

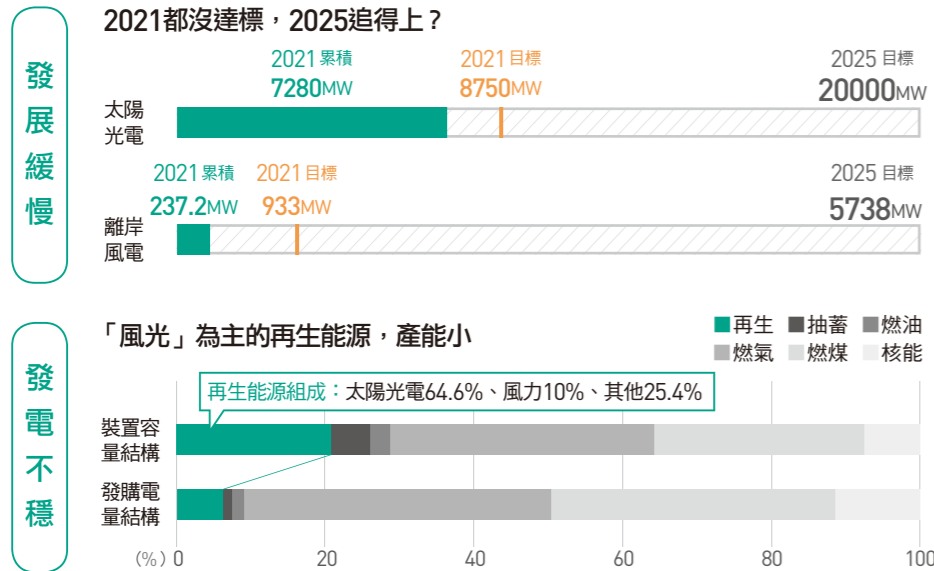
核四沒了、「風光」發電落後

穩綠電 在哪裡？

全球淨零碳排、承諾使用再生能源已箭在弦上，但企業共同心聲是：綠電都被台積電買光！為何台灣「風光」發電，綠電還是不夠用？缺電，影響的是生活；缺綠電，衝擊的是生計，《天下》深入關鍵現場，尋找再生能源的領頭羊，就算風停了、光沒了，一樣也來電！

製作人——許秀惠 文——劉光瑩
攝影——王建棟 編輯——吳廷勻 設計——鄭郁勳

表1 台灣綠電發展，進度落後又不穩定



註：2021累積、裝置容量結構和發購電量結構，統計皆為1至11月。資料來源：台電、經濟部

井兩公里，就可以獲取海底火山熱源。從烘子坪、外木山到海底火山，種種初步評估結果讓他們相信：基隆至少有五百MW（百萬瓦）地熱潛力，相當於一座協和電廠機組。他們並不是孤島。台灣關心地熱的人，愈來愈多。十二月初在台大，荒野保護協會主辦的地熱研討會，吸引百餘人到場，許多與會者不是西裝筆挺，卻

然而，為了建接收站，預計填海造陸的面積高達十八·六公頃，相當於四三三個籃球場大。基隆市議員王醒之憂心說，海下七萬多株珊瑚，及外木山四分之一的海洋生物，都會受到衝擊。這會比第三接收站影響的藻礁更大。李昭興和學生王守誠希望提出不一樣的解方：將協和電廠改為地熱電廠。「新瀨海底火山是座活火山，就在基隆嶼底下，」李昭興指向四公里外的基隆嶼。他表示，從海邊斜向鑽

警訊 台灣綠電慢又不穩 求突圍，老舊燃油電廠變地熱電廠？

從半小時車程外的基隆外木山海岸往東看，山坡上的三支大煙囪，清晰可見。這是協和電廠，全台灣唯一仍在燒重油的火力發電廠，也是台電預計建第四天然氣接收站的地點，讓四十多年的老燃油電廠，未來改燒天然氣。海洋大學與台電合作的研究計劃，在北海岸從石門、金山，一路到貢寮有近百個地震儀。這些螞蟻雄兵蒐集的資料，攸關北海岸地熱發電潛力，指引著台灣找穩定再生能源的方向，讓太陽下山、不起風，也不怕缺電。

來 到新北市萬里烘子坪，十二月東北季風，吹不散山坡上冒出的濃濃白煙，溫熱硫磺氣竄進鼻腔。這就是地熱的味道。

為何這麼慢？台灣地小人稠，難以像澳洲或美國，找到大片土地蓋光電場或風場。再者，再生能源案件因為金額龐大，又有時間壓力，成為黑白兩道勒索刁難對象。（見78頁）但在國際品牌壓力與自主形象提升下，「買綠電」已

真相 發電「風光」一時？ 綠電被台積買光，業者急著自蓋風機

經濟部原規劃，二一年底的再生能源佔比要達二二%，但實際進度僅六%。離岸風電延宕最多，原先經濟部規劃二一年累計併網目標為二·六GW（百萬瓩），但因疫情拖慢進度，年中將目標下修三分之一至九三三MW，年底仍只達成四分之一。光電進度則是八成三，差強人意。（見表1）

「風光」（指風電和光電）都不穩，再生能源裡，我們相信地熱因為是基載能源（指能二十四小時運轉，滿足最低用電量的電力供應），最有機會取代燃煤，「荒野氣候變遷教育委員會能源議題組組長陳雍慧說。台灣的電力供應，正面臨核能即將退場，燃煤與燃氣電廠不見容於淨零趨勢，但光電發展落後，而且不穩的危險平衡。

原來這幾年，從空污、藻礁保育、光電板入侵農地，讓荒野志工發現能源和環境衝突不斷，與其反對開發，更應積極找出對環境衝擊最小的能源解方。



海洋大學名譽教授李昭興（左2）、議員王醒之（左1）和公民團體相信，基隆與北海岸的地熱潛力，不容忽視，也是協和電廠未來的轉型契機。

台灣大總經理的煩惱

林之晨：蓋一支風機，原來這麼難！

當全球重視淨零排放，採購綠電、追求永續，是電信商的責任。我們儘管不是用電大戶，還是自我要求在2040年前達到100%使用綠電。

我們不希望買國外憑證，對改善台灣環境沒有幫助。於是決定嘗試自建風機。

陸域風機因為發電效率是光電的3倍，取得綠電總成本甚至低於台電電價，因此2021年啟動研究，蓋自己的第一支風機。

要蓋16個章，跑公文就吃不消

沒想到，這比想像複雜多了。

蓋風機前要取得的確認函多如牛毛，牽涉能源局、農委會、環保署、地方政府、台電各單位等，大大小小要蓋16個章，要2到3年才能建好一支風機。

民間業者光跑公文就吃不消。如果再生能源是重大政策，台灣要達到綠電2成，每年要540億，現在每年只有150億，還有400億缺口，應該要更有效率。

希望政府正視綠電供給跟不上需求的問題。

我從沒想過加入台灣大哥大還要研究發電，但如今這在企業界是顯學了。
(劉光瑩採訪整理)



「台灣應該是近年亞洲先進國家中，唯一在生質能原地踏步的，」張家驥直言。為了減碳與提高綠電佔比，日韓約十年前就制定計劃用生質燃料逐步取代燃煤，台灣生質能政策卻一片空白。

不僅日本，英國為了減碳積極發展生質能，至二一年中，生質能發電已佔英國總發電量一三·五%，是光電的兩倍，佔總綠電近三成。

穩定綠電，真能成為台灣綠電的解方嗎？有機會，但挑戰很大。

日本規劃，穩定綠電的比例將近台灣的三倍。台灣二〇二五年目標，近八成綠電倚靠光電與風電，而日本卻是三成光電，風力八%，其餘是四成水力、生質能一成七。

生質能來源包括木材、油脂、沼氣、動物排泄物等有機物，產生的為碳中和的再生能源。

「台灣應該是近年亞洲先進國家中，唯一在生質能原地踏步的，」張家驥直言。為了減碳與提高綠電佔比，日韓約十年前就制定計劃用生質燃料逐步取代燃煤，台灣生質能政策卻一片空白。

目前台灣一年發出一五〇億度綠電，距離二〇二五年目標還差四六七億度，若照目前規劃仰賴風電與光電來補足，台灣的光電板數量要在四年內成長為現在的三倍，風電建置量要翻二十八倍，才能達標。

解方 尋找穩綠電

如果不偏食，已有企業往多元能源邁進

如果這差距要以地熱補足，則須建置約七·二GW的地熱。儘管這目標無法一蹴可幾，但工研院研究指出，台灣深層地熱蘊藏潛力達三十GW，如果開始努力做，至少能紓解風電與光電落後的壓力。

面對綠電進度慢又偏食，長年推廣沼氣的循環台灣基金會董事長黃育徵就認為，儘管風光技術成熟，綠電來源多元、穩定、分散，才是長期的解方。

「綠能開發極需多元化，」台綜院副院長李堅明也同意，生質能源技術成熟，又具碳中和優點；地熱具基

桌。(見表2)

即使進度趕上，風光發電效率又是另一個挑戰。

目前以風光為主的再生能源，卻因光電「日出而作，日落而息」，而風也非二十四小時吹拂，儘管佔了全台二〇·九%裝置容量，發出的電卻只佔六%，不成比例，就好比花錢請了三位員工，卻只能完成一個人的工作。(見表1)

因為希望買到穩定綠電，台灣大哥大透露，除了購買光電與風電，他們也積極評估地熱與水力。

談到台灣目前獨尊風電跟光電的政策走向，台灣生

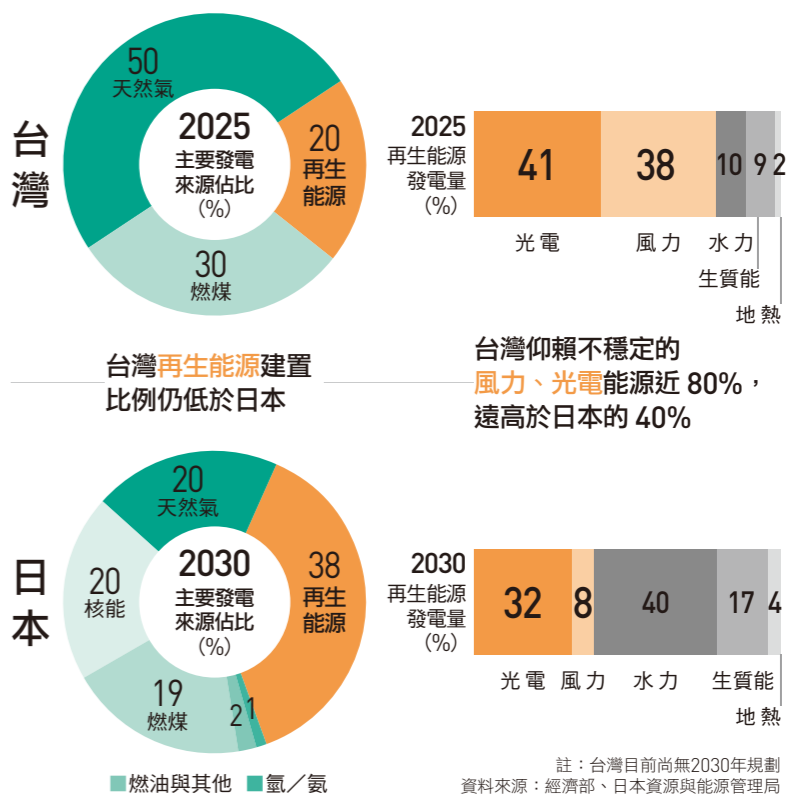
質能技術發展協會資深研究員張家驥忍不住脫口而出：「會被害死！」

借鏡 日本不獨尊「風光」

張家驥說，日本也是缺乏自產能源的島國，經驗最適合台灣參考。

攤開日本二〇三〇能源轉型計劃，再生能源佔比達三八%，近台灣的兩倍。而台灣跟日本的再生能源組成，猶如偏食家庭的餐桌，遇上營養均衡家庭的餐

表2 台灣再生能源建置比日本慢，卻重押風光發電



教戰守則

企業採購綠電，必做的功課

✓ 盤點自身用電資料

- 電號：登記電號有幾個？登記者為何？各電號與台電簽訂之契約容量為何？
- 用電屬性：包制、表燈（住商）、低壓、高壓、還是特高壓電力用戶？是否安裝合格智慧電表？
- 用電量：尖峰、半尖峰、離峰用電量分別為何？
- 電費計算與用電成本：是否為時間電價？是二段式或三段式計費？

✓ 確認採買綠電目標

例如滿足供應鏈減碳需求、達到ESG承諾、用電大戶法規需求、環評承諾、降低國際碳邊境課稅風險、或加入RE100等。以及評估綠電須佔用電比例、達成時限等規劃。

✓ 選擇綠電種類

評估不同再生能源的價格與發電模式，是否適合自身用電型態。

✓ 成立採購專案小組

採購綠電前，應了解市場供電需求及未來用電需求，評估一次性長期合約、分階段採購或延遲採購。專案小組須有總務、經營、財務與法律成員，並徵得董事會同意。

✓ 採購商業條件協商

不同於台電公用售電價格與固定契約格式，綠電採購都是客製化，採購年期、承諾採購量、承諾供應量、信用支持、付款期間、憑證申請、延遲風險、餘電等都須個別議定。

✓ 落實綠電交易與轉供

除了已商轉的再生能源案場外，目前許多採購合約，提供轉供的案場大多尚在開發，掌握案場進度、電業執照申請與台電轉供申辦等，都是前期條件；後續則應定期追蹤售電方，避免簽了約卻無法供電。

研究整理：劉光瑩
資料來源：資誠聯合會計師事務所再生能源產業服務團隊

以地熱發電為例，過去不受重視，加上台灣的地質複雜，土地使用與開發限制也很多，政策推動明顯不夠積極。

新局 全民買綠電時代到來

從工務到法務、財務，都要做足功夫

最後，企業想買綠電，自己得先做好功課。（見「教戰守則」）

「整個綠電價值鏈，是少數全部都在台灣發生的產業，」丹麥能源顧問公司K2M台灣區負責人徐璋克說，「企業要認知到，綠電並不是固定成本而是變動成本，就像稀土一樣，會隨著市場供需改變價格。」

他強調，從評估需求、願付成本，到確保綠電長期供應品質，也都跟以往採購硬體零件思維不同。

載功能；台灣四面環海，應把握海洋能（指潮汐、海洋深層水溫差等作為發電技術產生的能量）。李堅明說，「這些都是不該缺席的綠電選項。」

事實上，這氛圍已益趨明顯。二一年下半年開始，很多煤電廠與汽電共生廠，都向張家驥探詢燃煤轉生質能的可行性。下有地方政府減煤壓力，上有國家淨零碳排承諾，他們不得不動起來。

許多企業已默默投入穩定綠電開發。包括東和鋼鐵規劃沼氣中心、永豐餘生質能發電已做到全台第一大、將捷建設與台汽電的地熱電廠剛併網運轉，大亞集團不只做光電開發，更積極發展儲能。（見86頁）

東和鋼鐵總經理黃炳樺說，再生能源是非走不可的路，「如果企業不做，永遠苦等台電或政府，什麼都改變不了。」

十年前，東和就投入七、五億在苗栗龍港工業區設置五支風機，還打算蓋更多。近期，東鋼投資的沼氣中心更將落成。

是為了因應「用電大戶」一〇%綠電的規定嗎？

黃炳樺笑著搖頭說，這只是門檻，不是他們的目的。他們體認：鋼鐵業身為高耗能產業，有該負的責任。因此東鋼把再生能源當成新事業思考，不排除做到百分百再生能源，甚至負碳。

黃育徵認為，企業投資綠電自發自用，政府應可提供更多協助。

他分析，風能與光電開發因技術成熟，投資者多是外商或財團，取得融資相對容易。但企業有心投資地熱、生質能等較陌生的綠能，卻面臨法規、融資等關卡。

❗ 山上冒出的白煙是地熱的白煙，能成為台灣的一項綠電。

再者，許多企業希望用低價買到綠電，是緣木求魚。「現在台電收購綠電價格一度至少五元，如果低於這價格，發電端怎願意轉賣？」他提醒。

資誠普華國際財務顧問公司董事王韻輝，負責再生能源服務，她轉述近期聽到一家企業抱怨，「他請工務打電話給六家公司，有發電業也有售電業，想買幾百萬度綠電，卻只有一家回電，而且還拒絕！」她指出，原因是購買量太少，對自己的需求也不夠清楚。

她提醒，過去電力賣家只有台電，但買綠電不同，這不只是工務的事，法務、財務都要參與。

無論如何，全民買綠電、懂綠電的時代已經來了。地球有能量，但人民得先相信自己有力量。道阻且長，台灣才剛起步，法規與觀念都得快速跟上，改變才能發生。



二〇二二缺電危機倒數 北部首當其衝

所有人都想問：台灣到底缺不缺電？魔鬼藏在細節裡。

翻開最新用電成長數字，估算未來幾年備轉容量率，

驚見缺口就在二〇二三年等著，二五年核電歸零，肯定缺電。

除

了綠電，不論是大聲質疑，或是默默藏在心裡，從企業到老百姓應該都問，台灣的電到底夠不夠？

尤其在二〇二二年五月中，經濟部發布新版全國電力資源供需報告，隔天五月十三日下午，高雄超高壓變電所故障，導致興達電廠四部機組跳脫，全台數百萬戶分區限電；四天後，興達電廠再度跳機，分區限電再度諷刺上演。

半導體業蓬勃發展，加劇耗電

經濟部預估，未來電力最吃緊的時間點，落在二〇二三年，也就是

一年之後，但未來幾年備用容量率都在令人安心的一五%以上，還節節上升。

就算二三年，可能因為第三天然氣接收站進度延宕，備用容量率因而降到一二·七%，經濟部也掛保證：透過調度措施，可維持備轉容量率一〇%。

看起來萬事太平，但魔鬼藏在細節裡。

能源經濟專家、中央大學管理講座教授梁啟源提醒，備用容量率還得扣掉五%，保留機組歲修與保養空間，才是當下真正可用容量。

真正令人捏把冷汗的，是報告數字早已無法反映出電力需求的急遽

小辭典

備用容量率VS. 備轉容量率

備用容量率：

為全系統供電能力高於用電尖峰負載的比例，全年只有一個數據，此數字可用於衡量當年系統發電端的供電可靠程度。若以銀行帳戶比喻，備用容量相當於總資產。

備轉容量率：

備轉容量為裝置容量扣除故障、大修與檢修、降載的發電機組容量，此數字可用來衡量系統每天實際可供調度的發電容量。若以銀行帳戶比喻，備轉容量相當於總資產扣除無法動用的定存金額。

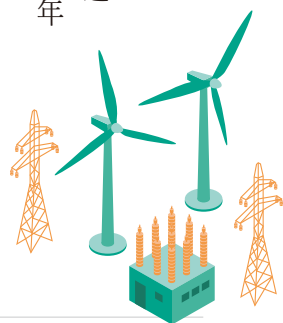


成長。報告指出，「二〇二〇年台灣用電年增二・一%，高於過去十年平均，至二〇二七年，每年用電平均成長二・五%。」
但實際數字，卻讓人心驚。
能源局數據顯示，二一年前十個月跟去年同期相比，用電成長高達四・三%，是半年前公布預估數字的一・七倍。又以工業部門成長最多，高達七・七%，主因是台商擴大回台投資，尤其是耗電的半導體產業蓬勃發展。
梁啟源更憂心提醒，台積電很多新增半導體產能，都還在陸續建廠，未來用電需求將持續攀高。

未來一有差錯，全台又要摸黑

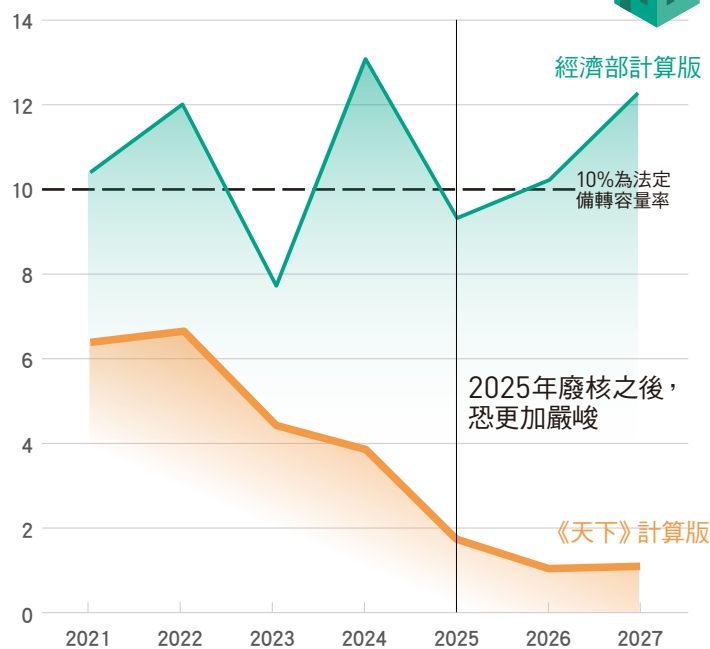
《天下》以最新用電成長數字估算未來幾年備轉容量率，凸顯供電前景捉襟見肘。

台灣用電與經濟成長率連動。主計總處預估二一年經濟成長率為六・〇九%，二二年為四・一五%，未來幾年也會高於四%。以這樣的經濟成長率，等比例計算未來用電成長率，二二年恐高達二・九三%，之後幾年也都高達二・八二%。



2023年後，備轉容量率一路走低

台灣未來6年備轉容量率(%)



計算方式：

- 1.《天下》計算版以經濟成長率推算用電成長率。2021、2022年經濟成長率為主計總處預估數字，2023年與之後的經濟成長率參考國發會主委龔明鑫對台灣經濟的展望，預設為4%。
2. 2024年起，尖峰負載數字為夜間負載，比照經濟部算法，為前一年數字×0.95。之後幾年的尖峰負載，為前一年的數字再乘上預估用電成長率。

資料來源：經濟部108、109年度全國電力資源供需報告、主計總處經濟預測

再以新的用電成長率估算，未來幾年備用容量率全都低於一五%。如果把因為天然氣接收站延宕的燃料限制納入考慮，再扣除五%歲修保養，二〇二一、二二年的備轉容量率都低於七%，至二三年，只有四・三三%，之後更一路走低，二五年後核電歸零，將更加嚴峻。（見表）

「這已經低到不能再低，出任何差錯就要黑燈（停電）了，」對《天下》估算出來的新數字，梁啟源表示

憂心。

除了備載不足，另一個危機是，穩定大型基載發電陸續除役。根據能源轉型規劃，至二五年，核能佔比將由目前的一一%降為零。

此外，至二五年佔供電五成的天然氣，供應提升快不起來。桃園大潭的中油第三天然氣接收站案，從三年前環評通過至今爭議不斷，儘管公投結果讓三接可繼續留在大潭，依然比原本進度延宕兩年半。三接延遲會怎樣？梁啟源說，大

潭八、九號兩部燃氣機組無法發電，至二四年將影響整體電力近六%備用容量率。

如果再加上二〇二五年核電歸零，「二〇二五年鐵定缺電」，他斬釘截鐵地說，「最快二三年就會開始，會一路缺到新天然氣接收站蓋好的那一天為止。」

電力調節技術，解救停電惡夢

供電缺口最嚴峻的就是北部。梁啟源說，若大潭八、九號機組延宕，二五年北部供電缺口將達四六七萬瓩，相當於一部興達電廠機組，一旦中部到北部有任何電塔倒塌，北部將會大停電。若以燃煤補足，又恐惡化空污。

更雪上加霜的是，煤電增加也有

難度。近期聯合國氣候峰會通過的格拉斯哥氣候公約，明確要求各國減少用煤。台灣原本設定二五年燃煤佔比要降到三成，也難再提高。

供電缺口將至，怎麼辦？

在國際零碳趨勢下，發展無碳能源是正解。梁啟源建議政府調整能源配比與非核時程，除再生能源外，核二、核三考慮延役，將有助經濟發展與減碳目標。

看備轉容量數字，讓人怵目驚心，台灣的未來真的一片黑暗嗎？

台灣綜合研究院副院長李堅明認為，透過電力調節技術，其實有機會避免。「備轉容量率低的確是警訊，但調度才是供電穩定關鍵，」李

堅明強調。

能源轉型的重要配套，電力交易平台已經上線，將分散於民間的電力資源納入電力系統。例如：五月興達電廠跳脫時，台泥彰濱儲能系統就在幾秒內大量放電。未來，當全台儲能建置量持續增加，將不用再擔心跳電。

另外，近年，台灣開始嘗試更多新的電力調度手法，例如「需量反應」，可在電力吃緊時，提供用戶少用電的電價優惠，以調節供需。

儘管缺電風險不小，但技術也在進步。只是在大量儲能到位前，台電調度人員必須承受極大壓力、快速反應，還得祈禱發電機組與輸電線路都平安，才能避免停電惡夢再臨。■

政府回應

台灣到底缺不缺電？

採訪整理——蔡立勳 攝影——王建棟

曾文生：靠智慧調度，頂住用電尖峰兩小時

公 投後，核四重啟幾乎已不可能，但台灣會不會缺電的問題，浮上檯面。

在經濟部操盤台灣能源轉型、經濟部次長曾文生回應各界對綠電、

能源的質疑。以下是專訪摘要。

問：目前太陽光電與風電都落

後，政府如何趕上進度？

答：光電從二〇二一年開始遇到原物料成本增加，供貨順暢也有問題，所以我們下半年調整費率，這是再生能源的躉購費率第一次回升，二二年費率也會納入物料價格因子。



我們有加速審查案源，希望二三年把落後的趕回來一部份。
風電部份，本來二三年要併網的三個風場，二三年都會併進來，年

綠電進度，曾文生有進度，可迎頭趕上。

底應該可以新增併網容量超過一·五GW（百萬瓩）。（編按：已將近二〇二五年離岸風電裝置容量的三分之一）

問：你日前出席民間論壇，提到地熱的重要性。目前地熱開發瓶頸有哪些？政府如何協助？

答：地熱是我們最關注的題目，它有基載，在淨零路徑會加分。

地熱探勘有一定程度風險，取熱技術也在成長，但牽扯到地質結構，需要前期探勘。我們已經在籌備案子，也指派中油跟地調所、台電一起規劃前期工作。

我們會先盤點適用的法律，比如坡地有水保、逕流排水的問題，是水利署跟農委會水保局負責，跨兩個部會，因此希望跟光電一樣，看能不能聯審案場，讓程序簡化。但經過初步探勘，地熱潛力比較高的地方，很多是在原住民傳統領域。

製造業須投入綠電，別猶豫！

問：很多人會講缺電，我們用經濟成長率四%估算，二三年備轉容量率只有四·三三%，非常低。

答：二〇年跟二一年的民生用電

都成長，以產業別來講，成長最多就是半導體。

今年用電量成長這麼高，是因為包括半導體的製造業產能全開，未來很難講說不夠。接下來兩年的新增，我們已算入規劃。

我們的用電尖峰已慢慢轉往晚間六點到八點，有時會再往後延，只要抽蓄水力、儲能等智慧調度做好，頂住這個時間，每天供電都會是相對穩的。現在的政策配套都是往這二到三小時去做。

問：目前國家支持開發的再生能源多被大企業買走，我們看到已有業者積極投入再生能源建置，經濟部對此有何思考？

答：製造業應該積極投入裝設再生能源，不要再猶豫了。我們也希望企業，尤其是製造業，不只把綠電當成固定成本增加，而是投入更多資源與聰明才智，把綠電當成新興的市場機會，未來商機是無限的。■

地熱是我們最關注的，因為它有基載，在淨零路徑會加分。政府已在籌辦案子前期工作。

新能源戰隊出擊 光沒了、風停了，也來電！

有沒有不受天候與日照影響的綠電？從地熱、沼氣、生質能到儲能，台灣已有不少企業看到新趨勢，把目光放在穩定供應的綠電。儘管剛起步，但多元化的綠電才有機會取代燃煤、燃氣，甚至是核電。

木質素

文——康陳剛 攝影——王建棟

造紙廢料變神奇燃料 永豐餘老廠用電靠「黑液」

壽 豐海岸山脈起點旁，永豐餘集團中華紙漿花蓮廠依山傍海。大門口國旗隨風飄揚，展現歷經半世紀的滄桑。

儘管因時光消磨的外觀不起眼，但這間佔地超過五十甲的老廠，卻藏著全台發電量最大的生質能發電系統，二〇二二年還將啟用新機組，未來廠內有四成用電，都來自循環而穩定的生質能。

「你看，這就像一般鍋爐燒的重油，華紙花蓮廠總廠長謝炎璋手拿裝著「黑液」的燒杯，裡頭液體呈現濃稠膏狀，形似重油，解釋這就是廠内生質能發電的燃料。

什麼是黑液？在造紙過程中，木片放進如同大型電鍋的設備蒸煮，形成紙漿，漂白、加壓後製成我們所使用的紙張。但紙漿裡除了用來造紙的纖維素外，還有無法進入製

程的木質素，這些木質素泡在水裡質地漆黑，因而稱為黑液，濃縮後便成為可再利用的燃料。

過去，全球各地有許多紙漿廠直接將黑液排入溪流河川，儘管木質素本身無毒，但黑液中含有製漿時加入的強鹼，仍造成水污染。

謝炎璋說，花蓮廠一九六八年成立時就引進生質能鍋爐，將廠內全數黑液回收發電，目前每月可產一一五二萬度電，佔全廠用電的三八%。比起使用重油鍋爐，每月可省下超過六千萬元。

二一年底歲修期間，華紙還砸下三．一億加裝新的發電機組及蒸汽回收系統，進一步優化黑液發電效



謝炎璋手上的黑液，半世紀前就被用來發電，近年因循環經濟當紅，更受重視。

小檔案

永豐餘

董事長／劉慧瑾

總經理／蔡維力

資本額／166 億

穩綠電實績／

華紙花蓮廠 2022 年起，
將有 42% 用電來自木質
素發電

永豐餘旗下，除了華紙有全台最大生質能發電系統，永豐餘工紙新屋廠還有全台第一座使用固體再生燃料（SRF）的零燃煤汽電共生系

橫跨三大種類的生質能源

蓮廠的生質能發電量。

「這對我們來講是很大的決心，」華紙董事長暨永豐餘永續長黃鯤雄說，關掉燃油鍋爐對短期產能勢必造成影響，不過歐洲消費者關心產品使用綠電的比例，將有助於外銷市場競爭，接下來還會繼續提升花蓮廠的生質能發電量。

內僅存的燃油鍋爐。

「這對我們來講是很大的決心，」華紙董事長暨永豐餘永續長黃鯤雄說，關掉燃油鍋爐對短期產能勢必造成影響，不過歐洲消費者關心產品使用綠電的比例，將有助於外銷市場競爭，接下來還會繼續提升花蓮廠的生質能發電量。

率，同樣的蒸汽每月可增加四分之一發電量，未來生質能佔全廠用電將提高到四二一%。

新設備建置好後，花蓮廠將減少

對台電購電比例，換算下來，預計

四年就能回本，還可以順勢停用廠



農不還的廢品，表示經濟發達的農家，循環利用紙器製成紙漿，但能作為原料。

燒發電，而且新屋廠採用汽電共生，鍋爐產生的熱氣除了發電外，也會用於產線，「一氣二用」更節能。

因此，相較台電受限於沒有工廠可使用餘熱，火力電廠發電效率普遍只有四〇%，新屋廠的發電效率可達到八〇%。

而新屋廠內的沼氣發電系統，利用生物方式養菌產生主成分為甲烷的沼氣，同樣能燃燒發電，每年發電量達到四千兩百萬度，大約可供一萬兩千戶家庭一年用電。

永豐餘發展的生質能源橫跨液態的黑液發電、氣態的沼氣發電，以及固態的SRF燃料發電。為何要

如此著重發展生質能源？

「陽光不是時時刻刻都在，風也不是時時刻刻在吹，我們自己的工廠屋頂也鋪滿太陽能板，但效率是看天吃飯，」黃鯤雄強調，在歐盟，早在二〇一六年，就有高達六成再生能源是來自生質能源，台灣應該考慮如何利用山林資源或農業廢棄物，加大發展生質能源。

黃鯤雄認為，過去企業很多對於環境的外部成本是社會在承擔，「從成本來講，用煤當然相對便宜，但是有很多外部成本。」

但接下來碳稅、碳費、碳交易準備上路，這些成本會回到企業本身，少用煤才會真正讓整體成本下降，「我相信這不只是永豐餘，所有企業都會往這個方向走。」

地熱

文—劉光瑩 攝影—謝佩穎

小技師20年翻轉清水電廠 台灣首座百萬瓦級地熱發電

清

水地熱園區裡，熱氣蒸騰的煮蛋區、泡腳池，是宜蘭觀光勝地。

從二〇二一年底開始，這座園區更是自產穩定再生能源電力的關鍵。

清水電廠儘管目前併網容量僅四·

二MW（百萬瓦），發出的電可供一

萬戶小家庭使用，跟火力電廠比起來

小巫見大巫，卻已是台灣的一大步。

地熱最大的特色是穩定。有別於

間歇性風電與光電，能二十四小時

提供穩定綠電。

「台灣第一個百萬瓦級地熱發電

有溫泉的地方就有地熱。圖為清水地熱生產井噴發的壯觀景象。



廠，是邁向淨零排放關鍵一步，」副總統賴清德在啟用典禮說。

這一步，走了超過二十年。

喚醒台灣沉睡已久的地熱

清水地熱電廠總經理林伯修，招牌打扮是牛仔襯衫加上舊舊的鴨舌帽，一副隨時準備巡視工地的模樣。

他的父親林德欽，是五〇年代末台灣最早一批鑿井技師，從公共工程如新生高架橋地基鑽探起家，他跟著父親從工程探勘鑽到溫泉井，練就一身好功夫，因緣際會一頭栽入地熱。

他曾在工研院主導的地熱探勘計劃擔任技師，國際交流頻繁。一件事讓林伯修印象深刻，有一年菲律賓經濟部長來台參訪時說，「菲律賓什麼都贏不了台灣，只有地熱走在前面。」讓他聽在心裡，非常不是滋味。

在太平洋火環帶，從美國、墨西哥、紐西蘭、印尼、菲律賓到日本，只有台灣沒有電廠等級的地熱。「台灣不只缺席還掛零，乾脆搬出火環帶好了，」他說。

為了爭一口氣，技術出身的林伯修，二十年前一頭栽進地熱領域，

使命就是要提高台灣能源自給率。

過去十五年，他都窩在清水舊台電宿舍，四年前，前東家雖取得政府標案卻因進度落後被解約，他決定自己來，咬牙把案子標下。

一開始林伯修也苦無充足資金，直到遇見將捷建設董事長林嵩烈，兩人一見如故。「上天給的在地能源，我們應該把它發揮到最大，」林嵩烈受訪時說，台灣每年賺三千億美元外匯，卻花近四七〇億美元外購能源，「沒有自己的能源，對台灣的下一代很危險。」

在將捷與台汽電合組的結元能源支持下，林伯修成功讓地熱電廠發電併網，讓台灣沉睡已久的地熱發展，在宜蘭重新站起。

目前因為地方輸電饋線滿載，結元只申請到併網四·二MW，但地底蘊藏的總能量遠高於此。林伯修透露，

小檔案

清水地熱電廠

董事長／林樹森

總經理／林伯修

資本額／5億元

穩綠電實績／

初期裝置容量 4.2MW，
每年可提供 2500 萬度綠電，可供約 1 萬戶小家庭使用



國外評估，清水的蘊藏量三十MW不是問題，但仍需要擴充饋線。

「之前很多人都來問我：你怎麼那麼勇敢？」林伯修回想眾人質疑，如今一派雲淡風輕，「其實不是勇敢，而是清晰，因為我知道這有潛力，台灣一定做得到。」

然而，地熱發電雖是優質的穩定綠電，在台灣的發展仍有不小挑戰。

首先，地熱所在地往往開發不易。有溫泉的地方就有地熱，而在台灣，溫泉多半出現在山區、原住民保留地或國家公園，民間開發業者要進行鑽探，光是取得用地及附近居民同意，就已經不容易。

其次，前期探勘成本高，回收期長，願意投入的業者少。結元迄今

已投資超過七億元，花費五年才開始發電。大部份企業想要馬上回收，難免卻步。

也正因挑戰眾多，許多人盼望在清水地熱電廠啟用後，能夠讓前方的荊棘少一些，讓穩定的再生能源在台灣有發展空間。

過去幾年，許多企業注意到台灣地熱發電商機，默默鴨子划水投入好一陣子。包括化工業、水泥業、觀光業，甚至光電業者、金融業創投，都開始對地熱展現高度興趣。

「清水電廠證實了台灣不是沒地熱，只是沒開發，」海洋大學地球科學所博士生王守誠說，三十年前台電經營的地熱電廠，原本發電量只有〇·一二MW，現在等於只花半年就

提高三十倍，顯見技術不是問題。

外界期待，清水電廠之後，未來的地熱開發可以走得更順、更快。 ■



清水電廠背後的3位靈魂人物：總經理林伯修（左起）、將捷集團總裁林長勳、將捷集團董事長林嵩烈。（王建棟攝）

沼氣

文 | 劉光瑩

酒糟、檸檬皮、菜葉變綠電 東和鋼鐵要用盡日常小資源



（東和鋼鐵提供）

屏 東內埔工業區，機具忙進忙出，廠區雛形已蓋好，就等著發酵槽與沼液儲存槽從美國運抵台灣。

這是台灣第四大鋼鐵集團——東和鋼鐵與台糖合資成立的東糖能源服務公司，投資二·七億興建的沼氣中心。最快二二年下半年，每月可將兩百噸農業廢棄物轉化成穩定



(天下資料)

⚡ 侯傑騰（上圖）耕耘5年的沼氣中心完工後，將仿效美國啤酒廠的沼氣反應槽（右圖），把廢酒糟變綠電。



⚡ 小檔案

東和鋼鐵

董事長／侯傑騰

資本額／108 億元

穩綠電實績／

與台糖合組東糖能源，投入2.7億在屏東建沼氣中心，預計2022年完工

能量可到一五〇座沼氣中心

一八年，時任台糖董事長的黃育徵積極推動以豬糞尿與農業廢棄物做沼氣發電，於是找上侯傑騰。兩人一拍即合，侯傑騰甚至自掏腰包赴美國觀摩沼氣發電，還推薦技術給台糖。

在黃育徵鼓勵下，東和決心自己跳下來做。「鋼鐵業這麼高耗能，東和，要投入沼氣發電？」

這個問題，東和鋼鐵董事長侯傑騰實在太常被問了，「就連同事也問我，董事長，我們為什麼要做沼氣？」他笑說，「答案其實很簡單，電爐煉鋼原本就是循環經濟。」

東和鋼鐵做的就是把廢鐵回收再利用的事業，如今投入沼氣發電也屬於循環經濟。「生活中有無盡的資源，所有回收我都有興趣。」侯傑騰強調，就連塑膠和鋁回收，他自詡都很有研究。

電力，每年近五百萬度綠電，相當於可供給一千兩百個小家庭使用。

發電原料哪來？祕密在隔壁的酒廠。台灣菸酒屏東廠，是全台灣米酒最大產地，每月產出釀米酒副產品酒糟約一百噸。

為何台灣最大H型鋼供應商東和，要投入沼氣發電？

這個問題，東和鋼鐵董事長侯傑騰實在太常被問了，「就連同事也問我，董事長，我們為什麼要做沼氣？」他笑說，「答案其實很簡單，電爐煉鋼原本就是循環經濟。」

在黃育徵鼓勵下，東和決心自己跳下來做。「鋼鐵業這麼高耗能，東

和率先做的影響力會很大，」黃育徵回想當年他對侯傑騰說的話，「投資沼氣發電，短期不會賺錢，但長期絕對不會消失。」

一九九一年，東和鋼鐵和台糖合資成立東糖能源服務公司，負責人就是侯傑騰。

但找地方設廠是大挑戰。一聽到「處理農業廢棄物」，居民就避之唯恐不及。東和苦苦尋覓地點，最後才因緣際會找上屏東。

原來，台糖一位同仁想起，因為非洲豬瘟不能用廚餘養豬後，台酒曾來詢問台糖能否協助處理酒糟，做沼氣發電。

侯傑騰想起曾在美國佛蒙特州看過啤酒廠的沼氣中心，處理的就是釀啤酒產生的農業廢棄物，還能收冰淇淋廠的食品加工廢料來發電。

屏東酒廠正好有地。

東糖能源馬上找屏東酒廠洽談，如今，東糖沼氣中心建置中，最快二二年下半年就可開始收料、產氣、發綠電。

除了酒糟，新廠還可收生技公司做完保養品剩下的檸檬皮、食品加工廠的菜葉、廢食用油等，作為沼氣發電原料。

然而，東和對沼氣的期待不僅是這座裝置容量不到一MW的小廠。

侯傑騰觀察，很多食品廠都有廢水，而水裡的有機質都是資源。

「一旦這座廠證明技術可行，就可大量複製，」他說。

黃育徵評估，把全台有機廢棄物整合，可做至少一五〇座沼氣中心。倘真如此，所發的電，將可接近半座通霄燃氣機組，還是綠電。

食品廢棄物要變綠電、肥料，還能減碳，技術並不難，難的是觀念要先改變：廢棄物只是放錯地方的資源。

儘管路上還有荊棘，包括法規與民眾觀念，都得與時俱進，改變才能加速。

儲能

文 | 劉光瑩 攝影 | 王建棟

對抗停電的一條龍服務 大亞集團搶進百億商機

大亞電線電纜關廟廠區空地上，有個三十尺長的白色貨櫃，外表毫不起眼，但裡頭藏的卻是維持全台供電穩定的祕密武器。未來所有的製造業廠區，可能都會配置。

這個貨櫃裡，裝著六百度的儲能

系統以及控制室，每小時可以放兩百度電，堪稱大亞的「微電網」。

當間歇性再生能源愈來愈多，儲能系統是維持供電穩定的關鍵。例如二一年五月十三日與十七日兩次全台分區停電時，台泥彰濱儲能設備就派上用場，在電壓驟降時，儲





能系統迅速放電。雖然最後還是撐不過，仍展現出迅速反應能耐。

台灣究竟需要多少儲能？台電原本規劃至二〇二五年，至少要五九〇MW。但隨著光電愈來愈多，晚上用電愈趨吃緊，台電已將儲能目標上調至一GW（百萬瓩）以上，相當於一座核二機組，估計可支撐全台電網二至四小時。其中僅六分之一由台電自建，其餘仰賴業者加入輔助服務標案。

台電在二一年上線的電力交易平台，也是儲能業者可以發揮的舞臺。透過提供電力輔助服務，維持電網穩定，價格由市場決定，估計商機上看百億元。這就是大亞著眼的龐大商機。

大亞集團近年從製造業積極切入電源開發，先在學甲成功整合全台最大私有地光電場，又買下大同旗下位於七股的光電場，到二〇二三年，旗下光電上看二五〇MW。

「再生能源不穩定，沒風沒光的時候怎麼辦？」大亞董事長沈尚弘說，他深知儲能非走不可，五年前就成立協同科技發展儲能系統與軟體，預計二二年將參與電力交易平台，目標在五年內建置能在幾秒鐘快速反應的AFC儲能達一百MW，以成為經濟

規模。目前已宣示相仿規模儲能的企業，只有台泥與台達電。

投報率比光電高，五年就回本

儲能系統已經開始幫大亞省成本。大亞關廟廠廠長黃明進說，當關廟廠訂單較多時，每月用電可能會好幾次超出和台電簽的契約容量。原本每次要付數萬元罰款加上尖峰電費，如今，當用電量大時，儲能系統就派上用場放電，一年可省下七十幾萬，佔約〇.六%。

未來搭配智慧管理，儲能商機無限。沈尚弘說，以後不是只有「離峰」與「尖峰」兩種電價，而是每小時根據需求變動。

就如同Uber叫車系統會根據該地、該時段的用車需求調整運價，在電力自由化後，未來電價也會根據用電需求調整。

「太陽下山就沒電」也帶來新商

小檔案

大亞電線電纜

董事長／沈尚弘
資本額／60億元
穩綠電實績／
成立協同能源投入儲能，預計5年內在全台建置100MW儲能，並加入台電電力交易平台



大亞集團董事長沈尚弘（上圖），從電線電纜出發，未來要做到電力一條龍服務。右圖為大亞關廟廠600度電儲能櫃內部控制儀表板。



他們在「風光」之外，搶進穩綠電商機

新能源戰隊與重點領域

	公司名	穩綠電實績
地熱	結元能源	宜蘭清水地熱電廠（已商轉）
	李長榮化工	台東金崙地熱電廠計劃
	台泥綠能	台東延平地熱園區計劃
	倍速羅德	花蓮萬榮地熱電廠計劃
	中油	宜蘭仁澤、土場地熱電廠計劃
	台電	宜蘭仁澤地熱電廠計劃
	工研院	全台地熱探勘
	漢力能源科技	國產地熱發電設備
生質能源	東糖能源	屏東內埔東糖沼氣中心
	台糖	東海豐畜殖場循環園區
	永豐餘	木質素發電、沼氣發電、SRF 汽電共生
	正隆	沼氣發電、SRF 汽電共生
	山林水環工	外埔綠能園區、沼氣發電設備
	漢能綠電	速生草種植與生質能發電設備
水力	台電	11 座水力發電廠、10 個進行中小水力計劃
	水利署	盤點全國小水力潛力場址，已完成牡丹水庫小水力
	農田水利會	烏山頭水力發電廠
儲能	大同	4MW 儲能系統通過台電測試，為首家加入台電電力交易平台的廠商。另有 1MW 儲能系統獲得台電 AFC 標案
	台達電	5MW 儲能系統 11 月加入台電電力交易平台，投入電力輔助服務市場
	大亞電線電纜	1MW 儲能系統興建中，未來儲能系統將搭配光電場
	台泥綠能	5MW 儲能系統獲得台電 AFC 標案。另將投資 55 億元，在蘇澳、和平建置 87.5MW 及 250MW 的大型儲能系統
	台普威能源	2MW 儲能系統獲得台電 AFC 標案
	翰可國際	5MW 儲能系統獲得台電 AFC 標案
	聚恆科技	2MW 儲能系統獲得台電 AFC 標案
	亞力電機	不斷電系統
穩定供電	台達電	不斷電系統
	伊頓	不斷電系統
	雅瑞科技	不斷電系統
	富威電力	隸屬正崙集團，主要客戶包括群聯等
綠能售電	陽光伏特家	以群眾集資概念打造再生能源售電平台，管理全台超過 350 個光電場
	瓦特先生	將台中的綠電賣給台灣萊雅，完成台灣商辦首筆綠電交易
	台汽電綠能	國內轉供量最大的再生能源售電業者，主要客戶包括台達電、台灣大哥大
智慧能源管理	聯齊科技	虛擬電廠與智慧能源管理系統已打進日本發電量前五大的中部電力公司
	優必閣	取得 10 億元的台電智慧電表布建專案
	斯其大科技	智慧電表、智慧水表與智慧能源管理相關產品

機。能源局正研擬要求全台灣太陽光電案場搭配儲能服務，以彌補間歇性的弱點。

但黃明進提醒，這還需要新的商業模式，讓儲能業者白天存下來的太陽光電，留到晚上再賣，也能賣光電的躉售電價，外加儲能管理的價格，才

會有更多業者願意投入儲能。

大亞希望不只扮演能源串接的角色，更能涵蓋能源生產、傳輸、儲存到管理等面向。

如今儲能需求大爆發，猶如過去開放民間設置電廠。一位儲能業界人士指出，目前投資儲能輔助服

務，投資報酬率比光電還高，五年內就能回本。

如果把電力想像為產品，大亞集團不只要當單純的「通路商」，還一路往上游切入製造、倉儲，乃至於管理，到建立一條龍服務。他們已經走在前頭。