經濟部

經濟部中央地質調查所報告第98-11號
委辦計畫編號（98-5226904000-03-03）

地震地質與地變動潛勢分析

斷層帶地下構造調查研究（3/4）

委託機關：經濟部中央地質調查所
執行機關：國立中正大學
中華民國98年12月

地震地質與地變動潛勢分析

斷層帶地下構造調查研究（3/4）

98年度期末報告

計畫主持人：石瑞銓
協同主持人：王維豪
研　究　員：李元希

委託機關：經濟部中央地質調查所
執 行 機 關 ： 國 立 中 正 大 學
中 華 民 國 9 8 年 1 2 月

摘要

活動斷層地下構造之調查與研究為研究地震地質與分析地變動潛勢的一項重要研究工作。本研究將利用地質調查與鑽探~~、~~震測資料~~、~~及已有地質及構造分析資料來進行活動斷層之地下構造調查與研究。研究成果除了可以作為地震地質與地變動潛勢研究之基礎外，並可提供其他相關研究計畫作為重要參考，並為國土規劃及地震防災減災之規劃與教育使用。本計畫所研究之斷層包括位於台灣西北部之湖口斷層與新竹斷層，計畫執行期間共進行 5 孔井深 150 公尺之地質探井，其中 4 孔位於新竹斷層，1 孔位於湖口斷層，並於新竹斷層進行 4 條淺層震測測線，全長 3042 公尺。

新竹斷層是台灣北部新竹地區的主要活動斷層之一，約呈東西走向，目前暫列為第二類活動斷層。本研究認為新竹斷層是因已存在正斷層受後來壓應力的影響而復活形成，並且沿著新竹斷層之走向而有斷層構造形態之改變。在新竹斷層東段，地表變形特徵以向斜崖~~軸變形~~為主，斷層尖端並未出露至地表；斷層西段，則於本計畫的兩口鑽井中鑽遇斷層，且斷層已切穿地表，然新竹斷層應未延伸至外海，在海域出現的高角度背衝斷層，該應是其他向北傾斜的老正斷層受擠壓復活所致。

湖口斷層呈東北東走向，由新竹縣湖口延伸至桃園縣平鎮，目前亦暫被列為第二類活動斷層。本研究認為湖口斷層如同新竹斷層一般，變形主要受控於原先既有正斷層形態，受後來構造運動影響而呈現出不同形態構造。由淺層震測及既有的鑽探結果顯示，湖口斷層在地表變形表徵主要為向斜崖，斷層尖端未出露至地表，湖口斷層較可能為盲斷層。湖口線形在東西兩側的構造截然不同，在評估地震危害度時宜將湖口斷層分為東西兩段，但分段的確切位置，仍有待更進一步的調查。

新竹斷層目前被暫列為第二類活動斷層，綜合相關的研究資料，建議將新竹斷層改列為第一類活動斷層。此外，並建議貴所對較年老河階地地層進行定年，以期能瞭解湖口斷層沿線之活動年代。

關鍵詞：新竹斷層~~、~~湖口斷層~~、~~地下構造~~、~~活動斷層~~、~~地質調查~~、~~淺層震測~~、~~運動

學分析

ABSTRACT

A clear image of the subsurface structure of an active fault and its long-term behaviors are crucial for studying the seismic potential of an active fault and its corresponding hazard. In this study, we investigate the near surface structures and the long-term behaviors of the Hsinchu and Hukuo faults by integrating the data from geomorphic and geologic surveys, core borings, seismic reflection surveys, and kinematic analysis. We have also accomplished five 150m deep boreholes, four along the Hsinchu fault and one on the Hukuo fault, and four shallow seismic profiles, totally 3042m long along the Hsinchu fault in this study.

Hsinchu fault is one of the major faults in the Hsinchu fault area. In this study, we propose that the Hsinchu fault is a reverse fault reactivated from a pre-existing normal fault. Along its strike, different subsurface structures are recognized: at the eastern segment of the Hsinchu fault, the fault tip does not reach the ground surface, where only a synclinal fold scarp can be found; at the western segment of the Hsinchu fault, the fault does pierce the ground surface but does not extend further west to offshore area. The faults found in the offshore area are the faults reactivated from other pre-existing normal faults, which dip to north.

Hukuo fault striking ENE extends all the way from Hukou to Penchen. The fault is now classified as an active fault of the second category. The Hukuo fault, just like the Hsinchu fault, is a reverse fault that reactivated from a pre-existing normal fault~~..~~. Our study shows that the Hukuo fault is a blind fault with a distinct synclinal fold scarp above its fault tip. We also found an evident difference in subsurface structure along the strike of the fault. This finding suggests a necessity to subdivide the Hukuo fault into two segments for the sake of seismic hazard mitigation. The exact location of the fault division, however, still needs to be studied

The Hsinchu fault is currently classified as an active fault of the second category, based on our studies, we ~~therefore~~ suggest reclassify the Hsinchu fault as an active fault of the first category. In addition, we suggest dating the elder formations on the river terrace, to study the age of activation along the Hukuo fault.

KEYWORDS: The Hsinchu fault, the Hukuo fault, active fault, subsurface structure, geological survey, shallow seismic survey, kinematic analysis

格式化

格式化

格式化

格式化

目錄

摘要.....III
Abstract.....IV
目錄.....V
圖目錄.....VIII
表目錄.....XII
壹、前言.....1
貳、斷層帶地下構造調查研究方法概述.....3
一、地質鑽探.....3
二、淺層震測.....3
三、斷層運動學分析.....4
參、新竹斷層斷層帶地下構造調查研究.....7
一、區域地質.....7
二、地形特徵.....10
三、地質鑽探.....11
1、新竹一號井淺層鑽探與岩芯記錄.....12
2、新竹二號井淺層鑽探與岩芯記錄.....14
3、新竹三號井淺層鑽探與岩芯記錄.....15
4、新竹四號井淺層鑽探與岩芯記錄.....18
四、地表地質、岩芯與震測剖面關係.....21
1、新竹一號井岩芯與震測剖面關係.....21

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

2-1-1、新竹三號井與四號井的地下構造剖面.....19-27
3-1-1、斷層帶的範圍-1-1、斷層帶內各分支斷層的位置與性質及解析精度 ... 2-1-2 9
4-1-1、新竹斷層帶地表沉積物厚度，及各地層的厚度與界面.....21-29
5-1-1、跨新竹斷層含主斷層兩側2公里內的構造剖面.....21-29
五 -1-1、淺層震測 ... 2-8-3 8
1-1-1、新竹斷層香山測線一(測線編號:09P-HCUF-HS-1).....31-39
2-1-1、新竹斷層香山測線二(測線編號:09P-HCUF-HS-2).....37-45
3-1-1、新竹斷層測線三(測線編號:09P-HCUF-HS-3).....43-52
4-1-1、新竹斷層測線四(測線編號:09P-HCUF-HS-4).....49-57
六-1-1、新竹斷層的運動學分析.....55-63
1-1-1、前人研究.....55-63
2-1-1、近斷層構造特徵.....55-63
3-1-1、運動學模擬.....56-64
七 -1-1、節要 ... 6-0-7 4
肆-1-1、湖口斷層.....66-77
一-1-1、區域地質.....67-78
二-1-1、湖口斷層-極-及其鄰近區域既有相關資料的研究評估 ... 6-8-7 9
三-1-1、湖口一號井淺層鑽探與岩芯記錄 ... 7-8-4-5
四-1-1、湖口斷層帶地表沉積物厚度，及各地層的厚度與界面.....76-87
五-1-1、湖口斷層帶的範圍-1-1、斷層帶內各分支斷層的位置與性質及解析精度 ... 7-6-8 7
六-1-1、跨湖口斷層含主斷層兩側2公里內的構造剖面.....76-87
七-1-1、平鎮背斜-1-1、楊梅北線形與雙連坡線形.....77-92
八-1-1、坑子口背斜與海域構造.....77-94
九-1-1、湖口斷層的斷層幾何模型與運動學分析.....89-58

1、前人研究.....8958
2、近斷層構造特徵.....8958
3、運動學模擬.....8958
4、力學模型.....8969
十 、 節
要.....90110
伍、討論.....96112
陸、結論與建議.....100115
參 考 文
獻.....103117
附 錄 1 、 新 竹 一 號 井 岩 芯 紀
錄 1 06 20
附 錄 2 、 新 竹 二 號 井 岩 芯 紀
錄 1 08 22
附 錄 3 、 新 竹 三 號 井 岩 芯 紀
錄 1 10 24
附 錄 4 、 新 竹 四 號 井 岩 芯 紀
錄 1 12 26
附 錄 5 、 湖 口 一 號 井 井 岩 芯 紀
錄 1 14 28
附 錄 6 、 中 英 文 網 頁 首
頁 1 16 30
附 錄 7 、 教 育 推 廣 海 報 縮
頁 1 17 31
期中審查意見處理情形.....
1 1 8 3 2
期末審查意見處理情形.....
1 1 8 3 5

格式化: 分散對齊

圖目錄

圖2.2.1、本研究之淺層震測資料處理基本流程圖.....6
圖3.1.1、新竹斷層沿線地質、構造剖面、深部震測剖面、淺層震測剖面以及地質鑽探等位置圖..... 8
圖3.1.2、新竹地區地質，以及本研究相關之測線、剖面與地質井位位置圖..... 9
圖3.2.1、新竹斷層沿線階地分布與斷層圖.....10
圖3.3.1、新竹斷層沿線地質鑽探位置圖.....12
圖3.3.2、新竹一號井於30-40公尺處的砂層.....13
圖3.3.3、新竹一號井在38.8公尺處與層面傾斜方向相反的高角度斷層.....13
圖3.3.4、新竹一號井於112-120公尺的岩芯.....14
圖3.3.5、新竹二號井於76.2公尺為礫石最後出沒處.....15
圖3.3.6、新竹三號井淺處地層傾斜約30-50度.....16
圖3.3.7、新竹三號井於14.2公尺附近的斷層帶.....16
圖3.3.8、新竹三號井於38.1公尺處的斷層帶.....17
圖3.3.9、新竹三號井於61公尺為斷層帶.....17
圖3.3.10、新竹三號井70公尺以下進入下盤，地層平緩.....18
圖3.3.11、新竹四號井於15-95公尺以泥與細砂為主，地層傾角約20-40度.....19
圖3.3.12、新竹四號井於47-50公尺處擾動的痕跡.....19
圖3.3.13、新竹四號井於94公尺附近之擾動帶.....20
圖3.3.14、新竹四號井於96.7公尺附近的斷層帶.....20
圖3.3.15、新竹四號井中主斷層在97.45公尺處.....21
圖3.3.16、新竹四號井於100公尺以下為斷層下盤，地層平緩.....21
圖3.4.1、新竹一號井位置及附近淺層震測資料.....22
圖3.4.2、新竹一號井與倪銘倫(2004)的震測剖面的關係.....22
圖3.4.3A、新竹斷層東側深部震測剖面.....23
圖3.4.3B、新竹斷層東側深部震測剖面.....24
圖3.4.3C、新竹斷層東側深部震測剖面.....25
圖3.4.3D、新竹斷層東側深部震測剖面.....26
圖3.4.4、新竹三號井與四號井的剖面圖.....27
圖3.4.5、在新竹三號井與四號井西側約270公尺處的震測剖面.....28

圖3.4.6、新竹斷層深部震測剖面位置與編號……30
圖3.4.7、震測剖面D之構造型態……31
圖3.4.8、震測測線E剖面……32
圖3.4.9、測線F的構造解釋……33
圖3.4.10、剖面G構造分析圖……34
圖3.4.11、新竹海域剖面H位的構造分析圖……35
圖3.4.12、新竹斷層東側跨斷層兩側2公里內的構造剖面……36
圖3.4.13、新竹斷層西側跨斷層兩側2公里內的構造剖面……37
圖3.5.1、本計畫之4條淺層震測測線配置位置……38
圖3.5.2、測線09P-HCUF-HS-1於1/25,000地形圖中配置位置……40
圖3.5.3、測線09P-HCUF-HS-1往北向(a)及往南向(b)之地表現況……40
圖3.5.4、(a)測線09P-HCUF-HS-1沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)原始測點記錄經過濾後的結果……42
圖3.5.5、(a)測線09P-HCUF-HS-1之24重合同中點重合剖面……43
(b)測線09P-HCUF-HS-1之解釋剖面……44
圖3.5.6、測線09P-HCUF-HS-2往北向(a)及往南向(b)之地表現況……47
圖3.5.7、(a)測線09P-HCUF-HS-2沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)原始測點記錄經過濾後的結果……49
圖3.5.8、(a)測線09P-HCUF-HS-2之24重合同中點重合剖面……50
(b)測線09P-HCUF-HS-1之解釋剖面……51
圖3.5.9、測線09P-HCUF-HS-3於1/25,000地形圖中配置位置……53
圖3.5.10、測線09P-HCUF-HS-3往東北向(a)及往西南向(b)之地表現況……53
圖3.5.11、(a)測線09P-HCUF-HS-3沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)經過濾後的測點紀錄……55
圖3.5.12、(a)測線09P-HCUF-HS-3之同中點重合剖面……56
(b)為測線09P-HCUF-HS-3之剖面解釋……56
圖3.5.13、測線09P-HCUF-HS-1往北(a)及往南(b)之地表現況……58
圖3.5.14、(a)測線09P-HCUF-HS-4沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)即為經過濾後的測點紀錄……60
圖3.5.15、(a)為測線經資料處理後之24重合同中點重合剖面……61

(b)測線09P-HCUF-HS-4之重合剖面解釋.....62
圖3.6.1、新竹地區的地下構造（修改自Namson，1984）.....65
圖3.6.2、根據震測與鑽井資料，楊耿明等人（2002）推斷新竹斷層為高角度的逆斷層.....66
圖3.6.3、江婉綺（2005）砂箱模擬實驗.....67
圖3.6.4、測線A震測剖面.....68
圖3.6.5、測線D之震測剖面.....68
圖3.6.6、測線F之震測剖面.....69
圖3.6.7、新竹線形東側測線C之震測與解釋圖.....69
圖3.6.8、新竹線形東側測線C之trishear分析圖.....70
圖3.6.9、新竹線形西側測線F'之trishear分析圖.....71
圖3.6.10、新竹線形西側測線F'之震測與解釋圖.....72
圖4.1、湖口斷層附近地質圖（塗明寬，1984）.....77
圖4.1.1、湖口地區地形特徵.....78
圖4.2.1、Tang（1964)發表南莊層頂部的地下構造.....80
圖4.2.2、本研究中所引用的震測及構造剖面位置.....80
圖4.2.3、Lim (1971)所繪製的湖口背斜剖面.....81
圖4.2.4、Suppe（1979)利用斷層彎曲褶皺模型所繪製的地下構造剖面.....82
圖4.2.5、楊耿明等(2002)所繪製通過湖口背斜剖面.....83
圖4.2.6、林良安(1999)在湖口地區所建立的淺層震測剖面.....84
圖4.3.1、湖口斷層沿線淺層鑽探位置，本研究新鑽湖口一號井.....85
圖4.3.2、湖口一號井附近的地層.....86
圖4.3.3、湖口一號井於32-40公尺附近地層.....86
圖4.3.4、湖口一號井於44公尺以下地層近水平.....87
圖4.6.1、測線I的剖面震測剖面，(a)為震測剖面，(b)為解釋剖面.....89
圖4.6.2、湖口背斜形態清楚，湖口斷層主要應為向斜軸部變形.....90
圖4.6.3、跨湖口斷層兩側2公里內的構造剖面.....91
圖4.7.1、測線TY-DA及TY-DB之震測資料及解釋.....93
圖4.8.1、剖面K中顯示坑子口背斜形態.....95

格式化: 字型色彩: 黑色

圖4.8.2、震測剖面L中坑子口背斜為背衝褶皺.....96
圖4.8.3、震測剖面M.....97
圖4.8.4、湖口斷層附近的構造剖面.....97
圖4.9.1、湖口斷層的構造解釋。.....103
圖4.9.2、湖口線形東側I測線之震測與解釋圖.....105
圖4.9.3、湖口線形西側測線K之震測與解釋圖.....105
圖4.9.4、湖口線形東側測線I之構造運動學分析圖.....106
圖4.9.5、湖口線形西側測線K之構造運動學分析圖.....107
圖4.9.6、掩埋的高角度斷層（弱面）受到水平擠壓後的應變圖.....108
圖4.9.7、斷層與壓縮邊界距離15公里的高角度斷層擠壓後應變圖.....109

格式化: 字型色彩: 黑色

表目錄

表 3.5.1、測線 09P-HCUF-HS-1 之震測施測參數表.....41
表3.5.2、測線09P-HCUF-HS-2之震測施測參數表.....48
表 3.5.3、測線 09P-HCUF-HS-3 之震測施測參數表.....54
表 3.5.4、測線 09P-HCUF-HS-1 之震測施測參數表.....59
表3.6.1、新竹斷層trishear模擬參數.....73
表4.9.1、湖口斷層trishear模擬參數.....101
表4.9.2、材料力學參數.....102

圖目錄

圖2.2.1、本研究淺層震測資料處理之基本流程圖……30
圖3.1.1、新竹地區地質，以及本研究相關之測線、剖面與地質井位位置圖……4
圖3.2.1、新竹斷層沿線階地分布與斷層圖……5
圖3.3.1、新竹斷層沿線地質鑽探位置圖……6
圖3.3.2、新竹一號井於30-40公尺處的砂層……7
圖3.3.3、新竹一號井在38.8公尺處與層面傾斜方向相反的高角度斷層……7
圖3.3.4、新竹一號井於112-120公尺的岩芯……8
圖3.3.5、新竹二號井於76.2公尺為礫石最後出沒的位置……9
圖3.3.6、新竹三號井淺處地層傾斜約30-50度……10
圖3.3.7、新竹三號井於14.2公尺附近的斷層帶……10
圖3.3.8、新竹三號井於38.1公尺處的斷層帶……11
圖3.3.9、新竹三號井於61公尺為斷層帶……11
圖3.3.10、新竹三號井70公尺以下已進入下盤，地層平緩……12
圖3.3.11、新竹四號井於15-95公尺以泥與細砂為主，地層傾角約20-40度……13
圖3.3.12、新竹四號井於47-50公尺處擾動的痕跡……13
圖3.3.13、新竹四號井於94公尺附近之擾動帶……14
圖3.3.14、新竹四號井於96.7公尺附近的斷層帶……14
圖3.3.15、新竹四號井中主斷層在97.45公尺處……15
圖3.3.16、新竹四號井於100公尺以下為斷層下盤，地層平緩……15
圖3.4.1、新竹一號井位置及附近淺層震測資料……16
圖3.4.2、新竹一號井與倪銘倫(2004)的震測剖面的關係……16
圖3.4.3、新竹斷層東側深部震測剖面……18
圖3.4.4、新竹三號井與四號井的剖面圖……19
圖3.4.5、在新竹三號井與四號井西側約270公尺處的震測剖面……20
圖3.4.6、新竹斷層深部震測剖面位置與編號……22
圖3.4.7、震測剖面D之構造型態……23
圖3.4.8、震測測線E剖面……24
圖3.4.9、測線F構造解釋剖面……25
圖3.4.10、剖面G構造分析圖……26

圖3.4.11、新竹海域剖面H位的構造分析圖……27
圖3.5.1、本計畫之4條淺層震測測線配置位置……29
圖3.5.2、測線09P-HCUF-HS-1於1/25,000地形圖中配置位置……32
圖3.5.3、測線09P-HCUF-HS-1往北向(a)及往南向(b)之地表現況……32
圖3.5.4、(a)測線09P-HCUF-HS-1沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)原始測點記錄經過濾後的結果……34
圖3.5.5、(a)測線09P-HCUF-HS-1之24重合同中點重合剖面……35
(b)測線09P-HCUF-HS-1之解釋剖面……36
圖3.5.6、測線09P-HCUF-HS-2往北向(a)及往南向(b)之地表現況……38
圖3.5.7、(a)測線09P-HCUF-HS-2沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)原始測點記錄經過濾後的結果……40
圖3.5.8、(a)測線09P-HCUF-HS-2之24重合同中點重合剖面……41
(b)測線09P-HCUF-HS-1之解釋剖面……42
圖3.5.9、測線09P-HCUF-HS-3於1/25,000地形圖中配置位置……44
圖3.5.10、測線09P-HCUF-HS-3往東北向(a)及往西南向(b)之地表現況……44
圖3.5.11、(a)測線09P-HCUF-HS-3沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)經過濾後的測點紀錄……46
圖3.5.12、(a)測線09P-HCUF-HS-3之同中點重合剖面……47
(b)為測線09P-HCUF-HS-3之剖面解釋……48
圖3.5.13、測線09P-HCUF-HS-1往北(a)及往南(b)之地表現況……50
圖3.5.14、(a)測線09P-HCUF-HS-4沿線之3個代表性測點紀錄圖。(b)即為經過濾後的測點紀錄……52
圖3.5.15、(a)為測線經資料處理後之24重合同中點重合剖面……53
(b)為測線09P-HCUF-HS-4之重合剖面解釋……54
圖3.6.1、新竹地區的地下構造（修改自Namson，1984）……57
圖3.6.2、根據震測與鑽井資料，楊耿明等人（2002）推斷新竹斷層為高角度的逆斷層……58
圖3.6.3、江婉綺（2005）根據砂箱模擬實驗……59
圖3.6.4、測線A震測剖面……59

圖3.6.5、測線D之震測剖面……60
圖3.6.6、測線F之震測剖面……61
圖3.6.7、新竹線形東側測線C之震測與解釋圖……61
圖3.6.8、新竹線形東側測線C之trishear分析圖……62
圖3.6.9、新竹線形西側測線F之trishear分析圖……63
圖3.6.10、新竹線形西側測線F'之震測與解釋圖……64
圖4.1、湖口斷層周遭地質圖 (塗明寬，1984)……66
圖4.1.1、湖口地區地形特徵……67
圖4.2.1、Tang (1964)發表南莊層頂部的地下構造……69
圖4.2.2、本研究中所引用的震測及構造剖面位置……69
圖4.2.3、Lim (1971)所繪製的湖口背斜剖面……70
圖4.2.4、Suppe (1979)利用斷層彎曲褶皺模型所繪製的地下構造剖面……71
圖4.2.5、楊耿明等(2002)所繪製通過湖口背斜剖面……72
圖4.2.6、林良安(1999)在湖口地區所建立的淺層震測剖面……73
圖4.3.1、湖口斷層沿線淺層鑽探位置，本研究新鑽湖口一號井……74
圖4.3.2、湖口一號井附近的地層，地層向南傾斜約15度……75
圖4.3.3、湖口一號井於32-40公尺附近地層……75
圖4.3.4、湖口一號井於44公尺以下地層近水平……76
圖4.6.1、測線I的剖面震測剖面，(a)為震測剖面，(b)為解釋剖面……79
圖4.6.2、湖口背斜形態清楚，湖口斷層主要應為向斜軸部變形……80
圖4.7.1、測線TY-DA及TY-DB之震測資料及解釋……81
圖4.8.1、坑子口背斜形態……82
圖4.8.2、震測剖面中坑子口背斜為背衝褶皺……83
圖4.8.3、震測剖面M……84
圖4.8.4、湖口斷層附近的構造剖面……84
圖4.9.1、湖口斷層的構造解釋。……89
圖4.9.2、湖口線形東側I測線之震測與解釋圖……91
圖4.9.3、湖口線形西側測線K之震測與解釋圖……91
圖4.9.4、湖口線形東側測線I之trishear構造分析圖……92
圖4.9.5、湖口線形西側測線K之trishear構造分析圖……93

圖4.9.6、掩埋的高角度斷層（弱面）受到水平擠壓後的應變圖.....94
圖4.9.7、斷層與壓縮邊界距離15公里的高角度斷層擠壓後應變圖.....95

表目錄

表 3.5.1、測線 09P-HCUF-HS-1 之震測施測參數表.....33
表3.5.2、測線09P-HCUF-HS-2之震測施測參數表.....39
表 3.5.3、測線 09P-HCUF-HS-3 之震測施測參數表.....45
表 3.5.4、測線 09P-HCUF-HS-1 之震測施測參數表.....51
表3.6.1、新竹斷層trishear模擬參數.....65
表4.9.1、湖口斷層trishear模擬參數.....87
表4.9.2、材料力學參數.....88

格式化: 字型: Times New Roman

壹、前言

斷層活動對於鄰近斷層附近的地表建物影響很大，隨著經濟發展而人口日增，為了確保人民生命財產安全，活動斷層調查日趨重要。由車籠埔斷層活動的案例來看，人命的傷亡和建物的損毀並非只有發生在斷層線上，整個斷層帶皆是可能發生災害的範圍。經濟部中央地質調查所自民國86年起即進行活動斷層之相關研究，至今對於活動斷層的研究已累積許多資料與經驗，亦出版了五十萬分之一活動斷層分布圖說明書第一版（張徽正等，1998）、第二版（林啟文等，2000a）、台灣北部的活動斷層（林啟文等，2007）與台灣西南部的活動斷層（林啟文等，2007）之二萬五千分之一活動斷層調帶說明書、與相關的研究成果，對於各活動斷層已有基礎的瞭解與認識。斷層位置雖然可以對地震防災提供重要的資訊，但於地震減災以及國土規劃利用上，仍需相關之地震地質研究與地變動潛勢分析來配合，斷層帶地下構造調查研究即為非常重要的一項研究主題。為此，經濟部中央地質調查所提出了四年期程（96-99年）的「地震地質與地變動潛勢分析-斷層帶地下構造調查研究」計畫，希望能朝地震防災減災與國土規劃利用方向上再往前邁進一步。

在這4年期程(96年-99年)的研究中，將針對以下四組活動斷層的斷層帶地下構造進行調查研究，每年調查一組斷層，測繪斷層帶的地下構造幾何型態，以及瞭解斷層的活動特性。各組（年期）目標斷層的規劃如下：

第 1 組：大甲斷層、清水斷層(或彰化斷層)；

第 2 組：木屐寮斷層、六甲斷層、小崗山斷層；

第 3 組：湖口斷層、新竹斷層；

第 4 組：旗山斷層、鳳山斷層。

分年分組預定完成的主要內容為：

1、 各標的斷層之斷層帶的範圍、斷層帶內各分支斷層的位置與性質；

2、 各標的斷層帶地表沉積物的厚度，以及各地層的厚度與界面；

3、 繪製跨斷層上下盤的地質剖面或構造剖面；以及

4、 建立斷層幾何模型與進行運動學分析。

本計畫為全程計畫之第三年計畫，目標斷層為新竹斷層與湖口斷層。除了從既有的相關研究成果著手外，並將以區域性的地下構造資料為基礎，進行斷層帶野外地質調查，及利用淺層震測來瞭解斷層帶於近地表處的構造形貌，並以地質鑽探來瞭解斷層帶地表沈積物的厚度與連結地質與地球物理的相關資料。之後，整合以上述資料，進行繪製跨越斷層的地質或構造剖面，並建立斷層幾何模型以進行運動學分析。

本研究屬於基礎科學研究，研究成果除了可以提供斷層的通過位置、斷層的延展、斷層帶的地下構造與特性外，並將提供斷層的地下構造模型與進行運動學分析。這些地震地質研究資料，可以作為地變動潛勢評估的重要依據，以及其他相關研究計畫之重要參考，並為地震防災減災與國土規劃利用所使用。此外，並可提供研究人員以及學生寶貴的研究訓練機會，並與合作單位進行研究互訪與交流，配合國際學術合作促進國際交流。

本計畫依合約完成的工作項目及具體成果如下：

1. 新竹斷層與湖口斷層既有相關資料的研究評估。
2. 新竹斷層與湖口斷層帶的範圍、斷層帶內各分支斷層的位置與性質，及其解析精度。
3. 完成 4 孔 150 公尺深之地質鑽探（新竹斷層 3 孔，湖口斷層 1 孔）。
4. 記錄與分析於新竹斷層（4 孔）與湖口斷層（1 孔）所進行的地質鑽探岩芯樣本，包含地表至地下 150 公尺以上岩層的岩性柱狀圖。
5. 淺層震測線總長 3,042 公尺（合約要求 2,400 公尺以上）。
6. 新竹斷層與湖口斷層帶地表沉積物厚度，及各地層的厚度與界面。
7. 繪製跨新竹斷層與湖口斷層含主斷層兩側 2 公里內的構造剖面。
8. 建立新竹斷層與湖口斷層的斷層幾何模型與運動學分析。
9. 成果報告 30 份，成果光碟 10 份，並製作中英文網頁及教育推廣海報。

貳、斷層帶地下構造調查研究方法概述

一、地質鑽探

淺層地質鑽探除了可以獲得進地表沉積物的厚度外，還可了解淺部斷層面傾角，與斷層上下盤兩側的地層對比。湖口斷層與新竹斷層鄰近斷層區域都被礫石層覆蓋，淺層鑽探是研究斷層活動性最可行的方法之一。本計畫的地質鑽井將全程取樣，建立鑽探岩芯的地層柱狀圖，紀錄內容包括岩性、沉積構造、構造、與岩層位態。紀錄岩芯資料後，若鑽遇岩盤再判讀岩芯的地層層位，並解釋沉積環境。兩孔以上的鑽井並作地層對比，解讀斷層的活動性。

本計畫執行期間共進行5孔井深150公尺之地質探井，其中4孔位於新竹斷層，1孔位於湖口斷層。

二、淺層震測

震測法能夠解析詳細的地下構造形貌，其應用在地下資源探勘上已極具成效。早期之工程和學術界主要用折射震測法來探測淺層地下構造。由於近年來微電腦處理技術、高頻受波器以及高採樣率震測儀的快速發展，目前工程界和學術單位已常以同中點反射技術來探測幾公尺至幾百公尺深的高解析度淺層地下構造，並以折射資料作為靜態修正的資料。本計畫主要利用 P 波反射，反射震測能夠探測的深度除了與震源能量有關外，亦與測線的展距有關，探測深度通常為測線展距的 1 至 2 倍。以本團隊使用 120 波道震測系統，受波器間距 5 公尺~~以上~~，~~可~~以兼顧淺部資料以及加深目標深度，並能於傾角較大的岩層獲得較良好的資料。受波器將採用 40Hz 垂直受波器陣列，3 個為一組並聯，以提高信噪比。

本研究之震測作業方法以同中點炸測方式進行，計畫中所進行之同中點重合處理流程如圖 2.2.1 所示。資料處理時先定義於野外施測時所使用的施測幾何，然後刪除原始炸點資料內之不良波線，之後再以頻率濾波濾除低頻地滾波及其他高頻雜訊以提高信噪比，濾波之頻率範圍則由頻譜分析決定。頻率濾波後再以速度濾波過濾低速度之地滾波，經濾波後的資料接著依野外作業幾何，續行各種不同聚合之搜尋，將不同的炸點資料中凡是對應於同一反射點的各波線都收集並組

格式化

格式化

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

合成同中點聚合剖面。由原始測點資料的震波走時異常估計，近地表處的風化層效應造成震波訊號到達地面時間不一致，各測線再進行靜態修正，去除高程變化與風化層或造成的走時異常。

經過靜態修正後之同中點聚合資料，再經速度分析找出各時段之最佳的重合速度，並利用該速度，經垂直隔距時差修正將同中點聚合內之各波線修正至支距為零再互相重合成為同中點重合剖面。

本研究於資料處理過程中採用了三種速度分析工具以獲得準確的速度，分別為等速度聚合分析一、等速度重合分析一、以及速度頻譜分析等。速度分析完成後便可得到重合速度模型，依此速度模型進行垂直隔距時差修正並做同中點資料重合。重合速度經過轉換至區間速度後，作為將時間剖面轉換至深度之參考。

受到地形與交通的影響，測線可能無法獲得單純的直線剖面，本計畫已將所有剖面利用工業級專業的資料處理軟體Claritas進行蜿蜒測線處理以及具浮點基準面的修正，以適合本研究的需要。P波反射震測之靜態修正常為剖面優劣之關鍵，本計畫於執行時一併利用折射資料以走時逆推的方式來分析，並用以作為靜態修正之用。

淺層震測施測步驟含：

1. 測線測量：繪製測線之地形剖面並打樁標示，測線以衛星定位定點，作為資料庫建立之基準，並於資料交換或公開時提供一定的標準；
2. 震測作業：反射作業與折射作業一併實施；
3. 震測資料處理：以同中點重合方式處理震測資料；
4. 震測剖面分析：解釋地下構造，研判斷層之位置與延伸。

本計畫中實施之淺層震測測線共有4條，總長度3042公尺，其中2條位於新竹斷層西段，延海邊實施，震測測線長度分別為1010公尺及972公尺；另外於新竹斷層東段，於新竹高鐵站西編亦實施2條淺層震測測線，長度分別為360公尺及700公尺。

格式化

三、斷層運動學分析

格式化

斷層型態與地層褶皺的關係一旦明確界定後，斷層長期的運動行為就可以透

格式化: 字型: Times New Roman

過斷層運動學分析來判定，幫助了解斷層與褶皺的演化過程，及評估未來地震發生的風險。常見的斷層與褶皺的關係包含斷層彎曲褶皺（fault-bend folding）、斷層擴展褶皺（fault-propagation folding）與基底滑脫褶皺（detachment folding）等。此外，在斷層端點前緣也可能產生三角剪切變形（trishear），造成地層層厚與傾角的改變。最近的研究顯示，在褶皺的後翼也可能因斷層滑動所造成的剪切作用而改變地層形貌，由於不同研究地區會因地質材料特性與受力狀態的不同而產生不同形式的褶皺。因此，本計畫在研究進行中，將依實際的觀測資料，利用正演模擬，求出每一地區最可能的褶皺機制。結合深部震測剖面、淺層震測、鑽井資料以及地表地質，繪製地下構造剖面分析可能區域性構造形成機制。

格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman

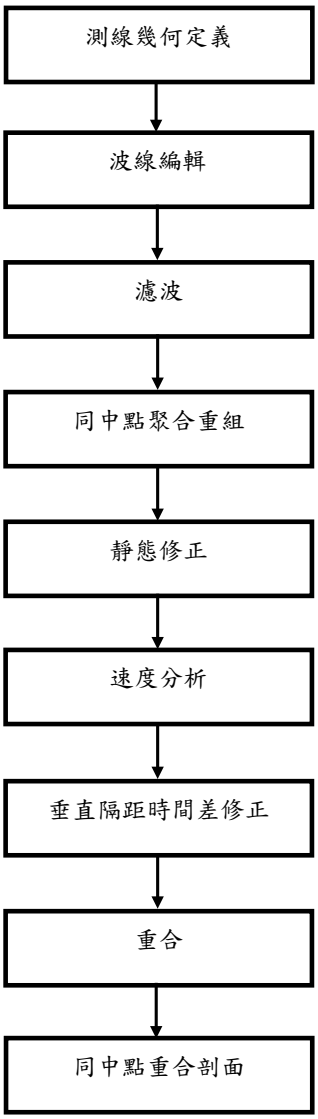


圖2.2.1、本研究之淺層震測資料處理基本流程圖。

格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 縮排: 第一行: 0 字元

參~~一~~、新竹斷層斷層帶地下構造調查研究

一~~一~~、區域地質

新竹地區位於西部麓山帶地質區(何春蓀，1986)。出露的地層包括以砂岩、粉砂岩及砂頁岩互層為主的頭嵙山層、由紅土、礫石、砂及粉砂所組成的紅土台地堆積層、主要以礫石、砂及粉砂所組成的階地堆積層及由礫石、泥、砂所組成（圖3.1.1）。圖3.1.1中並標示本計畫執行時所使用之構造剖面、深部震測剖面、淺層震測剖面以及地質鑽探等位置。~~新竹地區位於西部麓山帶地質區(何春蓀，1986)。出露的地層包括以砂岩、粉砂岩及砂頁岩互層為主的頭嵙山層、由紅土、礫石、砂及粉砂所組成的紅土台地堆積層、主要以礫石、砂及粉砂所組成的階地堆積層及由礫石、泥、砂所組成（圖3.1.1）。圖3.1.1中並標示本計畫執行時所使用之構造剖面、深部震測剖面、淺層震測剖面以及地質鑽探等位置。~~

由深部震測及鑽井資料顯示新竹斷層切過青草湖背斜北翼的逆斷層，斷層傾角50度向南，北側為下盤，其可能向東延伸至飛鳳山丘陵(Chiu，1970)。圖3.1.2為本研究區域之兩條相關的構造剖面，其中，圖3.1.2(a)為這兩條測線的位置，圖3.1.2(b)為Tang and Hsu（1970）利用震測與鑽井資料建立新竹斷層附近剖面，圖中顯示新竹斷層為高角度斷層。楊耿明等(Yang et al.，1994)則認為新竹斷層為一高角度的斷層，由兩條分支斷層所組成，於地下合併為一條層間滑移斷層，並且認為新竹斷層會穿出地表。黃旭燦等等(2004)利用中油公司的震測剖面鍵立了跨新竹斷層的地質構造剖面，圖3.1.2(c)剖面為其中之一條震測剖面，其中新竹斷層則呈現高角度構造反轉特徵：亦即深部為高角度的正斷層，而淺部為角度較緩的逆斷層。Namson(1984)所架構的剖面中則沒有新竹斷層，他認為青草湖背斜是斷層彎曲褶皺(fault-bend fold)，及逆斷層在青草湖下方角度變緩，使上覆的岩層因斷層作用而彎曲形成的背斜~~由深部震測及鑽井資料顯示新竹斷層切過青草湖背斜北翼的逆斷層，斷層傾角50度向南，北側為下盤，其可能向東延伸至飛鳳山丘陵(Chiu，1970)。，圖3.1.1(b)為Tang and Hsu（1970）利用震測與鑽井資料建立新竹斷層附近剖面，圖中顯示新竹斷層為高角度斷層。震，楊耿明等(Yang et al.，1994)則認為新竹斷層為一高角度的斷層，由兩條分支斷層所組成，於地下合併為一條層間滑移斷層，並且認為新竹斷層會穿出地表。黃旭燦等等(2004)利用中~~

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

油公司的震測剖面鍵立了跨新竹斷層的地質構造剖面，。圖3.1.1(c)剖面為其中之一條震測剖面，其中新竹斷層則呈現高角度構造反轉的特徵：亦即深部為高角度的正斷層，而淺部為角度較緩的逆斷層。Namson(1984)所架構的剖面中則沒有新竹斷層，他認為青草湖背斜是斷層彎曲褶皺(fault bend fold)，及逆斷層在青草湖下方角度變緩，使上覆的岩層因斷層作用而彎曲形成的背斜。

三、地形特徵

新竹斷層沿線地形的活動特徵過去已有許多研究，如楊貴三（1986）辨認出頭前溪、客雅溪及三姓公溪的階地上有斷層小崖，斷層東側的十八尖山似因推起而成的壓力脊（pressure ridge），定其確實度為I級。楊貴三與蔡宜真(2004)認為在三姓公溪口斷層切過FT1及FT2。Chen et al. (2004)亦利用40DTM分析新竹地區活動構造特徵。沈淑敏等(2005)認為在客雅溪處斷層切過溪口沖積扇。此外，新竹斷層沿線階地分布以及與由40DTM所判識的斷層顯示(Chen et al.，2004)，。由圖3.2.1中可見新竹斷層切過不同時期的階面（圖3.2.1），因此斷層亦有位移累積之特性。，雖目前尚未有定年的資料，但考量新竹斷層切過三姓公溪口時斷層切過FT1及FT2，及克雅溪切過溪口沖積扇以及鑽探顯示斷層出露地表等特性，本研究建議將新竹斷層改為第一類活動斷層。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

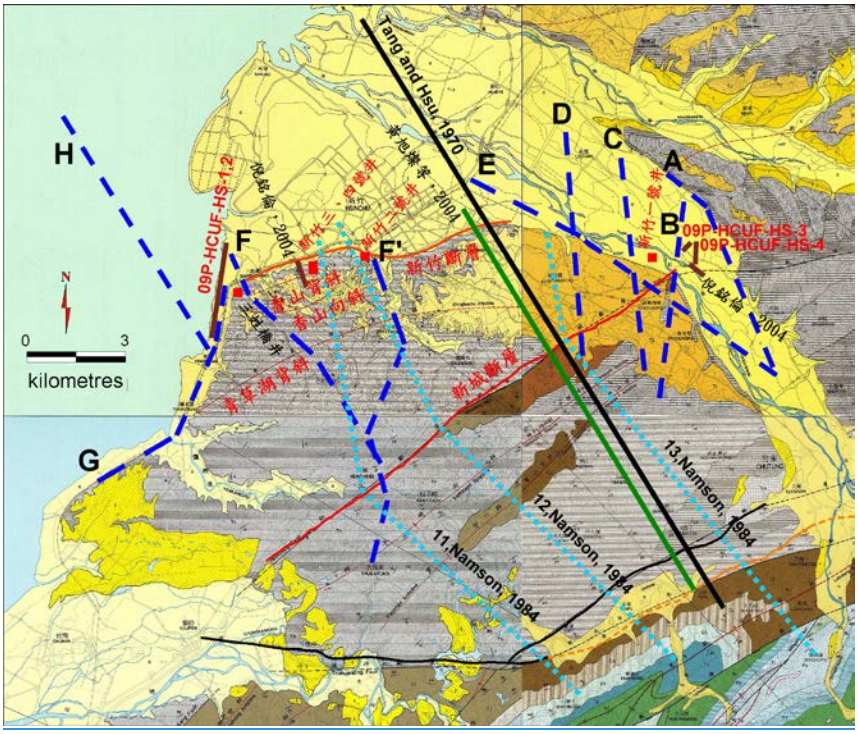


圖3.1.1、新竹斷層沿線地質以及本計畫所使用之構造剖面、深部震測剖面、淺層震測剖面以及地質鑽探等位置圖。

格式化: 縮排: 第一行: 0 字元

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 3.75 字元, 第一行: -3.75 字元, 間距 套用前: 0 點, 行距: 單行間距

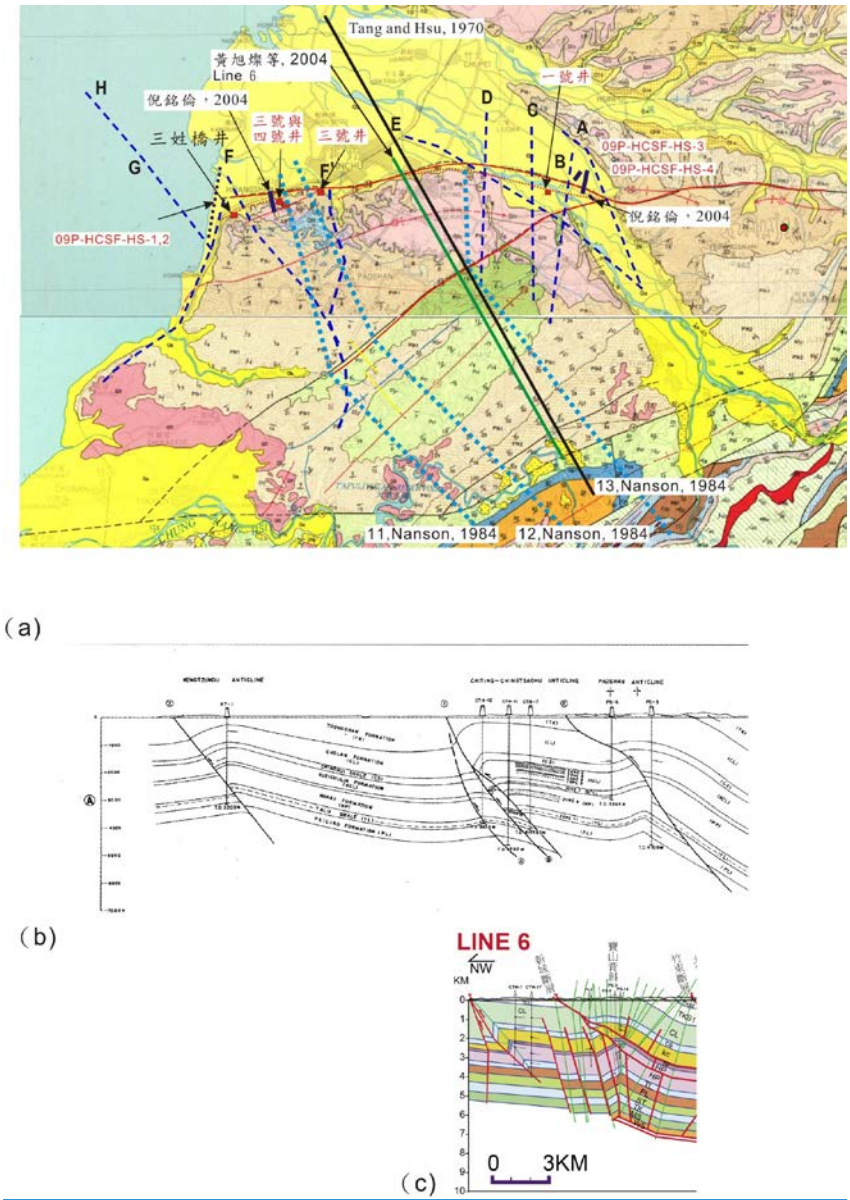


圖3.1.2、(a)新竹地區地質(中油十萬分之一桃園-新竹圖幅，1978；苗栗圖幅，1994)，(b)及本研究相關之測線、剖面與地質井位位置圖。

格式化: 縮排: 第一行: 0 字元

(b) 新竹斷層附近剖面(Tang and Hsu, 1970)，新竹斷層為高角度斷層。(c) 新竹斷層地質構造剖面（黃旭燦等，2004)，新竹斷層呈高角度構造反轉特徵

~~圖3.1.1、(a)新竹地區地質(中油十萬分之一桃園-新竹圖幅，1978；苗栗圖幅，1994)，以及本研究相關之測線、剖面與地質井位位置圖。~~

~~(b) 新竹斷層附近剖面(Tang and Hsu, 1970)，新竹斷層為高角度斷層。~~

~~(c) 新竹斷層地質構造剖面（黃旭燦等，2004)，新竹斷層呈高角度構造反轉特徵~~。

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

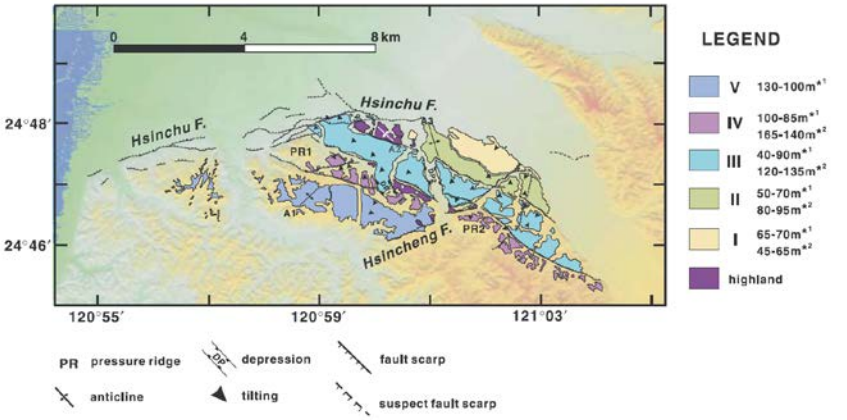
格式化

格式化

格式化: 縮排: 第一行: 2.25 字元

二、地形特徵

新竹斷層沿線地形的活動特徵過去已有許多研究，如楊貴三（1986）辨認出頭前溪、客雅溪及三姓公溪的階地上有斷層小崖，斷層東側的十八尖山似因推起而成的壓力脊（pressure ridge)，定其確實度為I級。楊貴三與蔡怡真(2004)認為在三姓公溪口斷層切過FT1及FT2。Chen et al. (2004)亦利用40DTM分析新竹地區活動構造特徵。沈淑敏等(2005)認為在客雅溪處斷層切過溪口沖積扇。此外，新竹斷層沿線階地分布以及由40DTM所判識的斷層顯示(Chen et al.，2004)，新竹斷層切過不同時期的階面（圖3.2.1)，斷層亦有位移累積之特性。雖目前尚未有定年的資料，但考量新竹斷層切過三姓公溪口時斷層切過FT1及FT2，克雅溪切過溪口沖積扇以及鑽探顯示斷層出露地表等特性，本研究建議將新竹斷層改為第一類活動斷層。



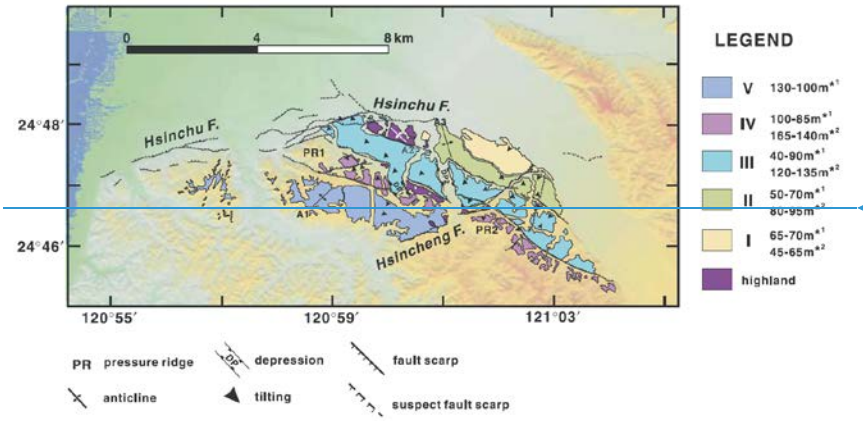


圖3.2.1、新竹斷層沿線階地分布以及由40DTM所判識的斷層(Chen et al.，2004)。圖中可見新竹斷層切過不同時期階面~~圖3.2.1、新竹斷層沿線階地分布以及與由40DTM所判識的斷層(Chen et al.，2004)。由圖中可見新竹斷層切過不同時期階面~~。

格式化: 縮排: 第一行: 0 字元

格式化

格式化

三~~一~~、地質鑽探

本研究於進行時共於新竹斷層沿線完成新竹一至三號井鑽探，再~~亦~~配合地調所經費，在三號井南側完成新竹四號井。新竹一至四號井的~~其~~鑽探位置如圖3.1.1及圖3.3.1所示。新竹一號井位於新竹斷層東段之頭前溪南岸，此井目的為確定新竹斷近地表地質特性。~~一~~由於新竹一號井附近~~此處~~並無地形特徵，~~決定~~井位決定不易，且預算井深僅有150公尺，~~亦~~增加了選擇井位的難度。由於本研究認為在公道五路接水利路附近的崖面應為原始崖面，因此，利用岩層走向位態，便以此崖面向東~~西~~延伸至頭前溪處來決定鑽探位置。新竹一號井~~一~~鑽探結果顯示，~~新竹一號井~~在約100公尺以上的地層傾角約呈20-30度傾斜，但於100-150公尺之間的地層則傾斜僅約5度，井錄時可發現許多小斷層存在，但大多以層面滑動為主斷層，層面位態轉折處則未見斷層。新竹一號井~~一~~100公尺以上的地層位態與井位以南地表的地層位態近似，由於於~~且~~地表調查時未在井位以南發現斷層出露，因此本研究認為新竹一號井鑽探處僅通過新竹斷層變形前緣附近，亦即~~但~~新竹斷層尖端並未在此出露地表，而僅在地表發育出向斜構造。

於新竹斷層西段，本研究亦重新檢視地調所過去所鑽探的赤土崎公園井岩芯（~~地調所~~林啟文，2007）。~~一~~根據原先之井錄，該井在深度37-52.3公尺處為剪切的泥質岩層，但由於岩芯狀態較差，本研究僅在赤土崎公園井岩芯48.4公尺處發現平行於層面之剪切帶，~~因此我們~~仍然難以確定有斷層帶的存在。為此，本研究亦於該井西側進行了新竹二號井鑽探，預期能鑽穿斷層。

新竹二號井位於新竹斷層西~~側~~段崖面上，此處崖高約5公尺，距地形崖約40公尺，原預期新竹二號井應~~應~~可以鑽穿~~到~~斷層，但鑽探結果顯示井中地層傾斜角度僅約5度，加上13-56公尺處皆為礫石層，因此亦不易判識斷層是否存在。新竹二號井於鑽探時~~但~~已採集許多的含碳標本，希望未來的定年結果能提供更多的訊息。

新竹三號與四號井位於新竹斷層西段，新竹二號井西方。新竹三號與四號井的鑽探結果與新竹一號及二號井截然不同，新竹三號與四號井皆鑽遇斷層，並且

可以結合鑽探位置一、斷層深度及地表崖跡，顯示斷層傾角約30度，且斷層已切穿地表。新竹一號至四號井之詳細岩芯紀錄說明如下：

格式化

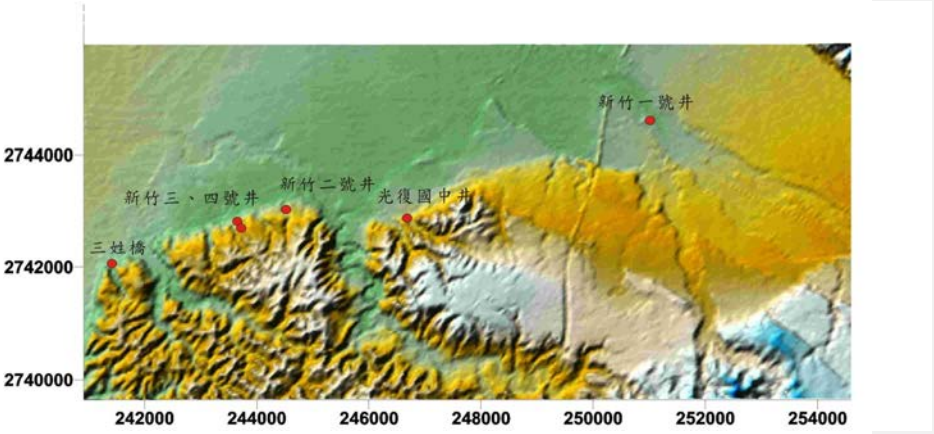


圖3.3.1一、新竹斷層沿線地質鑽探位置。

1一、新竹一號井淺層鑽探與岩芯記錄

格式化: 縮排: 第一行: 0 公分

格式化

新竹一號井在0-35公尺處以礫石為主間夾薄層砂層，由砂層中可量得地層約傾斜30度。在35-50公尺處則為泥至細砂層為主，地層傾角約20-30度（圖3.3.2），並且其中發育出許多層面滑動斷層，以及~~另有~~部份~~斷層為~~與層面傾斜方向相反的高角度斷層（圖3.3.3）。在50-76公尺處亦以礫石層為主，而76公尺以下至150公尺之間則大致以砂至泥質岩層為主，間夾礫石層。在100公尺以下，地層之傾角僅約0-5度（圖3.3.4）。新竹一號井並未鑽遇斷層，詳細井錄見附錄1。

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化



圖3.3.2、新竹一號井30-40公尺處的砂層，地層傾斜約20-30度。

格式化

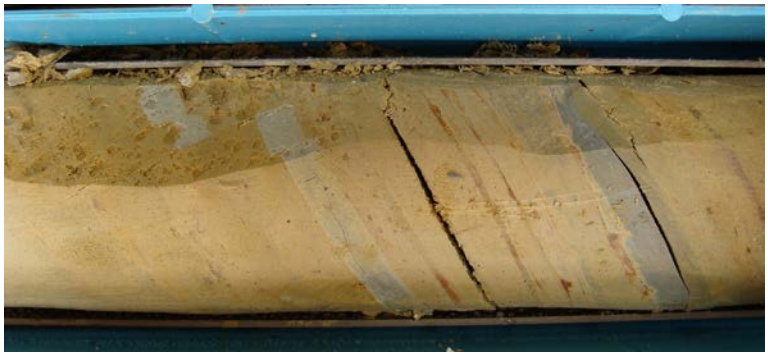


圖3.3.3、新竹一號井在38.8公尺處與層面傾斜方向相反的高角度斷層。

格式化



圖3.3.4、新竹一號井112-120公尺的岩芯，此處地層平緩，已通過向斜軸部。

2、新竹二號井淺層鑽探與岩芯記錄

新竹二號井鑽於新竹斷層西段，詳細井錄見附錄2。新竹二號井於0-14.3為古土壤層夾礫石層，其中在4-6公尺及9-11公尺處分別有古土壤層。在14.3-76.2公尺處則以礫石為主，間夾薄層砂層，砂層的傾角約5度，並且此處的岩芯多為取樣不完全的礫石層。在70-150公尺之區段則以砂至泥質岩層為主，泥層大多水平，砂層有時傾角可達15度 (圖3.3.5)，這些現象此可能為交錯層理，在局部地區發育出與層面平行的破裂面。在76.2公尺處則為礫石最後出沒的位置，海相沉積物也從此處開始出現(圖3.3.5)。在97.5-97.9公尺處的細砂層中夾有許多與層面傾角方向相反的小剪切帶，其傾角約20-30度。新竹二號井目前無法判定是否鑽遇斷層，然在33.3公尺附近，有許多含碳質有機物可供定年分析。將來根據這些該定年的結果，也許可以區分此岩芯是否通過斷層或者仍在其上盤。

格式化
格式化: 縮排: 第一行: 0 公分
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化



圖3.3.5、新竹二號井於76.2公尺為礫石最後出沒處，海相沉積物開始出現。

3、新竹三號井淺層鑽探與岩芯記錄

新竹三號井位鑽於新竹斷層西段，詳細井錄見附錄3。新竹三號井在0-13公尺處以礫石為主，相當於店子湖層。在13-60公尺處則以泥與細砂為主，地層傾角約30-50度(圖3.3.6)。在14.2公尺處與37.9-38.1公尺處分別出現剪切帶(圖3.3.7、圖3.3.8)。在13-20公尺處與28-40公尺處一則發育許多層面滑動斷層，角度約50-60度，且少數斷層為與層面傾角相反的高角度斷層(圖3.3.9)。在61公尺處發育了斷層帶，此斷層帶之下有約1公尺厚的礫石層，可能為斷層逆衝至此礫石層之上。新竹三號井於70公尺處為主要斷層帶，70公尺以下至150公尺之間大致以砂至泥質岩層為主，間夾礫石層，地層傾角約0-5度(圖3.3.10)。

格式化
格式化
格式化
格式化: 縮排: 第一行: 0 公分
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化



圖3.3.6、新竹三號井淺處地層傾斜約30-50度。



圖3.3.7、新竹三號井於14.2公尺附近的斷層帶。

格式化



圖3.3.8、新竹三號井於38.1公尺處的斷層帶。

格式化

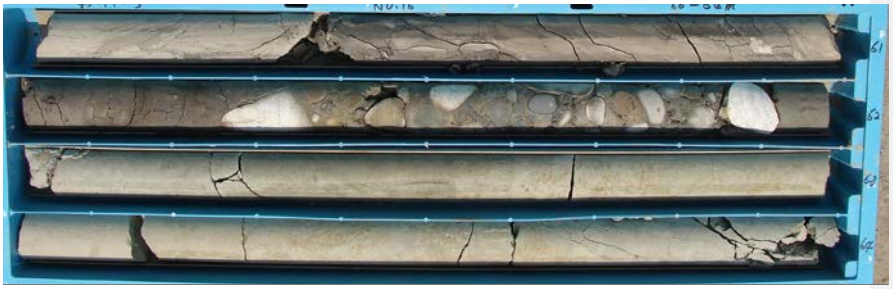


圖3.3.9、新竹三號井61公尺為斷層帶，62公尺為礫石層。



圖3.3.10、新竹三號井於70公尺以下進入下盤，地層平緩。

4、新竹四號井淺層鑽探與岩芯記錄

新竹四號井為在三號井南側約50公尺附近，詳細井錄見附錄4。新竹四號井的目的在於確定三號井所鑽遇之斷層的特性，並分析斷層之傾角。經由這兩口井~~此井~~可知此段的新竹斷層已切出地表，斷層傾角約30度。

新竹四號井在0-15公尺處以礫石為主，相當於店子湖層。在15-95公尺處則以泥與細砂為主，地層傾角約20-40度(圖3.3.11)，並且在~~一~~此範圍內有三處擾動的痕跡，分別位於47-50公尺處(圖3.3.12)、77.5-86公尺以及91.8-95.4公尺處(圖3.3.13、圖3.3.14、與圖3.3.15)。此區段並發育許多層面滑動斷層，部分斷層呈高角度。在56-60公尺處的細砂中發現多條與層面傾斜方向相反的泥層，其傾角約30-50度。在40-80公尺之間有海相沉積物，於95-100公尺之間則以泥為主，於96.4-97.4公尺處則為主要的斷層帶(圖3.3.15)。在100公尺以下至200公尺之間大致為砂與泥質岩層為主，地層傾角約0-5度(圖3.3.16)，~~一~~海相沉積物則從110公尺深處開始出現。

格式化
格式化
格式化
格式化: 縮排: 第一行: 0 公分
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化



圖3.3.11、新竹四號井於15-95公尺以泥與細砂為主，地層傾角約20-40度。

格式化



圖3.3.12、新竹四號井於47-50公尺處擾動的痕跡。

格式化



圖3.3.13、新竹四號井於94公尺附近之擾動帶。

格式化



圖3.3.14、新竹四號井於96.7公尺附近的斷層帶。

格式化



圖3.3.15、新竹四號井主斷層在97.45公尺處。



圖3.3.16、新竹四號井於100公尺以下為斷層下盤，地層平緩。

四、地表地質、岩芯與震測剖面關係

1、新竹一號井岩芯與震測剖面關係

倪銘倫(2004) 在新竹一號井東側曾進行淺層震測探勘，其位置如圖3.1.1以及圖3.4.1中所示。當我們將新竹一號井投影至該震測剖面上時（圖3.4.2），可以發現兩者有極好的對比。由鑽探所得的井下資料顯示，新竹斷層前緣在頭前溪僅為向斜，而圖3.4.2中淺部震測剖面亦顯示相同結果，若考慮震測剖面的視傾斜效應，則兩者傾角近似。

圖3.4.3中剖面分別為跨越新竹斷層東段之部分深部震測剖面，剖面分佈位置如圖中上圖所示。在這些剖面中我們可以見到在剖面D、C、與B中有明顯變形帶，而往東到剖面A時，變形前緣已轉為向斜構造，因此我們認為新竹斷層的尖端在頭前溪處仍未出露地表。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化



圖3.4.1~~、~~新竹一號井位置及附近淺層震測資料(倪銘倫，2004)。

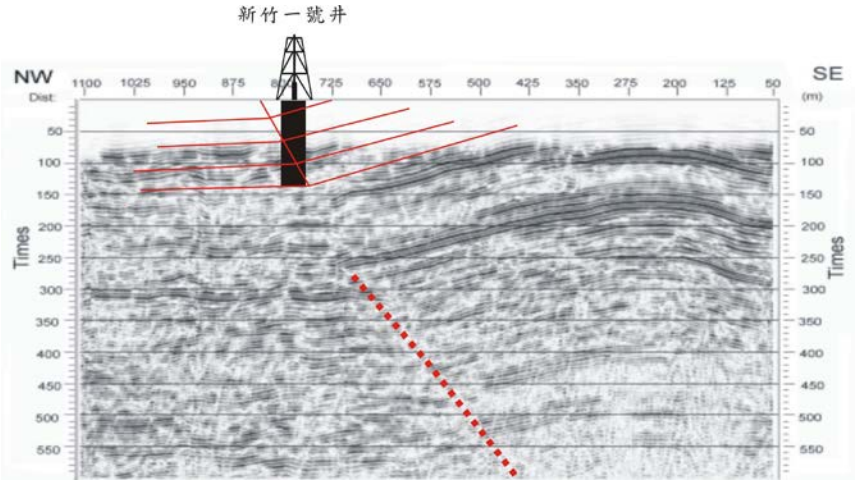


圖3.4.2~~、~~新竹一號井與倪銘倫(2004)的震測剖面的關係。剖面中淺部地層連續，斷層並未穿出地表。

~~圖3.4.3為新竹斷層深部震測剖面，剖面中我們可見在剖面D、C、與B可見明~~

格式化

格式化

格式化

格式化: 靠左, 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 3.75 字元, 第一行: -3.75 字元, 間距 套用前: 0 點, 行距: 單行間距

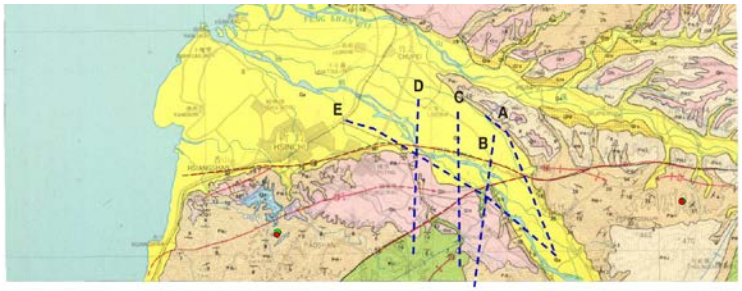
~~顯變形帶，到剖面A時，變形前緣已轉為向斜構造，因此我們認為新竹斷層的尖端在頭前溪處仍未出露地表。~~

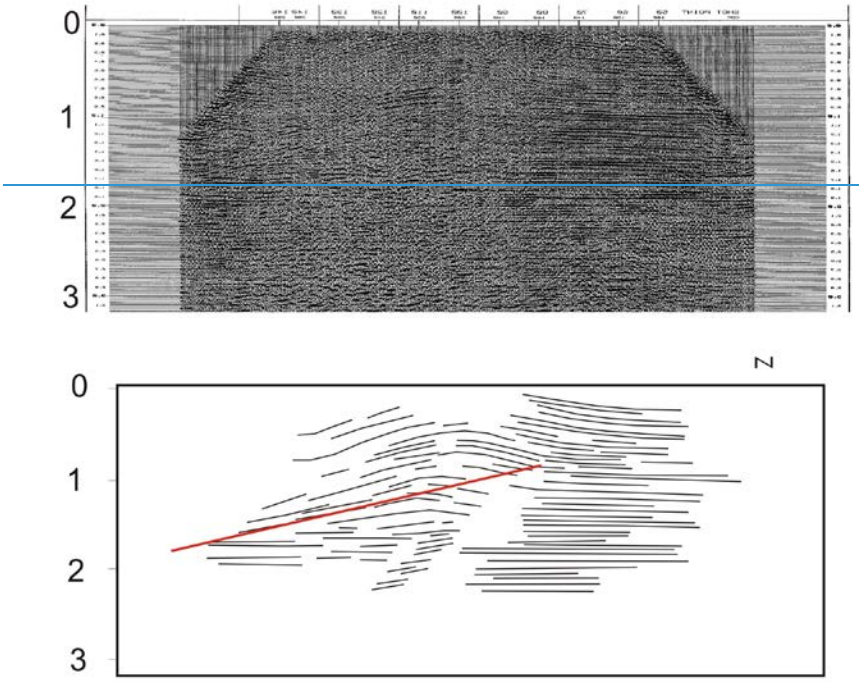
格式化

格式化

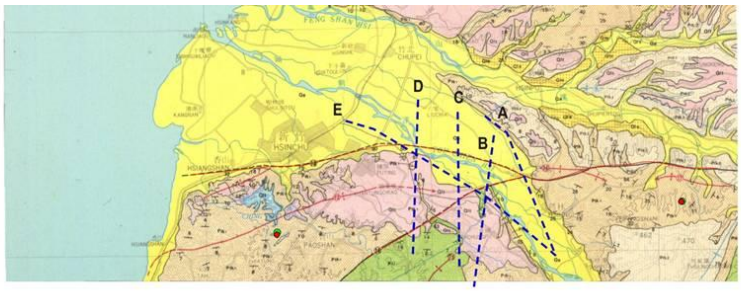
格式化

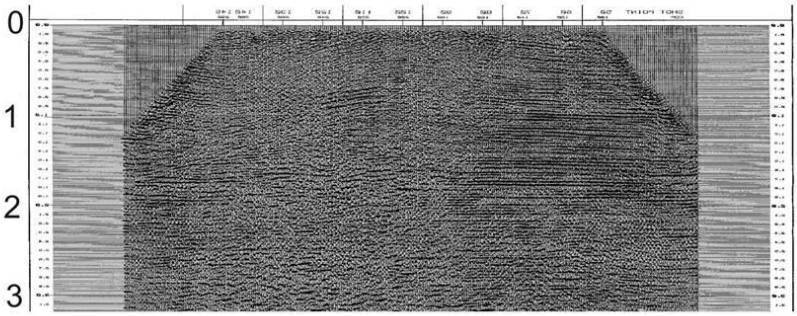
格式化: 與下段同頁

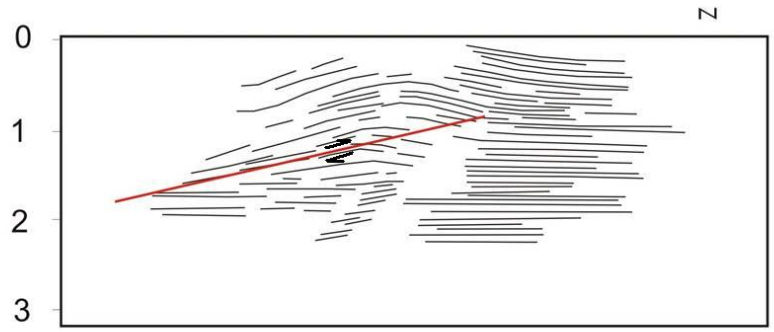




A







A

圖3.4.3A、新竹斷層東側深部震測剖面。測線A過變形帶後地層轉趨平緩，新竹斷層上盤發育背斜，變形前緣為向斜。

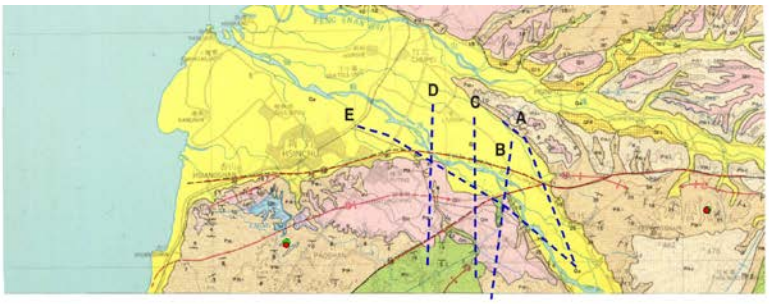
格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

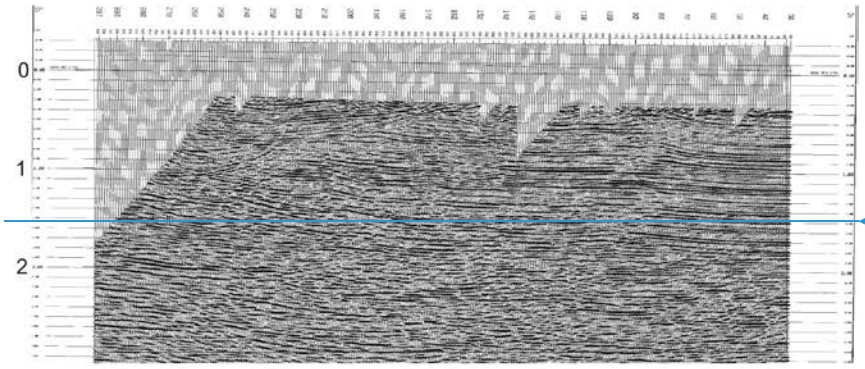
格式化

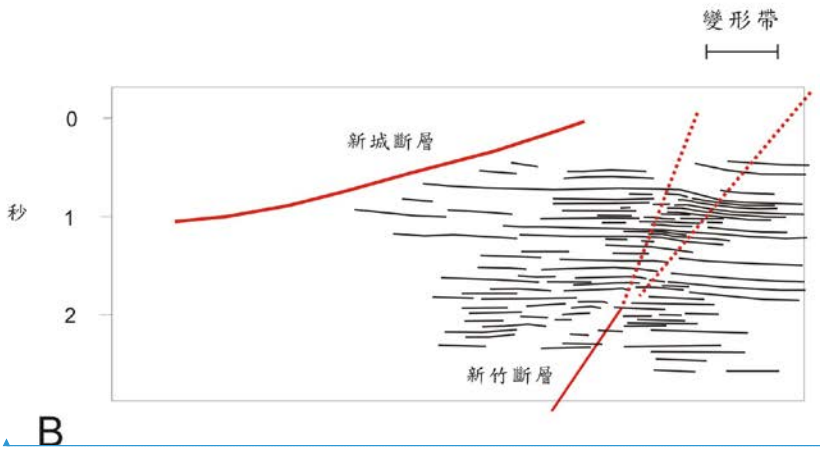
格式化

格式化

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 4.5 字元, 第一行: -4.5 字元

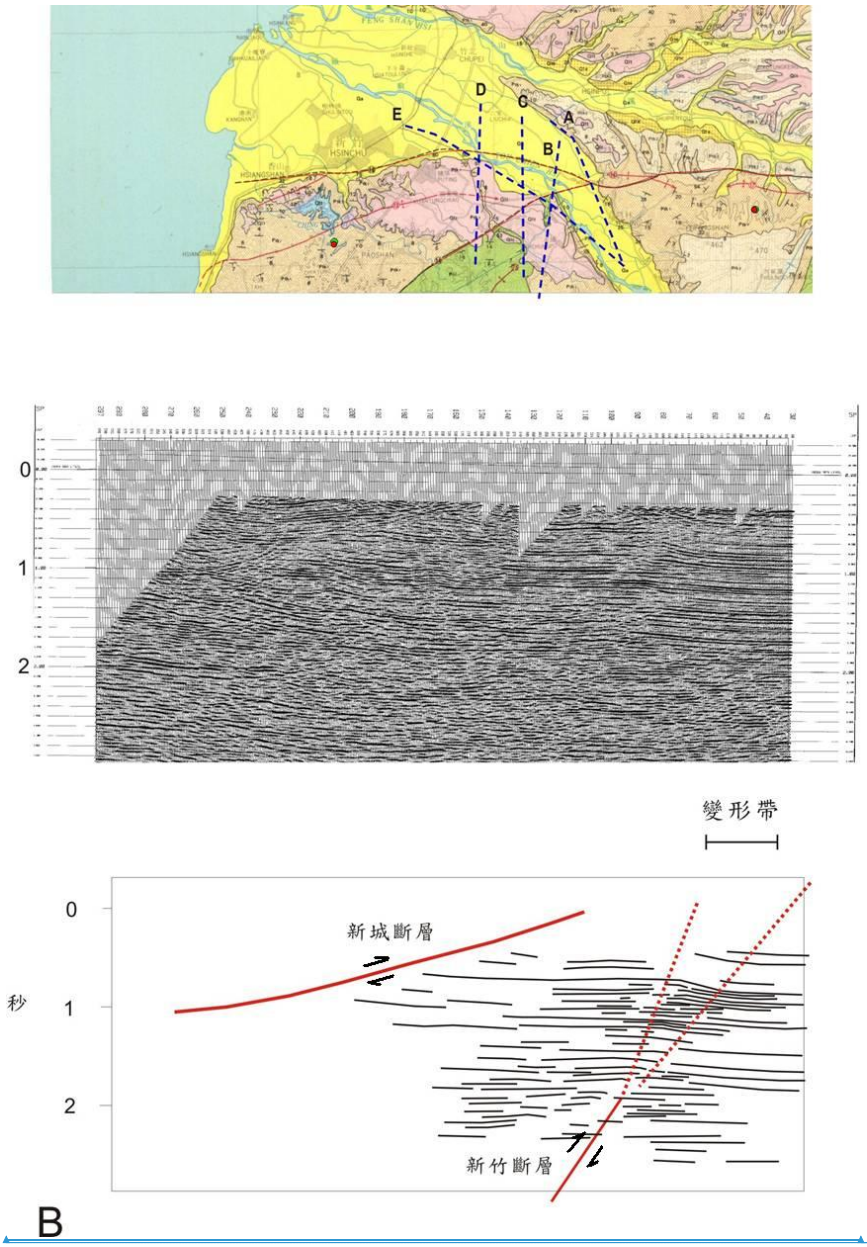






格式化

格式化: 與下段同頁



格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點, (中文) 中文 (台灣)

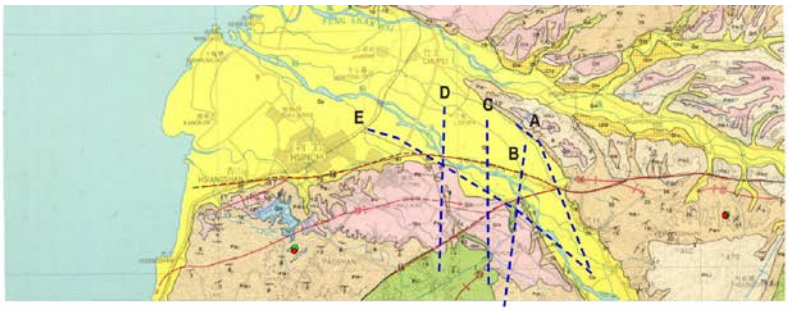
格式化

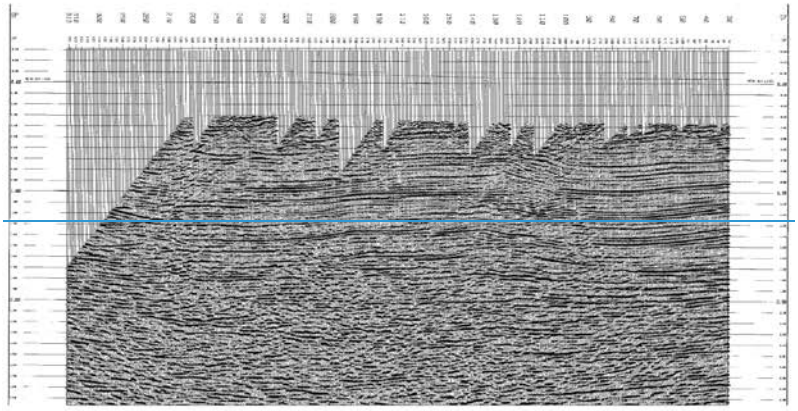
圖3.4.3B 、新竹斷層東側深部震測剖面。測線B過變形帶後地層轉趨平緩。

格式化

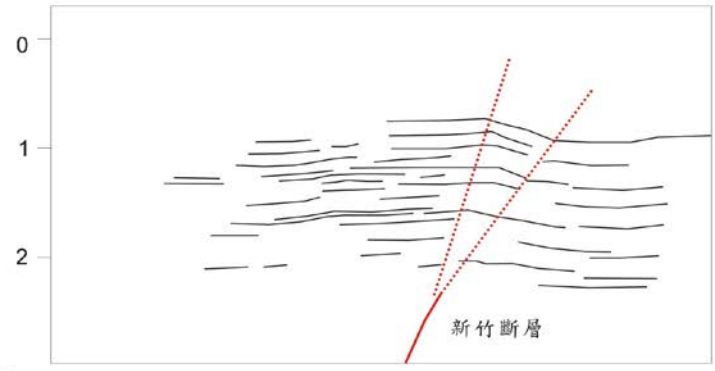
格式化

格式化





變形帶



C

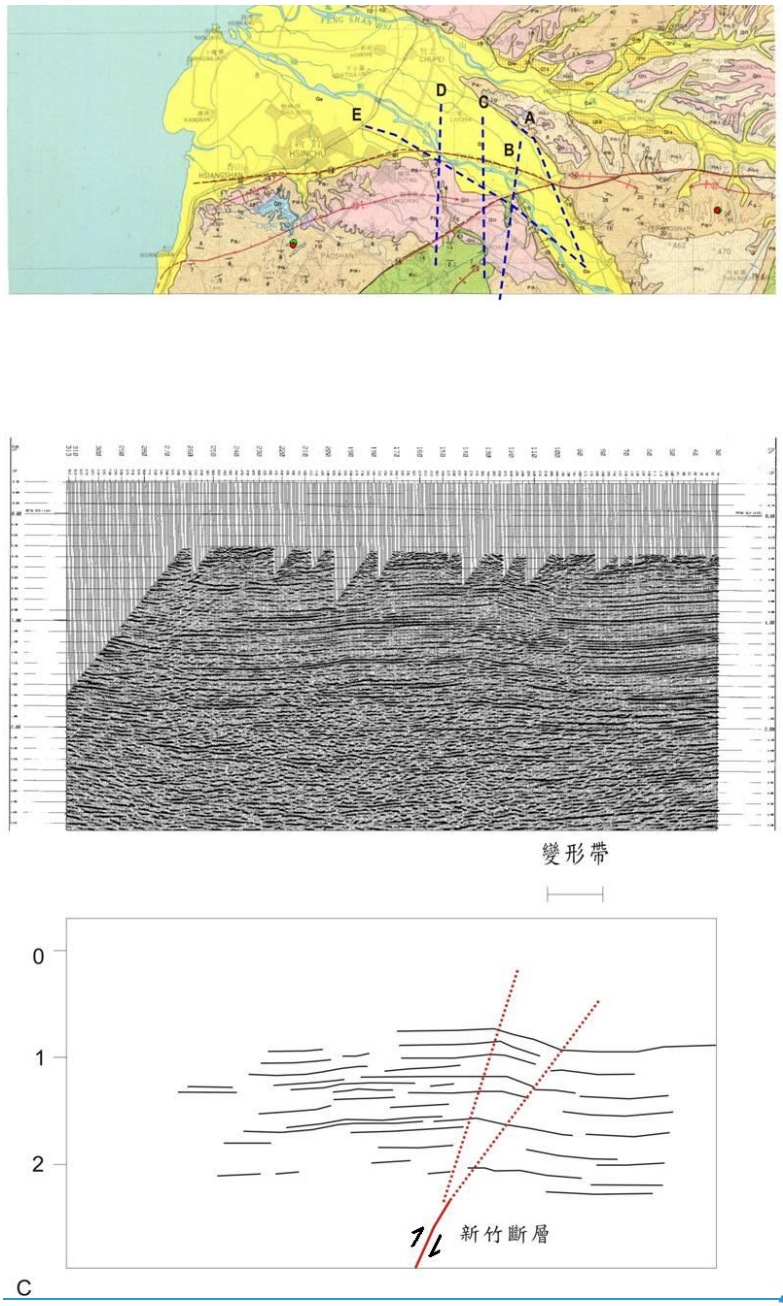
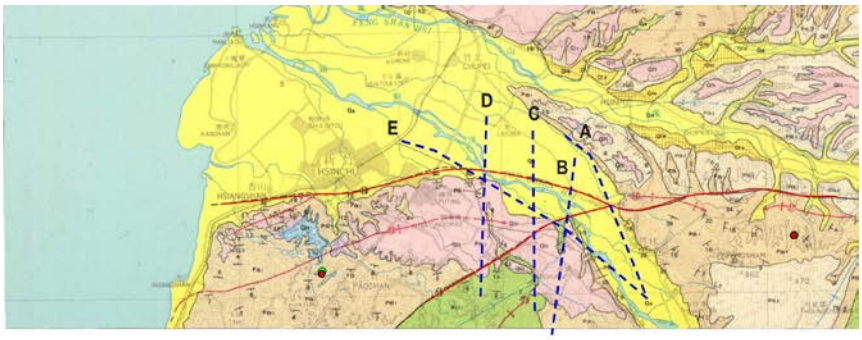


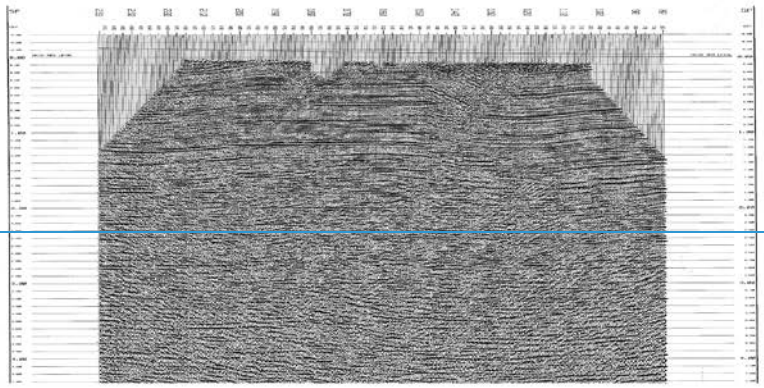
圖3.4.3C、新竹斷層東側深部震測剖面。測線C過變形帶後地層轉趨平緩。

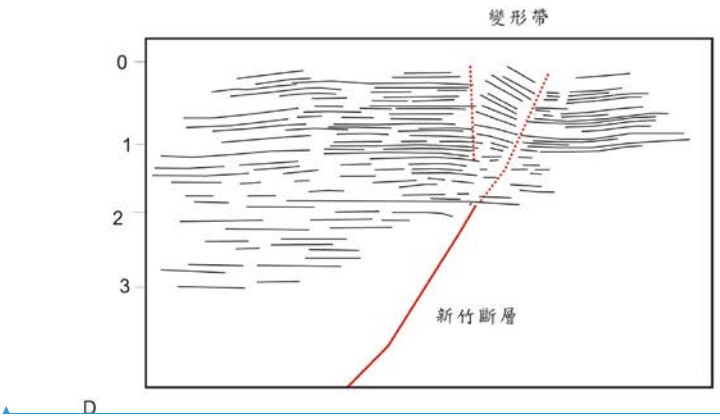
格式化

格式化

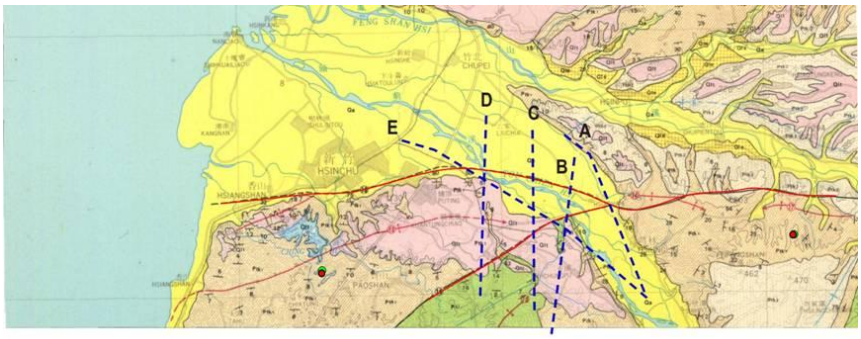
格式化

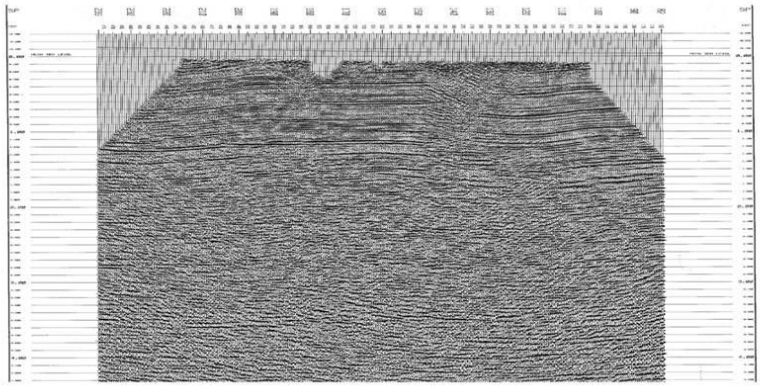






格式化





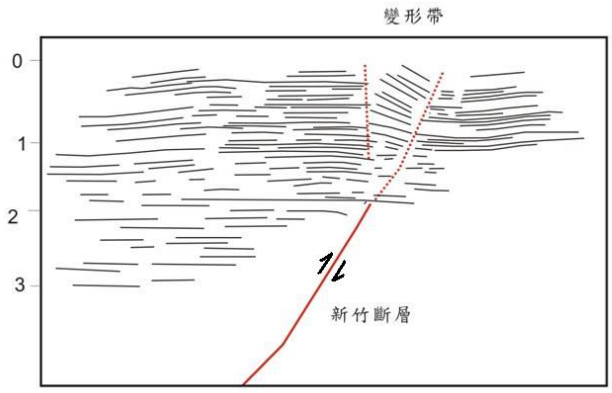


圖3.4.3D、、新竹斷層東側深部震測剖面。測線D過變形帶後地層轉趨平緩。

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點, (中文) 中文 (台灣)

格式化

格式化

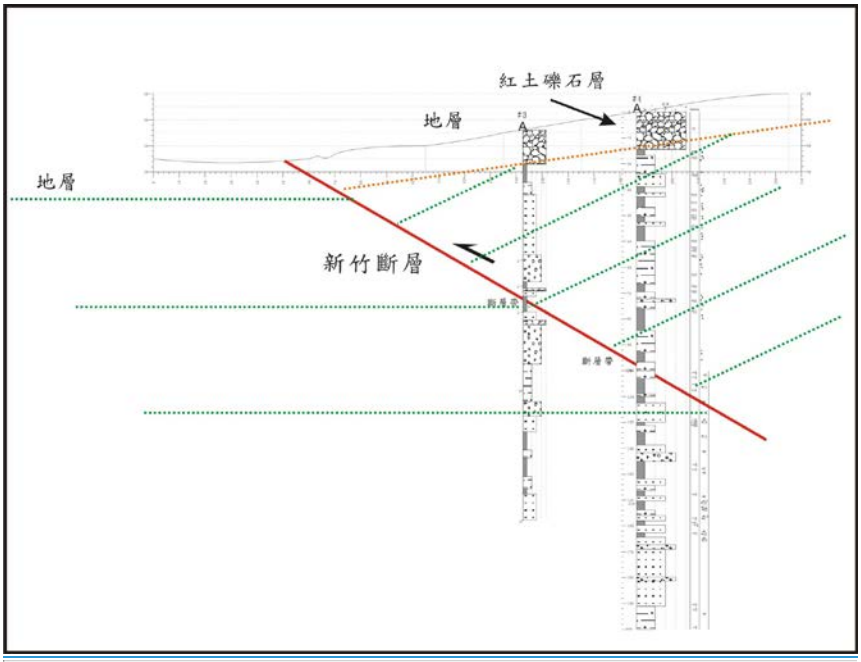
格式化

格式化

2~~一~~、新竹三號井與四號井的地下構造剖面

新竹三號與四號井皆已鑽遇斷層，根據新竹三號井與四號井的剖面圖（圖3.4.4），主要斷層帶連接後位置恰位於地形崖處，由此所得的斷層傾角約30度。對比地層發現淺部店子湖層的礫石層厚度一致，礫岩以下緊接出現泥岩層，由於相對位置相同，但高度不同，因此礫石層出現高度的差別反應地層的抬升，也就是說斷層發生於店子湖層沈積之後。在新竹三號與四號井之~~此~~鑽探位置的西側約270公尺處，倪銘倫(2004)亦有淺層震測剖面可供參考（圖3.4.5）。~~一~~圖3.4.5(a)為原始重合~~原震測~~剖面，而(b)圖則為本研究重新解釋後之剖面。比較震測剖面與鑽探結果，斷層形態與井下結果近似，斷層上盤地層傾斜，而下盤則近水平，且在下盤可解釋~~發現~~近乎垂直的不連續面。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化



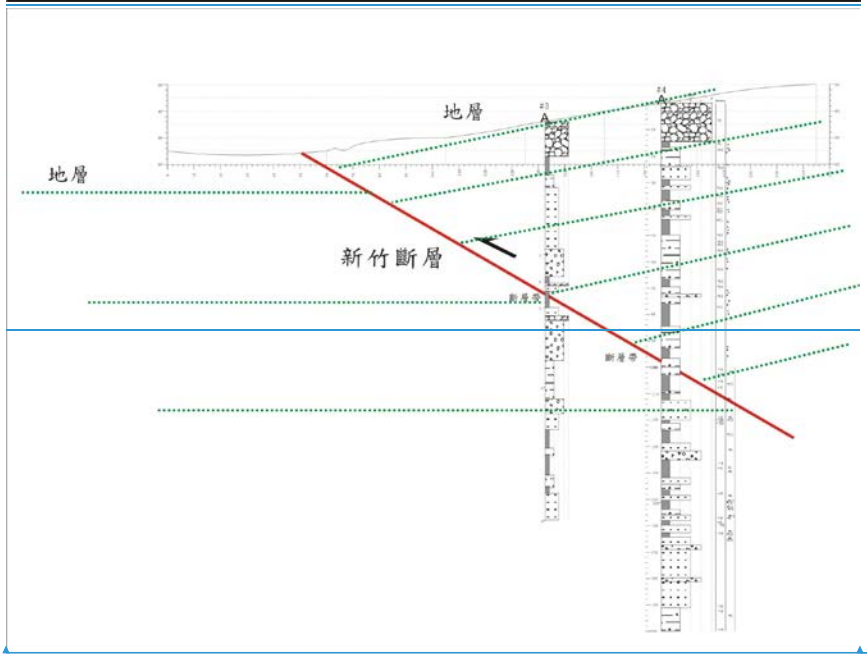


圖3.4.4~~一、新竹三號井與四號井的剖面圖，主要斷層帶連接後位置恰位於地形崖~~此所得的斷層傾角約30，地層位態約30度，向西傾斜，但淺部礫石層傾角較緩~~新竹三號井與四號井的剖面圖，主要斷層帶連接後位置恰位於地~~

格式化

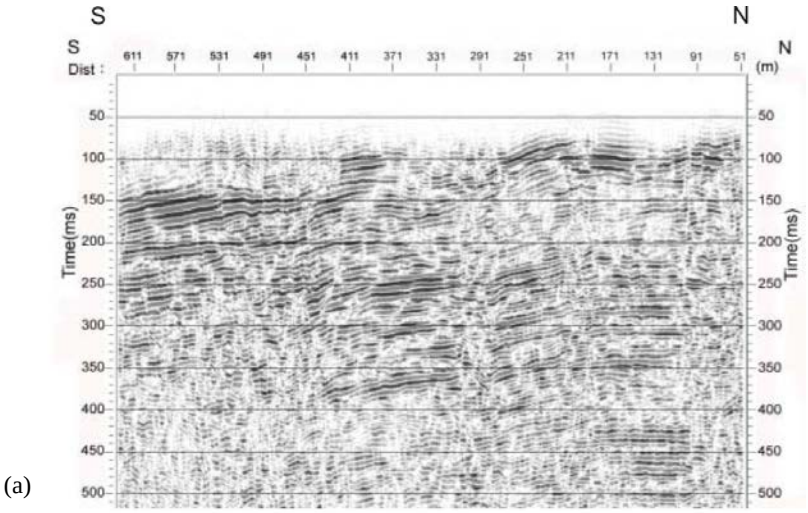
格式化

格式化

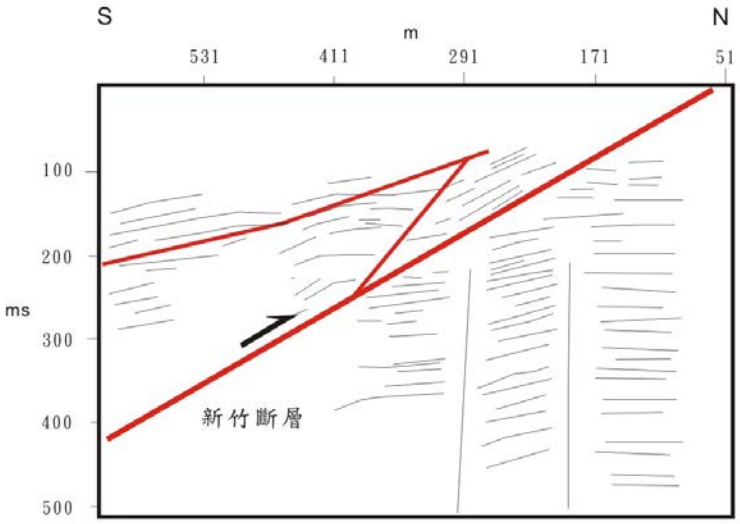
格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 3.75 字元, 第一行: -3.75 字元

~~形崖處，由此所得的斷層傾角約30度。綠線為地層年代，淺部地層皆向西傾斜~~。

格式化



(a)



(b)

圖3.4.5、在新竹三號井與四號井西側約270公尺處的震測剖面(倪銘倫，2004)。(a)為原始震測剖面，(b)為本研究重做之解釋剖面。

格式化
格式化
格式化
格式化

3、新竹斷層帶的範圍、斷層帶內各分支斷層的位置與性質及解析精度

新竹斷層是原先已存在正斷層受後來壓應力的影響被復活所形成，由於每條正斷層延展不長，因此形成區段，而正斷層傾斜方向亦有變化，向南傾斜則發育出伸向向北的褶皺與斷層，斷層面傾角向南，則形成伸向向南的背衝斷層，這種特性，在湖口地區亦是如此。在新竹斷層東段，地表形成向斜褶皺崖，部份地區，小斷層也許沿向斜軸部發育並切至近地表。但大體而言形成上寬下窄的三角剪切帶，在近斷層處的淺部，地層傾斜較大。這些震測資料所提供之解析度，以深部震測資料而言約可達15公尺，但以淺層震測資料則解析度可提昇至5公尺以內的範圍。

在新竹一號井中新竹斷層僅可見向斜軸，而軸部位置在約 100 公尺處，以上的地層傾斜約 20 度，以下的地層則近水平，且一向斜內部多層面滑動斷層。新竹二號井中則未見斷層帶，待進一步的定年資料來輔助鑑定。新竹三號井在 14.2 公尺處與 37.9-38.1 公尺處有剪切帶，一在 13-20 公尺處與 28-40 公尺處則一發育許多層面滑動斷層。在 61 公尺處發育斷層帶，此斷層帶之下有約 1 公尺的礫石層。新竹三號井主斷層在 70 公尺處，70 公尺以下之地層近水平。新竹四號井有三處擾動的痕跡，分別位於 47-50 公尺處一、77.5-86 公尺一、以及 91.8-95.4 公尺處。新竹四號井主斷層在 96.4 至 97.4 公尺之間，主斷層之下地層近水平。

4、新竹斷層帶地表沉積物厚度，及各地層的厚度與界面

新竹斷層地表沈積物以礫石層而言厚度不一，由於此礫石層為古大漢溪的形成的石門沖積扇，而沖積扇的沈積環境變化甚大，因此礫石厚度因地而異。在新竹一號井中，主要礫石層厚約 90 公尺，但在 110 公尺仍有薄層礫石層。在一新竹二號井中厚約 70 公尺。新竹一三號及四號井除了表層礫石層外，深部僅夾薄層礫石層。然而，但在更西側的三姓橋處礫石層後約 50 公尺。一般而言，在礫石層之下為砂層與泥層互層，多含貝殼化石及碎片，顯示為海相地層。

5、跨新竹斷層含主斷層兩側 2 公里內的構造剖面

圖3.4.6為新竹斷層東段與西段本研究所使用之深部震測剖面之位置與編號圖。新竹斷層在延沿著新竹斷層走向構造形態有所變化，圖3.4.7及3.4.8分別為跨

格式化

越斷層東段之構造剖面D以及剖面E，解釋剖面之垂直與水平比約為1比1。在斷層東段~~側~~有較好的控制顯示斷層尖端並未出露至地表，僅在地表形成向斜軸。~~東側構造形態剖面D及E，解釋剖面垂直與水平近1:1（圖3.4.7及3.4.8）。~~在新竹斷層西側的構造形態則與東段不同~~不同~~(見圖3.4.9測線F)，測線F剖面中高角度斷層出現在較深處，淺部則為低角度斷層，且斷層已切出地表~~(圖3.4.9)~~。在剖面~~測線~~F~~剖面~~中，~~(a)為震測資料，(b)為本研究解釋剖面，垂直與水平比例近1:1，~~新竹斷層在深部呈高角度向南傾斜，但淺部呈近30度傾斜。在新竹斷層的更西側，新竹斷層在此變形不大，淺部已不易判識，新竹斷層在此接近終止(圖3.4.10剖面G)。在~~在~~海域的震測資料中(圖3.4.11剖面H)~~顯示~~，背衝斷層發育更明顯，而新竹斷層跡似乎逐漸終止~~(圖3.4.11)~~。

圖3.4.12以及圖3.4.13則為本研究依據上述研究資料所架構之跨新竹斷層兩側2公里內的構造剖面。東側構造剖面中（圖3.4.12）斷層未出露至地表，近地表出現三角剪切帶，而西側構造剖面中（圖3.4.13）斷層以出露至地表。

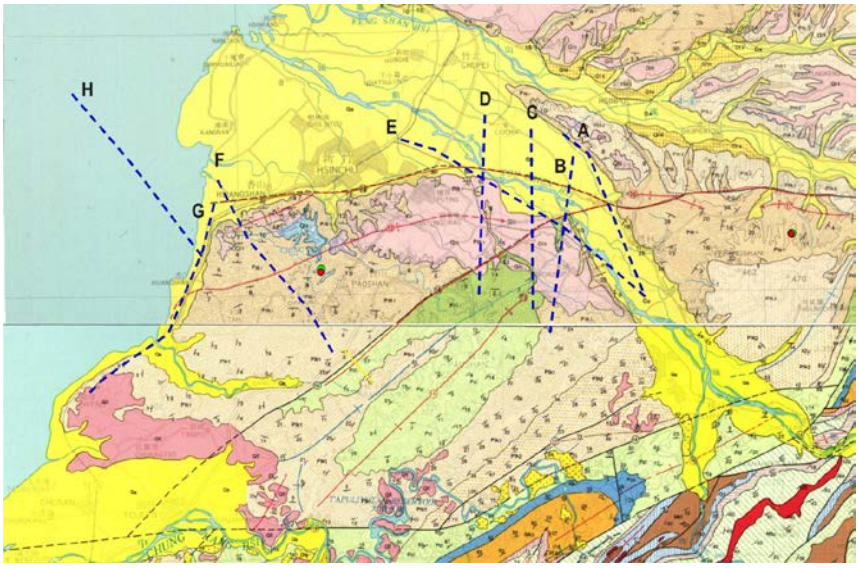
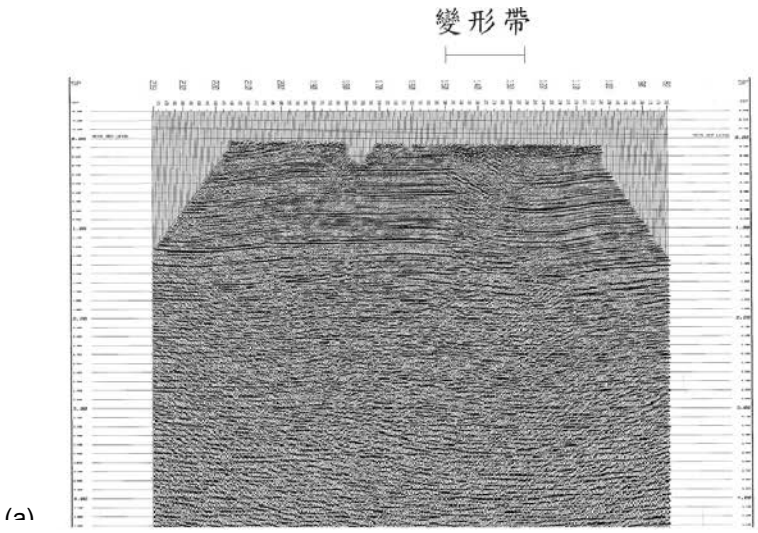
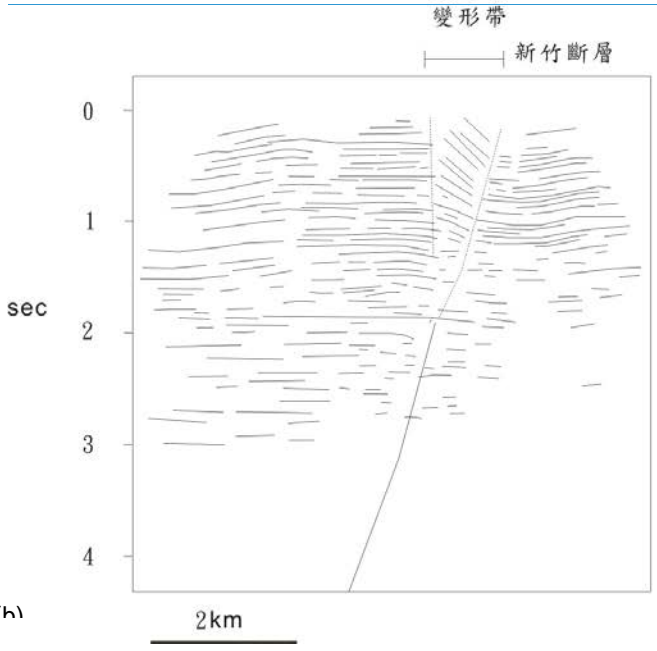


圖3.4.6~~、~~、新竹斷層深部震測剖面位置與編號。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

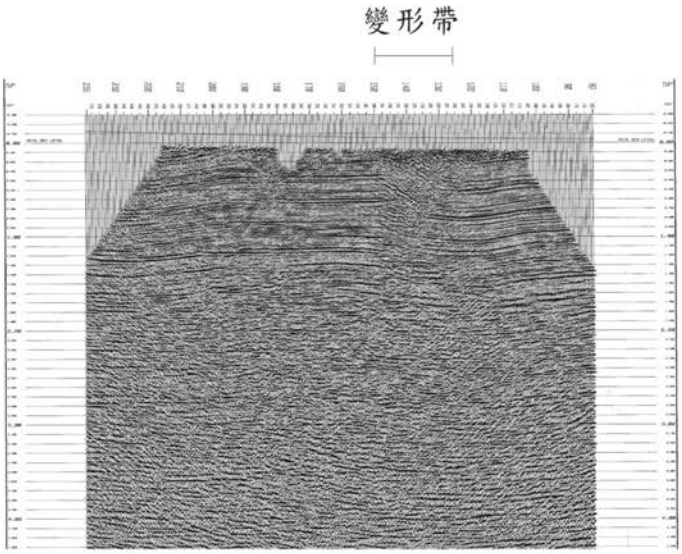


(a)



(b)

格式化: 與下段同頁



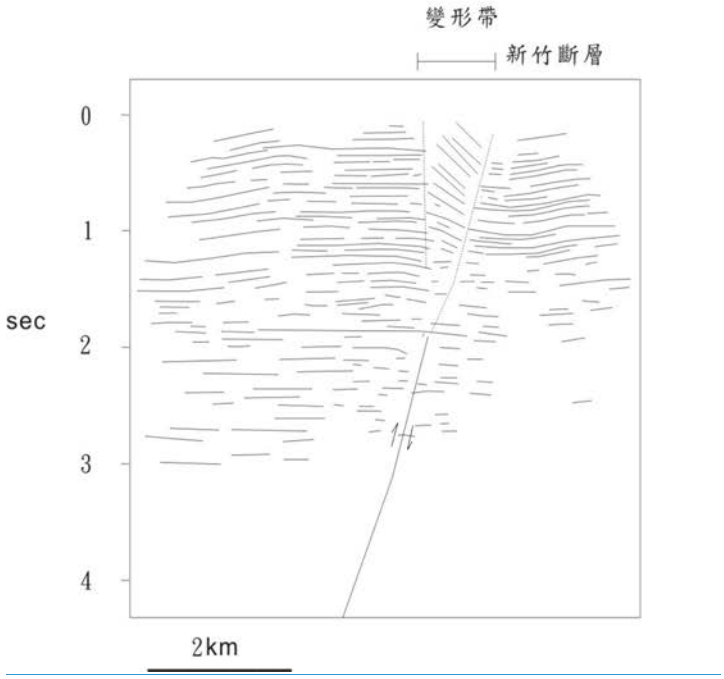
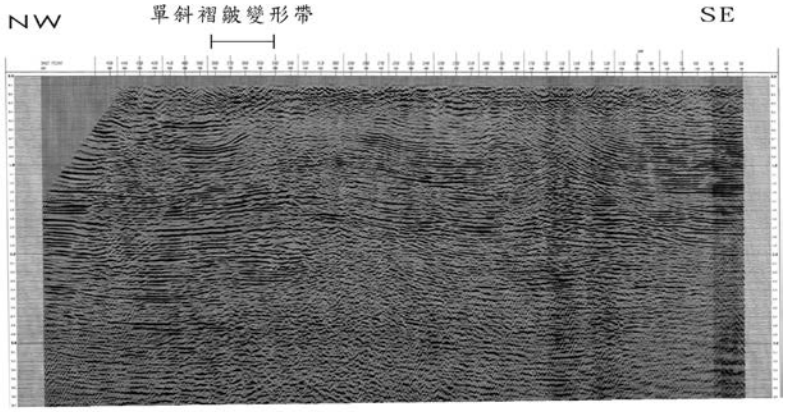


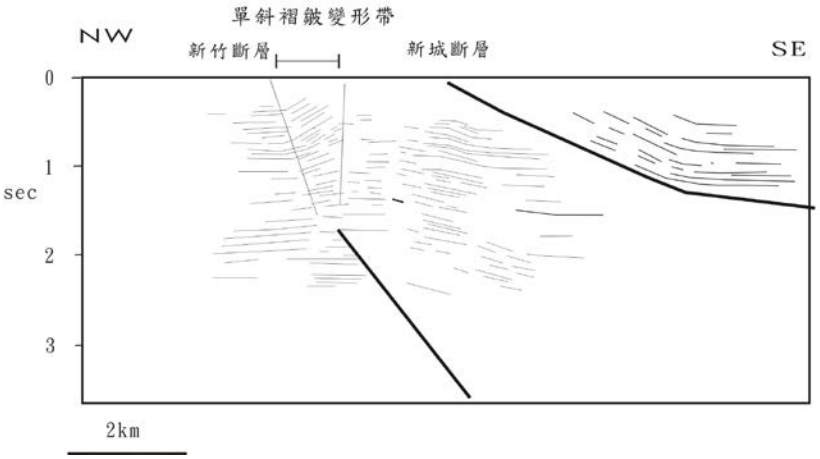
圖3.4.7一、震測剖面D之構造型態。(a)為原始資料，(b)為解釋剖面。地表僅見向

格式化: 標號, 格線被設定時，自動調整右側縮排, 間距 套用前: 0 點, 行距: 單行間距, 貼齊格線

格式化

斜軸部變形。





格式化: 與下段同頁

格式化: 置中

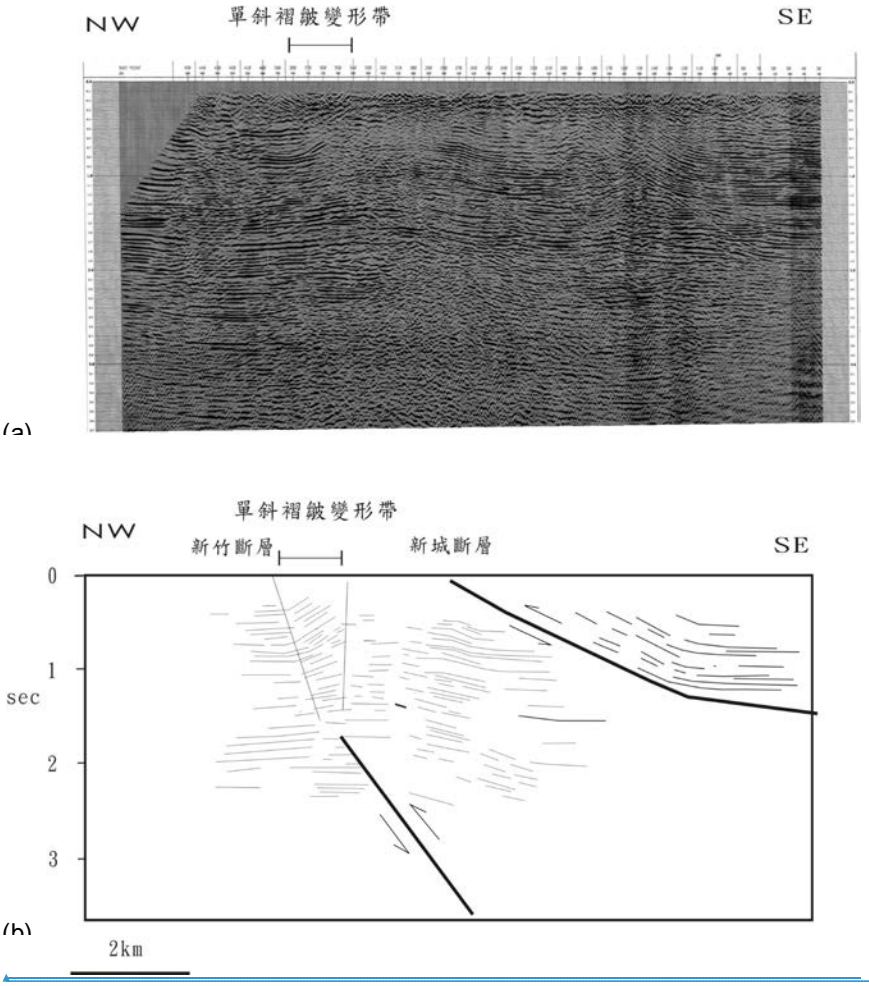
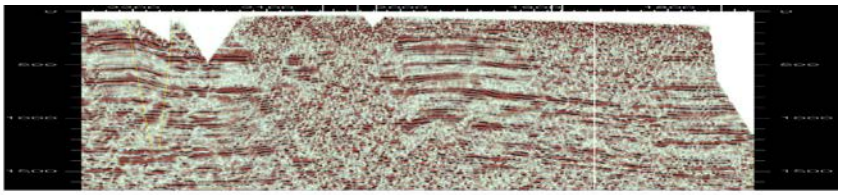


圖3.4.8、震測測線E剖面。(a)為震測剖面，(b)為本研究解釋。新竹斷層尖端未出露地表，地表僅見向斜軸變形。

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12點, (中文) 中文 (台灣)

(a)



(b)

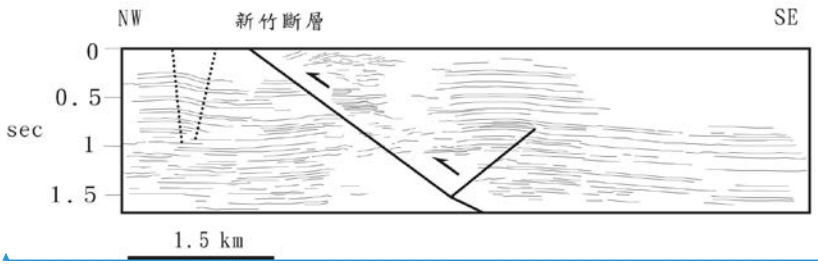
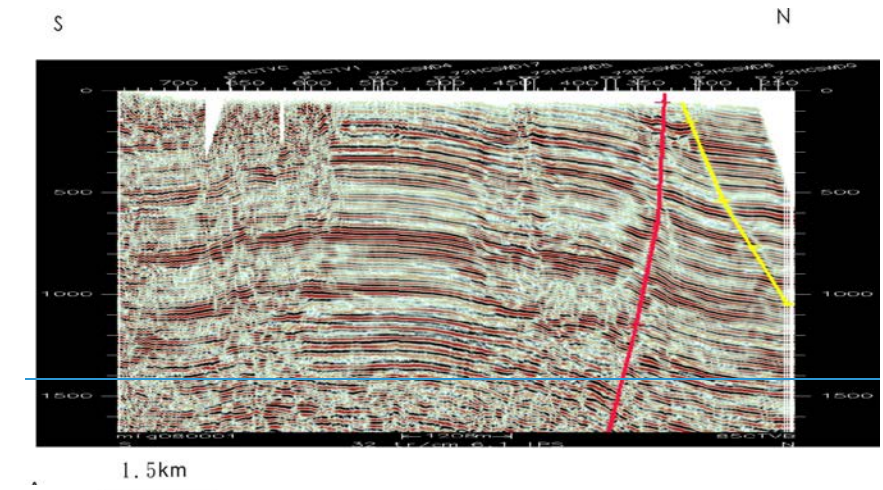
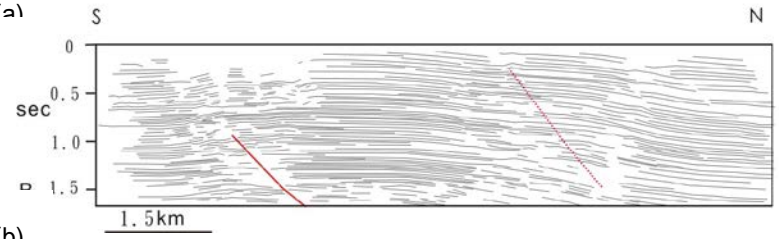


圖3.4.9、測線F的構造解釋，(a)為震測資料，(b)為本研究解釋剖面，垂直與水平比例近1:1，新竹斷層在深部呈高角度向南傾斜，但淺部呈近30度傾斜。左側亦可見另一三角剪切帶。

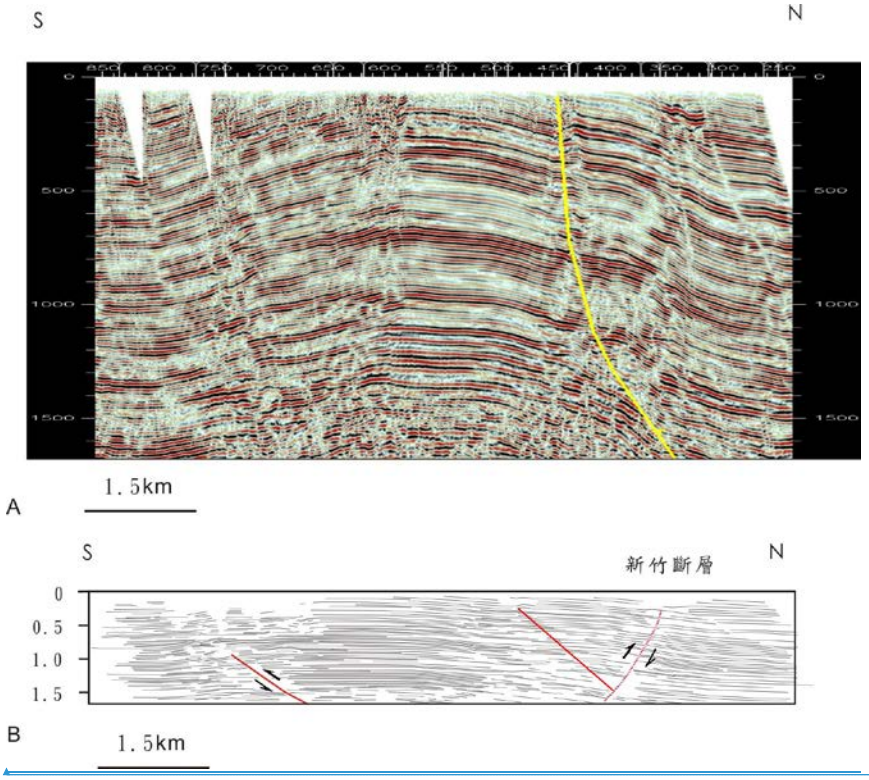
格式化: 字型: Times New Roman



(a)



(b)



格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點, (中文) 中文 (台灣)

圖3.4.10、剖面G的構造分析，(a)為震測資料，紅線與黃線原中油解釋構造。(b)為本研究解釋，新竹斷層在此變形不大，淺部已不易判識，新竹斷層在此接近終止。南側發育背衝斷層。

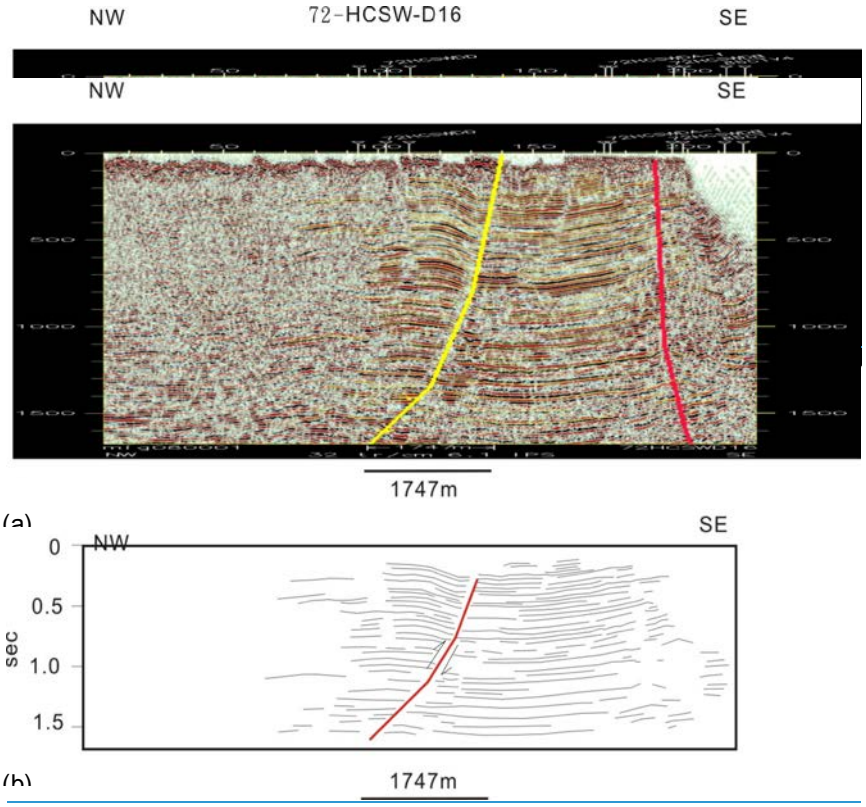


圖3.4.11、位於新竹海域之剖面H。(a)為震測資料，(b)為解釋。新竹斷層極不清楚，背衝斷層依舊明顯。

格式化

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 4.5 字元, 第一行: -4.5 字元

格式化

格式化

格式化: 字型: Times New Roman

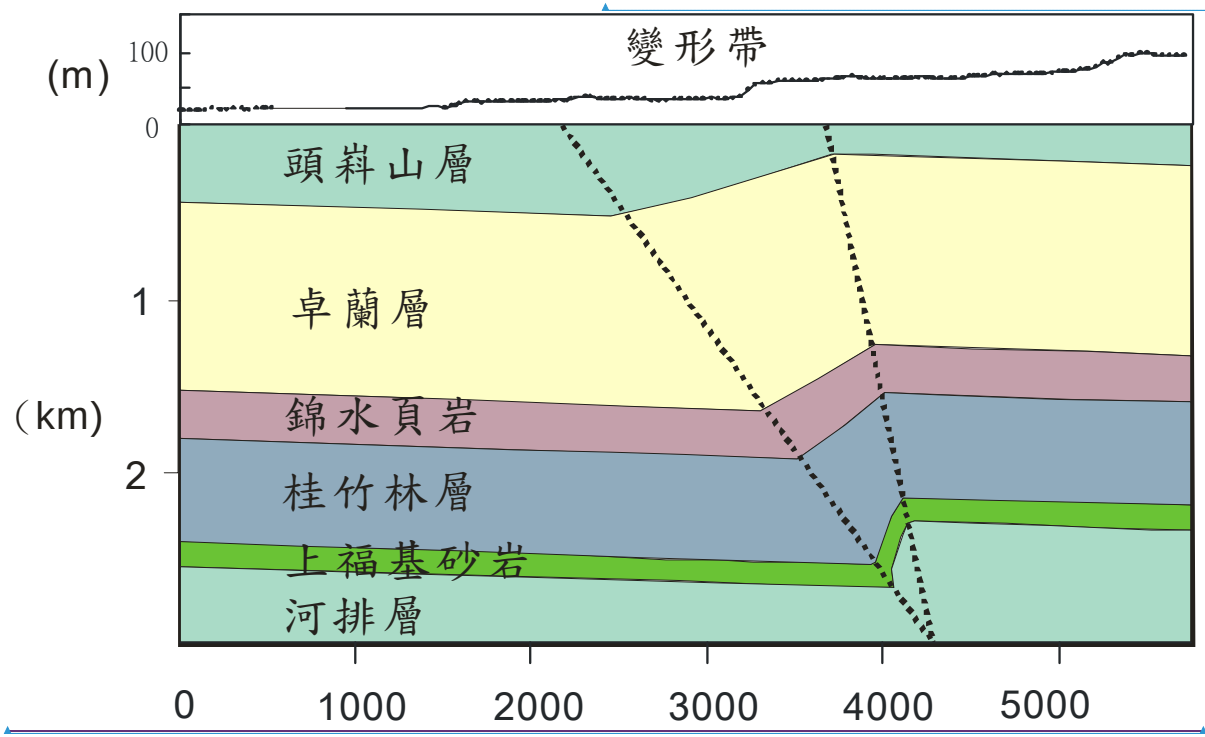


圖3.4.12一、依據本研究資料所架構之新竹斷層東側跨斷層兩側2公里內的構造剖面，斷層未出露至地表。

格式化: 字型: Times New Roman
格式化
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化
格式化: 置中
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 新細明體, (中文) 中文 (台灣)
格式化: 置中, 第一行: 0 字元

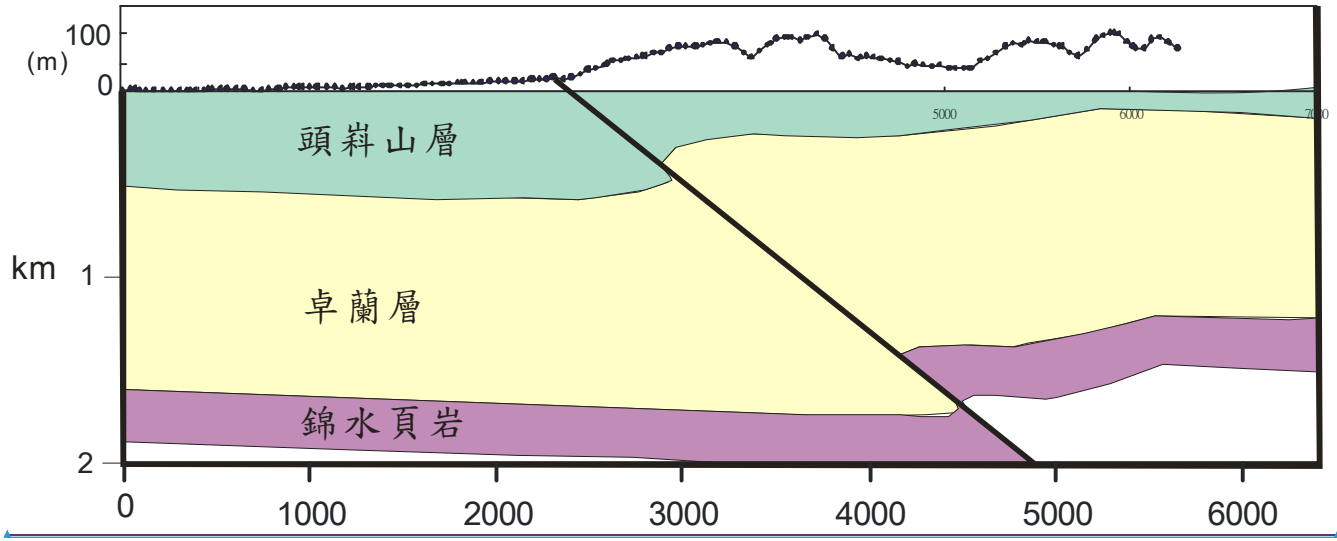


圖3.4.123、依據本研究資料所架構之新竹斷層西側跨斷層兩側2公里內的構造剖面，斷層已出露至地表。

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化: 置中

格式化

格式化

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

五、淺層震測

新竹斷層除了斷層現有位置以及斷層兩側構造外，該斷層是否往西延伸入海或是往東持續深入山區是本研究另一重要的議題，本計畫除了使用區域性震測剖面影像外，亦利用淺層震測技術調查斷層帶地下構造，除了瞭解斷層於近地表的特徵、斷層的延伸性、並可作為淺層鑽探之井位選取參考。本計畫之淺層震測測線共有4條，2條位於新竹市西側，延海邊實施，震測測線長度分別為1010公尺及972公尺；另外於新竹高鐵站西側亦實施2條淺層震測測線，長度分別為360公尺及700公尺。這4條震測測線之編號分別為09P-HCUF-HS-1、09P-HCUF-HS-2、09P-HCUF-HS-3、及09P-HCUF-HS-4，圖3.5.1為這4條震測測線之配置位置。圖3.5.1中亦顯示本計畫之淺層鑽探新竹1號至4號井位置。

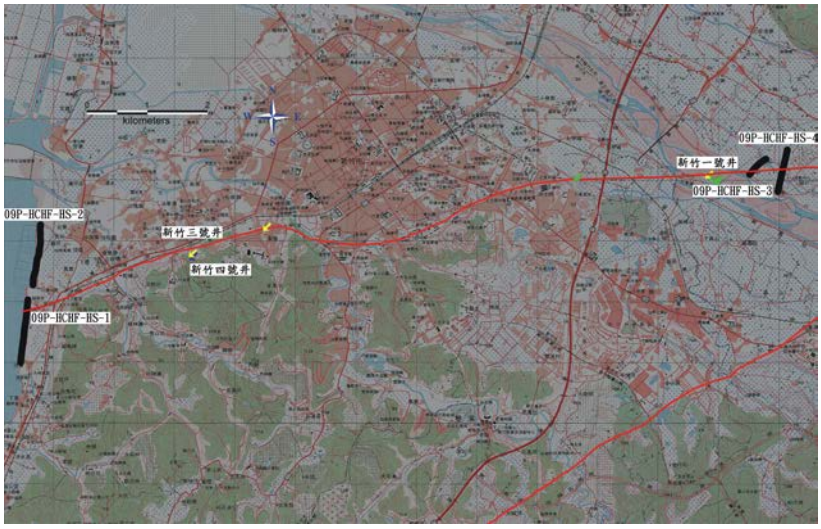


圖 3.5.1、本計畫之 4 條淺層震測測線配置位置。圖中黃色箭頭為本計畫之淺層鑽探新竹 1 號至 4 號井位置；而綠色箭頭為陳文山教授所進行之頭前溪 1 號至 4 號井位置。

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 7.5 字元, 第一行: 0 字元
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 左: 2.54 公分, 右: 2.54 公分, 沒有格線
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

1、新竹斷層香山測線一（測線編號：09P-HCUF-HS-1）

測線09P-HCUF-HS-1位於新竹市香山區西側，沿西濱快速道路西側的堤防，以南北走向擺設，測線全長1010公尺。圖3.5.2為測線09P-HCUF-HS-1於1/25,000地形圖中的配置位置。本測線由北往南大致呈直線前進，圖3.5.3(a)及圖3.5.3(b)為測線09P-HCUF-HS-1往北及往南向望之地表現況，地勢平緩且無明顯的高程起伏。

測線09P-HCUF-HS-1於施測時採用撞擊式震源（JMS-MINI65）由北往南推進，沿測線96個受波器組之間距分別為5公尺，而每組受波器皆使用3個40Hz受波器並聯排列，每個受波器之間距為1公尺。本測線之最小近支距為5公尺，而炸點間距最大為10公尺，最小為5公尺，各炸點平均撞擊約40次，重合剖面之平均重合數為24重合。表3.5.1所列為測線09P-HCUF-HS-1施測時所使用之震測參數。

圖3.5.4(a)為測線09P-HCUF-HS-1沿線之3個代表性之測點紀錄，圖中遠支距波線由0.1到0.4秒之間可以清楚看出明顯的反射信號，而紀錄中有強烈的地滾波雜訊出現。這些地滾波在適當的濾波後可以被過濾，圖3.5.4(b)即為經過濾後的測點紀錄。由於低頻的地滾波已大致被濾除，反射信號可以穿透至0.7秒的深度。

圖3.5.5(a)為測線經資料處理後之24重合同中點重合剖面。圖中可以看出本剖面地層的連續性極佳，地層平緩，僅中間部分有地層不連續的現象出現。圖3.5.5(b)為測線09P-HCUF-HS-1之重合剖面解釋，剖面中南方之地層平整且連續，並有輕微向北傾斜的現象；而剖面北方也呈現平緩且連續性極高之地層；剖面中之斷層處以紅色線條表示，該斷層往北傾斜，北側地層經由斷層擠壓抬升，使北側地層末端靠近斷層處出現往南傾斜的型態。由圖3.5.5之淺層震測剖面顯示，該剖面中之斷層往北傾斜，與所預期之往南傾斜的新竹斷層並不一致，由於該剖面之品質極佳，可知新竹斷層往西延伸入海的可能性已大為減低。

格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

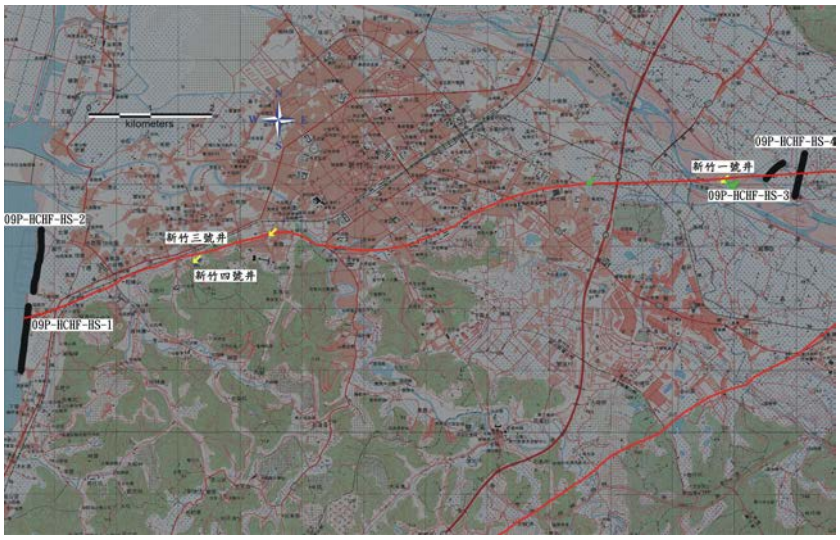


圖3.5.2、測線09P-HCUF-HS-1於1/25,000地形圖中配置位置(圖中西側下段黑色實線)，而紅色實線為原預期新竹斷層可能通過位置。



(a) (b)

圖3.5.3、測線09P-HCUF-HS-1往北向(a)及往南向(b)之地表現況。

格式化: 縮排: 第一行: 1.5 字元, 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 縮排: 第一行: 1.5 字元, 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化: 縮排: 左 4.8 字元, 第一行: 4.5 字元, 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

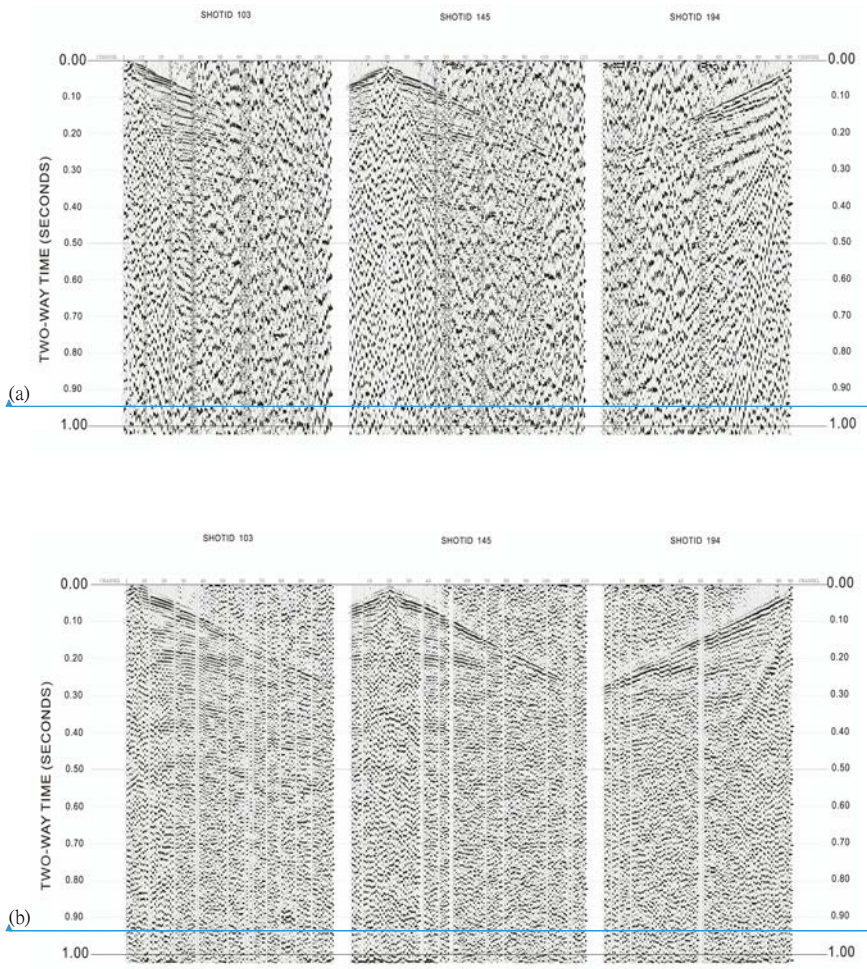
格式化

表 3.5.1一、測線 09P-HCUF-HS-1 之震測施測參數表

測線名稱	09P-HCUF-HS-1
測線位置	新竹市香山區
震源	JMS-mini 65
接收波道（個）	120
受波器陣列間距（m）	5
每組受波器個數（個）	3
每組受波器內個別間距（m）	1
受波器種類	40Hz垂直式
最小近支距（m）	5
最大遠支距（m）	570
炸點間距（m）	10
震源撞擊次數（次）	40
取樣間隔（ms）	0.5
記錄時間（sec）	1.024
最大重合數	24
測線總長（m）	1010
測線走向	北→南
測線曲直性	直線

格式化表格

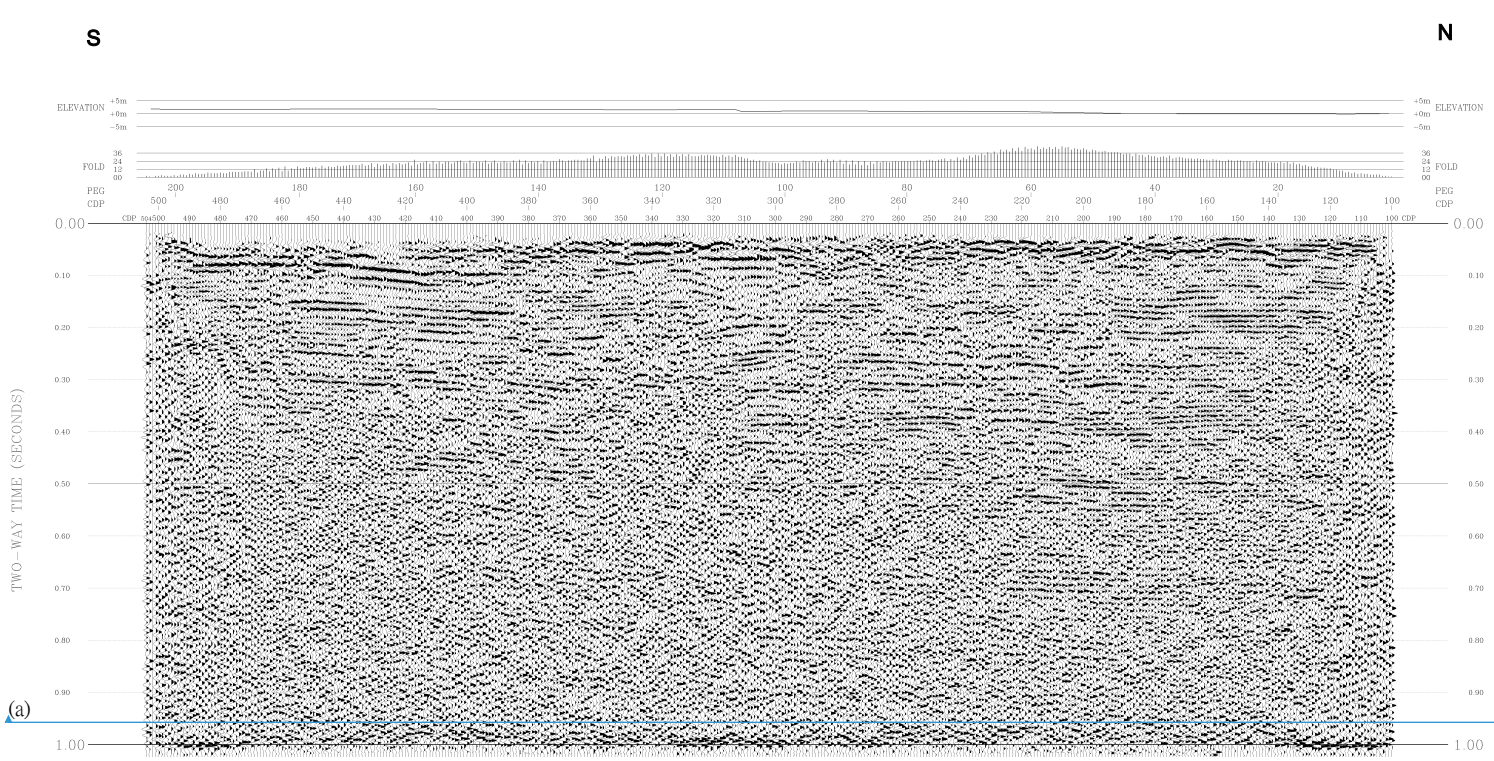
格式化: 間距 套用前: 0.5 行



格式化: 字型: 非粗體

格式化: 字型: 非粗體

圖3.5.4、(a)測線09P-HCUF-HS-1沿線之3個代表性測點紀錄圖，圖中炸點紀錄於0.1到0.5秒間可以看出明顯的反射信號，而紀錄中有強烈的地滾波。
(b)原始測點記錄經過濾後的結果，其中低頻的地滾波已大致被濾除，信號至0.9秒仍可清楚看見。



(a)

圖3.5.5、(a)測線09P-HCUF-HS-1之24重合同中點重合剖面。圖中地層連續性極佳，地層平緩，至0.8秒仍可看見連續地層。

格式化: 上: 3.17 公分, 下: 3.17 公分

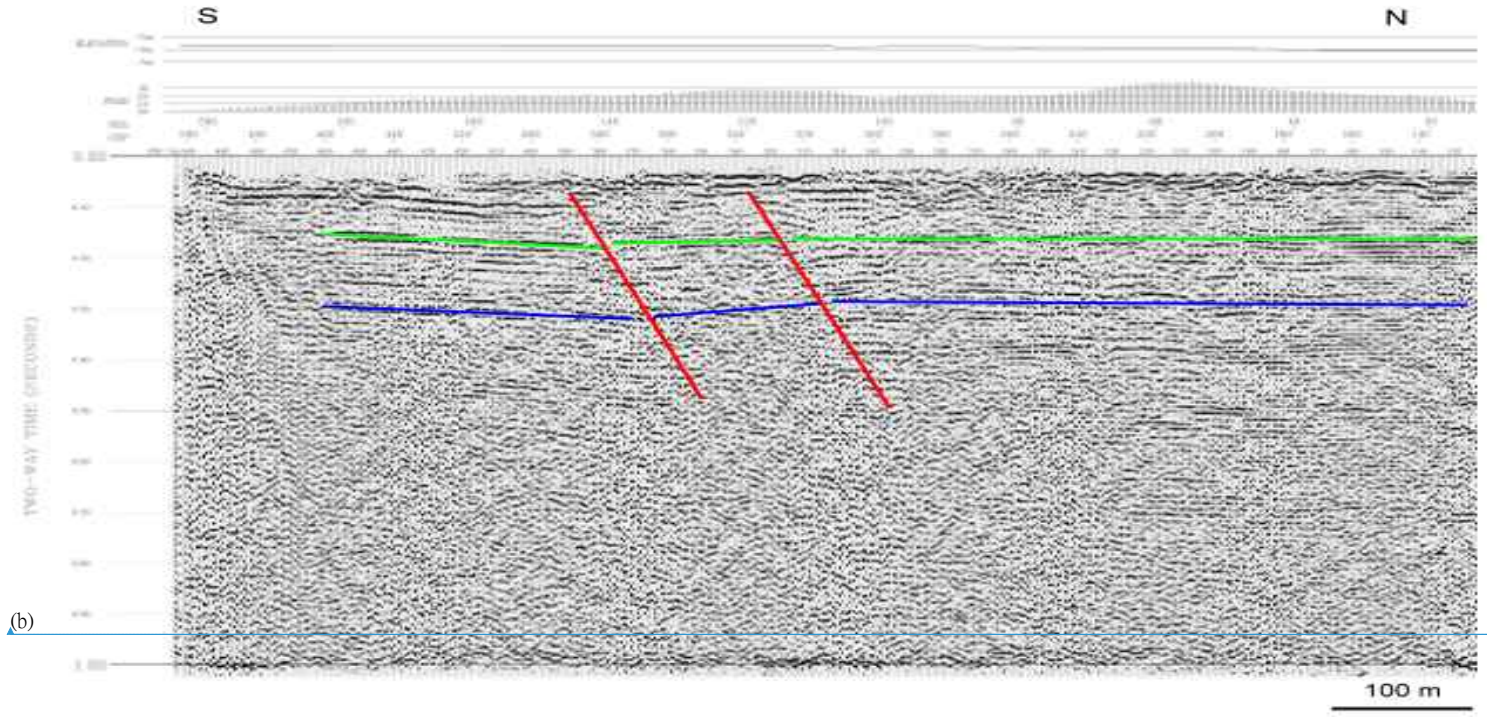
格式化: 字型: 非粗體

格式化

格式化: 置中

格式化

格式化



(b)

圖3.5.5、(b)測線09P-HCUF-HS-1之解釋剖面。剖面中出現之斷層現象以紅色線表示，剖面中南方之地層平整且連續，出現向北傾斜的現象，斷層北側地層經擠壓抬升，使北側地層末端靠近斷層處出現往南傾斜的型態。

格式化: 字型: 非粗體

格式化

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 5.25 字元, 第一行: -5.25 字元

格式化

格式化: 左: 3.17 公分, 右: 3.17 公分

2、新竹斷層香山測線二（測線編號：09P-HCUF-HS-2）

測線09P-HCUF-HS-2位於新竹市香山區西側，於測線09P-HCUF-HS-1之北側，沿釣魚場東側的道路擺設測線，測線全長972公尺。測線09P-HCUF-HS-1中並無見到往南傾斜的斷層現象，為了能擴大範圍搜尋可的的新竹斷層，本計畫於測線09P-HCUF-HS-1施測後，在於其北邊另施行這一震測線，以確保因測線長度不夠而誤失發現新竹斷層的可能。測線09P-HCUF-HS-2於1/25,000地形圖中的配置位置見圖3.5.2，該測線呈南北走向擺設，測線大致呈直線前進但隨道路有小幅度之蜿蜒，地勢平緩且無明顯的高程起伏。圖3.5.6(a)及圖3.5.6(b)則為測線09P-HCUF-HS-2往北及往南向望之地表現況。

測線09P-HCUF-HS-2於施測時採用撞擊式震源（JMS-MINI65）由南往北方向推進，前半部利用96個受波器組進行同中點炸測，中間部分因地形地物而有缺炸，為補足震測重合數，北邊部分則改以120波道同時間收集以提高震測資料之信號與雜訊比值。炸測實施時受波器組之間距分別為5公尺，而每組受波器皆使用3個40Hz受波器並聯排列，每個受波器之間距為1公尺。本測線施測時之最小近支距均為5公尺，最遠支距為600公尺，而炸點間距最大為10公尺，最小為5公尺，各炸點平均撞擊約50次，重合剖面之平均重合數為24重合，最高可達40重合。表3.5.2所列則為測線09P-HCUF-HS-2施測時所使用之震測參數。

圖3.5.7(a)為測線09P-HCUF-HS-2沿線之3個代表性之測點紀錄，圖中反射信號極佳，0.8秒以上可以清楚看出明顯的反射信號。這些野外記錄在適當的濾波後信號又被增強，圖3.5.7(b)即為經過濾後的測點紀錄。由於低頻的地滾波已大致被濾除，反射信號可以穿透至1秒的深度。

圖3.5.8(a)為測線09P-HCUF-HS-2經處理後之同中點重合剖面。圖中可以看出本剖面中地層的連續性極佳，地層平緩，僅中間部分有小量的轉折出現。圖3.5.8(b)為本測線重合剖面之解釋，剖面中於南方之地層平整且連續，出現些微向北傾斜的現象；剖面北方的地層也呈現平緩並具極佳的連續性；剖面中之向斜與背斜軸以紅色虛線表示，該軸面往北傾斜，北側地層經由擠壓抬升，使北側地層末端靠近背斜軸處出現往南傾斜的變形帶。由圖3.5.8之淺層震測剖面顯示，其中並無往南傾斜之斷層，新竹斷層亦未於本剖面中經過，亦即新竹斷層往西延伸入海的可

能性極低。





(a) (b)

圖3.5.6、測線09P-HCUF-HS-2往北向(a)及往南向(b)之地表現況。

格式化

格式化

格式化: 靠左, 縮排: 第一行: 7.5 字元

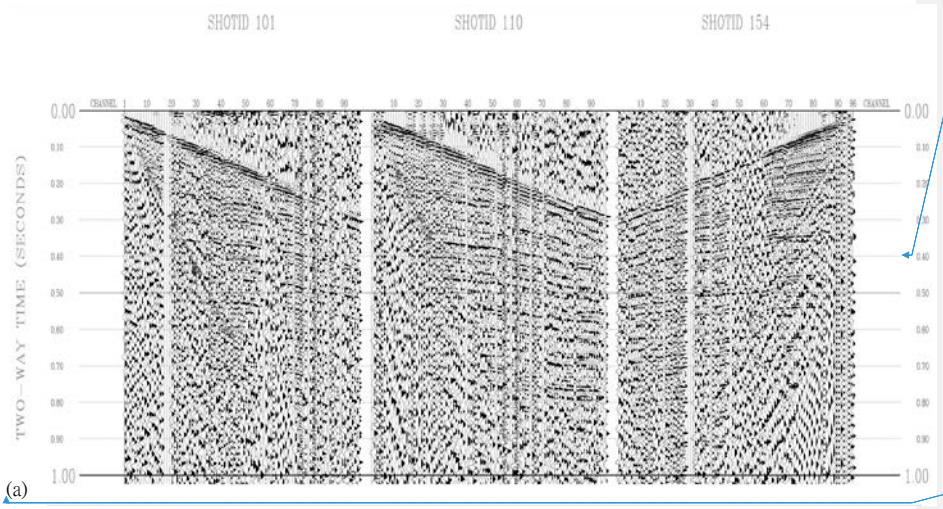
格式化

格式化

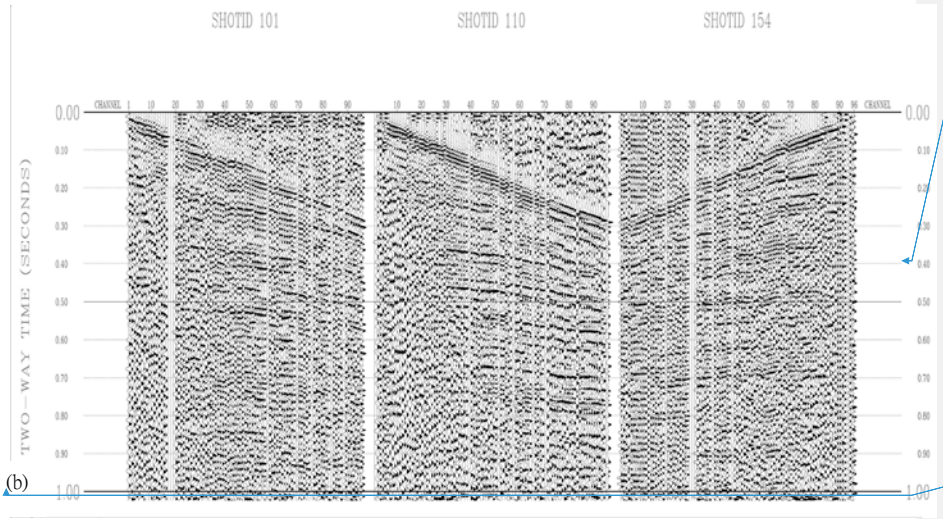
表 3.5.2一、測線 09P-HCUF-HS-2 之震測施測參數表

測線名稱	09P-HCHF-HS-2
測線位置	新竹市香山區
震源	JMS-mini 65
接收波道	96-120
受波器陣列間距（m）	5
每組受波器個數（個）	3
每組受波器內個別間距（m）	1
受波器種類	40Hz垂直式
最小近支距（m）	5
最大遠支距（m）	600
炸點間距（m）	10
震源撞擊次數（次）	40
取樣間隔（ms）	0.5
記錄時間（sec）	2.048
平均重合數	24
測線總長（m）	972
測線走向	南→北
測線曲直性	直線（些微蜿蜒）

格式化: 縮排: 左 -3.24 字元, 第一行: 4.7 字元
格式化表格



(a)



(b)

圖3.5.7、(a)測線09P-HCUF-HS-2沿線之3個代表性測點紀錄圖，圖中炸點紀錄於800毫秒間可以看出明顯的反射信號。(b)原始測點記錄經過濾後的結果，信號至1秒處仍可清楚看見。

格式化: 縮排: 凸出: 1.5 字元, 左 -1.8 字元, 第一行: -1.5 字元

格式化: 字型: 非粗體

格式化: 縮排: 凸出: 1.5 字元, 左 -1.8 字元, 第一行: -1.5 字元

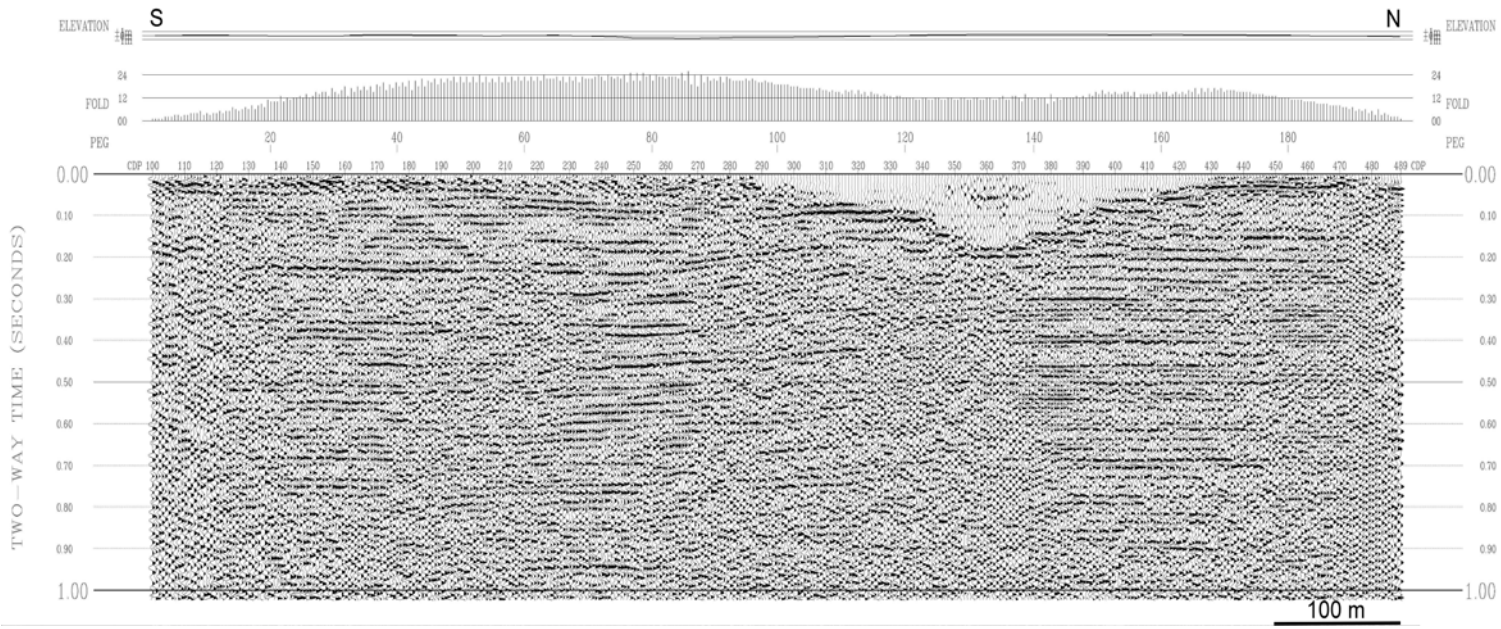
格式化: 字型: 非粗體

格式化

格式化

格式化

格式化



(a)

圖3.5.8、(a)測線09P-HCUF-HS-2之24重合同中點重合剖面。圖中地層連續性極佳，地層平緩，至1秒仍可看見連續地層。

格式化: 上: 3.17 公分, 下: 3.17 公分

格式化

格式化

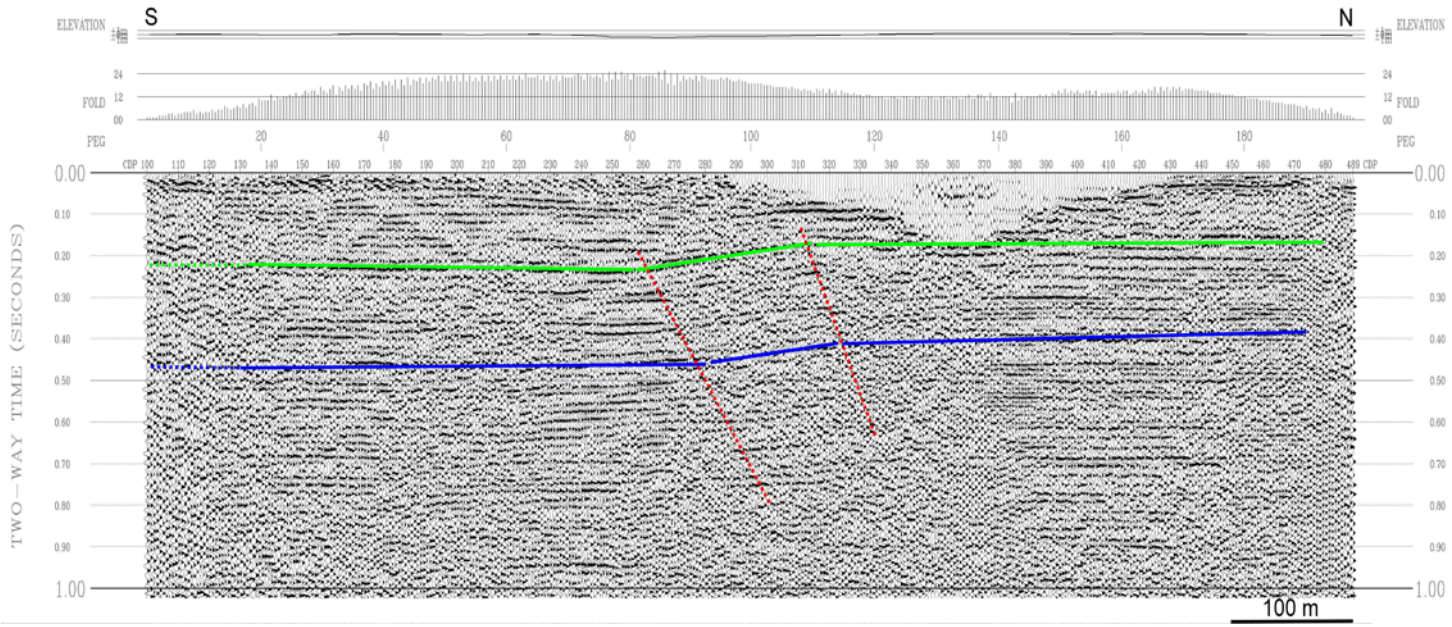
格式化: 靠左

格式化

格式化: 置中

格式化

格式化



(b)

圖3.5.8、(b)測線09P-HCUF-HS-1之解釋剖面其中變形帶之向斜與背斜軸以紅色線條表示，剖面中南方之地層平整且連續，出現向北傾斜的現象，背斜軸北側地層經擠壓抬升。

格式化
格式化: 靠左
格式化
格式化
格式化

3、新竹斷層測線三（測線編號：09P-HCUF-HS-3）

測線09P-HCUF-HS-3位於新竹市東側新竹縣竹北，頭前溪北邊高鐵新竹站西南側。沿隘口二路由西南往東北擺設，測線全長360公尺。本計畫之新竹1號井，以及陳文山教授所進行之頭前溪1至4號井皆位於頭前溪南岸施鑽，為了瞭解斷層往西邊延伸的情形以及其於淺部地層的特徵，本計畫規劃了本測線。圖3.5.9為測線09P-HCUF-HS-3於1/25,000地形圖中的配置位置。本測線由西南往東北彎曲的情況沿道路前進，測線沿線之地勢平緩且無明顯的高程起伏。圖3.5.10(a)及圖3.5.10(b)則為測線09P-HCUF-HS-3往東北及往西南望之地表現況。

由於測線09P-HCUF-HS-1可供施測之長度並不長，為使信號能順利收集，本測線於施測時，全程採取72波道全部接收的方式進行。施測時採用撞擊式震源（JMS-MINI65）由北往南方向推進，沿測線72個受波器組之間距分別為5公尺，而每組受波器皆使用3個40Hz受波器並聯排列，每個受波器之間距為1公尺。本測線之最小近支距為5公尺，最遠支距為360公尺，而炸點間距為10公尺，各炸點平均撞擊約50次，重合剖面之平均重合數為24重合。表3.5.3所列則為測線09P-HCUF-HS-3所使用之震測參數。

圖3.5.11(a)為測線09P-HCUF-HS-3沿線之3個代表性之測點紀錄，圖中紀錄之背景雜訊以及地滾波雜訊強烈，加上測線的展距不足而無法取得最佳之信號視窗，僅0.3秒以上可以看見些微的信號。這些雜訊在適當的濾波後部分可以被過濾，圖3.5.11(b)即為經過濾後的測點紀錄。但由於測線的展距不足，最佳之信號視窗無法獲得，些微的信號仍僅出現在0.3秒以上的位置。

圖3.5.12(a)為測線09P-HCUF-HS-3經資料處理後之同中點重合剖面。圖中~~僅~~可於0.1秒至0.3秒處看見連續且平緩的地層~~，0.3秒處則亦有微弱的信號出現~~。圖3.5.12(b)為測線09P-HCUF-HS-3之剖面解釋，剖面中淺部地層平整且連續，並無地層不連續的現象出現。

格式化: 左: 3.17 公分, 右: 3.17 公分
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

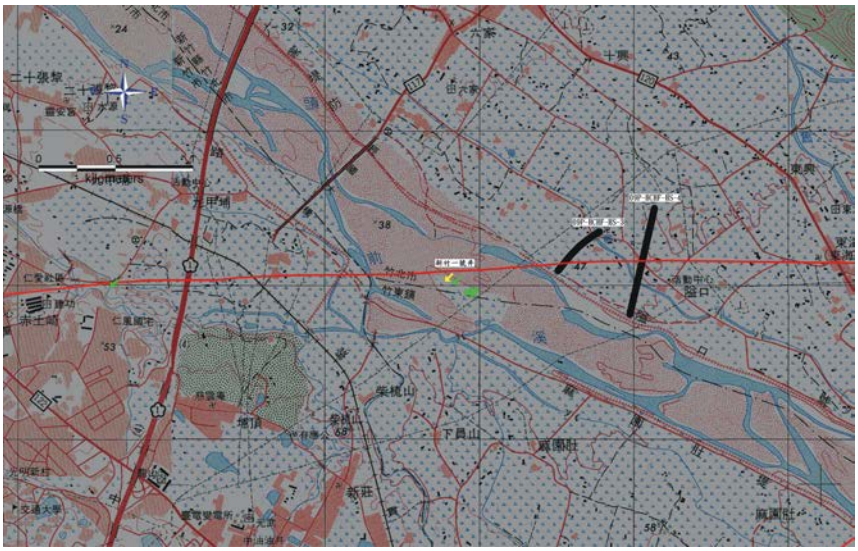


圖3.5.9、測線09P-HCUF-HS-3於1/25,000地形圖中配置位置（左側黑色實線），而紅色實線為原估計新竹斷層可能通過位置。



(a) (b)

圖3.5.10、測線09P-HCUF-HS-3往東北向(a)及往西南向(b)之地表現況。

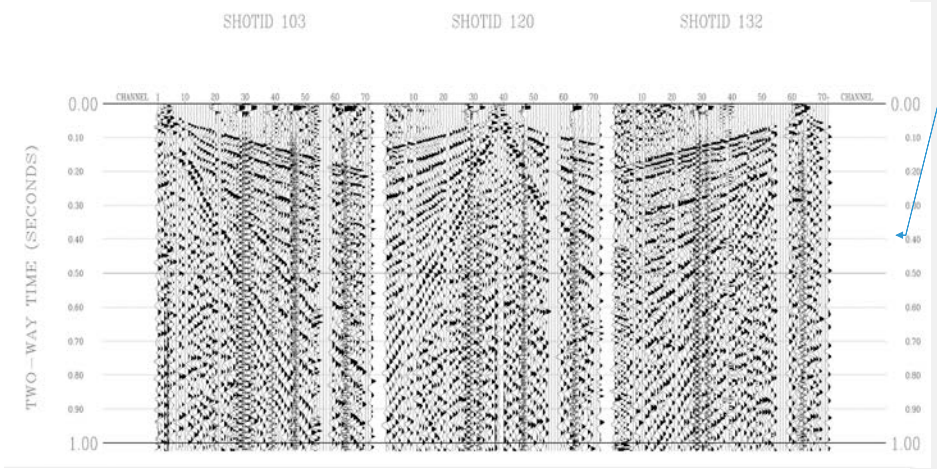
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

表 3.5.3-、、測線 09P-HCUF-HS-3 之震測施測參數表

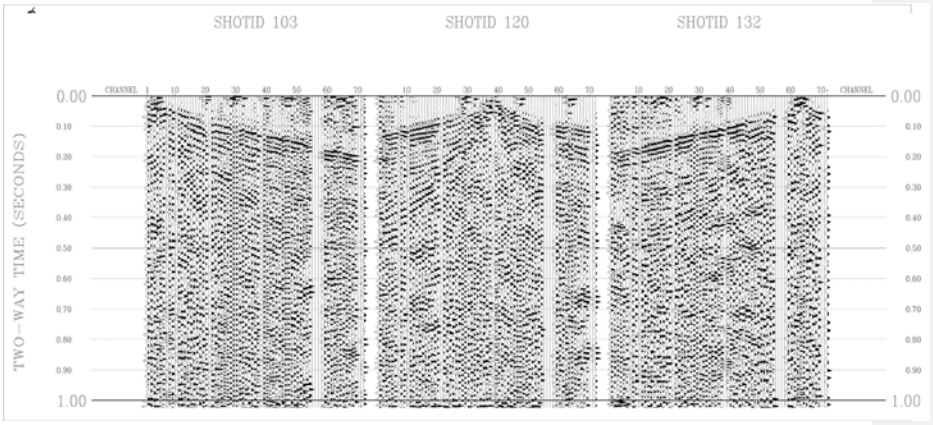
測線名稱	09P-HCHF-HS-3
測線位置	新竹縣竹北市
震源	JMS-mini 65
接收波道（個）	72
受波器陣列間距（m）	5
每組受波器個數（個）	3
每組受波器內個別間距（m）	1
受波器種類	40Hz垂直式
最小近支距（m）	5
最大遠支距（m）	360
炸點間距（m）	10
震源撞擊次數（次）	50
取樣間隔（ms）	0.5
記錄時間（sec）	2.048
平均重合數	24
測線總長（m）	360
測線走向	西南→東北
測線曲直性	往東北彎曲

格式化: 縮排: 左 -4.14 字元, 第一行: 5.45 字元

格式化表格



(a)



(b)

圖3.5.11、(a)測線09P-HCUF-HS-3沿線之3個代表性測點紀錄圖，圖中紀錄之背景雜訊以及地滾波雜訊強烈，加上測線的展距不足，僅0.3秒以上可以看見些微的信號。(b)經過濾後的測點紀錄。由於測線的展距不足，最佳之信號視窗無法獲得，些微的信號仍僅出現在0.3秒以上的位置。

格式化: 縮排: 凸出: 1.5 字元, 左 -1.8 字元, 第一行: -1.5 字元

格式化

格式化

格式化: 靠左

格式化

格式化: 靠左

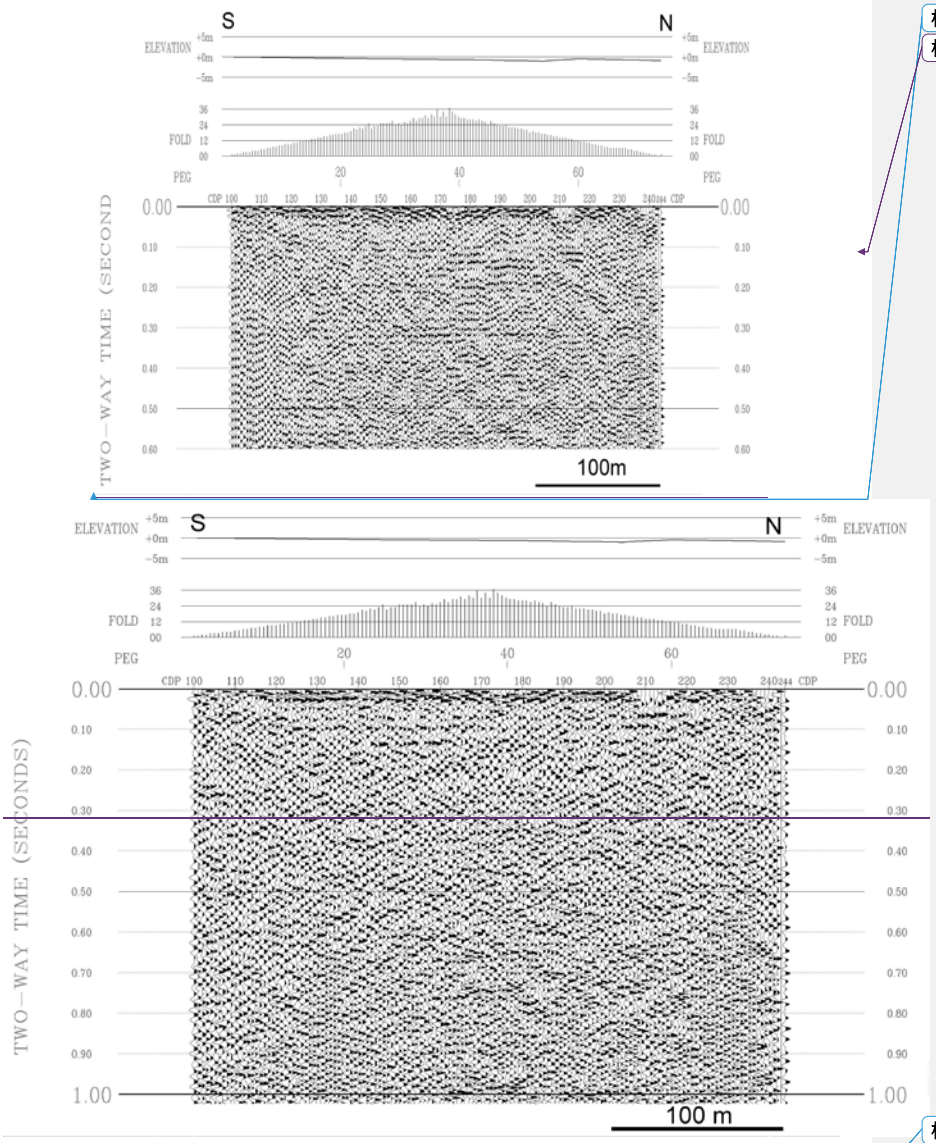
格式化

格式化

格式化

格式化

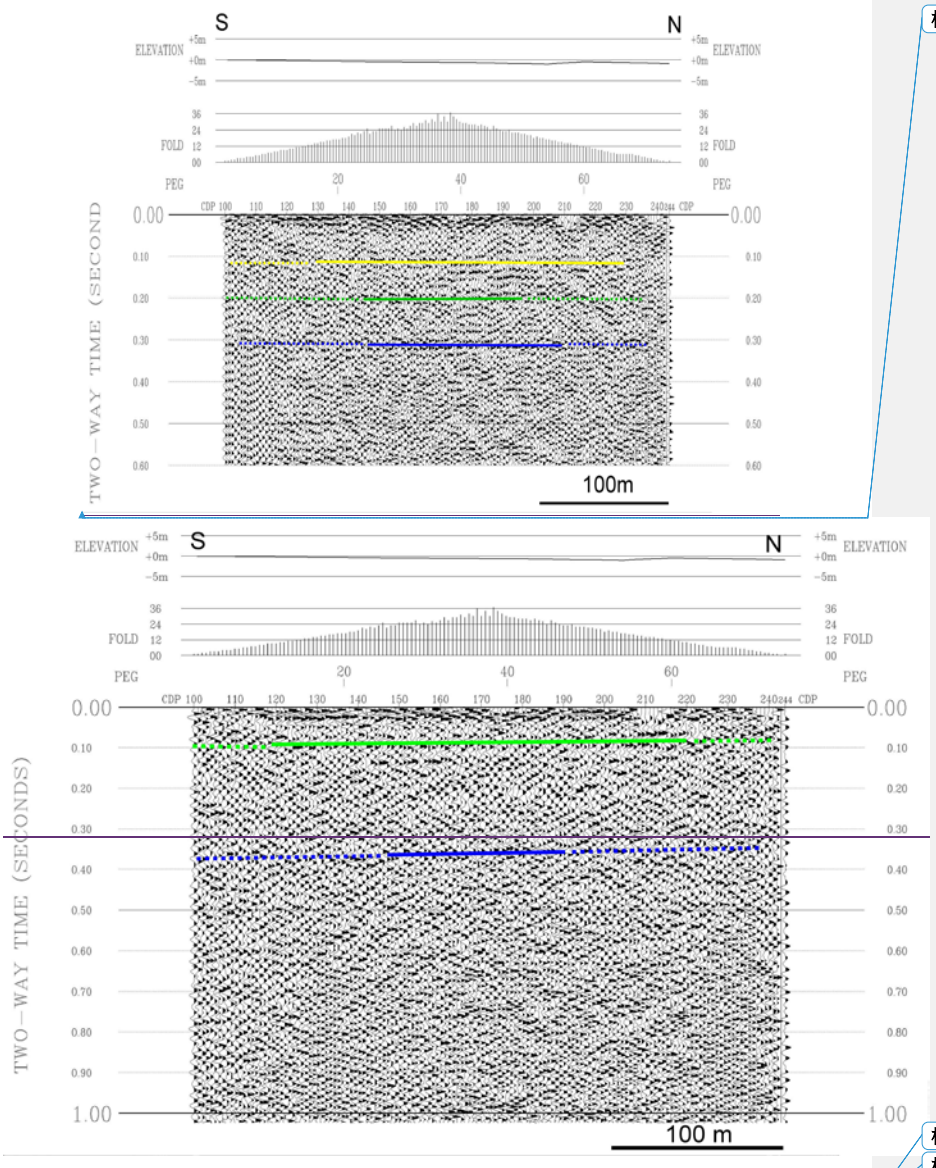
格式化



(a)

圖3.5.12、(a)測線09P-HCUF-HS-3之同中點重合剖面。圖中僅可於0.1秒至0.3秒處看見連續且平緩的地層~~，0.3秒處則亦有微弱的信號出現~~。

格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 置中
格式化
格式化: 靠左
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化



(b)

圖3.5.12、(b)測線09P-HCUF-HS-3之剖面解釋，剖面中淺部地層平整且連續，

格式化: 字型: Times New Roman

格式化

格式化

格式化: 靠左

格式化

格式化

並無地層不連續的現象出現。

4、新竹斷層測線四（測線編號：09P-HCUF-HS-4）

格式化

由於測線09P-HCUF-HS-3的展距不夠長，信號穿透的深度以及強度均不如預期。本計畫復於本區域之實施另一測線，編號09P-HCUF-HS-4。該測線位於測線09P-HCUF-HS-3之東方，沿高鐵五路由南往北施測。該測線南端始於頭前溪北岸，北端接於高鐵新竹站南邊不遠處。本測線之全長為700公尺，測線於1/25,000地形圖中的配置位置鑑於圖3.5.9。本測線由南往北呈直線前進，沿線地勢平緩且無明顯的高程起伏。圖3.5.13(a)及圖3.5.13(b)為測線09P-HCUF-HS-4往北及往南望之地表現況。

格式化

格式化

格式化

格式化

測線09P-HCUF-HS-4於施測時採用撞擊式震源（JMS-MINI65）由南往北推進，於南段採用96個受波器組往北實施同中點炸測，於北段則採113波道全開的方式施測，以加強信號之強度。施測時受波器之間距為5公尺，而每組受波器皆使用3個40Hz受波器並聯排列，每個受波器之間距為1公尺。本測線之最小近支距為5公尺，最遠支距達565公尺，而炸點間距最大為10公尺，最小為5公尺，各炸點平均撞擊約50次，重合剖面之平均重合數為24重合。表3.5.4所列為測線09P-HCUF-HS-4所使用之震測參數。

格式化

圖3.5.14(a)為測線09P-HCUF-HS-4沿線之3個代表性之測點紀錄，圖中背景雜訊與地滾波強烈，反射信號不容易區分。這些雜訊在適當的濾波後可以被過濾，圖3.5.14(b)即為經過濾後的測點紀錄。由於雜訊已被濾除，並且測線的展距夠遠，反射信號可以穿透至1秒的深度。

格式化

格式化

格式化

格式化

圖3.5.15(a)為測線經資料處理後之24重合同中點重合剖面。圖中可以看出本剖面的地層平緩且具極佳的連續性。圖3.5.15(b)為測線09P-HCUF-HS-4之重合剖面解釋，剖面中地層平整且連續，斷層並未出現於本剖面1秒以上的地層。由本區域之深部震測剖面可知，斷層南邊的地形為向北傾斜的單斜，新竹斷層應出現在本剖面南邊信號不好處，或甚至往南進入頭前溪北岸南邊。

格式化

格式化

格式化

格式化



(a) (b)

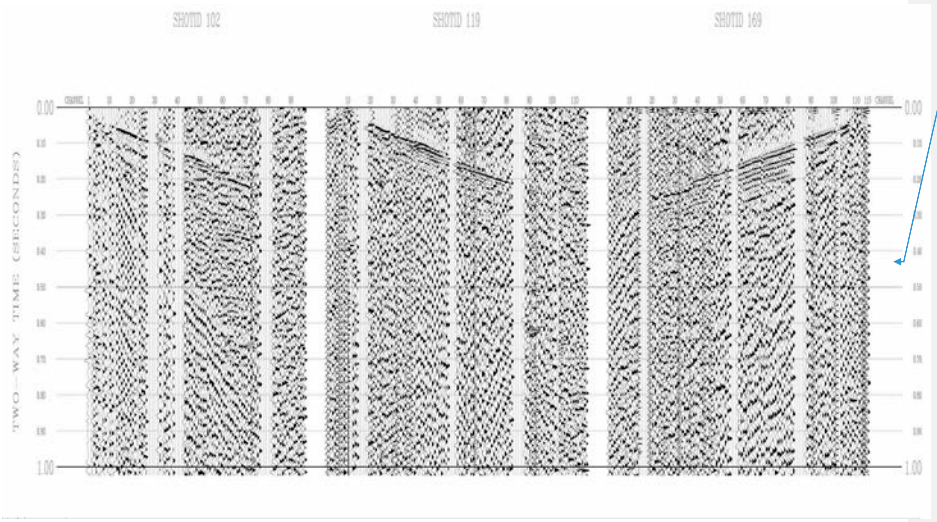
圖3.5.13、測線09P-HCUF-HS-1往北(a)及往南(b)之地表現況。

格式化
格式化
格式化
格式化

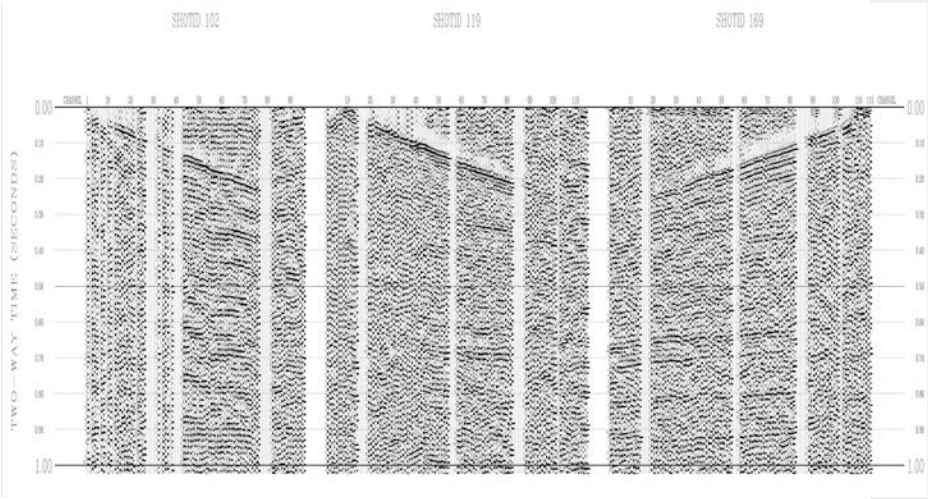
表 3.5.4、測線 09P-HCUF-HS-1 之震測施測參數表

測線名稱	09P-HCHF-HS-4
測線位置	新竹縣竹北市
震源	JMS-mini 65
接收波道（個）	96~113
受波器陣列間距（m）	5
每組受波器個數（個）	3
每組受波器內個別間距（m）	1
受波器種類	40Hz垂直式
最小近支距（m）	5
最大遠支距（m）	565
炸點間距（m）	10
震源撞擊次數（次）	50
取樣間隔（ms）	0.5
記錄時間（sec）	2.048
平均重合數	24
測線總長（m）	700
測線走向	南→北
測線曲直性	直線

格式化表格



(a)



(b)

圖3.5.14、(a)測線09P-HCUF-HS-4沿線之3個代表性測點紀錄圖，圖中背景雜訊與地滾波強烈，反射信號不容易區分。(b)~~即為~~經過濾後的測點紀錄。由於雜訊已被濾除，並且測線的展距夠遠，反射信號可以穿透至1秒的深度。

格式化: 縮排: 凸出: 1.5 字元, 左 -1.8 字元, 第一行: -1.5 字元

格式化

格式化

格式化: 靠左

格式化

格式化: 靠左

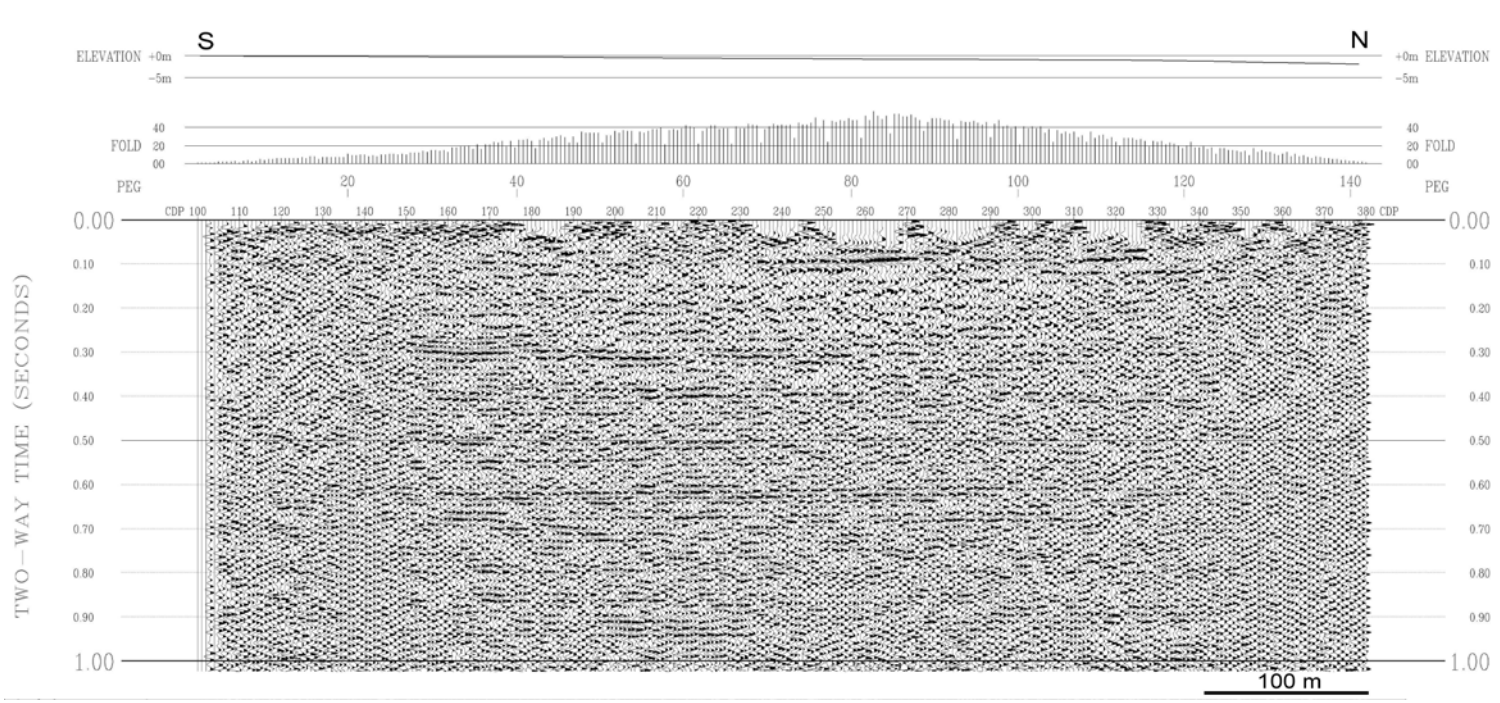
格式化

格式化

格式化

格式化

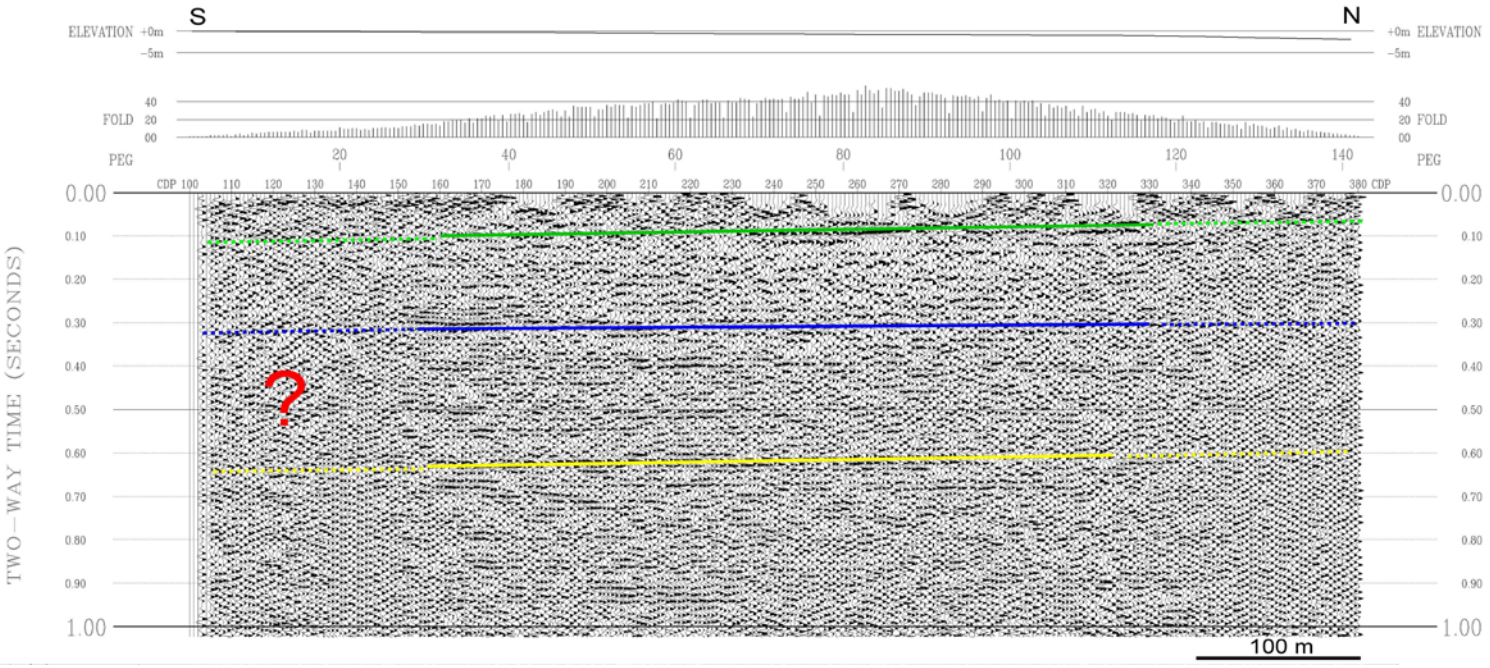
格式化



(a)

圖3.5.15、(a)測線經資料處理後之24重合同中點重合剖面。圖中可以看出本剖面的地層平緩且具極佳的連續性。

格式化: 沒有格線
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化: 靠左, 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化: 置中
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行



(b)

圖3.5.15、(b)測線09P-HCUF-HS-4之重合剖面解釋，剖面中地層平整且連續並無斷層出現於1秒以上的地層。

格式化
格式化: 靠左, 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化: 置中
格式化
格式化
格式化

六、新竹斷層的運動學分析

1、前人研究

由於新竹斷層的東西走向與台灣北北東的主要構造線以大角度相交，且其高角度的傾角也與一般褶皺斷層帶的逆衝斷層明顯不同，因此其生成原因引起廣泛的研究。Suppe(1984)根據新竹地區的震測資料提出沿老正斷層發生逆衝復活的複雜構造活動機制，這樣的論點也受到黃旭燦等人的支持(Huang et al., 1993)，他們分析了新竹外海與陸上的地質構造，他們發現在始新世早期至漸新世時期，竹苗外海為一張裂盆地，由東西向正斷層架構成一系列地塹－地壘構造，這些正斷層可延伸至今日新竹與湖口斷層的位置。當中新世晚期造山運動發生後，這些在陸上以及部分海域早期發育的正斷層受到擠壓而復活成逆斷層或走向滑移斷層。雖然這種斷層再滑動機制為多數人所肯定，但研究人員對再滑動後的斷層特性卻有不一致的看法：如Namson (1984)認為新竹斷層是一條具斷坪－斷坡－斷坪構造的盲斷層，在其上出現斷層彎曲褶皺（圖3.6.1）；而湯振輝與徐兆祥（Tang and Hsu，1970）根據鑽井資料推斷新竹斷層僅是一條高角度的逆斷層，楊耿明等人（2002）在利用平衡剖面法分析此處構造時，也同意這樣的看法（圖3.6.2），根據此一解釋，發育在其上的褶皺當屬斷層擴展褶皺。不過江婉綺（2005）卻有不同看法，她利用砂箱模擬推測新竹斷層主要是左移斷層的P shear（圖3.6.3），與右移的斗換坪斷層共同作為新城斷層、鹿廚坑斷層的發育界線，不過因為由井孔延展方向所推估的大地應力方向幾乎垂直新竹斷層（Suppe，1985），而且GPS所測量到的速度場也顯示新竹斷層為逆移帶有右移的運動機制（饒瑞鈞等，2008），因此對於新竹斷層為左移斷層的看法，仍有待商榷。此外最近林啟文等（2007）利用淺層鑽探證實新竹斷層西段已出露地表，因此Namson所提出的盲斷層解釋必須修正，我們將在下段中討論新竹斷層上盤的變形帶沿其走向產生的明顯變異，這種轉變或許反應斷層位態與滑動行為在空間上的差異。

2、近斷層構造特徵

根據中油公司的震測資料顯示（測線A，圖3.4.6及圖3.6.4），在接近新竹斷層與新城斷層交接處，新竹斷層上盤出現明顯的背斜構造，褶皺後翼傾角小於斷層面傾角；在淺處傾角較大，但隨深度增加而遞減，在1.6秒附近此背斜構造已

格式化: 沒有格線
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化
格式化

不復見。此外，後翼之翼寬亦隨深度增加而減小。雖然由中油震測資料很難直接判斷新竹斷層是否在此出露地表，但因為前翼地層的反射訊號具有相當的連續性，因此即使斷層在此出露，其位移量也應極為有限。往西，在測線D上（圖3.4.6及圖3.6.5），新竹斷層上盤出現了截然不同的褶皺構造，在此，褶皺幾乎是以單斜形式出現，僅有較狹小的前翼發育，呈尖頂褶皺。此褶皺向下逐漸減小，在2秒附近消失。更往西，在海岸線附近（測線F，圖3.4.6及圖3.6.6），新竹斷層已難以辨識，取而代之的是向北傾斜的高角度逆斷層，此逆斷層亦出現明顯的由正斷層反轉的訊號，應證前人的研究結果。

3、、斷層運動學~~Trishear~~ 模擬

我們先對新竹斷層在頭前溪以西的單斜尖頂褶皺（測線C，圖3.4.6及圖3.6.7）進行模擬，因為此處震測訊號良好，新竹斷層尖端約出現在地下3公里處，同時其尖端發育出明顯的三角剪切帶，此與Namson(1984)認為由斷層彎曲褶皺所產生的等寬前翼的情形不盡相同，因此我們傾向以在斷層尖端形成三角剪切帶的斷層擴展褶皺來模擬此地區的變形。此外，針對斷層上盤出現平頂的開放背斜，我們以斷層彎曲的方式來模擬，結果顯示於圖3.6.8，相關之模擬參數則列於表3.6.1。我們發現當假設新竹斷層位移量為400公尺以及斷層擴展與滑距的比值p/s=0.5時，模擬結果與觀測之震測剖面所顯示之地下構造極為相似，且也與新竹一號井下資料吻合，此暗示在頭前溪西側附近，新竹斷層未出現於地表，可能也沒有被其他低角度的逆斷層截切，至於在其上盤的開放褶皺，可能僅是新竹斷層在深度之5公里附近發生些微轉折之故。

然而當新竹斷層向西延伸至香山附近時（測線F，圖3.4.6及圖3.6.2），在斷層上盤，除青草湖背斜外，另在其北側接近新竹斷層處出現另一個背斜軸（圖3.4.6），本研究稱之為香山背斜，與青草湖背斜以香山向斜相隔，這顯非單一三角剪切帶所能解釋，加以此處鑽探得知斷層以接近30度角逆衝出地表，因此我們以一個通過新竹斷層頂點的逆衝斷層來模擬此地區的變形，亦即在新竹斷層發生三角剪切帶後（如圖3.6.8），一個新的低角度斷層再逆衝至地表（圖3.6.9），我們估計此低角度逆斷層的最大滑移量約600公尺，詳細模擬參數請參見表3.6.1。不過由於此處震測資料品質不佳（圖3.6.10），因此所估算之斷層相關參數仍有相當的不確定性，儘管如此，我們將在之後的力學模型中說明支持這樣模擬的依據。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

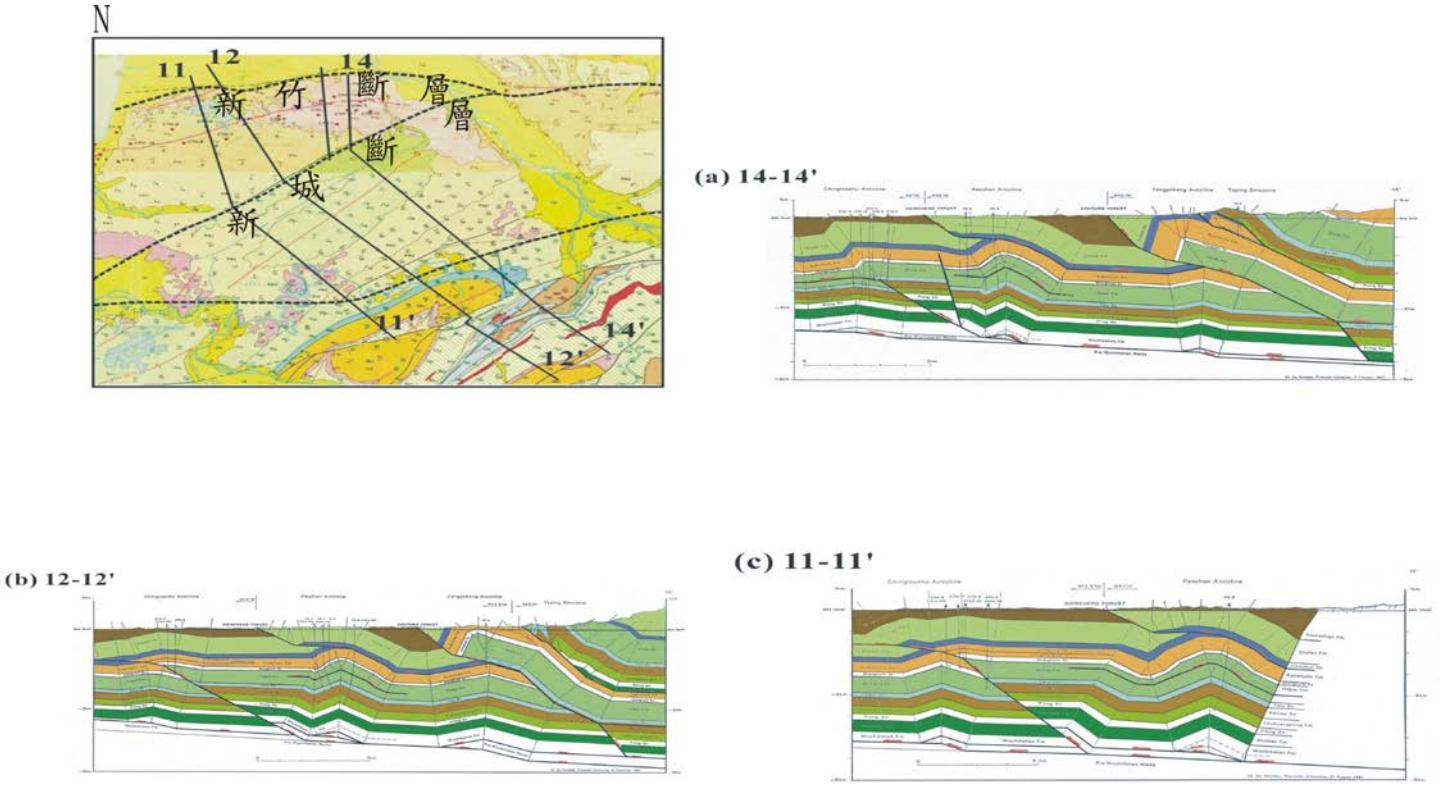


圖3.6.1、新竹地區的地下構造（修改自Namson，1984）。在此剖面中，新竹斷層被解釋為未出露的盲斷層。

格式化: 沒有格線

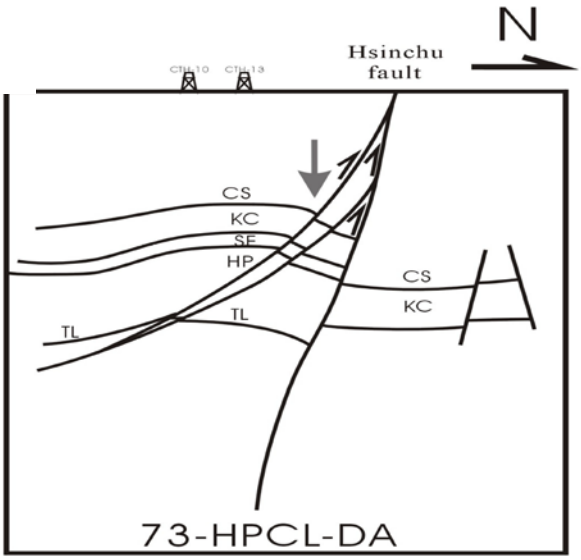


圖3.6.2、根據震測與鑽井資料，楊耿明等人（Yang et al., 1996）推斷新竹斷層為高角度的逆斷層，但有較低角度的逆斷層截切其上盤。

格式化: 沒有格線

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

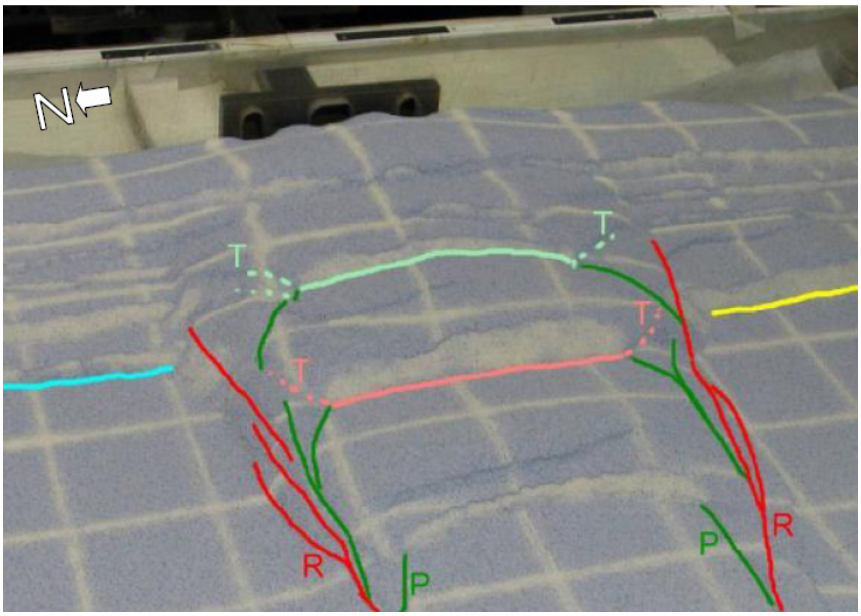


圖3.6.3、江婉綺（2005）根據砂箱模擬實驗，認為新竹斷層為沿著P shear發育的左移斷層。

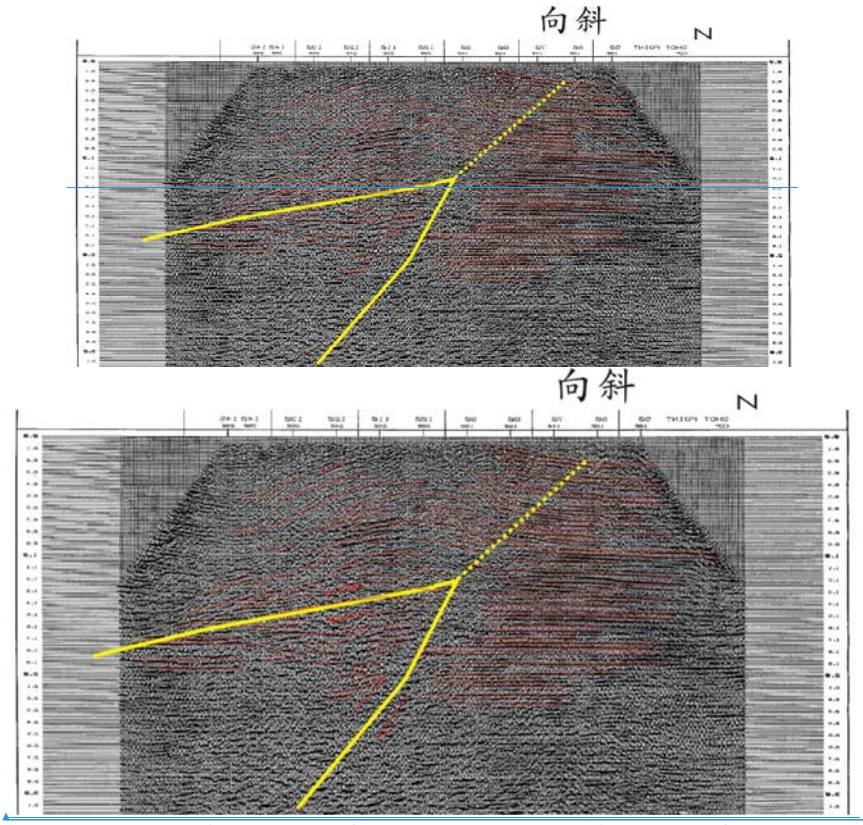


圖3.6.4、測線A震測剖面，圖中顯示新竹斷層上盤發育出明顯的背斜構造，不過此構造往深部體積逐漸縮小，在1.6秒附近即已完全消失。(資料來源：中油公司) ~~測線A震測剖面。圖中顯示新竹斷層上盤發育出明顯的背斜構造，不過此構造往深部體積逐漸縮小，在1.6秒附近即已完全消失。(資料來源：中油公司)~~

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

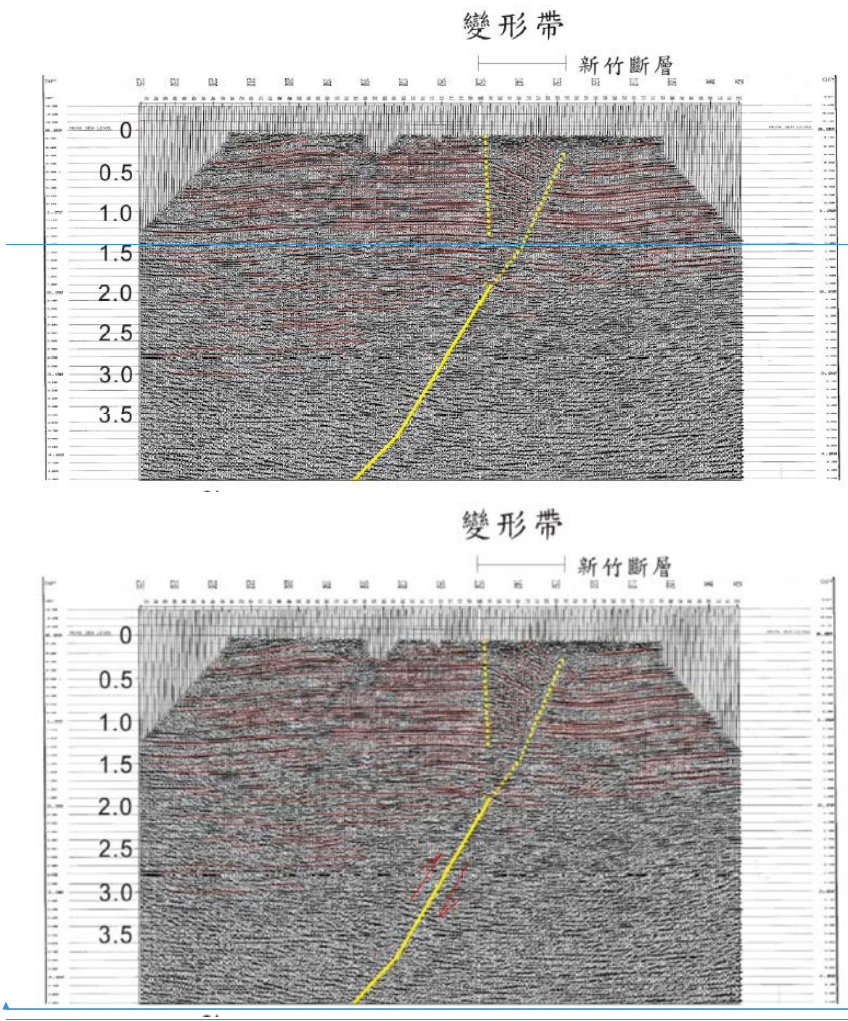
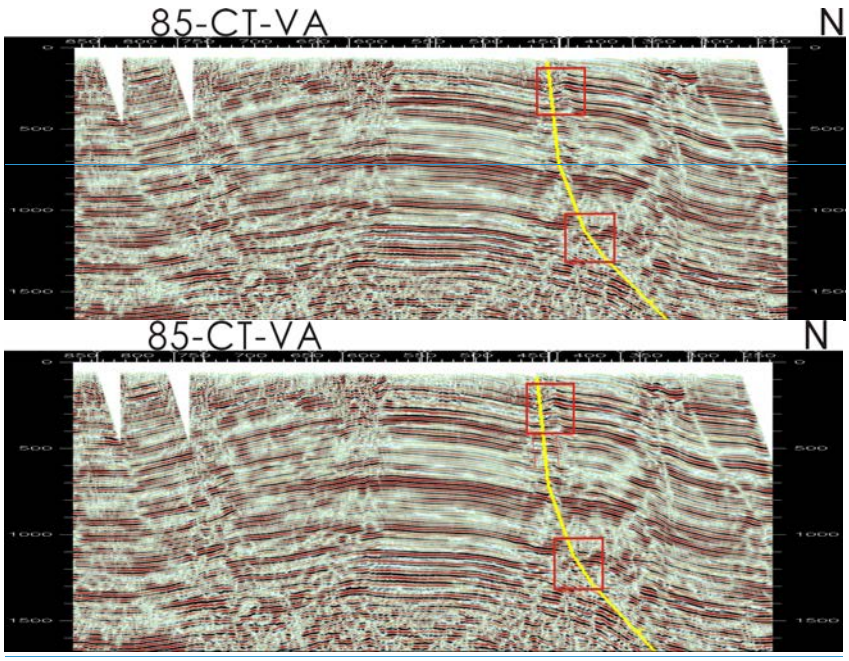


圖3.6.5、測線D之震測剖面。圖中顯示新竹斷層上盤發育單斜的尖頂褶皺構造，此構造在2秒附近即不復見。(資料來源：中油公司)

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體

格式化



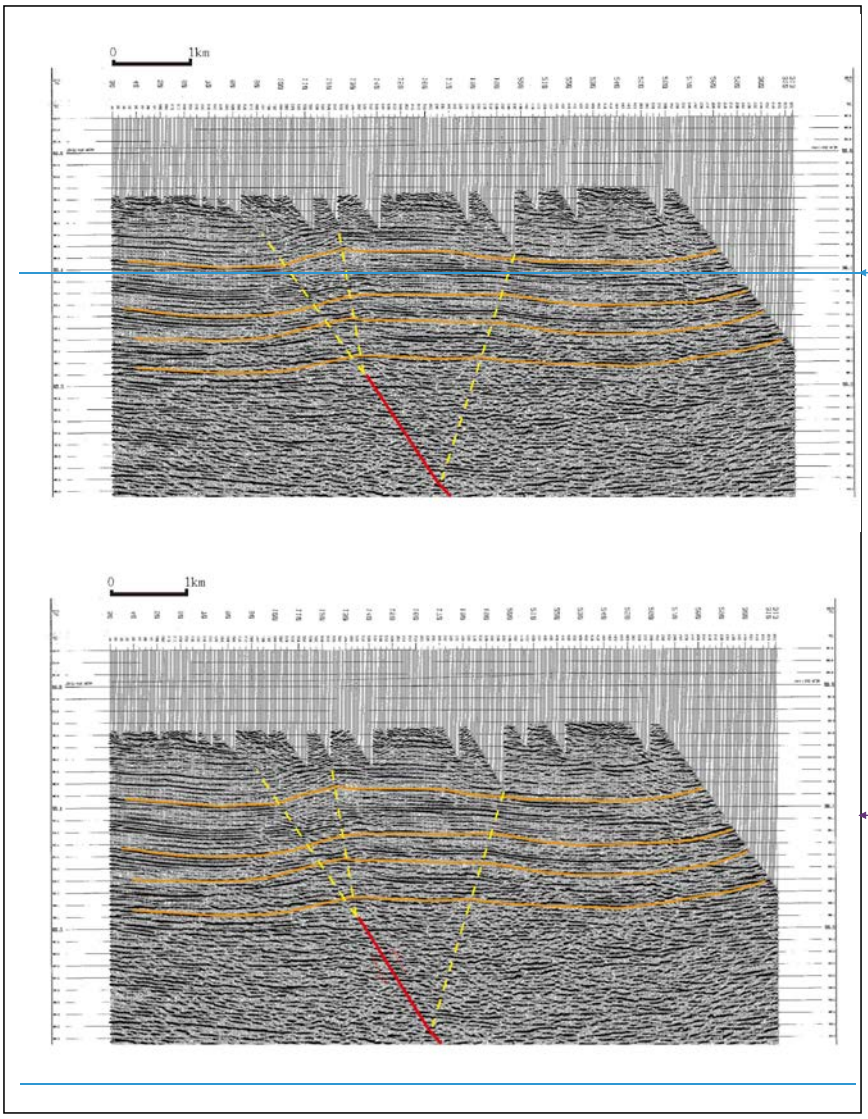
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

圖3.6.6、測線F之震測剖面。圖中顯示新竹斷層已不復見，取而代之的是向北傾斜的高角度逆斷層，不過此逆斷層實為正斷層（下紅框）反轉為逆斷層（上紅框）。（資料來源：中油公司）

圖3.6.7、新竹線形東側測線C之震測與解釋圖。

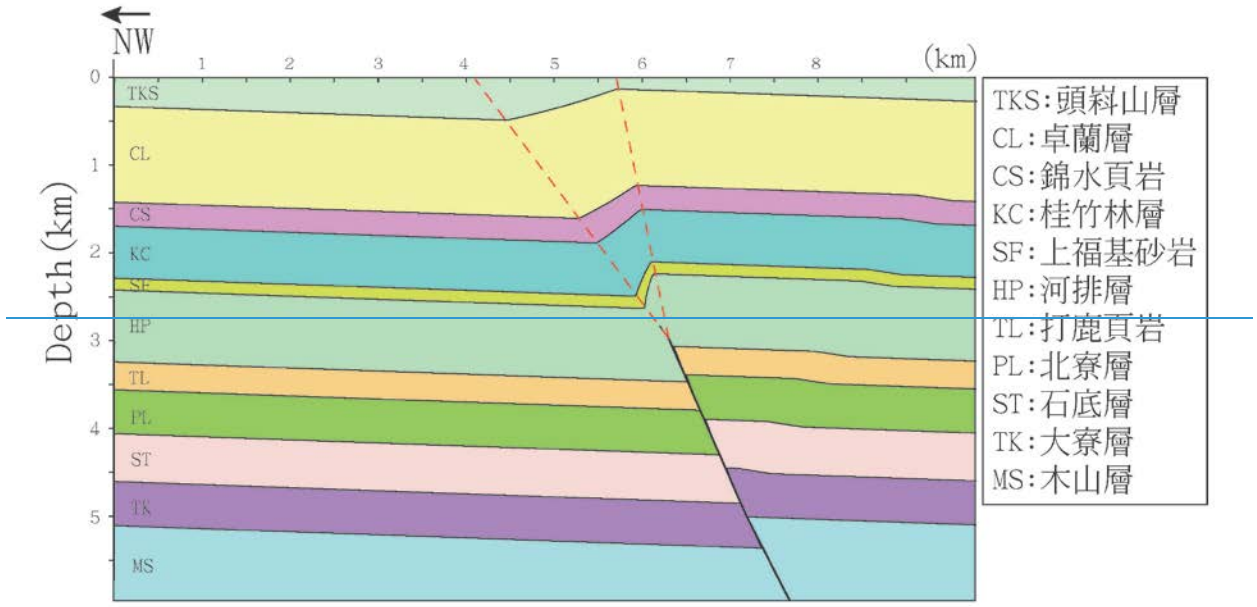
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

N



格式化: 置中

格式化: 間距 套用前: 0.5 行



格式化: 沒有格線

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

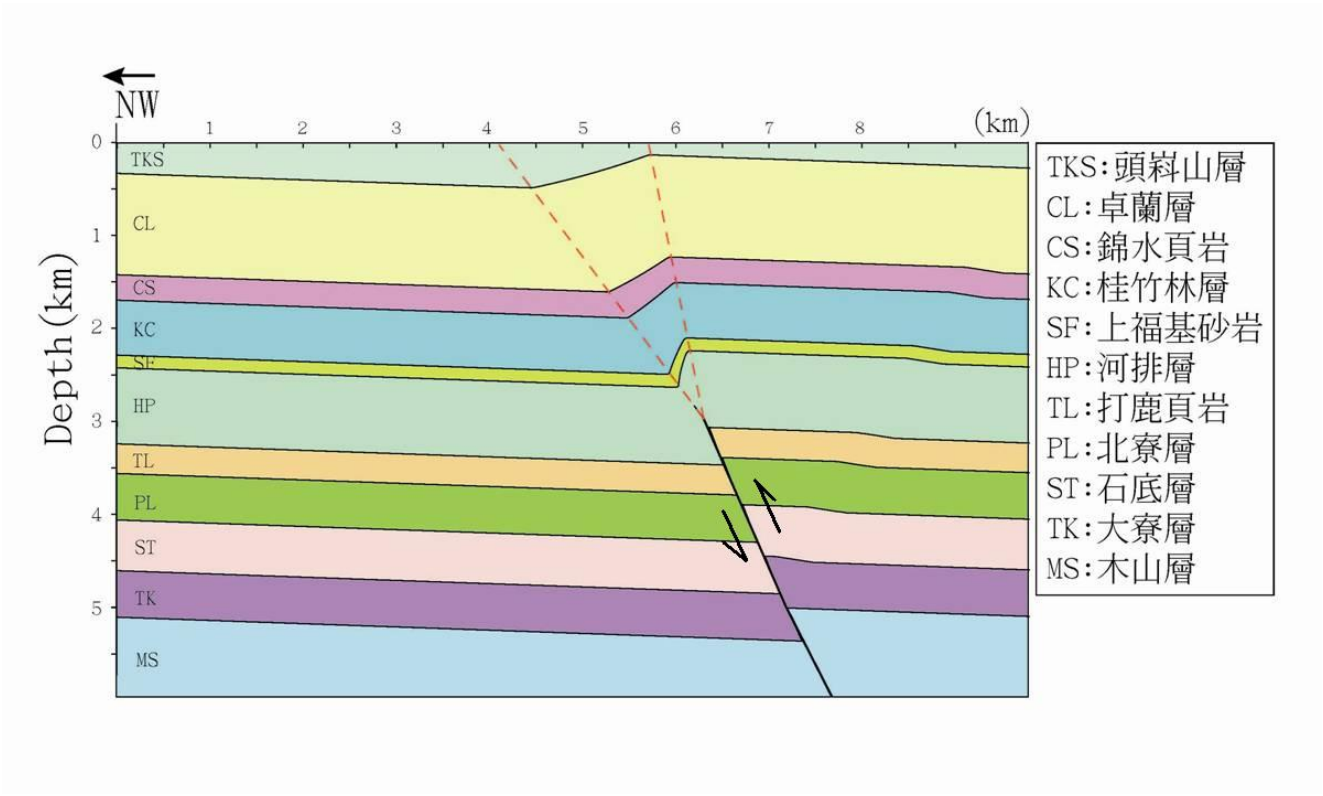
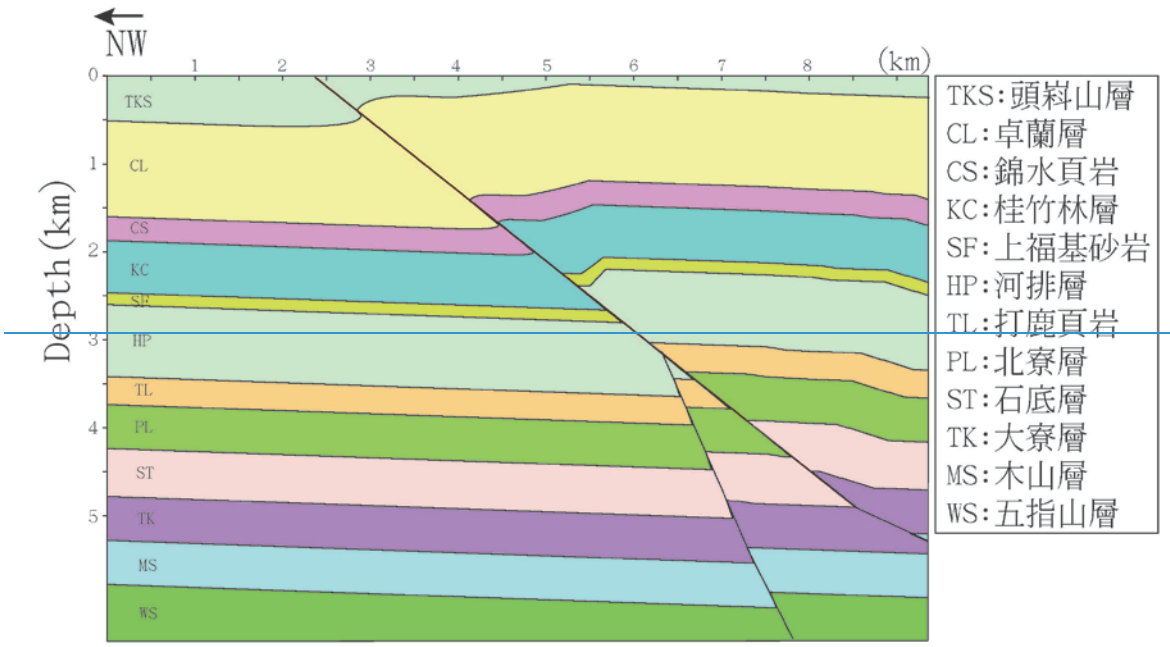


圖3.6.8、新竹線形東側測線C之trishear分析圖。高角度之新竹斷層在其頂端發育出明顯的三角剪切帶，另在斷層上盤，因新竹斷層的些許折彎，形成開放褶皺。

格式化: 字型: (符號) 標楷體
格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點, (符號) 標楷體
格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 3.75 字元, 第一行: -3.75 字元, 定位停駐點: 4.5 字元, 左
格式化: 字型: (符號) 標楷體
格式化: 字型: (符號) 標楷體
格式化: 字型: (符號) 標楷體
格式化: 字型: (中文) Batang, 10 點



格式化: 字型: (英文)Batang, (中文) Batang, 10 點

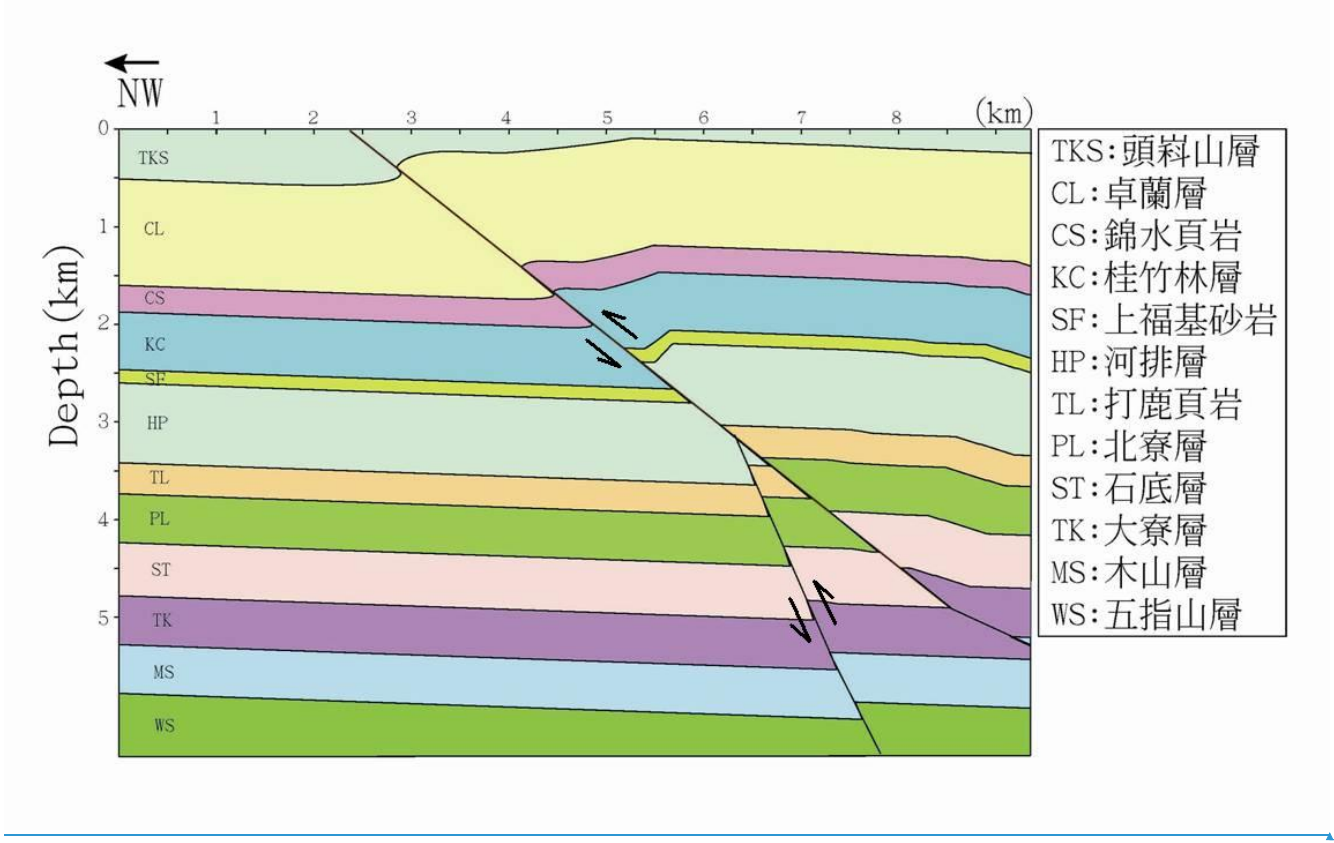


圖3.6.9、新竹線形西側測線F’之trishear分析圖。高角度之新竹斷層在其頂端被另一低角度的逆衝斷層截切，形成地表在圖上3公里與

格式化: 字型: (英文)Batang, (中文) Batang, 10 點

5公里附近出現兩個背斜（香山與後者為青草湖背斜），兩者之間則為香山向斜構造。

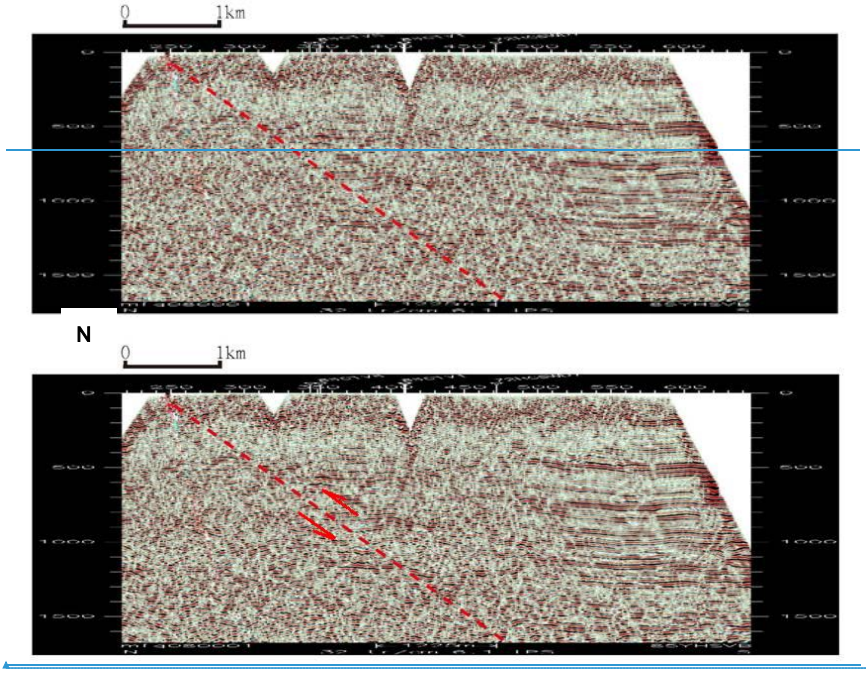


圖3.6.10、新竹線形西側測線F'之震測與解釋圖。(資料來源：中油公司)

格式化: 沒有格線

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

表3.6.1一、新竹斷層trishear模擬參數

測線名稱	C	F
斷層傾角	64°,>5 km 68°,2.8-5km	25°,>5.2 km 38°,~0-5.2 km (main fault)
Trishear angle	25°	25°
p/s比值	0.5	6
滑移量	0.4 km	0.6 km
圖例	圖3.6.8	圖3.6.9

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

七一、節要

新竹斷層的走向與台灣北北東的主要構造線以大角度相交，而其高角度的傾角也與一般褶皺斷層帶的逆衝斷層明顯不同，Suppe(1984)提出了沿老正斷層發生逆衝復活的複雜構造活動機制，也受到黃旭燦等人的支持(Huang et al., 1993)。新竹斷層是原先已存在正斷層受後來壓應力的影響被復活所形成，由於每條正斷層的延展性並不相同，因而形成了區段性變化，且因正斷層傾斜方向亦有變化，向南傾斜者成為伸向向北的褶皺與傾角向南的斷層，而向北者則形成伸向向南的背衝斷層。

沿著新竹斷層之走向，斷層構造形態亦隨之而有改變。在新竹斷層東段，地表變形以向斜軸變形為主，部份地區也許會發育向斜軸部的斷層切近至近地表處，大體而言形成上寬下窄的三角剪切帶，且在近斷層處的淺部地層傾斜較大。在，在東側有較好的控制顯示斷層尖端並未出露至地表，僅在地表形成向斜軸。

新竹斷層東段在頭前溪一帶的特徵可由圖3.4.3之深部震測剖面中明顯看出。圖中在剖面D一、C一、與B處均可見到明顯的變形帶，但更往東到剖面A處時，變形前緣已轉為向斜構造，而新竹斷層尖端在頭前溪處並未出露至地表。

本研究在這一帶除進行深部地下構造分析與野外地質與地形調查外，並完成了新竹一號井鑽探，以及兩條淺層震測線，分別為測線09P-HCUF-HS-3以及測線09P-HCUF-HS-4，以調查新竹斷層於東段之近地表特性。

新竹一號井位於頭前溪南岸，井深150公尺。鑽探結果顯示，地層在約100公尺以上之傾角約20-30度，而更深在100-150公尺處地層則傾斜僅約5度。井錄中可發現許多小斷層，但大多以層面滑動為主，層面位態轉折處並未見斷層。100公尺以上的地層之位態與地表於井位以南的地層位態近似，且地表調查時亦未在井位以南發現斷層出露。因此，新竹一號井鑽探處應已通過新竹斷層變形前緣附近，但新竹斷層尖端並未在此出露至地表，僅在地表發育出向斜構造，其軸部位置在約100公尺處，以上地層傾斜約20度，以下近水平。

倪銘倫(2004)之淺部震測剖面亦顯示相同結果（圖3.4.2），圖中地層傾斜已投影至測線方向。若與中油深部震測比較亦有類似結果，圖中在0.25秒處似有錯動，但錯動量僅0.05秒，若震波速度近3000m/sec，則其錯動約僅15公尺，相較於

格式化
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化

深部地層約600公尺，相差甚大，因此本研究認為此僅為小斷層沿其軸部破裂，且淺部地層連續，斷層並未穿出地表。

格式化

格式化

本研究在頭前溪東北岸亦進行了兩條淺層震測線，施測處位於倪銘倫(2004)之淺層震測線處，以該測線為南端端點往北施測，走向大致與該測線以直角相交。測線09P-HCUF-HS-3位於頭前溪北邊高鐵新竹站西南側，沿隘口二路由西南往東北擺設，測線全長360公尺。圖3.5.12為測線09P-HCUF-HS-3之同中點重合剖面，其中僅可於0.1秒處看見連續且平緩的地層，地層平整且連續，並無地層不連續的現象出現。但測線09P-HCUF-HS-3的展距太短，信號穿透的深度以及強度均不如預期。本區域之另一測線09P-HCUF-HS-4，位於測線09P-HCUF-HS-3之東方，沿高鐵五路由南往北施測。該測線南端始於頭前溪北岸，北端接於高鐵新竹站南邊不遠處。圖3.5.15為該測線同中點重合剖面，圖中可以看出平緩且具極佳連續性的地層，斷層並未於本剖面中1秒處以上出現。由深部震測資料，野外地質以及鑽探資料可知，此處斷層南邊的地形為向北傾斜的變形帶，因此，新竹斷層出現的位置應在本剖面南端信號不佳處，或甚更往南而進入頭前溪北岸之南邊，但沒有通過這兩條淺層震測剖面位置。

新竹斷層東段有較好的控制顯示斷層尖端並未出露至地表，僅在地表形成向斜軸。為瞭解新竹斷層中段的淺部地層特性，本研究重新檢視了中央地質調查所（2007）所鑽探的赤土崎公園井岩芯，並僅在48.4公尺處發現平行層面之剪切帶，而難以確定存在的斷層帶。此外，本研究亦於其西側進行了新竹二號井鑽探。新竹二號井位於新竹斷層西側崖面上，原預期應可鑽到斷層，但鑽探結果則顯示地層之傾斜角度約為5度，加上13-56公尺為礫石層，但仍未見有斷層帶。

新竹斷層西段的地下構造特徵可由圖3.4.6中之剖面F、、G、、及H看出。在測線F剖面中（圖3.4.9），新竹斷層在深部呈高角度向南傾斜，但淺部呈近30度傾斜。而在更西側（測線G），新竹斷層在此的變形不大，於淺部已不容易判識，新竹斷層在此接近終止(圖3.4.10)。而由海域的資料顯示（測線H），這地區背衝斷層的發育更為明顯，新竹斷層的蹤跡似乎已經終止(圖3.4.11)。

本研究於新竹斷層西側亦完成了新竹三號與四號井的鑽探。這兩口鑽井皆鑽遇斷層，且斷層已切穿地表。根據新竹三號井與四號井的剖面圖（圖 3.4.4），主要斷層帶連接後位置恰位於地形崖處，而斷層傾角約 30 度。新竹三號井主斷層

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

在 70 公尺處，70 公尺以下地層近水平。新竹四號井主斷層在 96.4 至 97.4 公尺之間，主斷層之下地層近水平。對比地層發現淺部店子湖層的礫石層厚度一致，礫岩以下緊接出現泥岩層，由於相對位置相同，但高度不同，因此礫石層出現高度的差別反應地層的抬升，也就是說斷層發生於店子湖層沈積之後。

本研究除了使用區域性震測剖面影像外，亦利用淺層震測技術調查新竹斷層西側斷層帶之近地表地下構造。施測之淺層震測線共2條，分別為測線09P-HCUF-HS-1及測線09P-HCUF-HS-2。這兩條測線位於新竹市香山區西側，基本上沿海邊堤防施測。由圖3.5.5中之測線09P-HCUF-HS-1之同中點重合剖面中可以看出，剖面中南方之地層平整且連續，並有輕微向北傾斜的現象；而剖面北方也呈現平緩且連續性極高之地層；剖面中之斷層處斷層往北傾斜，北側地層末端靠近斷層處出現往南傾斜的型態。剖面中之斷層往北傾斜，與所預期之往南傾斜的新竹斷層並不一致，由於該剖面之品質極佳，可知新竹斷層往西延伸入海的可能性已大為減低。

測線09P-HCUF-HS-2位於測線09P-HCUF-HS-1之北側，原期望能擴大範圍搜尋可能的新竹斷層。由圖3.5.8測線09P-HCUF-HS-2之同中點重合剖面中可以看出，剖面中於南方之地層平整且連續，出現些微向北傾斜的現象；剖面北方的地層也呈現平緩並具極佳的連續性；剖面中之向斜與背斜軸軸面往北傾斜，北側地層經由擠壓抬升，使北側地層末端靠近背斜軸處出現往南傾斜的變形帶。由淺層震測資料以及深部震測剖面皆顯示，新竹斷層往西延伸入海的可能性極低。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

肆、湖口斷層

湖口斷層，為逆移斷層，呈東北東走向，由新竹縣湖口向東延伸至桃園縣平鎮（圖4.1），長約21公里（花井重次，1930；中國石油公司，1978；林啟文等，2007）。林啟文等(2007)綜合過去資料認為湖口台地面的傾動與定年結果顯示，湖口斷層可能至少在距今70,000–年內曾經活動過，故將其暫列為第二類活動斷層。

在本湖口斷層一帶區出露的地層包括楊梅層、店子湖層、中壢層、階地堆積層與沖積層。楊梅層分為兩段：下段照鏡段，主要由厚層砂岩以及砂岩與泥岩互層所組成，向上砂岩比例逐漸減少，厚度超過800公尺；上段照門段，主要由礫岩、砂岩及泥岩的互層組成，厚度約350公尺。店子湖層為台地礫石層，上部地層紅土化，厚度約數公尺至30公尺，以不整合覆於照門段之上，在湖口背斜軸部較厚，兩翼變厚。中壢層為礫石與砂所組成，頂部有紅土化，厚度約20~30公尺。階地堆積層，主要為礫石、砂與泥所組成。沖積層則主要由為砂、礫石及泥組成(塗明寬與陳文政，1990； Tang，1963)。

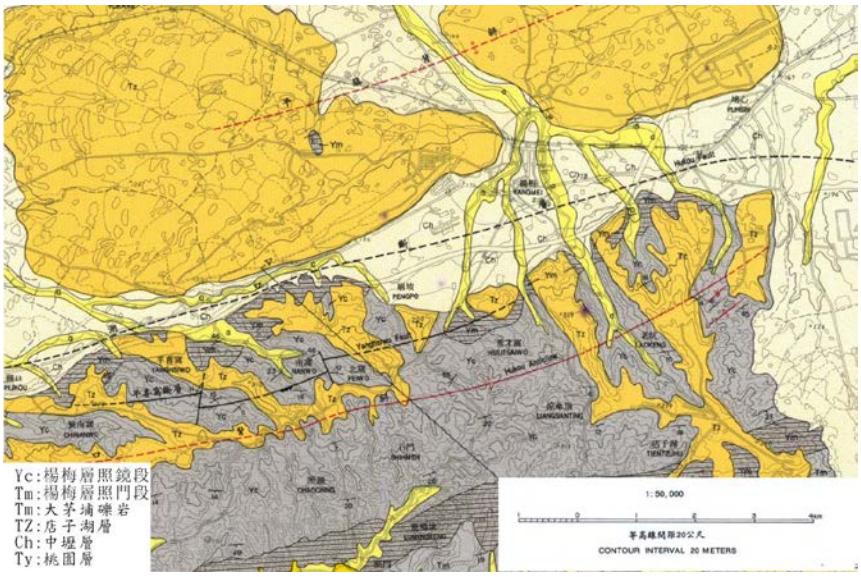


圖4.1、湖口斷層附近周遭地質圖 (塗明寬，1984)。

一、區域地質

本區域主要構造有雙連坡向斜(線形)、平鎮背斜、楊梅北斷層(線形)、湖口斷層、湖口背斜。由地形受變形的角度而言，這些構造多切過不同時期的地形面，且多具位移累積性，因此由地形學角度，常稱為斷層。但若由震測或淺層鑽探分析，則常僅見褶皺，因此未能稱為斷層。然但無論如何，這些構造皆為活動構造應無疑義。

本區位於台地群（林朝棨，1957），包括湖口、桃園、中壢、平鎮與伯公岡等5個台地（圖4.1.1）。湖口台地北緣為向北傾斜的線狀崖，高差約80公尺，台地東緣與中壢台地相接。伯公岡台地南緣為向南傾斜的線狀崖，高差約50公尺，北側與中壢台地相為高差約20公尺的崖。平鎮台地呈不完整的扇狀台地，地勢由東南向西北逐漸降低，南側與中壢台地相接處為高差約30~40公尺的崖，台地尚保存完整的沖積扇面。中壢台地的地勢由東南向西北逐漸降低。桃園台地與中壢台地的沉積年代約距今50,000~70,000年前，平鎮台地與湖口台地之間的楊梅面的沈積年代則老於60,000年前（Chen Y-G陳手高等，20064）。湖口斷層的區域地質與地形特徵在林啟文等(2007)的文章有已進行詳細的文獻回顧，在此本研究僅針對新增加的地質資料加以分析。

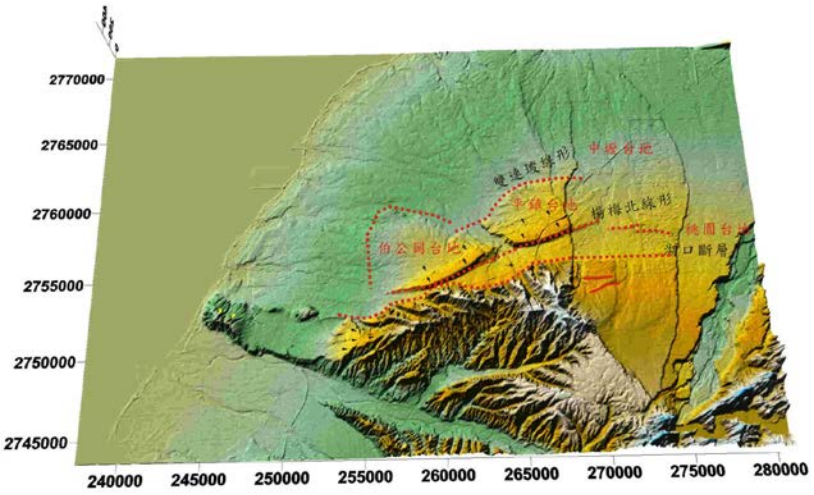


圖4.1.1、湖口地區地形特徵，黑色箭頭為地形傾斜方向。

二、湖口斷層極及其鄰近區域既有相關資料的研究評估

對於湖口斷層的研究最早花井重次（1930）首先提出湖口斷層，而後在中油內部有許多相關研究，對外發表的如Tang (1963，1964)，Chiu (1970), Wang (1964),，Lim(1971)，楊耿明等(2002)…。~~而後~~Suppe (1979) 亦曾與中油合作~~亦~~發表地下構造剖面。~~、~~在地形上研究上，林啟文等(2007)已有極好回顧，在此不再重複，僅~~、~~在~~此僅~~討論地下構造形態重要的成果。Tang (1963，1964)發表湖口背斜可分為兩個部份，以一鞍部相連，背斜長約15公里（圖4.2.1）。圖4.2.2顯示本研究中所分析的剖面位置，其中較重要的地下構造剖面為Lim(1971)結合震測~~、~~地表地質與鑽井資料所繪製的湖口背斜與湖口斷層剖面，此剖面對褶皺軸部附近構造有較精確的描繪，但對前翼地層變陡的特性並未著墨（圖4.2.3）。Suppe (1979)利用斷層彎曲褶皺模型重新繪製此區的地下構造剖面(圖4.2.4)，在他的剖面中較特別的是卓蘭層在前翼急速變薄，他認為可能是受到抬升時侵蝕作用影響，此外他認為在前翼部份發育的另一小的背斜軸與深部另一斷坡構造有關，因此湖口斷層並不存在。~~而~~在楊耿明等(2002)所繪製通過湖口背斜剖面裡，湖口背斜被認為由斷層彎曲褶皺作用所造成，湖口斷層並不存在(圖4.2.5)。對於斷層前緣的變形，石瑞銓等(1999)發現在通過湖口斷層地層發生轉折，並認為是有40公尺落差的正移斷層，林良安(1999)亦進行湖口斷層淺層震測，他認為湖口斷層淺部僅為向斜軸，在他的震測剖面中並發現許多轉折軸位置為現今地形崖面南側位置，兩者並不在同一位置，圖4.2.6為~~摘錄~~摘錄~~部份~~林良安(1999)的部份剖面。

格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

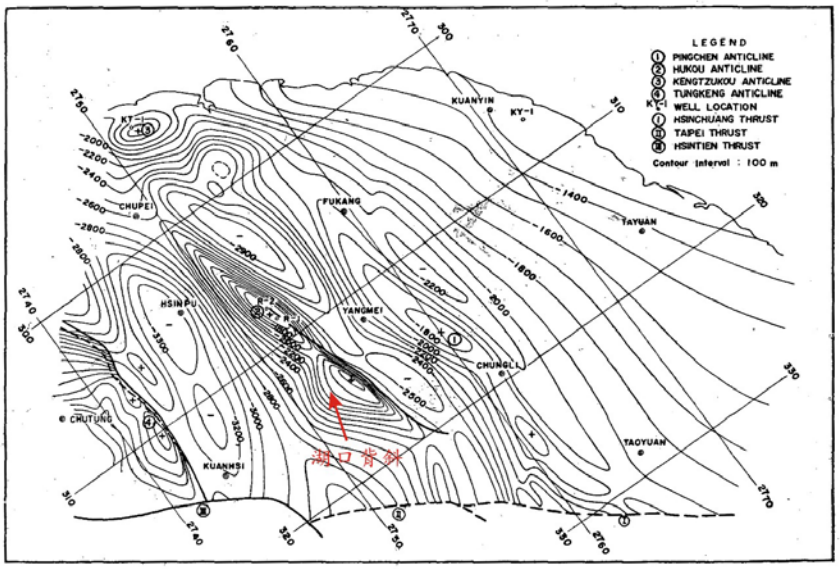


圖4.2.1、Tang (1964)發表南莊層頂部的地下構造，圖中可見湖口背斜被一鞍部分隔成兩個部份。

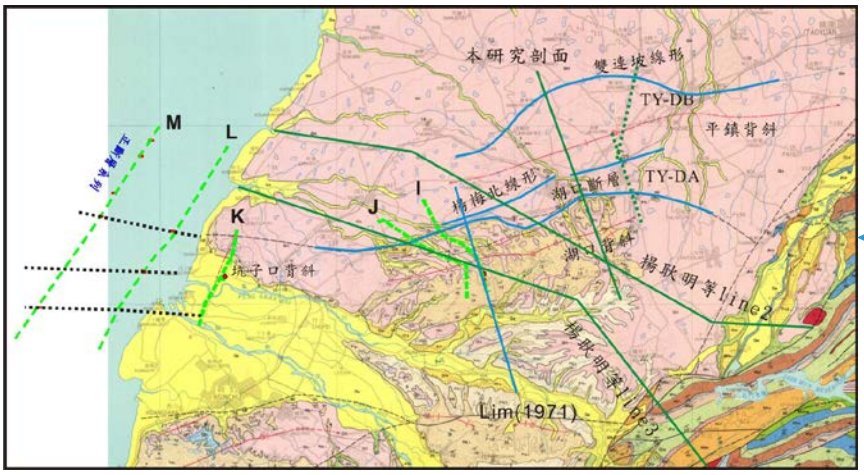


圖4.2.2、本研究中所引用的震測及構造剖面位置，黑色點線為將震測中發現斷層位置相連所得的可能斷層位置（底圖為中油十萬分之一桃園-新竹圖幅，1978）。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

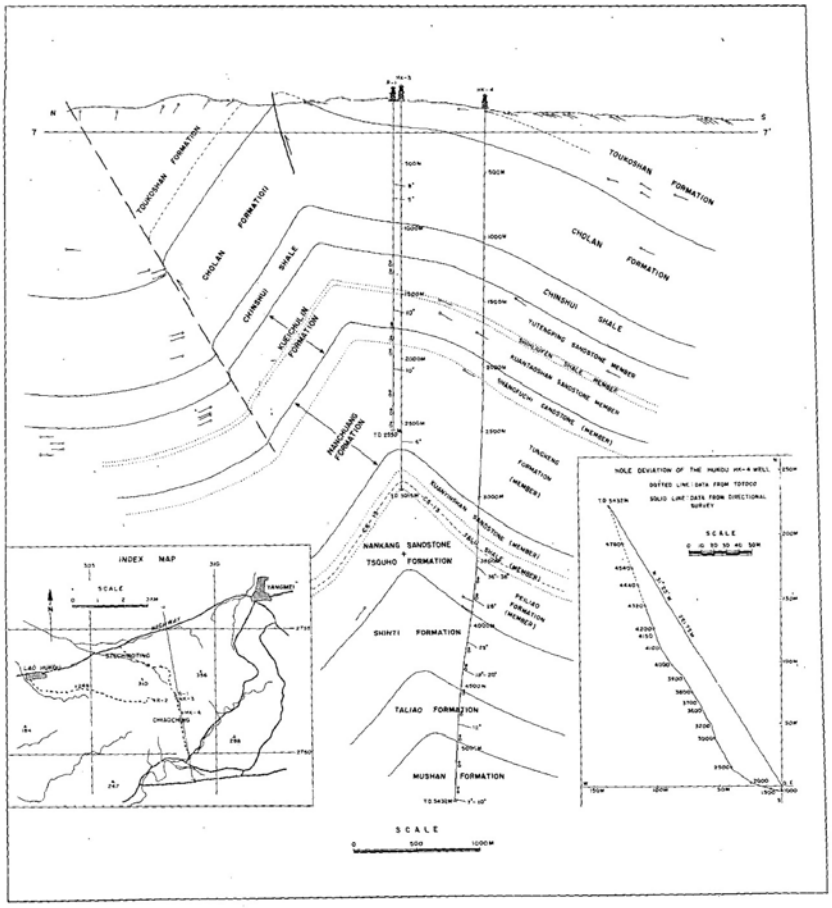


圖4.2.3、Lim (1971)所繪製的湖口背斜剖面。此剖面結合震測、地表地質與鑽探資料。剖面中並未考慮褶皺前翼處位態變陡的資料。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

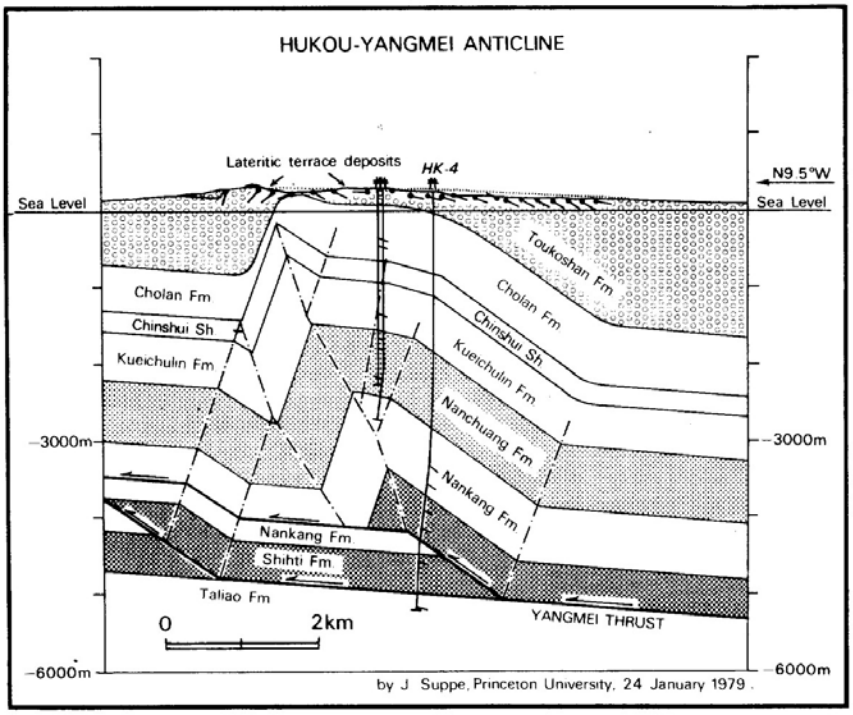


圖4.2.4、Suppe (1979)利用斷層彎曲褶皺模型所繪製的地下構造剖面。此剖面中較特別的是卓蘭層在前翼急速變薄，他認為可能受到抬升時侵蝕作用影響，此外在前翼部份發育另一小的背斜軸與深部另一斷坡構造有關。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

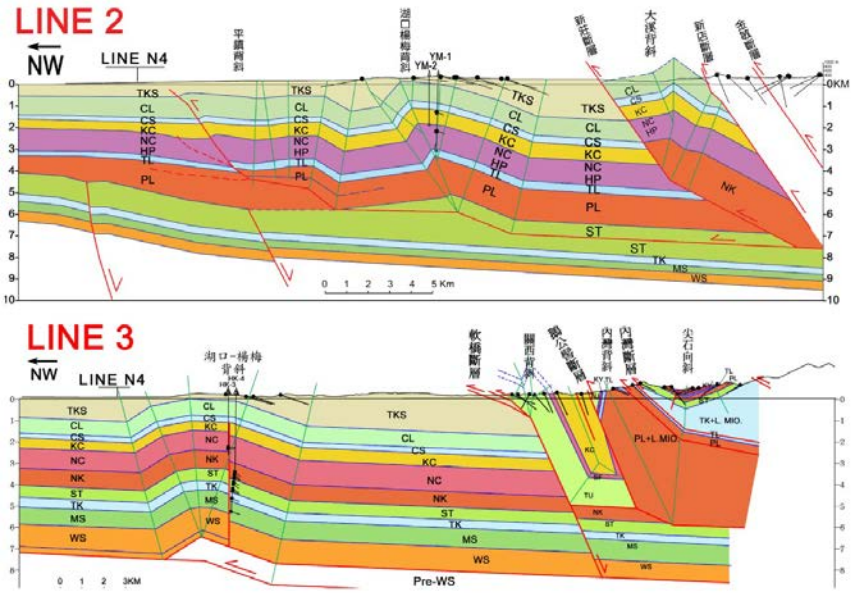


圖4.2.5一、楊耿明等(2002)所繪製通過湖口背斜剖面，在此剖面中他們認為湖口背斜為斷層彎曲褶皺作用所造成，並未有湖口斷層，Line 2與Line 3分別位於東西兩側。

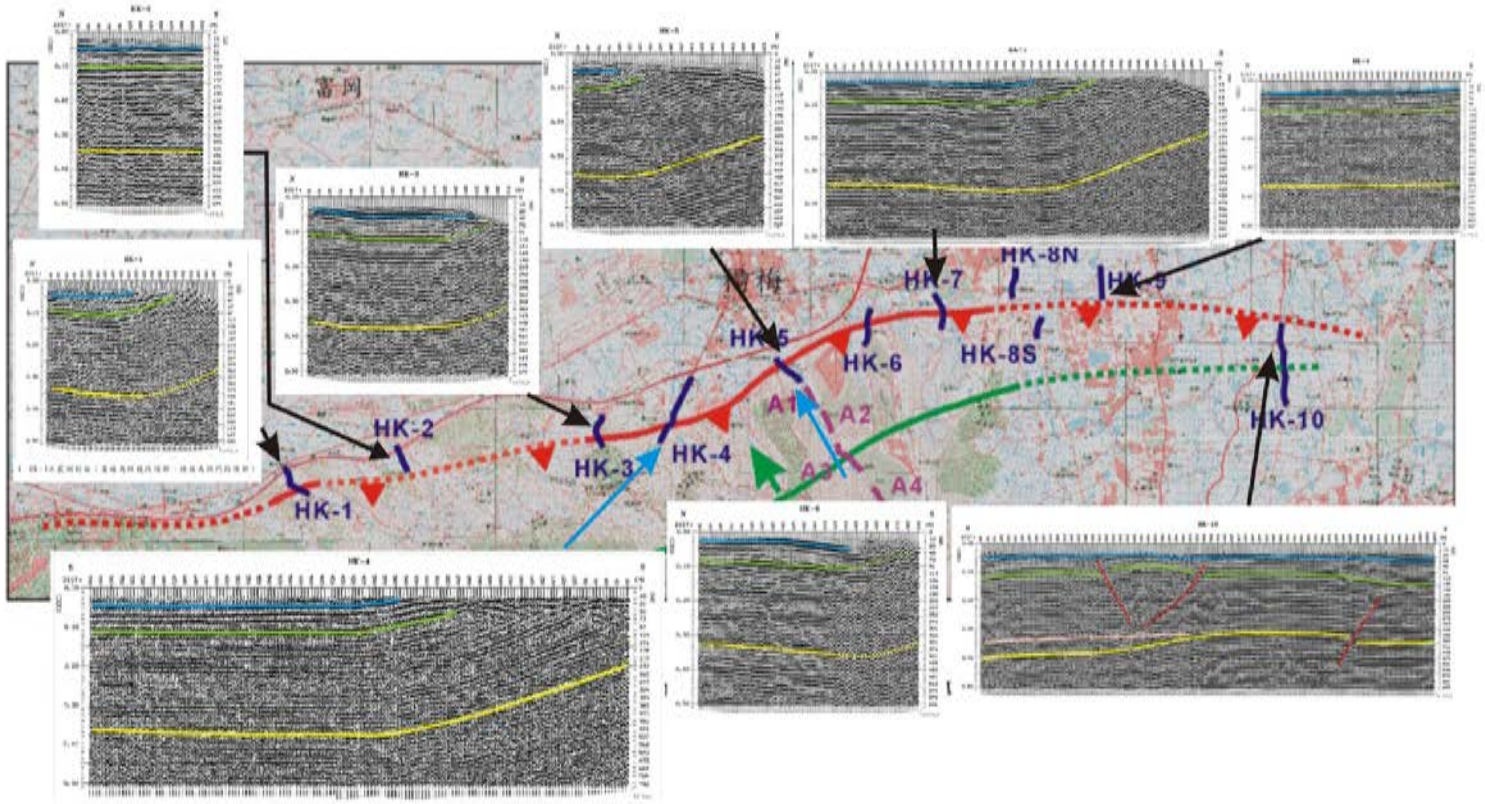


圖4.2.6、林良安(1999)在湖口地區所建立的淺層震測剖面。湖口斷層為向斜軸變形。

格式化: 沒有格線

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

三、湖口一號井淺層鑽探與岩芯記錄

由於地調所已在湖口斷層東側的上下盤共有三口地質探井（圖4.3.1），並顯示湖口斷層為於以向斜軸部的變形為主。由於地質湖口斷層的線性一直可以延伸至圓山小丘，為分析湖口斷層西側的延展與了解圓山小丘前緣的線性成因，本研究因此選在圓山小丘上進行湖口一號井的地質鑽探。附錄5為湖口一號井之岩芯紀錄。湖口一號井淺層岩芯的礫石層為石英質，可能為店子湖層。岩芯中淺部可見地層傾斜，僅見小滑動面，深部地層較平緩，泥層中多見近水平地層，砂層常有傾斜，可能為交錯層理。在野外附近的礫石中，可見地層向北緩傾斜，由於其傾角不像東側湖口線型崖附近地層般有明顯的傾斜，因此此處地表的崖面可能僅為向斜軸部變形或被侵蝕的崖面。

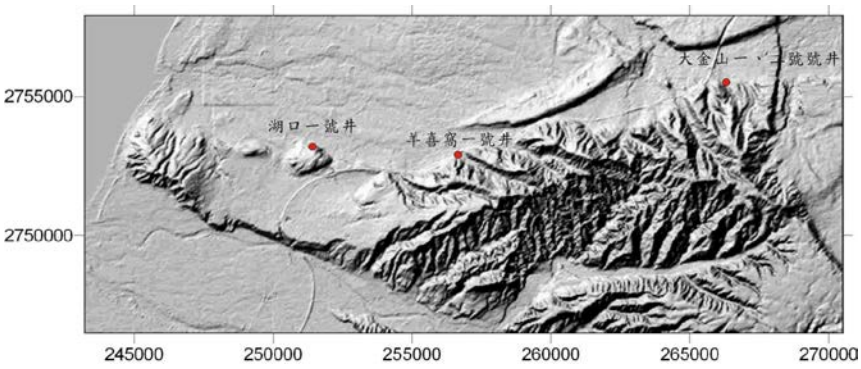


圖4.3.1、湖口斷層沿線淺層鑽探位置，本研究新鑽湖口一號井。

湖口一號井位於圓山小丘前，在井位此鑽探東側的地區，可量得地層傾角約15度(圖4.3.2)。湖口一號井中0-44公尺處以礫石為主，間夾砂層，由砂層可量得地層傾角約10-20度(圖4.3.3)，表層0-2公尺處為紅土堆積層。於44-70公尺處以黃褐色的砂層為主，其與灰色的薄泥質岩層互層，地層傾角大致平緩(圖4.3.4)。在44.6公尺處後平緩的海相沉積物開始出現。在70-150公尺之間以灰色的砂為主，中有淺褐色的砂。



圖4.3.2一、湖口一號井附近的地層，地層向南傾斜約15度。



格式化: 與下段同頁



格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

格式化: 標號, 格線被設定時，自動調整右側縮排, 間距 套用前: 0 點, 行距: 單行間距, 貼齊格線

圖4.3.3、湖口一號井於32-40公尺附近地層，地層緩傾斜。



格式化: 與下段同頁

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

格式化: 標號, 格線被設定時，自動調整右側縮排, 間距 套用前: 0 點, 行距: 單行間距, 貼齊格線

圖4.3.4~~一~~、湖口一號井於44公尺以下地層近水平。

四~~一~~、湖口斷層帶地表沉積物厚度，及各地層的厚度與界面

在貴所所鑽探之大金山1–號井~~一~~、2–號井上部，於30~40公尺處為店子湖層，下部為楊梅層照門段，且兩口井的礫岩層可以對比。~~一~~在貴所所鑽探之羊喜窩1號井中，於1-16公尺處為店子湖層，以下則為楊梅層照門段。在本計畫之湖口一號井中，淺部40公尺可能為店子湖層，而對於較深處地層是楊梅層或其他地層，也許後續藉由定年分析可提供訊息。店子湖層雖然受河流侵蝕作用，但追蹤此層分布可見其曾經完整分布於湖口背斜之上，店子湖層目前高程最接近400公尺，若以卓蘭層頂部當基準面，已抬升約1000公尺，顯示此構造形成早期河流侵蝕速率較快或構造發育速率較慢，因此湖口背斜上盤被侵蝕約600公尺，當店子湖層沈積後，逐漸發育台地地形。–

五~~一~~、湖口斷層帶的範圍~~一~~、斷層帶內各分支斷層的位置與性質及解析精度

由淺層震測及既有的鑽探結果顯示，湖口斷層主要為向斜軸部的變形。在鑽探中可見局部剪切帶，如在大金山一號井中的~~在~~80-100公尺處，可以見到較密集的剪裂面，~~一~~但剪裂面多以層面滑動為主，顯示為褶皺作用所調適之構造。由淺層震測剖面及鑽探結果顯示，斷層尖端未出露至地表，地表僅為向斜構造。這些震測資料所提供之解析度，以深部震測資料而言約可達15公尺，但以淺層震測資料則解析度可提昇至5公尺以內的範圍。

格式化

六~~一~~、跨湖口斷層含主斷層兩側2公里內的構造剖面

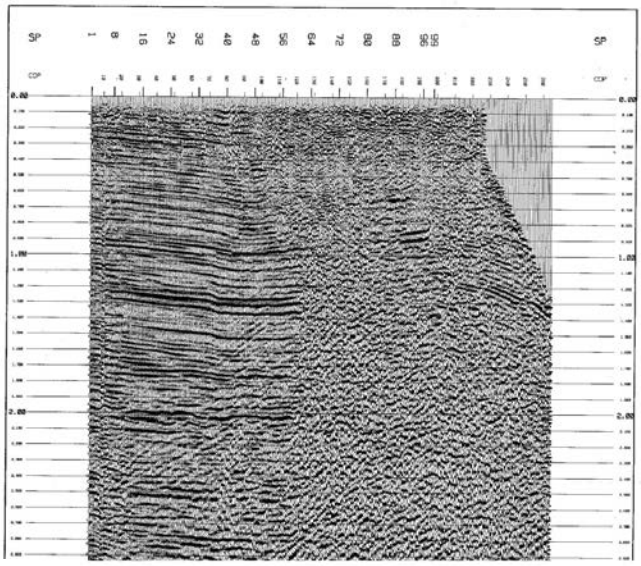
本研究由震測剖面分析發現湖口斷層變形主要受控於原先既有正斷層形態，包括斷層出露深度，斷層傾角及方向，這些正斷層受後來構造運動影響，呈現出不同形態構造。如同新竹斷層，當正斷層向南傾斜則造成向北逆移斷層，向南傾斜則造成背衝斷層。

本研究在湖口斷層附近有兩條新的深部震測剖面，分別為測線I與測線J，其位置如圖4.2.2所示。圖4.6.1為測線I的剖面，其中(a)為震測剖面，(b)為解釋剖面。剖面I~~此~~之~~剖面~~信~~訊~~號較差，但仍可見湖口背斜形態，湖口斷層(線形)的邊界呈高角度傾斜，剖面深部的信~~訊~~號不佳，但仍可見湖口斷層與南側地層邊界呈高角度

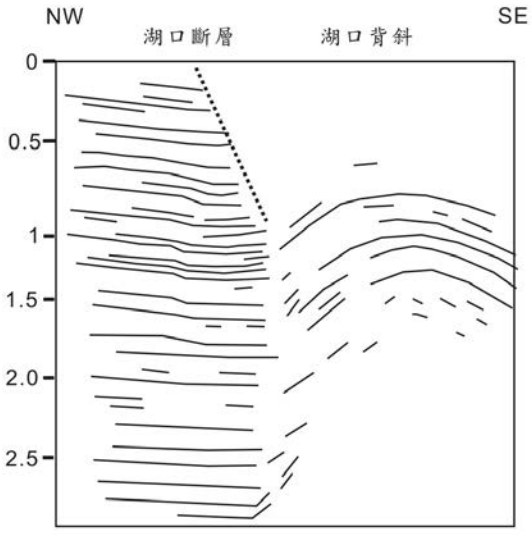
傾斜，湖口斷層北側地層大致呈水平。圖4.6.2為~~J~~測線J之剖面，此剖面訊號較佳，湖口背斜形態清楚，湖口斷層(線形)主要應為向斜軸部。此處亦可見湖口背斜為不對稱褶皺，南翼較長。剖面J之深部信~~訊~~號較差，不易解析構造形態。

圖4.6.3為本研究所建構之跨湖口斷層兩側2公里內的構造剖面，湖口斷層並未出露至地表，地表變形特徵主要為向斜崖。

格式化

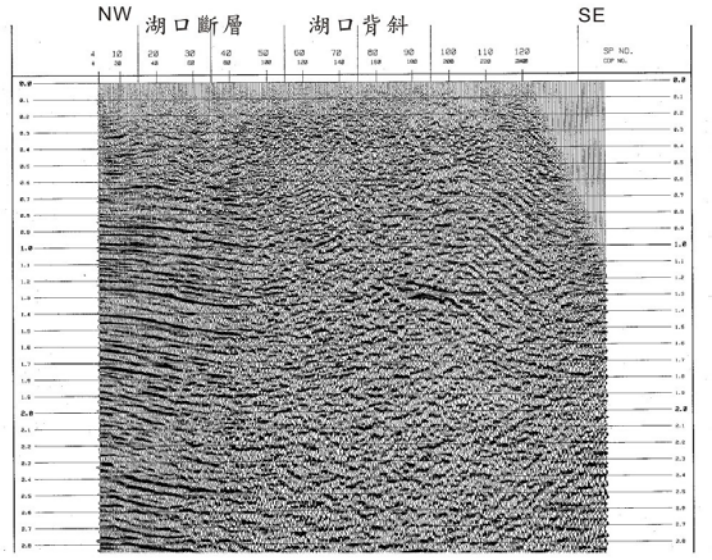


(a)

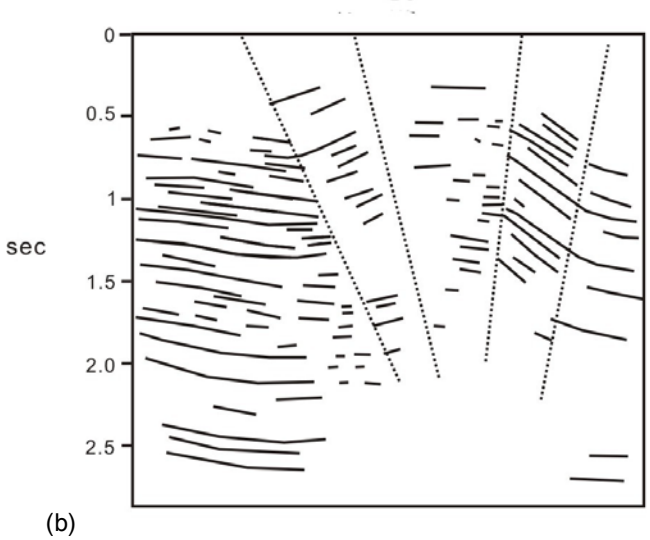


(b)

圖4.6.1一、測線I的震測剖面，(a)為震測剖面，(b)為解釋剖面。此剖面訊號較差，但仍可見湖口背斜形態，湖口斷層(線形)的邊界呈高角度傾斜，深部訊號不佳，但仍可見湖口斷層與南側地層邊界呈高角度傾斜，湖口斷層北側地層大致呈水平。



(a)



(b)

圖4.6.2、此剖面訊號較佳，湖口背斜形態清楚，湖口斷層（線形）主要應為向斜軸部變形。此處亦可見湖口背斜為不對稱褶皺，南翼較長。深部因訊號較差，不易解析構造形態。

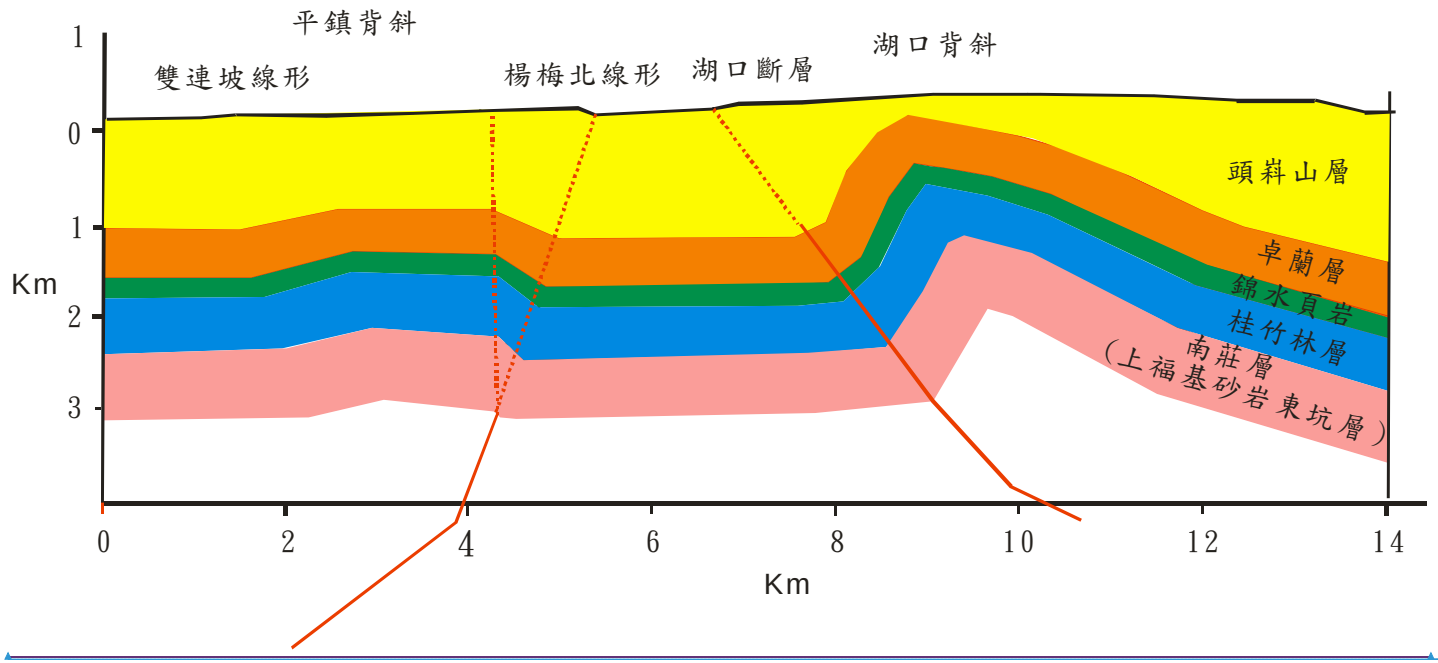


圖4.6.3、本研究所建構之跨湖口斷層兩側2公里內的構造剖面。湖口斷層並未出露至地表，地表變形特徵主要為向斜崖。

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

格式化

格式化: 置中

格式化

格式化


格式化

七~~、~~、平鎮背斜~~、~~、楊梅北線形與雙連坡線形

在過去中油的震測剖面與井下資料已顯示平鎮背斜大致形態，但對於其成因及是否與楊梅北線形有關連則不清楚。本研究發現過去中油震測TY-DA與TY-DB通過此一背斜與楊梅北線形，且信~~訊~~號極佳，足以釐清兩者關係。剖面TY-DA與TY-DB之位置如圖4.2.2所示。~~，~~圖4.7.1則為該兩條測線之震測剖面及先前之解釋。圖4.7.1~~中，~~(a)~~圖~~為震測資料，圖(b)則為~~圖~~Suppe and Chang(1983)所做的~~震測~~剖面解釋。~~，~~由(a)圖中可見平鎮背斜為背衝褶皺形態，南翼較陡，~~，~~北翼較緩。北翼的向斜軸部即為雙連坡線形處，南翼的向斜軸即為楊梅北線形，此背衝褶皺形態與地形顯示楊梅北地形面向北傾斜的形態一致。當~~(b)為~~Suppe and Chang（1983)~~的~~解釋此剖面時（圖b），其認為平鎮背斜為斷層彎曲褶皺所形成，但本研究認為由於北翼的轉折軸呈楔形，向上逐漸寬廣（圖4.7.1b），並非如斷層彎曲褶皺轉折軸寬度上下一致，因此本研究認為此變形形態與Trishear變形模式極為接近，即高角度逆衝斷層的尖端呈三角變形帶所致，而平鎮背斜的成因可能為由於斷層的彎曲所造成~~致~~，而此高角度斷層可能為過去已存在的正斷層，因為再度被復活而成~~所致~~(4.7.1圖b)。

格式化: 沒有格線
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

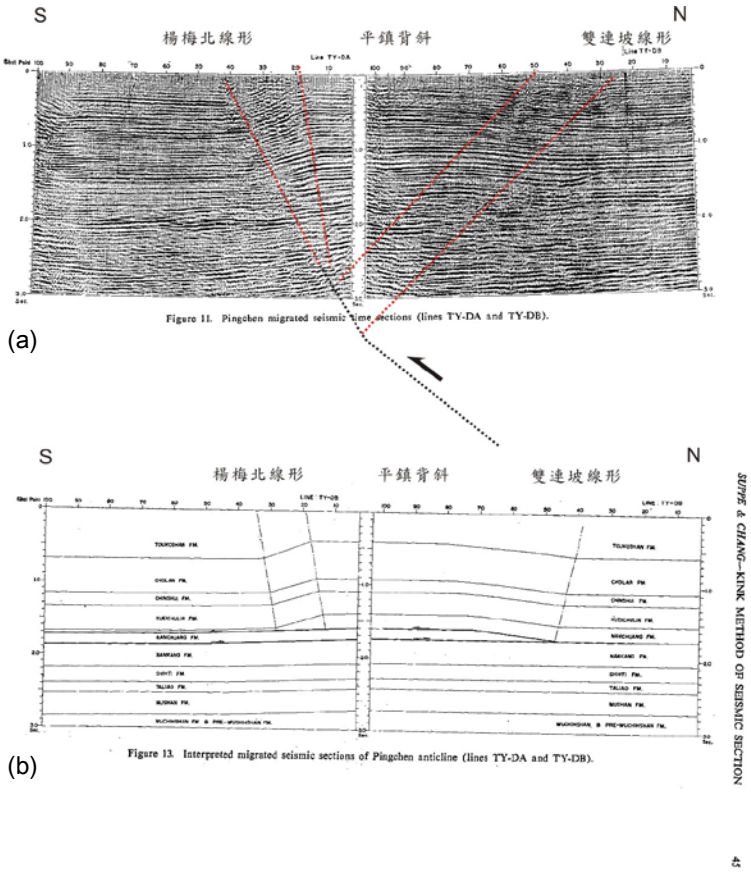


圖4.7.1 (a)圖為測線TY-DA及TY-DB之震測資料，(b)圖為Suppe and Chnag(1983)的解釋，由(a)圖可見平鎮背斜為背衝褶皺形態，南翼較陡，北翼緩。北翼的向斜軸部即為雙連坡線形處，南翼的向斜軸即為楊梅北線形，此背衝褶皺形態與地形顯示楊梅北地形面向北傾斜的形態一致。(b)為Suppe and Chang（1983)的解釋剖面，其認為平鎮背斜為斷層彎曲褶皺所形成。

格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

八~~一~~、坑子口背斜與海域構造

~~此~~坑子口背斜位於湖口背斜西側，目前雖然~~目前~~未有太多的研究，但坑子口~~此~~背斜與湖口背斜一樣傾動店子湖層，因此亦極可能為活動構造。~~，~~因此，本研究亦對坑子口背斜~~其~~形態進行初步分析，且在地形上可見到店子湖層向北傾斜（圖4.1.1），這一特~~此~~點與楊梅北線形有相同的特性，而我們由~~發現~~震測剖面亦發現有~~顯示~~類似的特性顯示~~，~~。圖4.8.1為測線K之震測剖面與解釋，圖中可見南翼較陡，北翼緩，北翼變形為楔形~~，~~。本研究亦認為此褶皺解釋與平鎮背斜成因近似，為向北傾斜的高角度正斷層被復活所致。~~，~~在更西側的震測剖面L中，我們亦可發現坑子口背斜的存在(剖面位置如圖4.2.2所示)。圖4.8.2為震測剖面L，剖面中可見坑子口背斜仍為背衝褶皺形態，帶在軸部發育高角度斷層~~–~~。圖4.8.3為更西側海域的~~M測線~~震測剖面M（剖面位置如圖4.2.4所示），圖中仍可見坑子口背斜，但形態稍有改變，這可能反應正斷層形態已有改變。剖面中可見許多正斷層及沿正斷層復活的褶皺。此剖面形態可以說明湖口背斜附近，由於既有的正斷層在被復活後，即產生褶皺作用，這種褶皺作用，難以利用斷層彎曲褶皺等模型解釋。

圖4.8.4為橫跨湖口背斜與平鎮背斜的構造剖面，在此剖面中我們認為平鎮背斜可能由於向北傾斜的正斷層被觸發所致~~，~~。Suppe and Chang(1983)~~Suppe~~以斷層彎曲褶皺解釋此以剖面，但本研究認為在震測剖面中可見轉折帶的寬度並非平行，而是楔形的形態，向上逐漸變寬，這種變形形式可用Trishear的變形模式加以解釋。且這種變形模式顯示為高角度斷層所致，而平鎮背斜的形成可能與此斷層的彎曲有關。由於本區域存在許多正斷層，因此考慮正斷層在被觸發的模式，應較符合。否則以最大主應力在西北向的應力形態，所形成的構造應為北東走向。對於湖口背斜構造形態，在淺處由於有鑽探資料與震測剖面，相差不大，但對深部構造，斷層彎曲褶皺模式可以解釋，但利用正斷層的再活動似乎也可以解釋，目前仍難有共識。

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

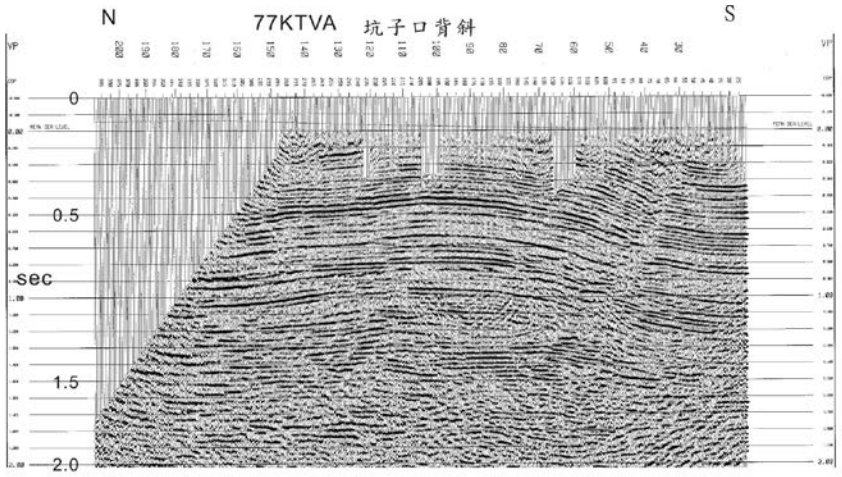
格式化

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行



(a)



(b)

圖4.8.1 一、剖面K中顯示坑子口背斜形態，(a)為震測資料，(b)為解釋。坑子口背斜南翼較陡，北翼緩，北翼變形為楔形形態~~坑子口背斜形態。(a)震測資料剖面K，(b)剖面解釋。坑子口背斜南翼較陡，北翼緩，北翼變形為楔形形態~~。

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 字型色彩: 黑色

格式化

格式化

格式化

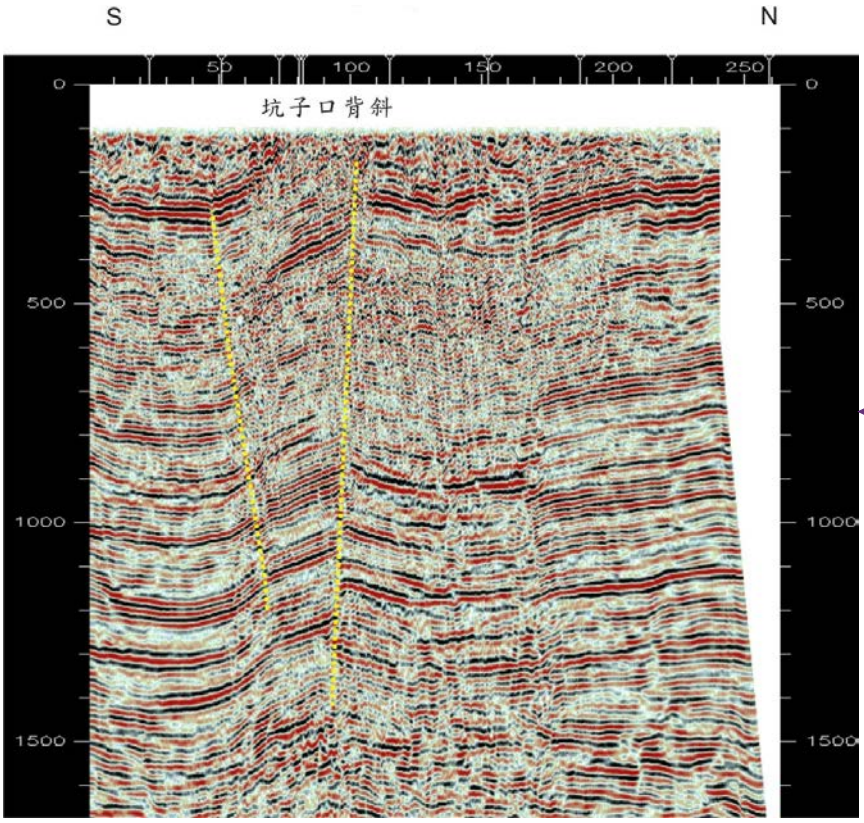


圖4.8.2~~、~~震測剖面L中可見坑子口背斜為背衝褶皺，此剖面中軸部有斷層存在~~震測剖面L。圖中可見坑子口背斜為背衝褶皺，此剖面中軸部存在有斷層存在~~。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 字型色彩: 自動

格式化

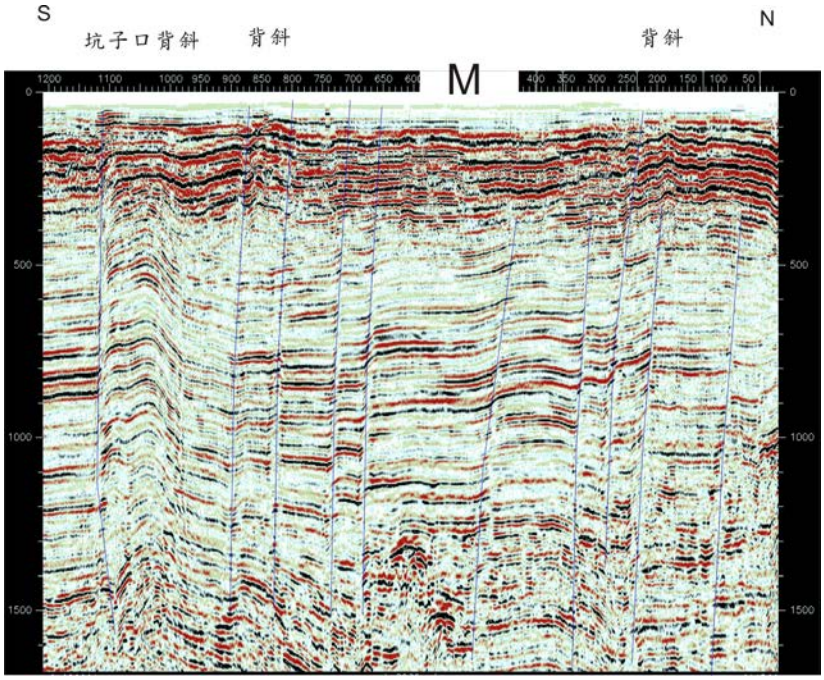
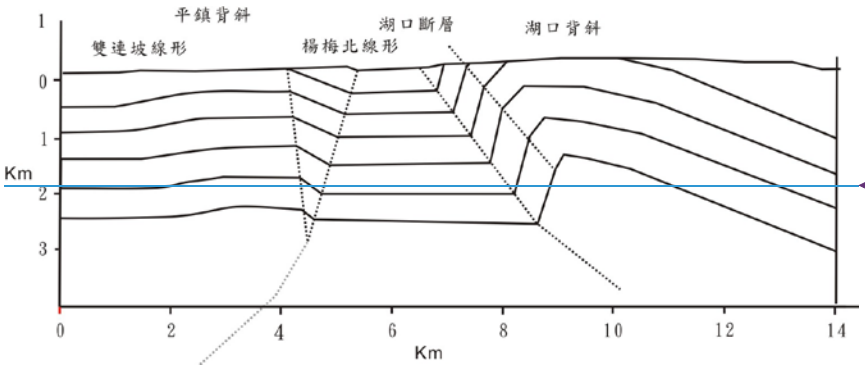


圖4.8.3、震測剖面M。圖中仍可見坑子口背斜，但形態稍有改變，這可能反應正斷層形態已有改變。剖面中可見許多正斷層及沿正斷層復活的褶皺。此剖面形態可以說明湖口背斜附近，由於既有的正斷層在被復活後，即產生褶皺作用，這種褶皺作用，難以利用斷層彎曲褶皺等模型解釋。



格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

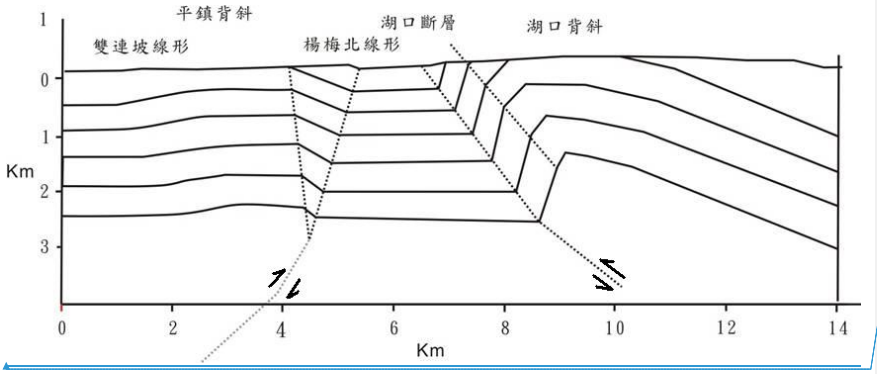


圖4.8.4、湖口斷層附近的構造剖面，剖面位置如圖4.2.2所示。

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

九、湖口斷層的斷層幾何模型與運動學分析

1、前人研究

湖口斷層是否出露地表以及地形崖所代表的意義至今仍有許多爭議。湯振輝（Tang，1963）認為湖口斷層為沿向斜軸發育至地表的高角度逆斷層，斷層滑距約200公尺（圖4.9.1a）；Suppe(1984)根據震測資料提出由低角度逆斷層連接老正斷層再爬升至淺部的滑脫面，進而產生斷層彎曲褶皺（圖4.9.1b）；黃旭燦等（2004）則認為湖口斷層並不存在，而僅是發育在五指山層楔形體上的一個褶皺構造（圖4.9.1c）；林啟文等人（2007）根據鑽井資料，認為湖口背斜為一斷層擴展褶皺，但湖口斷層並未出露至地表（圖4.9.1d）。

2、近斷層構造特徵

根據中油公司的震測資料顯示，湖口線形在東側與西側的構造截然不同，在東側的測線I上（圖4.9.2及圖4.2.2），湖口背斜主要由斷坪－斷坡構造所組成，前翼的長度僅約後翼的一半，同時後翼的傾角也較斷層傾角為小，背斜平頂在地表約寬2公里，湖口斷層呈高角度向南傾斜，但並未有明顯出露地表的證據。而在湖口線形的西側，震測線剖面K（圖4.9.3）顯示一個較圓滑的背斜，主要斷層為一向北傾斜的反向逆斷層，另外在其北側有一錯動較小、向南傾斜的逆斷層存在，因此湖口線形東側的湖口斷層可能無法延伸至此，或被反向的逆斷層所截切。

3、Trishear 模擬

對於湖口線形東側測線I的運動學分析，我們利用斷坪與斷坡之間的夾角、位置、長度等關係，計算出斷層的位態與滑移量，其詳細的參數請參見表4.9.1。圖4.9.4為模擬的結果，我們可以發現，一個低角度的逆斷層連接至先存的高角度正斷層使其復活，其所產生的彎曲造成後翼的褶皺。至於斷層前翼的背斜，主要有兩個機制：一為由一個發生在約2.3公里的斷層小轉折所形成，此轉折僅約5度，形成約30度的傾斜面，另一由湖口斷層尖端向上以約60度的三角剪切帶發育出高角度傾斜或甚至倒轉的斷層擴展褶皺。由此看來，湖口線形崖應當不會是湖口斷層出露的地點，盲斷層是比較可能的推斷。

在湖口線形西側的震測線K，其地殼變形行為完全與東側構造行為不同。一

個可能的解釋是原本向南傾斜的正斷層，在被擠壓復活後接著又被一個向北傾斜的高角度逆斷層所截切（圖4.9.5），此反向逆斷層本身也可能是過去正斷層的復活，且其原位於約5公里以下，以極大的p/s=6的比值將破裂向上傳遞，圓滑的褶皺可能反應三角剪切帶的變形結果。另外一個可能的解釋是，向南傾斜的逆斷層，僅是發育在向北傾斜主斷層上的反向支斷層，果真如此，則湖口斷層就不曾延伸至此。無論是何種情況，我們在評估地震危害度時，都應該將湖口斷層分東西兩段，至於分段確切的位置，仍有待更精密的調查。

4、力學模型

無論是湖口斷層或新竹斷層都與先存正斷層的復活有關，為進一步了解在壓縮帶內正斷層對地殼變形的影響，我們利用地體動力計算基礎設施(CIG)研究團隊所研發的Gale有限元素法建立力學模型來分析應變的演化情形，此軟體為根據Moresi等人(2003)的理論研究所轉寫成的應用程式。我們假設地殼為一高黏滯度物質，並遵從Drucker-Prager 屈服準則，以及應變弱化行為。我們假設一個寬500、向東傾斜70度的斷層面，此斷層由地下5公里的水平滑脫面上延伸到地下1公里，斷層面與水平滑脫面的摩擦係數相同但較週遭地殼介質的摩擦係數小0.1，其他相關力學參數請參見表4.9.2。

我們探討兩個壓縮模型，第一個模型的壓縮邊界距正斷層2公里，第二個模型的壓縮邊界距正斷層10公里。從第一個模擬中我們可以發現，當水平壓縮進行時，應變先經由底部的滑脫面傳遞至先存的弱面上，造成正斷層的復活（圖4.9.6b），隨著壓縮量的增加，應變逐漸由斷層尖端向前以較小的傾角向上發育（圖4.9.6c），最後集中在由斷層頂點向上發育的部份（圖4.9.6d）。在第一個模擬中，我們得到類似的結果（圖4.9.7），不過最後一個新的斷坡產生，並連結斷層尖端所發育的新斷裂成為主要活動斷裂，至此，原正斷層已不再發生錯動。

根據此一模式，我們可以重新檢視新竹斷層由西向東的變化以及它與青草湖背斜之間的關係。我們認為，在新城斷層以西，頭前溪附近，新竹斷層的頂點大約仍在地下3公里處，這時新竹斷層與底部滑脫面應在更深處相交（如圖4.9.6a），因此此處屬於新竹斷層復活逆移的第一階段，斷層擴展使其上方出現三角變形帶，形成近乎單斜褶皺，其間或有小斷層沿三角變形帶軸部發育，但應非主斷層。在香山附近，新竹斷層線形與新城斷層之間的距離增大，這時新的逆衝斷層開始

在新城斷層前緣發育，並從底部滑脫面上形成向上爬升的斷坡，一如圖4.9.7(c)所示，這個新的斷層以低角度切過新竹斷層頂部並出露地表，終止新竹斷層繼續活動（圖3.6.9）。

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

表4.9.1、湖口斷層Trishear模擬參數

測線名稱	I	K
斷層傾角	25°,>3.2 km 55°,2.3-3.2 km 50°,1.6-2.3 km	70°, (main fault)
Trishear angle	25°	60°
p/s比值	0.5	4
滑移量	0.8 km	0.7 km
圖例	圖4.9.4	圖4.9.5

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

表4.9.2一、材料力學參數

	斷層	週遭地殼	邊界
破壞前摩擦係數	0.5	0.6	0.5
破壞後摩擦係數	0.4	0.5	0.4
破壞前內聚力	4 MPa	44 MPa	
破壞後內聚力	4 MPa	4.4 MPa	
黏滯係數	10^{26} PaS	10^{26} PaS	

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

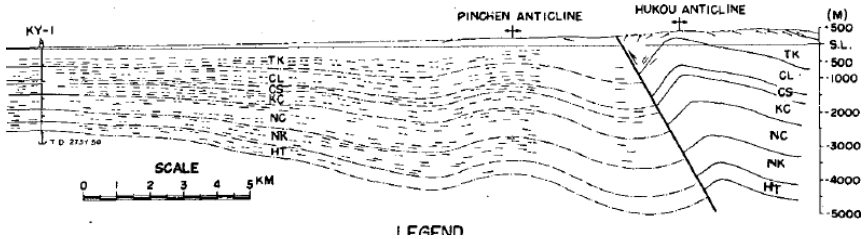
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

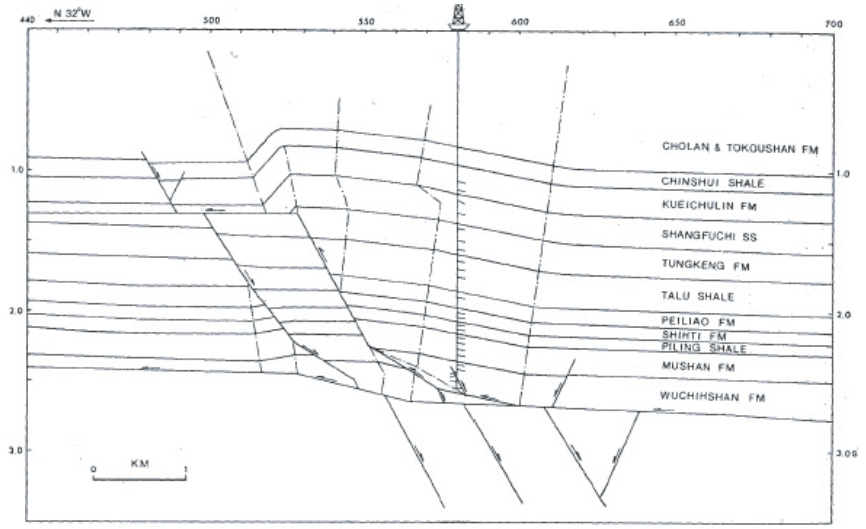
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行



(a)

格式化: 間距 套用前: 0.5 行



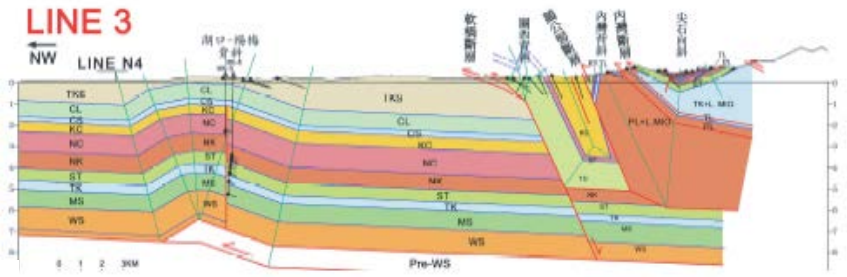
(b)

圖4.9.1、湖口斷層的構造解釋。(a)湖口斷層沿向斜軸切穿地表（Tang，1963）。（b）湖口斷層沿先存正斷層逆移，再轉入淺層的滑脫帶(Suppe，1984)。

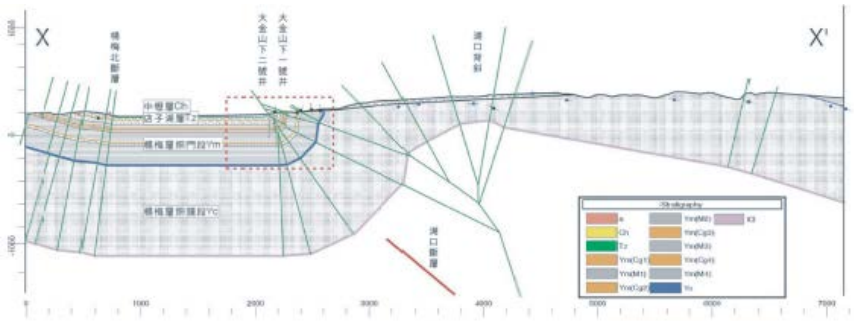
格式化

格式化

格式化



(c)



(d)

圖4.9.1、湖口斷層的構造解釋。(c) 湖口斷層並不存在，地表背斜僅反映五指山層的楔形體構造（黃旭燦等，2004）。(d) 湖口斷層為一盲斷層，其上的湖口背斜為斷層擴展褶皺（林啟文等，2007）。

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

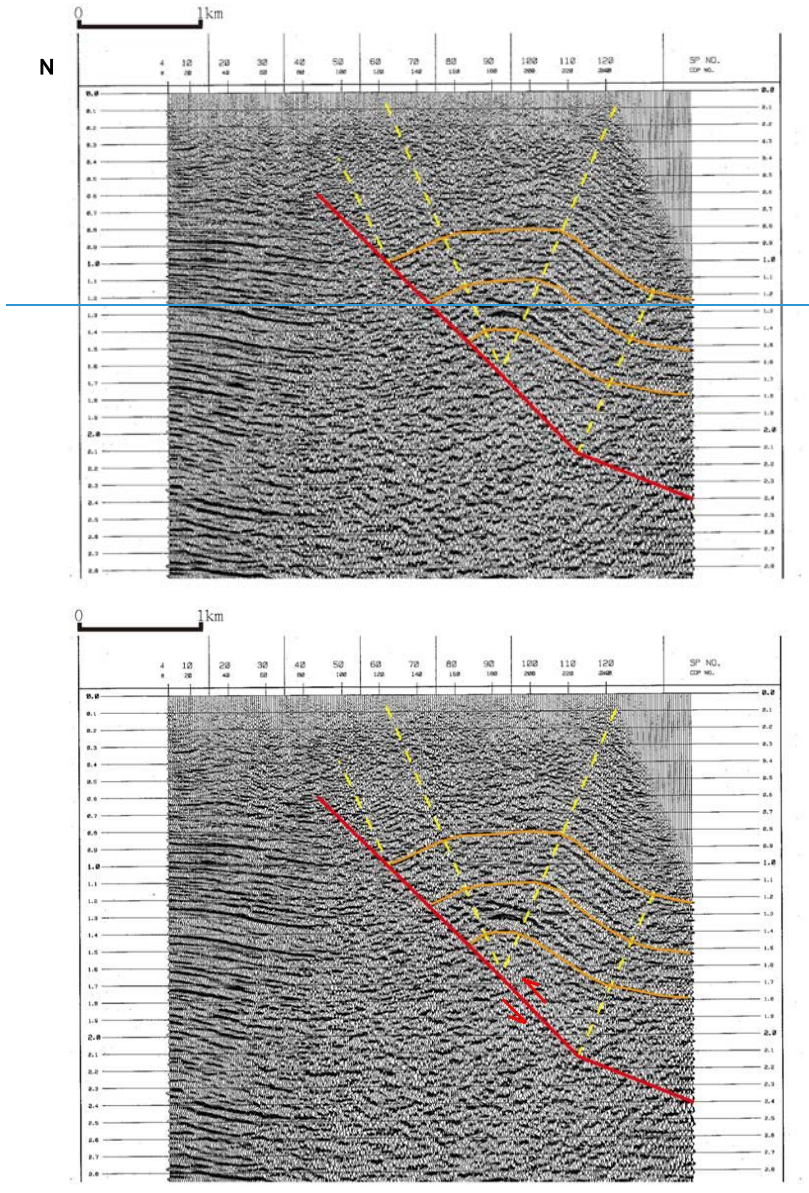


圖4.9.2一、湖口線形東側I測線之震測與解釋圖。

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

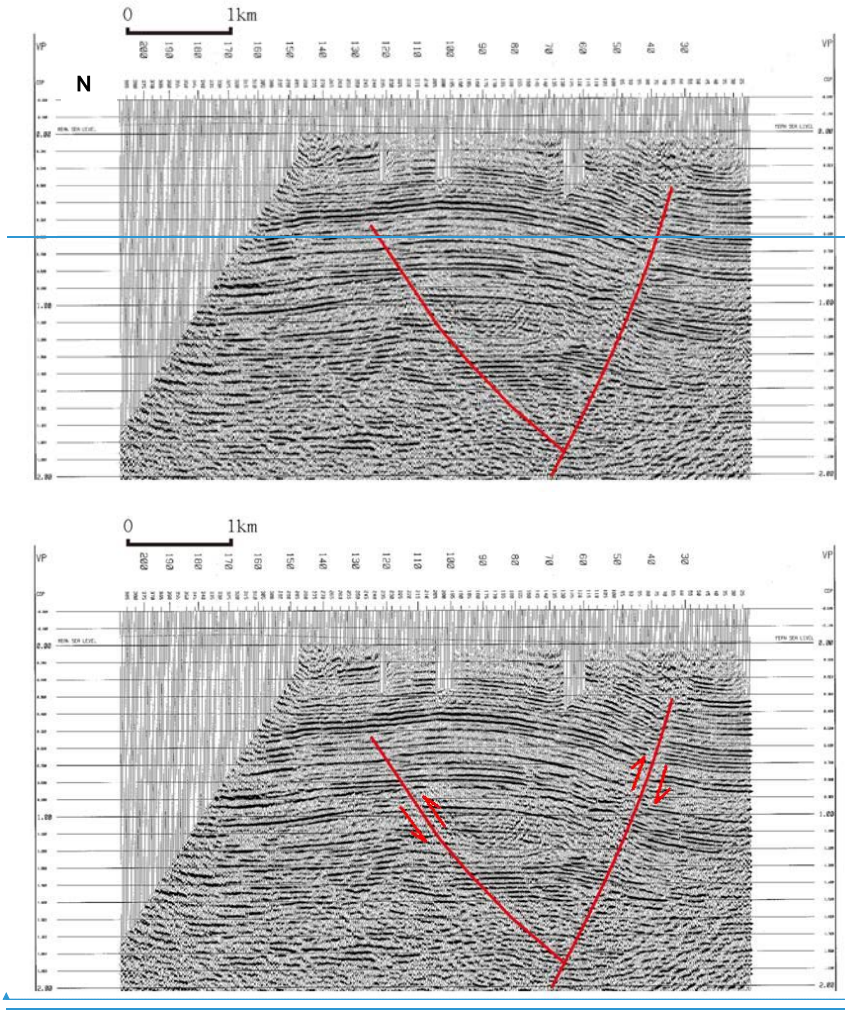
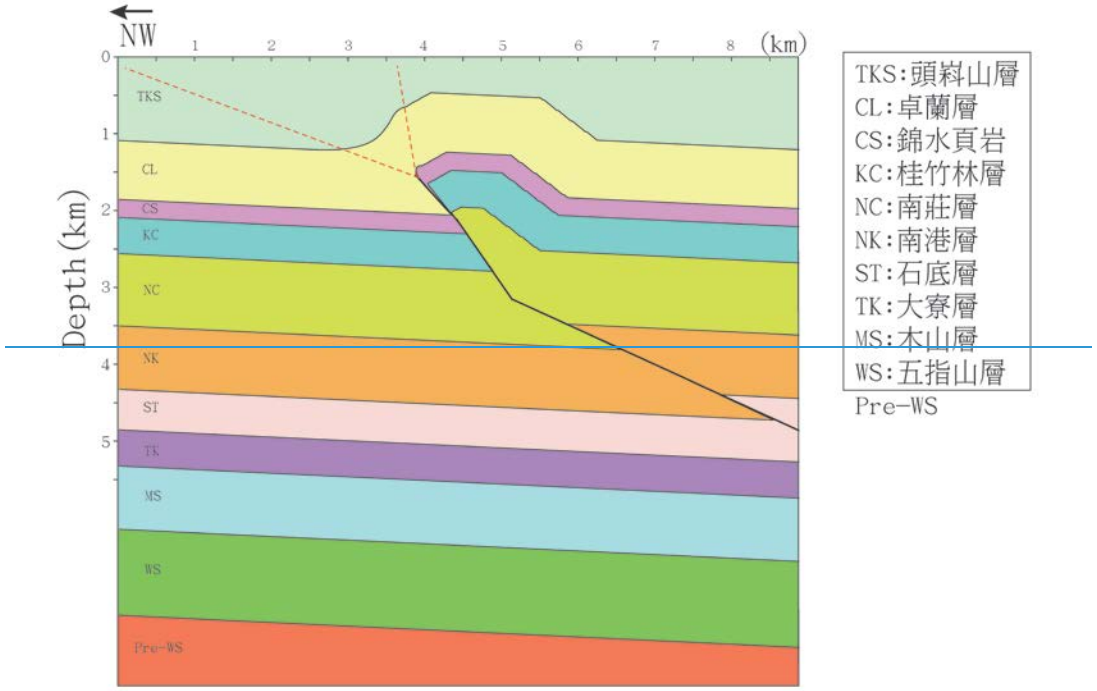


圖4.9.3、湖口線形西側測線K之震測與解釋圖。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 字型: (英文)Times New Roman, (中文) 標楷體, 12 點

格式化: 間距 套用前: 0.5 行



格式化: 沒有格線

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

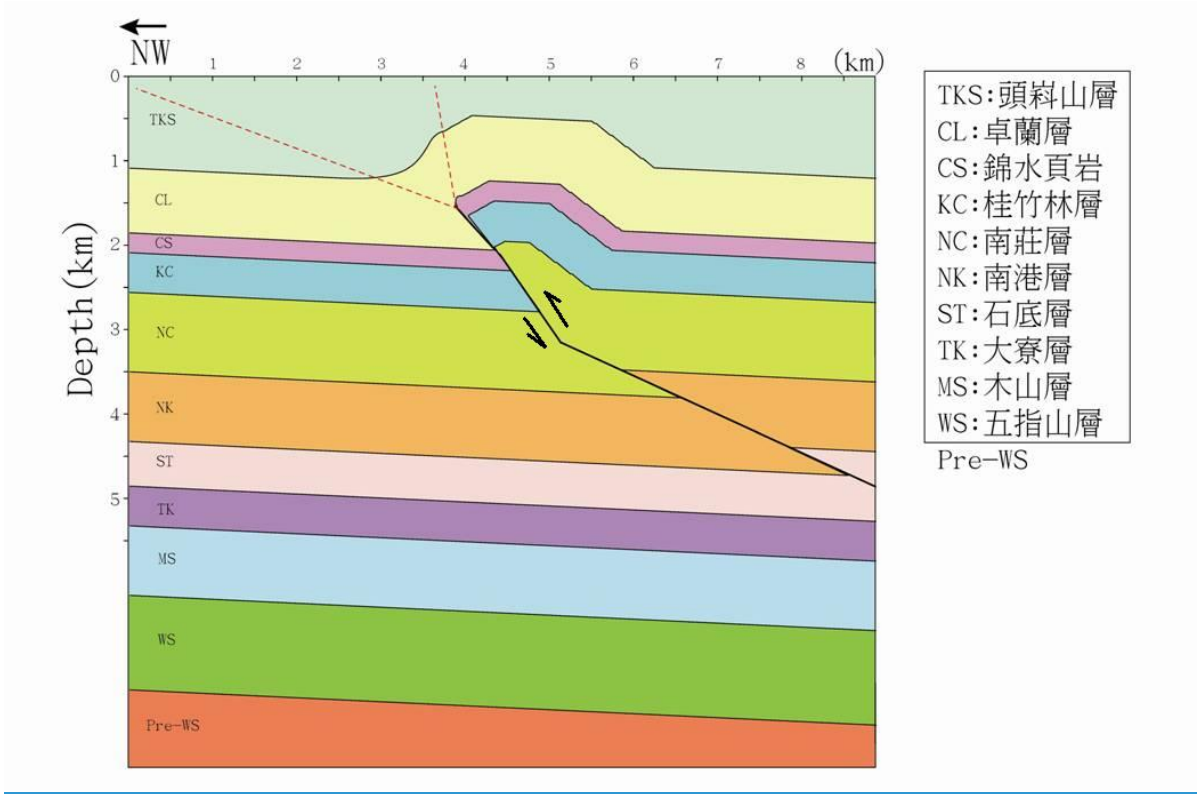
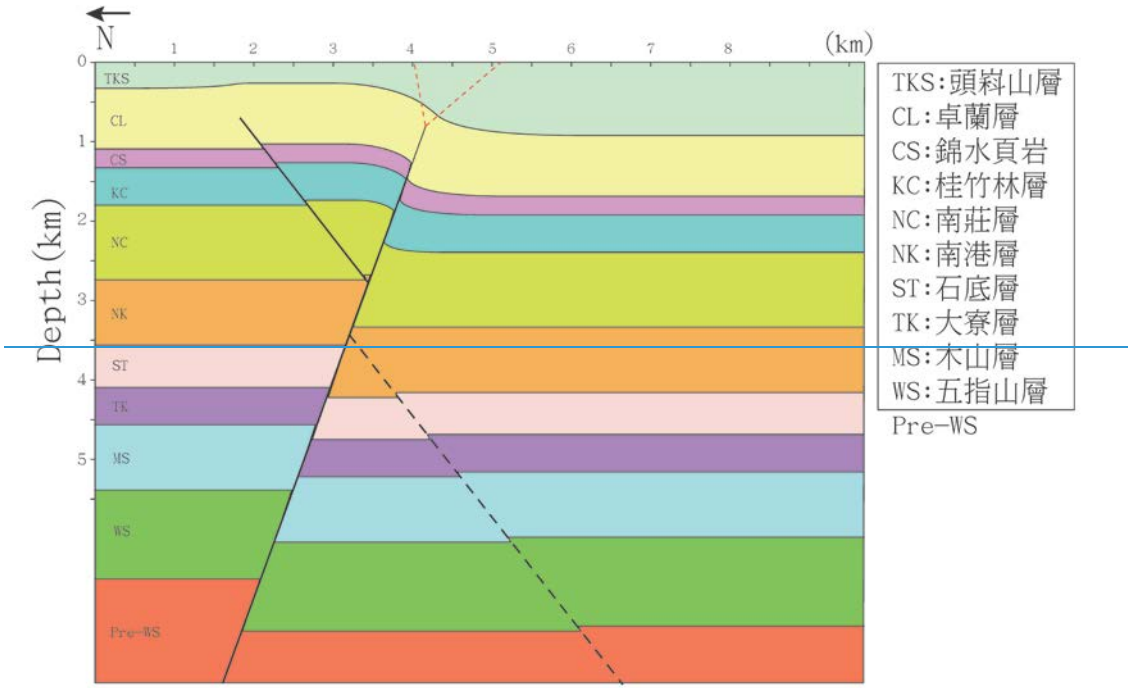


圖4.9.4、湖口線形東側測線I之構造運動學分析圖。湖口斷層約在地下3.2公里處與一低角度的逆衝斷層相連，形成湖口背斜後翼的彎曲。湖口背斜的前翼彎曲主要有兩個機制：一由湖口斷層在地下約2.3公里處折彎所致，另一由湖口斷層向上發育出斷層擴展

格式化
格式化
格式化

褶皺。



格式化: 間距 套用前: 0.5 行

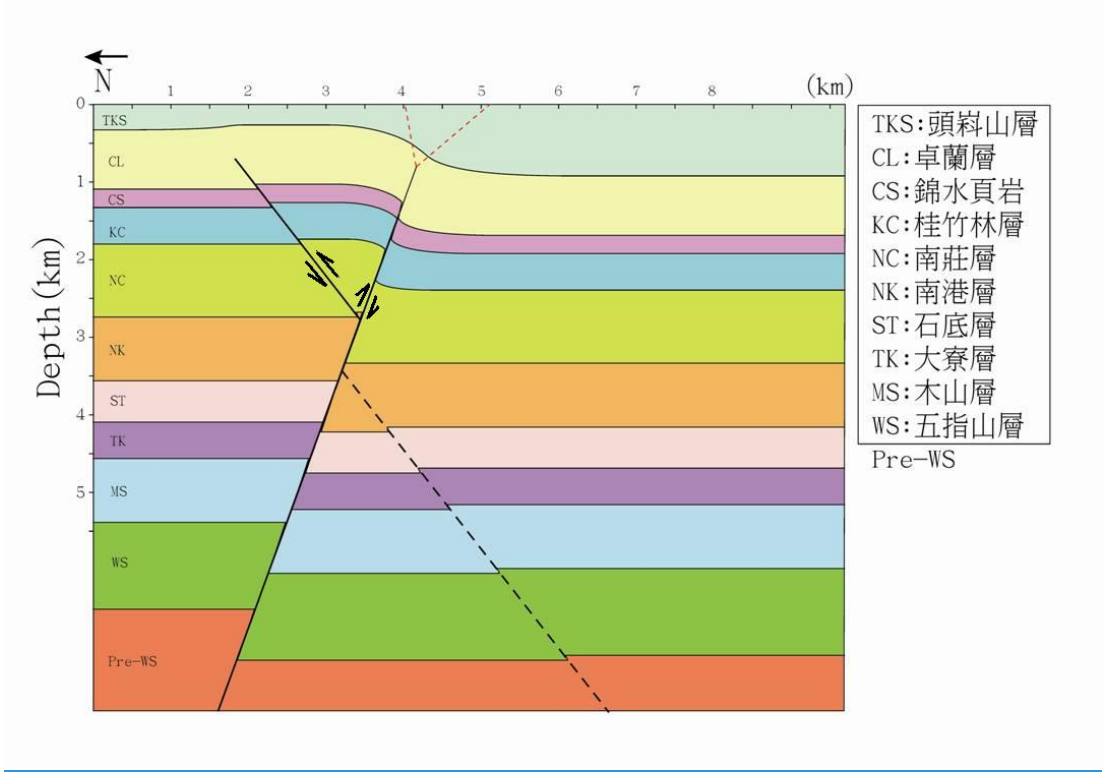


圖4.9.5、湖口線形西側測線K之構造運動學分析圖。此處主要以向北傾斜的高角度逆斷層為主，可能是過去正斷層的復活，另向南傾斜斷層的錯動量甚小，可能是反向支斷層或被截切的老斷層。

格式化

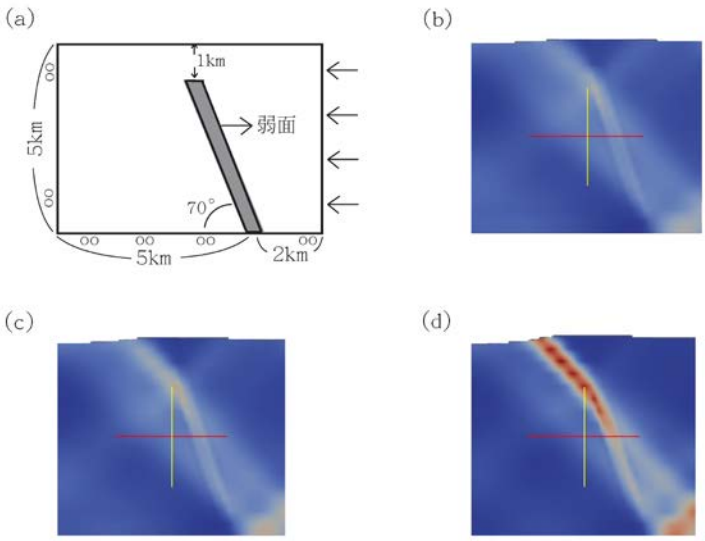


圖4.9.6、掩埋的高角度斷層（弱面）受到水平擠壓後的應變圖。(a)初始模型設定：一向東傾斜的弱面埋藏在地下1公里深處。模型左邊界固定，右邊界距斷層底部2公里，向左以3 mm/yr水平壓縮，紅色區域表高應變區域。(b)初始壓縮時，應變集中於高角度斷層帶，並向上逆移。(c)隨著壓縮量增加，應變逐漸向斷層尖端集中。(d）較緩的新斷層在原高角度斷層前緣發育，在此同時，斷層右側亦開始由底部滑脫面發展出新的斷坡。

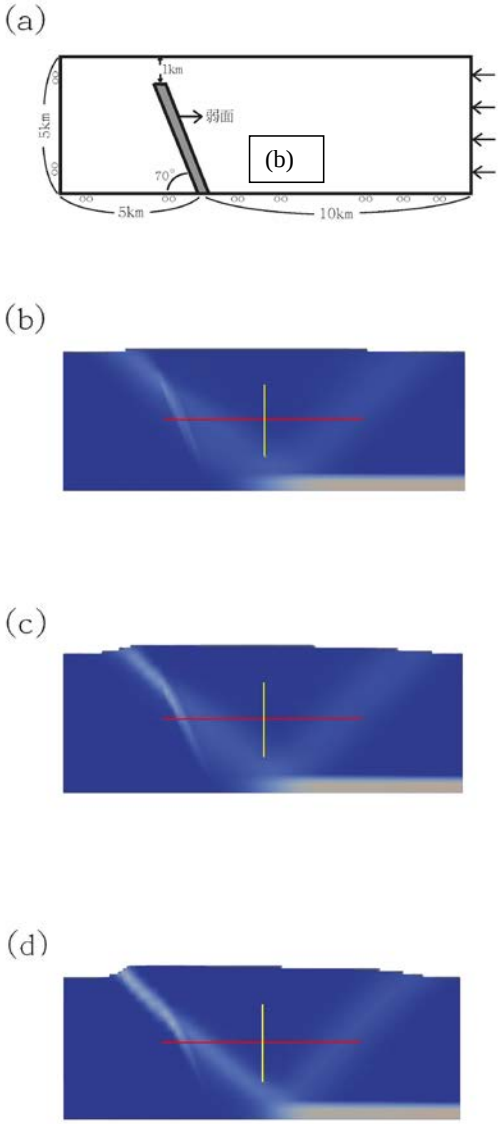


圖4.9.7、同圖4.9.6，唯斷層與右壓縮邊界距離105公里。應變演化過程與圖16相似，唯在（d）階段時，高角度的老斷層已停止活動，取而代之的是由底部滑脫面上直接爬升出的新斷坡。

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

十一、節要

格式化

格式化

湖口斷層是否出露地表以及本地區這些明顯地形崖，包括：雙連坡向斜(線形)、平鎮背斜、楊梅北斷層(線形)、湖口斷層、以及湖口背斜等，所代表的意義至今仍有許多爭議，然這些構造多切過不同時期的地形面，且多具位移累積性，由地形學角度常稱之為斷層，但由震測或淺層鑽探分析卻常僅見褶皺，而未能稱之為斷層，但這些構造皆為活動構造應無疑義。

湖口斷層的區域地質與地形特徵在林啟文等(2007)的文章有已進行詳細的文獻回顧，在此僅針對本研究新增加的資料加以分析。由於湖口斷層一帶已有相當的研究資料，本研究中則依據資料需求的必要性，將大部分的研究經費於計畫進行中投入資料較缺乏的新竹斷層研究，湖口斷層一帶則完成一口150公尺地質探井，並利用深部震測剖面，配合地質地形以及現有的參考文獻，來研究湖口斷層帶的地下構造研究，再運用運動學來分析斷層的活動機制，以及加入力學模擬，以輔佐運動學的解釋。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

中央地質調查所已在湖口斷層東側的上下盤共完成三口地質探井（圖4.3.1），其結果顯示湖口斷層為以向斜軸部變形為主。由於湖口斷層的線性一直可以延伸至圓山小丘，本研究選在圓山小丘上進行湖口一號井的地質鑽探。井錄中顯示，淺部地層傾斜，具小滑動面，而深部地層較平緩，泥層中多見近水平地層，砂層常有傾斜，可能為交錯層理。在野外調查中可以見到向北緩傾的地層，但由於其傾角不像東側湖口線型崖附近地層般有明顯的傾斜，此處地表的崖面可能僅為向斜軸部變形或被侵蝕的崖面。由淺層震測及既有的鑽探結果顯示，湖口斷層主要為向斜軸的變形，斷層尖端未出露至地表，地表僅為向斜構造。

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

如同新竹斷層，本研究由深部震測剖面分析發現，湖口斷層變形主要受控於原先既有正斷層形態，這些正斷層受後來構造運動影響，呈現出不同形態構造，當正斷層向南傾斜則造成向北逆移斷層，向南傾斜則造成背衝斷層。

圖4.6.1為位於湖口斷層中段，跨越湖口斷層的~~i~~I剖面I構造影像，該剖面位置如圖4.2.2所示，剖面I中可以見到湖口背斜形態，湖口斷層(線形)的邊界呈高角度傾斜，剖面深部仍可見到湖口斷層與南側地層邊界呈高角度傾斜，而湖口斷層北側地層大致呈水平。圖4.6.2為跨越湖口斷層的J測線，此剖面中湖口背斜形態亦

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

相當清楚，湖口斷層(線形)主要應為向斜軸部，而此處亦可見到湖口背斜為南翼較長的不對稱褶皺，然在剖面深部則不易解析構造形態。

坑子口背斜位於湖口背斜西側，地形上可以見到店子湖層向北傾斜（圖4.1.1），而深部震測剖面亦顯示類似特性。圖4.8.1為跨越坑子口背斜的測線K之構造影像，其中背斜南翼較陡、北翼緩，且北翼變形為楔形，可能為向北傾斜的高角度正斷層復活所造成。在更西側的海域震測剖面L中（圖4.8.2）亦可發現坑子口背斜的存在，剖面中坑子口背斜仍為背衝褶皺形態，並在軸部發育高角度斷層。在更西側的海域震測~~M~~剖面M中（圖4.8.3），仍可見到坑子口背斜，但形態已稍有改變，可能反應正斷層形態已有改變。該剖面中亦可見到許多正斷層及沿正斷層復活的褶皺，可用以說明湖口背斜附近，由於既有的正斷層在被復活後即產生褶皺作用，而這種褶皺作用，難以利用斷層彎曲褶皺等模型解釋。

在湖口斷層東側，橫跨湖口背斜與平鎮背斜的構造剖面中（圖4.8.4），Suppe and Chang(1983)~~Suppe~~以斷層彎曲褶皺解釋此以剖面，但本研究認為在震測剖面中出現的向上逐漸變寬之楔形轉折帶，可以用Trishear的變形模式加以解釋，平鎮背斜可能為向北傾斜的正斷層被觸發所致，而平鎮背斜的形成可能與此斷層的彎曲有關。由於本區域存在許多正斷層，因此考慮正斷層在被觸發的模式，應較為合理，否則以西北向的最大主應力形態所形成的構造應為北東走向。對於湖口背斜構造形態，在淺處由於有鑽探資料與震測剖面，相差不大，但對深部構造，斷層彎曲褶皺模式可以解釋，但利用正斷層的再活動似乎也可以解釋。

湖口線形在東西兩側的構造截然不同，在東側，湖口背斜主要由深部的斷層彎曲褶皺構造與淺部的斷層尖端的三角剪切帶所組成，前翼的長度僅約後翼的一半，同時後翼的傾角也較斷層傾角為小，背斜平頂在地表約寬2公里，湖口斷層呈高角度向南傾斜，但並未有明顯出露地表的證據；在西側則呈現一個較圓滑的背斜，主要斷層為一向北傾斜的反向逆斷層，另外在其北側有一錯動較小、向南傾斜的逆斷層存在，因此湖口線形東側的湖口斷層可能無法延伸至此，或被反向的逆斷層所截切。

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

伍、討論

新竹斷層主要為向南傾斜的正斷層，在後期因擠壓後反轉而向北逆移，由上述說明中本研究認為新竹斷層應未延伸至外海。在海域出現的高角度背衝斷層，應該是其他向北傾斜的老正斷層受擠壓復活所致，其復活機制可能與新竹斷層相似，但因兩者原本的位態即已不同而有差異，不應被歸為同一斷層。

至於青草湖－崎頂背斜所涵蓋範圍之所以較新竹斷層為大，可能因為此背斜不單受新竹斷層控制而已，新竹斷層可能只是側向斷坡。從深部構造剖面所顯示的地下構造可知，新竹西側的地下構造已呈東北走向，這與新竹斷層已呈大角度相交，但卻與新城斷層約略平行，暗示著可能有東北-西南走向的逆衝盲斷層發育在崎頂背斜之下，同時這也可能是新竹斷層向西延伸的終點。

新竹斷層的斷層再滑動機制為多數人所肯定，但對再滑動後的斷層特性卻有不一致的看法。本研究認為，由新竹斷層上盤的變形帶沿其走向產生的明顯變異，或許能反應斷層位態與滑動行為在空間上的差異。

在接近新竹斷層與新城斷層交接處，根據中油公司的震測資料顯示（測線A，圖3.4.6及圖3.6.4），新竹斷層上盤出現明顯的背斜構造，褶皺後翼傾角小於斷層面傾角，且此背斜構造在1.6秒附近已不復見。往西，在測線D上（圖3.4.6及圖3.6.5），新竹斷層上盤出現了截然不同的單斜褶皺構造，該褶皺呈尖頂褶皺，且僅有較狹小的前翼發育，此褶皺構造向下逐漸減小，在2秒附近消失。更往西，在海岸線附近（測線F，圖3.4.6及圖3.6.6），新竹斷層已由其他向北傾斜的高角度逆斷層取代，此逆斷層亦具有由正斷層反轉的訊號，應證前人的研究結果。

新竹斷層在頭前溪以西的單斜尖頂褶皺可能是新竹斷層復活的第一類型：來自西南的造山擠壓力量，使新竹斷層向上擴展並在其尖端之上發育出三角剪切帶。然而當新竹斷層向西延伸至香山附近時（測線F'，圖3.4.6及圖3.6.2），在斷層上盤除原有的青草湖背斜外，在其北端接近新竹斷層處出現另一個個背斜軸，同時鑽探資料顯示斷層以接近30度角逆衝出地表，這讓我們高度懷疑這是新竹斷層復活的第二種類型，亦即原高角度向上擴展之新竹斷層在其頂端被另一低角度的逆衝斷層截切，我們透過運動學與力學模擬驗證了這個想法。（圖3.6.9）。

~~新竹斷層目前被暫列為第二類活動斷層，然鑽探資料已顯示新竹斷層已出~~

格式化
格式化
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化: 間距 套用前: 0.5 行
格式化
格式化
格式化
格式化: 字型: Times New Roman
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

~~露至地表，再考量新竹斷層於三姓公溪口切過FT1及FT2、以及於克雅溪切過溪口沖積扇等特性，本研究建議將新竹斷層改列為第一類活動斷層。~~

在對新竹斷層進行運動學分析時，我們發在測線D剖面的三角剪切帶形狀與近地表地層傾斜十分明顯，因此對新竹斷層位移量與三角剪切角（trishear angle）提供很好的制約，但在三角剪切帶內地層隨深度傾斜的變化並非十分清楚，這主要是因為接近三角剪切帶頂端的地層會呈高角度的傾斜，加以變形帶縮小，在震測圖上不易精確的掌握其位態，這也導致本研究對此處的斷層p/s比值有較大的不確定性。譬如我們也可以假設原新竹正斷層的尖端在較深的位置，然後以相同的滑移量與三角剪切角但較大的p/s比值向上擴展到目前斷層尖端的位置，這樣依然會在淺層產生類似的傾斜地層。不過當我們檢視新竹外海發育的正斷層時，我們發現這些正斷層大多截穿地下4公里或甚至更淺的地層，同時在力學模擬中，我們也發現先存高角度正斷層很難以原位態向上發育出逆斷層，加上此處在2秒以下的地層大致平坦，因此我們認為新竹斷層在此處的p/s比值應該不大，其值小於1應是合理的推斷。但在香山附近，中油井下資料顯示新竹斷層錯動量約600公尺，若其由原高角度正斷層尖端或更深處開始發育，則其必須要有較大的p/s比值才能出露地表，這種沿新竹斷層冬西走向發生的p/s比值差異，可能是因為斷層由高角度傾斜向西轉為低角度傾斜的緣故。

對於湖口線形東側的運動學分析，可以由一個低角度的逆斷層連接至先存的高角度正斷層使其復活，其所產生的彎曲造成後翼的褶皺。斷層前翼的背斜，主要有兩個機制：一為由一個發生在約2.3公里的斷層小轉折所形成，此轉折僅約5度，形成約30度的傾斜面，另一由湖口斷層向上以約60度的三角剪切帶，發育出高角度傾斜或甚至倒轉的斷層擴展褶皺，不過精確的斷層p/s比值與三角剪切角仍有賴更多的淺層構造調查才能確定。

在湖口線形西側，其地殼變形行為與東側構造完全不同。有可能是原本向南傾斜的正斷層，在被擠壓復活後又被一個向北傾斜的高角度逆斷層所截切（圖4.9.5），而此反向逆斷層本身也可能是老正斷層的復活，且其原位於約3公里以下，圓滑的褶皺可能是反應三角剪切帶的變形結果；或者，也有可能向南傾斜的逆斷層僅是發育在向北傾斜主斷層上的反向支斷層，若此，那湖口斷層就不會延伸至此。

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化

根據本研究之力學模型模式，我們認為在新城斷層以西，頭前溪附近，新竹斷層的頂點大約仍在地下3公里處，這時新竹斷層與底部滑脫面應在更深處相交。此處屬於新竹斷層復活逆移的第一階段，斷層擴展使其上方出現三角變形帶，形成近乎單斜褶皺，其間或有小斷層沿三角變形帶軸部發育，但應非主斷層。在香山附近，新竹斷層線形與新城斷層之間的距離增大，這時新的逆衝斷層開始在新城斷層前緣發育，並從底部滑脫面上形成向上爬升的斷坡，這個新的斷層以低角度切過新竹斷層頂部並出露地表，終止新竹斷層繼續活動。

~~在上述兩種的可能情形下，湖口斷層較宜以東西兩段分之，尤其在評估地震危害度時更應如此，至於分段確切的位置，則仍有待更進一步的調查。~~

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

陸、結論與建議

斷層活動對於鄰近斷層附近的地表建物影響很大，而目前都會區隨著經濟發展而人口日增，為了確保人民生命財產安全，第四紀覆蓋層下的活動斷層調查日趨重要。由車籠埔斷層活動的案例來看，人命的傷亡和建物的損毀並非只有發生在斷層線上，整個斷層帶皆是可能發生災害的範圍。因此，單純繪設斷層位置，雖可對於地震防災提供重要的資訊，但對地震減災害及國土利用規劃上，仍需進一步進行地震地質研究與地變動潛勢分析，而斷層帶地下構造調查與研究則為其中非常重要的一項研究主題。本研究除了利用已有地質及構造分析資料外，亦詳細進行地表與井下地質調查，並利用深部以及淺層震測資料以及斷層動力學分析來研究新竹與湖口斷層之斷層帶地下構造。

新竹斷層是台灣北部新竹地區的主要活動斷層之一，約呈東西走向，該斷層沿線為我國的科技重鎮所在，斷層帶之地下構造調查與研究甚為重要~~，目前暫列為第二類活動斷層~~。本研究認為新竹斷層是因已存在正斷層受後來壓應力的影響而復活形成，並且沿著新竹斷層之走向而有斷層構造形態之改變。在新竹斷層東段，地表為一向斜褶皺崖，本計畫的新竹一號鑽井僅鑽遇向斜軸部，顯示新竹斷層尖端並未出露至地表；斷層西段，則於本計畫的新竹三號與四號兩口鑽井中鑽遇斷層，且斷層已切穿地表，然而新竹斷層應未延伸至外海，在海域出現的高角度背衝斷層，該應是其他向北傾斜的老正斷層受擠壓復活所致。

湖口斷層呈東北東走向，由新竹縣湖口延伸至桃園縣平鎮，目前亦暫被列為第二類活動斷層。本研究認為湖口斷層如同新竹斷層一般，變形主要受控於原先既有正斷層形態，受後來構造運動影響而呈現出不同形態構造。由淺層震測及既有的鑽探結果顯示，湖口斷層尖端未出露至地表，但在地表形成向斜褶皺崖。湖口線形在東西兩側的構造截然不同，由於湖口斷層沿線人口稠密，災害評估甚為重要。在評估地震危害度時本研究認為宜將湖口斷層分為東西兩段，但分段的確切位置，仍有待更進一步的調查。

新竹斷層目前被暫列為第二類活動斷層，然鑽探資料已顯示新竹斷層已出露至地表，再考量新竹斷層於三姓公溪口切過FT1及FT2、以及於克雅溪切過溪口沖積扇等特性，綜合相關的研究資料，本研究建議可將新竹斷層改列

格式化
格式化
格式化: 字型: 12 點
格式化: 縮排: 第一行: 2 字元
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 縮排: 第一行: 2 字元, 間距 套用前: 0.5 行, 不調整中文字與英文字間的距離, 不調整中文字與數字間的距離
格式化
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化: 字型: Times New Roman
格式化

為第一類活動斷層。~~建議將新竹斷層改列為第一類活動斷層。而尤其~~對於在新竹斷層西段出露的低角度逆衝斷層，其究竟向南延伸至何處，值得進一步做深鑽研究。此外，由於店子湖層的年代已不合適利用碳14來定年，因此湖口斷層的活動年代仍無法順利的找出。我們也建議貴所對湖口斷層附近的老階地進行定年，以期能釐清湖口斷層之活動年代。

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 字型: Times New Roman

參考文獻：

Chen Y-G, Shyu J-B, Ota, Y. Chen W-S, Hu J-C, Tasi, B-W, W. Y. (2004) Active structures as deduced from geomorphic features: a cas in Hsinchu Area, northwestern Taiwan, Quaternary International, 115-116, 189-199.

Chiu, H.T.（1970）Structure Features of the area between Hsinchu And Taoyuan, northern Taiwan, Memoir of the Geological Society of China, no. 13, 63-75.

Huang, S. T., Chen, R. C., Chi, W. R. (1993) Inversion tectonics and evolution of the northern Taihsi basin, Taiwan: Petrol. Geol. Taiwan, 28, 15-46.

Lim, Y. K.（1971） A Petrographic Study of the Miocene Formation of the Hokou Structure in Northern Taiwan, Proc. Taiwan, 9, 67-78.

Moresi, L.N., Dufour, F., Mühlhaus, H.-B. (2003) A Lagrangian integration point finite element method for large deformation modeling of viscoelastic geomaterials, J. Comp. Phys., 184 , 476-497.

Namson, J.（1984）Structure of the western foothills belt, Miaoli-Hsinchu area, Taiwan: （III）central part: Petrol. Geol. Taiwan, no. 20, 35-52.

~~Pan, Yuh-Sheng (1967) Interpretation And Seismic Coordination Of The Bouguer Gravity Anomalies Over West-Central Taiwan, Petroleum Geology of Taiwan, no. 5, 99-115.~~

Suppe, J., Namson, Jay（1979）Fault-Bend Origin of Frontal Folds of the Western Taiwan Fold-and-Thrust Belt, Proc. Taiwan, 16, 1-18.

Suppe J. and Chang, Y-L. (1983) Kink Method Applied To Structural Interpretation Of Seismic Sections, Western Taiwan, Proc. Taiwan, 29-49.

Suppe, J. (1984) Seismic interpretation of the compressively reactivated normal fault near Hsinchu, western Taiwan: Petrol. Geol. Taiwan, 2, 85-96.

Suppe, J. (1985) Present-Day stress directions in western Taiwan inferred from borehole elongation: Petrol. Geol. Taiwan, 21, 1-12.

Tang, C. H. (1963) Geology and Oil Potentialitites of the Hukou Anticline, Hsinchu, Proc. Taiwan, 2, 241-252.

Tang, C. H. (1964) Subsurface Geology and Oil Possibities of the Taoyuan District, Proc. Taiwan, 3, 53-73.

Tang, C.H. Hsu, C.H.（1970）Subsurface geology and petroleum deposits in the Hsinchu area, Petrol. Geol. Taiwan, no. 7, 89-101.

Yang, K.M., Wu, J.C., Ting, H.H., Wang, J.B. Chi, W.R.（1994）Sequential deformation in foothills belt, Hsinchu and Miaoli areas: Implications in hydrocarbon accumulation, Petrol. Geol. Taiwan, 29, 47-74.

Yang, K.M., Wu, J.C., Wickham, J. S., Ting, H.H., Wang, J.B. Chi, W.R.（1996）Transverse structures in Hsinchu and Miaoli areas: structure model and evolution in foothills belts, northwestern Taiwan, Petrol. Geol. Taiwan, 30, 111-150.

Wang, C. M., (1964) Reflection Seismic Survey Conducted on the Hukao – Yangmei Structure, Taiwan, Proc. Taiwan, 3, 185-191.

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

中國石油公司（1978）1:100,000桃園-新竹地質圖，台灣油礦探勘總處。

中國石油公司（1994）1:100,000苗栗地質圖，台灣油礦探勘總處。

石瑞銓、王乾盈、林正洪、顏宏元 (1999) 活動斷層地球物理探勘計畫88年度報告-北部地區活動斷層地球物理探勘，經濟部中央地質調查所研究報告。

江婉綺（2005）竹苗地區地質構造之砂盒物理模型研究，國立成功大學地球科學系碩士論文，共104頁。

~~李元希、石同生、盧詩丁、林燕慧、林偉雄 (2002) 新城斷層與新竹斷層活動性研究，「台灣之第四紀」第九次研討會論文集，12-15頁。~~

何春蓀 (1986) 臺灣地質概論，臺灣地質圖說明書，經濟部中央地質調查所，共169頁。

沈淑敏、張瑞津等 (2005) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置－活動構造地形及資料庫建置分析（1/2），經濟部中央地質調查所研究報告94-6號，共80頁。

林朝棨 (1957) 台灣地形，台灣省文獻委員會，台灣省通誌稿，卷一，第一冊，423頁。

林良安（1999）湖口斷層淺層反射震測之研究，國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共109頁。

林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論－五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書，第二版，經濟部中央地質調查所特刊，第十三號，共122頁。

林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）臺灣北部的活動斷層：二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊，第19號，共130頁。

花井重次（1930）台灣桃園台地之活斷層，地理學評論，vol.6，no.7，226-237頁。

張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁（1998）臺灣活動斷層概論，五十萬分之一臺灣活動斷層分佈圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊，第10號。

倪銘倫（2004）新竹苗栗地區活動斷層地下構造震測調查研究，國立中央大學地球物理研究所碩士論文。

黃旭燦、楊耿明、吳榮章、丁信修、李長之、梅文威、徐祥宏（2004）斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究，台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(5/5)-台灣西部麓山帶地區地下構造綜合分析，經濟部中央地質調查所報告93-13號，59頁。

塗明寬 (1984) 湖口照門地區楊梅層之沈積環境，經濟部中央地質調查所彙刊，第3號，57-71頁。

塗明寬、陳文政 (1990) 台灣地質圖說明書，圖幅第七號，中壢，經濟部中央地質調查所，53 頁。

楊耿明、黃旭燦、吳榮章、丁信修、梅文威、徐祥宏等 (2002) 斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究-台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(3/5)-新城斷層及其附近地區，經濟部中央地質調查所第91-4號，52頁。

楊貴三（1986）台灣活斷層的地形學研究-特論活斷層與地面的關係，私立中國文化大地學研究所博士論文，共178頁。

楊貴三、蔡怡真 (2004) 臺灣北部新竹與新城斷層之地形學研究，經濟部中央地質調查所特刊，第14號，25-35頁。

饒瑞均、李元希、胡植慶（2008）地震地質與地變動潛勢分析－地變動監測分析（2/4），經濟部中央地質調查所97年度研究報告，共118頁。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

附錄1、新竹一號井的岩芯紀錄

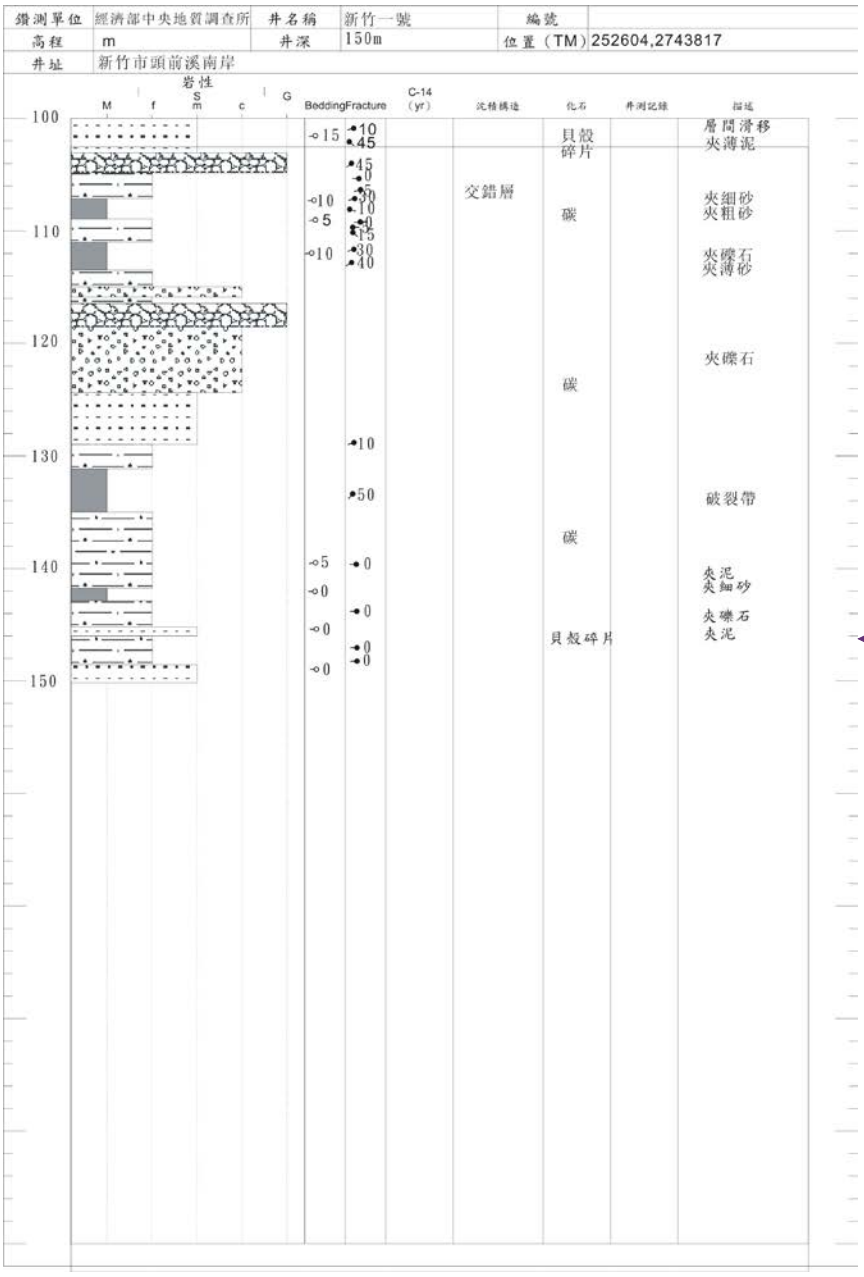


格式化

格式化

格式化: 間距 套用前: 0.5 行

格式化: 間距 套用前: 0.5 行



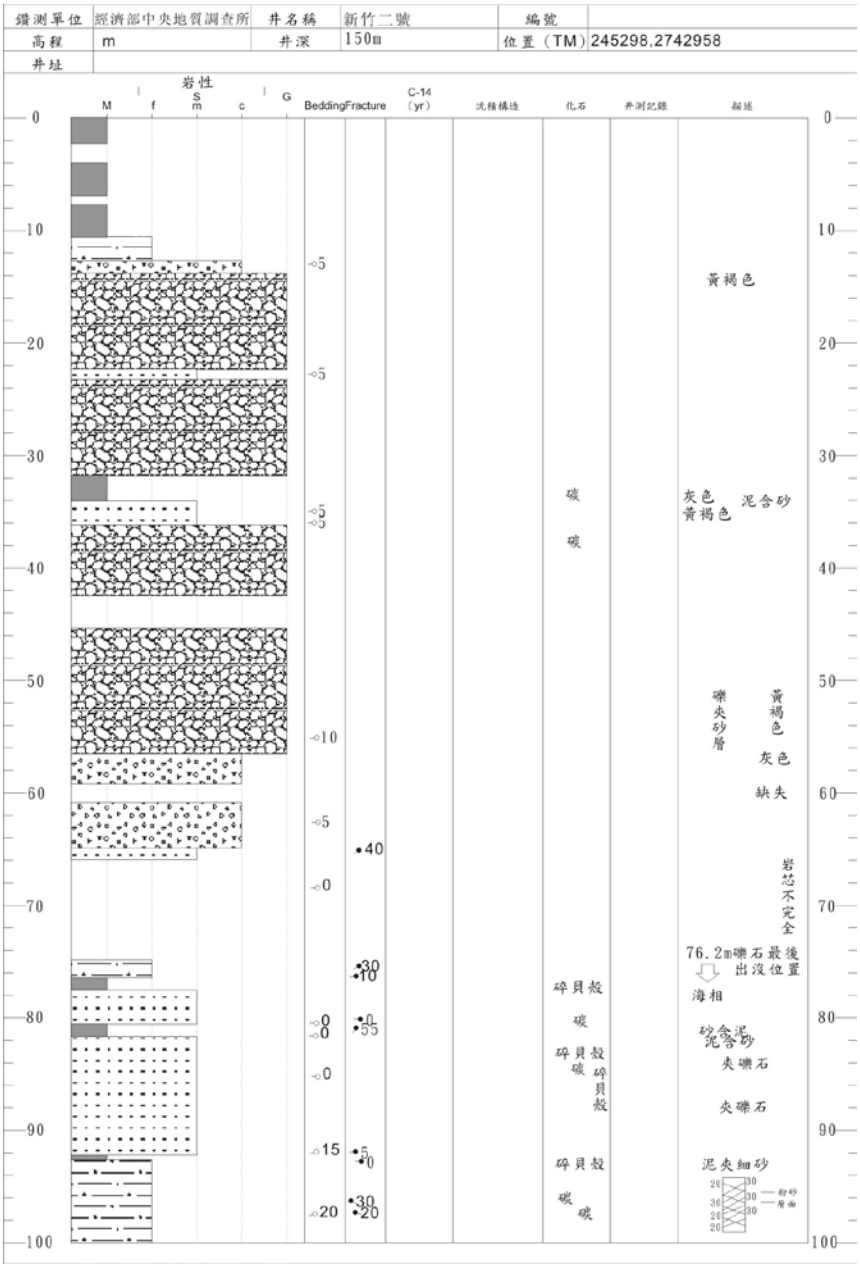
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

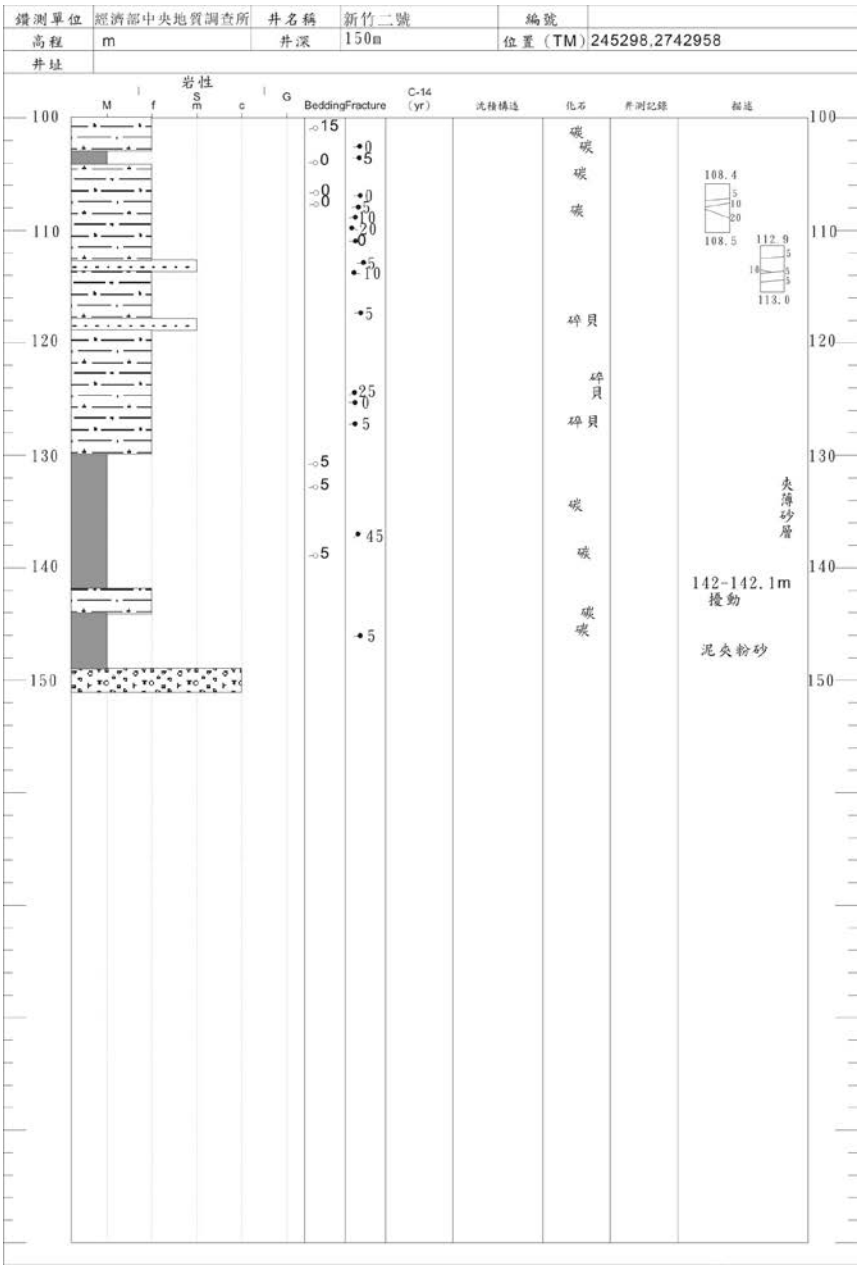
格式化: 間距 套用前: 0.5 行

附錄2、新竹二號井的岩芯紀錄

格式化

格式化

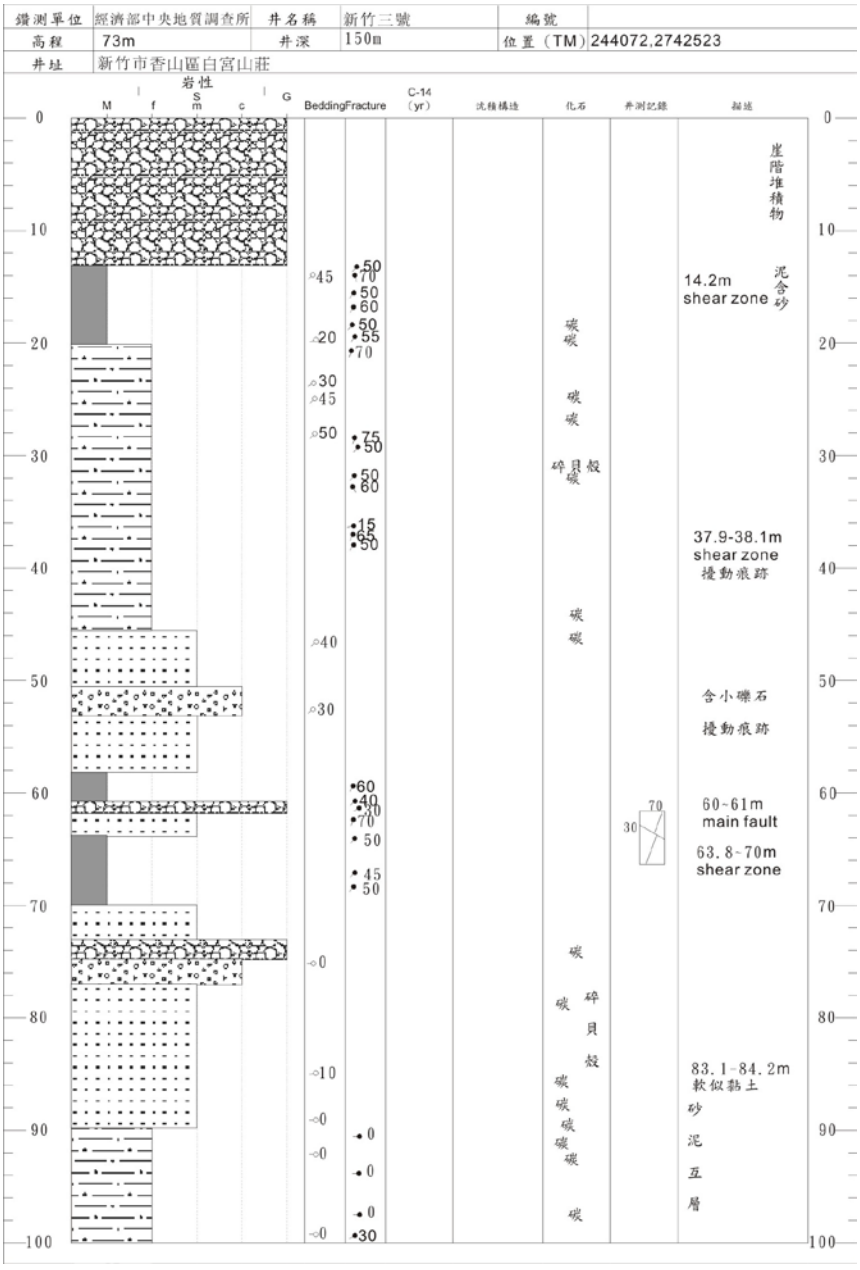


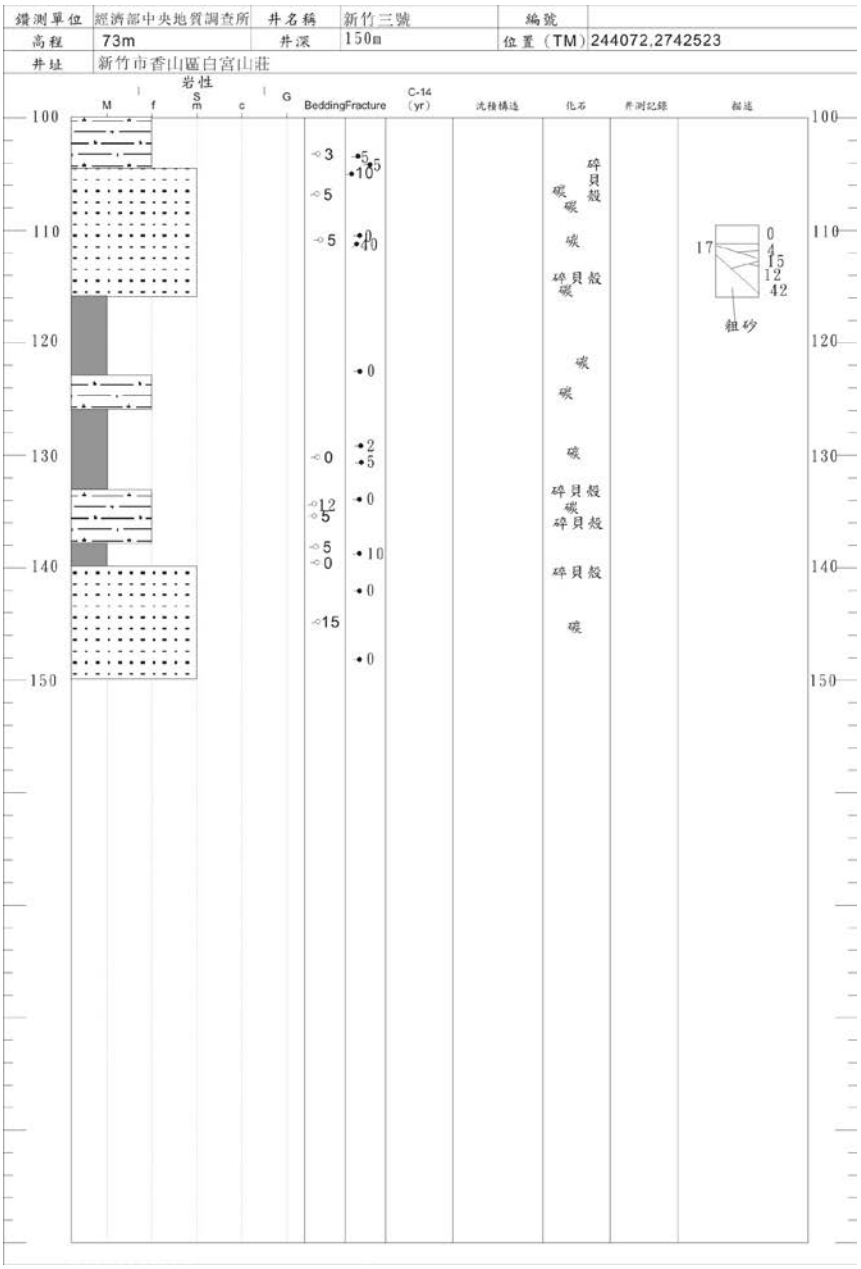

鑽測單位
經濟部中央地質調查所
井名稱
新竹二號
編號
高程
m
井深
150m
位置（TM）245298,2742958
井址
岩性
M
f
S
m
c
G
BeddingFracture
C-14
（yr）
沈積構造
化石
井測記錄
構造
碳
碎貝
夾薄砂層
142-142.1m
撓動
泥夾粉砂
108.4
108.5
112.9
113.0

附錄3、新竹三號井的岩芯紀錄

格式化

格式化

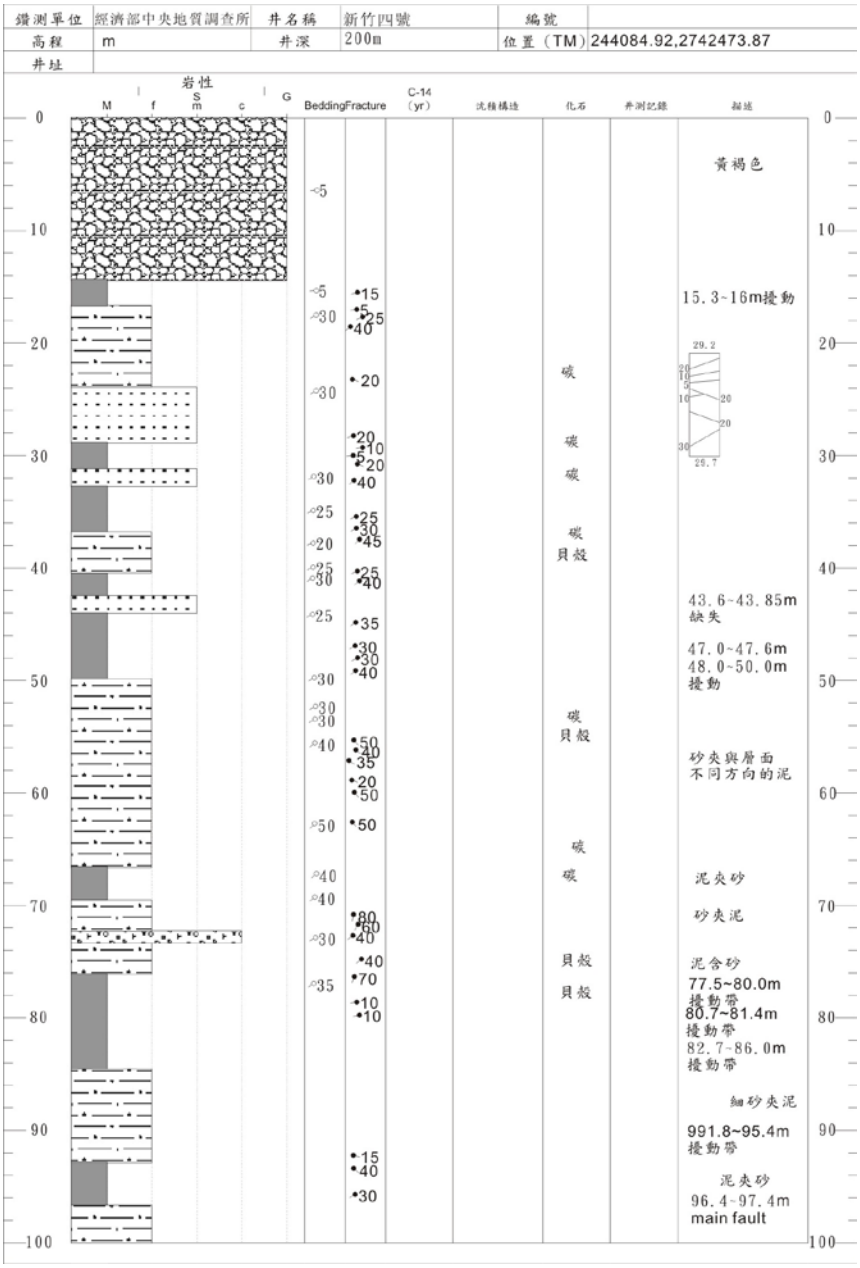


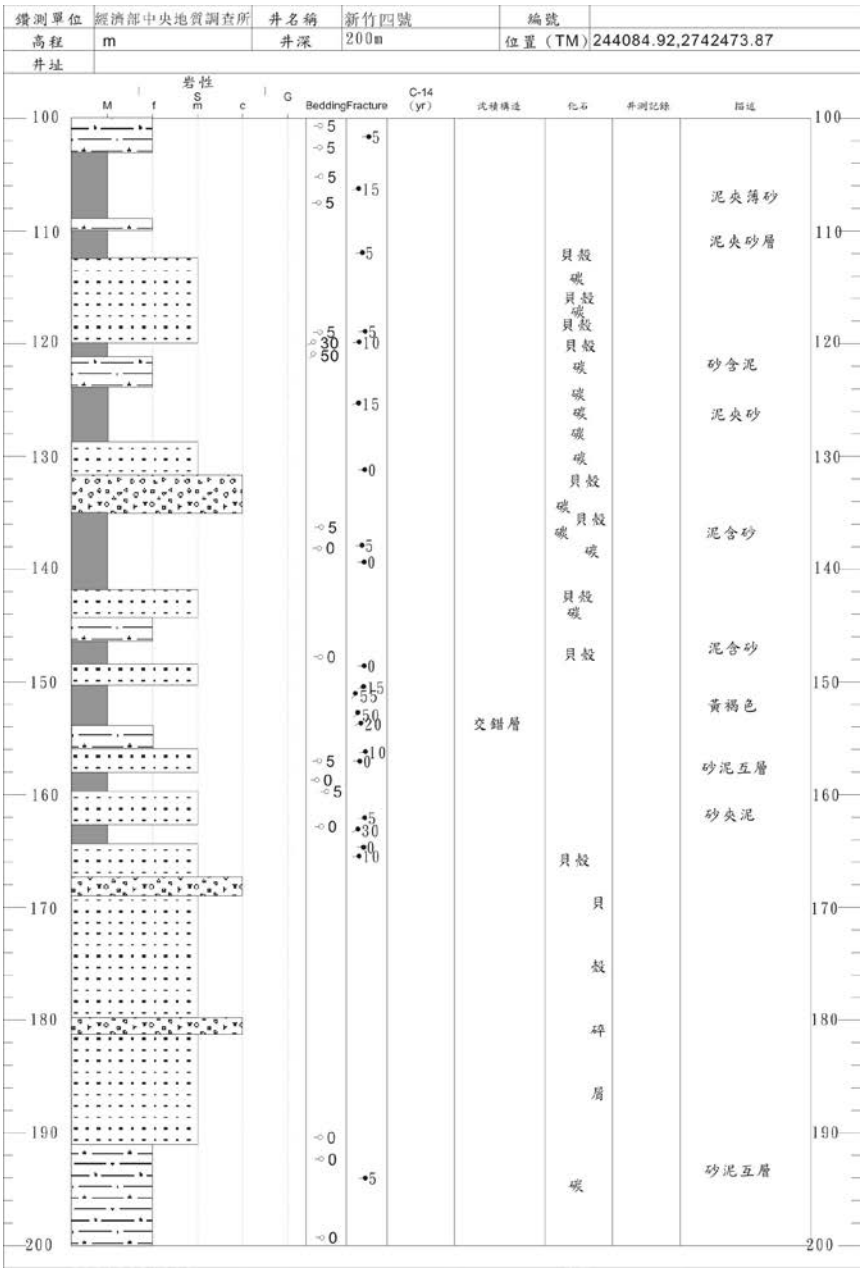

鑽測單位
經濟部中央地質調查所
井名稱
新竹三號
編號
高程
73m
井深
150m
位置（TM）244072,2742523
井址
新竹市香山區白宮山莊
岩性
M
f
S
m
c
G
Bedding
Fracture
C-14
（yr）
沈積構造
化石
井測記錄
構造
碎貝殼
碳
粗砂
100
110
120
130
140
150

附錄4、新竹四號井的岩芯紀錄

格式化

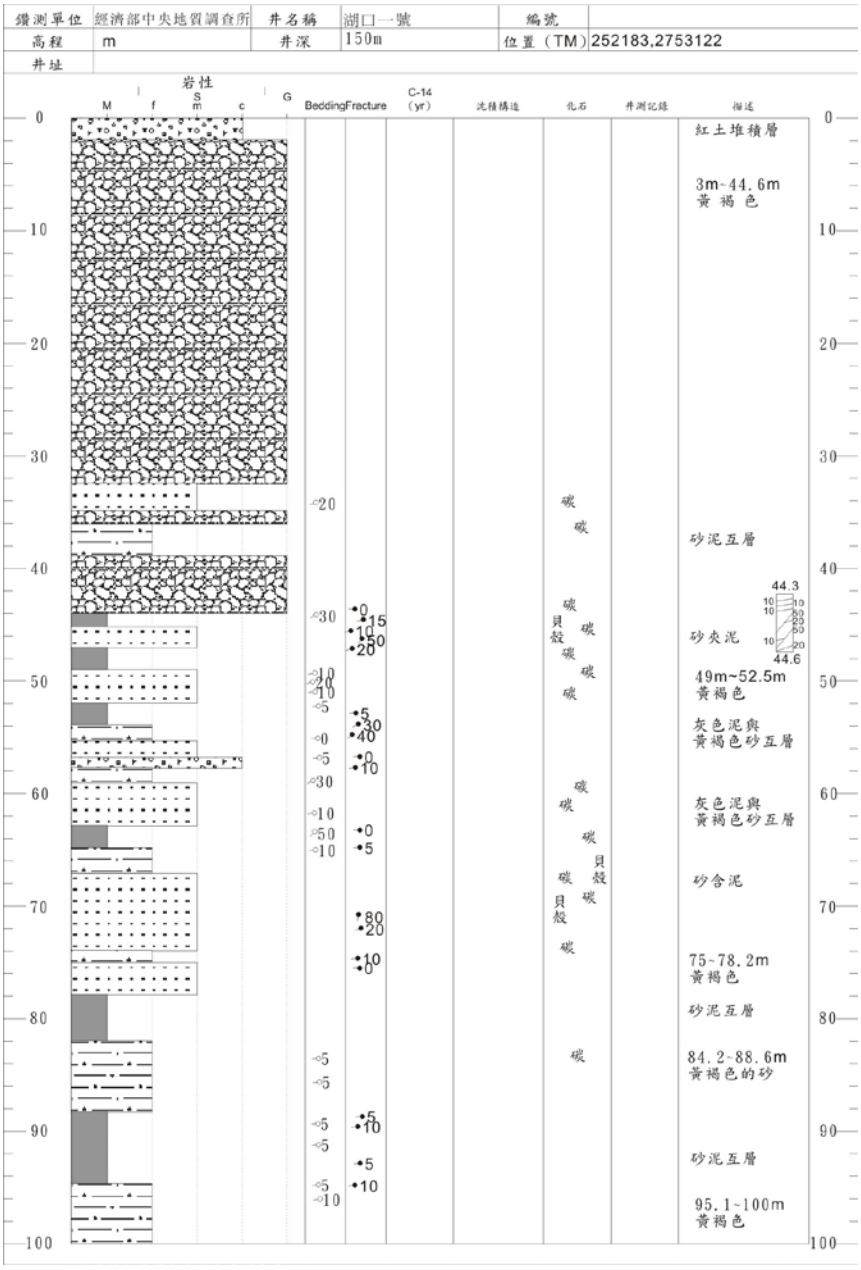
格式化

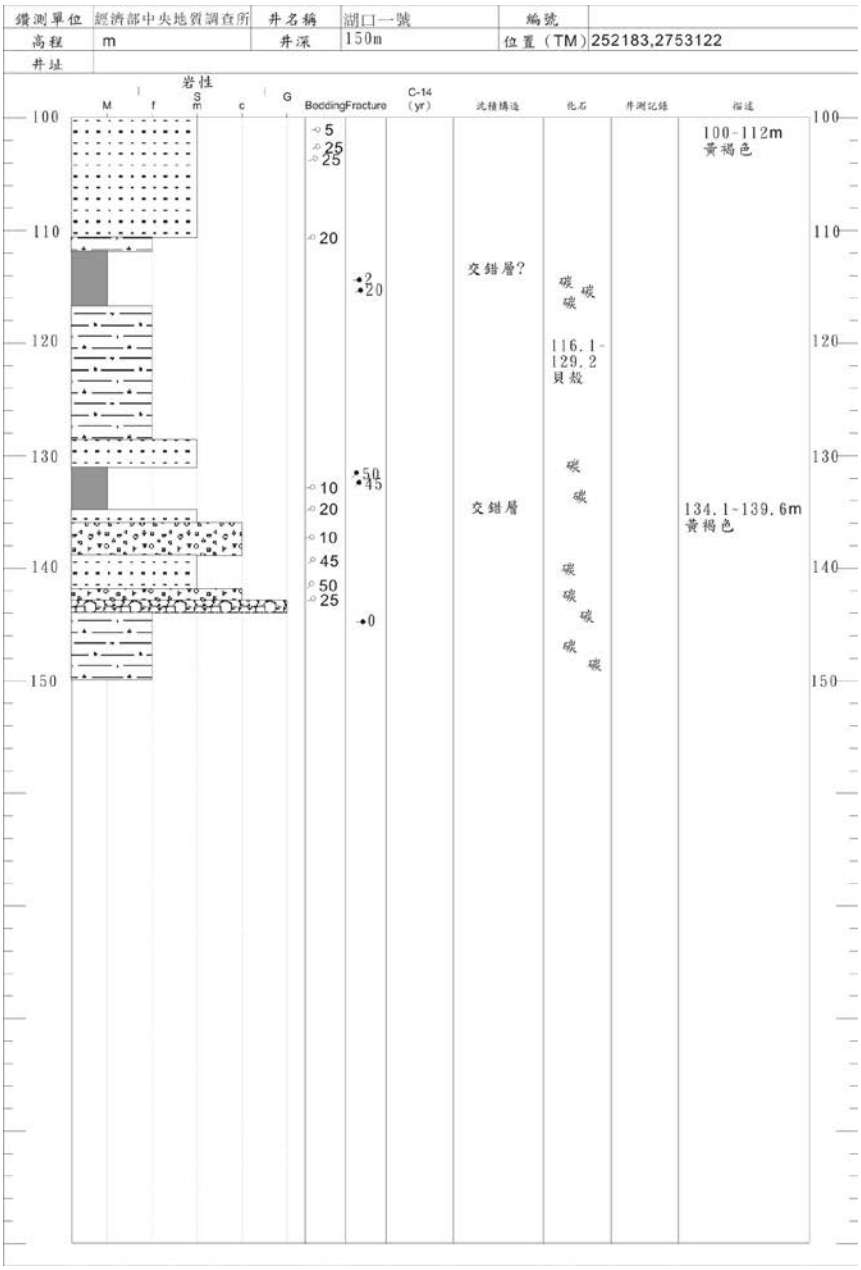



鑽測單位 經濟部中央地質調查所
井名稱 新竹四號
編號
高程 m
井深 200m
位置（TM）244084.92,2742473.87
井址
岩性
M f S m c G
BeddingFracture
C-14 (yr)
沈積構造
化石
井測記錄
描述
泥夾薄砂
泥夾砂層
砂含泥
泥夾砂
泥含砂
泥含砂
黃褐色
砂泥互層
砂夾泥
砂泥互層
交錯層
貝殼
碳
碎屑
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200

附錄5、湖口一號井的岩芯紀錄

格式化





格式化: 置中, 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 3.75 字元, 第一行: -3.75 字元, 間距 套用前: 0.5 行, 行距: 1.5 倍行高, 不與下段同頁

附錄6一、中英文網頁首頁

file://D:\我的文件\研究計畫\地調所\2009\網頁\010000.html





地震地質與地變動潛勢分析

Central Geological Survey MOEA

HOME ABOUT

地震地質與地變動潛勢分析

斷層帶地下構造調查研究(3/4)

新竹斷層、湖口斷層

摘要

活動斷層地下構造之調查與研究為研究地震地質與分析地變動潛勢的一項重要研究工作，本研究將利用地質調查與鑽探、震測資料，及已有地質及構造分析資料來進行活動斷層之地下構造調查與研究，研究成果除了可以作為地震地質與地變動潛勢研究之基礎外，並可提供其他相關研究計畫作為重要參考，並為國土規劃及地震防災其它之規劃與對策運用。本計畫共研究之斷層包括位於台灣西北部之湖口斷層與新竹斷層，計畫執行期間共進行5孔井深150公尺之地質探井，其中4孔位於新竹斷層，1孔位於湖口斷層，至於新竹斷層進行4條淺震測測線，全長3042公尺。

新竹斷層是台灣北部新竹地區的主要活動斷層之一，約呈東西走向，目前暫列為第二類活動斷層，本研究認為新竹斷層是因已存在正斷層受後來壓應力的影響所逆活形成，並且沿著新竹斷層之走向有斷層構造形態之改變，在新竹斷層東段，地表呈形特徵以向斜屬為主，斷層未偶至未出露至地表；斷層西段，則於本計畫的兩口鑽井中鑽遇斷層，且斷層已切穿地表，然新竹斷層應未延伸至外海，在海域出現的逆角度背衝斷層，該應是其地向北續延的逆正斷層受擠壓逆活所致。

湖口斷層呈東北東走向，由新竹縣湖口延伸至桃園縣平鎮，目前台灣被列為第二類活動斷層，本研究認為湖口斷層如同新竹斷層一般，呈形主要受控於原先既有正斷層形態，受後來構造運動影響而呈現出不同形態構造，由震層震測及既有的鑽探結果顯示，湖口斷層在地表呈形表徵主要為向斜層，斷層未偶未出露至地表，湖口斷層都可能為盲斷層，湖口線形在東西兩側的構造截然不同，在評估地震危害度時宜將湖口斷層分為東西兩段，但分段的確切位置，仍有待更進一步的調查。

新竹斷層目前被列為第二類活動斷層，經台灣的研究資料，總調將新竹斷層改列為第一類活動斷層，此外，並建議進行斷層年代問題地斷層進行定年，以期能瞭解湖口斷層活動之活動年代。

關鍵詞：新竹斷層、湖口斷層、地下構造、活動斷層、地質調查、地震震測、運動學分析

Study of the Subsurface Structures of Fault Zones (3/4) - The Hsinchu and the Hukuo faults

ABSTRACT

A clear image of the subsurface structure of an active fault and its long-term behaviors are crucial for studying the seismic potential of an active fault and its corresponding hazard. In this study, we investigate the near surface structures and the long-term behaviors of the Hsinchu and Hukuo faults by integrating the data from geomorphic and geologic surveys, core borings, seismic reflection surveys, and kinematic analysis. We have also accomplished five 150m deep boreholes, four along the Hsinchu fault and one on the Hukuo fault, and four shallow seismic profiles, totally 3042m long along the Hsinchu fault in this study.

Hsinchu fault is one of the major faults in the Hsinchu fault area. In this study, we propose that the Hsinchu fault is a reverse fault reactivated from a pre-existing normal fault. Along its strike, different subsurface structures are recognized: at the eastern segment of the Hsinchu fault, the fault tip does not reach the ground surface, where only a synclinal fold scarp can be found; at the western segment of the Hsinchu fault, the fault does pierce the ground surface but does not extend further west to offshore area. The faults found in the offshore area are the faults reactivated from other pre-existing normal faults, which dip to north.

Hukuo fault striking ENE extends all the way from Hukou to Penchen. The fault is now classified as an active fault of the second category. The Hukuo fault, just like the Hsinchu fault, is a reverse fault that reactivated from a pre-existing normal fault. Our study shows that the Hukuo fault is a blind fault with a distinct synclinal fold scarp above its fault tip. We also found an evident difference in subsurface structure along the strike of the fault. This finding suggests a necessity to subdivide the Hukuo fault into two segments for the sake of seismic hazard mitigation. The exact location of the fault division, however, still needs to be studied.

The Hsinchu fault is currently classified as an active fault of the second category, based on our studies, we suggest reclassify the Hsinchu fault as an active fault of the first category. In addition, we suggest dating the elder formations on the river terrace, to study the age of activation along the Hukuo fault.

KEYWORDS: The Hsinchu fault, the Hukuo fault, active fault, subsurface structure, geological survey, shallow seismic survey, kinematic analysis

Categories

壹、前言

貳、斷層帶地下構造調查研究方法概述

一、地質鑽探

二、過層震測

三、斷層運動學分析

參、新竹斷層

一、區域地質

二、地形特徵

三、地質鑽探

四、地表地質、岩芯與震測剖面關係

五、過層震測

六、新竹斷層的運動學分析

七、結果

肆、湖口斷層

一、區域地質

二、湖口斷層與其鄰近區域既有相關資料的研究評估

三、湖口一號井過層鑽探與岩芯記錄

四、湖口斷層帶地表沉積物厚度，及各地層的厚度與界面

五、湖口斷層帶的範圍、斷層帶內各分支斷層的位置與性質及解析幅度

六、跨湖口斷層全主斷層兩側公里內的構造剖面

七、平鎮背斜、頭嵙北線形與雙連坡線形

八、坑子口背斜與海域構造

九、湖口斷層的斷層幾何模型與運動學分析

十、結果

伍、討論

陸、結論與建議

參考文獻

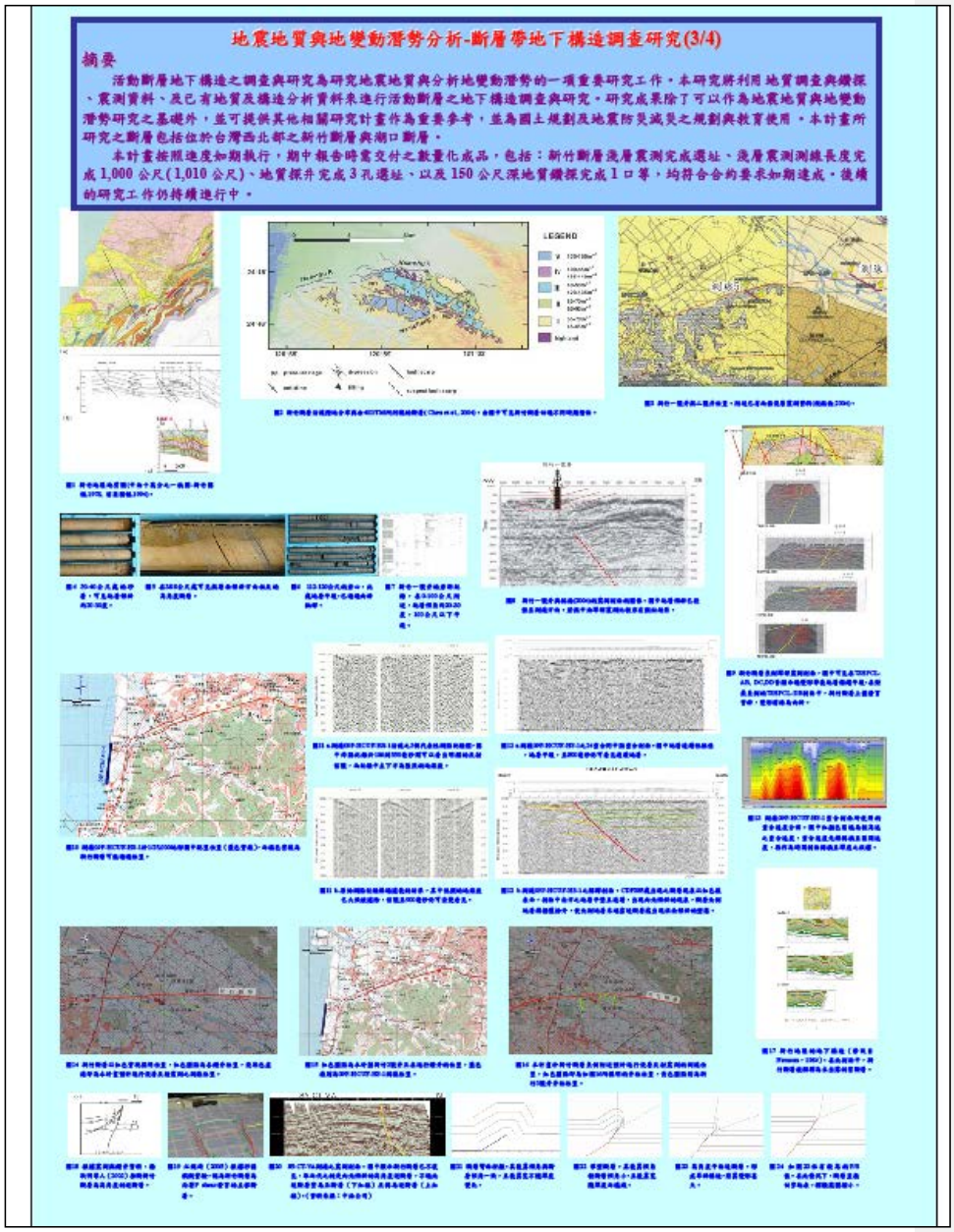
附錄

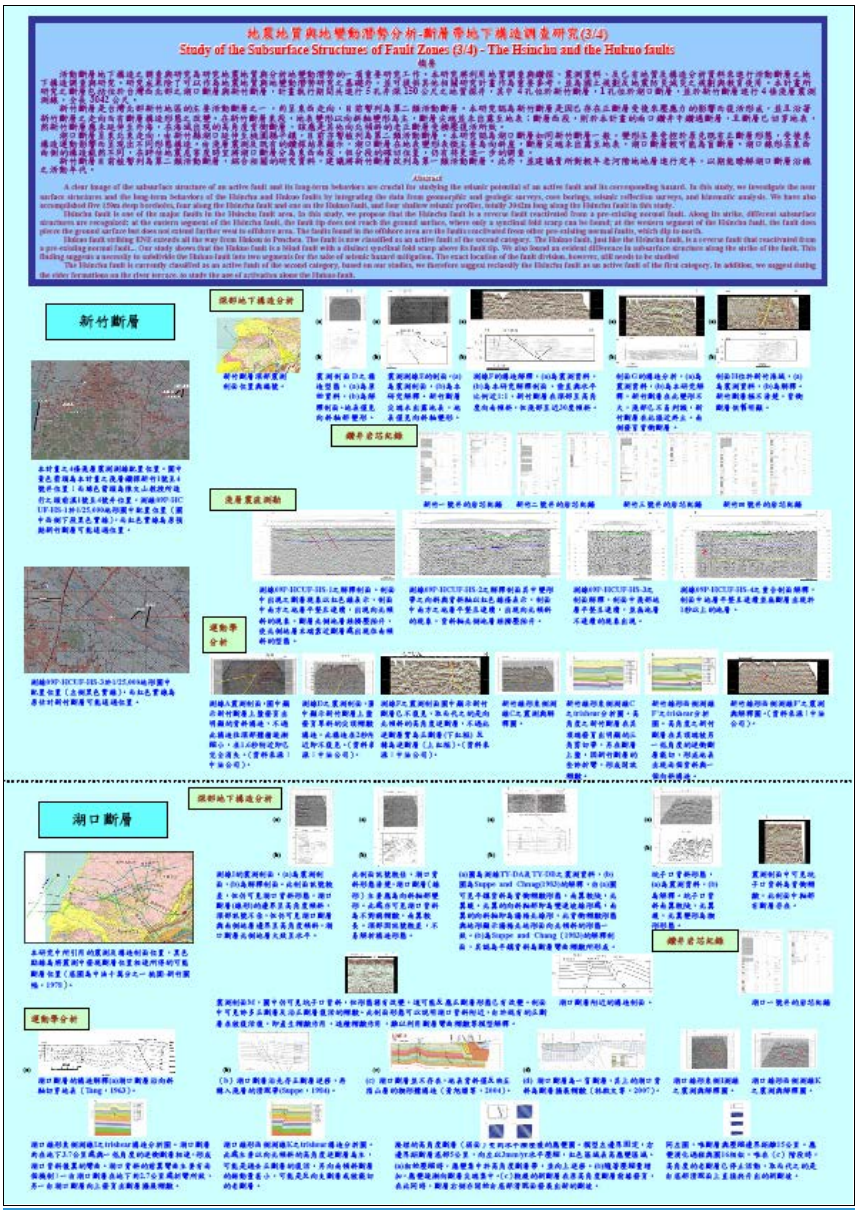
- 附錄1、新竹一號井岩芯紀錄
- 附錄2、新竹二號井岩芯紀錄
- 附錄3、新竹三號井岩芯紀錄
- 附錄4、新竹四號井岩芯紀錄
- 附錄5、湖口一號井井岩芯紀錄
- 附錄6、中英文網頁首頁
- 附錄7、計畫地震海報網頁

| Home | Central Geological Survey MOEA © 2007-2009 |

附錄7、教育推廣海報縮頁

格式化




地震地質與地變動潛勢分析-斷層帶地下構造調查研究(3/4)
Study of the Subsurface Structures of Fault Zones (3/4) - The Hsinchu and the Hukuo faults
新竹斷層
湖口斷層

期中審查意見處理情形

報告書內容	
審查意見	處理情形
1. 報告摘要應針對所得成果撰寫。	遵照辦理，已針對所得成果撰寫。
2. 簡報提到新竹斷層改列第一類的說法，但未見有系統的提出其證據。	已於文中討論與結論提出更多證據說明。
3. 談trishear模型但未見物理條件之討論。	Trishear本身為運動學模型而非力學模型，因此它只考慮斷層位態、滑距、三角剪切帶之角度以及斷層擴展與滑距之比值。為了進一步瞭了解其物理（力學）意義，我們在期末報告中加入力學模擬，以輔佐運動學的解釋。
4. 新竹斷層附近之構造可能要考慮3D的情況。	針對現有資料，本研究已利用多條沿斷層走向分布之剖面來探討三維的構造變化。
5.圖9所解釋的震測剖面中之斷層如何對照以往圖19和圖20之地質解釋剖面(有數條斷層)，宜加說明。	在剖面D(圖20)的震測資料上，我們在2秒以上沒有觀察到任何明顯的地層不連續，因此若有沿褶皺軸錯動的斷層存在，其錯動量也必定很小，應在震測解析範圍內，此與中油鑽井中量得的數百公尺的斷層錯動有極大的差距，加以此處的三角剪切帶十分明顯，因此我們不認為主斷層或其他較大滑距之逆斷層會通過此處的淺部地層。
6. 新竹斷層如何由南向北逆衝，往西邊卻為由北向南逆衝？發生的位置	新竹斷層主要為向南傾斜的正斷層，在後期擠壓後反轉向北逆移。但

格式化

格式化

與機制如何？青草湖背斜往西延伸的範圍比新竹斷層要大，如何解釋其形成？	此斷層可能未延伸至外海。相反的，我們在海域發現高角度背衝斷層，這應是向北傾斜的老正斷層受擠壓復活所致，其復活機制與新竹斷層相同，只是因為兩者原本位態不同而已，事實上它們不應被歸為同一斷層。 至於青草湖－崎頂背斜範圍之所以較新竹斷層為大，主要因為此背斜不單受新竹斷層控制而已，新竹斷層可能只是側向斷坡，從中油公司發表的深部地下構造可知，新竹西側的地下構造已呈東北走向，與新竹斷層呈大角度相交，但與新城斷層約略平行，暗示有東北－西南走向的逆衝盲斷層可能發育在崎頂背斜之下，同時這也是新竹斷層向西延伸的終點。
7. 建議報告中有關地質圖部份，宜視需要採用較大比例尺之地質圖。	遵照辦理，已採用較大比例之地質圖。
8. 鑽井的岩芯資料的傾角變化，似和trishear模式不一致？	已根據實際觀測資料修正trishear 模型。

格式化

格式化

圖資之展示	
審查意見	處理情形
1. 圖之修正以圖1為例，應加圖例，標明新竹斷層，增加(b)(c)圖之說明。	遵照辦理，已改正。
2. 圖之文字說明宜加強。圖太小圖內文字無法閱讀，請改進。圖請儘可能清楚或局部放大，儘可能利用到整個版面。	遵照辦理，已改正。
3. 剖面應加入方向，錯別字應再校正。(如35頁，Nanson和Namson)	遵照辦理，已改正。
4. 圖3之鑽探位置，宜更清楚標示。圖4、圖5請標示說明砂層和斷層；圖9請附資料來源;圖19剖面位置圖太小，應和剖面等比例，應修正；圖23-26宜排至同一版面，以利比較。未來報告之圖，請審慎編排。	遵照辦理，已改正。

格式化: 字型: Times New Roman

期末審查意見處理情形

報告書內容	
審查意見	處理情形
1. 本計畫書資料整合很用心，斷層幾何架構在區域性地殼尺度的分析及運動學分析上，很有想法也屬合理，且有相當程度的參考價值。	謝謝委員意見。
2. 摘要需涵蓋本年度工作內容及研究成果，報告書內容請重新編排，前人成果、本研究成果及討論建議應分開，並請修正繕打錯誤及部份用詞。~~1. 摘要需涵蓋本年度工作內容及研究成果，報告書內容請重新編排，前人成果、本研究成果及討論建議應分開，並請修正繕打錯誤及部份用詞。~~	遵照辦理，報告書內容已重新編排並訂正。~~遵照辦理，報告書內容已重新編排並訂正。~~
3. 鑽井、震測、剖面線等之Index Map要整合。建議將井位、震測剖面線、地質資料、前人鑽探等相關標示在整合的底圖或地形底圖上。資料較詳細的部份，請再放大標示於較大比例尺的圖中。~~2. 鑽井、震測、剖面線等之Index Map要整合。建議將井位、震測剖面線、地質資料、前人鑽探等相關標示在整合的底圖或地形底圖上。資料較詳細的部份，請再放大標示於較大比例尺的圖中。~~	遵照辦理，已改正如圖3.1.1中。~~遵照辦理，已改正如圖3.1.1中。~~
4. 請強調本計畫成果與前人研究不	遵照辦理，已改正於內文中。~~遵照辦~~

格式化

格式化

格式化

格式化

同之處，包括斷層位移量、出露位置、井下的發現、地表變形的型式、震測剖面解釋等，建議加以說明。~~3. 請強調本計畫成果與前人研究不同之處，包括斷層位移量、出露位置、井下的發現、地表變形的型式、震測剖面解釋等，建議加以說明。~~	~~理，已改正於內文中。~~
5. 建議繪製淺部近地表大比例尺的地質構造剖面圖，包括全新世以來年輕地層的層序及構造位態變化，評估年輕地層是否有少許錯動或變形。~~4. 建議繪製淺部近地表大比例尺的地質構造剖面圖，包括全新世以來年輕地層的層序及構造位態變化，評估年輕地層是否有少許錯動或變形。~~	遵照辦理，已改正如圖3.4.4中。
6. Trishear模擬所用的參數變化對模擬結果的影響程度請說明或討論。~~5. Trishear模擬所用的參數變化對模擬結果的影響程度請說明或討論。~~	已在相關章節加入討論。~~已在相關章節加入討論。~~
7. 有關新竹斷層在地表部份之“向斜構造”是否為“三角剪切帶”(trishear zone)建議謹慎用之，另新竹斷層有出露地表之部分應加以描述。~~6. 有關新竹斷層在地表部份之“向斜構造”是否為“三角剪切帶”(trishear zone)建議謹慎用之，另~~	新竹斷層在東側中油震測剖面出現明顯的三角剪切帶，而造成地表向斜構造，因此本研究認為兩者為同一形成機制。

格式化

格式化

格式化

格式化

格式化

~~新竹斷層有出露地表之部分應加以描述。~~	
8. 圖3.4.2中油的深部震測剖面顯示斷層切至極淺的深度，甚至切穿地表，和新竹一號井以及trishear模型的剖面有所差異，建議在報告中加以說明。~~7. 圖1.4.2中油的深部震測剖面顯示斷層切至極淺的深度，甚至切穿地表，和新竹一號井以及trishear模型的剖面有所差異，建議在報告中加以說明。~~	該剖面應是原作者於繪製剖面時，因振幅自動增益視窗長度選取的因素，而造成水平地層與其右側背斜於同深度之信號有不同振幅之視差。剖面中信號仍較適合以無落差視之。
9. 圖3.6.4震測剖面的解釋和地表地質有所出入請說明或解釋。~~8. 圖1.6.4震測剖面的解釋和地表地質有所出入請說明或解釋。~~	A測線已在新竹與新城斷層交接處，地表地質顯示此處存在一背斜構造（圖3.1.1a），與本研究之構造解釋相符，唯新竹斷層在此是否出露地表，仍有爭議，依本研究新竹一號井的鑽探結果推斷，我們傾向新竹斷層並未在此出露。
10. 鑽井成果及研究區內有關鑽井建議列表說明。~~9. 鑽井成果及研究區內有關鑽井建議列表說明。~~	已新增「小節」與「結論與建議」章節，敘述主要鑽井成果未來鑽井建議，另詳細鑽井資料以附錄呈現之。

格式化

格式化

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 1.5 字元, 第一行: -1.5 字元

格式化

圖資之展示	
審查意見	處理情形
1. 圖目錄之圖名宜簡化。~~1. 圖目錄之圖名宜簡化。~~	遵照辦理，已修正。~~已適度修正。~~
2. 參考文獻英文部份格式不一致，請修訂。~~2. 參考文獻英文部份格式不一致，請修訂。~~	遵照辦理，已修正。
3. 震測剖面D、E、F、G、H、I、J、K的解釋線條建議直接呈現在震測剖面。~~3. 震測剖面D、E、F、G、H、I、J、K的解釋線條建議直接呈現在震測剖面。~~	考慮到這些原始剖面取得時並非可重新繪製之資料剖面，為強調本計畫對上述剖面之解釋性，仍建議以線形方式，部分直接呈現，部分分開呈現。
4. 建議21頁第2段可併入前人研究。~~4. 建議15頁第2段可併入前人研究。~~	已重新編排以適合該章節之意義呈現。
5. 圖3.6.9中描述兩個背斜、一個向斜，請在圖中清楚標示，以方便閱讀。~~5. 圖3.6.9中描述兩個背斜、一個向斜，請在圖中清楚標示，以方便閱讀。~~	遵照辦理，已修正。
6. 圖4.9.6請加入縱軸、橫軸等必要資訊，以利讀者閱讀。~~6. 圖2.9.6請加入縱軸、橫軸等必要資訊，以利讀者閱讀。~~	遵照辦理，已修正。
7. 有關描述鑽探成果之圖說，請加入井號。~~7. 有關描述鑽探成果之圖說，請加入井號。~~	遵照辦理，已修正。

格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化
格式化

8. P.86-87之岩芯照片岩芯箱上的井名誤植，請修正。~~8. P.75-76之岩芯照片岩芯箱上的井名誤植，請修正。~~	遵照辦理，已修正。
9. P.97圖4.8.4說明文字有關剖面位置圖之說明有誤，請修正。~~9. P.84圖4.8.4說明文字有關剖面位置圖之說明有誤，請修正。~~	遵照辦理，已修正。
10. 報告書內相關圖表，可再加強，如各震測剖面中(P.28.31.32…等)斷層線，或可再加入滑動方向，或部份解釋可以虛線表示。~~10. 報告書內相關圖表，可再加強，如各震測剖面中(P.20.23.24…等)斷層線，或可再加入滑動方向，或部份解釋可以虛線表示。~~	遵照辦理，已修正。

格式化

格式化

格式化

格式化: 縮排: 左: 0 公分, 凸出: 1.5 字元, 第一行: -1.5 字元

格式化

格式化

格式化

格式化: 字型: Times New Roman

格式化: 間距 套用前: 0.5 行