

淺論潛艦設計

A Brief Discussion on Submarine Design

著者／郭俊毅 Kuo, Chun-Yi

現職 海軍造船發展中心研究發展官

潛艇的由來最早可追溯到 15 至 16 世紀，正式文獻部分則是在 16 世紀時被紀錄，而到了 17 世紀時，由於潛艇在軍事上的價值已經被發掘，故開始用於軍事戰爭，惟囿於當時水密設計、硬體技術、導航設備及下潛安全性等尚無法得到保證，因此初期出航時大多長時間處於浮航狀態，作戰時也多用於自殺性攻擊（即綑綁炸藥在前端並撞擊敵方船艦，與其同歸於盡），故設計上也沒有太多的優化及考量，從第一次世界大戰開始一直到第二次世界大戰末期，潛艦外型依舊與水面艦的形狀相仿，如德國 U-21 型潛艇（圖 1）及美國鯁魚號（圖 2）等等都是如此。

但隨著鋼材強度增強、銲接工法進步、裝備耐用性提升、偵測裝置發明、通訊設備改善等技術逐步完善，相關水下航行的



圖1：德國U-21型潛艇

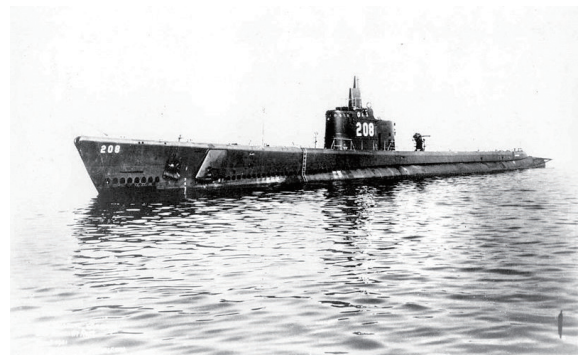


圖2：美國鯁魚號

必要條件也漸漸得到滿足，故潛艦已逐漸走向長時間潛航的狀態，這時相對應的設計問題也開始產生，即外型構造不同會影響下潛深度、耐壓性及速度，因此外型亦

隨之實施優化，進化成較為流線之形狀，如美國於 1953 年建造之研究潛艦青花魚號 (Albacore)(圖 3)，即美國首艘使用淚滴型外型船體之潛艦，此後世界各國大多



圖3：美國青花魚號

仿其外型，亦成為現代各式潛艦外型之基礎。

現代潛艦外殼構型不論如何設計，為了滿足流線需求，一定至少有部分船段是用到雙殼構型，但是還是會依所佔比例區分為單殼、雙殼和混殼三大類型(示意圖如圖 4、實體照片如圖 5)。

單殼型潛艦特點為外型較為簡化，主要部分為直筒狀壓力殼直接裸露於海水中，肋骨部分採內肋設計(因此艙內空間布置及利用較為麻煩)，惟艏、艉部分為獲得流線及提供聲納、大軸、舵翼及主壓載水

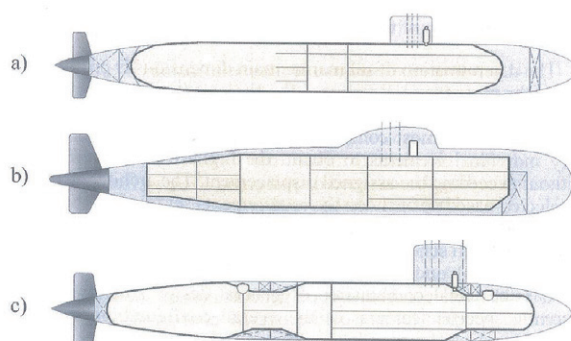


圖4：船體型態示意圖(a：單殼、b：雙殼、c：混殼)

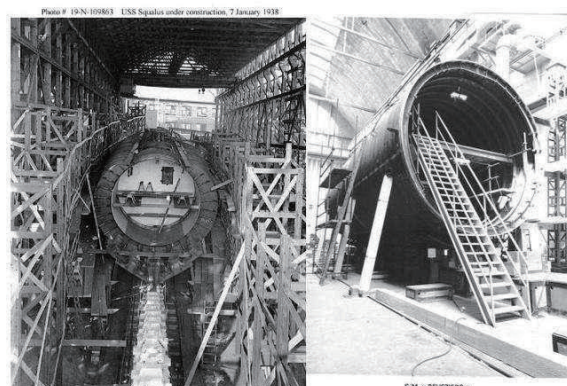


圖5：船體型態實體圖(左雙殼、右單殼)

櫃等用途，依舊會採部分雙殼，而此優點為大幅降低潛艦建造複雜程度(中段均為單殼故較無接合問題)，但相對犧牲其外型流線(非理想淚滴流線型)。

雙殼潛艦因外型主要以易於塑形的軟板結構完全包覆壓力殼，易於製造成更理想的流線外型，且因外殼及壓力殼間仍有空間，故肋骨部分採外肋設計(因此艙內空間布置較為簡單)，具有較佳水下流場與

運動特性，但同時也造成外殼與壓力殼之間結構接合及布置相對複雜。

混殼型潛艦則介於單殼與雙殼之間，即單殼與雙殼區域所佔比例相當，故在性能、結構及防護等部分均介於單殼及雙殼之間，簡而言之就是取一個折衷的設計，上述船體構造型態之主要差異比較如表 1 所示。

另各國現役潛艦外型不外乎淚滴流線型與圓柱流線型兩大類，其數學式如圖 6 與圖 7 所示，其中淚滴流線型之外型數學模式如圖所述又分為有 / 無平行舢體 (Parallel midship body) 之差別，其具有極佳水下流場與運動特性，但壓力殼製程難度較高 (即上述之雙殼設計)；而圓柱形壓力殼則是在前後端包覆流線型外殼結構，以提供聲納、大軸、舵翼及壓載水櫃

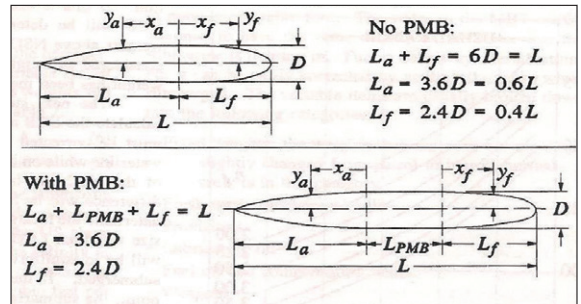


圖6：淚滴流線型數學式

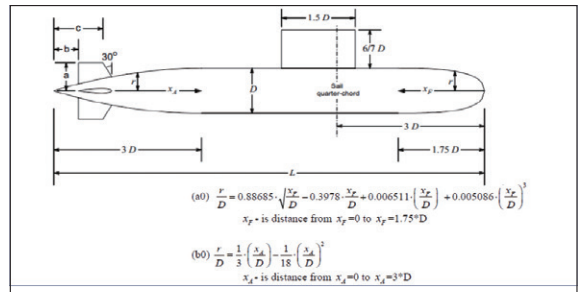


圖7：圓柱流線型數學式

等用途，製程相對單純 (即上述之單殼設計)。

以國家政策的觀點來看，「國艦國造」勢在必行，目前也已配合產、官、學界的

表1：單、雙、混殼型優缺點比較

項次	項目	單殼型潛艦	雙殼型潛艦	混殼型潛艦
1	流體性能	非理想流線型，流場特性較不利	理想流線型，流體特性較佳。	仍可設計為理想流線型。
2	直徑(船寬)	直徑較小。	直徑較大。	介於單雙殼之間。
3	結構	僅壓力殼一層，結構重量較輕；壓力殼呈圓柱型，製程難度較低。	具外殼與壓力殼雙層，因此結構重量較重；且非圓柱型壓力殼較多，製程複雜度較高。	可依需求強化重要艙間結構，重量介於單雙殼之間。
4	肋骨	採內肋，艙內空間布置利用較不便。	採外肋，艙內空間布置利用較佳。	部分採內肋，部分採外肋。
5	防護	水下噪音較大、爆震碰撞防護較低。	水下噪音較小、爆震碰撞防護較高。	重要裝備船段多以雙殼製作，故噪音亦較小。

合作針對水面艦及潛艦的國造案戮力推動中，因此未來海軍在造艦領域上的人才需求肯定會倍增，而海軍官校的船舶機械學系在徐慶瑜系主任及各個老師的領導下，不只能夠學到流體力學、動力學、靜力學、材料力學等在業界都很重要的學科，更特別的是從學生時期就有機會接觸的艦船設計的概念，可說是非常難得的經驗，如能善用學校現在擁有的豐富教材資源（材料試驗機、研磨拋光機、硬度試驗機、霍普金森桿、水壓實驗室等），即早開始涉獵有關的專業知識及技術能量，相信畢業後無論是在艙面還是輪機領域都能夠發揮所長，為「國艦國造」政策及海軍建軍整備盡一份心力。🇨🇲

參考文獻

1. 徐慶瑜、梁卓中、鄧作樑、陳俊良、阮海英，〈環向內肋及外肋加勁圓筒形壓力殼承受水下爆震負荷之動態反應研究〉，第二十三屆中華民國振動與噪音工程學術研討會，2015年6月27日。
2. 梁卓中、徐慶瑜、蔡品呈，〈船艦結構及裝備承受水下爆震波之動態反應〉，大葉大學機械與自動化工程系碩士論文，2014年6月。
3. 羅光閔、馬友友，〈失圓壓力殼非線性挫曲強度之研究〉，國立高雄科技大學造船及海洋工程系碩士論文，2018年6月。
4. 羅光閔、黃郁超，〈潛艦外殼對壓力殼爆震防護能力之研究〉，國立高雄海洋科技大學造船及海洋工程所碩士論文，2010年7月。
5. 顏君強、楊洪儒，〈潛艦基本構想設計〉，海軍學術雙月刊第51卷第6期，2017年12月。
6. 台船公司，〈潛艦國造研究案－抗暴震模擬分析報告〉，2019年9月。
7. 《110年國防報告書》（臺北市，國防部），2021年10月。