

美 軍 旋 翼 機 未 來 發 展 之 探 討

筆者/劉子平

提要

自民國 98 年起，本軍為了增進陸航部隊的作戰能力，新購 AH-64E 阿帕契攻擊直升機及 UH-60M 黑鷹直升機，並於民國 108 年逐步汰換已使用近 50 年的 UH-1H 通用直升機，彌補近岸火力不足及缺乏快速兵力投送作戰的戰力缺口。依據國防部四年期國防總檢討¹指出：軍事戰略以籌建「小型、大量、智慧、匿蹤、機動及難以反制之不對稱戰力」，我國未來旋翼機係依此原則發展，並透過直升機立體作戰特性，能「拒敵與彼岸、殲敵於海上、毀敵於水計、殲敵於灘岸」，達到「防衛固守、重層嚇阻」軍事戰略目標；惟現代戰爭瞬息萬變，只有不斷更新現有直升機隊，才能滿足作戰需求，現存廣大的直升機隊，在未來終究將面臨汰除命運，而美軍新一代直升機計畫的推出，或許可為本軍未來直升機發展提供新的選擇。

關鍵詞：未來直升機、直升機發展、垂直起降技術

¹國防部，《中華民國 110 年國防總檢討》(民國 110 年)。

壹、前言

旋翼機，乃相對於定翼機所賦予的名稱，係透過旋翼葉片旋轉產生向上升力，改變翼面(Rotor disc)角度進行俯仰(Pitch)、滾轉(Roll)及偏航(Yaw)等不同姿態飛行，其優點為大多數定翼機無法達成的垂直起降能力，且具備可低速移動及滯空懸停能力，在台灣狹長且複雜的地理環境上更能展現其優勢。

自越戰以來，美軍首次大規模使用直升機參與作戰，鋪天蓋地的旋翼機在濃密的熱帶雨林上空穿梭，這是世界第一場「直升機戰爭」；同時本軍在美方技術合作下，草創之初的空軍航發中心和美國貝爾直升機公司合作生產 UH-1H 直升機，第一架飛機在 1970 年 12 月 14 日出廠²，開啟了陸航部隊的新頁。時至今日，本軍陸航部隊已有完整空中武力、戰場監偵、兵力投送及複合性任務的執行能力，其中，美軍直升機一直以來均扮演重要角色，是我發展空中武裝力量之重要推手，然而阿帕契、黑鷹、奇努克、眼鏡蛇及奇歐瓦戰士等美軍與我陸航部隊現役直升機，均基於 1960 至 1970 年代所提出的設計規劃，隨著現代戰爭型態的演變，由傳統作戰轉變為資訊作戰，無人機的發展應用及工業生產技術的進步，使得發展新一代直升機成當務之急，本篇將介紹美軍未來直升機發展規劃及進度，希望藉此了解下一代美軍直升機隊之特性，做為未來作戰運用及武獲評估之參考。

貳、美軍的未來直升機計畫

美軍在經過長達數十年的永續自由行動及伊拉克戰爭後，發現其直升機部隊已逐漸產生衰老跡象，因長期作戰導致直升機使用率是平和時期的五倍以上，飛機製造商投入大量的心力在維持現有的直升機部隊遂行作戰，無暇發展全新的直升機科技。

對此，美國陸軍在 2004 年提出了「未來直升機」(Future-Vertical-Lift)的解決方案，並於 2009 年由美國防部實施專案規劃，開啟飛機垂直起降能力的研究，並隨後於 2011 年正式發布了 FVL 戰略計畫書，要在未來的 20~40 年間全面掌握下一代垂直起降飛機的核心科技，在機動性、航程、空速、酬載、生存率、可靠性及匿蹤方面，使美國持續處於全球的領導地位，並透過該計畫掌握核心技術、武器架構和系統培訓的聯合解決方案，積極追求最強力、高效的作戰飛機，來汰換近乎所有現役直升機，在此計畫的誕生將影響未來美軍直升機的發展及運用達 50 年以上。

一、聯合多功能直升機計畫(Joint-Multi-Role)1)：

在 FVL 計畫前，會以「聯合多功能直升機計畫」(JMR)作為前導計畫，

²漢翔航空工業股份有限公司，〈UH-1H 直升機〉，<https://www.aidc.com.tw/tw/military/uh1h>，(2015 年)。

其主要區分為三個階段進行，第一階段為聯合多用途技術展示機(Joint-Multi-Role Technology Demonstration 或稱 JMR-TD)；第二階段(JMR-Phase I)為針對該機進行發展階段；第三階段(JMR-Phase II)為開發任務系統階段，美軍透過 JMR 先導計畫所展現的科技，制定接下來 FVL 計畫的性能指標，以避免重蹈「未來戰鬥系統」(FCS)要求太高而失敗的覆轍，其主要計畫可區分五個子項目(表一)。

表 1、美軍聯合多功能直升機計畫

美軍聯合多功能直升機計畫	
區分	說明
輕型 JMR	計畫在 2030 年引進，用以取代 OH-58 奇歐瓦直升機的偵搜型。
中輕型 JMR	尚無詳細計畫
中型 JMR	計畫在 2028 年間引進以取代 UH-60 及 AH64 直升機的通用型。
重型 JMR	計畫在 2035 年引進，以取代 CH-47 契努克直升機的運輸型。
超重型 JMR	計畫 2025 年引進服役，其功能類似 C-130 戰術運輸機。

資料來源：尖端科技雜誌社³

二、JMR 計畫的發展

依據 2013 年由美國防部聯合監督管理委員會備忘錄(JROCM)所發表的 FVL 系統最初性能文件(System Initial Capability Document)中提到，計畫的實踐由各飛機製造商各自研發其軍用直升機，並以中型直升機(JMR-medium)為主要發展項目，因 FVL 的飛機解決方案係提供包括空軍、海軍、海軍陸戰隊、特戰司令部及海岸警衛隊運用，故成立以美陸軍為首的聯合團隊(IPT)，由 IPT 由陸海空上校聯合委員會指導，並成立執行小組(ESG)來辦理 FVL 計畫。

(一) 初步設計要求

美陸軍在 2013 年 3 月根據其作戰需求提出初步設計要求，須注意的是此設計需求並非未來未來直升機(FVL)正式的設計要求，此需求僅要求全新設計的直升機，需以「超越任何現有旋翼機」的懸停、速度、航程有效載荷和燃油特性來做設計，基本須滿足空速可達 230 節(260 英里/小時或 430 公里/小時)，最多可搭載 12 名全副武裝士兵，在 6000 英尺(1800 公尺)的高空且溫度達 35 度狀況下運行，作戰半徑需達 263 英里(424 公里)，在不加油的狀況下，續航里程須達 527 英里(848 公里)。

³李思平，〈誰是未來的旋翼機霸主？淺談未來直升機計畫〉《尖端科技軍室雜誌社》(台北市)，
<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=606>，(民國 106 年)。

(二) JMR 合約商的技術展示方案(JMR-TD)

由美國陸軍航空與導彈研究開發工程中心(AMRDEC)負責初步作戰需求研究，並由航空發展局航空應用技術局(AATD)在 2011 年與四家飛機製造商簽訂技術發展合約(Technology Investment Agreements(TIAs))，基本傾向針對傾轉式旋翼機及同軸複合式直升機作為 JMR 做初步技術展示機(TD)及研究方向，各廠家在 2014 提交初步設計方案如表 2。

表 2、JMR 合約商初步設計方案

JMR 初步設計方案	
公司名稱	方案說明
AVX 飛機公司	複合同軸直升機(Compound Coaxial Helicopter)，帶有涵道式後置螺旋槳
KAREM 飛機公司	傾轉式(tiltrotor)直升機研究
貝爾公司	增強型傾轉式(tiltrotor)直升機研究
賽考斯基公司	複合同軸直升機(Compound Coaxial Helicopter)，帶有傳統式後置螺旋槳

資料來源：由筆者參照〈JMR Technology Demonstration Update: The road to Future Vertical Lift〉⁴自行彙整調製

(三) JMR 驗證方案(JMR- Phase I&II)

在 2014 年 8 月 11 日，美陸軍選擇賽考斯基-波音公司的 SB>1 Defiant 及貝爾-洛克希德公司的 V-280 Valor 為技術展示機(JMR-TD)，此二方案將進入後續飛行驗證項目(JMR- Phase I&II)，在美陸軍的方案選擇說明書中表明目前陸軍傾向同軸及傾轉式直升機，且更喜歡大型的承包商，而不是較小的公司(例如 AVX 飛機公司及 Karem 飛機公司)，並將在 2017 年評估此兩架飛機之效能；然而，即使 AVX 及 Karem 飛機公司在此項目未獲選，但美軍仍對其複合同軸直升機等科技感到興趣，且具有發展潛力，所以持續維持最低限度的研究經費支持其發展非飛行(non-flying)的研究項目。

⁴ Mike Hirschberg, 〈JMR Technology Demonstration Update: The road to Future Vertical Lift〉，https://vtol.org/files/dmfile/JMR_Intro-Vertiflite.pdf, (2016 年)。

圖 1、SB>1 Defiant 想像圖



參考資料:

<http://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/sikorsky.html>，西元 2021 年。

圖 2、V-280 Valor 想像圖

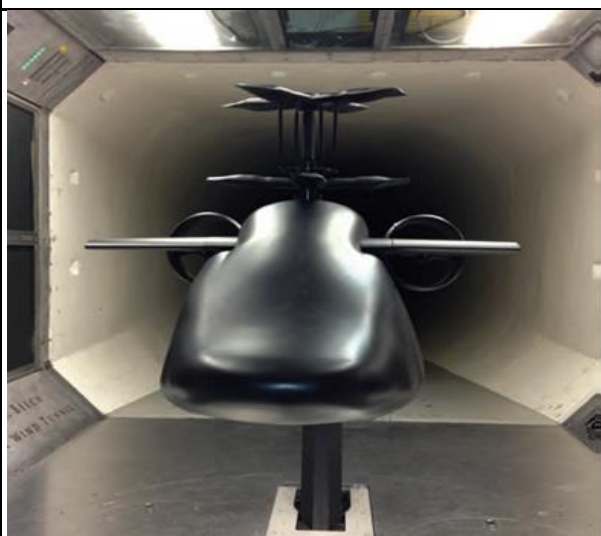


參考資料:

<http://www.bellfight.com>，西元 2021 年。

AVX 飛機公司目前主要計畫式持續研究其原先參與 JMR 方案的複合同軸直升機方案(CCH)執行空氣動力學及結構優化的測試，除數值模擬外還會進行縮小尺寸模型的風洞測試，目前該公司已完成研究項目計有以下三項：低速風洞的十分之一比例模型測試；與 Continuum Dynamics 公司執行 CCH 的性能和穩定性研究；和 NASA 研究中心合作，在大型風洞中執行二分之一比例縮小模型測試。

圖 3、AVX 公司的風洞測試(正視圖)



參考資料:

http://vtol.org/files/dmfile/JMR_AVX-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。

圖 4、AVX 公司的風洞測試(側視圖)



參考資料:

http://vtol.org/files/dmfile/JMR_AVX-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。

Karem 飛機公司則是持續最佳速度傾轉式旋翼機方案(Optimum Speed tilt Rotor)的研究，並且計畫打造一個地面測試台來測試及展示其最新的研究成果，其規模約為直徑 36 英尺(11 公尺)的旋翼，主要目標為提高傾轉式旋翼機的飛行效率，具體來說就是透過減輕機體重量、剛性槳轂及新型的變速裝置來實現，相比波音 V-22 魚鷹式直升機，在平飛時的轉速約為滯空轉速的 84%，Karem 飛機公司的 OSTR 可降低至 50%，將大大提升飛機的燃油效率(SFC)。

圖 5、Karem 飛機公司的 OSTR 測試台



資料來源：http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Karem-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。

(四) JMR 計畫後續發展：

在完成 JMR 計畫結束後，軍方會開出正式的 FVL 需求建議書(RFP)，並開放所有廠商進行公開招標，換句話說 JMR 計畫進入最終驗證的飛機，美國陸軍仍不一定會購買，入選僅能代表美陸軍願意資助飛機公司提出的技術解決方案，以及樹立研發與採購上的指標而已，然而在 FVL 整體預估達 1000 億美元以上，各飛機製造商一旦在 JMR 計畫階段中獲得軍方的認可，後續沿用其設立的 JMR 指標整合發展先進直升機系統，在正式 FVL 競標案中也較能搶佔先機，因此與貝爾這兩家廠商勢必會在 JMR 計畫中嘗試吸引軍方的注意以及喜好。

美國陸軍 2018 年在阿拉巴馬州舉行的全球部隊研討會中，召集了一個由美國各航空界領袖和專家的小組討論 FVL 計畫，執行官魯根將軍表示，根據 JMR 計畫中使用 V-280 Valor 及 SB>1 Defiant 的技術展示機收集的數據，揭曉了未來四個發展方向：

- 1.先進無人飛機系統(Advanced Unmanned Aircraft Systems,UAS)：開發多尺寸和類型的無人飛機(僚機)系統，可運用多種不同任務。

- 2.未來攻擊偵察機(Future Attack Reconnaissance Aircraft, FARA)：開發小巧的飛機來創造最大機動性能，主要用以取代 OH-58D 戰搜直升機。
- 3.未來遠程攻擊機(Future Long-Range Assault Aircraft, FLRAA)：運用來自 JMR 技術驗證的技術來開發全新的通用直升機，用以取代 UH-60 通用直升機。
- 4.開放系統(Open Systems)：由政府制定相關規格，相關業者可依此標準插入相關應用軟硬件，將可縮短 5 至 7 年的升級時間。

此四個發展方向確立了美軍未來直升機大致的方向，分別是取代 OH-58D 的未來攻擊偵察機及 AH-64 和 UH-60 的未來遠程攻擊機，各家飛機公司必須優化其飛機系統設計，並且使用創新或性能高於現役所有飛機的技術，來滿足軍方所開出的需求，在此兩項目才有機會獲得進入下一階段的門票。

參、 未來攻擊偵察機與未來遠程攻擊機

貝爾-洛克希德公司的 V-280 Valor 首先在 2017 年 12 月進行首次飛行，賽考斯基-波音公司的 SB>1 Defiant 則是在 2019 年 3 月終於完成第一次飛行，這兩次公開的飛行完美的展示了未來直升機的性能，然而其設計階段因尚未導入軍方作戰需求，故各家飛機製造廠仍摩拳擦掌地爭取軍方未來攻擊偵查機(FARA)及未來遠程攻擊機(FLRAA)的原型機設計(Prototype design)階段，以下就參與此二計畫的飛機製造商，簡述其創新技術及試驗狀況。

一、未來遠程攻擊機(FLRAA)計畫

自 2008 年起美軍 FVL 計畫開始後，包含貝爾、賽考斯基-波音、AVX 及 Karem 等四間飛機製造公司均以中型通用直升機作為其初步設計，故此計畫地種子可謂在 FVL 計畫之初就已埋下，在 2020 年，美陸軍分別撥款 9,700 萬元及 8,400 萬元予塞考斯基-波音及貝爾等兩家飛機製造商，供其進一步執行 FLRAA 計畫的設計比較及風險審查(CD&RR)階段，預計 2021 年底將完成最終方案選定，總合約金額將可達 4 億 5,000 萬元，原型機預計 2024 年試飛，希望在 2030 年能達到初始作戰能力(IOC)。

波音-賽考斯基的 SB>1 Defiant 及貝爾公司 V-280 Valor 發展現況說明：

(一) 波音-賽考斯基公司 SB>1 Defiant：

基於賽考斯基 X2 設計概念所衍生的設計，SB-1 Defiant(或“SB-1”)是西科斯基飛機和波音公司合作研發的項目，主要特徵是帶有剛性同軸旋翼，物理上來說，旋翼葉片的後退邊在高速飛行中會產生旋翼失速，前進則剛好相反，在翼尖端的位置可能會突破音障，造成飛機不穩定，解決的方法也相當簡單，降低旋翼轉速及葉片的長度，然而在升力不變狀況下，增加葉片的數量代表機體重量將更重，降低旋翼轉速同時也會造成升力不

足，同軸旋翼恰好能解決上述問題，另外在設計上為了平衡角動量的尾旋翼也可去除，讓發動機的動力能完全提供在升力上，並且有更好的抵抗戰損能力。與俄羅斯知名的同軸旋翼飛機製造商卡莫夫設計局不同的是，SB>1 Defiant 直升機在尾部有個水平推進的尾槳，能在滯空狀態下平穩地前進及後退，並且在和兩個漢諾威(Honeywell)T55 發動機的驅動下，試飛時已達到 380 公里/小時的飛行速度，且後續還能進一步提升至 460 公里/小時的最大速度。

- 1.巡航速度： 250 節（290 英里/小時；460 公里/小時）。
- 2.作戰半徑： 229 海裡（264 英里；424 公里）
- 3.優勢：相比傳統布局直升機，剛性同軸主旋翼和推進式後置螺旋槳提供 100 節（115 英里/小時；185 公里/小時）的速度提升、60% 的作戰半徑擴展和 50% 的滯空性能提升。

圖 6、賽考斯基 X2	圖 7、SB>1 Defiant
	
參考資料： http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Sikorsky-Vertiflite.pdf ，西元 2016 年。	參考資料： http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Sikorsky-Vertiflite.pdf ，西元 2016 年。

（二）貝爾公司 V-280 Valor：

作為世界第一架量產傾轉式旋翼機製造商，貝爾 V-280 Valor 具備 V-22 Osprey 直升機作戰及後勤維保長期累積的經驗，且貝爾在材料技術及傾轉技術上更是有所創新，與 V-22 Osprey 最大的差別在於 V-280 的發動機是不會和旋翼一同傾轉的，在早期美軍剛部屬 V-22 直升機時，就曾經發生至少三起因落地後排氣尾溫過高引發船艦甲板受損及草皮起火情事⁵，也曾經發生過傾轉導致引擎空氣粒子分離器(Engine Particle Separator)液壓油滴入發動機引發火警，在作戰方面，自從越戰時期的 UH-1 到現今的 U-60 直升機，中型通用直升機的作戰隊員都是被訓練於從

⁵ Richard Whittle，〈Karem Aircraft Building New Tiltrotor Ideas〉，http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Karem-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。

側門來進出此一類型的直升機，然而 V-22 直升機因其傾轉式的設計，為避免人員執行任務(繩降、救援等)時受到排氣尾溫影響，其艙門設計在機身尾部，故美軍須重新調整其作戰訓練方式，且此設計在作戰方面也會受到一定程度的限制。

其次，艙門在尾部的設計使其無法達到最佳空氣動力設計，因尾艙門位置，導致傳統垂直尾翼設計將導致機身過高，無法符合美海軍艦載機的需求，必須設計成重量較大的 H 型尾翼，以降低整體機身高度，；另外巨大的艙門平面使氣流容易在表面剝離產生渦流，此渦流產生的誘導阻力會導致飛機的燃油效率降低，但 V-280 Valor 因調整了艙門位置解決了此一限制，貝爾公司設計了一款 V 型尾翼及更符合空氣動力設計的錐狀機尾，整合了垂直尾翼及水平尾翼的 V 型尾翼雖能減輕機身重量，但會增加飛行操控的困難度，然而貝爾公司導入了優異的線傳飛控技術，有效的降低飛行員操作上難度。

圖 8、V-280 Valor V 型尾翼



參考資料:

http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Bell-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。

圖 9、V-280 Valor 的傾轉機構



參考資料:

http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Bell-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。

1. 巡航速度： 280 節（320 英里/小時；520 公里/小時）。
2. 作戰半徑： 500 至 800 海里（580-920 英里；930 至 1,480 公里）
3. 優勢及特點：它具有 V 型尾翼、帶有復合材料機身及碳纖維機翼，線傳飛行控制系統，可伸縮起落架和兩個 6 英尺寬 (1.8 m) 便於進入機艙的側門，特別之處在於 V-280 Valor 只有旋翼系統傾斜，而發動機沒有傾斜，

圖 10、Bell 飛機公司的 V-280 Valor



資料來源：<http://www.bellfight.com>，西元 2021 年。

二、未來攻擊偵查機(FARA)計畫

未來攻擊偵察機的計畫是在 2018 年所確立的，比起未來遠程攻擊機(FLRAA)計畫還要晚上許多，自 2008 年起發展的 FVL 計畫中，美軍始終置重點在中型通用直升機的發展，然而在 2013 年美軍 OH-58D 全數退役後，因 RAH-66 直升機計畫在 2004 年終止，預劃由貝爾 ARH-70 取代，ARH-70 又在 2008 年取消，輕型攻擊偵查機的缺口僅能由 AH-64 直升機暫代，美軍亟需一款新型的更輕巧靈活的偵察機，2019 年美軍決定四間公司進入原型機設計階段，初步需求包括：

- (一) 旋翼的直徑不超過 40 英尺(12.2 公尺)
- (二) 巡航速度不小於 180 節(333 公里/小時)
- (三) 衝刺速度需大於 200 節(380 公里/小時)
- (四) 機體空重小於 14,000 磅(6,350 公斤)

整體的競爭設計及風險審查(CD&RR)規劃在 2020 年第三季由五間公司中選定其中兩間進入下一階段的最後設計及風險審查(FD&RR)，根據決選結果，由貝爾 360 直升機及賽考斯基 Raider X 脫穎而出，接下來有 3 個月的時間提交以及詳細設計、建造和測試階段，預計在 2022 年進行首次原型機試飛，在完成 9 至 12 個月的飛行測試後，軍方會在 2024 年選定最終採購方案，希望在 2028 年能達到初始作戰能力(IOC)。

以下就進入初步設計及風險審查的方案做介紹，計有 AVX 與 L3Harris Technologies 合作的 CCH、貝爾公司的 Bell 360 Invictus、波音公司的

FARA、Karem 與諾斯洛普格魯門(Northrop Grumman)、雷神(Raytheon)公司合作的 AR40 及賽考斯基的 Raider X 等五種直升機設計方案：

(一) AVX 飛機與 L3Harris Technologies 的 CCH(CDRR 階段遭淘汰)

在本文先前已提到該公司正在對其 JMR 案的複合同軸直升機方案(CCH)執行空氣動力學及結構優化的測試，一開始該公司是利用數值模擬軟體進行氣動力布局的設計優化，主要模擬共軸旋翼、涵道式後置螺旋槳及前翼與機體間的流場分布，透過改變其構型設計達到氣動布局優化之目的。

然而在共軸旋翼的設計上，本質上來說 CCH 的設計理念和卡莫夫系列有巨大的差別，在卡莫夫共軸的設計圖上來說是去除尾槳提高機動性及靈活性，而 CCH 的設計為高速飛行，所以該機設前置升力，兩側前翼，並加裝了輔助推進裝置，後置的兩具涵道螺旋槳推進裝置，在大速度前飛的情況下，全機所有的前飛拉力將由涵道推進螺旋槳提供，因此主旋翼僅須提供升力，在高速飛行時，前翼及後側平尾翼將提供可觀的升力，最後主旋翼所需要提供的升力約為滯空的 40%，此舉可降旋翼轉速，規避了高速飛行狀態下常規旋翼固有的震動過大問題，對應這一狀態，AVX 公司未 CCH 設計了一套旋翼降轉速計技術，這也是卡莫夫經典同軸所不具備的特性之一。

圖 11、AVX 飛機與 L3 公司的 CCH 想像圖



資料來源：<http://www.avxaircraft.com>，西元 2021 年。

(二) Karem 與諾斯洛普格魯門(Northrop Grumman)、雷神(Raytheon)公司合作的 AR40：

Karem Aircraft 於 2019 年 7 月宣布已與諾斯羅普格魯門公司和雷神公司合作設計其 FARA 候選飛機。2019 年 10 月 16 日，Karem 公佈了其 AR40 設計，其命名也是為了符合美軍對於 FARA 長度限制的「40 英尺」來命名，AR40 具備直徑 40 英尺的剛性主旋翼，旋翼葉片透過電動執行精準控制，比起傳統葉片透過連桿控制整個旋翼面(Rotor disc)還來的細緻許多，並透過先進的飛控系統調整在滯空、平飛、爬升或下降階段

最合適的葉片攻角，以達到最佳的轉速效率。

與波音公司 FARA 方案不同的是，AR40 在機尾只有一句螺旋槳，這說明了此劇螺旋槳除抵銷轉矩外，還可以作為推進的動力使用，但目前 AR40 仍是概念模型，且在 2020 年的 CDRR 中未受到美軍獲選進入下一階段，故短時間可能仍無法看到此飛機在空中翱翔的。

圖 12、Karem , Northrop Grumman, Raytheon 公司的 AR40 想像圖



資料來源：<http://www.flightglobal.com/defence/karem-unveils-fara-design-for-us-army/134832.artilce>，西元 2021 年。

（三）波音公司的 FARA

波音公司的 FARA 候選飛機迄今尚無確切地命名，在 2020 年 3 月份 CDRR 截止前公開發表的預告片及圖片中可看出，其設計採用複合式單主旋翼設計，具有六片旋翼、單發動機且具有相當長的外型設計，機身尾部有四葉片尾旋翼及一具四葉片腿進螺旋槳，波音公司表示此設計是為了滿足美軍在速度上的性能要求，其實這在 1970 年代洛克希德公司所推出的 AH-56 Cheyenne 直昇機上就能看見，但因機尾傳動機構過於複雜，最終研發計畫中止；動力部分來自一具 T901 的發渦軸發動機，並搭配先進的線傳飛控系統，在 2020 年 3 月 CDRR 決選中，此提案未被美軍所青睞。

圖 13、波音公司飛機 FARA 想像圖



資料來源：<http://verticalmag.com/news/boeing-fara-design-revealed/?amp>，西元 2021 年。

(四) 貝爾公司的 Bell 360 Invictus：

貝爾公司在 2019 年首度改改展示其 360 Invictus 的全尺寸模型，此機是基於 Bell 525 Relentless 開發的旋翼系統建構而成，配備四旋翼葉片及七旋翼的涵道式尾旋翼(Fenestron)，動力組成為一具 GE T901 渦軸發動機及一具普惠的 PW204D1 發動機，其中 PW204D1 發動機是做為支援動力單元使用(SPU)，與輔助動力單元不同的是，其除了能作為地面維修及系統測試檢查的動力來源外，亦能在飛行過程中提供額外的加速動力，增加巡航速度、俯衝速率及酬載能力等。座艙部分採取縱列式布局，使駕駛員具有良好的視野，飛行速度可達 180 節以上，作戰半徑約 250 公里，且具有成熟的匿蹤技術及模組化的武器掛載系統，能使作戰部隊因應當前敵情做靈活運用。

機體外型透過旋翼轂護罩、流線型機身、涵道式尾旋翼、隱藏式起落架及發動機進、排氣口的安排，來縮小雷達截面積及熱源面積，也引進先進的模組化航電系統，在飛行操控上採取線傳飛控，並具備三重備用系統，強化自動化功能，使得飛行員的工作負荷有所降低，更能專注於作戰任務，另外模組化的航電系統也使維保人員更加方便，可有效降低維護人力工時成本。

武器系統方面，酬載重量約為 635 公斤，配有先進的光電偵測系統，武器部分具備三管旋轉 20 公厘機砲，機腹下方可以掛載 12 枚反裝甲飛彈，在兩側的共升翼面除了提供升力外，還可做為武器掛載點，每側最多可掛載 4 枚飛彈。

圖 14、貝爾 360 Invictus 想像圖



資料來源：<http://www.bellflight.com>，西元 2021 年。

(五) 賽考斯基的 Raider X：

賽考斯基的 Raider X 的開發是應用 X2 和 S-97 上使用的直升機技術，與洛克希德馬丁公司合作研發的複合式同軸旋翼機，Raider X 基本是 S-97 Raider 的放大版，是為了容納新一代美軍渦輪軸發動機(GE T901 turboshaft)，主要特色類似於 Karem AR40 直升機，在滯空時能有更好的機動性能，並且能克服旋翼的速度限制，最高速度可達 250 節(約為 463 公里/小時)，飛行高度達到 9000 英尺以上，全機重量約為 14,000 磅(6,400 公斤)。

座艙採並排式設計，並配備有隱藏式武器夾艙及模組化的偵測系統，以方便後續能根據 FARA 的需求或是未來升級套件做更新。

圖 15、賽考斯基 Raider X 想像圖



資料來源：<http://www.lockheedmartin.com>，西元 2021 年。

肆、 結論

直升機在各戰爭中戰術運用地位越來越重要，由於戰爭型態不斷變化，對各類直升機的需求不斷增大，戰場環境也對直升機性能和作戰能力要求不斷提高，進而加速軍用直升機的升級和世代更迭，隨著高新技術廣泛應用，下一代直升機在軍用領域要求飛行速度更快、機動性能更好、生存能力更強、航電武器更先進等，以適應全天候惡劣環境作戰。

相比美軍現各型直升機巡航速度約在 200-300 公里/時，在歷經戰火的驗證下，已難以滿足現代戰爭高速機動打擊需求，因此定義美軍未來直升機(FVL)巡航速度須達到 400-500 公里/時，以有效提升其機動性、作戰能力及運輸效率，此外高度智能化是未來直升機的一個發展趨勢，目前武裝型直升機帶給飛行員的工作量還相當大，有的還需要兩位飛行員，一位負責駕駛，一位負責火控，隨著電傳飛控技術的發展與應用，智能程度不斷提高，將大幅度減輕飛行員的工作強度；同時，在後勤維保方面，模組化設計也是未來直升機的一個重要發展趨勢，能夠大幅度提高飛行維修效率，特別是當直升機出現戰損或部分組件故障的時候，保廠前支組人員可以不依賴五級或原廠人員的評估，可直接進行模組化的更換，後續再將此模組後送維修，進而快速恢復飛機妥善，以提高戰場存活率。

參考文獻

一、中文部分

- 1、國防部，《中華民國 110 年國防總檢討》，民國 110 年。
- 2、行政院，〈國情簡介-政治、國防、外交-國防〉，
<https://www.ey.gov.tw/state/B099023D3EE2B593/a3105a8d-dd44-4587-8627-92eafef30973>，民國 110 年 3 月 11 日。
- 3、漢翔航空工業股份有限公司，〈UH-1H 直升機(1969~)〉，
<https://www.aidc.com.tw/tw/military/uh1h>，民國 104 年。
- 4、紀永添，〈淺談台灣購買阿帕契攻擊直升機的軍事價值與問題!〉《台灣新社會智庫》(台北市)，民國 103 年。
- 5、李思平，〈誰是未來的旋翼機霸主?淺談未來直升機計畫〉《尖端科技軍室雜誌社》(台北市)，民國 106 年。

二、英文部分

- 1、Congressional Research Service，〈Army Future Vertical Lift(FVL) Program〉，<https://sgp.fas.org/crs/weapons/IF11367.pdf>，西元 2021 年。
- 2、Mike Hirschberg，〈JMR Technology Demonstration Update: The road to Future Vertical Lift〉，https://vtol.org/files/dmfile/JMR_Intro-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。
- 3、Richard Whittle，〈Karem Aircraft Building New Tiltrotor Ideas〉，
http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Karem-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。
- 4、Richard Whittle，〈Build Them and You Will Learn〉，
http://vtol.org/files/dmfile/JMR_Bell-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。
- 5、Frank Colucci，〈Compound Interesting〉，
http://vtol.org/files/dmfile/JMR_AVX-Vertiflite.pdf，西元 2016 年。
- 6、Frank Colucci，〈Scaling Up Success〉，
<http://vtol.org/files/dmfile/JMRSikorskyBoeing.pdf>，西元 2016 年。
- 7、Frank Colucci，〈Making FVL〉，
http://vtol.org/files/dmfile/fvl_v_septoct_2021.pdf，西元 2016 年。
- 8、Wikipdiai，〈Future Vertical Lift〉，
http://en.m.wikipedia.org/wiki/Future_Vertical_Lift，西元 2021 年。
- 9、Wikipdiai，〈Future Attack Reconnaissance Aircraft〉，
http://en.m.wikipedia.org/wiki/Future_Attack_Reconnaissance_Aircraft，西元 2021 年。
- 10、Wikipdiai，〈Future Long-Range Assault Aircraft〉，
http://en.m.wikipedia.org/wiki/Future_Long-Range_Assault_Aircraft，西元 2021 年。

筆者簡介



姓名：劉子平

級職：上尉組長

學歷：國防大學理工學院106年班。

經歷：情報官、組長。

電子信箱：tpliu@webmail.mil.tw

ccit8012@gmail.com