

第十三次初階課程授課紀錄

授課時間	民國 100 年 11 月 30 日 (星期三) 下午 1:15 至 3:05		
授課地點	大仁樓 5 樓階梯教室		
授課師資	王武雄	紀錄	洪郁淳
上課學生	90 人 (扣除休學 1 人)		
請假學生	4 人		
授課大綱 (至少 60 字, 並以 條列方式敘述)	<p>高速艇螺槳發展趨勢與展望</p> <ul style="list-style-type: none"> • 高速艇螺槳面對柴油引擎持續提高、斜軸角度加大，船速隨之提升，復因螺槳直徑之限制，造成螺槳高推力密度、衍生高空泡風險。 • 如何在螺槳斷面翼型、拱高與螺距分布、歪斜角度等幾何設計上做正確之選擇，以避免造成效率低下、空泡浸蝕、振動與噪音之發生，為設計上之課題。 • 茲試以瑞孚宏昌船舶推進系統公司十年來設計應用之實例，作整體闡述。 • 其次，針對近年來高速艇螺槳革命性的產品－英式推進器(POD)之特點作一介紹。 		

內容目錄

一、 演講海報	-----	第 2 頁
二、 師資簡介	-----	第 3 頁
三、 演講簡報	-----	第 4 頁
四、 課程照片	-----	第 10 頁
五、 演講內容	-----	第 11 頁

一、演講海報



敬邀您參加

教育部補助大學校院培育海洋科技實務人才計畫
初階實務課程 - 船廠經營管理

高速艇螺槳發展趨勢與展望

王武雄

瑞孚宏昌船舶推進系統股份有限公司總經理

100年11月30日

下午 1:15 至 3:05

大仁樓 5樓階梯教室

國立高雄海洋科技大學培育海洋科技實務人才計畫團隊 敬邀



二、師資簡介

中文姓名	王武雄	公司電話	07-7871831ext33	
E-mail	wuu.shyong.wang@zf-marine.com			
主要學歷				
畢業學校	國別	主修學門系所	學位	起迄年月
國立成功大學	中華民國	造船工程學系	學士	62.9-66.6
現職及與專長相關之經歷（由最近工作經驗依序往前追溯）				
公司名稱	部門	職稱	起迄年月	
瑞孚宏昌船舶推進系統股份有限公司		總經理	87.7 迄今	
財團法人聯合船舶設計發展中心	初步設計組 - 科技專案室	工程員-副主任	66.9-87.6	
本計畫中負責項目				
<p>初階實務演講課程：</p> <p>主題：高速艇螺槳發展趨勢與展望</p> <p>日期：100年11月30日</p> <p>時間：下午1：15至3：05</p> <p>地點：大仁樓5樓階梯教室</p>				

三、演講簡報



遠艇螺槳發展趨勢與展望

Development Trend of Propeller for High Speed Craft

海洋科技新貴計畫
船廠經營管理

2011/11/30

王武雄
wu.w.shyong.wang@zf-marine.com
瑞孚宏昌船舶推進系統股份有限公司

Page 1 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



高遠艇螺槳發展趨勢與展望

高遠艇螺槳面對柴油引擎持續提高、斜軸角度加大、船速隨之提升，復因螺槳直徑之限制，造成螺槳高推力密度、衍生高空泡風險。如何在螺槳斷面翼型、拱高與螺距分布、歪斜角度等幾何設計上做正確之選擇，以避免造成效率低下、空泡浸蝕、振動與噪音之發生，為設計上之課題。茲試以瑞孚宏昌船舶推進系統公司十年來設計應用之實例，作整體闡述。其次，針對近年來高遠艇螺槳革命性的產品—英式推進器 (POD) 之特點作一介紹。

Page 2 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



高遠艇螺槳發展趨勢與展望

- 高遠艇螺槳運轉環境
- 高遠艇螺槳應用現況趨勢
- 高遠艇螺槳系列與翼型斷面
- 高遠艇螺槳使用材料
- 高遠艇螺槳最新產品—英式推進器 (POD)

Page 3 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



高遠艇螺槳運轉環境



SeaRay 60DA _ 36 knots

Page 4 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



General Layout of Propulsion System

高遠艇推進系統佈置—雙伴雙舵



Shaft 軸系 | I bracket 軸架 | Propeller 螺槳 | Rudder 舵 | Tunnel 航隧道

Page 5 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



Wake Field

跡(伴)流分佈



Single screw _ U form 單螺槳_U槳線形 | Single screw _ V form 單螺槳_V槳線形 | Twin screw _ A/I bracket 雙螺槳_A/I軸架

Page 6 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



Shaft Inclination for HSC

高遠艇斜軸佈置

Shaft inclined angle: 6 to 13 degrees (current trend) 現行趨勢
→ high risk of root cavitation erosion 高風險之根部空泡浸蝕



Alpha=0, back | Alpha=0, face | Alpha=270, face | Alpha=90, back

Page 7 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM



Tunnel Hull Lines

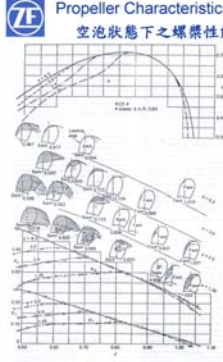

航隧道線型



- Reduce shaft inclination angle 降低軸傾斜角度
- Increase tip hull clearance 增加螺槳葉尖與船底間隙
- Adjust static trim angle 調整靜止狀態之俯仰差(角度)

Page 8 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

Propeller Characteristics in Cavitation Condition
空泡狀態下之螺旋性能_推力、扭矩與效率

Alpha=90, back
斜軸角10度·葉身面

Page 9


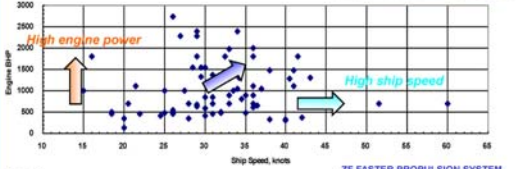
高速艇螺旋應用現況趨勢



Page 10

General Trend of Propeller for High Speed Craft
高速艇螺旋之一般趨勢

- 引擎大馬力
- 船速提高
- 大斜軸角度
- 螺旋直徑限制
- 螺旋高推力密度
- 螺旋高空泡風險

Page 11

Non-dimensional Parameters
無因次參數

Froude Number, Speed Length Ratio

$$F_{rel} = \frac{V}{\sqrt{gL}}, \quad F_{av} = \frac{V}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}, \quad F_{sh} = \frac{V}{\sqrt{gB}}$$

Cavitation Number

$$\sigma = \frac{P_0 - P_v}{\frac{1}{2}\rho V^2}$$

Local Cavitation Number

$$\sigma_{0.7R} = \frac{P_0 - P_v}{\frac{1}{2}\rho V_R^2}, \quad V_R^2 = V^2 + (0.7\pi D)^2$$

Mean Thrust Loading Coefficient

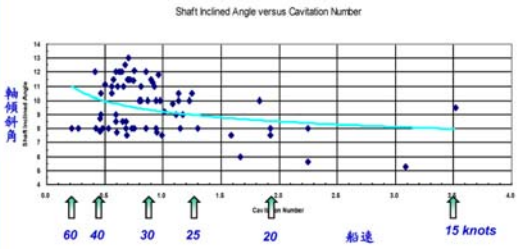
$$\tau_c = \frac{T/A_p}{\frac{1}{2}\rho V_R^2}$$

Page 12

High Speed + High Shaft Inclined Angle
高速 + 高軸傾斜角

High Risk on Cavitation (efficiency reduced + cavitation erosion)
高空泡風險(效率降低 + 空泡侵蝕)

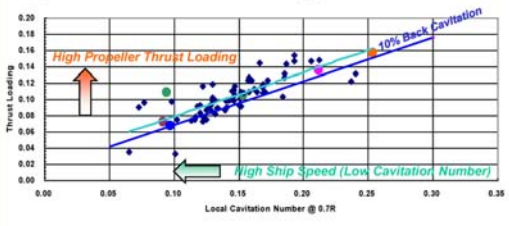
Shaft Inclined Angle versus Cavitation Number



Page 13

General Cavitation Trend Diagram
空泡趨勢_Gawn Burrill 圖表

High Ship Speed (Low Cavitation Number) 高速度(低空泡數)
High Propeller Thrust Loading (高螺旋推力負荷)
High Risk of Cavitation and Low Efficiency (高空泡侵蝕風險與低效率)



Page 14

高速艇螺旋應用現況 (I)



Page 15

PJ 234 _ 15 knots _ 37.68 m

Engine: 2 x 1000 ps x 2100 rpm, 3.437:1
Cavitation number = 3.517, 0.254 @ 0.7R
Propeller: 48 x 46 x 5B x 0.85 NACA
Shaft inclination = 9.5 deg

巨型遊艇



Page 16

<p>ZF Fleming _ 15.5 m _ 18.5 knots</p> <p>Engine: 2 x 500 ps x 2600 rpm, 2.53:1 Cavitation number = 2.246, 0.212 @ 0.7R Propeller: 31 x 30 x 4B x 0.90 KCA Shaft inclination = 8 deg</p> <p>中型遊艇</p>  <p>Page 17 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>	<p>ZF Carver 650 _ 16.6 m _ 31 knots</p> <p>Engine: 2 x 1370 ps x 2350 rpm, 2.467:1 Cavitation number = 0.812, 0.154 @ 0.7R Propeller: 38 x 46 x 5B x 1.05 NF Shaft inclination = 11 deg</p> <p>中型高速遊艇</p>  <p>Page 18 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>
<p>ZF GC Patrol _ 13.7 m _ 41 knots</p> <p>Engine: 2 x 1100 ps x 2450 rpm, 1.525:1 Cavitation number = 0.464, 0.092 @ 0.7R Propeller: 27.5 x 36.5 x 4B x 0.90 Cupping Shaft inclination = 10.5 degrees</p> <p>高速巡邏艇</p>  <p>Page 19 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>	<p>ZF Fast Patrol _ 11.2 m _ 51 knots</p> <p>Engine: 2 x 700 ps x 2300 rpm, 1.485:1 Cavitation number = 0.273, 0.098 @ 0.7R Propeller: 26 x 41 x 5B x 0.90 SPP Stern Drive: SDS, inclination 8 degrees</p> <p>超高速巡邏艇</p>  <p>Page 20 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>
<p>ZF Tige _ 5.5 m _ 38 knots</p> <p>Engine: 1 x 320 ps x 4600 rpm, 1.46:1 Cavitation number = 0.532, 0.095 @ 0.7R Propeller: 13.5 x 16.5 x 4B x 0.80 Cupping</p> <p>滑水艇(ski boat)</p>  <p>Page 21 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>	<p>高速艇螺槳應用現況 (II)</p>  <p>Page 22 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>
<p>ZF Speed versus Length, Displacement 遠長比 - Froude Number 佛勞數</p>  <p>Page 23 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>	<p>ZF Trends for Propulsor Application 推進器應用趨勢</p>  <p>Page 24 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM</p>

ZF Cavitation Number versus Thrust Loading
局部空泡數(0.7R)與推力負荷關係圖

Page 25 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF 高速艇螺槳系列與翼型斷面

Page 26 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propeller Blade Sections (Series) for different Speed Application
不同船速狀況適用之螺槳葉片斷面形狀

SHIP SPEED (Knots)	PROPELLER BLADE SECTION	PROPELLER BLADE SECTION
<25	AEROFIL	MAU, Vagenengen-B/NACA
25-35	AEROFIL	MAU, Vagenengen-B/NACA
	OGIVAL	Goen, Goen-Burrill (KCA)
	CRESCENT	Newton-Rader, New-Foil
35-40	CRESCENT	Newton-Rader, New-Foil
40-50	CRESCENT	Newton-Rader, New-Foil
	SC or SPP	Rolla, SUS
>50	SC or SPP	Rolla, SUS
30-50	Cupping	Cupping KCA or NF

Page 27 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propellers Series
螺槳系列

KCA - Series

Blades : 3, 4, 5
Pitch Ratio : 0.60-2.00
Area Ratio : 0.20-1.10
Skew Angles : 0 degree
Section Type : Ogival
Remarks : Most widely use propeller series. Suitable for most applications. Cupped available.

Page 28 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propellers Series
螺槳系列

Skew KCA - Series

Blades : 3, 4, 5
Pitch Ratio : 0.60-2.00
Area Ratio : 0.50-1.10
Skew Angles : 25 30 35 degrees
Section Type : Ogival
Remarks : Modified from standard KCA series for smooth application. Suitable for most applications. Cupped available.

Page 29 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propellers Series
螺槳系列

Cupping - Series

Blades : 3, 4, 5
Pitch Ratio : 0.60-2.00
Area Ratio : 0.50-1.10
Skew Angles : 0 25 30 35 degrees
Section Type : Ogival, Airfoil
Remarks : Modified from standard series. Suitable for most applications.

Page 30 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propellers Series
螺槳系列

NACA - Series

Blades : 3, 4, 5, 6, 7
Pitch Ratio : 0.80-1.60
Area Ratio : 0.50-1.40
Skew Angles : According to design
Section Type : Airfoil (NACA66, mean line 0.8)
Remarks : Theoretical design propellers series.

Page 31 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM


ZF Propellers Series
螺槳系列

New Foil / EV - Series

Blades : 3, 4, 5, 6, 7, 8
Pitch Ratio : 0.80-1.60
Area Ratio : 0.50-1.40
Skew Angles : According to design
Section Type : New Foil / Hybrid
Remarks : Theoretical design propellers series.


Page 32 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propellers Series
螺槳系列



Surface Piercing Propeller

Blades : 4, 5, 6
Pitch Ratio : 0.80-1.60
Area Ratio : 0.70-1.10
Skew Angles : According to design
Section Type : SPP (Wedge, High Camber)



Page 33 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF

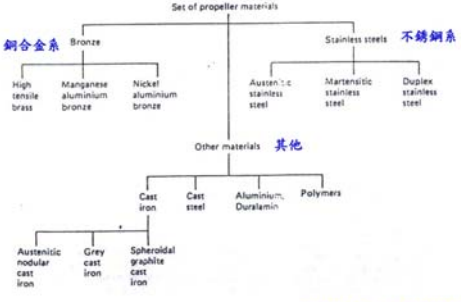
高速艇螺槳使用材料



CityCat Catamaran
CityCat Catamaran - 26 knots

Page 34 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propeller Materials Category
螺槳用材料分類

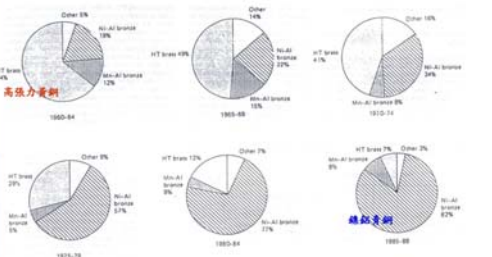


Set of propeller materials

- 鋼合金系
 - High tensile brass
 - Manganese aluminum bronze
 - Nickel aluminum bronze
- 其他
 - Cast iron
 - Austenitic nodular cast iron
 - Grey cast iron
 - Spheroidal graphite cast iron
 - Cast steel
 - Aluminum, Duralumin
 - Polymers
- 不銹鋼系
 - Austenitic stainless steel
 - Martensitic stainless steel
 - Duplex stainless steel

Page 35 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Popularity Progress of Propeller Materials
螺槳材料之演進 (1960-1988)



From Lloyd's Register of Shipping 英國勞氏驗船協會

Page 36 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF Propeller Material of Lloyd's Classification
英國勞氏驗船協會規定之螺槳材料

Table 8.1.1 Chemical composition of propeller and propeller blade castings

Min. designation	Cast iron	Cast steel	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum
Grade Cu-1 Manganese bronze High tensile bronze	92-98	91-93	20-40	93-98	93-98	93-98	93-98	93-98
Grade Cu-2 Manganese bronze High tensile bronze	83-87	81-83	38-50	93-98	93-98	93-98	93-98	93-98
Grade Cu-3 Nickel aluminum bronze	77-82	87-88	1-8	93-98	93-98	93-98	93-98	93-98
Grade Cu-4 Manganese bronze	70-80	82-88	8-12	93-98	93-98	93-98	93-98	93-98

Table 8.1.2 Mechanical properties for acceptance purposes propeller and propeller blade castings

Min. designation	0.2% proof stress, minimum	Tensile strength, minimum	Elongation at break, minimum
Grade Cu-1 Manganese bronze High tensile bronze	175	440	20
Grade Cu-2 Manganese bronze High tensile bronze	175	440	20
Grade Cu-3 Nickel aluminum bronze	240	590	16
Grade Cu-4 Manganese bronze	275	630	16

Table 8.1.3 Typical chemical composition for steel propeller castings

Min. designation	C	Mn	P	S	Si	Mo	Ni	Cr
Minimum 1200 hp	0.18	0.35	0.010	0.005	0.25	0.02	0.0005	0.05
Minimum 1700 hp	0.18	0.35	0.010	0.005	0.25	0.02	0.0005	0.05
Minimum 2000 hp	0.18	0.35	0.010	0.005	0.25	0.02	0.0005	0.05
Minimum 2500 hp	0.18	0.35	0.010	0.005	0.25	0.02	0.0005	0.05

Table 8.1.4 Typical mechanical properties for steel propeller castings

Min. designation	0.2% proof stress, minimum	Tensile strength, minimum	Elongation at break, minimum
Minimum 1200 hp	175	440	20
Minimum 1700 hp	175	440	20
Minimum 2000 hp	240	590	16
Minimum 2500 hp	275	630	16

Page 37 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF

高速艇螺槳最新產品_小型英式推進器

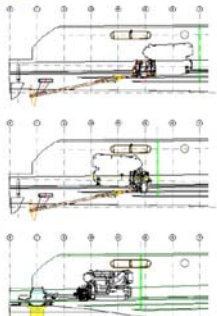


Viking 56 - 41 knots

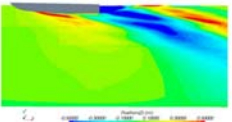
Page 38 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF

高速艇螺槳最新產品_英式推進器



- 改善螺槳在斜軸狀況運轉產生之效率低下與空泡浸蝕
- 推進器系統可360度旋轉 不需用舵即可獲得優良操控性能
- 包括主機之整體推進系統 佔用較節省(短)之機艙空間 增加其他供生活起居空間靈活運用
- 運用計算流體力學技術，進行船體、帆罩、帆樑與推進器流體性能最佳化



Page 39 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF

英式推進器_Volvo IPS 350/400/450/500/600

A revolutionary marine propulsion system

- demand for high speed, improved handling, enhanced onboard comfort and reduce emissions
- engine power ranging 350 to 600 hp
- suitable for 30 up to 50 feet planning hulls
- outstanding efficiency over 25-45 knots
- a reduced fuel consumption at 30 knots by 30%+



Volvo IPS propeller advantages

- Increased blade area vs. output, smaller prop diameter and large gear ratio
- No side force
- Half prop loading means half jet losses and minimized cavitation
- Horizontal shaft and thrust
- Counter-rotating blades no rotational losses

Page 40 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF New Rampage 34 with IPS Pod Drives - 07/09/2008

The new Rampage 34 will be one of the first express fishboats built in the U.S. with Volvo Penta's IPS drive system

- better fuel mileage
- better performance
- better maneuverability
- run faster
- much easier to maneuver around docks with joystick technology
- 30%+ more fuel efficient than conventional inboard installations

Page 41 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF 英式推進器 _ ZF POD 2500/2800/4000 ZEUS 3500/3800

ZF POD 2500 & 2800 250 - 440 HP

ZEUS 3500 & 3800 450 - 700 HP

ZF POD 4000 700 - 1200 HP

Page 42 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF 英式推進器 _ ZEUS 3500/3800

Atlantis 50X4

ZF 3500/3800 (Zeus)

Atlantis 50 2 x Cat C9 @ 575 HP Ship Speed 35 knots

Marine Propulsion Systems

Page 43 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF 英式推進器 _ ZF POD / ZEUS _ 性能比較

Boat Performance with Fixed Strut and Pod Drives

Page 44 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF ZF _ Zeus® Pod Drive System

New ZF POD, Zeus Pod Drive
Powered by Caterpillar C9 ACERT @ 575 mhp x 2500 rpm into a 44' Sea Ray reaches top speed of 39 knots

FASTER CRUISING, HIGHER TOP SPEEDS, ENHANCING MANEUVERABILITY, FUEL ECONOMY
A Clean, Quiet, and Comfortable Ride plus Precise One-Hand Docking

- Joystick control to dock the boat with ease
- Reliable, smooth, hydraulic power steers the pods
- Actuates the integrated trim tabs
- Allows each pod to be steered independently, leads to much smoother and more accurate maneuverability
- The thrust from pod drives is horizontal compared to standard inclined shaft
- Minimize drag of pod shape than a shaft, strut and rudder
- Counter-rotating propellers eliminate rotational loss, produce no lateral forces and minimize cavitation
- Noise and vibration are significantly reduced, resulting in a quiet, comfortable ride
- A dedicated trolling valve enables lowest speeds

Page 45 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF 英式推進器 _ ZF POD 4000

ZF 4000 (Large POD)

Azimut 62S 2 x Cat C18 @ 1015 HP Design Speed 36 knots

ZF Prototype Boat (Azimut 62S)

Page 46 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF 英式推進器 _ ZF POD _ 應用

Lazzara 120 3 x MAN 1200HP

Azimut 62S 2 x Cat C18 @ 1015 HP

Page 47 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

ZF

FASTER PROPELLER
Special 2-Propeller System

something behind the yacht

Thank you 謝謝指正

Hatteras 60 _ 41.5 knots

Page 48 ZF FASTER PROPULSION SYSTEM

四、授課照片

100 年 11 月 30 日：高速艇螺槳發展趨勢與展望	
	
介紹演講者王武雄總經理	與同學分享現今之國際現況
	
說明高速艇螺槳發展趨勢與展望	說明高速艇推進系統布置-雙俾雙舵
	
說明跡(伴)流分佈	說明高速艇斜軸布置
	
介紹螺槳新產品-箔式推進器	說明推進器應用趨勢

五、演講內容

今日很榮幸邀請到瑞孚宏昌公司王武雄總經理來為我們演講，王老師也在我們學校上課，同學將來有機會可以上到他的課，現在就歡迎王總經理來為我們演說。

每年來這演說都是類似的題目，計畫的專題講的是船廠的經營管理，對各位來說，經營管理的題目對大家比較遙遠，因為大家都是學工程的，但是工程與管理還是有關聯的，同學在學的這幾年剛好躲過外面的景氣寒冬，自從共產主義崩潰後，資本主義獨霸後大家都亂搞，最近新聞報導中，年輕人跑到華爾街去抗議，美國年輕人的失業率是 20% 左右，西班牙 70%，德國不到 10%，台灣約 12~13%，台灣比德國還嚴重，這是因為台灣已經沒有技職體系的學校，大學畢業之後，大家的腰都挺得很直，不願意彎腰動手做。在這我鼓勵大家，很快在後年各位就要進入就業市場，每個人都有不同的人格特質，趁著大學四年去了解自己到底在哪方面比較好，我希望雖然念了大學，如果各位願意的話，還是可以到工廠做實際的作業人員，這也不見得是壞事。日本為何失落 20 年？這是整個系統的問題，我們現在的人包袱很重，主要是因為人口太多，如果我們這一代的人要照顧下一代，必須工作到 70 歲，不能跟希臘一樣 50~55 歲就可以退休，德國法定退休年齡在 68 歲。各位很辛苦的是在我們那年代一年的新生兒有 40~50 萬人，現在一年的新生兒不到 20 萬，也就是年輕這一代要背老年這一代會很辛苦，所以如果我們還繼續要保有競爭力，我們這一代的人一定要有健康的身體可以持續到 70 歲，這樣你們的擔子就不用這麼重了。日本失落 20 年也是因為人口的關係，這之中有個名詞稱為「路易斯拐點」，指的是可以退休的人力與可以工作的人力會產生一個交叉點，當一通過交叉點時整個社會的生產力就會開始下降；另一方面是因為日本有一個族群稱為「啃老族」，是形容年輕人畢了業之後沒有工作，在家裡吃爸媽的。為什麼一開始跟大家談論這些呢？因為專題的東西可以快速的帶過，可是分享這些意思是說，很快再一、兩年就準備要離開學校了，離開學校在社會上要成為有用的人，我們要呈現什麼樣的人格特質呢？如果我們有立志要成為領導者，最需要的特質是什麼？第一，誠實。第二，熱誠。第三，勤勞、節儉。其他包含知識、常識、技巧、技藝、生活技能這都是可以學習的，很多東西學習起來不見得有用，而且有些學起來後不見得有用。我到現在還不用智慧型手機，我常在想我們是要去用東西，而不是被東西所用，我知道智慧型手機可以收 E-mail，雖然我當了總經理，但是我也不希望我的生活如此悲慘，聽到手機聲之後就必須開始思考，我可以把我

的 notebook 電腦帶回家，每天兩~三個時段收發 E-mail，各位可以思考一下擁有智慧型手機要做什麼？大家都知道現在上網很貴，最近電信公司也在考量是否要綁時間，因為大家都是吃到飽，這會讓頻寬很擠，費用也居高不下，其實是否需要一直掛在網上呢？當一直掛在網上時，是不是變成產品的奴隸？所幸各位學的是造船，造船所有的技術、知識生命週期沒有那麼短，像是螺旋槳有幾百年的歷史，鎳、鋁、青銅這種材質的材質也不到上百年的歷史，也就是說不像現在各位手上拿的消費性電子產品，消費性電子產品是很恐怖的，大家追著 apple 跑，從 iphone 開始，到現在 iphone 4s，到底這樣是對的嗎？我在討論這件事情是在闡述勤勞跟節儉這一回事，在歐洲約有 20% 的資源是被浪費掉的，即使歐洲現在是非常悲慘的，他們希望希臘去減少赤字，其實還有太多空間可以努力。現在人類有太多資源是浪費掉的，像是最近百年常常去喝喜酒，每次吃完還有 3~4 成的菜是浪費的，我常在想社會是否需要這麼多東西？這是可以思考的。此外，我想信用卡也是一種貪腐的起點，當我們擁有信用卡的那天開始，我們會忘記我們身上有多少錢，整個世界上現在都在透支，為什麼希臘為這樣？因為政府沒錢又拼命花，收稅又不敢收，花錢又很勇敢的花，因為要討好人民。如同我們的政府，每當選舉就會有許多政策性買票，所以最近農民等弱勢團體，都會趁這段時間跟政府協商，像是最近農產品的問題，要求政府收購，我不是反對政府採購，而是政府在做這件事情時要做出基礎架構，比方說台灣農產品的競爭力是不足的，變成農產品要內銷，那是否要將農產做成計畫經濟，走向社會主義，農產就是計劃性生產、分配，像目前農產品採用自由經濟，到最後就是農民被剝削。如同資本主義時為什麼共產主義會出來，因為工人被剝削，因為資本家剝削工人，那農民種植農產品，最後被銷售者剝削，如果我們不用整個架構去思考，今年是風調雨順，所有的農產品都是豐收的，豐收後市場沒有這麼大，價格就沒有那麼好。其實我也是跟大家一樣都是念造船系的，是在民國 66 年畢業，在造船產業我做了 34 年，前面 21 年我在聯設中心做設計工程師，後來做計畫主持人，13 年前到高雄宏昌螺槳公司，最近汰換的海軍旗艦武夷艦，在當時線形圖是由我繪製的，螺槳也是由我設計的，當時約 1986 年。

一開始跟各位提一下需要的人格特質是哪些，將來需要學習的是哪些，各位一個月約用多少時間閱讀課外讀物，我建議各位去尋找各位有興趣的書本閱讀，書讀多了會在腦筋裡面會形成一套屬於自己思考系統、哲學觀、生活觀、處事態度，這對將來面對不同危機、困難時會對你有所幫助。

緊接著進入我們今天的課題，高速艇在學術上是有一定的定義，像

今年我們在四年級有開一門高速艇設計的課程，高速艇設計在船級協會中有一個定義，船級法規的定義著重在結構上面，真正流體力學又有另外流體力學的考量，通常流體力學考量比結構上面寬鬆的許多，也就是結構上面的考量通常速度上是比較慢一點，他就稱為高速艇，因為他要保證結構在速度快時不會被破壞，所以驗船協會就會用比較保守的態度，比方說一艘船 12 節以上稱為快速艇，在流體力學上要有 16 節以上才會稱為高速艇，但這是跟 Froude Number 有關。高速艇螺槳他的發展趨勢與展望如何，這題目我也講了好幾年，這題目預計也是最後一年談論了，既然要討論這樣的題目，就要了解高速艇最後解決的方案是什麼，過去的高速艇的螺槳是長怎樣，現在有什麼創新跟革命，大家都知道最新的一本書是賈伯斯傳，最近我新買的一本書是大航海時代的台灣，這是一個台灣人寫的，是由一位中研院士推薦的，他就講到從 16 世紀一直到現在，在不同時代台灣在航海扮演不同的角色，這些書大家可以看一下，有些知識就可以累積。反看賈伯斯，他到底是正面還是負面，以我角度是有爭議性的，他這樣的產品銷售方式對世界來說是不好的，但是它的創新、個人的努力及堅持，這是我認同的，但是他的產品也是跟著潮流的趨勢。以螺旋槳來說，他約在六年前有了創新的，高速艇螺旋槳的創新是從北歐來的，在題目中，到最後會提到英式推進器 (Pod)，這是由瑞典 Volvo engine 去整合、設計出來，高速艇螺槳來說，他的麻煩點在於說，當速度越快螺旋槳的推力越大，螺旋槳推力要越大但是面積不能無限制變大，面積比也不能無限制變多，代表單位面積需要產生的推力到達極限，到達極限後會產生空泡，空泡一產生，就可能會在葉片上產生破裂，一旦破裂會產生兩個效應，其一，一些能量會吹泡泡，然後破裂，等於是將能量浪費在吹泡泡跟破裂上，讓真正用在推這個船往前進的能量就會變少，用另外一個角度來說就是效率變不好；其二，泡泡在螺旋槳運動上破裂後，會造成螺旋槳空泡浸蝕，空泡浸蝕就如同在海邊的石頭都是一個個坑洞，他是海浪造成的浸蝕，而螺旋槳也會產生類似的情況。高速艇除了單位面積的推力越來越大，很難避免空泡以外，另外還有一個原因就是斜軸，就是高速艇螺槳一定有斜軸這樣的佈置。一般高速艇的佈置是螺槳在船艏的底部，軸系從船艏底部出來，再經由軸的支撐架，最後連接螺槳，軸為什麼又做斜的？他沒有辦法做像慢速船一樣從艏部出來，因為高速艇將來速度快時，從艏部出來螺旋槳會有一半暴露在空氣中。還有一個問題是，一般商船是單螺旋槳船，艏部水線形到最後會收尾，但是高速艇的線形跟慢速船完全不一樣，所以他只有唯一的出入，軸要從船體斜著出來，所以斜軸就變成最大的致命地方，斜軸較度為何會越來越大？斜軸角度跟螺旋槳直徑有關，為了把螺旋槳擺到船底下，必須留有一點間隙，引擎也不可能移的

太前面，因為不同的高速艇有不同的功能，引擎推到很前面就表示船上可以使用的空間就會縮小，所以通常引擎越後面斜軸角度就會越大，或著是船越短，斜軸角度也會越大。為了縮小斜軸角度，有些船就會做一個艙隧道，讓螺旋槳可以往上提，斜軸角度就可以縮小一點。

我在這邊介紹的東西可能對各位來說都有點難，但是我的排序都是關鍵的東西，對螺旋槳設計來說，就是水流流入螺旋槳圓盤，他的速度分佈，就是設計螺旋槳最重要的參數，速度越均勻螺旋槳就越好設計，越不均勻就越難設計，我這裡的舉例是利用單螺槳船及雙螺槳船，雙螺槳船因為整個螺旋槳躲在船底下，所以基本上入流是均勻的，如果是單螺槳船因為前面有個肥大的船體，所以流進螺旋槳圓盤的流速就會變化很大，因此單螺旋槳的艙部線形有的是 U 形或者 V 形，現在有比較像球形的，在我們那個年代做線形的設計是比較痛苦的，時間也不多，從合約完了之後要開始畫線形圖，船模試驗場要去做模型試驗，這時間都很短，我以前曾經為了趕一個線形圖，跟我的主管就睡在公司裡面把圖趕出來，像這樣的工作精神是一定要的，如果各位可以這樣，那就表示你是可以被人家用的。線形圖越不均勻對於螺槳的設計越困難，雙螺槳的線形圖雖然比較均勻，設計起來比較簡單，但是因為他有斜軸的問題，一有斜軸時，螺旋槳轉到 90° 、 270° 時，此時水流攻角因為斜軸的關係會產生變化，也就是說空泡會由無變多，也就是入流的攻角不一樣，負載會不一樣，如果從試驗槽來看，螺旋槳的背面的地方會產生空泡，在 270 度時，背面不會產生空泡但正面會產生空泡，通常空泡的產生會接近螺谷的位子，此處 X 會比較小，代表攻角的變化會更大，會造成更難以避免的空泡發生，所以要記得，高速艇的螺槳葉片單位面積的推力會比較大，不同斜軸角度會造成葉片轉動到不同位子時的空泡風險提高，這兩件事情就是高速艇螺槳設計最重要的議題，因此設計螺旋槳如何克服以上兩件事是最重要的。

那既然有這些問題該如何解決呢？我們先跳到 Pod 英式推進器章節做解說。第一個圖為傳統的斜軸與舵的佈置。第二個圖有些微改變，是將引擎放到後面，以 V-drive 的方式去驅動，這個方式將整個可以使用的空間變大。高速艇有 90% 以上的裝置是雙車跟雙舵，也就是由兩部引擎帶動兩根軸、帶動兩個螺槳去跑。剛才說斜軸所產生的問題很多，於是英式推進器 Pod 革命性的產品改變了斜軸的問題，取消斜軸，螺槳為水平的。當馬力越來越大，螺槳上單位面積的推力越來越大，如果多一個人來承擔，單位面積的力量就會變小，所以正常是雙引擎、雙傳、雙舵，pod 改為每一傳又將馬力分一半，變成兩個螺槳去承擔，現在就變成四個螺槳去推進，四個螺槳是每個螺槳所承受的力量又少一點了，

所以單位面積的推力也會降低，這樣螺旋槳就比較好設計了。也就是將斜軸問題給解決，將雙俾改為四俾，現在變成兩部引擎帶了四部螺旋槳。同時他的設計就使螺旋槳可以 360 度旋轉，因此也不需要舵這樣的構件了。Volvo 當初的設計是設定為拉式螺旋槳，也就是螺旋槳是擺在支撐架的前面，好處在於螺旋槳的入流是很平均的，前面沒有任何附屬物遮蔽，因此螺旋槳的設計與效率會更好，但是一樣東西有正面同時也會有負面效果，pod 的缺點是容易被撞到漂流物，造成螺旋槳容易損壞。

斜軸角度 10 度，螺旋槳在 90 度時，螺旋槳葉片背面有空泡，如果要設計到都沒有空泡，那成本就非常高，因為有空泡就會有聲音，像是海軍軍用的螺旋槳為了不讓聲納探測器檢測到船隻位置，因此通常設計沒有空泡的螺旋槳，沒有空泡螺旋槳在經濟學上是不好的，一般螺旋槳會產生一點空泡，但是這些空泡不會造成推力、扭力的減損，這種狀況下的效率是最好的，也就是說，當要設計到完全沒有空泡，勢必要加大面積，犧牲掉一些效率來成就無空泡，空泡的數量應該多少？以面積比例討論應該要介於 5%~15% 左右，若是螺旋槳的使用年限要較長，那空泡比會設定在 5%，一般商船的空泡與面積比約為 5% 左右。使用期限不長的船舶，像是遊艇、交通船，就會使用較寬鬆的標準，使用空泡比 15% 的螺旋槳。

從圖上可以看出橫座標為螺旋槳的負載，當負載較大時，整個螺旋槳面積佈滿空泡，當空泡越來越小時，螺旋槳上就不會有空泡，但是當負載小到一定程度時，反而會在正面產生空泡，螺旋槳的正面是壓力面，所以當正面有空泡時對效率的影響是致命傷。螺旋槳的正面是指當站在船的後面時所看到的面稱為正面，也就是高壓面。

引擎馬力與船速分佈圖，是我進公司後統計出來的，我們公司設計的螺旋槳從 15 節到 60 節的螺旋槳都有，引擎馬力指的是單引擎馬力，不是雙俾，如果是雙俾就乘以二，高速艇的市場大約都落在 25 節~40 節間，馬力大，船速就會變大，螺旋槳的斜軸角度也跟著變大，直徑又被限制住，因此會產生高推力密度的風險與空泡的風險。由照片上可以看到我們之前設計的螺旋槳在根部就產生空蝕的腐蝕。

Froude Number 指的是船速的無因次，跟長度、排水量、寬度都可以做成比例，會有不一樣的應力。局部空泡係數、螺旋槳葉面上的推力係數，這個都是基礎的公式，在這裡就不多討論，講義會留給同學，有興趣的同學可以上網下載閱讀。

軸傾斜角最大曾經到 13 度，一般約為 8 度、12 度左右，橫座標為空泡數跟船速對應的關係，空泡數越少代表船速越快，從前面的公式就可得知，空泡數與船速的平方成反比。過去在遊艇、高速艇上空泡數的

設計是 12% 左右，藍色的線是百分之十的葉背面面積產生空泡的情況，我們的設計會較積極一些，使用 12%~13% 空泡比的螺槳，如果使用較小空泡比的螺槳，那麼設計的螺槳面積要比較大，報價也就會比較貴，市場上的競爭就輸給其他人，因此在這之中，我們叫要去思考什麼是最好的設計？最好的設計就要思考客戶的需求中最在乎的那一項，然後去符合他，其他部分就可以稍微犧牲一點，這樣的設計就是最好的設計，因為設計不可能樣樣好。

在 Gawn Burrill 圖表中我點出六個不同的點位子，這是六個不同船型的高速艇，橫坐標是 Froude Number，就是船的速度已無因次定義，像是 PJ234 這艘船，是在高速排水型船，Fleming55 是半滑航艇，Carver 650、GC Patrol、Fast Patrol 是滑航艇，Tige 是航水艇，我以六個船型的設計，從速度快慢來談論螺旋槳的選擇是不一樣的。較慢速的高速排水型船使用的為 NACA 的螺槳；中速的船型可選用 NACA 或是 KCA 的螺槳；速度到 31 節時，選用 NACA 的螺槳效率差，因此後來開發一型稱為新翼型的螺槳，高速巡邏艇使用的是 Cupping 的螺槳，接下來為穿水式螺槳，穿水式螺槳是在船體後面，一半在水中，一半在空氣中，當沒有辦法避免空泡時，就乾脆讓他全部暴露在空氣，讓空泡穩定不要破掉，因為時有時無的空泡對螺槳才是致命；滑水艇這種船很特別，在水上遊樂區域，會使用這種船拖這後面的人滑水，這會使阻力變大，但又希望可以讓船加速上來，因此這樣的螺槳設計加速要好，其次要能適應不同的負載與推力，而這種螺槳使用的是 KCA Cupping，不會使用穿水槳，因為穿水槳在低速時效率低，可能只有百分之十至二十左右。

到底哪個速度適合用哪一種推進設備，Gawn Burrill 他整理出來的資料，30 節以上適用穿水式槳，25 節以上適用噴水推進器，其他的領域就是全沒水式螺槳，這個圖在開始做基本設計時，把需要的船的條件點在上面，才能夠選擇合適的設備。Cupping 螺槳的翼型將他打彎下來，Cupping 的意思就是拱高往葉片出水尾緣的地方，因此稱為彎尾緣，適合在高負載的螺槳。

英式推進器它的極限是速度，適合在 25 節~45 節的船舶，他改善兩個問題：一，消除斜軸問題。二，兩俾兩個螺槳的負荷，以四個螺槳使用。之所以有速度的限制，是因為他的減速比都很小，因此螺槳轉速很高，螺槳直徑做不大，這是他最大的問題。IPS 有點像 APPLE，軟體、硬體都是使用自家的，引擎使用 Volvo engine，系統使用 IPS，也因此造成其他引擎廠商的困擾，他當初開發出來約 300P~400P 的範圍，因此其他引擎廠商都沒生意做，因此就與我們集團總部合作，開發一個開放系統。

我們集團去做了一個統計圖，將船體重量除以馬力，也就是 1P 馬力可以推動多少重量的船，越小代表速度越快，藍色曲線是使用傳統斜軸的平均值，紅色曲線是我們集團拿到 Volvo 的資訊做出來的，綠色曲線是我們做出來的，而我個人認為 Volvo 的資訊應該是單艘船的資訊，整體應該跟綠色曲線差不多，平均的話差 3~5 節，也就是說一艘船使用傳統斜軸與 POD，使用 POD 可以提高 3~5 節的船速，為什麼會提高？因為傳統斜軸附屬物阻力比較多，POD 沒有這麼多，所以附屬物阻力可以大量下降；第二為效率問題，當船速達到 30 節以上，傳統斜軸螺槳他的效率不能維持很高的程度，但是 POD 用對轉螺槳可以達到高效率，而這就是關鍵點。我今天就很快地跟各位介紹到這裡，謝謝各位！