

近期重要活動

民國114年9月指揮官朱少將與晉升人員合影



本期刊載：揭露遠距離精準射擊奧祕 - 以統計與彈道學觀點探討槍口初速測量之重要性、偵搜部隊如何執行野戰情報 - 以監偵排為例、淺談對中共滯空彈藥 FH-901 作戰運用與防護作為、無氧運動能力對軍事人員運動表現之研析及藉柔軟度訓練降低官兵體能訓練運動傷害之探討等摘要如下。

彈道量化精準致遠

揭露遠距離精準射擊奧祕 - 以統計與彈道學觀點探討槍口初速測量之重要性

文/郭晉愷少校

本篇論述筆者長期對國內各單位狙擊手在彈道計算機實務應用之觀察，經實際測試與教學驗證後，針對「槍口初速測量」與「統計學理論與機率」兩大主題進行系統性整理，提出相關科技裝備具體的使用建議，方能使狙擊手於部隊發揮最大效用，進而促進「科學化練兵」思維的深化發展與進步。

偵密先行掌握全局

偵搜部隊如何執行野戰情報 - 以監偵排為例

文/呂秉洋中校

本篇論述強調偵搜部隊任務編組與運用，提升戰場情資可靠性與正確性，確保部隊達成先機破敵之必然性。

滯空壓制靈防應變

淺談對中共滯空彈藥 FH-901 作戰運用與防護作為

文/李祥豪士官長

本篇論述中共滯空彈藥 FH-901 作戰運用及防護，且參酌戰爭實例與訓練等相關防護作為，研擬應對措施且同步蒐整各國於實戰中增添軟、硬殺之手段，以強化本軍地面部隊整體作戰能力。

無氧耐力強軍體能

無氧運動能力對軍事人員運動表現之研析

文/陳彥齊上尉

本文透過實證和綜理國際運動科學研究得知，「肌力」和「爆發力」將影響無氧動力表現的重要參考指標，且各國軍事武裝部隊和美軍野戰準則(FM7-22)中也明確提出軍事人員在這兩項指標的重要性，併證實與戰場任務成功率及存活率有高度相關性，本研究結合運動科學儀器，驗證陸軍地面部隊人員的無氧動力表現。

柔韌強健預防為先

藉柔軟度訓練降低官兵體能訓練運動傷害之探討

文/張哲綸上尉

本篇論述就柔軟度訓練中體能訓練與傷害預防中扮演了不可或缺的輔助角色，透過有效規劃與系統性實施，柔軟度提升可顯著增進關節活動範圍、改善肌肉彈性、促進神經肌肉控制，進而增強運動表現及體能適應性，能有效降低官兵的運動傷害。

揭露遠距離精準射擊奧秘——以統計與彈道學觀點探討槍口初速測量之重要性

作者/郭晉愷少校



陸軍官校正99年班，步訓部正規班356期、美國步兵軍官高級班17-2期，曾任排長、副連長、連長、中隊長。著有軍事內部專業書籍《狙擊彈道學》一書。現任職於陸軍步兵訓練指揮部狙擊組主任教官。

提要

- 一、槍口初速對遠距離彈道計算具有關鍵的影響，特別是當射程超過600公尺後，任何微小的初速變化，都可能導致彈著點產生明顯偏差，進而降低命中率。因此，狙擊手必須盡可能地掌握正確的初速數據，並透過彈道計算機（或應用程式）精確計算各距離下的彈道墜落值，據以決定欲命中目標，理論上需要調整的響數或者其他瞄準補償方式，以達到最佳射擊效果。
- 二、受限於發射藥量等裝填品質差異，並非每一發子彈的槍口初速都完全相同，而彈道計算機在操作時，卻又只能輸入一個「單一數值」作為基準。故如何獲得具代表性的槍口初速數據，就成為影響射擊精準度的關鍵因素之一。射手除了倚賴測速儀與測風儀等科技裝備外，若能具備正確的統計概念，將更能有效掌握初速變異，避免訓練誤區，達到事半功倍之效果。
- 三、本文源於筆者長期對國內各單位狙擊手在彈道計算機實務應用之觀察，結合國外文獻研究，經實際測試與教學驗證後，針對「槍口初速測量」與「統計學理論與機率」兩大主題進行系統性整理，並提出相關科技裝備具體的使用建議，期望能對已經起身投入彈道應用、卻曾經面臨初速測量與數據處理困境的射手有所幫助。唯有用科學的方法，解決因科學應用衍生而出的問題，方能使狙擊手將手上的彈道計算機（或應用程式）發揮最大效用，進而促進部隊「科學化練兵」思維的深化發展與進步。

關鍵詞：狙擊、槍口初速、彈道

壹、前言

槍口初速 (MV, Muzzle Velocity) 對大部分官兵 (射手) 來說, 可能只是準則裡的一個諸元數據, 除了學習過程中必要的背誦, 幾乎感受不到槍口初速對射擊帶來的幫助, 然而對有效射程可及 800 公尺, 甚至 1000 公尺以上的狙擊手來說, 槍口初速卻扮演了一個極其重要的角色, 畢竟狙擊槍係因應遠距離精準射擊目的而生的武器, 對精準度與命中率的要求, 以及在射程調整或表尺裝定的需求, 均與步槍截然不同, 尤其 600 公尺遠距離後¹, 彈道軌跡本身的變化, 受彈道係數²、槍口初速以及外在環境因素的影響也就越大, 如果無法事先掌握並消除各種能使彈道產生偏差的因素, 在「差之毫釐、失之千里」的作用下, 即使射手射擊技巧再精湛, 也難以準確命中目標。因此, 如果狙擊手無法獲得正確的槍口初速, 那麼就沒辦法透過彈道計算機 (或應用程式) 準確計算出彈道的墜落值 (Bullet Drop), 也沒辦法知道欲使子彈命中遠距離目標, 需要如何調整狙擊鏡的高低調整螺響數, 或者應該以鏡內刻劃板 (Reticle) 抬高多少瞄準點方式, 方能達到最佳的射擊效果。此外, 槍口初速亦深刻影響彈頭的外彈道表現。特別是其數值高低, 會直接影響彈頭飛抵目標所需的飛行時間 (Time of Flight), 而飛行時間又是決定風偏修正量 (Wind Deflection) 與移動目標射擊前置量 (Moving Target Leads) 的關鍵參數。故對狙擊手而言, 若能精準預測每一發的槍口初速, 便能更有信心地掌握各項外在射擊變因, 從而實踐「將可控之常數確實掌握, 並將不可控之變數降至最低」的精準射擊原則。

筆者因教學研究需求, 自民國 109 年起開始著手規劃狙擊槍彈道測試相關工作, 初期為能獲得彈道計算時的必要參數「槍口初速」, 以傳統感光式的測速儀作為主要測量工具, 經常有儀器架設步驟繁瑣費時、數據易受光線影響無法讀取或不準確...等問題, 甚至射手必須精準地將子彈從光閘射穿出去, 避免誤擊造成裝備損壞, 導致測試效率與信度均受影響。然而, 近年來受益於國外遠距離/超遠距離射擊風氣盛行, 促進彈道計算機 (應用程式)、測風儀、測速儀等科技輔助工具神速發展, 如今, 原本在產品定位上屬於高階的「雷達偵測式」測速儀, 已經有越來越普及且價格越來越親民的趨勢, 憑藉即放即用、無複雜架設程序、也不用擔心誤擊光閘...等優點, 射手欲在歸零射擊或遠距離射擊訓練同時, 大量蒐集每一發子彈射擊出去的槍口初速, 將不再是夢寐以求的難事。因此, 筆者認為在資源發展相對到位的當下, 進行與槍口初速測量有關的統計觀點與彈道應用探討, 能促進部隊「科學化練兵」思維的深化與進步, 亦是本文撰寫的主要目的。

¹ 關於現代狙擊距離定義, 雖然目前無文獻精確定義, 然就經驗常數而言, 可區分: 0-300 公尺為近距離 (Close Range)、300-600 公尺為中距離 (Medium Range)、600-1000 公尺為遠距離 (LR, Long Range)、1000 公尺含以上為超遠距離 (ELR, Extreme Long Range)。

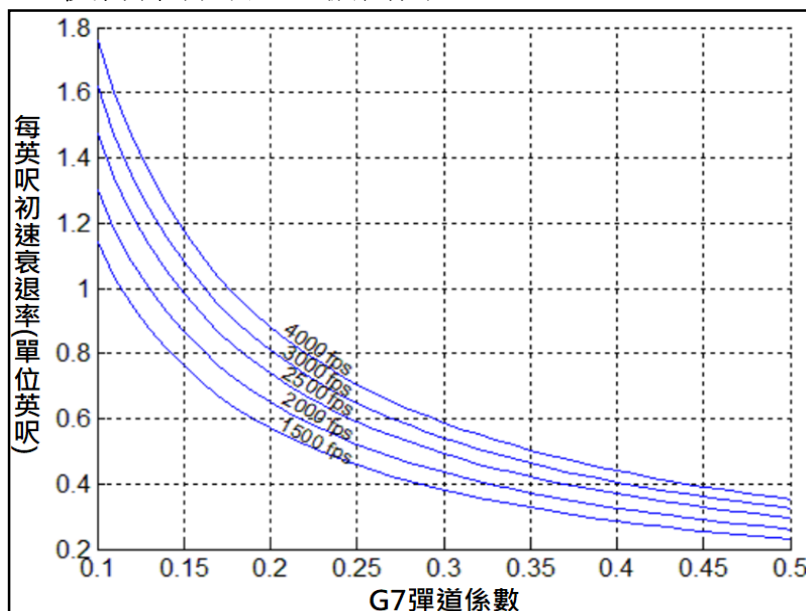
² 彈道係數 (BC, Ballistic Coefficient): 為衡量彈頭所受到空氣阻力大小的係數, 或指某特定彈頭其所能克服空氣阻力之能力, 由截面密度 (Sectional Density) 除以阻力係數 (Form Factor) 計算而來, 在計算阻力係數比值時, 因參照的彈頭模型不同, 又區分 G1BC 及 G7BC 兩種, 且最為常用。彈道係數高低不能全然代表彈藥之優劣, 彈道係數越高, 相較於較低之彈頭, 僅能說明其風阻係數較小, 較能維持初速, 以致初速與動能衰減較慢 (相同距離上能有較高之殘餘速度與動能), 最重要的是彈道墜落值與風偏量修正值較小 (即測距、測風誤差容許值較大), 適合進行遠距離精準射擊, 而與侵徹力或殺傷效能無關。

貳、槍口初速與標準差對射擊之意義

槍口初速，即彈頭離開槍口時的瞬間速度，一般用每秒公尺(m/s)或每秒英呎(fps)表示之，是判定武器系統戰鬥性能的重要因素，與彈道係數(Ballistic Coefficient)同為現代彈道計算機中，計算彈道時不可或缺的兩大輸入參數(Input)。彈頭重量相同時，提高槍口初速的實質意義為：

- 一、增加飛行距離。
- 二、彈道更為低伸（彈道補償值較小，測距誤差容許範圍大）。
- 三、減少外在環境因素影響（風偏補償值較小，測風誤差容許範圍大）。
- 四、增加侵徹力和殺傷力。

槍口初速可由測速儀(Chronograph)實測獲得，若無彈藥限制，建議應以測量 30 發為佳、20 發其次；若有彈藥限制，最低不應低於 10 發，以求客觀。惟須注意的是，傳統感光式測速儀（如 Chrony、Oehler、CED...等品牌）所測得之速度並非實際槍口初速，而是測速儀所在距離配合當下環境溫度所測得之彈速(Bullet Speed)，故需考慮測速儀所在距離，並透過彈道計算軟體輸入正確的彈道係數逆向推算獲得真實槍口初速。或者，也可以參考美國彈道學家 Bryan Litz 於〈Velocity Decay between Muzzle and Chronograph〉一文中所提供的「槍口初速每英呎衰退曲線圖」實施換算(如圖一)，使用時只需將使用彈藥之 G7 彈道係數對向槍口初速曲線，透過矩陣得知每英呎槍口初速衰退率，將其乘以槍口至測速儀之距離即為槍口初速衰退量，再加回去原先測得之彈速即可得到更接近之槍口初速。此補償值雖然很小，但若未能適時補償，遠距離射擊時可能因過多的修正量使得彈著點產生偏高問題。



圖一 Bryan Litz 槍口初速每英呎衰退曲線圖

資料來源：Applied Ballistics 官方網站教育資料〈Velocity Decay between Muzzle and Chronograph〉
下載（2025 年 8 月 5 日）

另傳統感光式的測速儀雖然構造簡單、價格便宜，但也非常容易因人為或環境問題產生測速誤差。如兩道光閘裝置後距離與原廠設定不同、兩道光閘本身未完全平行、彈頭入射角未與兩光閘平行、彈著落點偏離光閘中心過遠、光源不足或兩光閘未均勻曝曬到陽光、又或測量期間有 2-4 哩以上微風使兩光閘在子彈通過瞬間產生輕微晃動...等都可能造成明顯的測速誤差或使標準差因而驟增。因此，就現實面而言，使用傳統測速儀，誤差能控制在每秒正負 3 公尺（10 英尺）內，已經是相當理想的情況；控制在每秒正負 4.5 公尺（15 英尺）內，則是使用者不得不妥協的事實。除非能獲得並改用「槍口電磁式」或「雷達偵測式」...等中、高階測速儀（如圖二），則可避免掉上述大部分問題又能測到較接近真實槍口初速之數據³。



圖二 槍口電磁式（Magneto Speed）與雷達偵測式（Labradar）中、高階測速儀

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

若完全無測速儀可以使用時，可先參考原廠提供之槍口初速，再利用彈道計算機，如 Kestrel 5700 測風儀內建槍口初速校正功能（Truing/Calculating Muzzle Velocity）實施逆向推算⁴，但前提是必須取得該彈藥真實的彈道係數，以免錯上加錯。如果在彈道係數不正確的前提下完成槍口初速校正，實際彈道只會在校正的距離上與預測結果相符，之前或更遠的射程仍會有明顯落差。以 Kestrel 5700 內建 Elite Ballistics 彈道計算功能模擬近似 TC94 狙擊彈為例，在 600 公尺射程上分別以 G7 彈道係數 0.243 及 0.219 兩組參數（約 10% 差異）進行彈道預測，將某一組參數固定、僅調整另一組彈道係數所搭配的槍口初速大小，使兩者在 600 公尺修正值（響數）均相同，則 800 公尺

³ 筆者曾以 MagnetoSpeed、LabRadar Doppler、CED M2（X2）三款共四台測速儀，同步監測 15 發 TC94 狙擊彈槍口初速數據，發現 Magneto Speed 平均初速僅略低 LabRadar Doppler 數據 0.6m/s，CED M2 平均初速則高出前兩者 2-3m/s 不等。

⁴ 如具備彈道計算功能之測風儀 Kestrel 5700 Elite 內建 Cal MV（Calibrate Muzzle Velocity）校正功能，即是在所有槍枝（特別是彈道係數）與環境參數均正確輸入的前提下，藉由回饋系統實際彈道與模擬數值之落差，逆向演算更符合實際之槍口初速。通常建議以彈速進入 1.2 馬赫（即進入超音速影響，約每秒 408 公尺）時所在距離之 90-100% 作為基準校正距離（以國造 T93K1 狙擊槍搭配 TC94 狙擊彈為例，約於 770 公尺進入 1.2 馬赫，故建議於 693-770 公尺間實施校正）。在完成基準校正距離的數據回饋後，系統即自動修正槍口初速，隨之建議再以 1/2 基準校正距離進行彈道驗證，若模擬數值高低符合實際所需，即完成 Cal MV 校正。

將產生約 15 公分 (0.6MOA)⁵、1000 公尺約 60 公分 (2MOA) 之彈道預測落差，進而影響遠距離命中率。這也是現代狙擊手使用彈道計算機作為輔助工具時應有的一個重要觀念：「彈道計算機固然實用且既快速又方便，但想要有精確的結果，也要先看你輸入的數據或操作要領正不正確 (Garbage in, garbage out.)。」故建議各單位狙擊組在積極從事訓練、提升裝備素質的同時，亦應設法配備一具精確可靠的測速儀，以實測方式獲得平均槍口初速並調製個人化射表，方能有效提升遠距離首發命中機率。

只是，讀者必須注意的是，根據 Applied Ballistics 彈道顧問公司官方網站教育資料：Doc Beech 所撰<Why you CANNOT rely on the MV on the Ammo Box!>一文指出，原廠所提供之槍口初速數值往往存在以下問題，故建議射手不應依賴原廠所提供之槍口初速，而必須實際上透過測速儀來測量：

- 一、無法得知該數據是真實的槍口初速或是某個特定距離上的彈速。
- 二、無法得知原廠測試槍枝參數（如槍管長度、纏距、保養方式、保養水準以及膛壁燒蝕與膛線磨耗程度...等）。
- 三、無法得知測試環境（如溫度）與彈藥批號。
- 四、廠商通常不會顯示槍口初速標準差。

此外，透過測速儀測量槍口初速，當蒐集足夠數據後，儀器也會自動產生出一組標準差，也就是槍口初速標準差 (MV SD, Muzzle Velocity Standard Deviation) 供使用者參考。所謂的標準差，是統計學中衡量一組數據平均離散程度的指標，其公式複雜鮮少手動計算，通常由測速儀自動計算或 Excel 函數、標準差計算網頁等方式獲得。射手得知槍口初速標準差大小，能有以下幾個實質意義：

- 一、標準差越小、槍口初速變化越小、外彈道表現越穩定。
- 二、可預測隨機射擊 1 發，其槍口初速落在「平均槍口初速」正負 1 倍標準差的機率約為 68%、落在正負 2 倍標準差的機率約為 95%、落在正負 3 倍標準差的機率約為 99.7%。一般取平均槍口初速的正負 2 倍標準差作為預測，便能涵蓋絕大多數可能產生的槍口初速。如某槍枝平均槍口初速為 810m/s，標準差為 5m/s，則可預測該槍隨機射擊 1 發，有 95%的機率槍口初速將落在 800-820m/s（正負 2 倍標準差）範圍內。

最後補充美國彈道學家 Bryan Litz 於其著作《Accuracy and Precision for Long Range Shooting》第 272 頁定義槍口初速標準差之控制規範：小於或等於每秒正負 10 英尺時（約每秒正負 3 公尺），為手工精密裝填之彈藥品質；小於或等於每秒正負 15

⁵ MOA (Minute of Angle)：中文譯作角分，為角度單位，1 角分相當於 1/60 度（即 0.016666...度）。以英制單位計算，該角度放射狀延伸至 100 碼所形成之夾角差（弦長）為 1.047 英寸寬，換算為公制單位即 100 公尺所形成之夾角差（弦長）為 2.909 公分寬（通常省略記為 2.9 公分）。故當敘述某槍枝具 1 角分之精度時，通常指射擊 3 發（5 發）以上之彈著群，於 100 公尺處之散佈大小（最遠兩發之兩點中心連線距離）能小於 2.9 公分、2 角分則為 5.8 公分，以此類推。因其角度量極小，被軍事大量用於衡量槍枝精度或瞄準鏡內部刻劃與高低、風偏調整螺之單位。

英呎時（約每秒正負 4.6 公尺），為工廠精密生產之彈藥品質；大於每秒正負 20 英呎時（約每秒正負 6.1 公尺），則為低劣之彈藥品質。另其亦歸納，對大部分遠距離射擊彈藥而言，槍口初速誤差若能控制在每秒正負 10 英呎內時，等同於 1000 碼處產生 0.5-1MOA 不可控制之垂直散佈（彈道高低落差，經換算約 13-27 公分），提供讀者參考。

參、影響槍口初速之相關因素

槍口初速的實際高低，與發射藥的用量、類型、燃燒速率，環境與彈藥溫度、彈頭重量與裝填深度、槍管長度與纏距⁶、保養水準，乃至膛壁燒蝕等多項因素密切相關。就現階段國軍的實務狀況而言，除環境溫度、彈藥溫度、槍械保養水準及膛壁磨耗程度等因素可由射手加以控制、避免或改善其潛在不利影響外，其餘因素多屬射手無法主動掌握之定數或變數。因此，本段將以實務觀點出發，逐一說明上述各項影響因素：

就「發射藥量、形式、燃燒速率、彈頭重量與裝填深度」等因素而言，屬內彈道研究範疇，且均是當前國內射手無法直接掌握之定數或變數，其品質好壞，直接決定槍口初速的高低與射擊穩定性。目前國造 TC94 狙擊彈出廠標準為：槍口前 78 英呎（即 23.8 公尺）測得之平均彈速必須符合每秒 2550 英呎，正負 30 英呎規範（即每秒 778 公尺，標準差正負 9.1 公尺），若將上述「槍口前 78 英呎測得之彈速」按照上圖一「Bryan Litz 槍口初速每英呎衰退曲線圖」方法，回推成「槍口初速」，約為每秒 808 公尺（與筆者實際以 8 挺國造 T93K1 狙擊槍搭配 108 年生產之國造 TC94 狙擊彈（批號 C-108G-1-018）測得之平均槍口初速概同）。另透過 Kestrel 5700 內建 Elite Ballistics 彈道計算功能模擬近似國造 TC94 狙擊彈平均槍口初速每秒 808 公尺之彈道，其出廠之標準差為正負 9.1 公尺（不可控制變數）將導致彈著點於 600 公尺存在正負 0.5MOA 之變化（約高低各 8 公分），800 公尺存在正負 0.8MOA 之變化（約高低各 18 公分）。相較美造 M118LR 狙擊彈官方數據，其平均槍口初速為每秒 792 公尺，標準差正負 4.5 公尺（即每秒 2600 英呎，正負 15 英呎），槍口初速標準差僅為國造彈之 1/2，遠距離彈道較為穩定。

就「環境溫度與彈藥溫度」而言，筆者認為至少應具備以下兩個重要觀念：第一，外在環境溫度不僅影響空氣密度大小，也會影響子彈發射藥的燃燒效率，使射擊瞬間膛壓改變（TC94 狙擊彈平均膛壓為 56606 磅/每平方英吋，即 3962 公斤/每平方公分），進而影響槍口初速高低。依據美國 Applied Ballistics 公司官方資料指出，一般小口徑狙擊彈使用之發射藥燃燒效率致槍口初速隨外在環境溫度改變之增減率約為：攝氏每增加 1

⁶ 依據軍備局第 205 廠民國 113 年 1 月編印之《輕兵器設計技術參考手冊》指出：纏度（Twist Rate）的表達方式有三，其中較常用的有兩種，第一種為纏距（Travel Length）方式，可定義為：「彈頭在槍管內旋轉一周，所行之直線距離，常用單位為英吋」。另一種為纏距方式加上槍膛口徑（英吋），用口徑與纏距之比例來表示，可定義為：「彈頭在槍管內旋轉一周，所行之直線距離相當於口徑之倍數，無特定單位」。以口徑 0.308 英吋的國造 T93K1 狙擊槍為例，因彈頭在槍管內旋轉一周的直線距離為 11.22 英吋，故為其纏距；若用口徑與纏距之比例來表示纏度，則為 $11.22/0.308=36.43$ 。雖然兩者都是表述纏度的方式，然主要差異在於：「纏距未考量槍膛口徑，故不能很好解釋纏度相對起來是快還是慢；纏度則因用口徑與纏距之比例來表達，更能解釋不同口徑槍管之間，纏度之相對快慢。因此，纏度數值越大，轉速越低；反之，則轉速越高。」

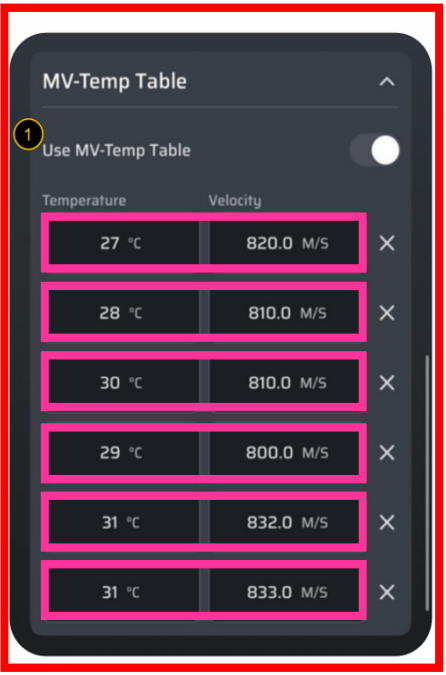
度，平均槍口初速每秒增加 3.25 英呎（即約每秒 1 公尺），反之，則相反。與筆者實際以 4 挺狙擊槍（國造 T93K1 狙擊槍 1 挺、國造 T108 半自動與手栓式狙擊槍各 1 挺、英造 AXMC 狙擊槍 1 挺），在兩次測速環境溫度相差約攝氏 13 度的條件下（26-27 度與 13-14 度），各別射擊 10 發測量平均槍口初速，藉前後落差換算所得之增減率：「攝氏每增加 1 度，平均槍口初速每秒增加 0.9-1 公尺，反之，則相反。」大致相符。因此當射擊與槍口初速測量時之環境溫差超過攝氏 10 度（含）以上時，狙擊手便必須留意槍口初速變化可能對彈道造成的不利影響。當然，隨著彈道應用需求的提升與各類實用工具的發展，目前多數的彈道計算機（應用程式）皆具備「初速溫度表（MV Temperature Table）」功能。如美國 Applied Ballistics 公司所開發的 Quantum 彈道計算程式，便已內建此項功能。射手僅需在不同環境溫度下，進行多次槍口初速測量，並將每次測得的平均初速填入表單，系統即可自動計算該彈藥在不同溫度條件下的初速變化率（增減率）。接著，程式會依照使用者輸入的環境溫度，自動校正槍口初速，進行更準確的彈道推算，從而

槍彈配置



初速溫度表

可設定不同溫度下的初速，以校正溫度對子彈初速的影響。溫度變化可能會影響火藥燃燒效率(若使用低溫感火藥，建議可不用設定)，進而影響初速，特別是在不同環境條件下射擊時，此功能可提高計算的準確性。



功能	說明
使用初速溫度表	決定是否啟用初速溫度表功能，開啟時，點選+Add new temperature/velocity，最多可輸入5組不同溫度及初速的數值，輸入完畢後槍枝參數的初速欄位數值會反灰，會以所輸入初速溫度表進行計算。在射擊配置的初速後面會出現MV-Temp的標籤表示目前此槍彈配置的初速是由初速溫度表所控管。

Profiles

Active

T93K1-NF Mil

Bullet: Military AA11 - M118LR - 0.782 CM - 175.0 GR

BC: 0.243 G7

MV: 821.4 M/S MV-Temp

See more

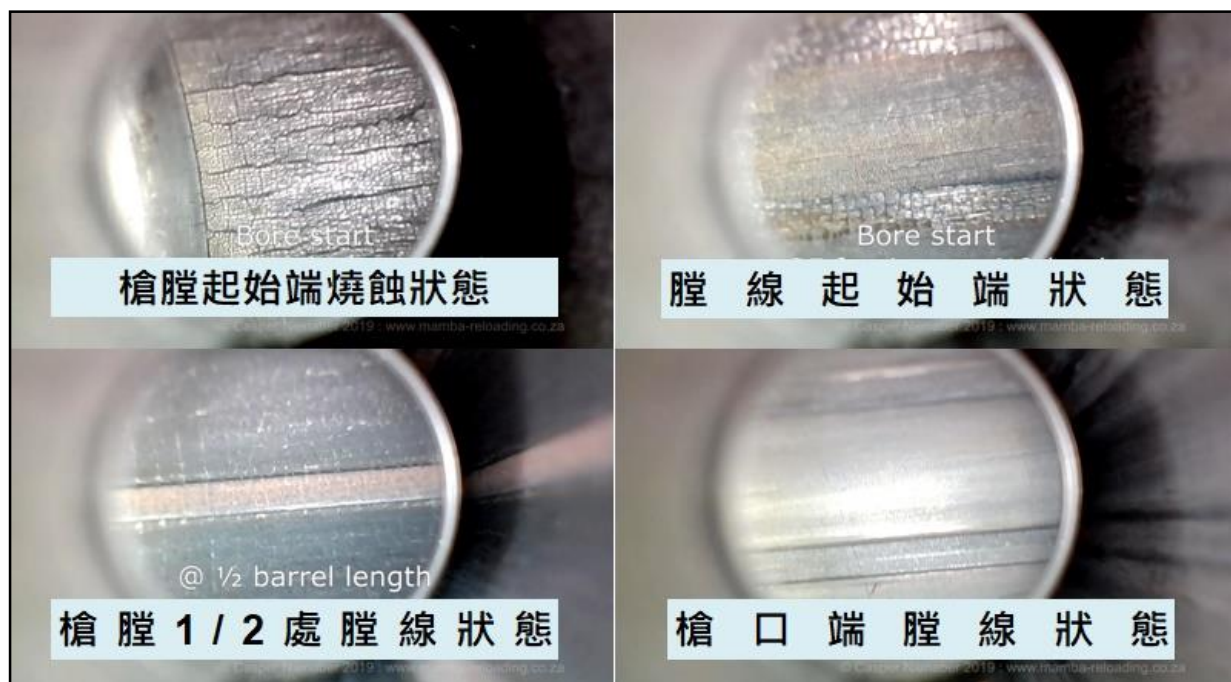
提升彈道預測的準確性。（如圖三）

圖三 美國 Applied Ballistics 公司 Quantum 彈道計算程式「初速溫度表」功能說明
資料來源：截圖自步訓部狙擊教官組薛名宏教官編譯「AB 量子彈道計算機中文操作手冊」（2025 年 8 月 5 日）

第二，依據美陸軍特種部隊備役少校 John L. Plaster 所著《The Ultimate Sniper》一書指出，狙擊手必須維持彈藥溫度與環境溫度一致性，如避免在寒冬時將彈藥貼身攜帶、槍膛過熱仍將子彈上膛待發、或將彈藥直接暴露於陽光下⁷。否則，若因上述原因使彈藥本身溫度與射擊環境溫度落差過大，一樣會造成槍口初速變化而影響彈道。

就「槍管長度」而言，依據 Berger Bullet 公司彈藥裝填手冊指出：「就多數.308 Win.彈藥，以 24 吋槍管作為標準，槍管長度每增加（或減短）1 英吋，平均槍口初速每秒提高（或降低）約 20 英呎」另美國 Rifleshooter.com 專欄作家 Bill Marr 測試 147、150、168 及 180 格令等四款常見北約 7.62 公厘彈藥，並分別從 28 吋槍管逐吋縮短至 16.5 吋射擊 5 發，獲得平均槍口初速後發現，其結果亦與 Berger Bullet 公司敘述一致。其中，以最接近國造 TC94 狙擊彈之聯邦金牌彈（168 格令）為例，槍管從 26 吋降至 24 吋，平均槍口初速約降低每秒 38 英呎、24 吋降至 20 吋槍管，平均槍口初速約降低每秒 70 英呎。

就「保養水準與膛壁燒蝕」而言，依據聯勤第 205 廠民國 76 年編製《輕兵器設計技術手冊》將膛壁燒蝕定義為：「槍管內壁因屢次發射而逐漸磨耗之現象，燒蝕嚴重者陽膛線扁平，膛徑擴大，管壁粗糙，甚或出現裂紋或凹痕（圖四）。其結果是由於洩氣而使彈速下降，膛線失去應有之功能而致使彈頭初速不足，因之射程減短，命中率低落，槍管之堪用壽命亦於此告終。」

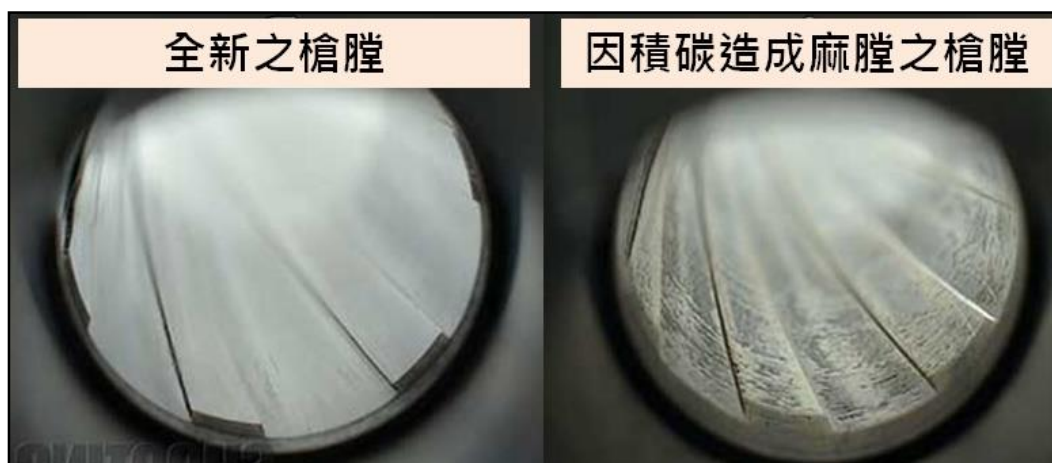


圖四 膛壁燒蝕示意圖

資料來源：截圖自 Cassie Nienaber Youtube 頻道，〈Throat and barrel erosion〉（2025 年 8 月 5 日）

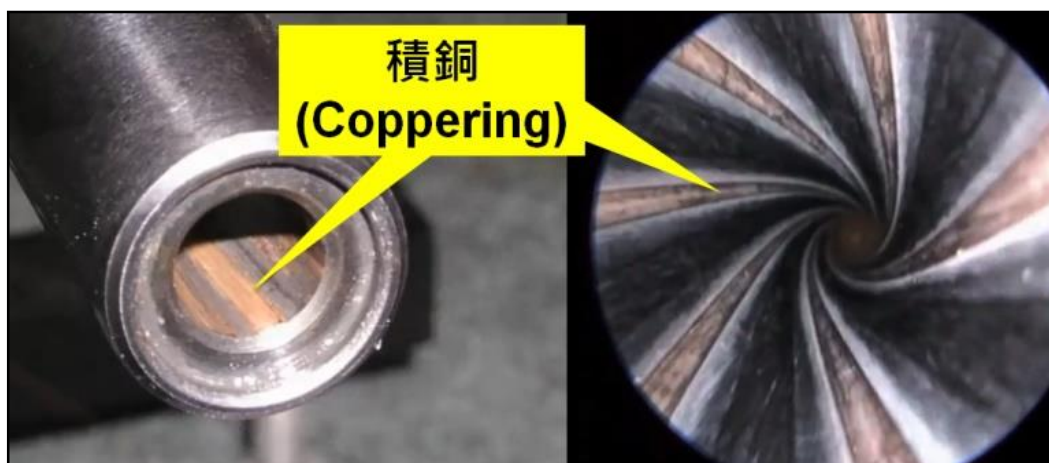
⁷ 資料來源：Maj. John L. Plaster, 《The Ultimate Sniper》（U.S.A., Paladin Press, 1993），P549.

因此，不當的保養與射擊方式（射速），將使此現象惡化並可能使槍口初速衰退的問題提早發生，故狙擊手應當落實射擊後之裝備保養，尤其是射擊後所產生，足以影響槍管壽命的兩大污染物－「積碳」（Powder Fouling）與「積銅」（Copper Coating/Coppering）必須謹慎地保養予以清除。「積碳」係發射藥燃燒後殘存於膛壁表層之化學物質，若未能於射擊後即時清除，長時間積存將侵蝕膛壁表層造成麻膛現象（Pits in the Bore），危害精度與槍管壽命（如圖五）。「積銅」則來自於射擊時彈頭殼與膛線咬合旋轉殘留於膛壁上之薄層銅質，長時間積存將導致銅質滲入膛壁表層材料中形成銅污現象，嚴重時銅質殘渣碎塊可能固結於膛壁上形成阻礙，使射擊故障或槍管受損（如圖六），上述兩大污染物均是射擊後保養之重點。



圖五 射擊後殘留於膛壁上之積碳未清除造成麻膛現象

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）



圖六 射擊後殘留於膛壁上之薄層銅質（積銅現象）

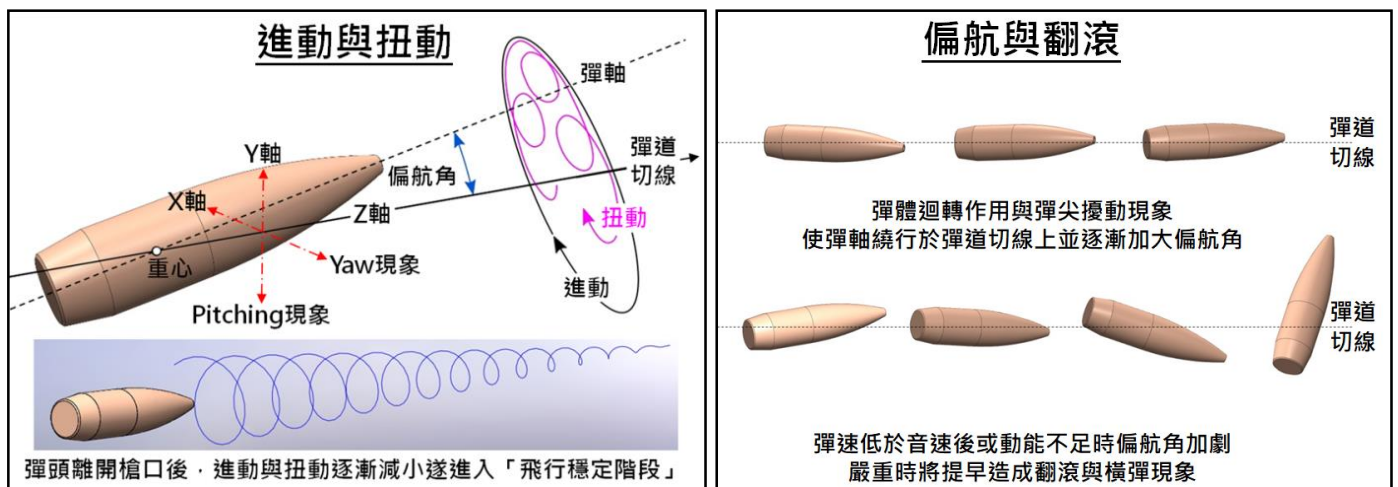
資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

此外，也應盡量避免於短時間內連續射擊超過 10 發以上加劇燒蝕現象，主要原因係目前國際使用的狙擊槍槍管多採 416 不銹鋼材質，射擊 6-10 發後一定要冷卻槍管，但一般標準步槍槍管材質則多採鉻鉬鈮合金鋼，耐腐蝕、耐磨係數較高，可承受射擊 20-30 發仍不會有燒蝕加劇問題。故建議狙擊手於駐地訓練時，一次射擊以 10 發為上限，讓槍管稍微冷卻後再實施第二次射擊較佳。

肆、彈速進入穿音速與次音速飛行時之影響

受益於現代彈道技術的發展，狙擊手現已能透過彈道計算機（應用程式）預估彈頭離開槍口後，在不同環境條件下，各距離的飛行速度（**Bullet Speed**）。藉由此一功能，射手可掌握彈頭於何時進入次音速（**Subsonic**），以及在哪個距離上將進入穿音速影響（**Transonic Effects**）區間。此等資訊對遠距離射擊而言，具有高度的實用價值，並涉及彈頭迴旋穩定性與命中率的關鍵判斷依據，依序說明如下：

一般而言，彈頭於空氣中以超音速進入次音速飛行時，因壓力中心與馬格勒斯力改變且開始遠離重心，造成彈頭扭動（**Twist**）現象遽增，使彈軸無法穩定維持在彈道切線上，偏航角加大空氣阻力隨之加大，影響子彈飛行穩定度與命中率，嚴重時甚至造成翻滾與橫彈（圖七）。

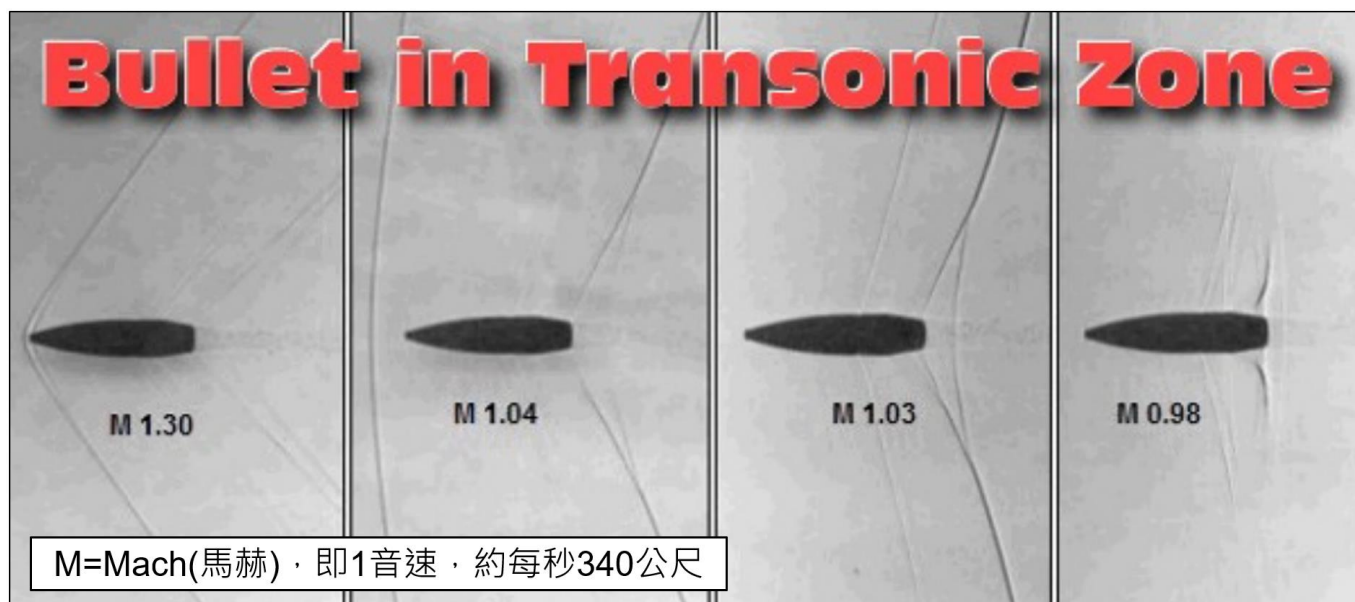


圖七 彈頭飛行之「進動與扭動」及「偏航與翻滾」現象示意圖

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

故彈頭進入次音速飛行之距離（即 1 音速，約每秒 340 公尺），彈道預測恐開始失準，可作為軍用單兵武器「最大有效射程」訂定之參考，即該武器超出此射程後，即使殺傷動仍足夠，因命中率大幅降低，已沒有探討有效射程的實質必要。以 Kestrel 5700 內建 Elite Ballistics 彈道計算功能模擬近似國造 TC94 狙擊彈平均槍口初速每秒 808 公尺之彈道為例，其彈頭飛行約至 850 公尺時降為次音速。美軍 .300 Win Mag 彈藥約 1100 公尺、.338 Lapua Mag 彈藥約 1650 公尺、M33 與 MK211（A606）12.7x99 公厘彈藥約 1530-1550 公尺（參考附件：美軍 .223 至 .50 口徑狙擊槍彈道性能對照表）。

此外，美國彈道學家 Bryan Litz 經研究發現：一般彈頭進入次音速影響，通常會提前發生在彈速低於 1.2 馬赫（即 1.2 倍音速，約每秒 408 公尺）之射程時，又稱穿音速距離（**Transonic Range**），而 1.2 馬赫至 1 馬赫則稱穿音速影響（**Transonic Effects Zone**）區間，如圖八。彈頭進入該射程時，即便環境因素影響小，只要彈頭迴旋穩定係數（**Gyroscopic Stability Factor**）設計不當或彈頭加工精度與品質過差，彈頭飛行恐在這個距離之後開始失穩，故射手必須留意實質命中率問題（國造 TC94 狙擊彈約落在 700 公尺左右）。



圖八 彈頭進入次音速影響約提前發生在彈速低於 1.2 馬赫 (Mach) 時

資料來源：Applied Ballistics 官方網站，Bryan Litz，〈Transonic Effects on Bullet Stability & BC〉

(2025 年 8 月 5 日)

伍、槍口初速測量與統計學應用

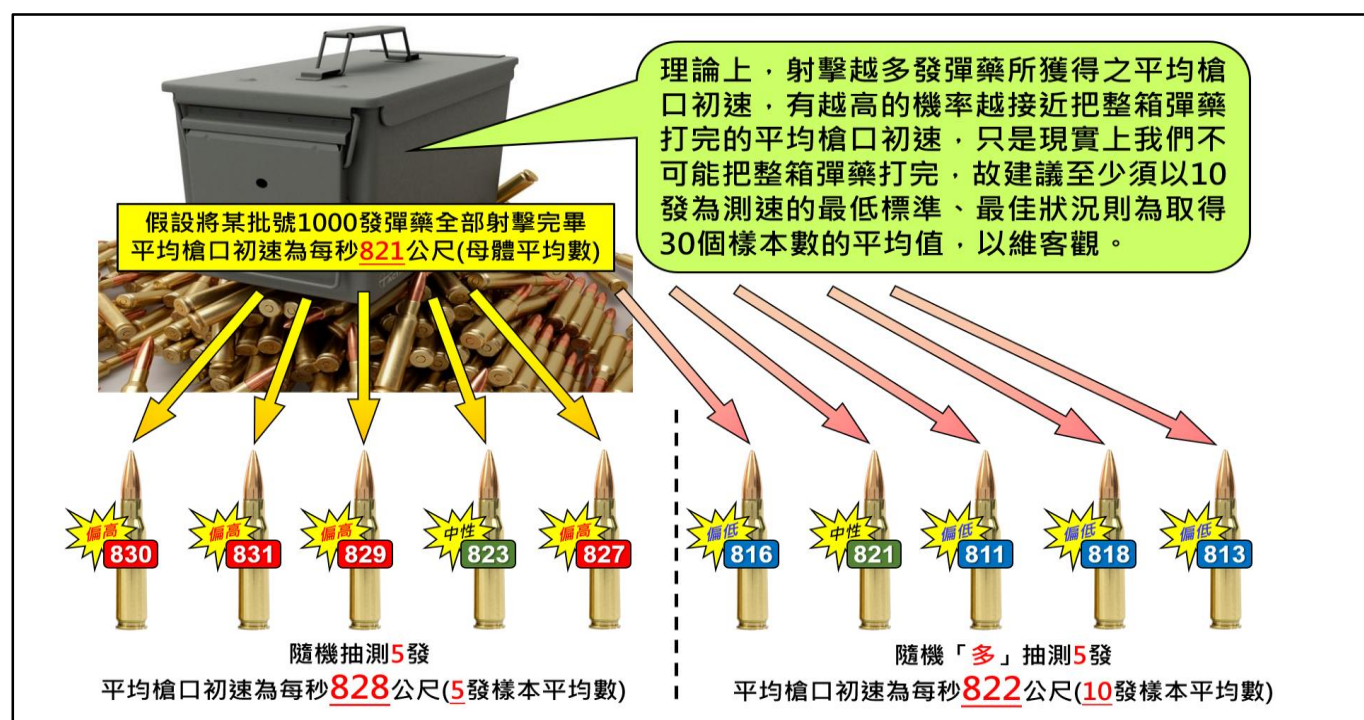
現代狙擊手想利用彈道計算機準確預測彈道，背後有許多必須非常講究的細節，其中兩個最重要也是讓大部分射手最感頭痛的參數，非「彈道係數 (BC)」與「槍口初速 (MV)」莫屬！除了因為這兩個數據本身就不太好獲得之外，最主要的問題在於這兩個參數，實際上都不是一個固定數值，如彈道係數，其本身並非一固定數值，會隨飛行距離、彈速與空氣阻力改變而有所變化。槍口初速也是如此，每一發子彈的槍口初速都有高有低，不可能完全一樣。然而，彈道計算機操作時，卻只能輸入一個「單一數值」作為計算彈道的基準。因此，當獲得參數的管道不正確或者測量的方法不夠客觀，輸入的彈道計算機的「單一數值」與「實際的平均值」落差過大，便會發生彈道計算機預測「失準」的情況。

假設某狙擊槍實際的平均槍口初速接近於每秒 808 公尺，射擊 800 公尺時理論上僅需裝定 30.4MOA，但因為某些因素（如測量發數不足、儀器精度不足或設置條件不正確...等）導致射手測得的槍口初速僅為每秒 798 公尺（少了 10 公尺），那麼彈道計算機回饋給你的數據將變成 31.4MOA，因無形中多裝定了 1MOA 的仰角，故平均彈著點於 800 公尺也將偏高 1MOA（約 23.3 公分），而這樣的彈著偏差量，基本上已經能夠透過狙擊鏡或觀測鏡明顯察覺到。也就是說，當輸入彈道計算機的值比實際的平均槍口初速低時，平均彈著點將偏高；反之，則相反。

輸入的數值有誤差其實不要緊，比較麻煩的是，部分射手為了解決彈著沒辦法打在預期高度的問題，還會盲目地玩起所謂「數字組合」的遊戲。比如實際彈道打偏低？射手可能會想說應該是測得的槍口初速有問題！說不定這把槍真正的槍口初速沒這麼高，然後便毫無根據地就將其槍口初速大膽調低，然後彈道計算機就會給比較多的響數，因

此就能打在比較良好的高度上；又或者，射手非常堅信自己測得的槍口初速是正確的！所以一定是彈道係數出了問題，然後便毫無根據地改變前人「透過精密儀器測量」或「使用精密實驗證明」的彈道係數。上述兩種行為，雖然在某些時機上並不能稱作是錯誤行為⁸，而且也都能夠讓彈道在第一時間回復良好的預測高度，只是若無法準確的「對症下藥」，射手還是會有很高的風險，在其他距離上持續遇到彈道無法匹配的問題。

所以，到底該如何減少上述的模糊空間？求得更趨近真實、且能滿足彈道應用所需的平均槍口初速呢？這時就必須端出「統計學」來支撐了！在統計學中，通常樣本數(Sample Size)越多，所求得平均值能越貼近「母體」真正的平均值，這裡所謂的母體可以定義成一個批號裡所有的彈藥（假設你有一批相同批號的彈藥 1000 發，當你把 1000 發打完的平均槍口初速，便是母體平均數），我們測速不過是從這 1000 發子彈中隨機挑出幾發來射擊，若樣本數不夠多，運氣又很不好地都挑到槍口初速比較高的子彈，那麼最後這幾發測出來的平均值就會偏高（參考圖九）。因此，相較於僅測量 5 發，測量 10 發的數據將能更具代表性與客觀性，而測量 20 發又優於 10 發，提高至 30、40 甚至 50 發，理論上當能提升結果的穩定性與準確度。然而，在實務操作中，仍須考量彈藥消耗、時間成本與訓練資源分配等因素，故此部分尚有深入探討的空間。

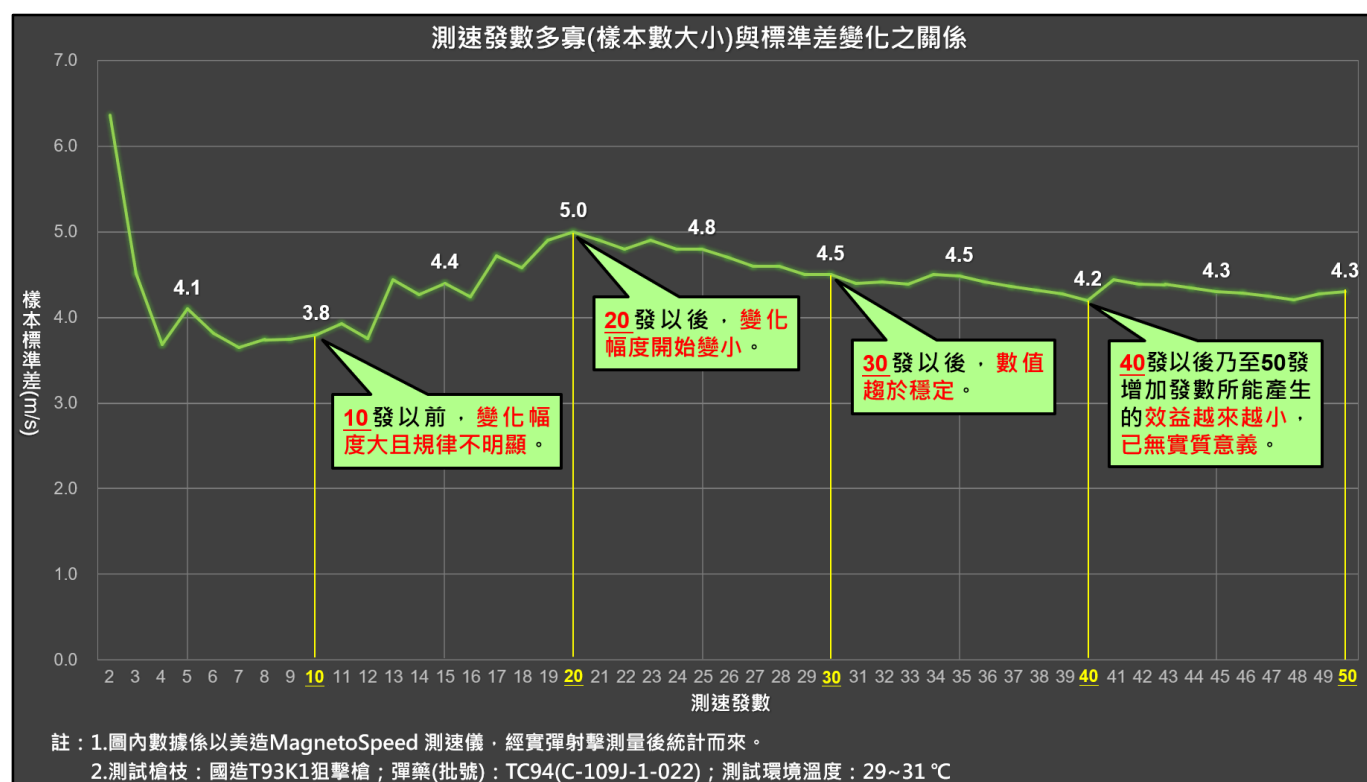


圖九 測速發數多寡與母體平均數之關係

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

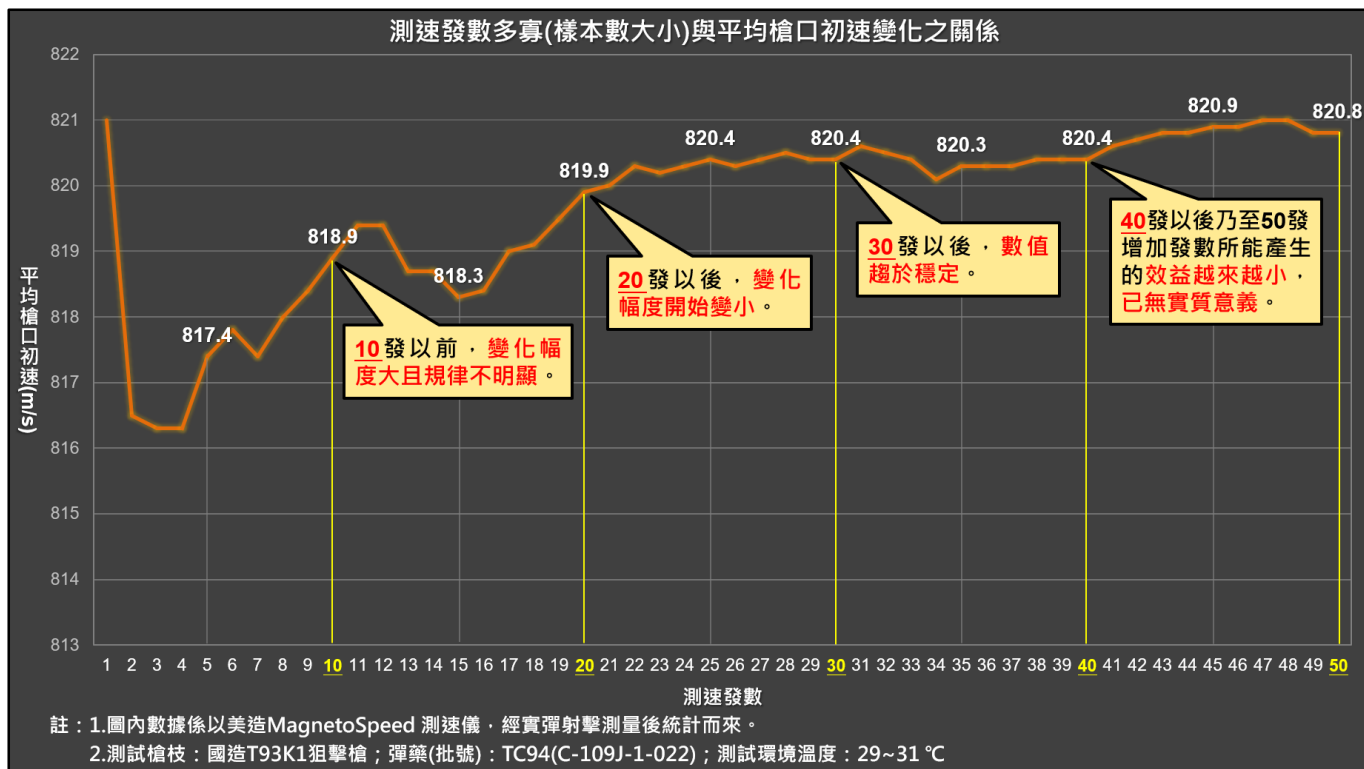
⁸ 如 Kestrel 5700 Elite 測風儀即內建有「槍口初速校正 (Cal MV, Calibrate Muzzle Velocity)」與「阻力係數校正 (DSF, Drag Scale Factor)」功能，其中槍口初速校正必須是在射手本身「不知道」或者「不確信」槍口初速大小為何？且又「無測速儀可立即測量初速」的時機上才使用，其方法也是藉由觀察實際彈道與彈道計算機數值之落差，逆向推算更符合實際射擊所需之槍口初速，只是無論 Kestrel 原廠技術手冊或者美軍 2017 年狙擊手準則，對於該測試的距離與射手對彈著點判斷的誤差控制，都有相當嚴謹的規範，與筆者所述：「部分射手已藉由測速儀測量獲得槍口初速」，卻在「一發現彈著點無法吻合就貿然調整初速」是不一樣的概念。

為了徹底研究到底應該射擊幾發作為測量槍口初速的標準，筆者曾以 T93K1 狙擊槍連續進行 50 發測速（中途僅有適當休息與降溫，期間環境溫差在攝氏 2 度內），最後槍口測速儀顯示的平均值為每秒 820.8 公尺，標準差為每秒 4.3 公尺。接著筆者把這一串 50 發的數據，以 5 發為一個區間個別計算區間內數據的平均值與標準差，然後觀察其變化最後發現（參考圖十、圖十一）：「當測量的樣本數達到 20 發後，無論是平均值或標準差的變化幅度開始縮小，測量到 30 後，兩者幾乎就都不會有明顯變化，基本上已趨於穩定。若繼續測量到 40 發乃至 50 發，因增加發數所能產生的效益越來越小，已無實質意義」。故建議測速時：「若無彈藥限制，應以測量 30 發為佳、20 發其次；若有彈藥限制，最低不得低於 10 發。」



圖十 測速發數多寡(樣本數大小)與平均槍口初速變化之關係

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）



圖十一 測速發數多寡(樣本數大小)與標準差變化之關係

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

只是，大部分射手受限彈藥或時間等因素，可能會沒有像筆者這樣能大量蒐集槍口初速樣本的機會，假設某射手只能用 10 發彈藥來蒐集槍口初速，剛好這 10 發數據都是比較極端的，那麼測到的平均槍口初速可能就會與真正的母體平均數有很大的落差（當然，射手當下並不會知道），而這樣的落差，就會在後續遠距離射擊時發生彈道計算機的數據與實際彈道無法吻合的情況。通常遇到這種情況，射手必須重新檢視歸零品質或者彈道計算機的操作上有沒有任何誤失，唯有當所有可能的因素都檢視無誤後，才能合理去懷疑彈道無法吻合的問題，有沒有可能是因為平均槍口初速所致。雖然，任意地調整槍口初速只為求得一個距離的彈道媒合是彈道應用上的大忌！但如果所有可能導致彈道預測失準的因素都排除了，我們便不得不認真去檢視「槍口初速」到底有沒有測量上的問題。最好的方法當然是重新測速並且用更多的彈藥發數來確保能一次測得較客觀的平均數值，只是當現實環境沒有辦法讓我們這麼做，我們又該如何知道平均槍口初速還能向上或向下調整多少呢？有沒有比較科學的方法可以讓我們有所依循，不致於調整過大幅度？這時候，我們便可以再次端出「統計學」來支撐了！

統計學被廣泛應用至今，還有一個很重要的功能，就是能以樣本平均數（Sample Mean）來估計母體平均數（Population Mean）的信賴區間（Confidence Interval）。換成射手比較能聽得懂的說法就是，我們可以把隨機抽樣測得的平均槍口初速，藉統計學的方法，估計出如果一口氣把彈藥箱裡面的子彈全部打完，最後的平均值與標準差，有多少的機率，會坐落在什麼樣的範圍內。在過去，我們要求得這個區間，可能得花不少時間重新研究統計公式並手動計算；但現在，我們幾乎可以不用理解任何複雜的公式，

就能輕鬆駕馭統計學，推薦讀者使用這個網頁 <http://172.104.26.4:4321/>，這是由加拿大 FTR 射擊專家 Adam McDonald 所開發、非常好用的一個計算機(Stats Calculator)，只要把實測到的平均槍口初速、標準差及射擊發數輸入進去相對應的介面，然後再設定你希望獲得的「信賴水準 (Confidence Level)」，它就會自動幫你計算出如果把彈藥箱的彈藥全部打完，最後平均值與標準差的信賴界線 (Confidence Limit)，也就是信賴區間兩個端點的值，有了這個範圍，我們便能掌握還能在彈道計算機內合理調整「平均槍口初速」的上下界線 (圖十二)。

The screenshot shows a web-based calculator interface. At the top, 'Confidence Level' is set to 95%, with a dropdown menu showing '95%' and a label '信賴水準'. Below this, 'Sample 1' is selected, with radio buttons for 'Numbers' and 'Statistics' (selected). Input fields show 'Sample size: 10', 'Average: 818.9', and 'SD: 3.8'. The results section states: 'At the 95% confidence level... The population mean is between 816.2 and 821.6' and 'The population SD is between 2.61 and 6.94'. A QR code is present with the text '掃描打開網頁'.

Input	Value
Confidence Level	95%
Sample size	10
Average	818.9
SD	3.8

Output	Value
Population mean range	816.2 and 821.6
Population SD range	2.61 and 6.94

圖十二 「母體平均數與母體標準差」網頁計算介面

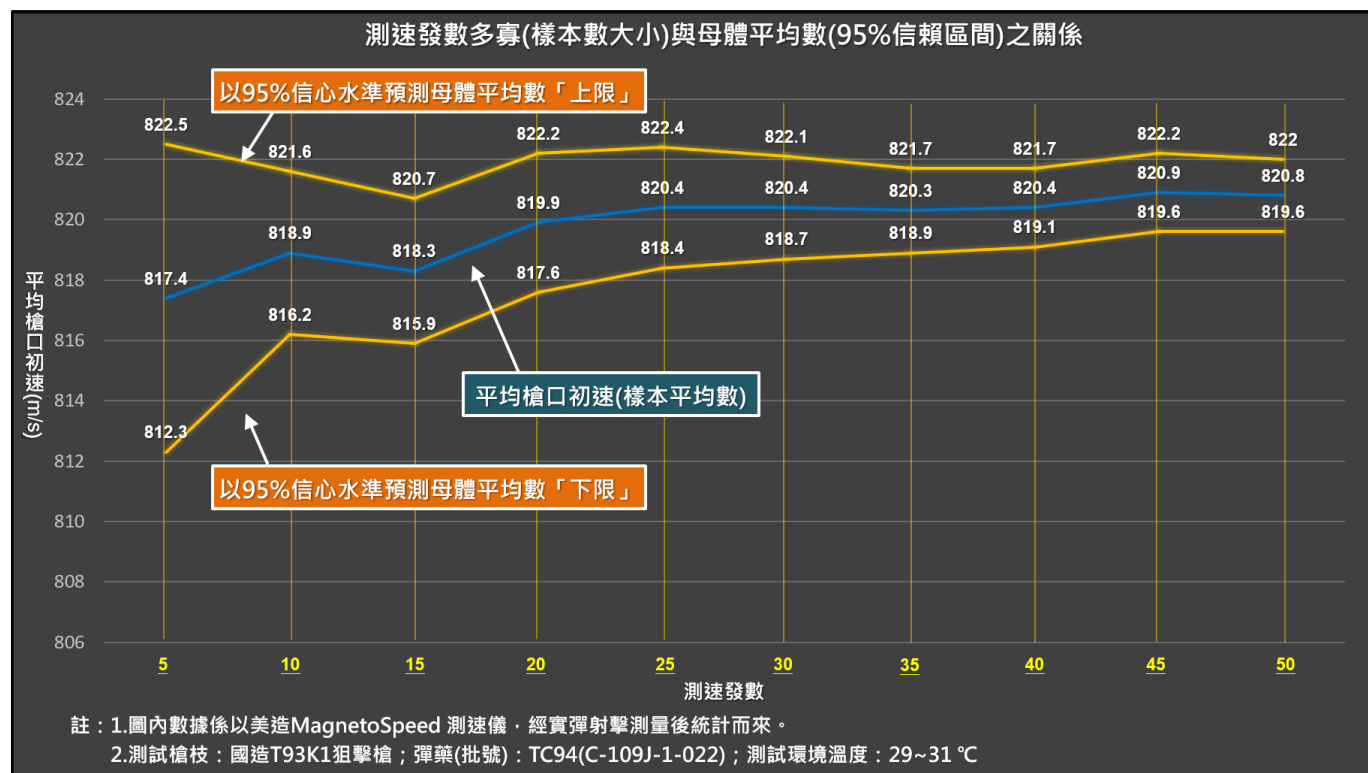
資料來源：筆者自行調製 (2025 年 8 月 5 日)

以筆者蒐集過的 50 發數據為例，我們把前 10 發的數據單獨抓出來計算，平均槍口初速為每秒 818.9 公尺，標準差為每秒 3.8 公尺，輸入上述網頁的介面中，再將信賴水準設定為 95% 後⁹，便可以得知：有 95% 的機率，最終的母體平均數將會落在每秒 816.2 至 821.6 公尺範圍內、母體標準差將會落在每秒 2.61 至 6.94 公尺範圍內，而上述「每秒 816.2 至 821.6 公尺」便是平均槍口初速的合理調整範圍 (圖十二)，接著我們再把 50 發最後獲得的平均值每秒 820.8 公尺與標準差每秒 4.3 公尺拿來比對，確實都落在僅用 10 發所估算出來的 95% 信賴區間範圍內，也就是說這樣的估算方法是相

⁹ 依據鈴木香織、竹原一彰所著《圖解 機率·統計》一書第 104 頁指出：「統計上一般常用 95% 或 99% 的信賴係數，信賴係數設定的越高，信賴區間就會越大，要縮小信賴區間，信賴係數就會變低，兩者之間有取舍關係 (Trade-off)。」

當合理的。也因此，如果我們只用 10 發測量槍口初速，且原先輸入彈道計算機的槍口初速為每秒 819 公尺，假設在 700 公尺射擊多發後，發現平均彈著點有偏高約 10 公分的情形，故最多僅能將槍口初速微調成每秒 821 公尺（不可高於 821.6 公尺），此時彈道計算機所給予的值理論上能減少約 3 公分，那麼仍偏高的 7 公分就不能再用調整槍口初速來彌補回來，可將其視為彈道應用尚可容忍的誤差，或者再嘗試從其他層面去尋求解決。相反的，如果射手不具備上述 95%信賴區間的概念，那麼，十個將有九個人會直接把槍口初速調整到每秒 826 公尺，讓彈道計算機預測的數值剛好能減少約 10 公分的修正量，理論上就不會有偏高的情形了。但重點是，每秒 826 公尺早已經超出 95%信賴區間範圍外，不太可能是我們把所有同批號的彈藥打完會看到的數值，即使有，會發生的機率也不到 5%。

必須特別留意的是，在相同的信賴水準下，當樣本數不夠多，所得到的母體平均數的範圍還是會過大。參考圖十三，筆者把每 5 發的數據分別估算出母體平均數的 95%信賴區間後再製成圖表，不難發現當發數不足 10 發時，95%信賴區間的範圍其實還是很大，只有超過 15 發甚至 20 發後，信賴區間才開始被限縮在一個較小的範圍內。因此，建議應盡可能用到 20 發甚或 30 發的彈藥來測量槍口初速，不僅可以獲得信度較高的平均槍口初速與標準差之外，藉此估計出來的母體平均數（95%信賴區間）範圍也相對較小，自然能減少後續彈道應用時預測失準的機率，倘若真的還存有誤差，誤差的程度自然也會相對較小，進而提升射手在使用彈道計算機上的信心。



圖十三 測速發數多寡(樣本數大小)與母體平均數(95%信賴區間)之關係

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

最後，如同前言所述，隨著科技進步，原本在產品定位屬於高階的「雷達偵測式」測速儀，現今已趨於普及且價格日益親民，因其具備即放即用、無複雜架設程序、也不用擔心誤擊光閘板...等優勢，射手得以在進行歸零射擊或遠距離訓練同時，監測並蒐集每一發子彈的槍口初速（如圖十四）。因此，前述「應盡可能用到 20 發甚或 30 發的彈藥來測量槍口初速」之建議，在目前技術條件下已非難事。基此，筆者必須再次呼籲：「各單位狙擊組在積極從事訓練、提升裝備素質的同時，亦應設法配備一具精確可靠的測速儀」，以實現理論與實務並進，落實「工欲善其事，必先利其器」之精神。

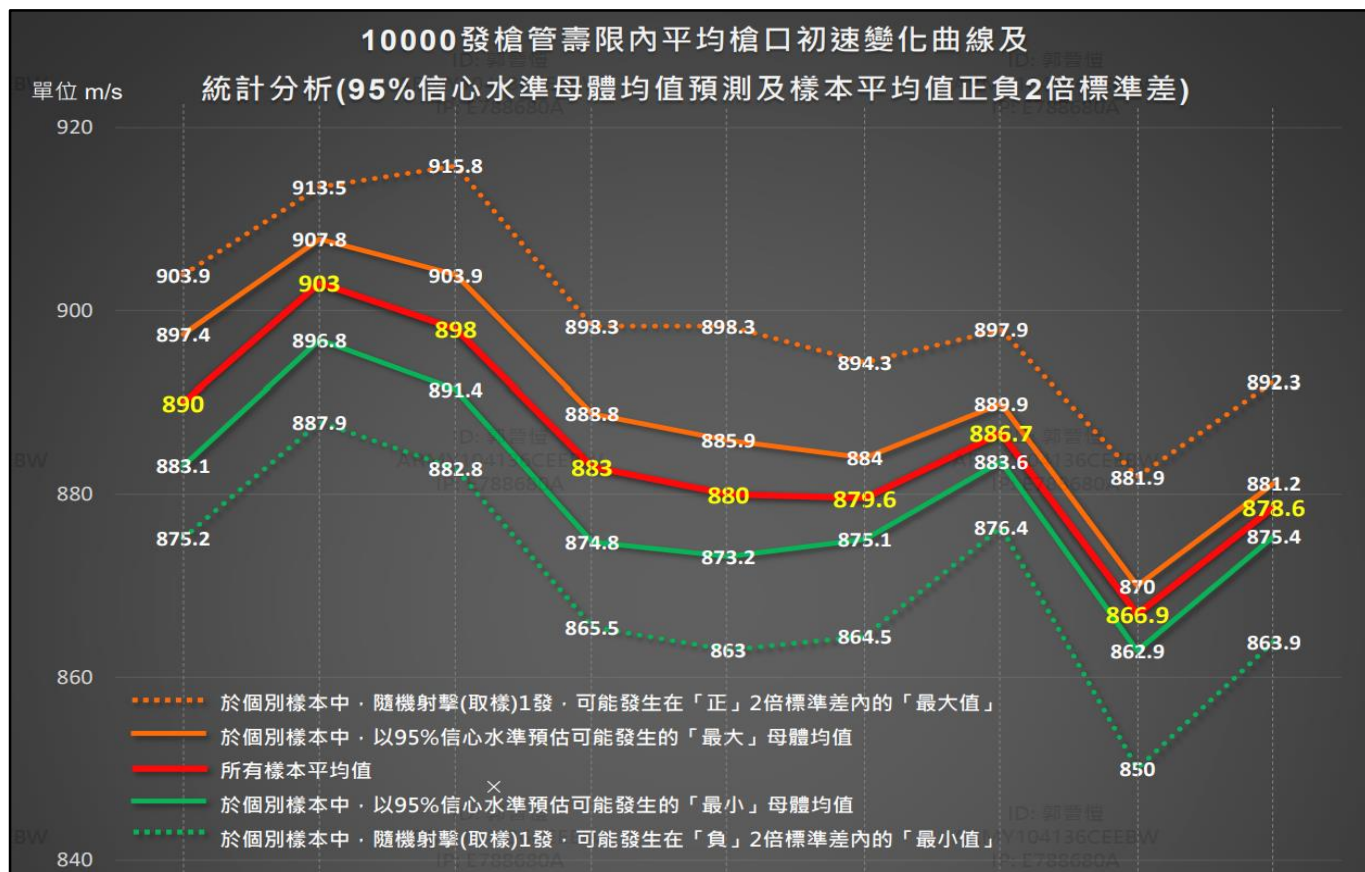


圖 1 十四 目前國際上幾款最新「雷達偵測式」測速儀

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

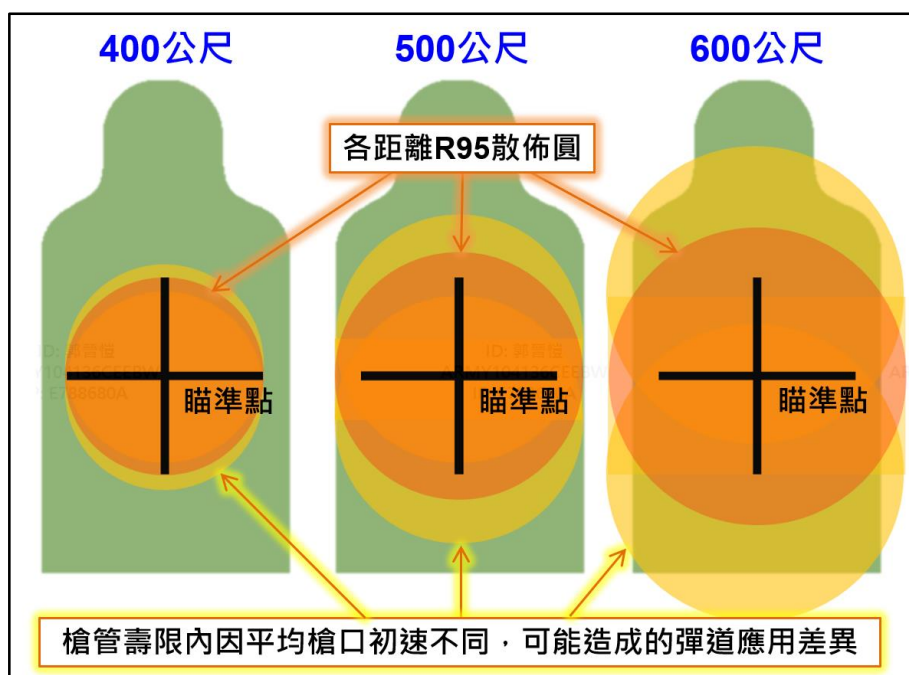
陸、槍口初速其他方面應用

筆者曾於步兵季刊第 297 期投稿一篇文章：〈用對方法比努力重要—探討 T112 步槍加速形成單兵穩定戰鬥力之研究〉，其內容不僅完整地介紹了 T112 步槍全系統各種瞄準裝置各自的歸零彈道設定需求與理由、說明如何快速有效運用多功能靶紙進行歸零，也分享了不少 T112 步槍全系統研發測試階段的彈道應用作為，其中，為了減少後續部隊在彈道應用時可能存在的效果落差，筆者在透過彈道計算機調製各種瞄準裝置的歸零彈道之前，額外做了一件相當嚴謹的事情，那就是「大量」收集平均槍口初速，當時採集了 5 個樣本（5 枝槍），並特別協調廠製單位安排，針對每枝槍在每千發時實施階段性槍口初速測量，每次射擊 30 發，以獲得平均數值，此步驟直到一萬發時停止（為節省經費，六千發後，僅 3 枝槍繼續進行測試），最後經過統計分析，決定以平均槍口初數每秒 891 公尺，作為 T112 步槍最適合用來調製彈道圖的數值（圖十五）。此作法，將可大幅減少後續部隊在彈道使用上的差異（尤其是使用 TS112 近戰瞄準鏡內部的射程刻劃射擊 400-600 公尺目標），無論射手使用的步槍是全新獲撥的狀態，還是已經射擊了 3、4 千發，又或已經射擊 8、9 千發接近槍管最大壽限，彈道的理論誤差都不致過大，使得整體命中效果仍可控制在可接受的範圍內（圖十六），而後續相關準則條文，也將每秒 891 公尺作為 T112 步槍槍口初速的標準數據，可謂是筆者參與新型步槍測評期間，最感價值連城的舉動之一，將有助於官兵未來在彈道應用上建立實質的信心。



圖十五 T112 步槍 10000 發槍管壽限內平均槍口初速變化曲線圖

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）



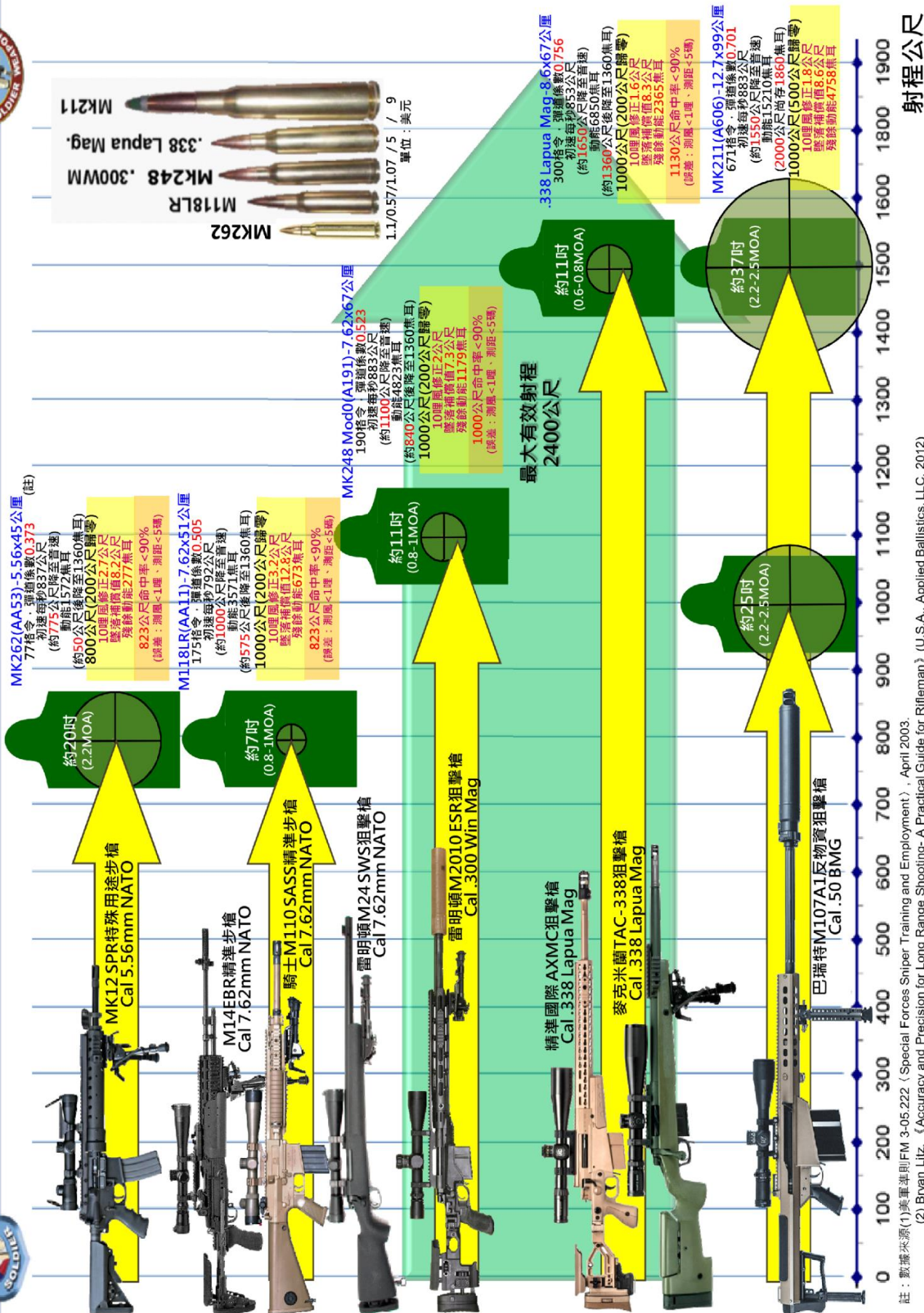
圖十六 T112 步槍搭配近戰瞄準鏡（四倍鏡）槍管壽限內彈道應用預期差異

資料來源：筆者自行調製（2025 年 8 月 5 日）

柒、結語

本文源於筆者長期對國內各單位狙擊手在彈道計算機實務應用上的觀察與反思，並融合美國專業射手 Cal Zant 於 PrecisionRifleBlog 論壇發表的系列研究《How To Predict The Future - Statistics For Shooters Part 1-3》內容，經實際測試與教學驗證後，針對「槍口初速測量」與「統計學理論與機率」兩大主題進行系統性整理，並提出相關研究成果與建議，盼能對已經起身投入彈道應用、卻曾經面臨初速測量與數據處理困境的射手有所幫助。畢竟，當前與彈道應用相關的科技產品推陳出新，狙擊手在使用各項輔助裝備時，不應僅止於表層理解與一般操作，而應培養嚴謹的學習態度與正確的使用觀念，方能支撐起現代戰場上，狙擊手所需—「精準、穩定、可靠」之射擊品質。唯有用科學的方法，解決因科學應用衍生而出的問題，才能使狙擊手將手上的彈道計算機（或應用程式）發揮最大效用，進而促進部隊「科學化練兵」思維的深化與進步。

Precision Weapon Portfolio Engagement Ranges & Dispersion



註：數據來源(1)美軍準則FM 3-05.222 (Special Forces Sniper Training and Employment)，April 2003。
(2) Bryan Litz, 《Accuracy and Precision for Long Range Shooting: A Practical Guide for Rifleman》(U.S.A., Applied Ballistics, LLC, 2012)

參考文獻

- 一、郭晉愷，《狙擊彈道學 第六版》（高雄市，陸軍步兵訓練指揮部，民國 114 年）。
- 二、《TC-94-7.62 公厘狙擊彈測試資料》，（高雄市，軍備局第 205 兵工廠，民國 100 年）。
- 三、郭正祥，《輕兵器設計技術手冊》（高雄市，聯勤第 205 廠，民國 75 年）。
- 四、徐聲亮，《輕兵器彈藥設計技術手冊》（高雄市，聯勤第 205 廠，民國 75 年）。
- 五、墨爾（David S. Moore），諾茨（William I. Notz）著，鄭惟厚、吳欣蓓《統計，讓數字說話》（臺北市，遠見天下文化出版股份有限公司，民國 112 年 1 月）。
- 六、鈴木香織、竹原一彰著，李貞慧譯，《圖解 機率·統計》（台北市，積木文化出版，民國 105 年）。
- 七、Cal Zant, 〈How To Predict The Future - Statistics For Shooters Part 1-3〉
（PrecisionRifleBlog）
- 八、TC 3-22.10, 《Sniper》（U.S.A., Headquarters Department of the Army, 2017）
- 九、Bryan Litz, 《Accuracy and Precision for Long Range Shooting》（U.S.A., Applied Ballistics, LLC, 2012）
- 十、Bryan Litz, 《Applied Ballistics for Long Range Shooting》（U.S.A., Applied Ballistics, LLC, 2015）
- 十一、Bryan Litz, 《Modern Advancements in Long Range Shooting- Volume II》
（U.S.A., Applied Ballistics, LLC, 2016）
- 十二、Bryan Litz, 《Ballistic Performance of Rifle Bullet- 3rd Edition》（U.S.A., Applied Ballistics, LLC, 2017）
- 十三、Bryan Litz, 《Modern Advancements in Long Range Shooting- Volume III》
（U.S.A., Applied Ballistics, LLC, 2022）

偵搜部隊如何執行野戰情報-以監偵排為例

作者/呂秉洋中校



陸軍官校 ROTC 95 年班、步訓部正規班 355 期、國防大學陸軍指參學院 106 年班；曾任排長、副連長、保養排長、連長、訓練官、參謀主任、營長，現任職於陸軍步兵訓練指揮部一般組組長。

提 要

- 一、戰場「尖兵」的任務編組與運用，一直是戰鬥部隊訓練的重要課題，在進入到營級以上的戰術層級，加上指參作業程序等計畫作為後，對於情報的需求與重視性更加嚴謹，也編制了搜索、偵察與監偵排等類型的偵蒐機構，因此大幅提升戰場上的情資來源，亦增添了情報的可靠程度與正確性，這些成果均對主力部隊的作戰成敗影響甚鉅。
- 二、從《指參作業程序》受領任務到任務分析、《陸軍野戰情報教則》中戰術情報指導、蒐集、處理與運用的情報作業循環、《戰場情報準備》徵候圖解與徵候分析表的 NAI 指定偵察區，直至最後完成情報計畫附錄－偵搜部隊運用實施計畫，都明確律定偵搜部隊所需要完成的情報資料調查與戰鬥任務，然這一連貫的作業流程與要求都來自不同的準則，卻又息息相關，我們又是否真正熟悉且活用了這些準則依據，將「術、鬥、技」充份結合，使偵搜部隊的運用更加嚴謹。
- 三、偵搜部隊的戰鬥行動不外乎就是，在主力部隊進入作戰地區前，先期完成搜索，以確保機動安全；建立警戒幕，以確保主力部隊完成作戰整備，不受敵之威脅；最後，主力部隊進入作戰時，為其擔任掩護，保衛側、後方等地區安全；在主力部隊進入下一個作戰任務地區時，再次地重覆輪迴搜索、警戒以及掩護等戰鬥行動，正確地規劃且執行這三項戰鬥行動，才能真正為主力部隊達成「確保全軍、先機破敵」的必然性。
- 四、在聯兵營正式編成後，作戰地區的範圍與作戰任務也變得更艱鉅，對作戰情報的需求亦增加，也因此大幅提升了偵搜部隊的能力，不僅擴編地面監偵組的總額，更新增了 UAV 監偵組，讓聯兵營指揮官在作戰中更能掌握戰場景況。然未經戰事的國軍，在偵搜部隊運用上總是模擬兩可，是否合乎用兵邏輯，不得而知。因此，應多模擬戰場的想定，更能讓指揮官、情報官及監偵排的成員投入實際作戰景況，瞭解自己不足之處並加以精進。

關鍵詞：偵搜部隊、監偵排、搜索、警戒、掩護

壹、前言

「尖兵」係指軍隊在作戰、行軍時，所派出的前鋒部隊。通常以一個班、排或連為單位，主要任務為警戒、搜索。亦借指精銳部隊。¹在字面的解讀看似容易，但是當爾設想於作戰實況下，這擔任軍隊的先頭部隊，正是首當其衝地面臨未知地區、未知敵人的威脅，掌握了第一線的情資來源，亦往往左右後續主力部隊的未來動態發展，影響作戰成敗至關重要。為此，當作戰部隊提升至營以上戰術層級，便編制了搜索排、偵察排與監偵排之偵搜部隊，對任何的蛛絲馬跡都不容錯過，因為戰場上些許偏差都恐將改變戰場局勢，輕則延誤戰機，重則損軍折將。

在吾任職於步訓部教官後，負責從事情報職類與偵搜部隊訓練等教學項目，在歷經許多教學研究、課程講授與兵推演訓過程中，不斷重覆著墨「指參作業程序」、「野戰情報」、「戰場情報準備」以及各種偵搜部隊戰技、戰鬥等相關準則。再次回顧起擔任營級指揮官時，對於偵搜部隊的指導也總是一樣畫葫蘆，參照舊有計畫與思維而未變通，是否正確指導，總抱持存疑心態；在擔任教職後與學員之間的互動下，亦察覺到現行部隊對於偵搜部隊的運用，同樣不甚熟悉且不重視。

偵搜部隊如同於部隊指揮官作戰時的耳目，如同上述，其掌握了第一線的情資來源，若未能運用得體，部隊指揮官在作戰時則猶如盲人摸象、下塞上聾，用兵規律將雜亂無章、毫無章法可言。「養兵千日，用在一朝」，故爾應當重視偵搜部隊的平時訓練以及加強情報官在「偵搜部隊運用計畫」上的鑽研，才能在實際作戰發揮其最大作戰效益，藉以開創有利機勢。

貳、「偵搜部隊」任務與情報需求依據

要提起偵搜部隊的任務，應從野戰情報所述戰術情報開始著手，老生常談道：「戰以情為先。」作戰的一切始於情報，情報的運作是一個周而復始的迴路循環，從指導、蒐集、處理以至運用，不斷輪迴運轉推動，²而偵搜部隊需置重點在於「指導」與「蒐集」二個步驟。

一、指導

為一切情報活動之方針，係依據任務與指揮官情報需求，並據以擬定情報蒐集計畫與命令。係指揮官在接受上級命令，確立將迎戰之敵軍及須控領之地域，對於所獲當前敵軍情資與被賦予作戰地區後，在不甚瞭解的情況下，為了順利達成任務，因而產生「情報需求」³，並結合「全程作戰構想」擬定「全程情報指導」，其中包括「情報資料蒐集實施計畫表」與「偵搜部隊運用計畫」，具體將「天、地、敵、

¹ 教育部，〈重編國語辭典修訂本〉，<http://dict.revised.moe.edu.tw/dictView.jsp?ID=92662&la=0&powerMode=0>，（檢索日期：113年12月24日）。

² 《陸軍野戰情報教則》，（桃園龍潭：國防部陸軍司令部），2023年12月14日，頁1-25。

³ 針對敵情威脅，提供策定決心及計畫作為，所需獲得瞭解的情報項目區分為情報蒐集要項及其他情報事項兩大項。參自《國軍軍語辭典（九十二年修訂本）》，（國防部），2004年3月15日，頁5-2。

我、水」⁴等情資納入情報蒐集要項，以指導各作戰階段偵搜部隊運用目的、手段及偵蒐重點。⁵

二、蒐集

為情報產生基礎，亦為情報作業重心。各級指揮官及情報部門，賦予蒐集任務時，應審慎考慮情蒐機構之能力與限制，妥善編組運用，適時獲得所需之情報。係將作戰全程所需蒐集之情報進行分配，情蒐機構包含上級、友軍以及建制與配屬之部隊，搜索排、偵察排與監偵排此類的「偵搜部隊」更是重中之重，故在情報計畫中單獨列述了附錄文件—「偵搜部隊運用計畫」，突顯其重要程度。⁶

而計畫中所包含的內容，在此概述：運用目的針對我整個營級作戰環境進行戰場監偵，確保我作戰全程情資透明化；手段則包含了先期搜索、全區警戒與側、後翼掩護等戰鬥行動；偵蒐重點則區分作戰前環境的改變（包含地區特性）以及作戰過程中敵情不斷的更迭等。

另偵蒐重點照指參作業程序進行第一、二步驟「受領任務」與「任務分析」時，情報參謀所依序完成的戰場情報準備成果—「敵軍徵候圖解與分析表」中指定偵察區或點（NAI），⁷與情報計畫—「情報資料蒐集實施計畫表」中所須執行偵蒐的要項。同時強調在各計畫、判斷中對於「所望戰果」與「假定事項」所不斷提列「敵軍、我軍與作戰環境」以及偵蒐機構進行情資驗證的重要性。⁸

參、「偵搜部隊」運用原則與要領

在我國陸軍營級戰術部隊中，擁有步兵、機步與聯兵營等三種類型，在不同裝備屬性與作戰需求下，將偵搜部隊主要區分搜索排、偵察排與監偵排三種建制。不論在哪種編裝建制下，偵搜部隊的任務總配合上級作戰階段，主動積極搜索敵情弱點爭取「破敵」機會、被動消極警戒敵軍動態仍保存「全軍」戰力，續依計畫逐步完成「搜索」、「警戒」與「掩護」三者戰鬥行動，然計畫具體應該怎麼撰擬，部隊應該如何執行，在此提出參考建議，敘述如下：

⁴ 在此意指孫子兵法中地形篇與虛實篇所提：「知彼知己，勝乃不殆；知天知地，勝乃不窮。」以及「故兵無常勢，水無常形，能因敵變化而取勝者，謂之神。分別意指天時(天候氣象)、地利(地形地貌)、敵軍情資、我軍能力以及用兵的規律等內涵。參自：孫子兵法。天：氣象、天氣、時間、光度等；地：地形、人文、經濟、社情等；敵：敵軍兵力、部署、活動、特點與弱點、可能行動；我：我軍兵力、編組、部署、行動、支援能力等；水：水域、水文。又參自：《陸軍指揮參謀組織作業教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，1995年9月12日，頁，6-1。

⁵ 同註2，頁1-27。

⁶ 同註2。

⁷ 指定偵察區(Named area of interest ,NAI)：通常為沿著接近路線或機動走廊的要點、區域或道路上，將預期敵軍高價值目標活動的點或區域做出標示並加以偵蒐，用於確認或否定敵可能行動之徵候，以證實或否定某一特定的敵可能行動。參自：《陸軍戰場情報準備作業教範(第三版)》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2016年11月21日，附1-7頁。

⁸ 《陸軍指揮參謀組織與作業教範(第三版)上冊》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2015年12月2日。

一、偵搜部隊運用構想

排應為確保營作戰(利害)地區行動安全為目的。於營機動進入作戰地區前，依令對接近路線、可能接戰地區與地形要點，先期完成道路、區域與局地搜索，協力更新作戰地區分析之兵要情資，在能力所及下，排除不必要之障礙；接續占領地形要點、交通樞紐等關鍵地區，完成警戒幕之建立，針對作戰全程所需監控之指定偵察區(點)(NAI)，為營爾後行動提供戰場監偵；⁹在營執行戰鬥階段時，控留部分兵力持續監視敵後方地區，餘兵力結合其他加強部隊轉任掩護，協力掩護可能遭敵襲擊之營側翼、後方等地區；並待命執行營下一階段之搜索任務。

二、搜索行動

在偵搜部隊接收到上級命令後，先期執行搜索任務時，著重在作戰環境的更新，以及尚未明確之敵軍情資；另可能因為上級任務調整，影響偵搜部隊行動的困難與複雜性，通常有下列三種狀況：

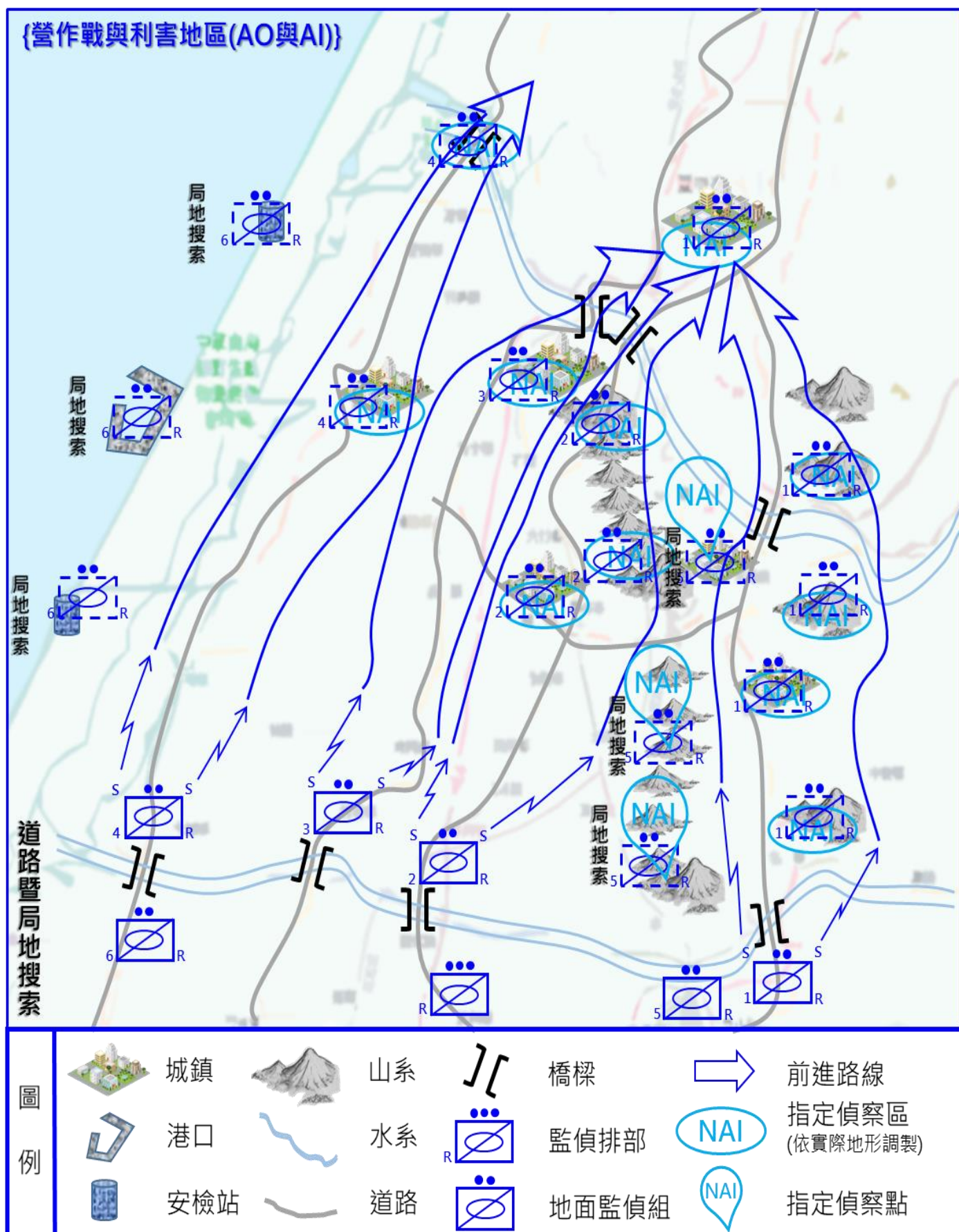
- (一) 營在既定計畫下，針對原有作戰(利害)地區進行搜索，這代表了該地區的兵要¹⁰地誌，於作戰前情報官便應完成調查作業，而偵搜部隊在從事搜索任務時，僅須著重在兵要地誌是否有變動、是否有隱伏敵軍的顧慮以及人文因素等影響性，可能只需要運用道路搜索與局地搜索(如圖一)，進行重點式的搜索與回報，便能滿足情報官更新兵要資料(含兵要地圖)、進而調整戰場情報準備以及情報判斷等相關成果，作為指揮官未來下達決心的參考依據。¹¹

⁹ 戰場監偵，係對作戰地區行持續、有系統之監視與偵察，為蒐集及獲得敵軍目標活動之主要方法。各級指揮官及參謀，應視狀況需要，運用各種手段涵蓋作戰地區，構成嚴密監偵系統，以迅速獲得所需情報資料。參自《陸軍野戰情報教則》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2015年12月14日，頁1-38。

¹⁰ 兵要：凡足以影響戰爭的一切自然與文化事項，經有系統的研究，以期誘導略、戰術、戰鬥的運用，臻於至當境界；兵要地誌：簡稱「兵誌」。將有關地區的兵要資料，經過精確研編的情報文件，可供建設國防、計畫作戰參考。參自《國軍軍語辭典(九十二年修訂本)》，(國防部)，2004年3月15日，頁5-17。

¹¹ 《陸軍監偵排訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022年8月9日。

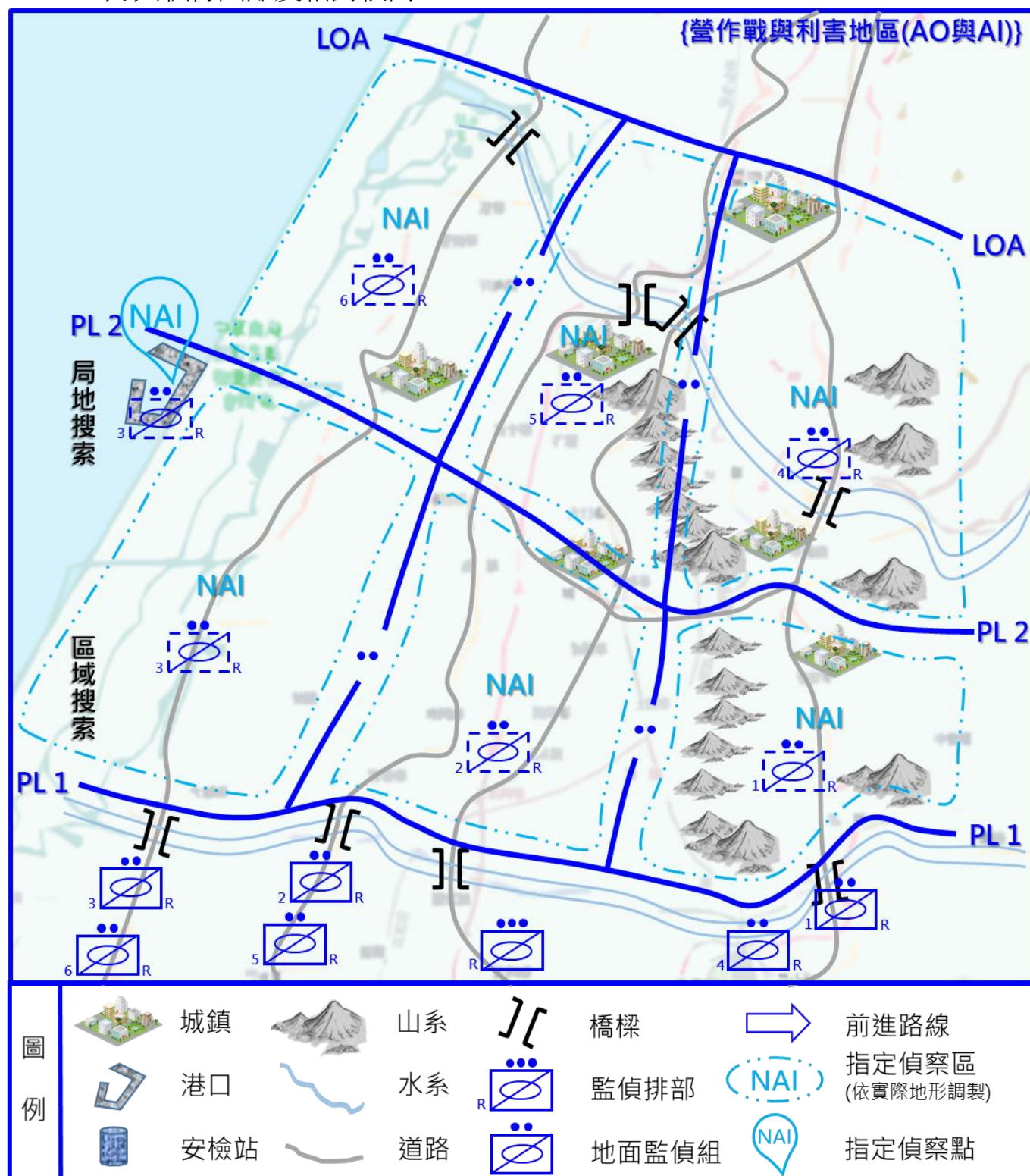
{營作戰與利害地區(AO與AI)}



圖一 道路暨局地搜索示意圖

資料來源：作者自行調製。

(二) 上級所賦予之任務地區，離開營原本所負責之作戰地區。在這樣的狀況下，所要面臨的是未知地區以及未知敵情的範圍，情報官所需要的是全面性的情資，在時間有餘的條件下，必須更詳細地進行區域搜索(如圖二)，對偵搜部隊的壓力與執行困難度相對較高。¹²

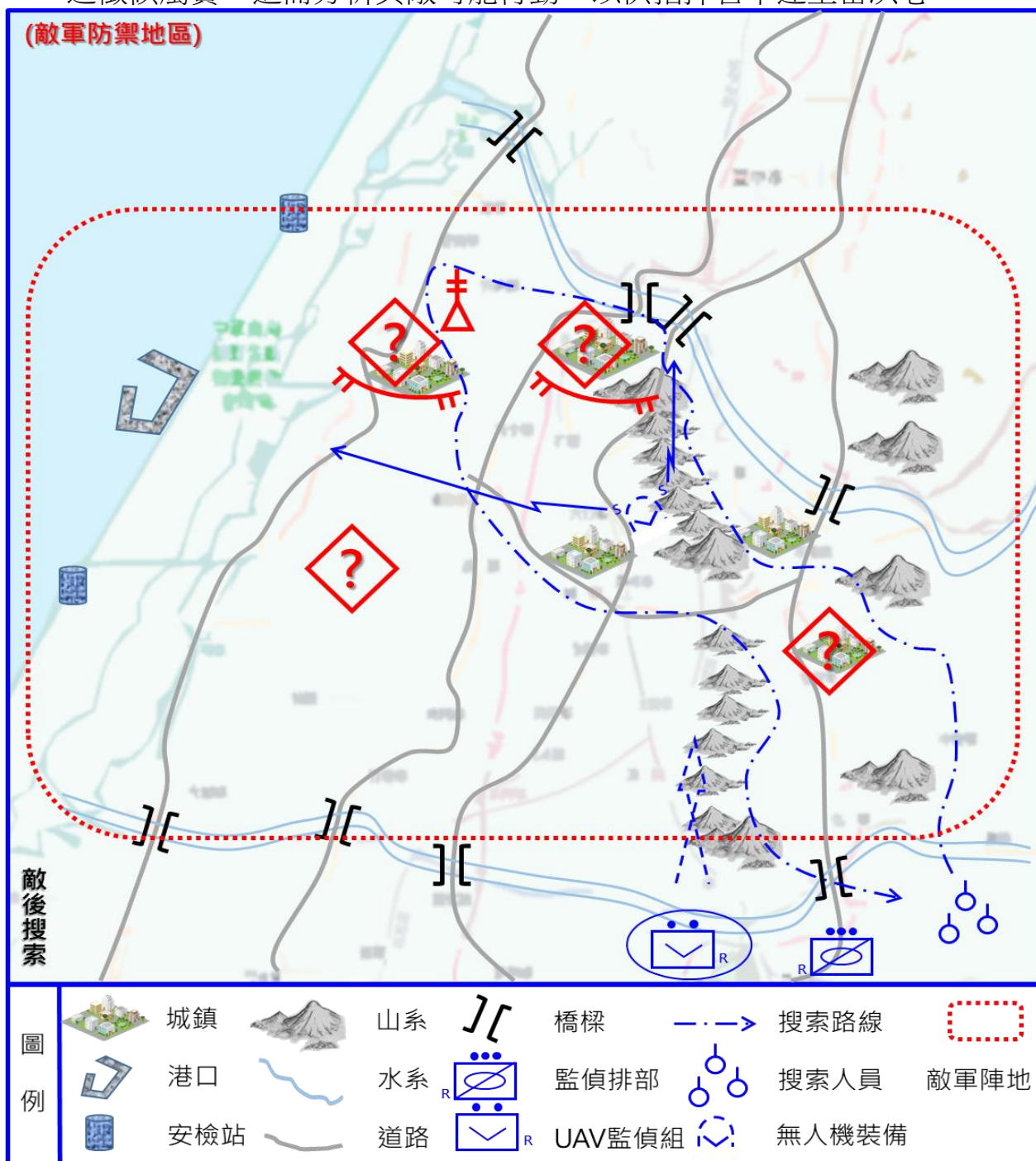


圖二 區域暨局地搜索示意圖

資料來源：作者自行調製。

¹² 同註 11。

(三) 上級要求進行敵後搜索任務時(如圖三)，敵軍通常處於防禦、集結整補等劣勢被動狀態，此時針對特定地區及鎖定敵軍對象，在時間與通聯條件受限下，進行搜索任務，執行上極為艱困，搜索人員必須發揮高度警覺性，行動力求秘匿，以徒步滲透、暗夜潛行接敵、偽裝冒充敵軍等諸般手段，在不與敵戰鬥狀況下，繞越或滲透敵後，蒐集敵軍當前部署，提供情報官確認與驗證是否與研判之徵候屬實，進而分析其敵可能行動，以供指揮官下達至當決心。¹³



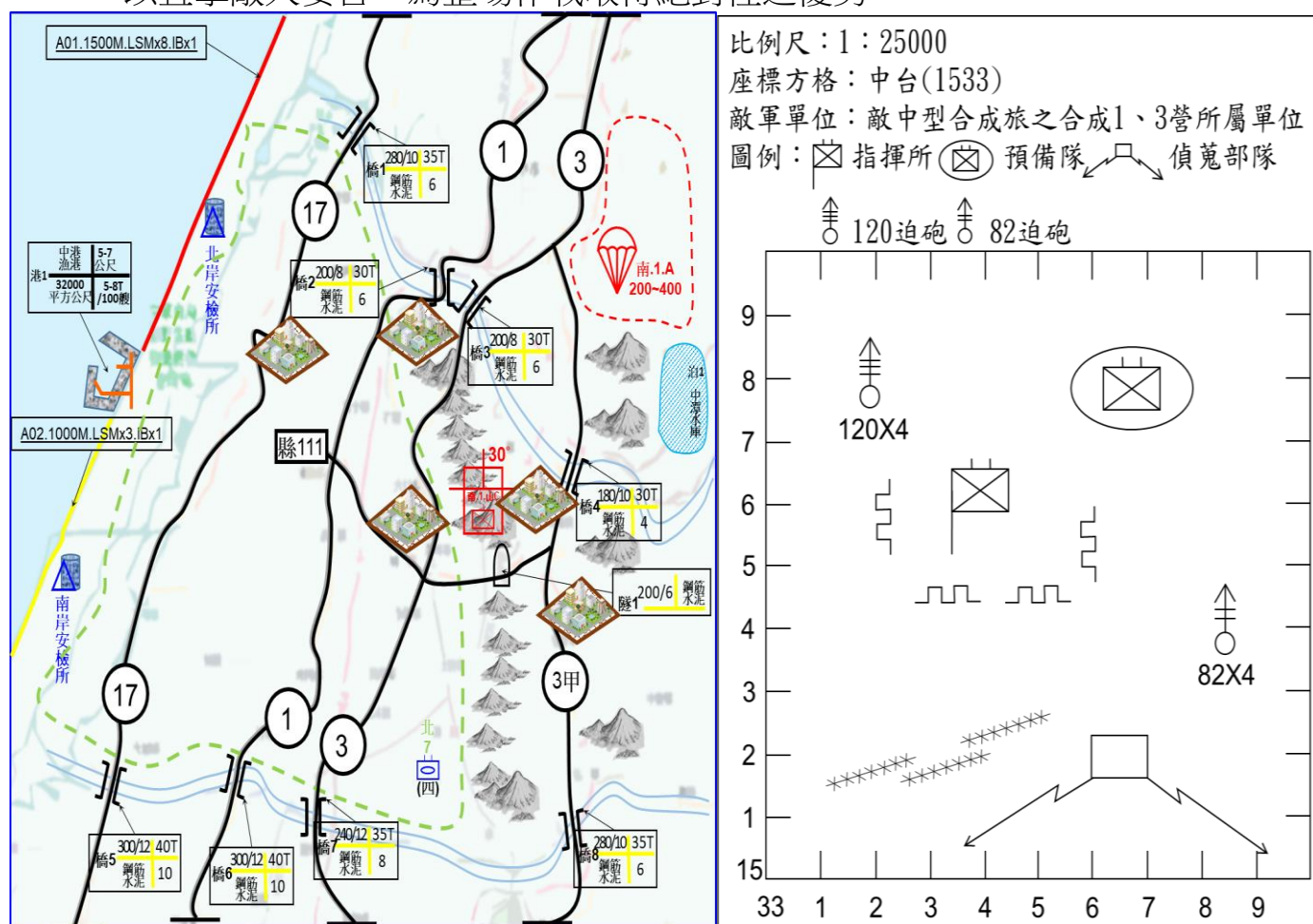
圖三 敵後搜索示意圖

資料來源：作者自行調製。(此圖以示意為主，故不刻意調製正式敵軍戰術圖解)

¹³ 同註 11。

(四)除了上述的搜索方式除外，在搜索的過程中，更因應實況選擇遠距離搜索、近距離搜索、戰鬥間搜索(威力搜索與火力搜索)等適切之搜索種類與手段，輔以強化搜索效能，達到搜索目的。

不論是何種搜索方式，偵搜部隊都必須在最終回報時，給予可靠且有效之情資，情報官與指揮官並非親臨現場，全靠不斷更新指揮所內所用兵要地圖、敵情座標登記簿(如圖四)、混合障礙透明圖以及敵可能行動圖解等各種圖資表單，進行未來作戰推演與決心策定，故偵搜部隊應站在情報官與指揮官的角度進行思考，什麼樣的情資(如表一)才能命中靶心，符合需求且正確更新圖上資訊，得以直擊敵人要害，為整場作戰取得絕對性之優勢。¹⁴



圖四 兵要地圖與座標登記簿圖例

資料來源：作者自行調製。參自《陸軍野戰情報教則》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2023年12月14日。

¹⁴ 同註 2、註 11。

表一 搜索回報事項參考表

項次	區分	搜索要項(視偵搜部隊之能力，儘可能滿足則已)
一	道路	路面、路基狀況、路寬、叉路的地形及隱蔽狀況，有無障礙、敵情及易遭阻絕或破壞位置，各種天候可能之影響等。
二	河川	河寬、河床性質、水深、流速、可否徒涉、徒涉點位置、兩岸地形與附近道路狀況、有無障礙等。
三	橋樑	橋樑種類、長寬、載重量、便道或徒涉點位置及有無障礙、地雷、詭雷、炸藥等。
四	隘路	寬度、長度、兩側地形、可控要點、掩蔽程度、有無迂迴路線等。
五	城鎮	大小、人口及民心、街道及進出路、建築物種類、附近地形及敵情狀況。
六	叢林或隱蔽地	面積、樹木種類、濃密度、林內外道路及林地空曠位置、大小、附近地形及敵情等。
七	地形要點	位置、大小、特性、交通狀況、可配置兵力、敵情等。
八	人員	數量、兵種、部署、裝備、番號、重要活動、指揮官資料。
九	武器	種類、數量、位置及射向等。
十	障礙阻絕	種類、大小、有無迂迴路線、側防機關位置等。
十一	化生放核	感染地區、有無迂迴道路或已標示等。
十二	設施 (指揮、後勤)	位置、大小、強度、警衛、活動狀況等。

資料來源：《陸軍監偵排訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022年8月9日，頁2-87。

三、警戒行動

在搜索行動之前，排長依圖上偵察結合情報資料蒐集實施計畫表之偵察點，分配搜索與警戒兵力，在執行或完成搜索任務的同時，偵搜部隊便應逐步進行警戒幕的建立，依作戰地區的地形要點、交通樞紐等關鍵地區，將手上有限的兵力適當分配派遣，建立能呼應地形的哨點種類，以更新敵軍情資為主，作戰環境次之，亦為後續營主力部隊擔任機動引導、敵情預警與友軍連絡等戰場監偵手段。

警戒幕是賦予各地面監偵組所負責區域，各組再依需求建立單哨、複(伍)哨、班哨、監視哨、監聽哨、巡邏哨與觀測所等哨所種類而形成，彼此間運用通信工具與方法，構成綿密聯繫網絡及情資交流。而建立警戒幕的概念與營區建立營區安全防護之衛哨模式雷同。舉例說明如下：

- (一) 單、複(伍)哨與班哨：設立於敵、友軍可能接近我戰鬥地境的進出入口，就如同營區大門與側門處，派遣大門衛兵與正、副哨兵之關聯性。
- (二) 監視哨：設立於作戰地區內油(彈)庫、機場與港口等類關鍵設施，比照營區內軍械室、油(彈)庫與訓場等高機敏處所，運用值班安全士官、衛哨兵或輔以監視器等方式，負責全天候監視，以避免敵軍襲擾破壞。
- (三) 觀測所：結合砲兵部隊設置於可瞰制作戰地區之高處，利於偵知敵情與火力發揚，類同於在營舍頂樓設置對空監視哨，瞰制營區與火力可達位置。
- (四) 巡邏哨：指定數員進行不間斷之巡邏，行經全區的警戒哨點，整合各部情資與回報，同時彌補警戒幕之間隙，營區亦藉定期、時查哨軍官之排定，負責營區巡邏，以複式查報模式，隨時掌握營區整體安全。
- (五) 監聽哨：最後設立於指揮所、友軍雷達站、安檢所與無線電偵測站等單位，像是營區戰情(值日)室，負責接收上級與友軍等重要信文、資訊及情資，也透過哨點監視與警戒、查哨軍官巡邏、定時回報與警監系統等機制，彌補目視偵察的不足之處，全般掌握作戰(營)區動態。(如圖五)

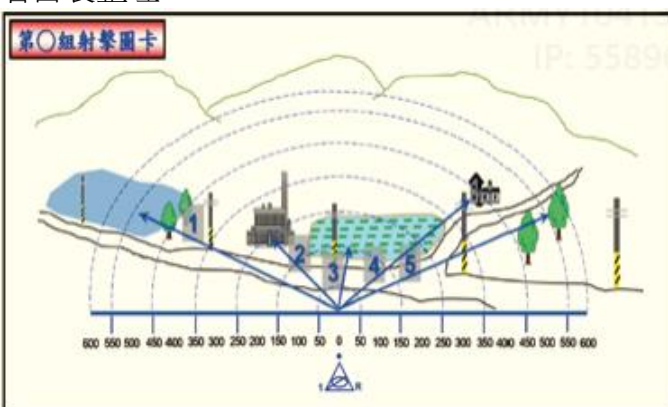
故此，每個哨站都應要求完成一般、特別守則(如表二)、交戰規則卡(武器使用時機)、目標寫景圖(如圖六)以及射擊圖卡(如圖七)等遵循規範，藉以正確回報情資與敵情處置作為。¹⁵

¹⁵ 參自《陸軍單兵、伍訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022年12月13日、《陸軍步兵營搜索排作戰教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2023年9月11日、《陸軍機械化步兵營偵察排訓練教範(第二版)》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2013年7月17日、《陸軍監偵排訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022年8月9日。

表二 一般守則與特別守則範例

一般守則	特別守則
一、偽裝掩蔽，監視敵方，警戒四周，注意徵候，隨時準備戰鬥。 二、出入步哨線人員、車輛，應按規定檢查，並經直屬上級哨長證明、交代或許可後，始准通過。 三、我斥候、巡查等通過步哨線時，除扼要告知當面情況外，並問明其任務、經過路線、歸還時間、路線及地點並交換情資，回報哨長。 四、發現敵情，應迅速報告。 五、夜間有人接近哨所時，應準備射擊及投彈，先令停止，再問「口令」，如三問不答或口令錯誤時立即射殺。 六、人不離位(如有欺敵行動，不受此限)，手不離槍，槍不離彈，不准吸煙、飲酒、坐臥或談笑。	一、中：此處為步哨AA01、偵一村座標(000,000)、執行04-06哨兵。 二、前：敵概略在前方3公里處狀態不明、前方400公尺為戰鬥前哨持續警戒敵情、我負責監視區域為十至兩點鐘方向，涵蓋A道路、甲村與77高地等接敵路線與重要地形。 三、左：步哨AA02在我左方50公尺處 四、右：步哨AA03在我右方50公尺處 五、後：班哨位置與抵抗線在後方87高地東西一線、可沿黃土小徑與預挖壕溝撤離、敵來襲時，保持靜默，利用視號或手臂記號傳遞情況至班哨，並依來襲敵人數目，伺機或協力班哨進行捕俘、撤離行動，紅色(攻擊手勢)為捕俘、綠色(撤退手勢)為撤離。 六、姿：採臥姿監視。 七、連：日間以手臂記號、夜間以視號進行連絡。 八、襲：遇敵襲時依交戰規則實施反擊或撤離、撤退路線為黃土小徑與壕溝、歸還時陣地位於87高地第二陣地位置(如圖)。 九、交：敵情概況○○○○○、友軍概況○○○○○、巡查哨預計0530沿黃土小徑到達本哨所。 十、口：口令(徐賢淑、棒球場、啦啦隊)、辨證數字(9)及記號(紅色手臂記號、藍色反光片)

資料來源：作者自製整理。



第○組○兵目標說明表(範例)

時間	○○○年○○月○○日○○時○○分			位置	△高地
編號	目標說明(基點)	方位角(密位)	距離(公尺)	備考	
1	太平湖	5230	600		
2	甲工廠	5280	250		
3	1號水稻田	5330	250		
4	甲城鎮	5380	450		
5	2號樹林	5420	600		
6					

觀測（監視）紀錄表（範例）							
番號：		地點：			單位：		
○○○觀測站 (XXX, XXX)		△高地			監視排第○組		
日期：		起訖時間：			觀測站負責人員		
○○○年○○月○○日		1000-1200			上士組長 ○○○		
參考資料：鳳山市1/10000							
編號	時間	時鐘方向 或方位角	距離 (公尺)	基點	觀測 資料	報告送 達何人、何 時	觀測員
1	1030	由9點鐘方向往 3點鐘方向前進	600→500	太平湖	敵輕裝步兵 約3-4人	班長 1040	王小明
2	1100	由5280密位往 2400密位方向 前進	250↘150	甲工廠	敵輕型輪車 2輛配賦機 槍數挺	班長 1110	王小明
3							

圖六、七 寫景圖、射擊圖卡等調製範例

資料來源：《陸軍監偵排訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022年8月9日，頁2-128。

四、掩護行動¹⁶

當主力部隊進入作戰地區，開始執行戰鬥任務時，為避免產生誤傷友軍或干擾戰鬥等情事，在前線之警戒哨站，將僅留下必要之兵力，潛伏於敵後，為後續作戰提供敵後方情資，取得有利戰機；另主力部隊若是處於獨立作戰或是未有友軍依托之情況下，戰鬥時側、後方的作戰兵力則顯得薄弱，營後方地區、空降場等重要設施便容易遭敵襲擾破壞，故偵搜部隊可藉由收容之兵力以及上級所支援之作戰部隊(通常可由陸航或特戰部隊支援)轉任掩護部隊，占領交通樞紐、地形要點等，建立攔截點，藉以牽制、遲滯、阻止敵之突擊，並配合支援之戰鬥部隊給予反擊。¹⁷



圖八 攔截點設置與掩護行動

資料來源：作者自製整理。

¹⁶ 意義：掩護乃為防制敵偵察、搜索、襲擊、擾亂及破壞，所採取之一切行動。部隊無論於行軍、駐止或戰鬥間，均須在掩護下實施。各部隊共同之作戰，即係一連串之互相掩護，用以發揮統合戰力及確保安全。目的：在確保主力部隊或友軍之安全與行動自由，並藉以秘匿我之企圖與行動。參自：《陸軍基本戰術教則》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2023 年 12 月 13 日，頁 3-61。

17 同註 11。

五、監偵無人機運用

在近代的戰爭型態中，無人機在戰場發揮了極大的作戰優勢，尤其在偵搜部隊對於敵情的蒐集過程，有著不可取代的地位，使地面部隊不再過度依賴空軍與陸航友軍單位，只需透過監偵排建制無人機，便可彌補地面監偵人員實施偵察、搜索、警戒的罅隙，以驗證、確認所列徵候是否屬實。然無人機並非萬能，其仍有機種特性、飛行續航力、攝影角度、影像數據傳輸之穩定性、天氣、地形等限制因素，無法執行空中偵察任務。換言之，不管是偵察、搜索、警戒或掩護等行動，均不能過於依賴無人機，必須以任務為核心，聚焦於指揮官重要情報需求方面，靈活彈性運用偵搜任務編組，掌握關鍵敵情資訊，讓指揮官即時掌握戰場景況，料敵機先，這也呼應了孫子兵法軍形篇所言：「勝兵先勝而後求戰，敗兵先戰而後求勝」之意涵。

也正因如此，現行本軍聯兵營監偵排、機步營偵察排與步兵營搜索排等偵搜單位，也陸續配賦偵察用無人機，藉由機種特性，可單獨或結合地面偵搜部隊之能力，執行島中偵察、廣域偵巡、指定目標監視、臨機目標偵察及射彈觀測修正及效果監視，以即時掌握敵軍動態。此舉，除直接增強營級地空聯合偵搜能力之外，間接的也大幅提升戰場透明度，更是參謀擬定計畫與指揮官下達決心，注入一劑強心針。作為偵搜部隊指揮官，在具備無人機裝備時，也必須建立起無人機運用的注意事項：

- (一) 地空聯合偵搜是以航空器（在此意指無人機）之長，補足地面偵搜之短處，應充分利用無人機所酬載之光學觀測器材與各種空中觀測方式，對廣正面、大範圍地區發揮偵搜效能；當無人機不能判明或無法深入偵搜獲知細節情資時，則以地面偵搜部隊，適切運用部署，並綿密實施搜索；重要偵搜地區，應先由無人機前往偵搜，再由地面部隊進行複式確認，必須兩者併行，不可擇一。
- (二) 對於空偵目標選定與影像判讀更是重中之重，由情報官在計畫中明確指定空偵目標，而無人機操作手必須具備分辨地形(地物與地貌)、敵軍(設施、裝備、載具等)影像判讀基本能力，才能正確搜得情資，最後再回傳至指揮所，提供影像分析官進行更進一步的影像分析、處理與分發作業。
- (三) 在具備無人機空中觀測之即時影像時，指揮官應妥善運用即時圖資，指揮部隊行動；必要狀況下，地面偵搜部隊亦能透過無人機的空中掩護，對可疑地區實施威力搜索。
- (四) 空中偵搜要項以敵指揮所、輜重地區、補給線等深遠距離敵軍目標；化生放核感染區或特殊、複雜地形等情資；敵軍部署、可能行動等具體要項。¹⁸

¹⁸ 同註 11。另參自《海軍陸戰隊無人機戰術運用教範》，(國防部海軍司令部)，2022 年 10 月 18 日、《陸軍戰術型近程無人飛行載具運用手冊》，(國防部陸軍司令部)，2022 年 9 月 14 日、《陸軍戰術型無人飛行系統(UAS)操作手冊》，(國防部陸軍司令部)，2011 年 6 月 14 日、《SWITCHBLADE®FAMILY of LOITERING MISSILE SYSTEMS》，(AEROVIRONMENT, INC. PROPRIETARY INFORMATION)，2022 年。

六、情資傳遞

最後特別注意，營級部隊在戰時的通信網絡，通常區分指揮官網、火協網與情報網等通聯作為，偵搜部隊被設定在情報網絡中，主要受情報官(情報作業組)進行管制，以回傳有效情資或重覆驗證指揮官網所獲情資之正確性，為作戰中心提供最可靠且正確之情報。

肆、「監偵排」現況探究與未來發展

近年來本軍因應現今戰爭型態與武器裝備革新，陸陸續續大幅調整組織編裝，尤其為了強調獨立作戰與分權指揮而成立了聯合兵種營，營級「偵搜部隊」也因此連帶調整，從原有的「偵察排」轉變成「監偵排」。這樣的轉變不僅僅是名銜上的修訂，除了大幅度地增編人員外，在配賦上更是增加了「戰術近程無人機」等類新興裝備。一瞬間，飛躍性地有感地提升了營級的野戰情報效能。

在這樣的變革下，監偵排在部隊中究竟扮演著什麼樣的角色？可見的是，在增配了無人機的當下，以及加上近年雙亞與以哈衝突事件、俄烏戰爭，不斷運用無人機進行攻防，儼然成為戰場上之重要角色與利器，瞬間開始受到各級長官的重視，不斷要求以無人機進行偵搜任務，在各種戰備演訓中，列入驗證科目，卻反向突顯出長期對「偵搜部隊」的忽視，以及現今監偵排的不足之處。言此，監偵排不管是在人員培育、裝備革新、訓練測考方面，以至任務定位上，是否應當熟思審處，以強化監偵排應有的野戰情報能力，方能肆應多樣化、複雜化的戰爭型態。

一、情搜人員的永續培育

在營級野戰情報的作業迴圈中，有數個關鍵人物，上從計畫策定之營級參謀，如：情報官、目標分析官、情報士；下至擔任執行者的偵搜部隊指揮官（監偵排長）、搜索士（兵）及無人機組，分別擔任很重要的職務與角色，這些職務都必須具備一定程度的「情報專業」並「統一戰術思想」，才能在作戰過程中整合「戰術、戰鬥至戰技」，以建立共同圖像，給予正確且可用情資，這是非常重要的一个環節，其人員良窳決定情報的品質，更是攸關戰場成敗。

首先，在人才培育上，應該要以系統性的建構養成，以美軍情搜人才培育為例，「情報」被認定為特定官科的存在，自任官起歷練相應階級、職務，再完成進修教育後，才接續擔任營情報參謀（S2）以上職務。¹⁹換言之，本軍應比照此要領，在軍官、士官兵進入到部隊時，擇優遴選野戰情報幹部與士兵，從排長、搜索士（兵）之戰鬥（技）根本開始任職，隨著年資、經歷等發展，逐步進階到目標分析官、情報官(士)等戰術參謀職位，始可建構完整「營級情報鏈」。²⁰

其次，現行監偵排目前有人員補充、專長(業)持證比、情報幹部經管等問題。在人員補充方面，部隊因受到基地、測考的成績壓力，人力上總是優先補充成績配

¹⁹ 張高亮，〈美國防情報培養人才組織體系掃描〉，《軍事文摘》，第 279 期，葫蘆時刻分銷商，民國 112 年第 10 期。

²⁰ 高旻生，〈戰場情報分析人才培育之研究〉，《步兵季刊》(鳳山)，第 288 期，步兵季刊社，民國 110 年 2 月，頁 2-11。

比比較重之戰鬥排組，造成監偵排則淪為次要考量。此外，排組在戰場上肩負著敵情徵候之驗證，也是提供指揮官下達戰術決心的資訊來源－指揮官重要情報需求，亦為前線部隊「眼與耳」所在。

然依現行訓測規定上，各訓部及訓練機構雖設有「情報參謀軍官班」、「影像情報軍官班」、「偵搜師資班」、「偵搜士（兵）專長班」等多種情報專業（長）班隊，除了營級情報官（士）與監偵排無人機組要求編現比與持證比以外，地面監偵組因在訓測時不需驗證持證比的規定下，單位常因任務繁重等理由，導致送訓意願低迷。因此，在未獲應有重視下，導致角色淪為陪襯，甚至在訓練內容與強度上略顯不足，甚有屈居人後之感。²¹

其三，軍、士官的重要經歷多著重在作戰職位上，任務情報幹部者反而降低了升遷的機會，長久下來，情報相關職位僅成為了長官口中的「重要幹部」，在經歷上也難以延續。綜合上述之問題，建立完整晉升管道，使之在其情報(搜)專業之項目長期發展，統一納管運用，相信方能使最關鍵之要素「人」能持續穩定之發展及補充。

二、偵搜裝備的汰舊整新

「工欲善其事，必先利其器」，偵搜裝備亦是支撐野戰情報任務達成的關鍵利器。雖然近年為強化聯兵營的獨立作戰能力，將新型「偵蒐車」²²、「無人機」²³、「望遠鏡」納入監偵排的建制裝備。然而，在科技日新月異的進步下，我軍各項裝備的研改及創新步伐稍嫌緩慢，致使在使用的效能及數量上無法滿足部隊的實際需求。所以，縱使由各兵監單位完成施訓後，因久未操作，駐地、演訓時未實際納入訓練，就算作戰時馬上撥補新式裝備與地圖，也會面臨「沒人會使用」的窘境。

偵搜部隊在多數狀況下，必須以人員進行地面滲透、搜索等戰鬥行動，正因為如此，偵搜裝備在研發的過程應朝向「體積小、重量輕、觀測距離遠、數據精準、操作簡易、資訊數位化」等要求，如同美軍的RQ系列偵搜無人機、Moskito TI望遠鏡可直接由單兵攜行，操作與攜行方便等，這樣的裝備效能才能實際滿足偵搜裝備所需的條件。

²¹ 同註 11。

²² 菱傳謀，〈獨家/國軍研發「偵搜戰術輪車」遭爆引擎動力不足，越野爬高測試未過關〉，<http://rwnews.tw/article.php?news=16012>，(檢索日期：114 年 6 月 25 日)。

²³ 聯合新聞網，〈立委揭陸軍使用魔羯無人機不到 1 年，20 起意外損失多架〉，<http://udn.com/news/amp/story/10930/8476460>，(檢索日期：114 年 6 月 25 日)。



圖九、十 RQ-11B型渡鴉無人機與美制MOSKITO TI望遠鏡示意圖

資料來源：

1. Military.com網站，<http://www.military.com/equipment/rq-11b-raven>，(檢索日期：114年6月17日)。
2. SAFRAN 網站，<http://www.safran-group.com/products-service/moskito-ti-medium-range-target-locator-infantry-and-special-forces>，(檢索日期：114年6月17日)。

三、調整訓練測考模式與強度

訓練乃戰力之泉源、戰勝之憑藉，一語道出訓練的重要性，本軍部隊訓練主要是按駐地、專精、基地、三軍聯訓，採循序漸進方式施訓，從綿密且完整的訓、測過程中，監偵排的驗證科目與要求強度上，卻始終都沒有機步排、迫砲排等戰鬥排組來得高，且在測項上多著重在編制武器射擊、指揮工具運用與無人機空中偵搜等基礎職能，反而需要與情報官(士)、目標分析官相互協調配合，才能不斷更迭修訂情資的關鍵要項，如：計畫命令撰擬、情報要圖調製、兵要調查作業、目標敵情偵搜等，卻顯少做為測項考驗。長久為之，其一，在戰時可能產生營級計畫面(情報參謀)與執行面(監偵排)之間的代溝，情報參謀的要求程度超過監偵排的實際能力。其二，監偵排所獲情資則無法提供營情報官進行分析與研判，甚至無法滿足營級指揮官重要情報需求等情形。

在根深蒂固的傳統觀念下，不論是訓練還是測考，最終成績總被作為戰力的表現，而成績的依據來源便是訓練與測考計畫的規範，這些計畫規定也決定了要求強度與部隊重視程度。就如每年都會頒佈的部隊訓練計畫大綱、基地訓測實施計畫等文件中，針對監偵排等偵搜部隊的內容也寥寥無幾，沒有具體的訓測規劃，就連測考也僅要求編現比依現況進訓，以致基本人、裝均無法到齊，從事一個完整性的訓測。

聯兵營的成立是要求營級以下便能達到兵種之間的協同，以具備獨立作戰之能力，其中步兵與裝甲等戰鬥部隊的戰力支撐，還是需要仰賴戰鬥支援與勤務支援等部隊，不單指監偵排，每個排組都不可被輕視。所以在平時的訓練與測考中，就要制訂強而有力的要求圭臬。例如：單兵可依《陸軍單兵、伍訓練教範》及《各式無

人機操作手冊》等為依據，提升偽裝、指揮工具及無人機運用及伍之搜索、警戒等個人戰鬥技巧，再參照《監偵排運用教範》、《陸軍無人機戰術運用教範》等準則，加以強化戰鬥(術)運用，增加作戰效能，並由上至下訂定駐地訓練標準及基地測考依據，以提升各排組之作戰能力。

四、平戰時的任務定位

隨著台海情勢的威脅與日俱增，「實戰化」訓練成為本軍地面部隊演訓目標，結合防衛作戰想定，將部隊部署至實際作戰位置，偵搜部隊在演訓中的角色定位與作戰運用，應當全盤且正確地規劃調整。

摒除了人員編現與裝備問題後，監偵排平時在駐地時除了強化自主的本職學能外，亦能結合營區哨點(所)來訓練警戒幕部署方式，藉由平時的衛哨執勤任務加深「哨」的執行要領，並結合「戰備偵巡、長O演習、O光操演」等常態演訓科目之現地勘查，置重點在協助營級情報參謀完成作戰地區兵要調查、敵情資料的蒐集、更新等事務，為情報官所應建立的情報資料庫(包含兵要、天氣與敵情等資料庫情資)穩固情資可靠性，除了避免情報參謀因為人力不足的情形下，延宕情報資料庫更新作業，更可以透過現地偵察、戰鬥教練之方式，同步驗證監偵排戰時應有之情搜能力。

戰時，因應在早些年前本軍經過組織調整案後，現除了地區防衛部仍保有裝騎連的編制外，其餘各旅級所屬裝騎連已不復存在，旅級所屬的「耳目」情資，轉移到了營級，直接加重了監偵排的壓力，甚至有多數單位會在戰時，將所有營級監偵排直接納管統一運用。雖說「戰術運用沒有對錯」問題，而實際面上總是挾帶風險。像是旅級情報參謀必須具備同時掌握多個地面以及UAV監偵組的調動能力，而當大量情資匯入時，更是面臨應接不暇、分身乏術下作業的處境；或是活生生將實際投入戰場的營級戰鬥部隊之「耳目」取下，營級情報來源只能透過上級與前線部隊，沒有驗證的備援手段限制下，情資的可靠性將是存疑；或是監偵排在作戰過程中，面臨上級指揮者的變更，在用兵思維上將也隨之而變，此舉措都是考驗著旅、營情報官撰擬偵搜部隊運用計畫的連貫性，以及監偵排能否應變自如、轉危為安的能力。如不重視上述的風險因子，恐面臨「偷雞不著蝕把米」的窘境。

聯兵營的成立就是為了加強「獨立作戰能力」，取走其「眼睛跟耳朵」，還能否具備獨立作戰能力呢？所以，旅級部隊可以選擇透過作戰地區劃分與情報計畫的策定，律定各營級各種回報機制，藉以掌握全區情資來源；或是僅作戰管制「預備隊之監偵排」，做為旅級「耳目」情資來源，更側重在旅級指揮官重要情報需求方面，這樣才使指揮官能根據敵情與戰場狀況做出正確的決策，以致於達成上級指揮官作戰企圖。總言之，各種戰術運用手段都沒有對錯問題，關鍵在於執行任務前，計畫面與執行面的相互溝通與協調，才不至淪為「紙上談兵」的例證。

伍、結語

在軍事學術中，每經過一次大戰，必有一次革新。以「俄烏戰爭」、「以阿戰爭」直至近期之「以伊戰爭」顯見，現代化的戰場型態已是複雜且多變，不同於以往的傳統戰場，增加的是「無人化系統的操作」、「AI 人工智慧」等技術之進步，甚至廣泛到高、中、低軌衛星之運用，一再顯示於未來戰場上，資訊(情報)收集將更為快速及精準，如果想在戰場上獲得有利機勢，尚須仰賴情報(資)之快速傳遞。

再者，近年來中共對我威脅甚鉅，並常態性以灰色地帶對我不斷襲擾，然而，我軍在長時間備戰準備下，已累積數十年野戰情報之基礎，並建立各式資料庫，惟戰場變化急遽且快速，作戰發動前之徵候、發動中之敵我現況之變化等相關情報資訊，更需要妥適運用戰略單位的情報特工實施秘密潛伏、監聽、間諜衛星，直至戰鬥單位之偵搜部隊，方能有效掌握敵之意圖、能力和行動的感知與預判。

另本篇著重點在使讀者瞭解如何善用「偵搜部隊」，並使其發揮最大價值，進而使戰技能支撐戰鬥(術)，最終回歸「情報為先、情報為首要」之正軌。

參考文獻

- 一、《國軍軍語辭典(九十二年修訂本)》，(國防部)，2004 年 3 月 15 日。
- 二、《陸軍指揮參謀組織與作業教範(第三版)上冊》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2015 年 12 月 2 日。
- 三、《陸軍野戰情報教則》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2023 年 12 月 14 日。
- 四、《陸軍戰場情報準備作業教範(第三版)》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2016 年 11 月 21 日。
- 五、《陸軍基本戰術教則》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2023 年 12 月 13 日。
- 六、《陸軍監偵排訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022 年 8 月 9 日。
- 七、《陸軍機械化步兵營偵察排訓練教範(第二版)》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2013 年 7 月 17 日。
- 八、《陸軍步兵營搜索排作戰教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2023 年 9 月 11 日。
- 九、《海軍陸戰隊無人機戰術運用教範》，(國防部海軍司令部)，2022 年 10 月 18 日。
- 十、《陸軍戰術型近程無人飛行載具運用手冊》，(國防部陸軍司令部)，2022 年 9 月 14 日。
- 十一、《陸軍戰術型無人飛行系統(UAS)操作手冊》，(國防部陸軍司令部)，2011 年 6 月 14 日。
- 十二、《陸軍單兵、伍訓練教範》，(桃園龍潭：國防部陸軍司令部)，2022 年 12 月 13 日。
- 十三、《SWITCHBLADE®FAMILY of LOITERING MISSILE SYSTEMS》，(AEROVIRONMENT, INC. PROPRIETARY INFORMATION)，2022 年商情簡報。
- 十四、教育部，〈重編國語辭典修訂本〉，<http://dict.revised.moe.edu.tw/dictView.jsp?ID=92662&la=0&powerMode=0>，(檢索日期：113 年 12 月 24 日)。
- 十五、張高亮，〈美國防情報培養人才組織體系掃描〉，《軍事文摘》，第 279 期，葫蘆時刻分銷商，民國 112 年第 10 期。
- 十六、高旻生，〈戰場情報分析人才培育之研究〉，《步兵季刊》(鳳山)，第 288 期，步兵季刊社，民國 110 年 2 月，頁 2-11。
- 十七、Military.com 網站，<http://www.military.com/equipment/rq-11b-raven>，〈檢索日期：114 年 6 月 17 日〉。
- 十八、SAFRAN 網站，<http://www.safran-group.com/products-service/moskito-ti-medium-range-target-locator-infantry-and-special-forces>，〈檢索日期：114 年 6 月 17 日〉。

- 十九、菱傳謀，〈獨家/國軍研發「偵搜戰術輪車」遭爆引擎動力不足，越野爬高測試未過關〉，<http://rwnews.tw/.article.php?news=16012>，(檢索日期：114 年 6 月 25 日)。
- 二十、聯合新聞網，〈立委揭陸軍使用魔羯無人機不到 1 年，20 起意外損失多架〉，<http://udn.com/news/amp/story/10930/8476460>，(檢索日期：114 年 6 月 25 日)。

淺談對中共滯空彈藥 FH-901 作戰運用與防護作為

作者/李祥豪士官長



陸軍專校 100 年班、陸專士官長正規班 58 期畢業；曾任分隊長、區隊長，現任職步訓部兵器組教官。

提 要

- 一、中共滯空彈藥 FH-901 體積輕巧可由單兵攜帶、車載及機載等多種裝載模式，並使用電力驅動可降低飛行噪音不易遭雷達偵測，對第一線作戰提供戰場情報和立即破壞等效果，其破壞目標多為多人操作武器、高價值裝備、彈藥庫及油料庫等重要據點，對滯空彈藥 FH-901 的防護與處置應為本軍訓練與軍備重點之一。
- 二、我國中央科學研究院持續研發並製造相關電子干擾系統與裝備，國軍至今已獲撥 310 支無人機干擾槍，可發射訊號覆蓋滯空彈藥 FH-901 射頻頻段，使其無法正常執行指令致使迫降或驅離，並針對八輪甲車安裝格柵裝甲，可有效減少滯空彈藥 FH-901 對八輪甲車直接撞擊破壞，除軟殺手段外，也可利用步機槍等武器建置簡易防空火網，利用火力覆蓋飛行方向使其破壞。俄烏戰爭中，烏克蘭則
- 三、針對滯空彈藥 FH-901 應具備多重防護作為，從近期的國際戰場可得知單一防護作為難以有效防範滯空彈藥帶來的危害，本軍可參照戰爭實例調整與訓練相關防護作為，並逐漸研發與配裝強而有力的防護裝備，如：單兵攜行式干擾器、雷射型輪甲車等，以提升本軍作戰能力與對滯空彈藥 FH-901 的防護力。近代戰爭中，各國逐漸意識到滯空彈藥在戰場上的用途非同凡

關鍵字：FH-901 滯空彈藥、自殺式無人機防護、FH-901 滯空彈藥防護作為

壹、前言

烏克蘭與俄羅斯已戰爭三年之久，如今戰場上隨處可見不同型態的無人機，從釋出的相關戰爭影片可得知，其中最令人頭疼莫過於無人機與彈藥相互結合的滯空彈藥，具備即時影像偵察能力和立即破壞目標效能，如：彈簧刀-300（Switchblade 300）、柳葉刀（Lancet）與見證者-136（HESA Shahed 136）。滯空彈藥逐漸改變以往作戰模式，因其體積輕巧、反截面積小，容易躲避雷達偵測，且若使用傳統防空武器攻擊滯空彈藥成本又過高，因此戰爭初期第一線部隊在面對具備低空飛行的滯空彈藥，僅能被動躲避滯空彈藥的偵察或是盲目使用步機槍掃射，無法採取有效的反應措施，促使各國開始重視滯空彈藥的作戰運用與防護作為，研發相關反制武器，如：以色列的「鐵穹防空系統」、美國的「人攜背負式旅級戰鬥部隊地面層次電戰系統」等均是針對滯空彈藥反制手段，進而強化士兵於戰場上面臨滯空彈藥處置作為，期望增強第一線部隊反制作戰能力。

參照國際形勢，共軍類似彈簧刀滯空彈藥的武器，便是滯空彈藥 FH-901，該武器可針對 20 公里內的目標實施偵察與破壞，並具備聚能炸藥彈頭，可對輕裝甲車輛有效殺傷，發射模式多元化可由單兵攜帶使用發射筒發射、搭配輪型車輛發射或配合 FH-97 無人機實施作戰，且造價約 9000 美元，若使用刺針飛彈、愛國者飛彈等防空武器對 FH-901 實施破壞，兩者成本相差巨大，且會間接消耗本軍防空作戰能力，因此需藉由分析 FH-901 諸元效能與作戰運用，提供本軍面對 FH-901 時，能採取有效的防護措施，本篇期藉由探討共軍滯空彈藥 FH-901 及其戰場相關運用方式，通過了解滯空彈藥的偵察、搜索能力與作戰效能，藉以提供應對措施及防護方案，提高本軍在面臨 FH-901 威脅時的應變能力和防禦效果。

貳、中共滯空彈藥 FH-901 簡介

從俄烏戰場公布的影片可得知雙方部隊均使用低成本的滯空彈藥攻擊高價值目標和重要據點等設施，該類型滯空彈藥搭載偵察類型無人機，對戰場環境實施偵察與判斷後，指揮滯空彈藥飛行至目標區實施轟炸，滯空彈藥相對精準彈藥較為便宜，但其酬載彈藥較為不足，對高防護裝備需多枚才能造成破壞，而對比傳統彈藥火炮優勢則是較為精準，無須經由複雜的計算便能修正其飛行軌跡，並對目標立即破壞。共軍於 2017 年期間仿製以色列「哈比(Harpy)」反輻射滯空彈藥，命名為 ASN-301 反輻射滯空彈藥；2021 年於珠海航展展視「CH-817」微型攻擊滯空彈藥，該款滯空彈藥總重僅 850 公克，但已具備人員殺傷效果。¹由此可見，中共在滯空彈藥的發展已逐步取得一定成果，本段介紹的中共滯空彈藥 FH-901 便是該類型其中之一。

¹ 舒孝煌、許智翔，共軍無人載具發展，《國防科技趨勢年度報告》，第四篇第十一章，110 年 12 月，頁 123-124

一、沿革

滯空攻擊彈藥(loitering attack munition) 為無人機類型之一，是一種無人機和彈藥相互結合的新式武器，在無人機添加戰鬥部放置各類型式的炸藥，使其與神風特攻隊有異曲同工之處，利用裝載的彈藥俯衝飛向目標，進而對目標及設施造成破壞或毀損，藉由低成本換取對方高價值目標。無人機自第二次世界大戰後開始發展，首先發展演習訓練用的靶機，使空中或地面部隊可對空中目標實施追瞄射擊，其次為 1955-1975 年越南戰爭的無人偵察機，無論是越南戰爭或是波灣戰爭都能迅速搜索戰場情報，提供後方指揮所即時戰況，後續則設計出可欺騙雷達系統的小型無人機，使敵軍的防空系統及雷達系統無法有效識別和破壞，最後更提供尺寸微小、成本低廉且可攜帶炸藥的滯空彈藥。²其主要攻擊方式，可由操作手利用平板電腦或控制臺導引滯空彈藥穿越各種複雜地形，並藉由滯空彈藥回傳的即時圖像，對目標及周圍地區實施監控和搜索，操作人員確認完攻擊目標便可操作滯空彈藥進行俯衝攻擊。³兩亞戰爭中使用的哈比滯空彈藥破壞防空雷達設施、俄烏戰爭中投入的滯空彈藥炸毀戰車、以哈戰爭中哈瑪斯使用中國製造的大疆無人機對基地周邊執行拍攝任務及手榴彈和炸彈等。⁴綜合上述，無人機與彈藥相互結合後，將無人機的使用更上推一層高度，使其逐漸發展可簡易操控或無須操作手便可 AI 自主編隊，無須後方砲兵部隊遠程火力支援及戰鬥部隊投入，即可深入敵軍後方直接對目標造成破壞或傷害，這種類型的無人機便是戰場新式利器-滯空彈藥，循以往現代戰爭的案例中，便可得知滯空彈藥戰場使用的靈活度與便利性。

二、中共滯空彈藥-飛鴻 901 (FH-901)

FH-901 為中國航天集團基於 CH-901 無人機技術改良而成的滯空彈藥。其設計原先側重偵察功能，後經改良使機翼可折疊以便收納於發射筒內，轉型為易於儲放與攜帶的發射式滯空彈藥。⁵未發射時機體呈長筒狀以節省儲存空間；發射後展開前後機翼並啟動後置螺旋槳進入巡航狀態。

(一) 機體：機翼設置主要偏向高翼機，此種設置重心較低可使飛行穩定性提升，面對強風吹襲造成偏航時，減少失速的狀況發生以提升任務達成率，而翼面構型是挑選常見的矩形翼，⁶機翼可折疊以收納於發射筒，未發射前為長筒狀，提升儲放與攜帶便利性，而機中段為主機板與電力模組所在，為整機作戰與電力供應核心。總系統重量為 45 公斤，其中包含三架 FH-901 滯空彈藥、一具發射筒與控制系統平臺。

² 無人機的發展歷史是怎麼樣的 <https://kknews.cc/zh-tw/history/vyvg5kq.html> (檢索日期:112 年 05 月 20 日)

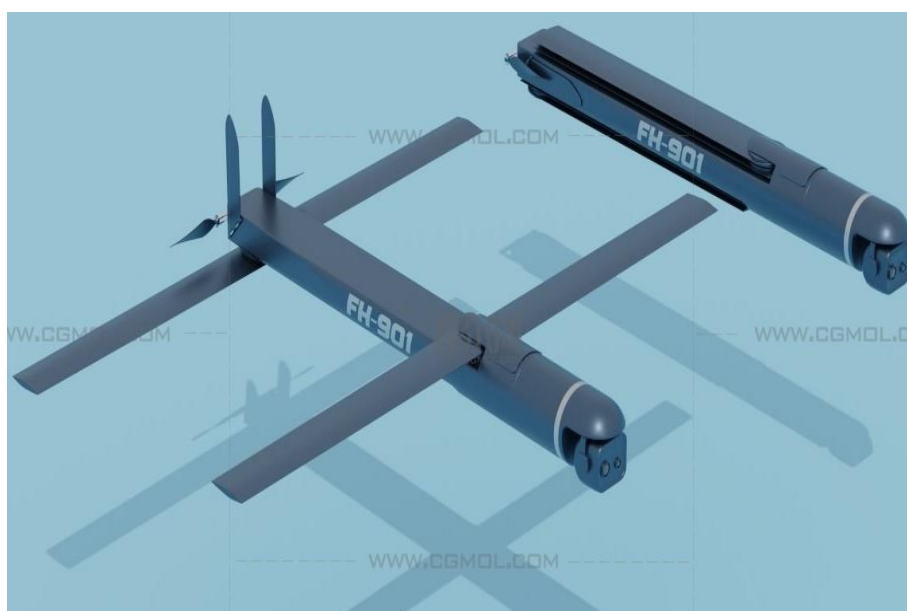
³ 李祥豪，我國滯空彈藥發展概況之研析，《步兵季刊》，第 290 期，112 年 11 月，頁 3。

⁴ 抓到了！以媒曝哈瑪斯採用中製無人機攻擊以色列 <https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/4458384>，(檢索日期：113 年 8 月 3 日)

⁵ FH-901 中國版彈簧刀，蜂群技術的應用顛覆傳統戰爭的規則 https://k.sina.com.cn/article_6346774524_17a4c17fc001012mgx.html，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)

⁶ 林中彥、林智毅編著，《無人飛機設計與實作》(中華民國新北)，(全華圖書股份有限公司)，106 年 6 月，頁 6-10、11。

- (二) 尺寸：翼展 1.3 公尺，機身長 1 公尺，摺疊時收納直徑約 110-140 公尺，最大起飛重量為 3.5-9 公斤⁷。
- (三) 巡航速度、距離與高度：巡航速度為 108-180 公里/時，末端俯衝速度上限可達 288 公里/時，飛行距離為 15-20 公里，續航力可達 1 小時，巡航高度限制為 150 公尺。⁸
- (四) 感測器配置：可見光攝影機、熱顯像儀與雷射測距（支援日夜作戰），可對 2 公里的目標實施識別。
- (五) 有效酬載：可配備破片炸藥殺傷半徑約 5-10 公尺或採用聚能炸藥彈頭具備厚度 10 公尺的穿甲破壞能力⁹，彈頭重量依據機型區分 1.3 公斤和 0.5 公斤兩種。
- (六) 精準度：誤差可達 2 公尺以內。
- (七) 配賦部隊：主要提供難以獲得空中支援火力部隊，如：特戰、兩棲部隊等。¹⁰



圖一：FH-901

資料來源: <https://www.cgmol.com/model/9/88369.html>

(檢索日期:114 年 06 月 29 日)

⁷ FH-901 /901A Loitering Munition Drone<https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html>，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)。

⁸ 中國灰色地帶戰術激臺擊落無人機 美媒：兩岸情勢恐升高

<https://taiwandomnews.com/%E5%85%A9%E5%B2%B8/32993/>，(檢索日期：114 年 6 月 28 日)。

⁹ Rainbow CH-901 Suicide Drone (CH-901 loitering munition) <https://www.militarydrones.org.cn/rainbow-ch-901-suicide-drone-china-price-manufacturer-procurement-portal-p00167p1.html>，(檢索日期：114 年 9 月 21 日)。

¹⁰ 搜敵後直接化身為飛彈！ 解放軍新無人機 CH-901 曝光 <https://www.ettoday.net/news/20170802/979812.htm>，(檢索日期：114 年 9 月 21 日)。



圖二：FH-901

資料來源: <https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html>

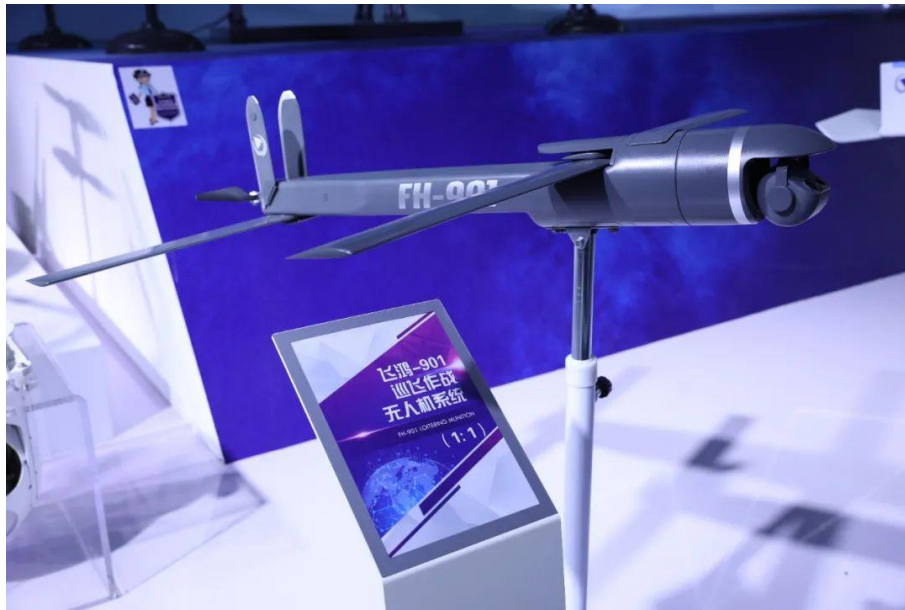
(檢索日期:114 年 06 月 29 日)

FH-901 滯空彈藥共有兩種形式，相似於彈簧刀 300 型與 600 型，就作戰用途、飛行距離、重量、彈藥攜行量及飛行時間等，區分為 FH-901 及 FH-901A 等型號，其主要為單兵攜帶使用的發射筒，其次也可與 FH-97 組合執行多元化作戰模式，藉由機載或車載等其他平臺發射。可由單兵配備野戰背包執行作戰，配件亦有發射筒、平板電腦、火控系統等設備，並藉由定位系統操控 FH-901 至目標地區徘徊巡視，也可以由操作手藉平板電腦挑選重要路線至目標區，蒐集相關情資。

FH-901 型因其戰鬥部攜帶彈藥量較多可針對輕裝甲車輛實施破壞，而 FH-901A 型彈藥重量為 0.5 公斤，對於裝甲車輛的破壞程度較為不足，飛行半徑最遠可達 20 公里，續航時間則為 1 個小時之久，配賦單兵作戰可大幅度提升偵察探測能力，從原本的望遠鏡觀測改由滯空彈藥升空偵察，縮短戰場偵察時間並提升偵察範圍，從原本的 2D 平面提升到 3D 空間的高度，並可即時擷取有效情資回傳後方指揮所，亦可直接對重要目標與高價值目標實施立即攻擊與破壞等軍事行動。¹¹整套系統則區分「機體分系統」、「發射設備分系統」、「資料鏈分系統」、「載重分系統」、「引戰設備分系統」、「指揮控制與資訊處理分系統」、「綜合保障分系統」等七項組成。¹²

¹¹ 同註 8，(檢索日期：113 年 8 月 17 日)。

¹² 同註 7，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)。



圖三：FH-901

資料來源: https://m.thepaper.cn/baijiahao_14723982?sdkver=e06426d6&clientprefetch=1
(檢索日期:113 年 08 月 24 日)

表一 FH-901/ FH-901A 性能規格

區分	FH-901	FH-901A
重量	9 公斤	3.5 公斤
飛行速度	30~50 公尺/秒	30~50 公尺/秒
飛行半徑	20 公里	15 公里
飛行高度	100-150 公尺	100-150 公尺
續航時間	60 分鐘	40 分鐘
武器	3.5 公斤高爆炸彈頭	0.5 公斤高爆炸彈頭

資料來源: FH-901 /901A Loitering Munition Drone

<https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html> (檢索日期:113 年 08 月 18 日)

三、FH-901 各類型限制因素

(一) 技術限制：滯空彈藥因造價低廉、構造簡單且具有蒐集情資等任務，飛行距離與高度均有一定限制，因其飛行範圍與續航時間受燃料、電力、環境天候等因素影響，飛行半徑約莫 20 公里、續航時間最久可達 60 分鐘，因此，對於起飛地點的選擇尤為重要，若距離目標地太遠則滯空時長相對較短難以執行後續任務，距離目標地太近則容易使操作手位置暴露而遭遇攻擊，需由具備經驗的操作手才能做出正確的判斷和選擇。FH-901 為全球衛星導航系統控制，若途中遭遇敵軍電子干擾或無人機反制系統截斷訊號源，亦造成其失去控制可能造成墜落或誤擊的狀況產生。

(二) 環境限制：天候和環境影響著飛行安全和任務達成率，面對雷雨氣候，操作手

需衡量雷擊和閃電對 FH-901 的影響，瞬間閃電容易造成訊號之間傳遞不夠穩定，可能導致操作畫面有黑頻或水波紋現象產生，間接促使操作手無法有效操控 FH-901，對飛行穩定性和航道安全皆有危安疑慮，雷擊則會毀損 FH-901 機翼與機體，而附帶的電流可能會導致系統及內部電子零件失效，致使 FH-901 失衡墜落，更嚴重者可能會對不明區域造成一系列的破壞。而複雜的環境則會影響偵察效率，如城鎮大樓林立對滯空彈藥偵察具有一定影響，與平原開闊地相比，視線與飛行路線均受限制，飛行過程除需穿越各式障礙物外，也需注意藏身大樓的敵人，避免因飛行高度限制，而遭受敵人伏襲與破壞，導致後續任務無法遂行。¹³

- (三) 操作限制：FH-901 攜帶的炸藥具有一定範圍殺傷效果，雖然精準度可達誤差值小於 2 公尺內，但仍可能對攻擊目標周圍會產生連帶破壞，視其裝藥容量產生的破壞效果不同，會因操作不甚而導致非軍事目標或設施毀損，俄烏戰爭中便有往例可循，該案例是彈簧刀對在布良斯克地區的海關檢查站進行軍事行動，最後結果卻導致俄羅斯平民受傷及非軍事目標破壞，且有一平民因此身亡。¹⁴由此可見，FH-901 使用不僅驗證操作手的訓練，同時也是考驗著士兵對於武裝衝突法及日內瓦公約等國際人道法的遵守，避免執行軍事任務過程中因操作失慎造成非軍事目標傷亡。

FH-901 具備攜帶方便與成本低廉的滯空彈藥，可提升前線部隊的即時偵察能力與實施近距離的精準打擊，且配備熱顯像可支持日夜間作戰，續航與速度足夠支撐巡邏與突擊任務。但其航高限制、有限續航與彈頭能量對於破壞輕裝甲車輛、殺傷多人操作武器與執行戰術偵察任務效果較為顯著，而非用於對抗坦克或遠距離打擊與偵察任務。整體而言，FH-901 適合作為提高地面小單位火力與偵蒐靈活性的戰術性補充工具，但在面對電子對抗、高效短程防空或重裝甲目標時，其戰術價值會顯著下降。

參、滯空彈藥 FH-901 戰場運用

隨著各國無人機技術越趨成熟，加速提升無人機各項運用，從最早單一偵察功能逐漸發展具備察打一體的無人機、能與敵玉石俱焚的滯空彈藥、具備中繼功效或是具有能減少雷達探測功能的隱形無人機，藉由戰場需求逐步提升無人機效能，除能夠強化原有的空中部隊亦可減少飛行員的訓練成本，且無人機配合 AI 系統逐漸取代並配合有人機形成作戰運用，更有各種形式與用途的無人機陸續發展成型，而面臨戰場各式各樣的變化，士兵更有可能因地制宜將部分小型無人機或民用型無人機改裝增添致命性武器、化學武器及放射性物質作戰運用等。

¹³ 陸軍戰術型近程無人飛行載具運用手冊，頁 1-12，111 年。

¹⁴ CTWANT 俄烏戰爭/烏派「彈簧刀」無人機 襲擊俄海關站 1 死 2 傷 <https://youtu.be/VYcUtPJhOlw>，（檢索日期：113 年 9 月 3 日）

一、接敵前的偵察與情報蒐集

孫子兵法曾提到「知己知彼，百戰不殆」，減少危險和失敗發生其中有一部分是取決於對敵方的了解程度，正確的情報來源可以有效的減少戰爭迷霧，而各類情報的整合可以完成戰場情報準備、敵可能行動圖解與徵候圖解等，提供我指揮官判斷與下達命令之依據。¹⁵由此可見，戰場情報的重要性，而 FH-901 體積輕巧、反截面積小等優勢，不易被防空雷達偵測，且多數防空武器彈藥造價較高，用來對 FH-901 滯空彈藥實施破壞不符合成本效益。FH-901 滯空彈藥順利深入戰場後即可實施戰場搜索、偵察，並將攝影機捕抓的即時影像，藉由其他 ISR 平臺分享指引砲兵火力破壞其重要裝甲車輛或電子武器系統等設施，當目標未命中破壞時也可通知指揮所修正方向，以減少彈藥消耗並增加其精準度，而士兵僅是隱蔽於掩體或障礙物減少暴露自身位置即可完成操作飛行，訓練成本、效益與戰場存活率都可獲得極大提升。¹⁶



圖四：無人機戰場搜索畫面

資料來源：

https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%E4%B8%AD%E6%96%87

(檢索日期:113 年 08 月 03 日)

二、主要攻擊或防禦階段的任務

FH-901 與以往的有人機、偵打一體的無人機不盡相同，機體本身裝載戰鬥部，無傳統武器艙配置，而是相似於彈簧刀滯空彈藥，不須額外掛載和更換彈藥，機體本身便是炸藥，藉由俯衝目標撞擊產生爆炸，與目標共同損毀為主要攻擊手段，而目標選擇性則取決於 FH-901 攜帶的炸藥量，會根據目標選定與軍事用途區分兩種形式，一種為輕型滯空彈藥，彈藥裝載量通常不超過 1 公斤，其威力大小為一顆手榴彈的爆炸效果，

¹⁵ 高旻生，戰場情報分析人才培育之研究，《步兵季刊》，第 288 期，112 年 5 月，頁 58、59。

¹⁶ 烏克蘭軍隊如何用無人機定位俄軍

https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%E4%B8%AD%E6%96%87，(檢索日期：114 年 1 月 3 日)。

如 FH-901A 型可針對人員殺傷、壕溝、彈藥車或油罐車等無裝甲配備的目標，而另一種滯空彈藥 FH-901 便針對戰場的輕裝甲目標為主，戰鬥部配置錐形炸藥使其爆炸時威力集中藉此穿透目標裝甲以達殺傷效果。

- (一) 提升單兵作戰能力：單兵配備 FH-901 可具備遠程打擊能力，最遠可對二十公里外的目標實施摧毀，且可減少暴露自身位置，面對機槍陣地可繞過堅固工事對後方敵人實施殺傷效果，對輕裝甲車輛也無須近距離使用火箭彈破壞，可利用頂攻模式執行精準打擊。
- (二) 增加縱深打擊能力：FH-901 具備約一小時的滯空能力，可持續偵察所在區域，對敵人實施壓迫，且彈藥碎片能造成約五到十公尺的範圍殺傷，迫使敵人需分散隊形，也可深入敵人後方針對補給點實施破壞，大幅度限制敵人補給運輸路徑，間接瓦解敵人內心防線。
- (三) 利用蜂群執行飽和攻擊：FH-901 搭配東風猛士輕型戰術車共可發射 48 具，每具發射間隔時間約莫 2 秒左右，並具有 AI 自主編隊能力，可藉由輸入指令與任務參數，即具備自主作戰的能力，可使敵人防空武器難以負荷，以提高任務達成率。¹⁷

FH-901 投入戰場後，使共軍偵察和攻擊能力大幅提升，可深入後方對我重要設施實施探查和破壞，本軍應在重要道路設置障礙或戰場遮蔽，使 FH-901 無法輕易獲取本軍資訊，並藉由各式防護作為以確保第一線作戰部隊任務遂行。

肆、對滯空彈藥 FH-901 的防護作為

隨著滯空彈藥陸續發展並投入戰場運用，各國逐漸意識到傳統防空武器和系統已無法滿足抗衡滯空彈藥與無人機的需求，因其成本低廉可快速並大量投入戰場，且升空平臺多元化無需仰賴機場跑道，可藉由車載、艦載或發射筒等方式升空飛行。而滯空彈藥造價相對防空武器來的便宜許多，致使防空武器和系統超過以往的負荷，除須監控以往的傳統有人機，亦須面對層出不窮的滯空彈藥與無人機，且目標挑選與效益也考驗著士兵的經驗與系統的技術。因此，各國逐漸發展防制無人機武器及系統，如：干擾槍、無人機反制系統、無人機捕捉網、無人機獵鷹等，除反制型武器外，各國亦提升車輛外掛式裝甲避免滯空彈藥直接俯衝車輛裝甲及人員面臨無人機處置訓練等。由此可見，提高滯空彈藥防護作為已逐漸被各國重視，對我國更是刻不容緩的軍備與訓練之一。

一、針對 FH-901 情報蒐集時的防護作為

FH-901 執行情報蒐集任務時，採用低空飛行搜索目標使本軍不易覺察，單憑人眼目視難以提早發現與捕捉 FH-901 的動態及飛行軌跡，需近距離時方能辨識，倘若無

¹⁷ China Conducts Test Of Massive Suicide Drone Swarm Launched From A Box On A Truck
<https://www.twz.com/37062/china-conducts-test-of-massive-suicide-drone-swarm-launched-from-a-box-on-a-truck>
(檢索日期：114 年 9 月 27 日)。

法提前識別目標，將具有殺傷破壞效果的 FH-901 識別成偵察使用的無人機，對於戰場上恐造成嚴重傷亡和破壞。

FH-901 就結構上，機身採用塑膠複合式材料製造，材料不僅輕便、造價便宜也具有良好的隱蔽性，且雷達截面積(RCS 值)低於 0.5 平方公尺，使其更難被雷達探測。飛行噪音不高於 80 分貝，利用其低速及低空飛行有助於躲避高空雷達系統，可深入後方進行偵察與破壞，進一步降低被偵察和攔截的風險。¹⁸綜上所述，若本軍能多加配備雙目望眼鏡、夜視鏡等觀測裝備用以提升目標獲取與識別能力，可由觀測人員提前預警後方部隊，以增加本軍的反應時間與反制作為，並藉由軍事訓練課程加強官士兵的敵機識別能力，針對 FH-901 特徵實施辨別，如：黑色矩形機翼、長筒形機身等，使本軍可在極短時間完成部署與反應，大幅度地減少 FH-901 對本軍的偵察與破壞。¹⁹

城鎮戰中需要面對高樓大廈林立的複雜環境地形，若直接派遣軍隊進入城鎮容易被敵軍所探查進而推測後續行動，而且因其需沿著街道行進難以隱蔽其自身的位置，對攻擊方而言是難以完成取得情報、偵察優勢和風險極高的行動。因此，當共軍派遣 FH-901 執行城鎮偵察任務時，本軍可依照 FH-901 的探測距離約為 2 公里及飛行高度 150 公尺限制，利用廣告、競選看板、防水布及窗簾等既有材料，佈署於房屋周邊遮蔽道路及設施，使 FH-901 無法順利偵察及蒐集相關軍事佈署與配置或誘使 FH-901 需低空飛行穿越道路蒐集情資，致使本軍可近距離捕獲或摧毀 FH-901，減少防空武器消耗，並降低本軍位置暴露機率及屏蔽本軍重要設施等。²⁰亦可使用煙幕彈或木材燃燒，利用其持續發煙功效遮蔽本軍重要行動或後勤補給點等，使 FH-901 無法順利穿透煙幕對本軍佈署探測或判斷本軍精確位置，致使其無法順利完成作戰任務。

¹⁸ 楊培毅，探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為——二類無人機，《砲兵季刊》，第 188 期，109 年 3 月，頁 32

¹⁹ 同註 1，頁 47。

²⁰ The Eight Rules of Urban Warfare and Why We Must Work to Change Them，城市防禦者迷你手冊

<https://mwi.westpoint.edu/the-eight-rules-of-urban-warfare-and-why-we-must-work-to-change-them/>（檢索日期：民國 113 年 7 月 31 日）。



圖五：戰場遮蔽

資料來源: Veiled Aleppo

<https://theviifoundation.org/veiled-aleppo-by-franco-pagetti/>

(檢索日期:113 年 08 月 24 日)



圖六：戰場遮蔽示意圖

資料來源: 城市防禦者迷你手冊 <https://www.johnspenceronline.com/the-mini-manual-for-the-urban-defender-mandarin>

(檢索日期:113 年 08 月 24 日)

對於重要交通樞紐或重要設施則可佈置防護網，使目標與彈藥之間保持一定距離，以減少直接對目標破壞，從俄烏戰場來看，通常會佈置在重要設施周圍，如：電力設施、煉油廠、具有電子設備車輛等目標，這些具有高價值且範圍較大，可利用防護網隔絕滯

空彈藥的襲擾與破壞，減少後勤能量的消耗，也可架設於裝甲車上，用於替代格柵裝甲，甚至士兵連戰壕內的休息區域都可能佈置防護網，並且防護網相較於格柵裝甲更具有便利性跟靈活性且取得容易，如：鐵絲網、漁網、尼龍網、偽裝網等等，網格縫隙較為狹小的細網均可防範 FH-901，亦可佈置在重要幹道上，干擾 FH-901 飛行軌跡與方向。²¹



圖七：防護網通道

資料來源：道路安裝保護網，坦克頭上頂個棚，俄想招破解無人機防禦難題

<http://www.news.cn/milpro/20250213/fa60280ccdb24385906d1f6cad50578a/c.html>

(檢索日期:114 年 06 月 30 日)

二、針對 FH-901 攻擊階段的防護作為

針對 FH-901 接近本軍實施攻擊時，可利用 30 機砲切換對空刻劃射程實施攻擊，射程最遠可達 1500 公尺，本軍現有配備高爆彈和穿甲彈，對 FH-901 命中和破壞效果有限，期望後續能增添 MK310 可編程空爆彈，該款彈藥由轉圈數時間控制，彈藥飛至攻擊區域後可實施引爆造成破片大範圍的殺傷，其散佈的破片可對 FH-901 的機翼或機體實施破壞，使 30 機砲對 FH-901 更具備威脅能力。該款彈藥可設定三種模式分別為空爆模式：空中目標附近引爆；觸發爆炸模式：撞擊即引爆；延遲觸發模式：撞擊後短延遲引爆，可藉由射擊士判斷調整模式，空爆彈藥爆炸半徑為 5 公尺，若 FH-901 實施蜂群戰術時，能有效對多機破壞，減少彈藥消耗。²²

而 50 機槍則可搭配 M63 對空腳架實施射擊，射程可達 1400 公尺，有效應對 FH-901 低空飛行的威脅，實施狙殺與驅離，但因 FH-901 體積小且靈活特性，對 FH-901 的命中率及彈藥消耗率仍需評估是否合理。步槍有效射程 400 公尺、班用機槍有效射

²¹ 烏軍指揮官談無人機作戰 無人機比火炮炸彈更有效 光纖無人機命中率更高

<https://www.youtube.com/watch?v=wz66C8NUoeU> (檢索日期：114 年 6 月 30 日)

²² 30 x 173mm Advanced Ammunition

https://www.fbcinc.com/source/Northrop_Resources/30_x_173mm_Full_Ammo_Suite.pdf (檢索日期：114 年 9 月 28 日)

程 1000 公尺、排用機槍有效射程 1200 公尺上述武器，則無搭配對空腳架，需由士兵執行高角度射擊，30 機砲或同軸機槍俯仰角度限制最高為 45 度，而搖臂式槍架不易實施高角度射擊，步、機槍可針對車載武器無法射擊的角度實施弭補並減少射擊死角。若 FH-901 無法於一千公尺外破壞，仍持續向本軍逼近，則須利用步槍、班用機槍、排用機槍等可相互結合對空部署形成多層次的簡易火網，以力求 FH-901 進入有效射程時破壞，避免對本軍直接攻擊。

最後防護手段則為干擾槍和格柵裝甲，干擾槍為我國中央科學研究院製造相關電子干擾設備之一，射程約莫 200 公尺左右，本軍至今已獲撥 310 支無人機干擾槍，主要為四頻段無人機干擾槍，但目前無大量配發至各部隊使用，多數干擾槍僅配發給待命班，且無偵蒐手段輔助必須依靠士兵目獲能力搜尋敵軍目標。當 FH-901 進入 200 公尺範圍後，除簡易防空火網也可利用干擾槍驅離。²³格柵裝甲並非近期生產的裝備，其發展可追溯約莫二次世界大戰期間，原先主要用來防禦具備空心裝藥的火箭筒，此種火箭彈的特點便是撞擊後可產生錐形金屬噴流，藉由網狀金屬提前架設於裝甲車重要部位，使彈藥無法直接作用裝甲上，避免造成甲車乘員傷亡，可有效避免 FH-901 直接造成裝甲車損壞或人員傷亡，提升裝甲車輛存活率。²⁴本軍針對 CM34 輪型戰鬥車配備格柵裝甲，其主要防護安裝位置為砲塔四周與成員艙上方，採用菱形鋼網且網狀間隔不超過 4 公分，能有效防止迫砲彈、手榴彈與滯空彈藥的破壞，降低人員殺傷效果。此格柵裝甲能有效攔截 FH-901 對 CM34 輪型戰鬥車主要作戰系統與成員直接撞擊，減少車輛破壞或人員傷亡的風險。



圖八：俄軍展示配備 6 支突擊步槍的反無人機越野車
資料來源：<https://www.youtube.com/watch?v=CUCP8UBgYMI>

²³ 國造無人機干擾槍不好用？國防部：待命班採「目獲」攔截 <https://udn.com/news/amp/story/10930/8757107>，（檢索日期：114 年 7 月 2 日）

²⁴ 格柵裝甲 https://www.taipeiforum.org.tw/article_d.php?lang=tw&tb=3&id=10467（檢索日期：114 年 6 月 29 日）

現有裝備針對 FH-901 威脅有一定限度，本軍應持續研發相關反制裝備，使第一線部隊面對 FH-901 能執行有效的反制措施，各國也參照俄烏戰場現況，陸續研發相關電子干擾設備、雷射武器或遙控槍塔等武器，試圖解決第一線部隊面臨的困境，本軍可參考各國新型武器或設備，作為本軍對 FH-901 防護作為的未來發展趨勢。

伍、對滯空彈藥 FH-901 防護作為未來發展趨勢

近年來，無人化武器系統在現代戰爭中扮演越來越關鍵的角色，其中滯空彈藥因具備偵察與打擊一體的特性，被廣泛應用於各大衝突地區。而中國研發的 FH-901 即為此類武器之一，其小型化、機動性高與即時打擊能力，使其備受各界關注。近期國際戰事不斷，包括戰事膠著的俄烏戰爭、加薩戰爭及以伊衝突等，至今尚未見 FH-901 現身戰場。因此，僅能藉由與其性能相似之滯空彈藥，如美國製造的彈簧刀與俄國製柳葉刀等戰場使用概況與實戰經驗，作為評估與推演的依據。透過比對分析，將有助於研擬本軍未來可增購或研發的防護型軍用設備，以利有效驅離或摧毀包括 FH-901 在內的潛在威脅。

一、單兵攜行式電子干擾系統

美國陸軍則有研發新款單兵攜行式電子干擾系統，將稱為「人攜背負式旅級戰鬥部隊地面層次電戰系統」(TLS-BCT Manpack)，該系統是將原有的車載干擾器卸除不必要裝載併完成研改，將干擾器縮小及降低重量使其較適合單兵攜行，目前美軍陸續配發給各部隊實施測評，期望 2028 年能普及各部隊使用且能夠在靜止或機動狀態下均能有效發揮電子干擾，以符合作戰需求。²⁵俄羅斯則是在戰場使用可攜式反無人機電子戰系，該款系統可以檢測敵軍滯空彈藥訊號並自動使用無線電雜訊干擾替換，使滯空彈藥失去操作手控制導致其自行墜毀，為前線士兵提供有效的反制手段。²⁶

²⁵ 美軍實測單兵電戰系統 掌握制電磁權 <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1730130> (檢索日期：114 年 7 月 2 日)

²⁶ 自殺無人機沒用了？不開一槍就能將無人機擊落？美軍天線寶寶/俄羅斯單兵護身符，能有效阻擋無人機？
<https://www.youtube.com/watch?v=JSIhxXV6QUg>，(檢索日期：114 年 7 月 2 日)

電子干擾設備被視為對付無人機和滯空彈藥最有效的反制武器，主要工作原理為電子設備發射電磁波，導致其信號混亂、受干擾及遮蔽，致使其迫降、驅離或墜毀。第一線部隊配賦此裝備能使 FH-901 接近本軍範圍時，能屏蔽或干擾其訊號源，可有效降低 FH-901 的威脅，避免 FH-901 對本軍部隊直接實施攻擊。



圖九：人攜背負式旅級戰鬥部隊地面層次電戰系統

資料來源：美軍實測單兵電戰系統 掌握制電磁權

<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1730130>

(檢索日期:114 年 07 月 02 日)

二、 AI 智能化遙控槍塔或砲塔

烏克蘭在前線部署的新型自動砲塔系統代表其軍事技術自主研發的重要成果，也反映出現代戰場對於「低成本、高效能」無人機反制手段的迫切需求。該系統搭載 M2 重機槍，結合雷達偵測裝置與 AI 智能化系統，可自動執行目標搜索、辨識與追蹤，並具備鳥類排除演算法，能有效降低誤擊率與彈藥浪費。儘管該系統高度自動化，但仍保留人工射擊授權機制，確保在人道法與交戰規則框架下操作，這種「人機協同」設計也正是未來智慧武器發展的核心趨勢。根據目前戰場資料，該系統已成功攔截六架來襲無人機，顯示其實戰效能已經過驗證，具備快速反應與持續壓制能力。本軍在遙控槍塔和砲塔已具備發展歷程，若後續能搭載 AI 智能化系統，即可大幅度提升本軍擊落 FH-901 的機率。



圖十：M2 重機槍遙控槍塔

資料來源： 烏軍指揮官談無人機作戰 無人機比火炮炸彈更有效 光纖無人機命中率更高

<https://www.youtube.com/watch?v=wz66C8NUoeU&t=638s>

(檢索日期:114 年 07 月 02 日)

三、雷射武器

雷射武器主要利用電能轉換成光束破壞物體結構，如同電影場景展現的雷射槍一般，其中最具代表性的便是以色列和美國共同研發的鐵束系統，該款雷射武器以實際投入戰場和愛國者飛彈、鐵穹防空系統等組成以色列強大的防空網，除定點型的雷射武器外，各國亦有發展搭載動力裝置的雷射武器，以增加雷射武器的靈活度與便利性，如：史崔克雷射砲、英國的「龍火計畫」等，此類型的武器被視為對抗滯空彈藥的利器之一。

- (一) 能力：雷射武器無需攜帶彈藥，僅需電力便能轉換源源不斷的雷射光束，達到破壞目標的效果，相較於傳統的防空武器可減少彈藥補給運送與生產等不便之處，亦降低消耗成本，一發雷射光束僅幾美元的電力成本，而防空導彈少則幾萬美元，多達幾十萬美元都有，因此，使用防空導彈制衡滯空彈藥往往不符合成本效益。
- (二) 限制：雷射武器射擊時，無法如同防空導彈同時發射多發彈藥，僅能對單一目標實施攻擊，需持續照射目標數秒後破壞方能繼續攻擊下一目標，此情況下面對敵方飽和攻擊的狀態無法達到有效的反制，且雷射武器對環境限制要求較大，空氣中的懸浮粒子容易影響雷射光束凝聚效果，使雷射光束減弱無法達到破壞目標的效果。

雷射武器發射彈藥成本低廉，可針對 **FH-901** 執行蜂群戰術時，能快速且有效破壞 **FH-901**，避免因飽和攻擊而降低本軍防空能力，若能搭配車輛研發出雷射型八輪甲車，可使雷射武器具備機動力，讓第一線部隊更能抵禦 **FH-901** 攻擊。



圖十一：雷射防空系統「鐵束」

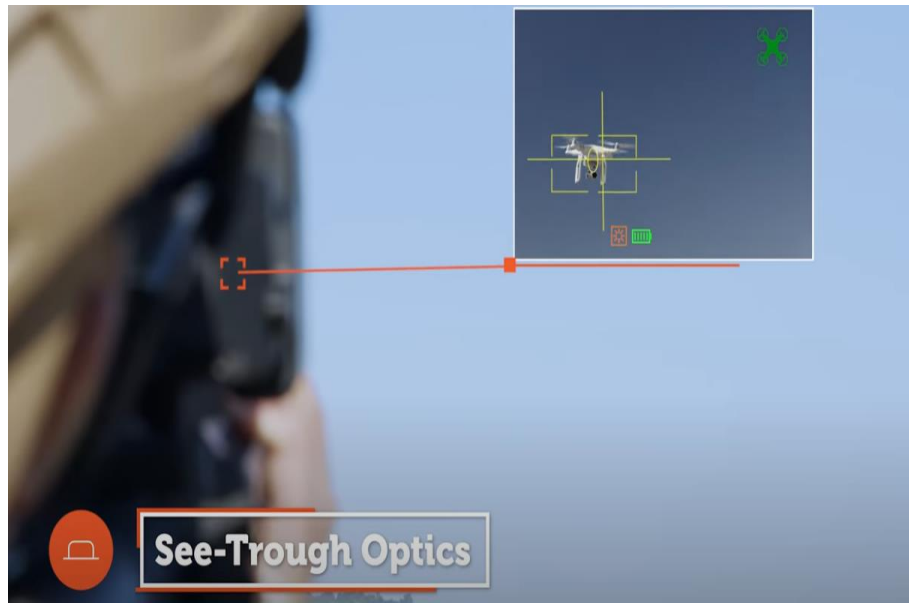
資料來源:以色列斥 172 億加速研發「鐵束」雷射防空系統 拚 1 年內實戰

<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4844944>

(檢索日期:114 年 07 月 01 日)

四、新式射控輔助系統

SMASH 射控系統為以色列一款先進的射控系統，能夠與步、機槍直接結合使用，針對低空飛行的無人機實施硬殺，該系統藉由其內建的射控計算機功能，能夠提前捕捉無人機的飛行軌跡，再由單兵控制瞄準裝置將紅色十字絲對準目標可完成精準射擊，無需消耗大量彈藥修正彈道，提高單兵整體射擊命中率及減少彈藥的浪費，亦可減少後勤補給的消耗。針對我國步槍後續配發的瞄準具可參考 **SMASH** 射控系統相關數據研改或採購，將無人機反制的射控系統結合至步槍上使用，將大幅提升單兵的戰鬥力。這不僅能夠提高單兵面對無人機的作戰能力，還能夠為整體部隊提供更多的戰術選擇和靈活性。該系統雖未明確指出能對 **FH-901** 飛行軌跡實施捕捉，但 **FH-901** 在未俯衝攻擊前飛行速率與常規無人機無異，因此，可以合理推斷能在 **FH-901** 徘徊時予以一定程度的威脅及破壞。



圖十二：SMASH 電子瞄準校正系統

資料來源：SMASH AD

<https://www.youtube.com/watch?v=9JZVXts8LuU>

(檢索日期:113 年 08 月 24 日)

面對 FH-901 的威脅，本軍應採用多層級、混合式的防護體系，可優先建置與配發「單兵攜行式電子干擾系統」，提高一線部隊的即時反制能力，能在最接近的戰術範圍內降低 FH-901 命中率，並發展機動化雷射防空能力，作為面對蜂群飽和攻擊時的有效反制武器，且本軍應同時進行對 FH-901 情資蒐集與對類似裝備的實測評估，以提升本軍防護能力。

陸、結語

滯空彈藥於戰場取得的成效是大家有目共睹，不論是前方第一線部隊、後方油料補給，甚至是防空雷達站都無法逃脫滯空彈藥的破壞，滯空彈藥的橫空出世，改變戰場現況也改變了戰術應用，俄烏戰爭明確的使我們注意到反制滯空彈藥的重要性，步機槍對滯空彈藥的威脅程度極低，需利用霰彈槍藉由多發彈藥破壞其結構，或使用網槍阻止滯空彈藥飛行，但不能完全確保士兵的安全，士兵仍有可能承受滯空彈藥的碎片殺傷，至於其他的反制武器，各國也陸續研發和測試。

因此，本軍應迫切注重第一線士兵抵禦 FH-901 的手段與裝備，避免第一線區域守備形成突破口。固守臺灣而言，各種定點守備的各式機槍、機砲等遙控槍塔設置低空火網，同時，須配合防空部隊雷達提早預警，使戰場空中目標透明化，以利第一線地面部隊提早實施反應、反制，於 FH-901 飛行過程中提早預警於予摧毀，有效減少第一線守備破口。後續，我國雷射武器、簡易式雷達等技術逐步成熟，同步搭配軍購裝備，納裝後修訂地面第一線部隊編制武器及裝備，以強化地面部隊針對各自戰鬥地境內之低空要點增添軟殺、硬殺手段，有效提升地面部隊在面對敵軍來襲時非手忙腳亂而是能夠從容面對來自空中、地面各種形式目標之威脅，並且第一時間完成處置和反擊，增加整體戰場存活率。

參考文獻

- 一、楊宇，孔祥蕊，《無人機結構與操作》(中國大陸北京)，(化學工業出版社)，109年5月
- 二、林中彥，林智毅，《無人機飛機設計與實作》(中華民國新北)，(全華圖書股份有限公司)，106年06月。
- 三、楊培毅，探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為——二類無人機，《砲兵季刊》第188期，109年。
- 四、高旻生，戰場情報分析人才培育之研究，《步兵季刊》，第288期，112年。
- 五、蔡凌漢，無人飛行載具對艦艇戰術之運用，《海軍學術雙月刊》，第五十卷第二期，105年。
- 六、烏克蘭部隊高度無人機化 改裝大疆無人機俄軍懼怕
<https://news.tvbs.com.tw/world/2165793>，(檢索日期：113年5月3日)。
- 七、無人機的發展歷史是怎麼樣的 <https://kknews.cc/zh-tw/history/vyvg5kq.html> (檢索日期：112年05月20日)。
- 八、李祥豪，我國滯空彈藥發展概況之研析，《步兵季刊》，第290期，112年。
- 九、抓到了！以媒曝哈瑪斯採用中製無人機攻擊以色列
<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/4458384>，(檢索日期：113年8月3日)。
- 十、FH-901 中國版彈簧刀，蜂群技術的應用顛覆傳統戰爭的規則
https://k.sina.com.cn/article_6346774524_17a4c17fc001012mgx.html，(檢索日期：114年6月29日)。
- 十一、中國灰色地帶戰術激臺擊落無人機 美媒：兩岸情勢恐升高
<https://taiwandomnews.com/%E5%85%A9%E5%B2%B8/32993/>，(檢索日期：114年6月28日)。
- 十二、林中彥、林智毅編著，《無人飛機設計與實作》(中華民國新北)，(全華圖書股份有限公司)，106年。
- 十三、陸軍戰術型近程無人飛行載具運用手冊，111年。
- 十四、CTWANT 俄烏戰爭/烏派「彈簧刀」無人機 襲擊俄海關站1死2傷
<https://youtu.be/VYcUtPJhOlw>，(檢索日期：113年9月3日)。
- 十五、國造無人機干擾槍不好用？國防部：待命班採「目獲」攔截
<https://udn.com/news/amp/story/10930/8757107>，(檢索日期：114年7月2日)。
- 十六、美軍實測單兵電戰系統 掌握制電磁權
<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1730130>，(檢索日期：114年7月2日)。
- 十七、自殺無人機沒用了？不開一槍就能將無人機擊落？美軍天線寶寶/俄羅斯單兵護身符，能有效阻擋無人機？<https://www.youtube.com/watch?v=JSIhxXV6QUg>，(檢索日期：114年7月2日)。

- 十八、格柵裝甲 https://www.taipeiforum.org.tw/article_d.php?lang=tw&tb=3&id=10467 (檢
索日期：114 年 6 月 29 日)。
- 十九、烏軍指揮官談無人機作戰 無人機比火炮炸彈更有效 光纖無人機命中率更高
<https://www.youtube.com/watch?v=wz66C8NUoeU> (檢索日期：114 年 6 月
30 日)。
- 二十、苗昊春等編著，《智能化彈藥》(中國大陸北京)，(國防工業出版社)，103 年。
- 二十一、舒孝煌、許智翔，共軍無人載具發展，《國防科技趨勢年度報告》，110 年。
- 二十二、FH-901 /901A Loitering Munition Drone
[https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-
loitering-munition-p00612p1.html](https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html)，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)。
- 二十三、Rainbow CH-901 Suicide Drone (CH-901 loitering munition)
[https://www.militarydrones.org.cn/rainbow-ch-901-suicide-drone-china-
price-manufacturer-procurement-portal-p00167p1.html](https://www.militarydrones.org.cn/rainbow-ch-901-suicide-drone-china-price-manufacturer-procurement-portal-p00167p1.html)，(檢索日期：114
年 9 月 21 日)。
- 二十四、搜敵後直接化為飛彈！ 解放軍新無人機 CH-901 曝光
<https://www.ettoday.net/news/20170802/979812.htm>，(檢索日期：114 年
9 月 21 日)。
- 二十五、烏克蘭軍隊如何用無人機定位俄軍
[https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%
E4%B8%AD%E6%96%87](https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%E4%B8%AD%E6%96%87)，(檢索日期：114 年 1 月 3 日)。
- 二十六、Swarm Launched From A Box On A Truck [https://www.twz.com/37062/china-conducts-
test-of-massive-suicide-drone-swarm-launched-from-a-box-on-a-truck](https://www.twz.com/37062/china-conducts-test-of-massive-suicide-drone-swarm-launched-from-a-box-on-a-truck) (檢索日期：114
年 9 月 27 日)。
- 二十七、30 x 173mm Advanced Ammunition
[https://www.fbcinc.com/source/Northrop_Resources/30_x_173mm_Full_A
mmo_Suite.pdf](https://www.fbcinc.com/source/Northrop_Resources/30_x_173mm_Full_Ammo_Suite.pdf) (檢索日期：114 年 9 月 28 日)。

無氧運動能力對軍事人員運動表現之探討

作者/陳彥齊 上尉



專業軍官班 110 年班、體幹班 135 期、國立屏東科技大學休閒運動康系研究所碩士、曾任排長、體育官、現任國軍運動科學推廣中心教官。

提 要

- 一、軍事人員在任務中時常面臨無氧運動的挑戰，諸如攀爬、障礙跨越、敏捷位移、負重搬運、拖曳、重物推舉、戰備裝載、射擊及近身格鬥等動作，對於「肌力」與「爆發力」的身體要求很高，在美軍野戰準則(FM7-22)中也指出這兩項指標的重要性。
- 二、「無氧動力」是軍事人員必須具備的重要條件之一，才符合運動科學原則的運動訓練法，將其部隊實戰體能訓練效益最佳化，可依循「檢測」士兵的身體素質狀況與實戰所需運動能力，本研究採溫蓋特檢測實證部隊無氧動力表現，結果發現與國內運動員及國外軍事武裝部隊表現落差甚鉅，這似乎反應國軍當前部隊針對「肌力」與「爆發力」的專項體能訓練缺乏。
- 三、目前國軍年度三項「基本體能」，僅屬軍事人員的基本身體素質檢測，似乎較難負荷支撐專項體能的特殊性，且測驗偏頗於肌肉耐力、有氧能力為訓測主軸，對於「無氧動力」檢測則無相對配套措施，審視美軍體能訓測作法，實足對國軍體能訓測啟發與方向發展。

關鍵字：無氧動力、溫蓋特檢測、軍事體能、戰鬥表現。

壹、前言

近期重大國際事件烏俄戰爭，透過媒播影音、錄像等平台，釋出叢林、城鎮戰場及單兵殊死搏鬥畫面，深刻體現出實際執行戰鬥任務時，其節奏快、過程激烈、強度超高，且戰場狀況瞬息萬變，戰鬥過程亦須配合任務執行多樣化與不預期的戰鬥行動，任務中消耗大量的體力，諸如攀爬、障礙跨越、敏捷位移、負重搬運、拖曳、重物推舉、戰備裝載、射擊及近身格鬥等戰鬥動作，¹時常面臨無氧活動的挑戰，而這些動作對於「肌力」與「爆發力」要求很高。²在美軍野戰準則(FM7-22)中也指出這兩項指標的重要性，亦代表著個人是否具備一定的無氧運動能力(以下稱為無氧動力)，關係著官兵有沒有辦法適應戰場上的超高強度，故「無氧動力」是軍事人員必須具備的重要條件。³

無氧動力是指身體透過無氧性代謝路徑，從事激烈運動的能力，通常是指短時間劇烈運動的能力或能量。人體的無氧動力可以區分為「速度性無氧動力」、「質量性無氧動力」兩類，「速度性無氧動力」代表人體在時間內產生最大負荷(或速度)的能力；「質量性無氧動力」則代表人體在短時間內的最大作功能力的輸出，⁴而本研究針對後者實證研究，並採用溫蓋特檢測評估無氧動力的表現，是量化的重要參考指標。Michael 等學者研究運用固定式自行車平台對軍事人員實施溫蓋特檢測，結果發現有重量訓練和肌力訓練習慣的軍事人員擁有較優異的無氧動力表現。⁵Knapik 軍事專家研究結果發現陸軍步兵在戰場執行任務時對無氧動力和上半身肌力、爆發力有高度的相關性。⁶美陸軍於 2020 年將長達 40 年的體適能鑑測(Army Physical Fitness Test, APFT)改革為美國陸軍戰鬥體適能 (Army Combat Fitness Test, ACFT)，透過實證研究分析，將「硬舉」、「負重拖曳」等動作納入體能測評，使訓練貼近實戰化，並提升軍事人員戰場的存活率。⁷綜合上述相關文獻，無氧動力對於軍事人員尤為重要，然而國內無氧動力對國軍部隊研究議題非常少，因此促發本研究動機，藉由探討無氧運動能力對軍事人員運動表現的研究，以作為日後國軍官兵訓練之參考。

貳、運動表現的生理能量系統

人體運動表現是身體各器官與組織機能的綜合能力，生理上常用無氧運動和有氧

-
- 1 吳榮福、林育成，〈軍人「戰鬥體能」訓練發展之研究〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 576 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 69-84。
 - 2 楊尚融、林育成，〈強化體能訓練策略增進戰鬥體能-以烏俄戰爭為例〉，《步兵季刊》(高雄市)，第 260 期，陸軍步兵訓練指揮部，西元，2024 年，頁 4-5。
 - 3 美國陸軍訓練暨準則司令部(TRADOC)，〈野外手冊 Field Manual 7-22/軍隊物理準備培訓陸軍體能訓練 Physical Readiness Training〉(北京：軍事文出版社，2012 年 10 月)，頁 1-5。
 - 4 王順正，〈運動生理學網站-無氧運動能力的特殊性〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間：民國 114 年 6 月 24 日)。
 - 5 Michael F. Zpan, Alan W. Arata, Letitia H. Dawson, Alfred L. Wile, Tamara L Payn, Megan E. Hannon. (2009). 〈Wingate Anaerobic Test Peak Power and Anaerobic Capacity Classifications for Men and Women Intercollegiate Athletes〉, 〈Journal of Strength and Conditioning Research〉, 23(9):2598-2604.
 - 6 Knapik, J., Daniels, W., Murphy, M., Fitzgerald, P., Drews, F., & Vogel, J. (1990). 〈Physiological factors in infantry operations〉, 〈Eur J Appl Physiol Occup Physiol〉, 60(3):233-8.
 - 7 蘇明仁，〈運用戰術肌力體能訓練提升部隊訓練初探〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 579 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 43-56。

運動能力來界定，本章將論述能量來源系統。在運動生理學角度，肌肉收縮的能量主要透過分解一種名為三磷酸腺苷(Adenosine triphosphate, ATP)的化學物質去釋放，然而人體內的 ATP 存量非常有限，故此人體的能量系統主要區分三大類，磷酸原系統(Phosphagen System, 又稱 ATP-PC)、乳酸系統(Lactate Acid System)以及有氧系統(Oxidative System)，其中磷酸原系統和乳酸系統屬無氧系統(Anaerobic System)，可在沒有氧氣的情況下重新組合 ATP。各系統特點如下：

一、磷酸原系統：

磷酸原系統也稱為磷化物(ATP-PC)系統，是人體製造 ATP 最快速的方式，此系統是藉由肌肉細胞中磷酸肌酸(phosphocreatine, PC)的分解所產生的能量來生成 ATP，磷酸原系統具有總供給能量少、持續供給的時間短、能量提供速度最快，並會產生乳酸、不需要氧氣參與等特性，所以是肌肉進行爆發性高強度運動主要能量來源，例如硬舉、短跑衝刺等動作，大約可維持 10 秒左右的運動時間，若超過這個時間，肌肉便需依賴其它系統產生 ATP 的能量。

二、乳酸系統：

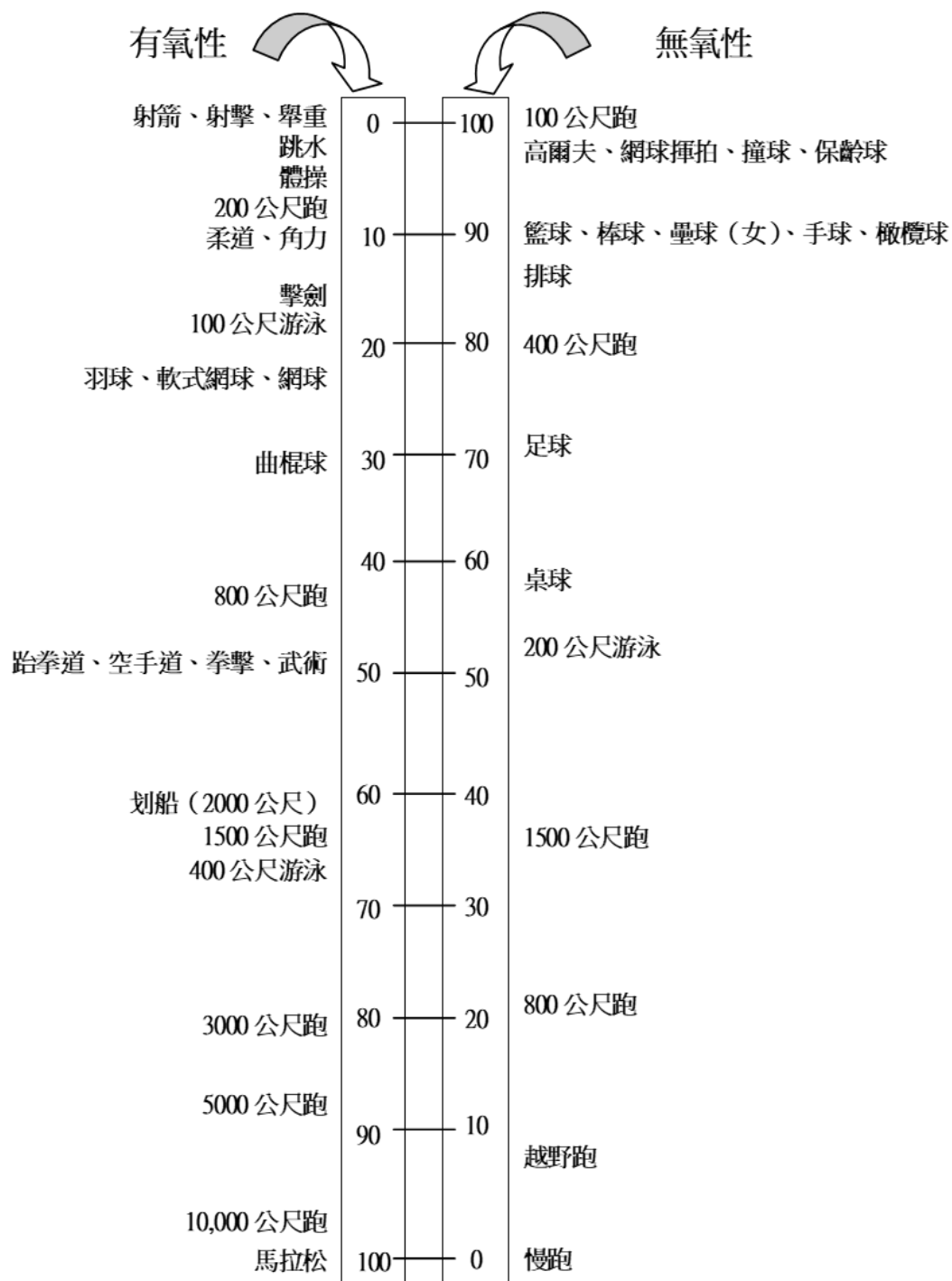
在無氧情況下，分解儲存在肌肉中的碳水化合物(葡萄糖或肝醣)產生能量並重新合成 ATP，此特性能量供給速度較磷酸原系統慢，但比有氧系統快，可維持約 1-3 鐘的高強度運動，例如 200 公尺跑與 400 公尺跑等。乳酸系統在無氧氣的高強度運動下，會產生的副產物名為乳酸，當乳酸大量堆積時，氫離子的大量堆積將會造成肌肉的酸鹼值下降，進而導致肌肉的疲勞，很多人誤會乳酸會造成痠痛，但延遲性肌肉痠痛其實與乳酸無關，乳酸會在運動後幾分鐘內代謝成二氧化碳、水或再次被用作能量。

三、有氧系統：

是指身體利用氧氣，將醣類、脂肪與蛋白質進行分解，進而生成大量的 ATP。由於此系統需要氧氣的參與，因此被稱為有氧系統。由於有氧系統可產生大量的 ATP，因此可提供超過 3 分鐘以上長時間強度運動的能量所需，例如慢跑、馬拉松等。

綜整上述，三大能量系統並非各自獨立作業，而是會交互作用（圖一），⁸當我們在從事高強度運動時，從短跑到超過 30 分鐘的跑步，所有能量系統均會共同工作來供給所需的能量。但通常會以其中某一系統為主要供能系統。例如在 100 公尺跑時，磷酸原系統是主要的供能系統，但是乳酸系統與有氧系統仍有供應少部份的能量；而在馬拉松運動時，有氧系統便是主要的供能系統，但磷酸原系統與乳酸系統也會參與部份的能量來源。

⁸ 林正常，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 34。



圖一 能量連續標尺圖

資料來源：林正常著，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 34。

參、運動表現的有氧與無氧能力評測方法

有氧與無氧能力的評測方式分別針對身體不同的能量系統進行測試，本章將節將介紹常見評測方式與專有名詞說明(如表一)。

一、有氧能力的評測方式：

有氧能力指在有氧能量系統供能下，所能完成的最大運動表現，常見生理指標主要包括最大攝氧量、無氧閾值、跑步經濟性、臨界負荷及運動自覺量表等方式(表一)，而在國軍部隊現行評估方式既有三千公尺跑步、五公里健走、二十公尺漸進式折返跑、八百公尺游走、五分鐘跳繩等五項。

(一) 最大攝氧量(maximal oxygen consumption, $\dot{V}O_2\max$)

最大攝氧量($\dot{V}O_2\max$)是衡量一個人有氧耐力的關鍵指標，代表身體在運動過程中所能消耗的最大氧氣量(ml/kg/min)。以下是幾種常得的見評估方式：

1. 直接測量法

早期直接測量法採用道格拉斯袋(Douglas bag)在實驗室評估，採集呼氣，測量一定時間(通常為 1 分鐘)內，呼吸與吸氣氧的差額，配合二氧化碳分析，所得的每分鐘攝氧量的測量，上述使用道格拉斯袋直接測量法，隨著科技進步漸為電腦化的能量代謝測量系統所取代，受測者在實驗室裡結合跑步機或腳踏車上進行逐步遞增強度的運動，同時使用氣體分析儀器量測吸入和呼出的氣體，最劇烈運動時，人的攝氧水準達到最高峰值，稱為最大攝氧量。在運動生理學領域上，被公認為最精確的評估方式。在軍事領域應用，澳大利亞陸軍研究負重行軍結合能量代謝系統儀器評估士兵的最大攝氧量與有氧能力，同時監控心跳率的變化，進而輔助開立精準的訓練課表。

2. 間接預估法

間接預估法通常是透過心跳率、運動表現來預估最大攝氧量，雖然不如直接測量法精確，但較容易實施。常見的預估方式有步行測試(Rockport walk test)快速走完 1 英里(約 1.6 公里)，記錄所需時間與完成後的心率。跑步測試(Cooper 12 Minute Run Test)為 12 分鐘跑最大距離，再將完成的距離套用至公式((距離 m-504.9)/44.73)，所得最後數值為最大攝氧量。Bruce 測試(Bruce Treadmill Protocol)一種分階段增加坡度與速度的跑步機測試，常見於醫院，測試完成的階段數可對應預估最大攝氧量的標準表格。穿戴裝置應用，根據你的心率、速度與運動歷史自動預估最大攝氧量，如 Apple Watch、Garmin、Polar 等。

(二) 無氧閾值(Anaerobic Threshold)

無氧閾值是因代謝酸化而導致血中乳酸及攝氧量不成比例的上升，無氧閾值高的運動員表示可以接受較高運動強度有氧的挑戰。以分析乳酸而判定的無氧閾值稱為乳酸閾值；以換氣為判定方式的無氧閾值稱為換氣閾值；以心跳為判定方式的無氧閾值稱為心跳閾值。測驗的方式與最大攝氧量相同，但不需讓受試者測驗

至衰竭，因此，實用性較最大攝氧量來得高。⁹

(三) 跑步經濟性(Running Economy)

跑步經濟性是指在非最大強度的跑步過程中，人體所消耗的能量高低情形。在相同的跑步速度與一絕對運動強度下，所需要的攝氧量愈少(較低的最大攝氧量百分比)，即代表運動的經濟性愈好，反之則較差。¹⁰跑步測驗時，可讓受試者完成某一強度跑步機速度持續 6 分鐘，並以跑步最後一分鐘攝氧量平均值為該速度下之跑步經濟性，再以此不同速度與攝氧量求得一迴歸方程式，最後代入最大攝氧量，即可推算出最大攝氧量速度。

(四) 臨界功率(critical power, CP)與臨界速度(critical velocity, CV)

臨界功率與臨界速度為間接評估無氧閾值與預測有氧耐力運動表現的生理指標。臨界功率與臨界速度共通的使用，但因訓練的方式不同而異。臨界功率與臨界速度和無氧閾值概念上幾乎一樣，但前者指「生理反應上的穩定」，後者指「運動能力上不疲勞」。¹¹常見檢測方式有運用划船測功儀和溫蓋特無氧動力檢測。Vanhatalo 等學者提出以腳踏車測功儀進行單次三分鐘衰竭測驗，測驗過程紀錄功率的輸出，將最後三十秒的動力輸出平均值訂為結束功率(end test power, EP)，並將高於結束功率的作功量訂為高於結束功率之總作功 (work done above the EP, WEP)，該研究以 10 名受試者於腳踏車測功儀上進行三分鐘衰竭測驗以判定結束功率，並以 5 種固定負荷 (70%、80%、100%、105% 及 60% 或 110%) 衰竭測驗判定臨界功率，結果確認利用單次三分鐘腳踏車衰竭測驗可有效評量臨界功率。¹²

(五) 運動自覺量表(Borg Rating of Perceived Exertion, RPE)

此量表是由瑞典生理學家 Gunnar Borg 提出，是讓運動者主觀評估運動時的費力程度，廣泛用於運動訓練、心肺復健、體適能評估領域，而此運動量表區分兩個版本，常見有原始 Borg RPE 15 級運動自覺量表，從 6 分（完全不費力）到 20 分（最大努力）來評估，另一種為 10 級運動自覺量表，運動強度從 0 分（沒有感覺）到 10 分(最大努力)。第一種 15 級量表，自覺強度的值與心跳率有相關，從 6 分開始代表安靜心跳率每分鐘 60 次至 20 分代表最大心跳率每分鐘 200 次，研究發現 15 級的運動自覺量表，可以確實反應出運動過程中的強度變化狀況，而且與運動心跳率、攝氧量和血乳酸堆積成正比；第二種自覺量表，則呈現非線性的自覺強度上升比例，無論採用上述哪一版本，實際運用時有其簡單方便且具特殊代表性的價值存在，值得運用與參考。¹³

⁹ 林正常，〈運動生理學網站-有氧運動-無氧閾值〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 27 日)。

¹⁰ 王順正，〈運動生理學網站-跑步經濟性〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 28 日)。

¹¹ 林正常，〈運動生理學網站-臨界速度在耐力訓練上的應用〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 24 日)。

¹² Vanhatalo, A., Jonathan, H. D., & Burnley, M. (2007). 'Determination of critical power using a 3-min all-out- cycling test', *《Med Sci Sports Exerc》*, 39(3):548-55.

¹³ 王順正，〈運動生理學網站-運動強度的判定（自覺量表）〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 27 日)。

表一 有氧能力評測方法

常見評測方法	內容
最大攝氧量	評估有氧耐力的關鍵指標，代表身體在運動過程中所能消耗的最大氧氣量(ml/kg/min)。
無氧閾值	運動中因代謝酸化而導致血中乳酸及攝氧量不成比例的上升，無氧閾值高的運動員表示可以接受較高運動強度有氧的挑戰。
跑步經濟性	指在非最大強度的跑步過程中，人體所消耗的能量高低情形。
臨界功率(速度)	為間接評估無氧閾值與預測有氧耐力運動表現的生理指標。
運動自覺量表	指運動者主觀評估運動時的費力程度，廣泛用於運動訓練、心肺復健、體適能評估領域。

資料來源:筆者自行彙整

(六) 國軍部隊現行有氧心肺適能測項

為培養官兵良好運動習性，保持健康體態，利用多元訓測方式實施自主運動，藉完善訓練及鑑測作法，使官兵採循序漸進方式，在公平、公正原則下，運用多項、簡單及便利之訓測機制，在安全基礎上樂於訓練，養成自動自發及自我要求習性。訓測對象為國軍五十九歲以下現役軍官、士官、士兵。國軍六十歲以上人員，採健走、游泳等方式自主訓練，以維持健康體適能。心肺適能測項既有三千公尺徒手跑步、五公里健走、二十公尺漸進式折返跑、八百公尺游走、五分鐘跳繩任選一項測驗，訓測標準為各單項均達合格標準，區分男、女及年齡層計算成績(如表二)。¹⁴

表二 國軍有氧能力評測方法

國軍部隊評測方法	內容
三千公尺跑步	國軍體測採多元選項，依據「國防部陸軍司令部公佈國軍體能訓測實施規定(112年修訂版)」，官兵標準區分男(女)性，且依照年齡分別為29歲以下、30至44歲、45歲以上對應各單項標準，60分為合格。
二十公尺漸進式折返跑	
五公里健走	
五分鐘跳繩	
八百公尺游走	

資料來源: 筆者自行彙整

二、無氧運動能力評測方式：

無氧運動能力是指身體透過無氧性代謝路徑，從事激烈運動的能力。一般來說，人體的無氧動力可以簡化為速度性無氧動力、質量性無氧動力兩類，速度性無氧動力代表人體在時間內產生最大負荷(或速度)的能力，質量性無氧動力則代表人體在短時間內的最大作功能力。¹⁵以下將論述常見無氧動力的評量方式，包含垂直跳動力檢測、衝刺跑步無氧動力測試及溫蓋特無氧動力測試等三項(如表三)。

¹⁴ 國防部陸軍司令部，〈國軍體能訓測實施規定(112年修訂版)〉。

¹⁵ 呂香珠，〈無氧動力測驗的新詮釋級應用時機〉，《中華體育季刊》，民國80年，4(4)，頁61-69。

(一) 垂直跳躍動力檢測(vertical jump, VJ)

垂直跳動力測驗(VJ)是最普遍且最簡單的無氧動力測驗。垂直跳動力測驗雖然簡單的以跳躍高度來代表受試者的無氧動力，經過簡單的數學計算，仍然是代表人體短時間(1 秒以內的靜止到最大表現作功能力，Sales 等學者以 13 名青少年男性五人制足球運動員為對象，受試者以隨機順序接受兩次實驗室的測驗，一次是垂直跳動力測驗，另一次是進行的衝刺跑步無氧動力測驗。結果顯示，垂直跳動力檢測和衝刺跑步無氧動力測驗之間存在顯著的相關性，由此可見，垂直跳躍動力測驗檢測是由磷酸原系統提供無氧動力之能量系統。¹⁶

(二) 衝刺跑步無氧動力測驗(running anaerobic sprint test, RAST)

人體衝刺跑步無氧動力測驗，通常以短距離(50、100 或 200 公尺等)的最大努力跑步測驗最為簡便，雖然這種測驗的結果是以平均速度的方式來呈現跑者的跑步無氧動力，是經常被採用的方法。¹⁷衝刺跑步無氧動力測驗是進行六次 35 公尺最大努力跑步的無氧動力檢測，每次跑步之間有 10 秒的恢復時間，測驗結果以功率方式呈現。跑步功率 (power) 的評量 (單位為 watts)，是以跑者向前的作用力乘以平均速度 ($\text{power} = F \times V$) 來推算，向前的作用力則等於向前加速度 (a) 乘以體重 (a, $F = Ma$)，向前加速度則等於跑步距離 (m) 除以跑步時間 (s) 平方 ($a = m/s^2$)。跑步功率的計算是以體重 (kg) $\times$ 跑步距離 (m)² / 測驗時間 (s)³ (watts)。測量六次的最大值為峰值功率，六次的平均值為平均功率，最大功率與最小功率的比值為疲勞指數。Zagatto 等學者研究 40 名武裝部隊成員為對象，受試者先進行二次跑步衝刺跑步無氧動力測驗，結果發現衝刺跑步無氧動力測驗與 35、50、100、200、400 公尺的表現有顯著相關，表示衝刺跑步無氧動力測驗確實是測量跑步無氧動力和預測短距離衝刺表現的有效、可信方法。¹⁸

(三) 溫蓋特檢測(Wingate Anaerobic Test, WAnT)

溫蓋特檢測(WAnT)為一種於自行車運動中評估最大騎乘功率無氧能力的測試，此測試為受試者在一段短時間內(30 秒)於體重的百分比負荷下盡最大能力輸出受試者自身的最大功率。藉由進行溫蓋特檢測，可瞭解最大功率(peak power)、無氧能力(anaerobic capacity, AC)、無氧疲勞(anaerobic fatigue; AF)等資訊，參數內容包含最大功率，又稱動力峰值 (Peak Power, PP)、爆發性動力 (Explosive Power, EP)、平均功率(Mean Power, MP) 及疲勞指數 (Fatigue Index, FI)。上述是溫蓋特無氧動

¹⁶ Sales, M. M., Maciel, P. A., Silva Aguiar, S. D., Asano, Y. R., Motta-Santos, D., Jose Fernando, V. N. M., Alves, M. P., Santos, A. P., Barbosa, P. L., Ernesto, C., & Sousa, V. C. (2018). 'Vertical jump is strongly associated to running-based anaerobic sprint test in teenage futsal male athletes.' 'Sports', 6(4):129.

¹⁷ 王頌坊、鐘昱剴、林冠宇、何承訓、王順正，〈跑步成績評量換氣閾值與呼吸代償點速度的效度研究〉，《體育學報》(臺北市)，第 56 卷 2 期，國立中正大學，西元，2023 年，頁 167-168。

¹⁸ Zagatto, M. A., Wladimir, R. B., & Gobatto, A. C. (2009). 'Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances.' 'The Journal of Strength & Conditioning Research', 23(6):1820-1827.

力檢測參考的重要評估指標，¹⁹教練及選手可透過上述指標依需求制訂出對應之運動處方規劃。

表三 無氧能力評測方法

常見評測方法	內容
垂直跳躍-動力檢測	採 1 秒以內的靜止到最大做功的跳躍表現數據。
衝刺跑步-無氧動力測驗	以短距離(50m、100m 或 200m 等)的最大努力跑步測驗最為簡便，是以平均速度來呈現跑者的無氧動力，是經常被採用的方法。
溫蓋特-無氧動力檢測	評估最大騎乘功率無氧能力的測試，此測試為受試者在一段短時間內(30 秒)於體重的百分比負荷下盡最大能力輸出受試者自身的最大功率，廣泛運用於運動競技選手和軍事武裝部隊無氧動力檢測。

資料來源:筆者自行彙整

肆、溫蓋特無氧動力檢測與軍事人員實戰化體能表現關係

「無氧動力」是指在不依賴氧氣的情況下，於極短時間內產生較大功率的能力，溫蓋特檢測是一種評估「無氧動力」標準的重要參考指標。目前相關研究顯示溫蓋特檢測多運用於專項「肌力」和「爆發力」的競技運動員，依據 Kaminsky 等學者研究健康成年男性、女性採用固定式踏車實施溫蓋特檢測評估無氧動力關鍵指標包括最大功率、平均功率、最大攝氧量及疲勞指數等四項。郭志輝學者探討田徑各項運動員的無氧動力特質，受試者為男性 54 位田徑運動員（包含短跑 22 位、跳遠 16 位、投擲選手 7 位、長跑 9 位），使用 MONARK 設置固定式腳踏車測功儀，在自行車平台上用個人最大努力測試 10 秒，結果顯示短跑、跳遠及投擲選手無氧動力的表現明顯優於長跑選手。²⁰陳天文學者分析 58 位國內大專男子運動員無氧動力表現，最大輸出功率值為 678.63 ± 151.52 瓦特，平均輸出功率值為 520.66 ± 87.49 瓦特。²¹何振倫和翁明嘉學者研究 12 位有重量訓練習慣的健康男性，利用溫蓋特測試無氧動力結果，最大輸出功率為 954.44 ± 128.46 瓦特、平均輸出功率為 694.89 ± 99.97 瓦特。²²

在軍事領域上國外對於使用溫蓋特檢測評估武裝部隊的無氧動力相關研究，亦不在少數，且有系統化建立常模供參考，然而國內卻鮮少有針對軍事人員對於應用溫蓋特

19 Kaminsky, L. A., Arena, R. & Myers, J. (2015). Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured with Cardipulmonary Excise Testing: Data form the fitness registry and the importance of excise national database, Mayo Cllinic Proceedings. 90(11):1515-1523.

20 郭志輝，〈田徑運動員無氧動力特質的研究。〉《北體學報》，民國 85 年，11，頁 1-29。

21 陳天文，〈不同運動項目大專男子運動員無氧動力表現之分析。〉《運動教練科學》，民國 101 年，26，頁 41-50。

22 何振倫、翁明嘉，〈不同強度與無氧動力表現在堪薩斯單邊深蹲測試之比較〉。《未發表之碩士論文》，民國 107 年，臺北市，中國文化大學體育學系運動教練研究所。

檢測來評估無氧動力的相關研究，因此本章蒐集相關文獻，探討溫蓋特無氧動力檢測與軍事人員實戰化體能表現關係。

Michael 等學者研究美國空軍(男性 1,374 名)進行溫蓋特檢測，結果顯示美國空軍男性最大功率為 951 瓦特、平均功率為 686 瓦特，研究結論表明軍事人員無氧動力功率範圍值建議為 760-920 瓦特。²³Knapik 等學者研究美陸軍步兵 34 位男性於為期 5 天的模擬戰鬥中觀察戰士們的生理適應性反應，在演習戰鬥前，先行量測身體組成和最大攝氧量，並進行前後兩次的陸軍體能測試、溫蓋特無氧能力測試及等長、等速肌肉力量疲勞測試，結果顯示，無氧能力和肌力訓練有高度的關聯性，且發現上半身肌力和無氧能力對陸軍步兵行動很重要。²⁴Barringer 等學者研究美陸軍 1,141 名遊騎兵肌力與體能訓練指標對身體評估測試之間的關聯性，結果顯示，下半身力量、拉力和無氧訓練對身體評估測驗的合格率有很大的影響，此外，研究亦發現具有較大下半身力量的軍事人員，其兩者的運動表現更為優秀。²⁵美陸軍於 2020 年改革執行新式美國陸軍戰鬥體適能，其主要目的讓戰士的體能測項貼近實戰化，並以降低傷損為主要目的，其中硬舉、負重拖曳衝刺等，分別針對軍事人員的爆發力、肌力和無氧能力做評估，硬舉為評估下肢肌力與爆發力，負重拖曳則是無氧能力的評估。Dobbs 等學者以 19 名美陸軍預備軍官為受試對象，研究美國陸軍戰鬥體適能與溫蓋特檢測的無氧動力之間的相關性，研究顯示兩者有高密切的相關度。²⁶

Curiel-Regueros 等學者研究藉由高強度間歇訓練對職業軍事人員的生心理反應的影響，對象為 20 位西班牙士兵，採前後測兩次，並以重複量數的研究方法實施，高強度間歇訓練的運動時間為 30 秒、組間休息 30 秒，各大組間休息為 5 分鐘，結果顯示，透過高強度間歇訓練明顯改善士兵無氧能力，降低無氧閾值、腿部力量增加、安靜心跳率及疲勞度下降。²⁷

Faff 和 Korneta 研究 39 位波蘭陸軍傘兵在服役 18 個月期間運動表現的變化，在服役期間的第 3、12 和第 18 個月後接受檢測，測驗項目包括最大攝氧量、有氧能力測試及採用溫蓋特檢測無氧動力和最大肌力檢測等進行評估，結果顯示，經過 18 週訓練，肌肉量增加、身體脂肪下降，無氧能力及抗疲勞度顯著提升，同時在最大肌力和肌耐力

²³ 同註 5。

²⁴ 同註 6。

²⁵ Barringer, N. D., McKinnon, C. J., O'Brien, N. C., & Kardouni, J. R., (2019). 〈Relationship of Strength and Conditioning Metrics to Success on the Army Ranger Physical Assessment Test〉, 《Comparative Study J Strength Cond Res》, 33(4):958-964. Curiel-Regueros, A., Fernández-Lucas, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). 〈Effectiveness of an applied high intensity interval training as a specific operative training〉, 《Physiol Behav》, 201:208-211.

²⁶ Dobbs C.W., Almonroeder G. T., Carpenter, M., Schmitt, E. R., Jacobon, K. A., Luedke, A. J., Roberts, M. B., & Jagim, R. A. (2025). 〈Relationships Between the Army Combat Fitness Test Scoring Structure and Laboratory Measurements of Physical Fitness in Reserve Officer Training Corps Cadets〉, 《J Strength Cond Res》, 39(7):798-808.

²⁷ Curiel-Regueros, A., Fernández-Lucas, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). 〈Effectiveness of an applied high intensity interval training as a specific operative training〉, 《Physiol Behav》, 201:208-211.

的運動表現明顯改善。²⁸

王振生和林麗娟學者探討高強度間歇訓練對國軍基本體能、無氧動力與身體組成之影響，此研究召集 37 位軍事人員，平均年齡 20 歲，隨機分配為實驗組(N=19)和控制組(N=18)進行為期四週的體能訓練(有氧訓練為俯地挺身、仰臥起坐、三千公尺、無氧訓練為固定式高功率踏車溫蓋特檢測)，實驗組體能訓練內容包含每週 3 次、每次 36 分鐘的高強度間歇訓練，控制組則為每週 3 次、每次 90 分鐘，結果顯示高強度間歇訓練組別的全項測驗結果皆優於控制組，其中實驗組前後測對比無氧能力，最大功率與平均功率皆提升 6%。²⁹ 綜合上述相關文獻，得知無氧動力的優劣與仿真戰場情境的模擬戰鬥中具高度相關性，指出應用溫蓋特檢測作為無氧動力表現評估的重要參考依據。

伍、軍事人員無氧動力檢測

一、研究對象：

本研究對象為 49 位陸軍地面部隊男性，採單次實測，當日氣溫 29 度、濕度 45%，地點為陸軍步兵訓練指揮部運動科學推廣中心，受試人員皆為自願參與，且皆完成年度體檢，確認無家族病史、傷痛痼疾。基本資料平均年齡 25.27 歲、標準誤差值 3.64；身高 173.35 公分、標準誤差值 5.24；體重 68.27 公斤、標準誤差值 7.81；身體質量指數 22.78、標準誤差值 2.60(如表四)。

表四 受試人員基本資料(N=49)

項目	平均標準誤差值
年齡 (歲)	25.27 ± 3.64
身高 (公分)	173.35 ± 5.24
體重 (公斤)	68.27 ± 7.81
身體質量指數 (BMI)	22.78 ± 2.60

資料來源:筆者自行彙整

二、檢測器材之應用：

(一) 身體組成分析儀(ACCUNIQ BC380)：

主要快速、簡易、精準量測受試者基本身體素質(體重、體脂肪百分比、脂肪重、內臟脂肪、身體質量指數、肌肉重、骨骼肌重、基礎代謝率、腰圍、臀圍、身體水分、蛋白質、卡路里等身體組成，根據官方和多項研究顯示，該儀器信效度對肌肉量、無脂體重($r=0.985$)與雙能 X 光吸收儀(男性 $r=0.946$ ；女性 $r=0.957$)具有高度相關性(如圖二)，該儀器採用生物電阻法(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)進行(如圖三)，意旨妨礙電流流通之阻力，在物理學上就是電阻。因此，即使在

28 Faff, J. & Korneta, K. (2000). 〈Changes in aerobic and anaerobic fitness in the Polish army paratroopers during their military service〉, 《Aviat Space Environ Med》, 71(9):920-4.

29 王振生、林麗娟,〈高強度間歇訓練對國軍基本體能、無氧動力與身體組成之影響〉。《未發表之碩士論文》，民國 110 年，台南市，國立成功大學運動健康與休閒管理在職專班研究所。

體重相同的人身上，若體脂肪含量越多則產生電阻阻抗愈大。



圖二 身體組成分析儀
資料來源：筆者自行拍攝



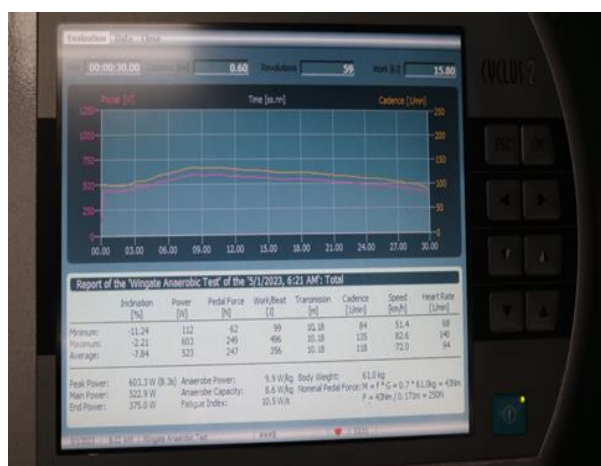
圖三 身體組成量測
資料來源：筆者自行拍攝

(二) 固定式高功率踏車儀(CYCLUS 2)-溫蓋特檢測模式：

在一固定式自行車平台（如圖四）上進行，以最大速度踩踏 30 秒，數據透過面板評估人體的無氧運動能力表現（如圖五），多項研究顯示 **CYCLUS 2** 儀器對於最大功率與平均功率的測量具有高度信度($ICC>0.90$)；此外在效度的相關性，與其他無氧能力測驗達到高度正相關，特別是針對磷酸原與乳酸系統的代謝表現高度關聯性，在準則效度面，溫蓋特檢測對於無氧代謝需求與短跑、自行車衝刺選手具高度的預測力。



圖四 固定式高功率踏車儀
資料來源：筆者自行拍攝



圖五 溫蓋特檢測模式
資料來源：筆者自行拍攝

（三）胸前心率監控帶：

心跳監控帶，採用無線藍芽感應技術，胸前兩側有晶片，將心跳帶穿戴至胸前，概約兩乳頭中間下緣處，經 **CYCLUS 2** 系統，心跳率收集方式，可設定為每秒或每分鐘，而本研究設定為每秒收集一次心跳數據，本研究主要收集數據為最大心跳率、最小心跳率、運動期間心跳率平均值（如圖六），相關研究顯示 **CYCLUS 2** 系統的胸前心率監控帶相較於其他穿戴手錶或光電式感測器，是最具顯著優勢，具有高度信度，尤其在劇烈運動的情況下；此外在心電圖效度的誤差值在 ± 1 次，相關係數 $r=0.98\sim 0.99$ 。



圖六 胸前心率監控帶
資料來源：筆者自行拍攝

三、實驗與檢測流程

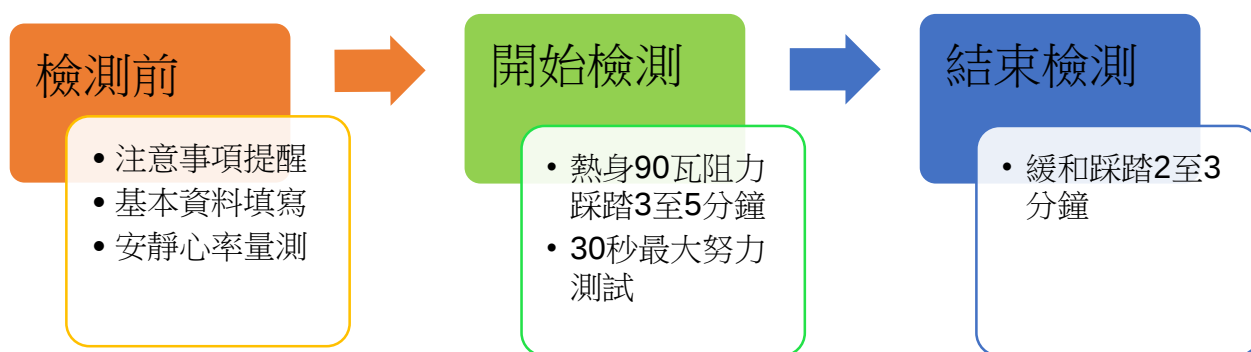
本研究採用劉立宇³⁰和林正常博士相關研究為參照（如圖七）。³¹

- （一）檢測前準備：在前 1 至 2 小時，不進食，可喝水，告知受試人員個人權益、實驗流程及注意事項，並測量身體組成分析儀，記錄受測者的基本資料（包含姓名、性別、年齡、身高、體重及背景資料等）及測試環境資料（如時間、地點、場地材質、天氣狀態、溫溼度等），同時配戴胸前心率監控帶收集即時心跳率，心跳率收集方式，設定為每秒（如圖八）。
- （二）檢測開始與結束：在固定式高功率自行車儀平台上，待受測人員熱身 3-5 分後，聽從鑑測官發令，會倒數 3、2、1，GO，立即以最大力量及速度踩踏自行車踏板，途中不可變換齒比與變速，³²運動過程中受測人員可採用坐姿騎乘或站姿騎乘，並嘗試維持 30 秒，最後 5 秒時，鑑測官會倒數 5、4、3、2、1、停，並依指示進行 2-3 分鐘的緩和（如圖九）。

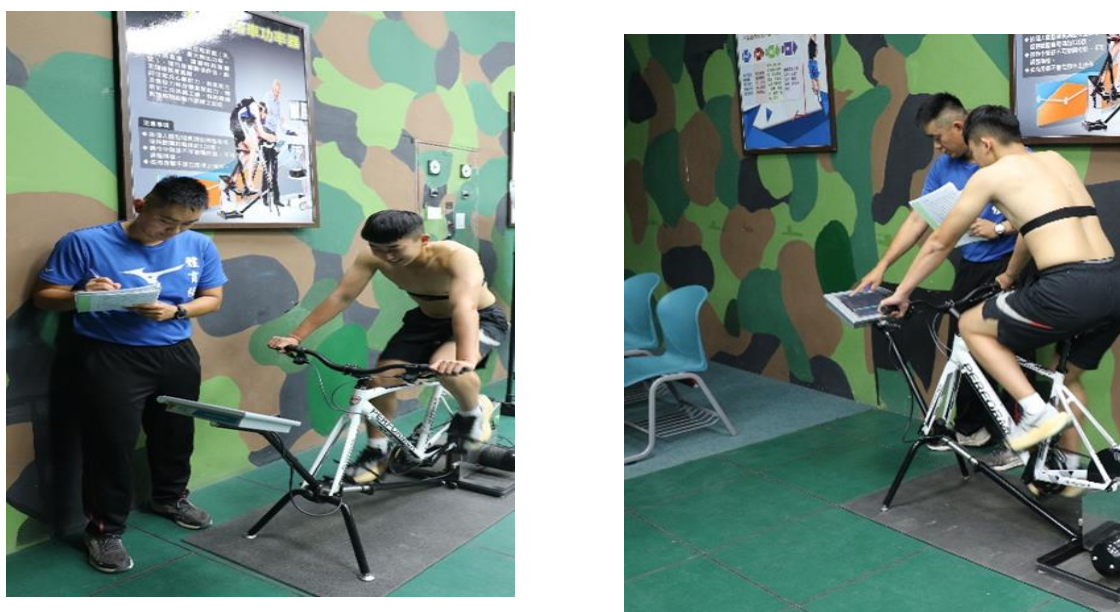
³⁰ 劉立宇，〈溫蓋特無氧動力與競賽成績的相關。〉《臺南師院學報》，民國 91 年，35，頁 413-422。

³¹ 林正常，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 387-389。

³² 固定式高功率自行車儀使用為平把，大盤曲柄腿組規格為標準盤，大盤齒比 53/39T、腿長 172.5cm、飛輪齒比 11-28T，變速阻力齒比為 53T 對應 11T，並進行強度及阻力設定（男性：90W、60rpm、1.5kg）。



圖七 溫蓋特檢測流程
資料來源：筆者自行繪製



圖八 溫蓋特檢測實測與紀錄及說明
資料來源：筆者自行拍攝

四、統計分析

本研究以描述性統計方式呈現最大功率、平均功率及心跳率，皆透過儀器無線藍芽技術直接測量數據反饋，在統計分析彙整平均值、標準差、最大值及最小值，CYCLUS 2 系統數據設定公式參考 Monark 公司多年收集溫蓋特測試之常模，並根據德國自行車聯合會所使用最大肌力測試模式為參考。

陸、檢測結果與討論

本研究對象為 49 位陸軍健康男性，平均功率 492.94 瓦特、標準誤差值 61.51；最大功率 621.69 瓦特、標準誤差值 71.27；最大心跳率 161.59 次、標準誤差值 12.28，詳細紀錄如附表(如表五)。

表五 受試者溫蓋特檢測紀錄表

編號	平均功率	最大功率	最大心跳率
1	466	556	159
2	537	649	146
3	623	738	171
4	476	580	144
5	551	694	174
6	559	694	149
7	469	596	157
8	511	638	152
9	533	660	163
10	510	649	159
11	498	619	151
12	466	605	154
13	522	655	156
14	519	637	156
15	577	749	163
16	461	583	159
17	542	740	165
18	536	677	177
19	507	661	173
20	468	602	172
21	527	622	181
22	472	572	173
23	432	571	168
24	535	630	143
25	480	623	167
26	514	628	133
27	557	697	161
28	584	677	162
29	548	711	165
30	452	598	145
31	585	727	173
32	611	787	168
33	471	627	163
34	467	575	129
35	498	586	154
36	562	691	161
37	429	672	149
38	466	556	159
39	495	595	189
40	336	464	173
41	466	580	163
42	447	553	165
43	450	532	162
44	416	581	183
45	407	523	164
46	396	492	162
47	428	578	176
48	359	476	150
49	433	557	177
平均值	492.94	621.69	161.59
標準誤差值	61.51	71.27	12.28

資料來源: 筆者自行彙整

本研究受試者為 49 位陸軍男性，最大功率為 621.69 ± 71.27 瓦特，平均功率 492.94 ± 61.51 瓦特，比較 Michael 等學者研究美國空軍（男性 1,374 名）進行溫蓋特檢測，結果顯示美國空軍男性最大功率為 951 瓦特、平均功率為 686 瓦，且建議軍事人員無氧動力功率輸出範圍在 760-920 瓦特較符合職務特殊性，兩者研究結果對比，本研究最大功率和平均功率明顯低於美國空軍研究無氧動力的表現結果，且在對比國內專家學者何振倫和翁明嘉研究 12 位有重量訓練習慣的健康男性，最大功率為

954.44±128.46 瓦特、平均功率為 694.89±99.97 瓦特，研究結果也明顯低於有重量訓練習慣健康男性(如表六)。

綜合上述討論，何振倫和翁明嘉學者與 Michael 等專家研究結果接近，且兩篇研究對象皆有重量訓練習慣，在美軍野戰準則(FM7-22) 中也指出「肌力」和「爆發力」是影響無氧動力表現重要參考指標。而美國陸軍戰鬥體適能研究報告更顯示將「硬舉」、「負重拖曳」等動作納入體能測評與訓練項目，可有效提升士兵的無氧動力。Michael 學者研究也指出重量訓練對於軍事人員執行作戰任務效率表現具高度相關性。反觀推論，本研究受試者可能因缺乏「肌力」和「爆發力」等神經肌肉的重量訓練刺激，以致溫蓋特無氧動力檢測之無氧動力呈現的輸出功率低於文獻報告平均值，值得部隊未來規劃訓測發展方向之參考。

表六 溫蓋特檢測相關文獻之無氧動力表現比較表

項目	平均功率	最大功率	訓練模式
本研究結果(N=49)	492.94 ± 61.51 瓦特	621.69 ± 71.27 瓦特	未介入肌力訓練
Michael 等學者(美國空軍 N=1,374)	686 瓦特	951 瓦特	有介入肌力訓練
何振倫和翁明嘉學者 (大專男運動員 N=12)	694.89±99.97 瓦特	954.44±128.46 瓦特	有介入肌力訓練
備註	本研究受測者的平均功率及最大功率，相較於文獻報告平均低於 200-330 瓦特範圍區間。		

資料來源:筆者自行彙整

柒、結語

本文透過實證和綜理國際運動科學研究得知，「肌力」和「爆發力」可能是影響無氧動力表現的重要參考指標，且各國軍事武裝部隊和美軍野戰準則(FM7-22)中也明確提出軍事人員在這兩項指標的重要性，併證實與戰場任務成功率及存活率有高度相關性，本研究結合運動科學儀器，驗證陸軍地面部隊人員的無氧動力表現，發現對比各國軍事武裝部隊人員具一定程度落差。因此，未來應可參考美國陸軍體能訓測內容，將其「硬舉」、「負重拖曳」等項目，納入訓測規劃方向發展參考，以精準訓練強化陸軍地面部隊之戰力。

參考文獻

- 一、王振生、林麗娟，〈高強度間歇訓練對國軍基本體能、無氧動力與身體組成之影響〉。《未發表之碩士論文》，民國 110 年，台南市，國立成功大學運動健康與休閒管理在職專班研究所。
- 二、王順正，〈跑步經濟性〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 28 日)
- 三、王順正，〈無氧運動能力的特殊性〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間：民國 114 年 6 月 24 日)。
- 四、王順正，〈運動強度的判定(自覺量表)〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 27 日)。
- 五、王頌坊、鐘昱剴、林冠宇、何承訓、王順正，〈跑步成績評量換氣閾值與呼吸代償點速度的效度研究〉，《體育學報》(臺北市)，第 56 卷 2 期，國立中正大學，西元，2023 年，頁 167-168。
- 六、郭志輝，〈田徑運動員無氧動力特質的研究。〉《北體學報》，民國 85 年，11，頁 1-29。
- 七、呂香珠，〈無氧動力測驗的新詮釋級應用時機。〉《中華體育季刊》，民國 80 年，4(4)，頁 61-69。
- 八、何振倫、翁明嘉，〈不同強度與無氧動力表現在堪薩斯單邊深蹲測試之比較〉。《未發表之碩士論文》，民國 107 年，臺北市，中國文化大學體育學系運動教練研究所。
- 九、林正常，〈有氧運動-無氧閾值〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 27 日)
- 十、林正常，〈臨界速度在耐力訓練上的應用〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間 2025 年 6 月 24 日)
- 十一、林正常著，《運動生理學(增訂四版)》(臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月)，頁 34。
- 十二、林正常，《運動生理學(增訂四版)》(臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月)，頁 387-389。
- 十三、吳榮福、林育成，〈軍事人員「戰鬥體能」訓練發展之研究〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 576 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 69-84。
- 十四、美國陸軍訓練暨準則司令部(TRADOC)，《野外手冊 Field Manual 7-22/軍隊物理準備培訓陸軍體能訓練 Physical Readiness Training》(北京：軍事誼文出版社，2012 年 10 月)，頁 1-5。
- 十五、國防部陸軍司令部，〈國軍體能訓測實施規定(112 年修訂版)〉。
- 十六、劉立宇，〈溫蓋特無氧動力與競賽成績的相關。〉《臺南師院學報》，民國 91 年，35，頁 413-422。
- 十七、陳天文，〈不同運動項目大專男子運動員無氧動力表現之分析。〉《運動教練科

學》，民國 101 年，26，頁 41-50。

- 十八、楊尚融、林育成，〈強化體能訓練策略增進戰鬥體能-以烏俄戰爭為例〉，《步兵季刊》(高雄市)，第 260 期，陸軍步兵訓練指揮部，西元，2024 年，頁 4-5。
- 十九、蘇明仁，〈運用戰術肌力體能訓練提升部隊訓練初探〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 579 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 43-56。
- 二十、Barringer, N. D., McKinnon, C. J., O'Brien, N. C., & Kardouni, J. R., (2019). 〈Relationship of Strength and Conditioning Metrics to Success on the Army Ranger Physical Assessment Test〉，《Comparative Study J Strength Cond Res》，33(4):958-964.
- 二十一、Curiel-Regueros, A., Fernández-Lucas, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). 〈Effectiveness of an applied high intensity interval training as a specific operative training〉，《Physiol Behav》，201:208-211.
- 二十二、Dobbs C. W., Almonroeder G, T., Carpenter, M., Schmitt, E. R., Jacobon, K. A., Luedke, A. J., Roberts, M. B., & Jagim, R. A. (2025). 〈Relationships Between the Army Combat Fitness Test Scoring Structure and laboratory Measurements of Physical Fitness in Reserve Officer Training Corps Cadets〉，《J Strength Cond Res》，39(7):798-808.
- 二十三、Faff, J. & Korneta, K. (2000). 〈Changes in aerobic and anaerobic fitness in the Polish army paratroopers during their military service〉，《Aviat Space Environ Med》，71(9):920-4.
- 二十四、Kaminsky, L. A., Arena, R. & Myers, J. (2015). 〈Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured with Cardipulmonary Excise Testing: Data form the fitness registry and the importance of exercise national database〉，《Mayo Clinic Proceedings》，90(11):1515-1523.
- 二十五、Knapik, J., Daniels, W., Murphy, M., Fitzgerald, P., Drews, F., & Vogel, J. (1990). 〈Physiological factors in infantry operations〉，《Eur J Appl Physiol Occup Physiol》，60(3):233-8.
- 二十六、Michael F, Zpan, Alan W. Arata, Letitia H. Dawson, Alfred L. Wile, Tamara L Payn, Megan E. Hannon. (2009). 〈Wingte Anaerobic Test Peak Power and Anaerobic Capacity Classifictions for Men and Women Intercollegiate Athletes〉，《Journal of Strength and Conditioning Research》，23(9):2598-2604.
- 二十七、Sales, M. M., Maciel, P. A., Silva Aguiar, S. D., Asano, Y. R., Motta-Santos, D., Jose Fernando, V. N. M., Alves, M. P., Santos, A. P., Barbosa, P. L.,

Ernesto, C., & Sousa, V. C. (2018). 〈Veertical jump is strongly associated to running-based anaerobic sprint test in teenage futsal male athletes.〉, 《Sports》, 6(4):129.

二十八、Vanhatalo, A., Jonathan, H. D., & Burnley, M. (2007). 〈Determination of critical power using a 3-min all-out- cycling test〉, 《Med Sci Sports Exerc》, 39(3):548-55.

二十九、Zagatto, M. A., Wladimir., R. B., & Gobatto, A. C. (2009). 〈Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances.〉, 《The Journal of Strength & Conditioning Research》, 23(6):1820-1827.

藉柔軟度訓練降低官兵體能訓練運動傷害之探討



作者/張哲倫 上尉

專業軍官班 110 年班、現任陸軍運動科學推廣中心教官。

提要

- 一、本研究針對柔軟度訓練在運動傷害預防與體能提升中的作用進行探討。分析了靜態拉伸、動態拉伸及PNF本體感覺神經肌肉促進術等多種柔軟度訓練方法的科學依據與效果。
- 二、發現適當的柔軟度訓練能有效降低肌肉拉傷、扭傷等運動傷害的風險。強調將柔軟度訓練融入日常熱身與收操，並與力量、耐力訓練結合，以達到全面提升體能的目標。指出柔軟度訓練能促進肌肉放鬆、改善關節活動範圍，加快身體恢復速度。
- 三、建議軍事及相關運動單位應科學規劃柔軟度訓練，根據任務需求設計合適方案。強調持續進行柔軟度訓練的重要性，以維持良好身心健康，延長運動壽命，提高戰鬥和運動表現。

關鍵詞：靜態拉伸、動態拉伸、PNF 技術、關節活動範圍、運動表現。

壹、前言

本文旨在探討柔軟度訓練對於減少體能訓練造成運動傷害的效果，並進一步分析不同類型的柔軟度訓練，例如靜態拉伸、動態拉伸以及 PNF（本體感覺神經肌肉促進技術）等身心運動對官兵的影響。透過對比這些方法的科學文獻，本文將闡述不同訓練方式對肌肉放鬆、神經肌肉控制及活動範圍的提升效果。

此外，本文將深入探討柔軟度訓練的時程安排，例如如何平衡於日常體能訓練與任務排程之間，以及應將其置於運動的前、中或後進行，以確保最大效益。透過結合運動科學原理與實務經驗，本研究期望能提供一套基於科學且可操作的柔軟度訓練計畫，為官兵減少運動傷害的風險、提高作戰表現與延長職業壽命提供具體建議。

最終，本研究目的是以柔軟度訓練為主軸，從科學及實際應用的雙重角度進行探討，提出符合國軍需求的訓練參考架構，協助官兵在繁重的訓練任務中維持最佳的健康狀態與高效能體能表現。

貳、柔軟度的定義與重要性

柔軟度（Flexibility）通常指關節及其周圍肌肉在不受傷害的前提下達到最大活動範圍的能力。它是一種被動性質的能力，由肌肉延展性、韌帶與肌腱的彈性、以及關節的構造共同決定；柔軟度因年齡、性別、體型和運動習慣的不同而有所差異，是人體運動與健康不可或缺的一部分，雖常被忽視，但對於預防傷害及提升體能表現卻有顯著作用。本節將深入探討柔軟度的定義、訓練方式及其重要性。

一、何謂柔軟度

柔軟度是指人體各關節在不損害姿勢的情況下，所能達到的最大活動範圍。這與關節本身的結構以及周圍軟組織（如肌肉、肌腱、韌帶）的伸展性密切相關。

根據美國運動醫學會（ACSM）的定義，柔軟度是指在完整的動作範圍內活動關節的能力。¹柔軟度可分為靜性柔軟度和動性柔軟度兩種：

- （一）靜性柔軟度：指在沒有動作或外部力量引發動態反應時，關節所能達到的最大活動範圍；這種類型的柔軟度通常與長時間的靜態拉伸動作相關，是衡量肌肉和關節伸展能力的重要指標，適合訓練後或恢復階段，有助於改善被動關節活動。
- （二）動性柔軟度：指運動中或動態狀態下，關節所能達到的活動範圍及其控制能力；²這種類型的柔軟度與實際運動表現更密切相關，是提升運動功能的

¹ 北木健身，〈給山友的居家訓練指引—柔軟度篇〉，

<https://beiimu.com/%E7%B5%A6%E5%B1%B1%E5%8F%8B%E7%9A%84%E5%B1%85%E5%AE%B6%E8%A8%93%E7%B7%B4%E6%8C%87%E5%BC%95%E4%B8%80%E6%9F%94%E8%BB%9F%E5%BA%A6%E7%AF%87/>，頁 1（搜索時間：民國 113 年 12 月 29 日）

² 揪健康，〈柔軟度：伸展出你的健康之路〉，

https://www.joiup.com/knowledge/content/1784?utm_source=chatgpt.com，頁 1（搜索時間：民國 114 年 6 月 13 日）

關鍵，通常納入熱身流程，透過慢速、有控制的活動來提升活動度；生理機制為刺激肌梭，提高肌肉反應能力並提升核心溫度、血流與神經肌肉的活性。³

柔軟度是體適能的重要組成部分，對於維持良好的姿勢、預防運動傷害以及提升運動表現具有重要意義。影響柔軟度的因素包括年齡、性別、肌肉溫度、受傷史、骨骼結構、肌肉長度等。⁴

在進行柔軟度訓練時，常見的伸展方法包括靜態伸展和動態伸展。靜態伸展是指在不發生急速用力的情況下，將肌肉伸展至最大範圍並維持一段時間；動態伸展則是指通過連續的動作，逐漸增加關節的活動範圍。⁵

總而言之，柔軟度是指關節及其周圍組織所能達到的最大活動範圍，對於維持身體健康和運動能力至關重要。

二、主要訓練方式

柔軟度訓練是提升運動表現、減少受傷風險的重要部分，可透過靜態拉伸、動態伸展、使用輔助器具進行或 PNF，訓練方案應因應個人需求與目標設定。

（一）靜態拉伸 (Static Stretching)

靜態拉伸是柔軟度訓練的一種基本形式，主要適用於運動後的肌肉放鬆或日常改善柔軟性(如圖一)。其核心目的是通過緩慢而持續的動作，幫助肌肉維持適當的彈性並預防運動後的痠痛。

靜態拉伸的訓練過程應從選擇適當的肌群開始，例如腿後腱、股四頭肌或肩膀等主要承受壓力的部位。每次拉伸動作應保持 15 至 60 秒，以足夠的時間讓目標肌群逐漸舒展；同一部位可重複進行 2 至 3 組，進一步促進伸展效果。同時，拉伸過程需注意維持穩定的呼吸，避免憋氣或急促的吸吐，而拉伸範圍應控制在肌肉感覺到輕微緊繃即可。避免將關節或肌肉強行進入疼痛或極限狀態，以降低拉傷或受傷的風險。⁶

常見的靜態拉伸範例包括針對臀部肌群的仰臥交叉腿拉伸，透過單腿橫跨於另一側進行牽拉，能有效放鬆臀部與下背部肌肉。而針對大腿後側的拉伸，可以採坐姿前屈方式，透過身體前傾伸展腿部後側的腿後肌群。這些動

³ 衛生福利部國民健康署，〈運動前應該做「靜態伸展」而不是「動態熱身」？〉，

https://www.hpa.gov.tw/EngPages/Detail.aspx?nodeid=571&pid=14179&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 13 日)

⁴ 運動筆記，〈【綜合訓練】柔軟度懂不懂？四個觀念破除迷思〉，

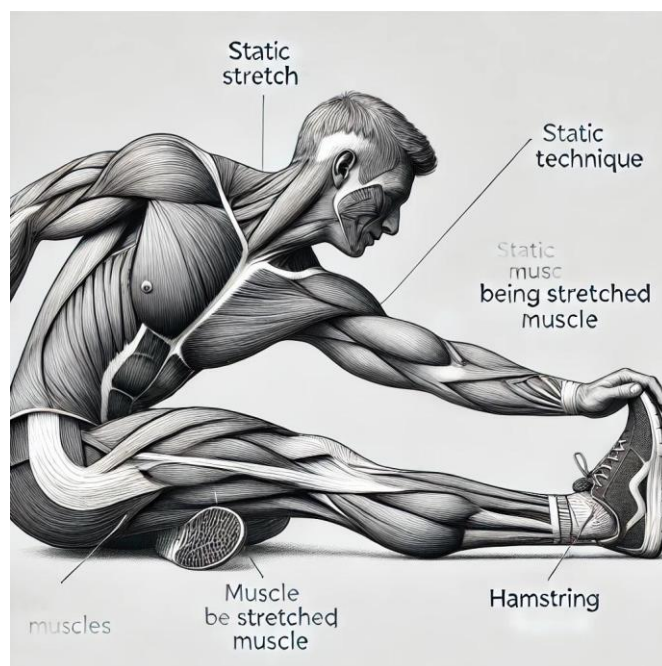
https://running.biji.co/index.php?act=info&id=93309&q=news&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 113 年 12 月 29 日)

⁵ 科學教育資訊網，〈健康體適能 -- 柔軟度〉，

https://www2.csic.khc.edu.tw/07/0715/sport/info/sense/s2.html?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 113 年 12 月 29 日)

⁶ 成大醫院家庭醫學部，〈運動處方(Exercise prescription)〉。https://familymedicine.hosp.ncku.edu.tw//412-1011-29490php?Lang=zh-tw&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 7 月 16 日)

作既簡單實用，又適用於各種運動後的舒緩需求，亦可作為日常維護柔韌性的有效方法。



圖一：靜態伸展

資料來源：[https://goodfriend-](https://goodfriend-studio.com/2024/08/24/%E8%82%8C%E8%82%89%E5%83%B5%E7%A1%AC%E8%88%87%E8%82%8C%E8%82%89%E7%9F%AD%E7%B8%AE%E7%9A%84%E5%B7%AE%E7%95%B0%E5%8F%8A%E8%AA%BF%E6%95%B4%E6%96%B9%E6%B3%95/)

[studio.com/2024/08/24/%E8%82%8C%E8%82%89%E5%83%B5%E7%A1%AC%E8%88%87%E8%82%8C%E8%82%89%E7%9F%AD%E7%B8%AE%E7%9A%84%E5%B7%AE%E7%95%B0%E5%8F%8A%E8%AA%BF%E6%95%B4%E6%96%B9%E6%B3%95/](https://goodfriend-studio.com/2024/08/24/%E8%82%8C%E8%82%89%E5%83%B5%E7%A1%AC%E8%88%87%E8%82%8C%E8%82%89%E7%9F%AD%E7%B8%AE%E7%9A%84%E5%B7%AE%E7%95%B0%E5%8F%8A%E8%AA%BF%E6%95%B4%E6%96%B9%E6%B3%95/)

（二）動態伸展 (Dynamic Stretching)

動態伸展是一種以活動性動作為基礎的柔軟度訓練(如圖二)，適合於運動前作為熱身使用。此類伸展通過不間斷且循序漸進的動作，幫助激活相關肌群，促進血液循環，提高心肺功能，為後續運動或訓練做好準備。

動態伸展的執行方式需根據所從事的運動類型選擇相應的動作，確保伸展內容與運動需求相關。在訓練過程中，活動幅度與動作強度應逐漸增加，從溫和到接近實際運動強度，避免突然用力導致肌肉或關節損傷。每個動作可進行 10 至 12 次，通過適當的頻率與重複組數來達到預期效果。⁷

訓練時的注意事項包括保持動作的流暢性，避免快速反彈式的彎曲或伸展，這可能引起肌肉過度拉伸或微創傷。同時，應關注左右肢體或上下肢體的對稱性，確保動作平衡與控制力。此外，隨著身體活動範圍逐步擴大，應在避免疲勞的情況下適時停止，為正式運動留足能量。

常見的動態伸展動作包括「開合跳」或「弓箭步轉體」，這些動作能有效提

⁷ 張祐華、周宜辰。〈不同熱身方式對隨後運動表現的影響〉。《交大體育學刊》13 (2017): 23-31。《華藝線上圖書館》。網路。2025 年 3 月 3 日。

高下肢的活動性與穩定性；「手臂環繞」則是一種簡單且高效的上肢與肩部熱身方法，能促進關節靈活度與肌群活化。這類伸展不僅提升運動表現，還有助於降低運動過程中受傷的風險，是全面運動準備的重要組成部分。



圖二：動態伸展

資料來源：

<https://fitz.hk/sports/running/%E8%B7%91%E6%AD%A5%E7%9F%A5%E8%AD%98%E8%EF%BC%8E%E9%9D%9C%E6%85%8B%E4%BC%B8%E5%B1%95%E4%BB%A5%E5%A4%96%E7%9A%84%E4%B8%89%E7%A8%AE%E4%BC%B8%E5%B1%95%E6%96%B9%E6%B3%95/>

（三）使用輔助器具進行柔軟度訓練

利用輔助器具進行柔軟度訓練是一種針對深層肌肉群的高效方法，通過工具的輔助，能夠增強拉伸效果，同時減少對關節與肌肉的壓力。此方法適用於運動後的恢復階段，也可用於日常的肌肉放鬆或提升柔韌性(如圖三)。輔助器具如瑜伽帶、瑜伽滾輪（或泡沫軸）、彈力球等，能提供穩定性並調整拉伸角度，使得動作範圍更為靈活且更具針對性。瑜伽帶或彈力帶能幫助延長肢體的觸及範圍，例如在仰躺進行腿後腱拉伸時，將帶子固定於腳掌，透過輕柔的牽引動作精準拉伸腿後肌群，而不會對其他部位造成額外負擔。此外，瑜伽滾輪或泡沫軸則專注於按摩與舒緩緊繃部位，例如滾動於小腿、背部或大腿外側，有助於釋放肌筋膜的緊張感，從而提升肌肉活動性；另一方面，彈力球等小型輔具能進一步聚焦於深層且較小範圍的肌肉，例如用於肩頸或臀部肌群的放鬆訓練。透過局部加壓與圓周動作，使用者可以在舒適且受控的狀態下解除深層肌肉結塊，促進血液循環並提高恢復效率。

輔助器具的使用應結合使用者的體能狀況與目標需求，並注意控制動作強度與過程中的穩定性。同時，在訓練後應適時補充水分並進行緩和的靜態拉伸，以進一步提升恢復效果。透過這些工具的協助，柔軟度訓練不僅能達到更深層次的效益，也能降低運動過程中的疲勞與損傷風險，是專業運動與日常健康維護中的有效手段。



圖三：器材輔助

資料來源：

<https://news.secom.com.tw/articles/%E7%B7%B4%E7%91%9C%E7%8F%88%E8%BA%AB%E6%AE%B5%E4%B8%8D%E5%A4%A0%E8%BB%9F%E8%B6%85%E5%AF%A6%E7%94%A8%E5%B0%8F%E7%89%A9%E5%8A%A9%E4%BD%A0%E8%BC%95%E9%AC%86%E5%81%A5%E8%BA%AB%E4%B8%8D%E7%A1%AC%E6%8B%97>

（四）本體感覺神經肌肉促進(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation，簡稱 PNF)

PNF 是指本體感覺神經肌肉促進術，是透過刺激本體感覺的方式來增進神經與肌肉的控制，促使肌肉獲得更進一步的伸展與拉長，並增加關節活動度與柔軟度；好處在於對提高柔軟度的效果很明顯，而且操作得宜不容易受傷；另外在受傷後會因為固定、包紮而降低神經與肌肉的控制，而 PNF 可用來刺激本體感覺，達到增進神經與肌肉的連結，恢復動作協調能力。使用在伸展運動的 PNF，大部分操作方式都是藉由輔助者的協助，給予適當的阻力，利用肌肉的主動與被動的伸展，來誘發神經與肌肉之間的控制，使肌肉達到更進一步的伸展，進而達到較佳的柔軟度。不過由於需要其他人的協助，操作這項技術比較容易受侷限，而且跟傳統的伸展相比，需要較高的技巧難度，萬一施力不當可能造成肌肉或韌帶的損傷。⁸

⁸ Fun Sport，〈自己做!PNF 拉伸本體感覺神經肌肉促進術!!〉，

三、柔軟度的重要性

柔軟度是健康體適能的五大核心要素之一(如圖四)，其對運動表現與日常活動的順暢性具有重要影響。柔軟度不足時，肌肉與關節的活動範圍受到限制，進而可能導致動作不協調、無法完全展現力量或速度。同時，柔軟度不足會增加代償性動作的出現機率，使身體其他部位承受額外壓力，最終提升受傷風險，尤其是在劇烈運動或意外拉伸情況下，容易出現扭傷或拉傷等問題。

相較之下，擁有良好柔軟度的肌肉與關節組織則有助於提高動作效率，讓身體在運動中能以更小的能量達成更大的活動範圍。這不僅改善運動表現，還能減輕運動過程中的疲勞感。此外，柔軟度良好的組織能更快速地適應多變的動作需求，例如突然轉向或跳躍，同時提升身體的平衡性與穩定性，降低因姿勢不良導致的慢性疼痛或運動傷害的可能性。

因此，通過適當的柔軟度訓練，促進肌肉彈性與關節靈活性，不僅有助於運動表現的提升，亦能改善日常生活中的舒適性與功能性動作能力，進一步支持身心健康的全面發展。柔軟度應被視為全方位體能訓練的關鍵組成部分，並在不同年齡階段持續關注與維護其水平。

圖四：健康體適能五大要素



資料來源：<https://www.canceraway.org.tw/pagelist.php?keyid=194>

參、柔軟度與運動表現的關係

柔軟度是影響運動表現的重要因素之一，指的是肌肉、肌腱及關節在不同方向上的活動範圍 (Range of Motion, ROM)。適當的柔軟度能夠提升運動效率、優化技術表現，

<https://www.funSPORT.com.tw/Article/Detail/29888?lang=zh-TW&srsId=AfmBOop1kWwo4mWjFXcmYoClyRg27lw36AiQij4OmLlinmICtVjDUaY>，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 13 日)

並降低運動傷害的風險。因此，無論是職業運動員或一般運動愛好者，都應透過適當的柔軟度訓練來增進其運動能力與身體機能。⁹

一、提升關節活動範圍與技巧執行效率

柔軟度的提升能夠擴大關節活動範圍，使人員在進行各種動作時能夠更加順暢。例如，田徑、體操或武術等項目中，良好的柔軟度可幫助運動員完成更大幅度的動作，如跨步、踢腿、旋轉或劈腿等。此外，在球類運動中，擁有足夠的柔軟度能夠幫助運動員完成更靈活的轉向動作，提高身體協調性，進而提升運動表現。

二、增加肌肉彈性與爆發力輸出

柔軟的肌肉與肌腱能夠提升運動效率，減少肌肉在運動時的能量消耗。當肌肉與關節的柔軟度較佳時，身體能夠更有效地運用力量的輸出，減少不必要的肌肉張力。例如，在跑步過程中，若髖關節與腿部肌群柔軟度良好，能夠提升步幅與擺動範圍，使每一步的推進更加有效率。此外，肌肉的柔韌性能夠改善動作協調性，使運動表現更為穩定與流暢。

三、降低受傷風險，間接保障表現穩定

柔軟度與運動傷害的預防密切相關。當肌肉過於僵硬時，容易因為外力影響而產生拉傷或扭傷。例如，在籃球、足球等需要快速變向的運動中，若腿後肌群（**Hamstring**）過於緊繃，將增加拉傷的風險。此外，柔軟度不足也可能導致關節壓力增加，進而引發慢性運動傷害，如膝關節疼痛或下背痛。因此，適當的柔軟度訓練能夠改善身體對外力的適應能力，降低受傷機率，延長運動壽命。

四、體能戰技需求

而軍人的體能需求涵蓋爆發力、耐力、敏捷性及穩定性，而柔軟度則是影響這些能力的關鍵因素之一。良好的柔軟度能夠提升動作效率、降低受傷風險，並有助於提升戰術動作的敏捷性與準確性。因此，在軍事訓練中，適當的柔軟度訓練不僅能夠改善運動表現，還能強化作戰效能，確保軍人能夠在各種環境下發揮最佳戰鬥力；此外良好的柔軟度在訓練後能夠更快地恢復體能。透過靜態拉伸、動態伸展或肌筋膜放鬆（如使用瑜珈滾筒按摩肌肉），能夠促進血液循環，加速代謝廢物的排除，減少運動後的疲勞感。這對於高強度訓練的人員而言尤為重要，因為縮短恢復時間能夠提升訓練效率，進而增強整體運動表現。綜合而言，柔軟度對於運動表現的影響涵蓋動作幅度、運動效率、傷害預防與運動恢復等多個方面。適當的柔軟度訓練不僅能夠發揮最佳表現，也能夠減少因肌肉僵硬而導致的傷害風險；然而，柔軟度訓練應根據戰術動作的需求進行調整，例如爆發力型運動（如手榴彈投擲）不宜過度拉伸，以免影響肌肉張力，而耐

⁹ 林家儀。〈不同伸展模式對柔軟度的立即影響及持續效益比較〉。碩士論文，國立體育大學運動保健學系碩士班，2012。

力型運動(如行軍)則需要較佳的柔軟度以確保動作的流暢性與持久性。因此，在軍事訓練與作戰任務中，軍人需要執行各種高強度的體能戰技，如障礙跨越、近身搏鬥、負重行軍及戰術閃避等，這些動作不僅要求肌力與耐力，還高度依賴柔軟度。因此良好的柔軟度有助於提升動作的效率、降低肌肉緊張，並減少受傷風險，確保軍人能夠在高壓環境下迅速應對各種戰術需求。

- (一) 戰鬥動作需大幅度關節活動：軍事行動往往涉及多變且高強度的動作模式，例如快速起伏(臥倒—匍匐—起身)、跨越障礙(跳牆、翻越壕溝)及躲避攻擊(側閃、翻滾)。若軍人的柔軟度不足，這些動作的流暢性與協調性將受到限制，導致反應遲鈍，甚至影響戰術執行。例如，在近身格鬥中，擁有較好的肩部與髖關節柔軟度的軍人，能夠更靈活地進行躲閃、轉身及摔技，使攻防轉換更加順暢。相反地，若關節僵硬，動作幅度受限，不僅影響技術發揮，也可能因動作不當而導致受傷。
- (二) 格鬥與近身戰技巧：因台灣的作戰環境屬於城鎮戰的限制空間作戰形態，因此與敵近距離接戰時，如距離過近無法利用槍枝武器進行射擊時，需藉由肢體或槍枝武器實施攻擊或防禦，常見動作有踢擊、擊打及地面控制等動作，這些都仰賴良好的肌肉延展性與關節靈活性，柔軟度高的官兵能更自然進行關節過伸活動，在對抗中更具爆發力與反應速度。

肆、柔軟度對運動傷害的影響

柔軟度不足可能導致關節活動受限，增加肌肉與關節在運動中的負擔，從而提高受傷的風險。尤其在高強度訓練與不規則地形中更易造成傷害，而且肌肉緊繃可能限制動作幅度，使身體在執行動作時無法充分發揮，導致代償現象出現，進一步增加拉傷、扭傷及其他關節損傷的可能性。因此，適當的柔軟度訓練被認為有助於預防某些運動傷害。¹⁰

一、主動與被動柔軟度的區別

需要注意的是，柔軟度可分為主動柔軟度(Active Range of Motion, AROM)和被動柔軟度(Passive Range of Motion, PROM)。主動柔軟度指個體依靠自身肌肉力量達到的關節活動範圍，而被動柔軟度則是在外力輔助下達到的活動範圍。研究指出，單純追求被動柔軟度的增加，可能會降低關節的穩定性，反而增加受傷風險。因此，提升主動柔軟度，即在增加關節活動範圍的同時強化相關肌群的力量與控制能力，被視為更為理想的方式。¹¹

二、柔軟度與復原能力

¹⁰ 天才領袖，〈小朋友柔軟度不好容易產生運動傷害？〉，https://www.leaderkid.com.tw/2014/10/07/小朋友柔軟度不好容易產生運動傷害？/?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)

¹¹ YAHOO!新聞，〈身體柔軟度越好，越不容易受傷？物理治療師揭「1 關鍵」才是重點〉，https://tw.news.yahoo.com/身體柔軟度越好-越不容易受傷-物理治療師揭-1 關鍵-才是重點-020000052.html?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)

柔軟度，即關節及其周圍肌肉在不同方向上的活動範圍，在運動表現和傷害預防中扮演著重要角色，良好的柔軟度提升了身體在受傷後的復原效率，降低長期復健的壓力，部分研究指出，適當的拉筋和伸展運動可在運動後放鬆特定緊繃的肌肉，增加短期柔軟度，並加速痠痛的復原，¹²除外還可以增進血液與淋巴的循環，有助於代謝乳酸與發炎物質，降低肌肉張力，減輕運動後延遲性肌肉痠痛(DOMS)，改善神經肌肉控制，有效降低過度緊繃與失衡問題。

三、運動傷害預防

美國運動醫學會(ACSM)提供了清晰而實用的柔軟度訓練建議，以協助每個人實現更完整的健康運動，ACSM 建議進行至少 3 到 4 周的柔軟度訓練，每週進行 2-3 次，每個伸展動作持續 10-30 秒，來解決柔軟度不足的問題，這種持之以恆的訓練有助於提高身體的活動度，減緩肌肉的緊繃症狀，同時預防運動傷害的風險，¹³透過定期的柔軟度訓練，官兵的肌肉適應性與抗疲勞能力得以提高，有效降低訓練中的風險，增進後續訓練參與度及品質，有助於降低初期運動所導致的急性傷害風險，如拉傷、扭傷等問題，特別是對於需要敏捷移動與爆發力表現的軍種如特戰或步兵尤為需要。¹⁴

伍、強化軍人柔軟度訓練作法

在體能訓練與作戰任務中，柔軟度對於軍人的體能戰技表現具有關鍵影響。良好的柔軟度能提升關節活動範圍，增進動作的敏捷性與協調性，這對於執行各種高強度、複雜的軍事動作至關重要，例如，武術套路基本功的訓練被發現能有效促進軍人單兵素質的全面發展，提升動作的敏捷性和協調性，從而增強戰鬥能力；然而，柔軟度訓練應與其他體能要素，如肌力、耐力等相結合，以確保軍人在各種作戰環境下的全面適應能力，美軍在新的體能訓練計畫中，將「伸展運動」納入體能訓練的一環，經過研究發現，可降低 46%運動傷害，54%下肢過度訓練傷害。¹⁵

因此，國防部在民國 111 年底正式將「柔軟度」列入基本體能多元訓項，所以體能訓練計劃應根據任務需求，設計包含柔軟度訓練的綜合體能訓練方案，以提升軍人的整體戰鬥效能。

¹² 全民健康基金會，〈拉筋怎麼拉才好呢？〉，

https://www.twhealth.org.tw/journalView.php?cat=57&page=1&sid=981&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)

¹³ 運動科學，〈肌力與柔軟度的訓練，解決運動傷害的根本問題〉，<https://www.sportscience.com.tw/article/detail/肌力與柔軟度的訓練，解決運動傷害的根本問題>，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)

¹⁴ 呂曼鈺、吳治翰、王建峻、張桂菱、賴慶霖。〈不同暖身方式對運動表現之影響：文獻回顧〉。《自然療法暨健康促進期刊》3-1 (2024):1-11。《華藝線上圖書館》。網路。2025 年 7 月 17 日。

¹⁵ 僑務電子報，〈國軍基本體測多元訓項結合運動科學科技練兵〉，

https://ocacnews.net/article/331278?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 17 日)

一、 柔軟度訓練時機與頻率

柔軟度訓練應穿插於日常熱身、收操活動中，在運動結束後，肌肉溫度較高，此時進行靜態伸展有助於放鬆肌肉，增加柔軟度，並減少延遲性肌肉痠痛的發生，除了運動後，選擇一天中的固定時間（例如晨起或睡前）進行柔軟度訓練，有助於建立規律的伸展習慣，持續改善柔軟度每次訓練 **5-10** 分鐘，並根據每週訓練需求持續規律地進行。¹⁶

二、 訓練項目整合

在體能訓練中，為全面提升軍人體能並滿足戰技需求，將柔軟度訓練與力量、有氧和平衡訓練相結合，形成綜合性的體能訓練計畫，是行之有效的方法。這種整合訓練模式能夠提升軍人的整體戰鬥效能，並降低受傷風險，在制定訓練計畫時，應確保上述各項訓練內容的均衡分配。例如，每週安排 **2** 次力量訓練、**1** 次長跑訓練、**1** 次速度及無氧訓練，以及 **1** 次循環訓練，確保五大體能要素（力量、耐力、速度、敏捷性、柔軟度）都能得到充分訓練，並避免過度訓練和減少傷害風險。¹⁷

三、 柔軟度訓練建議處方

體能支撐戰技、戰技支撐戰術，現役官兵為了任務圓滿完成，強化戰技能力使戰術順利進行，體能是基礎，為使訓練成效提升並預防人員受傷，針對柔軟度的訓練是不可或缺的。

（一） 柔軟度訓練 **FITT** 原則建議

規劃一套具體且可操作的柔軟度訓練方案時，應根據 **ACSM**(美國運動醫學會)所提出的 **FITT** 原則，¹⁸系統性地為官兵開立訓練處方，進而達成提升柔軟度、強化體能表現、降低運動傷害的綜合目標(如表一)。

表一 **FITT** 訓練原則

項目	內容
F (頻率 Frequency)	每週 3~5 次，可每日執行(晨操或訓練前後)
I (強度 Intensity)	拉伸至輕微不適但不疼痛，避免反射性收縮(Myotatic Reflex)
T (時間 Time)	每個動作維持 15~30 秒，每部位 2~4 組，全程約 15~20 分鐘
T (型態 Type)	靜態伸展為主，動態伸展輔助， PNF 作為進階應用

資料來源：作者自行彙整

¹⁶ 藝軒圖書出版社，〈柔軟度〉，《基礎全人健康與體適能》(2020)。網路。2025 年 4 月 5 日。

¹⁷ 運動表現科學角落，〈軍隊戰鬥體能測試〉，https://spscorner.com/article-sharing/training-programming/%E8%BB%8D%E9%9A%8A%E6%88%B0%E9%AC%A5%E9%AB%94%E8%83%BD%E6%B8%AC%E8%A9%A6-army-combat-fitness-test/?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 4 月 5 日)

¹⁸ 林嘉志，《ACSM 運動測試與處方指引 第 11 版》(力大圖書公司，民國 114 年 1 月)，頁 158~160。

（二）訓練內容建議

在設計柔軟度訓練課程時，應根據人體主要活動關節與常見運動傷害部位(如圖五)，規劃出系統化的訓練內容，使官兵能在有限的時間內獲得最大的效益(如表二)。¹⁹

表二 人體主要活動關節與常見運動傷害部位

訓練部位	動作建議	模式
頸部	頭部側壓、頸部環繞	靜態/動態
肩部	胸大肌伸展、抱臂拉肩	靜態
背部	貓牛式伸展、下背旋轉	靜態/動態
臀腿	坐姿體前彎、單腿抱膝	靜態/PNF
股四頭肌	抓踝站姿拉伸	靜態/PNF
小腿	壁靠拉伸、下蹲推牆	靜態
大腿後側	仰躺腿舉 PNF、坐姿拉腿	靜態/PNF

資料來源：作者自行彙整

（三）搭配階段與時機安排

在體能訓練中，柔軟度訓練若能依據不同訓練階段與時機妥善安排，不僅能有效提升官兵關節活動度與肌肉延展性，更能發揮預防傷害與強化表現的作用(如表三)。

表三 柔軟度搭配階段與時機安排

時段	執行方式	建議類型
晨操前	促進血流、激活肌群	動態伸展(如弓箭步、側跨步)
體能訓練後	緩和肌肉張力	靜態伸展
週訓練兩次	深層肌筋膜放鬆	PNF 或滾筒按摩

資料來源：作者自行彙整

陸、結論

柔軟度訓練在體能訓練與傷害預防中扮演了不可或缺的輔助角色，透過有效規劃與系統性實施，柔軟度提升可顯著增進關節活動範圍、改善肌肉彈性、促進神經肌肉控制，進而增強運動表現及體能適應性，能有效降低官兵的運動傷害。

實證研究顯示，單純進行靜態伸展對預防傷害的效果有限，但結合動態伸展、PNF 技術與筋膜放鬆等多元柔軟度訓練方式，能夠有效提升身體活動能力與安全性；特別是

¹⁹ 同註 17，頁 142～160。

在運動前進行動態伸展，可活化肌群與提升肌力表現；訓練後配合靜態伸展與深層放鬆，則有助於恢復肌肉張力並預防慢性傷害。

柔軟度對於軍人及運動員的體能表現具有重要的影響，透過適當的柔軟度訓練，可以提升關節活動範圍和肌肉的靈活性，對執行各種高強度的戰術動作和體能戰技至關重要；因此根據本研究探討，軍事單位及相關訓練機構應更加重視柔軟度訓練的規劃與執行，並依不同階段(暖身、訓練、收操)提出以科學為依據的柔軟度訓練參考架構。應持續落實進行系統化的柔軟度提升與傷害預防的雙重效益，以幫助官兵維持健康狀態、延長運動壽命，並確保在緊急或高壓環境下能夠有效發揮其最大戰鬥力。

參考文獻

- 一、北木健身，〈給山友的居家訓練指引—柔軟度篇〉，
<https://beiimu.com/%E7%B5%A6%E5%B1%B1%E5%8F%8B%E7%9A%84%E5%B1%85%E5%AE%B6%E8%A8%93%E7%B7%B4%E6%8C%87%E5%BC%95%E4%B8%80%E6%9F%94%E8%BB%9F%E5%BA%A6%E7%AF%87/>，頁 1(搜索時間：民國 113 年 12 月 29 日)
- 二、揪健康，〈柔軟度：伸展出你的健康之路〉，
https://www.joiup.com/knowledge/content/1784?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 13 日)
- 三、衛生福利部國民健康署，〈運動前應該做「靜態伸展」而不是「動態熱身」？〉，
https://www.hpa.gov.tw/EngPages/Detail.aspx?nodeid=571&pid=14179&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 13 日)
- 四、運動筆記，〈【綜合訓練】柔軟度懂不懂？四個觀念破除迷思〉，
https://running.biji.co/index.php?act=info&id=93309&q=news&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 113 年 12 月 29 日)
- 五、科學教育資訊網，〈健康體適能 -- 柔軟度〉，
https://www2.csic.khc.edu.tw/07/0715/sport/info/sense/s2.html?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 113 年 12 月 29 日)
- 六、成大醫院家庭醫學部，〈運動處方(Exercise prescription)〉。
https://familymedicine.hosp.ncku.edu.tw//412-1011-29490php?Lang=zh-tw&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 7 月 16 日)
- 七、張祐華、周宜辰。〈不同熱身方式對隨後運動表現的影響〉。《交大體育學刊》13 (2017): 23-31。《華藝線上圖書館》。網路。2025 年 3 月 3 日。
- 八、Fun Sport，〈自己做!PNF 拉伸本體感覺神經肌肉促進術!!〉，
<https://www.funSPORT.com.tw/Article/Detail/29888?lang=zh-TW&srsId=AfmBOop1kWwo4mWjFXcmYoClyRg27lwl36AiQij4OmLlinmlCtVjDUaY>，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 13 日)
- 九、林家儀。〈不同伸展模式對柔軟度的立即影響及持續效益比較〉。碩士論文，國立體育大學運動保健學系碩士班，2012。
- 十、天才領袖，〈小朋友柔軟度不好容易產生運動傷害？〉，
https://www.leaderkid.com.tw/2014/10/07/小朋友柔軟度不好容易產生運動傷害?/?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)
- 十一、YAHOO!新聞，〈身體柔軟度越好，越不容易受傷？物理治療師揭「1 關鍵」才是重點〉，
https://tw.news.yahoo.com/身體柔軟度越好-越不容易受傷-物理治療師揭-1 關鍵-才是重點-020000052.html?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索

時間：民國 114 年 3 月 29 日)

十二、全民健康基金會，〈拉筋怎麼拉才好呢？〉，

https://www.twhealth.org.tw/journalView.php?cat=57&page=1&sid=981&utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)

十三、運動科學，〈肌力與柔軟度的訓練，解決運動傷害的根本問題〉，

<https://www.sportscience.com.tw/article/detail/肌力與柔軟度的訓練，解決運動傷害的根本問題>，頁 1(搜索時間：民國 114 年 3 月 29 日)

十四、呂曼鈺、吳治翰、王建峻、張桂菱、賴慶霖。〈不同暖身方式對運動表現之影響：文獻回顧〉。《自然療法暨健康促進期刊》3-1 (2024):1-11。《華藝線上圖書館》。網路。2025 年 7 月 17 日。

十五、僑務電子報，〈國軍基本體測多元訓項結合運動科學科技練兵〉，

https://ocacnews.net/.article/331278?utm_source=chatgpt.com，頁 1(搜索時間：民國 114 年 6 月 17 日)

十六、藝軒圖書出版社。〈柔軟度〉。《基礎全人健康與體適能》(2020)。網路。2025 年 4 月 5 日。

十七、運動表現科學角落，〈軍隊戰鬥體能測試〉，[https://spscorner.com/article-sharing/training-](https://spscorner.com/article-sharing/training-programming/%E8%BB%8D%E9%9A%8A%E6%88%B0%E9%AC%A5%E9%AB%94%E8%83%BD%E6%B8%AC%E8%A9%A6-army-combat-fitness-test/?utm_source=chatgpt.com)

[programming/%E8%BB%8D%E9%9A%8A%E6%88%B0%E9%AC%A5%E9%AB%94%E8%83%BD%E6%B8%AC%E8%A9%A6-army-combat-fitness-test/?utm_source=chatgpt.com](https://spscorner.com/article-sharing/training-programming/%E8%BB%8D%E9%9A%8A%E6%88%B0%E9%AC%A5%E9%AB%94%E8%83%BD%E6%B8%AC%E8%A9%A6-army-combat-fitness-test/?utm_source=chatgpt.com)，頁 1(搜索時間：民國 114 年 4 月 5 日)

十八、林嘉志，《ACSM 運動測試與處方指引 第 11 版》(力大圖書公司，民國 114 年 1 月)，頁 158~160。

十九、同註 17，頁 142~160。

「步兵季刊」徵稿簡則

- 一、徵稿題材以戰史研究、地面作戰戰術戰法、未來作戰形態發展、步兵未來編裝研究、前瞻步兵未來發展、步兵武器未來規劃、先進國家高效能步兵裝備武器研析、軍事行動指揮程序、戰場情報整備、共軍軍武發展概況、共軍相對性敵情威脅研究與可提升步兵建軍備戰具參考價值稿件均歡迎踴躍投稿。
- 二、本刊發行時間為每年 2、5、8、11 月；歡迎踴躍投稿。
- 三、文稿以自行創作為主、譯稿（請附原文並取得授權證明）每期 1-2 篇，譯稿內容需符合本刊發行宗旨；文稿不作連續性刊登，以確保文章之完整，並嚴格限制一稿多投；另本刊以兵科專業研究為範疇，對於尚未公開之機敏性資料請勿納入。
- 四、來稿一經刊登，著作財產權即歸本刊所有，作者須簽署著作授權書及機密資訊聲明與著作授權同意書，以利國家圖書館與其他資料庫業者擴大推廣與利用。
- 五、稿件格式為：題目、作者簡介、提要、前言、本文（分成若干段落）、結語、參考文獻。
- 六、來稿力求精簡，字數以 8 千字以內為原則，盡量避免超過 1.2 萬字，提要約 400 字(條列式)。
- 七、接獲投稿稿件及由主編實施篩選與過濾，符合本刊之宗旨與基本要求標準之稿件，依屬性與專業領域即進入審查程序，分別為匿名雙審-複審-審定(由發行人核定)，以力求稿件周延與完善。
- 八、請使用 WORD 軟體編排（新細明體 14 號字、雙面列印），版面編排為 A4 紙張直向、橫打、行間設為“固定行高”22pt、版面上下左右各空 2cm、字體為標楷體 14pt。
- 九、文中如有引用他人著作內容，請於註釋中詳列出處，並在該文句後以 **Word**”插入/參照/註腳”方式隨頁註。譯稿必須註明出處、原文標題、原作者姓名、頁碼等，並附上原文影本及授權同意書。

十、來稿請於文末詳細註明：現任單位、級職、姓名、學／經歷、通訊地址、身份證字號及連絡電話等資料，以利本刊代為申請（寄奉）稿酬、申報所得稅及連絡用。個人基本資料將妥慎保管，不做其他用途。

十一、投稿請將檔案寄 OWA〈宮欽同〉或鳳山郵政 90680 附 4 號信箱步兵季刊社收。（或高雄市鳳山區鳳頂路 1000 號步兵季刊社宮主編收）文稿一經刊登，將從優致贈稿酬。

十二、本刊已於 95 年起改發行電子期刊，並刊載於國防部全球資訊網(民網)→軍事刊物網頁中，網址為：<https://www.mnd.gov.tw>。

十三、本社對來稿有權刪改。抄襲稿件經原作者檢舉屬實，則由投稿人自負法律責任，本社並列入未來拒絕刊載記錄。

十三、本刊發行之稿件內容、圖片與表格未經本社之授權，不得任意引用、抄襲或挪作其他刊物運用。

稿件編排格式：

22 標楷體、粗黑、居中

作者／姓名 階級

兩吋照片〈軍便服結領帶〉置於左上角，作者簡介：學歷、經歷、現職。〈作者簡介放在照片右邊〉

提要(條列式) 18pt 粗黑

一、○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
○○○○○〈通常 3-4 點說清楚即可〉

關鍵詞-14pt 新細明體

壹、前言-18pt 粗黑

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

貳、本文

一、○○○○○（次標題 14pt，不要加粗）
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○。
（一）○○○○○
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○。
（請避免使用到 1.2 阿拉伯數字之排序）

備註：

- 版面設定：A4 紙張縱向、橫打，上下左右邊界各 2 公分。
- 中文為新細明體體字型、英文為 Times New Roman 字型。
- 題目：20pt 字。
- 提要、前言、本文、結語、參考文獻等大標題皆為 18pt 字，加粗。
- 「註釋」是以隨頁註（Word：插入/參照/註腳）方式標示。「參考資料」則可於文末斟酌列出。
- 英文原文及縮寫格式：(英文原文，縮寫)，例：微型系統技術室(Micro-System Technology Office, MTO)。
- 圖片名稱與資料來源均置於圖片下方。
- 表格名稱置於表上方，資料來源置於表下方。