

目標自動追蹤系統對戰車行進間射擊影響之研究

摘要:

- 一、為了提升戰車行進間射擊的能力，各國不斷的為戰車發展新式的射控系統，而本文研究的「戰車目標自動追蹤系統」，就是當今的顛峰作品。
- 二、目標自動追蹤系統，可提升戰車行進間對活動目標射擊時之命中率(可提升至 95%)及縮短射手所須之反應時間(自動追蹤所須時間約為人工追蹤的 1/5-1/10；縮短至 1-2 秒鐘)，而目前我軍戰車並無自動追蹤(鎖定)目標之能力。
- 三、目標自動追蹤技術的發展，在使戰車射擊過程中，射控系統能解決以下問題:(一)瞄準裝置能完成精確的瞄準。(二)彈道計算機系統能正確的解算。(三)操縱裝置能準確的控制。而其核心技術為圖像追蹤、全數位化及目標狀態估計。
- 四、戰車目標自動追蹤系統具有目標識別、目標分類、目標確認及全天候對運動目標攻擊的能力。所謂自動目標識別技術，就是使用電腦處理單一或多重感測器所獲得之影像資料，全自動進行目標的偵測與辨識。
- 五、紅外線熱像於軍事上「自動辨識」之應用，解決了戰車(晝、夜間)行進間射擊時保持精確瞄準的第一項難題，更進一步的將「目標自動追蹤技術」推至實用的階段。

關鍵詞: 戰車目標自動追蹤系統、戰車行進間射擊、自動目標識別技術

壹、前言

射手在射擊過程中識別、辨認目標後，射控系統能主動控制瞄準十字線追蹤目標，就能消除射手追蹤瞄準時人為的誤差及縮短精確瞄準的時間，進而提高戰車在行進間射擊之能力。

目前我軍使用之戰車，行進間射擊時仍然需由射手使用手動控制追蹤目標，CM11、CM12 及 M60A3TTS 使用之穩定系統，僅提供戰車砲在行進間維持概略方向穩定，而車體及乘員於行進間並無法保持穩定，使戰車行進間射擊時命中率較低，尤其是對活動目標時不僅追蹤誤差大，且需耗費較長的時間實施精確瞄準。

貳、本文

一、目標自動追蹤(Automatic Target Tracking, ATT)技術發展緣起:戰車射控系統的發展已經由當初的簡單到複雜、單一到綜合，而以射控發展狀況目前可區分四階段^{註1}(如表一)。第一階段於第二次世界大戰末期，戰車射控系統只有簡單的光學密位分劃，如 M24 戰車，於 20 世紀 50 年代第二階段的戰車才增加光學測距機及機械式彈道換算器，如 M48A3 戰車，60 年代電子式計算機及一些彈道修正傳感器，如橫風感測器(圖一)、傾斜角儀(圖二)及角速度儀(圖三)等，整合於戰車射控系統中，為發展的第三階段，而到了 70 年代戰車射控發展的第四

^{註1} <http://www.gfang.cn/lunwen/1746.htm> 朱英貴
坦克火控系統的裝備現狀及發展對策

階段，加上雷射測距機及戰車穩定系統的運用，不但提高了戰車的首發命中率(目標距離 1200-2000 公尺，停止間對靜止目標約為 90%)，並使戰車擁有了行進間射擊的能力(目標距離 1200-2000 公尺，行進間對活動目標射擊約為 70%)，甚至到了 90 年代隨著科技發展，為了解決行進間射擊時，因人工追蹤瞄準及戰車移動而形成的誤差，並提高戰車行進間追蹤目標的精度(目標距離 1200-2000 公尺，行進間對活動目標射擊可達 90%以上)及減少精確瞄準目標完成的時間(自動追蹤所須時間約為人工追蹤的 1/5-1/10；縮短 1-2 秒鐘)，進而縮短射擊所需時間、提高戰車首發命中率及減輕戰車乘員工作負擔，戰車射控系統上具有目標自動追蹤能力已經成為發展趨勢。



圖一:CM11/12(圖左)及 M60A3TTS(圖右)
橫風感測器
(作者拍攝)



圖二:CM11/12(圖左)及 M60A3TTS(圖右)
傾斜角儀
(作者拍攝)



圖三:CM11/12 及 M60A3TTS 角速度儀
(作者拍攝)

區分	時間	代表車型	射控裝置特性
第一階段	第二次世界大戰末期	M24 戰車	射控系統只有簡單的光學密位分割
第二階段	20 世紀 50 年代	M48A3 戰車	增加光學測距機及機械式彈道換算器
第三階段	20 世紀 60 年代	M60 戰車	電子式計算機及一些彈道修正傳感器
第四階段初期	20 世紀 70 年代	M60A3TTS 戰車、CM11/12 戰車	雷射測距機及戰車穩定系統的運用，不但提高了戰車的首發命中率，並使戰車擁有了行進間射擊的能力
第四階段後期	20 世紀 90 年代	日本 10 式戰車、以色列梅卡瓦 4	目標自動辨識、自動追蹤系統

表一：射控發展的四階段
(作者自製)

二、戰車行進間射擊之特性及目標自動追蹤技術原理：

(一)戰車行進間射擊特性分析：

1. 戰車與目標間移動之相對速率對射擊的影響：戰車發現目標的追蹤動作受到火炮控制單元的限制，若目標之移動速率低於液壓系統驅動的最低值，則不易追蹤瞄準，反之若

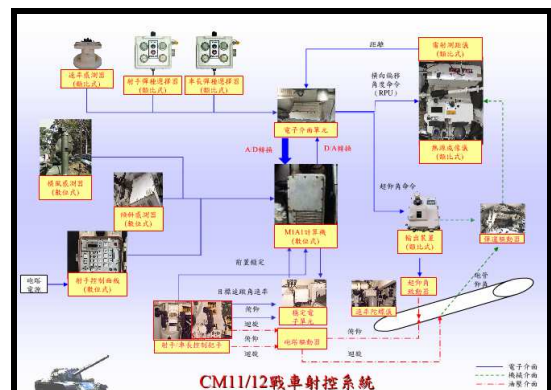
目標之移動速率高於液壓系統驅動的最大值，則將使射手無法實施追蹤瞄準。所以目標的移動速率及距離，直接影響射手瞄準精確度及時間。以 CM11 及 M60A3 戰車為例，動力旋轉速度最小 0.5 密位/秒、最大 400 密位/秒，動力俯仰速度最小 0.5 密位/秒、最大 71 密位/秒^{註 2}。

2. 戰車射控發展的第四階段初期，戰車(CM11 及 M60A3 TTS 為例)(圖四)(圖五)行進間對目標射擊操作模式：

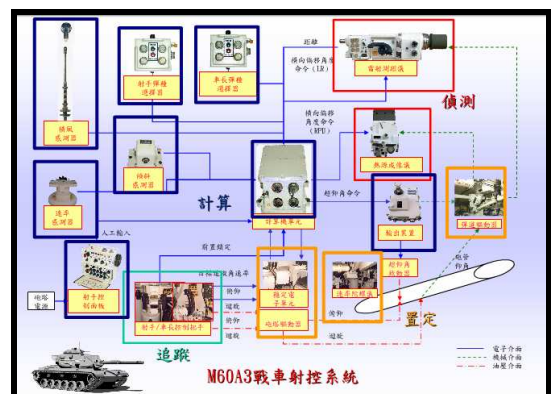
(1) 戰車車長或射手利用觀測裝備(熱源成像儀系統之車長顯示器、射手顯示器及雷射測距儀之觀測窗)偵察目標，並以雷射測距儀來測距，根據射手控制面板輸入各種環境資料、各感測器接收信號及車長／射手選擇之彈種，輸入至計算機單元，計算出俯仰砲令(超仰角)和橫向砲令(前置角)，送給輸出單元俯仰砲令驅動砲管，並藉由彈道驅動器驅動雷射測距儀(M60A3 才有)和熱源成像儀射手顯示器的十字刻線，當目標移動，車長／射手則移動控制把手使目標維持於刻線內^{註 3}。

(2) 行進間對固定目標射擊時本身車輛速率及地形運用可由穩定系統補償，戰車的穩定系統

可讓戰車行進間對固定目標瞄準、測距及射擊在平穩之狀態下實施(法國雷克勒戰車行進間對固定目標射擊，2500 公尺目標命中率約為 95%，並在實際測試中創下 35 秒內連續命中 6 個目標的紀錄)。而於戰車行進間對活動目標射擊時，因目標運動方向、速率及受地形影響之高低運動狀況遠較固定目標為大，故對活動目標瞄準、測距、射擊除本身戰車由穩定系統控制之外，餘因素均甚難掌握，故射手實施追蹤瞄準之困難度將大為提高，初發命中率亦較對固定目標為低。



圖四：CM11/12
(作者整理)



圖五：M60A3TTS
(作者整理)

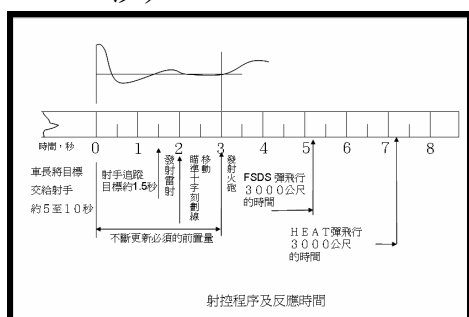
註² 國軍準則-陸軍-三-三-〇五 M60A3 TTS 戰車操作手冊 2004.9 頁次 1-164。

註³ 趙立澎、紀庶民、李嘉龍、林芳松、江智銘，「M21 彈道計算機系統」講習資料，中山科學研究院資訊通信所導引控制組，90 年 10 月，P2-4。

(3)行進間(CM11 戰車為例)對目標射擊之射控操作模式^{註4}

(圖六)：

- A. 開啟穩定系統，並完成偏移調整後對目標瞄準。
- B. 射手克服戰車本身之底盤運動狀況影響適當操縱火炮瞄準。
- C. 壓住雷射前置鈕並以十字線瞄準(追蹤)目標正中央 1.5 秒，以利陀螺儀(穩定模式)獲得戰車本身對目標運動時之平均角速率(1.5 秒內角度變化量除以 1.5 秒)。
- D. 放開雷射前置鈕(此時 CM11 戰車測距機發射雷射完成測距)，獲得相關之射程資料，經彈道計算機解答後將獲得火炮之超仰角、方向修正及前置量。
- E. 重新操縱火炮使十字線對正目標(穩定模式下則由火炮伺服機協助執行)。
- F. 射擊(不含彈藥飛行時間，戰車砲第一發射擊需費時 8-13 秒)。



圖六：CM11/12 及 M60A3TTS 行進間對目標射擊所需時間

(資料來源：戰車概論 陸軍戰甲車發展中心印 1982 年)

3. 戰車發展的第四階段後期，戰車行進間對目標射擊操作模

式：

- (1)為了解決行進間對活動目標射擊時，因戰車本身及目標運動方向、速率及高低運動之影響而增加之追蹤瞄準困難度，發展了目標自動追蹤技術，實現目標搜索、識別及追蹤自動化，進而提高初發命中率及減少射擊時間(自動追蹤所須時間約為人工追蹤的 1/5-1/10)。

(2)行進間對目標射擊之射控操作模式：

- A. 開啟穩定系統；並完成偏移調整後對目標瞄準。
- B. 從瞄準鏡內選擇目標，完成目標識別及測距。
- C. 計算機自動控制瞄準線及火炮鎖定目標，並於目標移動時自動追蹤。
- D. 射擊(不含彈藥飛行時間，戰車砲第一發射擊費時 4-6 秒)。

4. 戰車行進間射擊命中目標的條件^{註5}：

- (1)精確的瞄準：在射擊過程中，瞄準線須全程精確的追蹤及瞄準目標，而瞄準十字線控制精度將影響瞄準精確性。
- (2)正確的解算：由基本彈道及彈道修正量的解算所求得之高低(超仰)角及水平(方向)修正角(含前置量)等戰車砲射擊諸元，應具有必要的精度。
- (3)準確的控制：在瞄準具及戰

^{註4} 戰甲車概論 陸軍戰甲車發展中心印 1988.12。 1996.10。

^{註5} 國軍準則-陸軍-017 -3 M60A3 戰車射擊教範

車砲的兩個傳動軸線上（高低、方向），按解算的結果，準確的控制瞄準具及戰車砲到達射擊位置。

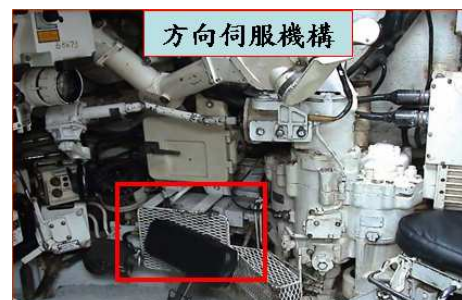
(二)戰車火控系統區分及演進：目前各國戰車為了提高戰車行進間射擊命中率，不斷進步的火控系統，依瞄準具及火砲控制方式，可區分為擾動式^{註6}、非擾動式、指揮儀式(穩像式)及附加自動追蹤系統等四種(表二)(表三)。

1. 擾動式火控系統：在擾動式戰車火控系統中，瞄準線與火砲剛性連接(火砲移動時兩者同步移動)，該系統射手通過操縱裝置直接操作的是火砲，而瞄準鏡(瞄準十字線)則隨火砲同步移動，在瞄準及追蹤過程中，進行測距及搜集目標運動參數，隨之彈道計算機依據各項參數計算出方向(含前置量)修正角，輸入瞄準鏡(瞄準十字線投影器)中，控制瞄準線偏移，其偏移量等於方向(含前置量)修正角，而方向則與火砲移動的方向相反，這種瞄準線從偏移到重新對準目標的過程，稱為擾動過程，而這種控制方式就稱為擾動式。而採用擾動式火控系統的戰車有英國的酋長、挑戰者1、美國的M60A1、M60A2、M60A3、日本的74式及中共的79式、88式。
2. 非擾動式火控系統：非擾動式火控系統是在擾動式火控系

統的基礎上改進而成的，兩者相比，非擾動式火控系統主要增加了計算機(藉由電子處理機及伺服機構)(圖七)(圖八)對火砲的控制，而控制裝置接受計算機輸出的高低(超仰)角及水平(方向)修正角(包含前置量)資訊，將其用以對砲塔及火砲驅動系統(雙向穩定器；高低及方向伺服機構)進行控制，使火砲自動移動至應修正位置，因瞄準線和火砲軸線移動是同時接受計算機資訊，而且大小相等，方向相反，這樣瞄準線仍能對著目標，看不到擾動過程，所以稱之非擾動式火控系統。而採用擾動式火控系統的戰車有法國的AMX-30B2、AMX-40及我國目前使用的M60A3TTS、CM11/12。



圖七：CM11 戰車高低伺服機構
(作者拍攝)



圖八：CM11 戰車方向伺服機構
(作者拍攝)

^{註6} <http://www.gfang.cn/lunwen/1746.htm> 朱英貴 坦克火控系統的裝備現狀及發展對策

3. 指揮儀式(穩像式)火控系統:
指揮儀式火控系統的出現是戰車火控系統的重大進展,使用指揮儀式火控系統,射手在戰車行進間射擊時,由瞄準鏡向外觀察,目標及背景幾乎是不動的(所以又稱為穩像式),且射擊時執行一次瞄準(測距),瞄準線不會擾動,只需繼續瞄準目標,就可以進行射擊。指揮儀式火控系統之所以能有上述功能,是由於它採用了新的控制方式,這個系統中,瞄準鏡與火炮是分開而獨立穩定的,在瞄準狀態時,射手(車長)用手控裝置操縱瞄準鏡的瞄準線,使瞄準線追蹤、瞄準目標,而火炮則隨動於瞄準線,在射擊時,彈道計算機計算出的高低(超仰)角及水平(方向)修正角(包含前置量)資訊,僅傳輸給砲塔及火炮的驅動裝置,使火炮自動移動至應修正位置,而瞄準線仍保持追蹤及瞄準目標,此

外,指揮儀式火控系統通常配有火炮重合射擊裝置,當火炮移動至正確位置上時,該裝置就會自動發出允許射擊的信號。而採用指揮儀式火控系統的戰車有英國的挑戰者 2、美國的 M1A1、M1A2、日本的 90 式、德國的豹 2、法國的勒克萊爾、俄羅斯的 T-90、以色列的梅卡瓦 3 及中共的 88A、88B、88C、WZ123。

4. 附加自動追蹤系統:在指揮儀式火控系統的基礎下,建立全數位化控制系統,並運用圖像追蹤技術及目標(動態)狀態估計技術,使火控系統電腦代替人工操作瞄準線,使瞄準線追蹤、瞄準目標,稱為目標自動追蹤系統,而以此為基礎進一步亦可發展出大閉環火控系統(可自動修正第二發彈藥)。而採用目標自動追蹤系統的戰車有日本的 10(TK-X)式及以色列的梅卡瓦 4。

區分	代表車型	裝置特性
擾動式	英國:酋長、挑戰者 1 美國:M60A1、M60A2、M60A3 日本:74 式 中共:79 式、88 式	瞄準線與火炮剛性連接(火炮移動時兩者同步移動),該系統射手通過操縱裝置直接操作的是火炮,而瞄準鏡(瞄準十字線)則隨火炮同步移動
非擾動式	法國:AMX-30B2、AMX-40 我國:M60A3TTS、CM11/12	增加了計算機(藉由電子處理機及伺服機構)對火炮的控制,而控制裝置接受計算機輸出的高低(超仰)角及水平(方向)修正角(包含前置量)資訊,將其用以對砲塔及火炮驅動系統(雙向穩定器;高低及方向伺服機構)進行控制,使火炮自動移動至應修正位置

指揮儀式	英國:挑戰者 2 美國:M1A1、M1A2 日本:90 式 德國:豹 2 法國:勒克萊爾 俄羅斯:T-90 以色列:梅卡瓦 3 中共:88A、88B、88C、WZ123	瞄準鏡與火炮是分開而獨立穩定的，在瞄準狀態時，射手(車長)用手控裝置操縱瞄準鏡的瞄準線，使瞄準線追蹤、瞄準目標，而火炮則隨動於瞄準線，在射擊時，彈道計算機計算出的高低(超仰)角及水平(方向)修正角(包含前置量)資訊，僅傳輸給砲塔及火炮的驅動裝置，使火炮自動移動至應修正位置，而瞄準線仍保持追蹤及瞄準目標
附加自動追蹤系統	日本:10(TK-X)式 以色列:梅卡瓦 4	在指揮儀式火控系統的基礎下，建立全數位化控制系統，並運用圖像追蹤技術及目標(動態)狀態估計技術，使火控系統電腦代替人工操作瞄準線，使瞄準線追蹤、瞄準目標

表二:為了戰車行進間射擊火控系統的演變
(作者自製)

區分	裝備差異	操作差異
擾動式	1. 火炮、瞄準線兩者同步移動。 2. 彈道資訊執行:瞄準線。	1. 瞄準線瞄準目標:人工。 2. 砲塔及火炮移動:人工。
非擾動式	1. 計算機可直接控制火炮、火炮穩定。 2. 彈道資訊執行:砲塔及火炮。	1. 瞄準線瞄準目標:人工。 2. 砲塔及火炮移動:計算機。
指揮儀式	1. 瞄準鏡與火炮是分開而獨立穩定。 2. 彈道資訊執行:砲塔及火炮。	1. 瞄準線瞄準目標:人工。 2. 砲塔及火炮移動:計算機。
附加自動追蹤系統	1. 瞄準鏡與火炮是分開而獨立穩定。 2. 彈道資訊執行:砲塔及火炮。 3. 計算機可獨立控制瞄準線實施追蹤瞄準目標。	1. 瞄準線瞄準目標:計算機。 2. 砲塔及火炮移動:計算機。

表三:火控系統差異分析表
(作者自製)

(三)目標自動追蹤技術的能力需求：

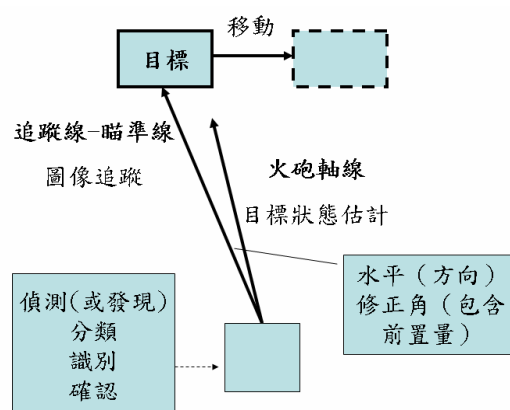
1. 目標自動追蹤技術尚未運用之前，對目標的搜索及識別完全依靠戰車乘員用「眼睛」借助光(電)瞄準具來實施，對目標的追蹤瞄準也是依靠戰車乘員進行「手動」控制，由於偽裝、隱匿技術及反偵測裝置的廣泛使用與動力系統進步的狀況下，在未來戰爭中僅依靠人眼實施目標識別及手動追蹤瞄準將日益困難。

2. 依據自動追蹤技術發展過程及目的來看，戰車目標自動追蹤系統基本上應具有目標識別、目標分類、目標確認及全天候對運動目標攻擊的能力，其作戰能力需求如下：

- (1)快速發現目標並確定其運動狀態的能力。
- (2)對移動(規避動作中)目標的自動追蹤的能力。
- (3)目標自動識別的能力。
- (4)同時追蹤多個目標的能力。
- (5)追蹤快速目標(甚至低空飛行器)的能力。
- (6)對遠距離(2500-3000 公尺)目標追蹤及精確射擊的能力。

(四)目標自動追蹤系統架構：

1. 目標自動追蹤系統典型架構是在指揮儀式火控系統的基礎上，疊加了目標追蹤線的控制系統。
2. 系統架構：目標—追蹤線—瞄準線—火砲軸線。(圖九)



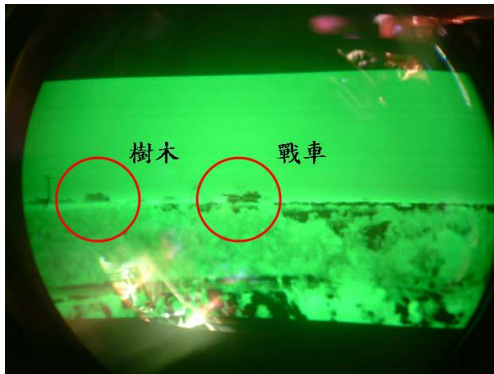
圖九：目標自動追蹤系統架構圖
(作者自製)

(五)目標自動追蹤技術原理：依作戰需求及現行技術分析，「戰車自動追蹤系統」日後能滿足作戰需求，端賴於目標(圖像)自動辨識、跟蹤技術、訊息處理及戰車射控的控制技術等關鍵技術的突破。

1. 目標自動辨識技術：

(1)人眼觀察顯示器上所呈像之戰場背景及目標(圖十)，具有複雜的生理判斷和感知過程；利用工程分析，可把這個過程分為偵測(或發現)、分類、識別及確認等四個等級。依據目標相對於背景的亮度差異把目標從背景中提取出來，這就是「偵測(Detection)」，在此基礎上，判定目標的大致屬性(例如：人或車輛)，即「分類」。對於已分類者根據目標輪廓，能產生目標尺寸比例的概念，區分目標種類(如自走砲與戰車，並有限度的識別敵我)，謂之「識別(Recognition)」。最高等級是「確認、看清、鑑定(Identification)」，是要獲取目標更具體的細節，掌握其

更詳盡的特徵，判斷戰車的不同型號(如 CM11 或 M60A3 戰車)。

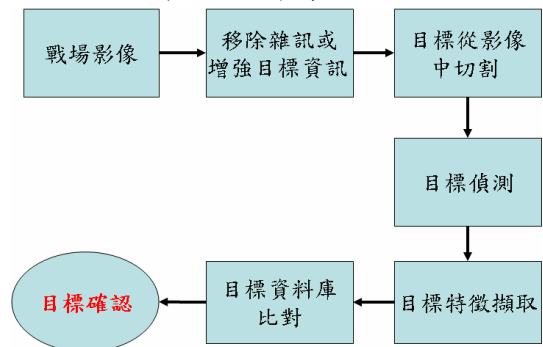


圖十：戰場中目標觀察易受背景干擾
-CM11 戰車熱影像
(作者拍攝)

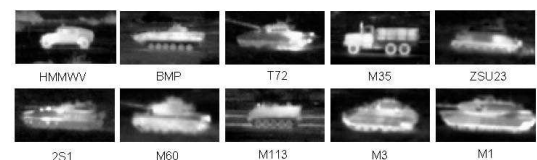
(3)在平常能見度高的環境中，人員可以清楚地辨識各種不同的物體，然而，對於低能見度或者處於極度危險的環境中(如戰場)，人員的視覺辨識能力因感官而大幅度降低，使用自動目標辨識系統可改善人員這樣的狀況。跟人眼觀察場景相同，自動目標辨識的工作亦分為偵測(或發現)、分類、識別及確認等四個等級，找出目標的位置和鑑別不同目標的類型，此技術對於戰車乘員而言，將是非常重要的戰場幫手。

(4)所謂自動目標辨識技術^{註7}，就是使用電腦處理單一或多重感測器所獲得之影像資料，全自動進行目標的偵測與辨識。基本原理為當感測器獲得戰場影像後，經過移除雜訊或增強目標資訊，偵

測出影像中目標可能區域，電腦便將可能目標從影像中切割出來；也就是從影像中所包含著可能目標部分之區域擷取出來稱為偵測(或發現)階段，而干擾雜訊判別階段則是從目標中判斷出真實的目標而且區分並隔離雜訊目標；最後的分類、識別與確認階段則是計算目標特徵並比對資料庫資料，進而判定目標的種類及型式(圖十一)(圖十二)；亦即一個完整的目標自動辨識系統是由許多理論、硬體設備及演算法所組成，將四個階段工作轉換為工程上來分析，則包含了系統全數位化、資料庫建立、影像前處理、目標偵測、影像切割分離、特徵擷取、特徵比對等過程。



圖十一：自動目標辨識系統處理步驟
(作者自製)



圖十二：場景中經影像切割技術所得之待辨識目標

(資料來源：紅外線熱像於軍事上自動辨識之應用 頁次10 作者／國防部通次室 李信輝中校·海軍司令部戰系處 江中熙上校)

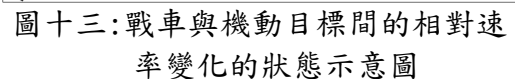
^{註7} 紅外線熱像於軍事上自動辨識之應用 頁次10
作者／國防部通次室 李信輝中校·海軍司令部戰系處 江中熙上校

(1) 自動追蹤技術其核心為圖像追蹤，而目前作法有毫米波雷達跟蹤、激光雷達跟蹤、電視自動跟蹤及熱像鏡自動跟蹤等四種，其中以視頻(電視、熱像鏡)追蹤技術最為成熟。

(3)波門跟蹤主要是「模擬圖像」的跟蹤，它能在場景圖像中，根據目標某些特徵，來確定目標位置，並且從所辨識的目標訊息中，產生跟蹤信號，其具體的跟蹤原理有「邊緣跟蹤」及「形心跟蹤」等。

(5)而近期亦有將相關跟蹤加上邊緣跟蹤或相關跟蹤加上形心跟蹤融合成「多特徵視頻跟蹤技術」。

制方式」及「最優控制方式」，而不論採用何種方式其核心都是「目標狀態估計」，其基本就在於目標狀態訊息(數位化後的資料)的採集及機動目標的動態模式建立(如美國學者辛格於1970年首先提出隨機加速度模型；與機動目標間的相對速率是不斷變化的狀態)。(圖十三)



三、戰車目標自動追蹤系統作戰效益分析：(表四)

(二)提高行進間射擊的命中率：一般的戰車穩定系統僅穩定了瞄準線及火砲(或其中一項；CM11 或 M60A3 戰車僅穩定火砲)，但戰車行進間的人工追蹤過程中因車體運動及人為

因素，仍會引起測量上的障礙及誤差，而目標自動追蹤系統能於圖像自動追蹤的過程中，快速的測定目標運動速度，亦能在已完成自動追蹤的情況下藉由速率感測器進行測量，以減少測量誤差，而系統追蹤精度又可比人工追蹤為佳，因此可提高行進間射擊的命中率。

(三)延長戰車乘員的持續作戰能力：人力是戰車上最重要的資源，利用目標追蹤和瞄準的自動化，可大幅減輕戰車射手的工作負擔，在行進間射擊時射手無須執行複雜的操作程序，僅需簡單的操作並監視目標自動追蹤的工作情況即可，減輕人力負擔可延長戰車乘員的持續作戰能力。

區分	代表車型	操縱系統的反應時間(第一發)	行進間對活動目標射擊的命中率(1500公尺)	延長戰車乘員的持續作戰能力
擾動式	英國:酋長、挑戰者 1 美國:M60A1、M60A2、M60A3 日本:74 式 中共:79 式、88 式	8-13 秒	---	無
非擾動式	法國:AMX-30B2、AMX-40 我國:M60A3TTS、CM11/12	8 秒	60-70%	無
指揮儀式	英國:挑戰者 2 美國:M1A1、M1A2 日本:90 式 德國:豹 2 法國:勒克萊爾 俄羅斯:T-90 以色列:梅卡瓦 3 中共:88A、88B、88C、WZ123	6 秒	90%	無
附加自動追蹤系統	日本:10(TK-X)式 以色列:梅卡瓦 4	4-6 秒	95%	較佳

表四：戰車目標自動追蹤系統作戰效益分析對照表
(作者自製)

參、結論：

近年來隨著科技的進步，戰車射控系統不斷的更新，對戰車射控系統的要求亦不斷提高，目標「自動追蹤技術」在紅外線熱像自動辨識技術、目標圖像自動跟蹤技術、目標的訊息處理及戰車射控的控制等多項技術支持之下，已逐漸成為各國主力戰車基本配備。

採用目標自動追蹤技術有助於戰車射擊時，縮短操縱系統的反應時間、提高行進間射擊的命中率及延長戰車乘員的持續作戰能力。本文將「目標自動追蹤技術」發展的狀況，介紹給讀者參考，對於我國而言，於新一代戰車獲得之前，戰車對行進間對目標(活動目標)射擊時，在目前戰車射控系統本身功能限制之下，更應懷著戒慎恐懼的態度，體會人員的訓練是提升射擊命中率的不二法門的指導，更積極著眼於如何精進部隊射擊訓練。

註釋：

- 一、<http://www.gfang.cn/lunwen/1746.htm> 朱英貴 坦克火控系統的裝備現狀及發展對策。

- 二、國軍準則-陸軍-三-三-〇五 M 60A3 TTS 戰車操作手冊 2004. 9 頁次 1-164。
- 三、「M21 彈道計算機系統」講習資料 90 年 10 月 頁次 2-4 中山科學研究院資訊通信所導引控制組 趙立澎、紀庶民、李嘉龍、林芳松、江智鉉。
- 四、戰甲車概論 陸軍戰甲車發展中心印 1988. 12。
- 五、國軍準則-陸軍-017 -3 M60A3 戰車射擊教範 1996. 10。
- 六、<http://www.gfang.cn/lunwen/1746.htm> 朱英貴 坦克火控系統的裝備現狀及發展對策。
- 七、紅外線熱像於軍事上自動辨識之應用 頁次 10 作者／國防部通次室 李信輝中校·海軍司令部戰系處 江中熙 上校

作者簡介

姓名：張永和

學歷：陸官 83 年班、裝校正規班 95 期、國防大學陸院 96 年班

經歷：排長、連長、裁判官、高司參謀、營長、現任裝甲兵學校兵器組中校主任教官