

以光速超高速進襲之超精準 及無堅不摧之導能武器新發展

著者／李仲誼

海軍官校正期43年班
備役海軍上校

以光速超高速進襲之新銳導能武器(Directed Energy Weapon, DEW)已發展完成並開始部署執勤。此已躋身於無遠弗屆之革命性「主宰武器」，不僅開創了「導能武器」作戰之新領域，且提供了無價之「戰力乘數優勢」。以下謹將導能武器原理，非凡的特性及優點，以及各國新發展分項分析報導，以供參考。

壹、導能武器時代之蒞臨

美國「空載雷射測試」(Air borne Laser test Bed, ALTB)計畫宣示著DEW儼然已演進至如下的「實用構型」(Pructical Form)：2010年2月11日，一枚代表著來襲近程彈道飛彈從一座海上機動發射艦台發射來襲。在數秒內，一架改良之波音(Boeing)747-400客機運用其裝配之ALTB系統之感測儀(Sensons)，偵獲該甫起飛中之來襲彈道飛彈，並以低能雷射追蹤該來襲彈道飛彈。該ALTB系統即以其第二具低能雷射量測大氣之妨礙及以調整補償。最後，該747-400「戰機」發射100萬千瓦(Megawatt)級高能雷射，如此籃球般大小直徑「聚焦」、(Focused)於目標上，僅需數秒鐘，即引燃該來襲彈道飛彈之推進火箭燃料，而將整枚飛彈自內往外爆飛成碎片，

該整段作戰過程不超過二分鐘！

該測試係首次於空中以雷射武器有效攔截彈道飛彈，自此，該DEW乃躍升至戰場上的主宰武器(Dominant System)，並正式命名為「空載雷射系統」(Air Borne Laser, ABL)(後詳)(如圖1至3)

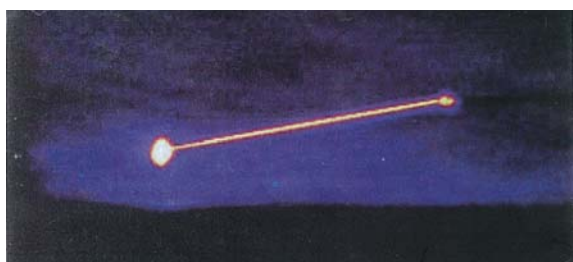
其術語及類別為「高能雷射」(HEL)，其編裝為專責防禦彈道飛彈之「飛彈防禦署」(MDA)主力，使用高性能之「化學氧化碘高能雷射」(COI HEL)，共攜行6組碩大之COI HEL。雷射光束從機鼻之碩大砲塔發射，該「戰機」型號為YAL-LA。

貳、DEW概說

有異於傳統武器以動能(Kinetic Energy)或化學能(Cheical Energy)(或兩者併用)



圖1 空氫雷射系統之前端特寫



此「紅外線成像」(Infrared Image)顯示著該「空氫雷射系統」右側於2010年2月11日成功攔截引爆來襲之近程彈道飛彈(左側)。

圖2「DEW時代」之蒞臨

摧毀目標；導能系統係將電子或化學能轉換為可供操作員操作及調配使用輻射波束(Radiated Beam)或輻射脈波(Radiated Pulse)。DEW之基礎為「電磁能原理」(Electro-Magnetic Energy Principles)，包含雷射(Laser)、「荷電粒子束」(Charged Particle Beam, CPB)，無線電頻率(亦稱射頻)[Radio Frequency, RF]，高能微波(High Power Microwave, HPM)系統，均以光束接戰目標(唯CPB係以較慢的近光束接戰)。DEW涵蓋範疇頗廣，DEW包含自戰術雷射系統(Tactical Laser System)至運用毫米波輻射(Millimetre Wave Emission)之「主動阻絕系統」(Active Denial System, ADS)；基於各自的輻射源(Radiation Source)物理特性(Physical Nature)；雷射武器乃被界定為「點武器」(Point Weapon)(譯者按：如點



圖3 美國「飛彈防禦署」之王牌—空氫雷射系統(ABL)之機鼻特寫

該型號為「F-15」的「F-15」戰機可於8-12秒內偵獲、標定及摧毀一枚來襲彈道飛彈，每次出擊任務可接戰目標2枚，射程係「機密」，據悉約100至300公里。

防禦武器或點攻擊武器)。相對地，由於RF/HPM係採用類似「雷達天線」般之結構及掃瞄，RF/HPM乃被界定為「區域武器」(Area Weapon)(譯者按：如區域防禦武器或區域防禦武器)。

在「低位階」(Low Power Levels)之DEW，發射之「導能」(Directed Energy)，對電子設施目標及人員目標發揮「非致命性」(Non-Lethal)干擾或癱瘓效果，而造成敵方的「任務失敗」(故亦稱為「軟殺」[Soft Kill])。而高位階(High Power Level)之DEW即提供足夠之「導能」，「燒穿」(Burn Through)飛機目標之蒙皮或飛彈目標之彈頭」。

DEW擁有甚多無可倫比的傲世特性，而提供如下戰略戰力及戰術戰力：1. 以光速之超音速接戰，而大幅減少「自偵獲目標至摧毀

目標」之複雜緩慢步驟。2. 大幅簡化接戰計稱 (Engagement Calculations)，根本勿需考慮及重力(Gravitational Pull)及大氣阻力之計算。3. 對極遠距離目標之極精準目標標定。4. 每發射擊成本甚低廉。5. 擁有號稱為「無底洞式彈藥庫」(Deep Magazine)特性(唯化學能雷射例外)。由於DEW多以電能或電子驅動、操作、輻射及接戰。不是直接運用砲彈、槍彈及飛彈襲擊；也就是「雷射」根本不使用「彈藥」，也不需考慮沉重的碩大的「彈藥」，不受限於「彈藥庫」容量。6. DEW尚擁有感測儀的功能。

DEW之限制(缺點)計有：1. 對導電性材料可能「過敏感應」而衍生「射頻傳遞效應」(Radio Frequency Transmission)。2. 對大氣中散佈之灰塵濕氣及亂流易受「干擾」。3. 予高頻雷射波束之控制及聚焦甚困難。4. DEW係「瞄準線系統」(Line-of-Sight System)(譯者按：直接的直線式的目視，不能採「曲線」進行的)。換言之，其目標必須位於其直線視界內。所以DEW不能遂行「間接」射擊，亦不能攻擊「掩蔽」或「覆蓋」下的目標。5. 雖然DEW極適合攔截飛彈、戰機及無人飛行載器(UAV)；但對營房、橋樑及據點等大型建築，則仍以運用以化學為基礎的傳統彈藥，更具宏效。

分析過DEW之優點及缺點後，乃可體會：DEW具備「補強功能」(Complement)(如圖4至6)。

參、雷射武器概說

軍事界謀求雷射武器已有數十年之久；雷射早已被廣泛使用於測距(Rangefinder)及

目標標定(Target Designator)。該「雷射」字彙英文Laser之譯名，而Laser係「Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation」之縮寫，其意義為：對「射頻」加以增幅及倍頻之刺激，而激發出光線(譯者撰：「射頻」係Radio Frequency；俗稱為無線電波，每秒振動151,000次以上)。雷射之產生及運用為：刺激「雷射發振體」(Wiggler)(內含「射頻」)，將電子轉變為「光子」，並持續以光子連鎖反應地激發成強勁光子射束(光速)往前噴射。該凝聚的聚焦的光速之雷射光束(Beam)即得以「燒毀」(Burn out)目標(譯者按：最後，特補充一般文獻殊少提及的雷射武器「秘辛」：「光」與「電」係同一族系，光子與電子係互變的，光子亦擁有如同電子的「頻率」。光線之組成黃、綠、藍等七種原色，此七種原色各具有特定頻率，因此所有的光線射至遠處時，因各頻率相互干擾，該光線乃消失。唯有雷射係「單一頻」；因此雷射可很輕鬆地從地球發射至月球，並保持著「極窄的聚光」)。

雷射型類包含如下兩型：1. 化學雷射(Cheical Laser)；2. 固態雷射(Solid State)。化學雷射係將特殊燃料的汽體(Gas)予以複雜的化學反應，再以超音速饋入「雷射腔」(Laser Cavity)而以光速勁射。固態雷射(Solid State Laser, SSL)即改採用附有「離子」(Ion)的水晶或玻璃「雷射發振體」。化學雷射遠比固態雷射「強勁」。唯後者亦具備「永不缺彈藥的優點」(所謂「深淵式的彈藥庫」)(Deep Magazines)，因為固態雷射係以電能為根源(Source)，重量甚

輕；反之，化學雷射之根源係沉重且大體積之化學劑。

全部雷射武器均擁有如下三種主要組件：
1. 一座產生高能雷射波束之雷射；2. 一套持續獲得目標並予定位之雷射光束控制系統 (Beam Control System)；3. 一具下達射擊開火指令之電腦。

一座高效率雷射武器，可提供高達100%之持續遠距離精準接戰獵殺率 (Kill Probability)！「難以瞄準機動目標之困難」在雷射武器而言，根本勿需考慮，因為雷射之「光速」速度實在太快。而雷射武器之主要缺點為需要倚重「重量及能量」之支援。而新發展之電子雷射 (Electrical Lasers) 已改進為不需鉅大的能量需求，大幅縮小及簡化，而得以供「軍方使用」。

肆、固態雷射科技新發展及傲世之空載雷射系統 (ABL)

為了加速設計供軍事使用之固態雷射武器；美國三軍乃策訂了「聯合高能固態雷射計畫」(Joint High Power Solid-State Laser, JHPSSL)計畫，計畫發展可於數鐘內即可運用電能發射高能雷射光束摧毀目標；該JHPSSL包含陸海空軍，其成就非凡，已發展成「保護部隊」(Fore Protection)，攔截飛彈（如戰艦之反巡航飛彈防禦），廣域陸基反制火箭，管式反砲及迫擊砲 (C-RAM)，空載精準打擊。其中最著名的就是美國研發的「空載雷射系統」(Airborne Laser System, ABL)

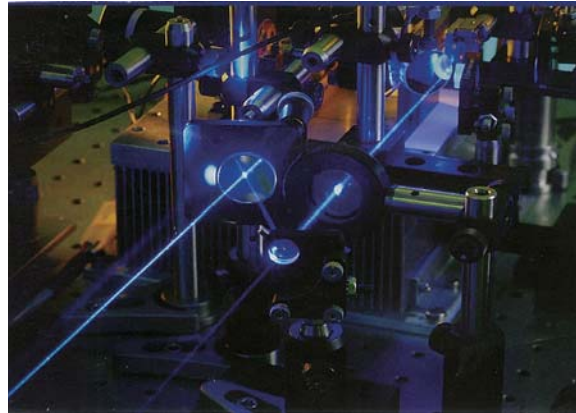


圖4 最新銳之自由電子雷射 (Frel-Electron Laser)

其主要優點為「雷射發震體」體積及重量大幅降低，輸入功率和冷卻需求也較小，最適合海軍需要。

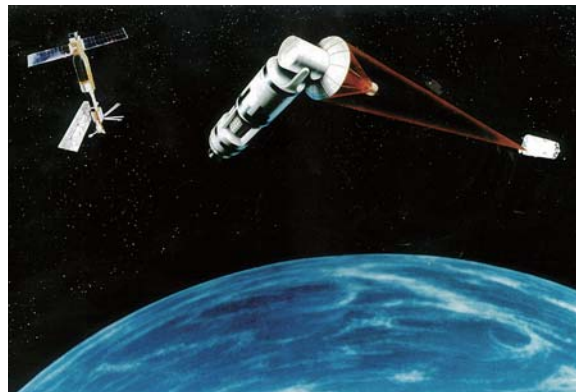


圖5 未來之太空爭霸戰將為雷射武器的舞台

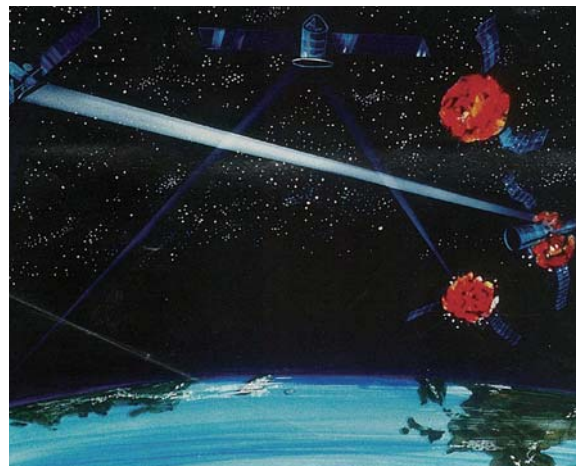


圖6 太空交戰將以雷射武器為主宰武器

該ABL係專用以空中攔截來襲之彈道飛彈的「戰略武器」(Strategy Weapon)。該ABL為美國飛彈防禦署(MDA)之傲世傑作，擔任全球彈道飛彈防禦的首要角色，其接戰要項及程序為：該以改良之波音(Boeing)747-400廣體客機為「載台」ABL系統，首先以6具紅外線感測儀(IR Sensor)偵獲敵方彈道飛彈來襲正上昇中推力火箭之噴焰。接著以一具100千瓦級雷射(Kilowatt-Class Laser)追蹤該來襲彈道飛彈並予以精準「瞄準」；再以一具100千瓦級固態「氧化碘雷射」(Chemical Oxygen Iodine Laser)(OIL)量測(Measure)大氣中的騷亂與干擾，並以光學設施予以「修正」，以聚焦之雷射光束打擊目標。運用其機首之碩大砲塔的大型「望遠鏡」，經「光束射控系統」(Beam Fire Control System)之處理，將其雷射光束保持著「盯緊目標不放」，直至雷射光束「能量」引爆該來襲飛彈之燃油箱，從其「內部」引爆而自內往外爆炸成滿天碎片，該ABL於8-12秒內完成偵獲、標定及摧毀一枚來襲之彈道飛彈，每次攔截任務(Mission)可連續發射雷射20「發」(Shot)，其射程約100至300公里(係機密)。在此不妨透露一下目前有關ABL之運用係「英雄無用武之地」。由於ABL必須部署於敵方彈道飛彈基地附近，而目前該「潛在敵人」只有北韓，故現今用以對付該北韓之彈道飛彈係倚重於美國部署於日本海的「神盾式彈道飛彈防禦系統」(AEGIS BMD System)(譯者按：美國海軍提供專用以攔截彈道飛彈之神盾系統驅逐艦支隊，使用全世界最具反彈道飛彈宏效之標準III型艦對空飛彈，前進部署至諸重要海域，

我國驅逐艦亦欲裝配該神盾系統，最大誘因為該AEGIS BMD System 係屬「純防禦武器」並不難獲得)。

伍、先進戰術雷射(ATC)

2002年，美國特戰指揮部(Special Operation Command)為戰術需求而籌訂運用「空載雷射」支援戰術作戰，該指揮部與波音公司簽約發展了「先進戰術雷射」(Advanced Tactical Laser ATL)；其基本結構為將一座高功率雷射武器裝配於AC-130「砲艇」(Gunship)戰機上，用以對付巷戰中之地面目標，或其他必須考慮儘量減少「間接損害」的地面目標，例如標定瞄準車輛之燃油箱，該目標車輛必定「全爆毀」；如改為打擊車輛的輪胎，則不致損害該車之駛員及乘客。該雷射係100kw級之化碘雷射(COIL)，重量約5000至7000公斤，射程約20公里。

該ATL計畫係由駐Eglin空軍基地之308武備聯隊之687武備中隊執行，並受位於空軍研發實驗室之「導能委員會」督導。

2009年6月18日，該ATL(AC-130砲艇)在白沙飛彈靶場(White Sands Missiles Range)現試，精準命中地面目標；摧毀該目標，而根本未造成「間接損害」(Collateral Damage)(如圖7)。

陸、自由電子雷射

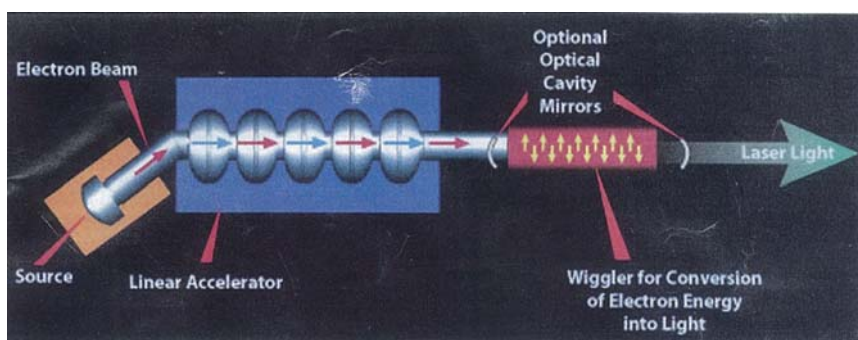
雷射DEW係海軍最適用之武器，因為海軍艦艇均「先天」地擁有鉅大供電特性，尤

其是新銳戰艦日趨講求採用「混合電力」(Hybrid Electric) 或「全電力」(All-Electric) 推進，現今已演進為海軍殊少再採用化學雷射，而多改採用「自由電子」雷射，以噴射出更強勁，更聚焦的單一頻率及可調整頻率的雷射。

自由電子雷射提供海軍艦台將其遭受之高效率水面威脅及空中威脅予以快速且精準的「點防禦」(Point Defence)，係最具宏效的反制「反艦飛彈進襲」武器。最引人矚目之優點為其「光速」之超高速特性，此特性乃提供了「前途無量」的未來潛力；例如雷射武器可支持未來必定採用的「艦隊多層防禦系統」(Shipboard Layered Defence System)；同樣地，其可控制的雷射強度特性，亦提供「可漸增強」的殺傷力，而不致造成間接損害。美國海軍已策訂於2014年開始將自由電子雷射系統裝配於美國海軍之飛彈驅逐艦、近海戰鬥艦(LSD)、兩棲運輸登陸艦(LPD)、兩棲攻擊艦(LHA)、兩棲直升機登陸艦(LHD)及飛彈巡防艦(FFG)。



圖7 ATL出擊特寫



該最先進雷射系統具備最前瞻性之發展潛力，且最適合海軍採用，因為海軍艦艇本來就已邁向「全電子化」，先天地擁有足夠的「電力支援」。

圖8 「自由電子雷射」結構圖



圖9 海軍艦隊已日趨倚重運用「自由電子雷射」接戰來自空中及水面之強大威脅

接下來，必須報導「自由電子雷射」之原理及特性，並請參閱「自由電子」附圖。電子流從左下方饋入，流經「線型加速儀」(Linear Accelerator)，該電子流即以高速噴射入「中央位置設有」『發震體』(Wiggler)之雷射腔(Laser Cavity)，該電子流乃被震動而輻射出光線(光子)，該被約束在雷射腔內之光子在此「包封」的腔鏡(Cavity Mirror)內經連續的連鎖反應而激射出更多更強的雷射光束(譯者按：由此報導，讀者乃可體會雷射係「單一頻率」的光線，且其頻率可依各種戰術想定而調整，而調整採用最適用的波長，或採「漸強」或「漸弱」方式發射政擊)(如圖8及9)

柒、戰術高能雷射 (Tactical High Energy Laser THEL)

「戰術高能雷射先進概念科技展示」(THEL Advanced Concept Technology Demonstrator THEL ACTD)係用以摧毀從15公里外來襲之飛彈、砲彈及迫擊砲彈；以及從50公里外來襲之戰機。此謂之「點防禦」(Point Defence)。此接戰距離之不同，係由於前者的外殼較堅硬。該THEL係以色列與美國聯合發展及生產。2000年6月，該THEL首次「實戰驗證」，戰果異常輝煌；THEL將從四週對以色列進襲之單發或齊發Katyusha火箭紛紛擊落。該系統甚至可穿透過掩蓋的雲層，偵測及攔截目標。原型THEL係採固定陣地式部署設計，最新之改良型已採機動設計，其代號為機動THEL (Mobile THEL, M-

中威脅」。與此同時，美國仍竭力完成採用化學雷射之「天衛系統」(SKYWARD)，採用極先進之「聯合高能固態雷射」(Joint High Power Solid State Laser JHPSSL)；2011年初，該天衛系統在白沙飛彈測試場(White Sands Missile Test Range)完成百分之百命中率之攔截任務(如圖10至17)。



「天衛」原名為Skyguard

圖10 美國甫成軍之「天衛」防空化學雷射有效攔截空中目標特寫



以色列仍採用傳統武器攔截圍繞之強敵諸型砲火來襲，其射程70公里，部署於南方及北方國境界。

圖11 與上圖「天衛」同時發展之以色列「鐵屋頂」防空火箭系統特寫



圖12 在白沙飛彈靶場試射之美國陸軍高能雷射系統



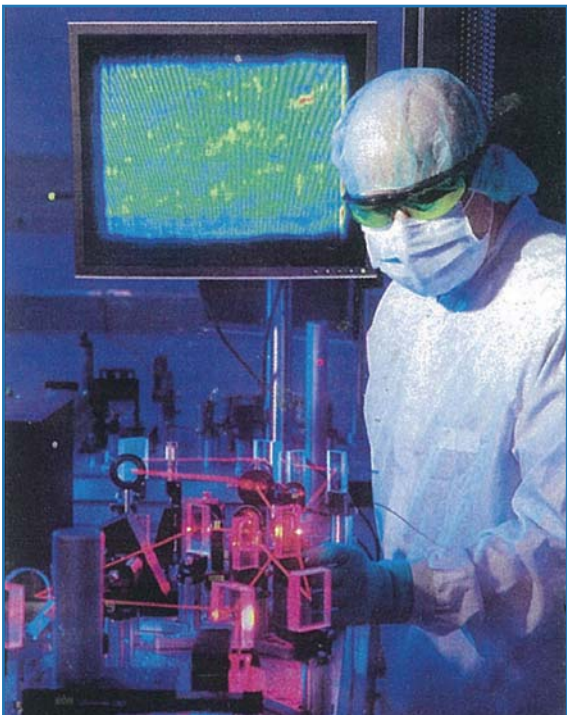
圖15 高能雷射之原型測試特寫



圖13 試射之高能雷射擊落之無人飛行備具



用以引爆土造炸彈 (IED) 及其他「未爆彈」(UXO)
圖16 最先部署於阿富汗及稍後部署於伊拉克之高能雷射系統



用以支持上圖之陸軍高能雷射系統及下圖之「原型」測試
圖14 實驗空中研發之「聯合高能固態雷射」(JHPSSL)



圖17 推進至第一線之高能雷射系統