

行政院國家科學委員會補助整合型專題研究計畫期中進度報告

潛艦關鍵技術之基礎研究－總計畫(2/3)

計劃編號：NSC 92-2611-E-002-018

主持人：李雅榮 (國立台灣大學工程科學及海洋工程學系)

研究人員:李岳霖、許家豪

摘要

潛艦對台灣而言是不可或缺之海中工具，亦是國人長期以來極欲獲得之武器。唯潛艦系統較水面船艦複雜許多，所涉及之科技層次亦較高，需有高科技之基礎及統合能力始能開發出高性能潛艦，世界上亦僅美、蘇、德、日、荷等先進國家具有這方面的能力。國內雖有造船工業基礎，也已建造出不少水面船艦，近年來亦積極從事水下技術之開發，並配合中科院從事潛體運動性能之研究，但對潛艦之研發，由於人力與基礎研究均不足，至目前為止尚無具體結果，但以台灣之現況，對潛艦之需求確實極為迫切。針對於此，本計畫乃結合國內學術界，採分工合作之方式進行潛艦先期研究開發工作，以台大工程科學及海洋工程系之現有基礎為基準，整合相關之人力及專長，對各專題進行關鍵技術之研發，並培育相關人才，以奠定國內自行發展高性能潛艦之基礎，並促使參與人員在相關研究領域上均有學術上之突破，達成國科會整合型專題研究計畫之目標。

在考量執行單位現有資源與能力下，將整個研究計畫分為四部分來執行，分別針對高性能潛艦的結構、阻力推進、操縱控制及匿蹤系統等四個較重要領域之關鍵性技術進行研發，並進行各專長領域之整合，期能藉此計畫之執行，深度探討此一長久未被開發之領域。

關鍵字：潛艦、整合

Abstract

It is well known that the economic development of Taiwan strongly depends on the import-export trade. Our country has to keep the naval powers strong enough to protect the harbors and routes of merchant vessels. In addition, the seabed has become of ever-increasing in a world where the reserves of the non-renewable natural resources are diminishing on the earth's land areas. The need for the economical exploitation of the resources of the seafloor has led to the expansion of offshore exploration. Submarines and submersibles are the best systems to perform underwater task in the field of surveying, inspection, repair, salvage and military. Each submarine should be design to operate in the sea environment safely and satisfactorily. The systems of submarine are much more complex than those of surface vessel. In the world, only few countries, not including Taiwan, have the capacity to design and build submarines. Up to now, Taiwan Government still can not purchase submarines from other countries. Therefore, developing the key technologies of high performance submarines by ourselves is a very important and necessary task. However, the research team and fundamental research of submarines are not well established in Taiwan. The main goal of this project is to combine all the research groups related to the naval

architecture in Taiwan to study the early stages of the key technologies of submarines. The study results of this project are used to establish the capacity of submarine design. This project is divided into four groups that included the following: (1) Structure technologies (2) Resistance and propulsion technologies (3) Maneuverability and control technologies (4) Masking technologies

Keywords: Submarine, Integrated

一、計畫架構

本計畫將整個研究計畫分為四大分項共十個子計畫來執行，分別針對高性能潛艦的結構、阻力推進、操縱控制及匿蹤系統等四個較重要領域之關鍵性技術進行研發。此四個分項計畫主持人如圖 1 所示：

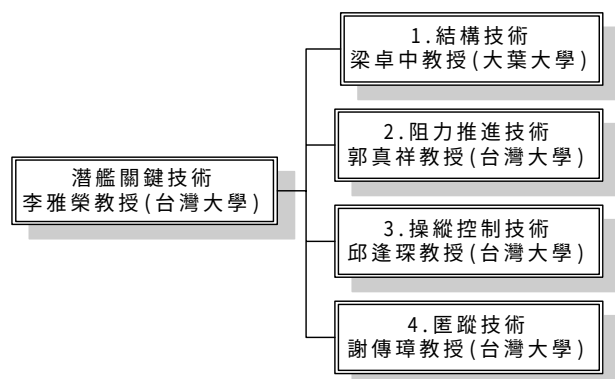


圖 1 分項領域架構圖

總計畫執行資料協調與整合工作，各領域間之分析資料及結果討論亦密切相關，其關係如圖 2 所示。

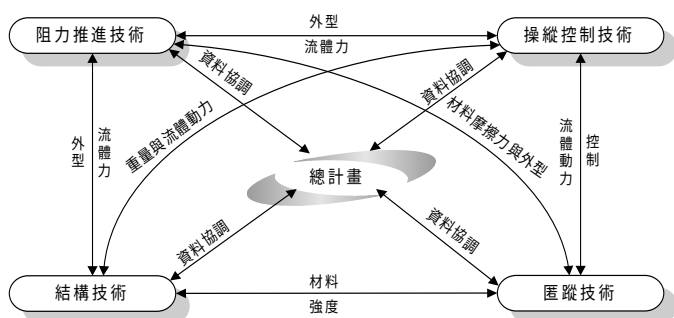


圖 2 總計畫與各分項領域關係圖

二、計畫執行概況

本年度研究計畫（第二年度）自民國 92 年 8 月 1 日開始執行，定期邀集所有子計畫執行人員舉行大型成果研討（三個月一次），至目前為止共有四次，分別在 92 年 10 月 18 日星期六、92 年 12 月 27 日星期六、93 年 3 月 23 日星期二以及 93 年 5 月 21 日星期四。此研討會之目的在控制計畫進度，進行資料交換與協調，並藉著討論以收集思廣益之效。除此之外也舉行多次跨領域小型會議，並於各次會議邀請聯合船舶設計發展中心人員參與研討，充分發揮總計畫之整合協調功能。

本年度計畫預定採購研究設備中較為昂貴的「水聲定位系統」經上網公告招標，已在五月底完成結標。另外採購的伺服器 HP ProLiant ML310 也已經完成架設，提供所有子計畫間的資料互通與交流。

總計畫蒐集的德國 HDW 船廠所製 209-1400 型潛艦為目標潛艦，各領域、各子計畫皆以此作為對象進行分析。其一般佈置圖如圖 3 所示。

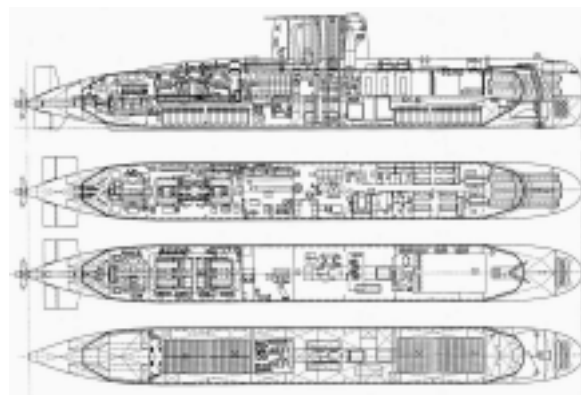


圖 3 德國 209-1400 型潛艦一般佈置圖

三、各子計畫執行成果簡述

茲將各子計畫目前研究成果簡述如下。
結構技術領域的三個子計畫列如圖 4。

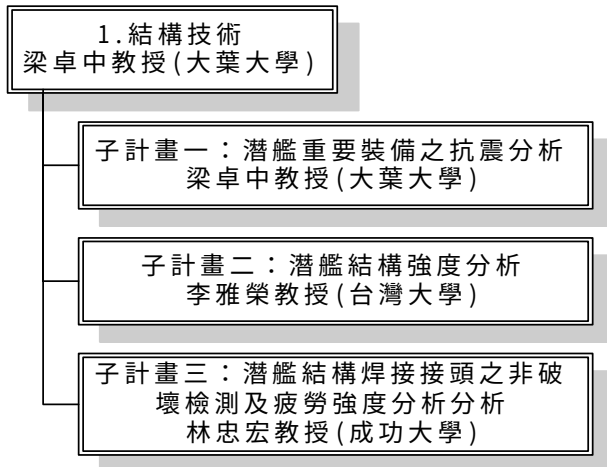


圖 4 結構技術領域架構圖

子計畫一本年度重點在於潛艦上重要裝備抗震分析與評估工具之建立與驗證。首先延續第一年之「水下爆震分析負荷」，對文獻三個實例以 MSC/Dytran 進行數值計算的驗證，結果與實驗值吻合。接著裝備抗震分析，以反應譜分析法結合有限單元法，將連續之結構離散為具有 N 個自由度之數學模型後，再由爆震設計值計算等效靜態力，最後將各模態計算所得之結果以 NRL 疊加法(Naval Research Laboratory Summation, NRL)進行疊加，以計算系統之總反應。最後選擇適當之破壞準則，並驗核分析結果是否滿足要求。圖 5 即為一個 5000 磅裝置於潛艦甲板上的裝備，承受垂向爆震負荷時的應力分析。

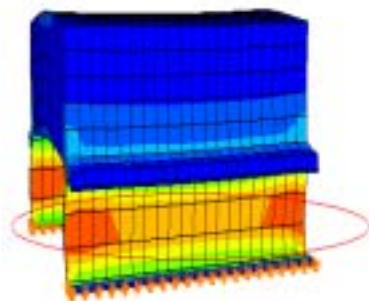


圖 5 裝備受垂向爆震負荷應力分析

子計畫二本年度重點為壓力殼受爆震負荷下之振動反應及破壞行為，並另外探討潛

艦整體結構碰撞、壓潰等分析。首先利用子計畫一第一年的成果：水中爆震負荷分析，作為設計爆震負荷，分析壓力殼在此負荷下之破壞行為，進而自行發展出理論解法，作為簡便的外力設定模式。然後以 ABAQUS 進行 USA(Underwater Shock Analysis)流固耦合分析，求解壓力殼受爆震負荷下的反應(圖 6)，最後採用顯性(Explicit)時間積分進行不同撞擊條件下潛艦整體結構與海床碰撞坐底分析(圖 7)。

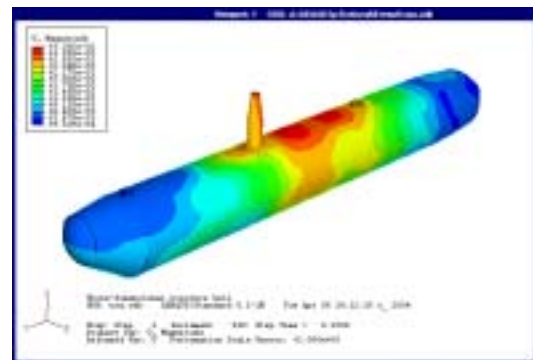


圖 6 壓力殼爆震負荷下之變形量圖

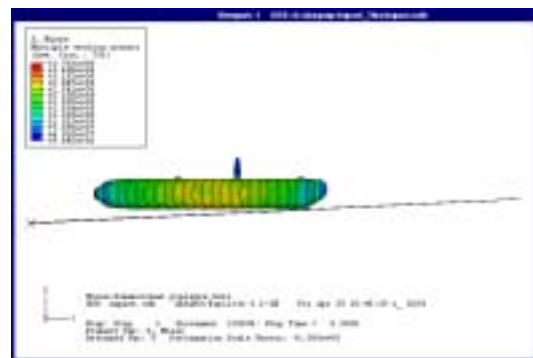


圖 7 潛艦與海床碰撞分析

子計畫三本年度重點為非破壞檢測，目標在增加斜向裂縫的自動量測能力，並提高形狀複雜裂縫之量測精度。圖 8 為實驗過程。得到結論如下：1.表面波探頭可在大面積平板中快速確認裂縫位置。2.表面波探頭於量測斜向裂縫中之量測範圍與斜束探頭相等但時間縮短(1 hr v.s. 3 min)。3.表面波探頭對於非規則型人工缺陷表面走向之識別能力優於斜束探頭。4.表面波探頭搭配斜束探頭於深度量測中有助於端點的確認。5.真實裂縫不一定產生尖端繞射回波。



圖 8 超音波裂縫尺寸自動檢測
阻力推進技術領域三個子計畫如圖 9。

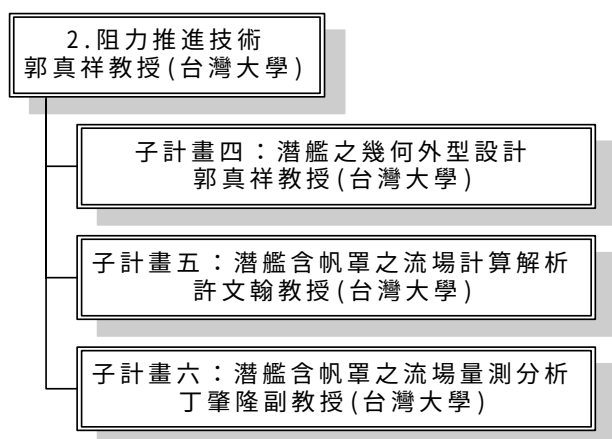


圖 9 阻力推進技術領域架構圖

子計畫四本年度重點在於：1. 帆罩接面渦漩之計算與分析。2. 潛艦裸船殼之斜航。已完成：1. 帆罩與潛艦外殼接面渦旋消減機制之探討(圖 10)。2. 裸船殼斜航之 Pitching 計算(圖 11)。Yawing 之計算與含附屬物潛艦之 Pitching 與 Yawing 計算即將完成。

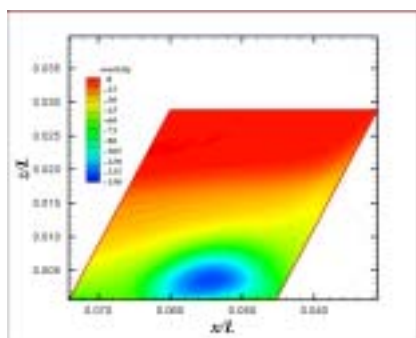
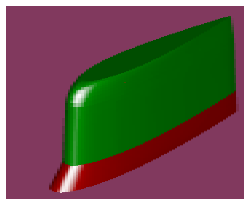


圖 10 帆罩加裝 60 度斜坡時之渦度計算

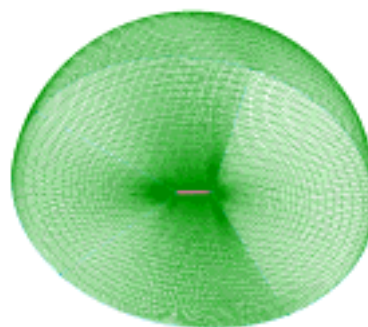


圖 11 裸船殼斜航之 pitching 計算網格

子計畫五本年度目標為發展一套程式集作為分析具複雜外形潛艦流場之網格程式。結論如下：1. 透過 CFD 的科學計算，可以了解潛艦外流場分佈之細部結構，這可作為潛艦設計流程中的重要參考數據庫。2. 充分整合 CAD 與 CAE 的分析工具，建立本土潛艦數值風洞的原型平台。圖 12 為 ICEM 產生用於外流場計算網格。圖 13 為螺槳作動中之流線計算。

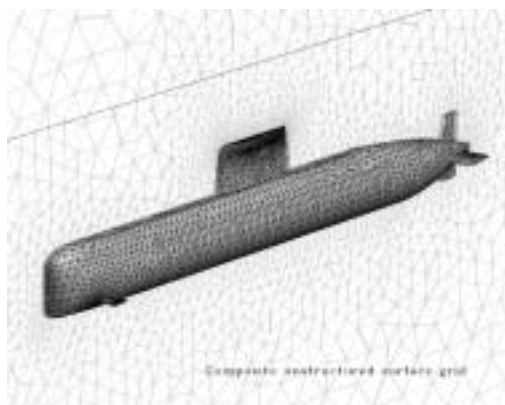


圖 12 潛艦外流場計算網格



圖 13 螺槳流線計算

子計畫六本年度目標在利用粒子影像流速儀(P.I.V.)量測圓柱與平板交接處所產生之接面渦漩流場。以 P.I.V.系統可高速拍攝流經圓柱附近之流體粒子影像，經自撰之程式可比對相鄰圖像粒子以定出流速向量(圖 14)。實驗得到以下結論：1. 由本實驗分析發現

Horseshoe vortices system 之尺寸大小與本實驗的雷諾數範圍無相依性。2.由影像上發現主渦會有不規則之震盪現象存在，從抓取之速度向量圖上也可看出主渦心位置有震盪變動之行為。3.由 Horseshoe vortices system 的速度向量分佈圖，可以發現在接近底床處有均較高的流速存在，研判斷可能由於逆流處之斷面縮小所導致，在實驗上可得到大約速度趨勢大小。

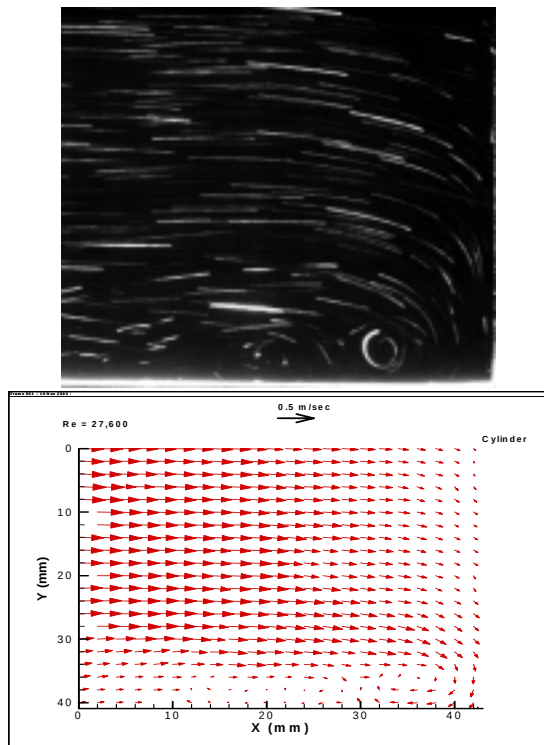


圖 14 圓柱前 Horseshoe vortex 量測
操縱控制技術有二個子計畫，如圖 15。

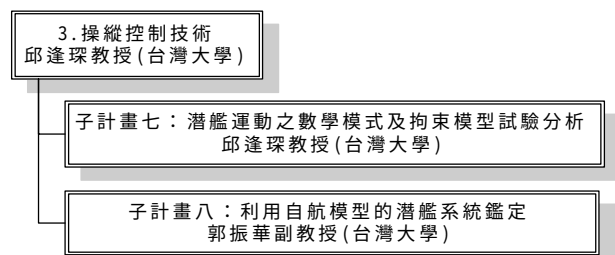


圖 15 操縱控制技術領域架構圖

子計畫七本年度目標在進行螺槳驅動系統改裝，量測螺槳有、無作動下之流體動力係數。其中螺槳驅動系統改裝、螺槳驅動馬力與轉速估算、驅動馬達規格設定都已完成。拘束模型製作如圖 16~17 所示。



圖 16 前、中段 FRP 外殼積層



圖 17 後段骨架與外殼製作

子計畫八本年度已著手製作潛艦自航船模(如圖 18)，由總計畫採購的水聲定位系統(圖 19)可用於追蹤自航模型水下之三維位置，對子計畫八有直接幫助。在流體動力係數方面，已建立非線性估測器為主之估測架構，並完成此架構參數收斂性之分析及模擬測試。從模擬結果中可以得知，利用最佳控制與非線性估測器建立的最佳輸入訊號演算法可以讓參數的估測誤差降低，提昇系統鑑定的準確度。目前正進行把最佳輸入應用到潛艦自航模型實驗。重點在運算速度是否足夠快(<0.35s)。將嘗試用較快的數值方法，解決運算速度的問題。

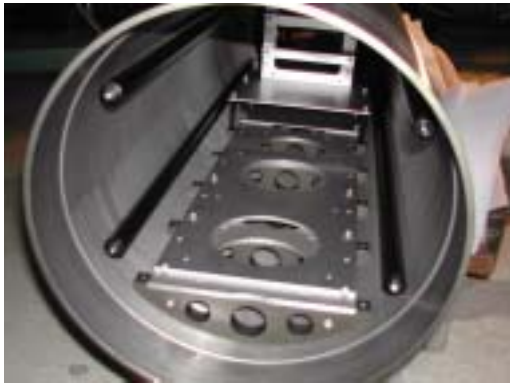


圖 18 防水壓容器



圖 19 水聲定位系統

匿蹤技術領域的二個子計畫如圖 20。

4. 匿蹤技術
謝傳璋教授(台灣大學)

子計畫九：潛艦覆蓋材水中吸音特性理論分析
王昭男教授(台灣大學)

子計畫十：潛艦覆蓋材水中吸音特性之試驗
謝傳璋教授(台灣大學)

圖 20 匿蹤技術領域架構圖

子計畫九本年度增加推導動力滲透率(Permeability)對水下多孔材料吸音率的影響，進而以發展之理論模擬潛艦的實際情況，將在艦艇外殼鋼板與內壓力殼之間的肋骨支撐的情況考慮進來(圖 21)。所進行的分析可改善多孔材料與海中環境的吸音率，目前子計畫九對吸音材料的選用，斜向入射的吸音、隔音分析、甚至肋骨的等效勁度都已有相當成果。

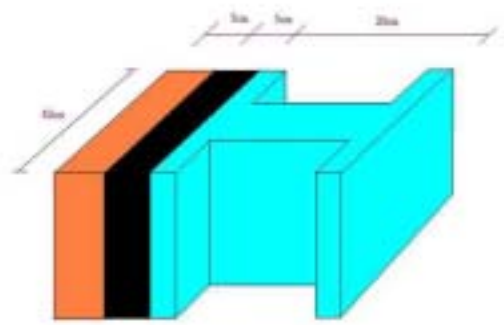


圖 21 多孔材附於潛艦上之模型

子計畫十本年度工作為：1.於駐波管(圖 22)內，測量水壓(水溫)對水下吸音材料吸音係數之影響。得知溫度變化在 10 度內，水中聲速增加，對反射係數之變化沒有顯著的影響。2.自由液面之反射係數量測。3.線性彈簧之吸音材阻抗模式之建立。

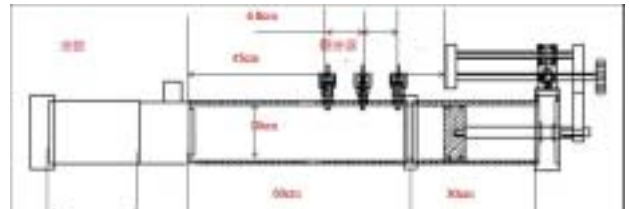


圖 22 加長型駐波管設計圖

四、結語

潛艦關鍵技術之研究為潛艦自製之基礎，而潛艦自製能力為台灣國防工業自主之指標。本計畫有賴所有研究人員的投入，迄今已完成預期進度之 90%以上，計畫第二年度成果至為豐碩，除了將來可提供業界應用外，並立下國內大規模潛艦研究的先端，作為潛艦國造政策之後盾。目前除了以台大工程科學及海洋工程學系為主的研究團隊外，也包含成功大學、大葉大學的研究人員，未來當研究進行至成熟階段，海洋大學、聯合船舶設計發展中心、中國造船公司等相關單位亦將進入團隊中參與更多的細部研發。

本計畫第三年度仍依既定研究計畫進度進行。由於儀器購置、設定，模型製作等都已完成，第三年度將有會更充實的成果呈現。