



# 自駕船研析之回顧與展望

國家中山科學研究院航空研究所 / 黃至德  
國防大學電機電子工程學系 / 楊家宏  
海軍中校 / 王天佑

關鍵字：自駕船、自動駕駛船舶 (Autonomous Surface Vehicle, ASV)、無人船、無人水面載具 (Unmanned Surface Vehicle, USV)

## 摘要

自駕船又稱為無人船或是無人水面載具，是一種可長時間在海面上獨立執行任務的水面載具，並具備在海浪中位置控制、自動化海域測量、導航追蹤、數據無線傳送、彈性配掛不同感測器或測量儀器等功能。自駕船應用領域廣，擴及國防以及民生應用，且自駕船可降低人力相關的營運成本與提高人員安全，因此成為海洋產業重要的發展趨勢之一。本文將對自駕船的定義、產業現況、應用做回顧，並針對自駕船用於水文調查或巡防等應用之技術做研析與探討。

## 一、前言

自駕船應用領域廣，擴及國防以及民生應用，且自駕船可降低人力相關的營運成本

與提高人員安全，因此自駕船成為海洋產業重要的發展趨勢之一。英國勞氏驗船協會依船舶自動駕駛程度分級，目前一般商船多為AL1等級，具備輔助駕駛之循跡自航功能，但距AL6等級之完全自動化駕駛仍有一段距離。

## 二、自駕船簡介

自駕船全名為自動駕駛船舶 (Autonomous Surface Vehicle, ASV)，又可譯為自主式船舶或自主航行船舶，國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 的海事安全委員會已為自駕船的管理法規界定了範圍與重點討論項目，並為自駕船定名為海上自動駕駛船舶 (Maritime Autonomous Surface Ship, MASS)，並研擬及討論各種自駕程度下之人因、安全、船港互動、引水與



災難防護等議題項目。[1]

由於擁有高度自動駕駛程度的自駕船不再需要人類駕駛協助，因此自駕船又可稱呼為無人船或無人水面載具（Unmanned Surface Vehicle, USV），此名稱是相較於無人水下載具（Unmanned Underwater Vehicles, UUV）、無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicles, UAV）與無人陸地載具（Unmanned Ground Vehicles, UGV），由國際海事組織分類命名[1]。

英國勞氏驗結協會（Lloyd's Register of Shipping, LR）發布了船舶自動駕駛程度（Accessibility Level, AL），為自駕程度分級，分級由AL0至AL6，AL0表示完全無自動駕駛功能，而從等級AL1以上之船舶擁有循跡自航、遙控自航等不同程度的自動駕駛功能，至AL6表示船舶駕駛完全自動化，各級意義詳如表1 [2, 3]。

據訪談與調查了解，目前小型船多屬於AL0手動駕駛等級，無任何輔助駕駛或自動駕駛功能，而目前一般商船則多已達到AL1循跡自航等級，由船上操作人員定出航跡或船速命令後，系統可輔助駕駛，依命令航行。

### 三、自駕船產業現況與應用

根據市場研調機構MarketsandMarkets統計，全球無人水面載具的市場規模在2018年達到5億3400萬美元，並以13.8%年複合成長率持續擴大，該市場研調機構並預測至2023年全球無人水面載具的市場規模將達到10億

表 1 船舶自動駕駛程度 [2, 3]

自駕等級		說明
AL0	手動駕駛	由船上駕駛人員完全掌控操船。
AL1	循跡自航	船上操作人員定出航跡或船速命令後，系統依命令操船航行。
AL2	遙控自航	岸上或船上操作人員決定一個或數個目的地後，系統做出航跡命令並循跡自航。
AL3	人員優先	系統做出操船決策，所有決策經岸上或船上操作人員同意後執行。
AL4	程式優先	系統依操作人員之命令做出操船決策後執行，操作人員在岸上或船上隨時監控，並在必要時可進行干預。
AL5	高度自動化駕駛	系統自行做出操船決策並執行，操作人員在岸上或船上監控系統的運作，並在認為有必要時進行干預。
AL6	完全自動化駕駛	系統做出操船決策並執行，無需人類駕駛存在。

2000萬美元，市場成長的主要原因在於海洋資料和圖資的必要性擴大、海洋安全以及不對稱性威脅等。[4]

自駕船應用領域擴及國防以及民用產業，若以民用自駕船應用而言，自駕船可大幅降低人力需求與人員住艙設置成本，尤其在各先進國家航海業航員逐年減少之下，採用自駕船不僅可解決這個問題，同時降低船公司的營運成本。另外自駕船的無人特性，適合執行高風險任務，例如前往危險海域執行任務或於不適航之惡劣氣候與海象下執行任務，大大提高人員的安全。在降低營運成本與提高人員安全兩大優勢下，自駕船成為海洋產業重要的發展趨勢之一。



在國防相關之應用，自駕船可用於資訊蒐集、監視、偵察、掃雷與佈雷、海上安全以及增加對潛水艇的防衛、電子戰、特殊作戰部隊、海上阻止行動支援、協助海上標的設定以及消防任務等方面。

在民間相關之應用，自駕船可用於海洋資料收集、石油與天然氣等天然資源探勘、海洋與河川測量、環境監測、海底製圖、水路調查、海洋打撈、消除殘骸與海洋清掃等方面。

由於自駕船應用領域擴，各國已出現各種自駕船之研究計畫、雛型開發與設立試驗場域等。統整軍民適用相關之市場公開資訊與案例分享，如圖1所示，大致可將自駕船之應用分為六類，分別為公務巡航、水文調查、遠洋運輸、港區貨物接駁、港區清潔與觀光。

#### 四、國內民用自駕船發展現況

目前國內自駕船在水文調查之應用已有



圖 1 自駕船舶應用情境

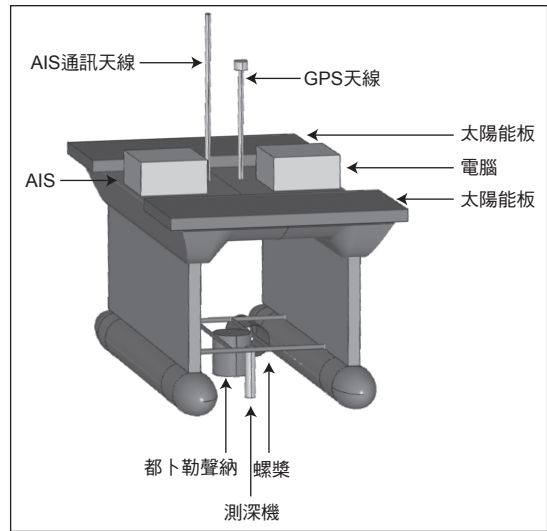


圖 2 交通部運輸研究所執行之智慧型航行與監測系統 - 自主式無人船舶之船體形狀與硬體配置示意 [5]

數筆案例，以交通部運輸研究所執行之「智慧型航行與監測系統」為例[5]，如圖2所示，該計畫利用自駕船遙測技術進行近岸及海岸帶之整合應用研究，包括臺灣周邊海域及島嶼遙測影像資料重整等。

該計畫內容包含建立自主式無人船舶在淺海區域之導航定位、路徑追隨自動控制以及路徑規劃等功能。

該無人船可攜帶多種量測儀器，自動施行港口之水深、水流剖面等資料蒐集與測量等工作。控制命令與量測資料可藉由無線電波傳送至岸上之監控電腦。該無人船另配備太陽能電池，此電池可輔助供應電力給船舶上之電腦及感測器。

該計畫最後之研究成果用於提升各港務





系統架構是無人船運轉成功與否的基礎，以鄭和101號之系統架構為例，除船體結構外之子系統架構包括導航系統、視覺系統、水文量測系統、動力系統、能源管理系統和通訊系統，所有的資訊傳送至中央控制系統，由中央控制系統做統合與控制，而岸基工作站則是透過無線通訊與之溝通及聯繫。

將自駕船應用於觀光相關之規劃已在國內成形，將自駕船用於導覽船或接駁船提供遊客搭乘。

由於高雄愛河觀光航線處於封閉與半封閉區域，非常適合作為自駕船試驗場域，因此高雄市輪船公司希望將自駕技術導入愛河的太陽能觀光遊船「愛之船」。

高雄市輪船公司與船舶暨海洋產業研發中心合作，於愛河進行智慧無人駕駛船研發計畫，於高雄愛河水域建立自駕船示範測試場域，並以現有的愛之船為基礎，建立定點自動駕駛模式，而駕駛仍可透過遠端遙控的方式，隨時接手操作之點對點循跡自航之功能驗證。

## 五、自駕船技術解析

為了取代在船舶中的人類駕駛進而達到自駕功能，需要在既有的船舶設計中建立可取代人類頭腦與雙眼的中央決策控制系統以及各種感知系統，而這兩項就是實踐自駕船的挑戰。

中央決策控制系統位於自駕船系統架構中的中心，連結與控制所有子系統，可參考

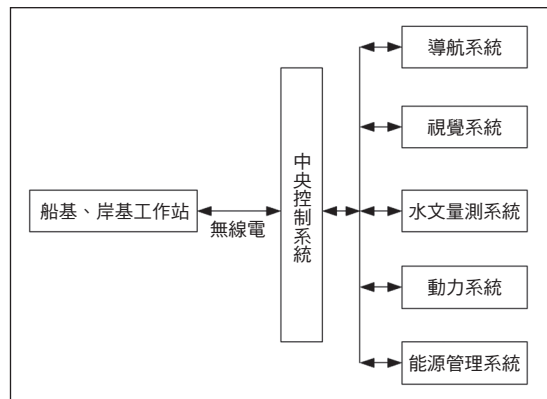


圖5 近海海洋研究調查水面無人載具「鄭和101」之系統架構 [7]

圖5，圖5是一個簡易的自駕工作小船之系統圖。

中央控制系統接收任務後，依任務需求指示船隻到達單一或連續數個定點，並在行駛過程中根據定位與各種感測系統的即時資訊蒐集來修正與控制船舶之航向與推動等。實際行駛在開放式海域時，當感測系統回報船隻靠近障礙物或船隻，則中央控制系統需依照國際海上避碰規則依序修正航向並重新規畫最適航線。

當中央決策控制系統需與岸基工作站聯繫或溝通時，則需透過無線通訊將雙方資訊傳遞。自駕船上各類型的無線通訊可能包含衛星通訊、UHF、VHF與Wi-Fi。300噸以上國際航線或500噸以上國內航線之船舶皆配有AIS自動識別系統，在AIS系統內包含VHF通訊，因此可透過該系統與鄰近船舶、岸台以及衛星等設備交換資料，並可提供港口端的VTS船舶管理系統辨識及定位。





在較簡易的自駕工作小船中，岸基系統主要功能在於掌控小船位置或遠端遙控。由於小船不需考量進出港與停泊的問題，因此岸基系統不需協助小船進出港，但對於真正的無人自動駕駛船舶而言，進出港與停泊是相當重要的課題，未來的港口需具備與自駕船溝通以及協助自駕船進出港的能力，其中的要務將落在掌控港口內外船隻動態的船舶管理系統及岸際雷達上，因此提升為自駕船服務的能力將成為國家中山科學研究院（以下簡稱中科院）在船舶管理系統及岸際雷達未來的研發方向。

目前船隻進出港流程包括預訂進出港時間與取得許可、船席安排、引水與拖船等，其中引水與拖船相當仰賴專業人力執行，若未來全自動化實現，除了港口的船舶管理系統，自駕船本身須具備充足的感測器使自駕船能夠安全的進出港，而不同感測器各有所長與限制，需考量偵測距離、精度、天候與任務需求等因素綜合而選擇多種感測器搭配，例如光學攝影機、聲納、導航雷達、避撞雷達、光達與其他任務所需之感測設備。

實際船舶的推動系統與船體設計與系統整合等在自駕船之船舶設計也非常重要，本章節僅針對自駕船為實踐自動駕駛功能之研析做討論。

## 六、自駕船避撞技術

早期船舶避撞規則乃依據1972年國際海上避撞規則（International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972, COLREGS）[8]，用於行駛船舶發生碰撞危

險時，能及早採取有效的避撞措施，使船舶之間彼此得以安全距離通過[8, 9]。

如圖6所示，船舶航行開闊水域時，依據船舶之間之相對位置可分為追越、迎艏正遇與交叉相遇等三種可能發生船舶碰撞的場景[9]。依據此三種狀況，船舶於航行中可能發生碰撞的四個階段包括自由行動階段、讓路船行動階段、直航船行動階段以及逼近情勢階段[9]。

綜觀以上情況，當自駕船航行於航道上時也必須架設相對應之感測設備。現有船舶防撞系統主要包含船載導航雷達、船載相列雷達、自動雷達測繪輔助裝置（Automatic Radar Plotting Aids, ARPA）、船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）以及船舶交通服務（Vessel Traffic Service, VTS）。全系統除了上述硬體設備外，也會與光學攝影機、聲納或光達相互搭配使用。

### （一）船載導航雷達

雷達具備全天候搜索與追蹤目標的特點，且不受天候影響，當雷達發現目標後，能顯示目標的距離和方位等資訊，提供了導航和避撞的參考依據。一般船載導航雷達分為S頻段（2~4 GHz）與X頻段（8~12 GHz）兩種，如圖7所示，S頻段雷達波長較長，因此解析度低，發射功率高且偵測距離遠，通常用來偵測遠端的大目標；X頻段雷達波長較短，因此解析度高但偵測距離近，通常用來偵測近端的小目標。此兩種雷達通常不具備分辨危險目標之能力，亦不具備與提供主動防撞功能。

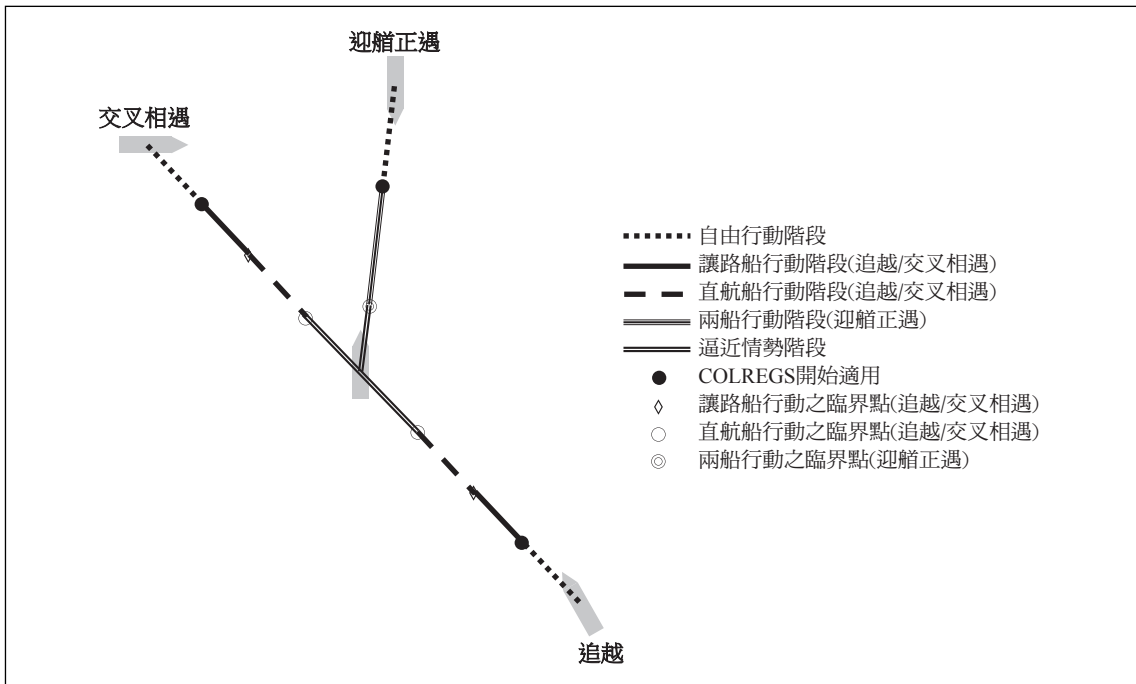


圖 6 碰撞四階段 [9]

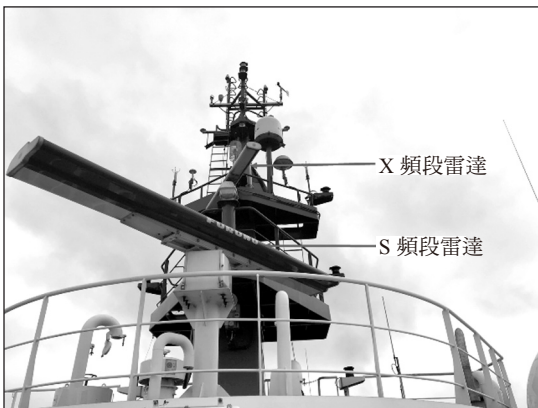


圖 7 S 頻段與 X 頻段雷達 (筆者拍攝於國研院勵進號研究船)

索雷達 (如船載導航雷達) 不同, 相列雷達使用電子波束合成之方式進行快速區域搜索與追蹤, 其雷達更新率為船載導航雷達之上百倍或上千倍。其功能特點為搜索帶追蹤 (Track While Scan, TWS), 可同時偵追船舶周遭 250 個以上目標, 具備主動防碰撞的功能。由於相列雷達造價高昂, 因此幾乎使用在軍用途。如圖 8 所示, 越來越多軍用船艦開始大量使用船載相列雷達進行船艦周遭目標搜索與追蹤之任務。

## (二) 船載相列雷達

船載相列雷達之工作方式與機械旋轉搜

## (三) 自動雷達測繪輔助裝置 (ARPA)

自動雷達測繪輔助裝置 (Automatic Radar Plotting Aids, ARPA) 是一種自動將船載雷達資訊進行測繪的輔助裝置, 裝備



圖 8 船載相列雷達 [10]

這種測繪輔助裝置之雷達通常稱作「避撞雷達」，能以人工或自動方式發現船舶周遭目標，並能自動追蹤顯示目標的航向與航速。此輔助裝置通常可採人工標定20個以上目標，藉由設定雙方最近距離點（Closest Point of Approach, CPA）和到達最近距離點時間（Time to Closest Point of Approach, TCPA）允許界限，當目標的最近距離點或到達最近距離點時間小於設定的界限时，會自動採取報警措施提醒該船駕駛人員避讓。相關標定目標的方位、距離、航向、航速、最近距離點和到達最近距離點時間等各種資訊均顯示在雷達螢幕上。ARPA雷達具備主動式防碰撞的功能，但對操作人員的要求較高，且ARPA雷達價格昂貴無法普及於一般漁船。

#### （四）船舶自動識別系統

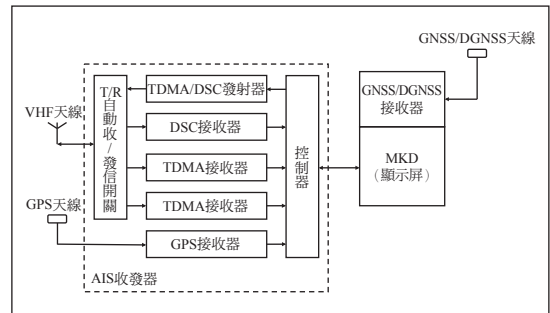


圖 9 AIS 收发系統架構圖 [11]

船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）分為AIS-A與AIS-B兩種系統。其收发系統架構圖如圖9所示。

AIS-A系統功能特點為能自動將船舶的精確動態資訊和靜態資訊發送給基站、岸台





和安裝AIS-A船臺的船舶；對進入設定的雙方最近距離點（CPA）區域內之AIS-A船臺所有船舶都會發出報警；且能發送SOS資訊；並能在AIS岸台重播所有安裝AIS-A船臺船舶的航跡。AIS-A船臺不具備精確分辨危險目標的功能，且對未安裝AIS船臺的船舶不具備發現和跟蹤能力，操作要求高，設備價格較高；AIS-B為簡化AIS-A功能的系統，增加了距離報警功能：對駛入船舶3海浬範圍內安裝AIS船臺的所有船舶實施報警，並在螢幕上閃爍這些目標，設備價格合理並普及於小型船隻。

#### （五）船舶交通服務

船舶交通服務（Vessel Traffic Service, VTS）為一個整合型服務，結合了自動雷達測繪輔助裝置（ARPA）與船舶自動識別系統（AIS），因此在許多大型港口均具備VTS服務，也因此，所服務之對象多為大型船舶而非小型船舶。

### 七、中科院規劃之自駕船系統

中科院規劃之自駕船系統包括了避撞系

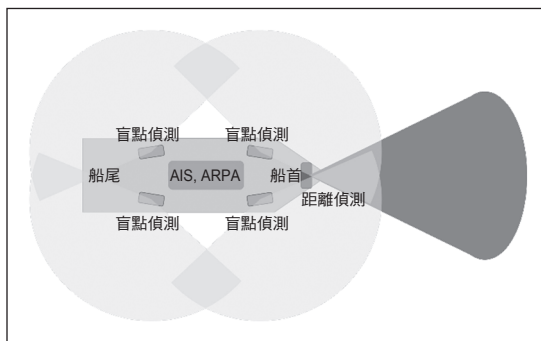


圖 10 中科院規劃自駕船避撞系統圖

統與岸船遠端控制系統介面開發兩大主軸。

#### （一）自駕船避撞系統

中科院規劃之自駕船避撞系統之目的在於提高自駕船航行安全，如圖10所示，其避撞系統包含自駕船前方距離偵測系統、側向盲點偵測系統，並結合自動雷達測繪輔助裝置（ARPA）與船舶自動識別系統（AIS），於船上裝備警示裝置，協助維持安全距離及警示周圍不明物體，進而提升航行安全。

中科院除規劃自駕船避撞系統外，也需規劃相關航道管理系統，該系統可以即時追蹤船隊位置，並對航道偏移以及河道闖入事件做出警示，增加航行安全，進而達到輔助自駕船航行之功能。此航道管理系統包含了雷達系統、光電系統、網路系統與管理系統，全系統從規劃至建置完成可於兩年內完成。

#### （二）岸船遠端控制系統介面開發

中科院與船舶中心、工研院共同合作進行「智慧船身自自主航行應用服務先期技術開發計畫」[12]，目標在於開發、建構我國智慧船舶核心控制系統關鍵技術，並將其推廣於實務應用。透過完成智慧操縱系統之開發，以及通訊、控制系統平台建置，在選定的場域試航無人小船進行實證，並依據驗證過程產生的問題，進行系統平台整合及改良，做為日後將此服務應用於各類船型之基礎。

本計畫分為三個關鍵技術開發項目，分別為船舶中心負責之「船舶智慧操作系統開

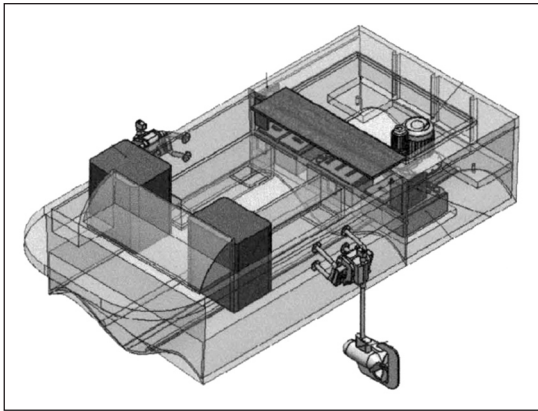


圖 11 測試船舶示意圖 [12]

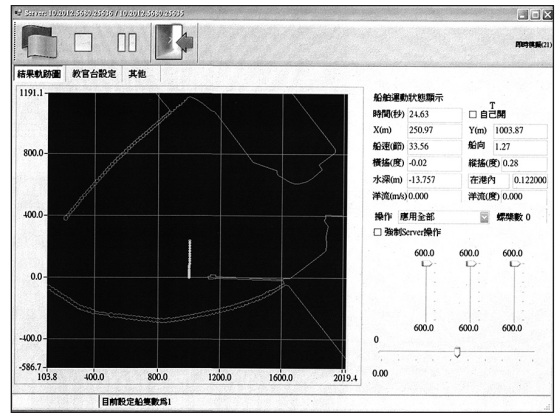


圖 12 船舶操控模擬平台介面 [12]

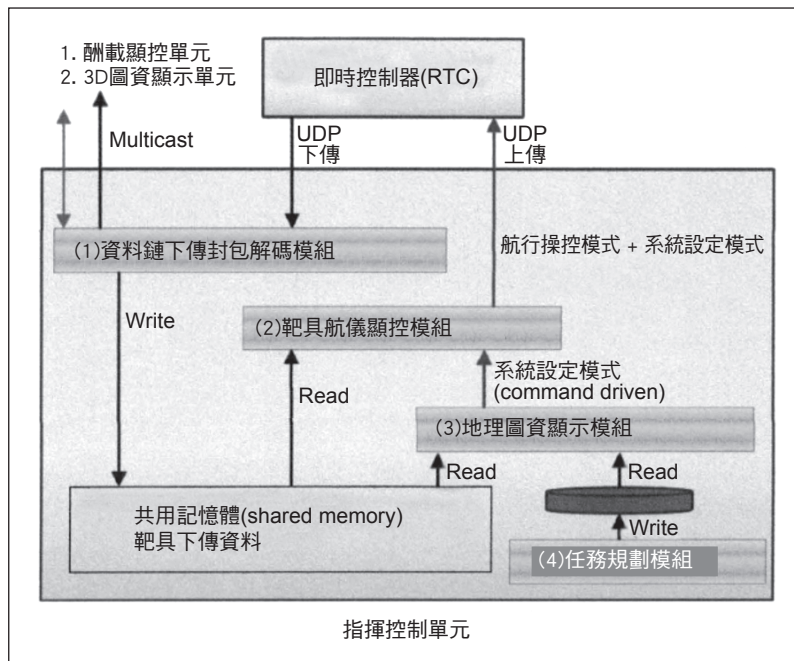


圖 13 載具控制台軟體單元 [12]

發」、工研院負責之「岸船遠端通訊系統開發」與中科院負責之「岸船遠端控制系統介面開發」三部分。相關測試船舶與操作控制介面如圖11與圖12所示。

中科院負責之「岸船遠端控制系統介面開發」主要分為四個重要模組開發，如圖13所示，分為資料鏈下傳封包解碼模組、靶具航儀顯控模組、地理圖資顯示模組、任

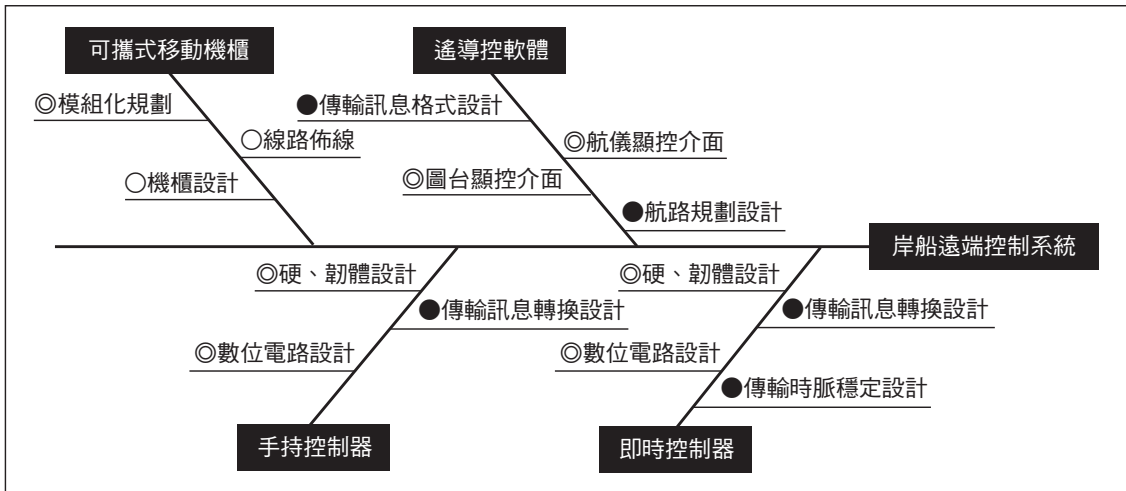


圖 14 關鍵技術發展架構圖 [12]

務規劃模組。岸船遠端控制系統之相關規範如下：顯控介面資料更新頻率為2 Hz、資料傳輸頻率不大於10 Hz、資料長度不大於200 Bytes、二維向量圖資比例尺為五千分之一。關鍵技術發展架構圖如圖14所示。

自主航行船舶之船身自智慧操縱系統之岸控系統，已與船端系統完成實驗室初步整合測試，未來將持續進行後續全系統聯測與功能精進，以期提供無人船遠端操控平台一穩定且可靠之導控系統。

未來在導控系統的衍生使用上，包含控制和資訊處理系統上，可考慮採用圖像識別、人工智慧技術、大容量的知識庫系統以有效提高資訊處理、精密導航定位等的技術能力，亦是未來無人水下載具的發展重點方向。另一方面，群體無人水下載具網路的實現，多機導控的概念也是未來成果可運用的方向，將可完成更加複雜的任務，亦是未來

無人水下載具技術發展的重要趨勢。

中科院透過此合作計畫，發展並精進現有導控站功能，包含攜行模組化設計、資料鏈封包解碼軟體模組、靶具航儀顯控軟體模組、地理圖資顯控軟體模組、任務規劃模組、即時控制器模組、手持控制器模組等技術能量，此能量可應用於船舶中心開發之測試船或中科院發展無人載具之新一代導控技術，以達到軍民通用技術發揮並創造產業價值。

此外，亦可將此岸控系統技術應用於不同種類之無人載具平台，如無人飛行載具、無人直升機、無人攻擊機、靶機、靶船、智慧船舶、無人車輛與可操控執行特定任務之機器，其操控環境更廣泛包含空中、地面、建築物內部、水面與水底，執行目標偵蒐、定位、勘災、國土、水庫、森林災害與安全監控、海域警戒、邊界巡防、火力監看、通



訊中繼、水底監控、核災輻射污染現場偵測  
勘查等相關任務。

## 結語

自駕船由於應用領域廣，擴及國防以及  
民生應用，且自駕船可降低人力營運成本與  
執行高風險任務，因此成為海洋產業重要的  
發展趨勢之一。而為使自駕船取代船舶中的  
人類駕駛進而達到自駕功能，須建立可取代  
人類頭腦、雙眼之系統成為實踐自駕船的挑  
戰，中科院未來將投入既有的導航雷達、避  
撞雷達、船舶管理系統、岸際雷達等技術至  
自駕船之相關開發，以協助國內海洋產業升  
級，實踐中科院推廣軍民通用科技之目標。

中科院在無人船舶技術方面研究，自主  
遠程航行、續航力、精確定位及機構設計等  
方面，相較於其他先進國家而言算剛起步，  
透過本分項成果可替我國無人導控系統整合  
單位提供更穩定且可靠之即時控制器，亦可  
以降低遙導控無人載具時之訊號失真或不穩  
定現象，進而提高無人載具之航行安全。

## 參考文獻

1. 陳慶盈、潘文華、周顯光、楊文策、許朝敏，「近海  
自主式智慧型無人水面載具技術— I 回顧及展望」，  
機械技術雜誌，Vol. 341。
2. Lloyd's Register of Shipping. "The Cyber Enabled  
Ship".
3. 船舶暨海洋產業研發中心周顯光副執行長，「自動駕  
駛船舶應用情境及服務模式」，跨域合作與智慧應  
用—從創新法制到法制創新研討會，107年10月。
4. Markets and Markets. "Unmanned Surface Vehicle  
Market by Application, System, Type, Mode of  
Operation, Size, Hull, Endurance and Region", Global  
Forecast to 2023.
5. 邱永芳、張富東、蔣敏玲，「智慧型航行與監測系統  
之研究 (2/4)」，ISBN 978-986-02-7606-0，交通部  
運輸研究所，100年出版。
6. 邱永芳、郭振華、張富東、蔣敏玲，「智慧型太陽能  
遙控近岸測量船之研究 (1/4)」，ISBN 978-986-02-  
3611-8，交通部運輸研究所，99年出版。
7. 陳慶盈、潘文華、周顯光、楊文策、許朝敏，「近海  
自主式智慧型無人水面載具技術— II 研究現況」，海  
洋工程研討會論文集，100年12月。
8. COLREGS. "International Regulations for Preventing  
Collisions at Sea", 1972.
9. 蔡奇呈、張建仁、陳志立，「讓路船避碰措施之回  
顧與分析」，台灣海事安全與保安研究學刊，105年  
8月。
10. Eli Brookner. "Phased Arrays and Radars – Past,  
Present and Future", Microwave Journal, Jan. 2006.
11. 黃聰正，「建構安全開放的海洋地球村—認識 AIS 船  
舶自動辨識系統」，海巡論壇，92年第006期。
12. 經濟部技術處，「智慧船身自自主航行應用服務先期  
技術開發計畫」，MOST 107-3111-Y-462-212。