

香港的韌性剪切帶*

黎 權 偉

(香港土木工程署土力工程處香港地質調查組)

文 摘 從侏羅世中期至晚白堊世的燕山運動，廣東東南部的蓮花山斷裂帶發生強裂的斷裂活動。其北支深圳斷裂帶延伸至香港地區為屯門—羅湖斷裂帶，它亦相當活躍，產生大量火山噴發和岩漿活動，在不同時期、不同地殼深度、形成不同變質程度的岩石。並產生新田、青山和吊燈籠等韌性剪切帶。其中新田和青山剪切帶表現為韌性推覆剪切帶，走向 NNE 至 NE，均位於屯門—羅湖斷裂帶內。該斷裂帶由多條長期活動、成因多樣的斷裂組成。吊燈籠剪切帶呈 EW 走向，分佈本港境內新界的東北部，表現為韌性伸展構造。隨韌性剪切帶形成後之地殼運動，常發生脆性斷裂變形，疊加於原有斷裂帶上。

關鍵字 韌性剪切帶 糜棱岩 香港

香港的韌性剪切帶主要有 3 條(圖 1)，包括新田韌性推覆剪切帶、青山韌性推覆剪切帶，和吊燈籠韌性伸展斷裂帶。它們的共同特徵為沿斷裂帶均普遍發育糜棱岩。過去許志琴等地質學者⁽⁵⁾曾對香港的韌性剪切帶作過研究。

1 新田韌性推覆剪切帶

該帶位於新界西北部，由元朗的大塘經米埔至老鼠嶺(圖 1)。剪切帶走向 40~60°，傾向 NW，傾角 32~46°。沿主幹斷裂內和兩側的圍岩均變質為糜棱岩。下盤的凝灰岩寬達幾十米至 1 km。遠離主幹斷裂兩側的圍岩，亦常發現若干條大致平行於主幹斷裂的糜棱岩帶，如粉嶺的龍山未變質凝灰岩與糜棱岩化的凝灰岩相間出現。每條糜棱岩化帶由邊緣至中心，變質程度逐漸增強，具明顯的韻律遞增變形特徵。不同礦物成分的岩石經動熱變質和韌性變形後形成的岩石種類也不相同。例如下列岩石的變質由淺至深為：

凝灰岩 - 凝灰質初糜棱岩 - 凝灰質糜棱岩 - 超糜棱岩。
粉砂岩 - 變質粉砂岩 - 千枚岩 - 絹雲母片岩 - 千糜岩。
炭質泥岩 - 石墨片岩 - 石榴石石墨片岩。
石灰岩 - 結晶灰岩 - 大理岩 - 糜棱岩化大理岩。

糜棱岩中的礦物呈明顯的塑性流變和定向排列，出現亞晶、旋轉碎斑、 σ 型和 δ 型的石英殘斑。鏡下還觀察到雲母魚、S-C 組構、核幔構造和不對稱壓力影等。長石多變質為定向排列之絹雲母。礫岩中的礫石常被壓扁和拉長。糜棱岩的拉伸線理為 150°。宏、微觀運動學一致指示，北西岩塊向南東作韌性滑動，即早石炭世新田群地層向南東推覆至中侏羅世荃灣群火山岩上。

* 註：原文發表於 <廣東地質> 2002 年 9 月第 17 卷第 3 期，本文略有修改。

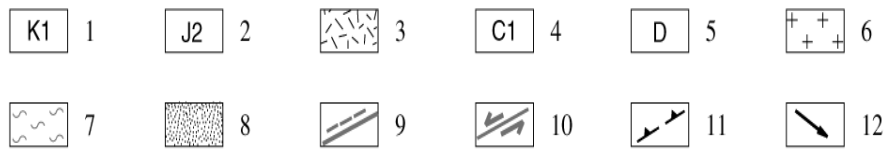
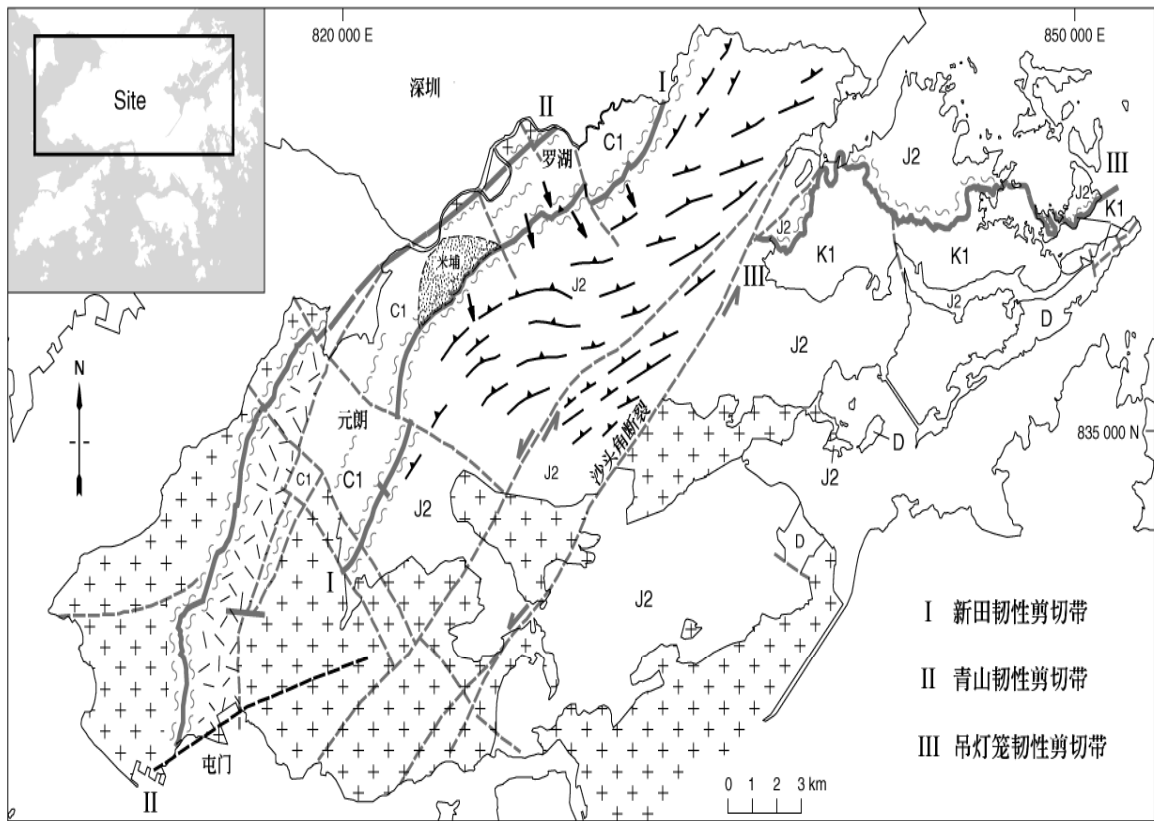


图1 香港的韧性剪切带

Figure 1 Ductile shear zones of Hong Kong

1. 早白垩世八仙岭组 2. 中侏罗世荃湾群 3. 中侏罗世屯门组 4. 早石炭世新田群 5. 泥盆系
6. 花岗岩类 7. 糜棱岩 8. 动热变质晕圈 9. 断裂 10. 走滑断裂 11. 流劈理 12. 拉伸线理

在米埔地区，新田群的炭质泥岩形成动热变质晕圈。出现石榴石二云母片岩，绿帘石角闪岩相。向周边渐变为二云母片岩和千枚岩的绿片岩相。在新田断裂与沙头角断裂之间 5~8 km 范围内，发育一系列流劈理，呈反“S”形伸展，说明后期两条 NE 向断裂曾发生左行走滑活动

据杨超群⁽⁴⁾研究，在新田韧性剪切带以北延伸入深圳的糜棱岩中，从再结晶石英中的液相包裹体测得温度为 300~350°C。另外从变形中心的糜棱岩出现石榴石、绿帘石和白云母等变质矿物推断，其形成温度大约是 400~450°C，形成深度为 8~10 km。

2 青山韌性推覆剪切帶

該帶沿青山花崗岩東側與圍岩的接觸帶分佈。由屯門蝴蝶灣西側的白角經尖鼻咀沿深圳河至羅湖，長 27 km。並向深圳以北延伸。青山花崗岩為同構造花崗岩，與深圳的南頭花崗岩為同一岩體（圖 2）。在尖鼻咀以南花崗岩侵入屯門組火山岩，走向 10~20°，傾角 47~56° 傾向 NW。沿接觸帶及兩側發育糜棱岩，拉伸線理 110°，剪切應變自西向東。花崗岩向東推覆至火山岩上。糜棱岩帶由邊緣至中心，變形強度逐漸加強，亦具明顯的韻律性遞增變形特徵。例如花崗岩由正常花崗岩變為花崗岩化初糜棱岩—花崗糜棱岩—超糜棱岩。安山岩漸變為黑雲母綠泥石片岩。凝灰角礫岩和含大理岩岩塊安山岩中之角礫均被壓扁和拉長，並發生糜棱岩化，香港有些文章誤將這些岩石當作沉積的粉砂岩夾大理岩。從

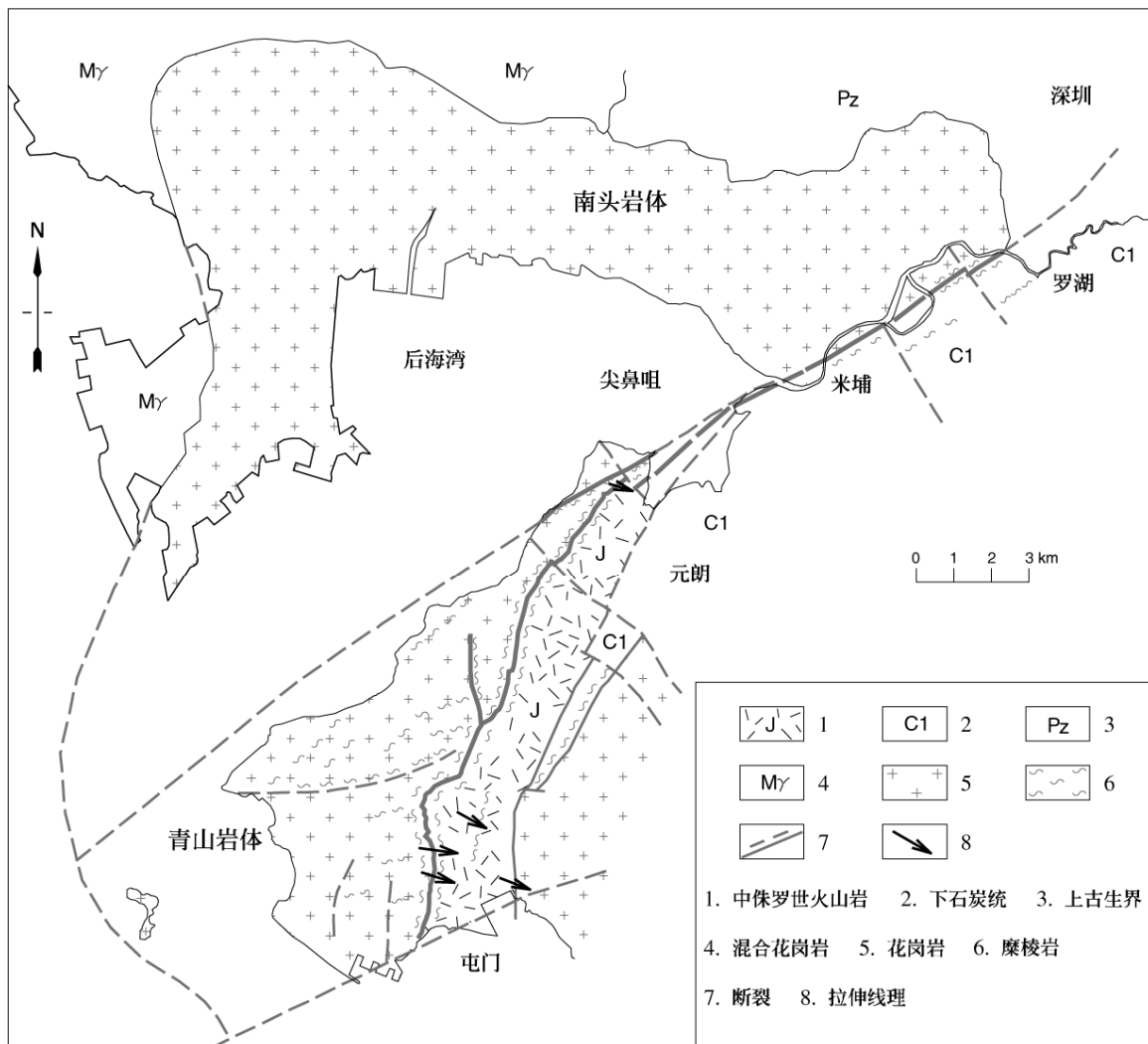


图2 青山韌性剪切帶
Figure 2 Tsing Shan ductile shear zone

薄片可見波狀消光、亞晶、核幔、縐帶狀石英等。糜棱岩寬度由幾十 cm 至 20 m。局部不發育。在花崗岩岩體內部亦分佈有糜棱岩帶，有些平行主斷面，多數呈 NEE 向，也有呈 NW 向，常伴有石英脈。這些糜棱岩不但是由斷裂變質引起，同時亦由於岩漿侵入過程中形成。大部分岩漿已結晶，部分岩漿仍保持高溫流體狀態，因岩體的侵位，導致岩體邊

緣發生剪切作用。岩漿中已結晶的礦物隨剪切作用重新排列，並發生旋轉定向。除形成糜棱岩外，有些地方還形成花崗片麻岩，構成高溫韌性剪切帶^[2]。如蝴蝶灣西端，和圓頭山等地。

該帶位於花崗岩與早石炭世新田群地層間。在尖鼻咀以北剪切帶走向轉為 50°，傾角 50~67°，傾向 NW。位於花崗岩與早石炭世新田群地層間。由尖鼻咀往 SW，此剪切帶還切割入花崗岩內，經流浮山入后海灣。沿剪切帶花崗岩亦發育良好的糜棱岩。此部分的剪切帶可能形成較晚，於晚白堊世時在流浮山出現小型的拉張沉積盆地。說明此剪切帶後期由推覆作用轉為滑覆作用。

3 吊燈籠韌脆性剪切帶

位於中侏羅世火山岩與早白堊世砂礫岩之間，為 EW 向韌脆性剪切帶（圖 3）。由在西部的龜頭嶺延伸至東部往灣洲的滅角咀，長 20 多 km。西端被 NE 向左行走滑斷裂截斷，東端為 NW 向斷裂切開。斷裂線在地面出露甚為彎曲，並出現飛來峰、構造窗和滑片等構造。剪切帶上下岩層均發生糜棱岩化。拉伸線理為 210°。北側凝灰岩向南滑覆於砂礫岩的紅層上。傾角平緩，只有 20~30°。糜棱岩厚度由 1 m 至 10 多米。上盤凝灰岩在南涌、往灣洲西北端的執毛洲、角大排可見發育典型的糜棱岩，並見有不對稱褶皺， σ 型及 δ 型碎斑。下盤砂岩亦發生糜棱岩化。礫岩的礫石明顯地被壓扁和拉長，如老龍田、龜頭嶺等。除韌性變形外，並發現大量脆性變形的碎裂岩石，如礫石被剪切破裂。反映為過渡的韌脆性變形。香港地質調查組曾對凝灰質糜棱岩進行 $Ar^{40}-Ar^{39}$ 法測年，其形成年代為 90 Ma^[8]，說明吊燈籠韌脆性剪切帶形成於晚白堊世。根據地層厚度，推斷其形成深度約為 2~3 km，為淺層韌脆性剪切帶。

吊燈籠韌脆性剪切帶與上述新田和青山兩條韌脆性剪切帶比較，其糜棱岩的厚度較薄，出露規模也較小，同時出現脆性變形，說明二者有着不同的成因。從區域地質分析，在此剪切帶北部的深圳地區，有一個大型的屯洋花崗岩岩體侵入。是由多個不同時期侵入的花崗岩組成的複合岩體。侵入時間由中侏羅世至晚白堊世^[1]。由於岩漿侵入的穹窿作用，使地殼變薄，兩側岩石形成韌性伸展構造（圖 3）。亦有稱為伸展拆離構造^{[6][7]}。而新田和青山兩條韌脆性剪切帶則以推覆構造為主。

4 形成機制的探討

香港的 3 條韌脆性剪切帶均為廣東蓮花山斷裂帶的北支，深圳斷裂帶的組成部分。南支為海豐斷裂帶。它們是在不同構造部位和不同時期所形成。根據剪切帶切割的地層和花崗岩的侵入關係，新田韌脆性推覆剪切帶為一深層韌脆性剪切帶。開始形成於中侏羅世，結束於晚白堊世，其高峰期可能在晚侏羅世。青山韌脆性剪切帶中的花崗岩為同構造花崗岩，侵

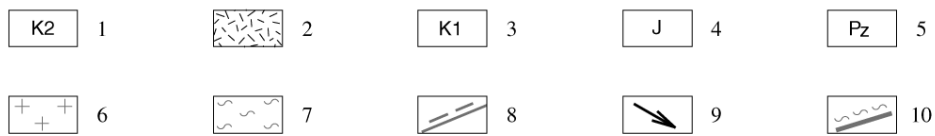
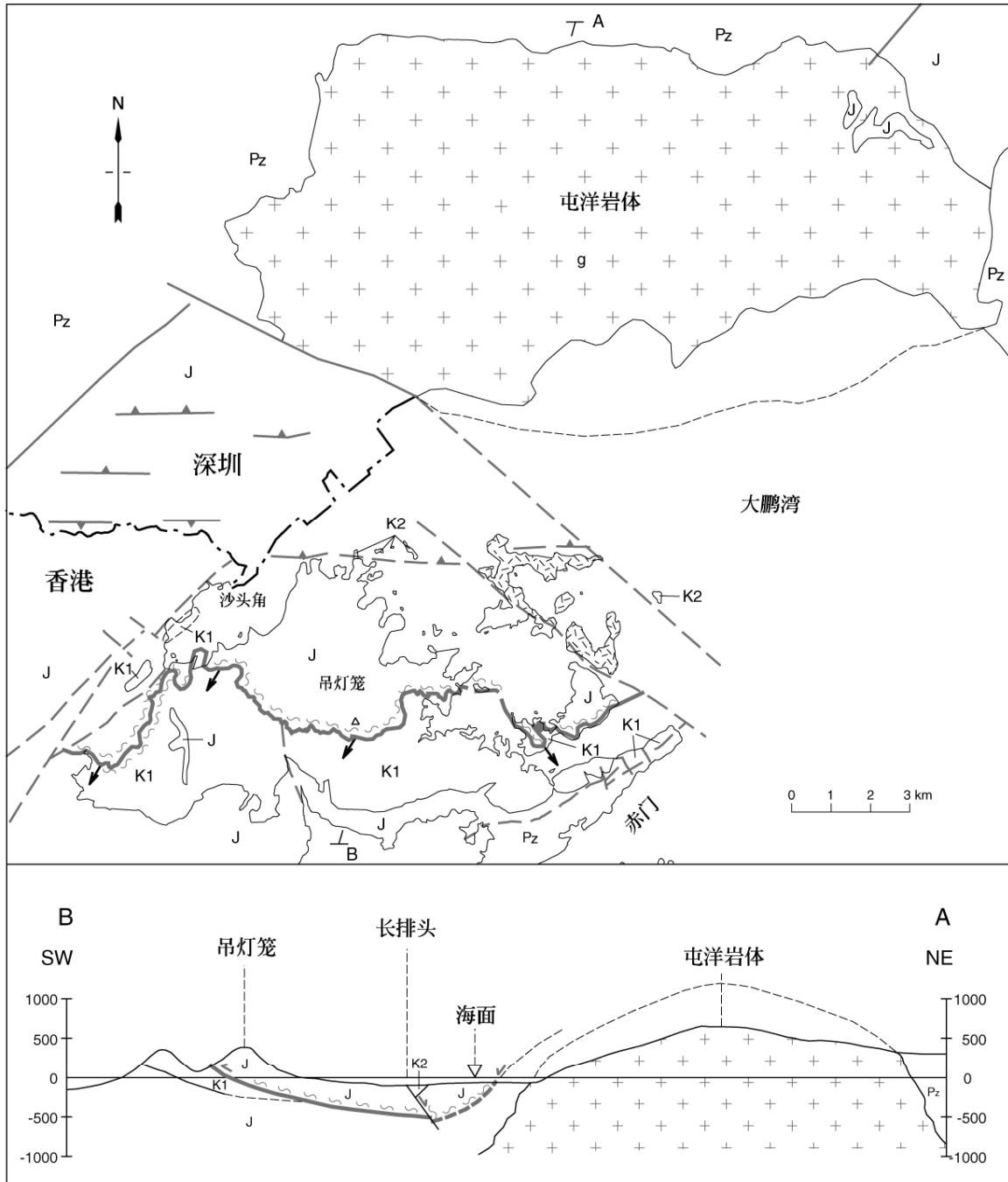


图3 吊灯笼韧性剪切带
Figure 3 Tiu Tang Lung ductile shear zone

- | | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| 1. 晚白垩世沉积岩 | 2. 晚白垩世火山岩 | 3. 早白垩世沉积岩 | 4. 中侏罗世火山岩 |
| 5. 上古生界 | 6. 花岗岩 | 7. 糜棱岩 | 8. 断裂 |
| | | 9. 拉伸线理 | 10. 韧性滑脱断裂 |

入年代 U - Pb 測年為小於 $159.6 \pm 0.3 \text{ Ma}$ ^[8]，該韌性剪切帶可能最初形成於此時期。其成因不但與動力變質有關，並與岩漿侵入的熱力有關。吊燈籠韌性剪切帶主要形成於晚白堊世。為淺層韌脆性剪切帶。由於大量岩漿侵入地殼和花崗岩的穹窿作用，形成韌性伸展構造。使火山岩從北向南滑覆至紅層之上。3 條韌性剪切帶均形成于燕山運動期間，可能與當時太平洋板塊向歐亞大陸板塊俯衝，香港及鄰區地殼發生收縮應變表現的推覆和滑覆作用有關。

5 研究意義

香港韌性剪切帶的形成是地殼運動長期活動的結果，活動時期可能由中侏羅世直至晚白堊世末。一般形成於地殼深處。燕山運動後趨於緩和。但在晚白堊世幾條剪切帶均再次活動，並出現滯後伸展效應，由逆衝推覆轉為滑覆。當所處構造位置抬升至地殼淺部，韌性變形亦轉變為脆性變形。在原先的韌性剪切帶上重疊脆性斷裂。如在尖鼻咀青山韌性剪切帶內重疊有斷層角礫岩、斷層泥和硅化帶（圖 4）。並形成一些山間盆地，如鴨洲盆地和流浮山盆地等。沿韌性剪切帶有微震震中分佈，但在香港範圍內，並沒有在這些斷裂帶上發現有全新世的新構造活動。從尖鼻咀脆性斷裂中的斷層泥測得熱釋光年齡為距今 $270,000 \pm 0.02 \text{ 年}$ ^[3]，相當中更新世。因此當研究活動斷裂和地震對香港工程影響時，強震活動主要不是來自韌性剪切帶。另外三條韌性剪切帶均與深圳地區相連，除新田韌性剪切帶延伸至深圳地區有所研究外，其餘兩條剪切帶在深圳地區的表現，尤其在花崗岩岩體內部及其週邊的構造特徵缺乏研究，值得今後深入探討。

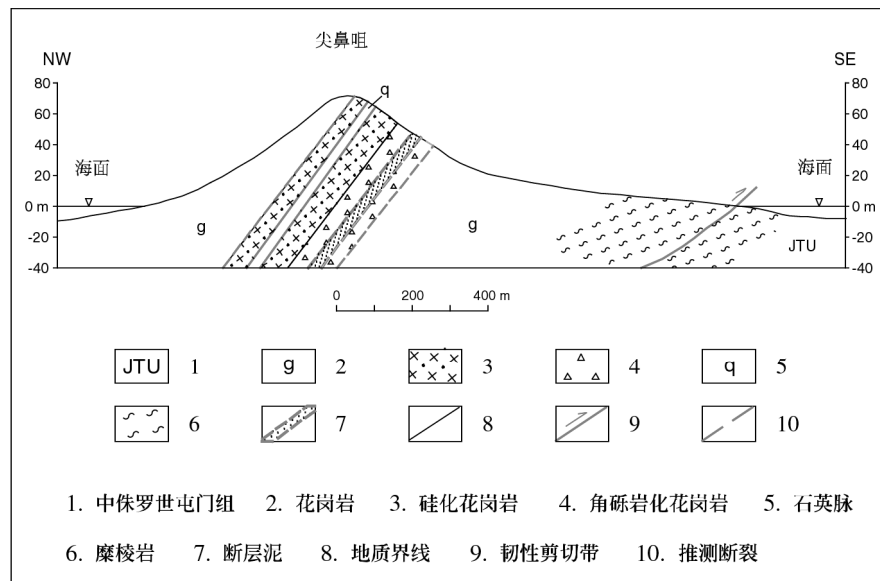


图4 青山韌性剪切帶之多期活動剖面圖

Figure 4 Geological section showing the multiple activities of the Tsing Shan Fault Zone

本文作者感謝許志琴教授、汪一鵬教授、Workman 博士、李作明先生、陳兆湖先生和水濤先生曾在野外共同研究和考察，並感謝他們提供的寶貴意見和資料。承蒙香港特別行政區政府土木工程署署長批准本文的發表。

6 參考文獻

1. 廣東省地質礦產局區域地質調查大隊.(1988). 深圳地質圖說明書. 北京. 地質出版社. 54.
2. 何紹勳, 段嘉瑞, 劉繼順, 張曾 . (1996). 韌性剪切帶與成礦. 北京. 地質出版社, 174
3. Lai, K W, Langford R L. (1996). Spatial and temporal characteristics of major faults of Hong Kong. In: Owen R B, Neller R J, Lee K W. (editors) Seismicity in Eastern Asia. Geological Society of Hong Kong Bulletin, Hong Kong, 5: 72~84.
4. 楊超群, 黎權偉. (1997). 粵東和香港地區蓮花山韌性剪切帶的動力—動熱變質作用. 廣東地質. 12 (2): 24~34.
5. 許志琴, 張建新, 徐惠芬, 王宗秀, 李海兵, 楊天南, 邱小平, 曾令森, 沈昆, 陳文. (1997). 中國主要大陸山鏈韌性剪切帶及動力學. 北京. 地質出版社, 294.
6. 舒良樹, 孫岩, 王德滋, Faure M, Charvet J, Monie P. 9 (1998). 華南武功山中生代伸展構造. 中國科學. 北京. 28 (5): 431~438.
7. 彭少梅. (1999). 廣東伸展拆離構造研究進展、基本特徵及問題討論. 廣東地質. 14 (3): 31~40
8. 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. 181.

DUCTILE SHEAR ZONES OF HONG KONG

Lai Kuen-wai

(Hong Kong Geological Survey, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department)

Abstract There are three ductile shear zones in the Northwest New Territories of Hong Kong including San Tin, Tsing Shan and Tiu Tang Lung Ductile Shear Zones. They extend to Northeast Guangdong forming parts of the Lianhuashan Fault Zone. During the Yanshanian Movement from Middle Jurassic to Late Cretaceous age, intense activities occurred in the Lianhuashan Fault Zone. The volcanism and plutonism were most developed. Ductile shear zones were formed in various crustal depths at different geological stages. Their common feature is the occurrence of mylonite.

The San Tin Ductile Shear Zone trends northeast forming linear mylonite zone with tens to several hundred metres wide. The stretching lineation is towards 150°. The Carboniferous strata thrust from the northwest over the Jurassic tuffs. A dynamothermal metamorphic halo forms at Mai Po which displays both greenschist and amphibolite facies. The Tsing Shan Ductile Shear Zone mainly occurs along the contact zone between the Tsing Shan Granite Pluton and the country rocks. Granites thrust from the west over volcanic and sedimentary strata forming a several m to 20 m wide mylonitized zone. The stretching lineation is towards 110°.

The Tiu Tang Lung Ductile Shear Zone trends E-W with stretching lineation towards 210°. Jurassic tuffs thrust from the north over the Cretaceous red beds to the south. The Ar⁴⁰/Ar³⁹ dating age of the mylonite is 90 Ma. This indicates the mylonite was formed in the late Cretaceous. The Tiu Tang Lung Ductile Shear Zone is different from other two shear zones. It is a ductile detachment shear zone induced by magmatic doming. Brittle deformation occurred at the final stage of Yanshanian Movement and coincided with the existing ductile shear zones.

Keywords ductile shear zone mylonite Hong Kong

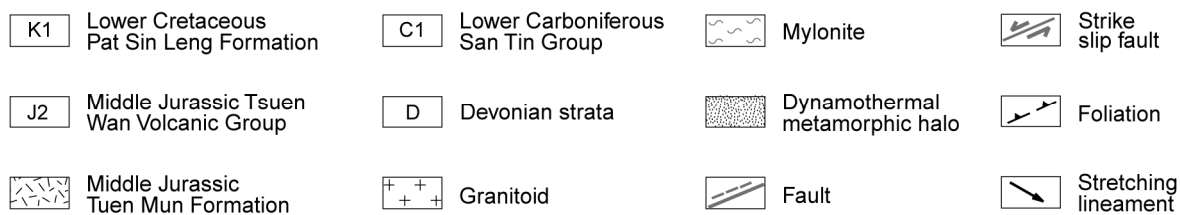
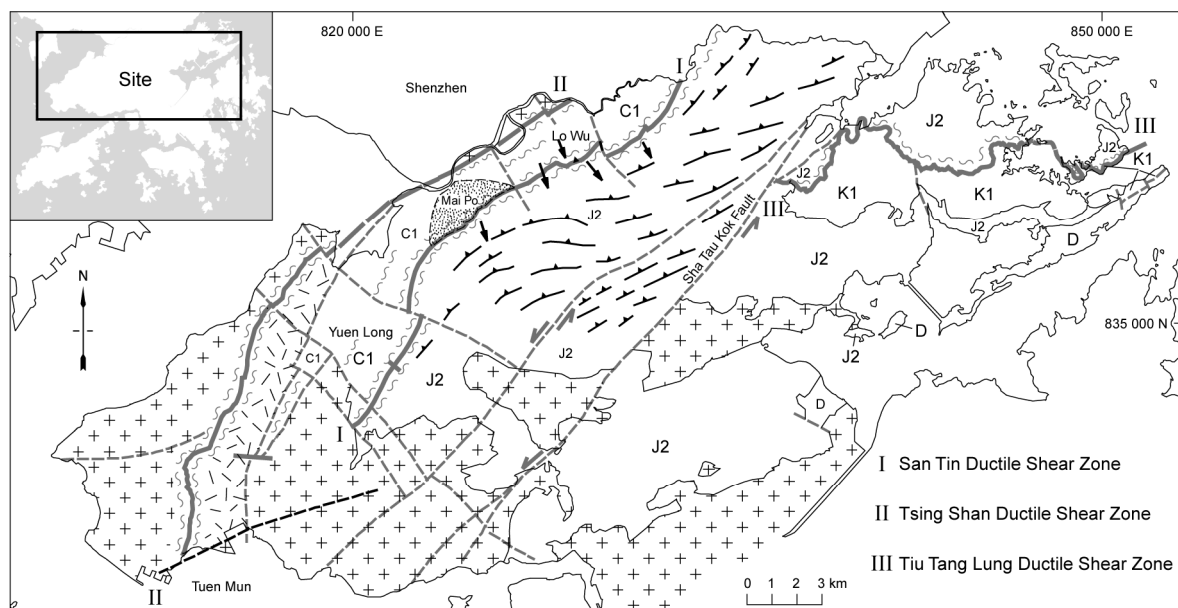


Figure 1 Ductile shear zones of Hong Kong

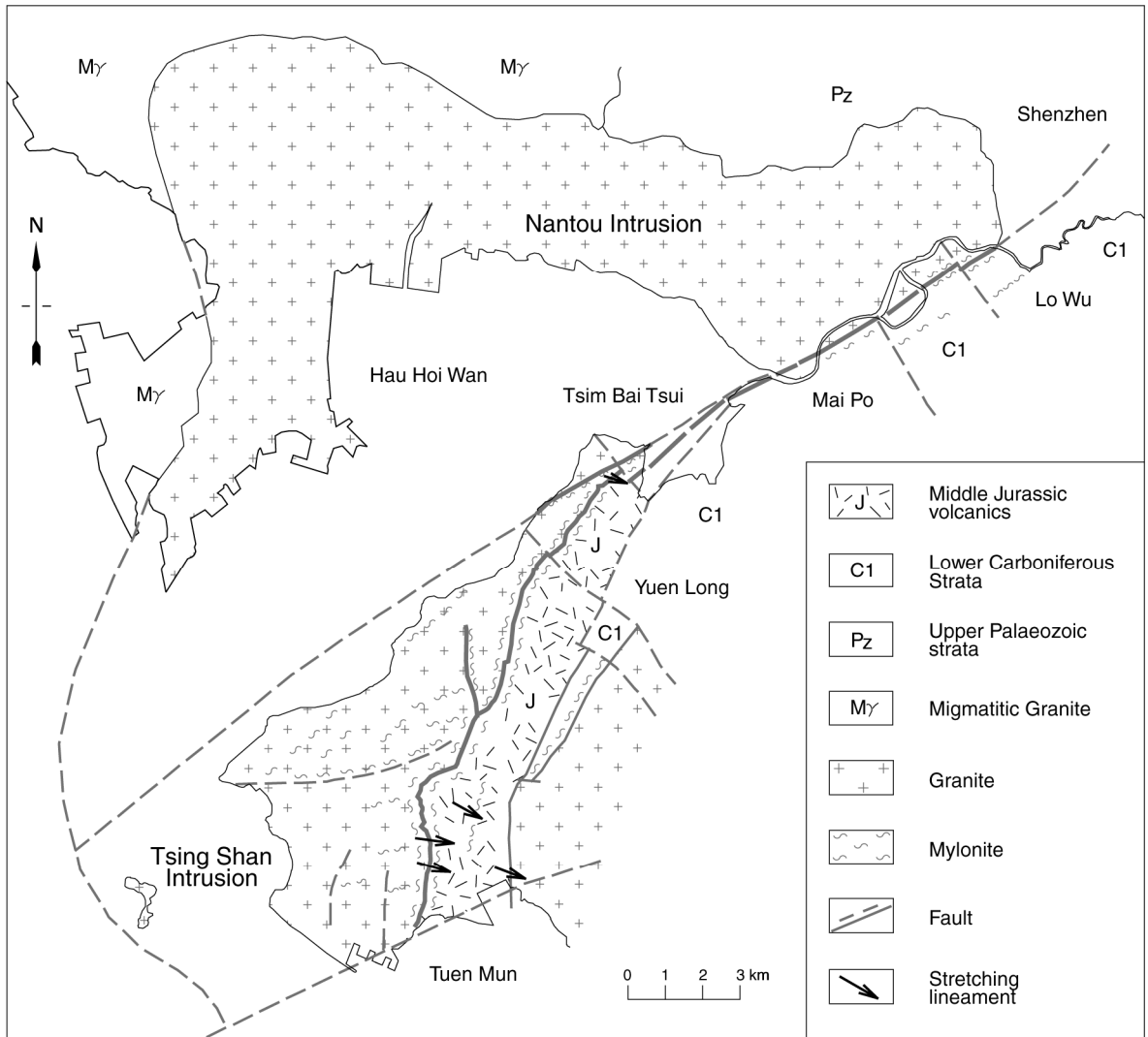


Figure 2 Tsing Shan Ductile shear zone

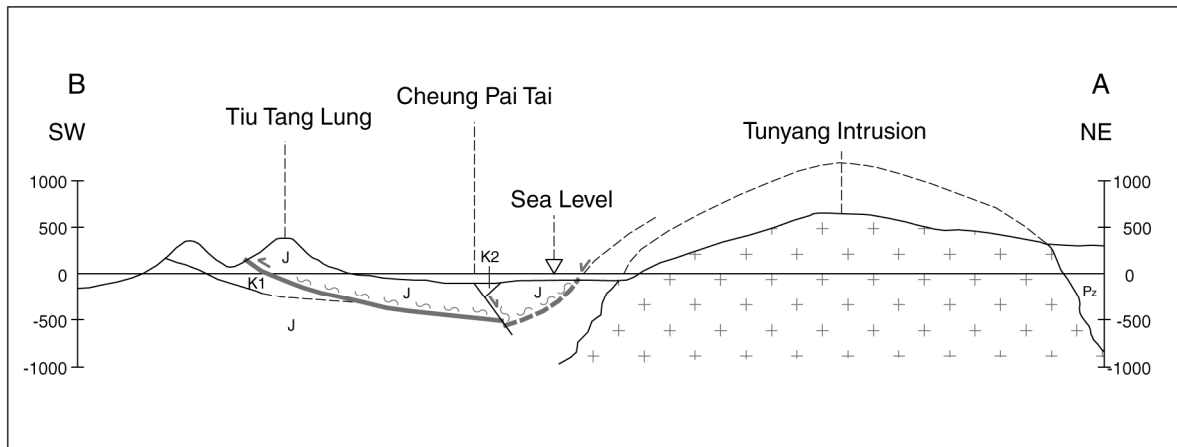
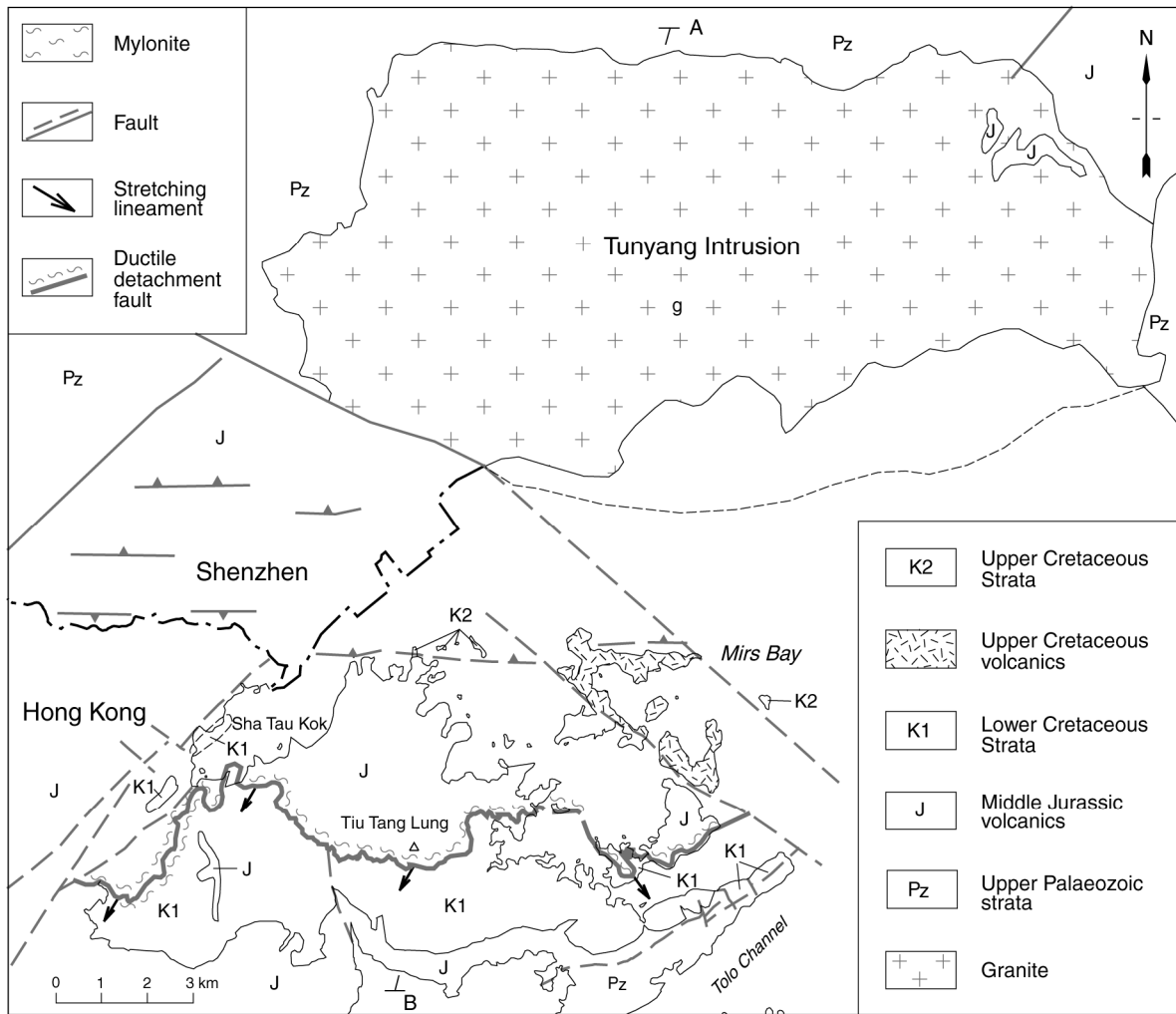


Figure 3 Tiu Tang Lung Ductile shear zone

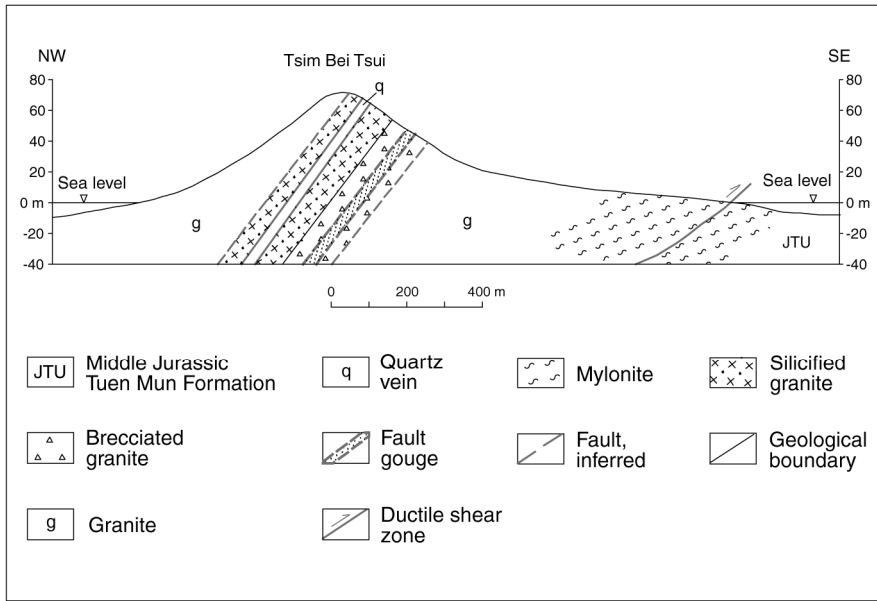


Figure 4 Geological Section showing the multiple activities of the Tsing Shan Fault Zone