

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國中組

作品名稱：河流中的陷阱~石下流漩渦形成因素之探討

關 鍵 詞：漩渦、水洞

編 號：

目錄

摘要.....	1
壹、前言	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	2
貳、研究設備及器材	3
一、水道及障礙物.....	3
二、測量工具	3
三、分析工具.....	3
參、研究過程與方法	4
一、循環水道.....	4
二、穩流吸管.....	4
三、保麗龍障礙物	4
四、障礙物的擺放	4
五、測量拉力的方法.....	4
六、測量流速的方法.....	4
七、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響.....	6
八、【實驗二】探討前後障礙物間隔距離對漩渦強度的影響	6
九、【實驗三】探討後障礙物前後通道高度對漩渦強度的影響	7
十、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響	7
十一、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響	8
十二、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響	9
十三、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響	10
十四、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係.....	10
肆、研究結果.....	11
一、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響.....	11
二、【實驗二】探討前後障礙物間隔距離對漩渦強度的影響	12
三、【實驗三】探討後障礙物前後通道高度對漩渦強度的影響	13
四、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響	15
五、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響.....	16

六、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響	17
七、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響	18
八、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係.....	19
伍、討論.....	21
一、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響.....	21
二、【實驗二】探討前後障礙物間隔距離對漩渦強度的影響	21
三、【實驗三】探討後障礙物前後通道高度對漩渦強度的影響.....	22
四、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響	23
五、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響.....	23
六、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響	23
七、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響	23
八、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係.....	23
陸、結論.....	24
一、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響.....	24
二、【實驗二】探討前後障礙物間隔距離對漩渦強度的影響	24
三、【實驗三】探討後障礙物前後通道高度對漩渦強度的影響.....	24
四、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響	24
五、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響.....	24
六、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響	24
七、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響	24
八、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係.....	24
柒、未來展望.....	25
捌、參考資料及其他	25

河流中的陷阱~石下流漩渦形成因素之探討

摘要

我們做的實驗是關於形成石下流漩渦的條件。我們利用自製水道，並使用藍色色素方便觀察，探討可能影響到漩渦的環境因子。首先在水道前端放上吸管和前障礙物使漩渦更加穩定且容易出現，方便觀察。測量拉力的方式是錄一段影片，每秒一個數據，再得到平均來做圖表和分析。在我們的實驗裡，當通道兩端高度一致時，障礙物間距 4 公分可使漩渦拉力較強，在障礙物間距較近或水道角度較大時，石下流漩渦不易出現，反而較容易出現翻滾流的情形。從數據發現，通道前高後低所產生的漩渦比前低後高所產生的漩渦拉力強，符合自然界中的堆砌方式，且後障礙物與水接觸面角度變小，會使漩渦拉力下降，最佳的水面的高度須在低於障礙物但必須淹沒石下通道的高度。

壹、前言

一、研究動機

某一天，我們在專題課上尋找科展題目時，偶然看到新聞上放著有人拍到河流中因為石縫所產生水下漩渦，這種漩渦竟可以將不短的樹枝吸到石頭的另一端。我們感到有些好奇，所以去查了一下，才發現這跟平常在溪流中常見到的漩渦，翻滾流、微笑流不太一樣。我們想知道這種漩渦要如何才能形成、以及甚麼樣的因素會影響到這種漩渦，於是我們打算手作一個和新聞中類似的環境來實驗看看能不能做出相似的漩渦，並觀察甚麼樣的環境因素會影響到此種漩渦的強度。

二、研究目的

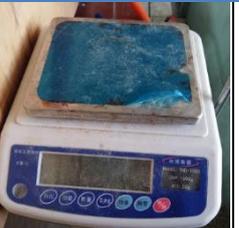
- (一)、設計實驗器材—模擬水道。
- (二)、探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響。
- (三)、探討障礙物間隔距離對漩渦強度的影響。
- (四)、探討後障礙物通道高度對漩渦強度的影響。
- (五)、探討水道角度對漩渦強度的影響。
- (六)、探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響。
- (七)、探討通道長度對漩渦強度的影響。
- (八)、探討水量對漩渦強度的影響。
- (九)、探討水道流速差和漩渦強度的關係。

貳、研究設備及器材

一、水道及障礙物

			
水道	保麗龍塊	沉水式抽水馬達	橡膠水管
			
水箱	過濾網	吸管	水溶性色素

二、測量工具

				
碼表	電子秤	滑輪	針筒	木球
				
棉線	鐵尺	砝碼	橡膠塊	皮尺

三、分析工具

(一)Excel

(二) Cyber Link Power Director 365

參、研究過程與方法

一、循環水道

先做一個水道，一邊釘上透明壓克力方便觀察，另一邊釘上木板。因無法控制馬達完全平均出水，注水口設計在水道下方，使水流較為穩定，並連接水箱裡的抽水馬達成為一個循環。（如圖一）

二、穩流吸管

在水道前端放置眾多吸管(如圖二)，使水流較平穩，也在水道出水口放置過濾網，防止障礙物產生的保麗龍碎屑被抽水馬達吸入，導致損壞。

三、保麗龍障礙物

我們嘗試過多種不同材質、形狀的障礙物，我們試過使用黏土和木板作為障礙物的材質，黏土的優點為，易塑形，卻因為重量太重，無法精準控制通道高低，而木板對於須具備弧度的變因時，就難以達成。最後我們決定使用重量輕、容易切割且方便取得的保麗龍作為障礙物的材質。

四、障礙物的擺放

我們原本只放置一塊長 30 公分、寬 9.5 公分、高 15 公分的半圓形的保麗龍當障礙物(如圖三)，這種擺放方式雖可以產生漩渦，但漩渦常常時有時無，不方便我們觀察及做實驗，因此經過多次嘗試後，我們發現另一種障礙物的擺放方式，先放一塊長 19.5 公分、寬 9.5 公分、高 8 公分的長方形的前障礙物，再放一塊半圓形的後障礙物，可能是因此製造了一個較合適的水流，會比較容易產生持久的漩渦，所以之後放置障礙物方式都以上述的方式為基準再加以改動。(如圖四)

五、測量拉力的方法

將電子秤放置在水道旁，並放一顆 200g 的砝碼，拿一條棉繩，固定好長度，一頭綁上木球，另一頭掛在滑輪上後勾住砝碼。測量時，錄影 10 秒，每秒紀錄一個數據並算出平均。(如圖五)因為 200 克的砝碼在一般水流的情況下所呈現的數據為 199.3 克，所以在測量有漩渦的情況下，用 199.3 減去所產生的差距，我們定義為漩渦拉力。

六、測量流速的方法。

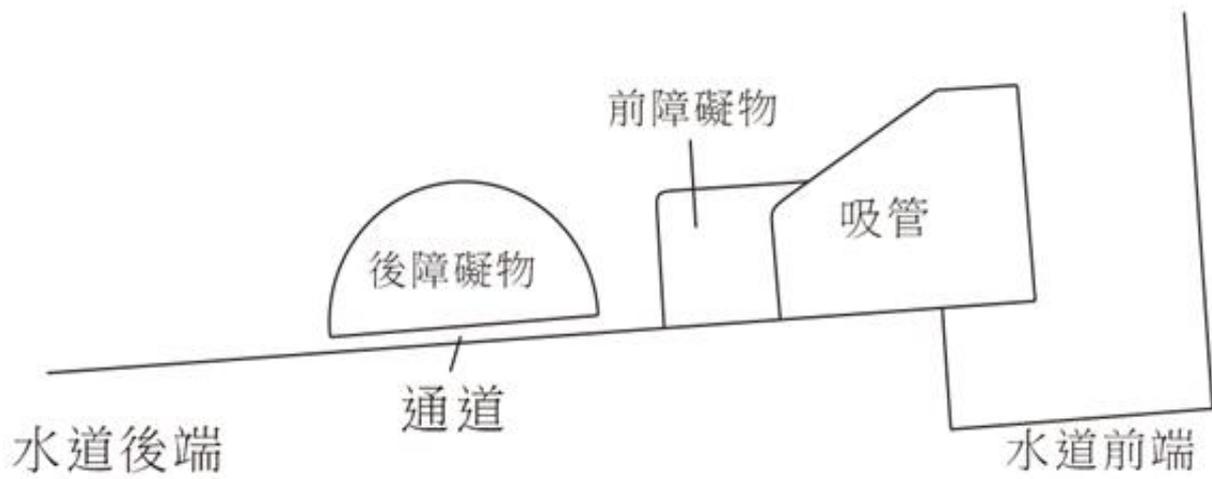
我們使用顏色鮮豔的紅色橡膠塊方便觀察，用平板開始錄影後，將橡膠塊放入水中，接著用威力導演觀察橡膠塊在通道中花的時間，進而推算出流速。並以在前障礙物上的流速減去通道中的流速，其中產生的差距，我們定義為流速差。



圖一

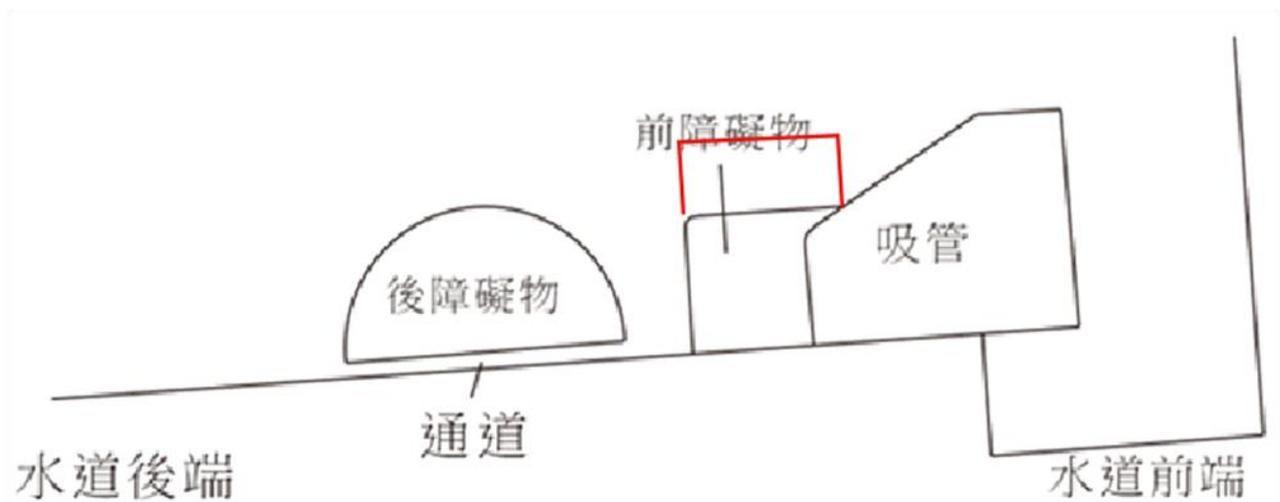


水道示意圖



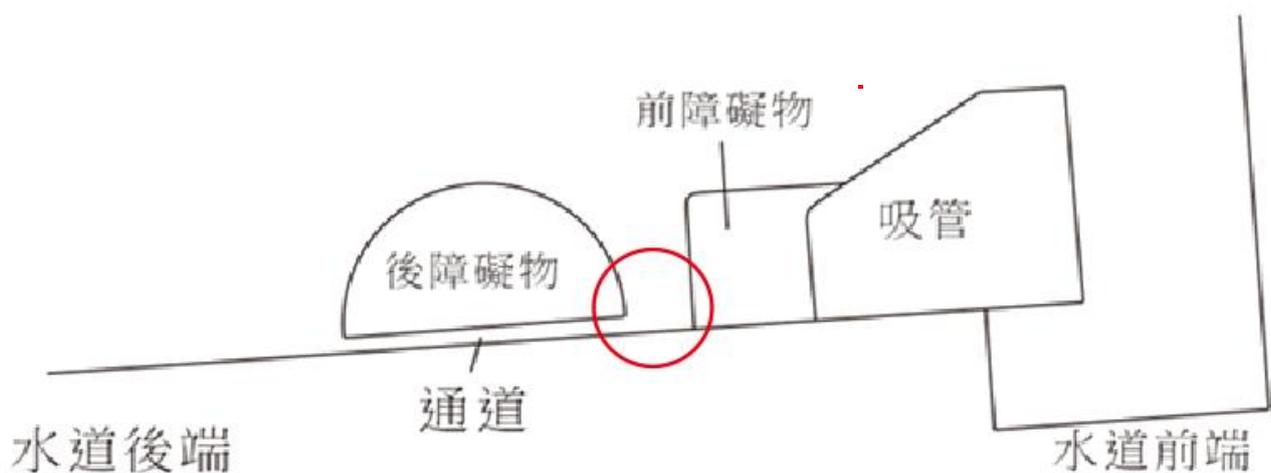
七、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響

- (一)、放置長 19.5、寬 9.5、高 8 公分的長方形前障礙物與長 30 公分、寬 9.5 公分、高 15 公分的半圓形後障礙物於水道中。開啟兩台馬達，水道與桌面的夾角為 3 度。
- (二)、將前障礙物墊高，測量並觀察漩渦拉力與原障礙物的拉力是否有差異。
- (三)、觀察漩渦是否有形成，並測量漩渦的拉力與流速。
- (四)、比較不同高度與拉力的關係。



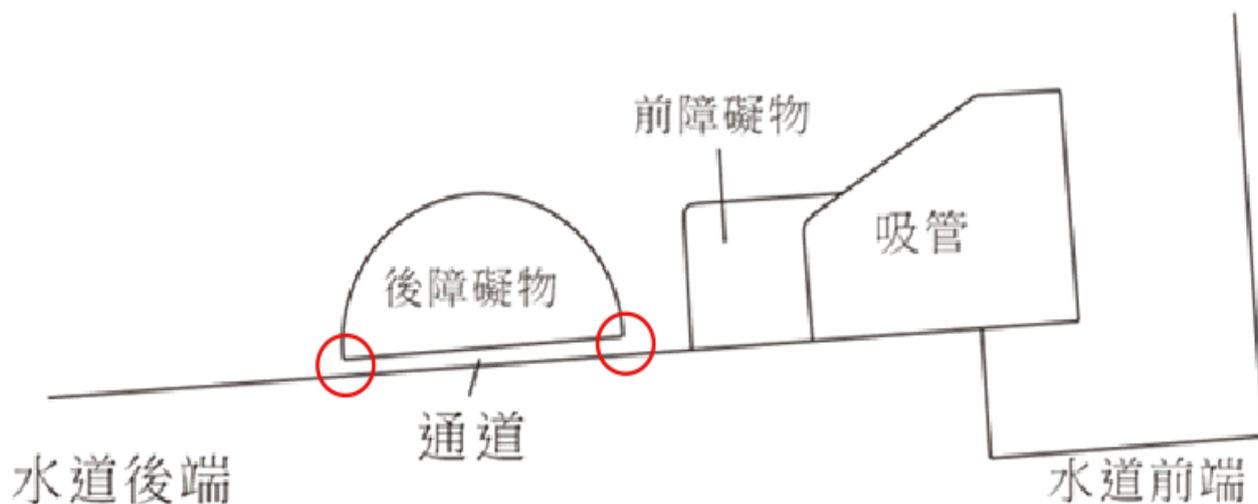
八、【實驗二】探討前後障礙物間隔距離對漩渦強度的影響

- (一)、裝置如實驗一，改變障礙物間距。
- (二)、移動後障礙物，每次移動一公分，移動到拉力無法測量或漩渦無法形成。
- (三)、觀察漩渦是否有形成，並測量漩渦的拉力與流速。
- (四)、比較不同距離與拉力的關係。
- (五)、我們將通道的高訂為 1.5 公分，障礙物間的距離以 1 公分來逐漸增加，直到漩渦拉力小到無法測量。



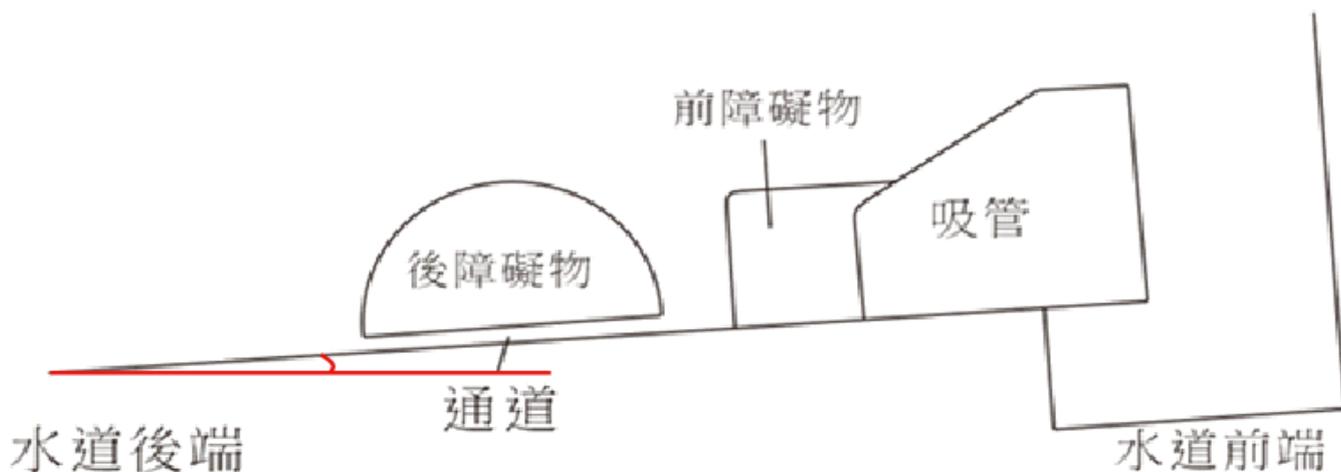
九、【實驗三】探討後障礙物前後通道高度對漩渦強度的影響

- (一)、裝置如實驗一，改變通道高度。
- (二)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。
- (三)、將後障礙物的通道調整成等高、前低後高、前高後低，並調整通道高度，測量並觀察漩渦拉力與是否有呈現特殊的趨勢。



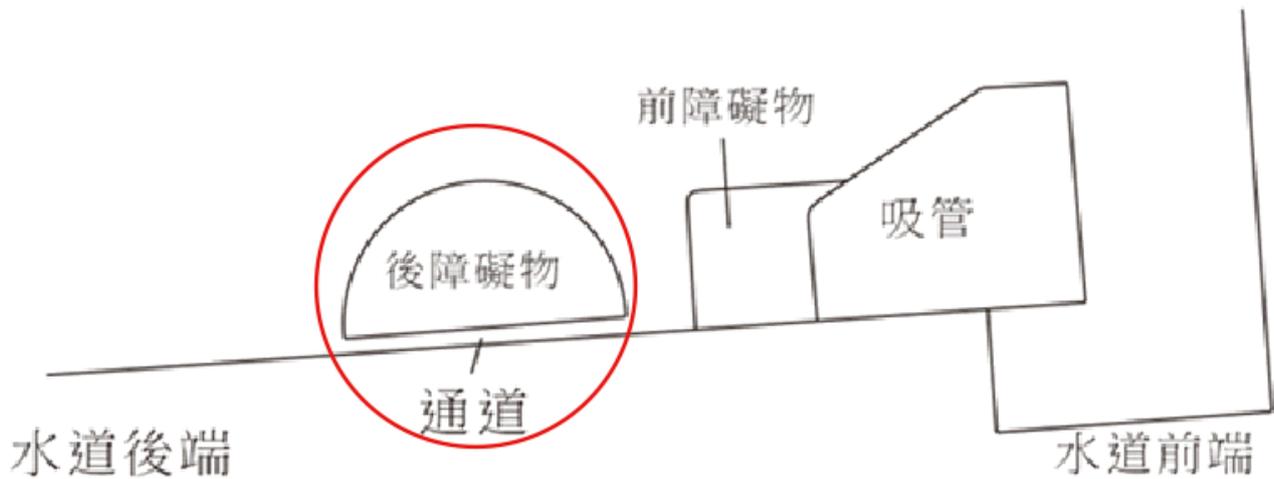
十、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響

- (一)、裝置如實驗一，改變水道角度。
- (二)、測量原水道與桌面的夾角，並加以改動。
- (三)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。將水道後端墊高，測量並觀察漩渦拉力與實驗前是否有差異。
- (四)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。將水道前端墊高，測量並觀察漩渦拉力與實驗前是否有差異。



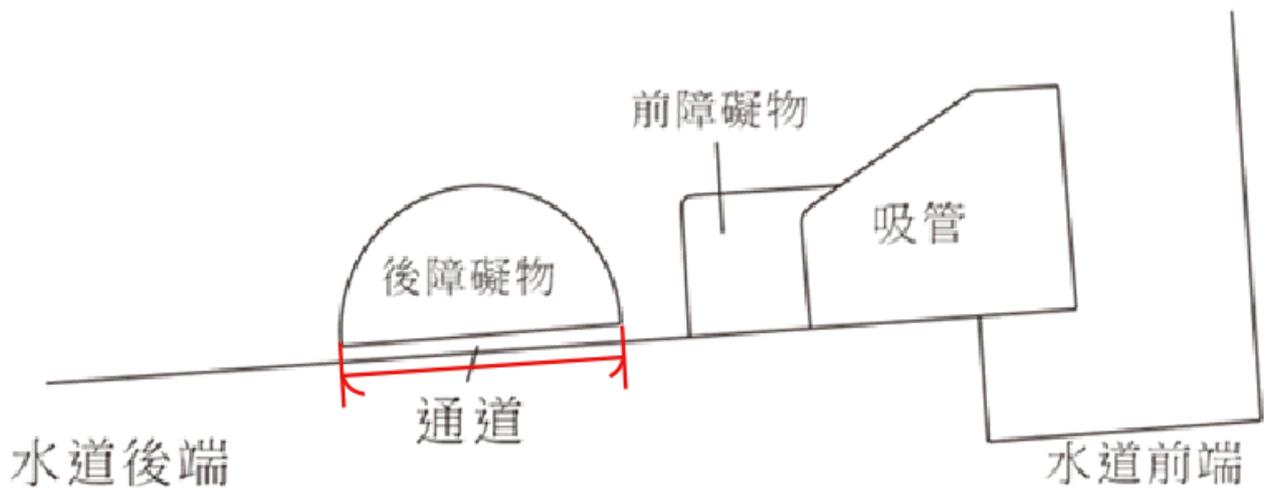
十一、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響

- (一)、裝置如實驗一，改變後障礙物的形狀。
- (二)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。
- (三)、重新切兩塊和原障礙物等長等高的長方形與三角形保麗龍塊當障礙物，測量並觀察漩渦拉力與實驗前是否有差異。



十二、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響

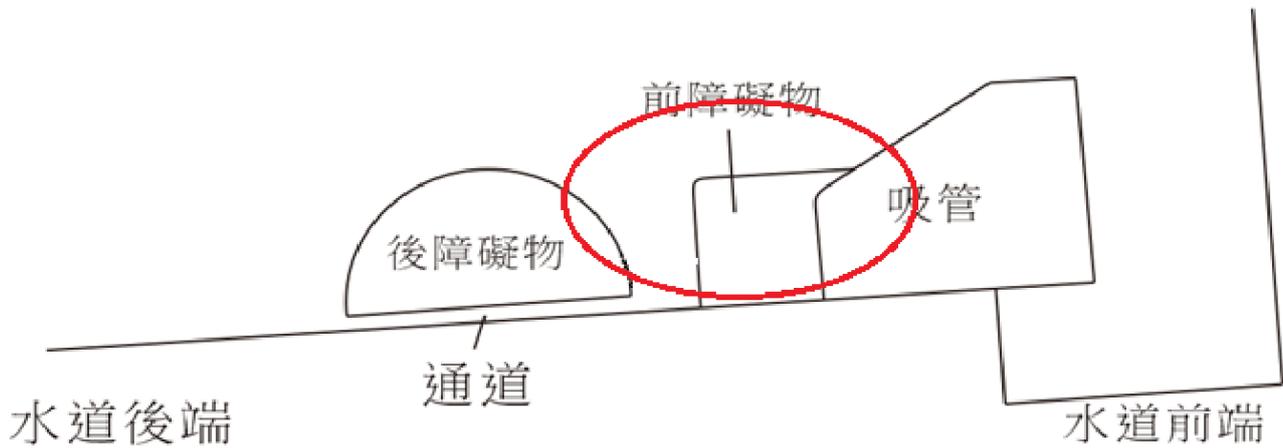
- (一)、裝置如實驗一，改變後障礙物的形狀。
- (二)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。重新切一塊比原障礙物長度短一半、等高的保麗龍塊當障礙物，使通道距離縮短成原本的 0.5 倍，測量並觀察漩渦拉力與實驗前是否有差異。
- (三)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。將原障礙物後端放入一塊與原障礙物等高，距離短一半的保麗龍，將通道距離增加成原本的 1.5 倍，測量並觀察與實驗前是否有差異。
- (四)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。將原障礙物底部的面積分為三直排，並在兩旁黏上高 1.5 公分的骨牌，使通道寬度為原本的 $\frac{1}{3}$ ，測量並觀察與實驗前是否有差異。



十三、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響

(一)、裝置如實驗一，改變不同水量。

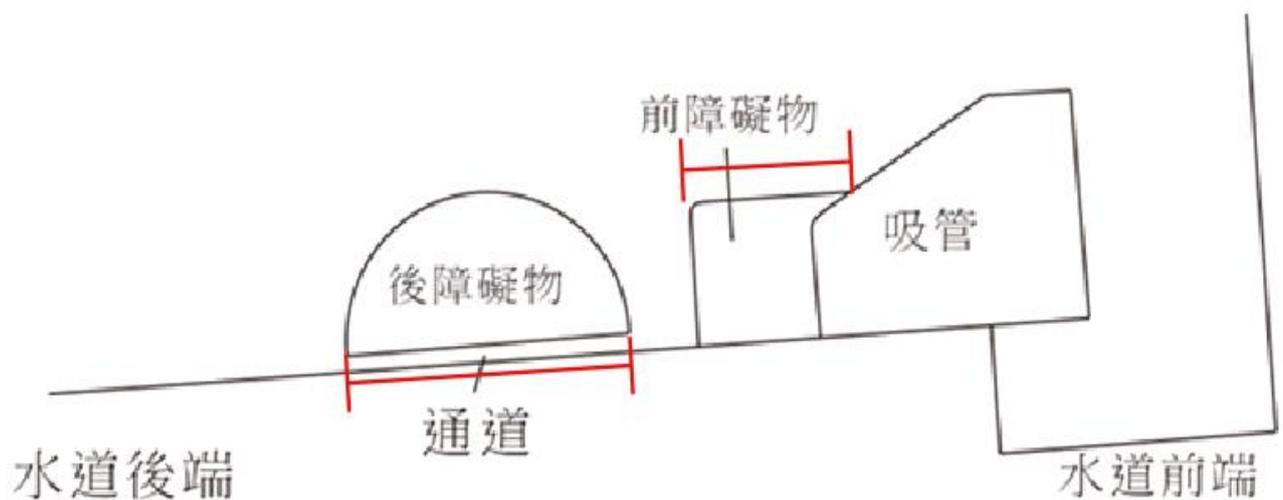
(二)、選定實驗二漩渦拉力較強の間格距離 4 公分，並固定這個間格距離。將原本使用的兩台馬達增加到三台和減少到一台，測量並觀察漩渦拉力與實驗前是否有差異。



十四、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係

(一)、整理實驗二至實驗七的數據。

(二)、觀察不同數據間流速和拉力的關聯性，並繪製成圖表。

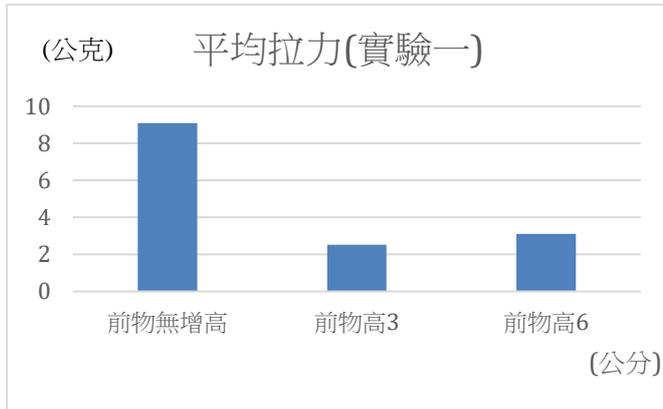


肆、研究結果

一、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響

(一)、我們將原前障礙物墊高 3 公分和 6 公分(如圖 1-2、1-3)，使得水的落差變大。表格和長條圖如下。

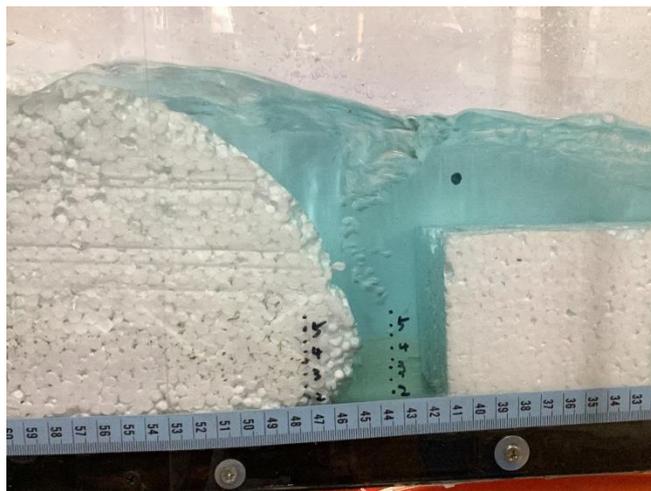
(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件一)



單位(公分)	平均拉力(公克)
前物無增高	9.09
前物高3	2.52
前物高6	3.12

△ 表 1-1 前障礙物增高與漩渦平均拉力關係表格

△ 圖 1-1 前障礙物增高與漩渦平均拉力關係圖



△ 圖 1-2 前障礙物無增高實際影像

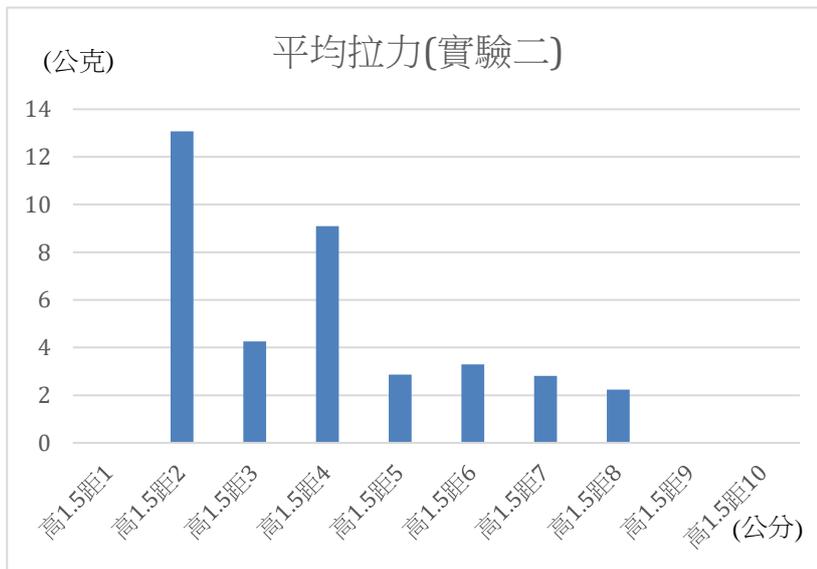


△ 圖 1-3 前障礙物增高 6 公分實際影像

二、【實驗二】探討障礙物間隔距離對漩渦強度的影響

(一)、將障礙物間的距離以 1 公分持續累加，直到無法測量。表格和長條圖如下。

(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件二)



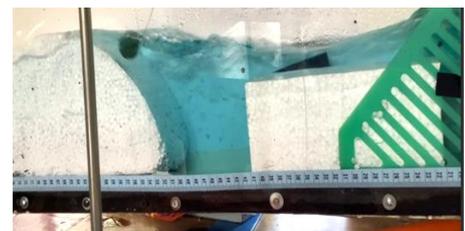
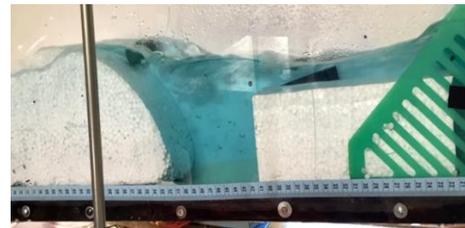
單位(公分)	平均拉力(公克)
高 1.5 距 3	4.26
高 1.5 距 4	9.09
高 1.5 距 5	2.87
高 1.5 距 6	3.29
高 1.5 距 7	2.81
高 1.5 距 8	2.23

△ 表 2-1 障礙物間隔距離與平均漩渦拉力關係表格

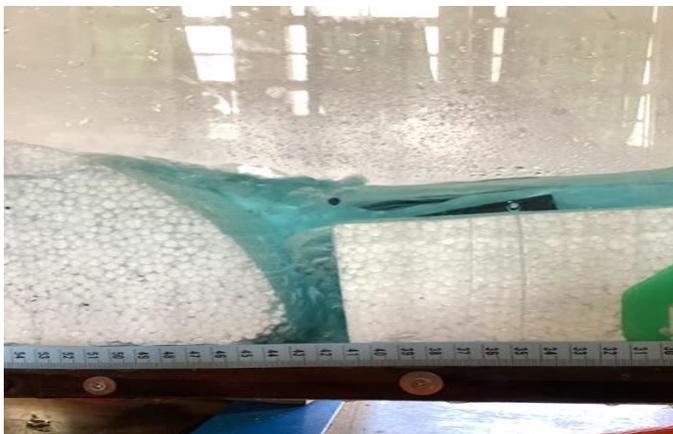
△ 圖 2-1 障礙物間隔距離與漩渦拉力關係圖



△ 圖 2-2 障礙物間隔距離 4 公分實際影像



△ 圖 2-4、2-5 障礙物間隔距離 9 公分漩渦強度差實際影像

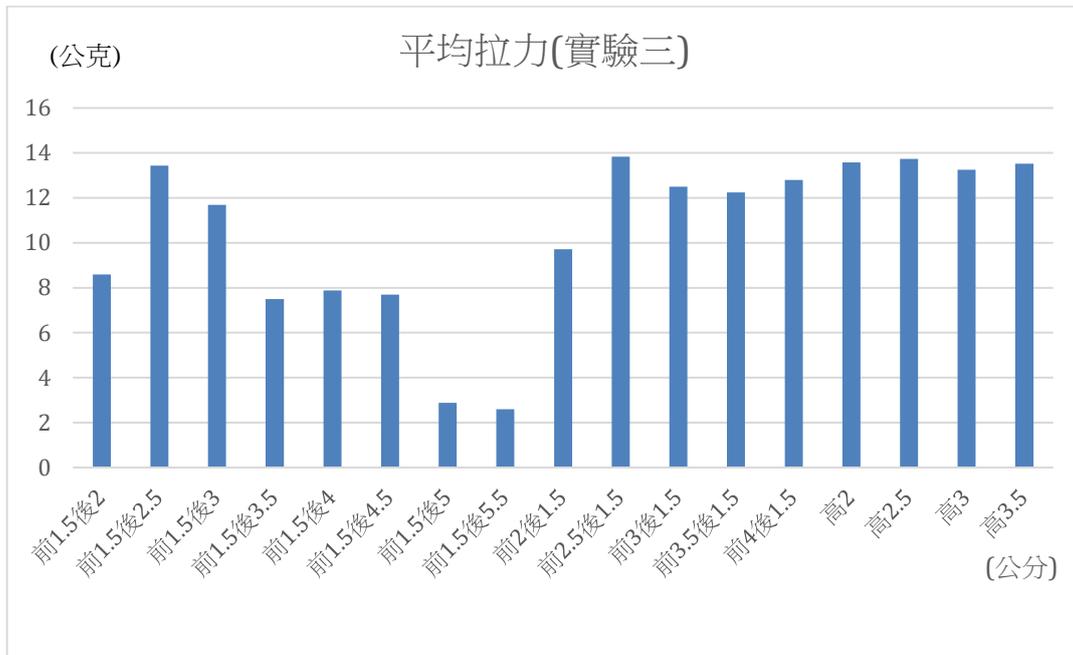


△ 圖 2-3 障礙物間隔距離 4 公分及出現翻滾流實際影像

三、【實驗三】探討後障礙物通道高度對漩渦強度的影響

(一)、因從實驗二裡得出距離 4 公分時拉力最強，我們固定距離為 4 公分，並將後障礙物的前或後端固定，將另一端從 1.5 公分逐漸往上調整，觀察是否與前後端等高有差別，表格和長條圖如下。

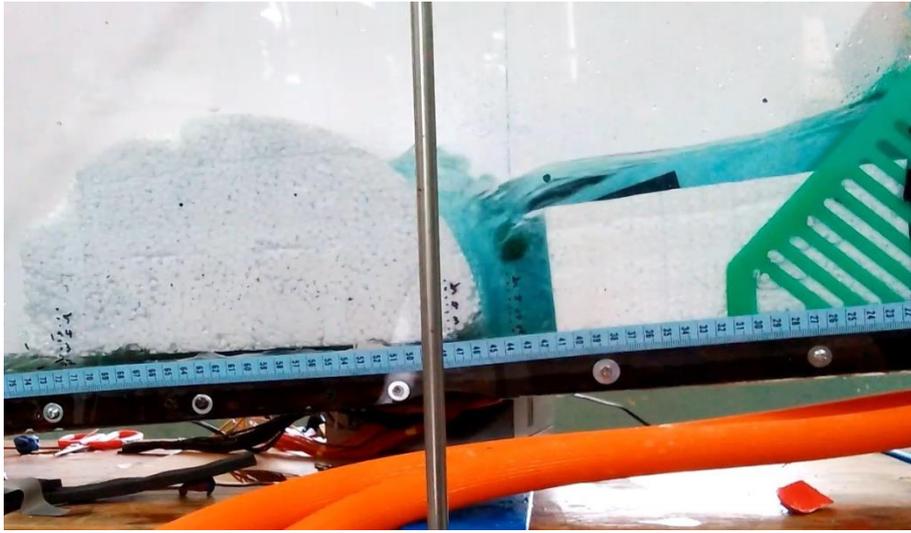
(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件三)



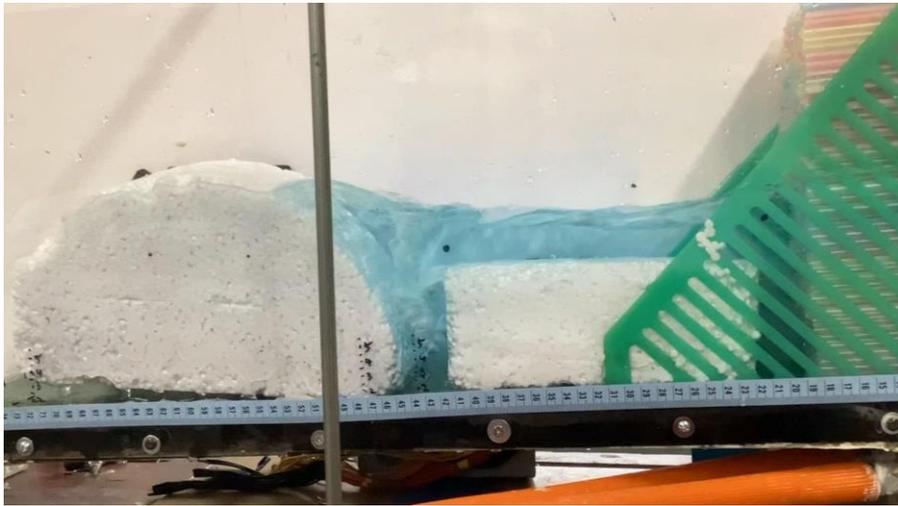
△ 圖 3-1 障礙物通道兩端高度變化與平均漩渦拉力關係圖

單位(公分)	平均拉力(公克)	單位(公分)	平均拉力(公克)
前 1.5 後 2	8.58	前 2 後 1.5	9.72
前 1.5 後 2.5	13.43	前 2.5 後 1.5	13.84
前 1.5 後 3	11.68	前 3 後 1.5	12.49
前 1.5 後 3.5	7.49	前 3.5 後 1.5	12.24
前 1.5 後 4	7.88	前 4 後 1.5	12.79
前 1.5 後 4.5	7.69	高 2	13.57
前 1.5 後 5	2.87	高 2.5	13.73
前 1.5 後 5.5	2.59	高 3	13.25

△ 表 3-1 障礙物通道兩端高度變化與平均漩渦拉力關係表格



△ 圖 3-2 障礙物通道前高 1.5 公分後高 2.5 公分實際影像



△ 圖 3-3 障礙物通道前高 1.5 公分後高 3.5 公分實際影像

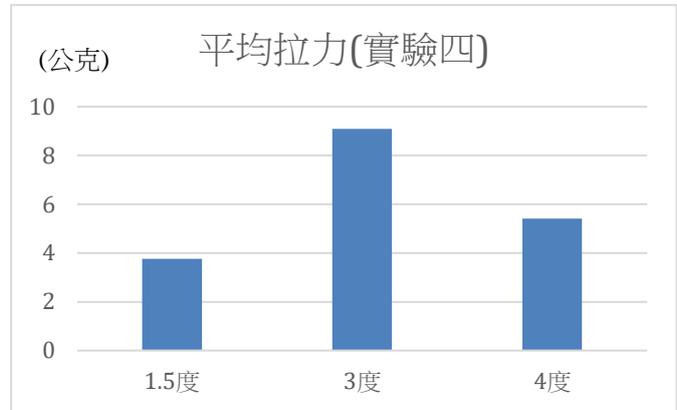
四、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響

(一)、我們量測原本水道的角度，發現原水道的角度是 3 度，我們將水道的角度調整為 1.5 度、4 度與 10 度，表格和長條圖如下。

(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件四)

單位(度)	平均拉力(公克)
1.5 度	3.77
3 度	9.09
4 度	5.41

△ 表 4-1 水道角度與平均漩渦拉力關係表



△ 圖 4-1 水道角度與平均漩渦拉力關係圖

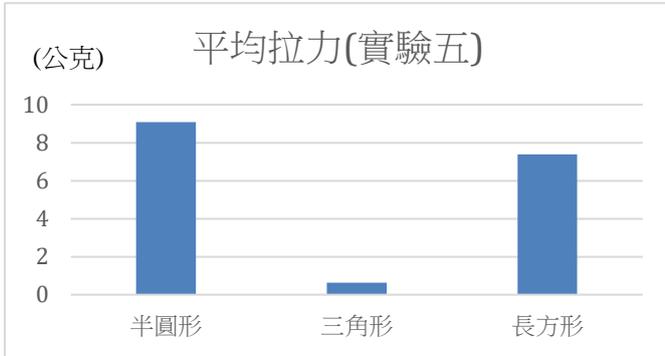


△ 圖 4-2 水道角度 10 度實際影像

五、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響

(一)、我們放置了同為長 18 公分、高 9 公分的長方形障礙物與三角形障礙物並測量漩渦拉力。數據及長條圖如下。

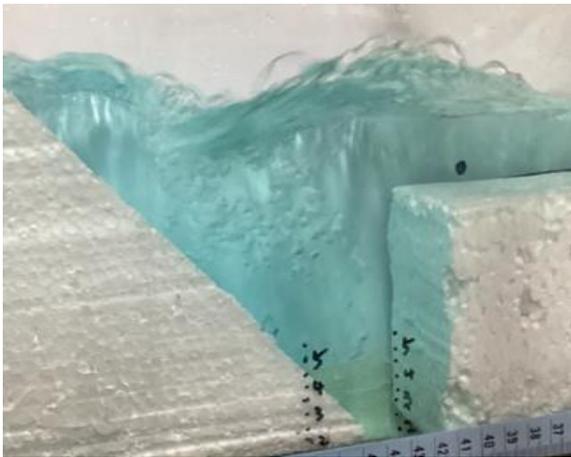
(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件五)



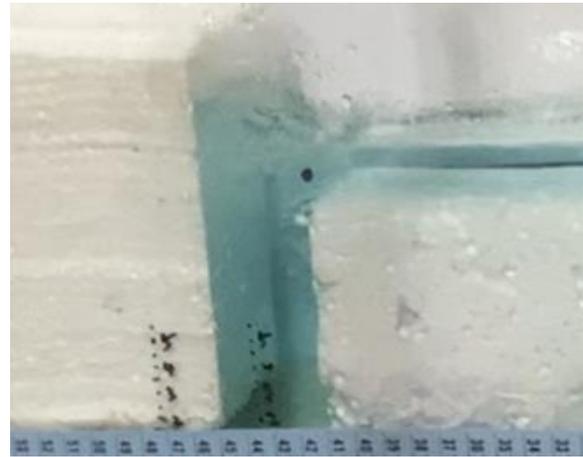
	平均拉力(公克)
半圓形	9.09
三角形	0.64
長方形	7.38

△ 表 5-1 後障礙物不同形狀與平均漩渦拉力關係表格

△ 圖 5-1 後障礙物不同形狀與平均漩渦拉力關係圖



△ 圖 5-2 三角形障礙物產生漩渦實際影像



△ 圖 5-3 正方形障礙物產生漩渦實際影像

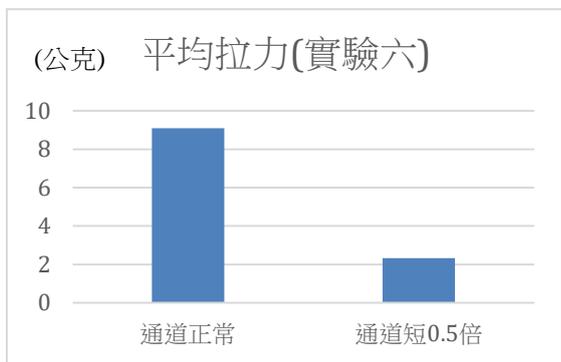


△ 圖 5-4、5 三角形障礙物測量漩渦拉力實際影像

六、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響

(一)、我們做了原通道長 0.5 與 1.5 倍的長度，數據表格和長條圖如下。

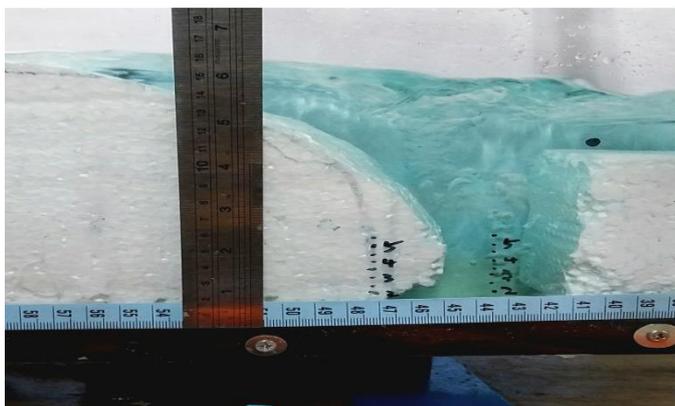
(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件六)



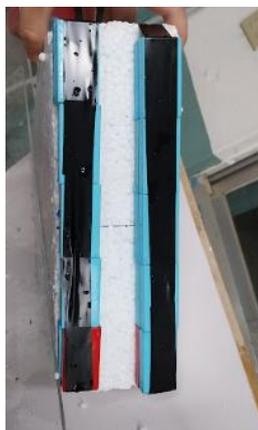
	平均拉力(公克)
通道正常	9.09
通道短 0.5 倍	2.33

△ 表 6-1 通道長度與寬度與平均漩渦拉力關係

△ 圖 6-1 通道長度與寬度與平均漩渦拉力關係



△ 圖 6-2 通道長度減半實際影像



△ 圖 6-3 通道變窄實際影像

七、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響

(一)、我們首先測量了一台到三台馬達的水量，在進一步做了不同水量對漩渦強度的影響。表格和長條圖如下。

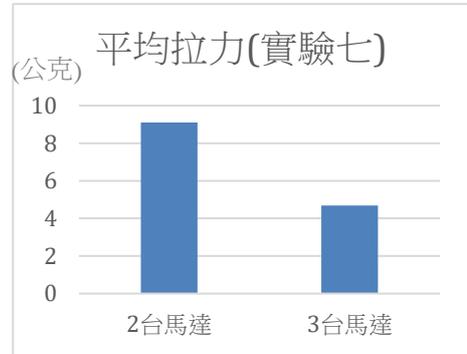
(二)、表中的平均拉力為十個數據平均後，由 199.3 減去後的數值。(見附件七)

	每秒流量(ml/s)
1 台馬達	1028.43
2 台馬達	2272.72
3 台馬達	3107.86

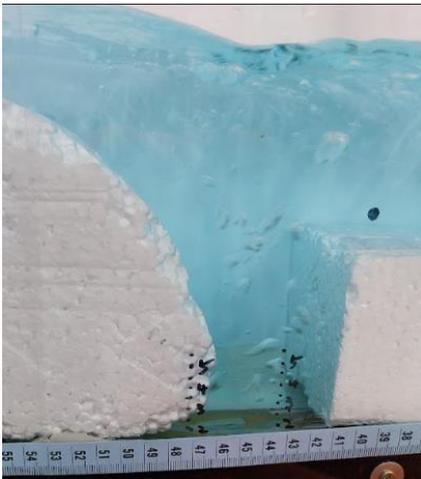
△ 表 7-1 馬達數量與水量關係表格

	平均拉力(公克)
2 台馬達	9.09
3 台馬達	4.68

△ 表 7-2 不同水量與平均漩渦拉力關係表格



△ 圖 7-1 不同水量與平均漩渦拉力關係圖



△ 圖 7-2 增加水量實際影像



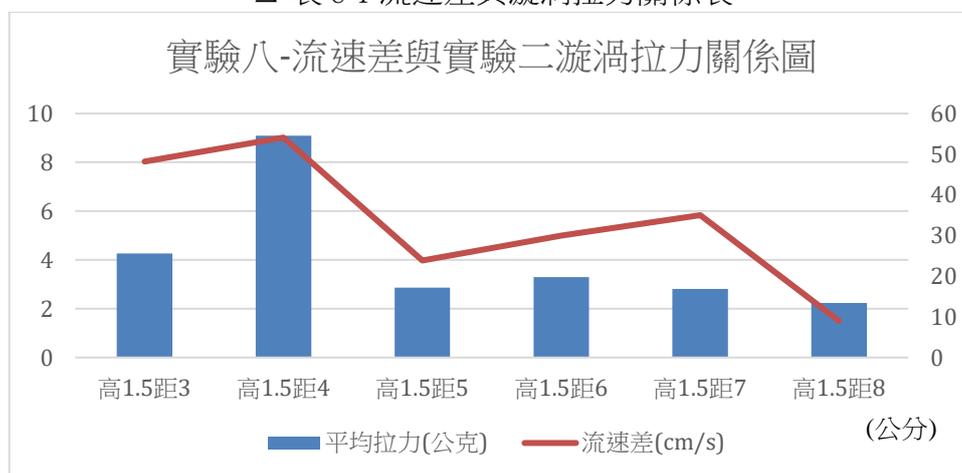
△ 圖 7-3 減少水量實際影像

八、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係

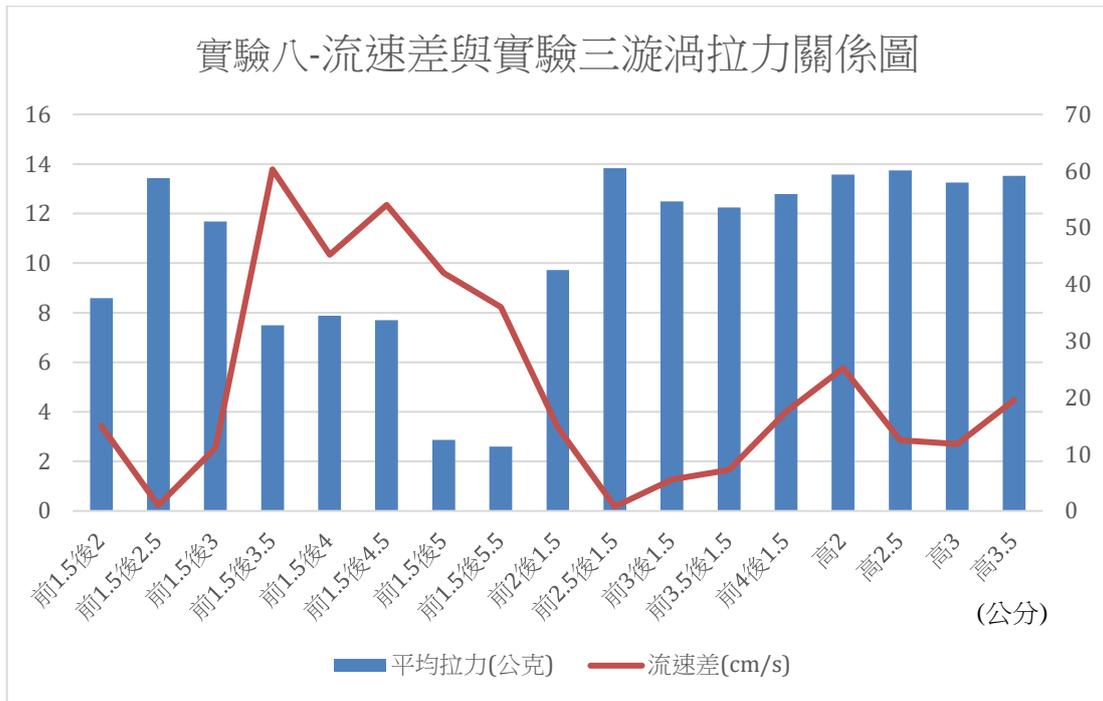
(一)、我們將以上做的實驗數據統整，以下是我們平均拉力和流速差的圖表。

單位(公分)	平均拉力(公克)	流速差(cm/s)	單位(公分)	平均拉力(公克)	流速差(cm/s)
前物無增高	9.09	54.09	前 3 後 1.5	12.49	5.57
前物高 3	2.52	47.33	前 3.5 後 1.5	12.24	7.27
前物高 6	3.12	88.57	前 4 後 1.5	12.79	17.50
高 1.5 距 3	4.26	48.17	高 2	13.57	25.23
高 1.5 距 4	9.09	54.09	高 2.5	13.73	12.50
高 1.5 距 5	2.87	23.86	高 3	13.25	11.79
高 1.5 距 6	3.29	30.00	高 3.5	13.52	19.62
高 1.5 距 7	2.81	35.00		平均拉力(公克)	流速差(cm/s)
高 1.5 距 8	2.23	9.00	1.5 度	3.77	56.25
前 1.5 後 2	8.58	15.00	3 度	9.09	54.09
前 1.5 後 2.5	13.43	1.00	4 度	5.41	33.00
前 1.5 後 3	11.68	11.15	半圓形	9.09	54.09
前 1.5 後 3.5	7.49	60.30	三角形	0.64	63.41
前 1.5 後 4	7.88	45.24	長方形	7.38	15.00
前 1.5 後 4.5	7.69	54.00	通道正常	9.09	54.09
前 1.5 後 5	2.87	42.00	通道短 0.5 倍	2.33	26.25
前 1.5 後 5.5	2.59	36.00	2 台馬達	9.09	54.09
前 2 後 1.5	9.72	14.73	3 台馬達	4.68	10.00
前 2.5 後 1.5	13.84	0.77			

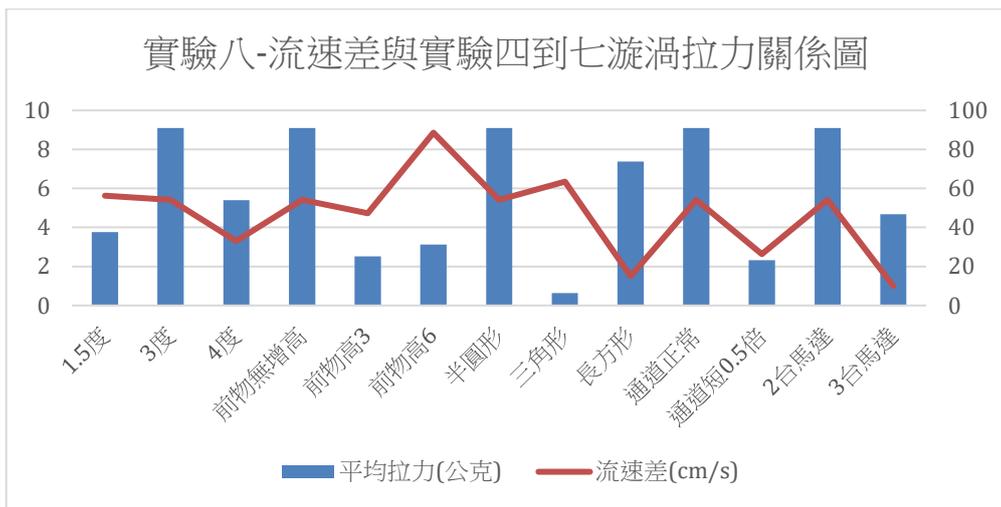
△ 表 8-1 流速差與漩渦拉力關係表



△圖 8-1 流速差與實驗二漩渦拉力關係圖



△圖 8-2 流速差與實驗三漩渦拉力關係圖



△圖 8-3 流速差與實驗四到七漩渦拉力關係圖

伍、討論

一、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響

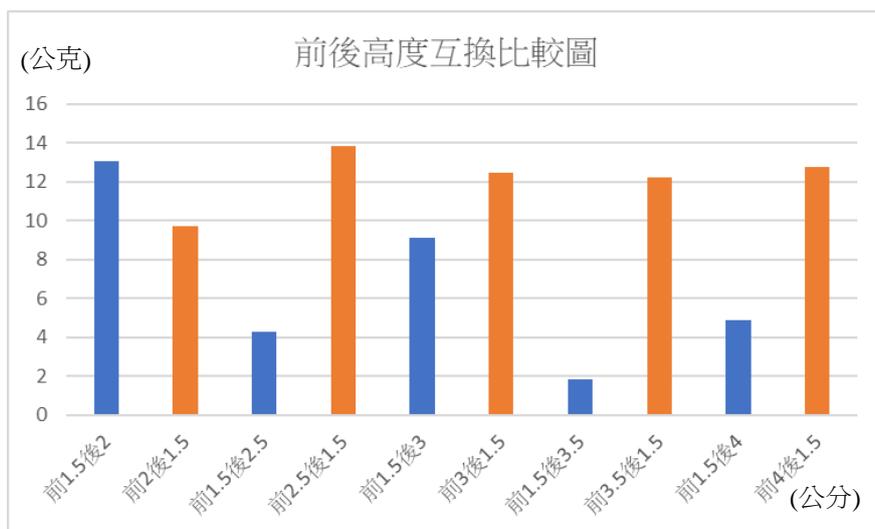
原先在做實驗前我們認為前物墊高會使漩渦的拉力增強，因前物墊高會使水流的落差增加，照理來說也會使漩渦拉力增強。但在圖 1-1 裡我們可以發現，在實驗一裡前障礙物保持在 8 公分、也就是不增高時漩渦拉力最強，反倒是增加高度後，漩渦拉力明顯降低。且一開始我們在研究是否要擺放前障礙物時有發現到，雖不擺放障礙物會使漩渦較不穩定，但仍然有漩渦形成。我們因而推測若要能穩定產生拉力較強的漩渦，水流強度應和水道有著某種特殊的比例。在我們的實驗裡，前障礙物高為 8 公分時應恰好製造了一個適合我們水道的水流強度，因此不論前障礙物的高是增加還是減少，都會破壞到此種特殊的比例，使拉力減弱。

二、【實驗二】探討障礙物之間距離對漩渦強度的影響

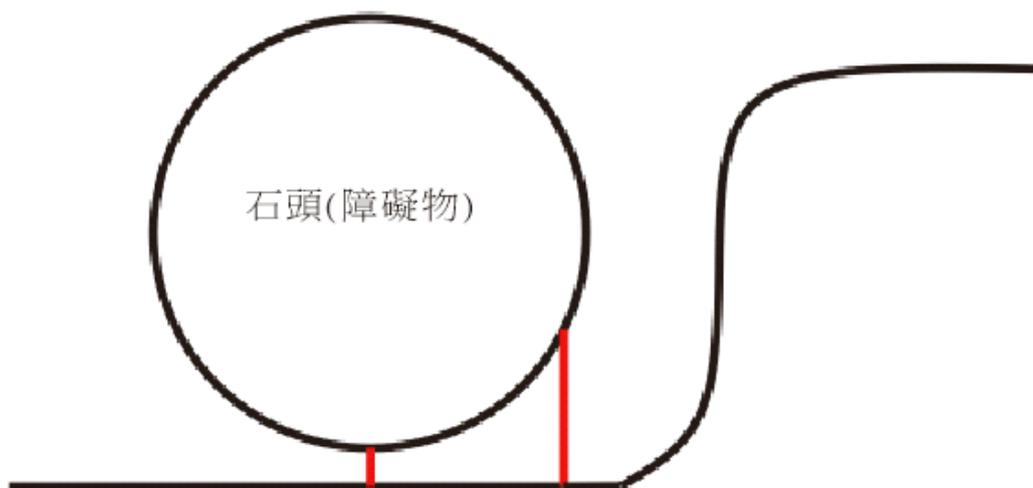
在實驗二裡，從圖 2-1 可以得知，形成漩渦的臨界高度/條件為 1.5 公分，當後障礙物前後都等高 1.5 公分、間距 4 公分時，強度最強。若間隔距離小於 4 公分或大於 8 公分時，分別會因間隔太近形成翻滾流，如圖 2-3。和因間隔太遠導致漩渦拉力不足以拉下木球，如圖 2-4、2-5，無法計算拉力。所以以下只討論間隔距離 4 到 8 公分。從圖 2-1 可以發現，隨著距離遞增，產生的漩渦不穩定的程度也會增加，所以我們斷定在此水道裡，最佳比例是 4 公分，大、小於 4 公分的拉力都會有一定程度的下滑。

三、【實驗三】探討後障礙物通道高度對漩渦強度的影響

在實驗三中我們發現，通道前後高度不一致時，若把較低的一端高度固定，並將前後的高度互相交換，結果如圖 9-1。表中前端高後端低後障礙物的拉力大部分都大於前端低後端高的後障礙物。且在圖 3-1 裡，當通道高度 2 公分及以上且兩端等高時，等高數據都相差不大，我們推測若前後端相同，則通道高度對漩渦拉力影響不大。最後，我們覺得使障礙物前高後低漩渦拉力較強的原因是有符合自然界中的堆砌方式，在自然界中石頭堆疊所產生縫隙剛好也是前高後低(如圖 9-2)，和我們的實驗一致。



△圖 9-1 通道兩端高度互換與漩渦拉力關係圖



△圖 9-2 自然環境中通道示意圖

四、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響

在實驗四中我們發現，角度變大時漩渦很難出現或甚至不產生（如圖 4-1），我們上網去觀察了網路上有發現石下流漩渦的影片地形。發現漩渦出現時附近的地理環境大多是深潭或較平緩的地形，只有在石下流漩渦附近會有高低落差，我們推測水洞應在水流湍急時較不易出現，因此來解釋我們為何水道增加 10 度無法觀察到漩渦。根據圖 4-1，我們可得知在角為 1.5 度和 4 度時，拉力也都下降。我們則認為是為調整角度會使水流的強度有變化，呼應到時實驗一的：水流強度應和水道有著某種特殊的關係。此種變化破壞了原與前障礙物的關係，使得拉力下降。

五、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響

在實驗五中我們發現，後障礙物為三角形時漩渦的拉力最差，長方形和半圓形的相比拉力則是略低，我們猜測是因為三角形跟水的接觸面斜度更斜，角度更小，位置也偏後，使漩渦拉力不到 1 克。長方形因為跟水的接觸面幾乎垂直，導致漩渦形成空間較小，位置也偏前，拉力相較沒這麼弱。半圓形應因為形狀像自然界中的石頭，所以拉力較強。

六、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響

在實驗六中我們發現，通道變短會明顯降低漩渦的拉力。我們認為因水道本身是斜的，所以水面和通道呈現為一個三角形，通道加長時，水面與通道的落差也增加，使漩渦拉力增強。

七、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響

在實驗七中我們發現，在我們的水道裡，最適合的水量是 2 個馬達(2272.72ml/s)，增加到 3 台(3107.86ml/s)會因水量過多，水直接從障礙物上方流過，反而使拉力變小，減少至 1 台(1028.43ml/s)時則因為水量不足，水直接通過通道，沒有形成衝撞反彈，無法產生漩渦。我們因而推測，水面高度的範圍須淹沒通道且比障礙物低。

八、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係

在實驗八中我們發現，流速差跟漩渦拉力並無太大的關連。

陸、結論

一、【實驗一】探討墊高前障礙物對漩渦強度的影響

前障礙物高低與漩渦並無明顯關聯，水流強度與水道之間應有某種特殊的比例。

二、【實驗二】探討前後障礙物間隔距離對漩渦強度的影響

障礙物的間隔需保持適當的距離，太接近會形成翻滾流，太遠漩渦拉力會因此下滑，此實驗的最佳距離為 4 公分。

三、【實驗三】探討後障礙物前後通道高度對漩渦強度的影響

能形成漩渦的組合下，若將兩端高度互換，前高後低的障礙物漩渦拉力會大於前低後高的障礙物。當通道高度 2 公分及以上且兩端等高時，高度對拉力影響不大。

四、【實驗四】探討水道角度對漩渦強度的影響

因水道角度會影響水流的強度，進而影響到實驗一所提到的特殊比例，因此不論將原角度上升或下降，漩渦拉力都會減弱。此外，在水道角度過大時，漩渦不易形成，也容易出現翻滾流的現象。

五、【實驗五】探討後障礙物形狀對漩渦強度的影響

三角型和長方形的後障礙物都低於半圓形的拉力，長方形的後障礙物漩渦出現位置較前，拉力和半圓形相比略低，三角形的後障礙物漩渦位置偏後，漩渦拉力也有很明顯下降。半圓形的拉力最強，推測是因與自然界中的石頭形狀相似。

六、【實驗六】探討通道長度與寬度對漩渦強度的影響

因水道本身是斜的，所以通道越長，落差越大，漩渦拉力也因此提升。臨界條件下(通道高度 1.5 公分)通道寬度縮減在實驗中則無法形成漩渦。

七、【實驗七】探討水量對漩渦強度的影響

水面高度若控制在比通道高且低於障礙物時，漩渦拉力最強。在我們的裝置裡最適合的水量是 2 個馬達:2272.72ml/s。

八、【實驗八】探討水道流速差和漩渦強度的關係

流速差跟漩渦拉力在此實驗並無太大的關連。

九、形成漩渦的主要因素是障礙物和水位的相對高度，以及適當的通道大小與通道的落差，而水流的流速對漩渦的影響不大。

柒、未來展望

- 一、在此實驗中，因為時間原因，我們沒有做不同寬度的水道，因此無法得知在不同寬度的情況下，做一樣的實驗，得出的結論是否相同，或是有無關聯。若有時間我們希望可以深入進行研究。
- 二、在實驗裡，我們只做了關於水道角度和漩渦的關聯，省略了其他地形對於漩渦的比較，若能繼續研究，我們想模擬實際河流中可能出現的地形，能與實際河流中出現的漩渦更加相似。
- 三、在(實驗探討水道角度對漩渦強度的影響)裡，我們發現漩渦強度與水流流速有一定的關聯，因此我們想進一步研究，若一開始就使用控制好流速的水流，得出的結果會有何種趨勢，是否也會影響到漩渦的強度。

捌、參考資料及其他

- 一、canyonmagazine(2024 年 2 月 28 日)。Siphon【網站文字資料】取自 <https://canyonmag.net>

附件一

實驗一數據

單位 (公分)	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均 拉力 (g)
高 1.5 距 3	17	13.1	195.36	194.34	195.2	194.6	195.48	195.58	195.54	194.24	194.82	195.22	4.262
高 1.5 距 4	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
高 1.5 距 5	16.8	13	195.66	196.54	196.72	195.86	197	196.96	195.96	196.64	196.58	196.42	2.866
高 1.5 距 6	14	12.5	196.1	196.78	195.14	196.3	196.12	197.08	195.66	196.1	195.58	195.24	3.29
高 1.5 距 7	16	12.5	195.42	196.7	196.42	196.88	196.22	196.52	196.58	196.48	196.66	196.98	2.814
高 1.5 距 8	17	14	196.42	197.42	196.2	196.74	197.24	197.82	197.48	196	196.9	198.46	2.232

附件二

實驗二數據

單位 (公分)	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均 拉力 (g)
高 1.5 距 3	17	13.1	195.36	194.34	195.2	194.6	195.48	195.58	195.54	194.24	194.82	195.22	4.262
高 1.5 距 4	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
高 1.5 距 5	16.8	13	195.66	196.54	196.72	195.86	197	196.96	195.96	196.64	196.58	196.42	2.866
高 1.5 距 6	14	12.5	196.1	196.78	195.14	196.3	196.12	197.08	195.66	196.1	195.58	195.24	3.29
高 1.5 距 7	16	12.5	195.42	196.7	196.42	196.88	196.22	196.52	196.58	196.48	196.66	196.98	2.814
高 1.5 距 8	17	14	196.42	197.42	196.2	196.74	197.24	197.82	197.48	196	196.9	198.46	2.232

附件三

實驗三數據

單位 (公分)	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均 拉力 (g)
前 1.5 後 2	14.8	12.3	190.4	189.58	191.58	190.96	191.52	191.32	191.14	190.82	190.22	189.62	8.584
前 1.5 後 2.5	13	12.2	186.9	185.9	185.7	185.3	186.7	185.16	186.54	185.4	185.78	185.32	13.43
前 1.5 後 3	13.5	12	187.72	187.02	187.65	187.24	187.32	187.34	188.24	187.84	188.26	187.54	11.68
前 1.5 後 3.5	17.8	15	190.14	190.76	191.08	189.92	193.68	192.74	191.98	192	192.8	192.96	7.494
前 1.5 後 4	15.5	12.3	192.48	191.58	188.5	186.5	189.06	193.74	191.88	193.2	192.32	194.96	7.878
前 1.5 後 4.5	15	12.3	192.46	191.58	188.02	186.88	187.98	196.48	194.76	192	192.32	193.56	7.696
前 1.5 後 5	15.8	13.5	195.64	197.14	196.64	196.7	196.56	195.64	197	196.34	196.5	196.12	2.872
前 1.5 後 5.5	17	13.5	197.16	196.54	195.3	196.16	196.58	196.62	197.18	196.9	197.54	197.06	2.596
前 2 後 1.5	14.6	12.2	189.4	189.34	189.02	188.9	188.86	188.84	189.28	189.72	190.32	192.14	9.718
前 2.5 後 1.5	13.2	11.7	186.18	183.68	184.38	187.06	185.36	184.26	186.98	185.42	185.22	186.1	13.84
前 3 後 1.5	13.5	11.8	187.82	185.12	186.84	187.6	187.88	187.26	185.22	187.96	185.74	186.62	12.49
前 3.5 後 1.5	13.6	11.8	186.38	187.06	186.7	188	187.12	186.84	186.74	187.62	187.3	186.8	12.24
前 4 後 1.5	14.3	11.7	186.78	186.36	185.88	186.76	185.3	186.18	187.32	188	185.72	186.82	12.79
高 1.5	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
高 2	13.5	11.7	186.26	186.06	185.74	187	184.34	183.2	186.18	186.74	185.64	186.14	13.57
高 2.5	14.5	11.7	185.18	186.76	187.38	185.48	187.04	185.96	185.38	183.9	183.82	184.76	13.73
高 3	14.2	12	184.46	187.04	186.52	185.92	186.3	186.62	186.88	186.48	184.58	185.66	13.25
高 3.5	14.4	11.8	185.1	185.76	187.4	185.88	185.06	185.78	185.74	184.28	187.06	185.76	13.52

附件四

實驗四數據

	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均拉力(g)
1.5 度	13.5	12.5	194.46	195.44	195.72	195.78	195.18	195.36	195.82	195.58	195.84	195.96	3.768
3 度	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
4 度	13.5	12.5	192.7	192.12	194.56	193.62	195.22	193.58	195.14	195.8	193.42	192.78	5.406

附件五

實驗五數據

	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均拉力(g)
半圓形	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
三角形	16	12.8	199.14	198.96	199.08	199.04	198.24	197.78	198.34	199	198.66	198.4	0.636
長方形	12	12	194.06	191.06	191.94	191.32	192.18	190.46	190.48	193.06	192.82	191.78	7.384

附件六

實驗六數據

	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均拉力(g)
通道正常	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
通道短0.5 倍	15	12.5	196.78	196.72	196.74	196.8	196.72	197.36	197.1	196.98	197.3	197.24	2.326

附件七

實驗七數據

	後水高	前水高	數據一	數據二	數據三	數據四	數據五	數據六	數據七	數據八	數據九	數據十	平均拉力(g)
2 台馬達	14.3	12.6	189.4	188.36	189.74	191.12	189.68	190.86	191.94	193.4	188.62	188.94	9.094
3 台馬達	17.5	13.5	193.52	193.98	195.37	194.32	195.7	194.78	194.92	192.94	195.66	194.94	4.678