

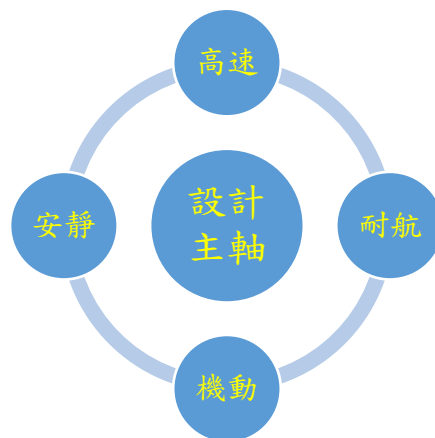
淺談我國推進系統差異及優劣

郭俊毅、曹智韜、梁偉立、鮑郁秀

一、前言

對海上艦艇而言，推進系統可稱作作戰平台的「心臟」，其性能優劣攸關艦艇任務遂行能力、戰場存活機率及後勤維持成本。隨著軍事科技與能源技術進步，傳統推進方式已逐步被新型系統或混合設計所取代，如何選擇最適合特定任務型態的推進方式，亦成為艦艇設計時的關鍵課題。

當今各型艦艇根據任務需求與設計考量，會採用不同的推進系統。以下針對我國目前主流的五種推進系統：蒸汽渦輪機（Steam Turbine）、柴油機（Diesel Engine）、燃氣渦輪機（Gas Turbine）、電力推進（Full Electric Propulsion, FEP）以及噴水推進（Water Jet Propulsion），從其四大設計主軸：高速性能、耐航能力、機動性與安靜性(如圖一)進行優劣比較，最後提出結論與建議，以利後續軍艦設計時可納為參考。



圖一：四大設計主軸

二、各式推進介紹

在艦艇設計及建造過程中，推進系統配置與規劃是最主要關鍵之一，而我國現役主力作戰艦艇大致分為四大類推進方式，分別為：蒸汽渦輪機(Steam turbine)－濟陽級；柴油機(Diesel engine)－康定級；燃氣渦輪機(Gas turbine)－基隆級、成功級；電力推進(Full electric propulsion)－潛艦；另在沱江級及塔江級艦上也已開始使用噴水推進方式，其選用主要取決於作戰需求及戰場環境差異，以下僅就其原理及優劣實施說明：

1. 蒸汽渦輪機 (Steam Turbine)

蒸汽渦輪機作為早期軍艦最常見的推進系統，其利用燃燒重油或核能所產生的蒸汽，驅動渦輪進而轉動軸系，這類系統在穩定運行時的功率消耗通常較為平穩，但在快速變換速度或高強度運行時的反應不如燃氣渦輪那麼迅速。

- 原理：以燃燒重油/核能產生蒸汽，驅動渦輪轉動推進器。
- 優點：
 - 運轉平穩，適合大型艦艇穩定長時間巡航。
- 缺點：
 - 啟動較慢，系統笨重且熱效率偏低（約 30%左右）。
 - 高溫高壓維護難度大。

- 應用：二戰後多數大型軍艦（如老式航母、戰艦）採用，現逐步被核動力取代；我國濟陽級艦即為本型推進系統。

2. 柴油機 (Diesel Engine)

柴油機亦是傳統軍艦中常見的一種推進方式，特別是在較小型或較輕型的艦艇中。該系統的優點是燃料效率較高，且系統較為簡單、維修成本也較低。柴油機的功率消耗相對穩定，適合於長時間低速巡航。然而，當艦艇進行高強度運行時，內燃機推進的瞬間功率輸出並不如其他類型推進系統那麼高效。這意味著在高負荷狀況下，內燃機推進無法立即提供所需的最大功率，會影響艦艇的機動性。

- 原理：燃油直接點火驅動活塞→轉動軸→推進器。
- 優點：
 - 高燃油效率（熱效率可達 40%以上）。
 - 維護與操作相對簡單。
 - 啟動時間短。
- 缺點：
 - 功率密度較低，不利高速運轉。
 - 體積與重量大，震動與噪音明顯。
- 應用：多數中小型艦艇，如護衛艦、巡邏艦等；我國康定級艦即為本型推進系統。

3. 燃氣渦輪機 (Gas Turbine)

燃氣渦輪利用壓縮空氣與燃料燃燒產生的高溫氣體驅動渦輪轉動，能夠在短時間內提供大量的動力，特別適合於需要高機動性和瞬間爆發力的軍艦。這種推進系統的功率消耗在高強度運行時表現得非常出色，能夠應對快速加速及高速巡航的需求，是現代驅逐艦、巡防艦常見推進方式。

- 原理：壓縮空氣與燃料混合燃燒，熱氣推動渦輪。

- 優點：

- 功率重量比高，快速起動。
- 結構緊湊，適合空間受限艦體。

- 缺點：

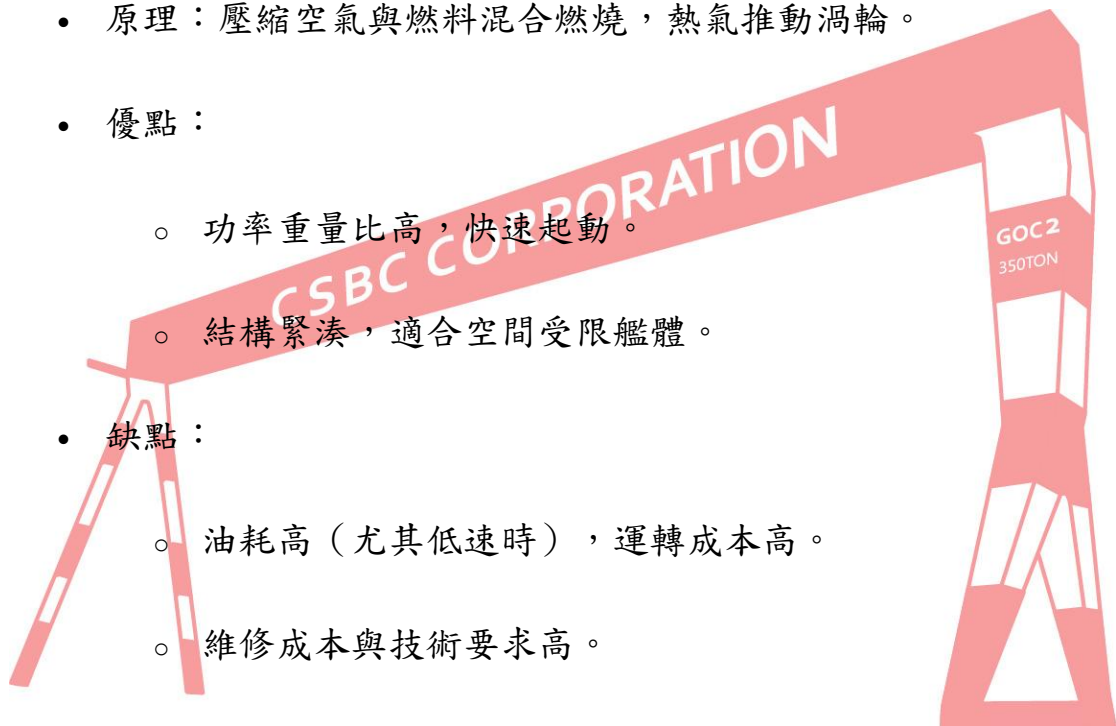
- 油耗高（尤其低速時），運轉成本高。
- 維修成本與技術要求高。

- 應用：現代驅逐艦、巡防艦（如美軍伯克級採用 LM2500）；

我國基隆級艦及成功級艦均為本型推進系統。

4. 電力推進 (Full Electric Propulsion, FEP)

電力推進系統是當前和未來軍艦設計中的新興趨勢，尤其是對於需要極高能源利用效率的軍艦。這一系統通常使用電動馬達作為推動裝置，並由艦上的發電機提供電能。電力推進的優點在於可以提供



穩定、精確的功率調節，並且效率較高。由於不再依賴傳統燃料，這種系統能夠降低運營成本，並且具有較高的能源利用效率，適合未來艦艇與潛艦發展趨勢。

- 原理：柴油、燃氣或核能發電→電動馬達推動螺旋槳。

- 優點：

- 靜音性能佳（適合反潛作戰）。
- 推進與發電模組可分離，空間配置彈性高。
- 支援智能系統整合（如雷射、電磁炮）。

- 缺點：

- 初期建置與設計成本高。
- 電池與馬達重量大，續航能力受限。

- 應用：未來艦設計趨勢，如英國 26 型、挪威 Fridtjof Nansen 級；我國潛艦即為本型推進系統。



5. 噴水推進 (Water Jet Propulsion)

噴水推進透過吸水後高速排出水流產生反作用力以驅動艦體，主要適用於某些特殊類型軍艦(快艇、特戰載具)或高機動性艦艇的推進方式；噴射推進的功率消耗在高速運行時表現優異，尤其是在需要瞬間加速的情況下，能夠提供快速且高效的動力支持。

- 原理：吸入水流並高速噴出，以反作用力推進艦體。

- 優點：

- 噪音低，適合特戰用途。
- 操控靈活，淺水適航性強。

- 缺點：

- 推進效率受限於速度（低速時效率差）。
- 不適合長時間高速航行。
- 不適用於大型艦艇。

- 應用：兩棲作戰艇、快速突擊艇、搜救艇等；我國沱江級艦及塔江級艦即為本型推進系統。

三、結論：未來趨勢與混合推進建議

綜上所述，各種推進系統有著不同的優勢和限制(如表一)。蒸氣渦輪效率較低，且需要大量能源來維持運行；柴油機推進適合低速穩定航行，但在高負荷下表現不如其他系統；燃氣渦輪則能在瞬間提供強大功率，但對燃料的消耗非常高；電力推進則在穩定運行時具有較高的效率，但瞬間功率輸出存在一定限制；噴射推進提供了極高的機動性，但對燃料的消耗亦非常高。每種推進系統都需要根據艦艇的設計需求、任務要求及戰術需求來選擇，以確保艦艇能夠在不同條件下達到最佳性能。

表一：推進方式比較分析表

推進方式	優點	缺點	適用艦型
蒸汽渦輪機	- 高功率輸出穩定 - 適合長時間巡航	- 系統笨重 - 起動時間長 - 熱效率低	航空母艦、 舊式軍艦
柴油機	- 高燃油效率 - 起動迅速 - 維護相對簡單	- 功率輸出有限 - 體積大 - 震動噪音大	巡邏艦、護 衛艦、輕型 軍艦
燃氣渦輪機	- 高功率重量比 - 起動迅速 - 結構緊湊	- 高油耗 - 維護技術要求高	驅逐艦、巡 防艦
電力推進	- 靜音性佳 - 模組化設計彈性高	- 初期建置成本高 - 電能管理複雜	潛艦、新式 驅逐艦、未 來艦
噴水推進	- 靈活機動性高 - 淺水域適航性佳 - 噪音小	- 效率隨速度變化 - 適用於中小型艦	快艇、登陸 艇、特種作 戰艦

在現代海軍作戰中，單一推進系統已難以同時兼具高速、耐航、機動、安靜等所有作戰需求。因此，多數先進艦艇轉向「混合推進系統 (Hybrid Propulsion)」設計，這些系統結合柴油機、燃氣渦輪與電力模組，根據作戰情境自動切換動力來源，例如低速巡航使用柴油/電推進以節能與靜音，高速機動則啟動燃氣渦輪提供瞬時大功率。

未來艦艇若需同時兼顧戰略續航、戰術機動、反潛隱匿與高速反應能力，建議採用具備：核動力（戰略續航）、電力推進（靜音與精準控制）及燃氣渦輪（高速機動）的整合型推進架構，如目前美國「朱瓦特級驅逐艦」或英國「26 型護衛艦」所採用之全電推進併渦輪發電混合系統，即已初步展現未來艦艇發展方向，是我們可以據以參考的極佳範例。

台船造船  保衛海疆