

台灣無人機供應鏈現況與安全盤點

陳柏宏

國防戰略與資源研究所

壹、前言

俄烏戰爭爆發後，無人機在戰場上的運用彈性再次浮上檯面，在新聞中可以見到民用無人機在戰爭中除了仍能操作外，也具有其存在的價值。烏克蘭除藉由民間飛手操作的民用無人機來定位俄軍的車隊與高價值目標座標外，¹民用無人機也成為記錄戰場時況的絕佳工具，在某些案例中，無人機還能成為保全戰爭罪行證據的有效工具。²俄烏戰爭中也顯示民用無人機在高強度軍事衝突中仍可保有相當操作空間，且憑藉著較軍用無人機更多的數量與飛手儲備（單就我國註冊在案的數字，就有 7.8 萬架民用無人機登記）³在我國臺澎防衛作戰想定中，確能形成守方優勢。但民用無人機因製造國的不同，仍存在著操作後台可能因政治因素遭到限制的疑慮，以在全球掌握超過七成市占的大疆無人機為例，⁴在俄烏戰爭中便傳出運用其「航空鏡」技術（AeroScope）來限制烏軍使用該公司旗下的無人機、或揭露使用大疆無人機的烏軍位置，以利俄方進行標定砲擊，⁵即便大疆聲明否認，稱其為電力與區域網路訊號問題，⁶但相關疑慮仍令使用者難以釋懷。

¹ Evan Simko-Bednarski, "The Drone that Saved Kyiv was Piloted by a 15-year-old Boy," *New York Post*, June 7, 2022, https://nypost.com/2022/06/07/the-drone-that-saved-kyiv-was-piloted-by-a-15-year-old-boy/?utm_medium=SocialFlow.

² 羅苑韶，〈救了基輔的英雄！15歲少年用無人機定位阻擋俄軍入侵〉，《上報》，2022年6月8日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=146558。

³ 張曜麟，〈無人機2年註冊7.8萬人！考照及格率破8成 違規銳減、去年僅4件〉，《蘋果新聞網》，2022年3月15日，<https://www.appledaily.com.tw/life/20220315/LCAM25LRKJFBXNNK7FIG36RNOY>。

⁴ 吳介聲，〈遍佈天空的威脅：國際紛禁大疆無人機，台灣警覺度不足？〉，《聯合報鳴人堂》，2020年12月22日，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120611/5111890>。

⁵ 〈一用大疆無人機就遭定位砲轟 烏克蘭海陸士兵不用了〉，《自由時報》，2022年4月10日，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3888410>。

⁶ 孫宇菁，〈烏無人機偵察功能疑故障 中國大疆公司否認出手限制〉，《自由時報》，2022年

因此，保有純國產無人機產業鏈與產製能力，對國家韌性的延伸至關重要，本文藉由拆解無人機的主要次系統與零附件、軟體等組件，分析台灣目前民間的無人機製造廠商與其供應體系，進一步分析目前國內無人機產業的研發、製造能力與限制，以錨定出產業概況，並理解供應鏈可能的脆弱斷點與可能的補強作為。

目前我國常見的民用無人機大多為 2 公斤至 25 公斤左右的空拍機與農用噴藥無人機，另有用於競技娛樂使用的遙控飛機不在本文討論之列，特此說明。

貳、無人機供應鏈能力盤點分析

筆者將依照無人機飛具設計、主要次系統硬體、原物料來逐項盤點台灣無人機產業相關的廠商，建立起脈絡化的台灣無人機產業地圖。

一、飛具設計 (Aircraft design) 與機體結構

目前無人飛行系統 (Unmanned Aircraft Systems, UAS) 依其飛具設計的構型可分為：定翼機 (Fixed-wing)、單旋翼機 (Copter)、多軸旋翼機 (Multi-copter) 與定翼—多軸混合 (Hybrid-VTOL) 構型等四種，目前市場上不論是軍用或民用的無人飛行載具均離不開此四項基本構型，因此擁有自行設計、整合各種機體構型的能力，是製造無人飛行載具的基礎。

在機體結構上，目前主要民用無人飛行載具的材料有鋁合金、塑膠、碳纖維、玻璃纖維複合材料 (Carbon Fiber Composite) 等，由於我國民用無人飛行載具受限於法規限制，重量 25 公斤以上的無人機須向民航局申請檢驗，方由民航局發予型式認證檢驗合格證或特種實體檢驗合格證，⁷這個過程須交付大量的紙本資料 (含所有零件的規

3 月 12 日，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3857739>。

⁷ 〈遙控無人機管理規則〉，第 15 條，第 1 款：最大起飛重量二十五公斤以上之遙控無人機，為確保遙控無人機符合設計、製造、改裝之性能諸元，應由其所有人檢附申請書，向民航局申請實體檢驗，經檢驗合格者，發給實體檢驗合格證。

格、設計圖紙)，因此雖然其申請的規費不高，⁸但行政成本相較之下也非一般自然人能力之所及，因此目前我國民用市場上的無人飛行載具均以 25 公斤以下為主流。

台灣目前除學校單位外，整個西半部北中南均有廠商能進行無人機全機設計、製造與整合的能量。不論是定翼型無人機（經緯航太、碳基科技、智飛科技、天空飛行）、旋翼型無人機（緯華航太、經緯航太、雷虎科技、亞拓電器、田屋科技、航見科技、尚皇科技）、多軸旋翼型無人機（經緯航太、卓恩智能、澄森國際、亞拓電器、翔探科技、中光電智能機器人、航見科技、銀通無人機、蒼穹科技）或是混合構型無人機（蜂鳥飛行器、卓恩智能、智飛科技、蒼穹科技）均可由構型選定至機電整合完成全機設計、製造。整體來看，在無人機系統整合與飛具設計、製造的領域，北部、中部的廠商還是遠多於南部的廠商。

另外，從無人機機體的材料來看，台灣已有行銷美國的航太級鋁合金廠商「燁鋒輕合金股份有限公司」，除了美國波音、法國空巴集團，以色列生產的裝甲車之外，連中科院和漢翔，都向該公司購買原料，⁹而在複合材料的碳纖維板材部分，也由於最上游製造碳纖維所需之丙烯晴是由台塑自行生產製造，且台塑並具備生產丙烯晴原絲的能力，因此台灣在碳纖維原料的製造上，除了更高階的碳纖維須由日、美等國（日本為最大宗）進口外，其餘一般的碳纖維皆已可自行製造，由於上游（台塑、中油）、中游（福懋、台灣電緣、協技、勝鵬、明安、長興、南亞、巨翰、上緯、華宏），甚至下游（巨瀚、明安、大田精密、塑茂、美利達、精創國際、太宇工業、復盛、漢翔、拓凱）

第 2 款：最大起飛重量二十五公斤以上之遙控無人機，為自行製造、使用者，其所有人應檢附前項申請書，向民航局合併申請型式檢驗及實體檢驗。經檢驗合格後，發給特種實體檢驗合格證。

⁸ 同註 7，附件 17，費用標準。

⁹ 鄧凱一，〈世界最強戰機零件 來自桃園 150 人小廠〉，《天下雜誌》，第 628 期，2017 年 7 月 26 日，<https://www.cw.com.tw/article/5084067?template=transformers>。

的產業都已成熟，¹⁰所以部分本土無人機製造商甚至可以直接購買原料來進行客製零組件的壓製，¹¹但將原料鑄製為成品，仍非所有系統商有能力可及，相關的產業仍有斷層。

二、無人機動力與次系統

（一）動力系統

無人飛行載具的核心就是動力系統，依動力來源可分為電池動力、內燃機（International Combustion Engine, ICE）動力與混合動力三種系統，混合動力（Hybrid Power）意為機載系統採用鋰聚電池以外的動力來源，例如汽（柴）油引擎發電或氫燃料電池發電，或是同時使用兩種不同的動力來源驅動機體。目前台灣民用市場的無人飛行載具不論是定翼機或單旋翼機，均以電池動力或燃油動力為主要動力來源；而多軸旋翼機因機體飛行操作原理，主要使用電池動力為主；定翼—多軸混合構型的機體，除了使用純電池動力外，目前也有使用混合動力，以內燃機推動水平飛行時的螺旋槳，並將內燃機與發電機結合，提供電力給無人機飛控電腦、任務酬載、伺服機、通訊運用。不過，垂直起降多軸部分仍使用電池為動力。

以內燃發動機來看，目前台灣已具研製遙控無人機內燃機成熟的能力，且具有成熟的上下游產業，以遙控無人機（定翼機、單旋翼機）級的內燃機引擎，均有能力自行設計製造（雷虎、泰世、東高新機械、佶宏、宜鎡），甚至已替國外代工製造航空模型機引擎，可見其產業成熟度。

由於目前電池科技的普及，許多無人機均使用鋰聚合物電池（Lithium polymer battery）做為動力來源，鋰聚合物電池為鋰電池的升級版，使用膠態或固態聚合物，相較於鋰電池更輕巧且易於塑型，

¹⁰ 羅濟威，〈台灣碳纖維產業發展分析及研究〉，《科技政策觀點》，2016年1月29日，<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10204>。

¹¹ 筆者電話訪問，泰世科技，2022年7月5日。

因此可被做成各種形狀以適應機體造型，並具有比鋰電池為佳的能量密度和放電率，為目前短距離無人飛行載具的主流動力來源，但長距離飛行仍以引擎為動力來源。

台灣在鋰電池的發展已久，鋰電池也是傳統無人機的主要動力來源之一，台灣鋰電池的製造也有完整的上中下游產業鏈，但由於無人機主要使用的鋰電池為鋰聚合物電池，與目前市面上需求較大，與電動車市場同步的磷酸鋰鐵電池不同，但確已有廠商投入鋰聚合物電池的研發和生產。

（二）飛行控制電腦

飛行控制電腦（Flight Control Computer, FCC）為無人飛行載具的大腦，負責執行飛行任務，其中包括航向計算、飛行姿態控制、航行資料收集等工作、除了接收地面控制站的控制訊號外，也能將航跡及無人機的狀態數據資料回傳至地面監控站，以利操作人員在視距外掌握無人飛行載具。

而控制無人機的核心飛控電腦，由於台灣早年已有厚實的產業基礎，因此前述幾家有能力進行全機設計整合的廠商，有部分公司也能推出自己的飛行控制電腦與飛控軟體，另一業界的趨勢為使用開源飛控軟體，由於開源軟體的不斷更新，也可針對需求買斷，因此整體還有降低開發時間與除錯率較高等優勢，可視機體功能需求不同進行選擇。

（三）伺服機

伺服機為遙控無人機的重要組件，主要功能為接收操作者的控制指令，驅動翼面等操作介面，達到控制機體的功能。伺服器的可靠度與控制精度也直接影響機體的性能，伺服機也必須定期更換。

而在機體內的伺服器、馬達等無人機零組件，也有廠商能支援供應，以作為國內伺服器大廠泓記精密（SavoX）為例，其整體國產自

製率極高，甚至連電動無刷馬達的外殼，也為自行 CNC 車製或塑膠射出。

（四）GPS 天線模組

除了上述的重要次系統外，飛控電腦還會接收來自姿態航向參考模組和 GPS 天線模組的資料，以瞭解機體的航向、高度、位置和狀態，另外飛控電腦也能夠透過無線傳輸模組來接收 / 回傳來自控制站的訊號；除了有夠強的無線傳輸模組之外，也有賴機體上的通訊天線使訊號順利收發。

而在無人機中負責接收 GPS 訊號的定位系統，在台灣從上游的晶片（含 IC 設計）、震盪器、濾波器；中游的 GPS 模組到下游的天線、顯示面板、訊號接收器甚至圖資軟體等，均有完整的產業鏈。無人機通訊模組在市場上的取得也相對容易，且各大無人機製造商也有能力進行自家通訊模組的設計與整合。

三、酬載 (Payload)

上段所述的系統，均著重在讓無人飛行載具「起飛」這件事上，但現在的無人機真正的功能，往往不僅僅是飛行，無人機的應用領域寬廣的原因，就是在於無人機僅是個載台，而載台上所安裝的酬載，才是現在市面上各種商用無人機的價值所在。例如可進行電影拍攝、田野測繪、數位地形模型、海洋、農業監測和保安監視等應用。與上述功能相容的硬體設備，如數位攝影機、多光譜相機、高解析度相機、熱顯像攝影機等裝置，目前主流的攝影機設備，在能即時回傳實況畫面的前提下，可傳輸達 720p / 120fps 的高畫質影像給飛手，若不需即時回傳實況畫面，則可依搭載的攝影機性能，將影像儲存在記憶體中，進一步提升畫面解析度，而數位攝影機搭配 AI 辨識裝置，也可迅速進行各種探勘作業或做為安全用途使用。

目前市面上常見的無人機，主要還是應用在空拍或是農業噴藥等

項目，即便是農業噴藥，也會有光學鏡頭以便利操作者確認無人機所在的環境，可見光學鏡頭模組為民用無人機最重要的酬載應用裝備，沒有光學鏡頭或是數位攝影機，目前市面上的無人機便僅剩下遙控模型機的功能。台灣在光學鏡頭或是攝影模組的製造上，也佔有一席之地，但僅停留在零組件的製造，並無整合成熟商品的能力。

除了光學任務酬載模組之外，台灣目前尚有廠商在進行雷達等機載次系統的研發（創未來、芳興科技），這些任務酬載廠商除了零組件開發、設計、製造外，也已進行獨立的系統整合，意即不是以零組件的方式出貨，而是能將產品形成可立即使用的產品，僅需要進行安裝與控制系統整合，也是擴展無人機使用範圍的重點。

參、台灣無人機供應鏈安全的挑戰

一、本島缺乏原物料

雖然就前段看來，台灣無人機產業似乎已具完整的產業能力、一路從最基礎的原料生產、到進階的次系統發展與基礎的馬達、發動機等核心組件，甚至連較為高階的飛控電腦主板、與定位晶片皆有廠商在世界產業鏈中占有重要角色，但台灣原本就是個缺少天然資源的島嶼，從原物料來看，即便我國擁有自行生產碳纖原絲的能量，也具有能打入世界一流航太產業的鋁合金製造廠商，甚至能短時間依照客戶需求自行製造各式特規的電動無刷馬達，但仍需要進口最基礎的原物料，以上面的例子來說，碳纖原絲的原物料是石油、鋁合金的原物料是鋁錠及其他稀土（全世界稀土 80%由中國供應）原料，而電動無刷馬達，即便像泓記精密這樣自製自產率極高的廠商，最終也是要面對鈹鐵硼原料的問題；台灣眾多的無人機電池廠，缺少稀土原料，也無法製造電池。沒有關鍵的原物料，就無法憑空製造出優秀的產品。

二、因市場規模，大型發動機仍需外購

從研究訪談中得知，大多數消費型無人機的動力組件（例如電動

無刷馬達)，由於成本問題，即便是台灣設計的馬達，仍會在中國代工製造，除了中國有完整的無人機市場外，其較我國低廉的人力與土地成本也是關鍵。台灣廠商仍有在本土製造發動機或馬達的能力，但仍受到成本與市場的嚴厲考驗。從產業發展的角度來看，台灣目前在內燃發動機的生產製造能力僅停留在遙控模型無人機的等級，若以長滯空大型無人機的發動機來看，目前仍以進口國外（美國或澳洲）的專用發動機作為動力來源。近年來，由於國際情勢的改變，美國緊縮對外輸出品項，加以美國公司併購其他國家的發動機廠商後，原可透過民間採購的商規發動機也有可能納入管制名單內，對產業進行研發生產都造成影響。

長期來看，國內廠商對於本土研發的能量與品質均有信心，但礙於市場規模，無法進一步投入生產，這也是台灣目前無人機產業遭遇的問題之一。

三、廠商規模、整合能力及部分技術不足

此外，台灣無人機產業投入的廠商之多，可謂令人眼花撩亂，誠然，此為台灣社會的活力與研發能力的直接體現，台灣民間無人機產業鏈雖然看似已成形，但廠商規模卻都有限，且生態鏈並未進行整合，能否形塑出能在世界市場競爭的系統商還有待觀察，其根本的原因就是在於國內應用市場雖多元但都偏小，¹²而進軍海外時則會面臨歐美日等國家優先扶持該國專業無人機相關公司的發展，因此很多時候，優秀的台灣零組件廠商僅能成為國外大型無人機廠商的「打工仔」，為其提供價廉物美的零組件。另外的問題就是在大型次系統的整合，以無人機用攝影系統來看，台灣有許多優秀的影像處理晶片廠商（聯詠）和空用攝影機組裝廠商，但我們卻缺乏整合出無人機載數位攝影機的能量，除此之外，目前市面上多數可見的雙軸、三軸雲台穩定器

¹² 陳書璿，〈【台廠無人機升空】無人機天王大疆遭美列黑名單 台廠抓緊良機竄出頭〉，《鏡週刊》，2021年9月23日，<https://www.mirrormedia.mg/story/20210915ind001/>。

也均是以陸製或其他國家生產的高階產品為主，台灣雖有研發能量（海巡署所用田屋無人機的三軸穩定器據稱為與國內高等校院產學合作之成品），但並無量產能力，因此國內無人機產業鏈雖然看似掌握上、中、下游的技術，但在某些關鍵的次系統上，仍然極端仰賴其他國家（包含中國）的技術與產能。而這些細節正是影響民用無人機操作體驗的重點，沒有良好的操作體驗，就無法增加市佔率擴大市場，進而會形成封閉的循環，最終成為他國無人機輸出的一個部分，無法真正打入市場競爭。

以軍用無人機而言（無人戰鬥空中載具，Unmanned Combat Air Vehicle, UCAV），航電系統與控制系統能否擁有國產技術至關重要，國產的航電系統就表示能使用國產的武器系統進行整合，而不需要將武器系統外包給國外，這也能進一步促進本土國防產業的進步。

承上，由於無人機的崛起來得又快又猛烈，面對可能對國家安全帶來的影響，制定專法管制有其必要性，但目前法規在管制上並未細分規定及配套措施下，因此大幅降低無人機活動的彈性自由，也連帶造成國內無人機發展受到挑戰，進一步降低市場活動，以現行無人機考照制度為例，無人機法規嚴格規範飛行操作限制及飛行空域，大幅降低娛樂用途的使用者使用意願，休閒使用無法充分融入生活，無人機過度被定位於專業領域，而忽略了消費性市場的發展潛力，沒有市場，就沒有廠商願意進一步投入研發、生產、製造，從本文一開始的俄烏戰爭為例，台灣在期待民間提供更多的能量以維持戰時的國家韌性時，依現行法規可能不會出現如新聞那般的 15 歲「英雄」。

肆、結論

誠然，一般民用無人機與軍規無人機不論在等級、尺寸或是使用的系統規格上都有極大的落差，我國的無人機產業欣欣向榮的同時，不代表我國的無人機在國際上擁有宰制市場的能力。從俄烏戰爭的經

驗來看，在民間數量眾多的無人空拍機，仍可為守勢部隊提供有價值的情報，這確是國防韌性的一環，更體現育兵於民的精神；俄烏戰爭也提醒我們，沒有將全系統控制能力完全掌握在自己手上，在資安等同國安的現代戰場上，便於操作的設備也可能瞬間失去功能，政府擘畫產業未來前景時應予考量。

一直以來，台灣就是以充滿活力的中小企業著稱，這些中小企業不論是高鮮亮麗的高科技產業，或是憑著匠人精神一再將產品磨礪至頂尖的傳統產業，都是形塑出台灣這個獨特產業文化的一份子，藉由本文的盤點，除可瞭解台灣在無人機體系的優勢之外，也能面對原生的限制，藉由分散有風險的供應鏈來增強整個產業在非常時期持續運作的韌性外，也需要進一步思考，如何將法規做調整，讓內需市場打開，使 MIT 的產品能在台灣的上空飛翔，也能進一步，讓無人機產業持續發展，形塑出強而有力的國家韌性。

本文作者陳柏宏為淡江大學戰略所碩士，現為國防安全研究院國防戰略與資源研究所政策分析員。他的研究領域為先進戰鬥系統、無人機應用、資訊作戰、認知作戰。