsinchu fault, which became strike-slip faults offshore. In the southern study area, the faults are less likely to have connection with on land structures. Based on the locations where aggradation ceased and the change of fault types from thrust to normal faults, we delineate the location of the deformation front in the offshore area between the Peikang Basement High and Guanyin Basement High.

At shallow depths offshore southern Hsinchu, there are faults almost outcrop to the seafloor, while in the southern part of the study area normal faults appeared at some depths. This study reveals that the northern study area is tectonically more active than the southern part of the study area, and the area of basement high is stable that faulting activities do not usually occur.

# 目錄

口試委員會審定書 .....	I
誌謝 .....	II
中文摘要 .....	III
英文摘要 .....	IV
目錄 .....	V
圖目 .....	VI
第一章 序論 .....	1
1.1 背景 .....	1
1.2 研究動機與目的 .....	4
1.3 研究方法 .....	5
第二章 區域概況 .....	12
2.1 構造演變 .....	12
2.3 變形前緣 .....	16
第三章 構造分析 .....	19
3.1 高角度逆衝斷層與背斜構造 .....	19
3.1.2 區域構造解釋與討論 .....	26
3.2 橫移斷層 .....	28
3.2.1 剖面構造特徵 .....	30
3.3 變形前緣 .....	33
3.3.1 剖面構造特徵 .....	34
4.1 海陸構連結 .....	38
4.2 北段與南段的差異 .....	39
第五章 結論 .....	44
參考文獻 .....	45

## 圖目

圖 1.1	台灣地體構造示意圖.....	2
圖 1.2	台灣西部構造演化圖.....	3
圖 1.3	海研一號 614 航次測線分布.....	6
圖 1.4	震測資料處理流程圖.....	11
圖 2.1	新竹苗栗地區陸上構造分布圖.....	13
圖 2.2	苗栗、新竹海域及濱海地區之地質構造架構.....	15
圖 2.3	台灣地區變形前緣走向.....	17
圖 2.4	台灣陸上構造示意圖.....	18
圖 3.1	背斜構造震測剖面描繪圖.....	20
圖 3.2	QCS-25 震測剖面.....	22
圖 3.3	QCS-24 震測剖面北段.....	23
圖 3.4	QCS-18 震測剖面北段.....	24
圖 3.5	QCS-26 震測剖面.....	25
圖 3.6	背斜與高角度逆衝斷層分布圖.....	27
圖 3.7	北台西盆地構造示意圖.....	29
圖 3.8	花狀構造.....	29
圖 3.9	QCS-26 西北端震測剖面.....	30
圖 3.10	QCS-32 震測剖面.....	31
圖 3.11	橫移斷層及正斷層之分布.....	32
圖 3.12	變形前緣之震測剖面形貌.....	33
圖 3.13	QCS-25 震測剖面上變形前緣辨識.....	35
圖 3.14	QCS-26 震測剖面.....	36
圖 3.15	QCS-28 震測剖面.....	37
圖 4.1	新竹外海構造分布圖.....	40
圖 4.2	QCS-18 震測剖面.....	41
圖 4.3	QCS-32 震測剖面.....	42
圖 4.4	QCS-20、26、28、30 震測剖面.....	43

# 第一章 序論

## 1.1 背景

台灣地區位在歐亞板塊與菲律賓海板塊的交界處，以大尺度地體構造而言，是一個同時存在著隱沒作用與碰撞作用的複雜地區。在台灣東部外海，菲律賓海板塊沿著琉球海溝向北隱沒至歐亞板塊之下；而在南邊，屬於歐亞板塊的南中國海岩石圈自馬尼拉海溝向東俯衝到菲律賓海板塊之下，形成呂宋島弧系統（圖1.1）。弧陸碰撞的擠壓作用則在台灣西部麓山帶形成了許多褶皺及逆衝斷層，呈現出覆瓦狀構造（圖1.2）。

從南端板塊聚合造成的「隱沒—碰撞」系統，向北逐漸轉變為弧後張裂與造山崩解下的「後碰撞—伸張」環境，全島地體構造的變化皆深受這兩套隱沒系統的影響（Teng, 1996）。位於西北部的新竹地區，正處於活動碰撞變形的北界，接近碰撞到伸張環境的轉換區。近期的大地變形研究顯示，該區水平位移速率僅為每年2—6公釐左右，為島上速率較慢的區域（Yu et al., 1997）。然而從應變速率的角度觀之，仍暗示此地區具有西北向微弱的壓縮應力作用。

過去中國石油公司在新竹外海曾經利用震測資料及鑽井資料做了詳盡的探採研究，對於古新世、始新世、漸新世、中新世、上新世、更

新世六個震測層序都有清楚的鑑定及環境解釋（蕭承龍等, 1993）。尤其中新統在新竹、苗栗一帶為非常重要的生產層，因此有更詳細的沉積環境分析，也建立了從木山層、大寮層到桂竹林層之古沉積環境演化史（蕭承龍等, 1993; 林國安等, 1994; Chou and Yu, 2001），然而對於淺部構造卻沒有完整的調查。

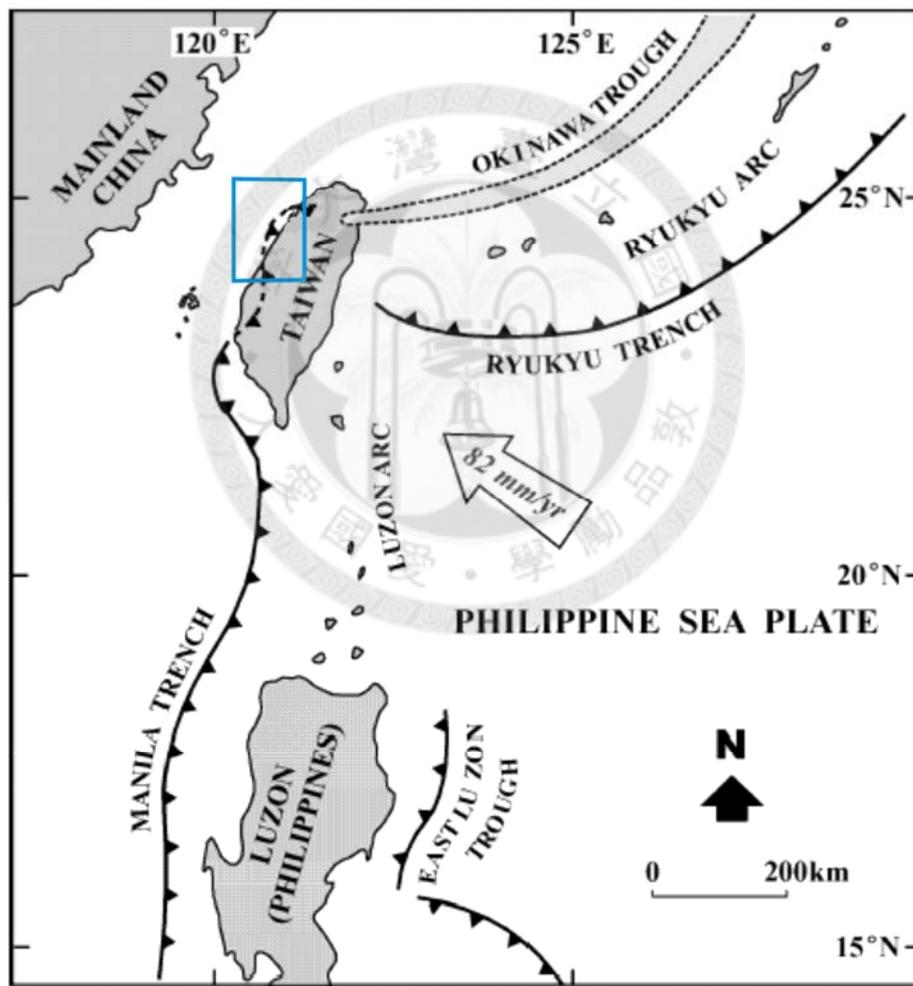


圖 1.1 台灣地體構造示意圖，改自王昱（2003）。藍色方框為本研究地區，接近馬尼拉海溝向北延伸之變形前緣北端。箭頭所示速率引自 Yu et al., 1997。

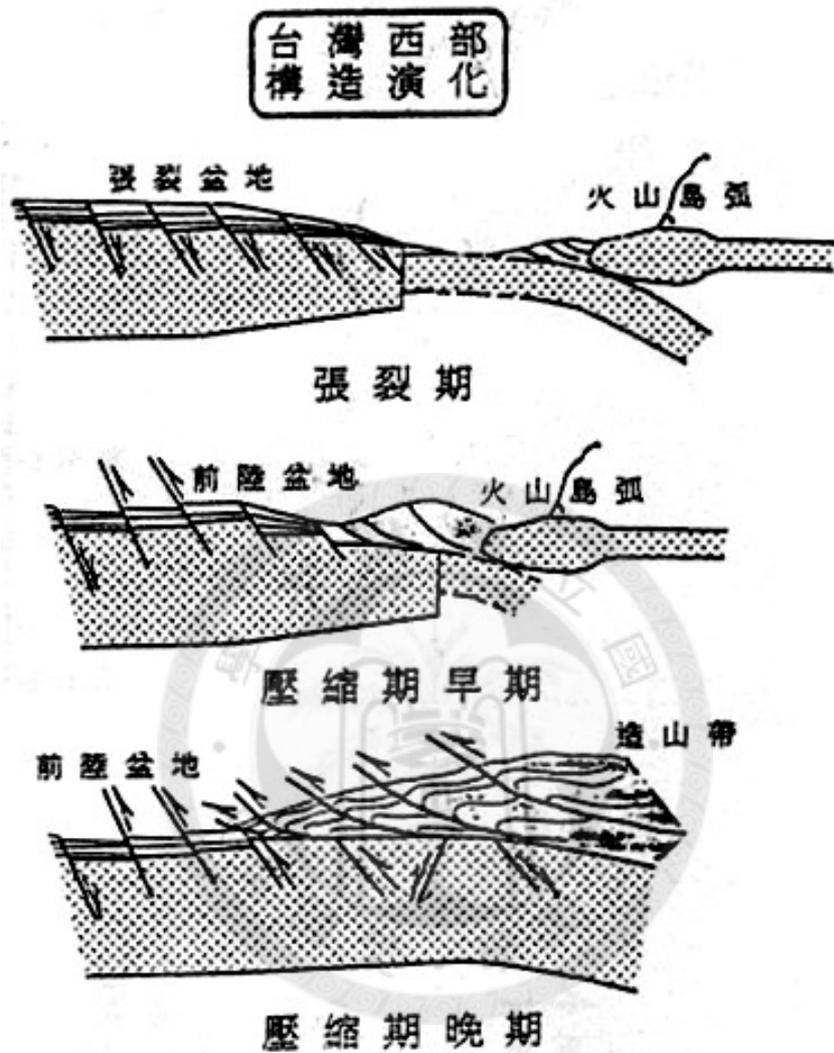


圖 1.2 台灣西部構造演化圖。面對西部麓山帶的海域是自古第三紀即開始發育的張裂型盆地，而目前在海域所觀察到的正斷層構造則是自中新世中期才開始的張裂活動下的構造。中新世晚期造山運動開始後，弧陸碰撞的應力會造成大陸地殼上已存在的一些正斷層在造山帶靠近之前先復活，而靠內陸一帶仍保持正斷層的活動。島弧體系衝上大陸地殼形成巨大的造山帶之後，構造即轉變成典型造山帶的覆瓦狀逆衝斷層構造，而發生正斷層復活和正斷層構造的位置則朝內陸方向移動（楊耿明等, 1996）。

## 1.2 研究動機與目的

台灣處於新構造運動極為活躍之地區，地震及其相應之地表破壞，對生活於這塊土地上的人民均有相當程度的傷害與威脅。桃園—新竹一帶的台地及丘陵地區，因地利之便，近十年內快速發展，已成為台灣北部重要的人口、工業聚集地。相較於島上地震活動之頻繁，台灣西北部地區顯得較不活躍，近年來沒有大規模之地震發生。雖然台灣西北部看似一塊平靜的區域，但可能是碰撞系統之應力還在持續的累積。

本研究利用海研一號614航次收集之反射震測剖面，希望能經由觀察海域淺層構造辨識出新竹外海斷層之活動發育情形，研判集集地震是否在海域造成斷層活動。並且由於新竹近岸、麓山帶外側、麓山帶內側到麓山區一帶之主要構造走向由東—西、東北東—西南西、東北—西南、南—北方向上，一系列的轉變，其分布及轉變機制是值得探討的問題。也期望能探討此區海陸構造是否相連以及其間之關係，並推論此區域之構造活動情形。更希望了解台灣造山運動作用向西是否延伸入海，及變形前緣在本研究區域類的位置。

### 1.3 研究方法

本研究利用海域反射震測資料解釋淺層地質構造，並比對部份中國石油公司震測剖面(Huang et al., 1993; 蕭承龍等, 1993; 楊耿明等, 1996; 黃旭燦等, 1996; 李長之等, 1996) 推測深部構造，以對整個構造發育有較完善的推演。陸上則配合前人之地質研究及已知的活動斷層分布，了解構造的延伸趨勢，以探討海陸構造之連結情形。

本研究使用海研一號 614 航次所收集的震測資料，主要有東北—西南向（平行海岸線）之 6 條剖面，及西北—東南向（垂直海岸線）之 5 條剖面（圖 1.3）。範圍大約在  $120^{\circ}\text{E}$ — $121^{\circ}\text{E}$  及  $24^{\circ}\text{N}$ — $25^{\circ}\text{N}$  之間，施測時間為 2001 年，接收器頻道數為 4，頻道間距 25 m，取樣頻率 1 ms，資料紀錄長度為 4 秒。

透過台灣大學海洋研究所震測實驗室 Linux 工作站下之 ProMAX 震測資料處理軟體，處理震測資料並提昇資料品質，經各項流程設定（圖 1.4）及測試，以雙程走時之反射震測剖面呈現，加以分析判讀做出適切的解釋。其震測資料處理之步驟簡述如下：

# OR1-614 SHIPTRACK

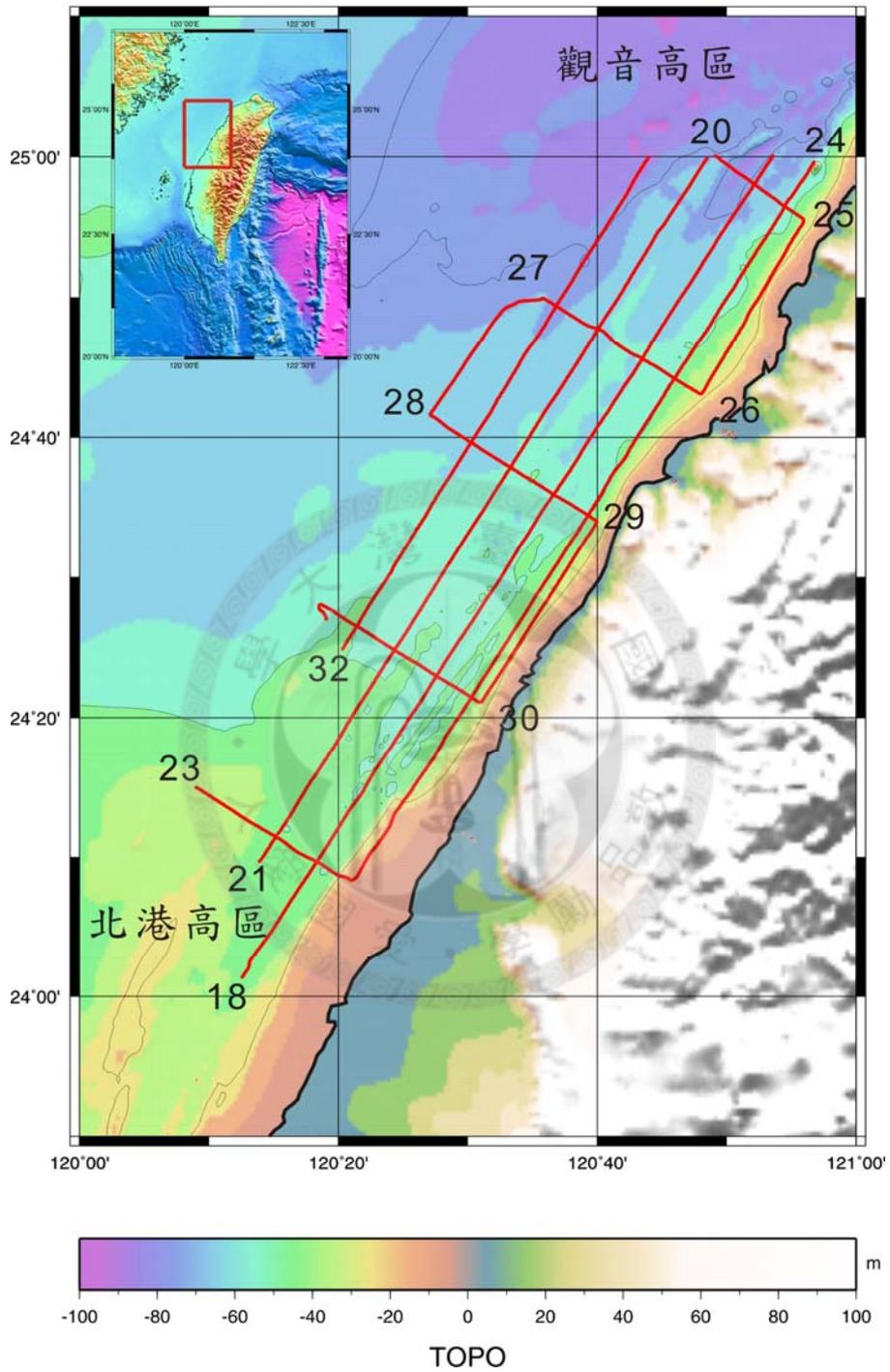


圖 1.3 海研一號 614 航次測線分布。圖中數字為測線編號。

### (1) 資料輸入

將炸點紀錄檔 (SEG-Y file) 之資料讀進 ProMAX，利用視察首標值 (header value) 的功能，檢查船上 GPS 定位資料與 FFID 及 SHOT 編號是否符合，若有缺漏便須補齊，而後才能進行後續的處理流程。

### (2) 原始資料剖面展示

近支距展示 (near-offset trace display)，在資料未處理前，先選擇近支距的炸點繪出剖面，對測線沿線構造進行初步的觀察，並檢查資料是否有間斷處。

炸點集合展示 (shot-gather display)，將各炸點的所有頻道資料繪出，以檢查訊號的品質，因為資料收錄時的天候狀況不佳或接收器本身訊號接收的問題可能導致出現損壞的訊號，須先紀錄然後將之挑除，以免影響整體資料的品質。

### (3) 幾何定位 (Geometry)

將定位資料之各項參數 (時間、經緯度、炸測間距、接收間距等) 輸入 ProMAX 資料處理軟體之二維空間的表格中，還原其空間位置所在，並取得用以描繪航跡走向之 gps、xy 資料，繪製航跡圖 (ship track) 確定各測線剖面在空間上的分布，為後續資料分析的重要依據。有了幾何定位資料後，將同深點 (Common Depth Point, CDP) 近支距集合繪出

展示，得到較接近真實地形的剖面。

#### (4) 頻譜分析 (Spectral Analysis)

在海上進行資料收集時，震源和接收器所傳送、接收的信號中參雜一些不必要的雜訊。利用頻譜分析將訊號與雜訊經由空間域、時間域及頻率域一連串的轉換後，分析震測剖面中訊號的頻率分布狀況，以決定濾波處理時所需的頻率，以消除不必要的雜訊，還原真實訊號。

#### (5) 濾波處理 (Filter)

利用頻譜分析決定要保留的訊號頻率後，配合濾波測試 (filter test) 選出效果較好的頻寬，應用在震測資料上，使各波道解析度增強且更接近真實。

#### (6) 真實振幅還原 (True Amplitude Recovery)

震波能量傳遞時，任一波前可視為一新波源發散點，因此會受球面擴散 (spherical divergence) 及非彈性衰減 (inelastic attenuation) 的效應影響。真實振幅還原就是要將振幅衰減的現象加以修正，使得訊號較為接近原始振幅狀況

#### (7) 自對比 (Auto-correlation) 與解迴旋 (Deconvolution)

針對具有週期性特徵的雜訊，如氣泡效應 (bubble effect)、複反射 (multiple) 等，可使用解迴旋處理以消除或降低雜訊的能量。在進行此

步驟之前，須先利用自對比找出雜訊的週期。

自對比之主要目的在於找出收到的資料中，震測訊號重複出現的週期性，求得雜訊週期的信號參數，以決定解迴旋中要保留或去除之訊號相關參數，主要的兩個參數為：解迴旋運算子長度(decon operator length)及解迴旋濾波器預測距離(operator predictive distance)。

之後進行解迴旋中的預測解迴旋(predictive deconvolution)步驟，即設計一濾波器將週期性的雜訊消除，先取一段超過雜訊週期的解迴旋運算子長度之參數，再另外取一段要保留訊號之長度為解迴旋濾波器預測距離的參數，進行解迴旋處理將雜訊消除。

#### (8) 垂直隔距時差修正(Normal Moveout Correction, NMO)、速度分析(Velocity Analysis)與重合(Stack)

由於震源到接收器之間的支距隨不同受波器而有所差異，使得各受波器接收到同一地層的信號到達時間不同，垂直隔距時差修正即是將各受波器所接收到之同一反射面訊號的到達走時都修正成垂直入射的來回走時，如同信號由地表同一點出發，垂直入射地層後，再反射回地表同一點。因此需要知道震波在地層中的速度值，以計算出各受波器的走時差異。NMO 修正後可得到對同一個中點位置的重合，集合過後可使一次反射的強度增強，亦可使雜訊相對變弱或抵消掉，提高訊噪比

(signal-to-noise ratio) 及剖面畫質。

速度分析需分段挑選出各部份速度值，再整體與剖面地形作對應，得到一系列適切的速度資料，予以重合得到清晰剖面。速度分析的目的在於進行重合位移，重合後的結果相對地就是判斷速度分析好壞的最佳依據。

由於本研究使用四頻道之震測資料，重合數低，而無法做速度分析，因此這些測線大多採用水層的速度(1500m/s)來做垂直隔距時間差修正。震測剖面未經過疊加的處理，僅展示單重合的剖面。

#### (9) 移位 (Migration)

移位的處理主要是修正傾斜層面位置偏移，以及斜向入射或繞射 (diffraction) 的現象，以增加水平方向的解析。在本研究中主要是使用 ProMAX 系統中的二維斯托爾特F-K移位 (Memory Stolt F-Kmigration) 處理步驟進行移位。因為做移位處理時亦需要給予層面的速度值參數，而本研究中只有雙重合資料，無法作速度分析，因此大多採用水層的速度 (1500m/s) 做修正。

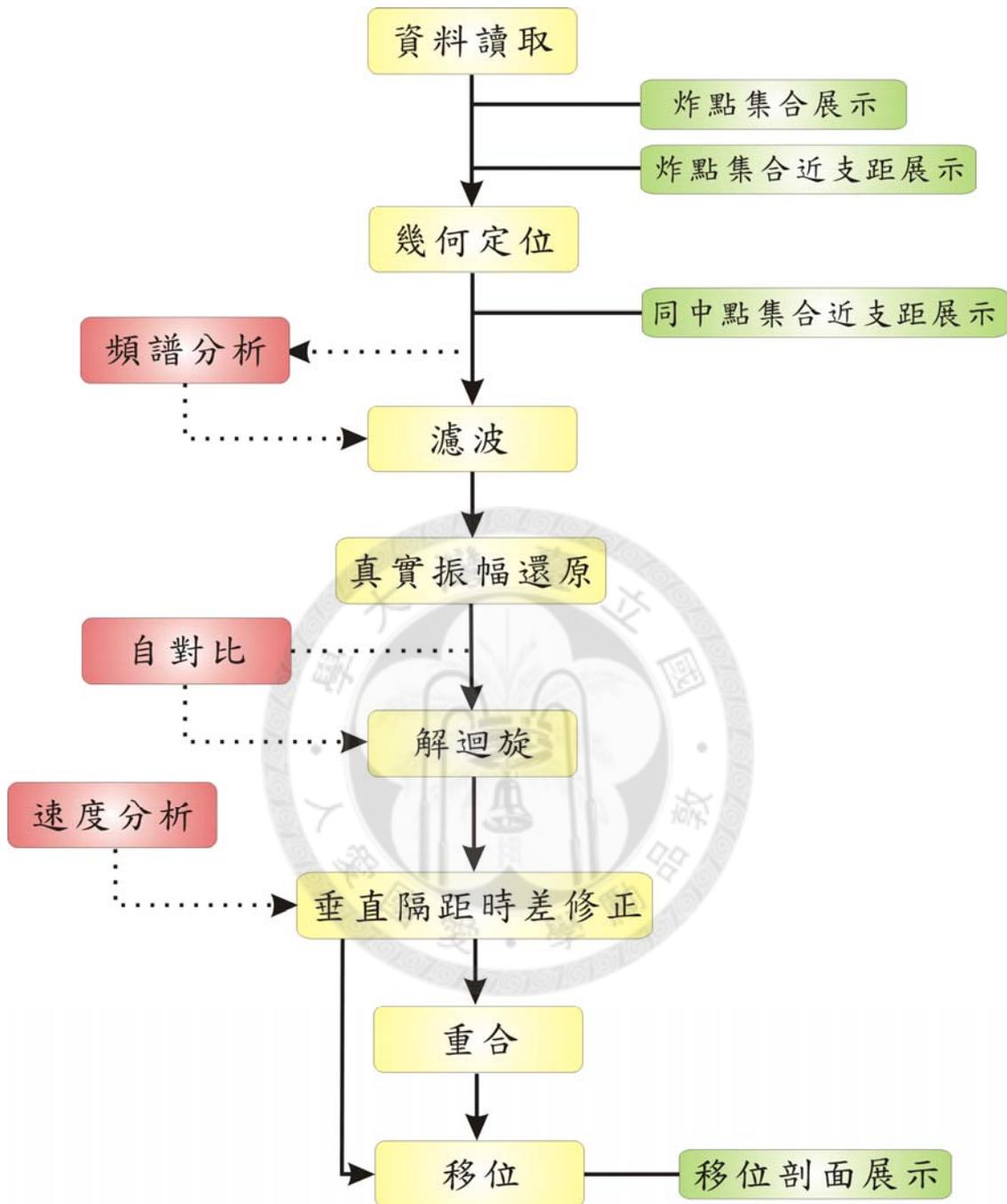


圖 1.4 震測資料處理流程圖。黃色為處理步驟，紅色為建立所需資訊之測試分析，綠色為剖面展示。

## 第二章 區域概況

### 2.1 構造演變

新竹苗栗外海的地殼活動乃是東南向傾斜下沉的活動，於古新世、始新世於大陸棚發生斷裂作用，而形成一種東西向不對稱型式的半地塹構造，在地塹內堆積較厚的沉積物，其斷層多是張裂型的正斷層。至漸新統，受斷層活動的影響漸小（蕭承龍等，1993）。中新世晚期以後，受蓬萊運動影響而形成構造倒轉及橫移斷層，為本區的特殊構造型態（林國安等，1994）。

弧陸碰撞晚期，擠壓作用在台灣海峽與海岸間區域（如：新竹近岸）使得斷層滑移方向逆轉，上新世的正斷層成為現今的高角度逆衝斷層（Chou, 2002）。

由於早期正斷層復活的構造因素，再加上這些正斷層的走向（主要以東西向為主）和造山帶內主要構造走向（東北—西南）頗不一致，復活的正斷層所形成的構造與典型的褶皺—逆衝構造之間的組合形成目前西北麓山帶複雜的構造形貌（楊耿明等，1996；Lee et al., 2002）（圖 2.1）。

褶皺—逆衝構造型機制分為兩類，即伸張斷層系統經構造逆轉後形

成之厚層褶皺－逆衝帶 (thick-skinned fold-and-thrust belt)，及區域性壓縮之低角度逆衝斷層形成的薄層褶皺－逆衝帶 (thin-skinned fold-and-thrust belt)，而台灣地區麓山帶受厚層構造作用較多 (Lee et al., 2002)。



圖 2.1 新竹苗栗地區陸上構造分布圖。新竹苗栗地區位於台灣西部麓山帶之北部，受造山運動擠壓應力之作用，背斜構造為區內主要特徵 (Lee et al., 2002)。

## 2.2 主要地質構造

西部麓山帶的地表構造走向可以分成兩組，在靠近海岸一側的逆衝斷層走向為東北東—西南西的走向，與海域的正斷層走向大致平行；而靠近造山帶一側的逆衝斷層走向為東北—西南，與造山帶的主要走向平行（楊耿明等，1996）。

黃旭燦等（1996）描繪出苗栗、新竹海域及濱海地區之南莊層頂部地質構造架構（圖 2.2）。南莊層為中新世晚期之地層，本層序之震測反射平行性及連續性較差，但具有較高震幅之反射特性，顯示其屬於陸相沉積。在區域地質上此層序屬於標準海退型之層序，於震測解釋上是很好的指準層。苗栗、新竹海域主構造線呈東西走向，由北往南主要有湖口斷層、外香山斷層、竹南 A 斷層、白沙屯斷層，這些主斷層往東延伸在台灣西部海岸線附近被截切，而代之以雁行排列之逆斷層；西濱雁形斷層由北往南包括坑子口斷層、新竹斷層、頭份斷層、龍港斷層、斧頭坑斷層等；麓山區之主構造走向呈南北向，由北至南主要有新城斷層、鹿廚坑斷層（楊耿明等，1996）。海域及麓山帶兩大系統分別代表著以前張裂盆地之橫移張裂（transtension）以及張裂（extension）之斷層系統。在兩不同走向之斷層系統交界處即濱海地區之構造大約呈雁形之排列。

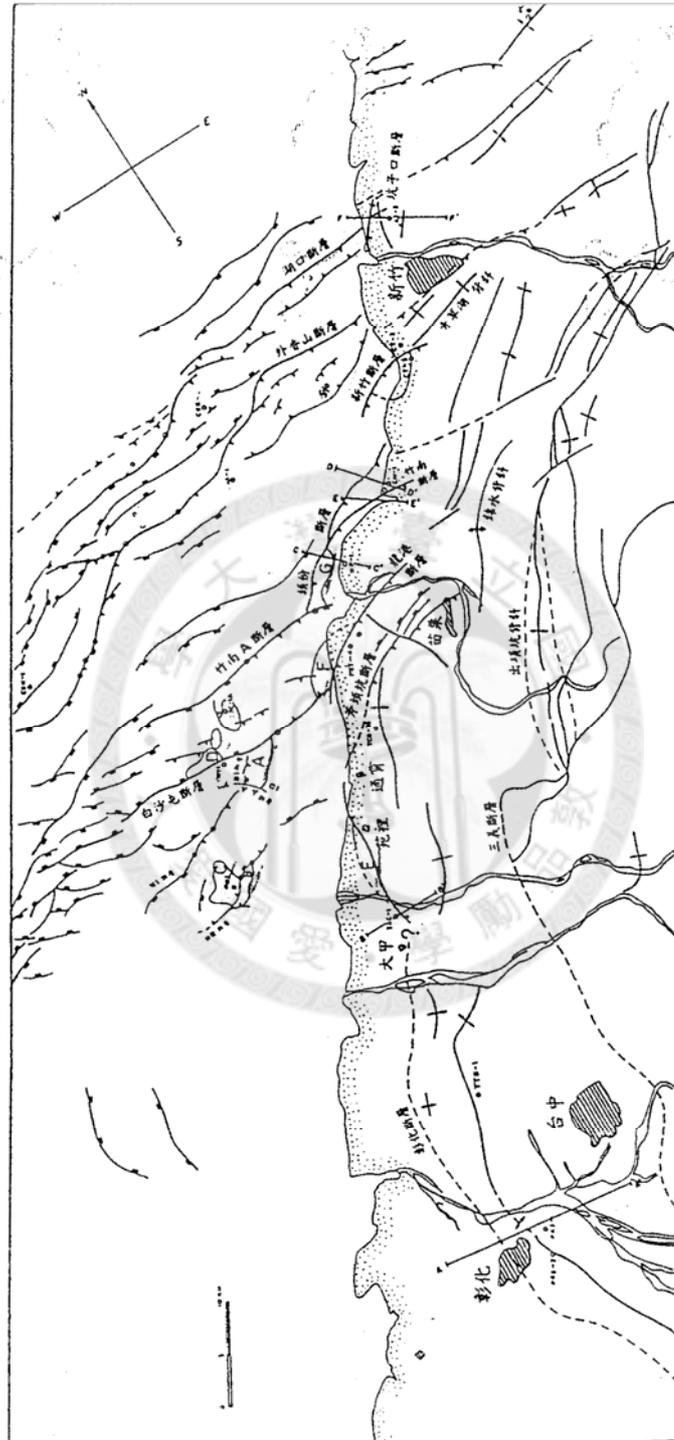


圖 2.2 苗栗、新竹海域及濱海地區之地質構造架構。南莊層頂部構造圖，海域主要構造線成東西走向，麓山區大約成南北走向，交界處之濱海地區構造線約成雁形排列（黃旭燦等，1996）

## 2.3 變形前緣

變形前緣為擠壓運動作用力影響之西界，其特徵為變形前緣以東受擠壓作用而形成之褶皺－逆衝斷層構造，利用GPS可觀測到沿應力方向之地殼變動情形；以西構造上則以正斷層與地塹－地壘為主，地殼變動量相對較小。

台灣西南部陸上及外海區域變形前緣之走向已有很清楚的描繪 (Liu et al., 2004) (圖 2.3)。馬尼拉海溝向北延伸至台灣西南海域，而後上陸與新化斷層銜接，在陸上繼續向北發展至北港高區以北又延伸出海，之後再度離開海域延伸上陸。而在台灣西北部，Lu (1994) 整理台灣構造分布，將西部麓山帶構造沿南北向描繪出一近似S型的主要逆衝斷層構造走向 (圖 2.4)，為造山運動擠壓變形之邊界。黃旭燦等 (1996) 則將西濱斷層系統 (西濱雁形斷層) 定義為造山運動影響最主要的大前緣逆衝斷層，認為台灣西部的新竹苗栗海岸線可視為重要的構造線。

變形前緣的描繪在海上可利用反射震測資料觀察地層中的構造以作辨識，陸上則除了震測還可利用GPS觀測地殼變動之資料 (Yu et al., 1997)。本研究將利用反射震測剖面辨識變形前緣是否延伸至海域，藉此判斷造山運動擠壓應力之影響範圍。

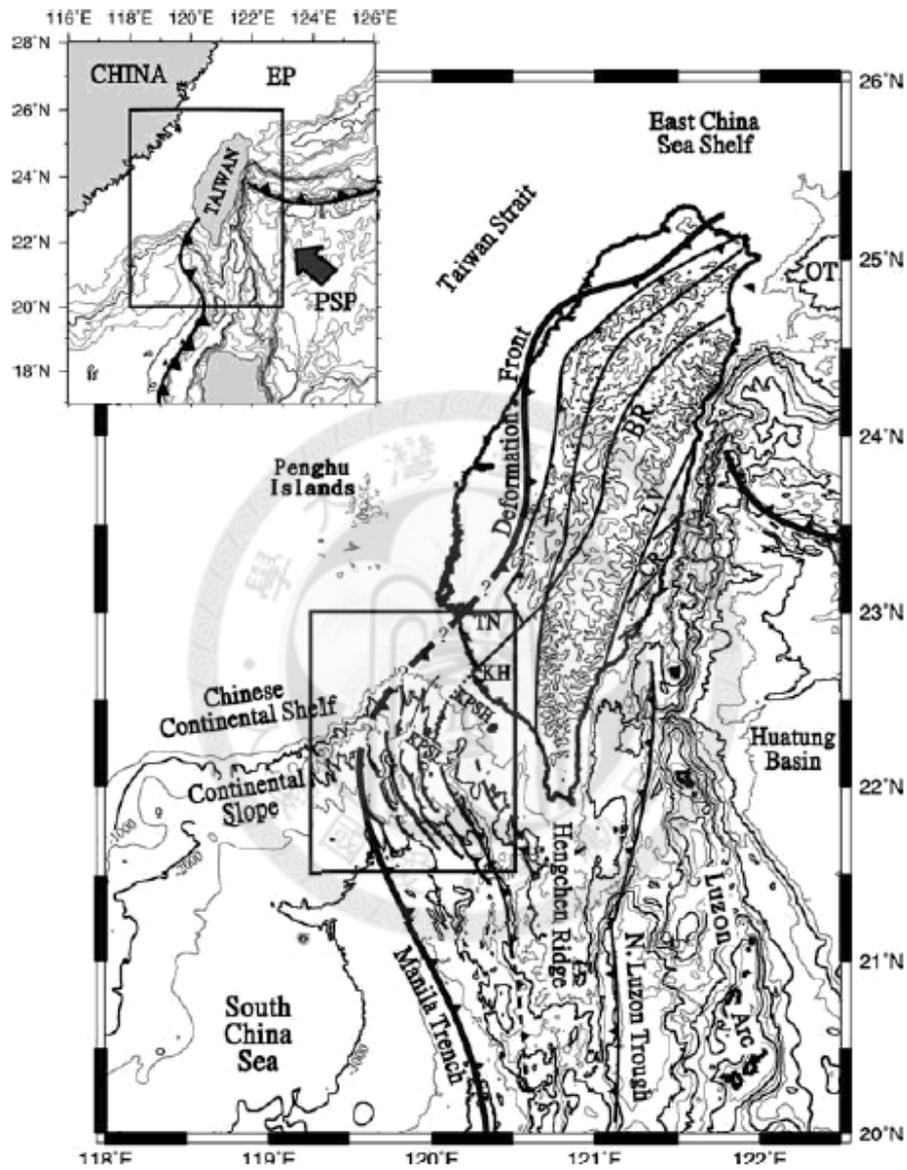


圖 2.3 台灣地區變形前緣走向。馬尼拉海溝向北延伸至台灣西南海域，而後上陸與新化斷層銜接，在陸上繼續向北延伸至北港高區以北又延伸出海，之後再度離開海域延伸上陸，摘自 Liu et al. (2004)。

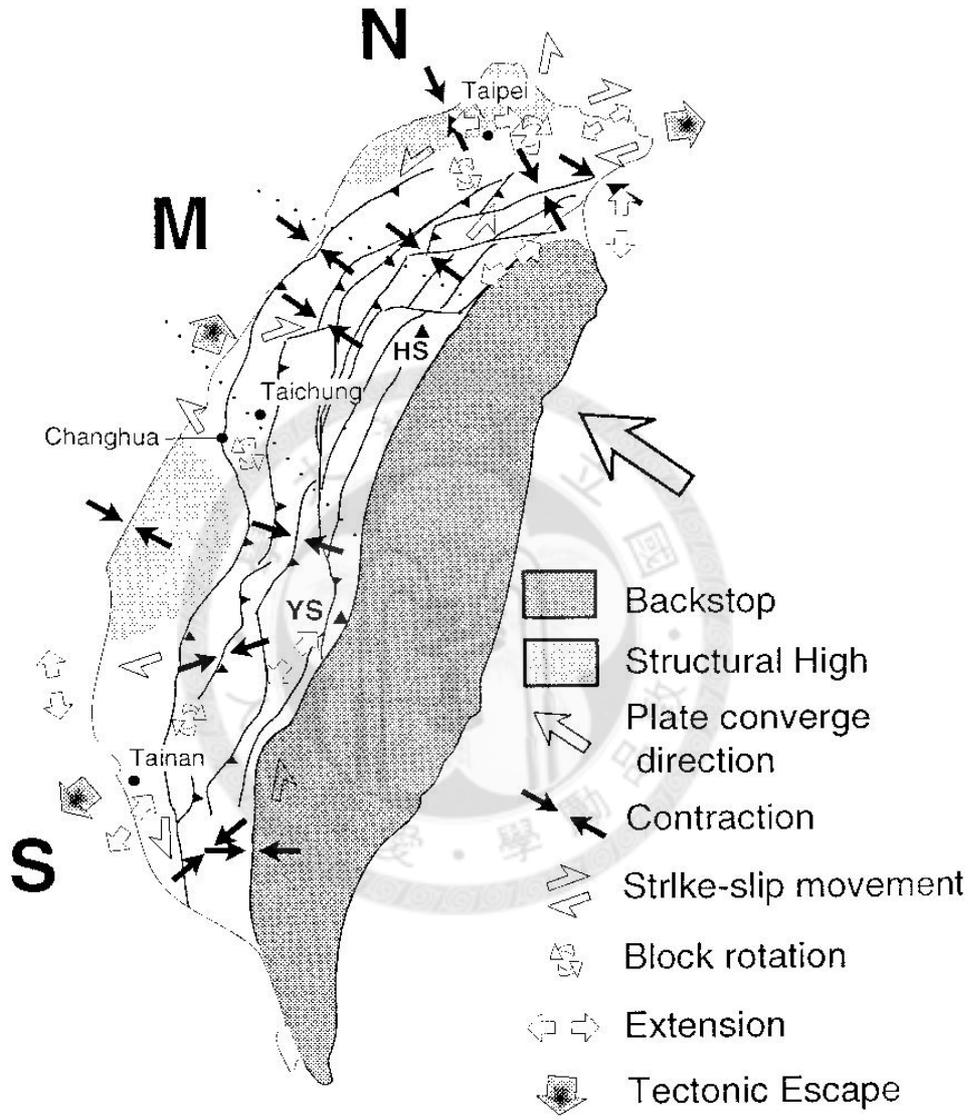


圖 2.4 台灣陸上構造示意圖。台灣前麓逆衝斷層帶可大略分為北段 (N)、中段 (M) 及南段 (S)，構造線整體呈類似 S 形之走向，摘自 Lu(19944)。

### 第三章 構造分析

本章針對在研究區內震測剖面上所觀察到的三項主要特徵：(1) 高角度逆衝斷層與背斜構造，(2) 橫移斷層，(3) 變形前緣之位置，分別加以解釋、分析。同時藉由觀察由近岸至外海之構造變化，以及研究區南北之構造差異，進一步探討研究區域內地層深部至淺部的構造發展及演化情形。

#### 3.1 高角度逆衝斷層與背斜構造

弧陸碰撞晚期造山運動之擠壓作用除了產生造山帶本體的褶皺及覆瓦狀逆衝斷層系統之外，也使得台西盆地內原本在張裂時期形成之正斷層構造復活，斷層滑移方向逆轉，成為高角度逆衝斷層，若發生此逆轉現象之斷層具有一與其對立且已倒轉之斷層，則兩斷層之間可能形成一背斜構造 (Huang et al., 1993) (圖 3.1)。

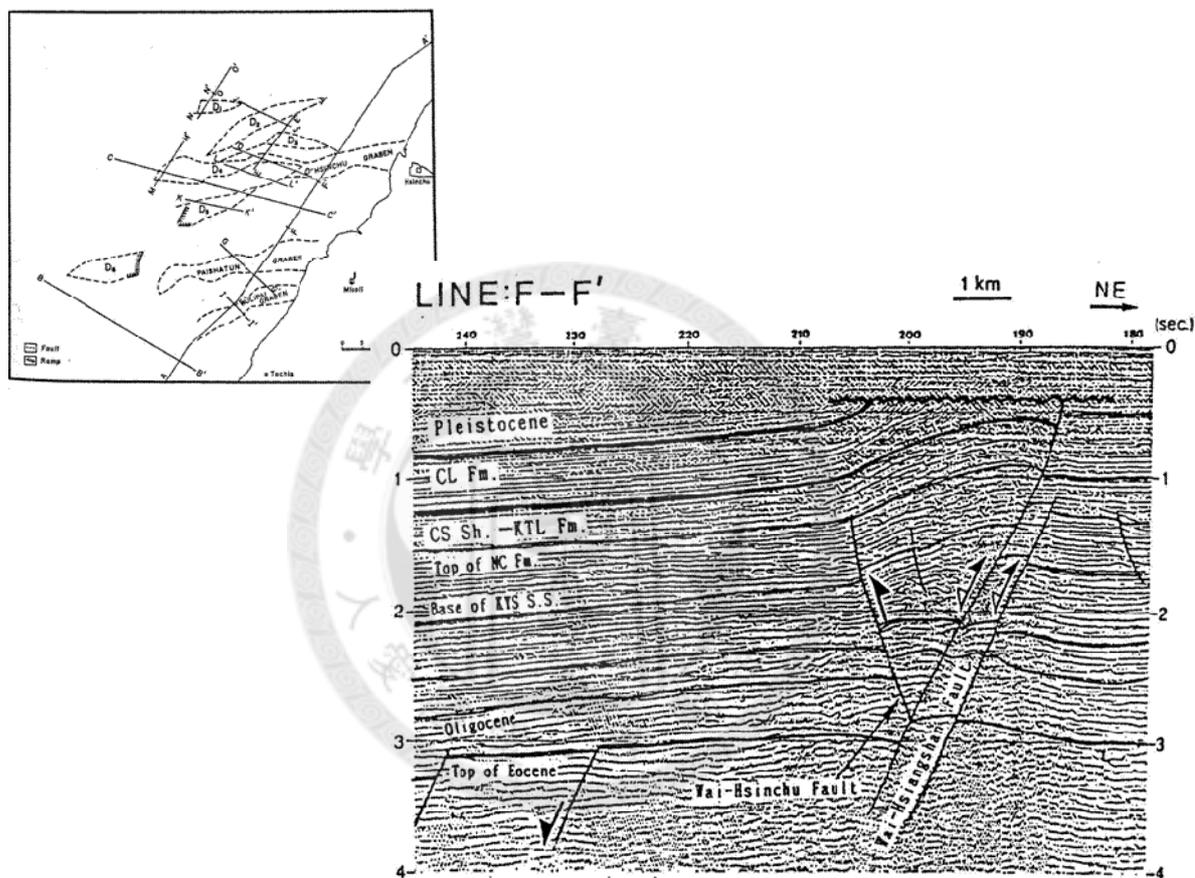


圖 3.1 背斜構造震測剖面描繪圖。受造山運動應力作用形成背斜—高角度逆衝斷層形貌，為構造倒轉特徵之一（Huang et al., 1993）。

### 3.1.1 剖面構造特徵

由海研一號 614 航次中 25、24、18 三條平行海岸線連續向西與一條垂直海岸線之測線 26 反射震測剖面，針對背斜構造做局部觀察。

於最靠近海岸線的測線 25(圖 3.2)可以觀察到有兩組背斜構造，稱背斜 A 與背斜 B，分別位於相對立的兩條高角度逆衝斷層之間，背斜寬度都大約為 2 公里。由斷層之深度可以判斷剖面上兩組對立之斷層皆為北邊先受力逆轉，之後才是南邊受力逆轉並形成背斜構造。兩組背斜構造兩翼坡度都相差不大，背斜 A 還有一近期形成的小型逆衝斷層，背斜 B 南翼較短北翼較長。在測線 24 的剖面(圖 3.3)上也可清楚辨識出一背斜構造，位於相對立的兩條高角度逆衝斷層之間，北翼之斷層較南翼斷層先受力發生逆轉，而後形成背斜，其寬度約為 5 公里，背斜南翼坡度較陡而短，北翼則較平緩且長。測線 18(圖 3.4)亦可觀察到一組背斜—高角度逆衝斷層之構造，寬度約為 4 公里，南翼較長而北翼較短。垂直於海岸線之測線 26(圖 3.5)同樣有著背斜—高角度逆衝斷層之構造，背斜寬約 4 公里，西翼坡度較陡而東翼平緩。

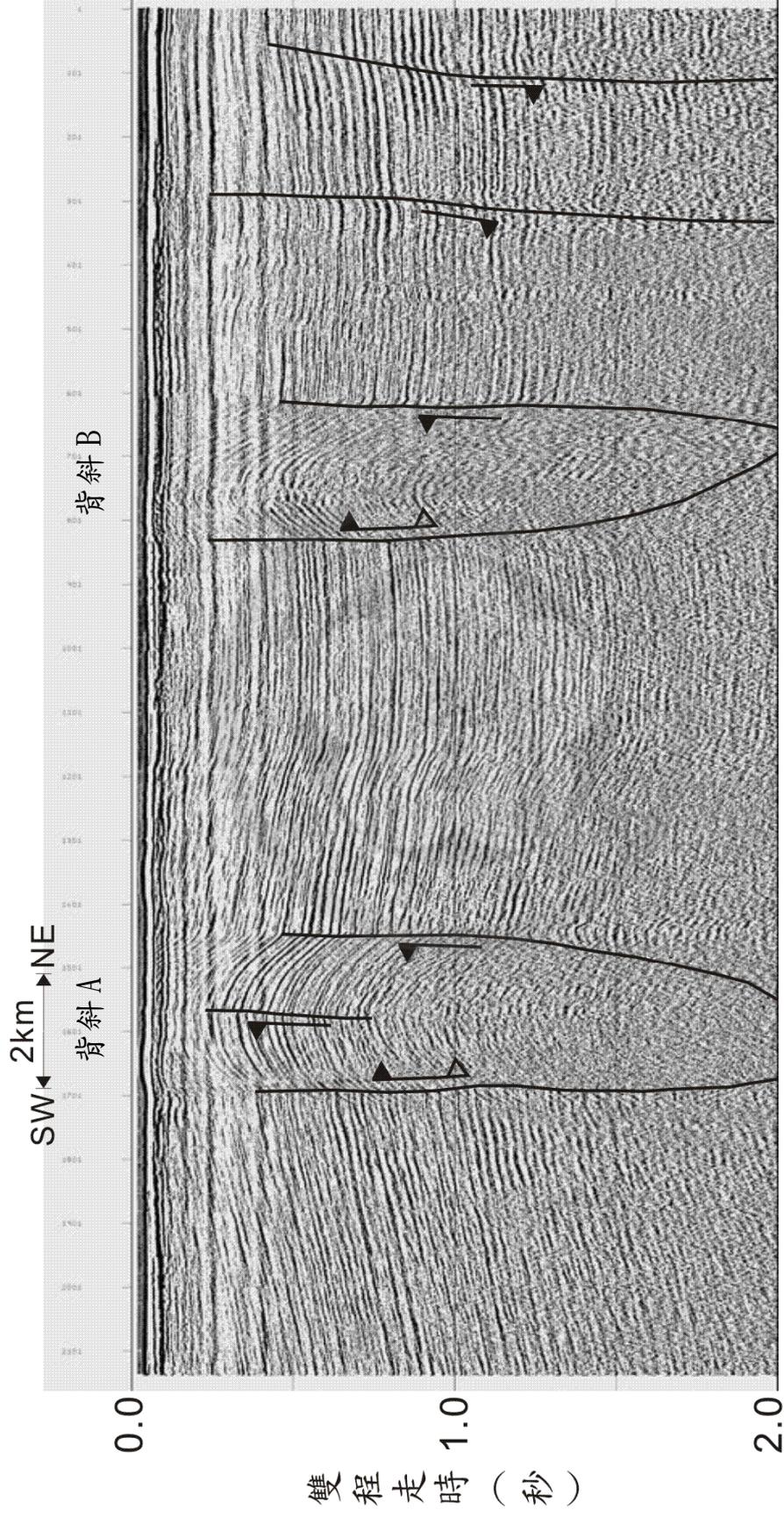


圖 3.2 QCS-25 震測剖面。(測線位置見圖 1.3)

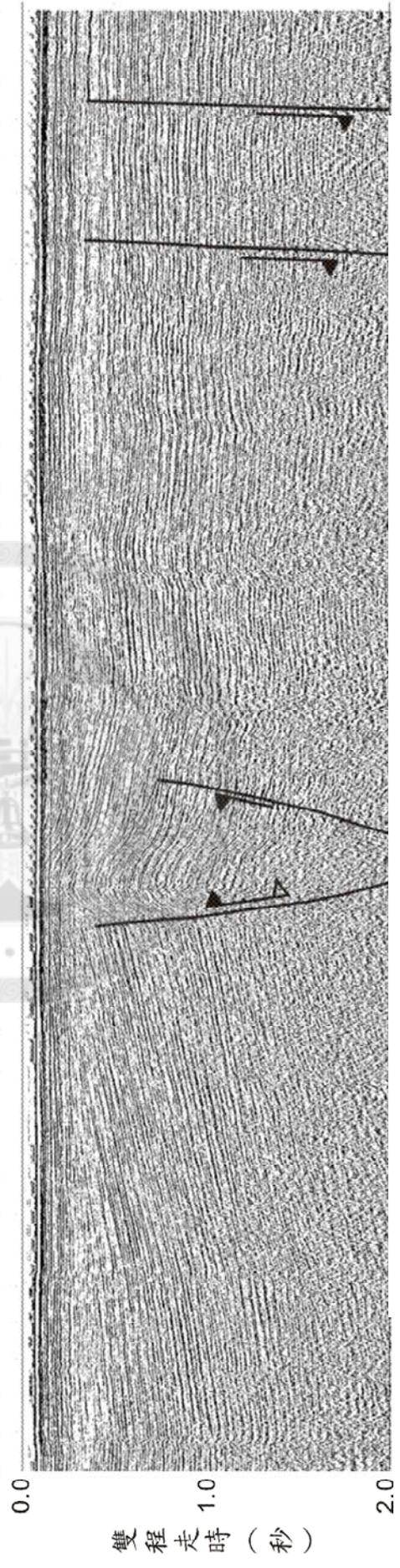
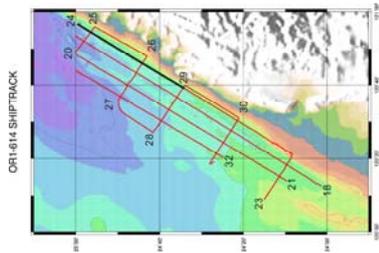


圖 3.3 QCS-24 震測剖面北段。(左上圖中黑線為此段測線所在位置)

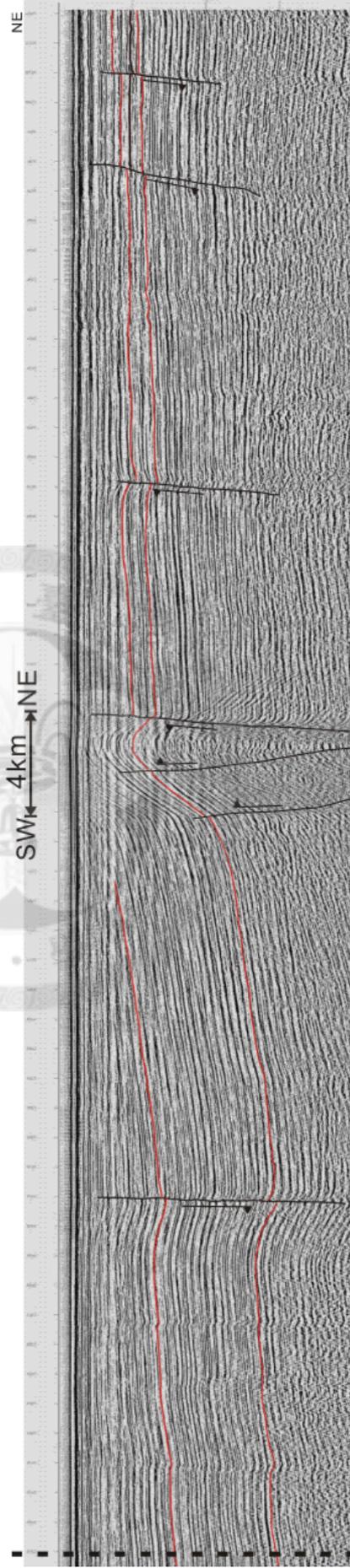
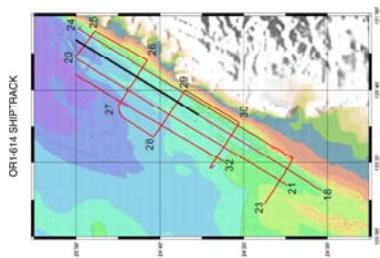


圖 3.4 QCS-18 震測剖面北段。(左上圖中黑線為此段測線所在位置)

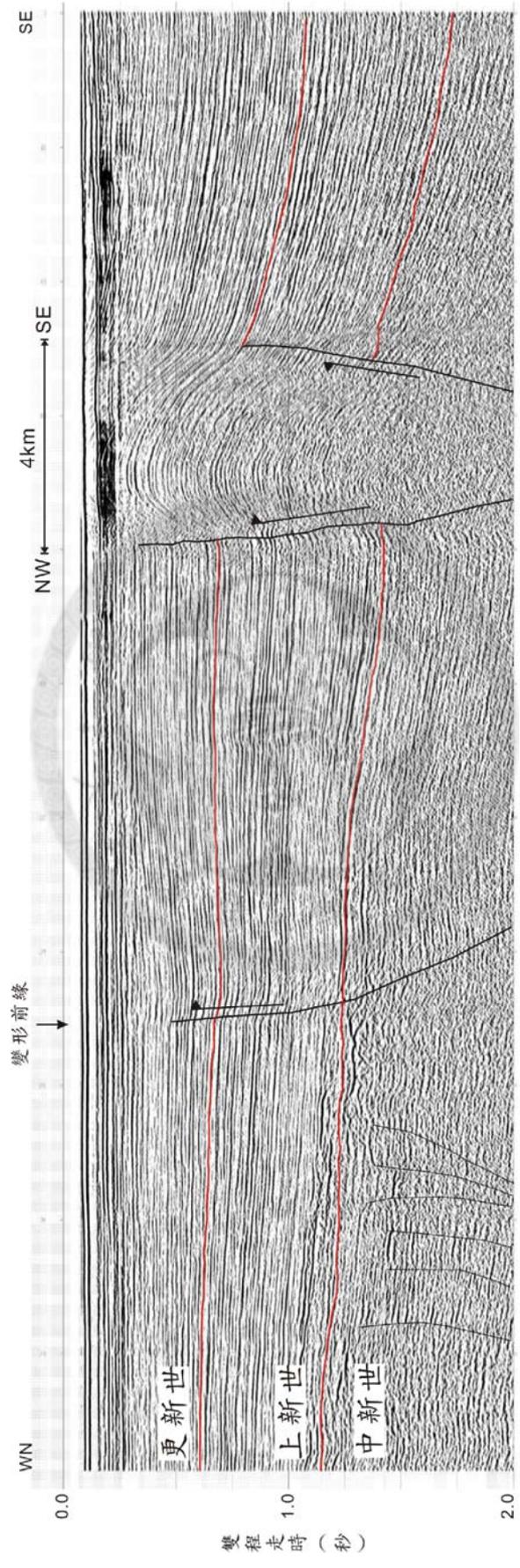


圖 3.5 QCS-26 震測剖面。(測線位置見圖 1.3)

### 3.1.2 區域構造解釋與討論

高角度逆衝斷層與背斜構造顯示出一個受碰撞作用擠壓應力影響之區域，盆地張裂時期形成的正斷層復活，滑移方向逆轉，若存在有相對立的斷層，便有機會形成背斜構造。將辨識出的結果依實際地理位置標示（圖 3.6），有助於了解構造之走向。

測線切過背斜構造的方式會影響對走向的判斷，如果有較多筆的資料或可補足這一缺失，由本研究所使用之震測剖面只在前一章節所敘述之五個點觀察到背斜構造，其中除了測線 25 的背斜 B 與另外四處背斜構造以地理位置上而言較無關聯性，而依據這四處背斜構造分布的情形，以及在震測剖面上的形貌之差異，推論是一組背斜構造發展出分支，分別往西及往西南西朝海域方向延伸。斷層方面則大致可看出湖口斷層及新竹斷層延伸進入海域之走向。

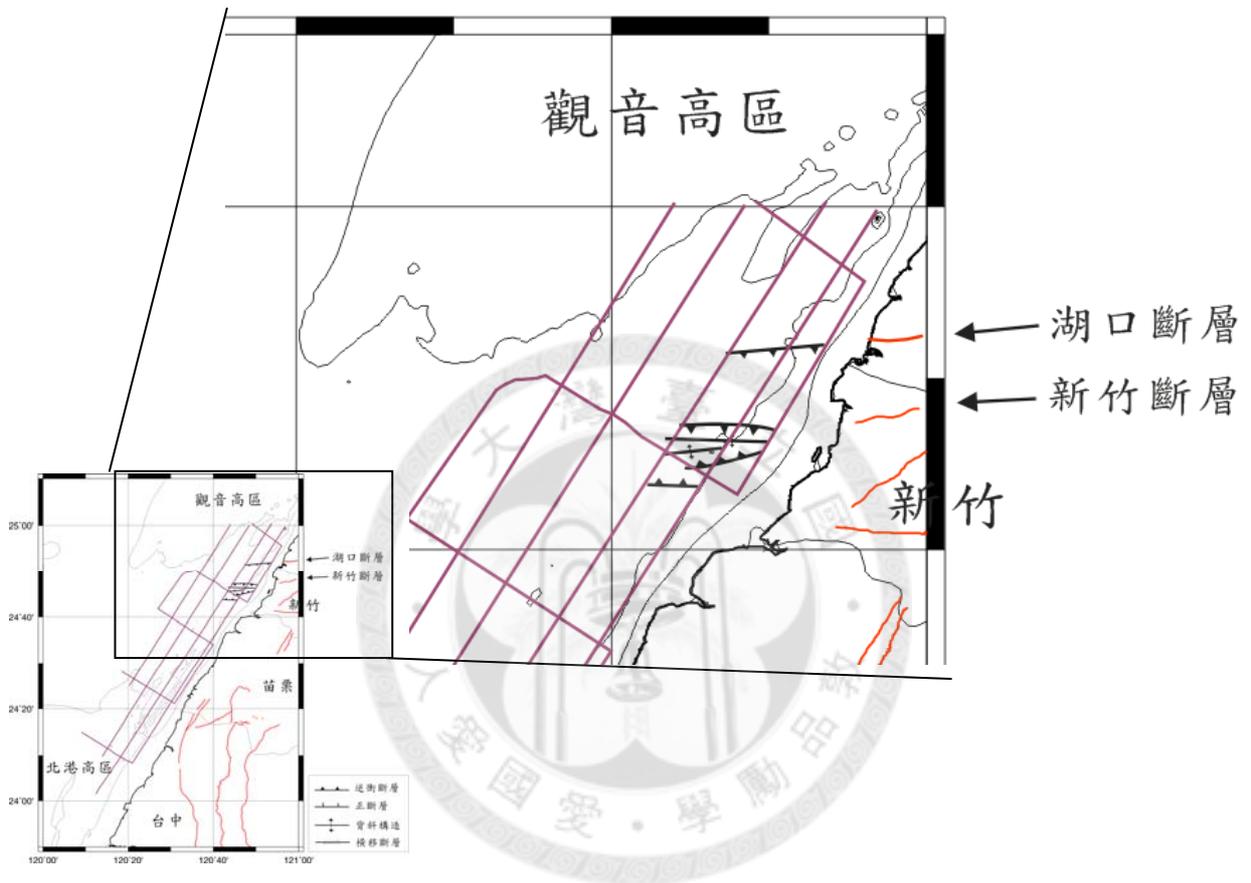


圖 3.6 背斜與高角度逆衝斷層分布圖。此區之構造主要為東—西走向。圖中陸上斷層引自經濟部地質調查所。

### 3.2 橫移斷層

自晚中新世造山運動開始，北台西盆地受到包括地塹塊體收縮及橫移運動在內的構造倒轉作用主導 (Huang, et al., 1993)。北台西盆地內構造走向約為  $79^{\circ}\text{E}$ ，來自東南方台灣北島的擠壓應力可視為南—北、東—西兩個分量，前者造成塊體收縮，後者則造成橫移運動而發展出橫移斷層 (圖 3.7)。

在震測剖面上辨識橫移斷層並不容易，僅能以部份特徵線索做初步辨認，如剖面上一垂直帶反射束 (reflection packet) 以不同的傾角匯集、海床垂直錯移、反射層不連續或中斷處形成一垂直區域、受斷層包夾的長型構造上升帶、斷層向深部基盤處聚合，另外花狀構造 (flower structure) 是一項最常見的主要特徵，在剖面上可觀察到反射層面有明顯的不連續、構造上的斷層包夾上升帶、且斷層系統往深部基盤處聚合。依據應力的性質，分為受橫移壓縮作用之正花狀構造 (positive flower structure)，及受橫移伸張作用之負花狀構造 (negative flower structure) (圖 3.8) (Harding, 1990)。造成橫移斷層的正或逆斷層系統是構成其花狀構造正或負的主因，但僅能代表該處所受之應力是壓縮或伸張，還需要在空間中連續的觀察紀錄才可辨識推論得知其為左移或右移之橫移斷層系統。

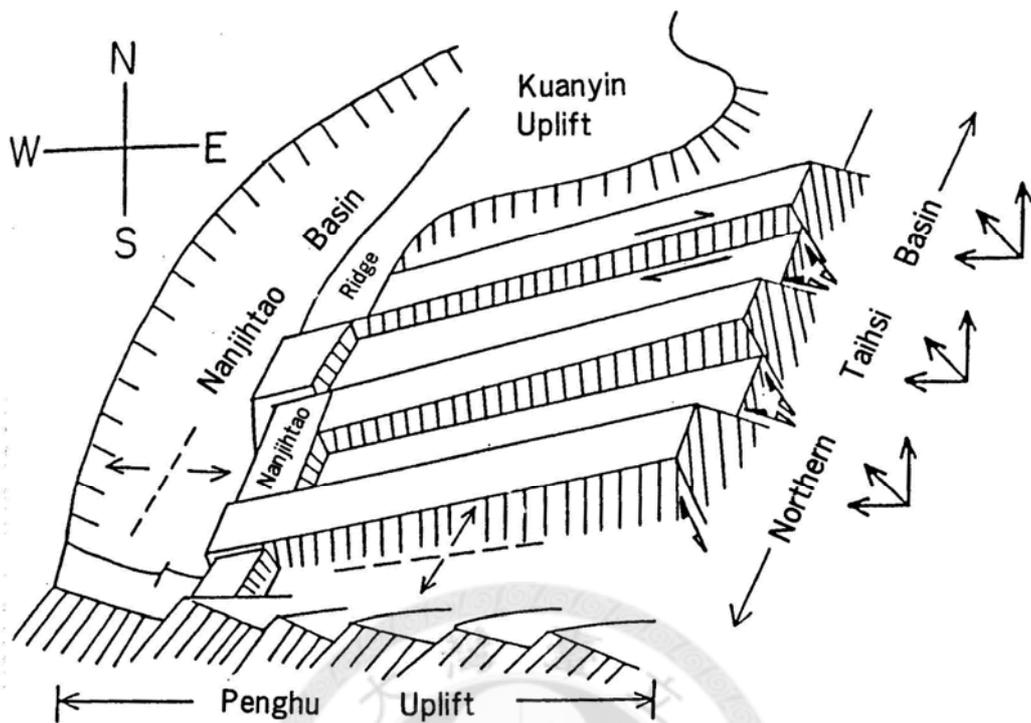


圖 3.7 北台西盆地構造示意圖 (Huang et al., 1993)。

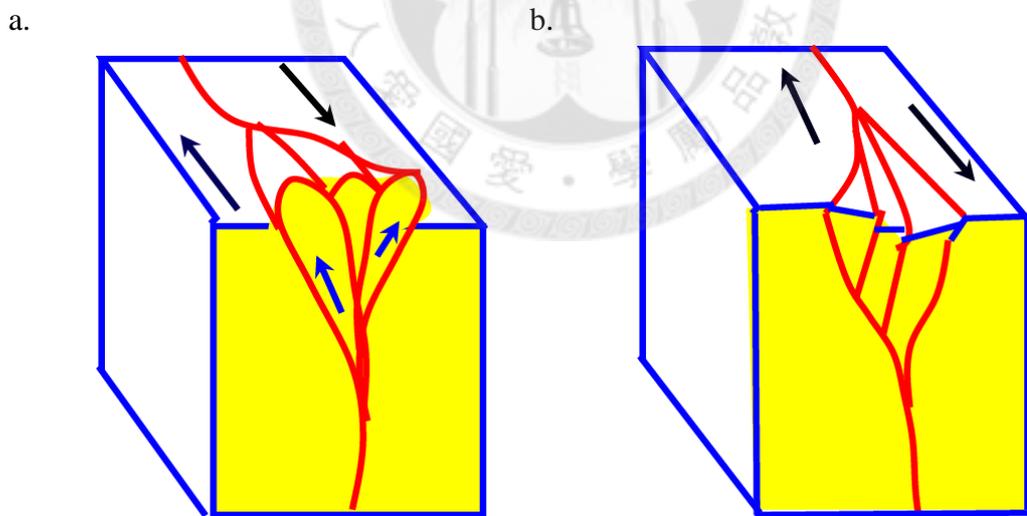


圖 3.8 花狀構造。(a)正花狀構造，受橫移壓縮作用；(b)負花狀構造，受橫移伸張作用 (Harding, 1990)。

### 3.2.1 剖面構造特徵

海研一號 614 航次中，測線 26 西北端(圖 3.9)、測線 32 南段(圖 3.10)上可觀察到局部反射層面明顯的不連續，斷層略有往深部聚合之勢，呈現出類似花狀構造頂部之形貌。根據 Huang et al. (1993)在本研究區域中震測剖面辨識出之花狀構造，其斷層系統聚合深度至少在海平面下聲速兩秒以深之處。

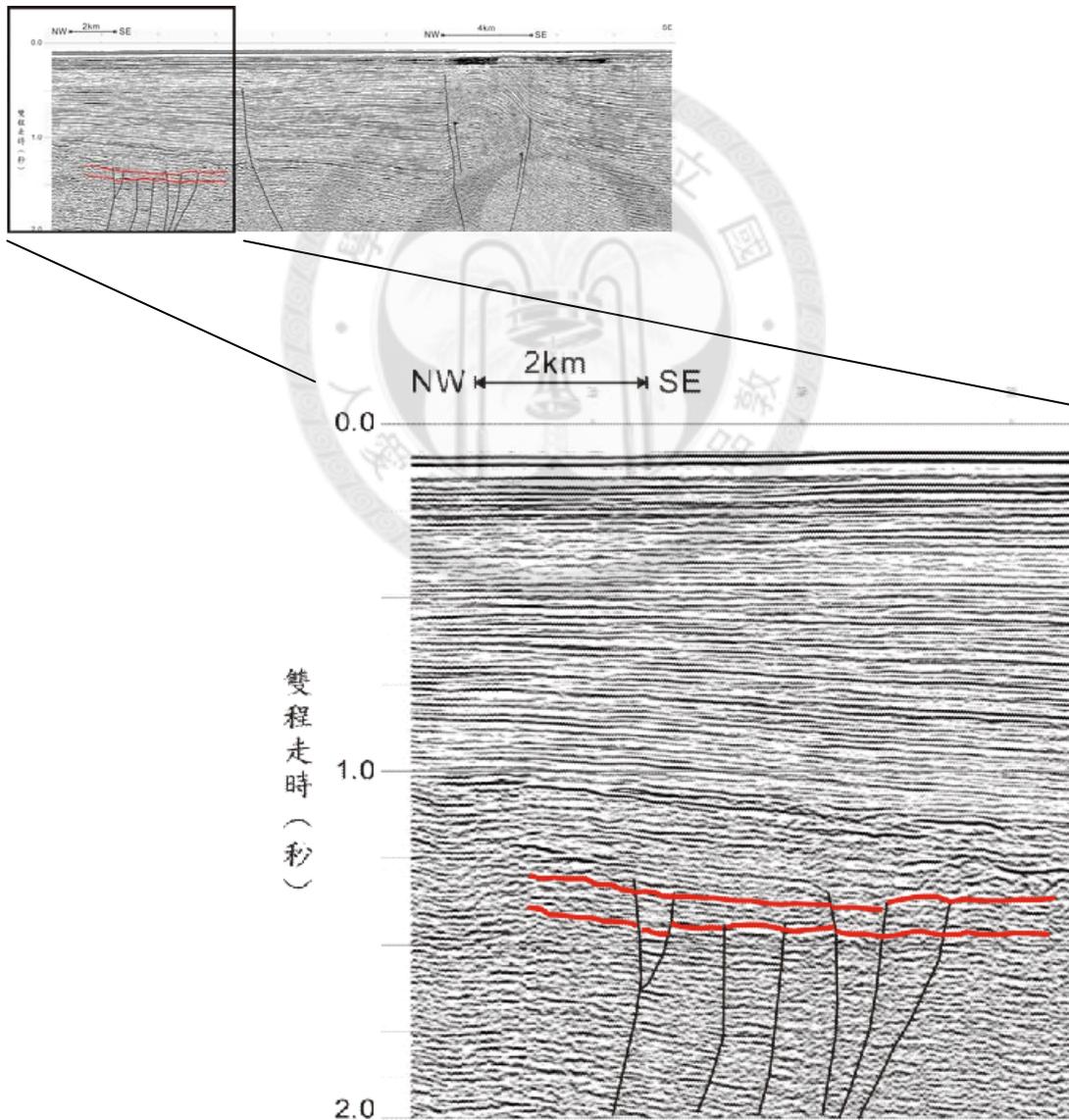


圖 3.9 QCS-26 西北端震測剖面。(測線位置見圖 1.3)

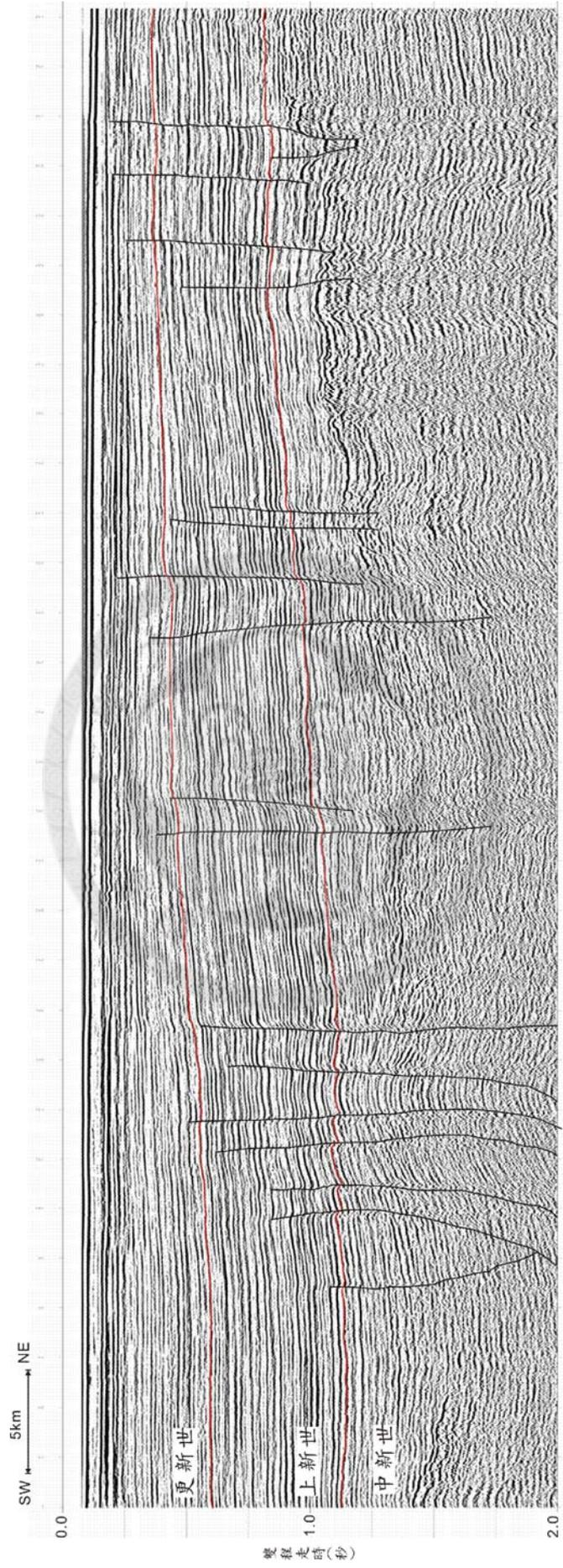


圖 3.10 QCS-32 震測剖面。剖面西南段具有正花狀構造形貌。(測線位置見圖 1.3)

### 3.2.2 區域構造解釋與討論

Huang et al. (1993) 認為湖口斷層系統與外海的正斷層系統或可相連，且在造山運動的應力作用下，發展為海域的主要橫移斷層構造 (圖 3.11)。震測剖面上觀察到的花狀構造可用以辨識橫移斷層，並依據其正或負之型態，判斷此處所受之應力是壓縮或是伸張，而要推論其為左移或是右移的橫移斷層組織則需要空間中連續構造的觀察紀錄。

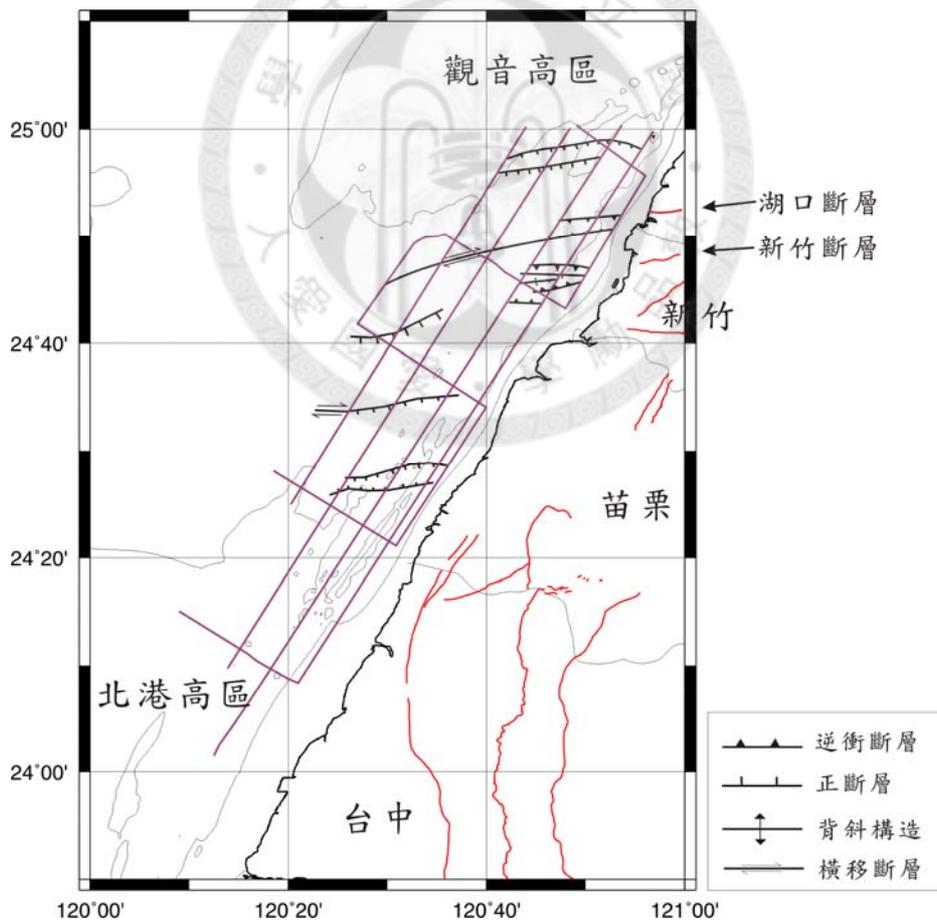


圖 3.11 橫移斷層及正斷層之分布。

### 3.3 變形前緣

在台灣本島南邊，屬於歐亞板塊的南中國海岩石圈自馬尼拉海溝向東俯衝到菲律賓海板塊之下，往北轉變為弧陸碰撞之造山帶。馬里亞那海溝延伸之變形前緣，在西南海域上陸後與新化斷層銜接 (Liu, 2004)。而在台灣西北部，Lu (1994)、黃旭燦等 (1996) 分別將變形前緣的位置定義在麓山帶外側或海岸線一帶。變形前緣東側受擠壓作用而形成之褶皺—逆衝斷層構造 (圖 3.12)，西側構造上則以正斷層與地塹—地壘為主。

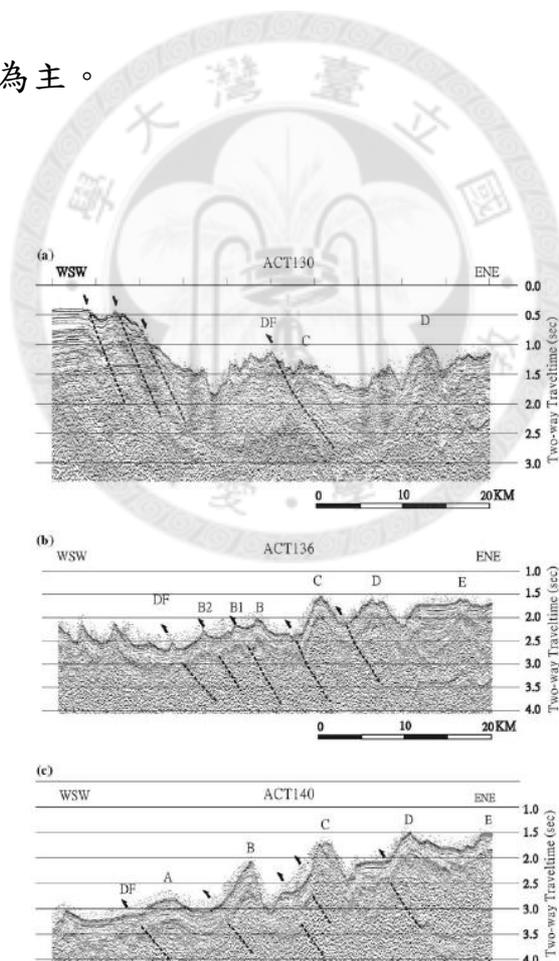


圖 3.12 變形前緣之震測剖面形貌 (摘自 Liu, 2004)。

### 3.3.1 剖面構造特徵

在震測剖面中以斷層形態轉變或地層加積的現象作為辨識變形前緣之依據，平行海岸線之測線 25（圖 3.13），及垂直海岸線之測線 26（圖 3.14）、28（圖 3.15）剖面上可觀察到變形前緣所在的位置。

測線 25 之剖面上可觀察到除了北部有兩組正斷層之外，以南之斷層皆為逆衝斷層之型式，有明顯的型態轉變，據此定出變形前緣在此測線上的位置。測線 26 之剖面顯示東南—西北方向上斷層型態的改變，並有向西的加積漸微最終停止的現象，我們也因而定出在此測線上之變形前緣位置。同樣為東南—西北方向之測線 28，依據加積現象停止的位置、斷層型態的改變，在震測剖面上定出變形前緣的位置。

綜合海研一號 614 航次之震測剖面辨識，先判斷變形前緣是否出現在各測線上，確定其出現的位置後，我們便可推論整個變形前緣在海域的延伸，並與陸上之走向加以連結（圖 4.1）。

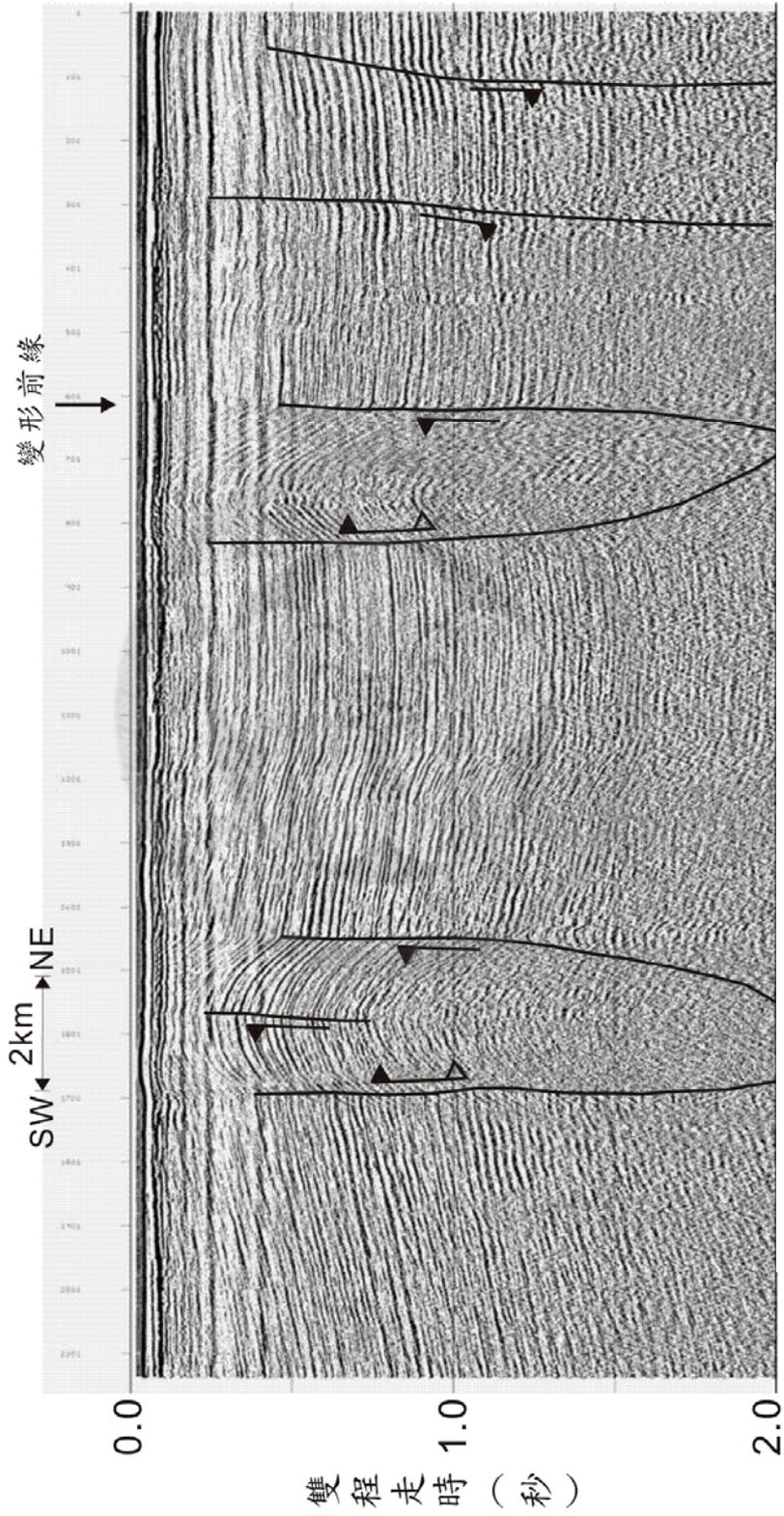


圖 3.13 QCS-25 震測剖面上變形前緣辨識。(測線位置見圖 1.3)

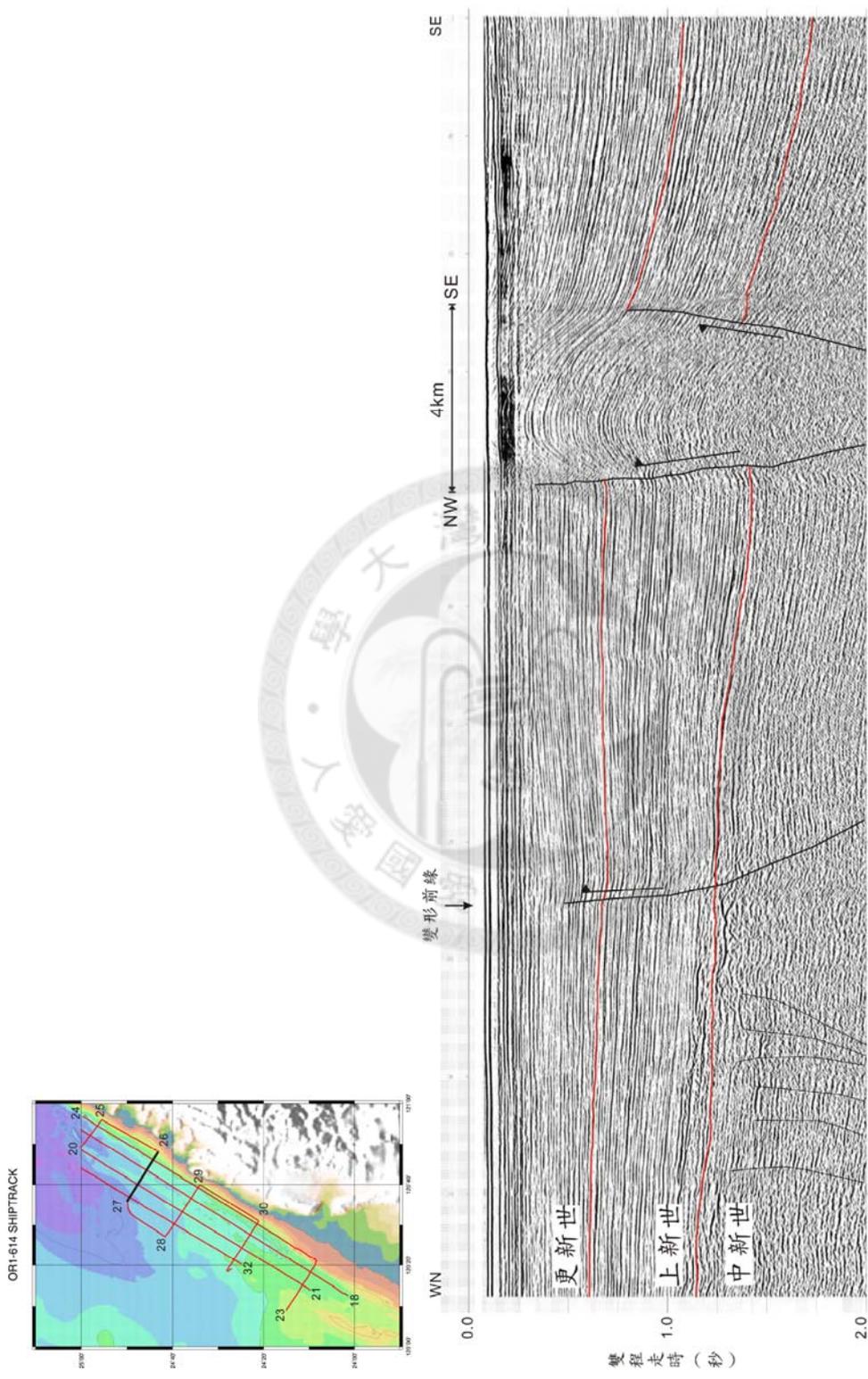


圖 3.14 QCS-26 震測剖面。(左上圖中黑線為此段測線所在位置)

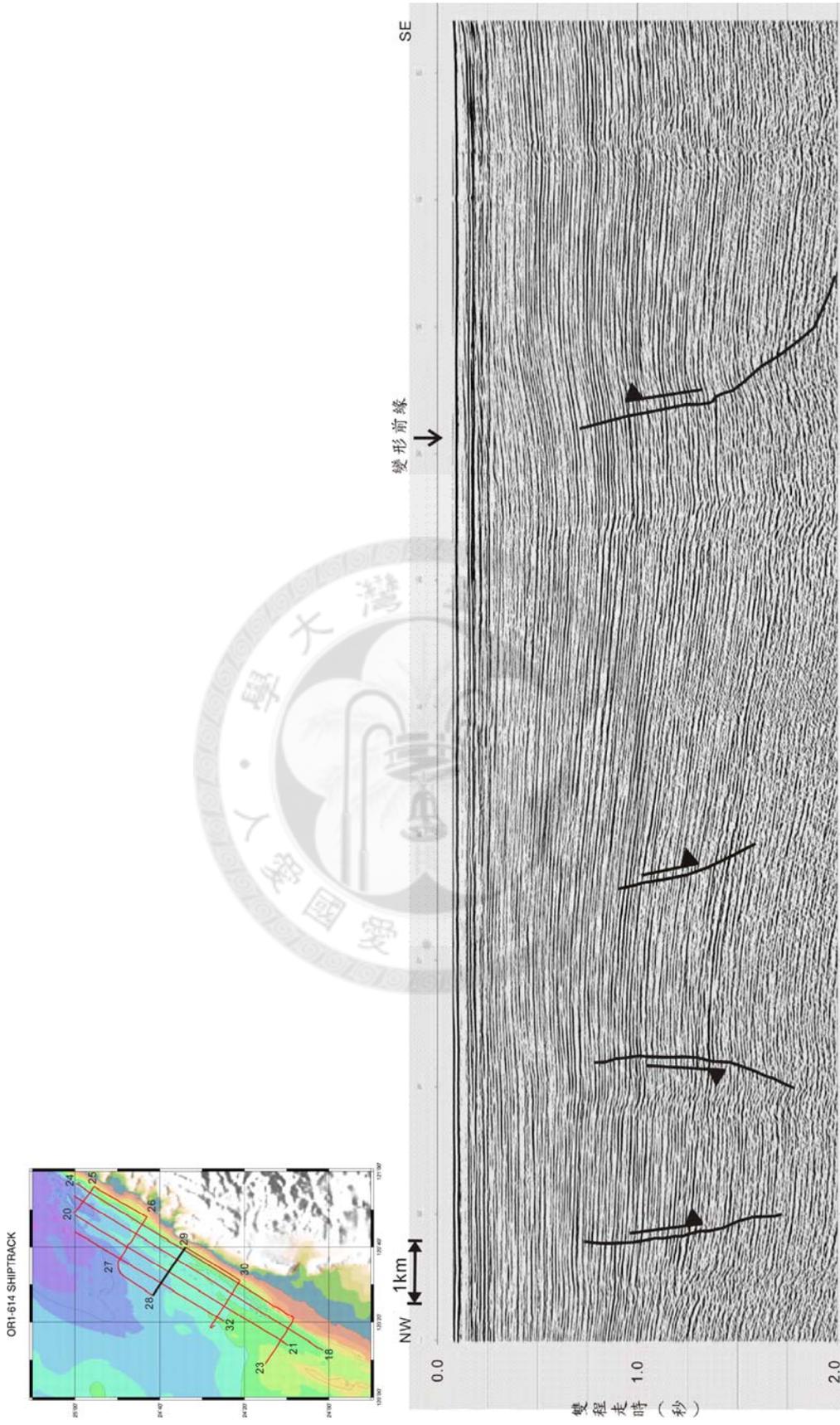


圖 3.15 QCS-28 震測剖面。(左上圖中黑線為此段測線所在位置)

## 第四章 討論

### 4.1 海陸構連結

經由震測剖面的辨識，以及與鄰近剖面之對比，整理出新竹外海構造分布圖（圖 4.1）。在研究區域北段可明顯地觀察到湖口斷層與新竹斷層由陸地延伸至海域，其中湖口斷層更發展為北台西盆地中主要的橫移斷層構造。而在研究區域南段由於麓山帶內之構造走向主要為南北向無法直接與構造以東西走向為主的海域斷層系統相接，交界處之濱海地區構造為一系列約呈雁形排列之逆斷層。

位於西北部的新竹地區，正處於活動碰撞變形的北界，接近碰撞到伸張環境的轉換區，變形前緣為重要的構造線，黃旭燦等（1996）所描繪之苗栗、新竹海域及濱海地區南莊層頂部地質構造架構圖中（圖 2.2），雖標示出斷層型態轉變的位置，卻沒有將之連結，而是將濱海的雁形斷層系統視為主要的大前緣逆衝斷層。本研究中經剖面觀察而推論之變形前緣則與 Lu（1994）所提出之 S 型構造走向較為相似，其走向分別受到北邊的觀音高區及南邊的北港高區所限制。

## 4.2 北段與南段的差異

依據本研究所使用的反射震測資料，可發現區域內南北段明顯的構造活動差異，北段之斷層大多較淺且出露於海床，顯示有較近期之構造活動，南段之斷層則位於較深部，沒有近期活動之現象（圖 4.2、4.3）。垂直海岸線之四條測線剖面也可清楚看出南北向的差異（圖 4.4），由北往南構造位置漸漸變深，另外也呈現出台西盆地地層向東南加厚的基本型貌。

1999 年集集大地震之震源位於本研究區域之東南方向，然而北港高區內之研究區域南段並無近期曾發生斷層活動之跡象，顯示受構造的阻隔，集集地震對於海域之斷層發展沒有造成影響。位於北港高區及觀音高區之間的研究區域北段斷層活動雖較為活躍，但也同樣觀察不出此區域與集集地震之間的關係。

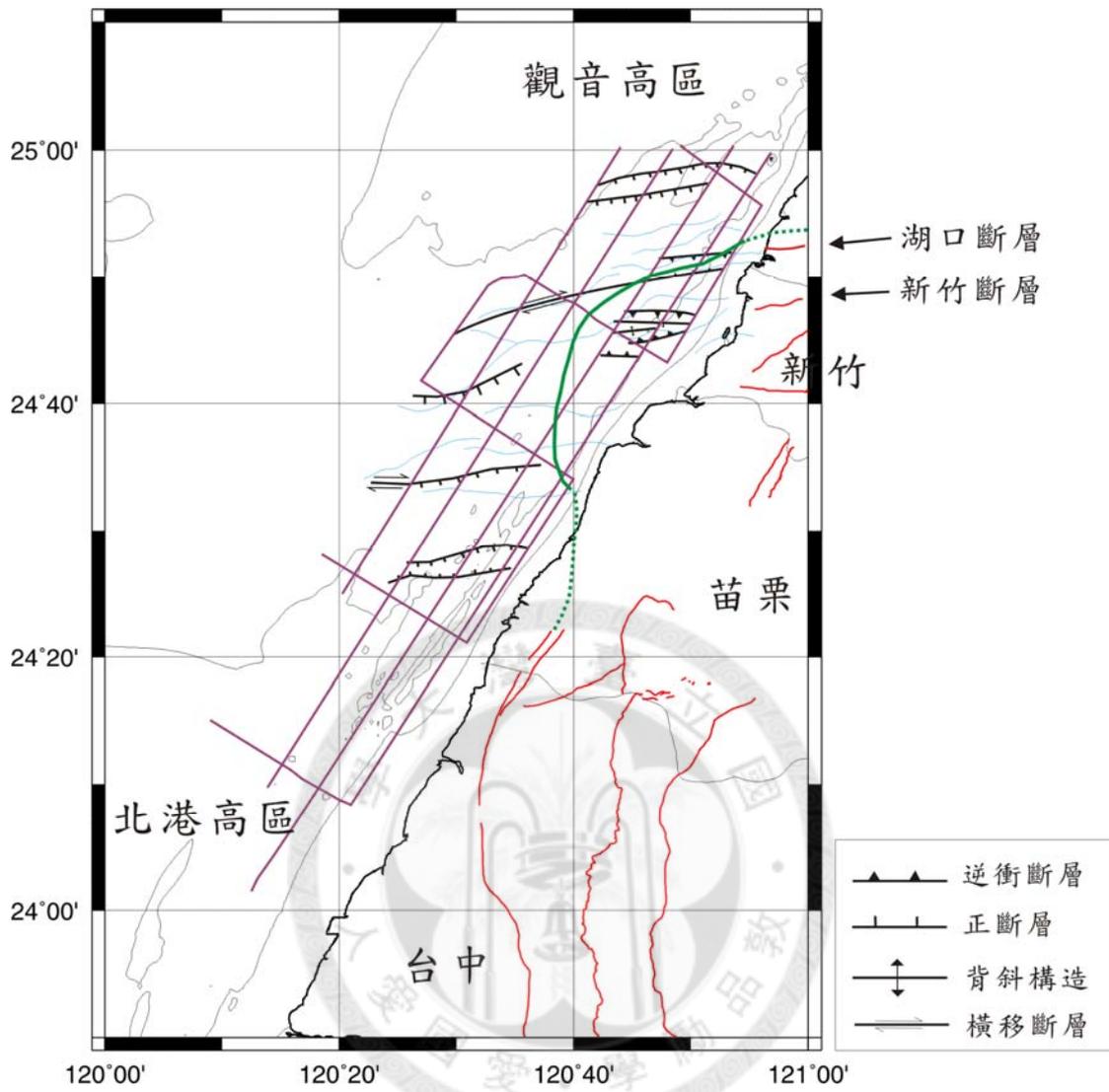


圖 4.1 新竹外海構造分布圖。紫色線段為海研一號 614 航次之測線分布；淺藍色線為摘自黃旭燦等 (1996) 之南莊層頂部斷層 (圖 2.2)；綠色實線為本研究所辨識出之變形前緣走向，虛線為推估之走向。

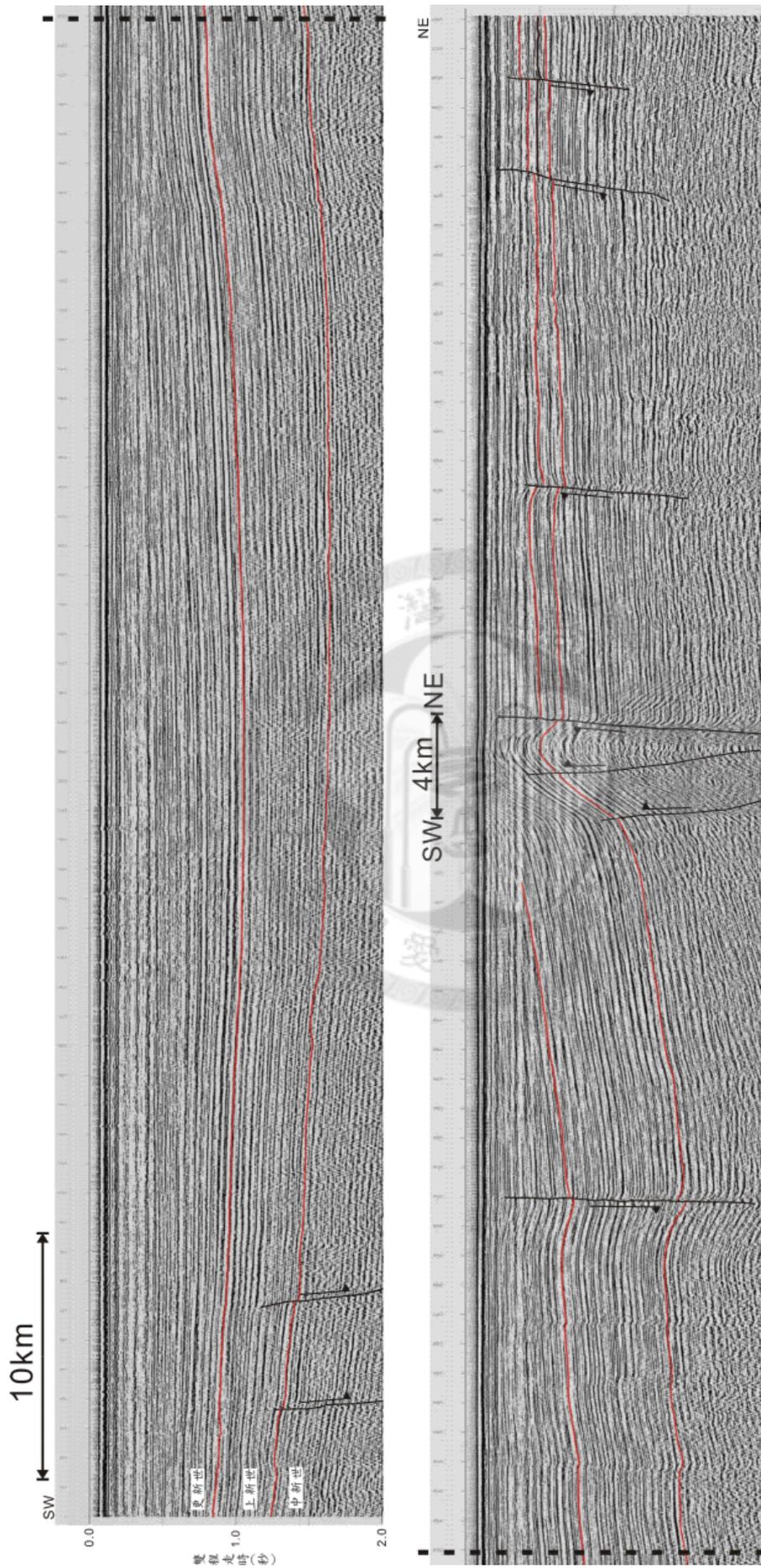


圖 4.2 QCS-18 震測剖面。北段之斷層較淺且幾乎出露於海床，顯示有較近期之構造活動，南段之斷層則位於較深部，屬於較平靜之區域。

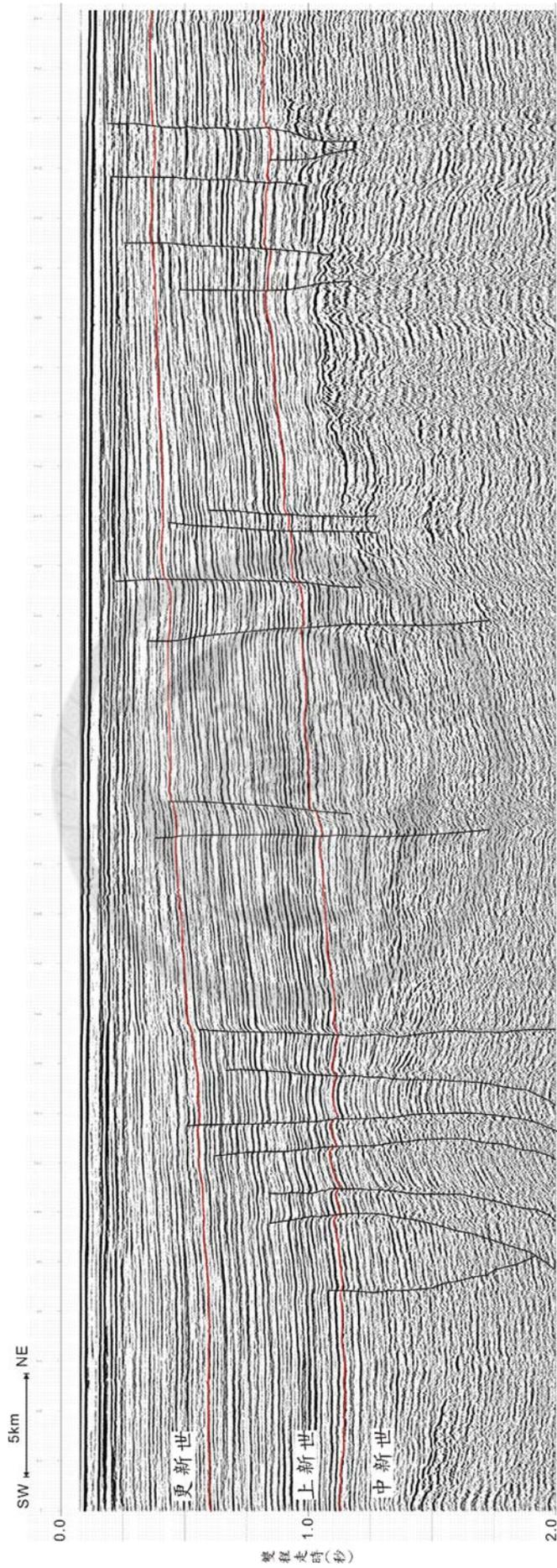


圖 4.3 QCS-32 震測剖面。測線北段有斷層分布在較淺的位置且幾乎出露於海床，南段之斷層則分布於較深部，顯示北部有較近期的構造活動。

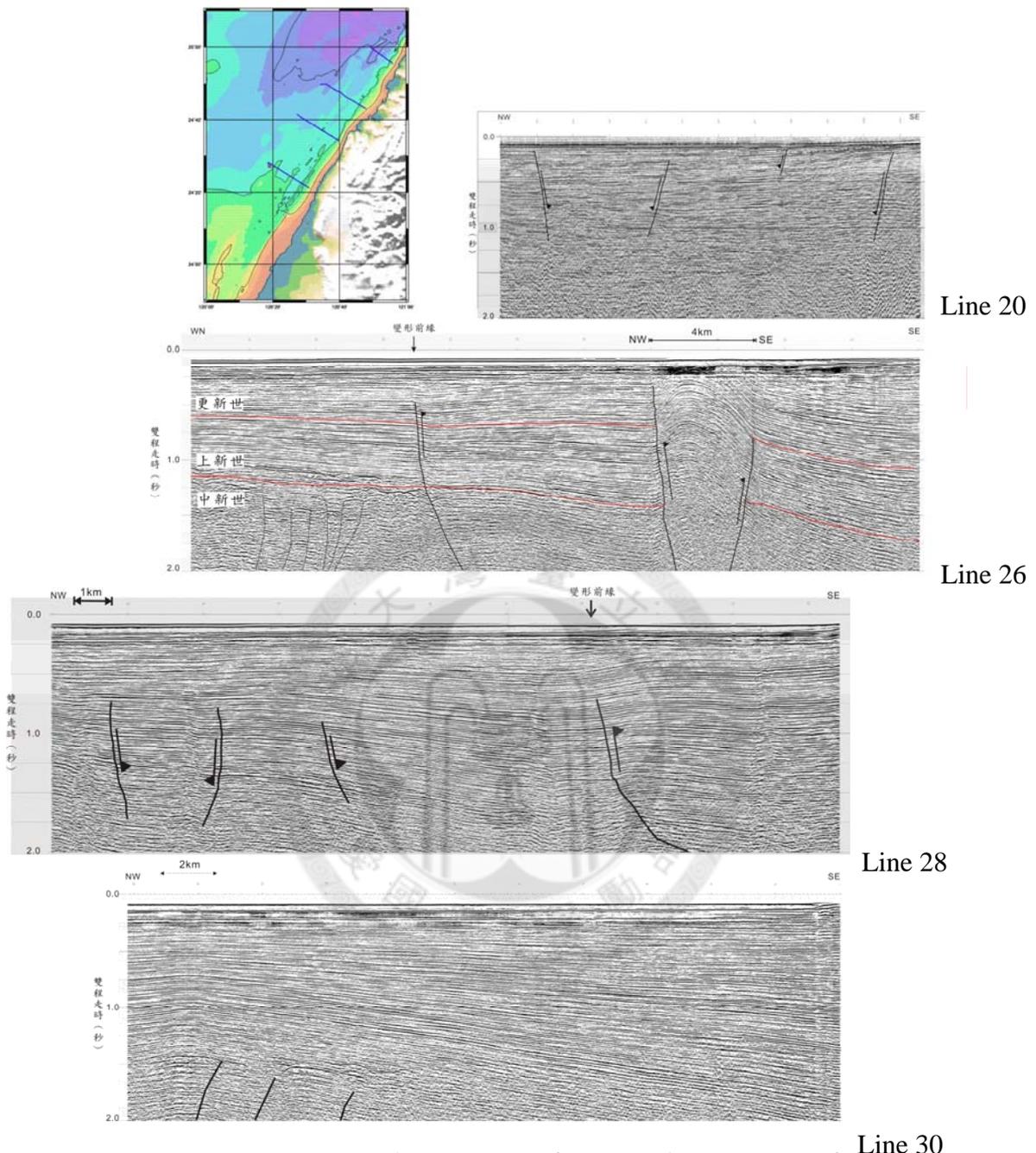


圖 4.4 QCS-20、26、28、30 震測剖面。自東北向西南排列垂直海岸線的四條測線。可觀察本研究區域內的南北差異，北邊在淺部有斷層幾乎出露於海床，南邊則只在深部有觀察到明顯的斷層。

## 第五章 結論

台灣西北部處於活動碰撞變形的北界，接近碰撞到伸張環境的轉換區。過去中油公司在新竹苗栗地區進行石油探勘，對於地層深部構造有相當之了解，但對於接近地表之淺層構造則報導不多。本研究為探討台灣造山運動對新竹苗栗海域影響的程度，利用高解析反射震測來分析雙程走時兩秒之內的地層構造，以辨識出近期之斷層活動。本研究由震測剖面觀察到的剖面特徵，及整體構造的分布情形，得到以下結論：

- 1、研究區域北部之構造與陸上構造連結，湖口斷層和新竹斷層由陸地延伸至海域，且湖口斷層在北台西盆地內發展為主要的橫移斷層構造。
- 2、本研究區域內北邊在淺部有斷層出露於海床，南邊則只在深部有觀察到明顯的斷層及地塹—地壘構造，顯示北段近期之構造活動較活躍。
- 3、本研究在新竹近岸地區觀察到褶皺—逆衝斷層構造，顯示台灣造山運動之擠壓應力在台灣西北部確實有延伸至海域，變形前緣在此區域之走向受南邊的北港高區及北邊的觀音高區所限制，兩者對來自台灣本島的擠壓應力有阻隔的作用。

## 參考文獻

- Chou, Y. W., and Yu, H. S., 2002, Structural expression of flexural extension in the arc-continent collisional foredeep of western Taiwan, *Geol. Soc. Am. Special Paper* 358, 1-12.
- Harding, T. P., 1990, Identification of wrench faults using subsurface structural data: criteria and pitfalls: *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v.74, no. 10, 1590-1609.
- Huang, S. T., Chen, R. Y., Chi W.R., 1993, Inversion tectonics and evolution of the Northern Taihsi Basin, Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, no. 28, p. 15-46.
- Lee, C. I., Chang, Y. L., and Mike P., Coward, 2002, Inversion Tectonics of the Fold-and-Thrust Belt, Western Taiwan, *Geol. Soc. Am. Special Paper* 358, 13-30.
- Liu, C. S., B. Deffontaine., Lu, C. Y., S. Lallemand., 2004. Deformation Patterns of an Accretionary Wedge in the Transition Zone from Subduction to Collision Offshore Southwestern Taiwan. *Marine Petrol. Geol.*, 25, 123-137.
- Lu, C. Y., 1994, Neotectonics in the Foreland Thrust Belt of Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, no. 29, 1-26.
- Teng, L. S., Extensional collapse of the northern Taiwan mountain belt, *Geology*, v. 24, no. 10, 949-952.
- Yu, H.S., and Chou, Y. W., 2001, Characteristics and development of the flexural forebulge and basal unconformity of Western Taiwan Foreland Basin, *Tectonophysics*, 333, 277-291.
- Yu, S. B., Chen, H. Y., and Kuo, L. C., 1997, Velocity field of GPS

stations in the Taiwan area, *Tectonophysics*, 274, 41-59.

蕭承龍、丁信修、邱翠雲，1993，新竹苗栗外海之震測相及沉積

環境分析，探採研究彙報（中國石油公司），16期，16-32頁。

林國安、李長之、黃旭燦、郭政隆、張資宜、邱仲信、吳素慧，

1994，新竹外海及陸上地質資料整合研究，探採研究彙報

（中國石油公司），17期，231-255頁。

王昱（2003）桃園—新竹臺地區構造活動與地形特徵。國立台

灣大學地質科學研究所碩士論文。共100頁。

楊耿明、丁信修、吳榮章，1996，台灣西北部盆地架構與斷層力

學分析，探採研究彙報（中國石油公司），19期，245-265頁。

李長之、梅文威，1996，台灣西北部地層分析與研究，探採研究

彙報（中國石油公司），19期，98-117頁。

黃旭燦、沈顯全、童英銓、紀文榮，1996，苗栗、新竹海域及濱

海地區之構造逆轉與油氣聚積關係，探採研究彙報（中國石

油公司），19期，266-297頁。

台灣活動斷層分布，2000，經濟部中央地質調查所。