

台灣地熱發電之展望

郭佳韋

核能研究所-能源經濟策略中心

2015/02

2013 年 4 月 24 日我國經濟部與美國愛達荷州政府簽署「台美綠能產業合作備忘錄」¹，開啟由台美官方共同推動綠能產業合作的新頁。愛達荷州地熱產業相當蓬勃，且擁有在綠能領域全球知名的愛達荷國家實驗室及先進能源研究中心，與愛達荷州合作應可加速我國地熱技術發展之進程。

地熱發電相較其他再生能源技術的優勢在於其可以 24 小時不間斷運作，不像風力、太陽能受天候影響，故可作為基載電力；再者地熱發電廠所需的面積小於其他再生能源發電廠²，土地利用效率佳，對於台灣來說相對合適。

台灣位處板塊交界的火山帶，擁有豐沛的地熱蘊藏量，許多地區地溫梯度³比一般為高，意即不須開挖到很深的地層即可達到發電溫度，先天條件優人一等。調查顯示臺灣本島之深層地熱系統潛能區之總分布面積約 4,532km²，約佔全島面積之 12.5%，平均溫度約 208°C，總儲藏熱能 3,307x10¹⁸J，總儲藏發電潛能理論值約 31.8GW⁴（能源產業技術白皮書，2014），但台灣地狹人稠，地熱區集中於地質敏感區，單位國土面積可發展之地熱發電較國際差，實際可開發量受到技術

¹經濟部新聞稿。 http://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=30655

² Navigant consulting (2011)，再生能源發電所使用的土地面積：地熱<風力<太陽能。

³地溫梯度定義為從地表往下每公里上升的溫度，一般地溫梯度約 30°C/km。

⁴根據臺灣區域性熱流分布之地溫梯度數據，使用美國、紐西蘭、日本等國際地熱先進國家常用之蘊藏熱能法 (Stored Heat Method) 來估算，並以 150°C 為最低開發溫度，推估 3~6 公里深度之增強型地熱系統(EGS)之發電潛能。

成熟度及土地環境限制。因此根據「臺灣 2050 能源供需情境模擬器」情境設定評估，即使是最極限 Level IV（指突破所有限制，窮盡所有資源及技術極限）的假設情境，2030 年所能開發出的最大發電潛能還不到 1GW，直到 2050 年也只有 7.015GW，其中淺層地熱只佔 0.315GW，主要發電量仍來自於深層地熱，而美國能源部評估目前深層地熱發電成本至少 0.231 美元/KWh 以上(Hollett, D, 2013)，至少要 2035 年後才可商業化。我國若要現在即刻推行，建廠成本將高達 744 百萬元新台幣/MW⁵（台灣 2050 情境與參數設定之背景），就連歐盟推估值也要 498 百萬元新台幣/MW⁶（JRC，2014），經濟可行性有待評估。

深層地熱發電目前也遇到許多瓶頸，像是以水力破裂法的方式在地底產生人工裂隙，根據歐美國家的經驗，假如破裂處經過斷層帶，即有引發地震的可能性；另外地熱發電都會有管線結垢的問題，結垢物會阻塞生產井及管線導致發電效率降低，我國的清水地熱發電廠就曾遭遇此困境導致結束營運。其他例如鑽井風險高，鑽井成本為地熱開發案的最大支出，約佔總開發成本的 30%，一般而言，第一次鑽井之成功機率約為 25%，第二次鑽井之成功機率僅提升至 50%（莊怡芳、施清芳，2013）。目前新的地熱發電相關技術已被提出，像是利用直升機吊掛儀器進行空中磁測探勘地熱潛能地所在區域，可克服地形障礙快速進行普查，降低探勘成本及鑽井失敗率；完整詳細的地質調查可盡量避免誘發地震；結垢抑制技術則可減少結垢物生成阻塞管路，維持發電效率。

⁵ Taiwan 2050 Calculator 能源供給部門情境規劃及關鍵參數說明，2013 年積極及保守情境之投資成本皆為 744 百萬元新台幣/MW。

⁶ ETRI (2014) 參考情境下之成本為 12600 歐元/kW，以匯率 39.53 換算。

而開發地熱發電廠所需時間較長，根據日本建廠經驗，初期的探測分析試驗至少花費 3 年時間，業務性及環境評估約 4~5 年，建設電廠需 2~3 年，廠址開發時間較長以及初設成本偏高使投資機構對地熱發電投資案卻步(莊怡芳、施清芳，2013)。我國政府為解決此發展困境亦提出獎勵辦法及試驗性計畫，鼓勵業者進行地熱區探勘與開發，透過小型地熱電廠示範，提升大型電廠開發成功機率；同時提高地熱發電躉購費率至新臺幣 4.93NTD/KWh（經濟部能源局⁷）作為誘因。

綜觀來看深層地熱發電仍具有發展的潛力，但需循序漸進來推動，現階段我國已和愛達荷州簽署合作備忘錄，除加速進行技術上的交流與學習，建議應詳細評估我國實際可開發的發電潛能，提高開發成功的機率，接著由國營事業帶頭參與計畫，地熱發電建廠雖初設成本高，但一經建成其利用價值極大，投資回報率高，以成功案例提升民間投資信心；同時建構國內地熱資料庫以利民間投資參考，假使地熱發電發展順利便可成為我國乾淨且穩定的基載電力，使我國必須仰賴進口能源發電的窘境獲得改善。

⁷經濟部能源局公告：中華民國 104 年度再生能源電能躉購費率及其計算公式。

參考文獻

1. 能源局(2014)，「能源產業技術白皮書」。
2. 能源局(2014)，「全國能源會議引言報告核心議題二-供給穩定開源」，台灣：能源局全國能源會議。
3. 李錦發，李柏村，朱偉嘉(2014)，「從地質、環境與技術方面探討我國地熱發電的展望」，新北市：經濟部中央地質調查所。
4. 朱瑞墉，「地熱發電」，《再生能源專輯》。
5. 邱裕閔，「來自地心的贈禮-地熱發電」，台灣產業服務基金會。
6. 莊怡芳、施清芳，「地熱發電技術發展現況、趨勢與瓶頸」，核能研究所。
7. 吳再益，「深層地熱開發對台灣能源之影響」，台灣綜合研究院。
8. 財團法人工業技術研究院，「台灣 2050 情境與參數設定之背景」。
9. JRC Science and Policy reports ETRI (2014) “Energy Technology Reference Indicator projections for 2010-2050”.
10. Hollett, D. (2013) “Recent Advances in US Geothermal R&D: Implications for Global Development”.