

CM11/12 及 M60A3 戰車彈藥-

動能及化學能破甲彈穿甲能力之研析

上尉吳政翰

壹、提要：

- 一、戰車配賦的彈藥主要區分為動能穿甲彈及化學能破甲彈，本文針對彈藥組成及作用原理做簡要說明，提供部隊指揮官使用彈藥之參考。
- 二、本文列舉出影響彈藥作用因素，提供部隊作為使用彈藥之參考，於平時訓練中應加強戰車指揮官選擇適切彈種之能力，冀期於戰場上可獲致預期性的效果。

貳、前言：

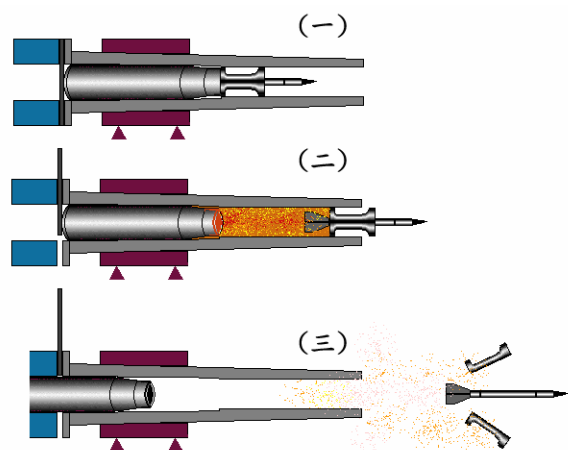
裝甲部隊是近代地面戰的決勝兵種，通常以強大火力、快速機動力、裝甲防護力及靈活通信活躍於戰場之上；對於戰場上出現的各式目標，只要選定適切的彈種，輸入相關射擊資料，正確地追蹤瞄準，即可對目標造成相當程度的損害。

戰車可以使用的彈藥主要區分為動能彈及化學能彈兩大類，然而戰場上出現目標種類繁多，如何選定適切的彈藥對欲攻擊目標造成最大程度的殺傷效果，是身為戰車指揮官最重要的課題。

參、本文：

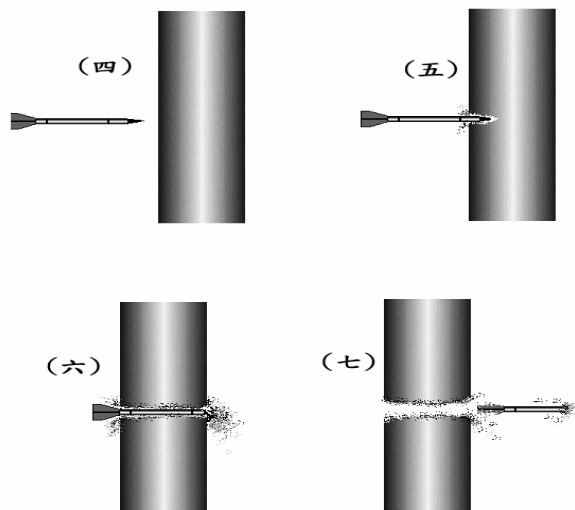
- 一、何謂動能彈？何謂化學能破甲彈？及相關種類為何？

(一)動能穿甲彈為現今戰車之主要裝甲摧毀砲彈，且是所有戰車砲彈中最精準者。動能是指彈丸質量(重量)與速度的組合，貫穿不需要爆藥。一枚動能彈丸之貫穿通常引起目標嚴重損壞，不過其效果仍需視目標防護系統之密度而定^{註1}。



圖(一):動能穿甲彈效應圖(一)
資料來源:戰車射擊教範(上)

^{註1} 戰車射擊教範(上)第二章第 02004 條第 2-8 頁



圖(二):動能穿甲彈效應圖(二)

資料來源:戰車射擊教範(上)

1. 脫殼穿甲彈^{註2}:

- (1)彈丸構造：通常係由一碳化鎢彈心，前加風帽、後裝曳光劑，外加三片鋁質脫殼片使彈心居中，前端纏繞塑膠空心帶，彈心底部內含彈底磨擦片，外套橡皮緊塞具，以組成一完整之彈丸。
- (2)含心彈丸在發射時，其離開砲口不久後，即因離心力與摩擦等之因素，外部之緊塞具、彈帶、定心部等，即行分開而墜落，同時三片鋁質脫殼片亦同時裂開散落，約距55碼至550碼時彈心完全脫離彈體外部分件而飛向目標。



圖(三):脫殼穿甲彈

資料來源:CM11 操作手冊(上)

2. 翼穩脫殼穿甲彈:

(1)M735 翼穩脫殼穿甲彈:^{註3}

- A. 係由次要彈丸或長淚滴形彈心及鋁合金外殼所組成，次要彈丸是由一個內含化鎢合金製成之長箭矢彈心之鎳鋼彈體組成，前加鋁質風帽，後裝尾翼組件及曳光劑，外包鋼質喇叭體，使彈心居中；彈心底部，內含彈底摩擦片，外套尼龍緊塞，以組成一完整之彈丸。

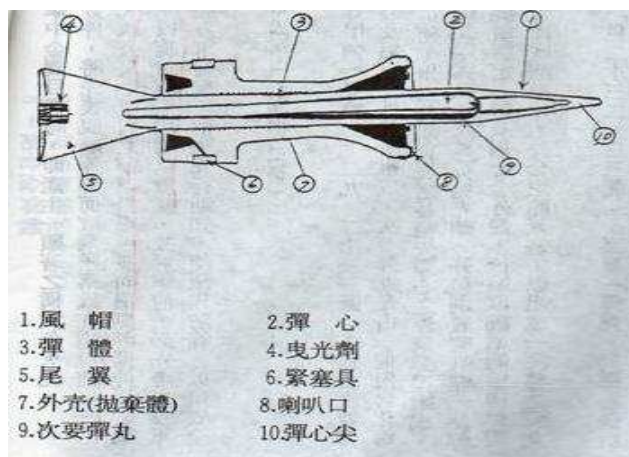


圖(四): M735 翼穩脫殼穿甲彈

資料來源:戰車射擊教範

^{註2} 戰車射擊教範第二章第 2-027 條第 2-103 頁

^{註3} 陸軍彈藥手冊(上)第四章第 4069 條 4-245 頁



圖(五): M735 翼穩脫殼穿甲彈次彈丸構造圖

資料來源: 戰車射擊教範

B. 其設計理念，係運用三片呈 120 度之彈底蓋板結合鏢形穿甲彈心，於砲膛中保持 105 公厘之彈徑，以獲得充足之膛壓，彈頭出口後，三片彈底蓋受風阻，及旋轉力而拋脫，彈頭中之鏢形高密度鎢鋼彈心或乏鈾彈心，因彈徑截面減少而降低受風阻係數，與速度遞減率，在充足膛壓推送下，穿甲彈心以高初速與低伸彈道，有效貫穿裝甲目標。

C. 火砲擊發時，底火產生之火焰，使發射藥燃燒產生之火焰氣體，將彈頭推送出砲口。尾翼用於穩定飛行彈道，曳光劑於鏢形穿甲彈尾翼底部，於發射藥點燃後，同時引燃曳光劑，曳光劑隨彈心飛出後，曳光指示砲彈飛行彈道約 2.5 秒，配合設計理念，穿甲彈心以高初速與低伸彈道，有效貫穿裝甲目標。

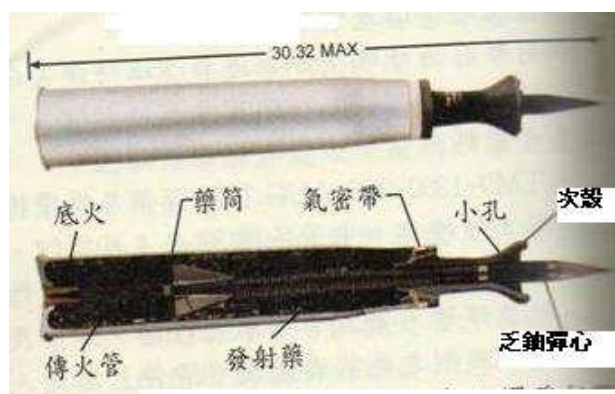
(2) M774 翼穩脫殼穿甲彈^{註4}: 為單一彈丸，其彈心係由衰變鈾所製成，餘同 M735 翼穩脫殼穿甲彈。



圖(六): M774 翼穩脫殼穿甲彈構造圖

資料來源: 陸軍彈藥手冊(上)

(3) M833 翼穩脫殼穿甲彈^{註5}: 為單一彈丸，其彈心較 M774 彈心略長，亦由衰變鈾製成，餘同 M735 翼穩脫殼穿甲彈。



圖(七): M833 翼穩脫殼穿甲彈構造圖

資料來源: 陸軍彈藥手冊(上)

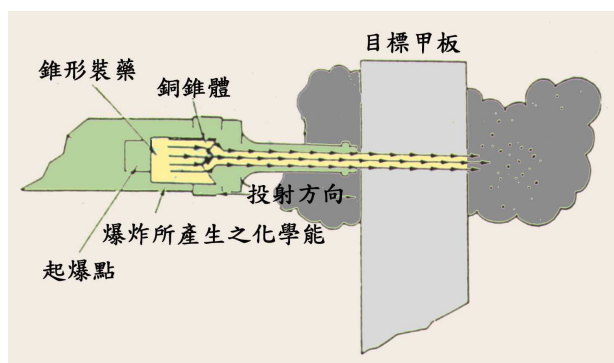
(二) 化學能穿甲彈^{註6} 為次要之裝甲穿透彈藥，此種彈藥主要用於對付野戰防禦工事、人員及輕裝甲目標。此種砲彈含貫穿裝甲之高爆錐形裝

^{註4} 陸軍彈藥手冊(上)第四章第 4067 條第 4-232 頁

^{註5} 陸軍彈藥手冊(上)第四章第 4068 條第 4-238 頁

^{註6} 戰車射擊教範第二章第 02004 條第 2-12 頁

藥，當鼻帽碰撞時，磁電晶體受壓縮並使彈底引信作用，引爆錐形裝藥，形成一質量單位，使爆炸之能集中前方一點，同時瞬間產生高熱之金屬噴流貫穿裝甲。此種彈藥雖精確度不若動能穿甲彈，然其因是依賴化學能來貫穿裝甲，故即使在4000公尺命中目標，其效果仍與2000公尺命中目標時相同。



圖(八):化學能穿甲彈作用說明圖

資料來源:戰車射擊教範(上)

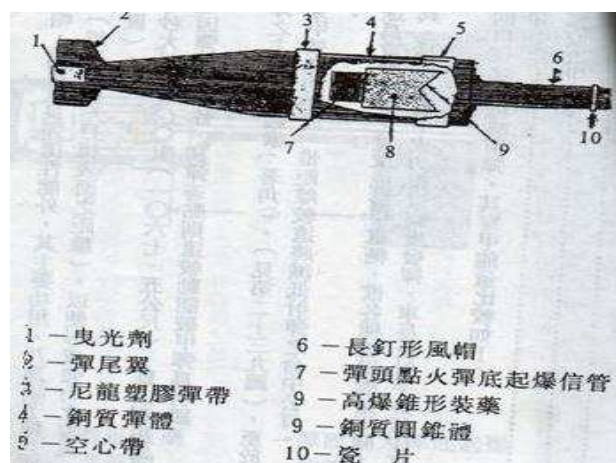
1. 破甲榴彈^{註7}:

(1)彈丸構造:由一鋼質彈體，內部裝填高爆錐形裝藥，外部有定心帶及尼龍塑膠帶，前端裝設長釘形之風貌及圓形瓷片，後端裝設彈尾翅及曳光劑，其彈頭點火彈底起爆信管，係聯裝於風帽及彈體內。



圖(七):破甲榴彈

資料來源:陸軍彈藥手冊(上)



圖(八):破甲榴彈次彈丸構造圖

資料來源:戰車射擊教範

(2)作用方式:

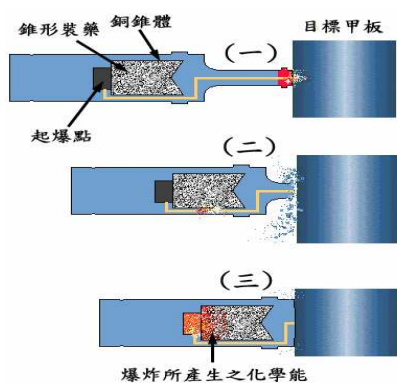
A. 乃運用其裝藥本身的能量來貫穿裝甲，故貫穿效果不受彈藥初速和射擊距離的影響。當彈底引信被引爆時，錐形裝藥外加之金屬罩，會於彈丸前進的方向聚成一股高壓、高速、高溫之杵狀金屬射流；金屬射流之溫度可達1100°C以上，能將目標之裝甲融化；貫穿時，原有杵狀之金屬射流加上融化之裝甲，在砲塔內形成一股金屬噴流，可形成二次效應引爆目標車內之彈藥。通常化學能裝甲穿透彈之裝甲浸澈能力，為其彈徑之3至

^{註7} 陸軍彈藥手冊(上)第四章第4066條4-227頁

4 倍。

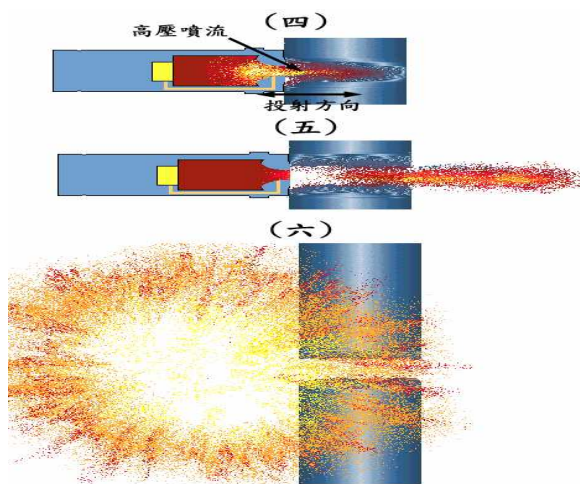
B. 電底火擊發後引燃發射藥，燃燒產生的氣體將砲彈推出砲口，且同時點燃曳光劑，維持 2.5 秒的彈道指示作用。彈丸擊中目標時，壓電晶體點燃彈底引信，再引爆彈頭內裝高爆藥，錐形內襯熔潰，產生高速且集中的震波、金屬噴流，稱之錐孔效應，有效貫穿目標。

C. 錐形裝藥起爆所產生之能量，因受彈體之限制，僅向抗力最小之前方流動，繼經銅質圓錐體之折射，而集中於前方之交會點上，形成強力高壓噴流猶如噴燈繞穿金屬物之方式以貫穿裝甲，並產生爆震與殺傷作用。



圖(九):化學能彈效應圖(一)

資料來源:戰車射擊教範(上)



圖(十):化學能彈效應圖(二)

資料來源:戰車射擊教範(上)

二、各種因素對動能彈藥在長距離飛行之影響及對不同目標貫穿能力之比較?

(一)動能:凡物體因運動或速度有改變而造成能量之變化，謂之動能；物體的動能就是其運動的能量，動能的大小取決於物體的質量及速率。

$$E(\text{動能}) = 1/2 * M(\text{物體質量}) * V(\text{運動速率})^2$$

(二)影響動能穿甲彈穿甲之因素?

動能破甲彈，係藉彈丸之質量(硬度、密度與重量)與著速(碰擊目標時之飛行速度)之關係，而產生所望之目標效果，因此，射距離與著角(彈丸碰擊目標時，彈丸軸線與裝甲表面所形成之角)，為影響貫穿厚度之主要因素。

1. 速度:動能穿甲彈初速為 1500

公尺/秒，在長距離飛行下，彈丸速度會因風向之影響，造成穿甲彈之能量改變，而影響穿甲彈對目標之穿甲效果，惟戰車之橫風感測器可以修正因偏向風造成之誤差值。

- (1) 正向風: 可作為增加彈丸飛行推動速度(以騎腳踏車為例: 當騎腳踏車時，風由後方向前吹，可以減少騎腳踏車所出的力量；若以相同力量騎車時，可以增加車子移動速度)，以增加穿透之動能。

$V(\text{風})$: 正向風的速度

$$V' = V + V(\text{風})$$

$$E' = 1/2M V'^2$$

$$= 1/2M [V + V(\text{風})]^2$$

- (2) 逆向風: 作為減少彈丸飛行推動速度(以騎腳踏車為例: 當騎腳踏車時，風由前方向後吹，若要以相同速度前進時，須增加騎腳踏車所出的力量；若以相同力量騎車時，則會減少車子移動速度)，以減少穿透之動能。

$V(\text{風})$: 負向風的速度

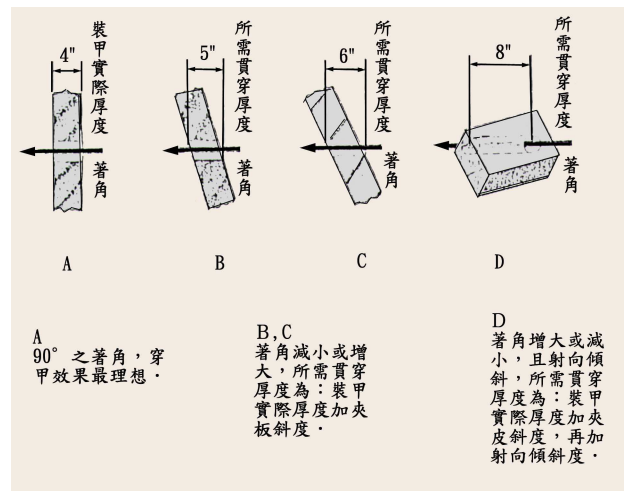
$$V' = V - V(\text{風})$$

$$E' = 1/2M V'^2$$

$$= 1/2M [V - V(\text{風})]^2$$

- 距離: 目標距離越近，著速越大，則其穿甲效能亦愈強；反之，則效能降低。
- 著角^{註8}: 射彈能垂直命中(90度之著角)裝甲鋼板，其所需貫澈厚度，即為裝甲之實際厚

度，故其穿甲效果最理想，如著角增大或減小(形成甲板傾斜)，則所需貫穿厚度為: 裝甲實際厚度加甲板斜度，致穿甲效果減低，如著角增大或減小，且射向傾斜度，故其穿甲效果最為差。著角之大小，則視目標之斜度、形狀及射角而定。



圖(十一): 著角與所貫穿之關係
資料來源: 戰車射擊教範(上)

4. 戰車最脆弱部份^{註9}: 需視裝甲之實際厚度、甲板斜度、射擊之角度等綜合因素而定，故戰車之設計，其正面(長向敵方)及砲塔(常暴露)，均力求傾斜或圓滑，並具有較厚之裝甲。

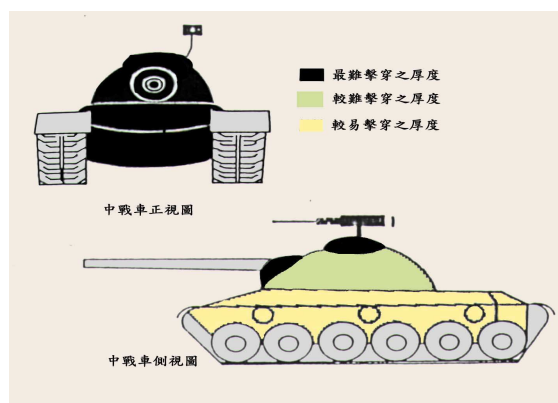
- (1) 戰車正面: 由於裝甲最厚，且有傾斜，為全車最難貫穿部位，如必須迎面射擊應以砲塔環為瞄準點。
- (2) 砲塔兩側: 裝甲厚度及傾斜較小，為全車難於貫穿之部位，如僅砲塔暴露，則應瞄準其下緣，以期能命中砲塔

註8 戰車射擊教範第二章第 02004 條第 2-14 頁

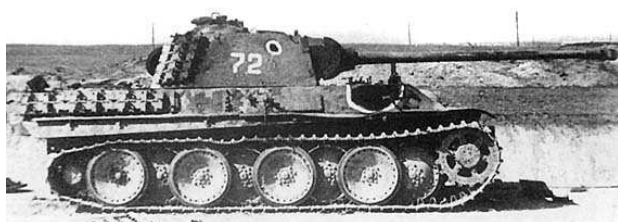
註9 戰車射擊教範第二章第 02004 條第 2-14 頁

環附近。

- (3)車身兩側、後方及底部:裝甲較薄，傾斜甚微，為全車最脆弱、最易貫穿部位，射擊時，瞄準車身之中央即可。



圖(十二):戰車脆弱部份
資料來源:戰車射擊教範(上)



圖(十三):戰車前方中彈圖
資料來源:軍武狂人夢

5. 防護裝甲:

- (1)均質式裝甲:均質裝甲由單一材料所製成，如鋼裝甲、鋁合金裝甲；其依生產方式，可分為軋製裝甲和鑄造裝甲，軋製裝甲具有高韌性的纖維結構，同時也減少內部疏鬆，使金屬的密度平均提高10~12%，鑄造裝甲是由裝甲鑄鋼冶鍊後直接澆注而成，因鑄造組織不夠密實，所以鑄造裝甲的防護性能略

低於軋製裝甲。均質裝甲防護力由裝甲厚度決定，隨著反裝甲武器穿透能力增加，一般均質裝甲無法有效抵禦其穿甲破壞力，故增加裝甲厚度來提高其裝甲防護力，但因厚度增加勢必增加戰車重量，影響戰車的機動力。



圖(十四):配賦均質裝甲的
M60A3 戰車

資料來源:軍武狂人夢

- (2)複合式裝甲:複合裝甲夾層由多層次多元材料組合而成，動能穿甲彈或化學能破甲彈每穿透一層都要消耗一定的能量，由於各層材料硬度不同，可以使穿甲彈之彈蕊或破甲彈的金屬噴流改變方向，甚至把穿甲彈蕊折斷，故複合式裝甲的防穿透力比均質裝甲為高，在裝甲單位面積重量相同時，複合式裝甲抗化學能穿甲彈能力比均質裝甲提高兩倍。



圖(十五):配賦複合式裝甲的中
共 98 式戰車

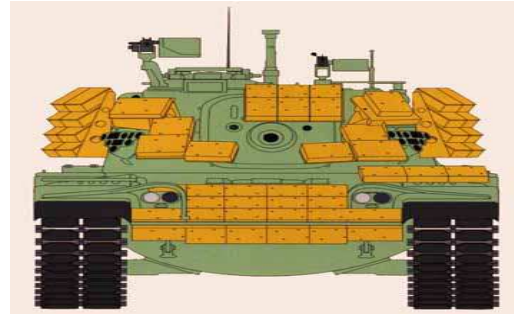
資料來源:軍武狂人夢

(3)反應式裝甲:是在兩層薄裝甲板層間，裝上相對安全的鈍感裝藥，當金屬噴流引爆炸藥時，炸藥的威力會將外層的鋼板外推，撞向攻擊戰車的噴流，進而干擾金屬噴流使之變形，以提高它的抗破甲能力，對動能穿甲彈有較高的防護能力；但反應式裝甲最明顯的缺點是當其爆炸時，可能會傷及隨行步兵。



圖(十六):配賦反應式裝甲的
M1A1 戰車

資料來源:軍武狂人夢



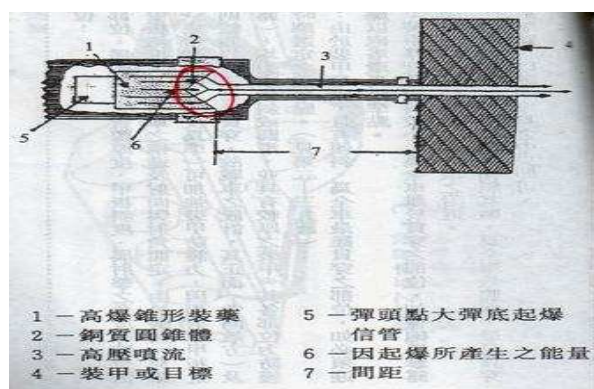
圖(十七):配賦反應式裝甲的
CM11 戰車示意圖

資料來源:軍武狂人夢

三、各種因素對化學能彈藥在長距離飛行之影響及對不同目標貫穿能力之比較？

(一)化學能破甲彈是利用錐形裝藥的聚能效應，使炸藥前部的金屬罩形成高溫高壓的金屬噴流來破壞裝甲。破甲過程:化學能穿甲彈碰撞裝甲後起爆，在強大的爆轟壓力作用下金屬藥形罩沿法線方產生高速塑性流動，並在裝藥軸線處匯合，一部分形成噴流，另一部份形成杵體，並以不同速度（噴流頭部速度高達 8500~10000 公尺／秒，杵體速度約 500~1000 公尺/秒）向前運動，噴流頭部碰到裝甲時，以高壓力和高溫度使裝甲形呈液體狀態，裝甲在高壓及高溫作用下被破壞，並與噴流一起向四周飛濺，逐漸被侵徹。隨著侵徹的進行，噴流的速度和衝擊波不斷減小，破孔直徑也減小，最

後形成漏斗狀的破孔。剩餘的金屬噴流穿過破孔和裝甲破片一起對車內造成殺傷破壞作用。



圖(十八):破甲榴彈作用示意圖

資料來源:戰車射擊教範

(二)影響化學能穿甲彈穿甲之因素?

1. 速度:化學能穿甲彈初速每秒大於 3500 呎(1067.5 公尺),當彈丸碰撞目標時,長釘型風帽前端之磁片及變形,並產生一電氣脈波,以使信管之電氣起爆器點火,進而導致錐形裝藥起爆,故速度僅決定彈丸可飛行距離,對於裝甲穿透力並無影響。
2. 距離:射擊距離不影響化學能穿甲彈穿透能力。
3. 著角:與動能穿甲彈影響因素相同。
4. 目標防護力:與動能穿甲彈影響因素相同。

四、對不同目標射擊時,選定彈種需考量之條件?

(一)對所需貫穿厚度較大之戰車或部份(正面)射擊,則使用

動能穿甲彈;反之,則使用化學能穿甲彈。

- (二)車長無法判定目標之防護能力,則以作用範圍較廣之化學能破甲彈射擊。
- (三)如缺乏化學能穿甲彈時,則以動能穿甲彈代替化學能穿甲彈。
- (四)使用動能穿甲彈時,應注意射距離與著角之影響因素。
- (五)對於均質裝甲目標,應選定動能穿甲彈射擊為佳。
- (六)針對配賦反應式裝甲目標,以化學能穿甲彈射擊為優先。
- (七)戰車指揮官選定彈藥射擊,除針對目標防護力外,應考量戰車所配賦彈藥種類及數量。
- (八)戰車乘員,應徹底了解戰車脆弱部份、彈藥性能及彈種選用原則後,在不浪費彈藥情況下,對正常戰鬥距離 2000 公尺內之裝甲目標,應行「確實」、「速捷」之果敢射擊,以收先發制敵之效。

參、結論:

裝甲部隊於戰場上作戰,主要講求迅速、確實,戰車指揮官對於威脅性高的目標,應立即予以摧毀;對於彈藥選定,須於瞬間下達決心,使用正確彈種,可收到絕對性的效果。但如何選定有效的彈藥來射擊目標,並非只靠戰車指揮官內心思維,應於平時訓練中,使戰車乘員了解彈藥效

能、選定條件及目標防護力，並
訓練車長於短時間內選定彈種對

目標實施射擊，驗證彈藥選定的
正確性，以獲得作戰最佳效果。

肆、資料來源：

一、CM11/12 戰車操作手冊(上冊)

二、陸軍彈藥手冊(上冊)

三、國軍準則-陸軍-017-戰車射擊教範

四、國軍準則-陸軍-01710-戰車射擊教範

五、M60A3 戰車操作手冊(上冊)

六、軍武狂人夢：[HTTP://WWW.MDC.IDV.TW/MDC/](http://www.mdc.idv.tw/mdc/)

伍、作者簡介：

姓名：上尉教官 吳政翰

學歷：陸軍官校專 24 期、正規班第 117 期

經歷：排長、副連長、教官