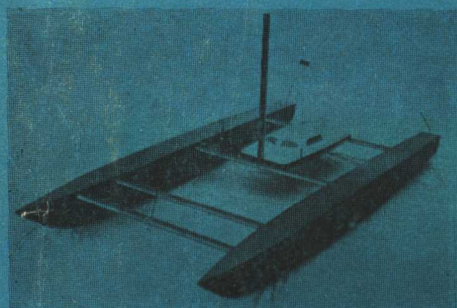




FRP 設計手冊

張志純編著

British Oxygen號雙船體，快艇之模型，將參加1976年
單人橫渡大西洋競賽，計使用Crystic聚酯樹脂7000公
斤，Tyglas纖維束2930公斤及玻璃纖維織成單向
狹帶20公斤接觸模造而成，為世界最大之FRP遊艇。

正中書局印行

F R P 設 計 手 冊

張 志 純 編 著

正 中 書 局 印 行



版權所有

翻印必究

中華民國六十四年四月臺初版
中華民國六十七年一月臺二版

FRP 設計手冊

全一冊 基本定價 一元五角

(外埠酌加運費滙費)

編著者 張 志 純
發行人 黎 元 譽
發行印刷 正 中 書 局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍油蔴地北海街七號)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

東 海 書 店

(日本京都市左京區田中門前町九八番地)

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第②一九九號(6910)彙
(500)

補強塑膠亦稱塑膠鋼，爲一種人造或天然(礦物性或植物性)纖維或粉屑以樹脂爲底質之複合物，用途甚廣。因其所含樹脂及填料或補強物之不同，性能亦各異，可製日常用品，建築房屋，交通工具，軍事器械，以及太空飛船等等，實爲本世紀中葉工業界之時代寵兒。

補強塑膠中，百分之九十以上係使用玻璃爲補強物，而聚酯樹脂之使用，則約佔整個補強塑膠中百分之八十五。故一般所謂 FRP，係指玻璃纖維補強聚酯樹脂。

現臺灣之 FRP 模造工業，風起雲湧。出產遊艇，釣竿，及冷却水塔等，多已達國際水準，外銷有年，爲國家爭取不少外匯，並增加國人就業機會，誠一值得提倡鼓勵之事業也。

茲就近年參考所及，配合實際經驗，編撰本書，以供國內有志塑膠鋼設計製造及大量生產諸人士之借鏡。其中或多被人目爲不傳之秘，運用之妙，成敗參半，熟能生巧，日新又新，經驗重於理論，實務勝過空談，善體斯旨，則前途似錦也。

爲觸發工作者之靈感及堅定使用人之信心，特將 FRP 之主要用途，介紹如次。

(一) 建築用：浪板、平板、浴缸、廚房洗濯槽、淨化槽、便槽、管、桶、冷却塔、麗光板、澆洋灰模板、亮窗、構材、戲臺佈景、電影及話劇道具、淋浴間、活動房屋、更衣亭、小型燈塔，可吹膨屋頂等等。

(二) 艦艇用：遊艇、小型漁船舟艇、甲板內襯、救生艇、掃雷艦、巡邏艇、漁船內襯、外部包皮、木筏、浮標、救生圈、水櫃、油箱、燃料桶、配電器材、防滑處理、觀光潛艇、導管、通風罩、浮塢、傳動軸蓋、槳桅等等。

序 言

(三) 陸上交通工具：車箱、車體、駕駛室、貨櫃、窗框、門扉、水槽車、油槽車、側面嵌板，火車衛生設備，座位，絕緣板、鋼軌接頭壓板、機車零件、拖車、尾車、冷卻系統組件，農業設備，冷藏車，安全盔，等等。

(四) 電氣業用：發電機及變壓器之絕緣零件，馬達零件，照明零件、雷達天線，圓拱體，線圈另件、冷藏庫、洗衣機、電冰箱、空氣節調器，真空吸塵器、打蠟器、收音機、電唱機、電視機、計算機、電腦設備、電池及電瓶等之外殼、電開關、絕緣磚子、控制臺、儀表櫃、印字電路板及其他電子工業之應用等等。

(五) 化學工場用：電解槽、輸送管、染缸、油槽、烟鹵、反應槽、浸酸槽、化學儲槽、肥料倉、廢氣管道、抽風機殼、泵殼及旋葉、冷卻塔、塔架及格柵、洗氣塔、照相沖洗設備、升揚器、水軟化器、齒輪箱、乾燥機、廢液管、機械蓋罩、耐腐蝕地板等等。

(六) 材料搬運設備：藥劑托盤、輸送箱盤、食物加工托盤、管道、櫥櫃、儲槽、輸送屨等等。

(七) 運動器材：撐竿跳竿、釣竿、弓箭、高爾夫球桿、高爾夫小車、回力球柄、獵槍管、滑雪板、雪橇、衝浪板、游泳池、運動場及保齡球設備、記分牌等等。

(八) 太空及軍事用途：火箭推進壳、噴嘴、鼻錐、潛水艦護軸罩、壓力艙壳、圓拱體、機翼尖端油箱、直升機旋槳、壓力瓶、壓力球、攻擊舟、液化氣瓶、槍托、聲納罩、火箭筒、太空艙、登月小艇、飛機座位、引擎蓋、導管、整個飛機身表皮、減阻板、超音速飛機天線、航空貨櫃、臨時着陸席、駕駛室推門、送風機另件、導航儀表板等等。

(九) 其他用途：船上馬達罩、剪草機蓋、郵筒、機器護罩、打字機箱、商業機械另件、傢具、陳設、藝術壁飾、鈕扣、人像佛像、招牌標誌、廣告、保齡球道、露天座椅、風雨棚、洗衣槽、穀倉、水塔、熱水器、酒吧間設備、人造石、棺材、保險櫃、金庫裝置、安全滑梯等等。

張 志 純 於 臺 北 市

民國六十四年一月五日

序 言.....	(1)
FRP 設計手冊讀後感 (黃照滿博士)	139
第 一 章 玻璃材料.....	1
第一節 成分及性能.....	1
第二節 補強材料.....	2
第三節 補強物規格.....	5
第四節 表面處理.....	5
第五節 纖維細絲名稱.....	6
第六節 玻璃纖維之製造.....	6
第 二 章 樹脂材料.....	9
第一節 典型性能.....	9
第二節 鑄造樹脂厚度.....	10
第三節 樹脂規格.....	10
第四節 觸媒及促進劑當量.....	11
第五節 克利蒂樹脂.....	12
第 三 章 複合物.....	17
第 四 章 機械性能.....	19
第一節 機械性能比較.....	19
第二節 衝擊抗力比較.....	20
第三節 剛硬性.....	21
第四節 厚度計算法.....	22
第 五 章 物理性能.....	23
第一節 重量及體積.....	23
第二節 熱性能.....	23

目 錄

第三節	吸音性	25
第四節	硬度及耐磨性	25
第五節	透光透熱	26
第六節	溫度之影響	27
第 六 章	電氣性能	29
第 七 章	化學性能	31
第一節	樹脂之耐化學品性	31
第二節	溫度對耐化學性之影響	34
第三節	對化學品抵抗力之比較	36
第 八 章	設 計	39
第一節	厚度之預測	39
第二節	截面諸元	40
第三節	纖維應力及梁之彎曲力矩	42
第四節	均一截面梁之撓曲	44
第五節	化學工場設備	45
第六節	船艇模造	47
第 九 章	安全係數	51
第 十 章	成 本	53
第一節	FRP 及普通材料成本之比較	53
第二節	與非鐵金屬比較	53
第三節	變換成本	56
第四節	管道成本	56
第五節	美國材料成本績效之比較	58
第六節	典型製造成本（不含模具攤費）	61

第七節	FRP 製品之典型壁厚	61
第十一章	長期性能	63
第一節	風化作用	64
第二節	疲 勞	65
第三節	潛 變	66
第十二章	設計程序	69
第一節	決定績效及經濟條件	69
第二節	設計師檢查單	69
第三節	初步草圖	71
第四節	選擇材料及程序	72
第五節	繪製藍圖	73
第六節	舉行經濟分析	77
第七節	原型	77
第八節	製作大量生產用模子	77
第十三章	施工法	79
第一節	開放模	79
第二節	閉合模	87
第三節	主要施工法特徵之比較	96
第四節	開放及閉合模造法之比較	98
第五節	膠壳故障	100
第六節	溼式積層模造物之故障	104
第七節	熱壓模造物之故障	105
第十四章	船殼包玻璃布	107
第一節	船 壳	107

目 錄

第二節	器 材	107
第三節	補 膠	108
第四節	準備工作	109
第五節	填補接合縫及接頭	111
第六節	玻璃布及樹脂作業要點	111
第七節	塗佈樹脂	112
第八節	樹脂光飾層	113
第九節	樹脂使用法	114
第十五章	玻璃纖維船艇之維護	117
第一節	工作環境	117
第二節	使用工具	118
第三節	使用材料	119
第四節	修理衝擊裂縫	119
第五節	修理穿孔	121
第六節	修理盲板	123
第七節	修理木船	125
第八節	FRP 修補示範	125
第十六章	作業安全與衛生	129
第一節	貯存時限	129
第二節	安全措施	129
第三節	工業衛生	131
第四節	環氧樹脂安全指示	133
附錄一	換算因數	135
附錄二	參考文獻	137

第一章 玻璃材料

將玻璃抽成細絲時，其長度大為增加。在一般工業界，玻璃纖維係用兩種玻璃材料製成：E型玻璃，低鹼性並含硼矽酸鹽；A型玻璃，高鹼性，其成分與窗用玻璃者相似。最近有以C型玻璃製成連續細絲及薄紗布，供纏絲法及耐化學侵蝕之疊層之用。

第一節 成分及性能

		E型玻璃	A型玻璃
二氧化矽 (SiO_2)		52.4%	72.5%
氧化鋁 (Al_2O_3) 或氧化鐵 (Fe_2O_3)		14.4	1.5
氧化鈣 (CaO) 或氧化鎂 (MgO)		21.8	12.5
氧化硼 (B_2O_3)		10.6	無
氧化鈉 (Na_2O) 及氧化鉀 (K_2O)		0.8	13.5
玻璃纖維比重		2.56	2.45
抗張強度 (新抽成未損壞)	lbf/in ²	530,000	470,000
	Kgf/cm ²	37,200	33,000
彈性係數	lbf/in ²	11×10^6	10×10^6
	Kgf/cm ²	7.73×10^5	7.03×10^5
熱膨脹係數	°F	2.7×10^{-6}	4.4×10^{-6}
	°C	4.9×10^{-6}	7.9×10^{-6}
熱傳導係數	Btu in/ft ² h°F	7.2	6.5
	W/m°C	1.04	.94
折光指數 $n^{20}\text{D}$		1,545—1,549	1,510—1,515

註：本書數字，均係平均近似值。

第一章 玻璃材料

第二節 補強材料

玻璃纖維製補強材料有下列數種，用途各異：

玻璃席 (Fibreglass Chopped Strand Mat)：

- | | |
|------------|---|
| FGE 2000 | 一般目的手積疊層用，防水性良好。(現已爲 Multemat 代替。) |
| HPE | 一般目的手積疊層用，較 FGE 2000 樹脂含量高。 |
| FGA 6001 | 一般目的手積疊層用，較 FGE 2000 及 HPE 防水性低，耐酸性佳。 |
| Equamat | 最新之CSM。 |
| Supr E Mat | 新型細玻璃席，沾溼迅速，適合聚酯，環氧，及呋喃等樹脂用。(又有TS,SMC及FW三種。) |
| Multemat | 最新矽烷處理一般目的玻璃席，長期強度及耐風化性最佳，有 300,400,450,550,600,750, 及 900 g/m ² 重量可用。 |

連續席 (Continuous Strand Mat)：

- | | |
|----------|--------------|
| FGE 5000 | 熱壓模造法及常溫壓模用。 |
|----------|--------------|

紗束 (Roving, Continuous roving) 係多根未扭絞股纏於捲軸上者：

- | | |
|------------|--------------------|
| Suprespray | 矽烷處理，噴霧模造法及預形用。 |
| Supregreg | 銻處理，噴霧模造法及板片模造劑用。 |
| Equerove | 矽烷處理，用於聚酯及環氧樹脂纏絲法。 |
| Supreave | 矽烷處理之編織用紗束。 |
| Suprewind | 矽烷處理，用於聚酯樹脂纏絲法。 |

第一章 玻璃材料

斷絞股 (Chopped Strands)：用於軟膠模造劑 (DMC)，補強軟膠 (Gunks) 及中強度製品，英國 Fibreglass Limited 所製者，有三種：FGCS 100 型，長 6-12 mm，用於聚酯及醇酸樹脂；FGCS 200 型，長 3-50mm 用於非塑膠材料 FGCS 300 型，長 3-6mm 用於熱熔塑膠。

面層席 (Surfacing Mat)：C 型玻璃，接觸模造物樹脂豐富耐腐蝕表面用。

透明席 (Overlay Mat)：C 型玻璃：加壓模造物樹脂豐富耐腐蝕表面用。

紗條 (Yarn)：單頭扭絞股捲於紗管上者，用於纏絲法及玻璃纖維產品之織造。

紡績紗束 (Spun Roving)：將連續性單一絞股結環數次纏於捲軸上，為最價廉之補強物。

玻璃布 (Woven Glass Fabrics) 係由雙股紗條扭織而成多經熱淨及後飾，主用於航空及電氣工業之高績效疊層：

Eirenglass 英國 Mica & Micanite Supplies Co 出品之玻璃布。

Tyglas 英國 Fothergill & Havrey Limited 出品之玻璃布。

181 Series 美國 Owens-Corning 出品之扭織玻璃布。

Unidirectional 用連續性平行絞股單向織成之玻璃布。

1000 series 美國 Owens-Corning 出品之平織玻璃布。

D-glass 用作低電介質補強物，價最昂，約為每磅 15 美元。

第一章 玻璃材料

編紗束 (Woven Roving)：由紗束編成，不需後飾，手積及加壓模造一般目的用。

編紡紗束 (Woven Spun Roving)：在編紗束上織紡績紗條，可增加疊層內層與層間之剪力強度，並易於其他材料粘着，改良其鋪平性 (Drapeability)。

斷紡紗束 (Chopped Spun Roving)：長 $1/4$ 至 $1/2$ 吋，用於複雜截面低中強度製品。

編紗束席 (Fabmat, Paromat)：將紗束自動針織於亂向玻璃席上，拉擠成型法及需特種性能之處用。

碎纖維 (Milled Fibres)：將玻璃纖維錘碎至 $1/32$ 或 $1/8$ 吋長，低強度夾層及塑膠用。

針織席 (Needled Mat)：自動針織亂向玻璃席，用於真空袋熱壓及冷壓模造法。

濾灰玻璃 (Leached glass)：用於太空鼻錐熔散 (Ablation) 組件，溫度高達 $13,000^{\circ}\text{F}$ 。

高級絞股 (High Strand Integrity, H.S.I.)：特種斷絞股，可改進上下模預混物之物理及加工特性。

編織帶 (Woven glass tapes)：係由雙股紗條扭織而成之狹帶，多經熱淨及後飾，用於馬達心子之纏繞，電線包皮等補強物。

水泥玻璃填料 (Cem-Fil)：英國 Fibreglass Limited 新出混凝土用玻璃纖維，可改進灰泥之性能。

碳及玻璃纖維混成狹帶 (Carbon Glass Fibre Hybrid Tapes)：英國 Fothergill & Harvey Ltd. 出品之最新單向補強物。

第三節 補強物規格

英國標準玻璃補強物之規格，有下列數種：

BS 3496 用作塑膠補強物之玻璃纖維席。

BS 3396 用作塑膠補強物之玻璃布。

Pt 1 未經處理者 (Loom State)。

Pt 2 脫漿者 (Desized)。

Pt 3 專為聚酯系統用，經過後飾者 (Finished)。

BS 3691 專為聚酯系統補強物用之玻璃纖維紗束。

BS 3749 專為聚酯系統補強物用之玻璃編紗束。

第四節 表面處理

玻璃纖維材料之表面處理規格有關工業上術語，頗有解釋之必要。

一、上漿 纖維形成後即予施工之一種化學表面處理。其可保護絞股並使其與膠質樹脂相配合。

二、後飾 玻璃布織成及潔淨後所施之一種化學配合劑 (Coupling Agent)，使其與模造樹脂相容。

三、結合劑 (Binder) 將玻璃纖維絞股粘結成席或於製造模塑物品時粘成預形物 (Preform) 所用之粘結樹脂。

第一章 玻璃材料

第五節 纖維細絲名稱

細絲直徑		名 稱
350—400 Micsoinches	8.9—10.2 Micrometre	G
400—450	10.2—11.4	H
450—500	11.4—12.7	J
500—550	12.7—13.9	K
550—600	13.9—15.2	L

玻璃纖維絞股之支數 (Count)，可按三種方式表示之：

- 一、1 磅重之 100 碼數，例如：130 支者每磅長 13,000 碼。
- 二、新國際單位 Tex，其乃每 1000 米之克數。
- 三、丹尼爾制 (Denier System)。

換算表：

$$\text{Count} \times \text{Tex} = 4940$$

$$\text{Denier} = 9 \times \text{Tex}$$

$$\text{Count} \times \text{Denier} = 550$$

$$\text{產量 Yield (碼/磅)} \times \text{Tex} = 494000$$

第六節 玻璃纖維之製造

玻璃於拉成細絲或吹成薄膜後，可製兩種纖維形態：一為連續不斷之細絲，（長纖維）一為原形纖維（短纖維）。短纖維係供隔熱，

第一章 玻璃材料

消音、化學工業（C型玻璃），及不需甚高強度之塑膠補強之需。長纖維於抽出時，即變成若干股（Strand），隨後紡成紗條，織成玻璃布；或捲成紗束，編成編紗束。茲將補強塑膠用玻璃纖維材料之製造程序，簡介如下：

