

---

030815

!

# 中華民國第45屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科別：生活與應用科學科

組別：國中組

作品名稱：水流之處有黃金！

關鍵字：雙浮標、水中速率、扇葉受水面積。

編號：

# 水流之處有黃金!

## 摘要：

爲了不要讓台灣的水白白的流走，我們要把水流的動能轉變成有用電能，爲了要有效的提升水車的發電效率，我們展開了以下的各種探討，也希望這小小的研究種子，將能水流發電落實在台灣的每一個角落，我們更期盼台灣是一個處處有黃金美麗寶島。

## 一、研究動機：

有一次的假日我和幾個同學一起去參觀后里鄉泰安舊車站，在火車站前面有兩個旋轉不停的觀光水車，立刻吸引我們的注意，原來這水車是利用水溝裡的水流所帶動的，那時有一位同學說：水車只在這裡空轉不是很浪費嗎？爲何不利用水車發電呢？我們都覺得他說的很有道理，其實水流的動能也是一種天然資源，怎麼可以讓它白白的流走呢？於是我們開始收集有關水力發電的資訊，並請求老師的指導，開始探討這個主題。

## 二、研究目的：

- 1.探討水流速率與水流深度的關係？
- 2.探討水流速率與扇葉上揚高度及水車扇葉個數之間的關係。
- 3.探討水車在沒有負載的情況下，水車的力臂應爲多少公分？
- 4.探討水車在有負載的情況下，水車的力臂長度應如何調整才合理？
- 5.如何運用柏努利效應，增強同一測量地點的水流速率。
- 6.探討水車扇葉入水深度與水車發電效率的關係。
- 7.探討扇葉形狀與水車發電效率的關係。

### 三、研究器材：

1. 碼錶
- 2.5公尺卷尺
- 3.紅色旗子
- 4.數字型電表
- 5.標桿
- 6.長細紅色布條
- 7.各種不同形狀的扇葉
- 8.小型發電機
- 9.浮標(養樂多罐)
- 10.紙粘土
- 11.細線
- 12.數位相機
- 13.工程用電算計
- 14.鏟子
- 15.畚箕
- 16.鋤頭
- 17.螺絲起子
- 18.鐵線
- 19.鐵鎚
- 20.雙面膠
- 21.橡皮筋
- 22.木板  
〈誘導板〉。

### 四、研究方法：

#### (一) 水流速率的測量：

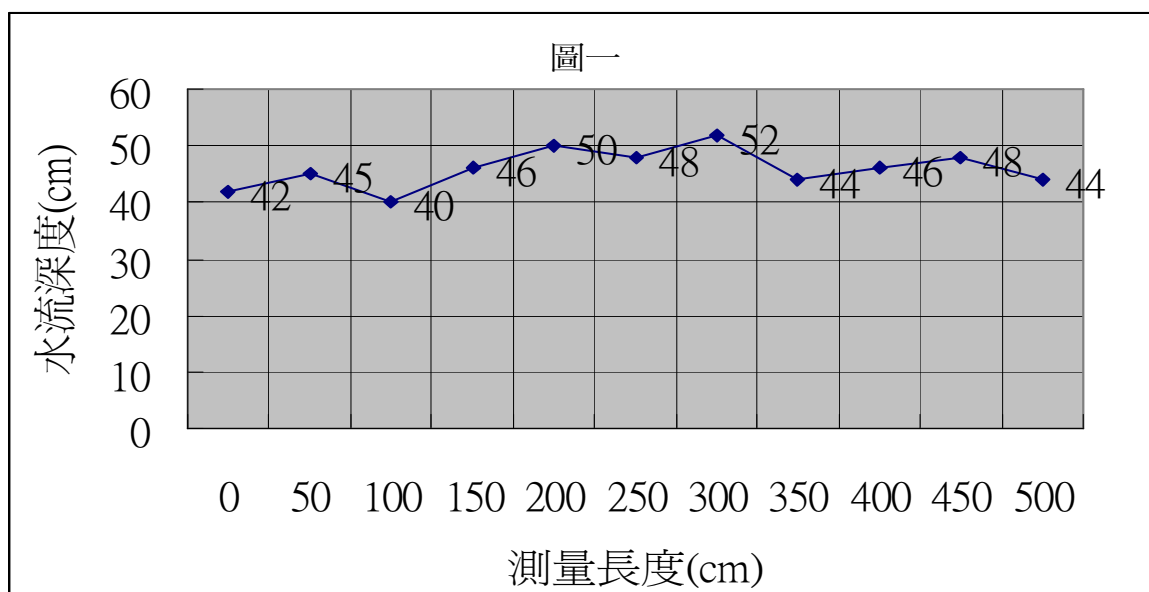
爲了使測量的水流速率能更接近於平均速率，所以我們採用雙浮標法測量水面流速和水中流速。

- 1.雙浮標的製作：我們準備二個養樂多空罐，上面的養樂多空罐以保鮮膜將瓶口密封，使其浮於水面上，下面的養樂多空罐則以紙粘土填入罐中，使它正好能沈入水，再用細線將上、下養樂多空罐連接起來，做成一浮一沈的水中雙浮標。
- 2.我們選好測量地點，用粉筆在岸邊做上起點的記號，以卷尺量計正好5公尺的長度，作爲終點，再用粉筆做上記號，並在終點水流的兩側以塑膠繩拉成一條橫跨終點兩邊的基準線。
- 3.以自製的水深標桿，從測量的起點開始每隔0.5公尺探測水深一次，並記錄之，再求出5公尺水流深度的平均值，以後簡稱爲平均水深(Hm)
- 4.我們先以沒有置入紙粘土的養樂多空罐，測量水面流速，再用線長爲0.2 Hm的長度連接上下浮標，測量水面下0.2 Hm的水中流速，再以上述的方法，測量水面下0.4 Hm、0.6 Hm及0.8 Hm的水中流速。

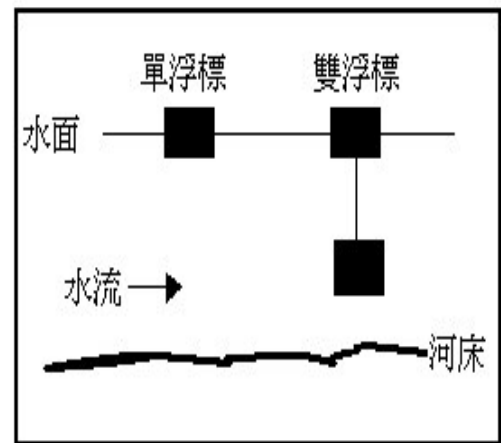
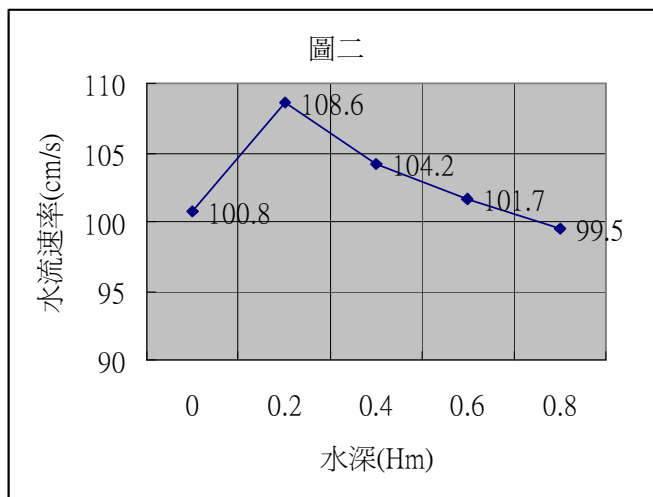
- 5.在測量地點由一個人手上拿著浮標及紅旗子站在起點處，另一個人拿著碼錶站在終點。
- 6.當起點的人將浮標放入水中的同時，也將手上的旗子揮下，在終點的人看到旗子揮下立刻按下碼錶，俟浮標到達終點的基準線時，即終止碼錶，並加以記錄，如此重複五次再求其平均值，以減少測量誤差。

### 測量結果：

地點 A ，測量長度 = 500cm					
起點水深	50cm水深	100cm水深	150cm水深	200cm水深	250cm水深
42cm	45cm	40cm	46cm	50cm	48cm
300cm水深	350cm水深	400水深	450cm水深	500cm水深 (終點)	平均水深Hm
52cm	44cm	46cm	48cm	44cm	46cm



地點A，測量長度=500CM，平均水深(Hm)=46cm					
次數	水面流速	水面下 9.2cm(0.2Hm) 水中流速	水面下 18.4cm(0.4Hm) 水中流速	水面下 27.6cm(0.6Hm) 水中流速	水面下 36.8cm(0.8Hm) 水中流速
1	99.3cm/s	107.8 cm/s	101.7 cm/s	99.2 cm/s	99.2 cm/s
2	102.4 cm/s	108.1 cm/s	107.5 cm/s	101.4 cm/s	97.5 cm/s
3	99.7 cm/s	110.3 cm/s	105.6 cm/s	102.7 cm/s	101.3 cm/s
4	102.3 cm/s	109.5 cm/s	99.8 cm/s	102.2 cm/s	98.9 cm/s
5	100.2 cm/s	107.2 cm/s	106.5 cm/s	103.1 cm/s	100.4 cm/s
<b>平均值</b>	<b>100.8 cm/s</b>	<b>108.6 cm/s</b>	<b>104.2 cm/s</b>	<b>101.7 cm/s</b>	<b>99.5 cm/s</b>

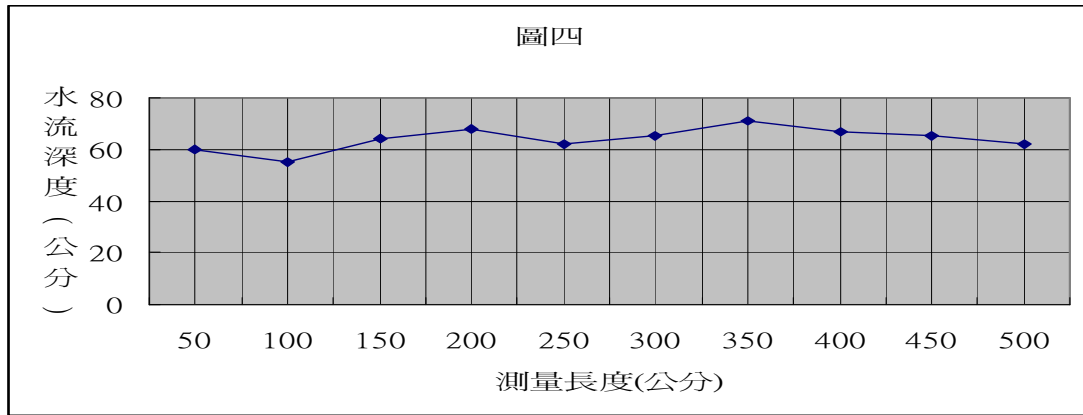


雙浮標示意圖 (圖三)

### 討論：

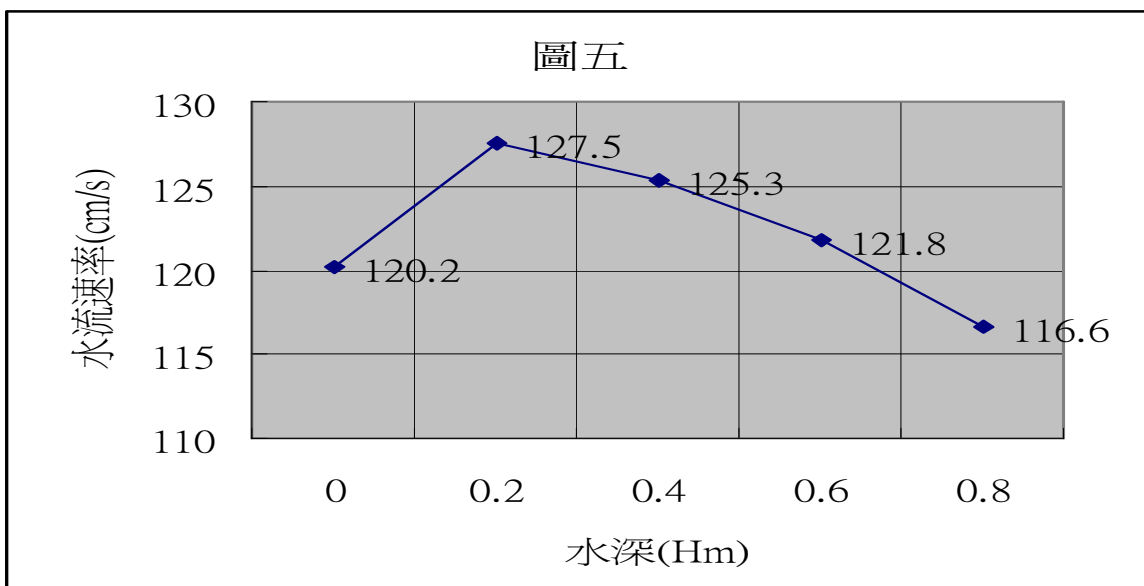
1. 單浮標僅能測量水面流速，雙浮標才能測量水中流速。
2. 最大水流速率是發生於水面稍下方，根據我們實測結果，最大水流可能在水面下20%平均水深(0.2Hm)處。
3. 爲了要減少誤差，我們取五次測量的平均值。

地點B，測量長度=500cm					
起點水深	50cm水深	100cm水深	150cm水深	200cm水深	250cm水深
58cm	60cm	55cm	64cm	68cm	62cm
300cm水深	350cm水深	400水深	450cm水深	500cm水深	平均水深 (Hm)
65cm	71cm	67cm	65cm	62cm	63.4cm

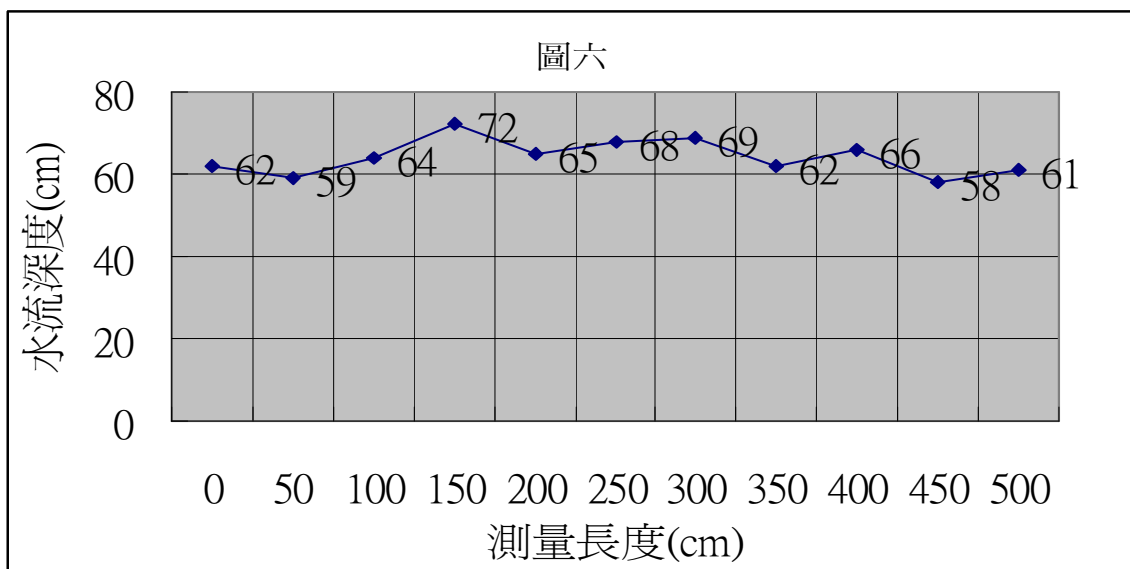


地點B，測量長度 = 500cm，平均水深(Hm) = 63.4cm

次數	水面流速	水面下	水面下	水面下	水面下
		12.7cm(0.2Hm) 水中流速	25.4cm(0.4Hm) 水中流速	38.1cm(0.6Hm) 水中流速	50.7cm(0.8Hm) 水中流速
1	122.4 cm/s	128.2 cm/s	124.8 cm/s	122.6 cm/s	115.4 cm/s
2	121.8 cm/s	130.3 cm/s	125.8 cm/s	120.5 cm/s	116.3 cm/s
3	118.6 cm/s	125.6 cm/s	124.8 cm/s	122.6 cm/s	115.8 cm/s
4	122.2 cm/s	126.8 cm/s	123.5 cm/s	119.8 cm/s	117.1 cm/s
5	116.0 cm/s	126.5 cm/s	122.9 cm/s	122.6 cm/s	118.6 cm/s
<b>平均值</b>	<b>120.2 cm/s</b>	<b>127.5 cm/s</b>	<b>125.3 cm/s</b>	<b>121.8 cm/s</b>	<b>116.6 cm/s</b>

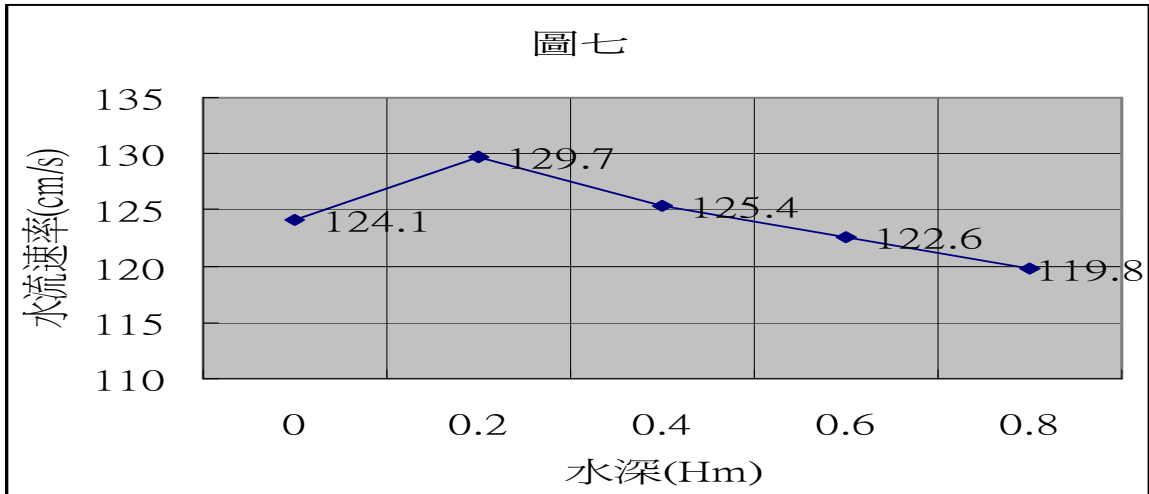


地點C，測量長度=500cm					
起點水深	50cm水深	100cm水深	150cm水深	200cm水深	250cm水深
62cm	59cm	64cm	72cm	65cm	68cm
300cm水深	350cm水深	400水深	450cm水深	500cm水深	平均水深 (Hm)
69cm	62cm	66cm	58cm	61cm	64.2cm



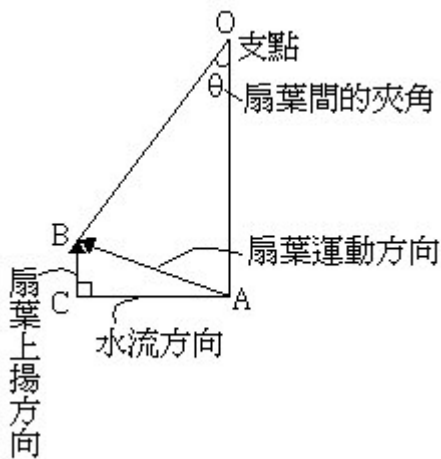
地點C，測量長度=500cm，平均水深(Hm)=64.2cm					
次數	水面流速	水面下	水面下	水面下	水面下
		12.8cm(0.2Hm) 水中流速	25.7cm(0.4Hm) 水中流速	38.5cm(0.6Hm) 水中流速	51.4cm(0.8Hm) 水中流速
1	122.3 cm/s	132.4 cm/s	124.4 cm/s	120.6 cm/s	120.5 cm/s
2	123.7 cm/s	127.8 cm/s	127.3 cm/s	121.8 cm/s	121.2 cm/s
3	125.4 cm/s	128.7 cm/s	127.5 cm/s	124.4 cm/s	119.0 cm/s
4	125.8 cm/s	131.2 cm/s	123.4 cm/s	123.7 cm/s	118.2 cm/s
5	123.5 cm/s	128.3 cm/s	124.6 cm/s	122.4 cm/s	120.3 cm/s
<b>平均值</b>	<b>124.1 cm/s</b>	<b>129.7 cm/s</b>	<b>125.4 cm/s</b>	<b>122.6 cm/s</b>	<b>119.8cm/s</b>



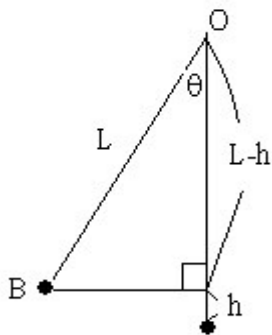


## (二) 探討水流速率、扇葉上揚高度與水車扇葉個數之間的關係。

### 1. 扇葉上揚高度與扇葉個數的理論探討：



$\angle AOB = \theta$  (圓心角)  
 $\angle BAC = 1/2 \theta$  (弦切角)  
 設  $\angle AOB = \theta$  則  $\angle BAC = \theta / 2$   
 即水流方向與扇葉運動方向的夾角為扇葉間夾角的一半。



$\cos \theta = (L - h) / L$

例：設水車力臂長(L)=25cm，扇葉上揚高度(h)=7cm

$$\text{則} \cos \theta = L - h/L = 25 - 7/25 = 0.72$$

$$\theta = 43.95^\circ \dots\dots\dots \text{扇葉間的夾角}$$

$$360/43.95 = 8.19 = 8 \text{個} \dots\dots \text{扇葉個數}$$

## 2. 在不同水流速率的情況下，水車扇葉個數應為多少個？

控制變因：水車扇葉力臂長(L)=25cm

扇葉受水面積=100cm<sup>2</sup>(10cm×10cm)

入水深度=10cm

操縱變因：水面流速(cm/s)

應變變因：水車上揚高度→水車扇葉數

設定水車力臂長=25cm

水面流速	扇葉上揚高度	cos θ	扇葉間夾角 θ	扇葉個數
100.8cm/s	5.4cm	19.6/25	38.37°	9.38 ÷ 10個
120.2 cm/s	7.1cm	17.9/25	44.27°	8.13 ÷ 8個
124.1 cm/s	7.4cm	17.6/25	45.25°	7.96 ÷ 8個
128.2 cm/s	7.8cm	17.2/25	46.52°	7.74 ÷ 8個

結果與討論：

1. 水面流速愈快，扇葉上揚高度就會愈高，扇葉間的夾角也會變大，扇葉的個數自然就變少了。
2. 扇葉個數若為奇數個，會因為旋轉作用力不平衡的關係，使水車扇葉容易損壞，因此水車的扇葉數最好是偶數個，才能使水車平衡的運轉。
3. 因為我們測量地點的水面流速為100.8cm/s~128.2cm/s，所以水車扇葉為8或10個較為適宜。

## (三) 探討水車在無負載的情況下，水車的力臂應為多少公分？

控制變因：水車扇葉數=8個

扇葉受水面積=100cm<sup>2</sup>(正方形壓克力平板)

入水深度=10cm

操縱變因：水面流速。

應變變因：水車扇葉上揚高度。

水車無負載的情況			
水車扇葉數	水面流速	扇葉實際上揚高度	扇葉理論上揚高度 ( $h=v^2/2g$ )
10個	100.8cm/s	6.5cm	5.2cm
8個	120.2 cm/s	8.2cm	7.4cm
8個	124.1 cm/s	8.8cm	7.8cm
8個	128.0 cm/s	9.3cm	8.4cm

## 理論探討：

根據能量守恆定律：

水流速率產生的動能( $E_k$ )=水車扇葉獲得的位能(U)

$$m : \text{水車扇葉質量(g)} \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v : \text{水流速率 (cm/s)} \quad U = mgh$$

$$g : \text{重力加速度(980cm/s}^2\text{)} \quad E_k = U$$

$$h : \text{扇葉理論上揚高度(cm)} \quad \frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$h = v^2/2g(\text{cm})$$

結果與討論：

1. 我們測得的實際扇葉上揚高度比理論扇葉上揚高度還大，以能量守恆的觀點來看，這是不可能的，可是經過我們幾次嚴謹的測量後，結果也是如此。
2. 後來我們才發現原來是第一扇葉尚未離開水面時，第二支扇葉已經下水推動水車，產生動能重疊所致，這是我們原先沒有考慮到的。
3. 所以我們決定以水車扇葉實際上揚的高度作計算水車力臂長度的標準，再運用下列的方法，求出水車力臂長度。

$$\cos \theta = L-h/L$$

$$L-h=L \times \cos \theta$$

$$L-L \times \cos \theta = h$$

$$L(1-\cos \theta) = h$$

$$L = h/1-\cos \theta$$

例1. 水車扇葉數=10個

扇葉實際上揚高度(h)=6.5cm

扇葉間的夾角( $\theta$ )= $36^\circ$

則水車力臂長(L)= $h/1-\cos \theta$

$$=6.5/1-\cos 36^\circ$$

$$=6.5/1-0.81$$

$$\approx 34.2\text{cm}$$

例2. 水車扇葉數=8個  
 扇葉實際上揚高度(h)=8.2cm  
 扇葉間的夾角( $\theta$ )=45°  
 $\cos 45=0.707$   
 則水車力臂長(L)= $h/1-\cos \theta$   
 $=8.2/1-0.707$   
 $\approx 28\text{cm}$

※ 水車在無負載的情況下，水車力臂應如下設定才合理。

水車無負載的情況				
水車扇葉數	扇葉間夾角( $\theta$ ) 的度數	$\cos \theta$	扇葉實際上揚高度(h)	水車力臂設定值 ( $L=h/1-\cos \theta$ )
10個	36°	0.81	6.5cm	34.7cm
8個	45°	0.707	8.2cm	28cm
8個	45°	0.707	8.8cm	30cm
8個	45°	0.707	9.3cm	31.7cm

#### (四)將水車裝置小型發電機後(即水車有負載的情況下)，水車力臂長度應如何調整？

**調整方法：**我們以水車有負載時扇葉實際上揚的高度，作為水車力臂調整的依據，再用上述的方法計算出水車力臂長度。

水車有負載的情況				
水車扇葉數	扇葉間夾角 $\theta$ 的度數	$\cos \theta$	扇葉實際上揚高度(h)	水車力臂調整設定值
10個	36°	0.81	4.1cm	14cm
8個	45°	0.707	5.9cm	20cm
8個	45°	0.707	6.5cm	22cm
8個	45°	0.707	7.1cm	24.7cm

### 理論探討：

1. 我們從以上經驗得知水車的發電效率，完全取決於水車的動能( $E_k$ )大小，因此我們作了下列的理論分析：

$E_k$ ：單位時間的水車動能(J/S)

$v$ ：水流速率(cm/s)

$m$ ：單位時間流過扇葉的水質量(g/s)

$V$ ：單位時間流過扇葉的水體積( $\text{cm}^3/\text{s}$ )

$A$ ：水流過過扇葉面的受水面積( $\text{cm}^2$ )

$D$ ：水的密度( $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ )

$$m = D \times V$$

$$= 1 \times (A \times v)$$

$$= A \times v$$

$$E_k = 1/2 m v^2$$

$$= 1/2 \times (A \times v) \times v^2$$

$$= 1/2 \times A \times v^3$$

2. 由以上的分析得知，水車單位時間的動能與扇葉的受水面積( $A$ )成正比，也正比於水流速率的三次方。
3. 所以我們決定從①增加水流速率②增加水車扇葉的受水面積二方向進行探討。

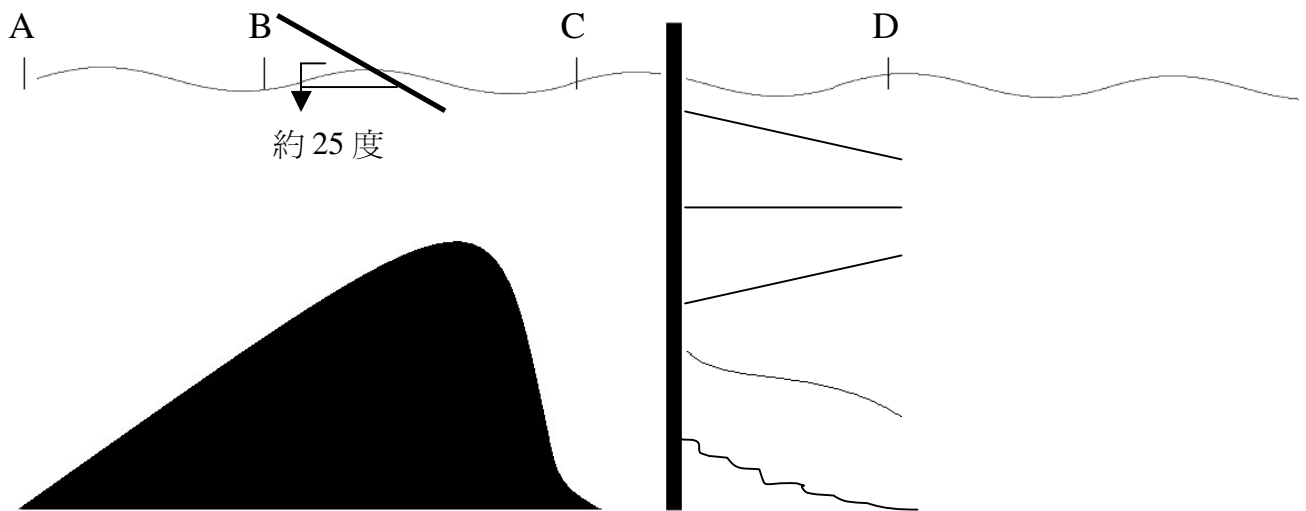
### (五)利用柏努利效應增強同一測量地點的水流速率。

#### 實行方法：

1. 爲了安全因素，我們選擇在學校附近的農田水溝，以石頭、磚頭、砂和泥土做成如下圖的流線型擋水裝置。
2. 以單浮標，測量A、B、C、D四點的水面流速。
3. 並在B、C之間用木板作爲水流上部的誘導板，誘導水面的水流向下聚集，以增加水中流速。
4. 我們爲了想知道水流經過擋水裝置後，水的流動有什麼變化，所以我們在擋水裝置的後方豎立一支木桿，並在水面下的木桿綁了五條紅色的小布條，藉此觀察水的流動情形。

圖示說明：

測量地點	A	B	C	D
水面流速	34cm/s	39 cm/s	51 cm/s	36 cm/s



### 結果與討論：

- 1.我們發現在水溝底部做成如上圖的流線型擋水裝置，並測量A、B、C、D四點的水面流速，以C點的水流速率最大，證明應用伯努利效應確實可以增加水流速率。
- 2.從觀察水面下小布條的流動情形，可知在擋水裝置的後下方有亂流的現象。

### (六)探討水車扇葉入水深度與水車發電效率的關係。

- 控制變因：
- 1.水流速率相同
  - 2.平均水深( $H_m$ )相同
  - 3.扇葉個數
  - 4.扇葉重量相同
  - 5.水車力臂長
  - 6.扇葉形狀：長方形壓克力平板
  - 7.扇葉面積：10cmx16cm

操縱變因：扇葉入水深度。

應變變因：每10秒水車帶動小型發電機產生的電流(mA)及電壓(v)。

地點：B	水面流速：120.2cm/s				平均水深：63.4cm				水車力臂長：20cm			
扇葉數：8個	扇葉形狀：長方形				扇葉面積：10cm×16cm				扇葉重量：相同			
發電時間	水車扇葉入水深度(cm)											
	4cm		6cm		8cm		10cm		12cm		14cm	
	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V
10	70	1.48	110	1.72	150	1.72	170	1.98	210	3.08	220	3.18
20	60	1.42	120	1.84	130	1.56	190	2.40	230	3.56	200	2.98
30	50	1.44	100	1.66	140	1.69	180	2.28	240	3.45	210	3.15
40	80	1.58	130	1.98	150	1.92	170	1.84	230	3.66	190	3.08
50	60	1.64	120	1.94	160	1.88	200	2.22	220	3.14	220	3.22
60	70	1.52	110	1.80	140	1.84	190	2.50	240	3.28	210	3.24
平均值	65	1.51	115	1.82	145	1.77	183	2.20	228	3.36	208	3.14
電功率	0.098W		0.209W		0.257W		0.403W		0.766W		0.653W	

註：電功率(P)=電流(I)×電壓(V)

地點：C	水面流速：124.1cm/s				平均水深：64.2cm				水車力臂長：22cm			
扇葉數：8個	扇葉形狀：長方形				扇葉面積：10cm×16cm				扇葉重量：相同			
發電時間	水車扇葉入水深度(cm)											
	4cm		6cm		8cm		10cm		12cm		14cm	
	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V
10	100	1.78	130	2.06	160	2.30	230	3.42	290	3.08	250	3.17
20	90	1.70	110	2.12	180	2.44	220	3.18	280	3.14	240	3.03
30	110	1.96	120	2.08	170	2.50	230	3.57	290	3.25	240	3.12
40	100	1.82	140	2.36	170	2.42	240	3.65	270	3.16	250	3.26
50	80	1.66	120	2.26	160	2.32	230	3.71	300	3.28	230	3.08
60	90	1.90	110	2.32	170	2.48	240	3.76	280	3.32	250	3.37
平均值	95	1.80	122	2.20	168	2.41	232	3.55	285	3.21	243	3.22
電功率	0.171W		0.268W		0.405W		0.840W		0.915W		0.782W	

註：電功率(P)=電流(I)×電壓(V)

地點：D	水面流速：128.2cm/s		平均水深： cm		水車力臂長：24.7cm							
扇葉數：8個	扇葉形狀：長方形		扇葉面積：10cm×16cm		扇葉重量：相同							
發電時間	水車扇葉入水深度(cm)											
	4cm		6cm		8cm		10cm		12cm		14cm	
	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V	電流 mA	電壓 V
10	120	2.23	150	2.85	210	3.22	240	3.18	280	3.16	260	3.16
20	100	2.02	120	1.94	180	2.46	260	3.15	290	3.18	250	3.08
30	120	2.40	140	2.38	200	2.52	240	3.22	280	3.06	270	3.14
40	110	2.24	130	2.27	190	2.56	250	3.06	300	3.12	280	3.08
50	90	1.98	110	2.12	210	3.18	220	3.14	290	3.10	240	3.24
60	120	2.32	130	2.18	220	3.46	250	3.28	300	3.24	250	3.28
平均值	110	2.22	130	2.29	202	2.90	243	3.17	290	3.14	258	3.16
電功率	0.244W		0.298W		0.586W		0.771W		0.911W		0.816W	

註：電功率(P)=電流(I)×電壓(V)

## 結果與討論

1. 水車扇葉入水深度從4cm、6cm.....逐漸增加時，扇葉的受水面積隨之增大，所以水車發電效率也有增加的趨勢。
2. 可是扇葉入水深度太深時，反而使水車的發電效率降低，可能是因為扇葉入水太深會使扇葉在上揚時產生上升的阻力。
3. 產生電功率最大的扇葉入水深度我們稱為最佳入水深度；我們發現扇葉的最佳入水深度與該測量地點的平均水深( $H_m$ )有關。
4. 在地點B的平均水深( $H_m$ )= 63.4cm， $0.2 H_m = 12.7$ cm和地點C的扇葉最佳入水深亦相當接近；很可惜的是我們在測量地點D的平均水深時，正好下了一陣大雨，所以地點D的 $H_m$ 就沒有測到，改天我們會再補測一次。
5. 從研究方法(一)得知最大的水流速率是發生在水面下 $0.2 H_m$ 處，所以我們一致認為扇葉的最佳入水深度很可能就是該地點平均水深的20%(即 $0.2 H_m$ )。

## (七)探討水車扇葉形狀與水車發電效率的關係。

控制變因：1.水流速率相同

2.水流的平均深度( $H_m$ )相同。



3.扇葉入水深度相同。

4.扇葉個數相同。

5.水車力臂長度相同。

操縱變因：水車扇葉形狀。

應變變因：水車每10秒帶動小型發電機產生的電流(mA)和電壓(V)。

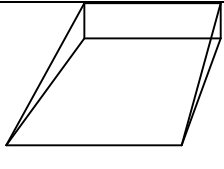
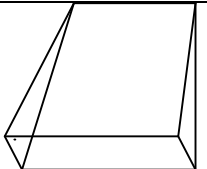
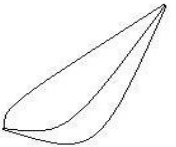
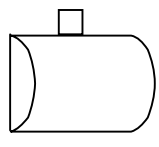
地點：B		水面流速：120.2cm/s			平均水深(H <sub>m</sub> )：63.4cm			
扇葉入水深度：12 cm		扇葉個數：8個			水車力臂長：20 cm			
發電 時間 (秒)	水車扇葉形狀							
	平板形		波浪形		圓碟形		圓瓢形	
	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V
10	250	3.21	310	3.05	270	3.02	210	2.51
20	260	3.12	320	3.08	280	3.06	200	2.14
30	260	3.35	300	2.90	270	6.89	210	2.63
40	240	3.24	320	3.06	290	3.12	220	2.58
50	250	3.32	330	3.04	270	2.91	190	2.12
60	240	3.06	310	2.98	300	3.10	200	2.26
平均值	250	3.22	315	3.02	280	3.02	205	2.37
電功率	0.805W		0.951W		0.846W		0.486W	
排序	<b>3</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>4</b>	

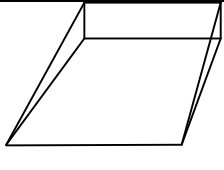
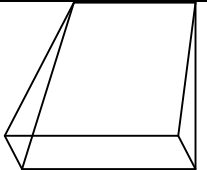
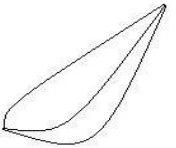
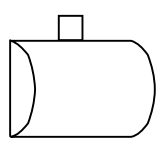
地點：C		水面流速：124.1cm/s			平均水深(H <sub>m</sub> )：64.2cm			
扇葉入水深度：12 cm		扇葉個數：8個			水車力臂長：22 cm			
發電 時間 (秒)	水車扇葉形狀							
	平板形		波浪形		圓碟形		圓瓢形	
	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V
10	290	2.78	330	3.22	320	3.12	210	2.54
20	270	2.69	310	3.07	310	3.18	220	2.60
30	300	2.82	340	3.18	300	2.92	200	2.28
40	280	2.81	350	3.28	310	3.09	240	2.74
50	310	2.65	330	3.24	330	3.28	210	2.36
60	280	2.48	320	3.16	300	3.10	220	2.58
平均值	288	2.71	330	3.19	317	3.12	217	2.52
電功率	0.780W		1.053W		0.989W		0.547W	
排序	<b>3</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>4</b>	

地點：D		水面流速：128.2cm/s		平均水深(H <sub>m</sub> )：		cm		
扇葉入水深度：12 cm		扇葉個數：8個		水車力臂長：		24.7 cm		
發電 時間 (秒)	水車扇葉形狀							
	平板形		波浪形		圓碟形		圓瓢形	
	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V
10	310	3.02	310	3.12	320	2.96	240	2.84
20	300	2.98	320	3.10	300	3.22	220	2.72
30	280	2.94	320	3.06	310	3.14	210	2.78
40	290	3.04	330	3.08	290	2.89	230	2.82
50	280	2.90	320	3.02	310	3.05	220	2.69
60	270	2.88	310	3.04	290	2.92	210	2.62
平均值	288	2.96	318	3.07	303	3.03	221.7	2.745
電功率	0.852W		0.976W		0.918W		0.609W	
排序	<b>3</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>4</b>	

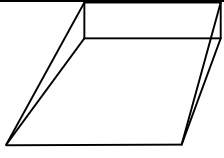
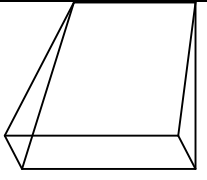
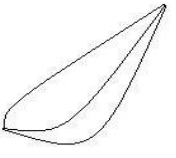
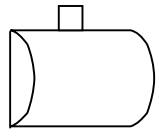
## 結果與討論：

- 1.就水車的發電效率而言，扇葉形狀的優先順序：波浪形>圓碟型>平板形>圓瓢形。
- 2.從實驗結果得知，提高水車發電效率的扇葉因素為〈1〉水車下水時扇葉受水面積越大越好〈2〉單位時間內扇葉裝載水量越多越好〈3〉當扇葉要離開水面時，扇葉的水量去除越快越佳。
- 3.因此我們想到畚斗的作用原理，畚斗為何要做成開口較大的等腰梯形？原來這是爲了要讓畚斗容易裝載物體，而且也很容易將物體倒出去，這種形狀不就是我們最想要的形狀嗎？所以我們再以畚斗形、反置畚斗形、半匏瓜形及橫置半圓弧形的扇葉，重新再探討扇葉形狀與水車發電效率的關係。


地點：B		水面流速：120.2 cm/s		平均水深(H <sub>m</sub> )：63.4cm				
扇葉入水深度：12cm		扇葉個數：8個		水車力臂長：20cm				
發電 時間 (秒)	水車扇葉形狀							
	畚斗形		反置畚斗形		半匏瓜形		橫置半圓弧形	
								
	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V
10	240	2.72	290	3.24	170	1.57	350	3.12
20	250	2.76	300	3.16	190	1.72	340	3.00
30	230	2.68	310	3.18	180	2.14	350	3.14
40	240	2.78	300	3.14	190	2.12	360	3.16
50	250	2.80	320	3.22	200	2.28	340	3.10
60	260	2.86	310	3.17	210	2.36	350	3.16
平均值	245	2.77	305	3.19	190	2.03	348	3.13
電功率	0.679W		0.973W		0.386W		1.089W	
排序	<b>3</b>		<b>2</b>		<b>4</b>		<b>1</b>	

地點：C		水面流速：124.1cm/s		平均水深(H <sub>m</sub> )：64.2cm				
扇葉入水深度：12cm		扇葉個數：8個		水車力臂長：22cm				
發電 時間 (秒)	水車扇葉形狀							
	畚斗形		反置畚斗形		半匏瓜形		橫置半圓弧形	
								
	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V
10	310	3.04	340	3.06	220	2.48	360	3.20
20	280	2.92	360	3.18	240	2.72	380	3.22
30	300	3.02	350	3.12	230	2.65	350	3.18
40	310	3.08	340	3.06	250	2.78	390	3.24
50	290	2.98	330	3.02	240	2.74	360	3.18

60	320	3.08	340	3.10	230	2.70	370	3.21
平均值	302	3.02	343	3.09	235	2.68	368	3.21
電功率	0.912W		1.060W		0.630W		1.181W	
排序	<b>3</b>		<b>2</b>		<b>4</b>		<b>1</b>	

地點：D		水面流速：128.2cm/s			平均水深(H <sub>m</sub> )： cm			
扇葉入水深度：12cm		扇葉個數：8個			水車力臂長：24.7cm			
發電 時間 (秒)	水車扇葉形狀							
	畚斗形		反置畚斗形		半匏瓜形		橫置半圓弧形	
								
	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V	電流mA	電壓V
	10	350	3.12	380	3.20	220	2.58	410
20	360	3.08	370	3.18	230	2.62	400	3.48
30	350	3.18	360	3.16	210	2.46	420	3.62
40	330	3.04	390	3.24	220	2.64	410	3.52
50	340	3.15	400	3.46	220	2.58	400	3.50
60	350	3.10	380	3.28	200	2.36	420	3.58
平均值	347	3.11	380	3.25	216.7	2.54	410	3.54
電功率	1.080W		1.235W		0.511W		1.451W	
排序	<b>3</b>		<b>2</b>		<b>4</b>		<b>1</b>	

## 結果與討論：

- 1.. 從實驗數據得知，水車的發電效率最好的是橫置半圓弧形的扇葉，其次是反置畚斗形扇葉。
- 2.雖然畚斗形扇葉的發電效率比第一組扇葉改善許多，但在第二組扇葉中，它還是名列第三。
- 3.最佳的扇葉形狀是橫置半圓弧形的扇葉，可是他再旋轉時常會因為  長度太長，扇葉左右兩邊水流作用力不平衡，使扇葉容易損壞。
- 4.若考慮水車扇葉的使用壽命，我們會考慮使用第二名的反置畚斗形扇葉，不但扇葉堅固耐用而且發電效率也很好。

5.如果水流夠大，河寬夠寬，可以做成一長排形水車，因為長排大水車的穩定性較高，可以避免水流作用力不平衡的現象，也可以增加水車的發電效率。

## 五、結論

- 1、最大水流速率不在水面上，是在水面下20%的平均水深(0.2Hm)處。
- 2、水流速率的大小，會影響水車的扇葉數，但水車的扇葉數應以偶數個較適宜，我們選用的扇葉數以8個最好，因為扇葉太多反而會增加水車運轉時的負擔。
- 3、無論水車有無負載，都應以扇葉實際上揚高度為依據，計算設定水車力臂長才合理。
- 4、水車扇葉的最佳水深度，以該測量地點平均水深的1/5(0.2Hm)水車的發電率較佳。
- 5、運用柏努力效應的確可以增加水中流速，若能配合水面的水流誘導板，效果更為顯著。
- 6、以水車發電效率而言，水車扇葉形狀以半圓弧形及反置畚斗形較佳，長排形大水車以半圓弧形較好，而小型水車則以反置畚斗形較適宜。
- 7、台灣河流短，水流急促，很適合水流發電，但是河水流量的安定性，也是我們要考量的因素。
- 8、無論大河、小圳，甚至水溝都可以利用水流發電，不一定要很大位能差的水流才能發電。
- 9、經過發電後的水流不會受到污染，也不會影響水流往下游流動的速率。
- 10.我們可以很肯定的說，利用水流發電是很值得推廣的，尤其是現在正值能源缺乏的時期，若能妥善應用這個既安全又無污染的水流資源，將會為國家、社會帶來一些可用的能源。

## 六、參考資料：

- 1、應用水文學第七章，國立編譯館。
- 2、小型風車的設計及製造，賴耿陽先生編著。
- 3、國中自然與生活科技第五冊，康軒文教事業。
- 4、全國43屆中小學科展，地球科學科，葫蘆墩圳的水流之美部分作品。

