

# 輕型魚雷的發展現況與未來

The Recent Development and Its Future of Light Weight Torpedo

陳柏勳 少校、黃鶴群 中校、陸宇倫 上校

提 要：

- 一、魚雷係經由載台發射，在水中以自身動力航行一定距離，藉雷體所攜帶之炸藥碰撞爆炸、毀傷目標艦船的一種水中兵器。現代魚雷除可自水面艦艇發射外，亦可由空中、水下武器載台發射，使魚雷成為現代海軍反潛機、水面艦與潛艦重要的對水面及水下攻擊武器之一。
- 二、輕型魚雷受益於材料科技與電子技術等發展，使得魚雷速度、射程與破壞性均大幅提升。現今輕型魚雷的發展重點在於提升淺水海域作戰能力，期能在複雜水文與環境下，可準確擊中目標並提升抗干擾能力。
- 三、魚雷對水面艦艇所造成的威脅，並不亞於攻船飛彈，面對共軍潛艦武器性能不斷提升的同時，輕型魚雷做為我國海軍水面艦艇主要的攻潛與水下防禦武器，相關最新發展值得國人重視與投入。

關鍵詞：輕型魚雷、材料科技、電子技術、水面艦艇、反潛機

## Abstract

1. Torpedo is a self-propelled underwater weapon to sink or damage the target by the explosion either on contact with its target or in proximity to it. Equipping with an explosive warhead and launched above or below the water by surface, aircraft, and the submarine forces, the torpedo, is one of the most important weapon against the surface or underwater enemy.
2. Light weight torpedo (LWT) benefits from recent advancement of material and electronic technologies, making its speed, range and destructiveness increase dramatically. The current developments of LWT focus on the operation ability in the shallow water, a rather complex, harsh environment. This can help to increase its accuracy and anti-jamming capability.
3. For surface warships, the threat from torpedoes is no less than the attacking missiles. Due to the increasing threats from the submarines of PLAN, current research on the advanced LWT should be investigated for its importance as the main attacking weapon to submarine and as defensive weapon for ASW for our surface force.

**Keywords:** Light weight torpedo, Material Technology, Electrical Technology, Surface Ship, Anti-submarine Aircraft

## 壹、前言

魚雷(Torpedo)係經由載台發射，在水中透過自身動力航行一定距離後，藉攜帶之炸藥碰撞爆炸、毀傷目標艦船的一種水中兵器。現代魚雷除可自水面載台發射外，亦可由空中、水下等多種平台發射，使魚雷成為現代海軍反潛機、水面艦與潛艦重要的攻擊武器之一。魚雷的雛型最早源自西元1866年<sup>1</sup>，由英國人羅伯特·懷特黑德(Robert Whitehead)所研製，又稱之為白頭魚雷<sup>2</sup>(Whitehead Torpedo)，魚雷口徑為355公厘，航速僅6~8節，射程也不到1000碼，加上雷頭裝藥量僅有10多公斤，航行深度也不穩定，因此並未受到太大的注目；歷經近30年的努力，白頭魚雷的射程可達7,000碼、速度亦達25節以上，加以航行性能逐漸穩定，因此開始受到德國海軍與其他國家的重視。

魚雷的首次戰果出現在1877年的俄土戰爭中，由時任俄國海軍中尉斯捷潘·奧西波維奇·馬卡羅夫所指揮的魚雷艇，擊沉當時土耳其海軍護航艦 - 因奇巴赫號(Intibakh)<sup>3</sup>，使魚雷聲名大噪，成為海戰中最常

出現的攻擊武器。潛艇與魚雷在第二次世界大戰期間，更成為影響戰局重要武器。二戰爆發前，各參戰國潛艇總數量約500艘<sup>4</sup>，而在二戰期間，共有超過16,000餘艘的潛艇投入作戰，期間被潛艇發射的魚雷擊沉的作戰艦艇將近400艘，遭魚雷擊沉的商船更超過5,000艘，總計排水量超過2,000萬噸，更造成各國大幅的經濟損失。

輕型魚雷(Light weight torpedo, LWT)是海軍反潛水面艦艇及空中兵力最為重要的武器<sup>5</sup>，近年來隨著各國海軍對於濱海區域(Littoral Zone)的重視<sup>6</sup>，輕型魚雷的發展亦趨向多元，除了著重淺水水域的偵蒐能力外<sup>7</sup>，以輕型魚雷為主體衍生出的反魚雷魚雷(Anti-Torpedo Torpedo, ATT)亦逐漸受到重視<sup>8</sup>。面對共軍潛艦武器性能不斷提升的同時，做為我國海軍水面艦艇主要的攻潛與水下防禦武器，輕型魚雷的最新發展值得重視與投入，不僅能滿足我國防衛作戰需求，亦可提升海軍反潛作戰實力。

本文主要目的係藉各國先進輕型魚雷發展現況的介紹，進一步瞭解及探討輕型魚雷未來發展方向，期能為堅實艦隊反潛作戰能

註1：Katherine C. Epstein, *Torpedo: Inventing the Military-Industrial Complex in the United States and Great Britain*. (Harvard University Press, 2014), pp.3-4。

註2：白頭魚雷是魚雷發展史上第一種藉自身動力於水中航行的武器。參閱〈Whitehead torpedo〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Whitehead\\_torpedo](https://en.wikipedia.org/wiki/Whitehead_torpedo)，檢索日期：2019年5月5日。

註3：編按：斯捷潘·奧西波維奇·馬卡羅夫於1904年日俄戰爭中擔任太平洋艦隊分艦隊司令。參閱〈Stepan Makarov〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Stepan\\_Makarov](https://en.wikipedia.org/wiki/Stepan_Makarov)，檢索日期：2019年5月5日。

註4：〈德國潛艇：“狼群”戰術的失敗〉，追學網，<http://lishi.zhuixue.net/shijieshi/36433.html>，檢索日期：2019年5月5日。

註5：崔緒生、關國樞、周德善，〈接受海戰的歷史教訓加強新世紀的魚雷研製工作〉，《艦船科學技術》，2003年，第25卷，第3期，頁3-6。

註6：〈Littoral Zone〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Littoral\\_zone](https://en.wikipedia.org/wiki/Littoral_zone)，檢索日期：2019年5月15日。

註7：在淺海環境中使用主動聲納時，聲波因迴響(Reverberation)在淺海環境傳播時，將遭遇上、下邊界多次反射，使得聲納偵測效能下降。

註8：黃鑫、馬曲立、曹陽，〈水面艦艇魚雷防禦系統近期發展趨勢〉，《艦船科學技術》，2011年，第33卷，第2期，頁10-13。

力，提供後續採購及可能自主研發之參考。

## 貳、各國輕型魚雷發展現況

魚雷可說世界各國海軍的主要攻擊武器，即使是攻船飛彈蓬勃發展的今天，魚雷在作戰中仍扮演不可或缺的角色<sup>9</sup>，近20年來隨著電子、化學及材料科技的進步，魚雷發展一日千里，在作戰速度、攻擊破壞力、精確度以及射程上都獲得大幅提升，使得艦船對魚雷的反制越顯困難<sup>10</sup>。現今世界各國海軍所使用之魚雷，依口徑大小可概分為重型及輕型魚雷(如表一)。重型魚雷直徑以533公厘最為常見，其中又以美軍的Mk-48魚雷為代表，更是潛艦的主要攻擊武器，雷頭炸藥重量在300公斤左右，對水面艦而言極具殺傷力；而輕型魚雷直徑多為324公厘上下

，且多配置於一般水面艦船及定、旋翼反潛機上，雷頭炸藥重量雖僅40公斤左右，但是對潛艦而言仍具一定威脅效果。常見的輕型魚雷包括美軍的Mk-46、Mk-54及英軍的黃貂魚魚雷等為代表。輕型魚雷在攻擊時，由水面艦或定、旋翼機為發射載台，強調靈活性與偵蒐識別能力<sup>11</sup>；在射擊前須先行設定相關參數，魚雷入水後，依其設定參數開始進行自行搜索及攻擊。以下就世界各國海軍中性能優異或極具代表性之輕型魚雷發展現況，做概要說明與介紹。

### 一、美國

美國海軍長期以來相當重視水面艦艇反潛作戰能力，除大力發展聲納偵蒐技術外，也積極投入輕型魚雷開發，目前所發展出的Mk-46魚雷，仍是許多國家海軍現役的主要

表一：重、輕型魚雷特點比較表

魚雷外觀	 美軍Mk-48重型魚雷	 美軍Mk-46輕型魚雷
直徑大小	約533公厘	約324公厘
雷體重量	1,000公斤以上	300公斤上下
彈頭重量	300公斤	40公斤
長度	約7公尺	約為3公尺
主要使用載台	潛艦	水面艦、反潛空中兵力
特點	殺傷力高、射程遠	強調靈活性、偵蒐能力

資料來源：參考〈Mk-48 ADCAP Torpedo〉，Seaforces-online，<http://www.seaforces.org/wpnsys/SUBMARINE/Mk-48-torpedo.htm>；〈MK-46 torpedo〉，US Navy Website，[https://www.navy.mil/management/photodb/thumbnails/thumb\\_110715-N-DU438-039.jpg](https://www.navy.mil/management/photodb/thumbnails/thumb_110715-N-DU438-039.jpg)，檢索日期：2019年5月15日，由作者彙整製表。

註9：張承宗、吳鋒，〈前景無限的尾流自導魚雷〉，《現代艦船》，1999年，第3期，頁33-35。

註10：林澄貴，〈水面艦艇對艦跡自導魚雷之反制研究〉，《海軍學術雙月刊》，第51卷，第3期，2017年6月，頁81-95。

註11：張書濱，〈輕型魚雷—應用及其局限性〉，《情報指揮控制系統與模擬技術》，2003年，第6期，頁28-31。

表二：美海軍主要輕型魚雷性能諸元比較表

型號	魚雷外觀	長度 (公尺)	直徑 (mm)	雷重 (公斤)	最大速度 (節)	最大射距 (哩)	最大操作深度 (公尺)	彈頭重量 (公斤)
Mk-46		2.6	320	231	40	5.9	370	45
Mk-50		2.84	324	363	55	低速8.1 高速6.5	1100	45
Mk-54 (Mod 1)		2.87	324	293	最大45 搜索36	10.75	600	44.6

資料來源：參考〈Mk-46 Torpedo〉，Seaforces-online，<http://www.seaforces.org/wpnsys/SURFACE/Mk-46-torpedo.htm>；〈Mk-50 Torpedo〉，Seaforces-online，<http://www.seaforces.org/wpnsys/SURFACE/Mk-50-torpedo.htm>；〈Mark 54 Lightweight Torpedo〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Mark\\_54\\_Lightweight\\_Torpedo](https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_54_Lightweight_Torpedo)，檢索日期：2019年5月15日，由作者彙整製表。

魚雷；另一款Mk-50魚雷雖性能更優異，卻也因造價昂貴，以致生產計畫最終中止；至於新型Mk-54魚雷為美軍由現役魚雷中分別汲取所長，並加以改良所發展之高效益、低成本之輕型魚雷(性能比較，如表二)<sup>12</sup>。

#### (一)Mk-46魚雷

美軍Mk-46型輕型魚雷是最為常見的輕型魚雷，第一代的Mk-46Mod0自1960年代開始服役，至今已生產超過20,000枚(包括Mod. 0、1、2及5)<sup>13</sup>，並在全球多達30個國家中服役，也是目前北約(NATO)國家中使用反潛魚雷的標準型式。Mk-46原係設計用於深水水域中接敵作戰，故具備音響歸向之雷頭無法辨視淺水區所產生的音響回音，而且魚

雷空投時水深限制最少須90公尺。最新的Mk-46 Mod5在性能上已大幅改善，包括全新設計的尋標器、導引裝置與動力系統，使其成為一款適用於淺水區域作戰的輕型魚雷<sup>14</sup>。此型魚雷2014年已停產，並由Mk-54型魚雷取代。

#### (二)Mk-50魚雷

Mk-50輕型魚雷<sup>15</sup>係1970年代開始進行研發設計，使用新型尋標器及先進的通用寬頻聲納技術，使其抗干擾能力大為增強。該型魚雷原先設計用以攻擊前蘇聯速度快、下潛深的核子動力潛艦。在動力系統上，不同於一般魚雷常使用的奧圖(Otto)燃油與同軸雙螺旋槳推進方式；該型魚雷則使用儲備化學

註12：David Ewing, Malcolm Fuller, Jane's Weapons Naval 2017~2018(IHS,2017)。

註13：Jolie, E.W, A Brief History of US Navy Torpedo Development. (Naval Underwater Systems Center, 1978),pp.118。

註14：〈MK-46 Torpedo〉，DoD 101，<https://fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/mk-46.htm>，檢索日期：2019年5月9日。

註15：〈Mark 50 torpedo〉，Seaforces-online，<http://www.seaforces.org/wpnsys/SURFACE/Mk-50-torpedo.htm>，檢索日期：2019年5月9日。



圖一：Mk-46魚雷(左)與Mk-50魚雷(右)推進器型式

說明：Mk-46魚雷為同軸反轉式推進器，而Mk-50使用噴泵推進器。

資料來源：參考〈Mark 50 torpedo〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Mark\\_50\\_torpedo](https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_50_torpedo)；〈Mk-50 Torpedo〉，Seaforces-online，<http://www.seaforces.org/wpnsys/SURFACE/Mk-50-torpedo.htm>，檢索日期：2019年5月3日，由作者彙整製作。

能推進系統，搭配噴射泵推進器(Pump Jet Propulsion)，以鋰與六氟化硫做為燃料產生高熱，並透過一個稱為朗金循環(Rankine Cycle)的過程<sup>16</sup>，藉由海水產生大量蒸氣來帶動內部渦輪與噴射泵推進器，使得魚雷在速度及攻擊深度均獲得提升<sup>17</sup>(如圖一)，但是整體結構設計也較為複雜，造價亦相對昂貴，美國海軍原先擬採購8,000枚，然而量產Mk-50魚雷的預算實在太過龐大，使得最終僅生產1,000餘枚魚雷後，就中止此項計畫<sup>18</sup>。

### (三)Mk-54魚雷

1. 自1999年起，在美國海軍投入Mk-46 Mod5魚雷改良與生產同時，進行Mk-54輕量混合型魚雷(Lightweight Hybrid Torpedo, LHT)<sup>19</sup>發展計畫，其將數個現有的組件合成為一款新式魚雷。該型魚雷的戰雷頭、推進段及後段雷體使用現有的MK-46魚雷；而聲納及熱力電池的部分則與Mk-50魚雷完全相同；至於信號處理及速度控制閥則取自於Mk-48 Mod6魚雷，其他的軟體套件則分別取自Mk-50及Mk-48魚雷之中<sup>20</sup>。由現成發展成熟的計畫中分別擷取所長，並加以改良，不僅節省發展成本，在性能上亦獲得大幅度的

註16：Hughes, T.G.; Smith, R.B.; Kiely, D.H, "Stored Chemical Energy Propulsion System for Underwater Applications" Journal of Energy, Vol.7, No. 2, pp.128-133。

註17：〈MK-50 Torpedo〉，DoD 101，<https://fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/mk-50.htm>，檢索日期：2019年5月9日。

註18：〈Mk 50 Barracuda Torpedo〉，Warships Forecast，[https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_old\\_pdf.cfm?ARC\\_ID=1766](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_old_pdf.cfm?ARC_ID=1766)，檢索日期：2019年5月9日。

註19：〈Mark 54 MAKO Lightweight Torpedo〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Mark\\_54\\_MAKO\\_Lightweight\\_Torpedo](https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_54_MAKO_Lightweight_Torpedo)，檢索日期：2019年5月9日。

註20：〈Team Torpedo: US Firms Sell & Support MK48s and MK54s〉，Defense Industry Daily，2018年8月24日，<https://www.defenseindustrydaily.com/team-torpedo-raytheon-partners-to-support-mk48-and-mk54-requirements-02533/>，檢索日期：2019年5月9日。



圖二：P-8A反潛機掛載Mk-54魚雷搭配HAAWC套件測試示意圖

資料來源：參考〈Add-on kits create flying torpedoes for P-8A Poseidon to attack enemy submarines from high altitudes〉，Military Aerospace，<https://www.militaryaerospace.com/articles/2019/01/flying-torpedoes-p-8a-poseidon-enemy-submarines.html>，檢索日期：2019年5月13日，由作者彙整製作。

提升<sup>21</sup>。

2. Mk-54魚雷於2004年完成初始作戰能力(Initial Operational Capability, IOC)要求，使得美國海軍擁有在淺水海域投射輕型魚雷的能力，並成功的降低空投魚雷水深35公尺的限制。該型魚雷的音鼓陣列及數位波束形成器在濱海區也有相當好的表現；另外其發射機靈敏的特性及雙頻接收器，更提供寬廣的音頻範圍。負責發展的雷神公司(Raytheon Company)稱Mk-54輕型魚雷是「世界上最經得起考驗的魚雷」，因為它分別取自Mk-46、Mk-48及Mk-50魚雷中最成熟且可靠度最高的元件及程式來組裝運用；它既是一個全新的、同時也是一種改良型的產品。此外Mk-54魚雷能運用快速資料鏈，聯結大量資訊以增進作戰效能，例如能精確地

設定陀螺儀艏向，調整友艦安全區範圍及魚雷行經路線寬度限制，並能提供聲速曲線、海象、目標資料、海底深度及海底地質等，確保Mk-54魚雷在任何海域操作時，都具有最強的目標追蹤能力。

3. 該型魚雷採用所謂的先導計畫產品改良(Pre-Planned Product Improvement, 簡稱P3I)，其中包括源自Mk-48魚雷的通用寬頻先進聲納系統(CBASS)套件以及新型聲納陣列，使得此型魚雷在淺水海域中的可靠度及命中率都獲得明顯提高；P3I亦包括垂直發射型反潛火箭(VLA)與高空反潛武器投射能力(High-Altitude Anti-submarine Warfare Weapons Capability, HAAWC)等部分。高空反潛武器投射能力(HAAWC)是洛克希德·馬丁公司(Lockheed Martin)所提出的

註21：〈MK 54 Lightweight Torpedo〉，Raytheon，<https://www.raytheon.com/capabilities/products/mk54>，檢索日期：2019年5月9日。

一項研發成果<sup>22</sup>，以Mk-54魚雷加裝類似飛行翼套件，使得反潛機能在高空中(約30,000呎)<sup>23</sup>，由彈艙發射魚雷而不用降低飛行高度<sup>24</sup>。由高空中投射的魚雷能滑翔長達10浬，再經由預設轉折點(Way-point)到達接近海面的正常發射高度<sup>25</sup>，入水前脫開飛行翼下水。而高空發射功能係利用GPS衛星定位及慣性導引，增加飛行中的精確性與穩定性，可有效地縮短魚雷接戰時間，目前已計畫於美軍P-8A反潛機上進行測試<sup>26</sup>(如圖二)。

4. 這種高空發射功能也可配置在反潛火箭上，藉以增大武器的投射距離、增加靈活性與提高破壞力。裝配HAAWC套件後，相較目前反潛火箭(ASROC)接戰距離約10浬，據稱可提升4至5倍<sup>27</sup>。而遠距垂直發射型反潛火箭可透過數據鏈路的方式做為攻擊武器，即利用所有非本地偵蒐器(Non-local Sensor)提供之資訊，藉數據鏈路(Data Link)進行目標接戰。目前Mk-54魚雷除在美國海軍服役外，澳洲與印度海軍分別在2010年10月與2011年6月分別採購該型魚雷；另英國

皇家空軍、泰國與墨西哥海軍亦已向美國採購此型魚雷加入戰鬥序列。

## 二、歐洲各國發展狀況

基於對海軍反潛作戰的重視，歐洲海上強權陸續投入許多資源，發展自身輕型魚雷技術，包括英國黃貂魚魚雷、法義聯合開發的Mu-90魚雷、以及義大利的A-244/S Mod3魚雷，在國際魚雷市場上亦極具競爭力，以下就三型魚雷發展歷程與現況，做一概述(諸元，如表三)<sup>28</sup>。

### (一) 黃貂魚魚雷(Sting Ray)

係1970年英國馬可尼(Marconi)水下系統公司(已併入英國BAE System公司)開始研發之輕型魚雷<sup>29</sup>，並於1983年正式於英國海軍服役。2003年時，BAE公司推出改良型的黃貂魚一型魚雷(Sting Ray Mod1)，採用輸出功率更高的鎂氯化銀海水電池，以及體積小、雜訊低、推進效率高的噴射泵推進器，並且改良導引及歸向系統、增強目標分類與辨識的數位處理能力，以及電子機械驅動系統，使得黃貂魚魚雷在淺水水域作戰能力大

註22：〈Lockheed Martin HAAWC Successful In Wind Tunnel, Wing Separation Tests〉，Lockheed Martin，[http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/73531/lockheed-tests-stand\\_off-air\\_launched-torpedo.html](http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/73531/lockheed-tests-stand_off-air_launched-torpedo.html)，檢索日期：2019年5月9日。

註23：〈Boeing gets further \$9m for HAAWC integration on P-8A〉，Navaltoday，<https://navaltoday.com/2019/01/10/boeing-gets-further-9m-for-haawc-integration-on-p-8a/>，檢索日期：2019年5月9日。

註24：〈Longshot: A Swooping HAAWC for Torpedoes〉，Defense Industry Daily，2019年1月11日，<https://www.defenseindustry-daily.com/longshot-a-swooping-haawc-for-torpedos-03340/>，檢索日期：2019年5月9日。

註25：定翼反潛機投擲魚雷前須降低高度至離水面90~300公尺，接近潛艇始能投擲魚雷，不僅浪費時間與燃料；反潛機劇烈下降與爬升操作，將加重機體結構損耗。參考〈The P-8 Poseidon Will Get Winged Torpedoes To Kill Subs At Long-Range〉，Tyler Rogoway，2016年5月20日，<http://www.thedrive.com/the-war-zone/3582/the-p-8-poseidon-will-get-winged-torpedoes-to-kill-subs-at-long-range>，檢索日期：2019年5月10日。

註26：〈Boeing awarded contract for HAAWC integration on P-8A〉，Navy Naval Maritime Defense Industry，<http://www.navy-recognition.com/index.php/news/defence-news/2019/january/6740-boeing-awarded-contract-for-haawc-integration-on-p-8a.html>，檢索日期：2019年5月10日。

註27：梁良、賈躍、任磊，〈國外艦載助飛魚雷發展綜述〉，《魚雷技術》，第22卷，第3期，2014年，頁157-160。

註28：同註9。

註29：〈Sting Ray Mod 1 Lightweight Torpedo〉，BAE Systems，<https://www.baesystems.com/en-uk/product/sting-ray-mod-1-lightweight-torpedo>，檢索日期：2019年5月10日。

表三：歐洲海軍主要輕型魚雷性能諸元比較表

國家型號	魚雷外觀	長度 (公尺)	直徑 (mm)	雷重 (公斤)	最大速度 (節)	最大射距 (哩)	最大操作深度 (公尺)	彈頭重量 (公斤)
英國 Sting Ray (Mod 1)		2.597	324	265	45	6	750	45
法國 Mu-90		2.85	324	304	50	低速12.4 高速5.9	25-1000	32
義大利 A 244S (Mod 3)		2.75	323.7	254	38	低速7.28 高速5.4	10-600	42

資料來源：參考〈Sting Ray Mod 1 Lightweight Torpedo〉，BAE Systems，<https://www.baesystems.com/en/product/sting-ray-mod-1-lightweight-torpedo>；〈MU90 Impact〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/MU90\\_Impact](https://en.wikipedia.org/wiki/MU90_Impact)；〈Lightweight and Heavyweight Torpedoes, and Anti-Torpedo Countermeasure Systems〉，Naval-technology，<https://www.naval-technology.com/contractors/missiles/whitehead>，檢索日期：2019年5月3日，由作者彙整製圖。

幅提升。

2003年2月英國國防部與BAE系統公司水下系統部門為黃貂魚魚雷延壽案簽定合約，使該輕型魚雷能因應現代反潛作戰，並延長作戰週期至2025至2030年；第1批數量100枚的黃貂魚一型魚雷於2006年6月間交貨，其他批亦在2010年前交貨完畢。英國與BAE公司的第2項合約在2006年中簽定，內容為更新軟體功能，以強化在淺水區域作戰時應對中、小型目標的能力。該型魚雷於2009年6月首次外銷成功，挪威的反潛魚雷計畫選擇以黃貂魚一型魚雷，配置在南森級巡防艦(Nansen-class Frigate)、NH-90直升機與該國P-3C反潛機上，此外泰國及羅馬尼亞海軍亦有向英國採購此型魚雷<sup>30</sup>。

## (二) Mu-90魚雷

Mu-90衝擊(Impact)魚雷為歐洲魚雷公司(Eurotorp)所研發新型的輕型魚雷<sup>31</sup>。1990年法國布林熱(Bonneuil)海軍裝備展覽會上，法國及義大利兩國宣布共同發展第三代輕型反潛魚雷；1991年雙方政府簽定備忘錄，決定聯合發展輕型通用反潛魚雷Mu-90，用以取代兩國正在研發中的海鱧(Murene)和A-290反潛魚雷。

1. Mu-90是目前輕型魚雷中唯一能在兩種不同需求環境下操作的魚雷，也就是類冷戰時期狀況的深水區(其攻擊速率高達53節，最大深度達1,000公尺)及淺水區作戰(艦載發射深度限制為20公尺以上，機載發射深度限制為25公尺以上)，該型雷並能在僅有3

註30：〈Sting Ray (torpedo)〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Sting\\_Ray\\_\(torpedo\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sting_Ray_(torpedo))，檢索日期：2019年5月10日。

註31：〈MU90 Impact〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/MU90\\_Impact](https://en.wikipedia.org/wiki/MU90_Impact)，檢索日期：2019年5月10日。

表四：日本、韓國與中共海軍主要使用輕型魚雷性能諸元比較表

國家型號	魚雷外觀	長度 (公尺)	直徑 (mm)	雷重 (公斤)	最大速度 (節)	最大射距 (哩)	最大操作深度 (公尺)	彈頭重量 (公斤)
南韓 K745 (Blue hark)		2.7	324	280	45	4.9	450	> 40
日本 97式		2.83	324	320	N/A	N/A	N/A	約50
中共 魚7		2.7	324	235	43	7.6	6-400	45

資料來源：參考〈Chung\_Sang\_Eo〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Chung\\_Sang\\_Eo](https://en.wikipedia.org/wiki/Chung_Sang_Eo)；〈97式魚雷〉，維基百科，<https://ja.wikipedia.org/wiki/97%E5%BC%8F%E9%AD%9A%E9%9B%B7>；〈魚-7魚雷〉，海軍360，<http://www.haijun360.com/news/YL/2010/94/1094173155J3196IE14CIIG05G18DA.html>，檢索日期：2019年5月3日，由作者彙整製表。

公尺深的水域操作，意味著在水深限制的條件下，甚至能在港內遂行攻擊任務。

2. 與常見的奧圖燃料相比，Mu-90動力系統使用鎂－氧化銀海水電池，能提供更佳的操作安全、節省後勤開支且沒有廢棄處理費用。除此之外，操演及訓練型式採用可重複使用的高效電池取代單次型電池，省下更多維持成本。Mu-90魚雷能於29至53節的區間內無段變換速度操作，有效距離為1萬5,000公尺至2萬5,000公尺，加上強化過後的資料處理能力，能輸入像是友艦安全區、預期目標位置、目標航向航速以及水文資料，增強該型魚雷的作戰效能。

3. Mu-90魚雷的音響偵蒐器能以6種波段運作，並有寬頻高解析信號，能以電腦解算選取衝撞點(因此命名為衝擊魚雷)；其平行

處理功能及同步音響運作模式，能同時追描多達10個目標，且具備高度反反制能力<sup>32</sup>。大小適中的戰雷頭可攜帶50公斤的V350高爆炸藥，以確保即使面對水面大型目標仍具致命性。此外義大利海軍亦發展出以Mu-90搭配火箭的MILAS反潛火箭，其有效射程可達35公里。

Mu-90魚雷迄今已被8個國家海軍採用，除生產國法國、義大利外，還包括德國、丹麥、波蘭、埃及、摩洛哥及澳洲，歐洲及非洲重視發展海權的國家，幾乎皆選用這款輕型魚雷做為新式艦船的反潛武器。

### (三) A-244/S魚雷

義大利魚雷公司WASS (Whitehead Ale-nia Sistemi Subacquei)目前亦積極地推銷其A-244/S Mod3魚雷<sup>33</sup>，這是該公司所發展

註32：盧軍、陳立強、崔和，〈先進的多任務輕型魚雷MU90〉，《魚雷技術》，第14卷，第1期，2006年，頁57-60。

註33：〈Leonardo's Mod 3 Light Torpedo〉，Asian Military Review，2017年9月29日<https://asianmilitaryreview.com/2017/11/leonardos-mod-3-light-torpedo/>，檢索日期：2019年5月10日。

A-244/S輕型魚雷系列中最新一型，亦被認為是使用電力推進的Mk-46魚雷，除增強聲納尋標器的搜索、訊號處理能力外，亦對動力部分進行加強，最高速度可達35節以上。

A-244/S Mod3魚雷在2000年時推出，新加坡及印尼都採購此型魚雷，而印度也看中這款魚雷，訂購130套以替換部分舊式的A-244型魚雷。目前除義大利海軍使用外，另外還出口亞洲、非洲、美洲等十多個國家，包括馬來西亞海軍、紐西蘭海軍均有使用此種魚雷<sup>34</sup>。

### 三、亞洲各國發展現況

魚雷在亞洲市場相當受到矚目，各國除外購美國與歐洲外銷之魚雷外，亦試圖研發自製的輕型魚雷，並在技術發展上有許多重大突破，以下摘要介紹韓國、日本與中共海軍的輕型魚雷發展(諸元，如表四)<sup>35</sup>。

#### (一) 南韓

早在1995年南韓即開始發展輕型魚雷，起初係與美國霍尼韋爾(Honeywell)公司一同合作，授權生產韓國製的Mk-46 Mod5型魚雷。不久之後，遂開始發展更具潛力的先進魚雷，其中有一部分係受到Mu-90衝擊魚雷所帶來的啟發。2004年時藍鯊魚雷(又稱K745, Blue Shark)首度試射成功，並且在2006年時開始生產，此案的發展係由LG Innotek公司(現稱為LIG NEX1)與歐洲魚雷公司首度合作，置重點於電池與推進模組的性能提升。雙方之間的合作關係後續雖然中斷，但是由結果來看，此型魚雷有部分與

Mu-90極為相似，例如無刷馬達與減速齒輪模組；但是藍鯊魚雷使用的葉片設計，很明顯與Mu-90泵噴射推進極為不同；此外藍鯊魚雷採用固定式的電池設計也和Mu-90不同。南韓海軍另有一種結合火箭的輕型魚雷，使得射程可達11浬，且具備垂直發射功能的紅鯊魚雷(韓國稱為Hong Sang Eo；又名K-ASROC或是KASM韓國反潛火箭)，係由韓國的防衛發展機構與LIG NEX1共同發展。紅鯊在2009年完成測試，目前在KDX-II(忠武公李舜臣級飛彈驅逐艦)配備8管KASM；而KDX-III(世宗大王級飛彈驅逐艦)上則有16管，顯見南韓海軍對反潛作戰能力的重視。

#### (二) 日本

即使現今日本海上自衛隊(簡稱海自)已擁有強大反潛戰力，仍不遺餘力地發展自身的先進輕型魚雷。目前海自所使用的輕型魚雷，除了美國的MK-46Mod5魚雷外，尚有自行研發的97式魚雷，該型魚雷自1989年開始研發(計畫代稱為G-RX4)，並在1997年生產撥交自衛隊使用(故又稱97式魚雷，意指在1997年撥款生產)。97式魚雷現由三菱重工所生產，並且用以取代日本海上自衛隊的Mk-46 Mod5型魚雷，主要用於各式水面作戰艦艇上，是海上自衛隊主力輕型魚雷；除此之外，日本防衛省技術研究本部自1998年即開始進行淺水海域專用的反潛魚雷研究，並在2005年以「G-RX5計畫」名稱研發新型輕型魚雷，2012年命名為12式魚雷<sup>36</sup>，該型魚雷採用更先進的聲納尋標技術，使該魚雷在

註34：〈A244 MOD.3〉，Leonardo，<https://www.leonardocompany.com/en/-/a244smod3>，檢索日期：2019年5月10日。

註35：同註9。

註36：〈Type 12 torpedo〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Type\\_12\\_torpedo](https://en.wikipedia.org/wiki/Type_12_torpedo)，檢索日期：2019年5月11日。

淺水水域中的搜尋距離及抗干擾能力，均較97式魚雷獲得大幅改進。

### (三) 中共

中共海軍尋求現代化的輕型魚雷亦有相當長的一段時間，目前使用的魚7型魚雷，係源自Mk-46 Mod2魚雷，透過逆向工程仿製而成，也是目前中共海軍主要的輕型魚雷，配置於水面作戰艦艇上，做為主要的反潛武器；此外自2002年起，中國船舶重工集團705研究所在其既有基礎下，開始進行新的輕型魚雷研製<sup>37</sup>，2006年時，完成魚8火箭助飛魚雷研發，其結構類似於ASROC反潛火箭，由魚7魚雷之雷體、空投附件、助飛火箭組成，採垂直式發射，與海紅旗-16(HHQ-16)防空飛彈共用相同的垂直發射系統。

中共海軍在2015年7月時所舉行的南海演習中，首次公開試射魚-8反潛火箭影片，目前魚8反潛火箭主要配置在旅洋Ⅲ級(052D型)驅逐艦及旅滬級(054A型)護衛艦上；不僅如此，中共海軍正積極發展新型魚11型魚雷，期能取代舊式的魚7魚雷。此外尚有來自俄羅斯的數型魚雷亦正在服役。據傳中共亦有義大利生產的A-244/S型魚雷，但是此消息並未獲得確認。

## 參、輕型魚雷的未來發展

自冷戰時期結束後，世界各國反潛作戰的思維也開始有所不同，在舊時期的思維之中，反潛魚雷的發展著重在深水區域(Blue Water)作戰，強調武器性能需能對抗潛深大與速度高的核子動力潛艦；但是今日的威脅

則多來自於濱海地區(Green Water)，因淺海區域的複雜水文環境包括多樣的海底地形，以及充滿噪音之交通環境，使得目標偵蒐與識別更為不易，加上現今傳統動力潛艦多配備先進絕氣推進系統(AIP)與諸多消音手段，使其性能更穩定、隱匿性更佳，也意味著潛在威脅大增。因此做為空中與水面反潛兵力所倚重的輕型魚雷，其發展越顯重要，未來先進輕型魚雷發展的幾個重要方向，概述如後：

### 一、偵蒐裝置效能提升

在濱海地區執行反潛作戰，常常遭遇許多困難，包括淺水區域水文複雜、近海航道造成之背景噪音、淺水迴響所造成的目標辨識不易等因素，都影響對目標的攻擊，因此輕型魚雷的聲納尋標能力必須持續精進，並加強偵蒐與抗干擾能力，才能適應不同的作戰環境。

另一方面，受益於電子技術不斷蓬勃發展，今日先進輕型魚雷均已具備高解析的聲納尋標系統，可以有效地辨識目標、提高抗干擾能力，甚至也具備可在淺水及深水區域作戰之能力；另一方面模組化、開放式架構，以及商用元件的引入，使輕型魚雷未來發展在軟體與硬體升級上更加容易，同時節省製造與軟、硬體升級與維護成本。

### 二、雷頭彈藥的改良

炸藥中的硝基或硝酸酯等化合物，因具受熱分解及熱爆炸的危害特性，因此儲存環境上均須非常注意，而魚雷雷頭(Warhead)若因火災或是受到流彈碎片波及所導致的意

註37：〈Undersea dragon: Chinese ASW capabilities advance〉，Jane's International Defence，[https://www.janes.com/images/assets/911/72911/Undersea\\_dragon\\_Chinese\\_ASW\\_capabilities\\_advance.pdf](https://www.janes.com/images/assets/911/72911/Undersea_dragon_Chinese_ASW_capabilities_advance.pdf)，檢索日期：2019年5月11日。

外爆炸，亦將造成相當嚴重之損害，歷史上因為戰損引發魚雷庫爆炸的例子不勝枚舉。

傳統魚雷雷頭的炸藥係儲存於一個細小的管子中，然而這對於抵抗戰損或是意外的發生，並無法提供有效的保護。而現今魚雷多已改採鈍感炸藥(Insensitive Explosives)<sup>38</sup>，例如Mu-90、Mk-54及黃貂魚魚雷的鈍感炸藥可以在不降低魚雷破壞力的前提下，提高抗戰損的能力。

### 三、遠距離投射與魚雷輕量化

未來輕型魚雷運用在反潛作戰上，將更著重在多重載台(水面艦、各式定、旋翼反潛機)的投射能力發展，例如美軍現正測試的Mk-54魚雷搭配HAAWC套件，使得P-8反潛機或旋翼機在不需下降高度情況下，即可投射魚雷；此外HAAWC套件使得魚雷射程得以大幅提升，因此相關機、艦組合之反潛戰法、魚雷轉折點設定等戰術作為，未來在應用上將更具彈性；

輕量化也是未來輕型魚雷的重要發展方向之一。鑒於今日無人化之空中、水面與水下載具蓬勃發展，輕量化後之輕型魚雷，將有機會配置於各式無人水面或空中無人載具，使其亦具備魚雷攻擊能力，並輔以搭配數據鏈路(Data Link)之功能，將使得無人載具也能成為反潛作戰中的攻擊要角。

### 四、先進電力推進系統

自美國海軍Mk-46魚雷計畫開始以來，

輕型魚雷採用奧圖熱循環動力推進方式<sup>39</sup>，雖然具有系統可靠度高、燃料儲放方式安全等優點，卻也因機構組成、化學能轉換為機械能過程複雜，使得能源轉換效率不佳。而現今輕型魚雷發展多改以電力推進為主要動力來源，大大提升輕型魚雷的射程與速度。常見的鎂-氯化銀電池每小時可提供50千瓦的動力，而新的鋁-氧化銀技術可增至70千瓦，是舊式鎳鎘電池的3倍之多。此外美軍目前亦投入相關研究，擬以鋰離子(Li-ion)電池搭配整合馬達設計(Integrated Motor Propulsion, IMP)<sup>40</sup>，做為新型魚雷的動力系統來源。

雖然鋰離子電池技術目前仍有許多問題尚待解決，例如攝氏50至60度高溫會導致效能明顯下降，這意味著存放在沒有妥善溫度控制的環境中，例如掛載在反潛機翼下、反潛直升機上或是軍艦上的魚雷發射管中，將會導致效能下降或是不可預知的危險；此外鋰離子電池還有價格過高的問題。但是相關研究仍持續進行，咸信在不久的將來，一定可以找到最佳的解決之道。

### 五、反魚雷魚雷應用

水面艦艇反制魚雷手段大體上可區分為軟殺與硬殺<sup>41</sup>，軟殺的部分主要藉誘標(Decoy)與噪音器，使得來襲魚雷偏離主要攻擊目標。現役的軟殺裝備主要如美國AN/SLQ-25 Nixie拖曳式噪音器<sup>42</sup>；硬殺手段則是直

註38：〈Insensitive munition〉，維基百科，[https://en.wikipedia.org/wiki/Insensitive\\_munition](https://en.wikipedia.org/wiki/Insensitive_munition)，檢索日期：2019年5月11日。

註39：〈熱動力魚雷〉，百度百科，<https://baike.baidu.com/item/%E7%83%AD%E5%8A%A8%E5%8A%9B%E9%B1%BC%E9%9B%B7>，檢索日期：2019年5月11日。

註40：錢東、崔立、薛蒙，〈美國新一代電動輕型魚雷研發策略分析〉，《魚雷技術》，第15卷，第6期，2007年，頁1-5。

註41：肖昌美、李恒、彭佩，〈國外水面艦艇魚雷防禦系統發展現狀及趨勢〉，《魚雷技術》，第22卷，第2期，2014年，頁150-156。

註42：AN/SLQ-25 Nixie為一在水中拖曳之反魚雷誘餌，透過一拖曳電纜將信號傳遞到拖曳體，並製造出大量噪音訊號，掩蓋船艦自身噪音如俾葉、主機等噪音，藉以欺騙來襲魚雷。

接摧毀或損傷來襲魚雷，使其喪失攻擊能力，而反魚雷魚雷(Anti-Torpedo Torpedo，ATT；或稱Countermeasure Anti-Torpedo，CAT)正是各國積極研發的新型主動式防禦武器，主要為一種防禦來襲魚雷之硬殺武器，射程範圍多在2浬內。

反魚雷魚雷目前多以輕型魚雷為基礎，加以改良做為ATT使用，輔以魚雷預警系統(Torpedo Warning System，TWS)組成，以建構美國海軍水面艦艇魚雷防禦系統(Surface Ship Torpedo Defense，SSTD)<sup>43</sup>；其他發展中的ATT亦包括法國與義大利聯合開發的MU-90HK反魚雷魚雷<sup>44</sup>、德國的「海蜘蛛」(Sea Spider)反魚雷魚雷等<sup>45</sup>。一般以ATT為首的硬殺手段，再搭配拖曳式噪音器或是聲音誘標等軟殺方式，將構成水面艦魚雷反制的主要措施。

## 肆、結語

魚雷所造成的威脅，對於水面艦艇來說，並不亞於攻船飛彈。而魚雷發展係需要諸多領域科技相互配合，包括聲納偵蒐、雷體炸藥、控制單元、動力推進等多個不同專業的系統相互整合，才得以發展出高性能的先進魚雷。觀察近期世界各國海軍所發展的輕型魚雷，其重點多置於先進魚雷導航控制、長時間與高速度推進設計、採用電力推進取

代傳統的奧圖燃油、強化淺水海域的作戰能力。不僅如此，魚雷系統的模組化設計、採用商用現成品或技術(COTS)及開放式系統架構(Open Structure)，使得魚雷未來的改裝與延壽更為容易，單位造價成本得以降低並兼具性能。目前輕型魚雷主要用於水面艦或空中兵力用以攻擊潛艦、水面艦用途之外，還有國家正在研究以輕型魚雷為基礎，做為魚雷反制使用，使得輕型魚雷的未來發展不可限量。

長期以來「國防自主」一直是我國主要的建軍發展目標，相關國防科技研發與國防產業發展，需賴科技發展趨勢與聯合作戰需求配套，及落實基礎研究才能扎根，並突破關鍵技術獲得不易之限制，厚植國防科技能量<sup>46</sup>。面對中共國力與軍力不斷強化的同時，我海軍除了艦艇載台的發展外，亦可強化魚雷武器的發展工作，不僅可做為我國海軍水面艦反潛與空中專用的反潛武器外，亦能藉此發展出其他相關先進武器，以投入未來海戰戰場。此外，考量海軍防衛作戰場景，臺海周遭環境東部海岸水深，而西部海岸水淺，若中共持續強化輕型魚雷發展，未來將可能對我海軍潛艦或水面艦艇構成極大威脅，為確保國防與海上交通線之安全，吾人對於中共輕型魚雷的發展，千萬不可小覷。

註43：Sam LaGrone，〈Navy Develops Torpedo Killing Torpedo〉，USNI News，2013年6月20日，<https://news.usni.org/2013/06/20/navy-develops-torpedo-killing-torpedo>，檢索日期：2019年5月11日。

註44：崔貴平，〈國外反魚雷魚雷技術現狀及發展趨勢〉，《魚雷技術》，第20卷，第6期，2012年，頁472-476。

註45：〈印度這單採購很高明，對巴基斯坦的潛艇構成大威脅〉，每日頭條，2017年10月18日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/m2zgj89.html>，檢索日期：2019年5月11日。

註46：〈民國106年四年期國防總檢討〉，中華民國國防部，<https://www.mnd.gov.tw/PublishForQDR.aspx>，檢索日期：2019年5月11日。

作者簡介：

陳柏勳少校，海軍官校93年班、成功大學系統所機電控制組碩士96年班、中山大學物理系博士107年班，曾任岳飛艦艦務長、馬公艦戰情官、作戰長，現服務於海軍軍官學校。

黃鶴群中校，海軍官校92年班、美國海軍研究院水下作戰碩士106年班，曾任海虎艦補給官、海龍艦兵器長、海獅艦艦務官、輪機長，現服務於國防部。

陸宇倫上校，海軍官校89年班、美海軍指揮參謀學院101年班，曾任繼光艦副艦長、海獅艦副艦長、海龍艦兵器長、海豹艦補給官，現服務於國防部。

## 老軍艦的故事

### 大青軍艦 ATA-546

大青艦原屬美陸軍所用小型拖船，係美國Tampa Marine公司建造，於1943年元月9日下水成軍，編號為LT-355，二次大戰後美軍以戰後剩餘物資名義售予我國招商局，編號為民-324。

民國38年5月該艦由於上海撤退時缺乏配件，而於高雄十三號碼頭，由海軍將該艦自招商局手中接收，命名為「大青」艦，編號為LT-346，直轄於海軍總部。

該艦自接收後由於配件無著落，乃奉命列入保管，民國41年由副艦長李殿瑞發起克難修理，於同年7月全部完工，9月奉命復役改隸於後勤艦隊，隔年2月1日始正式恢復編制。該艦服役時，主、輔機曾故障，並經第四造船廠換裝主機及發電機，直至民國52年元月始出廠再行服役，至民國54年元月1日該艦再改編號為ATA-546。主要是執行沿海搜救，港內救火，拖靶等任務，民國61年由於服役年代長久，機件設備多呈老舊，乃奉令除役。(取材自老軍艦的故事)

