



● 作者/Matthew P. Dirago ● 譯者/黃文啟 ● 審者/劉宗翰

克服地障： 未來單兵飛行器

Raising the Bar: The Future of Individual Lift Devices in Warfare

取材/2018年11-12月美國軍事評論雙月刊(*Military Review*, November-December/2018)

個人飛行器在科技的進步下，已逐漸讓人類自主飛行成為可能，或許在不久的未來，將可運用於軍事用途上，不過在此一發展過程中，軍事計畫者與高層領導者都要對個人飛行器的優勢、劣勢、機會與威脅等方面進行全般理解，以期與未來軍事戰力有效結合。

雷托(Steve Lehto)在2013年所著之《偉大的美國噴射背包》(*The Great American Jet Pack*)中主張，個人飛行的想法是一種幻想，未來仍然不是科技進步所能達成。¹ 然本文認為此種主張並不正確；相反地，筆者認為個人飛行科技在各方面的進步已逐漸讓人類自主飛行成為可能。就在不遠未來的某個時間點，成熟個人飛行科技將可用於強化軍隊遂行分散式用兵作為的能力，削弱「反介入/區域拒止」(Anti-Access/Area-Denial, A2/AD)防禦的效果，提升自主式系統的能力，並能在複雜地形中擊敗敵人。因此，軍事計畫人員必須做好更充分準備，以利將「個人飛行器」(Individual Lift Device, ILD)與各種既有系統及未來建案項目整合，同時發展各種方法，

以反制擁有個人飛行科技優勢的敵人。

過去百年來的個人飛行科技發展一直都是斷斷續續且乏善可陳。從1940至1983年間，個人飛行科技原本曾有革命性突破的希望，但最後卻只創造出一些毫無實用價值的新奇發明。當年對於飛行鞋、載臺、導管風扇飛行器、火箭腰帶和噴射腰帶等項目的期望，總是遠超過科技的限制。² 同樣地，從1983年之後的進步仍然平淡無奇，在企業和軍方減少個人飛行器的研究後更使情況雪上加霜。

話雖如此，間歇性的小規模發展仍持續進行，而支持這些研究的多半都是那些受大眾科學所激發未來願景的企業家。軍方與企業界現在顯然又開始對此種科技產生部分興趣並挹注少量資



金，因此很有可能讓個人飛行科技走出科幻小說。然而，若真想讓個人飛行科技最終實現其充滿希望的國際性進展，民間和軍方支持者仍然必須克服外界對於個人飛行器的質疑眼光。

定義個人飛行器專有名詞

目前諸多科技使用的專有名詞都被用於個人飛行器範疇。針對本文撰寫目的所需，以下先為內容所將運用的個人飛行器進行一般性定義：亦即個人飛行器為任何低於傳統尺寸飛機機身大小的實體裝置，其能安全運輸一或二位士兵在空域中飛行。此項定義刻意避免控制機制、高度限制、酬載和航程需求等方面的限制條件，以利普遍性瞭解個人飛行科技對於戰爭的影響。界定個人飛行器控制的方法也很重要：其定義為利用人體動作引導個人飛行器橫向控制的動感控制方法，同時以電子或機械方式控制各部件，以引導飛行方向。

歷史

1958年，美陸軍鼓勵進行個人飛行器的研究，希望強化士兵跳躍與跑步的能力。當年，陸軍為尋求解決方案，要求產業界製作一款背包



1958年進行系統驗證的希勒(Hiller)公司VZ-1波尼(Pawnee)飛行載臺。(Source: National Air and Space Museum, Smithsonian Institution)

式的裝置，也就是以「應用小型火箭飛行裝置」運送160磅的重物超過14秒以上。³ 業界以兩種截然不同的作法進行回應：一種是運用短衝火箭超越障礙；另一種貝爾航太系統公司(Bell Aerosystems)提出的作法則是採取有限自由飛行，並提出一款能進行13秒不受限飛行的原型裝置。

後續審查評估貝爾公司的計畫「十分成功」，但由於其飛行時間、噪音和特種燃料需求等導致其潛力受限。⁴ 因此，這項由美陸軍資助的計畫遭到取消。儘管這項計畫夭折，但貝爾公司仍然持續進行發展，並在1965年獲得發展替代性解決方案的預算。這次發展的「噴射腰帶」改採渦輪發動機而非火箭推進裝置。⁵ 儘管在美國沒有成功，海外的發展卻重新點燃希望。法國南方飛機公司(Sud Aviation)在1960年申請「擴充式衝壓火箭系統」的專利，藉由提高燃油效率延長飛行器航程。1964年，法國陸軍與南方公司簽約，發展一款能強化士兵「超越障礙」能力的原型系統。其需求包含能運送263磅重物在50公尺以下飛行「數百公尺」。雖然成功進行障礙超越飛行，南方公司仍無法超越40秒的飛行時間。這項缺陷，加上外界對噪音的顧慮，導致南方公司最後停止這項發展。⁶

儘管如此，渦輪噴射及渦輪扇發動機科技的同步進展，仍然促成其他開發人員繼續研究噴射動力的個人飛行器。例如，美國國防先進研究計畫局(Defense Advanced Research Project Agency, DARPA)在1966年就曾資助貝爾公司和威廉斯研究公司(Williams Research)為美陸軍研發一款新的渦輪噴射動力噴射腰帶。然而，貝爾公司最後

仍在成本考量下退出該項專案；因為當時單單一具合適的發動機就得耗資約8萬5,000美元。但威廉斯研究公司並未退縮，仍然提出以渦輪扇發動機取代渦輪噴射科技的方案，希望說服美陸戰隊以其「小型戰術飛行機動載臺」(Small Tactical Aerial Mobility Platform, STAMP)專案預算支持該項研發。⁷ 針對這項提案，陸戰隊律定需求是一款可輔助既有各式系統的低空載臺，要「簡單且十分可靠」，其需能在30分鐘內運送500磅重物飛行19哩。⁸ 此種載臺需使用傳統油料，且可使用直升機運送之個人飛行器，並指定其需具備「低空緊急下降能力」。⁹ 該個人飛行器還必須讓戰術部隊在接受有限訓練後即能使用與操作。遺憾的是，「威廉斯飛行系統載臺」(Williams Aerial Systems Platform, WASP)的障礙超越測試並未通過設計規格要求，因此這項專案在1973年告停。但美陸軍並未因此退縮，仍持續推動另一項名為「目視型小型戰術飛行偵察系統」(Small Tactical Aerial Reconnaissance System-Visual, STARS-V)的個人飛行器研發計畫。¹⁰

1977年，「目視型小型戰術飛行偵察系統」專案提供兩項簡易版「威廉斯飛行系統載臺II號」原型裝置所需預算。¹¹ 到了1983年時，這兩項原型系統還是未能達到所望要求。遺憾的是，美陸軍對於簡化操作的要求，迫使威廉斯公司在「威廉斯飛行系統載臺II號」的設計上重新採用動感控制，導致此種載臺在強風下「定向變得十分不穩」，因而需要「高度飛行控制來彌補」。這兩種原型系統雖然在14呎高度測試限高下可進行安全飛行，但卻需要搭配降落傘，且噪音很大，僅能



飛行5分鐘。¹² 不僅如此，每具飛行器的預期成本更高達25萬美元。

此一期間，皮亞塞基飛機公司(Piasecki Aircraft Company)又提出另一種替代性方式：一個當年未獲青睞但卻是今日個人飛行器發展計畫的主流作法。該公司的方案係運用「旋轉式內燃發動機組合型推進器」，亦即使用兩具輕型、低成本、低噪音且高燃油效率的發動機作為四具組合風扇的動力。值得一提的是，該方法早期的幾種原型都通過了酬載、速度、高度及航程的要求條件。¹³ 但美陸戰隊當年卻因為控制器的複雜度與飛行器重量，否決了這項提案。

儘管如此，皮亞塞基飛機公司的提案仍預見了今日個人飛行器科技各種發展趨勢，包含美陸軍研究實驗室(U.S. Army Research Laboratory)資助馬洛伊航空工程公司(Malloy Aeronautics)發展的「戰術偵察載具」(Tactical Reconnaissance Vehicle, TRV)，該載具目前正在進行測試與評估作業。¹⁴

馬洛伊航空工程公司所發

展的戰術偵察載具是一款「懸浮自行車」或稱為「飛行摩托車」。¹⁵ 在可行性評估與研發測試時，其衍生出名為「聯合戰術飛行再補給載具」(Joint Tactical Aerial Resupply Vehicle, JTA RV)的無人後勤載具。¹⁶ 聯合戰術飛行再補給載具是一種配備四具旋翼式電池動力或燃氣發電，且由電動控制的自主式載臺，擁有300磅的酬載能量。¹⁷ 此種個人飛行器最初的設計構想為無人操作；但由於此種載臺具有負荷數百磅重量的潛力，加上人駕式戰術偵察載具的可行性概念評估通過，證明了個人飛行科技已獲得重大突破。¹⁸ 戰術偵察載具只是全世界重新點燃擴大個人飛行器研發計畫火花的例證之一，而促成此種發展的動力則主要來自於商業界開發之無人飛行載具的酬載能量，已經超越全副武裝士兵的重量。例如，馬丁工業(Martin Industries)就是其中一家能生產先進組合風扇型個人飛行器科技的紐西蘭上市公司。該公司與中國大陸企業光啟集團共同合作，成功完成一款可轉換有人與無人操作裝置之滯空飛

行載具的飛行測試，起飛重量達到265磅，速度達每小時60哩，飛行時間可達30分鐘。¹⁹

此外，杜拜亦資助中國大陸企業億航公司研發一款使用無人機設計概念的空中大眾運輸系統，運用德國製造之垂直起降飛行器(Volocopter)為基礎，改裝為自主式空中計程車系統。²⁰ 杜拜警方也和俄羅斯製造商Hoversurf簽署備忘錄，生產「懸浮自行車」供緊急狀況處理人員使用。²¹ 2017年9月，俄國國防廠商羅斯特克(Rostec)推出其「飛行車」，係一款電池動力的多軸旋翼載臺。²² 同時，波音公司也主辦了一項「想飛獎」(GoFly Prize)比賽，目的就是要發展「能搭載單人飛行20哩之安全、安靜、超輕巧、近乎垂直起降型的個人飛行器。」²³

不僅如此，噴射背包飛行公司(JetPack Aviation, JPA)也開發與測試數種自主式與人駕式個人飛行器，包含使用噴射背包與直立式載臺的型式。這家美國企業目前所生產的渦輪動力噴射背包已通過聯邦航空總署(Federal Aviation Administration)認證。另外還設計了一款組

合風扇型個人飛行器和一款飛行補給系統——名為「自力運輸遙控酬載機」(Self Hauling Remote Payload Apparatus, SHRPA)——且與美國特戰司令部簽署合作研發協議，共同開發特種作戰任務所需之個人飛行器。²⁴ 然而，此類發展所有項目至今仍未獲得軍方的高度興趣、想法或預算。

思考個人飛行器之軍事用途

數十年來對於個人飛行科技希望過高與成果過低所產生的合理存疑，仍然是持平評估個人飛行器軍事應用的一大障礙。然而，進行真實評估應可化解外界揮之不去的質疑。目前在個人飛行科技和個人飛行器之商業發展已證明此種概念的可行性。因此，重新針對個人飛行器軍事潛力(及相關反制科技的發展)進行研究確有必要。由於重新恢復的商業投資與興趣，已經促

美陸軍在1957年進行試飛的實驗性單人直升機。此種由拉克納公司(De Lackner)所研發的DH-4垂直向量飛行器，後來重新賦予代號和名稱為HZ-1型飛行自行車(HZ-1 Aerocycle)。

(Source: U.S. Army Transportation Museum)



使個人飛行器從科幻小說領域轉為實際產品，美軍各軍種和相關軍事機關應該放棄過去的存疑態度，並針對運用個人飛行科技於未來戰爭的可行性，進行公正客觀之評估。就此科技在未來戰爭的軍事應用方面，有四大關鍵潛在領域值得研究：分別為強化分散式用兵作為、削弱敵軍反介入/區域拒止防禦、提升自主式系統功能，以及加強在複雜地形克敵制勝之能力。

分散式用兵作為：個人飛行器可以讓運用分散式用兵概念的軍隊獲得重大競爭優勢。「美陸戰隊作戰構想」(Marine Corps Operating Concept)說明分散式用兵為「在情勢所需情況下，要避免兵力集中的不利因素，並在作戰條件有利時發揮兵力集中的優勢。」²⁵ 個人飛行器低信跡與高度彈性的本質，能讓軍隊以遠超越既有戰力的速度進行兵力分合。偵搜部隊可運用此種多樣化能力，在遭敵偵知最小風險下滲透敵軍防線，或協力先遣部隊作戰時奪取初期目標。²⁶ 雖然現有個人飛行器在戰力保護方面有限制因素，使其無法擔任主力突擊部隊，但裝甲防護力不足等限制因素並無礙將個人飛行器作為奪取特定目標的祕密突擊兵力。兩棲作戰時利用個人飛行器從外海艦艇移動至中繼轉運駁船，或是進行輕度的目標防禦等就是這種例證。另一個例證則是利用其運送後方梯隊兵力，或與防護式機動載臺會合等行動。

削弱敵軍反介入/區域拒止防禦：美陸戰隊正在發展一套「遠征前進基地作戰」(Expeditionary Advance Base Operations, EABO)構想，作為其瓦





解敵軍反介入/區域拒止體系作為之一環。該構想的理想，是要在突穿敵手防禦的同時，還能將已集中部隊之脆弱性降至最低。²⁷ 另外還將「在嚴苛的暫時性前進陣地，運用機動、相對低成本戰力，以協力艦隊的各项作戰任務。」²⁸ 個人飛行器這種符合現實預期的特性，不僅非常適合上述作法，兩者甚至可說是關係密切。此種裝備具有高度機動性，不論由其在前進基地部署或在前進基地運用的能力上都是如此。個人飛行器相較於既有的地面與空中運輸系統，其具有低成本的優勢。最後，此類系統可以在毋須大量保修及補給基礎設施的條件下進行操作，使其非常適合在嚴峻的環境中使用。這些特質應能吸引軍事計畫人員注意到個人飛行科技之優點。

提升自主式系統功能：個人飛行科技進步也顯示個人飛行器在提升自主式系統功能方面的潛力，諸如無人機、無人航空器及機器人地面清除裝置等自主式系統，風險僅在軍品本身而非人

員。除了砲兵與陸航轟擊外，未來戰爭的攻勢行動可能一開始就是以群集戰術運用武裝無人機進行大規模攻擊，諸如掃雷作業等危險任務可能僅

需使用機械電子裝置執行即可，另外如道路管制等例行性工作項目也可以使用人工智慧機器人執行。

不論無人機與自主式系統科技如何進步，戰爭中的人類因素依然存在。因此就人類而言，或更精確的從士兵角度而言，仍然必須在作戰環境中進行調度方能成功完成作戰任務。結合人類能力與自主式或機器人系統的諸般優點，亦即所謂「有人與無人組合」(manned-unmanned teaming)，可創造出更高效能遂行軍事行動的空前機會。個人飛行器可以運用此種有人與無人組合概念，與無人機或地面清除機器人整合。就其最廣泛的功能上，個人飛行器可以作為主要系統或基礎設施損壞時的



一種可垂直起飛且能讓人員以時速60哩飛行30分鐘的渦輪動力個人飛行器，已經由軍隊實施過一系列的自由飛行測試。此種飛行器名為「威廉斯飛行系統載臺II號」，其在1980年代的美陸軍與步兵委員會中曾被視為可能採用的個人飛行器選項。(Source: US Army)

備援選項。例如，使用個人飛行器的作戰小隊，可以在不易為敵偵知且比旋翼機速度更快的條件下出動，建立一套比遙控系統更不易為敵截擊的局部網路，並從外在載臺或諸如戰術滯空中彈藥



等獨立性系統控制火力。

加強在複雜地形克敵制勝之能力：人口向城鎮地區和濱海地帶集中的全球性趨勢，加上巨型都市(megacity)的出現，是最後一項個人飛行科技可以在一般軍事用途上有所發揮的項目。個人飛行器將證明其在協助軍隊於複雜城鎮與濱海地形機動之關鍵能力。例如，機動部隊可以運用此類系統快速孤立目標。未來個人飛行器的預期尺寸，使其能在旋翼機難以施展的狹窄與侷限城鎮區域行動，或在不適合較大型機具登陸地帶遂行同步登陸行動。此外，個人飛行器的預期運動能力，可用於城鎮地形中執行水平與垂直包圍行動，在諸如高樓等基礎設施上空及周邊快速進出。這種系統也能提供單兵醫療後送能力，其活動範圍與速度絕非其他空中及地面資產所能相比。類似優點也可在濱海地區發揮。此外，個人飛

2010年12月，馬洛伊航空工程公司創辦人馬洛伊(Chris Malloy)在雪梨針對早期懸浮自行車概念實施初步障礙超越試飛。此種懸浮自行車可以搭載300磅的重物，不僅擁有與一般輕型直升機相同的飛行速度與高度，而且還能在非常接近地面和人群的地方操作。

(Source: Malloy Aeronautics)

行器不會受到沼澤、潮汐變化，以及港勤設施不足或缺乏等地面障礙的限制。其所具之快速投入與撤出能力，正是研發人員所大力宣揚的重大優點之一。

個人飛行器在商業界的進展

從商業界的角度檢視個人飛行器運用，可以進一步釐清將個人飛行器融入戰爭行為的可能性與挑戰。在本文前面內容所介紹的多家企業中，馬洛伊航空工程公司的聯合戰術飛行再補給載



具，就是個人飛行科技進步的著名例證。該系統的研發人員在樂觀預期與務實運用之間取得平衡，而這是在某些早期世代研發人員身上找不到的。瑟費斯工程公司(Survice Engineering，一家與馬洛伊航空工程公司有夥伴關係且位於美國國防部的工程設計公司)的湯普森(Greg Thompson)和布茲維基(Mark Butkiewicz)等兩位專家，將聯合戰術飛行再補給載具列為現有軍事戰力的輔助資產，其係用於增加後勤鏈末端環節的選項。該系統並非用於取代飛機、直升機或卡車的功能；而是提供「最後一哩路」的替代選項。因此，如何整合既有系統以確保能於其他有人與無人飛機中控制大批無人機，是目前在空域管制上如何消除與日俱增任務衝突方面的一項重要議題。雖然研發人員在最初並未預見以人員操作聯合戰術飛行再補給載具會遭遇到某些技術性窒礙，但他們卻是以非常務實態度看待轉型至個人飛行器使用過程中必然遭遇某些挑戰，因此才會先將重點置於此種載臺的無人操作用途。²⁹

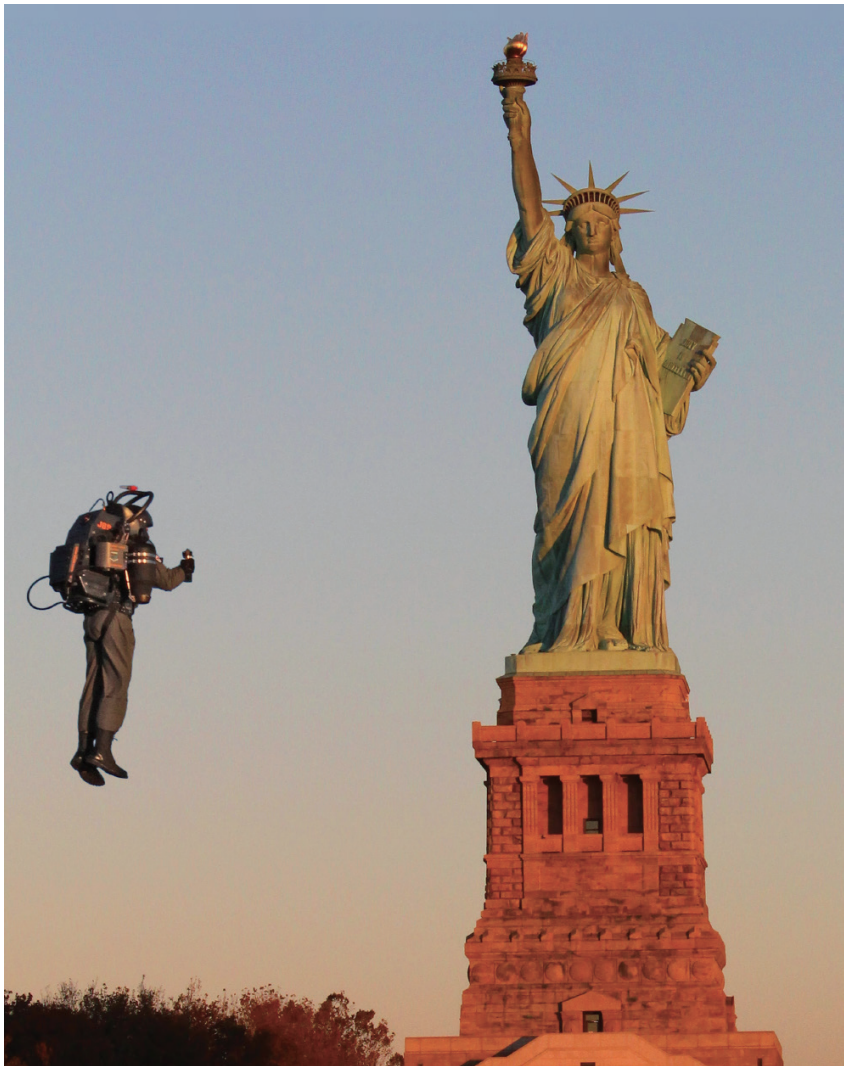
湯普森和布茲維基兩人列舉出個人飛行器運用方面的兩大限制因素：分於為安全和概念性規避。其中最根本的議題就是安全。定翼機可以滑翔，旋翼機可以自動旋轉，兩者在遭遇緊急狀況或迫降時皆有確保存活率的設計考量。預判緊急狀況存活率的必要手段，「威廉斯飛行系統載臺II號」發展計畫亦包含降落傘的使用。然而，這只被視為緊急狀況預防措施，而非應有之備援手段。未來個人飛行器載臺很可能必須擁有一定程度的緊急狀況措施備援項目，才能獲准進行人駕式飛行。

第二項議題是概念性規避，這點主要來自於政治與軍事決策高層。此種逃避現象很可能來自上述的安全性與存活率議題，復因過去數十年無數希望破滅，卻無法獲得可驗證戰力所產生的公信力落差而更形惡化。湯普森承認，雖然科技可以快速發展出來，但落實卻很可能需要漸進推動，因而更重大的挑戰可能是「推動範式轉變以克服惰性」。³⁰

噴射背包飛行公司執行長梅曼(David Mayman)對於個人飛行器之潛力表達審慎務實的樂觀態度。然而，梅曼有所保留的熱衷態度，恰與該公司噴射背包獨領風騷的進步形成對比。如前文所述，這家公司所研發和測試的個人飛行器「已經可以飛得比任何直升機快且產生更低的熱信跡」，同時還通過聯邦航空總署的認證要求。³¹ 噴射背包飛行公司的捷背(Jetpack)噴射背包、跳捷(JumpJet)垂直噴射飛行器和可載重飛行的自力運輸遙控載機等產品都擁有多重備援功能。這些功能包含在一具(含)以上發動機喪失功能下保持飛行的能力，以及備援線路和控制信號等，因此足可對抗外界對個人飛行器安全性長期存在的批評。梅曼強調，軍事研發人員希望個人飛行器擁有防彈、減噪、甚或攜帶武器的能力。這對於過去數十年來一直遭受否定的戰力而言，可說是相當重大的理想。³²

檢視優勢、劣勢、機會與威脅

經過全般審視個人飛行科技的某些普遍性軍事用途後，殊值再以「SWOT」市場分析架構深入探究個人飛行器軍事應用的某些影響。SWOT是



2015年11月，噴射背包飛行公司的執行長梅曼在紐約自由女神像前展示JB-9噴射背包。該公司目前已成為個人飛行器領域的領導者。(Source: JetPack Aviation)

一種策略性商業規劃工具，專門檢視企業或市場所存在的優勢、劣勢、機會與威脅。這套分析模式係當年史丹福大學研究專家為找出企業失敗原因所設計。³³ 優勢與劣勢是可以控制

或左右的正面與負面要素。機會與威脅則是無法控制的正面與負面要素。

個人飛行器的優勢：依據SWOT分析架構，個人飛行科技之主要優勢為其比既有航空載

臺有更好的彈性、低信跡和相對低成本。更重要的是，個人飛行器可以藉其最低可分割程度大幅增加用兵選項。此外，許多個人飛行器所具備的小尺寸特性，更創造其他載臺難望項背的兵力部署機會。個人飛行器可以運用空中、海上和陸上路線進行大批運送，或以自主式或人駕式自力部署。小型的個人飛行器可以附掛、空投或自力機動等方式執行人員撤離任務。其亦可收納於防護性機動載臺內，以作為用兵輔助工具，或作為類似飛行員彈射載臺的脫離手段。

個人飛行器可以用於海外人道援助及災難救濟行動，單獨或配合其他無人後勤載臺執行任務。此類裝備可以從兩棲作戰的海上載臺或地面起降，或在未來進一步發展下，從空中飛行載臺發射，扮演可控制與機動性戰力。同時，個人飛行器快速運動與超越障礙的能力，使其十分適合障礙超越行動，並成為安全警戒部隊或是超越障礙時的主要方法。此種飛行器另一個優點就是曝露信跡甚低。



「美陸戰隊作戰構想」將「信跡爭奪戰」(battle of signatures)列為未來2015至2025年間作戰環境中的五大關鍵改變驅動因素。³⁴ 個人飛行器的信跡似乎正好符合陸戰隊要求。由人員所駕駛控制之個人飛行器沒有發射電子信號的必要，其所呈現的熱源甚小，而人駕式載臺更可利用大批無人系統掩飾其存在。此外，個人飛行器操作人員可以利用地形隱蔽方法或是疏散於複雜地形中，以避免敵人偵知。因此，這些飛行器比既有大型載臺更不易為敵所偵知，因而對在戰力組合中採取此種裝備的軍隊創造出另一種優勢。

個人飛行器的能力似乎遠比既有空中投入與撤出方法來得符合成本效益。澳大利亞陸軍漢梅特(James Hammett)中校在2011年所提出的提案，充分凸顯此種成本對比的強烈落差：一架多功能直升機的價格，概約等於500具馬丁飛機公司(Martin Aircraft)所製造的噴射背包。³⁵ 若再加上維保與訓練成本，此種價格上的落差將會更大。美國「目視型小型戰術飛行偵察系統」研發專家所開發的「威廉斯飛行系統載臺II號」原型系統為使用動感控制，因而需要高度操作技巧與充分駕駛訓練。相較之下，要教會士兵操作現代化的個人飛行器就相對低廉多了。例如，噴射背包飛行公司近期只用了一週時間即教會美特戰司令部人員如何操作，至於其他型號飛行器甚至只需要更少的訓練時間。³⁶ 模擬訓練的進步則進一步降低預算與時間成本。然而，單靠數字分析無法充分反應旋翼飛行器的無形優點，而其中最重要的優點莫過於風險更低。

適航認證標準已降低了人員的風險，但卻對旋



1963年3月號《科學與機械》(Science and Mechanics)雜誌的封面。(Source: Davis Publications)

翼飛行器的運用彈性造成限制。空中機動載臺普遍常見的高昂且持續攀升成本，使得部隊指揮官較不願意將這些高價值資產運用於激烈對抗的作戰環境。傷患後送就是這樣的例證。下達派遣傷患後送飛機前必須先行分析飛機、機組員和醫療人員可能遭受之風險，因為三者都是數量很少且昂貴的軍事資產。但若以個人飛行器進行傷患後送與醫療人員運輸，就能降低風險考量，且可提高傷患後送成功率。簡言之，個人飛行器若輔

以充分的備援手段及防護，即有冒險之價值，因而可以應用於未來的戰場上。

個人飛行器的劣勢：話雖如此，個人飛行器仍有其必須解決的劣勢。彈性用兵選項與較低信跡雖然會衍生成本問題，但就個人飛行器而言，此種成本似乎並不會構成財政問題。其主要的弱點是戰力防護不足、空域任務衝突化解和噪音程度等飛行器本身的技術性限制。儘管個人飛行科技不斷進步，但這些劣勢仍然相當顯著，因而必須加以降低或得接受其為必然風險。這些風險中最明顯的就是戰力防護。顯然，採用個人飛行器的決定會被視為與採用防護性機動手段完全相反。防護性機動手段可以確保正在戰場運動或戰場內人員的安全。指揮官可以接受狀況覺知不足、路線窒礙和兵力集中等狀況，以降低部隊曝露於戰鬥中的實際危險。現有個人飛行器的飛行能量無法配備像旋翼機所擁有之裝甲或其他防護手段。因此，個人飛行器很容易遭到直射火力攻擊。此項弱點雖然可以降低，但在近期內卻仍

不太可能完全克服這項問題。

但戰力防護並非僅限於承受直射火力的能力而已。事實上，戰力防護更有效的方式在於盡可能避免遭敵偵知。這正是個人飛行器可以消弭自身弱點的領域。運用個人飛行器投入戰場的部隊通常人數較少且較不容易偵知；因此其較難遭敵識別、追蹤和鎖定。同時，個人飛行器的操作高度亦不在輕兵器火力的精確射程範圍內，因而在複雜地形中運動，降低空對空武器的射擊效果。儘管有諸般消弭上述風險的作為，但任何運用個人飛行器的構想都會遭遇戰力防護要求條件和朝自主式科技發展趨勢等兩大挑戰。儘管此種趨勢十分普遍，但完全沒有人類的戰場在未來十五年仍然不太可能成真。

個人飛行器另一個劣勢是空域任務衝突化解問題。空域任務衝突化解係在於各式航空載臺之間與地面以上火力的彼此協調。在有人與無人航空器普遍化且地面射擊火力射程不斷提升的條件下，個人飛行器運用將使目前無人航空器與地面火力協調已存在的挑戰更形

嚴峻。雖然目前士兵和陸戰隊員僅需接受不到一週的訓練便可以操作既有型號之個人飛行器，但要像合格飛行員一樣具備相同的空域掌握專業職能，不論是否增加訓練時數，恐怕仍是不切實際的期待。因此，必須針對空域協調方法進行設計，才能解決這項缺陷。

此一窒礙或許可以透過某些技術性方法有效化解。例如，個人飛行器可以限制在預先律定的協調航高下飛行，或規範其不得進入某些限制性地帶。另一個替代方法是整合追蹤系統，以控制火力不要射向個人飛行器部隊。然而，不論有多少消弭作為及未來個人飛行科技如何落實，空域任務衝突化解問題仍將是未來作戰環境的必然挑戰。

個人飛行科技另一項既存的挑戰為其噪音，尤其是渦輪動力的個人飛行器更為嚴重。例如，馬丁工業公司的噴射背包在最大推力狀態下會產生90分貝的噪音。³⁷ 因此，噪音成了飛行器操作員及其他人員(包含非戰鬥人員)的戰力防護問題，而且也限制個人飛行器在某些非



2017年2月，噴射背包飛行公司的JP-10噴射背包在南加州進行試飛。此種噴射背包是一種在兩側各安裝一具渦輪發動機的背包型裝備，具有每分鐘1,000呎的升速，依油料量可以滯空達5至10分鐘。(Source: JetPack Aviation)

戰鬥任務中的運用彈性，諸如海外人道援助及災難救濟等。因此，抑制噪音成了個人飛行器研發人員的優先重點。如果無法進一步消除噪音，則噪音必

須予以抑制、降低或在有利條件下使用飛行器。這包含利用地形或路線選擇掩蓋聲音，或利用噪音來製造敵人的恐懼。由於噪音被視為個人飛行科技

的劣勢，必須針對各種機會進行分析。

個人飛行器的機會：個人飛行器主要機會是展示替代動力科技的進步，以及與其他地面

與水下個人機動載臺的整合。推力(更精確的說，是推力與重量比)是發展個人飛行科技的最重要考量因素。本文所舉例證都是因為特定動力產生方法的進步，諸如渦輪噴射或渦輪扇技術。這些作為有一些來自產業龍頭大廠，例如馬丁飛行公司所製作的發動機就比聯合打擊戰機擁有更佳之推力效率。³⁸ 電池蓄電與重量減少方面的全球性精進成果，也為電力推進的個人飛行器創造更多機會。此外，發動機精進項目也增加了飛行器的起飛重量、滯空時間、燃油效率，而更重要的是還有飛行安全。未來更多方面的進步必然擴大此種演變。此種發展的例證之一，是「大動力小體積」(Massive Yet Tiny, MyT)發動機，此種非交互性內燃發動機據說遠比傳統發動機擁有更佳的推重比。大動力小體積發動機提供另一項優點，因為其非常適合各種單發動機型式的機動載臺。³⁹ 此種整合程度促成了第二個機會，亦即與其他地面或水下機動載臺的整合。

個人飛行器的各種機會不能

單獨視之。相反地，這些機會應視為更廣泛機動力作法的其中一環。目前的軍用機動力載臺多數都限制在單一領域。飛機在空中飛、裝甲車在地面運動、海軍艦艇則在世界各大海洋航行。美陸戰隊使用的氣墊登陸艇(Landing Craft Air Cushion)就是一個突破上述領域障礙的科技例證。陸戰隊的MV-22鸚鵡式(Osprey)斜旋翼機亦結合了垂直起飛和向前推進的優點，有效擴大其作戰範圍。先導性發展個人機動力解決方案並非大革命性的作為；然而，吉伯斯運動兩棲載具公司(Gibbs Sports Amphibians)就生產一款相當經典的產品，可用於強化人員在水上和陸上的機動力。該公司的Quadski水陸兩用車是一種單人載臺，其能在水上與陸上以每小時45哩的速度行駛。⁴⁰ 因此個人飛行器研發人員有機會整合能讓人員在各領域內和之間運動的載臺，創造超越敵人的競爭優勢。其中一項例證就是結合個人飛行器的空中投入能力和履帶型賽格威(Segway，譯註：單人直立式電動車)式載具的地面運動能力。⁴¹ 另一個

更有野心企圖的目標則是與機械外骨骼整合。

發展具整合起飛能力的外骨骼，將對戰場上的個人機動工具帶來革命性改變。外骨骼是一種能保護及加強士兵或陸戰隊員能力的實體結構物。其能結合個人飛行科技或是與個人飛行器進行整合。若能擁有獨立但整合的個人飛行器，操作人員便能在地面運動，同時運用個人飛行器作為空中觀察、火力支援和運輸戰力。實現此種能力的科技，諸如人工智慧、自主飛行控制，以及前述所提的動力產生科技，都在分別進步當中。針對最後一部分，可以真實推斷，動力產生科技的進步將可增加既有個人飛行器的起飛能量，使其達到能讓外骨骼起飛的程度。目前渦輪科技發展已有能帶動700磅重物起飛的潛力，也讓此種科幻小說般的情節朝向事實邁進。⁴² 這些方面的精進不僅有助實現個人機動能力，亦能促成具防護力的強化型個人機動工具問世。

個人飛行器的威脅：儘管個人飛行器在軍事用途方面的機



會相當龐大，但軍隊使用個人飛行科技可能面對的威脅也同樣可觀且揮之不去。這些威脅包含組織性與社會性風險承受度，以及敵人發展反制個人飛行器科技的衝擊。在這些威脅當中，風險的接受度最為重要。國家與軍事領導高層會非常明智地運用其有限軍事能力，而在這些有限的力量中，最具價值的莫過於人力資源。因此，期待領導高層將稀少的資源投入未經測試或高風險性科技，是一種不切實際且不智的想法；此種情況一如第一次世界大戰前的飛機。

軍隊使用個人飛行器的威脅在於政治界與軍方習慣於避免讓人員冒險，而讓軍品去承受的心態。其次還受到要求應使用防護性機動工具的思考模式，加上過去個人飛行器的失敗經驗等，都讓個人飛行器潛力無法得到真正公平的評估。如果個人飛行器仍限制在私人或商業用途，研發人員就沒有多少誘因去發展各種反制科技，而僅會著重達到法規和公共安全要求。解決此種威脅的唯一可靠反證方式，就是公正地驗證和測試個人飛行器所具有的能力與潛力，而國防科學組織在這些作為中必須扮演關鍵角色。國防科學家非常適於測試個人飛行器研發人員所宣稱之事項，且能宣揚自當年危險且欠缺效能的過氧化氫噴射腰帶自發明以來，產業界多年來所獲致的成果。

敵人在反制個人飛行器科技方面的發展現況，也構成了可信的威脅，這點從反無人機與防空武器科技的發展即可證之。反制個人飛行器科技的例證包含導能與直射武器、更精密的登陸區域拒止措施，以及電子攻擊等。使用個人飛行器的

某些軍隊因此必須同步發展反制敵軍戰力的方法。

加速前進以免被迎頭趕上

如同其他科技一樣，及早採用的好處往往會有長久性競爭優勢。全球各地研究團隊推動個人飛行科技發展，係因為其商業潛力十分明顯。例如，杜拜計畫採用俄羅斯商業研發團隊所推出的「懸浮自行車」和自主航空載臺，作為緊急狀況處理和載客用運輸工具。此外，紐西蘭馬丁工業公司所獲得的革命性成果，即是來自與中國大陸組織的共同研發計畫。令人不安的是，美國及其盟邦的軍事競爭者正在推動這些科技的發展，包含俄羅斯也同樣在開發「懸浮自行車」。美陸軍研究實驗室對馬洛伊航空工程公司的支持，以及美特戰司令部與噴射背包飛行公司簽署的協議，都是朝重新發掘個人飛行器潛力的正向步驟，但這些專案的節奏和程度必須進一步擴大，才能完全實現這些科技的潛力。

美陸戰隊「小型戰術飛行機動載臺」專案就是所有軍事計畫人員和國防科學家們可以仿效的模式。其為單兵飛行器奠定了願景，並結合頂尖商業公司及提供預算來開發原型系統，推動與其他軍種進行共同合作研究。今日個人飛行技術冠軍的不同之處，在於此種科技已經符合陸戰隊願景，因此唯一道路就是更上一層樓。

結語

個人飛行科技的重大進展是一個讓個人飛行器與未來軍事戰力結合的機會。個人飛行器具

有強化軍隊遂行分散式用兵、削弱敵軍反介入/區域拒止防禦、擴大自主式系統功能，以及在複雜地形擊敗敵人的潛力。這些都是必須以公正客觀態度思考，並從軍事優先要務角度評估的潛在好處。針對研發個人飛行器方面，風險承受度的相關組織障礙，亦須藉由重新說明個人飛行器的潛力加以克服。個人飛行器優勢和機會所衍生之潛在益處，殊值針對其軍事潛力進行深入檢視，並

投資其進一步研發。

作者簡介

Matthew P. Dirago中校係澳大利亞國防軍總部聯合作戰司令部戰役計畫官；雪梨麥夸利大學(Macquarie University)商學系學士、美陸戰隊大學軍事暨作戰研究碩士。過去他曾擔任澳國第3旅步兵軍官及杜特恩皇家軍事學院(Royal Military College Duntroon)教官，近期剛從美陸戰隊高等作戰學院畢業。

Reprint from *Military Review* with permission.

註釋

1. Steve Lehto, *The Great American Jet Pack: The Quest for the Ultimate Individual Lift Device* (Chicago: Chicago Review Press, 2013), 176.
2. Ibid., 3, 156–63.
3. Bernard Lindenbaum, *V/STOL Concepts and Developed Aircraft: Vol. I, A Historical Report (1940-1986)* (Fort Belvoir, VA: Defense Technical Information Center, 1986), 2-1, accessed 12 July 2018, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a175379.pdf>.
4. Ibid., 2-12–2-28.
5. Lehto, *The Great American Jet Pack*, 75–92.
6. Lindenbaum, *V/STOL Concepts and Developed Aircraft*, 2-46–2-61. 南方公司懸浮(Ludion)飛行器的噪音雖然相當大，但較同時期發展的貝爾公司飛行器還是安靜許多。
7. Ibid., 3-31–3-38. 美陸戰隊用兵構想指出，其應能飛行「在樹幹之間、森林涵蓋面以下、利用自然環境所提供之掩蔽與隱蔽條件——實質上必須能通過或穿越脆弱的植被區，以及在無法讓直升機通過的狹窄空間中著陸與起飛，甚至在沒有障礙物掩蔽通行的情況下。」陸戰隊「小型戰術飛行機動載臺」專案運用極其有限的預算，從1970至1974年間用僅獲撥218萬美元進行原型系統的設計、研發和交裝作業。該系統與後續美陸軍「目視型小型戰術飛行偵察系統」最顯著之差異在於其必須能搭載兩人飛行。
8. Ibid., 3-14–3-30.
9. Ibid., 3-38.
10. Ibid., 3-38–3-40.
11. Ibid. 美陸軍運用威廉斯國際公司依據陸戰隊「小型戰術空中機動載臺」專案所完成之「威廉斯飛行系統載臺」研究成果，以概約254萬美元的少量預算進行「目視型小型戰術飛行偵察系統」專案的研發。陸軍對該專案的要求律定為「我們並非尋求發展某種武器搭載裝備或軍品攜行裝置。我們只是要開發一款單兵輸送裝置、但不使用旋翼葉片，以便能在限制空間中安全運動、可利用調頻無線電機進行通聯，即便未受訓練或短促訓練、一般單位的人員亦可操作。若其需要達到認證飛行員資格或長期訓練，我們就沒有興趣。我們將檢視副連長、營作戰官、營旅級連絡官能否使用這些裝置進行協調、連絡、戰場定位偵察和部隊引導等任務。」
12. Ibid., 3-39–3-58.
13. Ibid., 3-101–3-114.
14. Mark Prigg, “US Soldiers Could Soon Travel like Stormtroopers: Military Bosses Developing Star Wars ‘Hoverbikes’ for the Battlefield,” *Daily Mail* (website), last modified 15 June 2015, accessed 8 June 2018, <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3125412/US-soldiers-soon-travel-like-stormtroopers-Military-bosses-developing-Star-Wars-hoverbikes-soldiers.html>.
15. “Buzzcraft,” *Army AL&T Magazine*, October-December



- 2015, 203–4.
16. Greg Thompson and Mark Butkiewicz (senior management, Survice Engineering), telephone interview by author, 3 October 2017.
 17. Douglas Ernst, “Army ‘Hoverbike’ Prototype with 300-Pound Payload Capacity Passes Key Test,” *The Washington Times* (website), 18 January 2017, accessed 8 June 2018, <http://www.washingtontimes.com/news/2017/jan/18/army-hoverbike-prototype-with-300-pound-payload-ca/>.
 18. David McNally, “Army Flies ‘Hoverbike’ Prototype,” U.S. Army, 17 January 2017, accessed 8 June 2018, <https://www.army.mil/article/180682>.
 19. “Specialists,” Martin Jetpack, accessed 8 June 2018, <http://www.martinjetpack.com/sales/manned-jetpack0.html>. 飛行時間受限於美國聯邦航空法規的攜油量規定。
 20. Sarah Clemence, “Dubai Stages First Public Test of Drone Taxis,” Bloomberg, 26 September 2017, accessed 12 June 2018, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-26/dubai-stages-first-public-test-of-volocopter-drone-taxi>.
 21. “Dubai Police Announce Electric Star Wars-style Hoverbikes for Officers at Gitex Tech Conference,” Australian Broadcasting Corporation, 14 October 2017, accessed 8 June 2018, <http://mobile.abc.net.au/news/2017-10-14/dubai-police-announce-star-wars-style-hoverbikes-for-officers/9049860?pfmredir=sm>. 「俄羅斯廠商Hoversurf製造的天蠍座飛行自行車，可於5公尺高度飛行並搭載一名警察於壅塞交通狀況下處理緊急狀況……此種自行車亦可在未搭載人員條件下飛行最遠6公里距離……其可在時速70公里下負重300公斤飛行25分鐘。」
 22. Kyle Mizokami, “Kalashnikov Unveils Flying ‘Hovercycle,’” *Popular Mechanics* (website), 26 September 2017, accessed 8 June 2018, <http://www.popularmechanics.com/military/aviation/a28397/kalashnikov-hovercycle/?src=socialflowTW>.
 23. “How It Works,” GoFly Competition, accessed 8 June 2018, <http://goflyprize.com/how-it-works/>. 「VTOL」為垂直起降的縮寫，是旋翼機和某些定翼飛行載臺的特有能力。
 24. David Mayman (chief executive officer, JetPack Aviation), interview by author, 11 December 2017; JetPack Aviation, accessed 8 June 2018, <http://www.jetpackaviation.com/military/>.
 25. U.S. Marine Corps, *Marine Corps Operating Concept* (Washington, DC: Department of the Navy, September 2016), 16.
 26. James Hammett (colonel, Australian Army), interview by author, 3 November 2017; Lt. Col. James Hammett, “Starship Troopers – A Reality?” (unpublished manuscript, 2012), Microsoft Word file.
 27. Matthew Clapperton, “USMC Outlines ‘Inside Force’ Concept,” *Jane’s 360*, 26 October 2017, accessed 8 June 2018, <http://www.janes.com/article/75228/usmc-outlines-inside-force-concept> (subscription required).
 28. Lee Hudson, “Navy, USMC Intend to Release Expeditionary Advanced Base Ops Concept,” *Inside Defense* (website), 13 October 2017, <https://insidedefense.com/inside-navy/navy-usmc-intend-release-expeditionary-advanced-base-ops-concept> (subscription required).
 29. Thompson and Butkiewicz, telephone interview.
 30. Ibid.
 31. Mayman, interview.
 32. Ibid.
 33. Mike Morrison, “SWOT Analysis (TOWS Matrix) Made Simple,” RapidBI (blog), 20 April 2016, accessed 8 June 2018 <https://rapidbi.com/swotanalysis/>.
 34. U.S. Marine Corps, *Marine Corps Operating Concept*, 5.
 35. Hammett, “Starship Troopers – A Reality?” 漢梅特中校估計一架MRH-90直升機約為澳幣5,100萬元，而馬丁工業公司的噴射背包估計僅約澳幣10萬元。
 36. Mayman, interview.
 37. Hammett, interview.
 38. Ibid. 2011年馬丁工業公司噴射背包的兩具推力風扇可達92%的推力效率，而聯合打擊戰機的引擎則僅有82%。
 39. Lt. Col. Brett Laboo, “The Massive Yet-Tiny Engine: A Comparison of OEM Claims” (Australian Army Land Warfare Conference, Melbourne, Australia, October 2012), https://pesn.com/archive/2012/11/21/9602227_Australian_DOD_Comparative_Analysis_Places_MYT_Engine_in_Top_Position/report.htm (site unavailable).
 40. Gibbs Sport Amphibians, accessed 8 June 2018, <https://www.gibbssports.com/quadski>.
 41. Segway, accessed 8 June 2018, <http://www.segway.com/>.
 42. Mayman, interview.