

狙擊槍「膛外彈道」之研析

作者／張凱評中校



陸軍官校正 81 年班、陸院 93 年班，曾任排、連、營長，情報、作戰科長，現任職於步兵訓練指揮部兵器組主任教官。

提 要

- 一、膛外彈道指的是彈頭出槍口後到目標之間的推進飛行過程。它包含槍枝的歸零校正、彈頭飛行速度、動能、彈道、最大彈道高、彈頭在空中的飛行時間、彈頭飛行路徑、落彈差和風阻…等等相關要素。
- 二、狙擊槍因彈頭飛行距離較步槍更遠、精準度要求更高，其具有之膛內、膛外以及終端彈道學三者更加複雜與嚴格，射擊技術絕不可以和一般小口徑步槍的技術相論述。
- 三、膛外彈道學的學習，攸關乎狙擊手是否能掌握洞悉外在因素給予遠程精準射擊所產生的可能變數，狙擊手及觀測手都須先期擬定腹案妥為因應，以求準確命中目標。

關鍵詞：膛外彈道、MOA、阻力、子彈效能

壹、前言

狙擊槍出廠時即經過嚴格的性能測試及實戰環境模擬測評，武器精準度是非常高的；戰場上優秀狙擊手的養成首重精準的命中目標，狙擊手對於彈道原理須非常精熟的運用在戰場上，瞭解狙擊槍基本性能及克服射擊時多變的外在環境，精準修正方向、距離，力求一發命中目標，圓滿達成任務；因此，狙擊手對彈道學要深入理解，而對於其中之膛外彈道學除了要懂得學理，更要實際運用在戰場上，為本研究之要義，以奠定狙擊訓練之基礎。

貳、彈道類型區分釋義

狙擊手射擊時為達其精準度，其他需考慮之因素，尚包括瞄準鏡、彈藥、膛內彈道、膛外彈道、終端彈道及射手經驗等等，本文即以探討膛外彈道之各項要素及影響精度與準度之外在因素，以提供狙擊手參考運用。

- 一、膛內彈道：¹係指子彈在狙擊槍槍管內部的撞擊與運動，以及子彈彈頭出槍口前之過程，包含「彈藥成份與重量之一致性」、「撞針撞擊底火之速度」、「藥室承受膛壓之多寡」、「彈頭在槍管內膛旋轉之速度」、以及擊發後所產生的「後座力」均屬之。
- 二、膛外彈道：²膛外彈道指的是，彈頭出槍口後到目標間之推進飛行過程。它包含槍枝的歸零校正、彈頭飛行速度、動能、彈道、最大彈道高、彈頭在空中的飛行時間、彈頭飛行路徑、落彈差和風阻…等等要素。
- 三、終端彈道：³係指子彈在彈道末段之表現，包括彈頭材質、形狀、射程和到達目標之彈著點效果，包含對人體表面及其體內之影響程度。

參、狙擊槍彈道測試標準與測距

- 一、MOA(角分)：⁴1 個圓周為 360°，每 1°再細分成 60 等份，每 1 等

1 Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p. 105

2 Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p. 149

3 Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p. 95

4 陸子峰,〈GO! GO! GO! 狙擊戰術技巧手冊〉,《子峰出版社》,〈香港〉,西元 2004 年 5 月第 1 版,頁 154

份至圓心間所形成之夾角就是 1MOA(角分)。舉例來說，射手目視 100 公尺距離之目標，其所形成之夾角概可知目標高約 2.8 公分(2.9 公分約等於 1.14 吋，為方便計算以 1 吋約 2.8 公分計)即為 1MOA，若距目標為 300 公尺其目標高為何，因 1MOA=每百公尺 2.8 公分，故 300 公尺之 1MOA 即為 $2.8 \times 3 = 8.4$ 公分。

二、測距：

(一)計算方式為【已知目標高度(M)×100/米位(目標在狙擊鏡內十字絲所占之高度)】=距離【狙擊手至目標間之距離(M)】。

(二)範例：假設已知目標概為 180 公分之人員，在狙擊鏡內十字絲之高度為 3 米位，故兩者間之距離計算如下：

$$(1.8 \times 1000) / 3 = 600M(\text{公尺})$$

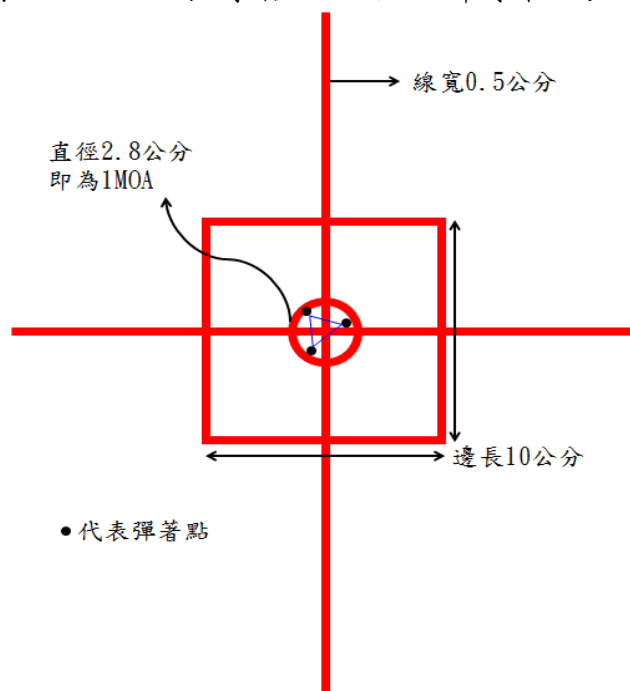
三、狙擊槍彈道測試：

(一)彈道測試標準：依世界各國輕型狙擊槍測試標準，即每 100 公尺等於或小於 1MOA 之內始合於標準。

(二)高低、方向修正量：高低及方向調整螺每修正 1 響，即可修正彈著 0.5MOA(1.4 公分)。

(三)歸零調整要領：以每 100 公尺為基準單位，由射手平俯目視 100 公尺處目標，打開狙擊鏡之物鏡蓋及目鏡蓋，每次射擊同一目標點 3 發，依據彈著旋轉調整高低及方向轉螺刻劃修正量，直到 3 發均命中目標靶圈內(如圖 1)即為 1MOA，接著使用工具將高低轉螺螺釘旋鬆，旋轉刻劃至「1」之位置後再旋緊螺釘；另方向刻劃亦是，惟需將指標旋至「0」之位置再旋緊螺釘。之後再以 200、300 公尺來驗證其誤差量，使槍鏡結合後之彈道，能與各距離匹配，達到精準射擊之目的。

圖 1 T93K1 狙擊槍 100 公尺歸零靶紙



資料來源：陸軍 T93K1 狙擊槍操作手冊(第一版)附件 2-28 頁，附圖 2

肆、膛外彈道的構成要素

膛外彈道學牽涉到從槍口到目標之間的推進飛行過程，它包含了槍管規格(含槍管長度，膛線數，膛線纏度)、槍枝的歸零校正、子彈種類、速度、動能、彈道、最大彈道高、彈頭在空中的飛行時間、彈頭飛行路徑、落彈差和風阻(風速、風向、氣壓含溫溼度等)，而膛外彈道學的構成要素包含以下幾項重要概念：

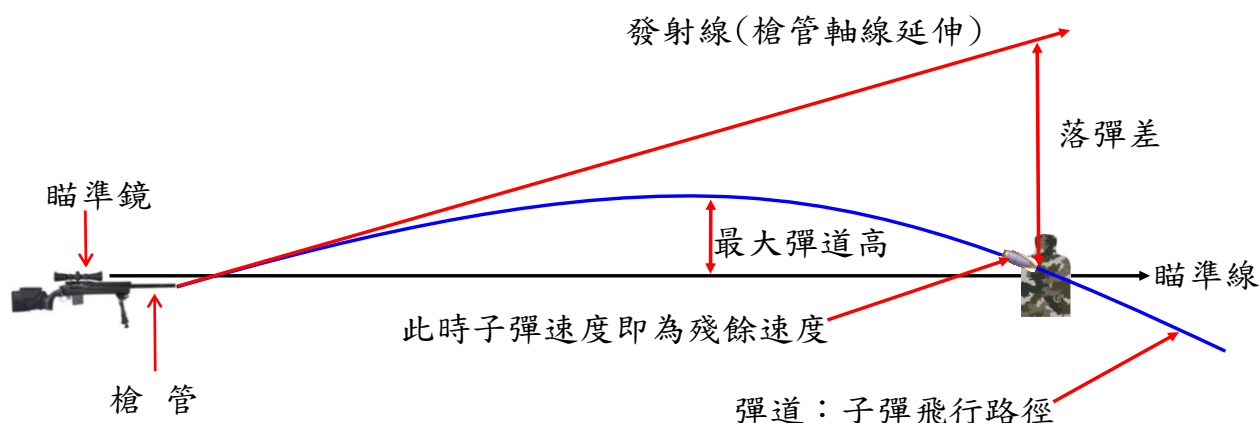
- 一、彈道：是指子彈自出槍口後受地心引力影響至落地或撞擊目標前之飛行路徑，這個路徑計算原理包含彈頭重量、形狀、飛行速率、氣壓、風阻、槍管規格、槍管與地面之間的角度和一些其他的因素所構成。
- 二、最大彈道高：又稱為最大縱座標，是指子彈在飛行路徑上(出槍口到目標)最高的一點。假如狙擊手要對遠距目標實施射擊時，其飛行彈道若經橋樑或樹木下方，則必須考量最大彈道高的高度與距離，以避免子彈在飛行途中撞擊。⁵
- 三、飛行時間：為子彈出槍口至命中目標之時間，對狙擊手而言，它可以用來計算擊中目標時所需之時間。

⁵ 陸軍司令部，陸軍 M24 7.62 公厘狙擊槍操作手冊(第一版)，民 98 年 11 月 11 日，附件 4-36

- 四、瞄準線：為一條假想直線，係狙擊手由眼睛通過槍上瞄準鏡再向前延伸到目標的一條直線。
- 五、發射線：為一條虛構直線，係當子彈離開槍口後，在不受地心引力的影響下，並維持固定的速率所呈現出來的結果，也就是槍管的指向延伸線。
- 六、偏差量：係指子彈飛行路徑和瞄準線間之落差，以 MOA(角分)來表示，有時以米位計算。
- 七、子彈路徑：是指子彈的實際飛行路線，它有可能會高於或低於瞄準線，通常是以英吋做為計算單位，這個路徑起於槍口，也因為眼睛的視線高於槍管，所以路徑初期會低於瞄準線；因此，它有可能在瞄準線和發射線的交會點前後與瞄準線形成交會，這個路徑尤於初期低於瞄準線，便以負(-)號來表示。明瞭彈道學原理之後，射手便能分析出該如何修正子彈的升降，使彈道回歸在基準點上。
- 八、落彈差：為子彈在某個距離，由發射線到目標彈著位置的差距距離。
- 九、槍口初速：當子彈離開槍口時的速度，通常以每秒幾英呎來計算，影響槍口初速會有很多因素，如彈藥型式、當時的溫度、濕度等，而這個速度係用電子光閘靶在子彈出槍口約 23.8 公尺處測得之數據，以 TC94 7.62 公厘狙擊彈(仿美造 M118LR)在地下化靶場測得平均初速為 2557 英呎/秒(779.39 公尺/秒)。
- 十、殘餘速度：指的是子彈飛行一定的距離後或是擊中目標時之速度
- 十一、角分(Minute of angle, MOA)同狙擊槍彈道測試標準與測距第一點說明。
- 十二、槍口跳角：是指槍管在子彈擊發前後水平仰角的改變，而影響角度改變的原因，包括槍枝的後座力、槍口的晃動以及子彈在槍膛內行進時所形成的槍管震動。

最大彈道高、瞄準線、發射線、子彈路徑、落彈差及殘餘速度等所形成之彈道示意如圖 2

圖 2 彈道示意圖



資料來源：作者自行繪製

伍、影響膛外彈道的因素

通常物理學及動力學的計算均設計在一個理想狀態下，但受現實環境影響其計算是不同的，膛外彈道計算亦是如此，以下僅就影響膛外彈道的因素列項簡談：

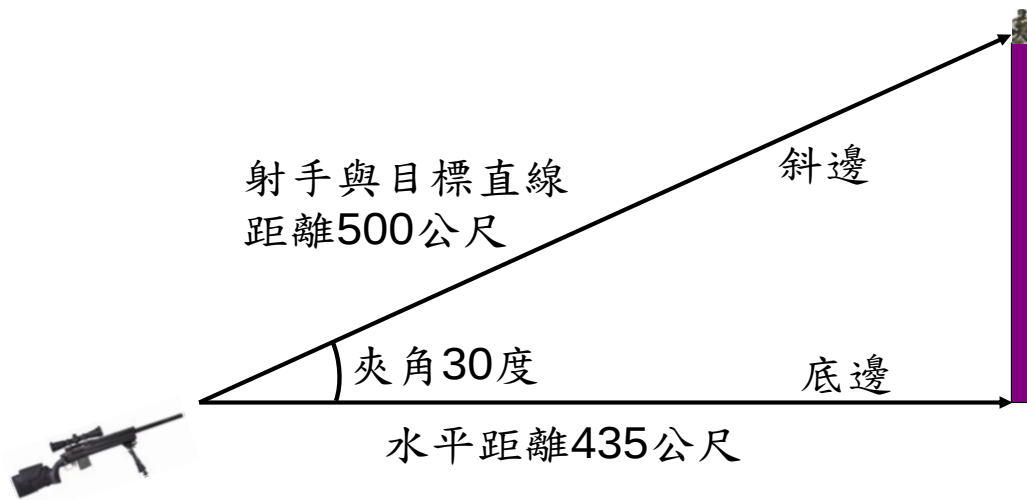
- 一、地心引力：當彈頭離開槍口那一刻起，即受地球引力影響，迫使彈頭由飛行狀態掉落至地面，射手無法控制與改變地心引力所帶來之影響，但可藉由調整槍管的水平角度來改變子彈在地表上的飛行軌跡。

地心引力對狙擊手最大的影響莫過於有角度(仰角或俯角)射擊，大部分的狙擊手從事射擊訓練時均位在平坦的靶場內，但實際作戰環境中，可能被部署到山上(高山叢林)或是城鎮的環境，在這種高處往低處(或相反)的環境下實施大角度射擊，除非狙擊手適時修正高低轉螺，否則彈著點就會高於或低於瞄準點。

舉例來說，某位狙擊手由低處向高樓頂端的目標實施射擊，射手與目標間的距離為 500 公尺，測得仰角為 30 度，此時若射手定射程 500 公尺，其射擊結果可能高於瞄準點或甚至偏高脫靶，主因為子彈雖然飛行了 500 公尺，但實際受地心引力影響的距離是水平距離(底邊)，故水平距離應為 $500 \times \cos 30 = 500 \times 0.87 = 435$ ，所以定 500 公尺射程射擊 435 公尺目標，當然彈道會偏高，此時狙擊手應重新修正射程或下修瞄準點，仰角射擊

示意如圖 3。

圖 3 仰角射擊示意圖



資料來源：作者自行繪製

二、阻力：指的是會使子彈速度減慢及改變彈道的力量，是一種位於彈頭周邊的氣流。而造成阻力的主因有二，分別為空氣密度和風

(一)空氣密度：為空氣中的阻力，它是由氣體和水份子所組成，因子彈在飛行時必須穿越這些氣體。而空氣密度的計算單位為每磅/立方英尺，如 0.076 磅/立方英尺；舉例來說，當你騎機車往前行駛時，臉部感受到的風就是空氣中的阻力。會造成空氣中阻力大小不同的原因包括海拔高度、氣壓、氣溫及濕度，而濕度和氣壓則會在溫度以及海拔高度升高時才會跟著改變，當這四種因素產生變化時，就會改變彈道。

1. 海拔高度：高海拔因空氣稀薄其密度較低，也因如此，於低阻力之環境中彈頭仍能發揮最大效能，所以不同的海拔高度就會伴隨著不同的空氣密度，故狙擊槍在不同的海拔高度及空氣密度的環境中射擊就會有不同的歸零點。以美軍室外彈道測試環境條件，如表 1，⁶若以這樣的常規模式做比較，即海拔高度升高、大氣壓力低於海平面標準 29.83 英寸-水銀柱(inch-Hg)或氣溫超過華氏 59 度【攝氏 15 度 $= (59-32) \times (5/9)$ 】時氣體密度就會降低。

6 Mike R. Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.160

表 1 美軍測試常規模式數據表

環 境 條 件	數 據
海 拔	一般平地
大 氣 壓 力	29.83 英吋-水銀柱
溫 度	華氏 59 度(攝氏 15 度)
相 對 溼 度	78%
空 氣 密 度	0.0751 磅/立方英呎
音 速	1120.27 英呎/秒(341.55 公尺/秒)

資料來源：美國馬里蘭州亞伯丁城陸軍彈道研究中心地面電腦檢測報告

舉例來說，如果你長期在接近水平面的海拔高度歸零，那麼假設作戰時進入高海拔環境，因海拔高度升高，空氣密度就會降低，阻力對子彈影響就變小，所以歸零效果相對變差，故可使用海拔高度與彈道修正量表來實施修正，如表 2 所示。

表 2 M118LR 子彈海拔高度上升後影響數據表⁷

海 拔 高 度 與 彈 道 修 正 量 表				
距 離	修正量 海 拔 高 度	MOA		
		1500 英呎 (457.2 公尺)	5000 英呎 (1524 公尺)	10000 英呎(3048 公尺)
100 公尺		.05	.08	.13
200 公尺		.1	.2	.34
300 公尺		.2	.4	.6
400 公尺		.4	.5	.9
500 公尺		.5	.9	1.4
600 公尺		.6	1.0	1.8
700 公尺		1.0	1.6	2.4
800 公尺		1.3	1.9	3.3
900 公尺		1.6	2.8	4.8
1000 公尺		1.8	3.7	6.0
附 記	本表適用國造 TC94 7.62 公厘狙擊彈			

資料來源：Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.152

2. 溫度：溫度也會影響空氣密度。當溫度降低時，空氣密度也

⁷ Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.152

會相對提高，因而形成較多阻力；相反的，天氣溫暖，空氣密度降低，因而阻力減少，可使得子彈飛行時間增長。

以 TC94 7.62 公厘狙擊彈(175gr⁸)為例，假設在溫度攝氏 20 度環境下完成歸零後，後續射擊時，溫度上升至攝氏 31 度(上升了 11 度)，就必須將瞄準鏡射程表尺調降 1MOA，反之溫度降低則須調升射程表尺 1MOA。

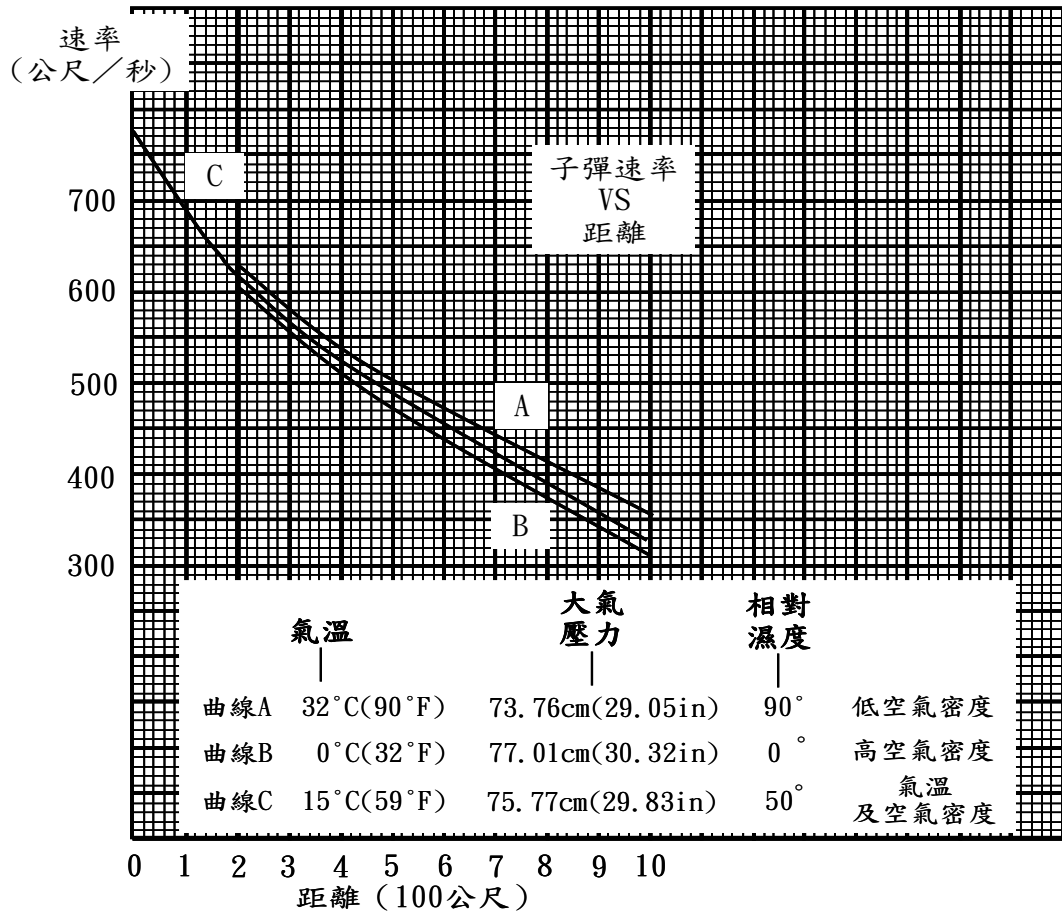
另外溫度不僅影響空氣密度，還會影響子彈發射藥的燃燒率，使子彈擊發後的瞬間膛壓升高(TC94 7.62 公厘狙擊彈平均膛壓 56,606 磅/平方吋)，進而影響燃燒火藥後對子彈的推力，所以在炎熱的天候下射擊，或者讓彈藥直接受陽光照射，會提高火藥的燃燒率使初速增加。高初速會使子彈撞擊力增加，更會使膛外彈道升高，因此必須避免將彈藥直接暴露在陽光下。

另當處於低溫兼高海拔環境下，因低溫環境而形成之高密度阻力會使得槍口初速減慢，但高海拔稀薄的空氣，又因密度降低使初速加快而獲得補正，即是補正效應。所以修正彈道時，應考慮各方面環境變化之數據，不要輕易做任何修正或調整。

3. 相對濕度：一般環境中的空氣是含有水汽的，相對濕度 100% 表示空氣中含水量已達到飽和，相反的，相對濕度 0% 就是空氣極為乾燥。濕氣重的地方空氣密度越低，反之，越乾燥的地方密度則越高。然而，相對濕度對彈道的影響是很小的，即使對 800 公尺以外的目標射擊，也不太需要修正，因為溫度、氣壓和濕度有絕對的關係，所以應置重點於觀察它們的變化，如表 3 所示。

⁸ gr 代表格林為彈頭重量，1gr=0.0648 公克，175grX0.0648=11.34 公克

表 3 溫度、濕度變化表⁹



資料來源：Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.153

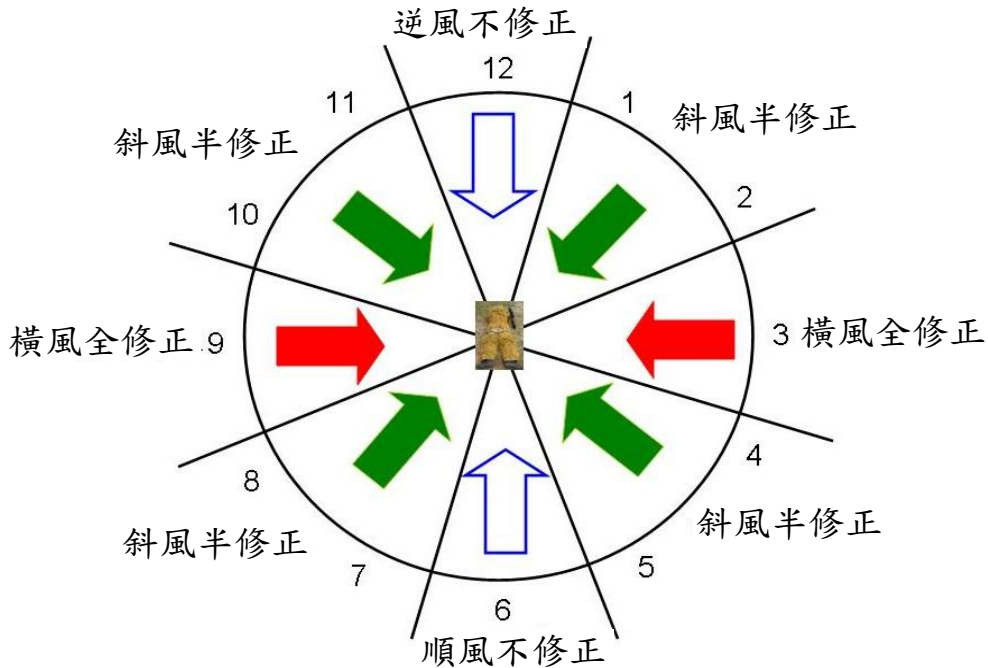
(二)風：風偏對膛外彈道影響是最大也是最難掌握的，射擊目標越遠，風偏對子彈影響越大，在分析風偏影響可從風向與風速來考慮。

1. 風向：可利用鐘錶法區分成八個方向，風從 6 及 12 點方向吹為順風或逆風，可不修正 MOA；若從風向由 1、2、4、5、7、8、10 及 11 點鐘方向吹為斜風，需減半修正 MOA；但風從 3 或 9 點鐘方向吹則為橫風，需全值修正 MOA，如圖 4，但是射擊距離全程風向可能無法一致性，射手應考量中段風與後段風¹⁰之風向再行修正。

⁹ Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.153

¹⁰ 中段風及後段風之判別，以射距 800 公尺為例，400 公尺以前為前段風，401 公尺起至 600 公尺之間為中段風，601 公尺起至 800 公尺則為後段風

圖 4 風偏鐘錶法示意圖



資料來源：作者參考美國軍用/警用狙擊術 Mike R. Lau 第 10 章，第 189 頁自行繪製

2. 風速：可運用機器測定，但考量實際作戰實況，中段風與後段風之風速則無法以機器測量，惟可利用景物實施簡易測風，如旗幟、煙幕、樹葉、草、雨、熱流影像(蒸氣)等。
3. 修正公式：以國造 TC94 7.62 公厘狙擊彈(175gr)為例，(風速×距離÷100)÷常數=MOA 修正量(考慮全修正值或半修正值)，常數資料如表 4。

範例：射擊 900 公尺目標，風速為 10 英哩/小時，9 點鐘方向橫風，其修正值為 $(10 \times 900 \div 100) \div 12 = 7.5$ MOA。若為 2 點鐘方向，則半修正 $7.5 \div 2 = 3.6$ MOA。

表 4 常數資料

TC947.62 公厘狙擊彈(175gr)風偏修正常數表	
目標距離	常數
100-500 公尺	15
600-700 公尺	14
700-900 公尺	13
900-1000 公尺	12
1000-1100 公尺	11

資料來源：軍備局第 205 廠小口徑所提供，100 年 4 月 25 日

三、子彈效能：子彈飛行除受到外在環境因素影響外，還包括彈道係數、子彈飛行速度與槍管長度等影響。

(一)彈道係數：指的是子彈在空氣動力學之效率性，它是導入彈頭形狀、橫切面與彈尾導角角度由數學公式計算出小於 1 的數值，用來算出子彈在特定距離所保持的速度和飛行時間，最理想的彈道係數為 1，但現實環境不可能達到這樣的數值。以各國現役使用的狙擊彈中，彈道係數最佳表現僅介於 0.5-0.6 之間，彈道係數越高，子彈飛行越穩定，係因阻力降低，可保有較好的飛行能力和高初速，即使射程遠，也有絕佳的準確度。

(二)音速：在此提到是因為彈頭飛行阻力會因音速之改變而受影響，在海平面高度時之標準音速為 1121 英呎/秒(341.76 公尺/秒)，若海拔上升則音速會隨之下降，從以下公式換算舉例說明即可得知：

1. 海平面速度(V)=331+0.6xT(溫度)
2. 海拔高度每上升 100 公尺，溫度下降 0.6 度
3. 例如：海平面溫度為 30 度，其子彈速度為(V)=331+0.6x30=349 公尺/秒；海拔 2000 公尺溫度為 30-(2000/100)x0.6=18 度，所以速度為 V=331+0.6x18=341.8 公尺/秒

另當子彈飛行至 800 或 900 公尺時，其速度會從超音速下降到接近音速，而這個領域常被狙擊手討論，其子彈速度通常在 900-1200 英呎/秒間(274-366 公尺/秒)。美國某子彈製造公司使用了不同的子彈來做這個速度領域的測試，其彈道係數測試結果就是子彈在進入音速領域時因初速快且相當的穩定，但如果子彈因動能減少而由超音速減弱至近音速，且彈頭音波速度又追上彈頭本體時，其音波力量所產生的強烈氣流(爆震)會使彈頭飛行變的極不穩定。因此，我們該注意的是讓子彈飛行距離越遠越好(在超越音速飛行的時間越長越好)。¹¹

(三)槍管長度與初速：槍口初速會隨著不同槍管的長度而有所不同，槍管越長初速越快，越短則反之，但亦須考慮子彈在槍管內隨膛線自旋所消耗之動能、口徑、纏度等因素，有關膛

11 Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.155

線及纏度等分屬膛內彈道學，在此不納入探討。所以當某位狙擊手執行近程(300 公尺以內)狙擊任務時，如果槍管長度不長，飛行動能則減弱不多，精準度影響不大，但若射擊一個超過 700 公尺外目標時，槍管的長度就非常重要，因為在子彈接近音速(海平面約 335 公尺/秒)時，會開始失去飛行的穩定性，亦會受風的影響而嚴重干擾彈頭的穩定度。

在槍管長度與口徑的關係研究中，美國陸軍德州旅使用 9 枝雷明頓 700 型步槍槍管組件實施速率測量，長度分別從 16.25 英吋到 26 英吋不等，採用聯邦競賽 M118 遠程子彈 168 格林高精度彈(彈頭重 10.88 公克)，在氣溫 60°F(攝氏 15.55 度)的狀態下測試，在整個測試期間針對不同長度的槍管及不同類型子彈擊發後實施速率測試，發現當槍管長度在 20-26 英吋之間時，可展現出最大的速率，如表 5。¹²

表 5 槍管長度與槍口初速數據比較表

槍管長度(英吋)	初速(英呎/秒)	速差(英呎/秒)	速差總和(英呎/秒)
26 (66.04CM)	2694(8)		
25 (63.50CM)	2654(806.81M)	40(12.16M)	40(12.16M)
24 (60.96CM)	2616(795.26M)	38(11.55M)	78(23.71M)
23 (58.42CM)	2592(787.96M)	24(7.29M)	102(31.01M)
22 (55.88CM)	2572(781.88M)	20(6.08M)	122(37.09M)
21 (53.34CM)	2566(780.06M)	6(1.82M)	128(38.91M)
20 (50.80CM)	2524(767.29M)	42(12.60M)	170(51.68M)
19 (48.26CM)	2509(762.73M)	15(4.56M)	185(56.24M)
18 (45.72CM)	2477(753.00M)	32(9.73M)	217(56.97M)
17 (43.18CM)	2426(737.50M)	51(15.50M)	268(81.47M)
16 (40.64CM)	2414(733.85M)	12(3.64M)	280(85.12M)

資料來源：Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.156

另經測試發現，當槍管長度和口徑改變時，也會造成不同初速，另外對多數彈藥而言，初速會因槍管變短而越少，但有些 0.22 英吋子彈則例外，此外使用同樣口徑的槍管時，彈頭比較重的子彈，如運用較「快速」燃燒的火藥也能達到同等初速的效果，因此初速的改變不只槍管長度亦包含火藥。

(四)子彈飄移的精準度影響：當子彈從槍口射出時，除受地心引

¹² Mike R.Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June, p.156

力、風、氣壓、密度溫濕度及子彈效能等因素影響外，尚包括子彈因膛線右旋而自然形成的慣性往右轉動牽引。另外根據韋恩艾契（Wayne Ash）的”射擊精準度”這本書計算時，關於口徑 0.3 英吋 174 格林彈重(11.27 公克)的子彈，射擊 1000 碼(910 公尺)目標，其飄移量約為 0.95 英吋 (2.41 公分)。¹³所以不用為此一問題過度擔心，因為在影響精度和準度的眾多因素下，其最大的問題仍是狙擊手的判斷力和專注力。

陸、影響精準度的其他因素

子彈從出槍口受自然環境影響時需修正的要素如溫度、濕度、海拔高度及風等已淺略說明，而人亦是影響膛外彈道的重要因素之一，以下針對射擊時之環境光度及射手經驗等項簡略說明：

- 一、環境光度對精確度之影響：光線條件不同會使目標的中心點，在視覺上有飄移的可能進而影響射擊精準度，一些較常出現的光線條件和影響的結果如下：
 - (一)明亮的光線：無雲，霧氣會因反射而使目標看起來變大，若使用瞄準鏡則可降低其影響。
 - (二)側光：明亮的光線從側面(左或右)投射到目標，而且太陽在天空中較低處，如日出後 1-2 小時及日落前 1 小時，會造成目標的中心偏向較暗那一側，此問題以在瞄準時，稍微偏向目標較亮的那一邊，或由觀測手使用望遠鏡誘導狙擊手調整就可以減低這個影響。
 - (三)模糊光線：因霧氣、煙霧、塵土或濕氣所導致的模糊光線，亦使眼睛感到不舒服，也會讓目標(靶心)看起來較小，使用瞄準鏡就可降低影響。
 - (四)陰天的光線(多雲)：通常不會對眼睛造成不適，而這種情況對狙擊手是最好的天候狀態。
 - (五)昏暗的光線(拂曉、暗昏)：會使眼睛需要更多時間去適應。
 - (六)雲層散亂的分布：陽光在部分時刻從雲縫中透射出來時，會使目標忽明忽暗，增加狙擊手瞄準調整及適應上的困難。
 - (七)雲層快速流動：另一種相似的情況是當天空雲層散亂，但是

¹³ 韋恩艾契，射擊精準度，1991 年 4 月出版，頁 23

在天空中快速移動，狙擊手必須適應光線反覆從明亮到陰暗這種立即的改變，有經驗的狙擊手會挑其中一種條件來射擊以克服這樣的景況，決不會在兩種情況下都嘗試射擊，因為迅速變換的光線，對狙擊手來說是非常差的射擊條件。

(八)雨天：會影響狙擊手之專注力，且視線、據槍貼腮難以固定，槍、彈及瞄準鏡需保護與遮蔽，免受雨水淋溼，直到狙擊手準備好並完成射擊；另小雨不致影響子彈之精準度，狙擊手需擔心的是大雨，因它會降低準確度，而造成嚴重後果，包含曝露自己的位置。

二、射擊經驗：

狙擊槍射擊精準與否是人槍合一後之整體表現，膛外彈道子彈飛行是否穩定，則取決於人的因素，舉凡射擊姿勢、呼吸控制、瞄準圖型的建立、扣引扳機動作等均極為細膩，一個射手應奠定良好的射擊技能基礎，才能成為遠距精準射擊優秀的狙擊手，這就說明了為何狙擊手必定是特等射手，但特等射手未必可以成為狙擊手。

另外瞭解氣候與環境因素如何影響膛外彈道且該如何去修正為深奧的技巧，但從許多優秀狙擊手射擊經驗得知，很多準則的修正數據與圖表，僅能作為基本的參考資料，最重要的修正資料大都來自於自己的「射擊手簿」或「筆記本」，平時訓練不要去擔心天氣對彈道的影響，而是試著在不好的天氣中進行射擊訓練，在非常冷或非常熱的天氣到靶場射擊，或在大風、下雨、濃霧的時候射擊，惟有在這些自然條件下不斷的從事訓練，找到相關的數據建立起自己的經驗手冊，才能瞭解哪些是真正影響彈著點的原因，並修正而精準的命中目標。

柒、結論

射彈數越多可累積豐富射擊經驗，但熟悉彈道學原則原理，並實際運用到平日射擊訓練上，射擊訓練成效將可事半功倍，狙擊槍的膛內、膛外及終端彈道學內容包羅萬象，優秀的狙擊手要使用很長的訓練時間方能吸收這些知識和技巧，蒐集每枝(種)狙擊槍的彈道參數且必須建立檔案，並用專屬的表格記錄特定狙擊槍的槍口初

速、距離和特定的裝備，以建立屬於自己的完整基本數據；並提供狙擊手最佳的訓練環境(訓場、編制)、優良的裝備、武器、彈藥以及嚴格的訓測要求，始能在戰場上完成狙擊任務。

參考文獻

- 一、張雲翔，蔡文興，〈膛內彈道學之研析〉，《步兵學術季刊》，(高雄)，第235期，步兵訓練指揮部暨步兵學校，民99年。
- 二、蔡文興，〈終端彈道學之研析〉，《步兵學術季刊》，(高雄)，第233期，步兵訓練指揮部暨步兵學校，民98年。
- 三、Mike R. Lau, The Military And Police Sniper, 1998, June
- 四、陸子峰，《GO! GO! GO! 狙擊戰術技巧手冊》，子峰出版社，西元2004年5月第1版。
- 五、陸軍司令部，陸軍M24 7.62公厘狙擊槍操作手冊(第一版)，陸軍司令部印頒，民98年11月11日。
- 六、陸軍司令部，狙擊組(手)訓練教範(第一版)，陸軍司令部印頒，民98年3月4日。
- 七、陸軍司令部，陸軍T93K1狙擊槍操作手冊(第一版)，陸軍司令部印頒，民102年7月31日。
- 八、韋恩艾契，射擊精準度，1991年4月。
- 九、100年4月25日軍備局第205廠小口徑所，TC94-7.62公厘狙擊彈測試資料。