雷射導引技術的發展與運用

摘要

一、雷射導引是用來控制飛行器飛行方向，或導引武器擊中目標的一種雷射技術。雷射導引是利用雷射做爲追蹤和傳輸訊息的媒介，經導引站或彈上控制信號形成電路處理後，得出飛彈偏離目標位置的角誤差值，而形成導引指令，使飛彈上的控制系統適時修正飛彈的飛行彈道，直至準確命中目標。

二、雷射導引技術的特性：導引精度高、抗干擾能力強與可用於複合導引。

三、雷射導引方式可區分爲：雷射尋標導引與雷射波束導引兩大類。雷射尋標導引又可區分爲：主動式雷射導引與半主動式雷射導引。

四、雷射導引的防護：以煙幕實施干擾、發射箔條誘騙、精進僞裝欺敵作爲、裝置雷射警報器與發展雷射反制系統。

五、雷射導引精進作法：發展高效能的目標獲得辨別技術、增加雷射光束距離與發展複合導引技術。

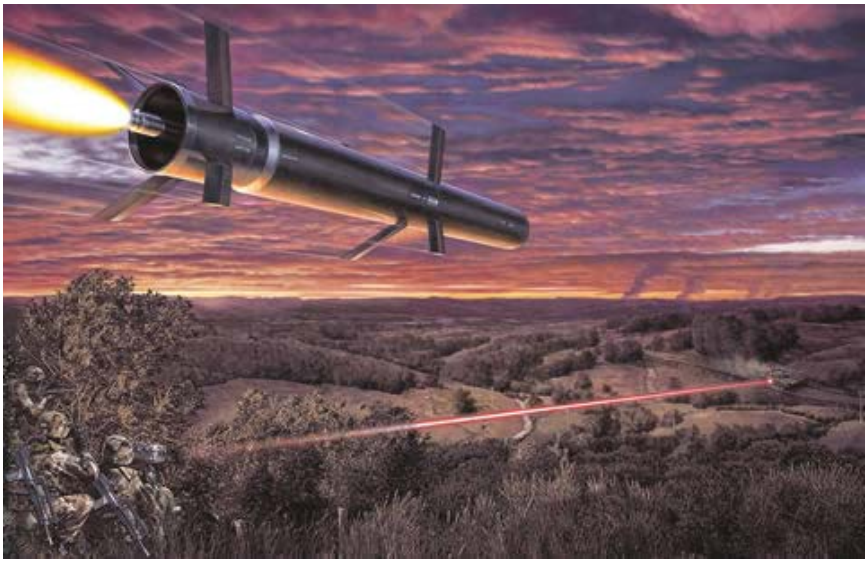
一、前言：

70 年代初期，美國首次在越南戰場使用雷射導引炸彈，由於它們具有極高的命中精度，當時被稱於「精靈炸彈」。於 1973 年第四次中東戰爭中，埃及和以色列大量使用蘇聯和美國生產的各種飛彈，取得了前所未有的戰場效果。尤其經過了英阿福島之戰和波灣戰爭，由於交戰雙方大量使用各種精確導引武器，便開創了戰爭的新時代，使人們對未來戰爭的形態有了一個全新的概念。[1]

戰爭對各種武器系統的最基本要求係「準確」。因此，無論那一種先進的科學技術問世，總是要被研究人員引進到精確導引領域去驗證，使得各種導引技術紛紛出籠。但綜合導引武器的經濟性、作戰能力以及當前的科技工業等方面考量，則雷射導引武器明顯處於領先的地位。[2]

註[1] 郭修煌，《精確制導技術》（北京：國防工業出版社，西元 1999 年 8 月），頁 1。

註[2] 張莉、呂一兵著，《無敵閃電-激光武器》（北京：解放軍出版社，西元 2001 年 1 月），頁 58。



資料來源：http://www.defense-update.com/features/du-2-07/helicopters_laser_guided_missiles.htm

圖 1 雷射導引武器

貳、雷射導引技術之沿革與用途：

一、雷射導引技術之沿革：

雷射導引技術首次在越南戰場投入使用，據統計，整個越南戰爭期間，美軍共投擲雷射導引炸彈 25,000 枚，炸毀重要目標 1,800 個，其中還包括普通炸彈難以摧毀的橋樑 106 座。而其中，美空軍空襲越南清化大橋是雷射導引炸彈運用的典型戰例。清化大橋位於河內以南 112 公里處，是從河內通往越南南部的鐵路、公路必經之處，在 1965 到 1968 年的 4 年裡，美空軍曾出動數百架次飛機對其進行轟炸，結果橋樑不僅沒有被摧毀，卻損失飛機 10 多架。直到 1972 年，美空軍僅僅出動了幾架飛機，投擲了十幾枚雷射導引炸彈，就使得清化橋樑徹底摧毀。在 1986 年，美軍飛機利用夜幕長途奔襲利比亞，用雷射導引炸彈準確地對卡紮菲(Gaddafi)總部和駐地實施精確轟炸，取得了輝煌的戰果。另於波灣戰爭中，以美國爲首的多國部隊運用雷射導引炸彈摧毀了大量伊拉克經過嚴密強化穩固的固定目標，包括五分之四的交通設施。[3]

註[3] 朱鴻亮，<激光制導炸彈對抗與發展 技術先進媲美簡易導彈>《新華軍事》，http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.xinhuanet.com/，民國 96 年 12 月 18 日

資料來源：http://www.defense-update.com /080307_dagr.htm

圖 2 雷射導引武器

二、雷射導引技術之用途：

雷射導引是利用雷射做爲追蹤和傳輸訊息的媒介，經導引站或彈上控制信號形成電路處理後，得出飛彈偏離目標位置的角誤差值，而形成導引指令，使飛彈上的控制系統適時修正飛彈的飛行彈道，直至準確命中目標。雷射導引與雷達導引、紅外線導引等雖然物理性質不同，但就其尋找目標的工作原理則有許多相似之處，且都同屬於武器系統的末端導引。[4]

而雷射導引是用來控制飛行器飛行方向，或導引武器擊中目標的一種雷射技術。因此其具有以下之特點：

(一) 導引精度高：

雷射導引武器可用於攻擊固定或活動目標，尋標導引精度一般在 1 公尺以內，且飛彈的首發命中率極高，是目前其他導引方式難以達到的。

(二) 抗干擾能力強：

由於雷射是由專門設計的激光器才能產生出來的，因而不受外界電磁波干擾，且由於雷射的單色性好，光束的發散角小，使得敵方很難對導引系統實施有效干擾。

(三) 可用於複合導引：

導引武器系統用於遠程精確打擊，單靠某一種導引方式其能力有限。雷射導引與紅外線、雷達等導引方式複合導引，有利於提高導引精度和應付各種複雜的戰場環境。

而目前雷射導引存在的主要問題爲易受氣象條件影響，不能全天候使用，雷射半主動導引，因在飛彈命中目標之前，雷射光

註[4] 同註 1，頁 159-160。

束必須一直照射目標，其雷射的發射裝置，如飛機、戰車等，易被敵方發現和遭受反擊的危險。

參、雷射導引技術之種類與原理：

一、飛彈導引技術分類：

飛彈導引系統能引導飛彈按事先規畫的飛行方向、姿態、高度和速度，並不斷測定其與目標之間的相關位置，再根據偏差的大小和運動的狀態形成控制信號，控制導引飛彈的運動軌道，使之最終命中目標。因飛彈種類不同，其控制導引方式亦不同。而雷射導引技術在目前的飛彈導引技術中，主要是以歸向導引爲主。

(一) 自主導引（self guidance）：

自主導引是根據飛彈內部或外部所提供的相關參數爲基準來控制飛彈的飛行，導引系統直接裝在飛彈內部，在飛彈飛行中不進行任何人爲的控制，也不需要地面設備的配合工作。採用這種導引系統的飛彈，一經發射後，就不再接收任何外界人爲指令的控制。優點爲隱蔽性好、抗干擾能力強，射程遠、導引精確度高。但因其飛行彈道不能改變的特性，所以只能用於攻擊固定目標或預定區域的彈道飛彈、巡弋飛彈。

(二) 遙控導引（remote guidance）：

遙控導引是以設在地面、海面或飛機上的指揮站或導引設備來測量目標和飛彈的相對位置，並向飛彈發出導引指令。其特點是飛彈受控於指揮站，其飛行軌跡可根據目標相對運動情況而隨時改變，適用於攻擊活動目標，如地對空、艦對空、空對空和空對地飛彈等武器系統。

(三) 歸向導引(homing guidance）：

歸向導引系統由裝在飛彈上的尋標器、指令計算裝置和飛彈控制裝置組成。尋標器接收目標輻射或散射的電磁波，自動追蹤目標並測量目標和飛彈的相對運動參數，將測得的信號送至指令計算裝置後，再送至飛彈內的控制裝置，控制裝置驅動執行機構調整飛彈的飛行方向，直至命中目標。

歸向導引系統包括被動式、主動式和半主動式三種方式。

1、主動歸向導引：

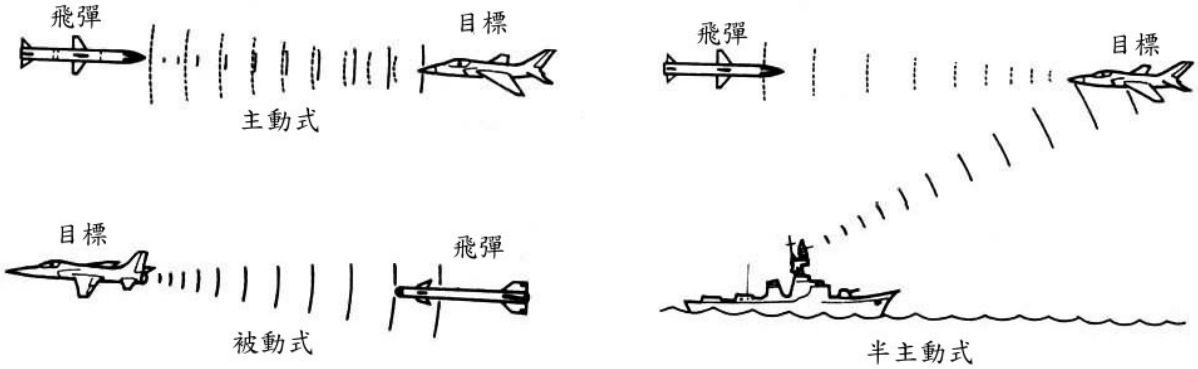
主動歸向導引係飛彈發射後，便不需要外界控制，由飛彈上的尋標器發出照射目標的電磁波，並接收目標反射回來的電磁波，自動追蹤和飛向目標，多用於飛彈的末端導引，主動式包括雷達、雷射和聲納。

2、半主動歸向導引：

先由地面追縱雷達發射照明波束鎖定目標後，發射飛彈，再由飛彈上尋標器接收從目標反射回來的電磁波，藉以導引飛彈飛向目標，半主動式包括雷達和雷射。

3、被動歸向導引：

飛彈上尋標器不發射照明波束追縱目標，而是直接接收目標本身輻射或散射的電磁波，藉以導引飛彈飛向目標。被動歸向導引一般採用紅外線尋標器或無線電尋標器，也可用電視尋標器或利用可見光追蹤目標，包括雷達、紅外線、聲學和光學4種。[5]



資料來源：劉明俊，〈尋的制導系統〉《中國大百科全書》

圖3　各類型歸向導引系統

4、複合導引(combined guidance）：

在同一種飛彈中採用兩種或兩種以上導引方式組合而成的導引技術，像地對空就是利用不同飛行階段，在不同的地理和氣候條件下，採用不同的導引方式組成複合式精確導引系統，以實現更準確的導引。[6]

二、雷射導引技術的分類：

雷射導引方式可區分爲雷射尋標導引和雷射波束導引兩大類：

(一) 雷射尋標導引：

雷射尋標導引是由彈外或彈上的雷射光束照射在目標上，彈上的雷射尋標器利用目標反射回來的雷射光束，對目標追蹤和對飛彈的控制，使飛彈飛向目標的一種導引方式；按照雷射光束所在位置的不同，又可區分爲兩類：

1、主動式雷射導引：

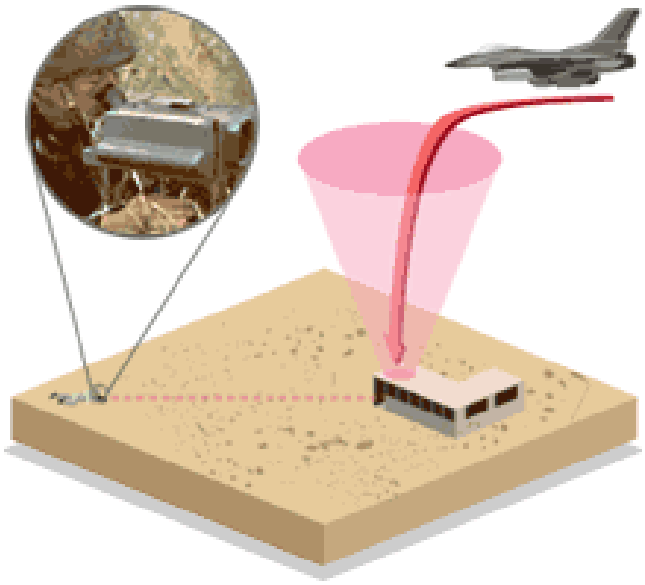
註[5] 嚴南根，《尋的制導》（中國大百科全書）。

註[6] 梁思禮、陳懷瑾、孫凝生合編，《導彈制導和控制系統、波束制導、尋的制導、指令制導》（中國大百科全書）。

這種導引方式是將尋標器和標定器都裝在彈體上，由雷射標定器發射雷射，目標尋標器接收目標所反射的雷射信號，再通過彈上控制系統引向目標，[7]是一種「射後不理」的導引方式，然而要由彈內計算機在複雜的背景圖像中，研判遙遠的小點是否可標，並將狹窄的光束全程鎖在其上，以現行技術來說還太昂貴並不符合經濟效益，故主動雷射尋標導引目前尚未用在實戰上。

2、半主動式雷射導引：

半主動雷射導引的尋標器和雷射標定器是分開放置，尋標器在彈上，雷射標定器是放在彈外的控制載台上，可以是飛機、船鑑、車輛、地面腳架，甚至手持，是目前技術最成熟，應用最廣的主流。[8]



資料來源：http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/americas/2805611.stm

圖 4 手持雷射標定器標定目標以幫助導引飛彈

(二)雷射乘波導引：

雷射乘波導引是利用雷射波束控制飛彈飛行，去攻擊目標的導引系統，具有系統簡單、導引精度高、機動性強、抗干擾能力好的特點，它適用於低空防空飛彈及反戰車飛彈的導引。

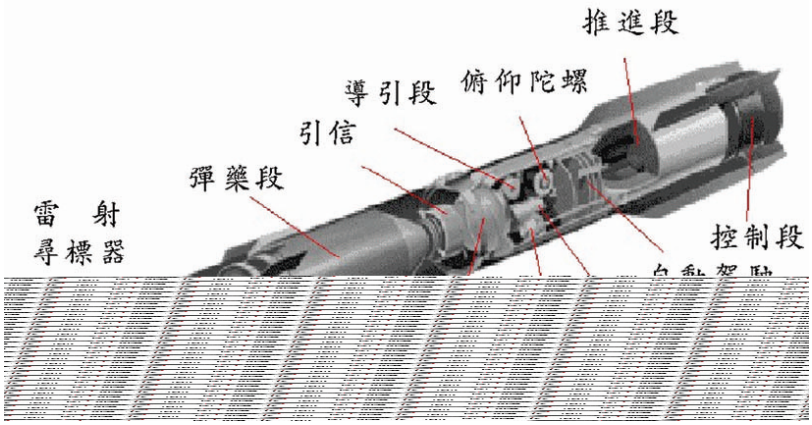
三、雷射導引的技術原理：

(一)半主動式雷射導引：

註[7] 飛達，<激光制導>《飛達網》http://www.33tt.com/article/2004-12/467.htm，民國 93 年 12 月 5 日。

註[8] 王玉樹，<雷射制導武器簡介—兼論精準制導之軍事價值>，《新新季刊》，第 33 卷第 1 期，民國 4 年 1 月，頁 86。

半主動雷射尋標導引系統由彈內的雷射尋標器和彈外的雷射標定器（或稱照明器）組成，尋標器裝在彈體前端以方便向前觀測目標光點，不同的雷射導引武器，其尋標器的結構一般各不相同，但基本的工作原理是相同的。[9]



資料來源：新新季刊，94 年 1 月。

圖 5　AGM-114 地獄火飛彈彈體結構

雷射標定器是一種半主動的目標照明系統，用來標示目標，典型的雷射導引武器上的目標接收器使用光電二極管陣列，以獲目標照明的訊號，這些訊號將轉譯成控制訊號，傳遞到控制面，以控制武器飛向目標。空載式的標定器可以提供目標資訊給行員，提供目標瞄準點，當飛行員認爲標定器已經鎖定目標，發射包絡線並在滿足要求後，便可發射雷射導引的「精靈」武器。雷射標定器的發展目益進步，地面用的雷射標定器，同時也做爲雷射測距及目標標定，適用目前所有的雷射導引武器，也可以追蹤移動目標，偵測距離、方位、高度，將資料回傳到戰術控制中心。[10]

(二)雷射乘波導引：

與尋標導引不同，雷射乘波導引的概念是利用雷射光的集束性。當光束指往目標並將彈體一直維持在光束的中心線上就能保證最後一定會擊中目標。雷射乘波導引系統是由彈外的導引雷射和彈內的導控檢知器所構成。導引雷射部份與尋標導引之雷射標定器十分類似，兩者間主要的區別爲雷射強度不同，一是乘波雷射在光束送出雷射之前會先加上一些額外的調制。由於在乘波導引系統中雷射光是用來直接照射彈體尾部的檢知

註[9]　同註 1，頁 160。

註[10]　史泰勒，<雷射導引武器與雷射反制作戰>，《全球防衛雜誌》，第 245 期，民國 94 年 6 月，頁 53。

差精確許多。[16]而雷射導引武器的效能也會因大氣中空氣分子及懸浮雜質對雷射光束的吸收和散射，導致光束傳播距離受到侷限，而減少雷射武器效能。在地表上就算是天氣晴朗清淨，雷射光束的傳播距離也很少超過 30 公里，在雨霧中的效能更是急速地衰減，因此一般只能做爲終端導引使用。[17]

二、雷射導引的防護：

(一) 以煙幕實施干擾：

雷射光在煙幕、濃霧中極易被吸收、散射，其限制也大，若目標區布滿煙幕或濃霧，衛星的探測能力將大打折扣，屆時帶有雷射導引的精準彈道飛彈便如同近視一般，失去攻擊準確度。如「科索沃戰爭」中，北約戰機搭載利用雷射導引的精靈炸彈，因爲煙幕的影響，使得命中率偏低，甚至因爲根本無法投射，而將大量的炸彈丟入亞得里亞海。爲有效運用煙幕的效果，宜將其與雷射預警系統結合，當預警系統接獲敵雷射鎖定時，能立即於數秒內施放遮蔽煙幕，使敵精準導引武器失去眼睛，迷盲其尋標能力。

(二) 發射箔條誘騙：

利用火砲、火箭向空中施放鋁箔條、銀化尼龍絲、鋁化玻璃絲和耦極子箔條，施放塗鋁汽球，在空中形成「熱雲」和激化成「反射雲團」，強烈的反射紅外線和雷射光束，以引誘跟蹤的紅外線和雷射導引飛彈，達到降低電子偵察和精準導引武器的攻擊效果。

(三) 精進僞裝欺敵作爲：

近年來的戰爭，相信在僞裝方面已獲得相當成果，如僞裝要結合現地景象、要能隱真、示假，達到「以真示假，以假亂真」，方可達到僞裝效果。僞裝並非一蹴可幾，而是須早期努力經營，如在固定設施方面應於其頂樓種植盆栽、爬藤類植物來僞裝，而即將興建的軍事工程應將僞裝作爲融入其內；各項演訓要將僞裝課目（含假目標設立）作爲納入課題，或是舉辦僞裝競賽，提升僞裝能力。並經常購買商用衛星照片，針對照片內容實施檢討，修正僞裝技巧，以發揮僞裝效能，達到戰力保存目的。[18]

註[16] 同註 10，頁 55。

註[17] 同註 8，頁 88。

註[18] 韓國華，〈論精準導引武器攻擊與防護〉，《陸軍步兵季刊》，(高雄鳳山)，第 212 期，陸軍步兵學校，民國 93 年 5 月，頁 12-23。

(四) 裝置雷射警報器

在武器系統上裝置雷射警報系統，當受到雷射導引標定時，雷射警報器可立即採取反制措施，反制方式包括噴煙、熱焰彈等。

我國中山科學研究院也展了一型雷射預警器，方位視角可達 360 度，仰視角爲 110 度，遭到以雷射方式測距、雷射標定器標定時，會以聲音及燈光閃爍顯示威脅。[19]

(五) 發展雷射反制系統(Laser counter-measure，LCM)

LCM 目前多用於船艦上並和雷射警報器搭配使用，LCM 系統分別由裝置於艦艏及艦尾的 2 個簡易旋轉座上的高能量雷射發射器組成。當艦上的雷射警報系統偵測到具威脅畫雷射光源時，高能量雷射發射器會立即向海面發出一個很強的雷射光點，其比敵方雷射標定器反射的雷射光點明亮許多，因敵方雷射光源經通過數浬潮濕水氣及船艦上的塗料影響，僅有極小的能量被反射出去，這時尋標器便由原船艦上反射的雷射，轉向水面上的目標，在整個防護的過程不到 3 秒，由於反應迅速，LCM 系統甚至可以同時阻撓數枚雷射導引武器的攻擊。[20]

三、精進作法：

目前，世界各國都紛紛加強雷射導引武器的研製，從雷射導引技術的發展來看，其多樣化的發展趨勢十分明顯：

(一) 發展高效能的目標獲得辨別技術：

在 70 年代，雷射導引武器的發展重點是提高命中精度，如今雷射武器的導引精度已達 0.3-2 公尺，因此目前發展的重點在於能在低空、遠距離、黑夜及能見度差的惡劣環境下，能準確攻擊單個點目標的雷射導引技術。如與毫米波、紅外線、可見光成像導引技術相類似，採用成像尋標器，可有利於提高探測和辨別多目標的能力，通過識別目標的要害部位，進行精確打擊。

(二) 增加雷射光束距離：

目前的雷射半主動尋標作用距離一般在 10 公里左右，在現今面對高科技武器系統的作戰下，對雷射光束發射的安全性會造成很大的威脅，因此，增加雷射導引武器的作用距離是必要的。

(三) 發展複合導引技術：

飛彈在飛行過程中採用兩種以上導引方式的稱爲複合導引系統，其目的在提高導引精確度，在命中精確度相同的條件

註[19] 同註 10，頁 58。
註[20] 同註 10，頁 59。

下，其作用距離比單一導引的作用距離更遠，並可以增強飛彈的抗干擾能力。在現代戰爭中，由於戰場環境瞬息萬變，雷射導引炸彈又極易受戰場煙霧、雲層和沙塵等因素影響，爲提高武器系統的可靠性，減少失效機率，發展複合導引技術勢在必行。[21]

陸、結語：

隨著科技技術的高度發展，精確導引技術所帶來的點穴作戰成爲現今戰爭中的主流，因其具有命中精度高及殺傷威力大等作戰特點。精確導引武器相較以往傳統炸彈及核子武器所帶來的毀天滅地的破壞，只要能摧毀高價值的目標及其要害部位，並能夠即時得知是否命中並確認戰果，作戰的「效率」即能提高，並能減少人員的傷亡。

而雷射導引更是精確導引技術中的代表，其優點是抗干擾性強，導引精度高，但由於受雷射發射功率的限制，距離無法拉長，發展範圍受限。因此，逐漸被其他導引方式取代，未來唯有技術上的突破，才能再在戰場上一展雄風。

作者簡介：王建中少校、軍品生產管理正規班 95 年班，現任教於陸軍飛彈砲兵學校飛彈組

註[21] 同註 1，頁 183。