

從「封鎖」到「威懾」－ 國軍智慧水雷平、戰時戰略運用

From Blockade to Deterrence: The Strategic Application of R.O.C.
Smart Mines in Peace and War

黃郁文 先生

提 要：

- 一、面對共軍試圖藉人工智慧實現軍事能力躍升，本研究探討將智慧水雷從傳統區域「封鎖」工具，轉型為具備「動態戰略威懾」價值的關鍵資產；並藉其隱蔽性、低成本與高破壞力，強化對共軍「區域拒止」之能力。
- 二、「水雷作戰」平時以戰略威懾為主，重點在創造戰場不確定性，迫使敵方投入巨量反水雷資源，大幅墊高其軍事行動初始成本；其可逆性特質亦可做為戰略溝通工具，釋放「以水雷止戰」明確信號，為國軍爭取動員部署與尋求國際支援的戰略窗口。
- 三、戰時則著重動態封鎖，以智慧水雷透過遙控與AI辨識技術，具備高度戰術靈活性，除能執行「時間敏感」的精準封鎖與符合國際法之目標識別外，亦可動態調整「安全廊道」；再加上其自毀或安全模式機制，更能澈底解決戰後掃除的隱患，實現資源永續利用。

關鍵詞：智慧水雷、人工智慧、不對稱作戰、萬威計畫

Abstract

- 1.To counter the PLA's AI-driven military leap, this study proposes pivoting intelligent sea mines from traditional "blockade" tools to "dynamic strategic deterrents." By leveraging their stealth and cost-efficiency, these assets significantly bolster A2/AD capabilities.
- 2.In peacetime (Strategic Deterrence): Smart mines create battlefield uncertainty, forcing the adversary to commit massive resources to counter-mine operations, thus raising initial action costs. Their reversibility serves as a strategic signal to "stop war with mines,"securing a vital window for mobilization and international support.
- 3.In wartime (Dynamic Blockade): Leveraging remote control and AI, smart mines offer high tactical flexibility. They enable time-sensitive,

precise blockades and dynamic“safe corridors”while complying with international law. Furthermore, self-destruct mechanisms resolve post-war clearance risks and ensure resource sustainability.

Keywords: Smart Mine (Intelligent Mine), Artificial Intelligence (AI), Asymmetric Warfare, Wanwei Project

壹、前言

我國屬海島型國家，天然資源匱乏，民生經濟物資多仰賴由外進口，而維繫對外貿易之海上航運交通線是我國經濟發展重要之命脈；因此，確保海上航運交通線之順暢，實為國家戰略首應考量評估之要項。一旦威脅升級實施護航作戰時，則可藉臺海周邊水文環境之利點，布設防衛性雷區建構安全航道，以支援護航兵力之戰術作為；亦可建立其他特定作戰目的之守勢雷區，彌補戰場兵力不足之限制。¹

在全球地緣政治與區域衝突風險升高的背景下，我國的國防自主戰略，尤其是針對「不對稱」戰力的投入，顯得尤為關鍵。水雷(Naval Mine)因具備優異的隱蔽性、長效的作用期、低廉的成本效益，以及顯著的破壞威力等特性，自問世以來便成為海上攻防作戰中不可或缺的關鍵武器。近年來，隨著科技的持續進展與軍事現代化的需求，水雷的發展趨勢已日益朝向

智慧化邁進，這也預示著其在未來海戰中的戰略角色將更為重要。²

當前水雷已被視為「創新/不對稱作戰」中的關鍵有效武器，對提升國軍的「區域拒止」(Area Denial)能力同樣具有戰略價值；因此，海軍在建軍備戰規劃中，已將布雷作戰能量的建立，納為重點工作項目。這項工作涵蓋多個面向的資源投入，包括布雷載具的籌獲、新式水雷的研發、專業人員的訓練與水雷的後勤保養等；未來，更將持續優化研發工作，確保所部署的水雷能夠滿足需要，並契合國軍未來的作戰需求與戰場環境。³

「國家中山科學研究院」(以下稱「中科院」)萬象館做為我國水下科技的核心，持續努力將水雷技術從傳統被動式武器，升級為具備遙控、自走及智慧化功能的新一代武器系統。⁴這項技術的突破，不僅是國軍武器庫的實質增強，更代表著水下作戰思維從單純的「區域拒止」向「動態戰略威懾」的重大轉變。因此，本文

註1：倪誌男，〈本軍布雷時機與運用研析〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第51卷，第3期，2017年6月1日，頁101。

註2：陳羽、王瀟瀟，〈土耳其智能水雷：海底「新刺客」〉，人民網，2024年6月18日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2024/0618/c1011-40258981.html>，檢索日期：2026年4月26日。

註3：呂欣懋，〈海軍：持續研發符合作戰需求的水雷〉，中央通訊社，2015年10月14日，<http://www.cna.com.tw/news/aip/201510140392.aspx>，檢索日期：2026年4月26日。

註4：朱明，〈中科院憂研發能力被摸透 反對美智慧型水雷「軍購改技轉」提案〉，上報，2020年11月8日，<https://www.up-media.mg/tw/investigation/survey/99608>，檢索日期：2026年5月4日。

旨在深入探討智慧水雷之關鍵技術特性，並從「戰時動態封鎖」與「平時戰略威懾」兩大面向，分析其如何成為國軍建構「不對稱」戰力之核心資產，期能為未來水下作戰概念發展與建軍備戰規劃，提供具體之參據，這也是撰寫本文主要目的。

貳、智慧水雷的關鍵技術特性與戰術賦能

隨著防衛科技躍升，水雷作戰已由被動阻絕演進為精準打擊。以下梳理水雷發展沿革與國軍「萬象」系列現況，繼而探討智慧水雷之遙控程式化、自走部署及AI感知等關鍵技術，以及其如何突破傳統雷區限制，建立具備高度彈性與精準度之水下「不對稱」戰力。說明如後：

一、水雷技術特性演變與我國發展歷程

(一)水雷的發展歷程可追溯至18世紀的美國「獨立戰爭」時期，最初是部署於水面的漂浮引爆裝置，亦稱「漂浮雷」。由於其運動軌跡難以控制，後續的研發趨向水下部署，進而衍生出沉於海床的「沉雷」(Bottom Mine)，以及錨定於海中特定深度、不易自水面察覺的「繫留雷」(Moored Mine，亦稱淺水雷)等型態。水

雷做為一種「隱藏待敵武器」，其不受海象或晝夜影響、能無預警產生強大殺傷力的特性備受重視。隨著科技進步，水雷設計日趨複雜，引爆模式亦更為精巧。⁵水雷是一種等待中的武器，與其他武器比較，就像一個設計好的陷阱等著別人去清除，並形成對敵制約的力量。⁶

(二)我國「中科院」自1975年3月起就開始研發萬象水雷，但曝光度卻遠不及飛彈等武器。水雷型號從「第一代」萬象水雷，到2002年起現役的「萬象二型」水雷，型式計有「沉底水雷」及「繫留水雷」等二種型式，可磁、聲、壓感應引炸，布放手段多元，可採艦艇、空投及潛艦，主要攻擊目標為水面艦船，⁷以及甫研製成功的「萬象三型」水雷。萬象雷可分為沉底雷、繫留雷及漂雷等三種，「萬象二型」的沉底雷，以水面艦船為目標，屬聲音及磁性感應引爆的多功能水雷，布放深度超過200公尺以上(國軍現用水雷型式與性能，如表一)。萬象雷除具有延遲及自毀功能外，「中科院」並進一步研製各型智慧型淺水區水雷，並配有敵我識別功能，防止敵軍發動快速兩棲突擊，冀望戰時封鎖離島及臺灣海峽重要入口。⁸

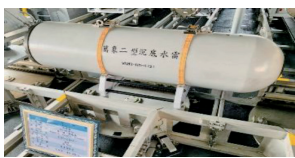
(三)水雷從早期易遭反制的接觸式引

註5：郭宏章，〈【太說軍武】不讓共艦越雷池一步！海上布雷護臺海智慧水雷好威〉，太報，2025年5月10日，<https://www.taisounds.com/news/content/71/188056>，檢索日期：2026年4月26日。

註6：陳浩瑋、林明治，〈淺析海軍防禦性布雷執行作法 以第四作戰區為例〉，《海軍軍官季刊》，第43卷，第3期，2024年9月，頁33。

註7：劉博文，〈海軍布雷作戰運用〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第52卷，第4期，2018年8月1日，頁88。

表一：國軍水雷型式與性能概況表

型 式	性 能
	美製「MK-6」繫留水雷採傳統機械式設計與觸發引爆機制，具備0型、14型與15型三型，可布設於特定海域以彌補國軍防衛兵力之不足。
	由中科院自主研發的「萬象一型」錐形沉底水雷全重635公斤、裝藥量295公斤，採磁感應引爆並布設於10至50公尺之淺水海域。
	國產現役「萬象二型」沉底水雷全重615公斤且裝藥量高達400公斤，隱蔽於海床後能對敵水面艦船造成致命的破壞威力。其具備10至250公尺的廣闊布放深度，引爆機制採用非接觸式的「聲、磁、壓」多重複合感應，並可記憶計算船隻次數以精準打擊敵方高價值的主作戰艦艇。
	由中科院自主研發的現役「萬象二型」繫留水雷全重1,110公斤、裝藥量170公斤，具備20至300公尺的廣闊布放深度。本型雷兼具多元維度布放手段(艦布、空投、潛布)，能於戰時迅速構築雷區，提升區域拒止戰力。
	國產「反登陸水雷」屬於智慧型淺水區水雷，內部精密配置具有敵我識別(IFF)功能之電子模組。本型雷專門部署於港口、河口及水深12公尺以下之淺水航道，旨在防止敵軍發動快速兩棲突擊。

資料來源：參考吳佳蓉、劉博文，〈海軍防禦性布雷兵力整體運用規劃〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第55卷，第3期，2021年6月1日，頁76；吳哲宇，〈軍武百科〉水雷看似落伍 為何還未被淘汰？〉，《自由時報》，2023年11月16日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4492098>；吳哲宇，〈軍武百科〉快速布雷艇水雷種類分不清？這些「眉角」讓你輕鬆搞懂〉，《自由時報》，2023年11月16日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4491700>；〈反登陸水雷〉，國家中山科學研究院，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=363&catalog=8，檢索日期：2026年6月28日，由作者整理製表。

爆，逐步發展至今日的非接觸式引爆，包括感應艦艇通過時的水壓變化、艦艇鋼鐵材質的磁場變化，乃至於接收艦艇的聲學訊號來觸發引爆機制。水雷亦可計算船隻通過的次數，以應對掃雷艦艇通過的次數，並對付真正想攻擊的主作戰艦艇；且隨著無線電技術發展成熟，現代水雷也可以

採用遙控引爆方式。若考慮到戰時飛機無法起飛或艦艇無法出海時，還可以採用火箭發射的方式遠距布雷。近年來，隨著科技發展，「智慧水雷」的出現，其具有自主接戰能力，這使得水雷演進成現代海戰中重要的戰略與戰術武器。⁹

(四)「布雷作戰」是運用水雷反制敵

註8：陳政錄，〈這就是水雷！蔡英文超直白開箱「快速布雷艇」反登陸神器曝光〉，ETtoday新聞雲，2020年12月16日，<https://www.ettoday.net/news/20201216/1877454.htm>，檢索日期：2026年4月28日。

註9：同註5。

方海上軍事作為所採取之行動與措施，主在阻止敵方使用某一特定海域，或排除其對我之威脅，以利制海。¹⁰傳統水雷在戰略應用上存在著顯著的侷限性。首先，它缺乏可逆性與戰術彈性，一旦部署完成，難以透過遠程方式改變其引爆參數或隨時解除威脅，使得戰術部署僵化。其次，水雷的戰後排除成本極高，不僅耗費大量資源和時間，對民用航道亦構成長期安全風險，更可能因此引發國際爭議。尤為重要的是，由於感測與識別能力不足，傳統水雷存在著誤傷中立或民用船隻的潛在風險，使得啟動布雷威脅的門檻與戰略代價相對較高，難以輕易投入使用。

正因為水雷是各類型作戰中投資成本較低、長期有效之待敵武器，可有效控制海洋，以獲取政治、經濟、軍事上的利益；甚至在經貿上亦對民生、國防安全具有決定性的優勢。¹¹

二、智慧水雷與國軍布雷部署規劃

(一)為解決傳統水雷的困境，智慧水雷透過賦予武器系統可控性、彈性與精準性，徹底改變其戰略角色。此種水雷具備遙控啟動、自走部署，以及智能化精準識別的能力，這使得國軍能夠在戰略上精確

管理威脅。國軍可在需要時遠程啟動引爆，並在目標消失或危機解除時遠程終止威脅；這種高度的戰略可控性，將水雷從一種難以逆轉的「封鎖工具」，提升為一個具備高度戰略價值的「動態威懾」資產，實現更具選擇性的威懾效應。

(二)當前國軍具備在戰時於陸地和海面布放水雷(含地雷)的能力，布雷命令由「聯合作戰指揮中心」(JOCC)根據敵情威脅與犯臺徵候統一發布。在任務分工上，陸軍負責布雷區域為平均低潮線至灘岸硬地；同時為補強地雷戰力，我國亦向美國採購14套「火山布雷系統」，預2026年底前交付。¹²海軍的布雷範圍則涵蓋平均低潮線以外的廣闊海上區域，透過布雷艇執行此任務。海軍的布雷重點在於敵方兩棲作戰船團距岸約40公里的泊放地，以及敵艦可能進攻的淺水區航道(水深12公尺以下)，並包含封鎖重要港口和具戰略價值的河口。¹³

(三)國軍依據共軍攻臺的威脅與企圖，在其可能登陸的水域與灘岸，區分優先順序，以多層次防禦模式，整合海軍泊地、淺水區布雷，陸軍作戰區或防衛指揮部則在水際、灘岸設置阻絕、障礙及地雷、

註10：同註1，頁97。

註11：吳佳蓉、劉博文，〈海軍防禦性布雷兵力整體運用規劃〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第55卷，第3期，2021年6月1日，頁75。

註12：涂鉅旻，〈對美軍購「大年」到！14套火山布雷系統、18套第二批海馬士將交運〉，《自由時報》，2026年2月8日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5336401>，檢索日期：2026年4月26日。

註13：洪哲政，〈兼顧成本與效能的國造智能水雷？直擊中科院在左營軍港的密測〉，《聯合報》，2024年6月25日，<https://vip.udn.com/vip/story/122151/8050610>，檢索日期：2026年4月26日。



圖一：美軍「B-52」轟炸機釋放快速打擊增程型水雷(如小圖)

資料來源：參考陳治程，〈現役萬象水雷力有未逮 前海軍艦長點出臺灣未來水雷三大重點〉，《自由時報》，2023年11月24日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4500426>，檢索日期：2026年5月4日；翟文中，〈淺析美軍「B-21」轟炸機的海洋打擊角色〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第58卷，第3期，2024年6月1日，頁67，由作者綜整製圖。

詭雷布設；並結合三軍聯合火力運用，形成敵登陸船團及舟波的重層阻擊區，阻止共軍兩棲船團空降部隊登(著)陸。¹⁴

(四)完整執行布雷作業須要完備「水雷整備」、「運輸」、「裝載」及「布放」等4階段，缺一不可。「海軍布雷艇中隊」做為執行此任務的關鍵單位，¹⁵任務模式分為泊地布雷與淺水區布雷等，前者是敵軍兩棲船團換乘舟波的範圍，距岸約30~40公里；以及在敵軍可能進襲航道的低潮線下，水深10~12公尺範圍的淺水區布雷；其他在港口、河道，都有相應的布雷規劃。海軍亦負有戰時急迫機動布雷任

務，在考量敵情威脅與作戰進程後，當判明敵登陸指向與企圖時，由海軍在岸置火力掩護下，適時派遣布雷。兵力進入泊地水域，選定敵登陸船團進擊航道，增加布雷作業，提高對泊地區的敵軍威脅。¹⁶

三、遙控與程式化以實現對威脅的即時啟閉

(一)我國「中科院萬象館」長期深耕水下科技，其推動之「萬威計畫」不僅象徵國軍水雷發展邁入第四代智慧化的里程碑，更能克服我國周邊複雜水文環境與淺水區作戰需求。該計畫目標在於開發一款能靈活部署於關鍵航道、河口出海處及淺水區域的先進武器系統，使其具備在岸際即可透過遙控方式執行開啟、關閉或引爆的能力。¹⁷惟「萬威計畫」因造價過高雖被叫停，但隨著國軍近年強調「不對稱」戰力，智慧型水雷的戰略價值重新被重視；雖「萬威」代號在公開預算書中變得低調，但仍持續進行精進與測試。目前我國正爭取獲得美製「迅擊增程型」(QS-ER)智慧型水雷，若納入軍購，將可大幅提升阻絕共艦的作戰能力。¹⁸

(二)智慧水雷的技術核心，在於整合先進的水下雙向通信鏈路與遠程指令模組。此一突破性技術改變傳統水雷「布後

註14：洪哲政，〈國防預算大幅編列掃雷獎金 軍事訓練強化布雷系統部署〉，《聯合報》，2024年7月7日，<https://vip.udn.com/vip/story/122151/8077456?from=searchresult>，檢索日期：2026年4月26日。

註15：同註6。

註16：同註14。

註17：同註13。

註18：同註5。

即忘」(Fire-and-Forget)的被動特性，賦予上級單位「人在迴路」(Man-in-the-Loop)的動態控制權。指揮者可依據即時更新的戰場情資(ISR)，遠程對水雷下達指令，包括修正攻擊目標的聲紋參數、切換引爆模式、設定特定的休眠時間窗，甚至在局勢緩和或友軍通過時進行安全解除。這種高度的可控性，不僅賦予國軍在防衛作戰中極高的決策自主權，更確保對敵威脅的發動與終止權，始終嚴密掌握在己方手中，亦實現戰術彈性與打擊精準度的雙重提升。

四、自走能力增加隱蔽與不確定性

(一)自走能力讓智慧水雷在不依賴布雷艦的情況下，由潛艦或水下無人載具(UUV)在更隱蔽、更深遠的水域進行部署，或是在部署後改變位置；這種特性極大地增加敵方偵測與掃雷的難度，更為敵方決策者製造高度的戰場不確定性。美國「海軍海洋系統司令部」(NAVSEA)近年揭示其「迅擊」(Quickstrike)系列水雷的革新進程，其中兩款新型號體現將空中精準投射與水下制海能力相結合的趨勢。其中，「迅擊J」(QS-J)係基於既有的「聯合直接攻擊彈藥」(JDAM)與「Mk-80」通用炸彈改造而來；而「迅擊增程型」則加裝滑翔翼模組，並搭載「Mk-64」重型沉底水雷(如圖一)。兩款「迅擊」雷皆可透過



圖二：美軍「Mk-60」空投型水雷(圖左)與模組化設計之「錘頭鯊」水雷(圖右)

資料來源：參考陳成良編譯，〈軍武新知〉獵殺解放軍潛艦 美軍將布放錘頭鯊水雷，〈自由時報〉，2020年10月26日，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3332922>；陳治程，〈現役萬象水雷力有未逮 前海軍艦長點出臺灣未來水雷三大重點〉，〈自由時報〉，2023年11月24日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4500426>，檢索日期：2026年5月4日，由作者綜整製圖。

全球定位系統(GPS)導引；尤以後者，因具備74公里的空投射程，大幅擴展水雷部署的戰術縱深與彈性。

(二)此外，美軍現正研發的一款「錘頭鯊」(Hammerhead)隱密布放水雷(CDM)，其戰略意涵更值得高度關注。該水雷構型與除役的「Mk-60，捕手」(CAPTOR，如圖二)水雷相似，搭載Mk-54輕型魚雷，並內建通訊模組，可實現布放於海床後，由潛艦遙控連線操作。這項特性使其被視為美軍未來在印太地區，用以平衡與共軍水下戰力抗衡的「不對稱」關鍵武器；尤其水雷的智慧化與可控性，將對未來區域衝突及「反介入/區域拒止」(A2/AD)作戰產生深遠影響。¹⁹

註19：陳治程，〈現役萬象水雷力有未逮 前海軍艦長點出臺灣未來水雷三大重點〉，〈自由時報〉，2023年11月24日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4500426>，檢索日期：2026年4月28日。

五、智能化感知與識別提升精準打擊

透過整合聲學、磁性與壓力等多重感測器，並結合AI數據融合演算法，智慧水雷能夠實現對目標的精確分類與識別。這項技術是實現戰略威懾的關鍵，它保證攻擊的針對性，且僅對預設的軍事威脅產生作用，有效避免誤擊民用船隻的風險與隨之而來的外交、人道爭議。此外，「聲影區」(Acoustic Shadow Zone)的形成係源於水層對聲波的阻擋或折射效應。當表層溫暖且低密度水層將聲波脈衝向下折射時，底層低溫且高密度水層則會捕捉聲波，並使其遠離聲源傳播。在這些聲傳播路徑的間隙，便會出現感測器難以偵測的聲學「陰影區」(Shadow Zone)，此即潛艦常態的活動範圍；²⁰因此，智慧型水雷的部署策略即在於試圖預測，並占據這些關鍵的聲影區。

六、整合潛艦浮標衛星天線

(一)潛艦浮標式衛星天線技術，為智慧水雷群提供安全且韌性強的高頻通訊鏈路，這使得潛艦在高度隱蔽的狀態下，仍能成為指揮水雷群的節點；或是將水雷偵測到的情報即時上傳至指揮中心，完成智

慧水雷戰力在C4ISR體系中的充分整合。²¹承平時，在爭議海域布放智慧型水雷(或稱選擇性水雷)，可能立即觸發國際法律爭議；此外，精準鎖定機制的運用，亦衍生出演算法決策過程中的責任追究難題。一旦水雷發生船體誤判(Misidentification)，將使漁業船舶、海纜鋪設船及水文探測船等民用船隻的風險大幅提高。再者，從環境層面觀之，水雷產生的聲學脈衝與衝擊波，對珊瑚礁生態系以及仰賴聲納導航的海洋哺乳動物，均構成不容忽視的傷害。²²

(二)我國周邊海域(如臺海、東部深海)水文複雜，智慧水雷可依環境調整作戰模式，例如在淺水區反制登陸艇，或在深水區針對潛艦布雷。²³考量到臺海與臺灣西、北部海域的水深通常不足200公尺，該區塊的布雷作業適宜採用「繫留雷」(Moored Mines)與「沉雷」(Bottom Mines)等類型；此類水雷配置能有效因應淺水域的作戰需求。相較之下，我國東部海域因水深較深，多數地區已逾200公尺，故適合部署「漂雷」(Drifting Mines)或類似共軍「PMK-2」(如圖三)²⁴等封裝式

註20：Max Olivier, "Artificial Intelligence in Undersea Warfare: How China Aims to Turn the Seabed into a Deadly Trap for Submarines," Reteuro, November 25, 2025, <https://www.reteuro.co.uk/25-168342-artificial-intelligence-in-undersea-warfare-how-china-aims-to-turn-the-seabed-into-a-deadly-trap-for-submarines/>, accessed May 26, 2026。

註21：〈國艦國造新里程碑：萬象館智能水雷與浮標衛星技術全面升級〉，詠騰不動產有限公司，2025年10月8日，<https://www.ytyut.com/modules/news/article.php?storyid=6197>，檢索日期：2026年4月24日。

註22：同註20。

註23：同註5。

繫留雷(Encapsulated Moored Mines)。這些先進的水雷具備在深達2,000公尺水域作動的能力。²⁵

綜上所述，面對複雜水文環境，除需依據水深條件選擇適宜的水雷構型外，更關鍵在於透過技術革新突破傳統作戰限制。智慧水雷不僅能適應上述各類水域，更在部署彈性與控制能力上展現出顯著優勢（兩者關鍵性能比較，如表二）。

參、智慧水雷在「戰時」的應用

在衝突爆發之際，智慧水雷能有效突破傳統布放的僵化限制，將防禦邏輯從「被動阻絕」轉化為「動態封鎖」。以下針對智慧水雷在敏感時機的啟動機制、結合AI精準識別所展現的戰術彈性，以及透過自毀機制化解戰後清除難題等面向進行剖析，期達成風險管理與資源永續之綜效。臚列分析如下：

一、精確的時間窗封鎖與啟動機制

在戰爭爆發時，智慧水雷能提供精確的「時間窗」封鎖（即預計抵達時間，ETA）。以下就封鎖與啟動機制，概要分述如後：

（一）智慧型水雷的發展體現現代水雷



圖三：共軍「PMK-2」水雷攔截至宋級潛艦

資料來源：Andrew S. Erickson, Lyle J. Goldstein, and William S. Murray, 〈中國水雷作戰 中國海軍的「殺手」〉，《中國海事研究》，第3號，美海軍戰院-中國海事研究所，2009年6月，https://www.andrewerickson.com/wp-content/uploads/2013/07/Chinese-Mine-Warfare_China-Maritime-Study-3_2009-August_CHINESE_Traditional.pdf，檢索日期：2026年5月7日。

戰的技術躍升，主要可區分為兩大類，其一是「選擇性攻擊水雷」(Selective Attack Mines)，它具備敵我識別能力，能夠辨識目標平臺，甚至精準地鎖定特定船艦後，再觸發引爆，大幅提升「水雷作戰」的選擇性與精準度。其二是「潛射自航水雷」(Submarine-Launched Mobile Mines, SLMMs)，這類水雷結合移動能力而成為「自走雷」，可在一定距離外投放，並依據「預設座標」(Pre-set Coordinates)潛伏。其引爆關鍵在於結合聲納或電磁感應器，當船隻通過時，系統會比對資料庫確認是否為指定艦船，並透過磁感

註24：中共從俄國進口的「PMK-2型」上升魚雷水雷，能在水深2,000公尺的深度施放，特別針對美國潛艦而設計。Andrew S. Erickson, Lyle J. Goldstein, and William S. Murray, 〈中國水雷作戰 中國海軍的「殺手鐮」〉，《中國海事研究》，第3號，美海軍戰院-中國海事研究所，2009年6月，https://www.andrewerickson.com/wp-content/uploads/2013/07/Chinese-Mine-Warfare_China-Maritime-Study-3_2009-August_CHINESE_Traditional.pdf，檢索日期：2026年5月7日。

註25：Andrew S. Erickson, William S. Murray, and Lyle J. Goldstein, Chinese Mine Warfare: A PLA Navy 'Assassin's Mace' Capability, CMSI Red Books, Study No. 3 (Newport, RI: China Maritime Studies Institute, U.S. Naval War College, June 2009), p.98.

表二：傳統水雷與智能水雷關鍵戰術性能對照表

項 目	傳 統 水 雷	智 能 水 雷	戰 術 優 勢 分 析
部署方式	依賴艦臺直接布放(定點)	可自走潛航、空中滑翔投放	增加部署隱蔽性，延伸打擊縱深，降低布雷載具風險。
引爆機制	接觸或單純感應(聲/磁/壓)	AI數據融合與多重感測	具備敵我識別能力，可精準鎖定特定高價值目標。
控制能力	射後不理(無法更動)	雙向通訊、可遙控開/關	賦予戰場指揮官決策彈性，可配合友軍動態調整。
可 逆 性	低(難以解除)	高(可休眠、喚醒、解除)	具備「戰略信號」功能，可隨時建立安全航道。
戰後處理	掃除困難，風險高	自毀機制、安全模式	降低戰後清理成本，減少對民用航運與環境之危害。
戰略定位	區域封鎖(被動)	動態威懾(主動/防禦兼備)	從單純阻絕轉變為可管控的政治與軍事籌碼。

資料來源：作者自行研究製表。

應水雷判斷其噸位與目標特性是否吻合，最終執行引爆。²⁶

(二)此類武器的運用核心，即在於其高度選擇性的目標鎖定機制。國軍對是類水雷可透過遠程指令，藉由與「聯合作戰指揮中心」(JOCC)的即時情資鏈結，指揮官能透過加密的遠程指令，在敵軍登陸船團進入目標區前的關鍵「時間窗」內，瞬間將布設於航道或泊地的智慧水雷，從低耗能的「休眠模式」喚醒至全功能的「戰備狀態」。這種能力確保封鎖的突發性與時效性，避免在非必要時段，造成友軍或中立船舶的困擾。

二、針對性打擊與避免誤傷

智慧水雷的智能識別系統，使得國軍能夠實行針對性的軍事行動。綜觀我國防衛戰略與地緣環境，未來水雷發展應秉持「防護性布雷」之核心原則，以達成精準

拒止之目標。故在無法握有空優的情形下，發展潛射型水雷又會比對外籌獲空投水雷來得更實際。構型上亦可參酌「萬象柱形水雷」，以近似魚雷的設計去發展潛射型水雷，並以未來將陸續服役的國造潛艦為載臺，兼顧匿踪性與攻擊性效果。²⁷另一方面，亦可發展設定僅攻擊噸位或聲紋符合等特定類型的兩棲登陸艦或高價值指揮艦之水雷，並對其他目標保持沉默；如此不僅提升戰術效率，也滿足國際法中對目標區分的嚴格要求。

三、戰術彈性高

(一)提升水下「不對稱」戰力與防禦縱深

1. 由於國內軍用GPS導引技術的發展尚未臻完善，故為有效固守臺海並達成國防綜效的最大化，此一關鍵瓶頸必須優先解決。故將魚雷與潛艦整合，成為現階段

註26：同註5。

註27：同註19。

避開限制並建構「精準打擊」之效益的合理選擇。此外，在水雷部署方面，現役萬象水雷雖已具備磁、音、壓的非接觸感炸能力，但因缺乏智慧水雷具備的遙控爆炸功能，其戰術彈性將明顯受限。

2. 持續精進水雷的感炸機制，並研發具備遙控特性的智慧水雷同樣重要。這種遙控特性，不僅能大幅提升水雷的作戰效益，更使國軍能在已布設的雷區中，動態創建或調整「安全廊道」，以兼顧攻防與自身航行安全。

3. 海軍長期受制於水下戰力不足，導致在反潛聲紋資料庫的建構上有所欠缺，這也間接削弱水雷在制海戰力的實際發揮；因此，未來要將「不對稱」戰力的構想進一步擴大，必須仰賴未來新式國造潛艦陸續下水成軍後，輔以新式水雷的研發與部署，才能全面彌補短板，提升整體國防的綜效。²⁸

(二) 無需掃雷及動態航道管制

1. 在人道救援或友軍調度的需求下，指揮中心可遠程解除特定水雷的引信，俾開闢臨時通行航道，而無需進行長耗時的掃雷作業。畢竟傳統雷區一經布設，即形成敵我皆無法通行的「雙面刃」禁區，若需供友軍通過，往往必須仰賴專業獵雷艦艇執行高風險且耗時的實體掃雷作業，極易延誤戰機，故透過智慧水雷的遠程控制

特性澈底顛覆此一限制。

2. 指揮中心可透過加密鏈路，精確針對特定座標的水雷群下達「休眠」或「安全模式」指令，無須耗費兵力進行實體移除，即可在雷區中即時開闢出「隱形安全廊道」(Invisible Safe Corridor)。這不僅能確保海軍艦隊在進行戰術機動、緊急運補或執行國際人道救援任務時暢通無阻，更能在友軍通過後迅速透過指令重啟雷區，恢復封鎖效能。此種「即開即合」的動態管制能力，大幅提升國軍的「作戰節奏」(Operational Tempo)與後勤彈性，確保維持高強度阻敵的同時，仍牢牢掌握內線作戰的機動優勢。

四、戰後風險管理與戰力回收

(一) 智慧水雷之所以被視為「不對稱作戰」的有效利器，在於其低廉的造價、迅速的布放、持久的作戰時間，以及對傳統掃雷作業的難以排除性；然而，這種難以排除特性也構成戰後的潛在風險。鑑於目前兩岸軍情嚴峻，國軍必須獲得更多、更好的水雷以迅速強化整體戰力；儘管「中科院」擁有「萬象二、三型」等多種型號，但因新銳武器系統量產排程的考量，目前僅「萬象二型」能排上生產線，顯示水雷戰力獲得，仍面臨產能限制。²⁹因此，發展具備「戰後風險管理」能力的智慧水雷，是極為迫切且合理的。

註28：同註19。

註29：同註5。



圖四：美軍「迅擊增程型」(QS-ER)智慧水雷

資料來源：王志鵬，〈美國可能售臺的QS-ER智慧水雷足以封鎖軍港嗎？〉，Ettoday新聞雲，2020年10月22日，<https://forum.ettoday.net/news/1837027>，檢索日期：2026年5月7日。

(二)智慧水雷能透過指令，一次性地進入安全模式或啟動自毀機制，從根本上徹底解決傳統水雷難以排除的後患，確保戰後航行水道的安全通暢。正由於其可控特性，進一步延伸至資源管理層面，在特定情況下，國軍甚至可以選擇性地回收水雷中高價值的感測器與控制模組，從而實現戰力與資源的永續管理，並有效降低軍備的整體生命週期成本，體現高度的成本效益與資源永續性。

肆、智慧水雷於非衝突時期的應用

在非衝突時期，智慧水雷的價值在於將實體戰力轉化為心理層面的「存在式威懾」。以下就智慧水雷於非衝突時期的應用，分述如後：

一、提高決策與行動成本

(一)創造高度不確定性

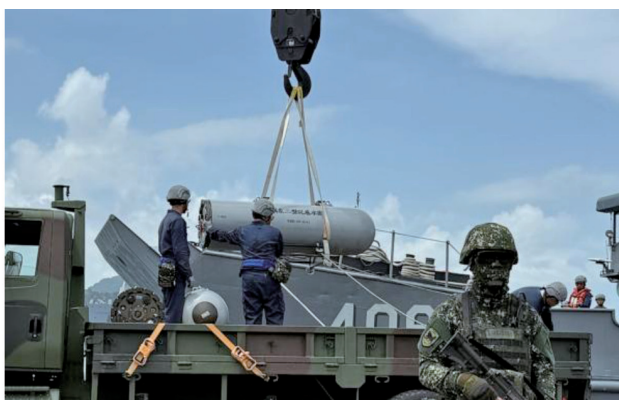
1. 海軍可考量採購加裝滑翔翼套件的「迅擊增程型」(Quickstrike-ER, QS-ER)智慧型水雷，以提升布雷作業的安全性。由於該智慧型水雷具備增程滑翔能力，若自35,000英呎(約10.7公里)高空投放，其滑翔射程可達40浬(約74公里)，並在GPS導引下實現精確定位布放(如圖四)。此型水雷已有500磅(約226.8公斤)與2,000磅(約907公斤)兩種規格，除美國空軍的「B-52型」轟炸機外，國內媒體報導亦指出「P-3C型」反潛機，與「F-16型」戰鬥機皆具備掛載投放「QS-ER」的能力。³⁰

2. 在布放模式上，航空器投射的智慧型水雷如「QS-ER」會展開雙翼滑翔或藉降落傘緩降；而透過水面艦或潛艦投放時，智慧型水雷如同傳統水雷般直接入水，沉降至預定深度，具移動能力者則會進一步自航至預定陣位。在非衝突時期，智慧水雷最主要的戰略價值在於創造高度的不確定性，讓潛在對手無法確定臺海周邊海域是否存在已休眠的智慧水雷，或其確切位置，增加更多戰場安全的不確定性。

(二)提高軍事行動初始成本

1. 面對共軍可能採取「萬艦齊發」的飽和攻擊模式，並遂行對臺的兩棲登陸作戰，海軍積極部署「不對稱」戰力進行反

註30：王志鵬，〈美國可能售臺的QS-ER智慧水雷足以封鎖軍港嗎？〉，Ettoday新聞雲，2020年10月22日，<https://forum.ettoday.net/news/1837027>，檢索日期：2026年5月4日。



圖五：海軍快速布雷艇(圖左)及水雷裝載作業(圖右)

資料來源：參考王炯華，〈獨家/快速布雷艇14日成軍！反制共軍新利器 蔡英文總統親主持大典〉，菱傳媒，2022年1月11日，<https://rwnews.tw/article.php?news=4134>；吳旻洲，〈6艘快速布雷艇新血 預計2026年底前完工交軍〉，大紀元，2025年7月14日，<https://www.epochtimes.com/b5/25/7/14/n14551253.htm>，檢索日期：2026年5月7日，由作者綜整製圖。

制，以提高中共軍事行動成本；如斥資逾新臺幣9億元打造的4艘全新「快速布雷艇」，³¹即是此戰略思維下的重要實踐(如圖五)。該艇搭載的國造自動布雷系統，能結合導航定位技術，確保在極短時間內、高精度度地在預定航道上完成雷區構築，有效遏阻共軍的攻臺及登陸船團順利抵岸。其可布放的水雷類型，涵蓋美製「Mk-6型」繫留雷，以及國造「萬象一型」錐形/柱型水雷、「萬象二型」沉底/繫留水雷等多樣化雷種。³²

2. 快速布雷艇的成軍，不僅提升水雷作戰的部署效率與戰術彈性，更成為海軍在灘岸與近海區域，有效嚇阻敵方兩棲作戰的關鍵支撐點。這種不確定性，迫使敵

方必須投入大量的資源與時間進行持續的反水雷偵測，從而極大化提高其軍事行動的初始成本與決策複雜度。

二、管控威脅的展現

智慧水雷憑藉其高度的「可逆性」，已成為現代防衛作戰中關鍵的戰略溝通工具。國軍藉由展示其可控制、可隨時解除的技術特性，向外界發出明確的防衛信號，即我方具備在衝突發生的第一時間，迅速對關鍵海域實施高強度封鎖之實力。這種將「可控威脅」轉化為戰略籌碼的手段，不僅能靈活應對地緣政治的動態變化，更能精準地傳達「以水雷止戰」的戰略意圖，在不升高衝突的前提下，有效達成嚇阻目標。

註31：新一批6艘快速布雷艇預計2026年底前將完工交付海軍，合計將有10艘。陳治程，〈海軍直播布雷操演 6艘快速布雷艇新血明年底前完工交軍〉，《自由時報》，2025年7月14日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5107102>，檢索日期：2026年5月9日。

註32：王炯華，〈獨家/快速布雷艇14日成軍！反制共軍新利器 蔡英文總統親主持大典〉，菱傳媒，2022年1月11日，<https://rwnews.tw/article.php?news=4134>，檢索日期：2026年4月28日。

三、延長戰略準備時間

(一)智慧型水雷具備多項技術特徵，其一為具備主動偵測與目標識別能力，能透過聲納、磁力感應等技術區分敵我，藉此避免誤觸；其二是該系列水雷得以實現「網路化整合」，可與作戰管理系統(例如「萬征專案」)連結，³³依據指令執行啟動或休眠等操作；其三係採用「模組化設計」(Modular Design)，可依據任務需求換裝不同感應器或「戰雷頭」(Warhead)，以適應反登陸作戰或反潛作戰等不同海域的任務需求。

(二)相較於傳統水雷多為消耗品、僅能引爆或擊毀目標，智慧型水雷的一項顯著優勢是具備可回收與重複使用的特性，未引爆的水雷在作戰後可進行回收維護，此舉大幅提升其經濟效益與戰術靈活性。智慧水雷所創造的遲滯效應，可直接為國軍爭取寶貴的戰略準備時間。任何針對我國的軍事行動都必須預留大量的時間用於「反水雷作戰」，這將打亂敵方的作戰節奏，為國軍爭取動員、部署和尋求國際支援所需的時間窗口。

四、法理優勢與國際說服力

在未來的戰略布局中，我國應將智慧水雷透過水下無人載具在深邃海域中精準執行部署、監測與回收，能有效提升水下

作戰的隱蔽性，並將第一線官兵的安全風險降至最低。在此體系下，智慧水雷不再只是被動的防衛武器，而是深海中的情報感知節點，能與潛艦C4ISR系統高度整合，透過AI演算法對目標聲紋進行即時分類識別，建構起極具韌性的水下動態態勢感。由於智慧水雷具備精確識別與遠程解除的能力，它有效降低對國際航運的長期威脅，使其在國際社會中更易被視為一種符合現代「戰爭規範」(Laws of Armed Conflict, LOAC)的防禦性武器。這種法理上的優勢，有助於我國在國際外交場域中，強化軍事部署的合法性與正當性。

伍、省思與建議-代結語

綜整智慧水雷之發展，其已超越傳統「區域拒止」範疇，昇華為具備高度可控性之動態戰略資產。以下除總結智慧水雷其平、戰時之戰略價值外，亦針對強化水雷作戰的政策提出建議(包含「專才培育」、「法規倫理」兩部分)及「未來展望」等面向提出具體建議，期能為國軍建構更臻完備且具備法理正當性之智慧化水下防衛體系。內容臚列如后。

一、智慧水雷的戰略價值

智慧水雷可成功將水雷技術從一種傳統的區域封鎖工具，提升為一種高可控性

註33：「萬征專案」的水雷作戰系統旨在統一指揮國造各型萬象水雷，可以根據目標性質啟爆水雷，達到精準打擊的目的。同註5。

、高效率的戰略威懾資產，它既能在戰時提供精準且彈性的動態封鎖，同時又能在平時透過創造不確定性與可逆轉的威脅，有效提高敵方的行動成本。其戰略價值更在於極大地增強我國在水下領域的「不對稱作戰」能力。

二、強化水雷作戰的政策建議

(一) 專才培育與跨域整合

面對全球智能武器技術的快速迭代與軍事領域的轉型，國防人才的質與量是維持戰力優勢的關鍵。政府必須持續且大幅度地加大對人工智慧(AI)、聲學、電子工程、數據科學等跨領域專門人才的教育與資源投入。這不僅限於傳統軍事院校，更應透過與國內頂尖大學及科研機構的產學合作，建立穩固的人才供應鏈。智能武器的研發與操作是高度複雜的系統工程。因此，政府應鼓勵並建立跨軍種、跨領域的整合研發團隊，將「中科院」、軍事單位、學術界以及具備C4ISR專業知識的人才有效結合，確保智慧水雷等新興武器系統的設計、部署和戰術運用，能夠充分滿足未來聯合作戰的需求。

(二) 法規與倫理架構建立

智慧水雷的核心優勢在於自主決策能力，然這也帶來嚴峻的國際法與倫理挑戰；因此，必須針對智能武器的自主決策特性，建立一套嚴謹且透明的國際法合規性審查與問責機制。例如界定在水雷發生「

船體誤判」(Misidentification)時，決策者、操作者及系統工程師之間的責任歸屬。此外，所有智能武器的操作，特別是目標鎖定與攻擊流程，必須經過嚴格驗證，確保符合戰爭法規中對區分原則和相稱性原則的嚴格要求；畢竟智慧水雷的精確識別與遠程解除能力，使其在國際社會中具備法理優勢。唯有透過法規架構的建立，國軍方可有效降低智慧水雷在執行選擇性攻擊時，可能引發的外交爭議與人道風險。

三、未來展望

我國未來應積極探索智慧水雷、潛艦國造平臺與水下無人載具(UUV)的聯合作戰模式，例如，可由無人水下載具執行智慧水雷的部署、監測或回收任務，進一步提升整體水下作戰的隱蔽性與人員安全性，為鞏固國防自主與維護區域安全，奠定更堅實的基礎。另一方面，應將智慧水雷的發展視為一項涵蓋「多域聯合作戰」的戰略投資，不應僅限於水下平臺的搭建；除積極探索智慧水雷與潛艦國造平臺，以及UUV的聯合作戰模式，並利用UUV執行智慧水雷的部署、監測或回收任務，進一步提升整體水下作戰的隱蔽性與人員安全性。此外，更需推進以下三方面工作：

(一) 多維部署平臺整合

國軍應著重於建立多維度的聯合布雷指揮體系，此體系需能整合水面、水下與

空中(如F-16、P-3C等掛載QS-ER)的布雷能量，並根據不同海域的作戰需求，實現最大戰術縱深與彈性部署。

(二)C4ISR與情報戰力的深化

智慧水雷應被視為水下情報蒐集節點，未來應深化結合潛艦浮標衛星天線(C4ISR)的整合效益，將水雷偵測到的目標聲紋、磁性等情報即時上傳至指揮中心。透過AI數據融合演算法對情報進行精確分類與識別，俾有效彌補海軍在反潛聲紋資料庫建構上的欠缺，從而極大化增強整體水下態勢感知能力。

(三)戰力永續與資源管理

鑑於智慧型水雷具備可回收與重複使用的特性，海軍應建立一套高效的回收與維護機制。未引爆的水雷在作戰後可進行回收維護，此舉除能大幅提升其經濟效益與戰術靈活性外，亦體現高度的成本效益與資源永續性；在國防預算相對有限的情況下，期透過此一作法，實現軍備資源的

永續管理。

總結而言，智慧型水雷與無人水下載具的深度整合，不僅是科技層面的軍備升級，更是海軍邁向「自動化、情資化」戰場轉型的關鍵契機。透過在深海中布建這套具備感知能力的「感測與阻絕網絡」，能為臺海安全構築起一道隱形且極具威懾力的屏障。唯有不斷深化多域聯合作戰的技術根基，方能發揮「以小制大」的「不對稱」優勢，在瞬息萬變的區域局勢中，持續守護我國海疆，同時奠定國家安全的堅實基礎。



作者簡介：

黃郁文先生，備役陸軍上校，中正理工學院專科83年班、政治作戰學校93年班、國防大學陸軍指揮參謀學院96年班、國防大學政治研究所碩士102年班、國防大學戰爭學院104年班、淡江大學國際事務與戰略研究所博士111年班。曾任政戰主任、國防大學教官、退輔會專員，現為臺灣戰略研究學會研究員暨清華大學清華學院兼任助理教授。

