

## 漁撈幫浦實用化試驗—II

### 沈水式漁撈幫浦設計與其性能試驗\*\*

蘇偉成·鄭廣輝·廬再和

Experiments on the Practical Use of Fish-pump—II  
A Capsul Fish-pump Designing and its Characters Testing  
Wei-Cheng Su\*, Gosng-Fei Jane\* and Tzay-Her Lu\*

To solve the shortage of labor and unstable fishery yield and to promote the practical use of fish pump in Taiwan. A capsul fish pump of 8 inches in caliber was designed for this experiment. At first, the characters of the fish pump which was tested and the preliminary results obtained are as follows:

1. The capsul fish pump was designed base on the elevation head 6m, pump delivery 3.33 m<sup>3</sup>/min, caliber 200mm, and hose length 50m. So the horsepower of the motor was calculated 14 HP in need.
2. In this experiment, the pump delivery (D) or the average current speed in the hose (V) was increased in proportion to the increase of the running revolution (R). It relation at different elevation head were shown as follows:

$$\text{Elevation head 1 m} \quad D 1 = -3184.794 \left( \frac{1}{R} \right) + 10.538$$

$$V 1 = -1718.585 \left( \frac{1}{R} \right) + 5.633$$

$$\text{Elevation head 3 m} \quad D 3 = -4395.487 \left( \frac{1}{R} \right) + 11.495$$

$$V 3 = -2523.04 \left( \frac{1}{R} \right) + 6.078$$

$$\text{Elevation head 5 m} \quad D 5 = -4638.596 \left( \frac{1}{R} \right) + 11.26$$

$$V 5 = -2419.298 \left( \frac{1}{R} \right) + 6.012$$

$$\text{Elevation head 7 m} \quad D 7 = -3784.21 \left( \frac{1}{R} \right) + 9.3$$

$$V 7 = -2016.316 \left( \frac{1}{R} \right) + 5.014$$

3. In this test, the pump delivery was decreased in proportion to the increase of the elevation head; And, the pump delivery and elevation head was increased in proportion to the increase of the hydraulic pressure and oil flow.

---

\*Penghu Branch, Taiwan Fisheries Research Institute.

台灣省水產試驗所澎湖分所

\*\*本篇曾受行政院國家科學委員會獎助

## 前 言

澎湖近海盛產鱸、鎖管等趨光性洄游魚類，每年夏季漁汛一到，約有千餘艘漁船從事焚寄網、扒網、捧受網等漁業。由於鱸類等經燈光集魚後，能大量漁獲，然其揚魚作業則甚為費時費力，以民國64年澎湖單艘式中着網作業為例，曾一網捕獲14.5噸之臭肉鱸 (Round herring, *Etrumeus micropus* (T&S)) 而以抄網時漁獲物揚至船內則需費時10時以上 (蘇等1975)。因此如何將捕獲之漁獲物揚至船上以至於岸上乃為達成漁撈作業省力化最重要之課題。

漁撈幫浦之應用，早在1945年時美國緬因州及波特蘭，即用為鱈及鱈由船上運送至陸上之一種裝備 (Burgoon, 1959) 後來更應於旋網漁業 (Bobas, 1959; Bardarson, 1971) 後更配合光之應用，全自動化利用漁撈幫浦直接將鎖管由海上漁獲 (渡賴1971)。蘇俄則更應用集魚燈脈動電流之配合漁撈幫浦作業 (Nikonorov, 1959 & 1963; 張1965)。因之業者自民國65年起即致力於漁撈幫浦之實用化試驗研究。首先針對澎湖盛產之臭肉鱸、鎖管等焚寄網漁業，設計製造陸上式五吋漁撈幫浦，先後完成了鮮魚揚吸試驗，活魚輸送試驗及海上實際操作，證實漁撈幫浦乃係達成漁撈作業省力化之最佳副漁具 (蘇等1977)。本試驗為實施沈水式漁撈幫浦 (Submersion type) 實用化試驗並利用漁撈幫浦並配合燈光而直接將鎖管 (Squid, *Doryeuthis sibogae* 等) 由海上吸揚。因此目前更參照過去製造之五吋陸上式漁撈幫浦，再行設計及製造一臺沈水式八吋漁撈幫浦，以進行一系列多用途之實用化試驗。

## 漁撈幫浦之設計

## 1. 幫浦口徑之決定：

幫浦之大小，係以其吸入口及輸出口之直徑表示，其大小係依其抽水量，而作一大概決定。一般抽水量 ( $m^3/min$ ) 與口徑  $\alpha$  (mm) 的關係，可以下式處示：

$$\alpha = 145.5 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

上式中  $Q$  表抽水量， $V$  為出入口處之流速以  $m/s$  表之。設抽水量， $Q = 200 m^3/hr = 3.33 m^3/min$ ，流速  $V = 1.5 m/s$ 。

$$\begin{aligned} \text{得 } \alpha &= 145.5 \sqrt{\frac{3.33}{1.5}} \\ &= 217 \text{ mm} \end{aligned}$$

因之幫浦口徑定為 200 mm，其流速為：

$$\begin{aligned} V &= \left( \frac{145.5}{\alpha} \right)^2 \cdot Q \\ &= 1.76 \text{ m/s} \end{aligned}$$

## 2. 幫浦之全揚程之決定：

設  $H_s$  為實際揚程，然在幫浦之管路中，直管部份外，尚有其他組件，因之，水通過此類處所，各有能量損失。幫浦之實際揚程外，應有克服此類損失之水頭，設損失之總水頭為  $H_f$ ，則幫浦之必要揚水頭為：

$$\begin{aligned} H &= H_s + H_f \\ H_f &= h_i + h_d + h_f + h_r \end{aligned}$$

$$= f_i \frac{V^2}{2g} + f_d \frac{V^2}{2g} + f_f \frac{V^2}{2g} + f_r \frac{V^2}{2g}$$

式中  $V^2/2g$  為管內流水所具之速度水頭， $f_i \cdot f_d \cdot f_f \cdot f_r$  為管路組件之水頭損失係數。

(1) 吸水管入口處之水頭損失：

$$h_i = f_i \frac{V^2}{2g}$$

設使用擴大口吸入，則吸入口水頭損失係數為 0.2

$$\begin{aligned} h_i &= 0.2 \times 0.158 \\ &= 0.0316 \end{aligned}$$

(2) 90°彎管之水頭損失：

設本設計使用中二處之 90°彎管，其彎管水頭損失係數  $f_b = 0.3$  則

$$\begin{aligned} h_d &= 2 \times f_b \frac{V^2}{g} \\ &= 2 \times 0.3 \times 0.158 \\ &= 0.0948 \end{aligned}$$

(3) 輸出管之水頭損失：

設輸出管長為 50m，其管徑為 20cm (即 0.2m)，由達西式 (Darcy) 所得摩擦係數：

$$f_f = 0.02 + \frac{1}{1000\alpha}$$

其中  $\alpha$  (m) 表管徑之大小

$$\begin{aligned} f_f &= 0.02 + \frac{1}{1000\alpha} \\ &= 0.025 \end{aligned}$$

則

$$\begin{aligned} h_f &= f_f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \\ &= 0.025 \times \frac{50}{0.2} \times 0.158 \\ &= 0.9875 \end{aligned}$$

(4) 輸出管出口處之水頭損失：

於管端流水所具之速度水頭全部變為損失，故出口處之水頭損失係數  $f_r = 1$  則

$$\begin{aligned} h_r &= f_r \cdot \frac{V^2}{2g} \\ &= 1 \times 0.158 \\ &= 0.158 \end{aligned}$$

(5) 設該幫浦之實際揚程  $H_s = 4$  m，則全揚水程為

$$\begin{aligned}
 H &= 4 + h_i + h_b + h_f + h_r \\
 &= 4 + 0.0316 + 0.0948 + 0.9875 + 0.158 \\
 &= 5.27.9_m
 \end{aligned}$$

(6)為安全起見，另加入之15%水頭損失，得幫浦應具全揚程為

$$H = 6_m$$

### 3. 原動機所須輸出馬力之決定：

(1)幫浦水動力之計算：

設海水密度 $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ ，則水動力

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\rho \times Q \times H}{60 \times 75} \\
 &= \frac{1030 \times 3.33 \times 6}{4500} \\
 &= 4.57 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

(2)馬達與幫浦間軸動力之計算：

設幫浦之效率 $\mu\rho = 0.4$ ，則軸動力

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{W}{\mu\rho} \\
 &= \frac{4.57}{0.4} \\
 &= 11.43 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

(3)幫浦驅動所需之實際原動機之輸出力

加餘裕率 $\alpha = 0.2$ 於軸動力，即可得原動機之輸出力

$$\begin{aligned}
 \text{爲} \quad R &= S (1 + \alpha) \\
 &= 11.43 (1 + 0.2) \\
 &= 13.71 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

故應選用14 HP之原動機

### 4. 軸之設計：

設動力R施於每分鐘N旋轉軸上，軸所受之轉距為T

$$\text{則} \quad R = \frac{T \times W}{75} \cdot \frac{T}{75} \cdot \frac{2\pi N}{60}$$

$$\text{由此得} \quad T = 71620 \frac{R}{N} \text{ (kg.cm)}$$

軸之直徑為ds (cm)，則作用於軸上之扭應力 (kg/cm<sup>2</sup>) 為

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot ds^3 \cdot \tau = 71620 \cdot \frac{R}{N}$$

$$ds = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi r} \cdot T}$$

$$= K \cdot \sqrt[3]{\frac{R}{N}}$$

若軸以不銹鋼製，則 $K=14$

$$ds = 14 \cdot \sqrt[3]{\frac{14}{800}}$$

$$= 14 \times 0.2589$$

$$= 3.63 \text{ cm}$$

故選用40 mm之軸。

### 漁撈幫浦各部組成

幫浦之本體外觀如圖 1 所示，各部組成如下所述：

#### 1. 幫浦本體：

- (1) 渦形室 (Pump case) 如圖 2，鋁合金鑄造成凸狀圓體，有如螺殼，其邊並有 200 mm 之排出口。

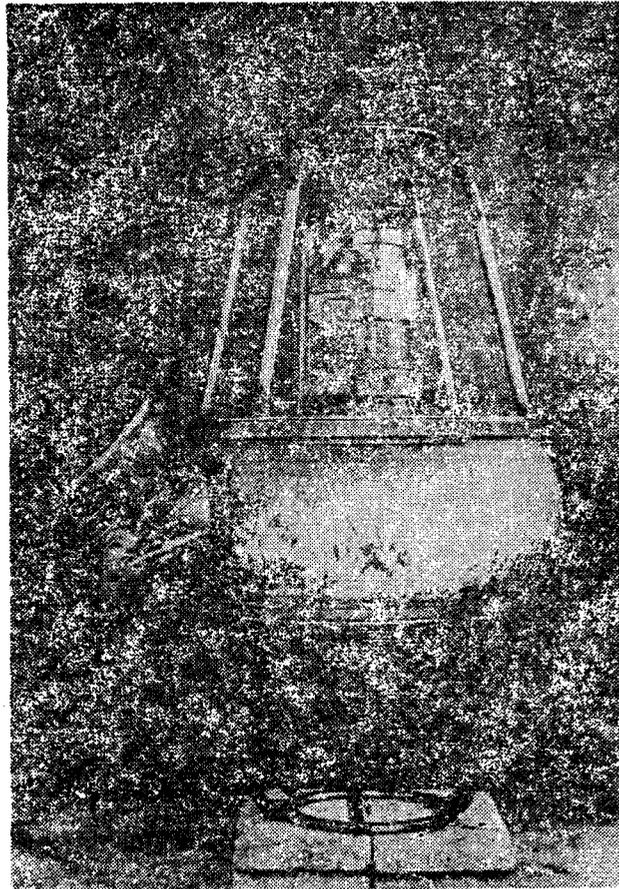


Fig. 1. Frontal view of the capsul fish pump.

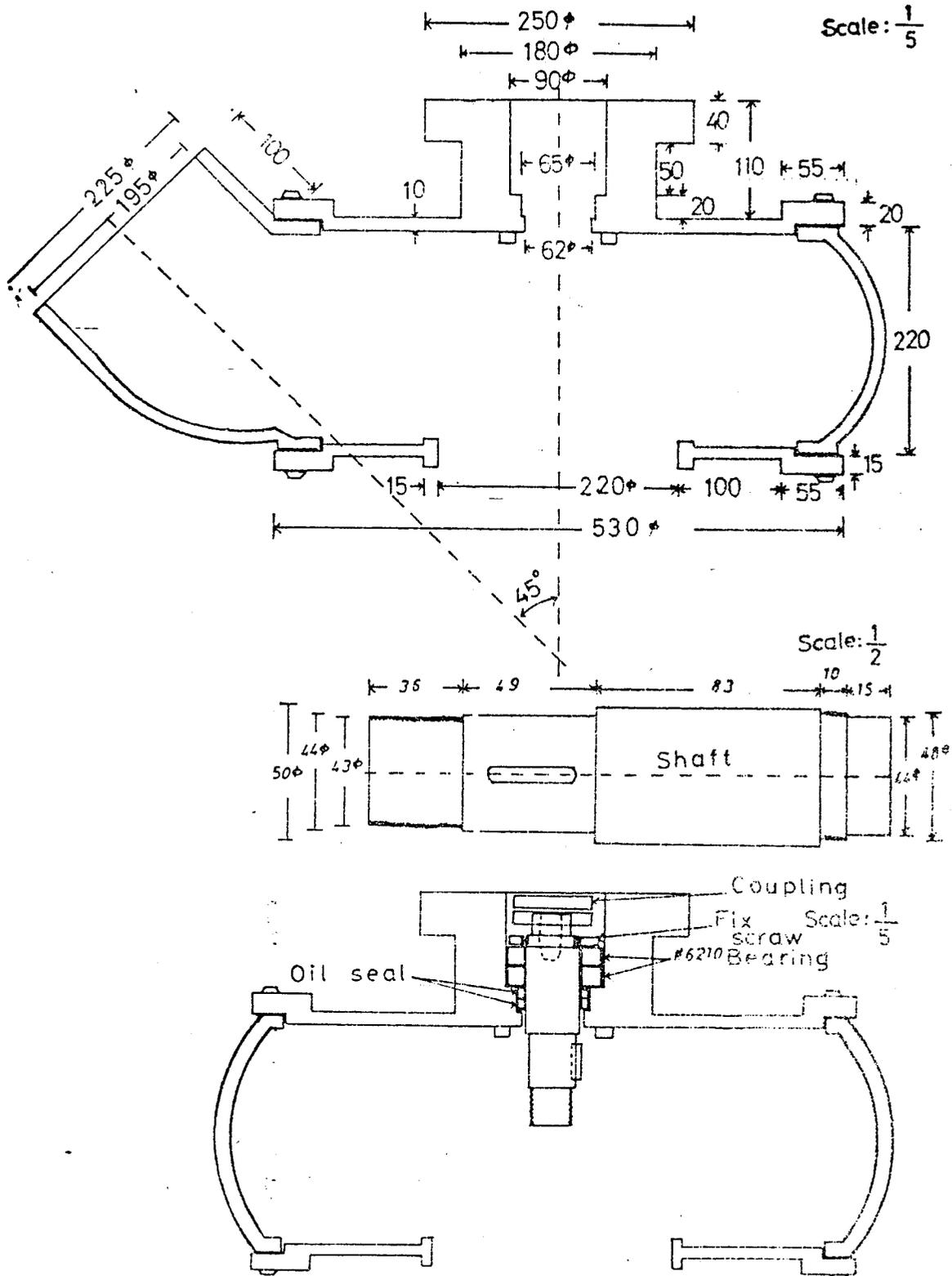


Fig. 2. Pump case, shaft and bearing.

(2)上蓋板 (Upper cover) 及吊架(Hanging bracket)如圖 3，上蓋板由鋁合金鑄造而成與中央及吊架使用螺絲緊密固定，其中間部份有軸承座，內有軸承 (Bearing, NTN 6210) 及油封 (Oil seal)、聯接器 (Coupling日製Tsubaki, CR 4016-J) 以使油壓馬達經軸而傳動轉

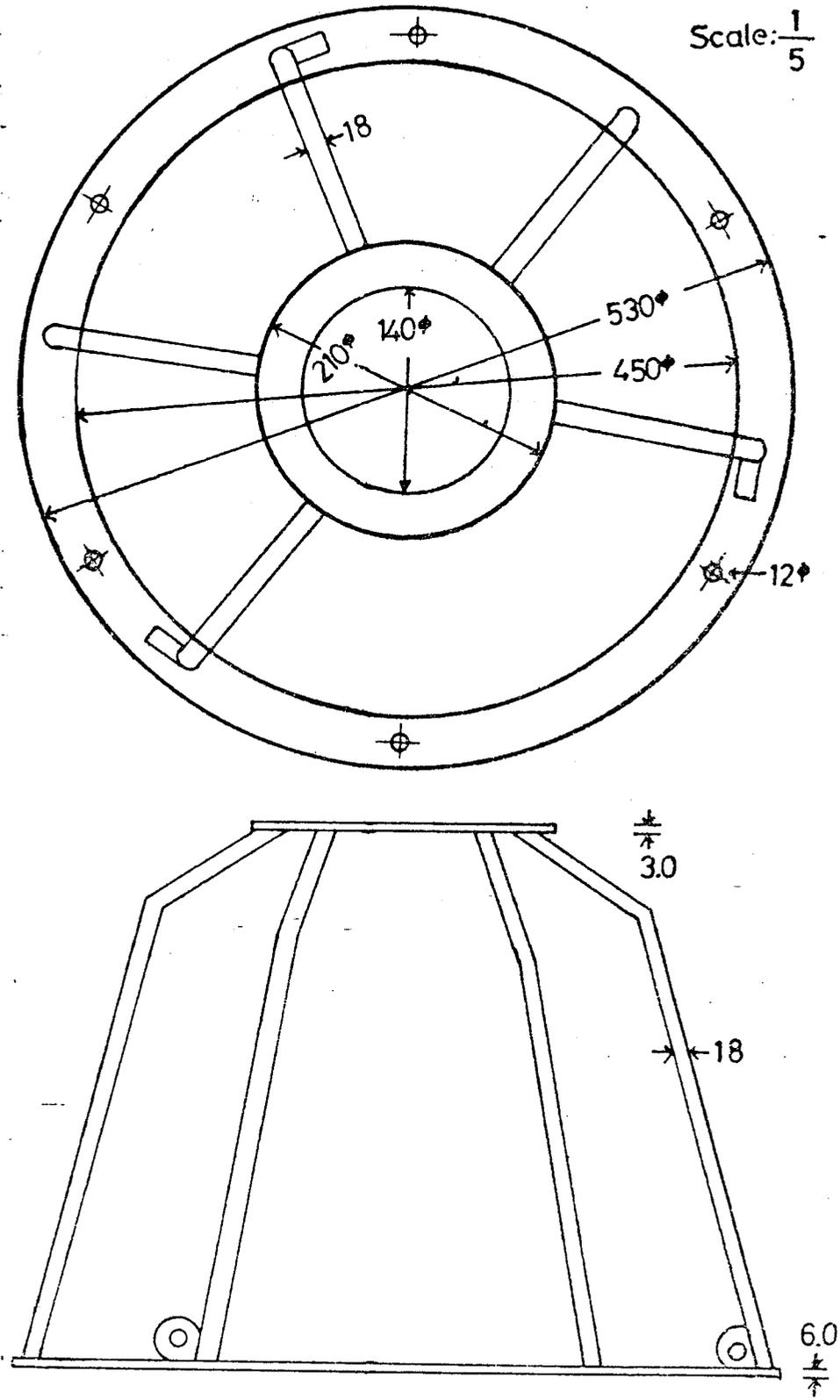


Fig. 3. Upper cover and hanging bracket

子 (Runner) 同時使轉子運轉平穩，底架由不銹鋼管銲接而成，其下部有三個固定卸扣 (Shackle)，用來吊放或固定幫浦本體。

(3) 下蓋板 (Bottom cover) 及底架 (Foot bracket) 如圖 4，下蓋板亦由鋁合金鑄造而成與中央部及底架上部使用螺絲固定，其中央部份即為吸入口，底架由不銹鋼管銲接而成，其功用在於防止網具或過大之魚吸入。

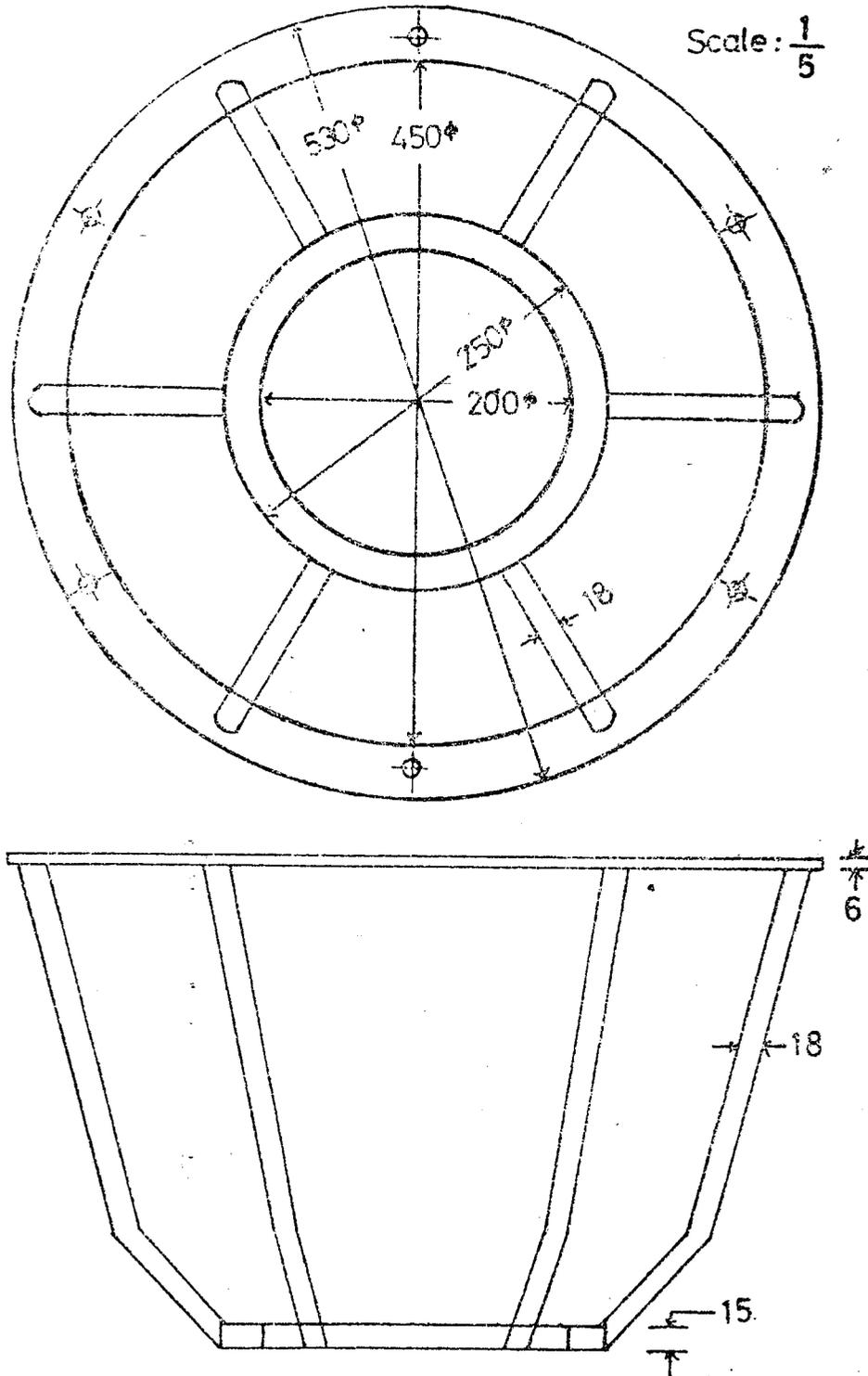


Fig. 4. Bottom cover and foot bracket

- (4)轉子 (Runner) 如圖 5，轉子本身無葉片 (Bladeless) 由鋁合金鑄造成型，其因運轉將魚與水由離心力之作用而主動向上方排出，旋轉時必須保持均衡運轉，也因此其厚度均經計算且需經平衡修正。為本幫浦最亦最困難之項目。
- (5)網框架 (Net framework) 如圖 6，由不銹鋼管及網組成，係在海上從事鎖管直接吸揚時，用以引導魚群。

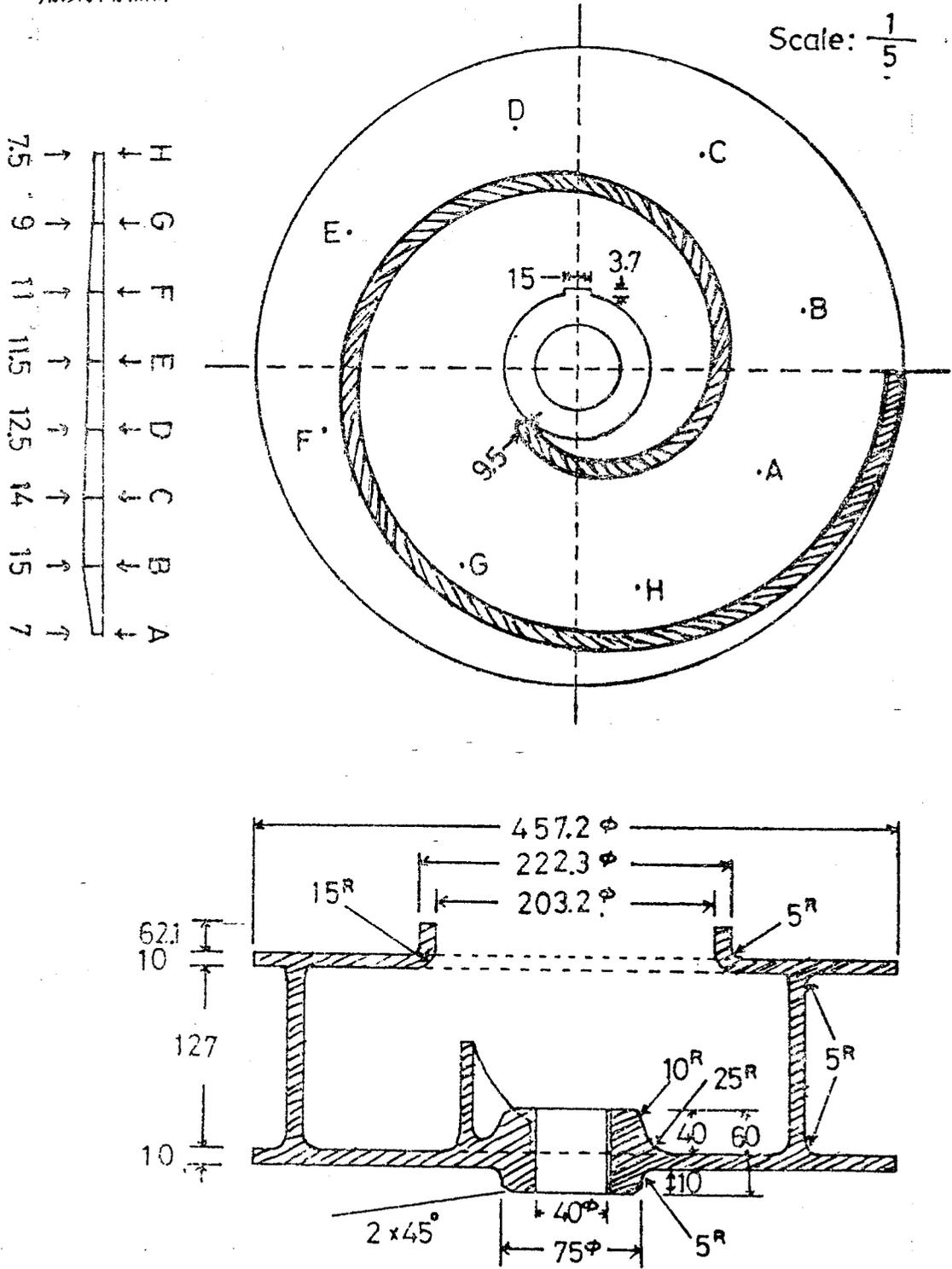


Fig. 5. Runner

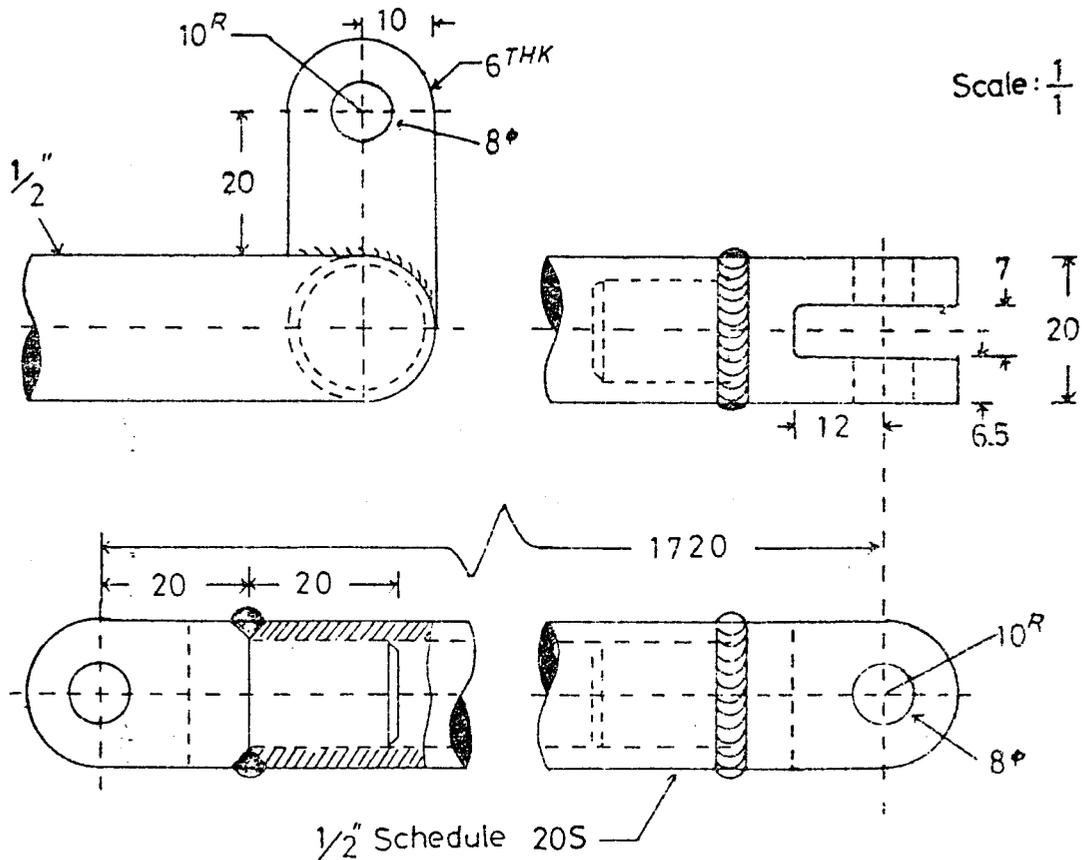
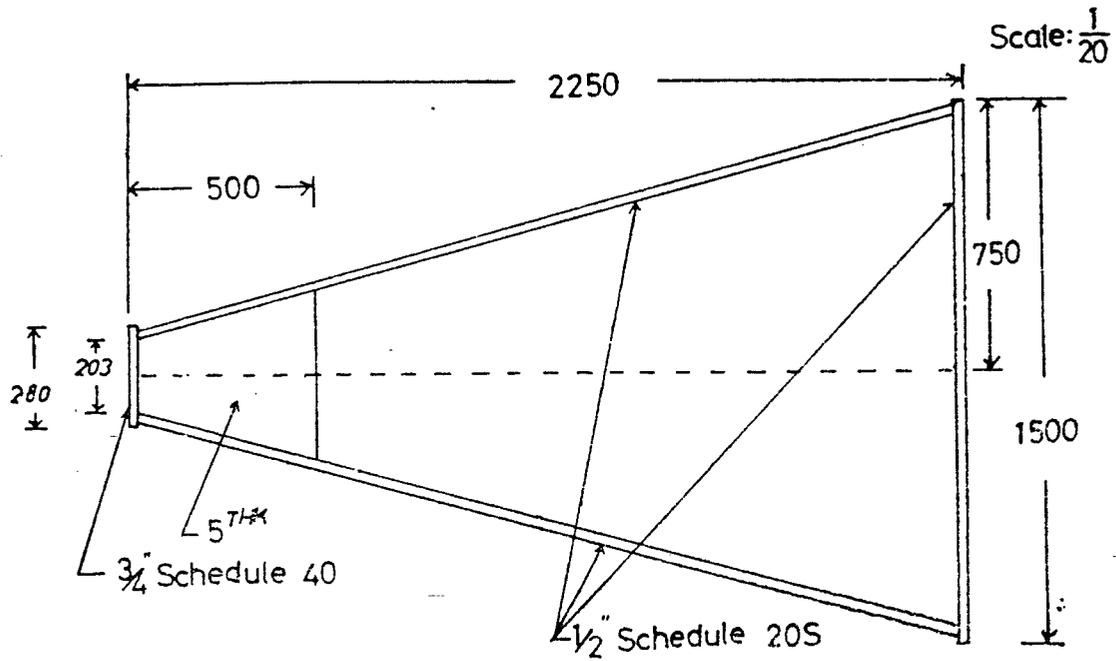


Fig. 6. Net framework

2. 油壓系統：其油壓系統組成如圖 7，並列述如下：

- (1) 油壓幫浦 (Hydraulic pump) 為 Denison T5c-017 型，其理論排量為 57.2 ml/rev. 最高使用壓力為 3000 psi，轉速範圍 600-28000 rpm，其各部規格如圖 8。

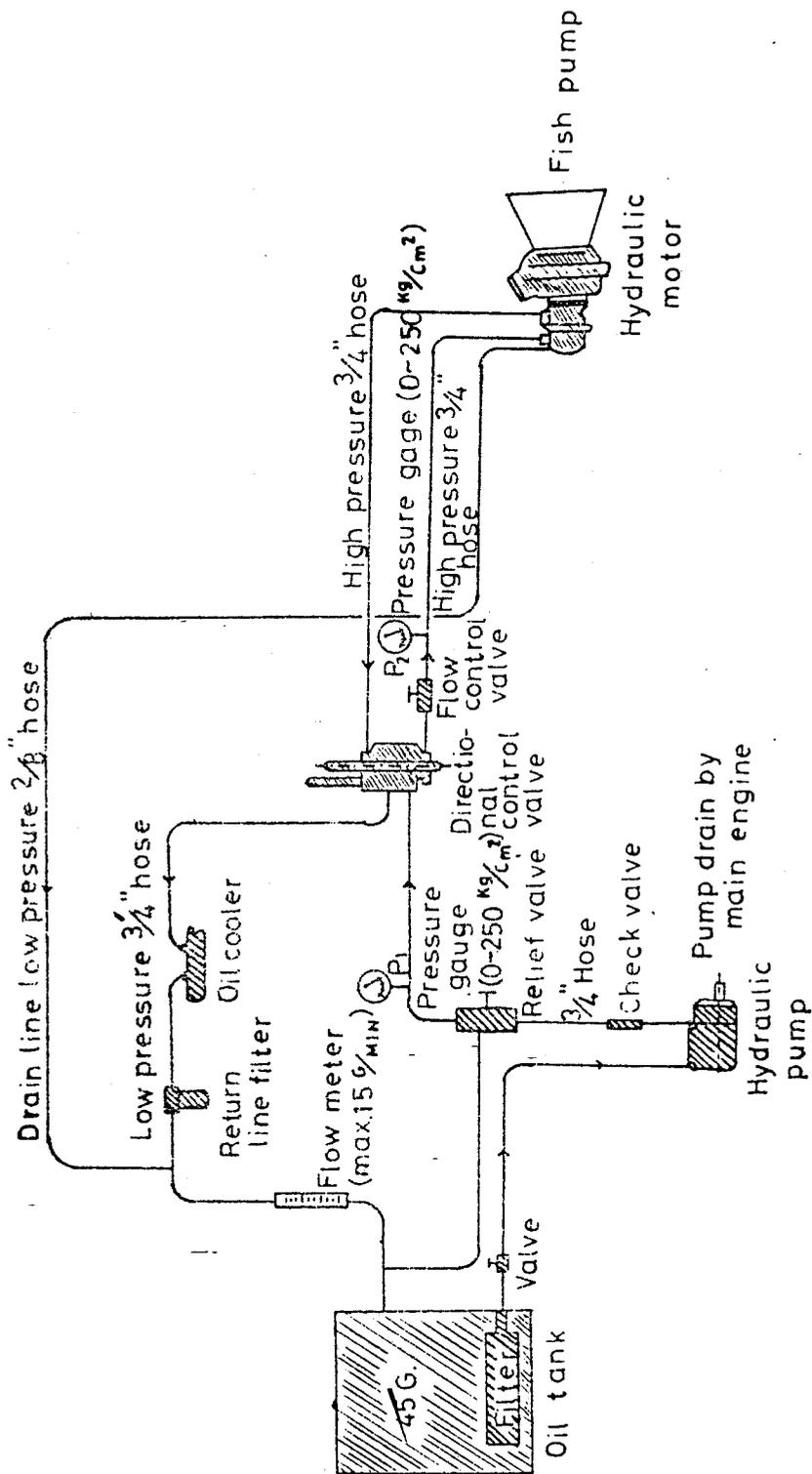


Fig. 7. Hydraulic system of the capsul fish pump

(2)油壓馬達 (Hydraulic motor) 為 Denison M4c-055型，其理論排量為 58.8ml/rev, 1.6gpm/100 rpm, 理論轉矩為57 in-lb/100psi理論出力0.090 Hp/100 rpm, 其各部規格如圖 9。

(3)單向閥 (Check valve) 日製 Yuken, CRT-06-31, 主要防止高壓逆流而損壞油壓幫浦, 如圖 7及圖10所示。



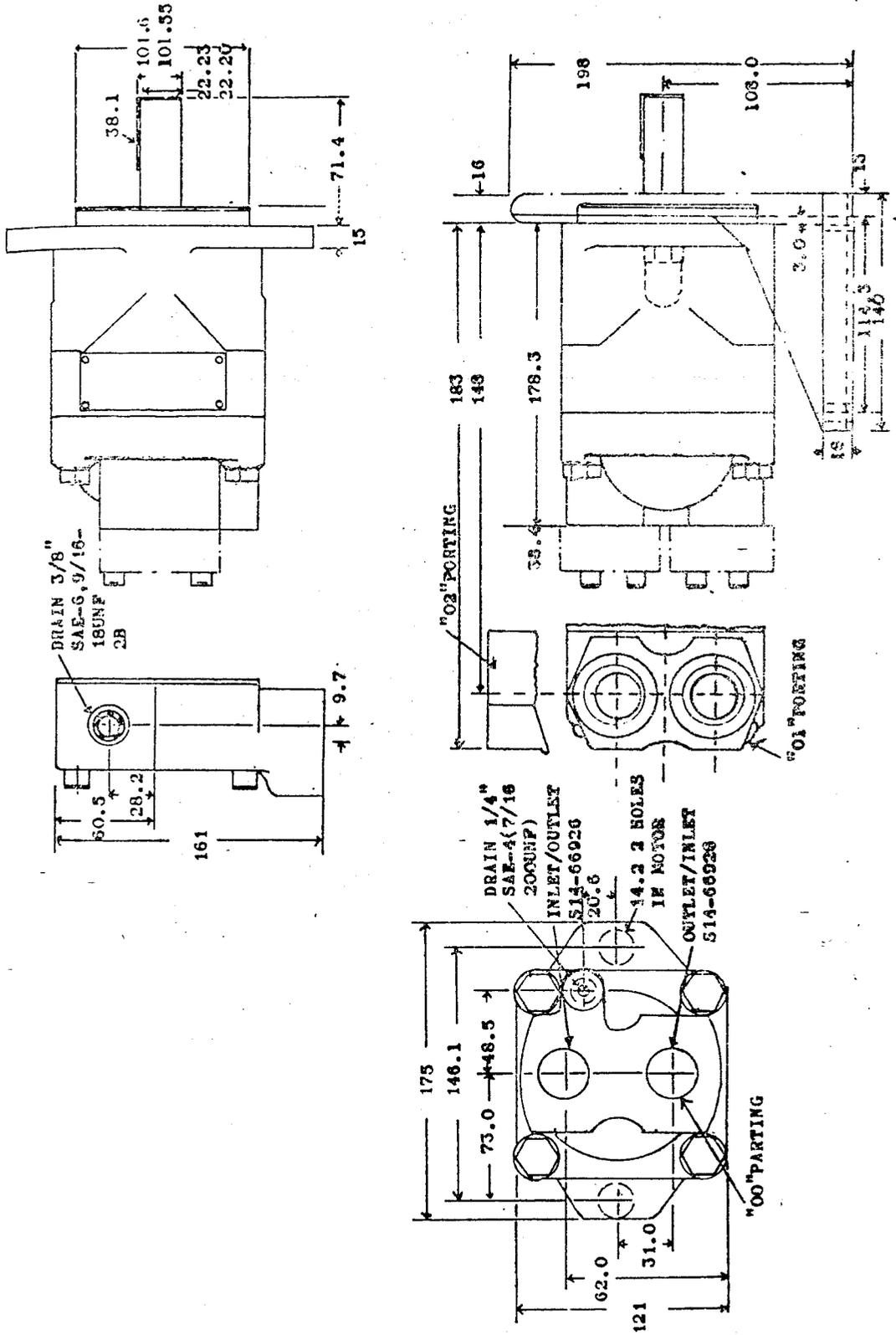


Fig. 9. Specification of hydraulic motor, Denisec H92-053

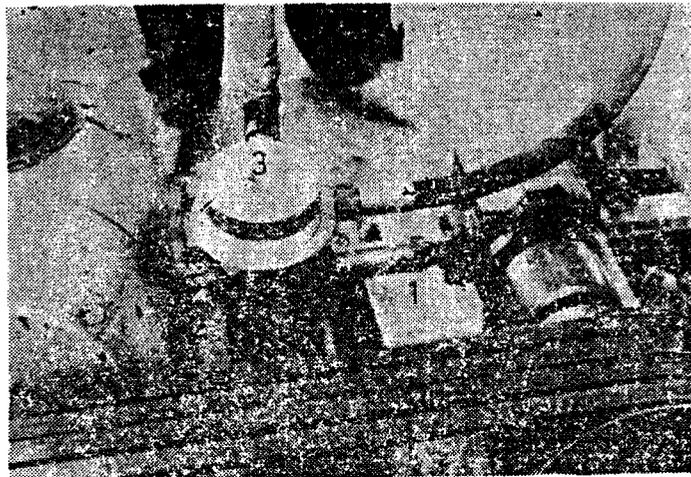


Fig. 10. Check valve, relief valve and pressure gauge.  
1: check valve, 2: relief valve, 3: pressure gauge.



Fig. 11. Flow control valve, Uchide Tc-06.

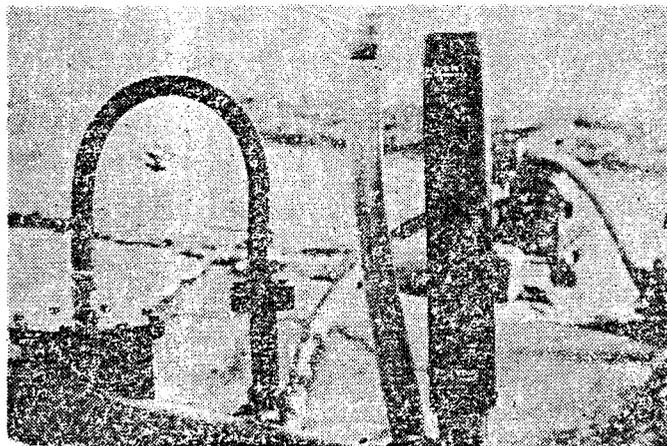


Fig. 12. Flow meter, Decent FA100

- (4) 減壓閥 (Relief valve) 為日製Yuken, BT-03-32最高使用壓力 250kg/cm<sup>2</sup> 最大流量 100 l/min, 用來調節油壓, 而超壓之油則由回油管路流入油箱, 如圖10。
- (5) 壓力計 (Pressure gauge) 日製Nagano B-7505, 0-250 kg/cm<sup>2</sup>, 按裝於油壓調節閥之後, 用以表示油壓大小, 如圖10。
- (6) 方向控制閥 (Directional control valve) 為美製Cross SCV-1型最大流量30 GPM, 最大耐壓2500 psi, 用以控制油之方向, 亦即控制油壓馬達之轉動及停止二段。
- (7) 流量控制閥 (Flow control valve) 為日製Uchida Te-06型最大流量30 GPM 用以調節進入油壓馬達之流量, 以控制其轉速, 如圖11。
- (8) 過濾器 (Oil filter) 有二個, 一個在油箱內部, 過濾後進入油壓幫浦, 另一個在因路管過濾後進入油箱, 以防止雜渣損壞各機械。
- (9) 冷却器 (Oil cooler) 利用淡水冷却循環。油經做功後, 溫度必定增高, 如此不但效率減低, 加速其變質且減低油壓幫浦之壽命。
- (10) 流量計 (Flow meter) 臺製Decent, FA100, 20-60 l/min, 按裝於回路管上, 用來換算油壓幫浦之回轉速 (油壓幫浦回轉一週之流量為58.8 cc) 如圖12。
- (11) 油箱 (Oil tank) 容量180 l, 約為幫浦流量的三倍。(一般而言不可低於三倍, 以免循環油溫度增高影響效率)。

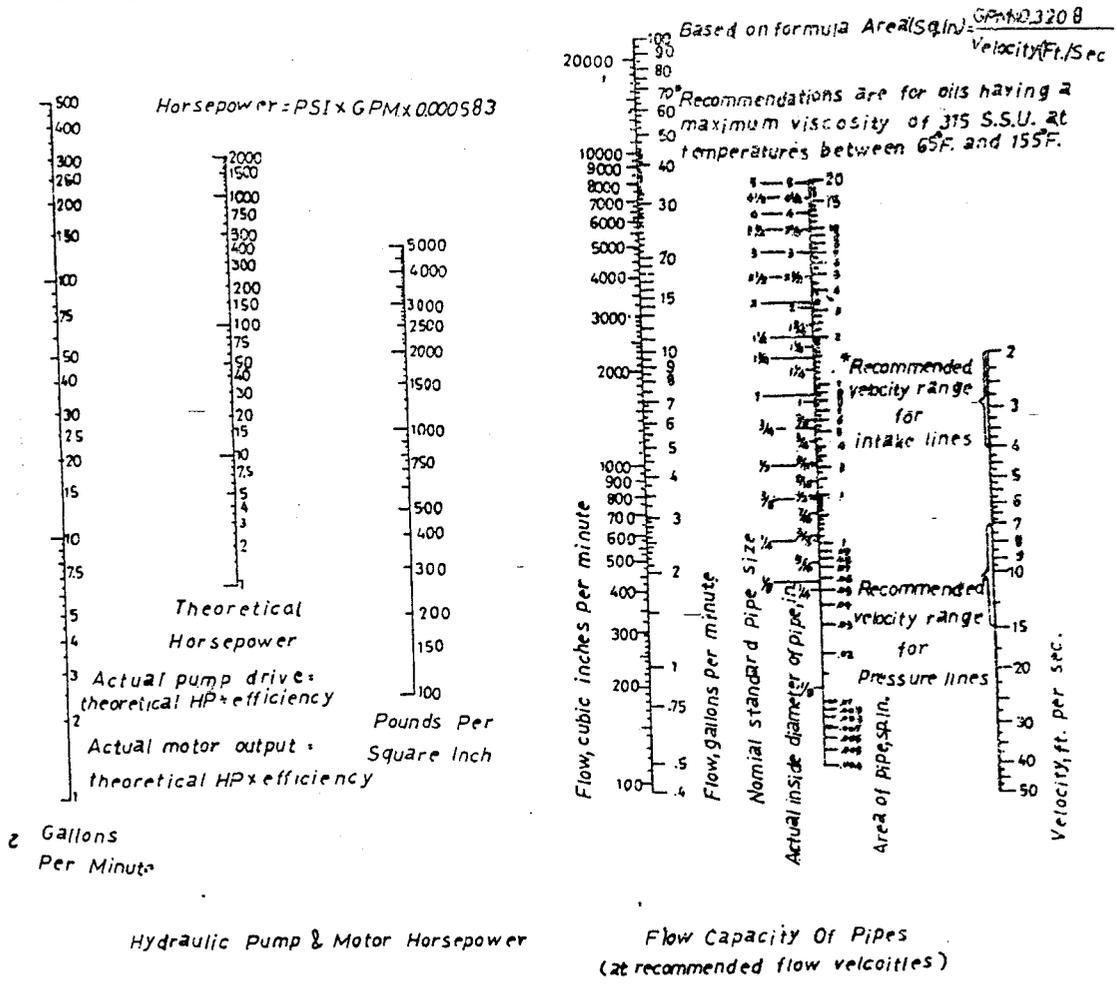


Fig. 13. Flow capacity of pipes

(12)油壓管 (Hydraulic hose) 其材料有軟管及鐵管，固定部份可使用鐵管 (成本低) 活動部份及高壓管需用軟管。高壓管之安全耐壓為3000 psi，至於回路部份使用低壓管即可，其管路組件之設計如圖13之說明。

(13)動力來源 (Power source) 若按裝於船上則以主機或副機 (20馬力以上) 直接帶動最佳。至於本分所養殖場則以220V, 60 HZ, 20馬力三相四極之電動馬達 1732 rpm 經由C型皮帶四條傳動油壓幫浦。

### 3. 輸送系統：

(1)輸水管 (Hose) 使用八吋PE製管，內徑201 mm長28 m

(2)魚水分離器 (Water separator) 採用斜型 (Decline type) 按裝於船舷邊(蘇等, 1977)。

### 試驗方法

於本分所白沙養殖場，利用馬錶 (Stop watch) 及一噸FRP桶油計 (Flow meter) 油壓計 (Pressure gauge) 測定下列試驗項目。

1. 轉速別之吸揚量：測定在不同轉速 (400-950 rpm) 下之吸揚量，轉速係由馬達油量換算而得。
2. 揚程別之吸揚量：將揚程區分為 2、4、6、8 m 四段，測定在不同轉速下之吸揚量。
3. 油壓系統性能測定：利用壓力計、回轉速計等儀器測定管路之油壓、流量、馬達轉速、幫浦轉速揚程及吸揚量綜合分析，並與原設計時比較其效率。
4. 結構強度及組合狀況：由於本臺漁撈幫浦乃係多種機械之組合體，其中大部份均係本省就地取材製造，因此必需經多次試驗，以瞭解其材料結構之強度以及組合狀況。

### 試驗結果與討論

試驗結果如表 1 所示，當油壓在  $38 \text{ kg/cm}^2$ ，流量  $23.5 \text{ l/min}$ ，揚程 1m 時，幫浦之揚量為  $2.65 \text{ m}^3/\text{min}$ ，若揚程提高為 3 m 則油壓必須在  $58 \text{ kg/cm}^2$ ，流量在  $29.2 \text{ l/min}$  以上，該幫浦方能將水揚上

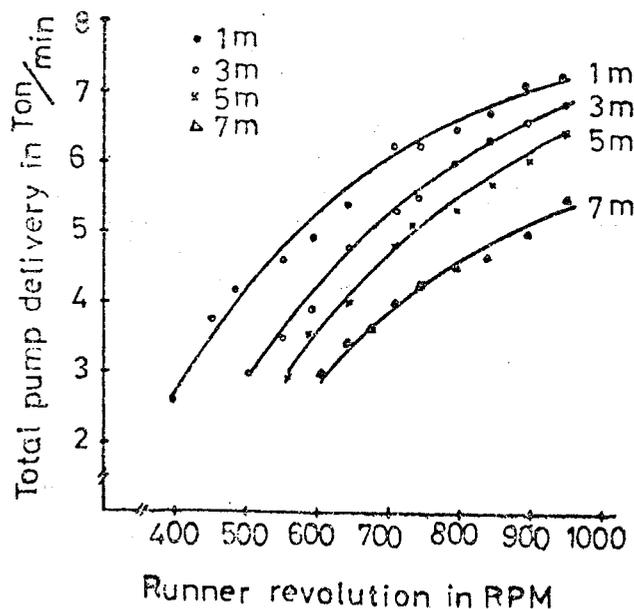


Fig. 14. Relationship between the pump deliver and runner revolution of the fish pump at different elevation head.

，且揚量為 $2.99\text{ m}^3/\text{min}$ 、揚程為 $5\text{ m}$ 時則油壓必須 $70\text{ kg/cm}^2$ 、流量 $33\text{ l/min}$ 方能將水揚起，揚量為 $2.95\text{ m}^3/\text{min}$ ，揚程在提高為 $7\text{ m}$ 時，則油壓亦須升高至 $75\text{ kg/cm}^2$ 、油量 $35.2\text{ l/min}$ ，方能將水揚起，揚量為 $3.01\text{ m}^3/\text{min}$ ，用幫浦轉速，因無適當之轉速時，而以測得之流量除以馬達本身之排量（馬達之排量為 $58.8\text{ ml/rev}$ ）該漁撈幫浦之揚量在不同之揚程下隨轉速之增加而增高，該項關係

值經最小二乘法整理（張等1971）如圖14所示分別以 $D_1 = -3184.794 \left(\frac{1}{R}\right) + 10.538$ ， $D_3 = -4395.487 \left(\frac{1}{R}\right) + 11.495$ ， $D_5 = -4638.596 \left(\frac{1}{R}\right) + 11.26$ ， $D_7 = 3784 \left(\frac{1}{R}\right) + 9.3$

表之，其中 $D_1, D_3, D_5$ 及 $D_7$ 分別為揚程 $1\text{ m}, 3\text{ m}, 5\text{ m}, 7\text{ m}$ 時之揚量， $R$ 表轉速，另管內水流之平均流速亦隨轉速之增加而提高，在各種揚程下其關係如圖14所示，可分別以 $V_1 = -1718.585 \left(\frac{1}{R}\right)$

$+ 5.633$ ， $V_3 = -2323.04 \left(\frac{1}{R}\right) + 6.078$ ， $V_5 = -2419.298 \left(\frac{1}{R}\right) + 6.012$

$V_7 = -2076.316 \left(\frac{1}{R}\right) + 5.014$  表之，其中 $V_1, V_3, V_5, V_7$  分別表揚程 $1\text{ m}, 3\text{ m}, 5\text{ m}, 7\text{ m}$ ，

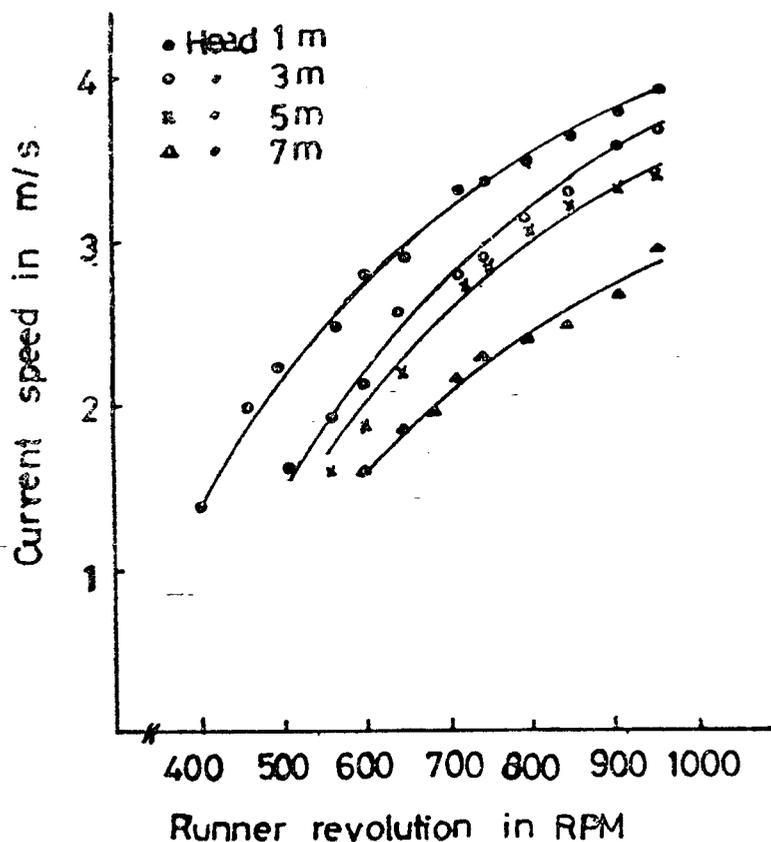


Fig. 15. Relationship between the runner revolution and the average current speed in the hose at different elevation head.

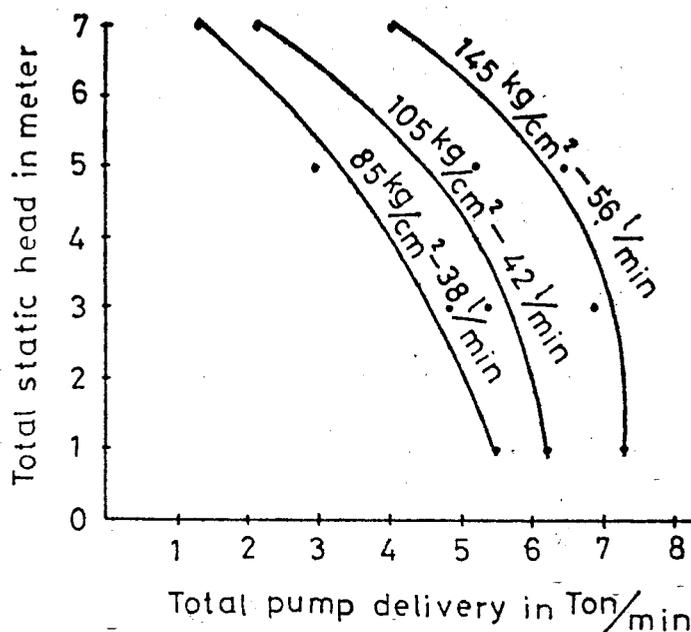


Fig. 16. Relationship between the static head and pump delivery of fish pump at different oil pressure.

平均流速，R表幫浦之轉速，如圖15所示，該漁撈幫浦之特性曲線（Characteristic curves）如圖16所示，由本項試驗得知該油壓馬達之效率極高，較蘇等（1977, 1978）所試驗之陸上式者效率為高，且當油壓為115kg/cm<sup>2</sup>即1636Psi（1kg/cm<sup>2</sup>=14.233psi）轉速為799rpm其出力經核算約為12HP。（ $HP = \frac{GPM \times psi \times 36.77}{63025}$ ）足證馬達之效率亦能依設計之理想狀況運轉，今後將加強該幫浦之實際應用試驗及漁撈作業之探討。

#### 摘 要

1. 本幫浦之設計係按揚程為6m（實際揚程4m）、揚量3.33m<sup>3</sup>/min、幫浦口徑200mm、管長50m，經核算所須之原動機馬力為14HP。
2. 由試驗得知該幫浦之揚量（D）與水管內之平均流速（V）隨轉子之轉速（R）之增高而增加，在不同之揚程下各分別得以下列各式表示之：

$$\text{揚程 1m} \quad D_1 = -3184.794 \left( \frac{1}{R} \right) + 10.538$$

$$V_1 = -1718.585 \left( \frac{1}{R} \right) + 5.633$$

$$\text{揚程 3m} \quad D_3 = -4395.487 \left( \frac{1}{R} \right) + 11.495$$

$$V_3 = -2323.04 \left( \frac{1}{R} \right) + 6.078$$

$$\text{揚程 5m} \quad D_5 = -4638.586 \left( \frac{1}{R} \right) + 11.26$$

$$V_5 = -2419.298 \left( -\frac{1}{R} \right) + 6.012$$

$$\text{揚程 7 m} \quad D_7 = -3784.21 \left( -\frac{1}{R} \right) + 9.3$$

$$V_7 = -2016.316 \left( -\frac{1}{R} \right) + 5.014$$

3. 另由試驗得知該幫浦之揚量亦隨揚程之增加而減少，且使用油壓之壓力與流量越大其揚量與揚程亦相對增大。

Table I. Measuring data of oil pressure, running revolution head and pump delivery.

Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Oil flow (l/min)	Running revolution (RPM)	Pump delivery (Tom/min)				Remark
			1 m	3 m	5 m	7 m	
38	23.5	400	2.65	—	—	—	
52	27.3	464	3.76	—	—	—	
58	29.2	487	4.21	2.99	—	—	
70	33.0	561	4.68	3.54	2.95	—	
75	35.2	599	4.96	3.94	3.52	3.01	
85	38.0	646	5.48	4.82	4.15	3.47	
105	42.0	714	6.20	5.38	5.18	4.02	
110	44.0	748	6.31	5.52	5.43	4.28	
115	47.0	799	6.56	6.08	5.87	4.54	
125	49.5	842	6.76	6.33	6.27	4.68	
140	53.0	901	7.05	6.63	6.32	5.03	
145	56.0	952	7.28	6.85	6.42	5.52	

#### 參考文獻

- 蘇偉成、鄭廣輝 (1977) : 漁撈幫浦實用化之初步試驗。臺灣省水產試驗所試驗報告第29號。P. 23—38.
- 蘇偉成 (1978) : 漁撈幫浦之實用化試驗——I，利用虹吸管之水流分佈試驗及活魚吸取與幫浦對魚之影響。臺灣省水產試驗所試驗報告第30號。P. 211—220.
- 蘇偉成、鄭廣輝 (1975) : 澎湖單艘式巾着網。中國水產276, P. 19—24.
- Burgoon, D.W. (1959) : The use of fish-pump in the U.S.A. Modern Fishing Gear of the World 1. p.414—416. Edited by H. Kristjonsson, published by Fishing News (Books) Ltd., London.
- Bobas, J. B. (1959) : Menhaden purse seine, Modern Fishing Gear of the World 1. p.398.

6. Bardarson, H. R. (1971) : Deck equipment for purse seining. Modern Fishing Gear of the world 3, p. 286—287. Edited by H. Kristjonsson, published by Fishing New, (Books) Ltd., London.
7. Nikonorov, I. V. (1959) : The basic principles of fishing for caspian kilka by underwater light Modern Fishing Gear of the world 1. p. 562—564.
8. Nikonorov, I. V. (1963) : Pump fishing with light and electric current. Modern Fishing Gear of the World 2. p. 577—579. Arranged by the Technical staff of Fishing News International and Fishing News, London.
9. 張苑林 (1965) : 電氣幫浦魚法。中國水產146. p. 6
10. 彭昌源、劉威士、占希人、詹德隆、戚戚 (1976) : 機械設計算例與詳圖。科技圖書股份有限公司p. 73—100, 臺北。
11. 廖順澤 (1977) : 利用水力輸送中層拖網磷蝦漁獲至魚艙之可能性研究。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文, 未發表。
12. 張海山、許辰、鄒本福 (1971) : 技藝微積分, 中央圖書出版社刊p. 307—310, 台北。