

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

佳作

080107

「導」「轉」水車增氧妙招

學校名稱：臺北市私立靜心高級中學(國小部)

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 小六 黃子瑄 小六 陳宣穎 小六 李佩穎 小六 黃新甯 | 指導老師： 蔡垂其 王晶瑩 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：水車、水花、水流

摘 要

看到水車式增氧機在養殖池打出白色水花，經仔細觀察與文獻探討，我們發現葉片有不同的形式，而且隨著養殖池的大小不同，也會有不同數量的水車式增氧機，究竟什麼形式的水車會有較佳的增氧效果呢？我們自行設計製作了水車打水相關的裝置進行模擬實驗，結果發現：在相同電力的條件下，吃水深度不可太深(20mm)、葉輪葉片數量為 8 片、葉片長度較短(30mm)、葉片寬度不可太寬(20mm)、且葉片上有孔洞(9 個直徑 5mm 的圓孔)，可以得到較高較遠的水花，落入水中產生的氣泡會較深，葉輪後方的流速也能較快；而在水車葉輪後方加裝導流管，可將水面溶氧量較高的水導流至較深的水域，加上可移動旋轉式水車增氧機的設計，可提升 26.67%的增氧效能，更可減少同一養殖池水車的數量。

壹、研究動機

暑假到宜蘭礁溪遊玩時，經過一大片的漁業養殖區，看見一個又一個的養殖池，池面有個東西，不斷的打出白色的水花，心裡就產生疑問，為什麼需要這個東西呢？仔細一看，是一臺像水車的機器，浮在水面上利用水車葉片的旋轉，把水打到水面上方的空氣中，形成白色的水花，一個養殖池同時有好幾個，有些在運轉，有些卻是靜止不動的，這又是為什麼呢？於是我們想了解這個「水車式增氧機」的作用，同時也想找到是不是有更好的方式，就不需要太多的水車式增氧機了。

我們利用課堂學過的知識和技能：康軒版三下第二單元「百變的水」，水的特性：是透明、可流動的液體，水具有浮力，所以能使物體浮在水上；康軒四下第四單元「電路 DIY」，電學特性：線路要成為通路的要件與直流電電壓大小與馬達轉速的關係；翰林版六下第一單元「力與運動」，力學特性：水受地球引力的作用會向下移動；翰林版六下第二單元「簡單機械」，槓桿作用中力矩原理，力與力臂的關係，水車是屬於費力的工具，因為抗力臂大於施力臂。

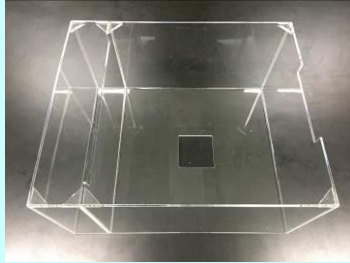
我們自己嘗試設計製作一套水車打水實驗裝置，並用 3D 列印機設計製作不同的水車葉片形式，同時考慮可能影響水車葉片轉動、打出水花與產生水流的因素，進行相關的研究實驗，希望能找出不同葉片形式與水流的關係，進而找出更有效能增氧的水車打水的設計方式。

貳、研究目的

- 一、水車式增氧機葉輪不同**吃水深度**對水花與水流的影響。
- 二、水車式增氧機葉輪不同**葉片數量**對水花與水流的影響。
- 三、水車式增氧機相同葉輪吃水深度與葉片數量，不同的葉片形式對水花與水流的影響。
 - (一)葉輪不同**葉片長度**對水花與水流的影響。
 - (二)葉輪不同**葉片寬度**對水花與水流的影響。
- 四、水車式增氧機葉輪相同葉片大小，不同孔洞形式對水花與水流的影響。
 - (一)不同寬度的**長形孔洞**對水花與水流的影響。
 - (二)不同直徑的**圓形孔洞**對水花與水流的影響。
- 五、水車式增氧機葉輪後方增加**導流管**對水流的影響。
- 六、設計**可移動旋轉式**的水車增氧機。

參、研究設備及器材

一、研究器材：

| | | | |
|---|--|--|---------------|
| 1. Arduino 水流量傳感器 YF-S201 × 1 組  | 2. 3D 列印機 × 1 臺  | 3. 實驗水槽 × 1 個 (自行設計)  | |
| 4. 便攜式溶氧儀 × 1 臺 | 5. 轉速計 × 1 臺 | 6. 電源供應器 × 1 臺 | 7. 推拉計 × 1 臺 |
| 8. 行動載具(手機) × 1 臺 | 9. PLA 線材 × 3 捲 | 10. LED 燈 × 2 個 | 11. 電子秤 × 1 臺 |
| 12. 圓形 140 馬達 × 3 個 | 13. 熱熔槍 × 1 支 | 14. 電子顯微鏡 × 1 臺 | 15. 腳架 × 1 個 |
| 16. USB 延長線 × 1 條 | 17. 塑膠尺 × 4 支 | 18. 鱷魚夾線 × 6 條 | 19. 吸管 × 12 支 |
| 20. 筆記型電腦 × 1 臺 | 21. 夾具 × 2 組 | 22. 槓桿實驗組 × 1 組 | 23. 電線 × 1 段 |
| 24. 木條(15mm) × 4 條 | 25. 固定夾 × 2 個 | 26. 雙腳釘 × 2 支 | 27. 塑膠板 × 1 片 |

二、研究設備：

(一)、水車打水實驗裝置：

我們無法實際在養殖池進行操縱變因是不同葉片形式，應變變因是水花與水流動速度的觀察與測量，因此我們在教室裡設計製作了一個水車打水的實驗裝置，模擬養殖池中水車式增氧機的水車打水情況，利用透明的壓克力實驗水槽模擬養殖池、改造玩具車加上輪船槳成為水車、同時為了方便控制操縱變因，將飄浮式水車改為懸吊式，並以單一側葉片進行不同葉片形式對水流與增氧模擬實驗，找出不同葉片形式對水流與增氧的影響關係。

水車打水的增氧效果則以水花的距離和高度，以及水車後方的水流情況來判定，我們透過拍照和錄影的方式，找出水花的距離和高度，而在水車打水後方利用輪船槳被水流帶動而轉動，判斷水流的速度，再加上使用 Arduino 流量傳感器(YF-S201)，測量水面下的水流情形，從水流經過流量傳感器時，會使傳感器內的輪船槳產生轉動，而有脈衝的次數，用筆記型電腦搭配 Arduino 的程式，每 1 秒就自動記錄一次水流的脈衝次數，透過脈衝次數判斷不同的水流流速。

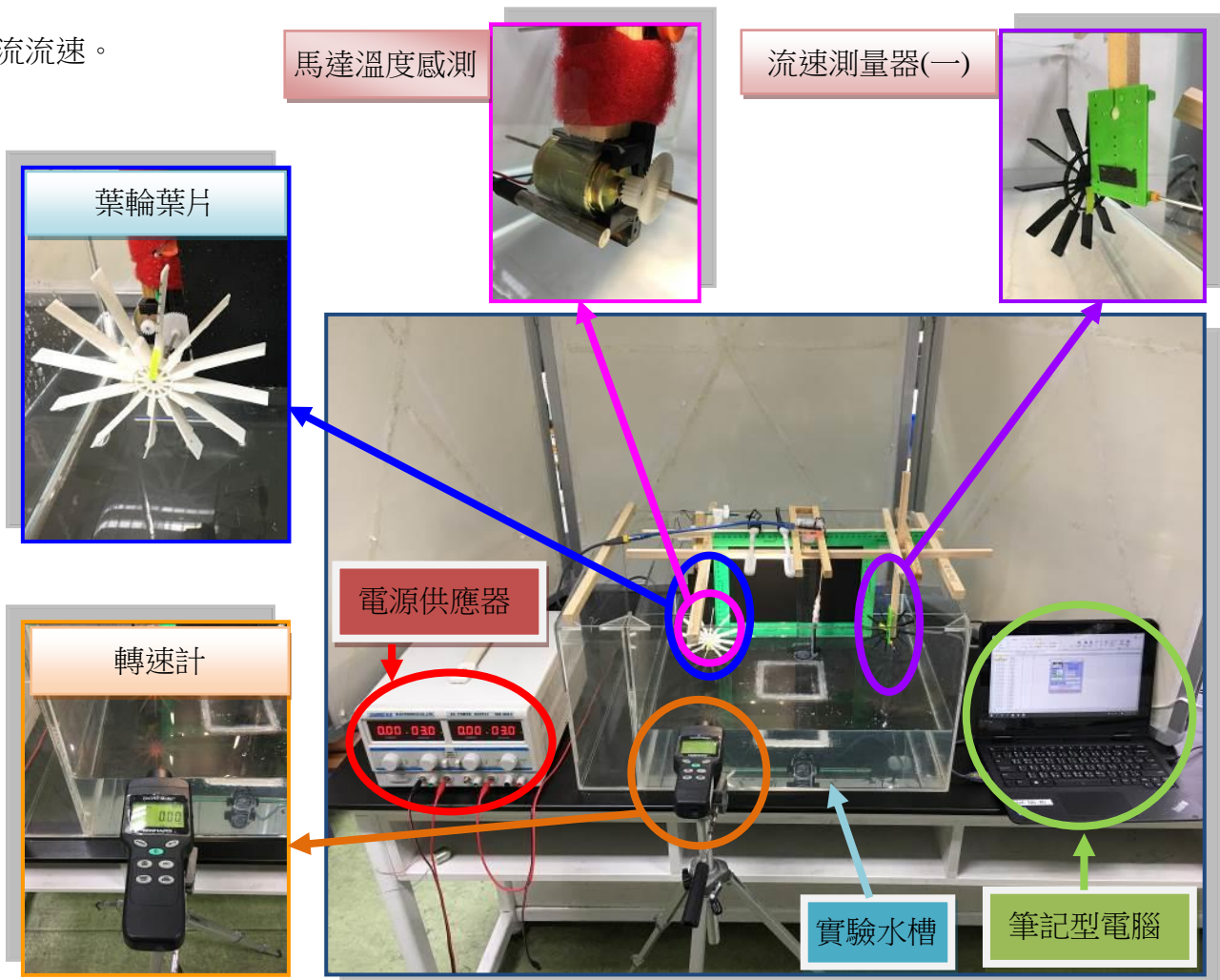


圖 3-1 水車打水實驗裝置

肆、研究過程或方法

※研究流程：

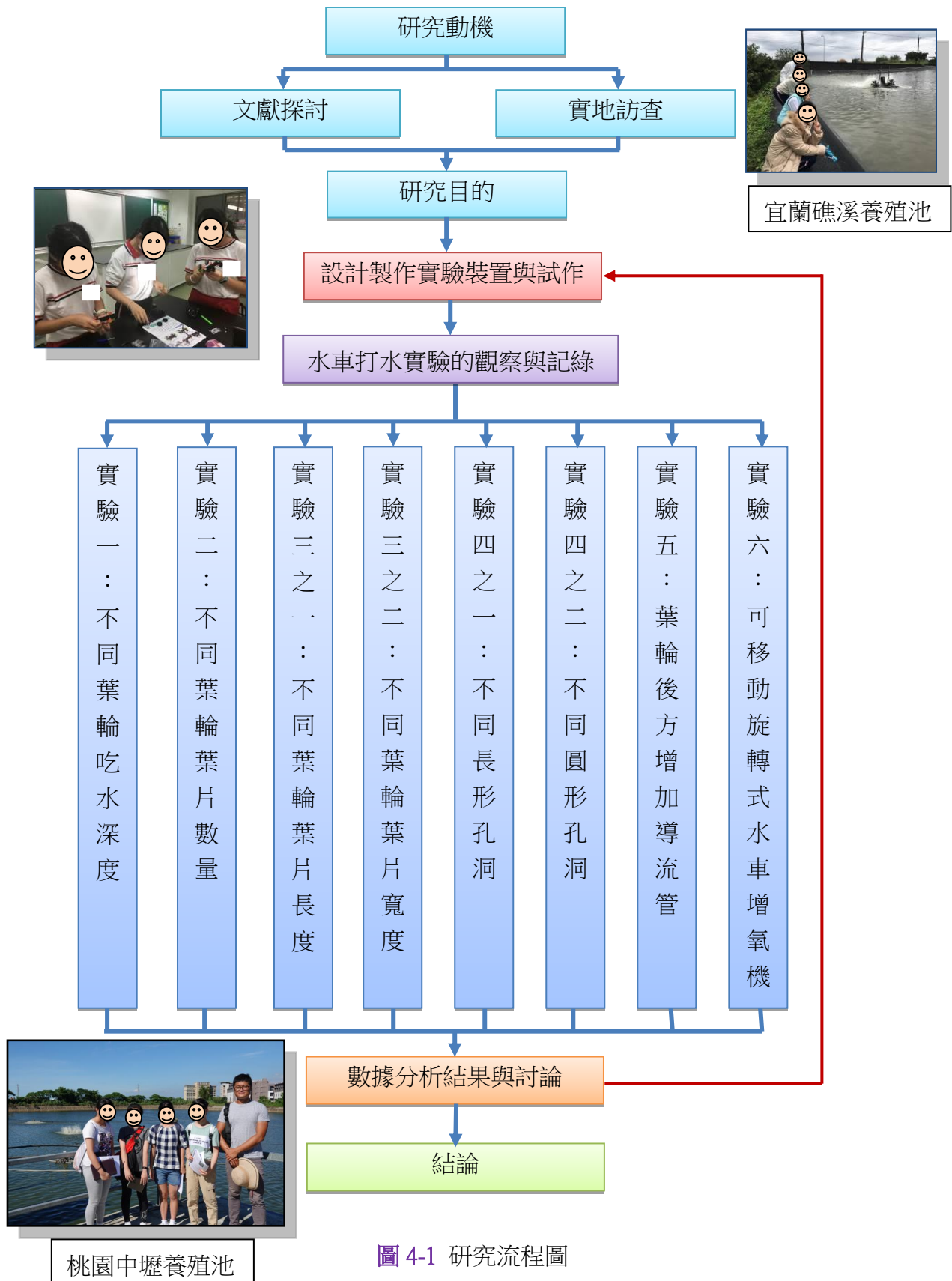


圖 4-1 研究流程圖

※水車打水實驗裝置操作步驟：

- 1.將設定的水車葉片形式與固定輪組合完成水車葉輪，測量並記錄水車葉輪重量。
- 2.調整電源供應器輸出實驗所設定的電壓與電流(電壓：3 伏特。電流：2 安培)。
- 3.將實驗所設定的水車葉輪裝置在玩具車改裝的水車馬達轉軸上，完成打水水車。
- 4.將水車馬達連接電源供應器，使打水水車開始運作，並測量記錄水車葉輪空轉的轉速，完成後，關閉電源供應器，使打水水車停止轉動。
- 5.將打水水車放入實驗水槽，調整並固定水車葉輪葉片至實驗設定的吃水深度。
- 6.將水花測量背板放置於水車後面，先測量葉片末端位於背板的位置尺寸並記錄。
- 7.調整水花背板與水車葉輪的適當間距，避免背板影響葉輪所產生的水花與水流。
- 8.啟動電源供應器，使打水水車開始轉動，並利用轉速計測量記錄水車葉輪的轉速。
- 9.再利用輪船槳製作的水車流速測量器，測量並記錄打水水車葉輪後方 100mm、150mm、200mm、250mm 四處的水流所造成水車流速測量器的轉速。如圖 4-2。
- 10.利用數位相機拍攝打水水車葉片所打出的水花影片，以利分析水花高度與長度。如圖 4-3。

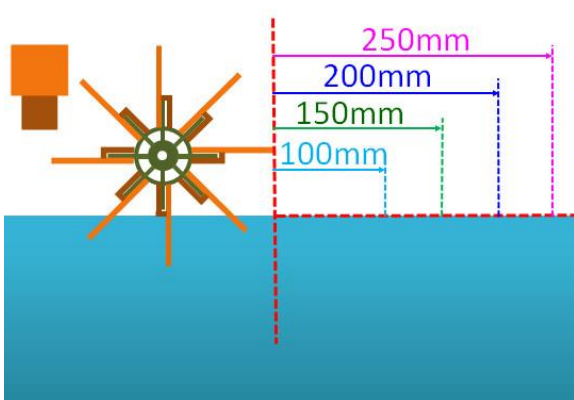


圖 4-2 葉輪後方水流位置示意圖

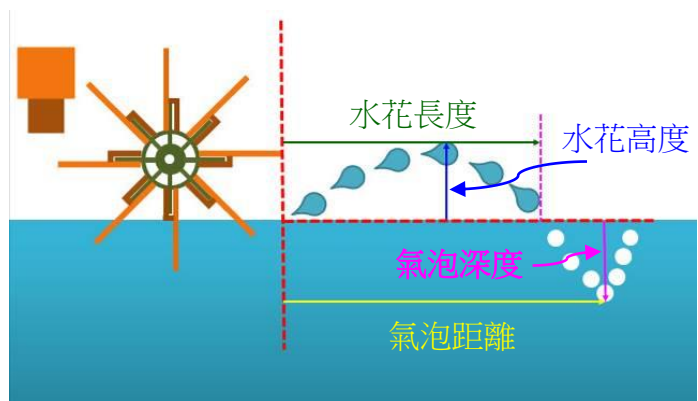


圖 4-3 水花和氣泡測量示意圖

※水車葉片形式的設計與製作：

先於電腦上使用 Tinkercad 線上版 3D 繪圖軟體，繪製水車葉輪中心輪(圖 4-4)，再配合中心輪與葉片(圖 4-5、圖 4-6、圖 4-7)組合的大小，設計繪製水車葉片大小、形狀與形式，配合水車所需要的葉片數量，利用 3D 列印機，將繪製於水車葉片中心固定輪上葉片形式列印出成品，以組合在水車葉片中心輪上，形成具有葉片的完整水車葉輪。

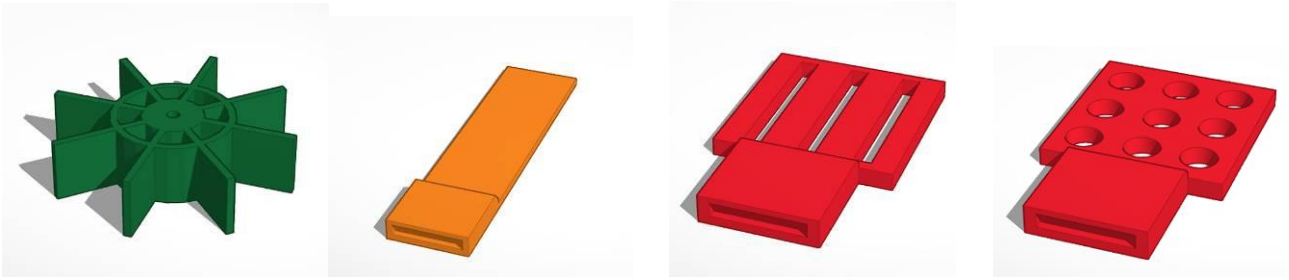


圖 4-4 葉輪中心輪 圖 4-5 長條形水車葉片 圖 4-6 長形孔水車葉片 圖 4-7 圓形孔水車葉片

一、水車式增氧機不同葉輪葉片吃水深度對水花與水流的影響。

一般看到的葉輪吃水深度都不太深，這是為什麼呢？葉輪吃水深度若深一些，不是可以把更多的水打到空氣中，造成更多的水花嗎？因此我們想知道葉輪不同的吃水深度會有什麼差異呢？利用電源供應器提供電力為 3 伏特 2 安培，葉片數量為 8 片、葉片長度為 70mm、葉片寬度為 12mm 所組成的葉輪為基準，葉輪葉片吃水深度分別為 10mm、20mm、30mm、40mm、50mm 等五種情形，進行水車打水的實驗。

表 4-1 相同水車葉輪葉片，不同吃水深度

| 吃水深度(mm) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|----------|----|----|----|----|----|
| 吃水深度圖示 | | | | | |

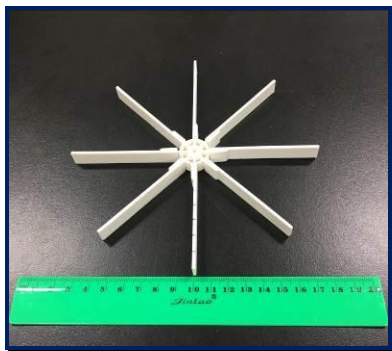


圖 4-8 實際水車葉輪

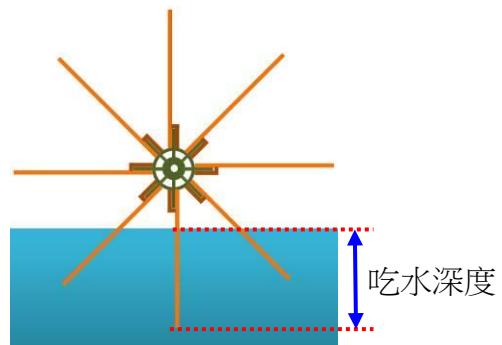


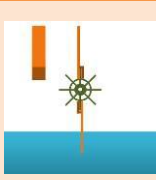
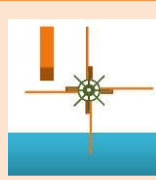
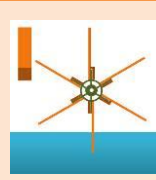
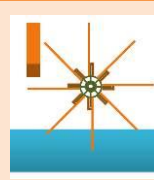
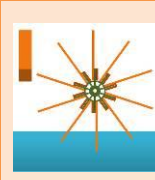
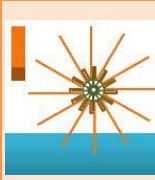

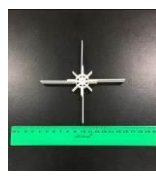
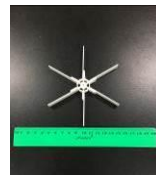
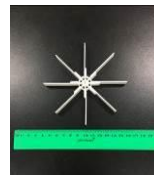
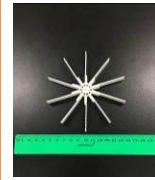

圖 4-9 吃水深度示意圖

二、水車式增氧機葉輪不同葉片數量對水花與水流的影響。

一般在養殖池看到的水車增氧機的葉輪葉片數量常見為六片葉片和八片葉片，這其中又有什麼原因呢？葉輪葉片較多，是不是可以打起更多的水花？葉輪葉片較少，又會有什麼現象呢？我們想了解葉輪葉片數量的多寡對水花和水流有什麼影響，利用電源供

應器提供電力為 3 伏特 2 安培，吃水深度為 20mm、葉片長度為 50mm、葉片寬度為 12mm 所組成的葉輪為基準，葉輪葉片數量分別為 2 片、4 片、6 片、8 片、10 片、12 片等六種情形，進行水車打水的實驗。

表 4-2 相同水車葉輪葉片，不同葉片數量

| 葉片數量(片) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---------|---|---|---|--|---|---|
| 葉片圖示 |  |  |  |  |  |  |
| 實際照片 |  |  |  |  |  |  |

三、水車式增氧機相同葉輪吃水深度與葉片數量，不同的葉片形式對水花與水流的影響。

我們在養殖池看到的水車式增氧機的葉輪葉片是矩形且近似正方形，葉片上有長形的細孔，而在文獻探討時，我們看到了更多不同形式的葉輪葉片，究竟葉輪的形式，對水花和水流又有什麼影響呢？我們考量設計了以下的形式進行實驗的分析。

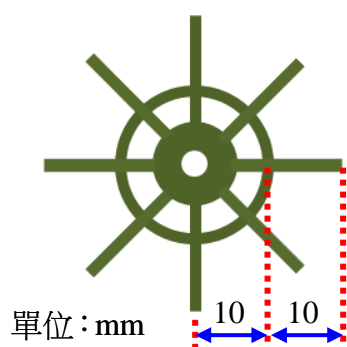


圖 4-10 葉輪中心輪

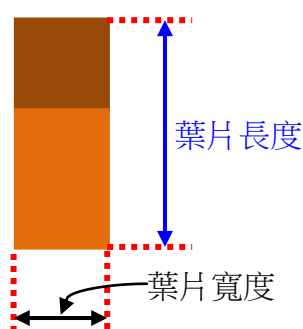


圖 4-11 葉片長度示意圖

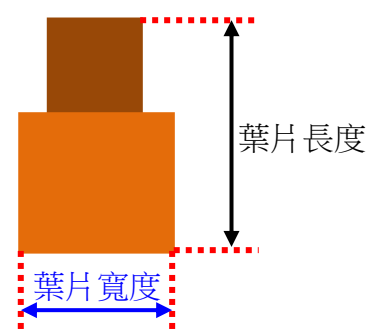





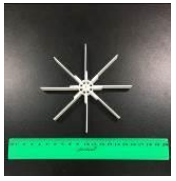
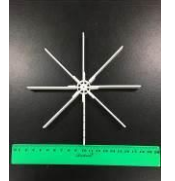



圖 4-12 葉片寬度示意圖

(一) 葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響。

首先我們以矩形為設計，考量長與寬的變化，先以長度變化為操縱變因，利用電源供應器提供電力為 3 伏特 2 安培，吃水深度為 20mm、葉片數量為 8 片、葉片寬度為 12mm，葉輪葉片長度分別為 30mm、50mm、70mm、90mm、等四種情形，進行水車打水的實驗。


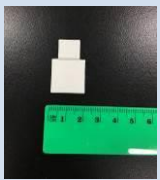
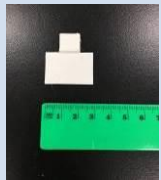

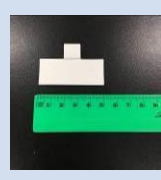



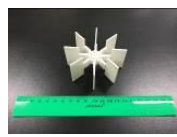
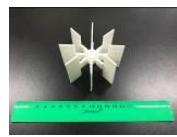
表 4-3 相同水車葉輪葉片數量，不同葉片長度

| 葉片長度(mm) | 30 | 50 | 70 | 90 |
|----------|---|---|--|---|
| 葉片圖示 |  |  |  |  |
| 葉片照片 |  |  |  |  |

(二) 葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響。

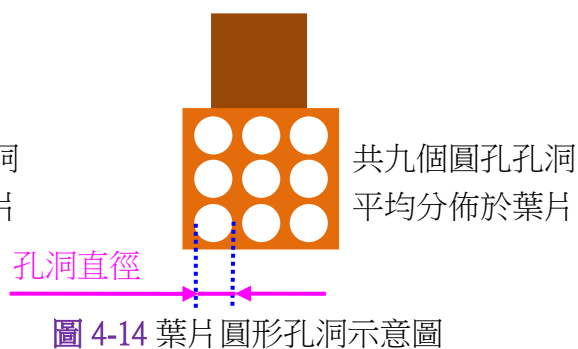
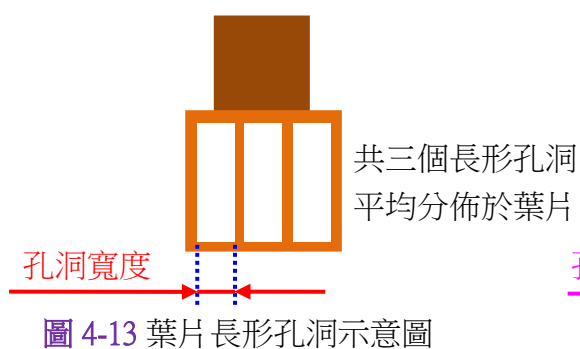
接著我們以葉輪葉片寬度變化為操縱變因，利用電源供應器提供電力為 3 伏特 2 安培，吃水深度為 20mm、葉片數量為 8 片、葉片長度為 30mm，葉輪葉片寬度分別為 12mm、20mm、30mm、40mm、50mm 等五種情形，進行水車打水的實驗。

表 4-4 相同水車葉輪葉片數量，不同葉片寬度

| 葉片寬度(mm) | 12 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|----------|---|---|--|---|---|
| 葉片照片 |  |  |  |  |  |
| 葉輪照片 |  |  |  |  |  |

四、水車式增氧機葉輪相同葉片大小，不同孔洞形式對水花與水流的影響。









水車式增氧機葉輪的葉片上通常有不同的孔洞設計，常見的有長形孔洞和圓形孔洞，這些孔洞的存在，對水花和水流又有什麼影響呢？下面就針對這兩種形式進行實驗分析。



(一)不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響。

我們在養殖池所見的葉輪的葉片上有著長形孔洞，所以我們就先以長形孔洞的寬度為操縱變因，以電源供應器提供電力為 3 伏特 2 安培，吃水深度為 20mm、葉片數量為 8 片、葉片長度為 40mm、孔洞的數量為三條、孔洞長度為 16mm，分別以長形孔洞的寬為 2mm、3mm、4mm、5mm 等四種情形，進行水車打水的實驗。


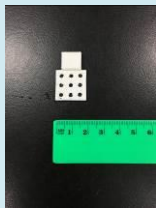






表 4-5 不同寬度的長形孔洞葉片

| 孔洞寬度(mm) | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|--|--|---|--|
| 葉片照片 |  |  |  |  |
| 葉輪照片 |  |  |  |  |

(二) 不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響。

接著以圓形孔洞的直徑為操縱變因，以電源供應器提供電力為 3 伏特 2 安培，吃水深度為 20mm、葉片數量為 8 片、葉片長度為 40mm、孔洞的數量為九個孔，分別以圓形孔洞的直徑 2mm、3mm、4mm、5mm 等四種情形，進行水車打水的實驗。

表 4-6 不同大小的圓形孔洞葉片

| 孔洞直徑(mm) | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|--|---|
| 葉片照片 |  |  |  |  |
| 葉輪照片 |  |  |  |  |

五、水車式增氧機葉輪後方增加導流管對水流的影響。

水車式增氧機是一般養殖池常見的增氧設備，但其缺點就是增氧效果無法達到較深的水域，也就是水車式增氧機的水花和水流，通常只在較接近水面的淺水層作用，為了要改善這個缺點，我們就考量如何讓淺水層的水利用水車後方產生的水流為動力，導引流向較深的水域，我們設定導流管的入口在水車後方水花落入水面產生較大水流的位置，導流管的長度配合角度大小使導流深度相同、葉輪葉片為 8 片、葉片形式為圓孔 5mm(9 孔)、吃水深度為 20mm，導流管的角度分別為 30 度、45 度、60 度、75 度等四種角度，進行水流導流管的實驗，裝置如圖 4-15。

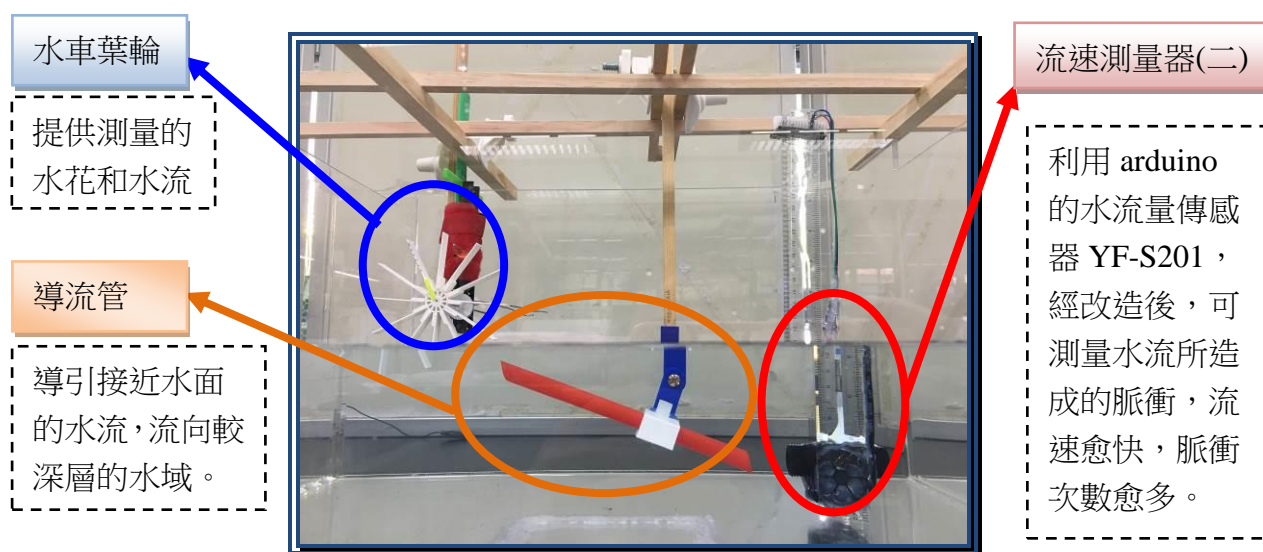
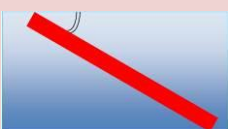




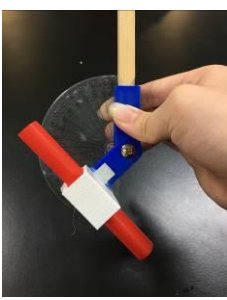
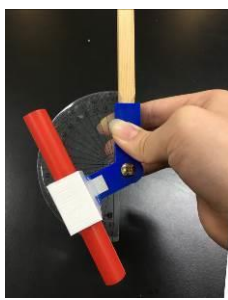
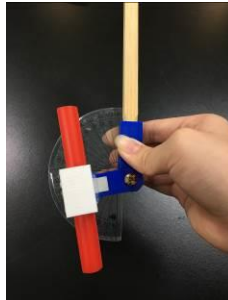


圖 4-15 導流管的實驗裝置

表 4-7 相同深度，不同導流管角度

| 導流管角度(度) | 30° | 45° | 60° | 75° |
|----------|---|---|--|---|
| 角度圖示 |  |  |  |  |
| 導流管角度照片 |  |  |  |  |

六、設計可移動旋轉式的水車增氧機。

水車式增氧機能產生水花和水流的範圍有限，所以一般的養殖池會因池子的大小不同，而裝置不同數量的水車式增氧機，而且通常是以繩索平均固定於養殖池不同位置，如果能讓水車式增氧機能變為移動式，水車式增氧機的作用範圍就能增加，也就可以減少水車式增氧機的使用數量，據此我們想設計製作出可移動旋轉式的水車增氧裝置，如圖 4-16、圖 4-17 所示。

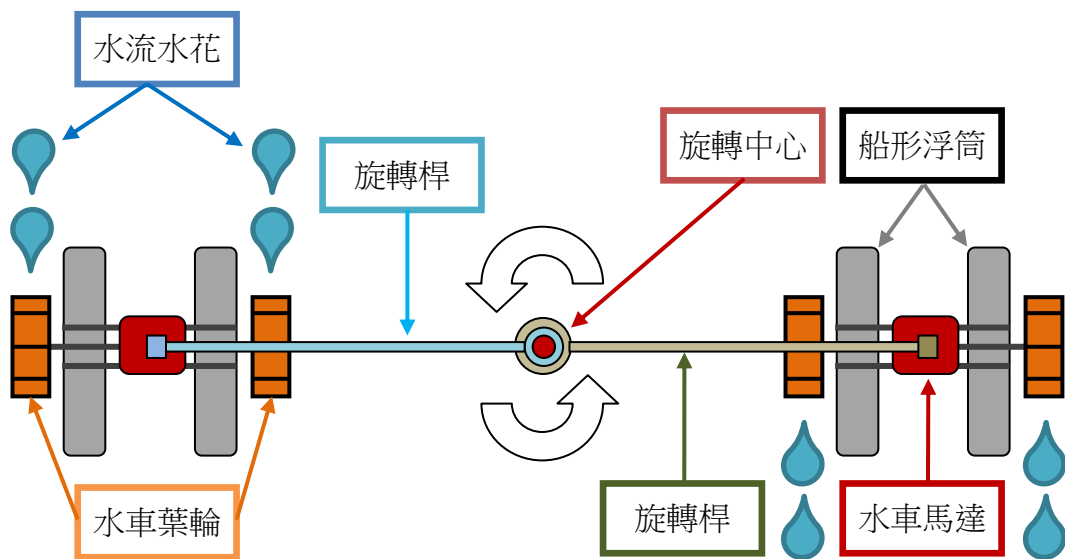


圖 4-16 旋轉式水車增氧裝置設計上視圖

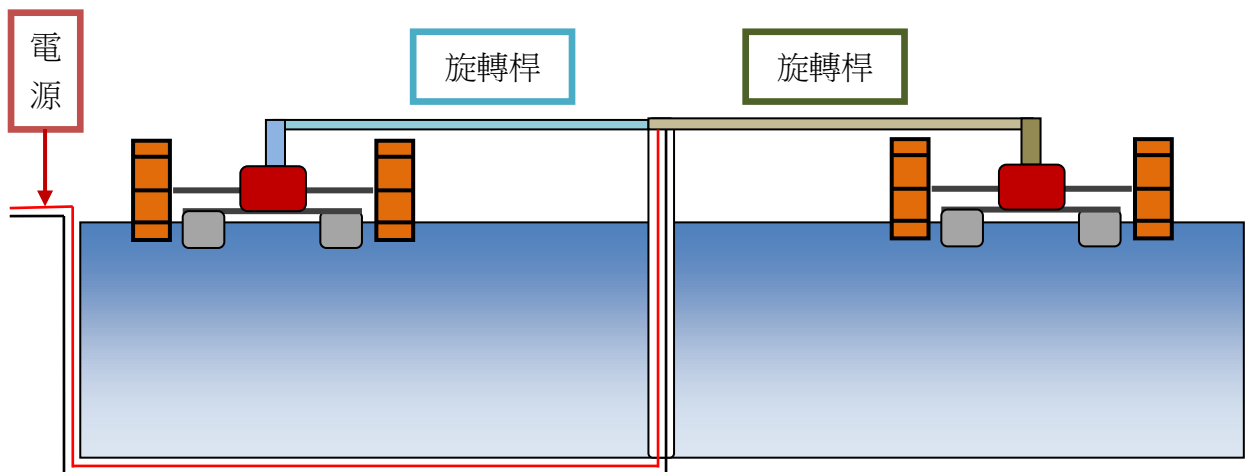


圖 4-17 旋轉式水車增氧裝置設計側視圖

同時結合上述研究實驗的結果，以最佳的水車葉輪葉片形式、吃水深度、導流管位置和角度、加上可移動旋轉式水車增氧機，期望能達到用最少的水車增氧機，提供最高效能且全方位的增氧效果。


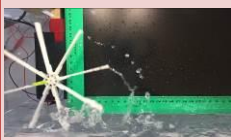
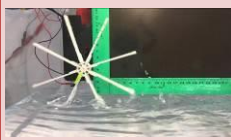
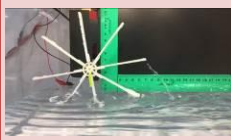
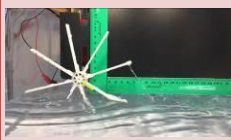
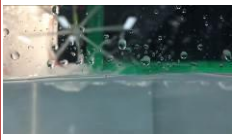
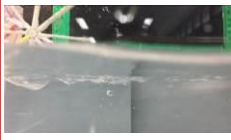
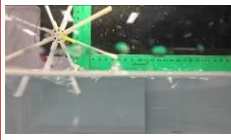
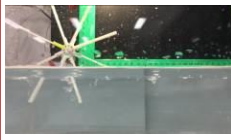
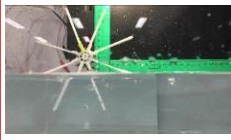
伍、研究結果

一、水車式增氧機葉輪不同吃水深度對水花與水流的影響。

(一)水花與氣泡的觀察

利用數位攝影機所拍攝的影片，截取適當的影像成為實驗照片，並透過慢動作與手動影格的播放方式，觀察水花的長度與高度，以及水花落入水面後，在水面下產生的氣泡可到達的距離與深度。

表 5-1 不同吃水深度，水花和氣泡的情況

| 吃深 | 10 mm | 20 mm | 30 mm | 40 mm | 50 mm |
|------|---|---|---|--|---|
| 水花照片 |  |  |  |  |  |
| 長度 | > 30 cm | 10 cm | 5 cm | 4 cm | 3 cm |
| 高度 | > 20 cm | 12 cm | 5 cm | 4 cm | 4 cm |
| 氣泡照片 |  |  |  |  |  |
| 距離 | 30 cm | 8 cm | 8 cm | 6 cm | 1 cm |
| 深度 | 2 cm | 6 cm | 3 cm | 2 cm | 2 cm |

註：表中「吃深」代表吃水深度；「長度」代表水花長度；「高度」代表水花高度；「距離」代表氣泡距離；「深度」代表氣泡深度。

實驗影片結果分析：

- 1.吃水深度 10mm 時，像潑水一般，水面波動較大，水花會大範圍噴射，也會噴射到實驗水槽外面。
- 2.吃水深度大於 20mm，水車打起的水花因轉速不夠高，水花是隨著葉片被向上向前帶起，無明顯向後或無向前噴射出去。
- 3.吃水深度 20mm 時，因水面上的水花高度較高，水面下氣泡的深度，明顯比其他吃水深度所產生的氣泡深度還要深。

(二)水流流速的測量與轉換計算

將葉片末端後方 10cm、15cm、20cm、25cm 處轉速計所測得的 10 次轉速，經計算轉換成水流速度，並求平均值與標準差，加上實驗影片所觀察到的氣泡最大的深度，利用試算表軟體繪製成長條圖，進行實驗結果分析。

$$\text{流速 (cm/s)} = 4.5\text{cm} \times 2 \times \pi \times \text{流速測量器(一)葉輪的轉速} / 60$$

4.5cm：流速測量器(一)葉輪吃水深度的中心位置至葉輪軸心的距離

表 5-2 不同吃水深度對流速的影響

| 吃水深度 (mm) | 吃水轉速 (rpm) | | 10 公分流速 (cm/s) | | 15 公分流速 (cm/s) | | 20 公分流速 (cm/s) | | 25 公分流速 (cm/s) | |
|-----------|------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| 10 | 269.40 | 3.98 | 7.36 | 0.44 | 9.90 | 0.21 | 13.42 | 0.43 | 17.12 | 0.34 |
| 20 | 116.12 | 1.15 | 21.26 | 0.68 | 6.22 | 0.35 | 3.74 | 0.34 | 2.41 | 0.23 |
| 30 | 83.49 | 0.57 | 23.20 | 1.22 | 19.72 | 0.76 | 15.55 | 0.80 | 5.26 | 0.38 |
| 40 | 68.97 | 0.74 | 22.26 | 1.11 | 19.48 | 1.15 | 16.97 | 0.84 | 6.26 | 0.45 |
| 50 | 58.46 | 0.91 | 16.96 | 0.86 | 14.82 | 0.58 | 10.72 | 0.60 | 5.36 | 0.42 |

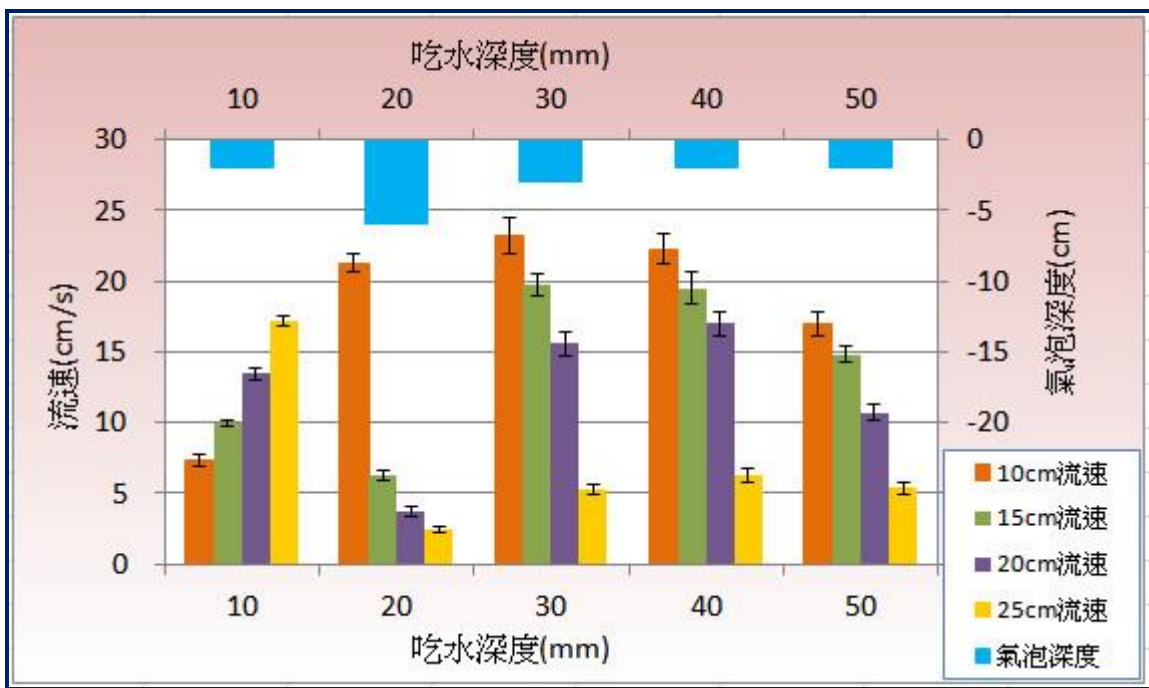


圖 5-1 不同吃水深度對流速與氣泡深度的關係圖

實驗數據結果分析：

1. 吃水深度 10mm 時，吃水深度太淺，轉速較快，造成水面上的水花四處噴濺，水面下氣泡深度不深，另外水車後方的流速也呈現接近葉輪的流速反而較慢的情形。
2. 吃水深度 20mm 時，因較多的水被葉輪帶離水面，而且離水面的高度較高但長度不長，

產生較接近葉輪後方有較多的水落入水中，造成接近葉輪後方的流速較高。













3. 考量水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以吃水深度為 20mm 為較佳。

二、水車式增氧機葉輪不同葉片數量對水花與水流的影響。

(一) 水花與氣泡的觀察

慢動作與手動影格的播放方式，觀察記錄水花的長度與高度，以及水氣泡的距離與深度。

表 5-3 不同葉片數量，水花和氣泡的情況

| 數量 | 2 片 | 4 片 | 6 片 | 8 片 | 10 片 | 12 片 |
|------|---|---|---|--|---|---|
| 水花照片 |  |  |  |  |  |  |
| 長 | 21 cm | 23 cm | 23 cm | 24 cm | 18 cm | 17 cm |
| 高 | > 20 cm | > 20 cm | 19 cm | 16 cm | 12 cm | 11 cm |
| 氣泡照片 |  |  |  |  |  |  |
| 距 | 12 cm | 19 cm | 19 cm | 17 cm | 22 cm | 24 cm |
| 深 | 10 cm | 6 cm | 8 cm | 12 cm | 10 cm | 8 cm |

註：「長」代表水花長度；「高」代表水花高度；「距」代表氣泡距離；「深」代表氣泡深度。

實驗影片結果分析：

1. 葉片數量為 2 片、4 片和 6 片時，水花除了噴射到葉輪後方，也會噴射到葉輪前方至實驗水槽外，高度也較高，葉輪轉到葉片打水時，因受力轉速會明顯變慢，葉片無打到水時，轉速明顯變快，使水車運轉不穩定，會搖擺造成水面波動較大，水花較集中落入水處、產生的氣泡深度就較深。
2. 葉片數量為 8 片時，葉輪轉動較為穩定，打起的水花主要向葉輪的斜後方，較不會四處飛濺，水花長度較長，入水後的氣泡深度也較深。
3. 葉片數量為 10 片和 12 片時，因葉輪轉速逐漸變慢，打起的水花也逐漸減少。

(二) 水流流速的測量與轉換

表 5-4 不同葉片數量對流速的影響

| 葉片數量 (片) | 吃水轉速 (rpm) | | 10 公分流速 (cm/s) | | 15 公分流速 (cm/s) | | 20 公分流速 (cm/s) | | 25 公分流速 (cm/s) | |
|-------------|---------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| 2 | 340.66 | 1.03 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 285.76 | 1.71 | 28.72 | 2.45 | 10.01 | 0.79 | 8.20 | 0.42 | 6.08 | 0.54 |
| 6 | 247.32 | 1.62 | 31.74 | 0.54 | 23.22 | 0.76 | 19.98 | 0.39 | 17.17 | 0.40 |
| 8 | 212.61 | 1.95 | 34.45 | 0.29 | 28.41 | 0.92 | 23.17 | 0.88 | 19.91 | 1.01 |
| 10 | 184.58 | 1.64 | 40.31 | 1.92 | 24.97 | 1.74 | 17.62 | 1.08 | 14.17 | 0.53 |
| 12 | 179.76 | 2.46 | 47.02 | 1.28 | 31.52 | 1.20 | 24.27 | 1.42 | 20.75 | 1.01 |

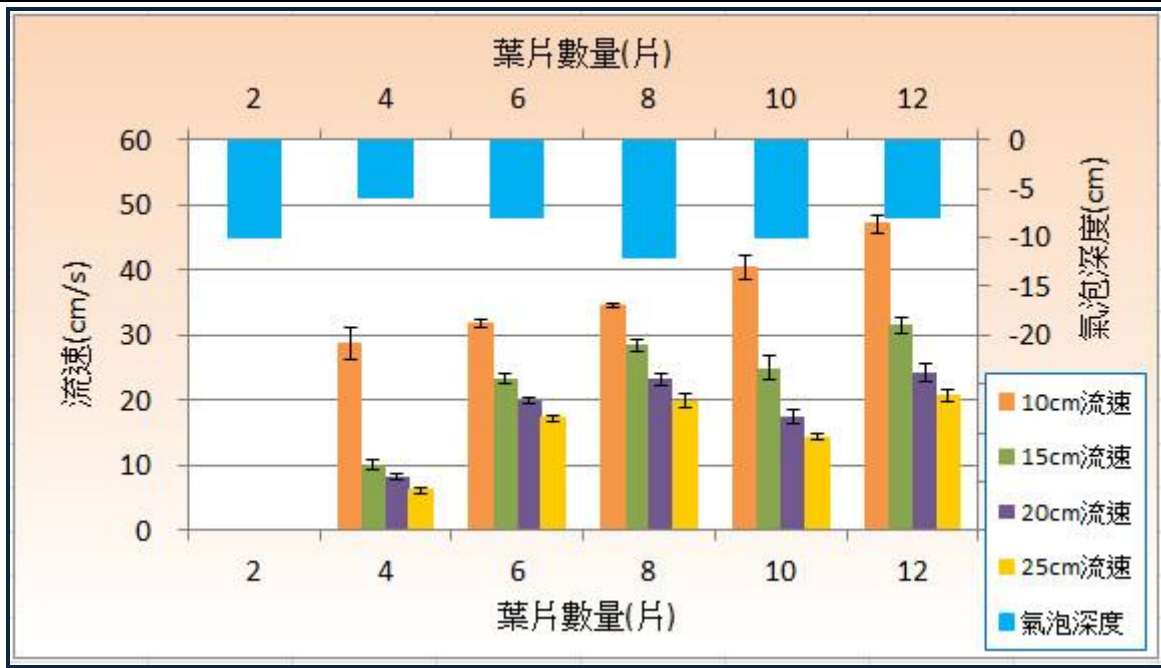


圖 5-2 不同葉片數量對流速與氣泡深度的關係圖

實驗數據結果分析：

1. 葉片數量為 2 片時，因吃水轉速快，水被葉片帶離水面後，主要向上方噴射，另外水花也有四處噴射的情況，而二次向上噴射的主要水流和水花落入水面後，也出現一小段間隔時間，使葉輪後方無法產生明顯向後的水流，故測量不到流速。
2. 隨著葉片數量的增加，葉輪吃水轉速有變慢的趨勢，但葉輪後方的水流流速卻有增加的趨勢，原因是葉輪打起的水花減少，轉而在推動向後流動的水流，使流速增加。
3. 考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片數量為 8 片為較佳。



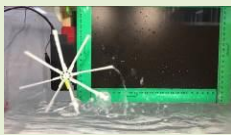
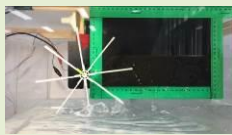


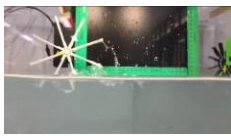
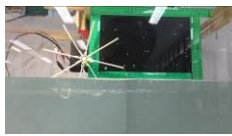
三、水車式增氧機相同葉輪吃水深度與葉片數量，不同的葉片形式對水花與水流的影響。

- (一) 葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響。

1.水花與氣泡的觀察

慢動作與手動影格的播放方式，觀察記錄水花的長度與高度，以及水氣泡的距離與深度。

表 5-5 不同葉片長度，水花和氣泡的情況

| 葉長 | 30 mm | 50 mm | 70 mm | 90 mm |
|------|---|---|--|---|
| 水花照片 |  |  |  |  |
| 長度 | > 30 cm | 23 cm | 8 cm | 6 cm |
| 高度 | > 20 cm | 17 cm | 10 cm | 9 cm |
| 氣泡照片 |  |  |  |  |
| 距離 | 18 cm | 21 cm | 17 cm | 15 cm |
| 深度 | 4 cm | 7 cm | 2 cm | 1.5 cm |

註：表中「葉長」代表葉片長度；「長度」代表水花長度；「高度」代表水花高度；「距離」代表氣泡距離；「深度」代表氣泡深度。

實驗影片結果分析：

- (1)葉片長度為 30mm 時，葉輪轉速快，但因葉片打水面積較小，水花噴濺雖然較高較遠，但量較少，小水花可噴到實驗水槽外，較大水花與水流集中在長度 15 公分處。
- (2)葉片長度為 50mm 時，水花的長度和高度都比葉片長度為 70mm 和 90mm 來得較長較高，水花的量也較葉片長度 30mm 多，因此水花落入水面後產生的氣泡深度也較深。
- (3)葉片長度為 70mm 和 90mm 時，因葉輪轉速明顯變慢，水花也就明顯變少。

2.水流流速的測量與轉換

表 5-6 不同葉片長度對流速的影響

| 葉片 長度 (mm) | 入水轉速 (rpm) | | 10 公分流速 (cm/s) | | 15 公分流速 (cm/s) | | 20 公分流速 (cm/s) | | 25 公分流速 (cm/s) | |
|------------------|---------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| 30 | 649.78 | 2.90 | 38.50 | 2.19 | 81.76 | 2.79 | 72.05 | 1.30 | 57.92 | 2.30 |
| 50 | 212.03 | 2.20 | 34.41 | 0.28 | 28.56 | 0.87 | 23.53 | 0.82 | 20.10 | 1.09 |
| 70 | 103.66 | 0.92 | 22.76 | 0.27 | 10.41 | 0.44 | 7.56 | 0.30 | 4.36 | 0.21 |
| 90 | 73.80 | 0.95 | 13.62 | 0.43 | 4.45 | 0.34 | - | - | - | - |

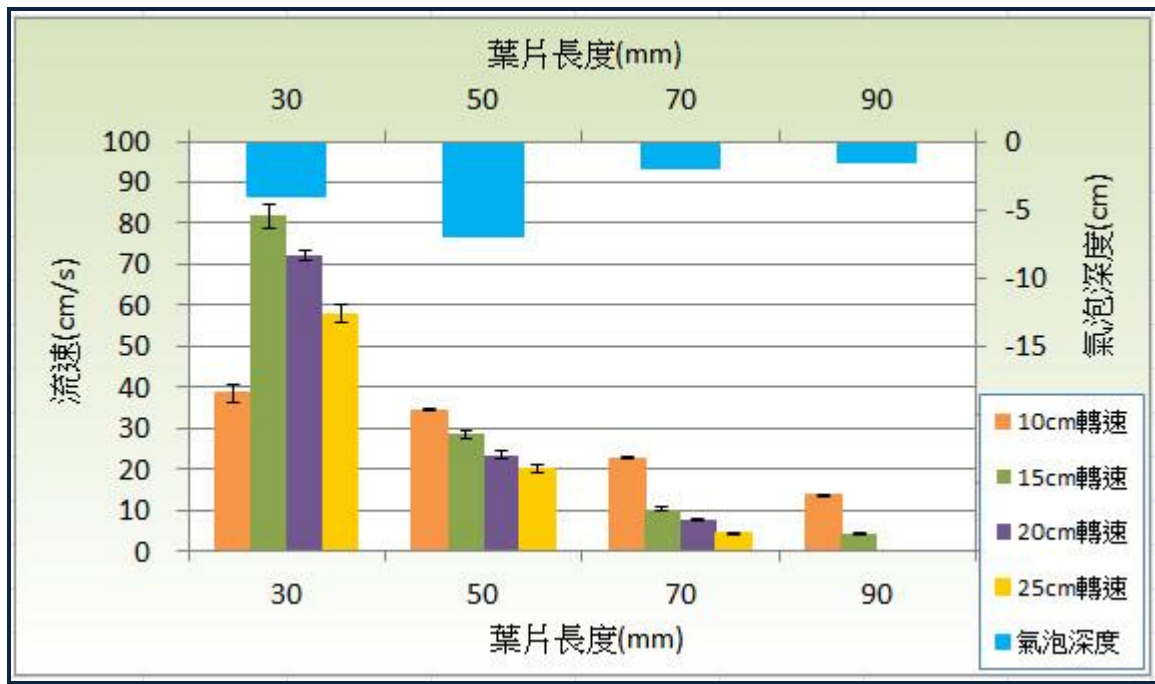


圖 5-3 不同葉片長度對流速與氣泡深度的關係圖

實驗數據結果分析：

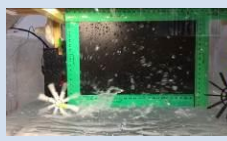
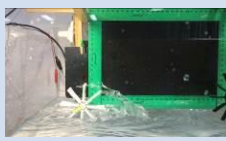
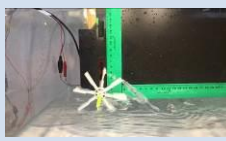
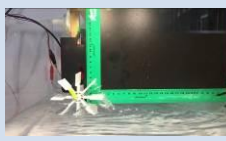



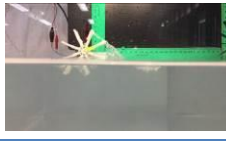
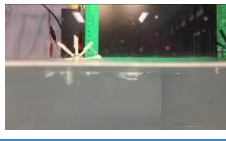
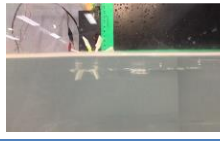
- (1) 葉片長度為 30mm 時，因葉輪轉速較快，將主要的水流和水花潑向葉輪後方約 15 公分處，造成 10 公分處的流速變低。
- (2) 葉片長度為 70mm 和 90mm 時，除了葉輪重量明顯增加，另外打水所需要的力矩也隨著力臂的增加而增加，因此葉輪轉速明顯變慢，也造成葉輪後方的水流流速變低，葉片長度為 90mm，在葉輪後方 20cm 和 25cm 處已測不到流速。
- (3) 從本實驗結果發現，葉片較短時，可以減輕葉片重量，同時因為葉片打水時，所需要的力矩也較小，因此相同條件下，較短的葉輪可以得到較高的轉速。
- (4) 在本實驗中，考量水花和氣泡的情況，葉片長度為 50mm 為較佳，但後續實驗要增加葉片的寬度，會增加葉片重量，打水時也會增加力矩，因此後續的實驗葉片長度會以葉片長度為 30mm 為較佳選擇。

(二) 葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響。

1. 水花與氣泡的觀察

慢動作與手動影格的播放方式，觀察記錄水花的長度與高度，以及水氣泡的距離與深度。

表 5-7 不同葉片寬度，水花和氣泡的情況

| 葉寬 | 12 mm | 20 mm | 30 mm | 40 mm | 50 mm |
|----------|---|---|---|--|---|
| 水花 照片 |  |  |  |  |  |
| 長度 | > 30 cm | 10 cm | 6 cm | 4 cm | 3 cm |
| 高度 | > 20 cm | 7 cm | 5 cm | 4 cm | 3 cm |
| 氣泡 照片 |  |  |  |  |  |
| 距離 | 18 cm | 17 cm | 10 cm | 6 cm | 4 cm |
| 深度 | 4 cm | 6 cm | 4 cm | 2 cm | 1 cm |

註：表中「葉寬」代表葉片寬度；「長度」代表水花長度；「高度」代表水花高度；「距離」代表氣泡距離；「深度」代表氣泡深度。

實驗影片結果分析：

- (1) 葉片寬度為 12mm 時，葉輪轉速快，但因葉片打水面積較小，水花噴濺雖然較高較遠，但量較少，小水花可噴到實驗水槽外，較大水花與水流集中在長度 15 公分處。
- (2) 葉片寬度為 20mm 時，水花與水流較為集中，量也較多，但葉輪打水，像是潑水一般，集中在葉輪後方 10 公分處，水面下氣泡的深度也就較深，另外有少數的水花被帶往葉輪的前方。
- (3) 葉片寬度為 40mm 和 50mm 時，已無明顯水花，只剩葉片把水帶起，再掉落回水裡。

(二) 水流流速的測量與轉換

表 5-8 不同葉片寬度對流速的影響

| 葉片 寬度 (mm) | 入水轉速 (rpm) | | 10 公分流速 (cm/s) | | 15 公分流速 (cm/s) | | 20 公分流速 (cm/s) | | 25 公分流速 (cm/s) | |
|------------------|---------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| 12 | 650.24 | 2.57 | 40.56 | 1.36 | 83.09 | 1.84 | 72.24 | 1.30 | 63.16 | 0.91 |
| 20 | 228.77 | 4.50 | 53.24 | 1.74 | 26.18 | 1.72 | 22.92 | 2.03 | 18.83 | 1.74 |
| 30 | 152.58 | 1.51 | 21.91 | 1.09 | 21.11 | 1.00 | 19.85 | 0.66 | 17.97 | 2.00 |
| 40 | 105.35 | 0.91 | 28.72 | 0.68 | 25.90 | 1.65 | 22.30 | 1.78 | 21.19 | 1.62 |
| 50 | 91.74 | 1.64 | 26.55 | 0.75 | 23.05 | 0.86 | 20.32 | 0.26 | 16.85 | 0.80 |

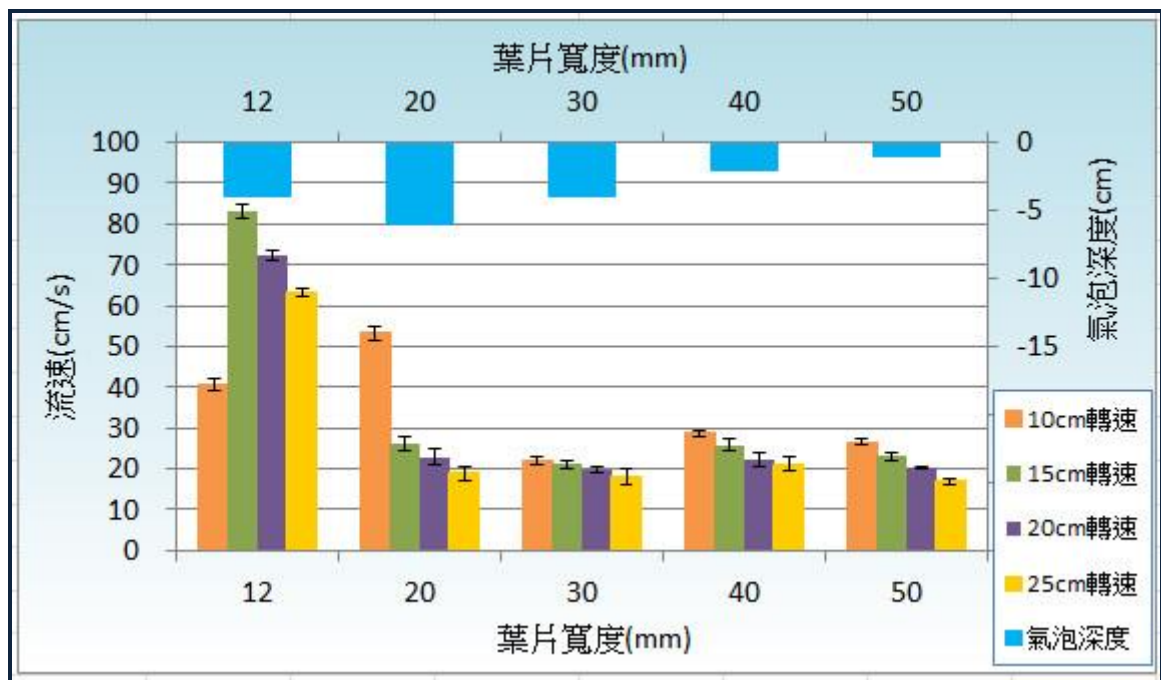


圖 5-4 不同葉片寬度對流速與氣泡深度的關係圖

實驗數據結果分析：

- (1)葉片寬度為 12mm 時，因葉輪轉速較快，將主要的水流和水花潑向葉輪後方約 15 公分處，造成 10 公分處的流速變低。
- (2)葉片寬度為 20mm 時，因葉輪轉速變慢，將主要的水流和水花潑向葉輪後方約 10 公分處，使 10 公分處的流速增高。
- (3)葉片寬度為 30mm 時，隨著葉輪轉速的變慢，水花也就減少，氣泡的深度就變淺，而且葉輪後方的水流流速也變慢。
- (4)考量水花和氣泡的狀況，葉片寬度為 20mm 是較佳的選擇。

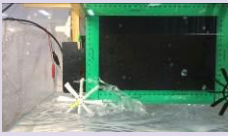


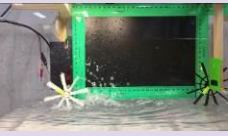
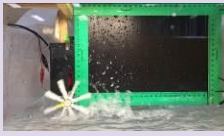

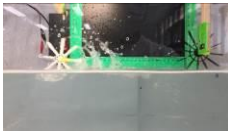
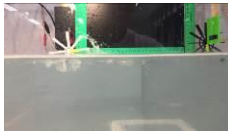
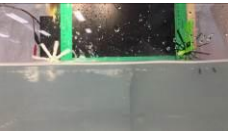
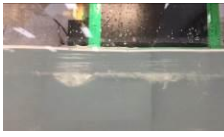
四、水車式增氧機葉輪相同葉片大小，不同孔洞形式對水花與水流的影響。

(一)不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響。

1.水花與氣泡的觀察

慢動作與手動影格的播放方式，觀察記錄水花的長度與高度，以及水氣泡的距離與深度。

表 5-9 不同寬度長形孔，水花和氣泡的情況

| 孔寬 | 無孔 | 2 mm | 3 mm | 4 mm | 5 mm |
|----------|---|---|---|--|---|
| 水花 照片 |  |  |  |  |  |
| 長度 | 10 cm | 13 cm | 18 cm | 11 cm | 12 cm |
| 高度 | 7 cm | 9 cm | 9 cm | 12 cm | 17 cm |
| 氣泡 照片 |  |  |  |  |  |
| 距離 | 17 cm | 23 cm | 17 cm | 18 cm | 23 cm |
| 深度 | 6 cm | 11 cm | 5 cm | 6 cm | 7 cm |

註：表中「孔寬」代表葉片長形孔寬度；「長度」代表水花長度；「高度」代表水花高度；「距離」代表氣泡距離；「深度」代表氣泡深度。

實驗影片結果分析：

- (1)葉片為無孔時，水花高度較低，水花也較少，但打起接近水面的水流較多，落於 10 公分處。
- (2)葉片為寬度 2mm 的長形孔時，被葉輪打起的水花較多，被打起的水也一波一波向葉輪的斜後方拋出，造成氣泡深度較深，水花也有向葉輪前方噴濺的情形。
- (3)葉片為寬度 5mm 的長形孔時，因轉速較快，打水面積較少，打起的水花較少，水花會向上和葉輪前方噴濺，但打起接近水面的水流較多，落於 10 公分處。

2.水流流速的測量與轉換

表 5-10 不同寬度長形孔對流速的影響

| 長孔 寬度 (mm) | 吃水轉速 (rpm) | | 10 公分流速 (cm/s) | | 15 公分流速 (cm/s) | | 20 公分流速 (cm/s) | | 25 公分流速 (cm/s) | |
|------------------|---------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| 無孔 | 228.69 | 4.31 | 53.78 | 2.03 | 25.41 | 1.99 | 22.42 | 1.66 | 18.85 | 1.72 |
| 2 | 257.88 | 4.08 | 58.80 | 1.31 | 23.32 | 1.47 | 15.68 | 0.78 | 10.98 | 0.22 |
| 3 | 278.55 | 2.86 | 28.81 | 1.24 | 23.93 | 1.67 | 20.91 | 1.60 | 19.31 | 1.26 |
| 4 | 354.79 | 3.48 | 38.27 | 1.54 | 33.22 | 0.51 | 26.62 | 1.70 | 23.68 | 2.04 |
| 5 | 422.85 | 2.85 | 58.11 | 0.82 | 31.31 | 0.97 | 28.85 | 0.94 | 27.80 | 1.71 |

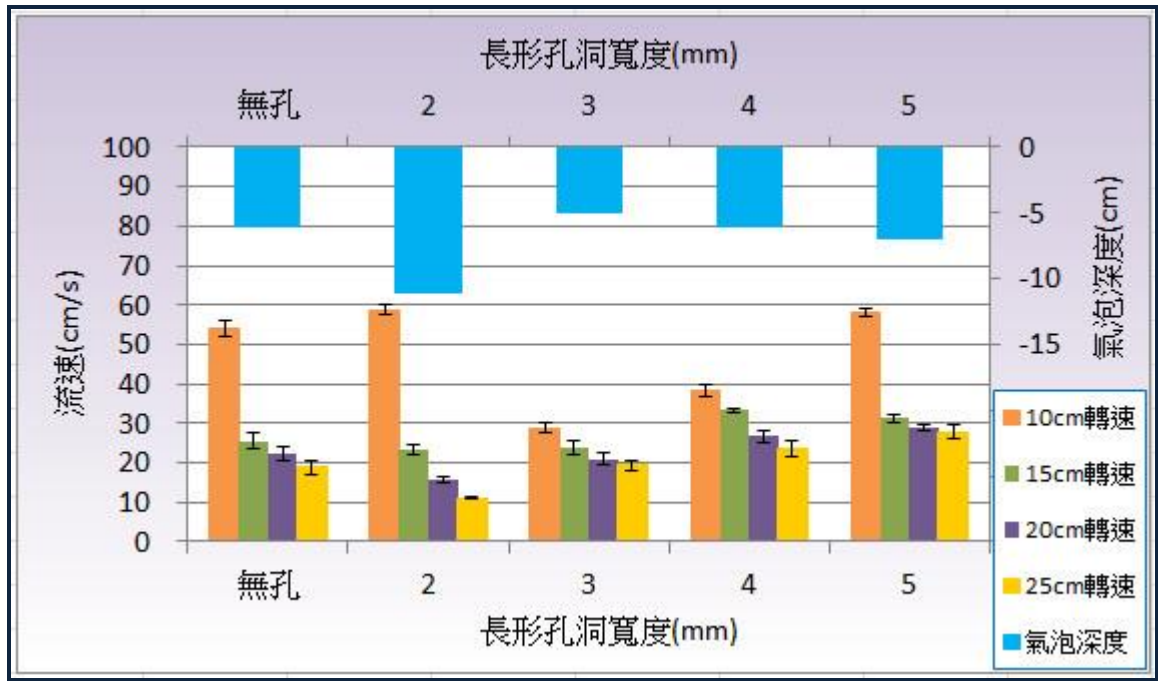


圖 5-5 不同寬度長形孔對流速與氣泡深度的關係圖

實驗數據結果分析：





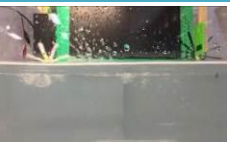
- (1)葉片為無孔時，吃水轉速較慢，水花高度較低，氣泡的深度也較低。
- (2)葉片為寬度 2mm 的長形孔時，被葉輪打起的水一波一波向葉輪的斜後方拋出，造成葉輪後方 10 公分的流速較快。
- (3)葉片為寬度 3mm 的長形孔時，葉輪轉速雖增加，但打水面積變少，此條件時，水花少，接近水面被打起的水流也少，是較不佳的狀況。
- (4)考量水花和氣泡的狀況，葉片長形孔為寬度 2mm 為較佳。

(二)不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響。

1.水花與氣泡的觀察

表 5-11 不同直徑圓形孔，水花和氣泡的情況

| 孔徑 | 無孔 | 2 mm | 3 mm | 4 mm | 5 mm |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 水花照片 | | | | | |
| 長度 | 10 cm | 11 cm | 9 cm | 11 cm | 14 cm |
| 高度 | 7 cm | 9 cm | 8 cm | 11 cm | 14 cm |

| | | | | | |
|------|---|---|---|--|---|
| 氣泡照片 |  |  |  |  |  |
| 距離 | 17 cm | 18 cm | 16 cm | 20 cm | 22 cm |
| 深度 | 6 cm | 6 cm | 7 cm | 9 cm | 12 cm |

註：表中「孔徑」代表葉片圓孔直徑；「長度」代表水花長度；「高度」代表水花高度；「距離」代表氣泡距離；「深度」代表氣泡深度。

實驗影片結果分析：

- (1)葉片無孔時，水花高度較低，水花也較少，打起接近水面的水流較多，落於 10 公分處。
- (2)葉片圓形孔直徑為 2mm 時，水花較為集中，高度較低，一波一波向葉輪斜後方拋出。
- (3)葉片圓形孔直徑為 5mm 時，打出的水花較平均，且較高較遠，因此落入水面產生的氣泡距離也較遠，深度也較深。

2.水流流速的測量與轉換

表 5-12 不同直徑圓形孔對流速的影響

| 圓孔直徑 (mm) | 吃水轉速 (rpm) | | 10 公分流速 (cm/s) | | 15 公分流速 (cm/s) | | 20 公分流速 (cm/s) | | 25 公分流速 (cm/s) | |
|-----------|------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| 無孔 | 228.69 | 4.31 | 53.78 | 2.03 | 25.41 | 1.99 | 22.42 | 1.66 | 18.85 | 1.72 |
| 2 | 264.58 | 3.11 | 56.03 | 1.45 | 27.13 | 2.45 | 22.38 | 1.16 | 17.05 | 1.55 |
| 3 | 279.28 | 2.94 | 57.62 | 1.45 | 31.21 | 1.89 | 21.82 | 1.62 | 15.83 | 0.39 |
| 4 | 290.20 | 3.20 | 61.06 | 1.21 | 23.28 | 1.50 | 19.34 | 1.58 | 15.05 | 1.02 |
| 5 | 301.01 | 3.68 | 29.02 | 1.19 | 21.63 | 1.59 | 15.31 | 0.80 | 12.29 | 0.59 |

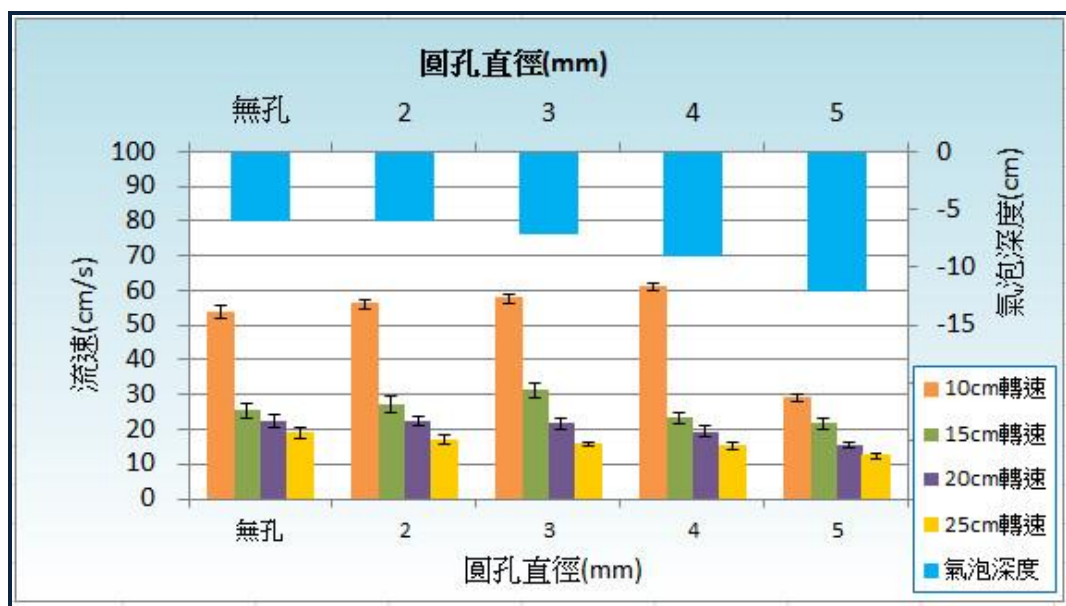


圖 5-6 不同直徑圓形孔對流速與氣泡深度的關係圖

實驗數據結果分析：

- (1)葉片為無孔或圓孔直徑 2mm 時，吃水轉速較慢，水花高度較低，氣泡的深度也較低。
- (2)葉片圓形孔直徑為 5mm 時，葉輪後方的流速與其他不同圓孔直徑相比時，較為低，因葉輪較輕、打水面積較少，吃水轉速就較快，把水花打的較高較遠，有向葉輪前方噴濺。
- (3)考量水花和氣泡的狀況，葉片圓形孔直徑為 5mm 為較佳。

五、水車式增氧機葉輪後方增加導流管對水流的影響。

(一)配合水車葉輪後方水花長度的主要入水位置，選擇適當的導流管入水口處位置，如圖 5-7。

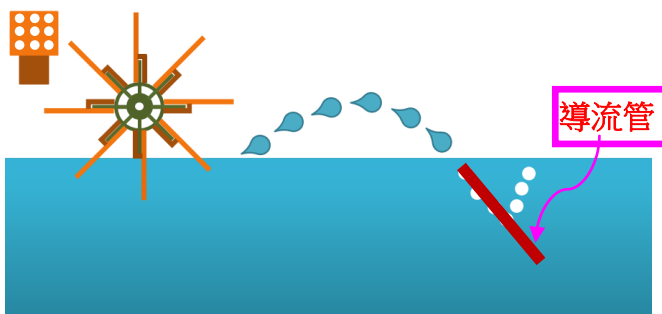


圖 5-7 導流管適當入水口處位置

表 5-13 不同導流管角度的脈衝數

| 導流管 角度(度) | 脈衝次數(次/秒) | |
|--------------|-----------|------|
| | M | SD |
| 30 | 8.3 | 0.46 |
| 45 | 10.4 | 0.49 |
| 60 | 7.5 | 0.50 |
| 75 | 1.5 | 0.50 |

(二) 經實驗數據分析結果，導流管角度為 45 度時，流量計的脈衝數平均為 10.4 次/秒，是較佳的導流管角度選擇。

(三)從實驗觀察中，我們發現導流管入口處的水流是從斜上方和前方而來，此時從前方來的水流會被導流管的管口所阻擋，減少了導流的效果，因此將導流管入口處配合水流方向與角度予以斜切(圖 5-13)，增加導流效果，實際測試結果，導流效果的確明顯提升。如圖 5-14、圖 5-15。

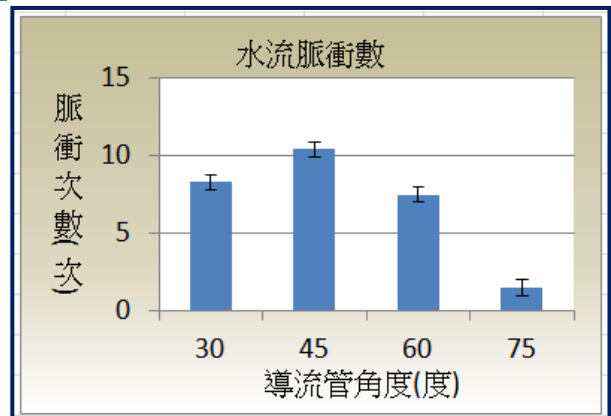


圖 5-8 不同導流管角度的脈衝數

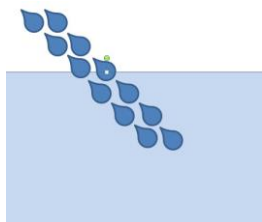


圖 5-9 水花落下的位能

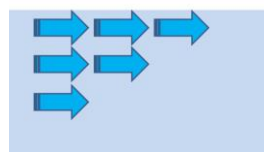


圖 5-10 水流的動能

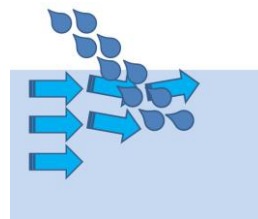


圖 5-11 增加效果

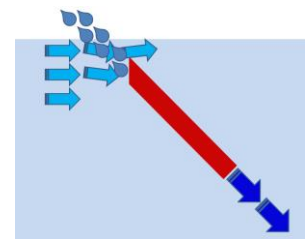


圖 5-12 導流管的導流

(四)考慮避免造成底層砂土被擾動而產生混濁，可將導流管出口處予以向上的轉彎，如圖 5-16，但轉彎角度不可過大，避免導流效果變差。

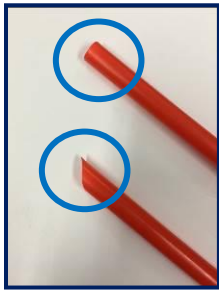


圖 5-13 入口斜切 圖 5-14 入口無切效果 圖 5-15 入口斜切後效果 圖 5-16 出口向上轉彎

六、設計可移動旋轉式的水車增氧機。

(一)二臺水車要能移動旋轉，首先要克服供電的問題，因為兩條供電電線會因不斷的旋轉而扭轉在一起，最後可能會扭成一團，長度縮短的拉扯使電線斷掉，因此我們就以兩個可以導電的環狀導電環分別接正電和負電，中間以絕緣體隔開，再利用雙腳釘的導電性與彈性，作為水車馬達電線連接導電環，如此可以達到旋轉而電線不扭轉的目標。如圖 5-17。

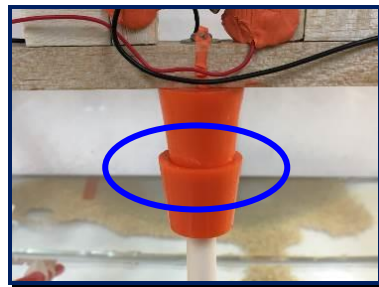
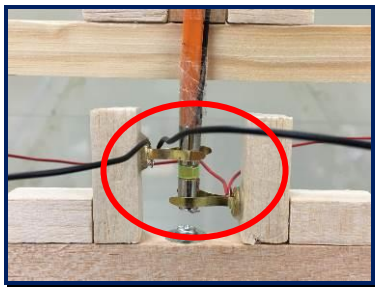


圖 5-17 可旋轉式供電裝置 圖 5-18 旋轉摩擦力適中 圖 5-19 可移動旋轉式水車

(二)我們以摩擦力較小的轉動情形，透過調整電力大小，測量葉輪轉速與產生的推力，再將推力乘上旋轉的力臂(14cm)得到，水車轉動時產生的力矩大小，如下統計圖表。發現電力愈強，水車葉輪轉速愈高，產生的力矩也愈大。

表 5-14 不同電力對葉輪轉速、推力與力矩

| 電力 | 葉輪轉速(rpm) | | 推力(g) | | 力矩(g-cm) | |
|------|-----------|------|-------|------|----------|-------|
| | M | SD | M | SD | M | SD |
| 1A1V | 193.99 | 2.94 | 8.9 | 0.94 | 124.6 | 13.21 |
| 2A2V | 302.34 | 3.00 | 19.3 | 0.78 | 270.2 | 10.93 |
| 3A3V | 415.78 | 3.16 | 29.1 | 0.70 | 407.4 | 9.80 |
| 4A4V | 515.62 | 3.00 | 37.8 | 0.75 | 529.2 | 10.48 |
| 5A5V | 594.50 | 2.86 | 44.5 | 0.81 | 623.0 | 11.29 |

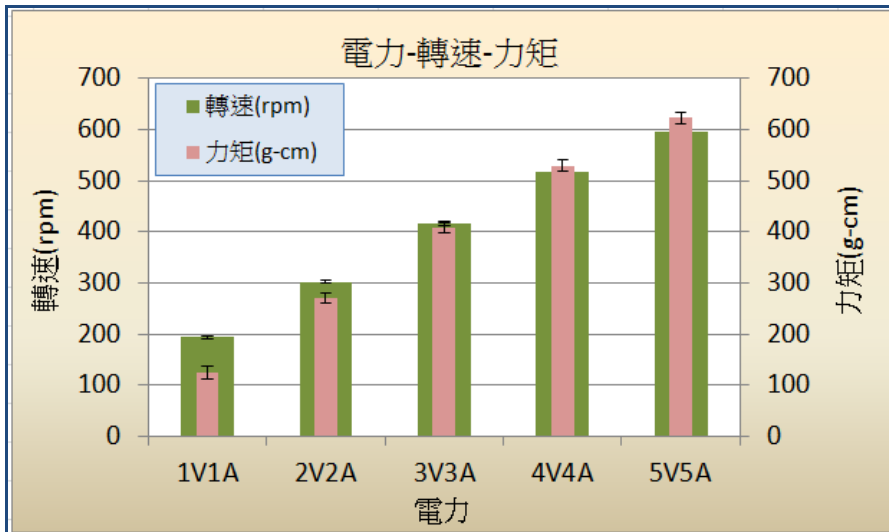


圖 5-16 不同電力對葉輪轉速與力矩的關係

(三)必須考量二臺水車所產生的力矩，對應需要設定二臺水車旋轉的摩擦力，才能達到水車既能轉動產生適當的水流或水花，又能以適當的速度進行移動旋轉，我們以摩擦係數較高的橡膠為接觸面，如圖 5-18。成功讓水車以適當的速度進行旋轉，同時葉輪產生適當的水流和水花，也成功透過葉輪後方的導流管，將接近水面的水導流到較深的水域，如圖 5-19。

(四)為了確認可移動旋轉水車的增氧效果，我們使用溶解氧檢測儀進行測量，如圖圖 5-20。

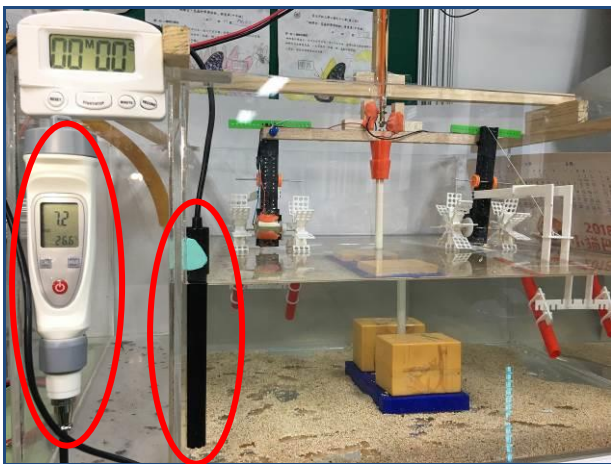


圖 5-20 使用溶解氧檢測儀測量不同增氧方式

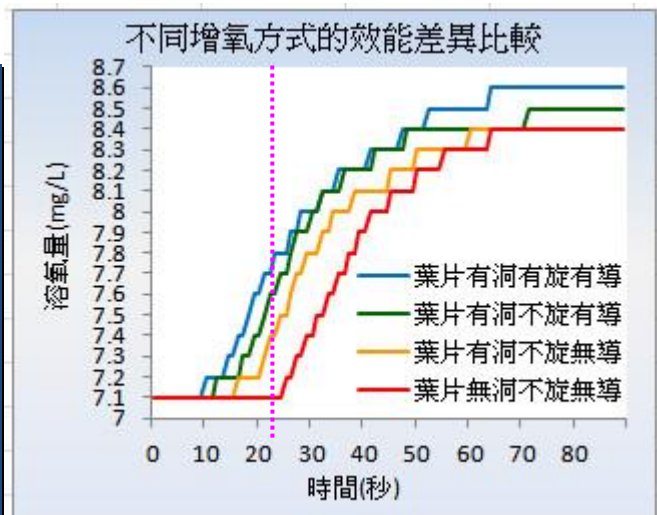


圖 5-21 不同增氧方式的溶氧量變化比較圖

在電壓為 4 伏特、電流為 2 安培、葉片為 8 片、葉片長度 30mm、葉片寬度 20mm、葉片孔洞為 9 個直徑為 5mm 的圓孔、水車葉輪數量為 4 個、吃水深度為 20mm、水體體積為 $48\text{cm} \times 48\text{cm} \times 15\text{cm} = 34560\text{cm}^3$ (34.56 公升)，測量點的深度為 11.5cm 等控制變因下，比較下列四種不同的增氧方式的增氧效果：1.水車有旋轉且有導流管。2.水車不旋轉但有導流管。

3.水車不旋轉且無導流管。4.葉片改為無孔洞且水車不旋轉也無導流管。

結果發現：

- 1.從不同增氧方式的溶氧量變化比較圖中，如圖 5-21，在經過打水 23 秒，葉片有圓孔洞且水車旋轉有導流管的情況下，溶氧量從 7.1 增加至 7.8mg/L，提升 0.7mg/L。而葉片有圓孔洞，水車不旋轉且無導流管的情況下，溶氧量從 7.1 增加至 7.4mg/L，提升 0.3mg/L。另外葉片若無孔洞，水車不旋轉且無導流管的情況下，溶氧量仍是 7.1 mg/L。
- 2.在 90 秒的打水過程中，我們所設計的裝置有較佳的增氧效果，可提升 1.5 mg/L，其中若與葉片無孔洞且水車不旋轉也無導流管的情形比較，最大差異在前 23 秒，效能可相差 $0.7/1.5=46.67\%$ ，且最後的增氧效果也相差 0.2 mg/L。若與有葉片有孔洞但水車不旋轉也無導流管的情形比較，效能也可相差 $0.4/1.5=26.67\%$ 。

陸、討論

一、吃水深度線性增加時，打水面積並不是以線性增加，而隨著打水面積的增加，葉輪打水時所受作用力也增加，葉輪葉片寬度為 12mm，吃水深度 10mm 時，打水面積為 120mm²，吃水深度 50mm 時，打水面積變為 1500mm²，增加了 12.5 倍，因此在相同電力條件下，馬達負載增加，轉速就減慢。

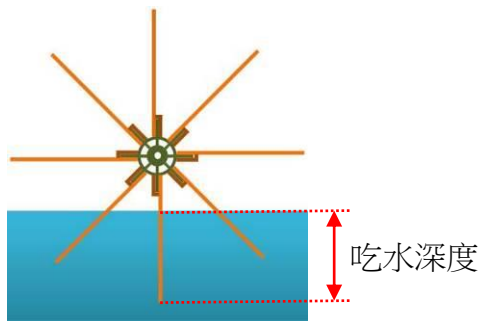


圖 6-1 吃水深度示意圖

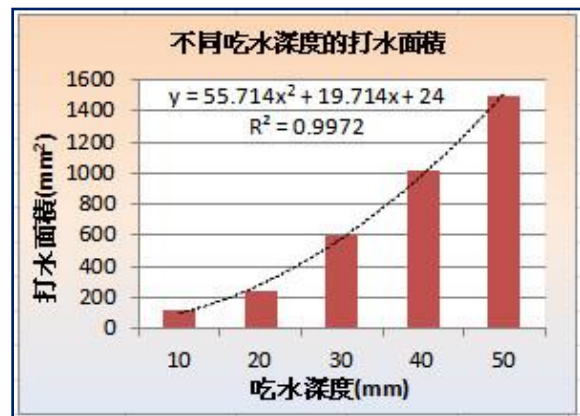


圖 6-2 不同吃水深度的打水面積變化

二、葉輪葉片較短，打水時的力矩較小，相同的電力，可以得到較高的轉速，打出較多較高的水花，但葉輪葉片也不能太短，必須考慮吃水深度要適當，才能打出適當的水花，而當葉片要短時，吃水深度要足夠，就表示馬達位置會變低而接近水面。

三、相同的電力條件下，葉輪的葉片數量愈多，葉輪重量也愈重，水車馬達負載就變大，轉速就變低(圖 6-3)，加上隨著葉輪葉片數量的增加，葉輪打水面積也增加，水車馬達打水

時負載就更大，轉速也就愈低(圖 6-4)。

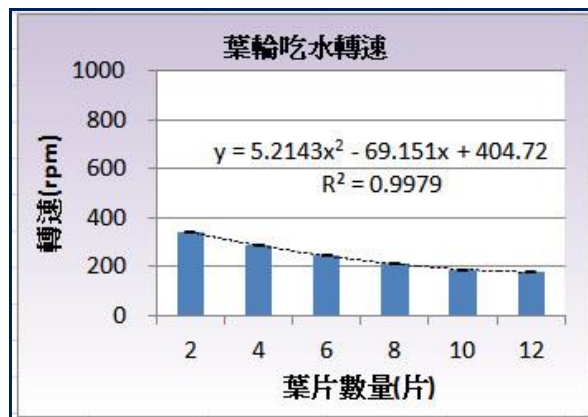
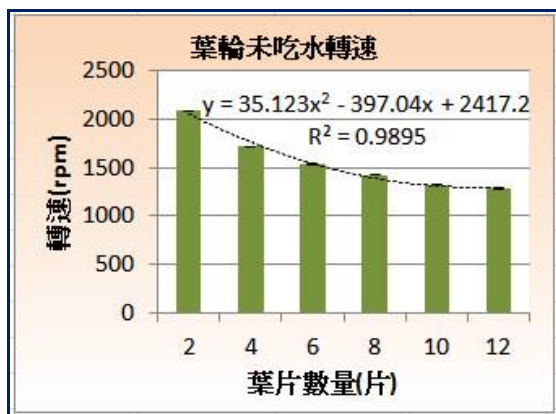


圖 6-3 不同葉片數量未吃水的轉速變化

圖 6-4 不同葉片數量吃水時的轉速變化

四、水車葉輪運轉時，若無明顯的打出水流或水花，葉輪後方的水流變化，離葉輪愈近，流速愈快；當葉輪轉動產生明顯的水流或水花被葉片從水面打到空中時，會造成水流或水花朝葉輪斜後上方離開水面到空氣中，再斜下落入水中，如圖 6-5，此時葉輪至主要水流或水花落入水面的之間的流速會較慢，而在主要水流或水花落入水面後的流速會較快。

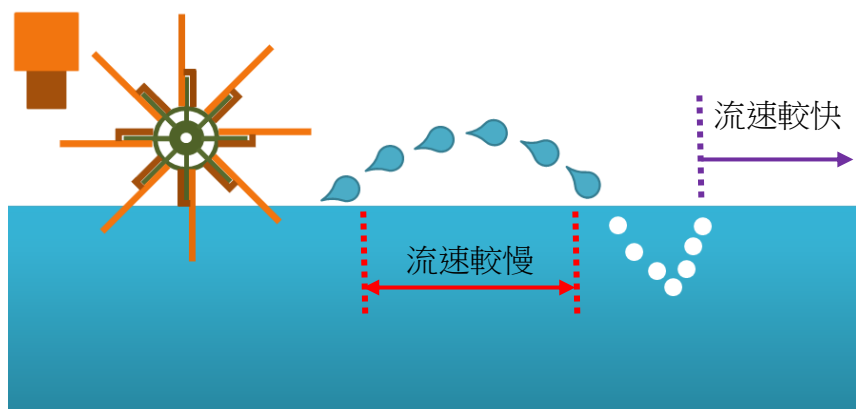


圖 6-5 葉輪後方因水花產生的流速變化示意圖

五、從實驗觀察中，我們發現水車打水時，打出的水花高度與落入水中產生氣泡的深度有關，在考量葉輪大小與轉動所需的電力情況下，想把水花打得更high，就必須使用更大的葉輪與更大的電力，否則水花無法打太高時，氣泡的深度也就受限，這也是造成水車式增氧機增氧的效果無法達到較深水域的因素。

六、可移動旋轉水車的旋轉速度若太快，除了把水車葉輪的打水的能量消耗在水車旋轉，使葉輪產生的水花會變少，經導流管導流到較深的水域效果也會變差，而在實驗觀察時，我們也發現葉輪後方的水花方向會產生偏移(圖 6-6)，不是向葉輪正後方，這也會影響到導流管入水口位置的設定。

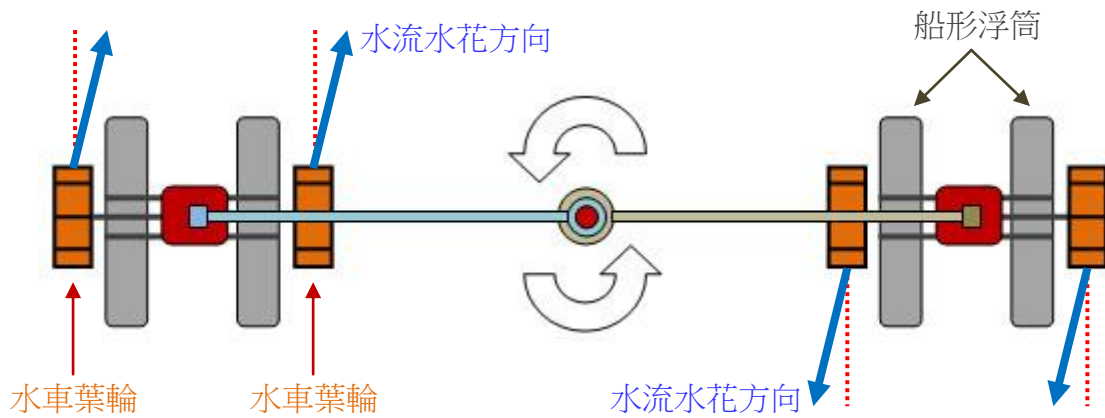


圖 6-6 可移動旋轉式水車快速旋轉時，葉輪後方的水流水花方向變化示意圖

七、相同條件下，增加電力，轉速就會增加，水花的高度和長度也隨之增加，如下表所示。

| 電流電壓 | 3V2A | 4V2.5A | 5V3A | 5V3.5A |
|------|------|--------|------|--------|
| 水花照片 | | | | |

但增加電力，就會增加能源的消耗，同時電費成本也會隨之變高。

柒、結論

- 一、水車式增氧機葉輪吃水深度較淺，水花高又長，但量少，葉輪後方水流流動較慢；吃水深度愈深，水花的高度和長度都減小，葉輪後方的水流流速也有變慢的趨勢。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以吃水深度為 20mm 為較佳。
- 二、水車式增氧機葉輪葉片數量太少時，水花會四處飛濺，葉輪後方的水流流速也會較慢，葉片數量太多時，水花高度和長度會減小，而葉輪後方的水流流速會增快。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片數量為 8 片較佳。
- 三、水車式增氧機相同葉輪吃水深度與葉片數量，不同的葉片形式對水花與水流的影響。
 - (一)葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響。

葉片較短時，水花較高也較長，葉輪後方的水流流速也較快；葉片較長時，水花較低也較短，葉輪後方的水流流速也較慢。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片長度 50mm 較佳。但後續實驗要增加葉片的寬度，會增加葉片重量，打水時也會增加力矩，因此後續的實驗會以葉片長度為 30mm 為較佳選擇。

(二)葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響。

葉片寬度較窄時，水花較高也較長，葉輪後方的水流流速也較快；葉片寬度較寬時，水花較低也較短，葉輪後方的水流流速也較慢。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片寬度 20mm 較佳。

四、水車式增氧機葉輪相同葉片大小，不同孔洞形式對水花與水流的影響。

(一)不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響。

長形孔洞寬度較窄，水花較多，但高度較低，長度也較短，葉輪後方的水流流速也會較慢；長形孔洞寬度較寬，水花較少，但高度較高，長度也較長，葉輪後方的水流流速也會較快。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片寬度為 2mm 的長形孔較佳。

(二)不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響。

圓形孔洞直徑較小，水花較多，但高度較低，長度也較短，葉輪後方的水流流速也會較快；圓形孔洞直徑較大，水花較均勻，高度較高，長度也較長，但葉輪後方的水流流速會較慢。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片直徑為 5mm 的圓形孔較佳。

五、水車式增氧機葉輪後方主要水花和水流落入水面處的下方，增加角度與水面夾 45 度的導流管，可以將表層溶氧較高的水，導流至較深的水域。

六、綜合上述的研究結果，我們選用吃水深度 20mm、葉片數量 8 片、葉片長度 30mm、葉片寬度 20mm、葉片孔洞直徑為 5mm、導流管角度為 45 度等為條件，設計出可移動旋轉式的水車式增氧機，如圖 7-1。進而設計符合結構簡單、耐用且便宜的漂浮式增氧機，圖 7-2。

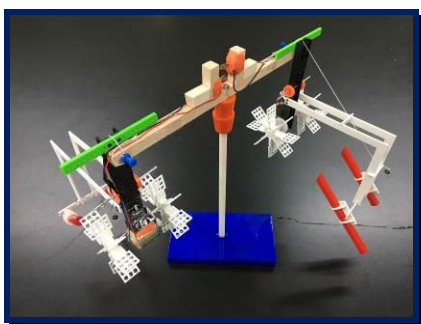


圖 7-1 懸吊式設計(實驗用)

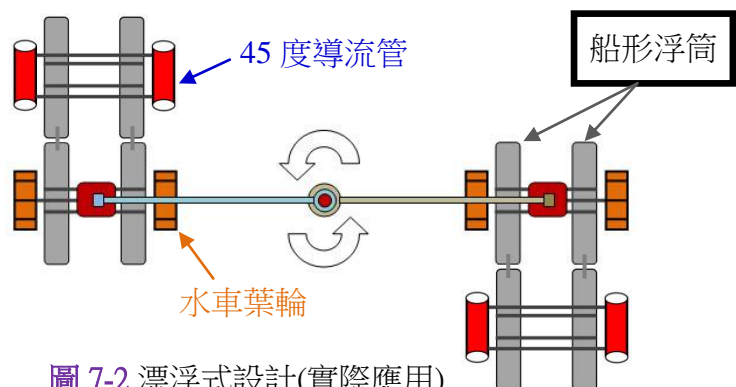


圖 7-2 漂浮式設計(實際應用)

七、我們在研究中，採取懸吊式的方式來固定水車增氧機，因考慮旋轉槓桿兩邊的平衡，所

以我們在旋轉槓桿兩邊都有水車增氧機的設計，若實際應用於養殖池，在增氧效能足夠時，則可以考慮使用一臺漂浮式的水車增氧機以固定中心進行旋轉式的移動，如此更可以減少單一養殖池水車增氧機的數量。如圖 7-3、圖 7-4。

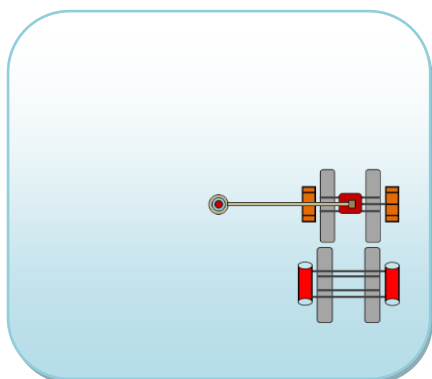


圖 7-3 正方形養殖池水車示意圖

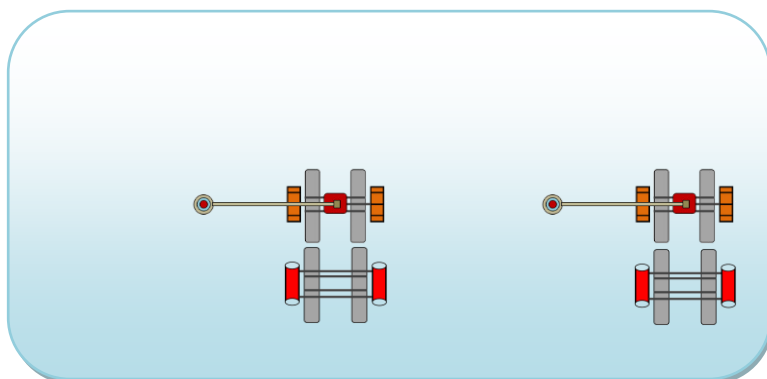


圖 7-4 長方形養殖池水車示意圖

八、**未來展望**：我們從模擬的實驗中，找出了葉片形式對水花及水流的影響關係，還針對目前水車式增氧機的缺點進行改良，成功找出了可提升 26.67% 的增氧效能的「導」「轉」水車增氧機設計，我們帶著研究結果拜訪桃園市養殖漁業發展協會胡榕展理事長，他肯定我們的研究也期待我們的成品能早日上市，我們也期待能在真正的養殖池，進行現場的實作與探究，以我們的研究發現，應用於實際的養殖池，除了能幫助漁民節省成本，更名為節能盡一份心力。

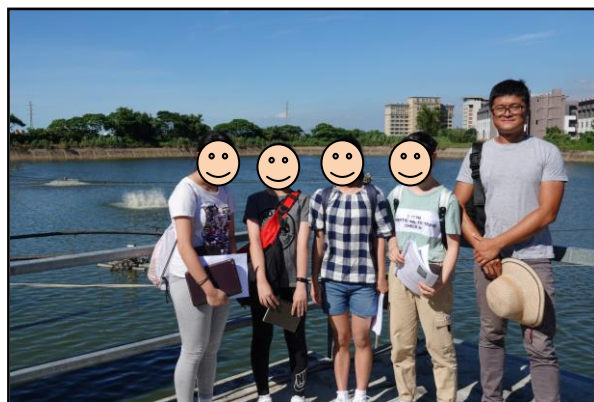


圖 7-5 訪談桃園市養殖漁業發展協會理事長

捌、參考資料

洪薇棋、許靖雯、周采萱·風生水起-直立式風力魚塭曝氣器之研究。中華民國第五十六屆中小學科學展覽會，國中組生活與應用科學科。

莊栩然、吳祐全、邱韻庭·水中溶氧度的探討。中華民國第五十三屆中小學科學展覽會，高中組物理科。

簡伯任、林聖哲、林俊結、孫志發·水的呼吸—水中溶氧量的研究。中華民國第三十九屆中小學科學展覽會，國小組物理科。

泰義工業股份有限公司，養殖用水車。取自 <https://www.taiyih-sun.com.tw/c/product-3.htm>

【評語】 080107

本作品探討什麼形式的水車會有較佳的增氧效果，類似的科展作品相當的多，但本件作品控制變因做得相當完整，並利用實驗最優化水車會的增氧效果，並且對其觀測到的現象提出合理的解釋。

其中實驗發現葉片如果有打不同直徑的圓形孔洞的增氧效果較佳，而且隨的孔洞直徑增加氣泡深度隨之增加，這個現象非常有趣，值得進一步的深入探討。另外，增加氣泡深度未必等同於含氧量增加，應該還要考慮水流的速度和快慢，本作品是一件具有實用價值且具有鄉土風味的佳作。

摘要

我們發現葉片有不同的形式，而且隨著養殖池的大小不同，也會有不同數量的水車式增氧機，究竟什麼形式的水車會有較佳的增氧效果呢？我們自行設計製作了水車打水相關的裝置進行模擬實驗，結果發現：在相同電力的條件下，吃水深度不可太深(20mm)、葉輪葉片數量為8片、葉片長度較短(30mm)、葉片寬度不可太寬(20mm)、且葉片上有孔洞(9個直徑5mm的圓孔)，可以得到較高較遠的水花，落入水中產生的氣泡會較深，葉輪後方的流速也能較快；而在水車葉輪後方加裝導流管，可將水面溶氧量較高的水導流至較深的水域，加上可移動旋轉式水車增氧機的設計，可提升26.67%的增氧效能，更可減少同一養殖池水車的數量。

壹、研究動機

暑假到宜蘭礁溪遊玩時，經過一大片的漁業養殖區，看見一個又一個的養殖池，池面有個東西，不斷的打出白色的水花，心裡就產生疑問，為什麼需要這個東西呢？仔細一看，是一臺像水車的機器，浮在水面上利用水車葉片的旋轉，把水打到水面上方的空氣中，形成白色的水花，一個養殖池同時有好幾個，有些在運轉，有些卻是靜止不動的，這又是為什麼呢？

貳、研究目的

- 一、水車式增氧機葉輪不同吃水深度對水花與水流的影響。
- 二、水車式增氧機葉輪不同葉片數量對水花與水流的影響。
- 三、水車式增氧機相同葉輪吃水深度與葉片數量，不同的葉片形式對水花與水流的影響。
 - (一) 葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響。
 - (二) 葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響。
- 四、水車式增氧機葉輪相同葉片大小，不同孔洞形式對水花與水流的影響。
 - (一) 不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響。
 - (二) 不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響。
- 五、水車式增氧機葉輪後方增加導流管對水流的影響。
- 六、設計可移動旋轉式的水車增氧機。

參、研究設備及器材

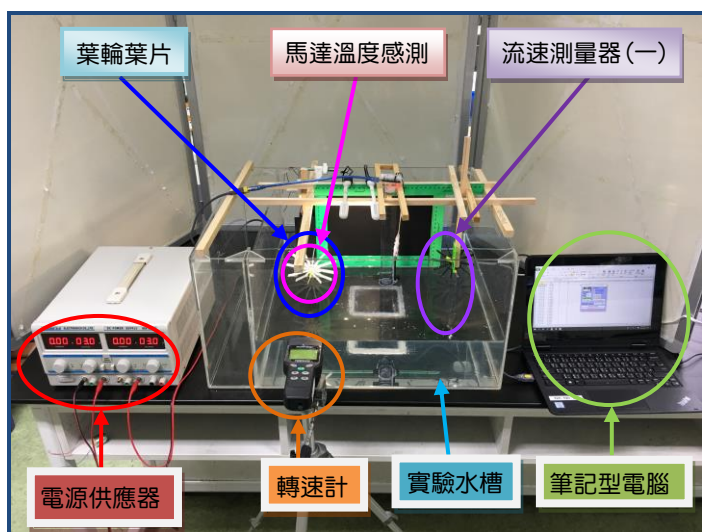


圖 1 水車打水實驗裝置

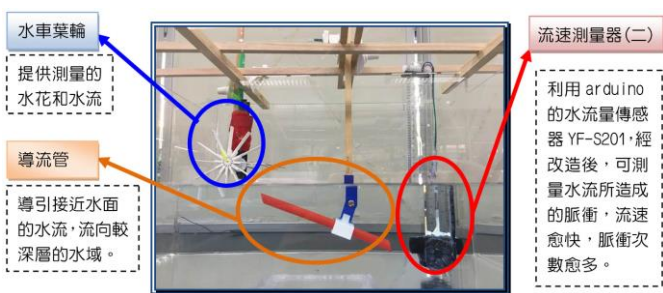


圖 2 導流管實驗裝置

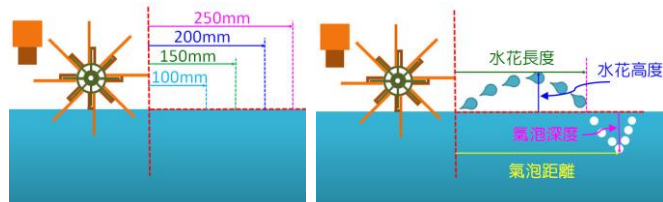


圖 3 葉輪後方水流位置示意圖 圖 4 水花和氣泡測量示意圖

肆、研究過程及方法

一、水車式增氧機葉輪不同吃水深度對水花與水流的影響

| 吃水深度 (mm) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|-----------|----|----|----|----|----|
| 吃水深度圖示 | | | | | |

二、水車式增氧機葉輪不同葉片數量對水花與水流的影響

| 葉片數量 (片) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|----------|---|---|---|---|----|----|
| 葉片圖示 | | | | | | |
| 實際照片 | | | | | | |

三、水車式增氧機葉輪不同的葉片形式對水花與水流的影響

(一) 葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響

| 葉片長度 (mm) | 30 | 50 | 70 | 90 |
|-----------|----|----|----|----|
| 葉片圖示 | | | | |
| 葉片照片 | | | | |

(二) 葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響

| 葉片寬度 (mm) | 12 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|-----------|----|----|----|----|----|
| 葉片照片 | | | | | |
| 葉輪照片 | | | | | |

四、水車式增氧機不同葉片孔洞形式對水花與水流的影響

(一) 不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響

| 孔洞寬度 (mm) | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|---|---|---|---|
| 葉片照片 | | | | |
| 葉輪照片 | | | | |

(二) 不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響

| 孔洞直徑 (mm) | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|---|---|---|---|
| 葉片照片 | | | | |
| 葉輪照片 | | | | |

五、水車式增氧機葉輪後方增加導流管對水流的影響

| 導流管角度 (度) | 30 | 45 | 60 | 75 |
|-----------|----|----|----|----|
| 角度圖示 | | | | |
| 導流管角度照片 | | | | |

六、設計可移動旋轉式的水車增氧機

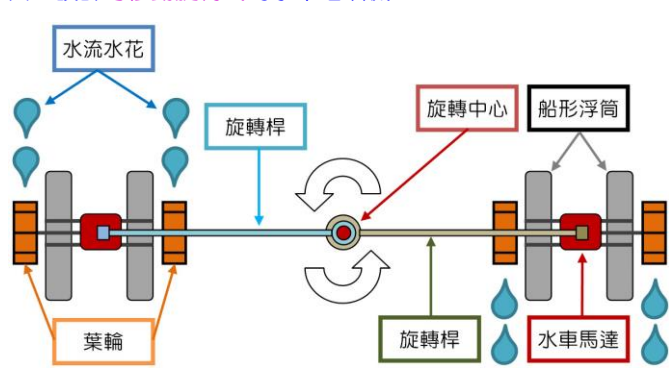


圖 5 可移動旋轉式水車增氧機(上視圖)

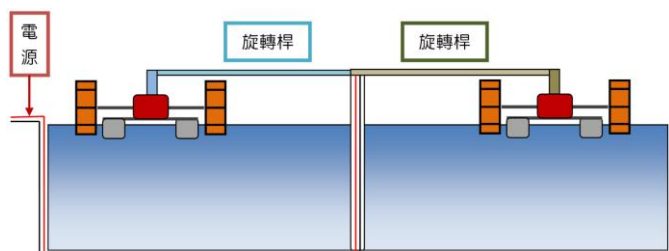


圖 6 可移動旋轉式水車增氧機(側視圖)

伍、研究結果

一、水車式增氧機葉輪不同吃水深度對水花與水流的影響

| 吃深 | 10 mm | 20 mm | 30 mm | 40 mm | 50 mm |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 水花照片 | | | | | |
| 長度 | > 30 cm | 10 cm | 5 cm | 4 cm | 3 cm |
| 高度 | > 20 cm | 12 cm | 5 cm | 4 cm | 4 cm |
| 氣泡照片 | | | | | |
| 距離 | 30 cm | 8 cm | 8 cm | 6 cm | 1 cm |
| 深度 | 2 cm | 6 cm | 3 cm | 2 cm | 2 cm |

二、水車式增氧機葉輪不同葉片數量對水花與水流的影響

| | 2片 | 4片 | 6片 | 8片 | 10片 | 12片 |
|------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 水花照片 | | | | | | |
| 長 | 21 cm | 23 cm | 23 cm | 24 cm | 18 cm | 17 cm |
| 高 | > 20 cm | > 20 cm | 19 cm | 16 cm | 12 cm | 11 cm |
| 氣泡照片 | | | | | | |
| 距 | 12 cm | 19 cm | 19 cm | 17 cm | 22 cm | 24 cm |
| 深 | 10 cm | 6 cm | 8 cm | 12 cm | 10 cm | 8 cm |

三、水車式增氧機葉輪不同的葉片形式對水花與水流的影響

(一) 葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響

| 葉長 | 30 mm | 50 mm | 70 mm | 90 mm |
|------|---------|-------|-------|--------|
| 水花照片 | | | | |
| 長度 | > 30 cm | 23 cm | 8 cm | 6 cm |
| 高度 | > 20 cm | 17 cm | 10 cm | 9 cm |
| 氣泡照片 | | | | |
| 距離 | 18 cm | 21 cm | 17 cm | 15 cm |
| 深度 | 4 cm | 7 cm | 2 cm | 1.5 cm |

(二) 葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響

| 葉寬 | 12 mm | 20 mm | 30 mm | 40 mm | 50 mm |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 水花照片 | | | | | |
| 長度 | > 30 cm | 10 cm | 6 cm | 4 cm | 3 cm |
| 高度 | > 20 cm | 7 cm | 5 cm | 4 cm | 3 cm |
| 氣泡照片 | | | | | |
| 距離 | 18 cm | 17 cm | 10 cm | 6 cm | 4 cm |
| 深度 | 4 cm | 6 cm | 4 cm | 2 cm | 1 cm |

四、水車式增氧機不同葉片孔洞形式對水花與水流的影響

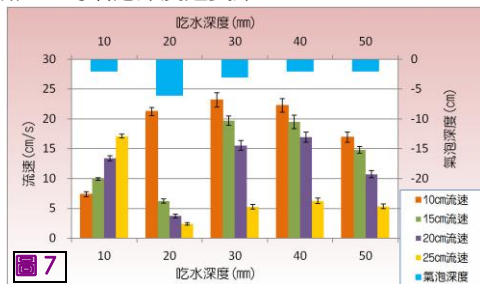
(一) 不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響

| 孔寬 | 無孔 | 2 mm | 3 mm | 4 mm | 5 mm |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水花照片 | | | | | |
| 長度 | 10 cm | 13 cm | 18 cm | 11 cm | 12 cm |
| 高度 | 7 cm | 9 cm | 9 cm | 12 cm | 17 cm |
| 氣泡照片 | | | | | |
| 距離 | 17 cm | 23 cm | 17 cm | 18 cm | 23 cm |
| 深度 | 6 cm | 11 cm | 5 cm | 6 cm | 7 cm |

(二) 不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響

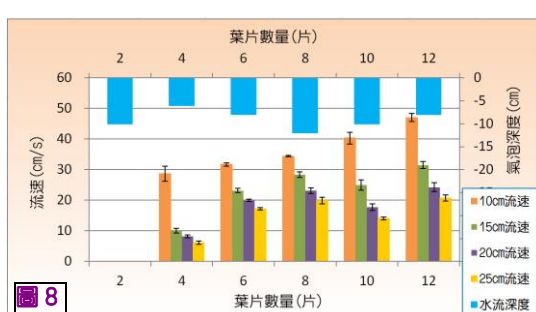
| 孔徑 | 無孔 | 2 mm | 3 mm | 4 mm | 5 mm |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 水花照片 | | | | | |
| 長度 | 10 cm | 11 cm | 9 cm | 11 cm | 14 cm |
| 高度 | 7 cm | 9 cm | 8 cm | 11 cm | 14 cm |
| 氣泡照片 | | | | | |
| 距離 | 17 cm | 18 cm | 16 cm | 20 cm | 22 cm |
| 深度 | 6 cm | 6 cm | 7 cm | 9 cm | 12 cm |

實驗影片分析：吃水深度 10mm 時，像潑水一般，水面波動較大，水花會大範圍噴射，也會噴射到實驗水槽外面。吃水深度 20mm 時，明顯比其他所產生的氣泡深度還要深。



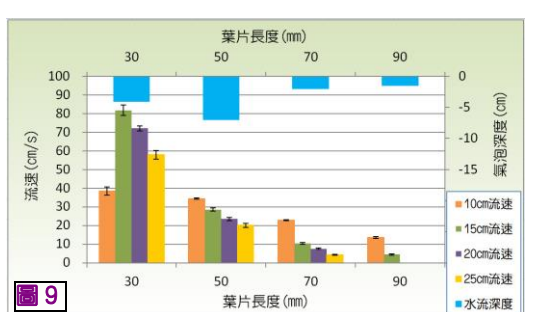
實驗結果分析：吃水深度 20mm 時，因較多的水被葉輪帶離水面，而且離水面的高度較高但長度不長，產生較接近葉輪後方有較多的水落入水中，造成接近葉輪後方的流速較高。

實驗影片分析：葉片數量為 8 片，葉輪轉動較穩定，打起的水花主要向葉輪的斜後方，較不會四處飛濺，水花長度較長，入水後的氣泡深度也較深。



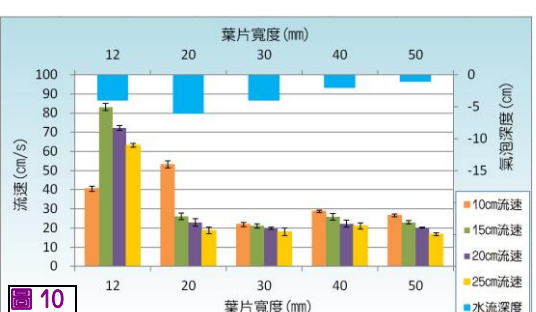
實驗結果分析：隨著葉片數量的增加，葉輪轉速有變慢的趨勢，但葉輪後方的水流流速卻有增加的趨勢，原因是葉輪打起的水花減少，轉而在推動向後流動的水流，使流速增加。

實驗影片分析：葉片長度為 50mm 時，水花的長度和高度都比葉片長度為 70mm 和 90mm 來得較長較高，水花的量也較葉片長度 30mm 多，因此水花落入水面後產生的氣泡深度也較深。



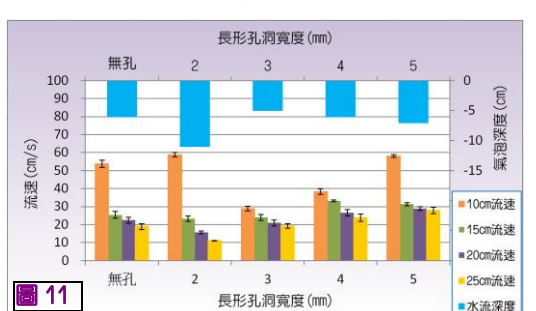
實驗結果分析：考量水花和氣泡的情況，葉片長度為 50mm 為較佳，但後續實驗要增加葉片的寬度，會增加葉片重量，打水時也會增加力矩，因此後續的實驗葉片長度會以葉片長度為 30mm 為較佳選擇。

實驗影片分析：葉片寬度為 20mm 時，水花與水流較為集中，量也較多，但葉輪打水，像是潑水一般，集中在葉輪後方 10 公分處，水面下氣泡的深度也就較深。



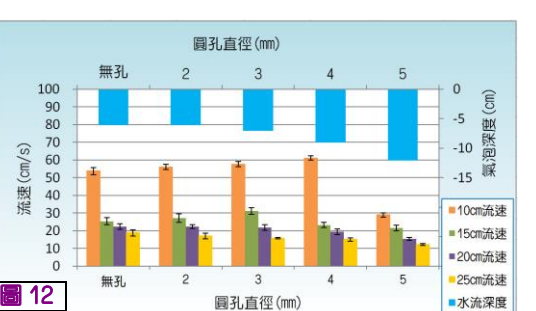
實驗結果分析：葉片寬度為 20mm 時，因葉輪轉速變慢，將主要的水流和水花潑向葉輪後方約 10 公分處，使 10 公分處的流速增高。

實驗影片分析：葉片為寬度 2mm 的長形孔洞時，被葉輪打起的水花較多，被打起的水也一波一波向葉輪的斜後方拋出，造成氣泡深度較深。



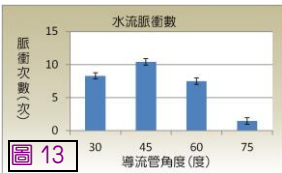
實驗結果分析：葉片長形孔寬度為 2mm 的長形孔時，被葉輪打起的水一波一波向葉輪的斜後方拋出，造成葉輪後方 10 公分的流速較快。

實驗影片分析：葉片圓形孔直徑為 5mm 時，打出的水花較平均，且較高較遠，因此落入水面產生的氣泡距離也較遠，深度也較深。



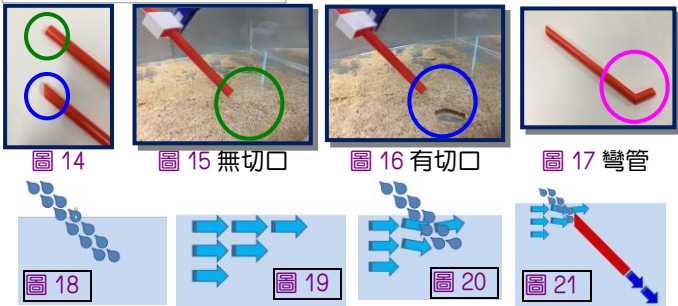
實驗結果分析：葉片圓形孔直徑為 5mm 時，葉輪後方的流速與其他不同圓孔直徑相比時，較為低，因葉輪較輕、打水面積較少，吃水轉速就較快，把水花打的較高較遠。

五、水車式增氧機葉輪後方增加導流管對水流的影響

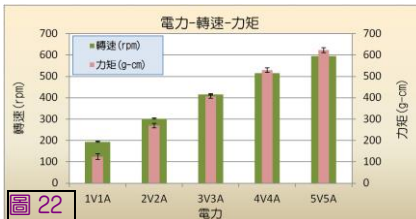


實驗結果分析：

經實驗數據分析結果，導流管角度為 45 度時，流量計的脈衝數平均為 10.4 次/秒，是較佳的導流管角度選擇。

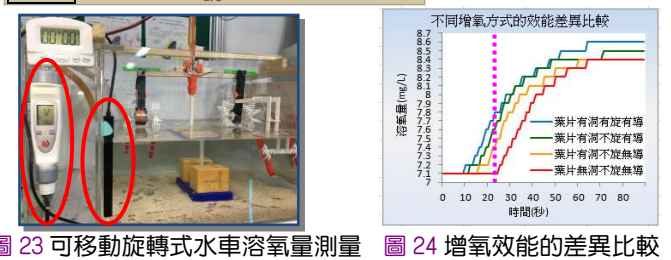


六、設計可移動旋轉式的水車增氧機



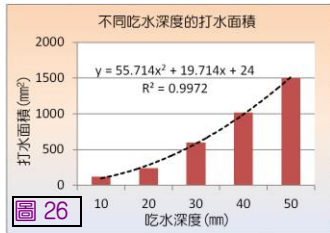
實驗結果分析：

將推力乘上旋轉的力臂 (14cm) 得到水車轉動時產生的力矩大小，電力愈強，水車葉輪轉速愈高，產生的力矩也愈大。

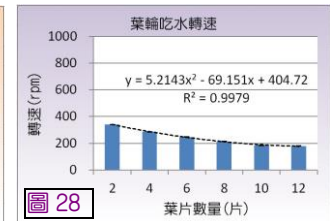
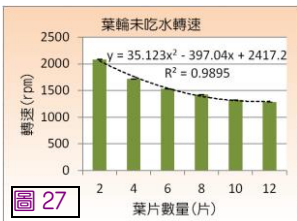


陸、討論

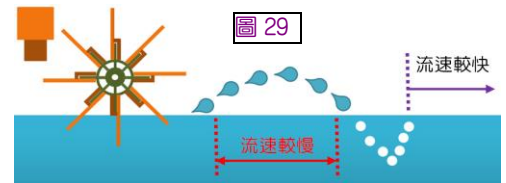
一、吃水深度線性增加時，打水面積並不是以線性增加，而隨著打水面積的增加，葉輪打水時所受作用力也增加，葉輪葉片寬度為 12mm，吃水深度 10mm 時，打水面積為 120mm²，吃水深度 50mm 時，打水面積變為 1500mm²，增加了 12.5 倍，因此在相同電力條件下，馬達負載增加，轉速就減慢。



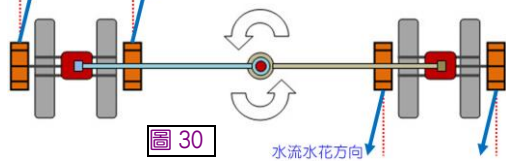
二、相同的電力條件下，葉輪的葉片數量愈多，葉輪重量也愈重，水車馬達負載就變大，轉速就變低，加上隨著葉輪葉片數量的增加，葉輪打水面積也增加，水車馬達打水時負載就更大，轉速也就愈低。



三、當葉輪轉動產生明顯的水流或水花被葉片從水面打到空中時，此時葉輪至主要水流或水花落入水面的之間的流速會較慢，而在主要水流或水花落入水面後的流速會較快。



四、可移動旋轉水車的旋轉速度若太快，葉輪後方的水花方向會產生偏移，這也會影響到導流管入水口位置的設定。



五、相同條件下，增加電力，轉速就會增加，水花的高度和長度也隨之增加，如下所示。

| 電流電壓 | 3V2A | 4V2.5A | 5V3A | 5V3.5A |
|------|------|--------|------|--------|
| 水花照片 | | | | |

柒、結論

一、水車式增氧機葉輪吃水深度較淺，水花高又長，但量少，水流流動較慢；吃水深度愈深，水花的高度和長度都減小，水流流速也有變慢的趨勢。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以吃水深度為 20mm 為較佳。

二、水車式增氧機葉輪葉片數量太少時，水花會四處飛濺，葉輪後方的水流流速也會較慢，葉片數量太多時，水花高度和長度會減小，而葉輪後方的水流流速會增快。以本研究的實驗條件，以葉片數量為 8 片較佳。

三、水車式增氧機不同的葉片形式對水花與水流的影響。

(一) 葉輪不同葉片長度對水花與水流的影響。

葉片較短時，水花較高也較長，葉輪後方的水流流速也較快；葉片較長時，水花較低也較短，水流流速也較慢。以本研究的實驗條件，以葉片長度 50mm 較佳。但後續實驗要增加葉片的寬度，會增加葉片重量，打水時也會增加力矩，因此會以葉片長度為 30mm 為較佳選擇。

(二) 葉輪不同葉片寬度對水花與水流的影響。

葉片寬度較窄時，水花較高也較長，葉輪後方的水流流速也較快；葉片寬度較寬時，水花較低也較短，水流流速也較慢。以本研究的實驗條件，以葉片寬度 20mm 較佳。

四、水車式增氧機不同葉片孔洞形式對水花與水流的影響。

(一) 不同寬度的長形孔洞對水花與水流的影響。

長形孔洞寬度較窄，水花較多，但高度較低，長度也較短，水流流速也會較慢；長形孔洞寬度較寬，水花較少，但高度較高，長度也較長，水流流速也會較快。以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片寬度為 2mm 的長形孔較佳。

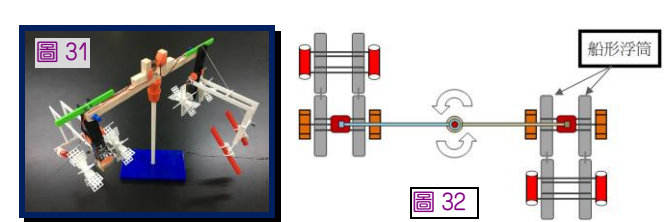
(二) 不同直徑的圓形孔洞對水花與水流的影響。

圓形孔洞直徑較小，水花較多，但高度較低，長度也較短，水流流速也會較快；圓形孔洞直徑較大，水花較均勻，高度較高，長度也較長，但水流流速會較慢。

以本研究的實驗條件，考慮水面上水花狀況與水面下氣泡的深度，以葉片直徑為 5mm 的圓形孔較佳。

五、水車式增氧機葉輪後方主要水花和水流落入水面處的下方，增加角度與水面夾 45 度的導流管，可以將表層溶氧較高的水，導流至較深的水域。

六、綜合上述的研究結果，我們選用吃水深度 20mm、葉片數量 8 片、葉片長度 30mm、葉片寬度 20mm、葉片圓形孔洞直徑 5mm、導流管角度為 45 度等為條件，設計出可移動旋轉式的水車式增氧機。



七、我們在研究中，採取懸吊式的方式來固定水車增氧機，若實際應用於養殖池，則可以考慮使用一臺漂浮式的水車增氧機，如此更可以減少單一養殖池水車增氧機的數量。



八、未來展望：我們從模擬的實驗中，找出了葉片形式對水花及水流的影響關係，還針對目前水車式增氧機的缺點進行改良實驗，成功找出了更佳的「導」「轉」水車增氧機的設計，我們期待能在真正的養殖池，進行現場的實作與探究，以我們的研究發現，應用於實際的養殖池，除了能幫助漁民節省成本，更能夠為節能盡一份心力。

捌、參考資料及其它

洪薇棋等三人，風生水起-直立式風力魚塭曝氣器之研究。中華民國第五十六屆中小學科學展覽會，國中組生活與應用科學科。
 泰義工業股份有限公司，養殖用水車，二葉水車。取自 <https://www.taiyih-sun.com.tw/c/product-3.htm>。
 莊翔然等三人，水中溶氧度的探討。中華民國第五十三屆中小學科學展覽會，高中組物理科。