

小水力發電發展策略與未來展望

紀桂尚
經濟部水利署北區水資源局 副工程司

摘要

台灣水力發電蘊藏量大，配合政府推動非核國家政策，需再開發水力發電111萬kw以上，以分擔核電廠退役停機之發電空缺。面對地理環境、法令限制及民意反對聲浪，必須調整水力開發規模，從小水力發電及對環境友善之發電廠址著手，以增加推動之可行性。面對小水發電之未來展望，應配合電力供需調整，開發抽蓄型電廠，另為就地去化發電，宜發展分散型微水力發電；而為配合過內後續推廣小(微)水力發電政策，應發展水力發電工業基礎，提升過內產業技術與產量。

一、前言

近年隨環境意識抬頭，國家能源相關政策乃以能源安全、經濟發展與環境保護兼顧為首要目標，開發對環境友善的潔淨

能源，為未來國家發展之重要課題。因此，未來地球上，越來越需要潔淨且充足之能源與水資源，但此等能源卻日趨匱乏。現今世界發電能源主要為化石燃料、水力、核能、生質能、風力、地熱、太陽能、潮汐與波浪發電。依據美國能源情報署（U.S. Energy Information Administration，簡稱EIA）統計資料顯示，世界各國化石燃料發電約佔57.1%，水力發電約佔19%，核能發電約佔18.9%，生質能發電約佔2.5%，風力發電約佔1.6%，地熱發電約佔0.6%，而太陽能、潮汐與波浪發電合計約佔0.3%。其中，水力發電已僅次於化石燃料發電，佔全球供電量之1/5，且因其為永續且不造成二次公害之特性，故扮演著極重要角色。台灣雖年降雨量高達約2500mm，河川流量豐沛，坡陡流急，河川坡降1/100~1/1000，但因優良壩址受限，水庫容積有限，因此使得水資源儲存量嚴重不足。且近年來水庫建設更因環保意識抬頭

，民眾對水庫建設普遍抱持懷疑甚至反對意見，故大型傳統水力發電比重無法提升。近十年來，小水力與微水力發電逐漸受到重視，雖其發電量較小，但因其具有分散且低建置成本等特性，使其重要性逐漸受到重視。

二、台灣電力發展歷程

台灣電業在清光緒 14 年(西元 1888 年)，首由清朝台灣巡撫劉銘傳於台北市創立「興市公司」，裝置小型蒸氣燃煤發電機，以低壓供應照明，為台灣電業之草創。日本統治台灣後，於民國前 7 年(西元 1904 年)在龜山完成發電廠，為台灣地區水力發電之始。民國 42 年以前國內主要以水力發電為主，佔總發電量 93.7%；民國 43 年起朝向火力發電發展，於民國 51 年火力發電量首度超過水力發電，而此時國內工業迅速起飛，台電公司遂開發大容量高效率之火力，電力系統進入火力為主、水力為輔時期；受民國 60 年代二次石油危機影響，為因應石油危機後之能源情勢，政府能源政策改採發電來源多元化政策，開始推展核能發電，至 74 年先後完成三座核能發電廠，同時繼續引進大容量高效率火力機組，電力系統進入能源多元化時期；民國 75 年至 79 年間，備用容量漸感不足，除適時興建大型火力、開發優良水力外，為提高生產過程中熱能及電能總熱效率，以促進能源有效利用，於民國 77 年立法明訂各種獎勵措施，鼓勵業者建置汽電共生系

統，由台電配合收購汽電共生業者剩餘電力，以達到資源有效利用；民國 80 年代起，由於國內用電迅速成長，電源開發因地狹人稠而日益艱難，政府乃開放民間興建電廠以加速電源開發，發電市場進入開放發電業時期；自民國 95 年起，國際化石燃料價格大漲，嚴重衝擊電業的經營環境，而國內自產能源缺乏，為確保電力事業永續發展，在供給面發展低碳電力，在需求面全力推動節約用電及提升用電效率，自此起，國內電業市場進入節能減碳時期，並朝向再生能源發展，以降低對火力、核能發電之依賴。台灣歷年開發計畫如圖 1 所示，各型發電系統歷年裝置容量占比如圖 2 所示。



過去電源開發計畫

明潭抽蓄	74	通霄壩增建4-85	80-81	林口GT#3	87	星洲、麻豆#1-82	93
水尾水力	74	水尾水力	81	通霄壩增建#6	88-89	臺中#9、#10	94-95
桂山#20	74	南邵壩增建1-84	82-92	麥寮#1-83	88-89	大潭壩增建#1-86	95-98
新埔#2-84	74-75	大林壩	83	長生#1-82	89-90	屋瓦	98
龍和#4	74	明潭抽蓄	83-84				
龍潭水力	75	天龍水力	85	卓蘭水力	91	寶海水力	100
北山水力	78	臺中#5-88	85-86	烏山頭水力	91	萬大水力擴充(#4)暨	101
臺中GT	79	新埔壩增建1-85	86-88	新橋、和平	91	萬大抽蓄分廠	
臺中#1-84	80-81	烏腳水力	87	國光、嘉惠	92		

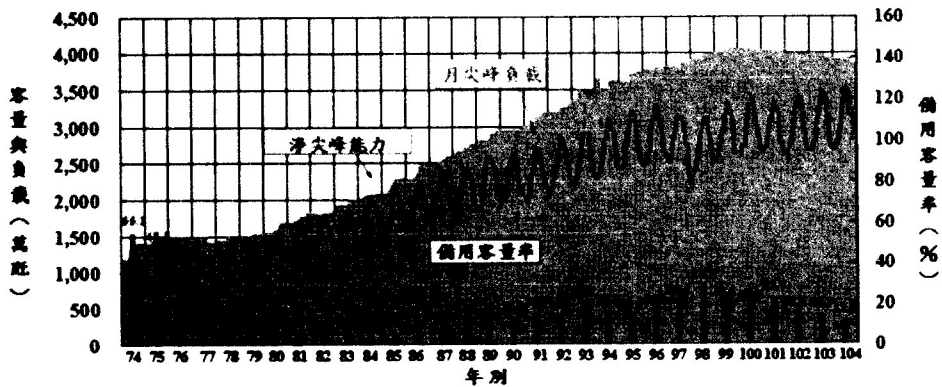


圖 1 台灣歷年電源開發計畫

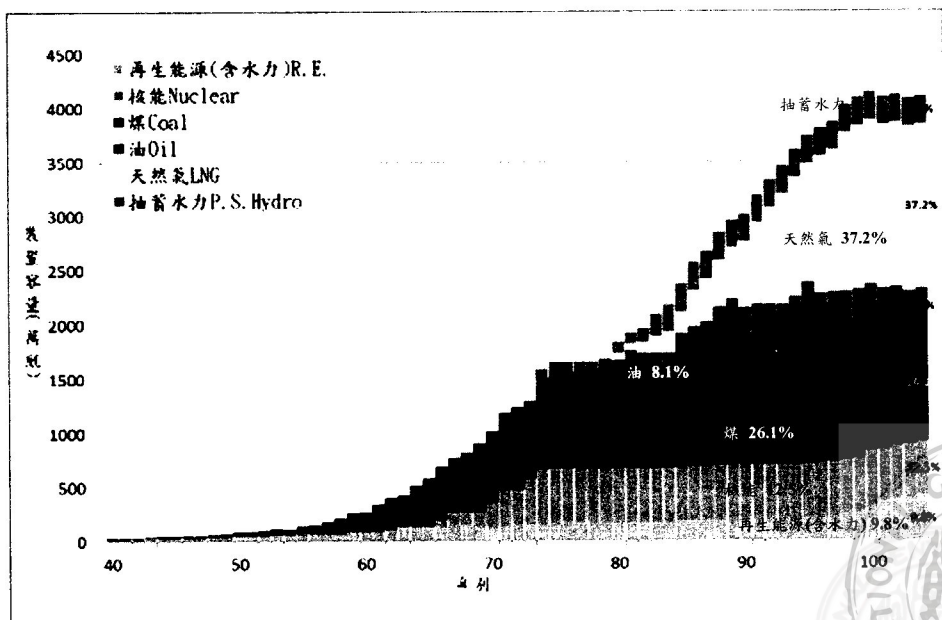
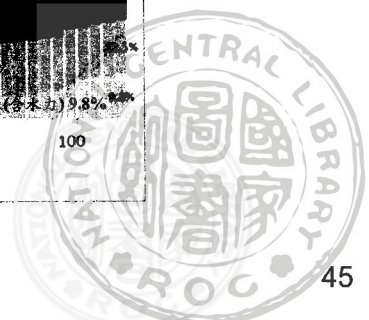


圖 2 台灣歷年裝置容量占比示意圖



三、小水力發電發展策略

(一) 水力潛能

為因應民國 114 年達到非核家園政策，台灣電業將積極開發綠色能源，民國 114 年達成再生能源發電量佔總發電量 20% 之目標。105 年 6 月 22 日立法院經濟委員會第 24 次全體委員會議，經濟部「綠色能源政策目標、未來規劃及執行現況」報告中，規劃水力發電推廣目標為：民國 114 年水力發電裝機容量達 2,150 萬 kw、民國 119 年水力發電裝機容量達 2,200 萬 kw，亦即扣除現有運轉中慣常水力機組 2,089 萬 kw，尚需開發 111 萬 kw 以上。

台灣地區年平均降雨量達約 2500mm，山區及丘陵地區佔全國面積 3/5 以上，重要河川有 76 條，理論水力蘊藏量大，依據台灣電力公司歷年研究結果顯示，技術可行水力蘊藏量多達 5,048 萬 kw，至民國 104 年底已開發 2,089 萬 kw，待開發且經濟可行者有 1,904 萬 kw。另在台灣電力公司 104 年全台小水力發電可行性研究計畫中，研擬利用堰壩水庫、水力電廠、灌溉渠道等現有水利設施，設置簡易小水力發電機組，優選多處廠址進行可行性研究與現地調查，包含鯉魚潭水庫景山水力計畫、湖山水庫、集集南岸聯絡渠道、南化水庫、南化第二水庫、曾文水庫專管、翡翠水庫專管、大甲溪電廠之德基水庫志樂溪引水、天輪壩生態放流、馬鞍後池調放流、馬鞍後池調放流等，以及灌溉渠道同源圳、能高大圳、石岡壩南幹渠道、嘉南大

圳南幹線、隘寮河道圳、關山大圳、太平渠、等，開發規模估計約 40 萬 kw

(二) 水力發電優缺點

水力發電相較於火力、核能發電以及其他再生能源，有其優缺點如下：

1. 優點：

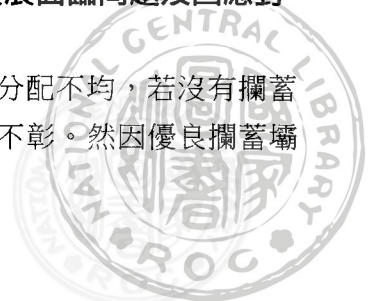
- (1) 水源取之不盡，單位成本低。
- (2) 水能轉換成電能效率高。
- (3) 發電啟動時間短，並可按需求調節供電量。
- (4) 利用抽蓄，調節電力需求。
- (5) 擔任調峰、調頻、事故備用等角色。
- (6) 運營成本低，技術成熟。
- (7) 無資源耗損，發電後水源亦可以重複使用。
- (8) 水能為可再生能源，無空氣污染、溫室效應。

2. 缺點：

- (1) 受限地理環境，且需考量水文條件，適合築壩蓄水地點難覓。
- (2) 攔蓄設施及蓄水淹沒區破壞環境生態。
- (3) 山區興建攔蓄設施需開山闢路，破壞水土保持。
- (4) 偏遠地區輸電費用高。

(三) 小水力發電發展面臨問題及因應對策

台灣四季降雨分配不均，若沒有攔蓄設施，則發電效率不彰。然因優良攔蓄壩



址及水量豐沛有高效能發電之場址多已興建完成，且大型水庫皆已伴隨興建水壩時完成發電廠之建置，目前可開發水力發電之處，只能朝向量小之地發展，惟將遭遇可能問題分析如下：

1. 地處偏僻，交通不便

台灣河川綿延密布，水力蘊藏量極為豐富，然若要開發，因其地理位置多偏處高山深處，無通達道路可至，需另行闢建道路，除增加投資成本之外，面對台灣多震多雨之情況，通達道路之維修亦為棘手之問題。故在開發順序上，應優先開發河川下游、交通便利之計畫。

2. 法令限制日趨嚴格，開發困難

為預防及減輕開發行為對環境造成不良影響，藉以達成環境保護之目的，對於水力開發行為多需辦理環境影響評估，並經由主管機管審核同意後，使得為之；另因民意高漲、環保團體反對，更加劇開發之阻力。而利用既有水利設施設置小水力發電機組，為現階段可行之執行方向，有其工程簡易、免環評、工期短、節省大量土木工程費用、風險低等優點；另開發對環境友善之攔河堰或小型調整池，將電廠結合地方政府政策、當地自然文化與景觀，規劃為具特色的綠色觀光景點，則可降地民意阻力。

3. 輸電費用高

因山區高壓輸配線路稀少，水力發電要與既有輸配電網併聯地點常相距甚遠，就小水力發電而言，所佔投資成本比重偏高。因此，在發電廠選址時，需將輸配線路成本納入考量。

(四) 未來展望

1. 開發抽蓄發電

抽蓄水力發電主要是利用夜間離峰時段的剩餘電力將下池的庫水抽回上池蓄存，待白天尖峰時段再利用上池與下池水高低位能差，將上池水放下，推動水輪機發電，將離峰時段剩餘之低成本電力，轉化為尖峰時間高價值之電力。有此可見，抽蓄發電系統有如一個巨大電容器，可配合電力負載需求，將水力能源配合火力及核能基載發電運作，充份加以利用，達到降低發電成本，同時有效增加尖峰時間之供電量。抽蓄發電可從既有水庫增建著手，運用水庫與其消能池之高差，建立上、下池之水資源循環利用，發揮抽蓄發電之功能。

2. 分散型發電就地化

台灣雖地狹人稠，但仍有少部分人分散居住於偏遠山區，然在政府德政下，為使供電普及化，常遠距離架設輸電線，以使供電普及化，所衍生之問題除線路建置費用高之外，颱風侵襲造成之線路損毀，所投入之維修

成本亦所費不貲。因此，發展微水力發電以達自足，除可發電就地去化之外，亦可免除遠距離架設輸電線及維修費用。

台灣山區十分普遍之接引山泉水現象，可藉由管路統整等方式，集中水量進行發電，再進行分配使用；另許多山區水產養殖場亦引用高山泉水養殖，其引水管路之落差、水量皆十分可觀，此皆符合微水力開發要件。

在中國內陸地區，安裝設置微型水力發電機組在農村地區已發展如同普通家電用品一樣方便簡易，這些小型能源設施有效解決偏遠地區無電農戶在生產及生活上的用電問題，實可借鏡作為台灣推廣微水力發展之參考。

3. 發展水力發電工業基礎

過去國內建造水力電廠通常都自國外引進水力發電機組，極少由國內自行研發生產製造，因此在水力發電設備上，許多水輪機及發電機之關鍵技術較為不足。在機電設備與自動控制系統方面，我國之科技產業十分發達，電子板及相關軟硬體設備及專業人才相當充足，技術力基礎穩固，是為我國發展微型水力產業之優勢。

微型水力發電設備並非一種全新技術，但因國內市場需求少，缺少研發設計及量產之誘因，未來如能藉著微水力發電推展，帶動消費市場之成長，則可吸引更多資源投入微型水

力發電。

四、結論與建議

- (一) 小水力發電有安全穩定、效率運用佳之特性，並且為潔淨環境之發電，善加開發可分擔核電廠退役停機之發電空缺。
- (二) 積極開發對環境友善之小水力發電，有助於擴展短期之水力發電量，展現政府推動再生能源之亮點。
- (三) 利用既有水庫增建抽蓄發電設施，為可行之推動方案，有助於配合火力及核能基載發電運作，增加尖峰時間之供電量。
- (四) 推動微水力發電就近去化，可滿足偏遠地區電力自供自足，以節省建置遠距離輸電線路之成本。
- (五) 藉由微水力發電之推動，增加研發設計及量產之誘因，提升國內水力發電工業基礎。



參考資料：

- 1.台灣電力公司網站
<http://www.taipower.com.tw/content/news/news01.aspx>
- 2.經濟部能源局網站
<http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>
- 3.台灣電力公司(2015)，全台小水力發電可行性研究計畫
- 4.台灣電力公司(2016)，小(微)水力發電技術交流研討會-台電公司水力發電現況與未來展望簡報
- 5.經濟部水利署(2008)，河川及供排水渠道發展小水力發電潛能評估及可行性先期研究
- 6.經濟部水利署(2009)，微型水力發電潛能調查分析及開發策略與相關配套措施之研究
- 7.經濟部水利署北區水資源局(2015)，石門水庫及寶山第二水庫附屬設施小(微)水力發電潛能評估(1/2)
- 8.中興工程顧問股份有限公司，水利土木科技資訊季刊-54/期先進的抽蓄發電