



從「作戰效益」 分析美軍 新飛彈防禦概念

宋吉峰 先生

提 要：

- 一、美軍現有的戰力及部隊數量是其他國家所難以望其項背的，但是，近年來如伊朗、中共、俄羅斯等國家不斷發展「不對稱」戰力，讓這些國家逐步擁有對付美軍的關鍵能力，而這些關鍵能力特別著重在飛彈科技的發展，不僅有速度快、射程遠等特性，再搭配其他不同威脅能力後(如可中途變軌、多彈頭等)，將增加美軍飛彈防禦的難度，而這些國家擁有的軍事能力，也影響美國軍力投射機動性。對美國而言，要反制1-2枚的飛彈威脅並不困難，但是，如果飛彈的數量是百枚乃至千枚時，美軍可恃的飛彈防禦系統將可能瓦解，美軍也將面臨作戰失敗的可能。
- 二、事實上，對手飛彈能力不斷研改的結果，足以影響美國國家安全。美國專家為反制這種飛彈威脅，提出了一個全新的戰略思維，一種「重層攔截」的作戰態樣，其核心的概念是從「作戰成本」效益來考量，並在不同區域劃分不同程度的飛彈防禦方式，而這種「作戰效益」就是透過增加對手的飛彈作戰「成本」，讓對手思考，這種飛彈作戰方式會產生不利的影響，進而改變運用飛彈作戰的方式。美國運用現有飛彈防禦系統及配合新型的遠、中、近程飛彈反制敵飛彈，可反轉當前美軍飛彈防禦的劣勢，美軍的作法殊值得我國防高層參考。

關鍵詞：飛彈齊射、成本效益、飛彈攔截、動能武器、非動能武器

Abstract

1. In recent years, such as Iran, China, Russia and other countries, which was development of “asymmetric” capability , so that these countries

gradually to challenge the U.S. military's "critical" capabilities, which was focus on missiles technology. May be 1 or 2 of the missile threat for the United States, that is not difficult to counter it, However the number of missiles will be destroy US defense system, in simple terms, the enemy may fighting with saturation attacks can also use "missile salvo" tactical, that will make the U.S. missile defense system failure.

2. From about all, The US military is seeking to counter the threat of such missiles, try to presented a new concept of operations, its core concept is "operational cost" benefit to consider, and divided into different degrees in different regions of missile defense, rather this "war benefit" is by increasing the missile operational costs of the enemy, the enemy in reverse, and this missile warfare will have a negative impact on its operations, so that the enemy will thinking, thereby changing the way the use of missile warfare. U.S. approach deserves Taiwan's MND to consideration.

Keywords: salvo competition, cost-effectiveness, missile interceptors, kinetic energy weapons, non-kinetic weapons.

壹、前言

過去美軍在作戰行動中，還未進行過實際遠距離精準打擊大規模作戰經驗；而未來的作戰環境，美軍要對敵大量飛彈進行遠距離攔截難度極高。因為，現今如中共、俄羅斯、伊朗和其他國家正在部署能夠在區域內形成威脅的飛彈，雖然過去美軍已投資數十億美元以應對此類威脅，但是美軍還是沿用舊有的戰略思維，目前並沒有完善的飛彈防禦系統，以因應敵巡航飛彈或精準武器威脅，更遑論反制其他先進武器如遠程飛彈、岸基短程飛彈和無人機威脅等。

本文是透過美國戰略暨預算研究中心

(CSBA) 研究員馬克高斯格(Mark Gunzinger)及布萊恩克拉克(Bryan Clark)的研究報告「美軍全新飛彈防禦作戰概念」(Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses)做為研究核心，分析現今美軍飛彈防禦作戰概念不足之處，進而探討美軍應有的戰略思維。而這二位學者是透過作戰「成本效益」的概念，也就是運用「辯證法」的「正、反、合」思維模式，判斷對手可能的作戰思維與邏輯，從中尋找出敵飛彈作戰的弱點(或讓對手產生戰略空隙)，進而為美軍尋找出一種較佳的飛彈防禦作戰模式；且二位學者所提出的作戰模式，突破以往偏重遠距離「重

層攔截」的作戰模式，採取不同威脅程度、區域劃分飛彈防禦方式，結合美軍現有「常規」及「非常規」作戰能力，並配合先進的雷射、非動能武器等，形成有效的飛彈防禦系統。二位學者認為，這種防禦系統的先決條件必須要能讓對手「作戰成本」增加，形成一種「戰略負擔」，讓對手思考大量飛彈作戰成本效益與代價(形成一種困難)，讓對手形成「戰略猶豫」，這種戰略思維邏輯內涵，殊值我國防空、反飛彈部署參考。

對美軍而言，改變以往「重層攔截」戰略思維，是改變現有飛彈防禦概念的第一步。「重層攔截」的概念是源自於冷戰時期對蘇聯的一種防禦作戰概念，目的是希望在「遠距離」階段能夠摧毀敵飛彈，但是，就現今而言，這些作戰概念已經不符時需，必須改變。將飛彈攔截的重點置於遠距離的方式，所要耗費的作戰成本相當高，而且效果有限；而在面臨「飛彈齊射」的情況時，作戰成本更可能是天價。因此，美軍新的戰略思維是依據低、中、高不同程度威脅劃分作戰區域，進行不同類型飛彈防禦，並將重點置於近、中距離之內，此與現有美軍戰略思維大相逕庭。

這種戰略思維除要在遠距離摧毀敵飛彈發射載台外，而且要對敵人所發射的飛彈，盡量運用「中程」攔截系統進行擊殺，包含雷射的運用。雖然美軍的雷射能力，在距離上仍有很大的限制，但是，美軍深信在未來幾年之內，雷射科技能力將會有所突破，可有效運用於中程的飛彈攔截；而在近距離階段的攔截系統包含方陣快砲、海公羊飛彈、

雷射及非動能武器及電子戰作為等，這是一種不過多依賴昂貴「標準飛彈」系統遠距接戰方式，這種思維就是基於「作戰效益」的概念。首先，在遠距離區域運用較昂貴的標準飛彈對敵載台或指管中心進行打擊，儘量讓對手的飛彈能力降低；其次，在中程彈道攔截方面運用現有標準飛彈系統(I、II型)、愛國者系統(II、III型)及雷射系統進行攔截；最後，則運用現有美軍雷射武器及相關的近迫武器系統對敵飛彈攔截，作戰全程涵蓋電子戰運用。

這種新的作戰概念如果可以順利推展，尤其在非動能武器方面(如雷射)，美軍不但在飛彈防禦佔有優勢，而且這種攔截方式將降低「補充彈藥」的過程。因為，雷射本身是透過能量聚集的能量型武器，這種武器不同於動能武器，它有著「無限量」彈藥優勢；相對對手而言，對手若不斷的運用飛彈攻擊美軍部隊，飛彈的作戰成本將相對增加。簡言之，對手花費的飛彈成本總合，相較於美軍的防禦系統所付出的成本，將形成一種作戰效益的「不對稱」，這代價可能就足以讓對手猶豫或放棄大量飛彈作戰的攻擊模式，這種思維也是一種「有效嚇阻」戰略範疇。

就我國情況而言，雖然我國國防預算不若美軍充裕，但這種戰略概念部分可列入參考運用，特別是面對當前中共的威脅情況。臺灣受地理位置限制，戰略縱深短，若依美軍反飛彈標準，我國都是被迫在近、中程距離的反飛彈作戰，而美軍新的作戰概念核心就是以近、中程距離範圍反制敵飛彈為主，相關概念亦可納入我國防空、反飛彈作戰之

參考。

貳、美軍現行飛彈防禦作戰思維

美軍認為，為了保持在敵飛彈「齊射」¹下仍具有優勢，應該運用降低敵飛彈打擊效益的作戰思維。在敵進行「齊射」情況下，將作戰重點朝向降低對手精準打擊能力或攻擊對手「打擊鏈」(Kill Chain)中的弱點；另外以積極的方式，透過電磁頻譜作戰的運用，降低敵傳感器的能力如網路攻擊等，使對手無法追蹤或確認目標。而「無源干擾」作戰則是另一個有用的方式，美軍在戰區可採取分散式部署，並運用各種方式達到隱蔽、偽裝和欺敵效果，以降低敵飛彈打擊效益。例如，降低敵的搜索和定位傳感器(即偵測裝備)，並誘使其打擊假目標，這種方式的作戰重點是直接降低敵的精準飛彈「齊射」能力，而非間接降低敵「打擊鏈」的模式²。

一、兵力部署運用

美軍運用這種方式，對手就必須從更遙遠的地方對美軍攻擊，而這也會造成對手花費更多的資源、發展出更遠距離的攻擊能力，迫使對手建置更加昂貴的遠程飛彈，從而降低敵原本可以負擔的飛彈作戰「齊射」戰術。也就是說，對手須增加發展遠程空中、

海上和太空的指、管、通、情、監、偵系統，另外可能還要發展相關的動能和非動能武器(包括指向性能量、網路和電子戰等)攻擊³。以中共為例，為解決偵知、識別、定位和戰果評估等問題，就必須在遠距離打擊的「有效性」上更加努力，以達成其「反介入/區域拒止」(A2/AD)的作戰目標⁴。中共遠距離偵測系統包括衛星、超視距雷達、監偵機、無人機、艦船等；另外，指揮中心可連接到潛艦和其他不同的載台，結合各種不同的載台功能，才可形成「反介入/區域拒止」整個戰略態樣。而要完成這目標的「成本因素」，中共就會降低其使用導彈「齊射」的意願⁵。

二、兵力集中與分散的考量

對於美軍而言，將戰機和地面部隊在區域內實施頻繁的分散行動，這也許是不切實際的作法，但是，為保衛美國的盟友和夥伴，對於在海外較遠的基地，這一作法值得參考及運用。若部隊必須「存在」於敵的打擊範圍內進行活動，尤其是長時間駐防的基地時，應將重要設施進行「分散」，具體作法，就是將分散的基地故作兵力投射的態樣，而且要經常移動到不同位置，這可以幫助美軍擾亂敵攻擊所需時間，但是這種方式可能須要數天才能完成。而如此的分散和頻繁的

註1：所謂「齊射」是指敵方運用一種「飽合」攻擊的作戰方式，而此是採取一種站在攻者(敵)角度分析相對的差異，故採用「齊射」名詞。

註2：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA), 2016, p.23.。

註3：曹開明，〈未來戰爭進入雷射時代〉，《青年日報》，2015年8月25日，版3，<http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001007/eb0643.htm>，檢索日期：2017年11月9日。

註4：〈中國南海與中國永不分離勿低估決心〉，中評網，2016年4月29日，<http://hk.crntt.com/doc/1042/0/9/5/104209590.html?coluid=35&kindid=605&docid=104209590>，檢索日期：2017年11月9日。

註5：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA), 2016, p.25.。

兵力調動，對對手而言，將會降低敵瞄準攻擊的精準度⁶。

三、基地集群作戰方式

美軍認為將軍、民用相關資源整合納入基地群運用，對敵而言將成為二個不同類型的目標。首先，整個基地群經常性的在大區域內活動，以誘導敵軍必須不斷校準及定位，可降低敵飛彈「齊射」效果；更有甚者，可導致對手對假目標實施攻擊，進而浪費飛彈。而在另一方面，這也可降低美國防禦資源的消耗，此外，基地群亦須建立相互支援能力，以提升美軍飛彈防禦系統的有效性，而基地群也必須有足夠的運輸能力，以提高美軍打擊的機動性。

參、全新飛彈防禦概念

二位學者認為改變現有的能力和技術，是美軍應對「齊射」必要的作法。現今美軍的「分層」飛彈防禦能力不足，部分原因是美軍作戰的概念未完全整合所致，僅是以一種對敵目標盡可能於遠距離進行攔截的「迷思」而已。如果將防空作戰與飛彈防禦進行「分離」思考，優先使用中程動能和非動能

防禦作戰概念，將增加對敵飛彈「齊射」反制次數⁷，防禦效果將有所不同。

一、機動防禦

(一) 攔截武器的運用

美軍部分攔截武器和火箭系統能夠對短(小於5哩)、中程(10-30哩)防空進行飛彈防禦。短、中程攔截武器包括海公羊、海麻雀和愛國者Ⅲ型攔截飛彈等⁸；而方陣快砲近迫武器系統最初是在海軍使用，隨後部署於陸軍的車輛上，現在仍是近距離飛彈防禦的主力，該砲除了低成本外，可攜帶更多的彈藥，這也是長程飛彈攔截武器無法取代的⁹。四聯裝麻雀飛彈可與垂直發射系統相容，此種能力與標準Ⅱ型或標準Ⅵ型飛彈不相上下、並與三聯裝愛國者Ⅲ型、愛國者Ⅱ型飛彈能力概同¹⁰。海公羊飛彈攔截武器比海麻雀或愛國者Ⅲ型飛彈小約25%，而且能夠大量的運用於艦船防空作戰¹¹，雖然較小的攔截武器在海軍的運用上並非主角，但並不表示武器性能較差，且美軍目前已經為這些武器進行性能提升；如海公羊飛彈Ⅱ型，已在2015年具備初始作戰能力，提升控制系統能力，也提升射程和機動力；此外，海麻雀飛

註6：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.29。

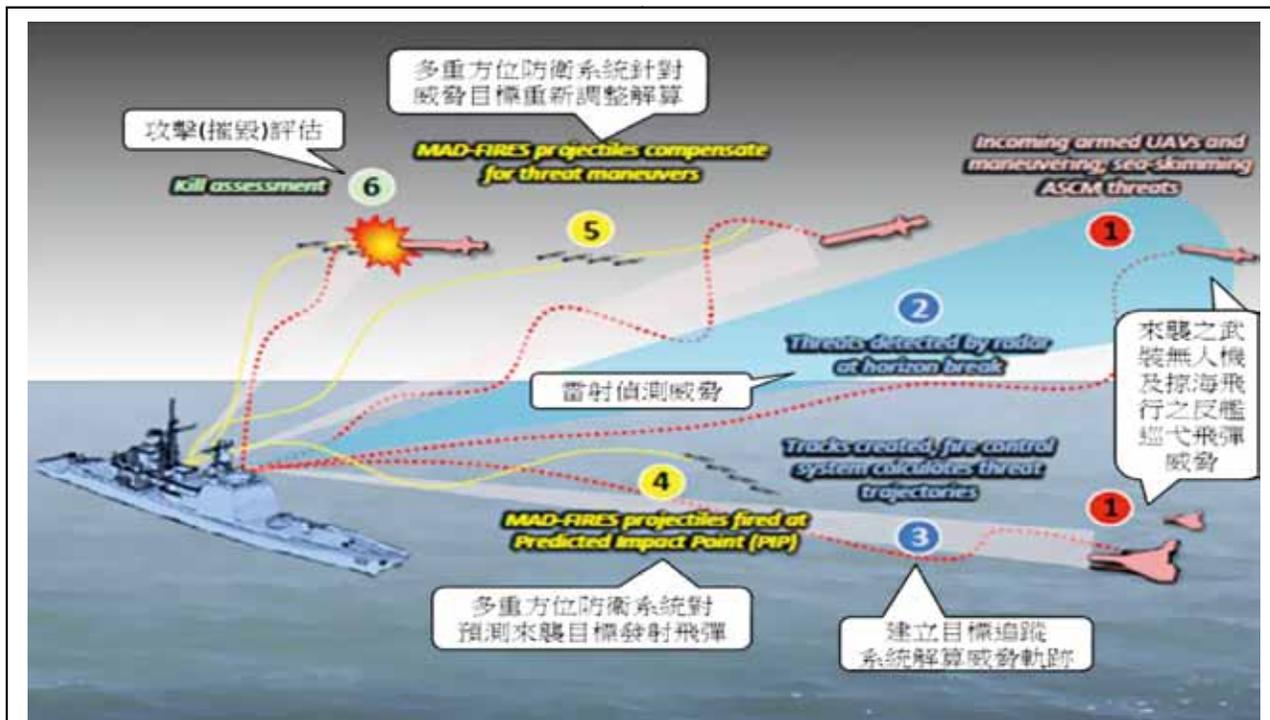
註7：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.75。

註8：〈終結中俄拒止戰略美軍稱研出反艦導彈殺手〉，中評網，2016年6月19日，<http://hk.crntt.com/doc/1042/7/3/0/104273094.html?coluid=4&kindid=20&docid=104273094&mdate=0619195038>，檢索日期：2017年12月9日。

註9：Apollonov, "Laser Technology and Weapons," Global Journal of Science Frontier Research: A Physics and Space Science, Volume 14 Issue 3, Version 1, 2014,p.11。

註10：〈防北韓射火箭日沖繩兩島部署愛國者飛彈〉，《蘋果日報》，2016年2月6日，<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20160206/792154/>，檢索日期：2017年12月9日。

註11：Jan Stup and G?tz Neuneck, "Assessment of Long Range Laser Weapon Engagements: The Case of the Airborne Laser," Science and Global Security, 2010,p.4-6.，<http://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs18stupl.pdf>，accessed：2017年12月9日。



圖一：美海軍全方位防空快速攔截作戰概念

資料來源：Mark Gunzinger Bryan Clark, “Winning The Salvo Competition Rebalancing America’s Air And Missile Defenses.” The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.34。

說明：美海軍艦隊最新型飛彈防禦概念，對於敵飛彈及無人機在不同距離、不同位向、不同高度情況下，先由艦內系統分析威脅源模式，再分析極可能的攻擊路徑，由系統建議建議分配艦上各式武器、攻擊時間、攻擊期間不斷作出戰果評估，並對於每一威脅目標會由系統預擬可能攔截失敗的接替方案。

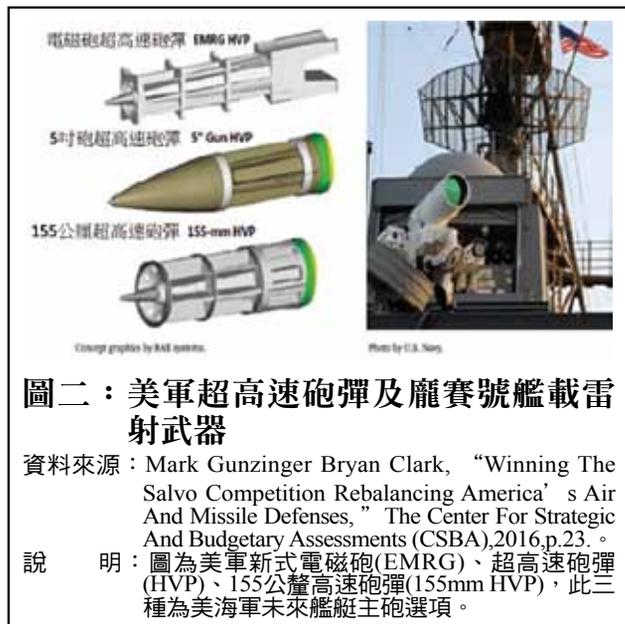
彈 II 型的另一種延伸型，將在 2020 年完成戰備，它運用的是一種具「有源射頻」導引彈頭，屆時就不需要由艦船的雷達來引導攻擊目標，這是一種「射後不理」(Launch And Leave) 的攻擊模式，這種模式可為艦船減少許多工作負荷，系統可同時反制更多敵飛彈¹²。

(二) 未來飛彈防禦作戰

美軍認為，若要提升防空作戰「彈藥容量」，就必須要裝更小的飛彈；換言之，就是將中程飛彈優化。美軍正在加速研改海基防禦技術，例如，射程至少 10 哩的海公羊飛彈，可能成為海基區域防禦攔截主力，

它不再只是點防禦系統，也將增加艦船防空作戰能力。因為一枚海公羊僅是海麻雀飛彈 (ESSM) 直徑的一半，且安裝於艦艇垂直發射系統，至少可以攜帶 8-16 枚。而在防空火砲系統方面，目前方陣快砲可反制對手飛彈，因屬非制導武器，因此可對目標快速攻擊，但射程較短限制了機動性。然這些不足之處可以透過未來發展的火砲系統發射「制導砲彈」得到緩解，這將提供美軍飛彈防禦能力最佳的防護。因為這種火砲系統可大量安裝於美軍各載台上(美海軍全方位防空快速攔截作戰概念如圖一)。

註 12：Mark Gunzinger Bryan Clark, “Winning The Salvo Competition Rebalancing America’s Air And Missile Defenses,” The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.79。



另外，美國防部高級研究計畫局 (DARPA)正在發展「多方位防禦快速攔截裝填系統」(MAD-FIRES)，這是一種中口徑(約20-76釐米)砲彈，運用導引式彈頭，可提供5哩範圍的點防禦，或者延伸距離至10哩以上，以支援中程防禦作戰，美軍希望能夠攔截多種不同的威脅如巡航飛彈、無人機等¹³。在10-30哩範圍內攔截能力方面，美海軍研究辦公室(ONR)正在進行可以從砲管發射電磁砲直接攔截飛彈，屬於一種超高速砲彈(HVP)¹⁴，美軍高速雷射可在5吋砲(Mk-45)系

統操作，稱之為「神劍火砲系統」(Excalibur artillery system)。目前該系統已進行至控制界面、小推進器、重量研改階段，而且砲彈發射中途可改變航向及不斷修正目標誤差，彈頭約重10-20磅，高速雷射砲所採取的是直接命中及感炸方式¹⁵，為了提高命中率，這套裝備須要透過非常精準的偵測系統。因此現在同時也對雷達和射控雷達進行性能提升¹⁶，這些追蹤資料經由數據鏈路提供給高速雷射系統，以確保準確攔截目標。目前高速雷射砲的發展選項中，部分人士認為由於該系統約3馬赫的速度，高速所產生的熱能將影響彈頭鼻段，可能影響雷達導引運作，因此建議將雷達省略。所以該項尚在評估中，如果成功的部署，將是火砲發展劃時代的改變，畢竟一般火砲可對約10-20哩目標攻擊，但是對40-50哩外的目標將無用武之地，而高速雷射結合火砲系統後，將可改變這個距離限制¹⁷(美軍超高速砲彈及雷射武器，如圖二)。

未來，美軍希望高速雷射(HVP)可以達到更遠的距離，如果運用脈衝磁場加速，則可提升速度到5-7馬赫；另美軍正在研製一種陸基20兆焦耳和32兆焦耳電磁砲，也正發

註13：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.86。

註14：〈美軍艦武裝升級電磁砲後年上陣〉，《世界日報》，2016年2月16日，<http://udn.com/news/story/6813/1502282-%E7%BE%8E%E8%BB%8D%E8%89%A6%E6%AD%A6%E8%A3%9D%E5%8D%87%E7%B4%9A-%E9%9B%BB%E7%A3%81%E7%A0%B2%E5%BE%8C%E5%B9%B4%E4%B8%8A%E9%99%A3>，檢索日期：2017年12月9日。

註15：〈隱形靜音雷射武器美軍明年1月測試〉，《自由時報》，2015年12月30日，<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/944762>，檢索日期：2017年12月9日。

註16：〈美國陸軍試射車載雷射砲，成功擊落迫擊砲彈〉，科技新報，2013年12月21日，<http://technews.tw/2013/12/21/army-laser-weapon-kos-mortar-rounds/>，檢索日期：2017年12月9日。

註17：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.88。

展高精準度反制水面目標的高速雷射系統，其射程在50-100哩的範圍¹⁸。電磁砲的高速可減少飛行時間，進而提高命中率，電磁砲所發射的高速雷射初速可以讓防空武器延伸至30-40哩的距離。因為，電磁是運用磁場來加速高速雷射，這種方式取代了傳統的火藥¹⁹。電磁砲可以使一般火炮系統更快速的進行連續射擊，但是，這都取決於電磁砲所需的磁場強度而定，這也意謂著需要大量的電力，大約是10-20兆瓦可產生32兆焦耳的能量²⁰。這種能量，以現行的美海軍一般水面艦而言，是非常困難的，目前僅有約70兆瓦的新「朱瓦特級」驅逐艦使用，海軍正在考慮在該型驅逐艦的後2艘安裝電磁砲。電磁砲10兆焦耳軌道砲武器系統使用的是脈衝電源，從能量儲存到電磁砲發射的一連串技術都與電源有關。一座5吋砲(Mk-45)大約每分鐘射擊20發的高速雷射，相較於一門155釐米榴彈砲每分鐘可以發射約6-8發，電磁砲將更具有優勢²¹；另從成本分析，防空

系統運用少量昂貴電磁砲在30-40哩外打擊目標，會讓美軍的作戰效益提高²²，更可讓對手思考「飛彈」發展與戰術運用上成本的劣勢。

二、反制敵「齊射」能力

著眼未來，美軍可能將非動能武器，形成電磁能量防護網的方式，摧毀來襲「齊射」飛彈，如固態雷射、高功率微波和電子戰系統部署等。由於這些防禦，都是由電能做為媒介，只要能夠成功運用，美軍將有源源不絕的彈藥，更可以確保美軍應對敵「齊射」攻擊²³。除此之外，美軍還可考量運用其他的方式，將飛彈防禦達到最佳化。首先美軍可運用相對的作戰幾何位置，結合戰術運用，將可有效完成10-30哩綿密防空優勢²⁴；此外，非動能武器防禦可以對更遠的目標、而雷射和高功率微波系統範圍對低空飛行目標將更具效果²⁵。未來的固態雷射武器，將可運用高功率波束，有效破壞對手導引系統或結構²⁶。

註18：〈美軍雷射武器成功擊落無人機〉，法新社，2013年12月13日，<https://tw.news.yahoo.com/%E7%BE%8E%E8%BB%8D%E9%9B%B7%E5%B0%84%E6%AD%A6%E5%99%A8-%E6%88%90%E5%8A%9F%E6%93%8A%E8%90%BD%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-050506077.html>，檢索日期：2017年12月9日。

註19：〈無彈藥未來武器美海軍明年部署激光炮〉，大紀元，2013年4月9日，<http://www.epochtimes.com/b5/13/4/9/n3842313.htm>，檢索日期：2017年12月9日。

註20：〈美陸軍首批雷射武器2023年部署〉，中時電子報，2016年3月1日，<http://www.chinatimes.com/realtime-news/20160301005936-260408>，檢索日期：2017年12月9日。

註21：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA), 2016, p.91。

註22：〈雷射武器通過測試雷射光正中靶機〉，TVBS新聞，2014年4月3日，<http://news.tvbs.com.tw/news/detail/general/526732>，檢索日期：2017年12月9日。

註23：〈美戰機配雷射武器5年內問世〉，《自由時報》，2015年12月19日，<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/941845>，檢索日期：2017年12月9日。

註24：「作戰幾何位置」是泛指海軍艦隊於海上執行各項任務時，依據當時的威脅情況進行艦船的位置分配，其目的是希望結合艦艇的不同特性發揮最大的防禦或攻擊效果，而有時也會因為發揮某種武器或系統最佳效能而進行位置的配置，各艦艇位置連線所形成的面，亦可稱之為幾何位置，這是海軍戰術運用的作法之一。

註25：〈改變戰爭空間美軍擬5年內戰機配備雷射武器〉，中時電子報，2015年12月19日，<http://www.chinatimes.com/realtime-news/20151219003274-260417>，檢索日期：2017年12月9日。

註26：〈德國MBDA公司展示新的雷射武器〉，中時電子報，2016年6月1日，<http://www.chinatimes.com/realtime-news/20160601005798-260417>，檢索日期：2017年12月9日。

(一) 雷射武器

雷射武器透過使用光子經過發光二極管，以加壓的方式形成雷射，再經由一個極窄波長即形成電磁能量的高能光束，所發射的光能量可以聚焦，而且可將多個波束加以聚集，形成一個光束摧毀如無人機、巡航飛彈、岸基短程飛彈等²⁷。但是，雷射武器仍然會受到包括功率、環境因素及目標性質等多種因素的影響，說明如后：

1. 雷射功率：

雷射對目標(能量密度)的影響主要取決於雷射的功率及光束的集中與否(光束質量)。大型雷射如氧碘化學鐳射(COIL)是一種空用型的雷射武器，其目的是能在空中攔截敵飛彈，在幾秒鐘之內能夠破壞或摧毀飛彈，而小固態雷射則適合於艦船、戰機和地面載具，它是以接近300千瓦以上的功率為單位，未來固態雷射將有1兆瓦的輸出功率²⁸。

2. 氣象因素：

大氣中的水氣和微粒子吸收現象，會讓電磁頻譜的不同波長，產生各種不同程度的散射，而其中也包括雷射能量的散射。通常雷射中的紅外線和可見光波長最易受水氣影

響。因此使得海洋環境中使用雷射極具挑戰性，「散射」和「吸收」效果將會減小雷射光束的有效距離²⁹，必須設法在水氣中減低其能量消失，避免降低雷射的有效性。

3. 目標特性：

反制目標表面材質的不同，會影響雷射的攻擊效果。例如，對經過強化處理並可穿越大氣層的高速彈道飛彈或超音速巡航飛彈而言，雷射可能很難摧毀³⁰。但是，一個極高功率(兆瓦)的雷射，若連續照射目標時間15秒以上，則可達到破壞的效果。由此可知，時間是雷射成功的關鍵，雷射光束停留於目標時間愈長，則效果愈大。基於這個原因，對無人機和小船等慢速移動的目標，通常非常容易被雷射所穿透³¹；然對飛彈等快速移動目標則較困難，除非它們是直接正對雷射，而不是以「斜切／越境」方式攻擊。美軍認為這種雷射已經可以降低敵「齊射」的能力，而且可以在短時間內完成戰備³²。

美軍也正在發展新的電源管理系統，這將提高雷射所需的電能。2014年美軍首次部署雷射武器，該系統屬於海基型的設計，具備30千瓦的功率，是一種簡易型的設計，能

註27：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.96。

註28：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.99。

註29：〈美國海軍的未來武器：雷射炮〉，中時電子報，2016年6月6日，<http://www.chinatimes.com/realtime-news/20160606004422-260417>，檢索日期：2017年12月9日。

註30：〈雷射武器和無人戰機的空軍將來臨〉，中時電子報，2016年2月22日，<http://www.chinatimes.com/realtime-news/20160222005239-260417>，檢索日期：2017年12月9日。

註31：〈美軍研製反無人機激光炮HELMITT-擊熔掉飛行器〉，DRONESPLAYERS，2016年6月10日。〈<https://www.drones-player.com/27484/%E7%BE%8E%E8%BB%8D%E7%A0%94%E8%A3%BD%E5%8F%8D%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%BF%80%E5%85%89%E7%82%AE-helmtt-%E4%B8%80%E6%93%8A%E7%86%94%E6%8E%89%E9%A3%9B%E8%A1%8C%E5%99%A8/>〉，檢索日期：2017年12月9日。

註32：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.101。

有效攻擊小型無人機和電光/紅外線(EO/IR)偵測器³³，先前已經部署於波斯灣海域，而採用高功率雷射武器必須有相關的教令，包括交戰規則和執行程序等，避免對己方衛星和部隊造成危害³⁴。美國防部「高級研究計畫局」正在研究150-300千瓦範圍功率的固態雷射，這個功率範圍是雷射科技的極限，這個範圍的雷射將可輕而易舉的摧毀小型無人機、艦船、飛彈及岸基短程火力，而300-500千瓦的功率雷射可能會破壞更廣範圍的飛彈，可針對較大無人機和艦船。

美軍150千瓦以上的固態雷射已經進入實兵驗證階段，固態雷射技術將可以在未來3-5年內成軍。空軍也正在尋求其重型對地攻擊機(幽靈騎士，AC-130J)配置固態雷射，它也將是美國發展高能雷射區域防禦系統(HELLADS)的一環，目前的技術已經能滿足於高功率固態雷射的建置，可進行空對地、空對空目標攔截，包括飛彈。固態雷射是有效反制敵的地對空飛彈和空對空飛彈的方式，而運用武裝直升機在威脅空域進行作戰，將可扮演重要的角色³⁵。此外，海軍正在設法尋求將150千瓦的系統安裝於伯克級神盾驅逐艦(DDG-51級)載台上，同時美軍的固

態雷射技術也計畫安裝於新型航艦上，規劃在2018年完成100-150千瓦的武器建置³⁶。

(二)高功率射頻防禦

高功率射頻武器通常被稱為微波武器，亦即可產生非常高的功率，其目的是在破壞敏感的電子元件，可在短時間內經由脈衝而破壞系統。高功率微波脈衝可以干擾或透過電流瞬間負載，讓裝備過熱或失效，類似於燒熔絲造成電路破壞。因為，高功率微波光束可攻擊特定的元件，例如輸入/輸出板、或位於內部放大器等。此外，由於半導體電路是一種非常敏感的裝置，只要以過度偏壓或透過電流的小幅度增加即可破壞，因此，高功率微波武器可以較低的功率，形成如同雷射般的破壞力。

美軍已經發展出高功率微波武器的原型版本，最引人注目的是「反電子高功率微波先進飛彈專案(CHAMP)」，它結合了高功率微波發射有效載荷的先進巡航飛彈³⁷。該專案中使用寬帶脈衝的高功率微波，可破壞各種電子系統，而不是針對一組特定的組件，雖然「反電子高功率微波先進飛彈專案」仍在發展階段，但美軍估計在5年內可以發展更先進的反電子高功率微波飛彈優勢。因此

註33：〈數秒燒出大洞美軍測試仿星戰雷射武器〉，中時電子報，2015年12月29日，<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20151229001082-260408>，檢索日期：2017年12月9日。

註34：〈美艦首度裝雷射武器巡弋波灣〉，《自由時報》，2014年11月16日，<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/830596>，檢索日期：2017年12月9日。

註35：〈波音發表雷射武器可隨軍攜帶〉，臺灣醒報，2015年8月31日，〈<https://anntw.com/articles/20150831-PXnW>，檢索日期：2017年12月9日。

註36：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.101。

註37：〈美空軍擬在戰機上裝設攻擊性雷射武器〉，大紀元，2015年9月4日，<http://www.epochtimes.com.tw/n139900/%E7%BE%8E%E7%A9%BA%E8%BB%8D%E6%93%AC%E5%9C%A8%E6%88%B0%E6%A9%9F%E4%B8%8A%E8%A3%9D%E8%A8%AD%E6%94%BB%E6%93%8A%E6%80%A7%E9%9B%B7%E5%B0%84%E6%AD%A6%E5%99%A8.html>，檢索日期：2017年12月9日。

，高功率微波可對飛彈形成有效反制，而未來陸基、艦載的高功率微波武器，將可藉由脈衝破壞飛彈和無人機的電路系統，這對於美軍技術上是可行的。由此可知，美軍發展「近接」(Front Door)作戰能力，透過已經建置的飛彈鏈路通訊，如導引數據鏈路或導引彈頭技術，可以降低高功率微波武器所需要的功率，這些均與電磁頻譜技術相關，未來發展值得觀察。

(三) 電子戰

美軍認為，未來的作戰環境中，美軍的飛彈防禦能力一定要配合混淆式被動偵測/低功率的自我保護干擾器，美國抗干擾載台和載台將可能被對手優先攻擊，而被動偵測/低功率干擾器應該結合長時間運用，形成一種誘標效果，讓敵產生誤判。鑑於這些考量，美軍認為電子戰系統建置應具備以下特點³⁸：

1. 網路化：

由於其低功率輸出且距離短，用來保護載台，將是最有效的方式，而若能將載台系統加以網路化，將使能力倍增；此外，干擾和誘標可一併做整合性規劃，避免對友軍產生影響。

2. 靈活性：

對手大部分的武器裝備所運用的電磁頻譜都可進行跳頻，以迴避美軍的偵測；為解決這個問題，須降低反偵測，美軍的干擾誘標頻率必須具有更大的靈活性。

3. 多功能：

以系統自動化連結的方式，快速達到自我保護的效果，亦可增加誘標的功效；但是，接收器和處理器將很難獲得完整的資訊進行整合。因此，未來的網路電子戰除了要成本更低外，還要所有的干擾器能夠自動感知電磁環境，並能與其他系統進行整合，使各項行動協調一致，同時要具備打擊對手的傳感器能力。

4. 適應能力：

現今的干擾器和誘標都已經自動化，這也意味著它們偵測敵傳感器或武器後，將自動執行下一階段的工作。由於新的導引彈頭技術及對手相關電子參數資料庫尚未建置，這可能會讓系統自動化效能產生影響，因此，未來美軍電子戰系統應該要能夠感知電磁環境，並擁有突破信號轉換自我調整的技術，並發展出有效的作戰教令，乃至於完整的接戰程序等。

三、精進戰場管理能力

雖然短、中程防禦能顯著提高美軍飛彈防禦能力，降低「齊射」的威脅，但是，美軍需有新的戰場管理系統，來處理這些相關資訊。具體而言，未來的戰場管理系統要能夠評估威脅，並將目標分配給動能和非動能武器進行下一個程序，而且是一種連續不斷重新評估的系統，以應對新的威脅。目前美防空作戰管理系統，如神盾和愛國者具有一定的能力，可自動評估威脅的優先順序。然而，這些系統使用自動化的類型，在本質上過於「教條式」(Doctrina)³⁹，雖然系統可

註38：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.101.。

註39：同註38。

自行完成接戰，但是無法對「未識別」的威脅進行反制，這也就無法建立新的威脅評估，也就無法充分整合非動能和動能武器進行防禦。因此，對於全區完整目標的威脅評估與反制有效與否，自有其必要性；未來的飛彈防禦射控系統應該要更加靈活和更具彈性，能夠迅速的反制威脅，可自動不斷評估相應對策，然後使用最有效的反制方式，因此美軍必將有以下改變：

第一、在反制敵超音速掠海攻船巡航飛彈部分：美軍須具備偵測超越地平線、超音速、掠海能力，並結合美軍作戰管理系統中的海麻雀飛彈或愛國者Ⅲ型搭配進行接戰，如果接戰失效且進入視距內後，可接續以指向性能量武器接戰，並包含電子戰系統的共同應對。

第二、反制超音速攻陸巡弋飛彈：美軍戰場管理系統將選用高功率微波(HPM)系統對攻陸巡弋飛彈實施接戰，並配合美軍現行部署的其他防空系統，進行交叉射擊，共同摧毀來襲飛彈。

第三、反制攻船彈道飛彈：美軍戰場管理系統已可在10-30哩內使用電磁砲攻擊，而在30-40哩則將運用高空反艦彈道飛彈接戰，其次是動能攔截武器，最後採用對指向性能量和電子戰系統在近距離內進行接戰。

第四、反制攻陸彈道飛彈：美軍認為在重返大氣層階段可運用電子動能武器，如雷射和電子戰系統加以混淆，接續結合戰場管理系統，運用高速雷射與電磁砲在30-40哩內進行接戰。

第五、發展智慧型反制敵飛彈「齊射」

作戰管理系統：美軍專業人士認為，必須提升綜合防空和飛彈防禦戰鬥系統(IBCS)和海軍的神盾作戰系統，以提高這些系統反制飛彈能力。

肆、美海軍的困境與挑戰

自冷戰結束後，美國防部已經開始研究基地飛彈防禦思維，確保美軍基地安全是所有作戰中重要的第一步，因為這關乎海外基地的兵力投射有效與否，而美海軍當前的困境與挑戰臚列如后：

一、作戰概念錯誤與偏好

美軍的關鍵障礙是「文化」。例如，海軍較傾向於依靠遠距離防禦的思維，而且是一種如同「重層攔截」的概念。這種方法現今已不切實際，二位學者所提出的是另一種防空作戰方案，是基於威脅評估的整體研究。美軍須將決策納入系統自動化中，如創造引導短、中程防禦系統攻擊頻率，能夠吸引敵飛彈攻擊，但是美軍仍然偏好運用大型和昂貴的遠程攔截武器，也就是這種觀念，阻礙美軍發展短、中程能反制敵飛彈「齊射」攻擊的能力。

長期以來美軍不斷的對彈道飛彈威脅進行評估與投資，這種偏好體現在美軍的「戰略檢視」中，如2010年彈道飛彈防禦檢視報告(BMDR)中，美軍戰略評估提出了「預防和阻止未來的衝突，盡一切可能確保嚇阻的有效性」。該「報告」提出關鍵的優先事項，希望能為美軍在有限的彈道飛彈威脅下，保衛地區美軍、盟友和夥伴的安全，且國會也已授權發展。而美軍2014年四年期國防總檢

報告(QDR)中，強調要保衛國家免於飛彈威脅，其中的對象是針對北韓和伊朗等具備彈道飛彈能力的國家，雖然國防總檢提到了巡弋飛彈的威脅，但是，並沒有針對敵「齊射」情況進行分析⁴⁰。

這種戰略的偏見，也同時反映在美軍新飛彈防禦能力的組織。如美飛彈防禦局(BMDO)任務是「為美軍提供發展傳感器、攔截武器、指揮和控制等的作戰管理方式」，並結合運用於彈道飛彈防禦系統(BMDS)，提供組織、訓練、裝備的發展，尤其是以飛彈防禦為優先考量。但是，該局認為對於敵飛彈「齊射」反制並非該局的主要責任；換言之，美軍並未有完整的組織或機構，以應對未來飛彈防禦。例如，聯合防空和飛彈防禦組織(JIAMD)是在聯合參謀本部內的一間小辦公室，負責協調防空、飛彈防禦的支援作戰單位；而美國戰略司令部則是另一個擁有整合美軍防空與飛彈防禦角色的機構；另外聯合飛彈防禦功能司令部(JFCC IMD)在綜合飛彈防禦報告中指出：「……為支持美國戰略司令部及其他作戰司令部，應服務於美國政府機構，而在飛彈防禦能力方面，採取威懾方式，以保衛美國、部隊和其盟國」⁴¹。事實上，聯合飛彈防禦功能司令部綜合飛彈防禦部分，缺乏了主導權以發展新的飛彈防禦計畫，也沒有任何主導的能力，美軍對於飛彈的防禦權責呈現一種分散狀態，並未

完全整合。

二、防禦權責不明

由於美國飛彈防禦局、聯合防空和飛彈防禦機構與聯合飛彈防禦功能司令部對於飛彈防禦任務和權限尚未界定清楚，因此，導致無法因應敵飛彈「齊射」的戰術做有效反制。飛彈防禦局的任務為反制巡航飛彈和其他可能的飛彈威脅，而在2010年該局卻否認了這一任務，因為該局認為彈道飛彈防禦和巡弋飛彈防禦是二種不同的作戰概念，因此有必要對該局的功能做重新審認。若依二位學者的作戰概念，這樣的困境可能會改變，新的系統如電磁砲、高速雷射和指向性能量系統，可幫助美軍基地和部隊反制彈道飛彈、巡弋飛彈和其他制導武器的威脅⁴²。換言之，新的作戰概念，將可有效反制敵飛彈「齊射」。

三、資源不足

美軍的打擊力缺乏反制敵飛彈「齊射」的能力，也缺乏可長時進行飛彈防禦之攔截武器。總體而言，過去18年美軍年度預算中，建置飛彈防禦攔截武器部分都顯示上升的趨勢，但是，每年總經費實際運用於攔截武器都遠低於30億美元；而其中的一半還是採購F-35戰機。而2016年的預算相較於過去五年，成長性最高，但是對於近、中程攔截的預算仍然偏低，大部分的資金還是投資在遠程攔截武器，這些趨勢反映了美軍對遠程攔

註40：Mark Gunzinger Bryan Clark, "Winning The Salvo Competition Rebalancing America's Air And Missile Defenses," The Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA),2016,p.101.。

註41：同註40。

註42：〈美國軍事公司開發泛用電磁砲〉，中時電子報，2016年5月24日，<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20160524005963-260417>，檢索日期：2017年7月9日。

截思維的偏好⁴³。而在電子動能武器方面，如指向性能量武器和電磁砲的預算，進度也相對緩慢，而高功率固態雷射、高功率微波防禦和軌道砲等也是同樣的情況。

美戰略與預算評估中心(CSBA)2012年報告中提及「改變戰場規則」，提出雷射武器的發展，其中「資源不足」導致技術停滯是現在最大的障礙，這個情況到今天為止仍未改變。現今的電子動能武器科技發展計畫，還不能滿足美軍的部隊。因此，對手的飛彈將持續威脅美軍及美國國土；相反的，只要作戰概念稍加改變，將動能和非動能武器結合運用，應可建立比現在更加強大的防空作戰體系。

伍、結語

美國已經部署愛國者防空系統到中東和西太平洋地區，並出售這些防空系統給這兩個地區盟友和夥伴(包含臺灣)；另外，在西太平洋地區還部署了「薩德系統(THAAD)」，用以反制對關島的威脅。除此之外，美軍正在努力發展新一代標準Ⅲ型飛彈，美軍部署這些系統大多是為了防禦來自伊朗或北韓的小規模的核彈襲擊，它並沒有具備強大的防禦能力，可以保護其戰區基地，更無法針對敵飛彈「齊射」進行反制，包括敵巡弋飛彈和其他空投精準制導飛彈等。此外，如同海軍一樣，美陸軍和國防部對採購飛彈防禦系統的偏好是對空遠距攔截飛彈，而這種建置方式，缺乏有效反制敵巡弋飛彈，這種防禦系統能力是不足的。如果考慮中共的戰機、艦船、潛艦均可發射攻陸巡弋飛彈，對美

國的太平洋基地將造成重大威脅；而中共這種部署方式，將會威脅到美軍西太平洋機場，進而壓制美軍空中防禦、巡邏任務；中共東風-21型導彈已有足夠的威脅能力，可攻擊日本和關島的美軍艦船；中程彈道飛彈可以攜帶多枚子彈藥，摧毀戰機和相關軍事設施(如燃料庫、武器掩體、指管中心等)。中共可以對美國基地進行更多、且大量的攻陸巡弋導彈和其他空投精準飛彈攻擊，而且是以連續「齊射」的方式，而中共的轟炸機和戰機的運用，可以提供更大的導彈「齊射」效果。雖然美軍基地可以在中共導彈攻擊後迅速恢復戰力，但是，中共持續以精準導彈打擊，將會降低美國兵力投射的能力，而這也將撼動美軍西太平洋的戰略地位與戰力。

現今，美軍的「文化」本質阻礙了這些「概念」的發展，美軍仍然認為飛彈威脅的最佳反制方式是採取遠距離接戰的概念，如「重層攔截」，並反覆的運用這個方式。就現今的威脅發展而言，這種飛彈防禦應該直接由系統自動反應，而非由決策者「遲疑」下的決定，這可能浪費了許多先機。此外，對於攔截的手段，應該把優勢建立於10-40浬範圍內的反制，而且是由系統自動完成決策及接戰；也就是說，整個系統的防空作戰計畫將由系統完成，並不是由人為方式進行戰場管理。未來的防空作戰，美國已經越來越依賴系統，尤其是在短、中程防禦系統方面，這是一個不可逆轉的趨勢，因為唯有如此，才能有效的反制敵飛彈「齊射」戰術。

對我國防而言，面臨的敵人是中共，而臺灣是世界上受導彈威脅密度最高的國家。

註43：同註40。

中共迄今為止，仍保持著數千枚導彈對準臺灣，這是一個相當大的威脅。以我現有國防能力及國防預算，資源上無法與中共的國防預算相提並論，也無法應對中共強大的軍力；換言之，我們的國防能力相對於中共而言，是處在一種劣勢、一種「資源」不足的劣勢。在導彈防禦上，如果能汲取美方專家現有全新的作戰概念，「去蕪存菁」加以改良，在防衛作戰概念上，澈底思考如何建立飛彈防禦優勢，而這種概念將有效反轉現有飛彈防禦劣勢的情況，亦可節約國防預算，在當前預算不足的情況下，美軍所面臨的「困難」也與臺灣國防有相似之處，美軍的全新飛彈防禦作戰概念，也許可以提供我們另一種思考方向。

首先，對於中共而言，其所發展飛彈技術已漸趨成熟，相對投入的每一枚飛彈建置成本也增加，而我國軍反飛彈若持續以多枚（2枚以上）飛彈攔截敵方導彈，勢必增加我國反飛彈的負擔。我國可以參考美軍開始非動能武器及電磁頻譜的研究與發展，或與美

方開始進行合作研發。一旦建置完成，相信能對我反飛彈「彈藥節約」方面有所助益，並提高反飛彈作戰效益；其次，面對中共可能的導彈大量飽合攻擊，我國對於傳統掩體防護仍不可忽略，而如何思考將地面或海上部署呈現「分散-游離」的狀態，這是一個戰略性的問題。臺灣土地面積小，地面部署要分散有其限制，但是若以增加假目標（電子式干擾、運用移動式載具等）讓敵方產生混淆，就可能讓敵浪費大量的導彈，這也是一種增加對手負擔的方式；而在海上，海軍艦艇除可持續發展匿蹤能力外，海上無人機及無人艦船的大量運用，亦可遲滯或混淆敵的攻勢，且增加其識別與鎖定的時間，即便進行攻擊，也勢必會增加對手的作戰成本，即可能讓中共產生「戰略猶豫」。

作者簡介：

宋吉峰先生，備役海軍中校，海軍官校86年班，曾任淡江大學國際關係與戰略研究所碩士，淡江大學國際關係與戰略研究所博士生，現為整合戰略與科技研究中心副執行長，戰略研究智庫及英文編譯。

老軍艦的故事

峨嵋軍艦 AOG-309



峨嵋軍艦為供應修理艦，係由美國Mare Island Navy Shipbuilding Yard所建造，1915年4月17日下水成軍，1942年重修，機器全部換新。在美國服役期間命名為「Naumee」，編號為AG-124。民國35年該艦隨護美國贈予我國8艘軍艦返國，美方又將該艦一併贈予我國。民國35年11月6日在青島舉行交接典禮，由海軍總司令桂永清中將代表政府接收，命名為「峨嵋」軍艦，編號為AG-309。民國41年9月，隸屬於後勤艦隊，主要擔任運補物資、油料及修理任務。

艦上有兩隻大型吊竿，可用以吊放物資，同時艦上有4個貨艙可供直接裝運貨物，另在艦艏附近有油管直通油槽，以供運送油料及輸送油料至其他船隻時使用。

該艦成軍後除擔任運補等任務外，亦曾參加過多次戰役，其中較重要的計有：膠東沿海戰役、遼東沿海協防、掩護友軍自龍口、蓬萊、威海衛等地撤退等任務。其後該艦即服勤於後勤艦隊，擔任運補之任務，民國55年12月1日由於艦體老舊，內部機件已損壞不堪修復，而奉命除役。（取材自老軍艦的故事）