

淺談水下安全認證程序之重要性

郭俊毅中校、曹翔皓少校

我國為典型海島國家，海軍艦艇戰力對維持海上交通線暢通極為重要，而中共近數十年間不斷加強戰備整備，艦艇下水的速度被外媒喻做下水餃般的速度，更加劇了雙方懸殊的兵力對應關係，為了在不對稱兵力的狀況下維護海權，避免遭中共封鎖海岸線，因此潛艦的發展更是重中之重。

操作潛艦是一項極具風險的任務，潛艦具備需長時在深海中蟄伏、活動的特性，戰略應用上，包含破壞航運、佈雷封鎖、攻擊敵岸及戰略嚇阻等，是我國兵力運用構想中不可或缺的戰力，深海中執行任務的潛艦猶如雙眼遭蒙上，僅能依靠聲納儀器探測水下的地形及敵人，船體結構本身必須能承受深潛時的海水壓力才能保障船體不會遭到壓饋造成破損泛水，在密閉的船艙內需要足夠的維生機能，如艦內空氣的品質直接影響人員能否正常呼吸，油、水、氣、電各系統的整合直接影響船是否能正常操作，艦上人員是否經過充分的訓練，對於標準及緊急操作程序是否有足夠的熟悉度，無一不影響潛艦在水下的安全性。

潛艇安全計劃(SUBSAFE) 是美國海軍用以監督潛艦設計、建造及維護的一項的品質保證計劃，旨在維護其潛艦部隊的安全；提供最大程度的合理保

證，確保潛艇船體保持水密性，並確保它們能夠從意外的泛水中得以安全地回到水面。

水下安全(SUBSAFE)的起源是由一起歷史上最多人員喪命的美國潛艦長尾鯊號 USS Thresher (SSN-593)失事案件痛定思痛而推展的計畫，身為冷戰時期美國海軍專為獵殺蘇聯潛艦而建造的核動力潛艦，長尾鯊號是當時速度最快、最安靜的潛艇，於 1961 年 7 月 9 日下水，船長 85 公尺，船寬 9.8 公尺，潛航最大排水量 3420 噸，最大潛航深度可達 369 公尺，潛航航速可達到 33 節，採用西屋 S5W PWR 核子反應爐及西屋 11MW 齒輪渦輪機，擁有當時最先進的武器系統，包括美海軍最新型反潛導彈 SUBROC 的發射器，以及先進的被動及主動聲納，裝載 4 組魚雷管，搭載 MK63 型魚雷(如圖一)。



圖一：長尾鯊號

1963 年 4 月 9 日，在距離美國東海岸約 200 英里的區域，長尾鯊號進行大修後第一次潛航測試，經初步潛水測試後浮出水面進行微調，再進行第二次潛航測試，下潛深度來到最大測試潛深(396 公尺)的一半(約 198 公尺)，並整夜都保持潛航，持續觀察系統運作狀況。

隔日 1963 年 4 月 10 日，持續進行深潛測試，以下繞圈方式行駛，慢慢



潛入更深的位置，並保持每 100 英尺(30 公尺)深度暫停一次，檢查所有系統的運作持續下潛，並保持在通訊距離內，當下潛到測試深度大約 約 305 公尺時因核反應爐在海水冷卻系統銲接上的缺陷，發生了破洞導致機艙進水，儘管艦上人員採取了各種緊急措施試圖上浮，但長尾鯊號仍失去控制，墜入大西洋的深處，失去所有艦上人員包括官兵及船廠測試人員共 129 名(如圖二)。

圖二：4 月 10 日軍史上的今天全球首起核潛艦失事專題 2013 年紀念儀式

長尾鯊號潛艦的首艦損失導致美國海軍不得不重新評估用於建造其潛艇的方法。「長尾鯊號設計評估委員會」評定，儘管長尾鯊號的基本設計是合理

的，但潛艇操控和從泛水狀況恢復並降低傷亡的能力應加以改善。已發現的問題包含部份結構焊道不合格，多個焊道確認被判定為失效，導致機艙被淹沒。機組人員無法使用艦上設備來阻止泛水。大量海水湧入艙間並噴灑到電子元件上造成短路使反應爐關閉導致推進能力喪失；另外主壓載艙高壓空氣系統未能在測試深度正常運行，高壓空氣系統設計沿用舊型潛艦設計，系統中過多的水份造成管路出口濾網結冰，產生的堵塞導致吹放速度不足，使長尾鯊號獲得的正浮力無法克服泛水的重量執行緊急上浮。

另調查報告顯示，除了上述原因外，缺乏詳細的深潛測試計畫、下潛的動作過快、未具備潛艦救難能量、缺乏安全操作曲線(Safety Operation Envelop, SOE)，幹部許多為新手不熟悉緊急操作程序等，也都是造成這樁憾事的原因。

歷經此事件後，美國海軍成立了潛艇水下安全委員會(Submarine Safety Committee)，並制定法規以正視潛艦從設計、材料、製造、測試等程序，此制度落實在美國海軍各項潛艦設計建造與操作維護的書面文件中，包括潛艦設計建造階段的初始文件、海軍各廠站船塢的例行維護程序、以及海軍艦隊維護操作潛艦的文件手冊等。在這些步驟中，都需要採集品質證據（quality evidence）並嚴格執行檢驗，且須妥善儲管，作為潛艦壽期內可供追蹤的紀錄。而這些品質監控作業都會經過內部與外部單位審核。

而後全球多國海軍，參考了美海軍水下安全準則「NAVSEA 0924-062-0010 Submarine Safety (SUBSAFE) Requirements Manual」，並依此法規為基礎，發展各國自己的水下安全法規，如英國(DEF STAN 02-136 ISSUE 3)、澳洲(DEF(AUST)5000-vol 09)等。

經統計，自 1915 年到 1963 年，美國海軍因非戰鬥原因損失了 16 艘潛艇。然而自 1963 年建立了 SUBSAFE 認證開始之後，只有一艘未經 SUBSAFE 認證的飛魚級核能攻擊潛艦天蠍魚號 (SSN-589)，可見水下安全認證程序的推動大幅提升了潛艦的安全性。這樣的認證方式亦延伸使用至 NASA 美國太空總署，被應用於火箭發射計畫的人員安全管理，其重要性及必要性可見一斑。

綜上所述，水下安全的考量及認證對於海軍潛艦發展非常重要，對於設計的層面更是影響深遠，在戮力推動潛艦國造的今日，水下安全的認證及執行更需落實，以提升艦艇服勤安全係數。

參考資料：

1. 中共海軍持續造艦，2020 年有 25 艘新艦服役，《自由時報》(台北市)，2021 年 3 月 17 日。
2. 瞿文中，《台灣生存與海權發展》(台北市，麥田出版股份有限公司，1999 年 7 月 1 日)，頁 141。
3. 《設計一個更安全的世界：應用於安全的系統思考》，麻省理工學院出版社，2012 年，第 445-461 頁。
4. 〈美國科學委員會眾議院聽證章程〉，《哥倫比亞事故調查委員會報告》(美國華盛頓哥倫比亞特區)，2003 年 10 月 29 日。
5. 上報【129 人罹難】失事 56 年後 美海軍解密「長尾鯊號」核潛艦調查報告。
6. 江昱蓁，〈虛擬實境運用於教育場域可能面臨的問題〉，《臺灣教育評論月刊》(臺北市)，2018 年 7 月，頁 120-125。
7. 長尾鯊級(大鯧鯪級)核子動力攻擊潛艦〉，《軍武狂人夢》(台北市)，2021 年 8 月 28 日。