

澎湖玄武岩柱狀節理地質地形景觀登錄

文 • 圖 / 莊文星

摘要

柱狀節理是火山岩區所特有的地質景觀，岩漿噴出地表或貫入岩層後，溫度逐漸降低，岩體因冷卻收縮而形成柱狀節理。火山爆發時岩漿經由裂隙孔道傳輸至地表，這些通道常由岩漿凝固而成，質堅硬、抗風化，故可留存甚久。澎湖員貝嶼、鳥嶼、白沙嶼、金嶼、錠鉤嶼、頭巾嶼、貓嶼、北雞籠嶼、風櫃、虎頭山和西嶼大池-池西等地均有典型火山頸構造之柱狀節理存在。火山頸底部基座常以一圓形小火口為中心，呈水平輻射之柱狀節理排列；而火山頸主體之柱狀節理型態，常取決於岩漿通道之口徑、溢出熔岩流厚度、岩漿組成與原始地貌等因素。本文重點在於闡述澎湖玄武岩火山頸八大柱狀節理系統：(1)線性岩脈式具水平至微傾斜之柱狀節理（以頭巾嶼為代表）；(2)圓錐體 A 字形柱狀節理（以北雞籠嶼、員貝嶼為代表）；(3)梯形塔狀柱狀節理（以虎頭山、風櫃為代表）；(4)羽狀柱狀節理（以鳥嶼和貓嶼為代表）；(5)百褶裙式柱狀節理（以員貝嶼為代表）；(6)瓜皮式柱狀節理（以西嶼池西為代表）；(7)葵花式輻射狀柱狀節理（以金嶼和東吉嶼為代表）和(8)V 字扇形柱狀節理（以七美、員貝嶼為代表）。員貝嶼百褶裙式柱狀節理、鳥嶼、貓嶼羽狀之節理、西嶼池西瓜皮式之柱狀節理和東吉嶼、金嶼葵花式柱狀節理火山頸規模雖不大，但搭配其基座所呈現於海蝕平臺上，以小火山口為中心而呈放散之水平柱狀節理排列結構彰顯，基性熔岩所構成火山頸地質構造之三大要件—火山頸主體、基座與低平火山口之系列組織架構十分完整，不但可媲美美國懷俄明州魔鬼塔，更可說是大自然鬼斧神工塑造火山頸之範例。

關鍵詞：澎湖、玄武岩、火山頸、柱狀節理、多樣性、地景、成因探討

前言

在距今約 2 千多萬年前之中新世以來，中國南海的擴張方興未艾，此時在陸緣地區，形成了許多由正斷層所構成的半地塹構造。由於南海擴張所引發的熱力與裂隙作用，產生了海峽兩岸自長江口以南，江蘇、浙江、福建、廣東、珠江三角洲及海峽東側之臺灣西部麓山帶與澎湖列島等一系列火山活動。

臺灣西部火山區包括西部麓山帶（基隆外木山、臺北汐止、木柵、南港、公館、中和、土城、三峽、橫溪、鶯歌、桃園角板山、新竹關西、竹東、臺南木柵）和臺灣海峽中的澎湖列島。

澎湖玄武岩之分布十分廣泛，除花嶼屬玢岩古陸岩盤外，遍及澎湖全縣諸島嶼，可說是臺灣西部火山區的代表。

地下岩漿經由破裂帶傳送至地表所經的途徑稱為岩漿通道，由於冷卻凝固所形成之節理破裂面常垂直於其接觸面。因而於岩漿通道中各不同部位凝固而成的柱狀節理，常擁有自己獨特的形態，有水平、羽狀、塔狀、瓜皮狀或百褶裙狀、扇形輻射狀等各式各樣。當熔岩流出地表匯集於已遭侵蝕夷平的平坦地面，則形成一般玄武岩區常見的直立式柱狀節理。但如因受制於原始地表起伏則呈或左或右傾斜不規則之柱狀節理排列。澎湖地區為臺灣西部火山區的代表，多樣式的柱狀節理形態，可說集大成於一身。有高 40 餘公尺極壯觀聳立之柱狀節理地景，更有多變之火山頸或岩漿通道出露。2005 年執行行政院國家科學委員會澎湖低平火山口與火山頸柱狀節理地質地形景觀探討研究計畫時多有所接觸。特將研究調查之具體成果公諸於世，希望吾人能了解自然景觀形成之不易，避免不必要的經建工程措施等人為破壞而喪失了世界級美好地景。

火山頸之柱狀節理特徵

柱狀節理是火山岩一項特有的景觀，岩漿噴出地表或貫入岩層後，溫度逐漸降低，岩體因冷卻收縮而成柱狀節理。這些龜裂而成之多邊形柱狀節理與泥質沈積物受日曬而成之龜裂有異曲同工之處。泥裂之形成導因於表層脫水收縮，而火成岩多邊形柱狀節理則起因於凝固前後之冷卻收縮。均質熔岩各方可能產生相同程度之收縮，而形成六角狀裂隙節理。這種冷卻收縮龜裂一旦於岩體中某一處形成，則將迅速擴展至整個層面，並自冷卻面向內進行，終致形成一系列之柱狀節理。除了理想的六方柱狀節理外，尚有三、四、五和八面柱體形等。

柱狀節理乃由冷卻收縮所引起之熱張應力龜裂而成，這些張力將受溫度控制，也就是與等溫線攸關。雖然沒有確實的理論根據來解說為何最大張應力當平行於等溫線，但畢竟如果等溫線之變化曲率不大時，這種假說仍屬合理。因此，當一岩流或岩脈冷卻收縮時，其收縮方向將隨時平行瞬間之等溫面，因之柱狀節理構造將垂直於等溫面或熔岩之接觸面，並由火成岩體外側向中心逐漸發育。因此柱狀節理之排列形式可指示侵入岩體或岩脈於岩漿道發育形成的場所或相當位置（圖 1）。即火山頸之柱狀節理排列式樣，取決於形成時，火山通道所處的高低位置。當火成岩生成於岩漿道深處或仿同岩脈時，冷卻等溫線將平行岩漿道或基性岩脈，其所形成之柱狀節理將垂直於岩漿道或岩脈而成為平臥或微傾斜之石柱排列

(圖 1 之 A 區)。若岩漿由火山頸噴出地表，即形成熔岩流。當岩漿於向上通道向外溢流凝固，冷卻等溫線將隨岩漿道深度改變，所形成之柱狀節理之態勢亦漸次改變。更進一步而言，若岩漿於火山頸上方匯聚成團而凝固時，將形成塔形柱狀節理(圖 1 之 B 區)。當岩漿由火山口轉向溢出，或貫入地層(圖 1 之 C 區處)，則呈扇形輻射狀之柱狀節理。當岩漿溢出地表，匯聚熔岩厚度達到某一程度時凝固收縮就可能形成聳立於地表的垂直柱狀節理，或因地表隆起凹陷高低起伏，則所形成之柱狀節理略顯不規則或成兩側石柱均向外傾斜之 V 字形排列(圖 1 之 D)。

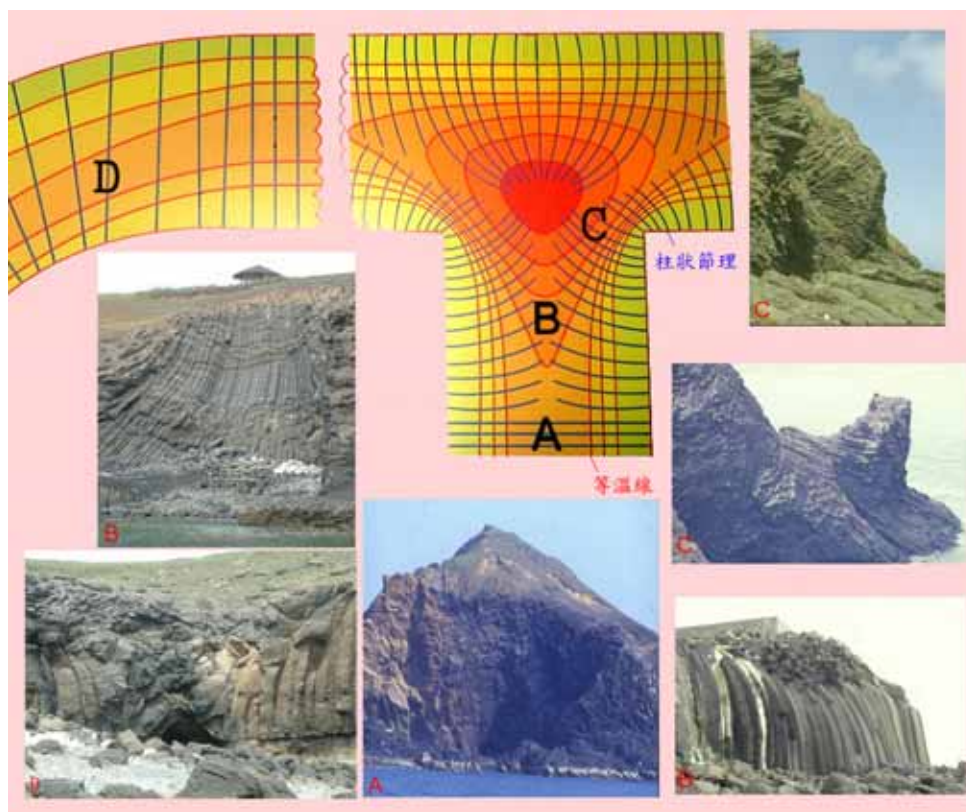


圖 1. 澎湖火山頸多樣性玄武岩柱狀節理形成示意圖。

澎湖火山頸柱狀節理分區概論

澎湖列島位於北緯 23°9'40"與 23°45'41"，東經 119°18' 3"與 119°42'54"間。最北端為目斗嶼，南端為七美嶼，東端為查母嶼，西端為花嶼，分布之範圍南北長約 60 餘公里，東西寬約 40 餘公里，露出海面之面積僅 120 餘平方公里，其中除花嶼由玢岩組成外，其餘各島嶼均由玄武岩流與夾層之沉積岩、凝灰岩與火山碎屑岩構成。初期之玄武岩流多以海底火山噴出岩為最，具水平板狀節理之多孔質玄武岩，夾有數層含海相化石之沈積岩層，後因地盤上升，露出空中，其後陸續有熔岩噴出，其特徵為具有顯著之柱狀節理。由於屬於裂隙或部分為孔洞噴出熔岩流，加上侵蝕作用之進行，使得各島嶼分割支離。但各島嶼的地貌以及各夾層沈積岩之沈積面均十分平緩，因此各島嶼之平坦面應屬於真正的熔岩流臺地面，而非屬於差別性侵蝕風化所形成的侵蝕面。澎湖各大小島嶼乃屬於方山、似

方山或似小方山之構造。澎湖列島位於大陸棚之淺海中，附近海域平均深度在 50 公尺以內。各島周圍之海蝕平臺發育，並有廣大之珊瑚碎屑砂礫堆積，低潮時水退顯露，島之出露面積大增。如白沙島滿潮時面積 14 餘平方公里，低潮時則增至 25 餘平方公里，相差近達 1 倍。

澎湖群島(Pescadores)為臺灣中新世火山地質景觀最優美之一，也是臺灣唯一由玄武岩組成的島縣。由於玄武岩景觀別緻秀麗，是名副其實的玄武岩之鄉。由於玄武岩景觀的獨特與多樣性，文建會於 2002 年提報澎湖玄武岩為臺灣世界文化遺產潛力點之一，其所特別強調論點就針對澎湖玄武岩獨特的火山地形。澎湖全島中新世的火山活動，為大地塑造了絕佳的地質景觀，諸如七美龍埕與大獅風景區、桶盤蓮花座、西吉嶼露天海蝕洞、小門嶼鯨魚洞等知名的景點。而由玄武岩熔岩通道凝固而成的火山頸與火山口相地質風貌之旅遊與鄉土示範教學景點不勝枚舉，茲將具有代表性者分述如下：

員貝嶼

澎湖白沙鄉員貝嶼四週海蝕平臺潮間帶遼闊，大退潮時可由白沙港沿著海底步道踏浪而過。員貝嶼柱狀節理排列非常發達，變化多端。西北海岸有獨特的海蝕柱高 6 公尺，貌似筆，當地人稱石筆。海蝕柱東側有柱狀節理近乎水平排列之岩塊，人稱石硯，東北側海崖有百褶裙狀火山頸構造殘留之柱狀節理排列相輝映。一筆、一硯、一裙是員貝嶼最傲人的地景（圖 2、3）。



圖 2. 員貝嶼百褶裙式柱狀節理火山頸
空拍圖。



圖 3. 員貝嶼東北岸火山頸百褶裙柱狀節理。火山頸軸部中心部位除多邊形柱狀節理外，尚有如鑽探岩芯之圓形條狀柱狀石柱。

野外地質調查發現員貝嶼百褶裙柱狀節理是火山頸地質構造的典型代表，它所呈現的不僅僅是火山頸的軸部或中心（軸心）而已，而且整個員貝嶼可說就是一整座火山頸的火山島嶼。其島嶼四週各角落多變化 A 字型柱狀節理與海蝕平臺，從微彎曲向上柱狀節理玄武岩石條所構成的底部基座構造與低平火山口就可看出一些端倪。

白沙嶼

位於鳥嶼北方約 3 公里處，面積約 0.12 平方公里，因島四週海域潮間帶廣闊，珊瑚礁生物族群繁衍茂盛。因碳酸鈣質生物碎屑堆積在島的南面，有大片的白色沙灘因而得名。島上玄武岩柱狀節理十分特殊，有一座塔狀玄武岩體火山頸，及近於直立而下擺外散的柱狀節理發育，十分壯觀（圖 4、5）。



圖 4. 小白沙嶼空拍全景。



圖 5. 小白沙嶼東岸火山頸。

金嶼

金嶼位於赤崁村與險礁之間，它和赤崁之間暗礁很多，無航道船隻必須繞道而行，滿潮時面積 0.054 平方公里，由緻密的鹼性玄武岩和多孔狀矽質玄武岩組成。四週海域沉水海蝕平臺潮間帶十分廣闊，大退潮時可由赤崁涉水而過。金嶼常見有獨立的岩塊（風動石），其柱狀節理十分發達，南岸玄武岩柱狀節理發展呈多樣性的形態，有放射狀、橫臥狀、傾斜狀或彎曲狀，十分特殊。其中有一面向西南的玄武岩體，如同一朵盛開在海崖的向日葵（圖 6），十分壯觀。其基座海蝕平臺正代表著火山頸底部大煙囪岩管岩漿凝固所衍生的柱狀節理特徵。這可說是大自然鬼斧神工所雕塑的浩瀚工程。



圖 6. 金嶼南岸火山頸之右翼。

西嶼-大池-池西

由通梁經著名的跨海大橋可抵小門嶼鯨魚洞。從鯨魚洞-大池-小池-池西-池東-菓葉之西嶼半島（舊稱漁翁島），為澎湖地層漁翁島群或漁翁島層之標準地，沿岸海崖玄武岩柱狀節理十分發達（圖 7）。澎湖早期的農業社會，水肥十分重要，水肥收集屯放之所在地稱池或閩南語「學仔」，而有大池、池東（池之東）、池西、小池、小池角或學仔尾等地名。大池-池西-學仔尾主要為矽質玄武岩，除柱狀節理發育外，多小火山口或低平火山口，尤以學仔尾為最。據推測學仔尾海蝕平臺原為一龐大的低平火山口之熔岩湖所構成。大的低平火山口內散佈著許多小的低平火山口及其因沿岸流潮水與海浪沖刷所衍生的潮池或壺穴等小地形。由於近火山口，火山口相地質構造區多變化之柱狀節理與火山頸瓜皮式柱狀節理（圖 8~13）。其中有 2 層之熔岩流所衍生出不同的柱狀節理系統（圖 8），有呈瓜皮狀的火山頸（圖 9）、塑腰百褶蓬裙狀（圖 10）、彎曲牛角或稱蟠桃尖（圖 11）、八子鬚狀（圖 12）以及肋骨狀（圖 13）等多變化柱狀節理小地形，可說是集火山頸或火山栓之大成。



圖 7. 西嶼大池海崖空拍。



圖 8. 西嶼大池火山頸鄰近區域二層柱狀節理。



圖 9. 西嶼池西火山頸。



圖 10. 西嶼大池百褶細腰 A 字裙式火山頸。



圖 11. 西嶼大池火山頸遠端為彎曲牛角狀柱狀節理。



圖 12. 西嶼大葉廢棄採石場為火山頸分布區域，八字鬚狀具多變化之柱狀節理。



圖 13. 西嶼大池多變化柱狀節理。

鳥嶼

自古以來鳥嶼居民以捕魚維生，為典型的純樸漁村，但夏季常有颱風，而冬季因東北季風強勁，時遭風浪襲擊，因而碼頭上立有泰山石敢當以為護佑。鳥嶼東岸數十公尺高之玄武岩柱狀節理聳立之海崖岩壁，受海浪衝襲，下半段崩落，遠看似鳥巢（圖 14）；而北岸凝灰岩或火山碎屑岩所組成的平臺上亦因有一烙鐵狀似鳥尾巴（椎）之玄武岩塊而得名。

鳥嶼和其北面之南面掛嶼，其基盤岩石由具有粗大壯碩柱狀節理之矽質玄武岩、火山碎屑岩、層狀玄武岩交替組成層狀火山構造，風化侵蝕後有如富士山之外貌，因而南面掛嶼有「小富士山」之稱。後期火山活動、地下帶有橄欖岩包體之鹼性玄武岩質岩漿，經由裂隙管道穿過此層狀火山岩層，流到地表形成了鳥嶼四週壯觀的玄武岩柱狀節理海崖景觀（圖 14），同時也留下輻射柱狀節理平躺排列所構成的火山口與岩漿通道所形成的羽狀節理之火山頸構造（圖 15~17）。



圖 14. 鳥嶼陡峭玄武岩柱狀節理海崖。



圖 15. 鳥嶼火山口之玄武岩熔岩與圖右之凝灰碎屑岩與層狀玄武岩互層之地層。



圖 16. 鳥嶼火山頸下方處低角度近乎水平排列之柱狀節理。



圖 17. 鳥嶼火山頸底部的海蝕平臺（相當橫切面）具典型火山頸橫剖面之輻射狀柱狀節理（A），其中心為一小火山口（B），而火山口上為具羽狀構造之火山頸（C）。

七美嶼

七美嶼滿潮面積 6.99 平方公里，低潮 7.54 平方公里。僅次於望安島，為澎湖群島之第三大島，舊名大嶼。因七美人塚而改名七美嶼。七美嶼大灣釣場、月鯉灣、東北灣、西北灣龍埕石獅等為著名旅遊景點，玄武岩柱狀節理十分發達（圖 18~20）。七美大灣、燈塔、分叉、雙心石滬一帶玄武岩呈垂直柱狀節理發育外，在石柱之水平面橫向解壓解理亦十分發達，為石器時代石器原料極易獲得並可進行加工的極優良場所。生產的石斧、石鏟等石材大塊石料、石核、石片、素材、石坯、未完工已微毀損之半成品與敲擊工具之鵝卵石和錘擊墊或砧板之砥石等廢料，遍布七美人塚-大灣-頂隙-東湖村一帶，為史前石器製造廠遺址。

老牛皮（圖 La New）遊憩休閒遊樂區規劃預定地月鯉灣之扇形放射狀節理（圖 18、19），藉由火山頸之基本組成三大要件判識，考其基座為由微傾斜之柱狀節理排列之石柱所構成（圖 19），推測此扇形玄武岩柱狀節理構造為火山頸主體構造之邊緣部分（圖 1 之 C）。而著名的旅遊景點大獅風景區之石獅子亦為扇

形柱狀節理因風化侵蝕破裂部分崩塌殘留之形體，因天地造化而成石獅子之傑作（圖 20）。



圖 18. 七美月鯉灣扇形柱狀節理，此為火山頸構造特徵之一。



圖 19. 七美月鯉灣扇形柱狀節理處，其下方具典型低角度水平輻射狀柱狀節理。



圖 20. 七美大獅風景區之石獅原為輻射扇形柱狀節理之化身。

東吉嶼

東吉嶼孤懸於臺灣海峽之黑水溝，其鄰近海域常波濤洶湧，自古即為臺澎航線之百慕達危險禁忌地。東吉嶼西名 Ooster Eyl，係望安（八罩島）東南方海上之一島嶼，狀如女人雨靴，南北長約 2 公里，東西最寬 1.3 公里（北端附近）；西側海岸有一灣澳，灣底砂礫海濱堆積物甚為發達，大部分由珊瑚骨骼等生物碎

屑和俗稱礫仔或白乳仔碎屑物經由碳酸鈣之物質膠結而成。灣底有一槽形凹溝向北方開口，現已闢建為東吉港。灣與島之東岸間為一陷落窪地，將島嶼分為北部與南部兩個小方山狀地形，此凹地可能有斷層線通過。斷層北側之小方山平面，地表雖平坦，但地平臺面中尚有 15 公尺高之臺地崖，再將該面分為東西兩個小地形面；其中西側者（上段臺地，建有燈塔，為島之最高點高 48 公尺）北高南低，玄武岩流亦向西南緩傾，故臺地似由東北向西南傾動；西側之臺地面（下段）為水平無傾動，高度 37 公尺，故臺地崖可能為斷層崖谷。南部小方山平臺面由西向東緩傾，最高點（39 公尺）稍偏於西端。島嶼四週，除窪地區域之東西兩側有砂礫質生物碎屑物堆積之低平海岸外，其餘均為海崖，海崖所露出的地質剖面與玄武岩覆蓋所形成的方山地貌十分清楚。東吉嶼基部由堆積岩組成，其下部為凝灰岩及凝灰岩質砂岩，上部為集塊岩夾凝灰岩及凝灰質砂岩，構成島的核心，其上覆蓋之玄武岩流係多孔質玄武岩或與具柱狀節理之玄武岩互層所組成。簡言之，東吉嶼基盤岩石主要由凝灰岩、火山凝灰碎屑岩或集塊岩組成，局部區域有含生物碎屑之砂岩、泥質砂岩等沉積岩。凝灰岩上覆著玄武岩，柱狀節理發達。

出露於東吉港之火山碎屑岩或凝灰質集塊岩含金雲母、輝石、磷灰石等巨晶嶼石榴輝石岩團塊及石榴子石橄欖岩捕擄體，此玄武岩含地函源之石榴子石二輝橄欖岩包體，意謂著澎湖群島南部區域鹼性玄武岩可能較臺灣區玄武岩來自較深部者。東吉港的輝長岩體呈圓形斷面，其四週黑色岩石屬鹼性玄武岩，具有輻射狀柱狀節理（圖 21），可能為一火山頸。

東吉嶼西北岸海崖綿延至北岸，多崖錐地形。位於燈塔附近有一具有典型羽狀柱狀節理或稱天外流星或掃把星的火山頸地景（圖 22）。



圖 21. 東吉島輻射狀柱狀節理。



圖 22. 東吉島頂塔處海岸斷面具典型火山頸構造如天外流星（掃把星）之柱狀排列地景。

貓嶼

望安島（八罩島）西南方海上，有大貓嶼、小貓嶼和草嶼並排成列。大貓嶼及小貓嶼基盤岩石主要為凝灰碎屑岩，上覆鹼性玄武岩（含橄欖石之輝石玄武岩）或一部分為砂質玄武岩（含紫蘇輝石玄武岩），呈一不規則塊狀孤立的火山島，

其最高點位於大貓嶼之西南端，海拔 69 公尺，為澎湖列島之最高峰。貓嶼包括大貓嶼和小貓嶼，因似二貓趴在海上而得名（圖 23）。

由海上觀察乍看貓嶼東岸與西岸似一條冒出地表的大型岩脈，但仔細研究貓嶼最北端，俗稱貓尾之處，其玄武岩具彎曲似羽狀之板狀節理構造及塔狀山丘結構（圖 24~26）若和白沙嶼火山頸（圖 5）及鳥嶼火山口、火山頸羽狀節理（圖 15）比較，發現貓嶼若為巨型岩脈，則此岩脈中，至少存在 2~3 個裂隙交叉熔岩糾結所形成的火山頸構造之瘤結鏈狀岩脈。



圖 23. 貓嶼空拍全景。



圖 24. 大貓嶼北岸—貓尾。



圖 25. 大貓嶼火山頸與海蝕洞。



圖 26. 大貓嶼火山頸之羽狀玄武岩節理構造，此為火山頸構造特徵之一。

頭巾嶼

頭巾嶼位於望安島南約 7 公里，由大小岩礁組成，其中較大的有 6 座。主島嶼座落的海蝕平臺十分寬廣，為一低平火山口，由礁岩圍繞組成的火山口壁，地勢陡峭，攀登不易，無人居住，已成為各種燕鷗留鳥棲息繁殖的天堂。頭巾嶼原由黃色火山灰碎屑岩、凝灰岩與集塊岩組成。地下岩漿經由裂隙管道，以岩脈方式貫入，並溢流至地表形成一玄武岩包裹表殼（圖 27）。由北面遠眺若古代包頭的頭巾，因而得名。此貫入凝灰岩之脈狀玄武岩具微傾斜之柱狀節理構造（圖 28），推測亦屬火山頸構造之一。



圖 27. 頭巾嶼。



圖 28. 頭巾嶼火山頸之水平柱狀節理。

北雞籠嶼

位於白沙島講美村東，因狀似雞籠而得名，為一圓錐形的鹼性玄武岩組成的小岩丘或錐狀火山頸，玄武岩內含橄欖岩包裹體或團塊。北雞籠嶼為座落於大型垂直之柱狀節理發育之玄武岩所構成的海蝕平臺上之錐形玄武岩火山體，附近海域潮間帶廣闊，退潮時可由中屯嶼風力發電站涉水而過。海蝕平臺上，火山頸與圍岩間有明顯的反應圈呈圓環狀圍繞（圖 29）。



圖 29. 北雞籠嶼火山頸。

風櫃

澎湖風櫃風景區凝灰岩上覆著玄武熔岩地層，玄武岩柱狀節理發育。節理裂隙經海浪侵蝕造成狹長之海蝕溝、海蝕洞與海蝕拱門。長而狹窄之海蝕溝尾端常被侵蝕成一海蝕洞，再由海蝕洞順著節理裂隙形成一個通到地面的小孔洞，每當漲潮時湧浪或長浪順著海蝕溝推進灌入，海蝕洞的空氣受到擠壓，常連同海水由節理裂隙噴發出隆隆濤聲，猶如早期打鐵店燃煤風箱之鼓風（風櫃）而得名。

風櫃地區海蝕平臺低平火山口發育，局部地區梯形塔狀柱狀節理清楚（圖 30）。有些石柱上端由單一之石柱向下分枝為 2 或 3，略向外分歧，如樹幹或象腿之趾部。此一分叉現象，即使在玄武岩柱狀節理非常發達的澎湖其他地區，亦屬十分罕見。



圖 30. 澎湖風櫃梯形塔狀柱狀節理。

討論與結論

綜觀澎湖柱狀節理發育，具有火山頸或火山通道潛存區域之海蝕平臺，如員貝嶼（圖 2）、小白紗嶼（圖 5）、金嶼（圖 6）、鳥嶼（圖 15、17）、七美嶼（圖 18、20）、錠鉤嶼，就可發現常有小火口或低平火山口和其所伴隨的水平柱狀或略呈層狀之柱狀節理石柱，圍繞著火口窪穴衍生組成。規模大者，因眼睛視野所限，只能見到局部的小範圍，整體架構組織不易由海蝕平臺上平面觀察到，但藉由動力飛行傘空中觀察描繪輪廓就能勾勒清楚，如員貝嶼（圖 2）、小白紗嶼（圖 4）、金嶼與鳥嶼（圖 15）。

有些具有典型火山頸構造的玄武岩海蝕平臺所呈現之規模雖不壯觀，但正適合於平面觀察，同時更能清楚反映出火山通道或火山頸的立體架構。圖 15 與圖 17 所示為鳥嶼火山頸之地質剖面，它包括水平輻射狀節理石柱所構成之基座平臺(A)、圓形窪地之低平火山口(B)和羽狀柱狀節理火山通道或稱羽狀火山頸(C)等 3 項主要構造單元。此火山頸本體、低平火山口與基座之三大組成要素，為本文探索澎湖玄武岩柱狀節理中，構成火山頸構造的三大要件。

火山頸底部基座之構造系以火山頸主體正下方之低平火山口凹地為中心，圍著圓形火山口窪地，玄武岩石柱平面地向四週呈放射狀排列（圖 17）。此種岩漿通道（圖 31 之 B）有如南非出產金剛石之金伯利岩鹼性煌斑岩岩管，亦如蠟燭與綿線燭心之關係，或簡單的說，猶如汽油筒構造。此圓柱狀煙囪式直立的岩漿通道，冷卻凝固，其等溫面或等溫線分布，就如同樹幹之髓心與年輪之關係，當此一岩管型岩漿冷卻收縮時，其收縮方向將隨時平行於瞬間之等溫面，因而產生之柱狀節理將以火山口為髓心向四週呈圓形輻射水平狀分布（圖 17、19 與 31）。

關於火山頸基座以上之火山頸形成形貌則取決於貫入熔岩體底部與頂部之寬度、收斂程度、高度（或長度）等控制因素。

若地下岩漿由下而上直接貫入或侵入岩層，其所形成之柱狀節理將垂直於其

所形成之岩脈。當直立式岩脈延伸愈長，水平排列之柱狀節理就愈清楚。黏滯性愈大的中性岩漿，愈有機會形成高聳的火山地貌，因而向上垂直發育之岩脈延伸也就愈長，愈有機會形成具有水平狀柱狀節理排列之岩脈。臺灣地區屬島弧隱沒帶中性安山岩所構成之東部火山岩區，有著較高聳的地形，而以岩脈式火山通道的貫入並具水平柱狀節理之火山頸構造較為顯著，如蘭嶼五孔洞之玄武岩脈（莊文星等，1997）。至於以黏滯性較小、易流動之基性玄武岩為主的澎湖地區而言，大多為低平的方山地貌，其最高點貓嶼僅海拔高 69 公尺，因此相對而言，水平柱狀節理之脈狀火山頸露頭，於澎湖玄武岩方山地貌中，當較罕見。然而澎湖頭巾嶼，玄武岩貫入凝灰岩地層並溢流出地表，形成凝灰岩之表殼覆蓋物，此處具有柱狀節理水平排列之岩脈自是珍貴。況且海蝕平臺上有著清楚明顯熔岩湖低平火山口的同心圓環帶構造，也更可推斷此為火山口相脈狀火山頸地質構造。當貫入或侵入之岩漿於地層中匯聚成一熔岩體，為便於區分和討論，茲簡化為立式橢圓球（橄欖球）、橫式橢圓體與球型三大類（圖 31~33）。

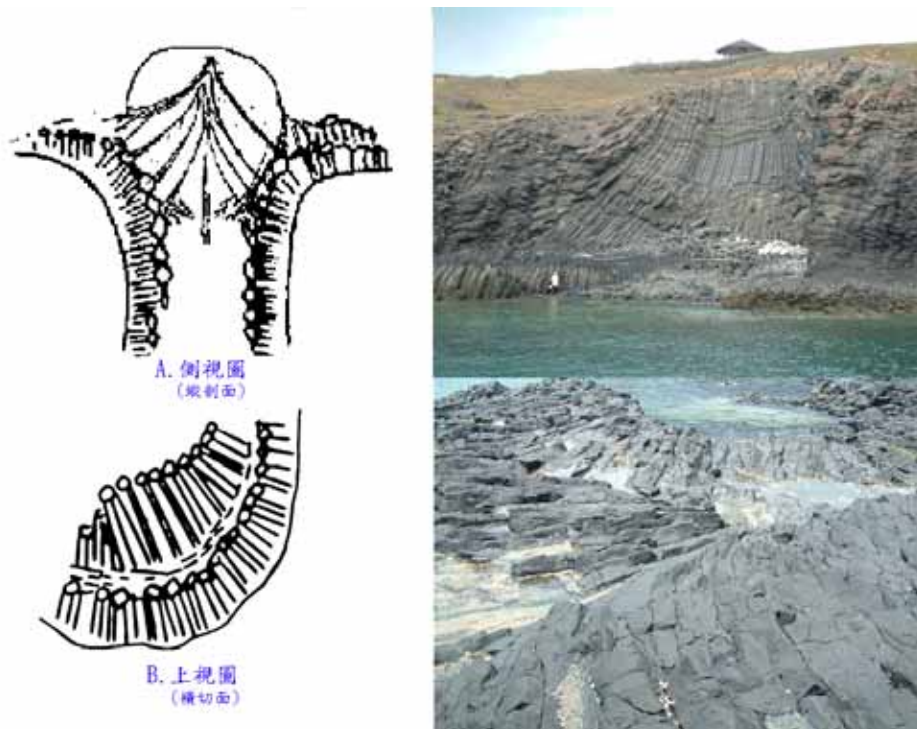


圖 31. 火山頸側視與示意圖。

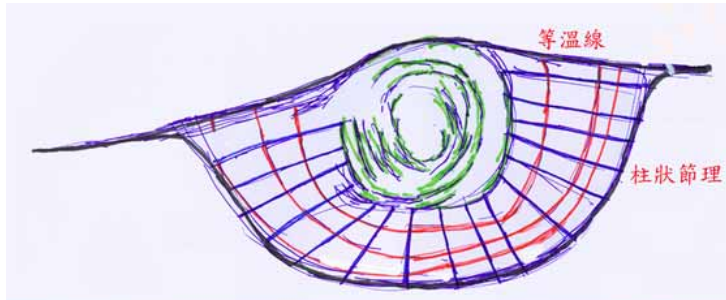


圖 32. 輻射排列柱狀節理之火山頸示意圖。

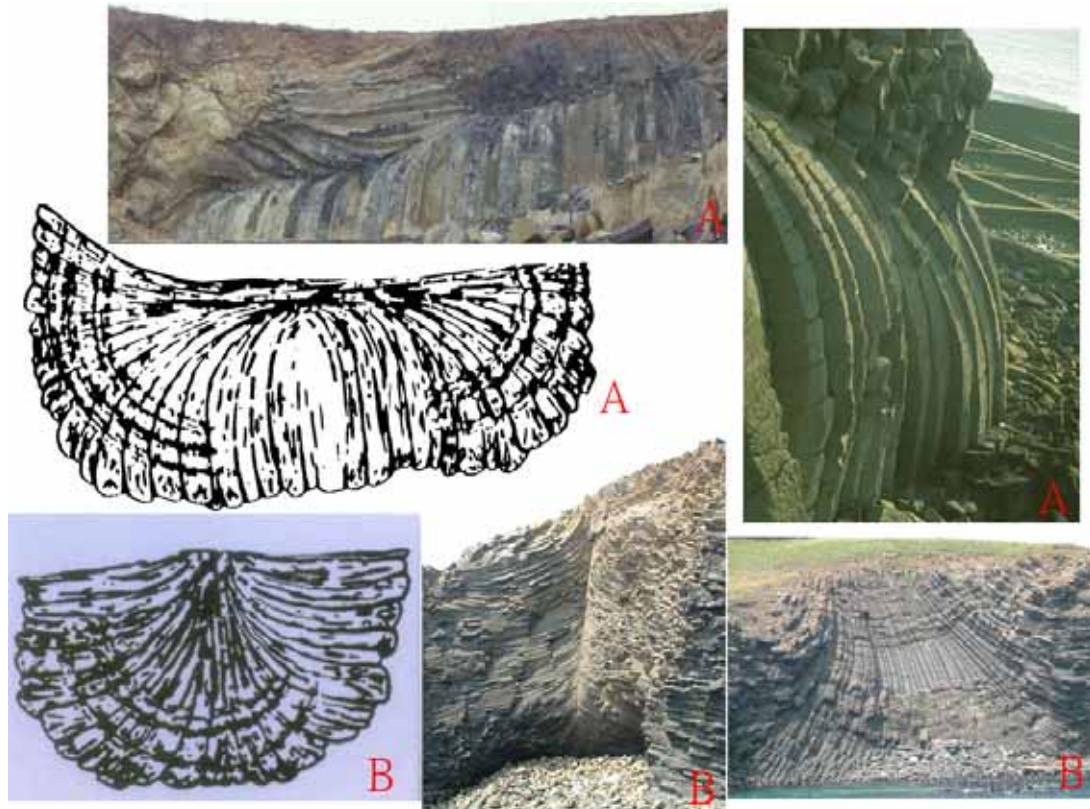


圖 33. 火山頸熔岩匯集橢圓體長軸與其柱狀節理型態關係示意圖。

1. 豎立橄欖球型：貫入匯聚之熔岩下窄上寬（圖 1 之 B），且其熔岩高度大於其底部寬度（圖 31A 與 33B）有如豎立之橄欖球。根據岩漿冷凝收縮所成之柱狀節理約略與接觸面垂直之關係推測，所形成之柱狀節理體系就如圖 33 石燕之形貌，及形成所謂的羽狀柱狀節理。換言之，高度愈大，寬度愈窄（如橄欖球之窄面）則形成如鳥嶼之羽狀柱狀節理之火山頸地貌也愈清楚（圖 15 與 22）；若寬度逐漸加大，就漸漸轉變成豎立橄欖球之正面，則所形成之柱狀節理就有如百褶裙式柱狀節理（圖 31A），且其裙擺亦將隨橄欖球面或熔岩體底部寬度之加大而逐漸加寬，石柱亦逐漸加寬與加厚，由先前羽狀節理中常見的板狀漸漸以柱狀節理呈現。
2. 平躺橫臥橄欖球型：當玄武岩熔岩體略成一橫放之橄欖球體，就幾何學的觀點而言橢圓之切線為雙拋物曲線，此橢圓球將呈雙拋物曲線熔體冷凝收縮所成的柱狀節理就仿如西嶼池西之瓜皮式柱狀節理（圖 9 與 33A）。與西嶼大菓葉八字鬚狀柱狀節理（圖 12）。
3. 球型：當熔岩體寬度近於高度，亦即相當於一球體時，根據球體或圓形等溫面之分布為同心圓的形情，配合玄武岩柱狀節理為與等溫面或接觸面垂直之論點，則可能形成了以球心為中心向四週輻射放散之柱狀節理（圖 32）。也由於在一封閉空間內，因保溫熱傳導的關係，愈近球體中心部分，溫度愈高、冷卻愈慢。高溫熔岩經長時期的禁錮不流動，熔岩體就有機會進行結晶分化，而形成粒度變化、岩性、岩石化學組成或礦物組成成份不同之火山岩類，如

玄武岩、微輝長斑岩與粗玄岩，也因而形成具柱狀節理與柱狀節理不顯著者均在一起，造成所謂葵花式柱狀節理之奇異地質構造現象。如金嶼或東吉嶼（圖 32）。

仔細衡量侵入熔岩體之側翼，即岩漿由下往上侵入轉向改為向外溢流處（圖 1 之 C 或圖 33），其所形成之柱狀節理將形成有如七美或員貝嶼之扇形柱狀節理。綜合以上之討論歸納澎湖玄武岩火山頸柱狀節理，可劃分為 8 大類。

澎湖玄武岩屬中新世大陸裂谷型玄武岩岩漿活動之產物（圖 34）；臺灣三大火成岩區中，臺灣北部大陸邊緣之大屯火山群、基隆火山群和外海火山島嶼之龜山島、彭佳嶼、花瓶嶼、棉花嶼和基隆島，主要以安山岩為主，柱狀節理不發達，至目前為止，未見有火山頸柱狀節理構造。東部島弧隱沒帶之海岸山脈、蘭嶼與綠島，由於有高聳的地貌，一般以脈狀具有水平柱狀節理之火山頸為主，僅於花蓮縣與臺東縣交界之大峰峰地區有百褶裙式柱狀節理構造以及黃金橋有圓錐形火山頸。而在與澎湖玄武岩同屬大陸裂谷型熱點式之臺灣西部火山區的西部麓山帶中新世玄武岩地層中，亦僅有臺北縣土城橫溪火山體具有塔狀柱狀節理，可惜因位於建築工地內，已遭開挖夷平不復存在。

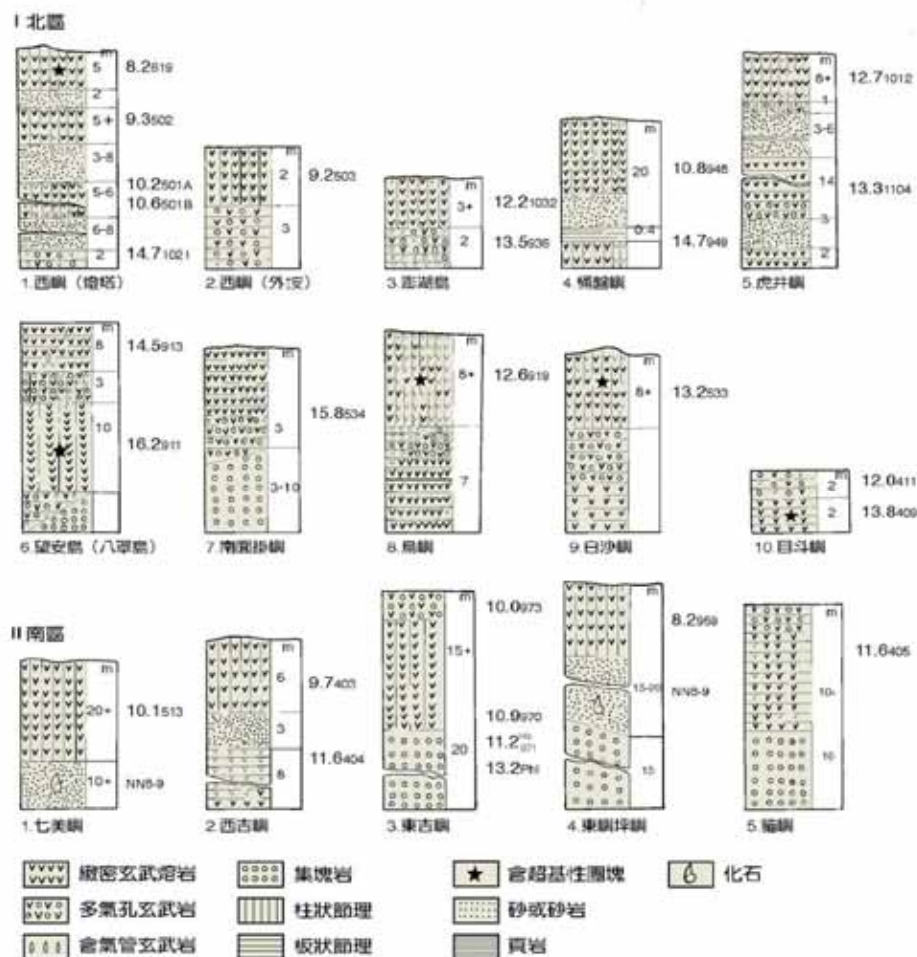


圖 34. 澎湖層於各不同島嶼出露剖面與鉀-氬法定年結果（單位百萬元）。南部島嶼出露之含古生物化石資料結果亦示於圖中作為比較參考。

至於中國東南沿岸方面，也僅於福建牛頭山見有瓜皮式柱狀節理之典型火山頸、柱狀節理發育之海上兵馬俑以及南碇島，現已籌畫建為中國東南沿海火山地質公園。相較之下，澎湖式樣之多，保存之完整，毫不遜色，可說是此類火山地形之翹楚。

參考文獻

莊文星、陳汝勤、林長興、洪清林，1997。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，20：71-99。