



青年科學家故事

蔚藍的海面上，一群海洋機器人列隊出征，它們之間共享信息，根據實際作業情況，快速變換隊形，觀察、調整、決策、行動等動作一氣呵成，最終完成協同探測任務——這些機器人完全自主作業，「學」會了團隊協作。這是2月初，海洋機器人組圍海上出征的場面。這也意味着，中國海洋機器人集群智能協同技術取得實質性突破並達到國際先進水平。

作為此次海上出征的「幕後英雄」之一，1985年出生的廖煜雷是哈爾濱工程大學的博士生導師，也是海洋機器人群智研發團隊的負責人之一。該團隊由哈爾濱工程大學水下機器人技術國家級重點實驗室牽頭，成立於2017年。

●文：香港文匯報記者 于海江
哈爾濱報道/圖：受訪者供圖

臉龐清瘦，一頭短髮，眼睛帶着些血絲，和多數科研人一樣，長期廢寢忘食的工作，促成了廖煜雷纖瘦的身材。20年前，他從重慶到哈爾濱工程大學讀書，因為中國工程院院士徐玉如的一次公開課與海洋機器人結緣，隨後進入水下機器人技術國家級重點實驗室讀研和任教。

機器人組團似蟻群

廖煜雷說，像自然界中蟻群一樣，兩個或多個機器人協同作業，不是簡單的功能疊加，而會出現「一加一大於二」的群體智能效應。「之前的機器人群都是有一個總指揮，就像10個手指頭要聽一個人的命令，現在我們將它們開發成分布式，讓10個手指頭都有自己的大腦，可能每個機器人不是很聰明，但我們將它們整合到一起，就變得特別聰明。比如說一個機器人站在學校門口，可以看到教學樓，另一個機器人站在操場上，可以看到食堂，他們的信息可以共享，就可以做更多系統的工作。」(又)比如說自然界的螞蟻，幾隻螞蟻出去尋找食物，一隻螞蟻發現了食物後，牠是托不回来的，這時牠就會通知其它螞蟻來，一塊兒

將食托回蟻穴。」廖煜雷介紹，該團隊研發的集群協同技術能支持至少50個機器人共同作業，機器人可以隨時加入或退出集群，集群系統自主快速重構並重新分配任務，從而改變作業規模或效率。

科研團隊辛勞 疫境仍忙不停

「2020年全球突發(新冠肺炎)疫情，科研人員無法及時返回工作崗位，同時海洋機器人群智項目涉及的系統非常複雜，國內也無先例可循，需要突破的關鍵技術難度很大。」廖煜雷說，疫情穩定後團隊人員第一時間返回工作崗位，其中很多研究生從2020年6月一直到海試結束的200餘天，僅僅休息過幾天，有的學生為了完成任務在回校隔離期間，在醫院、辦公室、寢室分頭編寫代碼，隔離結束後，為了趕時間甚至會打地鋪睡在辦公室。廖煜雷說，該團隊研發的海洋機器人自主執行調查任務能獲得更高的測量精度。同時也可用於海洋安全領域，比如保護高價值商船或石油平台以避免海盜、恐怖分子的襲擾等。廖煜雷說，海洋機器人可以解決海洋工作枯燥、危險和航體等難題，應用前景廣泛，包括海洋科考、海洋工程和海洋安全等方面。

哈爾濱工程大學博導廖煜雷：讓海洋機器人更聰明

機器人組團探海 中國智造顯身手



●廖煜雷在給博士學生上課。



●群智演示系統的海洋機器人「組團」在大海中乘風破浪。



●廖煜雷所在的團隊在他們創造的「馭浪者」機器人前合影。

在團隊合影中，廖煜雷總是站在一群20多歲的青年中間。海洋機器人群智研發團隊成立於2017年，開始僅有5位成員，2019年發展到20多人，而這個團隊的平均年齡只有26歲。

做「有用」的科研

面向國家需求，將理論與工程相結合解決實際問題，做「有用」的科研始終是團隊的宗旨。哈爾濱工程大學(下稱哈工程)2019級研究生葛宇在海洋機器人群智項目中主要負責艇間信息融合、機器人運動控制、監控站等研發工作。他說，團隊內同學們對海洋機器人都十分有興趣，經常聚在一起分享和討論。

「有的時候程序出問題了，需要及時解決，廖老師就帶着我們尋找問題原因，有時需要坐在母船上，在海上調試程序。儘管海上試驗環境艱苦，但團隊克服了種種不適應，順利完成了項目工作，這是最開心的時候。」葛宇說。

「我們是站在巨人的肩膀上前行。」項目群責任專家哈爾濱工程大學教授李暉說：「中國第一代智能水下機器人名叫『智水』，是水下機器人的奠基人——哈工程教授徐玉如院士帶領團隊嘔心瀝血澆灌而來。所以我們給新一代海洋機器人群智協同技術演示系統取名為『群智演示系統』，寓意着傳承和群體智慧，從『八五』到『十三五』，一代代哈工程人傳承着前人以祖國需要為第一需要、以國防需求為第一使命，推動中國智能海洋機器人技術研究達到國際先進水平。」

隊員平均僅26歲 「完成工作最開心」

首創混驅「馭浪者」 續航長達90天

2019年8月，廖煜雷帶領研發團隊在遼寧海域，將國際首創的「馭浪者」號風光波能混合驅動機器人放入大海。

海洋能複合驅動

「馭浪者」完全依靠風、光和波浪三種異質海洋能的複合驅動航行。常規海洋機器人一般採用燃油或電池作為動力源，航程受制於所攜帶的有限能源，難以在線補給，具有續航力短、作業範圍小的弊端。而使用海洋能的「馭浪者」則避開了這些弊端。「馭浪者」經受住連日強風、陰雨的考驗，無故障工作10餘天。此後的2020年12月，研發團隊研製出改進型「馭浪者」並在廣東海域完成兩個月的海試驗證，大幅提高了綜合技術指標、作業能力及系統可靠

性。

「馭浪者」由長約5米的雙體船型組成，海試過程中，「馭浪者」的機動性能、自主控制精度、負載能力達到了設計指標，並自主觀測獲得試驗海域的波浪、海流、風、氣象、光照等多環參數，為未來裝備應用奠定了扎實的軟硬件基礎。

「馭浪者」寓意海洋機器人「乘風馭浪」——乘風，利用風(光)能；馭浪，利用波浪能；也彰顯了研發團隊迎難而上、駕浪弄潮的氣魄。廖煜雷說，「馭浪者」號自主續航時間長達90天。

與國內外現有的風力、純光伏、波浪、溫差等海洋能驅動型機器人相比，「馭浪者」的航速更穩定、可控；能量有冗餘、更穩健；以十米量級航跡跟蹤精度高於現有海洋能驅動型機器人十倍甚至百倍。



●「馭浪者」海洋能驅動機器人。

出海手凍僵 齊唱歌取暖

研究海洋機器人，除了在研究室設計系統、開發算法外，還要面對變換莫測、波濤洶湧的大海帶來的危險。

經過兩年的努力，項目研究到了海試階段。團隊設計了安全嚴格的管理規範，但天有不測風雲，特別是在海上作業，海洋的天氣總是瞬息萬變、險象環生。

哈爾濱工程大學研究生王仔曉在團隊中負責機器人系統集成、總控分系統等研發工作，參加海試過程中，一次檢測機器人續航力時的經歷讓他記憶猶新。

海浪太大似下大雨

因出發前缺少海上作業經驗，沒有準備太多衣物，王仔曉買了兩條毛巾裹在頭上，就和另一位研究生田恩農出發了。測航力要連續航行3小時以上，他們向着海口方向航行。開始還是風平浪靜的大

海，過了不長時間，風浪變得越來越大。

天色漸暗，廖煜雷要求他們迅速返航。與來的時候不一樣，返航時是逆水航行，浪不停拍打過來。艙內電氣設備不能沾水，王仔曉和田恩農就用雨布遮住艙口，因為風很大，雨布很難固定。用腳踩着，用手抓着，颳開之後再重新整理，冰涼的海水順着手腕流到胸口。出發前為了「取暖」準備的毛巾也被海風吹跑，頭髮被浪花打濕，艙內已經濺進很多海水了。

距離碼頭還需要航行一個多小時，雖然還沒有下雨，他們卻像淋了一場大雨。為了固定雨布手都要凍僵了，這時田恩農說：「快摸摸推進器的線，老熱乎了。」

為了與寒冷和海浪鬥爭，兩位同學一道唱起了歌，伴着他們的歌聲，機器人被他們安全護送到了碼頭。

海洋機器人

小資料

海洋機器人(Unmanned Marine Vehicles)是一類能夠自主地完成特定功能的無人海上航行器，受到計算機、控制、人工智能、材料、通信、傳感器等高新技術推動，近30年發展迅速。如果按工作區域劃分，有水面機器人(USV)、水下機器人(UUV)、兩棲機器人等。

目前，海洋機器人可替代科學家，進入地球最深的馬里亞納海溝，獲取第一手數據以幫助人類進入海洋、研究海洋、開發海洋。

海洋機器人的應用還包括大壩

橋樑水下結構檢測，海上環保監測，空難殘骸搜索等。

比如，三峽大壩100多米水深，難以採用人工潛水的方式進行大壩結構檢測，可以用水下機器人攜帶攝像機、聲納進行水下壩體監測，保障大壩安全。

而海上環保監測則可利用海洋機器人自主操控、24小時作業的特點，搭載水質儀器不斷地監測可疑的海上排污源，並進行取證、留證、示警。

在空難殘骸搜索方面，2011年，水下機器人在4,000平方公里的海域中，僅僅花了幾天便找到了法航447的殘骸，而此前各種船隻、飛機搜尋兩年無果。

廖煜雷簡介

廖煜雷，男，漢族，1985年生，哈爾濱工程大學博士、博士後，副教授、博士生導師。

他入選黑龍江省2019年首屆「頭雁」團隊(海洋機器人技術創新團隊)，2020年黑龍江省科學基金優秀項目，國內首個「海洋機器人」專業學術骨幹。