

防治福壽螺用田間導水機具之研製

A Development of Rotating Net Drum for Controlling Apple Snail at the Entrance of Paddy Field Waterway

國立中興大學農業機械工程學系助教

王 豐 政

Feng-Jehng Wang

摘 要

本研究之田間導水灌溉機具包括兩部份，一部份為導水翼輪，其上覆以6~10目鐵絲網，另一部份為進水涵管，一起埋設於灌溉田間之入水口，其作用係藉著水流的力量，推動導水翼輪使之旋轉，以導引灌溉溝渠中之水流經涵管而進入田間，灌溉水中夾雜之福壽螺體及其卵塊、雜草及其種子，枯枝爛葉和其他雜物等，則隨著翼輪之旋轉及金屬鐵網之阻隔（金屬網覆於翼輪圓筒表面上一同旋轉），而被帶往下游，以免阻塞灌溉水之進入，而確實達到防止福壽螺危害田間作物之目的。

根據田間試驗觀察可得到以下幾點結論：

1. 本機具確可防止福壽螺及其卵塊、雜草及其種子和其他雜物等隨灌溉水進入水田。
2. 一般防止福壽螺的灌溉方式係在進水口加裝金屬鐵網，由於易被灌溉水中夾雜物所堵塞，影響進水量，需人工隨時去除，不但灌溉費時，且浪費人工。
3. 本灌溉機具有與翼輪一起旋轉之金屬鐵網，灌溉絕無堵塞情形，能連續進水，在相同之灌溉條件下，較一般之灌溉方式省時、省工。
4. 經初步觀察發現翼輪裝設在灌溉溝渠之位置、葉片之形狀和角度以及流速等，皆會影響翼輪之轉動性能和進水量。

Abstract

Apple snail (*Pomacea lineata*; Spix) is one kind of giant injurious snails in water. Because of its strong propagation and rapid growth, today all around the rivers and canals it can be discovered in Taiwan. Its damage on paddy rice is especially serious at the period of rice seedling up to 14 days after transplanted.

For the purpose to control the apple snail from irrigation waterway into the paddy field, an implement with constructed by a water wheel with a wire net covered on it rotating in a PVC pipe conduit was developed.

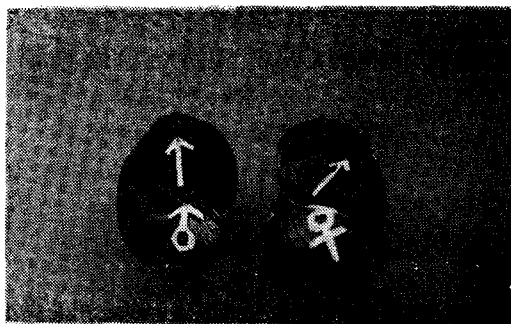
According to the field testing observation, it showed some conclusions as follows:

1. The rotating net drum implement could hold up exactly the apple snail, its eggs, those uprooted weeds or grasses, withered leaves

- and other dirt from irrigation waterway into the paddy fields.
2. No any obstruction happened during it was working at the entrance of irrigation waterway, so it was much more labor-saving and time-saving than the traditional irrigation method done by a fixed wire net at the irrigation waterway entrance.
 3. The settled location, the shape and the blade angle of the water wheel and water flow velocity could affect the rotating characteristics and the charged quantity of water wheel.

一、前 言

福壽螺 (Pomacea lineata; Spix) 係屬蘋果田螺科 (Family Pilidae), 英名 Apple Snail, 外觀酷似臺灣土產田螺, 但體積、重量均較大, 如圖一所示⁽²⁾, 喜食綠色植物, 自民國68年起引入



圖一 福壽螺外觀, 左為雄螺, 右為雌螺⁽²⁾

本省養殖, 由於繁殖力強, 生產量多, 漁民認為有利可圖, 遂於民國69年起大量養殖, 成為新興之養殖事業, 但好景不常, 由於其肉質鬆軟, 較土產田螺香脆之風味差, 且可食部份僅及整體之19%, 加工成本過高, 於是在內外銷均無市場之情況, 紛遭棄養, 流入河流、溝渠、水池等。目前在本省蔓延迅速, 民國71年於高屏地區第二期稻作插秧後, 首先發現福壽螺嚙食水稻之幼株嫩葉 (尤以插秧後14日內之幼苗為烈), 短短數月間, 本省水稻期作面積約有 489,620 公頃與 483,167 公頃均遭嚴重為害⁽⁶⁾, 如表一顯示, 第一期作危害率達 1.6% 以上時, 損失率達 4.5%, 第二期作危害率達 6% 以上時, 損失率也在 5% 以上, 從損失率評估及經濟危害水平立場而論, 田間福壽螺棲羣密度每平方公尺大螺 1 個中螺 2 個或小螺 5 個時, 即達經濟危害水平界限⁽²⁾; 近年來, 政府每年耗費龐大之經費, 配合農民積極從事福壽螺之防治工作, 但迄今仍

表一 不同個體及數量之福壽螺對水稻之危害率與損失率比較表⁽²⁾

處 理 (螺數/ 平方公尺)	第 一 期 作		第 二 期 作	
	被 害 率 (%)	損 失 率 (%)	被 害 率 (%)	損 失 率 (%)
1.大螺10個	2.8	6.1	31.4	10.6
2.大螺20個	5.4	8.2	52.9	26.4
3.大螺50個	19.9	14.7	71.2	50.4
4.中螺10個	10.7	1.6	16.1	7.2
5.中螺20個	1.6	4.5	27.4	10.8
6.中螺50個	2.8	6.7	47.4	17.1
7.小螺10個	0.2	0	5.6	2.5
8.小螺20個	0.7	1.9	9.3	6.2
9.小螺50個	1.8	5.5	22.3	9.9
10.對 照 區	—	—	—	—

未能有效地抑制其蔓延; 為了確實有效地防除福壽螺, 乃研究一灌溉導水機具, 於灌溉引水進入田間時, 即防止福壽螺之進入, 並提供一套有效之根除方法。

二、文獻探討

1. 目前本省對於福壽螺之防除方法^{(2) (5) (7) (8) (9) (10)}:

(1) 藥劑防除: 使用45%三苯醋錫可濕性粉劑、85%聚乙醛可濕性粉劑等藥劑於整地後插秧前或於作物生長期間發現有螺體時予以防除。

(2) 摘除卵塊及檢拾螺體: 成熟之雌螺常附着在硬體 (如稻桿、樹枝、田埂、牆岸等) 上產卵, 狀如粉紅色葡萄串, 倘若發現, 隨時摘除壓碎或予以銷毀。螺肉則可用來餵養鷄鴨或雜食性魚類。

(3) 進水口加裝阻隔鐵網: 引水灌溉時於進水口加裝兩道阻隔鐵絲網, 以阻隔仔螺及成螺進入田間

，外層為粗網（6~10目鐵絲網），裝於進水口外側，內層為細網（16~32目尼龍紗網），裝於進水口內側。

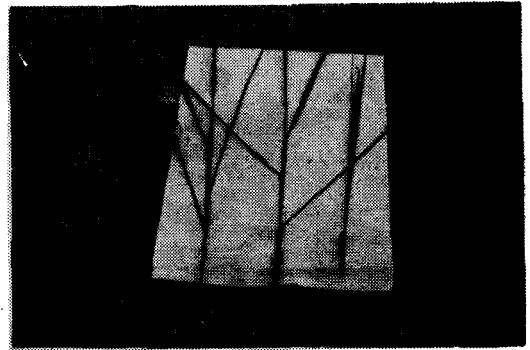
(4)焚燒稻藁：發現有福壽螺之稻田於水稻收割後，螺體仍存活在稻田之土中或表土上，將稻藁平舖於整個田間點火焚燒，利用其燃燒熱可燻死土表之福壽螺。

(5)生物防除：對於池塘中福壽螺之防除，可飼放青魚、羣鴨來取食螺體及螺卵。

2.目前本省對於福壽螺之防除效果：

藥劑防除除了會造成環境污染外，也會對人體造成傷害⁽⁵⁾；於進水口加裝阻隔鐵網，則易被灌溉水中之雜物所堵塞，需人工隨時巡視去除，不但費工，且灌溉效率低；由於福壽螺之仔螺孵化後約55天即成熟具生殖能力（見圖二福壽螺生活世代圖）⁽²⁾，平均每12天產卵一次，每次產卵平均約500粒，如照片一，表二為溫度對螺卵之影響⁽²⁾，可見其繁殖力甚強，由圖二及表二顯示在臺灣幾乎全年皆為其生長適期，雖然政府每年耗費龐大之經費⁽⁶⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾，農民也積極配合，惟仍限於區域性及

時間性（農民僅於作物生長期間才有防治舉措），故以上之防除方法，防不勝防，治不勝治，迄今仍未能確實有效地予以根治。



照片一：福壽螺產卵於稻桿上

三、理論探討⁽¹¹⁾⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾

當水流之速度作用於導水翼輪(water wheel)之葉片(blades or vanes)時，假設翼輪之重量及內摩擦可忽略不計，則流體流經翼輪之葉片上時，其壓力或速度均保持不變，因而對一衝動式之翼輪而言，流體由高壓側衝擊至低壓側係發生於輪葉外之自由流速，且翼輪內的流體並非充滿整個空間。流體經過翼輪時，其方向可分為近似軸向、近似徑向或者同時具有兩者方向之混合流。本研究之機具在實用上乃着重於灌溉效率及機械效率（翼輪能確實轉動即流體作用在翼輪上之轉矩）之設計。

1.由質量守恒求取進水量：

如圖三，取一控制容積(C.V.)，今欲求取在截面3-3之進水量，假設灌溉渠道內面工作得甚為平滑，而灌溉水流為穩定流。

由質量守恒基本方程式：

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{c.v.} \rho dV + \int_{c.s.} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

對穩定流而言

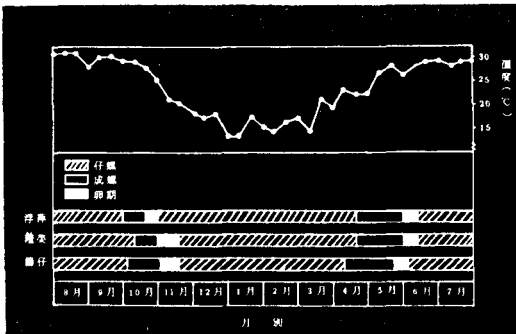
$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{c.v.} \rho dV = 0$$

∴ ①式變為

$$0 = \int_{c.s.} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

圖二整個控制容積共有三個截面，故質量守恒式可寫為：

$$\int_{c.s.} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = \int_{A_1} \rho \vec{V}_1 \cdot d\vec{A}_1 + \int_{A_2} \rho \vec{V}_2 \cdot d\vec{A}_2 + \int_{A_3} \rho \vec{V}_3 \cdot d\vec{A}_3 = 0$$

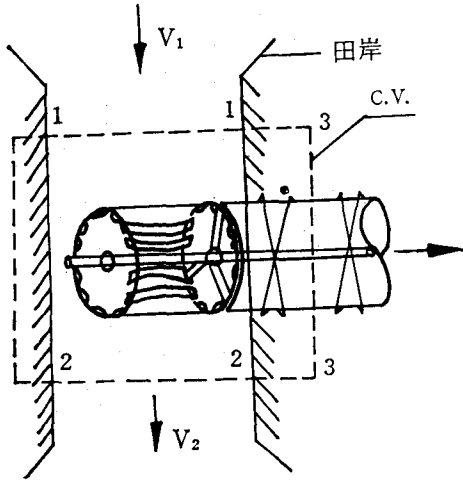


圖二 福壽螺週年生活史之世代圖⁽²⁾

表二 溫度對螺卵之影響⁽²⁾。

溫度 (°C)	卵期 (日)	孵化率 (%)
12	—	0
16	55~66	40.6
20	21~31	69.5
24	10~17	81.3
28	12	78.0
32	10~12	66.7
36	—	0

A_1 : 上游渠道水流涵蓋之梯形面積。
 V_1 : 上游灌溉水流速。
 \dot{m}_1 : 上游渠道之質量流率。



V_3 : 進水之流速。
 A_3 : 進水涵管進水時之扇形面積。
 \dot{m}_3 : 進水涵管之質量流率。

A_2 : 下游渠道水流涵蓋之梯形面積。
 V_2 : 下游灌溉水流速。
 \dot{m}_2 : 下游渠道之質量流率。

圖三 導水灌溉機具之控制容積。

$$\int_{A_3} \rho \vec{V}_3 \cdot d\vec{A}_3 = \int_{A_1} \rho \vec{V}_1 \cdot d\vec{A}_1 - \int_{A_2} \rho \vec{V}_2 \cdot d\vec{A}_2$$

(流經截面 2-2 處 $\vec{V} \cdot d\vec{A}$ 為負號)

設流經截面 1-1 及 2-2 處之質量流率可測得為 \dot{m}_1 及 \dot{m}_2 ，而流入断面 3-3 之進水量即可求得

$$\text{即 } \int_{A_3} \rho \vec{V}_3 \cdot d\vec{A}_3 = \dot{m}_1 - \dot{m}_2$$

而流經断面 A_3 之面積亦可決定

$$\text{故可求出 } V_3 \text{ 即 } V_3 = \frac{\dot{m}_1 - \dot{m}_2}{\rho A_3}$$

2. 由動量矩方程式求作用於導水翼輪轉動軸上之扭矩：

如圖四所示為一軸流式導水翼輪，茲將翼輪考慮在一個控制容積內，以求出其扭矩效應。

由動量矩作方程式：

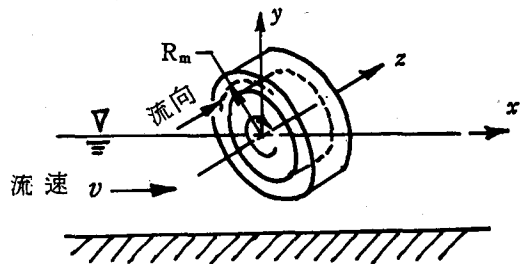
$$\vec{T}_{\text{shaft}} = \int_{cs} \vec{r} \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

及質量守恒方程式

$$\int_{cs} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0$$

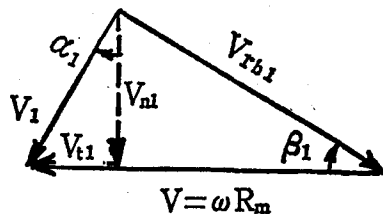
假設為穩定流，故軸向內流動之面積不改變，並取

R_m : 翼片之平均半徑



圖四 軸流式導水翼輪

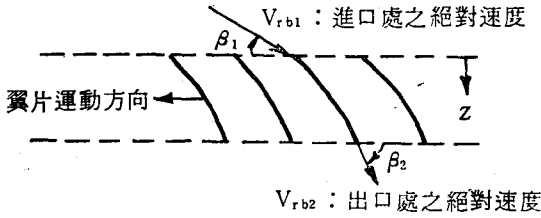
翼輪內動葉片之平均直徑 R_m 作為運算值，其進口處之速度多邊形（圖五所示）為



α_1 : 絕對進口角度 (已知)
 β_1 : 葉片進口角度 (已知)

圖五 進口處之速度多邊形

葉片之形狀 (如圖六所示) 為



圖六 翼輪葉片之形狀示意圖

由連續方程式

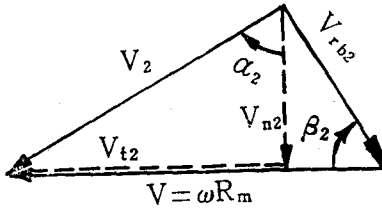
$$Q = V_{n1}A_1 = V_{n2}A_2 \dots \dots \textcircled{3} \quad Q \text{ 為流量}$$

由於 $A_1 = A_2$ (進出口流動面積不改變),

$$\therefore V_{n1} = V_{n2}$$

其出口處之速度多邊形 (如圖七所示) 為

α_2 : 絕對出口角度



β_2 : 葉片出口角度

圖七 出口處之速度多邊形

在葉片平均半徑處 $U = R_m \omega = \frac{D_m}{2} \omega$, 式中 ω 為翼輪之角速度

$$U = V_{n1}(\tan \alpha_1 + \cot \beta_1)$$

因此

$$V_{n1} = \frac{U}{\tan \alpha_1 + \cot \beta_1} \quad \text{可求得 } V_{n1}$$

再由

$$V_1 = \frac{V_{n1}}{\cos \alpha_1} \quad \text{可求得 } V_1$$

$$V_{t1} = V_1 \sin \alpha_1 \quad \text{可求得 } V_{t1}$$

$$V_{r.b1} = \frac{V_{n1}}{\sin \beta_1} \quad \text{可求得 } V_{r.b1}$$

由式③

$$Q = V_{n1}A_1 \quad \text{可求得流量容積}$$

再由出口處速度多邊形之幾何關係知

$$\begin{aligned} \tan \alpha_2 &= \frac{V_{t2}}{V_{n2}} = \frac{U - V_{n2} \cot \beta_2}{V_{n2}} \\ &= \frac{U - V_{n1} \cot \beta_2}{V_{n1}} \end{aligned}$$

$$\therefore \alpha_2 = \tan^{-1} \frac{U - V_{n1} \cot \beta_2}{V_{n1}}$$

可求得 α_2 (葉片絕對出口角度)

$$\text{而 } V_2 = \frac{V_{n1}}{\cos \alpha_2} \quad \text{可求得 } V_2$$

$$V_{t2} = V_2 \sin \alpha_2$$

結果由式②

$$\begin{aligned} \vec{T}_z \cdot \vec{k} &= \int_{CS} \vec{R}_m \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = \vec{k} \\ &\int_{CS} R_m V_t \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \end{aligned}$$

對穩定流而言

$$\begin{aligned} \vec{T}_z &= R_m V_{t1} \{-|\rho V_{n1} A_1|\} + R_m V_{t2} \{|\rho V_{n2} A_2|\} \\ &= \rho Q R_m (V_{t2} - V_{t1}) \end{aligned}$$

\vec{T}_z 即為水流作用於翼輪上之扭矩。

四、機具之研製與試驗

(一) 材料、步驟與方法:

1. 考慮之因素:

(1) 依據目前水田所使用灌溉涵管之尺寸 ($\phi 160\text{mm} \times 900\text{mm}$), 來決定本機具導水翼輪及進水涵管之內徑及長度。

(2) 經過多次研製及測試失敗經驗, 發現翼輪之重量亦會影響其轉動性能, 最後乃改以質輕之鋁板為製造導水翼輪及葉片之材料。

(3) 依材料力學之觀點, 葉片厚度與寬度之比須大於 0.1, 整個結構才能承受軸向負荷 (axial loading)、彎矩 (bending moment) 及扭矩 (torsion) (12) (15) (16)。

(4) 葉片上灌溉水之進、出口角度將會影響進水量及翼輪轉速, 故設計最理想之葉片形狀及其導水角度亦為重要考慮因素 (16)。

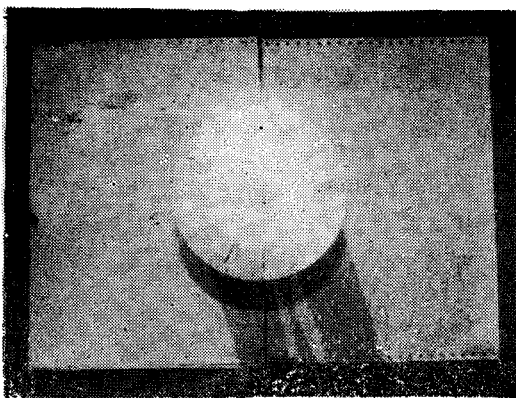
(5) 為減輕衝動式翼輪之摩擦阻力, 其兩端應以軸承支撐之 (15)。

2. 製造步驟與方法:

(1) 裁剪圓形鋁板 $\phi 170\text{mm} \times 2$ 片, 並以車床車去中心孔 $\phi 40\text{mm}$ 作為軸承座, 如照片二。

(2) 作為進水口之圓形鋁板, 保留支撐軸承座之 3 根支柱, 其餘扇形部份 (內圓為 $\phi 150\text{mm}$), 以銑床銑去, 成為一空心進水口, 如照片三。

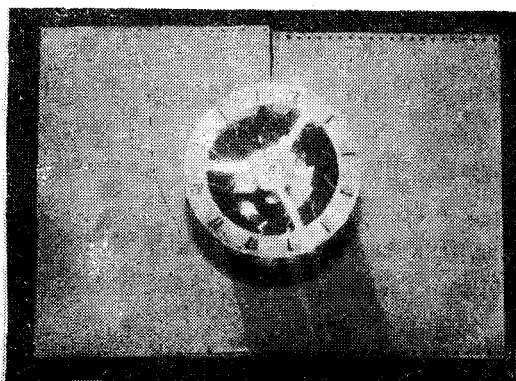
(3) 用刻刀在圓鋁板上每隔 30° , 沿鋁板周邊刻出用來固定葉片凸緣之 12 個長方形洞, 如照片二、三。



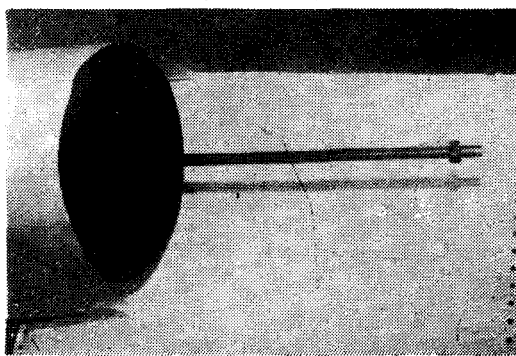
照片二



照片五



照片三

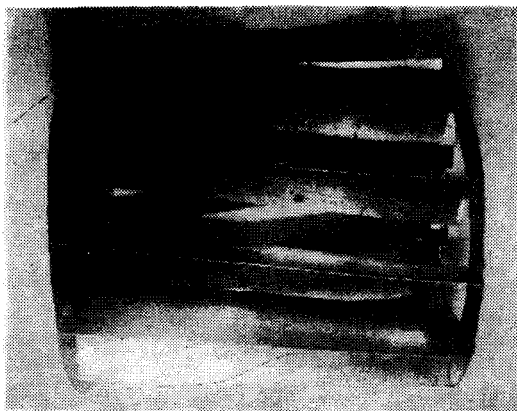


照片六

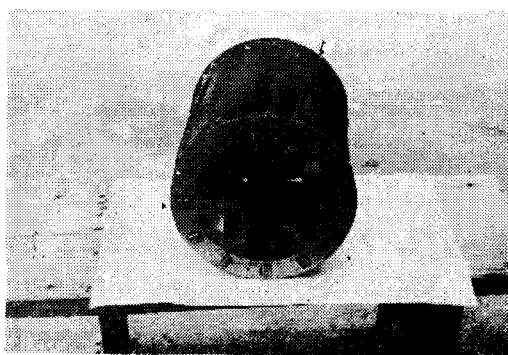
(4)以鋁片剪裁葉片 $85\text{mm} \times 40\text{mm} \times 12$ 片，並以衝床滾壓成均勻之弧面（輓輪係以外徑 60mm ，內徑 53mm 之鐵管剖開製成），如照片四。

(6)車製翼輪固定軸 $\phi 8\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，固定翼輪之一端點焊成丘，另端鉸牙 $M \times 14$ ，如照片六。

(7)在翼輪之葉片周圍覆以10網目之金屬鐵網（阻隔網），該網即能與翼輪同時旋轉如照片七。



照片四



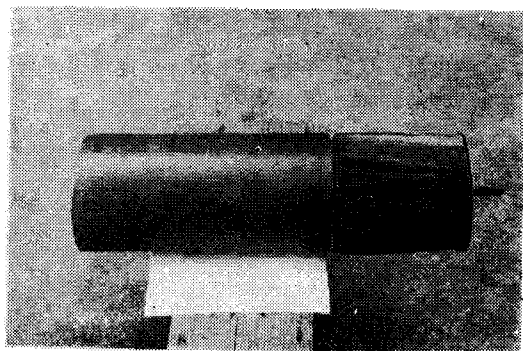
照片七

(5)車製軸承座 $\phi 20\text{mm}$ ，並以扣環（snapping）固定軸承，如照片五。

(8)截取 $\phi 160\text{mm} \times 100\text{mm}$ 之PVC管作為進水涵管，截取時應注意截面之平整。

(9)於進水涵管內前後兩端 100mm 處各加裝 1 個16~32網目之環形尼龍細網，並使後端細網直徑稍大，以利拆裝。

(10)至此便完成整個機具之製造，如照片八。

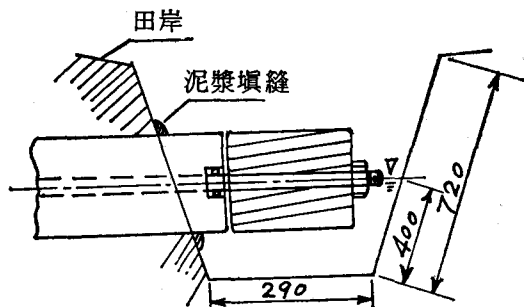


照片八

(二)試驗步驟與方法：

1. 第一階段：

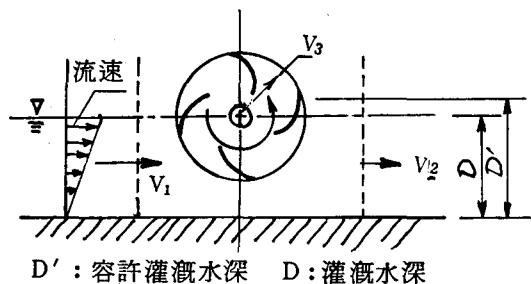
(1)將所研製成之機具，按適當位置埋設於水田灌溉渠道入口，如圖八。



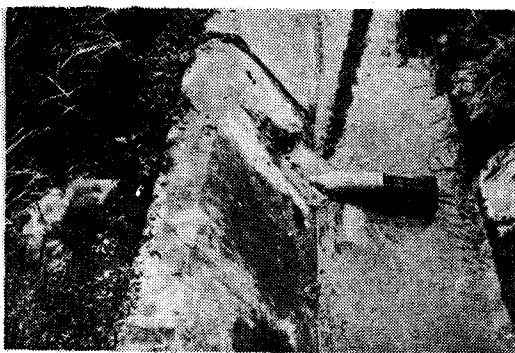
圖八 機具埋設於灌溉渠道之位置

(2)自上游水閘放下灌溉水，並適當控制其流量。

(3)圖九為灌溉水流及本機具作用示意圖，其田間測試情形如照片九。



圖九 灌溉水深及本機具作用情形

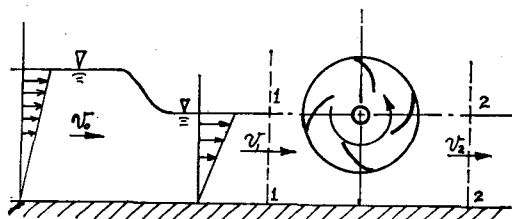


照片九：機具田間測試，灌溉水流出進水涵管濺起水花。

(4)量測水流之流速，並觀察翼輪之轉動及進水情形。

2. 第二階段：

(1)於機具上游處築一土堰，使水流具有落差，以增加流速，如圖十及照片十所示。



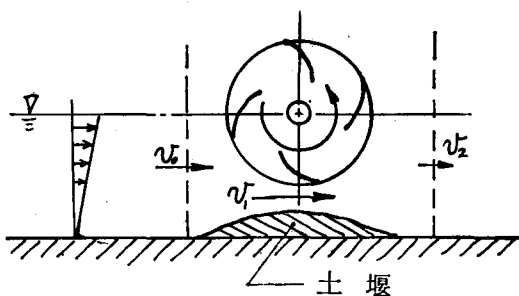
圖十 水流具有落差，流經斷面1—1處流速增大。

(2)同階段一之步驟(3)(4)。

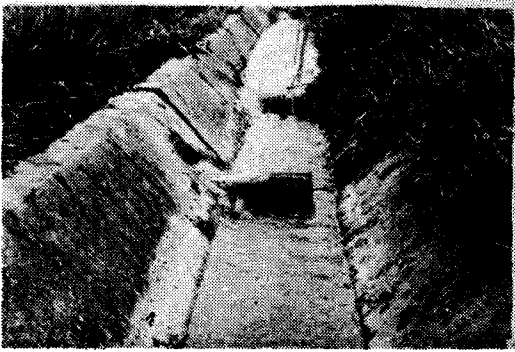
3. 第三階段：

(1)於機具正下方築成適當高度之隆起土堰，如圖十一所示。

(2)同階段一之步驟(3)(4)。



圖十一：於機具下方築一突起之土堰



照片十：上游處築一土堰以增大水流之衝擊力

五、結果與討論

1. 由第一階段之試驗發現當灌溉溝渠中之水流高度超過翼輪軸心以上（翼輪內徑之 $\frac{2}{3}$ 以上）時，翼輪之轉速會逐漸減慢，而當水流填滿整個翼輪之空間時，翼輪即在軸上擺動，無法旋轉。

2. 由第一階段之測試結果所得之經驗即灌溉溝渠之水流高度應為翼輪內徑 $\frac{1}{2}$ 強（即勿使超過軸心以上太多），才能確保翼輪能夠旋轉。

3. 於第一階段之試驗發現當水流速度（測得約為 0.35m/sec）達於穩定時，其進水量亦穩當，進水高度與翼輪軸心齊高，且翼輪轉速為等速。

4. 於第二階段之試驗中測得水流速度約為 0.56m/sec，翼輪轉速較第一階段為快，如照片十一，進水速度亦加快，即進水量亦增大。



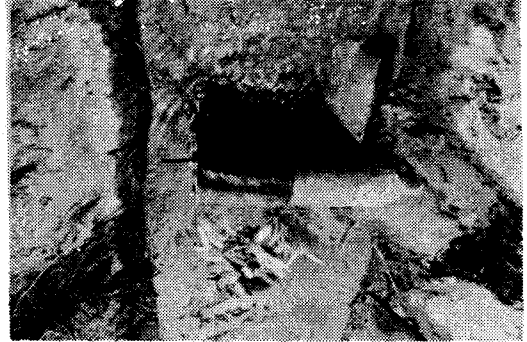
照片十一：水流速度增加，翼輪轉速隨之增加

5. 於第三階段之試驗中，由於突起之土堰與翼輪圓周面間，形成猶如化油器（Carburetor），文氏管（Ventritube）之喉部（throttle），水流在此處加速而衝擊翼輪，致其轉速較第一、二階段者尤

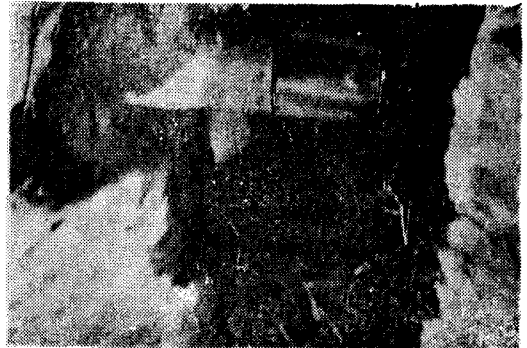
快，而進水量並無太大差異。

6. 測試期間，不斷於上游處假設狀況，將福壽螺體及其卵粒、雜草和枯枝爛葉等，拋擲水面（如照片十二），使其流經翼輪，經觀察結果，包含卵粒等細異物均能隨翼輪之旋轉而帶往下游處（如照片十三）。

7. 由測試觀察結果發現，翼輪轉速愈高使其周邊近似圓滑弧面，阻隔功能愈佳。



照片十二：於上游處拋擲之異物



照片十三：雜物隨翼輪之轉動被帶往下游情形

六、本機具之使用方法與注意事項

(一) 使用裝卸方法：

1. 將進水涵管按適當位置（使軸心與灌溉水面同高）埋設於水田灌溉入口，涵管周邊細縫應以混凝土填補，即使該管永久埋設於田間。

2. 將細網目之環形尼龍沙網裝入進水涵管（前、後兩端各一，後端靠近水田者直徑稍大），並以扣環固定妥當。

3. 裝置翼輪軸，使其穿過如上之尼龍沙網中心，再以扣環固定之。

4.裝上翼輪，並將M×14螺帽鎖上，予以固定。

5.參考測試方法，於上游處築土堰（不築亦可），即可自水閘引水灌溉。

6.灌溉完畢後，按反次序拆卸本機具，將組件携回。

7.用蓋子堵住進水涵管入口。

(二)注意事項：

1.裝設機具前，應檢視阻隔網有無破洞，如有應修補或換新。

2.注意翼片之裝設方向是否正確。

3.使用畢，翼輪兩端之軸承，翼輪軸及其前端之螺絲、螺帽均應擦拭乾淨並上油以防生銹。

4.為確保防治之效果，於水田整地引水灌溉時，即應裝設本機具。

5.於排水出口之田埂上平鋪長約25~40cm之塑膠浪板，以防螺體經排水溝逆水而上進入稻田。

七、建 議

(一)為確實有效防除福壽螺之危害，應利用第一期、二期作收穫後之農閒適期，政府有關單位如各地區水利會與農民全面配合，始能一舉消滅福壽螺，謹提供下列防除方法以供參考。

1.田間作物收穫後，均勻分散其殘株，晒乾後點火焚燒，將原存活在田間土表或土中之螺體燻殺。

2.摘除田間之螺卵，予以搗碎或焚毀，注意搗碎後之螺卵勿棄置水中，以防其中未破壞者漂浮孵化。

3.利用此農閒適期，各區水利單位所屬之灌溉溝渠停止供水，並請有關單位輔導農民清理自家灌溉及排水渠段之淤泥，使福壽螺無藏身之處，並曝曬挖起之淤泥，利用枯水及強烈日光照射，使螺體枯竭而死。

4.至於大圳或大的配水渠道，請有關單位雇工清理，如上法以消滅螺體。

5.蓄水庫、池塘等可飼養青魚或放入鴨羣吃食螺體和卵塊。

(二)本機具經測試結果，證實確能有效防阻福壽螺進入水田，並兼具作物生長期間雜草防除之功能，其實用價值尚待推廣。

(三)本機具之理論基礎有待進一步之模擬分析，以找出翼輪之形狀及直徑、安裝於灌溉溝渠之角度

及高度，葉片之形狀、導水角度及數量等之最佳組合模式。

(四)防治福壽螺之危害若僅限於局部地區，將難以奏效，政府有關單位應輔導農民全面配合予以防除才能畢其功於一役。

八、謝 誌

本研究承系主任黃陽仁博士、陳俊明副教授及彭錦樵副教授等悉心指導，李芳繁副教授、盛中德副教授提供寶貴意見，王泗華、蔣旭堂、陳令錫等三位同學及吾妻李美珠老師協助研製及測試，始克順利完成，謹於此並申最高之謝忱。

九、參考文獻

- 1.王光遠，1982，農業概論，國立編譯館。
- 2.林金樹，1986，臺中區農推專訊^②，福壽螺生態及防除。
- 3.陳呈芳譯，1985，機械元件設計（原書第六版），淡江書局。
- 4.賀俊譯，1985，機械設計（原書第三版），大行出版社。
- 5.中國農業工程學會學術技術研討會編印，1985，臺灣現階段灌溉水質維護管理之探討（第9~16頁及第17~30頁）。
- 6.臺灣省政府農林廳，1984，臺灣農業，Vol.20 No.4（第19~24頁）。
- 7.臺灣水利出版委員會，1985，臺灣水利 Vol.33 NO.4（第1~8頁及50~81頁）。
- 8.雲林縣農會，雲農會刊第二期。
- 9.雲林縣農會，雲農雜誌第廿一、四十六、五十九、六十九及七十五期。
- 10.彰化縣農會，彰農月刊第五十五、五十六及六十期。
- 11.Davia S. Azael, 1984, Fluid Mechanic and Unit Operations, 開發圖書。
- 12.Ferdinand P. Beer, 1985, Mechanics of Materials, 新月圖書公司
- 13.Fox & Mcdonald, 1983, introduction to fluid mechanics, 3rd. ed. 東南書局。
- 14.Hami lton H. Mabie, 1977, Mechanisms and Dynamics of Machinery, 3rd. ed. 臺大圖書部
- 15.M. F. Spotts, 1985, Design of Machine Elements, 6th. ed. 淡江書局。
- 16.Victor L. Streeter, 1985 Fluid Mechanics, 8th. ed. ISBN 0-07-062242-6.