

美海軍艦用雷射武器發展概述

崔家駿 先生

提 要：

- 一、美海軍發展直向高能軍事雷射已有多多年，主因雷射武器每發射耗可低至一美元，相較每發耗資動輒千元以上的傳統砲彈或飛彈，自是高下立見不能同日而語。
- 二、近期服役的艦用雷射武器，賦予水面戰艦足能肆應數哩內來襲威脅，遠期研發展望將使戰艦對攻船彈道飛彈亦具終端摧毀能力，意味其將以反制中共東風二十一型反艦彈道飛彈為終極目標。
- 三、美國防部與海軍研發之艦用雷射武器，計光纖固態雷射、條板雷射與隨興電子雷射三種，海軍在光纖固態雷射領域中，研發出雛型「雷射武器系統」與「戰術雷射系統」，而國防部則致力於條板雷射器研發，業已研發出經典具快速投射特色之海用演示雛型雷射武器。
- 四、新型福特級航母艦電酬載為尼米茲級航艦的三倍，電力主供電磁飛機彈射系統所用外，餘電足供大型隨興電子雷射與磁軌砲等新武器用電所需。

關鍵詞：高能軍事雷射、美海軍艦載雷射武器、光纖固態雷射、條板雷射、隨興電子雷射

Abstract

1. The US Navy development works on directed high-energy military lasers which has been underway for decades, each round of laser shot costs less than one dollar, saving cost is definitely decisive factors. By Comparison, per shot of conventional artillery shell and missile had cost thousand dollars above, no doubt laser weapons will be the best solution for the Navy in the near future.
2. Shipborne laser weapons had served in US combatant warship recently, given her a fully able adapt to deal with the coming threats within several miles, the post date development outlook will focus on battleships to have the ter-

minating capability towards attacking ballistic missiles, means laser weapon will counteract the PLAN Dong-Feng 21 anti-ship ballistic missiles for the ultimate end object.

3. Three types of Shipborne lasers had been developed by DOD & USN, they are : Fiber - Optic Solid State Laser, Slat laser and Free Electron laser. Navy had developed the prototype of Laser Weapon System(LaWS)and Tactical Laser system(TLS), on the other hand, DOD is dedicated to develop the Slat Laser weapon at Fiber - Optic Solid State laser province amid, had already developed to submit classic with rapid projection lie the prototype of Maritime Laser Demonstration weapon system.

4. The electricity loads of Ford class aircraft carrier is treble in Nimitz class , the lord power will supply Electro-magnetic Aircraft Launch System , remaining electricity can provides the modern arms such as large type of Free Electron Laser and railgun as well.

Keywords : Directed high-energy military laser, US. Navy shipborne laser weapon system. Fiber-Optic Solid State Laser, Slat laser, Free Electron laser

壹、艦用雷射武器之優缺點

一、優點

(一) 射擊耗資低廉

艦用燃油足供雷射武器發射所需電力，電耗所費較傳統近、遠距防空飛彈更為經濟(如表一)，以低成本雷射反制艇群、無人飛機、巡弋與反艦彈道飛彈，有助海軍將高成本交換率轉為順勢¹。

(二) 擴增酬載深度

戰艦酬載有限，彈罄再裝與重返戰場耗

時，而雷射武器若供電無虞將能持續射擊；戰艦聯用飛彈與雷射武器，更增深度酬載戰能與運用彈性。

(三) 具反制極度運動目標之戰效

雷射光束能緊追、持續照射於如攻船巡弋飛彈等極度運動空中目標，而傳統攔截飛彈則多不具此一戰能。

(四) 精準接戰降低誤擊周邊目標之機率

戰艦多用快砲以反制來襲榴砲或火箭，一旦被鎖目標脫鎖，本砲將慣性垂射而損及鄰近目標器物；而仰指目標的雷射光一旦錯

註1：Giovanni de Briganti, Defense-Aerospace.com, 06/05 2014：LaWS雷射武器每發射耗低於 1 美元，相較方陣快砲接戰來襲飛彈，每分鐘連續射出4,500發20釐米彈藥，每發彈耗約3至4美元，估算每百發砲彈平均計耗約350美元。

失目標，仍將以直線持續向前，能避免與降低對目標周邊器物之損害。

(五) 附加效能與反應進階

雷射武器尚能對目標執行偵測與監視、對光電偵測器進行逆向干擾等非損毀性任務，亦具對目標示警、逆向干擾系統等附加效能與進階反應。

(六) 優異精準性與調適力

雷射先以低功率電波進行目獲與追蹤，後再換用高功率精準聚焦於目標，而雷射光在目標停留時間的長短，將決定目標不同受損程度²；精確與融合調適，能賦予載台優異打擊力，充分發揮目標擊燬與局部損傷的預期戰效。

(七) 多元運用彈性

雷射武器為定制組裝模具，堆疊式模組可設計功率輸出而配裝於不同載台，相較專以任務導向所設計之艦砲或飛彈，更能滿足多元任務之需求。

二、缺點

(一) 受限於視線

雷射以直線穿越氣層，不易對視距外或干擾匿蹤(如隱跡浪間敵艇與低高度飛行器)目標進行接戰。

(二) 非能全天候執行戰備

大氣介質中水蒸汽、砂礫、鹽粒、煙霧與雜質，均對雷射形成吸收與消散而降低其射距，又以水蒸汽吸噬效應為最甚，在飽滿

表一 美海軍艦載防空攔截飛彈採購價格表

飛彈種類	飛彈名稱	造價(美元)
短程攔截	公羊(RAM)	100萬
	進化海麻雀	240萬
遠距攔截	標準二型	450萬
反彈道	標準三型	900萬至1,500萬

資料來源：美海軍2014年度武器採購預算書。

水蒸汽或雨霧環境下，武器將不易發揮效能³。

(三) 熱量效應的衝擊

1. 雷射以定向直射朝目標發射，路徑周遭之熱脹空氣除消散雷射光外，甚會影響雷射對目標失能或摧毀效能，此現象稱為熱量效應。

2. 當反制直襲目標(喉頭下攻擊)⁴時，戰效最不理想，然在對抗橫越目標則戰效顯著。

(四) 反應飽和攻擊能力不足⁵

同一時間內，本座雷射武器僅能對單一目標進行接戰，數秒後方能對次目標進行指向攻擊，故以同座雷射武器接戰多重目標，必須以時間做為接戰緩衝；隨射程增大，雷射光束在目標上形成的光斑愈大，功率密度隨之陡降，對目標殺傷力為之減弱。

(五) 反制強結構目標之效能較弱

雷射波束電力輸出不強，通常多為千瓦而非百萬瓦，故對外覆屏蔽護甲、燒蝕材料、高反射面與極速轉動翻滾等目標的反制效

註2：Ching Na 貞娜：「海軍戰艦運用高能雷射武器之分析」，2012年11月14日。

註3：P.Sprangle, J.R. Pe ano, A.與B. Hafizi, 「擴增高能雷射於海上大氣之運用效能」,NRL Review 2004. <http://www.nrl.navy.mil/research/nrl-review>.

註4：二戰期間美潛艦運用魚雷攻擊反潛艦的一種戰術，指潛艦魚雷發射角與目標成零度位向(目標與潛艦為正過)；這種攻擊方式命中率不高，且潛艦遭驅潛艦獵殺機率極高。

註5：Ronald O'Rourke, 向國會提報「美海軍肆應水面、空中與飛彈防禦所用艦射雷射武器」背景與議題；2015年6月12日。

表二 美海軍各型雷射系統諸元比較表

雷射形式	條板固態雷射	電子雷射	光纖雷射	
系統名稱	海用演示型雷射系統 (MLD)	隨興電子雷射系統	雷射武器系統 (LaWS)	戰術性雷射系統 (TLS) - 單向雷射
系統整合商	主合約商：諾斯洛普格魯曼公司。官方驗測單位：海軍水面與空中作戰中心	海軍研發辦公室與數個海軍研發編組	指向高能作戰辦公室。整合商：海軍研發室、賓州光電中心。設計商：雷神公司	雷神公司：波束指揮儀與雷射武器模組。BAE公司：MK38機槍系統整合商
光波功率	總功率105千瓦 (7 * 15 千瓦光束聯組)	14.7千瓦	33千瓦，六種非連貫性雷射光束所聯組	10千瓦
光波品質	< 3	~1	17	2.1
電能轉為光能效能	20-25%	10%	25%	30%
波長	1.064微米	調變波長	1.064微米	
電力需求	400至500kW	10百萬瓦	400千瓦	75千瓦

資料來源：作者自製。

能較弱。

(六) 打擊目標的適切性

雷射對非化學材質或快速動能武器重擊力不佳，故對運動中火箭、飛彈、砲彈與堅實構物(如碉堡或實體建築物)之戰效並不顯著。

(七) 視覺安全的考量

雷射能量不能藉由潰散或反射為目標所吸收，故散離能量對目標鄰近未具視覺保護的人類，潛存安全危機。

貳、艦用雷射武器研發規格

一、反制目標之類型⁶

計有光電偵測器、高速舟艇、火箭、砲彈、榴彈、無人駕駛飛行載具與攻船巡弋、彈道飛彈等目標。

二、雷射功率之層級

(一) 使目標失能的雷射以光波功率與波段品質(Band Quality)⁷為基準，功率以千瓦或百萬瓦為單位，波段品質則以對目標聚焦良窳為決算，而影響雷射效能的因素為大氣吸附、潰散、亂流與跳動等主因。

(二) 雷射功率區分與反制對象⁸

1. 功率為千瓦：反制「柔性」設計之無人駕駛飛行載具。
2. 功率為10千瓦：具反制無人駕駛飛行器、小型快艇、火箭砲彈與榴砲彈之能力。
3. 功率為100千瓦：具反制前述目標、飛機與部分來襲飛彈之能力
4. 功率為百萬瓦：具反制前述目標、超音速反艦巡弋飛彈與彈道飛彈，有效距離可達10哩。

註6：Geoff Fein，「海軍發揮雷射效能擊落無人駕駛飛行載具」，Defense Daily,2010年5月1日，頁3-4。

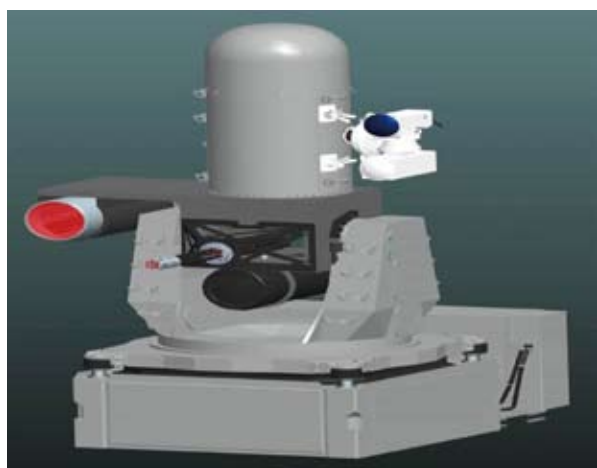
註7：最佳雷射光波品質(BQ)，意指雷射光電點的聚焦處於物理衍射極限的程度，例如1.0的雷射光波品質，即為光波對目標的物理衍射極限，等同於自然法則所能容許的聚焦程度，雷射波長在物理衍射極限的學報中被視之為聚焦極限，若其於真空狀態下發射，經驗得知將有極少雷射光點遠由波長源擴散游出；一個2.0的雷射光波品質，意指雷射光點在一定距離時，在直徑上將兩倍大於其他同型雷射。

註8：Ronald O'Rourke，向國會提報「美海軍艦射雷射武器」背景與議題，附表一附錄A；2015年6月12日。



圖一 獨立型雷射武器系統

資料來源：Carlo Munoz，〈海軍新型各式雷射武器足以擔綱艦隊防護作戰之重任〉，《Defense Daily》，2014年4月11日。



圖二 組裝型雷射武器系統

資料來源：Carlo Munoz，〈海軍新型各式雷射武器足以擔綱艦隊防護作戰之重任〉，《Defense Daily》，2014年4月11日。



圖三 戰術性雷射武器系統

資料來源：Carlo Munoz，〈海軍新型各式雷射武器足以擔綱艦隊防護作戰之重任〉，《Defense Daily》，2014年4月11日。



圖四 戰術性雷射武器系統

資料來源：Carlo Munoz，〈海軍新型各式雷射武器足以擔綱艦隊防護作戰之重任〉，《Defense Daily》，2014年4月11日。

研發計有：

1. 雷射武器系統 (LaWS)：

(1) 運用固態紅外線轉換之高、低功率，以對目標進行摧燬、示警與癱瘓；在處理、儲放與保修等方面較傳統曲射武器更具優勢。

(2) 波長1.064微米(近大氣傳播甜蜜點1.045微米)，系統產製效能為供電之1/4，意指艦力供電400千瓦以運作武器，卻祇能產製100千瓦雷射光。

(3) 附裝於方陣快砲、射程達一哩的雷射系統，功率達33千瓦，設計摧毀光電偵測器、無人駕駛飛行器、光電導引飛彈與高速舟艇等目標，計畫於2021年作戰服勤⁹。

三、美海軍所研發艦用高能雷射武器的種類(如表二)

分光纖固態雷射(SSL)、隨興電子雷射(FEL)與條板固態雷射(Slab SSL)三種基準型，分述如下：

(一) 光纖固態雷射

已於民間廣泛使用如車體割焊即為此類，美海軍雷射武器多為商用現貨供應(COTS)以保平價與通貨之利；光纖固態雷射

註9：美海軍武器研發主任Klunder少將：艦用雷射將於2020或2021預算年度達到初期作戰效能。

(4)分為獨立或組裝型(圖一、二)，後者已規劃為水面戰艦之艦用型。

2. 戰術性雷射武器(TLS、圖三、四)：

(1)功率10千瓦，附裝於Mk 38/Mod 2型機槍上(25釐米口徑)，用於反制舟艇與提供目標定位與追蹤協助¹⁰。

(2)較佳波束品質2.1，然可改良推至1.5；現行武器於理想天候與海象下，對艇群打擊可達2涅。

(3)艦供75千瓦、440伏交流電與60週三相電力以維系統運作；因系統未具雷射測距器，故仍由機槍光電儀提供所需目獲資訊。

(4)美商IPG公司為商用供應商、波音公司負責波束指揮儀設計與先導雷射武器模組，英國航太系統公司則為MK38系統的整合商。

(二) 隨興電子雷射(FEL)

1. 由波音公司所研發，主為反制空中威脅；海軍需求為：高效用以對抗水面與空中威脅、巡弋攻船飛彈與高速艇群的武器¹¹。

2. 運用集束超負荷增壓器，增強雷射至多元波長，能對任務特性而調變波長並由自身供電。

3. 海軍對電子雷射功率需求為50至100千瓦間，然因多重關鍵技術仍需循序克服，故未奢望能於2020年前雷射能邁入百萬瓦。

4. 因電子雷射裝備體積過大，其他軍種現行載具難能容納，另因其能匹配大氣傳發甜蜜點而調變波長，故適裝於海軍大型軍艦上。

(三) 條板固態雷射(Slab SSL)

1. 為獨立配置非附裝於其他裝備，極似光纖固態雷射，然中程增益所用為複合結晶板條而非光纖；它由七個條板固態雷射聯組，總功率105千瓦，波束品質約小於3。

2. 雷射波長為1.064微米，系統效能轉換率為供電量20%至25%，意指艦電供電400至500千瓦，卻祇能轉成100千瓦雷射光。

3. 國防部研發之「海用演示型雷射(MLD)」，設計裝配於大型戰艦以反制小型目標。

參、艦用雷射武器裝艦需求與適用艦型

一、水面戰艦適裝雷射武器之考量

(一) 作戰需求

為肆應濱海作戰對抗艇群威脅，艦用雷射武器在濱水與內陸，設計用於直接保護友軍以對抗襲敵之間接多重打擊，以大型兩棲登陸艦於濱海作戰為例，艦裝雷射武器足能於主灘頭備援友軍，以對抗敵空中、飛彈或砲擊等威脅¹²。

(二) 艦電供應程度

1. 艦電須備援艦載雷射武器，美軍對新型戰艦電力設計已邁向增高艦電趨勢，可由福特級航母與蘇姆瓦特驅逐艦等新艦設計上體現。

2. 新艦電纜主幹能將強電貫穿傳輸至全艦，得使戰艦能夠輕而易舉的配裝固態雷射武器。

(三) 艦體空間

註10：Carlo Munoz，〈海軍新型各式雷射武器足以擔綱艦隊防護作戰之重任〉，《Defense Daily》，2014年4月11日。

註11：James Kiessling, DT&E Space and Missile Defense Systems,03/13,2014.)

註12：美海軍海上系統指揮部定向高能與電力武器計畫負責人David Kiel上校，2014年4月提報資料。

表三 美海軍各型雷射武器電力、空間與重量安裝需求

類型/項目	條板固態雷射	隨興電子雷射	光纖固態雷射
功率	100千瓦	100千瓦至百萬瓦	33千瓦
上甲板裝配雷射裝備所需空間	1.2x1.3x1.2公尺=2立方公尺	4x4x30公尺=480立方公尺	1.2x1.3x1.2=2立方公尺
重量(設每立方公尺承重100公斤)	200公斤	38,400公斤	200公斤
甲板裝置光波控制次系統所需空間	1.5x1.5x2.5公尺=5.7立方公尺(以20呎標準貨櫃,就三型相同功率雷射系統所作之約估)		
裝置光波次系統所需重量(設每立方公尺承重100公斤)	600公斤,典型次系統組成包括:冷卻與波形控制次系統(波束指揮儀、穩波裝置、追蹤器與電源供應)		

資料來源: Grace V. Jean, <海軍對海用雷射武器之展望>, 《國防月刊》, 2013年8月、Michael Fabey, <美海軍仰仗雷射武器的需求,以增強艦載火力>, <Aerospace Daily & Defense Report>, 2013年4月29日。

艦載雷射統將分用空間、艦電與冷卻系統,亦將改變艦體雷達橫切面,艦船始裝或增裝雷射裝備均需考量上述關鍵因素(安裝需求如表三)。

二、各型艦載雷射武器之選裝艦型

(一)現行作戰艦型安裝雷射武器之檢討

1. 神盾戰系巡洋艦、勃克級驅逐艦與聖安東尼型登陸艦,在備戰情況下仍有裕電備援雷射武器用電所需。

2. 已裝配方陣近迫武器之水面作戰艦,足能配裝雷射武器系統。

3. 部分艦隻在非備戰狀況下,可備援功率為100千瓦的固態雷射武器。

4. 現行水面戰艦不具備援100千瓦以上固態雷射運作所需電力與冷卻能量。

5. 巡洋艦或驅逐艦不宜安裝鈍重隨興電子雷射;然航母與大甲板兩棲突擊艦足能安裝,但兩型艦不能備援百萬瓦隨興電子雷射之運作電力。

6. 基於溫暈考量與航母、兩棲突擊艦均為高單價目標,在作戰運作上,百萬瓦級隨

興電子雷射宜裝配於編隊中他型護衛艦上。

(二)美海軍規劃安裝雷射武器的艦型

設計裝配200至300千瓦間的固態雷射武器的戰艦,包括:

1. 所購勃克三型驅逐艦,足能提供雷射裝備、附增發電與冷卻裝備所需電力與空間。

2. 後續設計與購獲之勃克新型或替代型艦種,艦力足以備援固態雷射武器,甚能滿足隨興電子雷射武器之裝配所需¹³。

3. 新建兩棲突擊艦與福特級航艦進行改裝設計,使其足備裝配固態雷射與百萬瓦級隨興電子雷射武器之能力¹⁴。

4. 雷射武器亦能為潛艦所用,關鍵須將雷射指向與潛望鏡相整合,以使潛艦處於潛望鏡深度,更能接戰、摧毀小型舟艇與低飛目標,然此一構想尚未納入美海軍現階段之規劃。

肆、美海軍艦用雷射武器研發現況

一、研發艦用雷射武器所面臨的挑戰

註13: Grace V. Jean, <海軍對海用雷射武器之展望>, 《國防月刊》, 2013年8月。

註14: Michael Fabey, <美海軍仰仗雷射武器的需求,以增強艦載火力>, <Aerospace Daily & Defense Report>, 2013年4月29日。

表四 美海軍艦載定向高能雷射武器規劃諸元表

項目	初始功能	附加功能	最終要求
功率	60至100千瓦	300至500千瓦	大於1百萬瓦
目標反制的類種	無人飛行器、光電導引反艦巡弋飛彈、舟艇群、備援空防磁軌砲、彈道飛彈防禦、擴增雷達功能與一般性預警	除類同左欄各項能力外，發射距離增長、足具能力以對友艦橫越飛行之攻船巡弋飛彈進行攔截	類同左欄，另對攻船巡弋飛彈與重返運動飛行器，具全能自我防禦、全能遂行與滿足彈道飛彈防禦任務與需求
艦電需求	<400千瓦	<2,5百萬瓦	10至2千萬瓦
冷卻需求	68噸	560噸	約1,400噸
服勤時間(IOC)	2017年	約2022年	2025年後
裝配艦型	現行服勤戰艦或後續服勤新型戰艦上	未來水面戰艦(含勃克級批號III型艦)	未來整合動力水面與大型作戰(母)艦

資料來源：美海軍武器研發辦公室(ONR)，2015年向國會提報資料。

1. 供電與冷卻需求設計之假設，乃設定雷射武器以67%的服勤週期連續擊作為規劃依據。

2. 初期作戰能力IOC(Initial Operational Capability)，亦釋義為官方計畫服勤日(Official in-Service Date)。

依據雷射武器諸元與工期規劃(如表四)，研發與裝艦期程雖與預期不悖但仍有差距¹⁵，迄今仍存下列挑戰：

(一)在保持、增進光束品質與專注溫控管理(在雷射光中繼增益時，移除廢熱技術)所作努力下，如何增強與提升光束強度。

(二)將原型與展示型雷射轉換為多元適用型，以符量產、裝艦、在艦操作與保修等持續需求。

(三)完備全裝雷射武器系統之配套組成，包括目獲、追蹤與光束定向等整體設計與戰效聯組。

(四)艦電、冷卻、戰鬥系統(如艦用匯整性偵測器、電算機、顯示器與武器等系統)與艦用雷射武器之相容整合。

二、各式艦用雷射武器系統研發現況

(一)雷射武器系統(LaWS)

1. 自2009年6月起，雷射武器系統分別於加州中國海試場、加州外海聖尼可拉斯島

、2012年配裝驅逐艦杜威號(DDG-105)於聖地牙哥外海等地，進行武器實際驗證。

2. 以無人駕駛飛機分四至五批次採多方位攻擊，距離為0.5至1哩，雷射武器系統均能擊毀來襲目標。

3. 兩棲登陸艦彭塞號於2014年服勤波灣，以擔任浮動海上前進平台，持續一年進行武器裝艦後系列性作戰測評¹⁶(如圖五)。

4. 規劃裝艦之雷射武器量產型，將於明年可達初期作戰效能，估算每具附裝方陣近迫武器的購價，約為1千7百萬美元。

(二)戰術性雷射武器

1. 五年前英國航太系統公司獲約，以15個月約期研發原型戰術性雷射武器，基於政策考量，繼有美國波音公司協同進行武器研發。

2. 主要組成已於佛州依格陵空軍基地進行場試，顯示在全天候能對敵友完成辨識；去年初，武器透由密集內部測試，成功於數

註15：Kelsey.Atherton,〈海軍優質磁軌砲與雷射武器，期盼於2020年服勤〉，《海軍學院月刊》，2015年7月31日。

註16：美海軍武器研發辦公室,「歷史性進階：海軍艦載雷射武器在波斯灣測試服勤」，2014年12月10日。



圖五 裝於兩棲登陸艦彭塞號測試用雷射武器

資料來源：美海軍武器研發辦公室,「歷史性進階：海軍艦載雷射武器在波斯灣測試服勤」,2014年12月10日。



圖六 海用演示型雷射武器

資料來源：Andrew Burt,〈海軍海基艦用雷射武器系統測試期程相對延宕〉,《Inside the Navy》,2014年11月15日。



圖七 隨興電子雷射武器

資料來源：Megan Eckstein,〈隨興電子雷射研發順勢與具優質展望,然研發面臨瓶頸與計畫推遲〉,《Inside the Navy》,2014年3月26日。

千碼外接戰來自海上與陸上的無人飛行載具¹⁷。

3. 近期研測過程中,合約商續次完成溫源總成的再包裝與複加設計,同時亦對電子

組件部分進行進階更新;基於光束指揮儀完成再設計與性能提升,目前系統正進行繁瑣與密集的全功測試。

(三) 海用演示型雷射武器(如圖六)

1. 海用演示型雷射武器在加州懷尼美港與華盛頓波多馬克河等海軍基地,分別進行系統各項測試,其中包括對小型目標海上追蹤、靜態目標打擊等項目。

2. 諾斯洛普公司已將雷射武器安裝於測試艦保羅佛斯特號(EX-DD 964)上,並於加州外海聖尼可拉斯島進行全裝測試。

3. 海軍亦完成數個海用演示雷射武器的整合基準,包括:與艦用雷達及導航系統的整合、潮濕環境下海上機動平台發射電動雷射武器,此外,岸基固態雷射武器射亦完成相關測試作業,

然研發期程不如預期且明顯推遲¹⁸。

(四) 隨興電子雷射武器(圖七)

1. 研發的隨興電子雷射設計為防空、反飛彈的直能反制武器,位於維州的湯瑪斯傑佛森加速國家實驗室,已展示14千瓦的電力輸出,然小型多功百萬瓦的隨興電子雷射,仍在研展中。

2. 隨興電子雷射的基本構型,明確定義將能提供一或數百萬瓦輸出功率,現已完成功率14.7千瓦的雷射研發,但仍處實驗室未於室外對移動目標射擊驗證。

3. 雛型隨興電子雷射業已研發完成,而全功原型隨興電子雷射,依期程將於明年完成;據上基礎,美海軍規劃去年底完成40座定義為新式海用原型的100千瓦隨興電子雷

註17: Mike McCarthy,〈海軍部署雷射武器以直取飛行載具〉,《Defense Daily》,2013年4月9日。

註18: Andrew Burt,〈海軍海基艦用雷射武器系統測試期程相對延宕〉,《Inside the Navy》,2014年11月15日。

射，迄今已明確延宕¹⁹(如表四)。

伍、認知與體現

一、艦電裕量相關議題：

(一)一部功率100千瓦雷射武器，天晴使用時欲癱毀兩哩內目標，所需電力為500千瓦功率，而備援電力約需2百萬瓦；雖說操作僅約數秒，然艦船各型武器與裝備同時吃電應敵，屆時艦電能否仍有裕電應援雷射武器禦敵，不可預期。

(二)艦電供應為裝配各式雷射武器的基準，為解決艦電對雷射武器的供電禁制，可以儲能方式(如外附電瓶、電容器或飛輪等裝具)來替代，而運用鉛酸電瓶，足能提供雷射系統2至6.5百萬瓦所需之電力。

(三)運作方陣快砲大小的雷射武器，需供電400千瓦，適裝艦型應為噸位3千噸、艦電總輸出3百萬瓦以上的美海軍濱海戰鬥艦上(LCS)。

(四)對內裝即爆(IED)裝具之鋁殼舟艇，欲在一哩內將其擊爆，需使用功率1.6百萬瓦雷射武器來應敵，核算電能轉化為光能(約為25%)，雷射電力需求為6.5百萬瓦，排水量低於勃克級驅逐艦之戰艦，難有裕量艦電以供用雷射武器。

二、傳統艦載防衛武器與雷射武器的並存：

(一)現階段雷射武器的優勢，在於摧燬視距內運動快速的輕甲目標，此能補強卻不能取代傳統飛彈與艦砲的存在價值；在對抗

視距外慢速、防護厚重目標或天候不宜發揮雷射效能時，艦船應敵仍賴傳統武器戰效對來襲目標予以截殺。

(二)雷射武器賦予水面戰艦在反制水面、空中與彈道飛彈等特定目標更大效能，然能聯用傳統防禦武器，更將彈性發揮自我防衛效能。

(三)以科技層面而論，將直能雷射武器與動能傳統武器相結合，能賦予指揮官在嚇阻犯敵時，提供另一進階戰術選項。

三、新式武器的運用不脫既有接戰邏輯，目獲與預警仍為首要，關鍵在於重層攔截與武器分火，現階段艦用雷射武器未具指揮儀指向裝置，獨以本砲接戰目標，勢將難能滿足戰需，未來運用須與傳統武器同納於戰鬥系統，方能整合運用以發揮最佳戰效。

四、美海軍艦載雷射武器，有別於英國研發之「反無人機防禦系統(AUDS)」²⁰，後者在距目標一哩之距，運用干擾電波發射器，以使入侵無人機失控墜燬；就兩者設計與戰能研析，艦載雷射武器更具威力、戰效、軍制與前瞻性。

五、前瞻與順應武器發展趨勢：現今雷射武器的發展有如50年代飛彈、80年代神盾戰系初期間世一般，艦裝雷射武器服勤後除將引領海軍在戰術、艦體設計與武器採購等全方位革新外，更將驅動與推陳海軍世代科技轉型；雖說檢討雷射武器載艦配裝可行性並非本軍急務，然持續投注新武器發展動向，將有助未來建軍所需接軌新科技之宏觀巨擘。


註19：Megan Eckstein, <隨興電子雷射研發順勢與具優質展望，然研發面臨瓶頸與計畫推遲>，《Inside the Navy》，2014年3月26日。

註20：BBC Business(@BBCBusiness)，2015年10月8日。

陸、結語

近年來，美海軍積極致力於艦載雷射武器與磁軌砲的研發，均著眼於節約未來武器耗費；年前，美國智庫「新美國安全中心」報告指出：儘管美軍反制彈道飛彈的雷射武器，目前研發進度似乎仍遙不可及，但戰術運用構想與概念仍然樂觀，足以應援新武器發展過程中所需原動力。

不久的未來，勢能預見磁軌砲與雷射武器躍動於海軍武器研發市場，且有取代現有傳統武器的事實，但艦用雷射武器的選用配裝，仍將取決於新造艦載台噸位、裕電與目

標反制形態等作需要求；傳統與艦載雷射武器的戰效發揮，關連著精準、嫻熟戰技與戰術運用，結合先期預警與即時反應，方能達到反制來襲目標的設計保障。雖說艦用軟硬體戰具的戰效發揚，脫離不了操作者的掌控，然配裝新式艦用雷射武器，更能深植戰艦制敵能力的優勢，卻是毋庸置疑的不爭事實，且待吾輩拭目以待樂觀其成。 

作者簡介：

崔家駿先生，備役海軍上校，海軍官校68年班，三軍大學海軍參謀指揮學院85年班，現服務於民間公司。

老軍艦的故事

沱江(嘉陵)軍艦 PC-104



沱江(嘉陵)軍艦係由美國 Nashville Bridge 造船廠所建造之巡邏艦，1943年8月7日下水成軍，在美服役時，編號PC-1247，曾於第二次世界大戰中參加過多次戰役。

二次世界大戰結束後，美軍即停止使用該艦，並靠泊於菲律賓蘇比克灣，民國37年6月15日美國根據「五一二號法案」，於蘇比克灣將該艦移交我國，我海軍於接收該艦後命名為「嘉陵」軍艦，編號PGM-104，由於當時該艦已破損不堪，無法行駛，乃由拖船將其拖帶返國，進廠實施大修工程，於民國38年中修復，開始成軍服役，隸屬海防第二艦隊，擔任海峽巡弋及護航等任務，曾先後參加過民國39年7月12日披山戰役、民國41年10月的南鎮、羊嶼、雞冠、白馬及寨頭等多次突擊支援任

務及民國43年3月30日北箕山海戰等戰役。

民國43年4月1日，由於我海軍將所有接收自美海軍之巡邏艦均以「江」字號命名，故該艦自即日起更名為「沱江」軍艦，編號PC-104。該艦更名後仍繼續服役，且參加了更多次的戰役，如4月28日與太平等友艦4艘在三門灣菜花岐海域巡弋時遭遇中共巨型艦4艘，經激戰後，中共軍艦2艘受創，該艦則安全返航。5月16日該艦與永定等三友艦巡弋於一江山西南與中共軍艦遭遇，發生激烈砲戰，中共軍艦中彈受創逃逸。民國47年8月24日，金門砲戰正激烈之時，我中海等艦運補金門，正在泊地搶灘下卸物資之際，突遭中共岸砲猛烈射擊，撤離時又遭其魚雷艇八艘及YP艇9艘圍攻情況甚為危急，此時在附近巡弋之沱江等艦立即趕往支援，加入戰鬥，先後共擊沉中共快艇8艘傷5艘，此役由於各艦官兵士氣旺盛，英勇奮戰的優異表現，故戰後各艦艦長暨官兵均獲頒勳獎。同年9月2日沱江與維源、柳江三艦奉令護航美堅艦金門運補，在料羅灣執行掩護及卸運任務時，遭中共海軍大批艦艇圍攻，該艦為確保運補任務達成，不顧本身安全，衝入敵陣，與敵艦群浴血奮戰達兩個多小時，創造了單艦擊沉敵艦艇5艘重傷2艘之輝煌戰績。但該艦也中彈累累，機艙進水，動力全失，且有下沉之慮，後經維源及柳江二艦合力拖救及其它趕來支援友艦協助下，始脫離戰場，返抵澎湖。此役告捷當日參謀總長王叔銘上將即致電祝捷，並親頒有功官兵勳獎，該艦亦獲頒團體褒狀一軸。

沱江軍艦在「九二」海戰中受創極為嚴重，拖返澎湖第二造船廠後經多次勘驗，均認為已無法再修復，乃於民國47年11月1日奉國防部核定除役。(取材自老軍艦的故事)