

凝結油及天然氣組成成分分析技術與石油探勘上應用
109 年度合作研究計畫期末報告

「台灣油氣組成成分之統計分析」

109 年度計畫：自 109 年 3 月 10 日至 109 年 11 月 30 日

主 持 人：林麗芬教授

共同主持人：魏裕中助理教授 黃偉恆助理教授

研究助理：廖姿盈 汪宜瑾

補助機關：台灣中油股份有限公司

執行機構：逢甲大學

中 華 民 國 1 0 9 年 1 1 月

FEA0813003 號

「凝結油與天然氣組成成分之統計分析」計畫期末報告

審查意見回覆表

項次	審查意見	回覆意見及應改善事項
(一)	符合工作契約進度。	謝謝您的肯定。
(二)	以台灣油氣資料進行統計分析，分群內容資料豐富，可待地質、構造等資料配合與整合，對未來石油探勘具參考價值。	謝謝您的肯定。
(三)	分群中的一致性與準確度是否相關。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前並無正確分群資訊可以提供判斷分群準確度的依據。 2. 由於分群分析的目的為將現有資料依各筆數據相似程度分成群集，僅會比較不同分群模型得到的分群情形，計算衡量彼此的一致程度。
(四)	投影片 P.18 提到歐氏距離華德法與曼哈頓距離最遠法，但後面都只呈現歐氏距離華德法，建議補充說明不使用曼哈頓距離最遠法的原因，如會議之決議。	已於書面報告 p.46 第 1 段第 4 行補充說明。
(五)	三礦區時提出的成熟度分區，建議也套疊在全台礦區資料。	目前三礦區資料的分析僅初步觀察參數與成熟度的關係，因中油尚未有後續應用的構想，建議可更完整的文獻探討並確認實際應用需求，未來有機會可再協助進一步研究。

項次	審查意見	回覆意見及應改善事項
(六)	投影片 P.23 和 P.32 海域、陸域的圖比例尺是否一致，若不一致，建議補上比例尺。	海域與陸域圖的比例尺已使用 QGIS 軟體套疊一致，其中陸域底圖修改自台灣中油公司二十萬分之一地質圖，海域底圖修改自 NEPII 地熱與天然氣水合物主軸中心西南海域參考底圖。
(七)	書面報告 P.10「5 個」資料集應是「6 個」。	已更正。請參考 p.4 圖 2-1 研究流程圖。
(八)	書面報告 P.81 和 82，溫福星 (2012) 文獻重複。	已更正。請參考 p.89-90。
(九)	「蘊移圖」應修正為「移棲圖」。	已更正。請參考： 1. 摘要第一段第 5 行。 2. p.3 研究目的倒數第 3 行。 3. p.49 第一段第 4 行；圖 5.3-3。 4. p.59 第一段第 3、5 行；圖 5.4-5。 5. p.84 第二段倒數第 3 行。 6. p.87 6.4 節第一段最後 1 行。 7. p.88 6.5 節第一段倒數第 4 行。
(十)	請將簡報中新增的階層動態圖新增於書面報告中。	謝謝委員的意見，已新增於書面報告。請參考： p.49-51：圖 5.3-2 – 圖 5.3-6 p.59-61：圖 5.4-3 – 圖 5.4-6 p.69：圖 5.5-2 p.77：圖 5.6-2
(十一)	請補充說明階層距離對分群顯著的意義。	階層式分群由個體間的距離與群集間的距離建構樹狀圖的分群結構，然而此模型中計算出的距離僅用以描述個體或群集間資料差異遠近的

項次	審查意見	回覆意見及應改善事項
		<p>現象，並無法用來推論個體或群集間是否具有顯著的差異。</p> <p>若須判斷資料分為幾群較為恰當，通常會依照實務需求與可解讀性來挑選，或也可利用個體與群集間距離的轉換，由較複雜的統計方法進一步的判讀，而非僅由單純的距離數值選擇最適的分群情況。</p>
(十二)	請將南部井及天然氣地表氣苗分群結果放入定稿之期末報告。	謝謝委員的意見，已在書面報告新增 5.6 節「南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素分群結果」，相關分析結果與解讀請參考 p.72-79。
(十三)	以階層式分群分析進行油 - 油的分群，油 - 岩對比在國外已運用多年，中油探研所今年委託逢甲大學統計系進行研究與分析是很值得欣喜的進展。期待未來地化組能以石油地化的視角繼續進行此項研究。	謝謝您的肯定。
(十四)	就單一油氣田應先進行統計學上的分群分析，做完之後再進行各個油氣田間的差異性分析，可能對油氣移棲解析較有意義。	<p>1. 謝謝委員的意見，先由單一油氣田觀察分群情況，再進而比較各油氣田間的差異，是值得嘗試的分析流程；然而，因台灣中油目前提供的單一油氣田內井的數量過少，因此僅由單一油氣田分群分析可能難以真切反映出各群間成分參數的組成差異，因而</p>

項次	審查意見	回覆意見及應改善事項
		<p>也使得難以由比較各油氣田分群結果來解釋油氣的移棲情形；建議台灣中油後續可整理收集更多單一油氣田的資料，將可嘗試各種統計分析流程，以找出最適並具可解讀性的模型結果。</p> <p>2. 現有分析維持由所有油氣田的資料進行分群分析，再由分為六群的結果進行因素分析，補充探討各群集間的主要組成成分與差異，提供台灣中油相關研究人員進一步的判讀並預測油氣移棲情況；新增的因素分析結果請參閱書面報告中 p.52、53、62、63、70、71、78、79。</p>
(十五)	建議將來進行油 - 岩對比上能使用 Pr/nC_{17} 、 Ph/nC_{18} 、 Pr/Ph 、藿烷、類固烷等資料做成統計分析，找出生油岩與油氣移棲的路徑。	謝謝委員的意見，若後續有機會與中油持續合作，可由本年度研究的經驗，並參照委員的建議，由特定的成分嘗試使用適當的統計模型，期望找出生油岩與油氣移棲的路徑。
(十六)	凝結油分群的標準為何？如 P.52 可分 5 群或 6 群，但整體看來大趨勢一樣，故是否有一個標準？有統計顯著性？	<p>回覆意見同委員意見(十一)。</p> <p>分群的目的是將現有資料數據依相似程度去做分群，採用的標準是藉由計算各筆數據之間的距離，去描述各筆數據間差異遠近的現象。</p> <p>若須判斷資料分為 5 群或 6 群，通常會依照實務需求與可解讀性來挑選，或也可利用各筆數據間距離的</p>

項次	審查意見	回覆意見及應改善事項
		轉換，由較複雜的統計方法進一步的判讀，而非僅由單純的距離數值選擇最適的分群情況。這些計算出的距離僅描述相似程度，並無法用來推論各筆數據之間是否有顯著的差異。
(十七)	P.66，第二行“有 62 口井 11 個成分”，但這節為討論天然氣地表氣苗，請修正為氣苗位置。	已更正。請參考 p.64 第一段第 2 行以及圖 3.5-1。
(十八)	P.13,刪除遺漏值超過 50% 之變數是指刪除何種資料?	謝謝委員的意見，請參考 p.7。 已將「變數」二字改為「成分」 刪除 50% 以上的成分包含 3EP、1C2DMCP、cyclohexane。

目錄

一、 前言	1
二、 研究目的	3
三、 研究資料	5
3.1 三礦區油氣資料.....	5
3.2 全台礦區油氣資料.....	5
3.3 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數資料	6
3.4 天然氣成分及甲乙丙烷同位素組成資料	9
3.5 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成資料	9
3.6 油樣特定分子同位素資料	10
四、 研究方法	11
4.1 敘述統計	11
4.2 分群分析	12
4.3 分類分析	15
4.4 多元尺度分析	20
4.5 地理圖示標記	20
4.6 因素分析	21
4.7 教育訓練	21
五、 分析成果	22
5.1 三礦區油氣資料	22
5.2 全台礦區油氣資料	29
5.3 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數資料	45
5.4 天然氣成分及甲乙丙烷同位素組成資料	54
5.5 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成資料	64
5.6 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素分群結果	72
5.7 油樣特定分子同位素資料	80
六、 結論與建議	84
6.1 三礦區油氣資料	85
6.2 全台礦區油氣資料	85
6.3 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數數據	87

6.4	其他資料.....	87
6.5	討論與建議.....	88
七、	參考文獻.....	89
八、	附錄	91

圖 目 錄

圖 2-1 研究流程圖	4
圖 3.3-1 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數資料之井位置圖	6
圖 3.3-2 資料研究流程圖	7
圖 3.4-1 天然氣成分及甲乙丙烷同位素之井位置圖	9
圖 3.5-1 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成資料之氣苗位置圖 ...	9
圖 3.6-1 油樣特定分子同位素資料之井位置圖	10
圖 4.2-1 歐氏距離與曼哈頓距離示意圖	13
圖 4.2-2 群集間距離示意圖	14
圖 4.3-1 決策樹的樹狀結構圖	17
圖 4.3-2 支撐向量機分類示意圖	18
圖 4.3-3 人工神經網路示意圖	20
圖 5.1-1 三礦區油氣資料變數盒型圖	22
圖 5.1-2 散佈圖矩陣	23
圖 5.1-3 階層式分群分析歐氏距離華德法分群圖	24
圖 5.1-4 階層式分群分析曼哈頓距離華德法分群圖	24
圖 5.1-5 台灣地質圖與井的區域圖	24
圖 5.1-6 三礦區油氣資料參數與分群結果散佈圖	27
圖 5.2-1 全台礦區油氣資料的 15 個參數階層式分群分析樹狀圖	30
圖 5.2-2 多元尺度分析 15 個參數相似性二維構面圖	31
圖 5.2-3 參數平均數標準化雷達圖(2 群).....	34
圖 5.2-4 參數平均數標準化雷達圖(3 群).....	40
圖 5.2-5 分群分析綜合比較示意圖	44
圖 5.3-1 凝結油輕碳氫化合物歐氏距離華德法分群圖	47
圖 5.3-2 凝結油輕碳氫化合物資料北部地區井之平面地質圖	49
圖 5.3-3 凝結油輕碳氫化合物資料北部地區井之油氣移棲圖	50
圖 5.3-4 凝結油輕碳氫化合物資料南部地區井之平面地質圖	50
圖 5.3-5 凝結油輕碳氫化合物資料錦水(CS)地區之立體地質圖.....	51
圖 5.3-6 凝結油輕碳氫化合物資料鐵砧山(TCS)地區之立體地質圖	51
圖 5.4-1 天然氣成分及甲烷同位素歐氏距離華德法分群圖	55

圖 5.4-2 天然氣成分及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖	57
圖 5.4-3 北部天然氣成分及甲乙丙烷同位素之平面地質圖	59
圖 5.4-4 南部天然氣成分及甲乙丙烷同位素之平面地質圖	60
圖 5.4-5 北部天然氣成分及甲乙丙烷同位素之油氣移棲圖	60
圖 5.4-6 天然氣成分及甲乙丙烷同位素錦水(CS)之立體地質圖	61
圖 5.5-1 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖	65
圖 5.5-2 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素之平面地質圖	69
圖 5.6-1 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖	73
圖 5.6-2 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素之平面地質圖	77
圖 5.7-1 所有資料在各生產層之成分表現折線圖	81
圖 5.7-2 各生產層之成分平均數折線圖	82
圖 5.7-3 各成分之盒型圖	83

表目錄

表 3.3-1 三礦區油氣、全台礦區油氣與凝結油輕碳氫化合物資料參數表 ...	8
表 5.1-1 三礦區油氣資料之參數敘述統計表	22
表 5.1-2 各分群方法之一致性	25
表 5.1-3 油氣成熟度區分標準	28
表 5.2-1 全台礦區之參數敘述統計表	29
表 5.2-2 多元尺度分析 15 個參數二維度座標點	31
表 5.2-3 依行政區統整油氣井分群分析結果(2 群).....	32
表 5.2-4 依生產層統整油氣井分群分析結果(2 群).....	33
表 5.2-5 參數平均數(2 群)	34
表 5.2-6 油氣井分群分析結果(2 群).....	35
表 5.2-7 依行政區統整油氣井分群分析結果(3 群).....	38
表 5.2-8 依生產層統整油氣井分群分析結果(3 群).....	39
表 5.2-9 參數平均數(3 群).....	40
表 5.2-10 油氣井分群分析結果(3 群).....	41
表 5.3-1 凝結油輕碳氫化合物原始成分敘述統計表	45
表 5.3-2 凝結油輕碳氫化合物之歐氏距離華德法分群表	48
表 5.3-3 凝結油輕碳氫化合物各群第一主成分	53
表 5.3-4 凝結油輕碳氫化合物各群第二主成分	53
表 5.3-5 凝結油輕碳氫化合物各群第三主成分	53
表 5.4-1 天然氣成分及甲乙丙烷同位素敘述統計表	54
表 5.4-2 天然氣成分及甲烷同位素歐氏距離華德法分群表	56
表 5.4-3 天然氣成分及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群表	58
表 5.4-4 天然氣成分及甲乙丙烷同位素各群第一主成分	63
表 5.4-5 天然氣成分及甲乙丙烷同位素各群第二主成分	63
表 5.4-6 天然氣成分及甲乙丙烷同位素各群第三主成分	63
表 5.5-1 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素敘述統計表	64
表 5.5-2 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群表	68
表 5.5-3 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第一主成分	71
表 5.5-4 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第二主成分	71

表 5.6-1 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素敘述統計表	72
表 5.6-2 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法 分群表	76
表 5.6-3 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第一主成分	79
表 5.6-4 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第二主成分	79
表 5.7-1 油樣特定分子同位素敘述統計表	80
表 5.7-2 各生產層之個數及各成分之平均數表	82
附表 1 研究參數參考公式表.....	91
附表 2 凝結油輕碳氫化合物之中英文井名對照表.....	92
附表 3 教育訓練課程大綱.....	95
附表 4 本研究執行期間與中油公司探採研究所討論諮詢紀錄	96
附表 5 109 年度委託研究計畫執行成效表(自評表)	101

摘要

在大數據時代，如何從龐大的數據中，獲取更深入洞見的寶貴訊息，已成為各研究領域的一項重要的議題。本計畫利用現有凝結油與天然氣碳氫化合物組成成分與相關資料，以統計方法建構油氣井分群模型，經由觀察現有油氣井的碳氫化合物組成成分與分群的情形，配合地球化學的地質圖和油氣移棲圖，以易懂的視覺化圖形呈現分析結果，本研究成果提供將來探討凝結油和天然氣組成成分的分析流程，並有助於石油探勘的決策應用。

本計畫以統計機器學習(Machine Learning)領域中非監督式學習(Unsupervised Learning)分群分析(Clustering Analysis)較常見的演算法，例如K-Means 分群分析法(K-means Clustering)和階層式分群分析(Hierarchical Clustering)建構分群模型，其中個體間距離計算方法有歐氏距離(Euclidean Distance)和曼哈頓距離(Manhattan Distance)共兩種，而群集間距離計算方法有華德法(Ward's Method)、最近法(Single Linkage)、最遠法(Complete Linkage)、平均法(Average Linkage)和中心法(Center Method)共五種方法。

分析台灣凝結油與天然氣碳氫化合物組成成分與成分組成之參數，比較階層式分群分析多種量測距離方法之組合，最終建議由原始組成成分，以歐氏距離華德法或曼哈頓距離華德法分析，其結果較能與目前地質探勘實證科學研究的結論相互呼應解釋。

關鍵詞：機器學習；階層式分群分析法；K-Means 分群分析法

一、前言

石油(包括天然氣)都是碳氫化合物，屬於化石能源，主要是過去漫長地質年代中埋藏保存在生產層中的生物有機質長期受熱所生成。在適合的地質條件下，生成的油氣有機會移棲聚集成油氣藏，一般油氣藏分布在數百到數千公尺深的生產層中。為尋找台灣地區的油氣源，中國石油公司(今台灣中油股份有限公司的前身，簡稱中油)於 1946 年在苗栗設立台灣油礦探勘處，其後擴大編制為台灣油礦探勘總處，2003 年組織改造為探採事業部，這個事業部致力於台灣地區的油氣探勘，經多年努力在台灣中、北部地區先後鑽獲錦水及出磺坑兩個舊有油氣田的深層油氣，並發現鐵砧山、青草湖、崎頂、寶山、白沙屯、永和山、八掌溪、新營，以及新竹海域長康、高雄外海 F 構造等油氣田，成果輝煌(黃旭燦、陳耀輝，2017)。

台灣經過逾半世紀油氣探勘與開發，中油於國內陸上鑽探了四百多口井，探勘成果以天然氣為主，另有伴生的凝結油，但原油甚少。目前陸上生產中的油氣田有錦水、鐵砧山、出磺坑、青草湖、永和山、新營、八掌溪、白沙屯等，都分布在台灣島的西部，其中以苗栗的鐵砧山、出磺坑兩氣田最為重要。

現有的陸上油氣井及生產設備分布於新竹的青草湖、苗栗的鐵砧山、錦水(含永和山)、出磺坑(含新隆、北寮)，以及台南的官田等油氣田。海域方面，自 1970 年開始探勘新竹外海長康油氣田，1987 年投入生產，至 1995 年結束。另於高雄外海 F 構造探勘發現油氣，等待開發生產中。

台灣陸上各油氣田的地質構造有所不同，1927 年日治時代初次發現新竹竹東這個地質構造，同年竹東水利單位在開鑿水路隧道時，遇到可燃性天然氣噴發。1945 年日本人在苗栗縣錦水背斜構造北面的赤崎子高區共鑽 40 口井發現大量油氣，但在南面老田寮高區鑽探 7 井僅獲少量油氣；中油公司於 1959 年選擇錦水 38 號井加深鑽探深部生產層，獲得重大突破；經過地面地質調查，都認為在較深層次的構造上，老田寮的地質條件並不比赤崎子高區差，於是 1960 年在老田寮高區鑽探錦水 45 號井，結果證實地質上的觀點正確；獲大量油氣後，連續鑽探錦水延展到構造南端外的其他各井都

有所收穫。此外，苗栗出磺坑氣田是台灣最早發現，生產歷史最悠久的油氣田，油氣田地質構造屬於狹長劇烈褶曲背斜型態，由數個斷層劃分為東、西、南、北 4 個主要構造高區，由於出磺坑油源相當豐富，台灣光復後，生產迄 2016 年中，出磺坑已生產天然氣逾百億立方公尺，並伴產凝結油逾 30 萬公秉。苗栗鐵砧山由北端的通霄背斜與南面的鐵砧山背斜構造所組成，日本人曾在通霄背斜構造鑽探 R-1 及 R-2 兩井，都因在構造低處，未獲油氣，接著於 1962 年，鑽達木山層頂部，共鑽遇 10 層具有徵兆的油氣層，其中打鹿頁岩的鐵通一層獲大量油氣生產，證實鐵砧山油氣田儲集範圍既廣且豐。其他在新竹寶山、新竹青草湖、苗栗崎頂、新營牛山、八掌溪區、官田礦區皆陸續發現新油氣。

台灣海域的油氣迄今鑽井超過百口，分別在高雄、基隆、澎湖、鹿港、新竹外海及北方海域鑽探油氣。長康油氣田在台灣海峽第三紀沉積盆地分布很廣，是主要的探勘領域。F 構造油氣田及鄰近致勝構造蘊藏著豐富的可採天然氣，確認合計可採天然氣蘊藏量超過 60 億立方公尺。

無論陸上或是海域，這些都足以證明台灣的油氣探勘仍然有其遠景。而油氣探勘是高投資、高風險且等待期長的事業，但投資效益也相當可觀。歷年來的探勘結果顯示台灣陸上頗具儲油氣潛能，但已發現的油氣田有一部分的油井經多年開採進入產量驟減階段，需進一步進行激勵生產作業。

近年來地球科學和石油探勘領域已開始採用數學統計與機器學習人工智慧的方法(Lary, Alavi, Gandomi, & Walker, 2016)，包含處理智能油藏表徵探勘、測井、油藏製圖等(Azamathulla & Wu, 2011; Nikravesh, 2007)，例如：中國研究土壤樣本利用自組織映射網絡(Self Organizing Future Mapping, SOM) 和階層式分群分析，判別地質沉積類型，依據 19 組安徽礦區計算出的七個參數(特徵值)，以分群分析，採不同的距離測量函數：華德法、最近法、最遠法、平均法、中心法等，比較各種方法存在差異(GE, WU, & QIAN, 2006)；巴西的研究由複線性迴歸(Multiple Linear Regression)和人工神經網絡(Artificial Neural Network)對岩相生產層進行探勘分析(Tavares & Carrasquilla, 2019)。

中油公司探採研究所累積了 30 多年的探採經驗，多數的研究相當地倚

重人工判讀研究與分析，目前已累積大量的研究數據和珍貴的探採技術。在大數據時代，如何統整串聯多年研究數據建置數據資料庫，進而採用人工智能 AI 的判別邏輯，藉由統計科學數據分析的結果，獲取更深入洞見的寶貴訊息，應用在凝結油與天然氣組成成分的探勘上，將會是一項重要的研究議題，除了可建構凝結油和天然氣組成成分的新分析技術流程，也可提供更精準的決策應用，有效率的提昇地質探勘的研究力，並減少大量的人力成本。

二、研究目的

統整清理中油長年累積的資料並建置研究資料庫，為本研究重要的議題之一，完整且正確地將資料統整，將是後續人工智能方法相關研究發展應用的重要基石。本研究協助提供資料科學的專業意見，以供中油公司探採研究所建構資料庫的諮詢，再由探研所蒐集較完整之資料，提供協助資料的查核與勘誤比對，詳細評估資料適用於依照礦區生產層之深度分類、依照沉積環境或沉積環境中的陸相細分、或者依照礦區成熟度等方式分類。利用現有凝結油與天然氣碳氫化合物組成成分與相關資料，以統計機器學習方法建構油氣井分群模型，經由觀察現有油氣井的碳氫化合物組成成分與分群的情形，配合地球化學的地質圖和油氣移棲圖，以淺顯易懂的視覺化圖形呈現分析結果，研究成果提供將來探討凝結油和天然氣組成成分的分析流程，並有助於石油探勘的決策應用。

本研究的範圍與內容如下：

1. 本研究預期初步給予資料科學的專業意見，供中油公司探採研究所建構資料庫諮詢。
2. 驗證比較中油探採研究所現行使用之參數及分析結果，包含(1)分群分析並評估各群差異和關聯性；(2)比較分析結果與現行分析結果異同。
3. 分群分析方法有階層式分群分析和 K-Means 分群分析法，並進行分析方法應用評估。
4. 完成探索中油探研所提供的資料所適的方式。

5. 完成建構線性區別分析、支撐向量機、分類決策樹及人工神經網路人工智慧分類模型或評估說明。
6. 完成以實地資料評估各模型適用性並挑選最適模型。
7. 最終成果應能顯示統計分析與探勘解釋意義之關聯。

計畫研究流程如圖 2-1：

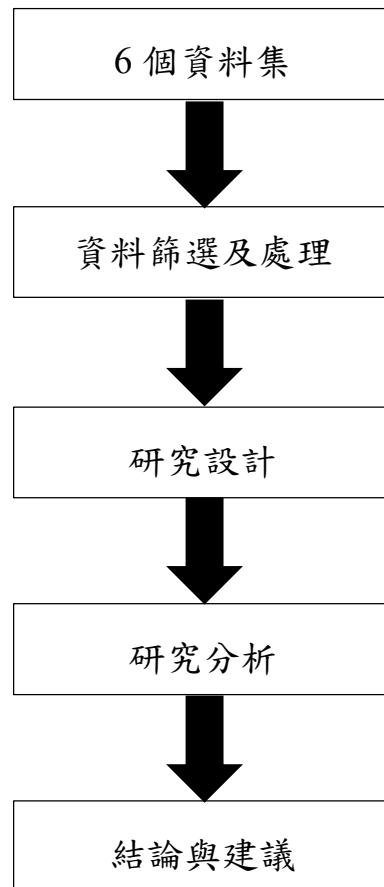


圖 2-1 研究流程圖

三、研究資料

3.1 三礦區油氣資料

本資料包含台灣苗栗與嘉義地區的錦水、出磺坑及八掌溪三礦區 25 口井的油氣資料，共計 36 筆，每筆資料各有七個參數(Isoheptane value、Heptane value、nC7/MCH、T/nC7、P₁、P₂、P₃)，各參數公式定義請參考附表 1。

3.2 全台礦區油氣資料

本資料來源涵蓋全台灣礦區，然而因原始數據部分資料重複與數值缺漏，因此與中油長時間的專業諮詢討論後，設定資料篩選流程如下：井之篩選方式為同一口井若有數筆資料，原則上僅挑選資料完整度較高的一筆資料；參數的篩選經中油評估後決議刪除五個變數，包含(1) P₁ 屬於成分不列入參數考慮，(2) $\ln(24\text{DMP}/23\text{DMP}+2.637)/0.227$ 、 $24\text{DMP}/23\text{DMP}$ 及 $(2+3\text{MH})/(1,3+1,2\text{DMCP})$ 三個參數不適合列入分析；(3) N⁶₁ 等於 RP6，僅選擇 N⁶₁ 納入分析。

經過篩選後，最終納入 75 口井共計 77 筆資料，其中兩口井各包含兩筆資料，其中 CT-8 井兩筆資料因採樣深度不同，因此皆保留且標示為 CT-8-1 與 CT-8-2，而 TCS-20 井的兩筆資料也因取樣位置不同，因此也皆保留標示為 TCS-20-1 與 TCS-20-2。

每筆資料包含 15 個參數(N⁶₁、Heptane value、T/nC7、P₂+N₂、RP3、RP5、P₂、nC7/MCH、Isoheptane value、P₃、N₂/P₃、N₂、N⁵₁、2MH+23DMP、3MH+24DMP)做為後續主要研究的資料集，各參數公式定義請參考附表 1。

3.3 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數資料

本資料為重新整合過的最新的研究資料，因本計畫執行至期中報告後，發現 3.2 節的油氣資料尚有疑慮，因此再與中油審慎討論，藉由中油專業知識判斷，將 3.2 節的油氣資料與原始內部資料重新整合比對後，整理出有關凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數的數據。此筆數據與 3.1 節「三礦區油氣資料」與 3.2 節「全台礦區油氣資料」包含的參數整合於表 3.3-1。資料的中英文井名對照表請參考附表 2。

本資料涵蓋全台灣的礦區，以新竹及苗栗地區為最大宗，其次位於嘉義、台南及高雄地區(圖 3.3-1)，共計來自 85 口井的 93 筆資料，每筆資料包含 15 個成分與 23 個參數，資料研究流程請參考圖 3.3-2。

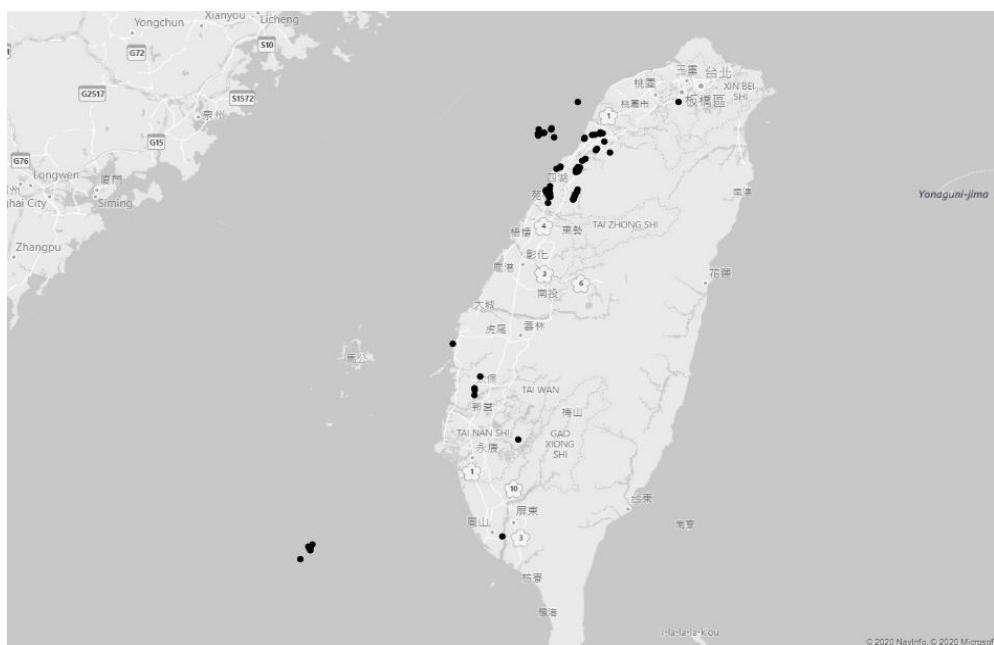


圖 3.3-1 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數資料之井位置圖

台灣油氣組成成分之統計分析

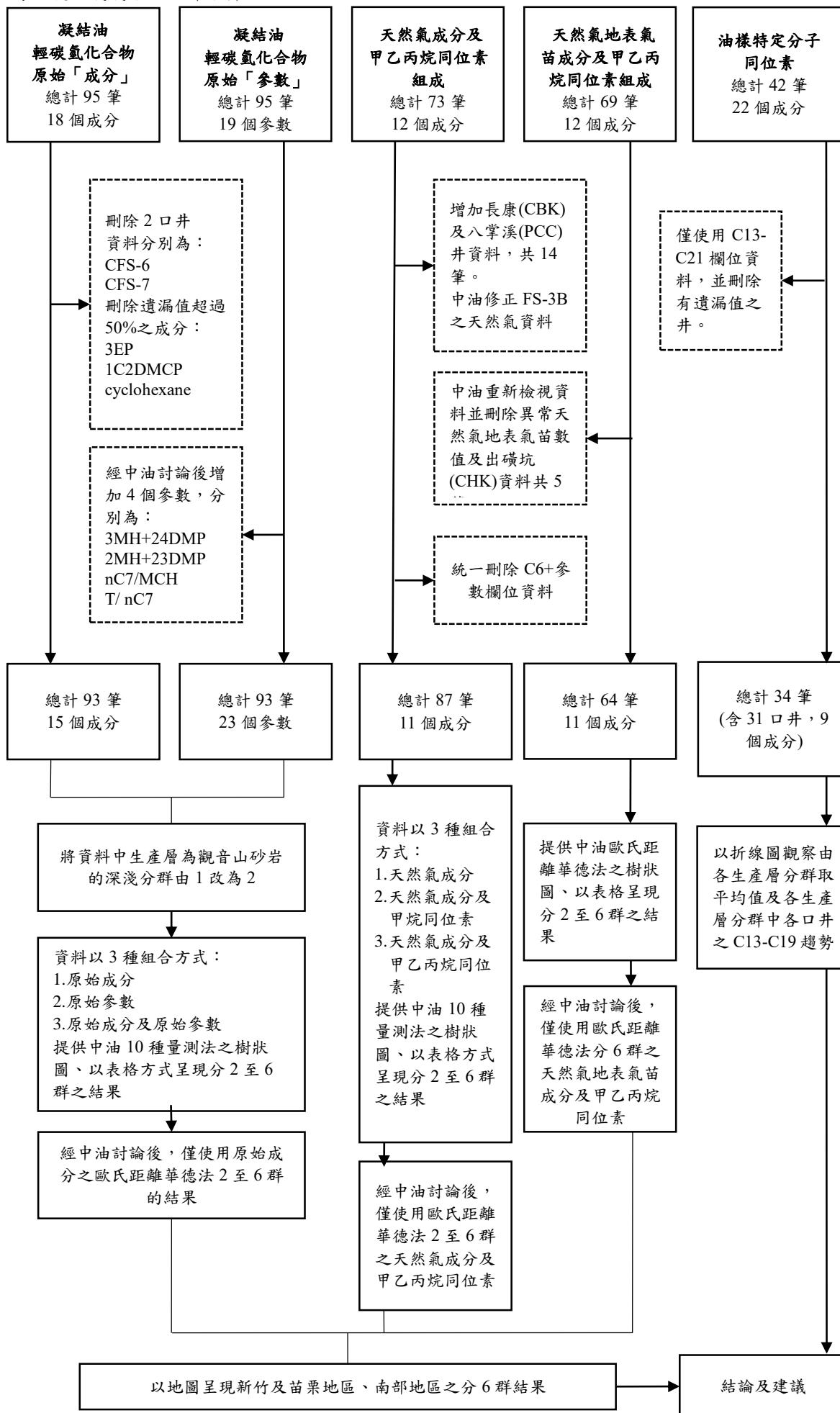


圖 3.3-2 資料研究流程圖

表 3.3-1 三礦區油氣、全台礦區油氣與凝結油輕碳氫化合物資料參數表

參數	三礦區 油氣資料	全台礦區 油氣資料	凝結油輕碳氫化合物 原始成分與參數資料
22DMP			✓
24DMP			✓
223TMB			✓
33DMP			✓
11DMCP			✓
2MH			✓
23DMP			✓
1C3DMCP			✓
3MH			✓
1T3DMCP			✓
1T2DMCP			✓
C7			✓
MCH			✓
ECP			✓
TOL			✓
Isoheptane value	✓	✓	✓
Heptane value	✓	✓	✓
nC7/MCH	✓	✓	✓
T/nC7	✓	✓	✓
P ₁ = nC7	✓		✓
P ₂	✓	✓	✓
P ₃	✓	✓	✓
N ⁵ ₁		✓	✓
N ₂		✓	✓
N ⁶ ₁		✓	
RP3		✓	✓
RP5		✓	✓
RP6 = N ⁶ ₁			✓
P ₂ + N ₂		✓	✓
N ₂ /P ₃		✓	✓
3MH+24DMP		✓	✓
2MH+23DMP		✓	✓
(In24DMP/23DMP+2.673)/0.227			
24DMP/23DMP			
(2+3MH)/(1,3+1,2DMCP)			

3.4 天然氣成分及甲乙丙烷同位素組成資料

本資料所屬的井多位於新竹、苗栗地區，另有部分資料位於嘉義、台南及高雄地區(圖 3.4-1)。共計 80 口井位置含 87 筆資料，每口井位置各有一筆數據，每筆資料包含 11 個成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 iC_4H_{10} 、 nC_4H_{10} 、 iC_5H_{12} 、 nC_5H_{12} 、 CO_2 、 $\delta^{13}\text{CH}_4$ 、 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$)，資料研究流程請參考圖 3.3-2。

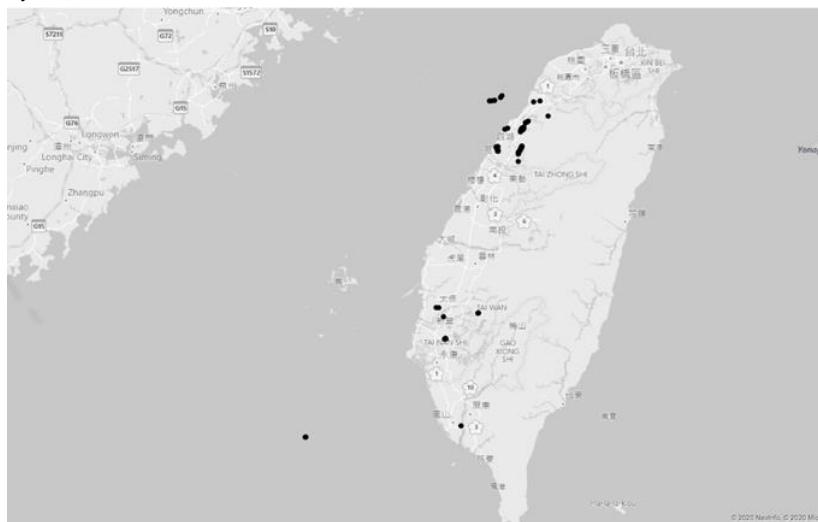


圖 3.4-1 天然氣成分及甲乙丙烷同位素之井位置圖

3.5 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成資料

本資料皆由南部地區的地表氣苗位置所採集(圖 3.5-1)，共計由 62 口氣苗位置內收集 64 筆資料，每筆資料包含 11 個成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 iC_4H_{10} 、 nC_4H_{10} 、 iC_5H_{12} 、 nC_5H_{12} 、 CO_2 、 $\delta^{13}\text{CH}_4$ 、 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$)，資料研究流程請參考圖 3.3-2。

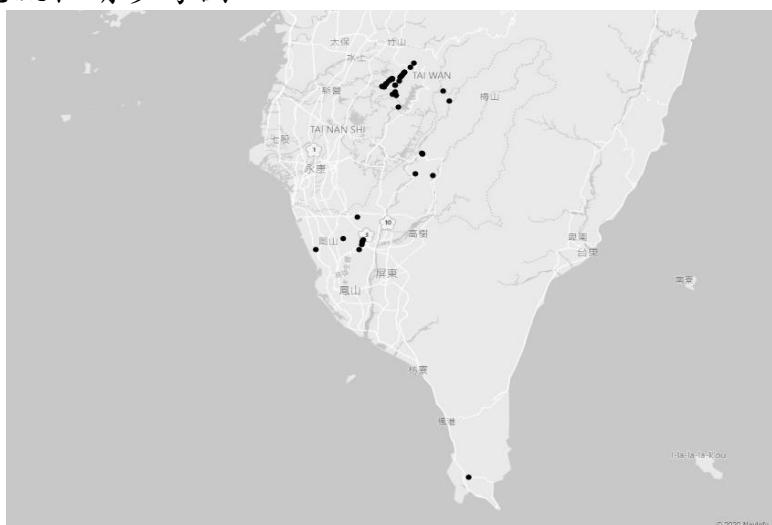


圖 3.5-1 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成資料之氣苗位置圖

3.6 油樣特定分子同位素資料

本資料的井皆位於新竹與苗栗，僅有一口井位於台南(圖 3.6-1)。共包含 31 口井 34 筆資料，每筆資料包含 C13、C14、C15、C16、C17、C18、C19、C20 和 C21 共 9 個成分，資料研究流程請參考圖 3.3-2。



圖 3.6-1 油樣特定分子同位素資料之井位置圖

四、研究方法

4.1 敘述統計

敘述統計(Descriptive Statistics)，意旨利用圖、表與數值指標，簡易描述觀察資料內每個個體與各變數的特性，而不進行任何推論或假設。

針對單一個計量型變數，常以六個數值指標描述整體資料的集中與分散情況，包含最小值、第一四分位數、中位數、平均數、第三四分位數及最大值，其中第一四分位數、中位數與第三四分位數，代表將所有數值由小到大排序分成四等份，處於三個分割點的位置數值，另也可將上述的最小值、第一四分位數、中位數、第三四分位數及最大值這五個指標，以盒型圖(Box Plot)視覺化呈現，可容易觀察資料的變異性。

針對兩個計量型變數，常以相關係數(Correlation Coefficient；符號r)描述兩個變數之間的線性相關方向與程度，概念是以n個樣本的兩變數(以 X_i 和 Y_i 代表)數值與各自平均值(\bar{X} 與 \bar{Y})的離差為基礎，通過兩個離差相乘來反映兩變數之間相關程度，公式如下：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (4.1)$$

當 $r > 0$ 時，表示兩變數正相關， $r < 0$ 時，兩變數為負相關。當 $|r|$ 越接近1，兩變數間線性關係越密切； $|r|$ 越接近於0，表示兩變數的線性相關越弱。一般可按三級劃分： $|r| < 0.4$ 為低度線性相關； $0.4 \leq |r| < 0.7$ 為顯著相關； $0.7 \leq |r| < 1$ 為高度線性相關。另也常以散佈圖(Scatter Plot)，將每筆資料成對的 X 和 Y 兩變數數值畫在座標圖上，以易於理解觀察兩計量變數的關聯性。

針對數個可能具有時間或成分相關的變數，常以直線將各變數的數據點連接繪製折線圖(Line Chart)，此圖形適用於觀察數據於各變數之間的變化趨勢，尤其遞增、遞減、增減的速率、增減的規律、峰值等特徵都可以清晰地反映出來，此外也可由觀察多組數據折線圖的趨勢了解並預測未來的情況走向。若欲探討資料於三個以上變數間的大小關係，常以二維雷達圖(Radar Chart)(又稱戴布拉圖、網絡圖、蜘蛛圖)綜合觀察，除了可看出資料的綜合數值，也能夠看出數據傾向哪些變數。

4.2 分群分析

分群分析屬於人工智慧(Artificial Intelligence; AI)機器學習中(Machine Learning)的非監督式學習(Unsupervised Learning)，主要根據資料各個變數的數值差異，來衡量各個個體間的距離，並將相似的個體叢集成群，而同群內的個體相似性高，不同群的個體相似性低。樣本點間的相似度，可藉由資料特徵計算距離數值來衡量，若樣本間的距離數值越大，代表樣本間的相似度越低。階層式分群分析和 K-Means 分群分析法(Friedman, Hastie, & Tibshirani, 2001; James, Witten, Hastie, & Tibshirani, 2013)為分群分析中較重要的演算法。

(1) 個體間距離計算方法：

計算兩個樣本點 $\mathbf{x}_1 = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m})$ 和 $\mathbf{x}_2 = (x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m})$ 的距離，常用的方法包含歐氏距離(Euclidean Distance)與曼哈頓距離(Manhattan Distance)，距離的計算如圖 4.2-1。

A. 歐氏距離：

代表 m 維空間中最短的直線距離

$$d_{12} = d(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{1k} - x_{2k})^2} \quad (4.2)$$

B. 曼哈頓距離：

代表在各維度上的直線距離再予以加總

$$d_{12} = d(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sum_{k=1}^m |x_{1k} - x_{2k}| \quad (4.3)$$



圖 4.2-1 歐氏距離與曼哈頓距離示意圖
(虛線代表歐氏距離，實線為曼哈頓距離)

(2)群集間距離計算方法：

有些分群分析演算法，除了須計算個體間的距離，另也須計算群集間距離來建構分群法。常用的方法包含華德法(Ward's Method)、最近法(Single Linkage)、最遠法(Complete Linkage)、平均法(Average Linkage)和中心法(Center Method)，下述以衡量 A 和 B 不同群集間距離量測法之示意圖為例，如圖 4.2-2(Rhys, 2020)。其中， $d_{A,B}$ 為 A 群與 B 群之間的距離； d_{ij} 為 A 群任一點與 B 群任一點的距離； n_A 和 n_B 分別為 A 跟 B 群的樣本個數，n 為所有樣本點的個數； \bar{x}_A 和 \bar{x}_B 分別為 A 跟 B 群樣本的平均， \bar{x} 表示所有樣本的平均。

A. 華德法：最小化各群集內變異加總，反覆比較每對資料合併後的群內總變異數的增量，並找增量最小的組別優先合併。

$$d_{A,B} = n_A \|\bar{x}_A - \bar{x}\|^2 + n_B \|\bar{x}_B - \bar{x}\|^2 \quad (4.4)$$

B. 最近法：兩群集中最近的兩個點的距離。

$$d_{A,B} = \min_{i \in A, j \in B} d_{ij} \quad (4.5)$$

C. 最遠法：兩群集中最遠的兩個點的距離。

$$d_{A,B} = \max_{i \in A, j \in B} d_{ij} \quad (4.6)$$

D. 平均法：兩群集中各點與各點距離總和的平均。

$$d_{A,B} = \sum_{i=1}^{n_A} \sum_{j=1}^{n_B} d_{ij}/n \quad (4.7)$$

E. 中心法：兩群集中心點之間的距離。

$$d_{A,B} = ||\bar{x}_A - \bar{x}_B||^2 \quad (4.8)$$

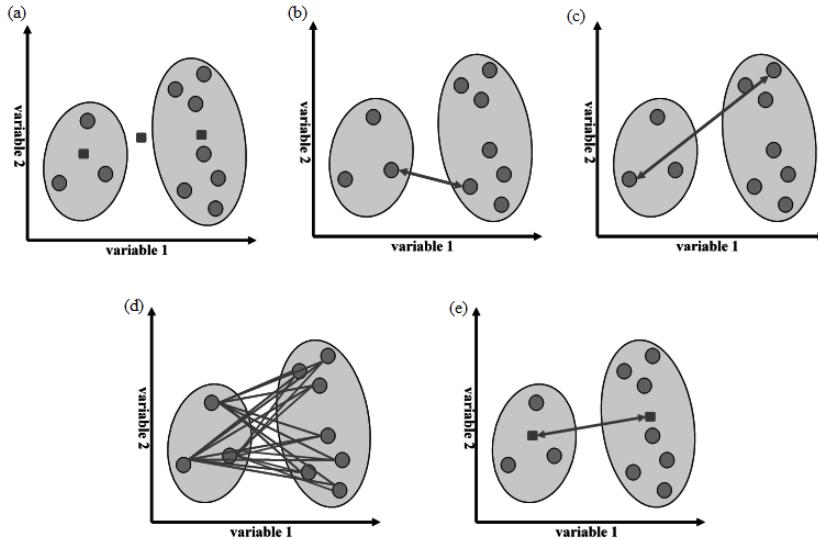


圖 4.2-2 群集間距離示意圖
(a)華德法、(b)最遠法、(c)最近法、(d)平均法、(e)中心法

(3) 分群分析演算法：

A. 階層式分群分析：

階層式分群分析是由各資料的相似度，將彼此相似度較高的資料進行層層聚合，而形成樹狀的階層架構；而聚合式(Agglomerative)的階層式分群分析，採用由下而上的處理方式，從樹狀結構的底部開始，將每個樣本都視為是一個獨立的分群集，然後依據分群間相似度，不斷地逐次合併兩個最相似的分群，直到最後所有的資料都合併成一個大的群集為止。

階層式分群分析中，除了需要使用個體間的距離(歐氏距離與曼哈頓距離)，另外當樣本組合成群集時，也須使用群集間的距離(華德法、最近法、最遠法、平均法和中心法)建構演算法。

B. K-Means 分群分析法：

K-Means 分群分析法的概念是希望每個資料點可與其所屬的群集中心點距離平方和最小，來判別資料點的群集；為了達到這目的，K-Means 分群分析法的演算流程，須事前設定分群的數量為 K，再先將資料點隨機分至 K 群集中的任一群，接著計算出各群集的中心點，並重新將各資料點分配至距離群集中心最近的該群，再重複計算群集中心與分派資料點所屬群集的步驟，直到每個群集的樣本點沒有任何變化為止。

K-Means 分群分析法常會因初始步驟將資料點隨機分至 K 群集中的任一群的情況不同，造成最終的分群情況有所差異。在資料樣本數龐大的情況下，此方法較容易操作實施，採用不同初始值造成的最終分群差異情況可能較小，因此在許多領域上都有所應用，而此方式也常作為其他演算法的初步處理的步驟；相對於階層式分群分析，在資料量大時的樹狀圖會過於雜亂使得解讀不易，因此常採用 K-Means 分群分析法。而資料樣本數較小時，因階層式分群分析的樹狀圖可較簡易由視覺化的呈現分群情況，所以資料量小時，普遍較建議採用階層式分群分析。

4.3 分類分析

分類(Classification)分析是機器學習非常重要的要素之一，它的目標是根據原始資料的某些特徵去建立對應的分類模型，之後就可以運用此模型來判斷一個新的資料數據屬於哪一種原始資料的類別。分類問題也被稱為監督式學習(Supervised Learning)演算法，因為它主要是根據以過去觀測到原始資料的解釋變數(X)與反應變數分類類別(Y)作為訓練數據集，透過建構各種機器學習演算法的預測模型，來預測新資料數據的類別。

通常原始資料的屬性或特徵非常多，可能會多達上百、上千個變數，因此無法用圖形展示資料的分佈，再加上資料量往往很大，會導致資料的分佈相當複雜，因此需要能有效建立分類模型的方法。

分類最常運用的方法包含決策樹、支撐向量機、線性區別分析以及類神經網路等。假如屬性值不是連續數值時，比較適合採用決策樹；屬性值屬於數值型時，則支撐向量機、線性區別分析與類神經網路比較合適。不論是哪一種分類模型，本質上都是利用收集來的資料訓練出一個模型，當這個模型訓練完成後，可以準確地把資料數據進行分類(劉立民、吳建華，2018)。

為了確定機器學習的演算法不僅對原始的訓練數據集能有理想結果，對新數據也要有一樣良好的預測，因此常將可得的數據隨機分割成兩份，一份視為「訓練數據集」，另一份視為「測試數據集」。用「訓練數據集」來訓練並優化模型，再以「測試數據集」評估最終的模型，計算正確分類之比例，由此方式交叉驗證各模型的表現好壞。

下述將介紹四種較常使用之分類方法：

(1) 決策樹(Decision Tree)：

決策樹是一種很常見的分類模型，擁有很多強的可解釋性能力，因為所建立的模型可以透過樹狀分支表達。決策樹中的每一個節點代表某個特徵屬性，每條分叉路徑代表可能的特徵值，而葉節點(Leaf Node)則代表預測的類別。

決策樹的訓練可分為兩個步驟：

Step 1. 樹的建構

開始時，將所有的訓練數據集都放在根節點(Root Node)，然後根據選定的特徵，從上往下遞迴將訓練數據集分開。以一個樹狀的結構，其結構包含根節點、子節點、葉節點或稱為類別(Class)所組成，如圖4.3-1 所示。

當樹狀結構建立後，有一筆新的資料需要分類時，只要將這筆資料輸入決策樹，跟著決策樹根部節點對特徵值進行測試，找到一條通往葉節點的路徑，則此葉節點的類別就是一個預測分類的結果。

Step 2. 樹的剪枝

當原始訓練資料變數或類別太多，或是決策樹演算法本身變數分枝節點選擇的原則，容易造成決策樹過度學習(Over-fitting)，以致於所產生的樹狀結構太過於複雜，因此必須再做適當的修剪(Pruning)。修剪的方式可分為事前修剪(Pre-Pruning)及事後修剪(Post-Pruning)。事前修剪是運用統計方法來評估是否該繼續分割某子節點或是應該立刻停止。事後修剪允許決策樹過度學習情況存在，當建立決策樹之後再來進行修剪(李仁鐘、李秋緣，2017)。

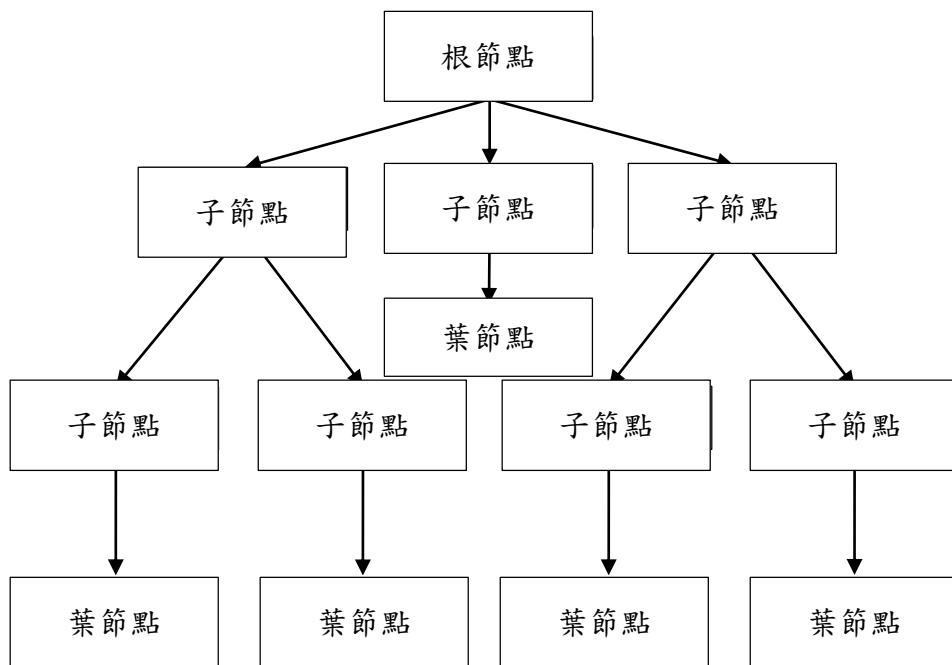


圖 4.3-1 決策樹的樹狀結構圖

(2) 支撐向量機(Support Vector Machine; SVM)：

支撐向量機主要的概念是藉由原始資料的解釋變數，找到一個超平面(Hyperplane)將不同類別的資料分開，而這個超平面距離不同類別的邊界是最大的。

以圖 4.3-2 為例，假設每個資料點都有 X_1 、 X_2 兩個解釋變數，以及一個類別型的反應變數(Y)，每筆資料的 Y 為黑色或灰色的其中一類；支撐向量機是欲找到一個超平面(L)能將黑色和灰色兩類區分開來，這個超平面 L 須滿足邊際距離(M)最大，其中 M 定義為黑色這類的點與 L 的最短距離，以及灰色這類資料點與 L 最短距離，而這些最靠近超平面 L 的資料點稱為支撐向量(Support Vector)。

基於支撐向量機的設計，當已知一個新的資料點的 X_1 、 X_2 數值(例如圖 4.3-2 的星星)，若欲預測此資料點的類別 Y，就可以很容易根據超平面 L，決定它應該是屬於黑色。SVM 在解決非線性分類的問題方面亦有極佳的處理能力(李仁鐘、李秋緣，2017)。

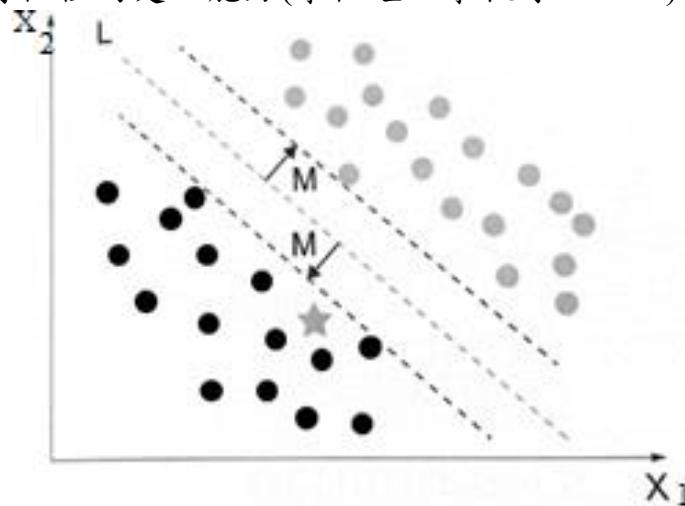


圖 4.3-2 支撐向量機分類示意圖

(3) 線性區別分析(Linear Discriminant Analysis; LDA)：

線性區別分析利用訓練集資料的計量型的解釋變數進行線性轉換投影，由一條(二分類別變項區別分析)或多條(多類別變項區別分析)區別函數建構預測類別方程式，此方式能使得組間變異與組內變異的比值達到最大，以用來區分不同的類別(溫福星，2012)。

(4) 人工神經網路(Artificial Neural Network ; ANN)：

人工神經網路的發想源自生物神經網路，希望透過模仿生物神經網路的運作方式，讓電腦具備學習及記憶的能力，對新舊事物產生連結，進而做出推理判斷並解決問題。對生物來說，神經系統內無數個神經細胞彼此之間交互運作，隨著外在的刺激不斷產生新的連結，使得整個結構越來越完整，最終形成了複雜的神經網路。因此在電腦上，透過大量抽象的人工神經元來建構機器學習的計算模型，在神經元之間建立連結，藉由每一次進行運算的過程及結果對模型做出調整與優化，進而實現學習的過程(李仁鐘、李秋緣，2017)。

最基本的模型主要包含由解釋變數組成的輸入層(Input Layer)、反應變數組成的輸出層(Output Layer)，以及介於輸入與輸出層之間而相互連結的隱藏層(Hidden Layer)，如圖 4.3-3 所示，每層內包含許多模擬神經元(Neuron)的節點。人類的神經元會接受到其他神經元輸入的刺激，並依刺激的大小來決定要輸出多少刺激出去，對比到人工神經網路，將這些刺激的輸入與輸出用數值來表示並加上一個代表權重的數值(Weight)，再加上一個偏值(Bias)做為調整，最終得到真正受到的總刺激。接著，需要賦予總刺激一個值，藉由設計一個激活函數(Activation Function)，把總刺激帶入激活函數中，而得到真正的輸出(傅運文，2017)

神經網路有一個很大的好處是，它不需要知道原來的函數長什麼樣子，也不需要太多假設，就可以打造一個「神經網路學習機」，只需要決定要有幾個隱藏層與每個隱藏層分別要有多少個神經元。

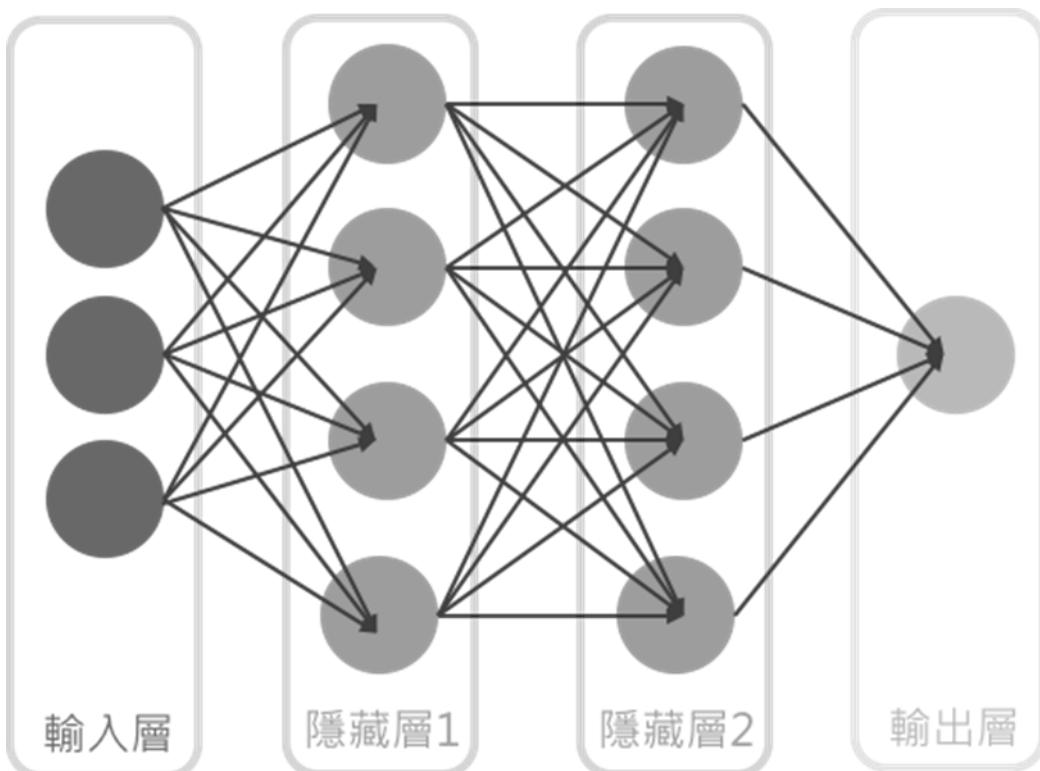


圖 4.3-3 人工神經網路示意圖

4.4 多元尺度分析

多元尺度分析(Multidimensional Scaling，簡稱 MDS)是資料簡化的一種技巧，主要目的是發掘資料集所隱藏的結構。藉由原始資料轉換為距離矩陣後，再以資料變數間的距離差異，來做變數維度縮減，並可利用低維度空間繪製構面圖來表達資料所含的資訊，使更易了解資料變數間的相關性(陳順宇，2005)。

4.5 地理圖示標記

Power BI 是 Microsoft 建構的一套資料視覺化軟體。因每筆資料都暗藏著深富價值的見解，若單只觀察表面上的數字，並不一定能夠找出資訊彼此之間的關聯。透過 Power BI 快速地建立互動式的視覺圖表，幫助了解數據背後的洞察，將原本看不見的模式、連線還有其他無法從純數字當中找出關聯的線索看得更清楚，並由不同角度來詮釋資料之間的關聯性，進而嘗試新的潛在可能(謝邦昌、鄭宇庭、宋龍華、陳妙華，2019)。

Power BI 內建的 Bing Maps 地圖，能夠將每筆資料的座標點精確

標於台灣地圖上。從地圖中觀察點與點之間，在不同地理區域的分布狀況，搭配分群分析的結果，觀察點座標分布的狀況是否呼應地理區域及生產層分布所預期的結果，輔助判斷對於油井之最適配分群方法。

QGIS 是一款免費的開放原始碼軟體，由社群大眾投入開發。其功能為操作、繪製、編輯及分析各種道路及地圖圖資(如：疊圖分析、編輯向量圖層、修改圖層屬性、設定座標系統等)。QGIS 廣泛支援各項國際標準，可便利取得整合全球各項雲端服務資源(如：開放街圖—OpenStreetMap、Google 地圖及衛星影像等)，操作介面相對容易、簡潔、程式輕量等特點(謝惠紅，2015)。

4.6 因素分析

因素分析的主要目的是欲探究變數間背後潛在的共通因素，可由少數的幾個因素，來解釋一群相互之間有關聯性的變數，也可把擷取出的因素做進一步的利用分析，這將可避免許多統計模型中因原始變數間共線性所造成的問題。因素分析常用之因素選取法有主成分法(Principle Component Analysis)、主因素法(Principle Factor Analysis)和最大概似法(Maximum Likelihood)，本研究採用較常見的主成分法，此方法第一個被選取的因素將可以解釋大部分變數的變異，第二、第三等等後繼每個因素解釋變異的比例將依序降低(陳順宇，2005)。

4.7 教育訓練

本章所介紹的統計方法，由逢甲大學團隊提供「統計分析及人工智能分類方法」訓練課程予中油公司員工，教授學員這些統計方法與 AI 基礎觀念，並由實際演練學習分析方法的 SPSS 和 EXCEL 軟體操作與解讀，進而能深入了解本計畫所利用的統計方法及分析結果的解釋。教育訓練課程的安排於 109 年 7 月份在中油探採研究所，課程每週二天為期三週，相關的課程大綱請參考附表三。學員經過教育訓練結束之後，反應非常熱烈，也樂於學習統計方法與基本觀念，有助於期中之後與逢甲大學團隊的溝通與討論會議上達到良好專業知識之互動基礎。

五、分析成果

5.1 三礦區油氣資料

(1) 敘述統計

本資料包含台灣苗栗與嘉義地區的錦水、出磺坑及八掌溪三礦區 25 口井的油氣資料，共計 36 筆資料，各筆資料七個參數的敘述統計數值與盒型圖請見表 5.1-1、圖 5.1-1。

表 5.1-1 三礦區油氣資料之參數敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
Isoheptane value	0.11	1.15	1.23	1.25	1.42	2.54
Heptane value	0.93	16.96	17.52	16.02	19.14	28.25
nC7/MCH	0.07	0.37	0.38	0.37	0.43	0.62
T/nC7	0.00	0.62	4.27	7.83	8.18	44.03
P ₁	0.62	1.83	2.95	3.44	4.40	8.92
P ₂	0.12	1.45	2.66	2.89	3.58	8.73
P ₃	0.00	0.45	0.73	0.84	0.94	2.48

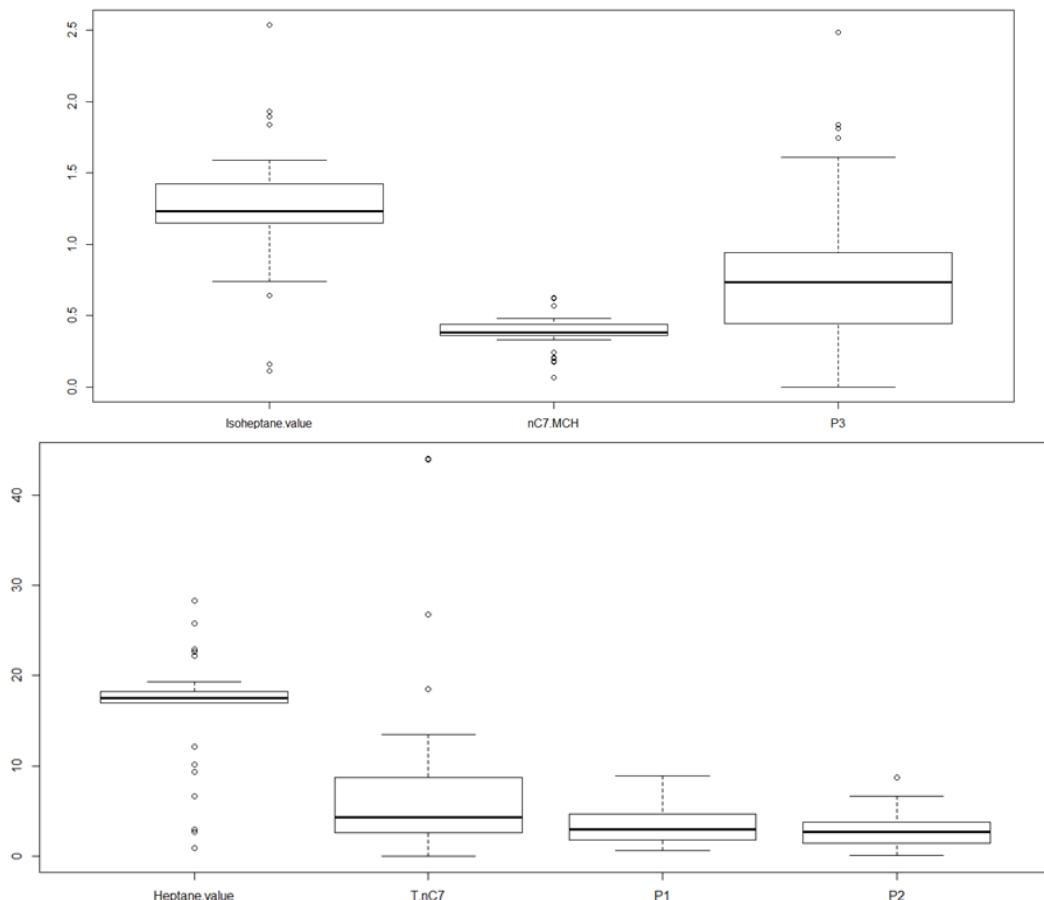


圖 5.1-1 三礦區油氣資料變數盒型圖

散佈圖矩陣(圖 5.1-2)顯示各參數間的散佈圖、分佈圖以及相關係數。從散佈圖中可以看到參數 P_1 、 P_2 、 P_3 之間，參數 Isoheptane value、Heptane value、nC7/MCH 之間有相對的正相關，參數 Isoheptane value、 P_1 、 P_2 、 P_3 之間其散佈圖點的分佈較廣，雖彼此間有正相關的傾向，但關聯性不強。在所有散佈圖中可以發現大部分散佈圖的最右側數值較大處有數個離群值。從散佈圖發現 $T/nC7$ 、 P_1 、 P_2 、 P_3 的資料大部分的數據都集中在比較小的值，屬於右偏型態。

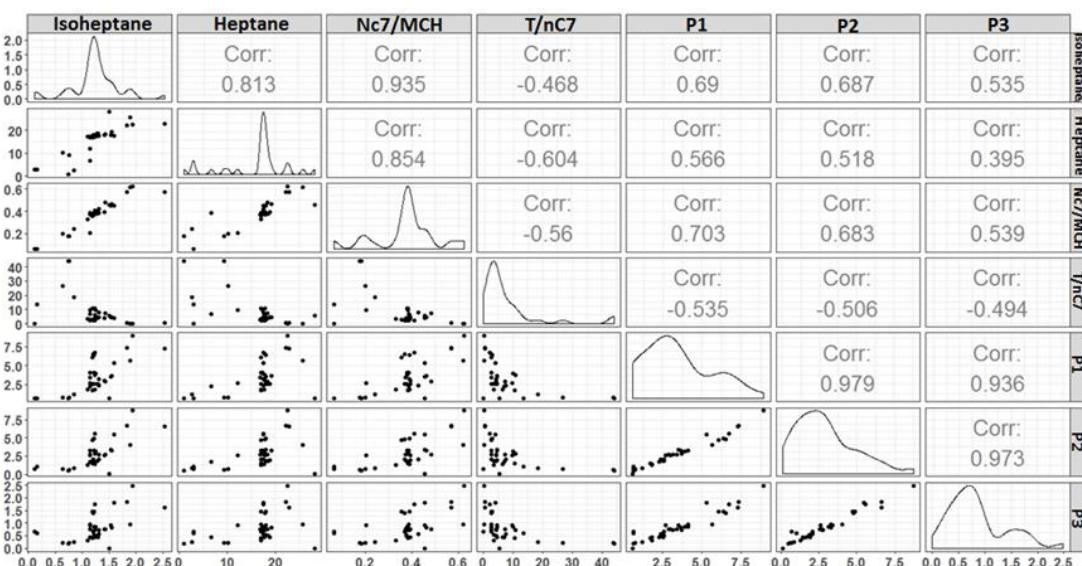


圖 5.1-2 散佈圖矩陣

(2) 分群分析結果

利用階層式分群分析的歐氏距離(華德法、最近法、最遠法、中心法及平均法)、曼哈頓距離(華德法、最近法、最遠法、中心法及平均法)以及 K-Means 分群分析法共 11 種方法，探討 36 筆資料分群情況。

圖 5.1-3 和圖 5.1-4 分別顯示階層式分群分析的歐氏距離華德法與曼哈頓距離華德法的樹狀圖，將 36 筆資料分成兩群分別以不同顏色的框區分出來，本研究將各個分群法分析結果的樹狀圖，經過比較過後，發現曼哈頓距離華德法的分群結果效果最佳，因為曼哈頓距離華德法於地理位置上群聚性與中油過往顯示的圖示一致(如圖 5.1-5)，因此，後續選擇曼哈頓距離華德法分群的結果探討參數的關聯性。

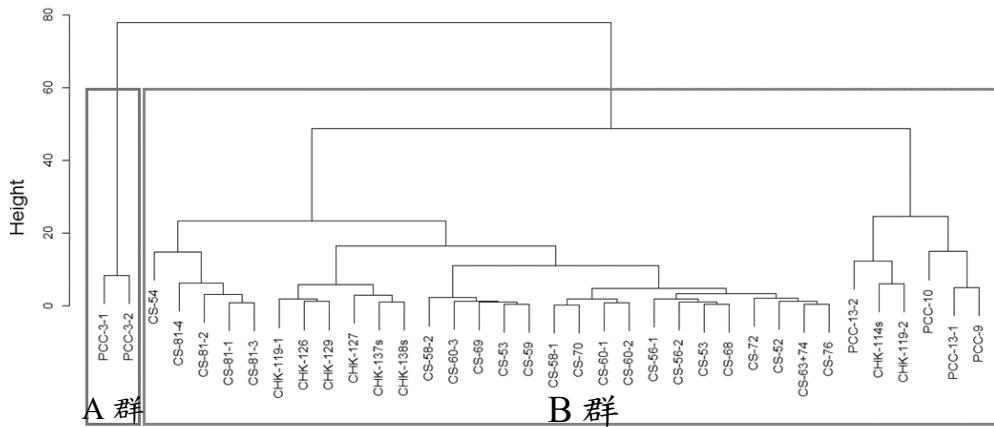


圖 5.1-3 階層式分群分析歐氏距離華德法分群圖

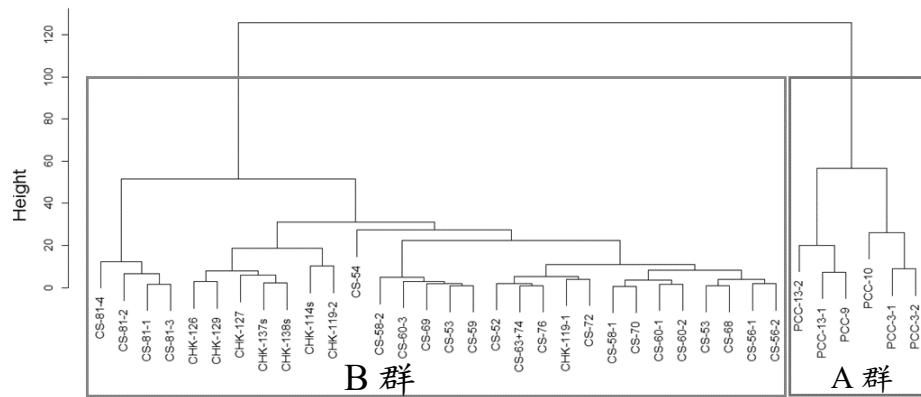


圖 5.1-4 階層式分群分析曼哈頓距離華德法分群圖

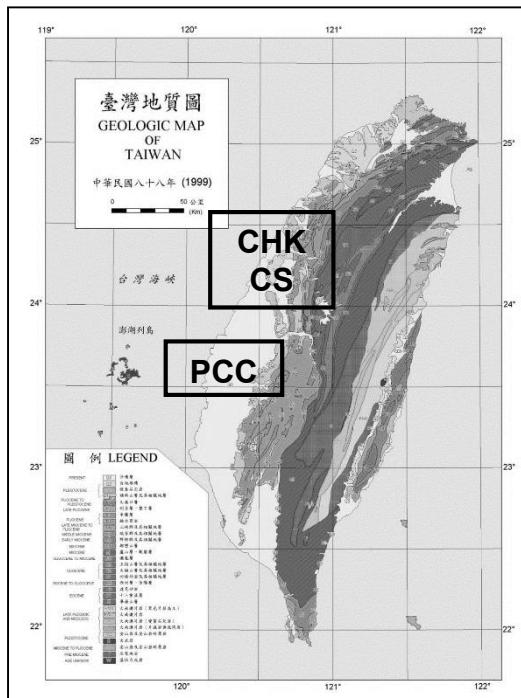


圖 5.1-5 台灣地質圖與井的區域圖

進一步以曼哈頓距離華德法為基準，比較其他方法與其結果一致性，發現所有的分群方法的一致性皆接近 90%以上，代表無論使用哪種分群分析方法探討 36 筆資料的分群分析，結果皆還算一致(如表 5.1-2)。

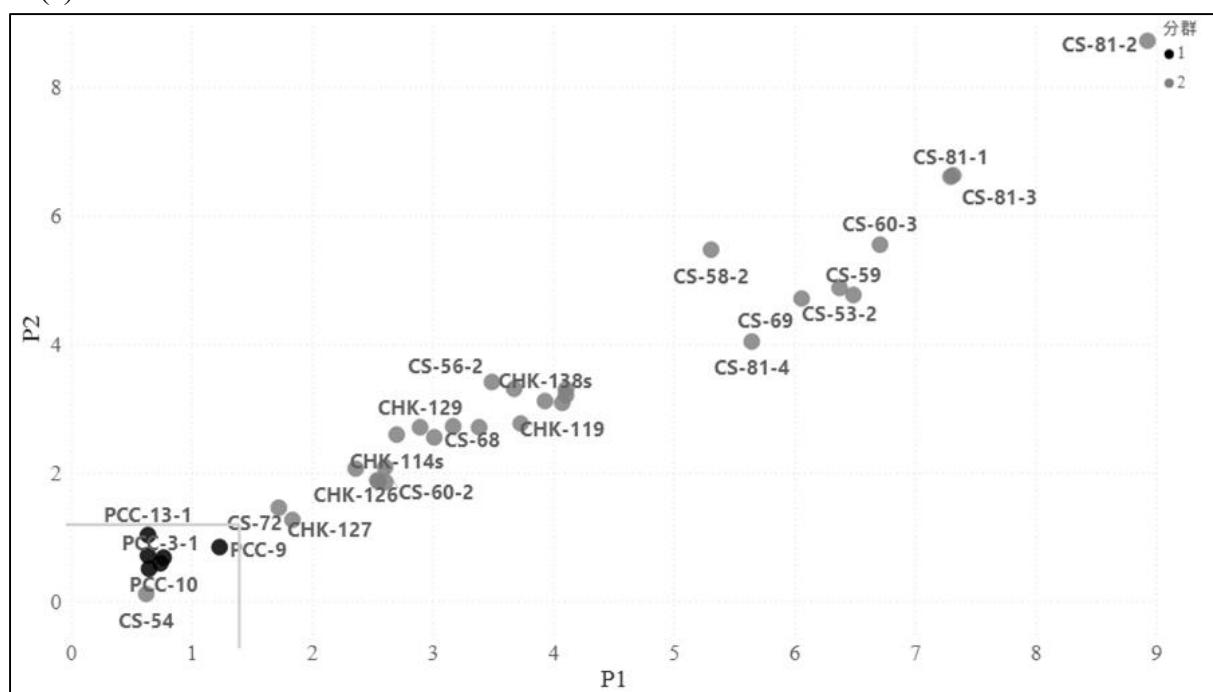
表 5.1-2 各分群方法之一致性

分群方法	階層式分群分析					階層式分群分析					K-Means 分群分析	
	歐氏距離					曼哈頓距離						
	華德法	最近法	最遠法	平均法	中心法	華德法	最近法	最遠法	平均法	中心法		
一致性比率	89%	89%	92%	92%	92%	(基準)	89%	97%	92%	92%	94%	

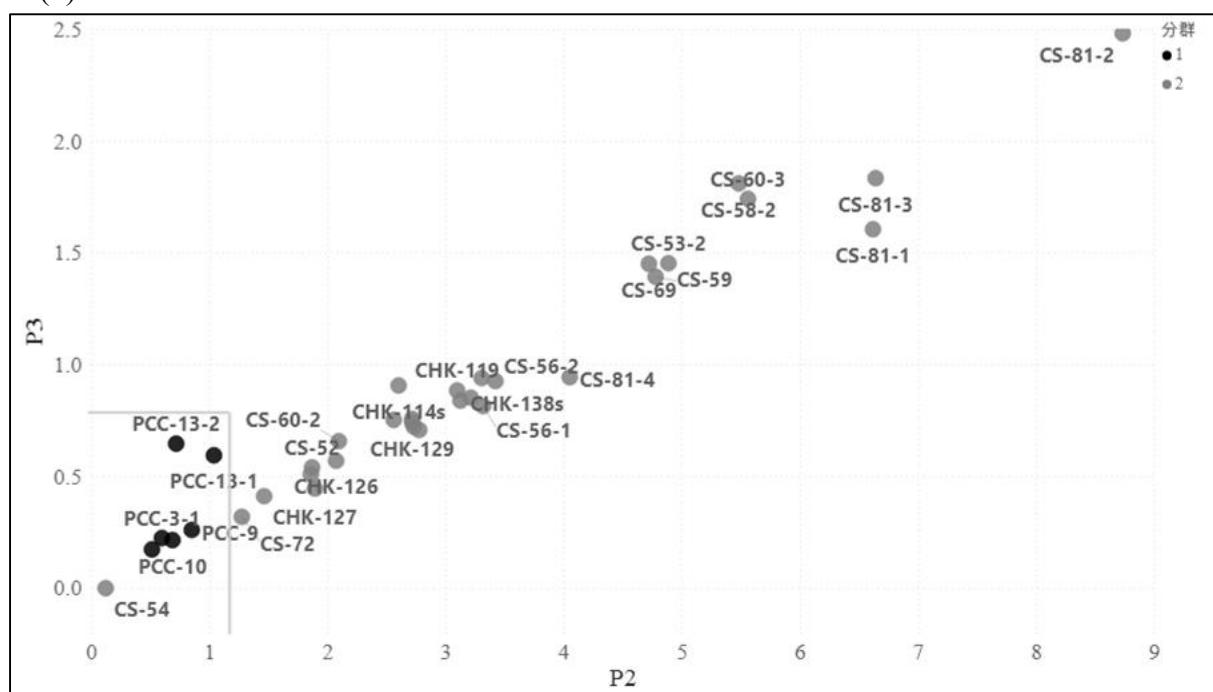
後續由階層式分群分析曼哈頓距離華德法的分群結果，套用至五個常用參數(Isoheptane value、Heptane value、P₁、P₂、P₃)繪製散佈圖，觀察不同群的井於這些參數的關聯性。

圖 5.1-6，發現參數 Isoheptane value 和 Heptane value 的散佈圖上可以明顯區分兩群地理位置，同樣的，其他三個參數 P₁、P₂、P₃ 分別的散佈圖也有相同的趨勢性與地理分群結果。然而參數 nC7/MCH 與 Isoheptane value 和 Heptane value 之間雖具有高度相關性，但是觀察井的分群結果在地理區域上並無明確顯示。

(a)



(b)



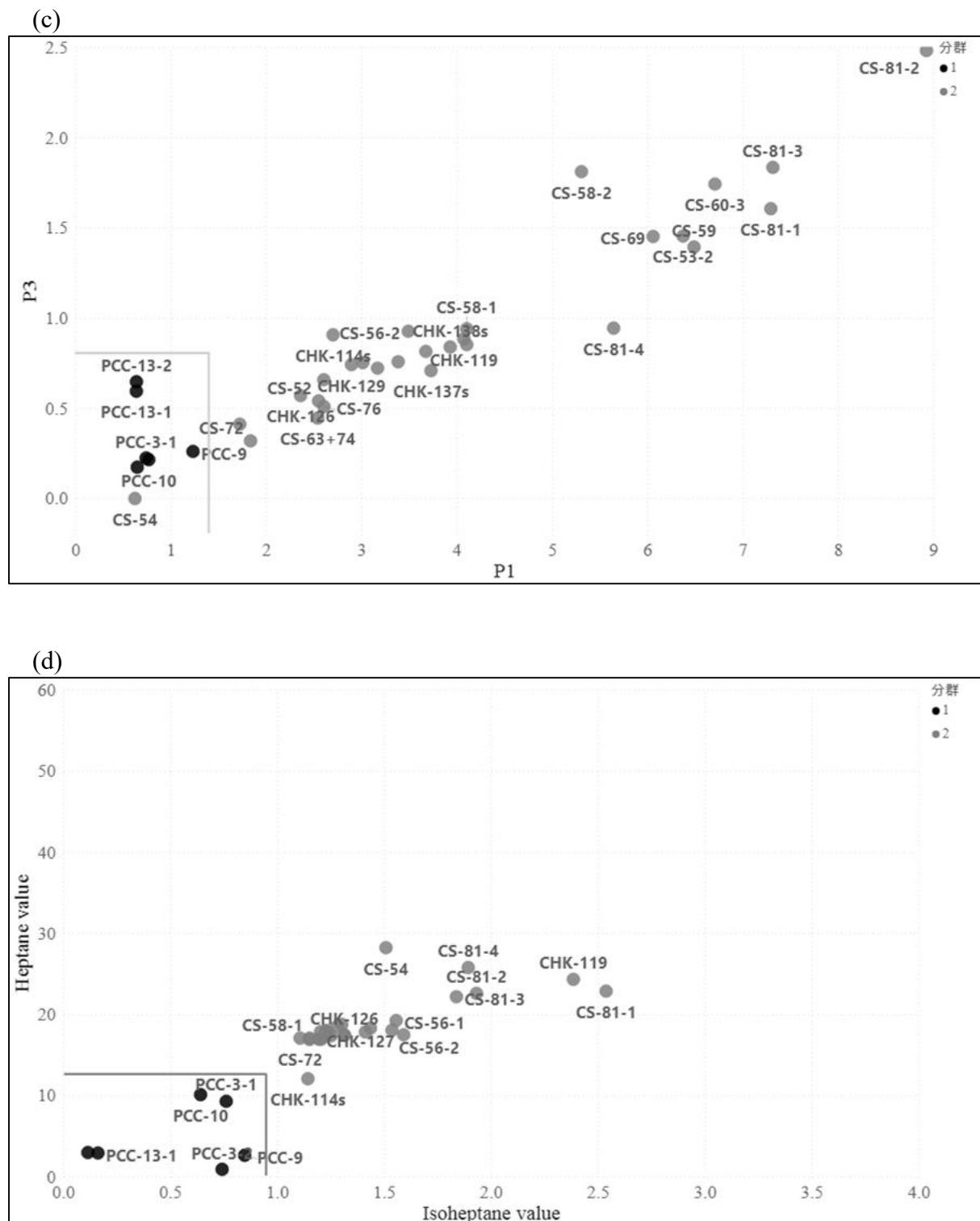


圖 5.1-6 三礦區油氣資料參數與分群結果散佈圖

(a) P₁ 與 P₂ (b) P₂ 與 P₃ (c) P₁ 與 P₃ (d) Isoheptane value 與 Heptane value。其中(a)、(b)、(c)子圖左下淺色點井號為 CS-54，生產層為打鹿頁岩(錦水第 13 層)

國際文獻上使用 Isoheptane value 和 Heptane value 區分油氣成熟度有固定的標準值區間，本研究也採用參數 Isoheptane value 和 Heptane value 之散佈圖(如圖 5.1-6 d)加上分群分析結果，觀察台灣井的成熟度情況並劃分出成熟油區與不成熟油區，如圖 5.1-6 中灰色界線。此外，也由其他三個參數 P_1 、 P_2 、 P_3 的散佈圖搭配本研究的分群結果，嘗試區分油氣成熟度並製成表 5.1-3。

表 5.1-3，發現國際的 Isoheptane value 和 Heptane value 區分油氣成熟度之區分點與本研究的發現略有差異，而其他三個參數 P_1 、 P_2 、 P_3 區分油氣成熟度的結果與 Isoheptane value 和 Heptane value 區分有相同的結果，因此，本研究提供台灣油氣井成熟度的區分點，供中油公司探勘人員作為台灣礦區油氣之成熟油區分的參考標準，以做後續研究參考。

表 5.1-3 油氣成熟度區分標準

菌蝕作用區	標準油區	成熟油區	超成熟油區
Heptane value(國際)	0-18	18-22	22-30
Isoheptane value(國際)	0-0.8	0.8-1.2	1.2-2.0
不成熟油區			成熟油區
Heptane value	0-13	13-30	
Isoheptane value	0-1.0	1.0-2.6	
P_1	0-1.5	1.5-9.0	
P_2	0-1.2	1.2-9.0	
P_3	0-0.8	0.8-2.5	

5.2 全台礦區油氣資料

(1) 敘述統計

本資料經整理篩選後，最終包含 75 口井的 77 筆資料，表 5.2-1 列出本筆資料 15 個參數的敘述統計數值。

表 5.2-1 全台礦區之參數敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
Isoheptane value	0.16	1.15	1.25	1.25	1.40	1.83
Heptane value	3.34	14.79	17.38	16.70	19.09	26.66
nC7/MCH	0.06	0.30	0.37	0.36	0.43	0.60
T/nC7	0.53	2.56	3.55	5.88	6.18	45.28
P ₂	0.29	1.53	2.59	2.82	4.02	6.63
P ₃	0.14	0.44	0.76	0.90	1.33	2.06
N ⁵ ₁	0.14	0.90	1.45	1.53	2.17	4.39
N ₂	0.17	0.90	1.59	1.61	2.26	3.87
N ⁶ ₁	2.41	16.12	21.46	22.45	30.11	50.50
RP3	0.54	2.03	3.45	3.73	5.36	8.47
RP5	0.32	1.77	2.91	3.15	4.42	7.81
P ₂ +N ₂	0.46	2.44	4.23	4.44	6.22	9.38
N ₂ /P ₃	0.44	1.64	1.92	1.93	2.15	5.74
3MH+24DMP	0.18	0.89	1.56	1.64	2.36	3.69
2MH+23DMP	0.19	0.98	1.68	1.83	2.60	4.19

(2) 挑選代表性參數

由於本資料中的參數眾多，為了更有系統地探討各參數的關聯性，並挑選有助於井之分群分析的參數，且易於觀察解釋，因此先採用了階層式分群分析，觀察 15 個參數的群集特性，選擇後續分析的最適參數個數，再由多元尺度分析(MDS)進行 15 個參數結構相似度的探討，並以二維度的座標點呈現各參數的關係遠近，以挑選出後續分析的重要參數。

階層式分群分析採用歐氏距離華德法建構，如圖 5.2-1。由分群結果樹狀圖觀察到 15 個參數可明確分為 5 個群集，包含(1) N⁶₁、(2)Heptane value、(3)T/nC7、(4)P₂+N₂、RP3、RP5、P₂、(5) nC7/MCH、Isoheptane value、P₃、N₂/P₃、N₂、N⁵₁、2MH+23DMP、3MH+24DMP，

每一個群集內的參數間有較高的相似性，因此後續分析可由每個群集各挑選一個參數代表。

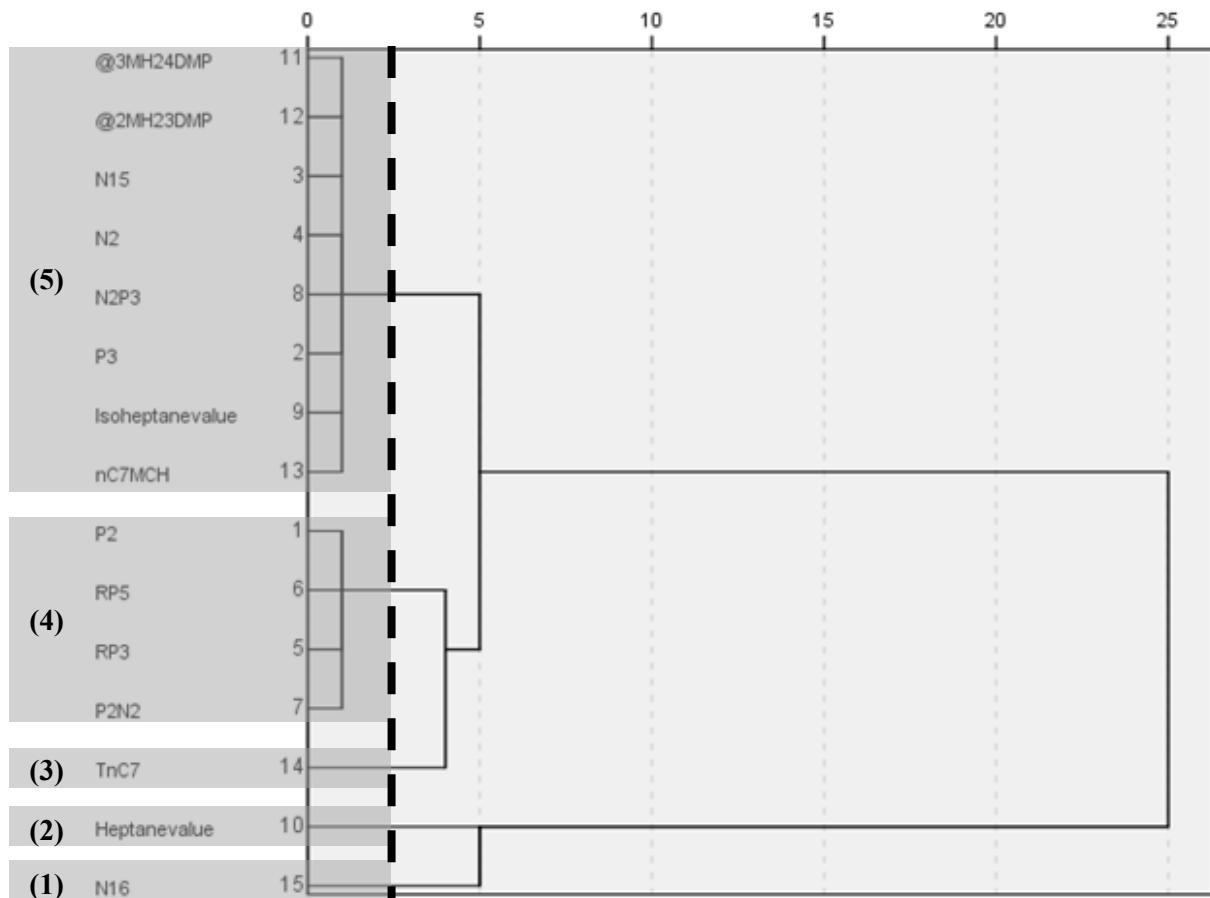


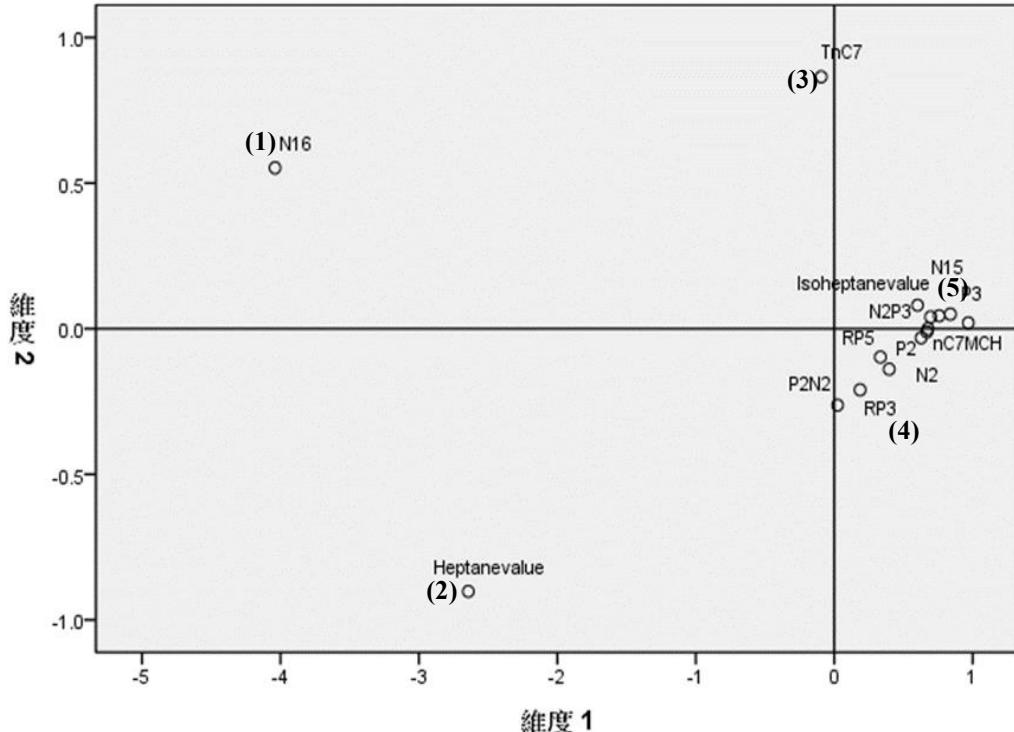
圖 5.2-1 全台礦區油氣資料的 15 個參數階層式分群分析樹狀圖

再者，多元尺度分析將各個參數轉換為二維度的資料點(如表 5.2-2)，並繪製二維構面圖(如圖 5.2-2)以呈現 15 個參數的相似程度，圖內距離較遠的參數點相似度低，由圖可觀察到上述的前三個群集(1) N₁⁶、(2)Heptane value、(3)T/nC7 與其它參數的相似性不強，代表這三個參數具有獨特的數值意涵，而(4)與(5)兩群參數混雜代表這些參數間的可能具有相似的訊息，因此適合僅挑選部分參數代表即可，最終由(4)和(5)分別挑選 RP3 與 Isoheptane value 這兩個過去文獻研究較常使用的參數為代表。

表 5.2-2 多元尺度分析 15 個參數二維度座標點

群集	參數	(維度一 , 維度二)
(1)	*N ⁶ ₁	(-4.04 , 0.55)
(2)	*Heptane value	(-2.64 , -0.90)
(3)	*T/nC7	(-0.09 , 0.87)
(4)	P ₂	(0.40 , -0.14)
	RP5	(0.33 , -0.10)
	*RP3	(0.19 , -0.21)
	P ₂ +N ₂	(0.02 , -0.26)
(5)	3MH+24DMP	(0.67 , -0.01)
	2MH+23DMP	(0.63 , -0.03)
	N ⁵ ₁	(0.70 , 0.04)
	N ₂	(0.68 , 0.00)
	N ₂ /P ₃	(0.60 , 0.08)
	P ₃	(0.84 , 0.05)
	*Isoheptane value	(0.76 , 0.04)
	nC7/MCH	(0.97 , 0.02)

*為該群集代表參數

圖 5.2-2 多元尺度分析 15 個參數相似性二維構面圖
(五群集的代表參數旁以(1)至(5)標記)

(3) 分群分析結果

經上述分析挑選出 5 個代表參數，並仿照三礦區油氣資料的分群分析流程，利用階層式分群分析的歐氏距離華德法、階層式分群分析的曼哈頓距離華德法、K-Means 分群分析法共三種演算法，探討 77 筆油氣井資料分群情況。

由分群分析將 77 筆油氣井分成 A 與 B 兩群，依照行政區統整結果顯示於表 5.2-3；北部地區(台北)與南部地區(雲林、臺南、高雄)的井分屬 A 和 B 兩群，而新竹與苗栗綜合了兩群的油氣井，此區域 A 群與 B 群油氣井的比率約為 35% 與 65%。

三種分群分析的結果一致性高，約有 89.61% (69/77) 的井用三種分群方法的結果相同，其中嘉義地區的油氣井分析結果較不一致，推測這幾口井的參數組成較為特殊；此外，屬於新竹苗栗地區的打鹿砂層(PS-3、CS-56)、嘉義地區的觀音山砂岩(PCC-10、PCC-13)以及高雄地區的白堊系、漸新統(CFC-9、CFS-1)，皆各有兩口井由不同分析方法分群結果較不一致，這些分群較不一致的井，建議探勘研究人員可於後續深入探討。

表 5.2-3 依行政區統整油氣井分群分析結果(2 群)

行政區	井數	三種分群分析 不一致的井數	分群分析各群井數 (方法 1/方法 2/方法 3)*			三種分群分析不一致 的井號與生產層
			A 群		B 群	
台北	1	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0		
新竹	23	1 (4.35%)	8 / 9 / 8	15 / 14 / 15	PS-3 打鹿砂層(錦水第 13 層)	
苗栗	42	2 (4.76%)	15 / 15 / 17	27 / 27 / 25	CHK-129 五指山層 CS-56 打鹿頁岩(錦水第 13 層)	
雲林	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1		
嘉義	4	3 (75.00%)	1 / 4 / 3	3 / 0 / 1	PCC-10 觀音山砂岩 PCC-13 觀音山砂岩 PCC-9 北寮層	
台南	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1		
高雄	5	2 (40.00%)	0 / 0 / 2	5 / 5 / 3	CFC-9 白堊系、漸新統 CFS-1 漸新統	
總計	77	8 (10.39%)	25 / 29 / 31	52 / 48 / 46		

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

油氣井分群結果依生產層統整於表 5.2-4，並依照各生產層中分析不一致井的比例由高至低排序，其中觀音山砂岩、漸新統、白堊系這三個生產層內的井分群不一致的比例高於 50%，這些生產層的成分可能較為特別，建議中油探勘人員可對其地質組成特性進一步探討。

表 5.2-4 依生產層統整油氣井分群分析結果(2 群)

生產層	井數	三種分群分析 不一致的井數	分群分析各群井數 (方法 1/方法 2/方法 3)*				三種分群分析不一致 的井號與地區
			A 群		B 群		
觀音山砂岩	2	2 (100.00%)	0 / 2 / 1	2 / 0 / 1	PCC-10	嘉義	PCC-13 嘉義
漸新統	4	2 (50.00%)	0 / 0 / 2	4 / 4 / 2	CFS-1	高雄	CFC-9 高雄
白堊系	2	1 (50.00%)	0 / 0 / 1	2 / 2 / 1	CFC-9	高雄	
北寮層	3	1 (33.33%)	1 / 2 / 2	2 / 1 / 1	PCC-9	嘉義	
錦水層	14	2 (14.29%)	0 / 1 / 1	14 / 13 / 13	PS-3	新竹	CS-56 苗栗
五指山層	9	1 (11.11%)	3 / 3 / 4	6 / 6 / 5	CHK-129	苗栗	
打鹿砂層	24	2 (8.33%)	12 / 13 / 13	12 / 11 / 11	PS-3	新竹	CS-56 苗栗
鐵通層	12	0 (0.00%)	8 / 8 / 8	4 / 4 / 4			
鐵砧山層	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1			
斷層上盤隘寮腳層	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1			
碧靈頁岩	3	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	2 / 2 / 2			
桂竹林層	2	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1			
河排層	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1			
石底層	2	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1			
出礦坑層	5	0 (0.00%)	2 / 2 / 2	3 / 3 / 3			
木山層	16	0 (0.00%)	8 / 8 / 8	8 / 8 / 8			
KP-1,2	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1			
KM-7,8	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1			
KM-3,8	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1			
總計	104	11 (10.58%)	37 / 42 / 45	67 / 62 / 59			

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

表 5.2-5 列出 A、B 兩群油氣井的 N^6_1 、Heptane value、T/nC7、RP3、Isoheptane value 這五個用於分群參數的平均數，另將平均數標準化後繪製雷達圖(如圖 5.2-3)，由圖表觀察到 N^6_1 、RP3、T/nC7 為 A、B 兩群最主要差異的參數，且 A 群於這三個參數的數值皆高於 B 群，這發現可供探勘人員依照兩群油氣井不同的參數特性，採用不同的探勘技術或評估其經濟效益。各井資料分群結果詳見表 5.2-6。

表 5.2-5 參數平均數(2 群)

(a)			(b)			(c)		
參數	A 群	B 群	參數	A 群	B 群	參數	A 群	B 群
N^6_1	33.87	16.97	N^6_1	32.07	16.65	N^6_1	32.30	15.82
RP3	4.99	3.14	RP3	4.48	3.29	RP3	4.55	3.19
Isoheptane value	1.27	1.25	Isoheptane value	1.20	1.29	Isoheptane value	1.26	1.26
Heptane value	17.24	16.44	Heptane value	16.24	16.98	Heptane value	17.03	16.48
T/nC7	7.39	5.16	T/nC7	8.94	4.04	T/nC7	8.36	4.22

(a)階層式分群分析歐氏距離華德法，(b)階層式分群分析曼哈頓距離華德法，(c) K-Means 分群分析法

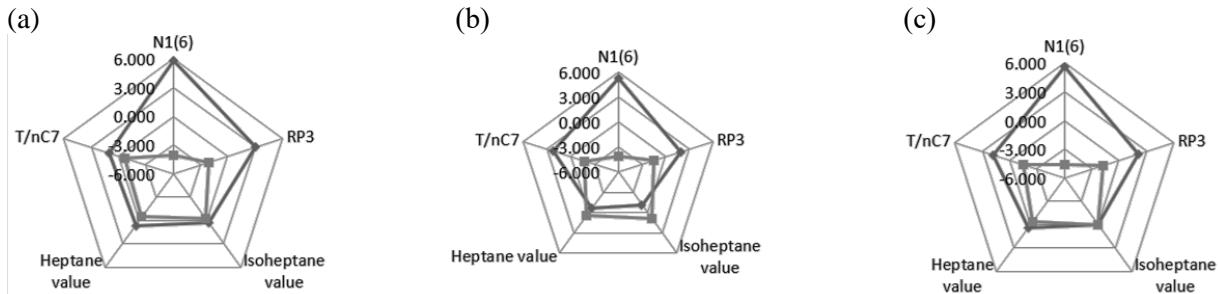


圖 5.2-3 參數平均數標準化雷達圖(2 群)

(a)階層式分群分析歐氏距離華德法，(b)階層式分群分析曼哈頓距離華德法，(c) K-Means 分群分析法；深黑色代表 A 群，淺灰色代表 B 群

表 5.2-6 油氣井分群分析結果(2 群)

行政區	陸/海域	井號	生產層	方法		
				1*	2*	3*
台北	陸	CSK-2	五指山層	A	A	A
新竹	海	CBA-2	木山層(KM-5 降側)	A	A	A
新竹	海	CBD-1	木山層	A	A	A
新竹	海	CBK-11	木山層	B	B	B
新竹	海	CBK-12	木山層	B	B	B
新竹	海	CBK-13	KP-1,2	B	B	B
新竹	海	CBK-18	KM-3,8	B	B	B
新竹	海	CBK-19	KM-7,8	B	B	B
新竹	海	CBK-3B	石底層	B	B	B
新竹	海	CBK-4	打鹿砂岩段	B	B	B
新竹	海	CBK-5	木山層	A	A	A
新竹	海	CBS-2	木山層	B	B	B
新竹	陸	CT-2	打鹿砂岩上部	A	A	A
新竹	陸	CT-8-1	石底層、碧靈頁岩、木山層	A	A	A
新竹	陸	CT-8-2	打鹿砂層	A	A	A
新竹	陸	CTH-14	打鹿砂層	A	A	A
新竹	陸	CTH-19	桂竹林層魚藤坪砂岩(青草湖第 2 層)	B	B	B
新竹	陸	CTH-3	河排層	B	B	B
新竹	陸	CTH-5	桂竹林層	A	A	A
新竹	陸	CTH-9	錦水頁岩(1B 層)	B	B	B
新竹	陸	FPK-6	北寮層	B	B	B
新竹	陸	PS-11	碧靈頁岩中段砂岩(錦水第 22 層)	B	B	B
新竹	陸	PS-3	打鹿砂層(錦水第 13 層)	B	A	B
新竹	陸	PS-9	打鹿砂層	B	B	B
苗栗	陸	CHK-114s	木山層	A	A	A
苗栗	陸	CHK-119	五指山層(出礦坑第 12C、12D、13 層)	B	B	B
苗栗	陸	CHK-126	五指山層	B	B	B
苗栗	陸	CHK-127	木山層、五指山層	B	B	B
苗栗	陸	CHK-129	五指山層	B	B	A
苗栗	陸	CHK-137s	五指山層(出礦坑第 11 層)	A	A	A
苗栗	陸	CHK-138s	木山層(出礦坑第 8 層)	A	A	A
苗栗	陸	CS-52	出礦坑層(出礦坑第 18 層)	B	B	B

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

表 5.2-6(續 1) 油氣井分群結果(2 群)

行政區	陸/海域	井號	生產層	方法		
				1*	2*	3*
苗栗	陸	CS-53	五指山層頂部砂岩(錦水第 30 層)	B	B	B
苗栗	陸	CS-56	打鹿頁岩(錦水第 13 層)		B	B
苗栗	陸	CS-58	錦水第 17A 層		B	B
苗栗	陸	CS-59			A	A
苗栗	陸	CS-60	打鹿頁岩(錦水第 13 層)		B	B
苗栗	陸	CS-63+74			B	B
苗栗	陸	CS-67	碧靈頁岩(錦水第 21、21Z 層)		B	B
苗栗	陸	CS-68	出磺坑層		B	B
苗栗	陸	CS-69	五指山層(錦水第 31 層)		B	B
苗栗	陸	CS-70	錦水第 26、27 層		B	B
苗栗	陸	CS-71	錦水第 28、31 層		B	B
苗栗	陸	CS-72	木山層(錦水 28 層)		B	B
苗栗	陸	CS-76	木山層(錦水 28 層)		B	B
苗栗	陸	CS-81	錦水第 10 層		B	B
苗栗	陸	HSL-2	木山層、五指山層		A	A
苗栗	陸	PL-1	木山層		B	B
苗栗	陸	PST-5	打鹿砂層(龍港斷層上盤)		B	B
苗栗	陸	PST-8	打鹿砂層		A	A
苗栗	陸	PST-9	打鹿砂層		A	A
苗栗	陸	TCS-15	打鹿砂層(鐵通 1A 層)		B	B
苗栗	陸	TCS-1	鐵砧山第一層		B	B
苗栗	陸	TCS-20-1	打鹿砂層(鐵通 1A 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-20-2	打鹿砂層(鐵通 1A 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-23	打鹿砂層(鐵通 1A 層)		B	B
苗栗	陸	TCS-26	打鹿砂層(鐵通 1A 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-30	打鹿砂層(鐵通 1B 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-33	打鹿砂層(下盤鐵通 1A 層)		B	B
苗栗	陸	TCS-35	打鹿砂層(鐵通 1A 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-39	木山層(鐵通 9 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-4	打鹿砂層(鐵通 1 層)		A	A
苗栗	陸	TCS-5	打鹿砂層(鐵通 1 層)		A	A
苗栗	陸	TH-1	打鹿砂層(鐵通 1 層)		B	B

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

表 5.2-6(續 2) 油氣井分群結果(2 群)

行政區	陸/海域	井號	生產層	方法		
				1*	2*	3*
苗栗	陸	YHS-4	打鹿砂層	B	B	B
苗栗	陸	YHS-7	打鹿砂層	B	B	B
雲林	陸	THS-1	木山層(八掌溪砂岩)	B	B	B
嘉義	陸	PCC-10	觀音山砂岩	B	A	A
嘉義	陸	PCC-13	觀音山砂岩	B	A	B
嘉義	陸	PCC-3	北寮層	A	A	A
嘉義	陸	PCC-9	北寮層	B	A	A
台南	陸	CW-6	斷層上盤隘寮腳層下部	B	B	B
高雄	海	CFC-10	漸新統(NP-24 下段)	B	B	B
高雄	海	CFC-9	白堊系、漸新統	B	B	A
高雄	海	CFS-1	漸新統	B	B	A
高雄	海	CGF-1	白堊系、漸新統	B	B	B
高雄	陸	FS-3		B	B	B

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

註： 灰底標記三種方法分群不一致的井

為了更細分 77 筆油氣井的分群特性，因此由各井的 N₆₁、Heptane value、T/nC7、RP3、Isoheptane value 這五個參數，利用階層式分群分析的歐氏距離華德法、階層式分群分析的曼哈頓距離華德法、K-Means 分群分析法共三種演算法，將油氣井分為 3 群探討。

77 筆油氣井資料分成 A、B、C 三群，依照行政區統整分析結果顯示於表 5.2-7；分群結果與上述分為兩群的分析結果類似，南部地區(雲林、台南、高雄)屬於同一群(B 群)，而新竹與苗栗綜合了 A、B 兩群的油氣井，此區域 A 群與 B 群油氣井的比率約為 35% 與 65%，台北的井與上述兩群分析時結果不一致的新竹與嘉義油井歸類於 C 群，但由於 C 群的井數過少且分析結果不一致，因此分析時可能將參數值與 A、B 兩群相似性低的井，總括歸為 C 群，所以須謹慎探討這些井的情況。

三種分群分析的結果一致性高，其中分析結果不一致的井為嘉義地區及屬於打鹿砂層、觀音山砂岩、漸新統的數口井，分析結果不一致的井與兩群分群分析時的完全相同。

表 5.2-7 依行政區統整油氣井分群分析結果(3 群)

行政區	井數	三種分群分析 不一致的井數	分群分析各群井數 (方法 1/方法 2/方法 3)*			分析不一致的 井號與生產層
			A 群	B 群	C 群	
台北	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	
新竹	23	1 (4.35%)	8 / 8 / 8	15 / 14 / 15	0 / 1 / 0	PS-3 打鹿砂層(錦水第 13 層)
苗栗	42	2 (4.76%)	15 / 15 / 17	27 / 27 / 25	0 / 0 / 0	CHK-129 五指山層 CS-56 打鹿頁岩(錦水第 13 層)
雲林	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
嘉義	4	3 (75.00%)	0 / 0 / 1	3 / 0 / 1	1 / 4 / 2	PCC-10 觀音山砂岩 PCC-13 觀音山砂岩 PCC-9 北寮層
台南	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
高雄	5	2 (40.00%)	0 / 0 / 2	5 / 5 / 3	0 / 0 / 0	CFC-9 白堊系、漸新統 CFS-1 漸新統
總計	77	8 (10.39%)	23 / 23 / 28	52 / 48 / 46	2 / 6 / 3	

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

油氣井分群結果依生產層統整於表 5.2-8，並依照各生產層中分析不一致井的比例由高至低排序，分析不一致的井與兩群分群分析時的完全相同，其中觀音山砂岩、漸新統、白堊系這三個生產層內的井分群不一致的比例高於 50%，這些生產層的成分可能較為特別，建議請探勘人員對地質組成特性進一步探討。

表 5.2-8 依生產層統整油氣井分群分析結果(3 群)

生產層	井數	三種分群分析 不一致的井數	分群分析各群井數 (方法 1/方法 2/方法 3)*			分析不一致的 井號與地區
			A 群	B 群	C 群	
觀音山砂岩	2	2 (100.00%)	0 / 0 / 0	2 / 0 / 1	0 / 2 / 1	PCC-10 嘉義 PCC-13 嘉義
漸新統	4	2 (50.00%)	0 / 0 / 2	4 / 4 / 2	0 / 0 / 0	CFS-1 高雄 CFC-9 高雄
白堊系	2	1 (50.00%)	0 / 0 / 1	2 / 2 / 1	0 / 0 / 0	CFC-9 高雄
北寮層	3	1 (33.33%)	0 / 0 / 1	2 / 1 / 1	1 / 2 / 1	PCC-9 嘉義
錦水層	14	2 (14.29%)	0 / 0 / 1	14 / 13 / 13	0 / 1 / 0	PS-3 新竹 CS-56 苗栗
五指山層	9	1 (11.11%)	2 / 2 / 3	6 / 6 / 5	1 / 1 / 1	CHK-129 苗栗
打鹿砂層	24	2 (8.33%)	12 / 12 / 13	12 / 11 / 11	0 / 1 / 0	PS-3 新竹 CS-56 苗栗
鐵通層	12	0 (0.00%)	8 / 8 / 8	4 / 4 / 4	0 / 0 / 0	
鐵砧山層	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
斷層上盤隘寮腳層	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
碧靈貢岩	3	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	2 / 2 / 2	0 / 0 / 0	
桂竹林層	2	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
河排層	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
石底層	2	0 (0.00%)	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
出磺坑層	5	0 (0.00%)	2 / 2 / 2	3 / 3 / 3	0 / 0 / 0	
木山層	16	0 (0.00%)	8 / 8 / 8	8 / 8 / 8	0 / 0 / 0	
KP-1,2	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
KM-7,8	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
KM-3,8	1	0 (0.00%)	0 / 0 / 0	1 / 1 / 1	0 / 0 / 0	
總計	104	11 (10.58%)	35 / 35 / 42	67 / 62 / 59	2 7 3	

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

表 5.2-9 列出 A、B、C 三群油氣井的 N_1^6 、Heptane value、T/nC7、RP3、Isoheptane value 這五個用於分群參數的平均數，另將平均數標準化後繪製雷達圖(如圖 5.2-4)，由圖表觀察到 A 群的 RP3 參數於數值高於 B、C 兩群，B 群的 N_1^6 參數數值顯著低於 A、C 兩群，C 群的 Isoheptane value 與 Heptane value 低於 A、B 兩群，但 C 群的 T/nC7 遠高於 A、B 兩群；這三群油氣井的參數特性相當不同，可供探勘人員依照各群的參數特性進行後續研究。各井資料分群結果詳見表 5.2-10。

表 5.2-9 參數平均數(3 群)

參數	(a)			(b)			(c)		
	A 群	B 群	C 群	A 群	B 群	C 群	A 群	B 群	C 群
N_1^6	33.63	16.97	36.60	33.63	16.65	26.09	32.28	15.82	32.50
RP3	5.34	3.14	1.02	5.34	3.29	1.19	4.93	3.19	0.98
Isoheptane value	1.30	1.25	1.00	1.30	1.29	0.81	1.30	1.26	0.88
Heptane value	17.95	16.44	9.06	17.95	16.98	9.68	17.83	16.48	9.55
T/nC7	4.15	5.16	44.58	4.15	4.04	27.27	5.11	4.22	38.64

(a)階層式分群分析歐氏距離華德法，(b)階層式分群分析曼哈頓距離華德法，(c) K-Means 分群分析法

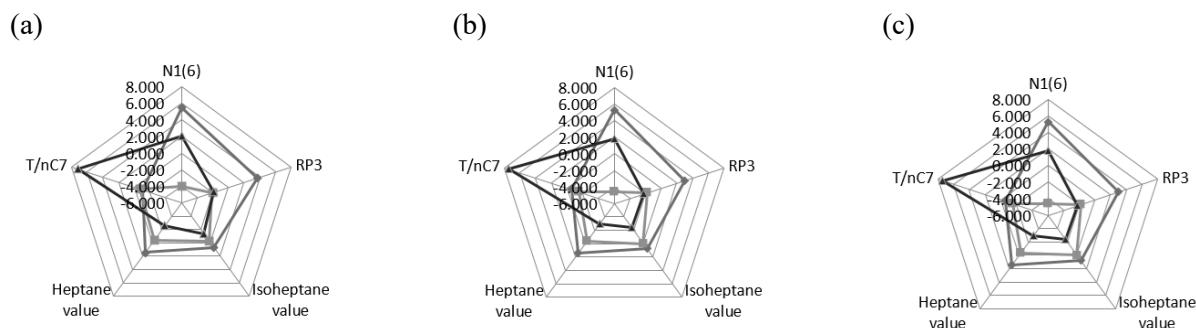


圖 5.2-4 參數平均數標準化雷達圖(3 群)

(a)階層式分群分析歐氏距離華德法，(b)階層式分群分析曼哈頓距離華德法，(c) K-Means 分群分析法；深灰色代表 A 群，淺灰色代表 B 群，深黑色代表 C 群

表 5.2-10 油氣井分群分析結果(3 群)

行政區	陸/海域	井號	生產層	方法		
				1*	2*	3*
台北	陸	CSK-2	五指山層	C	C	C
新竹	海	CBA-2	木山層(KM-5 降側)	A	A	A
新竹	海	CBD-1	木山層	A	A	A
新竹	海	CBK-11	木山層	B	B	B
新竹	海	CBK-12	木山層	B	B	B
新竹	海	CBK-13	KP-1,2	B	B	B
新竹	海	CBK-18	KM-3,8	B	B	B
新竹	海	CBK-19	KM-7,8	B	B	B
新竹	海	CBK-3B	石底層	B	B	B
新竹	海	CBK-4	打鹿砂岩段	B	B	B
新竹	海	CBK-5	木山層	A	A	A
新竹	海	CBS-2	木山層	B	B	B
新竹	陸	CT-2	打鹿砂岩上部	A	A	A
新竹	陸	CT-8-1	石底層、碧靈頁岩、木山層	A	A	A
新竹	陸	CT-8-2	打鹿砂層	A	A	A
新竹	陸	CTH-14	打鹿砂層	A	A	A
新竹	陸	CTH-19	桂竹林層魚藤坪砂(青草湖第 2 層)	B	B	B
新竹	陸	CTH-3	河排層	B	B	B
新竹	陸	CTH-5	桂竹林層	A	A	A
新竹	陸	CTH-9	錦水頁岩(1B 層)	B	B	B
新竹	陸	FPK-6	北寮層	B	B	B
新竹	陸	PS-11	碧靈頁岩中段砂岩(錦水第 22 層)	B	B	B
新竹	陸	PS-3	打鹿砂層(錦水第 13 層)	B	C	B
新竹	陸	PS-9	打鹿砂層	B	B	B
苗栗	陸	CHK-114s	木山層	A	A	A
苗栗	陸	CHK-119	五指山層(出礦坑第 12C、12D、13 層)	B	B	B
苗栗	陸	CHK-126	五指山層	B	B	B
苗栗	陸	CHK-127	木山層、五指山層	B	B	B
苗栗	陸	CHK-129	五指山層	B	B	A
苗栗	陸	CHK-137s	五指山層(出礦坑第 11 層)	A	A	A
苗栗	陸	CHK-138s	木山層(出礦坑第 8 層)	A	A	A
苗栗	陸	CS-52	出礦坑層(出礦坑第 18 層)	B	B	B

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

表 5.2-10 (續 1) 油氣井分群分析結果(3 群)

行政區	陸/海域	井號	生產層	方法	方法	方法
				1*	2*	3*
苗栗	陸	CS-53	五指山層頂部砂岩(錦水第 30 層)	B	B	B
苗栗	陸	CS-56	打鹿頁岩(錦水第 13 層)	B	B	A
苗栗	陸	CS-58	錦水第 17A 層	B	B	B
苗栗	陸	CS-59		A	A	A
苗栗	陸	CS-60	打鹿頁岩(錦水第 13 層)*	B	B	B
苗栗	陸	CS-63+74		B	B	B
苗栗	陸	CS-67	碧靈頁岩(錦水第 21、21Z 層)	B	B	B
苗栗	陸	CS-68	出礦坑層	B	B	B
苗栗	陸	CS-69	五指山層(錦水第 31 層)	B	B	B
苗栗	陸	CS-70	錦水第 26、27 層	B	B	B
苗栗	陸	CS-71	錦水第 28、31 層	B	B	B
苗栗	陸	CS-72	木山層(錦水 28 層)	B	B	B
苗栗	陸	CS-76	木山層(錦水 28 層)	B	B	B
苗栗	陸	CS-81	錦水第 10 層	B	B	B
苗栗	陸	HSL-2	木山層、五指山層	A	A	A
苗栗	陸	PL-1	木山層	B	B	B
苗栗	陸	PST-5	打鹿砂層(龍港斷層上盤)	B	B	B
苗栗	陸	PST-8	打鹿砂層	A	A	A
苗栗	陸	PST-9	打鹿砂層	A	A	A
苗栗	陸	TCS-15	打鹿砂層(鐵通 1A 層)	B	B	B
苗栗	陸	TCS-1	鐵砧山第一層	B	B	B
苗栗	陸	TCS-20-1	打鹿砂層(鐵通 1A 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-20-2	打鹿砂層(鐵通 1A 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-23	打鹿砂層(鐵通 1A 層)	B	B	B
苗栗	陸	TCS-26	打鹿砂層(鐵通 1A 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-30	打鹿砂層(鐵通 1B 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-33	打鹿砂層(下盤鐵通 1A 層)	B	B	B
苗栗	陸	TCS-35	打鹿砂層(鐵通 1A 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-39	木山層(鐵通 9 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-4	打鹿砂層(鐵通 1 層)	A	A	A
苗栗	陸	TCS-5	打鹿砂層(鐵通 1 層)	A	A	A
苗栗	陸	TH-1	打鹿砂層(鐵通 1 層)	B	B	B

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

表 5.2-10 (續 2) 油氣井分群分析結果(3 群)

行政區	陸/海域	井號	生產層	方法		
				1*	2*	3*
苗栗	陸	YHS-4	打鹿砂層	B	B	B
苗栗	陸	YHS-7	打鹿砂層	B	B	B
雲林	陸	THS-1	木山層(八掌溪砂岩)	B	B	B
嘉義	陸	PCC-10	觀音山砂岩	B	C	C
嘉義	陸	PCC-13	觀音山砂岩	B	C	B
嘉義	陸	PCC-3	北寮層	C	C	C
嘉義	陸	PCC-9	北寮層	B	C	A
台南	陸	CW-6	斷層上盤隘寮腳層下部	B	B	B
高雄	海	CFC-10	漸新統(NP-24 下段)	B	B	B
高雄	海	CFC-9	白堊系、漸新統	B	B	A
高雄	海	CFS-1	漸新統	B	B	A
高雄	海	CGF-1	白堊系、漸新統	B	B	B
高雄	陸	FS-3		B	B	B

*方法 1：階層式分群分析歐氏距離華德法；方法 2：階層式分群分析曼哈頓距離華德法；方法 3：K-Means 分群分析法

註： 灰底標記三種方法分群不一致的井

根據上述之階層式分群分析歐氏距離華德法、階層式分群分析曼哈頓距離華德法以及 K-Means 分群分析法，依各井 N⁶₁、Heptane value、T/nC7、RP3、Isoheptane value 這五個參數的相似程度，分為兩群(A、B)與三群(A、B、C)。

屬於 B 群的油井，在分兩群或三群時皆一致的分在同一群，而在分為兩群時的 A 群油氣井，在分為三群時會被拆為 A 群與 C 群(圖 5.2-5)，其中 C 群僅由少數幾口井組成，且其中新竹 PS-3 和嘉義 PCC-9、PCC-10、PCC-13 這幾口井於上述由不同分群方式的分析結果不一致，因此猜測這幾口井的組成較為特殊，建議探勘人員可對這些井成分的組成特性進一步探討。

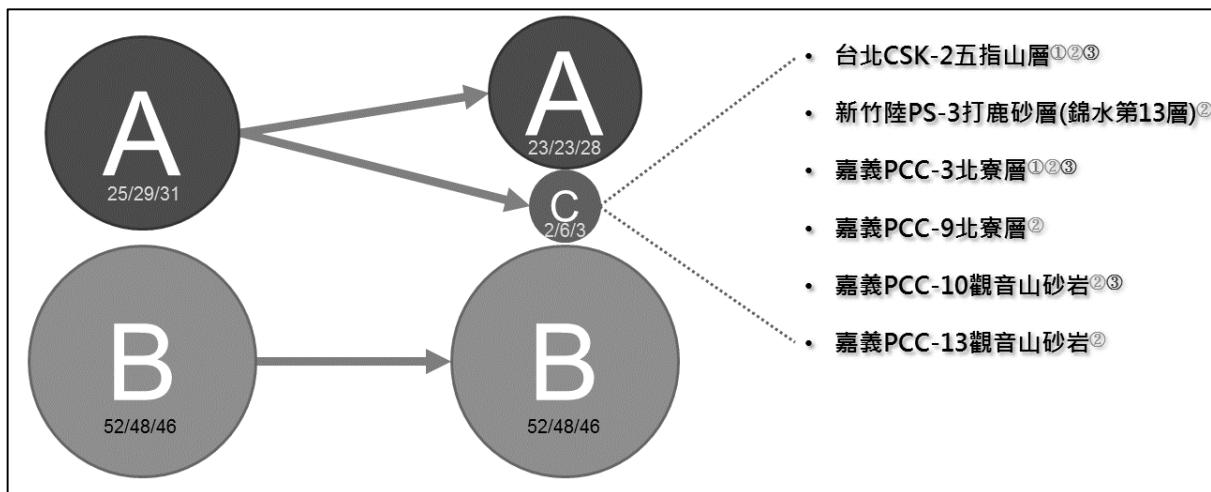


圖 5.2-5 分群分析綜合比較示意圖

註 1：圖內數值代表由階層式分群分析的歐氏距離華德法/階層式分群分析的曼哈頓距離華德法/K-Means 分群分析法分群之資料筆數

註 2：①階層式分群分析的歐氏距離華德法，②階層式分群分析的曼哈頓距離華德法，③K-Means 分群分析法

5.3 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數資料

本資料包含 93 筆資料，經仔細比對含有 85 口井 15 個成分及 23 個參數。經與中油討論後，因認為原始成分可能較能發掘資料獨有的特性，因此後續僅使用油的成分而無使用參數進行分析。

每口井 ID 編號的命名方式：生產層編號-生產層名稱-井編號，其中生產層編號由淺至深分為：1-打鹿頁岩(不含)以上地層、2-打鹿頁岩、打鹿砂岩、3-出礦坑層及石底層、4-碧靈頁岩及大寮層、5-木山層、6-五指山層及五指山層以下地層。

(1) 敘述統計

表 5.3-1 為本資料 15 個成分的敘述統計數值指標。

表 5.3-1 凝結油輕碳氫化合物原始成分敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
22DMP	0.00	0.04	0.06	0.10	0.16	0.55
24DMP	0.00	0.07	0.12	0.17	0.27	0.54
223TMB	0.00	0.00	0.02	0.03	0.05	0.16
33DMP	0.00	0.04	0.07	0.09	0.12	0.63
11DMCP	0.00	0.17	0.26	0.30	0.43	0.74
2MH	0.00	0.62	1.03	1.22	1.66	4.40
23DMP	0.04	0.24	0.34	0.42	0.57	1.68
1C3DMCP	0.06	0.33	0.49	0.56	0.77	1.68
3MH	0.15	0.73	1.17	1.31	1.70	4.33
1T3DMCP	0.00	0.35	0.54	0.59	0.80	1.67
1T2DMCP	0.00	0.57	0.79	0.90	1.19	3.21
C7	0.28	1.84	2.66	2.97	4.03	8.92
MCH	1.08	5.41	7.65	7.97	10.45	20.24
ECP	0.04	0.30	0.41	0.45	0.60	1.18
TOL	0.00	6.23	9.91	11.16	15.73	40.63

(2) 分群分析

本研究採用階層式分群分析，並使用兩種衡量個體間距離的方法(歐氏距離與曼哈頓距離)以及五種衡量群集間的方法(華德法、最遠法、最近法、中心法、平均法)，共計十種分群方式進行分析；經(109.08.05)與中油討論後，因歐氏距離華德法得到的分群分析結果，中油研究人員較能就地質與地理位置上解釋井的群聚關係，因此後續皆以此方式的分群結果進行探討。

圖 5.3-1 為利用階層式分群歐氏距離華德法繪製的樹狀圖，子圖(a)與(b)分別代表分為五群與六群的結果，各口井詳細的分群結果請見表 5.3-2。

台灣油氣組成成分之統計分析

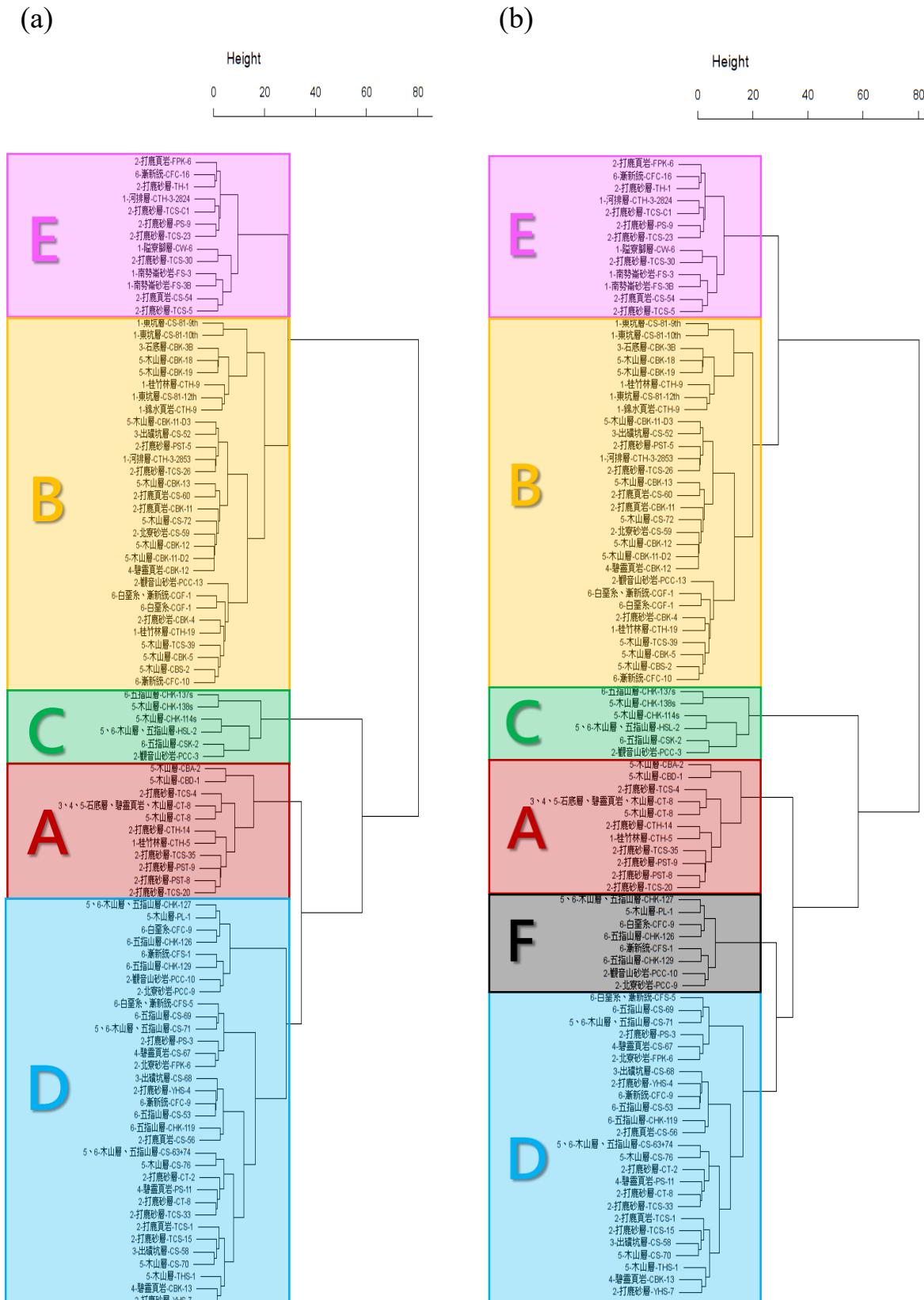


圖 5.3-1 凝結油輕碳氫化合物歐氏距離華德法分群圖

(a) 5 群 (b) 6 群

表 5.3-2 凝結油輕碳氫化合物之歐氏距離華德法分群表

ID	生產層分群	分5群	分6群	ID	生產層分群	分5群	分6群	ID	生產層分群	分5群	分6群
2-打鹿頁岩-FFK-6	2	E	E	5-木山層-CBK-12	5	B	B	6-白堊系-CFC-9	6	D	F
6-漸新統-CFC-16	6	E	E	5-木山層-CBK-11-D2	5	B	B	6-五指山層-CHK-126	6	D	F
2-打鹿砂層-TH-1	2	E	E	4-碧靈頁岩-CBK-12	4	B	B	6-漸新統-CFS-1	6	D	F
1-河排層-CTH-3-2824	1	E	E	2-觀音山砂岩-PCC-13	2	B	B	6-五指山層-CHK-129	6	D	F
2-打鹿砂層-TCS-C1	2	E	E	6-白堊系、漸新統-CGF-1	6	B	B	2-觀音山砂岩-PCC-10	2	D	F
2-打鹿砂層-PS-9	2	E	E	6-白堊系-CGF-1	6	B	B	2-北寮砂岩-PCC-9	2	D	F
2-打鹿砂層-TCS-23	2	E	E	2-打鹿砂岩-CBK-4	2	B	B	6-白堊系、漸新統-CFS-5	6	D	D
1-隘寮腳層-CW-6	1	E	E	1-桂竹林層-CTH-19	1	B	B	6-五指山層-CS-69	6	D	D
2-打鹿砂層-TCS-30	2	E	E	5-木山層-TCS-39	5	B	B	5、6-木山層、五指山層-CS-71	5、6	D	D
1-南勢崙砂岩-FS-3	1	E	E	5-木山層-CBK-5	5	B	B	2-打鹿砂層-PS-3	2	D	D
1-南勢崙砂岩-FS-3B	1	E	E	5-木山層-CBS-2	5	B	B	4-碧靈頁岩-CS-67	4	D	D
2-打鹿頁岩-CS-54	2	E	E	6-漸新統-CFC-10	6	B	B	2-北寮砂岩-FPK-6	2	D	D
2-打鹿砂層-TCS-5	2	E	E	6-五指山層-CHK-137s	6	C	C	3-出礦坑層-CS-68	3	D	D
1-東坑層-CS-81-9th	1	B	B	5-木山層-CHK-138s	5	C	C	2-打鹿砂層-YHS-4	2	D	D
1-東坑層-CS-81-10th	1	B	B	5-木山層-CHK-114s	5	C	C	6-漸新統-CFC-9	6	D	D
3-石底層-CBK-3B	3	B	B	5、6-木山層、五指山層-HSL-2	5、6	C	C	6-五指山層-CS-53	6	D	D
5-木山層-CBK-18	5	B	B	6-五指山層-CSK-2	6	C	C	6-五指山層-CHK-119	6	D	D
5-木山層-CBK-19	5	B	B	2-觀音山砂岩-PCC-3	2	C	C	2-打鹿頁岩-CS-56	2	D	D
1-桂竹林層-CTH-9	1	B	B	5-木山層-CBA-2	5	A	A	5、6-木山層、五指山層-CS-63+74	5、6	D	D
1-東坑層-CS-81-12th	1	B	B	5-木山層-CBD-1	5	A	A	5-木山層-CS-76	5	D	D
1-錦水頁岩-CTH-9	1	B	B	2-打鹿砂層-TCS-4	2	A	A	2-打鹿砂層-CT-2	2	D	D
5-木山層-CBK-11-D3	5	B	B	3、4、5-石底層、碧靈頁岩、木山層-CT-8	3、4、5	A	A	4-碧靈頁岩-PS-11	4	D	D
3-出礦坑層-CS-52	3	B	B	5-木山層-CT-8	5	A	A	2-打鹿砂層-CT-8	2	D	D
2-打鹿砂層-PST-5	2	B	B	2-打鹿砂層-CTH-14	2	A	A	2-打鹿砂層-TCS-33	2	D	D
1-河排層-CTH-3-2853	1	B	B	1-桂竹林層-CTH-5	1	A	A	2-打鹿頁岩-TCS-1	2	D	D
2-打鹿砂層-TCS-26	2	B	B	2-打鹿砂層-TCS-35	2	A	A	2-打鹿砂層-TCS-15	2	D	D
5-木山層-CBK-13	5	B	B	2-打鹿砂層-PST-9	2	A	A	3-出礦坑層-CS-58	3	D	D
2-打鹿頁岩-CS-60	2	B	B	2-打鹿砂層-PST-8	2	A	A	5-木山層-CS-70	5	D	D
2-打鹿頁岩-CBK-11	2	B	B	2-打鹿砂層-TCS-20	2	A	A	5-木山層-THS-1	5	D	D
5-木山層-CS-72	5	B	B	5、6-木山層、五指山層-CHK-127	5、6	D	F	4-碧靈頁岩-CBK-13	4	D	D
2-北寮砂岩-CS-59	2	B	B	5-木山層-PL-1	5	D	F	2-打鹿砂層-YHS-7	2	D	D

(3) 地理圖示標記

由於資料的原始成分，可能會依井所屬的地區、深度、生產層或生油來源各種因素造成統計上數據的群聚關係，因此中油研究人員與本團隊初步採用了 QGIS 軟體，將上述分析的分群結果疊加在既有的地質圖與油氣移棲圖上。

由北部地區的地質圖(如圖 5.3-2)可觀察到各區域的井雖多數皆被歸類於相同一群，然而仍有不少同區域的井被歸為不同群，但由於同區域的井，其探採深度與地質可能不同，因此猜測有其他的因素造成同區域井的原始成分分群不同。而本筆資料南部地區井較少，除了外海地區的分群結果較一致，其他地區較難由地質圖觀察各口井分群的關聯性(如圖 5.3-4)。

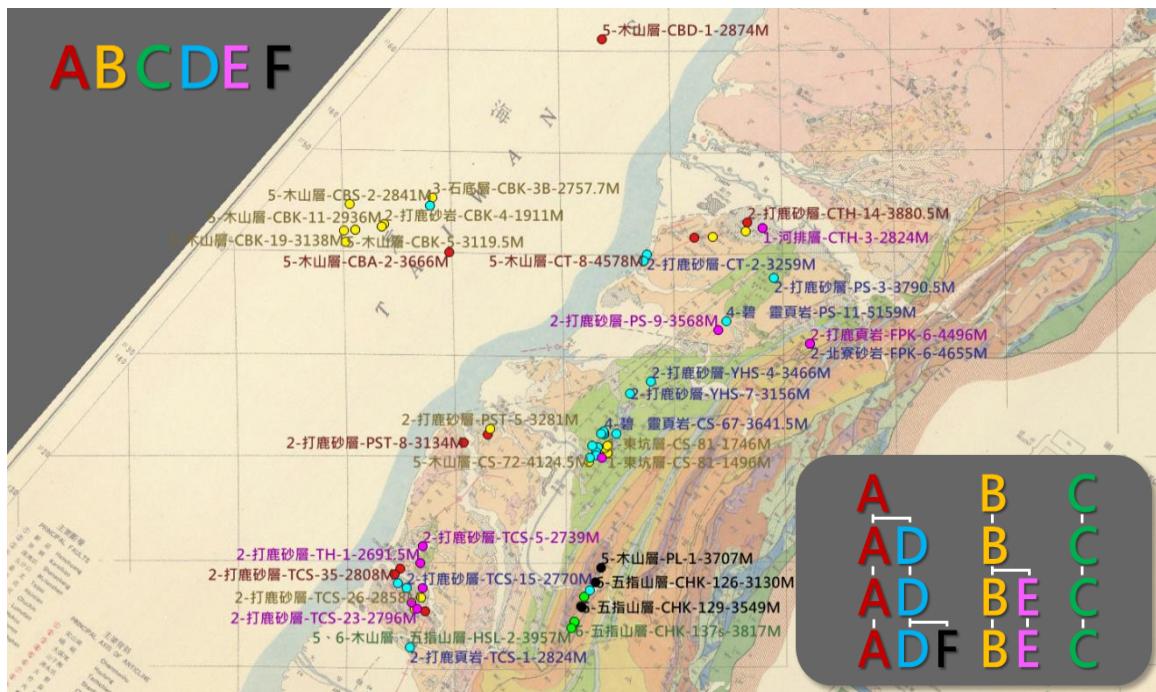


圖 5.3-2 凝結油輕碳氫化合物資料北部地區井之平面地質圖

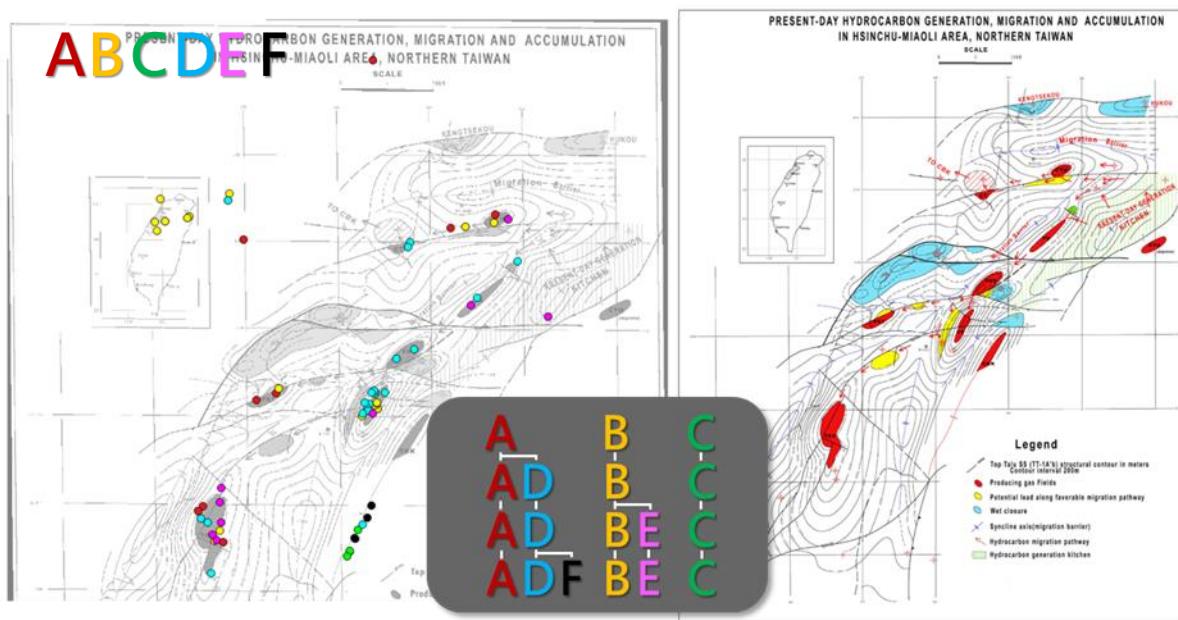


圖 5.3-3 凝結油輕碳氫化合物資料北部地區井之油氣移棲圖

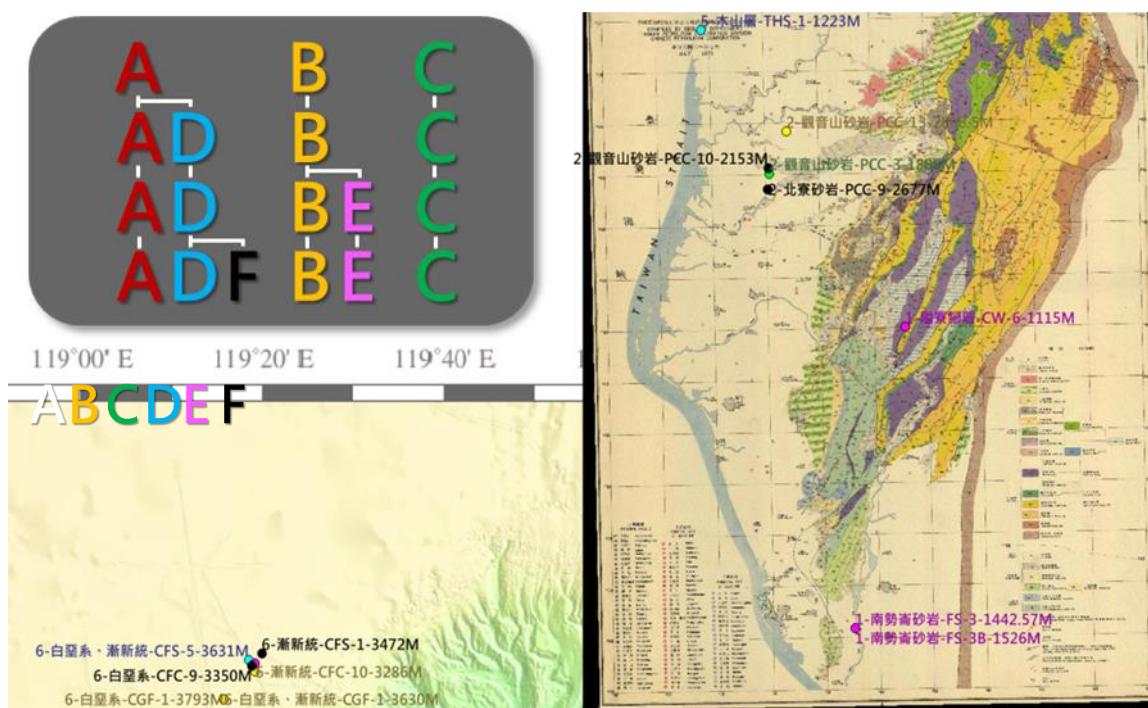


圖 5.3-4 凝結油輕碳氫化合物資料南部地區井之平面地質圖

雖然平面的地質圖中，可由井的 ID 編號觀察各口井的深度、生產層和分群的結果，但由於資訊過多難以清楚的釐清彼此的關聯性，經與中油研究人員專業諮詢討論後，特地挑選 CS(錦水)和 TCS(鐵砧山)這兩個地區資料筆數較多，且地底下油氣分佈較複雜的區域，利用立體的柱狀圖呈現生產層與分群結果(圖 5.3-5 及圖 5.3-6)，顏色表示分群，數字表示生產層深度。

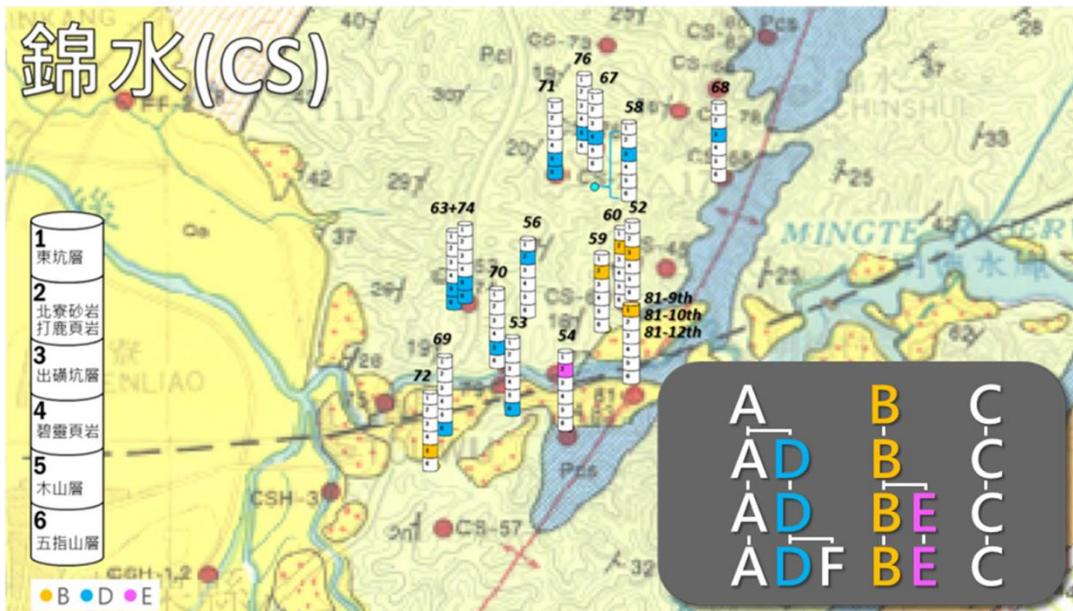


圖 5.3-5 凝結油輕碳氫化合物資料錦水(CS)地區之立體地質圖

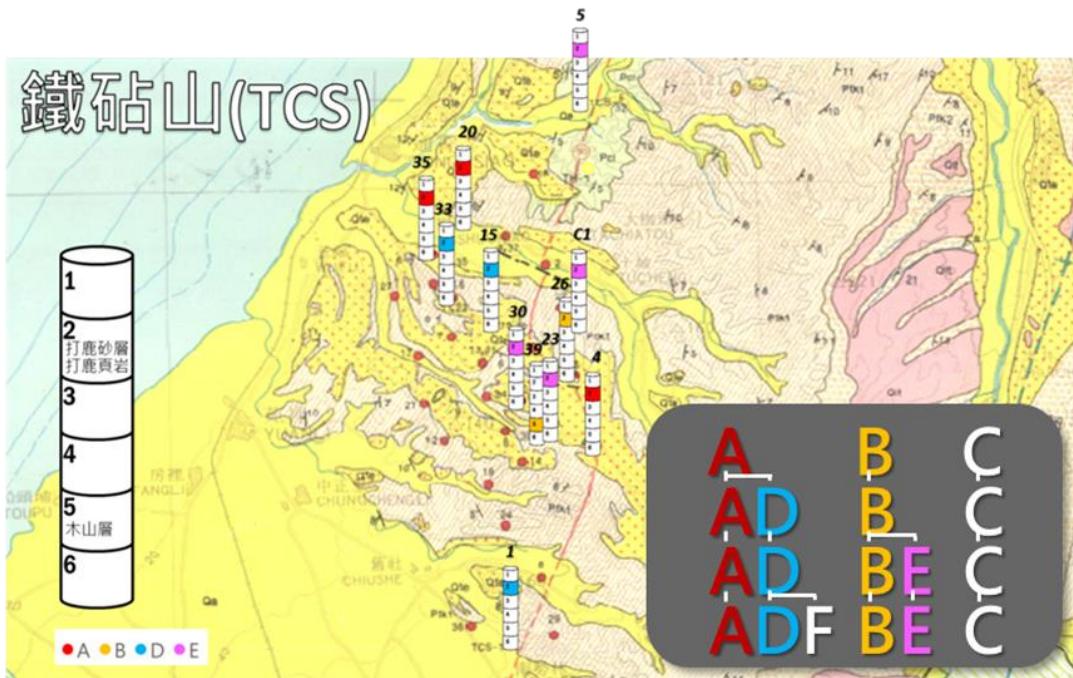


圖 5.3-6 凝結油輕碳氫化合物資料鐵砧山(TCS)地區之立體地質圖

(4)成分之重要性

前面藉由分群分析在地質與地理位置上解釋井的群聚關係外，也透過地理圖示標記資料，將分群結果疊加在既有的地質圖上，但無法知道分群結果中各分群群聚的原因是受到哪些成分的影響才會被分在一起，然而地質圖所要呈現井所屬的地區、深度、生產層或生油來源各種因素造成統計上數據的群聚關係效果也不是很好，因此以 6 群之結果利用因素分析探討各分群間主要影響之成分。

表 5.3-3、表 5.3-4 與表 5.3-5 為各分群之主成分分析結果。選取各分群中數值大於 0.9 或小於-0.9 為主要受影響之成分。第一主成分(表 5.3-3)中 C 群受影響之成分最多(12/15)，主要影響的成分有 22DMP、33DMP、11DMCP、2MH、23DMP、1C3DMCP、3MH、1T3DMCP、1T2DMCP、C7、MCH 和 ECP。其次為 D 群(10/15)，主要影響的成分有 24DMP、11DMCP、2MH、23DMP、1C3DMCP、3MH、1T3DMCP、1T2DMCP、C7 和 MCH；A 群(6/15)主要影響的成分有 22DMP、24DMP、33DMP、11DMCP、2MH 和 3MH；F 群(3/15)主要影響之成分有 11DMCP、2MH 和 C7；B、E 群(2/15)，其中 B 群受影響之成分為 22DMP 和 33DMP，E 群受影響之成分則為 11DMCP 和 23DMP。

第二主成分(表 5.3-4)中僅有 A 群、B 群 C 群與 F 群有受影響之成分，接受影響之成分個數由多至少依序為 B 群(4/15)，A 群(2/15)，A、F 群(1/15)。其中 B 群受影響之成分為 1C3DMCP、1T3DMCP、1T2DMCP 和 ECP；A 群受影響之成分為 MCH 和 ECP；C 群受影響之成分為 TOL；F 群受影響之成分為 223TMB。然而第三主成分(表 5.3-5)中僅有 2MH 為 B 群唯一重要的成分。

表 5.3-3 凝結油輕碳氫化合物各群第一主成分

	A	B	C	D	E	F
22DMP	0.95	0.93	0.95	0.88	0.62	0.5
24DMP	0.97	0.74	0.89	0.94	0.84	0.64
223TMB	0.6	0.46	-0.57	0.62	0.87	0.06
33DMP	0.92	0.91	0.97	-0.06	0.86	0.69
11DMCP	0.92	0.73	0.98	0.97	0.94	0.91
2MH	0.97	0.19	0.96	0.98	0.74	0.90
23DMP	0.84	0.89	0.99	0.95	0.91	0.78
1C3DMCP	0.72	0.33	0.96	0.98	0.72	0.84
3MH	0.95	0.44	0.98	0.99	0.77	0.89
1T3DMCP	0.77	0.25	0.97	0.99	0.66	0.73
1T2DMCP	0.64	0.18	0.99	0.98	0.83	0.83
C7	0.58	0.27	0.92	0.94	0.41	0.97
MCH	0.22	0.2	0.91	0.92	0.78	0.72
ECP	-0.15	-0.01	0.92	0.87	0.5	0.84
TOL	-0.47	-0.74	-0.08	-0.15	-0.19	-0.26

註：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於-0.9

表 5.3-4 凝結油輕碳氫化合物各群第二主成分

	A	B	C	D	E	F
22DMP	0.27	0.18	-0.1	0.26	0.08	0.87
24DMP	0.24	0.32	0.04	0.22	0.46	0.76
223TMB	-0.23	0.31	-0.56	0.14	0.11	0.98
33DMP	0.31	0.22	-0.07	0.82	0.3	0.71
11DMCP	0.31	0.33	0.06	0.09	0.08	0.41
2MH	0.19	0.23	0.21	0.12	0.64	0.42
23DMP	0.54	0.31	0.06	0.1	0.36	0.63
1C3DMCP	0.68	0.90	0.18	0.05	0.64	0.52
3MH	0.27	0.29	0.18	0.09	0.62	0.44
1T3DMCP	0.61	0.92	0.17	0.05	0.71	0.67
1T2DMCP	0.76	0.95	0.09	0.02	0.5	0.51
C7	0.43	0.09	0.33	0.01	0.85	0.14
MCH	0.95	0.67	0.11	-0.09	0.6	0.6
ECP	0.98	0.93	0.24	-0.16	0.81	0.47
TOL	-0.8	0.08	0.96	-0.69	0.66	-0.06

註：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於-0.9

表 5.3-5 凝結油輕碳氫化合物各群第三主成分

	A	B	C	D	E	F
22DMP	-	0.14	-	-	-	-
24DMP	-	0.5	-	-	-	-
223TMB	-	0.61	-	-	-	-
33DMP	-	0.3	-	-	-	-
11DMCP	-	0.56	-	-	-	-
2MH	-	0.95	-	-	-	-
23DMP	-	0.22	-	-	-	-
1C3DMCP	-	0.25	-	-	-	-
3MH	-	0.84	-	-	-	-
1T3DMCP	-	0.21	-	-	-	-
1T2DMCP	-	0.12	-	-	-	-
C7	-	0.87	-	-	-	-
MCH	-	0.59	-	-	-	-
ECP	-	0.17	-	-	-	-
TOL	-	-0.23	-	-	-	-

註：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於-0.9

5.4 天然氣成分及甲乙丙烷同位素組成資料

天然氣成分及甲乙丙烷同位素涵蓋 87 筆資料，經仔細比對含有 80 口井位置之天然氣 11 個成分。

(1) 敘述統計

本資料 11 個成分的敘述統計數值如表 5.4-1。

表 5.4-1 天然氣成分及甲乙丙烷同位素敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
CH ₄	47.25	72.20	84.45	80.93	90.46	99.50
C ₂ H ₆	0.00	1.72	3.26	3.96	5.37	13.75
C ₃ H ₈	0.00	0.41	0.76	1.33	1.89	5.20
iC ₄ H ₁₀	0.00	0.10	0.23	0.32	0.43	1.59
nC ₄ H ₁₀	0.00	0.09	0.18	0.28	0.39	1.15
iC ₅ H ₁₂	0.00	0.04	0.10	0.14	0.21	0.97
nC ₅ H ₁₂	0.00	0.02	0.05	0.07	0.11	0.48
CO ₂	0.00	0.50	3.25	11.53	13.48	49.70
$\delta^{13}\text{CH}_4$	-68.84	-40.40	-36.88	-39.41	-33.53	-29.06
$\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$	-44.02	-29.03	-27.26	-27.42	-25.41	-10.64
$\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$	-45.11	-26.03	-24.49	-25.17	-23.3	-20.91

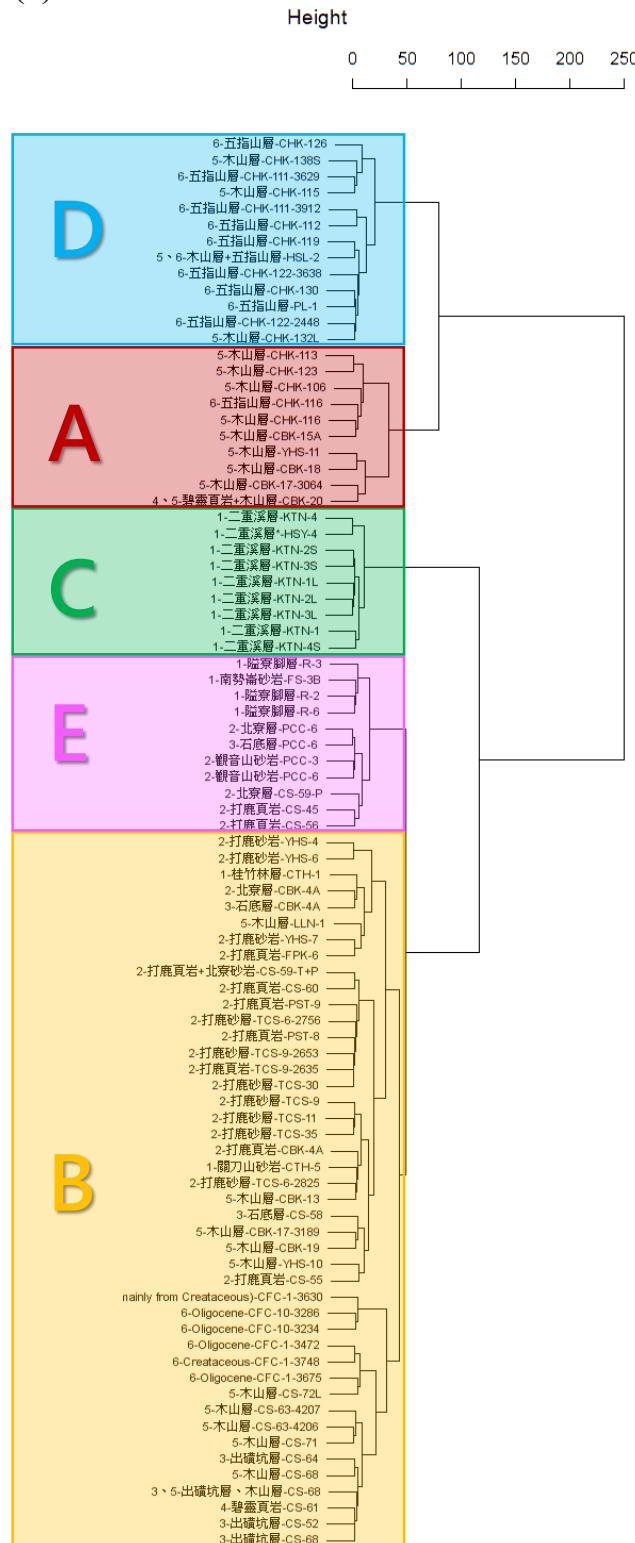
(2) 分群分析

根據 5.3 節分群分析的結果，將採用歐氏距離華德法，針對兩組資料(I：天然氣成分及甲烷同位素；II：天然氣成分及甲乙丙烷同位素)分別做五群和六群的階層式分群。圖 5.4-1 與圖 5.4-2 為樹狀圖，其中(a)與(b)分別代表分五群與六群的結果，各口井詳細的分群結果請見表 5.4-2 與表 5.4-3。

其分析結果與中油審慎討論後，一致認為針對資料 II：天然氣成分及甲乙丙烷同位素這組資料分五群、分六群較能與中油目前地質探勘實證科學研究的結論彼此呼應解釋。

I. 天然氣成分及甲烷同位素組成

(a)



(b)

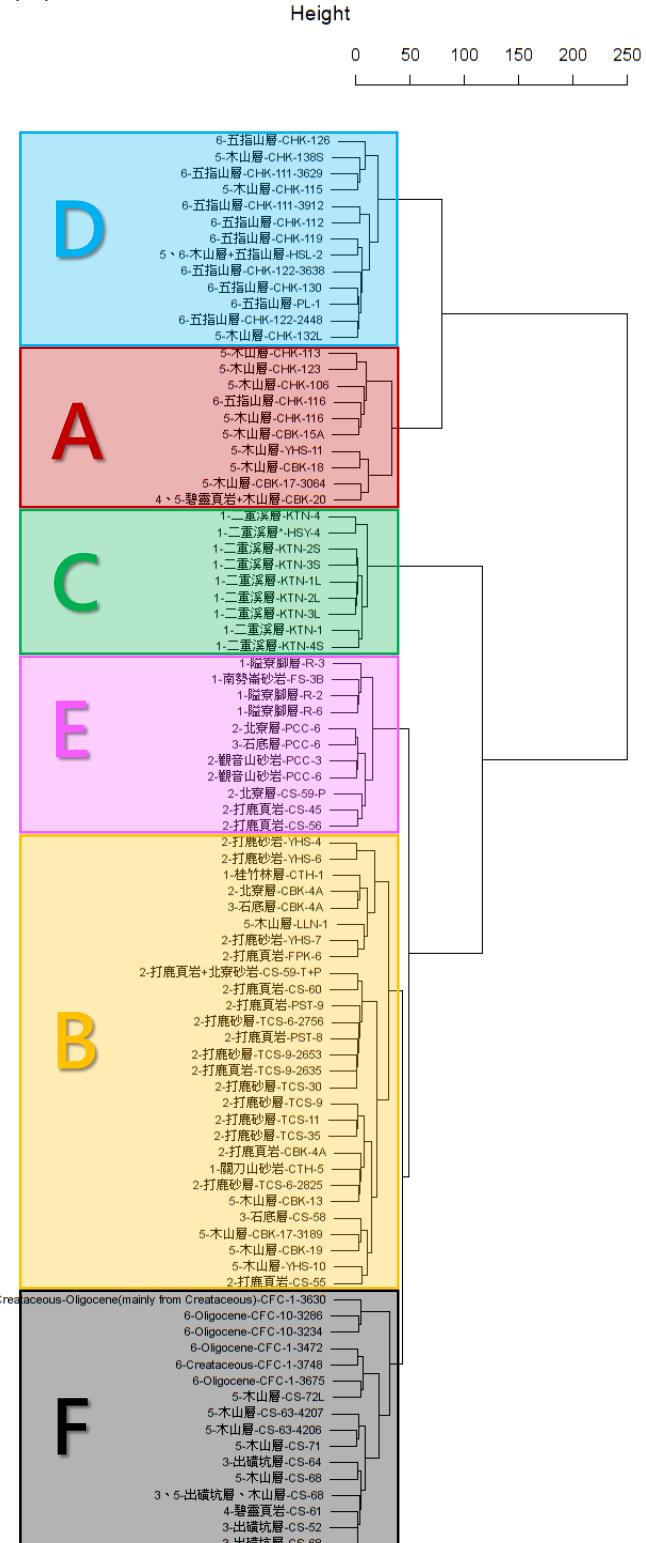


圖 5.4-1 天然氣成分及甲烷同位素歐氏距離華德法分群圖

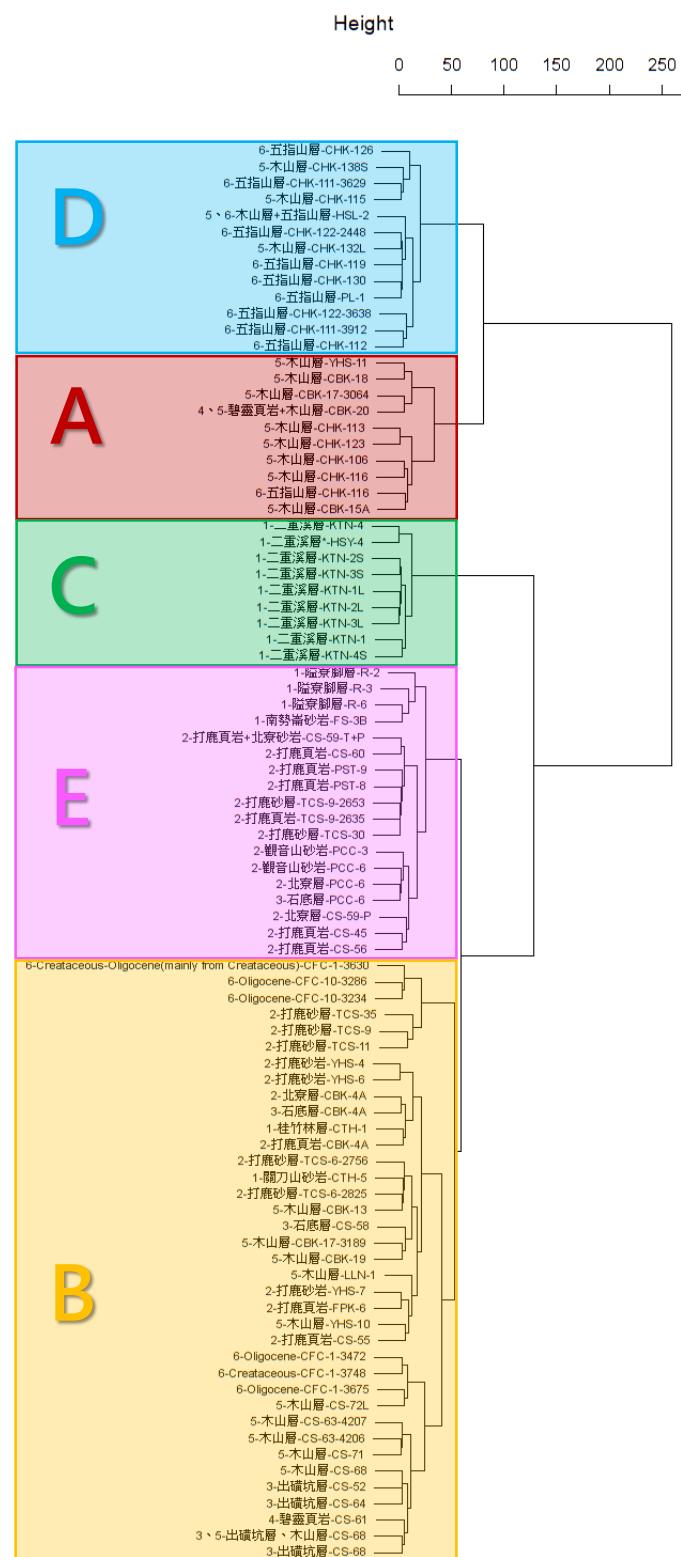
(a) 5 群 (b) 6 群

表 5.4-2 天然氣成分及甲烷同位素歐氏距離華德法分群表

ID	生產層分群	分5群	分6群	ID	生產層分群	分5群	分6群
6-五指山層-CHK-126	6	D	D	2-打鹿砂岩-YHS-6		2	B
5-木山層-CHK-138S	5	D	D	1-桂竹林層-CTH-1		1	B
6-五指山層-CHK-111-3629	6	D	D	2-北寮層-CBK-4A		2	B
5-木山層-CHK-115	5	D	D	3-石底層-CBK-4A		3	B
6-五指山層-CHK-111-3912	6	D	D	5-木山層-LLN-1		5	B
6-五指山層-CHK-112	6	D	D	2-打鹿砂岩-YHS-7		2	B
6-五指山層-CHK-119	6	D	D	2-打鹿頁岩-PPK-6		2	B
5、6-木山層+五指山層-HSL-2	5、6	D	D	2-打鹿頁岩+北寮砂岩-CS-59-T+P		2	B
6-五指山層-CHK-122-3638	6	D	D	2-打鹿頁岩-CS-60		2	B
6-五指山層-CHK-130	6	D	D	2-打鹿頁岩-PST-9		2	B
6-五指山層-PL-1	6	D	D	2-打鹿砂層-TCS-6-2756		2	B
6-五指山層-CHK-122-2448	6	D	D	2-打鹿頁岩-PST-8		2	B
5-木山層-CHK-132L	5	D	D	2-打鹿砂層-TCS-9-2653		2	B
5-木山層-CHK-113	5	A	A	2-打鹿頁岩-TCS-9-2635		2	B
5-木山層-CHK-123	5	A	A	2-打鹿砂層-TCS-30		2	B
5-木山層-CHK-106	5	A	A	2-打鹿砂層-TCS-9		2	B
6-五指山層-CHK-116	6	A	A	2-打鹿砂層-TCS-11		2	B
5-木山層-CHK-116	5	A	A	2-打鹿砂層-TCS-35		2	B
5-木山層-CBK-15A	5	A	A	2-打鹿頁岩-CBK-4A		2	B
5-木山層-YHS-11	5	A	A	1-關刀山砂岩-CTH-5		1	B
5-木山層-CBK-18	5	A	A	2-打鹿砂層-TCS-6-2825		2	B
5-木山層-CBK-17-3064	5	A	A	5-木山層-CBK-13		5	B
4、5-碧靈頁岩+木山層-CBK-20	4、5	A	A	3-石底層-CS-58		3	B
1-二重溪層-KTN-4	1	C	C	5-木山層-CBK-17-3189		5	B
1-二重溪層*-HSY-4	1	C	C	5-木山層-CBK-19		5	B
1-二重溪層-KTN-2S	1	C	C	5-木山層-YHS-10		5	B
1-二重溪層-KTN-3S	1	C	C	2-打鹿頁岩-CS-55		2	B
1-二重溪層-KTN-1L	1	C	C	6-Cretaceous-Oligocene(mainly from Cretaceous)-CFC-1-3630		6	B
1-二重溪層-KTN-2L	1	C	C	6-Oligocene-CFC-10-3286		6	B
1-二重溪層-KTN-3L	1	C	C	6-Oligocene-CFC-10-3234		6	B
1-二重溪層-KTN-1	1	C	C	6-Oligocene-CFC-1-3472		6	B
1-二重溪層-KTN-4S	1	C	C	6-Cretaceous-CFC-1-3748		6	B
1-隘寮腳層-R-3	1	E	E	6-Oligocene-CFC-1-3675		6	B
1-南勢崎砂岩-FS-3B	1	E	E	5-木山層-CS-72L		5	B
1-隘寮腳層-R-2	1	E	E	5-木山層-CS-63-4207		5	B
1-隘寮腳層-R-6	1	E	E	5-木山層-CS-63-4206		5	B
2-北寮層-PCC-6	2	E	E	5-木山層-CS-71		5	B
3-石底層-PCC-6	3	E	E	3-出磺坑層-CS-64		3	B
2-觀音山砂岩-PCC-3	2	E	E	5-木山層-CS-68		5	B
2-觀音山砂岩-PCC-6	2	E	E	3、5-出磺坑層、木山層-CS-68		3	B
2-北寮層-CS-59-P	2	E	E	4-碧靈頁岩-CS-61		4	B
2-打鹿頁岩-CS-45	2	E	E	3-出磺坑層-CS-52		3	B
2-打鹿頁岩-CS-56	2	E	E	3-出磺坑層-CS-68		3	B
2-打鹿砂岩-YHS-4	2	B	B				F

II. 天然氣成分及甲乙丙烷同位素組成

(a)



(b)

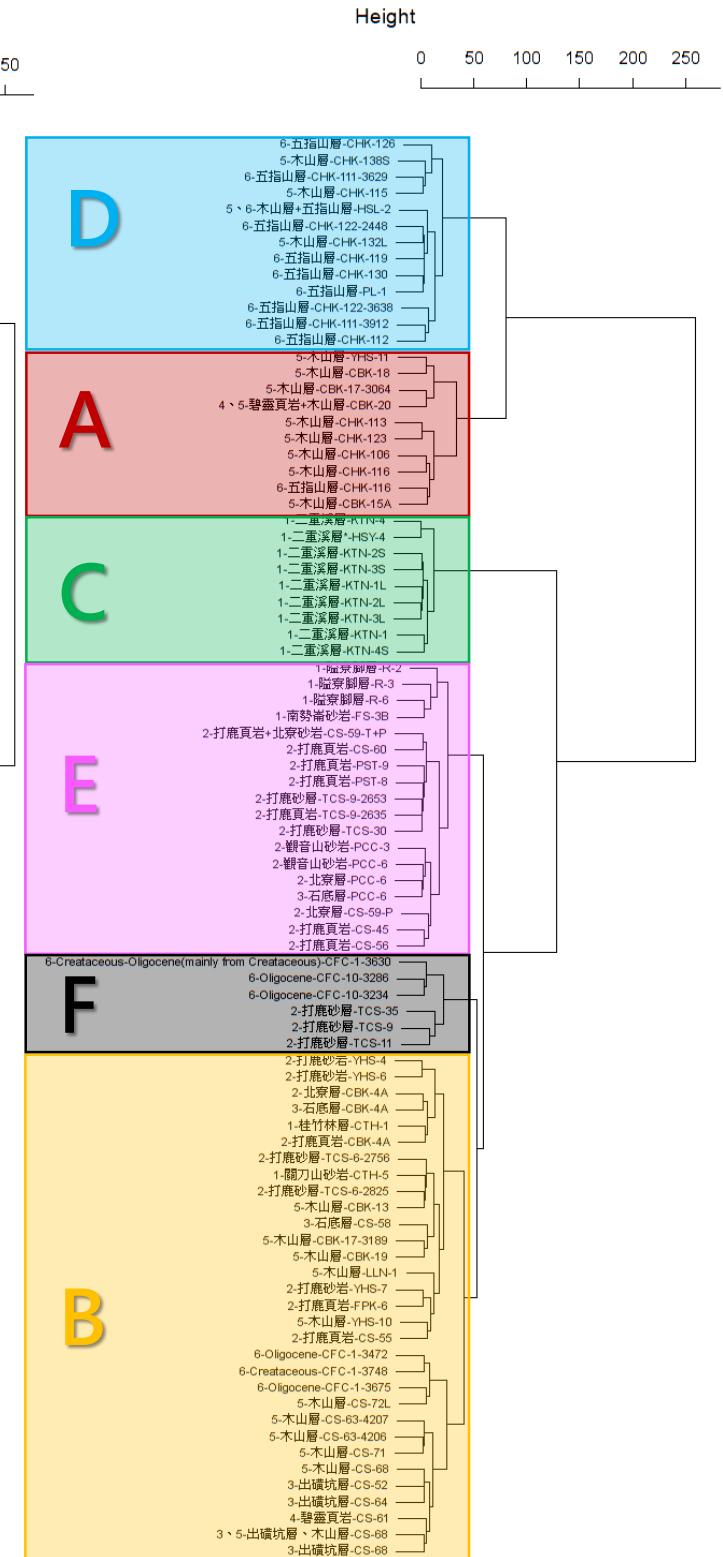


圖 5.4-2 天然氣成分及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖

(a) 5 群 (b) 6 群

表 5.4-3 天然氣成分及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群表

ID	生產層分群	分5群	分6群	ID	生產層分群	分5群	分6群
6-五指山層-CHK-126	6	D	D	2-觀音山砂岩-PCC-6	2	E	E
5-木山層-CHK-138S	5	D	D	2-北寮層-PCC-6	2	E	E
6-五指山層-CHK-111-3629	6	D	D	3-石底層-PCC-6	3	E	E
5-木山層-CHK-115	5	D	D	2-北寮層-CS-59-P	2	E	E
5、6-木山層+五指山層-HSL-2	5、6	D	D	2-打鹿頁岩-CS-45	2	E	E
6-五指山層-CHK-122-2448	6	D	D	2-打鹿頁岩-CS-56	2	E	E
5-木山層-CHK-132L	5	D	D	6-Creataceous-Oligocene(mainly from Creataceous)-CFC-1-3630	6	B	F
6-五指山層-CHK-119	6	D	D	6-Oligocene-CFC-10-3286	6	B	F
6-五指山層-CHK-130	6	D	D	6-Oligocene-CFC-10-3234	6	B	F
6-五指山層-PL-1	6	D	D	2-打鹿砂層-TCS-35	2	B	F
6-五指山層-CHK-122-3638	6	D	D	2-打鹿砂層-TCS-9	2	B	F
6-五指山層-CHK-111-3912	6	D	D	2-打鹿砂層-TCS-11	2	B	F
6-五指山層-CHK-112	6	D	D	2-打鹿砂岩-YHS-4	2	B	B
5-木山層-YHS-11	5	A	A	2-打鹿砂岩-YHS-6	2	B	B
5-木山層-CBK-18	5	A	A	2-北寮層-CBK-4A	2	B	B
5-木山層-CBK-17-3064	5	A	A	3-石底層-CBK-4A	3	B	B
4、5-碧靈頁岩+木山層-CBK-20	4、5	A	A	1-桂竹林層-CTH-1	1	B	B
5-木山層-CHK-113	5	A	A	2-打鹿頁岩-CBK-4A	2	B	B
5-木山層-CHK-123	5	A	A	2-打鹿砂層-TCS-6-2756	2	B	B
5-木山層-CHK-106	5	A	A	1-關刀山砂岩-CTH-5	1	B	B
6-五指山層-CHK-116	6	A	A	2-打鹿砂層-TCS-6-2825	2	B	B
5-木山層-CHK-116	5	A	A	5-木山層-CBK-13	5	B	B
5-木山層-CBK-15A	5	A	A	3-石底層-CS-58	3	B	B
1-二重溪層-KTN-4	1	C	C	5-木山層-CBK-17-3189	5	B	B
1-二重溪層*-HSY-4	1	C	C	5-木山層-CBK-19	5	B	B
1-二重溪層-KTN-2S	1	C	C	5-木山層-LLN-1	5	B	B
1-二重溪層-KTN-3S	1	C	C	2-打鹿砂岩-YHS-7	2	B	B
1-二重溪層-KTN-1L	1	C	C	2-打鹿頁岩-FPK-6	2	B	B
1-二重溪層-KTN-2L	1	C	C	5-木山層-YHS-10	5	B	B
1-二重溪層-KTN-3L	1	C	C	2-打鹿頁岩-CS-55	2	B	B
1-二重溪層-KTN-1	1	C	C	6-Oligocene-CFC-1-3472	6	B	B
1-二重溪層-KTN-4S	1	C	C	6-Creataceous-CFC-1-3748	6	B	B
1-隘寮腳層-R-2	1	E	E	6-Oligocene-CFC-1-3675	6	B	B
1-隘寮腳層-R-3	1	E	E	5-木山層-CS-72L	5	B	B
1-隘寮腳層-R-6	1	E	E	5-木山層-CS-63-4207	5	B	B
1-南勢崙砂岩-FS-3B	1	E	E	5-木山層-CS-63-4206	5	B	B
2-打鹿頁岩+北寮砂岩-CS-59-T+P	2	E	E	5-木山層-CS-71	5	B	B
2-打鹿頁岩-CS-60	2	E	E	5-木山層-CS-68	5	B	B
2-打鹿頁岩-PST-9	2	E	E	3-出礦坑層-CS-52	3	B	B
2-打鹿頁岩-PST-8	2	E	E	3-出礦坑層-CS-64	3	B	B
2-打鹿頁岩-TCS-9-2635	2	E	E	4-碧靈頁岩-CS-61	4	B	B
2-打鹿砂層-TCS-9-2653	2	E	E	3、5-出礦坑層、木山層-CS-68	3	B	B
2-打鹿砂層-TCS-30	2	E	E	3-出礦坑層-CS-68	3	B	B
2-觀音山砂岩-PCC-3	2	E	E				

(3) 地理圖示標記

為了方便解釋分群分析結果與地質關係，使用 QGIS 製作資料 II：天然氣成分及甲乙丙烷同位素分六群的分析結果疊加在既有的地質圖與油氣移棲圖，分別以北部及南部個別探討(如圖 5.4-3、圖 5.4-4)。在北部地質圖上的展示發現新竹、苗栗地區 B、D、E 群的井位置有延伸性，因此藉由油氣移棲圖的方式可提供移動的先後順序及方向之參考(如圖 5.4-5)。

經與中油研究人員專業諮詢討論後，特地挑選 CS(錦水)區域，利用立體的柱狀圖呈現生產層與分群結果(如圖 5.4-6)。CS 生產層主要為北寮砂岩、打鹿頁岩、出磺坑層、石底層、碧靈頁岩及木山層，分群以 B、E 群為主。北寮砂岩及打鹿頁岩皆為 E 群，B 群則分佈在出磺坑層、石底層、碧靈頁岩及木山層。

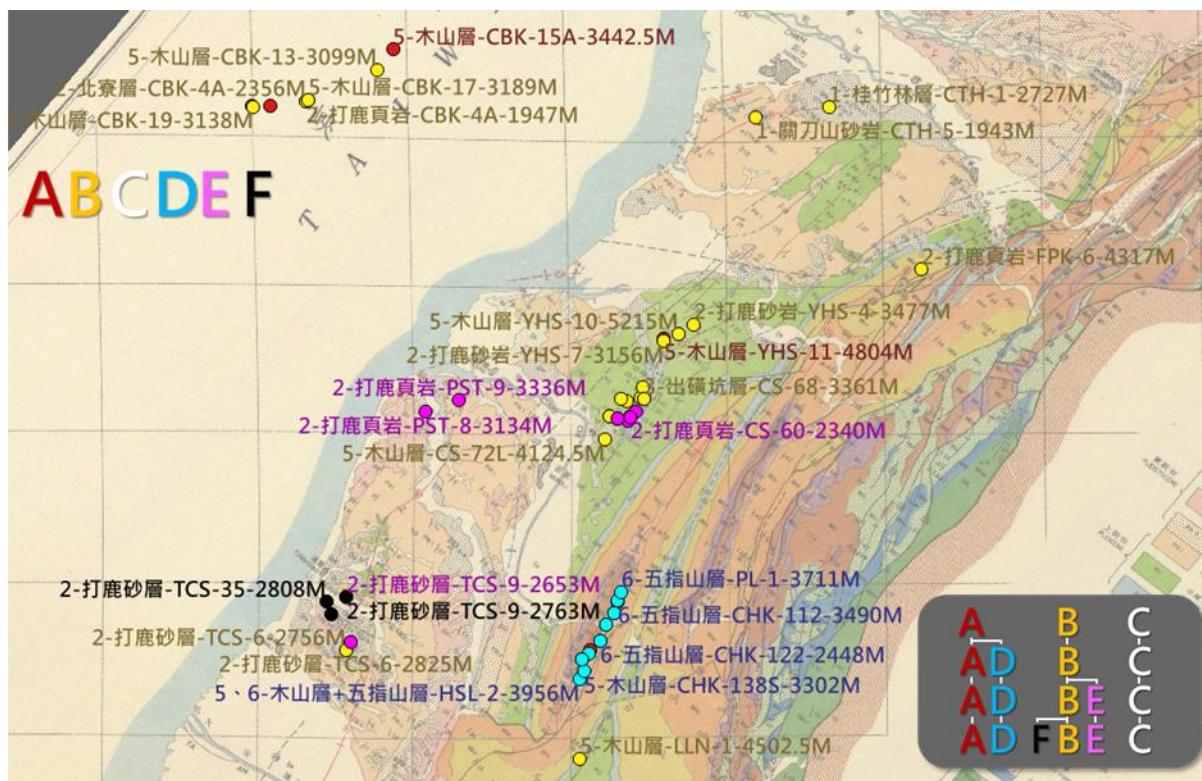


圖 5.4-3 北部天然氣成分及甲乙丙烷同位素之平面地質圖

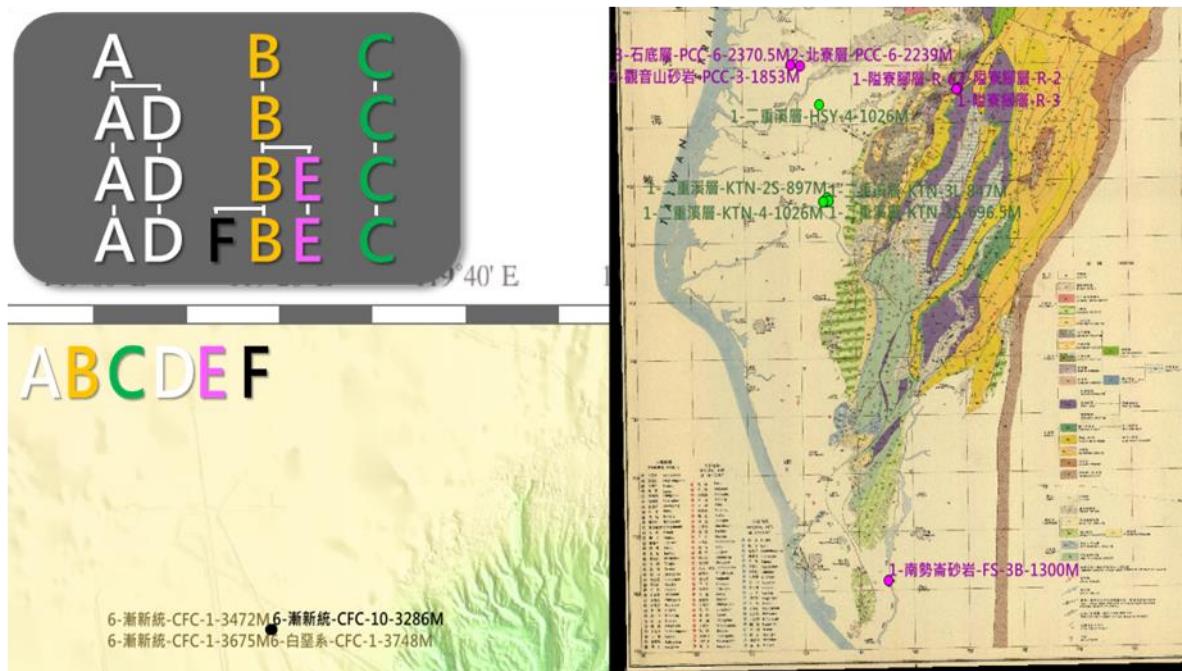


圖 5.4-4 南部天然氣成分及甲乙丙烷同位素之平面地質圖

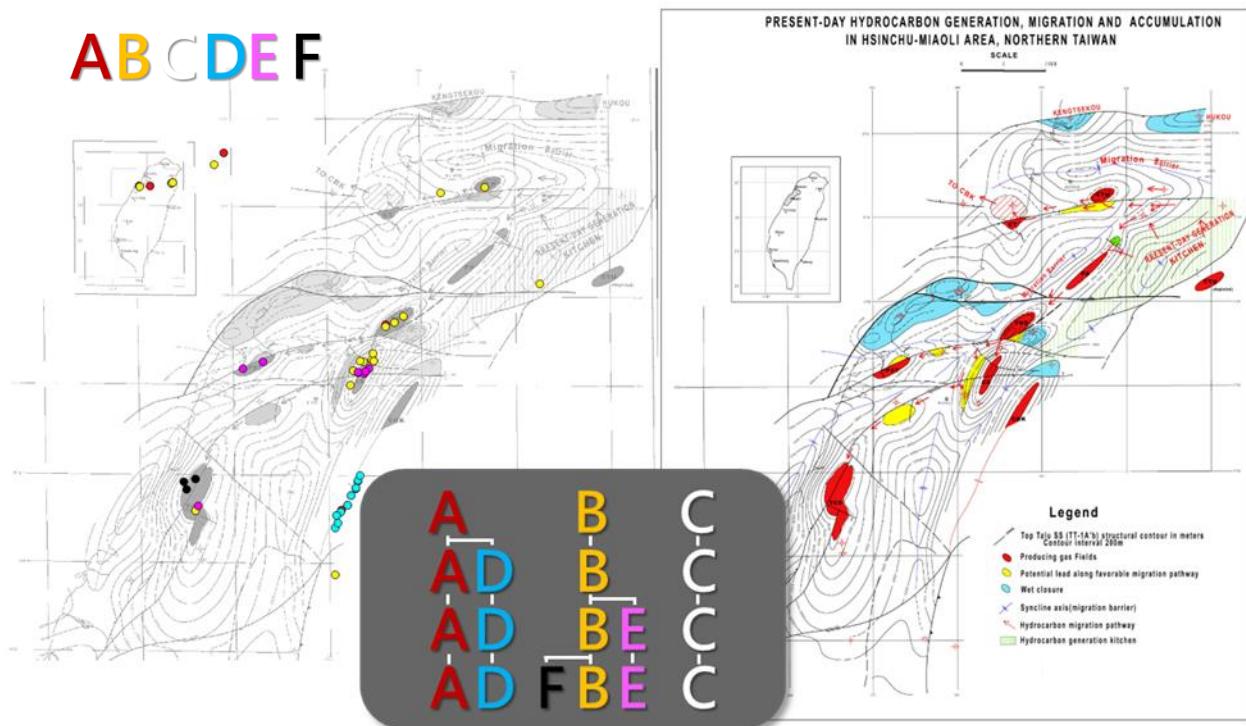
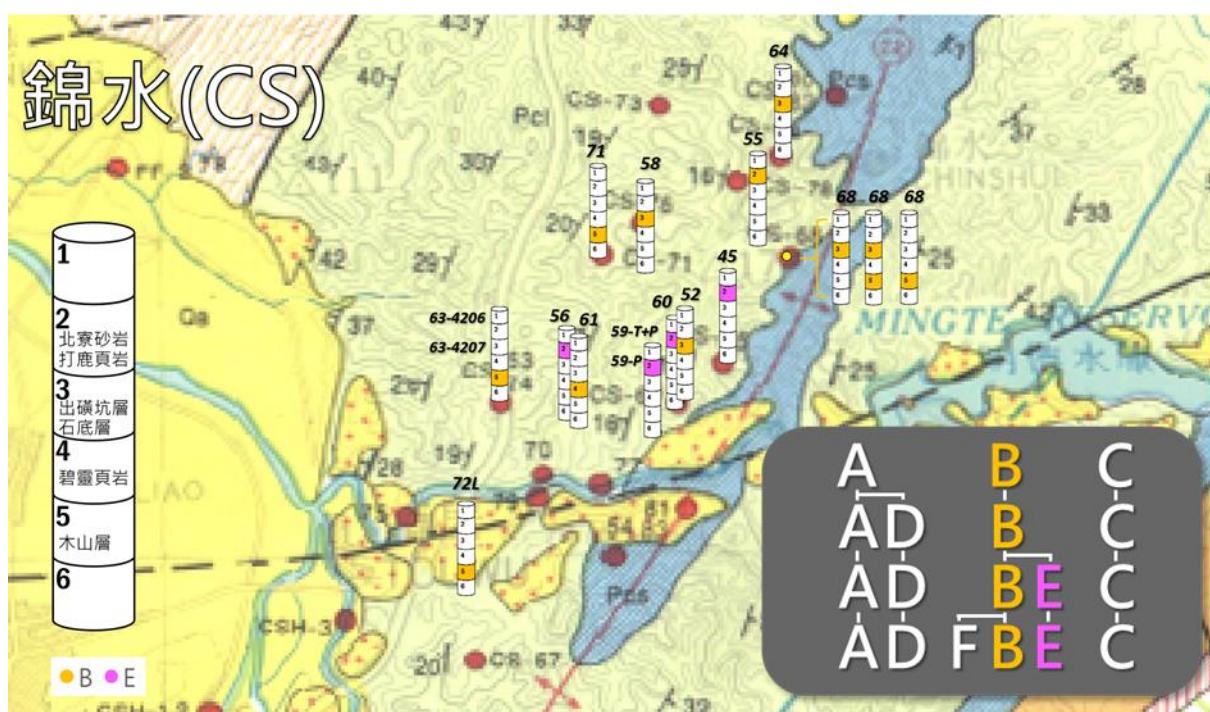


圖 5.4-5 北部天然氣成分及甲乙丙烷同位素之油氣移棲圖



(4)成分之重要性

根據 5.3 節找出影響分群結果之成分，將使用因素分析針對本資料探討天然氣群與群間的主要影響成分。

表 5.4-5 與表 5.4-6 為各分群之主成分分析結果。選取各分群中數值大於 0.9 或小於-0.9 為主要受影響之成分。第一主成分(表 5.4-4)中 D 和 F 群受影響之成分最多(7/11)，D 群主要影響的成分有 CH₄、C₂H₆、C₃H₈、iC₄H₁₀、nC₄H₁₀、iC₅H₁₂ 和 nC₅H₁₂， F 群主要影響的成分有 C₃H₈、iC₄H₁₀、nC₄H₁₀、iC₅H₁₂、nC₅H₁₂、CO₂、和 $\delta^{13}\text{CH}_4$ ；B 群(3/11)主要影響的成分有 CH₄、C₂H₆、和 CO₂；A 群(2/11)主要影響之成分有 C₂H₆、和 CO₂；C 群(2/11)受影響之成分為 iC₅H₁₂、nC₅H₁₂。然而 E 群除了沒有受影響之成分外，C₃H₈、iC₄H₁₀、nC₄H₁₀、iC₅H₁₂ 和 nC₅H₁₂ 之值皆為零， $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ 、和 $\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$ 皆為沒有數據，因此無法進行分析。

第二主成分(表 5.4-5)中僅有 A 群、B 群 C 群與 F 群有受影響之成分，接受影響之成分個數由多至少依序為 B、F 群(2/11)， A、C 群(1/11)。其中 B 群受影響之成分為 iC₅H₁₂ 和 nC₅H₁₂，F 群受影響之成分為 CH₄ 和 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ ；A 群受影響之成分為 $\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$ ，C 群受影響之成分為 C₂H₆。然而第三主成分(表 5.4-6)中僅有 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ 為 C 群唯一重要的成分。

表 5.4-4 天然氣成分及甲乙丙烷同位素各群第一主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	0.89	0.94	-0.71	-0.93	0.76	0.05
C ₂ H ₆	0.92	0.90	0.3	0.93	0.7	-0.7
C ₃ H ₈	0.86	0.64	0.46	0.94		0.94
iC ₄ H ₁₀	0.84	0.66	0.86	0.95		1
nC ₄ H ₁₀	0.84	0.57	0.74	0.95		0.99
iC ₅ H ₁₂	0.83	0.16	0.96	0.96		1
nC ₅ H ₁₂	0.85	-0.04	0.97	0.96		0.98
CO ₂	-0.93	-0.95	-0.22	0.62	0.56	-0.98
δ ¹³ CH ₄	-0.02	0.14	0.27	0.14	0.85	-0.98
δ ¹³ C ₂ H ₆	-0.45	-0.05	-0.05	-0.1		0.06
δ ¹³ C ₃ H ₈	-0.3	-0.4	-0.18	-0.37		-0.86

註 1：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於-0.9

註 2：黑色格子表示此成分於該群的所有資料皆為 0

表 5.4-5 天然氣成分及甲乙丙烷同位素各群第二主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	0.11	0.21	-0.36	0.33	-	1
C ₂ H ₆	-0.26	0	0.91	-0.04	-	-0.71
C ₃ H ₈	-0.49	0.6	0.84	-0.11	-	0.33
iC ₄ H ₁₀	-0.49	0.7	0.45	-0.19	-	-0.03
nC ₄ H ₁₀	-0.49	0.78	0.45	-0.21	-	0.15
iC ₅ H ₁₂	-0.49	0.95	0.19	-0.08	-	-0.03
nC ₅ H ₁₂	-0.47	0.98	0.16	-0.09	-	0.19
CO ₂	0.15	-0.23	-0.89	-0.66	-	-0.18
δ ¹³ CH ₄	0.86	-0.18	-0.03	0.9	-	-0.2
δ ¹³ C ₂ H ₆	0.85	0.22	-0.01	0.74	-	1
δ ¹³ C ₃ H ₈	0.92	0	-0.12	0.56	-	0.51

註：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於-0.9

表 5.4-6 天然氣成分及甲乙丙烷同位素各群第三主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	-	-0.01	-0.15	-	-	-
C ₂ H ₆	-	-0.07	-0.13	-	-	-
C ₃ H ₈	-	-0.37	-0.21	-	-	-
iC ₄ H ₁₀	-	0.11	-0.1	-	-	-
nC ₄ H ₁₀	-	-0.01	-0.22	-	-	-
iC ₅ H ₁₂	-	0.06	0.05	-	-	-
nC ₅ H ₁₂	-	0.01	0.03	-	-	-
CO ₂	-	0.09	-0.07	-	-	-
δ ¹³ CH ₄	-	0.86	0.81	-	-	-
δ ¹³ C ₂ H ₆	-	0.78	0.94	-	-	-
δ ¹³ C ₃ H ₈	-	0.62	0.79	-	-	-

註：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於-0.9

5.5 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成資料

天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素涵蓋 64 筆資料，經仔細比對含有 62 口氣苗位置 11 個成分。

(1) 敘述統計

本資料 11 個成分的敘述統計數值如表 5.5-1。

表 5.5-1 天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
CH ₄	41.65	91.87	97.17	92.31	98.4	99.99
C ₂ H ₆	0.00	0.20	1.37	1.39	2.08	6.24
C ₃ H ₈	0.00	0.01	0.21	0.33	0.45	2.88
iC ₄ H ₁₀	0.00	0.00	0.04	0.09	0.11	1.00
nC ₄ H ₁₀	0.00	0.00	0.02	0.06	0.08	0.50
iC ₅ H ₁₂	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05	0.28
nC ₅ H ₁₂	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.10
CO ₂	0.00	0.00	0.00	1.58	0.00	31.44
$\delta^{13}\text{CH}_4$	-57.7	-33.37	-31.92	-33.67	-30.41	-17.92
$\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$	-46.52	-28.5	-26.44	-26.38	-24.04	-6.72
$\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$	-26.49	-23.08	-22.35	-22.33	-21.39	-19.41

(2) 分群分析

根據 5.3 節分群分析的結果，將採用歐氏距離華德法，針對本資料做二群至六群的階層式分群。圖 5.5-1 為樹狀圖，其中(a)-(e)分別代表分二群至六群的結果，各口井詳細的分群結果請見表 5.5-2。二群中的 A 群再分出 C 群，三群中的 B 群再分出 D 群，四群中的 A 群再分出 E 群，五群中的 D 群再細分出 F 群。

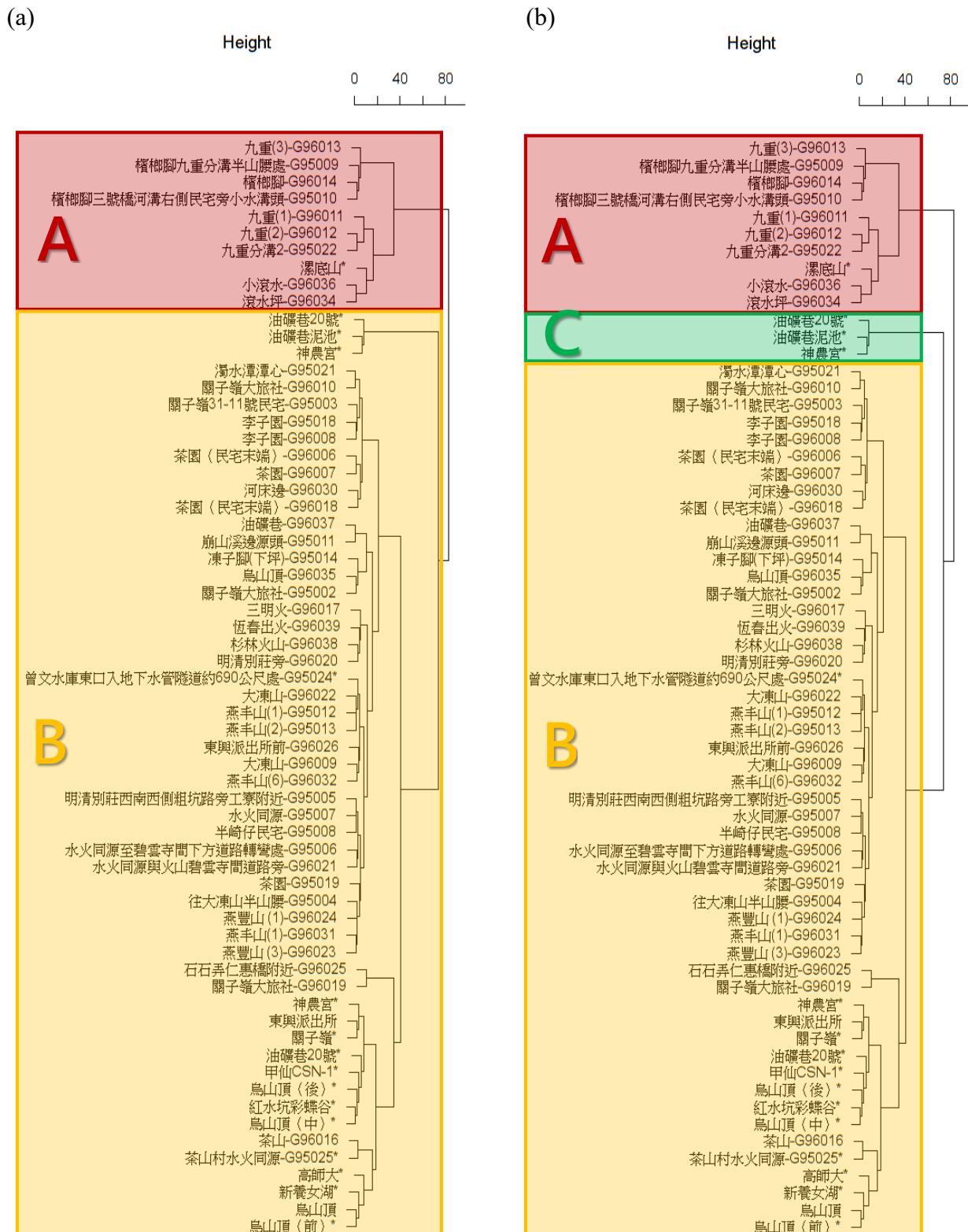


圖 5.5-1 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖

(a) 2 群 (b) 3 群

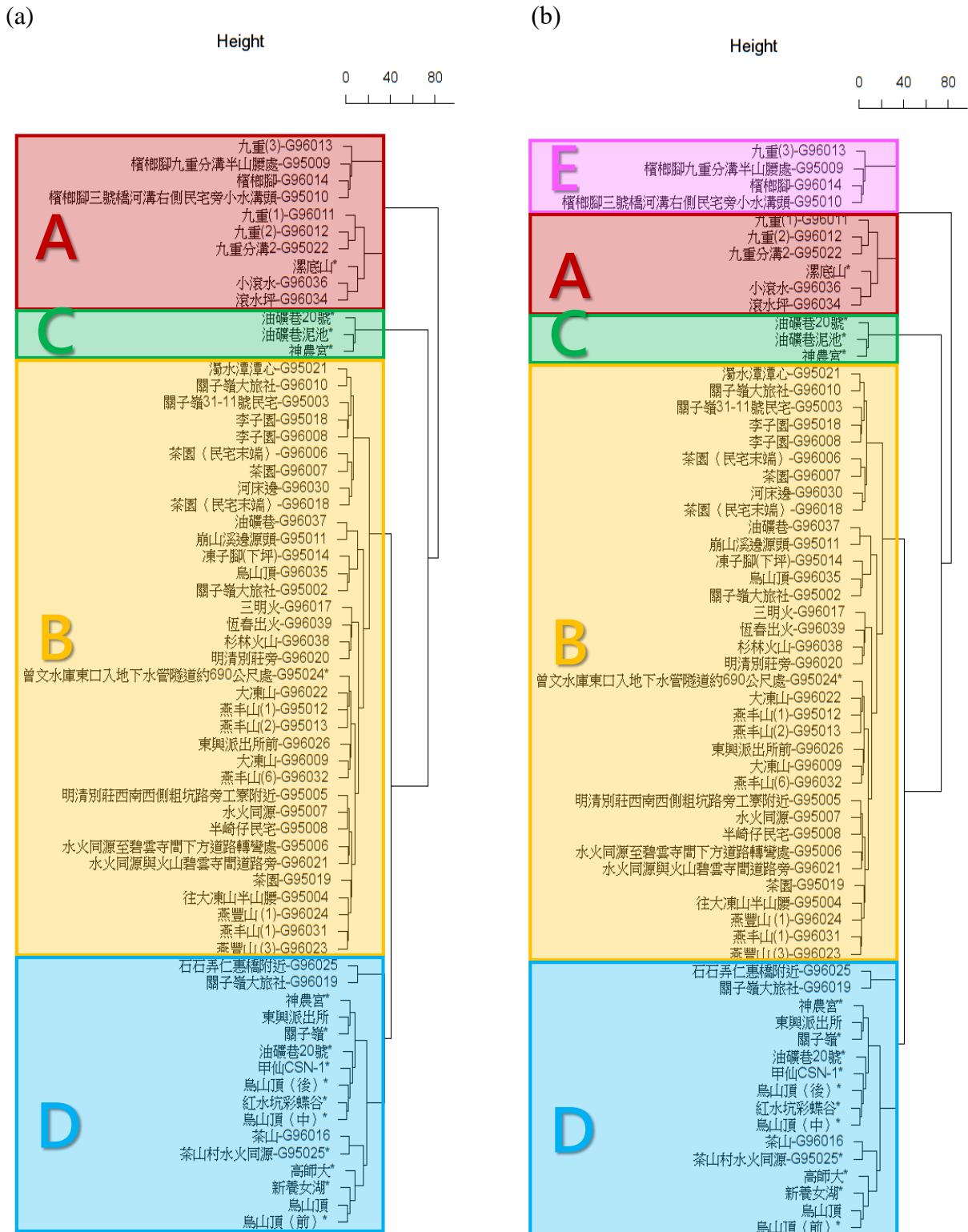


圖 5.5-1(續 1) 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖
(c) 4 群 (d) 5 群

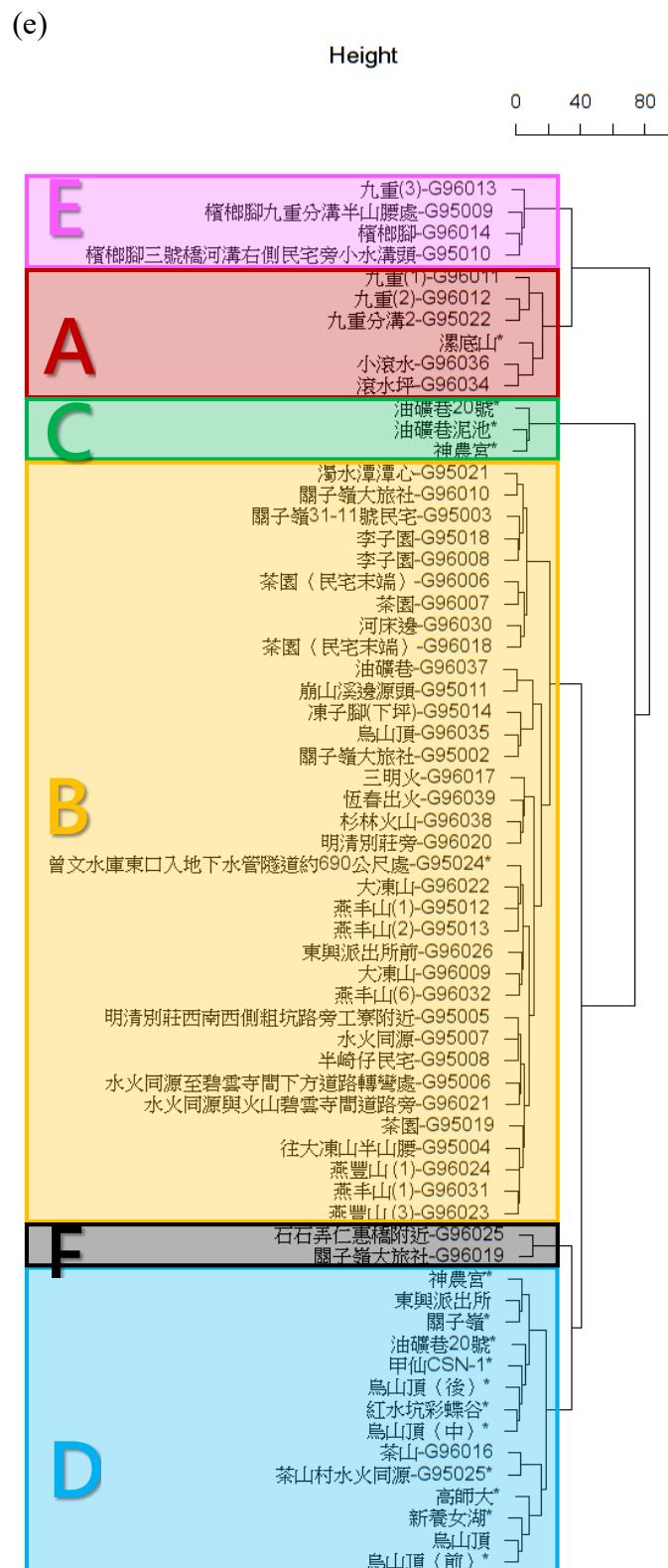


圖 5.5-1(續 2) 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖
(e) 6 群

台灣油氣組成成分之統計分析

表 5.5-2 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群表

ID	分2群	分3群	分4群	分5群	分6群
九重(3)-G96013	A	A	A	E	E
檳榔腳九重分溝半山腰處-G95009	A	A	A	E	E
檳榔腳-G96014	A	A	A	E	E
檳榔腳三號橋河溝右側民宅旁小水溝頭-G95010	A	A	A	E	E
九重(1)-G96011	A	A	A	A	A
九重(2)-G96012	A	A	A	A	A
九重分溝2-G95022	A	A	A	A	A
漂底山*	A	A	A	A	A
小滾水-G96036	A	A	A	A	A
滾水坪-G96034	A	A	A	A	A
油礦巷20號*	B	C	C	C	C
油礦巷泥池*	B	C	C	C	C
神農宮*	B	C	C	C	C
濁水潭潭心-G95021	B	B	B	B	B
關子嶺大旅社-G96010	B	B	B	B	B
關子嶺31-11號民宅-G95003	B	B	B	B	B
李子園-G95018	B	B	B	B	B
李子園-G96008	B	B	B	B	B
茶園（民宅末端）-G96006	B	B	B	B	B
茶園-G96007	B	B	B	B	B
河床邊-G96030	B	B	B	B	B
茶園（民宅末端）-G96018	B	B	B	B	B
油礦巷-G96037	B	B	B	B	B
崩山溪邊源頭-G95011	B	B	B	B	B
凍子腳(下坪)-G95014	B	B	B	B	B
烏山頂-G96035	B	B	B	B	B
恆春出火-G96039	B	B	B	B	B
關子嶺大旅社-G95002	B	B	B	B	B
三明火-G96017	B	B	B	B	B
杉林火山-G96038	B	B	B	B	B
明清別莊旁-G96020	B	B	B	B	B
曾文水庫東口入地下水管隧道約690公尺處-G95024*	B	B	B	B	B
大凍山-G96022	B	B	B	B	B
燕丰山(1)-G95012	B	B	B	B	B
燕丰山(2)-G95013	B	B	B	B	B
東興派出所前-G96026	B	B	B	B	B
大凍山-G96009	B	B	B	B	B
燕丰山(6)-G96032	B	B	B	B	B
明清別莊西南西側粗坑路旁工寮附近-G95005	B	B	B	B	B
水火同源-G95007	B	B	B	B	B
半崎仔民宅-G95008	B	B	B	B	B
水火同源至碧雲寺間下方道路轉彎處-G95006	B	B	B	B	B
水火同源與火山碧雲寺間道路旁-G96021	B	B	B	B	B
茶園-G95019	B	B	B	B	B
往大凍山半山腰-G95004	B	B	B	B	B
燕豐山(1)-G96024	B	B	B	B	B
燕豐山(1)-G96031	B	B	B	B	B
燕豐山(3)-G96023	B	B	B	B	B
石石弄仁惠橋附近-G96025	B	B	D	D	F
關子嶺大旅社-G96019	B	B	D	D	F
神農宮*	B	B	D	D	D
東興派出所	B	B	D	D	D
關子嶺*	B	B	D	D	D
油礦巷20號*	B	B	D	D	D
甲仙CSN-1*	B	B	D	D	D
烏山頂(後)*	B	B	D	D	D
紅水坑彩蝶谷*	B	B	D	D	D
烏山頂(中)*	B	B	D	D	D
茶山-G96016	B	B	D	D	D
茶山村水火同源-G95025*	B	B	D	D	D
高師大*	B	B	D	D	D
新養女湖*	B	B	D	D	D
烏山頂*	B	B	D	D	D
烏山頂(前)*	B	B	D	D	D

(3) 地理圖示標記

為了方便解釋分群與地質關係，使用 QGIS 製作本資料分六群的分析結果疊加在既有的地質圖上(如圖 5.5-2)。

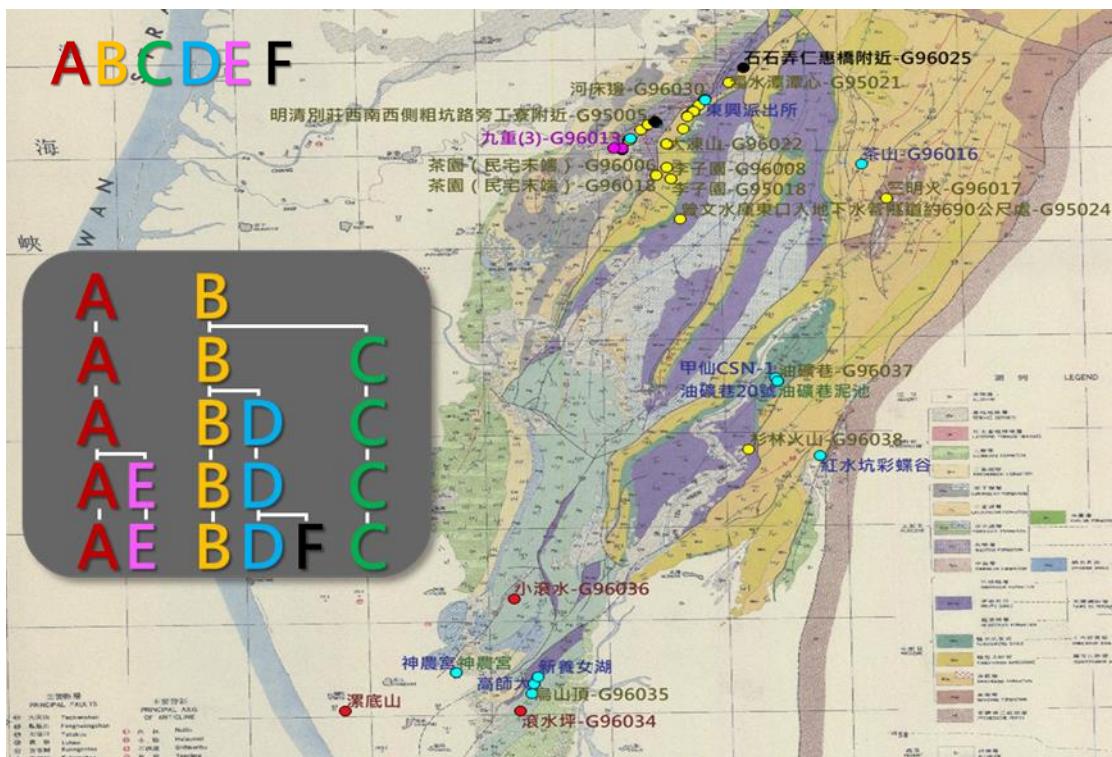


圖 5.5-2 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素之平面地質圖

(4) 成分之重要性

根據 5.3 節找出影響分群結果之成分，將使用因素分析針對天然氣地表氣苗位置探討群與群間的主要影響成分。

第一主成分(表 5.5-3)與第二主成分(表 5.5-4)中僅有 A 群、B 群與 D 群有受影響之成分。由於 A 群共有 6 口氣苗位置，其中 nC_4H_{10} 、 iC_5H_{12} 、 nC_5H_{12} 和 CO_2 之值皆為 0 以外， $\delta^{13}C_3H_8$ 共有 4 口氣苗位置未有數據；B 群共有 35 口氣苗位置，其中 CO_2 之值皆為零；C 群共有 3 口氣苗位置，其中少於 6 個能分析之成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 iC_4H_{10} 、 CO_2 和 $\delta^{13}CH_4$)；D 群共有 14 口氣苗位置，其中 $\delta^{13}C_2H_6$ 共有 9 口氣苗位置、 $\delta^{13}C_3H_8$ 共有 13 口氣苗位置未有數據；E 群共有 4 口氣苗位置，其中少於 5 個能分析之成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 $\delta^{13}CH_4$ 和 $\delta^{13}C_2H_6$)；F 群共有 2 口氣苗位置，其中少於 10 個能分析的成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 iC_4H_{10} 、 nC_4H_{10} 、 iC_5H_{12} 、 nC_5H_{12} 、 $\delta^{13}CH_4$ 、 $\delta^{13}C_2H_6$ 和 $\delta^{13}C_3H_8$)，因此皆無法進行分析。

僅用剩下之成分進行分析後，A 群在第一主成分中受影響之成分為 CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 和 iC_4H_{10} ，在第二主成分中受影響之成分為 $\delta^{13}C_2H_6$ ；B 群在第一主成分中受影響之成分為 CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 iC_4H_{10} 、 nC_4H_{10} 、 iC_5H_{12} 和 nC_5H_{12} ，在第二主成分中受影響之成分為 $\delta^{13}CH_4$ ；D 群在第一主成分中受影響之成分為 C_2H_6 、 C_3H_8 、 iC_4H_{10} 、 nC_4H_{10} 、 iC_5H_{12} 和 nC_5H_{12} ，在第二主成分中受影響之成分為 CH_4 。

表 5.5-3 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第一主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	-0.99	-0.95	-	0.11	-	-
C ₂ H ₆	1	0.91	-	0.96	-	-
C ₃ H ₈	0.97	0.98	-	0.98	-	-
iC ₄ H ₁₀	0.97	0.98	-	0.99	-	-
nC ₄ H ₁₀		0.98	-	0.99	-	-
iC ₅ H ₁₂		0.98	-	0.99	-	-
nC ₅ H ₁₂		0.97	-	0.99	-	-
CO ₂			-	-0.41	-	-
δ ¹³ CH ₄	0.88	0.05	-	-0.68	-	-
δ ¹³ C ₂ H ₆	-0.15	-0.62	-		-	-
δ ¹³ C ₃ H ₈		-0.35	-		-	-

註 1：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於 -0.9

註 2：黑色格子表示此成分於該群的所有資料皆為 0

表 5.5-4 天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第二主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	0.11	0.24	-	0.9	-	-
C ₂ H ₆	-0.09	-0.29	-	-0.08	-	-
C ₃ H ₈	-0.23	-0.16	-	-0.11	-	-
iC ₄ H ₁₀	-0.23	-0.11	-	-0.1	-	-
nC ₄ H ₁₀		-0.15	-	-0.1	-	-
iC ₅ H ₁₂		-0.11	-	-0.11	-	-
nC ₅ H ₁₂		-0.15	-	-0.13	-	-
CO ₂			-	0.62	-	-
δ ¹³ CH ₄	0.47	0.94	-	0.08	-	-
δ ¹³ C ₂ H ₆	0.99	0	-		-	-
δ ¹³ C ₃ H ₈		0.49	-		-	-

註 1：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於 -0.9

註 2：黑色格子表示此成分於該群的所有資料皆為 0

5.6 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素分群結果

(1) 敘述統計

從 5.4、5.5 節資料中選出天然氣成分中南部井位與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素涵蓋了 23 口井位置、62 口氣苗位置共 87 筆數據和 11 個成分。各個成分的最小值、第一四分位數、中位數、平均數、第三四分位數和最大值(如表 5.6-1)。

表 5.6-1 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
CH ₄	63.24	92.71	97.17	94.57	98.59	99.99
C ₂ H ₆	0.00	0.12	1.41	1.44	2.21	6.24
C ₃ H ₈	0.00	0.00	0.28	0.36	0.49	2.88
iC ₄ H ₁₀	0.00	0.00	0.05	0.09	0.11	1.00
nC ₄ H ₁₀	0.00	0.00	0.02	0.07	0.09	0.50
iC ₅ H ₁₂	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05	0.28
nC ₅ H ₁₂	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.31
CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.69	0.04	11.19
$\delta^{13}\text{CH}_4$	-68.84	-44.85	-32.74	-37.92	-31.21	-17.92
$\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$	-46.52	-28.48	-26.19	-26.06	-23.76	-6.72
$\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$	-26.49	-23.40	-22.61	-22.56	-21.43	-19.41

(2) 分群分析

根據 5.3 節分群分析的結果，將採用歐氏距離華德法，針對本資料做二群至六群的階層式分群。圖 5.6-1 為樹狀圖，其中(a)-(e)分別代表分二群至六群的結果，各口井詳細的分群結果請見表 5.6-2。二群中的 B 群再分出 C 群，三群中的 A 群再分出 D 群，四群中的 B 群再分出 E 群，五群中的 A 群再細分出 F 群。

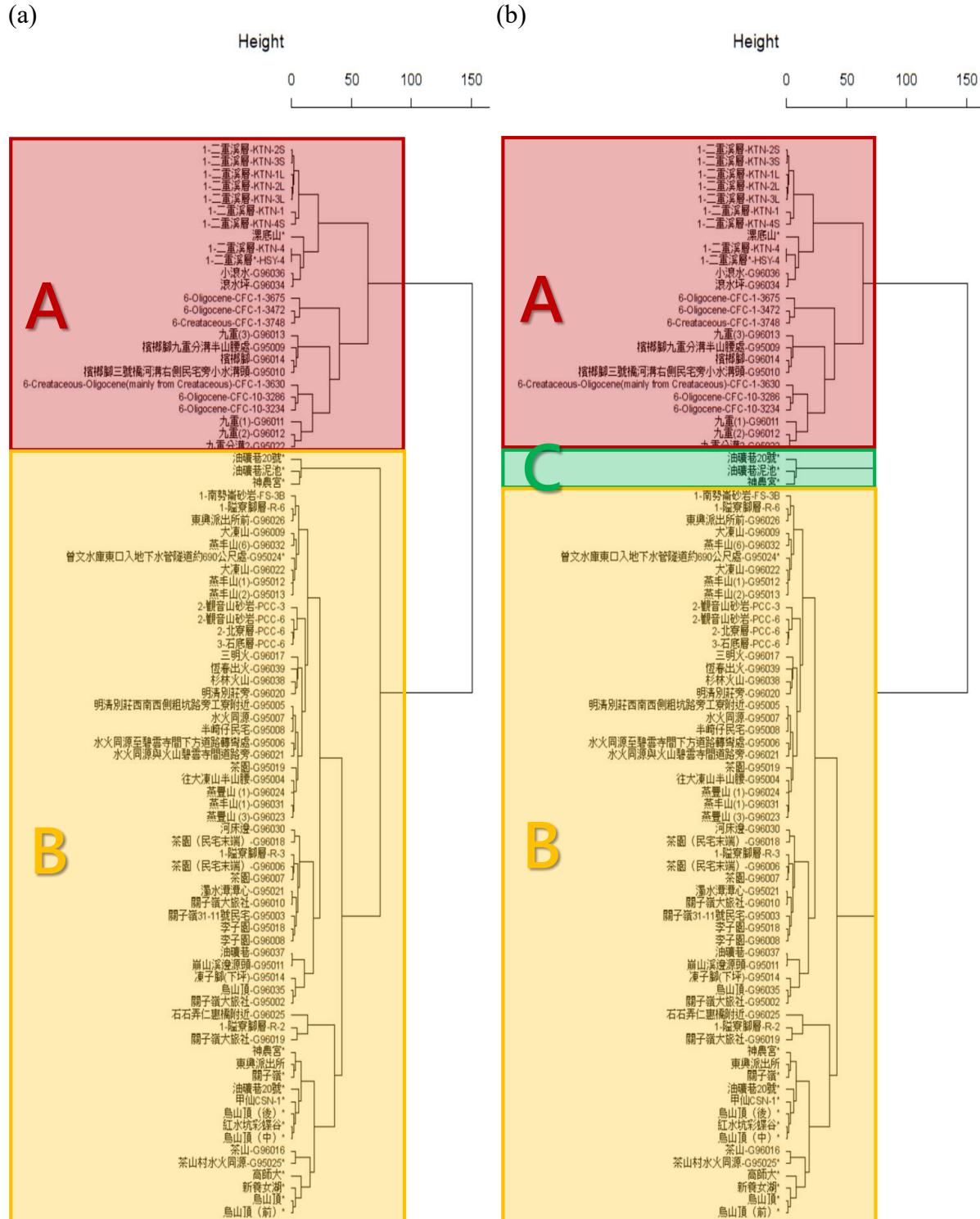


圖 5.6-1 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖
(a) 2 群 (b) 3 群

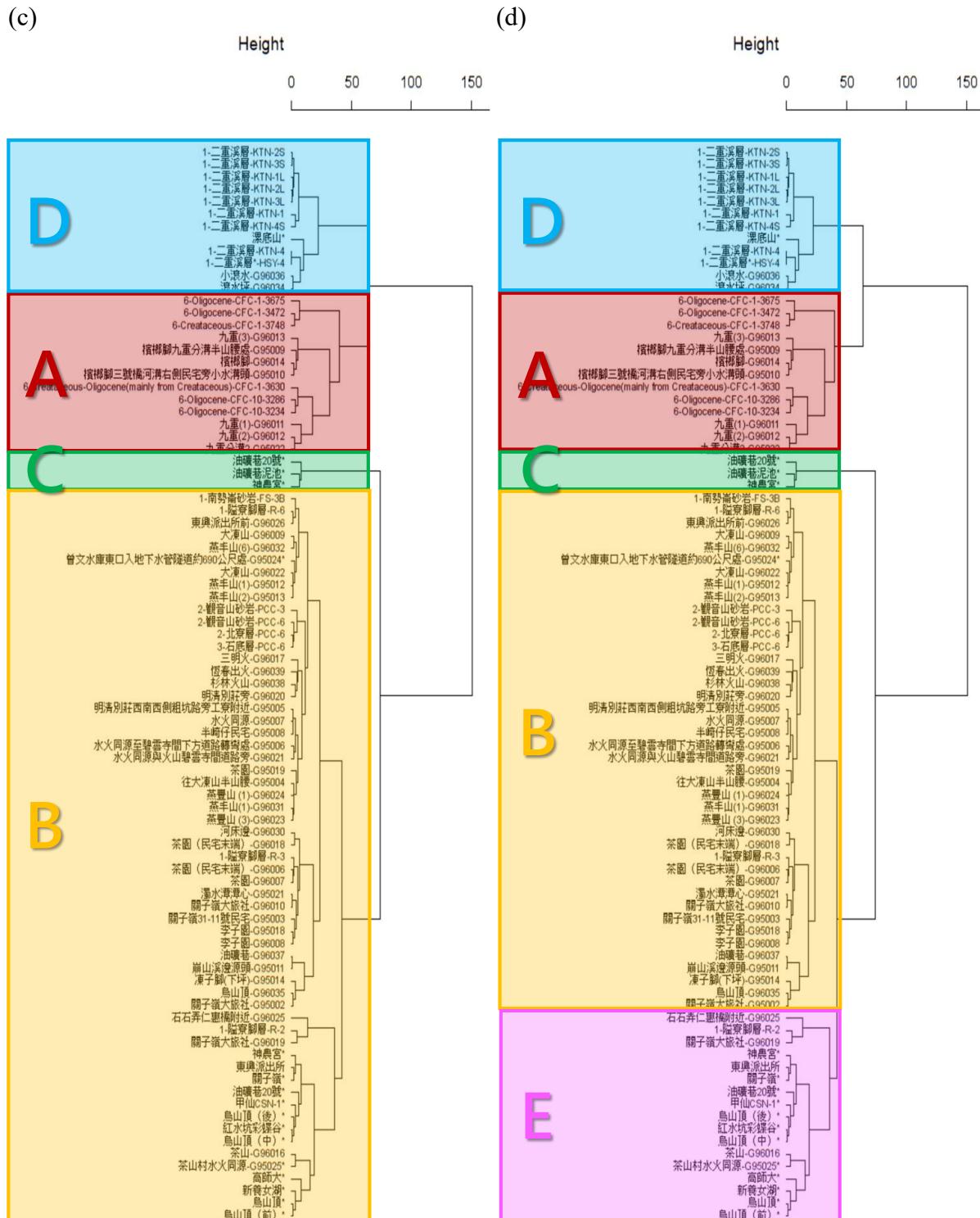


圖 5.6-1(續) 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群圖
(c) 4 群 (d) 5 群

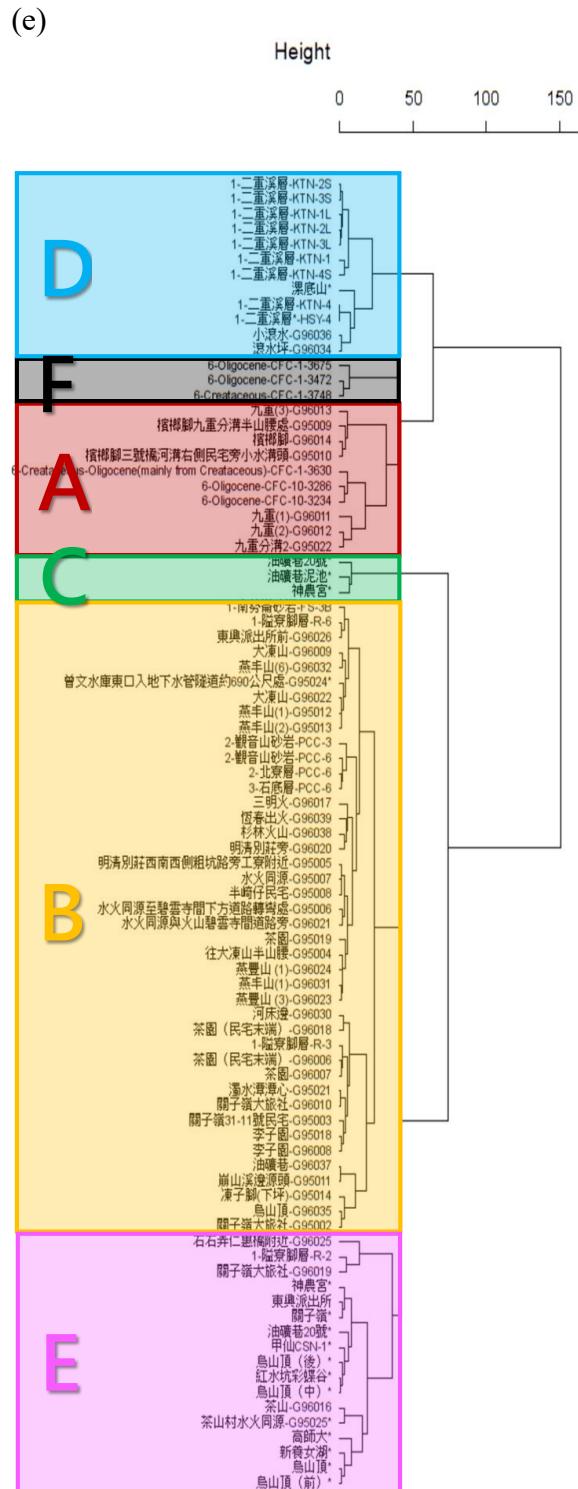


圖 5.6-1(續) 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法
(e) 6 群

表 5.6-2 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素歐氏距離華德法分群表

ID	分2群	分3群	分4群	分5群	分6群	ID	分2群	分3群	分4群	分5群	分6群
1-二重溪層-KTN-2S	A	A	D	D	D	明清別莊旁-G96020	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-3S	A	A	D	D	D	明清別莊西南西側粗坑路旁工寮附近-G95005	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-1L	A	A	D	D	D	水火同源-G95007	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-2L	A	A	D	D	D	半崎仔民宅-G95008	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-3L	A	A	D	D	D	水火同源至碧雲寺間下方道路轉彎處-G95006	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-1	A	A	D	D	D	水火同源與火山碧雲寺間道路旁-G96021	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-4S	A	A	D	D	D	茶園-G95019	B	B	B	B	B
深底山*	A	A	D	D	D	往大凍山半山腰-G95004	B	B	B	B	B
1-二重溪層-KTN-4	A	A	D	D	D	燕豐山(1)-G96024	B	B	B	B	B
1-二重溪層*-HSY-4	A	A	D	D	D	燕丰山(1)-G96031	B	B	B	B	B
小滾水-G96036	A	A	D	D	D	燕豐山(3)-G96023	B	B	B	B	B
滾水坪-G96034	A	A	D	D	D	河床邊-G96030	B	B	B	B	B
6-Oligocene-CFC-1-3675	A	A	A	A	F	茶園(民宅末端)-G96018	B	B	B	B	B
6-Oligocene-CFC-1-3472	A	A	A	A	F	1-隘寮腳層-R-3	B	B	B	B	B
6-Creataceous-CFC-1-3748	A	A	A	A	F	茶園(民宅末端)-G96006	B	B	B	B	B
九重(3)-G96013	A	A	A	A	A	茶園-G96007	B	B	B	B	B
橫榔腳九重分溝半山腰處-G95009	A	A	A	A	A	濁水潭潭心-G95021	B	B	B	B	B
橫榔腳-G96014	A	A	A	A	A	關子嶺大旅社-G96010	B	B	B	B	B
橫榔腳三號橋河溝右側民宅旁小水溝頭-G95010	A	A	A	A	A	關子嶺31-11號民宅-G95003	B	B	B	B	B
6-Creataceous-Oligocene(mainly from Creataceous)-CFC-1-3630	A	A	A	A	A	李子園-G95018	B	B	B	B	B
6-Oligocene-CFC-10-3286	A	A	A	A	A	李子園-G96008	B	B	B	B	B
6-Oligocene-CFC-10-3234	A	A	A	A	A	油礦巷-G96037	B	B	B	B	B
九重(1)-G96011	A	A	A	A	A	崩山溪邊源頭-G95011	B	B	B	B	B
九重(2)-G96012	A	A	A	A	A	凍子腳(下坪)-G95014	B	B	B	B	B
九重分溝2-G95022	A	A	A	A	A	烏山頂-G96035	B	B	B	B	B
油礦巷20號*	B	C	C	C	C	關子嶺大旅社-G95002	B	B	B	E	E
油礦巷泥池*	B	C	C	C	C	石石弄仁惠橋附近-G96025	B	B	B	E	E
神農宮*	B	C	C	C	C	1-隘寮腳層-R-2	B	B	B	E	E
1-南勢崙砂岩-FS-3B	B	B	B	B	B	關子嶺大旅社-G96019	B	B	B	E	E
1-隘寮腳層-R-6	B	B	B	B	B	神農宮*	B	B	B	E	E
東興派出所前-G96026	B	B	B	B	B	東興派出所	B	B	B	E	E
大凍山-G96009	B	B	B	B	B	關子嶺*	B	B	B	E	E
燕丰山(6)-G96032	B	B	B	B	B	油礦巷20號*	B	B	B	E	E
曾文水庫東口八地下水管隧道約690公尺處-G95024*	B	B	B	B	B	甲仙CSN-1*	B	B	B	E	E
大凍山-G96022	B	B	B	B	B	烏山頂(後)*	B	B	B	E	E
燕丰山(1)-G95012	B	B	B	B	B	紅水坑彩蝶谷*	B	B	B	E	E
燕丰山(2)-G95013	B	B	B	B	B	烏山頂(中)*	B	B	B	E	E
2-觀音山砂岩-PCC-3	B	B	B	B	B	茶山-G96016	B	B	B	E	E
2-觀音山砂岩-PCC-6	B	B	B	B	B	茶山村水火同源-G95025*	B	B	B	E	E
2-北寮層-PCC-6	B	B	B	B	B	高師大*	B	B	B	E	E
3-石底層-PCC-6	B	B	B	B	B	新養女湖*	B	B	B	E	E
三明火-G96017	B	B	B	B	B	烏山頂*	B	B	B	E	E
恆春出火-G96039	B	B	B	B	B	烏山頂(前)*	B	B	B	E	E
杉林火山-G96038	B	B	B	B	B						

(3) 地理圖示標記

為了方便解釋分群與地質關係，使用 QGIS 製作本資料分六群的分析結果疊加在既有的地質圖上(如圖 5.6-2)。

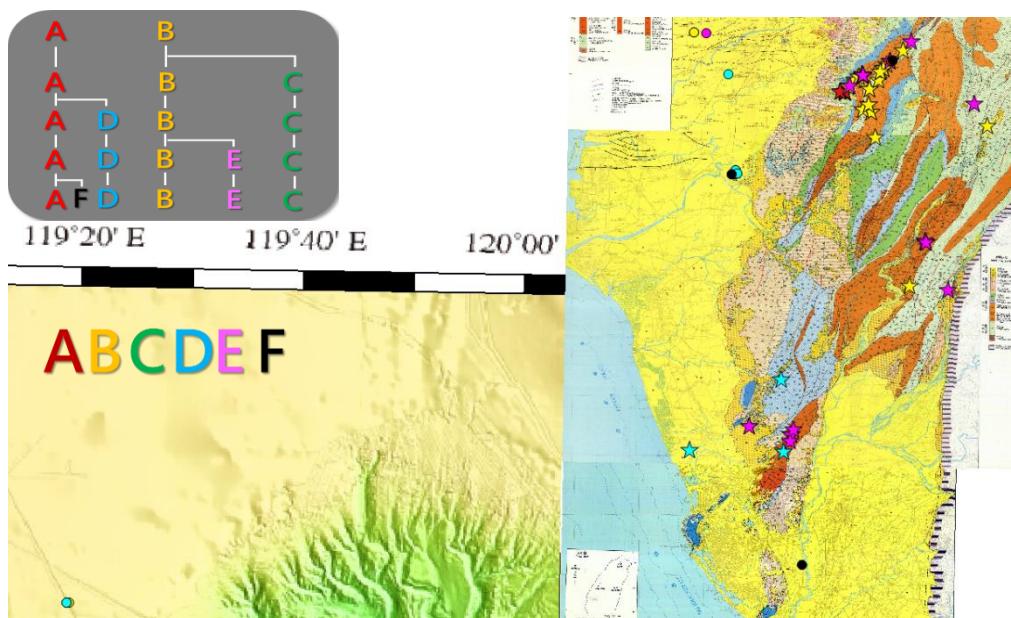


圖 5.6-2 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素之平面地質圖

(4)成分之重要性

根據 5.3 節找出影響分群結果之成分，將使用因素分析針對南部之天然氣與天然氣地表氣苗位置探討群與群間的主要影響成分。

第一主成分(表 5.6-3)與第二主成分(表 5.6-4)中僅有 B 群、D 群與 E 群有受影響之成分。由於 A 群共有 10 口氣苗位置，少於 11 個能分析之成分；C 群共有 3 口氣苗位置，少於 7 個能分析之成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 CO_2 、 $\delta^{13}\text{CH}_4$ 和 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$)；D 群共有 12 口氣苗位置，其中 C_3H_8 、 $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $i\text{C}_5\text{H}_{12}$ 、 $n\text{C}_5\text{H}_{12}$ 之值皆為 0 以外， $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ 共有 11 口氣苗位置、 $\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$ 共有 12 口氣苗位置未有數據；E 群共有 17 口氣苗位置，其中 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ 共有 9 口氣苗位置、 $\delta^{13}\text{C}_3\text{H}_8$ 共有 13 口氣苗位置未有數據；F 群共有 3 口氣苗位置，少於 9 個能分析之成分(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $i\text{C}_5\text{H}_{12}$ 、 $n\text{C}_5\text{H}_{12}$ 、 CO_2 和 $\delta^{13}\text{CH}_4$)，因此皆無法進行分析。

僅用剩下之成分進行分析後，在第一主成分中，B 群受影響之成分為 $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $i\text{C}_5\text{H}_{12}$ 和 $n\text{C}_5\text{H}_{12}$ ；D 群受影響之成分為 $\delta^{13}\text{C}_2\text{H}_6$ ；E 群受影響之成分為 C_2H_6 、 C_3H_8 、 $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ 、 $i\text{C}_5\text{H}_{12}$ 和 $n\text{C}_5\text{H}_{12}$ 。在第二主成分中則無任何有受影響之成分。

表 5.6-3 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第一主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	-	-0.75	-	-0.04	0.01	-
C ₂ H ₆	-	0.79	-	0.84	0.98	-
C ₃ H ₈	-	0.83	-		0.99	-
iC ₄ H ₁₀	-	0.97	-		0.98	-
nC ₄ H ₁₀	-	0.96	-		0.99	-
iC ₅ H ₁₂	-	0.97	-		0.99	-
nC ₅ H ₁₂	-	0.97	-		0.99	-
CO ₂	-	-0.03	-	-0.12	-0.49	-
δ ¹³ CH ₄	-	0.02	-	0.97	-0.28	-
δ ¹³ C ₂ H ₆	-	-0.59	-			-
δ ¹³ C ₃ H ₈	-	-0.34	-			-

註 1：灰底黑粗體字表示大於 0.9 或小於 -0.9

註 2：黑色格子表示此成分於該群的所有資料皆為 0

表 5.6-4 南部天然氣與天然氣地表氣苗及甲乙丙烷同位素各群第二主成分

	A	B	C	D	E	F
CH ₄	-	0.6	-	0.85	0.83	-
C ₂ H ₆	-	-0.43	-	-0.43	0.06	-
C ₃ H ₈	-	-0.27	-		-0.12	-
iC ₄ H ₁₀	-	0.02	-		-0.17	-
nC ₄ H ₁₀	-	-0.1	-		-0.12	-
iC ₅ H ₁₂	-	0.09	-		-0.11	-
nC ₅ H ₁₂	-	-0.01	-		-0.05	-
CO ₂	-	-0.87	-	0.68	-0.38	-
δ ¹³ CH ₄	-	0.8	-	0.07	0.82	-
δ ¹³ C ₂ H ₆	-	0.26	-			-
δ ¹³ C ₃ H ₈	-	0.58	-			-

註：黑色格子表示此成分於該群的所有資料皆為 0

5.7 油樣特定分子同位素資料

(1) 成分敘述統計

油樣特定分子同位素資料涵蓋了 31 口井共 34 筆數據，包含 C13、C14、C15、C16、C17、C18、C19、C20 和 C21 共 9 個成分。各個成分的最小值、第一四分位數、中位數、平均數、第三四分位數和最大值(如表 5.7-1)。

表 5.7-1 油樣特定分子同位素敘述統計表

名稱	最小值	第一四分位數	中位數	平均數	第三四分位數	最大值
C13	-29.41	-28.72	-28.00	-27.47	-26.13	-24.30
C14	-28.60	-27.44	-26.81	-26.79	-26.19	-24.20
C15	-28.50	-27.57	-27.09	-26.95	-26.30	-25.20
C16	-30.70	-27.86	-27.56	-27.37	-26.53	-25.30
C17	-30.88	-26.97	-26.55	-25.75	-23.63	-23.00
C18	-30.70	-28.92	-28.10	-27.83	-26.45	-24.90
C19	-30.70	-28.76	-28.32	-28.16	-27.50	-25.50
C20	-30.80	-28.65	-28.38	-28.20	-27.65	-25.60
C21	-31.50	-28.90	-28.74	-28.47	-27.75	-25.80

(2) 生產層與成分關聯性

與中油討論後將資料依照生產層之深度由淺到深分為六群，包含生產層 1(河排層、長枝坑層)、生產層 2(打鹿頁岩、打鹿砂岩、北寮砂岩)、生產層 3(出磺坑層)、生產層 4(碧靈頁岩)、生產層 5(木山層)及生產層 6(五指山層)。本研究目標想了解不同生產層間各成分貢獻程度的異同情況。

圖 5.7-1 列出各生產層中所有資料之成分表現，明顯觀察到在所有的生產層中 C17 在全部成分中擁有最高點，唯有生產層 2 中「CS-56」和「CS-54-2004 年」此兩口井之 C17 在該分群之所有成分中有最低點。由於各生產層中之其他成分較難看出差異性，因此將各生產層

之 C13 至 C21 各個成分取平均數(表 5.7-2)並且畫出折線圖(圖 5.7-1)，另由盒型圖(圖 5.7-3)觀察各成分與生產層的關係。

由圖 5.7-2 觀察到 C17 在各分群的平均數皆為最大，C14 在各分群的平均數為第二大，C21 在各分群的平均數為最小，其餘的成分在各生產層中則無明顯之差異；其中，C17 之平均數由大到小按分群排列分別為生產層 1、生產層 4、生產層 2、生產層 5、生產層 6、生產層 3。藉由生產層與 C17 的平均數之間規律可以做區分。由於生產層在測量上屬於順序尺度，須按照生產層的深淺分組，加上生產層 4 只有 2 筆數據，故可忽略，因此可以初步嘗試將 C17 的平均數較大的生產層 1 和生產層 2 視為同組，平均數較小的生產層 3、生產層 4、生產層 5 和生產層 6 則為另一組。

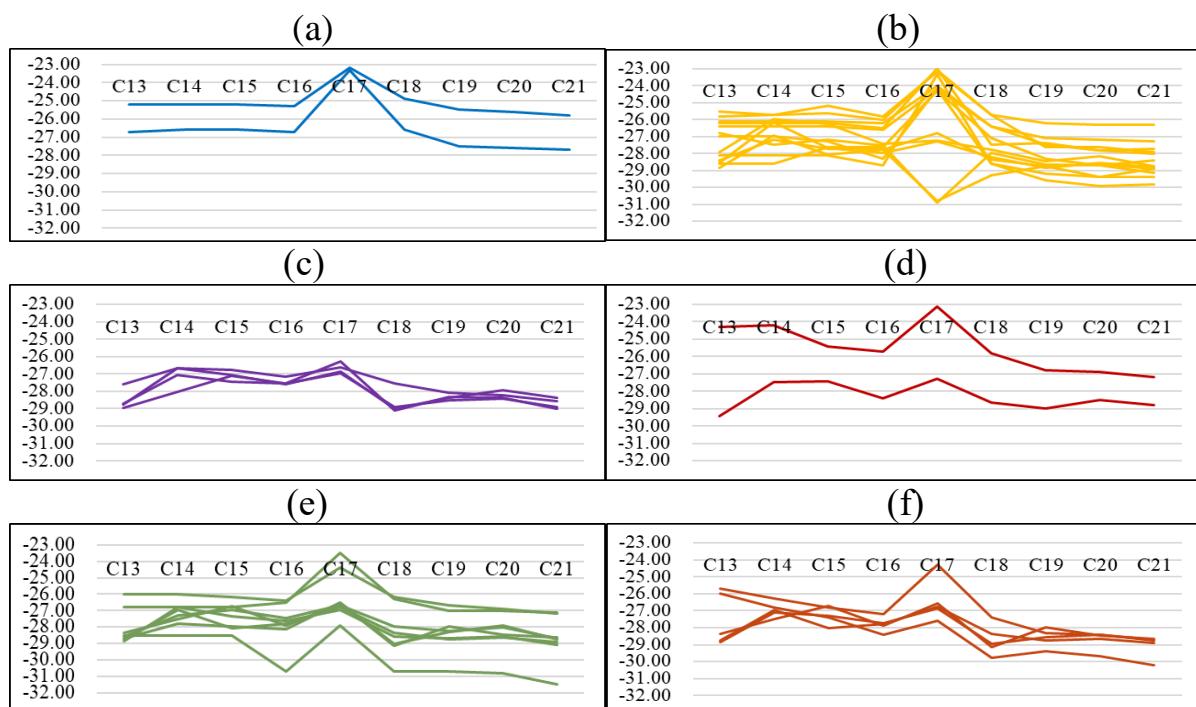


圖 5.7-1 所有資料在各生產層之成分表現折線圖
 (a)生產層 1 (b)生產層 2 (c)生產層 3 (d)生產層 4 (e)生產層 5 (f)生產層 6

表 5.7-2 各生產層之個數及各成分之平均數表

生產層	個數	平均數									
		C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	
1	2	-25.95	-25.90	-25.90	-26.00	-23.25	-25.75	-26.50	-26.60	-26.75	
2	13	-27.25	-26.74	-26.88	-27.24	-25.56	-27.51	-28.18	-28.32	-28.41	
3	4	-28.50	-27.11	-27.10	-27.46	-26.68	-28.64	-28.33	-28.23	-28.71	
4	2	-26.86	-25.84	-26.41	-27.04	-25.19	-27.23	-27.90	-27.70	-28.00	
5	8	-28.07	-27.21	-27.32	-27.81	-26.16	-28.29	-28.30	-28.29	-28.74	
6	5	-27.54	-26.93	-27.25	-27.80	-26.42	-28.73	-28.60	-28.72	-29.04	

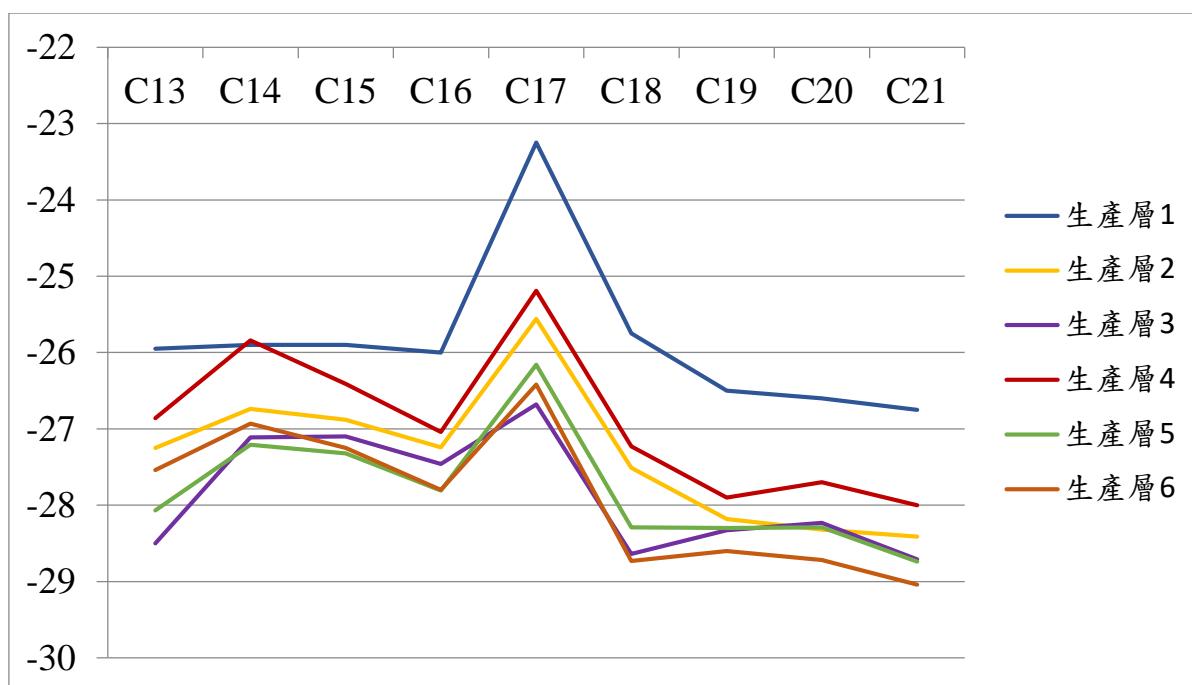


圖 5.7-2 各生產層之成分平均數折線圖

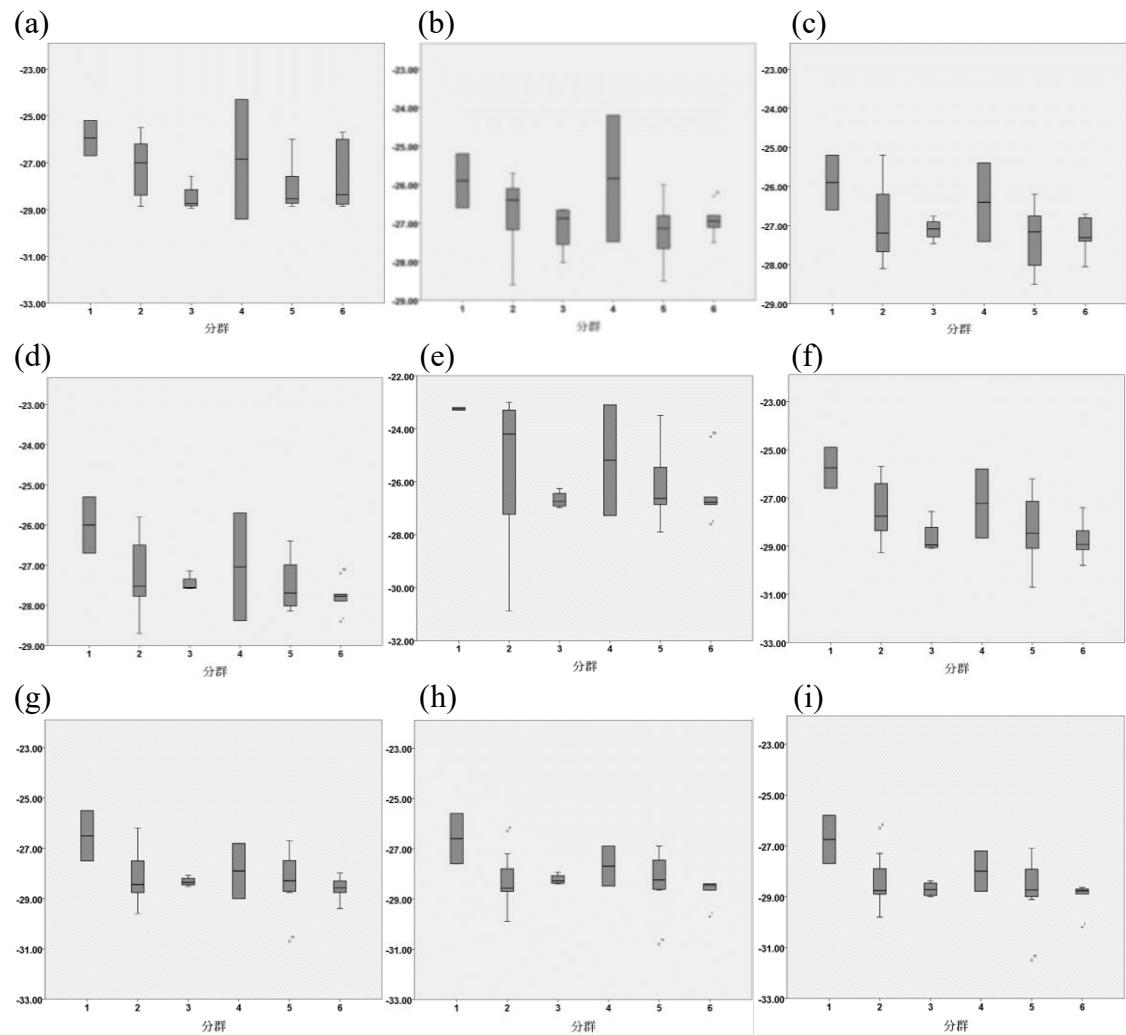


圖 5.7-3 各成分之盒型圖

(a) C13 (b) C14 (c) C15 (d) C16 (e) C17 (f) C18 (g) C19 (h) C20 (i) C21

六、結論與建議

本計畫利用現有凝結油與天然氣碳氫化合物組成成分與相關參數資料，以統計方法建構油氣井分群模型，經由觀察現有油氣井的碳氫化合物組成成分與分群的情形，以易懂的視覺化圖形呈現分析結果，提供石油探勘有更精準的決策應用。

計畫中以統計機器學習領域中非監督式學習分群分析較常見的演算法，例如 K-Means 分群分析法、階層式分群分析來建構分群模型，並使用兩種衡量個體間距離的方法(歐氏距離與曼哈頓距離)以及五種衡量群集間的方法(華德法、最遠法、最近法、中心法、平均法)，共計十一種分群方式進行分析；經與中油討論後，因歐氏距離華德法得到的分群分析結果，中油研究人員較能就地質與地理位置上解釋井的群聚關係，因此建構分群模型，本研究皆以此方式的分群結果進行探討。由於資料筆數少卻包含多個成分和參數之高維度資料，因此研究中使用多元尺度分析做為有效簡化複雜資料的方法，主要目的是發掘一組資料集所隱藏的結構，採用低維度空間畫構面圖來表達資料所含的資訊，以圖解方式比資料更能讓人一目了然，更能了解資料間的相關性。計畫中使用統計專業套裝軟體 R、SPSS，作為分析的主要統計軟體；在視覺化圖形呈現部分，使用 Power BI 內建的 Bing Maps 地圖和 QGIS，來呈現各口井的地理分佈，並搭配各口井的分群、生產層、深度資料，以立體方式呈現在地質圖上，再搭配油氣移棲圖，驗證本計畫所提供之統計人工智慧分群方法與目前地質探勘實證科學的研究結果的相似度，其目的是提供地質探勘更有科學效益的一項判讀輔助方法。

在資料庫建置諮詢部分，在執行計畫期間逢甲研究團隊協助提供資訊與統計專業意見，查核並比對多個數據資料中之參數公式定義的一致性，以及各數據之正確性，提高建置資料庫的精確度與資料品質，詳細的諮詢討論紀錄請參考附表 4。

中油探採研究所所提供的 5 組數據資料，其分析成果如下：

6.1 三礦區油氣資料

三礦區油氣資料涵蓋台灣三個礦區油氣錦水、出磺坑及八掌溪等 36 筆資料，經仔細比對含有 25 口不同井以及 7 個參數，而這些井所在的地理位置皆位於苗栗或嘉義地區。利用階層式分群分析的歐氏距離(華德法、最近法、最遠法、中心法及平均法)、曼哈頓距離(華德法、最近法、最遠法、中心法及平均法)以及 K-Means 分群分析法共 11 種方法，探討 36 筆資料分群情況。使用上述分群法之樹狀圖分析結果，經過比較過後，其中階層式分群分析的曼哈頓距離華德法的分群結果效果最佳，因為其分群結果與過去中油分群的結果相同，油氣井之分群與地理位置有高相關，因此，針對本組資料，選擇以曼哈頓距離華德法來分群。另外研究顯示，透過分群分析結果和參數間的相關性分析，研究找出三個參數，分別是 P_1 、 P_2 、 P_3 ，與國際上使用 Isoheptane value 和 Heptane value 得到不同區分點來判別油氣成熟度，各參數間存在正的趨勢關係，同時可以明顯分兩群，其應用結果與 Isoheptane value 和 Heptane value 區分有相同的結果，可供中油公司探勘人員作為台灣礦區油氣之成熟油區分的參考。

6.2 全台礦區油氣資料

全台礦區油氣資料包含更完備的數據資料，經篩選後，涵蓋 75 口井共 77 筆資料與 15 個參數做為計畫的研究資料。研究中使用多元尺度分析進行 15 個參數結構相似度的分析，最後挑選出 5 個參數分別是 (1) N^6_1 、(2) Heptane value、(3) T/nC7、(4) RP3、與(5) Isoheptane value。利用階層式分群分析的歐氏距離華德法、階層式分群分析的曼哈頓距離華德法、K-Means 分群分析法共三種演算法，進行分群兩群和三群分析。

(1) 分兩群

將 77 筆油氣井資料分成 A 與 B 兩群，依照行政區統整分析結果，北部地區(台北)的井屬 A 群，而南部地區(雲林、台南、高雄)的

井屬 B 群，而新竹與苗栗的井歸屬於 A 群與 B 群的比率約為 35% 與 65%；比較三種分群分析，其分群的結果一致性高，約有 89.61% (69/77) 的井用三種分群方法的結果相同，其中以嘉義地區的油氣井分群的一致性最低，推測這幾口井的參數組成較不相同，值得探勘研究人員後續深入探討；此外，屬於新竹苗栗地區的打鹿砂層(PS-3、CS-56)、嘉義地區的觀音山砂岩(PCC-10、PCC-13)以及高雄地區的白堊系、漸新統(CFC-9、CFS-1)，皆各有兩口井由不同分析方法分群結果較不一致。

依照生產層統整分析，其中觀音山砂岩、漸新統、白堊系這三個生產層內的井分群不一致的比例高於 50%，可能是這些生產層的參數組成不相同，造成不易有明確分群，須請探勘人員對地質組成特性進一步探討。從兩群之參數雷達圖表現，觀察到 N^6_1 、RP3、T/nC7 為 A、B 兩群最主要差異的參數，且 A 群於這三個參數的數值皆高於 B 群。

(2) 分三群

將 77 筆油氣井資料分成 A、B、C 三群，依照行政區統整分析結果顯示，分群結果與上述分為兩群的分析結果類似，南部地區(雲林、臺南、高雄)屬於同一群(B 群)；新竹與苗栗歸屬於 A 群與 B 群的比率約為 35% 與 65%；台北的井和新竹與嘉義油井被歸類於 C 群，此與上述兩群分析之結果較不同之處，由於 C 群的井數過少，其參數表現與 A、B 兩群較不一致而被歸類一群，所以須謹慎探討這些井的情況。比較三種分群分析，其分群的結果一致性高，與兩群分群分析時相同，分群上需要探勘研究人員後續深入探討的油氣井，三種分群分析的結果一致性高，其中分析結果不一致的井為嘉義地區以及屬於打鹿砂層、觀音山砂岩、漸新統的數口井，分析結果不一致的井與兩群分群分析時的完全相同。

從分三群之參數雷達圖表現，A 群的 RP3 參數於數值高於 B、C 兩群，B 群的 N^6_1 參數數值顯著低於 A 和 C 兩群，C 群的 Isoheptane value 與 Heptane value 低於 A、B 兩群，但 C 群的 T/nC7 遠高於 A、

B 兩群；這三群油氣井的參數特性相當不同，可供探勘人員依照各群的參數特性進行後續研究。

6.3 凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數數據

因本計畫執行至期中報告後，發現全台礦區油氣資料尚有疑慮，再次與中油地化組研究人員專業諮詢討論後，重新整理出 93 筆資料凝結油輕碳氫化合物原始成分與參數數據，共有 85 口井、15 個成分及 23 個參數。經分析討論後，考慮原始成分可能較能發掘台灣資料特有的特性，因此僅使用油的成分而無使用參數進行分析。研究採用階層式分群分析的歐氏距離華德法得到的分群分析結果，中油研究人員較能就地質與地理位置上解釋井的群聚關係。研究分析提供分六群的結果，作為生油來源特性分群，其中特別挑選 CS(錦水)和 TCS(鐵砧山)這兩個資料，井的數量較多且地底下油氣分佈較複雜的區域，再依各口井所屬的地理位置(座標)、深度、生產層，採用了 QGIS 軟體，利用立體的柱狀圖呈現生產層與分群結果，將上述分析的分群結果疊加在既有的地質圖和油氣移棲圖上，可提供中油探採所研判生油來源特性分群，與各種生產層、井深度、與地理位置之群聚上的地質探勘意義。

6.4 其他資料

天然氣成分及甲乙丙烷同位素資料涵蓋 87 筆資料，共有 80 口井位置 11 個成分。採用上述相同的分法，將天然氣成分及甲乙丙烷同位素分五群和分六群較具有地質探勘特性之解釋意義。使用 QGIS 製作天然氣成分及甲乙丙烷同位素分六群地質圖，在北部地質圖上的展示，發現新竹、苗栗地區的井位置有延伸性(B、D、E 群)，因此再配合油氣移棲圖可提供油氣移動的順序及方向參考。

天然氣地表氣苗成分及甲乙丙烷同位素組成數據涵蓋 64 筆資料，共有 62 口氣苗位置 11 個成分。研究採用階層式分群分析歐氏距離華德法，提供分二群至六群結果給中油參考。再使用 QGIS 來製作分六

群後，各筆資料於地質圖上之地理分佈，發現南部天然氣地表氣苗之油源特性分群區域性分佈的一致性高於凝結油。

油樣特定分子同位素資料涵蓋了 31 口井，共 34 筆數據 9 個成分。從各生產層資料的折線圖觀察到，C17 成分在所有成分中擁有最大值，唯有生產層 2 中「CS-56」和「CS54-2004 年」此兩口井之 C17 在該分群之所有成分中有最較小值。

6.5 討論與建議

本研究期中前採用階層式分群分析的十種距離組合方式和 K-Means 分群分析法，共十一種方法，比較凝結油之各種參數資料在各方法之分群特性，探討影響分群的重要參數，並且分別依照行政區和生產層探討分群的一致性。期中後報告與中油討論並詳細釐清分析目的後，中油建議本研究方向導向探討台灣油源成分特性分群。爾後，中油重新提供一份較完整的資料，並在研究資料中，增加生產層深度變數、探採油之深度和各筆資料的地理座標位置，作為本研究期末研究之重點。本計畫最終以油源成分的特性分群分析，並配合地質探勘之地質圖和油氣移棲圖，經中油探採專家詳盡比對、驗證與討論後，認為本計畫所提供之人工智慧機器學習分群方法分析結果，與目前地質探勘實證科學的研究結果具相當解釋力，因此相信本研究成果能在地質探勘上，提供了一個有科學效益的輔助判讀方法。

當油源成分特性可明確辨認後，將可進一步利用機器學習中的監督式學習，由線性區別分析、支撑向量機、分類決策樹及人工神經網路等人工智慧分類演算法建構最適的預測模型。經與中油討論後，同意這部分的工作項目於後續年度計畫再執行。

七、參考文獻

- Azamathulla, H. M., & Wu, F.-C. (2011). Support vector machine approach for longitudinal dispersion coefficients in natural streams. *Applied Soft Computing*, 11(2), 2902-2905.
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2001). *The elements of statistical learning* (Vol. 1): Springer series in statistics New York.
- GE, X.-g., WU, X., & QIAN, K. (2006). Application of self-organizing mapping artificial neural networks compared with hierarchical clustering analyses in sedimentary type analysis [J]. *Journal of China Coal Society*, 2.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning* (Vol. 112): Springer.
- Lary, D. J., Alavi, A. H., Gandomi, A. H., & Walker, A. L. (2016). Machine learning in geosciences and remote sensing. *Geoscience Frontiers*, 7(1), 3-10.
- Nikravesh, M. (2007). Computational intelligence for geosciences and oil exploration. In *Forging New Frontiers: Fuzzy Pioneers I* (pp. 267-332): Springer.
- Rhys, H. I. (2020). *Machine Learning with R, the tidyverse, and mlr*: Manning Publications.
- Tavares, M., & Carrasquilla, A. (2019). *Facies, data mining and artificial intelligence approaches in the characterization of a carbonate reservoir in Campos Basin—Southeastern Brazil*. Paper presented at the SEG International Exposition and Annual Meeting.
- 李仁鐘、李秋緣(2017)。R 語言資料分析：從機器學習、資料探勘、文字探勘到巨量資料分析。新北市：博碩出版社。
- 陳順宇(2005)。多變量分析。台北市：華泰書局。
- 黃旭燦、陳耀輝(2017)。台灣的油氣田。科學發展。534。
- 傅運文(譯)(2017)。深度學習快速入門：使用 TensorFlow(原作者：Giancarlo

Zaccone)。新北市：博碩出版社。

溫福星(2012)。多變量分析方法與操作-SPSS 之應用。台中市：鼎茂出版社。

劉立民、吳建華(譯)(2018)。Python 機器學習(原作者：Sebastian Raschka, Vahid Mirjalili)。新北市：博碩出版社。

謝邦昌、鄭宇庭、宋籠華、陳妙華(2019)。大數據分析 Excel Power BI 全方位應用。台北市：碁峰出版社。

謝惠紅(2015)。地理資訊系統：Quantum GIS 實作範例。台中市：華都文化。

八、附錄

附表 1 研究參數參考公式表

參數	參考公式
P ₁	C7
P ₂	2MH+3MH
P ₃	22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP
N ⁵ ₁	ECP+1T2DMCP+1C2DMCP
N ₂	11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP
N ⁶ ₁	MCH+TOL
RP3 = P ₂ +P ₃	2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP
RP5 = N ⁵ ₁ + N ₂	ECP+1T2DMCP+1C2DMCP+11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP
RP6 = N ⁶ ₁	MCH+TOL
P ₂ +N ₂	(2MH+3MH)+(11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP)
N ₂ /P ₃	(11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP)/ (22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP)
Isoheptane value	(2MH+3MH)/(1C3DMCP+1T3DMCP+1T2DMCP)
Heptane value	C7/(cyclohexane+2MH+11DMCP+3MH+1C3DMCP+1T3DMCP+1T2DMCP+C7+MCH)*100
ln(24DMP/23DMP+2.637)/0.227	ln(24DMP/23DMP+2.637)/0.227
24DMP/23DMP	24DMP/23DMP
nC7/MCH	C7/MCH
T/nC7	TOL/C7
(2+3MH)/(1,3+1,2DMCP)	(2MH+3MH)/(1C3DMCP+ 1T3DMCP+ 1T2DMCP)
P ₁ % = P ₁ /(P ₁ +P ₂ +P ₃)*100	C7/(C7+2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP)*100
P ₂ % = P ₂ /(P ₁ +P ₂ +P ₃)*100	(2MH+3MH)/(C7+2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP)*100
P ₃ % = P ₃ /(P ₁ +P ₂ +P ₃)*100	(22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP)/ (C7+2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP)*100
RP3% = RP3/(RP3+RP5+RP6)*100	(2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP)/(2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP+ECP+1T2DMCP+1C2DMCP+11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP+ MCH+TOL)*100
RP5% = RP5/(RP3+RP5+RP6)*100	(ECP+1T2DMCP+1C2DMCP+11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP)/(2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP+ECP+1T2DMCP+1C2DMCP+11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP+ MCH+TOL)*100
RP6% = RP6/(RP3+RP5+RP6)*100	(MCH+TOL)/(2MH+3MH+22DMP+23DMP+24DMP+33DMP+3EP+ECP+1T2DMCP+1C2DMCP+11DMCP+1C3DMCP+1T3DMCP+ MCH+TOL)*100

附表 2 凝結油輕碳氫化合物之中英文井名對照表

地區	中文	英文	井號
台北市	清水坑	CSK	2
新竹市	崎頂	CT	2、8
新竹市	青草湖	CTH	14、19、3-2824、3-2853、5、9
新竹縣	長德	CBD	1
新竹縣	番婆坑	FPK	6
新竹縣、苗栗縣	寶山	PS	3、9、11
苗栗縣	長安	CBA	2
苗栗縣	長康	CBK	3B、4、5、11、11-D2、11-D3、12、13、18、19
苗栗縣	長勝	CBS	2
苗栗縣	出磺坑	CHK	114s、119、126、127、129、137s、138s
苗栗縣	錦水	CS	52、53、54、56、58、59、60、63+74、67、68、69、70、71、72、76、81-9th、81-10th、81-12th
苗栗縣	新隆	HSL	2
苗栗縣	北寮	PL	1
苗栗縣	白沙屯	PST	5、8、9
苗栗縣	鐵砧山	TCS	1、4、5、15、20、23、26、30、33、35、39、C1
苗栗縣	通宵	TH	1
苗栗縣	永和山	YHS	4、7
雲林縣	台西	THS	1
嘉義縣	八掌溪	PCC	3、9、10、13
臺南市	灣丘	CW	6
高雄市	致昌	CFC	9、10、16
高雄市	致勝	CFS	1、5
高雄市	建豐	CGF	1
高雄市	鳳山	FS	3、3B

附表 2(續 1) 天然氣之中英文井名對照表

地區	中文	英文	井號
新竹市	青草湖	CTH	1、5
新竹縣	番婆坑	FPK	6
苗栗縣	長康	CBK	4A、13、15A、17-3064、17-3189、18、19、20
苗栗縣	出磺坑	CHK	106、111-3629、111-3912、112、113、115、116、119、122-2448、122-3638、123、126、130、132L、138s
苗栗縣	錦水	CS	45、52、55、56、58、59-P、59-T+P、60、61、63-4206、63-4207、64、68、71、72L
苗栗縣	新隆	HSL	2
苗栗縣	栗林	LLN	1
苗栗縣	北寮	PL	1
苗栗縣	白沙屯	PST	8、9
苗栗縣	鐵砧山	TCS	6-2756、6-2825、9-2635、9-2653、9、11、30、35
苗栗縣	永和山	YHS	4、6、7、10、11
嘉義縣	八掌溪	PCC	3、6
嘉義縣	凍子腳	R	2、3、6
臺南市	新營	HSY	4
臺南市	官田	KTN	1、1L、2L、2s、3L、3s、4、4s
高雄市	致昌	CFC	1-3472、1-3748、1-3675、1-3630、10-3286、10-3234
高雄市	鳳山	FS	3B

附表 2(續 2) 油樣之中英文井名對照表

地區	中文	英文	井號
苗栗縣	長康	CBK	4A
苗栗縣	出磺坑	CHK	119
苗栗縣	錦水	CS	52、53、54-1993年、54-2004年、56、58、59-1993年、59-2004年、60、67-1993年、67-2004年、68、69、70、71、72-1993年、72-2004年、76、63+74
新竹市	青草湖	CTH	3
新竹市	崎頂	CT	2、8
新竹縣、苗栗縣	寶山	PS	3、9
苗栗縣	北寮	PL	1
苗栗縣	白沙屯	PST	5
苗栗縣	鐵砧山	TCS	39
苗栗縣	永和山	YHS	4
臺南市	灣丘	CW	6

附表 3 教育訓練課程大綱

時間：中華民國 109 年 07 月 07 日～109 年 07 月 22 日

地點：中油探採研究所

講師：魏裕中助理教授、黃偉恆助理教授

助理：廖姿盈、汪宜瑾

課程目的：熟知統計概念以及應用、認識人工智慧分類方法。

課程內容：

日期	週次	課程
2020/07/07(二)	1	資料型態、敘述統計、資料視覺化
2020/07/08(三)		統計基本概念、推論統計
2020/07/15(三)	2	認識 AI、機器學習、交叉驗證
2020/07/16(四)		非監督式學習(分群分析)
2020/07/21(二)	3	監督式學習(迴歸分析)
2020/07/22(三)		監督式學習(分類分析)、基本神經網路架構

時間規劃：

時間	
09：00-10-20	課程(一)、實務軟體操作
10：20-10：40	休息
10：40-12：00	課程(二)、實務軟體操作
12：00-13：30	中午休息吃飯
13：30-14：50	課程(三)、實務軟體操作
14：50-15：20	休息
15：20-16：30	課程(四)、實務軟體操作
16：30~	結束

附表 4 本研究執行期間與中油公司探採研究所討論諮詢紀錄

日期	通訊方式	內容
109/02/26	E-mail	確認原始 138 筆資料檔與企劃書之公式是否相同
109/03/11	出席開會	(1) 探討油氣分群結果 (2) 國內外成分轉百分比之分群結果及散佈圖 (3) 提供同位素資料檔
109/03/18	E-mail	確認最終期中報告資料內容
109/03/20	E-mail	提供中油有關能源基金會進度報告 PPT
109/03/23	E-mail	中華民國地球物理學會與中華民國地質學會 109 年年會暨學術研討會延期公告
109/03/25	E-mail	提供 DHA+陸域地質資料檔
109/03/30	E-mail	提供中油有關能源基金會進度報告 PPT 增加散佈圖檔
109/04/06	E-mail	更改油氣分群圖及國內陸相國外海相原始成分轉百分比分群圖
109/04/08	電話會議	期中報告分析成果：針對國內成分及參數做分群、檢定、雷達圖及散佈圖
109/04/15	E-mail、電話會議	(1) 標記原始 138 筆資料檔中同口井之 Heptane 數值差異為 5 以上 (2) 討論如何處理研究中所發現 3 口井在 36 筆資料與原始 138 筆資料檔之 Heptane 數值不一致問題 (3) 期中報告分析成果：針對國內成分+參數做分群、檢定、雷達圖及散佈圖
109/04/16	E-mail、電話	(1) 提供中油國內油氣參數特性關係圖拿掉 CS-54 並補上完整井號 (2) 國內陸相/國外海相原始成分轉百分比分析分群圖拿掉 Qusahwira12、Shah16 和 CS-81 並標示完整井號
109/04/17	E-mail	(1) 處理資料中缺失值的問題：核對中油交給逢甲大學分析的資料內容，附加說明檔，解釋或說明各項缺失值的意義或是該項資料沒有顯示，建議補 0 等 (2) 明確列出本計畫要研究的資料內容，及資料交付逢甲大學的截止日
109/04/18	E-mail	(1) 討論如何篩選出最後研究的資料：請中油由 138 筆資料檔並挑選適合分析之資料並說明挑選該口井之理由(總計選出 78 筆資料) (2) 討論處理原始 138 筆資料檔中井號名稱差異
109/04/22	E-mail	(1) 蓄清 DHA+陸域地質資料與原始 138 筆資料檔之 Heptane 參數公式不一致之問題 (2) 蓄清原始 138 筆資料檔中($\ln 24DMP/23DMP + 2.673$)/0.227 參數公式與企劃書不同之問題 (3) 蓄清 78 筆資料中有 2 參數無法算出數值和 1 參數無法辨識成熟度高低，因此中油刪除這 3 個參數。 (4) 確認中油核對所列出之參數公式表是否有誤，更正並剔除不適用公式
109/04/28	E-mail	(1) 中油補充 DHA 海域井生產層資料、更正部分中文井名 (2) 逢甲提供增加國內陸相/國外海相原始成分轉百分比分析準確率

附表 4(續 1) 本研究執行期間與中油公司探採研究所討論諮詢紀錄

日期	通訊方式	內容
109/04/29	電話會議	逢甲提供期中報告成果：國內參數做分群、判別分析、雷達圖
109/05/04	E-mail	諮詢期中報告時間及報告相關資料
109/05/06	E-mail、電話	中油要求製作油氣分群圖加註各口油井之生產層
109/05/08	E-mail、電話	中油要求製作國內陸相/國外海相原始成分轉百分比分群圖加註各口油井之生產層
109/05/22	E-mail	簡易分類好 75 筆生產層資料
109/05/22	E-mail	20200521 期中報告的會議紀錄內容
109/05/26	E-mail	告知中油關於 5/27(三)開會通知
109/05/28	E-mail	有關期中報告修訂版提送注意事項
109/05/29	E-mail	發表文章事宜
109/05/29	E-mail	簡單說明歐氏距離、曼哈頓距離與平均法和華德法的分方法。
109/05/29	E-mail	告知中油已寄送期中報告所需相關資料
109/05/31	E-mail	<p>6/3 與逢甲開會討論事項：</p> <p>A. 資料處理部分：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 再次確認生產層由淺到深以 1-7 為代號之正確性。 (2) 中油提供之生產層中，3 口井無生產層，3 口井含 3 種生產層，協助補齊缺失值或於以刪除？ (3) 生產層名稱不一致(例如：打鹿砂層、打鹿砂岩段、打鹿砂岩上部…)，是否代表屬於相同地質層？ (4) 許多井的生產層名稱後有括號註解，是否有任何助於分析上的重要訊息，如深度資訊？若無差異，則於以刪除或是有特別意義，則請書面提供說明。 (5) 資料筆數過少，無法滿足建置人工智慧模型所需之資料量(筆數)，請再進一步提供深淺各層間差異性與相關性。 <p>B. 分析參數部分</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 確定建置預測模型需要輸入那些成分和參數資料。 <p>C. 計畫研究部分</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 期末報告以油氣井資料判別生產層的人工智慧預測模型，目前中油已經提供 77 口井和之前提供 135 口井資料，是否為最終完整的油氣井資料？ (2) 期末研究內容除了目前的油氣井資料，是否仍有其他資料會再增加？目前若尚有資料在陸續建置整理，請務必於 6/30 之前提供本年度計畫研究分析建模所需的資料，後續於 6/30 之後所提供的資料，將不列入期末報告分析。

附表 4(續 2) 本研究執行期間與中油公司探採研究所討論諮詢紀錄

日期	通訊方式	A. 內容
109/06/03	出席會議	B. 針對 109/05/31 寄發的 mail 內容討論達成共識。 C. 說明教育訓練相關事宜。
109/06/05	E-mail	檢視分析資料檔
109/06/10	E-mail	詢問教育訓練相關問題
109/06/16	E-mail	提供國內海相國外陸相曼哈頓距離平均法所使用之分析變數名稱
109/06/16	E-mail	中油提供參數 P1、P2、P3、RP3、RP5、PR6 未換算為百分比之資料
109/06/17	E-mail	參數關係圖一致性呈現統一座標軸範圍
109/06/19	E-mail	詢問開會時間及教育訓練相關事項
109/06/20	E-mail	通知中油 7/1 致逢甲開會
109/06/22	E-mail	中油提供原始成分 1C2DMCP 數據
109/06/24	E-mail	通知關於 7/1 會議進行內容
109/06/24	E-mail	期中後數據問題： A. DHA_新整 to 逢甲的 EXCEL 檔裡，Heptane value 公式計算方式仍為舊的公式，與其中前確認過的一致。 B. T/nC7、nC7/MCH 期中報告為顯著參數，但期末拿掉，其原因為何。 C. DHA_新整 to 逢甲的 EXCEL 檔裡資料內有很多缺失值，確認情況是有偵測但沒有偵測到或是完全沒有偵測哪一種。
109/06/30	E-mail	提供資料檔：天然氣組成+甲乙丙烷同位素、天然氣地表氣苗組成+甲乙丙烷同位素、油樣特定分子同位素(全油)
109/07/01	E-mail	0630 紿逢甲總整理_完稿(更新：天然氣組成+甲乙丙烷同位素」工作表新增長康及八掌溪共 14 筆資料)
109/07/01	出席會議	A. 請中油說明油氣資料各變項的意涵以及重要的關聯性或是注意事項。 B. 由逢甲報告預測生產層的模型分析結果

附表 4(續 3) 本研究執行期間與中油公司探採研究所討論諮詢紀錄

日期	通訊方式	內容
109/07/02	E-mail	<p>根據 7/1 會議討論結果，修正以下資料：</p> <p>A. 「天然氣組成+甲乙丙烷同位素」及「天然氣地表氣苗組成+甲乙丙烷同位素」工作表統一刪除 C6+ 欄資料。</p> <p>B. 「天然氣組成+甲乙丙烷同位素」工作表修正鳳山 FS-3B 天然氣組成資料。</p> <p>C. 「油樣特定分子同位素(全油)」工作表只取 C13-C21 欄資料，並刪除含缺漏值之井。</p> <p>D. 「DHA_原始成分」及「DHA_換算參數」工作表刪除致勝 CFS-6 及致勝 CFS-7 二筆資料。</p> <p>E. 「DHA_原始成分」工作表之 3EP、1C2DMCP、cyclohexane 欄因缺漏值較多，僅供換算參數運算校正，不列入分析；223TMB 因屬重要成分，需列入分析。</p> <p>F. 所有工作表之「觀音山砂岩」分群已修正為「2」。</p> <p>G. 「DHA_換算參數」工作表補回 3MH+24DMP、2MH+23DMP、nC7/MCH、T/nC7 參數。「天然氣地表氣苗組成+甲乙丙烷同位素」重新檢視並刪除異常天然氣值。</p>
109/07/06	E-mail	請中油核對天然氣地表氣苗中的甲烷值(差異很大)。
109/07/16	教育訓練雲端	提供分群圖：(1) DHA 成分、(2) DHA 參數、(3) DHA 成分+DHA 參數，共 60 張圖。
109/07/23	E-mail	<p>A. 新增分群圖：(1)天然氣、(2)天然氣+同位素(全)、(3)天然氣+同位素 δ 13CH4 。</p> <p>B. 散佈圖：(1)CO2 與 LN(C1(C2+C3))、(2) δ 13CH4 與 LN(C1(C2+C3))。</p>
109/08/03	E-mail	回覆 60 張階層分群圖及教育訓練時提出的問題，8 月 5 日會議時再進一步討論
109/08/04	E-mail	針對 (1)DHA 成分、(2)DHA 參數、(3)天然氣組成成分、(4)天然氣組成成分+甲烷同位素、(5)天然氣組成成分+甲乙丙烷同位素，共五種。 演算方法採用歐氏距離華德法及曼哈頓距離最遠法。
109/08/05	出席會議	針對 8/3 及 8/4 之郵件討論給結論。
109/08/06	E-mail	提供篩選資料：(1)DHA_成分_歐氏華德_篩選 (2)天然氣+甲烷_歐氏華德_篩選
109/08/10	E-mail	提供成分、參數、天然氣、天然氣地表氣苗和油樣之座標資料。
109/08/10	E-mail	提供油樣資料分析結果。
109/08/13	E-mail	提供油井座標分佈地圖。
109/08/20	E-mail	提供中油(1)油樣資料分析結果(2)天然氣地表氣苗(刪出礦坑)_歐氏華德分群結果(3)1090811_地圖_座標分佈地圖。
109/08/24	E-mail	有關 9 月初來所進行進度討論及期末初步成果報告
109/08/25	E-mail	中油提供地質底圖(二十萬分之一地質圖_北幅和南幅、新竹苗栗區油氣移棲圖)

附表 4(續 4) 本研究執行期間與中油公司探採研究所討論諮詢紀錄

日期	通訊方式	內容
109/08/27	E-mail	提供需要註記井的資訊給中油協助地圖標點及標註井號
109/09/01	E-mail	提供南北區域 powerbi 製之標註井之地圖
109/09/03	E-mail	中油提供標記井之(1)DHA 成分(2)天然氣加甲乙丙烷同位素的地質圖
109/09/07	E-mail	中油提供修正後的標記井之(1)DHA 成分(2)天然氣加甲乙丙烷同位素的地質圖及增加天然氣地表氣苗加甲乙丙烷地質圖
109/09/10	E-mail	中油提供(1)DHA 成分(2)天然氣加甲乙丙烷同位素資料的每個標籤對應深度及增加處理南部天然氣加天然氣地表氣苗同位素分群
109/09/11	出席會議	至中油進行初步期末報告
109/09/14	E-mail	提供中油南部天然氣及天然氣地表氣苗合併的分群結果、DHA 成分依據錦水(CS)在地質圖上標上生產層及分群結果
109/09/16	E-mail	回覆中油提出關於天然氣地表氣苗加甲乙丙烷同位素是使用 64 個樣本，分群法使用歐氏距離華德法
109/09/18	E-mail	中油提供僅標上錦水(CS)之井於地質圖上、請中有再次確認 CS-70 深度是否有輸入！。

附表 5 109 年度委託研究計畫執行成效表(自評表)

計畫名稱：台灣油氣組成成分之統計分析			
執行單位：逢甲大學			
執行期間：109 年 3 月 10 日至 109 年 11 月 30 日		填表日期：109 年 11 月 25 日	
評估項目	計畫目標	實際達成	執行成效說明 / 差異分析
學術成就	研討會論文發表(篇數)	1	0 擬於 109 年 5 月 19~20 日參加「中華民國地球物理學會與中華民國地質學會 109 年年會暨學術研討會」，由於 COVID-19 疫情影響，會議被取消而無法參加研討會報告。
	期刊論文發表(篇數)		
培育相關科系人力及產學合作	人數	2	4 培育兩位「統計與精算研究所碩士班」學生，計畫中期以後另納入培育兩位「統計學系大學部」三年級學生。
	次數	1	1 「台灣中油股份有限公司」與「逢甲大學」產學合作案—「台灣油氣組成成分之統計分析」。
知識產出	研討會(場次)		
	研究報告(篇數)	1	1 「台灣油氣組成成分之統計分析」產學合作計畫研究成果報告。
技術產出與服務	技術引進(件數)		
	技術服務(件數)		
	探勘應用(件數)		
	專利授權(件數)		
潛在經濟效益	油氣發現(蘊藏量)		
	節省成本(千元)		

填表人： 魏裕中

計畫主持人：林麗芬