

香港安山-英安質古火山頸群的發現及其工程意義

黎權偉

【摘要】 香港中侏羅世屯門組主要由安山質的熔岩、凝灰岩和凝灰角礫岩夾少量凝灰質砂岩組成。其中凝灰角礫岩初期曾誤作沉積礫岩，1990年中經當時的香港地質調查組重新研究後，確認為火山成因的凝灰角礫岩。按岩相分析：可分為火山通道相的安山-英安質熔岩和爆發角礫岩，還有空落相的凝灰角礫岩。火山通道相又可分為火山頸相和岩墻相，分佈屯門組東西兩側。在青山東麓，出露一系列 NNW 向呈斷續、綫狀分佈的火山頸群。近年來新出版的<香港地質考察指引>和<香港工程地質實踐>等地質著作將該區爆發角礫岩誤認為是沉積成因的礫岩。在地質勘探和工程設計上造成混亂，引致不應有的經濟和時間上的損失。為了澄清事實，本文綜合本區最新研究成果，和考察世界各地同類火山的特徵進行對比，確證火山通道相爆發角礫岩的存在，並發現呈綫狀分佈的古火山頸群。最後用大量事實說明將爆發角礫岩當作沉積礫岩的錯誤和對工程的影响。

【關鍵詞】 屯門組 火山頸 安山-英安質熔岩 爆發角礫岩

一、前言

由於屯門組火山岩中的粗火山碎屑岩，岩性複雜，對其認識經歷了一個反復的過程。由初期看法有錯誤至逐漸有所認識。再出現不同看法，又引發很大的爭論。希望這次能通過深入調查，掌握事實和科學證據，達至對事物的正確認識。

1971年 Allen P.M.和 Stephens E.A. 把現今屯門組分佈範圍的地層分為兩個組，由屯門至鍾屋村為淺水灣組，岩性為沉積岩和水成火山碎屑岩；由良景村至網井圍為落馬洲組，主要為變質的沉積岩和火山岩。1982年香港地質調查組重新在全港開展 1:20,000 地質測量工作，把新發現有安山質火山岩的地層定為屯門組。但沿青山東麓斷續分佈火山角礫岩，因該區植被濃密和缺少鑽孔資料，負責該區的 Arthurton R.S.誤認為是沉積的礫岩，並將該區地層定為青山組(圖 1)。(Arthurton 等 1988)

香港政府因新界西北區的地下大理岩存在溶洞影響城市發展，1988年與英國自然環境研究院協議，由香港地質調查組負責該區 1:20,000 的地質測量工作，英國地質調查所 Frost D.V.等負責該區 1:5,000 的地質測量工作，共同查清該區地質特徵和地下溶洞的分佈。整個野外工作於 90 年中

完成，大大加深對該區地質的認識，促進該區建設的發展。當時由於條件所限，存在不足之處，如 1:20,000 新田幅地質圖(GCO, 1989)和 1:5,000 後海灣幅和山背幅地質圖(GCO, 1988)，當時因地面缺乏岩石露頭和鑽探資料，在天水圍和網井圍地區的地層仍保留 Allen 等(1971)所定的落馬洲組的名稱。直到後來鑽了 40 多個鑽孔。發現該區主要為火山岩，因此重新定名為屯門組。Darigo (1989, 1990) 和 Frost (1990) 均發表文章作了詳細論述。Darigo 還將含岩屑的凝灰角礫岩定名為天水圍段。強調含大理岩岩屑的凝灰角礫岩是火山碎屑岩，不同於元朗組沉積的層狀大理岩。不足處是沒有對岩石做化學化析，未能完全擺脫 Allen 等認為是落馬洲組沉積岩的影響，所以對天水圍段的敘述仍保留有礫岩。

為了詳細瞭解岩石的力學性質，香港土力工程處(Geotechnical Engineering Office 早前為 Geotechnical Control Office 以下簡稱為 GEO 或 GCO)於 1990 年由 Irfan T.Y.主編的 <元朗-屯門地區大理岩和其它岩石的工程性質>. (Publication No.2/90) 對該區岩石作了詳

-本文發表於 2009 年.8 月 18 日 “2009 粵港地區地質科學與地質工程(深圳) 研討會”

細的力學試驗，證明含大理岩岩屑的凝灰角礫岩相對於粉砂岩或大理岩的力學性質，兩者完全不同。其抗壓強度要比後者或單獨的大理岩和粉砂岩要大 2-10 倍。

香港土力工程處 1994 年出版的 1:20,000 新田幅基岩地質圖，根據鑽探資料，發現天水圍地區的岩石與屯門組火山岩相同。其中天水圍段主要以凝灰角礫岩為主，考慮到岩石名稱的統一，取消了天水圍段的命名，以地質符號 tb 取代。2000 年香港地質調查組由 Kirk, P.A.等主編的 1:100,000 地質圖(GEO. 2001 中文版，2000 英文版)，經詳細分析發覺青山組的岩性基本和屯門組相同，其中的礫岩實為火山角礫岩，遂將青山組併入屯門組。在圖例中明確指出屯門組是由安山岩和凝灰岩夾凝灰角礫岩、層凝灰岩組成。其後香港有些地質著作持不同看法，如<香港地質考察指引> (GEO. 2007 中文版，2008 英文版)和<香港工程地質實踐>(GEO. 2007)等地質著作認為天水圍和青山地區的火山角礫岩屬沉積礫岩，再次引起爭論。香港多位地質學者，先後發表文章指出沉積礫岩的錯誤。如 Chan(2005), Chan, J. 等(2005), Lai 等 (2004), Lai (2005) 和 Lai 等 (2006)，Chan & Kwong (2009)。另外從 2003 年以來，該區不少地質勘探報告都出現把火山角礫岩誤作沉積岩，影響了工程建設。為了弄清真相，作者不但對該區重新做了詳細的野外考察，結合岩礦鑑定和化學分析；並到世界各著名火山進行實地考察，通過認真分釋和對比，確證沿青山東麓存在呈線狀分佈的安山--英安

質古火山頸(圖 2)。

二、世界各地火山頸的共同特徵

香港對屯門地區是否存在火山頸已爭論了九年，爲了充分認識事物的真相，作者特地到世界各地著名的火山進行實地考察，如美國的 Shiprock 和 Smith Rock 菲律賓的 Pinatubo 和 Taal、意大利的 Vesuvius，還有日本、智利、新西蘭和冰島的火山。我國的長白山，五大蓮池、騰沖和臺灣的陽明山。經詳細研究，發現世界各地中基性火山頸的形成均有共同規律，其岩石均表現有共同特徵。

1. 地形地貌。平面上呈圓形或橢圓形，剖面上呈岩筒狀。地貌上呈突起陡崖如美國的 Smith Rock 或下陷的圓形窪地如山東蒙陰。

2. 岩石成份。由熔岩和爆發角礫岩共同或單獨組成。通常火山有多次噴發。強烈期以噴出爆發角礫岩爲主，平靜期以溢出熔岩爲主。岩筒內的岩石與圍岩呈侵入切割關係如美國的 Shiprock 和吉林的長白山。

3. 爆發角礫岩的膠結物。主要爲熔岩，又稱角礫熔岩。由於火山頸形成時仍處在地下深處，安山質岩漿溫度高達 800°-1200°C，熔岩與岩屑之間會產生熱力變質或接觸交代現象。岩屑亦會產生爆裂、彎曲、拉長，變窄和尖滅等現象，由於常見岩石有爆裂作用，又稱爆發角礫岩。

4. 爆發角礫岩的岩屑。可以是早期凝固之熔岩、漿屑、和圍岩中的沉積岩，亦可以是地殼深部的物質，形狀多呈稜角狀或半稜角狀、從地殼深處或經長途搬運的可呈渾圓狀或半渾圓狀如遼寧的瓦房店。

5. 流動構造。熔岩在火山頸內呈垂直向上噴發或放射狀的熔岩流動構造。亦可見平行岩筒的噴氣氣孔構造，有些氣孔密集似頭髮絲，如在台灣的陽明山和菲律賓的 Taal 活火山均可見這類構造。它們不同於近地表熔岩中似水滴狀的氣泡構造。

6. 岩石節理。多呈平行岩筒的垂直柱狀或板狀構造、亦可呈環繞岩筒的環狀節理和在岩筒內呈放射狀的節理。

7. 火山群受深部斷裂控制呈綫狀排列，並常與岩牆伴生。如雲南騰衝、黑龍江五大蓮池和美國西岸的火山群均呈綫狀分佈。

三、香港西北區區域地質簡介

香港中侏羅世屯門組分佈於新界西北部，從屯門經天水圍延伸至深圳河口。位於 NNE 向的青山斷裂和屯門斷裂之間的斷塊內(圖 3)。西側爲花崗岩，東側主要爲早石炭世的砂岩、粉砂岩和大理岩。屯門組主要以安山岩-英安岩系列的熔岩爲主，夾凝灰岩和凝灰角礫岩，還有少量凝灰質砂岩。其地質年代根據香港地質調查組的資料，其 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法測年爲 181 ± 3 百萬年至 182 ± 3.5 百萬年，屬中侏羅世，是香港最早的火山岩(Sewell 等, 2000)。

由於屯門組形成年代久遠，1.8 億年以來長期遭受風化侵蝕，粗略估計已侵蝕到原地表下約 8 百至 1 千米。近地表部份的岩石，如火山泥石流堆積和噴發沉積物大部份已受到剝蝕。只在局部地區還有殘留，大部份地區只留下火山底部或根部的岩石(圖 4)。類似美國新墨西哥州的 Shiprock 火山頸。屯門組的火山岩按岩相可分為：

噴溢相。主要為熔岩，其岩石化學成分主要為玄武安山岩，其次為安山岩和粗安岩，個別為英安岩。廣泛分佈從散石灣村至良景村。安山岩呈深灰色至深綠色，常含斜長石斑晶，基質多為隱晶質，緻密塊狀。

火山通道相。又分火山頸相和岩牆相，主要由熔岩和爆發角礫熔岩組成。主要分佈屯門組東西兩側，西側火山頸分佈由青山寺至菠蘿山。東側地面多被浮土覆蓋，鑽孔資料顯示由屯門醫院至虎地很可能有火山頸。岩牆在西側見於山景村和圓頭山，東側出露於亦園村，亦見於洪水橋至天水圍的鑽孔中，均隱伏於地下。岩牆常與火山頸伴生，長達幾十米至 300 米，寬由 0.5 米至 2 米，有些岩牆亦含有圍岩的岩屑。對火山通道相的熔岩作化學分析結果，主要為英安岩，其次為粗安岩。

空落相。分佈火山口外圍，主要為凝灰岩。如圍繞青山寺火山頸外圍和菠蘿山火山頸東側。亦可見有濺落的溶岩條帶，這些條帶還保留有熔岩向下流動的痕迹。

噴發沉積相。範圍較小，僅見菠蘿山以西靠近花崗岩的山脊，主要為凝灰質砂岩。沉積於火山間的低地。

四、中侏羅世屯門組火山岩和火山頸的特徵

屯門組火山岩出露屯門谷地西側的山地，由青山灣延伸至圓頭山。火山頸露頭分佈青山寺至菠蘿山一帶，呈 NNW 向斷續線狀排列，目前查明的火山頸大小有 9 個，未來可能有新的火山頸會被發現。火山頸在地面上近似圓形，橢圓形或雨滴形。直徑由 20 米至 100 米。高 20 米至 60 米。地貌上呈突起地形。剖面上呈圓柱形。火山頸之間間距由 50 米至 250 米。火山頸由熔岩或爆發角礫岩組成。熔岩在火山頸內呈脈狀或岩牆狀，對火山頸內的熔岩採樣，化學分析多為英安岩。岩屑多為早期凝固的熔岩或凝灰岩、也可以是深處泥盆紀的石英砂岩、粉砂岩和石炭紀的石灰岩。膠結物主要是熔岩。岩屑邊緣產生變質作用，對鐵鎂質火山岩岩屑會形成青盤岩化、綠簾石化、綠泥石化等反應邊，對石灰岩岩屑會發生交代作用，形成大理岩或含透輝石、透閃石、矽灰石和石榴子的矽卡岩。火山頸

外圍多為空落相的凝灰岩和噴溢相的玄武安山岩。屯門組火山頸具有世界其它地區同類火山岩的共同特徵。屯門組火山岩在屯門谷地東側，由藍地至天水圍的平原地區，多被沖積層所覆蓋。

1. 青山區屯門組的火山岩和火山頸

2000 年後香港有若干地質著作把屯門組的火山碎屑岩當作沉積礫岩，如 Sewell 等編寫的<香港前第四紀地質>(Sewell 2000) 第 69 頁，雖然將原青山組合併入屯門組，但敘述時仍採用舊資料，照搬<香港地質調查報告第三號新界西部地質> (Langford, R.L. 1989) 中過時的資料。把原先青山組的岩石仍按沉積岩去描述。造成地質報告與同時出版的地質圖不一致的現象。該書第 69 頁描述屯門組下部岩性：由大量外生碎屑岩和火山碎屑岩組成，在西側(相當原青山組範圍) 主要以石英砂岩、變質粉砂岩和千枚岩為主，夾次要的凝灰岩，沉凝灰岩和礫岩。隨後出版的<香港地質考察指引> (土力工程處，中文版 2007)第 48-49 頁和 51 頁認為由青山寺至菠蘿山的岩石主要是礫岩和角礫岩，由碎屑膠結。成因可能是破火山口的坍塌層或火山口湖的近岸沉積。(土力工程處，英文版 2008) 第 52-53 頁認為青山寺、西菠蘿山和靈渡寺地層均屬屯門組下部，大部份由礫岩、角礫岩和細碎屑沉積岩如砂岩和粉砂岩組成。<香港工程地質實踐>(GEO. 2007) 也有類似的錯誤，在書中第 35 頁，插圖 3.2.3 和第 140 頁中間的插圖表示的礫岩實際上就是火山角礫岩。主要原因是這些著作忽略或沒有認真研究前人的最新研究成果，同時缺乏對火山岩岩相和火山構造的分析。沒有在野外搞清楚岩石的產狀形狀，加上沒有對火山頸內的岩石採樣做過任何化學分析。無法對隱晶質或細粒火山岩做出正確的岩石鑑定。混淆了層狀的礫岩和筒狀的火山角礫岩兩者之間的區別。

青山寺火山頸。土力工程處 1988 年出版的 1:20, 000 青山幅地質圖，由 Arthurton R.S. 建立的青山組，從屯門的青山寺至菠蘿山分佈有一層礫岩，斷續延長達 1,100 米(圖 1)。經重新考察證明這層礫岩並不存在，因此土力工程處 2000 年出版的 1:100,000 香港地質圖，完全不表示這層礫岩。近年青山寺在維修過程中打了 11 個鑽孔。只要認真分析不難看出青山寺座落在一座火山頸上面(圖 7-10)，外形呈水滴狀。長 120 米，最寬處 50 米，往西南山上方向變窄和尖滅。岩礦鑑定熔岩成份主要為安山岩，主要礦物有斜長石、角閃石，少量黑雲母、輝石、石英和榭石，次生礦物有綠泥石、綠簾石和絹雲母，基質為隱晶質。岩芯中可見斜長石斑晶，呈完好的長柱狀晶体，長 1- 3 毫米，從火山頸的鑽孔中採集了 6 個熔岩樣品作化學分析，其中 TM1 和 TM104 是玄武粗安岩，TM102、104、TM6 和 TM107 是英安岩。爆發角礫岩的岩屑由 10 毫米至 300 毫米，大多為棱角狀至半棱角狀。岩屑成分主要有早期凝結的安山岩和凝灰岩，其次有石英砂岩、

粉砂岩，和石灰岩。膠結物為熔岩。熔岩與含鐵鎂礦物的岩屑接觸常見有反應邊如青盤岩化；與石灰岩接觸會產生大理岩化和矽卡岩化。岩屑與熔岩的接觸變質作用，只能在地殼深處隨高溫岩漿向地面噴發過程中相互作用形成。青山寺的岩石露頭可見明顯的熔岩流動構造，<香港地質考察指引>中文版第 52 頁，英文版第 56 頁右上角同一幅插圖誤認為是沉積成因的流動紋層。圍繞青山寺火山頸外圍的岩石是空落相的凝灰岩，其流動構造呈平緩角度。火山頸內的爆發角礫岩與凝灰岩呈侵入切割接觸，較遠的外圍是噴溢相的安山岩。反映出這是一個層狀火山的特徵。

山景村火山頸。在山景村正西 650 米，呈橢圓形岩筒狀，長 80 米，寬 50 米。地貌上突起，呈約 50 米高的陡崖(圖 11-14)。該火山頸與美國新墨西哥州的 Shiprock 火山頸甚為類似。山景村火山頸的熔岩主要為安山岩。所有熔岩與其它岩石的接觸均為侵入切割關係。在<香港地質考察指引>一書 (GEO.中文版 2007. 英文版 2008.) 中文版第 51 頁插圖“菠蘿山西露頭 3。是火山頸嗎？”用似是而非的事實懷疑這是一個火山頸。本文經細緻的野外考察、詳細的岩礦鑑定和化學分析指出該書的錯誤：

(1). 岩體的產狀形狀。平面上呈橢圓形，剖面上呈筒狀。而不是由沉積作用形成

的層狀岩體，因地殼運動推舉聳立而成 (該書第 51 頁)。

(2). 岩筒內由多期噴發的熔岩和爆發角礫岩組成，強烈爆發期形成爆發角礫岩，平靜期噴出熔岩，兩者呈韻律性週期產出。該書完全沒有對岩筒內的熔岩做過任何化學分析。無法了解兩者的相互關係。

(3). 爆發角礫岩的角礫經礦岩鑑定主要由熔岩膠結，熔岩與岩屑相互間形成反應

邊。角礫與熔岩接觸處有明顯的熱力變質或交代變質現象。如像該書第 51 頁認為是碎屑膠結，就不可能產生高溫熔岩與岩屑接觸的變質現象。

(4). 近似直立的板狀節理平行陡立的岩筒。是火山頸的特徵，而不是沉積岩的層理特徵。

(5). 在岩筒內保留有噴氣構造，噴氣管道呈垂直和互相平行，由岩筒底部延伸至頂部，高約 50 米。在岩筒南側的噴氣構造呈密集似頭髮絲狀，類似臺灣陽明山現代火山的噴氣構造。

山景村寄生火山頸。又稱小火山頸，在山景村正西約 80 米，距山景村火山頸 40 米。近似圓形，直徑約 50 米，高 20 米。即<香港地質考察指引>第 54 頁上的插圖“菠蘿山西的礫岩由粗粒晶屑凝灰岩組成”。岩筒內的岩石亦為熔岩和爆發角礫岩。熔岩的化學成份經採樣測定，其中樣品 TM61 和 TM73 主要為玄武安山岩。灰白色岩屑經化學分析樣品 TM59 測

定為早期凝固的流紋質凝灰岩，其餘岩屑還有早期的熔岩和沉積岩。這些岩屑的最大特點是呈渾圓狀或次渾圓狀，直徑可達 80 厘米。岩屑分佈主要集中於火山岩筒的中心，外圍主要為熔岩。節理呈同心圓狀(圖 15)。

南菠蘿山火山頸。菠蘿山西南 550 米有兩個火山頸，南菠蘿山火山頸長約 85 米，寬 50 米，高約 55 米。呈橢圓形。由多期噴發的熔岩和爆發角礫岩組成。從岩筒內熔岩岩牆延伸的不同方向，可分辨出起碼有 5 次噴發旋回(圖 16-18)。熔岩的化學分析，經樣品 TM81 分析結果主要為英安岩。岩屑主要為早期凝固的熔岩，其次為砂岩和石灰岩。石灰岩岩屑因動熱變質作用，會變為透閃大理岩或硅質大理岩。因韌性變形岩石會產生壓扁和拉長的現象(圖 19)。圍繞火山頸外圍東側，岩石樣品 TM77 的化學成份是流紋質凝灰岩。岩筒內有顯著的噴氣構造。

北菠蘿山火山頸。長約 95 米，寬 50 米，高約 20 米。與南菠蘿山火山頸相距 40 米。呈橢圓形，亦由多期噴發的熔岩和爆發角礫岩組成，在山脚剝落的滾石中可發現熔岩膠結的大理岩岩屑。在<香港工程地質實踐>(GEO 2007) 第 140 頁，插圖 6. 2. 7 中間一幅插圖，其中說明為礫岩的範圍，實際上就是北菠蘿山火山頸所在的位置(20-21)。此火山頸東側的圍岩為流紋質凝灰岩。

2. 天水圍地區的屯門組火山岩

<香港前第四紀地質> (GEO 2000, Sewell.主編) 第 38 頁插圖 3. 5 把天水圍地區西北的屯門組火山岩當作石炭紀落馬洲組的沉積岩。與同時出版的 1:100,000 地質圖(本文圖 22) 完全不一致。原因是引用了過時的 1:5,000 天水圍地質圖資料(Frost 1989)。Frost D.V. 本人和 Darige N.J. 於 1990 根據最新的勘探資料發表文章更正了這個錯誤。「香岩。有關照片亦說明為凝灰角礫岩。1994 年土力工程處出版的 1:20,000 新田幅基岩地質圖(圖 22)，歸納了香港地質調查組和英國地質調查所地質學者們在該區多年來共同工作的研究成果。以豐富的鑽探資料詳細說明為什麼要將該區石炭紀落馬洲組沉積岩改為屯門組火山岩。

從天水圍一直向南延伸至洪水橋和屯門醫院，鑽探均發現有大量含大理岩岩屑的凝灰角礫岩岩牆。在亦園村地面出露兩條互相平行的岩牆，岩牆內有典型的的大理岩岩屑，同時均發生矽卡岩化和青盤岩化的現象(圖 23-25)。

在靈渡寺可見一塊巨石由凝灰角礫岩、凝灰岩和熔岩組成，呈互層狀；但與全風化安山岩呈斷層接觸。可能是層狀火山堆積沿斷層下滑殘留的空落堆積相產物(圖 26)。另外靈渡寺有些岩石露頭中可見有濺落的熔岩條帶，

岩石採樣 TM10 的化学成份為英安岩，岩石表面仍可見到有熔岩漿屑呈垂直向下的流動構造 (圖 27)，說明當時是在火山口附近的空落堆積。

<香港前第四紀地質> (GEO 2000, Sewell.主編) 的插圖 3. 5， 有關天水圍地區的地質影響很大，後來出版的有些地質著作也跟著重犯這個錯誤。如<香港鑽探地質> (Fletcher. 2004). 第 110 頁、插圖 16. 2，和<香港工程地質實踐> (GEO. 2007) 第 105 頁、插圖 5.5.1，都原封不動地引用了 Sewell 有錯誤的插圖。

五、 屯門組火山岩因動熱變質產生糜棱岩化的岩石

屯門組火山岩因為處於廣東蓮花山大斷裂帶內，燕山運動時受到強烈的地殼運動，在屯門組內產生 NE 和 NW 向的斷裂。受動熱變質作用影響，岩石會發生韌性變形，產生糜棱岩化。往往在斷裂帶兩側由外向內，岩石發生遞進變質現象。熔岩中的大理岩岩屑和其它岩塊角礫會被拉長和壓扁(圖 19 和 28)。因此含大理岩岩屑的角礫熔岩或凝灰角礫岩很易被人誤認為是粉砂岩夾薄層大理岩。

六、 屯門--天水圍地區地質勘探中的編錄問題

作者於 2002 年發覺天水圍地區部分鑽探編錄把屯門組的火山碎屑岩當作沉積岩，除直接向有關方面反映外，並發表文章(Lai 等. 2004)指出問題，可惜沒有被採納。另外從土木工程署圖書館查閱屯門-天水圍地區由 2003 年以來的 1,200 個鑽孔資料，發覺對屯門組的岩石命名錯誤相當嚴重，鑽探編錄的岩石命名 60%以上是有問題的。主要是把火山碎屑岩中的大理岩岩屑當作層狀大理岩，把隱晶質的熔岩和火山灰凝灰岩當作粉砂岩或砂岩。編錄中出現的錯誤與<香港前第四紀地質>、<香港工程地質實踐>和<香港地質考察指引>等地質著作把屯門組部分火山碎屑岩當作沉積岩描述有很大關係。

由於城市發展的需要，香港在屯門、元朗和天水圍平原地區建設新市鎮，要建造不少高層建築，由於中侏羅世屯門組火山岩與石炭紀大理岩在該區內互相毗鄰(圖 3)，兩類岩石均有大理岩，加上風化程度深，又有變質作用影響，增加鑒別上的困難，容易產生混淆。因石炭紀的大理岩有岩溶問題易於形成溶洞，溶洞最大可高達 24.5 米，溶洞間可互相連通，最長可達 45 米。對高層建築的地基穩固性會造成嚴重影響。因此凡有大理岩分佈的地區，均被香港政府劃為城市發展的限制區。在該區內建築物的地質勘探和設計施工有嚴格要求。在沉積大理岩地區的鑽探，鑽孔深度必須穿過沒有溶洞的、中度風化以上矽大理岩 20 米，岩心採取率要求大於 85%。相對於火山岩鑽孔深度的要求，只需鑽穿中度風化以上的岩石 5 米，

岩心採取率大於 85%便可以。因屯門組的爆發角礫岩雖含有大理岩的岩屑，仍屬火山岩，與石炭紀的層狀大理岩明顯不同。岩溶程度也有很大差別。大理岩岩屑一般只有幾釐米至 50 釐米，甚少達到 1 米。而且大理岩岩屑均被熔岩膠結，在火山岩中形成的溶洞互不連通，風化後只呈蜂窩狀，岩溶程度只屬輕微至中等。另外兩者的岩性、力學和工程性質也完全不同，對地基工程的影響程度也不一樣。在野外地質測量工作中，必須把兩者嚴格區別開來，才能正確地進行地質勘探和地基工程設計，經我們檢查過的 1,200 個鑽孔，由於誤作沉積的大理岩，鑽探深度要求往往超過規定，初步統計多鑽達 9,809 米。結果必然增加地基鑽探和打樁的深度，增加建設成本，導致影響工程設計和拖慢工程進度，。

七、屯門組火山岩的化學成分

香港地質調查組對屯門組火山岩做過 11 個樣品的化學分析(Langford 等 1989 和 Sewell 等 1997)，主要在火山口外圍的噴溢相熔岩，對火山頸相的熔岩沒有做過任何分析。由於該區的火山岩大部分都是隱晶質或粒徑很細，肉眼和顯微鏡難於鑑定。爲了徹底搞清楚屯門組火山岩的成分，參照國際地科聯的建議，我們採集了 19 個岩石樣品做化學分析，包括火山頸相、岩牆相、噴溢相和空落相的熔岩，其結果用 TAS 圖解法將岩石進行分類(圖 29，表 2)。由於火山頸岩石含有大量圍岩物質。必須嚴格區分。因此只選擇熔岩的純淨部分做化學分析樣品。爲了保證質量，所有岩石化學試樣只採集沒有風化、沒有蝕變、沒有變質和沒有滲雜圍岩碎屑的新鮮岩石樣品。

爲了檢查樣品結果的可靠性，把同一地點同一岩性的樣品分送不同實驗室。把他們的分析結果相互比較。發覺分析結果基本合乎要求。如香港大學分析的 TM1 和廣州地化所分析的 TM104 結果都是玄武粗安岩。英國 Nottingham 大學分析的 HK856 和香港大學分析的 TM65 和 TM65B 結果都是玄武安山岩。

屯門組火山岩的化學分析結果，說明岩漿噴發表現出一定的規律，火山強烈爆發期噴出的熔岩，分佈在火山頸內的主要爲英安岩。火山寧靜期噴逸的熔岩，廣泛分佈於屯門谷地，多爲玄武安山岩。流紋質凝灰岩分佈火山錐外圍。亦見於火山頸內早期凝固之角礫。空落相的濺落熔岩條帶。主要成份爲英安岩。這種現象符合世界其他地方安山岩岩漿噴發的規律。在地殼深處的岩漿房，母岩漿多爲玄武岩，在上升噴發過程中，與富含 SiO_2 的圍岩發生同化或混染作用，產生英安岩和粗安岩等岩石(圖 4)。

由於香港地質勘探過程中，常把隱晶質的安山岩當作粉砂岩。我們專門對鄰近的石炭紀粉砂岩做了化學分析，兩者的化學成份相差甚大。粉砂岩的 SiO₂ 為 76.74%，但安山岩均低於 63%。粉砂岩的 SiO₂ 大大高於安山岩。相反粉砂岩的 Al₂O₃ 只有 11.58%，大大低於安山岩的 15.5%。

八、屯門組火山岩的力學性質

屯門至天水圍地區的地質勘探常誤將火山岩當作沉積岩，但是它們的岩石力學性

質完全不同，有學者已對屯門地區的岩石做過不少力學性質試驗。如 Irfan(GEO. 2000)和(Chan and Kwong. 2009)。詳細結果可參考他們的著作，現僅將有關主要岩石的單軸壓力試驗結果列於表 1 以供參攷。

岩石力學試驗結果說明，火山碎屑岩與沉積礫岩有著完全不同的力學性質。含大理岩岩屑的凝灰角礫岩/角礫熔岩的單軸抗壓強度比沉積礫岩強 5 至 10 倍。比大理岩強 2 至 3 倍。粉砂岩一般強度為 30 MPa，細粒凝灰岩亦比其強 3 至 6 倍。因此岩石定名不準確，會對工程設計做成不必要的誤差，並會對工程發展在經濟上、時間上和成本控制上做成重大損失。

含大理岩岩屑的凝灰角礫岩 (MPa)	鈣質礫岩 (MPa)	泥質礫岩 (MPa)	細粒凝灰岩 (MPa)	大理岩 (MPa)
a. 150—296 ¹	9.3—31.2 ³	4.0—27.4 ⁴	c. 111—194 ²	d. 65—138 ¹
b. 195—329 ²				
產地: a. 天水圍 b. 青山寺 c. 屯門、天水圍 d. 元朗				
資料來源: ¹ GCO 1990 ² Chan 等 2009 ³ Fugro 岩石力學實驗室 ⁴ FIGG 岩石力學實驗室				
(所有岩石試樣均為新鮮的完整岩石)				

表 1 . 岩石單軸壓力試驗結果

九、結語

香港不少地質工作者經過幾十年的努力，在屯門至天水圍地區做了大量的野外調查和艱苦的研究工作，對該區的地層和岩石，經過反復摸索，對粗火山碎屑岩的認識由淺入深，由最初誤認為礫岩，到確定為火山頸相或岩牆相的爆發角礫岩(岩筒角礫岩)。要正確區別火山成因的爆發角礫岩和沉積成因的礫岩，關鍵在徹底搞清楚岩石的產狀、形狀。區分層狀的礫

岩和筒狀的火山岩。對隱晶質的火山岩，單憑肉眼或薄片鑑定是不足夠的，應按照國際地科聯(IUGS)(Le Maitre, 2002) 的建議，採集化學分析樣品進行試驗，對火山熔岩和細粒凝灰岩才能有一個正確的認識。對香港的工程地質才能提供正確的資料，對香港工程建設才能作出合理的和正確的設計，也才能節省地質勘探和工程建設的成本。

十、 致謝

本文作者衷心感謝國土資源部南京地質礦產研究所陶奎元教授、邢光福教授和加拿大 Dalhousie 大學 P. Robinson 教授分別對野外觀察和薄片鑑定提供的寶貴意見，感謝邢光福教授和香港大學李龍明、王步雲和陳式立幫忙做的岩石化學分析和切制岩石薄片，感謝陳灝武提供的岩石力學試驗結果和 R.J.Sewell 提供的部份岩石化學分析數據。同時感謝黃凱珠博士、香港大學和香港理工大學的岩石力學試驗室給予的大力協助和支持。

表 2 香港屯門組火山岩的主要化學成分 (Wt %)

編號	樣品編號	位置	座標		岩石名稱	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	合計	
			E	N														
1	HK856	屯門海水儲水庫	142	288	玄武安山岩	54.3		17.1										
			7	9		9	1.01	9	8.5	0.15	3.87	7.26	2.36	2.05	0.21	0.67	99.33	
2	HK3788	翠林花園	151	291	粗安岩	53.4		18.4										
			7	0		6	1.48	5	9.39	0.11	1.3	4.54	4.57	4.94	0.79	-	7	
3	HK10246	良景邨	140	293	玄武安山岩	53.1		17.6										
			7	2		3	1.02	3	9.2	0.17	4.61	8.79	1.34	1.96	0.27	2.0	2	
4	HK10247	屯門食水儲水庫	140	288	玄武安山岩	52.0		17.5				11.6						
			0	0		2	0.89	5	9.06	0.29	3.56	2	0.96	1.73	0.27	2.06	1	
5	HK10378	山景邨	138	285	玄武安山岩	55.9		16.7										
			8	2		7	1.01	9	9.5	0.16	4.39	5.5	3.13	1.55	0.22	1.92	4	
6	HK10379	山景邨	138	285	玄武安山岩	53.9		18.3										
			8	8		9	0.95	2	8.95	0.15	3.93	7.94	2.28	2.06	0.24	1.46	7	
7	HK10380	山景邨	139	285	玄武粗安岩			19.1	10.5									
			6	4		51.6	1.12	4	5	0.17	4.72	3.81	0.9	5.61	0.24	1.91	99.77	
8	HK10382	山景邨	140	286	玄武安山岩	53.4												
			9	4		4	1.02	18.0	9.42	0.16	4.36	6.92	3.85	0.58	0.25	1.82	99.82	
9	HK10417	彩暉花園	159	298	英安岩	65.9		16.1										
			9	4		9	0.6	8	4.98	0.07	0.82	3.52	3.42	3.21	0.25	1.23	7	
0	HK10421	大興花園	154	289	粗面英安岩	63.4		18.7										
			1	6		9	0.73	3	3.17	0.07	1.06	2.88	6.42	2.29	0.25	0.9	99.99	
1	HK10444	建榮街青山寺	148	286	安山岩	59.9		16.5										
			4	1		6	0.87	7	7.97	0.14	2.26	6.95	2.71	1.65	0.24	0.88	99.32	
1	DH3	2.8m	138	280	玄武粗安岩	52.3	0.74	17.6	7.31	0.07	3.22	9.97	3.42	3.53	0.50	1.10	99.87	
			7	7		60	5	21	5	8	4	1	0	1	9	0	3	

1			160	335		65.9	0.78	10.5	6.04	0.17	1.01	9.47	2.34	3.80	0.10	0.73	100.9
3	TM-10	靈渡寺	7	1	英安岩	45	3	78	4	0	2	2	0	3	7	3	86
1			139	298	粗面英	66.9	0.52	15.5	4.32	0.07	1.02	2.10	4.28	3.97	0.15	0.89	99.85
4	TM-37	良景邨	5	5	安岩	63	1	21	4	5	3	9	3	6	7	9	0
1			137	286	流紋質	77.3	0.13	12.2	1.65	0.03	0.37	1.01	2.32	3.72	0.00	0.86	99.70
5	TM-59	南菠蘿山	2	3	凝灰岩	57	5	00	8	1	8	7	7	7	9	7	5
1			137	286	玄武安	53.2	1.04	17.8	10.5	0.14	3.60	6.65	2.66	2.15	0.24	1.76	99.97
6	TM-61	南菠蘿山	1	0	山岩	83	7	38	82	7	2	4	2	2	7	5	9
1			136	285		60.7	0.67	17.5	6.50	0.08	2.95	5.00	2.96	2.17	0.26	0.79	99.79
7	TM-64	南菠蘿山	6	0	安山岩	77	3	87	1	9	1	9	0	9	6	9	2
1		屯門海水	142	288	玄武安	52.3	1.10	18.3	9.31	0.16	4.43	7.79	2.50	1.61	0.26	1.79	99.64
8	TM-65	儲水庫	5	9	山岩	09	4	55	2	7	1	1	2	6	2	6	5
1	TM-	屯門海水	142	288	玄武安	52.2	1.09	18.7	9.72	0.14	2.97	8.15	2.44	2.57	0.22	1.39	99.71
9	65B	儲水庫	5	9	山岩	79	6	10	2	4	8	3	1	1	3	6	3
2			136	285		70.3	0.66	14.4	4.58	0.06	1.58	1.18	0.68	3.78	0.10	3.13	100.5
0	TM-68	南菠蘿山	4	2	英安岩	15	2	92	7	3	3	5	8	8	0	0	92
2			136	284		58.4	0.85	20.6	7.54	0.06	2.31	0.46	0.08	6.35	0.14	2.32	99.31
1	TM-70	南菠蘿山	4	9	粗安岩	89	7	79	9	0	1	5	0	0	4	9	2
2			136	285	粗面英	68.9	0.20	15.8	2.17	0.03	2.32	1.21	2.84	6.66	0.01	0.53	100.8
2	TM-71	南菠蘿山	6	0	安岩脈	65	5	79	9	7	4	5	1	4	8	2	55
2			137	288	玄武安	56.2		19.1									
3	TM73	山景邨	5	5	山岩	9	0.76	9	8.92	0.17	3.95	1.11	0.42	3.96	0.10	4.83	99.69
2			137	286	流紋質	72.8		13.7									
4	TM77	菠蘿山東	1	2	凝灰岩	0	0.31	9	1.94	0.05	0.70	1.74	3.12	4.54	0.09	0.75	99.81
2			137	288		68.7		14.1									
5	TM81	南菠蘿山	2	2	英安岩	7	0.53	6	3.89	0.07	1.56	3.04	2.99	3.73	0.11	0.91	99.77
2		青山寺															
2		DH4.	138	280		70.0		14.3									
6	TM102	16.4m	7	7	英安岩	5	0.34	9	2.30	0.06	0.97	2.95	1.98	4.46	0.09	2.13	99.71

2		青山寺																
7	TM103	DH7 13.6m	138 6	280 9	流紋岩	70.7 5	0.30	13.1 0	1.91	0.05	0.88	3.23	1.53	5.24	0.08	2.65	99.71	
2		青山寺																
8	TM104	DH3. 2.5m	138 8	280 8	玄武粗 安岩	52.0 0	0.83	18.6 1	7.58	0.05	3.35	7.76	4.08	3.76	0.48	1.00	99.48	
2		青山寺																
9	TM106	DH7 14m	138 6	280 6	英安岩	69.2 6	0.30	13.7 7	1.92	0.05	0.88	3.42	1.73	5.40	0.08	2.94	99.73	
3		青山寺																
0	TM107	DH7 16m	138 6	280 9	英安岩	69.5 3	0.30	13.6 2	1.87	0.05	0.95	3.36	2.82	4.68	0.09	2.45	99.72	

資料來源：編號 1-2 (GCO 1989)， 3-11 (Sewell 1997)， 12-22 香港大學地球科學系， 23-30 廣州地球化學研究所

十一、參攷文獻

- [1] 土力工程處 (2007) *香港地質考察指引*. 土木工程拓展署。香港特別行政區政府. 159
- [2] 宋聖榮 (2006). *臺灣的火山*。205 遠足文化事業有限公司. 中華臺北
- [3] 黎權偉.(2004). 香港含大理岩岩屑的火山碎屑岩特徵及其對地基的影響. *第五屆海峽兩岸三地暨世界華人地質科學研討會論文摘要集*. 中華臺北.
- [4] Allen, P.M . and Stephens, E.A. (1971). *Report on the geological survey of Hong Kong*. Government Printer. Hong Kong.107p
- [5] Arthurton, R.S., Lai, K. W. & Shaw, R. (1988) *Solid and superficial geology map of Tsing Shan (Castle Peak)*. Map HGM20 Sheet 5. 1:20,000. Geotechnical Control Office, Hong Kong Government,
- [6] Chan, S.H.M (2005). The geological characteristics of buried karst and its impact on foundations in Hong Kong, China. in Geotechnical Special Publication No. 144 Sink Holes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst. *Proceeding of the Tenth Multidisciplinary Conference* 275-285
- [7] Chan, S.H.M. and Kwong, A. K. L. (2009) Enhanced and systematic classification system for rock types in Tuen Mun and Tin Shui Wai Area, Hong Kong.. in *Proceedings of ISRM-sponsored international symposium on rock mechanics, "Rock characterization, modelling and engineering design methods"*
- [8] Chan, J. Lai, K.W. and Chan L.S. (2005) Origin of a chain of clast-bearing cone-shaped rocks within the Tuen Mun andesite in Tsing Shan, Tuen Mun, Hong Kong. *Abstracts of the Conference on Recent Advances in Geological Research of Hong Kong and the Pearl River Mouth Region*. Edited by Switzer, A.D. and Duzgoren-Aydin, N.S. Hong Kong University. 21-22..
- [9] Darigo.N.J. (1988). *Deep Bay:Solid Geology*. HGP 5B, Sheet 2-SW-C. 1:5,000
Geotechnical Control Office, Civil Engineering Services Department
- [10] Darigo.N.J. (1989). *Tin Shui Wai:Solid Geology*. HGP 5B, Sheet 6-NW-A 1:5,000.
Geotechnical Control Office, Civil Engineering Services Department
- [11] Darigo, N.J. (1990). Marble-bearing Jurassic volcanics of the western New Territories,
Hong Kong. In: Langford. R. D., Hansen, A. & Shaw, R. (Eds). *Karst geology in Hong Kong Geological Society of Hong Kong Bulletin. No.4*, 61-72.
- [12] Delaney, P.T. (1987). Ship Rock, New Mexico: The vent of a violent volcanic

- eruption. *Geological Society of America Centennial field guide Rocky Mountain*
 Section 411-415
- [13] Fletcher C. J. N. (2004). *Geology of Site Investigation boreholes from Hong Kong*
 Double Helix. Hong Kong 132 p
- [14] Frost.D.V. (1988). *Shan Pui: Solid Geology*. HGP5B, Sheet 2-SW-D. 1:5,000
 Geotechnical Control Office, Civil Engineering Services Department
- [15] Frost, D. V. (1990). Geological structure and stratigraphy of the Yuen Long area, Hong Kong.. In: Langford. R. D., Hansen, A. & Shaw, R. (Eds). *Karst geology in Hong Kong. Geological Society of Hong Kong Bulletin. No.4*, 49-60.
- [16] Geotechnical Control Office (1988). *Solid and Superficial Geological Map of Tsing Shan (Castle Peak)* (1:20,000) Map HGM20. Sheet 5.
- [17] Geotechnical Control Office (1989). *Solid and Superficial Geological Map of San Tin* (1:20,000) Map HGM20. Sheet 2.
- [18] Geotechnical Control Office (1990). *Foundation Properties of Marble and Other Rocks in the Yuen Long–Tuen Mun Area*. (GCO Publication No. 2/90), Civil Engineering Department, Hong Kong, 117 .
- [19] Geotechnical Engineering Office. (1994) *Solid Geological Map of San Tin. Sheet 2*. Hong Kong Geological Survey, 1:20,000. Series HGM20S, Civil Engineering Department. Hong Kong Government.
- [20] Geotechnical Engineering Office. (2000) *Geological Map of Hong Kong*. 1:100,000 Series HGM20S Compiled by Kirk, P.A. Sewell, R.J. Campbell, C.D.G. Fletcher, C.J.N. Lai, K.W. & Li, X.C. Hong Kong Geological Survey, Civil Engineering Department. Hong Kong SAR Government.
- [21] Geotechnical Engineering Office.(2007). *Engineering Geological practice in Hong Kong*. GEO Publication No.1/2007.Civil Engineering and Development Department, Hong Kong SAR Government, 278.
- [22] Geotechnical Engineering Office. (2008) *Hong Kong Geology Guide Book*. Geotechnical Engineering Office. Civil Engineering Department, Hong Kong.173.
- [23] Hildreth, W. (1981). *Journal of Geophysical Research* 86. 10179
- [24] Lai, K.W. & Langford, R. L. (1996). “Spatial and temporal characteristics of major faults of Hong Kong”. *Proceedings on the International Conference on Seismicity. In Eastern Asia*. (published as Bulletin No.5 of the Geological Society of Hong Kong. Owen, R.B. *et al.* Editors. 72-84.
- [25] Lai, K.W. (2001). The characteristics of buried karst and its influence on foundation design in the North West New Territories, Hong Kong SAR. *Proceeding on the Fourteenth Southeast Asian geotechnical Conference*, edited by Ho & Li.

355-360.

[26] Lai, K.W. Chan, H.H.K. Choy, C.S.M. and Tsang, A L.Y. (2004) “The characteristics

of marble clast-bearing volcanic rock and its influence on foundation in Hong Kong. *Proceedings of Conference on foundation Practice in Hong Kong* E1-E10.

[27]Lai, K W. (2005). The characteristics of marble clast-bearing pyroclastic rock and

the misunderstanding in Hong Kong. *Abstracts of the Conference on Recent*

Advances in Geological Research of Hong Kong and the Pearl River Mouth Region.

Edited by Switzer, A.D. and Duzgoren-Aydin, N.S. Hong Kong University. 21-22.

[28] Langford, R.L. Lai, K.W. Arthurton, R.S. & Shaw, R. (1989). *Geology of the*

Western New Territories. Hong Kong Geological Survey Memoir No.3, 140
Geotechnical Control Office Civil Engineering Services Department,
Government

Printer, Hong Kong. 140 .

[29] Le Maitre, R.W. (2002). *Igneous rocks a classification and glossary of terms,*

2nd ed.. Cambridge, U.K. 236p.

[30] Sewell, R.J. & Campbell, D.G. (1997) Geochemistry of coeval Mesozoic plutonic

and volcanic suites in Hong Kong. *Journal of the Geological Society,*
London,

V.154, 1053-1066. Printed in Great Britain.

[31] Sewell, R, J., Campbell, S.D.G., Fletcher C.J.N. Lai, K.W. & Kirk,
P.A.(2000)

The Pre-Quaternary Geology of Hong Kong. Geotechnical Engineering
Office,

Civil Engineering Department, Hong Kong SAR Government

Discovery of palaeovolcanic neck group of the Middle Jurassic age in Hong Kong and its significance

*Previous Hong Kong Geological Survey
Li Quanwei*

【Abstract】 The correct geological data of an area provides the base for engineering design. For a long period, some rock types in the area stretching from Tuen Mun to Tin Shui Wai in Hong Kong was misinterpreted. The volcanic tuff breccia was misidentified as sedimentary conglomerate; the aphanitic andesite and fine ash tuff were misjudged as siltstone or sandstone. Based on this incorrect identification, a fluvial deposit model was assumed which was misleading to the geological investigation and foundation design. After detailed field observation, thin section identification, chemical composition study and comparison with those in other countries, a series of palaeovolcanic necks were discovered and confirmed. The Tuen Mun Formation has been shown to comprise andesitic lava and tuff with marble clasts-bearing tuff breccia and subordinate tuffites.

【Keywords】 *Tuen Mun Formation Volcanic plug Andesitic-dacitic lava Explosive breccia*

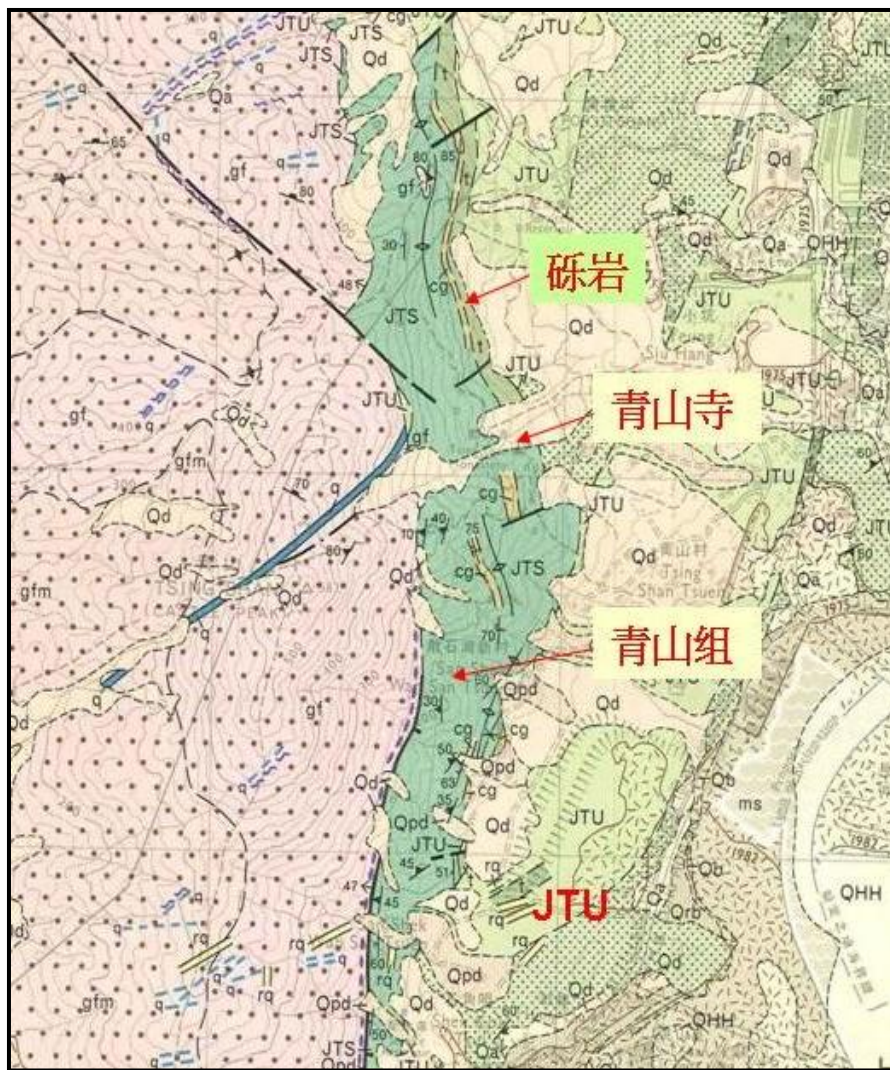


圖 1 香港 1988 年出版之 1:20,000 青山幅地質圖有一層斷續延長 1,100 米之礫岩

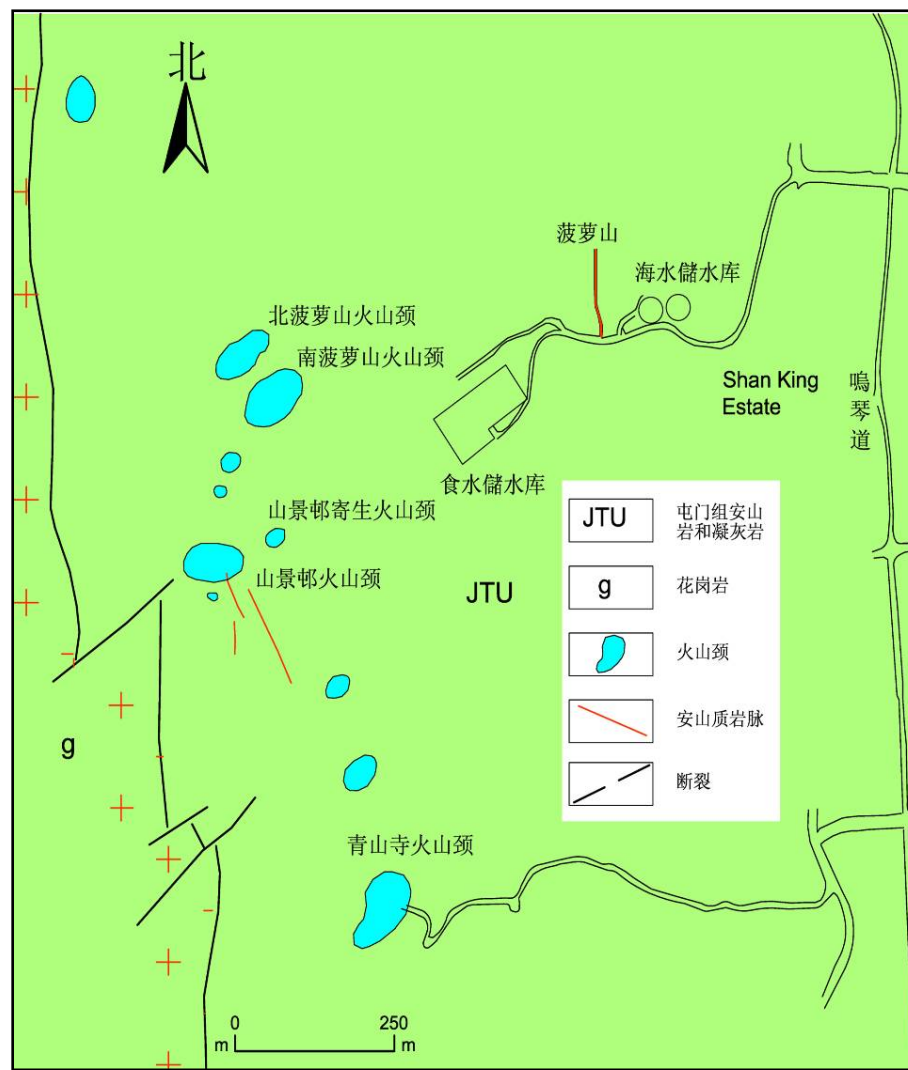


圖 2 經實地調查證實礫岩並不存在，但出露一系列由火山角礫岩和熔岩組成的火山頸

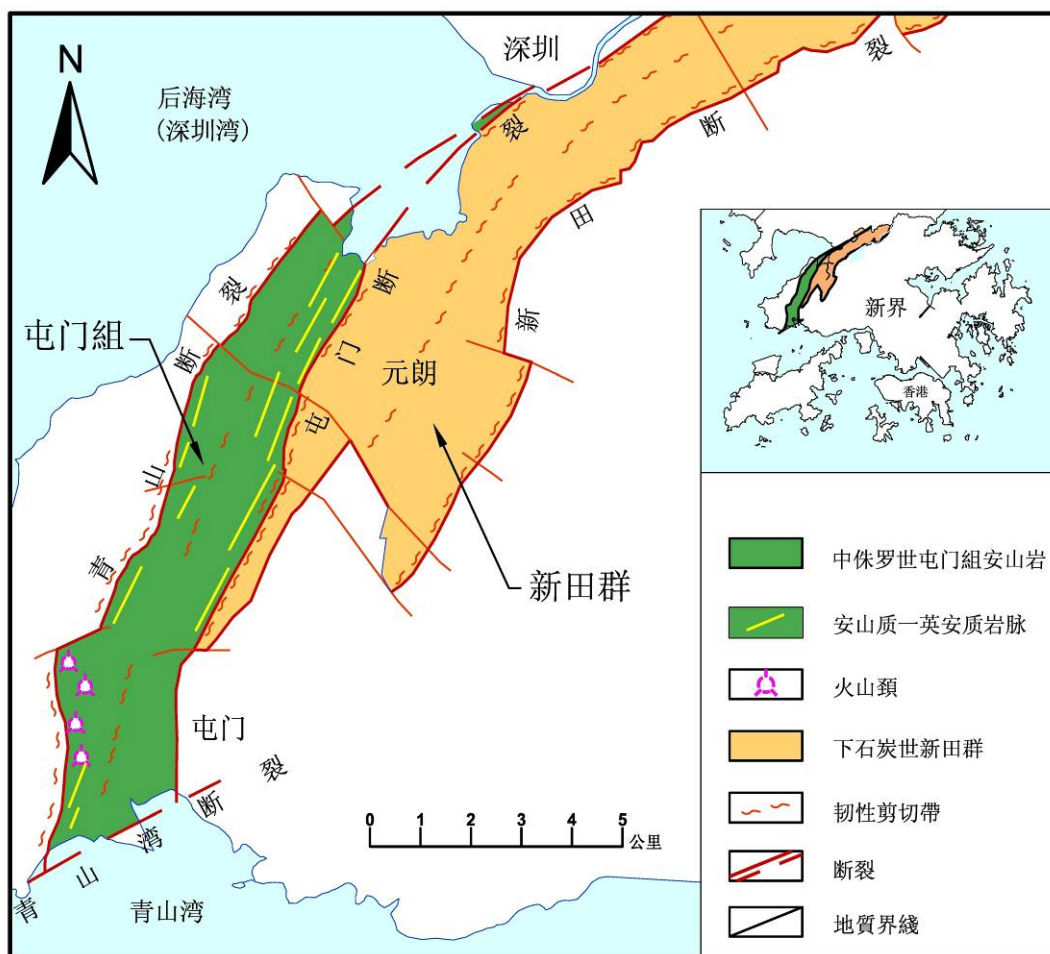


圖 3 香港屯門組分佈示意圖

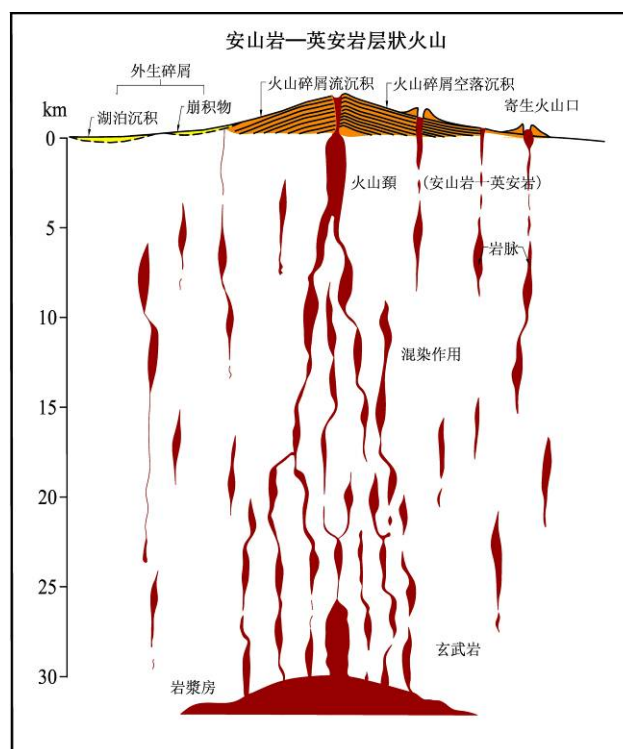


圖 4 安山岩從地殼深部至地表岩漿成份演化示意圖 (據 Hildreth, W. 修改)



圖 5 美國新墨西哥州 Shiprock 的火山頸



圖 6 Shiprock 火山頸由爆發角礫岩和熔岩組成

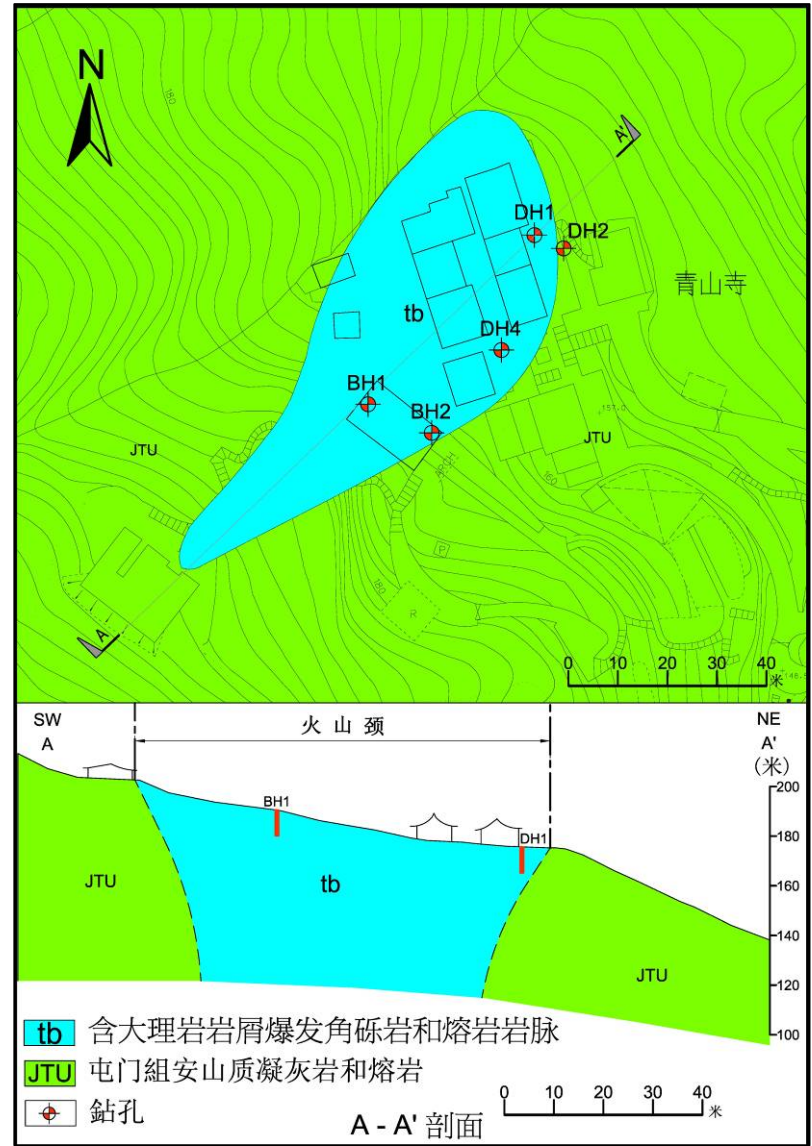


圖 7 青山寺火山頸的產狀形狀

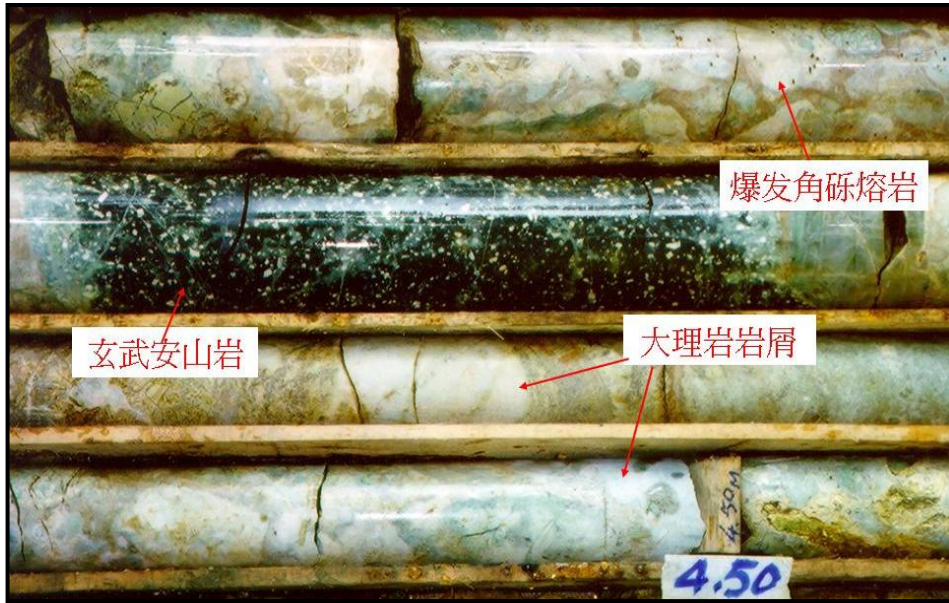


圖 8 青山寺火山頸內之玄武安山岩和爆發角礫岩

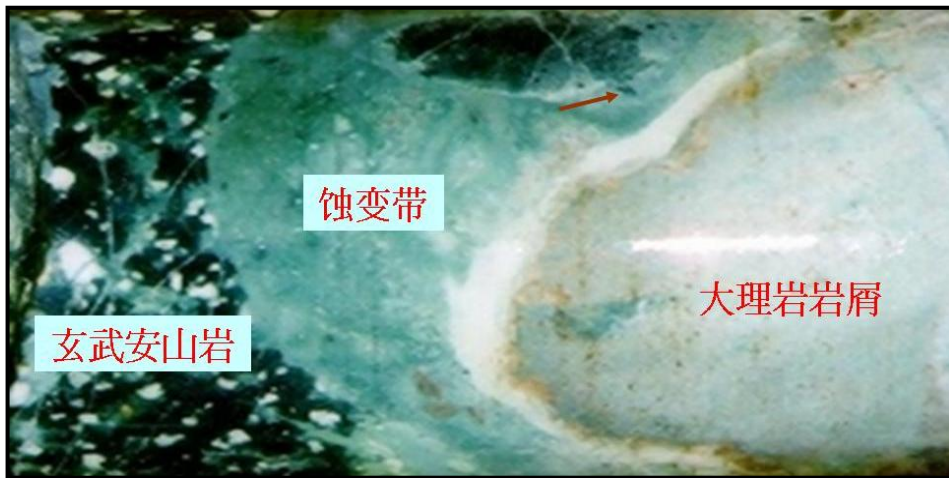


圖 9 青山寺火山頸玄武安山岩與大理岩岩屑接觸的蝕變帶

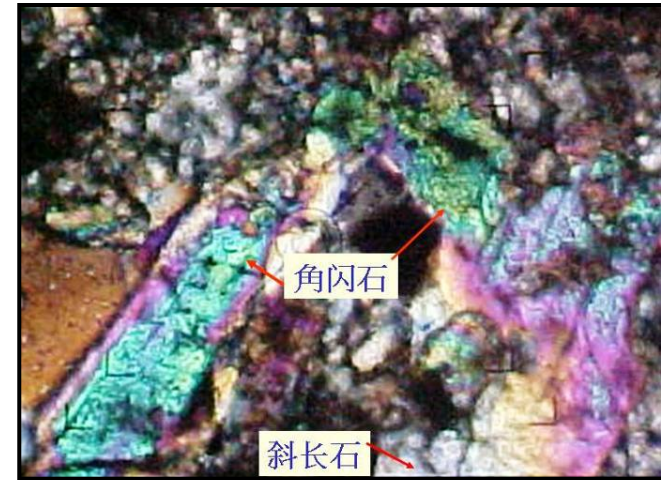


圖 10 薄片中青山寺的安山岩

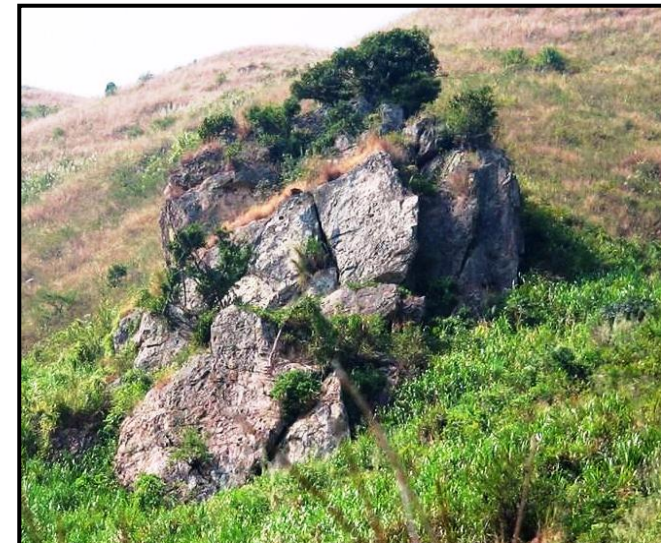


圖 11 山景村火山頸由爆發角礫岩和熔岩組成，地貌上呈突起懸崖



圖 12 山景村火山頸的排氣構造

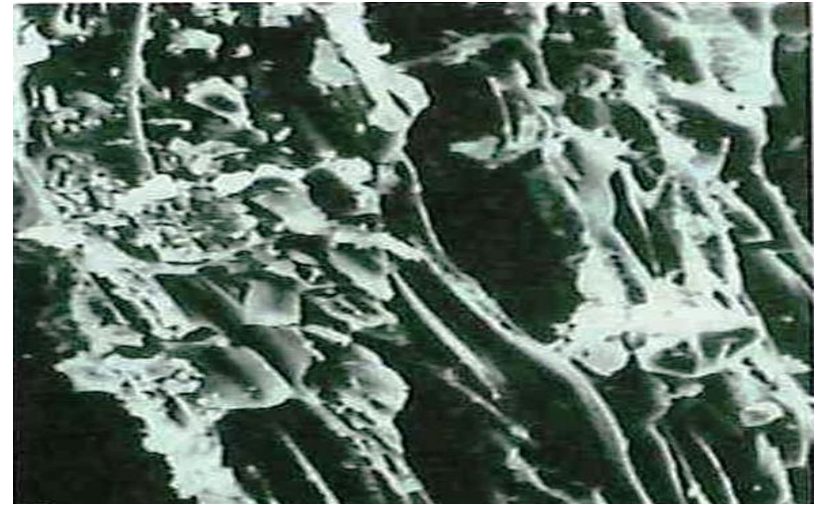


圖 14 電子顯微鏡下臺灣火山岩的排氣構造(據宋聖榮)



圖 13 臺灣陽明山安山岩的排氣構造

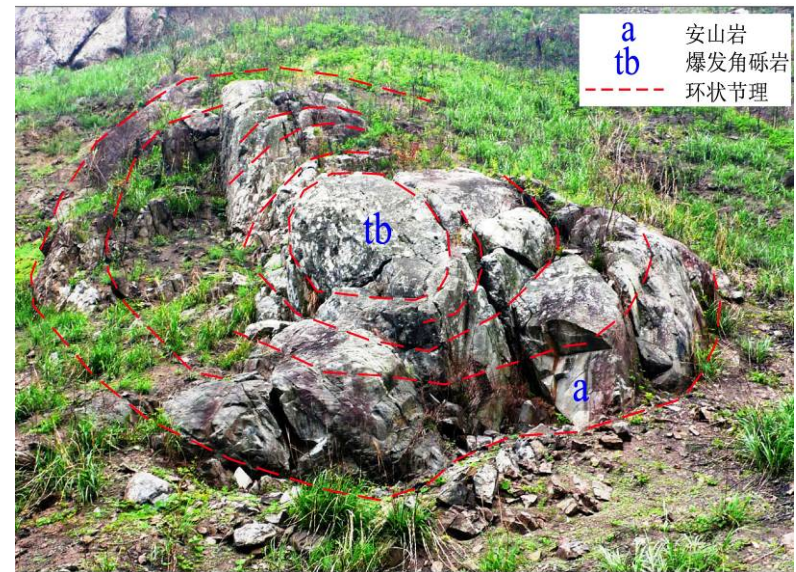


圖 15 山景村寄生火山頸的環狀節理



圖 16 南波蘿山的火山頸



圖 18 南波蘿山英安岩侵入爆發角礫岩及其接觸關係

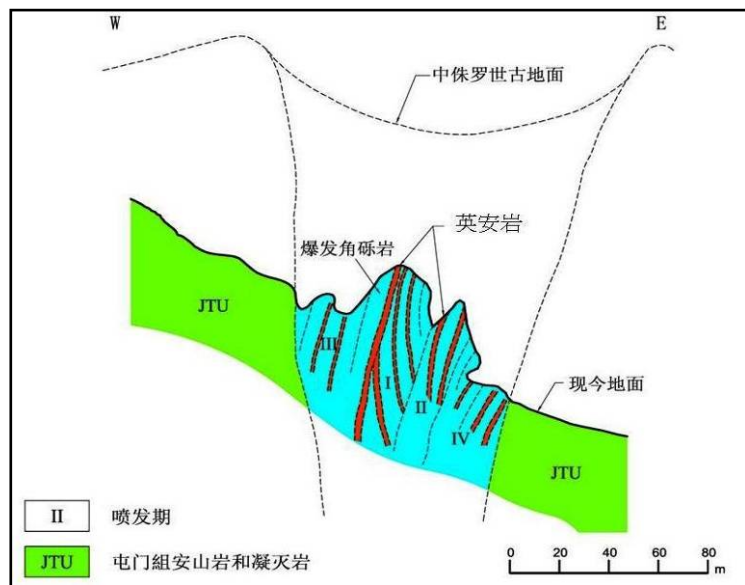


圖 17 南波蘿山古火山頸剖面示意圖



圖 19 南波蘿山火山頸內的大理岩岩層因韌性變形被壓扁和拉長的現象

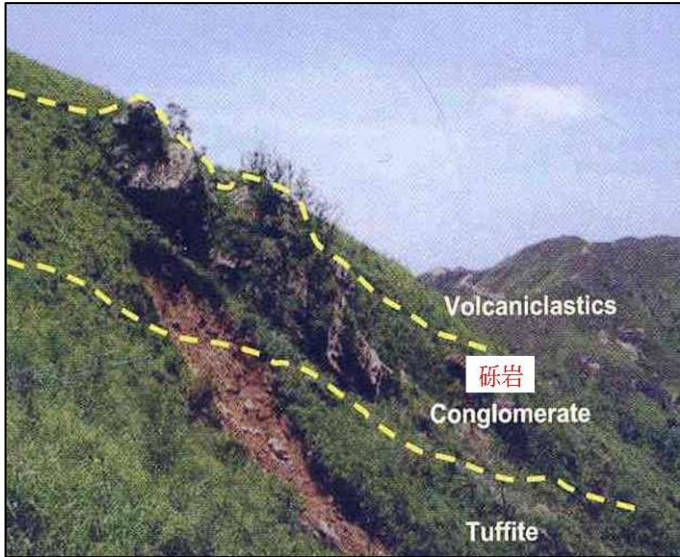


圖 20 <工程地質實踐> 140 頁，插圖 6.2.7 北菠蘿山的礫岩

圖 21 經調查證實北菠蘿山應為英安岩和爆發角礫岩組成之火山頸

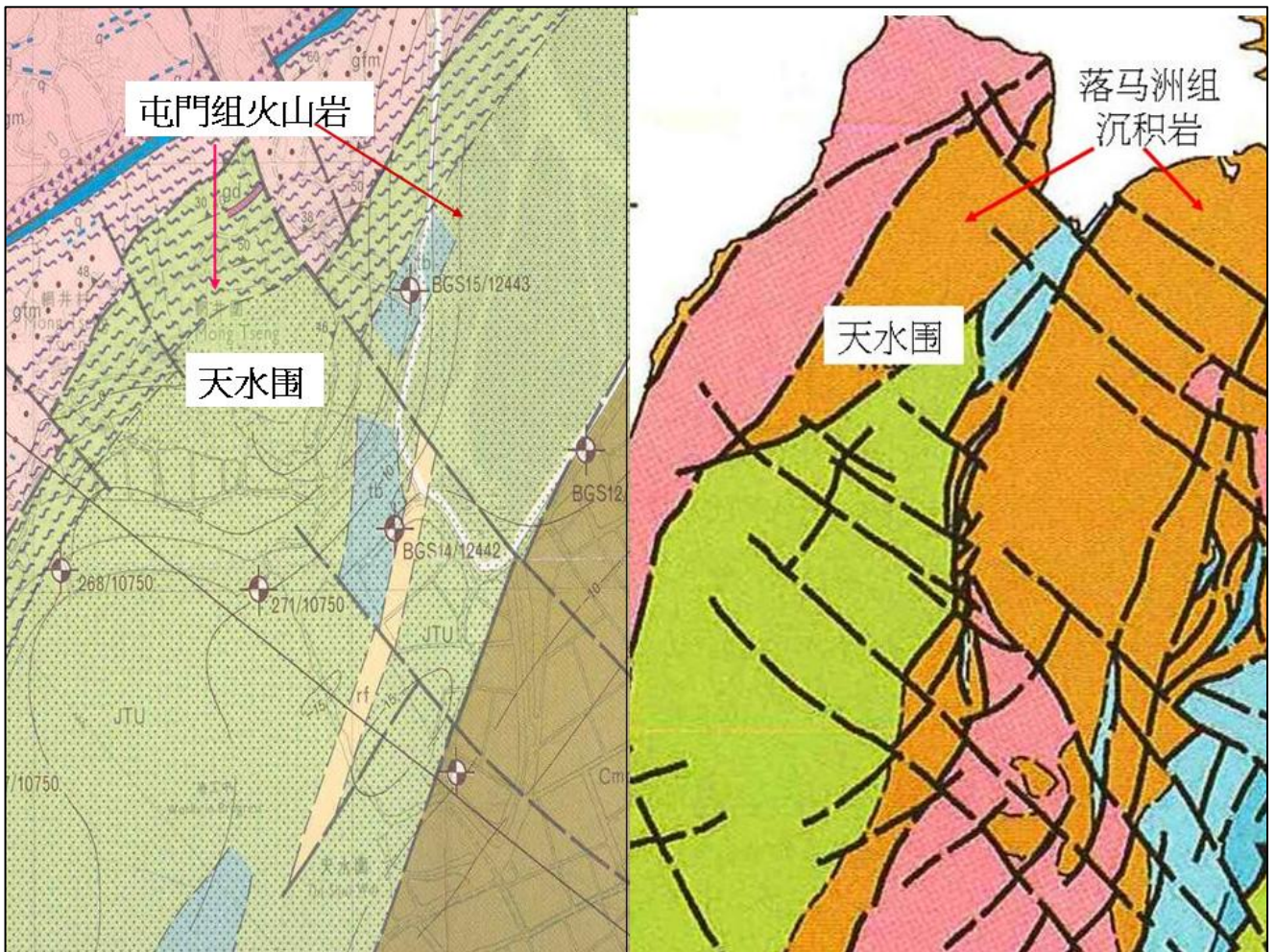


圖 22 左圖為 1994 年綜合香港地質調查組和英國地質調查所地質學者們的共同研究成果而出版之地質圖(GEO)，天水圍地區屬屯門組火山岩。右圖為 2000 年出版的<香港前第四紀地質> (Sewell 等)第 38 頁，插圖 3.5 錯誤地引用過時之資料當作落馬洲組沉積岩



圖 23 亦園村兩條角礫熔岩岩牆

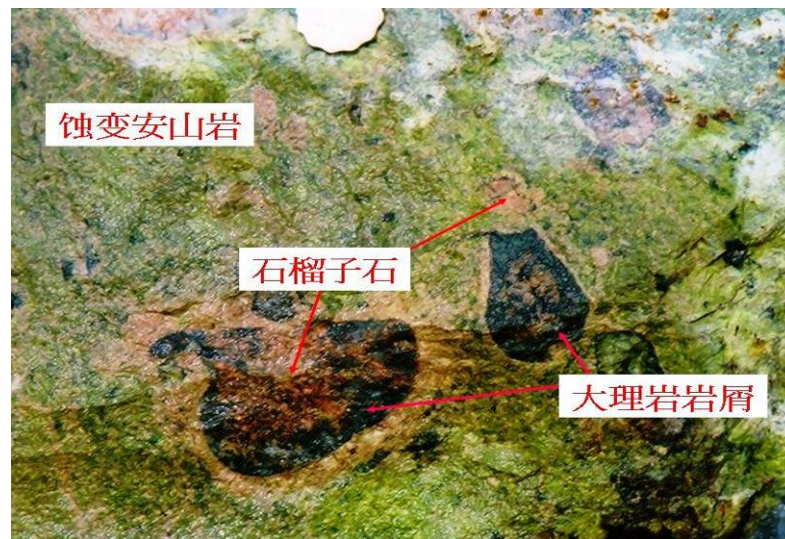


圖 25 亦園村角礫熔岩內熔岩和岩屑間的蝕變帶



圖 24 岩牆內出露的角礫熔岩和其中的大理岩岩屑



圖 26 靈渡寺的火山碎屑空落堆積由凝灰角礫岩、凝灰岩和英安質熔岩組成

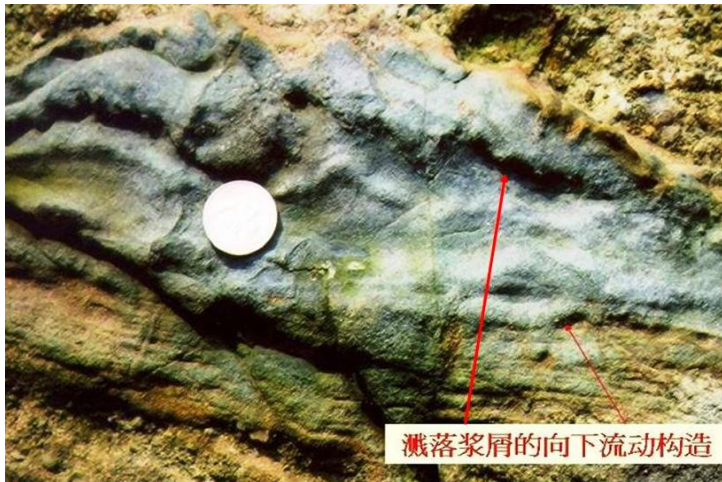


圖 27 靈渡寺火山碎屑空落堆積的漿屑

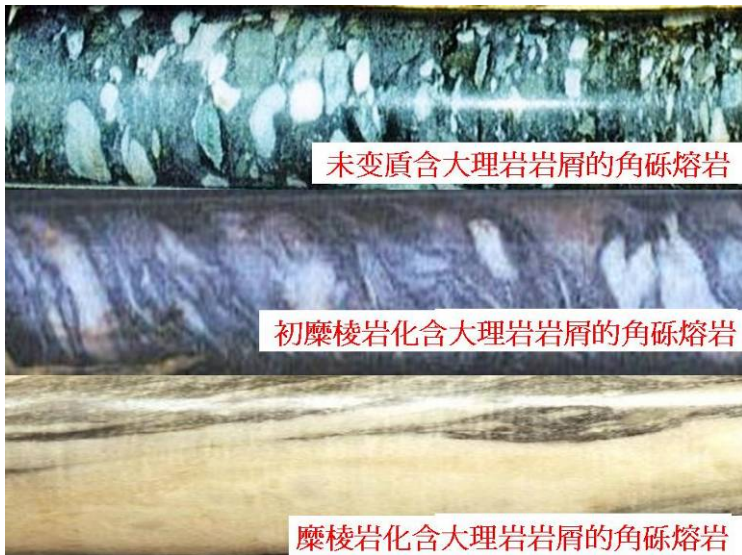


圖 28 屯門組糜稜岩化含大理岩岩屑的火山碎屑岩

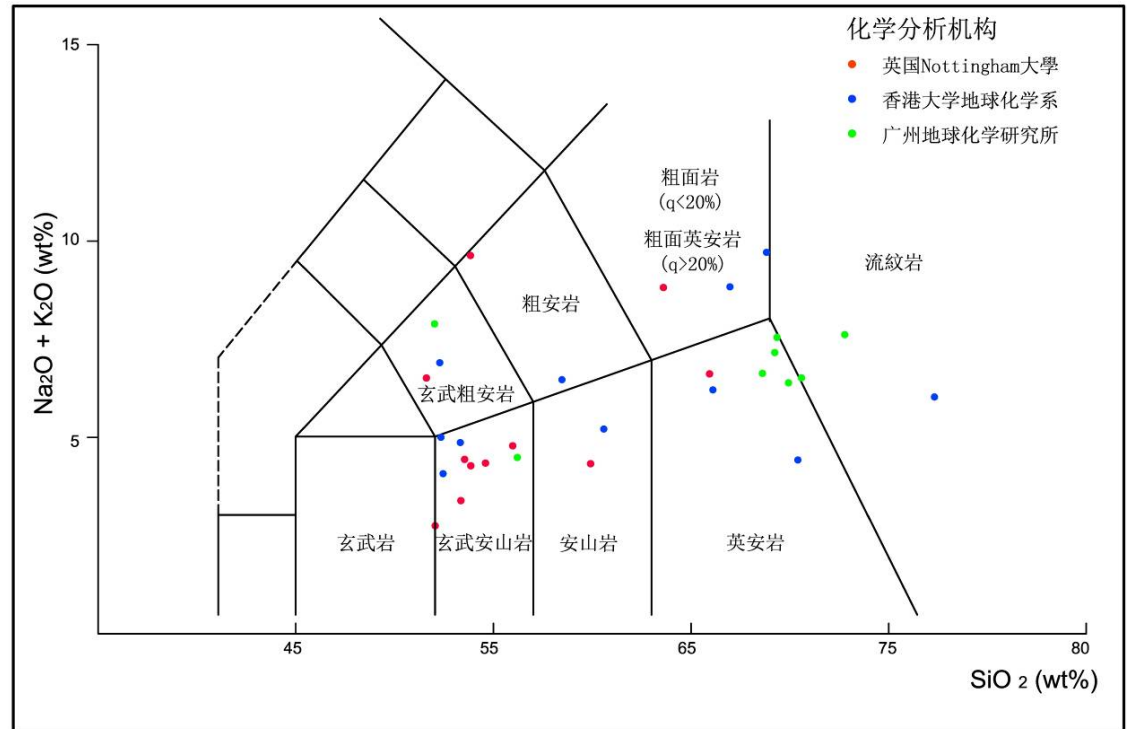


圖 29 香港屯門組火山岩的化學成份 TAS 圖解