



淺談「潛艦傾側試驗穩度計算分析與實務」探討

黃允祈 中校 陳志凱 少校

王 尹 上尉 徐文彬 聘員

摘要

一、台灣能源進口與潛艦需求:台灣經濟依賴進口能源和原物料，對外貿易高度仰賴順暢的海上交通。然而，周邊海域易遭潛艦封鎖，尤其東部深海區利於敵方活動。因此，台灣需同時發展水面與潛艦力量，以嚇阻並反制封鎖威脅。

二、潛艦設計挑戰與性能平衡:潛艦設計困難，空間有限且需配備耐高壓、抗爆震及輕量化設備。多數系統為客製化，導致重量控制不易。如西班牙 S80A 潛艦因超重 125 噸需重設計，延誤兩年。設計關鍵在於管理重量和空間分配，同時平衡浮力、穩定性與操控性。

三、穩度標準與測試:潛艦需在水面和水下保持穩度，浮航時需抗 100 節橫風，水下潛航各種裝載船況均需位於平衡多邊形內與潛航時 BG 值需維持在 0.36 至 0.44 公尺。

四、系統測量與改進:透過水面傾側與水下潛航平衡暨水下傾側試驗，計算排水量與重心位置。為提升測試效率並減少人力，本中心研發更高效的量測系統。潛艦設計需平衡技術需求與戰略運用，確保其成功運作。

一、傾側試驗流程與精度管理

1. 前言

本軍在進行水面艦艇及潛艦的傾側試驗時，傳統方法使用 U 型管或擺錘測量橫傾位移【圖一】。測試後，數據將納入計算系統，以得出橫傾角度和橫切值。不同艦艇的配置略有差異，大船設三組測量工具，每組 4 人，小船則設二組，每次需 8 至 12 人進行測試。



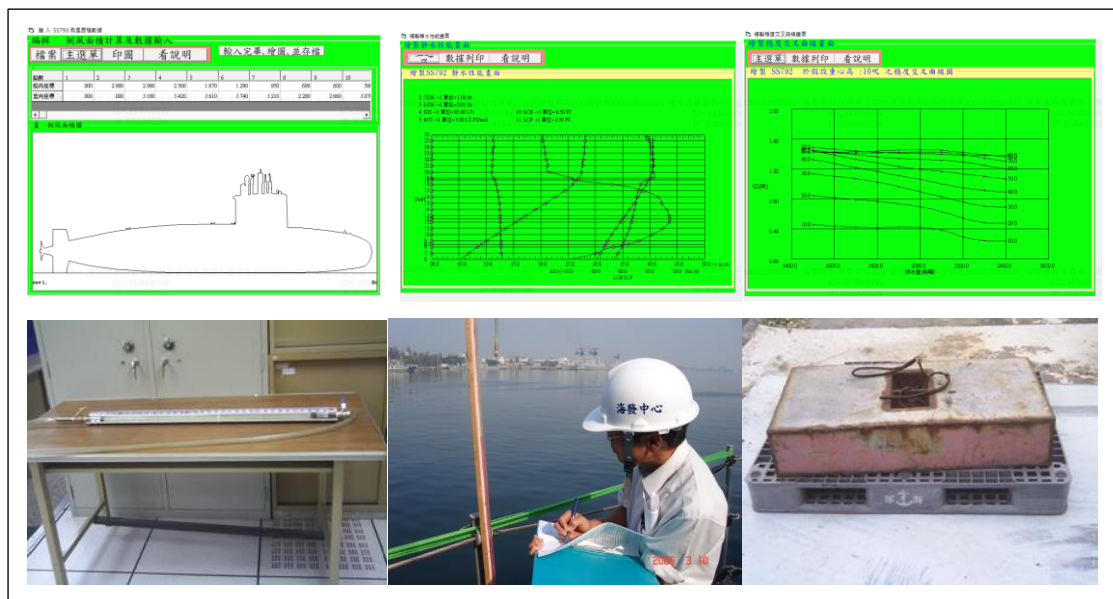
圖一 傳統 U 型管量測

2. 傾側試驗精度與誤差

艦艇的重量與穩度對航行性能及耗油量至關重要。傾側試驗是確認艦船重量與重心的唯一方法，用以驗證穩度及浮力。

3. 試驗準備工作

試驗需準備側剖面圖、靜水性能曲線、油水櫃測深表及原廠試驗報告，並注意基準間的差異，避免計算誤差。儀器包括吃水量標、U 型管及重塊，必須確保測量精準【圖二】。



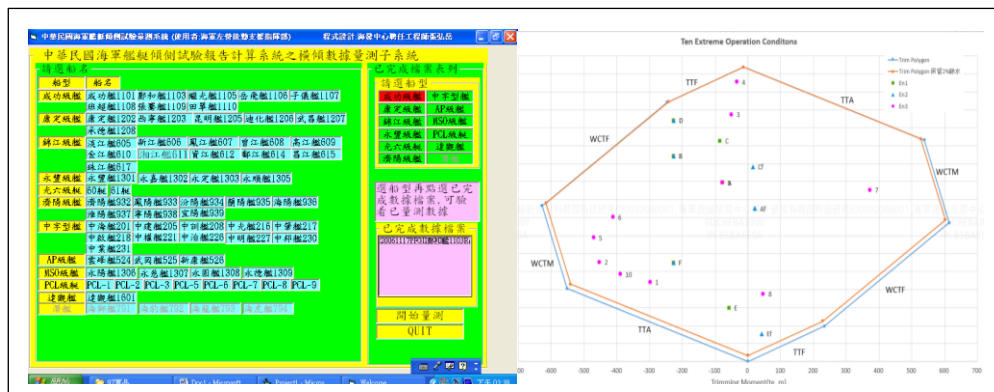
圖二 傾側試驗事前準備事項

4. 試驗執行與精度分析

試驗應於風浪影響最小的環境中進行。在測量排水量時，需校正海水密度與溫度。每次傾側試驗包括 6 次移重和 7 次偏移量測，測量人員需確認讀數的準確性。

5. 試驗報告與計算

試驗報告包括靜態與動態穩度兩部分。數據計算使用三次式軟楔模型，確保數據處理的高精度【圖三】。



圖三 傾側試驗報告部份內容

6. 小節

傾側試驗是艦艇設計中的關鍵環節，其準確性影響艦艇的穩定性與性能，確保軍艦在服役過程中滿足安全與性能要求。

二、量測系統的建立

1. 緣起

本系統的建立源於軍品案經費的購置，95 年度與 97 年度分別購買了 Crossbow 的雙軸及單軸傾角儀、PICO 與 NI 的 A/D 轉換器。系統主要是透過 VB 語言開發驅動程式，讀取類比轉換後的數位值，並驗證傾角儀的零度量測。隨後，模擬傾側試驗，建立橫傾角數據程式及搖擺週期量測程式，優化了量測效率。

2. 系統硬體組成

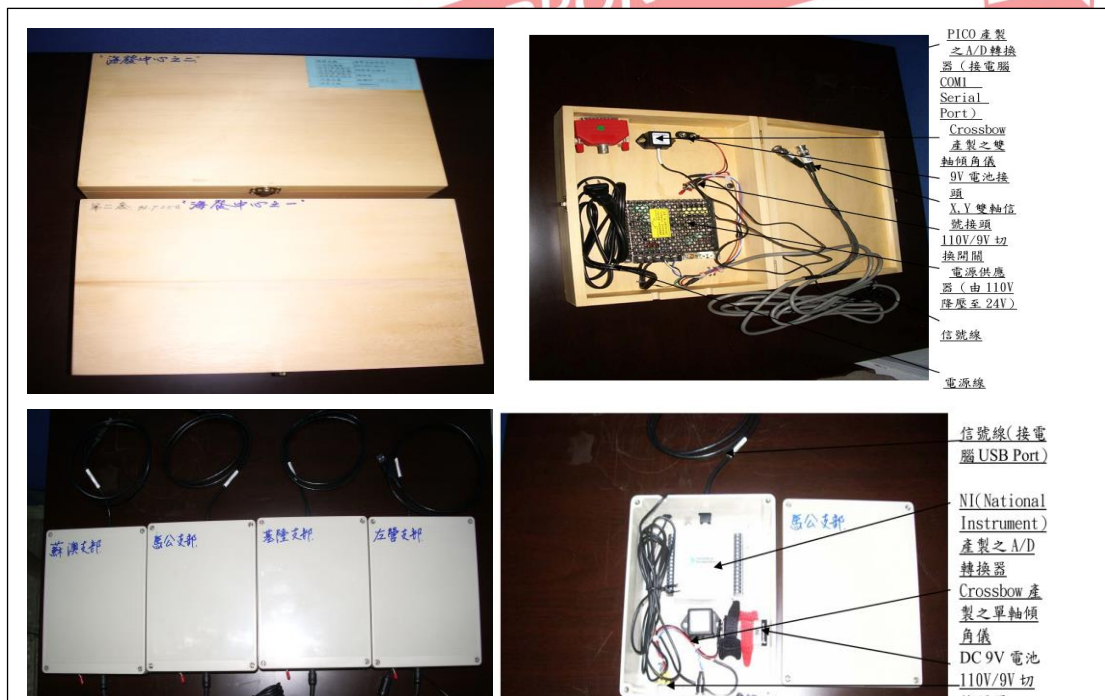
95 年度購置的雙軸橫傾角度接收器，範圍為 $\pm 20^\circ$ ，精度 0.05°

rms。97 年度購置的單軸接收器同樣具備相似性能。A/D 轉換器方

面，PICO 和 NI 的產品提供了精確的數據轉換能力，並適配了多個支援指揮部的需求。

3. 系統軟體畫面

系統的主畫面設計為用戶友好，使用者可選擇支援指揮部，進行傾角度量測，並可同時進行橫傾角度與搖擺週期的量測，提升工作效率。量測結果會以圖形化方式展示，並可選擇查看已完成的數據文件，支持多頁簽的管理【圖四】【圖五】。



圖四 傾側試驗量側系統



圖五 傾側試驗量側系統主畫面

4. 量測與過濾機制

量測過程中，透過程式對不合理輸入進行過濾，考慮外界因素如天氣及試驗環境影響，確保數據的準確性。系統在接收數據時，會對每一對數據進行比對，若超出設定的容許誤差，則自動捨棄不合格數據，最終提供可靠的量測結果。

5. 總結來說，這套量測系統的建立，從硬體到軟體，充分考慮了精度、效率與使用者體驗，為軍品傾側試驗提供了強有力的技術支援。

6. 測量系統校正

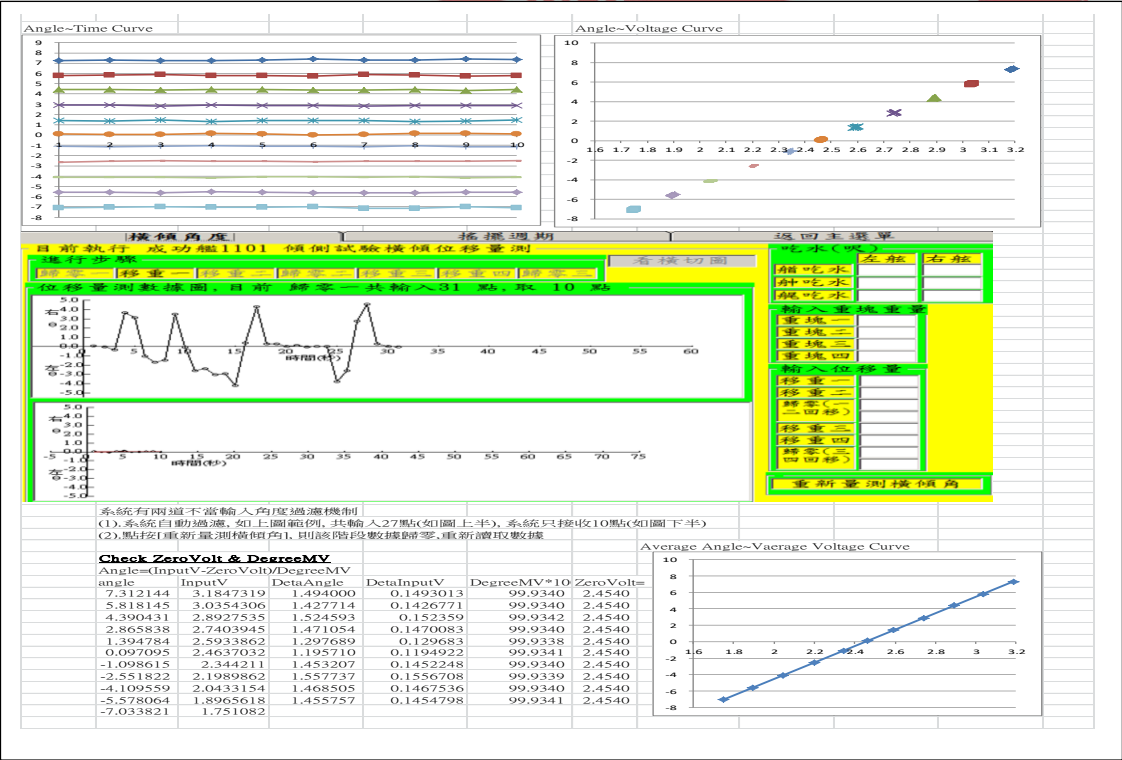
(1) 本組於 113 年 3 月 5 日在劍龍乾塢成功完成了「劍揚專案」的首艘海龍軍艦的水面傾側試驗，並於 113 年 7 月 5 日在左高外海執行

了該艦的水下潛航平衡及水下傾側試驗。這些測試均採用了「傾側試驗量測系統（GM Meter）傾角儀」，有效進行了量測與驗證分析，成效良好。

(2)校正該量測系統的過程如下：

紀錄不同橫傾角度對應的電壓值，推算零度電壓值（ZeroVolt）及一度傾斜的電壓值（DegreeMV），以確認其保持線性關係。

啟動系統，使用 10 個 10 元硬幣模擬 11 組橫傾角度變化（如 7.164、5.678、4.213 等），並測量相對應的電壓值【圖六】。



圖六 傾側試驗量側系統校正程序與結果分析

7. 測量系統的安裝與操作流程

在潛艦的水下潛航平衡及傾側試驗中，根據排水量及重心位置計算

輕船的排水量，以推估水面及水下各種載重情況下的穩定性，供艦方參考。試驗結果將確認穩定性是否符合標準，必要時提供改進建議。

(1) 執行程序

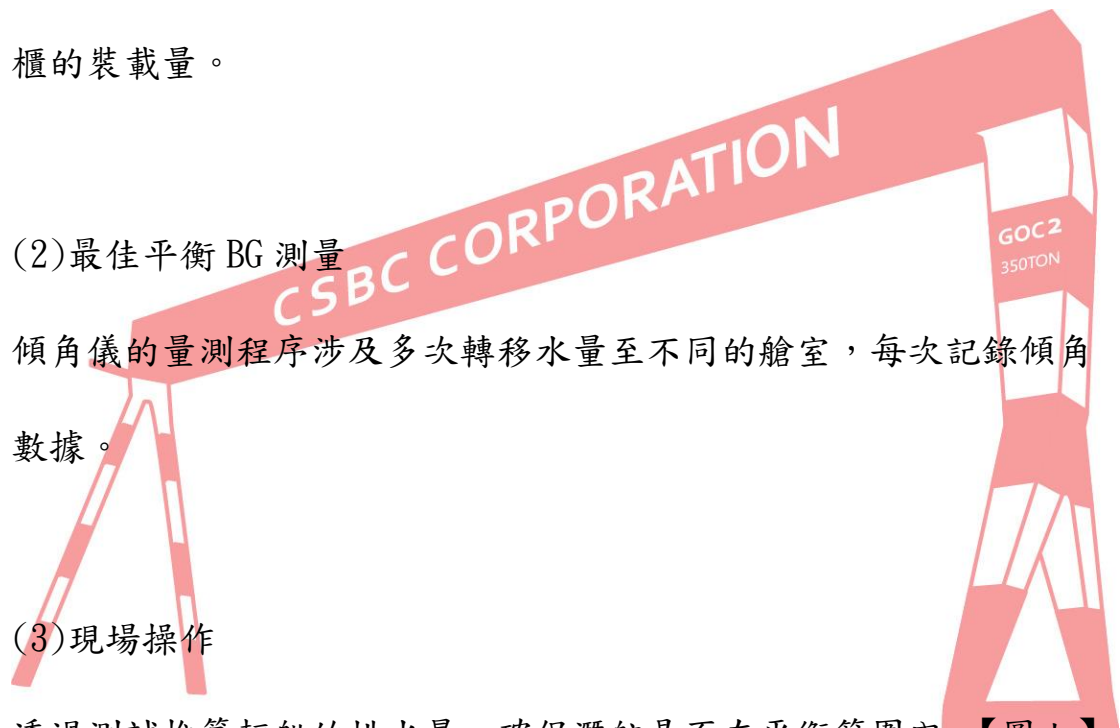
潛艦需潛至至少 100 公尺深，並核對預先調查的載重。潛航過程中，所有人員必須保持靜止，並收集相關數據，包括水樣本和油水櫃的裝載量。

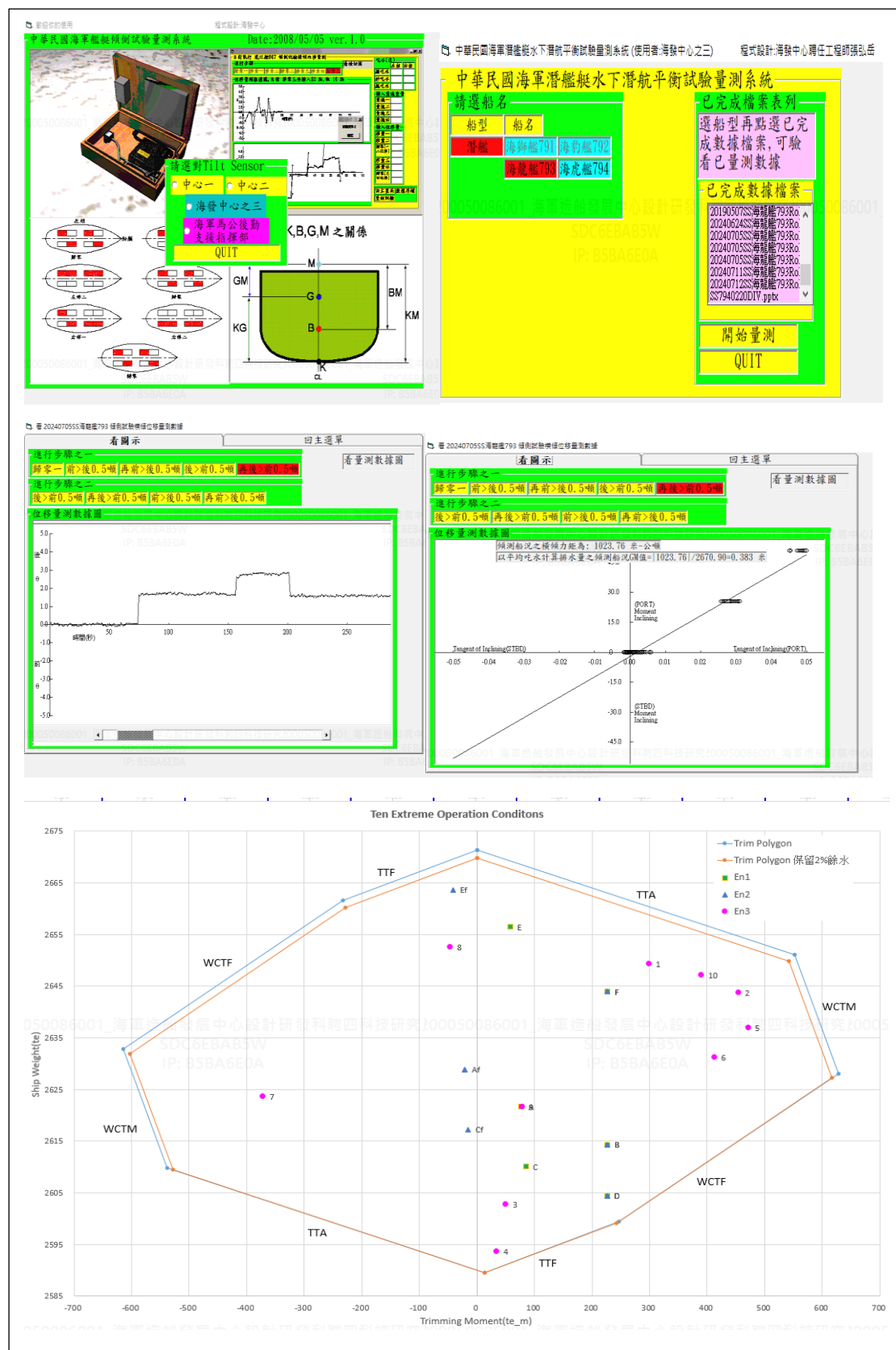
(2) 最佳平衡 BG 測量

傾角儀的量測程序涉及多次轉移水量至不同的艙室，每次記錄傾角數據。

(3) 現場操作

透過測試推算輕船的排水量，確保潛航是否在平衡範圍內。【圖七】





圖七 傾側試驗量測系統實務驗證分析

三、結論、建議與未來展望

在後勤維保人力不足的情況下，該系統可自動化傾側測試，提高工作效率。各支援指揮部應配備專用筆記型電腦，定期交流使用心得，並回傳數據作為系統更新的參考。穩定性標準包括浮航及潛航的要求，以確保艦艇的安全運行。

四、參考資料

- [1] 美國海軍艦艇技術手冊，“第 096 章重量與穩度”，民國六十五年。
- [2] 陳生平，“潛艇外型演進與設計能力提升”，第十屆軍艦工程研討會，民國九十一年。
- [3] 陸盤安，“潛艇概念設計”，成大出版中心，民國九十一年。
- [4] 張弘岳，瞿照坤，徐文彬，「水面艦艇動態穩度電腦輔算分析程式之研究」，海軍造船發展中心 87 年度業務研究，87 年 4 月
- [5] 張弘岳，瞿照坤，徐文彬，「水面艦艇傾側試驗及穩度分析講習」，海軍造船發展中心，88 年 4 月
- [6] 張弘岳，徐文彬，「蘇支部美字型艦傾側試驗報告程式操作講習」，海軍造船發展中心，89 年 8 月。

