

# 赴中國浙江省考察農業太陽能光電整合技術紀要

林峰右、吳育甄

水產試驗所海水繁養殖研究中心

## 前言

2017年11月13–18日筆者等前往中國浙江省，參訪太陽能光電應用於水產養殖設施之現況，以下彙整本次參訪心得，以作為未來發展光電與養殖產業之參考。

## 考察行程

### 一、寧波慈溪周巷水庫與長河水庫立柱型發電設施

寧波慈溪周巷水庫與長河水庫位於浙江省寧波市杭州灣旁，擁有目前號稱中國最大的太陽能發電設施，由慈溪市建塘江水庫管理所的水庫站長與水利局單位管理。該水庫之太陽能發電設施搭建工程於2016年6月開工，7個月竣工，於2017年1月開始運轉，屬於鄉鎮所有。水庫站長說明水庫還未搭建太陽能發電設施時，主要係在7–8月乾旱時期供應農業灌溉用水，平常水庫養殖管理人員約10人。水庫中放養花鰱、白鰱等魚類，以粗放式養殖為主，每年放養量在1百萬尾以上。原本有部分區域供箱網養殖之用，但搭建成太陽能發電設施後，因水位降低至2–2.5 m，管理不易且成效不彰，因此目前已停止進行箱網養殖。收獲時僱用臨時工協助，

所得收入用來供應電力與人力支出以及必要的修繕，即採取以庫養庫的方式運作。

太陽能發電設施以立柱型南北向搭建，立柱跨距約3 m，總長度約8 m，由水面向上約2–3 m，光電板覆蓋比例為6成以上(圖1)。管理所的辦公室中設置了整個太陽能發電設施的監視器(圖2)，太陽能發電設施則依規定需距離堤岸約50 m，以保護大壩堤岸及留有船道。發電設備總投資金額約18億人民幣，佔地約300公頃，一年平均發電量為2.2億千瓦時，鋪設有15 km長的電纜以將所發的電匯入國家的電網。



圖 1 寧波慈溪周巷水庫與長河水庫立柱型太陽能發電設施



圖 2 廣東慈溪周巷水庫與長河水庫立柱型太陽能發電設施內部監控情形

站長進一步說明除了放養的花鰱、白鰱外，水庫中還有青魚、鯉魚、甲魚、小蝦、河蟹等，以前容易捕撈，但在太陽能發電設施搭設後，捕捉不易，目前以刺網、圍網方式進行。以多件 50 m 長之圍網，將漁獲物慢慢集中至大網中的方式進行捕撈販售。因光線減少藻類受影響，因此以藻類為主食的四大家魚類受影響程度較大，且因立柱關係，捕撈成效明顯較差，收獲也較低，魚隻因為有障礙物關係，都躲藏於其中。

站長還表示，搭設太陽能發電設施後，在夏季太陽大，水面溫度高，水氣往上蒸發，但因被光電板遮住，散熱不易且導致部分區域通風不良。

## 二、寧海縣蛇蟠涂漁光互補太陽能發電站

由寧波大學海洋學院王春琳院長陪同，前往位於寧海縣與三門縣交界處的寧海縣蛇蟠涂漁光互補太陽能發電站（圖 3、4）參訪。寧海縣三門灣現代漁業園區佔地 20,820 畝（約 1,388 公頃），耗費了 4、5 年完成灘塗硬體設施建設，目前有 7 家企業進駐，專養白蝦，園區內包括蝦苗生產區、加工區、辦



圖 3 寧海縣蛇蟠涂太陽能發電站



圖 4 寧海縣蛇蟠涂太陽能發電區模型圖

公區與試驗生產基地，混養區約 4,000 多畝。對蝦溫棚養殖面積約 700 畝（約 46.6 公頃），每畝產量 6,000 斤（中國斤 500 g），約每分地 4,500 kg 產量。

該園區漁光互補太陽能發電項目由東方日昇新能源股份有限公司經營，立柱型太陽能發電區域約 4,000 畝（約 266 公頃），目前已經發電中。發電設備總投資約 8 億人民幣，佔地約 266 公頃，一年平均發電量為 1.07 億千瓦時。東方日昇新能源股份有限公司除持續投入研發太陽能發電板相關技術外，還預計在該區域成立「寧波縣蛇蟠涂生態區」，該區域共有 90 個漁塘，每個漁塘 40–50 畝不等，自己經營養殖相關產業，準備混養青蟹與貝類或是青蟹與白蝦，自行生產自行銷售，希望每年養殖漁業能超過太陽能發電收益。

王春琳院長說明，寧海縣蛇蟠涂漁光互補太陽能發電項目，目前準備配合青蟹與貝類混養模式進行，以青蟹為主，貝類為輔，貝類可控制藻類濃度，適合青蟹養殖，土池旁亦適合培養大型藻類；而此太陽能發電為立柱型，相比之下，障礙物及掩蔽物增加，對於放養特定物種有產量增加優勢，初步估計每畝青蟹產量達 100 kg，太陽能發電立柱型區域約 4,000 畝，估計可生產 40 萬公斤青蟹，產值達 1.4 億（還未計入其他貝類收益）。

### 三、建德三都鎮浮動式太陽能發電站

建德三都鎮浮動式太陽能發電站示範項目（圖 5、6），位於錢塘江上游旁養殖魚塭，為全淡水，該地理位置為山區，因此颱風侵襲比例低。此太陽能發電站為浮動式水上型，由中國電建集團公司經營，以發電為主要考量，於 2017 年 7 月開始發電，佔地 420 畝（約 28 公頃），發電設備總投資 1.63 億人民幣，佔地約 28 公頃，一年平均發電量約為 1,800 萬千瓦時。

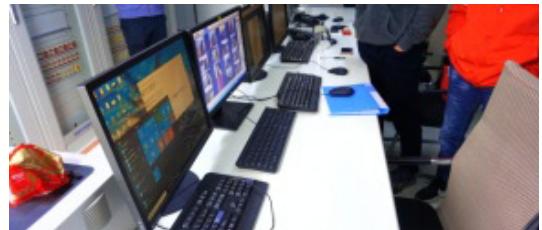


圖 6 建德三都鎮浮動式太陽能發電站內部管控情形

中國電建集團公司現場工作人員表示，此浮動式太陽能發電站以高度聚乙烯水管材料，透光雙玻太陽能發電組件組成，組件離水塘高 30–50 cm，跨距約為 5 m，優點為搭建時可先在岸邊進行組裝，放入水中再連結組合即可，因此搭建速度比立柱型快速且便捷，但是成本較高。

在養殖管理方面，原經營塘主表示，目前中國電建集團公司發電廠商擁有經營權，但養殖使用權仍歸其所有，原來的養殖場已經經營 6 年之久，放養青魚，鰱魚，鱸魚與河蚌混養，魚類部分約年產 20 萬斤。中國電建集團公司於 2016 年開始搭建浮動式太陽能



圖 5 建德三都鎮浮動式太陽能發電站

發電板後，至今無法進行適當的餌料投餵，亦無追蹤評估水質變化情形及魚隻活存率。嘗試置放定置網漁具，在接近浮動式光電板後，發現下面通風不佳，體感溫度反而比原來要高，且捕捉成效也不佳，至今還沒有便利性高的捕撈方法。

## 考察心得與建議

發展再生能源利用與建構低碳環境為搭建太陽能光電板的主要目的。以水產養殖角度而言，在水面上方建構太陽能發電設備，目前常被討論的包括立柱型與浮動型兩種建置形式，所遭遇的問題不外乎是材質的耐用性。在陸上型室內養殖模場搭建屋頂型太陽能板，對於原來養殖操作模式影響較小，且具隔熱效果較佳等優點。

浮動型太陽能板與立柱型相較，浮動型太陽能板對耐用度的要求應該會比較高，包含相關組件、逆變器、變壓器等設備必需具備耐高鹽霧、高濕度、強風等特性條件下正常運作，否則很容易造成逆變器模組損毀等問題。因此浮動型設備的要求高，建設成本高，若與水產養殖結合，需要做進一步規劃與尋找適合物種。

此趟參訪太陽能發電站，發現建置時對養殖漁業的考量點較少，如寧波慈溪周巷水庫與長河水庫立柱型光電設施，建德三都鎮浮動式太陽能發電站，都在水位沒有降低，魚隻沒有移除情形下搭建，之後則出現捕撈不易及養殖管理等問題；反之，若一開始有完整的考量，結合完善的養殖管理與適合的物種，應該會有比較好的養殖效益，也才能

加速綠能結合水產養殖模式的開發與應用。

在寧海縣蛇蟠涂太陽能發電站，建置立柱型太陽能發電設備，經營者評估適合混養青蟹與貝類（血蛤、竹螺），此養殖模式在臺灣仍需經進一步規劃與試驗評估，才能有效創造產值。

寧波慈溪周巷水庫與長河水庫立柱型光電設施，立柱總長度約 8 m，扣除水深約 3 m，立樁土下約 2–3 m，剩下由水面向上至頂約 2–3 m，此部分建議水產養殖設施與光電設施結合，除評估覆蓋面積比例外，還需考量較通風區，且還需要審慎評估太陽光電板的搭設高度，以解決上述在搭建後出現不利於養殖的問題。

## 結語

發展綠色再生能源不僅為國際能源發展趨勢，亦為臺灣現行能源政策軸心之一。目前我國在能源發展綱要的方針及願景主要為能源安全、綠色經濟、環境永續與社會公平性，以「2025 年非核家園」達成潔淨能源發電結構為目標，其中之一就是利用太陽能發電。太陽能發電的發展立即面臨需使用大面積土地的問題，臺灣腹地較小，空間利用是臺灣最需要思考問題之一。因此，除了國家整體國土規劃之上位政策，以及農地農用與糧食安全之重要政策考量，若能開發適合的水產養植物種與養殖管理操作模式，除了充分利用土地產能同時還能產生電能，研發創新型態的農（漁）電共構生產模組，兼顧農業生產與綠能發電用途，將是平衡農業發展與能源政策相互競合、共榮共享的雙贏方案。