

地質旅行

臺南 四鳥心 湖



地質旅行

臺南
四鳥心
湖



海洋國家公園管理處



ISBN 978-986039132-9



9 789860 391329
建議售價：250元





臺南四鳥

地質旅行

台大地質系
陳文山教授

史前博物館
楊小青博士

撰寫

處長序

從澎湖望安島向南航行十餘公里，天氣晴朗時便能見到數座散佈於海面的方山島嶼，其中四座面積較大的島嶼為東嶼坪嶼、西嶼坪嶼、東吉嶼、西吉嶼，合稱為南方四島。四島的周邊海域，還有頭巾、鐵砧、鐘仔、豬母礁、鋤頭嶼等附屬島礁。海洋國家公園管理處自從98年度起，逐年針對南方四島及周邊島嶼進行地形地質景觀、陸海域生態、以及人文歷史等相關資源進行調查與研究。這段期間感謝澎湖縣王乾發縣長及縣政府同仁的協助，讓調查計劃得以順利進行。而這些珍貴的調查成果，不單只是推動海洋型國家公園的評估參考，也轉化為解說叢書，在100年度出版了「遇見南方四島」及「南方飛羽·澎湖南方四島」等書籍，期望讓民眾對南方四島更多添一份瞭解與親近。

經過研究調查，我們發現南方四島是在大約距今一千萬年前的玄武岩火山噴發作用中，由流出的熔岩所堆疊而成，後續再受到風化與海浪侵蝕等營力，逐漸形成目前所見到的南方四島。陸域部分，能見到數種不同型態的玄武岩柱狀節理地景，例如位於東吉嶼港口北側的東吉之眼，屬於玫瑰花型柱狀節理；東吉燈塔下方的熔岩，則屬於扇形節理。海域部分，包括有海蝕平台、海蝕洞與海蝕柱等，例如西吉嶼的海蝕洞，當地人俗稱「灶籠」；以及頭巾嶼的海蝕平台，此處孕育了豐富的潮間帶生物。

「地質旅行·澎湖南方四島」一書的出版，希望將南方四島的地質地形之美分享給各位，每個島嶼的特殊地景均配合解說文字與實景照片，以帶領讀者瞭解這壯麗的景致，也期待能引領各位親踏南方四島，愛上南方四島，進而共同為其環境教育及保育工作，投入一份心力。

海洋國家公園管理處 處長 **楊 摸 麟** 謹識







作者序

南方四島位於澎湖群島的東南隅，大多已無人居住，由於不易到達，因此保存著豐富且多樣的人文與自然環境。本書針對澎湖南方四島的玄武岩地質地形及澎湖群島地質演化史作介紹。為了讓讀者能夠更深入且清楚地了解澎湖群島與南方四島的地質，因此從南方四島地質地形景觀開始，再進入宏觀的地球構造，讓讀者對於澎湖群島火山地質與演化史能夠有深入的認識，也讓到此一遊的旅客能夠帶著「地質旅行·澎湖南方四島」作自導式旅遊，而有豐碩與愉快的假期。





目次 Contents

處長序

3

作者序

5

第1章

澎湖群島與南方四島地質簡介

11



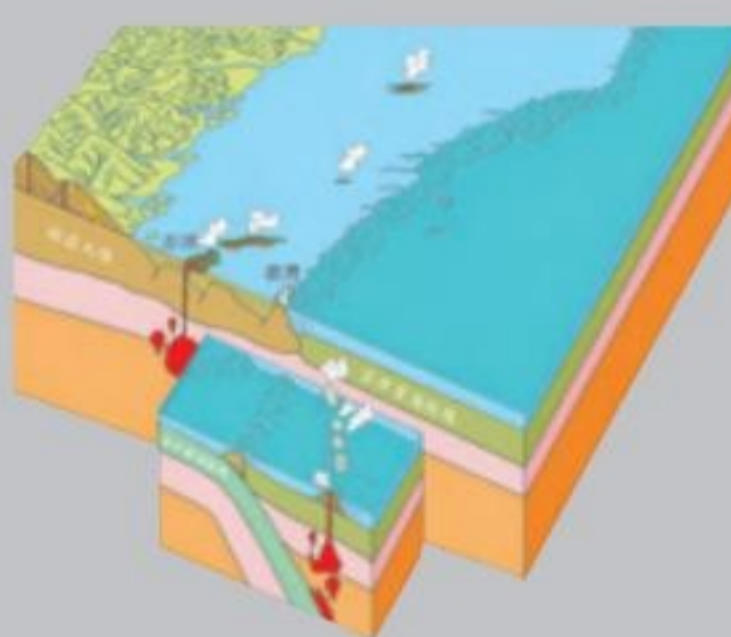
澎湖群島 11

南方四島 13

第2章

澎湖群島地質演化史

15



古太平洋板塊隱沒時期：1億4500萬年~6500萬年前 15

歐亞板塊東緣張裂時期：6500萬年~800萬年前 16

蓬萊造山運動時期：600萬年前~至今 18

第3章

澎湖群島的地形

23



海岸地形 25

海蝕平台 26

地表地形 29





第4章 南方四島地質解說

33



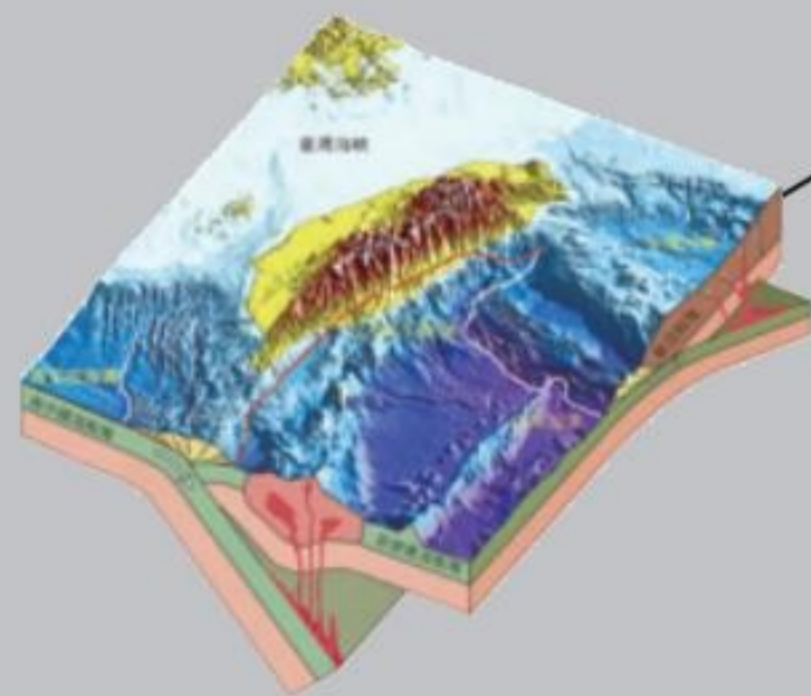
- 東吉嶼景點解說 34
- 鋤頭嶼景點解說 47
- 西吉嶼景點解說 51
- 東嶼坪嶼景點解說 60
- 西嶼坪嶼景點解說 70

第5章 人與自然的關係

75



- 氣候特徵與地理條件 75
- 地質資源 76
- 史前時期文化 80
- 歷史時期文化 80



附錄 A 板塊運動學說

83

板塊運動學說源起 84
板塊邊界 85



附錄 B 火成岩形成環境、種類與產狀

89

火成岩形成環境 89
火成岩的外觀結構 90
來自不同板塊環境的火成岩 95
澎湖群島火山岩 97
澎湖群島玄武岩的火山外型與熔岩結構 97



附錄 C 礦物與岩石

105

安山岩 106
玄武岩 106
礦物 107

第1章

澎湖群島與南方四島地質簡介

貓嶼

望安

將軍嶼

西嶼坪

東嶼坪

鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

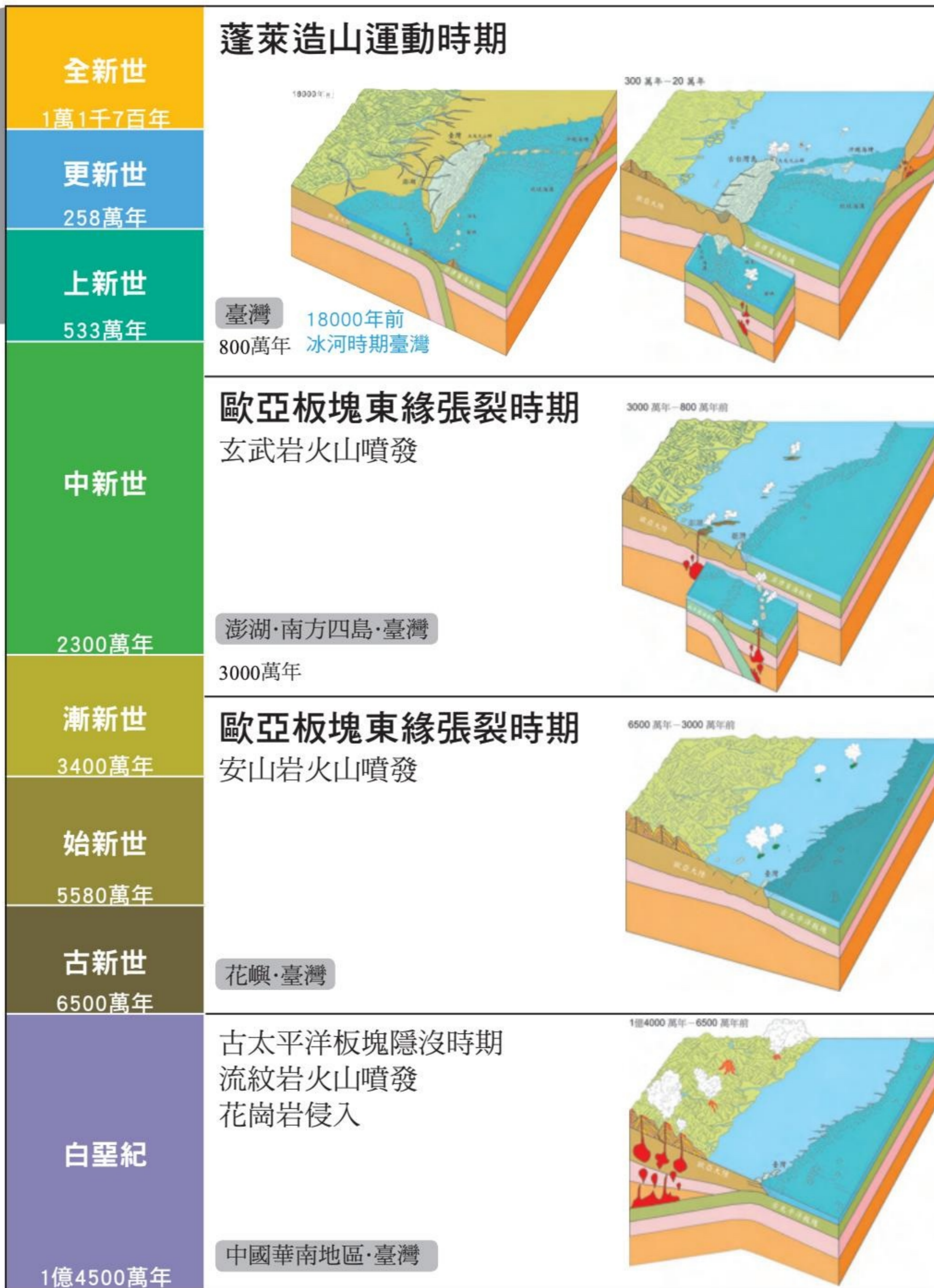
澎湖群島

七美

澎湖群島與臺灣島之間，隔著一條寬約3至6公里，水深介於50至200公尺，呈南北走向的澎湖水道，也就是俗稱的「黑水溝」。約距今1700萬至800萬年前，這區域開始產生火山活動，岩漿從地殼溢流出來，經過長時間與多次的堆積，逐漸形成一個高出海面的火山熔岩平台。爾後，在長年的海浪侵蝕作用下，陸塊逐漸的被侵蝕，最後形成今日所見到的澎湖群島，昔日完整的火山地形已不復見（圖1）。



圖1 柱狀節理的黑色玄武岩熔岩侵入在黃褐色火山碎屑層中（頭巾）。



今日的澎湖群島是由大大小小100餘座島嶼所構成，可由海底的地形區分為南北兩群。澎湖群島中央，約在虎井嶼以及望安嶼之間，海底有一條澎湖水道的分支，水深約在50至75公尺間，將澎湖分隔為「北方群島」與「南方群島」（圖2）。

北方群島有虎井嶼、桶盤嶼、西嶼（漁翁島）、澎湖島、白沙島、中屯嶼、吉貝嶼、鳥嶼、過嶼、目斗嶼，以及其他小島。南方群島則包括望安島、將軍澳嶼、花嶼、貓嶼、七美嶼、西嶼坪嶼、東嶼坪嶼、西吉嶼、東吉嶼，以及其他小島。其中，東吉嶼、西吉嶼、東嶼坪嶼、西嶼坪嶼，合稱為「南方四島」（圖3）。

南方四島

南方四島，包括東吉嶼、西吉嶼、東嶼坪嶼、以及西嶼坪嶼，及鄰近島嶼，鋤頭嶼及頭巾嶼，以及鐵砧、二塹、鐘仔、香爐、豬母礁、柴坵塹與離塹仔等小礁岩。

這些島嶼或岩礁，都屬於玄武岩火山。我們在環島的岩壁上可以見到完整且壯觀的玄武岩景觀，島嶼沿岸則有典型的海蝕海岸地形。



圖2 澎湖群島島嶼分布圖，橘色島嶼為南方四島。



▲圖3 南方四島分布圖。

南方四島的形成時間，大約是在距今1200萬至1000萬年之前，熔岩流當時在南方海域形成了廣大的熔岩平台。而經過數百萬年的海浪沖蝕作用，只留下具方山形狀的島嶼，與散落海面的點點礁岩。

在南方四島的形成之初，地層也大略記錄下當時的生物景況。由南方四島岩壁上出露的化石層（圖4），可以發現生物化石以螺、貝類為主，也顯示當時海域中不存在大規模的珊瑚礁。直到火山活動平息之後，島嶼及周邊的海域生態才開始蓬勃發展。



▲圖4 1000萬年前，東嶼坪嶼含有大量螺、貝的化石層。

第2章

澎湖群島 地質演化史



貓嶼

望安

將軍嶼

西嶼坪

東嶼坪

鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

七美

澎湖群島眾多的島嶼中，僅最西側的花嶼屬於安山岩組成，其餘都由玄武岩組成，為什麼會有這樣的差異呢？我們可以由澎湖群島的地質演化史，大約距今1億4500萬年之前的中生代白堊紀開始談起。

1億多年以來，澎湖群島位處的歐亞板塊東緣歷經了3個不同的板塊構造環境，前面所提到的澎湖群島岩石的差異，就是當時環境下，岩漿活動的歷史紀錄。

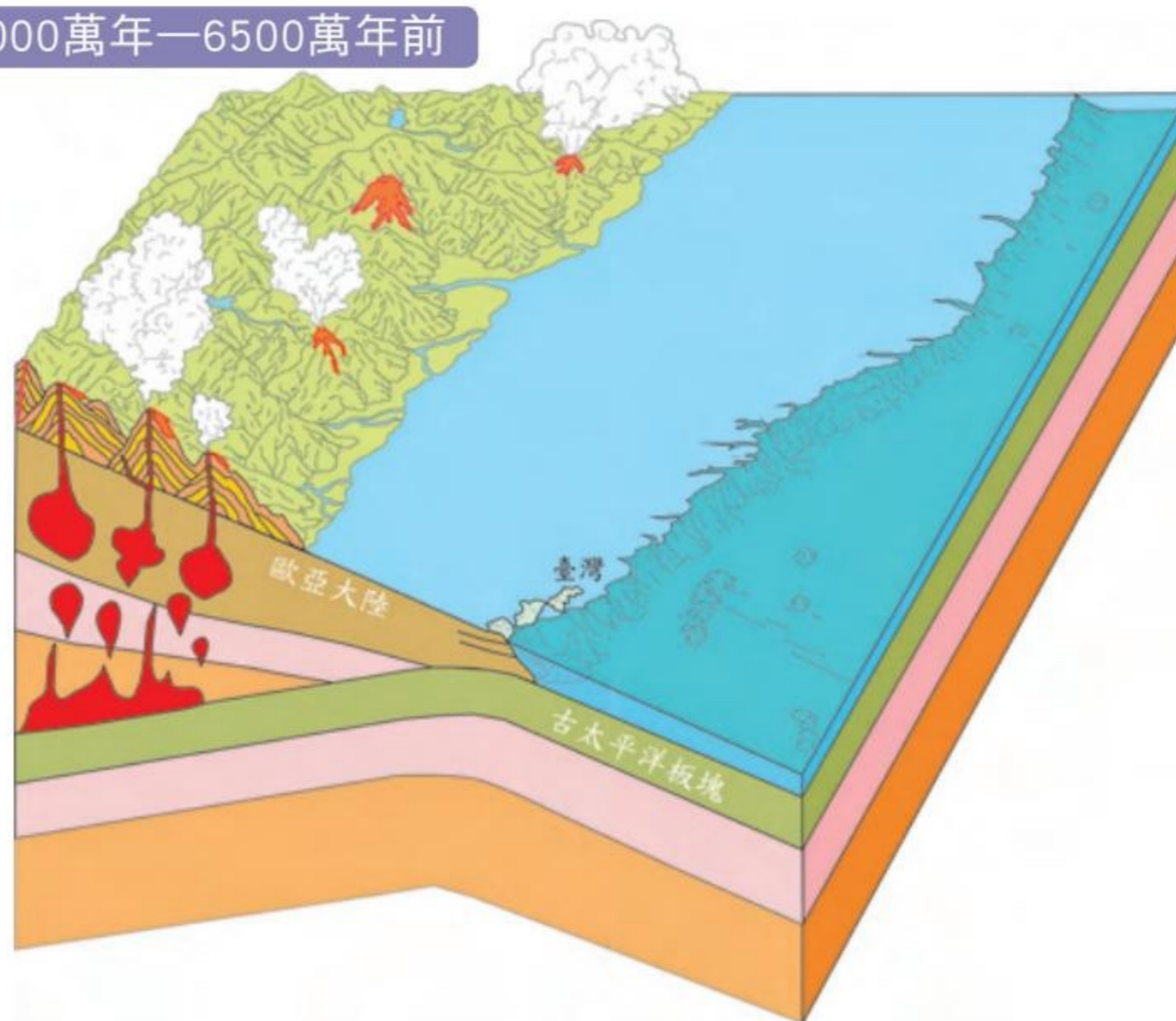
古太平洋板塊隱沒時期 1億4500萬年—6500萬年前

1億多年前的白堊紀，歐亞大陸東緣同樣面臨太平洋，屬於淺海大陸棚的環境。但是，海底的板塊構造環境，與今日略有不同。當年的太平洋底下，有個「古太平洋板塊」，朝向周圍的板塊隱沒，因此在太平洋四周形成眾多火山，也就是古代的環太平洋火環帶。澎

1億4000萬年—6500萬年前

湖地區鄰近此古火環帶，而有頻繁的火山活動。

在這個時期，歐亞板塊東側與古太平洋板塊相鄰，相鄰的板塊邊界呈現擠壓狀態。古太平洋板塊朝西隱沒到歐亞板塊之下，在東亞沿海形成綿延數千公里的火山帶，火山大規模的噴發（圖5），於今日中國沿海的廣東、福建至浙江，乃至今日臺灣所處的海域，噴發出大量酸性的流紋岩。白堊紀是地球相當炎熱的一個時期，大規模火山噴發排放出大量的二氧化碳，是助長當時氣候暖化的主因之一。



▲圖5 白堊紀時期，古太平洋板塊朝西隱沒，在中國華南地區形成大規模的火山噴發，臺灣位在東亞海棚邊緣的島嶼。古太平洋板塊現已完全隱沒消失，目前與歐亞板塊東側相鄰的是菲律賓海板塊。

歐亞板塊東緣張裂時期

6500萬年—800萬年前

白堊紀末期，古太平洋板塊的隱沒作用停止，板塊邊界由擠壓轉變為張裂。張裂環境下，也會出現火山活動，但是噴發的形式有所不同。

歐亞板塊東緣的板塊環境，此階段由「擠壓隱沒」轉變為「穩定張裂」，因地殼拉張產生的正斷層，在東亞大陸棚形成一系列的沉陷盆地（地塹）與隆起高地（地壘），澎湖群島就位在隆起高地之上。地殼因為拉張逐漸變薄，出現一些大小斷層，提供了岩漿上湧的機會，火山活動再度活躍。

這時期的火山活動僅出現於局部地區，火山噴發作用也較緩和，大多為洪流式的熔岩流，不同於白堊紀時期的猛烈噴發。火山岩岩性也由酸性流紋岩，轉變為中性的安山岩，與基性玄武岩。

這段板塊張裂的時期，大致可以細分為早期、晚期兩階段：

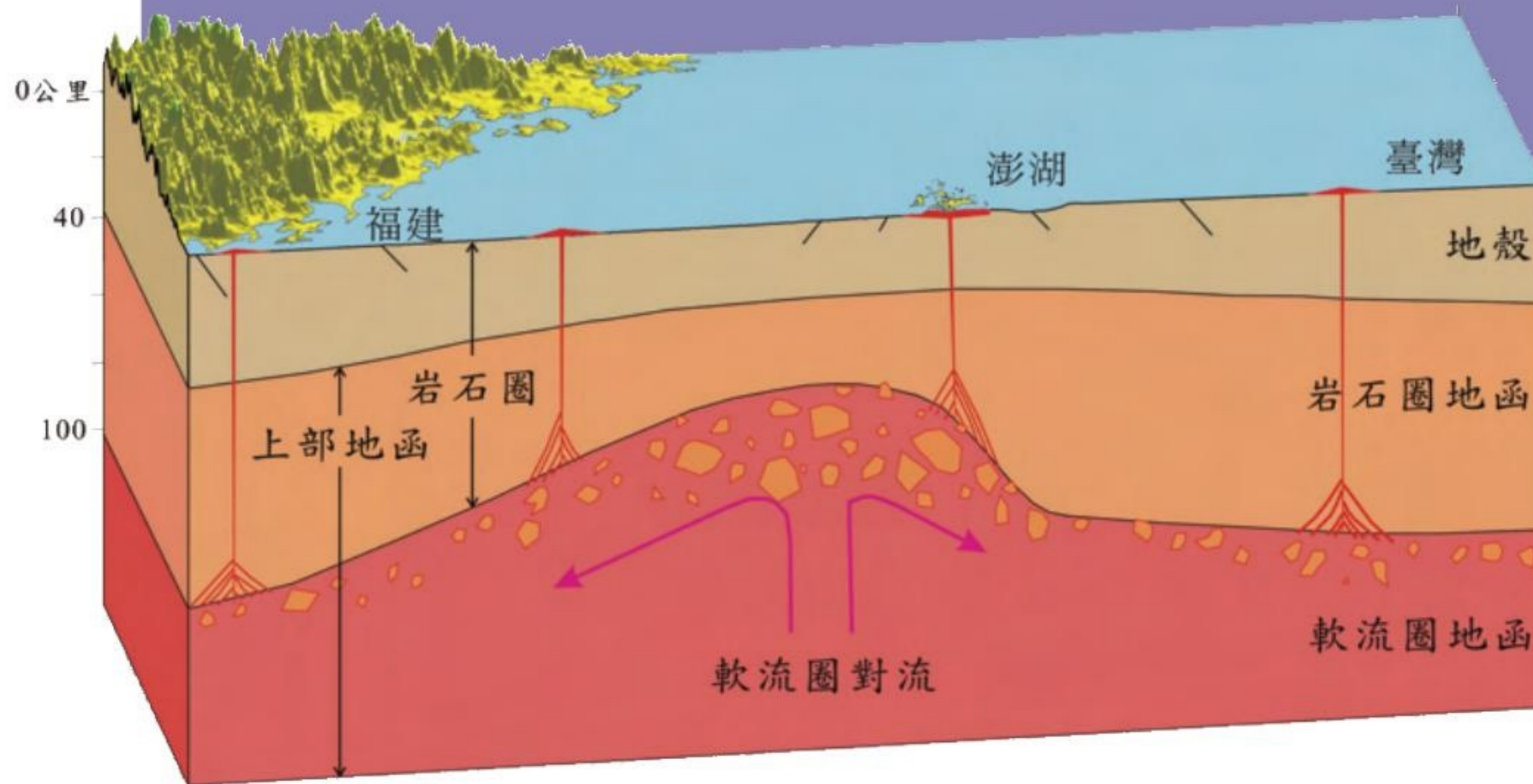
(1) 早期—6500萬至3000萬年前（古新世至漸新世早期）

此時期火山活動為猛烈爆發式的噴發，澎湖花嶼是這時期最具代表性的火山，岩性屬於中性安山岩質的凝灰岩、火山角礫岩或少量熔岩流。這階段的過程，可能因為從地函湧出的岩漿混合了較多大陸地殼物質（例如二氧化矽），使得成分由酸性逐漸趨向中性（圖6）。

顯示在台灣海峽下的地殼厚度較薄，且有向兩側逐漸變厚的趨勢，表示此處可能受到地函軟流圈對流作用，在海峽下造成地殼與岩石圈向上穹起，並朝兩側拉張變薄。

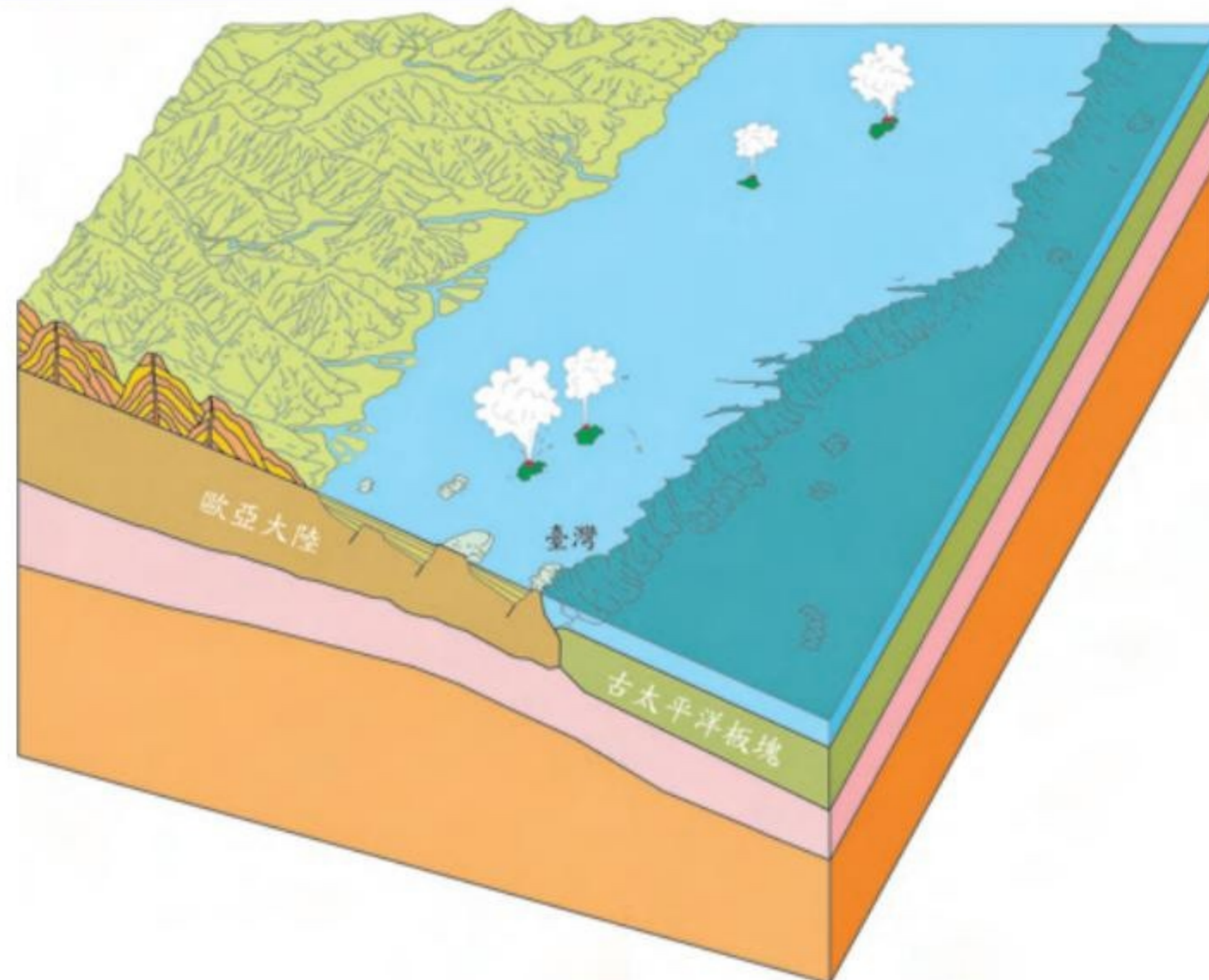
由於大規模岩漿侵入造成地殼穹起變薄，地殼變薄又造成岩漿解壓，加速地函岩漿沿著斷層竄升噴出地表的速度，最後以玄武岩熔岩流的型態噴出地表。這些岩漿大多沿著地殼張裂產生的斷層裂隙上升到地表，所以稱為裂隙噴發。

裂隙噴發



▲ 地函軟流圈對流作用，造成地殼與岩石圈向上穹起，岩漿沿著裂隙噴出地表。

6500萬年—3000萬年前



(2) 晚期—3000萬至800萬年（漸新世晚期至中新世晚期）

此時期火山活動為寧靜洪流式的噴發，岩性屬於基性玄武岩。這階段的岩漿，由於地函的軟流圈對流作用，使得地殼向上穹起並朝兩側拉張。地殼拉張變薄的過程中，產生斷層裂隙，岩漿沿著這些裂隙上升到地表，因而保有較多地函成份，為基性玄武岩質岩漿。

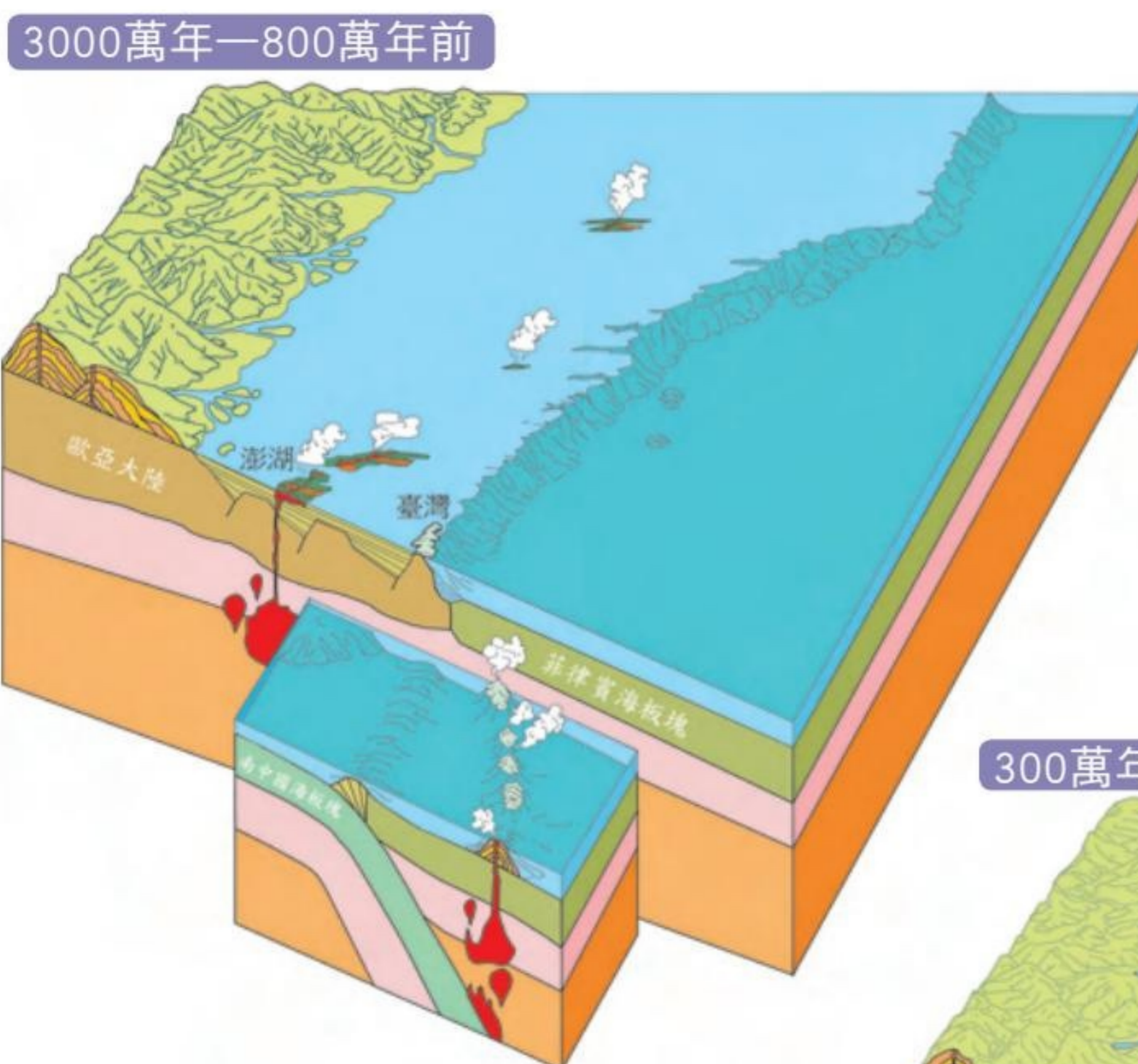
其中，距今約1200-1000萬年前，岩漿的活動最活躍，噴出的量也較多，是澎湖群島形成的關鍵時期。熔岩流所形成的玄武岩地層有數十公尺厚，是由多次噴發的熔岩堆疊而成；南方四島，也是在這段時間所形成的。到了800萬年前，澎湖群島的火山活動才完全停息（圖7）。

▲圖6 6500~3000萬年前，火山爆發型式較溫和，岩性屬中性安山岩質凝灰岩、火山角礫岩或少量熔岩。

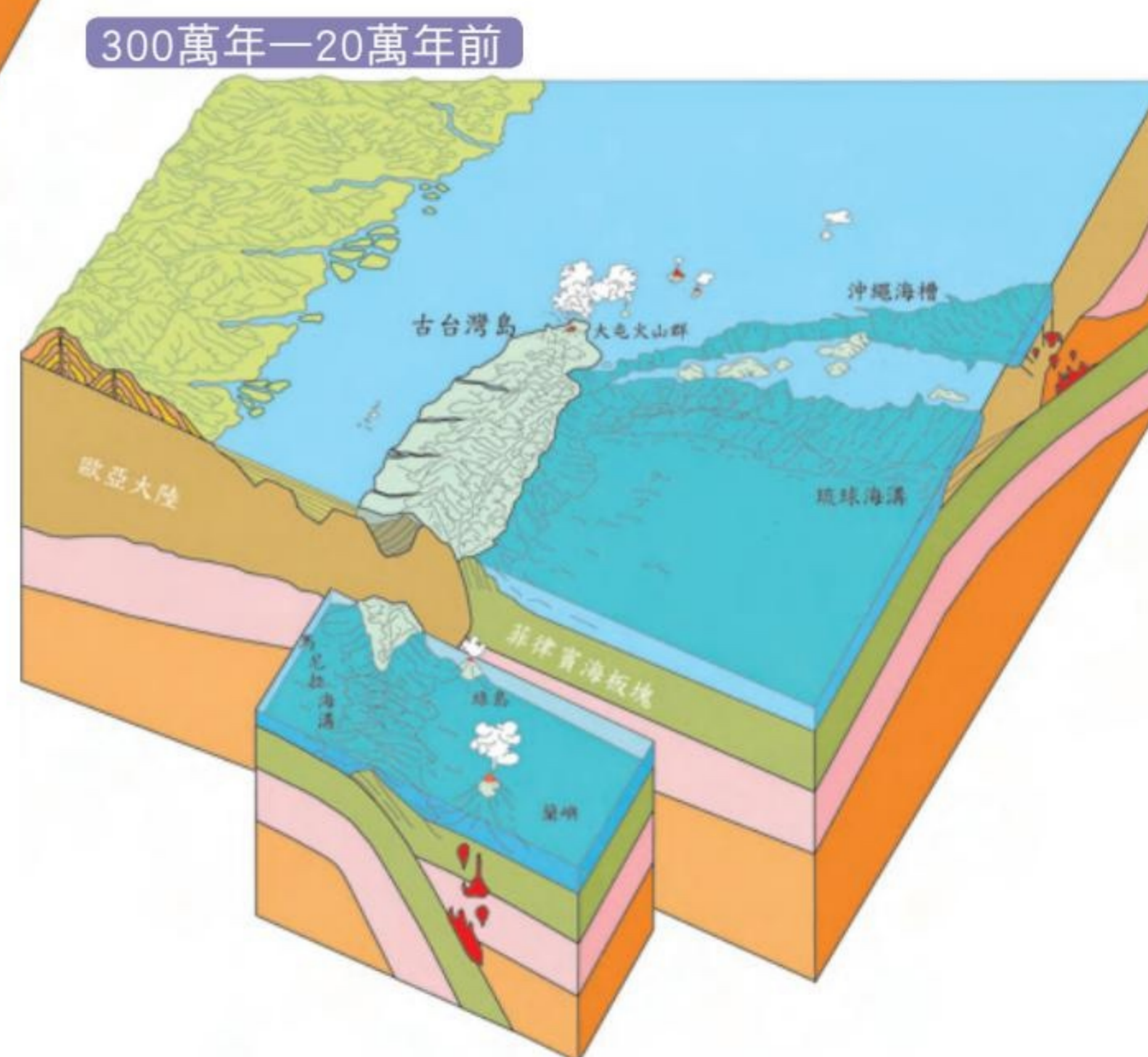
蓬萊造山運動時期

600萬年—至今

當歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞，於歐亞板塊的東緣形成臺灣島造山山脈後（圖8），東亞大陸的地殼就此停止張裂。之後，當時形成的玄武岩熔岩平台，受到風化侵蝕而逐漸被切割與縮小，開始改變平台的地貌，再加上海浪長年的侵蝕作用，逐漸轉變為現在所見，由大小島嶼，與許多岩礁組成的澎湖群島。



▲圖7 3000~800萬年前，火山噴發洪流式的玄武岩熔岩，澎湖群島屬於這時期的火山活動。



▲圖8 600萬年前，歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞，於歐亞板塊東緣形成臺灣島造山山脈後，東亞大陸地殼的就此停止張裂。數百萬年以來，澎湖群島廣大的玄武岩熔岩平台，受到風化侵蝕而逐漸縮小，現今由100餘座大小島嶼與礁石組合而成。

冰河時期

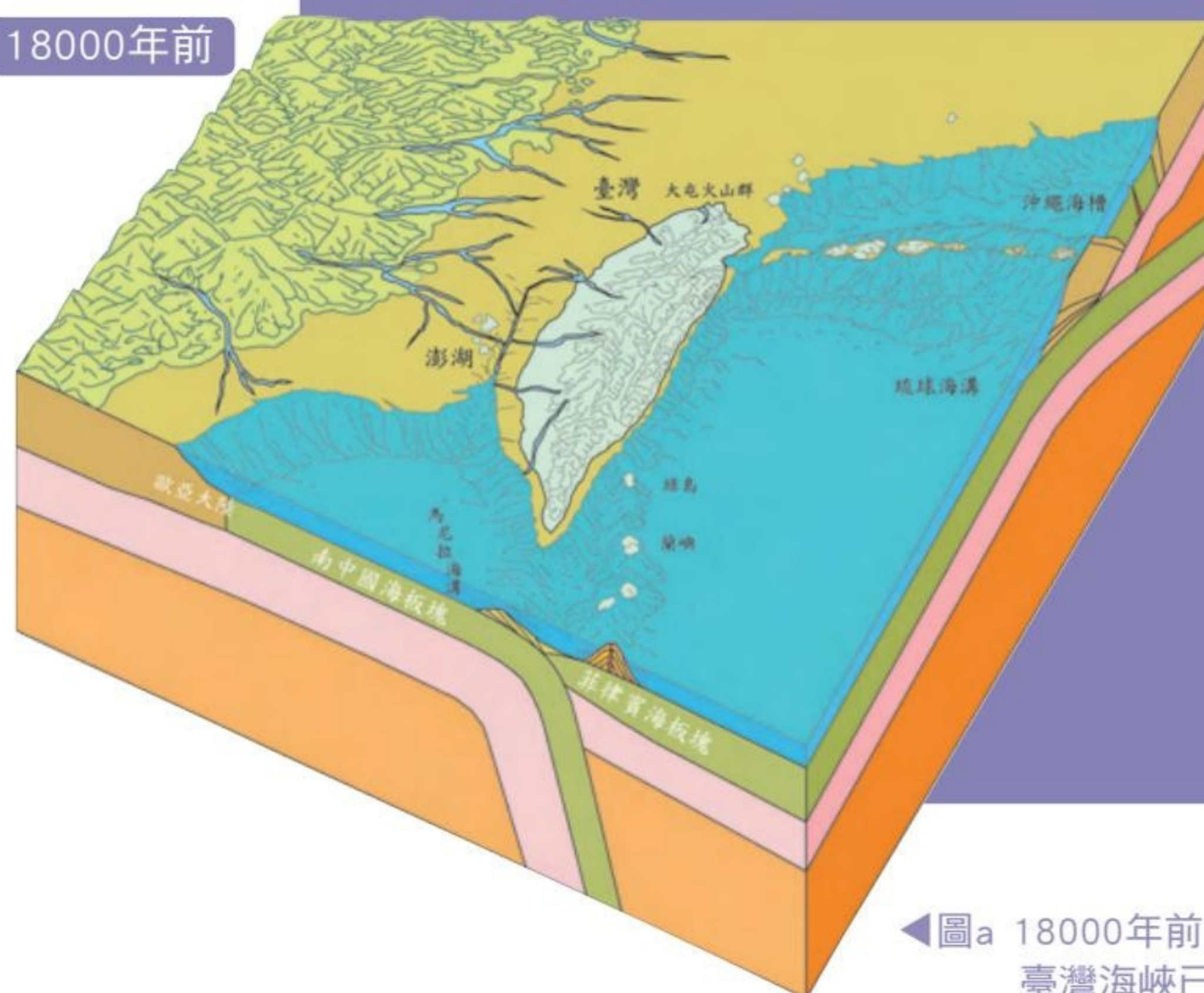
25000年以來，澎湖沒有受到板塊構造的影響，僅遭受海浪的沖蝕與崩解，影響最大的就是海岸地形。以下，從18000年前的末次最大冰期說起：

(1) **25000~18000年前**：地球處在寒冷的冰河時期（末次最大冰期），許多水被結凍成冰川，導致全球海面大幅下降，較現今海面低140~120公尺。此時，平均水深60~70公尺的台灣海峽已成陸地，海岸線遠遠地退到澎湖南側100公里外的大陸棚邊緣。殘留的火山熔岩平台成為平原上（海峽）唯一高起的地形，澎湖水道則變為臺灣與福建河川匯集的主要河流（圖a，圖b）。

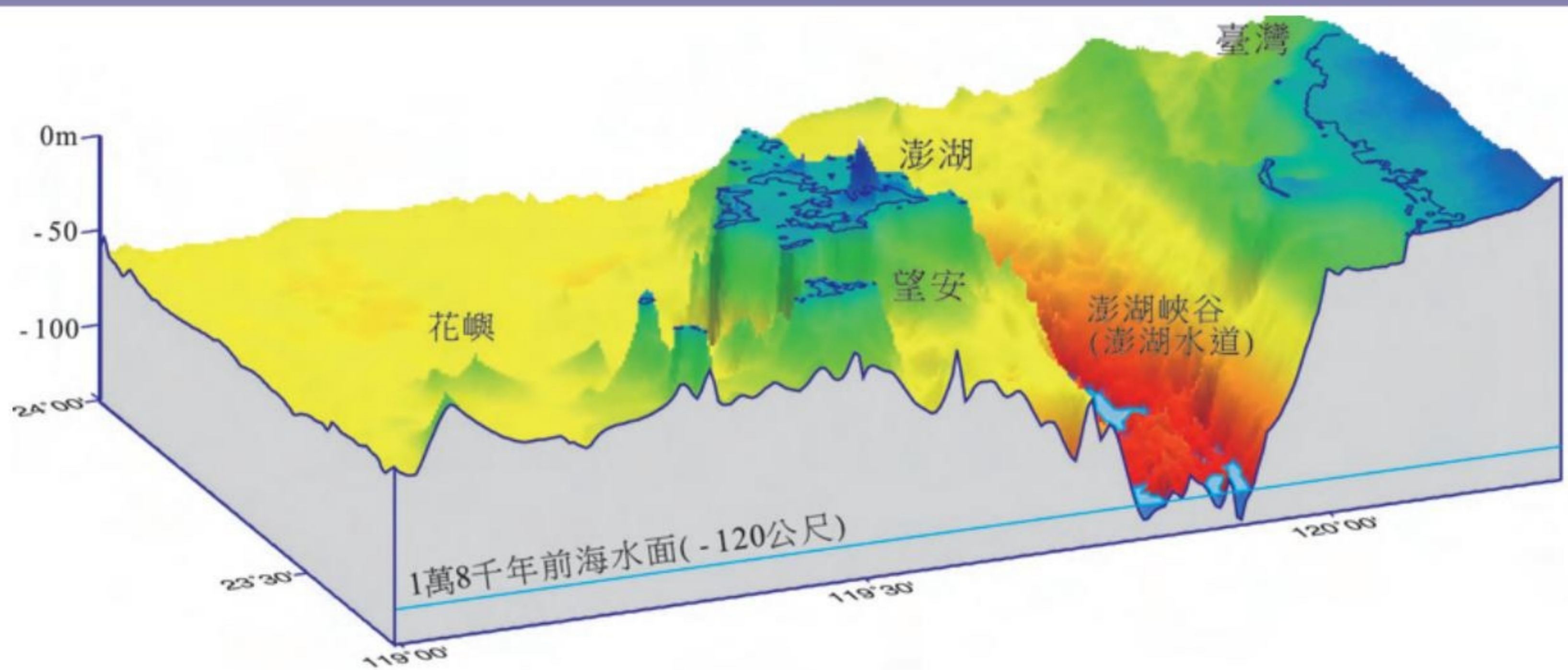
(2) **18000年前**：全球氣候回暖，溫度上升，海面開始上升，海岸線也隨之朝海峽內前進，海峽再次被海水淹沒。約10000年前，海面上升至較現今海面還低約40公尺的位置，但台灣海峽已全面覆蓋海水，澎湖又一次成為海峽孤立的島嶼（圖c）。

(3) **6000年前**：全球海面上升到現今位置，至今不再變動，澎湖群島的地形景觀已無太大的改變，僅有海岸日夜受海水侵蝕，造就多樣的海岸地形（圖d）。

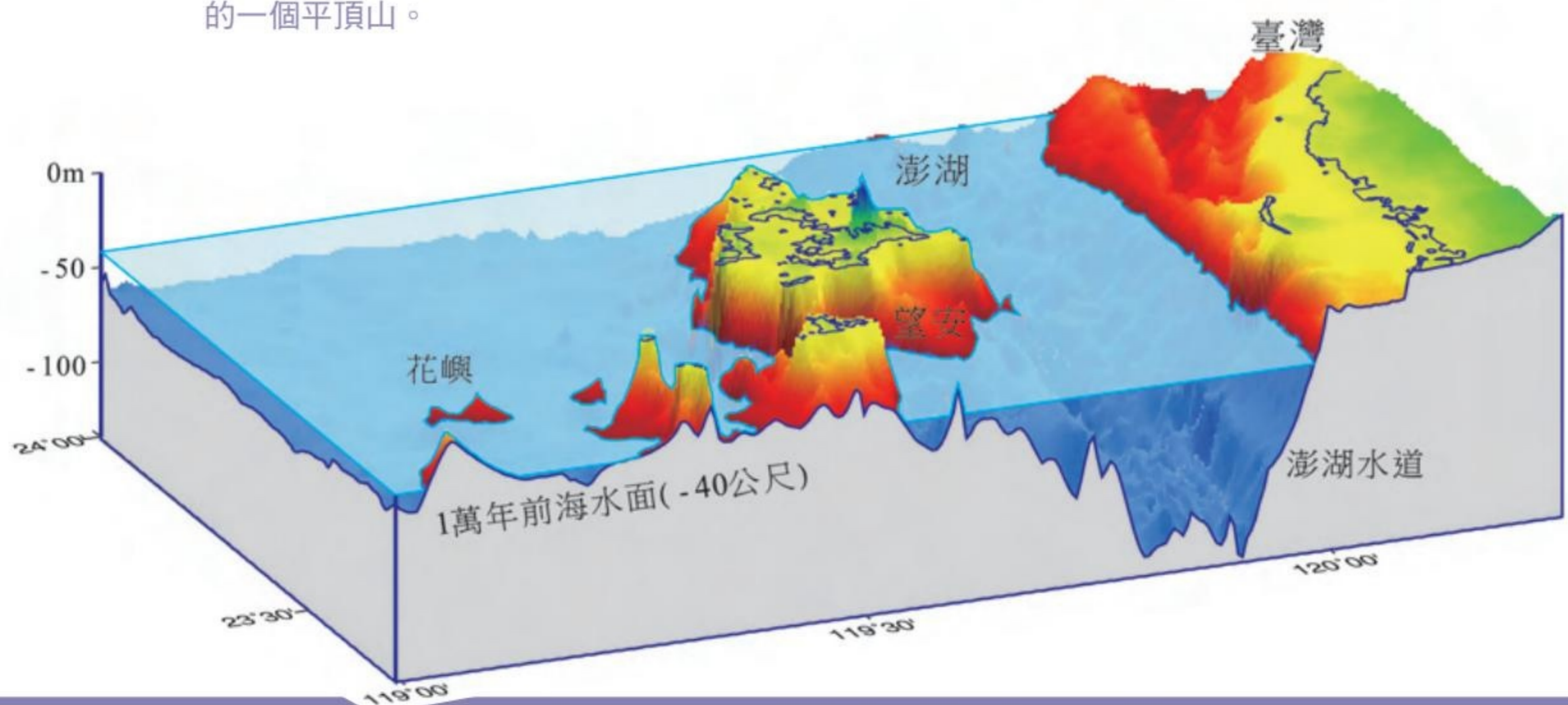
18000年前



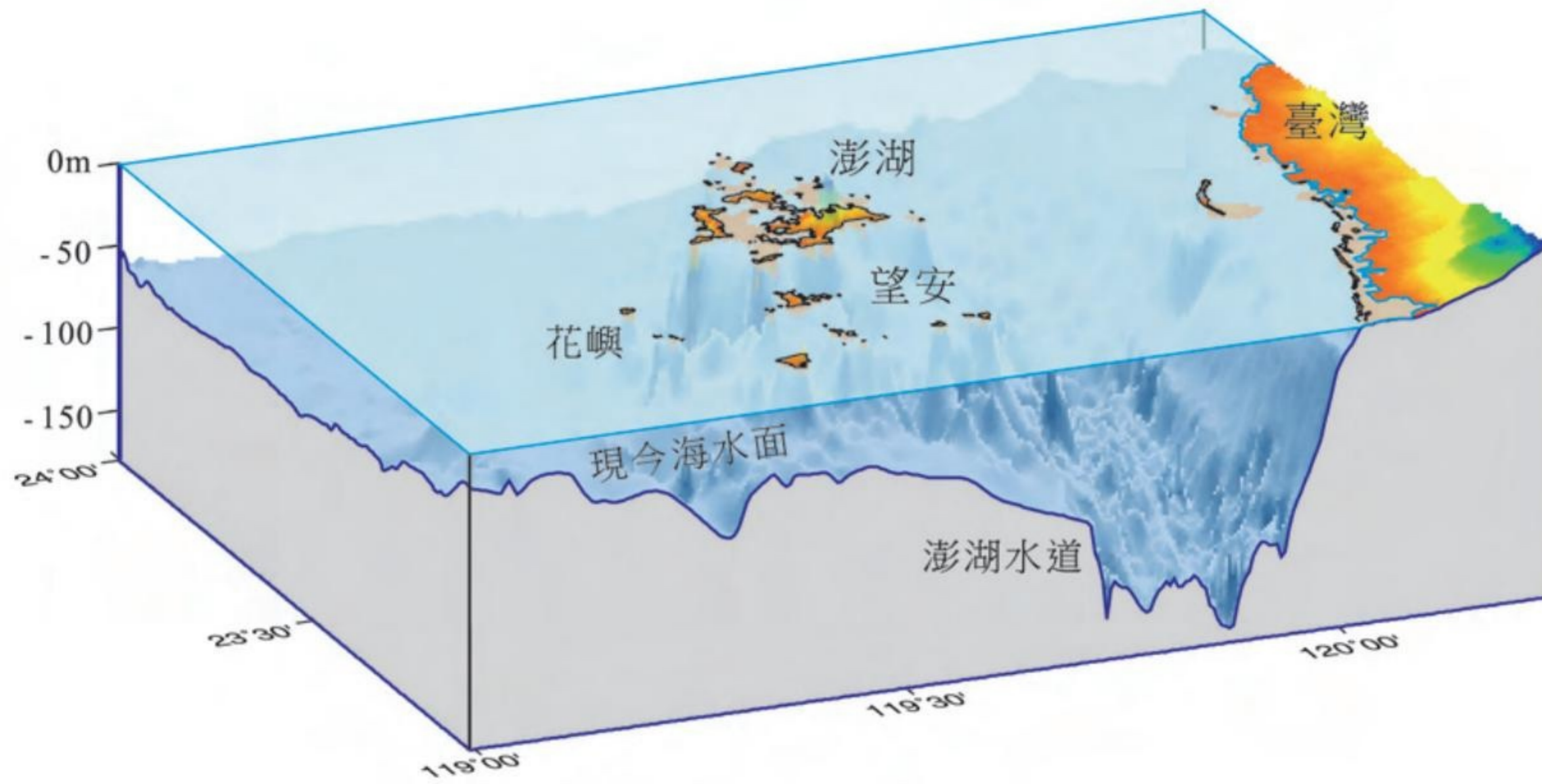
◀圖a 18000年前，末次冰河時期，海面下降120公尺，台灣海峽已曝露，成為陸地。



▲圖b 18000年前海面較現在低120公尺，鄰近澎湖的古地形，澎湖是位在平原中的一個平頂山。



▲圖c 10000年前海面較現在低40多公尺，台灣海峽已被海水淹沒，澎湖由平頂山轉變為海峽中的島嶼。



▲圖d 6000年以來環境。

第3章

澎湖群島的地形

貓嶼

望安

將軍嶼

西嶼坪

東嶼坪

鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

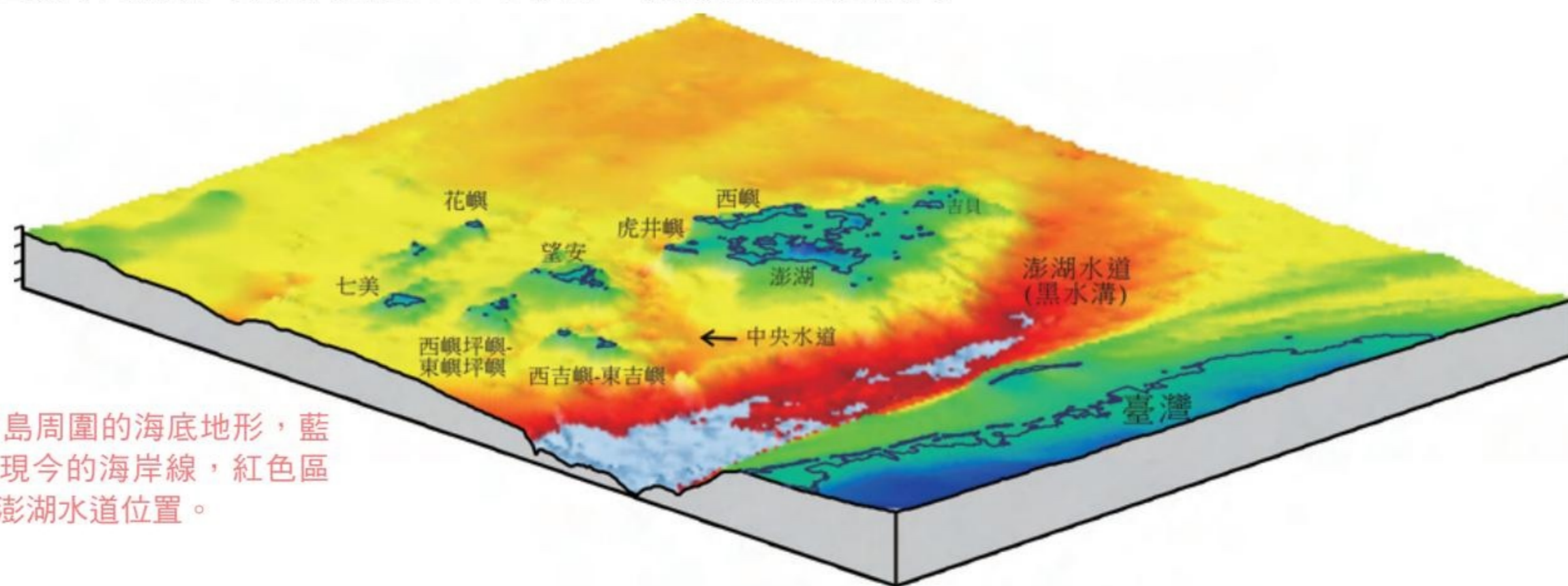
七美

欲了解昔日的火山地形，必須從現今澎湖群島及周圍海底的地形（圖9）來推測。火山活動當時，澎湖群島中央的水道可能將整區分隔為兩個主要的火山噴發區。雖然澎湖水道是近期地質作用造成的海底地形，但也可能因為早期地質與地形特性，導致水道的發育。

以現今東亞大陸棚地質與地形特徵來看，當時有許多沿裂隙噴發的火山，澎湖群島應該是主要噴發的中心之一，也是目前唯一露出海面的中新世火山熔岩台地。在距今800萬年以前，若從遠方海上遙望澎湖火山，就像一座略高於海面的平頂方山。此後，由於海面升降，加上海浪的衝擊，寬廣的熔岩平台逐漸遭到侵蝕破壞，現今火山表層已被切割成為破碎零散的地形，整體地形呈現零星分布的眾多小島嶼。

澎湖火山島矗立於海洋中，形成後長期受海水強烈的侵蝕，包括波浪、潮汐與海流，海灣內的海岸，受潮汐作用影響更大。此外，地球的海面時而升、時而降，澎湖群

島海岸線也隨之變化。海面上升時，島嶼面積就變小；反之，島嶼面積就擴大（圖9）。雖然，目前所見的火山地形歷經了數百萬年以來的風化侵蝕作用，原始的火山面貌大多已被改變，但現今的海岸地形卻是近6000年以來，被海洋雕塑造成的。



►圖9 澎湖群島周圍的海底地形，藍色線是現今的海岸線，紅色區域屬於澎湖水道位置。

還是海蝕平台？
是火山原始表面？

澎湖群島的地形
24

這些侵蝕殘留的島嶼表面，大致上仍可約略看出一致的地形特徵：地表平坦。那麼，如何確認此平面是原本的火山表面，還是海浪侵蝕形成的平坦海階呢？

從澎湖群島海岸的崖壁上發現：在熔岩層中夾了至少二層海洋沉積的石英砂岩岩層，表示過去海水曾幾度淹沒澎湖火山的熔岩平台，但又被後期熔岩覆蓋。

熔岩形成最後期，雖曾有海水淹沒，局部堆積石英砂岩，但應不足以在澎湖全區產生廣大的侵蝕平台地形（海階），所以現今所見各島嶼的平台地表，雖然曾經受到侵蝕，但大部份應該是原始的熔岩平台的火山地形面。

現今澎湖群島地表地貌主要形成在約1000萬年前，是較後期、且最大規模的火山活動。所以，目前所見的平頂山大都是1000萬年前的熔岩平台地形，長期曝露地表，遭受風化形成厚層的紅色土壤。

澎湖群島各島嶼的表面經常出現紅土層，表示陸地已出露很長的時間，而且地表侵蝕速率很低，導致岩石產生強烈的化學風化作用。此外，位在下層的玄武岩層頂面，也經常出現紅土層，表示當時的熔岩流是在陸地溢出（而非海底噴發），而且在地表曝露相當長的時間，並接受風化。

另外，層層玄武岩中的熔岩頂面經常呈現紅色外觀，但不是風化形成的紅色土壤層，只是原本黑色玄武岩變為紅色。這是受到熾熱熔岩的熱烤，產生氧化作用形成的顏色（氧化鐵）。

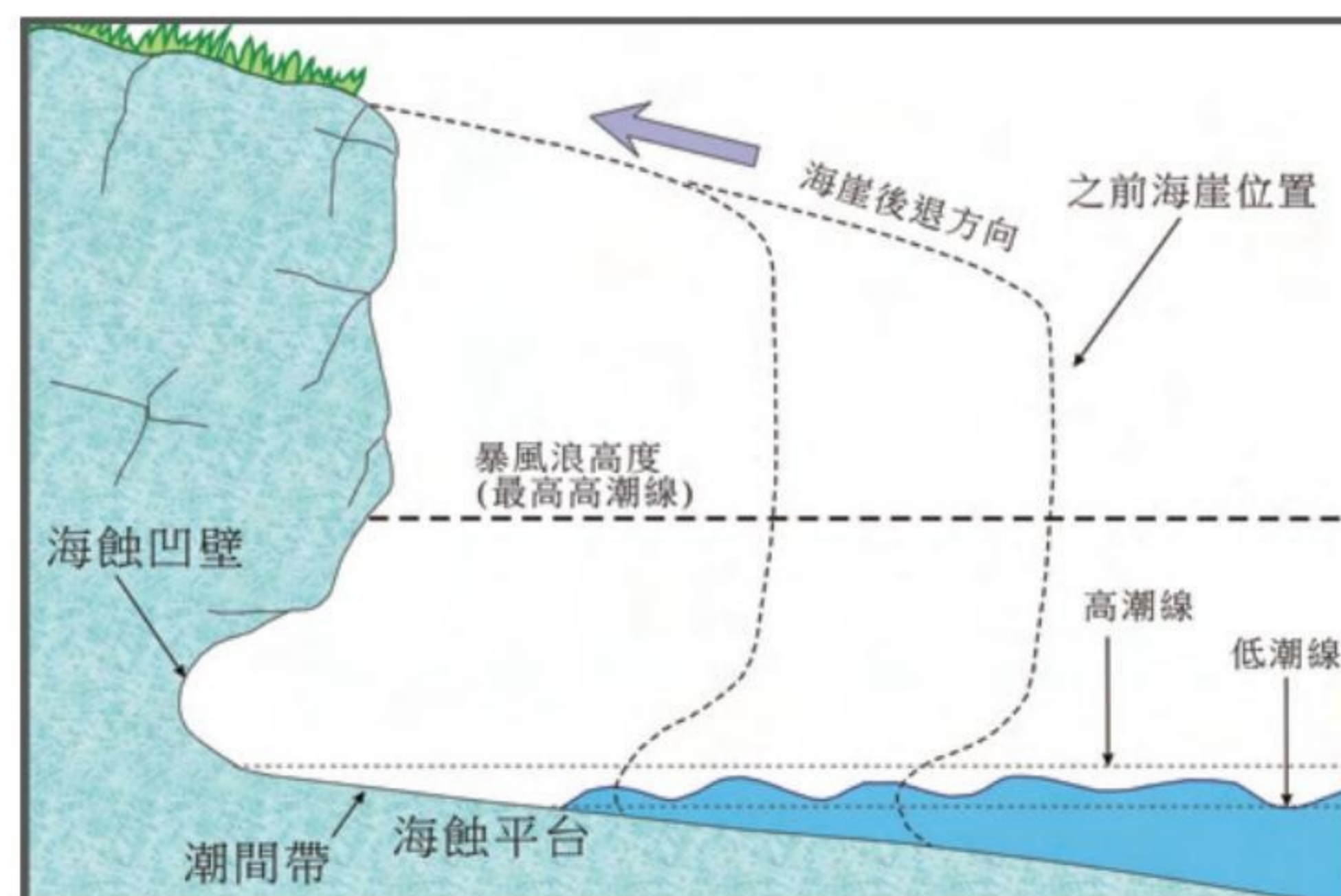
澎湖群島多為玄武岩，有較多含鐵元素的礦物，長時間風化或熱烤，鐵元素就會轉變為紅色的氧化鐵（鐵鏽），所以較易紅土化或發生紅化現象。

紅化的岩石
澎湖的紅土層與

海岸地形

除了特殊的火山地形，澎湖群島坐落在臺灣海峽當中，最引人入勝的，莫過於特殊的玄武岩海岸，這與地殼快速升降活動的臺灣島海岸截然不同。約6000年前，海面上升到現今位置就停滯不動，加上澎湖群島沒有受造山運動影響而抬升，這代表目前澎湖的海岸，接受海洋侵蝕的作用已長達6000年。

澎湖群島屬於礁岩海岸，以侵蝕作用為主，少有沉積物



▲圖10 海蝕平台與海蝕凹壁的形成。

堆積。在海水沖蝕下，島嶼面積逐漸縮小，在海岸形成廣大的海蝕平台、海蝕溝、海蝕凹壁、海蝕洞、海蝕拱門、海蝕柱等，這都是澎湖海岸常見的地形。

海蝕平台

當海岸受到持續的侵蝕，通常會在較脆弱的岩壁下方，形成海蝕凹壁，或是海蝕洞。當凹壁或凹洞逐漸擴大，上方的岩層或岩壁逐漸失去支撐力而崩塌，海岸便會逐漸地後退。經過長時間的侵蝕、崩塌、後退（圖10），慢慢地形成廣大平坦的海蝕平台。



▲圖11 七美嶼海蝕平台。



▲圖12 礁岩凹槽中產生的結晶岩鹽。

由於澎湖的陸塊不再有抬升作用，而且海面沒有大幅度的上升或下降。使得澎湖群島的海蝕平台還在持續擴大發育中，所以容易在海岸邊見到平坦寬闊的海蝕平台（圖11）。



▲圖13 著生在潮間帶岩石表面的牡蠣（東吉嶼）。



▲圖14 石蠃在岩石表面啃食時造成機械性的侵蝕作用。

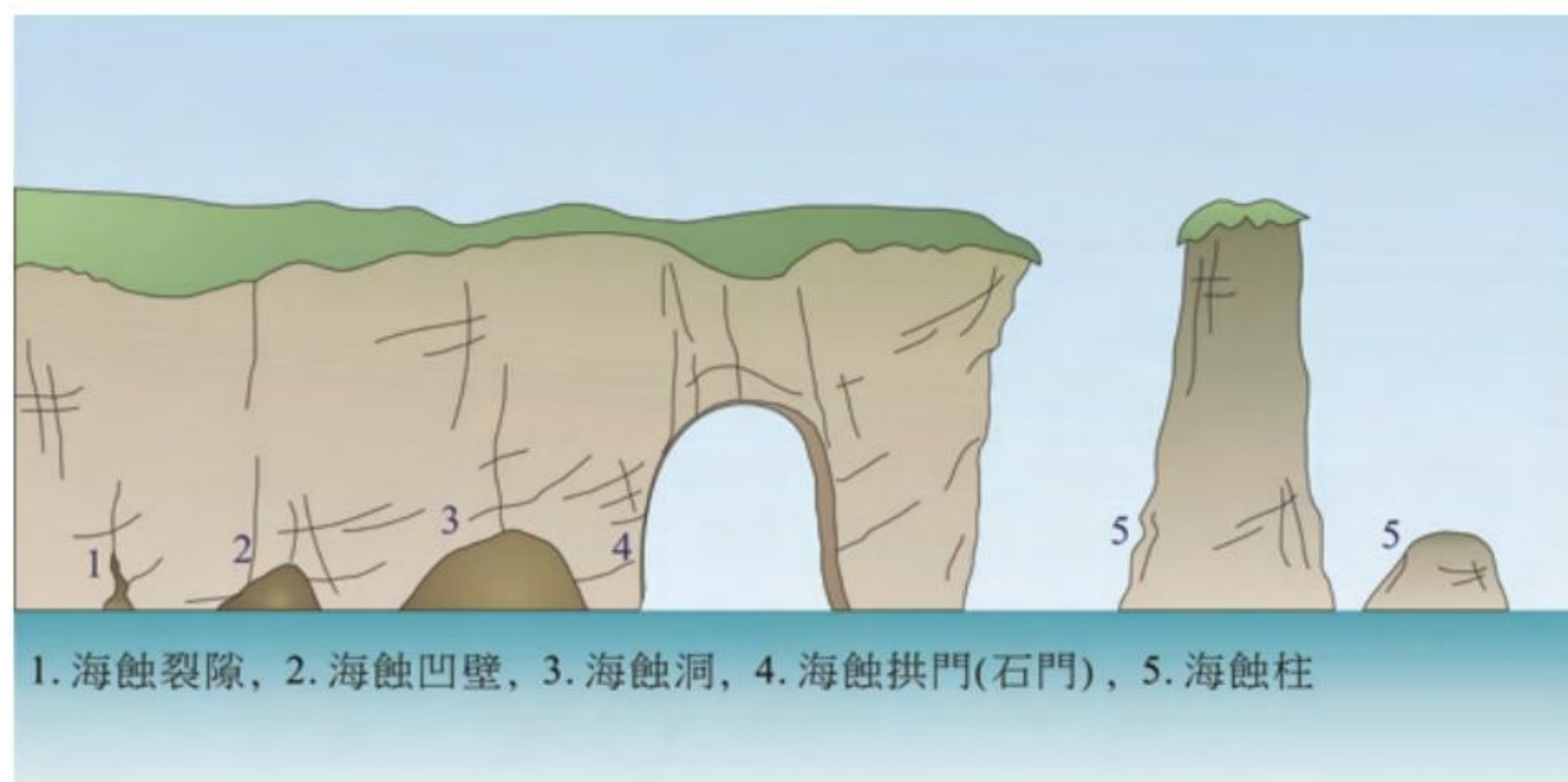
跟著變高，當海岸高於海水高潮線的位置，便不會再受到海水的侵蝕作用。經過反覆的侵蝕與抬升作用，便會形成階梯狀的狹窄海蝕平台，一般稱為「海階」。

除了受潮汐與海浪的沖蝕，海水搬運的岩塊與沉積物也會撞擊與磨蝕岩層。除此之外，還進行著化學風化與生物作用。最常見的化學風化作用，如海水殘留在海岸礁岩凹洞中，產生結晶岩鹽（圖12），造成岩石的破壞。常見的生物作用如礁岩上附著的生物，為了固著在岩石表面，會悄悄地分泌有機酸腐蝕岩石表面，例如鑽孔貝、牡蠣（圖13）。或者如石蠃為了啃食海藻（圖14），在岩石表面進行的機械式侵蝕作用。

在海岸礁岩凹洞中，產生結晶岩鹽（圖12），造成岩石的破壞。常見的生物作用如礁岩上附著的生物，為了固著在岩石表面，會悄悄地分泌有機酸腐蝕岩石表面，例如鑽孔貝、牡蠣（圖13）。或者如石蠃為了啃食海藻（圖14），在岩石表面進行的機械式侵蝕作用。

海蝕溝、海蝕凹槽、海蝕洞、海蝕拱門、海蝕柱

海岸岩壁受海浪衝擊破壞時，在脆弱處會凹入呈弧形岩壁，稱為「海蝕凹壁」，凹壁逐漸擴大深入，就會形成「海蝕洞」。當海蝕洞逐漸擴大，就變成「海蝕拱門」。一旦海蝕拱門上方的拱斷裂崩落，一側的拱柱就成孤立的石柱，稱為「海蝕柱」（圖15）。



▲圖15 海岸岩壁受到海浪衝擊破壞形成的海蝕地形，從裂隙演變到海蝕柱。

岩壁的脆弱面，與岩性有關，經常是岩層的節理面或斷層帶。鬆軟的岩石遭受海水拍打侵蝕，一開始先產生凹壁或小的海蝕洞（圖16），在海浪沖擊下持續擴大成為海蝕拱門（圖17）。

從海蝕凹壁到海蝕柱（圖18），是一個理想的海蝕地形演育模式，但並非所有的海蝕地形都依照這樣的變遷，當受到其他如地殼變動、或海面變動作用，便會中止海蝕地形的演育作用。目前澎湖群島海岸地形，是6000年以來持續不間斷受到海水侵蝕的結果。

澎湖9000年以前的
海岸地形

澎湖群島屬於地殼穩定的區域，而6000年之前的海蝕地形，現今都已沒入海中，與台灣東部花東海岸的地形演育截然不同。

花東海岸沿線可以見到2萬多年前至數千年前的海蝕凹壁、海蝕洞與海階，這些原本都應被海水淹沒的海蝕地形，因為受到台灣造山運動的影響，反倒被抬升到數十公尺至100餘公尺的高處。



▲圖16 鋤頭嶼海蝕洞。



▲圖17 小門（鯨魚洞）海蝕拱門。

地表地形

澎湖群島的海崖上，經常發現熔岩層之間夾含大量化石的沉積岩層（圖19），這代表在澎湖群島形成的過程中，海水曾數度淹沒火山。現今的地貌大都是1200-1000萬年前，大規模熔岩流產生的熔岩平台（圖20）。而熔岩平台形成後（圖21），長期暴露於地表，受到風化作用而形成紅土壤（圖22）。

由於岩石中都含有鐵元素，鐵元素受風化作用會轉變為紅色氧化鐵(Fe_3O_2)，使得風化的岩石表面或土壤呈現橘色或紅色（圖23）。因此，當地表暴露愈久，代表風化時間愈久，氧化鐵含量增加，土壤顏色愈紅。由於玄武岩含有更多量的鐵元素，在同樣環境下會較其它岩石更容易產生紅土化。另外，在熾熱溶岩流覆蓋時，地表產生氧化作用，也會呈現紅土化現象，所以常在層層的玄武岩層之間，也有紅土層（圖24）。



▲圖19 火山熔岩中夾含有大量海相貝與螺化石的沉積層（東嶼坪嶼）。



▲圖18 西嶼坪嶼海蝕柱。



▲圖20 鋤頭嶼裂隙火山產生的熔岩平台外型。



▲圖21 平台地形是當時火山熔岩流（垂直的柱狀節理）的地表面（虎井嶼）。



▲圖22 熔岩覆蓋在紅土化的沉積層上面，表示熔岩噴發之前的地表已經曝露很長的時間，形成了紅土化土壤（北寮）。



▲圖23 玄武岩的表面形成薄層紅土，愈底下的玄武岩的風化（紅土化）程度則逐漸降低（虎井嶼）。



▲圖24 灰黑色玄武岩熔岩中夾兩層紅色土壤層或紅化的岩石，表示曾有多次熔岩流的堆積（東吉嶼）。

第4章 南方四島 地質解說

貓嶼

望安

將軍嶼

西嶼坪

東嶼坪

鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

南方四島，位於澎湖群島東南隅，有東吉嶼、西吉嶼、東嶼坪嶼及西嶼坪嶼等四座大島，又涵蓋兩座較小島嶼，一是東吉嶼西北側的鋤頭嶼，另一是西嶼坪嶼北側的頭巾嶼，總共六座島嶼以及一些小礁石，如鐵砧、二塹、鐘仔、香爐、豬母礁、柴坵塹、離塹仔等（下圖）。



東吉嶼景點解說

人文地理簡介

現今東吉嶼住民僅約二十餘人，除當地居民外，還有燈塔、測候站與海巡單位駐守人員。昔日，東吉嶼是南方四島中人口最多，可達三千多人，相較澎湖其它各島，是人口密度較高且較富裕的島嶼，原因是具豐沛的海洋與水資源，以及特殊的人文地理環境。東吉嶼位在南方四島最東側，相距臺灣僅40多公里，與澎湖島距離相當，因此經貿關係反而與臺灣較為密切。十七世紀以來是福建居民進入臺灣島的重要門戶，胡建偉1771年的『澎湖紀略』記載「凡廈來船隻入臺灣者，皆以此二嶼為標準」。另外，自然環境也是主要因素，東吉嶼是四島中面積最大者，約1.5平方公里（退潮面積為1.9平方公里），島嶼中央有一寬闊的凹谷，水源豐沛。河谷朝東入海，但接近河口凹谷中並沒有形成聚落，因為冬季的強勁東北季風會直接吹進凹谷中，海岸飄沙隨著季風也會被搬運進入凹谷，較不適宜居住。東吉聚落主要位在八卦山與虎頭山之間朝西的海灣（東吉港），南北東三方的高地與山脊阻擋了東北季風的吹襲。

豐富的海洋資源，更是造成東吉嶼發展非常重要因素，東吉嶼鄰近海域屬於珊瑚礁茂盛生長的环境，黑潮沿著黑水溝朝北流時，鄰近海域形成一股湧升流，因此海洋資源非常豐富，魚類多達二百餘種。

地質簡介

東吉嶼地質与其它島嶼略有不同，除了分布廣泛的玄武岩熔岩之外，還有微輝長岩的侵入岩體。出露的岩層有四層，下層是再積的火山碎屑岩，之上為沉積岩；第三層才是厚層的玄武岩熔岩，分佈在全島的最表面，之後被微輝長岩侵入。1000萬年前，東吉嶼、鋤頭嶼及西吉嶼區域內發生大規模玄武岩熔岩噴發，溢流的熔岩形成分佈廣泛平坦的熔岩平台。之後，僅在東吉嶼產生另一次的岩漿活動，微輝長岩岩漿侵入地底淺處形成侵入岩。火山活動停止之後，歷經1000萬年漫長的時間，火山體逐漸被風化侵蝕而破壞，最後僅殘留數座高出現今海面的島嶼與礁石。

1000萬年前，東吉嶼最後一期大規模噴發的熔岩流分布全島的表面，堆積的熔岩流呈現西厚東薄現象，東側熔岩流的層次有3至4層，西側僅有一層厚達十數公尺的熔岩流。因此，東吉嶼的西北側可能較接近當時的火山噴發裂隙，東側距離較遠。同一次的岩漿噴發，熔岩流朝遠處漫流時會逐漸變薄，溢流堆積熔岩的次數可能較多；而接近噴發裂隙附近就堆積較厚的熔岩。

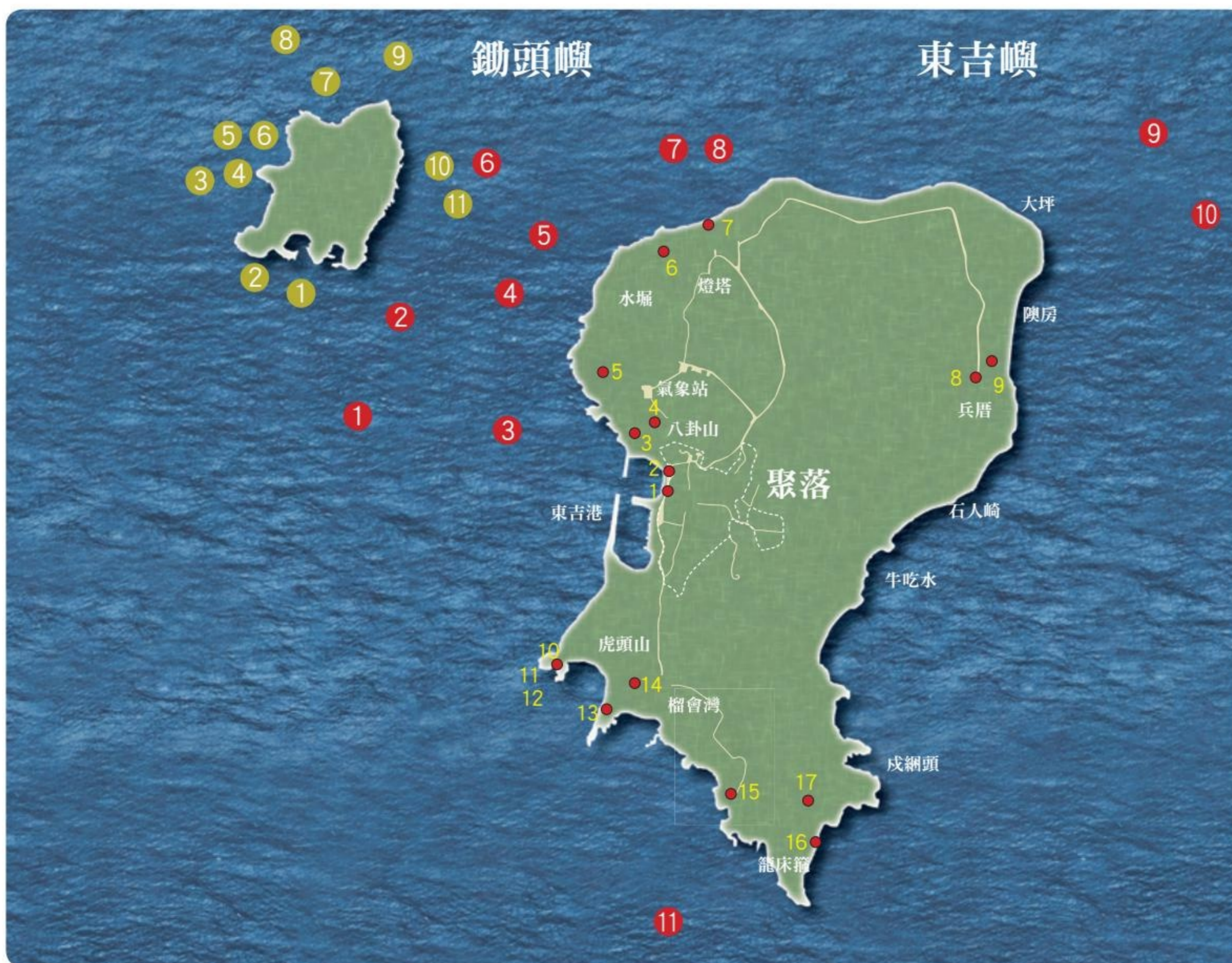
近6000年以來，全球海面沒有變動，一直維持在現在位置，臺灣海峽也一直處在穩定的地質環境，地殼沒有產生抬升與下沉活動。所以，各島嶼海岸一直持續地受到海浪與潮汐的沖蝕破壞，因此在南方四島與澎湖群島的海岸形成了寬廣的海蝕平台地形，以及海蝕溝、海蝕凹壁、海蝕洞、海蝕拱門、海蝕柱。

東吉嶼景點解說

東吉嶼 陸上 景點

東吉嶼中央凹谷將島嶼分為南北兩側的高地，步道因此分為南北兩段，北段路線行經北側的八卦山，從景點1至景點9。從港口附近（景點1至3），朝東北方向上到島嶼的平台頂面，可以縱觀全島地形。沿路至叉路朝右可行至氣象站，後側草原是本島的制高點—八卦山，朝南可以觀看東吉村與港口（景點4），朝西可以清楚觀賞鋤頭嶼全景（景點5）；此處是觀看朝陽與夕陽的最佳景點。叉路口朝左可行經燈塔，後方草原也可以觀看西方鋤頭嶼全景，以及東方的海岸地形，此處有熔岩流形成平坦的方山地形，以及矗立海崖上的燈塔（景點6）。經燈塔之後，左側陡坡小路可以下至海岸的礫灘，壯觀的倒掛扇型柱狀節理與柱狀節理聳立在崖壁上（景點7）。沿燈塔旁的水泥道路約步行20分鐘，至道路末端可達已經荒廢的日治時期軍營，當地人稱「兵厝」（景點8），崖上朝北可觀看海岸礁岩，崖坡上聳立的玄武岩石柱群（景點9），當地人稱為「隴房」。

南段路線從景點10至景點17；由漁港向南行至海岸南端的海蝕平台（景點10），聳立的崖壁上出露層層黃色地層，為火山碎屑堆積的沉積岩（景點11）。繞過海岬，經過礫石灘，小灣的另一側崖壁上出露一層層黑色的玄武岩熔岩（景點12），平台上呈現多邊型的柱狀節理（景點13）。南段路線也可以從港口南側小路上到島嶼頂面，右側制高點小丘—虎頭山，可以觀看全島地形。之後，沿著羊腸小徑至路旁崖邊的小丘與懸崖邊，可看見南海岸的海蝕地形，有海灣（景點14）、海蝕平台（景點15）、海蝕柱（景點16）、同心圓柱狀節理（景點17）。





◀ 景點 1：東吉灣

東吉灣位在島的西側，為主要聚落所在，也是島上的行政、交通與宗教（啟明宮）中心。聚落分布位置與地形有著密切的關連，它位於東吉嶼南北兩座最高平台北側的八卦山與南側虎頭山之間的凹地，聚落的北、東、南側環繞著高地，阻擋了冬季強勁的東北季風。東

吉灣朝西開口，可觀望西吉嶼與鋤頭嶼，海堤上是觀賞日落夕陽的最佳景點。



◀ 景點 2：東吉灣

東吉灣北側台地（八卦山）的崖壁上，呈現兩種顏色的岩石，一是具有柱狀節理的黑色玄武岩熔岩，另一是呈現圓形具玫瑰花狀節理的黃褐色微輝長岩，侵入在黑色玄武岩中。約1000萬年前，黑色玄武岩熔岩在東吉嶼、鋤頭嶼及西吉嶼一帶，大規模噴出地表，漫流形成

廣大的熔岩平台。東吉嶼頂面呈平頂狀方山地形，就是這時期熔岩流產生的熔岩平台地表地形。之後，另一次小規模的微輝長岩岩漿侵入地底，這次的岩漿侵入活動，僅限於東吉嶼，在東吉嶼西北側海崖上（海上景點1至8）都可以看見黃褐色的微輝長岩侵入黑色玄武岩中。

▶ 景點 3：東吉灣沙灘

東吉灣形成一長達500公尺的白色沙灘（右圖）。由於島嶼周圍海域有茂盛的珊瑚礁，所以沙灘多由珊瑚礁生物的殼體或骨架碎屑堆積而成。東吉灣外圍海域中的珊瑚礁生物，以軟珊瑚為主，也有部份石珊瑚，以及其他具碳酸鈣質殼體的軟體動物，還有大量底棲性有孔蟲（下頁左圖）。所以構成沙





灘砂的成份都是具碳酸鈣質殼體或骨架的珊瑚、有孔蟲、貝殼、螺、海膽的遺骸。◀



◀景點 4：八卦山

東吉氣象站可算是臺灣最偏僻的氣象站之一，氣象站後方草原的制高點－「八卦山」，朝南可以鳥瞰東吉聚落的全景，聚落後方凹谷是島上唯一的溪谷，遠方白色海灘是溪流朝東入海的牛吃水海灣。

▼景點 5：東吉氣象站

氣象站後方的草原可以朝西遠眺南方四島的其它島嶼，近處鋤頭嶼與遠方西吉嶼，以及更遠處的東嶼坪嶼與西嶼坪嶼皆一覽無遺；此景點是澎湖群島當中，觀賞日落夕陽最佳景點之一。



◀景點 6：燈塔

前方海域上，清楚可見的鋤頭嶼，與東吉嶼相距僅500公尺，屬無人島。草原右側聳立在海崖上的東吉燈塔，與平坦的熔岩平台地形，是1000萬年前的火山熔岩流形成的熔岩平台，此熔岩平台構成東吉嶼主要的地形面。西元1911年興建東吉燈塔，目的是為了指示黑夜中航行在黑水溝與鄰近海域的船隻。



◀ 景點 7：燈塔下方海岸

燈塔北側小徑可以下到海岸，礫石灘上堆積巨大的玄武岩礫石，經年累月由波浪來回沖蝕滾磨產生圓形的巨礫，顯示海岸經常遭受強大波浪的衝擊，才能夠堆積成巨礫的海灘。海灘另一側崖壁上呈現一極為壯觀的柱狀節理高度高達數十公尺，結構與常見的垂直狀節理不同，呈現倒掛的扇型外觀。但是面對崖壁

左側，崖壁上的柱狀節理，就呈現垂直狀。顯然，左右兩側熔岩流噴出時的地表形貌不同，左側呈垂直柱狀節理的熔岩溢流在平坦的地表，而右側呈倒掛的扇型柱狀節理的地表呈現凹形谷地。扇型柱狀節理的右側，又有一呈玫瑰花狀節理的火成岩（微輝長岩）侵入在黑色玄武岩中（海域景點7至8）。

▶ 景點 8：兵厝

沿著水泥路走至盡頭，有一高牆圍繞的建築，當地人稱為「兵厝」，是日治時期駐守東吉嶼的日軍砲兵營房遺址；錐型建築是瞭望台。



◀ 景點 9：兵厝

兵厝崖邊草坡上，可見到東北海岸的礁岩地形，有突出海岸的海蝕平台，以及山坡上出露許多屹立的玄武岩石柱。





◀ 景點10：虎頭山下海岬

港口往南走至海岸最南端，潮間帶上有一海蝕平台，退潮時才會出露寬敞的平台，有一些巨大的滾石座落在平台上。海蝕平台的形成，除了經年累月受到海水沖蝕之外，也會受到暴風浪搬動巨大滾石的衝擊與磨蝕作用。由於，長期以來臺灣海峽的

地質穩定，地殼沒有產生垂直的變動，以及6000年以來的全球海面也處於穩定狀態。所以，澎湖各島嶼的海岸經常出現寬敞的海蝕平台地形，與臺灣東北部的海岸地形非常相似；但是與臺灣東部的海岸地形就有很大的差異，沒有發育高出海面的海階地形。



◀ 景點11：虎頭山下海岬

海蝕平台旁突出海岸的海岬，由層層黃色的火山碎屑岩堆積而成，上方被黑色玄武岩熔岩覆蓋。火山碎屑岩有時是火山噴發堆積的，但有時是噴發後，熔岩風化侵蝕的碎屑堆積，稱為再積性火山碎屑岩。澎湖群島或南方四島上常見厚層火山碎屑岩

與熔岩互層堆積；而火山碎屑岩中經常發現含有生物化石，或生痕化石，顯然是在海底堆積的沉積岩。另外，玄武岩岩漿都是以寧靜式噴發熔岩流為主，不會猛烈爆發產生火山角礫岩與火山灰。海岬岩壁上的火山碎屑岩中就可以發現生痕化石，以及海水作用產生的波浪痕跡（波痕），它是熔岩被風化侵蝕下來，堆積在淺海海岸的碎屑沉積岩，只是砂粒的材料都來自玄武岩，經常被誤認為火山噴發的火山角礫岩與火山灰。

▼ 景點12：虎頭山下海岬

海蝕平台前方的另一突出的海岬，崖壁上出露三層黑色玄武岩熔岩，中間夾兩層黃褐色或紅色的岩層。上層為火山碎屑岩，下層是熾熱熔岩流流經地面，前期玄武岩經燒烤而呈現



紅色的外觀。顯然，相距百餘公尺外，熔岩流堆積的次數就有不同。從表層玄武岩熔岩的厚度來看，漁港以北區域，每次堆積熔岩的厚度至少十公尺以上，形成高聳的柱狀節理石柱。但是，南側區域的海崖上出露的單層熔岩厚度僅約1至2公尺，柱狀節理不發達。從單層熔岩厚度的特徵與分布區域來看，推測岩漿噴發裂隙可能接近東吉嶼北側，以致熔岩呈現北厚南薄現象。



◀ 景點13：榴會灣海岬

沿著虎頭山下海岬繞過海灣到另一岬頭，海岬岩石都由黑色玄武岩熔岩構成，海蝕平台表面都具六角形柱狀節理。熔岩中有許多氣孔構造，顯示當時岩漿釋放出大量氣體，在熾熱的熔岩中形成氣泡。氣孔中充滿白色的結晶礦物，從菱形結晶外形，推測是方解石或霰石礦物。這是地下水或海水中碳酸鈣在氣孔中沉澱的結晶礦物。



◀ 景點14：榴會灣上小丘

港口往南另有一步道可到達島嶼南側平台頂面的制高點—虎頭山，可以瞭望全島景觀，及鋤頭嶼全景。虎頭山前方小丘，可鳥瞰南側海岸的地形，有突出的海岬與海蝕平台，以及珊瑚礁生物殼體構成的雪白沙灘與碧藍海灣。



◀ 景點15：籠床箍西北側

從崖頂鳥瞰東吉嶼南側海岸，退潮時會曝露出一大片海蝕平台，佈滿了六角形或多邊形的柱狀節理。



◀ 景點16：籠床箍

離岸數十公尺外，有一由玄武岩熔岩構成的海蝕柱。東吉嶼海岸都可以看見侵蝕的海岸地形，寬敞的海蝕平台、海蝕洞與海蝕柱。具這種地形的海岸，都印證長期以來處在沒有地殼變動的環境，海岸一直穩定地遭受海水侵蝕。過去數百年的歷史中，澎湖地區極少發生地震就可以知道是處在相當穩定的地質環境。

知道是處在相當穩定的地質環境。



◀ 景點17：籠床箍北側

海蝕平台上曝露出一大片具六角形或多邊形的柱狀節理，平台上有三處具同心圓狀的節理結構，可能是局部熔岩流向上流動形成豎管狀，冷卻時產生同心圓狀結構。

東吉嶼 海域景點

海上環島可以遠觀全島地形與崖壁上火山熔岩的細部結構，以及各種海蝕地形。由於日照方向關係到海岸景觀的光景，所以選擇各島海域景點的觀賞時段與區域是非常重要的，上午時段以島嶼東側面為主，下午時段以西側面為主。東吉嶼（鋤頭嶼）海岸景觀區域主要位在西北側，約下午3時之後是最佳觀賞時間，此時看到的景象最為清楚壯觀。

▼景點 1：東吉港外海域

東吉灣外側海域，可遠觀西側東吉島的全景，地形呈現南北高起的熔岩平台，右側（南）為虎頭山，左側（北）為八卦山，東吉聚落位在中間的凹地，沙灘形成在兩側高地之間凹入的海灣。左側平台上黑白相間的建築物是東吉燈塔，近處是東吉氣象站；右側最高建築物是中華電信機房。



▼景點 2：東吉港外海域

海灣左側海崖壁上有兩種火成岩，具柱狀節理的黑色玄武岩，與黃褐色的微輝長岩。1000萬年前，火山噴出大量的玄武岩熔岩，形成廣闊的熔岩平台，涵蓋東吉嶼及鋤頭嶼。之後，微輝長岩岩漿沒有噴出地表，僅侵入在地底淺處，形成侵入岩體。崖壁上有兩個黃色圓形具玫瑰花狀節理的微輝長岩，就是侵入到具柱狀節理的玄武岩熔岩中。當地居民稱左側圓形的微輝長岩岩體，為「東吉之眼」。





◀ 景點 3：東吉港外海域

崖壁上右側圓形具玫瑰花狀節理的微輝長岩岩體侵入到具柱狀節理的黑色玄武岩熔岩中。

▼ 景點 4：水堀近海

東吉嶼西北角的崖壁上同樣呈現黃色的微輝長岩侵入到黑色玄武岩熔岩中。熔岩具有垂直與水平的柱狀節理，表示熔岩噴出時的地表呈現高低起伏，導致部份的柱狀節理呈現傾斜狀，也可能是玄武岩岩脈侵入造成呈水平狀柱狀節理。



◀ 景點 5：水堀近海

黃色弧形的微輝長岩位在具柱狀節理的黑色玄武岩熔岩之上，其實是侵入其中的岩體，目前所見微輝長岩上方的玄武岩熔岩應該已被侵蝕消失，造成侵入地底淺處的微輝長岩曝露出地表。



▲景點 6：水堀外海（圖7.26）

可遠觀東吉嶼西北角與北側海崖剖面，左側（北側海崖）遠方海崖上方，呈現廣闊平坦的地形面，是1000萬年前熔岩流形成的熔岩平台。右側地形面較高，呈現較不平整的地表，是原本熔岩流的表面就呈現高低起伏，以及後期的微輝長岩侵入造成地表隆起形成的地形。



◀景點 7：燈塔近海

燈塔下方崖壁的柱狀節理與其它常見垂直的型態明顯不同，呈現倒掛型的扇型柱狀節理，因為熔岩底部的地面呈凹槽狀，導致冷卻時柱狀節理沿著弧形地面產生扇型柱狀節理。

▶景點 8：燈塔近海

燈塔左側崖壁的熔岩形成垂直狀柱狀節理，與燈塔下方的倒掛型扇型柱狀節理明顯不同。從水平且平坦的熔岩平台地形，以及熔岩底部的黃色水平沉積岩層，顯示熔岩冷卻當時是位在平坦的地表面。





▲景點 9：大坪近海

遠觀北側海崖，呈現平坦的熔岩平台地形，遠處鋤頭嶼也是同時期熔岩流形成的平台。

▼景點 10：大坪近海

繞過東吉嶼東北角，可望見東海岸的熔岩平台與北海岸屬於同期的熔岩流。海崖上的建築物是日治時期的日軍軍營，當地人稱為「兵厝」，高起錐狀建築物是瞭望台。山坡上出露受風化侵蝕呈現岐嶙外觀的玄武岩石柱，當地人稱為「隕房」。



◀景點 11：籠床箍近海

南側海岸崖壁出露的熔岩層次較多，至少有四至五層，與北側與東北側崖壁上僅有一至二層有很大的差異。熔岩結構也不同，厚度較薄僅1至2公尺，柱狀節理不明顯。熔岩的層與層之間呈現紅色外觀，紅色玄武岩表示受氧化作用產生的顏色，是熾熱的熔岩岩漿流經地表時，造成地表岩層被熱烤產生氧化作用所呈現的紅色岩石或土壤。從熱烤的紅色地表現象，表示是在陸地噴發的熔岩流。

同，厚度較薄僅1至2公尺，柱狀節理不明顯。熔岩的層與層之間呈現紅色外觀，紅色玄武岩表示受氧化作用產生的顏色，是熾熱的熔岩岩漿流經地表時，造成地表岩層被熱烤產生氧化作用所呈現的紅色岩石或土壤。從熱烤的紅色地表現象，表示是在陸地噴發的熔岩流。

鋤頭嶼景點解說

鋤頭嶼位於東吉嶼西北側，相距約500公尺，地形南高北低，狀似鋤頭而得名。由於地形低矮平坦，在東北季風與颱風吹襲之下，不適宜居住，僅有放牧的羊群。

鋤頭嶼周圍海崖出露的熔岩有兩層，下層是火山熔岩侵蝕風化下來的「再積性火山碎屑岩」，被1000萬年前火山噴發的玄武岩熔岩覆蓋。為何現今呈現南高北低的地形？從1000萬年前，熔岩流底部與火山碎屑岩接觸面的形狀來看，呈現南高北低的古地形面，所以當時就呈現南高北低的熔岩平台，以致影響了現在的地形。

鋤頭嶼海域景點（見下圖）





◀ 景點 1：南側

黃色的再積火山碎屑岩夾在兩層具柱狀節理的玄武岩熔岩之間，上層黑色的玄武岩熔岩堆積在呈

斜坡的地面上，熔岩頂面是1000萬年前的熔岩流的平台面，也是現在鋤頭嶼的地形面。

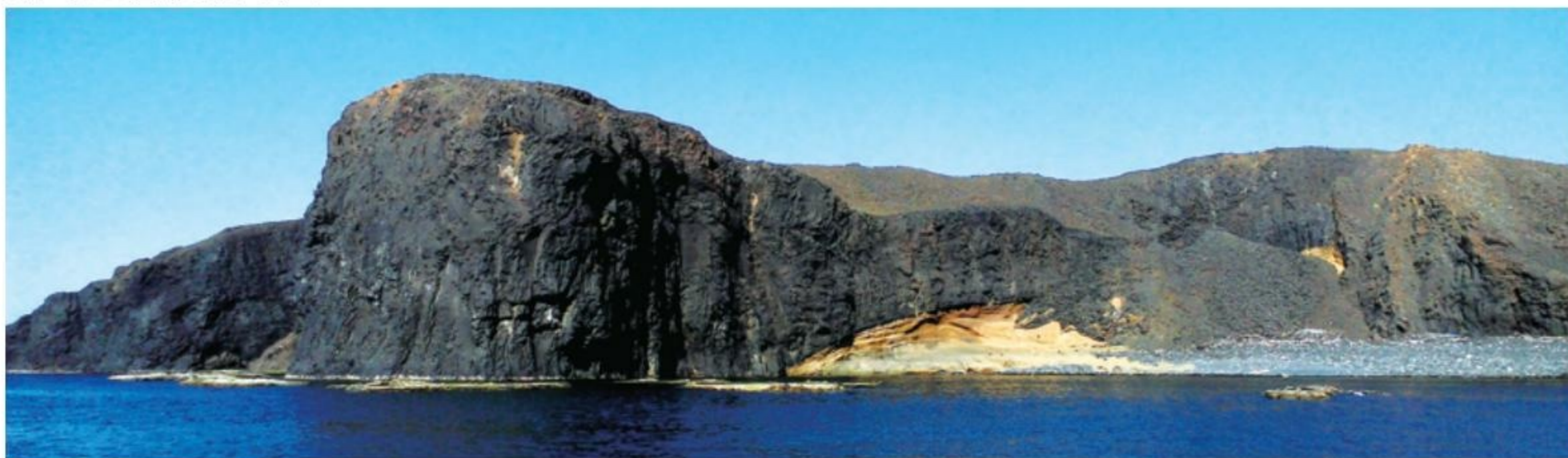


◀ 景點 2：南側

海水衝蝕作用下，海岸礁岩出露清楚且完整的六邊型柱狀節理。

▼ 景點 3：西側

西側海岸崖壁出露清楚的熔岩結構與海岸侵蝕地形，凸出的海岬由厚層的熔岩堆積而成，兩側凹入海岸岩壁上出現兩種顏色的岩層，下層是黃色的再積火山碎屑岩，上層是黑色玄武岩熔岩。由於火山碎屑岩的岩性較鬆軟，經長期海浪衝蝕下產生海蝕凹壁與海蝕洞，同時造成上方具柱狀節理玄武岩的坍塌，讓海岸快速的後退。玄武岩熔岩與下層黃色火山碎屑岩的接觸面呈現凹凸不平的形狀，表示熔岩噴發時的地表，呈現高低起伏的地面，而岩漿流動時也會侵蝕地面。





◀ 景點 4：西側

退潮時，海岸經常曝露出許多平坦的海蝕平台，這是地殼穩定地區的海岸最常見與最具代表性的地形。



◀ 景點 5：西側

海岬的厚層玄武岩至少有兩層熔岩堆積形成，上層的熔岩呈現稍微傾斜的柱狀節理，堆積在下層的垂直柱狀節理上。左側海灣的崖壁下有一正發育的海蝕洞，形成在容易受侵蝕的火山碎屑岩層中。

▶ 景點 6：西側海域

堅硬的玄武岩熔岩也會形成海蝕裂隙與海蝕洞，通常沿著脆弱的節理或破碎的岩層開始產生。



◀ 景點 7：北側

玄武岩在海浪衝蝕下，曝露出完整的柱狀節理與六邊型的節理截面。



▲景點 8：北側

鋤頭嶼呈現南高北低的地形，與1000萬年前熔岩堆積產生的地形有密切關係，當時的熔岩由南往北流動，造成北側的熔岩平台較低，雖然歷經長久的風化侵蝕作用，仍大致保存當時的地形特徵。

▼景點 9：北側

北側海岸同樣出露玄武岩熔岩，冷卻產生的柱狀節理不發達，只見層層的薄層熔岩。



◀景點 10：東北側

整體的玄武岩熔岩的柱狀節理不是很發達，僅一處出現明顯的扇型柱狀節理，而且扇型柱狀節理下方有一管狀，略帶黃褐色的玄武岩岩脈（火山頸）穿入黑色玄武岩層中。顯然，後期有一玄武岩岩漿穿過岩層湧出地表之後，冷卻形成扇型柱狀節理。

▼景點 11：東北側

鋤頭嶼東海岸全景，由1000萬年前玄武岩熔岩堆積成的熔岩平台。



西吉嶼景點解說

人文地理簡介

西吉嶼位在東吉嶼西方約4.5公里，民國67年遷村之後，現已成為無人島。島上還有兩處人工建築物，一是位在西北角灶籠的人工水塘「有福池」，另一是建於煙屯山頂上的太陽能發電燈塔。

島嶼地形呈現北高南低，所以聚落集中在較低平的東南側，可以避開強勁的東北季風吹襲；北側較高地勢，平台上有一系列由玄武岩石塊堆砌的防風牆，圍成長方型農地，當地人稱為「菜宅」或「圍仔」。

除了聚落住宅建築物之外，與宗教及風水有關的較特殊建築物，有創建於同治12年（西元1873年）的西吉宮，建於民國40年的安全寶塔，與之後的彎墩頭塔與沙溝塔。此外，南海岸的砂港仔海岸有建於民國45年的麒麟塔，為了弔祭當時在附近海域的海難人員。這些寶塔除了弔祭與祈福，主要目的是為了風水地理上的鎮壓煞氣。

地質簡介

西吉嶼僅出露一層玄武岩熔岩，但至少要有兩期的岩漿活動，噴發時間與東吉嶼相同，早期約1200萬年前，後期約1000萬年前。從崖壁出露的熔岩剖面可看出，熔岩厚度北側較厚，南側較薄，因此地形呈現北高南低。

北側海岸地形屬於侵蝕型的礁岩海岸，具海蝕崖、海蝕平台、海蝕溝、海蝕洞等地形。南側淺海中生長茂盛的珊瑚礁，暴風作用之下，在南側海岸堆積長達800公尺由珊瑚碎塊構成的礫石海灘，形成堆積型海岸。

西吉嶼 陸上 景點 (見右圖)

繞行西吉嶼一圈須費時約2至3小時。

從貓尾（景點1）海岸的小平台上岸之後，上坡到平台頂面，沿崖邊羊腸小徑朝北走，可以看見左側崖下有幾道深入海岸的海蝕溝（貓鼻景點2），以及一深約十幾公尺可以連通到海面的豎井（灶籠景點3）。之後，沿著崖上小徑朝東走，一路上可以看見海岸崖壁上的柱狀節理（墜繩景點4）。陸地內側平坦的熔岩平台上滿佈著以玄武岩石塊堆砌成矮牆的長方型菜宅，平台的凹地於民國37年當地居民建一座圓形與三角形水塘，稱為有福池。



繞過東北角的東坎頭海岬之後，沿著東海岸的小徑朝南走，右側建有一座太陽能發電燈塔的小丘，是西吉嶼最高點的煙屯山（煙屯山景點5），小丘上可以鳥瞰全島景觀，南側山坡下就是西吉村。小徑左側（煙屯山下景點6）可以看見三座孤立在海崖上，由玄武岩石塊堆砌成的錐形塔，目的是為了祈福與避邪。小徑右側有一創建於同治12年（西元1873年）的西吉宮（景點7），民國64年重修，現已廢棄。最南端海灣的西吉港的水深僅數公尺，一般漁船無法靠岸。繞過港口朝西走，不久就來到西吉嶼最長的海灘，由巨礫的珊瑚團塊堆積成的礫石灘（砂港仔景點8）。沿著海灘一路穿越由珊瑚團塊堆砌成的大小墳墓，行至海灘末端就是登岸的貓尾。



◀ 景點 1：貓尾

西吉港非常淺，一般漁船無法靠岸，僅有幾處岩岸在風浪較小時，以船頭頂著岩礁方式才可以登陸，貓尾是其中一處。登岸的海蝕平台由柱狀節理構成，地上佈滿了多邊型的柱狀節理。



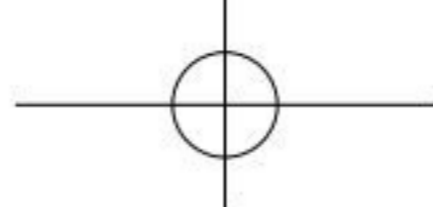
◀ 景點 2：貓鼻

從貓鼻往上攀爬到平台頂面，可見到右側凹地有一人工建造的圓形與三角形的水塘－有福池。懸崖上的羊腸小徑可望見崖下的岩礁海岸地形，構成垂直崖壁的聳立柱狀節理，以及寬約10幾公尺的狹窄海蝕溝地形，是海浪沿著較脆弱岩盤經過長期的衝蝕，逐漸擴大形成的。



◀ 景點 3：灶籠

海崖上有一連通海面的豎井，可以望見井底的海水。從海上觀看，其實是一個洞頂坍塌透空的海蝕洞，地面上形成一個圓形豎井，近似早期的灶爐，故稱為灶籠。



◀ 景點 4：墜繩

海崖頂面地形還留著火山噴發的平坦熔岩平台，崖壁上出露著岩漿冷卻時形成的垂直柱狀節理。

長期海浪沖蝕之下，海岸岩礁除了形成由柱狀節理構成的垂直崖壁之外，

崖壁下方的潮間帶海岸被侵蝕形成平坦的海蝕平台。▶



◀ 景點 5：煙屯山

繞過島北側佈滿以玄武岩石塊砌成圍牆的長方型菜宅，到了島的制高點：煙屯山。小丘上建立一座太陽能發電的燈塔，山頂可俯瞰全島，尤其位在下方的西吉村、西吉港。西吉村是全島最不受東北季風吹襲的地方。

煙屯山上可望見左前方凸出海岸的海蝕平台，稱為東坪尾。海岸上兩座由玄武岩堆砌的錐形塔，左側為安全寶塔，右側遠方則是沙溝塔。▶



▼ 景點 6：海岸步道

煙屯山下方小徑朝東望，近處的海灣，兩側是凸出海岸的海蝕平台，右側較大的稱為東坪尾。島上共建有4座石頭堆砌的錐形塔，此處海岸有彎墩頭塔（左側）、安全寶塔（右側）、沙溝塔，其中最高的安全寶塔建於民國40年。另外，位在南側砂港仔海岸的麒麟塔建於民國45年，因當年航行高雄至馬公的第二光盛輪在西吉海域觸礁沉沒，106人中只有6人生還，因此建造麒麟塔來鎮壓煞氣。





◀ 景點 7：西吉宮

西吉宮創建於同治12年（西元1873年），民國64年重修之後，於民國67年遷村後即已廢棄。



◀ 景點 8：砂港仔

西吉嶼南側屬於堆積型海岸，形成長達800公尺，高度達4至5公尺的礫石灘，由巨大的珊瑚碎塊層層堆積而成的。這種由巨大礫石構成的海灘，只有颱風的暴風浪才可以將直徑數十公分的海底珊瑚團塊衝擊上來。海灘頂部與灘後凹地是當地的墓地，由於地表少有土壤或細粒沉積物，墳墓都由珊瑚團塊堆砌而成。

西吉嶼 海域景點（見34頁圖）

▼ 景點 1：柴坡仔

從西吉嶼北側海域朝南觀看，前方的柴坡仔崖壁都由垂直柱狀節理構成，左側是東坎頭海岬，右側是西吉嶼柱狀節理出露最佳的墜繩與灶籠海崖。遠觀西吉嶼，呈現平坦廣闊的方山，是1000萬年前火山熔岩岩漿四處溢流形成的熔岩平台。





▲景點 2：東坎頭

突起小丘與海岬稱為東坎頭，由許多層的熔岩堆積而成，單層熔岩厚度僅1至2公尺，柱狀節理不發達，相較於北側海崖出露十數公尺厚的熔岩有很大差異。東坎頭堆積的熔岩可能是距離火山噴發裂隙較遠，熔岩流到此處時逐漸變薄，由一次次的熔岩岩漿堆積而成。

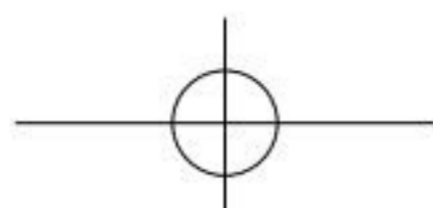
▼景點 3：東側海域

可望見西吉聚落，以及矗立在東海岸的三座寶塔，由右而左依序為彎墩頭塔、安全寶塔、沙溝塔。此外，還有西吉宮。最高的煙屯山與山頂的燈塔。



▼景點 4：安全寶塔

安全寶塔這座高起的錐形建築，建於民國40年，後方山丘即是島上最高點煙屯山。



▼景點 5：砂港仔

砂港仔南側海域上，清楚可見西吉聚落全景，主要聚落建在遠離海岸外約100公尺，可能是強烈颱風時，暴風浪會侵襲到數十公尺範圍內的海岸，港邊的小聚落必定在暴風浪侵襲範圍之內。現今西吉村已經無人居住，殘破建築物都已成為羊群的居所。



▼景點 6：南側海域

砂港仔外淺海是珊瑚礁生長的海域，漁船不易接近。聚落左側長達800公尺的雪白海灘，是暴風浪衝擊海底珊瑚礁時，將珊瑚沖積到岸上堆積而成的，是澎湖群島中最長的珊瑚礫石灘。暗示著颱風時期，沒有屏障地形的南方四島海岸會遭受巨大的暴風浪侵襲。



◀景點 7：灶籠近海

灶籠海崖下被衝蝕破壞的柱狀節理明顯呈現多邊形的節理截面。

▼景點 8：灶籠海崖

西吉嶼的柱狀節理熔岩，以西北與北海岸的灶籠、墜繩、柴坵仔剖面出露最佳。從外海看灶籠與墜繩海岸，海崖上出露十幾公尺高的垂直柱狀節理，由一次的熔岩流堆積成的；海崖底部斷裂節理的截面呈多邊的外型。



◀景點 9：灶籠近海

波浪衝蝕形成凹入海岸的海蝕溝。

清楚可見北側的灶籠海岸地形，崖壁上除了出露柱狀節理之外，海岸的侵蝕地形有海蝕洞與海蝕溝，左側海蝕洞繼續受海浪衝擊下，會持續擴大演變為海蝕溝。

平坦的熔岩平台是1000萬年前火山熔岩流形成的平台地形面。▼





◀ 景點 10：墜繩海崖

墜繩海崖的柱狀節理。



◀ 景點 11：墜繩近海

墜繩海崖剖面呈現一系列排列整齊的柱狀節理。

▶ 景點 12：柴坡仔近海

柴坡仔海崖下，可見多邊形節理。



東嶼坪嶼景點解說

人文地理簡介

東嶼坪嶼地形呈現南北兩側高起的平台，中央為凹谷（沙溝仔），北側至東側海岸都是陡峭的海崖。中央凹谷的沙溝仔溪，朝下游注入西側海岸，堆積了寬約50公尺的小型沖積扇，海岸形成寬約數十公尺的海灘，此處不僅有水源，也是避開東北季風的最佳環境，加上海岸腹地寬闊，是居民的聚落中心。

沙溝仔凹谷兩側山坡的岩層屬於沉積岩，土壤層較厚，雖坡度略微陡峻，但在居民有效利用下，山坡充分開發成梯田，種植旱作物。相較於沒有海岸腹地的西嶼坪嶼，東嶼坪嶼的人口發展自然較多。

地質簡介

東嶼坪嶼出露的岩層共4層，最下層為火山碎屑岩，之上堆積了沉積岩，第三層是分佈面積最廣的玄武岩熔岩，之後再被玄武岩岩脈貫穿侵入。

東嶼坪嶼的南北各有一高60幾公尺的平台，之間形成一凹谷。南側的平台高地稱為「前山」，北側的東北端高地稱為「後山」，西北端稱為「八卦山」，中央的凹谷稱為「沙溝仔」。南北的平台都是最後一期熔岩流形成的熔岩平台，厚度可達50~60公尺，覆蓋在一層疏鬆的砂岩之上，島中央的厚度僅十數公尺。其後，歷經千百萬年的風化侵蝕，島中央的上層熔岩被侵蝕消失，露出下層鬆軟的沉積岩層，在差異侵蝕下形成了凹谷。

島嶼的北側與東側由於有厚層的玄武岩，導致這一帶海岸呈現侵蝕型的礁岩海岸。而西側至南側的上層玄武岩較薄，僅約十數公尺厚，崖壁下側都是厚層鬆軟的沉積岩，不易形成陡峭的海崖，反而在波浪衝擊之下快速侵蝕後退，形成寬廣的海蝕平台，並形成堆積型海岸，如七尺門出現了寬100多公尺的沙丘與海灘。另一方面，東嶼坪嶼西側與西嶼坪嶼之間的淺海，生長了大規模的珊瑚礁，也造成島上西南海岸堆積了大量珊瑚礁生物的碎屑。

東嶼坪嶼 陸上 景點(見左圖)

從港口出發沿路到聚落，可見到由咾咕石堆砌的建築物（景點1），轉進派出所右側小路之後，再沿著一條路跡不明顯的小徑爬上陡坡（景點2），步行約10分鐘可上坡到東嶼坪嶼南側的前山，此處可鳥瞰東嶼坪嶼與西嶼坪嶼的全景，以及周圍島嶼（景點3）。東嶼坪嶼南北各有一海拔高約60幾公尺的平台，中央為「沙溝仔」凹谷。

平台盡頭清楚可見北側的後山平台與凹谷中滿佈著梯田（景點4），平台北側盡頭可下到「沙溝仔」源頭，凹谷中有一紅色寶塔—金龍塔（景點5）。從凹谷再朝北上坡到北側的後山平台，一覽無遺的視野可看見東嶼坪嶼西側海域的碧藍珊瑚礁海灣（景點6），更可遠望北方的澎湖大島、最西的花嶼與最東的東吉嶼。平台上鳥瞰北海岸地形，有數條石牆般的岩脈突出在海蝕平台上（景點7）。北側平台的



制高點－八卦山，清楚可見西嶼坪嶼全景，與碧藍的珊瑚礁海灣（景點8）。從山頂再沿著似乎沒有路徑的山坡下到東吉聚落，穿過聚落中曲折的巷弄來到海岸。朝右到聚落盡頭，可望見前方有一片黃色的崖壁（景點9），是由黃色砂岩構成的，層層砂岩中滿佈著1000多萬年前的貝殼化石（景點9），仔細尋找還可以發現少見的海膽或魚骨化石（景點9）。

再沿著道路回到漁港，穿過聚落到達東嶼坪嶼最南端的一片雪白沙灘（景點10），稱為七尺門。退潮時，沙灘前方海域會曝露廣闊的海蝕平台，可以連接海岸外的四角仔礁岩。礁岩由層層夾火山碎塊的火山碎屑岩構成，岩層中可以發現大量的貝殼與海膽化石（景點11）。海蝕平台的潮汐池中可以發現許多潮間帶生物，如海參、螃蟹、陽隧足（景點11）。



◀▼ 景點 1：東嶼坪嶼聚落

登島之後，來到東吉聚落，在警察駐所後方，有一挖掘出來的黃色岩壁，是層層含各種化石的砂岩層；代表1000多萬年前，此地是處在淺海或沙灘的環境。另外，黃色砂岩還呈現一種黃褐色的條帶狀的花紋，稱為繡染紋。它是地下水沿著岩層裂隙或層面滲入時，將水中溶解的氧化鐵（褐鐵礦）沉澱在砂岩中，而形成一層層黃褐色的氧化鐵層，猶如染色般的花紋。

進入聚落時可見到一系列由咾咕石堆砌的建築物，是澎湖群島最具代表的早期建築。聚落前方海灣中有南方四島最美麗廣闊的珊瑚礁，所以海灘上堆積被沖積上來的珊瑚塊，澎湖人稱為「咾咕石」。珊瑚團塊多孔、輕盈，具隔熱效果，遂成為當地居民取得最便利、效果最佳的建築材料。





◀ 景點 2：聚落後方小徑

前山山坡的小徑旁，出露層層的黃色砂岩，偶而可以發現1000多萬年前的貝殼化石。砂岩中保留有大型交錯層紋理，表示曾經受到強勁波浪的作用堆積在海底的砂層，也顯示千萬年前的海面高過現在海面，淹沒了當時的火山島。



◀ 景點 3：前山

前山頂面海拔約63公尺，是東嶼坪嶼制高點，可清楚鳥瞰南海岸七尺門的雪白沙灘。朝南可望見近處海域的礁岩，左側的香爐、漁港外的四角仔與港仔，以及港外的二塹礁岩；遠處島嶼是澎湖群島中最南端的七美嶼。



◀ 景點 4：前山

前山平台上可望見下方的東嶼坪嶼聚落、海灣全景與遠方的西嶼坪嶼，以及沙溝仔凹谷中滿佈梯田的景觀盡收眼底。





◀ 景點 5：前山北側

平台上滿佈著由玄武岩石塊堆砌圍成的菜宅與梯田，到平台北側可到沙溝仔的源頭，凹谷中的紅色寶塔稱為金龍塔，另一位在凹谷下側的聚落中，稱為池府塔，兩

塔鎮守沙溝仔前後，目的為了避邪祈福。

前方的後山山坡上有一道像石牆的岩脈，是岩漿貫穿地底岩層形成的岩脈，經過長期風化侵蝕之後，埋藏地底的岩脈才曝露出地表。



◀ 景點 6：後山山頂

東北側的平台高地稱為後山，順著沙溝仔凹谷朝西望，可見凹谷兩側滿佈著梯田的景觀。後山山頂也是觀看周圍島嶼的最佳地點，除

了周圍三島與七美嶼之外，還可以望及北方的澎湖大島與最西的花嶼。



◀ 景點 7：後山小徑

沿著後山崖邊的小徑穿越平台上格子狀的菜宅與梯田可到另一側的高地—八卦山，一路上可以鳥瞰北海岸的海蝕地形，海蝕平台上，有數條像石牆的岩脈突出在海蝕平台上，這些岩脈是最後期岩漿活動遺留的。



◀ 景點 8：八卦山

八卦山是西北側平台的制高點，可清楚眺望西嶼坪嶼，且可以鳥瞰東嶼坪嶼沙灘與聚落，以及碧藍透澈海水下的珊瑚礁。

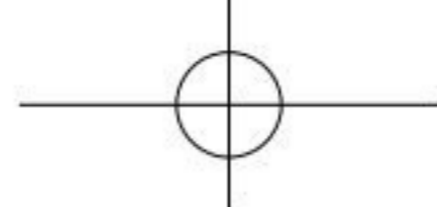


◀ 景點 9：瀨子角

聚落北側山坡，出露一片黃色崖壁，與常見的黑色玄武岩石壁截然不同。這是1000萬年前與火山熔岩噴發同時期堆積的沉積岩層，層層砂岩中夾帶著大量海底生物的化石，有貝殼、螺為主，以及少見的海膽與魚骨化石。1000萬年前，此處位於島嶼周圍的淺海或海灘，從保存在砂岩中的化石種類來看，海洋中沒有大規模的珊瑚礁，只有堆積沙質沉積物的淺灘，與現在珊瑚礁環境截然不同。

前，此處位於島嶼周圍的淺海或海灘，從保存在砂岩中的化石種類來看，海洋中沒有大規模的珊瑚礁，只有堆積沙質沉積物的淺灘，與現在珊瑚礁環境截然不同。





◀ 景點 10：七尺門沙灘

港口東側有一白色沙灘，長達500公尺，白色沙與礫都是來自淺海珊瑚礁生物的殼體，有大量珊瑚的碎塊，以及貝殼、螺、有孔蟲等。由於七尺門沙灘還維持自然狀態，少有人跡，偶有綠蠵龜上岸產卵。



海灘上另出露一層堅硬的黃白色岩層，仔細觀察發現岩石中含許多化石，與海灘的沙質一樣，但是已經膠結成為堅硬的岩石。這是數萬、數千年前古代的七尺門海灘的沙層，現今已經膠結成岩，稱為「海灘砂岩」；又因為組成都是碳酸鈣質的生物殼體碎屑，又稱為「石灰岩」或「生物碎屑石灰岩」。



◀ 景點 11：四角仔礁岩

退潮時，沙灘右側海岸會出露一片海蝕平台，可走到四角仔礁岩。礁岩的岩石有兩種，一是含有火山岩塊的火山碎屑岩，另一是含有大量貝殼與海膽化石的砂岩。退潮時，

潮汐池中經常留下許多生物，有海參、螃蟹、陽隧足；是觀察潮間帶生物的最佳地點。



東嶼坪嶼 海域 景點 (見61頁圖)

▼ 景點 1：東嶼坪嶼聚落

東西嶼坪嶼之間海域，朝東可看見東嶼坪嶼西側的地形：右側高地為前山，左側高地為八卦山，中間凹谷為沙溝仔，谷地兩側山坡上全開闢為梯田，種植旱作物。主要聚落位於兩個高地之間的山坳，以及沿岸帶狀腹地。



◀ 景點 2：瀨子角近海

近看東嶼坪嶼聚落，分佈在沙溝仔凹谷的出口，八卦山朝南山坡上滿佈著梯田。瀨子角位沙灘北端、突出礁岩海岸，與西嶼坪嶼東南端突出海岸的瀨子尾沙灘之間，有一道海底沙脊可相連接。

▼ 景點 3：八卦山下

八卦山下的近海清楚可見到山壁剖面，上方有一同心圓狀節理，似乎是侵入的火成岩岩體，下方則呈現倒掛型扇型柱狀節理。





◀ 景點 4：後山下（北側）

島上其他崖壁皆可清楚見到垂直柱狀節理的景象，後山下北海岸的崖壁雖然都由玄武岩構成，但結構較為複雜，有水平與傾斜的熔岩層，又被多條垂直的岩脈截穿。矗立山坡上的一道陡直岩牆，是最後一次岩漿侵入的岩脈。



◀ 景點 5：後山下（東側）

東北角海崖由至少4層薄層熔岩堆積而成，覆蓋在火山碎屑層的上部。

▼ 景點 6：後山下近海（東側）

右側層層的熔岩發育良好的柱狀節理，左側崖壁的熔岩就沒有層層的結構，覆蓋在右側層狀的熔岩之上，當時的地表似乎呈現起伏的狀態。





◀ 景點 7：金龍塔東側

東側海岸崖壁出露的熔岩，厚度都較西海岸厚，約40公尺以上，從柱狀節理型態來看，應堆積了數層熔岩流：最下層的節理呈垂直狀，中層的節理傾斜，顯然當時地面並不平整；最上層熔岩的節理有兩組，一陡直，另一近似水平，屬「板狀節理」。

一般玄武岩熔岩中較少見水平的板狀節理，節理面大致平行當時的地面。這是因為熔岩流動時，岩漿中的礦物或氣泡會順著流動面平行排列，導致岩漿冷卻時產生水平節理。



◀ 景點 8：前山東側

崖壁下層的熔岩呈垂直狀柱狀節理，上層熔岩則是扇型柱狀節理，顯然後期的熔岩流湧出地表時，呈饅頭狀外型，冷卻時形成扇型柱狀節理。

▼ 景點 9：七尺門

清楚可見東海岸礁岩海岸屬於侵蝕型海岸，與南海岸七尺門沙灘的堆積型海岸地形，截然不同，可能與近岸的海流作用有關。七尺門沙灘上方的平台高地是東嶼坪嶼最南端的前山，遠處高地是東北端的後山。



西嶼坪嶼景點解說

人文地理簡介

由於西嶼坪嶼的海岸腹地過於狹窄，且與海岸線距離僅數十公尺，是暴風浪經常侵襲的環境，所以不適合發展成為聚落，因此西嶼坪嶼聚落就發展在台地頂面。台地呈現向北傾斜的地形面，西坪聚落就位在平台南側稍低平的區域，聚落西側有一凹溝，稱為西溝。由於，平台頂面屬於堅硬的玄武岩熔岩，雖年代久遠已經風化，但是僅發育形成薄層的土壤，間夾著許多的玄武岩岩塊，土壤相當貧瘠。總體而言，相較於東嶼坪嶼，自然環境更不利於聚落發展。

地質簡介

西嶼坪嶼與東嶼坪嶼相隔約700公尺，之間海域中有一道海底淺灘，從西嶼坪嶼瀨子尾連接到東嶼坪嶼瀨子角。西嶼坪嶼屬於方山地形，島中央為平坦的熔岩平台，海拔高度42~30公尺，中間有一淺溝，稱為西溝。平台頂面地形略微朝北傾斜，南側平台高度降至海拔約25公尺。海岸皆為陡峭的海崖地形，



海岸腹地狹窄，無法形成聚落，僅東南側瀨子尾一帶，才有稍微寬敞的沙灘。

西嶼坪嶼的地層分為三層，底層為沉積岩，中層為具柱狀節理的玄武岩，上層為再積的火山碎屑岩。沉積岩出露於南側崖壁的下部，被厚10幾至30公尺的熔岩覆蓋，之後火山碎屑岩再堆積在熔岩之上。玄武岩熔岩噴發時間約1100萬年前，與鄰近島嶼構成頂部的玄武岩熔岩年代相似。

西嶼坪嶼 海域景點 (見左頁圖)



◀ 景點 1：東北角海域

島上東海岸出露的柱狀節理最壯觀，高約10幾至20公尺，是單一一次熔岩流堆積產生的。

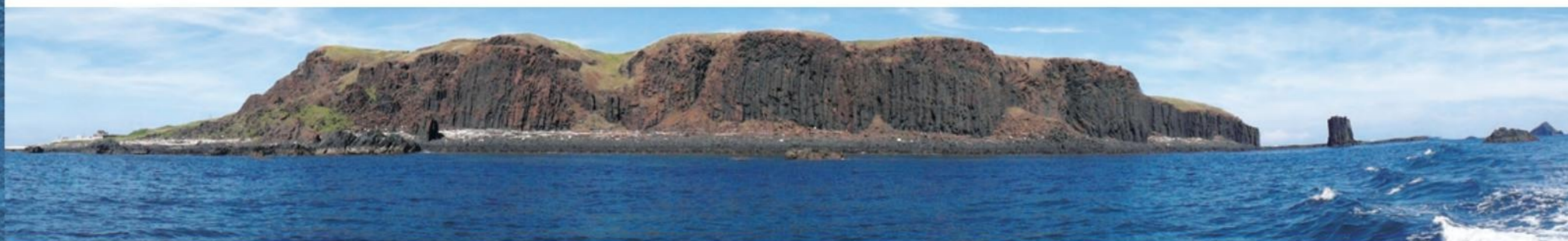


▶ 景點 2：東北角海域

西嶼坪嶼東北角約數十公尺外的海面上，矗立一座高約10公尺石柱，是海岸侵蝕後退時，殘留在海蝕平台上的海蝕柱。

▼ 景點 3：東北角海域

從海域上可以觀察西嶼坪嶼東海岸全景，整座崖壁都由高達20至30幾公尺的柱狀節理所構成，從節理結構可看出是一次火山噴發的熔岩流堆積而成。





▲景點 4：虎頭山下海域

熔岩平台的制高點是虎頭山，左側突出海岸的沙灘是西嶼坪嶼唯一的海灘，稱為瀨子尾，與東嶼坪嶼的瀨子角之間有一海底沙脊連接。山坡的路徑是至西坪聚落的唯一道路。



◀景點 5：西尾山西側近海

西海岸崖壁出露的岩層也是由玄武岩構成，具明顯柱狀節理，海岸地形僅有寬約十數公尺的礫石海灘。

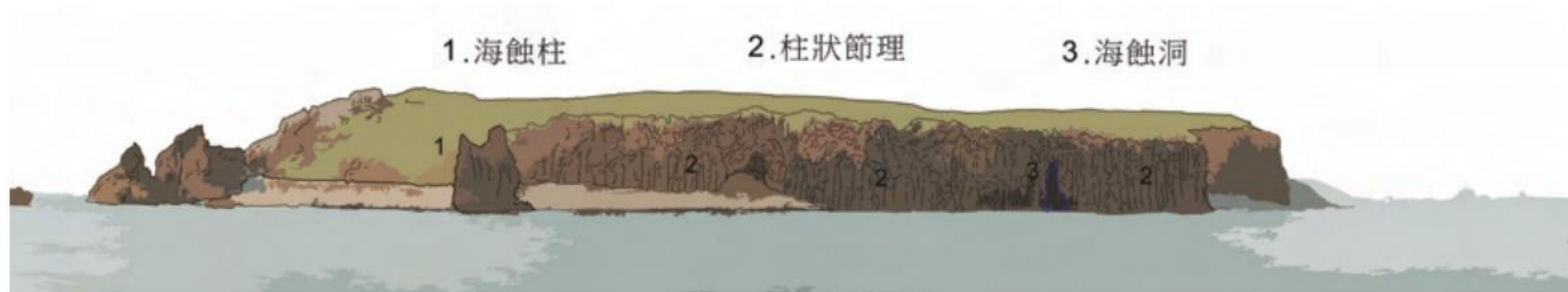
▶景點 6：西尾山西側近海

西南角海岸外側，有一高約10公尺的海蝕柱，由柱狀玄武岩構成，也是海岸侵蝕殘留的地形。



▶景點 7：西尾山西側海域

海域上可觀察西北海岸全景，崖壁由高約20公尺的柱狀節理構成，屬於侵蝕型海岸，崖壁下可見海蝕柱與海蝕洞。





◀ 景點 8：西尾山北側近海

西尾山是由傾斜的火山碎屑岩構成的，是島上唯一出露火山碎屑岩的區域，岩層約呈30度的傾斜，覆蓋在水平的玄武岩熔岩上面。表示1100萬年前的大規模玄武岩熔岩流噴發之後，許多的火山碎屑堆積在熔岩流之上。



◀ 景點 9：鐵砧

鐵砧位在西嶼坪嶼西北角外海，相距約370公尺，由寬約200公尺的海蝕平台與兩座高出海面數公尺的海蝕柱所構成。石柱的岩層是傾斜的火山碎屑



岩，與西嶼坪嶼的火山碎屑岩屬於同一時期堆積的地層。鐵砧由於孤立在海域中，無人可及，是海鳥（鳳頭燕鷗）主要棲息地之一。



◀ 景點 10：頭巾西側

頭巾位於西嶼坪嶼北側約1.9公里，退潮時會曝露出寬廣的海蝕平台；最高頂點海拔約50公尺，面積雖小，但地勢較西嶼坪嶼還高。頭巾岩石顏色呈現橘與黑兩種顏色，橘色岩石是再積的火山碎屑岩，黑色是具柱狀節理的玄武岩，兩種岩石互相穿插一起，產狀頗為複雜。仔細觀察黑色玄武岩的柱狀節理型態，是呈現水平或傾斜狀態，從海面上可以看見多邊型節理截面。顯然，頭巾的玄武岩是侵入在橘色火山碎屑岩之中，屬於侵入的岩脈，而不是噴發至地表的熔岩流。

▼景點 11：頭巾西側

頭巾左側橘色岩石是火山碎屑岩，右側是侵入的玄武岩岩脈。頭巾岩層的火山碎屑岩沉積之後，被玄武岩貫穿侵入。



◀景點 12：頭巾東側

黑色脈狀的玄武岩垂直貫穿到橘色火山碎屑岩中，右側岩脈較薄，左側是較厚的岩脈。退潮時，頭巾周圍露出了寬廣的海蝕平台，平台左側矗立著垂直突起的岩牆，是一道堅硬的玄武岩岩脈。在差異侵蝕作用下，右側較鬆軟的橘色火山碎屑岩被侵蝕夷平為海蝕平台，左側的玄武岩岩脈則突起在平台上。

在差異侵蝕作用下，右側較鬆軟的橘色火山碎屑岩被侵蝕夷平為海蝕平台，左側的玄武岩岩脈則突起在平台上。



◀景點 13：頭巾東側

堅硬的玄武岩岩脈突起在海蝕平台上成為岩牆，鬆軟的火山碎屑岩已被侵蝕夷平為海蝕平台。由於頭巾四周圍繞著陡峻高聳的崖壁，無人可以攀登，因此成為各種燕鷗候鳥的最佳棲息繁殖場所，如小燕鷗、蒼燕鷗、玄燕鷗、紅燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗等。

鳥的最佳棲息繁殖場所，如小燕鷗、蒼燕鷗、玄燕鷗、紅燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗等。

第5章

人與自然的關係

貓嶼

望安

將軍嶼

西嶼坪

東嶼坪

鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

七美

人屬於自然的一環，人類活動常被自然環境所制約，因此文化的發展就會受到自然地理的區隔而形成文化的差異。澎湖群島位於臺灣海峽之中，是中國東南沿海居民向海洋發展時，遇見的第一座島嶼。雖然天然資源不算豐富，居住環境不理想，但早在5000年前，就有人在此定居。澎湖群島與「南方四島」的文化發展，就深深受島嶼的特殊自然環境所影響。所謂的「自然環境」，包括了氣候、地質地形、海洋、生物等綜合的條件。

氣候特徵與地理條件

澎湖群島的地形，屬於平坦且低矮的熔岩台地，很難從地形的起伏變化來擷取水氣，年雨量僅有1000公厘左右，又處於北回歸線上的熱帶—亞熱帶氣候區，年蒸發量高達1800公厘以上，可以形容澎湖群島為乾旱的環境。除此之外，受到夏季颱風與冬季強勁東北季風的吹襲，以及鹽霧的影響，很難有大面積的灌木或高大喬木的生長，主要以耐旱的草本植物與局部的灌木為主。

澎湖群島80%的降雨集中在夏季，乾溼分明的氣候，導致土壤的淋餘作用十分發達，遍佈貧瘠的紅色土壤。乾旱且貧瘠的紅土最多只能生長耐旱的根莖作物，無法生產稻米等作物。除了種植旱作物外，主要都是來自海洋與潮間帶的漁撈採集。

地質資源

由玄武岩熔岩流所形成的澎湖，島嶼面積狹小且地勢平坦低矮，特徵為單調的平台地形，也可以稱為「方山」。這樣的環境，在颱風與東北季風的襲擊下，無法顯現豐富的生態多樣性。因此僅有在島嶼南向坡，也就是季風的背風面處，才有適合聚落發展的環境。

澎湖群島大都由堅硬的玄武岩岩石構成，玄武岩含有大量的鐵元素，風化之後產生的土



▲圖25 地表經過長期風化作用，會逐漸形成紅土層（東嶼坪嶼）。

壤就會含大量氧化鐵，而成為紅土層(紅壤；圖25)。澎湖的土壤，受到夏季暴雨與冬季東北季風的影響，表層土壤中的細沙與黏土會受到淋洗或吹拂作用而減少，形成粗砂礫為主的土壤質地，特徵是土質乾鬆，沒有養分。薄層紅壤下，還沒風化的玄武岩，由於具有節理裂隙，無法蘊含大量水份，加上高蒸發作用的環境條件，地表便形成乾涸的紅壤。惡劣的天氣與地質地形環境，只能生長或種植耐旱的根莖作物，造就了單純化與特殊化的島嶼動植物生態體系。



圖26 澎湖的建築材料有白色珊瑚塊與黑色玄武岩。



▲圖27 輕盈多孔隙，且易散熱的咾咕石是最佳的材料，澎湖的傳統建築大都是咾咕石屋（東嶼坪嶼）。

在缺乏土壤的地區，建築物通常都會大量使用當地的岩石作為建材，例如居住於中央山脈的原住民，會採集當地的板岩、變質砂岩建築成「石板屋」。澎湖的居民也不例外，會採集地表最容易採集的黑色玄武岩與白色



▲圖29 材質堅硬且重的玄武岩岩塊在潮間帶堆砌築成石滬，做為捕魚的陷阱（七美島）。



▲圖28 堅硬且重的黑色玄武岩則堆砌成或梯田的防風牆（東嶼坪嶼）。

珊瑚塊，作為建築材料（圖26）。黑色玄武岩材質非常堅硬且重，具強烈的吸熱效應；白色珊瑚塊的材質多孔隙，質地非常輕盈，具有透氣與散熱效應。所以，傳統建築選擇輕盈多孔隙，且透氣散熱的砵砵石為最佳的材料，稱為砵砵石屋（圖27）；或者僅在房屋下側選擇玄武岩作為基礎的建材，上方仍以砵砵石為建築材料。屋外「菜宅」或是「圍仔」的防風牆（圖28），則以堅硬且具重量的玄武岩堆砌而成，以阻擋冬季強勁的東北季風；甚至在潮間帶築成石滬（圖29），作為捕魚的陷阱。

水資源，是人類與自然界的關係中，相當重要的一項物資，這在乾旱地區特別明顯。澎湖地區屬於水資源缺乏的乾旱環境，所以在群聚發展的位置上，必須選擇有足夠水資源的環境。我們可以發現，澎湖的聚落大都位在島嶼南側的坳地，便

是為了避開強勁東北季風的吹襲，且坳地也是溪水流入海洋前匯聚的地方，具有較豐沛的水資源。

史前時期文化

即使澎湖群島土地貧瘠，不利農業發展，卻早在距今5000年前開始的新石器時代，即有人類在此定居。澎湖群島發現的史前人類遺址約90餘處，大部分集中在澎湖本島以及望安、七美、將軍澳、虎井等較大的島嶼，而且都分布在東北季風背風面的山坳、此地也是可以取得水源的地方。

這些遺址的規模雖然不大，但出土相當數量的石器、繩紋陶片（圖30）、貝殼、魚骨、獸骨等生物遺骸。目前澎湖發現的人類遺址，至早可追溯至約5000至4000年前的菓葉、鎖港遺址，相當於新石器時代的大坵坑文化。大坵坑文化時期的人類，通常形成小型的聚落，從事狩獵、漁撈與採集為主的活動，也可能種植根莖類作物。

從各時代遺址出土陶器的製造材質來看，可能來自中國東南沿海，以及臺灣。澎湖玄武岩製成的石器，也大量輸出到臺灣，臺灣東部的玉製石器也在澎湖發現。距今約2000年前的金屬器時代，澎湖群島成為往來海峽兩岸的中繼站，可以想見史前澎湖群島的居民與外地已經有頻繁的貿易往來。

南方四島位於七美島東方約數公里至十數公里海域，島嶼面積不大，資源不足以提供予一定人數長期定居，因此島上未發現任何史前遺跡，只發現少量的陶片遺物，無法證實南方四島有史前人類長期居留，但可以知道人類在數千年前已經來到了南方四島。

歷史時期文化

元朝時期，澎湖就已經被劃為行政區。清朝初期，廈門至台南鹿耳門的路線，可以說是當時中國沿海最繁忙的航線之一，東吉嶼是唐山過臺灣橫渡黑水溝的前哨站。隨著人類對於

海洋資源需求的比例漸增，七美島西南方約五十公里處的「南淺魚場」，成為澎湖群島的一項重要自然資源。清朝中葉鄭姓人家由望安島搬到東吉嶼，成為島上第一戶定居的居民。因為鄰近南淺魚場的地利之便，興盛的漁業讓東吉的人口逐漸增加且富有，而有「金東吉、銀八罩」的美稱，其中的「八罩」便是望安的舊稱。

二次大戰時，海運與漁業受到戰爭波及而停頓，居民的生活日益艱困，戰後的四島漁業雖有短暫的復甦，卻又隨著1950年代的遠洋漁業發展，此地漁業的繁景終於逐漸走入歷史，居民陸續的遷離南方四島。



► 圖30 新石器時代大坵坑文化
(5000-4000年前) 出土
的繩紋陶殘片。



澎湖南方四島的特殊地景

南方四島呈現出玄武岩方山地貌、柱狀玄武岩及海岸海蝕地形，屬於特殊且珍貴的自然景觀。如此地質景觀的形塑，與當時的板塊運動，火成岩形成的環境與條件等因素有關。本手冊也在附錄中，一一描述了詳細的內容。

由於南方四島並未經過大規模的開發，因此天然的地質景觀，以及先民所利用堆築的人文歷史風貌，仍舊被保留著。本手冊透過概要的內容，將這些島嶼的景觀介紹給各位，以便能在親抵四島前先有概念上的認識。而玄武岩伴隨著海景的磅礴氣勢，以及海洋地質與人文歷史所交織出的四島風味，則待親踏南方四島後，自可細細領會。



附錄A 板塊運動學說

西元1687年牛頓的「萬有引力定律」、1859年達爾文的「演化論」，以及1910-1960年代的「板塊運動學說」，由數千名科學家票選為數百年來影響人類文明發展的最重要三大學說。因此，若要了解46億年以來地球的演化史，1億多年以來台灣的地質變遷史，都必須先認識「板塊運動學說」。

這學說讓我們深入體會：地球是一個活生生的星球，地殼會水平移動—「漂移」，地表下高溫的地函也會對流，地表所見的高山、海洋、河流、深谷、火山等等的大自然景物，都是板塊運動創造的結果。

但百年前科學家以「地槽學說」來詮釋大地各種景物的形成，與「板塊運動學說」最大的差異是「地槽學說」主張地球是靜態的，地球只會因為熱漲冷縮而上下運動，地殼不會水平「漂移」。而當時也無法由一些科技來印證該學說詮釋的物理機制。直到西元1960年代之後，「地槽學說」才逐漸被「板塊運動學說」取代，成為科學家詮釋地球演化的理論。

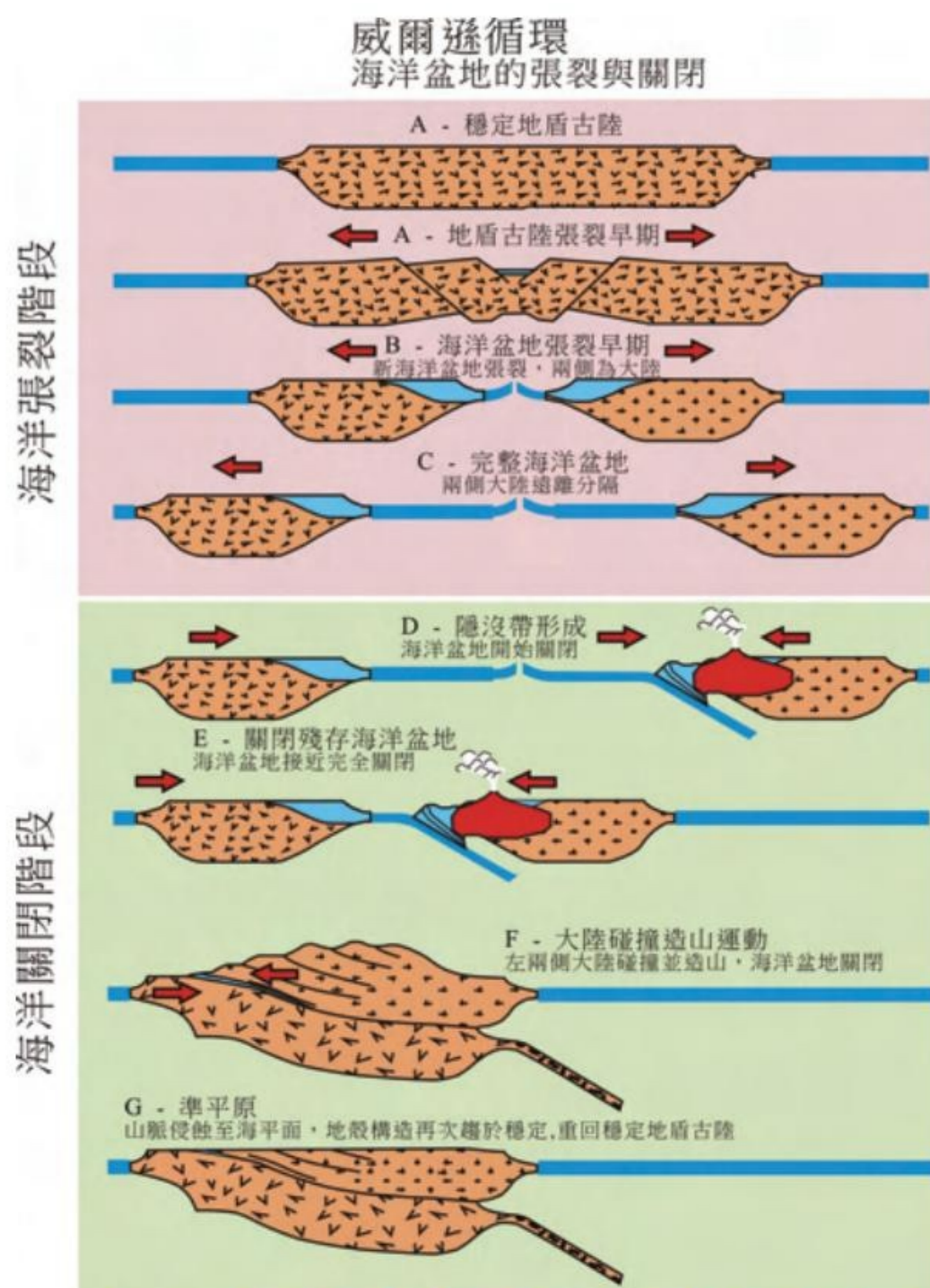
板塊運動學說所詮釋的地質現象，都實際利用科技探勘建立，以物理理論解釋地質機制，讓我們真正了解地球內部的結構與作用。

板塊運動學說源起

此學說始於西元1912年，當時德國大氣學家韋格納提出了「大陸漂移學說」，往後經二十世紀地質學家的集體研究，建構出「板塊運動學說」的理論。韋格納提出「大陸漂移學說」時，得不到科學界的認同，因為無法解釋自然界如此巨大的力量從何而來，足以移動、撕裂龐大的陸地，「大陸漂移學說」從此逐漸被遺忘。但此後數十年期間，地質學家陸續發現地球內部結構可分為地殼、地函、地核；相隔數千公里海洋兩側的海岸找到了相同的陸相化石與冰河遺跡，顯示大陸曾經相連，後來又分裂、移動的跡象。

到了1950-1960年代，地質學家陸續提出地函對流理論，從地震震源位置發現地殼會在海溝處隱沒回到地函，也從海洋板塊的古地磁紀錄證明，板塊確實會朝兩側移動！1962年，美國地質學教授海斯因此提出「海底擴張學說」：地函的對流，會導致岩漿從海底的中洋脊湧出，生成海洋地殼，新的地殼會推擠兩側舊的地殼，朝兩側移動。半世紀前，韋格納無法解大陸漂移的機制，如今，「海底擴張學說」已有明確的解釋。

此後，結合各種地質證據與學說架構出的「板塊運動學說」已成形，說明了板塊為何「漂移」，海洋與大陸板塊如何生成與消失、為何移動、如何移動，以及板塊相互作用下，會產生哪些生生滅滅的地質現象。



▲圖A1 威爾遜循環說明了海洋地殼的生與滅，以及大陸地殼的成長與擴大。

- (1) 地函的放射性元素蛻變時會產生熱能，造成熾熱地函溫度的不均勻，形成地函中岩漿的對流。
- (2) 地函岩漿的對流，牽動上方的地殼隨著移動，這是帶動板塊運動的原動力。
- (3) 地函岩漿從海洋板塊的中洋脊湧出、形成新的海洋地殼（板塊），使海洋盆地逐漸擴大。遠離中洋脊兩端的海洋板塊，因為與大陸板塊擠壓或自身過重，而在海溝處向下隱沒回到地函熔融消失。數十億年以來，海洋板塊周而復始的生成與消失，稱為威爾遜循環（圖A1）。
- (4) 在海溝隱沒帶的另一側，周而復始的隱沒作用、火山噴發，讓大陸板塊出現了火山，並逐漸成長擴大。

「板塊運動學說」讓人類了解到46億年的地球如何成長與演變，結合了達爾文的「演化論」之後，讓我們知道地球的生物如何適應地質環境的改變，深入了解「演化論」更豐富精彩的內涵。

板塊邊界

地球表面的地殼由20幾個大小板塊構成，其中7大板塊包括：太平洋板塊（最大的海洋板塊，也是地球最大的板塊）、歐亞板塊（最大的大陸板塊）、北美板塊、南美板塊、南極板塊、印澳板塊以及非洲板塊（圖A2）。

板塊邊界因為是板塊相互移動的接觸帶，地殼活動最劇烈，地震與火山的活動最頻繁。板塊之間的邊界有以下3種接觸形式（圖A3）：

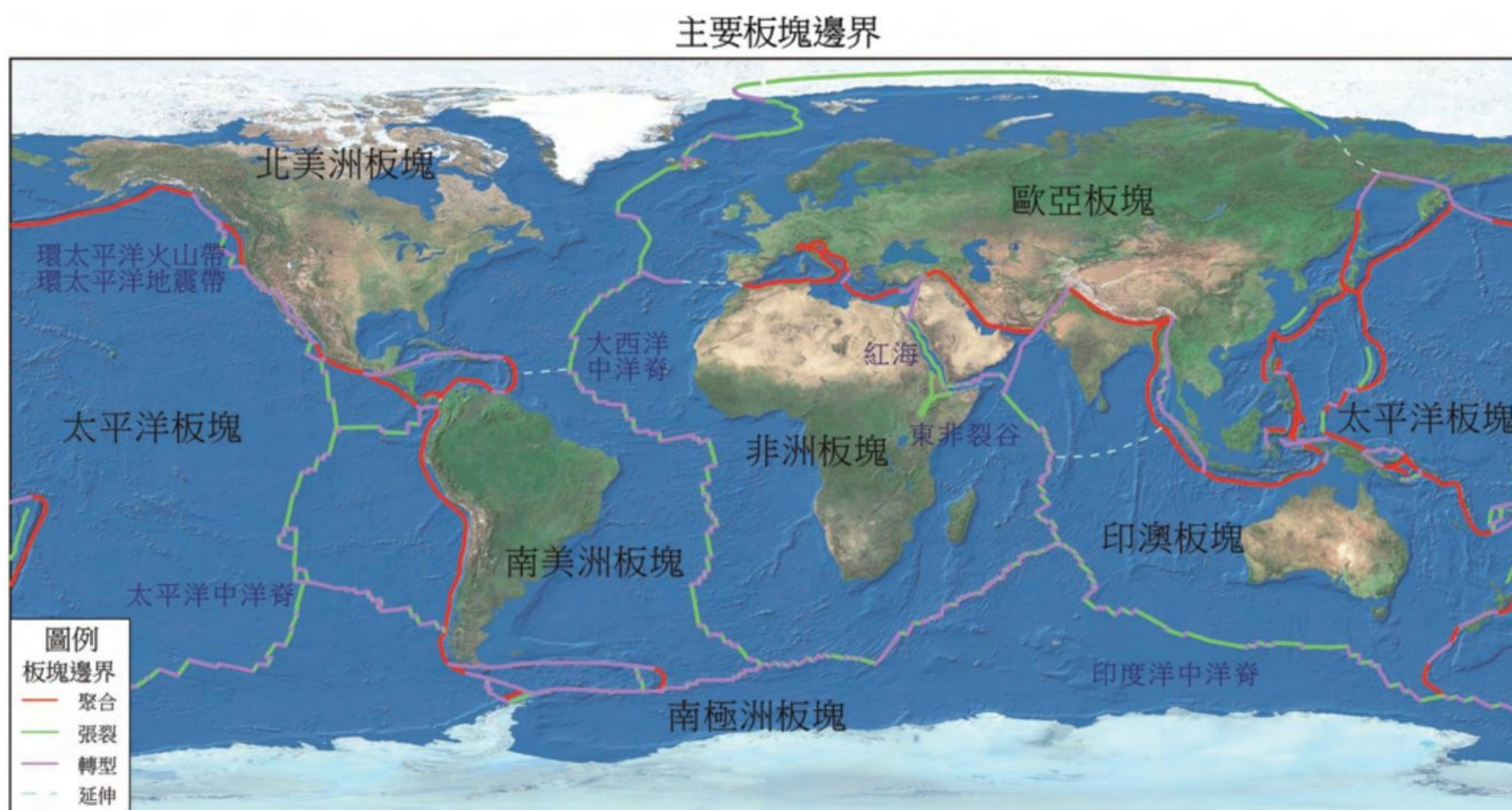
- (1) **張裂型邊界（建構型邊界）**：海洋板塊當中的「中洋脊」，是製造新海洋板塊的地方，板塊往兩側張裂。

全球海底的中洋脊總長達8萬公里，是地球上最長的火山帶，連接太平洋、大西洋與印度洋的海底火山。東非裂谷火山帶（圖A2），是地球少數幾處於大陸地殼張裂出新海洋地殼的區域，幾百萬年之後，東非就會脫離非洲大陸成為新的板塊。

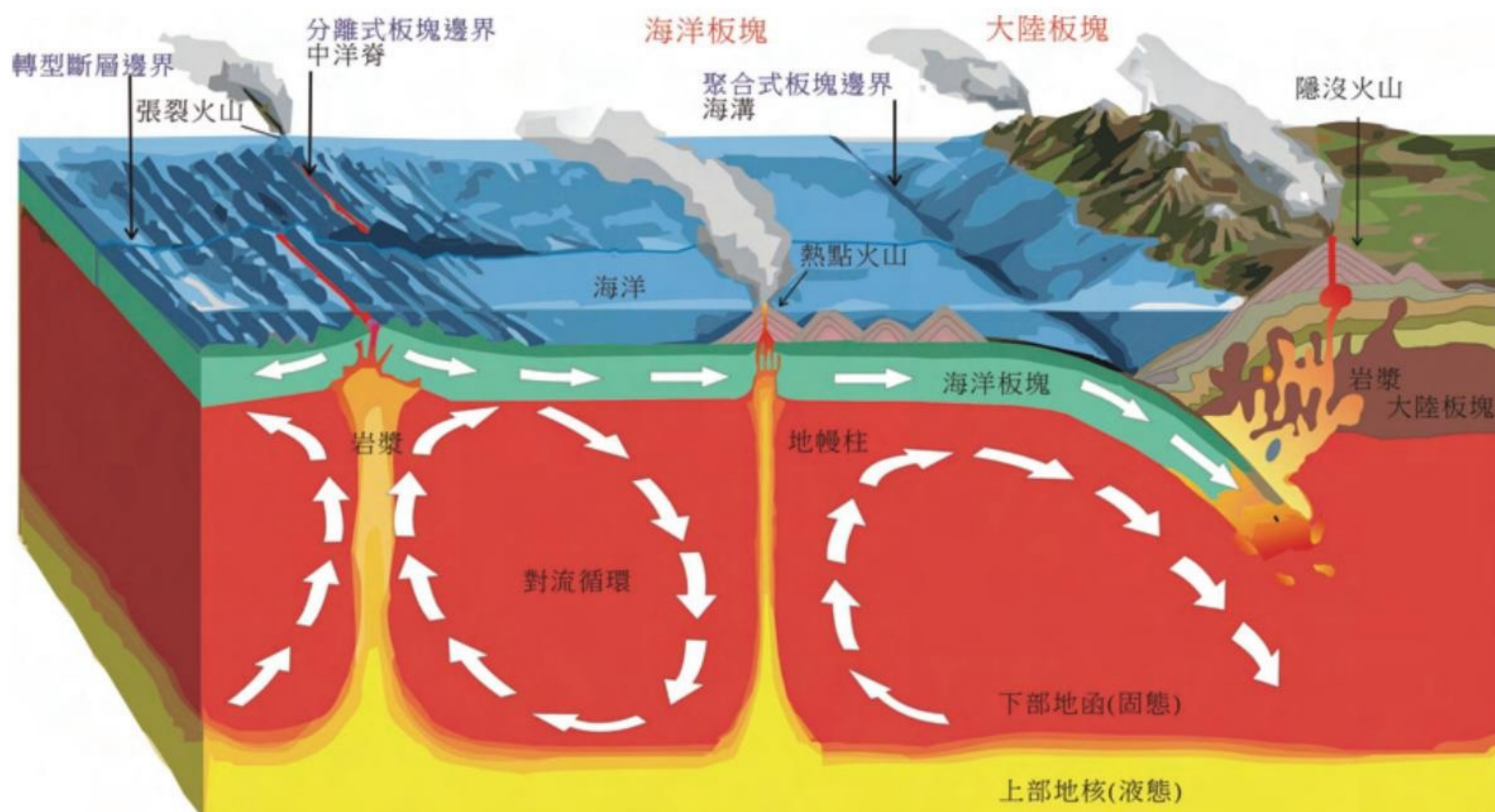
(2) **擠壓型邊界（破壞型邊界）**：板塊互相推擠、板塊消失之處，一為海溝所在的「隱沒帶」，一為板塊碰撞的「造山帶」。前者例如台灣北部海域的琉球海溝（琉球隱沒帶）與南部海域的馬尼拉海溝（馬尼拉隱沒帶），後者例如台灣東部的花東縱谷斷層（碰撞造山帶）（圖A4）。

現今地球上地震、火山活動最活躍的板塊邊界，是太平洋板塊周圍，因為太平洋板塊隱沒到四周的板塊之下，形成環太平洋火山帶、環太平洋地震帶。另一火山與地震頻繁的擠壓型邊界，從地中海、中亞、喜馬拉雅山，一路延伸至至印尼，是南側的非洲－印澳板塊與北側的歐亞板塊碰撞、隱沒的邊界（圖A2）。

(3) **轉型邊界（錯動型邊界）**：板塊彼此平行錯動，例如美國加州的聖安地列斯斷層，是北美板塊與太平洋板塊的邊界。



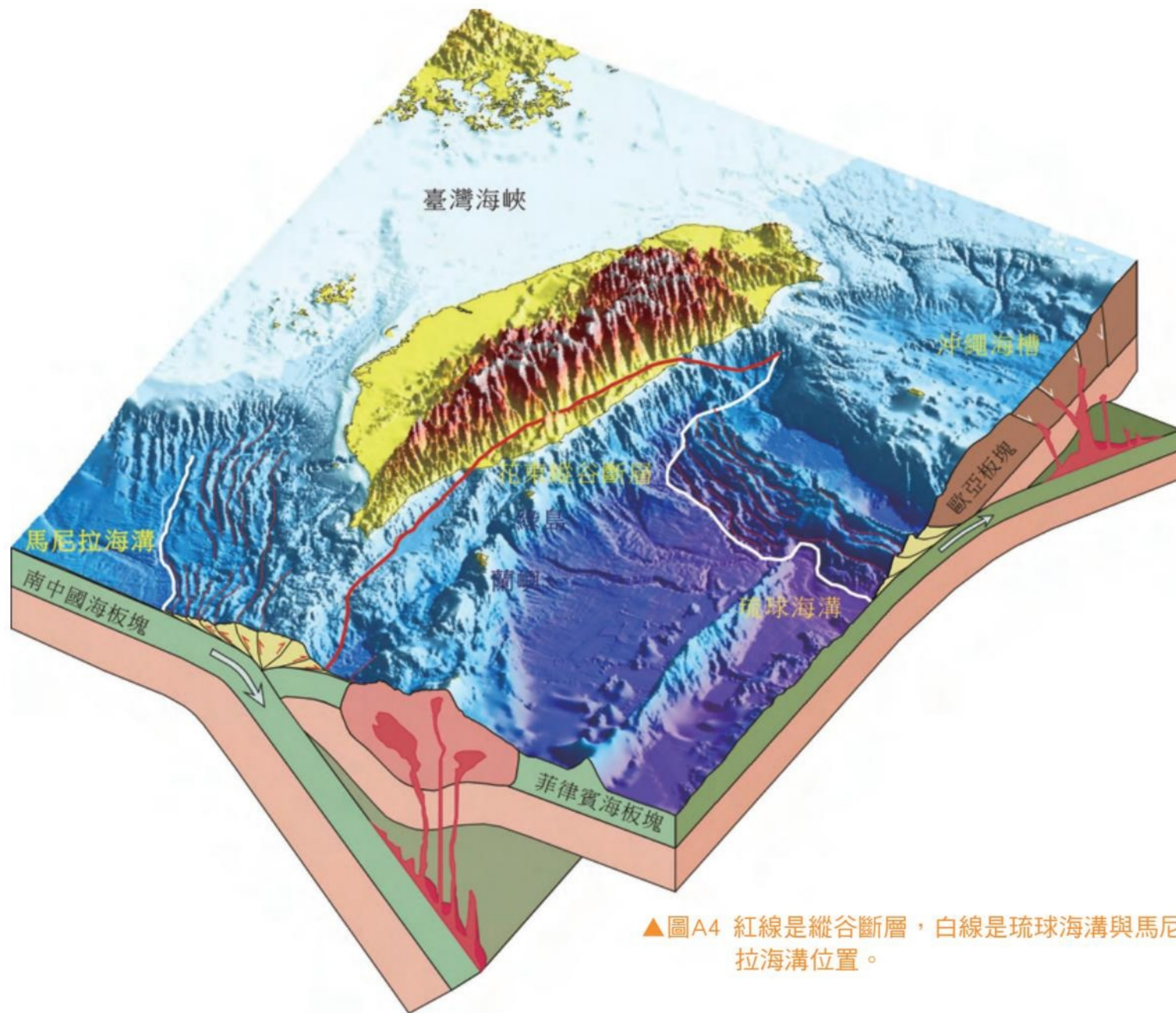
▲圖A2 地球七大板塊與其它小板塊的位置。



▲圖A3 板塊接觸邊界有3種型態 (1) 張裂型邊界, (2) 擠壓型邊界、(3) 轉型邊界。火山也有3種, (1) 隱沒火山, (2) 中洋脊火山, (3) 熱點火山。

兩個板塊互相擠壓碰撞時，比重大的海洋板塊（約2.9）會被擠壓到比重小的大陸板塊（約2.65）的下方，隱沒到地函中，熔化消失。另外，愈老的海洋板塊的比重會逐漸變大，最終也會產生隱沒作用，因此現存海洋板塊的年齡都非常年輕，最老的海洋板塊年齡只有1億8000萬年，因此擠壓型邊界又稱為破壞型邊界。

雖然，海溝是海洋板塊消失之處，但卻是大陸板塊增生的地方。當海洋板塊隱沒伸入地下約75~120公里深時，就會產生熔融岩漿，讓隱沒板塊逐漸消失在地函中。新生的岩漿從隱沒帶上升竄入上方的大陸板塊形成隱沒型的火山，周而復始不斷的作用，造成大陸板塊不斷的增生變大。因為比重較小的大陸板塊不會產生隱沒，會一直存在地球表面，目前發現最古老的大陸板塊年齡約40億，遠老於最古老的海洋板塊。



▲圖A4 紅線是縱谷斷層，白線是琉球海溝與馬尼拉海溝位置。

板塊邊界是地球上地質最活躍、不穩定的地區：板塊的張裂形成新的海洋地殼，板塊的擠壓讓海洋地殼的消失，但產生新的大陸地殼。只要地函仍維持熾熱的對流，便能帶動板塊，進行生生不息的板塊運動。

此外，地球無論是張裂或擠壓的板塊邊界，46億年來不斷有活躍的火山活動，源源不絕提供生命起源或維持生命的最重要物質—「水」的唯一來源，少了不曾間斷的板塊運動，就沒有持續演化的生命，也就沒有活生生的地球。如今一片死寂、沒有生命的火星與月球，就是因為星球的地函岩漿已冷卻，板塊不再運動，無法提供水，也就無法創造、維持生命。

附錄B

火成岩形成環境、 種類與產狀

貓嶼

望安

將軍嶼

頭門嶼

西嶼坪

東嶼坪

鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

火成岩形成環境

七美

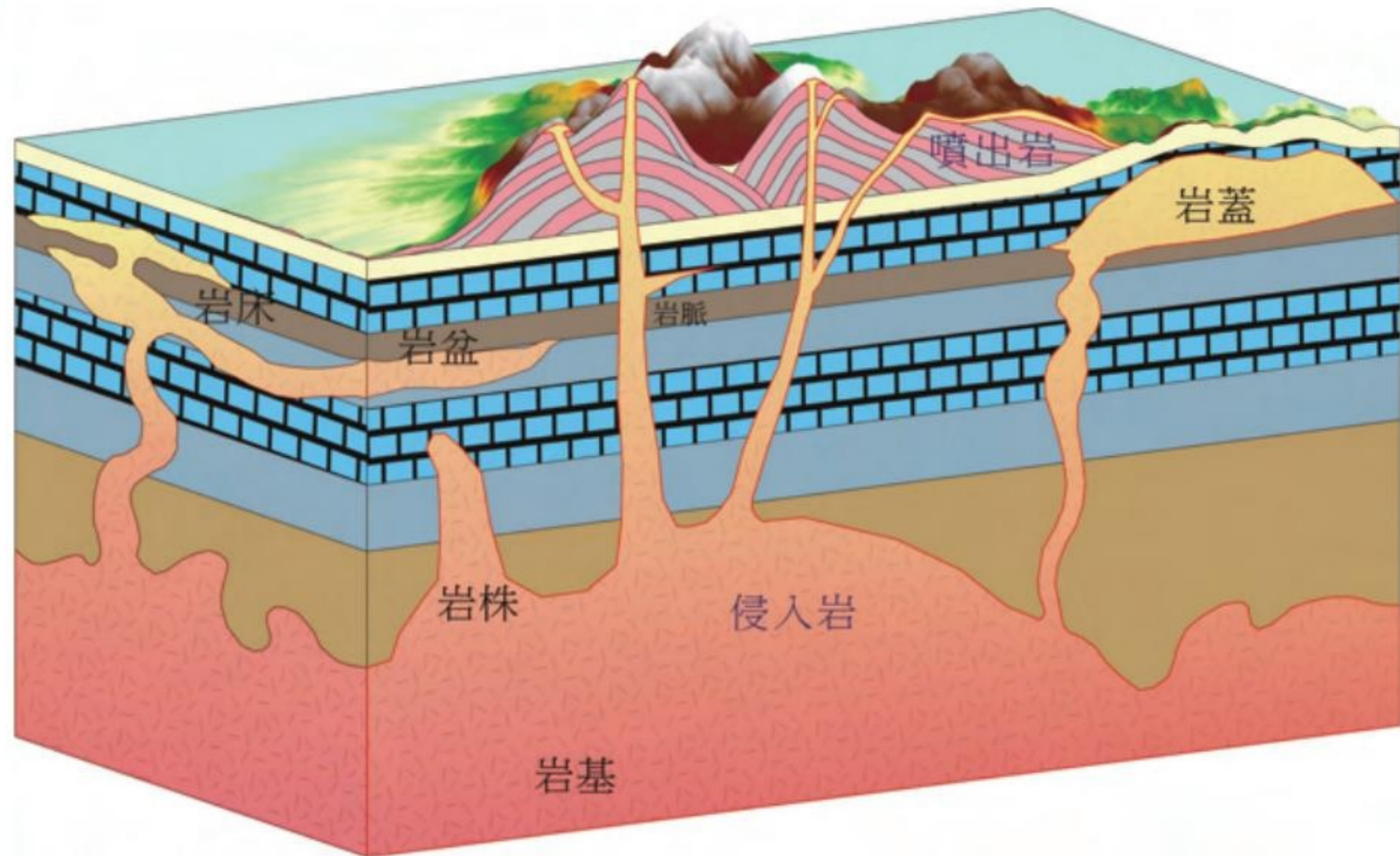
在板塊邊界，地函岩漿沿著地殼裂隙湧出地表，形成了「火山」。「擠壓型板塊邊界」與「張裂型板塊邊界」分別製造了不同類型的火山，沿著邊界形成一系列數千公里的火山鏈。

板塊構造環境分為兩種，一屬於張裂型板塊邊界，如位於海洋板塊的「中洋脊」與「大陸裂谷」。另一屬於擠壓型板塊邊界，如位於大陸與海洋板塊間的「隱沒帶」。這些環境都會在板塊相互擠壓、拉張的作用下，產生地底的岩漿活動。

另一種火山較少見，叫做熱點，是板塊下有個長期固定的岩漿柱（稱為熱柱或地幔柱），熱源來自深部的地函與地核邊界，熾熱、狹窄的岩漿柱上升到地殼下，燒熔地殼，湧出地面形成火山（圖A3）。熱點火山會隨著板塊移動，離開熱柱後就死亡，但熱柱上又會形成新生火山，周而復始，便出現了一系列火山鏈。最著名的，就是太平洋板塊當中的夏威夷—帝王海山島鏈，延伸長達5000多公里。

火成岩的外觀結構

所謂「火成岩」，泛指岩漿凝固而成的岩石，首先，從外觀結構來認識。岩漿冷卻成為岩石時的深度，決定了火成岩的外觀結構。岩漿凝固的時候是否湧出地面是分類關鍵，可分為以下兩大類：「侵入岩」與「噴出岩」（圖B1）。這兩大類火成岩，外觀結構（產狀）截然不同。



▲圖B1 岩漿侵入地殼中冷卻形成的岩石稱為侵入岩，有各種不同的型態。岩漿噴出地表產生的岩石稱為噴出岩，或稱為火山岩，有火山碎屑岩(火山灰與火山角礫岩)與熔岩。

侵入岩又分為深成岩與淺成岩，岩漿從地函侵入地殼中，在地底冷卻凝固，有各種不同的型態，如岩基、岩株、岩盆、岩蓋、岩脈。噴出岩（又稱為火山岩），則是岩漿噴出地表後才冷卻凝固的岩石。

侵入岩

岩漿從地函上升穿入地殼，若停滯在地下，冷卻之後形成堅硬的岩石，稱為侵入岩，依凝固的地殼深度，又分為「深成岩」（>3公里）與「淺成岩」（<3公里）。

由於岩漿停滯地下，岩漿溫度可以維持較久，因此在緩慢冷卻的過程中，其中的礦物有足夠的時間結晶，可長成較大的晶體。通常，愈深處形成的礦物顆粒愈大，所以與淺成岩相較之下，深成岩的礦物晶體較大。如花崗岩屬於深成岩，肉眼可見數公釐至數公分的石英、



▲圖B2 玄武岩岩脈像一道筆直的矮牆，或稱為岩牆（北寮）。

正長石、雲母等的礦物結晶；輝綠岩屬於淺成岩，斜長石或輝石的結晶礦物同樣肉眼可見，但顆粒僅數公釐。

侵入地下的岩漿冷卻形成岩石，在不同的深度、不同的地底環境，岩體外形、大小不一，大致可分為：岩基、岩株、岩盆、岩蓋、岩床、岩脈（圖B2）等不同結構（圖B1）。一般而言，岩基或岩株的位置比較深，多出現深成岩，其餘大都位於淺部，所以多出現淺成岩。



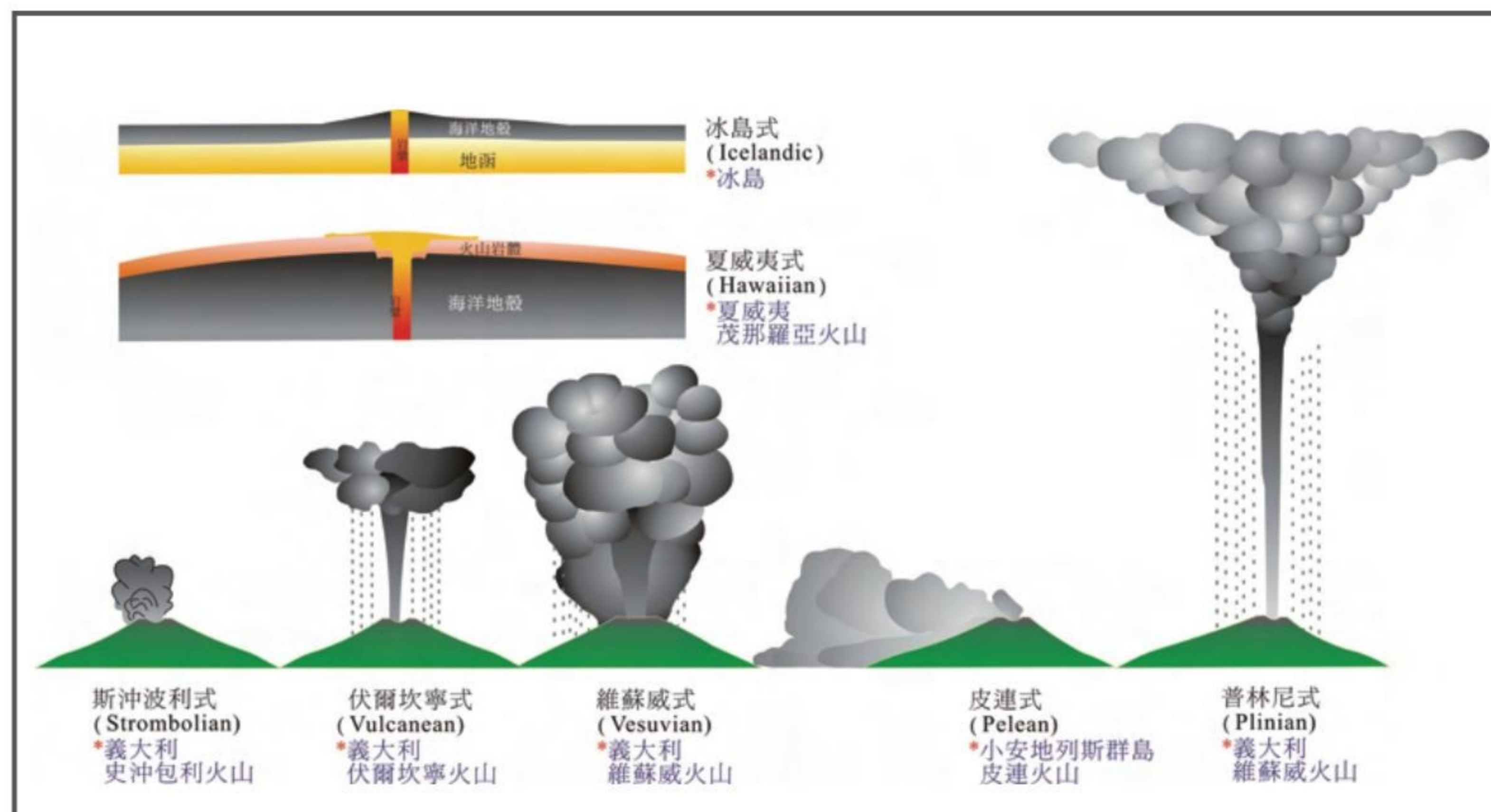
◀圖B3 玄上部黑色岩層屬於玄武岩熔岩，覆蓋在一層層黃色凝灰岩之上。這些凝灰岩是從玄武岩風化侵蝕下來的碎屑堆積而成，稱為再積性火山碎屑岩（東吉嶼）。

噴出岩

一旦岩漿突破地殼、噴出地表以後，才凝固成火成岩，便稱為「噴出岩」或「火山岩」（圖B3）。噴出岩可依據岩石產狀（外觀結構）分為「火山碎屑岩」與「熔岩流」。火山碎屑岩又依顆粒粗細再分為「火山灰」與「火山角礫岩」。

火山岩的產狀取決於火山噴發的形式，噴發形式可分為以下7種（圖B4）：

- **冰島式、夏威夷式**：屬於寧靜式噴發，不會爆發火山灰或火山彈，只有熔岩流從火山口溢流出來，如洪水朝四方漫流。
- **斯沖波利式、維蘇威式**：屬於爆發型，會噴出火山彈或熔岩，以及少量火山灰。
- **伏爾坎寧式、皮連式、普林尼式**：屬於猛爆型，會噴出大量氣體、火山灰與火山彈，造成較大的環境衝擊。



▲圖B4 火山依照噴出火山物質多寡、爆發威力或噴發型式分為七種型態。

決定火山噴發的形式，
岩漿成份，

火山以哪種形式噴發，取決於岩漿的黏稠度，黏稠度又取決於岩漿的溫度、成份與氣體含量，其中，又以「岩漿成份」這因素最重要。

岩漿成份中，影響最直接的，就是二氧化矽（SiO₂）的含量，不僅決定火山噴發形式，乃至火山岩的產狀。

岩漿二氧化矽含量越多，越酸性，黏稠度就變大，噴發形式越猛烈。岩漿越基性，黏稠度越小，火山不易猛烈噴發，而是緩和地溢流。

SiO ₂ 含量	岩漿種類	溫度	黏稠度	氣體含量	噴發型態
< ~54%	基性 mafic	~1100	低	低	洪流式
54-65%	中性 intermediate	~1000	中	中	爆發式
> ~65%	酸性 felsic	~800	高	高	猛爆式

此外，岩漿中氣體的多寡，也會造成不同的噴發形式。

岩漿中經常含有揮發性氣體成份（H₂O、CO₂、H₂S、F、Cl），當岩漿往上湧升解壓時，會釋出氣體形成氣泡，氣泡愈多，岩漿內部壓力（氣壓）也隨之增加。等到岩漿中氣壓大於周圍岩層壓力，岩漿就會爆開，產生火山噴發。

此現象如同搖晃汽水瓶後打開瓶蓋的情景。汽水原溶解大量的二氧化碳氣體，受搖晃後，二氧化碳氣體釋出變成氣泡，瓶內壓力快速增加，瓶蓋一旦被打開（釋壓），瓶中汽水與二氧化碳氣泡瞬間大量噴出，就如同猛爆形式的火山噴發。

決定火成岩的岩性，
岩漿成份，

地質學家依二氧化矽的含量，大致將火成岩的岩性區分出「酸性——中性——基性」三大類。因此，火山岩可細分為：流紋岩、安山岩與玄武岩。

流紋岩：屬酸性火山岩，火山都呈現猛爆式噴發，噴發物都為火山彈與火山灰，不會有熔岩流。

安山岩：屬中性火山岩，火山噴發方式常為爆發式，偶有熔岩流，火山岩產狀有凝灰岩、火山角礫岩，以及熔岩。為了清楚區別它的岩性與產狀，會稱為安山岩質火山角礫岩與安山岩質熔岩。

玄武岩：屬基性火山岩，火山噴發方式大都為洪流式，少有火山角礫，產狀大都屬於火山熔岩，也稱為玄武岩質熔岩。



▲上層黑色具柱狀節理是玄武岩質熔岩，覆蓋在呈層的凝灰岩（再積性火山碎屑岩）之上，接觸面有一層紅色土壤（七美嶼）。

來自不同板塊環境的火成岩

決定岩漿噴發形式、火成岩產狀、火成岩岩性的最重要因素，是岩漿中的二氧化矽成份，而決定二氧化矽成份多寡的關鍵，在於不同的板塊構造環境（圖A3）。

岩漿皆來自地殼下的「地函」，當岩漿的來源深度不同，成份便不同。當岩漿來自不同的深度，來自不同的板塊構造環境，部分熔融效應、岩漿演化過程也會製造出不同成份的岩漿，凝固成不同種類的火成岩。

以下就依這三大類板塊構造環境，來說明幾種常見的火成岩。

隱沒帶的火成岩

當相鄰兩個板塊互相擠壓，之後，比重較大的海洋板塊就會被擠壓下沉，「隱沒」到另一比重較小的大陸板塊之下（圖B5）。通常海洋板塊隱沒到深度約75~120公里的地函時，會熔融形成岩漿。

這環境產生的岩漿，除了海洋板塊（包括洋底沉積物、海水），還包括隱沒帶上方的楔形地函，也熔融了大陸地殼的物質，所以岩漿成份偏向中性、酸性（ $\text{SiO}_2 > 65\%$ ）。隱沒帶常見的岩石有：侵入深層地殼的酸性「花崗岩」，噴出地表的中性「安山岩」或酸性的「流紋岩」。

大陸裂谷的火成岩

這種板塊張裂的環境位在大陸地殼當中：地殼底下的地函岩漿對流造成大陸地殼上拱張裂、變薄，最後裂開形成大陸裂谷。假如持續張裂，新的海洋板塊會出現於裂谷中間，成為新的海洋（圖B5），如現今的東非裂谷與紅海。

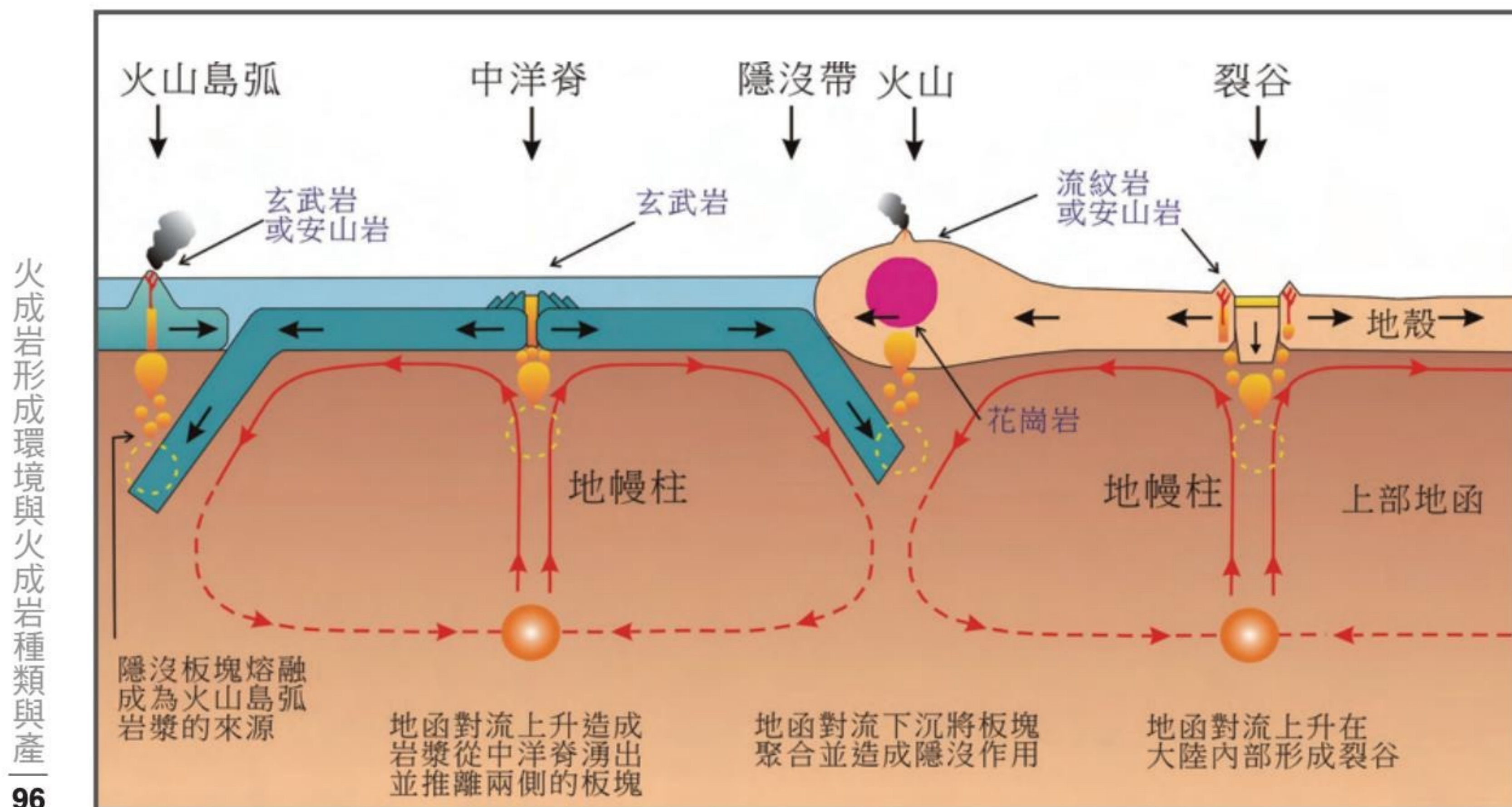
地函岩漿上湧、穿透大陸地殼的過程中，會混入一些大陸地殼的物質，改變了岩漿的成份。新的岩漿成份同樣較偏向中性、酸性，形成常見岩石有侵入深層地殼的酸性「花崗岩」，噴出地表的中性「安山岩」或酸性的「流紋岩」。

當地殼持續擴張變薄，被大陸地殼物質混染的機會變少，岩漿成份就會逐漸穩定成為基性的「玄武岩」，形成大規模玄武岩的海洋地殼。

6500~3000萬年前，東亞地區在地殼張裂作用下，火山都以爆發式噴發，產生安山岩的火山碎屑岩，花嶼的安山岩火山岩與熔岩就屬於這時期的火山。3000~800萬年前，持續張裂作用下噴發的火山岩就屬於洪流式的玄武岩熔岩流；如澎湖群島的玄武岩熔岩形成的火山熔岩平台。

中洋脊的火成岩

中洋脊通常出現在海洋地殼之內，岩漿從地函直接湧出（圖B5），雖然也會混染到其它海洋地殼物質，但成份是相似的，所以中洋脊噴出的岩漿都屬於基性「玄武岩」熔岩流。3000~1500萬年前，南中國海形成的地殼就屬於海洋地殼。



火成岩形成環境與火成岩種類與產
96

▲圖B5 各大地構造環境之下產生的火山產狀與火成岩種類都不同。

從這三種產生火成岩的地球板塊環境而言，各種火成岩的形成與大地構造環境有著非常密切的關係。無論擠壓型或張裂型環境，只要岩漿受到大陸地殼物質的混染，火成岩就會趨向中性或酸性的成份，噴發的火山岩以火山角礫岩與火山灰為主，有流紋岩或安山岩。若處於海洋板塊當中，沒有受到大陸地殼物質的混染，火成岩就會趨向基性玄武岩的成份，噴發岩以熔岩流為主。

澎湖群島火山岩

澎湖群島火山岩除了花嶼屬於安山岩之外，其它島嶼都屬於玄武岩。花嶼火山岩形成於6500萬年前，此時東亞的大地構造環境剛發展成為張裂環境，地函岩漿湧出穿透厚層的大陸地殼，造成大陸地殼物質混染比率較高，岩漿成份趨向於中性安山岩，噴發方式屬於爆發式，以火山角礫為主。6500~3000萬年前，臺灣的火山噴發也都屬於此類型，噴出的火成岩為安山岩質火山灰與火山角礫岩。

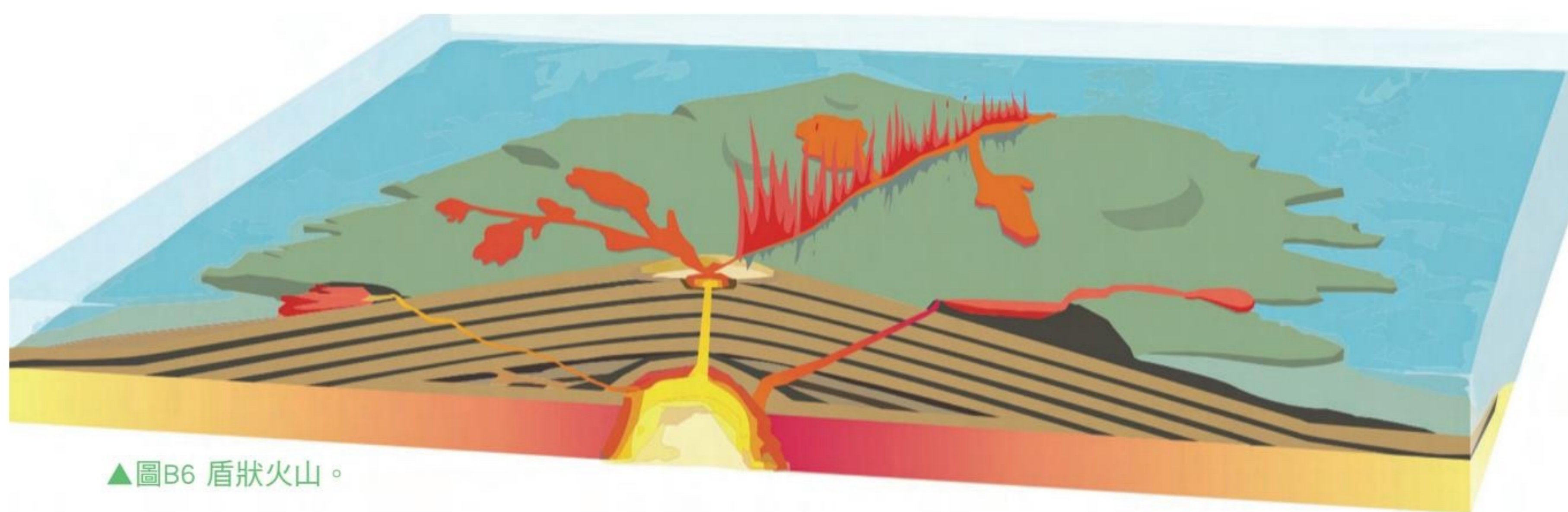
3000萬年前之後，地殼拉張逐漸變薄，岩漿受到大陸地殼物質混染比率較低，岩漿成份屬於玄武岩，噴發方式都為寧靜式的熔岩流。澎湖群島的火山岩都屬於1600~800萬年前噴發的玄武岩熔岩，以及經過風化侵蝕堆積的火山碎屑岩（再積性火山碎屑岩）。此時期臺灣的火山活動，僅零星發生在一些地點，且短暫噴發玄武岩熔岩。

澎湖群島玄武岩的火山外型與熔岩結構

澎湖群島位在歐亞板塊的內部，由於白堊紀的太平洋海洋板塊的隱沒擠壓停止了，板塊構造環境轉為拉張，歐亞板塊的張裂導致地函岩漿穹起上湧，在歐亞板塊東側的板塊內部形成大區域的對流熱柱，約6500萬年前開始一系列岩漿活動，由早期爆發型的錐狀火山，轉變為洪流型的熔岩流，形成盾狀火山，直到約800萬年前才全面停止火山活動。澎湖群島因此成形。

火山外型

澎湖群島是洪流式熔岩流形成的熔岩，由於「玄武岩熔岩」的黏稠度較低，岩漿從裂隙狀的火山口溢出時，像洪流一般快速的朝四面八方的低地漫流到很遠，形成廣大且平坦的「熔岩台地」，也因為火山外型像武士的盾牌，因此稱為「盾狀火山」（圖B6）。大屯山火山噴出的岩漿是黏稠度高的「安山岩熔岩」，岩漿流動不遠就冷卻成堅硬的岩石，就呈現凸起的「鐘狀火山」外型。



▲圖B6 盾狀火山。

澎湖群島涵蓋的面積約有1000平方公里，可讓我們想像1000萬年前的澎湖正處於大規模噴發的活躍期，當時熾熱的熔岩流像洪水一般四處漫流的景象。

澎湖的基性玄武岩熔岩大規模噴發時，熔岩可流到數公里之外，盾狀火山坡度非常和緩，在外側的坡度大約2度，靠近火山口處可達到10度。盾狀火山通常會由多次熔岩流層層堆疊，形成廣大的平台，也稱為熔岩平台，雖然澎湖群島長期受到海浪的沖蝕，原來的火山外型已遭大規模破壞，但從侵蝕殘餘的島嶼外型與結構，仍具有平台狀（方山），海崖剖面也清楚看出層層的熔岩結構。

熔岩中的氣泡結構

玄武岩熔岩雖然不像酸性火山岩含有大量的氣體，但在岩漿湧出地表附近時的解壓作用，還是會釋出其中的揮發性氣體，在岩漿中形成氣泡，一旦氣體逃逸了，氣泡的形狀便遺留下來，形成許多圓型或橢圓型的孔洞。

熔岩流動時，這些氣泡在會被黏稠的岩漿拖曳，變成橢圓型或扁平狀，與流動的底面或熔岩流的頂面平行排列（圖B7）。若發現玄武岩含有層層排列的氣孔結構，就可找到與之平行的熔岩流動層面。

此外，氣泡體積較大時，當氣泡的浮力大於岩漿的黏滯力，氣泡就會在岩漿中上升，留下一條條垂直層面的豎管狀痕跡，稱為「氣孔柱」（圖B8），又稱為「氣泡逃脫構造」，通常出現在熔岩流的底部。氣孔柱假如在枕狀玄武岩中形成，就會呈現放射狀。

熔岩中的柱狀節理

熔岩冷卻、收縮造成的岩石破裂稱為「柱狀節理」或「冷卻節理」，與其他受力破裂的節理不同。形成柱狀節理的火成岩不僅僅有玄武岩熔岩，安山岩熔岩與熔結凝灰岩當中也可發現。

柱狀節理的截面成多邊型，通常呈四至八邊形，其中以六邊形最常見（圖B9）。柱狀節理的高度通常為1至5公尺，



▲圖B7 上層熔岩分布許多的氣孔，愈上部的氣孔愈大，底部則呈現管狀氣孔（將軍澳嶼）。



▲圖B8 熔岩中垂直層面的氣孔柱，裡面含有後來填充的次生礦物（將軍澳嶼）。

最高可達30公尺（圖B10），截切面直徑通常小於1公尺，但也可達到3公尺。

熔岩柱狀節理破裂的裂面通常與冷卻面垂直（圖B11），就是會垂直熔岩流底部與地表接觸面及熔岩流頂部與空氣的接觸面，所以，節理面就會垂直熔岩的層面發育（圖B10）。

一次熔岩流冷卻形成的熔岩，通常發育出三層厚度十數至數十公尺的柱狀節理（圖B12）；底層與頂層因為與地面及空氣接觸而快速冷卻，形成規則狀的垂直節理，中層因為冷卻速度較慢，而產生不規則狀的節理面（圖B11, 圖B13）。

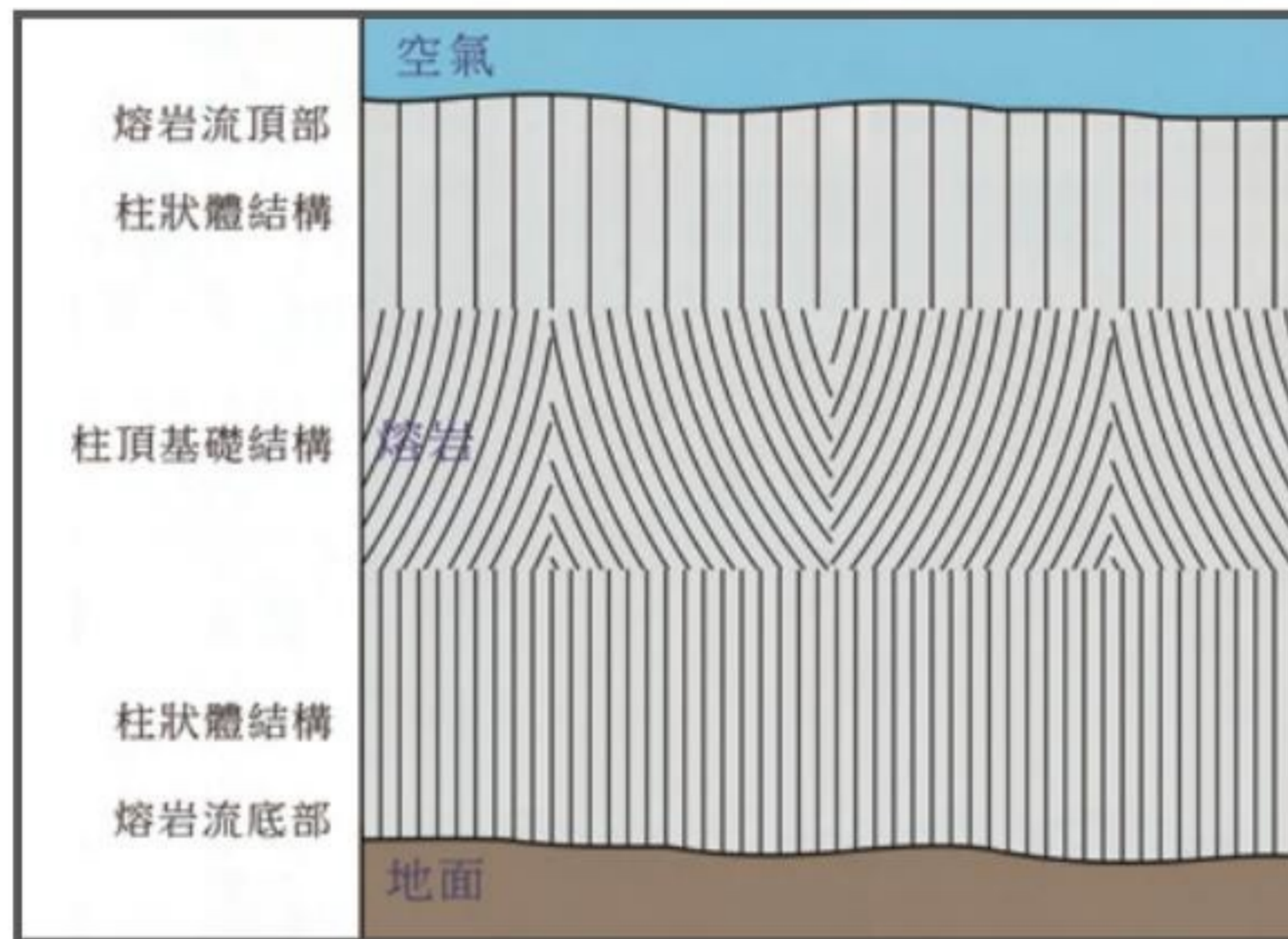
常見的柱狀節理型態都呈層狀，這是因為熔岩流大都沿著水平的地面層層流

動。假如地表面凹凸不平，或熔岩侵入裂隙中（岩脈），就會發育出各種型態的柱狀節理（圖B14，圖B15）：

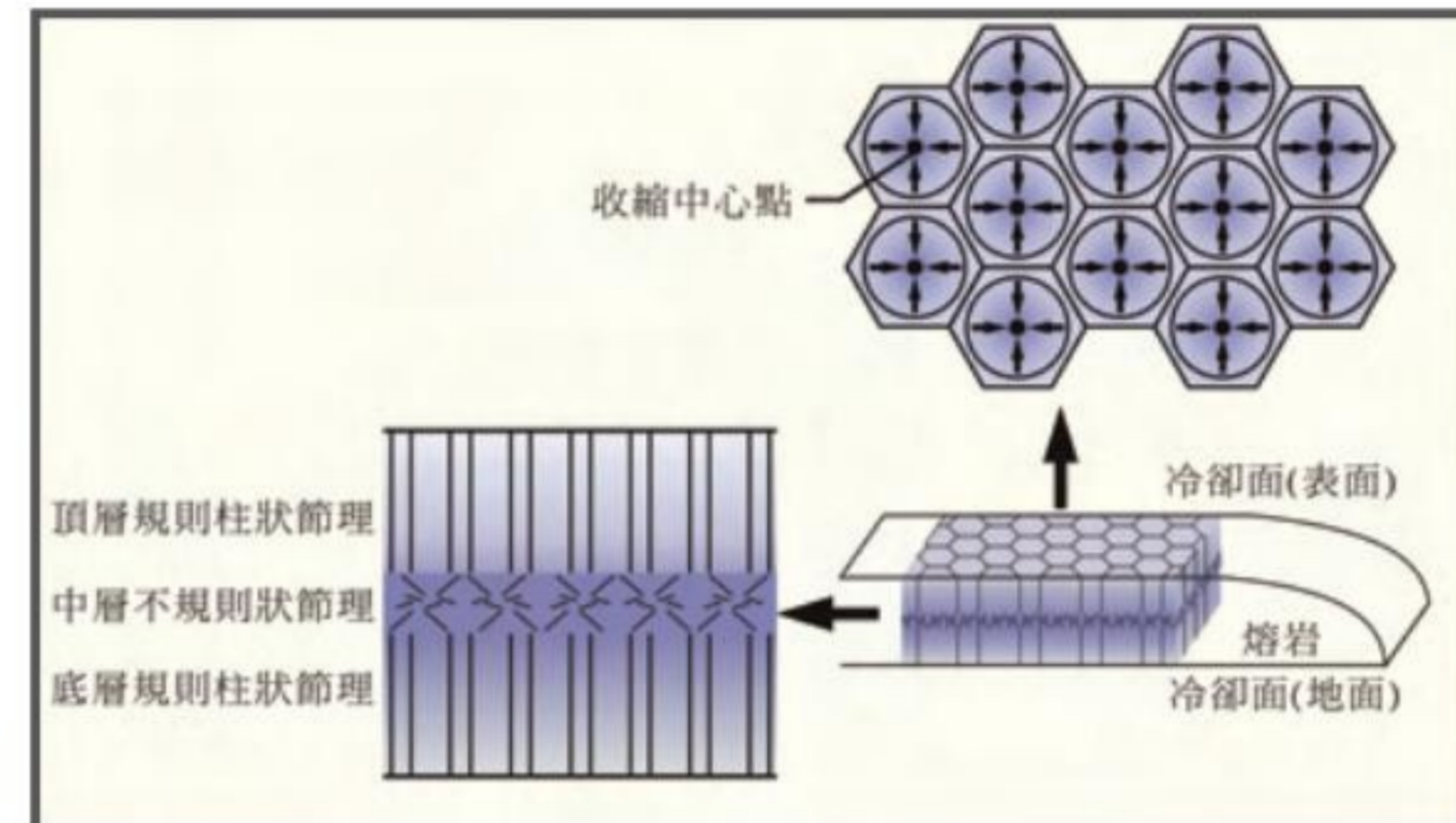
- 山型：出現於有多個冷卻面的環境，如岩石裂隙。
- 玫瑰花型：形成於岩漿的噴出口，岩漿湧出形成圓丘狀（圖B16）。



▲圖B9 柱狀節理截面外型通常呈四至八邊型（東吉嶼）。



▲圖B11 柱狀節理型態都與地面呈垂直。



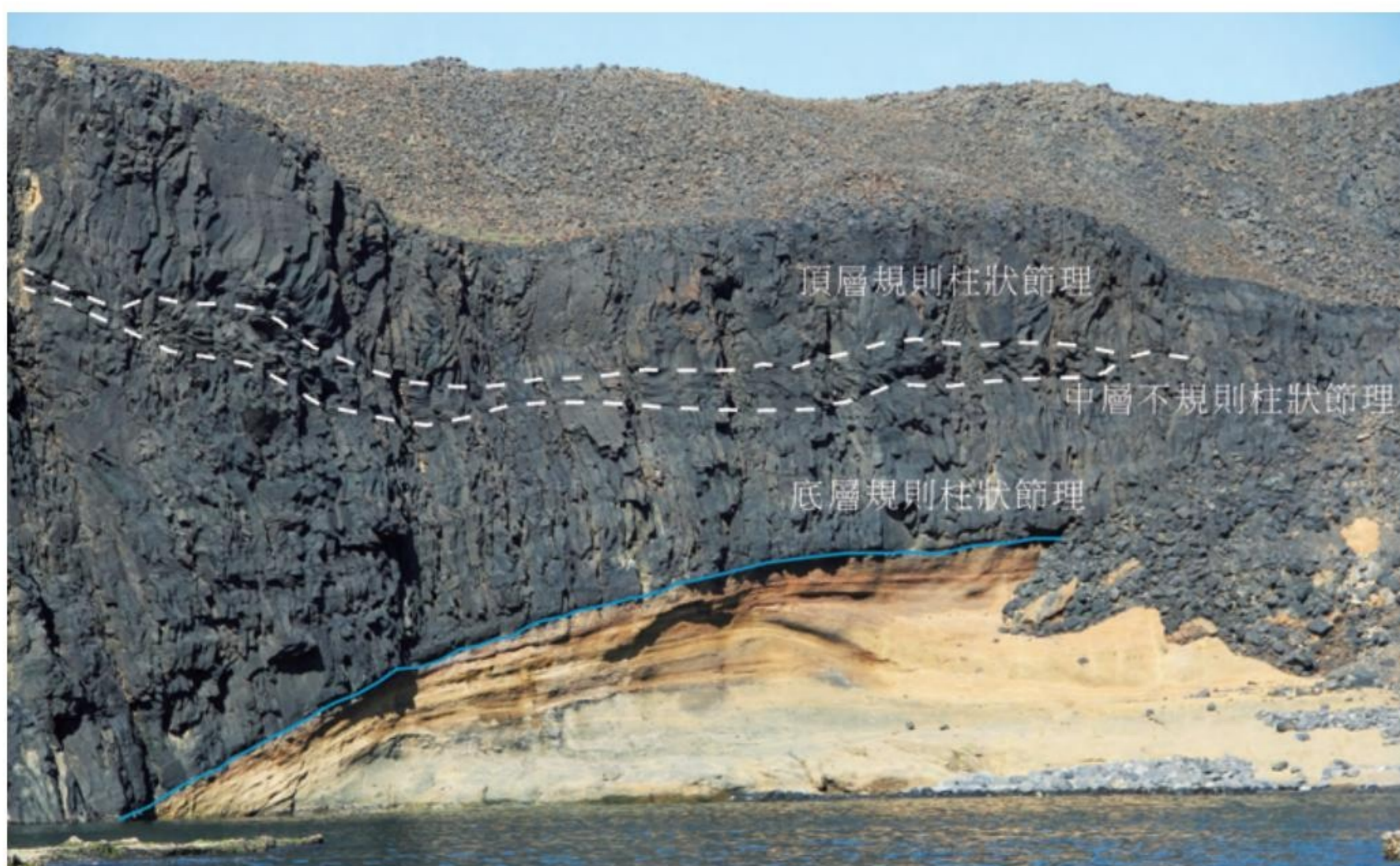
▲圖B12 熔岩形成的節理通常分為三層。

▼圖B10 垂直柱狀節理（七美嶼）。

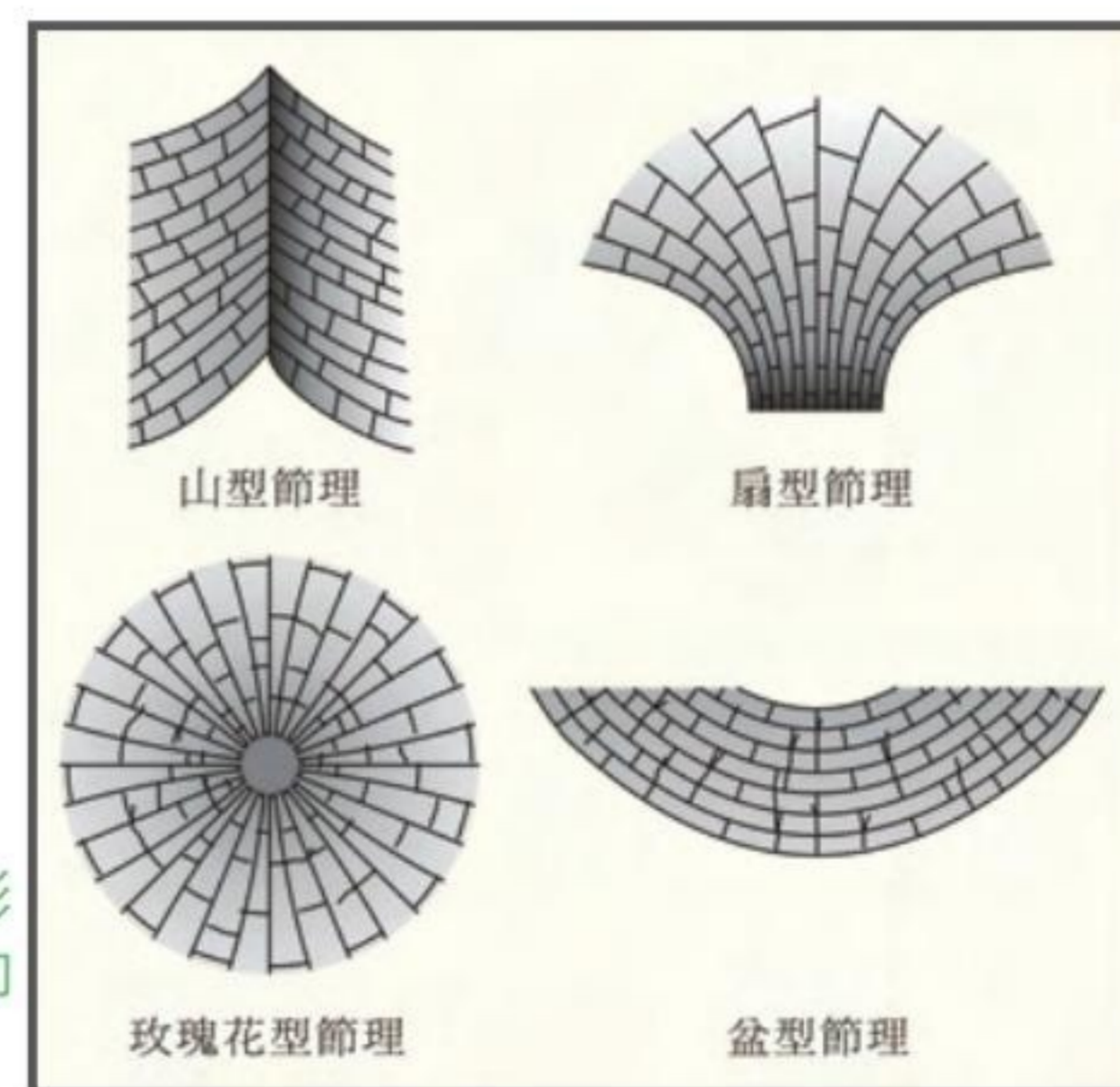


●扇型：形成於岩漿流入凹谷處（圖B17）。

●盆型：出現於冷卻面呈弧形的環境。



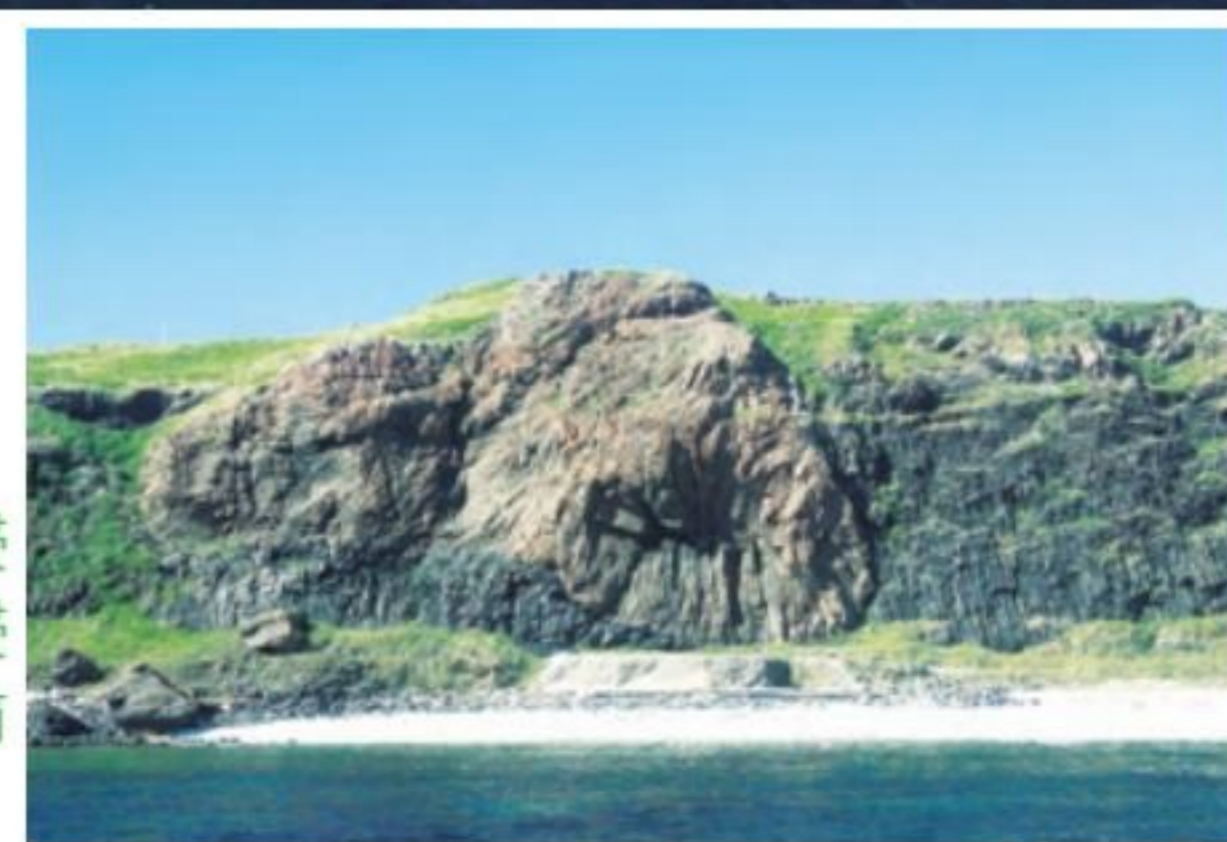
▲圖B13 熔岩形成三層節理，熔岩底部與地面（藍線）的接觸面，黃色沉積岩是火山碎屑岩（鋤頭嶼）。



►圖B14 柱狀節理分為四種型態，形成原因與熔岩流接觸冷卻面的形狀有關。



▲圖B17 當熔岩的接觸面不是水平時，柱狀節理會形成傾斜，尤其侵入岩層中的岩體（七美嶼）。



▶圖B16 『東吉之眼』是岩漿（棕色）侵入柱狀玄武岩（灰黑色）的侵入岩，冷卻後形成玫瑰花型節理（東吉嶼）。



▲圖B17 扇型節理，熔岩底部接觸面（白線）呈現凹槽狀的弧形面（東吉嶼）。

附錄C 礦物與岩石

貓嶼

望安

將軍嶼

頭巾嶼

西嶼坪

東嶼坪

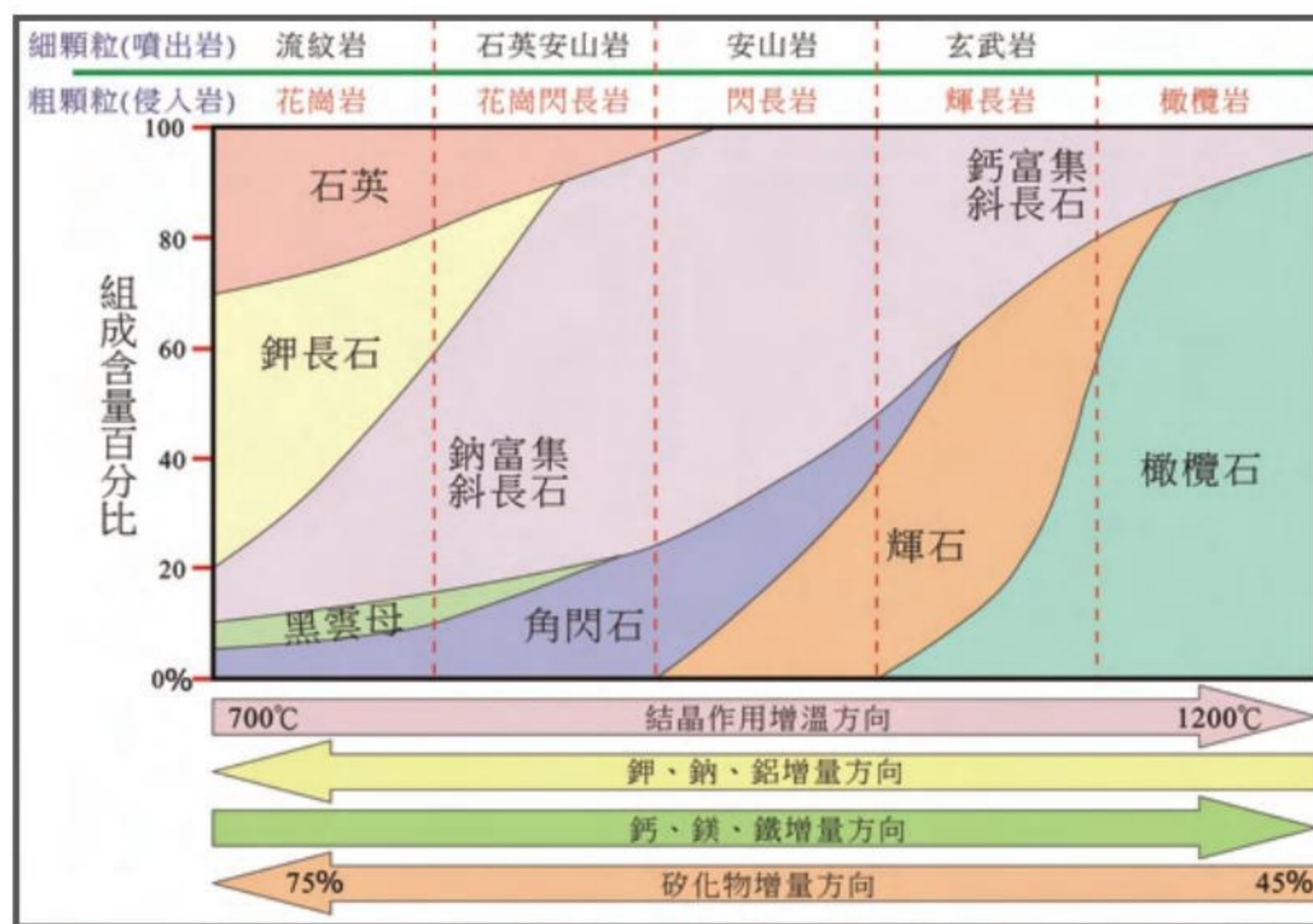
鋤頭嶼

西吉嶼

東吉嶼

澎湖群島的火山岩，除了花嶼為「安山岩」，其餘都為「玄武岩」。火成岩的種類與所處的板塊構造環境息息相關，從6500萬年前以來，澎湖一直處於大陸板塊內的張裂環境，所以早期形成安山岩，晚期形成玄武岩。

火成岩岩石內部的礦物結構組織與種類（圖C1），也與岩漿的演化過程密不可分。以下分別說明安山岩與玄武岩的岩石與礦物特色。



▲圖C1 火成岩分類是依據岩石中各種主要元素的含量，尤其是二氧化矽；或可以利用礦物種類來分類。

安山岩

花嶼的火山岩，約6500萬年前噴發的安山岩質火山角礫岩與少量的安山岩質熔岩。6500萬年前，東亞的板塊構造剛發展為張裂環境，基性的地函岩漿（ $\text{SiO}_2 < 54\%$ ）湧出必須穿透較厚的大陸地殼（酸性花崗岩質），部份熔融的過程混入了高比例的大陸地殼物質（ $\text{SiO}_2 > 65\%$ ），導致岩漿成分趨向中性（ SiO_2 約為54-65%）（圖C1），爆發式噴發出火山角礫為主，凝固後的岩性為安山岩。

安山岩的主要礦物有斜長石、輝石，部份有角閃石、黑雲母與磁鐵礦。安山岩另一個外觀特徵，那就是「斑狀」的結構：岩石可以看見大顆粒斑狀礦物分散在無結晶顆粒的岩質當中。大的斑狀礦物稱為「斑晶」，常見的有白色的斜長石、黑色的輝石，有時含有黑色的角閃石；而斑晶之間非礦物顆粒的基質，是尚未結晶的隱晶質火山玻璃，從顯微鏡下也可看出同樣的結構。

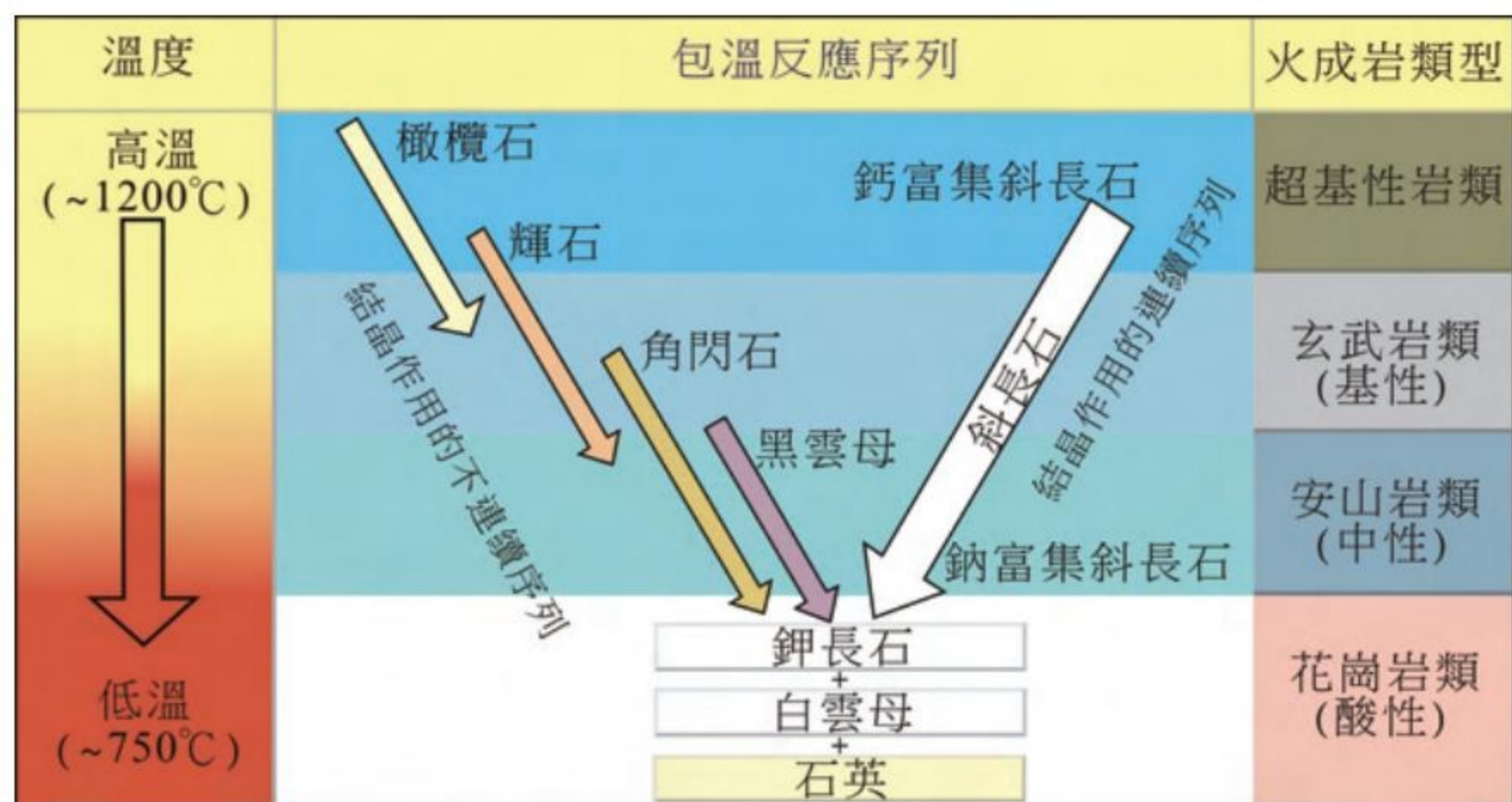
為何安山岩會呈現斑狀結構？

這與岩漿湧出的過程有關。安山岩質岩漿最初從地函上升侵入大陸地殼，在地殼中與周圍岩石產生熔融作用，高溫岩漿在地底歷經一段長時間，進行「結晶分化作用」而開始生成一些礦物（斑晶），之後，岩漿才噴出地表，快速冷卻形成尚未結晶的火山玻璃（基質）。安山岩也就有了斑晶、基質共存的結構。

玄武岩

3000萬年前之後，由於大陸地殼被拉張、逐漸變薄，地函岩漿湧出過程中，只少量發生部份熔融作用，較少被大陸地殼物質混染，因此與地函岩漿成份相近，岩漿的二氧化矽含量小於54%（圖C1），屬於玄武岩，噴發方式都為洪流式的熔岩流。

尤其是1400至800萬年前之間，是澎湖群島火山噴發的高峰，所見的火山岩都是玄武岩質熔岩，僅局部地點因岩漿與海水接觸，可能發生小規模爆發，產生火山碎屑岩。



▲圖C2 包溫反應系列，礦物在岩漿中生成的順序與溫度關係，以及不同種類火成岩中存在不同的礦物。

玄武岩的主要礦物有斜長石（鈣長石）與輝石，以及隱晶質的火山玻璃（圖C1，圖C2），部份地區含有橄欖石或橄欖岩團塊。

由於玄武岩岩漿從地函到地表所經歷的時間較短，岩漿來不及形成大的斑晶礦物，礦物顆粒都較小，甚至大部份是隱晶質的火山玻璃，僅含少量且微小的斜長石與輝石。

礦物

岩石是由各種礦物混合組成的。火成岩在岩漿冷卻過程中會分化、結晶出「礦物」，有的是肉眼可見的大顆晶體，有的則是玻璃質。火山活動的同時，在岩層中進行的「熱液換質作用」也會新產生一些礦物，稱為「次生礦物」。

岩石結晶分化的礦物

岩漿逐漸冷卻的過程中，因為溫度不斷變化，礦物的結晶也有一定的順序，地質學家稱為「包溫反應系列」（圖C2），並再細分成兩大類礦物序列：

- (1) 鐵鎂礦物
- (2) 斜長石礦物

當岩漿經過長期結晶分化作用，岩漿中熔點較高的礦物會先結晶出來，鎂、鐵、鈣等元素會優先進入礦物。漸漸地，岩漿的成份不斷改變，二氧化矽、鉀、鈉、鋁的比率則逐漸增加（圖C1）。

因此，岩漿冷卻時，會由高溫比較穩定的礦物先結晶，在鐵鎂礦物的不連續序列中，結晶的先後順序是：橄欖石、輝石、角閃石、黑雲母。

在這同時，也進行斜長石的連續序列結晶：先結晶熔點較高的「鈣」斜長石，隨著溫度逐漸降低，「鈉」的比率增加。溫度若繼續下降，還有正長石（鉀長石）、白雲母會接著結晶，最後是石英。

澎湖的玄武岩是由基性岩漿冷卻而成的，所以經由結晶分化作用產生的主要礦物有：鈣斜長石、輝石、橄欖石，磁鐵礦與鈦鐵礦，以及少見的角閃石。澎湖玄武岩中經常會找到「橄欖岩」團塊（圖C3），那不是岩漿結晶分化產生的礦物，而是從上部地函捕獲來的。其它少見的捕獲岩或礦物，還有安山岩、花崗岩、粒變岩、石英或巨大的輝石等。

次生礦物

次生礦物是岩石形成之後生成的礦物，與岩漿的結晶分化作用沒有關，但是會受到岩石或礦物成份的影響，因此許多次生礦物的元素是來源於岩石自身的成份，而部份可能由熱液或地下水從外處攜帶而來。所以次生礦物有的是自身岩石或礦物風化或成岩作用產生，另外是由熱液或地下水攜帶的礦物質沉澱產生的。

澎湖玄武岩的次生礦物有兩種來源，一充填在氣孔中，一是鎂鐵礦物風化產生的。風化



▲圖C3 玄武岩中捕獲的橄欖岩（望安嶼）。

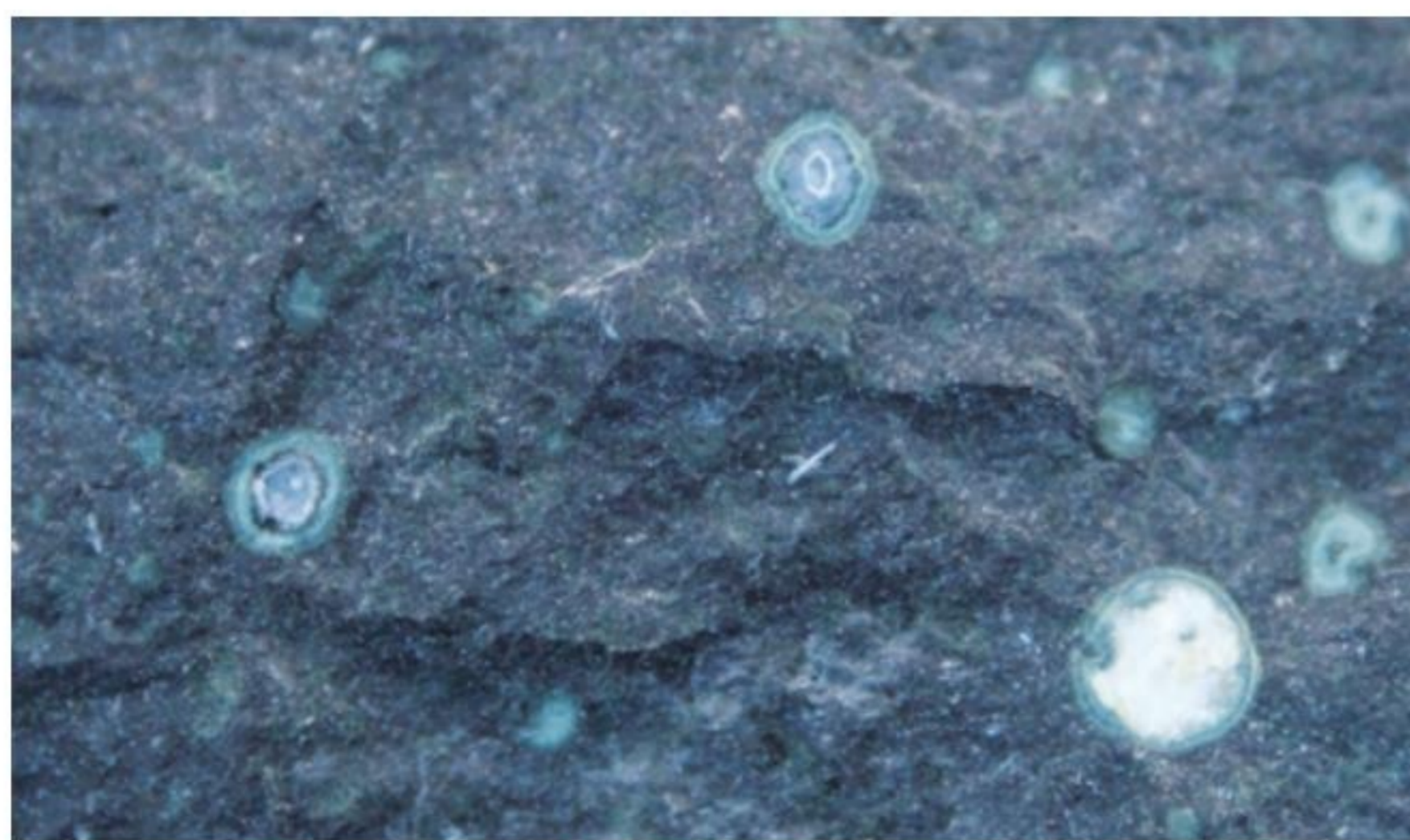
作用產生的礦物大都無法以肉眼辨識，必須以光學顯微鏡分辨，因此本書僅介紹充填在氣孔中、肉眼可辨識的礦物。

玄武岩經常有氣孔、晶洞（大氣孔或溶蝕洞）或裂隙，只要環境適當，地下水或海水流經孔洞時便沉澱下礦物質，形成礦物。澎湖常見的礦物有方解石、霰石、鐵白雲石、沸石、瑪瑙、蛋白石、玉髓、菱鐵礦、褐鐵礦等，有時也含一些黏土礦物，如蒙脫石、皂石。由於這些晶洞的礦物時時呈現透明、白、紅、綠、藍、紫等多彩顏色，俗稱為「文石」，常引起雅石愛好者的注目與收藏。

澎湖文石中充填的礦物以「方解石」與「霰石」為主，成分皆為碳酸鈣 CaCO_3 ，顏色主要為透明或白色。其它同為白色的伴生礦物，包含瑪瑙、玉髓等石英質礦物，另有菱鐵礦、褐鐵礦與鐵白雲石，呈現淡紅或褐色。

其實，方解石、霰石、瑪瑙、玉髓在沉澱結晶時，礦物質溶液中多含有其他微量元素或雜質，因此產生不同的顏色。文石的不同顏色色環（圖C4），表示每次沉澱時溶液的微量元素或雜質皆有所不同，進而可從色環的變化，分辨不同時期的沉澱。

晶洞中形成的碳酸鹽礦物，有三種來源（1）海水中的碳酸鹽，（2）有機質分解後產生的碳酸鹽，以及（3）由岩石或礦物溶解的碳酸鹽。這三種碳酸鹽的碳同位素組成都不同，



▲圖C4 氣孔中填充不同顏色環狀的方解石結晶。

可以從碳酸鹽礦物的碳及氧同位素分析，了解文石形成當時的溫度（氧同位素）與化學環境（碳同位素）。目前研究，表示澎湖玄武岩中的文石是形成在地表附近，霰石形成溫度約 20°C ，方解石形成溫度不超過 50°C ，文石的成份來源可能來自海水的碳酸鹽；沸石形成溫度約 100°C ，可能熱水溶液所沉澱結晶而成。

以下針對文石或晶洞中比較常見的9種礦物，簡單描述其基本性質：

1. 方解石 (圖C5)

成份：CaCO₃

硬度：3

比重：2.71

晶系：六方晶系

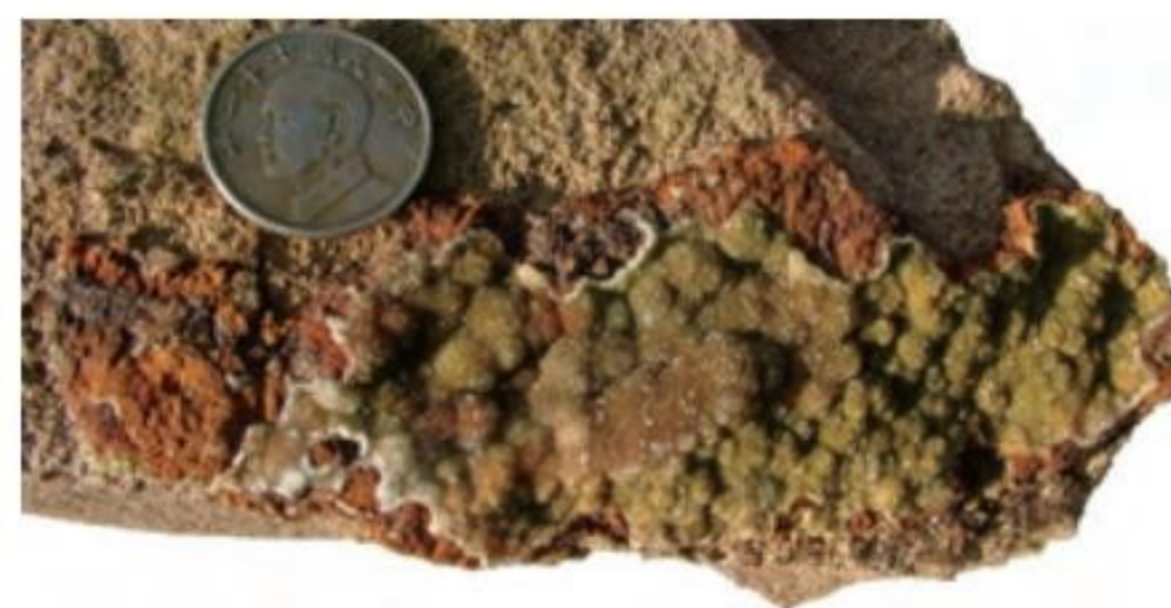
鑑定特徵：野外最

快辨別的方法，是以稀鹽酸滴在上面，碳酸鈣會立即反應冒出二氧化碳的氣泡。方解石也以最多樣的結晶外形著稱，至少超過千種 (圖C6)，其中以菱面體、偏三角面體與柱狀最常見。方解石的解理十分發達，受外力敲擊很容易沿菱面體方向裂開而呈現菱面體。方解石也以很強的雙折射效應著稱，當光線通過晶瑩剔透的方解石結晶 (俗稱冰洲石)，會分成兩組方向的光線，因為兩個方向的折射率有很大差距，由冰洲石透視下方的影像時，可以看到兩組重疊影像 (圖C7)。

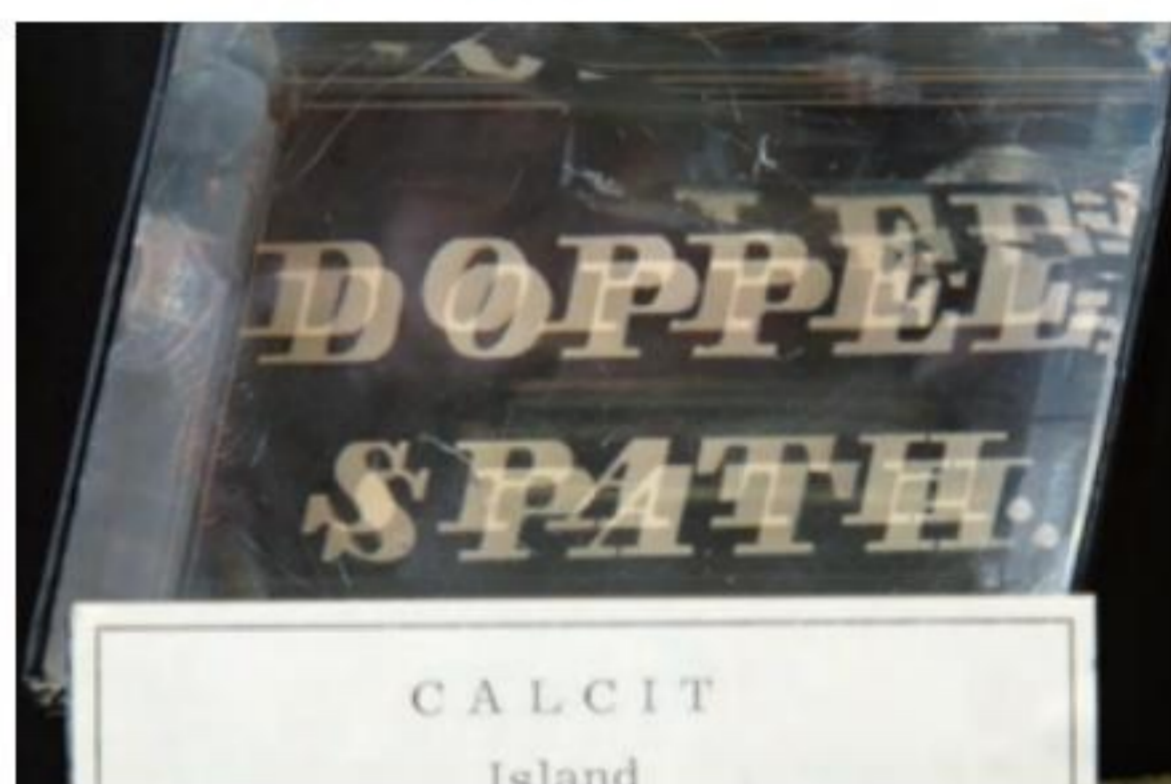
產狀：重要的造岩礦物之一，是沉積物在成岩過程最重要的膠結物，也常見於礦脈，是地表常見的次生礦物。此外，大部份的石灰岩都以方解石為最主要的組成礦物，通常是珊瑚礁或是生物碎屑堆積而成。少部份的方解石由碳酸鈣直接沉澱形成，例如鐘乳石，



▲圖C5 填充在管狀氣孔中的方解石結晶 (將軍澳嶼)。



▲圖C6 方解石，填充在玄武岩節理中 (將軍澳嶼)。



▲圖C7 冰洲石透視下方可以看到兩組重疊影像 (攝於維也納自然史博物館)。



▲圖C8 美國黃石公園溫泉沉澱的鈣華沉積物。

以及冷或熱的鈣質泉水形成的方解石沉積物，稱為鈣華，如美國黃石公園大面積的鈣華沉積物，而成為重要的地質景觀點（圖C8）。

2. 霰石（圖C9）

成份： CaCO_3

硬度：3.5-4

比重：2.94

晶系：斜方晶系

鑑定特徵：同為碳酸鹽類，遇稀鹽酸也會反應冒泡。但常見的晶形是針狀錐面體，晶體通常以聚集、放射狀產出，結晶也常形成雙晶而成假六方晶體，產地以西班牙亞拉岡最著名，也是霰石英文名稱的由來。

產狀：與方解石成份相同，卻具有不同的結晶構造。一般地表環境比較適合方解石生成，即使最初以霰石晶出，最終也將逐漸轉變成方解石的結構。



▲圖C9 填充在氣孔中的霰石結晶（將軍澳嶼）。

3. 菱鐵礦

成份： FeCO_3

硬度：3.5-4

比重：3.96

晶系：六方晶系

鑑定特徵：顏色呈淡棕到暗棕色，可溶於熱鹽酸並產生氣泡。晶體常呈菱面體（圖C10），具有彎曲的表面，也常見球狀結核。



▲圖C10 菱鐵礦礦物結晶，攝於維也納自然史博物館。

產狀：鐵元素在地殼排名第四，在較還原的環境，同時又有碳酸存在，就會生成碳酸鐵的菱鐵礦，因此常在黏土中發現，又被稱為「泥鐵礦」。

4. 鐵白雲石

成份： $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ ，與白雲石， $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 為完全固溶體，比重和折射率隨鐵質含量增加而增加。

硬度：3.5-4

比重：3.10

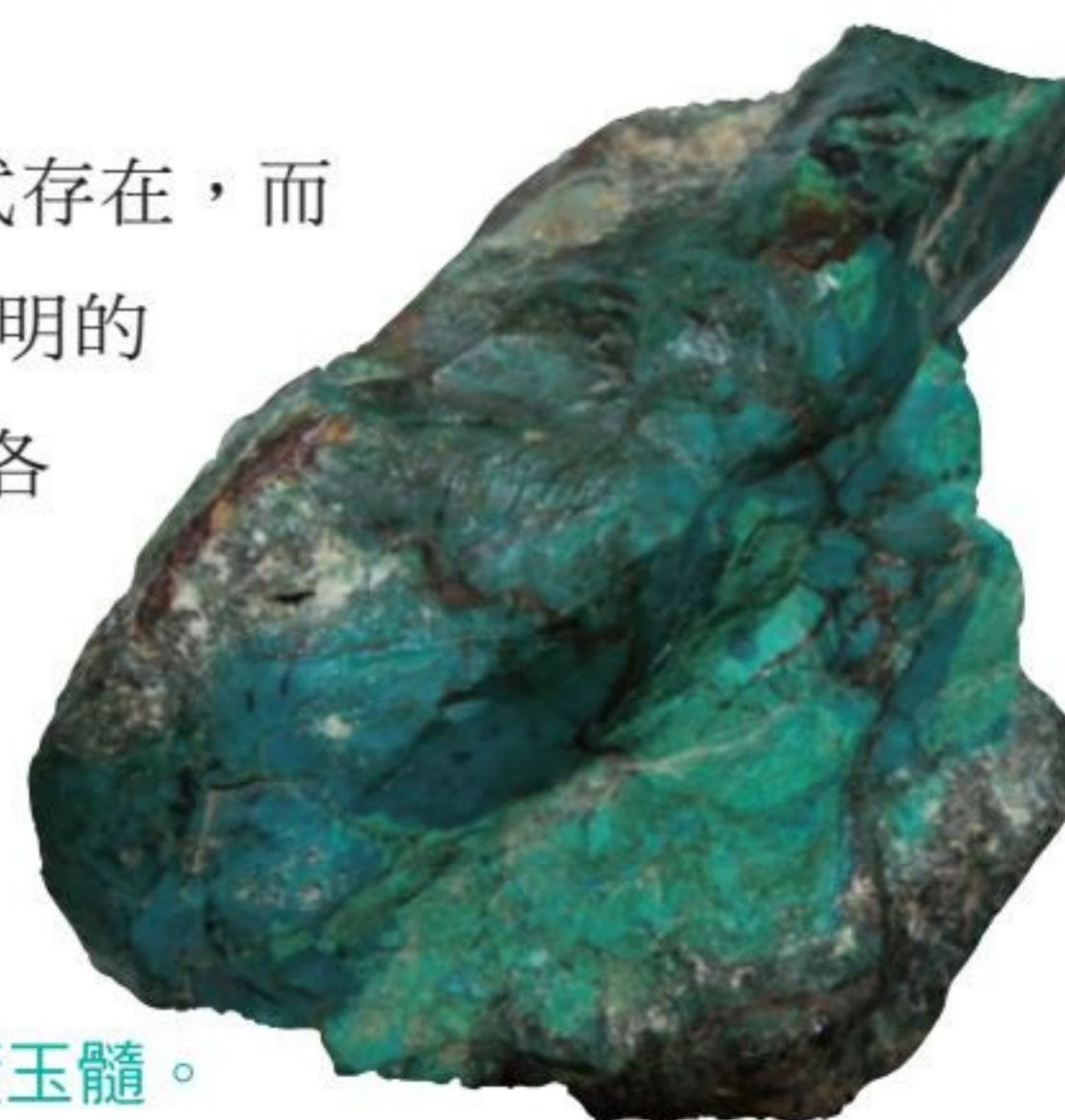
晶系：六方晶系

鑑定特徵：典型的鐵白雲石呈微黃的白色，鐵氧化會變成棕黃色。在冷鹽酸中反應很慢，但很容易溶於熱鹽酸並產生氣泡。通常沒有很好的結晶，若有結晶，外形與白雲石相似。

產狀：在碳酸質豐富的地表環境，鐵白雲石會自然晶出，或是以Fe置換碳酸鈣的Ca形成。由於玄武岩中FeO的含量可高達10%以上，風化過程鐵質很容易溶入地下水中，成為次生的鐵白雲石材料的來源，因此常在文石中形成暗棕色的紋帶。

5. 玉髓

石英是地表分布最廣泛的礦物，可以有許多不同的型式存在，而具各種不同的變種名稱。粗粒結晶稱為水晶，呈現無色透明的柱狀結晶，如果因為結晶缺陷或含有其他雜質時，會產生各種顏色不同的水晶，如紫水晶、粉晶、黃水晶或煙晶等。地表環境生成的石英，因為溫度與雜質的影響，較少可以長成粗粒結晶，常常是很小的結晶體呈纖維狀，如瑪瑙與玉髓（圖C11），或細粒狀的燧石與碧玉。



►圖C11 藍玉髓。

瑪瑙、玉髓可能在纖維或顆粒間混入其他雜質而呈現不同的顏色，這些雜質也會降低玉髓的硬度與比重。

成份： SiO_2

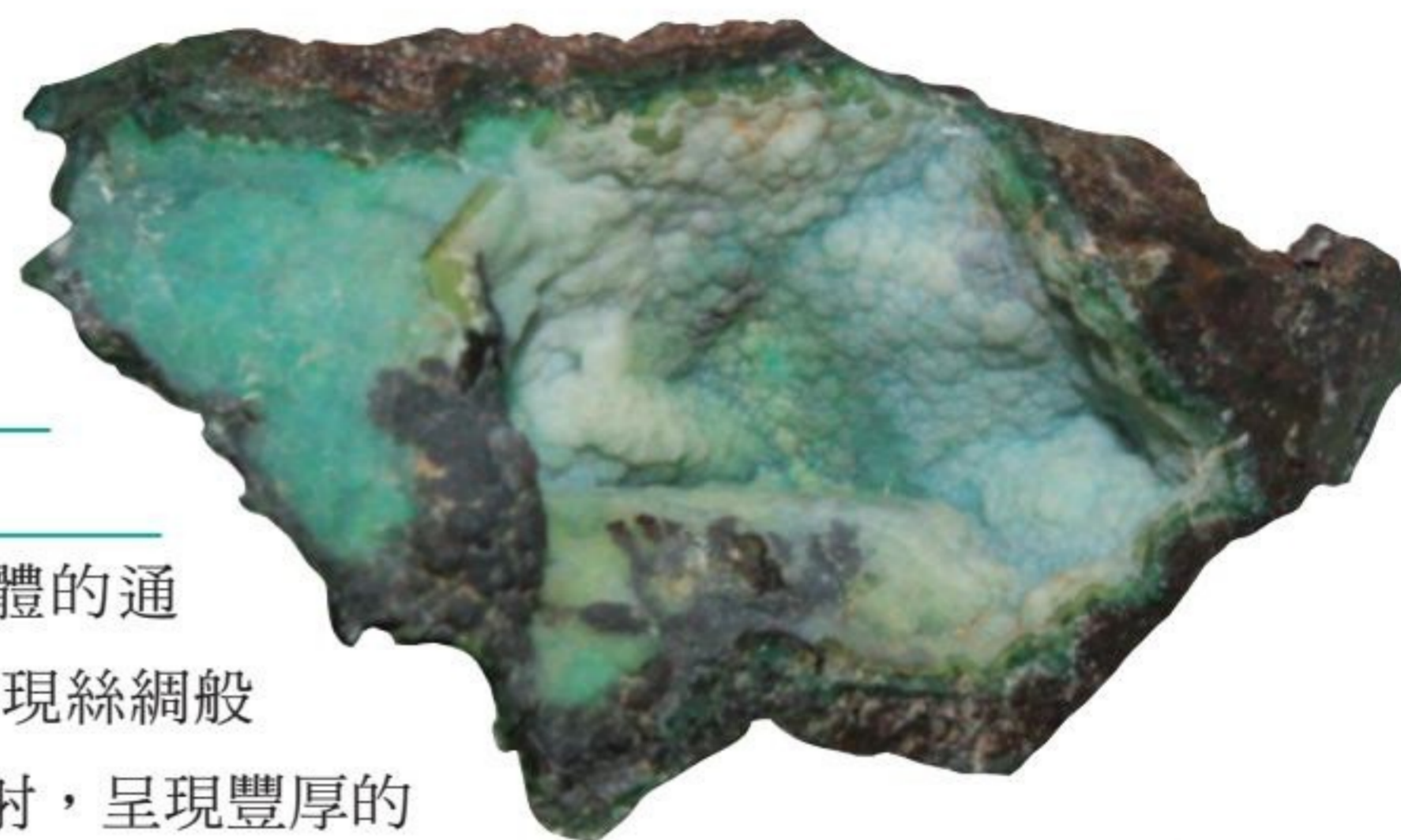
硬度： ~ 7

比重： ~ 2.65

晶系：六方晶系

鑑定特徵：玉髓為纖維狀的石英礦物聚合體的通

稱，為褐色至灰色、半透明，一般呈現絲綢般的光澤，光線受玉髓細微纖維組織反射，呈現豐厚的潤澤感，反成為玉髓的重要特色。也因為玉髓的纖維狀結構，讓玉髓的韌性十足，適合進行雕琢加工，與閃玉一樣成為巧雕的原料。



▲圖C12 葡萄狀外觀的藍玉髓。

產狀：玉髓常見於岩石裂縫或晶洞，由於二氧化矽普遍以膠體存在於地下水中，因此玉髓往往以襯底的方式，出現在晶洞的圍岩與大顆粒礦物結晶之間。地表的物理化學環境不甚穩定，地下水充滿各式雜質，非常適合作為結晶的核種，而長成許多的小結晶，這也是地表長成的次生礦物多呈球狀、葡萄狀（圖C12）、腎狀或乳房狀的隱晶質聚集體。

6. 瑪瑙

成份： SiO_2

硬度： ~ 7

比重： ~ 2.65

晶系：六方晶系

鑑定特徵：為不同顏色和孔隙度互層之玉髓，通常為細緻平行排列的帶狀呈同心圓（圖C13），某些瑪瑙的顏色變化並



▲圖C13 同心圓帶狀瑪瑙。

不呈帶狀而以不規則的形式分布，台北故宮博物院有名的五花肉石，就是帶狀瑪瑙經巧雕而成。一般商業用的瑪瑙，顏色都是人工處理的。

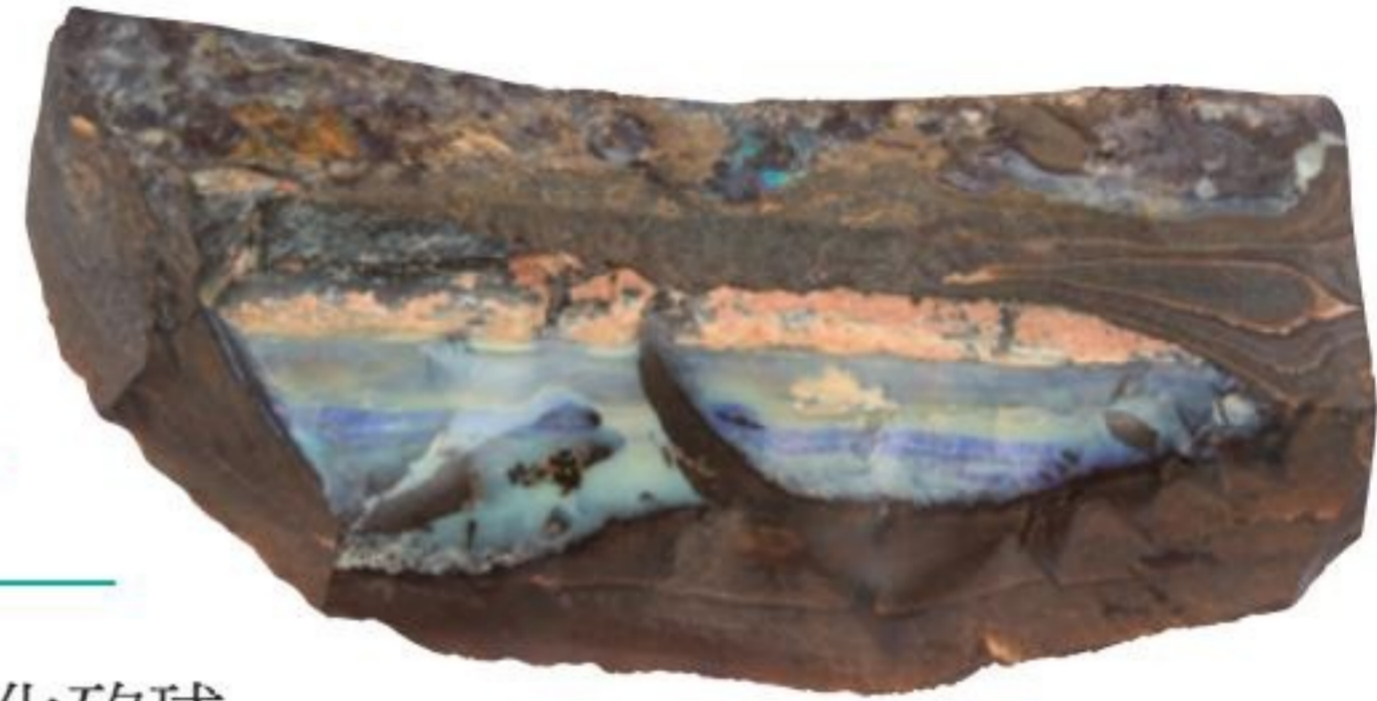
產狀：瑪瑙的產狀與玉髓類似，只是具條帶外形特徵的歸類為瑪瑙。

7. 蛋白石

成份：SiO₂ · nH₂O

硬度：5-6

比重：2.0-2.25



鑑定特徵：蛋白石是非晶質，可是基本組成的二氧化矽球

體卻是有序的排列。蛋白石依市場價值可分為「貴重蛋白石」與

「普通蛋白石」兩種，差別在於前者具有「變彩效應」：礦物內部因為緊密排列的平行面，讓入射光互相干涉產生繞射效應，轉動蛋白石，會出現不同顏色（圖C14）。貴重蛋白石根據顏色再區分成白蛋白石、黑蛋白石，與火蛋白石。

▲圖C14 蛋白石。



產狀：可經由溫泉、天水或低溫原生溶液在地表淺處生成。雨季時，大量降水溶解了地表岩石的二氧化矽並帶往地底岩石的孔隙間，等乾季來臨，地下水層的水分因熾熱的陽光蒸發，原本溶於地下水中，尤其是二氧化矽便以膠體形式沉澱而成蛋白石。澳洲南部乾燥的新南威爾斯省出產了世界最優質的蛋白石。

▲圖C15 亞利桑那石化森林國家公園。

二氧化矽的溶解度是與溫度及酸鹼度息息相關，在氣候乾燥或火山區域，偶然的驟雨特別容易把地表岩層或土壤中二氧化矽淋餘出來，由地下水或火山溫泉帶到特定區域沉澱，或取代樹木、貝殼、生物骨骼組織形成矽化木（圖C15）與化石。

8. 方沸石

沸石群礦物為一大群含水矽酸鹽類所構成，均具 AlO_4-SiO_4 四面體建構之網狀結構，澎湖的沸石大多為方沸石。

成份： $NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$

硬度： 3.5-5.5

比重： 2.0-2.4

晶系： 等軸晶系

鑑定特徵： 結晶相當不錯，常呈偏方面體。

產狀： 常見於玄武岩的孔洞中，為熱液作用之產物，形成溫度在 $100^{\circ}C$ 以上，與葡萄石、方解石等熱液礦物共生。

9. 褐鐵礦

褐鐵礦是野外使用的名稱，用來泛指無法確認成份的含水鐵氧化物，常為地表常見的針鐵礦與黏土礦物混合體。

成份： $FeO \cdot OH \cdot nH_2O$

硬度： 3~5

鑑定特徵： 顏色為黃棕至暗棕色，硬度視共生的軟錳礦或黏土礦物含量而有3~5之間不等的變化。條痕黃棕色，可與地表常見的赤鐵礦區別。

延伸閱讀

- 中華民國永續發展學會 (2010) 澎湖縣地質公園經營管理暨望安、將軍地質公園細部規畫與推動發展策略規劃成果報告書，中華民國永續發展學會，共232頁。
- 王鑫 (2004) 澎湖玄武岩地質公園推動綱要計畫。國立台灣大學地理環境資源學系，共116頁。
- 王鑫、林俊全、曹恕中、齊士崢 (2006) 澎湖地質公園專題。地質，第25卷，第1期，18-55頁。
- 江建霖、余樹楨 (1991) 澎湖赤嶼火山熔岩與擄獲岩之礦物與岩石學研究。經濟部中央地質調查所特刊，第5號，59-76頁。
- 社團法人台灣環境資訊協會 (2008) 澎湖縣政府辦理望安鄉東西嶼坪嶼生態旅遊推廣計畫，社團法人台灣環境資訊協會，共292頁。
- 李寄嶠 (1994) 澎湖地區玄武岩與福建地區基性脈岩定年學與地球化學研究兼論中生代晚期以來中國東南地函演化。國立台灣大學地質學研究所博士論文，共226頁。
- 林長興 (1991) 澎湖群島之地質與地形。臺灣省政府教育廳出版，共283頁。
- 林朝棨 (1963) 臺灣的第四紀。臺灣文獻，14卷，1期，1-53頁。
- 林朝棨 (1967) 臺灣外島之地質。臺灣銀行季刊，18卷，4期，229-55頁。
- 洪瑞全 (1986) 澎湖文石。臺灣省立博物館出版，共31頁。
- 翁榮南、丁志興、王明惠 (2009) 台灣海域澎湖—北港隆起帶的鑽遇地層研究。經濟部中央地質調查所特刊，第22號，215-226頁。
- 莊文星 (1999) 臺灣之火山活動與火成岩。國立自然科學博物館出版，共300頁。

- 莊文星、陳汝勤、林長興、洪清林 (2007) 澎湖火山頸中玄武岩柱狀節理多樣性之成因探討。經濟部中央地質調查所彙刊，第20號，71-99頁。
- 張郁生 (1991) 澎湖山水地區凝灰岩氣孔填充之菱沸石。地質，第11卷，第2期，155-161頁。
- 張郁生 (1991) 澎湖玄武岩直凝灰岩中之逸氣管道。地質，第11卷，第2期，163-168頁。
- 陳正宏 (1990) 臺灣火成岩。經濟部中央地質調查所出版，共137頁。
- 陳培源、張郁生 (1995) 澎湖群島之地質與地史。澎湖縣文化資產叢書，澎湖縣立文化中心出版，共239頁。
- 陳順序、蔡鳳美 (2011) 澎湖之美，澎湖國家風景區管理處，共47頁。
- 謝凱旋 (1995) 澎湖地區浮游性有孔蟲和超微化石研究。經濟部中央地質調查所研究報告，編號84-18，共43頁。
- 簡芳欽 (1976) 澎湖的文石。鑛冶，第20卷，第1期，73-76頁。
- 陳造明，莊正賢 (2005) 澎湖景點解說手冊，澎湖縣馬公市：澎湖風景管理處，共88頁。
- 顏美麗 (2006) 2001-2006澎湖國際地景藝術合輯，澎湖縣馬公市：澎湖縣文化局，共161頁。
- 魏麗莉 (2008) 玄武岩保留區 (東吉嶼、頭巾嶼、南鐵砧嶼、西吉嶼) 基礎資料調查與經營管理可行性評估，共114頁。
- 穆傳惠 (2011) 澎湖國家風景區管理處20周年紀念專刊，交通部觀光局澎湖國家風景區管理處，共95頁。







書名 地質旅行》澎湖南方四島

出版機關 海洋國家公園管理處

發行人 楊模麟

策劃 呂志廣、徐詔良、莊正賢

編審 許民陽、鄭明源

撰文 陳文山、楊小青

攝影 陳文山、楊詠然、黃奕彰

繪圖 鄭雅玲、朱耀國

美術編輯 Atelier ZERO

執行編輯 陳曉怡

執行單位 國立台灣大學地質科學系

設計印製 (印製廠商)

出版年月 中華民國102年12月 版(刷)次：初版

ISBN 9789860391329

GPN 1010202875

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

地質旅行.澎湖南方四島 / 陳文山, 楊小青
撰文. -- 初版. -- 高雄市: 海洋國
家公園管理處, 民102.12

面; 公分

ISBN 978-986-03-9132-9(平裝)

1.澎湖縣

733.9/141.3

102024111

網址 <http://marine.cpami.gov.tw>

出版者 海洋國家公園管理處

電話 07-3601898 傳真：07-3601839

地址 81157高雄市楠梓區德民路24號

網址 <http://marine.cpami.gov.tw>

其他類型版本說明 無附件

定價 250元

印製冊數 2000冊

展售處

海洋國家公園管理處：高雄市楠梓區德民路24號(07) 360-1898

<http://marine.cpami.gov.tw>

五南文化廣場：台中市中山路6號(04)2226-0330

<http://www.wunan.com.tw/>

國家書店松江門市：台北市松江路209號1樓(02)2518-0207

<http://www.govbooks.com.tw/>

著作權利管理：本書保留所有權利。欲利用本書片全部或部分內容者，需徵求海洋國家公園管理處同意或書面授權。請洽海洋國家公園管理處，電話：(07)360-1898