

鄭和寶船復原模型的性能--以 Tribon M1 船舶設計軟體評估

陳政宏 助理教授

成功大學造船及船舶機械工程學系

明朝初年鄭和下西洋這規模盛大並曾讓中國人稱霸東亞水域的事蹟，成為許多華人在清末被歐洲人的堅船利砲羞辱後，尋求民族自信心與自尊心的重要史事，因此有了許許多多出於愛國主義的鄭和研究。在各種鄭和研究中最引人注目的，卻也是爭議不斷的便是鄭和寶船的船型與尺度。原因有三：第一，鄭和寶船的尺度是正史裡中國古代木帆船中最大的；第二，史料的缺乏與記載內容的可疑性並不低；第三，因為鄭和寶船的大小與船型所代表的性能良窳，成為愛國主義式鄭和研究裡，用來代表民族自信心與自尊心最具體的象徵；因此很難避免不被牽扯上民族尊嚴，我們嘗試用最無預設立場的態度與現代科技的方法，為鄭和寶船的研究提供一些資料。

暫以中國航海學會版的鄭和寶船復原模型（全長 125 公尺，寬 44 公尺）為基礎，並與具有相同全長的典型福船與沙船作性能比較。所用的福船為基隆曾樹銘先生復原之明朝海運船，沙船則取自周世德 中國沙船考略 一文。我們以目前世界各大造船廠普遍使用的船舶設計軟體 Tribon M1[®]來計算各種船型的靜水性能、扶正力臂曲線、阻力及有效馬力與速度的關係。在船舶的性能中，除了速度外最重要的項目是船隻航行的安全性。一般船隻在海中運動時，最危險的是可能導致翻覆的橫搖運動。但是，船舶受波浪影響產生的運動是十分複雜的問題，即使簡化的橫搖運動仍是一個複雜的非線性系統動力學問題。因此我們用近年來造船工程界以電腦程式模擬一艘船橫搖運動的方法，討論船隻運

動相平面上的“安全域”(safe basin)大小，及其隨波高變大漸被“侵蝕”的過程，來研究安全性的問題。

研究結果顯示，在同一速率下寶船模型的阻力平均比福船多 12%，比沙船多 29%；而福船則比沙船多 16%。因為三種具有相同船長的船型中，寶船模型最肥短，而沙船最細長，因此黏性壓差阻力中沙船最小。以接近一般帆船的速率來看，若是能提供 40kW 的功率，寶船僅能達到約 4.1 節，福船可達 4.25 節，而沙船則能達到 4.5 節的速率。而在橫搖運動中，代表船隻扶正力矩何時消失的稱為穩度消失角。福船的穩度消失角極大，約為 123 度；而寶船模型也有 84 度；沙船較小僅有 48 度，在一般惡劣海況下船隻很容易有接近此角度的可能，因此沙船的穩定性能差，比較危險。

另外，如圖表示的是鄭和寶船模型、沙船、福船受台灣海峽典型東北季風風浪時的穩度相平面。圖中橫軸為船的初始傾斜角，縱軸為初始傾斜角速度。圖上每一點的顏色代表該點位置的初始條件會產生的不同結果。色彩對應的是船翻覆時已經歷的週期數(藍色代表不會翻船，越接近紅色代表越早翻船)。藍色區代表的是所謂的“安全域”(safe basin)。安全域越大表示越安全。此圖呈現典型非線性動力系統會有的碎形(fractal)特色。安全域會隨風浪大小改變，若是風浪小一些，則目前圖中從橙黃到綠色的區域都會變為藍色。

在原尺度 (125 公尺長) 的三種船型中，福船的安全域範圍最大，也最完整，幾乎沒有出現碎形的情形。其次是改自福船型的寶船模型，但是安全域明顯小很多。而沙船是幾乎不堪一擊。由此可以看出，福船的穩度安全性是三種中最好的，而沙船則很差。這說明了遇到大浪時，只有福船式的船較能存活，並且印證了許多古書中對福船及沙船的記載，如明朝謝杰所著的《虔臺倭纂》沙舡圖的說明：

.....南洋水深有大浪，沙舡底平不能破大浪.....，福蒼鳥尾

等艙底尖，……卻能破大浪……

福船比沙船有較大的安全域的原因有三：第一，福船的扶正力臂遠大於沙船；第二，福船有較大的慣性矩，受同樣的外力時搖動較小；第三，福船船底剖面形狀較尖，因此搖動時有較強的減搖效果。而福船也比寶船模型有更大的安全域，原因有二：第一，寶船的扶正力矩能量較集中在小角度時，若遇上較大的外力時，必有較大的傾斜角，而沒有足夠的扶正力矩回正船身；第二，寶船模型的長寬比為配合史書記載的尺度，使其寬深比增大，橫剖面形狀近似半圓形，因此具有比福船小的阻尼係數，所以減搖效果不如福船。因此我們也了解了為什麼古人認為福船比沙船更適合於南方有大浪的環境中航行的原因。此外我們在研究中也發現一些現代船舶的經驗公式與係數和目前古船的直接計算結果差異不小，可能不能適用於古船上。



圖 鄭和寶船模型、沙船、福船之穩度相平面