

水面型太陽光電浮體材料評價

劉漢章/ 工研院 綠能所 太陽光電技術組, 資深研究員

隨著政府能源政策，太陽光電產業無不蓬勃的發展，所用於建設太陽能電池的土地愈緊缺，因此行業中開始出現多種形式的太陽光電發電類型，其中有別於傳統的水上型太陽能電池，漂浮系統也開始備受重視，其中屏東大武壠滯洪池及桃園新屋埤塘等國內已經有幾個大型的水面漂浮項目建設完成，其中所用的浮體材料，主要是高密度聚乙烯(High Density Polyethylene, HDPE)材料，在本文中將針對HDPE浮體材料用於水上型太陽光電所需具備特性及安全性要求作簡單的介紹及說明。

一、前言

水上型太陽光電系統為一種新的發電設置技術，此系統設置除了需考量外在環境複雜的變因外，其建置工法更是需多方研究設計，目前水上型太陽能電池的設計壽命為25年甚至更久，作為水上太陽光電電池的重要支撐平台，浮體架台是關係到整個太陽光電電池是否能正常運行發電的重要環節，浮體材料的安全性和可靠性是生產企業和使用單位 最為關注的問題。但目前對於 HDPE浮體材料，國內國外並沒有相應的檢測標準發布。本文就水面型太陽光電用HDPE材料的安全性和可靠性檢測方法做一些探討，表一，整理水上型太陽能電池浮體產品材料：

表1、水面型太陽光電電池浮體產品材料選型^[1]

材料名稱	混凝土	不銹鋼	PP聚丙烯	高密度聚乙烯 (HDPE)
力學性能	抗壓强度高、抗拉強度低	抗拉、抗壓強度均較高	低溫時變脆，抗衝擊強度較差	比强度高、韌性高、耐疲勞性好，低溫韌性好
穩定性	碳化、碱骨料反應，凍融循環破壞	氯化物引起開裂，硫化物應力腐蝕	PP材料有優良的抗吸濕性、抗酸碱腐蝕性、抗溶解性。但對芳香烴（如苯）溶劑、氯化烴（四氯化碳）溶劑等沒有抵抗力	優異的化學穩定性，耐鹽酸、氫氟酸、氫氧化鈉等各種化學物質，耐老化性稍差（可通過改性提高性能）
物理性能	密度較大、硬度高	密度大、	密度小、無毒、無臭、無味	密度小，無毒、無味、絕緣介電强度高
加工性能	不能加工複雜造型	衝壓成型	更多採用注塑成型	吹塑成型，易加工

混凝土難以形成緻密的封閉中空浮筒；高密度聚乙烯易採用吹塑工藝加工成型，混凝土材料自重大，在工廠預製效率低下。遇碱會產生碱骨料反應產生破壞，可加工性差，無法做出複雜造型；不銹鋼密度大，價格昂貴，做為浮體時通常厚度為0.6mm 左右，並且採用衝壓成型不可避免產生微裂紋形成點蝕；聚丙烯難於採用大中空吹塑工藝加工，採用注塑工法，化學性質穩定，添加炭黑可有效屏蔽紫外線。光氧及熱氧穩定劑可有效增加高密度聚乙烯的耐候性。

二、浮體材料的抗老化及評價^[2]

針對由 HDPE 浮體所構成的太陽光電電站，在此類型的浮體中，主要包含如下部分：主浮體、過道浮體、元件連接件及錨固系統，主浮體用於固定元件，而過道浮體用於將主浮體連接起來。此類型浮體之間不會採用剛性連接形式。針對 HDPE 型浮體，其目前主要的生產方式為吹塑，即使用定型模具，對浮體進行一次性吹塑完成，由於 HDPE 浮體將長期用於室外水面，其耐候性的好壞直接影響到整個太陽能電站的安全性。以下介紹浮體材料的老化機制及其防護方法：

1.浮體材料的老化型態：

- (1) 物理因素：熱、電、光、應力（固定荷載、雪荷載、人運維荷載、風、浪、流）、紫外輻射等。
- (2) 化學因素：氧、臭氧、濕氣、酸、碱、鹽等。
- (3) 生物因素：昆蟲、微生物等。

2.老化機制：

- (1) 臭氧+風、浪、流等作用——臭氧老化。
- (2) 氧+紫外綫輻照——光氧老化。
- (3) 氧+高溫、高濕——熱氧老化；氧+波浪循環作用——疲勞老化。

3.浮體材料的老化防護法可分為：

- (1) 化學防護法：抗氧劑，保證材料在高溫下的穩定性；2、高分子量光穩定體系，防止穩定劑發生遷移，包括：紫外綫吸收劑：通過競爭吸收紫外能量；光穩定劑：有效捕捉材料老化時產生的自由基。
- (2) 物理防護法、炭黑等無機助劑，通過物理吸光和遮光作用，避免 HDPE 受到紫外綫損傷；加入另一種高分子材料（合金共混），提高無機助劑與 HDPE 的相容性及材料的抗環境應力開裂性能。

進一步探討浮體材料的評價，需要重視其以下幾個方面的內容^[2,3]：

1.浮體材料耐候性評價：

針對此項內容，對浮體進行 IEC 61215 中的老化試驗，例如：濕熱老化試驗、紫外老化試驗，在實驗前後依據規範 ISO 527-2:1993/ASTM D638 (塑膠拉伸性能的測定)中的

具體規定對比產品的拉伸斷裂應力保持率。

2. 浮體材料性能評價：

針對浮體的基礎性能，主要包含以下幾方面內容：

(A) 浮體浮力，可基於浮筒所承載的組件尺寸及重量計算吃水深度。

(B) 拉伸斷裂應力保持率，參考 ISO 527-2:1993/ASTM D638 中的具體要求。

(C) 氣密性，確保浮體在使用過程中不會因熱脹冷縮的情況下出現氣密性問題。

(D) 防火性能，依據 IEC 60695-11-10:1999 中的具體要求。

3. 耐液體腐蝕性能

「腐蝕」是物質的表面因發生化學或電化學反應而受到破壞的現象。浮體材料長期浸泡在水中，故其耐液體腐蝕性能尤為重要，其測試方法詳見表 2。

表2、耐液體腐蝕性能測試^[3]

序號	測試項目與條件	參考方法標準	備註
1	5%硫酸溶液(25°C,500h)	ASTM D 543-95	材料耐液測試後進行，物性測試性能保持率不低於90%，未出現腐蝕和分層
	拉伸强度	ASTM D638(厚度在1.00 mm 與14 mm 之間的塑料樣品)	
	斷裂標稱應變		
	懸臂梁缺口衝擊強度		
	斷裂應力		
2	5%氫氧化鈉溶液(25°C,500h)	ASTM D 543-95	
	拉伸强度	ASTM D638(厚度在1.00 mm 與14 mm 之間的塑料樣品)	
	斷裂標稱應變		
	懸臂梁缺口衝擊強度		
	斷裂應力		
3	5%氯化鈉溶液(25°C,500h)	ASTM D 543-95	
	拉伸强度	ASTM D638(厚度在1.00 mm 與14 mm 之間的塑料樣品)	
	斷裂標稱應變		
	懸臂梁缺口衝擊強度		
	斷裂應力		
4	中性鹽霧(500h)	ISO 4611:2010	

序號	測試項目與條件	參考方法標準	備註
	拉伸強度	ASTM D638(厚度在1.00 mm 與14 mm 之間的塑料樣品)	
	斷裂標稱應變		
	懸臂梁缺口衝擊強度		
	斷裂應力		

(工研院整理)

4.浮體材料環境友評價：

浮體材料運用至水上型太陽光電，將直接放置於水體中，其應保證不影響水體環境，此部分建議依據 IEC 62321 (電子電氣產品中限用有害物質的測試方法)，對浮體材料進行相關的檢驗及核定。其中的有害物質，鉛、汞、六價鉻、多溴聯苯和多溴二苯醚的含量不得超過0.1% ppm，鎘的含量不得超過0.01% ppm。

三、結論

水面型太陽光電的各項技術仍未成熟，如何讓太陽光電系統在浮體上安全可靠的運行 25 年甚至更久，是水面型太陽光電行業發展的重要課題。目前浮體材料應用於水上型太陽光電的相關產品的標準和檢測標準在國內外均處於缺失狀態，水上太陽光電行業應匯聚各方力量，儘快訂出浮體材料相關標準，作為水上型太陽光電的應用和發展奠定技術基礎。

四、參考文獻

1. 漂浮電站系統解決方案及關鍵技術探討，肖福勤，2017。
2. “光伏支架安全性簡析—浮筒支架”，每日頭條。
3. “HDPE高密度聚乙烯做浮體材料？到底行不行！”，共榮信息。