

我國潛艦國造構型探討 ——由國際現役潛艦分析

著者／馬煥棟 陳修逸

海官校86年班、海院98年班
淡江大學國際事務與戰略研究所碩士
現為國防大學總教官室中校研究教官

義守大學材料系
專業軍官班93年班
海院104年班
現為岳飛軍艦戰系長

潛艦兵力是我防衛作戰中可發揮戰力的武器，考量我國敵情威脅與未來戰略環境，建立一強大水下打擊力量的潛艦兵力，不論是在戰略或戰術上的運用，都是我防衛國家安全不可或缺的軍事要項。

2014年10月初的華美國防工業會議上，我國表達了「潛艦國造」之決心，美方人士、尤其是國防業者，隨即展現了濃厚興趣。國防部正在評估國造潛艦的產能，依建案計畫和工期規劃，首艘國造潛艦最快約在民國113年完工。

壹、前言

我國海軍建軍的重要目標之一係建立一支適足的水下艦隊，然而因為潛艦的高戰略價值，數十年來籌購潛艦始終遭遇無法突破阻礙。直到美國於2001年4月23日「華美軍售會議」，同意出售予我柴電潛艦等重要武器。但美國柴電潛艦早已停產數十年，致使美國須重開生產線，且全案價格與國際市場資訊相差過大，獲得風險不確定性及是否為我需求之艦型等高爭議性問題，無法獲得國人支持。復於2013年因評估美方售我潛艦機率日微，故原先對美採購

潛艦政策，修改為潛艦國造路線。

然我國於1960年代嘗試自製武昌艇後，現僅具有潛艦修護能力，雖然民間學界及工業界對於製造船段、潛望鏡等部分組段自製具相當信心，但在戰鬥系統、推進動力及建造整合方面仍需要相當努力，以我國建造技術現況，勢必需採購部分裝備。縱然開始建造後，仍需要發展武器、彈藥等，以發揮其戰力。

本文主要研究範圍以柴電潛艦為主，係由國際現役潛艦型式及發展現況之角度探討柴電潛艦作戰能力，並考量我國作戰需求及周邊海域特性，探討出最適合我國需求之構型，期提供

相關參考意見。

貳、我國潛艦能力需求

潛艦具有良好的隱密性、奇襲性及獨立性等諸特性，可長期在水下進行獨立活動。潛艦作戰區分為戰略與戰術運用二種，在戰略上具有嚇阻、攻擊敵岸、佈雷作戰與破壞航運等作用；在戰術上，又區分監視及襲擊、支援艦隊反潛阻柵、獵殺、兩棲襲擊、搜救任務與特種作戰。¹相較於水面艦艇，潛艦的隱密及嚇阻特性，往往可以給敵方造成更大的威脅。

長久以來中共在潛艦數量上的優勢與我國海上交通線的脆弱性，構成海上防禦上的難題，然而水文與科技條件，使得我國即使強化反潛作戰能力，也未能解決此一難題。我國如建置適足的水下戰力後，固然不能直接解除中共的潛艦威脅，但卻能將「對付潛艦」的難題同樣加諸於中共解放軍身上，以增加嚇阻的效能。考量未來我戰略環境與敵情威脅。筆者以制海作戰角度依潛艦任務及臺灣周邊海域來作一客觀研析。

一、潛艦任務

依照我國「102年四年期國防總檢討」，我國防戰略以預防戰爭、國土防衛、應變制變、防範衝突以及區域穩定為要旨。²因此建構潛艦係遵國防戰略構想而建，在此方針指導下，再依潛艦的作戰特性規劃我潛艦國造之任務。

我潛艦兵力對敵之牽制措施，包括預防性部署、遠距封鎖攻擊大型作戰艦（潛艦）、破壞海上交通線、發起對陸攻擊等，若再考量作戰海域特性，結合天候因素（颱風、東北季

風等），可達到牽制敵作戰行動之目的，爭取戰略空間。我國四面環海，對於潛艦的運用亦能發揮其更大的效益，現今柴電潛艦運用可分為：

（一）破壞航運：於敵艦船必經航道及要點，伺機襲擊，破壞敵海上航運。

（二）布雷封鎖：於敵方海域或港口布雷，截斷其海上交通。

（三）攻擊敵岸：以潛射飛彈攻擊敵陸上戰略目標，摧毀或削弱其作戰能(潛)力。³

潛艦作戰係運用潛艦兵力，攻擊水面艦船、潛艦，破壞海上航運，以控制所望海域，或攻擊敵路上目標，摧毀或削弱其作戰潛(能)力。但是它如遭受輕微損傷，即影響其作戰效能。此外，傳統的柴電潛艦的潛航速度與持續力，受電瓶容量限制，充電時容易遭到偵知。因此，具絕氣推進系統(AIP)的潛艦的限制便較小，⁴在我國造潛艦若採用此項系統，可大幅提升續航及自持力，增加任務成功功算。

在戰術運用上，亦可擔負任務如下：

（一）監視及襲擊海上艦船。

（二）擔任海上艦隊的哨戒及屏衛，支援艦隊作戰。

（三）實施反潛作戰。

（四）特種作戰(人員物資運輸、特種諜報、敵前撤退、游擊隊支援)。

（五）兩棲作戰之先期(遣)作戰。

二、周邊海域特性

臺灣位於亞洲大陸棚邊緣，西依臺灣海峽與福建省相望，最窄處僅約73哩，平均水深為70公尺，北為東海，南鄰巴士海峽與南海相連，

東為太平洋海域。其中臺灣海峽南北長約200餘哩，水深最淺處為福建東山島與澎湖列島間的臺灣難；太平洋海域，介於琉球群島西南部的先島群島和巴士海峽之間，海底地勢自臺灣沿岸向太平洋海盆急遽傾斜，東西兩岸海底地形截然不同，而海域之北、中、南三段海底地形特徵不同，北段海底地區自三貂角到烏石鼻大陸棚稍寬，坡度和緩，水深較淺。中段自烏石鼻到三仙臺大陸棚極窄，坡度甚陡，水深超過3,000公尺。南段海底為東西並列的兩條南北向的水下島鏈，展布於臺灣與呂宋島之間，兩島鏈之間，有一條深達5,000公尺的海槽，地形崎嶇複雜。

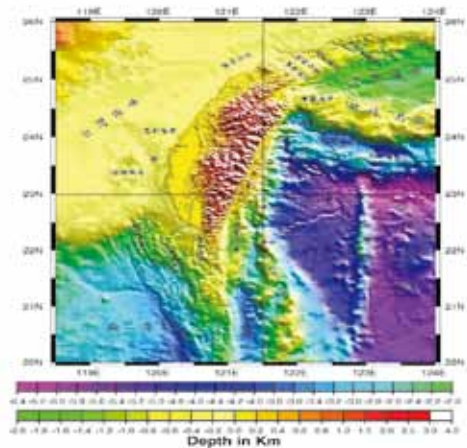


圖1 臺灣周邊海域水下地形圖

資料來源：〈海洋之型態〉，《海洋學教材》，〈<http://w3.oc.ntu.edu.tw/chap2/chap2.htm>〉（檢索日期：2015年4月27日）

臺灣四周海域受黑潮、中國沿岸流及南中國海季風流等三種海流影響甚巨，因地處中低緯度亞熱帶西太平洋邊緣，高流速、高溫、高鹽之黑潮暖洋流主導了此地的海水特性，⁵溫度及鹽度變化極為敏銳；夏秋兩季經常來襲的颱風、冬季冷鋒過境和季風的吹送風流，增加了許多變數，此外兼具淺水、深海及傾斜大陸棚的海底特性，以及豐富的海洋生物場、頻繁的海運使臺灣周邊海域水文狀況極為複雜，增加反潛作戰的困難性。

風、冬季冷鋒過境和季風的吹送風流，增加了許多變數，此外兼具淺水、深海及傾斜大陸棚的海底特性，以及豐富的海洋生物場、頻繁的海運使臺灣周邊海域水文狀況極為複雜，增加反潛作戰的困難性。

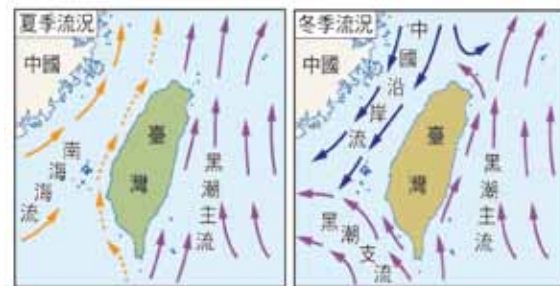


圖2 臺灣周邊海域洋流圖

資料來源：吳朝榮，〈洋流〉，《科技部高瞻自然科學教學資源平臺》，〈<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=30806>〉（檢索日期：2015年4月27日）

以下區分為「東部海域」、「東北部海域」、「臺灣海峽」及「巴士海峽」分別實施環境運用分析。

（一）東部海域

臺灣東方的深水海域，屬深海盆地地形，水深達數千公尺以上。然其位於國際航道，且為我國防衛作戰的大後方，因此確保此海域的航運暢通為我海軍重要任務。由此可知，未來我國造潛艦亦可能有機會於東部海域擔任輔助作戰角色。

（二）東北部海域

臺灣東北部海域有黑潮與中國沿岸流兩種不同性質水團匯集相互推移下，對於潛艦作戰及反潛作戰均有極大挑戰性。⁶而且此海域扼控我基隆等重要港口，可預想在戰時此海域我國海軍將投入相當資源及能力，以維繫民心安定及

確保持久戰力。

（三）臺灣海峽

臺灣海峽屬淺水大陸棚範疇，其深度絕大部分均在100公尺以內，但由於包含兩個較深的南北向凹陷以及較淺的雲彰隆起，地形起伏複雜，加上底質組成具有高度之空間差異性，對水下音響之傳播損耗有明顯影響。⁷惟在戰時臺灣海峽應已遭敵封控編隊於海峽南、北部阻絕交通，且可能以攻勢布雷方式遲滯我艦隊調動。因此，潛艦難發揮作戰能力，本海域研判應非我潛艦主要作戰空間。

（四）巴士海峽

巴士海峽是潛艦伏擊最佳作戰區。此海域位於臺灣本島與巴丹群島之間，平均寬約185公里，水深一般在2,000至5,000公尺之間，最深處達5,126公尺，⁸水下峽谷林立、崎嶇有致，要即時發現潛艦蹤跡極為不易，同時聯繫東北亞和東南亞的海上運輸線有70%需經過此一海峽，因此使得本海域成為優良的潛艦伏擊作戰區。⁹

綜合以上分析，依作戰推想、結合任務及海域實際環境，我潛艦應以臺灣東北部及巴士海峽為主要作戰區域，東部海域為次要作戰區域，臺灣海峽再次之。因此，依東北部及巴士海峽海域水文及海底地形，我國造潛艦應具能力：

- 一、良好的聲納偵蒐及鑑別能力。
- 二、深潛能力及高續航力。
- 三、可支援制海作戰。
- 四、嚇阻敵兩棲船團。
- 五、適時支援特種作戰。

偵蒐力可在我潛艦作戰任務中，若具有遠程

低頻聲納及拖曳式聲納，可提供極大的助益。此外，續航力更是必須具備的能力，若未來臺海發生戰事，西部的重要港口可能均無法開放整補，而東部港口亦可能因中共航母部署而不復安全。故我國造潛艦若能擁有高續航力，作戰全程依賴港口整補的需求減少，除可增加作戰部署時間外，亦可減少對後勤整補的依賴。且在防衛作戰中，仍可阻絕敵交通樞紐及遲滯作戰運動的作為，在海空兵力專注於制空、海作戰時，由潛艦擔任嚇阻戰略武器即為最佳方式。

參、國際現役柴電潛艦研析

在柴電潛艦技術方面，以俄羅斯潛艦的靜音能力最為人稱道，其中拉達級潛艦是未來規劃的重點艦型。法國與西班牙合作建造的天蠍星級潛艦有印度、巴西等國採購或委託建造中，目前亦已成功銷往智利及馬來西亞，在性能上已受相當肯定。德國的214型潛艦將AIP系統列為主要裝備，也是目前國際市場上的主流產品。日本蒼龍級潛艦更是目前噸位最大的一款，為日本海上自衛隊最新式潛艦，亦是第一型量產的AIP型潛艦，作戰能力不容小覷。上述的四型潛艦各有所長，故列為本文研析標的。

一、俄羅斯拉達級潛艦

俄羅斯在1990年代起建造四艘Amur-1650的衍生型，西方稱之為拉達級(Lada class)；由莫斯卡亞海事科技裝備集團(Morskaya Tekhnika (Marine Equipment))負責建造。¹⁰

其整體結構分為五個水密隔艙，由前而後分

別為武器儲存艙、電瓶艙、主控制艙、生活住艙、輪機與電動機艙。動力方面，配備採用模組化設計的全電力推進模組，包括兩套最大功率各2.5MW(3,352匹馬力)的2D-42柴油機、無段變速直流發電機組以及一具俄羅斯全新開發、功率4.1MW(5,500匹馬力)的SED-1水下推進用無電刷永磁電動機，此外還有兩組大容量傳統電瓶，最大潛航速度約21節，最大潛航深度250至300公尺，以3節速度潛航時續航力為650浬，¹¹航速7節使用呼吸管時續航力達6,700浬，最多能持續在海上作業45天；¹²發電機組能在最短時間內完成電池的充電作業，減少迴避及攻擊的時間。



圖3 拉達級潛艦圖

資料來源：〈阿穆爾系列/拉達級傳統動力攻擊潛艦〉，《MDC軍武狂人夢》，〈<http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/russia/armu.htm>〉（檢索日期：2016年5月23日）

拉達級配備先進而完善的Irtyshev整合聲納系統，包括貼在艦艏外部的主/被動陣列聲納與水雷迴避聲納、兩側的高靈敏度大型被動陣列聲

納以及可由垂直尾舵頂端釋放的拖曳陣列聲納等。¹³拉達級的被動聲納陣列面積勝過以往任何一艘俄製潛艦，艦艏聲納陣列從艦艏下半延伸到艦體前部（魚雷管則設置在艦艏上半），全艦聽音涵蓋面非常完整。由於拉達級本身具有極度安靜的特性，使其能成為良好的聽音平臺，聲納系統不易受到艦上噪音的干擾。

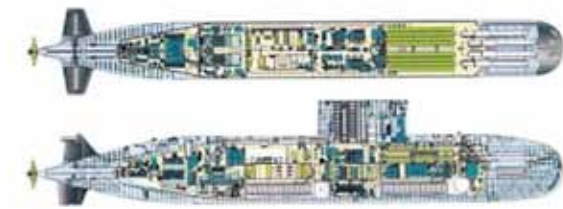


圖4 拉達級潛艦剖面圖

資料來源：〈俄海軍677拉達級新型柴電潛艇近日下水〉，《艦船知識網路版》，2004年10月11日，〈<http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/1079/2909011.html>〉（檢索日期：2015年4月28日）

拉達級還擁有先進的潛望鏡，整合有夜視系統以及雷射測距儀，帆罩內還裝備雷達、電子支援與通訊等功能的桅杆，及能在水下100公尺操作的拖曳式通訊天線。拉達級擁有高度整合的控制與操作系統，艦上的作戰中樞為Lithium作戰資訊系統；¹⁴艦上人員在中央控制室便能充分掌握並操控船艦的機能，包括航行與作戰等等，艦上各感測器的資料都傳至作戰系統中，計算出相關結果作為指揮決策參考之用，整個接戰程序(包含前置作業以及實際接戰)都由主控制室的操控臺控制，自動化程度頗高。¹⁵

拉達級的艦艏上方配備六具533mm魚雷管，艦上可攜帶多項武器，包括各式魚雷、攻船飛彈、巡航飛彈或暴風雷等，攻擊能力齊全而強

表1 拉達級潛艦諸元表

長	72公尺	浮航排水量	1765噸	最大潛深	300公尺
寬	7.1公尺	潛航排水量	2600噸	魚雷管口徑/數目	533mm/6
吃水	6.5公尺	潛航續航力	650浬	飛彈發射能力	具備
潛航航速	21節	呼吸管航行續航力	6700浬	人員	37

資料來源：參考〈拉達級潛艇〉，《中國投資諮詢網》，2013年9月17日，<http://big5.ocn.com.cn/baike/201309/chuang171655.shtml>（檢索日期105年3月12日）。

大。另配備自動化的裝填系統，能在發射後20秒內完成魚雷管的再裝填，大幅提高作戰效率。¹⁶拉達級艦上擁有極佳的食物儲藏與烹煮設施，供水系統能充分滿足艦上人員日常生活的需求，包括飲用、洗滌餐具、衛浴等，上述措施都可增加長期巡航任務中艦上成員的士氣與作戰效率。¹⁷拉達級艦身前、後段各有一個逃生艙口，能與全球現有各式救生載具連結，也能用於潛水人員的施放。

二、德國214型潛艦

德國214型潛艦在209型及212型潛艦的構型上所研改的型號。¹⁸擁有平滑流線的外型，帆罩前後也大幅傾斜以減低阻力。¹⁹214型採用單/雙殼複合結構，以單耐壓殼為主體，在耐壓殼下部各附加一段沿著縱向的非水密構造物，用來容納如氫、氧儲存容器等設備，而不佔用耐壓殼體裡的寶貴空間。仍使用傳統的十字形尾翼，而前方水平控制翼則位於艦身前段上方。

214型使用兩具MTU柴油機（單機功率2,150KW，約2,883匹馬力），搭配一具功率3,875匹馬力的西門子(Siemens)Permasym永磁電動機，驅動七葉片單軸葉，使用呼吸管以

8節速率航行時，續航力12,000浬。214型潛艦所裝備的新型電瓶的充電速率及蓄電量也有長足進步。214型配備西門子研發的第二代的BZM-120型高分子電解質膜（PEM）燃料電池系統，由兩組功率各120KW的燃料電池模組構成，總功率240KW，²⁰能持續在海上作業84天，或以2至6節的航速連續潛航三週。德國在PEM燃料電池的合金貯氫技術與相關設施則是製造廠漢德威船廠的特別技術，對於後勤設施的要求高，僅能於少數基地或船廠設施才能進行。

214型的壓力殼以HY-80和HY-100高強度鋼板製造，深度超過400m。214型的自動化程度極



圖5 214型潛艦圖

資料來源：〈德國海軍U-212型潛艇〉，《船舶數字博物館》，〈<http://bbs.meyet.com/thread-320154-1-1.html>〉（檢索日期：2015年4月1日）

高，全艦僅需編制27名乘員，另外還可再容納另外8名人員(可為特戰人員或學員)。214型採用許多靜音科技，機艙內所有設備都安裝於減震墊上，盡可能降低輻射出去的噪音與振動，艦內所有管線的安裝也都考慮到隔音制震，艦體表面並有能吸收主動聲納波能量的塗層。214型還是保有傳統鉛酸電瓶，用於高速水下航行。

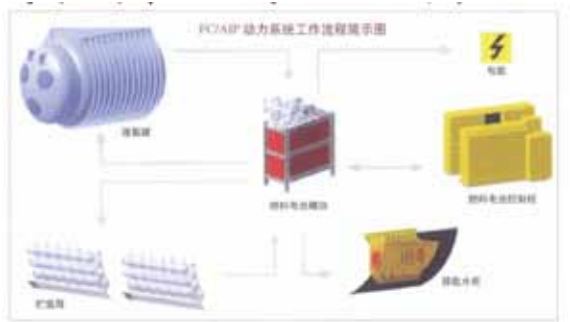


圖6 214型潛艦燃料電池系統運作流程圖
資料來源：〈淺析潛艇AIP技術，僅中國瑞典自主研製〉，《軍事頭條》，2014年12月2日，〈http://www.milnews.com/2014/1202/6285_shtml〉（檢索日期：2015年1月10日）

214型將燃料電池所需的氫氣與氧氣儲存槽設置在艦底壓力殼外部、沿著龍骨的縱向長條結

構內，不佔用壓力殼內部寶貴的空間，²¹此舉改善艦體重心穩定，此外也加強了作戰時的防護效益，²²因為在淺水域中，敵方刺蝟砲、深水炸彈等武器震波往往來自上方，而214型潛艦的設置方式使得氫、氧儲存裝置比較不容易遭受攻擊而損壞。聲納採用DBQS-40聲納系統，整合有高頻主動聲納、中頻環形被動陣列聲納、被動測距聲納、中/低頻側面陣列聲納、低頻拖曳陣列聲納以及聲納訊號警告系統等。²³

戰鬥系統方面，214型配備ISUS-90整合指揮與武器控制系統，整合程度與自動化程度極高，將艦上所有感測、反制、武器系統都連結在一起運作。²⁴214型有高度自動化與模組化的武器發射/裝載系統，人力需求少、反應速率快、易於維護更換等特性。此外，還擁有英國BAE提供的戰術資料通訊系統，使用Link-11資料鏈。²⁵武器方面，艦艏有八具533mm魚雷發射管，其中四管為氣壓彈射式，除了魚雷外還能發射飛彈、水雷等，其餘四管則為只能發射魚雷。²⁶214型配備AU-2000魚雷反制系統提供自我防衛，其包含四具十聯裝發射器，可發射音響

誘餌或噪音干擾器等，來反制使用反覆攻擊模式(re-attack mode)的魚雷。²⁷214型已成功外銷南韓，另可依客戶的需求選配射控、偵測、武器等系統。

三、法國天蠍星級潛艦

法國天蠍星級柴電潛艦由法國DCN和西班牙LIZAR聯合研發。天蠍星級系列目前擁有三種構型，都採用相同的基本設計，噸位由小而大分別是縮小版(Compact)、標準型(CM-2000)與標準AIP型(AM-2000)，AM-2000與CM-2000主要規格皆相同，除艦體長度和水下排水量不同外。AM-2000艦長度為70公尺，水下排水量為1,870噸，CM-2000艦長度61.7公尺，水下排水噸位1,565噸。基本構型為單殼淚滴型艦體、十字形尾翼，前水平翼位於帆罩上，艦體表面光滑而盡量減少突出物，以降低航行阻力與噪音。²⁸天蠍星級為鎖定需要在淺海操作潛艦的客戶使推出縮小版，因為在行動處處受限的淺海，體積較小的潛艦較為靈活更能發揮戰力；而AM-2000則是CM-2000加裝AIP的版本，在艦體中額外插入一個安裝AIP的船段，潛航排水量從CM2000的1,570噸增至1,870噸。

天蠍星級潛艦採用模組化設計，艦體分為前半與後半段兩大船段，兩個船段分別在法國與西班牙同時建造，艦殼結構主要採用80HLES高強度鋼，最大下潛深度300至350公尺。²⁹採用高強度鋼材可減少壓力殼的重量，並容許裝載較多的燃料和彈藥。為降低噪音，採用流線形艦體，並減少艦體外突出物。艦體前半段的建造以及其內所有艙間、戰鬥系統的安裝整合由法國DCN負責，艦體後半段以及輪機動力為主的內

部設備安裝由西班牙LIZAR則負責建造，雙方均負責最後的總裝與測試。

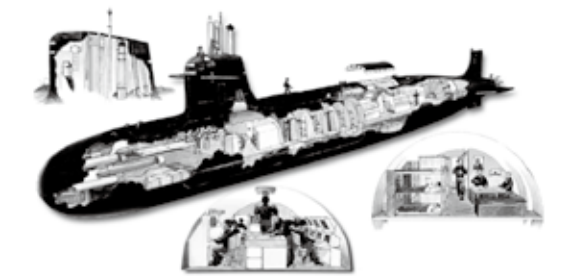


圖7 天蠍星級潛艦內部示意圖
資料來源：〈兵器圖紙：法國“魚”級常規潛艇〉，《國際在線》，2010年4月16日，〈<http://big5.cri.cn/gate/big5/gb.cri.cn/27824/2010/04/15/5005s2818867.htm>〉（檢索日期：2015年4月1日）

天蠍星級大量採用高度自動化的設備，基本型人員編制為31人，另可容納6員，可供特戰人員或學員使用。天蠍星級擁有精良的靜音設計，艦上所有輪機裝備均裝置於彈性基座上，部分噪音最大的機械甚至使用雙層彈性機座。葉採用低噪音的七葉片，除了能降低被敵方發現的機率，亦可充分發揮本身的聲納偵測能力。天蠍星級的動力系統，除了MESMA之外，主柴油機為兩具1,670匹馬力的柴油機組成，並搭配先進的3,500KW永磁電動機。³⁰

天蠍星級擁有完備而先進的艦內網路監控系統，艦內環境、輪機運作以及災害(失火、漏水等)等狀況在控制室就能掌握，對於損害管制助益甚大。天蠍星級擁有完善的環境控制裝備(如空調、空氣產生器、淡水製造機等)，具有7天的水下自持力，能在不浮出水面充電的狀況下維持艦上人員生存所需要素。

表2 214型潛艦諸元表

長	64公尺	浮航排水量	1700噸	最大潛深	≥400公尺
寬	6.3公尺	潛航排水量	1980噸	魚雷管口徑/數目	533mm/8
吃水	6公尺	潛航續航力	1248浬	飛彈發射能力	具備
潛航航速	20節	呼吸管航行續航力	≥1,000浬	人員	27(+8)

資料來源：參考許建文，〈適合台灣整體防衛作戰之潛艦決策評選〉，發表於清華大學第十八屆決策分析研討會，2015年1月18日，〈https://dalab.ie.nthu.edu.tw/dalab_old/Symposium/da15/B1-4.pdf〉（檢索日期：2016年5月25日）；〈德國214型潛艇〉，《台灣WORD網》，〈<http://www.twword.com/wiki/%E5%BE%B7%E5%9C%8B214%E5%9E%8B%E6%BD%9B%E8%89%87>〉（檢索日期：2016年3月25日）。

天蠍星級的聲納系統相當齊全，包括艦艏長距離低頻被動陣列聲納、主動聲納、攔截搜索聲納、側面被動陣列聲納、高解析度避雷聲納、拖曳陣列聲納等。天蠍星級的作戰中樞為DCN開發的新型SUBTICS潛艦戰鬥管理系統，配備六個操控臺，是艦上指管通情與戰術控制的中樞，連結了所有的導航、偵測裝備與武器以及導航系統，此外也能透過資料鏈獲得友軍傳來的資訊。天蠍星級還配備整合式導航系統(Integrated Navigation System, INS)，綜合GPS、航行紀錄、深度、艦體姿態、周遭環境感測(包括周遭海水溫度與密度等)等資料。³¹

武器方面，天蠍星級的艦艏裝有六具533mm魚雷發射管，其中四具魚雷管是只能發射魚雷，另外兩具則使用活塞連桿彈射式發射系統，除了魚雷外還能發射飛彈跟水雷。包含魚雷管的空間，總共能攜帶18枚魚雷或30枚水雷。³²天蠍星級配備的武器裝載與發射系統（SWHLS）能使用歐美國家現役各種魚雷，對於水面艦艇的打擊能力上還能搭載法製SM-39潛射飛魚攻船飛彈供其運用。SWHLS的自動化程度頗高，僅需2名人員就能操作，魚雷管能在不到2分鐘的時間內

完成再裝填作業；³³SWHLs在緊急情況下亦能迅速將故障失效、發生危險（例如燃料外洩）的武器，透過機械平臺迅速移至兩具擁有彈射系統的魚雷管拋射至海中。

MESMA絕氣推進系統即「模組化船艦用動力系統」(Module d'Energie Sous-Marine Autonome, MESMA)，是一種封閉式蒸氣循環絕氣推進系統(CCSTAIP)，MESMA最初使用的燃料是甲醇，現階段已進化為乙醇，而反應所需要的氧氣則儲存在低溫低壓的液態氧儲存槽（攝氏-185度、2~10bar壓力）。

而德國運用在PEM燃料電池的合金貯氫技術與相關設施則是漢德威船廠的特別技術，對於後勤設施的要求高，僅能於少數基地或船廠設施才能進行。MESMA的主機採用渦輪，而非傳統的往復機，因此噪音較低，特別是降低了傳播距離較遠的低頻噪音。使用MESMA系統的天蠍星級AM-2000能持續在水下航行2週（航速4節）。雖然在實際運用上MESMA的各頻譜噪音不像理論般具有明顯優勢，且其體積及複雜度相較於瑞典潛艦的史特靈AIP系統高上許多，對於購置、裝備布置、後勤維修均較為不利。

表3 天蠍星級潛艦(AM-2000)諸元表

長	7 0 公尺	浮航 排水量	1655噸	最大潛深	300公尺
寬	6.2公尺	潛航 排水量	2060噸	魚雷管口徑/數目	533mm/6
吃水	5.8公尺	潛航 續航力	550浬	飛彈發射能力	具備
潛航航速	20節	呼吸管航行續航力	6500浬	人員	32

資料來源：參考許建文，〈適合台灣整體防衛作戰之潛艦決策評選〉，發表於清華大學第十八屆決策分析研討會，2015年1月18日，〈https://dalab.ie.nthu.edu.tw/dalab_old/Symposium/da15/B1-4.pdf〉（檢索日期：2016年5月25日）；〈天蠟星級潛艦〉，《軍武狂人夢》，〈<http://www.mdc.idv.tw/mdc/>〉（檢索日期：2015年4月1日）。

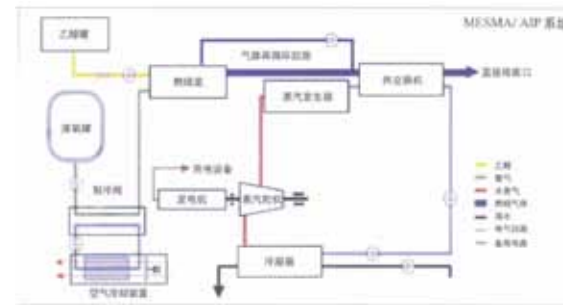


圖8 MESMA運作流程圖

資料來源：〈常規潛艇的“芯動力”〉，《中國國防資訊網》，2006年4月27日，〈<http://info.cndsi.com/html/20060427/6382114053.html>〉（檢索日期：2015年3月12日）

四、日本蒼龍級潛艦

蒼龍級的葉捲型艦型以及單/雙殼複合構造，全長84公尺，艦寬為9.1公尺，潛航排水量4,200噸，為全球排水量最大的柴電潛艦，有四具瑞典研發的史特靈絕氣推進系統以及相關附屬輪機設施。³⁴並採用儲氧櫃強化水下續航力，增加作戰運用彈性。



圖9 蒼龍級潛艦

資料來源：〈印度防長今訪日 擬買蒼龍級潛艦〉，《自由時報網》，2015年3月30日，〈<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/867260>〉（檢索日期：2016年5月23日）

除了AIP外，蒼龍級的動力系統兩具輸出功率共3,900匹馬力的柴油機、鉛酸電瓶、一具電動機等，帶動單軸七葉片葉，最大浮航速度為13節，潛航速度20節。前七艘仍使用傳統鉛酸

蓄電池，而在後續四艘蒼龍級上使用鋰電池技術，取代原本的史特靈AIP發動機與鉛酸電瓶。³⁵相較於傳統鉛酸電瓶，鋰電池不會有氫爆的危險，但其在運用上仍有容易過熱起火的問題，若發生短路甚至可能產生爆炸，對潛艦自身的損害管制將產生極大的影響。

蒼龍級配裝X型艏舵，此設計能獲得最大的翼面積，其四具舵面均都同時控制垂直及水平運動，增加而改善運動性，而且在坐底與靠泊時不易造成損壞，比十字形舵更適合在淺水環境操作。³⁶⁾惟X型舵的技術瓶頸在於需藉助電腦或計算機使得控制舵面操縱艦體，無法單純使用傳統機械操作。

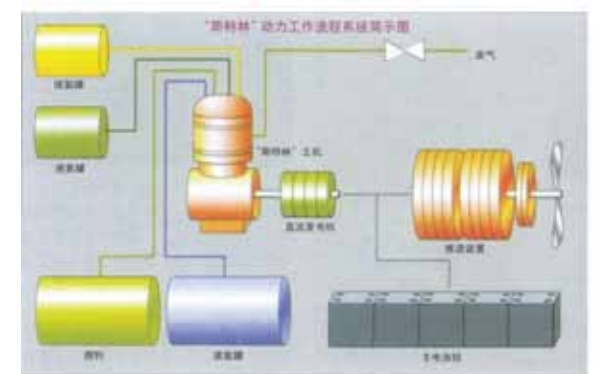


圖10 史特靈引擎運作流程圖

資料來源：〈淺析潛艇AIP技術，僅中國瑞典自主研製〉，
《軍事頭條》，2014年12月2日，〈http://www.milnews.com/2014/1202/6285_shtml〉（檢索日期：2015年1月10日）

蒼龍級的魚雷管為六具533mm，使用武裝包括89式線導魚雷、魚叉攻船飛彈與水雷等，可攜帶約30顆魚雷和攻船飛彈。³⁷蒼龍級的艙間及輪機裝備為減少噪音，均安裝於彈性基座；另艦體外部的消音瓦亦可降低艦內噪音的逸散，消音瓦與艦體之間的縫隙還會滲入海水，形成一

個額外的消音層。但亦有相對應的缺點，螺栓頭與消音瓦常因環境影響造成突出或凹陷，因而產生紊流，而形成噪音。

蒼龍級採用ZYQ-51潛艦戰鬥系統（由日立重工研製），能同時追蹤六個以上的水下目標，並導引89式線導魚雷同時攻擊四個目標。³⁸蒼龍級採用ZQQ-7聲納系統，全系統包括艦艏下方的主/被動陣列聲納、艦艏上方逆探測聲納、兩側大型低頻被動陣列聲納以及拖曳陣列聲納等，³⁹強化低頻長程的偵測能力，也優化對於淺水海域背景雜訊的濾波能力。

除了聲納系統之外，艦上還裝有英國授權日本生產的CM010非貫穿式光電潛望鏡桅杆（也被機敏級核能潛艦採用）以及一具傳統的光學潛望鏡，⁴⁰此外還有海自海幕資料傳輸系統的指揮終端機(COMMAND AND CONTROL TERMINAL，C2T)、MOF海上指揮管制系統以及新的USM攻船飛彈射控系統，意味著蒼龍級具有發射攻船飛彈在遠距離攻擊水面艦艇的能力。由於自動化程度提高，蒼龍級的人員編制為65名。⁴¹X波段衛星通信系統及魚雷反制系統（TORPEDO COUNTER MEASURE，TCM）分別於自七號艦（SS-507）及八號艦（SS-508）開始裝設，戰力更上一

層樓。

總體來說，各國新銳潛艦在外型及動力系統各異，概略分析如后：

一、艦體

採用淚滴型或葉捲型艦體，降低水下阻力，但葉捲型艦體內部空間較淚滴型更大；均採用高強度鋼板，加強抗壓性增加潛航深度。

二、推進系統

多配備AIP絕氣推進系統作為動力，以提高續航力並增加行動的隱蔽性。

三、武器系統

武器配置除傳統的魚雷外，攻船飛彈成為標準裝備，雖然攻擊能力有所差異，但已逐漸成為水面艦隊相當大的威脅，若配合改裝作業，亦可擔任攻陸作戰的先鋒，增加對敵的威懾；另均配置武器自動裝填系統，可增加攻擊頻次。

四、戰鬥系統及偵蒐裝備

表4 蒼龍級潛艦諸元表

長	83.1公尺	浮航排水量	2950噸	最大潛深	500公尺
寬	9.1公尺	潛航排水量	4200噸	魚雷管口徑/數目	533mm/6
吃水	10.5公尺	潛航續航力	2500浬	飛彈發射能力	具備
潛航航速	20節	呼吸管航行續航力	6000浬	人員	65

資料來源：參考馬煥棟，〈日本蒼龍級AIP潛艦服役之研析〉，《海軍學術雙月刊》，第44卷第4期，2010年8月，頁76。

表5 拉達級、214型、天蠟星級與蒼龍級潛艦比較表

艦型 裝備分類	拉達級	214型	天蠟星級 AM-2000	蒼龍級	最優艦型
噸位(潛航)	2,600噸	2,000噸	1,870噸	4,200噸	蒼龍級
最大潛深	300公尺	≥400公尺	300公尺	500公尺	蒼龍級
艦體設計	單艇殼 淚滴型艦體	單/雙殼複合結構 葉捲型艦體	單艇殼 淚滴型艦體	單/雙殼複合結構 葉捲型艦體 消音瓦	214型 蒼龍級
操縱系統	十字形尾舵	十字形尾舵	十字形尾舵	X字形尾舵	蒼龍級
AIP推進系統	未配置	PEM燃料電池(液態 氫、氧混和)	封閉式循環系統 (MESMA)	史特靈引擎	蒼龍級
聲納系統	Irtysh整合聲納系統 艦艏適型主/被動陣 列聲納 艦艏水雷迴避聲納 側面高靈敏度大型被 動陣列聲納 拖曳陣列聲納(舵頂)	DBQS-40整合聲納系統 艦艏高頻主動聲納 艦艏中頻環形被動陣 列聲納 側面中/低頻被動陣列 聲納 被動測距聲納 低頻拖曳陣列聲納 聲納訊號警告器	艦艏長距離低頻聲 納 艦艏被動陣列聲納 艦艏主動聲納 艦艏攔截搜索聲納 側面被動陣列聲納 高解析度避雷聲納 拖曳陣列聲納	SQQ-7聲納系統 艦艏主/被動聲納 側面被動陣列聲納 拖曳陣列聲納	天蠟 星級
偵蒐器 與 通信系統	夜視及雷射測距儀整 合潛望鏡 雷達、電子支援與通 訊伸縮桅杆 水下拖曳式通訊天線 (水下100m)	光電潛望鏡組 電子支援系統 平面搜索雷達 BAE戰術資料通訊系統	光電潛望鏡 D/K頻電子支援系統	CM010非貫穿式光電潛 望鏡 傳統光學潛望鏡 搜索雷達 電子支援系統	拉達級蒼龍 級
戰鬥系統	Lithium作戰資訊系統	ISUS-90整合指揮與武 器控制系統	SUBTICS戰鬥管理系統 INS整合導航系統	ZYQ-51潛艦戰鬥系統 USM攻船飛彈發射系統	概同
武器系統 與 自動裝系統	533釐米發射管6具 攻船飛彈垂直發射器 10具(20秒)	533釐米發射管8具	533釐米發射管6具 SWHLS自動裝填系統 (2分鐘) AU-2000十聯裝魚雷 反制系統	533釐米發射管6具 TCM魚雷反制系統	天蠟 星級
搭載武器	3M54E1攻船飛彈 (射程330公里) 3M14攻陸飛彈 (射程300公里) 91RE1潛射反潛飛彈 (射程50公里) Brahmos超音速攻船 飛彈(研製中)	反水面/反潛魚雷 攻船飛彈	反水面/反潛魚雷 SM-39飛魚攻船飛彈	反水面/反潛魚雷 攻船飛彈	拉達級

資料來源：筆者參考軍事期刊雜誌、網路資料後彙整。

採用自動化的戰鬥系統、射控系統及航行控制系統，以簡化潛艦編制人數，縮短接戰流程，增加潛艦的使用效益。此外，除了固定聲納外，均配備拖曳式聲納求得完整偵蒐能力。

前述的潛艦，各國仍在持續研改，增加其多功能性，而我國的國造潛艦，亦可透過其釋出的訊息，於設計時適時調整構型，尋求最適我國防衛作戰之水下艦隊。

肆、我國造潛艦研建方向建議

由前段所述，可概略求得一我國造潛艦的需求及國際上現有柴電潛艦的發展趨勢。國防部日前亦表示，除了先行整合國內船舶設計與製造廠商的能量外，也希望藉助美方的經驗與能力，提供武器、設計技術、專案管理、安裝測試與初始作戰測評，協助籌獲潛艦。⁴²因此本段將結合目前國防部及海軍司令部已公布的規劃，並細分組段分別說明。

一、艦體

國防部宣布了國造潛艦初步規劃建造1,500-2,000噸的潛艦，⁴³此種噸位介於小型潛艦與中型潛艦之間，約等於德國214型及天蠍星級潛艦的大小，雖有論者批判214型雖然性能極為優越，但攜彈量與續航性也遠不及同期發展的大型潛艦。⁴⁴不過在我國的軍事戰略構想中，最重要的任務並不是與敵方進行海空決戰，而是嚇阻共軍進犯船團並適時維護航運暢通。因此以1,500-2,000噸的潛艦攜彈量及持續力上對我國造潛艦係一最佳選擇。

潛艦的壓力殼係由耐壓殼板和肋材組成在鋼

材方面，因潛艦作業環境在水中，生存環境相當苛刻，以結構力學來看，承受均勻靜水壓力的最佳結構為球形，其次才為圓柱形。⁴⁵隨著潛艦在現代戰爭中所佔據越來越重要的地位，潛艦壓力殼用鋼也得到了長足進步。而中鋼新開發成功的百公斤級冷軋雙相鋼，其抗拉強度已達980MPa以上(100公斤級)，⁴⁶相較於天蠍星級及德國214型潛艦所使用的鋼材(900MPa)，強度已高出甚多。⁴⁷在我國潛艦初步建造階段可先行以高強度鋼板擔任結構鋼材。

為求靜音性能可將單艇殼納入設計，可增加艦內空間，儲放更多的武器或物資，制海作戰期間，執行長時潛伏任務必須要項。且在本文所述各型潛艦亦多已運用單艇殼，由此可知，此種係潛艦構型趨勢。相較於淚滴型，粗胖寬闊的葉捲型艦體內部空間更加寬敞，使得人員適居性增加，惟潛航速率沒有淚滴型高，但柴電潛艦在作戰運用上原本即沒有高速航行的條件與必要。此外如214型及蒼龍級等，其艦體設計都放棄了淚滴型而採取類似葉捲型的構造，皆是因為柴電潛艦不需要高速，而且由於艦體體積有限，必須儘可能將艦內空間增至最大，在有限的排水量及艦內空間上做最大的運用。

現今我國尚無潛艦用特戰潛水艙，然為增加後續國造潛艦任務彈性及潛艦遇難時的獲救率，至少應比照拉達級艦身前、後段各維持一個壓力逃生艙口，能與全球現有各式載具連結，也能用於特戰人員的施放。

二、聲納、戰鬥系統與武器

我國造潛艦須具高頻主動聲納、中頻環形被

動陣列聲納、被動測距聲納、中/低頻側面陣列聲納、低頻拖曳陣列聲納以及聲納訊號警告系統等，形成一完整之聲納搜索系統。

帆罩內所搭載偵蒐器可參考蒼龍級潛艦，使用非貫穿式光電潛望鏡及傳統光學潛望鏡，並配合使用CCD數位成像技術及紅外線測距儀等裝備，可增加目標光學偵測及隱密性。另潛艦用搜索雷達及電戰系統因須保持其行動隱匿性，故大多數不須具高功率或長程偵測的功能性，因此可使用中科院自行研發裝備，以節約研製經費。

潛艦內載武器係最主要戰力。但要使其發揮功用，不可或缺的即是戰鬥系統，在現今電腦計算普遍的時代，以電腦儀控取代人力操控已成為各種作戰載具的發展趨勢，在潛艦擁擠的空間裡，精簡人力可增加作戰時的反應速度，可增加更多的物資儲放，提升水下潛伏的時間。因此前述各國潛艦均採模組化戰鬥系統，而中科院已配合「迅聯計畫」將相列雷達等新式戰鬥系統整合測試成功，海軍司令部規劃將在2020年前，啟動6,000噸臺灣神盾艦的造艦計畫。⁴⁸以中科院曾經自主研發為陽字型艦量身打造「武進三型」戰鬥系統的經驗，「迅聯計畫」所用戰鬥系統相信更符大多數國家使用趨勢，採用「模組化」及「商規」為主的電腦組合架構，另可整合前述搜索雷達及電戰系統以減少系統複雜性。

前述各國的潛艦魚雷發射管除德國214型潛艦為配置533釐米8具外，餘均配置6具，因我國潛艦依前述排水量，應以6具發射管即可。搭載武器仍以潛射攻船飛彈及線導魚雷為主，我國現

有的SUT線導魚雷及潛射魚叉飛彈即可滿足其制海作戰所需。⁴⁹此外依各國常規潛艦所搭載武器的種類所見，我自主研製雄二E巡弋飛彈亦可研改納入武器選項。此外，俄羅斯已在發展潛射防空飛彈，但在運用上仍較不成熟，而我國亦受限於武器獲得管道，因此在對空作戰仍以水面艦執行為主。

三、AIP推進系統、電瓶及操縱系統

在國際現有的潛艦中，AIP系統已成為各國新銳潛艦的標準配備。從PEM燃料電池、MESMA封閉式循環系統、史特靈引擎等三座系統比較如後：

(一)靜音表現(優→劣)：PEM燃料電池>史特靈引擎>MESMA封閉式循環系統。

(二)建造成本(高→低)：PEM燃料電池>史特靈引擎>MESMA封閉式循環系統。

(三)後勤維保(難→易)：PEM燃料電池>MESMA封閉式循環系統>史特靈引擎。

(四)燃料補充(難→易)：PEM燃料電池>史特靈引擎>MESMA封閉式循環系統。

故整體來說各有所長，在各項考量因素權衡下，PEM燃料電池於作戰時因靜音較具優勢，MESMA封閉式循環系統在成本及燃料補充考量下較適宜，而史特靈引擎是綜合性能上較均衡。

而我國在電瓶工業上，亦已經具有相當的自主研製能力。此外，海軍已委託中科院在我國現有茄比級潛艦動力系統的提昇上，除了更換鉛酸蓄電瓶外，也將加入高效能鋰電池的實驗，⁵⁰期望於性能提升後，可擔任訓練艦的任務。而中科院亦已公布將以循環系統克服鋰

電池較容易過熱起火的問題，未來茄比級潛艦進行的高效能鋰電池實驗，若能達成更快的潛航速度，蓄電能力增加水下航行的距離，縮短充電時間等性能。海軍下一階段將會配置在海龍、海虎潛艦，甚至於新一代的潛艦上，提昇其潛航的作戰能力。⁵¹並可參考214型潛艦，當水下衝刺的高速性能需派上用場時，214型潛艦則運用了耐久的鋰電池，整合了德國「電瓶工業」的先進技術與柴電機的快速充電能力。據德國HDW公布資料，U-214的潛航極速，可超過

20節。

在操縱系統上，目前許多潛艦尾部的方向舵與升降舵都不採傳統的「十」字型設計，而改採「X」型設計。最有名的就是荷蘭的海象級及日本的蒼龍級，採用此種設計後，可以讓潛艦「坐底」在海床上埋伏，也讓潛艦在淺海的活動更為靈活。⁵²我國自製潛艦，尾部方向舵與升降舵若能考慮採用「X」型設計，必要時可在臺灣海峽中執行監視、哨戒、佈雷、反潛等任務，活動的範圍與靈活性應該會遠超過傳統十

字形尾舵之潛艦。

以前述各項分系統來說，可以總結出一初步構型(如下表)；除了將本文四型國際現役潛艦所搭載適宜我國潛艦作戰特性的分系統納入外，亦將我國工業能自主研製的項目列入考量。但受限於我國的國防預算，對於國造潛艦的研製，除了追求高性能外，亦應在「經費」做出限制，以求得一實際能落實建造的潛艦設計。

伍、結論

近年來臺灣周邊海域爭端不斷，北有釣魚台主權爭議(臺、中、日、美)、東海防空識別區劃設(臺、中、日、韓、美)，南有南海主權爭議(臺、中、越、菲、馬、美)，各國發生局部衝突機率增高。然而雖然在兩岸關係看似和緩的同時，中共仍未放棄以武力解決臺灣問題的選項，在這些爭議及問題上使我國在建軍備戰仍倍感壓力，在秉持發展不對稱戰力的策略上，潛艦國造亦是最有利(力)的選項之一。

我國將潛艦列為重點發展項目，係因潛艦不同於其他類型艦船，其特色是以「獨立作戰」、「戰力威懾」及「遠洋化」的「戰略性武器」，若我國真能將國造潛艦研製成功，不僅能發揮到類似航空母艦的短期威懾力量，可以對侵佔的敵對勢力的運用「隱匿性」的作戰模式，執行有效控制，甚至有能力對敵國或假想敵進行滲透與攻擊，以維護國家的主權利益。

具體而言，國防科技既可輸出，先進大國每以其為籌碼增加外交影響力；而國防科技輸

入國則常因此而受制於人。潛艦國造案如果缺乏長期建軍策略規劃，只追求短期成效、採購國際軍品現貨，忽略國防自主所能帶動的擴大內需與產業發展。倘若外購管道生變，將使國家安全遭到立即性的影響。因此，為確保我國生存安全，就必須建立自主的國防產業。從國防部與經濟部專案報告中可以看出，國內學界及業界在機械、電子、化學、光電材料、資訊等各方面，已累積深厚研發能量及系統整合技術。期許潛艦國造案能成為其成功典範，能將國內科技及工業能量整合，建立「國防產業供應體系」，除能促使國內產業升級轉型，亦可扮演國內科技先驅角色，帶動相關產業的經濟發展，創造國防及經濟的雙贏局面。

1 馬煥棟，〈柴電潛艦戰力發展〉《海軍學術雙月刊》，第48卷第6期，2014年12月），頁15-17。

2 國防部，〈中華民國102年四年期國防總檢討〉，（臺北：國防部，2013年3月），頁24。

3 馬煥棟，〈柴電潛艦戰力發展〉《海軍學術雙月刊》，第48卷第6期，2014年12月，頁16。

4 崔長琦等，〈擠身三尺密艙-潛艦〉（太原：山西科學技術出版社，2003年1月），頁47。

5 王志鵬，〈臺灣水下艦隊之路〉（臺北：全球防衛雜誌社，2008年6月），頁37。

6 余世偉，〈潛艦淺水區作戰之探討〉，《海軍學術雙月刊》，第44卷第4期，2010年8月，頁46-55。

7 毛正氣，〈臺灣周邊海域與反潛作戰〉，《國防大學96年度國防事務學術專案研討會論文集》，頁81-121。

8 余世偉，〈潛艦淺水區作戰之探討〉，《海軍學術雙月刊》，第44卷第4期，2010年8月，頁46-55。

9 廖文中、王世科，〈藍海水下戰略〉（臺北：全球防衛雜誌社，2006年3月），頁58。

10 〈專家解讀“拉達”級潛艇：隱蔽性好、武器強大〉，《國際在線》，2013年3月29日，<http://big5.cri.cn/gate/big5/gb.cri.cn/27824/2013/03/29/3365s4068761.htm>（檢索日期：2014年12月11日）。

11 應天行，〈中俄簽署蘇-35戰機與拉達級潛艦軍售協議的戰略意涵〉，《臺北論壇》，2014年3月25日，<http://140.119.184.164/taipeiforum/view_pdf/66.pdf>（檢索日期：2014年12月15日）。

12 應天行，〈中俄簽署蘇-35戰機與拉達級潛艦軍售協議的戰略意涵〉，《臺北論壇》，2014年3月25日，<http://140.119.184.164/taipeiforum/view_pdf/66.pdf>（檢索日期：2014年12月15日）。

表6 潛艦國造初步研究之較佳構型

能 力		參考艦型
噸位(潛航)	1, 500至2, 000噸	國防部規劃
最大潛深	≥300公尺	天蠟星級 蒼龍級
艦體設計	單艇殼、葉捲式艦體、鋪設消音瓦	蒼龍級 214型
操縱系統	X字形尾舵	蒼龍級
AIP推進系統	史特靈引擎、高效能鋰電池	蒼龍級
聲納系統	整合性聲納系統 艦艏長距離低頻聲納 艦艏高頻截收聲納 艦艏中頻環形被動陣列聲納 側面中/低頻被動陣列聲納 被動測距聲納 低頻拖曳陣列聲納	自行研發 或技協
偵蒐器 與 通信系統	非貫穿式光電潛望鏡桅杆 傳統光學潛望鏡 電子戰支援系統 平面搜索雷達 戰術資料通訊系統 LINK戰術資料鏈傳系統	蒼龍級
戰鬥系統	中科院迅聯專案	自行研發 或技協
武器系統	533釐米發射管6具、自動裝填系統	天蠟星級
搭載武器	線導魚雷、攻船飛彈、水雷、魚雷反制誘標	214型

資料來源：筆者參考軍事期刊雜誌、網路資料後彙整。

13

〈中國購蘇35和拉達級 是一種戰略援助〉，《鳳凰網》，2013年3月17日，<http://news.ifeng.com/mil/forum/detail_2013_03/17/23192031_0.shtml?_from_ralated>（檢索日期：2014年12月11日）。

14

中國船舶信息中心編，《現代海軍武器裝備手冊》（北京：國防工業出版社，2001年8月），頁234-236

15

曹宏、張惠民，《世界軍武發展史》（臺北：世潮出版有限公司，2005年3月），頁190-194。

16

應天行，〈中俄簽署蘇-35戰機與拉達級潛艦軍售協議的戰略意涵〉，《臺北論壇》，2014年3月25日，<http://140.119.184.164/taipeiforum/view_pdf/66.pdf>（檢索日期：2014年12月15日）。

17

李國興、徐曉明，《現代潛艦技術及發展》（哈爾濱：哈爾濱工程大學出版社，1999年11月），頁55。

18

中國船舶信息中心編，《現代海軍武器裝備手冊》（北京：國防工業出版社，2001年8月），頁317-320。

19

申洋，〈德國214型潛艦 電戰強穩匿佳〉，《青年日報》，2007年4月16日，第6版，<http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/eb0497.htm>（檢索日期：2015年1月14日）。

20

〈德軍方將U214潛艇技術轉讓給中國〉，《海外網》，2013年4月24日，<http://opinion.haiwainet.cn/BI65/n/2013/0424/c345416-18529452.html>（檢索日期：2015年1月16日）。

21

李國興、徐曉明，《現代潛艦技術及發展》（哈爾濱：哈爾濱工程大學出版社，1999年11月），頁142。

22

汪玉、姚耀中，《世界海軍艦艇》（北京：國防工業出版社，2006年10月），頁257。

23

安東尼.普雷斯頓(Antony Preston)著，李加運譯，《潛艦-深海幽靈的過去與未來》（臺北：飛鴻國際行銷股份有限公司，2007年6月），頁234。

24

申洋，〈德國214型潛艦 電戰強穩匿佳〉，《青年日報》，2007年4月16日，第6版，<http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/eb0497.htm>（檢索日期：2015年1月14日）。

25

汪玉、姚耀中，《世界海軍艦艇》（北京：國防工業出版社，2006年10月），頁364-369。

26

汪玉、姚耀中，《世界海軍艦艇》（北京：國防工業出版社，2006年10月），頁472-480。

27

李杰，《稱霸世界的船艦武器》（臺北：專業文化出版社，2004年6月），頁45-48。

28

安東尼.普雷斯頓(Antony Preston)著，李加運譯，《潛艦-深海幽靈的過去與未來》（臺北：飛鴻國際行銷股份有限公司，2007年6月），頁132-135。

29

中國船舶信息中心編，《現代海軍武器裝備手冊》（北京：國防工業出版社，2001年8月），頁399。

30

曹宏、張惠民，《世界軍武發展史》（臺北：世潮出版有限公司，2005年3月），頁154。

31

李豫明，〈處於十字路口及關鍵時刻之潛艦案〉，《海軍學術雙月刊》，第43卷第3期，2009年6月，頁55。

32

〈臺灣潛艦購案 採西班牙製〉，《大紀元》，2005年8月24日，<http://au.epochtimes.com/gb/5/8/25/n1029722.htm>（檢索日期：2015年1月25日）。

33

中國船舶信息中心編，《現代海軍武器裝備手冊》（北京：國防工業出版社，2001年8月），頁458-460。

34

雲陽，〈水下殺手蒼龍級潛艦〉，《青年日報網》，2014年8月11日，<http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/m1030902-b.htm>（檢索日期：2015年2月17日）。

35

〈美國擬售臺214級潛艇可在水下連續航行3星期〉，《你好臺灣網》，2009年12月22日，<http://www.hellotw.com/gfxgx/mtjl/200912/t20091222_523573.htm>（檢索日期：2015年2月16日）。

36

雲陽，〈水下殺手蒼龍級潛艦〉，《青年日報》，2014年8月11日，<http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/m1030902-b.htm>（檢索日期：2015年2月17日）。

37

弗雷德.希爾(Freed Hill)著，西風譯，《海上決戰-中國海軍PK日本海軍》（臺北：全球防務出版公司，2012年10月），頁142。

38

弗雷德.希爾(Freed Hill)著，西風譯，《海上決戰-中國海軍PK日本海軍》（臺北：全球防務出版公司，2012年10月），頁137-139。

39

李杰，《稱霸世界的船艦武器》（臺北：專業文化出版社，2004年6月），頁248-251。

40

弗雷德.希爾(Freed Hill)著，西風譯，《海上決戰-中國海軍PK日本海軍》（臺北：全球防務出版公司，2012年10月），頁211。

41

馬煥棟，〈日本「蒼龍級」AIP潛艦服役之研析〉，《海軍學術雙月刊》，第44卷第4期，2010年8月，頁74-81。

42

〈自製艦艇 海軍擬提新願景〉，《中央通訊社》，2014年9月22日，<https://tw.news.yahoo.com/%E8%87%AA%E8%A3%BD%E8%89%A6%E8%89%87-%E6%B5%B7%E8%BB%8D%E6%93%AC%E6%8F%90%E6%96%B0%E9%A1%98%E6%99%AF-113253383.html>（檢索日期：2015年4月19日）。

43

〈潛艦國造經費2000億，設計「上一代」潛艦，下水2028年〉，《東森新聞雲》，2014年5月7日，<http://www.ettoday.net/news/20140507/354463.htm>（檢索日期：2015年1月30日）。

44

誌》，137期， 2010年2月，頁21-24。

陳暉淵、胡嘉聖，《海軍國艦國造政策之研究－第四代政策評估觀點》，第十六屆國防管理學術暨實務研討會與國防軍備管理年會，國防大學管理學院主辦，2008年6月。

蔡潔娃，〈ITIS：臺灣第3季鋼鐵業產值 季增14.3% 年減41.8%〉，《鉅亨網》，2009年11月25日，<http://news.cnyes.com/Content/20091125/KAPEG66Z8VW76.shtml>（檢索日期：2014年11月25日）。

一鳴，〈英、德、法、日潛艦用鋼〉，《艦船知識》，370期， 2011年3月，頁78。

朱明，〈超出預算，茄比級骨董潛艦性能重建叫停〉，《風傳媒》，2015年2月19日，<http://www.storm.mg/article/42278>（檢索日期：2015年2月23日）。

宋玉寧等，《國軍武裝》（臺北：勒巴克顧問有限公司，2007年12月），頁122、137。

朱明，〈海軍古董潛艦改裝鋰電池 增潛航時間〉，《風傳媒》，2014年12月2日，<http://api.nexdoor.stormmediagroup.com/opencms/news/detail/2e12c3ac-79c4-11e4-870c-ef2804cba5a1/?uuid=2e12c3ac-79c4-11e4-870c-ef2804cba5a1>（檢索日期：2015年4月20日）。

朱明，〈海軍古董潛艦改裝鋰電池 增潛航時間〉，《風傳媒》，2014年12月2日，<http://api.nexdoor.stormmediagroup.com/opencms/news/detail/2e12c3ac-79c4-11e4-870c-ef2804cba5a1/?uuid=2e12c3ac-79c4-11e4-870c-ef2804cba5a1>（檢索日期：2015年4月20日）。

52

陳彥豪等，〈國造小型潛艦之策略建議〉，《科技發展政策報導》，2005年10月），頁1121-1142。

參考資料

- 國防部，《中華民國102年四年期國防總檢討》，（臺北：國防部，2013年3月）。
- 王志鵬，《臺灣水下艦隊之路》（臺北：全球防衛雜誌社，2008年6月）。
- 中國船舶信息中心編，《現代海軍武器裝備手冊》（北京：國防工業出版社，2001年8月）。
- 弗雷德.希爾(Freed Hill)著，西風譯，《海上決戰-中國海軍PK日本海軍》（臺北：全球防務出版公司，2012年10月）。
- 安東尼.普雷斯頓(Antony Preston)著，李加運譯，《潛艦-深海幽靈的過去與未來》（臺北：飛鴻國際行銷股份有限公司，2007年6月）。
- 李國興、徐曉明，《現代潛艦技術及發展》（哈爾濱：哈爾濱工程大學出版社），1999年11月。
- 宋玉寧等，《國軍武裝》（臺北：勒巴克顧問有限公司，2007年12月）。
- 汪玉、姚耀中，《世界海軍艦艇》（北京：國防工業出版社，2006年10月）。
- 曹宏、張惠民，《世界軍武發展史》（臺北：世潮出版有限公司，2005年3月）。
- 崔長琦、吳鳳鳴、楊衛民，《擠身三尺密艙-潛艦》（太原：山西科學技術出版社出版，2003年1月）。
- 廖文中、王世科，《藍海水下戰略》（臺北：全球防衛雜誌社，2006年3月）。
- 一鳴，〈英、德、法、日潛艦用鋼〉，370期，《艦船知識》，2011年3月。
- 王志鵬，〈臺灣應下定決心於國內建造近海型潛艦〉，《亞太防務雜誌》，137期，2010年2月。
- 毛正氣，〈臺灣周邊海域與反潛作戰〉，《國防大學96年度國防事務學術專案研討會論文集》。
- 李豫明，〈處於十字路口及關鍵時刻之潛艦案〉，《海軍學術雙月刊》，第43卷第3期，2009年6月。
- 余世偉，〈潛艦淺水區作戰之探討〉，《海軍學術雙月刊》，第44卷第4期，2010年8月。
- 馬煥棟，〈日本「蒼龍級」AIP潛艦服役之研析〉，《海軍學術雙月刊》，第44卷第4期，2010年8月。
- 馬煥棟，〈柴電潛艦戰力發展〉《海軍學術雙月刊》，第48卷第6期，2014年12月。
- 陳彥豪等，〈國造小型潛艦之策略建議〉，《科技發展政策報導》，2005年10月。
- 陳暉淵、胡嘉聖，《海軍國艦國造政策之研究－第四代政策評估觀點》，第十六屆國防管理學術暨實務研討會與國防軍備管理年會，國防大學管理學院主辦，2008 年6月。
- 朱明，〈超出預算，茄比級骨董潛艦性能重建叫停〉，《風傳媒》，2015年2月19日，http://www.storm.mg/article/42278。
- 朱明，〈海軍古董潛艦改裝鋰電池 增潛航時間〉，《風傳媒》，2014年12月2日，http://api.nexdoor.stormmediagroup.com/opencms/news/detail/2e12c3ac-79c4-11e4-870c-ef2804cba5a1/?uuid=2e12c3ac-79c4-11e4-870c-ef2804cba5a1
- 應天行，〈中俄簽署蘇-35戰機與拉達級潛艦軍售協議的戰略意涵〉，《臺北論壇》，2014年3月25日，http://140.119.184.164/taipeiforum/view_pdf/66.pdf。
- 〈自製艦艇 海軍擬提新願景〉，《中央通訊社》，2014年9月22日，

http s://tw.news.yahoo.com/%E8%87%AA%E8%A3%BD%E8%89%A6%E8%89%87-%E6%B5%B7%E8%BB%8D%E6%93%AC%E6%8F%90%E6%96%B0%E9%A1%98%E6%99%AF-113253383.html。

〈潛艦國造經費2000億，設計「上一代」潛艦，下水2028年〉，《東森新聞雲》，2014年5月7日，http://www.ettoday.net/news/20140507/354463.htm。

蔡潔娃，〈ITIS：臺灣第3季鋼鐵業產值 季增14.3% 年減41.8%〉，《鉅亨網》，2009年11月25日http://news.cnyes.com/Content/20091125/KAPEG66Z8VW76.shtml。

〈中國購蘇35和拉達級 是一種戰略援助〉，《鳳凰網》，2013年3月17日，http://news.ifeng.com/mil/forum/detail_2013_03/17/23192031_0.shtml?_from_ralated。

申洋，〈德國214型潛艦 電戰強穩匿佳〉，《青年日報》，2007年4月16日，第6版，http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/eb0497.htm。

〈德軍方將U214潛艇技術轉讓給中國〉，《海外網》，2013年4月24日，http://opinion.haiwainet.cn/BI65/n/2013/0424/c345416-18529452.html。

〈美國擬售臺214級潛艇可在水下連續航行3星期〉，《你好臺灣網》，2009年12月22日，http://www.hellotw.com/gfxgx/mtjl/200912/t20091222_523573.htm。

〈臺灣潛艦購案 採西班牙製〉，《大紀元》，2005年8月24日，http://au.epochtimes.com/gb/5/8/25/n1029722.htm。

雲陽，〈水下殺手蒼龍級潛艦〉，《青年日報》，2014年8月11日，http://www.youth.com.tw/db/epaper/es001004/m1030902-b.htm。

〈海洋之型態〉，《海洋學教材》http://w3.oc.ntu.edu.tw/chap2/chap2.htm。

吳朝榮，〈洋流〉，《科技部高瞻自然科學教學資源平臺》，http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=30806。

〈淺析潛艇AIP技術，僅中國瑞典自主研製〉，《軍事頭條》，2014年12月2日，http://www.milnews.com/2014/1202/6285.shtml。

〈常規潛艇的“芯動力”〉，《中國國防資訊網》，2006年4月27日，http://info.cndsi.com/html/20060427/6382114053.html。

〈德國海軍U-212型潛艇〉，《船舶數字博物館》http://bbs.meyet.com/thread-320154-1-1.html。

〈俄海軍677拉達級新型柴電潛艇近日下水〉，《艦船知識網路版》，2004年10月11日，http://www.people.com.cn/BI65/junshi/1079/2909011.html。

〈兵器圖紙：法國“ 魚”級常規潛艇〉，《國際在線》，2010年4月16日，http://big5.cri.cn/gate/big5/gb.cri.cn/27824/2010/04/15/500405s2818867.htm。

〈拉達級潛艇〉，《中國投資諮詢網》，2013年9月17日， http://big5.ocn.com.cn/baike/201309/chuang171655.shtml。

許建文，〈適合台灣整體防衛作戰之潛艦決策評選〉，發表於清華大學第十八屆決策分析研討會，2015年1月18日，https://dalab.ie.nthu.edu.tw/dalab_old/Symposium/da15/B1-4.pdf。

〈德國214型潛艇〉，《台灣WORD網》，http://www.twword.com/wiki/%E5%BE%B7%E5%9C%8B214%E5%9E%8B%E6%BD%9B%E8%89%87。

〈阿穆爾系列/拉達級傳統動力攻擊潛艦〉，《MDC軍武狂人夢》，http://www.mdc.idv.tw/mdc/navy/russia/armu.htm。

〈天蠟星級潛艦〉，《軍武狂人夢》，http://www.mdc.idv.tw/mdc/。

〈印度防長今訪日 擬買蒼龍級潛艦〉，《自由時報網》，2015年3月30日，http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/867260。

026

我國潛艦國造構型探討－由國際現役潛艦分析 027