

# TRAJECTORY

## 彈道

彈道分內彈道與外彈道，外彈道是指彈丸離開槍口後，其質心經過的軌跡，是本章節介紹的部份。

彈丸受火藥燃氣的推動力射離槍管後，借助慣性作用向前飛行，地心吸力卻使彈丸離開原來的發射線，在邊前進邊降落的情況下，彈丸的運動軌跡遂變成一條弧形路線。由於空氣阻力作用使彈丸的飛行速度逐漸減慢，另一方面地心吸力使彈丸落下速度逐漸增加，因此這彈道是一條升弧較長較直，降弧較短較彎曲的不均等弧線。

## 歸零調校

彈丸沿著一條拋物線狀的彈道飛行，然而眼睛透過光學瞄準鏡，卻以一條筆直的視線瞄準目標，兩者並不

平行。為了使瞄準線與彈道在目標處重疊，必須對步槍進行歸零調校。先選定經常遇上的最遠和

最近接戰距離，然後取其中間值，作為標準歸零射距(Standard Zero Range)，軍方狙擊手的接敵距離較遠，一般設定在 300m-400m，若是在叢林地帶，歸零距離會較短，在平原或沙漠，歸零距離會較大。特警狙擊手要顧及人質安全，對準確性要求更高，會設法接近目標才進行射擊，因此選擇 100m 設定。有關步槍歸零調校的詳細內容，請參閱《GO!GO!GO!》第一輯第 24 頁。

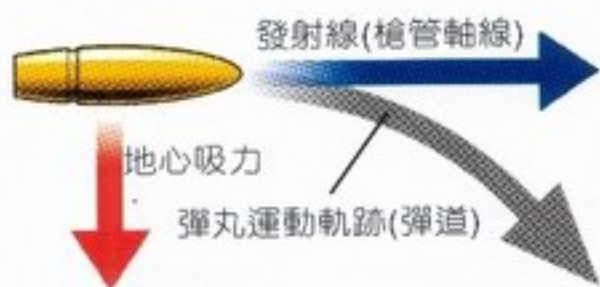
## 抬高槍口

戰鬥中，若目標剛好位於歸零射距上，那麼狙擊手只要將瞄準鏡的十字線瞄準目標便可。要是接戰的目標超出這距離，有需要調校鏡外仰角微調旋鈕上的讀數，就是改變十字線的高低位置，實際上也就是設定瞄準角。

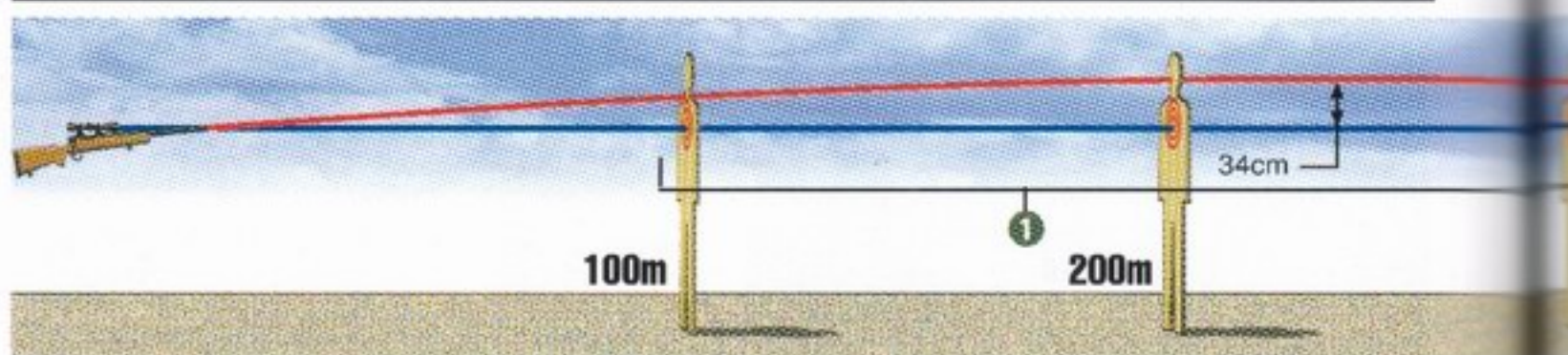
但在實際戰鬥環境裡，敵人現身的時機往往稍縱即逝，且距離不斷變化，甚至一個更優先的目標可能在更遠處出現，狙擊手眼睛要是離開目鏡來調校距離參數，將會錯失殲敵機會

① 要是槍管軸線瞄準目標發射，彈丸將打低打近，目標愈遠，降落量愈大。

② 為了補償這偏差，槍管需要抬高，使槍管與水平面成一瞄準角，賦予彈丸一彈道高，最後讓地心吸力把彈丸拉下並落在目標那裡。瞄準角的大小，是按彈丸在不同距離上的降落量來確定，因此目標愈遠，瞄準角愈大。





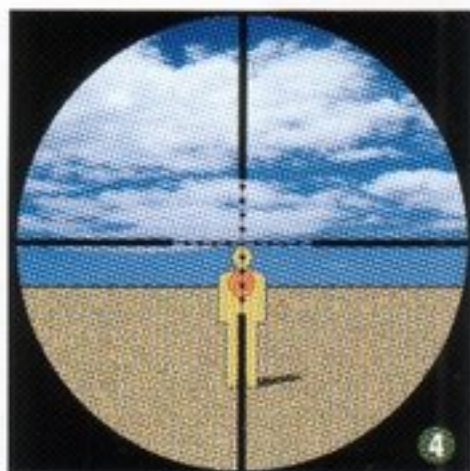


，因此必須適時地抬高槍口，將十字線瞄準目標上方某一處以作出補償，從而爭取時間，提高反應速度，增大射擊效果，儘管這作法會降低準確性，然而對軍方狙擊手來說是可以接受的。

① 不同彈道特性(例如槍口初速)的彈丸在射擊相同距離時，其彈道形狀也有差別。這裡以 M24 狙擊步槍配用 7.62mm M118 型槍戰射擊人形靶作例子，歸零射距 400m，選擇這距離除了考慮到接敵機會較大外，還因為狙擊步槍射擊 400m 以內人體目標時，該段距離裡彈道最高點只有 34cm，只要瞄準身體中央，彈道沒有超過目標高(一般人由胸膛至頭頂約為 50cm)，因此不必修正瞄準角仍可命中胸膛以上重要部位，足以殺傷敵人。

② 若目標剛好在歸零射距上，彈道與瞄準線重疊，不必修正瞄準角，彈丸便可命中瞄準點。

③ 彈道與瞄準線在歸零射距上重疊後，受地心吸力影響，持續向下彎曲，若目標位於 500m 距離，彈著點將落在瞄準線下方 51cm 處。現實環境裡，目標通常在掩蔽物後方出現，只顯露上半身。彈著點落



在瞄準線下方意味著彈丸只會擊中掩蔽物。

④ 為了使彈丸命中人體中央，必須抬高槍口 51cm 作補償，這相當於把十字線瞄準目標的頭顱上沿。

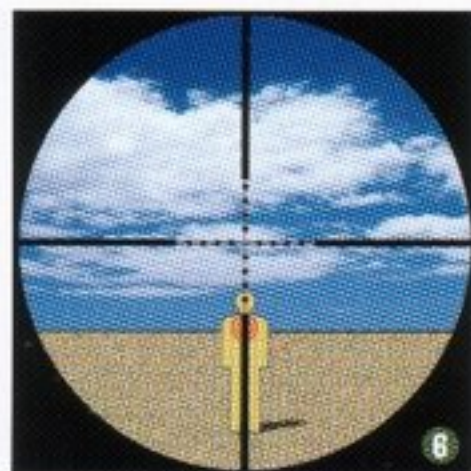
⑤ 在 600m 距離上，彈道偏向瞄準線下方達 114cm，要是十字線只瞄準身體中央，沒有適當修正，恐怕彈丸只能在目標跟前著地。

⑥ 此時必須抬高槍口 114cm 作補償，瞄準點相當於目標上方三份之一人體高度(64cm)處。

## 高低角射擊

當目標高於或低於狙擊手所處位置時，就產生了高低角。瞄準線與水平面形成的夾角，又稱高低角或俯仰角。出乎

人們想像，在高低角比較大



的情況下射擊，彈道受地心吸力干擾較少，射手若僅按斜距離作參數，彈著點將偏高，且高低角愈大，誤差愈大。正確的補償方法是無論高低角大小，只有按目標水平距離進行射擊，才能準確命中目標。

⑦ 水平射擊時，地心吸力  $G$  在彈道最高點上與彈丸運動方向成  $90^\circ$  直角，即使在彈道其他點上角度也相近，這時重力對彈丸的作用力最大，彈丸的降落量也最大。

⑧ 大仰角射擊時，彈丸運動方向改變，但地心吸力維持垂直向下，結果兩者所形成的角度減小，地心吸力並分解成兩個分力  $g_1$  及  $g_2$ 。分力  $g_1$  與運動方向相反，可減小彈丸速度，但對飛行影響不大。分力  $g_2$  小於地心吸力  $G$ ，所以彈丸下降量較水平射擊時少。

⑨ 大俯角射擊時，分力  $g_2$  與運動方向一致，可加快彈丸速度，但對飛行影響不大，分力  $g_1$  小於地心吸力  $G$ ，使彈丸下降量同樣較水平射擊時少。





