

平流層飛船之軍事通訊運用與發展

作者／中科院資通所研究員王岳吉

提要

- 一、飛船係為可操控且具有動力的航空器，在空中對目標區域執行長時間、不間斷、全天候監控，而平流層飛船與衛星通訊系統比較，具有成本更低、操作更容易及部署更快速之優勢。
- 二、平流層飛船飛行高度高，且視距傳輸距離遠，降低地球曲度影響，能在更廣的偵察範圍內對地面目標情報蒐集、偵察監視，提升通信中繼及戰場情蒐等運用，強化指管通情能力。
- 三、我國採守勢作戰方式，平流層飛船可避免絕大多數的地面武器攻擊，酬載情偵監及通信鏈路等裝備，與陸地、海洋、空中、太空等武器與指管相關系統進行介接與整合，也可作為低軌道衛星替代儀臺，提高情蒐與監偵效能，滿足防衛作戰需求，提升整體作戰能力。

關鍵詞：飛船、浮升器、平流層、高空平臺、通信中繼。

前言

隨著航太科技發展，對於導航定位、氣象觀測及軍事偵察等需求，各國紛紛投入不同運行高度的同步衛星、中軌道衛星及低軌道衛星，繞行地球軌道提供服務，然因衛星製造與發射準備期程長、地面接收站機動能力有限等問題，以及衛星造價昂貴且不易任意更換酬載，執行任務彈性低，反觀位於距地 20~50 公里高度的平流層，雖空氣稀薄，但天候相對穩定，飛船具備低成本、低能耗、長期滯空及快速部署等特性，執行任務彈性高，逐漸受到各國關注並投入研究發展。

2020 年元月防衛新聞報導¹，法國達利斯-阿萊尼塔航太集團(Thales Alenia Space)研發平流層飛船(Stratobus、譯為「雲上公車」)，全長 100 公尺、直徑 33 公尺，酬載可達 250 公斤，預於 2020 年進行縮小版(34×10 公尺)試飛，全尺寸將於 2021 年試飛，Stratobus 飄浮於 20 公里的平流層，提供直徑 200 公里監視範圍，並透過貼在巨大氣囊上的太陽能發電板供電，依日光照射角度調整以維持最佳產電效果，夜間則以燃料電池供應，電力可達 5KW，能保持在此空域長達乙年，藉由酬載不同的通信、雷達及光學等裝備，可長期執行各式任務。

本文先簡介平流層，再探討國外平流層飛船發展現況、通訊系統設計及國內飛船運用與發展，最後就國軍未來如何應用平流層飛船，提升作戰效益，創造我不對稱戰力優勢，提出

¹ Christina Mackenzie, "French military taps Thales to study ISR sensor options for 'Stratobus' airship," <http://www.defensenews.com>, 2020/01/10.

SWOT 分析及發展建議供參考。

平流層簡介

大氣層是地球最外部的氣體圈層，從下到上可分為五層，包含對流層、平流層、中間層、電離層及散逸層，其中對流層位於距地表約為 8~17 公里，厚度因季節與緯度而變化，特點為大氣對流運動顯著，冰霜雨雪等天氣現象都發生在對流層，每升高 100 米氣溫下降 0.6 攝氏度，而平流層(Stratospheric)為距地表約 10~50 公里處，臭氧層位於平流層之中，位於距地表 20~30 公里，可吸收紫外線，避免或減少紫外線對地表生物造成傷害，平流層特點為大氣水平運動為主，較穩定，幾乎沒有風雨雷電天氣，少有氣流擾動，較為安全，而平流層較低位置(20km)是飛船飛行的最佳選擇，依據統計此高度範圍內的風速最慢，最低風速僅 2m/s，冬季吹西風，夏季吹東風，春季、秋季(3~5 月與 9~11 月)為東風與西風逐漸交替，平均溫度約攝氏-70 度，濕度僅 2%，大氣壓力為 5kN/m² 約是海平面 5%，空氣密度 0.1kg/m³ 約是海平面 8%，平流層環境之風速、風向、溫度、濕度與時間變化及大氣壓力變化，如表 1 所列。

表 1 平流層 20 公里的環境

項次	項目	說明
一	風速與時間變化	(一) 南北緯 30 度內平均風速相對緩和，南北極平均風速強勁，臺灣上空(北緯 23.5 度)長期風速約莫 10~15m/s。 (二) 臺灣上空以 1 與 7 月風速較強，平均風速約 13~18m/s，4 月與 10 月風速較緩和，平均風速小於 18m/s。
二	風向與時間變化	(一) 臺灣位於赤道到北緯 30 度的區域，夏季東西向的風會比冬季大，南北向的風大小則無趨勢變化，但南北向平均風速比東西向平均風速小得多。 (二) 臺灣上空風向呈現循環變化，於 16.7~24.8 公里由東向西吹，循環至西向東吹。
三	溫度、濕度與時間變化	(一) 臺灣位於赤道到北緯 30 度的區域，平流層平均溫度約攝氏-70 度，且全年平均溫度僅變化攝氏 4 度，非常穩定。 (二) 隨高度增加濕度漸減，在高度 11 公里以上，濕度迅速減少，臺灣上空高度 20 公里處濕度僅 2%。
四	大氣壓力變化	(一) 海平面→大氣壓力 101.3Kpa。 (二) 對流層 5km→大氣壓力 44.84Kpa。 (三) 對流層頂 8km→大氣壓力 11.24Kpa。 (四) 平流層 20km→大氣壓力 5.47Kpa。

資料來源：作者整理。

平流層飛船發展現況

平流層飛船與衛星相比，因衛星通過觀測區域的凌空時間短(以秒計算)、資訊量有限，且通常軌道固定，可被準確預測其通過時間，且衛星製造與發射準備期程長，機動能力有限等限制問題。鑑此，國外自 19 世紀初開始發展飛船，迄今已有極大的進步，以運行於距地表 20~30 公里高度平流層環境的無人載具，如無人機、氣球與飛船等，搭載衛星或通訊設備，進行各式任務，逐漸受到各國關注並投入研究發展。

平流層飛船有高海拔的優勢，相對地飛船本體與酬載須有更佳的可靠度來克服較高太陽輻射與較低熱對流，其中酬載裝備可透過保溫箱(低溫約攝氏-70 度)在高空中運作，但飛船要在平流層保持固定的位置則是相對困難，平流層的風環境對比與海平面相對和緩，但仍需消耗許多能源使飛船維持在固定位置，保持飛行所需的動力與風速的立方成比例，電力能源的補充大多仰賴太陽能，因此，平流層風環境、太陽光照決定飛船的使用與續航力。

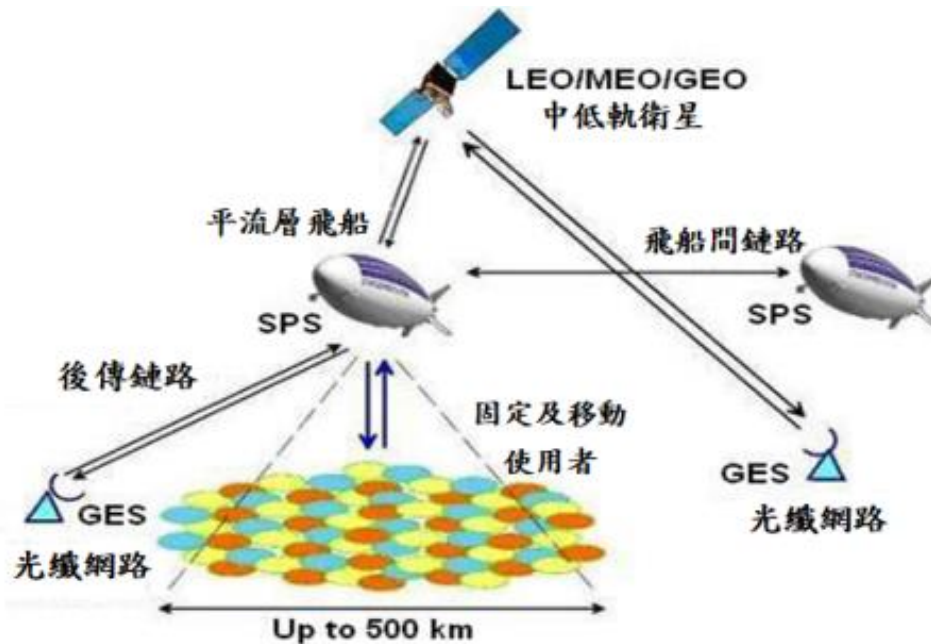
國外飛船自 19 世紀初開始發展，至今已有極大的進步，因平流層為專屬空域，不受天氣與商業客機影響，在平流層飛行的太陽能飛船具有成本更低、操作更容易及部署更快速之優勢，已成為航空業及科技業角力的新場域。2019 年 10 月財團法人科技政策研究與資訊中心報導²，轉述 NSR 研究公司指出，平流層無人機、氣球與飛船之發展，主要為可與現有衛星網路成為互補性運用，作為衛星與地面站之間的中繼站，以改善數據傳輸、減少地面與太空所需基礎設施，並且可進行高空拍照、監控或提供網路服務，不僅有商業價值，更是在軍事或國防上具有價值存在。目前全世界約有 40 個開發專案正在進行中，市場預估平流層無人載有機會成為下世代第六代(6th Generation, 6G)佈建的主流技術之一，未來十年更可能創造 17 億美元價值收入。

2016 年工商科技大學(University of Business and Technology, UBT)於國際論文³發表「平流層飛船平臺系統(Stratospheric Platform System, SPS)之發展」，平流層飛船藉由平臺之間鏈結(Inter SPS Links)，涵蓋地面 400~600 公里通訊網路，並以衛星(含轉頻器)作為後傳鏈路，構連到地面衛星站臺(Ground Earth Station, GES)，以銜接到光纖網路，亦可於 SPS 部署區域性後傳鏈路(Local Backhaul Links to GES)以連接到地面站，SPS 飛船平臺可快速裝載軍用設備，如偵蒐雷達、微衛星及通信中繼裝備，較具彈性地執行任務，也可滿足遭遇天災害發生時，作為地面大涵蓋範圍之救災通訊網路，提供災民與救災部隊使用，如圖 1。以下簡介各國平流層飛船之發展：

² 科技產業資訊室，〈平流層太陽能無人機可成為衛星和地面站之間的中繼站、提供通信網路服務〉，財團法人科技政策研究與資訊中心，<https://iknow.stpi.narl.org.tw>，2019 年 10 月 7 日，(檢索日期：2020 年 5 月 30 日)。

³ Dimov Stojce Ilcev, "Development of Airships Stratospheric Platform Systems (SPS)," UBT International Conference, 2016, Oct 28th.

圖 1 飛船結合衛星網路架構示意圖



資料來源：Dimov Stojce Ilcev, “Development of Airships Stratospheric Platform Systems (SPS),” UBT International Conference, 2016, Oct 28th.

一、美國- High Platform II

1969 年美國海軍支持 Raven 公司研製高空平臺(High Platform II)⁴，為最早於平流層進行飛船(High-Altitude Platforms, HAPs)研究，主要為高空偵察實驗，載具長 25 公尺、重 62 公斤、具備電動螺旋槳的推進裝置、太陽能電池功率 300 W 及持續力 1 小時，飛達約 21 公里高度，此為第一架具備動力系統飛行於平流層的飛船，如圖 2，後續改以 HiSentinel 系列進行精進與飛行驗證。

圖 2 High Platform II 飛船



資料來源：Flavio Araripe d'Oliveira, “High-Altitude Platforms-Present Situation and Technology Trends,” Journal of Aerospace Technology and Management, 2016, Sept.

⁴ Flavio Araripe d'Oliveira, “High-Altitude Platforms-Present Situation and Technology Trends,” Journal of Aerospace Technology and Management, 2016, Sept.

二、美國-HiSentinel 系列

1999~2010 年美國陸軍執行 HiSentinel 系列計畫⁵，如表 2 所列，開發低成本的無人飛船系統，由 Southwest Research Institute(SwRI)公司負責設計飛船結構、遙測、飛行控制、動力與推進系統，另由 Aerostar 公司負責蒙皮製造、船體製造、飛船整合與試飛，其中 HiSentinel-20 為全世界第二個使用推進動力飛行的平流層飛船，HiSentinel-80⁶是系列中體積最大(長度 60.65 公尺、直徑 13.86 公尺)，具備陣列太陽能電池，係由 92 個電池板組裝串聯成 120V 電壓，升空前為 Z 形折疊，升空後自動展開成接近水平狀態，提供最大功率 1.2kW，2010 年 11 月試飛，飛行時間 8 個小時，獲得性能數據並驗證工程可行性及可能軍事用途，如圖 3，後續並未見其他精進規劃。

表 2 HiSentinel 系列飛船比較

HiSentinel 系列	尺寸	有效酬載	飛行紀錄
HiSentinel-20	44.5 公尺	9 公斤	2005 年 11 月試飛，高度 22.5 公里，飛行時間 5 小時。
HiSentinel-50	54.46 公尺、直徑 12.1 公尺	22.6 公斤	2008 年 6 月試飛，高度達 20.17 公里。
HiSentinel-80	60.65 公尺、直徑 13.86 公尺	36.2 公斤	2010 年 11 月試飛，高度達 20.17 公里，飛行時間 8 個小時。

資料來源：作者整理。



圖 3 HiSentinel-80 飛船

資料來源：Michael Fortenberry, Michael Lee, “HiSentinel-80 : Flight of a High Altitude Airship,” 11th AIAA Aviation Technology, Interaction, and Operations(ATIO) Conference, September 2011.

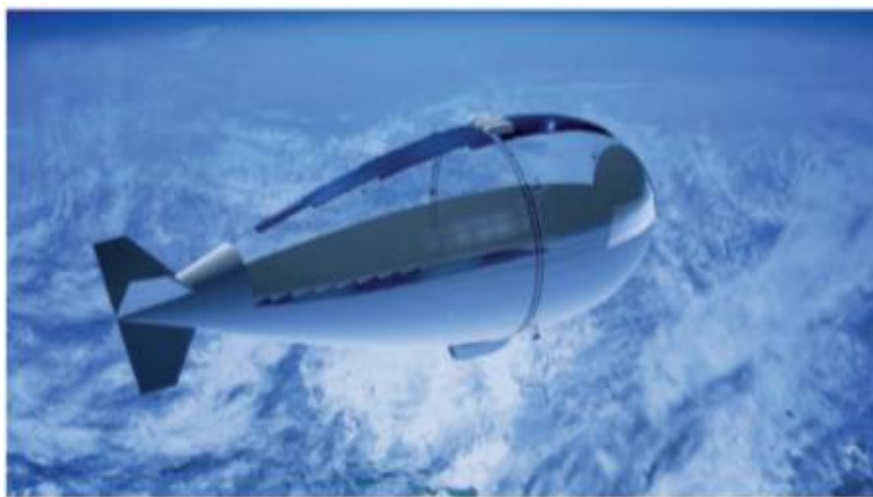
⁵Joe Fohn, “TALS(Tactical Aerobotic Launch System) Application,” Technology Today, Volume 35, No.2, Spring 2014, p.10~12.

⁶Michael Fortenberry, Michael Lee, “HiSentinel-80 : Flight of a High Altitude Airship,” 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations(ATIO) Conference, September 2011.

三、法國-Stratobus

1971 年起法國 Airstar Aerospace 陸續開發低、中、高空氣球與飛船，2015 起該公司支持泰勒斯-阿萊尼塔航太集團(Thales Alenia Space)⁷著手研發平流層飛船 Stratobus，全長 100 公尺，直徑 33 公尺，有效載荷達 250 公斤，飛船定位為無人飛行器與衛星功能，飄浮距地 20 公里之平流層上邊，提供直徑 200 公里的監視範圍，並且能保持在固定空域位置長達乙年，籌載不同光學、雷達及通信等裝備，長期執行電波中繼、地面監控及大地遙測等任務，其設計結合幾項創新的解決方案，例如透明蒙皮配合船體內部聚光鏡將陽光匯集至船體內部太陽能電池板，以縮小電池板尺寸與重量及保護電池材料退化，如圖 4，預於 2020 年全尺寸首次飛行，惟發展進度落後，將延期於 2020 年~2021 年試飛。

圖 4 Stratobus 飛船



資料來源：Maria Mellouli. “Thales Alenia Space and Thales Sign Concept Study Contract With French Defense Procurement Agency For Stratobus Type Platform,” <https://www.thalesgroup.com>, 2020/01/08.

平流層飛船通訊系統設計

國防部規劃以繫留式浮空器搭載相關感測器，以作為酬載偵蒐設備的載具，其系統組成包含浮空器本體、酬載、繫繩、繫泊系統及地面控制站等，浮空器本體係以氦氣填充，球體可穩定滯空，而不同尺寸大小的浮空器具有不同的浮昇力以支持酬載設備，如雷達、電力光學/紅外線系統(Electro Optical/Infrared, EO/IR)、感測器或通訊設備等，惟繫留式浮空器受限於繫繩、酬載重量等限制與缺點，而平流層(20~30 公里)雖然空氣稀薄，但天候相對穩定，適合飛船類的浮空器在此一空域長期滯空執行任務，飛船載具高彈性的網路規劃與佈建、高頻寬大涵蓋範圍、可回收以及修復等特性，且因其位處於空中，對地面偵測範圍大亦無需土地資源的徵收成本，具有相當大的發展優勢。因此，美國、日本、法國等各國陸續投入平流層飛船之技術發展。

⁷ Maria Mellouli, “Thales Alenia Space and Thales Sign Concept Study Contract With French Defense Procurement Agency For Stratobus Type Platform,” <https://www.thalesgroup.com>, 2020/01/08.

本研究先摘要說明繫留式浮空器發展，後續再討論以平流層飛船酬載通訊系統之設計與評估：

一、繫留式浮空器

繫留式浮空器，外型類似飛船樣貌，其系統組成包含浮空器本體、酬載(Payload)、繫繩(Tether)、繫泊系統(Mooring)及地面控制站(Ground Control)，浮空器本體係以氦氣填充，球體可穩定滯空，而不同尺寸大小的浮空器具有不同的浮昇力以支持酬載設備。繫留式浮空器係依靠繫繩連接至地面站，除作為連結外，繫繩可提供電力及數據傳輸之光纖線路，浮空器繫繩大都由 Kevlar 材料製成，可抵擋強風與雷擊，而繫泊系統則具有旋轉平台及絞盤，用以發射及收回浮空器。

尺寸越大的浮空器，滯空時間長，則連續監控的時間越久；但相對來說，尺寸越小的浮空器則機動性高，設置的時間越快。所謂戰術級浮空器，是指部署時間迅速，且在惡劣的地形下也可有高度的移動性，目前有美國、英國、加拿大、澳洲、義大利、埃及、巴西、以色列、伊拉克、阿富汗、約旦及阿拉伯聯合大公國等 12 個國家部署戰術級浮空器系統，用來監控國境邊界、國土安全活動、重要基地、港口監視警戒及作為通訊中繼站，目前較具規模之繫留式浮空器如表 3 所列。

表 3 繫留式浮空器比較

廠牌	TCOM	SOFTBANK
推進動力	無	無
電力	地面連接纜線	地面連接纜線
飛行時間	最多 2 個月	最多 1 個月
負載重量	最大 7500K	最大 15K
防凍箱	無	無
飛行高度	最高 5000 公尺	最高 100 公尺
控制定點滯留	無	無
回收能力	整顆回收	整顆回收

資料來源：作者整理。

二、高空平臺

1997 年國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)於無線電規則第 S1.66A 條款定義平流層通訊用之高空平臺(HAPs)，定義平流層 20~50km 高度是相對於地球特定靜止區域，該區域不屬於行動通訊，類似於高山上的一個轉發站或中繼站，於 HAPs 架設通訊系統之特性，如表 4 所列，相關優點為：

(一)傳播延遲

路徑延遲時間小於 0.5ms，長時間靜止於 HAPs 之通訊系統應可替代衛星，以分流地面

無線通訊系統負載。

(二)覆蓋範圍

HAPs覆蓋比地面通訊及衛星通訊來說，是種較為經濟實惠的方式，開發成本較衛星系統低廉，佈建數個HAPs就可有大範圍通信覆蓋。

(三)發展週期

HAPs可經常起飛與降落，進行通訊系統之維護與升級。

(四)路徑損耗

HAPs通訊設備之發射功率可以降低，有利於地面終端設備的小型化。

表 4 HAPs 通訊系統特性

特性	說明
地面終端成本	地面無線通訊終端設備較易取得
地面終端發射功率	中低
傳播延遲	傳播延遲時間不到 0.5ms
通道品質	衰減相對少 65dB
網路服務	可提供大範圍網路服務
營運成本	定時降落地面補充氦氣與維修
訊號遮蔽	除低仰角位置外，幾乎無遮蔽
升級維護	容易

資料來源：作者整理。

三、頻譜規劃

為滿足特殊應用(如救災)與常規應用(如商用)的運用需求，ITU 研究估計上行鏈路(地面到 HAPs)之需求頻寬約 396~2969MHz 及下行鏈路(HAPs 到地面)之需求頻寬約 324~1505MHz，正式頻譜規劃位於 6GHz、27~31GHz 及 47~48GHz 頻段，如表 5 所列。

表 5 HAPs 正式頻譜規劃

頻段	鏈路
6440-6520MHz 及 6560-6640MHz	上/下行鏈路
31.0-31.3GHz 及 27.9-28.2GHz	上/下行鏈路
47.2-47.5GHz 及 47.9-48.2GHz	上/下行鏈路

資料來源：作者整理。

四、覆蓋區域

國際電信聯盟 ITU 係依地面對 HAPs 的仰角來定義覆蓋區域，HAPs 與地面設備的最小仰角越低，覆蓋範圍越大，因覆蓋區邊緣的低仰角(5~15°)會有較多的地面雜波。因此，在覆蓋區邊緣將使用最小仰角為 15°，20 公里平流層飛船對應最大覆蓋直徑(無遮蔽農村地區)約為 150 公里。不同 HAPs 高度對視距(LOS, Light Of Sight)通訊涵蓋之最大範圍為 R，經驗公式 $R=3.57*(\sqrt{H1}+\sqrt{H2})$ ，其中 R 為視距通訊最大範圍(公里)、H1 為發射天線高度(公尺)及 H2

為接收天線高度(公尺)，HAPs 高度增加，視距通訊覆蓋最大半徑也會增加，當 HAPs 高度達 20km，視距通訊覆蓋最大可達 500km，但覆蓋區邊緣因為低訊雜比容易發生網路阻塞損失。

五、通道特性

高空平臺鏈路多以 Ricean 分佈描述小範圍衰減(Small Scale Fading)，小部分使用 Rayleigh 分佈描述城市地區的多重路徑效應，考量自由空間路徑損耗與距離的平方成反比，高空平臺接收功率以對地距離的二次方衰減，Rician K Factor 公式為 $K=A^2/(2\sigma^2)$ ，其中 A 是接收功率屬於視距信號的振幅， $2\sigma^2$ 是多重路徑分量的平均功率，高空平臺的 K 值較大，高空平臺鏈路的視距路徑具更有利的傳播特性。

在不同仰角的平流層，地表傳播通道都有相同的趨勢，仰角越高，K Factor 越大，趨向 Rician 通道，平均接收功率標準差越小，通道穩定；反之仰角越小 K factor 變小，接收到非常多的非視距訊號，能量越趨向 Rayleigh 通道，而且平均接收功率標準差越大，通道持續變化高空平臺鏈路到使用者端的傾斜路徑比較短，因此與相同距離的地面鏈路相比，高空平臺鏈路的降雨衰減相對較小。

國內飛船運用與發展

2019 年 11 月青年日報登載國防大學舉辦「第 28 屆國防科技學術研討會」⁸，因應未來國防科技發展，透過整合軍民力量，打造創新國防科技工業，進而厚植國防戰力，維護國家安全。本次研討會中的一大亮點為大型無人飛船，係由交通大學與民間業者合作開發非繫留飛船，未來將作為空中基地通訊臺之載具，如圖 5。該飛船酬載包含 GPS 接收器、飛控模組(含控制電動馬達出力及調整飛船尾舵擺角)及通訊模組等，相關規格如表 6 所列。

圖 5 交通大學大型無人飛船



資料來源：即時新聞，〈國防科技學術研討會、建立國防科技合作交流平臺〉<https://www.ydn.com.tw>，《青年日報》，2019 年 11 月 22 日，（檢索日期：2020 年 5 月 30 日）。

⁸即時新聞，〈國防科技學術研討會、建立國防科技合作交流平臺〉<https://www.ydn.com.tw>，《青年日報》，2019 年 11 月 22 日，（檢索日期：2020 年 5 月 30 日）。

表 6 交通大學大型無人飛船規格表

飛船型號	THUAB-1490
飛船尺寸	長度約 15 公尺，最大直徑約 3 公尺。
動力來源	鋰鐵電池組，馬達連續出力 30 分鐘內。
最大飛行淨荷重	4 公斤。
飛船氣囊材質	TPU Polyurethane 0.126mm。
操作風速	風速 7 m/s(4 級風)以下。
操作高度	800 公尺。

資料來源：作者整理。

未來國軍發展建議

我國國軍採守勢作戰，目前各軍種武器戰備及雷達偵蒐等系統所需無線網路通訊手段，如高山微波等，多運用高山固定站臺架設天線鐵塔，地面網路則以結合國軍資訊光纖網路為主，惟高山固定站臺在戰時可能均已被摧毀，鑑此係以機動微波車作戰損替補，仍受限於高山道路受阻或戰況接替時間等限制。另外，國軍各式 U/VHF、HF 無線電機及集群中繼無線電系統(Trunking Radio)多以高山站臺或陣地鐵塔架設固定中繼站，惟常受限於視距傳輸、電力中斷或災防毀損，綜上述，國軍曾多次探討通信中繼架設手段，除現有通信(微波)中繼車外，仍檢討其他手段，包含定翼或旋翼式無人飛行載具(UAS)、雲梯車延伸梯長、繫留式浮升器或平流層飛船等方式，其中前乙項有酬載時間與重量之限制、第二項則有架設高度限制，第三及四項雖為浮升器類，比較如表 7 所列，接下來將以平流層飛船作為探討主軸。

表 7 浮升器類別比較表

項目	繫留式浮升器	平流層飛船
空域限制	繫繩長度(含飛行控制及電力供應)及風速	20 公里平流層空域
運用效益	通信中繼為主	目標偵蒐、通信中繼及電戰干擾
經費成本	低	高

資料來源：作者整理。

平流層飛船在相對敵情威脅下，可避免絕大多數的地面武器攻擊，然敵人欲攻擊該飛船須具備能進入平流層的相關能加與武器，而該空間大、裝備鎖定不易，增加攻擊成本。另外，我方飛船亦可酬載電子反制裝備加以防護，確保飛船存活率，酬載情偵監及通信鏈路等裝備，與陸地、海洋、空中、太空等武器與指管相關系統進行介接與整合，也可作為低軌道衛星替代載臺，提高情蒐與監偵效能，滿足防衛作戰需求，以下分析國軍未來發展平流層飛船之建

議。

一、SWOT 分析

依據 SWOT 分析，導出國軍平流層飛船發展策略重點，如表 8 所列。

表 8 SWOT 分析表

項目	SWOT 分析	
國軍導入平流層飛船發展	S 優勢： 一、守勢作戰較易依地需部署。 二、已聚焦在不對稱作戰思維。 三、以學合案為基礎奠基技術。	W 劣勢： 一、固定基礎設施較易遭摧毀。 二、地面異質網路介接限制多。 三、權責單位未能整體規劃。
	O 機會： 一、國內產學研界跨界合作。 二、國防產業發展條例通過。 三、國防部大型整合型計畫(類 DARPA) 啟動推動。	T 威脅： 一、中共平流層飛船計畫投入。 二、電戰干擾影響空中制磁權。 三、全球智財權布局搶佔市場。

資料來源：作者整理。

鑑此，由於平流層飛船具備低耗能、高續航力、高偵蒐範圍之優勢，在國內探空火箭技術未臻成熟及微衛星未發射建置之前，可望替代衛星，作為戰場情蒐、通信中繼及平時救災搜索之平臺，惟國內相關研究較少著墨，平流層飛船技術涵蓋航空工程、材料科學、結構力學、機電整合、自動控制及通訊等領域，為掌握關鍵技術，應以大型整合計畫進行跨領域研究，包含船體設與動力系統配置、通訊系統與電力系統及飛控與回收系統，並配合大氣風場及溫/溼度場氣候模型之建置進行研究與開發，建立國內自製平流層飛船所需關鍵技術能量。

二、運用發展

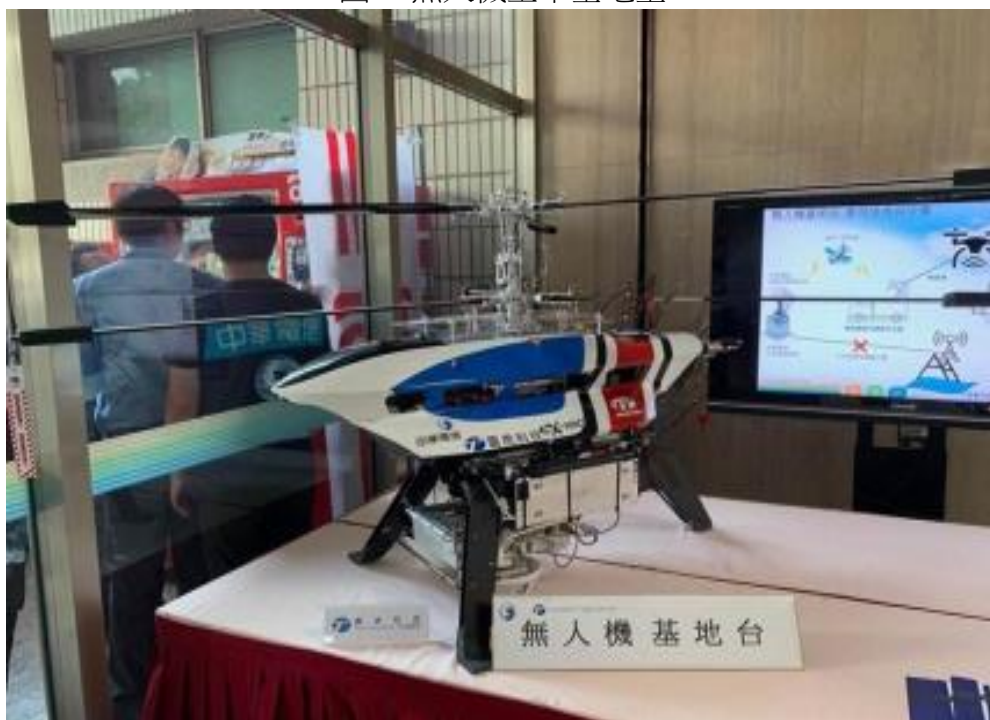
以往災情發生，偏鄉基地臺毀損時，如烏來事件，山青、國軍等搜救人員即背負高達 200 公斤之衛星終端及基地臺等設備，跋山涉水進入偏鄉至高點架設基地臺，並透過衛星通訊後傳鏈結到機房核網設備，相當耗時耗人力。2019 年中華電信與雷虎科技於「2019 台北國際航太暨國防工業及台灣無人飛行載具展」展示空中基地台系統(CHTUAS)⁹，透過無人機酬載 4G/5G 基地臺，提供行動用戶所需通訊，打造先進的防救災緊急通信系統。

當地面通信網路受到天災損毀，造成所有通訊中斷，中華電信衛星行動搶修車於災難現場就位後，搭配無人機酬載小型基地臺快速升空，利用繫留纜線提供電力與傳輸，並提供定點高度 100 公尺及 35 公斤承載能力，透過地面碟型天線將訊號發送至衛星，再由衛星中繼到

⁹即時報導，〈中華電信 5G 產業發展聯盟 雷虎展示防救災行動通信無人機〉<https://udn.com>，《經濟日報》，2020 年 6 月 23 日，(檢索日期：2020 年 6 月 23 日)。

地面站，建構完整行動通信網路，提供救援單位及災區民眾回報災情，掌握黃金救援 72 小時等緊急通訊需求(如圖 6)，未來可改為平流層飛船取代空中無人機，以提升涵蓋範圍，供國軍參考運用。

圖 6 無人機空中基地臺



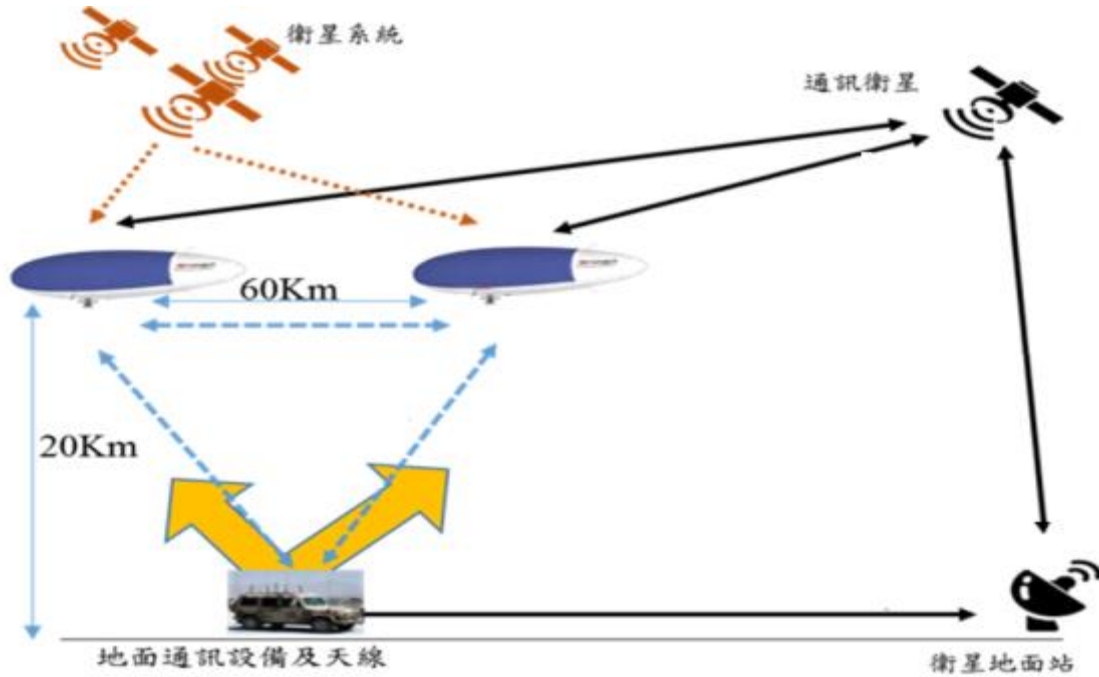
資料來源：即時報導，〈中華電信 5G 產業發展聯盟 雷虎展示防救災行動通信無人機〉<https://udn.com>，《經濟日報》，2020 年 6 月 23 日，（檢索日期：2020 年 6 月 23 日）。

三、未來規劃

在平流層飛船運用部分，未來階段性可結合產學研能量進行中低空飛船試飛，如交通大學無人飛船酬載 4 公斤之手持式集群中繼無線電機，定點升空 800 公尺，作為大臺北衛戍地區集群中繼無線電系統中繼站，可提供區域涵蓋內之車手機通連運用，後續視產學研界提出大型整合計畫之階段成果，奠基關鍵技術包含設計與製造巨大且輕質薄蒙皮、太陽能發電系統、燃料電池、浮力控制系統及船體氮氣熱管理系統等，並持續驗證 3 公里或 10~12 公里高空飛試，確認技術備便成熟度。

考量位於 20 公里高空平臺通訊相較地面地面與衛星系統具備許多優勢，如 高仰角低遮蔽、覆蓋範圍寬、路徑損耗特性、低傳播延遲、靈活性/可重新配置性等，因此高空平臺可提供快速乘載軍用通訊設備之國防應用，未來規劃於臺灣本島上空 20 公里處建立相距 60 公里之兩套平流層飛船，對地面通訊設備建立資料傳輸鏈路，並透過通訊衛星與衛星地面站建立飛船之控制傳輸鏈路，另外飛船可酬載通信中繼、雷達或偵蒐等裝備，如圖 7。

圖 7 平流層飛船結合衛星通訊與地面通訊設備



資料來源：作者整理。

結論

綜觀平流層飛船具有成本更低、操作更容易及部署更快速之優勢，在空中對目標區域執行長時間、不間斷、全天候監控，而平流層飛船飛行高度高且視距傳輸距離遠，降低地球曲度影響，能在更廣的偵察範圍內對地面目標情報蒐集、偵察監視，提升通信中繼及戰場情蒐等運用，強化指管通情能力，可符合「科技先導、資電優勢」建軍指導，建構精準、有效、價廉與高效的現代化武器系統、裝備。

參考文獻

- 一、科技產業資訊室，〈平流層太陽能無人機可成為衛星和地面站之間的中繼站、提供通信網路服務〉，財團法人科技政策研究與資訊中心，<https://iknow.stpi.narl.org.tw>，2019 年 10 月 7 日。
- 二、即時新聞，〈國防科技學術研討會、建立國防科技合作交流平臺〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw>，2019 年 11 月 22 日。
- 三、即時報導，〈中華電信 5G 產業發展聯盟 雷虎展示防救災行動通信無人機〉，《經濟日報》，<https://udn.com>，2020 年 6 月 23 日。
- 四、Michael Fortenberry, Michael Lee, "HiSentinel-80:Flight of a High Altitude Airship," 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations(ATIO) Conference, September 2011.
- 五、Joe Fohn. "TALS(Tactical Aerobotic Launch System) Application," Technology Today,

Spring 2014 Volume 35, No.2, P10~12.

- 六、 Flavio Araripe d'Oliveira, “High-Altitude Platforms-Present Situation and Technology Trends,” Journal of Aerospace Technology and Management, 2016, Sept.
- 七、 Dimov Stojce Ilcev. “Development of Airships Stratospheric Platform Systems (SPS)” UBT International Conference, 2016.Oct 28th.
- 八、 Maria Mellouli. “Thales Alenia Space and Thales Sign Concept Study Contract With French Defense Procurement Agency For Stratobus Type Platform,” <https://www.thalesgroup.com>, 2020/01/08.
- 九、 Christina Mackenzie. “French military taps Thales to study ISR sensor options for ‘Stratobus’ airship,” <http://www.defensenews.com>, 2020/01/10.

作者簡介

王岳吉中科院資通所研究員：學歷:國立東華大學應用數學所碩士。經歷:大成計畫系統工程組副組長、組長。