

地熱臺灣：潛力

臺灣地熱總說

大屯山區地熱

張煥金 張寶堂

Geothermal Taiwan

第壹篇、臺灣地熱總說

臺灣位於環太平洋地震帶(或稱火環帶)(圖 1-1)，在火環帶上，火山和板塊活動劇烈，蘊藏豐富的高溫地熱資源；火環帶經過臺灣陸地，從宜蘭經花東縱谷至臺東金崙溪口約 265 公里，臺灣的天然高溫溫泉、沸泉和著名的地熱潛能區，幾乎都分布在這個地帶的西側，圖 1-2。■

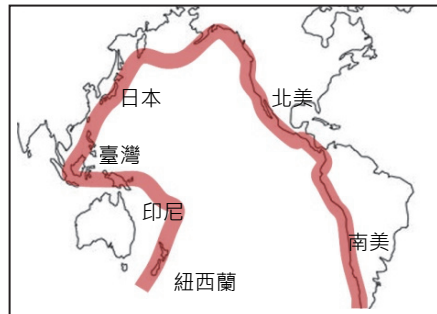
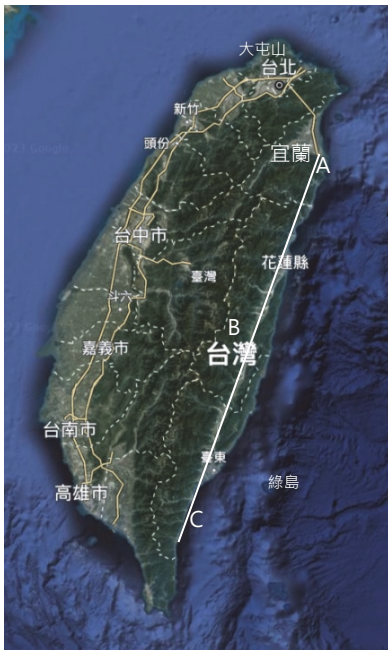



圖 1-1. 環太平洋地震帶
(或稱火環帶 )

圖 1-2. Google 臺灣影像圖

資料來源：Google 地球

A：蘭陽溪口 · B：花東縱谷 ·

C：南縱海槽

【地熱能源】地熱能源來自地球內部，指源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸氣或溫泉的能源⁽¹⁻¹⁾，政府《能源轉型白皮書》稱地熱能是穩定潔淨可作為基載的再生能源⁽¹⁻²⁾，在自然過程，可以源源不絕的穩定供應能量。

地熱資源包括地熱能源、地熱流體(或稱熱液，包括熱水和蒸汽等)及地熱流體化學成分；在現時條件下，在技術與經濟上具有可開發價值的地熱能，稱為地熱資源，地熱資源僅是地熱能源極少的一部分。■

【地熱異常】簡單的說，地熱區是地熱資源相對富集(地熱異常)的地區；那麼環太平洋火環帶在臺灣陸地上形成的地熱區在那裡？又如何圈選或劃定臺灣的地熱區⁽¹⁻³⁾呢？

地熱異常呈現的方式有地熱流異常、地溫異常、地震異常和火山活動異常等，同一處地熱區常有數個地熱異常呈現，在地表有溫泉、沸泉、噴泉、噴氣孔、泥火山、熱泥泉、石灰華、矽華和熱水換質⁽¹⁻⁴⁾等地質現象，如照片 1-1~照片 1-7。■

(1-1) 再生能源發展條例第三條 地熱能的用詞定義。

(1-2) 能源轉型白皮書(2020年11月18日)第68頁《地熱及其他再生能源推動方案》之重點推動方案。

(1-3) 圈選或劃定地熱區範圍，因地熱利用方式不同，有很大差異，例如高溫地熱發電與低溫農業利用的用地範圍差別很大；本書以高溫地熱發電的利用方式圈選地熱區和評價地熱資源，本書所稱地熱空間範圍的相對大小，說明如下：
臺灣>地熱資源分區>地熱潛能區>地熱異常區>地熱區>地熱田>地熱電廠。

【大地熱流】大地熱流值與地溫梯度(或稱地熱增溫率)高於背景值的地區，一般稱為地熱異常區，若具備良好的地熱儲集層，例如含熱液的破裂地層或含孔隙地層，是可能被開發的地熱區。

大地熱流值指從地球內部經岩石的熱傳導作用持續流出地表的熱能，全球大地熱流值的變化範圍約 0.6~3HFU⁽¹⁻⁵⁾，平均約 1.5HFU；地質構造越活躍的地區，大地熱流值越高，因此可作為劃定地熱異常區的參考。■

【地溫梯度】地溫梯度指每垂直深入地下 1 公里的地溫增加值；地溫梯度與當地的地質構造、岩石導熱性、火山活動和水文活動等相關，若某地區的地溫梯度高於平均背景值，則認定為地熱異常區。

臺灣地表的地熱流大致如圖 1-3，溫泉與地熱區分布如圖 1-4 與圖 1-5，從宜蘭平原往南，經花東縱谷至臺東金崙溪口，這地質廊帶的大地熱流背景值約 2~3HFU，>3HFU 是地熱流異常區⁽¹⁻⁶⁾；地溫梯度的背景值約 25~40°C/公里，>40°C/公里是高地溫梯度異常區⁽¹⁻⁷⁾，在海岸山脈地區，除了局部溫泉地區外，地溫梯度約小於 15°C/公里。■

⁽¹⁻⁴⁾ 熱水換質作用是岩石與地熱流體(熱水和蒸汽)產生化學反應的現象。

⁽¹⁻⁵⁾ HFU(Heat flow unit)是大地熱流單位，指單位時間內通過地球表面單位面積散失的熱流量， $1\text{HFU}=1\mu\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{s}=41.86\text{mW}/\text{m}^2$ 。

⁽¹⁻⁶⁾ 詳圖 1-3，臺灣大地熱流背景值約 1.5~3HFU。

在臺灣大地熱流與地溫梯度的自然條件下，臺灣可開發的地熱能蘊藏量到底有多少？蘊藏分布在那裡呢？

依據臺灣地熱探勘資料彙編記載 1994 年評估結果，若以經濟鑿井深度以及賦存在地下 500~2,000 公尺深的地熱潛能做為評估的基礎，且另有七十餘處中低溫地熱區尚未列入評估的條件下，臺灣 26 處地熱區開發潛能有 986 MW⁽¹⁻⁸⁾(\approx 1GW)。

另學者報導⁽¹⁻⁹⁾ 臺灣是地熱寶島，於 2012 年執行能源國家型科技計畫期間，初估在高程 1,000 公尺以下，至地下深度 4 公里內，地熱能可開發總量為 33,640 MW (33.64GW)。

上述地熱潛能評估結果，差異甚大，對地熱產業而言，究竟要如何依據地熱地質條件和探勘資料，來擬訂地熱能開發計畫，以及評估合理的可開發潛能呢？本書從源(熱源與泉源)說起。■

(1-7) 利用臺灣地區 22 處地溫梯度與大地熱流值(臺灣地熱探勘資料彙編，1994，經濟部能源委員會編印，表 3.5，第 2-9-5~2-9-12 頁)做直方圖判斷背景值(2~3 HFU)與異常值(>3HFU)。

(1-8) 臺灣地熱探勘資料彙編，1994，經濟部能源委員會編印，表 3.5，第 1-3-14 頁。

(1-9) 臺灣的地熱資源與分布，2021.1.26，CASE 報科學，國立臺灣大學科學教育發展中心。

■ 右圖·臺灣地表地熱流圖之繪製說明詳 (1-10)·虛線為區域性背景地熱流·有助於理解臺灣地熱資源分區與地熱能異常區的分布。

例如·南橫公路東段之地熱能異常·源於臺灣東部先第三紀變質雜岩系太魯閣帶的高溫地熱能·而南橫公路西段之地熱能異常·可能主要源於第三紀地層地下深處的中溫至高溫地壓地熱能。

右圖之地溫梯度 $\Delta T^{\circ}\text{C} \approx 10.65 \times$ 大地熱流值 $H(\text{HFU}) + 5.25$

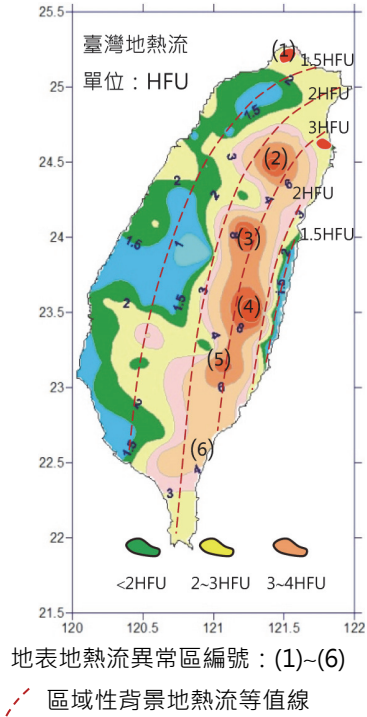


圖 1-3. 臺灣地表地熱流圖⁽¹⁻¹⁰⁾

圖 1-3 顯示臺灣區域性的地表地熱異常區(潛能區)·主要有(1)大屯火山地熱異常區·(2)宜蘭地熱異常區·包括仁澤-土場-清水·以及南澳北溪一帶的廣大地區·實際上亦包括龜山島和蘭陽溪下游以南(俗稱溪南)的平原地區·(3)廬山-精英地熱異常區·(4)萬榮紅葉-瑞穗地熱異常區·包括瑞穗-紅葉-瑞林一帶的廣大地區·(5)霧鹿-新武地熱異常區·包括碧山-霧鹿-下馬-轆轤-新武一帶的廣大地區·(6)知本-嘉蘭-金崙地熱異常區·(7)其他小區域性的地表地熱異常區·如金山、烏來和綠島等地熱異常區。

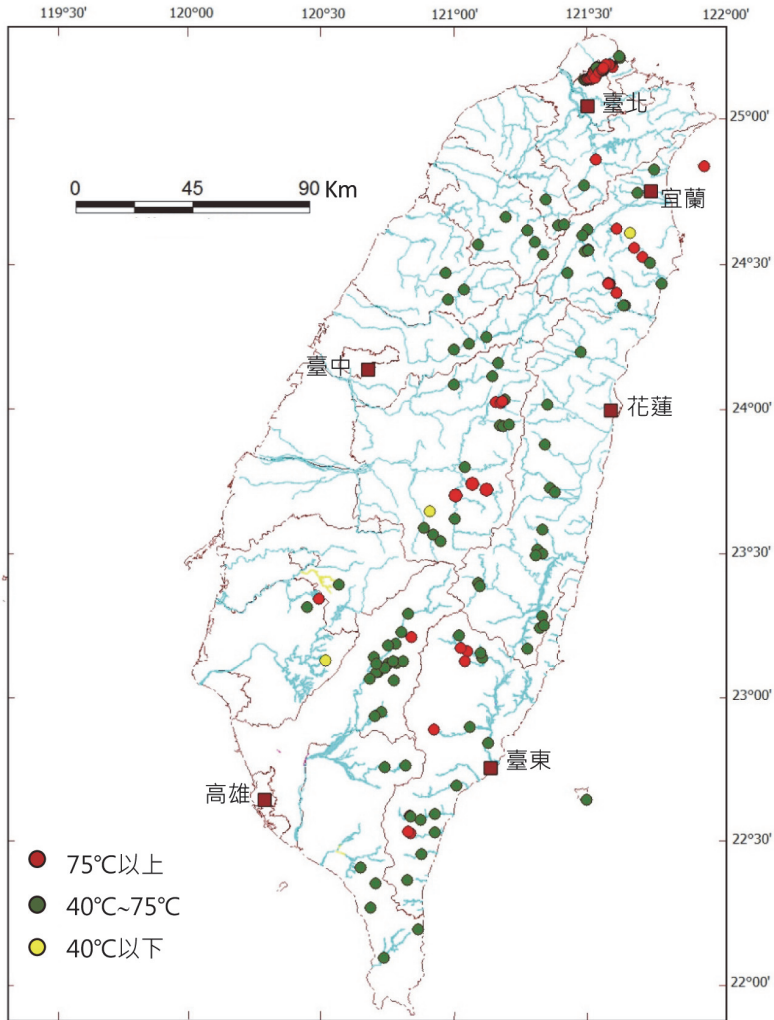


圖 1-4. 臺灣溫泉分布圖⁽¹⁻¹¹⁾

火山岩區(大屯山區、龜山島和綠島)天然溫泉 59 處·非火山岩區 120 處 (2024)。

- (1-10) 參考臺灣地熱探勘資料彙編·1994·經濟部能源委員會編印·第 2-9-39 頁·
圖 4.1 之臺灣熱流分布圖(含中國石油公司油氣井 49 處及其他井孔 14 處地
溫資料)·作者修改海岸山脈為低地溫區；另依本書作者在蘇澳地區的溫泉
開發經驗·並參考能源國家型計畫(NEP)在蘭陽平原深水井內量測的溫度變
化·從羅東以東至宜蘭沿海一帶·地溫梯度由每公里 37°C(羅東)增至每公里
66°C(蘇澳)·增繪蘇澳利澤一帶為高地熱流區；作者另以虛線加繪區域性背
景地熱流曲線。
- 臺灣中央山脈有一條高地熱流地帶·從宜蘭縣清水、土場、仁澤和莫很(茂邊)·
向南延伸·經花蓮縣瑞穗、紅葉·迄臺東縣鹿野、霧鹿、轆轤(大崙)、知本、
嘉蘭和金崙。臺灣的天然高溫溫泉、沸泉、地熱區和東部著名的溫泉區·分
布在這個地帶。
- (1-11) 臺灣溫泉分布圖(2024)·圖 1-4·共計天然溫泉 179 處。
- (1-12) 臺灣地熱區分布圖(2024)·圖 1-5·共計地熱區 37 處·作者繪製·底圖：
臺灣地體構造圖(經濟部編印·1978)。
- (1-13) 詳本書表 1-1·臺灣主要地熱區潛能評估之編號 20 莫很 (茂邊)資料欄。
- (1-14) 花蓮縣大分溫泉露頭現場量測之泉源溫度(79.6°C)·大分溫泉高程 1,135 公
尺。