

淺談「模組化」造艦 發展歷程及未來展望

A Brief Discussion on the Development Process
and Future Prospects of Modular Shipbuilding

海軍官校學生 鮑郁秀、蘇玫如、海軍中校 陳柏勳

提 要：

- 一、「模組化」設計最直接的解釋，即為將一個系統細分為諸多模組小單元，並根據需求對這些模組進行選擇和組合，最後構成性能不同的軍艦；其概念可用於艦船建造或是系統發展，這樣的方式可以有效縮短建造時間與降低製造成本。
- 二、德國「MEKO型」巡防艦廣銷世界多國，就是應用「模組化」概念，以減少設計整艘船艦的時間成本，也利用相同的系統模組產生不同需求組合，讓設計及製造時間再縮短並快速完工。以美國海軍「濱海戰鬥艦」(LCS)為例，同樣利用此概念設計，將各艘軍艦依任務性質，分配不同船體任務模組；此一發展設計方向，確實可供我國海軍進行「國艦國造」政策參考使用。
- 三、模組的觀念或許相當創新、快速，但如要配置在大型作戰艦艇上，仍會有一定複雜程度，導致難以完全實現；故未來若進行大型作戰艦設計規劃時，仍應考量系統複雜度所帶來的風險，才能順利建造出滿足海軍作戰任務所需之艦型。

關鍵詞：模組化設計、國艦國造、成本分析、成效預估

Abstract

- 1.The most direct explanation of modular design is to divide a system into many small modules and select and combine these modules according to the requirements to create warships with different performance. The concept of modularity can be applied to shipbuilding or system development, and this approach can effectively reduce construction time and manufacturing costs.
- 2.The German 'MEKO-class' frigates, widely sold to numerous countries worldwide, incorporate the concept of modular design. This approach

aims to reduce the time and cost of designing an entire ship by using the same system modules in different combinations to meet various requirements, thus shortening both the design and manufacturing processes for rapid completion. Taking the example of the U.S. Navy's 'Littoral Combat Ship' (LCS), which also employs modular design, each warship is allocated different ship mission modules based on the nature of the mission. These developmental and design processes serve as valuable references for our country's naval development under the domestic shipbuilding policy.

3. The concept of modularity may be innovative, but when it comes to implementing it on large combat vessels, there can still be a certain level of complexity that makes it challenging to achieve. Therefore, in the future, when designing and building large combat vessels, consideration should also be given to the risks associated with the complexity of the system.

Keywords: Modular Design, Indigenous Ship Design and Building, Cost Analysis, Effectiveness Estimation.

壹、前言

我國是一典型的海島國家，亟需仰賴海上交通線進行貿易與戰略物資進口；因此，海軍的建軍發展往往關係著國家的生存，而海軍各式艦艇存在的目的，則是為了確保海上交通線安全，同時也維護著國家的生命線。軍艦不同於商船，除載台建造外，尚需整合多種偵蒐武器、輪、電機等多個次系統，才能確保具備任務遂行能力。近年來世界各先進國家海軍強權致力於發展「模組化」艦艇，其目的不外乎是在有限國防預算下，可以打造堅實的海軍實力，這也讓「模組化」艦艇的發展持續受到廣泛重視。

美國著名智庫「蘭德公司」(RAND

Corporation)研究學者，在2016年發表《設計可適性的艦艇》(Designing Adaptable Ships)研究報告中指出：「船舶模塊化(Modular)及靈活性(Flexibility)的核心概念，係為設計建造出裝備和系統相容性的艦艇，並提升任務艙間的適用性及武器配置的靈活性，藉以取得建造快速及武器運用靈活的優勢。」¹據此「模組化」設計最直接的解釋即為：「將一個系統細分為諸多小單元稱為模組(Modular)，並根據需求對這些模組進行選擇和組合，構成性能不同的軍艦。」因此，「模組化」設計可提供兼具一定作戰能力及任務彈性的艦艇；另外對於艦艇後續加改裝亦或是進行性能提升時，都可以在最短時間內完成，藉以降低造艦或維護成本。

註1：John F. Schank, Scott Savitz, Ken Munson, Brian Perkinson, James McGee, Jerry M. Sollinger, "Designing Adaptable Ships," RAND Corporation, 2016, p.2。



圖一：傳統方式造船(圖左)與模組化建造(圖右)

資料來源：參考Kennedy Hickman，〈Complete Guide to American Battleships〉，ThoughtCo，<https://www.thoughtco.com/complete-guide-to-american-battleships-2361324>；〈UNITED STATES ZUMWALT CLASS DDG〉，Jeff Head，<https://billstclair.com/www.jeffhead.com/aegisvesselsoftheworld/zumwalt.htm>，檢索日期：2024年1月20日，由作者彙整製圖。

我國海軍自2016年起，積極著手進行新世代的「國艦國造」計畫。長期以來，海軍艦艇積極捍衛臺海主權，然當前所面對中共海軍的實力正急速成長；我國非常需要新世代的作戰艦艇加入作戰序列，以快速提升整體戰力。²當前「國艦國造」計畫除可以提升我國造艦能力外，亦可帶動相關周邊產業的興盛(如鋼鐵、造船、系統、機電產業等)。³再者，相信大多數的國人都同意並認為我國應具備一定國防自主能力，不僅可增進我國自身軍工實力，並自主開發守護家園武器，這也讓「國艦國造」成為「國防自主」最受矚目的焦點之一。

隨著軍艦「模組化」設計已成為趨勢，我國目前在軍艦建造上的模組設計過程

仍應精進；故本文以「模組化」設計的發展為基礎，首先介紹其概念及優缺點，並藉檢視德國「MEKO」型巡防艦、美軍「濱海戰鬥艦」及「艦艇自我防衛系統」三種著名的「模組化」發展案例提供讀者參考。另一方面，藉回顧我國海軍造艦「模組化」發展、評估，及遭遇之窒礙；最後透過儀台、系統、任務模組、編裝與訓練等四個不同面向，分析我海軍「模組化」造艦之未來，更期能進一步增進我國國防工業實力，這也是撰文主要目的。

貳、模組化造艦的概念及優缺點

「模組化」建造發展起於「第二次世界大戰」期間，由美國海軍首先將其應用於軍艦製造，而後進一步延伸至系統發展

註2：宋修國，〈淺析法國新一代中型巡防艦(FDI)對我「國艦國造」之啟示〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第55卷，第2期，2021年4月1日，頁75。

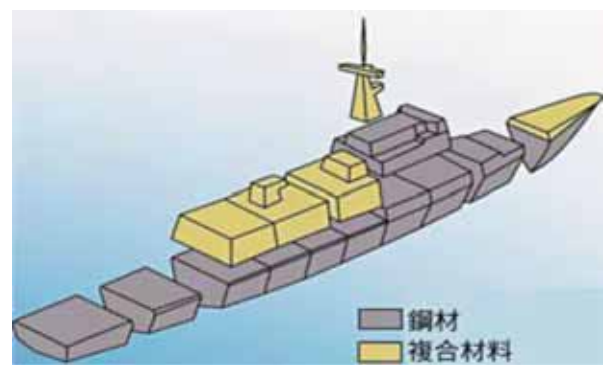
註3：羅振瑜、許然博，〈國艦國造關鍵成功因素之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第54卷，第1期，2020年2月1日，頁51。

指定題

。⁴依美國「蘭德公司」(RAND)報告指出：「艦船『模組化』的概念為設計建造出裝備和系統相容性的一系列艦艇，藉由將船舶設計模塊化，運用在任務艙間及武器裝置的配置，達成保有任務運用彈性以及降低建造成本的目標。」⁵由於「模組化」造艦並非萬靈丹，依然有其任務執行的一定範疇與限制。以下就此一造艦概念及優、缺點，臚列介紹如後：

一、「模組化」造艦概念

(一)傳統的造船技術是由艦艇設計開始，依各型船艦功能與需求不同，著手繪製設計圖，設計完後再在船臺內從底到上，一步一步地完成建造工作；因此。艦艇設計與建造週期都相當地長；⁶然而現代造艦方式與以往不同，多採「模組化」技術，同步進行造艦(造艦方式比較，如圖一)。「模組化」造艦即在艦船完成設計後，可在不同船廠與地點，採同時建造不同部位模組，然後再移至船臺上，分段完成組裝，藉此縮短冗長的造艦時間。此外，也因船體「模組」之設計，方便各項裝備的軟、硬體更新，更有利於未來艦艇的延壽與可能的加改裝作業。⁷以法國的「拉法葉級」巡防艦(LaFayette，我國稱「



圖二：法國「拉法葉級」巡防艦船體分段模塊示意圖

資料來源：宋修國，〈從法國拉法葉20年回顧論我康定級艦未來展望〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第52卷，第1期，2018年2月1日，頁94。

康定級」艦)為例，全艦可拆分為20個船段，採各自建造後進行連結，並針對不同的任務需求，整合可能使用之裝備與系統。⁸

(二)「模組化」造艦目的係為使艦艇更具作戰彈性，且在艦艇服役期間，可依任務性質加裝或更新裝備，以提升整體性能，屆時只需做系統模組的更動，並經測試後與作戰艦艇連接使用，便可在最短的時間內，依任務需要而擁有相對應的作戰能力。「模組化」的裝備系統不但能重複使用，且具備銜接功能，而標準化的規格可應用安裝於不同艦台。⁹一艘軍艦一般的建造時間，往往需耗時超過14個月以上

註4：魏嘉成，〈工程模組化作業之應用考量〉，《中國工程師學會會刊》(臺北市)，第93卷，第3期，2020年9月1日，頁47。

註5：同註1，頁35。

註6：王瑞陽，周國平，張弘，陳輝，辛佩東，羅彬，〈國外海軍維修船發展現況〉，《船舶設計通訊》(上海)，第165期，2022年12月1日，頁31。

註7：郭俊毅，〈淺析「模塊化」設計對我國「國艦國造」之啟發〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第56卷，第6期，2022年12月1日，頁134。

註8：宋修國，〈從法國拉法葉20年回顧論我康定級艦未來展望〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第52卷，第1期，2018年2月1日，頁94。

註9：余曉松，〈基於模塊化技術的艦船設計與建造〉，《船舶工程》(重慶)，第30卷，第4期，2008年12月1日，頁85。

，而「模組化」的方式會大幅減少造艦時間並降低生產成本。受益於近年來科技的快速發展，我國也已將「模組化」的概念由原造艦艦台自身，進一步推展到系統裝備與任務模組之中，俾在有限預算下，開發出最適當的任務艦艇與裝備，這種新的思維對提升我海軍艦隊的戰力，帶來相當大的助益。

二、「模組化」優點

(一) 艦艇建造時間短

相較於傳統艦艇建造方式，「模組化」造艦最大的優勢為造艦時間短，因船體可以拆解成多個船段，採用同步建造方式後再分段組裝，加上艦艇配置武器均為標準化的艦台及傳輸模組，所以造艦時間可以大幅縮減。以德國「MEKO 360 H1」（首艘在1980年下水）巡防艦為例，¹⁰超過3,000噸的艦體，其整體工期在14個月內即可完成，並可在8天內將6個武器模組與7個偵蒐模組完成艦上安裝與測試。

(二) 生產及維護成本低

「模組化」造艦的另一優點為生產成本低廉，但又無需犧牲品質。¹¹由於相關配合子系統均已進行標準化，藉由一個個獨立模塊單元生產完成後，再統一安裝於主要單元上。後續進行維修模組更換時，僅需替換單一模組而無需考量變更管線、線路及相關附屬設施，可進一步降低生產

及維護的成本。

(三) 裝備更新簡易快速

由於相關訊號傳輸、電源、管線等配置均已標準化，故倘未來「模組化」完成建造之艦艇，在壽期中需要進行性能提升階段，或需進一步進行設備加改裝時，可以直接透過偵蒐、武器等模組更替，亦或採行軟體更新等方式進行升級。相較於無模組化設計的艦艇，則必須在加改裝時，進行艙間變更、加設電纜、管線等，大規模地進行船體變更改裝作業，也代表「模組化」艦艇在裝備更新速度上，可以更簡易快速。

三、「模組化」缺點

(一) 初期開發成本高

「模組化」艦艇在設計建造階段，亟需要對使用之設備進行規格統一，這些將可能造成初期研究開發成本較高；此外，越是複雜的系統需要較長的規格設計時間，自然衍生額外的開發成本。再者，進行「模組化」艦船建造時，受限於艦艇實際空間尺寸、船體噸位等因素，加上商規零組件推陳出新等諸多限制時，可能造成整體複雜度增加，肇生額外的建造或是維護成本支出；然這也是進行國防轉型自主前，無可避免的隱形成本。

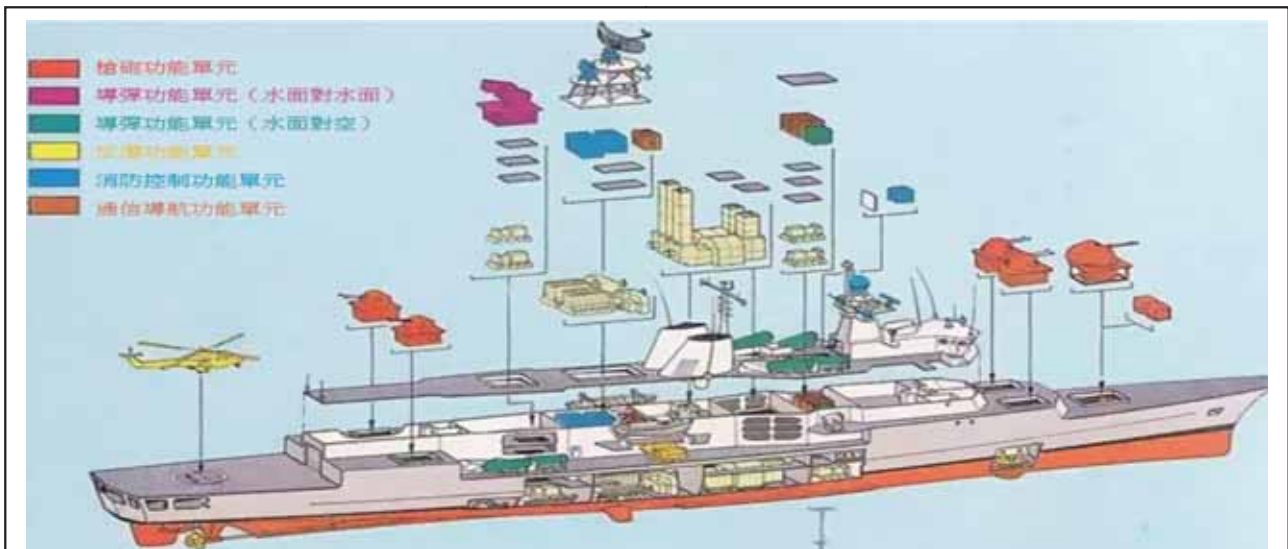
(二) 相容性問題

「模組化」的設計也代表著一定程度

註10：〈MEKO系列巡防艦〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/euronavy/navy-german.htm>，檢索日期：2024年1月20日。

註11：Minjoo Choi, Stein Ove Erikstad, Hyun Chung, “Operation platform design for modular adaptable ships: Towards the configure-to-order strategy” *Ocean Engineering*, Vol. 163, p. 85。

指定題



圖三：德國「MEKO型」巡防艦的各種模組示意圖

資料來源：參考〈模塊化軍艦的領路人：德國MEKO護衛艦〉，每日頭條，2018年8月3日，<https://kknews.cc/military/3b23j48.html>，檢索日期：2024年1月20日，由作者彙整製圖。

的限制，如非標準化的制式裝備，將無法直接運用於「模組化」的艦台上，例如海軍部分艦上原裝設「海欖飛彈」發射架基座，就不能直接改裝成「標準飛彈」(Standard Missile)發射架。故系統與武器裝備「相容性」也會是「模組化」艦艇的一大挑戰；此外，不同模組之間的「相容性」，也可能成為重大問題，尤其當引入新模組(武器)或進行系統升級時，需確保其與現有的系統和硬體均能相容，以避免裝備彼此衝突和故障。¹²

(三)功能無法全面

大型作戰艦艇可同時進行多種複雜任務，相反地「模組化」艦艇則仰賴外掛任務模組，方能從事特定或單一作戰如反潛

、反水雷等。我海軍必須思考越是大型水面作戰艦艇，其所使用的系統必定相當龐大複雜，加上艦艇空間有限，很難以「模組化」的架構，運用在功能較為全面的大型驅逐艦或巡洋艦上；因此，未來在進行大型作戰艦艇的設計建造時，也應考量系統複雜度所帶來的風險，才能順利建造出符合海軍任務所需之作戰艦船。¹³

參、發展「模組化」概念分析

為深入瞭解「模組化」設計理念，以下分別由艦艇及系統發展的角度，介紹德國「MEKO」型巡洋艦(「MEKO」指德語的Mehrzweck-Kombination，原意為多用途組合艦)、¹⁴美國海軍「濱海戰鬥艦」(Lit-

註12：宋吉峰，〈藍色拼圖：美海軍艦艇造艦模組化概念發展與省思〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第51卷，第3期，2017年6月1日，頁121。

註13：邵優華，許軍，〈模塊化技術在艦船設計建造中的應用和研究〉，《船舶》(上海)，第18卷，第2期，2007年4月1日，頁25。

註14：〈MEKO型護衛艦〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-hant/MEKO>，檢索日期：2024年1月20日。



圖四：葡萄牙「MEKO-200」（圖左）、德國「F-123」型巡洋艦（圖右）

資料來源：參考〈MEKO 200〉，維基百科，https://en.wikipedia.org/wiki/MEKO_200；〈Brandenburg-class frigate〉，維基百科，https://en.wikipedia.org/wiki/Brandenburg-class_frigate，檢索日期：2024年1月20日，由作者彙整製圖。

toral Combat Ship)及「艦艇自我防衛系統」(Ship Self Defense System)三種「模組化」發展歷程、開發經驗，做為海軍「模組化」造艦及系統設計之參考。分述如后：

一、德國「MEKO」級巡防艦

(一)「模組化」設計最早係由德國船廠應用到軍艦上，該系列巡防艦最初是由「Blohm+Voss」船廠(以下稱「B+V船廠」)於1970年代左右所推出，該巡防艦使用革命性的「模組化」概念，在一標準艦臺上安裝不同組合酬載，相關武器與偵蒐器等裝備同樣採彈性設計(如圖三)，並自1981年開始便陸續製造並外銷此型巡防艦。由於「模組化」造艦特點是製造成本低，讓德國發現這可能是軍艦設計外銷的全新方向；因此，便積極開發此款軍艦。外銷的「MEKO」艦不僅為德國創造許多營收，同時也深深地影響世界各國海軍軍艦的

設計理念，目前該型巡防艦系列已散布在世界各國。

(二)船廠採用「FESF功能單元系統」，將艦上各種功能相關的次系統做為模組單元，各式模組均有標準化的介面及軟硬體設施，以利組合安裝或拆卸，連帶縮短造艦期程。¹⁵「MEKO」的模組設計可以提供任務彈性、縮短建造時間，且由於系統組件與船體都已經標準化，而使用國家僅需針對自身需求，依照船廠所預留的空間選擇合適武器裝備；由於不需要重新設計規格，所以大幅縮短設計、建造時間。「MEKO」的案例顯示「模組化」架構對縮短艦船建造的時程助益頗大，而裝備多樣化的選擇，也可依任務需求進行改裝升級，十分「人性化」。

(三)目前國際市場主流裝備如76mm快砲與127mm艦砲，可在各國「MEKO」系列巡防艦上發現；而「MEKO-200」是此系列

註15：張立德，〈變身蛟龍—MEKO系列巡防艦〉，《青年日報》，2004年8月9日，<https://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/eb0451.htm>，檢索日期：2024年1月20日。

指定題



中最受到歡迎的款式(如圖四)，¹⁶目前包括葡萄牙、土耳其、希臘、澳洲、紐西蘭、南非、埃及及阿根廷共8個國家，已累計採購超過35艘。大多數的「MEKO」系列巡防艦約在4,000噸以下，歸屬在功能較為單一的巡防艦上；而此系列新型的「F-123型」巡防艦，其排水量雖僅3,600噸(如圖四)，但該型艦武裝齊全，火力強大，主要專司反潛及防空作戰任務。

二、美國濱海戰鬥艦

(一)如果說「MEKO」系列巡防艦創新了軍艦設計發展的概念，那美國海軍「濱海戰鬥艦」(Littoral Combat Ship，以下稱LCS)則代表另一種新型態的整合艦艇與任務模組的設計概念。¹⁷最初「LCS」建造理念係為取代「派里級」(Perry Class)飛彈巡防艦，而海軍最終選擇「洛克希德－馬丁公司」及「通用動力公司」(Lock-

註16：〈MEKO〉，維基百科，<https://en.wikipedia.org/wiki/MEKO>，檢索日期：2024年1月20日。

註17：〈「不要放棄濱海戰鬥艦！」現役美海軍官為新艦請命〉，《尖端科技》，<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=258>，檢索日期：2024年1月20日。



圖六：英國「26型」巡防艦正進行船段組裝作業

資料來源：參考〈Type-26城市級巡防艦〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/royalnavy/type26.htm>，
檢索日期：2024年1月20日，由作者彙整製圖。

heed Martin、General Dynamics，以下稱洛馬或通用公司)做為主要承包廠商。「洛馬公司」研發的「自由級」(Freedom Class)採較為傳統保守的單船體設計；而「通用公司」研發的「獨立級」(Independence Class)則採甚為罕見的三體船設計(如圖五)。「LCS」主要強調可在敵國沿岸水域進行低強度作戰，故對於高航速、淺吃水等機動能力較為重視，¹⁸此外還可視需要執行反潛、掃雷、反水面等多元作戰任務。¹⁹

(二)「LCS」發展最初即要求採用任務裝備模塊，²⁰不僅是為提高泛用性，也

為降低後勤成本，並可在短時間內進行任務模組更換，進而從事不同任務。²¹然近年來，隨著美海軍戰略重點調整，²²加上全球安全情勢轉向大國競爭環境，導致美軍用兵理念轉變，並將戰略重點由「沿海地區」，重新拉回至「藍海水域」，導致無法承擔遠洋作戰與高強度作戰環境的「LCS」艦；目前僅能運用在反海盜與緝毒等低強度「非軍事任務」。再加上原開發的任務模組進度與使用妥善上並不如預期，以及輪機裝備時有故障等因素，現逐漸脫離主力作戰艦艇範疇，並已陸續除役首批4艘艦，²³其後續發展，頗值得我國借

註18：林信宏，陳冠宇，〈美海軍濱海戰鬥艦動力系統與船舶設計之簡介〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第46卷，第5期，2012年10月1日，頁105。

註19：燕莉，〈濱海戰鬥艦-美國海軍新型裝備〉，《國防科技》(湖南)，第35卷，第6期，2014年12月1日，頁87-91。

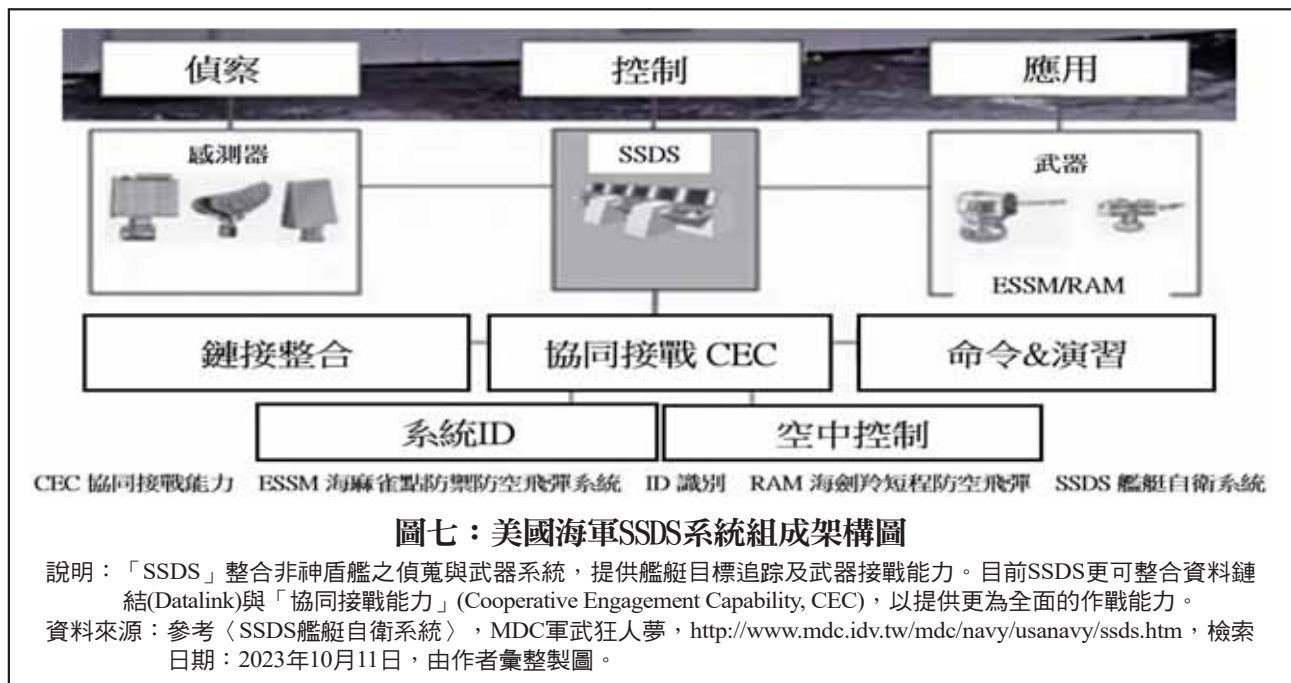
註20：陳柏勳，〈自由級濱海作戰艦作戰構想及模組介紹〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第46卷，第1期，2012年2月1日，頁66。

註21：李楠，王珏，陳忠杰，張悅，陳練，〈美國海軍近海戰鬥艦任務包的研製與發展〉，《艦船科學技術》(北京市)，第39卷，第8期，2017年8月1日，頁5。

註22：賴名倫編譯，〈美近岸作戰艦「科羅納杜號」提前除役 加速海軍轉型〉，《青年日報》，2022年9月16日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1533083>，檢索日期：2024年1月20日。

註23：Heather Mongilio，〈Navy to Decommission Littoral Combat Ships USS Little Rock, USS Detroit This Week〉，USNI News，2023年9月27日，<https://news.usni.org/2023/09/27/navy-to-decommission-littoral-combat-ships-uss-little-rock-uss-detroit-this-week>，檢索日期：2024年1月20日。

指定題



圖七：美國海軍SSDS系統組成架構圖

說明：「SSDS」整合非神盾艦之偵蒐與武器系統，提供艦艇目標追蹤及武器接戰能力。目前SSDS更可整合資料鏈結(Datalink)與「協同接戰能力」(Cooperative Engagement Capability, CEC)，以提供更為全面的作戰能力。

資料來源：參考〈SSDS艦艇自衛系統〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/usanavy/ssds.htm>，檢索日期：2023年10月11日，由作者彙整製圖。

鑑。

除「MEKO」巡防艦以及濱海作戰艦外，英國「26型巡防艦(Type 26)」(如圖六)與丹麥皇家海軍的「伊萬-休特菲爾德級(SF3500AAW)」也都是極具代表性的「模組化」巡防艦，²⁴其採取和一般商船相同製造方式，將船體分成多段模組進行同時建造，再將各部分船體集中運至大型造船廠進行焊接組裝，並依序安裝各項基本設備與各型偵蒐器及武器等軍用設備。²⁵這些都是屬於艦台「模組化」的設計，並搭配相關模組系統，迅速建構成為水面作戰艦的實例。

三、美軍「艦艇自我防衛系統」

(一)美國海軍發展的「艦艇自我防衛系統」(Ship Self-Defense System，以下稱SSDS)則是另一種基於「模組化」概念所發展的系統，並廣泛運用於美國海軍艦艇上。²⁶「SSDS」是美軍第一種採用「全分散架構」(Full-Distributed Architecture)的艦載作戰系統，目前運用在多種「非神盾戰鬥系統」(Non-Aegis Combat System)的水面艦艇上；藉由整合各式偵蒐裝備(包括雷達、電戰系統等)、資訊(通訊、鏈路系統)與武器指管裝備(火炮、飛彈)，以提供「非神盾戰鬥系統」的水

註24：雲陽，〈「武備巡禮」丹麥伊萬·休特菲爾德級巡防艦，功能多元模組化設計，通用艦體典範〉，《青年日報》，2022年7月11日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1517816&type=forum>，檢索日期：2024年1月20日。

註25：〈造船基礎知識-船舶舾裝與模塊化〉，每日頭條，2019年9月27日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/klq4qvb.html>，檢索日期：2024年1月20日。

註26：Larry S. Norcutt, "Ship Self-Defense System Architecture" Johns Hopkins APL Technical Digest (Maryland), Vol. 22, No. 4, p.536。

面艦艇提升自我防衛能力。

(二)檢視「SSDS」的架構，我們可以發現其利用光纖區域網路，連接各偵蒐、運算及武器等次系統，藉由「開放式架構」與商規零組件，確保後續系統維護與升級(如圖七)。「SSDS」目前已衍生多種版本運用在美軍「尼米茲級」(Nimitz Class Aircraft Carrier)、「福特級」航艦(Ford Class Aircraft Carrier)及「胡蜂級」(Wasp Class Amphibious Assault Ship)、「美利堅級」兩棲攻擊艦(America Class Amphibious Assault Ship)等多型水面艦上。²⁷透過類似「SSDS」等相關系統的開發，並運用在現役各型水面作戰艦艇上，進而整合相關武器系統達到「模組化」的目標概念，這種系統化的發展方式，對我國模組造艦與系統未來發展，的確是相當有益的參考範本。

肆、海軍模組化應用緣起與展望

「模組化」造艦或許是相當新穎的概念，但其實早在民國70年代，我國海軍即有相關應用實績，只是礙於我國自身造艦能力，未能進一步持續深入發展。以下就「模組化」應用於我海軍艦艇的發展歷程、現況，及可能遭遇窒礙，分段說明如

后：

一、海軍模組化造艦歷程

(一)我海軍應用「模組化」觀念其實也早已累積相當經驗，自民國70年代起，「陽字型」驅逐艦歷經「武進一、二號」²⁸的戰鬥系統換裝工程後，已大幅提升驅逐艦的水面戰力，並兼具近距離的點防空能力；民國75年並陸續於7艘同型艦上改裝新的「武進三號-模組化戰鬥系統」(以下稱武三系統)²⁹，使其成為具備區域防空能力的現代化飛彈驅逐艦。這些經「武三系統」改裝後之「陽字型」驅逐艦在陸續除役後，部分裝備亦轉移至「濟陽級」巡防艦上，也迅速提升該型艦偵蒐與防空能力，亦屬模組化裝備的延伸運用。³⁰

(二)除「陽字型」艦外，「錦江級」巡邏艦在我國軍艦艦台模組發展歷程中，亦屬類似的模組化概念設計。該型艦是我國首次設計及建造的「500噸級」巡邏艦，首艘「錦江艦」完工後並持續進行測試修改，後續艦雖與原型艦有許多差距，但性能經不斷改良而獲得正向提升，並在2005年起，開始陸續地進行武裝強化(如加裝76mm快砲及「雄二」、「雄三」攻船飛彈)，³¹使「錦江級」巡邏艦具備遠程打擊能力。正因為其可靠的船體艦台設計，

註27：陳治程，〈軍武新知 美海軍7年350億建整合戰鬥系統 指管體系可納海巡艦〉，《自由時報》，2023年10月2日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4445471>，檢索日期：2024年1月20日。

註28：〈武進一型作戰系統〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/武進一型作戰系統>；〈武進二型作戰系統〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/武進二型作戰系統>，檢索日期：2024年1月20日。

註29：〈武進三型作戰系統〉，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/武進三型作戰系統>，檢索日期：2024年1月23日。

註30：〈H-930系列戰鬥系統〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/rocnavy/h930mcs.htm>，檢索日期：2024年1月20日。

註31：朱明，〈「中國間諜船出沒九鵬基地」錦江艦將改裝為電戰艦，沱江艦則擔負作戰任務〉，上報，2019年5月28日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=64145，檢索日期：2024年1月20日。

附表：我國沱江艦、塔江級艦及海巡署600噸級巡防艦武裝諸元一覽表

艦型	外觀	諸元及武裝
沱江艦		艦長、艦寬：60.4×14公尺 吃水：2.3公尺 排水量：600噸 76mm快砲、攻船飛彈(雄二、雄三)、方陣快砲、魚雷發射管、12.7mm機槍
塔江艦		艦長、艦寬：65×14.8公尺 吃水：2.1公尺 排水量：685噸 76mm、方陣快砲、攻船飛彈(雄二、雄三)、防空飛彈、魚雷發射管、機槍
海巡署巡防艦		艦長、艦寬：65.4×14.8公尺 吃水：2.1公尺 排水量：750噸 多管火箭彈、20mm遙控機槍、鎮海火箭彈系統、高壓水砲

資料來源：參考〈沱江級雙船體飛彈巡邏艦(原型艦)〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/rocnavy/ch.htm>；〈沱江級雙船體飛彈巡邏艦(後續艦)〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/rocnavy/ch-2.htm>，檢索日期：2024年1月20日，由作者彙整製表。

後續也被海巡署「台北艦」與「南投艦」所採用。由上述艦艇加改裝的歷程來看，我國海軍確實不乏武器系統與儀台模組改造經驗，也累積一定實務教訓。

二、發展現況

(一)關於海軍新一代水面作戰艦艇，原訂2014年開始「國艦國造」規劃，2016年首度編列預算啟動計畫，計畫完成之新式巡防艦，將逐步汰換「濟陽級」、「成功級」、「康定級」等主作戰艦，成為新

一代主力戰艦；但因相關戰鬥系統發展進度未如預期，導致造艦計畫不斷延宕。目前已改由「輕型巡防艦」建造為主要目標，原型艦並由「中信造船廠」開工建造。³²至於首艘高效能艦艇「塔江級」(PGG-619)飛彈巡邏艦也在「沱江級」(618)艦的建造基礎上，持續進行改良，不僅沿用原「沱江艦」穿浪雙船體設計，並考量匿踪與後續加改裝之作戰需求，故其艦體諸元均較原「沱江艦」增加(均採雙船體、

註32：劉學聖，〈蔡英文主持輕型巡防艦動工 外型設計3D圖曝光〉，聯合新聞網，2023年11月17日，<https://udn.com/news/story/10930/7581004>，檢索日期：2024年1月30日。

全鋁合金結構，搭配柴油主機及噴水推進器做為動力)。³³由於雙船體的設計使得兩型艦都有極佳的高速性能，同時觸水的兩個片狀構型，讓甲板面積更寬闊，也增加上層結構的可用空間。

(二)新成軍的「塔江級」艦，具備高機動能力及強大打擊火力，艦體搭載之飛彈系統為模組化設計，可配備「雄二」、「雄三」型攻船飛彈或「海劍二型」防空飛彈，是海軍首艘具備區域防空火力的小型艦船(全艦滿載排水量不到700噸)。該艦最大航速可達40節以上，系統在匿踪船體設計協助下，可快速接近與脫離戰場，並對目標施以飽和攻擊。此外海巡署亦基於「沱江艦」的建造經驗，將其納入新式「600噸級」巡防艦的設計建造規劃中，預計建造12艘具「平戰轉換」能力的巡防艦，³⁴目前也有6艘投入海巡服勤任務(沱江、塔江及「海巡署」巡防艦比較，如附表)。

(三)以「塔江級艦」近700噸的船型來看，卻可搭配多達10枚以上攻船飛彈與防空飛彈，其火力可算是非常強大，可有效而靈活地運用於防空及反水面等任務上；而後續艦亦納入武器裝備「模組化」的

概念，藉由搭配不同武裝或偵蒐器，衍生出多種不同功能型態的艦型，進而專責擔任防空或反水面等任務。由於可依任務需求配置不同武裝，以增強防空、反潛或反艦能力，亦凸顯模組化的巨大潛力。³⁵

三、未來可能面臨問題

(一)按上述內容可知，我國先前都將「模組化」技術，運用在中、小型艦艇上，但是對於整合大型作戰艦艇之經驗則較不足；尤其是大型作戰艦艇之各項偵蒐武器、指管架構以及主輔電機設備之組成，均較為龐大且複雜。³⁶況且基於國情不同，我國艦船武器系統裝備可能來自不同國家，若要整合來自不同國家之多種規格設備，肯定更具難度；故以「模組化」造艦技術運用在大型水面作戰艦艇上，預判仍會面臨許多挑戰待克服，此同時考驗我國在造艦程序上的統合能力。

(二)至於在艦台建造方面，我國具備大型艦艇造艦能力之船廠並不多，倘欲達成快速造艦目標，可能須採多部位同時建立造艦能力；不僅如此，在系統整合方面，我國海軍仍有一段長路需要努力。對於此部分，建議可以與國外廠商合作，利用「商業/軍事」技術轉移等機會，累積一

註33：游凱翔，〈沱江級艦搭雄風及海劍二飛彈 112年前再造2艘〉，中央通訊社，2020年12月15日，<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202012150103.aspx>，檢索日期：2024年1月20日。

註34：趙世勳，〈現場直擊-首艘600噸級安平級巡防艦交船 蔡總統：國艦國造展現捍衛藍色國土決心〉，信傳媒，2020年12月11日，<https://www.cmmmedia.com.tw/home/articles/24809>，檢索日期：2024年1月20日。

註35：劉宇捷，〈可掛12枚反艦飛彈！塔江兄弟「富江軍艦」交付海軍〉，《自由時報》，2023年6月29日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4348309>，檢索日期：2024年1月20日。

註36：何春雨，〈艦船管系艙裝模塊化技術研究〉，《裝備製造技術》(廣西)，2016年，第3期(總第255期)，2016年3月1日，頁146。

指定題

定開發經驗；故未來大型作戰艦艇模組化建造成功與否，將仰賴建造廠商的執行能力以及監造單位的整合能力，目前我國仍應善用「國艦國造」機會，繼續積累相關設計與建造能量，方能為未來大型作戰艦艇「模組化」建造，奠定發展基礎。

伍、模組化「國艦國造」之展望

軍艦「模組化」的目的主要是在有限預算下，使作戰艦艇更具任務彈性，且在艦艇服役後，可依任務性質加裝或更新裝備，達到性能提升目標，並使其在最短的時間內，可因任務需求而擁有相對應的作戰能力。模組化的裝備系統不但能重複使用，且因具備快速銜接功能及標準化的規格，可安裝應用於不同艦台。展望我國「國艦國造」之未來，建議可從下列面向進行強化：

一、艦台模組化—降低艦台建造與未來修護成本

(一)我國現已具備一定數量與規模之造船能力，國內知名造艦廠商如「台灣國際造船股份有限公司」早已累積建造「成功級艦」、「磐石艦」以及「玉山艦」等多艘大型作戰艦艇的建造與修護經驗，尤其承造我國首艘「潛艦國造」(IDS)原型艦的建造作業，更肩負「國艦國造」重責大任。³⁷而「中信造船集團」近年來除承

攬海巡署兩艘3,000噸級的大型巡防救難艦，以及多艘2,000噸級以下的中、小型巡防救難艦，也藉由海軍「基隆級艦」等作戰艦艇的修護經驗，累積不少大型艦艇的維護作業能量，近期更承攬海軍輕型巡防艦的建造工作，任務同樣艱鉅。³⁸

(二)至於製造千噸級以下船艦如「龍德造船廠」，更在承接海軍雙船體構型的「沱江艦」後，成為該型艦台的設計龍頭，並繼續成為「塔江級」後續艦的主要承造商；而海巡600噸巡防艦則由「中信造船廠」持續承製。此三大造船廠商透過承接海軍與海巡的各式任務艦艇，不僅具備一定造艦能量，預判未來可藉由艦台模組化方式，由國內其他船廠分工，以加速海軍作戰艦艇產製速度，同時有助於降低建造費用及後續維護成本，這些都將是令國人及海軍振奮之消息，咸信未來成果值得期待。

二、發展系統模組通用，適應不同任務

(一)系統模組是我國海軍現階段最為缺乏的關鍵技術，目前海軍主作戰艦包括「基隆級」、「成功級」、「康定級」及「濟陽級」，以及兩棲與獵雷艦艇，都使用我國自製或美、法、德國等國系統組件。許多不同艦艇的通雷裝、主、輔輪機、電機裝備系統及零組件，也都因來自多個

註37：朱明，〈台船董座鄭文隆宣布潛艦國造好消息 首艘IDS原型艦9月亮相下水〉，上報，2023年5月29日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=173716，檢索日期：2024年1月20日。

註38：李俊毅，〈海軍「防空型」輕型巡防艦今開工 武裝配備曝光〉，中天新聞網，2023年11月17日，<https://ctinews.com/news/items/JpnqkAPDaM>，檢索日期：2024年1月20日。

國家，造成後勤料配件無法通用，衍生額外的維護成本。另外，因裝備系統操作標準與人機介面的不同，進而使得人員調動時，需再花費額外訓練成本，才能繼續維持團隊有效戰力，確有未臻周密之處。³⁹因此，除發展通用艦台外，未來考量各式裝備系統研發、換裝時，也應適時考量其通用性與模組化理念，才能有效簡化系統裝備複雜度，這部分仍須仰賴「國家中山科學研究院」及國內產、官、學界共同努力，方能有成。

(二)由於開發新的系統確實具有相當難度，以刻正進行作戰驗證中的「迅聯專案」為例，⁴⁰歷經多年整合發展，並投入大量經費，目前仍在持續進行驗證，亦凸顯技術成功提升絕非「一蹴可幾」；單要整合艦上所有指管通情，控制包括航行、電子戰、武器射控等次系統，並要將各種資訊與指管功能，整合在戰情中心的戰鬥管理系統及戰術顯示屏幕上，以遂行防空、反潛及反水面等作戰任務，本來就需要較長時間發展測試，同時必須整合各式軟硬體，大量進行測評驗證。⁴¹所以國人應給予這些投入努力的系統整合人員及單位，相當程度的支持與重視，未來才能期望國內有更多單位一同投入，共同為系統裝

備模組化制定標準、提升裝備的可靠度與成熟度、滿足作戰需要；尤其以我國科技實力而言，成果應指日可待。

三、任務模組化—增加任務使用彈性

(一)任務模組化的主要目的在於增加任務的使用彈性，而這對系統及艦船的整合程度要求更高，以美軍「濱海戰鬥艦」為例，其具備的「反潛」模組(Anti-Submarine Warfare Mission Package)、「反水面作戰」模組(Anti-Surface Warfare Mission Package)及「反水雷作戰」模組(Mine Countermeasures Mission Package)等三種套件，都是基於相同構型做設計基礎，並運用在艦船上，透過模組的更換，使其能夠進行各類型的作戰任務，且無須再重新設計與建造一個新的船體。至於任務模組可能需要整合各式不同的偵蒐器，及相對複雜的通信規格，並整合至任務艦型中，方能真正的提高任務彈性，且不至於增加額外的維護成本。

(二)儘管目前美軍「濱海戰鬥艦」發展的任務模組，以現況而言顯然並不完全成功，其關鍵可能在於各任務套件都是不同廠商開發，故有多種系統規格與控制單元。想要這些功能互異的系統與模組，與艦艇自身戰鬥系統完全整合，必須仰賴明

註39：朱宙宇，滕大偉，國占東，王志鵬，〈潛艇模塊化設計與建造〉，《艦船科學技術》(江蘇)，第33卷，第8期，2011年8月1日，頁64。

註40：〈「迅聯計畫」戰鬥管理系統/艦載相位陣列雷達〉，MDC軍武狂人夢，<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/rocnavy/cms-vls.htm>，檢索日期：2024年1月20日。

註41：蘇長云，〈海軍作戰系統新體系結構概念〉，《情報指揮控制系統與仿真技術》(江蘇)，第2003卷，第11期，2003年11月1日，頁4。

指定題

確定義相關軟硬體規範，才能做到真正的「隨組即用」；⁴²另外，各任務模組轉換更要求能在短時間內完成，使其挑戰性極高，這些發展歷程經驗與教訓，都值得我國借鏡與參考。此外，在水面、空中與水下等新興無人載具、AI科技大幅躍進之際，各式任務模組組合運用，同樣值得海軍科研單位納入研究，俾能進一步提升任務彈性，同時降低人員工作負荷。⁴³

四、編裝與訓練模組化—提高人員素質並降低裝備維護挑戰

為有效提升任務效率，除新式模組化載台與無人化系統的投入外，海軍造艦研發人員亦要思考相關人員編裝與訓練方式，是否有模組化發展的可能性，或藉由訂定標準化的作業流程，使得不同人員可以一起在相同載台上執行作戰任務。這樣的概念就如同多數商船，均採不同人員編組一同執行任務，雖然這樣的方式相對地會造成一定風險（如艦艇裝備現況掌握及人員間的執行默契）；然因海軍艦艇作戰具有其獨特性，可能無法完全將許多複雜的組合操演，細部分解為簡單的程序步驟，但是在國內「少子化」的浪潮下，國軍勢必面臨兵源與資源不足的窘境，屆時如何引入無人化載台或自動化科技的協助，藉以降低艦船組員之負擔，同樣會是重要的

發展方向。

陸、結語

我國各項物資均需仰賴海上交通運輸，故海軍建軍發展攸關著我國家生命線安全及區域和平穩定。⁴⁴面對近年中共軍力快速成長與日增複雜的區域威脅，未來海軍艦船的發展面向，確實應採全模組化方式建造，藉由通用的船體設計，結合共用的武器與裝備介面，可在短時間內進行快速建造、改裝，據以汰換逐漸老化之載台與系統，以適應多樣化的任務。此外「模組化」的精神，亦可運用於武器模組、系統發展及人員訓練上，透過簡化操作流程、提升整體效率，方能發揮海軍最大戰力。

儘管「模組化」設計雖具備如降低造艦成本、提高任務靈活性的優點，但相對地也伴隨一定風險，例如新艦體是否可以因應複雜任務與威脅、載台與系統是否可持續更新，這些都是需要審慎評估。此外，面對國家「少子化」的人力危機，部隊勢必得面對與外界「搶人才」的迫切問題；尤其艦艇上服役的軍、士官、兵，未來更需仰賴高度專業技術及紮實的訓練，以快速轉換於多種任務模組上，才能將模組化艦艇的戰力完整發揮，此一難題確實考

註42：賈燕軍，姜立新，〈艦載戰術打擊武器裝備模塊化發展探討〉，《飛航導彈》（北京），2010年，第10期，2010年10月1日，頁56。

註43：李寧，張海寬，劉宇，〈潛艇模塊化設計與建造技術探討〉，《中國修船》（天津），第19卷，增刊，2006年8月1日，頁19。

註44：〈【112年國防報告書公布】國防報告書重點摘要〉，《青年日報》，2023年9月13日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1614726>，檢索日期：2024年1月20日。

驗著海軍各單位，影響同樣不容小覷。

綜觀當前世界各國海軍的模組化造艦已是必然趨勢，但是並非所有相關發展都是成功的案例。本文期望更多官兵瞭解模組化造艦設計的精神、相關發展歷程艱辛及未來可能展望，並藉由相關發展案例中

學習經驗，進而降低失敗的風險。海軍未來如何整合相關資源，在有限的人力與物力下，打造出最佳戰台與戰力，勢將持續考驗著每一位海軍幹部與研發單位，而藉此不斷增強的國防工業實力，更是國軍維持戰力不墜的基石。



作者簡介：

鮑郁秀，海軍軍官學校113年班，現為海軍官校船舶機械工程學系學生。

蘇玫如，海軍軍官學校113年班，現為海軍官校船舶機械工程學系學生。

陳柏勳中校，海軍軍官學校93年班、成功大學系統所碩士96年班、中山大學物理系博士107年班。曾任海軍岳飛軍艦務長、馬公軍艦戰情官、作戰長，現服務於海軍軍官學校。

左營軍區的故事

日軍震洋隊遺址



民國103年自助新村拆除，文史工作者郭吉清先生與廖德宗先生發現日軍震洋隊遺跡（震洋隊神社1座、17座分別可容納30人的防空壕），神社建築包括本殿、鳥居、手水鉢及參道，其中手水鉢上象徵忠誠的「雙勾玉」圖騰清晰可見，經確認後，正式命名為「震洋神社」。

二戰末期，日本海軍作戰失利，喪失大部分海空戰力，遂採行震驚世界的「自殺式攻擊」，空中為「神風特攻隊」，海上則為「震洋隊」，駕駛載滿炸藥的小艇，高速衝撞敵艦，進行自殺攻擊，企圖與

敵艦同歸於盡。全臺灣日軍震洋隊共計進駐10隊，其中左營地區有4個震洋隊，並經學者研判日軍曾在西自助新村內興建震洋隊營舍，當時約有20名臺籍人士加入震洋隊。

美軍僅持續轟炸高雄地區，並未實施登陸作戰，因此左營地區震洋隊並未實際執行特攻任務。日本投降後，政府接收臺灣，將隊員遣返日本，將自殺攻擊用小艇上的炸藥拆卸，並接收海軍基地內各項設施。

曾加入日軍震洋隊的臺籍與日籍人士，於民國66年及民國86年返回左營，除至西子灣祭拜二戰時失蹤的隊員，並到左營地區參訪，緬懷當時的部隊生活；日籍震洋隊隊員出版《回想薄部隊》一書，書中記載當時臺籍隊員關於二戰期間於震洋隊服役期間的軍中回憶。隨著震洋隊相關文物出土，這項重要史實的發現，成為高雄非常重要的文化資產。（取材自《鎮海靖疆-左營軍區的故事》）