



美國 2020 年巡防艦艇需求 與技術之預測

文、圖／劉建國 鄭裕民

前言

巡防艦艇長久以來即為濱海國家重要的執勤船隊之一，它除可有效地進行海域執法外，亦能機動地配合完成各項支援任務。有鑑於此，我國進行巡防艦艇換裝的計畫，從民國 87 年即積極展開，並預定至民國 95 年總計籌建 88 艘各級巡防艦艇，以期能邁入全新紀元【1】。為瞭解先進國家對巡防艦艇未來發展之規劃，本文主要譯編自美國海軍工程期刊【2】，原作者 Jack P. Overman 等闡述美國巡防艦艇在 2020 年時，執行任務所面臨的需求與技術之預測，其中包括新型船體設計、任務需求及操作性能等多項技術探討，相關之作為實可供我國所借鏡。

數十年來，巡防艦艇一直是各國海軍及海岸防衛隊重要成員的一部分，且皆以快速之單體（mono-hull）巡邏艇執行沿海巡邏及攔截的任務。小型作戰艦艇與特殊任務艦艇常擔負之任務包括：保護國家利益、攔截、封鎖、情報、防禦海空攻擊、有限登陸行動、及維持和平行動等。

本文彙整的內容包括現行服役之巡防艦艇基本資料、任務與市場，以及對美國海軍、美國海岸防衛隊、國外軍售（Foreign Military Sales, FMS）及其他非國外軍售之國際市場。所謂的巡防艦艇，其定義為滿足下列標準：

一、滿載排水量在 100 至 2000 噸之間。

二、船速在 20 節以上。

三、至少有一挺機槍的武裝。

四、同型船的首艘在 1980 年或以後服役，其中包括對 1980 年以前原始設計的改良型。

任務與市場

巡防艦艇目前所擔負以及未來將繼續執行的任務，是要連同預期市場的任務導向一併進行討論。

一、任務（Missions）

巡防艦艇目前所擔負以及未來將繼續執行的任務，概區分為以下四大項：

1. 快速水面戰鬥（Fast Surface Combatants, FSC）

2. 沿海巡邏與攔截（Coast Patrol and Interdiction, CP&I）

3. 特殊戰鬥（Special Warfare, SPECWAR）

4. 搜尋與救援（Search and Rescue, SAR）

上述分類表示從目前與未來的任務中體察到，對於特定任務載台的選擇將取決於其所需之性能及能力。因限於篇幅，以下僅就與海岸巡防署有關之任務如沿海巡邏與攔截（Coast Patrol and Interdiction, CP&I）及搜尋與救援（Search and Rescue, SAR）巡邏任務分別進行討論。

1. 沿海巡邏與攔截（CP&I）

CP&I 的任務包括快速反應以防制敵方滲透（如走私船或其他非法入侵船、或游擊船與地下武裝船的滲透）。傳統的CP&I 是以中高速艦艇來執行，艦艇一般是在怠速或低速巡航狀態，當偵測到入侵者，即刻可轉換為攔截狀態。

2. 搜尋與救援（SAR）

不論在平時或戰時執行 SAR 任務，都會面臨獨特的挑戰，通常情況都不理想，例如在惡劣天候下船隻的沉沒，或在面對敵意活動下執行軍事回接任務。高速、卓越的耐海性、有效率的通訊、導航、定位及偵測能力，都是能成功執行救援任務的關鍵因素。特殊用途的船艇，如美國海岸防衛隊於惡劣天候下所使用的 47 呎機動救生艇（motor lifeboat），即需要特別的性能，如水中人員的救回、自動扶傾能力以及具有高存活的規範。

二、市場（Markets）

未來的市場包括：美國海軍、美國海岸防衛隊、國外軍事援售（FMS）及非 FMS 之國際市場，其中有關美國海岸防衛隊部分說明如下。

由於美國海岸防衛隊艦艇在服勤期間的高執勤率，使得艦艇快速的迫近其使用壽期。由於防衛隊艦艇對貫徹執法的公權力、SAR 任務、及其他各種重要任務的需求不斷增加，導致其在執行能力及效力上產生惡質化。當執勤的時數已上升到空前的水準，連同持有總成本也伴隨增加之際，目前對國土安全維護的要求則讓此一風險更形加重。在國家面臨恐怖威脅的空前挑戰時，目前更迫切的是汰換老舊艦艇。

美國海岸防衛隊的深水整合系統（Integrated

Deepwater System, IDS）計畫為求替換老舊的裝備，目前正執行整合「系統中的系統」工作，其目的在擴大執勤效率，並維持總成本為最小。此目標可藉由一整合汽艇、艦艇、飛機、C4ISR（指揮、管制、通訊、資訊、情報、監視、偵察）、及附屬之設施來達成。AMI 國際公司，預估 IDS 計畫中各型汽艇的全球外銷市場將超過 6 2 0 億美元。

巡防艦艇工藝境界（patrol Craft, State of the Art）

巡防艦艇資料的蒐集著重在噸位、船型、性能、及戰鬥系統，主要得資料來源是 2000/2001 詹氏戰艦年鑑及其它可用的資料。依前述巡防艦艇的噸位定義，全球滿足上述要求的巡防艦艇數量計有 1331 艘，並分為 203 種船型。

船型可分類為主力市場的單體船（M），以及氣墊船（ACV）、水翼船（HF）、雙體船（C）、三體船（T）、表面效應船（SES）、小水面雙體船（SWATH）、破浪型雙體船（WP）等；各種船型分佈狀況如下：

1. M（Monohulls）：1203 艘
2. ACV（Air Cushion Vehicles）：99 艘
3. HF（Hydrofoils）：11 艘
4. SES（Surface Effect Ship）：10 艘
5. C（Catamarans）：4 艘
6. SWATH（Small Waterplane Area Twin Hulls）：2 艘
7. T（Trimarans）：1 艘
8. WP（Wave Piercing Catamarans）：1 艘



操作性能 (Performance Capabilities)

在船速趨勢上，單體船多數在 25 至 36 節之間，其中船速在 20~24 節的艦艇大部分是 CP&I 艦艇。基本上 FSC 與部分 CP&I 船速在 24 節以上；大部分的 ACV、SES 及 HF 船速在 40 節或以上。

在推進主機趨勢方面，推進主機區分為：柴油引擎 (D)、燃氣渦輪機 (G)、複合式柴油引擎 (CODAD)、複合柴油引擎與燃氣渦輪機 (CODAG)、複合柴油引擎或燃氣渦輪機 (CODOG)、複合式燃氣渦輪機 (COGAG) 等。目前較受歡迎的主機為使用 2 具柴油引擎 (佔 48%)，額定馬力在 1,000~20,400 hp，推進主機使用柴油引擎的比例佔絕大多數 (佔艦艇的 80%)，且傾向搭配雙軸 (佔 64%)。在人員配置趨勢言，艦艇人員編制與排水量的關係，一般而言，CP&I 艦人員編制與排水量成正比。FSC 與 ACV 的人員需求較少。原因為有些人員具多種專長可從事多種操作。

在戰鬥系統趨勢中 81% 的 CP&I 裝配有一門或多門的 20 至 40mm 機砲，大部分並配置有 7.62 至 14.5 mm 的副砲。大部分多用途艦艇都在 500 噸以上，配有直昇機降落平台的最小多用途艦艇是 Fincantieri 建造的 685 噸 Esmeraldas，設有機庫支援的最小艦艇是 Blohm & Voss 建造的 1470 噸 Meko 140。巡防艦艇的戰鬥能力可謂廣範，由於現代武器系統與控制日趨小型化，故即使在最小的艦艇上，都允許設置相當的攻擊性及防衛性裝備。

未來載台發展 (Future Platforms)

載台整合設計的考量有：船型、次系統與任

務型態，每一種任務都需要其特定能力，在結合現有技術下，則可獲得「多重 (multitude)」的利益。故擷取現行技術優點的整合設計，可造就一截然不同且為先進的艦艇。

船型將會繼續朝速度 - 動力、耐海性能、偵測訊號及可量產特性等方面改進，而此一趨勢已在同級船的首艘以及續艦艇上進行改進。

單體船仍是巡防艦艇船型的首選，此意謂著目前該型艦艇中有 90% 是符合現今軍事酬載的要求。未來的研發重點將在推進主機的動力密度與結構的材料上，船型外觀將不會有太多的改變，但相對於推進主機的動力而言，艦艇的重量則會減少。

在過去十年中有二項發展可指出未來單體艦艇的演變趨勢，首先是 Blount 與 Codega (1991) 所述之 Destriero (如圖 1)，該船採用傳統鋁材作為船殼及一具燃氣渦輪機作為主機。此單體船在動力密度與推進效率上尤為特殊，噴水式推進器，船速超過 61 節，以 47 節的船速則具有 1,750 海哩的航程。

雙體船 (C) 是低密度的船艇，為減輕此一缺點，大多數成功的雙體船為採用鋁材結構，或是先進的複合材料結構。它們是用於載運乘客及車輛。



▲ 圖 1. 由 Bravo Romero 公司承建之單體艦 Destriero 號【3】

雙體船的廣大船寬使它適合設置直昇機甲板，雙體船排水量在 250 噸以上，就可完全發展成為具有組織的空中能力。

小水面雙體船 (Small Waterplane Area Twin Hull, SWATH) 作為低速輔助艦艇已顯成功，其主要是用於較平靜的海面。SWATH 所展現的優異耐海性能，可使較小的艦艇也能在大洋中航行，另亦可提供有組織的空中整合能力。試舉二例，其一是 180 噸，速度為 30 節的 SEA Slice (SLICE)，是美國海軍研究局為海軍作技術驗證的艦艇。另一例為南韓的 Yag 級 (試驗支援艦)，180 噸，速度為 21 節的 SWATH，於 1993 年交船。

表面效應船 (Surface Effect Ships, SES) 利用氣墊升起船身，並藉以減少阻力。SES 有類似雙體船的兩側船身，且些許沒入水中，其較 ACV 的氣裙能更有效的維持氣墊。伸縮氣封 (船艏及船艉) 可允許海浪穿過氣墊區，潛入水中的兩側船體允許使用有效率的噴水推進器或螺旋槳作為推進之用，以及改善方向與行進的穩定性。無氣墊狀態時，SES 即如雙體船般的巡航。雖然 SES 至今交船的最大噸位為 375 噸，但其並沒有噸位大小的限制。法國、德國、挪威、瑞典、義大利及荷蘭等國都已發展 SES 巡邏艇。

氣墊船 (Air Cushion Vehicles, ACV) 亦在具吸引力之列，而目前美國海軍服役中僅有的全功能兩棲艦艇則為氣墊登陸突擊艇，另俄國已有 8 艘 550 噸級、船速 60 節的 ACV，作為兩棲任務之用。俄國的 ACV 可攜帶 180 噸的物資 (如坦克、裝甲車輛、部隊等)。ACV 吃水淺，具搶灘能力，其缺點則為海面巡航性能差及噪音大。

水翼船 (HF) 在 1960 年代是巡防艦艇的先進船型，美國的 PHM、以色列的 Flagstaff 及義大利的 Nibbio 都是那時代的產物。水翼船具高速及優異的乘坐品質，此乃因為藉由水翼的動升力 (dynamic lift)，它們可完全升出水面。地面效應翼 (wing in ground effect, WIG) 艇可能是未來的先進艦艇，僅有俄羅斯建有具大貨運量的 WIG 艇，在中國及日本仍緩慢地持續發展。WIG 艇可為全功能兩棲之用，最高速度可超過 200 節，且不受海象影響，因為它是在海面上飛行。

三體船可由 Vosper-Thornycroft 船廠在 2000 年交給英國海軍的 Triton 概念船來做說明，它是英國皇家海軍未來水面戰鬥艦艇 FSC 三分之二全尺寸大小的驗證船，並用來替換 23 型巡防艦，且預備在 2013 年服役。此艦採用全電子操控，為考量穩定性，中央船體較細長，船外殼體較小。驗證船為 20 節、排水量 1100 噸，其優點為成本降低、訊跡減少 (艏跡少、噪音少)、船殼阻力較小、穩定性增加、更多的甲板面積供飛行操作及武器安裝之用，此一概念船並為巡防艦之縮小船型。

長遠預測 (Predictions for the Far Future)

對於未來巡防艦艇需求的長遠目標是以西元 2020 年做為時間考量基準，因此研發及設計工程師現在就必須開始從先進船型、船體材料及船艦次系統等方面積極著手規劃。

一、先進單體船型 (The Advanced Monohull)



Valenti 曾提出一個單體船的未來概念，此可由 2000 年下水的 Visby 級巡邏艇（詳圖 2）來作為說明。瑞典預計要建造 14 艘 Visby 級艇，該艇屬於 FSC。匿跡特性是由複合夾層結構發展出來的，即利用材料的特性來降低偵測訊跡（RCS 與 IR），因為採用複合材料，也使匿跡可達成較相似任務的艦艇（鋼殼與鋁材上層結構）在重量方面減輕許多。



▲ 圖 2. 採用玻璃纖維強化塑膠（GRP）複合夾層結構之 Visby 級巡防艦【4】

CP&I-1：SWATH 設計用於沿海的巡邏、搜尋及救援任務，此乃由於 SWATH 能提供卓越的耐海性能，並可長時間駐留在海上（如圖 3）。Sea Slice 是由洛克希德馬丁及 ONR（Office of Naval Research）所發展出的技術驗證船，它可規劃配置不同的任務模組（酬載），其中之一的模組包括可讓空中搜尋直昇機降落空間的能量，此項對 SAR 或擴大偵察特別有幫助。

Sea Slice 的各項特性分述如下：

- （1）排水量：180 噸
- （2）船速：30+ 節（海象 10+）
- （3）LOA：104 呎
- （4）船寬：55 呎
- （5）滿載吃水：14 呎

（6）最大酬載：50 噸

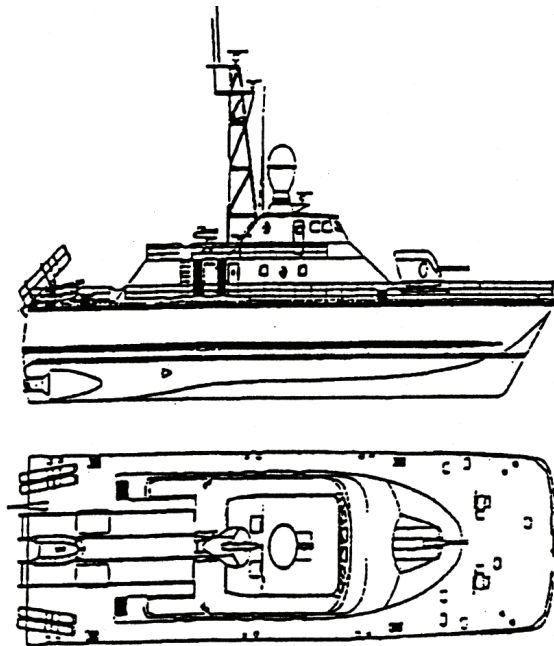
（7）酬載尺寸：57 呎（長）× 43 呎（寬）



▲ 圖 3. 航行中之 Sea Slice 驗證船

藉由搭載的直昇機可作快速反應，且在 10 級海象狀況下仍有 30 節的船速以及優異的耐海性能，故此一艦艇無論在何種天候狀況下都能執行海上作業。該船載台為金屬結構，由於船型的流體動力效應，可減少艤跡流及水下音響訊跡，而空中作業能力則可藉助感測器使其具超地平線的偵察能力。

CP&I-2：Scott 等在 1992 年所描述的 SES 在領海淺水域對入侵船艇需進行快速攔截而言，仍是一種先進艦艇。來自威脅的方式有越界漁撈、非法移民、敵人入侵及走私等，在此一情況下，必須令入侵者停船及登船檢查。而成功攔截的關鍵在於高速，一艘具有 50 節船速能力的 SES，預期可達成此一目的，詳見圖 4。推進系統是柴油引擎 - 噴水推進器之組合，亦裝設有乘載控制，攔截航路可自行或他人導控，使入侵者在逃離領海前就被攔截下來。大的甲板面積可供搭載登船小艇，另因滲透入侵的船隻都很少武裝或沒有武



▲圖4. SWG/6 港區巡邏艇 / 海岸巡邏艇之船體外側面與甲板佈置圖

裝，故僅需最起碼的武裝。此種艦艇具有低訊跡及高船速，而減少艦艇訊跡可藉由採用吸收性夾層材料與塗裝以及使用最佳化推進器來達成。

CP&I-3：SES 有點像以圖4中 SWG/6 特性為藍本的艦艇，其設計作為「捉迷藏式」任務之用，正如美國本土防衛武力所需的艦艇。此種艦艇的特性極受當地環境的決定（如防衛港口、地形等），



▲圖5. 挪威Skjold 級表面效應艦 [5]

並已有原型艇設計與操作測試，如瑞典的 Smyge 級及挪威的 Skjold 級（如圖5），這些艦艇的主要特性就是閃避，它們沿著海岸停駐，戰術性的躲藏著，且不被水面或水下武力所偵測到，另配合有永久性部署的偵察網路，它們可以很快的尋獲及秘密處置入侵武力。

SAR 艇（SWATH/ACV）：未來 SAR 艇為任務需求，須有空中支援能力及優異的耐海性能，其構型可如圖2. 所示。它具有在任何天候狀況下，都能有效地維持搜尋模式的能力，且具有擴展搜救模式之空中能力，以及能從海中救援並送回 SAR 艇或岸上的醫療機構。SWATH 可在近岸（淺水域）巡邏，且配有直昇機可執行救援工作。雖然 ACV 可在水上、冰上及淺灘上操作，但是小型 ACV 在不良海況時可能會遭遇困難，ACV 在平靜水域、冰上有快速的反應，且當有運送受難者的必要時，可橫越海岸線。

二、船體材料（Hull Materials for the Future）

較小型的巡邏艇基本上是使用鋁材或玻璃纖維強化塑膠（FRP/GRP）所建造，FRP 結構可以是積層板或複合式（GRP），即內外層是 FRP，中間夾心層可以是具吸收雷達波特性的材質。而較大型巡防艦艇通常是用鋼材所建造，有時是以鋁材為上層結構。

（一）鋁材（Aluminum）

船用鋁材（5000 系列合金）一直是過去40年來高速巡防艦艇的主要材質，鋁的密度約是鋼的三分之一，在相等的強度下，鋁構的重量是鋼構的60~70%，就船體材料與製造成本而言，鋁材



基本上是類似尺寸鋼船體的兩倍。使用鋁合金材料在工程處理與設計上需要謹慎從之，以防止疲勞破壞。

(二) GRP 與複合 GRP 材 (GRP and GRP Composites)

在大型艦艇上，GRP 且尤其是 GRP 複合夾層材，其廣泛應用正逐漸增加 (如 Skjold, Visby)，此乃由於設計師對艦艇的特性如重量、強度、剛性、雷達穿透性、火災防制、彈道特性及其它不同的項目，可以有調控的彈性。

(三) 鈦 (Titanium)

鈦金屬的製造與價格，使其在水面艦艇上的應用受到限制，但是這種材料質輕、強度夠，且在海洋環境下使用有極佳的抗蝕性，及具有高熔點溫度。當鈦的價格比鋁更具競爭力時，它應可被期待運用於未來巡防艦艇上。用鈦金屬建造的船體，因其具極佳的抗蝕性，故維修需求少且壽期長。

三、船艦次系統 (Subsystems for the Future)

(一) 推進設備 (Propulsion Machinery)

柴油引擎是巡防艦艇的主要推進動力，中速柴油引擎很容易運用在 5~10000 hp 範圍內，以小馬力額定增量的持續運轉。高速柴油引擎正研發中，以提供較高的動力密度與減少排放。迴轉引擎 (rotary engine) 的發展也持續在進行，但還未達到其最佳的生產效用。

船用燃氣渦輪機多應用在 4000~39000 hp 的大馬力範圍，較小型的燃氣渦輪機，一般是直昇機用的衍生型，已再製造作為船用 250~1000 hp 小

馬力範圍使用。

未來可能會引進燃料電池技術，效率高且可降低石化燃料的使用與排放。優異的可靠性 (五倍或更好) 遠勝過現今所知的引擎甚多，對長遠而言，如果燃料電池的尺寸可以再減小的話，它將會有極優的應用可能性。未來燃料電池的發展，將使電力驅動方式適合各型艦艇。

組合式引擎系統仍將繼續被採用，其中較小型的引擎可作為巡航用的動力，而較大型的引擎則提供最大速度。使用多具柴油引擎的組合式主機已有多數年，另為增速或達到「任務」速度，則常採用燃氣渦輪機。噴水推進器尤其是某些較新的設計，在船速低至 15~20 節時，亦可達成高效率。在 40 節船速時，可達 70% 的整體推進效率，而在 15~20 節的巡航速度時則降至 50%，且高速時其推進效率超過螺旋槳的效率。

燃氣渦輪機仍為大型快速艦艇主機的選擇，船用燃氣渦輪機的馬力可高達 60000 hp，小型艦艇的使用也正在增加，以燃氣渦輪機驅動的艦艇其全長 (LOA) 有小至 27 英尺者。

(二) 輔機與電力系統 (Auxiliary and Electrical Systems)

該等系統主要的發展仍將著重在自動化、自行控制及自我診斷系統，且可長時間運作而無須人員介入。自動化系統與備件允許讓人力的需求降低，自我偵測與校正 / 修復電路將會愈形普遍。另由於要減少電子反制 (EMI)，故光纖的運用將會成長。

(三) 武器與戰鬥系統 (Weapons and Combat systems)

隨著艦艇執行任務的不同，武器與伴隨的指揮、管制與戰鬥系統也不同。CP&I 是用於毒品與走私攔截、護漁以及海域執法等角色，一般僅有輕型機槍與小口徑砲。該型艇嚴密的戰鬥系統主要包括搜索雷達、視訊增強裝備、低光源電視與無線電通訊。此一部分在未來期望可發展成輕型手提式系統。

（四）人員配置

對於CP&I、SAR及其他較小型艦艇而言，未來人力配置和近幾年來的情形不會有什麼改變，對可運送的小型艇來說，受過精良訓練、跨專長訓練及支援單位都是必須的。

結語

巡防艦艇為海岸防衛艦隊的主要執勤載具，同時亦為未來國家海洋事務發展的重要船隊，我國海岸巡防署成立以來即積極進行巡防艦艇的換裝計畫，本文在闡述美國未來發展巡防艦艇先進作為，經研析觀察其建構思維上之考量因素重點綜整如下，俾能拋磚引玉，期作為未來海洋事務專責組織造艦時之參考。（作者劉建國任職於海巡署企劃處科長、鄭裕民任專員）

【參考文獻】

1. 靖海月刊，第四十九期，第一版，民國九十一年七月一日。
2. Overman, J. P., Cohen, S. H., Hoggard, M. M., Guilfoyle, J., McKesson, C. B., Oakes, M. C., and Scott, R. J., "Patrol Craft Requirements and Technology Predictions Through

2020," Naval Engineers Journal, Vol. 114, No. 3, pp. 117-141, 2002.

3. http://www50.dt.navy.mil/gallery/dynamic_lift/destriero.html

4. <http://www.kockums.se/surfacevessels/visby.html>

5. <http://www.naval-technology.com/projects/skjold/skjold5.html>

【註釋】

1. 就船型而言：未來船型的主流將是單體船，另SES船型已在北歐諸國中增加，SWATH則仍屬萌芽期，但成長趨勢也會如預期一般。
2. 就材料而言：在新巡防艦艇的設計與建造上，減少訊跡將為一重要特徵。複合材料在結構與非結構的應用將增加，此乃由於使用複合材料所獲得的彈性以及在大型艦艇設計建造上所累積的經驗所致。複合材料可降低訊跡並減少維修與重量。在不久的將來，鋁材因為可減省重量，將是高速小型巡邏艇所選用的材質。未來有潛力的材料為先進複合材料（碳纖維、Kevlar(等)，鈦金屬也有可能。
3. 就推進系統方面：未來小型巡邏艇的動力源將會是改良的柴油引擎，而較大型的FSC艇將採用燃氣渦輪機。小型燃氣渦輪機在艦艇上的應用，如能滿足較小馬力範圍的需求，則其使用亦會增加。另小型艦艇如採用燃氣渦輪機，其進氣除霧系統必須予以改良。船速在30節以下的艦艇，仍將會採用螺旋槳的推進方式，而30節以上的艦艇，使用噴水推進器者亦正增加。