

淺談美軍狙擊手—膛內彈道學之研析



作者簡介:

上尉教官張雲翔，指職軍官49期，正規班第341期，曾任排長、副連長、連長及特等射手班主課教官，年度狙擊手鑑測官、現任兵器組教官。



指導教官簡介:

中校教官蔡文興，陸軍官校專科十期，正規班第327期，曾任排長、輔導長、副連長、連長、教官，民國82、83年全國陸軍專精射擊比賽個人第一名，1998年泰國曼谷亞運射擊國手，1999年馬來西亞蘭卡威亞洲盃射擊國手，2002年芬蘭拉蒂世界盃射擊錦標賽國手，第一、二屆全運會射擊比賽個人第一名，第三屆全運會射擊比賽個人第二名，國家A級射擊教練，現任兵器組教官。

提要:

- 一、子彈彈道學將彈道區分為：膛內彈道、膛外彈道與終端彈道三種。
- 二、使用不同的彈種及彈藥批號即會有不同的彈道，在命中目標上即會造成極大的命中率差異。
- 三、美軍為使狙擊槍（手）能執行較遠射程任務，在彈藥的研發實驗與法條規範約束多重壓力下，終能排除萬難研發成功所需狙擊彈種。

壹、前言：

狙擊手為能有效率的命中目標，除應瞭解終端彈道學外，還須瞭解兩種彈道學理論：分別為膛內彈道學和膛外彈道學；在此僅針對膛內彈道學發表個人淺見。學習膛內彈道學的目的在使學者瞭解各型彈藥的精度與彈道差異，其中準確度及精密度則為討論及研究重點；準確度常被定義為命中中心點的意思，或者是彈著點精確地落在目標之上，而精密度則趨向彈著群多麼緊密而不在意是否命中所要的目標中心點。實際上現今該深入瞭解的是，如何在各種不同背景及環境之下，運用膛內彈道學使狙擊手準確地有效率擊中所要目標。

貳、膛內彈道學概念：

膛內彈道學涉及到子彈在狙擊槍槍管內部的撞擊，以及子彈彈頭在出槍口之前的過程為何，這些指的就是「彈藥的一致性」、「撞針撞擊的速度」、「藥室的膛壓」、「彈頭於槍管內膛經過的速度」、以及所形成的「後座力」，等原因均包含在內。如圖（一）所示，為了測試遠程射擊結果而實施的射擊驗證，在加州棕櫚谿谷的沙漠神射手靶場進行射擊使用美國德州兵工廠M40A1 狙擊槍(左邊)，進行瞄準目標1000碼的距離。是經由美國德州旅兵工廠委託資深狙擊教官及彈

藥廠商專門與M40A1 狙擊槍射擊精度差異之比較。

圖一 美軍於沙漠神射手靶場測試狙擊彈示意圖

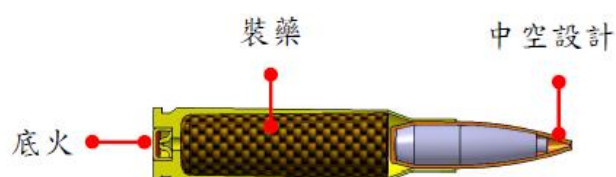


參、準確度及精密度之影響因素：

狙擊手在選擇彈藥種類時，須與膛內彈道、膛外彈道及終端彈道之間關係與特性做相互考量，有時三者是無法同時兼顧的。若要達到有效率、遠距離且兼具準確性及侵徹性，通常需要較重且具有高速飛行的彈頭方可降低風阻，並保留穩定的飛行速度，和擁有足夠的動能以達到創傷效果。例如空尖競賽彈如圖（二）所示，通常比具堅硬金屬的彈衣或軟頭彈來的精確，而堅硬金屬彈衣的彈頭在貫穿身體、裝備、玻璃和防護材質時的效果卻顯得更為信賴，故槍管膛線數、火藥重量、子彈初速、彈頭重量及槍管長度皆為其影響因素。如圖（三）所示，這是1000 碼(1 碼為0.91 公尺)射擊五發的彈著群，經測量精度為5.5英吋(1 英吋為2.54 公分)，這組彈著群是由美國德州旅兵工廠所提供的M40A1 狙擊槍並搭

配7.62 公厘溫徹斯特子彈所射擊出的散佈面直徑，使用純手工裝填聯邦彈藥，火藥為41.0 格林重(1 格林=0.06 公克，為計算彈頭最小重量單位)，而彈頭重量為185 格林，其精密度不超出15 公分。

圖二 空尖彈頭示意圖



圖三 紙鈔比對彈著群示意圖

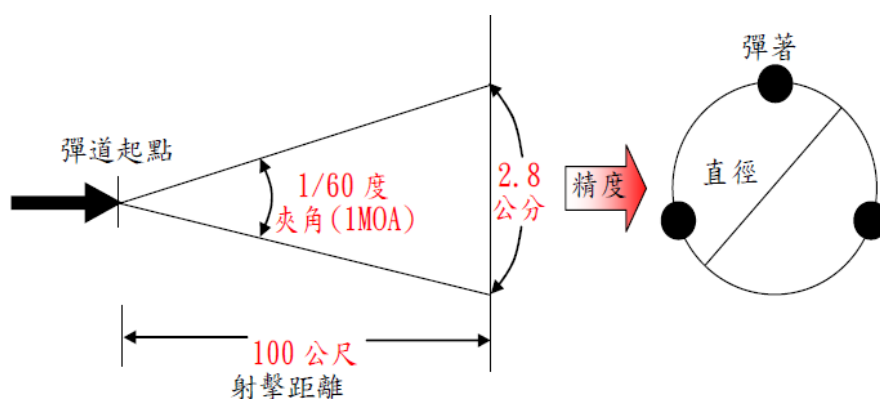


肆、測試狙擊彈膛內彈道精度的計算方法：

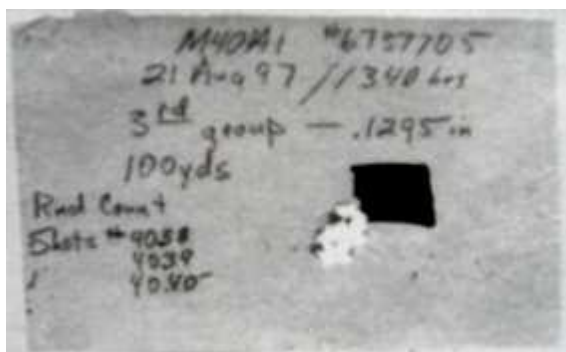
美軍一般測試單位常在距離100 碼的目標測試廠商的彈藥，因為100 碼距離的射擊不僅方便實際且能有效的剔除影響準確度的因素，底火裝藥 中空設計使其不必在意熱氣流、地心引力或風偏因素的影響。一般而言，使用精度優秀的狙擊槍

在100 碼距離可以射擊出五組落在1/2 MOA(角分)以內的彈著群，如圖（四）所示。如M118 競賽彈或特殊子彈，有時連1.2 MOA 的範圍都可能無法達到。但是將兩種子彈從900 碼外的距離射擊，那麼原本較為不準確的M118 子彈會比競賽彈來的精準；此為子彈出膛後所遭遇的氣候因素所影響，在遠距離射擊較重的172 格林M118 子彈比168 格林的高精度競賽彈來的能夠抵抗風阻和保持速度；如圖（五）所示，這個極具代表性的彈著群，是由美國海軍陸戰隊的狙擊手山姆契斯納使用德州旅兵工廠所提供的M40A1 狙擊槍並搭配7.62 公厘子彈，射擊三發彈著群經測量之後，左右橫寬為0.1295 英吋，因而驗證最小差異的精度。

圖四 精度(1MOA-minute of angle):即是三發彈著群形成的圓圈直徑約為2.8 公分(100 公尺10 發平均散佈面)

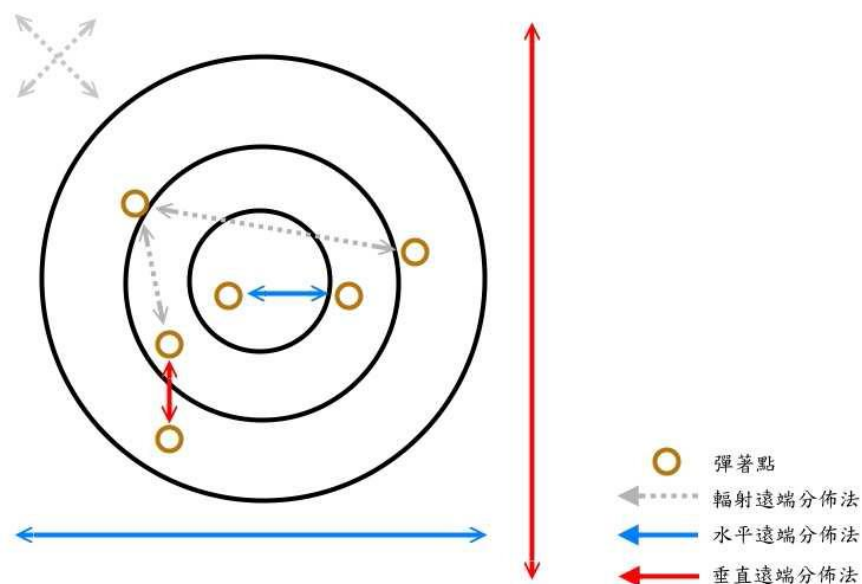


圖五 山姆契斯納所創造的最小精度彈著群示意圖



彈藥的差別可以讓狙擊槍射擊出完全不同的數值和仰角，進而可測量對目標的準確度，廣泛使用的方法是平均半徑法(MR法)。這種方法須找出彈著點的中心位置，緊接著測量每一發子彈距離目標中心點的距離並求取平均MPI 值(平均彈著群)，如圖(六)所示，第一發距離中心點五公分，第二發距離中心點七公分，第三發距離中心點六公分，三發子彈的平均值便為6 公分；平均半徑法可以減少少數偏彈的數值對群組所造成的影響，計算出的數值為畫出圓面積的半徑，此即代表著子彈的精準度。第二種方法是指測量彈著群中兩個相距最開兩點並取其距離為彈著群直徑以測量彈著群的大小，這種方法稱做遠端分佈法(ES法)；彈著中假設第一發和第二發相距最遠，則取其兩者間距離來代表其散佈面的直徑，第一發和第二發相距10 公分，則得到的ES值為10 公分；

圖六 平均半徑法 (MR) 與遠端分佈法 (ES) 測量方式示意圖



測試越多的彈著群(百碼射擊)代表著擁有更多關於槍枝和彈藥的數據，然而，我們都知道10 發的彈著群面積通常比5 發來的大，而5發的又會比3 發的來的大；因此，10 發的彈著群通常是用來減少數據上的誤差，狙擊手最重要的一發子彈是第一個離開槍管的那一發；在射擊之前必先確定槍管裡所有的溶劑和油都擦乾淨，否則第一發彈著點會偏高，就算外面氣溫極低也是一樣的結果，所以3~5 群的射擊群組就已足夠做為參考依據。

伍、狙擊槍與彈藥互為精準的必要條件：

軍方和警方狙擊手兩者之間雖有差別，但仍有相同之處，便是兩者都需要精準的武器系統。以軍方而言，較偏向於狙擊

遠距離的目標，而任務執行僅受限於特殊情況和裝備系統，因為軍方在許多戰場情況下「重創目標」並非其必要手段。美國陸軍現役狙擊系統M24 的有效射程為800 公尺(70%的命中率)，但這並不代表你不能在1000 公尺的距離命中目標。軍用狙擊彈應被律定使用於命中遠距離目標為其首要條件。就彈道學理論而言，通常美軍將子彈的侵徹性定義為應有足夠的動能去執行遠距離目標的殺傷效果，這也代表著此發子彈可能需要具備足以貫穿層層阻礙的個人裝備、防彈背心或掩蔽物的能力。

陸、射擊競賽用7.62公厘狙擊彈演進過程：

美國軍方狙擊手對於狙擊彈的品質，一向要求是最精準且能在戰爭中獲得合法使用的。在1950 年代後期，7.62 公厘競賽彈藥被許多較大的商業公司或個人囤積起來，並在300公尺的國際軍人射擊競賽中使用；這種被稱為“墨西哥競賽”的彈藥是特別為比賽而設計的(被製造商包裝成一個非軍方形式的白色外盒)，但當時美國政府仍對外聲稱彈藥本身亦可符合狙擊槍所使用。如圖(七)所示，“墨西哥競賽”為白色彈藥盒，而內裝的7.62 公厘彈藥是來自於山脈公司的168 格林高精密度彈頭子彈，子彈填裝方式是為了滿足美國

陸軍射擊隊和海陸射擊訓練單位的需求，而子彈是以豎立填裝的方式安置，如此可降低子彈跳動情形。

圖七 墨西哥競賽彈藥盒示意圖 圖八 T275 彈藥盒示意圖



在1950年代後期，法蘭克福彈藥廠同樣少量的生產所屬的7.62公厘國際競賽彈，並將之命名為T275，如圖(八)所示。法蘭克福兵工廠所製造的編號T275彈藥盒，內裝子彈是搭配172格林與船尾型聯邦競賽彈頭，依外觀註記得知在300公尺內子彈彈頭為了達到最佳準確性，其飛行速度被限定在每秒742到759公尺的範圍，頂端的戳記是“FA56(NATO cross symbol)”——“聯邦子彈56型”(北大西洋公約組織十字形的標誌)。在這次的測試中使用了172格林聯邦子彈，而最後結果是168格林的高精度彈藥在彈盒填裝上輸給了M118的7.62公厘競賽彈。1983年在英國溫布頓所舉辦的國際射擊比賽中，美國海軍陸戰隊所使用的狙擊槍搭配168

格林高精度競賽彈在1000 碼距離創造了一個國內紀錄（20發彈著中有15 發命中中心點），因為許多的軍方狙擊手都會參與射擊比賽，使得M852 比M118 的精準度更為亮眼又引人注目。

無論是空心或是中空彈頭，諸如山脈公司的168 格林和180 格林的競賽彈頭前端微小的改變，但卻也明顯改善了空氣力學效果進而提升遠距離的命中率。美軍在這些彈藥創傷測試過程中均是使用類似人體組織的物體來模擬真人被實彈擊中的情況，而測試中證實了“競賽王”子彈確實在擊中組織後會分裂成碎片，比在國外生產的北大西洋公約組織(NATO) 球型彈頭來的嚴重。

然而，在使用M40A1 或M24 狙擊槍的射手們產生了一些疑問。許多射手都知道，在遠程800 碼外使用M852 這種168 格林高精度競賽彈，準確率或許不及M118 特殊子彈，而使用24 英吋以內的槍管與在寒冷的氣溫或強風的環境下射擊，此結果特別明顯。在低溫環境下使用短槍管射擊168 與173 格林的彈藥時，當彈頭接近1000 碼飛行距離的時候速度接近於等同速度。雖然168 格林重彈頭可能在離開槍管後的初期速度比173 格林來的快，但它較輕彈頭的設計，其飛行速度也

因此流失的較快（殘餘動能較差），使得此距離的速度都慢於較重的M118 子彈；而當子彈動能衰減到接近音速時，它比較容易失去飛行穩定性，且受到風力的影響較大。只要風速不要超過7~10 英哩(1 英哩=1.6 公里) 168 格林也是可能打出比173 格林更好的精準效果。在使用M40A1 和M24 搭配M852 子彈衍生出的問題是它的彈道和M118 有所不同，為了解決此一問題，美軍遠程狙擊彈的精進計畫開始展開；著手研究生產一種有著與M118 特殊子彈具有類似的速度、軌道路徑和膛內係數，及不下於高精度競賽彈(山脈公司製造)精確度的新型7.62 公厘彈藥。

染、美軍M118i子彈的遠程改善效果：

要以M40A1 搭配M118 特殊子彈在1000 碼的距離下進行測試，精度須達到1~1.5MOA 的效果，目的就是為了研發比M118 特殊子彈或M852 競賽彈在1000 碼距離射擊時還準確的新型子彈。這種新型子彈被稱為M118” 遠程子彈”，這種新型狙擊彈被改稱為M118 遠程子彈(LR)而稱舊式的子彈為M118 特殊子彈(SB)。這種新型子彈具有與173 格林聯邦子彈類似的彈膛係數以便於取得相似的軌道與速率。如圖(九)所示，遠程子彈後來有了新的標示就是在彈底印上了” LR(長

距離)”的註記，與原本的 LC 放在一塊，標示上也刻印生產年份的尾數。168 格林彈頭一運用於山脈公司高精密度子彈（HPBT）並使用舊編號M852，M118i 子彈與M118LR 子彈類似，“i”代表“改善”的意思。

圖九 M118 遠程子彈測試比較示意圖



測試人員使用24 英吋與26 英吋長度的槍管交替測試M118 遠程子彈的初速，分別得到858 與894 公尺/秒的數據；M118 遠程與M118特殊子彈有著類似的彈道與非常小的MPI 值，主要原因是由於172 格林特殊子彈有著較低的彈道係數，而175 格林的遠程子彈有著較高的彈道係數。如附表一至附表七，而所做的測試結果都獲得確認，且數據顯示各種子彈之間有著明顯的差異，說明了膛內彈道的理論將是狙擊手基本的專業知識與技能。

※測試地點：印第安納州的鶴郡。

※距離：1000 碼。

※風速：平均0.5 英哩/小時。

※氣溫：華氏86~95 度（攝氏30~35）。

※數據提供者：廉麥可康柏斯、保羅耶斯特、小史密斯J.D 與約翰雅柏。

附表一

M40A1 狙擊槍-SN224211				
數據 彈種	輻射狀遠端分佈 法 (Radial ES)	水平遠端分佈法 (Hor ES)	垂直遠端分佈法 (Ver ES)	平均半徑法 (MR)
M852	23.49	10.11	21.10	8.20
M118SB	22.47	10.40	20.73	7.81
M118LR	13.21	6.73	12.29	4.82
附記	單位：英吋			

附表二

M40A1 狙擊槍-SN221195				
數據 彈種	輻射狀遠端分佈 法 (Radial ES)	水平遠端分佈法 (Hor ES)	垂直遠端分佈法 (Ver ES)	平均半徑法 (MR)
M852	23.32	12.31	20.67	7.94
M118SB	30.87	16.71	28.41	10.34
M118LR	16.94	12.27	14.43	6.46

附表三

Barreled Action 狙擊槍-SN10408				
數據 彈種	輻射狀遠端分佈 法 (Radial ES)	水平遠端分佈法 (Hor ES)	垂直遠端分佈法 (Ver ES)	平均半徑法 (MR)
M852	20.96	10.00	18.31	7.33
M118SB	17.25	7.70	15.71	5.90
M118LR	12.02	6.29	11.63	4.26

附表四

Barreled Action 狙擊槍-SN10407				
數據 彈種	輻射狀遠端分佈 法 (Radial ES)	水平遠端分佈法 (Hor ES)	垂直遠端分佈法 (Ver ES)	平均半徑法 (MR)
M852	19.71	4.81	19.09	6.41
M118SB	19.91	9.49	18.30	6.80
M118LR	11.88	7.53	10.00	4.04

※求1000 碼距離下射擊10、15 及25 英吋目標的命中率。

附表五

M852 競賽彈			
數據 地點	10 英吋目標	15 英吋目標	20 英吋目標
鶴郡基地	68.3%	90.3%	97.8%
觀地克基地 —固定方式	89.4%	99.2%	100%
班寧堡基地	85.8%	97.5%	99.7%

附表六

M118 特殊子彈			
數據 地點	10 英吋目標	15 英吋目標	20 英吋目標
鶴郡基地	63.1%	86.6%	96.1%
觀地克基地 —固定方式	85.0%	97.8%	99.8%
觀地克基地 —人員個別測試	59.2%	86.7%	97.2%
班寧堡基地	67.8%	91.0%	98.2%

附表七

M118 遠程子彈			
數據 地點	10 英吋目標	15 英吋目標	20 英吋目標
鶴郡基地	91.7%	99.5%	100%
觀地克基地 —固定方式	94.5%	97.7%	100%
觀地克基地 —人員個別測試	75.9%	95.5%	99.5%
班寧堡基地	93.4%	99.5%	100%

經測試後結論與評語：

一、美軍測試人員提到M852 競賽彈有一發關鍵的子彈擊中1000 碼目標的中心，而其他兩種彈藥M118 遠程子彈、M118 特殊子彈則無。

二、從精度數據顯示，在300 碼以及600 碼的距離，相較於M852 競賽彈和M118 特殊子彈的表現，M118LR 遠程子彈的準確度較高，在1000 碼距離從各個標靶上得到的平均ES 值顯示：M118LR:12.75英吋，M118SB:20.55英吋，與M852:18.71英吋。這代表了遠程子彈比特殊子彈還精確，也顯示出精確度優於M852競賽彈32%。

三、M118LR、M118SB 及M852 三者300 與600 碼水平線上射擊取得的MPI 值(命中中心點)的差距不超過1.2MOA；在1000 碼的距離下射擊，LR 和SB 有著相近的MPI 值，不過

在射擊此三種不同子彈時，必須分別做較大的槍身仰角調整（射程表尺調整）。

四、從數據可得知，在各距離的子彈飛行速度比較，LR 與 SB 的速度差異其平均值為11 公尺/秒。M118 在300 碼的距離下射擊比M852 每秒快50 英尺，在600 碼的距離下每秒快32 公尺，在800 碼的距離下每秒快53 公尺。

五、依據測試人員的分析推論，比起 168 格林的競賽王子彈，M118 遠程子彈和M118 特殊子彈在子彈飛行速度接近音速時，對目標所造成的傷害較小。

捌、結語：

在戰爭中適度的使用暴力是有其必要性的，但必須要儘可能的分辨出敵軍和非敵方目標如：傷患、醫療人員和平民百姓。在越戰期間有確切的數據指出在600 碼距離內美國陸軍和海軍陸戰隊的狙擊手平均使用1.3 發的子彈狙殺敵軍，美國軍方對狙擊彈使用的必要性，主要理由乃在於須在遠距離的前提下提供最佳的準確率。反觀我國軍方對於狙擊槍、彈的研發（改）仍處於開發及啟蒙的階段狀態，而美軍現今對於M118 遠程子彈仍繼續不斷地在研發與改進，其研究內容包括：哪種火藥較不受室外溫度的影響與如何維持更加一致的飛行速度以減少子彈的垂直散佈面。就目前國軍精密工業的條件，未來狙擊戰力這條路將會是極為艱辛且漫長的挑戰。