

臺灣代表性王船之船型與性能初步研究

黃健僑* 陳政宏*¹ 蔡侑樺**

*國立成功大學 系統及船舶機電工程學系
**國立成功大學 博物館

關鍵詞：王船，靜水性能，靜穩度，阻力

摘要

「迎王平安祭典」為臺灣西南沿海地區常見的民俗宗教活動，並已有多處廟宇登錄為法定文化資產的相關民俗活動。其中的重要文物王船，過去的研究較少探討建造技術和性能。故本研究藉由田野調查、訪談、文獻分析、掃描技術進行外型測繪、電腦模型重建與繪圖、電腦輔助船舶設計分析，蒐集並探討 5 艘王船，分別為臺南灣裡萬年殿王船、臺南安平妙壽宮王船、臺南土城正統鹿耳門聖母廟王船、屏東東港黃司阜提供之王船、屏東東港東隆宮王船。探討其靜水性能、靜穩度及阻力預估等性能，並與同源的木造帆船 17 世紀臺灣船比較，以及比較各廟宇所供奉的王船之間的差異，未來可再探討王船漂流的可能性，以驗證歷史傳說。

前言

「迎王平安祭典」為臺灣西南沿海地區常見的民俗宗教活動。該活動是王爺信仰中的一部份。王爺信仰為瘟神之說[1]，是為了驅除瘟疫而逐漸形成，在許多古書中都有記載到有關王爺信仰的事蹟[2]，像是北宋范致明的《岳陽風土記》、南宋莊綽的《雞肋篇》、明朝謝肇淛的《五雜俎》等，可見王爺信仰已流傳已久。現今臺灣在西南沿海一帶最為流行，信仰源自閩南地區。

該信仰的主角「王爺」又被稱為「千歲」，受玉皇大帝命令前來巡視人間，稱為「代天巡狩」。其中最具代表性的儀式就是王船祭典，王船就是王爺所乘坐的船，而臺灣的送王船文化早在 1720 年的《臺灣縣志》即有相關記載，乃欲藉由王船送走瘟神，祈求聚落免除疫病流行，早期送王船大多採用「遊地河」的方式，作法是將王船送到水邊，任其隨風漂流，現今較為人知的方式為「遊天河」，方法是以烈火焚化王船[1]，像是安定長興宮、東港東隆宮，有些廟宇則是舉辦迎王送王活動，並不以燒王船方式送王，像是臺南灣裡萬年殿、臺南土城聖母廟。因為風向和海流的關係，過去時常有王船從中國東南沿海漂流而來，雖然清代文獻將送王船與送瘟畫上等號，理論上若遇到其他地方漂來的王船，似乎應該避之唯恐不及，但不少臺灣民眾卻也將王船視為神船，對於神船的漂來感到非常歡迎，進而成為日後祭祀對象。

王爺信仰除了消災解厄、安撫心靈、給予人們信心之外，其中也包含了船身彩繪、造船技術等臺灣傳統工藝，本研究著重在王船性能上，以現代造船方法分析王船的性能，提供未來推算王船在海上漂流的可能性。

研究方法

本研究到臺灣南部各地有供奉或製作王船的代表性著名廟宇進行田野調查與訪問，包括屏東東港黃司阜、屏東東港東隆宮、臺南灣裡萬年殿、臺南安平妙壽宮、臺南土城聖母廟等。經同意後使用 3D 掃描技術建構出王船的外型，並以 Rhinoceros 5 軟體進行船體建模，畫出王船的 3D 立體圖和線圖 (Lines)，之後再以電腦輔助造船設計軟體 Orca3D 計算王船的基本性能，初步分析探討一些基本性能，包含外型、靜水性能、靜穩度曲線和阻力與速率關係，分別說明如下。

1. 靜水性能(Hydrostatic Performance)

靜水性能指船體在不同吃水深度時，由於外型的變化所造成靜力平衡特性的變化情形，主要影響船的穩度、載重、俯仰姿態等。根據船體外型幾何即可精密計算出船在靜水條件下的各種性能，結果多與吃水深度呈現曲線關係，因此繪製成靜水性能曲線。

¹ 聯絡作者 陳政宏 (chenjh@mail.ncku.edu.tw)

2. 靜穩度曲線(Statical Stability Curve)

船舶傾斜後，由於浮心位置產生改變，會有一扶正力矩(Righting Moment)將船扶正，此扶正力矩的大小，稱為靜穩度(Statical Stability)。扶正力矩 M_t 可由排水量乘以扶正力臂(Righting Arm) GZ 計算。將船舶在一固定排水量下，傾斜不同角度時的扶正力臂繪製成曲線，即為靜穩度曲線。

在計算靜穩度曲線時，會需要知道船的重心高度(KG)。對此，實船通常會做傾斜試驗(Inclining Experiment)來獲得，但由於王船都供奉在廟裡，不太適合做傾斜試驗，因此本研究採用經驗公式[2]，取 $KG=0.67D$ ，其中 D 為船深。

3. 橫搖週期

船舶橫搖也是穩度、安全性和舒適度的一部分，橫搖週期越大，橫搖角速度越小，船的穩度差，但乘坐舒適度會提高；橫搖週期越小，橫搖角速度越大，船的穩度佳，但乘坐舒適度會降低。本研究利用(1)式來計算王船的橫搖週期[3]。

$$T = \frac{2\pi K}{\sqrt{g \cdot GM}} \quad (1)$$

$$K = 0.35 \times B \quad (2)$$

其中， T 為橫搖週期； g 為重力加速度； K 為迴轉半徑，由(2)式決定，式中的 B 為船寬。

4. 阻力預估

在 Orca3D 軟體中，預估阻力的方法是 Hortrop 於 1984 年所提出經驗公式[4][5]，其方法是基於 334 個模型實驗結果進行迴歸分析而得，僅適合用於排水量型船。由於王船為低速航行的小船，適用於 Hortrop 法。此迴歸公式將總阻力 R_T 分成幾個不同的部分，如(3)式所示。

$$R_T = R_F(1+k) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \quad (3)$$

其中， R_F 為摩擦阻力(根據 ITTC-1957 公式)； $1+k$ 為船型因子； R_{APP} 為附屬物阻力； R_W 為興波阻力； R_B 為球型艏造成的壓力阻力； R_{TR} 為船艙板沉浸造成的壓力阻力； R_A 為修正阻力。接著以總阻力計算出總阻力係數(Coefficient of Total Resistance, C_T) 和有效馬力(Effective Horse Power, EHP)，如(4)、(5)式所示。

$$C_T = R_T / (0.5 \rho \cdot V^2 \cdot S) \quad (4)$$

$$EHP = R_T \cdot V \quad (5)$$

其中， ρ 為流體密度； V 為船速； S 為船的浸水表面積。

船型

本研究先比較實際尺寸的王船的性能，接著再以萬年殿王船的排水量為基準，將各艘王船依比例縮放至相同排水量後，再進行控制尺寸的性能比較。以下介紹本研究所分析的五艘王船及一艘臺灣船，主要尺寸如表 1、表 2 所示。

1. 屏東東港黃司阜王船

此王船為黃貴燧司阜藉由自學習得船圖繪製技術所繪製，其中標示方法與現代造船工程不同，不過比對後發現其外型與現代造船工程繪製船型線圖的方式一致，其實應用到的幾何學原理相同，只是表現方法不同，如圖 1 所示。

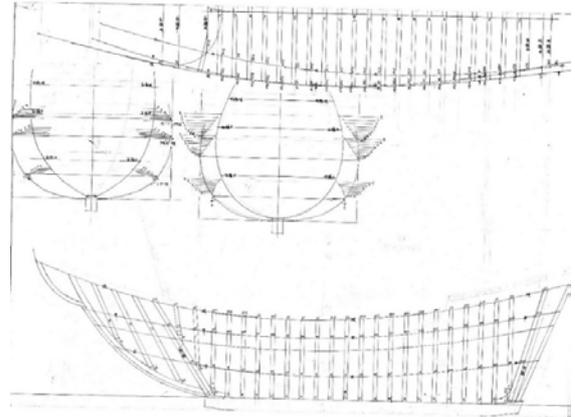


圖 1、黃司阜繪製的王船線圖

2. 屏東東港東隆宮王船

東港東隆宮王船展示館內之展示王船，外觀上與傳統王船不同之處，包含船體上方的「五王厝」與「舵公厝」為現代漁船造型，船殼上的彩繪題材亦由其獨自之特色，如圖 2 所示。



圖 2、東港東隆宮之王船(蔡侑樺 2023 年攝)

3. 臺南土城聖母廟王船

土城聖母廟的王船信仰被歸類為曾文溪流域系統的支系[6]，是屬於只祀不送之信仰。此王船約於1913年漂來，根據1914年《臺灣日日新報》報導，因為有這艘王船的到來並帶來神示，才開啟鹿耳門媽祖廟重建工作，並在媽祖廟完成後請回奉祀在海安宮的媽祖神像，如圖3所示。



圖3、土城聖母廟之王船(蔡侑樺 2023年攝)

4. 臺南安平妙壽宮王船

安平妙壽宮的王船，名為「金萬安號」，根據文獻中記錄係由安平地方民眾集資建造於咸豐年間[7]，曾於1963年海漂至今高雄市旗津後返回安平，而被留下來祭祀至今，如圖4所示。

王船，根據文獻中記錄係於嘉慶年間漂來[7]，如圖5所示。



圖4、安平妙壽宮金萬安號王船(蔡侑樺 2023年攝)



圖5、灣裡萬年殿左側之王船(蔡侑樺 2023年攝)

5. 臺南灣裡萬年殿王船

灣裡萬年殿的王船信仰被歸類為二仁溪流域系統[6]，目前殿內留存兩艘長度約6公尺左右的實木

6. 臺灣船

本研究使用之臺灣船是取自陳政宏[8]於2009年發表的論文，其為「唐船之圖」畫卷中的出現的船，推斷為當時鄭芝龍、鄭成功的武裝商船之一。

表1、原尺寸王船的主要尺寸

Parameter	Unit	東港王船	東隆宮王船	聖母廟王船	妙壽宮王船	萬年殿王船	臺灣船
Displacement (Δ)	kgf	422.12	3368.36	1047.10	6544.11	4515.93	129775
Length over all (LOA)	m	3.41	6.21	4.03	8.45	6.14	29.22
Extreme breadth (B)	m	1.01	1.95	1.32	2.78	2.03	7.40
Depth (D)	m	0.52	1.33	0.76	1.63	1.30	2.86
Designed draft (T)	m	0.31	0.75	0.45	0.70	0.83	1.78
Length of waterline (L_{WL})	m	2.75	4.49	3.14	6.45	4.80	22.86
Breadth of waterline (B_{WL})	m	0.94	1.87	1.32	2.70	2.02	7.22
FreeBoard	m	0.21	0.58	0.31	0.93	0.47	1.08
Vertical center of gravity (KG)	m	0.35	0.89	0.51	1.09	0.87	1.92
GM	m	0.14	0.06	0.12	0.25	0.06	2.25
Length-Breadth Ratio (L_{WL}/B_{WL})	-	2.93	2.39	2.39	2.39	2.38	3.17
Breadth-Draft Ratio (B_{WL}/T)	-	3.03	2.49	2.93	3.86	2.43	4.06
Block coefficient (C_b)	-	0.41	0.45	0.49	0.44	0.48	0.43
Waterplane area coefficient (C_{wp})	-	0.83	0.81	0.80	0.77	0.79	0.75
Prismatic coefficient (C_p)	-	0.74	0.66	0.66	0.63	0.66	0.64
Midship section coefficient (C_m)	-	0.55	0.69	0.73	0.71	0.73	0.68
Wetted surface (S)	m ²	3.19	10.84	5.00	18.31	12.84	147.56

表 2、縮放後王船的主要尺寸

Parameter	Unit	東港王船	東隆宮王船	聖母廟王船	妙壽宮王船	萬年殿王船	臺灣船
Displacement (Δ)	kgf	4501.06	4539.17	4503.43	4534.23	4515.93	4520.96
Length over all (LOA)	m	7.54	6.85	6.57	7.46	6.14	9.51
Extreme breadth (B)	m	2.22	2.07	2.15	2.46	2.03	2.41
Depth (D)	m	1.15	1.47	1.24	1.44	1.30	0.93
Designed draft (T)	m	0.68	0.83	0.73	0.62	0.83	0.58
Length of waterline (L_{WL})	m	6.08	4.95	5.11	5.70	4.80	7.45
Breadth of waterline (B_{WL})	m	2.08	2.07	2.14	2.39	2.02	2.35
FreeBoard	m	0.47	0.64	0.41	0.82	0.47	0.35
Vertical center of gravity (KG)	m	0.77	0.98	0.83	0.96	0.87	0.62
GM	m	0.31	0.06	0.19	0.22	0.06	0.74
Length-Breadth Ratio (L_{WL}/B_{WL})	-	2.93	2.39	2.39	2.39	2.38	3.17
Breadth-Draft Ratio (B_{WL}/T)	-	3.06	2.49	2.93	3.86	2.43	4.06
Block coefficient (C_b)	-	0.41	0.45	0.49	0.44	0.48	0.43
Waterplane area coefficient (C_{wp})	-	0.83	0.81	0.80	0.77	0.79	0.75
Prismatic coefficient (C_p)	-	0.74	0.66	0.66	0.63	0.66	0.64
Midship section coefficient (C_m)	-	0.55	0.69	0.73	0.71	0.73	0.68
Wetted surface (S)	m ²	15.47	13.23	13.22	14.31	12.84	16.65

結果與討論

1. 靜水性能

從靜水性能曲線來看，如圖 6~11 所示，每艘船的排水量都和吃水成正比關係，縱向定傾中心距基線之高度(K_{ML})隨著吃水增加而減少，和吃水成反比關係。比較特殊之處是橫向定傾中心距基線之高度(K_{MT})，臺灣船和吃水關係不規則，萬年殿王船、聖母廟王船和妙壽宮王船是和吃水成反比，東隆宮王船和東港王船則是幾乎變化不大，但每艘船的 GM 值皆為正值。

從船型係數來看，方型係數(C_b)都大致落在 0.3 至 0.5 之間，王船和臺灣船的船型都不是很肥胖；稜形係數(C_p)都大致落在 0.6 至 0.7 之間，很接近現在中速船(C_p :0.66~0.76)；舢剖面係數(C_m)除了東港王船在 0.4 至 0.6 之間外，其餘大致落在 0.6 至 0.8 之間，但都小於現代船舶(高速船 C_m :0.85~0.97、中速船 C_m :0.98~0.99、低速船 C_m :0.995)；水線面係數(C_{wp})都大致落在 0.7 至 0.8 之間，和沿海客貨輪(C_{wp} :0.7~0.8)、驅逐艦(C_{wp} :0.7~0.78)較為接近。

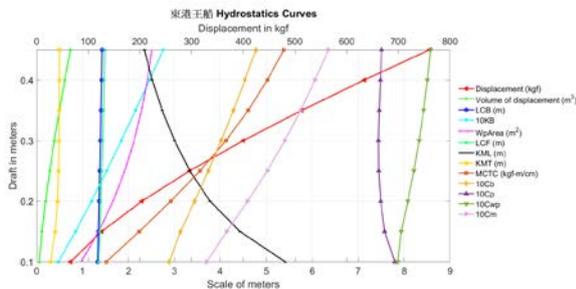


圖 6、東港王船靜水性能曲線

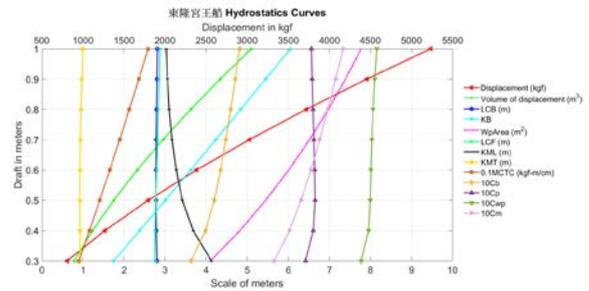


圖 7、東隆宮王船靜水性能曲線

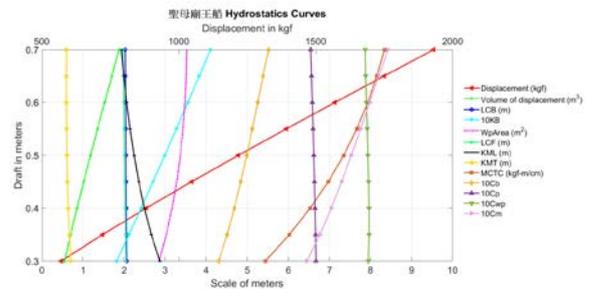


圖 8、聖母廟王船靜水性能曲線

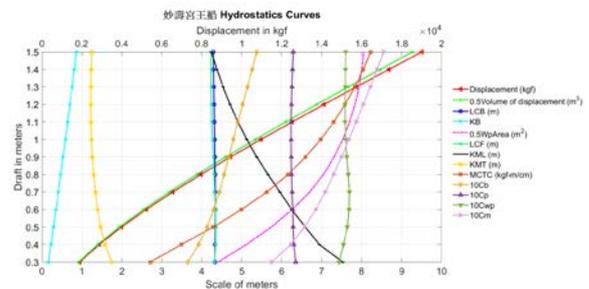


圖 9、妙壽宮王船靜水性能曲線

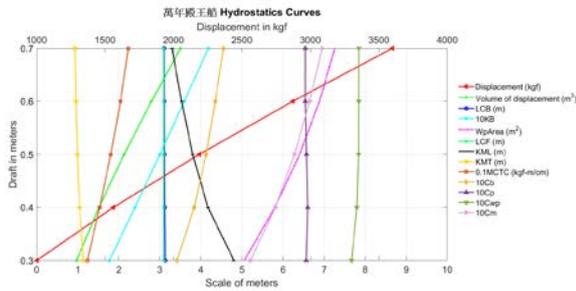


圖 10、萬年殿王船靜水性能曲線

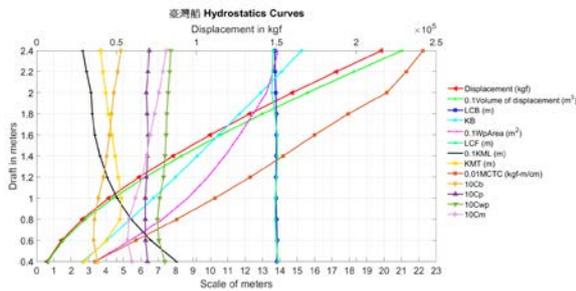


圖 11、臺灣船靜水性能曲線

2. 靜穩度曲線

2.1 原尺寸的王船

從靜穩度曲線來看，如圖 12 所示，初始穩度 GM 值由大至小，依序為：臺灣船、妙壽宮王船、東港王船、聖母廟王船、萬年殿王船、東隆宮王船。

最大扶正力臂由大至小，依序為：臺灣船、妙壽宮王船、東港王船、聖母廟王船、東隆宮王船、萬年殿王船；如果從發生的角度來看，臺灣船為 32 度、妙壽宮王船為 39 度、東港王船為 27 度、聖母廟王船為 30 度、東隆宮王船為 35 度、萬年殿王船為 27 度。根據國際海事組織(IMO)A168 決議案中對船長小於 100 公尺的客貨輪規定最大扶正力臂之橫傾角最好大於 30 度，但不可小於 25 度[9]，可以發現每艘船都在建議的範圍內，表示這些王船的橫搖性能不會太差，說明這些王船其實是有能力從其他地方漂來臺灣的，符合王船是從海上漂來的說法。

穩度消失角的部分，臺灣船為 70 度、妙壽宮王船為 57 度、聖母廟王船為 55 度、東港王船為 54 度、東隆宮王船為 52 度、萬年殿王船為 39 度，穩度消失角和水下截面積形狀有關，但是這些王船的甲板都不是水密，因此甲板浸水角也很重要，妙壽宮王船為 39 度、東隆宮王船為 35 度、聖母廟王船為 28 度、萬年殿王船為 27 度、東港王船為 24 度、臺灣船為 18 度，甲板浸水角越小，表示船越容易上浪。

總結來說，萬年殿王船最大扶正力臂出現的角度、初始穩度、穩度消失角都是最差的，甲板浸水

角也在王船中偏低，顯示萬年殿王船的穩度最差。東隆宮王船的初始穩度雖然最差，表示其在小角度橫搖時較無法快速扶正，但是最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角、甲板浸水角、乾舷都較大，推測其在大角度傾斜時的穩度佳不易翻覆。妙壽宮王船的初始穩度、最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角、甲板浸水角是所有王船中最佳的。東港王船的初始穩度在王船中僅次於妙壽宮王船，但是最大扶正力臂出現的角度為 27 度，甲板浸水角為 24 度，且乾舷是六艘船中最小的，因此推測其較不適合於風浪大時航行。聖母廟王船的初始穩度、最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角、甲板浸水角都大約介於所有王船中間，加上乾舷在所有王船中算大，因此聖母廟王船的穩度位於所有王船中間。

臺灣船畢竟是實際於海上航行的船，其初始穩度、最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角都明顯優於其他王船，不過甲板浸水角最小，因此較不適合於風浪大時航行。

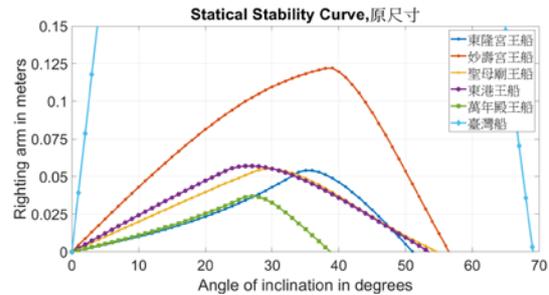


圖 12、原尺寸王船之靜穩度曲線

2.2 縮放後的王船

如圖 13 所示，在經過等排水量縮放之後，初始穩度 GM 值由大至小，依序為：臺灣船、東港王船、妙壽宮王船、聖母廟王船、萬年殿王船、東隆宮王船。

最大扶正力臂由大至小，依序為：臺灣船、東港王船、妙壽宮王船、聖母廟王船、東隆宮王船、萬年殿王船；如果從發生的角度來看，妙壽宮王船為 38 度、東隆宮王船為 35 度、臺灣船為 32 度、聖母廟王船為 30 度、萬年殿王船為 27 度、東港王船為 27 度。妙壽宮王船雖然吃水稍淺，但是乾舷很大，使其最大扶正力臂出現角度最大。東隆宮王船的吃水深，乾舷也較大，使其最大扶正力臂出現角度僅次於妙壽宮王船，表示其可以承受較大的橫傾角。根據國際海事組織(IMO)A168 決議案中對船長小於 100 公尺的客貨輪的規定[9]，每艘船都在建議的範圍內，表示縮放後的王船的橫搖性能不會太差。

穩度消失角的部分，臺灣船為 70 度、妙壽宮王船為 57 度、聖母廟王船為 56 度、東隆宮王船為 52 度、東港王船為 52 度、萬年殿王船為 39 度，僅有

萬年殿王船稍低，其餘王船都在 50 度以上，同樣地，甲板浸水角也很重要，妙壽宮王船為 39 度、東隆宮王船為 35 度、聖母廟王船為 28 度、萬年殿王船為 27 度、東港王船為 24 度、臺灣船為 18 度。

總結來說，妙壽宮王船最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角、甲板浸水角都是最佳的，顯示妙壽宮王船的穩度是王船中最佳的。反之，萬年殿王船的初始穩度、最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角，表示其在小角度橫搖時較無法快速扶正，較容易橫搖，甲板浸水角在王船中也偏低，穩度為王船中最差。而東港王船的初始穩度是所有王船中最好的，表示其在小角度橫搖時能較快扶正，但是甲板浸水角為 24 度，容易上浪，因此較不適合於風浪大時航行。聖母廟王船的初始穩度佳，但是最大扶正力臂出現的角度為 30 度，甲板浸水角為 28 度，乾舷是王船中最小的，因此推測其較不適合於風浪大時航行。東隆宮王船的初始穩度最差，表示其在小角度橫搖時較無法快速扶正，但是最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角、甲板浸水角、乾舷都較大，因此推測東隆宮王船雖較容易橫搖，但其在大角度傾斜時的穩度佳不易翻覆。

臺灣船的初始穩度、最大扶正力臂出現的角度、穩度消失角都明顯優於其他王船，不過甲板浸水角和乾舷最小，因此在安全性上略顯不佳，因此較不適合於風浪大時航行。

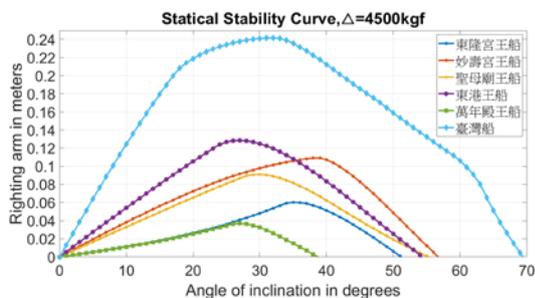


圖 13、縮放後王船之靜穩度曲線

3. 橫搖週期

3.1 原尺寸的王船

如表 3 所示，除了萬年殿王船的橫搖週期在 5 秒以上之外，其餘皆在 5 秒內。萬年殿王船的初始穩度雖然最差，船寬也較寬，所以橫搖週期較長，再加上其穩度消失角最小，所以安全性最差，有傾覆的疑慮；東隆宮王船的初始穩度雖然最差，但是船寬較萬年殿王船小，因此橫搖週期比萬年殿王船小；妙壽宮王船的初始穩度最佳，但較寬的船寬進而增加了橫搖週期，不過穩度佳，推測較適合於風浪大時航行，舒適度較高；東港王船的初始穩度和

聖母廟王船接近，但是東港王船的船寬較小，因此橫搖週期較小，表示其在小角度橫搖時能較快扶正。

表 3、王船的橫搖週期

王船來源	原尺寸 T(s)	縮放後 T(s)
東港王船	1.90	2.80
東隆宮王船	3.30	5.93
聖母廟王船	2.68	3.46
妙壽宮王船	3.90	3.68
萬年殿王船	5.82	5.82
臺灣船	3.46	1.97

3.2 縮放後的王船

經等排水量縮放後的王船如表 3 所示。萬年殿王船和東隆宮王船的橫搖週期在 5 秒以上，其餘皆在 5 秒內。每艘船的船寬大約都在 2m 左右，萬年殿王船和東隆宮王船的初始穩度雖然最差，所以橫搖週期最長；東港王船的初始穩度最佳，橫搖週期較小；妙壽宮王船的初始穩度和聖母廟王船接近，但是聖母廟王船的船寬較小，因此橫搖週期較小。

4. 阻力預估

4.1 原尺寸的王船

圖 14 為原尺寸王船的有效馬力和速度之關係，由於王船是沒有動力的，其在海上漂流大多是靠著風力或海流，因此我們只關注低速的情況，在一般帆船船速的 5 節到 6 節之間所需的馬力，由於在預估阻力所用的公式中，計算摩擦阻力是根據 ITTC-1957 公式所計算，水線越長的船，在相同船速下摩擦阻力係數會越小，接著可以計算出摩擦阻力由大至小，依序為：臺灣船、妙壽宮王船、萬年殿王船、東隆宮王船、聖母廟王船、東港王船。推測東隆宮王船的黏性壓差阻力和興波阻力可能較大，造成阻力大幅上升。速度若要達到 6 節，東港王船需要提供 1.1kW 的馬力，東隆宮王船則需要提供 5.8kW 的馬力，東隆宮王船的阻力比東港王船多 22%。

圖 15 為原尺寸王船總阻力係數與福勞得數 (Froude Number) 之關係，船速的增加使福勞得數也會增加，圖中顯示在低速範圍內隨著福勞得數增加，每艘王船的總阻力係數也增加，但在福勞得數超過 0.4 後，總阻力係數卻下降，表示王船的船型較適合在高速下航行。臺灣船的總阻力係數則是呈現平穩。

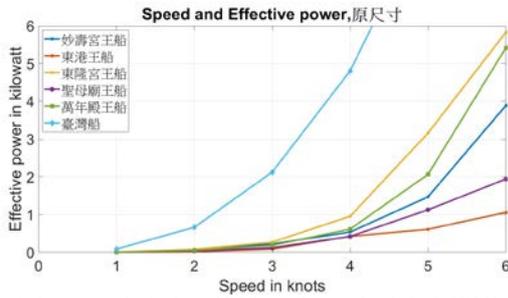


圖 14、原尺寸王船速度與有效馬力之關係

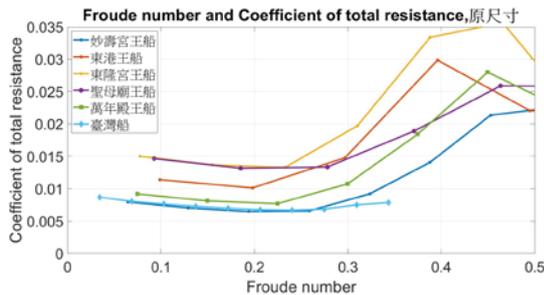


圖 15、原尺寸王船總阻力係數與福勞得數之關係

4.2 縮放後的王船

圖 16 為縮放後王船的有效馬力和速度之關係，趨勢都大致相同，在一般帆船船速的 5 節到 6 節之間所需的馬力，東隆宮王船最大的，根據 ITTC-1957 公式所計算，摩擦阻力由大至小，依序為：東港王船、臺灣船、妙壽宮王船、東隆宮王船、聖母廟王船、萬年殿王船，不過彼此之間相差不大。東港王船和聖母廟王船可能因為船體縮放比例較大，造成阻力上升。速度要達到 6 節，妙壽宮王船需要提供 4KW 的馬力，東隆宮王船則需要提供 7.9KW 的馬力，東隆宮王船的阻力比妙壽宮王船多 48%。臺灣船是實際建造要於海上航行的船，因此阻力較小也合理。

圖 17 為縮放後王船總阻力係數與福勞得數之關係，趨勢大致相同，圖中顯示在低速範圍內隨著福勞得數增加，每艘王船的總阻力係數也增加，但在福勞得數超過 0.4 後，總阻力係數卻下降，表示王船的船型較適合在高速下航行。臺灣船的總阻力係數則是呈現平穩。

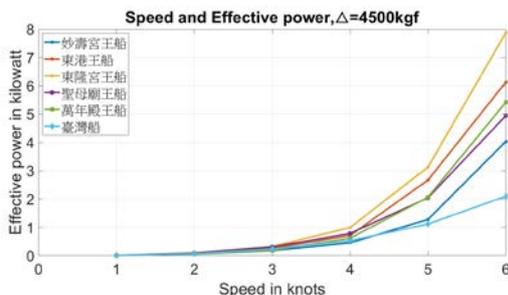


圖 16、縮放後王船速度與有效馬力之關係

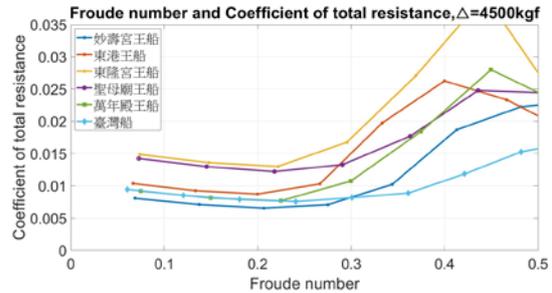


圖 17、縮放後王船總阻力係數與福勞得數之關係

結論

本研究以現代造船方法分析探討實際尺寸和等排水量縮放後王船的性能，並比較其中的差異，以下總結本研究之幾點結論並提出未來展望：

1. 根據船型係數，王船和臺灣船有相似的船型。
2. 臺灣船的穩度明顯優於王船。妙壽宮王船的穩度最佳，較適合於風浪大時航行，舒適度較高；東港王船的橫搖週期較小，在小角度橫搖時能較快扶正，但甲板容易上浪，較不適合於風浪大時航行；東隆宮王船在小角度橫搖時較無法快速扶正，在大角度傾斜時的穩度佳不易翻覆；萬年殿王船穩度最差，橫搖周期長，安全性低，較易翻覆；聖母廟王船居中。縮放後，東隆宮王船橫搖周期變長，在大角度傾斜時的穩度佳不易翻覆；其餘王船性能與原尺寸相差不大。
3. 從船速和阻力來看，王船的船型較適合在高速下航行。在福勞得數小於 0.3 的範圍內，總阻力係數趨勢和臺灣船相似。
4. 根據本研究的結果顯示，王船確實有足夠穩度漂來臺灣。

我們未來會估算不同方向上的阻力，並搭配實際海洋環境的資料來進行模擬，以便更深入了解王船在海上漂流的情況；也可能繼續蒐集更多實際木造王船資料，包括東南亞地區華人的王船，以進行完整比較。

致謝

本計畫由國立成功大學永續跨領域整合型計畫(計畫編號: D112-F2336)經費贊助，僅致感謝之意。This research was supported in part by Higher Education Sprout Project, Ministry of Education to the Headquarters of University Advancement at National Cheng Kung University (NCKU) under project No. D112-F2336.

參考文獻

1. 陸傳傑，曾樹銘，“航向台灣：海洋台灣舟船志”，*遠足文化*，(2013).
2. 金秋鵬，楊麗凡，“關於鄭和寶船船型的探討”，*自然科學史研究*，第十六卷第二期，pp.183-196 (1997).
3. Bryan Barrass and D.R. Derrett, “Ship Stability for Masters and Mates”, *Butterworth-Heinemann*, Sixth edition, (2006).
4. Orca3D, “Orca3D User Manual,” Version 2.0.
5. Holtrop, J., “A Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data,” *International Shipping Progress*, Vol. 31, (1984).
6. 黃文博，“南瀛王船誌”，*台南縣文化局*，(2000).
7. 片岡巖，“臺灣風俗誌”，*臺灣日日新報社*，(1921).
8. 陳政宏，徐玉樹，林建和，曾樹銘，王世婷，“17世紀「臺灣船」性能研究與初步復原規劃設計”，*中國造船暨輪機工程學刊*，第二十八卷第四期，pp.189-197 (2009).
9. 陸馨安，“造船原理：船舶靜力學”，*國立編譯館*，(2015).

A STUDY ON THE HULL AND PRELIMINARY PERFORMANCE OF TAIWAN'S TYPICAL WANG-YE (PLAGUE GOD) BOATS

J.-Q. Huang J.-H. Chen*¹ Y. H. Tsai***

*Department of Systems and Naval Mechatronics Engineering, National Cheng Kung University

**NCKU Museum, National Cheng Kung University

Keywords: Wang-Yr Boat, Plague god Boat, hydrostatic performance, resistance

ABSTRACT

Wang-Ye Boat is a key role in a traditional folk religious activities popular in Southern Taiwan, southern Fujian , and Southeast Asia's Chinese immigrants. Past research only recorded the construction process and focus on religious and sociological aspects, and hence, less on design, construction technology, and performance. This research conducted filed survey, interview, literature review, 3D scanning and measurement of real Wang-Ye Boats stored in 5 temples in Southern Taiwan, including Tainan's Wan-Li Wan-Nien Temple, An-Ping Orthodox Luermen Mazu Temple, An-Ping Miao-Shou Temple, and Ping-Tung's Dong-Long Temple as well as a boat designed by Master Huang from Ping-Tung. Their hydrostatic performance and estimated resistance performance were calculated by Orca 3D software after establishing a computer 3D model of their lines obtained from 3D scanning data. These performance is also compared with a 17th century junk sailing from Taiwan to Japan. The results will be helpful to verify historical stories related to their sailing activities, as well as to deep understanding of wooden junks of Min style.

¹ Corresponding author: Jeng-Horng Chen (*chenjh@mail.ncku.edu.tw*)