

雷射運用於戰車實距離戰鬥射擊訓練之研究

摘要：

- 一、戰車實距離戰鬥射擊訓練之基本要求：(一)須能訓練戰車乘員使用全車武器，接戰不同距離的多重目標(連續或同時)。(二)訓練課程及器具使用須能滿足戰車乘員對戰車射控操作與實彈射擊仿真度的要求。(三)射擊訓練須能符合訓練安全要求。(四)射擊訓練方式須能兼顧訓練成效及降低對環境所造成之影響。
- 二、雷射運用於戰車實距離射擊訓練時須面臨的課題：雷射安全、雷射遠距離射擊之衰減及擴散、雷射射角補償(修正)、前置量提取、射彈觀測。
- 三、雷射運用於戰車實距離射擊訓練之效益：(一)訓練成效上：可滿足戰車射擊各訓練課目。(二)經濟上：可大幅降低油料及彈藥經費。(三)安全上：可消除因實彈射擊產生的危安事件，而新增的雷射傷害目前也已經能夠有效防護。(四)環境影響上：將減低因實彈射擊所產生之噪音、爆震、污染(空氣、土地、海洋)及引起訓場失火等環境危害。
- 四、未來展望：(一)車裝各式武器整合運用，使雷射射擊訓練系統適用於戰車各項戰鬥射擊訓練。(二)附加設備研發，使系統仿真程度增加(音響、震動、彈著顯示及目標爆炸效果等)(三)自動評分及戰車乘員射擊訓練監控系統，協助部隊更有效率的執行戰車射擊訓練。

關鍵詞：訓練安全、射擊噪音、雷射射擊訓練器、戰車實距離戰鬥射擊、射擊訓練、無線網路、彈道補償、反差器、訓練監控系統

壹、前言

中華民國○○年○○月○○日
星期○，○○日報報導，陸軍○單位於○○月○○日至○○靶場實施戰車砲射擊時，因射擊時所產生「噪音」及「爆震」，影響靶場附近○○社區居民生活，…。相關部會於○○月○○日至現地會勘，以尋求最佳解決方案。

這是一篇有關因戰車實彈射擊而造成環境衝擊的新聞片段，相似的訊息近年來不斷的出現在各大媒體報導中，戰車射擊訓練危安防處

及環境影響評估現在已經成為「戰車實距離射擊訓練」不得不重新檢視的課題。

雷射(LASER; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)自西元 1960 年美國加利福尼亞州休斯實驗室的科學家梅曼首次獲得以來，雷射的運用便快速的散佈於各個領域，十五年前(西元 1996 年)我國裝甲兵學校就已經嘗試使用雷射器材來實施戰車射擊訓練，用以減少訓練經費、降低訓練危安及增加訓練成效，之後在電腦

科技飛速進步而日漸成熟的訓練模擬器強力競爭下，發展緩慢的戰車雷射射擊訓練器卻隨之逐漸退出主流，但這十幾年間(西元 1996-2011)，國內仍有數款戰車射擊雷射訓練器材被研發運用，再再顯示雷射訓練器必有其不可取代的優勢。

今日部隊訓練往往遭遇訓練場地狹小(用地取得困難)及訓練經費有限的難題，執行戰車實距離射擊訓練實是困難重重，若我們能重新檢視雷射的各項特性¹(準直性、單色性及能量密度高)，及其安全性高、使用費用低的優點，並配合先進的電腦控制技術，或能為逐漸萎縮的戰車實距離射擊訓練開拓出一條不同的道路。

貳、本文

一、戰車射擊訓練中雷射器材運用的現況：

(一)戰車單車雷射射擊訓練器：戰車單車雷射射擊訓練器於西元 1996 至 2005 年期間共發展了三代，第三代命名為「戰車雷射輔助射擊設備」的射擊訓練器，目前於裝甲兵學校執行射擊訓練時仍在使用的。

1. 第一代：

(1)裝備介紹：研發於西元 1996 年，裝備組成包含：

A.雷射發射器：主砲、同軸及車長機槍雷射發射器各一具。(圖一)(圖二)



圖一：主砲雷射發射(作者拍攝)



圖二：同軸及車長機槍雷射發射(作者拍攝)

B.電源盒：主砲、同軸及車長機槍雷射發射器電源盒各一具。(圖三)



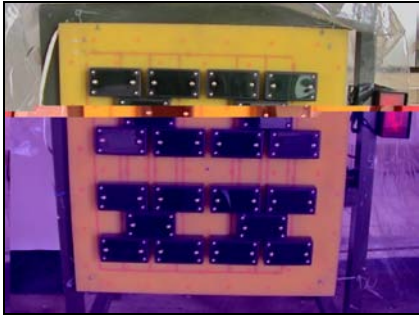
圖三：主砲、同軸及車長機槍雷射發射器電源盒(作者拍攝)

C.接收器：1000 公尺、400 公尺接收器及 150 公尺接收器各一具。(圖四)(圖五)(圖六)



圖四：1000 公尺接收器(作者拍攝)

¹ 資料來源：谷腰欣思，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司，頁 43



圖五:400 公尺接收器(作者拍攝)



圖六:150 公尺接收器(作者拍攝)

D.附件:

- (A)藍、紅、黃閃光燈(設置於接收器旁)三組(圖七)
- (B)解碼控制盒(設置於戰車上)一具(圖八)
- (C)升降靶機設備(與 150 公尺接收器配合使用)一具(圖九)



圖七:藍、紅、黃閃光燈(作者拍攝)



圖八:解碼控制盒(作者拍攝)

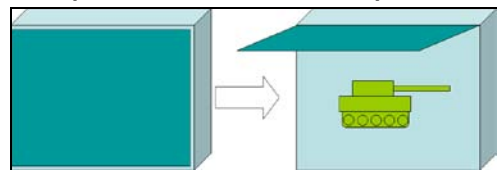


圖九:升降靶機設備(作者拍攝)

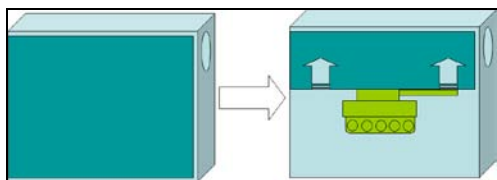
(2)主要性能:使用增設之雷射射擊設備，訓練戰車乘員射擊技能，以節約射擊彈藥、降低裝備損耗、彌補訓練器材及裝備不足，並可不受天候環境的影響，提供一良好指導、監控、糾正之訓練環境。訓練時操作人員可在第一時間內透過接收感應設備及藍、紅、黃閃光燈之閃光，馬上知道是否命中目標。

2.第二及三代:

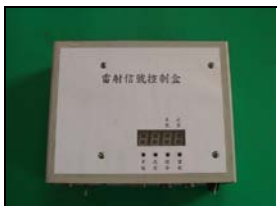
(1)裝備介紹:研發於西元2000-2005年，第二及三代的設計幾乎一脈相傳，兩代的基本設備亦可交互使用，其中第三代雷射射擊訓練器將第二代掀蓋式的感應靶(接收器、目標板)改成滾動式(圖十)(圖十一)，另外就是第三代雷射射擊訓練器增加一組射擊預習訓練時可實施追蹤瞄準練習(橫向靶)的設備，其裝備組成(第三代)包含主砲雷射發射器等共18項20件(表一)(圖十二至圖二十九)

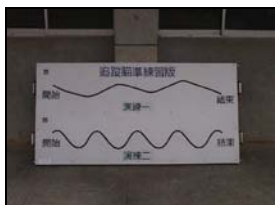


圖十:第二代掀蓋式的感應靶示意圖(作者自繪)



圖十一:第三代滾動式的感應靶
示意圖(作者自繪)

雷射射擊訓練器配賦表 (共 18 項 20 件)			
項次	名稱	數量	圖示
1	主砲雷射發射器(圖十二)	1	
2	發射器電源線(A1)(圖十三)	1	
3	雷射電源控制盒(圖十四)	1	
4	雷射電源線(A2)(圖十五)	1	
5	雷射擊發線(A3)(圖十六)	1	
6	感應靶(圖十七)	1	

7	感應靶電源線(B1)(圖十八)	1	
8	追蹤瞄準練習板上板(圖十九)	1	
9	追蹤瞄準練習板下板(圖二十)	1	
10	練習板框架(圖二十一)	1	
11	控制盒(圖二十二)	1	
12	電源盒(圖二十三)	1	
13	控制盒電源開關(圖二十四)	1	

14	音效喇叭 (圖二十五)	1	
15	電源線 A、B(C1) (圖二十六)	2	
16	練習板 上、下 板連接傳 輸線(C2) (圖二十七)	1	
17	練習板至 控制盒 連接傳輸 線(圖二十八)	1	
18	外接電池 (圖二十九)	2	

表一:第三代戰車雷射射擊訓練器配賦表(作者整理)(圖十二-圖二十九)

(2)主要性能:針對射擊預習課目以雷射設備取代口述方式演練，落實戰車乘員組合訓練，以奠定戰車乘員實彈射擊之良好基礎。故未實施實彈射擊訓練前，必須對射擊預習有關基本項目實施訓練，期能增進實彈射擊之成效。因此研發「雷射射擊訓練器」，將戰車砲管前端(圖

三十)加裝一主砲雷射發射器，以偵測其命中率，藉以判斷學員生是否依照準則要求標準實施，如命中目標則由接收感應設備閃示燈發亮且蜂鳴器聲響作用。



圖三十:主砲雷射發射器架設於60戰車砲口端(作者自攝)

(3)設計考量項目:

- 主砲雷射發射器是否能穩固裝設於主砲砲口前端?
- 接收感應設備是否能產生開關動作?
- 接收感應設備命中後是否能閃光燈發亮且蜂鳴器聲響?
- 雷射追蹤瞄準練習板被命中後是否能驅使警告燈發亮?

(4)研發成果之效益:

- 目前戰車射擊預習課目內容中，相關實作項目，僅針對火砲瞄準訓練、諸元圖射擊訓練及目標獲得訓練等實施空操，並未對目標命中後產生任何警示作用。
- 戰車雷射輔助射擊設備之規劃構想，在於提昇戰車乘員命中率之判定效果，其優點有：
 - 增設雷射射擊設備可節約射擊彈藥、降低裝備損

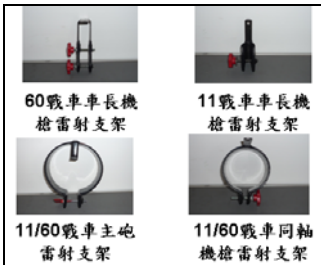
耗、彌補訓練器材及裝備不足，並可不受天候環境的影響，提供一良好指導、監控、糾正之訓練環境。

(B)以往需以實彈射擊課程來判斷乘員命中成果，現在操作人員可在第一時間內透過接收感應設備及雷射追蹤瞄準練習板閃光及聲響，馬上知道是否命中目標，如未命中，則可實施射彈修正。

(二)縮短距離雷射射擊訓練器：

1.裝備介紹:於西元 2010 年底裝甲兵學校研發了一套「縮短距離雷射射擊訓練器」，縮短距離雷射射擊訓練器是以縮小距離比例(縮小比例為 1/50)之固定沙盤設施，模擬戰場環境，運用戰車的射控裝置，並以雷射模擬射擊，主要裝備區分為比例是 1 比 50 的沙盤(18*24 公尺)等 9 項 59 件(組)。(表二)(圖三十一-四十四)

縮短距離雷射射擊訓練器配賦表			
項次	名稱	數量	圖示
1	18*24 公尺沙盤(1 比 50) (圖三十一、三十二)	1	 

2	電腦(含滑鼠、鍵盤、螢幕、機櫃、擴音設備) (圖三十三)	1	
3	目標板 (圖三十四)	25	
4	活動靶機 (空中) (圖三十五)	1	
5	活動靶機 (地面) (圖三十六)	4	
6	固定靶機 (圖三十七)	5	
7	雷射接收器 (圖三十八)	10	
8	雷射(主砲、車長機槍及同軸機槍)發射器組 (圖三十九、四	6	

	十、四十一、四十二)		 11/60戰車雷射控制盒  11/60戰車雷射  11/60戰車雷射電源電纜
9	作答面板組(圖四十三、四十四)	6	 11/60戰車目標識別作答面板  11/60戰車距離判斷作答面板

表二:縮短距離雷射射擊訓練器配賦表(作者整理)

(1)雷射發射模組：採可見光 532nm、30mW 雷射發射器。

雷射發射器安裝於主砲砲口端，雷射啟動(發射)電路連接於戰車擊發線路 113B 線路上，使用直流 24 至 30 伏特電壓，雷射二極體機殼外應設計方形外盒防塵防水及絕緣，不可有正極電源，照射距離室外晝間 200(含)公尺以上。雷射均採連續脈衝。附安裝架(可調整高低及方向)，雷射須能避免接收器日光飽和作用及加入 12 組以上不同編碼。雷射電源盒接收車輛直流電源，可輸入 DC18-36V，輸出 DC5-10V，含 CPU 單晶片編碼 PC 板，並具連接工作燈電源接頭(所有輸入接頭均使用軍用電源線接頭)，與備用啟動開關。雷射發散角小於 0.5 密位(直徑)。每具雷射電源都須能外接 D 型槽，可連接電腦以作修改車輛序碼。

(2)雷射接收模組:沙盤靶座雷射接收模組區分為固定式靶座及活動式靶座二種，靶座安裝於沙盤上，靶架材質採防水、防塵、耐壓設計，靶面採輕材質板，表面印製按比例縮小(1/50)之戰車、戰車靶等圖案。

2.主要性能:以縮小距離比例之固定沙盤設施，模擬戰場環境，教官(助教、測驗官)使用中控電腦下達訓練課目(圖四十五)，運用戰車的射控裝置，並以雷射模擬射擊，訓練戰車乘員正確追蹤瞄準、目標搜索與獲得、距離判斷及射擊

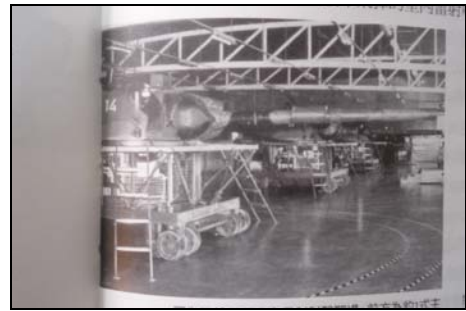
與指揮等能力，增強教育效果。



圖四十五:課程監控螢幕(作者自攝)

(三)國外將雷射運用於戰車射擊訓練的案例:

1. 「挪威陸軍戰鬥機動訓練中心」，位於奧斯陸北方 140 公里處的瑞納營區(Camp R ena)²，豹二式主戰車的砲塔訓練儀，使用紳寶公司的BT4 6 型雙向雷射模擬器系統(圖四十六)，不僅可在每次射擊後立即獲得回饋資料，射手亦可從瞄準鏡看到命中目標的軌跡(藉由可見之雷射光線)和目標被命中時產生之爆炸火光及煙幕(模擬效果)，並藉由對講機產生之音效來提高射擊訓練真實度，同時監控螢幕以圖示與數字顯示指出射擊的精確度，乘員亦可從音效回饋資料獲知來襲砲彈的效果，系統可配合大型戶外靶場實施實距離射擊。芬蘭亦在國內大型靶場中設置同一系統的雷射射擊模擬裝置。



圖四十六:瑞納營區室內雷射射擊靶場(資料來源:P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 233)

2. 瑞士在蘇黎世東南方 75 公里處華倫斯提(Walenstadt)的「瑞士地面部隊訓練中心」³內設置戰鬥訓練中心，運用了瑞士陸軍多種的雷射接戰系統，名為COSIM CAN的雙向戰術接戰模擬裝置可安裝在任何戰車或裝甲車上，從最初指令開始(圖四十七)，戰車乘員的動作與其相對結果(圖四十八)皆能以這套系統進行真實評估。



圖四十七:瑞士直射武器訓練系統狀況下達

(資料來源:P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 238)

² 參考資料:P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 231

³ 參考資料:P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 238

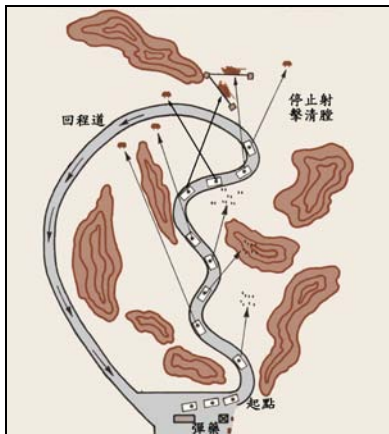


圖四十八:瑞士軍工集團戰術接戰模擬器顯示目標遭敵火命中的情形

(資料來源:P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 240)

二、戰車實距離戰鬥射擊訓練之基本要求:

- (一)須能訓練戰車乘員使用全車武器，接戰不同距離的多重目標(連續或同時)⁴(圖四十九):



圖四十九:全車乘員戰鬥射擊靶場設置範例

(資料來源:國軍準則-陸軍-〇一七-〇一，《戰車射擊教範(下)》，西元 1998 年 12 月 24 日頁 3-29)

- 1.戰車實距離戰鬥射擊訓練在訓練戰車乘員於晝(夜)間使用車上武器，對各種目標射擊之能力。

2.實施要領：(範例)

(1)CM11/12 戰車晝間戰鬥射

擊：

A.戰車砲停止間對活動甲車

射擊：戰車於行進間，教官(助教、測驗官)下達狀況，車長(助教)令駕駛進入射擊陣地(射擊台)，目標出現後，車長(助教)立即下達最初射擊口令，射手使用主要瞄準具對目標追瞄，並壓／放前置測距按鈕，測量距離及提取前置量，車長(助教)判定距離無誤後，立即下達「放」口令，射手隨即射擊一發，第一發應命中目標；若未命中，即以修正法修正，或以重新射擊法射擊第二發，射擊完畢後，車長(助教)下達前進口令，教官(助教、測驗官)解除狀況，戰車退出陣地，開始前進。

B.戰車砲行進間對固定戰車

射擊：戰車於行進間發現目標後，車長(助教)下達最初射擊口令，射手壓／放前置測距按鈕，測量距離及提取前置量，並以主要瞄準具繼續追蹤瞄準目標，車長(助教)判定距離無誤後下達「放！」口令，射手向目標射擊一發，第一發應命中目標；若未命中，射手以修正法修正，或以重新射擊法射擊第二發，射擊完成後車輛繼續前進。

C.同軸機槍行進間對散兵射

擊：戰車於行進間發現目標後，車長(助教)下達最初射擊口令，射手使用白晝鏡(或觀察窗)向目標射擊，須於目

⁴ 參考書籍:國軍準則-陸軍-〇一七-〇一，《戰車射擊教範(下)》，西元 1998 年 12 月 24 日頁 4-147

標識別後 5 秒鐘內開始射擊，20 秒內完成射擊，射擊完成後車輛繼續前進。

D.50 機槍停止間對卡車射擊：

戰車於行進間發現目標後，車長(助教)令駕駛停車，並使用 50 機槍向目標射擊，須於車輛停止後五秒內開始射擊，20 秒內完成射擊，射擊完成後戰車繼續前進。

E.FN 機槍行進間對多人操作

武器射擊：戰車於行進間發現目標後，車長(助教)下達最初射擊口令，裝填手使用 FN 機槍向目標射擊，須於目標識別後 5 秒內開始射擊，20 秒內完成射擊，射擊完成後，車輛駛回原來位置。

(2)CM11/12 戰車夜間戰鬥射擊：

A.戰車砲停止間對固定戰車

射擊：戰車於行進間發現目標後，車長(助教)令駕駛停車，並下達最初射擊口令，射手以熱像鏡向目標瞄準，並壓／放測距鈕測量距離，車長(助教)判定距離無誤後，下達「放」口令，射手向目標射擊一發，第一發應命中目標，如未命中，即以修正法修正，或以重新射擊法射擊第二發，射擊完成後車輛繼續前進。

B.戰車砲行進間對活動戰車

射擊：戰車於行進間，目標出現後，車長(助教)下達最初射擊口令，射手以熱像鏡

追蹤瞄準目標，壓／放前置測距按鈕，測量距離及提取前置量，並繼續追瞄目標，車長(助教)判定距離無誤後，下達「放」口令，射手向目標射擊一發，第一發應命中目標；如未命中，即以修正法修正，或以重新射擊法射擊第二發，射擊完成後車輛繼續前進。

C.M2 式 50 機槍停止間對多

人操作武器射擊：目標先行照明。戰車於行進間發現目標後，車長令駕駛停車，並使用 50 機槍向目標射擊，須於停車後 5 秒內開始射擊，20 秒內完成射擊，射擊完成後，車輛繼續前進。

D.同軸機槍行進間對散兵射

擊：戰車於行進間發現目標後，車長(助教)下達最初射擊口令，射手使用熱像鏡對目標射擊，須於目標識別後 5 秒內開始射擊，20 秒內完成射擊，射擊完成後車輛繼續前進。

E.FN 機槍行進間對散兵射

擊：目標先行照明，戰車於行進間發現目標後，車長(助教)下達最初射擊口令，裝填手使用 FN 機槍向目標射擊，須於目標識別後 5 秒內開始射擊，20 秒內完成射擊，射擊完成後，車輛駛回原來位置。

(二)訓練課程及器具使用須能滿足戰車乘員對戰車射控操作與實彈射擊仿真度的要求：訓

練期間，戰車乘員於戰鬥射擊時對戰車射控操作(追瞄與射擊)之步驟須與實際戰鬥相同。(表三)

戰車乘員於戰鬥射擊時對戰車射控操作(追瞄與射擊)之步驟			
區分	CM11 戰車車長、射手	M60A3 戰車射手	M60A3 戰車車長
固定目標	1.按掌形 2.壓雷射/前置 3.瞄準目標 4.放雷射/前置 5.重新瞄準目標 6.擊發	1.按掌形 2.瞄準目標 3.壓放雷射/前置 4.重新瞄準目標 5.擊發	1.按掌形 2.瞄準目標 3.壓放測距鈕(R/T RANGE 鈕) 4.重新瞄準目標 5.擊發
活動目標	1.按掌形 2.壓雷射/前置 3.瞄準目標 4.穩定追蹤目標 1.5 秒以上，放雷射/前置 5.重新瞄準目標 6.擊發	1.按掌形 2.瞄準目標 3.穩定追蹤目標 1.5 秒以上，壓放雷射/前置 4.重新瞄準目標 5.擊發	1.按掌形 2.瞄準目標 3.壓雷射鈕 4.穩定追蹤目標 1.5 秒以上，壓前置鈕 5.重新瞄準目標 6.擊發 7.放前置鈕

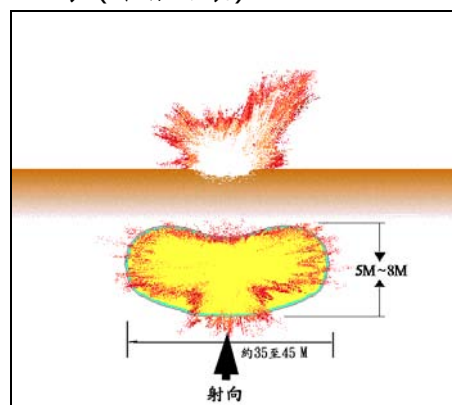
表三:11/60 戰車車長及射手(副車長)戰鬥射擊時對戰車射控操作(追瞄與射擊)之步驟(作者自製)

(三)射擊訓練須能符合訓練安全要求：戰車實彈射擊訓練危安事件層出不窮，依其影響對象概可區分為事故傷人及損壞裝備等二類 7 項(表四)，這些事件發生之後都直接或間接的造成部隊戰力損耗及民眾生活困擾。

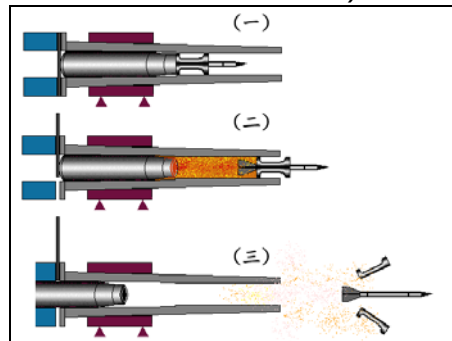
戰車實彈射擊訓練危安項目表		
項次	類別	狀況
1	事故傷人	跳彈、爆炸碎片(圖五十)
2		誤擊

3		脫殼片掉落傷人(圖五十一)
4		膛炸
5		砲口炸
6	損壞裝備	制退機損壞事件
7		砲管損壞(圖五十二)

表四:戰車實彈射擊訓練危安項目表(作者自製)



圖五十:榴彈爆炸碎片散飛形狀
(資料來源:國軍準則-陸軍-○一七-○一,《戰車射擊教範(上)》,既 1998 年 12 月 24 日頁 2-19)



圖五十一:脫殼穿甲彈脫殼片散飛圖(資料來源:國軍準則-陸軍-○一七-○一,《戰車射擊教範(下)》,西元 1998 年 12 月 24 日頁 2-9)



圖五十二:戰車砲管炸裂(作者拍攝)
(四)射擊訓練方式須能兼顧訓練

成效及降低對環境所造成之影響:戰車實彈射擊訓練對環境可能造成之影響包含噪音、爆震、污染(空氣、土地、海洋)及訓場失火等四項(表五)。

戰車射擊對環境影響項目表	
項次	狀 況
1	噪音
2	爆震
3	污染(空氣、土地、海洋)
4	訓場失火

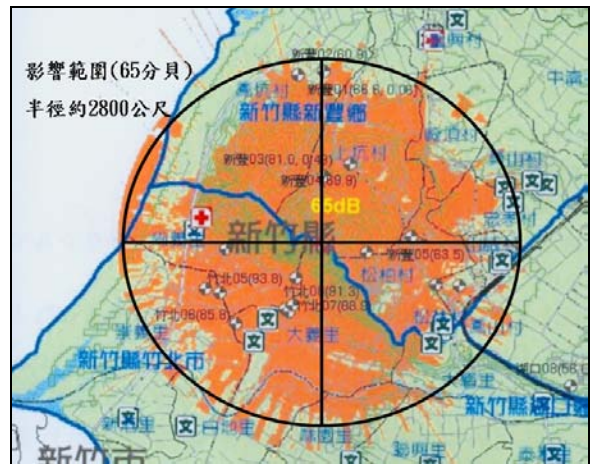
表五:戰車射擊對環境影響項目表
(作者自製)

1.噪音:(以新竹坑子口訓練場戰車砲射擊為例)

- (1)訓場量測戰車砲射擊噪音音量最大可達 128.5 分貝⁵。
- (2)噪音音量達 65 分貝(靶場容許上限)以上區域共 16.73 平方公里(5506 戶)。(表六)(圖五十三)

新竹坑子口訓練場戰車砲射擊噪音(65 分 貝) 影 響 範 圍		
鄉 鎮	面積 (平方公里)	居住戶數 (戶)
竹北市	8.27	1,547
新豐鄉	8.46	3,959
合 計	16.73	5,506

表六:新竹坑子口訓練場戰車砲射擊噪音(65 分貝)影響範圍
(作者整理)



圖五十三:新竹坑子口訓練場火砲

射擊噪音影響範圍圖(本圖摘自臺灣檢驗科技股份有限公司, 99 年度「湖口暨坑子口訓練場火砲射擊噪音監測及影響範圍統計」報告書, 99 年 12 月 21 日, 頁 55)

2.爆震:(以新竹坑子口訓練場戰車砲射擊為例)

- (1)坑子口靶場戰車砲射擊, 戰車前方 1000 公尺處量測, 重力加速度為 3.91 伽爾(Gal; 1 Gal=0.01m/sec²), 震度最大可達震度二(表七)。
- (2)震度二時門窗搖動、一般人可感到震動。

震度標準表		
0	無感	0.8 Gal 以下
1	人靜止時可感受	0.8-2.5 Gal
2	門窗搖動、一般人可感到	2.5-8.0 Gal

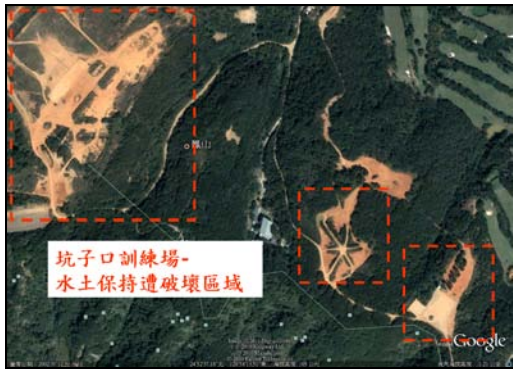
表七:震度標準對照表(作者整理)

3.污染(空氣、土地、海洋):射擊之彈藥(爆炸彈丸、衰變鈾彈丸及燃燒彈丸), 不論最後是落於陸地或海洋中, 處置不當都將直接或間接污染環境。

4.失火:新竹坑子口訓練場近年來數次因戰車射擊火砲、機槍(有曳光)及燃燒(煙幕)彈引起射擊訓練場地失火, 造成植被破壞, 影響山坡地的水土保

⁵ 參考資料:臺灣檢驗科技股份有限公司, 99 年度「湖口暨坑子口訓練場火砲射擊噪音監測及影響範圍統計」報告書, 99 年 12 月 21 日, 頁 55

持，造成土石流失甚或土石流。(圖五十四)



圖五十四:新竹坑子口訓練場水土破壞情形(作者整理)

三、雷射運用於戰車實距離射擊訓練可行性評估:

(一)雷射裝備性能分析:

1.特性:(圖五十五)

- (1)直線性(準直性、導向性):光束朝一個方向直線前進。
- (2)單色性:分光後仍是單一波長、可易於識別。
- (3)能量密度:高距離較遠。
- (4)同調性:相位一致。

雷射光特性	區分	
	圖示	說明
直線性(準直性、導向性)		光束朝一個方向直線前進
單色性		分光後仍是單一波長、可易於識別
能量密度高		距離較遠
同調性		相位一致

圖五十五:雷射特性圖解(作者自製)

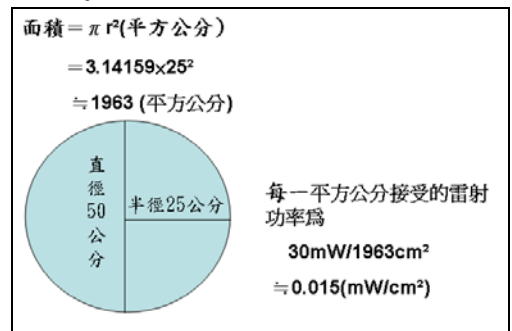
- 2.限制:雷射對人體最容易傷害的部位即為眼睛，眼睛因為聚光良好且直接暴露在身體外表，且因眼睛的組織細胞色素會大量吸收光能，當遭受到雷射損害或攻擊時，眼睛則首當其衝遭受傷害。尤其對射擊訓練中上使用光學儀器瞄準的戰車乘員(如戰車射手使用白

畫鏡或管狀鏡射擊)所造成的威脅最大。因為光學儀器有聚光的作用，會使進入眼睛的光能密度提高。另外，瞳孔在夜間時會較白天放大，因此夜間戰鬥射擊訓練時導致眼盲的危險性較白天高。雷射傷害可區分為永久性的和暫時性的傷害，前者目前的醫學水準無法治療會導致終身的傷害，後者則可依傷害的程度，從幾秒的視覺模糊至數天之視覺短暫失明均有可能。

(二)雷射運用於戰車實距離射擊訓練時須面臨的課題及處置方法:

1.雷射安全:

- (1)人眼接收光線面積約為 1 平方公分，若波長小於 1.5 微米(um)且接收功率大於 1 毫瓦(mW)就會造成傷害，如一擴散角 0.5 密位，波長 640nm，發射功率為 30mW 之紅光雷射，在 1000 公尺距離會形成一直徑 50 公分大小之圓型光點，計算其平方公分接收功率為 0.015mW(圖五十六)，為一安全範圍。



圖五十六:計算每平方公分接收功率之方法(作者自製)

- (2)雷射防護原理:雷射若能正確地使用及防護並不會對人體

造成傷害，反之則可能會對眼睛造成傷害，防止眼睛被雷射傷害最有效的方法，就是配戴合適的防護眼鏡。眼鏡的要求需能對雷射有防護作用且又不影響到人員的視力和能見度。防護眼鏡就其所防護的雷射光波段而言，區分為紫外線、紅外線、可見光等三類。但依眼鏡的結構區分，常見的類型包含了吸收型、反射型、反射吸收型等三種，其防護原理和優缺點如下：

A.吸收型：鏡片是用能吸收一定光譜的材料製成的，由於一種材料主要只能吸收一種光譜，鏡片材料目前多用有色玻璃或塑料。

B.反射型：由鍍有多層介質反光膜的鏡片，將一定波長範圍的光從鏡面反射而達到防護的效果。但介質反光膜的反光效能與光的入射角有關，若鏡片偏轉某角度，防護效果則會出現變化。

C.反射吸收型：這是前兩種鏡片的組合，如在有色玻璃鏡片鍍上多層介質反光膜。它的優點是防護波長範圍廣又不降低眼睛的能見度，因而被廣泛採用。

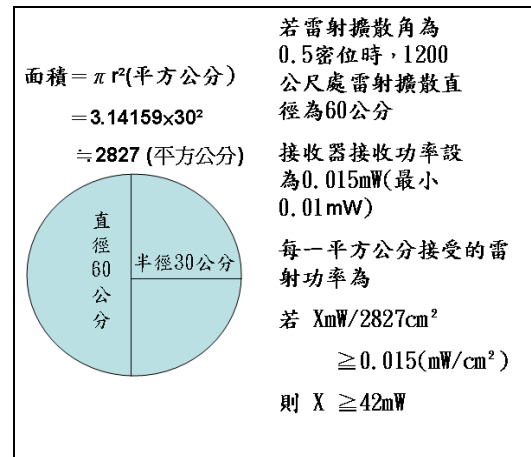
(3)對雷射防護應注意的事項:雷射光束極為危險，無論直接或經由物體折射至眼部，均可能造成視力永久或暫時性之失明。因此，僅可於核定之雷射射擊靶場實施雷射射擊訓練，操作中嚴禁對玻

璃、窗戶及鏡子等類似物體發射雷射，以免造成危安事件。為預防雷射傷害，訓練時車外人員應配戴雷射護目鏡，車內各光學瞄準鏡應加裝雷射濾光鏡片，以防止雷射折射進入車內。各種雷射對眼睛所傷害之部位不同，若不慎遭雷射誤擊眼睛，須將雷射之種類告知醫護人員，以作為緊急醫療處理之參考。

2.雷射遠距離射擊:

(1)考量遠距離傳送，可選擇波長較長，較不易受干擾且穿透性較高之紅光(640nm)雷射。

(2)目前的接收器接收功率最小為 0.01mW(為求訊號穩定以 0.015mW 計算)，若雷射射程為 1200 公尺，所需功率約為 40-50mW。(圖五十七)



圖五十七:雷射遠距離射擊功率需求計算(作者自製)

3.雷射射角補償(修正):

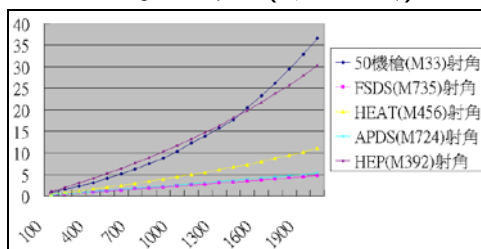
(1)戰車主砲、機槍射擊時彈丸飛行而行程的外彈道路徑與雷射傳播路徑不同(雷射幾乎循直線傳播-雷射之直線性)，若需使用雷射模擬戰車武器射擊時就必須解決此一

難題。

- (2)戰車輸出裝置(圖五十八)輸出之超仰角資料是一機械訊號，數值的大小與彈藥種類及目標距離息息相關(圖五十九)，若已知其中二項資料(彈藥種類及超仰角)，亦可計算出另外一項的數值資料(可經由計算求得目標距離資料)，再依其角度差異修正位於雷射發射架之反差器，並以電腦或機械自動調整射擊角度，則可補償雷射與彈藥飛行之高低角度誤差。



圖五十八:戰車輸出裝置將超仰角資料經機械連桿傳動至彈道驅動器(作者自攝)



圖五十九:彈藥種類、目標距離與超仰角之間的相對關係(作者自製)

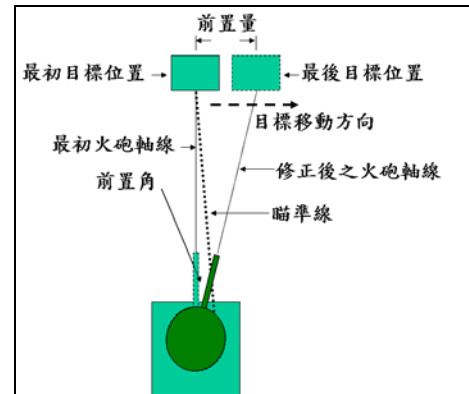
4.前置量提取：

- (1)決定戰車射擊前置量提取的要件：

A.目標距離：目標距離越遠、彈藥飛行至目標所需的時間越久、目標移動的距離也就越長，而前置量就越大。

B.彈藥飛行速度：彈藥飛行速度越快、彈藥飛行至目標所需的時間就越短、目標移動的距離也就越小，而前置量就越小。

C.相對角速率變化量：目標的相對角速率越大、目標移動的距離也就越長，而前置量就越大。(圖六十)



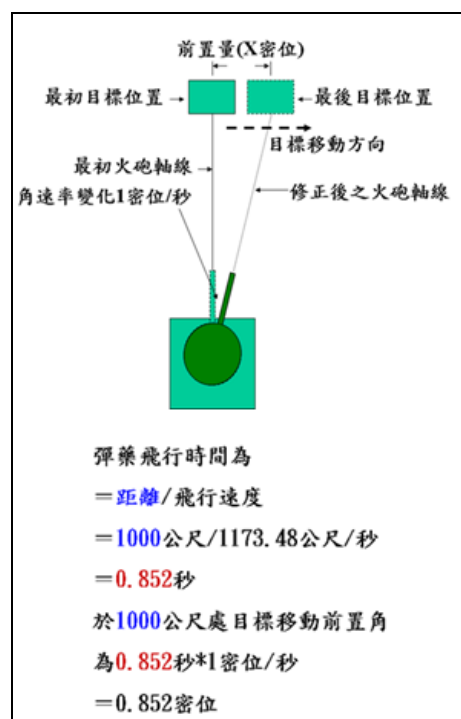
圖六十:前置量形成原因示意圖(作者自製)

- (2)基於雷射傳送速度(3000000 00 公尺/秒)極為快速，射擊時前置量將予以忽略不計。
- (3)使用雷射射擊訓練器實施戰車戰鬥，由於彈藥種類(彈藥初速)及目標距離為已知條件(參考前文敘述之「雷射射角補償」)，若設置一具角速率量測器具於戰車齒環上(亦有人建議使用 GPS 定位修正)，求得戰車與目標之相對角速率變化量，如此就能完成前置量提取修正值之計算時。例如(圖六十一)使用破甲榴彈(M456A1)實施射擊，彈藥初速為 1173.48 公尺/秒，若量測求得戰車與目標之相對角速率變化量為 1 密位/秒，則其前置量角度為

0.852 密位(圖六十二)，若以雷射實施射擊時則需反向消除此一前置角即可。

HEAT-T M456A1			初速 1173 · 48M/S		
距離	起仰角	飛行時間	距離	起仰角	飛行時間
公尺	密位	秒	公尺	密位	秒
500	2.0	0.5	1500	7.1	1.6
600	2.4	0.6	1600	7.8	1.7
700	2.9	0.7	1700	8.5	1.8
800	3.3	0.8	1800	9.2	2.0
900	3.8	0.9	1900	9.9	2.1
1000	4.3	1.0	2000	10.6	2.3
1100	4.8	1.1	2100	11.4	2.4
1200	5.4	1.2	2200	12.3	2.6
1300	5.9	1.3	2300	13.2	2.7
1400	6.5	1.4	2400	14.1	2.9
1500	7.1	1.6	2500	15.1	3.1

圖六十一:破甲榴彈(M456A1)之射表(作者整理)



圖六十二:前置量角度計算(作者自製)

5.射彈觀測:使用可見光雷射與目標靶彈著燈號、煙幕、火光及爆炸音響等效果模擬,則可解決戰車乘員實施射彈觀測與修正的問題。

(三)雷射運用於戰車實距離射擊訓練之系統架構規劃:

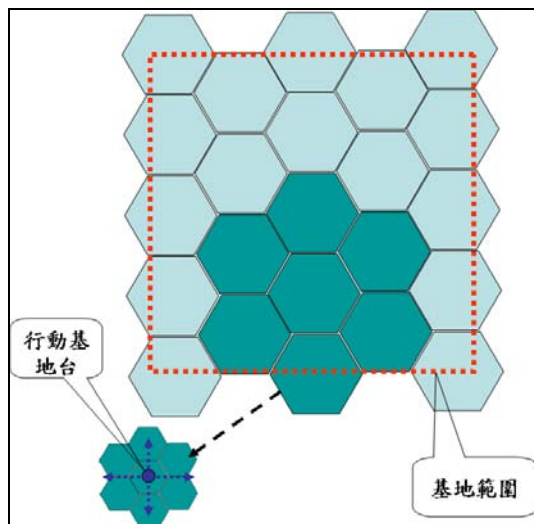
1.規劃目的:使用雷射模擬戰車各式武器,於指定之訓練場內任何地方,皆可實施戰車乘員實距離戰鬥射擊訓練。

2.訓練要求:

- (1)在訓練戰車乘員於晝(夜)間使用車上武器,對各種目標射擊之能力(戰車射擊第七習會)。
- (2)為達訓練需求,射擊訓練靶場範圍達 2000 公尺乘 2000 公尺(可大於)。
- (3)戰車可於停止及行進間射擊,故在射擊訓練場內任何位置須能接收(發射)無線訊號(射擊訊息),並與主機交換資訊。
- (4)雷射模擬戰車各式武器(主砲、車長機槍、同軸機槍及裝填手機槍)時,須能模擬武器射角差異,並且自動調整。
- (5)雷射模擬射擊距離須可達 1200 公尺以滿足戰車砲射擊要求。

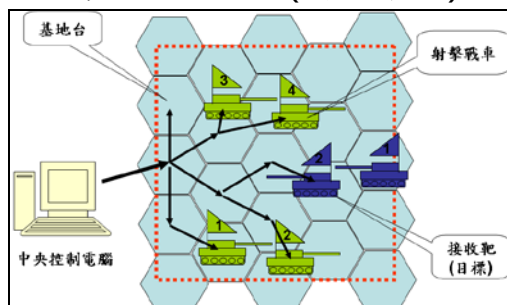
3.規劃實施方式:

- (1)無線網路部份:由於無線訊號接收與發射距離約可達 100-500 公尺(依障礙物及現場電子訊號干擾程度而定),訓練場範圍若以 2000 公尺乘 2000 公尺(可大於)為例,需佈建行動基地台(中繼台)23 具,透過蜂窩組織概念涵蓋整個訓練場。(圖六十三)



圖六十三:行動基地台形成之蜂窩組織(作者自製)

- (2)接收靶部份:接收靶內含雷射接收識別裝置、命中顯示燈號、爆炸效果設計(火光、煙幕及音響)及訊號接收發射裝備，並可透過無線網路交換訊息。
- (3)主機端控制部份:利用中央電腦(亦可設計行動無線控制台)控制整個系統，並可以傳遞訊息到戰車內部與戰車乘員及隨車教官(助教、測驗官)通信。
- (4)整體控制架構:利用基地台將所有行動裝置(戰車、接收靶、控制電腦)連接起來，成為一個通訊網(圖六十四)。

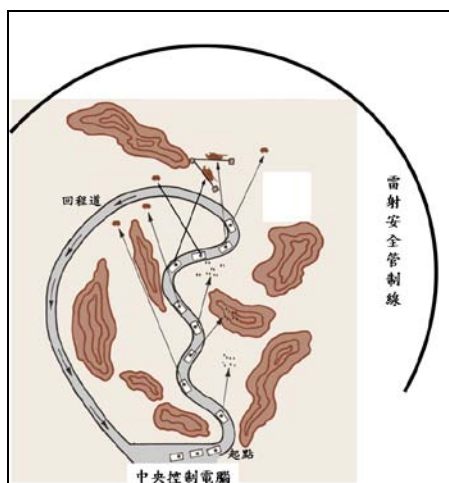


圖六十四:控制架構圖(作者自製)

4.硬體需求:

- (1)靶場設置:設置一個完整的戰

車戰鬥射擊訓練場，包括了訓練地區之戰鬥演練及雷射射擊訓練，此一訓練的設計可提供實際環境中搜索目標，並訓練戰車乘員使用適當武器(以雷射模擬)對目標射擊。因此靶場在設置時必須考慮如何運用有限空間，並能配合戰術訓練，以達到逼真的戰鬥射擊訓練環境之目的。靶場設置之目的在節省時間、安全預防及有效達成射擊訓練，使官兵熟練射擊指揮、射擊法則、射擊準備、射彈觀測及兵器操作之要領，以奠定戰鬥射擊訓練之基礎。戰車射擊靶場依訓練目的區分為永久性與臨時性靶場，依距離又可區分為實距離及縮距離靶場(目前我國裝甲兵學校，已於 2010 年 12 月完成一座比例為五十分之一的縮距離雷射射擊訓練場)。實距離靶場在位置選擇前，應仔細作現地與圖上之研判、偵察。靶場須有充分安全範圍可容許雷射安全防護(安全距離須達 2000 公尺以上)，以及適合各種戰鬥射擊訓練。所選擇地形未能提供逼真情況時，則必須加以人工構築。(圖六十五)



圖六十五:雷射模擬戰鬥射擊訓練靶場設置圖
(作者整理)

- (2)武器(主砲、機槍)雷射規格:
- A.波長:532-640nm(可見光)。
 - B.功率:大於 45mW。
 - C.擴散角:小於 0.5 密位。
 - D.發射距離:1200 公尺以上。
 - E.工作方式:脈衝調變。
 - F.工作溫度:0-50℃。

- (3)行動基地台(依基地面積與地形複雜程度實施配置)。

- (4)戰車控制電腦。

- (5)中央控制電腦。

- (6)雷射發射支架反差器:

- A.調整角度:±40 度。
- B.精細度:小於 0.1 密位。
- C.操控方式:可由電腦控制。

- (7)戰車角速率感測器(需精確至 0.05 密位以下)

- 5.參考價格:以 2011 年物價計算;射擊訓練使用戰車 8 輛,目標 8 個,基地範圍 2000 公尺乘 2000 公尺為例,需要經費約新台幣 735.5 萬。(表八)

戰車雷射戰鬥射擊訓練器參考價格表			
項次	項目	單價	數量
1	武器(主	450,000	8

	砲、機槍)雷射接收、發射器		
2	行動基地台	35,000	23
3	戰車控制電腦	150,000	8
4	中央控制電腦	150,000	1
5	雷射發射支架反差器	100,000	8
6	戰車角速率感測器	100,000	8
合計		735.5 萬	

表八:戰車雷射戰鬥射擊訓練器參考價格表(作者整理)

(四)雷射運用於戰車實距離射擊訓練之效益分析:

- 1.訓練成效上:可滿足戰車射擊各訓練課目(習會)及乘員操作要領須與實彈射擊相同,且因雷射器材運用使戰車乘員得到更多的訓練次數。
- 2.經濟上:增設雷射射擊設備可節約射擊彈藥、降低裝備損耗、彌補訓練器材及裝備不足,並可不受天候環境的影響,提供一良好指導、監控、糾正之訓練環境。以裝甲兵學校民國 99 年訓練人次(2,090 人)計算,在完整的射擊訓練模式下,訓練用彈需耗費新台幣 2,786,075,754 元,若使用雷射射擊訓練器則可大幅降低此一經費。(表九)

裝甲兵學校 99 年度班隊教彈計畫使用統計表				
習會	步槍彈	同軸機槍彈	五〇機槍彈	戰車砲
一	22 發			
二	18 發			
三之一	9 發			

三之二	10 發			
四之一				11 發
四之二				8 發
五之一				7 發
五之二				8 發
六之一		150 發	70 發	
六之二		65 發	40 發	
七之一		45 發	20 發	4 發
七之二		50 發	20 發	4 發
合計	59 發	310 發	150 發	42 發
單價	\$6.4	\$10.3	\$95.0	\$31,315.0
合計金額	\$377.6	\$3,193.0	\$14,250.0	\$1,315,230.0
總額/個人	\$1,333,050.6			
99 年實際受訓員額	2090 人			
合計總額	新台幣 2,786,075,754.0			
1.彈藥數量依據射擊教範第四章 04006 條計算				
2.九十九年實際召訓人數 2090 人				

表九:裝甲兵學校 99 年度班隊教彈計畫使用統計表(作者整理)

3.安全上:實彈射擊產生的危安事件，一旦使用雷射射擊訓練器後將完全消除，而新增的雷射傷害目前也已經能夠有效防護。

4.環境影響上:使用雷射射擊訓練器實施戰車戰鬥射擊訓練，將減低因實彈射擊所產生之噪音、爆震、污染(空氣、土地、海洋)及引起訓場失火等環境危害。

四、未來展望:

(一)車裝各式武器整合運用，使系統適用於戰車各項戰鬥射擊訓練，進而擴大至排、連以上

同時實施。

(二)附加設備研發，使系統仿真程度增加(音響、震動、彈著顯示、目標爆炸效果)，進而提升射擊訓練成效。

(三)自動評分、訓練監控系統:協助部隊訓練時教官(助教)能即時的發現問題，以往戰車射擊訓練課程無法立即顯示戰車乘員命中成果，未來操作人員可在第一時間內透過自動評分、訓練監控系統的監控螢幕，馬上知道是否命中目標。

參、結論：

雷射的運用極為廣泛，可運用在一般的製造、量測、醫療及航空上。且因為雷射具有光度純、光束小、能量強等特色，因此在國防工業上更是被廣泛地運用，如雷射測距機、雷射致盲武器、雷射導航等。

以雷射運用於戰車實距離戰鬥射擊訓練其效益有:可節約射擊彈藥、降低裝備損耗、彌補訓練器材及裝備不足，可不受天候環境的影響，提供一良好指導、監控、糾正之訓練環境，並增加訓練次數提高戰車乘員操作的熟練度。以往需當實彈射擊課程來判斷乘員命中成果，現在操作人員可在第一時間內透過接收感應設備及雷射追蹤瞄準練習板閃光及聲響，馬上知道是否命中目標。

以雷射運用於戰車實距離戰鬥射擊訓練時，其主要機件擁有成本低、操作簡單及維護容易的優點，若推廣至全軍使用將有利於戰車戰鬥射擊訓練的執行。

註釋：

- 一、谷腰欣思，圖解雷射運用與原理，2008 年，世茂出版有限公司，頁 43。
- 二、P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 231。
- 三、P David Oliver，城鎮戰訓練，譯者黃文啟，國防部史政編譯室，城鎮戰彙編 頁 238。
- 四、國軍準則-陸軍-○一七-○一，戰車射擊教範(下)》，既 1998 年 12 月 24 日頁 4-147
- 五、臺灣檢驗科技股份有限公司，99 年度「湖口暨坑子口訓練場火炮射擊噪音監測及影響範圍統計」報告書，99 年 12 月 21 日，頁 55

作者簡介：

姓名：蕭飛龍

學歷：專科 80 年班、陸院 93 年班

經歷：排長、連長、營長、督察官、主任教官