

成果報告

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMS1121465

學門專案分類/Division：數理學門

計畫年度：☒112 年度一年期 ☐111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

地質學之實作、概念圖和合作學習

(石油地質學 / 海洋地質與能源概論 / 地質與生活)

計畫主持人(Principal Investigator)：張英如

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣海洋大學 /
地球科學研究所

成果報告公開日期：

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2025 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2024 / 9 / 20

地質學之實作、概念圖和合作學習

一. 本文 Content (3-15 頁)

計畫創新性或延續性價值

110 年執行「地質做中學」計畫是以學生為中心，強調走出教室、實作學習，以提升學習成效。111 年「地質教中學」進一步聚焦「協同教學」，透過備課、觀課與議課，提升教師專業知能並內化教學技巧。

本計畫延續前兩年的核心理念，創新地融合「組織知識概念圖」與「素養導向合作學習」策略，將協同教學的教學反思應用於課程設計，引入概念圖與同儕合作學習，幫助學生組織知識與強理解(圖一)。結合多元化的實作、概念圖與 Rubrics 評量將共同構建一個以學習者為中心的評估體系，有效檢視知識與能力的轉化，深化學習成效。透過此創新教學模式，學生不僅能掌握學科知識，還能培養應用於解決現實問題的能力，最終實現知識、技能與態度的全方位發展，達成學習與生活共融的目標。



圖一、計畫之延續性和創新性。

1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

研究動機

研究動機源於教學現場的實際問題及過去執行計畫的反思。地質學是探索地球內外部構造、營力與演化的科學，透過觀察當前現象推論地球過去的變化，亦即「現在是通往過去的鑰匙」。然而，教科書和課堂無法充分呈現地質學的真實面貌，已故法國地質學家安朔葉 (Jacques Angelier)：「地質不在教科書上，必須用雙腳去體驗。」意味學習應走出教室，讓大自然成為教室，才能讓學生深刻理解地質學。根據 Ausubel (1968) 的意義學習理論，真正的學習發生在學習者能夠將學到的知識與自身經驗聯繫起來，形成有意義的認知結構。因此，學生不僅需要在課堂上學習，更需要親自體驗、組織知識，從中獲得意義。110 年執行的「地質做中學」計畫有 87.1% 的學生認為野外調查有助於學習，並期待更多的實地考察機會。正如李春生和陳培源 (1987) 指出學生透過實作學習能有效將理論與實踐結合，這不僅能幫助學生建構有意義的知識，還能激發學習動機與興趣。

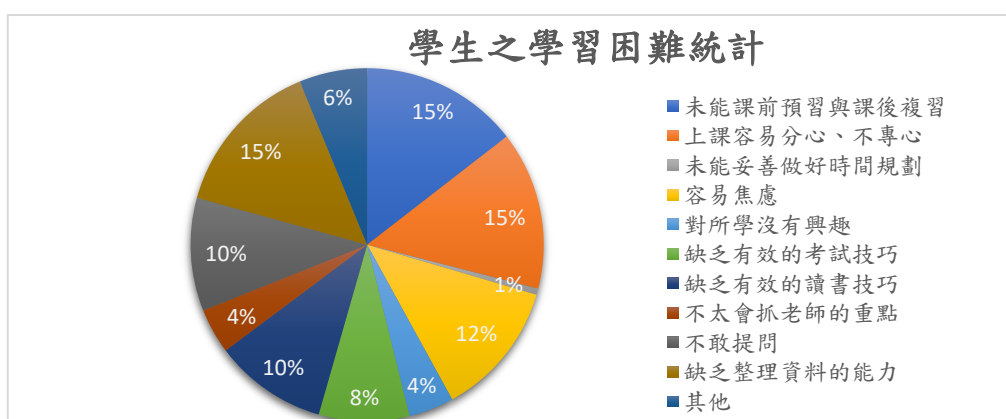
本計畫基於上述啟發，延續「做中學」理念，設計目標導向的野外任務，引導學生透過實作掌握知識與技能，將課堂知識應用於現實中。此外，本研究發現學生在學習中面臨的主要困難包括「缺乏資料整理能力」、「不擅長抓重點」、「課前預習和課後複習不足」(圖二)。這些問題通常源於學生無法有效組織知識。本計畫將透過引入「概念圖」幫學生系統化整理知識、掌握重點，促進獨立思考與組織能力的培養，進一步激發學生的學習興趣與動機。

教學實踐研究計畫目的與重要性

本計畫主旨在深化「做中學」的教學理念，將學習從課堂延伸至真實環境，讓學生透過野外實地調查，將理論知識應用於實際情境中。同時，解決學生在知識組織與重點掌握上的困難。計畫設計了目標導向的任務，強化學生的實作能力，促進地質學理論與實踐的結合。本計畫也將「協同教學」的理念融入課程，邀請不同領域的專家共同授課，藉此擴展學生的知識廣度與深度，提升教學成效。教師之間的跨領域合作，也促進了專業成長，實現教學資源的共享與交流。

計畫的創新點在於引入「概念圖」與「合作學習」策略，透過系統化的學習流程，讓學生在探索知識的過程中能清楚整理、歸納並理解課程內容。概念圖不僅能幫助學生在課前和課後進行有效的預習與複習，還能作為評估學生學習歷程與成效的工具。計畫中運用 Rubrics 評量與多元學習評估，從野外實作、課堂測驗到同儕合作，全面提升學生的學習成效。

本計畫的重要性不僅在於傳授地質學的學科知識，更在於培養學生面對未來挑戰的能力。台灣獨特的地質環境為學生提供珍貴的學習資源，透過野外實作，學生能加深對自然環境的理解，逐步培養出對地球的保護意識與責任感。這種學習不僅關乎學術成就，亦是一種人格培養和社會責任的實踐。



圖二、歷年學生學習困難統計分析。

2. 研究問題 Research Question

地球科學涵蓋的知識範圍很大，學生面對這片土地上的地質構造、沉積構造等需要空間概念之地質知識，較無法透過傳統口述方式，讓學生完全理解，特別是臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞聚合帶，是座渾然天成的地質教室，值得帶學生到野外實地探索，從學生學習回饋的調查中得知，超過 87.1% 的學生認為野外調查對學習知識有正面幫助，故本研究延續過去的計畫宗旨，強調翻轉教室走出戶外進行教學，將教學場域延伸到野外，讓地質知識和自然環境融合為一，利用實際操作進行學習，改善抽象概念不易理解的學習困難。

學生在學習困難中，有很高的比例表示自己缺乏組織知識的能力、不太會抓老師的重點，若無法確切掌握課程重點，將會影響學習成效，本計畫導入概念圖教學，幫助學生學會組織知識、建立邏輯推理與系統思考的能力，利用同儕合作學習的腦力激盪，培養表達能力、協調組織能力，以學習者為中心整合知識、技能、態度，培養組織架構能力，以系統觀察解決複雜問題，最終期望學習者能將所學運用到解決真實生活問題。

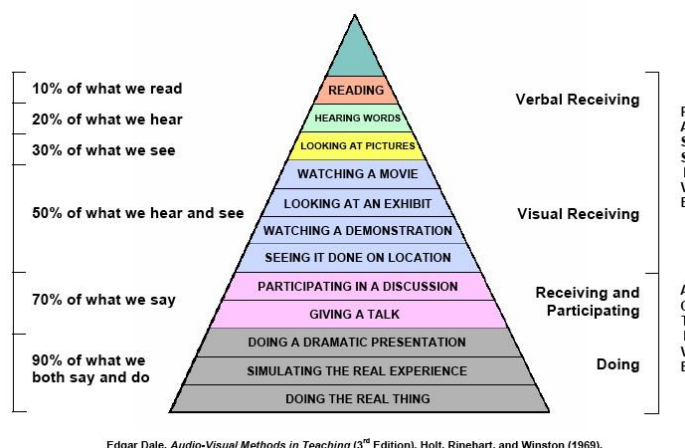
3. 文獻探討 Literature Review

做中學教育理念文獻探討

教育家杜威(John Dewey)之「經驗和教育」(Experience and Education)為現代「體驗學習」理論之起源，杜威認為經驗是生物適應(accommodation)與調適(adjustment)環境的基礎，透過操作過程獲取經驗，讓學習者與生活環境產生互動，達到學習的目的(Dewey, 1934, 1938)，即所謂「做中學」(learning by doing)與「動手做」(hands-on)教學策略。「動手做」對學習動機(Goodman et al., 2006)、學習成效(Hearns et al., 2010)、創造力與認知理解(Gerstner & Bogner, 2010)都有正面的影響，對於自主學習能力與學習障礙的學生也有幫助(Rother et al., 2010)。

Bruner(1966)提出的教學模式是先由參與經驗、其次是經圖像呈現，最後才是抽象表徵模式。當代課程設計大多依據 Tyler(1949)「課程與教學的基本原理」，先訂定教育目標 (Attain Educational Purposes)，接著組織(Organize Learning Experiences)，選擇學習經驗(Select Learning Experiences)，並根據目標加以評鑑(Evaluate The Effectiveness of Learning Experiences)。Association for Experiential Education (1995)指出體驗教育是一個人直接透過體驗而建構知識、獲得技能和提升自我價值的歷程，由此可知從實務體驗獲得知識之重要性。

野外調查為地質學的起點，亦是獲得地質知識最基本的方法。利用野外考察能提供學生最直接認識環境的機會，讓學生在野外親自動手探究才能真正落實地球科學的學習精神 (Landis, 1996)。美國提倡戶外教育學家 Hammerman 在「Teaching in the Outdoors」一書中指出戶外教育的重要性 (周儒和呂建政譯，1999) 包括：(1) 增進師生關係：戶外環境提供了更多自由與互動空間，讓教師和學生能夠在自然環境中建立更親密的關係，這是傳統教室難以實現的；(2) 打破教學時間限制：戶外學習無需受到課堂時間或外在干擾的限制，讓師生有更完整的時間進行深度討論和學習；(3) 以解決問題為中心：野外調查強調學生在真實情境中透過觀察、實驗和資料收集來解決問題，培養學生的獨立思考能力；(4) 探索的樂趣：學生在戶外享受探索的過程，這種學習經驗在傳統教室中難以模仿；(5) 加深對書本知識的理解：學生透過親身觀察地質現象，會對書本內容產生更深刻的理解與興趣，進而激發他們進行自發性學習。以野外觀測獲得知識和進行學術上的研究，符合 Dale (1946)提出「經驗錐」(Cone of Experience)理論(圖三)，人們從實際操作、現地參觀之「實作」最容易進行學習，其次是影音、多媒體、圖像視覺之傳播，最後才是抽象的文字和口語陳述所提供的學習經驗，而野外地質調查相當於「有目的的直接經驗」層次，屬於最具體的學習經驗(李春生與陳培元，1987)。



圖三、Dale 的「經驗塔」(Dale, 1946)。

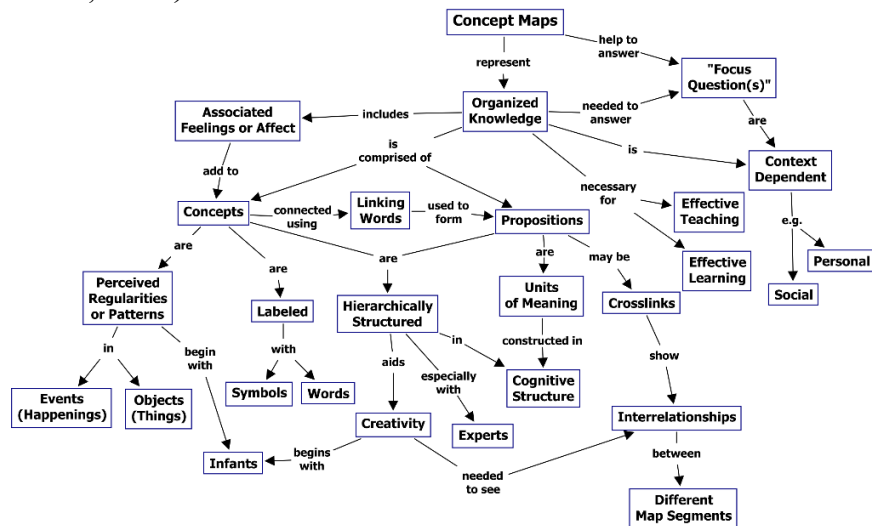
(圖片來源:<http://edu-exam-note.blogspot.com/2012/03/edgar-dale.html>)

周家祥(1994)修改了 Tyler 的課程設計模式，特別強調了「野外考察」與「學習心理學」的結合，並將學生特質、專家意見及社會需求納入課程目標設定的核心要素。這樣的教學模式有助於學生將理論與實際結合，提升他們的學習成效與學習動機。陳文山(2015)之「臺灣地質科學教育之現況與隱憂」提及全球暖化造成地球環境變遷導致地質災害頻繁，政府與民間機構極須具備有實務經驗的地質學家，透過戶外環境所獲得的學習經驗可提供完整脈絡的學習，培養學生用宏觀的角度理解科學，順應野外地質調查的教育目標，設計教學模式，使學習變得有意義、更有趣，以達到「理論」與「實務」結合的目的。

概念圖教學策略文獻探討

概念圖(concept mapping)是一種「組織呈現知識的圖像工具」(圖四)，由美國康乃爾(Cornell)大學 Joseph D. Novak 及其研究團隊於 1984 年所提出，目的在於追蹤和理解兒童科學知識的變化 (Novak & Musonda, 1991)。概念圖強調透過將新知識與現有知識連結來促進有意

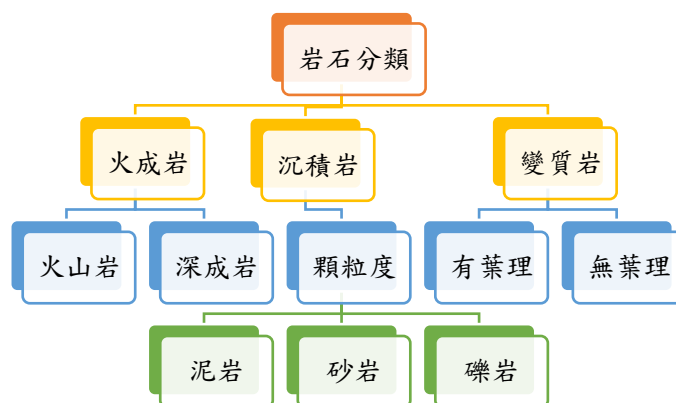
義的學習，幫助學習者掌握學科知識的架構與邏輯關係，進一步提升學習成效(Novak & Gowin, 1984; Novak & Cañas, 2006)。



圖四、概念圖的主要特徵示意圖。

(圖片來源 <http://cmap.ihmc.us/docs/images/Theory/Fig1CmapAboutCmaps-large.png>)

概念圖由概念節點(concept nodes)和連結(relation links)所組成，兩個概念節點間的連結構成命題(proposition)。概念圖中以階層(hierarchy)的關係存在，屬於概括性的概念放在上層，具體的、具特定性的概念則放下層，而最下層往往是最具體的範例(Novak & Gowin, 1984)，以三大岩類為例繪製之概念圖如圖五所示。概念圖應用於教學上，可作為學生組織知識和討論內容的鷹架(scaffolding)，協助學生組織知識結構(黃達三, 2006)；學生所繪製的概念圖表現著不同個體對知識的理解存在個別差異，檢視學生的概念網絡，從中確認是否有錯誤的概念連結，可協助釐清不正確的觀念，若檢核概念圖時發現有效的交叉聯結，則顯示學生從中產生創造性思考，可從中發掘學生的特質；使用概念圖可引導學生成為學習的主體，進行有意義學習，增進學習記憶點，此外，概念圖亦可作為學生學習成效的評量工具(余民寧等人, 1996)。



圖五、三大岩類之概念圖。

概念圖教學廣泛應用於各學科上，Berry 與 Chew (2008) 以概念圖應用於大學之普通心理學課程，研究結果發現，有製作概念圖的學生在期末成績表現有顯著提升，而所繪製的概念圖數量也和成績上升的幅度具有正相關，概念圖繪製得愈精緻複雜，成績提升也愈顯著，由此可知繪製概念圖對於學習心理學有顯著成效；Daley (2010) 將概念圖應用於成人學習和人力資源發展訓練場域，結果顯示學習者能更深入瞭解閱讀內容，有利個人的反思、個案分析並有助於提升技能；Safdar 等人 (2012) 認為以 Ausubel 的認知建構學習理論為基礎，再應用概念圖教學確實較傳統教學法更有助於學生主動進行有意義的學習。Sakiyo 和 Wazir (2015) 研究發現生物實驗課執行概念圖教學，學科成績顯著優於傳統教學班的學生，且沒有性別上

的差異;林明珍等人(2003)研究發現,概念圖有助於:(1)用簡單扼要的圖像幫助學生對知識有清楚的瞭解;(2)幫助釐清知識結構中的迷思和斷層;(3)為建構最合理的關連性,可促使學生進行思考,增進思考能力;(4)從發展概念間的新關係和新連結中,產生新的意義;(5)繪製概念圖的過程中可能會改變觀點,達到分享意義;(6)摘要總結課程內容,有利於準備考試。

運用 Rubrics 評量核心素養之文獻探討

十二年國民基本教育課程綱要將核心素養定義為一個人適應生活及面對未來挑戰所應具備的知識、能力與態度,包括自主行動、溝通互動與社會參與三大面向九個項目(教育部,2015),然而這九個項目大多難以用傳統紙筆評量判斷行為表現或成效,因此,關於核心素養之成效評估格外受到重視。Rubrics 可評量複雜和主觀的學習目標(Taggart, 2005),當學習結果需以表現(performance)來呈現時,像是口頭報告、研究報告、書報討論及團隊合作等,需觀察表現的適切性、完成性或完整性時,Rubrics 是絕佳的評量工具(Stevens & Levi, 2005; Brookhart, 2013)。Rubrics 評量通常包含任務描述、表現向度、表現等級及表現描述四部分(Brookhart, 2013; Taggart, 2005),將學習任務區分成數個表現向度,詳細描述各個向度不同等級的表現行為(Stevens & Levi, 2005),作為學習成果的指標(Brookhart, 2013),幫助學生瞭解教師的期望,提升教師評分時的透明度和效率。

對教師而言,運用 Rubrics 的優點:(1)公平客觀的評量,避免既定印象和主觀的成見;(2)能夠明確回應學生對於評分高低的疑問;(3)能節省教師在評估作業及提供回饋所需時間;(4)能夠幫助教師檢視並調整課程目標與教學行為。

對學生而言,運用 Rubrics 的優點:(1)瞭解成績的評量標準及各等級範圍,引導正確有效學習;(2)可藉此瞭解自己的優缺點及應該改進的方向;(3)為自己的學習負責,發展自我評估的能力。

4. 教學設計與規劃 Teaching Planning

本計畫旨在培養「終身學習者」,以素養導向教學為基礎,強調學生自主學習,教師則擔任引導者與協助者。透過脈絡化的學習情境,教師設定任務並使用適當的策略進行思考、討論、行動與反思,最終達到學生素養的全面發展(吳璧純,2017)。為了幫助學生有效組織知識,本計畫引入概念圖,系統性記錄學生的學習歷程,學生將運用概念圖來建構自己的知識網絡,幫助學生將分散的知識連結成系統架構,引導學生思考、理解並整合矛盾概念(張春興,1996;Novak,2010)。促進學生自主行動、溝通及社會參與等能力,同時延續過去「做中學」和「協同教學」的實踐策略,強調理論與實踐結合,提升學習成效(圖六)。

教學規劃如下:

1. 實地參訪學習:參訪臺灣油礦陳列館,讓學生深入瞭解臺灣油氣開發史,觀察鑽井設備、瞭解鑽探運作過程。並至自然科學博物館、汐止超高壓變電所、協合發電廠透過與真實產業接軌,有助於學生將課堂所學與實際情境結合,達成學習與生活共融的目標。
2. 野外實作學習:前往出磺坑、花東海岸山脈進行野外考察,透過觀察露頭、研判沉積構造、學習使用傾斜儀、進行樣品採集等實際操作驗證所學知識,提升學習成效。
3. 科技應用與資料分析:利用探勘軟體,學生將學習如何建立地下構造圖,辨識具有油氣潛能的區域,強調科技在油氣探勘中的應用,將地質知識與科技應用相結合。
4. 協同教學與跨領域合作:計畫中邀請國內外多位專家學者參與協同教學,這些專家來自不同領域,包括洪奕星教授(國立臺灣海洋大學)、羅偉教授(台北科技大學)、王士偉主任(自然科學博物館)、鍾令和博士(自然科學博物館)、黃鐘博士(台灣電力公司)、陳伯軍地質師和周賢元地質師(中油事業部測勘處),將提供沉積學、構造地質學、古生物與碳酸鹽岩、地質能源、油氣探勘、科技應用及社會責任等多元視角,透過跨領域學習深化專業知識,提高分析問題的能力。



圖六、教學設計與研究方法架構圖。

表一、計畫課程說明。

課程名稱	石油地質	海洋地質和能源概論	地質與生活
課程簡介與教學目標	(1) 建立石油系統知識，珍惜有限能源。 (2) 學習油氣探勘評估方法和認識探勘技術。 (3) 將石油地質學和業界實務接軌。	認識海洋沉積物及各種地質作用，學習海洋資源的開發與應用，如：石油、頁岩氣、地熱、海洋溫差發電、潮汐能等，建立對海洋科學較全面的認識。	(1) 將地質知識應用於實際問題。 (2) 培養環境保護與可持續發展意識。 (3) 結合地質理論與生活，激發興趣並提升實踐能力。
教學場域	課堂教室、臺灣油礦陳列館、出磺坑野外考察、中油探採研究所。	課堂教室、花東海岸山脈地質考察、汐止超高壓變電所、協合發電廠。	課堂教室、集集攔河堰、車籠埔斷層保存園區、野外地質考察。
學習成效評估工具	採用多元評量，包括：課堂問答、即時測驗、概念圖學習評估、實作評量、learning by teaching 能源報告、同儕互評、小組討論、合作學習。	採用多元評量，包括：課堂 Kahoot 即時學習成效測驗、問答遊戲、概念圖學習評估、learning by teaching 能源報告、實作評量、同儕互評、合作學習。	採用多元評量，包括：實作評量、口頭報告、小組討論、合作學習。

5. 研究設計與執行方法 Research Methodology

本研究旨在突破傳統課堂的時空限制，賦予學生學習自主權，結合多元教學方法與科技應用，促進深度學習與知識轉化。核心設計圍繞三大策略：自主管理學習、協同教學及跨領域實地探究並整合概念圖繪製工具，強化學習效果。

5-1 自主管理學習 (Self-regulated Learning)

強調學生在學習中的主導地位，透過數位教材、開放式教科書以及將抽象概念製作成影片供學生反覆學習，強化關鍵知識的記憶，讓學生依據自身學習節奏，靈活掌握知識，為避免學生被動學習，本計畫以 Kahoot 測驗與概念圖學習歷程為基礎的多元評估機制，透過動態量測檢視學生的學習進度與狀態，提升學生的參與度與學習動機。

5-2 協同教學 (Collaborative Teaching)

本計畫採「課前共備→觀課→課後議課」的協同教學以促進教師專業發展，提升教學成效。為結合跨領域專業與實務經驗，本計畫邀請國內學者與業界專家進行協同教學，包括：國立臺灣海洋大學洪奕星教授、自然科學博物館王士偉主任、鍾令和博士、國立台北科技大學羅偉教授(圖七)。專家學者將在課前針對學生學習需求共同設計課程，根據既定學習目標

進行教材開發，教師間透過專業對話深化教學目標與實施策略的共識。觀課：觀摩資深教師的教學方式與教學技巧，將教學內化成自我技能，在課後根據學生學習反應進行深入討論與反思，持續改進教學策略，不僅強化教師的教學專業，也促進學生多元學習。

5-3 實地考察與概念圖的應用

課程安排野外考察與實地操作，將課堂知識與實地經驗結合，促進學習遷移，提升解決問題能力，以概念圖建立學習歷程(圖八)，從基礎的「自我介紹」概念圖開始，逐步引導學生掌握概念圖的組織架構，在每個單元結束後，學生繪製概念圖促進知識整合，學生在 LINE 和課堂展現概念圖，教師提供反饋，幫助修正並優化概念圖，進一步深化重點知識的理解。透過概念圖的前後變化，學生學習系統化知識，運用概念圖進行反思與修正形成知識框架，教師可以追蹤學生的學習進展，調整教學策略，優化學習效果。學期末，學生將互評和填寫問卷，對創新學習回饋看法與建議。這不僅有助於評估學生的學習成效和素養養成，也為教師的未來教學提供改進依據，內化為教學能量。

計畫以「自學」、「思考」、「統整」、「合作學習」、「表達」和「統整」六個核心環節設計，具體說明如下：

1. 自學能力的培養：課程前十週，重點在於提升學生的自主學習能力及閱讀理解能力(圖九)。學生透過自學能夠更有效地掌握基礎知識，為後續的深度探討奠定理論基礎。

2. 思考與創新：課程鼓勵學生發掘好奇心與問題意識，這有助於培養學生的批判性思維，並激發他們的創造性與解決問題的能力。

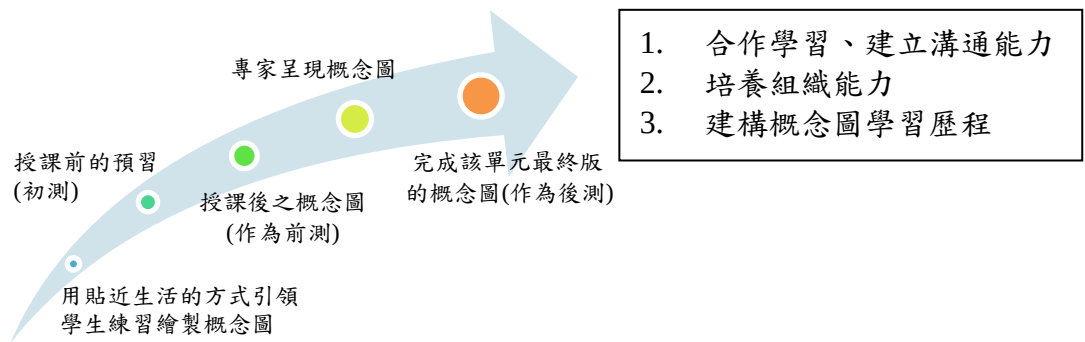
3. 概念統整：學生將所學的知識進行組織與統整，這有助於將複雜的知識結構化，提升學習效果。概念圖的應用在此環節中尤為關鍵，能夠幫助學生視覺化地呈現知識結構。

4. 合作學習與表達：第十一至十六週課程轉向情境與技能應用(圖九)，學生在小組合作中進行多角度的思維交流，並在課堂中進行報告和同儕互評，不僅提升學生的合作能力也促使學生進一步內化所學知識，並發展其表達能力與自信心。

5. 統整與評估：透過小組合作和老師講解後，學生再次進行知識統整，透過回顧、反思與進一步修改概念圖，最終形成完整的知識框架。課程結束後，學生將透過問卷調查、書面成果和心得報告對學習效果進行評估，這有助於教師及學生更全面瞭解學習成效與未來改進方向。



圖七、集結跨領域教師之協同教學。有別於去年，本年度邀請鍾令和博士及台電、中油業師加入，補助自身不足之處，亦提供更多元的視角促進教師增能。



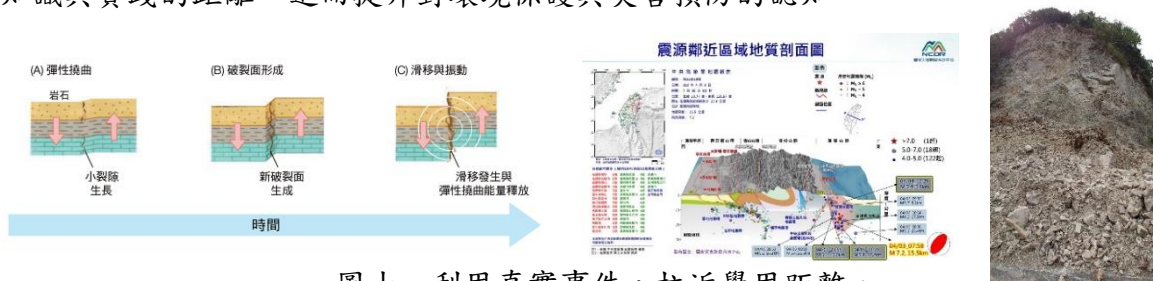
圖八、概念圖執行歷程。



圖九、研究計畫執行架構。

利用真實案例拉近學用距離

本計畫藉由結合地質知識與真實生活體驗，將學習內容與日常生活緊密連結，在課程中介紹地震的成因，連結到花蓮地震(圖十);將東北角象鼻岩變成水豚君來探討影響風化作用的因素，強化抽象理論的理解，透過分析現實中的地質資料與案例，培養科學探究的能力，拉近知識與實踐的距離，進而提升對環境保護與災害預防的認知。



圖十、利用真實事件，拉近學用距離。

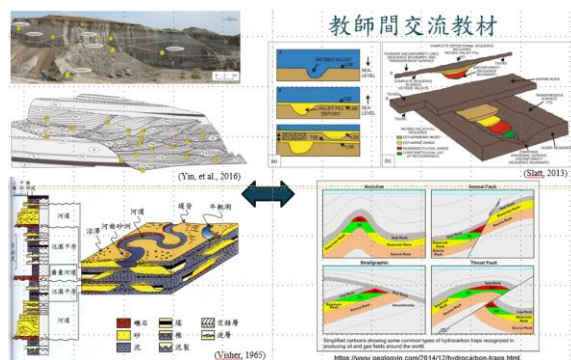
6. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

(1) 教學過程與成果

1-1 協同教學

執行計畫的過程中，深刻體悟到個人專業與視野的侷限，進而透過跨領域教師合作的協同教學，實現相互學習與經驗借鑒。教師根據教學目標設計課程內容、教材交流(圖十一)並製作學習單，教師利用各自專業領域的知識，包括:沉積學、構造地質學、古生物學、碳酸鹽岩岩石學等知識融合，使課程內容更豐富多元，透過數位平台(LINE)即時溝通調整，交流教學想法。除了自己帶學生野外考察，也積極觀摩教師的授課與野外活動，在野外考察中，學習教師的專業知識、教學技巧及清晰的陳述邏輯(圖十二、圖十三)，促進教師教學增能。

為促進跨領域合作並幫助學生將理論應用於實務，本計畫特別邀請了台電公司黃鐘博士及地礦中心陳松春組長進行專題講座（圖十四），幫助學生深入瞭解能源發展、泥火山研究與地科職涯發展，促使學生啟發未來的職涯規劃，期望藉此縮短知識與實務的距離，也激發學生的學習熱情與探索精神。



圖十一、協同教學中針對學習目標製作教學教材，共備課時，將資深教師的專業應用到自己的課程中，左圖為洪奕星教授之沉積學教學投影片，右圖本人之石油地質學教學投影片。



圖十二、協同教學至東北角、集集攔河堰與車籠埔斷層保存園區進行地質考察和觀摩教學。

課堂中觀課

- 學習教學技能
- 知識的邏輯架構



臺上一分鐘，臺下十年功，持續增能紮根

野外考察觀課

- 強化知識和實務之連結
- 開發新的考察點



圖十三、本計畫分別在課堂中和野外進行觀課學習，以促進教師增能。



圖十四、業師演講促進學生將知識理論應用於實務，縮短學用落差，有益於職涯發展。

1-2 野外考察與實作課程：實作中學習，提升學習效能

地質學的核心在於探索地球，學習不應局限於教室，必須將場域延伸至自然環境。因此，本計畫設計了以野外考察與實作為主的學習模式，透過實地操作增進學生的學習成效。每個野外考察點皆設有明確的觀察目標與學習重點，確保學生有系統、有目的地進行探索(圖十五)。運用任務導向與目標導向的學習方式，學生在「尋寶」的情境下學習，如:辨識正常層序和古水流方向，透過探索與解題來完成任務，也讓學生從巨觀地貌到微觀岩礦，建構觀察力。實作評量不僅促進學生自主學習，也強化同儕間的合作學習，完成任務的學生可擔任「小老師」幫助其他同學，作為複習，進一步提升成就感和學習興趣，學習歷程中能有效地統整知識，最終培養應對真實世界問題的能力。



圖十五、學生在野外進行尋寶任務，同儕想法思辯、互相協助的合作學習。

1-3 設計學用相連的課程活動

為促進理論與實務結合，提升對產業現況的理解，本計畫安排與授課內容緊密相扣的參訪活動(圖十六)，如:協合發電廠參訪幫助學生瞭解發電原理。透過到臺灣油礦陳列館瞭解油氣探勘史，系統地瞭解臺灣自清朝以來從河面上發現油花至現今油氣開採的整個過程，探究中油如何在國外尋找適合的油田，藉由親眼目睹鑽井設備，讓學生對鑽井技術的複雜性與具體工作內容有深刻的認識，安排學生至出磺坑野外考察(圖十六)，研判儲集層，學生進行樣品採集，體驗石油地球化學的實務分析流程。暑期實習則幫助學生對油氣探勘流程、分析軟體、工作內容有更深入的瞭解，激勵學生將課堂所學運用到實務中，讓學生不僅掌握理論知識，亦培養產業界所需的實務技能，為未來的職涯發展奠定基礎(圖十七)。



圖十六、出磺坑野外地質考察，利用實作評量驗證石油地質的所學知識，拉近學用距離。



圖十七、藉由地化實驗分析、岩心解析、薄片觀察和震測屬性分析，利用實作建構油氣探勘所需具備的技能，為職涯發展奠定基礎。

1-4 以教促學 Learning by Teaching

做中學與教導他人都是屬於高層次的學習方法，本計畫進行「以教促學」能源議題報告（圖十八），讓學生扮演教師向同學講解並回答問題，同學也會以 Kahoot 測驗同學，進一步促進同儕互動與知識深化，合作學習有助於激發不同想法的交流，會的同学教不會的同学，過程中可複習知識、組織知識，並建立自信心和成就感，幫助學生深理解，提升學習效果。



圖十八、學生針對石油、煤層氣和波浪能進行以教促學，藉由分享學習任務，同儕間可針對成果進行回饋與評論，更可透過瀏覽他人的學習成果進行反思，提升學習動機。

1-5 學習成效評估

本計畫分別在課前、課中、課後採多元學習成效評估，旨在全面提升學生的學習效果。

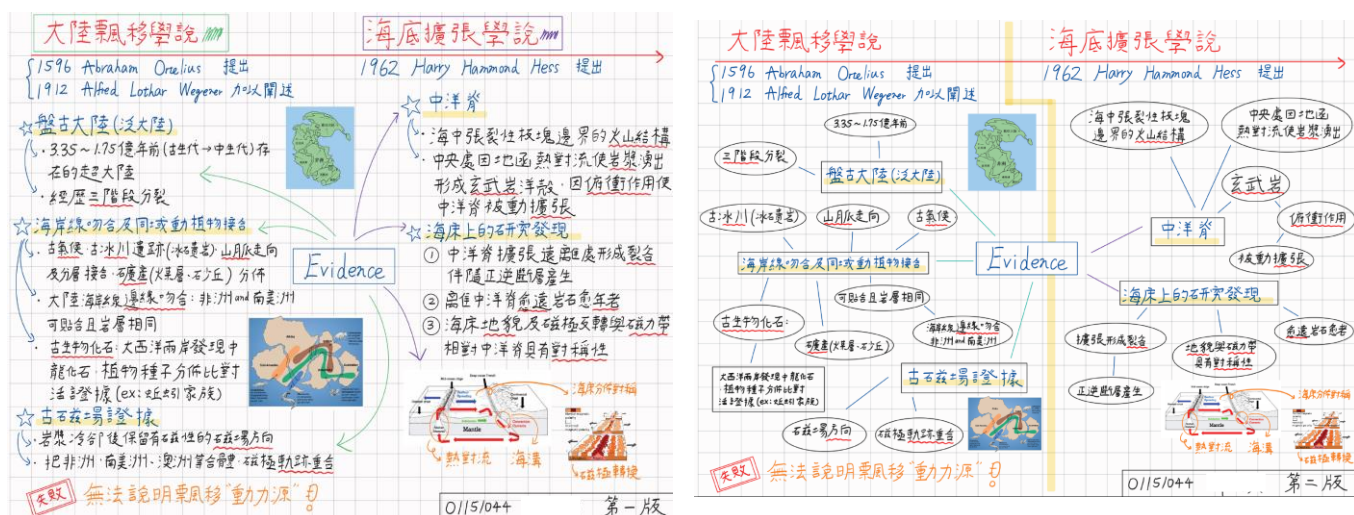
- (1)課前階段：a.培養自主學習：教師在課程開始前提供教學資源，幫助學生熟悉內容，鼓勵學生自主預習；b.問題引導：透過提問促進思考與參與，為課堂討論鋪路。
- (2)課中階段：a.即時回饋機制：透過課堂活動和即時反饋（圖十九），教師能即時掌握學生的學習進度與理解狀況，調整教學策略；b.協同教學：跨領域教師合作，強化教師增能，提供多元角度；c.小組合作學習：學生透過分組討論，提升理解深度及解決問題的能力；d.概念圖繪製：透過繪製概念圖，將知識結構化（圖二十），幫助學生整理學習內容，深化理解與記憶；e.同儕互評：學生之間的互評機制，促進互相學習、激勵思考與反思，強化知識內化。
- (3)課後階段：a.影音學習資源：學生可反覆觀看影音教材，強化學習成效與知識鞏固；b.撰寫學習報告：透過撰寫報告總結所學，展示學習成果；c.完成學習任務：學生透過完成具體任務，驗證對課程內容的掌握程度。



圖十九、圖左：本計畫之多元學習成效評估歷程，分別在課程前、課程中和課程後進行多元學習成效評估。圖右：授課現場執行 Kahoot 即時測驗之狀況，針對學習盲點解釋說明。

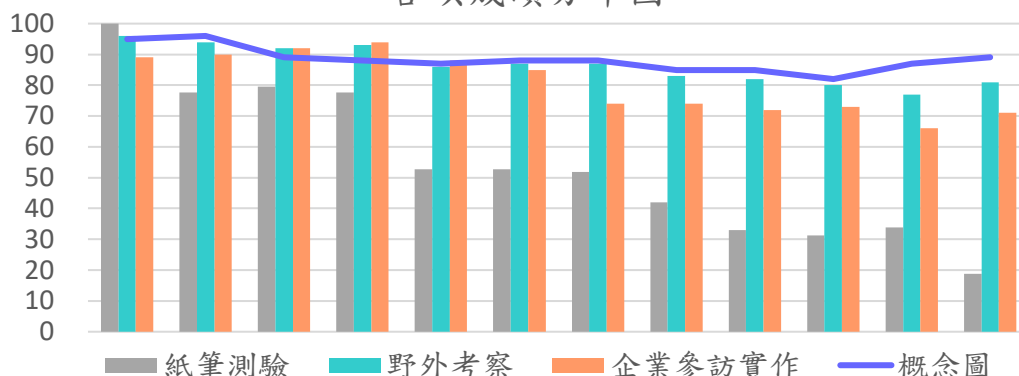
由學生各項學習表現可見，野外考察（藍綠色柱狀圖）無論在高分群、中分群、低分群學生之成績表現都很優異，分數範圍為 77~96 分（圖二十一），九成學生成績達 80 分以上，低分群學生也能完成學習任務，而企業參訪實作（橙色柱狀圖）的整體成績表現也都不錯，顯示學生在戶外環境實作和企業參訪能鞏固或驗證理論知識，實踐活動更能引發學生的興趣並促進知識內化，有助於學習成效。藉由概念圖建立學習歷程的成績表現相對穩定。對比傳統紙筆測驗評量（灰色柱狀圖），分數的歧異度較大，高分群、中分群、低分群學生會被顯著區分，倘若教學現場只憑傳統紙筆測驗，高分群學生憑藉自身資質和努力，一樣能獲得高分，

故對高分群學生的影響較小，然而，對低分群學生(或中下程度的學生)影響顯著，學生很可能在得不到成就感和學習挫折中，抹殺學習興趣，甚至放棄該課程。由此可見多元評量的重要性和必要性，讓大多數學生都能被帶起來。



圖二十、學生利用概念圖建構學習歷程。

各項成績分布圖



圖二十一、學生之學習成效分析。



圖二十二、本計畫期望培養學生能理解、能表達、會合作、能實踐，創造心流，落實解決現實問題的能力。

(2) 教師教學反思

執行計畫的過程中，不僅解決教學現場的實際問題，更深入反思自身的教學方法與專業

侷限，體會到單一專業與思維有所局限性，意識到自身的不足，透過與跨領域教師進行協同教學，讓我有機會從不同學科視角切入課程，不僅豐富了教學內容，還彌補了我在碳酸鹽岩與地層學知識上的不足，進而拓展自身的專業素養與教學思維，這種多維度的教學經驗，讓我能夠引導學生更全面地理解地質學的複雜性與應用性。

計畫中引入「概念圖」為工具幫助學生理清學習脈絡，系統化知識結構。此方法提升學習效果，但也發現對於一些自我要求高的學生而言，在課堂上繪製概念圖的過程有時會帶來壓力，學生反應在課堂中即時繪製概念圖，會影響聆聽老師講解和同學報告的專注力，因為他們會急著做筆記。這促使我進一步思考，創新教學雖然是提升學習成效的重要手段，但在實施過程中需調整教學強度，平衡學生的學習負擔，確保創新方法與學生學習節奏相契合。

此外，我一直以為老師是站在高點，帶領學生前進，看見不同的視野，隨著科技的進步，愈加深刻地意識到，教學不再是教師單向帶領學生探索知識，而是「與學生共同前行」，彼此學習、相互啟發。以探究象牙貝為例，過去我們無法瞭解其內部結構，然而現今科技發展讓我們能夠藉助工具進行解析，這也強化了我的教學反思，即是與學生共同學習、共同成長。

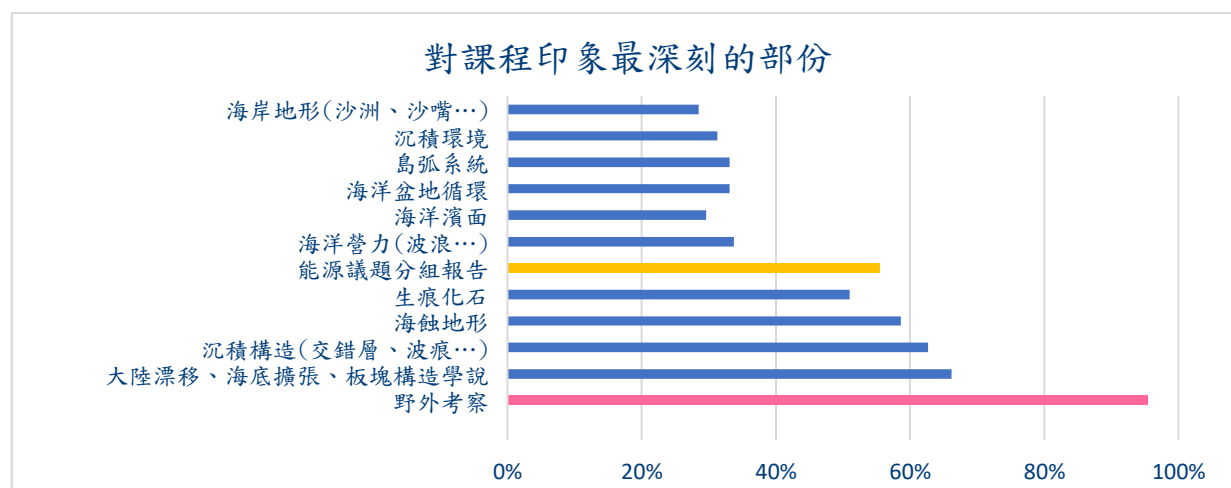
為縮短學用落差，今年特別增加了油氣探勘的野外考察活動，帶領學生參訪臺灣油氣探勘的重要發源地，讓學生深入瞭解油氣探勘歷史，透過實地觀察儲集層與學習油氣評估技術，提升對實務操作的認識。特別的是接洽此活動的中油承辦人員是我的同學與學弟，他們提供學生生涯規劃的寶貴建議亦促進不同世代的對話，值得慶賀的是我的學生今年成功進到中油測勘處工作，對學弟妹而言，無疑是一大鼓舞，對職涯發展有正面啟發，激發了學生對地科領域的熱情與投入，並促進產學間的交流。

(3) 學生學習回饋

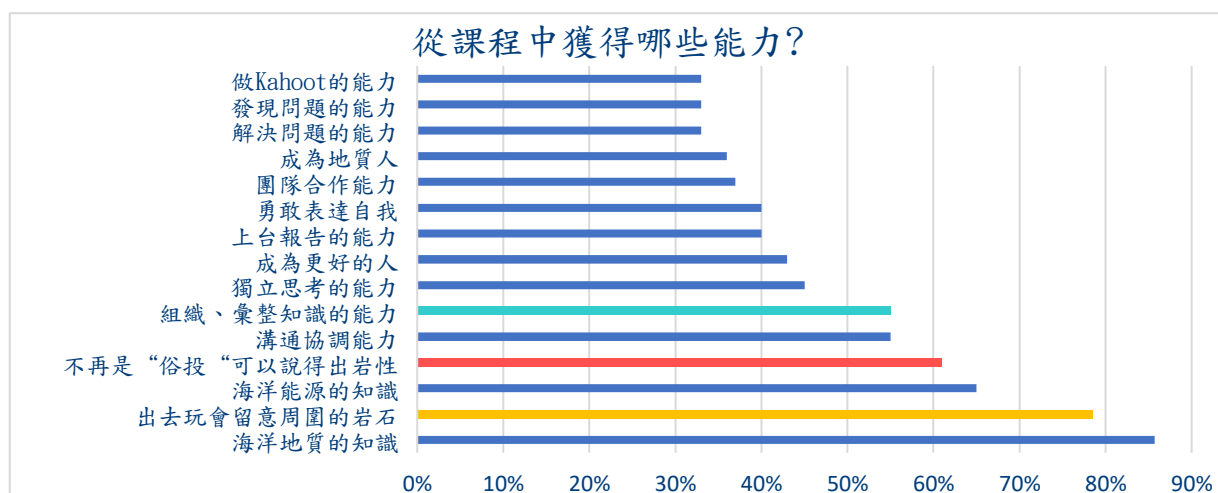
學生的學習成效調查結果顯示，學生對於實地考察活動印象最深刻(圖二十三)，也表示野外考察內容學得最好，通常華人學生都具有謙遜特質，不容易直接表示自己學得很好，看到這樣的結果，足以證實現地觀察和體驗環境是學生深具影響力的學習經驗。其次，能源議題報告的同儕合作學習是另一個學生印象深刻的部分，說明分組討論活動使學生對能源議題有深入的理解，團隊合作可強化學生的溝通表達能力。海洋濱面、海洋盆地循環等主題則相對印象較模糊，可能是這些理論較難以連結到具體的實際經驗，可作為未來調整和加強的方針。

從素養核心能力觀察學生學習成效，發現學生都反應學習到專業知識，出去玩也會留意周圍的岩石(圖二十四)，體現知識貼近生活的目標，也建立組織知識、溝通協調能力與獨立思考能力，解決問題的能力則是未來可以再強化的地方。

野外考察和課堂中之岩石研判，我拿了水泥來考學生，學生大多回答礫岩，當我公布正解時，學生紛紛露出不可思議的表情，河工系學生說：「水泥是我們的專業，是我們每天在課堂中都會討論的主角！」因此，對於自己竟然沒認出水泥，感到十分訝異，卻也深深的將此記憶烙印在心中，這是我覺得最有趣的學生反饋。



圖二十三、學生之學習成效調查。



圖二十四、學生從課程中所學習到的能力。

7. 建議與省思 Recommendations and Reflections

回顧過去三年的教學實踐研究計畫，深刻感受到教育在瞬息萬變的世界中所扮演的關鍵角色。疫情期間，野外授課的挑戰使我瞭解教學不僅是知識傳遞，更是一種持續變革的實踐。過程中，克服學習新技能的笨拙，學會適應並從中成長，發現自己的不足，積極尋求跨領域協同教學的支持，協同教學不僅促進知識共享，也提升自我的教學能力，然而，我深知不可能在一年就學會資深前輩的教學功力，這需要長期投入和不斷精進，執行計畫是起點，我將繼續累積經驗，不斷深化與拓展知識，應用於未來的教學，也許不是做得最好的，卻可以當最努力的那個。此外，預計向教育領域學者請益，自許能將研究成果進行發表。

台灣地質環境多變，每次野外考察都是與大地對話的過程。今年恰逢集集地震 25 週年，花蓮地震亦再次提醒我們自然的不可預測性。這次野外考察正好遇到地震，學生表現出奇鎮定，可能是知識融入生活的好證明，為了讓學生在真實環境中學習，我會努力在有限的時間內安排學用合一的野外活動，實現理論與實作的良好呼應。此外，隨著全球科技快速發展，AI 與 ChatGPT 的興起，教育模式正面臨前所未有的挑戰。根據研究，60% 的未來職業在今天尚未出現，培養學生靈活面對世界變化的應變能力，面對多元挑戰的好奇心和創造力是當務之急，我們的教育目標不僅是教學生如何學習，更要教會他們如何運用知識技能來解決未知問題，未來計畫勢必將 AI 技術融入課堂，讓學生在實際問題中成長，提升未來職場競爭力。教師是生命影響生命的歷程，只要開始改變，就會有生命開始變得不同，期許自己不忘初心，繼續前行，由衷感謝過程中的每一個幫助。



二. 參考文獻 References

外語參考文獻:

- Association for Experiential Education (AEE). (1995). AEE definition of experiential education. *The AEE Horizen*, 15(1), 21.
- Ausubel, D. P. (1968). Facilitating meaningful verbal learning in the classroom. *The Arithmetic Teacher*, 15(2), 126-132.
- Berry, J. W., & Chew, S. L. (2008). Improving learning through interventions of student-generated questions and concept maps. *Teaching of Psychology*, 35(4), 305–312.
- Brookhart, S. M. (2013). *How to Create and Use Rubrics for Formative Assessment and Grading*. Association for Supervision & Curriculum Development.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.
- Daley, B. (2010). Concept maps: Practice applications in adult education and human resource development [Perspectives on Practice]. *New Horizons in Adult Education and Human Resource Development*, 24(2-4), 30-36.
- Dale, E. (1946). *Audio-Visual Methods in Teaching*. New York: The Dryden Press.
- Dewey, J. (1934). *Art as experience* New York: : Minton, Balch and Company
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York, NY: Macmillan.
- Gerstner, S., & Bogner, F. X. (2010). Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*, 32(7), 849-870.
- Goodman, B. E., Freeburg, E. M., Rasmussen, K., & Di, M. (2006). Elementary education majors experience hands-on learning in introductory biology. *Advances in Physiology Education*, 30(4), 195-203.
- Hearns, M. K., Miller, B. K., & Nelson, D. L. (2010). Hands-On Learning Versus Learning by Demonstration at Three Recall Points in University Students. *Otjr-Occupation Participation and Health*, 30(4), 169-171.
- Landis, C. (1996). *Teaching science in the field*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
- Novak, J. D. (2010). Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 6(3), 21–30.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The theory underlying concept maps and how to construct them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition*, 1(1), 1-31.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn to learn*. New York, NY: Cambridge.
- Safdar, M., Hussain, A., Shah, I., & Rifat, Q. (2012). Concept maps: An instructional tool to facilitate meaningful learning. *European Journal of Educational Research*, 1(1), 55-64.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Rother, K., Rother, M., Pleus, A., & Upmeier zu Belzen, A. (2010). Multi-stage learning aids applied to hands-on software training. *Briefings in bioinformatics*, 11(6), 582-586.
- Sakiyo, J. & Waziri, K. (2015). Concept mapping strategy: An effective tool for improving students' academic achievement in biology. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 1(1), 56-62.
- Safdar, M., Hussain, A., Shah, I., & Rifat, Q. (2012). Concept maps: An instructional tool to facilitate meaningful learning. *European Journal of Educational Research*, 1(1), 55-64.
- Sakiyo, J. & Waziri, K. (2015). Concept mapping strategy: An effective tool for improving students' academic achievement in biology. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 1(1), 56- 62.
- Stevens, D. D., & Levi, A. (2005). *Introduction to Rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning*. Sterling, Va.: Stylus Pub.

Taggart, G. L. (2005). *Rubrics: A handbook for construction and use*. Lanham, MD.: Rowman & Littlefield Ed.

Tyler, R. W. (1949) *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. The University of Chicago Press.

中文參考文獻:

李春生和陳培源(1987)地質野外考察實習在地球科學教育上的功能。中等教育 38(1), 18-20。

余民寧、陳嘉成、潘雅芳(1996)概念構圖法在測驗教學上的應用。測驗年刊, 43, 195-212。

林明珍、黃秀雲、陳芳巧(2003)護理系在職專班學生學習概念圖之態度與成效。慈濟護理雜誌, 2(1), 42-52。

吳壁純(2017)素養導向教學之學習評量。臺灣教育評論月刊, 6(3), 30-34。

周家祥(1994)地球科學野外考察活動設計一範例一、鼻頭角。國立台灣師範大學科學教育中心, 國民中學數學及自然科學課程教材教法個案研究計畫(地球科學科), 第 1-24 頁。

周儒和呂建政譯(1999)戶外教學。台北:五南。

張春興(1996)現代心理學。台北市:東華。

陳文山(2015)臺灣地質科學教育之現況與隱憂。地質, 第 34 卷, 第 4 期, 第 56-59 頁。

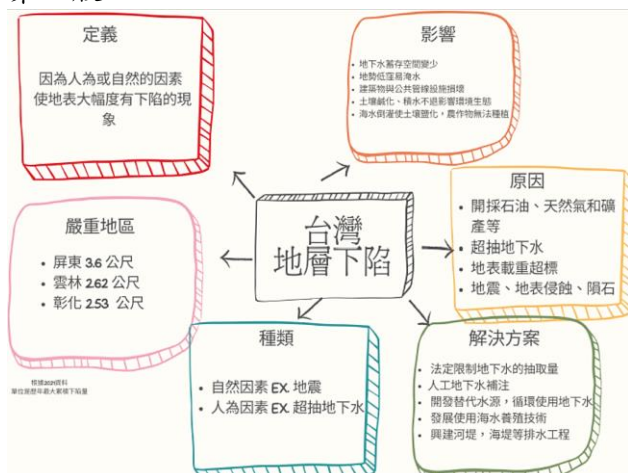
黃達三(2006)概念圖在科學教學上的應用。課程與教學, 23(4), 75-86。

教育部(2015)十二年國民基本教育領域課程綱要核心素養發展手冊。臺灣臺北:國家教育研究院。

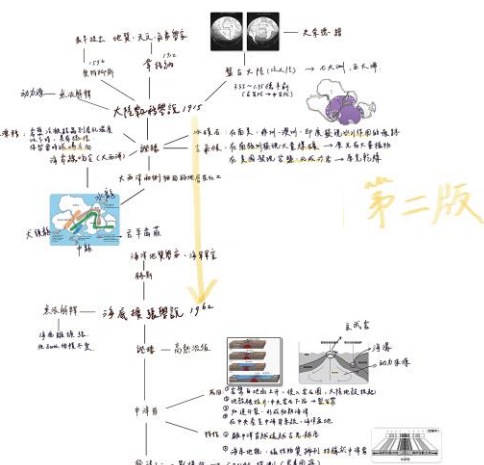
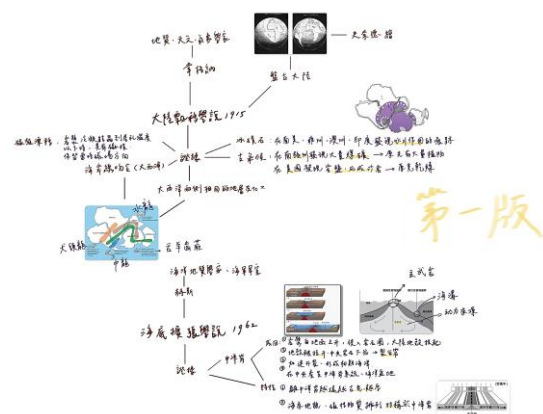
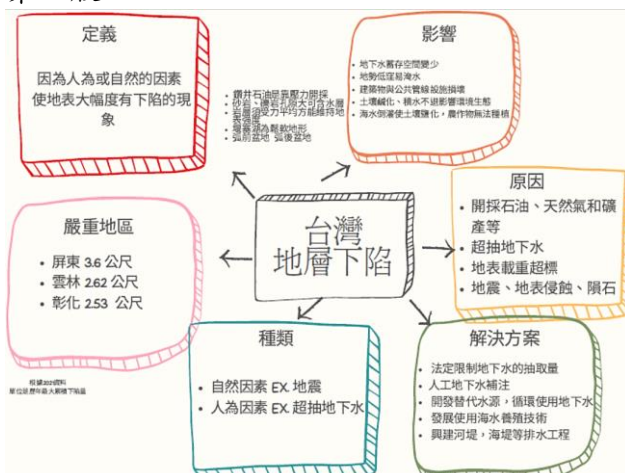
三. 附件 Appendix (請勿超過 10 頁)

✓ 學生之概念圖學習歷程摘錄：

第一版



第二版



✓ 學生之實作報告摘錄：

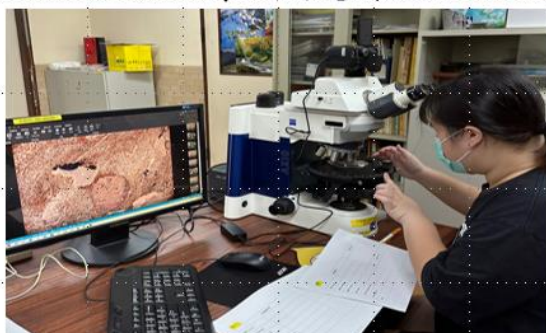
井下岩心描述



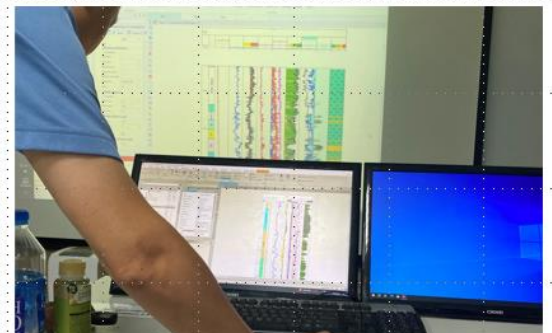
微體化石觀察



岩石薄片觀察



井測計算及油藏初估



酸洗前處理

秤2g以上的岩屑粉末樣品



離心水洗



酸處理

取2g樣品，以35%~37%濃鹽酸進行酸洗



使用PH測紙進行檢測，數值約再5~6之間



✓ 學生心得報告摘錄：

➤心得(至少 100 字以上)：

這次野外走訪花東學習火成活動、沉積現象等有趣地質現象，此次野外時間剛好在0403花蓮大地震後，經過花蓮北部山區受地震影響山壁崩落，地質活動深深影響臺灣，曾經的地質活動痕跡仍有保留部分證據，讓我們可以推估過往

※問卷統計完後，請將紙本於執行後報支經費時一起送至教學中心留存，謝謝！

在這片我們生存的土地經歷什麼事件，也許這就是地質/地科領域吸引人的地方。

觀察的心得

這次出野外有去過的地方也有新的秘境，相同的風景卻有不同的感觸，原來東部海岸線藏有這麼多的秘密。發現當課堂的知識點與戶外連上線，是一件很有趣的事。

從花蓮車站出發，第一站——石門，親眼看見火山噴發的證據——火山角礫岩，一整片的火山角礫岩，可以想而知噴發當時是非常壯觀的，還在這看見了海蝕地形，海蝕洞、海蝕溝、海蝕階，覺得親眼所見和在課堂內坐著聽是很不一樣的。第二站——石梯坪，老師用很淺顯易懂的比喻（冰淇淋丟到奶昔上）去形容撞擊構造，印象非常地深刻。在石梯坪也看見了許多斷層和變形條帶，可見這裡是受到許多作用力之處。另外，當老師提到這些細顆粒透過氣流、空氣可以帶到很遠的地方，龐貝整個城市當時就是被這樣的安山岩質所覆蓋，讓我不禁也想去龐貝一探究竟。透過兩站的介紹和眼見為憑，認識到了海底火山形成的層序，從火山角礫岩到凝灰岩，再看見旁邊珊瑚礁因為抬升而陣亡所形成的玄武岩，也證實了抬升作用這回事。

澎湖玄武岩赫赫有名，卻沒想到這樣的柱狀結構原來和火山頸的位置有很大的關聯性，除了澎湖以外，原來台灣也有其他地方是有著狀節理的，曾經去過澎湖見證垂直的柱狀節理，加上這次的石門和大峰峰，一共收集完四種柱狀節理了！

剛好這學期也有修沉積地層學的課（洪奕星老師），對於交錯層、生痕化石還有爬升狀交錯紋理...等等，老師上課提及這些入門的知識背景，在這次花東也親眼看見了許多老師在課堂上所提及的地層構造，有種「真的是和老師上課給我們看的照片一樣欸！」的驚嘆，也在發現生痕化石的時候，會有種「我想要分類他是哪種痕」的趣味。

找到板塊邊界的證據——鱗片狀構造，是我覺得這趟最值回票價的，身為台灣島的一份子，關於台灣是被板塊擠上來的，對此深信不疑，而在這次野外過程中，看見這個證據，讓我可以驕傲地說台灣真的是位處於板塊邊界，並且被擠上來的！

最後老師在景興工作的學姐和大家介紹岩芯，第一次看見岩芯，還一次把0-40m的岩芯一字排開給我們看，學姊很用心的介紹，讓我們對於鑽井和辨識岩芯的工作有初步的認識，原來未固結的岩體（未入岩）比較不容易看見剪切的痕跡。

感謝老師及助教的用心，讓我們能夠在這次野外考察中受益良多，帶我們上山下海，讓我們看見地科的樂趣，也從當中感受臺灣這片土地的長成，感受到是身為臺灣人才能感受的感動。



這一次的野外地質參訪我們來到了花蓮以及台東，我們在炎熱的太陽下敲石頭，並且變別石頭的種類透過平時老師的教導我們可以粗略的了解石頭的演變，希望在未來可以有著一樣有趣也可知識的課程。

心得：整個探查過程中，我深刻體會到野外地質探查的重要性。通過實地觀察和學習，我不僅增進了對地質知識的理解，也更加珍惜自然界的珍貴資源和美麗景觀。這次經驗讓我認識到地質學不僅僅是書本上的知識，更是需要通過實際體驗來深入理解的科學。

總結而言，花東地區的地質探查之旅讓我見識到了台灣東部多樣的地質特徵和自然景觀再到台東的海蝕地貌和火山岩遺跡，每一處都充滿了自然的奇蹟和科學的奧秘。這次探查不僅豐富了我的地質知識，更激發了我對大自然和地球科學的熱愛。我認真覺得老師辦的這項活動真的非常好如果下次還有這個機會我一定還會選老師的課。



心得

台灣東部海岸線的地質多樣性是一個令人著迷的研究領域，這次在石門、石梯坪、大峰峰、利吉惡地和富岡地質公園這些地點進行野外調查，更是一次難得的學習經歷。這次的調查讓我深刻體會到地球歷史的複雜性，以及自然力量塑造地貌的驚人能力。

在石門，我目睹了海蝕洞的壯觀景象，這些由海浪侵蝕形成的自然雕塑，展示了時間與自然力量的藝術。而石梯坪的隆起海階則是火山活動的直接證據，這裡的白色火山凝灰岩層疊層疊，形成了如同階梯般的獨特地貌。

大峰峰有放射狀的火山頸，座落在一個小村鎮旁的空地，再往海邊走還能見到岩針的全貌。利吉惡地則完全不同，這裡的泥質沉積物侵蝕速度快於植物生長，形成了如同外星球表面的景觀，讓人不禁對地球上還存在著如此奇特的地貌感到驚奇。

最後，富岡地質公園（小野柳）的豐富地質形態，從砂岩到由菲律賓板塊影響的岩石，都在講述著地球板塊運動的故事。這些岩石的來源和形成過程，不僅是地質學的寶貴教材，也是自然歷史的見證。

這次的野外地質調查不僅增進了我對台灣東部海岸線地質多樣性的理解，也讓我對這片土地的自然美景有了更深的欣賞。每一處地點都有其獨特的故事，這些故事共同編織成了台灣這個美麗島嶼的地質史詩。這是一次充滿啟發的學習之旅，對於任何熱愛地質學的人來說，都是一次寶貴的經歷。

心得感想

其實我覺得做這份報告的時候蠻累的，我花了非常久的時間來做。除了因為我在去完花東很久後才做這份報告，需要回想起老師教導的知識外，一方面我怕自己寫得不正確，需要搜集很多資料，然後把資料和寫的筆記都統整起來吸收，花費了很多時間。但我仍然覺得去花東考察是值得的，我在選這門課前就知道會有野外考察的部分，因此我算是蠻期待這趟旅途的。儘管旅途中很累，但我也確實學習到新的知識。原先我不了解台灣這邊的地形地貌是如何形成的，因為我不是本國人，也缺乏理解的機會。藉由這次機會，我終於對台灣東部的地貌有所了解，原來台灣東部是經由板塊隱沒形成的火山島弧，再與台灣本島碰撞所形成的，這是我過去在香港上地理課，書本所沒有的知識，讓我感覺十分新奇，包括了鮑瑪序列，火山頸位置，荷重鑄型等。儘管聽老師講解時，這些原理那麼的不可思議卻又很符合自然常理，世界上各個地質景點，奇觀都有其形成和存在的學問在，其有趣程度值得我深入去了解不同的地形地貌。香港的地理課倒是有教海岸地形，比如海蝕平台，海蝕柱，沙嘴等，這些我在過去把其成因死記爛背的知識，直到現在在野外看到實物，加上老師的講解才深刻地印在我的記憶中。而且考察前不久發生地震，老師一直跟我們說一些地震的資訊，結合在考察時學到的知識，就知道台灣會發生地震是很正常的，因此我們不必要過分驚慌，聽信於媒體嘩眾取寵的報導。經過了這次的野外考察，我充分理解到台灣東部海岸獨特的地質意義和其魅力，讓我從多一個角度去更喜歡這個國家，希望大家也能多去了解她。

心得

首先，真的高興可以參與這次的參訪去探索高壓變電所和電廠的內部。以前學的電路學在變電所如實呈現了一組巨型並聯電路，就像是課本上的電子元件全被放大了，實際探訪後讓我更了解實務上的應用以及困難。協和電廠轉型的議題是現在進行式，面對世界趨勢，綠電發展是必然要面對的課題，作為過渡期使用的天然氣發電在發展上還有許多值得人麼深思的議題，要如何在環境保育及能源之間找出最適合的平衡點並不是一件容易的事，也期待後續的發展能夠為天平的兩端找出最佳解方，就單以東移 3.0 方案而言還有許多可以努力的地方，像是基隆港內的義波高等，植於要如何安民心更是一大課題。

步出教室學習是行動，能夠抱持理性和求知欲去學習對我而言更是無價，這次的參訪也讓我更加理解未來的展望和期待，我想，那必將是學習路途上不可或缺的養分吧！



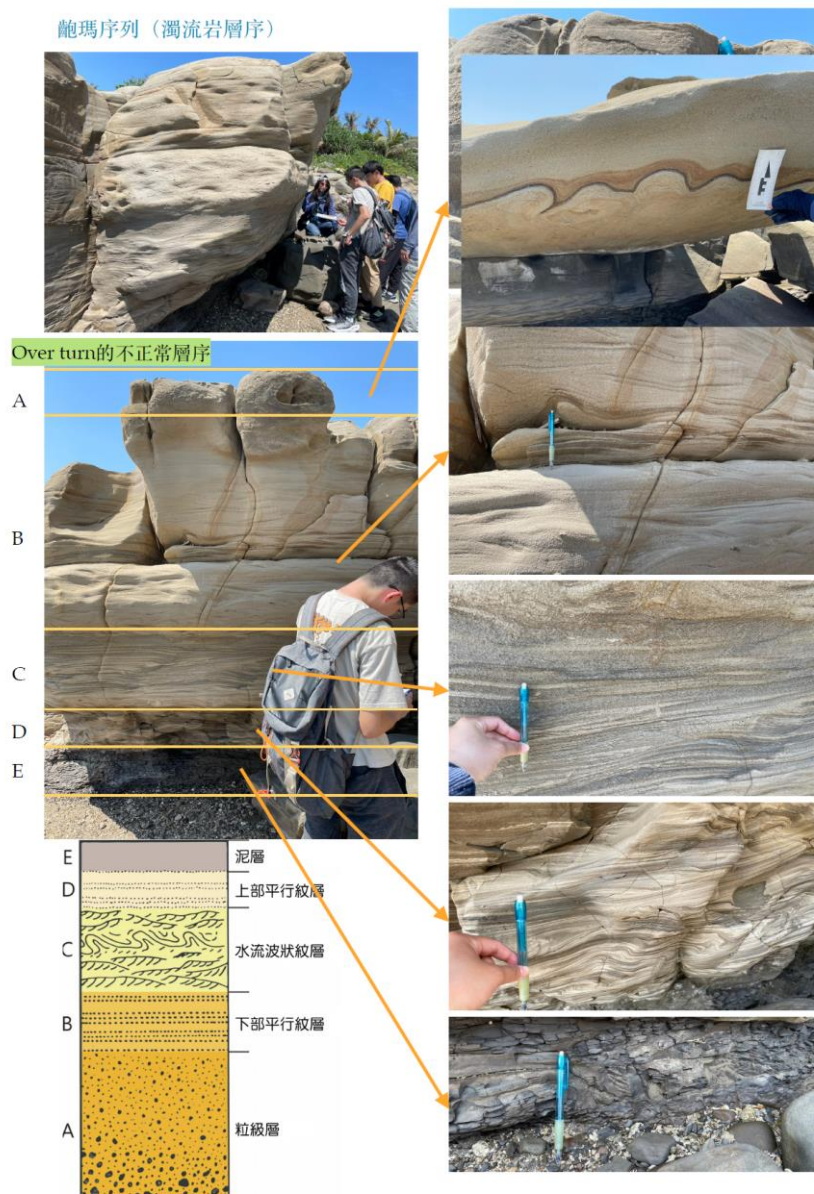
參訪心得

我很喜歡這次的參訪行程，雖然這次沒有機會可以去近距離考察河道下切作用的程度，但還是很幸運能夠申請參訪集集攔河堰的水資源館，志工也很熱心的為我們學生進行講解和回答的問題，讓我知道台灣農業之所以這麼發達，不只擁有技術，背後的水資源的利用也是在默默的支持。

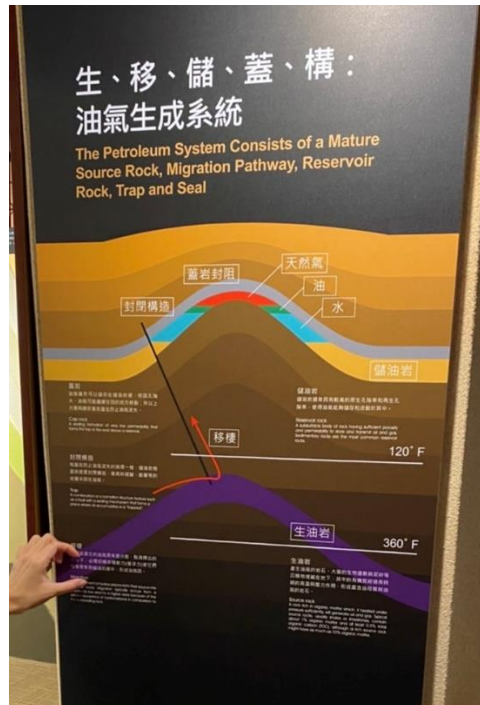
車壟埔斷層保存中心也是我第一次去，雖然我有去過921地震教育園區，但保存園區帶給我的感覺非常的不一樣，除了可以看到斷層線的槽溝，他也會定期更換展覽主題，像這次是地震急救跟生活中的電磁。實地走訪斷層景點也很有趣，看到武昌宮的模樣有稍微震驚了一下，老師也利用牆壁的裂縫跟鋼筋的彎曲方向判斷斷層線的走向。

考察的最後也沒忘去集集鎮走走，品嚐南投的意麵，生活跟學術一併擁有！

✓ 學生之參訪、野外考察報告摘錄：



當看到這張圖時，知道自己看得懂感到很欣慰，明白所學與中油所應用的原理是一樣的。



看完館內的展覽後，我們先到了陳列館上方的一個井架展覽區，這裡真的是大開眼界



對於一個從來沒有接觸過相關產業的學生來說，我沒有想過鑽井是要利用一節一節的鑽管，連結而成一根超長鑽頭，我原先以為可能是有一台鑽機，連接一條纜線提供動力即可，只能說事情真不是憨人想的那麼簡單

一節一節的鑽管，在當下我馬上有一個疑問，這麼長的連接，鋼管要承受的扭力一定非常巨大，應該不是所有國家都能製造出此類鋼材，確實前輩們回答說只有少數先進國家能夠製造，我們也都是仰賴進口



這邊我跟同學們研究討論了良久，非常享受大家腦力激盪去還原現場的感受，為何此廟會是垂直下落呢？

第一眼我先想到可能是地層層陷，但後來近看發現 1 樓高度並沒有改變，因此剔除，仔細觀察後發現柱子上半部被垂直壓縮(圖片左上，鋼筋被壓出籠型)，下半部與地面相連處保留較完好，代表重量確實是由上方往下的正應力，就是由於很強的 P 波上下震動，過長的支柱，以及上方過度的荷重所導致的倒塌



(這張我想說的是，有時候人造物並不能很好的區分製造年代，例如這片牆，我以為也是當時所留下，恰好支撐住瓦片部分，後來才得知這是後人加上去避免閒雜人等進入倒塌的廟宇，這種狀況或許需要特別小心，否則可能會做出完全錯誤的結論)

非常可惜，那時候太熱了，我居然完全忘記要拍旁邊新蓋的廟宇，很明顯它增加了許多措施避免通樣狀況再次發生。

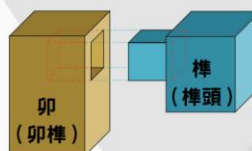
首先是更多的承重支柱，還有承重牆的加入，以及設計金字塔型，減少正向荷重。

我們總是在不斷的改進自己，修正錯誤。我也以此期許自己。



推測武昌宮倒塌之原因

- **榫卯結構**：榫卯結構被廣泛應用於古代中國的建築中，例如寺廟、宮殿和其他古建築，是利用榫頭和卯榫結合在一起，而不使用釘子或螺絲，以形成結構框架的一種技術。



榫卯結構之優點：

1. **彈性和柔韌性**：這種結構可以具有一程度的彈性，因為木質構件可以彎曲和扭轉，從而吸收地震引起的能量，減少震動對結構的破壞。
2. **構件結合方式**：榫卯結構採用的榫頭和卯榫結合方式可以增加結構的穩定性和連接性，有助於減輕地震引起的結構位移和變形。

榫卯結構在一定程度上具有抗震的特性，但考慮到**建材老舊**可能使木製結構缺乏彈性，減少吸收能量。且木材可能會**受到濕氣影響**而發生膨脹或收縮，如果濕氣造成木材膨脹，榫卯結構的組件可能會變得過緊，導致結構變形或損壞。相反地，如果木材乾燥收縮，可能會使榫卯結構變得鬆動，降低其穩定性和承載能力。