

空爆燃燒彈發展現況之研析

作者／花玉霖少校



陸軍官校正 93 年班、步兵學校正規班 348 期，106 年正修科技大學經營管理研究所，曾任排、副連長、後勤、人事官，現任職於步兵訓練指揮部兵器組教官。

提 要

- 一、「空爆燃燒彈」其爆炸原理是運用載具投擲至目標區引爆，使彈體燃料浮質與空氣混和後產生爆炸擴散效果，將燃爆點附近之空氣完全燃燒，使武裝部隊與附近動物瞬間因高溫、高熱、高壓、爆震波與微量電子脈衝而窒息死亡，其高溫亦引起附近植物燃燒，這種彈藥攻擊運用時會有通殺的效果，若運用在攻擊停機坪之飛機、油、彈庫則會引發連鎖性爆炸，目前多國仍在研發與使用中，對我防衛作戰亦會產生嚴重威脅與影響。
- 二、空爆燃燒彈早在一次大戰，美軍利用迫擊砲彈將內裝 TNT 爆藥改裝成乙炔，因效果不佳而沒配賦部隊繼續使用，二次大戰期間美軍將彈體內容物再改良為丙烷與乙炔燃料筒，由飛機實施空中投擲，其效果亦不佳，直至 1961 年至 1962 年由美國海軍以新彈體成功運用於越南戰場，近代則使用於消滅阿富汗塔利班武裝力量，獲得良好成效。
- 三、空爆燃燒彈運用普遍，如縱火、殺傷、排雷等，其一般攻擊方式可運用於面目標殺傷、清除障礙工事、排雷，有效擊毀停放至機棚、港口等機、艦，然目前已空中載具發射為主，多管火箭部隊亦已列裝，對未來戰爭的威脅將更趨嚴重，值得長期關注發展與運用情形。

關鍵詞：空爆燃燒彈、乙炔、丙烷、單兵操作火箭彈。

壹、前言

空爆燃燒彈(Fuel Air Explosive)簡稱(FAE)，¹是利用具有高揮發性之燃料浮質與空氣混和後產生的巨大爆炸，引發目標區的人、畜等會因瞬間氧氣燃燒殆盡，形成缺氧而窒息，並對裝備達到損壞及破壞效果，這種彈藥可藉由爆炸後產生之油氣雲在一定空間內同時產生瞬間極速爆炸，²其化學反應會產生具有高溫、高熱、高壓、爆震波與微量電子脈衝，其效能高於TNT炸藥約3至11倍的威力，對機場跑道、飛彈陣地、旅、營級指揮所、戰、甲車、堅固工事、建築物、電子通訊設備甚至停放於停機坪、港口之空中各類型空中載具、船艦進行殺傷及破壞，產生致命威脅性，³近年來美軍在阿富汗戰場攻擊塔利班與蓋達組織時曾廣泛使用，現今中共東部戰區73集團軍部署於廈門之PHL-03型多管火箭部隊，其發射彈種可裝填雲爆彈，未來若針對武力攻台時調集若干火箭營集中管制運用，則將對我產生極大威脅，我應審慎面對與因應。

貳、發展概況

「環氧乙烷」早期作為殺菌劑，遇火即會發生空爆的效果，對生物與附近易燃品均會造成嚴重威脅與危害，另在元素週期表中部分物質燃點低，如鋁、硼、矽、鈦、鎂、等粉末或非元素表內之物質例如燃油等介質都是適合當成燒夷成分的物質，再添加其他物質，引爆後物質增溫即會對周遭氧氣造成瞬間燃燒等，這些物質運用到戰爭行為，即會造成很嚴重毀傷，雖然物質填裝物不同，但效果大同小異，發展概況如下。⁴

一、各國對於名稱的區分

空爆燃燒彈在各國命名時其名稱多樣，但是爆炸所產生效能均概略相同，經查詢美軍語辭典整理於本文各類名稱，(如表一)其與「空爆燃燒彈」實屬相同種類，特列表說明避免讀者因彈種多樣，以致在識別上產生混淆。

¹王儒策，劉國志，與楊紹卿等著《彈藥工程-燃燒空氣彈藥》(中國大陸：北京理工大學出版社，民國91年12月)，頁69-70。

²Moen，IO(1993),” 過渡到燃料 - 空氣爆炸雲中的爆炸 *Journal of hazard materials*” (美國) vol.33, No.2，p159-192。

³Moen，IO，Murray，SB，Bjerketvedt，D.，Rinnan，A.，Knystautas，R.，& Lee，JH (1982，January)” 從管子到大型燃料 - 空氣爆炸雲的衍射” *Symposium (International) on Combustion*(美國)Vol.19,No1，p635-644。

⁴Ilbas，M.，Crayford，AP，Yilmaz，I.，Bowen，PJ，& Syred，N。(2006)。氫 - 空氣和氫 - 甲烷 - 空氣混合物的層流燃燒速度：一項實驗研究(國際氫能雜誌), Vol.31,No.12，p1768-1779

表一 空爆燃燒彈別稱一覽表

名稱	別稱	作用演進
空爆燃燒彈	真空彈、雲霧彈、油氣彈、燃料空氣炸彈、窒息彈、氣浪彈及熱壓彈	內裝有「環氧乙烷」化學物質，燃燒空氣後具有寬廣爆炸範圍並利用氣壓的壓力來達到破壞效果
雲爆彈	燃料空氣炸彈基礎研製，作用同空爆燃燒彈	內裝「雲爆劑」，結構簡便，拋灑、混和及爆炸反應同時進行，爆炸後形成破片、高壓衝擊、高溫及燃燒產生窒息致命效果
溫壓彈	燃料空氣炸彈高級發展型，作用同空爆燃燒彈	添加「鋁、硼、矽、鈦、鎂、鋅」等物質粉末，加熱狀態下釋放能量，氧氣瞬間燃燒耗盡產生窒息致命效果

參考資料：王儒策，劉國志，與楊紹卿等著《彈藥工程-燃燒空氣彈藥》(中國大陸：北京理工大學出版社，民國 91 年 12 月)，頁 69-70。

二、發展概要

早期空爆燃燒彈運用於一次大戰期間，美軍使用 120 公厘榴彈加裝乙炔，使乙炔與空氣混和後產生強大殺傷與破壞力，然效果不佳，直至二次大戰後更換內容物改由丙烷與乙炔燃料筒，投射方式改由飛機實施投擲，效果亦不好，1961 年由美國海軍出資研發新彈體，運用於 1962 年之越戰期間驗證其效果較好，中東戰爭期間美軍運用於消滅阿富汗塔利班與蓋達組織因環境空曠運用效果更好；2011 年俄軍向敘利亞境內極權組織投擲「空爆燃燒彈」，亦達到預期效果，現世界強國仍在積極研發之中，其彈種演進情形如下。(如表二)

表二 空爆燃燒彈演變進化表

空爆燃燒彈演變進化表			
彈藥名稱	投射方式	製造時間	作用原理
空爆燃燒彈	飛機空投	1962年	利用燃料與空氣混和燃燒氧氣產生窒息效果
雲爆彈	人員、載具射擊	1996年	
溫壓彈	飛機空投	2001年	

參考資料：王儒策，劉國志，與楊紹卿等著《彈藥工程-燃燒空氣彈藥》(中國大陸：北京理工大學出版社，民國 91 年 12 月)，頁 69-70。

參、空爆燃燒彈成份、作用原理與殺傷力

本段介紹範圍以空爆燃燒彈為主，暫排除其他質量與效能概同之相關彈種，現對其相關成分與基本之作用原理概述如下。

一、彈藥成分

「環氧乙烷」早期是作為殺菌劑之用，為有毒之致癌物其燃點低，被廣泛運用在清潔用品、製藥與印染使用，因具有易燃特性，在空氣中會產生寬廣爆炸範圍，被美軍運用作為空爆燃燒彈燃料重要成分，⁵其特性是利用水蒸氣與空氣形成範圍廣闊的爆炸性混和物，遇熱源與明火會立即產生燃燒與爆炸，遇高熱產生之劇烈化學反應具有分解作用，易使堅固工事或建築物引發爆炸，接觸到鹼性金屬、氫氧化合物或催化劑之鐵、鋁、錫等製品時，會產生大量熱能而引起爆炸，更因水蒸氣比空氣重之原理，其擴散方向會由低處向遠處擴大，形成大面積之人員燒傷與裝備損壞，燃燒過程中產生之大量一氧化碳與二氧化碳，易造成動、植物產生缺氧窒息效果，其爆炸衝擊作用比TNT黃色炸藥威力強3-11倍，對散兵群、多人操作武器、輕型裝甲車具有毀滅性破壞。⁶

二、作用原理

空爆燃燒彈是利用氣壓的壓力達到破壞效果，其次為高溫、高熱與彈體破片造成殺傷，以2,500度高溫以每秒2,000至2,500公尺速度膨脹，達到毀傷，爆炸衝擊波所產生的破壞作用比一般炸彈強勁，殺傷範圍更大。(如圖一)



圖一 空爆燃燒彈爆炸後示意圖

資料來源：Moen，IO(1993),” 過渡到燃料 - 空氣爆炸雲中的爆炸Journal of hazard materials” (美國) vol.33, No.2，p159-192，檢索時間：108年2月7日。

三、殺傷效果

本彈體造成之毀滅性，端看運用情形，若一個多管火箭營全營齊射，則

⁵Huzayyin，AS，Moneib，HA，Shehatta，MS， & Attia，AMA（2008）。LPG-空氣和丙烷 - 空氣混合物的層流燃燒速度和爆炸指數(美國)，Vol.87, No.1，p39-57

⁶Tang，C.，Huang，Z.，Jin，C.，He，J.，Wang，J.，Wang，X.， & Miao，H.（2008）。丙烷 - 氫 - 空氣預混火焰的層流燃燒速度和燃燒特性(美國)(國際氢能雜誌)，Vol.33, No.18，p4906-4914

數10個足球場或更大之範圍，將瞬間毀滅，其效果更會因地形、地貌與風向之關係，發揮極大的擴散效應，其效果概述如下。

(一)爆炸力強，瞬間消滅有生力量

空爆燃燒彈之演變，從雲爆彈至溫壓彈，其作用原理皆利用高溫及高壓產生殺傷效果，且經由爆炸後內裝藥劑與空氣混和產生雲霧後形成殺傷效果，爆炸後燒盡氧氣，消滅有生力量，由空投改良成多管火箭發射，可針對任務需要實施微創、局部癱瘓、重創、全面癱瘓性之攻擊，亦對開放空間如機場、港口與軍事陣地、輻重地區產生結構性破壞，將無法有效預防傷亡及降低裝備損壞。⁷

(二)破壞性大，堅固工事無法防禦

藉由彈體爆炸產生之強大破壞性，單兵於堅固工事或建築物內也無一能倖免，可有效改變城鎮戰作戰方式，若以空爆燃燒彈產生的衝擊波，造成人員及武器裝備產生燃燒，⁸若再調整裝藥會演變成裝備全損、堅固工事與建築物則保持不被破壞，人員全數缺氧窒息之預期殺傷目標，則傳統之防禦工事設置要求將面臨重新檢討。⁹

(三)使用個人武器，增加戰場震撼

空爆燃燒彈若以火箭發射筒(塑膠製造，約3.7公斤)實施射擊，裝備重量輕、攜帶方便，機動性強，殺傷半徑可達約5-6公尺，爆炸範圍內之有生力量會瞬間燃燒窒息而死，將對藏身於掩體工事、建築物、輕型甲車內之敵人形成嚴重威脅，會造成未來攻防戰鬥時將充滿恐怖與震撼。

肆、如何使(運)用

因本彈藥毀傷面積大，若爆炸時與投擲者沒有保持一定之距離，易造成同樣之危害，因此，多以飛機實施空中投擲，近年來多管火箭性能獲得大幅度的提升，無論在發射距離、爆藥質量、引信、導引系統都有很大的突破，空爆燃燒彈有了新的發射系統，可以執行距離更遠、命中率更高的任務，茲將運用情形敘述如下。

⁷吳承勳，〈美軍新一代單兵精準武器-長矛(Pike)飛彈〉，《步兵季刊》(高雄)，第271期，步兵季刊社，108年1月。

⁸宋俊杰，〈中共 PHL03 型多管火箭部隊對本軍作戰威脅之研究〉，《步兵季刊》(高雄)，第272期，步兵季刊社，108年4月。

⁹Bubblews，〈TOS-1 multiple rocket launcher〉《Bubblews》，<http://www.web.archive>，檢索時間：民國108年6月21日。

一、運用概況

人類戰爭長久以來，沒有適合武器攻擊堅固工事、建築物及地下工事內之敵人，尤其深藏在山洞或是洞穴內之武裝力量，因為當時武器僅只能以燒傷為主，如越戰時期使用燃料空氣炸彈，¹⁰並無鑽地效果，其穿透力無法攻擊深藏地下之目標，經研究發現，空爆燃燒彈可以攻擊防護較為薄弱的洞口或入口，使空爆燃燒彈能進入工事內部並於地洞內部爆炸，透過藥劑與空氣混和產生爆炸之雲霧形成衝擊波，對人員、工事及裝備形成強大破壞性及殺傷性；將空氣中氧氣燃燒殆盡，爆點形成缺氧窒息而死。¹¹（如圖二）



圖二：溫壓彈爆炸示意圖

資料來源：Moen，IO，Murray，SB，Bjerketvedt，D.，Rinnan，A.，Knystautas，R.，& Lee，JH（1982，January）”從管子到大型燃料 - 空氣爆炸雲的衍射” Symposium（International）on Combustion(美國)Vol.19,No1，p635-644，檢索時間：民國108年2月7日。

二、投射載具

本相關類型之彈體，因瞬間引爆後其燒夷範圍與附近呈現缺氧狀態，容易造成自我的危害，所以在載具的運用上，飛機掛載實施大面積的投射是最經濟的運用方式，但是容易發生溢出目標區，對無辜生靈造成相對性的危害，不符人道精神與戰爭法的規範；現今對於載具的利用，多以精準導引系統為前提，可利用多管火箭的末端導引功能或利用鑽地彈精準尋標攻擊地底下之目標，然後引爆造成連鎖性的爆炸效果，這較不易傷及無辜，避免遭到國際輿論的譴責。

三、運用方式

二次世界大戰後，美軍對空爆燃燒彈的運用方式，其中空中轟炸較為廣泛運用，記錄也較為完整，尤其是美軍在越戰時期使用的汽油彈，是為了因應

¹⁰Pape，RA 著，《轟炸勝利：戰爭中的空中力量和強制》（美國：康奈爾大學出版社，西元 1996 年），頁 p1-10。

¹¹Oberdorfer，D 著《越南戰爭的轉折點》（美國：JHU 出版社，西元 2001 年），頁 p1-10。

越共擅長在高山叢林錯綜複雜地形中，實施游擊戰戰法，¹²這令美軍非常困擾，因此，採用了殺傷性更強之汽油彈，(投擲總重量約760萬噸)為美軍二次世界大戰投擲量的3.5倍，該型彈藥彈可用於1,000公尺高空準確投擲，¹³彈體使用薄鋁板製，配有兩個戰鬥機掛耳，用於戰鬥機吊裝掛載，彈體的前端配賦整流風帽及引信，其作用是為控制保險無誤，在彈體拋出後，4個可折疊尾翼會立即展開，使飛行時維持彈體穩定，增加投彈準確度，投擲後由機械定時引信打擊底火，可自動解除保險裝置後，會自動將燃燒彈拋出，同時後端降落傘打開，也就是藉由在目標區上空進行投擲，¹⁴裝有「環氧乙烷」迅速擴散與周圍空氣混和，距離地面1公尺處立即爆炸形成蘑菇狀雲霧，同時產生高溫、高熱與強大破壞力，導致大範圍破壞、缺氧及焚毀，以每小時1,500-3,000公尺/秒速率擴散，致周圍有生力量在爆炸半徑內，均會遭到毀滅性殺傷。(如圖三)



圖三 彈藥吊掛於載具示意圖

資料來源：瑞典防止大規模殺傷擴散武器委員會著《恐怖武器-讓世界擺脫大規模殺傷性武器》，(中國大陸：世界知識出版社)，民國 96 年 5 月，頁 14-38，檢索時間：108 年 2 月 14 日。

伍、各國運用歷史

空爆燃燒彈會對環境造成很嚴重的破壞，所以鎖定攻擊目標精準打擊標的物，是重要的使用原則，其對環境雖有影響但是對於復原的時間，不像原子彈爆炸會造成40-50年對環境的深遠影響，對人健康長期危害，所以空爆燃燒彈在使用上仍需慎重考慮，若傷及無辜悲慘恐怖畫面曝光，易遭到國際輿論的譴責，反而不利原任務之執行，所以公開承認使用該彈藥於作戰任務上是極其有

¹²國防部史政編譯室《越戰憶往口述歷史》(台北：國防部，民國 97 年 4 月)，頁 56-61。

¹³Clodfelter, M 著，《空中力量的極限：美國對北越的轟炸》(美國：內布拉斯加州出版社，西元 2006 年)，頁 147。

¹⁴夏普著，《失敗的戰略：回顧過去的越南》(美國：普雷西迪奧出版社，西元 1978 年)，頁 1-10。

限的，茲蒐整相關國家運用情形如下。

一、美軍運用現況

(一)燃料空氣炸彈運用

1962年越戰期間越共以游擊戰對付優勢之美軍正規部隊，¹⁵越共身穿一般百姓衣服，藏身在叢林、坑道與沼澤之中實施打跑戰術晝伏夜出，並於道路埋設地雷與混在百姓之中實施伏擊造成美軍大量傷亡，迫使美軍投擲燃料空氣炸彈，¹⁶迫越共現形並給予伏擊之越共致命打擊，但因對越戰爭無法在大規模會戰時廣泛運用，其效果未充分顯現。¹⁷(如圖四)



圖四 越戰期間美軍使用空爆燃燒彈示意圖

資料來源：Clodfelter，M著，《空中力量的極限：美國對北越的轟炸》(美國：內布拉斯加州出版社，西元2006年)，頁147，檢索時間：民國108年2月7日。

(二)溫壓彈運用

2001年阿富汗戰爭，以美國為首的聯軍自2001年10月7日對「阿富汗蓋達組織」與「塔利班」戰爭，為美國對911事件報復，同時宣示反恐戰爭開始，其目的為逮捕「奧薩瑪·賓拉登」等蓋達組織成員並懲罰塔利班對其支援，塔利班及武裝份子躲藏於山洞和地道裡不易發現，致美軍易遭受伏擊，¹⁸且深藏地下工事以防護強烈轟炸之威脅，¹⁹針對此種情況，美軍運用「鑽地彈」為載體，穿過鑽透地道上方較薄岩層及裸露洞穴口直達敵地下指揮部，²⁰於洞穴

¹⁵Corum，JS 與 Johnson，WR 等著，《小型戰爭中的空中力量：打擊叛亂分子和恐怖分子》(美國：堪薩斯大學，西元 2003 年)，頁 p1-10。

¹⁶Stanton，SL 著，《1963 - 1973 年美國陸軍的興衰：越南的美國地面部隊》(美國：百齡壇書籍，西元 2007 年)，頁 p1-10。

¹⁷Pape，RA(1990)，” 越南戰爭中的強制空中力量”(美國)(國際安全)，Vol.15,No2，p103-146。

¹⁸Kolko，G 著，《戰爭剖析：越南，美國和現代歷史經驗》(美國：萬神殿出版社，西元 1985 年)，頁 10-20。

¹⁹Thompson，WS 與 Frizzell，DD 等著《越南的教訓》(美國：Crane Russak & Co 出版社，西元 1977 年)，頁 15- 20。

²⁰Schlight，J 著，《南越戰爭：1965 年至 1968 年的進攻歲月》(美國：政府印刷局，西元 1988 年)，頁 40-45。

及山洞引爆使氧氣耗盡，其高壓與衝擊波徹底殺傷洞內人員及電子設施、裝備，保持洞穴及山洞完好無損，其對生態之破壞被聯合國列入禁用武器。²¹

二、俄軍運用現況

(一)溫壓彈運用

2011年敘利亞境內叛軍盤據於伊德利卜地區，遭俄羅斯及敘利亞聯軍消滅，美國不甘心在中東的軍事勢力於遭削弱，對於俄敘兩國實施經濟制裁，並派遣軍事顧問及參與叛軍零星戰爭，美國雇傭兵與俄敘聯軍發生戰爭，聯軍受到無人機攻擊，導致俄羅斯空軍基地損失慘重，經過調查後認定美軍便是背後陰謀家，也查獲參與空襲無人機，便實施對美軍報復行動，便向美軍投擲數十枚溫壓彈，產生人員嚴重傷亡，近百名美軍遭活埋。²²(如圖五)



圖五 俄軍於敘利亞戰爭使用之溫壓彈示意圖

資料來源：Huzayyin，AS，Moneib，HA，Shehatta，MS， & Attia，AMA（2008）。LPG-空氣和丙烷 - 空氣混合物的層流燃燒速度和爆炸指數(美國)，Vol.87, No.1，p39-57，檢索時間：108年2月7日。

(二) Tos-1多管火箭運用

1988年蘇俄入侵阿富汗戰爭，因作戰地區地形特殊，利於阿富汗軍隊利用山區隱蔽處對俄軍實施突襲，導致俄軍戰況不佳，人員、裝備傷亡及破壞，但在Tos-1多管火箭部隊加入戰場後，俄軍得以扭轉不利戰況，該營因配賦裝備特殊，利於在崎嶇山地路上行駛，220公厘24管射程350-4,000公尺7.5秒可摧毀2平方公里村莊，會對敵軍目標區產生強大破壞力，其射彈經俄羅斯精心設計，將傳統火箭與引火裝置結合，發射火箭彈時彈內裝「三乙基鋁」燃料遇空氣即

²¹Turse，N 著，《殺死任何移動的東西：真正的美國在越南的戰爭》(美國：麥克米倫出版社，西元 2013 年)，頁 10-15。

²²Turner，KG 與 Phan，TH 等著《即使是女性也必須戰鬥：來自北越的戰爭記憶》(美國：紐約出版社，西元 1998 年)，頁 1-10。

可燃燒，遇水產生爆炸，甚至遭土埋住時亦無法產生缺氧效果，仍然可以持續燃燒殺傷效果大，能有效支援步兵與戰車部隊攻擊與防禦戰鬥，適合於山地、島嶼、坑道及壕溝等作戰環境使用。所以俄軍在對阿作戰時曾廣泛使用「雲爆彈」，以利戰鬥任務之執行。（如圖六）



圖六 俄軍Tos-1多管火箭示意圖

資料來源：Bubblews，〈TOS-1 multiple rocket launcher〉《Bubblews》，<http://www.web.archive>，檢索時間：民國108年6月21日。

三、共軍運用現況

共軍集團軍砲兵旅下轄之PHL-03多管火箭營具有射程遠、攻擊範圍廣、反應快速、精準導引功能、模組化裝填、彈藥選擇多樣性之特性，每個連4輛車每車配賦有12管，每管可以發射兩次，若齊射時以殺傷破甲雙用途子母彈當發射藥，可瞬間毀滅約2平方公里範圍內之目標，可以摧毀區域性集結部隊、軍事指管設施、機場與港口等重要設施，若裝彈為「雲爆彈」則範圍會因天候狀況產生不同型態之變化，共軍曾於西藏地區實施試射，但是尚未運用於實戰，若面臨戰爭時，雲爆彈不但是多管效能，而且是多輛發射車同時齊射，可重創敵人。²³（如圖七）



圖七 共軍PHL-03型多管火箭示意圖

資料來源：宋俊杰，〈中共PHL03型多管火箭部隊對本軍作戰威脅之研究〉，《步兵季刊》（高雄），第272期，步兵季刊社，108年4月，檢索時間：民國108年6月19日。

²³王志軍與尹建平等著《彈藥學》（中國大陸：北京理工大學出版社，民國94年5月），頁338-346。

陸、未來運用方式與場合

彈藥發展隨科技進步其效能會越來越多元，攻擊時彈種選擇非常重要，尤其是本彈藥若使用不當易引發國際爭議或譴責，引發反效果，所以未來該何時用、如何用都需要非常審慎，其運用不能以世界強國的角度來研議，而是以戰爭法與百姓生存權這些應該遵守法律與價值理念來探討較為合宜。

一、使用時考量因素

武器運用需考慮戰爭目的，人類史上二次世界大戰，美國動用原子彈攻擊日本廣島與長崎，造成地區內大量人畜全面死亡與嚴重後遺症，其戰爭結果是日本投降，第二次世界大戰正式結束，美軍使用原子彈造成地區內無辜的百姓、動物、植物全面摧毀，卻沒有遭到輿論的質疑或譴責，而是同盟國一片歡欣鼓舞慶祝戰爭的結束，可以早日結束戰爭的威脅與災難，所以就沒有人再探討原子彈使用的對與錯的問題了，也沒有人再感嘆在原子彈攻擊下無辜的生靈了，所以很多問題不是對與錯的問題，這有點類似嗎啡一樣既是毒品，但也是最好的止痛藥，要看你如何用，所使用類似彈藥時其動機與目的是否能為大家共同的認知與價值理念所接受是重要的因素。

相對的空爆燃燒彈也會有死狀悲慘，殺傷範圍內一律通殺的特性，因此在使用要考慮是否有絕對的必要性，是否會觸犯戰爭法、是否會傷及無辜，是否還有不必使用該彈種之外的彈藥，畢竟戰爭不是要爭取勝利可以不擇手段到濫殺無辜的境地，這都是要認真考慮的。

二、未來運用方式更多元與具有彈性

國際間強國對於武器、彈藥、載具的發展是非常快速的，但相關造價卻越來越昂貴，因此，載台與武器設計都希望將功能多元化，空爆燃燒彈只是彈體裝藥不同，現在對於空中發射、多管火箭發射、砲兵發射或由單兵手持發射都是可以做得到的，未來在運用方式上若作戰任務需要，要做適度調整，以現在軍工設計能力，可以快速迎刃而解滿足作戰需要，讓被攻擊的一方將會面臨防不勝防的窘境。

三、運用場合與目標區設定

站在強國的立場思考運用場合與目標區設定，空爆燃燒彈的運用通常面對的是較弱的一方，隱蔽掩蔽良好或我地面部隊無法立即到達的地區，攻擊

時目標遴選應慎重考慮，因為空爆燃燒彈對於有生力量的攻擊容易造成傷及無辜，但是對於敵軍油庫、彈庫、其他作戰物資囤儲區、戰術集結地區、防禦核心區、指揮所，都是可以考慮的攻擊目標。²⁴當然戰爭不是有一定的規則可以遵循，若是強國採取強烈的報復作為，將會溢出以上所述之預判攻擊場合與目標區之範圍內了。

柒、防範作為

空爆燃燒彈是屬於特種彈藥，通常居於守備的一方，要策畫積極的防範措施實屬不易，例如以色列的鐵穹防護系統與戰甲車上之戰利品防護系統，都是可以在一定之距離內偵測到來襲彈藥，自動發射小型彈體摧毀襲火箭或飛彈，但是空爆燃燒彈，毀傷範圍大，且在使用時難以預判，未來若研發或採購該型防護系統，也不能具體偵測到該種彈藥，所以最重要的原則就是不要刺激敵人，讓敵人刻意選擇該彈種作為報復的手段，畢竟運用該型彈藥是要面臨國際輿論議論的壓力，恐喪失維持正義的立場，在人道角度則易陷入濫殺無辜遭到譴責的危機，這是以戰爭法的立場看問題，但是無法確保敵人不使用，因此，具體安全防護作為如下：

一、兵力部署力求掩蔽與分散

空爆燃燒彈因其特性為瞬間產生極大毀滅效果，所以在兵力部署不可集結於同一區域，可以排或連為單位分區集結並適度增加距離，且須運用有利地形及堅固掩體，陣地構築要地下化，要預設多處以利變換，以確保人員戰場存活率。

二、作戰物資小批量分區囤儲

若遭到空爆燃燒彈時，物資容易產生連鎖性爆炸如：油料與彈藥，所以在囤儲時應配合兵力部署，以小批量分配至各陣地囤儲，以避免產生連鎖性爆炸，造成全部作戰物資損毀。

三、營級物資存取應地下化

營為戰術指揮單位，有勤務支援與火力支援之責任，因此營級的控存物資，應放置山洞、堅固掩體或大樓地下室並增加深度，城鎮作戰時，因民間建築物與大型公共設施量多，所以一定要以避免遭到一次性損毀為前提，考慮作戰需要與安全維護，發揮巧思與創意，製造假徵候，散發假訊息，假

²⁴伍文祥著《越戰的回顧與檢討》，(台北：黎明文化出版社)，民國74年1月，頁32-33。

假真真、真真假假、以真似假、以假似真，讓敵人無法預判我之作為，以維護我作戰持續力。²⁵

捌、結語

隨著科技進步，武器殺傷的威力也逐步增強，從越戰、阿富汗戰爭及敘利亞戰爭使用之空爆燃燒彈、汽油彈、真空炸彈、雲爆彈、溫壓彈等皆屬於空爆燃燒彈，其彈體內裝藥越來越強勁，共軍多管火箭營亦配賦該型彈藥，可對我後勤鎢重區、油庫、彈藥庫、飛機庫、飛機堡、飛彈陣地、雷達站等實施攻擊，摧毀我偵蒐機構、指揮中心、重要決勝軍種與作戰物資等，可造成連鎖性爆炸，達成大面積摧毀效果，重挫我防衛作戰反制力量，因此，國軍在主戰兵力部署、戰力運用與作戰物資囤儲，均應審慎檢視該型彈藥可能造成連鎖性危害，妥採防護性作為及早因應，以確保防衛作戰力之安全。

²⁵劉程與陳婷等著《聚焦美軍-以越戰到伊戰的軍事變革》，(北京：大陸解放出版社)，民國94年1月，頁232-237

參考資料

- 一、王儒策，劉國志，與楊紹卿等著《彈藥工程-燃燒空氣彈藥》(中國大陸：北京理工大學出版社，民國91年12月)。
- 二、Moen，IO(1993),” 過渡到燃料 - 空氣爆炸雲中的爆炸Journal of hazard materials” (美國) vol.33, No.2，p159-192。
- 三、Moen，IO，Murray，SB，Bjerketvedt，D.，Rinnan，A.，Knystautas，R.，& Lee，JH（1982，January）” 從管子到大型燃料 - 空氣爆炸雲的衍射” Symposium（International）on Combustion(美國) Vol.19,No1，p635-644。
- 四、Ilbas，M.，Crayford，AP，Yilmaz，I.，Bowen，PJ，& Syred，N。（2006）。氫 - 空氣和氫 - 甲烷 - 空氣混合物的層流燃燒速度：一項實驗研究(美國)(國際氫能雜誌), Vol.31,No.12，p1768-1779。
- 五、Huzayyin，AS，Moneib，HA，Shehatta，MS，& Attia，AMA（2008）。LPG-空氣和丙烷 - 空氣混合物的層流燃燒速度和爆炸指數(美國)，Vol.87, No.1，39-57。
- 六、Tang，C.，Huang，Z.，Jin，C.，He，J.，Wang，J.，Wang，X，& Miao，H。（2008）。丙烷 - 氫 - 空氣預混火焰的層流燃燒速度和燃燒特性(美國)(國際氫能雜誌)，Vol.33, No.18，p4906-4914。
- 七、國防部史政編譯室《越戰憶往口述歷史》(台北：國防部，民國97年4月)。
- 八、Clodfelter，M著，《空中力量的極限：美國對北越的轟炸》(美國：內布拉斯加州出版社，西元2006年)。
- 九、夏普著，《失敗的戰略：回顧過去的越南》(美國：普雷西迪奧出版社，西元1978年)。
- 十、Pape，RA著，《轟炸勝利：戰爭中的空中力量和強制》(美國：康奈爾大學出版社，西元1996年)。
- 十一、Mrozek，DJ著，《空中力量與越南的地面戰爭》(美國：密爾瓦涅集團公司，西元2002年)。
- 十二、Oberdorfer，D著《越南戰爭的轉折點》(美國：JHU出版社，西元2001年)
- 十三、Corum，JS與Johnson，WR等著，《小型戰爭中的空中力量：打擊叛亂分子和恐怖分子》(美國：堪薩斯大學，西元2003年)。
- 十四、Stanton，SL著，《1963 - 1973年美國陸軍的興衰：越南的美國地面部隊》(美國：百齡壇書籍，西元2007年)。

- 十五、Pape, RA(1990), ” 越南戰爭中的強制空中力量” (美國)國際安全, Vol.15,No2, p103-146。
- 十六、Kolko, G著, 《戰爭剖析：越南, 美國和現代歷史經驗》(美國：萬神殿出版社, 西元1985年)。
- 十七、Thompson, WS與Frizzell, DD等著《越南的教訓》(美國：Crane Russak & Co出版社, 西元1977年)。
- 十八、Schlight, J 著, 《南越戰爭：1965 年至 1968 年的進攻歲月》(美國：政府印刷局, 西元 1988 年)。
- 十九、Turse, N著, 《殺死任何移動的東西：真正的美國在越南的戰爭》(美國：麥克米倫出版社, 西元2013年)。
- 二十、Turner, KG與Phan, TH等著《即使是女性也必須戰鬥：來自北越的戰爭記憶》(美國：紐約出版社, 西元1998年)。
- 二十一、王志軍與尹建平等著《彈藥學》(中國大陸：北京理工大學出版社, 民國94年5月)。
- 二十二、伍文祥著《越戰的回顧與檢討》, (台北：黎明文化出版社), 民國74年1月。
- 二十三、劉程與陳婷等著《聚焦美軍-以越戰到伊戰的軍事變革》, (北京：大陸解放出版社), 民國94年1月。
- 二十四、瑞典防止大規模殺傷擴散武器委員會著《恐怖武器-讓世界擺脫大規模殺傷性武器》, (中國：世界知識出版社), 民國96年5月。
- 二十五、軍事BBC中文網, <地雷：你看不到的致命危險>《軍事BBC中文網》, <http://www.bbc.com>, 檢索時間：108年2月14日。
- 二十六、貝文·亞歷山大著《未來戰爭-傳統戰爭及游擊戰》, (台北：麥田出版社), 民國85年。
- 二十七、吳承勳, <美軍新一代單兵精準武器-長矛(Pike)飛彈>, 《步兵季刊》(高雄), 第271期, 步兵季刊社, 108年1月。
- 二十八、宋俊杰, <中共PHL03型多管火箭部隊對本軍作戰威脅之研究>, 《步兵季刊》(高雄), 第272期, 步兵季刊社, 108年4月。
- 二十九、Bubblews, <TOS-1 multiple rocket launcher>《Bubblews》, <http://www.web.archive>, 檢索時間：民國108年6月21日。