

探討風洞對高空滲透跳傘自由落體姿態之研析

筆者/鄧潔

提要

- 一、本研究旨在探討風洞對高空滲透跳傘自由落體姿態之研析，以強化本部高空滲透作戰能量為目的；藉風洞訓練模擬空中動態使學員熟悉空中運動姿態及緊急狀況處置，降低訓練風險，並提升高空滲透戰力。
- 二、垂直風洞是一種將空氣氣流以垂直方式在機器中流動，透過葉片旋轉以再循環運動改變氣流方向，使空氣從建築物的側面和下方留下，再通過飛行室回到中間，而再循環過程和轉向葉片使飛行室內的空氣保持無湍流，垂直方向能夠通過阻力抵消重力，就像在跳傘員離開飛行載具後，人員未開傘前所經歷的空中階段，以模擬實際上自由落體，若可藉由風洞訓練高空滲透跳傘自由落體定向與姿態滑行的技能，可有效提高訓練的安全性、技能提升、時間及成本效益的減少。
- 三、高空跳傘於自由落體階段，在學習空中姿態滑行時，因為從飛機上跳下來的恐懼到專注於高空滲透任務，它需要強大而具體的心理素質，空中自由落體必須充分利用四肢的改變產生不同的面積，讓人體面積在空氣中產生大小及角度的變化，進而讓跳傘者能在空中進行像飛行一樣的滑行。
- 四、經蒐整國內外相關資料及影片以文獻參考進行資料分析，並瞭解風洞之原理，探討風洞對自由落體姿態之研析，比較我國目前現行作業程序及訓練方式，對於我高空自由落體訓練藉由風洞訓練可獲致之效益進行論述探討，以提高訓練安全，並提出建議供工作實務上參考。

關鍵詞：高空滲透跳傘、自由落體、風洞、姿態滑行

壹、前言

本研究擬探討風洞用於高空滲透跳傘自由落體姿態之研析，希望能提高訓練安全性，降低危安，而高空跳傘是屬於高風險、耗時及複雜的高專長訓練，在學習空中姿態滑行時，因為從飛機上跳下來的恐懼到專注於高空滲透任務，它需要強大而具體的心理素質，若可藉由風洞訓練高空自由落體姿態滑行相關課目，精進跳傘者空中動作，可以提高訓練的安全性、技能提升、時間及成本效益的減少。

自由落體必須充分利用四肢的改變產生不同的面積，讓人體面積在空氣中產生大小及角度的變化，進而讓跳傘者能在空中進行像飛行一樣的滑行，假如以一個最大面積的姿勢在空氣中就能產生較大摩擦力，進而讓跳傘者在空氣中產生滑翔路線，而以小姿勢在空氣中，摩擦力較小在滑翔過程中就將形成高速度的降落及滑行，如何有效率的習得空中姿態滑行的技能，就是以風洞的訓練方式為佳。

為強化本部高空滲透作戰能量，利用風洞訓練模擬空中動態使學員熟悉空中運動姿態及緊急狀況處置，降低訓練風險，並提升高空滲透戰力，而空降訓練中心除了傘訓教官組及教勤營導航排實施高空跳傘任務，每年度的訓練流路也有開立高空滲透跳傘訓練班、高空專精班及高空複訓班等高專長班隊，因此，探討藉由風洞對於高空跳傘之研析，並做出有效建言乃是本研究的動機。

研究範圍因資源限制，本研究針對國外風洞相關資料及影片以文獻參考資料探討，加以歸納及分析，進行論述探討；研究限制部分，因本國無風洞設備，無法將研究結果立即適用於現況，若有相關經費可出國深造或爾後建置風洞，可作為訓練參考。

貳、風洞與高空自由落體姿態之文獻探討

在本章節將探討風洞與高空滲透訓練之自由落體姿態，蒐集國內外相關文獻，加以說明及解釋，並做概要性的整理，作為本研究理論之基礎。區分為兩節探討，第一節為風洞之介紹，第二節為高空滲透訓練之自由落體姿態介紹。

一、風洞

風洞涉及廣泛跨專業的系統課題，囊括了包括氣動力學、材料學、聲學等專業領域，西元 1871 年英國人建立世界上第一個風洞，美國萊特兄弟於 1901 年建造了風速 12 米/秒的風洞，從而發明世界上第一架飛機。1964 年在俄亥俄州的賴特派特森空軍基地，由跳傘運動員 Jack Tiffany 創下第一位人類在垂直風洞中飛行的紀錄，¹1979 年加拿大魁北克省的 AERODIUM 公司 Jean St.Germain 製造第一個垂直風洞，並申請專利，1982 年 Jean St.Germain 將概念賣給美國，並協助建造兩個垂直風洞，2005 年現代風洞

¹GQ Taiwan, <https://m.youtube.com/watch?v=GlFTgAJjggk>, 1:20~2:15。(檢閱時間 113 年 5 月 6 日)

誕生，2006 年冬季奧林匹克運動會閉幕式中的利用風洞完成飛行表演，讓世界看見垂直風洞，是很重要的里程碑。

整棟建築物為一個循環系統，建築物上方有四座巨大的風扇，直徑 12 英尺將空氣往上拉(圖 1)，空氣會循環至下方的兩個軸再回到上方² (圖 2)；風洞跳傘的原理是藉由「垂直風洞」的技術，起初用於飛行員及特戰兵，是為了在各種條件下都可以正常訓練而設計，早期風洞原理，風扇從下方將跳傘員吹起(圖 3)，1997 年風扇被移至上方風室圍住，這稱作開管流動系統。³(圖 4)

圖 1、風洞循環系統將空氣往上拉



圖 2、空氣循環狀態

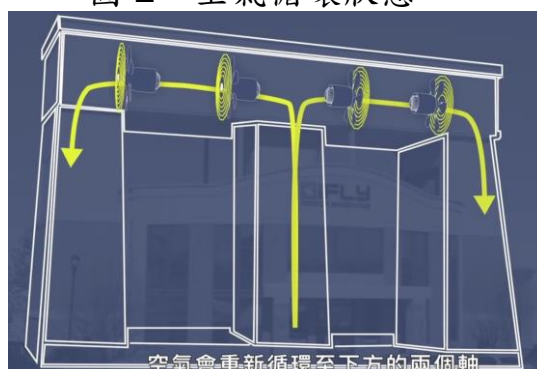
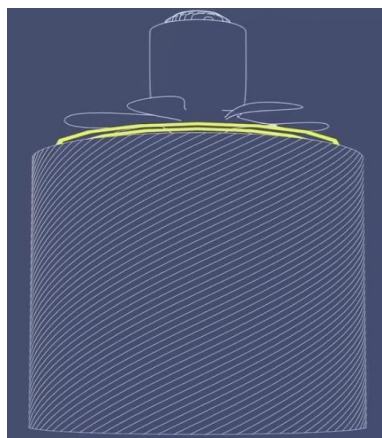


圖 3、早期垂直風洞



圖 4、開管流動系統



資料來源：GQ TAIWAN，<https://m.youtube.com/watch?v=GlFTgAJggk>

(一) 垂直風洞

垂直風洞 (Vertical wind tunnel) 是一種將空氣氣流以垂直方式在機器中流動，透過葉片旋轉以再循環運動改變氣流方向，使空氣從建築物的側面和下方留下，再通過飛行室回到中間，而再循環過程和轉向葉片使飛行室內的空氣保持無湍流，⁴垂直方向能夠通過阻力抵消重力，就像在跳

²同註 1。

³同註 1

⁴維基百科，<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%9E%82%E7%9B%B4%E9%A2%A8%E6%B4%9E>。(檢閱時間 113 年 5 月 6 日)。

傘員離開飛行載具後，人員未開傘前所經歷的空中階段，以模擬實際上自由落體，這項運動通常被稱為室內跳傘(indoor skydiving)或是人體飛行(body flight)，⁵跳傘員操控自己的身體位置與風共處，使自己前進、後退、左右轉、上升、下降，甚至還可以背飛及倒立飛行，要學會這些技術需要長時間的練習，不斷地累積經驗才能精進，而風洞訓練目前被廣泛運用在世界各國高空跳傘的訓練上。

垂直風洞主要的功能，是藉由這些垂直產生的氣流讓跳傘員在空中飄浮，並利用擬真來模仿空中自由落體，這些向上循環的氣流時速約為 195 公里/小時(55 公尺/每秒)，這是由人類在腹部朝下的估算出的中端速度，⁶除了提升風感，垂直風洞之所以被稱作室內跳傘，也是因為利用不受天氣影響的室內訓練器材來完成自由落體訓練。

二、種類

(一) 戶外開放式

戶外垂直風洞區分為固定式及可移動式，可移動式戶外垂直風洞通常用於室外活動，具有機動性，可配合更換場地做使用，通常只有大型規模活動才會租用戶外垂直風洞，因為此種形式的風洞沒有護牆，它的特色是可以直接帶給觀眾良好的視覺效果，也可以帶給飛行者寬闊的表演視角，如果是要給初學者進行飛行體驗時，則會在四周加裝上護牆或是安全網，以避免初學者跌出飛行區域受傷，⁷如圖 5。

(二) 室內封閉式

室內垂直風洞區分為循環式與非循環式，非循環式是從建築物底部進氣口吸入空氣，將氣流流經建築物內部，最後由建築物頂部排出。循環式垂直風洞是藉由旋轉的葉片帶動空氣，製造出一個循環的氣動力迴路。⁸這兩種形式的共同點都會在建築物內部設置飛行區域，相較於戶外開放式風洞，室內封閉式的氣流較柔和，且溫和順暢，人體適應佳且較易於控制，同時也不受天氣因素影響，因此不管在酷熱或寒冷的國家，也能全年無休的運作，如圖 6。

⁵同註 4

⁶同註 4

⁷陳義勇、張偉屏，《高空跳傘滲透專長訓練手冊(第一版)》，(民國 97 年 7 月 14 日)，第 3-76 頁。

⁸同註 4



表 1、戶外開放式及室內封閉式對照表

型式	戶外開放式	室內封閉式
環境影響	受環境氣候影響(雨、寒)	不受任何環境影響
建築高度	60 英尺以下	最低要求 60 英尺高
結構	小型	大型
工程	不複雜土建工程	需複雜土建工程
噪音	環境噪音較大	風扇於封閉管道內，無環境噪音問題
價格	便宜	昂貴
最高平均風速	225Km/h	300Km/h
氣流質量	渦流	平順
電力需求	大	較大

資料來源：作者自製

三、高空滲透訓練之自由落體姿態介紹

特種作戰須藉由快速及隱密之滲透方式來執行，當低空引張帶跳傘受限制時(如地面火力、地形障礙)，就必須仰賴高空滲透方式執行任務，⁹並靠著人員一個接一個集體跳出飛機，於自由落體時保持集結隊形及同一高度，以利開傘後順利集結進航，並依計畫著陸於目標區完成任務。¹⁰

高空滲透跳傘必須保持姿態穩定攜帶裝備跳離機門，穩定身體的技巧使傘兵可以在自由落體中排列隊形、攜帶裝備包小幅度移動、避開下方傘兵避免空中碰撞，將小組長保持在視線中，在空中時必須確認空降場位置，保持定向自由落體確認高度後自己拉傘。

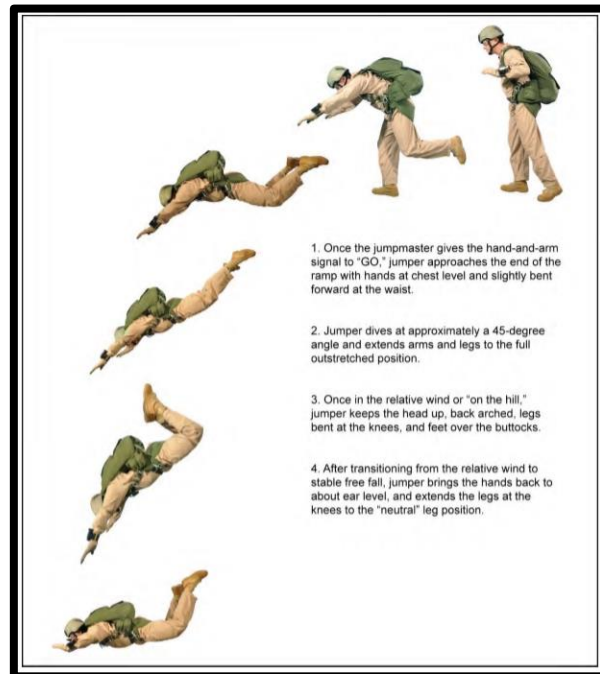
在空中不穩定的動作是造成高空跳傘危安的主因，無論是跳離機門或是在自由落體，未與風保持平衡，姿態不穩定會產生推墨和翻覆，不只造成自身的危險，亦會對其他一起自由落體的傘兵造成危險，且會妨礙戰術隊形排列。

⁹葉宜盛，《高空跳傘滲透專長訓練手冊》，(民國 108 年 10 月 17 日)，第 5-1 頁。

¹⁰葉宜盛，《高空跳傘滲透專長訓練手冊》，(民國 108 年 10 月 17 日)，第 5-2 頁。

從機艙內跳出到自由落體階段，身體必須保持穩定，將重心放在小腹，跳出方式區分跨跳及入水式，傘兵跳出後感受到風壓，保持頭部上仰，挺小腹彎曲膝蓋並且腳掌高於臀部，脫離風帶後，轉換回正常自由落體姿勢：將手移回至兩耳旁、雙腳後伸、膝蓋保持微彎，回到自然位置，¹¹如圖 7。

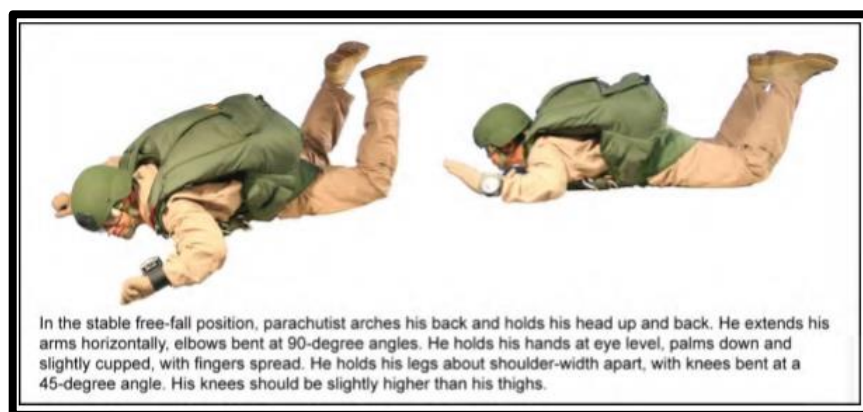
圖 7、入水式跳出至自由落體階段



資料來源：Special Forces Military Free-Fall Operations

而穩定的自由落體姿態，挺小腹並保持頭部上仰，將大臂平伸，手肘成 90 度，保持雙手在視線內、手掌向下微彎，手指張開。雙腳與肩同寬，膝蓋彎曲成 45 度，使持膝蓋略高於大腿，¹²如圖 8。

圖 8、自由落體姿態



資料來源：Special Forces Military Free-Fall Operations

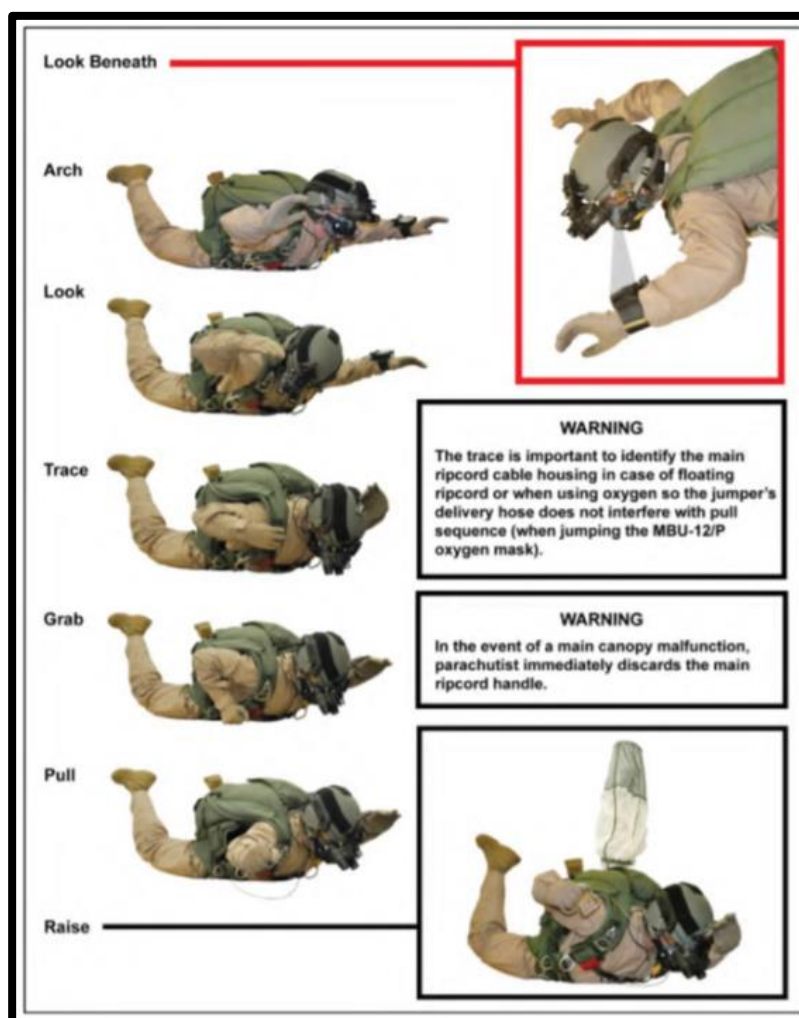
從自由落體階段到拉傘階段，傘兵在預先指定的高度執行拉傘動作，

¹¹ Special Forces Military Free-Fall Operations , ATP 3-18.11 AFMAN 11-411(I) NTTP 3-05.26M(2014) · p.7-3

¹² Special Forces Military Free-Fall Operations , ATP 3-18.11 AFMAN 11-411(I) NTTP 3-05.26M(2014) , p.7-4 。

在拉傘前，必須確定重心未偏移造成後退，因後退會導致引導傘於張傘時向前倒向傘兵頭部和身體，進而肇生纏繞。手沿著導管找到拉把，以右手抓住拉把，手臂伸直將拉把拉出，接著抬右肩以破壞直視地面產生的部份真空區，張傘後傘兵將拉把穿過手腕，¹³如圖 9。

圖 9、自由落體階段到拉傘階段

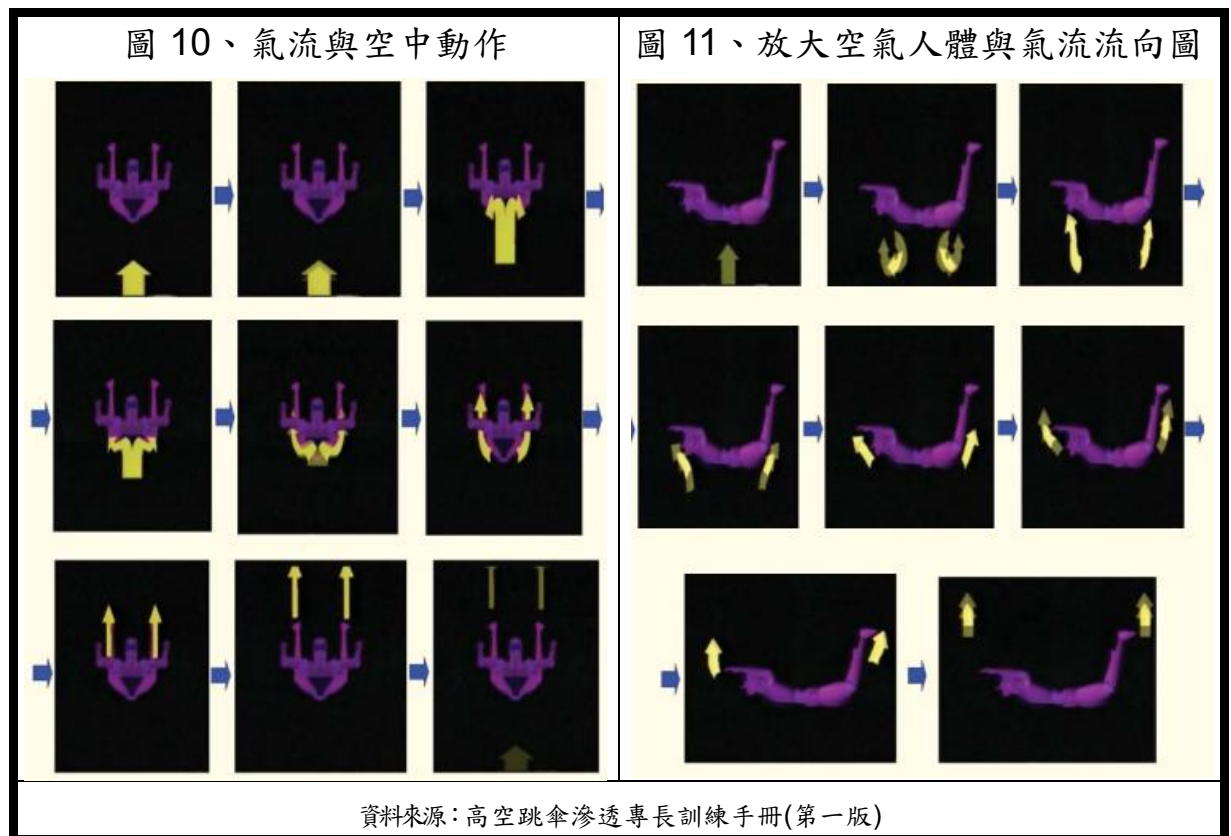


資料來源：Special Forces Military Free-Fall Operations

而如何使無經驗的初學者進階到可以實施空中跳傘，必須仰賴地面上嚴格且紮實的訓練，國內目前無建置風洞設施，在訓練及學習高空跳傘自由落體的基礎上，是讓初學者使用翹板來訓練自由落體的穩定動作，其目的在使學者習得高空跳傘能夠在自由落體下保持平衡且能穩定拉傘，藉由熟練姿勢及重心的掌握來奠定於空中姿態滑行所需各項動作之基礎，而穩定後的自由落體姿態，在空中接觸空氣會由人體產生穩定氣流，¹⁴如圖 10 及圖 11。

¹³ Special Forces Military Free-Fall Operations，ATP 3-18.11 AFMAN 11-411(I) NTP 3-05.26M(2014)，p.7-6。

¹⁴陳義勇、張偉屏，《高空跳傘滲透專長訓練手冊(第一版)》，(民國 97 年 7 月 14 日)，第 3-59 頁。



參、空中姿態滑行、手勢介紹與地面姿勢訓練

垂直風洞的主要功能，是讓學者在不需藉助航空器、飛行傘及滑翔翼等等飛行器具的狀況下，藉由垂直產生的氣流在空氣中讓學者飄浮飛行於空中。讓學者能學習到在真正跳傘前做好了準備，無論學者是從飛機上跳出於空中自由落體，還是空氣通過風洞飛行室向上流動，飛行的感覺都是一樣的。

風洞訓練須由慢而快逐步練習，先求穩定，後續才能有效，左、右平轉時必須使身體對正目標，轉角寧可稍大於 360 度，不可不足，上升時應注意手腳對稱避免人員側翻，藉由風洞執行訓練方式如下：

一、基礎飛行：

在進入風洞前，會由兩位教官先行進入，並先行完成設施的檢查，包含防護網是否牢固、馬達運轉時是否有異物噴出、風力是否達操作標準等項目，完成後教官引導學者從風洞入口進入，學者進入風洞後，慢慢將身體向下向前趴平，教官於左右協助學者將穩定式調整至定位，完成後由教官通知風洞儀器操作手開始，如圖 12。

(一)穩定式：

為初學者所學的基礎動作，在進入風洞後，肢體放大完成穩定式後，藉由風力將身體帶離防護網，並嘗試達到穩定平衡的狀態，如圖 13。

圖 12、基礎飛行示意圖



圖 13、穩定式



資料來源：空降訓練中心傘訓教官組拍攝

(二)蛙式：

當學者穩定式技術成熟後，可依教官指導於風洞中嘗試蛙式，來達到穩定的狀態，如圖 14。

(三)左、右轉動作：

將身體擺成斜面，若左手高右手低則會右轉，右手高左手低則會左轉，藉由斜面的空氣流體力學原理讓人員在風洞內旋轉，如圖 15。

圖 14、蛙式



圖 15、右轉



資料來源：空降訓練中心傘訓教官組拍攝

(四)前進、後退動作：

- 1、前進將雙手收回至肩膀兩側及將雙腳伸直，讓身體面積呈現前小後大，身體藉由空氣流體力學原理讓人員在風洞內前進，¹⁵如圖 16。
- 2、後退將雙手伸直及將雙腳勾起，讓身體面積呈現前大後小，身體藉由空氣流體力學原理讓人員在風洞內後退，¹⁶如圖 17。

¹⁵ www.tunnelflight.com/skills/flyer-level-1/belly-fly-forward-backward/

¹⁶ 同註 15



(五)放大、縮小動作：

- 1、將雙手收回及雙腳勾起及挺小腹，讓身體受風面積變小，身體因受風面積較小，落速就會變快，人員在風洞內就會下降，¹⁷如圖 18。
- 2、將雙手及雙腳伸直，讓身體呈現大字形使受風面積變大，身體因受風面積較大，落速就會變慢，人員在風洞內就會上升。

(六)側滑動作：

將右手及右腳伸直，使單邊身體面積受風，就能藉由空氣動力讓人員在風洞左側移，反之就是右側移，¹⁸如圖 19。



(七)武裝飛行

結合作戰任務需攜行之裝備包及武器，於執行跳傘前，先行於風洞中模擬訓練，使跳傘者習得負載武裝後，維持身體平衡及完成自由落體期間之各項動作要領，如圖 20。

¹⁷ www.tunnelflight.com/skills/flyer-level-1/belly-fly-side-sliding。

¹⁸

圖 20、武裝飛行



資料來源：空降訓練中心傘訓教官組拍攝

二、手勢介紹：

在垂直風洞中，因為風的關係，講話聲音會無法順利傳遞，此時需藉由手勢來達成教官與學者之間的溝通，以下為風洞訓練時，常使用手勢：

(一)兩腳伸直

食、中指水平比出勝利的手勢，將兩腳伸直，避免受風影響晃動，保持穩定。

(二)放輕鬆

比出「六」的姿勢，輕微晃動，放輕鬆，身體過於僵硬。

(三)兩腳彎曲

食、中指，向上做一個彎曲的動作，腳打太直，稍微放鬆微微彎曲。

(四)高低腳

兩手掌心向上伸出，並一高一低，表示雙腳狀態未平衡，需做調整。

(五)抬頭

以手比下巴，將頭抬起。

(六)眼睛保持注視前方

以食中指比向自己的眼睛，將目光注視前方。

(七)保持

拇指伸出，餘四指彎曲，比出「讚」的手勢，保持現在的姿態。

三、我國地面姿勢訓練

世界各國高空跳傘訓練模式並無差異，其不同在於所訓練的內容及執行方式的差別而已，如美軍有風洞訓練，而我國目前則以翹板訓練取代風洞訓練。高空跳傘訓練好與壞跟基本動作息息相關，藉由翹板訓練紮實的將基本動作打穩，就能在跳傘階段時驗證成果；動作協調佳之學者進步快、幅度也大，而動作較不佳的學者因為自由落體階段在沒有風洞輔助訓練的情況下，本來就需要較多的時間練習，才能提升技術，把握未來每一次的跳傘及修正機會，這是目

前國內訓練高空跳傘姿態穩定的方式。

(一)翹板訓練

學者將身體的重心置於翹板或摺疊板凳上，如圖 21，身體以小腹(腰部)為重(中)心，上、下半身向上挺起，同時兩臂及兩腳立即離地撐起成四肢張大動作即為穩定式動作，四肢離地同時口中答數五秒鐘，答數五秒鐘後仍須保持原姿勢。¹⁹

(二)穩定式

穩定式為高空跳傘者最基本之姿勢，其功用在以張大而平衡的姿勢及明顯的重心，使跳傘者在空中做垂直穩定下降，²⁰如圖 22。

(三)蛙式

在空中將穩定式轉換成蛙式，手腳和身體變動必須緩慢，太快或太急將使跳傘者失去穩定或無法達到預期的效果及目標。首先將兩手臂向左、右側平舉約與身體成九十度，小臂向內彎與大臂約呈九十度，使兩手小臂平行，手掌大約與耳朵略齊，兩腿分開約與肩同寬，小腹自然內收，小腿向上勾，與大腿略成垂直，並應注意全身肌肉必須放鬆，使身體(上半身)至大腿(下半身)平穩(衡)並微向上施力，²¹如圖 23。



肆、風洞訓練對我高空自由落體訓練之效益

垂直風洞專為室內跳傘、傘兵及特種部隊設計，模擬在空中飛行之訓練器材，不受天氣因素影響，可在安全環境下進行無限制自由落體飛行訓練。

我國高空滲透跳傘訓練班，儲訓學員各階段自由落體秒數與跳傘高度如下，

一、5 秒引張帶：4,000 呎：以穩定式出機門，並由 25 呎長之引張帶開傘。

二、5 秒自拉：4,500 呎：完成引張帶空跳訓練，並合於要求標準者，以穩定式出機門，自由落體答數五秒鐘後自行拉傘。

¹⁹陸軍空降訓練中心，《113 年高空跳傘翹板訓練教案》，(民國 113 年 12 月)，頁 11-14。

²⁰同註 19

²¹同註 19

- 三、8 秒自拉：4,500 呎：以穩定式出機門，自由落體答數八秒鐘後自行拉傘。
- 四、10 秒自拉：4,500 呎：以穩定式出機門，自由落體答數十秒鐘後自行拉傘。
- 五、12 秒自拉：5,000 呎：若穩定式姿態穩定，自由落體則改以入水式出機門，答數十二秒鐘後自行拉傘。
- 六、15 秒自拉：5,500 呎：以入水式出機門，自由落體答數十五秒鐘後自行拉傘。
- 七、20 秒自拉：6,000 呎：以入水式出機門，自由落體答數二十秒鐘後自行拉傘。

學員脫離引張帶評鑑後，都須經歷自由落體階段再自行拉傘，因此姿態穩定是安全非常重要的關鍵因素，若在不穩定的姿態拉傘，可能肇生人員翻覆致傘具包覆、引導傘纏繞人員及傘繩扭轉的情事發生；而地面訓練基礎訓練，攸關空中跳傘安全與否，地面姿勢動作訓練並非一成不變，在不影響安全前提下，可借有效輔助訓練方式，如我國目前實施之翹板訓練及國外風洞訓練，皆可改正學員不良姿勢。

空訓中心傘訓教官組駐地訓練，主要執行接力及疊傘科目，空中接力為極速跳傘一種，在人員跳出機門到未張傘前，兩人(含)以上靠自由落體速度，運用身體姿態滑行使相互觸碰到，稱之為空中接力；神龍小組經常執行課目為四人(多人)接力，為自由落體花式變換高級科目，先由兩員或四員以互牽方式跳離機門；後續人員採無間隔、無時差方式離機，再運用姿態滑行進入隊形，接續觸碰隊友身體，²²如圖 24，並於到達指定開傘高度後，各員須以俯衝方式離開，俯衝對於所有小組跳傘時是極重要的求生技巧，它使傘兵可以在張傘前水平散開，或當跳傘長誤判目標時彌補一大段距離；因此，愈多人一起跳傘時，他們的俯衝技術也要愈好，尤於他們散開時要俯衝更遠的距離，也要意識旁邊的隊員，²³並且要直線俯衝遠離中央隊型，如圖 25。

除地面上利用板車做練習外，若能有效完成課目，則可藉由風洞實際模擬空中接力及空中隊形變換，提升訓練能量。

²²葉宜盛，《高空跳傘滲透專長訓練手冊》，(民國 108 年 10 月 17 日)，第 6-17 頁。

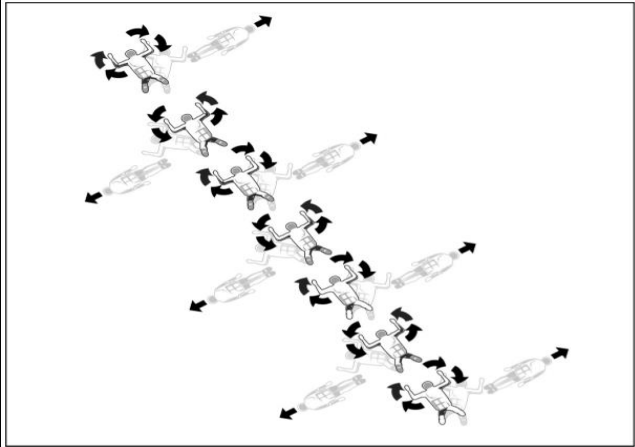
²³Special Forces Military Free-Fall Operations，ATP 3-18.11 AFMAN 11-411(I) NTPP 3-05.26M(2014)，p.7-9。

圖 24、多人接力依序進入隊形



資料來源：空降訓練中心傘訓教官組拍攝

圖 25、隊形解散俯衝示意圖



資料來源：Special Forces Military Free-Fall Operations，ATP
3-18.11 AFMAN 11-411(I) NTTP 3-05.26M(2014)，p.7-9

我高空自由落體訓練藉由風洞訓練可獲致之效益如下，

一、精進訓練效能：

透過高空滲透跳傘訓練模擬器之垂直風洞設施，使學員於飛行艙內模擬空中自由落體期間穩定姿勢，並可學習空中姿態滑行動作，如左右轉、前進、後退、上升、下降、俯衝等，提升實際跳傘訓練成效。

二、強化人員素質：

運用系統建置之可調式風速，可於室內實施自由落體姿態穩定及姿態滑行等模擬訓練，將不受時、空、地形之限制，以穩定訓練品質，強化人員素質。

三、降低實機空中跳傘訓練成本：

模擬器系統採循序漸進方式教導學員熟悉高空跳傘自由落體期間各項運動姿態，透過操作後之測試分析，有效於短期內精進跳傘技能，減少利用實機空中跳傘累積訓練經驗。

學員結訓須完成 40 次跳傘，有效使學員除達到結訓跳傘次數外，並同時具備高空跳傘基礎技能，無須靠跳傘次數堆疊訓練以完成評鑑課目，且學員跳傘高度與神龍隊員高度不同，可減少搭載實機增加不同高度之飛行圈數，減少航空用油消耗量及航空器具之損耗，進而延長我軍航空器壽命，降低訓練成本。

四、提升訓練效率

風洞訓練一分鐘飛行，相當於兩至三次高空跳傘自由落體秒數，風洞訓練課目主要一分鐘訓練，在訓練大姿勢空中飄浮，提高學者在空中平穩墜落的能力；三分鐘訓練，主要訓練空中左右移動動作要領，提高學者空中平穩定向能力；五分鐘訓練，訓練空中旋轉及翻滾動作，提高

長時間空中保持平衡能力；而一天下來的風洞時數就能頂替實際跳傘好幾十次的訓練量，並於檢討後直接進器材修正錯誤動作，在訓練成效上一定能大大縮減時間。

五、精進高階空中課目，提升訓練效益

風洞可六人以上多人同時飛行操作，隊員可實施接力課目，並練習隊形變換，其中循環式風洞系統風速大且穩定，可有效提升訓練效益，從自由落體基本技能、空中姿態不穩定之翻掉恢復、武裝訓練，並能確實有效提升定向、轉彎、前進、後退及放大等自由落體姿態之穩定性，學習於自由落體過程姿態控制，可有效驗證在風洞內完成練習及驗證所學之動作是否正確，另因為器材可以調整風力，讓初學者可以在低空中練習，待熟練之後，調整為較大風力使學者在較高的空層做較難的姿態動作及練習空中接力隊型等，有助於高空跳傘前之動作訓練，可提升作戰能力。

表 2、訓練方式對照表

翹板訓練與風洞訓練對照表		
訓練課目	自由落體姿勢訓練	
訓練方式	翹板訓練	風洞訓練
場地	不受限制	需有專業風洞設備
器材	板凳，或可將身體重心置於小腹之訓練設施	室內風洞
價格	便宜	昂貴
訓練方式	採土法煉鋼方式利用身體重心置於翹板	可調式風速，人員利用風感來抓重心，感受度較擬真
訓練環境	無自由落體感受度	最高平均風速 300Km/h
訓練效能	須配合實機空中跳傘以驗證地面訓練習得之技術	可於風洞訓練中，有效完成定向、左右轉、前進、後退、上升、下降等姿態滑行技能
訓練效率	低	高
訓練照片		

資料來源：作者自製

筆者於 107 年參訓高空滲透跳傘訓練班，先後完成地面姿勢訓練及空中實機跳傘 40 次，結訓後於 108 年 9 月自費前往韓國京畿道實施風洞訓練，Fly Station Korea 是韓國唯一一個室內高空跳傘體驗場所，所使用的風洞型號為 TT45V1，高約 19.8 公尺，寬 4.5 公尺，左右各有兩顆馬達，最高時速可達 360 公里，風速會根據人的體格用電腦設定進行調整，除了一名教練帶飛以外，控制台必須有一名人員操作風速，避免訓練時肇生危安；此次前往國外實施風洞訓練時，每人各購買 51 分鐘，平均分配於不同趟數，51 分鐘換算成國內跳傘訓練，概略約 60 次的 10,000 英尺高跳低拉訓練(因個人姿態及體重，每次跳傘自由落體時間約 50 秒)，並能在有效時間內學習空中姿態滑行，包含左右轉、前進、後退、上升、下降等課目，有效提升個人跳傘能力。

圖 26、Fly Station Korea



資料來源：作者拍攝

然而即使是模擬跳傘，要在風洞中維持平衡相當不容易，必須在強勁的風壓下穩定全身肌肉，保持專注並使用核心肌群來保持身體平衡，平衡之餘需利用身體姿態改變來完成不同動作，所以訓練後，全身肌肉會有痠痛現象，如同在國內高空班隊的翹板訓練課程；筆者藉由國外專業風洞設備精進跳傘技能，後續參訓高空專精班，有效強化自由落體空中姿態，進而完成後續 20 次跳傘專精課目，順利獲取神龍臂章。

相信風洞訓練的效益是相當大，於韓國京畿道 Fly Station Korea 實施風洞訓練時，同時間遇到美軍教官帶領初學者至同樣訓練地點學習飛行，在旁觀看時，發現訓練內容跟我國教官教育之內容並無不同，且對於姿態穩定後拉傘相當重視，由此可見風洞訓練對世界各國高空跳傘的重要性。

圖 27、Fly Station Korea 風洞



圖 28、風洞訓練-前進、後退



圖 29、風洞訓練-上升、下降



圖 30、運用至實機跳傘



資料來源：作者拍攝

伍、結語

我國高空跳傘起源於民國 35 年，神龍小組成立迄今，歷經 60 餘年技術引進、傘具裝備及訓練方式更新，不變的是地面基礎訓練，攸關空中跳傘安全與否，在不影響安全前提下，可借有效輔助訓練方式，改正學員不良姿勢。

目前國內高空跳傘訓練，礙於無風洞器材的輔助，僅能靠實際跳傘來感覺自由落體，在跳傘階段，基於安全性的考量前 10 次都是以引張帶為主，目的是了解學者跳出的狀況及穩定性，接下來視學員的穩定性以循序漸進的方式區分秒數，(儲訓學員最高階段為 20 秒自由落體後拉傘，約於 4,500 英呎拉傘)，但跳出機門後需先穩定空中姿勢且保持定向，扣除這段期間所消耗的高度，滯留空中時間過短，人員無法有效學習空中動作。

因高空跳傘屬高風險性任務，尤以空中自由落體階段更甚，參考各國軍、民間高空跳傘訓練，多以風洞系統供學員實施空中自由落體階段模擬，進而培養學員信心及跳傘基礎，減少實際跳傘之訓練風險，故建置風洞系統，可有效提升我軍高空跳傘人員之訓練安全，精進跳傘技術，且在風洞訓練的輔助下，學員能提早學會空中定向的穩定性及緊急狀況的模擬與處置，在實際空跳時大

有幫助，對經濟效益及跳傘危安是一舉兩得。

目前我國已納入風洞建置規畫，以循環式風洞設施較為合適，且訓練不受天候限制影響，可有效維持訓練作業能量，惟內建風洞設施不僅是一大筆可觀金費，對於後續的維修及保養也是一大工程，國內無相關專業人員，需要花費時間與經費逐步建立專業師資，若等待風洞建置時期，可考慮至臨近國家施訓，像是新加坡擁有全世界最大的風洞器材及專業操作人員，且星光部隊每年也到我國演訓，這彼此間的關係或許對我國移訓新加坡有很大的幫助，風洞模擬器對高空跳傘者是一個重要的輔助器材，深信對於高空跳傘訓練成效一定大幅提升，進而提昇國軍高空滲透人員的作戰能力。

高空跳傘訓練在「地面訓練階段」，嚴格的要求、考核及評鑑，是確保學員空中跳傘時安全著陸唯一的保證；為達到此一整體與持續性之訓練目標，有賴各級相互分工及配合，然所有訓練工作皆以「人」為核心，本部教官擷取相關單位教學經驗，採「由簡而繁、循序漸進」方式，並堅守「嚴格即安全」信念，秉「從嚴從難、反覆練習」觀念，持恆宣導要求學員：反覆練習方能瞭解、熟練正確動作，避免受傷事件肇生，進而提升訓練成效。

參考文獻

中文書籍

- 1.陳義勇、張偉屏，國防部陸軍司令部，《高空跳傘滲透專長訓練手冊(第一版)》，(民國 97 年 7 月 14 日)。
- 2.葉宜盛，國防部陸軍司令部，《高空跳傘滲透專長訓練手冊》，(民國 108 年 10 月 17 日)。

網路引用

- 3.GQ Taiwan，<https://m.youtube.com/watch?v=GlFTgAJjggk>，1:20~2:45 (檢閱時間 113 年 5 月 6 日)。
- 4.<http://www.skydivecrosskeys.com/indoor-sky>. (檢閱時間 113 年 5 月 8 日)。
- 5.Paraclete XP SkyVenture，<Http://Paracletexp.com>. (檢閱時間 113 年 5 月 8 日)。
- 6.www.tunnelflight.com/skills/flyer-level-1/belly-fly-forward-backward/ (檢閱時間 113 年 5 月 7 日)。
- 7.www.tunnelflight.com/skills/flyer-level-1/belly-fly-side-sliding/ (檢閱時間 113 年 5 月 7 日)。
- 8.維基百科，<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%9E%82%E7%9B%B4%E9%A2%A8%E6%B4%9E> (檢閱時間 113 年 5 月 6 日)。

其他

- 9.美軍高空滲透作戰教範 Special Forces Military Free-Fall Operations，AT P 3-18.11 AFMAN 11-411(I) NTTP 3-05.26M(2014)。
- 10.陸軍空降訓練中心，《113 年高空跳傘翹板訓練教案》，(民國 113 年 12 月)。

筆者簡介



姓名：鄧潔

級職：上尉教官

學歷：空軍航空技術學院 103 年班、空軍航空技術學院後勤參謀正規班 110 年班

經歷：彈藥補給官、航空工程官、航空器材補給管制官、組長，現任空降訓練
中心傘訓教官組教官

電子信箱：軍網：joey800803@webmail.mil.tw