

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生物及地球科學科

031727

中流砥柱

桃園縣立南崁高級中學(附設國中)

作者姓名：

國二 陳映霖 國二 王元翰 國二 林嘉鋒

國二 吳尚陽

指導老師：

簡正忠 彭柏深

# 中華民國第 45 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生物及地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：中流砥柱

關 鍵 詞：緩流效果、流速、擋水建築物（最多三個）

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由國立臺灣科學教育館統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

# 中流砥柱

## 摘要

在野外陡峭的山坡上，常常可見到人工建築的溝渠，而這些溝渠中，常有排列有序的石頭，這些石頭主要用來減緩溝渠中水流的流速，避免侵蝕力過強，造成河床及邊坡的強烈沖刷，帶來更大的破壞。所以，本次實驗模擬溝渠的情形，試看障礙物的數量、間隔、排列方式等變因對於水流流速的改變有何影響，以找出較合乎經濟效益的方式。

## 壹、研究動機：

國一在上自然課時(康軒版，自然與生活科技第一冊，2-2 水圈)，老師在講解河川對地表的侵蝕作用時，提到：「野外如果坡度過於陡峭，常會造成土石崩塌，最好的防治方法是植上植被。但是有些地方如果植被不易覆蓋，只好使用人為的建築溝渠，使水流有集中宣洩的地方。但是水流集中，流速過強，侵蝕力就會變大，使得溝渠的河床及邊坡易被侵蝕，造成更大的崩塌。為了使水流不會過強，所以在溝渠中，常會散布一些鵝卵石，使得水流的速度變慢，侵蝕力就不會太強。」

因為老師說的一番話，激發對於溝渠河道的興趣，我們就去野外實際觀察，在路上也看到高速公路旁邊山坡的縱向排水溝有排列整齊的鵝卵石。所以，我們就想試著模擬到底何種排列組合方式，對於降低水流流速有明顯的效果。

## 貳、研究目的：

以障礙物的排列方式作為變因，藉由實驗觀察如何在有限的障礙物下，達到最佳的減緩水流效果。

## 參、實驗設計：

與老師研究後，討論出下列幾點可以進行實驗：

1. 水道中**障礙物的縱向數量**對水的流速有何影響？
2. 水道中**障礙物的縱向間距**對水的流速有何影響？
3. 水道中**距障礙物的遠近**對水的流速有何影響？
4. 水道中**障礙物的橫向數量**對水的流速有何影響？
5. 水道中**障礙物的橫向間隔**對水的流速有何影響？
6. 哪一種**障礙物的排列方式（固定六個障礙物）**對減緩水流最有效果？

## 肆、研究設備及器材：

本研究所用的器材，大部分就地取材，避免資源浪費，所用設備亦為學校現有設備，如：

1. 防水波浪板（回收廣告看板再利用、160cm×45cm）
2. 導流水箱（回收保麗龍箱再利用、內積 43cm×30cm×18cm，導流口距底部 9cm，如圖 4-1）
3. 障礙物（回收 1 號廢電池再利用、直徑 3.3cm，如圖 4-2）
4. 抽水馬達（抽水量 0.6L/s，如圖 4-3）
5. 光電計時器（圖 4-4）
6. 浮標（圖 4-5）
7. 水平儀（圖 4-6）等。



圖 4-1 導流水箱



圖 4-2 障礙物



圖 4-3 抽水機

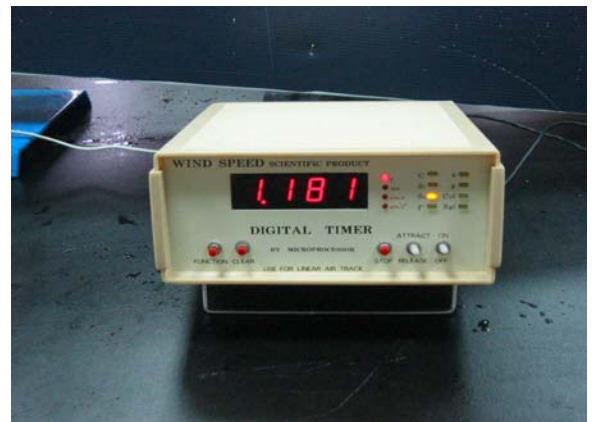


圖 4-4 光電計時器

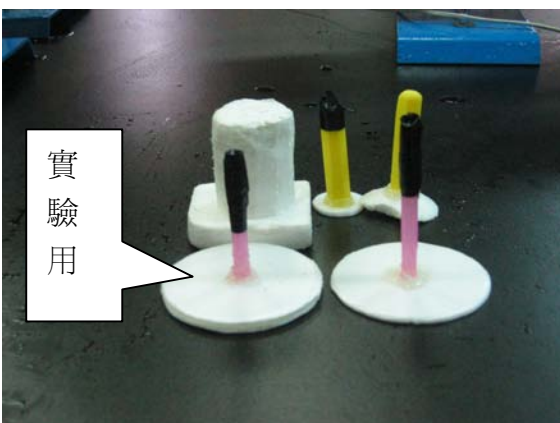


圖 4-5 浮標



圖 4-6 水平儀

## 伍、研究方法

### 一、自製水道

我們先自製一個長 160cm、底部寬 15cm 的 U 形水道，角度固定為  $5^\circ$  (即坡度約 8.75/100)，讓水道下游出口處放在實驗桌配置的水槽上，再用抽水馬達 (實測出水量 0.6L/s) 將水槽內的水經由內徑 1.5cm 的水管，送至水道上游處的自製導流水箱內 (內積 43cmX30cmX18cm)，導流水箱的傾斜角度也設為  $5^\circ$ ，水管固定在水箱後側正中央，水管口朝下注水，等水滿出導流口 (距水箱底部 9cm) 時，即經水道上游流向水道下游，循環使用。

### 二、放置障礙物

以 1 號電池作為障礙物，並以不同的數量、間隔或排列方式，放置於浮標處上游方向 10、20、30、40、50、60、70、80cm 等處，如圖 5-1 所示。但為方便與研究結果參照，障礙物的詳細放置情形移至陸、研究結果與分析中說明。

### 三、測量流速

自行設計多個浮標，經測試後選擇以能讓光電計時器感應最靈敏、又能使數據誤差降到最低的浮標 (6.10g、尺寸如圖 5-2 所示)，進行實驗。實驗時，將光電閘間隔 40cm 掛在水道下游處，使浮標於第一個光電閘上游 30cm，距水面 0.5cm 的水道中央自由落下，以測量水道下游的平均流速 (以 400mm 除以光電計時器讀出的毫秒數來估算，單位 m/s，以下簡稱流速)。每組實驗測量 10 次，求最大值、最小值及平均值。

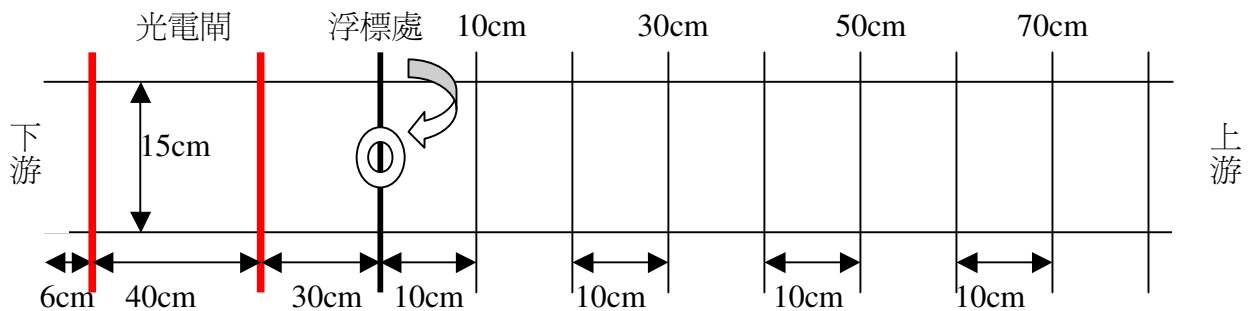


圖 5-1 水道示意圖

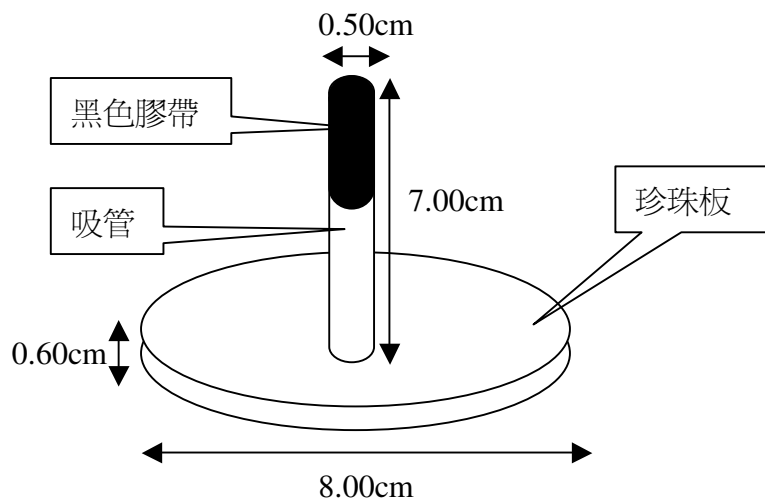


圖 5-2 浮標示意圖

#### 四、研究方法圖說

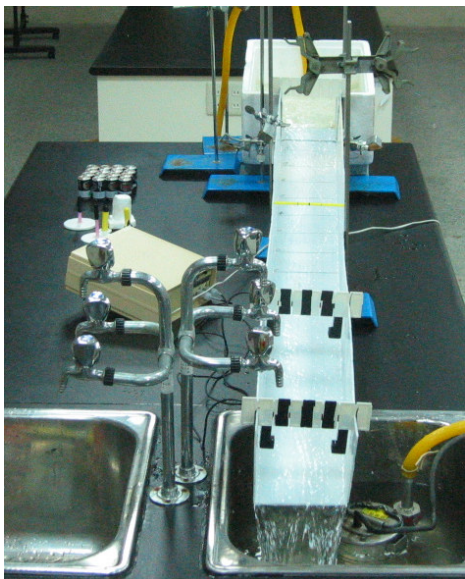


圖 5-3 水道正面

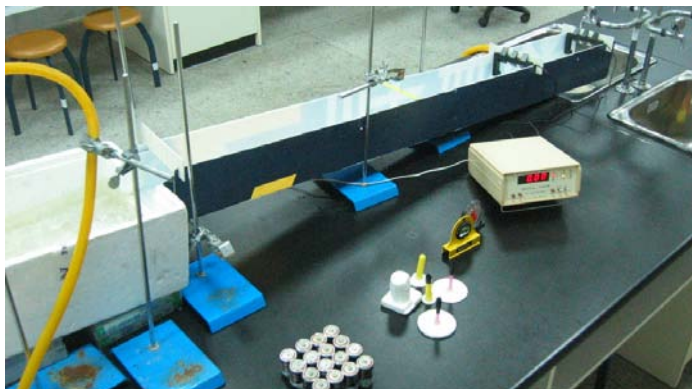


圖 5-4 水道側面

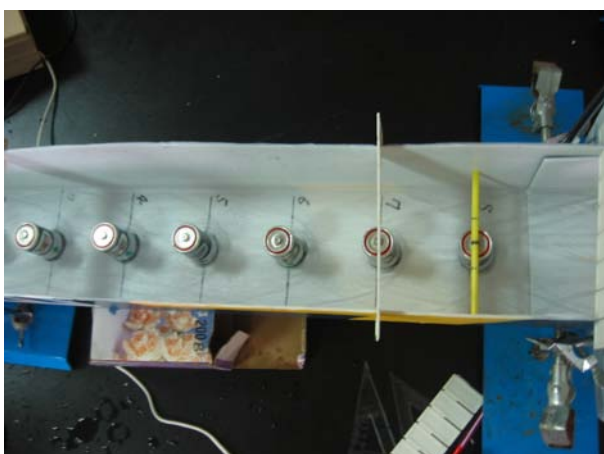


圖 5-5 障礙物排列示意

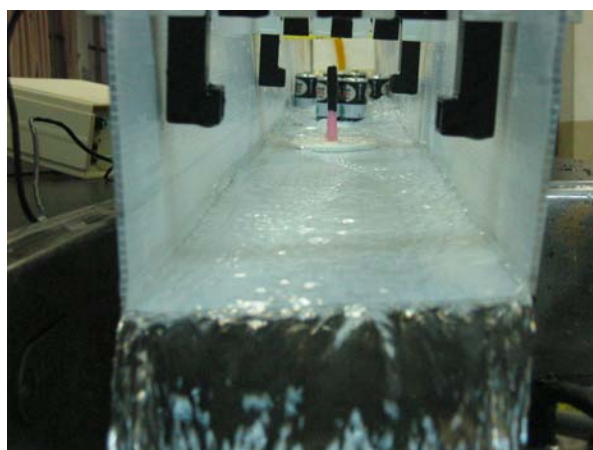


圖 5-6 浮標經過光電匣



圖 5-7 實驗過程列示意



圖 5-8 使用水平儀調整水道坡度

## 陸、研究結果與分析：

### 一、水道中障礙物的縱向數量對水的流速有何影響：

設計八組實驗組 (Mv1~Mv8, 數字代表障礙物的數量), 每組依次增加一個障礙物, 跟完全不放障礙物(Non)的原始數據做比較, 結果如表 6-1 與圖 6-1(以股票圖畫製, 顯示最大值、最小值與平均值)所示。

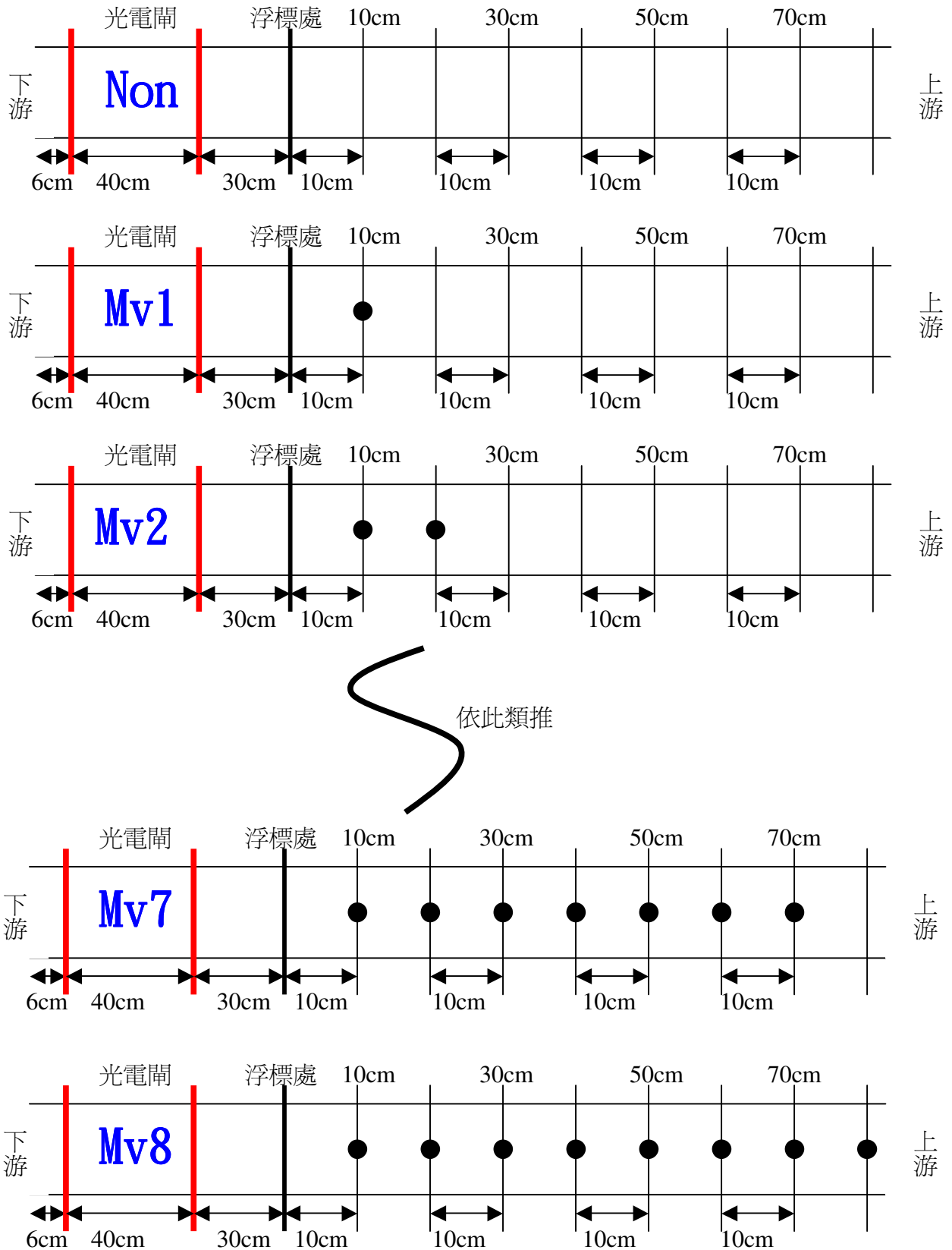


表 6-1 障礙物縱向數量對流速的影響

結果		編號	Non	Mv1	Mv2	Mv3	Mv4	Mv5	Mv6	Mv7	Mv8
漂流時間 (ms)	第 1 次		356.0	385.2	392.7	391.4	393.9	395.2	394.2	398.2	398.3
	第 2 次		356.2	384.0	390.1	393.2	394.6	396.2	393.9	392.9	394.8
	第 3 次		355.4	386.1	386.6	394.8	393.8	393.3	394.8	398.7	390.1
	第 4 次		355.2	387.6	393.7	393.2	394.0	393.8	392.4	394.9	397.4
	第 5 次		355.9	388.4	389.3	391.8	391.0	395.4	394.6	396.4	392.7
	第 6 次		357.6	383.8	391.1	393.1	393.7	395.6	395.8	396.6	389.8
	第 7 次		356.6	384.2	388.9	390.7	393.4	395.8	394.2	392.0	395.5
	第 8 次		356.0	384.8	386.4	390.4	392.3	393.1	395.8	395.5	401.1
	第 9 次		356.5	381.5	390.9	393.5	393.3	395.8	393.8	392.1	394.4
	第 10 次		355.7	384.4	391.2	394.0	390.6	395.4	394.4	393.9	391.9
	平均		356.1	385.0	390.1	392.6	393.1	395.0	394.4	395.1	394.6
流速 (m/s)	平均		1.123	1.039	1.025	1.019	1.018	1.013	1.014	1.012	1.014
與原流速的 百分比值	最大值		100.28%	93.37%	92.18%	91.24%	91.19%	90.61%	90.77%	90.86%	91.38%
	最小值		99.61%	91.71%	90.47%	90.22%	90.27%	89.90%	89.99%	89.34%	88.80%
	平均		100.00%	92.52%	91.31%	90.72%	90.62%	90.18%	90.31%	90.15%	90.27%

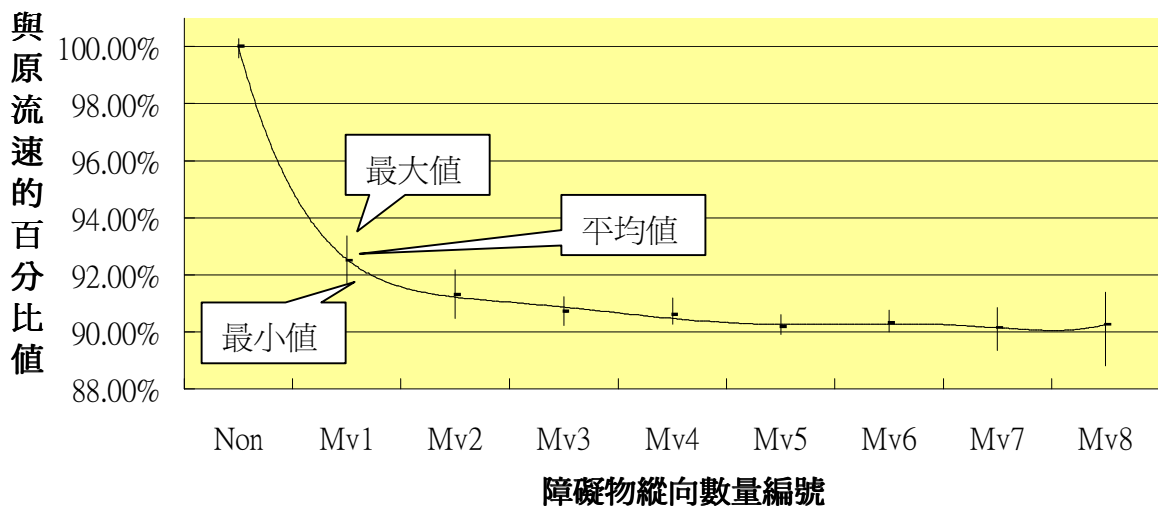


圖6-1 障礙物縱向數量對流速的影響

結果分析:

- 1、由數據與圖形來看，基本上，縱向的數量障礙物數量越多，水流的流速就越慢，合乎常理。
- 2、由上圖可知，在放置 3 個障礙物之後，水流速度變慢的幅度變小。所以，縱向的數量越多，速度減緩並不呈現等差或等比趨勢，表示在某一數量的障礙物之後，流速減緩的百分比幅度越小。



## 二、水道中障礙物的縱向間距對水的流速有何影響：

設計六組實驗組（R05~R35，數字代表障礙物的間距），每組障礙物在縱向的間距皆有所改變，探討縱向間距改變的話，如何影響水流的速度，結果如表 6-2 與圖 6-2 所示。

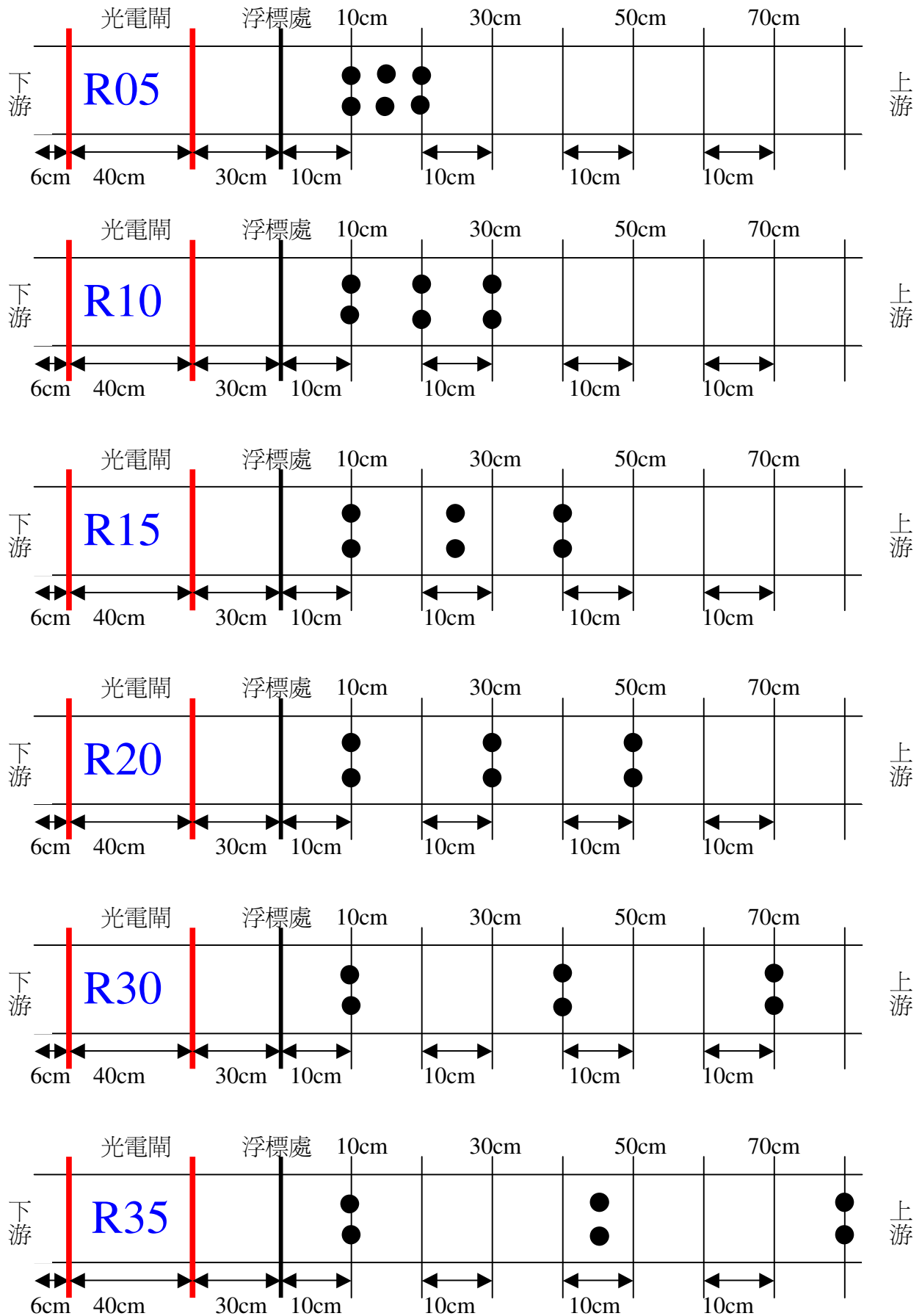
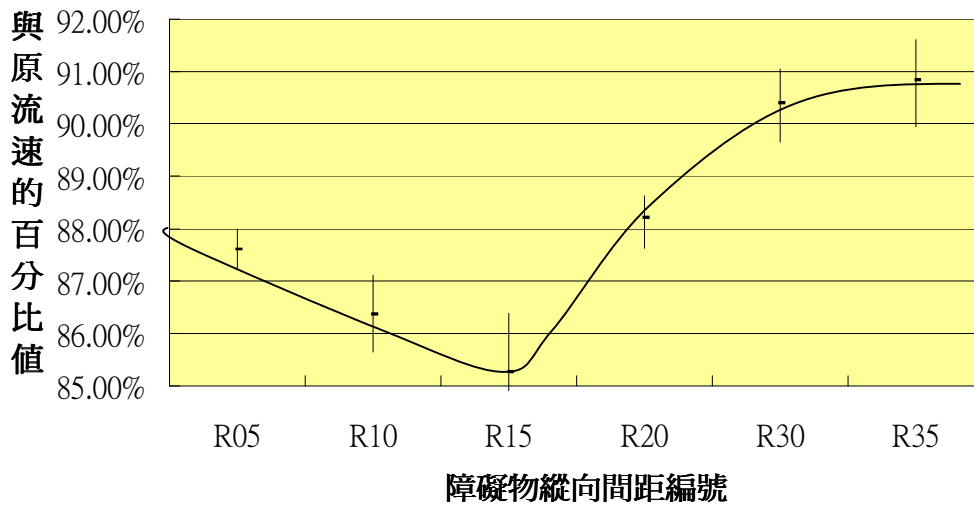


表 6-2 障礙物的縱向間距對流速的影響

結果		編號					
		R05	R10	R15	R20	R30	R35
漂流時間 (ms)	第 1 次	407.4	412.0	418.4	402.9	392.3	392.0
	第 2 次	405.9	413.1	412.3	403.5	391.9	394.4
	第 3 次	406.6	415.9	422.2	403.1	391.2	392.8
	第 4 次	406.8	413.2	420.6	404.2	393.9	396.0
	第 5 次	408.3	412.2	415.7	401.9	395.7	393.6
	第 6 次	407.6	414.8	421.1	404.9	392.4	388.8
	第 7 次	406.0	411.6	419.9	403.9	395.8	393.3
	第 8 次	406.5	410.6	417.7	403.1	395.1	390.6
	第 9 次	404.8	411.7	412.8	406.5	394.7	389.1
	第 10 次	406.2	408.9	416.7	403.8	397.3	390.5
	平均	406.6	412.4	417.7	403.8	394.0	392.1
流速 (m/s)	平均	0.984	0.970	0.958	0.991	1.015	1.020
與原流速的 百分比值	最大值	87.99%	87.11%	86.39%	88.63%	91.05%	91.61%
	最小值	87.24%	85.64%	84.36%	87.62%	89.65%	89.95%
	平均	87.60%	86.37%	85.27%	88.21%	90.40%	90.84%



(R：縱向間距代號，數字：間距大小)

圖6-2 障礙物縱向間距對流速的影響

結果分析：

- 1、由數據與圖形來看，障礙物的間距，不是越近，水流速度越慢；也不是間距越遠，水流速度越慢。間距要到某個適當的值，流速才是最慢。
- 2、由上圖可知，在障礙物間距 15cm 左右 (R15，障礙物直徑/間距大小=3.3/15)，水流的速度最慢。而流速最慢的間距，可能出沒在 10~20cm。推論影響的原因可能是水道寬跟障礙物的比例，造成水流波紋有不同的干涉現象，而影響到水流的流速。

### 三、水道中距障礙物的遠近對水的流速有何影響：

設計八組實驗組 (D10~D80，數字代表障礙物與浮標的距離)，每組跟浮標的遠近皆不同，探討在障礙物後方多少距離，水的流速有何影響。結果如表 6-3 與圖 6-3 所示。

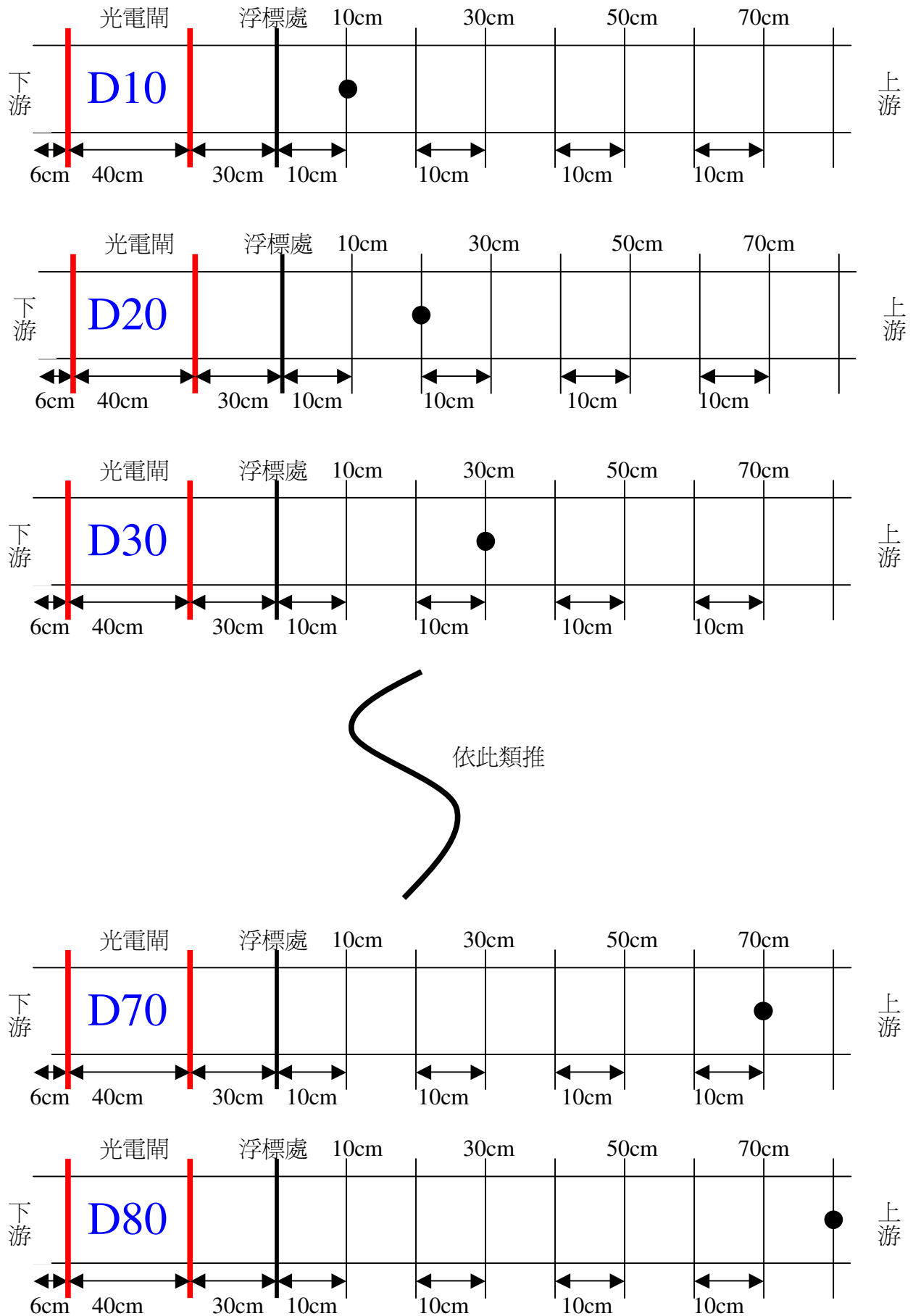
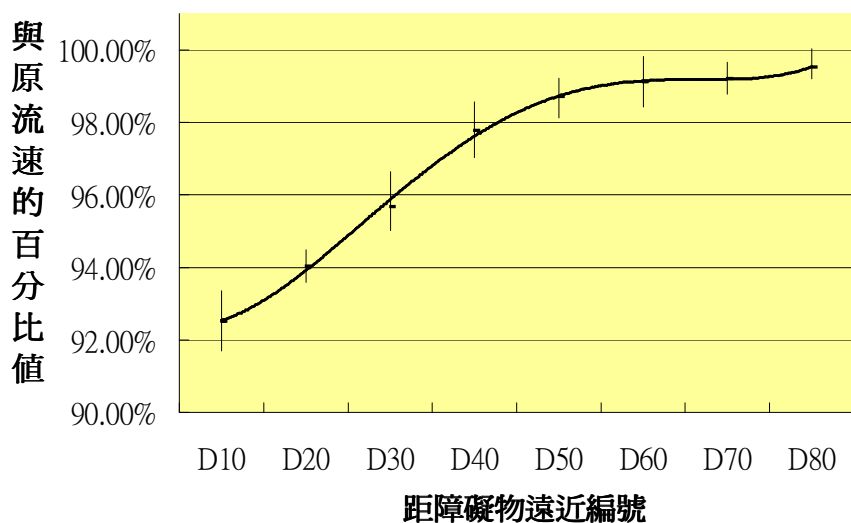


表 6-3 水道中距障礙物的遠近對流速的影響

結果		編號	D10	D20	D30	D40	D50	D60	D70	D80
		第 1 次	385.2	379.5	373.7	362.1	363.0	360.3	357.6	359.1
第 2 次	384.0	379.0	373.4	362.0	360.5	359.2	357.8	357.3		
第 3 次	386.1	378.9	373.7	364.8	362.8	359.3	360.3	357.8		
第 4 次	387.6	379.2	374.9	364.3	361.3	361.9	359.7	358.6		
第 5 次	388.4	378.5	369.6	366.6	361.7	358.9	360.6	358.9		
第 6 次	383.8	378.4	368.6	361.4	359.0	357.1	358.8	356.1		
第 7 次	384.2	377.0	371.7	366.9	361.0	360.3	359.7	356.4		
第 8 次	384.8	380.6	373.5	361.9	359.3	356.8	358.8	357.6		
第 9 次	381.5	378.0	374.5	366.1	359.8	361.2	359.8	358.2		
第 10 次	384.4	378.7	369.5	367.1	360.1	359.1	357.4	359.0		
平均	385.0	378.8	372.3	364.3	360.9	359.4	359.1	357.9		
流速 (m/s)	平均	1.039	1.056	1.074	1.098	1.108	1.113	1.114	1.118	
與原流速的 百分比值	最大值	93.37%	94.48%	96.63%	98.56%	99.22%	99.83%	99.66%	100.02%	
	最小值	91.71%	93.59%	95.01%	97.03%	98.12%	98.42%	98.78%	99.19%	
	平均	92.52%	94.04%	95.67%	97.77%	98.71%	99.10%	99.20%	99.52%	



(D：距障礙物遠近代號，數字：障礙物與浮標處的距離)

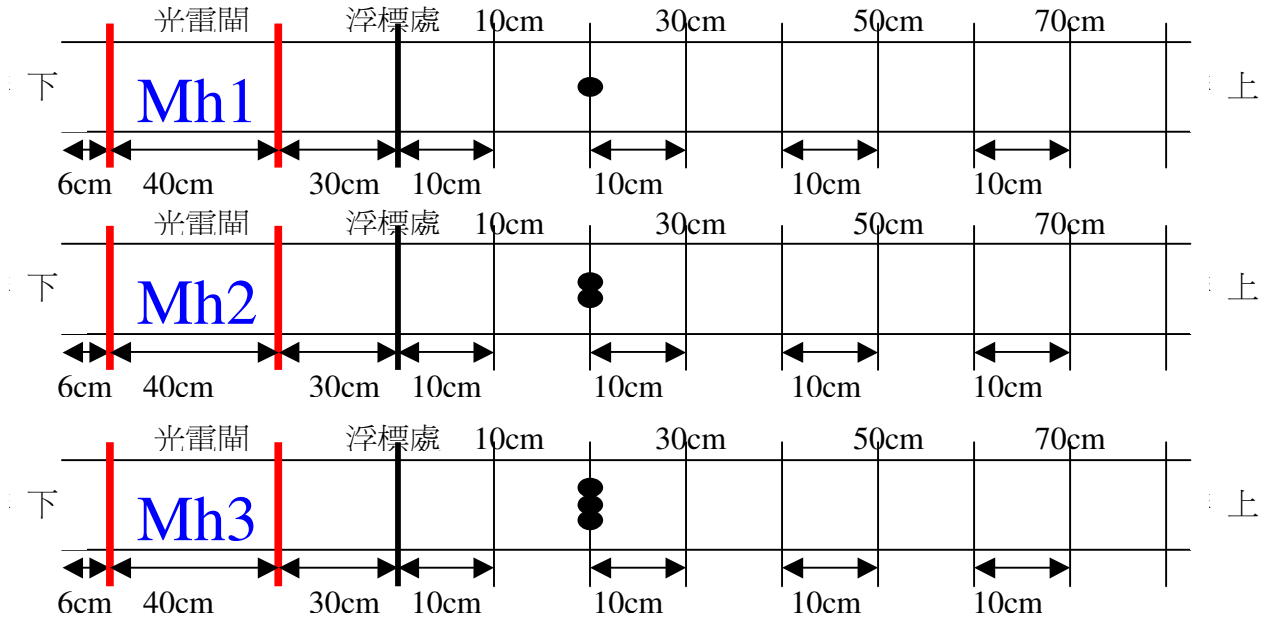
圖6-3 距障礙物遠近對流速的影響

結果分析：

- 1、由數據與圖形來看，在障礙物之後的水流，距離障礙物越遠，水流的速度越快。
- 2、由圖形來看，在距離障礙物 50cm 之後的水流速度，與沒有任何障礙物的流速相比，大約只減少 1%，而流速大約都相等；在 10~50cm 之間，流速似乎跟距障礙物的距離呈正比關係，每增加 10cm，流速增加約 2%，變化比 50cm 之後明顯許多。

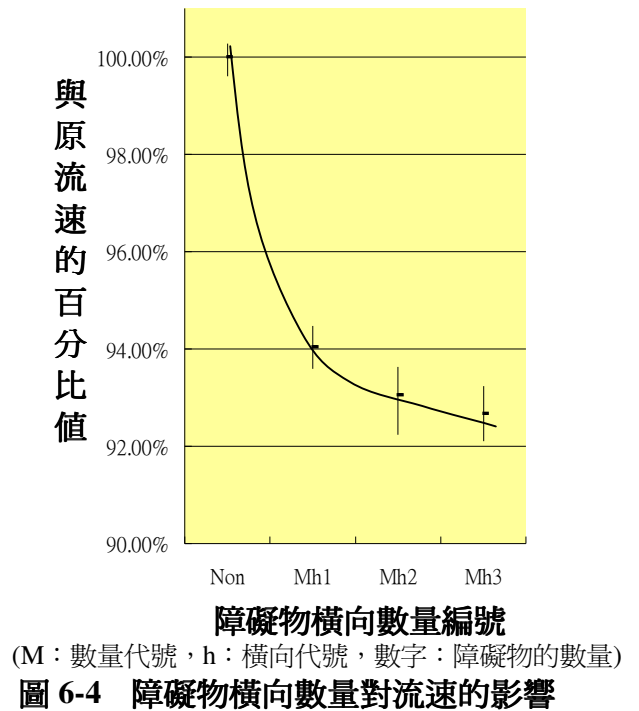
**四、水道中障礙物的橫向數量對水的流速有何影響：**

設計三組實驗組(Mh1~Mh3，數字代表障礙物的數量)，探討障礙物在橫向的數量不同時，跟完全不放障礙物(Non)的原始數據有何差異，結果如表 6-4 與圖 6-4 所示。



**表 6-4 水道中障礙物的橫向數量對流速的影響**

結果		編號			
		Non	Mh1	Mh2	Mh3
漂流時間 (ms)	第 1 次	356.0	379.5	381.9	386.3
	第 2 次	356.2	379.0	383.1	385.9
	第 3 次	355.4	378.9	383.4	384.2
	第 4 次	355.2	379.2	383.1	382.4
	第 5 次	355.9	378.5	386.2	382.0
	第 6 次	357.6	378.4	380.4	383.2
	第 7 次	356.6	377.0	381.7	385.0
	第 8 次	356.0	380.6	381.3	383.2
	第 9 次	356.5	378.0	381.2	386.7
	第 10 次	355.7	378.7	385.7	385.0
	平均	356.1	378.8	382.8	384.4
流速 (m/s)	平均	1.123	1.056	1.045	1.041
與原流速的 百分比值	最大值	100.28%	94.48%	93.64%	93.24%
	最小值	99.61%	93.59%	92.23%	92.11%
	平均	100.00%	94.04%	93.05%	92.66%



**結果分析：**

- 1、數據與圖形來看，障礙物的數目越多，水流減緩的越多。
- 2、由圖形來看，水道橫向的障礙物並不能太多，越多不代表流速越慢。在橫向的障礙物由放 2 個變成 3 個(障礙物佔去的寬度/水道寬由 6.6/15 變成 9.9/15)，流速的變化並不大。推測可能是障礙物越多，佔去水道越多寬度，會使兩側的水流速度又加快所致。

### 五、水道中障礙物的橫向間隔形式對水的流速有何影響：

設計三組實驗組(併攏、等分、靠邊)，障礙物之間的間隔不同，討論其對流速有何影響。結果如表 6-5 與圖 6-5 所示。

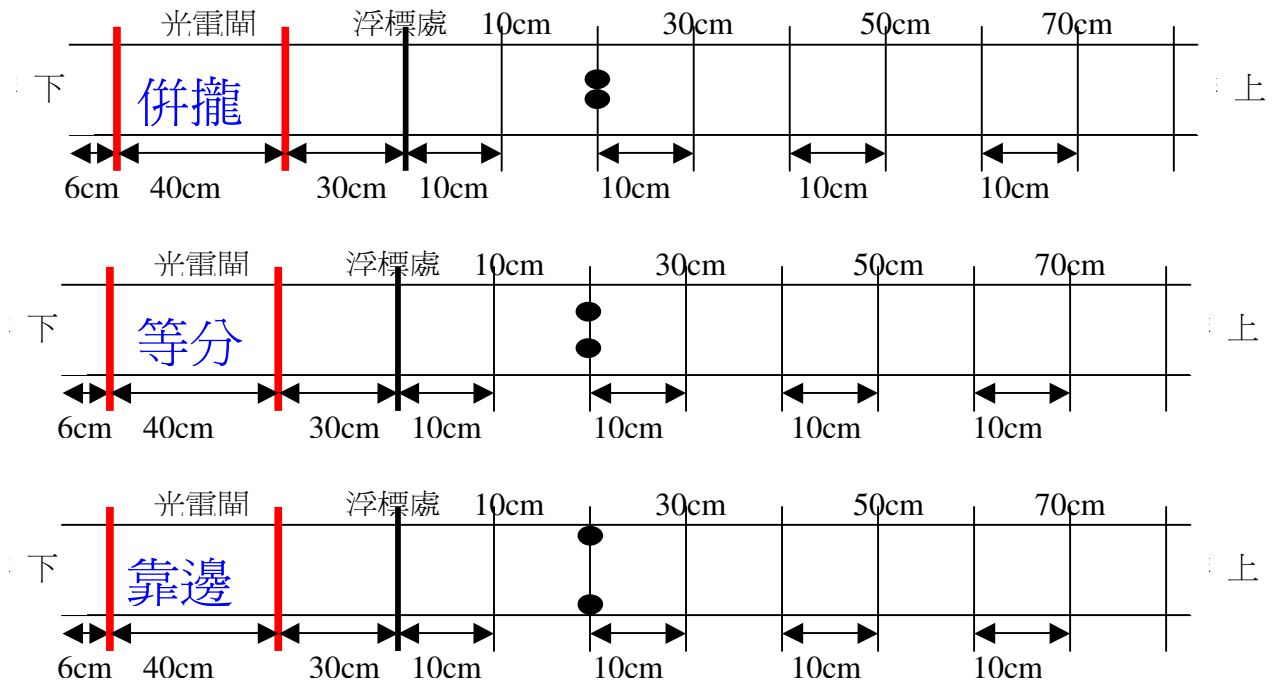


表 6-5 障礙物的橫向間隔形式對流速的影響

結果		編號		
		併攏	等分	靠邊
漂流時間 (ms)	第 1 次	381.9	372.9	359.6
	第 2 次	383.1	375.6	356.1
	第 3 次	383.4	373.4	360.2
	第 4 次	383.1	376.4	360.7
	第 5 次	386.2	373.3	355.5
	第 6 次	380.4	372.0	355.1
	第 7 次	381.7	373.6	360.4
	第 8 次	381.3	373.5	358.9
	第 9 次	381.2	374.0	357.5
	第 10 次	385.7	375.5	362.1
	平均	382.8	374.0	358.6
流速 (m/s)	平均	1.045	1.069	1.115
與原流速的 百分比值	最大值	93.64%	95.75%	100.31%
	最小值	92.23%	94.63%	98.37%
	平均	93.05%	95.23%	99.32%

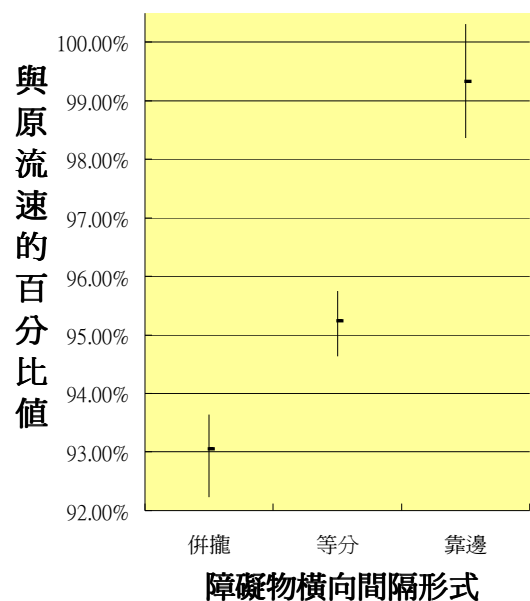


圖 6-5 障礙物橫向間隔形式對流速的影響

### 結果分析：

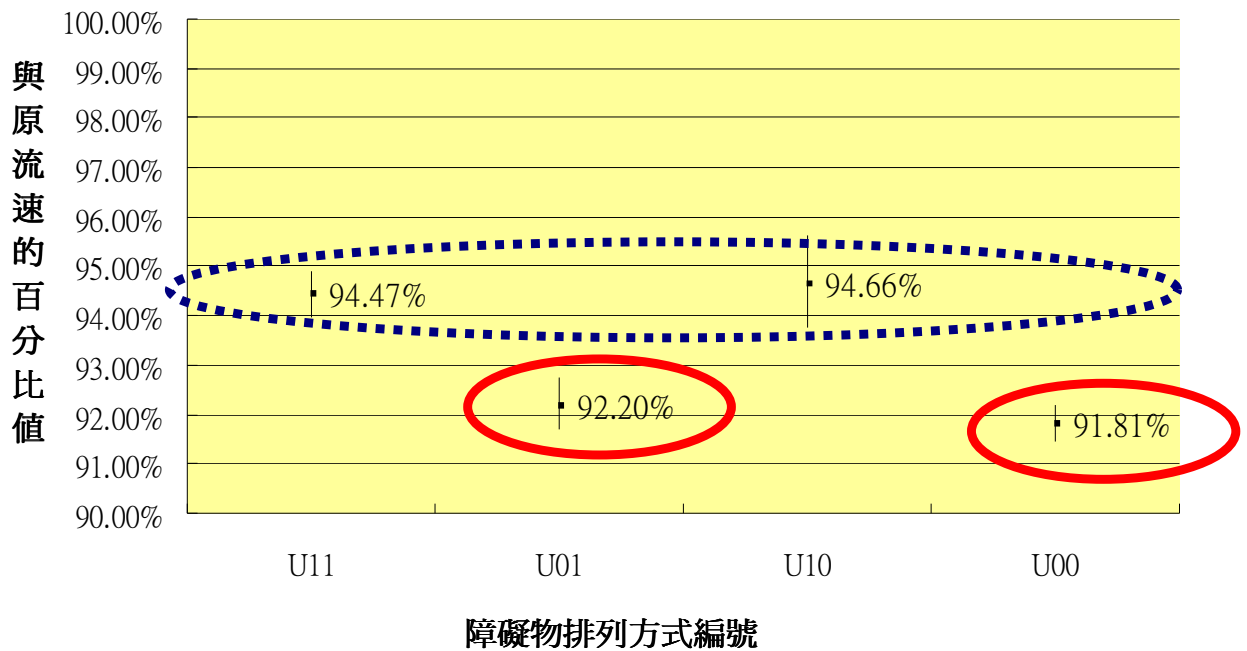
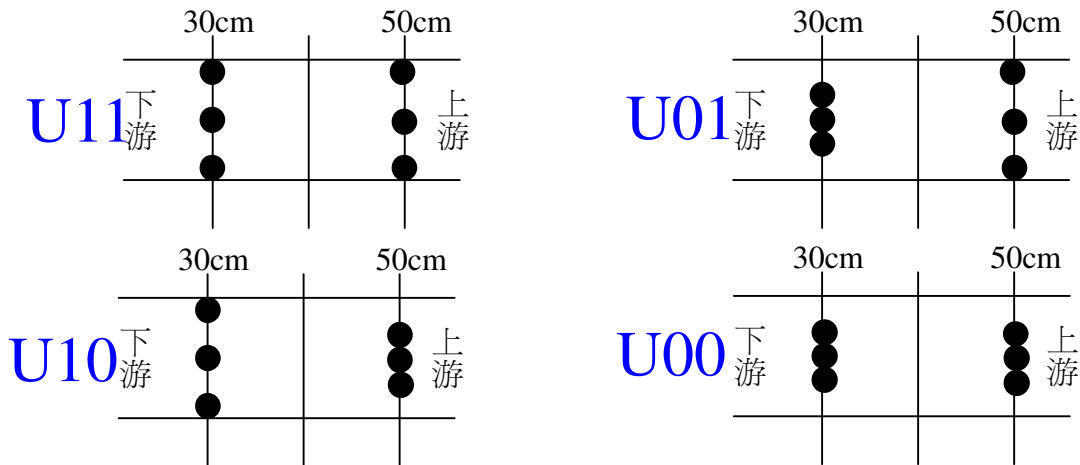
- 1、由數據與圖形來看，兩個障礙物之間的間隔越短，水流的速度越小。
- 2、推測原因為因為放置的浮標的位置皆為水道的正中間，而併攏又主要擋住中間的水流，所以才會導致併攏的流速越小；障礙物的間隔越大，中央的流速自然越大。

**六、哪一種障礙物的排列方式（固定六個障礙物）對減緩水流最有效果：**

設計五個系列實驗，皆控制障礙物的數量為六個，擺放區間也控制在浮標處上游 30~50cm，目的在找出各系列中緩流效果最佳的排列方式，最後再綜合比較。至於為什麼不同的排列方式有不同的緩流效果，由於變因頗多，而且未收集水流紋路、水深變化等資料，在此暫不做討論。

**(一) 2 排開合變化系列**

設計四組實驗組(U11~U00，數字 1 表示障礙物散開排列，數字 0 表示障礙物緊密排列)，探討其對流速減緩的效果，結果如圖 6-6.1 所示(表略)。

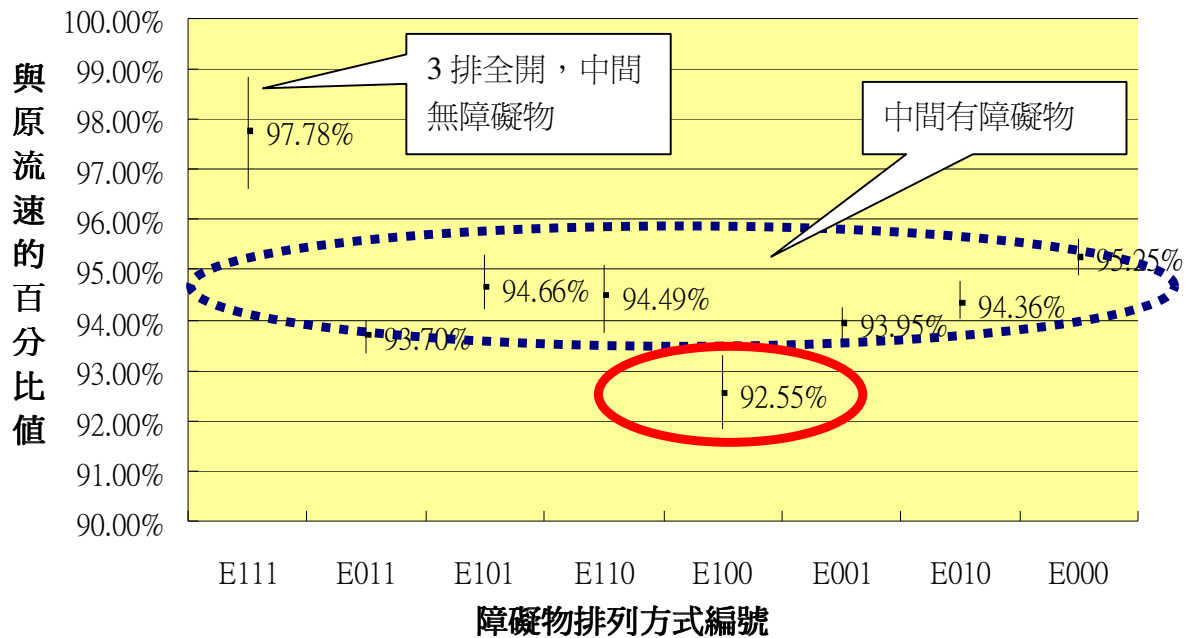
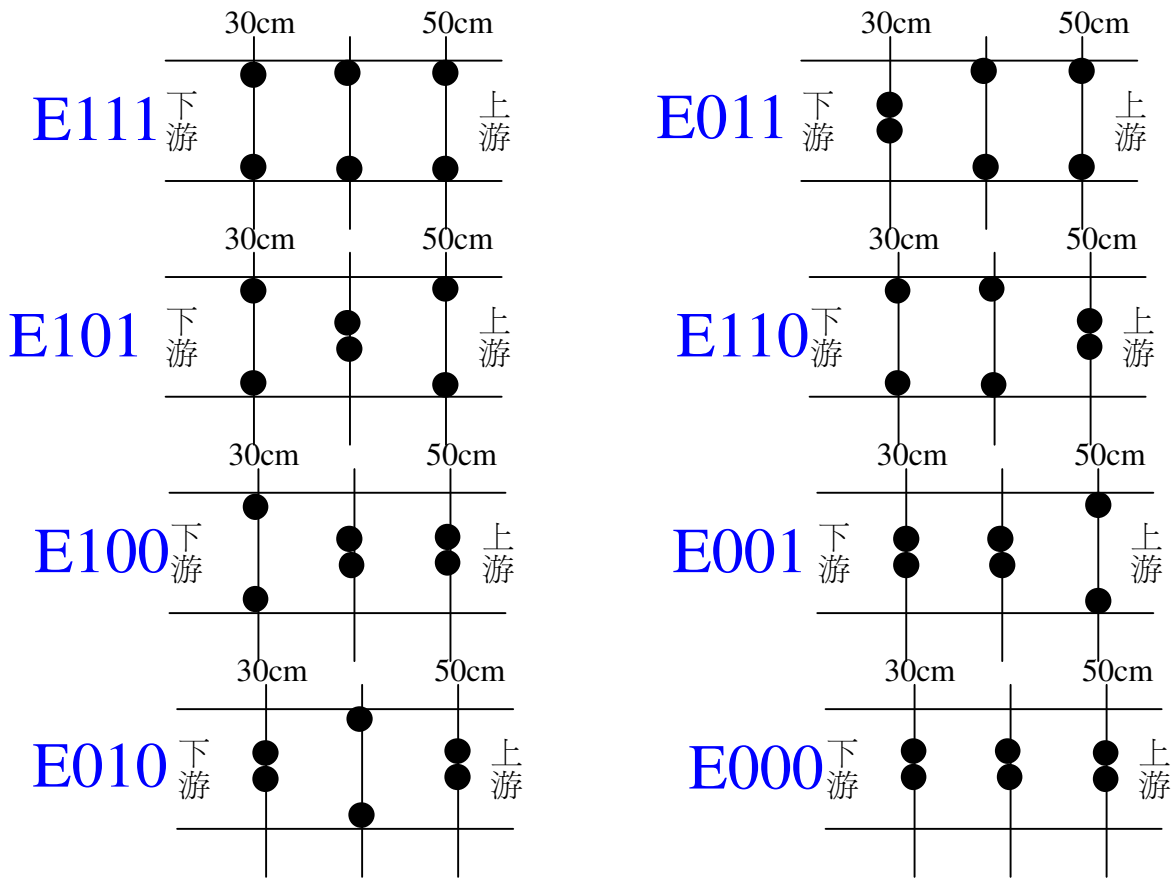


(U：象徵 2 排的排列方式，0：表示障礙物緊密排列，1：表示障礙物散開排列)

**圖 6-6.1 障礙物的排列方式（2 排開合變化系列）對流速的影響**

## (二) 3排開合變化系列

設計八組實驗組(E111~E000，數字1表示障礙物散開排列，數字0表示障礙物緊密排列)，探討其對流速減緩的效果，結果如圖6-6.2所示(表略)。



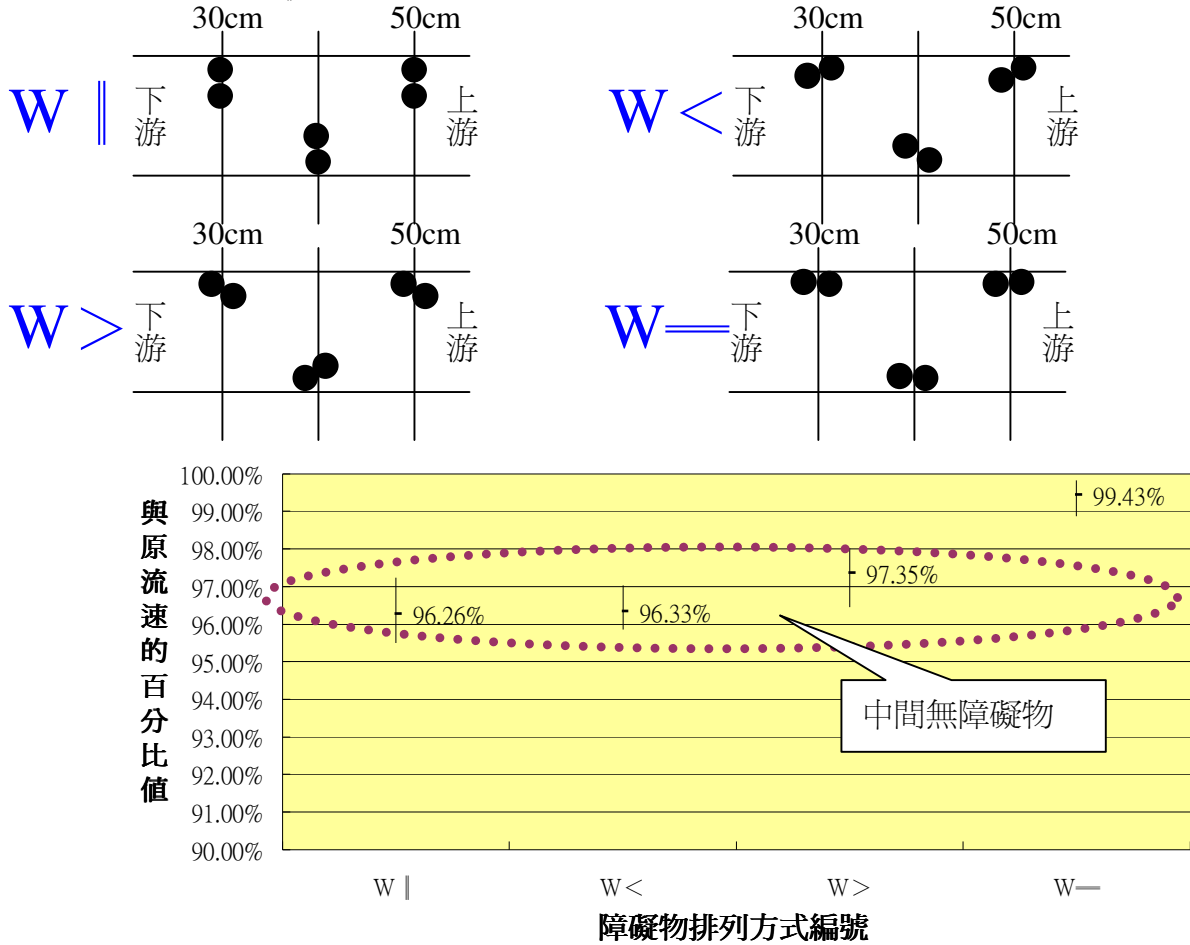
(E：象徵3排的排列方式，0：表示障礙物緊密排列，1：表示障礙物散開排列)

圖6-6.2 障礙物的排列方式(3排開合變化系列)對流速的影響



### (三) 兩側變化系列

設計四組實驗組(W $\parallel$  ~ W $\equiv$ )，探討其對流速減緩的效果，結果如圖 6-6.3 所示(表略)。

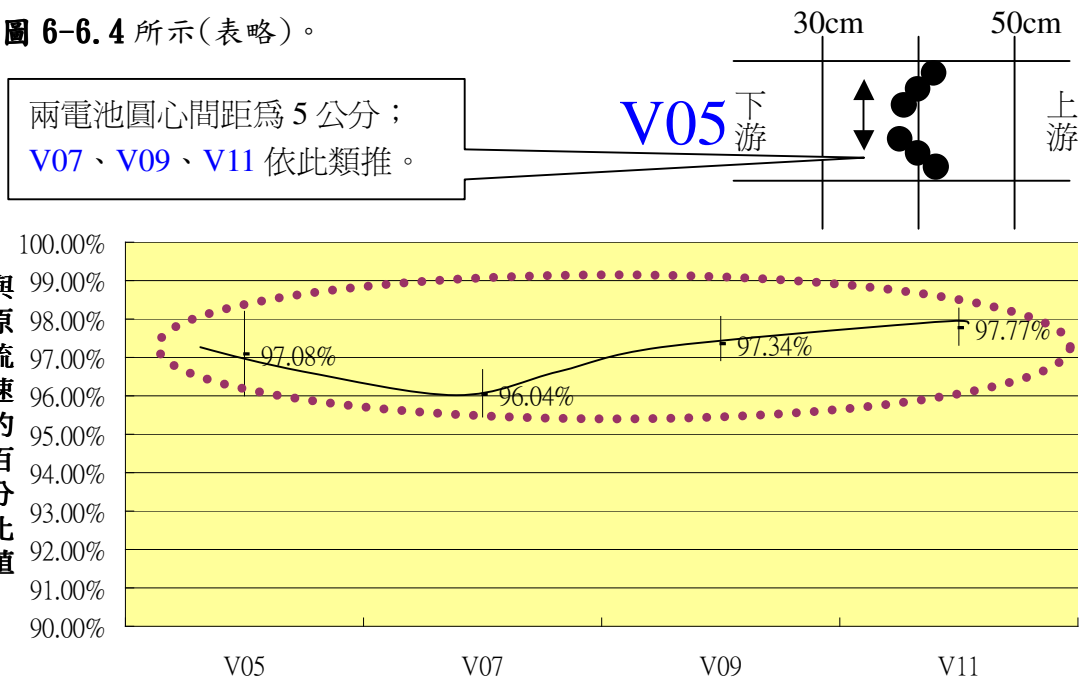


( $\parallel$  : 垂直水道,  $<$  : 朝水道下游,  $>$  : 朝水道上游,  $=$  : 靠水道邊)

圖 6-6.3 障礙物的排列方式 (兩側變化系列) 對流速的影響

### (四) 開口大小系列

設計四組實驗組(V05~V11，數字代表開口處的兩電池圓心間距)，探討其對流速減緩的效果，結果如圖 6-6.4 所示(表略)。



(V : 象徵開口, 數字 : 開口大小)

圖 6-6.4 障礙物的排列方式 (開口大小系列) 對流速的影響

(五) 321 順位系列

設計六組實驗組(S123~S312，數字代表障礙物的數量)，探討其對流速減緩的效果，結果如圖 6-6.5 所示(表略)。

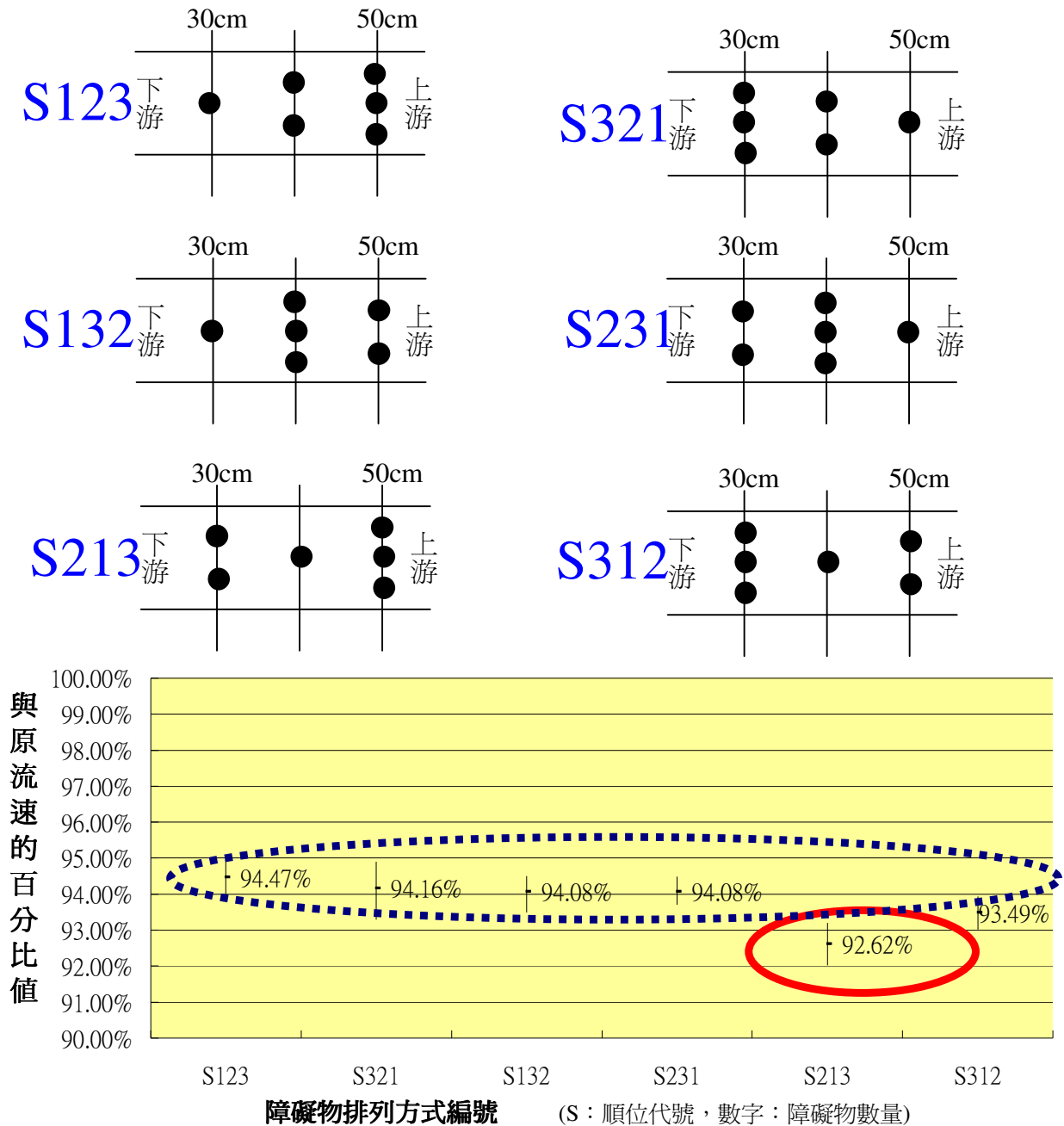


圖 6-6.5 障礙物的排列方式 (321 順位系列) 對流速的影響

綜合比較：

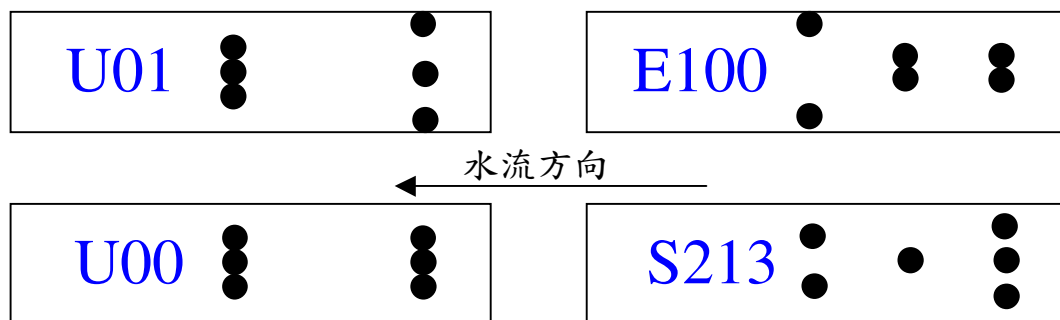
1. 障礙物只在水道兩側，而中央沒有障礙物的排列方式，如(三)兩側變化與(四)開口大小系列，不論中央的開口大小如何，流速約為原流速的 96-98%之間。
2. 中央有障礙物的(一)、(二)、(五)系列，大部分流速都落在原流速的 94-95%之間。
3. 由(四)得知有一適中的開口大小 (V07，開口大小/水道寬度=(7-3.3)/15)，能達到最佳的緩流效果，若開口過大 (V09、V11) 可能障礙物無法有效阻擋水流通過，開口過小 (V05) 又可能導致水壓加大，流速也會略升。
4. 上述 26 種排列中，緩流效果較顯著的有 U00(91.81%)、U01(92.20%)、E100(92.55%)、S213(92.62%)等四種排列方式。

## 柒、討論：

- 1、在實驗初期，使用碼錶測量流速，由於人為誤差很大，所以改用光電計時器，以減少不必要的誤差來準確測量流速。
- 2、在水道的使用上，考慮到不透水及表面光滑，所以使用廣告看板（隨手可得、方便），但是要注意不要承載太重的物品，以免水道變形（向下彎曲），造成實驗誤差。以後可以試著改變水道的寬度、橫斷面形狀等，探討不同種的水道對實驗結果有何影響。
- 3、使用不同形狀的浮標物，測試結果會有差別。在實驗過程中發現，如果浮標底部不是圓形，會造成浮標轉動，影響測量結果，所以浮標底部一律採用圓形，避免測量時浮標有所轉動，造成誤差。
- 4、我們剛開始製作浮標時，為了減輕浮標重量，所以用吸管作為通過光電計時器的桿子，結果光電計時器無法感應到，後來我們換成珍珠奶茶吸管，結果還是時有時無，最後，我們把吸管的上端貼上黑色不透光的膠帶，感應器才有正常反應。實驗完後我們還想到也可以用鋁箔紙，因為不透光又輕，也許更能增加實驗的精準度，此想法留給以後實驗再嘗試看看。
- 5、在每做一組實驗時，皆重測沒有擺放障礙物時的水流速度，以確定水道等裝置沒有改變，避免有誤差的產生。所以抽水馬達最好不要開開關關，使水量有些許變化，實驗結果才不會有所誤差，也就是要重視實驗中的每一個細節，避免影響實驗的再現性。
- 6、障礙物的擺放會造成水流波紋的改變，波紋多寡，可能與水的流速有關，所以在擺放障礙物時，應適當的微調障礙物的擺放位置，讓水紋左右對稱，使水流穩定，也利於實驗。另外，水紋其實也是一個值得探討的變因，以後可以將水流紋路加以拍照分析，應該會使研究更加豐富。
- 7、如果把自製水道改成透明的，例如使用壓克力板或玻璃，就可以觀察到水面深度的變化，能夠用來協助分析障礙物減緩水流的效果，也不擔心障礙物過重造成水道變形。
- 8、水道裡的水要有適當深度，否則浮標會很容易沉下去，卡到河底；但是深度太高，水的流速又快，會溢過電池的頂端，造成另一個變因。所以，要在深度跟流速間取得平衡，本次實驗水道角度採用 $5^\circ$ ，就是考量上述因素所決定的，但是以後可以改良實驗器材，針對不同的角度去探討，才可以做更多的推論。
- 9、障礙物的形狀不同，也會影響水流的流速，而圓柱體型的電池，不論怎麼擺放，接觸水的沖擊面都是一樣的，而且電池夠高夠重，不容易被水流沖走；有堅硬的外表不會變形，避免造成許多的麻煩與誤差；又易取得，所以我們挑選電池作為我們實驗的障礙物。不過以後也可以試試使用或自製不同的障礙物（形狀、長寬比、高度等）去進行探討。
- 10、在野外的水道坡度皆是斜率很高的山溝，所以以後水道的角度可能再向上提昇，以求更貼近大自然的情況。（水道的長度可能要再加長，以長度來換取時間的加大，以避免時間的數值太小，而失去準確度）。
- 11、本次實驗因為水道的長度限制，只有測量水通過障礙物後的水流速度，其實水流在障礙物之間的流速是如何遞減變化的，也是很有趣、值得繼續研究的地方。
- 12、找出各種水道的流速跟障礙物數量多寡及排列方式的最佳組合，以利建築水道時使用。用最少的金錢及人力，造出最有效的減緩水流的擋水建築物，可以減少土石流，也可以減少政府的資出。

## 捌、結論：

- 1、水道上縱向的障礙物數量越多，水流的流速就越慢，但是如果降低流速，並無法藉由持續增加障礙物的數量來達成，因為隨著障礙物數量的增加，緩流的效果就漸漸降低，因此應找出最適切的障礙物數量來達到合理的效益。
- 2、當障礙物數量固定時，障礙物彼此的縱向間距，不是越近，水流速度越慢；也不是間距越遠，水流速度越慢。間距要到某個適當的距離，流速才是最慢。
- 3、在障礙物之後的水流，離障礙物愈近，水流的速度越慢，但是隨著與障礙物距離的拉遠，流速減緩的效果會大幅縮小，使得流速幾乎與沒有障礙物的情形相同。
- 4、障礙物的橫向數量越多，水流減緩的越多，但是如果障礙物多到佔去水道太多寬度，使得水流開口變小，可能使水壓加大，反而增加流速。
- 5、水道兩個障礙物之間的橫向間隔越短，水流的速度越小。
- 6、在本研究的 26 種障礙物排列方式中，中央沒有障礙物的排列方式，如兩側變化與開口大小系列，不論中央的開口大小如何，其緩流效果都比起中央有障礙物的排列方式，如 2 排開合變化、3 排開合變化、321 順位來的差，也就是障礙物置於水道中央比放置在水道旁更能減緩流速。
- 7、上述 26 種排列中，緩流效果較顯著的有 U00、U01、E100、S213 等四種排列方式，可作為實際建設水道擋水建築物時之施工參考。



- 8、水道中擋水建築物的擺設，能符合生態工法，可應用在土石流源頭的整治，抑制土石的產出，也可應用在坡面整治時縱向排水溝的水流減緩，或野溪整治等等，希望本實驗結果可以對此有所助益。

## 玖、參考資料：

生態工法篇，水環境研究中心，2001年8月21日，取自：  
[http://www.cc.ntut.edu.tw/~wwwwec/eco-engineering/eco\\_eng.htm](http://www.cc.ntut.edu.tw/~wwwwec/eco-engineering/eco_eng.htm)

賓光楣。河道整治建築物。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=36155&Query=8>

劉潤生。明渠恆定均勻流。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=36323&Query=8>

覃修典、祁慶和。水工建築物。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=36468&Query=1>

曹楚生。擋水建築物。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=35984&Query=8>

張增哲。山坡截流溝。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=36404&Query=8>

王禮先。攔沙壩。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=14502&Query=8>

陳玉璞。流速。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=36299&Query=1>

林紀方、任德呈。流動阻力。取自「中國大百科全書智慧藏」：  
<http://library.mit.edu.tw/web/Content.asp?ID=25331&Query=1>

生態工法（工法篇）。取自：  
[http://www.fbcc.com.tw/%A5%CD%BAA%A4u%AAk\(%A4u%AAk%BDg\).htm](http://www.fbcc.com.tw/%A5%CD%BAA%A4u%AAk(%A4u%AAk%BDg).htm)

生態工法篇。水環境研究中心。取自：  
[http://www.cc.ntut.edu.tw/~wwwwec/eco-engineering/eco\\_eng.htm](http://www.cc.ntut.edu.tw/~wwwwec/eco-engineering/eco_eng.htm)

吳采瑜。生態工法。取自：<http://bc.zo.ntu.edu.tw/article/014.htm>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
評 語

---

國中組 生物及地球科學科

031727

中流砥柱

桃園縣立南崁高級中學(附設國中)

評語：

本實驗以模擬溝渠的方式，探討障礙物的數量，間隔、排列方式等變因對水流流速的改變之影響，提出實際建設水道擋水建築物時之施工參考，具實用參考價值。