

出國報告（出國類別：業務洽談與研究、採集）

2024 加里東造山帶標本採集與研究



圖片說明：位於中國大陸山東省蒙陰縣常馬村的鑽石博物館，露天開採富含鑽石金伯利岩的直筒狀礦區，金伯利岩為早古生代加里東期火山岩，侵入太古宙泰山群中。

服務機關：國立自然科學博物館

姓名職稱：董國安 副研究員

派赴國家/地區：中國大陸

出國期間：2024/11/19-2024/11/30

報告日期：2025/01/10

摘要

在地球大陸地殼演化歷史過程中，加里東造山運動(Caledonian orogeny)泛指從晚元古代到古生代早泥盆世期間發生的地質事件，大約距今 600-400 百萬年前 (Ma)。自新元古代羅迪尼亞超大陸裂解以來，早古生代是板塊構造運動活躍時期，具有板塊運動速度較快、構造格局不穩定、塊體之間相互作用複雜多變等特徵，造山帶演化極其複雜，導致全球早古生代古大陸重建現今仍較模糊。尤其是早古生代末 450-400 百萬年前存在全球性造山運動，已經出現俯衝增生、碰撞、陸內等三種類型的全球尺度造山帶。職前往山東蒙陰地區進行野外地質考察及加里東期金伯利岩(Kimberlite)岩石標本採集工作，順道拜訪青藏高原研究所尋求合作機會與鑽石博物館參訪。

【關鍵字】加里東造山帶，金伯利岩，山東蒙陰，鑽石博物館，科馬提岩

目次

一、目的	1
二、過程	3
(一)、出差行程規劃	3
(二)、野外工作及記錄	4
A. 山東蒙陰縣連城鎮常馬村金伯利岩野外記錄	4
B. 山東蒙陰縣坦埠鎮龍虎寨科馬提岩野外記錄	9
C. 北京青藏高原研究所	13
D. 英良石材自然歷史博物館	14
三、心得與建議	23

七、其他注意事項

- 結構依序為封面、摘要（200-300 字）、目次、本文、（附錄），並加註頁碼。
- 本文必須包含「目的」、「過程」、「心得及建議」。
- 出國報告題目名稱應能表達出國計畫主旨。

本文

一、目的-了解加里東造山作用模式及岩石組合

加里東造山運動是早古生代大陸地殼演化重要時期，具有板塊運動速度較快、構造格局不穩定、塊體之間相互作用複雜多變等特徵，造山帶演化極其複雜，導致全球早古生代古大陸重建現今仍較模糊。特別是，早古生代末 450~400 Ma 存在全球性準同時的造山運動(圖 1)，已經出現俯衝增生、碰撞、陸內裂解等 3 種類型的全球尺度造山帶。

為了瞭解中國大陸地質演化過程，進而了解早古生代地球地質歷史。職前往華北地區 A. 山東蒙陰縣連城鎮常馬村金伯利岩露頭、B. 山東蒙陰縣坦埠鎮科馬提岩露頭進行野外地質考察及岩石標本採集工作，順道拜訪 C. 北京 中科院青藏高原研究所、D. 中國石材之都-泉州南安市等地，蒐集適合展示、科教、研究等精美地質標本並為本館往後科教活動、特展等充實內容，增加可看性與教育性。

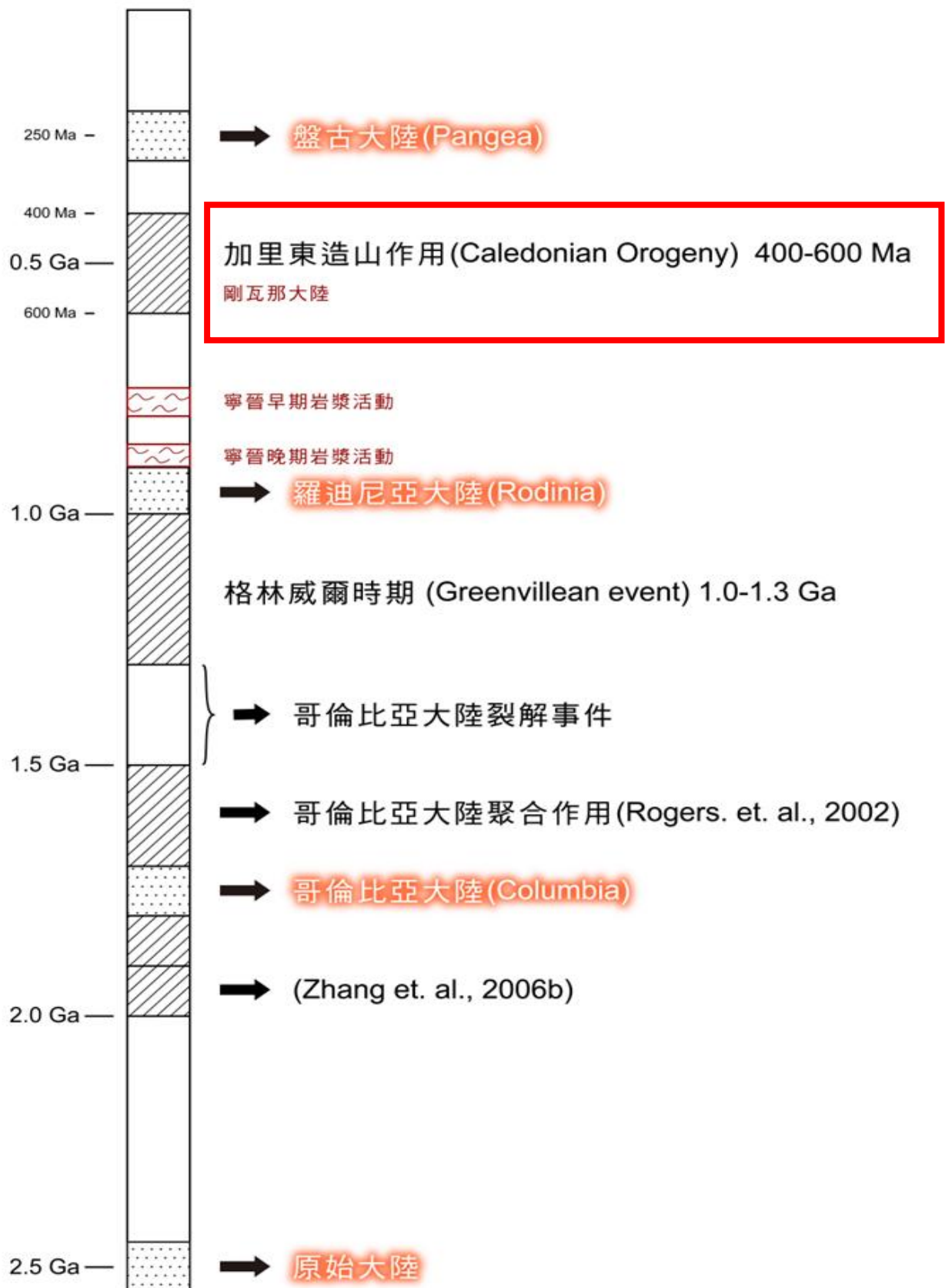


圖 1. 大陸地殼演化略表 (Ma：百萬年前；Ga：十億年前)。山東蒙陰聯城鎮常馬村主要出露岩石為加里東期板內裂解型火山岩。岩石組合為鹼性玄武岩、含鑽石金伯利岩等。

二、過程

(一)、出差行程規劃

D1. 11/19(二)	台灣台中飛金門至 廈門	住廈門
D2. 11/20(三)	廈門 準備野外工具及熟悉環境	住廈門
D3. 11/21(四)	廈門至泉州搭機至北京	住北京
D4. 11/22(五)	蒐集地質資料野外準備	住北京
D5. 11/23(六)	參訪中科院青藏高原研究所	住北京
D6. 11/24(日)	北京搭火車至曲阜轉蒙陰	住蒙陰
D7. 11/25(一)	參訪鑽石博物館	住蒙陰
D8. 11/26(二)	蒙陰連城鎮金伯利岩 野外工作	住蒙陰
D9. 11/27(三)	蒙陰坦埠鎮科馬提岩 野外工作	住蒙陰
D10. 11/28(四)	蒙陰至臨沂搭機回泉州	住泉州
D11. 11/29(五)	參訪世界石材博物館	住泉州
D12. 11/30(六)	泉州搭船至金門轉機回台灣	平安回家

備註：D1. 11/19(二)原行程規劃由泉州進入中國大陸，因受天兔颱風影響-停航，故改由廈門進入中國大陸。

(二)、野外工作及記錄

為執行科博館 2024 年度中國大陸岩石標本研究、採集計畫-加里東造山帶標本採集與研究，職 2024/11/19-2024/11/30 前往山東省蒙陰縣聯城鎮常馬村-金伯利岩露頭及山東省蒙陰縣坦埠鎮龍虎寨科馬提岩出露地點(圖 2)進行野外採集及研究工作。

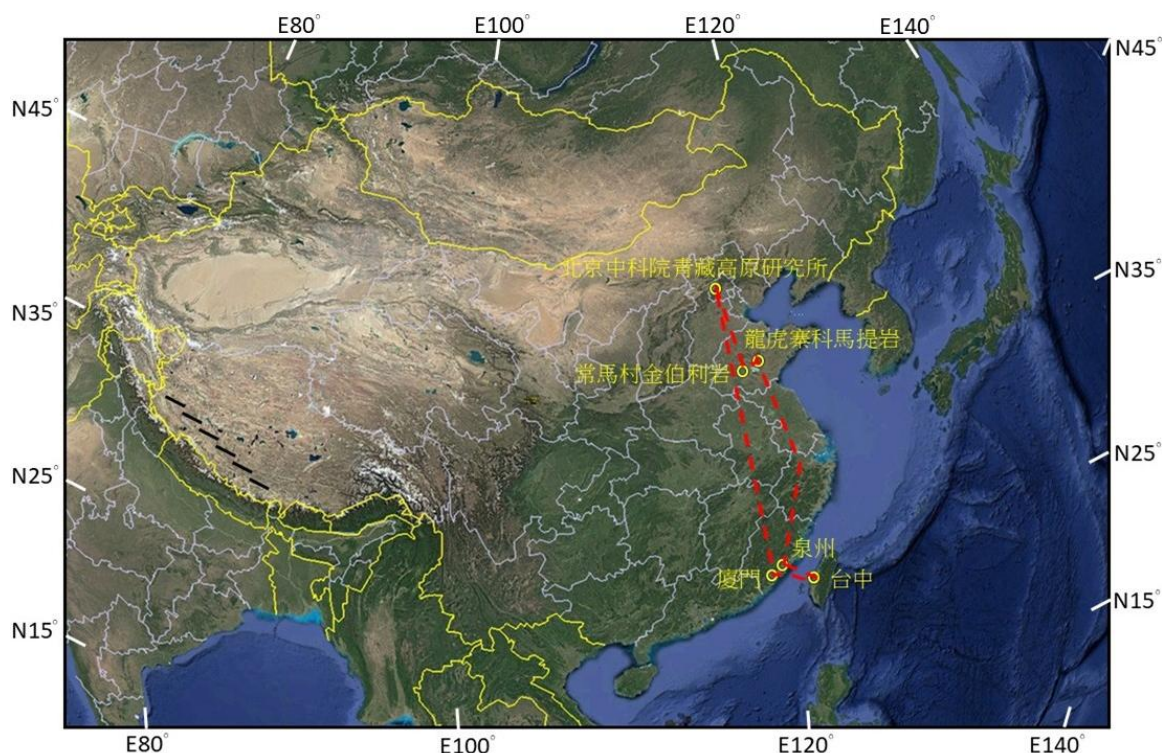


圖 2. 研究區域位置暨交通路線圖。紅色虛線為此次出差行程路線。

A. 蒙陰縣聯城鎮常馬村-金伯利岩野外工作及記錄

金伯利岩(Kimberlite)，亦音譯慶伯利岩，是一種來自地殼深處火成岩，同時也是金剛石的母岩，因此尋找金剛石礦通常由尋找金伯利岩開始。金伯利岩命名於首次被發現的地點南非金伯利市，正式岩石名稱為角礫雲母橄欖岩。屬於偏鹼性的鎂鐵質超基性岩，岩漿來自地下 200-300 公里深的高溫、高壓的上部地函，攜帶珍貴的深部地質資訊，是研究地球內部地函物質組成的重要管道。

蒙陰地區金伯利岩產於沂沭斷裂帶以西的華北板塊魯西隆起區的魯中隆起內，金伯利岩帶主要分佈在常馬村、西峪和坡里 3 個地區，全長約 55 公里、寬 15 公里；3 個岩帶長度分別在 12-15 公里之間(圖 3)，在地函深部高溫、高壓的環境下，金伯利岩岩漿攜帶深部的金剛石礦物捕獲體沿輝綠岩侵位通道侵入上湧，在接近地表形成常馬、西峪、坡里三個金伯利岩帶(圖 4)。

此次野外工作主要以常馬村金伯利岩露頭為主，並順道參訪位於附近的鑽石博物館(圖 5-8)，了解如何利用金伯利岩淘選出鑽石的方法，也採集一些金伯利岩帶回台灣，雖然目測並無鑽石的金伯利岩(圖 9)，用鐵鉢來敲碎岩石(圖 10)，再經礦物分離淘選，小小的鑽石就出現了，可提供本館日後科教活動之參考。

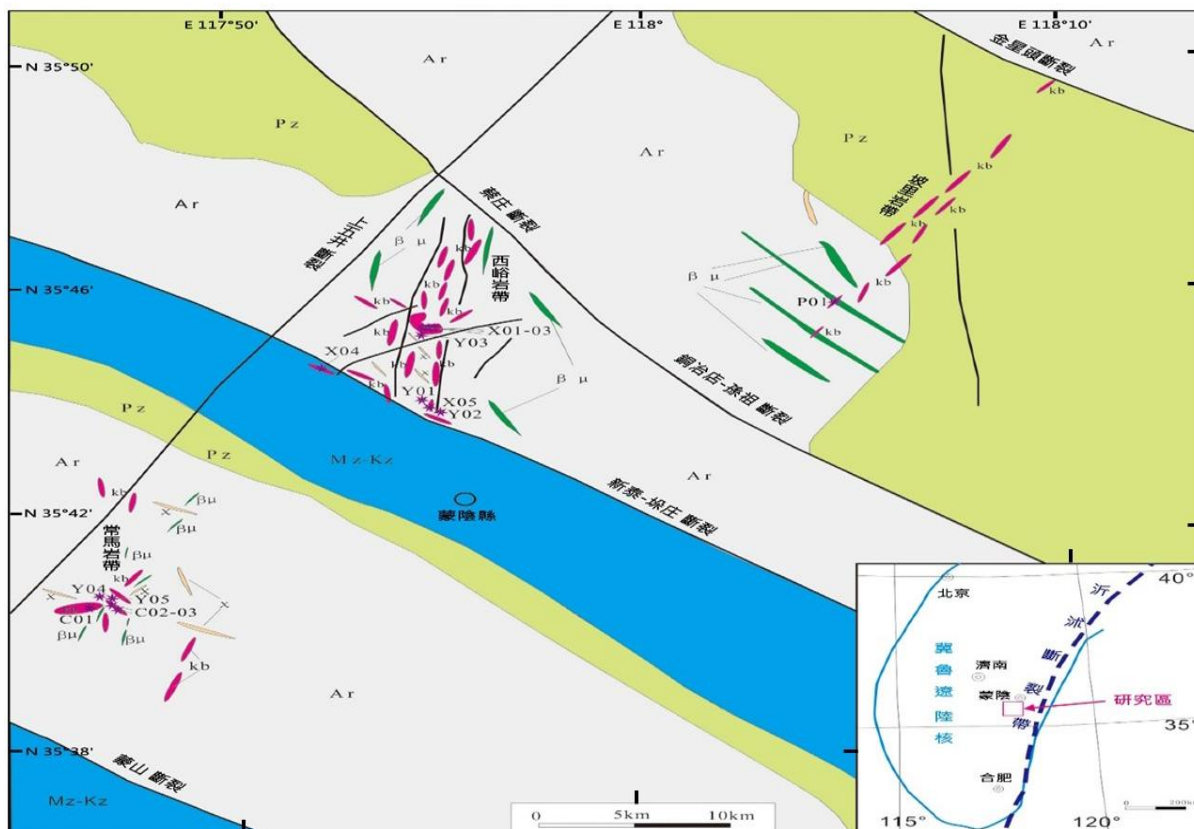


圖 3. 蒙陰地區金伯利岩帶分佈地質略圖。紅色岩體即為金伯利岩出露處。(修改自王海芹等 2023，山東國土資源 V.29，P.17-24)

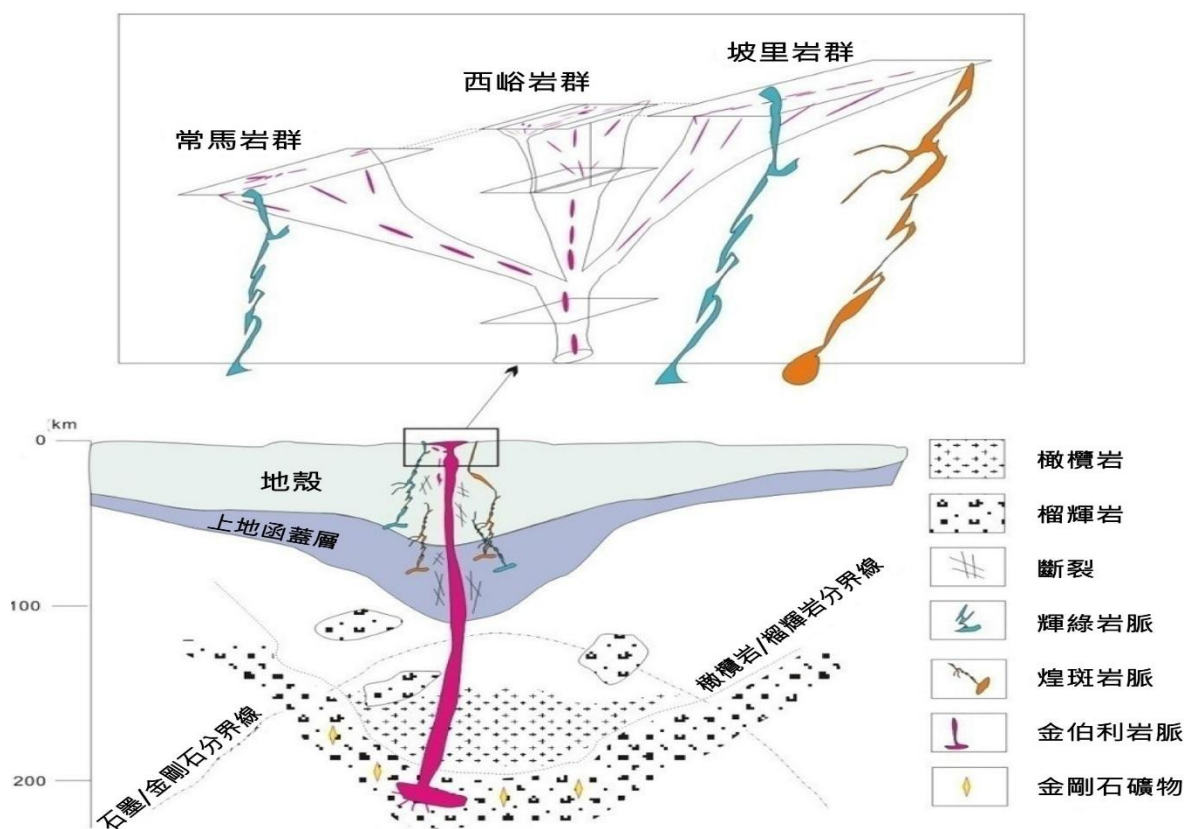


圖 4. 蒙陰金伯利岩岩漿函源成因模式。(修改自同圖 3)。

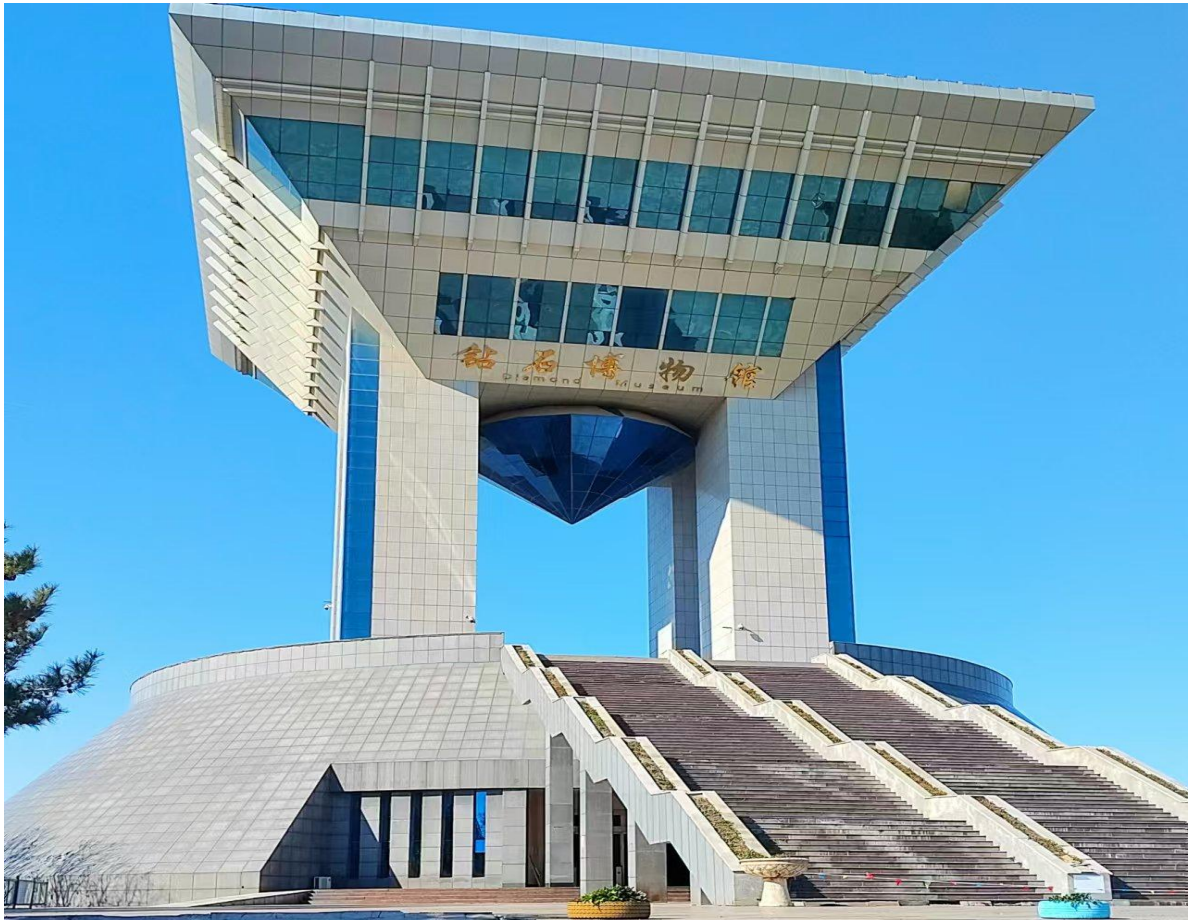


圖 5. 位於山東省蒙陰縣常馬村的鑽石博物館。



圖 6. 經過長長的樓梯隧道，下方即為金剛石礦區採石場。



圖 7. 位於山東省蒙陰縣常馬村產金剛石的勝利一號豎井露天採石場。



圖 8. 在當地礦工家中看見表面含鑽石的金伯利岩多件。紅色箭頭處即為金剛石。



圖 9. 野外採集、目測表面無金剛石的金伯利岩。



圖 10. 用鐵鉢來敲碎金伯利岩，礦物分離淘選後，小小的鑽石會就出現了。

B. 蒙陰縣坦埠鎮龍虎寨村-科馬提岩露頭野外工作及記錄

科馬提岩屬於超基性的高鎂質噴出岩，MgO含量一般>18 % (約介於18~33 %)，富含Ni, Cr，CaO/Al₂O₃比值通常>0.8，且有相對缺乏Na, K, Ti及不相容元素的成分特徵。太古宙的科馬提岩礦物種類主要由細長的骸狀或樹枝狀橄欖石或斜輝石斑晶所組成，具有近似平行排列的鬣刺結構(spinitex)以及穿插在其間的少量鉻尖晶石、鉻鐵礦和玻璃基質。鬣刺結構分佈於科馬提熔岩流的上部，是標誌科馬提岩的重要岩石特徵，暗示地球早期地殼溫度較高，及其歷經了快速冷凝的過程。

本研究區域位於山東省蒙陰縣坦埠鎮龍虎寨村東方約200公里處 (圖11)，是目前中國大陸唯一經公認具明顯鬣刺結構(spinitex)，因其具有特殊的地質意義，目前已經聯合國教科文組織(UNESCO)認證，設定為世界地質公園(圖12-圖16)。

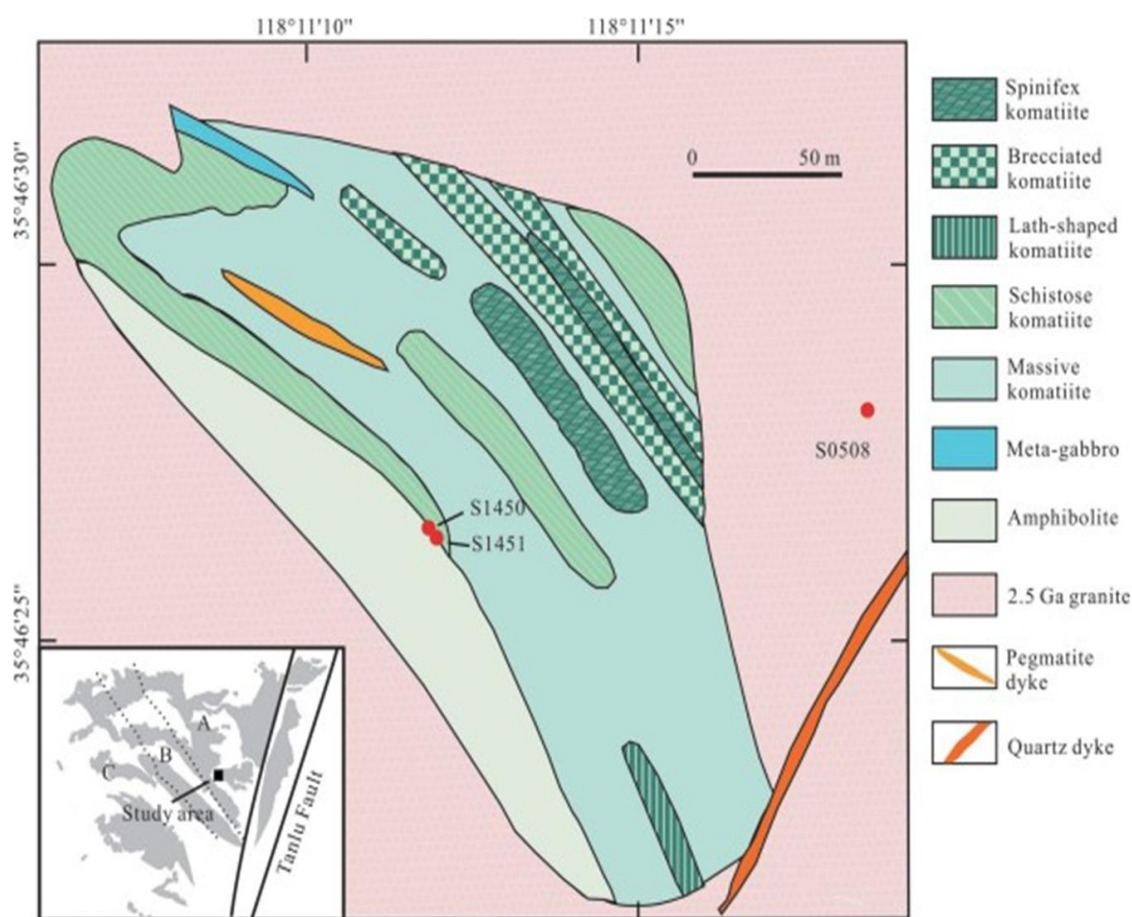


圖 11. 山東省蒙陰縣坦埠鎮龍虎寨村-科馬提岩露頭區域地質略圖(引用自 Wan et al., 2020, Acta Geologica Sinica, 94: 877–883)。



圖 12. 位於蒙陰縣坦埠鎮龍虎寨村-科馬提岩露頭。



圖 13. 經聯合國教科文組織(UNESCO)認證，設定為世界地質公園。



圖 14. 太古宙高鎂質火山岩具有明顯的鬣刺結構(spinfex)。

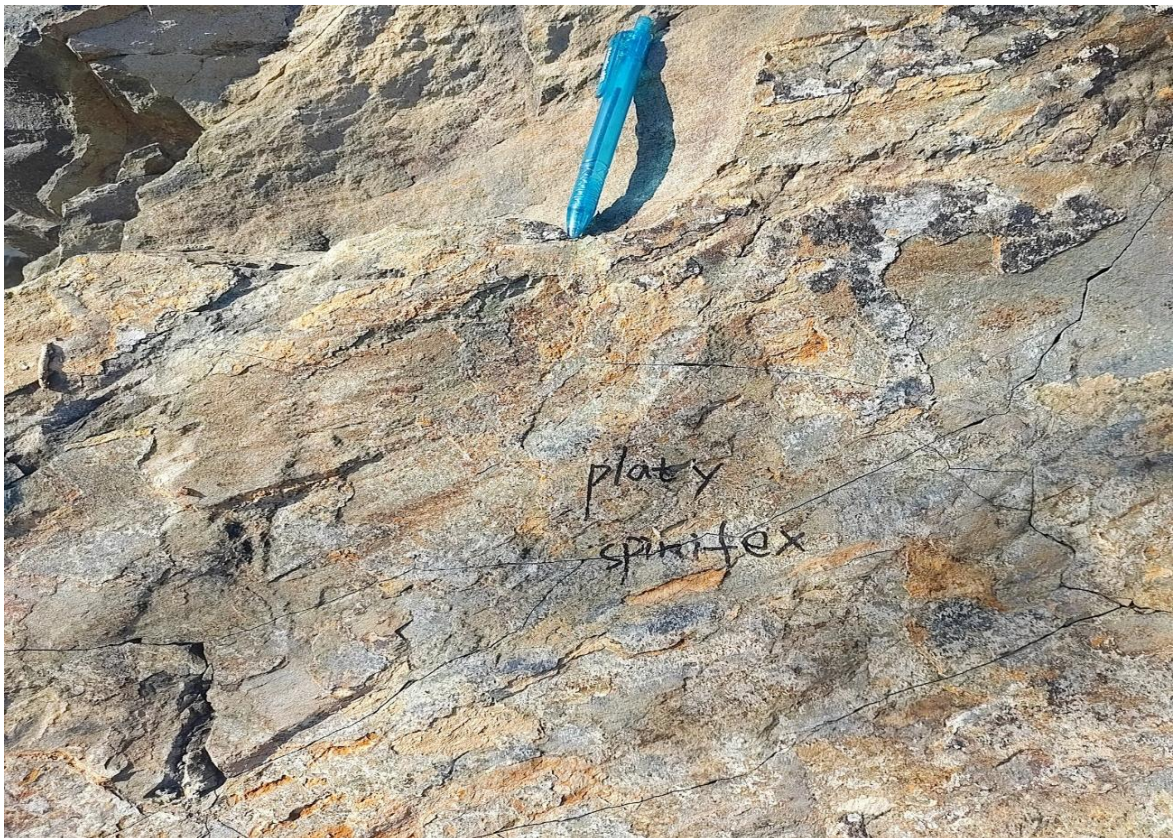


圖 15. 有板狀鬣刺結構(platy spinifex)的科馬提岩。



圖 16. 具有近似平行排列的鬣刺結構(spinfex)以及穿插在其間的少量鉻尖晶石、鉻鐵礦和玻璃基質。

C. 中科院青藏高原研究所

青藏高原研究所隸屬中國科學院，專門從事青藏高原研究的專業機構，分別在北京、昆明、拉薩皆設有分部(圖 17)。此次主要拜訪位於北京市朝陽區林萃路 16 號的北京分部(圖 18)，職之前曾與該所史仁燈研究員多次組隊前往青藏高原北緣祁連山山區進行地質考察，此趟拜訪主要討論下次野外合作事宜。

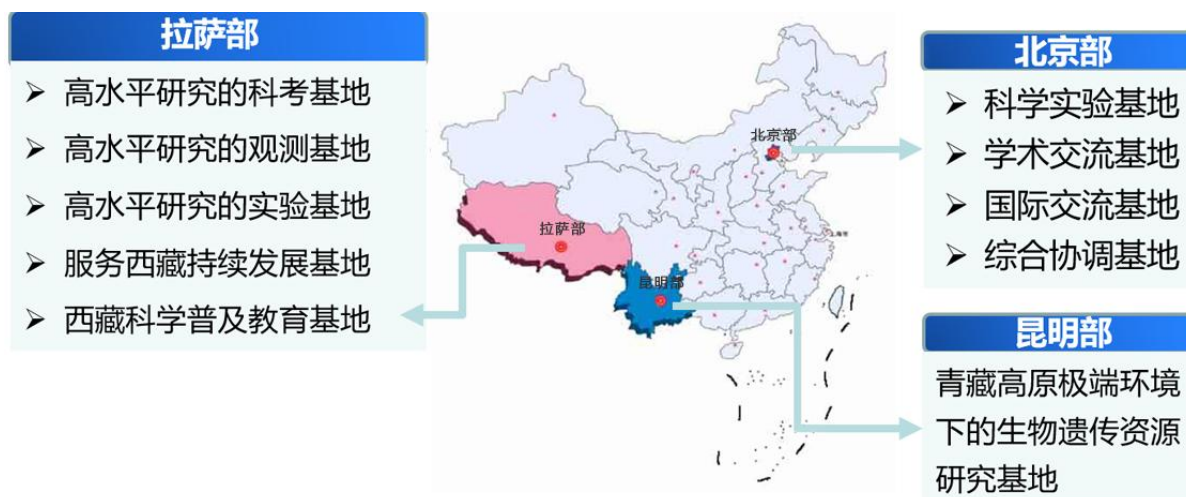


圖 17. 隸屬中國科學院的青藏高原研究所，分別在北京、昆明、拉薩皆設有分部。
(引用自 http://itpcas.cas.cn/new_skjs/網站)



圖 18. 位於北京市朝陽區林萃路的青藏高原研究所。

D. 英良石材自然歷史博物館

該博物館坐落於福建省南安市水頭鎮的“英良·印象五號石文化創意園”內，館藏文物達數千件。博物館以石築基，集中展示和講述從天外隕石、岩礦化石、石器文明、石道建築到現代石材藝術及應用的完整脈絡，以石頭的視角重現歷史，詮釋包括人類在內的自然界與宇宙中有關石文化的知識和故事(圖 19)。



圖 19. 坐落於福建省南安市水頭鎮的英良石材自然歷史博物館。

因中國大陸華南地區廣泛出露燕山期(205-135 百萬年前)花崗岩，石材業發達故泉州南安素有中國石材之都的美稱，職專長為岩石學故偏重石材之報導。

礦區開採之岩石荒料(約長 3 米，寬、高長 2 米的巨大石塊，經鋼砂拉鋸切割、拋光等工序後，形成一片片 2-3 公分厚岩石石板，供大樓外牆或室內裝潢之用。近年因人工鑽石產量大增、岩石切割技術進步，以前較難切割的岩石如偉晶花崗岩、含彎曲褶皺的沉積岩、變質岩，皆可切割拋光成亮麗的石板(圖 20-圖 34)。

在部分石板可清楚看到岩漿結晶時熔岩與早期接晶礦物相互作用關係。例如文象結構 (graphic texture)：石英呈一定的外形 (如尖棱形、象形文字形等)有規律地鑲嵌在鉀長石中。肉眼可見的叫文象結構，顯微鏡下才能見到的叫顯微文象結構。

蠕蟲結構(myrmekitic texture)：細小蠕蟲狀石英穿插生長在長石中，稱為 蠕蟲結構。可由固溶體分離形成，亦可由斜長石交代鉀長石，使多餘的 SiO_2 析出，生成蠕蟲狀石英，包裹在斜長石中(圖 22、圖 23)。

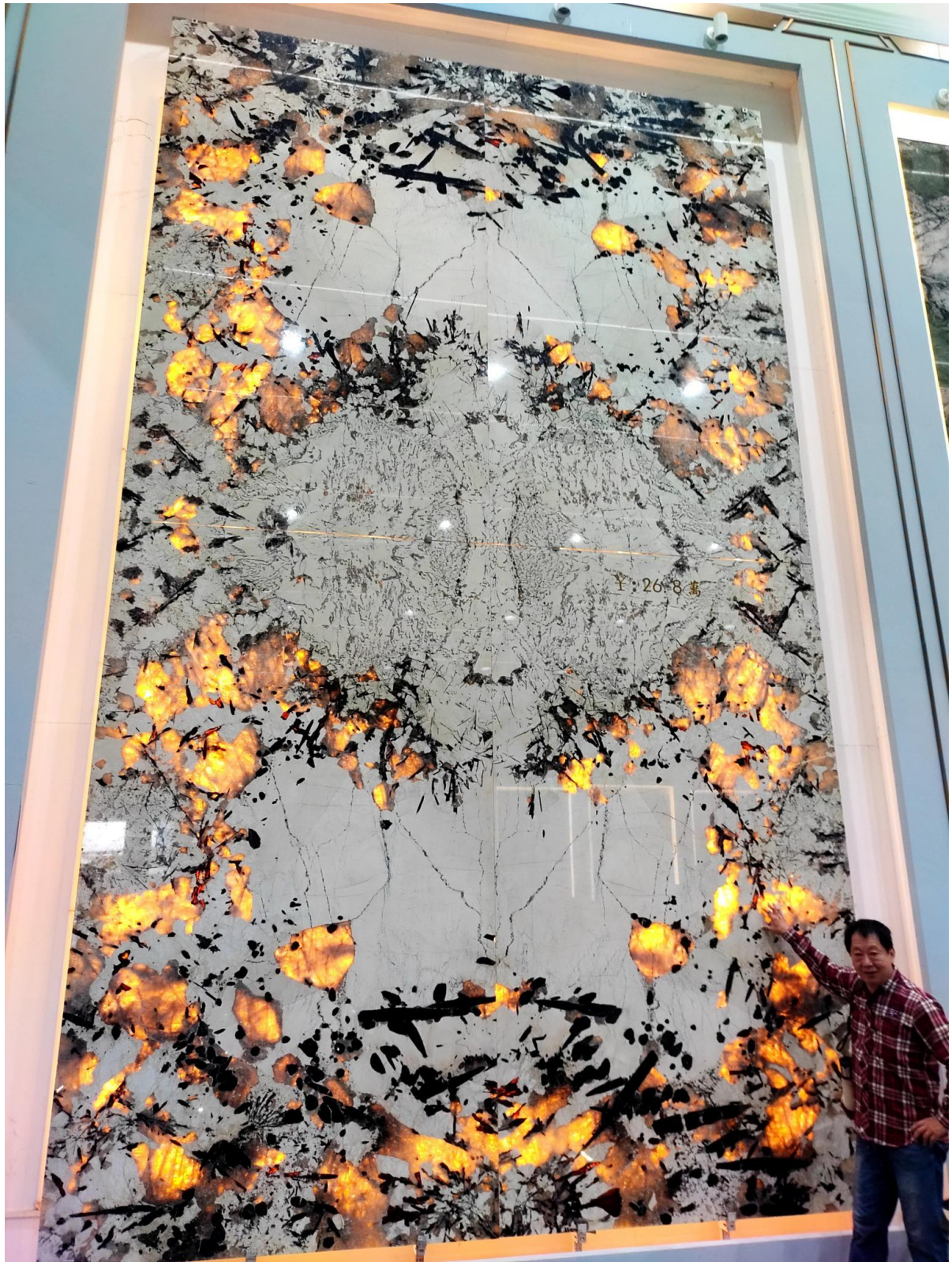


圖 20. 巴西礦區開採的偉晶花崗岩大石板，組成礦物為長石、石英、黑雲母。石板商業名稱：潘朵拉。

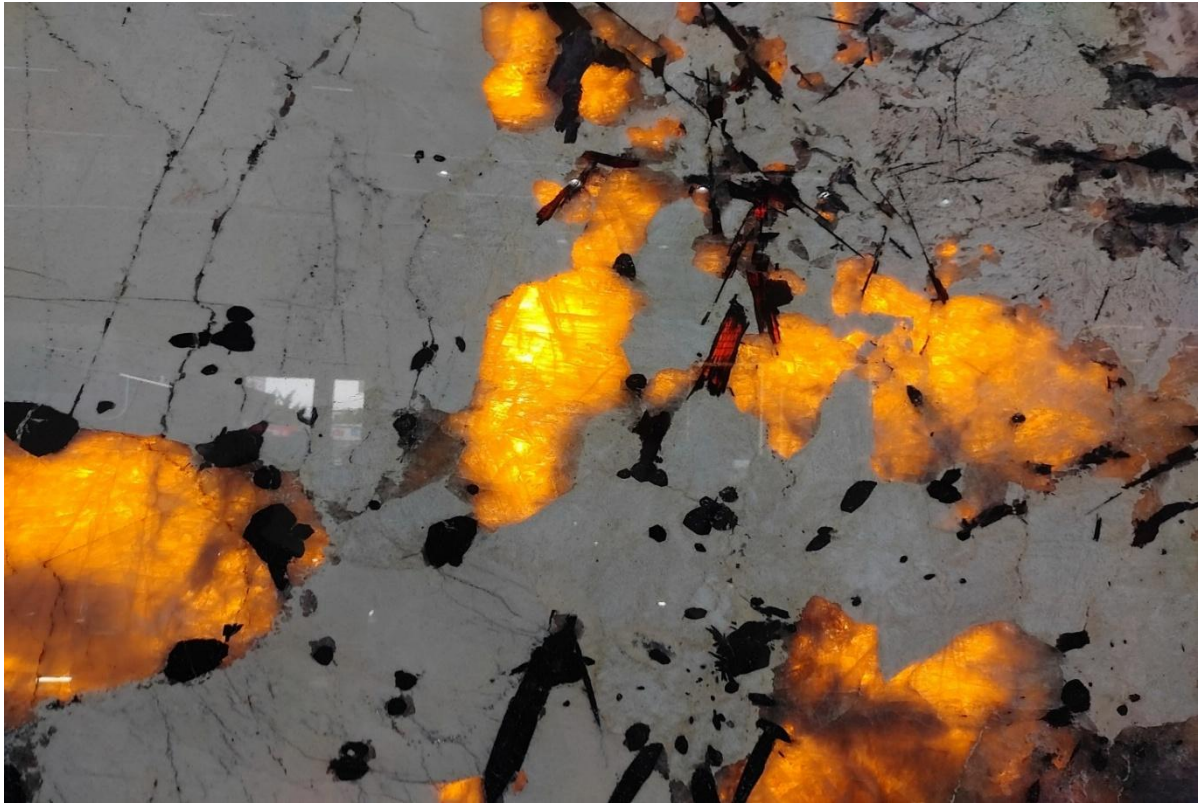


圖 21. 白色不透光礦物為長石；黃色透明礦物為石英；紅棕-暗色板條狀礦物為黑雲母，放大版的岩石薄片！

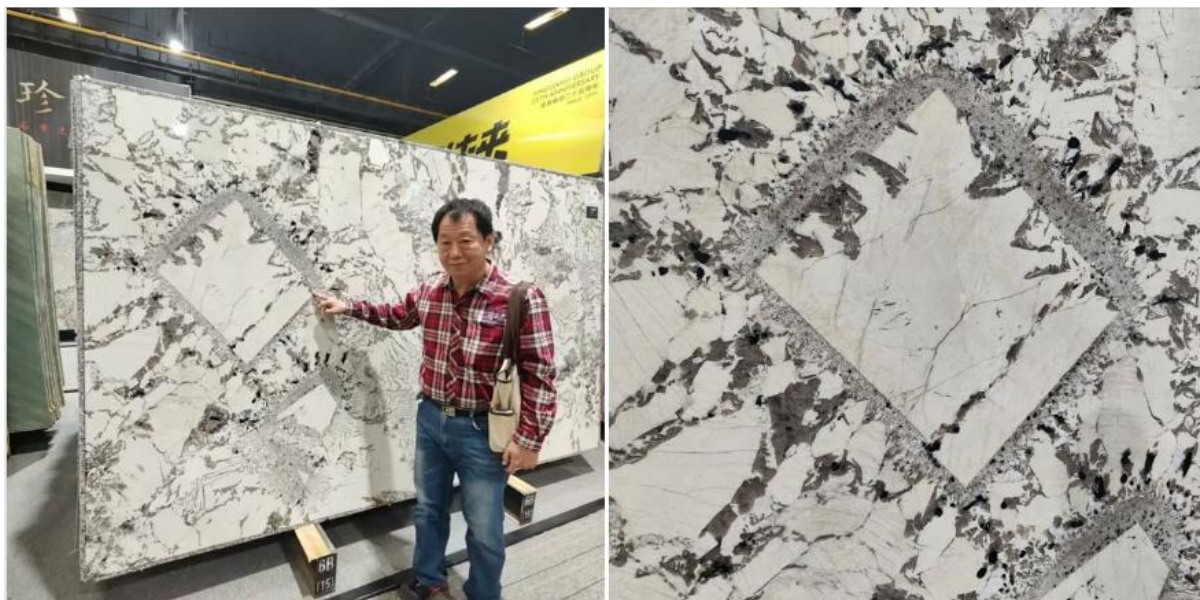


圖 22. 反應邊結構(reaction rim texture)：早期生成的礦物(長石)，與岩漿發生反應，當反應不完全時，環繞早期生成的礦物形成新礦物(石英)環繞邊，稱之為反應邊結構。



圖 23. 在部分石板可清楚看到岩漿結晶時熔岩與早期接晶礦物相互作用關係，文象結構(graphic texture)與蠕蟲結構(myrmekitic texture)。



圖 24. 具明顯沉積構造的岩石石板。產地:義大利，岩石商業名稱: 在水一方。



圖 25. 古生代石燕化石石板，開採於中國大陸廣西貴州兩省交界處，前方為垂直層理切割，後方為平行層理切割。岩石商業名稱：海貝花或飛燕石。



圖 26. 擺放科博館庭園岩石，即為飛燕石或海貝花石板的原石。

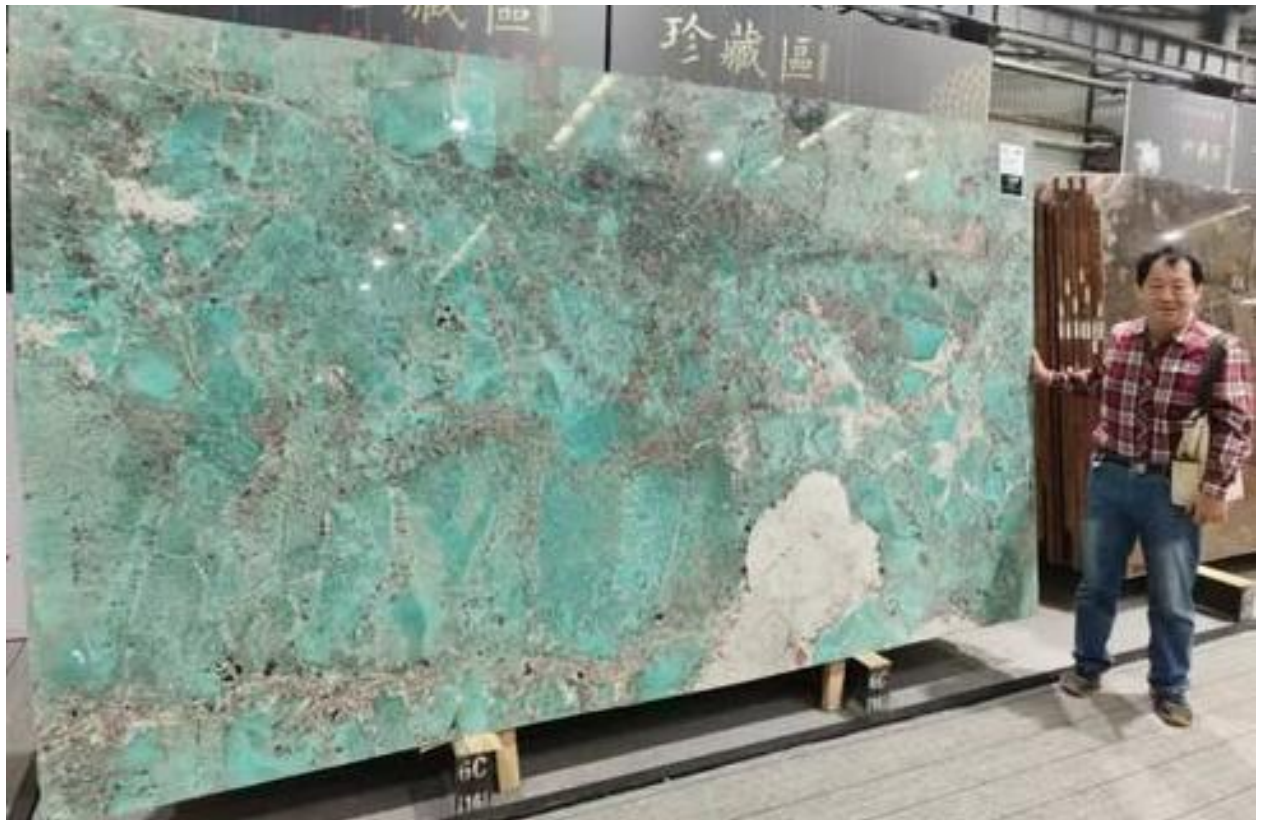


圖 27. 原岩為偉晶花崗岩，此石板主要由綠色天河石礦物組成。產地:巴西，岩石商業名稱：亞馬遜綠。



圖 28. 由瑪瑙球聚集所成的石板。



圖 29. 由孔雀石礦物聚集而成的石板。



圖 30. 由矽化木聚集而成的石板。左側為垂直切割。



圖 31. 由粉水晶聚集而成的石板。



圖 32. 由 虎眼石 聚集而成的石板。

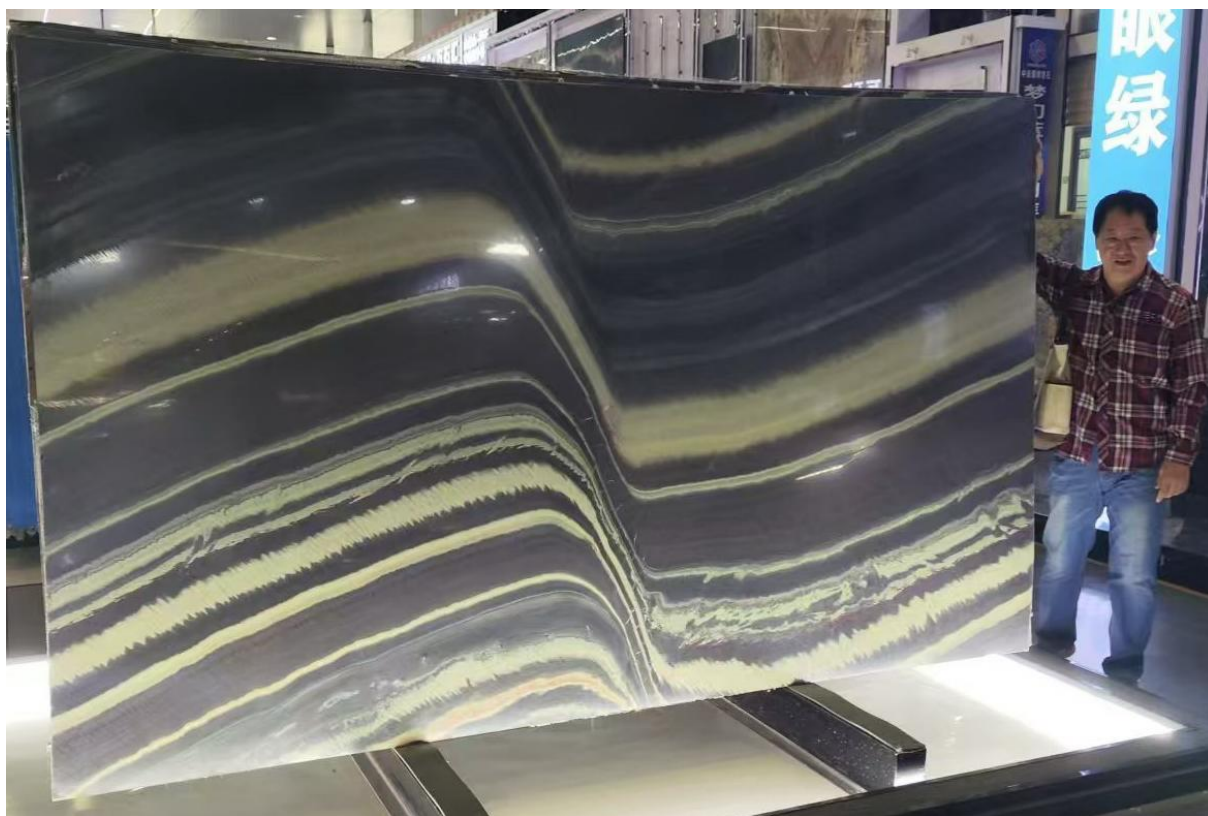


圖 33. 具彎曲褶皺的大理岩石板。



圖 34. 像山水畫的大理石石板。

心得與建議

心得：中國大陸主要由華北、楊子、塔里木三大克拉通及十餘個小地塊在不同地質年代拼貼而成，與台灣年輕島嶼地質構造極為不同，有許多地質課題例如來自地球深處的岩石-金伯利岩；早期地球所特有的岩石-科馬提岩，值得地質學家投入研究。

建議：

1. 來自地球深處的岩石-金伯利岩；早期地球所特有的岩石-科馬提岩，是台灣年輕島嶼所沒有特殊的岩石，建議本館庭園擺放，吸引觀眾來訪。
2. 在 1990 年代，臺灣石材產業有過輝煌的歷史，石材原石進口量與加工設備產能僅次於石材加工起源國-義大利，在全球排名為第二名。政府甚至在花蓮成立財團法人石材發展中心及石材加工園區，後因產業西進中國大陸而逐漸沒落，但先前發展基礎資料都還在，值得本館規劃：台灣石材特展。