



淺談戰車砲射擊命中關鍵因素-距離判定

筆者/傅群

提要

- 一、戰車發展初期，觀瞄系統一直是車長與射手最大困擾，裝甲防護雖保護成員的安全，但也限制乘員戰鬥視野，車長被迫於戰鬥間必須開艙，替射手找尋目標，以目測距離下達射擊口令，能不能打到就半靠運氣。
- 二、光學望遠鏡的發明，使得航海與天文觀測，得到進一步的發展，軍用望遠鏡也特別地加上垂直與水平分劃線，可讓車長經過訓練，距離判定準確度得以可以提升。
- 三、光學測距機使用「疊影對焦」方式，以測得目標物距離，初期是裝設在軍艦上，因為測距基線要夠長，才能判定準確距離，1925 年德國 LEICA 相機公司將測距裝置「微型化」裝入相機，使得攝影者減去距離判定困擾，避免像片失焦，而戰車光學測距機一直到二戰後才開始裝設，但須配合繁瑣操作程序，往往使射手在戰鬥間寧可使用 M-20 潛望瞄準具。
- 四、隨著光電技術的發展，測距改為回波方式測定距離，誤差由 10 公尺可以進步到 1 公尺內，雷射測距機與數位彈道計算機同步，射手省去機械式程序，使得射擊速度與精度相較傳統戰車，提升甚多。

關鍵詞：距離判定、光學望遠鏡、光學測距機、雷射測距機

前言

冷兵器時代，弓箭是射程最遠武器，然單一箭矢造成殺傷效果甚微，因此弓箭手，會依弓弩指揮官以旗幟指揮弓箭手，依敵人接近距離，採用不同射擊角度發射箭矢，形成類似現代砲兵「火制區」已達殺傷敵軍效果，而指揮弓箭發射最重要因素還是在距離判定，¹古代會以弓箭最大射程(160-220 公尺)，²由偵騎兵於敵人接近地區標定距離標示物(只有己方可見)，通常敵人步騎方陣通過弓箭火制區，弓箭手大概只有三次變換射擊角度，並以最快速度發射箭矢，之後他們也成為步兵參加近戰。

熱兵器時代首先上場是砲兵，因採前膛裝填圓形彈丸，因此判定距離最為重要，因為它關係到火藥裝填量，古代就為砲兵隊設計「銃尺」，³射擊指揮官只要看銃尺距離與火藥量刻劃表，即可下令裝填準備射擊，而此一裝置在現代各

¹王向前：〈弓箭手由誰下令放箭〉，2021 年 05 月 30 日，<https://www.Tanggen.cn>>a-lishi，(2022 年 2 月 24 日)。

²蕭錦鎮：〈古代弓箭可以射多遠〉，2015 年 03 月 30 日，<http://www.zhihu.com.tw>>question)，(2021 年 12 月 20 日)。

³渡人渡己渡長生：〈銃尺是甚麼〉，2007 年 7 月 27 日，<http://www.zhidao.baidu.com.tw>>question)，(2021 年 12 月 20 日)。

式曲射武器的射擊指揮所的計算手都會使用「計算尺」。

1917 年英國派出第一支戰車部隊(代號：711th Task Forces)參與康布萊戰役，此役讓西線毫不可破的壁壘深溝得以突破，1 年後，結束了長達 4 年又 4 個月界大戰，⁴但是戰車觀測與瞄準系統，還是讓人詬病，因為車裝槍砲打不準，直到同軸直管瞄準鏡(以下稱,直管鏡)與無線電的裝設，出現了觀瞄設備的雛形，但是距離判定還是要交由車長來判斷(以目視或望遠鏡輔助)，射手就依車長下達距離以直管鏡距離刻劃，瞄準目標實施射擊，通常有經驗的射手會凝視指管鏡觀測彈著，若射手有看見彈著點，會要求戰鬥瞄準，立即裝填射擊第 2 發。

第二次世界大戰後，戰車測距方式來到光學測距機時代，運用與軍艦上用的測距儀縮小到可以裝入戰車砲塔室內，車長運用「疊影對焦」原理，測得目標物距離，然本項裝備就美軍言，曾經使用於 M47、M48 戰車上的 M13(17)測距瞄準具，初期 M60 戰車也曾使用(如圖 1)，所以在 M48 及 60 砲塔室上方左右兩側保留原光學測距機的接物鏡保護耳球，進入 70 年代由於光電技術的發展，測量距離工作在戰車部分就交由雷射測距機來負責，原理很簡單，利用回波原理，精準判定目標距離，因此以下分就關鍵因素-距離判定、人工目視、望遠鏡、光學及觀測槍與雷射測距等六部分說明戰車距離判定重要性及方式演進。

圖 1-光學測距機及機械射控組件圖



資料來源：裝訓部隊史館典藏(拍攝日期：2021.12.22)

⁴ 喬治.佛提著、譚天譯：《現代騎士-戰車指揮官》，(台北市：麥田出版社，1994 年 8 月)，頁 72-76。

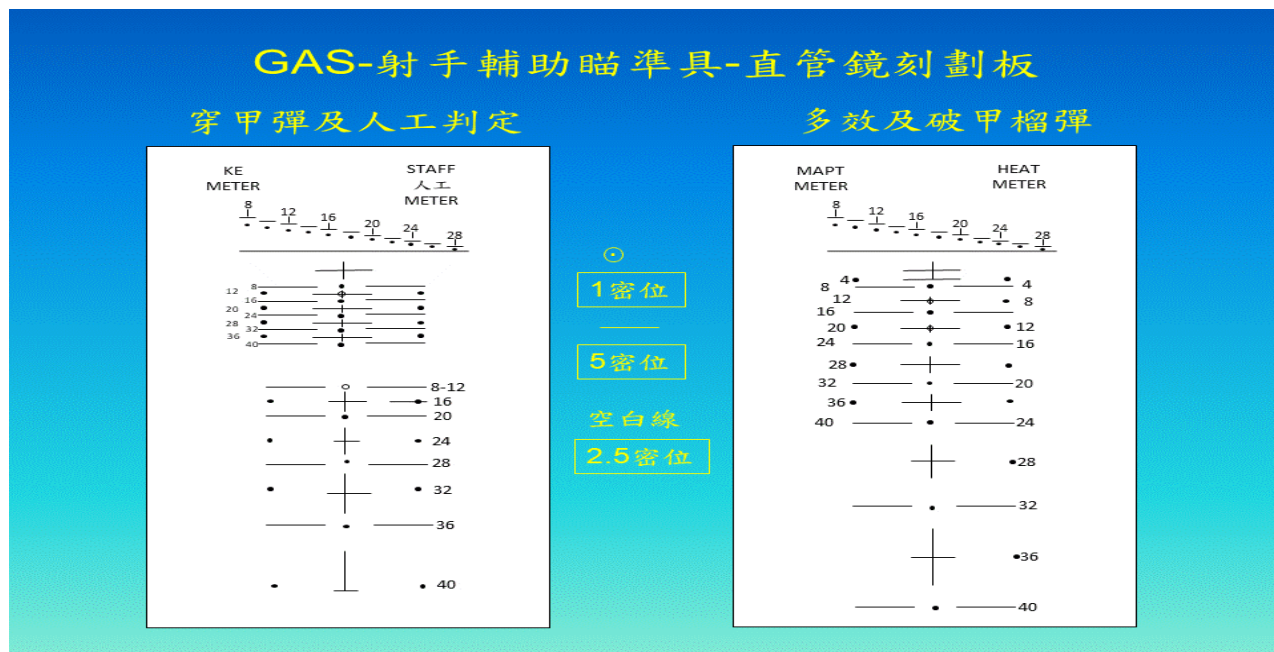


壹、戰車距離判定之重要性

戰車砲為直射武器，射擊基本原理與步槍一樣，因射手無法直接由砲目線瞄準目標，各式直射槍砲裝置了瞄準裝置，基本由準星及覘孔組成，部分槍枝還會在覘孔位置加裝距離調整器，戰車砲射擊距離已超過肉眼所能觀測，都以高倍率望遠瞄準具，作為瞄準目標之用，戰車於戰鬥整備期間會完成覘視歸正使各種瞄準具與砲目線於 1,200 公尺(視車種而有所不同)外交會，當瞄準具對正目標時，在未獲得光學及雷射測距機前，車長還是需要以人工運用各種工具，判定目標距離(方向因已完成覘視規正，各車因砲架機械裝置有些許誤差，但不影響射擊命中率)，射手的直管鏡才能將垂直距離分化刻線對準目標實施射擊，由於刻線在射手對正目標時，分化間隔非常小，尤其戰車對戰車戰鬥射擊時，首發射擊若未能命中，已暴露位置，有經驗射手會立即彈著投影補上第二發，但如果能在接戰時已判定目標正確距離，則首發射擊命中率會高於 75%，反之則要靠運氣，並冒著被敵戰車先發射擊遭摧毀厄運，以下以英、德直管鏡設計說明距離判定重要性。

英、美國國家以垂直分劃板作為瞄準具(如圖 2)，當車長下達距離口令時，射手才會將瞄準線對正距離刻劃，但此時沒有人把握距離是否正確，往往喪失射擊先機。

圖 2-英美戰車直管鏡垂直距離分化板

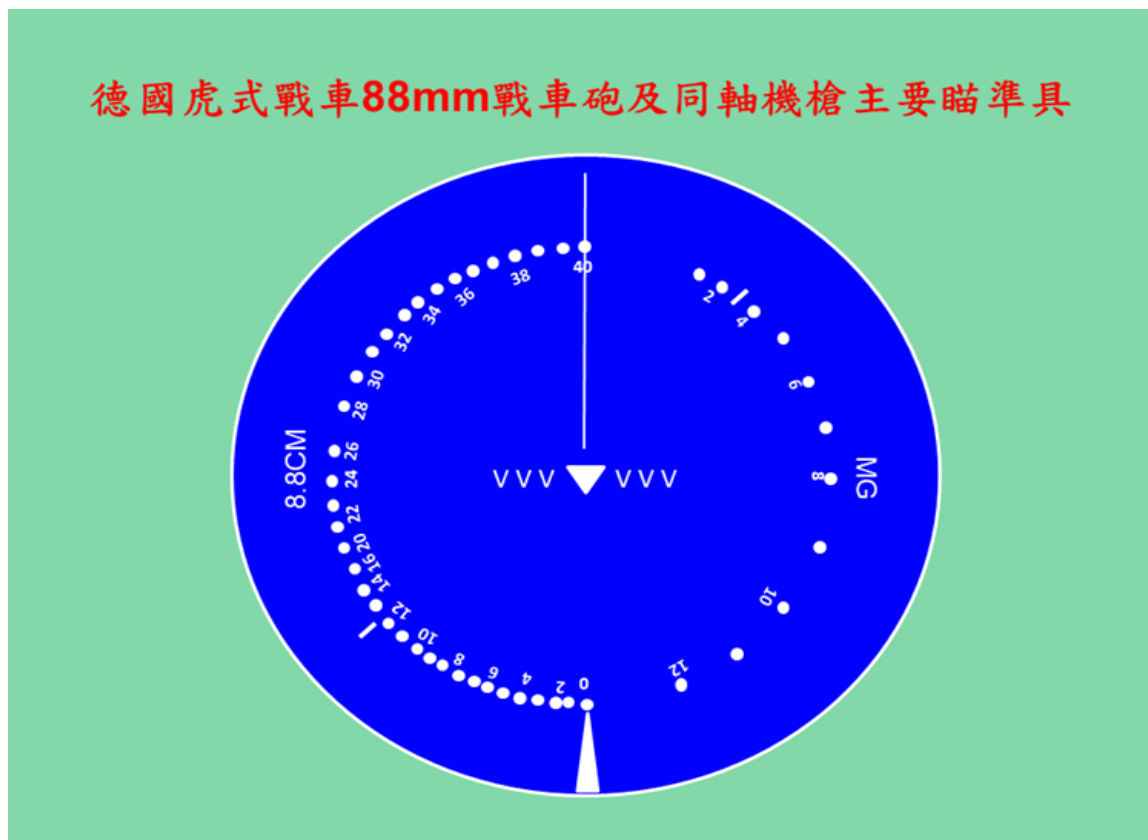


資料來源：筆者整理繪製

德國戰車則採取圓形轉盤式設計(如圖 3)，通常在作戰前會先裝訂戰鬥表尺(通常為 800 公尺)，德軍一接戰會比盟軍戰車先射擊(車長將戰車砲搖向目標，接這下達射手放)，德軍射手馬上會依彈著遠近，結合目標輪廓高增減距離射擊

第二發，因此德軍往往取得射擊先機，在二戰時戰車戰力遠遠超過盟軍。

圖 3-德國虎式戰車管狀鏡環型射程及瞄準具⁵



資料來源：魏特曼戰記-1943 年-新編，頁 62，筆者繪製

貳、人工目視測距⁶

戰車發展初期，距離判定一直是車長最大困擾，裝甲防護雖保護成員的安全，但也限制乘員戰鬥視野，車長被迫於戰鬥間必須開艙，替射手找尋目標，以目測距離下達射擊口令(因準確度不定)，能不能打到就半靠運氣，科技雖然帶來很多的便利，再怎樣先進，有一些傳統技能還是需要維持，雷射測距機或光學瞄準具故障或損壞時，戰車砲還可以打，必須透過人工目視方式判定距離，以下以目測視差法、目視清晰法、準星覆蓋法、指北針測距法(不適合 500 公尺以上測距，不予列述)及臂長尺測距法等五種輔助距離判定，若勤加練習，作為應急輔助工具，繼續讓戰車砲以降階及戰鬥瞄準，繼續發揚火力。

一、目測視差法：⁷

利用雙眼視差，交互以左、右眼觀測同一目標，產生的水平移動視差距離(以下簡稱 V.D)，簡化為(V.DX10)即為目測距離，步驟如下：

⁵小林源文著，許嘉祥譯，《魏特曼戰紀 1943-新編》，(台北市，蒼壁出版有限公司，110 年 1 月)，頁 62。

⁶ <目測距離法>，華人百科，2010 年 2 月 21 日，<http://www.itsfun.com.tw/wiki-88...> (2021 年 12 月 20 日)。

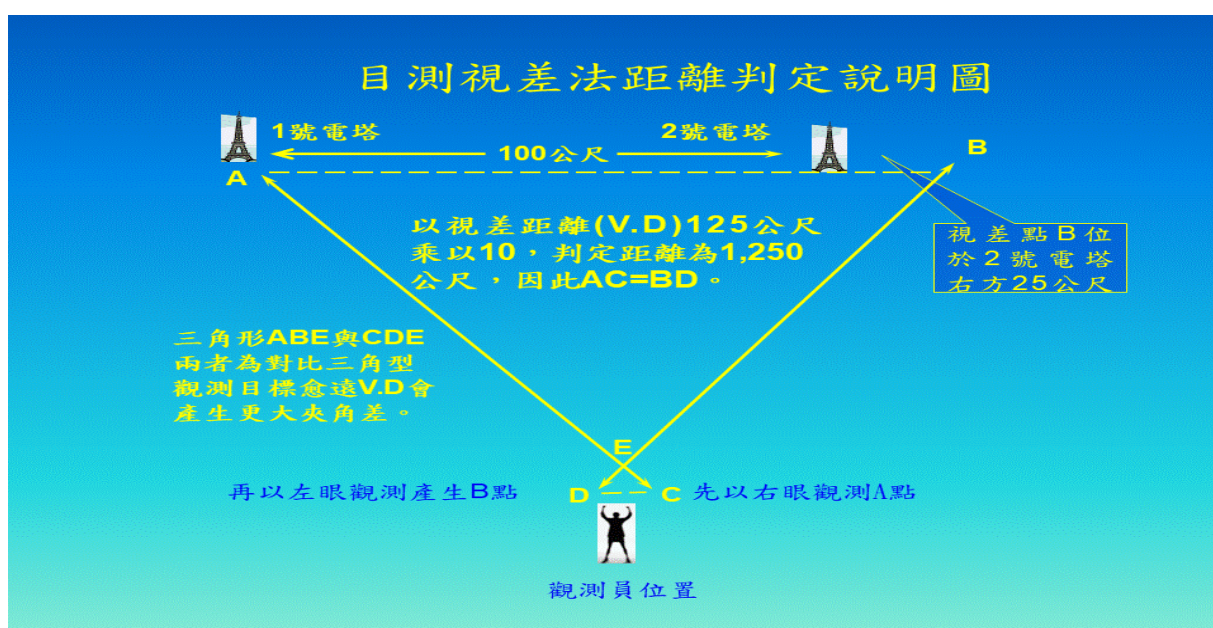
⁷ 同上註。



- (一)先閉上左眼，豎起右手大拇指，手臂平伸，先以右眼觀察 A 點(注意要記住它的位置)，保持右手指項目標
- (二)再閉上右眼(若無法閉眼可用左手遮蔽右眼)，以左眼再觀測 A 點一次，這時會產生視差，拇指視線會往右移，產生 B 點
- (三)估算 A、B 兩點距離(要常練習，可以由近至遠) $\times 10$ 即為目標距離。

以長安營區忠誠樓觀測對面高壓電塔，A、B 兩點概估為 125 公尺(因 B 點位於下一高壓電塔「間隔為 100 公尺」右側 1/4 處)乘以 10，概估距離為 1,250 公尺，練習後再輔以雷射測距望遠鏡，交叉比對，經反覆練習可以讓判斷距離精確度提升。(如圖 4)

圖 4-目測視差法距離判定



資料來源：筆者整理繪製

二、目視清晰法⁸

以人眼對於建物，車輛及人員等，對目標進行觀測，以清晰程度判定距離，受觀測員視力影響，結果出入甚大，清晰度與距離判斷(如表 1)。

表 1-目標清晰度與距離判斷表

距離(公尺)	目標清晰程度
100	人臉特徵、手腳關節及兵器外觀。
150-170	衣服上鈕扣、水壺及細小裝備。
200	屋頂上瓦片、樹葉及鐵絲。
250-300	牆可見縫、瓦可見溝及無法分辨五官。
400	人臉不清、頭肩可分。

⁸ 同註 5。

500	門見開關、窗見格及可分辨男女。
700	瓦面成絲、窗見框。
1,000	房屋輪廓清楚、人體上下一樣粗。
1,500	瓦面平光、人似蠕動及動作分不清。
2,000	窗成黑影、門成洞及人成小黑點。

資料來源：Http://www.itsfun. com.tw(檢索時間：110.12.20)

三、準星覆蓋法⁹

以 T-91 步槍規孔至準星距離為 38 公分，準星寬度為 0.15 公分(3 密位，1,000 公尺，準星能覆蓋 3 公尺寬)，若以人體正面寬度 50 公分計算，在 1,000 公尺為 0.5 密位，換算為 0.025 公分，約 1/6 準星覆蓋於人體，若以此劃分 6 等分，每 167 公尺為基本單位，以單兵及 05 式兩棲突擊砲車正面 3.37 公尺(1,123 公尺)及側面長 9 公尺(3,000 公尺)，等於一個準星寬度(3 密位)，測距換算，(如表 2)。

表 2-T-91 步槍準星覆蓋法測距換算表

單兵		05 式兩棲突擊砲車		
準星寬度	距離(公尺)	準星寬度	正面距離(公尺)	側面距離(公尺)
2	84	1/2	2,246	6,000
1	167	1	1,123	3,000
1/2	333	2	561	1,500
1/3	500	3	374	1,000
1/4	666	4	280	750
1/5	833	5	225	600
備考	黃底紅字部份表示不適用以準星覆蓋法進行測距。			

資料來源：Http://www.itsfun. com.tw(檢索時間：110.12.20)

四、臂長尺測距法

這個測距方式在早期為畫家在現地寫生時，為求畫作景深(Depth Of Field)¹⁰與比例，通常會手握一支畫筆(這支畫筆通常畫家會先畫上與手臂長等比例刻度)方便畫家作逐點量測定出遠近，如此就能畫出一個層次與比例正確的畫作，而臂長尺測距法的步驟如下：

- (一)準備一支木條(直徑約鉛筆 0.7-1 公分，長度 60 公分「包含手握 10 公分」)將面向自己的一面每 0.6 公分(為平均手臂長 60 公分的 1/100)畫上一條線，

⁹ 同註 5。

¹⁰數位蘋果網，〈何謂景深〉，畫作因畫布有限必須遠模糊近清晰，才能顯示層次感，2005 年 6 月 22 日
Http://www.fuji. com.tw >shownews，(20121 年 12 月 21 日)。



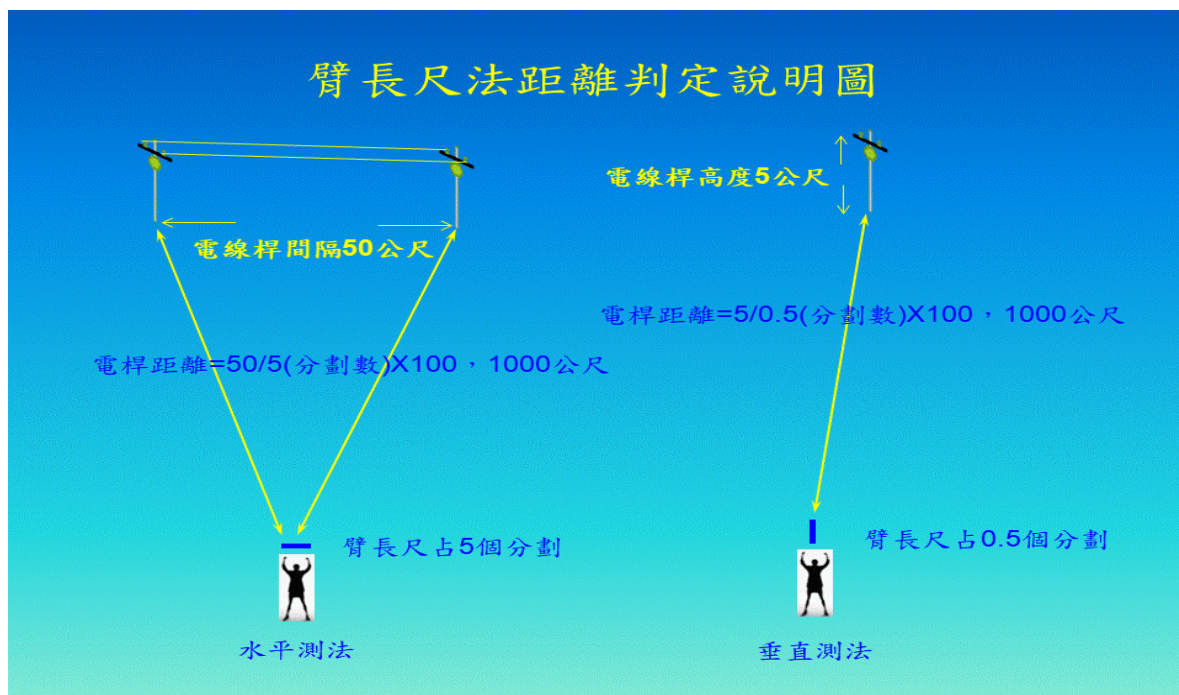
為方便識別可以用不同顏色區別。

(二)將慣用手平伸與地面概成水平，手握臂長尺(注意零點對齊虎口)，由眼睛-臂長尺對準測距目標，測高度臂長尺垂直對正目標，設寬度則水平對正目標並記下被測目標占臂長尺刻劃。

(三)計算公式：距離=高度(寬度)/分劃數 X100。範例(如圖 5)。

(四)如果沒有明顯參考物體，可以以前進或後退方式作臂長尺距離比對，求得判斷距離，(此法不適用於車上乘員使用)。

圖 5-臂長尺法距離判定



資料來源：筆者整理繪製

參、望遠鏡測距¹¹

光學望遠鏡由義大利人伽利略於 16 世紀發明，最初用於天文觀測，軍用望遠鏡也特別地加上垂直與水平分劃線，可讓車長經過訓練，距離判定準確度得以可以提升，隨著「大航海時代」與羅盤，成為船隻航行安全兩大必備工具，隨著科技進步，望遠鏡刻劃線出現在各種用途望遠鏡，例如早期戰車 M-20 前望瞄準具，中央有十字線刻劃，鏡片可透過調整螺，與砲身軸線進行規視歸正，雖然長短刻劃線可提供測距，先決條件為射手必須牢記敵人各式車輛正、側面長、寬，然在戰鬥間，機械式射控時代，射手無法兼顧測距工作，因為他的首要工作，觀測彈著，完成戰鬥瞄準，進行下一發射擊，交戰中每延遲 1 秒，被敵人擊中的機會增加 20%，因此車長手持望遠鏡，成為測距必備工具，如果看過電影怒火特攻隊(Fury)美、德軍戰車車長都以手持望遠鏡實施目標搜索與距離

¹¹生製中心 401 廠編，(台灣台中)，67 式望遠鏡使用手冊，(台中市，操作手冊彙編，1979 年)，頁 11-15。

測量，雖然這項裝備以經歷 80 餘年，但仍舊是戰車車長的基本配備，不管你的戰車有多先進，如同管狀鏡一樣，為最後發揚戰車砲火力的工具，望遠鏡如何測距，首先要瞭解垂直與水平十字刻劃線代表的測距功能，以下以 67 式純光學望遠鏡(如圖 4 及-1)作說明。

一、水平分劃：(間隔—寬度)

以垂直分劃線為中心，左 8 個刻劃，右 3 個刻劃，水平刻劃間隔均為 10 密位，垂直短刻劃為 5 密位，可測 110 密位。

二、垂直分劃：(距離—長度)

由下至上共有近(20X5，100 密位)、中(15X5，75 密位)、遠(10X5，50 密位)及 5 密位，四段，3(12)條長(短)水平刻劃為 10(5)密位，垂直刻劃每隔為 20(15、10 及 5 密位)，可測 230 密位。

三、傾斜分劃：(兩點不在同一水平線上)

由十字中心點水平分劃(0 密位)，水平零點(20 密位，兩刻劃)水平 5 點(40 密位，4 刻劃)，傾斜平行刻劃線為 5 密位，可測約 2 度傾斜角。

四、如何測距：

(一)熟記敵裝備尺寸(長、寬、高)，或參考地物高度樓層(3 公尺)、電桿高度(5 公尺)，亦可結合地圖結合等高線，量測高程差，水平如電桿間隔(50 公尺)或利用不等水平兩點以傾斜角換算。

(二)若超出刻劃線範圍，可用記憶末點方式，移動望遠鏡採累加方式計算。

(三)戰車部隊運用是以戰車砲有效射程 1,200 公尺 $\pm$ 50%(600-1,200 公尺)為測距範圍，以裝備(敵戰、甲車輛)水平與垂直分劃為主。

(四)計算公式：基礎：(1,000 公尺，1 密位=1 公尺，計算公式：原已知水平(垂直)密位數 X1,000/測量密位數)

1.水平測距：(如圖 5)

某處有高壓電塔設置(間隔為 100 公尺，100 密位寬)，車長以望遠鏡水平分劃測得為 65 密位； $100 \times 1000 / 65 = 1,538$ 公尺

2.垂直測距：(如圖 4-3)

某物經換算在 1,000 公尺長為 3 密位，經車長以望遠鏡測得該目標為 4.5 密位；公式換算 $3 \times 1,000 / 4.5 = 667$ 公尺

2.傾斜測距：(如圖 4-4)

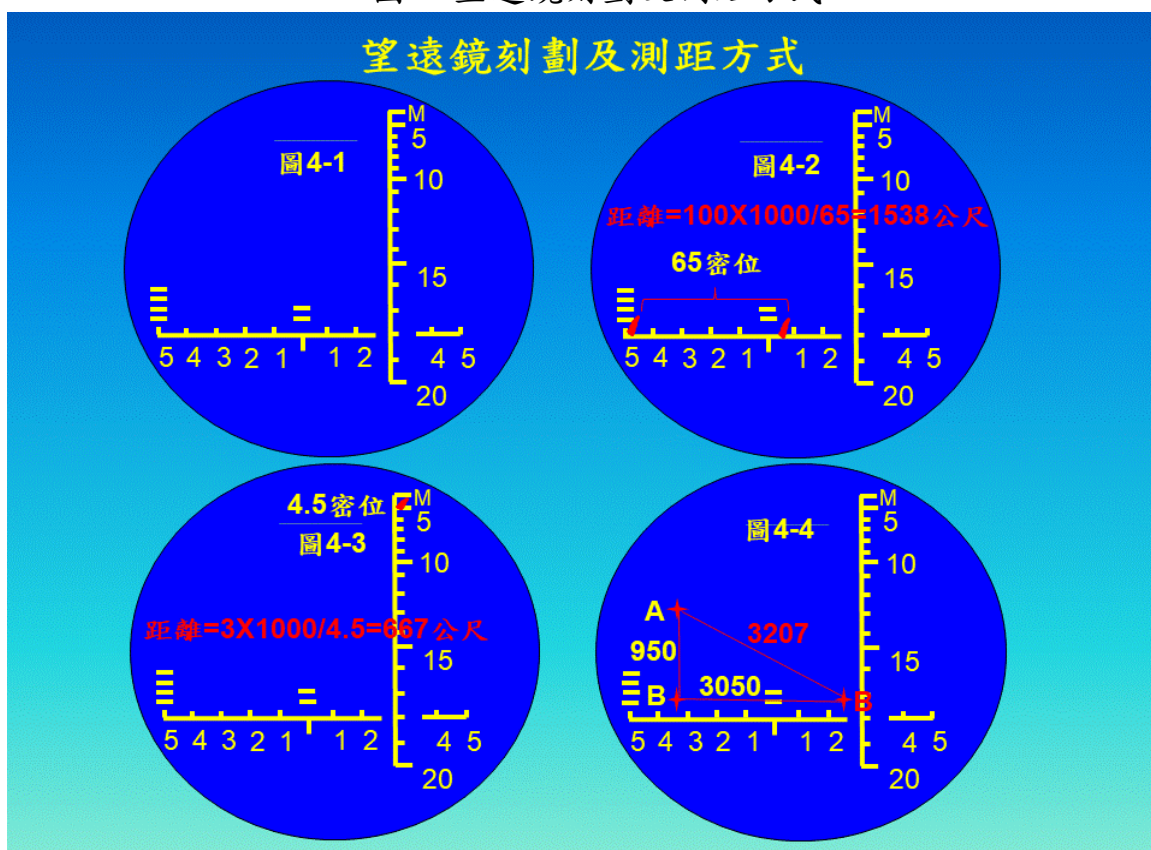
以直角三角形作為計算公式 $AC^2 = AB^2 + BC^2$ ，A 點為一三層樓透天厝(10 公尺高)，經測量後為 2.5.3 密位，B 點、C 點位於同一水平線上，B 點附近有設置通信電桿(間隔為 50 公尺)經測量後 37 密位，C 點附近有一獨棟單層農舍(3.5 公尺)，經測量為 1.8 密位，三點換算，求取 AB 高程差與 AC



斜邊長。

- (1)A 點： $10 \times 1,000 / 3.3 = 4,000$ 公尺
- (2)B 點： $50 \times 1,000 / 16.5 = 3,050$ 公尺
- (3)C 點： $3.5 \times 1,000 / 1.2 = 3,050$ 公尺
- (4)AB 長度： $4,000 - 3,050 = 950$ 公尺
- (5) AC^2 斜邊長 $= 950^2 + 3,050^2 = 3,207$ 公尺

圖 5-望遠鏡刻劃及測距方式



資料來源：筆者整理繪製

五、純光學式望遠鏡用以戰車車長測距產生以下的缺失：

- (一)刻劃線間隔過長，因戰車砲有效射程短，通常於 600-1200 公尺內接戰，而目標投影於望遠鏡密為刻劃甚小，往往使車長判斷不易，有經驗者通常會以十字點作為測距基準。
- (二)直射武器交戰為目視範圍內，雙方反應速度快，以色列戰車軍官的口號是「跟著我前進，打近不打遠，射手記住彈著點，趕緊補上第 2 發」，因此在戰鬥間射手往往會使用彈著投影法來作修正射擊。
- (三)基於前述缺點，車長望遠鏡應改配雷射測距及定向望遠鏡為主。

參、光學測距機

一、光學測距機源起：

光學測距機使用「疊影對焦」方式，以測得目標物距離，初期是裝設在軍艦上，因為測距基線要夠長，才能判定準確距離，1925 年德國 LEICA 相機公司將測距裝置「微型化」裝入相機，使得攝影者減去距離判定困擾，避免像片失焦，而戰車光學測距機一直到二戰後才開始裝設，早期攝影師利用伸縮皮腔(俗稱蛇腹)控制焦距¹²，因操作程序麻煩，且初期底片無法於封閉機匣內，防止曝光，攝影師必須以黑布遮光，且後接物屏幕(毛玻璃)影像為上下左右倒置，攝影師往往必須反覆調整，待完成對焦後，抽掉接物屏幕，插入底片，按下快門，若需補光還得使用危險的鎂粉燈，相信這個畫面在許多電影情節中出現(如圖 6)。

圖 6-傳統與現代大型相機圖



資料來源：Crative Large Format Basics And Applications(翻拍時間：110.12.22)

當鏡頭對焦環與觀目鏡與對焦鏡連動之後，攝影師可以藉由觀景窗觀察「疊影對焦」狀況，慢慢轉動對焦環，使兩個影像重疊，這個程序又稱為「合焦」此時對焦環會顯示距離刻劃，此種測距聯動相機又稱為 RF 機(Range Finer)，

¹²Urs.Tillmansics：《 Crative Large Format Basics And Applications》，(台北市，祿來科技股份有限公司，1993 年 11 月)，頁 74-76。



因鏡頭大小最大測距距離由 10-160 公尺不等¹³，因為接下來就是無限遠(∞)。以小型的 135 底片機最負盛名的為萊卡(LEICA)M 系列相機(如圖 7)，由於測距構造精細，只要不受潮，或遭外力破壞幾乎可以用一輩子，甚至可當傳家寶。

圖 7-萊卡(LEICA)M6-測距聯動相機



資料來源：編譯員王劍青先生提供

二、光學測距機軍事用途

(一)海軍用途：

因此在光學測距機運用於軍事用途前，20 世紀初期的日、俄對馬海峽之役，艦砲射擊距離採用大型「射程鐘」(如圖 8)，¹⁴由測量軍官下達，以時鐘方式標示 1-10，每 1 數字代表 1000 公尺，指揮艦砲裝藥射擊，第二次世界大戰前後設計的軍艦會在桅頂裝設一個測量基線約 10 公尺的光學測距機(如圖 9)，但受地球表面曲度影響，最遠測距約在 40 公里內(這個距離只有 16 英吋砲才能打的到)，若以光學器材製造水準，當時德國是個中翹楚，因此在 1941 年 5 月 24 日德國戰艦「俾斯麥」號與英國戰鬥巡洋艦「胡德」號於丹麥海峽展開主力艦對決，德國配備較佳、準確的光學測距機，以 15 英吋艦砲在首波 8 門齊射狀況下，擊沉英國胡德戰鬥巡洋艦，並擊傷另一艘英艦「威爾斯親王

¹³ Brian Bower：《The Leica Lens book》，(出版資料不詳)，P-27。

¹⁴ 小毛研究所，〈射擊距離鐘〉，2019 年 3 月 7 日，<https://www.zhualan.zhihu.com>，(2022 年 3 月 1 日)。

號」，但自己也遭英國艦砲與魚雷命中，使其方向舵故障，雖然最終俾斯麥號還是遭英國劍魚式魚雷機擊沉(有趣的是德艦上配備的雷達導引防空砲，是以颶風及噴火式快速戰機為對象而設計，當雙翼魚雷機以不到 100 海浬時速攻擊，防空系統竟然打不到)，結束其短暫海上戎馬生涯。

圖 8-海軍射程鐘

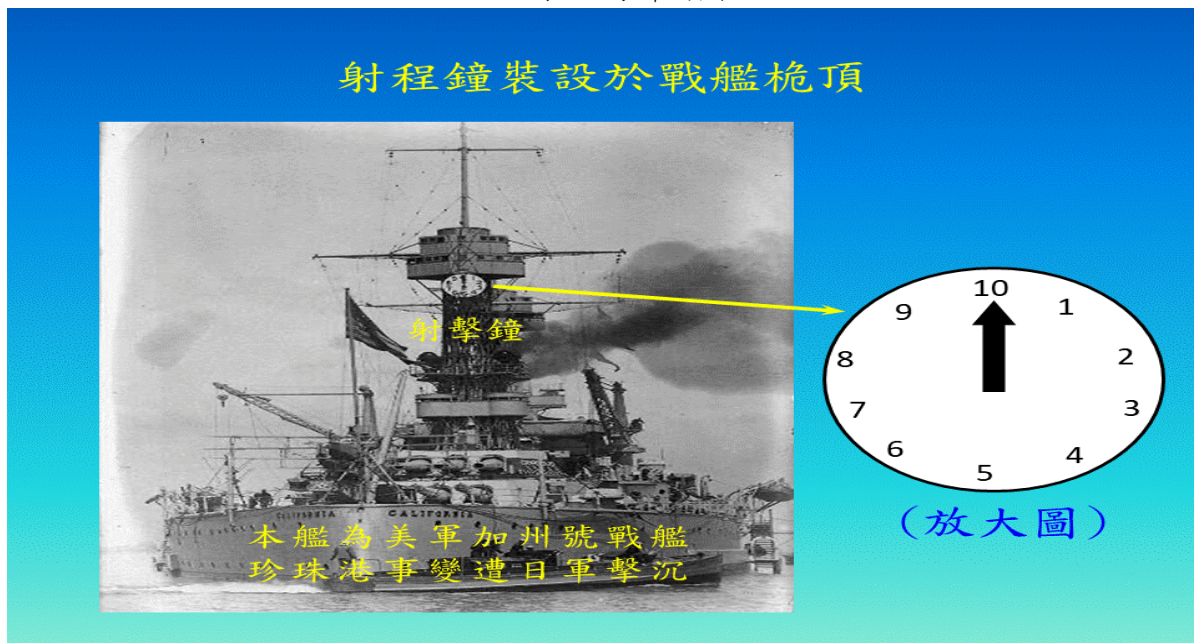
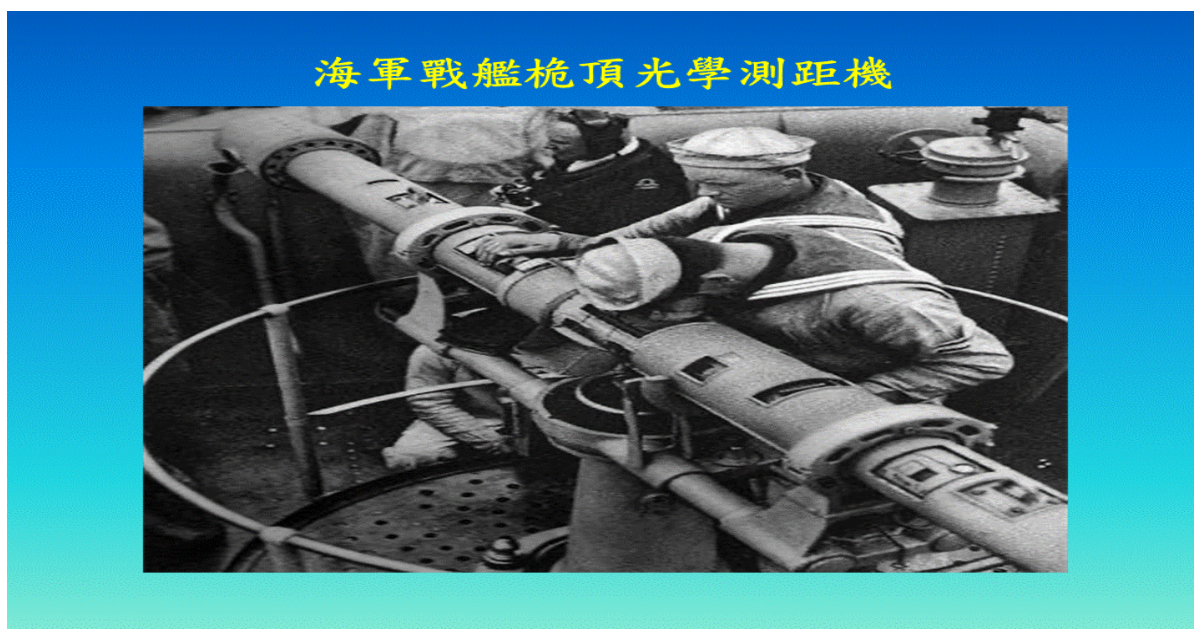


圖 9-海軍戰艦桅頂光學測距機



資料來源：<http://www.iasve.com>junshi>，(檢索時間 110.12.22)

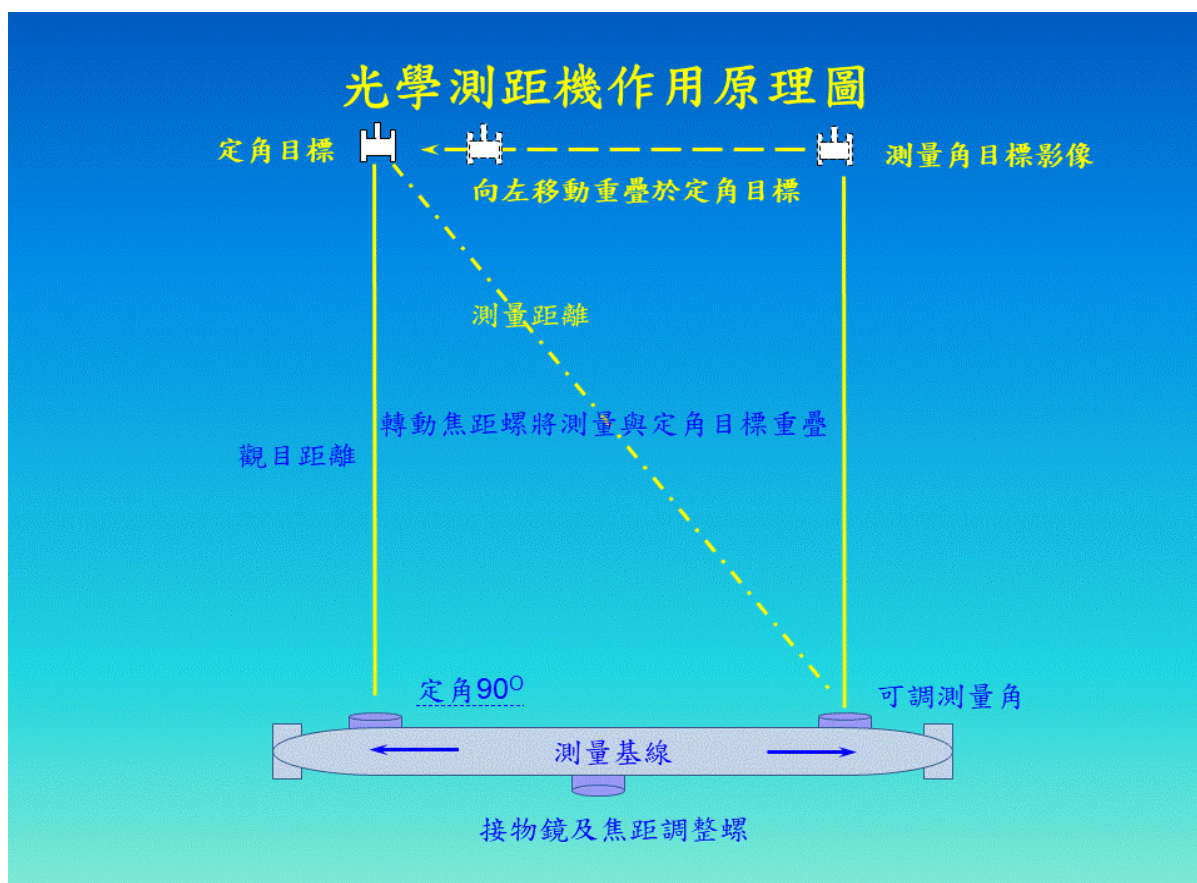
(二)陸軍用途

前面提及測距聯動相機到軍艦上光學測距機其實作用原理是相同的



「疊影對焦」(Coincidence Rangefinder) (如圖 10)¹⁵，第二次世界大戰各國戰車仍以直管鏡為主要瞄準具，少部分裝上潛望瞄準具，因此當時射手為將就最佳接目位置，身體常需扭曲讓眼睛目視對準目標，但關乎命中的首要因素-距離判定就交給車長，新世代主力戰車在射擊口令因裝上雷射測距機就不會下達距離，二戰結束後，各國主力戰車將軍艦光學測距機，縮小化裝入砲塔室有限空間。

圖 10-光學測距機作用原理圖



資料來源：筆者製作繪製(網址：[Http://www.read01.com](http://www.read01.com))，檢索時間：110 年 12 月 21 日

三、M60A1 戰車光學瞄準具組成¹⁶

(一)M17C 光學測距機(組成參考圖 1)

1.重要諸元性能：

- (1)有效測距：500-4,400 公尺(精度為 $\pm 15-25$ 公尺)。
- (2)放大倍率：10 倍，相當於 500mm 望遠鏡頭。
- (3)觀景範圍： 4° (80 密位-1200 公尺搜索範圍橫寬 960 公尺)

2.射控鏈結系統：

¹⁵<合像式測距儀>，2017 年 7 月 21 日，中文百科，[Http://www.newton.com.tw](http://www.newton.com.tw)>wiki，(2022 年 3 月 1 日)。

¹⁶<M17C 合像式測距儀>，2015 年 5 月 7 日，百科知識，[Http://www.esayatm.com.tw](http://www.esayatm.com.tw)>wiki，(2021 年 12 月 21 日)。

- (1)M13A1D 機械計算機。
- (2)M32 車長瞄準鏡
- (3)重裝按鈕。
- (4)彈種選擇片。
- (5)彈道補償驅動器。

戰車有了精確判定距離的利器，戰車車長不再以目視，而以測距機結合連動裝置，形成光學與機械式射控的雛形，然而這一套設備，在日後光電與積體電路技術成熟後，於 70 年代末逐漸被數位化與雷射測距系統取代。

(二)光學測距機實戰運用

1. 第 2 次印巴戰爭：¹⁷

這次戰爭爭端還是領土主權之爭，1948 年印度與巴基斯坦分治之後，巴基斯坦分為東(現巴基斯坦)西(現孟加拉)兩部分，中間隔著印度，直到第 3 次戰爭後西巴基斯坦獨立建國為孟加拉，1965 年 4-9 月的第 2 次戰爭雙方均使用美製 M48 戰車，印巴戰車數量約為 1：2，但雙方互不承認戰敗，在聯合國強力斡旋下，雙方停火，一切又回到原點，但戰車戰損數印巴為 1：3，為何同樣裝備在不同國家使用產生如此落差，肇因為巴方沒有完成光學測距機的操作訓練，導致射擊命中率偏低，另一方面印方裝有光學測距機的 M48 戰車數量雖較少，但他會以部分 M48 帶領沒有測距裝置舊式戰車，由 M48 完成測距，以無線電指揮偕同其他戰車採交叉與集火射擊，所以戰果較為豐碩。證明訓練是戰力之泉源，戰勝之憑藉。

2. 第 4 次以阿戰爭：¹⁸

經過 1967 年的「六日戰爭」，以色列向北控制以敘邊境戰略要點「戈蘭高地」，向南控領西奈半島，向西佔領約旦河西岸並「收復」耶路撒冷舊城區，抵達大衛王聖殿遺跡「哭牆」，1973 年戰事再起(贖罪日戰爭)，在猶太教的齋戒月(10 月)6 至 26 日由阿盟分由南北兩路，取外線向以色列向以色列發起攻擊，初期以色列人因受齋戒月影響，戰備與動員不及，遭蒙極大損失，但在這裡還是談戰車，此役以阿戰車數量約為 1：3，主力戰車，以軍為百夫長與 M60A1，阿盟為 T54、T55，敘利亞配備更先進 T62(裝配 115mm 滑膛砲)堪稱當時火力最強戰車，但戰車部隊作戰，南線西奈半島以軍陷入苦戰，大量的俄製 AT-3 反戰車飛彈與高密度防空

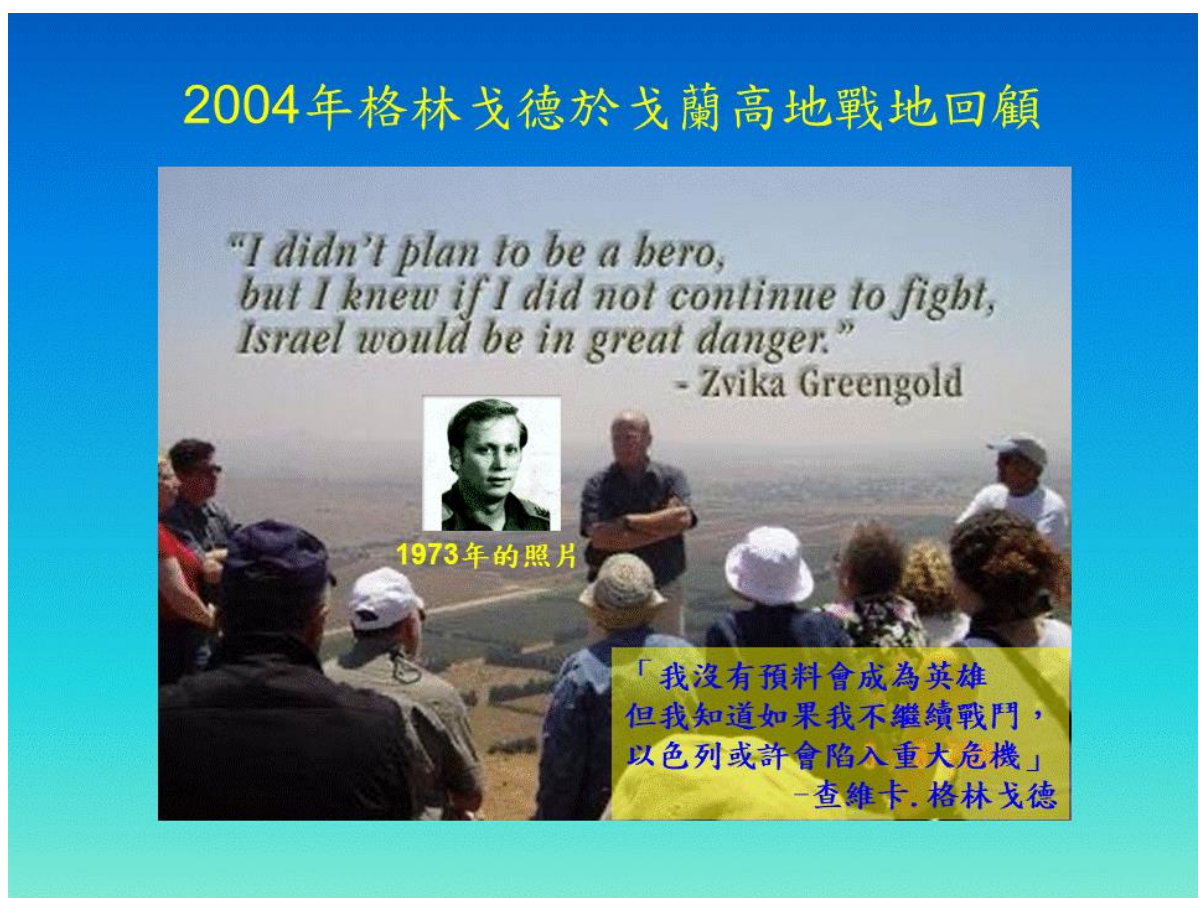
¹⁷Yugoslavia：<第 2 次印巴戰爭>，2021 年 6 月 2 日，[Http://www.zh.M.wikipedia.org](http://www.zh.M.wikipedia.org)>zh-tw，(2021 年 12 月 21 日)。

¹⁸InternetArchiveBot：<第 4 次以阿戰爭>，2022 年 2 月 11 日，[Http://www.zh.M.wikipedia.org](http://www.zh.M.wikipedia.org)>zh-tw，(2022 年 3 月 1 日)。



網建立，讓以軍戰損嚴重，北線以軍 2 個裝甲旅在作戰前 2 日幾乎全戰損，因為面對 1：9 的絕對劣勢，以色列啟動動員後備裝甲部隊，逐次增援北方戰線，此役在 Nafah 重要據點，動員剛報到的 Zvika Greengold 中尉(如圖 11)，僅靠 1(2)輛百夫長(Centurion)戰車及乘員，在後續 20 餘小時內，利用機動、欺敵與奇襲，擊毀數十輛敘利亞戰車，阻止敘軍突入，直到以軍第 7 裝甲旅抵達才穩定北方戰線，這是 M60A1 (光學測距機)及百夫長(觀測槍¹⁹)戰車參與的作戰，戰後以阿戰車戰損為 1：3，但以軍戰損多為開戰第 1 周內，後續憑藉可恃後備戰力與迅速戰場適應力，再度擊敗阿盟聯軍。

圖 10-2004 年格林戈德於戈蘭高地戰地回顧



資料來源：Zvika Greengold，<http://www.badassofthweek.com>，檢索時間：110 年 10 月 22 日

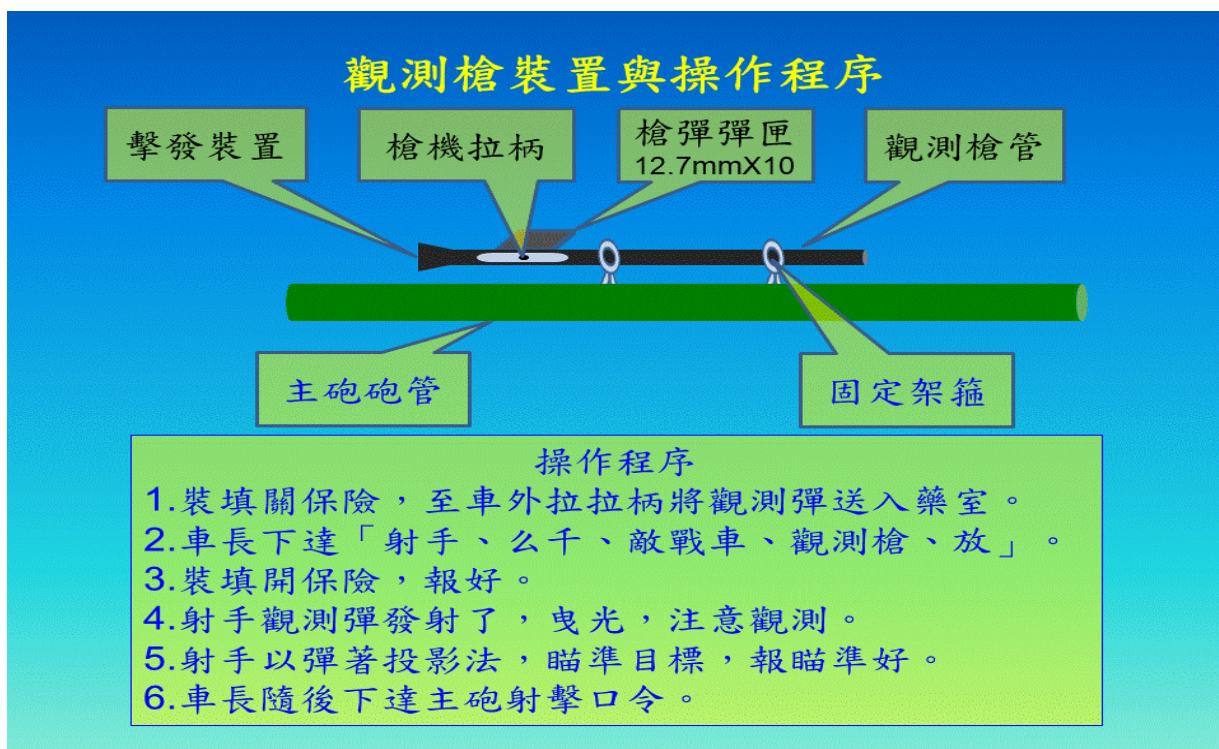
伍、觀測槍

觀測槍(Spotting Rifle，以下簡稱,S.R-如圖 12)，在陸用通常裝設於無後座力砲及戰車砲上方與砲身成水平，以垂直箍架固定於砲身軸線正中央，戰鬥間可用觀測槍先射擊目標，射手觀測到彈著立即以彈著影投

¹⁹國家教育研究所雙語詞彙編，〈觀測槍(Spotting Rifle)〉-以彈著為主要武器指示目標，2010 年 10 月 7 日，<https://www.terms.near.edu.tw>>detail，(110 年 12 月 22 日)。

影法，實施戰鬥瞄準，平時亦可取代主要武器，利用縮射靶場，實施模擬實彈次口徑射擊，可稱得上是物超所值，在西方國家使用觀測槍子彈為北約-12.7X99mm,曳光彈(NATO-12.7X99mm Trace)²⁰，百夫長戰車使用這一種簡單觀測指示裝備，為射手判定敵戰車距離，首發命中率提升，因採曳光彈設計，彈著位置更加明顯，有助於後續修正射擊。

圖 12-觀測槍與操作程序



資料來源：筆者製作繪製

陸、雷射測距機

隨著光電技術的發展，測距改為回波方式測定距離，誤差由 10 公尺可以進步到 1 公尺內，雷射測距機與數位彈道計算機同步，使得射擊速度與精度提升甚多，雷射(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.LASER)的起源於光電效應(Photo-electric Effect)²¹，當物資吸收電磁輻射(如 X-ray 或可見光)放射電子的效應，放射的電子稱為光電子，光電子會在原子運行高低軌道來回震盪，每一次震盪激發其他電子，經連續觸發產生指向、聚光及單色性雷射光(吸收電磁輻射的光電子)經過介質與放大器將能量累積，產生不同波常與用途的雷射光，高能甚至是可在太空環境下運用，如科幻電影使用的雷射槍，可作

²⁰Google 藝術與文化編，〈NATO 12.7X99mm BMG〉，觀測槍標準彈藥，2010 年 3 月 7 日，<https://artandculture.com>>(2021 年 12 月 22 日)。

²¹蔡宗賢：〈光電效應-科學 Online〉，2009 年 5 月 17 日，<http://higrscope.ch.ntu.edu.tw>，(2021 年 12 月 22 日)。



為材料無切痕及殘渣的精密切割，近來新興的醫療美容，雷射可於除斑甚至做視網膜矯正手術，運用非常廣，軍事用途主要作為目標標定、乘波導引、通信系統、偵測系統及距離測量(含定位、定向等)，未來國軍若大量使用雷射系統，相對於頻譜與編碼管理應預做準備，與可見光的差異比較(如表 3)。

表 3-雷射光與可見光比較表

特性 \ 區分	可見光	雷射光
指向性	散射(如電燈)	聚光
色彩性	多彩(波長不一)	單色(波長一致)
同調性 (Coherence)	相位不等(震幅不一)	相位相同(震幅一致)

資料來源：雷射原理，網址：[Http://www.keyence.com.tw](http://www.keyence.com.tw)，檢索時間：110 年 12 月 22 日。

一、雷射光的震盪原理：(具備聚光、單色、同相位高能光束)

(一)激發

光由外界射入，原子中的電子會吸收光，能量由基態進入高能狀態，由平時軌道轉移至外側軌道。

(二)自行放射

受激發的電子，會想回到穩定軌道釋放能量，會反復釋放相同能量的光。

(三)激發放射

因(二)效應反覆執行，瞬間會將釋放光集中

(四)居量反轉狀態

此時必須持續激發放射讓雷射光震盪，使高能電子密度>低能電子密度(釋放光>吸收光)，才能產生雷射光

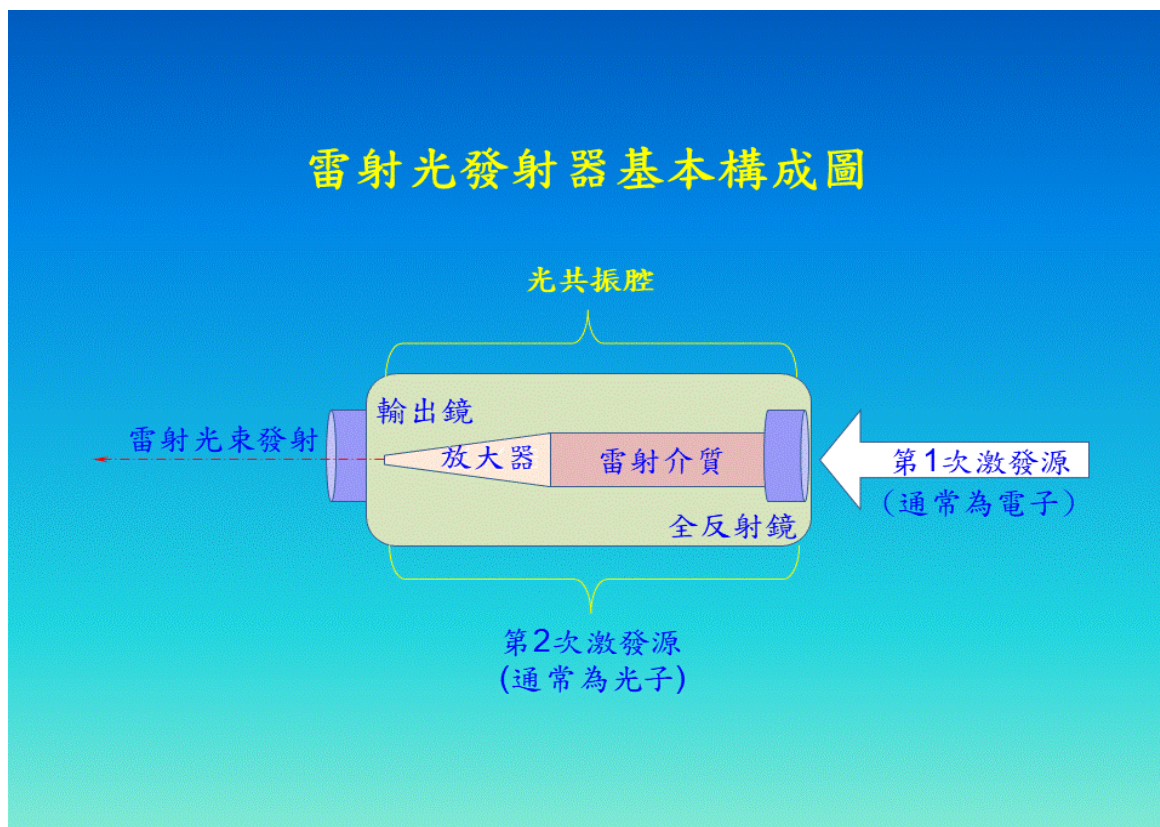
(五)雷射震盪

如同彈藥堆連鎖爆炸，當引爆其中一顆，會瞬間使其他彈藥一起爆炸，雷射震盪如同此原理，但不同的是爆炸是能量的釋放，而震盪是將光電子能量累積成為光束。

(六)上述的程序看似複雜，但會以瞬間內完成，因此一個雷射光產生，必須有下列三者組成，雷射介質(區分液態、氣態及固態)、激發源及放大器，才能使雷射光發射，基本構成(如圖 13)，可見與不可見光雷射，已經廣泛運用於生活之上，例如用來替代教鞭的指示器，裝潢師傅替代墨線與水平尺，施工全程可以用環控、立體框架雷射光束標示，保證施工完畢不會歪斜，近年來台灣交通建設為克服多山地特性，開鑿長隧道也使用雷射標定，在兩邊以潛盾機同時開鑿，打通會合時兩邊誤差可控制在±10 公分內，這項

便利性的工具，也讓大地測量人員，減少於烈日下辛苦地逐點、連線及擴面的傳統測地，攜帶雷射測距機與經緯儀，減輕人力負荷，更重要的是精度大幅提升。

圖 13-雷射光發射器基本構成圖



資料來源：筆者製作繪製

二、雷射測距機

(一)作用原理：

利用雷射光束對目標進行距離精確測量，測距儀會發射極細光束(通常為不可見光)，當光束擊中被測目標時，產生反射雷射光，由測距儀光電元件，接收反射光，再將雷射光束往返時間²²(光速=3 億公尺/秒)交由計時器換算觀目距離，因此有使用雷射測距機經驗者，會發現按下雷射/前置按鈕到顯示距離與完成彈道補償的作動時間幾乎是在「零秒」內完成。

(二)雷射介質：

適用於測距使用(一般結合光學器材如望遠鏡、戰車觀瞄鏡)為固態雷射，其他液、氣態各有工業、半導體製造、高能切割、精準控制及醫療用途，測距用主要介質(如表 4)，因為介質的選用，可避免雷射聚光與瞬發高能傷及

²²王尊信/洪連輝合編：〈光速,Speed Of Light〉，2011 年 1 月 3 日，<https://highscope.ch.ntu.edu.tw>，(2021 年 12 月 23 日)。



動物視網膜，1960 年初問世的雷射測距機，即採用紅寶石作為介質，而 M60A3 也以不能連續脈衝(發射)的紅寶石雷射測距機，替換 M17-C 光學測距機，初期在未告知紅寶石雷射危險性，時有發生誤傷友軍眼睛情形，輕則紅腫，重則可能導致失明。

表 4-測距用固態雷射介質表

名稱	波長	連續脈衝(發射)	用途
紅寶石	0.649 微米	無	醫美(M60A3 測距機)
鈦釔鋁石榴石 (Nd : YAG)	1.06 微米	有	CM11 測距機
鉕釔鋁石榴石 (Er : YAG)	2.936 微米	有	醫療/軍事?

資料來源：雷射原理，網址：[Http://www.keyence.com.tw](http://www.keyence.com.tw)，檢索時間：110 年 12 月 22 日

雷射測距機現在一般市售民用系統，功能日趨完備，甚至比軍規系統功能更為強大，本裝置是戰車射控系統的一部分，必須鏈結彈道計算機—輸出裝置—耦合連動裝置及伺服馬達以迅速完成彈道補償，進行快速、精準射擊，以未來獲得之新式戰車而言，其完備射控系統，將比現有戰車發揮更為強大且精準打擊力，得力因素在於自動化程度提升。

傳統測距技能，透過訓練可作為輔助或應急使用，現代測距因光電器材朝「微型化」與「提升演算法效率」方向邁進，光電式測距儀是戰車感測器之一，隨彈道計算機的速度增快，未來 M1A2T 戰車配備第四世代雷射測距機與計算機使戰車接戰速度與精度大幅提升，這些需求亦納入本軍新式戰車性能需求，併工程發展裝配於新式裝備之上。

結語

已故史學家黃仁宇教授的名言「正確數字是管理的基礎」，人類為求正確時間發明了鐘錶，由機械到電子甚至到今日是數位智慧錶，以前不知山有多高，海有多深，都以「高深莫測」一語帶過，為了解決到底有多遠，測距由人眼利用三角函數計算，進步到以光學望遠鏡測量，到相機發明後以對焦方式使用光學測距機，之後也有使用次口徑的觀測槍，到今日使用雷射測距機，結合數位化射控系統，使繁瑣的射擊程序，簡化到握住掌形開關，按下按鈕即可發射戰車砲，雖然不若飛彈般可以追蹤鎖定，但高速穿甲彈彌補這個缺點，使敵人於 1 秒內即遭攻擊，科技雖然進步，但是在這些科技裝備失效時，仍要運用傳統簡易可行方式繼續指揮戰車作戰，這也就是要練基本體能與兵科基礎訓練之所在，就是在任何狀況下都要發揮戰鬥兩大要素「射擊」、「運動」聯繫，殲滅戰勝敵人，以確保任務之達成。

參考文獻

一、中文部分

- [1]、喬治.佛提著、譚天譯。《現代騎士-戰車指揮官》。(台北市：麥田出版社，民國 83 年 8 月)。
- [2]、作者不詳。《俾斯麥號戰紀》。(台北市：星光文化，民國 84 年 5 月)。
- [3]、李思平。《戰車部署》。(尖端科技軍事雜誌社-392，初版。民 107 年 9 月)。
- [4]、李思平/黃竣民合著。《戰車部署 II020》。(尖端科技軍事雜誌社-393，初版。民 109 年 1 月)。
- [5]、生製中心 401 廠編。67 式望遠鏡使用手冊。(台中市，操作手冊彙編，1979 年)。
- [6]、小林源文著。許嘉祥譯。《魏特曼戰紀 1943-新編》。(台北市。蒼壁出版有限公司。110 年 1 月)。

二、英文部分

- [1]、Urs.Tillmansics。《Crative Large Format Basics And Applications》。(台北市，祿來科技股份有限公司，82 年 11 月)。
- [2]、Brian Bower。《The Leica Lens book》。(出版資料不詳)。

三、網際網路

- [1]、王向前。<弓箭手由誰下令放箭>。2021 年 05 月 30 日。
<https://www.Tanggen.cn>a-lishi>。
- [2]、蕭錦鎮。<古代弓箭可以射多遠>。2015 年 03 月 30 日。
<http://www.zhihu.com.tw>question>。
- [3]、渡人渡己渡長生。<銃尺是甚麼>。2007 年 7 月 27 日。
<http://www.zhidaobaidu.com.tw>question>。
- [4]、<目測距離法>。華人百科。，2010 年 2 月 21 日。
<http://www.itsfun.com.tw>wiki-88...>。
- [5]、數位蘋果網。<何謂景深>。2005 年 6 月 22 日。<http://www.fuji.com.tw>shownews>。
- [6]、小毛研究所。<射擊距離鐘>。2019 年 3 月 7 日。
<https://www.zhualan.zhihu.com>。
- [7]、<M17C 合像式測距儀>。2015 年 5 月 7 日。百科知識，<http://www.esayatm.com.tw>wiki>。
- [8]、Yugoslavia。<第 2 次印巴戰爭>。2021 年 6 月 2 日。
<http://www.zh.M.wikipedia.org>zh-tw>。



- [9]、InternetArchiveBot。〈第 4 次以阿戰爭〉。2022 年 2 月 11 日。
[Http://www.zh.M.wikipedia.org](http://www.zh.M.wikipedia.org)>zh-tw。
- [10]、國家教育研究所雙語詞彙編。〈觀測槍(Spotting Rifle)〉。2010 年 10 月 7 日，[Https://www.terms.near.edu.tw](https://www.terms.near.edu.tw)>detial。
- [11]、Google 藝術與文化編。〈NATO 12.7X99mm BMG〉。2010 年 3 月 7 日。
[Https://artandculture.com](https://artandculture.com)>。
- [12]、蔡宗賢。〈光電效應-科學 Online〉。2009 年 5 月 17 日。
[Http://higrscope.ch.ntu.edu.tw](http://higrscope.ch.ntu.edu.tw)。
- [13]、王尊信/洪連輝合編。〈光速,Speed Of Light〉。2011 年 1 月 3 日。
[Https://highscope.ch.ntu.edu.tw](https://highscope.ch.ntu.edu.tw)>。

筆者簡介



姓名：傅群

級職：中校副主任

學歷：陸軍官校89年班專21期、裝甲兵正規班98年班112期。

經歷：營長、編裝官、作參官、訓參官、現任裝訓部作發室副主任。

電子信箱：軍網：army108008707@army.mil.tw

民網：chunfu78@gmail.com