

出國報告（出國類別：研究）

2015 青藏高原北緣岩石標本採集計畫



服務機關：國立自然科學博物館

姓名職稱：董國安 助理研究員

派赴國家：中國大陸

出國期間：中華民國 104 年 9 月 2 日至 9 月 21 日

報告日期：中華民國 104 年 11 月 18 日

摘 要

為了瞭解位於中國大陸地理中心位置的“祁連地塊”，是否隱含有哥倫比亞超大陸(17-18 億年前超大陸)的訊息，此次前往 A. 湟中、B. 湟源、C. 提米溝、D. 黑泉水庫、E. 瓜拉河、F. 邊麻溝、G. 水洞峽、H. 干禪口、I. 炭山嶺、J. 老鴨城、K. 后長川、L. 興隆山、M. 阿甘鎮、N. 花廟、O. 中灘等地區進行野外考察及岩石標本採集工作(圖 1)，共採得以岩石標本為主的地質標本約六十餘件岩石標本，包括約十四億年前角閃岩、片麻岩、眼球狀花崗岩等，代表超大陸裂解環境雙峰式火山岩，代表超大陸聚合環境的斜長角閃岩；以及秦嶺與祁連山交界(天水麥積山區)受糜稜岩化(Mylonitization)作用所形成的糜稜岩、變粒岩(leptynite)、片麻岩等變質岩。另外，順道至青藏高原博物館進行參訪其標本蒐藏與展示。

【關鍵字】 祁連地塊，哥倫比亞超大陸，標本採集，青藏高原博物館



十二盤坡：攝於青海省互助縣威北公路，主要由片麻岩、角閃岩所組成，隱含有哥倫比亞超大陸(17-18億年前超大陸)的訊息。

目次

摘要	2
一、目的	4
二、過程	5
(一)、出差行程規劃	5
(二)、野外工作及紀錄	6
(三)、考察參觀活動紀要	21
青藏高原自然博物館	21
三、心得與建議	24

封面照片：攝於青海省湟源縣提米河，兩側山脈由近至遠，依序為沉積岩、花崗岩、片麻岩所構成的山脈。

一、目的

利用隕石放射性同位素定年，科學家得知地球的年齡為 46 億年(4600 個百萬年)；最古老的岩石為 40 億年(4000 個百萬年)。但身為“智人”的人類，生存在地球的歷史，僅不到一個百萬年，想要更加貼近了解我們安身立命地球的早期演化，地質學家們不得不彎下腰來跟古老岩石請教。

為了瞭解位於中國大陸地理中心位置的“祁連地塊”，是否隱含有哥倫比亞超大陸的訊息，此次前往 A. 湟中、B. 湟源、C. 提米溝、D. 黑泉水庫、E. 瓜拉河、F. 邊麻溝、G. 水洞峽、H. 干禪口、I. 炭山嶺、J. 老鴨城、K. 后長川、L. 興隆山、M. 阿甘鎮、N. 花廟、O. 中灘等地區進行野外考察及岩石標本採集工作(圖 1)。

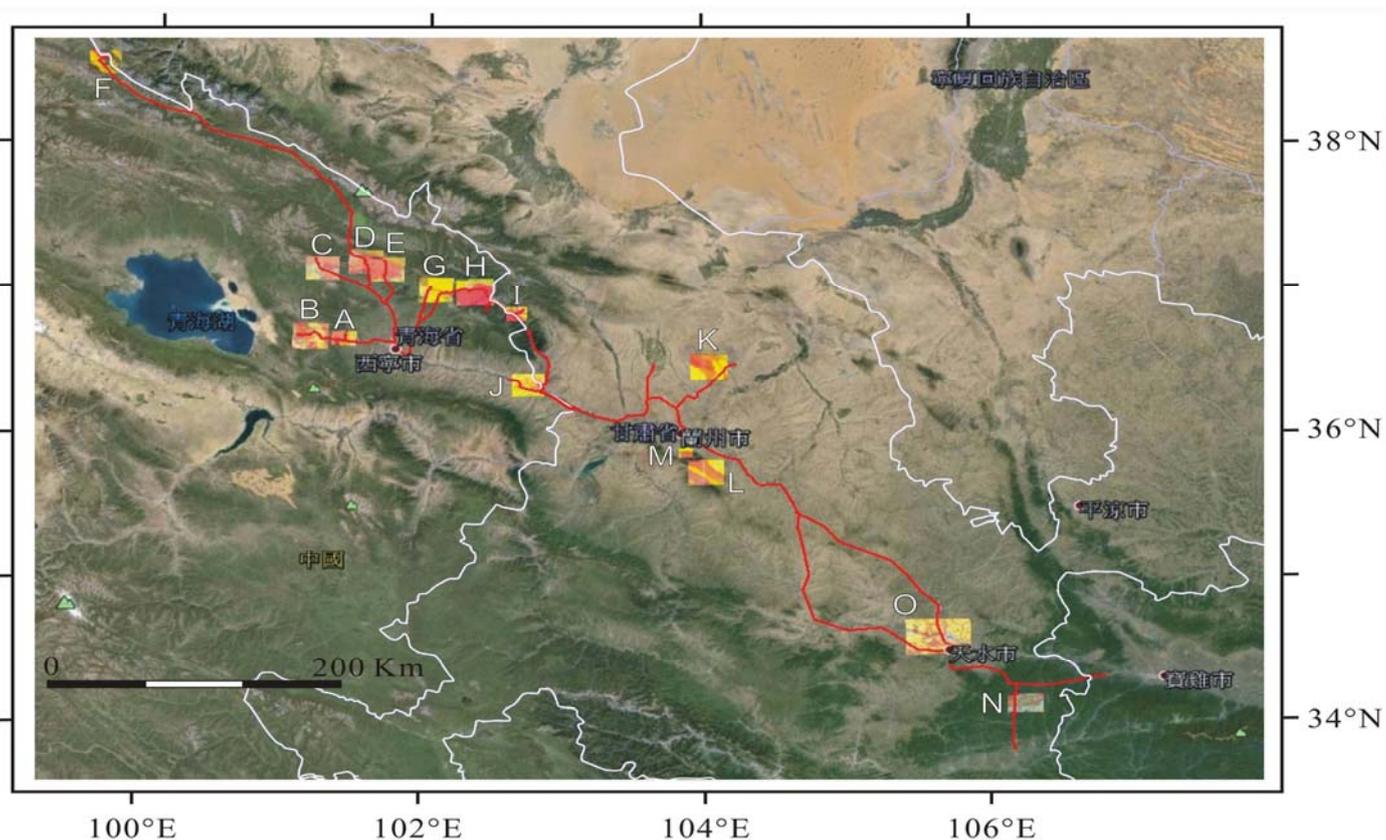


圖 1. 野外採集路線略圖。紅色粗線為野外路線，全部路程約 2500 公里，白色實線為省界，跨甘肅、青海、陝西 等三省。標本採集位置：A. 湟中、B. 湟源、C. 提米溝、D. 黑泉水庫、E. 瓜拉河、F. 邊麻溝、G. 水洞峽、H. 干禪口、I. 炭山嶺、J. 老鴨城、K. 后長川、L. 興隆山、M. 阿甘鎮、N. 花廟、O. 中灘等地區。採集區域放大地質圖如後文所示。

二、過程

(一)、出差行程規劃

本次出差除執行標本採集任務外，並安排地質相關參訪行程，實際行程如下：

日期	地點	工作內容
D1 9/2(三)	路程	台中→桃園→西安→西寧
D2 9/3(四)	青海西寧	與武漢地大野外前置工作，聯繫租車事宜。
D3 9/4(五)	青海湟源	採塔灣、黃毛村、石板村等地岩石標本。
D4 9/5(六)	青海海晏	採大通河、提米河等地岩石標本。
D5 9/6(日)	青海大通	採瓜拉河等地岩石標本。
D6 9/7(一)	青海祁連	青海省省會-西寧至祁連縣。
D7 9/8(二)	祁連邊麻溝	採邊麻東、西溝採超基性岩。
D8 9/9(三)	青海祁連	路程。
D9 9/10(四)	青海西寧	整理及寄運標本至北京。
D10 9/11(五)	青海西寧	與北京地質研究所討論野外前置工作。
D11 9/12(六)	青海西寧	參觀青藏高原地質博物館。
D12 9/13(日)	西寧至甘禪口	至水洞峽採超基性岩，元甫溝、旋麻溝採斜長角閃岩。
D13 9/14(一)	干禪口至炭山嶺	至炭山嶺採角閃岩、片麻岩、眼球狀花崗岩等岩石標本。
D14 9/15(二)	樂都至白銀	蓮花台採角閃岩，后長川採角閃石片岩。
D15 9/16(三)	白銀至興隆山	興隆山東段興隆山群~800 Ma。阿甘鎮岷口子採閃長岩及玢岩。
D16 9/17(四)	興隆山至天水	託運標本至北京，路程。
D17 9/18(五)	天水至花廟	至天水南方採糜稜岩 mylonite。
D18 9/29(六)	天水至中灘	至天水北方採輝石岩。
D19 9/20(日)	中灘至蘭州	標本寄至北京，合作單位開證明，報關回台。
D20 9/21(一)	路程	08:35 蘭州直飛回桃園 12:20→台中。

(二)、野外工作及標本採集

此次野外標本採集工作主要以西寧、蘭州為前進基地，前往 A. 湟中、B. 湟源、C. 提米溝、D. 黑泉水庫、E. 瓜拉河、F. 邊麻溝、G. 水洞峽、H. 干禪口、I. 炭山嶺、J. 老鴨城、K. 后長川、L. 興隆山、M. 阿甘鎮、N. 花廟、O. 中灘等十五個地區進行野外研究及採集工作(圖 1)。詳細描述如下：

A、湟中

岩體位於青海省湟中縣縣城西北方約 20 公里處，主要由前寒武紀基盤岩所組成(圖 2)，岩石組合為十字石片岩(圖 3)、紅柱石片岩(圖 4)、石榴子石片岩(圖 5)等變質岩，並穿插有斜長角閃岩侵入(圖 6)，且越往北變質度越高，表示古板塊邊界位於其北邊，且為聚合型板塊邊界。

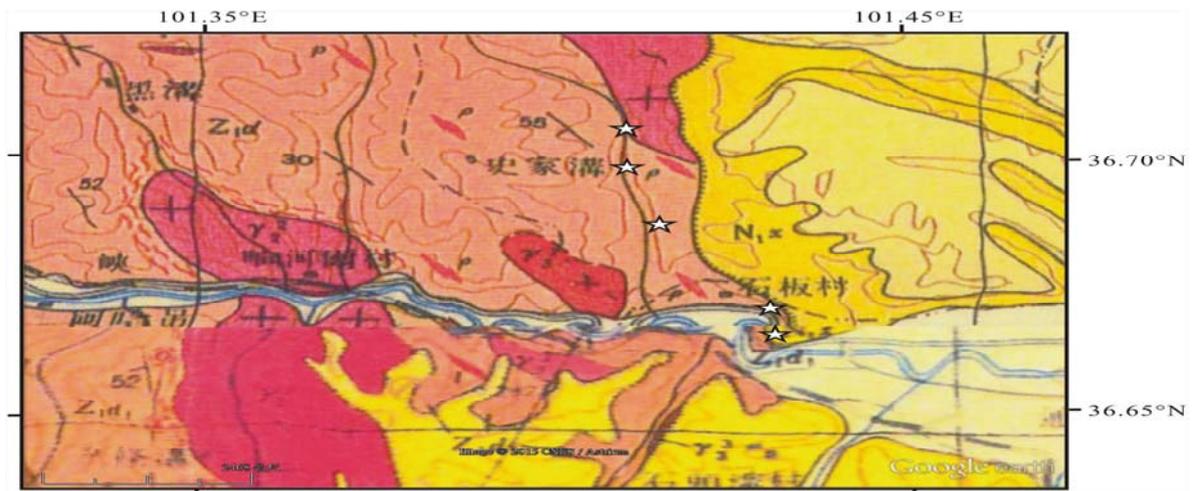


圖 2. 湟中岩體及鄰區地質略圖。☆示標本採集地點，岩體越往北變質度越高。



圖 3. 十字石片岩露頭外觀。圖 4. 紅柱石片岩露頭外觀。圖 5. 石榴石片岩露頭外觀。

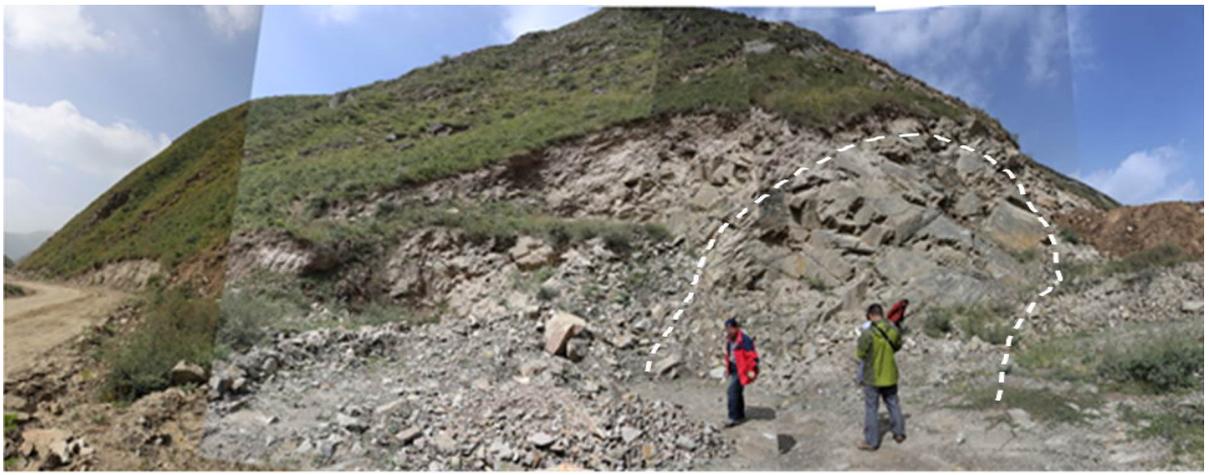


圖 6. 左方為紅柱石片岩，右側白色虛線為斜長角閃岩，兩者為侵入關係。

B、湟源

岩體位於青海省湟源縣縣城西方約 10 公里處，由前寒武紀基盤岩所組成(圖 7)。岩石組合為花崗片麻岩、斜長角閃岩、千枚岩等變質岩，可見斜長角閃岩侵入花崗片麻岩中(圖 8)，兩者互為侵位關係。另還有少許後期岩將作用所形成的煌斑岩(圖 9, 10)。

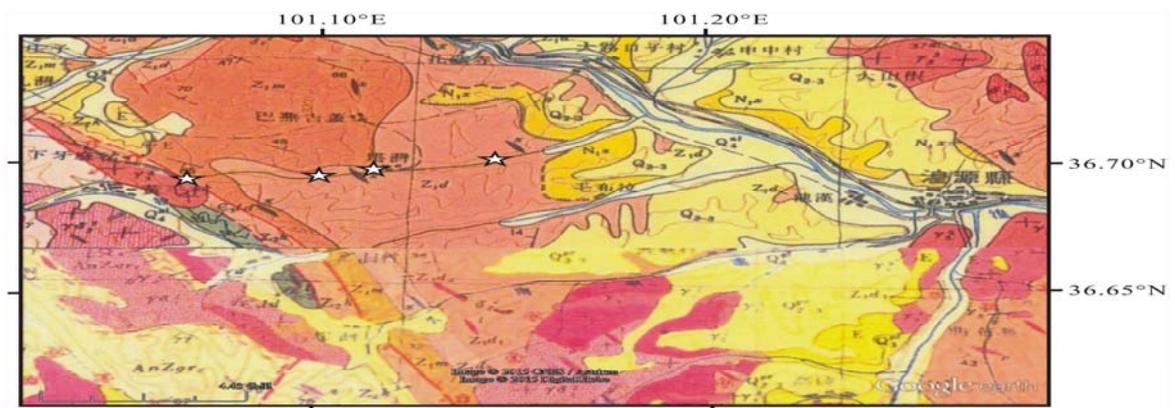


圖 7. 干禪口與炭山嶺岩體地質略圖。☆示標本採集地點。



圖 8. 可見斜長角閃岩侵入花崗片麻岩中，兩者互為侵位關係。



圖 9. 千枚岩(phyllite)露頭外觀。



圖 10. 野外採獲煌斑岩(lamproite)標本。

C、提米溝

岩體位於青海省湟源縣縣城北方約 50 公里處，主要由前寒武紀基盤岩及加里東期花崗岩所組成(圖 11)。岩石組合為片岩、花崗片麻岩、斜長角閃岩等變質岩，旁邊可見中-酸性花崗岩聳立在旁(見封面照片)。

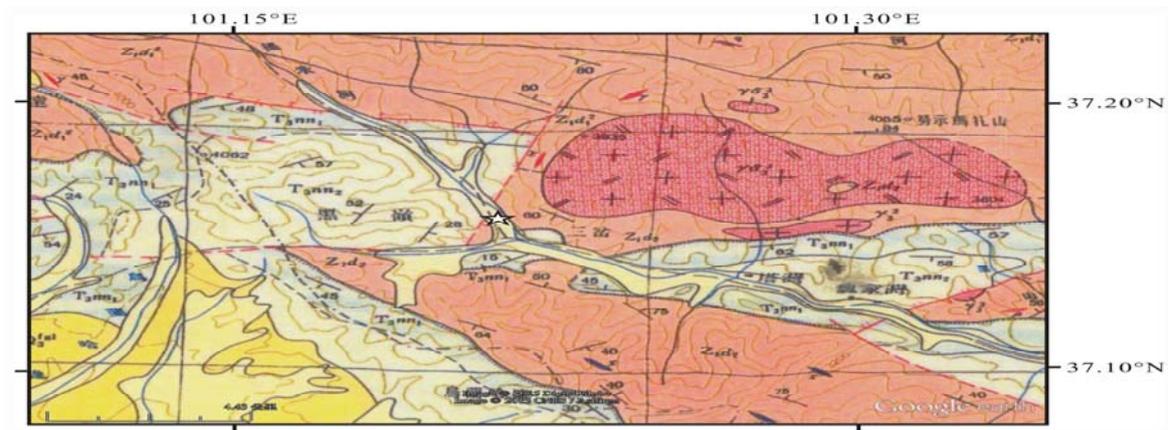


圖 11. 提米溝及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點



圖 12. 提米溝斜長角閃岩露頭外觀，推測其年代約為九億年前。

D、黑泉水庫

岩體位於青海省大通縣縣城西北方約 35 公里處，主要由前寒武紀基盤岩及加里東期花崗岩所組成(圖 13)。岩石組合為片岩、花崗片麻岩、斜長角閃岩等變質岩，因有黑泉水庫及公路的新建，故公路旁有極新鮮的岩石剖面(圖 14)，基盤岩中矽線石片岩及石榴子石片岩，原先有基性岩侵入，但受加里東期板塊作用影響，如今這些片岩都與斜長角閃岩相互交錯，成互層關係，上部被黃土所覆蓋。因屬基性岩類含銻石礦物量較少，採取大塊岩石標本進行岩石定年 SHRIMP 分析。

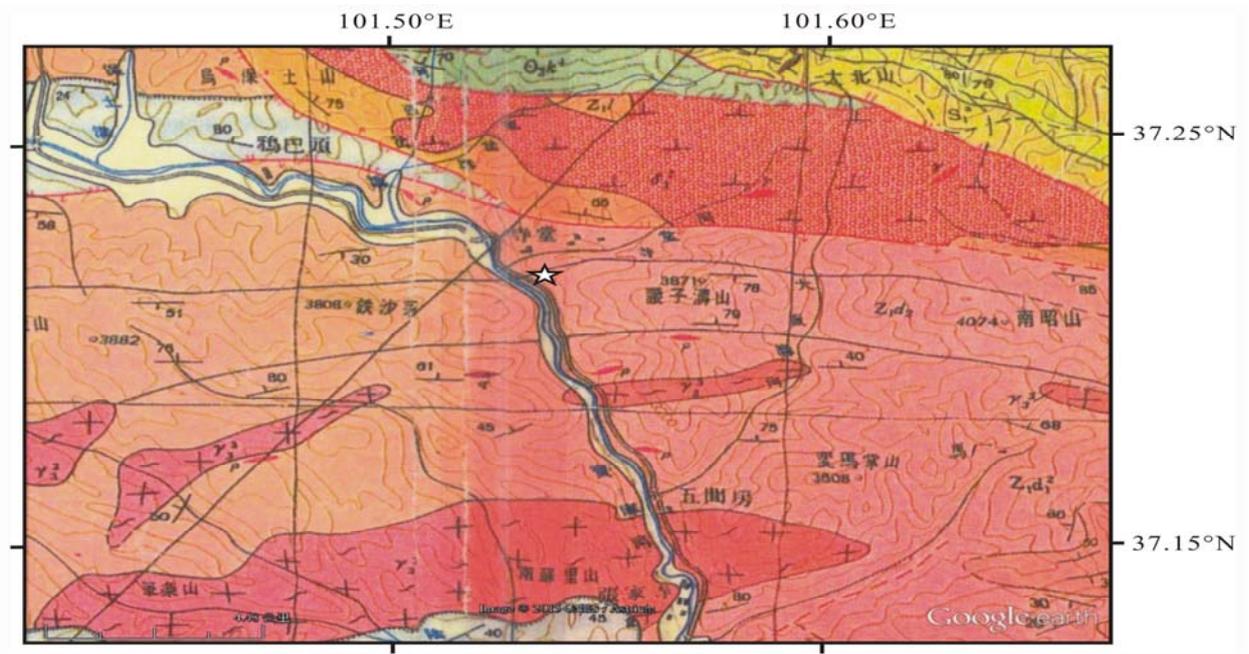


圖 13. 黑泉水庫及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。



圖 14. 因有黑泉水庫及公路的新建，故公路旁有極新鮮的岩石剖面。

E、瓜拉河

岩體位於青海省大通縣縣城北方約 10 公里處，主要由前寒武紀基盤岩、加里東期花崗岩及後期地殼深融作用鹼性火成岩所組成(圖 15)。岩石組合為綠泥石片岩(圖 18)、藍晶石片岩(圖 16)、斜長角閃岩、矽線石片岩等，同樣地由南向北變質度增加，依序出現綠泥石片岩、藍晶石片岩、斜長角閃岩、矽線石片岩等變質岩，基盤岩中矽線石片岩及石榴子石片岩，原先有基性岩侵入，但受加里東期板塊作用影響，變質度屬藍晶石帶，屬於黑雲斜長片麻岩，糜稜岩化用的，含有角閃岩，兩者為侵入關係，片麻岩、片岩較多，角閃岩是脈體。

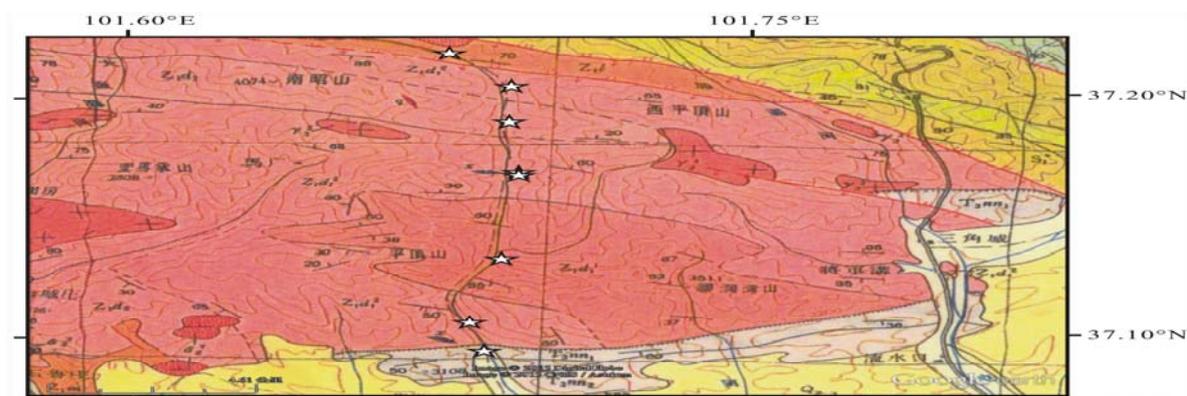


圖 15. 瓜拉河及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。



圖 16. 瓜拉河溝藍晶石片岩野外露頭外觀。



圖 17. 武漢地質大學李益龍教授(左 2)及其研究生。圖 18. 綠泥石片岩野外露頭。



圖 19. 瓜拉河地區因後期地殼深融作用所形成鹼性玻璃質火成岩露頭

F、邊麻溝

岩體位於青海省祁連縣縣城西北方約 80 公里處，主要為超基性-基性火成岩體所組成，地理分布上可分東、西兩部分(圖 20, 21, 22)，這些超基性-基性火成岩代表熱事件的發生，對解釋早期地殼岩石成因極為重要。

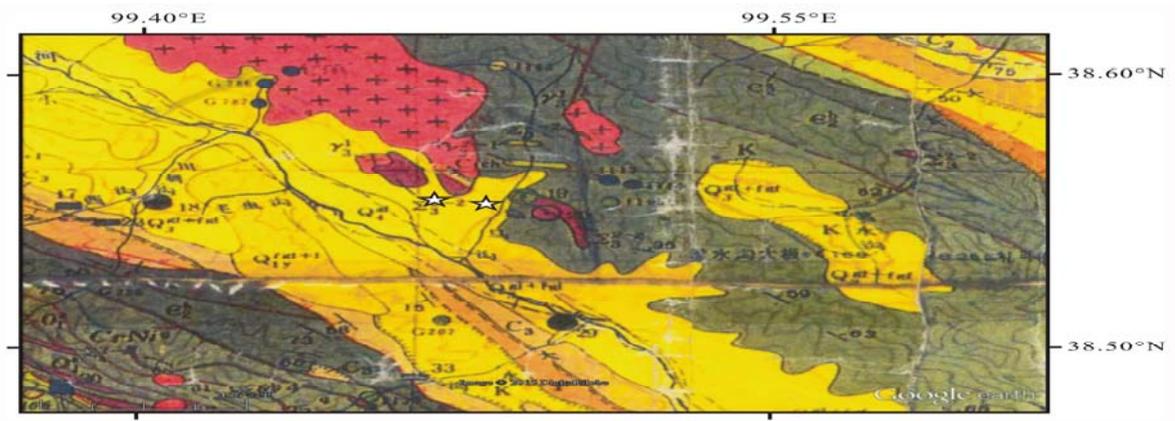


圖 20. 邊麻溝及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。



圖 21. 邊麻溝西岩體野外露頭影像。



圖 22. 邊麻溝東岩體野外露頭影像。

G、水洞峽

岩體位於青海省互助縣縣城北偏東方約 23 公里處，岩體主要為超基性-基性火成岩體所組成，其與東偏南方之柏木峽、大灘等超基性-基性岩體呈西北至東南線性排列(圖 24)，推測為阿拉斯加型岩體，代表島弧或活動陸緣環境，是島弧地殼形成時侵入的，主要由晚古生代(約 2-3 億年前)超基性-基性岩所組成(圖 23)，但上部覆蓋有志留紀(約 4.2-4.4 億年前)礫岩地層與之互層，故年代必然老於 4 億年(圖 24)。

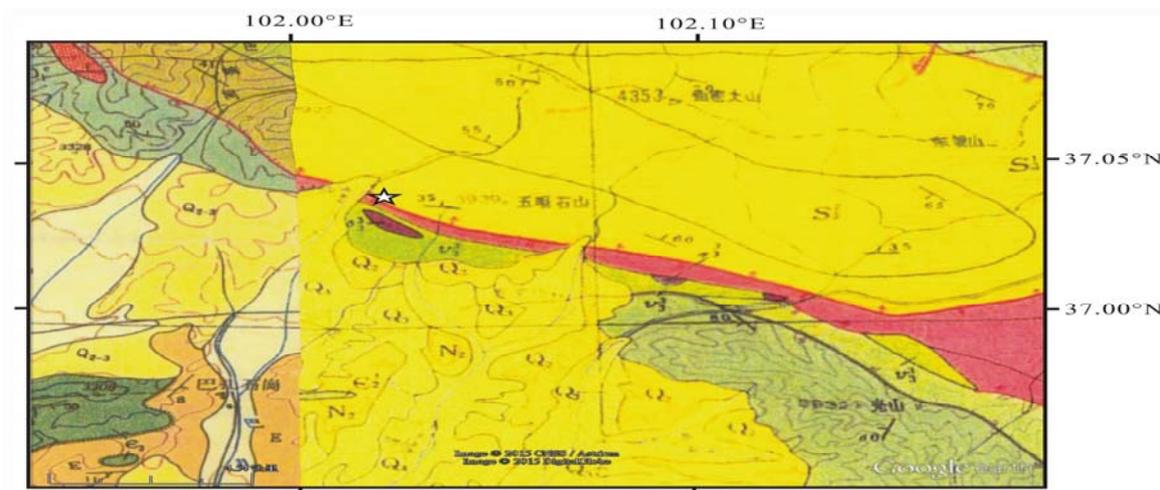


圖 23. 水洞峽及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。其與東偏南方之柏木峽、大灘等超基性-基性岩體呈西北至東南線性排列，推測為阿拉斯加型岩體，代表島弧或活動陸緣環境。



圖 24. 水洞峽岩體野外露頭影像。岩石組合主要由輝石岩、輝長岩等基性岩形成。

H、干禪口

岩體位於青海省互助縣縣城東北方約 40 公里處，岩體為前震旦紀基盤岩所組成(圖 25)，主要由副片麻岩、花崗片麻岩及斜長角閃岩等變質岩所組成。此岩體主要在元甫溝(圖 26)、旋麻溝(圖 27)兩露頭進行野外標本採集工作。

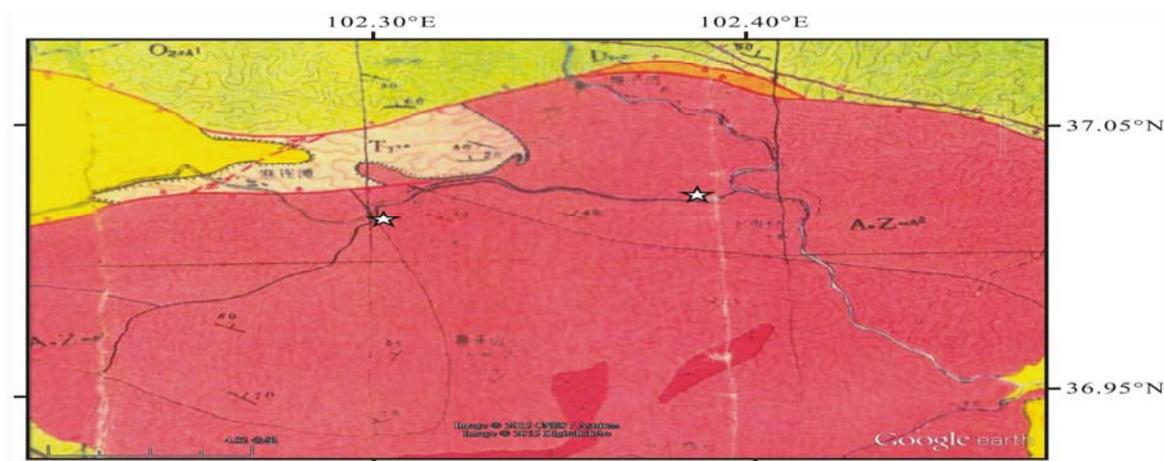


圖 25. 干禪口及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。



圖 26. 元甫溝岩體 104-1301 野外露頭影像。



圖 27. 旋麻溝岩體 104-1302 野外露頭影像。

I、炭山嶺

干禪口與炭山嶺兩岩體皆屬同一地體上，中間被白堊紀紅土分割成兩段，兩者皆屬祁連地塊基底前震旦紀滄源群(圖 28)。岩石組合為角閃岩、片麻岩、眼球狀花崗岩等，因此岩體為目前研究重點區域，採集密度較高，希望能知道此岩體其形成年齡、岩石成因、物質來源等問題。提出形成環境(洋脊、海溝、島湖或盆地?)及區域地質演化。

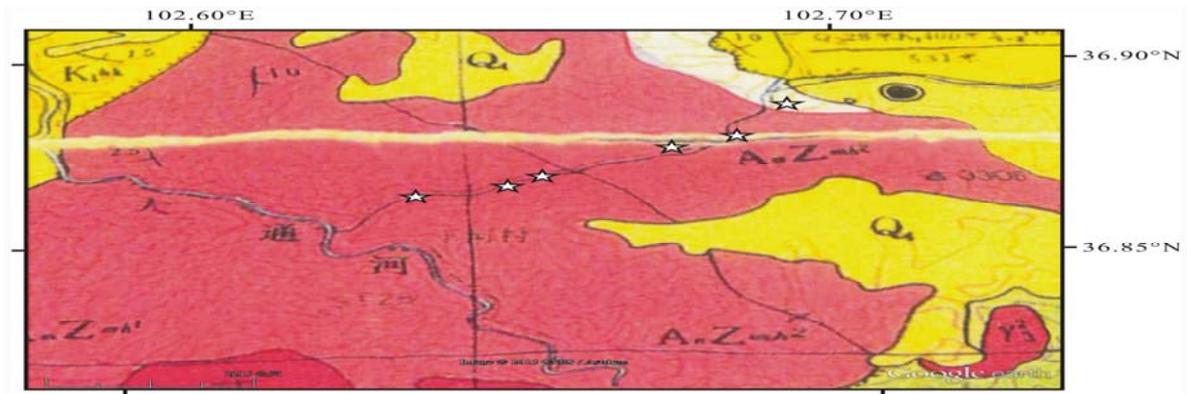


圖 28. 炭山嶺及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。

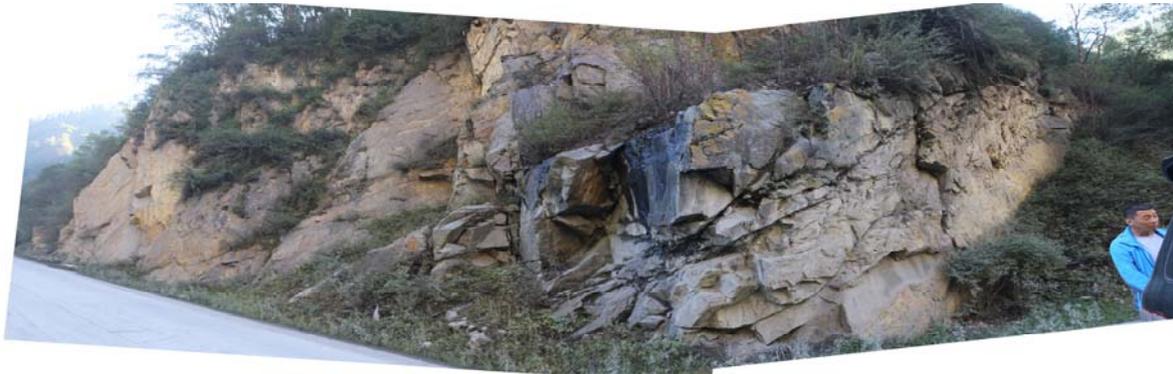


圖 29. 炭山嶺 104-1402 岩體野外露頭影像，採細粒片麻岩。



圖 30. 炭山嶺 104-1403 岩體因受糜稜岩化作用形成堅硬的細粒片麻岩，多呈高聳岩壁。



圖 31. 炭山嶺 104-1404 岩體野外露頭影像，採片麻岩標本。



圖 32. 炭山嶺 104-1405 岩體野外露頭影像，採集含柘榴子斜長角閃岩標本。



圖 33. 炭山嶺 104-1404 岩體野外露頭影像，採集眼球狀花崗岩標本。.



圖 34. 在炭山嶺岩體入口，回望，感覺岩體述說著其身世背景、演化故事。

J、老鴨城

岩體位於青海省民和縣縣城西偏北方約 15 公里處，主要由震旦紀變質岩所組成(圖 35)。岩石組合為花崗片麻岩、斜長角閃岩、千枚岩等變質岩，其中可見變質基性岩侵入其中，兩者互為侵位關係。另還有少許後期加里東期岩漿作用所形成的花崗岩。此岩體因有施工開挖鋪路工程進行，固有極佳且新鮮的岩體剖面，可進行野外標本採集工作(圖 36、37)。

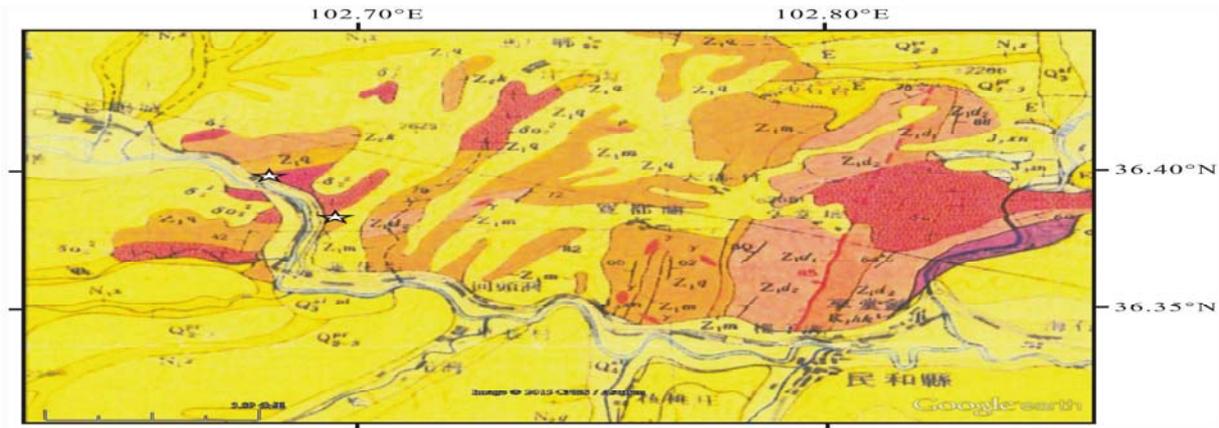


圖 35. 老鴨城及鄰區地質圖。 ☆ 示標本採集地點。



圖 36. 老鴨城 104-1407 岩體野外露頭影像，採集角閃岩標本。



圖 37. 老鴨城 104-1408 岩體野外露頭影像，採集角閃岩標本。

K、后長川

岩體位於甘肅省白銀市西南方約 10 公里處，主要由前寒武紀皋蘭群(圖 38)，岩石包括變質泥質碎屑岩及變質中基性火山碎屑岩兩大類，上部地層類型為黑雲母石英片岩和雙雲母石英片岩，下部地層類型為黑雲母角閃石石英片岩和斜長角閃石片岩所組成。此次野外主要採集下部岩層中的角閃岩及斜長角閃片岩(圖 39, 40)。

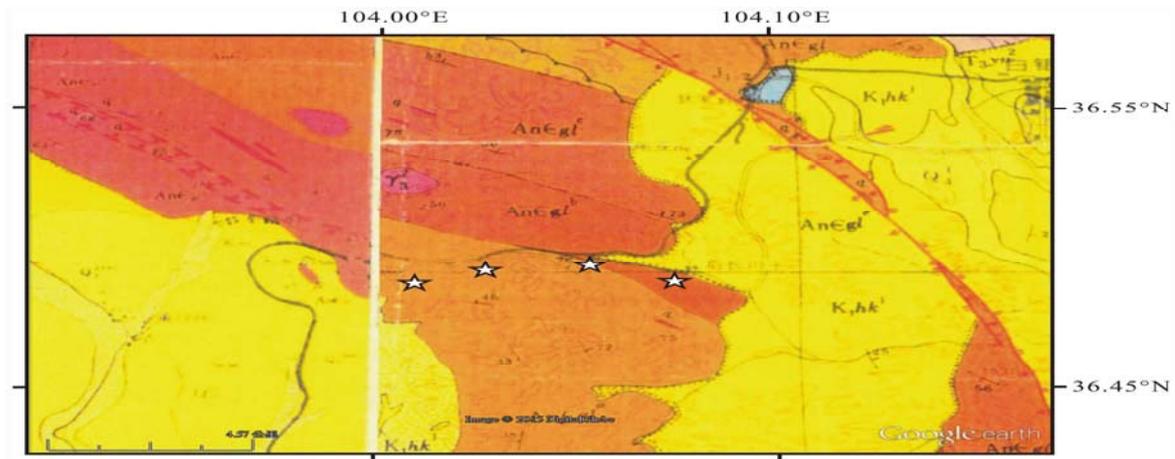


圖 38. 后長川及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點



圖 39. 后長川 104-1501, 2 岩體採集角閃岩標本及與北京地質研究所李雲帥博士合影。



圖 40. 后長川 104-1503 岩體野外露頭影像，採集角閃石片岩標本。

L、興隆山

岩體位於甘肅省榆中縣縣城西南方約 6 公里處，主要由震旦紀低度變質岩所組成(圖 41)。岩石組合為低變質火山碎屑岩、千枚岩等變質岩，推測此岩體年代應為新元古代裂谷環境，代表羅迪尼亞超大陸裂解作用(圖 42、43)。

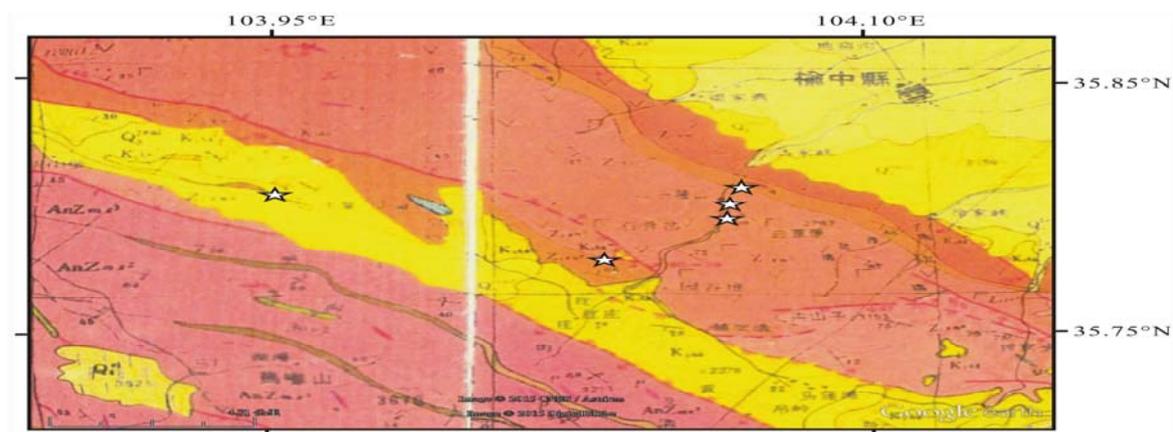


圖 41. 興隆山及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點



圖 42. 興隆山 104-1602 岩體野外露頭影像，採集變質火山岩標本。



圖 43. 興隆山 104-1604 岩體野外露頭影像，採集變質火山岩標本。

M、阿甘鎮

岩體位於甘肅省省會蘭州市南方約 14 公里處，主要由震旦紀變質岩及侏羅紀含煤層所組成(圖 44)，是一個產煤礦的城鎮。岩石組合為片麻岩、斜長角閃岩、千枚岩、低度變質火山碎屑岩等，可見後期閃長岩(380 Ma)侵入其中(圖 45)，兩者互為侵位關係。

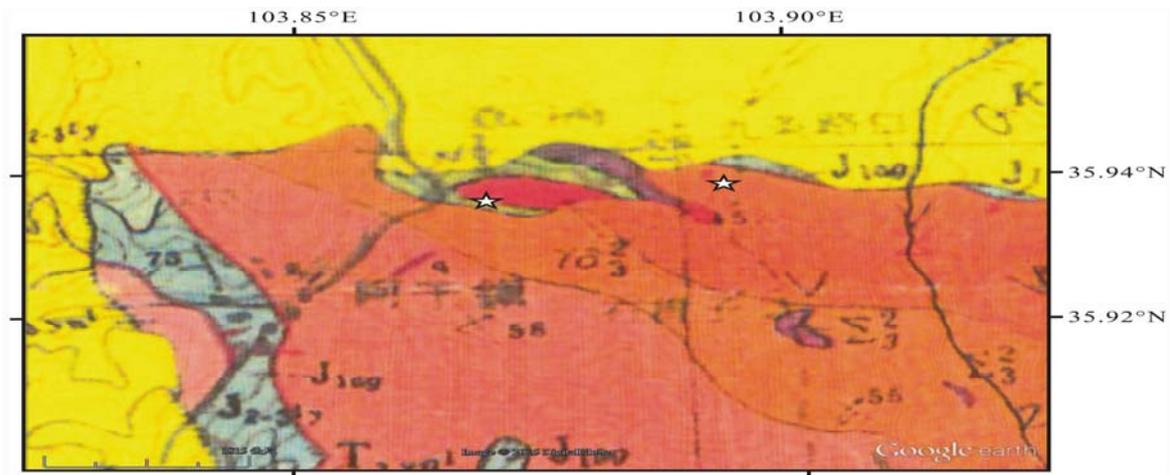


圖 44. 阿甘鎮及鄰區地質圖。 ☆ 示標本採集地點



圖 45. 阿甘鎮 104-1606 岩體野外露頭影像，採集閃長岩(380 Ma)標本。



圖 46. 阿甘鎮 104-1607 岩體野外露頭影像，採集玢岩標本

N、花廟

岩體位於甘肅省天水市東南方約 50 公里處，主要由寒武紀變質岩及印支期(T_4)、喜山期(T_5)中-酸性花崗岩類所組成(圖 47)。岩石組合為片麻岩、眼球狀花崗岩、糜稜岩、千枚岩等，其中糜稜岩化作用強烈，原岩遭受強烈擠壓破碎後，再結晶形成的一種粒度較細的動力變質岩(圖 48)。是韌性剪切帶中典型解常見的岩石，亦代表此區域為一斷層構造帶。

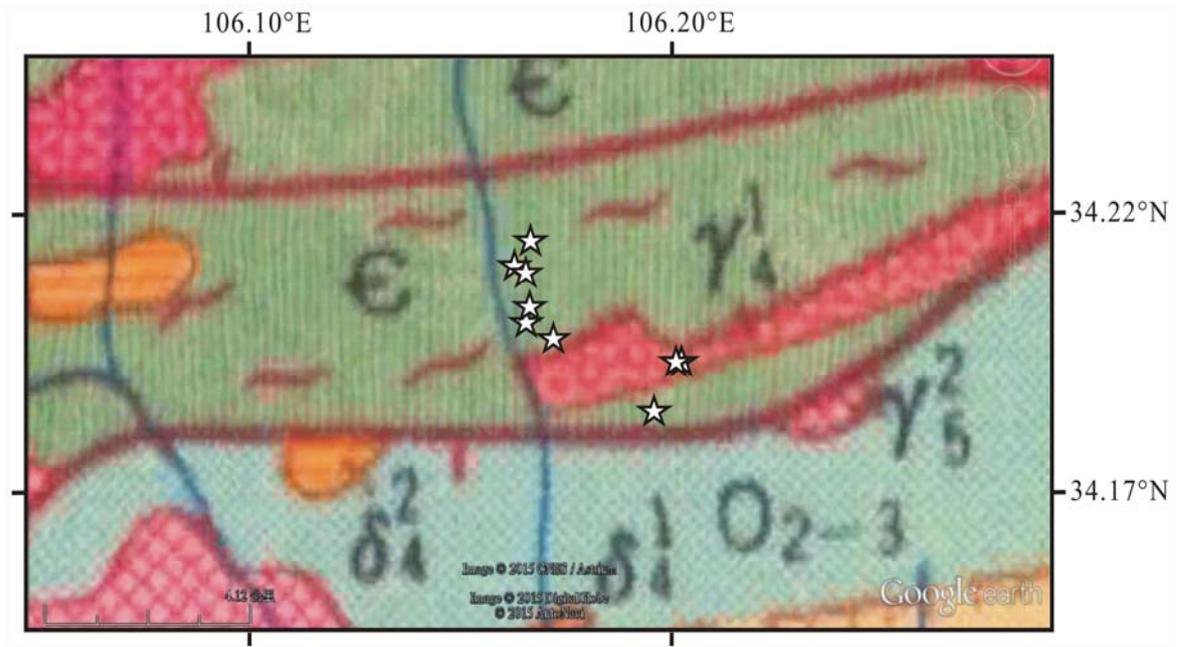


圖 47. 花廟及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點，~ 示糜稜岩化作用。



圖 48. 糜稜岩化作用強烈，原岩遭受強烈擠壓破碎後，再結晶形成的一種粒度較細的動力變質岩。

O、中灘

岩體位於甘肅省天水市西北方約 17 公里處，從天水市往西有一條高速公路，經中灘岩體(圖 49)，可直接回到蘭州。故利用回蘭州的路程中，在前寒武紀的基盤岩中採集基性的輝石岩，基性的輝石岩相較於中-酸性的花崗岩類較能代表岩石的成因及來源，可代表西秦嶺地塊與祁連地塊相互作用成因。

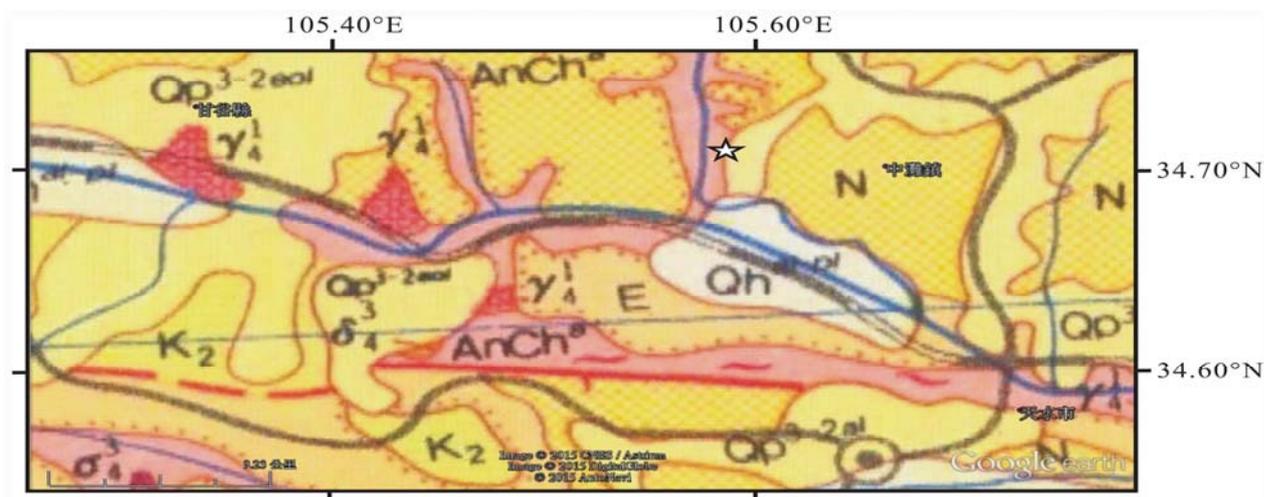


圖 49. 中灘及鄰區地質圖。☆ 示標本採集地點。

(三)、考察參觀活動紀要

青藏高原自然博物館

青藏高原自然博物館位於青海省西寧市城北區經二路 21 号，目前是中國佔地面積最大的自然博物館(圖 50)，博物館面積 1.8 萬平方米，主場館總建築面積 1.5 萬平方米，主體是一棟 3 樓的雄偉建築物，主要由 A. 生物廳、B. 地質地貌廳、C. 三江源廳等組成(圖 51)，是傳播科學知識、推廣科普教育的平台。



圖 50. 青藏高原自然博物館外觀。



圖 51. 博物館各樓層平面示意圖。

A. 生物廳：

位於主場館三樓，現有水中精靈、動物王國(圖 52, 53)、大地織錦、大漠胡楊(圖 54)、草木家族(圖 55)等 12 個展示主題，有動植物姿態標本，也有青藏高原代表性植物。



圖 52. 生物廳展示動物姿態標本。



圖 53. 生物廳展示之鳥類姿態標本。



圖 54. 生物廳展示之胡楊木標本。



圖 55. 生物廳草木家族展示。

B. 地質廳：

位於主場館二樓，現有大地藏寶(圖 56)、鹽湖奇葩(圖 57)、蔚藍之海、高原隆起、冰雪地帶(圖 58)等展示主題，有高原冰川、峽谷、丹霞地貌等大型景觀，也有礦石、鹽結晶標本，及青藏高原礦產資源等，展示青藏高原自然生態及地理地貌。館內的「青藏高原」立體模型是全國最大的立體模型，其後是「大美青海」的立體沙盤(圖 59)，能夠欣賞青藏高原及青海的地形特徵及分佈狀況。



圖 56. 地質廳大地藏寶展示。



圖 57. 地質廳鹽湖奇葩展示。



圖 58. 地質廳冰雪地帶展示。



圖 59. 「大美青海」的立體模型展示。

C. 三江源廳：

三江源自然保護區位於世界屋脊青藏高原的腹地-青海省南部。是孕育中華民族、中南半島悠久歷史文明的長江、黃河和瀾滄江等世界三條主要河流的源頭(圖 60)，素有中華水路的美譽。展示廳以生命與自然為設計理念，用大地初乳、千載問源、多姿生態(圖 61)、三江哺育、淨土堪憂和國脈所繫等 6 大主題全方位展示保護區的獨有特點、基本知識、面臨的困境和生態環境保護建設工程取得的成就(圖 62, 63)。



圖 60.長江、黃河和瀾滄江等三江的源頭。



圖 61. 三江源廳展示多姿生態一景。



圖 62. 三江源廳展示都江堰水利工程。



圖 63. 三江源廳展示黃河水利建設。

三、心得與建議：

心得：

地球本身已有 46 億年(4600 個百萬年)的歷史，而身為智人的人類出現在地球上，卻不到 1 個百萬年。為了瞭解人類來不及參與的早期的地球是如何運作，人們不得不彎腰下來跟數十億年前就存在地球上的岩石請教：地球在太陽系中為何與其他同時期形成的七大行星，為何如此不同？為何地球有充沛的水與海洋而形成藍色星球？為何地球經歷過多次大滅絕事件，還會形成目前我們人類生活的花花世界？種種問題的答案都隱藏在不起眼的岩石中。

建議：

台灣是一個年輕的島嶼，是板塊作用的現在進行式，但在討論早期地球時，卻因台灣最古老的岩石(大南澳片岩)僅約兩億年前，較無法參與及提出看法。建議能提供較多的鼓勵給與研究早期地球演化的研究人員，能多多協助出國野外採集，以可在早期地球演化研究上提出見解、發表論文。