

# 光電系統結合節能水車自電自用初探

白志年、梁晏甄、楊順德  
水產試驗所淡水養殖研究中心

## 前言

「淨零排放」已成為全球應對氣候變遷的普遍趨勢，為因應這一挑戰，各國紛紛積極探索減少碳排放的方法。我國也致力於推動「電力能源去碳化」以及「推動綠能布建」進而提升產業競爭力。

在實現淨零排放及節能減碳的過程中，光電被視為是一種具發展性的再生能源，同時，我們也在積極尋找創新的節能技術。在光電發展與節能技術之需求下，光電系統與養殖設施相結合，是一個具有潛力的研究方向。水產試驗所淡水養殖研究中心的科技研究目標為契合「漁電共生」能源政策，建置一組小型光電系統結合養殖池水車，並以自電自用形式提供水車運轉電力之試驗，探討綠能取代市電之可能性，藉以達到節能減碳之目標。透過持續的研究與現場測試，我們有望實現光電技術與養殖設施的有效結合，達到漁電雙贏的效益。

## 太陽能光電系統之裝置

本試驗於本中心進行，首先裝置一組 6 kw 發電容量的太陽能光電系統，其主要設施包括 15 片最大輸出功率 400 W 的單晶雙面太陽能模組、一組充電箱、一組複合電力控制器以及儲能容量 15 kwh 鋰鐵電池 1

套。本組光電系統提供 220 V 直流 (DC) 電源，可經控制器整流為 220 V 交流電 (AC)，提供一般養殖設施使用。系統建置完成後於日間光照下發電，可即發即用提供水車運轉之電力，也可將電力儲存於電池中，於夜間供電水車負載之用。此外，本系統亦連結市電電源，除可供系統機件使用外，於光電不足時尚可備援提供電力，使水車運轉不致中斷 (圖 1)。

試驗水車採用一般 2 片葉輪式，共有 2 款式，一為傳統 1 hp 交流電水車，額定轉速 1,720 rpm (以下稱：傳統水車)，另一為 1.20 kw 直流電變頻水車，額定轉速 1,800 rpm (以下稱：變頻水車) (圖 2)。

## 傳統水車自電自用節能測試

水車用電試驗首先測試傳統水車使用市電或光電之耗電差異，測試方法係同時啟動 2 組分別連接光電或市電之水車，經一定運轉時間後，計算 2 組水車之平均耗電量。結果光電組水車與市電組水車運轉之平均耗電量分別為 0.87 及 0.85 kwh，兩者差異不大，顯然使用光電或市電並不影響水車耗電量。

光電結合水車自電自用試驗，分別測試傳統水車連接光電系統於日間、夜間及全天運轉<sup>註</sup> 情況下節省市電比率 (節市電率)。三

個時段測試結果；其平均節市電率分別為：95.3%、94.4% 及 86.4% (表 1)。顯然傳統水車日間或夜間分開運轉，其光電量是足夠的，倘若整天運轉系統光電量則略顯不足。由水車日間運轉耗光電量 6.42 kwh 而全天運轉耗光電量 16.83 kwh 看來，光電系統日

註：

1. 水車日間運轉測試：為前晚水車運轉 12 hrs，消耗電池電力，再於日間有光照情況下記錄水車運轉 8 hrs 之耗電情形。
2. 水車夜間運轉測試：在日間有光照狀況下，水車停止運轉使電池充分蓄電，再於 18:00 至翌日 6:00 記錄水車運轉 12 hrs 之耗電情形。
3. 水車全天運轉測試：水車保持全天運轉，並於每日 9:00 am 記錄 24 hrs 之耗電情形。



圖 1 光電系統結合水車設備配置圖



圖 2 光電系統結合水車自電自用試驗現場圖

間除供電水車外，尚有多餘電量儲存於電池中提供水車夜間運轉用電。由此可知，日間系統發電量應足夠 1 台水車運轉之消耗。經由日間運轉測試結果發現，平均節市電率實際未能達 100%，故此推測約有 5% 市電為系統內設備及電能轉換所耗損，此耗損值在夜間測試亦有相同情況。因此，本試驗判斷節市電率若能達 90% 以上，概可視為高效率之自電自用。

表 1 傳統水車自電自用不同時段運轉耗電情形

平均耗電 測試時段	總電量 (kwh)	市電 (kwh)	光電 (kwh)	節市電 率(%)
日間 (8 hrs)	6.74	0.32	6.42	95.3
夜間 (12 hrs)	9.86	0.54	9.30	94.4
全天 (24 hrs)	19.49	2.65	16.83	86.4

## 傳統水車與變頻水車耗電測試

為提升光電系統結合水車之供電效率，本試驗乃進行傳統水車與變頻水車運轉耗電量之測試，藉以尋求較為省電的操作方案。二組水車分別連結市電，各運轉一段時間後計算平均用電度數。結果傳統水車每小時平均耗電量為 0.85 kwh，而變頻水車全速運轉耗電量為 0.54 kwh。另外，變頻水車再調整控制器以 75% 及 50% 等不同轉速進行運轉測試，結果每小時平均耗電量分別為 0.31 及 0.14 kwh (表 2)。顯然變頻水車除具有比傳統水車較為省電之優勢外，並能依情況調整不同轉速達到省電的效果。

表 2 傳統水車與變頻水車不同轉速耗電量比較

水車型式	傳統水車	變頻水車		
轉速比例 (%)	100	100	75	50
平均耗電 (kwh)	0.85	0.54	0.31	0.14

## 變頻水車自電自用節能測試

光電系統結合變頻水車自電自用試驗，則測試 1 台變頻水車以 100% 轉速分別於日間、夜間及全天運轉情況下節省市電比率 (節市電率)。測試結果顯示；三個時段之平均節市電率分別為：93.6%、92.5% 及 93.1%，自電自用效率均相當高 (表 3)。其中可見光電系統之電力足供變頻水車全天運轉之耗電，有效改善傳統水車全天運轉時光電不足之問題。

表 3 變頻水車自電自用不同時段 100% 轉速運轉耗電情形

平均耗電 測試時段	總電量 (kwh)	市電 (kwh)	光電 (kwh)	節市電 率(%)
日間 (8 hrs)	4.05	0.26	3.8	93.6
夜間 (12 hrs)	6.04	0.46	5.59	92.5
全天 (24 hrs)	11.71	0.81	10.9	93.1

## 變頻水車節能策略運轉測試

為應用變頻水車之節能特性及進一步提升光電系統自電自用之效率，本試驗乃實施 2 台變頻水車運轉測試。首先進行雙機夜間 12 hrs 運轉測試，結果 2 台變頻水車以 75% 轉速同時運轉之平均節市電率為 94.0%，然而以 100% 轉速同時運轉則降為 74.7% (表 4)。顯然光電系統之儲電效能足供 2 台 75% 轉速水車夜間運轉之耗電，而對 2 台水車全速運轉之耗電則顯不足。另外，一般室外養殖池於日間日照下溶氧量充足 (圖 3)，惟可利用水車慢速運轉，以帶動水流達到平衡水質之效果。是以本試驗測試 2 台變頻水車，上午 9 點至晚上 9 點以 50% 轉速，晚上 9

點至隔日上午 9 點以 75% 轉速之策略運轉，結果平均節市電率可達 92.5% (表 5)，顯見應用變頻水車之策略運轉可達到日間製造水流、夜間增加溶氧之目的，有效提升光電系統自電自用之節能效益。

表 4 變頻水車自電自用不同轉速夜間雙機運轉耗電情形

平均耗電 (12 hrs) 水車轉速	總電量 (kwh)	市 電 (kwh)	光 電 (kwh)	節市電 率(%)
75% 轉速	7.11	0.43	6.68	94.0
100% 轉速	12.02	3.04	8.98	74.7

註：夜間雙機運轉測試時段 18:00 至翌日 6:00

表 5 變頻水車自電自用雙機策略運轉耗電情形

平均耗電 (day) 水車轉速	總電量 (kwh)	市 電 (kwh)	光 電 (kwh)	節市電 率(%)
策略運轉	10.12	0.76	9.36	92.5

註：水車策略運轉轉速比例智能設定 0:00-9:00 為 75%；9:00-21:00 為 50%；21:00-0:00 為 75%

## 節能減碳估算

倘若養殖池日常使用 2 台傳統水車於夜間運轉 12 hrs，每天需耗市電 20.4 kwh。若應用本組光電系統自電自用，並採變頻水車全速運轉，實測平均 1 天耗 3.04 kwh 市電，節省 17.36 kwh，1 個月約省 521 kwh，估計約減少碳排量 265.2 kg。如溶氧足夠而採變頻水車 75% 轉速運轉，結果 1 天僅耗市電 0.43 kwh，節省了 20 kwh，1 個月約省 600 kwh，估計減少碳排量約 305.4 kg。

倘若養殖池因放養量多，而採用 2 台傳統水車全天運轉，則約需耗市電 40.8 kwh。若在溶氧適當範圍下採取本組光電系統自電自用，並應用變頻水車雙機 50% 及 75% 轉速策略運轉，則實測平均 1 天耗電量約為 10.12 度，其中使用光電 9.36 度，市電 0.76 度。相較之下，每天約節省市電 40 kwh，1 個月則省 1,200 kwh，估計約可減少 610.8 kg 的碳排量。



圖 3 養殖試驗池日常溶氧量變化曲線

## 結論

本計畫係為探討光電系統結合給氧水車自電自用之可行性，為確保系統供電的穩定性，試驗期間排除陰雨日。光電系統建置之設備容量最初考慮測試 1 台 1 hp 傳統水車的日常負載電力，但養殖場通常於夜間開啟水車，補充夜間溶氧之不足，因此系統設計有 15 kwh 的儲能設備。經實測結果發現，日間完全充電的狀況下，電池供應傳統水車夜間運轉的節市電率可達 94.4% 的效率。然而，若因養殖需求，而於日間開啟水車，在同時耗電與充電的狀況下，全天水車運轉的平均節市電率則降為 86.4%，究其關鍵與太陽能板發電量的限制有關。

本計畫同時探討水車之節能方案，經實測發現，變頻水車比傳統水車節省了 36.5% 的電力，且變頻水車尚可依養殖池的狀況調整轉速，進一步減少能耗。測試結果顯示，變頻水車以 75% 轉速的耗電量是 100% 轉速的 57%，而 50% 轉速的耗電量則是 75% 轉速的 45%，且僅為 100% 轉速的 26%，由此可見變頻水車在節能裝置設計上具有優勢。

變頻水車全速運轉自電自用測試結果顯示，在日間無負載且電池完全充電的狀態下，水車夜間運轉的平均節市電率為 92.5%。倘若全天開啟水車，在同時耗電與充電的狀況下，水車運轉的平均節市電率也有 93.1%，這表明系統量能足以支撐 1 台變頻水車全天全速運轉。此外，在提升系統自電自用的效能上，本試驗就變頻水車 75% 及 100% 轉速各進行雙機夜間運轉耗電測

試，結果顯示平均節市電率分別為 94.0% 及 74.7%。而 75% 轉速的雙機方案比 1 台傳統水車少耗電約 2.75 kwh，確認了其方案的可行性。此外，本試驗應用慢速水車帶動水流及低耗電的特性，於溶氧充足期間啟動水車，實施 2 台變頻水車日間以 50% 轉速、夜間以 75% 轉速之策略運轉測試，結果平均節市電率尚有 92.5%，足見在再生能源的充分利用上，具有顯著的效益。

本試驗實施之水車雙機策略運轉，結合了光電系統自電自用之技術及變頻水車節能之特性，有效利用綠電並發揮水車之效能，由最初 1 台水車的作業容量擴充為 2 台水車，原本僅適用於夜間運轉的電力現在可以實現全天運轉。這表明，若「漁電共生」養殖業者能依池塘狀況策略性調整水車轉速，相信可避免不必要的能源浪費，充分利用自電自用的綠能，使在實現淨零排放及節能減碳的目標上具有重要意義。然而，在推動這一技術方案的過程中，還需面對一些挑戰。為了保護當地養殖生態環境，我們需要加強對漁電共生項目的科研支持與研究。研究如何最大限度地保護養殖生態環境，找到更有效的方法來減少光電系統對養殖產量的影響，從而實現雙贏的效益。

另外，為了降低能源成本，減輕人民的負擔，需要通過能源市場改革來建立更加公平、透明的能源交易機制，並鼓勵競爭和創新。這將有助於推動光電系統結合給氧水車自電自用方案的發展，並促進我國能源結構的轉型和升級，為我國能源可持續發展作出更大的貢獻。