嘉義縣國民中小學
科學展覽會作品說明書

屆　　別：65

科　　別：物理

組　　別：國小組

作品名稱：擋水神器-特斯拉閥的探討

關 鍵 詞：特斯拉閥　托里切利　水壓

編　　號：A101

嘉義縣第 65 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科　　別：物理科
組　　別：國小組
作品名稱：擋水神器-特斯拉閥的探討
關 鍵 詞：特斯拉閥、托里切利、水壓

編　　號：

目 錄

一、摘要……02

二、研究動機……02

三、文獻探討……03

四、研究目的……05

五、研究項目……06

六、研究設備及器材……07

七、研究過程及方法……08

八、研究結果及討論……12

一、管道狀態對於水流的影響

(一) 支流進水口角度……12

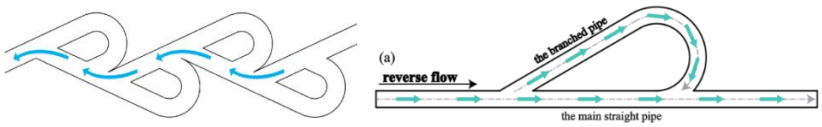
(二) 支流出水口角度……14

(三) 支流的寬度……16

(四) 進出口的距離……18

二、對稱與交錯的管道對於水流的影響

(五) 主水道的形狀(對稱型 vs 交錯型)……20



三、水的狀態對於水流的影響

(六) 水流速度……22

(七) 水的鹽度……24

(八) 水的溫度……26

四、改良與運用

(九) 平行排列支流數量……28

(十) 前後排列支流數量……30

九、結論與建議……32

十、參考資料……33

一、摘要

特斯拉閥是一種神奇的發明，能利用管路的設計，達成流體在一個方向上流動時阻力最小，而在相反方向上流動時產生顯著的阻力的目的，我們想要運用在阻擋水流來降低災害上，我們的研究有以下的發現：(1)特斯拉閥的進水口角度為 40 度及出水口角度為 30 度時，減流的效果最佳；(2)特斯拉閥的支流愈寬，減流的效果愈佳；(3)交錯型主水道略優於對稱型主水道，但結構較複雜；(4)水流愈強，特斯拉閥減流的效果愈好；(5)水的溫度與鹽度對於特斯拉閥減流效果沒有太大影響；(6)前後排列支流的特斯拉閥效果優於平行排列支流，且支流數量愈多，減流效果愈佳。

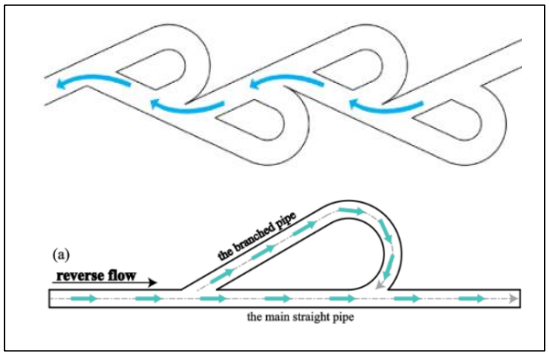


圖 1-1 網路上的特斯拉閥

圖 1-2 本研究設計之立體特斯拉閥

二、研究動機

因為台灣沿海地區常常因為颱風帶來的強風豪雨，導致海水倒灌進入市區與低窪地區，影響居民的生活，因此，我們思考是否有更有效的方法來解決這個問題。某天，我們在網路上看到關於特斯拉閥的介紹，了解到這種結構能夠讓流體在單一方向流動，而不需要額外的動力支持。於是，我們突發奇想，如果能夠運用特斯拉閥的特性，設計一套能夠有效排水的系統，或許就能在不需要額外動力的情況下，讓海水順利排出，減少台灣沿海地區海水倒灌的風險，減少因天災帶來的損失，為保護當地居民與環境盡一份心力。

三、文獻探討

在我們的研究中，為了能正確的製作符合特斯拉閥概念的實驗器材，並且能設計重要且關鍵的探究變因，我們採取電腦繪圖及仔細切割保麗龍板，做為特斯拉閥管道，並且為了能正確觀察與記錄，我們要發展出明確可信的水壓測量方法，因此在進行實驗前，需要針對這二個主題進行探討，以利我們擬定研究的方向及進行實驗的推論，其中包含(一)特斯拉閥相關科展作品、(二)特斯拉閥的發明及(三)托里切利實驗。

(一)特斯拉閥相關科展作品

我們從以前的研究中，可以看到特斯拉閥的探究結果，並從中進行調整與改良。我們搜尋到中華民國第 62 屆的科展作品「改變流體速度的通道－特斯拉閥」即是探討特斯拉閥對流體速度的影響。

我們從此研究中發現研究者運用隔板來改變流體的方向，確實有實驗上的優勢，即是操控變因容易，且觀察方便，但是也衍生出一個問題，其一是器材的造型與原本的特斯拉閥有較大的差異，因此得到的實驗結果會與特斯拉閥可能有較大的出入。於是我們的研究想要使用電腦繪圖來繪製實驗圖形，並切割保麗龍板來製作特斯拉閥，完成封閉的管道，以模擬符合原本的特斯拉閥水流更真實的狀態。

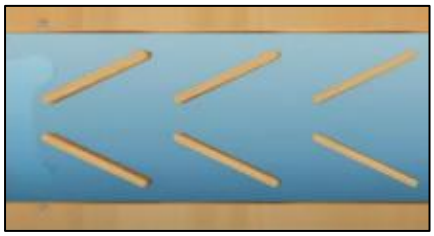


圖 3-1 「改變流體速度的通道–特斯拉閥」作品使用之特斯拉閥

圖 3-2 本研究所製作之特斯拉閥

另外，此實驗在進行流速的測量時，是使用影片逐幀播放，由影片幀數來推算時間及流速，我們認為可能會產生較明顯的誤差。於是我們改用托里切利實驗的原理，使用水柱高度來換算出水壓，當水壓愈高，也能推論出流速愈快。

圖 3-3 本研究運用托里切利實驗原理設計之水壓測量模組

(二) 特斯拉閥的發明

特斯拉閥（Tesla Valve），又稱特斯拉單向閥，是由著名發明家尼古拉·特斯拉（Nikola Tesla）所發明。這項設計的目的是讓流體在一個方向上流動時阻力最小，而在相反方向上流動時產生顯著的阻力。特斯拉閥的結構獨特且簡潔，完全依靠流體動力學原理實現功能，無需機械部件或提供動力。

特斯拉閥的設計是以一系列幾何的分支通道，通過引導流體產生逆向流動的阻力，其特點在於通道內部的彎曲與分岔，當流體試圖逆向通過時，會被迫進入更為複雜的路徑，消耗更多能量；而正向流動時，流體則能相對順暢地通過，因而實現單向流動的效果。這種完全基於被動結構的流體控制理念在當時具有顛覆性。

儘管特斯拉閥在當時的工業應用中並未廣泛普及，但它的設計理念為後來的研究者提供了重要啟發。在 20 世紀末期及 21 世紀初，隨著微流體技術和流體力學理論的進步，特斯拉閥重新受到關注，特別是在需要高度可靠和無動力元件的場景中。

(三) 托里切利實驗

托里切利實驗（Torricelli's Experiment）由義大利物理學家埃萬傑利斯塔·托里切利於 1643 年完成，托里切利的裝置非常簡單，使用一根長約 1 米的玻璃管，將其開口一端密封並灌滿水銀，然後將管子倒置於裝有水銀的開口容器中。實驗中發現，管內的水銀並未完全流出，而是穩定地停留在約 760 毫米的高度，管內未填滿的部分形成了真空區域。

實驗原理基於流體靜力學中的壓力平衡條件，當水銀柱達到穩定狀態時，管內水銀柱底部的壓力P管底等於外部施加的環境大氣壓力P大氣。這種平衡可用以下公式表示：

$$P_{管底}=\rho g h$$

其中，ρ 是水銀的密度，約為 13,600 kg/m³；g 是重力加速度，約為 9.81m/s²；h是水銀柱的高度，實驗中測得約為 0.76m。因此，大氣壓力可表示為：

$$P_{大氣}=\rho g h = 13600\,kg/m^3 * 9.81\,m/s^2 * 0.76\,m \fallingdotseq 101325\ Pa \fallingdotseq 101.325\ KPa$$

因本實驗採用水來進行實驗，我們的設計理論是在特斯拉閥的管路上外接一根透明壓克力管，當水流過管路時，水壓會將水往壓克力管推升一段高度，我們套用上式並修改，ρ 是水的密度，約為 1,000 kg/m³；g 是重力加速度，同樣約為 9.81m/s²；若水柱的高度為 1 公分，代入上列公式，則可計算得出：

$$P_{水壓}=\rho g h = 1000\,kg/m^3 * 9.81\,m/s^2 * 0.01\,m \fallingdotseq 98.1\ Pa = 0.0981\ KPa$$

本研究使用托里切利實驗原理，便可精確的計算出管路中的水壓數值。

四、研究目的

本研究的目的有四項：

其一是探討管道狀態對於水流的影響

其二是探討對稱與交錯的管道對於水流的影響

其三是探討水的狀態對於水流的影響

其四是特斯拉閥的改良與運用

五、研究項目

接著我們將本研究分為四個主要項目，共計十項子實驗，條列如下：

項目一：探討管道狀態對於水流的影響

實驗一：支流進水口角度

實驗二：支流出水口角度

實驗三：支流的寬度

實驗四：進出口的距離

項目二：探討對稱與交錯的管道對於水流的影響

實驗五：主水道的形狀(對稱型 vs 交錯型)

項目三：探討水的狀態對於水流的影響

實驗六：水流速度

實驗七：水的鹽度

實驗八：水的溫度

項目四：運用與改良

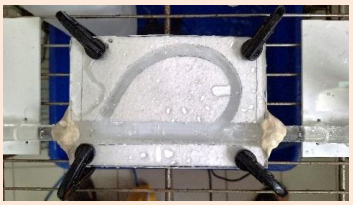
實驗九：平行排列支流數量

實驗十：前後排列支流數量

六、研究設備及器材

下表條列出本研究的器材主體，以及使用的材料與工具

表 6-1 實驗設備所需工具及材料

	器材名稱	項目	圖片
材料	特斯拉閥	保麗龍板、壓克力板、壓克力管、PP 板、油土、木工夾	
	保麗龍切割器	木板、L 型鐵架、熱熔絲、變壓器	
	加壓裝置	水箱、鉻鐵架、加壓馬達、牛奶瓶	
	水壓測量模組	壓克力板、壓克力管、PP 板、L 型鐵片、螺絲、螺帽、墊片、束帶、止洩帶、捲尺	
工具	手持鑽、剪刀、美工刀、inkscape 向量圖繪製軟體		

七、研究過程及方法

（一） 研究架構

問題解決

問題1：
製作出符合實驗需要的特斯拉閥相當重要，我先使用inkscape軟體繪出圖形，接著要將圖形切下，我們思考了以下方法。

方案1：
方法：使用水管來排列出所要的角度與圖形。
缺點：製作相對困難，且容易造成漏水的問題。

方案2：
方法：利用保麗龍切割器來切出實驗所需的形狀。
優點：能精切的切割出所要的圖形，且能防止實驗時的漏水問題。

問題2：
測量實驗時水壓的數值是本研究的重點觀測項目，我們探討了以下二種方案，並列出優缺點。

方案1：
方法：使用水壓計測量實驗結果。
缺點：一般市售的水壓計靈敏度偏低，容易造成實驗的誤差。

方案2：
方法：利用連通管原理，在特斯拉閥的進水口及出水口接透明壓克力管，觀察水位的高度。
優點：藉由觀察水位高度可以獲得直覺又準確的水壓數值，靈敏度相當好。

文獻探討

- 主題一：特斯拉閥相關科展作品
- 主題二：特斯拉閥的發明
- 主題三：托里切利實驗

實驗設備

- 設備一：特斯拉閥
- 設備二：保麗龍切割器
- 設備三：加壓裝置
- 設備四：水壓測量模組

研究目的

- 目的一：探討管道狀態對於水流的影響
- 目的二：探討對稱與交錯的管道對於水流的影響
- 目的三：探討水的狀態對於水流的影響
- 目的四：特斯拉閥的改良與運用

研究貢獻

1.本研究探討特斯拉閥減流的基本原理。

2. 本研究探討提升特斯拉閥減流的方法。

3.本研究探討特斯拉閥在不同的環境狀態下的效能影響。

4.本研究探討各式特斯拉閥的優略及改良方法。

圖 7-1 研究架構圖

（二） 研究設計

研究的主要實驗設備有 4 項，分別為特斯拉閥、保麗龍切割器、水壓測量模組及加壓裝置，以下詳述製作過程。

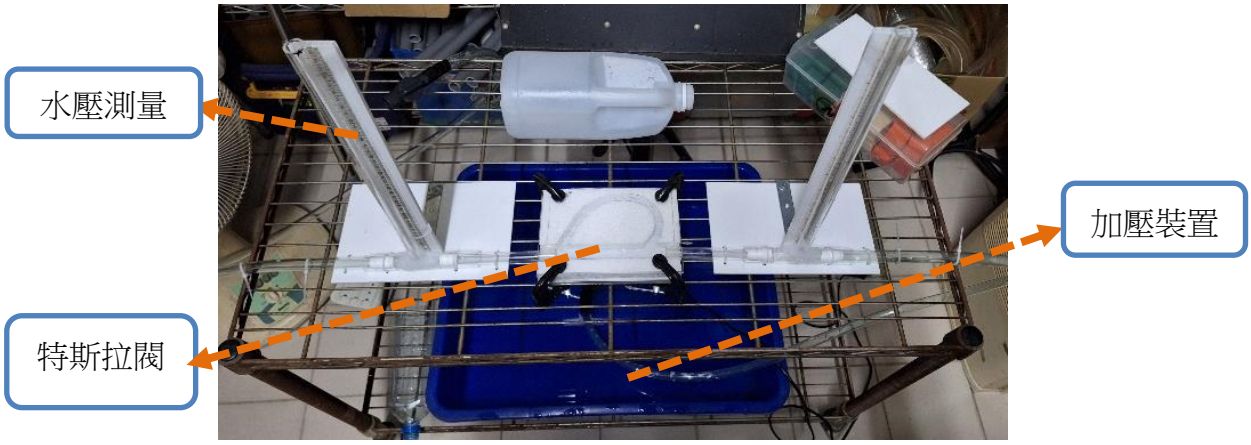


圖 7-2 特斯拉閥實驗模組

1. 特斯拉閥：為了能正確的呈現我們對於特斯拉閥的實驗變因，並且降低干擾水的流動，我們使用 Inkscape 向量圖繪製軟體，並利用保麗龍切割器，將保麗龍板切出所要的圖形，以下大致介紹製作過程。

(1) 使用 Inkscape 向量圖繪製軟體：我們先規劃好特斯拉閥的實驗變項後，使用 Inkscape 軟體來繪製所需圖形(如圖 7-2)。
(2) 輸出圖形樣版：為了能在保麗龍板上描繪出特斯拉閥的形狀，我們將圖形印製在厚紙板上，接著將圖形細心剪下。
(3) 切割保麗龍板：我們使用保麗龍切割器切出每個實驗所使用的保麗龍板(8 X 16 公分)，然後將圖形樣版放在保麗龍板上描繪，最後使用保麗龍切割器來裁切(如圖 7-3)。
(4) 固定及防漏：我們將切好的保麗龍板黏貼在相同尺寸的 PP 板上，接著在上下各加上一層壓克力板，並使用木工夾來固定，使水能在特斯拉閥內流動而不外溢(如圖 7-4)。

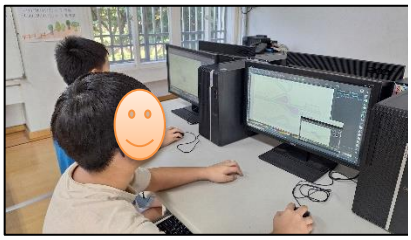


圖 7-2
使用 Inkscape 軟體繪製特斯拉閥外形

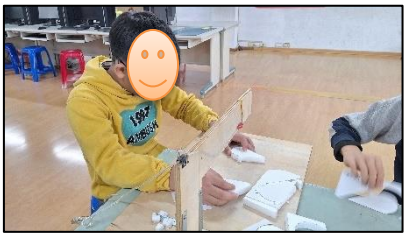


圖 7-3
使用保麗龍切割器切割保麗龍板

圖 7-4
使用木工夾固定保麗龍板，防止漏水

2. 保麗龍切割器：為了能準確的切割實驗所需的保麗龍板，我們決定參考網路資料來自製保麗龍切割器。

(1) 取得所需木板：我們設計好保麗龍切割器的外型，請老師協助取得所需木板，包含支架及底座木板。
(2) 將支架固定：在底座木板上標上記號，然後使用 L 型鐵片將支架固定在底座上(如圖 7-5)。
(3) 固定熱熔絲：我們使用橡皮筋將 0.3mm 直徑的熱熔絲固定在支架及底座之間，以保持熱熔絲的張力(如圖 7-6)。
(4) 連接變壓器：為了提供切割器穩定的電能，我們使用可調電壓之變壓器，將正負極連接在熱熔絲的二端(如圖 7-7)，並將電壓設定為 4.5 伏特，便完成了保麗龍切割器的製作。

圖 7-5
在底座木板標上記號

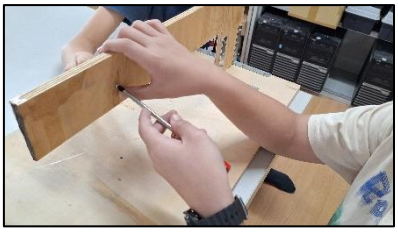


圖 7-6
將熱熔絲固定於底座及支架之間

圖 7-7
將變壓器的二端固定於熱熔絲之間

3.水壓測量模組：為了了解特斯拉閥的效能，我們需要測量進水及出水的水壓，於是我們製作了水壓測量工具以獲得準確的實驗數據。
(1)連接壓克力管：我們使用 2 公分口徑之塑膠管做為進水之水管，一端連接加壓馬達，另一端纏繞止洩帶並塞入 2.5 公分口徑透明壓克力管中(如圖 7-8)。
(2)連接特斯拉閥：在 2.5 公分口徑的壓克力管另一端塞入 2.0 公分口徑之壓克力，以便與特斯拉閥連接。
(3)加上垂直壓克力管：在 2.5 公分口徑的壓克力管上鑽孔並接上一支垂直的 2.0 公分口徑之壓克力，並使用熱融膠及矽利康來固定及防漏水(如圖 7-9)。
(4)於壓克力管上固定尺規：將這些裝置固定在一片壓克力板上，並加上尺標，便完成了進水管水壓的測量模組，而出水口的部份製作方法相同(如圖 7-10)。

圖 7-8
連接二種口徑的壓克力管

圖 7-9
固定垂直壓克力管

圖 7-10
於壓克力管上固定尺規

4.加壓裝置：為了提供實驗穩定的水壓，我們採用大型水族箱專用之加壓馬達，以提升實驗的便利性與精準度。

(1)放置儲水盒：我們採用一個大型的水箱當成實驗專用的儲水盒，並放置於實驗設備下方，以利於實驗時將水輸出及回收。

(2)固定牛奶瓶：為了便利我們將實驗時的水回流回儲水盒，我們將一個牛奶瓶固定在鉻鐵架上，並將回流的水管接到牛奶盒(如圖 7-11)，讓水不會濺出。

(3)放置加壓馬達：我們將加壓馬達放置於儲水盒中，並於儲水盒中加水直至完全淹沒加壓馬達(如圖 7-12)。

(4)連接馬達及水壓測量模組：我們使用透明塑膠管連接馬達及水壓測量模組，以利將水穩定輸送經過水壓測量模組，然後注入特斯拉閥(如圖 7-13)。

圖 7-11
固定牛奶瓶

圖 7-12
將馬達放置於儲水盒中

圖 7-13
連接馬達及水壓測量模組

(三)實驗方法：

為了清楚的探討特斯拉閥對於水的阻擋能力，並且增加實驗的精確性，我們在實驗前進行一系列的檢查(扣除該實驗之操作變因)，以及妥善的實驗流程。

1.實驗一~五：

(1)依據實驗項目固定所需的特斯拉閥保麗龍板。

(2)確認特斯拉閥的周圍已完全密閉，沒有漏水現象(如圖7-13)。

(3)確認所有水管沒有凹陷變形。

(4)確認加壓馬達被水完全覆蓋。

(5)開啟馬達電源，確認水順暢注入實驗管路。

(6)等待 10 秒後，觀察左右二側的水壓測量模組之數據。

(7)同時我們將實驗的過程錄製成影片，觀看水流的狀態。

(8)每個實驗進行 5 次，將數值進行平均。

圖 7-14 使用油土密閉特斯拉閥周圍

2.實驗六~十：

(1)我們依據實驗的目的改變對應的變因，例如水的流速、鹽度、溫度。

(2)確定各項控制變因，以確保實驗可信度。

(3)其餘步驟與實驗一~五相同。

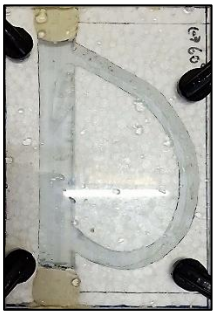
八、 研究結果及討論

(一)實驗一：支流進水口角度對於水流的影響

實驗說明：為了了解特斯拉閥的外形對於水流的影響，經過討論後，我們決定探討進水口的角度，分別使用 20 度、30 度、40 度、50 度及 60 度，實驗結果如下：

實驗假設：我們預測支流進水口角度愈小應該會愈可能導致水流減弱。

表 8-1 實驗一實驗結果

進水口角度	20 度	30 度	40 度	50 度	60 度
照片					
進水口水壓	3.60 Kpa	3.62 Kpa	3.64 Kpa	3.61 Kpa	3.60 Kpa
出水口水壓	1.85 Kpa	1.84 Kpa	1.73 Kpa	1.78 Kpa	1.81 Kpa
差異	1.75 Kpa	1.78 Kpa	1.89 Kpa	1.83 Kpa	1.79 Kpa

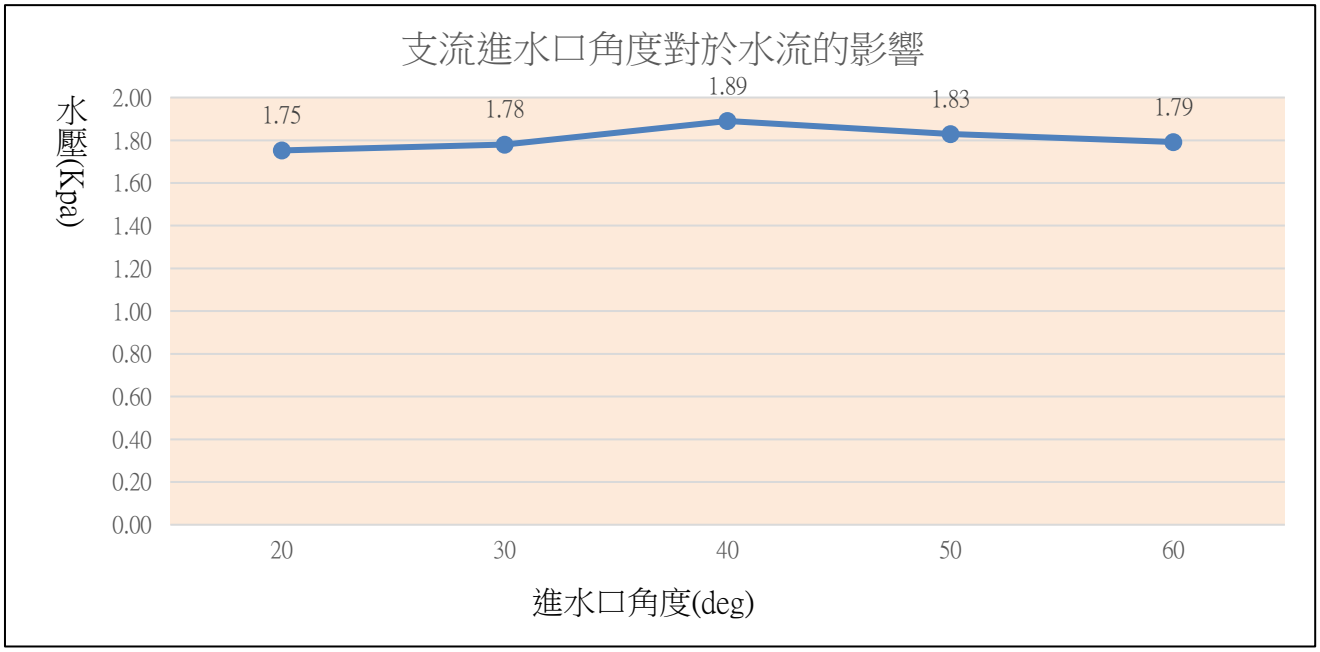


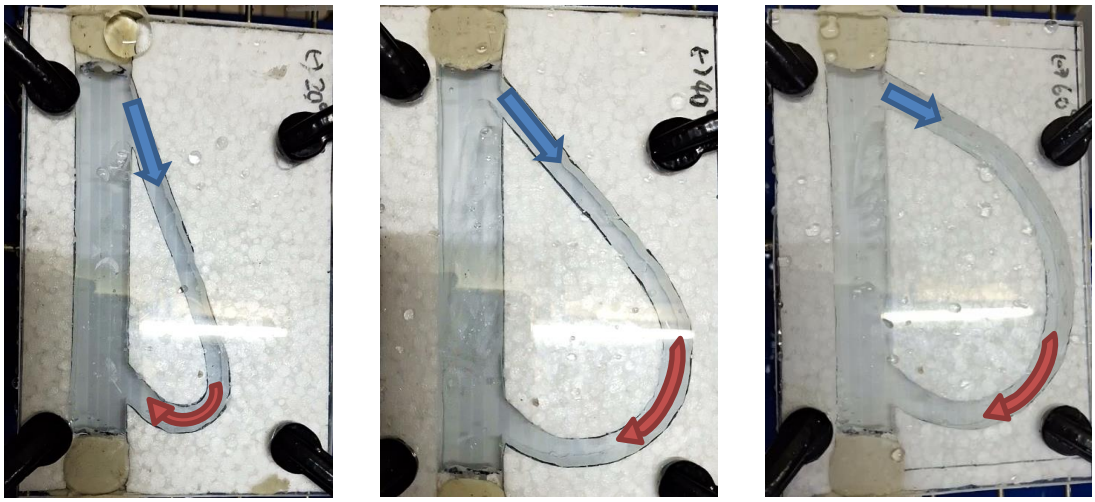
圖 8-2 實驗一實驗結果折線圖

討論與結論：

為了確認特斯拉閥對於阻斷水流的影響，我們做了一次實驗前的測試，便是把支流的入口及出口以油土堵住，然後觀察水壓的變化，發現進水口的水壓為 3.43 Kpa，入水口的水壓為 2.06 Kpa，差距為 1.37 Kpa，我們也會在後續的實驗結果以相同的方式呈現。

實驗一的結果與我們的預測略有不同，我們可以發現進水口的角度 20 度時，水壓差距為 1.75 Kpa，角度增加至 40 度時，水壓差距為 1.89 Kpa；但是再繼續增加角度時，則水壓差距則縮小，如 60 度時，水壓差距縮小至 1.79 Kpa。

從實驗的影片中的氣泡，我們觀察到進水口為 40 度時，支流對於主水道產生最多的干擾，而在 20 度及 60 度時皆相對較小，我們認為影響的因素有二個，其一是進水口的角度，20 度至 40 度時，進水口較容易有水流進入，而角度大至 60 度時，則會使水流進入不易；其二，若水流進入支流後，容易因為水道形狀受堵，也會影響出水口的水量，例如進水口 20 度時，則因為本身水道迴轉角度較大，而影響水流的流動，也降低效能。綜合二者因素，所以採用 40 度的進水口為較佳狀態。



進水口 20 度，迴轉角度較大

進水口 40 度，較佳狀態

進水口 60 度，不易進水

圖 8-3 不同進水口角度之水流狀態示意圖

(二)實驗二：支流出水口角度對於水流的影響

實驗說明：承實驗一，我們想進一步探討特斯拉閥支流的出水口對於水流的影響，考量到出水口的角度較難有多種角度變化，因此我們僅使用 30 度、50 度及 70 度等三種角度，以利比較其中的差異，實驗結果如下：

實驗假設：我們預測支流出水口角度愈小應該會愈可能導致水流減弱。

表 8-2 實驗二實驗結果

出水口角度	30 度	50 度	70 度
照片			
進水口水壓	3.46 Kpa	3.46 Kpa	3.48 Kpa
出水口水壓	1.63 Kpa	1.67 Kpa	1.74 Kpa
差異	1.83 Kpa	1.79 Kpa	1.73 Kpa

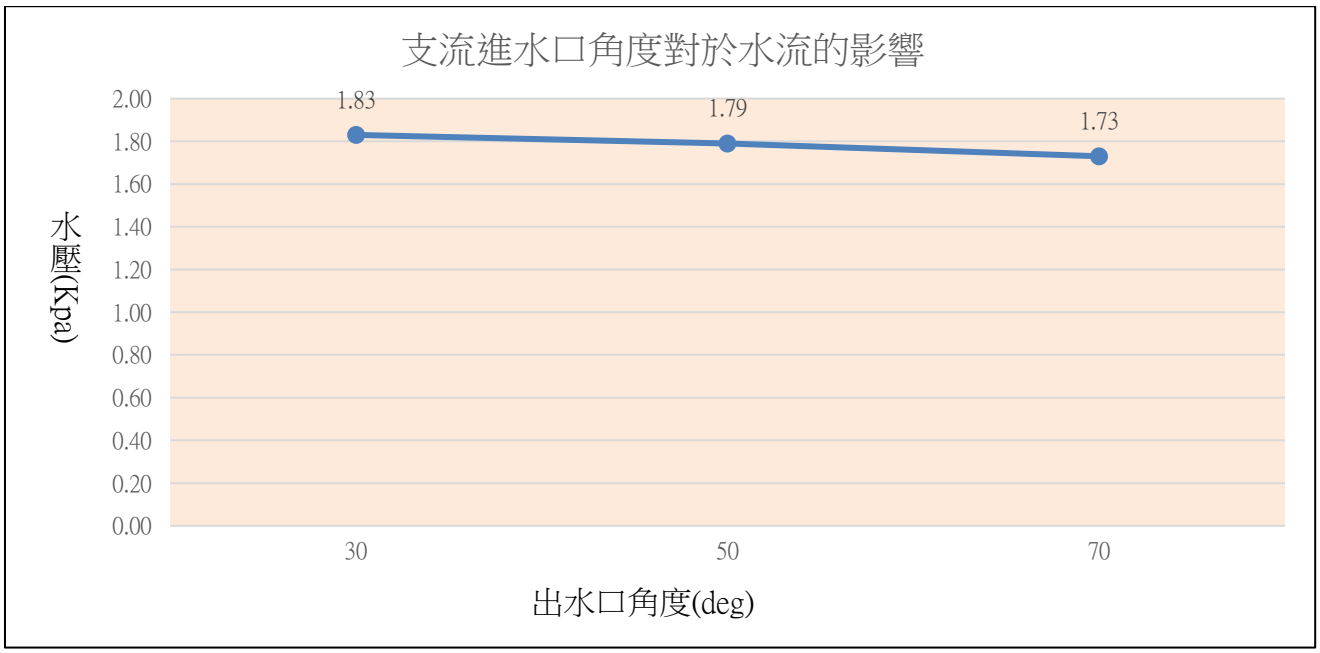


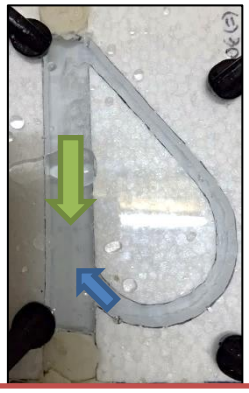
圖 8-2 實驗二實驗結果折線圖

討論與結論：

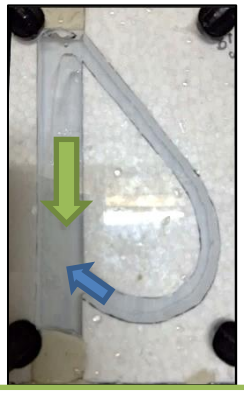
從結果中，我們可以發現入水口角度為 30 度，進水及出水的水壓差異為 1.83 Kpa，優於角度 50 度及 70 度，但是差異並非很明顯。

這與我們原本的預期略為相符，我們認為因為出水口的水流方向與主水道的角度差異愈大，則產生的阻流效果較佳，因此出口水角度 30 度時較佳。

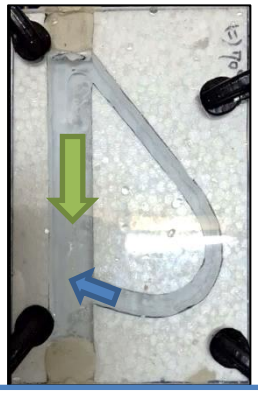
另外，因此進水口角度已大致決定了進入支流的水量，因此導致此實驗的結果差異並不明顯。



出水口 30 度，
出水角度差異最大



出水口 50 度，
出水角度差異略小



出水口 70 度，
出水角度差異最小

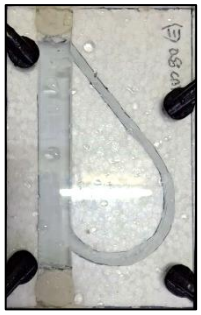
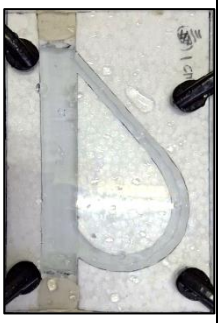
圖 8-3 不同出水口角度之水流狀態示意圖

(三)實驗三：支流的寬度對於水流的影響

實驗說明：承續實驗一及二，我們討論後認為支流的寬度也是一項相當重要的變因，因此為配合主水道 2 公分的寬度，我們將支流寬度設計為 0.8、1.0、1.2、1.4、1.6 公分，實驗結果如下：

實驗假設：我們認為支流愈粗，應該會愈可能導致水流減弱。

表 8-3 實驗三實驗結果

支流寬度	0.8 公分	1.0 公分	1.2 公分	1.4 公分	1.6 公分
照片					
進水口水壓	3.37 Kpa	3.39 Kpa	3.46 Kpa	3.49 Kpa	3.48 Kpa
出水口水壓	1.71 Kpa	1.71 Kpa	1.72 Kpa	1.71 Kpa	1.58 Kpa
差異	1.66 Kpa	1.69 Kpa	1.73 Kpa	1.78 Kpa	1.90 Kpa

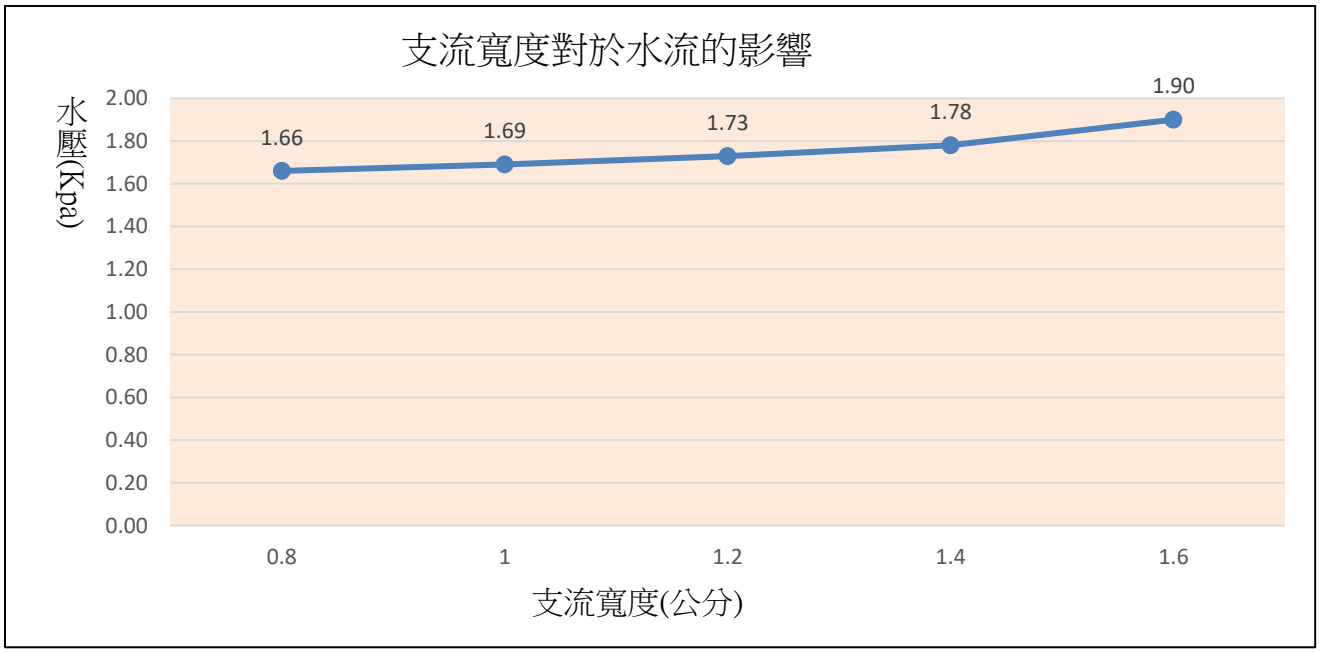
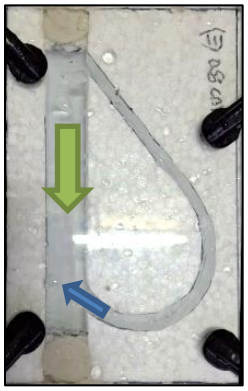


圖 8-3 實驗三實驗結果折線圖

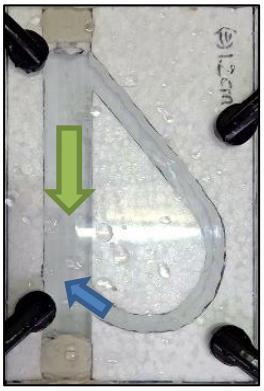
討論與結論：

從實驗結果中，我發現支流寬度愈大，減小水流的效果愈好，如支流寬度為 1.6 公分時，進水口及出水口的水流差異達到 1.90 Kpa。

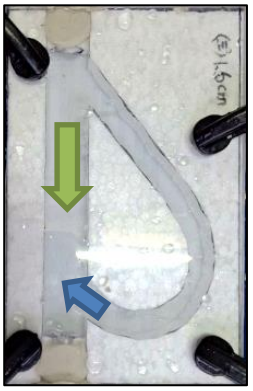
實驗結果與我們本來的預期相符，我們認為在相同的支流路徑下，增加水道的寬度，會增加進水量，當然也會對於主水道造成阻流，達到減流的效果。



支流寬度 0.8cm，
出水量最小



支流寬度 1.2cm，
出水量略大



支流寬度 1.6cm，
出水量最大

圖 8-3 不同支流寬度之水流狀態示意圖

(四)實驗四：進出口的距離對於水流的影響

實驗說明：我們維持支流相同的進水口、出水口角度，以及相同的寬度，更進一步改為支流的長度，也就是進出口的距離，以了解是否可以縮小支流所占用的空間，因此我們將支流的進出口距離調整為 9、10、11、12、13 公分，實驗結果如下：

實驗假設：我們認為進出口的距離愈近，可能對於水流減弱愈明顯。

表 8-4 實驗四實驗結果

進出口距離	9 公分	10 公分	11 公分	12 公分	13 公分
照片					
進水口水壓	3.59 Kpa	3.43 Kpa	3.40 Kpa	3.54 Kpa	3.45 Kpa
出水口水壓	1.87 Kpa	1.68 Kpa	1.68 Kpa	1.80 Kpa	1.70 Kpa
差異	1.72 Kpa	1.75 Kpa	1.72 Kpa	1.75 Kpa	1.74 Kpa

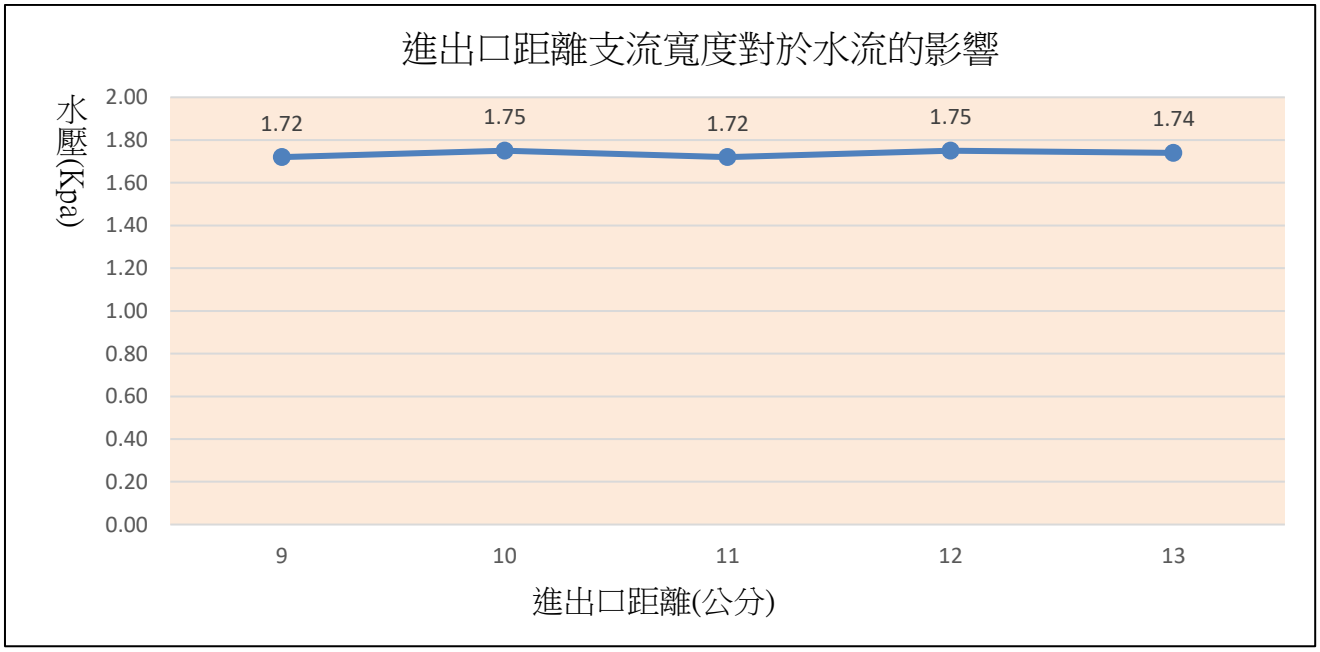


圖 8-3 實驗四實驗結果折線圖

討論與結論：

從結果中，我們可以發現進出水口距離 9 公分、10 公分至 13 公分，水壓差異皆無明顯差異，大約為 1.72~1.75 Kpa，實驗結果與我們的預期不同，我們認為實驗結果相差不大的原因可能有二。

其一，進水口及出水口的角度皆相同，也代表支流的外觀形狀相同，所以對於主水道的阻流效果相近；其二，支流寬度相同，因此進水量也相近，因此對於主水道而言，沒有產生水流減弱差別。

因此，我們若要達成相同的阻流效果，仍可縮小進出水口距離，進一步減小支流所需長度。

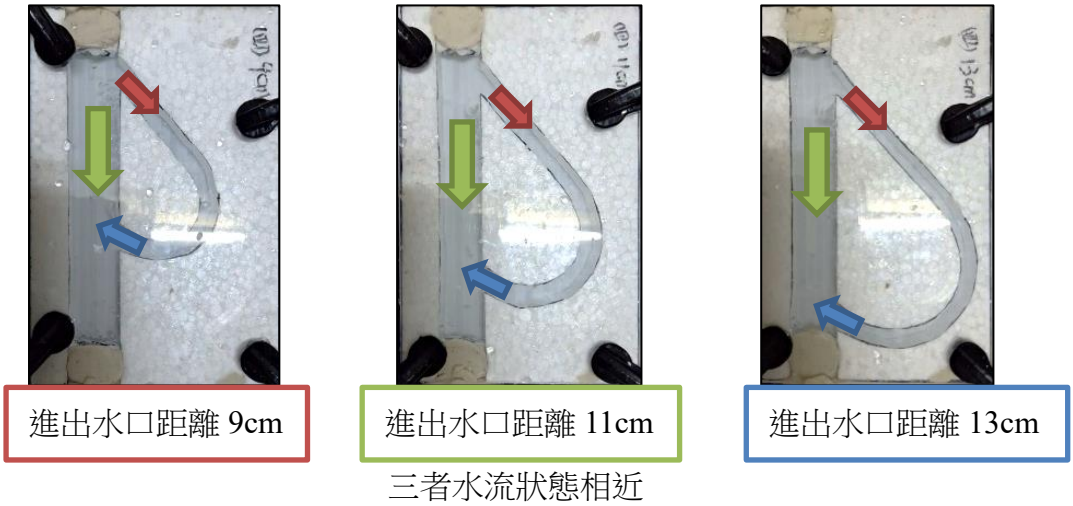


圖 8-3 不同支流進出水口距離之水流狀態示意圖

(五)實驗五：主水道的形狀(對稱型 vs 交錯型)對於水流的影響

實驗說明：在進行文獻探討時，可看到不同的特斯拉閥圖形，我們討論這些圖形的結構，發現其中的差異是主水道的走向，因此我們依主水道交錯程度設計了三種造型，分別是對稱型、折衷型及交錯型(如下圖)。

實驗假設：我們預測交錯型可能會有最明顯的阻流效果。

表 8-5 實驗五實驗結果

進出口距離	對稱型	折衷型	交錯型
照片			
進水口水壓	3.45 Kpa	3.47 Kpa	3.68 Kpa
出水口水壓	1.72 Kpa	1.67 Kpa	1.70 Kpa
差異	1.73 Kpa	1.80 Kpa	1.98 Kpa

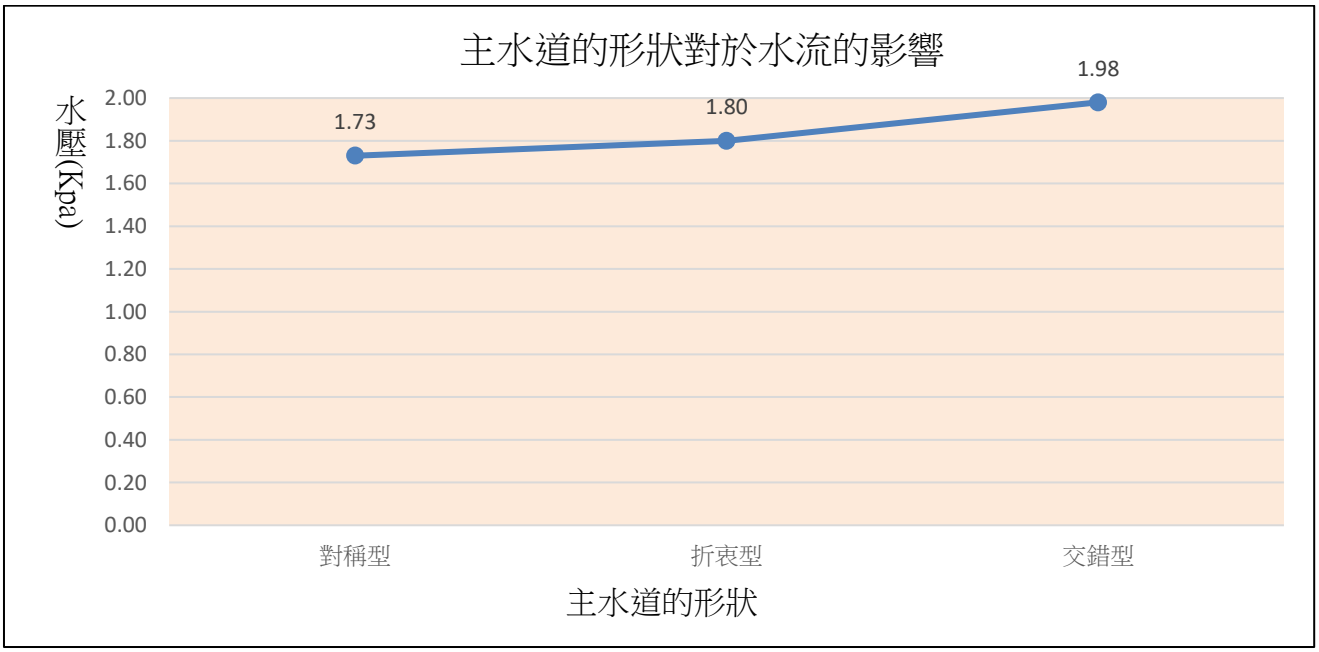


圖 8-5 實驗五實驗結果折線圖

討論與結論：

我們從實驗結果發現交錯型的效果最好，差異達到 1.98 Kpa；折衷型次之，為 1.80 Kpa；對稱型略低於折衷型，為 1.73 Kpa。

實驗結果與我們原本的預測相近，我們認為交錯型的特斯拉閥因為交錯的造型，使原本的主水道水流直接流進支流中，增加了水量，也此產生對於主水道產生較大的阻流效果；而在折衷型的特斯拉閥，因為支流及主水道的角度是相同的，所以流入支流的水量略小；而對稱型則因為主水道流入支流的水量又更小，因此效果是三者較差的。

雖然對稱型的特斯拉閥效果較差，但因為考量到其造型較為簡單，我們在其他實驗及應用上仍以對稱型為主要發展基礎。

圖 8-3 不同主水道形狀之水流狀態示意圖

(六)實驗六：水流的速度對於水流的影響

實驗說明：在不同的環境中，特斯拉閥需要面對各種不同的水流強度，因此我們想要探討在不同水流速度下，特斯拉閥減流的效能。

實驗假設：我們預測在不同的流速狀態下，減流的效能應該不會有明顯的變化。

圖 8-4 調整馬達出口閥門控制流速

表 8-6 實驗六實驗結果

水的流速	流速 1	流速 2	流速 3	流速 4	流速 5	流速 6	流速 7
進水口水壓	3.99 Kpa	3.78 Kpa	3.57 Kpa	3.38 Kpa	3.19 Kpa	3.01 Kpa	2.80 Kpa
出水口水壓	1.87 Kpa	1.75 Kpa	1.67 Kpa	1.55 Kpa	1.45 Kpa	1.42 Kpa	1.33 Kpa
差異	2.12 Kpa	2.03 Kpa	1.90 Kpa	1.83 Kpa	1.74 Kpa	1.59 Kpa	1.47 Kpa

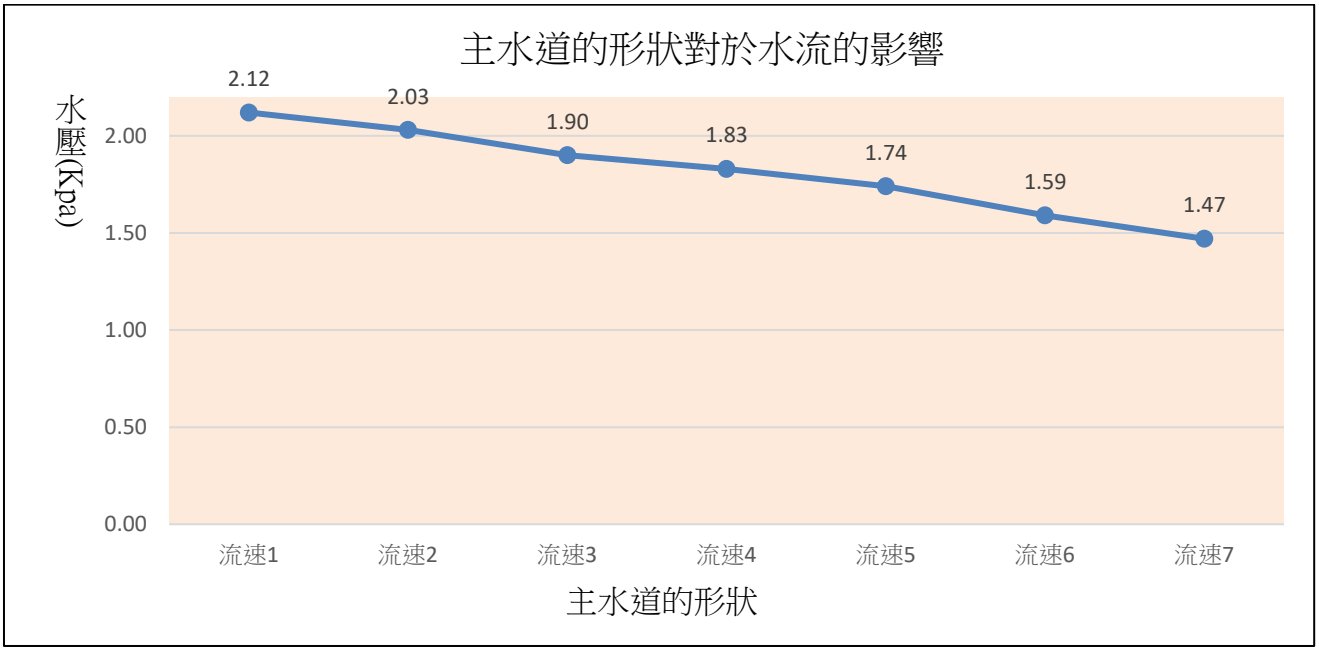


圖 8-6 實驗六實驗結果折線圖

討論與結論：

從結果中，我們可以發現當水的流速愈高時，進水口與出水口之間的水壓差異最大，而隨著水的流速降低，則進水口與出水口之間的水壓差異也愈小。

我們從這個結果我們可以了解到，在較大的水流狀態下，主水道的水量較多，相對的進行支流的水量也較多，因此也會產生較大的減流效果；反之，水量較少時，則支流的水也會變小，因此也使減流效果變小。

這個實驗也讓我了解到，如果把特斯拉閥運用在極端大量的水流時，也會進一步提升減流的效果。

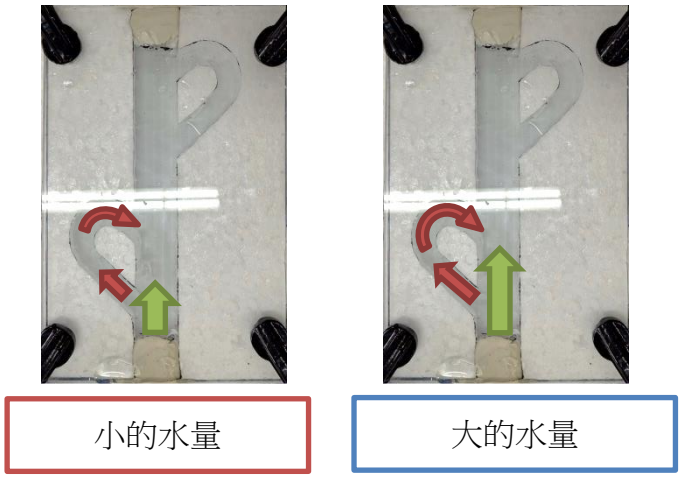


圖 8-3 不同水流速度之水流狀態示意圖

(七)實驗七：水的鹽度對於水流的影響

實驗說明：承續著實驗六，我們想要接著探討面對海水時，減流效果是否會受到影響，於是我們依據海水的鹽度，決定在儲水盒中加入食鹽 0~700 公克，藉此調整水的鹽度。

實驗假設：我們預測改變水的鹽度應該不會對於特斯拉閥的減流效能有明顯的變化。

圖 8-4 將秤重好的食鹽倒入儲水盒中，並且攪拌溶解

表 8-7 實驗七實驗結果

加鹽量	0 公克	100 公克	200 公克	300 公克	400 公克	500 公克	600 公克	700 公克
進水口水壓	3.81 Kpa	3.63 Kpa	3.66 Kpa	3.60 Kpa	3.58 Kpa	3.60 Kpa	3.60 Kpa	3.60 Kpa
出水口水壓	1.75 Kpa	1.71 Kpa	1.72 Kpa	1.70 Kpa	1.63 Kpa	1.69 Kpa	1.69 Kpa	1.69 Kpa
差異	2.07 Kpa	1.92 Kpa	1.94 Kpa	1.90 Kpa	1.94 Kpa	1.91 Kpa	1.91 Kpa	1.91 Kpa

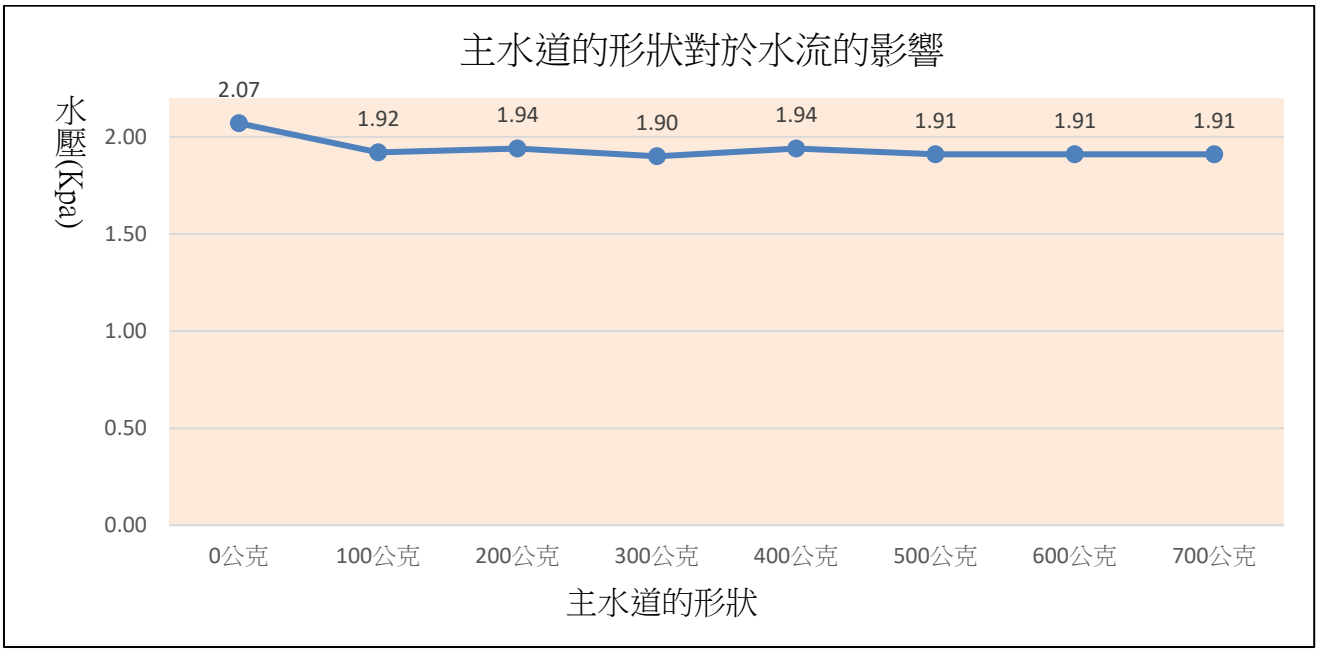


圖 8-7 實驗七實驗結果折線圖

討論與結論：

從結果中，我們可以發現在還沒有加入食鹽時，水壓差異為 2.07 Kpa，而在加入食鹽後也只些微降低為 1.90~1.94 Kpa，因此沒有明顯的差別。

我們認為原因可能是食鹽對於水的流動並沒有太大的影響，所以即使水的密度會有改變，但是對於整體水流皆會影響，所以並不會導致進水口與出水口之間有太大的差異。

從此實驗結果，我們認為這個設置在面對海水時，並不會因為鹽度的提高而對於減流效能有太大的影響。

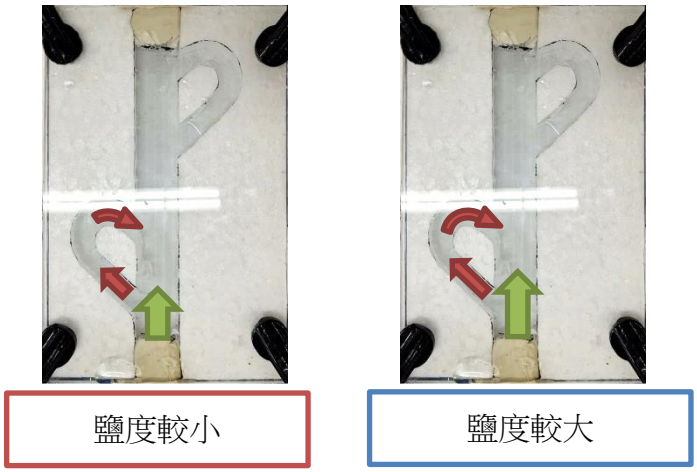


圖 8-3 不同鹽度水流狀態示意圖

(八)實驗八：水的溫度對於水流的影響

實驗說明：承續實驗六與七，水的溫度也是一項環境變因，因此我們使用加溫棒來改變水溫為 16、20、24、28、32 及 36 度。

實驗假設：我們預測在不同的水溫狀態下，減流的效能應該不會有明顯的變化。

圖 8-4 在加溫設備設定溫度，以改變儲水盒水溫

表 8-8 實驗八實驗結果

水溫	16 度	20 度	24 度	28 度	32 度	36 度
進水口水壓	3.70Kpa	3.63 Kpa	3.65 Kpa	3.61 Kpa	3.58 Kpa	3.58 Kpa
出水口水壓	1.79 Kpa	1.72 Kpa	1.70 Kpa	1.72 Kpa	1.64 Kpa	1.69 Kpa
差異	1.91 Kpa	1.91 Kpa	1.94 Kpa	1.89 Kpa	1.93 Kpa	1.90 Kpa

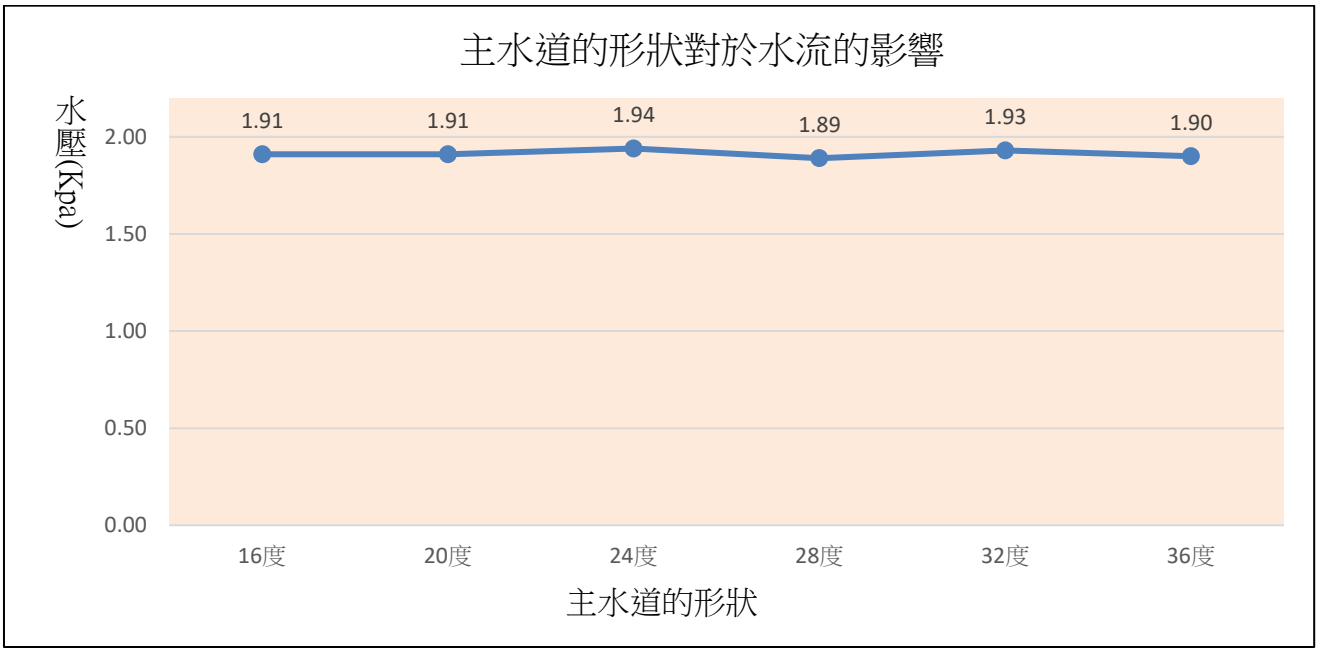


圖 8-8 實驗八實驗結果折線圖

討論與結論：

我們從實驗結果中可以發現，水溫在 16~36 度時，水壓差異大致為 1.89~1.94 Kpa，因此改變水溫並不會對於特斯拉閥的減流造成影響。

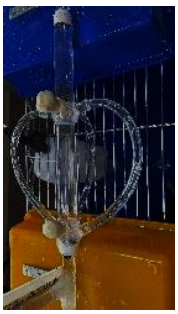
我們認為水溫會些微改變水的密度及其他特性，但是水溫對於特斯閥水流的影響也是整體性的，因此在進水口及出水口的差異是不會產生顯著的影響，因此在不同季節的環境中，對於減流的效果不會有太大的改變。

(九)實驗九：平行排列支流數量對於水流的影響

實驗說明：為了能提升實驗的效能，我們改變了特斯閥原本平面的設計，使用壓克力管及塑膠管製作立體的結構，使多支支流平行排列在主水道周圍，如此便能增加支流的數量，我們探討支流數量 0~4 支時減流的效益。

實驗假設：我們預測在不同數量的支流狀態下，減流的效能應該會有明顯的變化。

表 8-9 實驗九實驗結果

進出口距離	0 支流	1 支流	2 支流	3 支流	4 支流
照片					
進水口水壓	3.54 Kpa	3.54 Kpa	3.71 Kpa	3.71 Kpa	3.70 Kpa
出水口水壓	2.09 Kpa	1.77 Kpa	1.56 Kpa	1.54 Kpa	1.51 Kpa
差異	1.45 Kpa	1.77 Kpa	2.16 Kpa	2.17 Kpa	2.19 Kpa

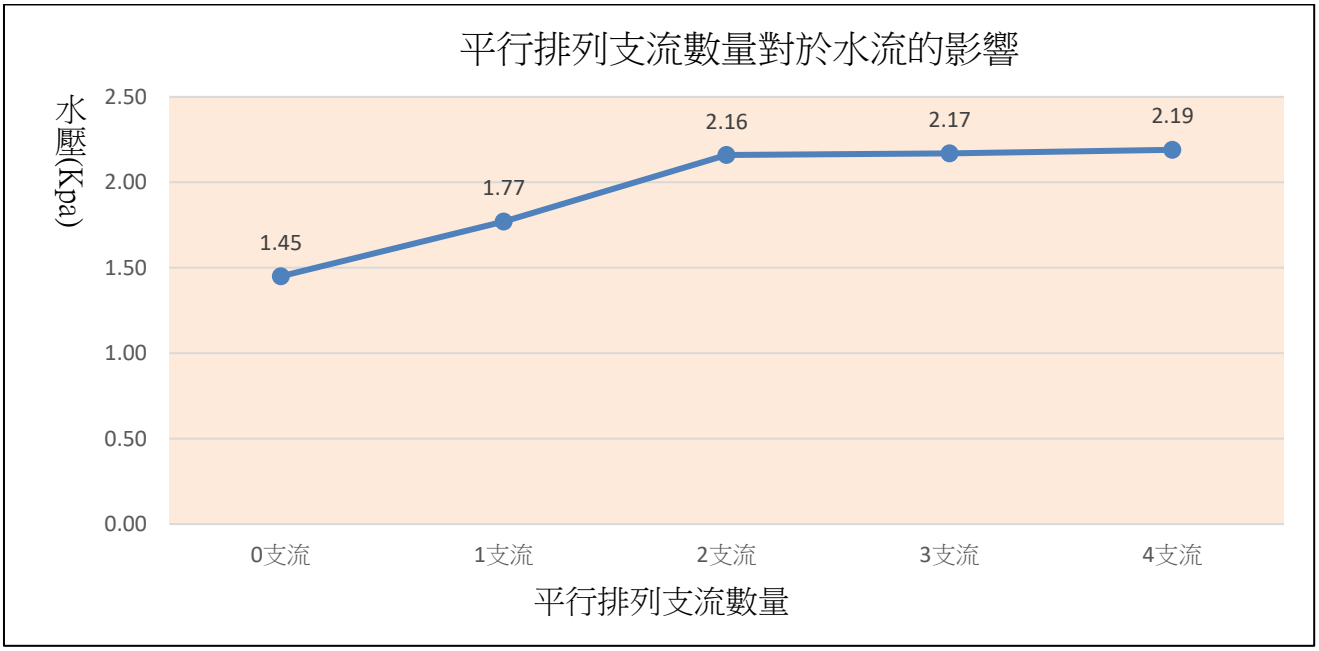


圖 8-9 實驗九實驗結果折線圖

討論與結論：

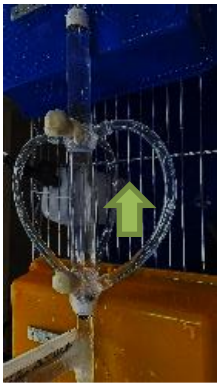
從結果中，我們可以發現在沒有支流時，水壓差異只有 1.45 Kpa，加入 1 支支流時，水壓差異增至 1.77 Kpa，再增加至 2 支支流時，水壓再增至 2.16 Kpa；然而支流增至 3 支與 4 支時，則水壓增差並沒有再向上明顯增加。

從此實驗結果，我們可以得到二個結論，其一是增加支流數量是對於減流效果是有幫助的，但是因為我們的支流排列呈現平行並排，因此當支流數量增加至 3 支或 4 支時，則會有些支流是在主水道上方，則會導致水流必須向上流動，再向下進入主水道，因此會降低支流水的流速，使減流效能沒有提升。

其二，當支流的出水口位置在主水道的同一處，將會導致支流力道彼此抵消，使減流效果無法再提升。

沒有支流

2 支支流



4 支支流

圖 8-3 不同平行排列支流數量水流狀態示意圖

(十)實驗十：前後排列支流數量

實驗說明：在實驗九之後，我們想要改良立體的特斯拉閥支流排列，經過共同的討論，我們決定將原本的平行排列改成前後排列，確保每條支流皆在主水道的下方，這樣就能解決原本支流可能高於主水道的問題。

實驗假設：我們預測將立體的特斯拉閥改成前後排列後，應該可以在更多支流狀態下提升減流的效能。

表 8-10 實驗十實驗結果

進出口距離	1 支流	2 支流	3 支流	4 支流
照片				
進水口水壓	3.48 Kpa	3.58 Kpa	3.57 Kpa	3.56 Kpa
出水口水壓	1.44 Kpa	1.30 Kpa	0.94 Kpa	0.80 Kpa
差異	2.04 Kpa	2.27 Kpa	2.63 Kpa	2.76 Kpa

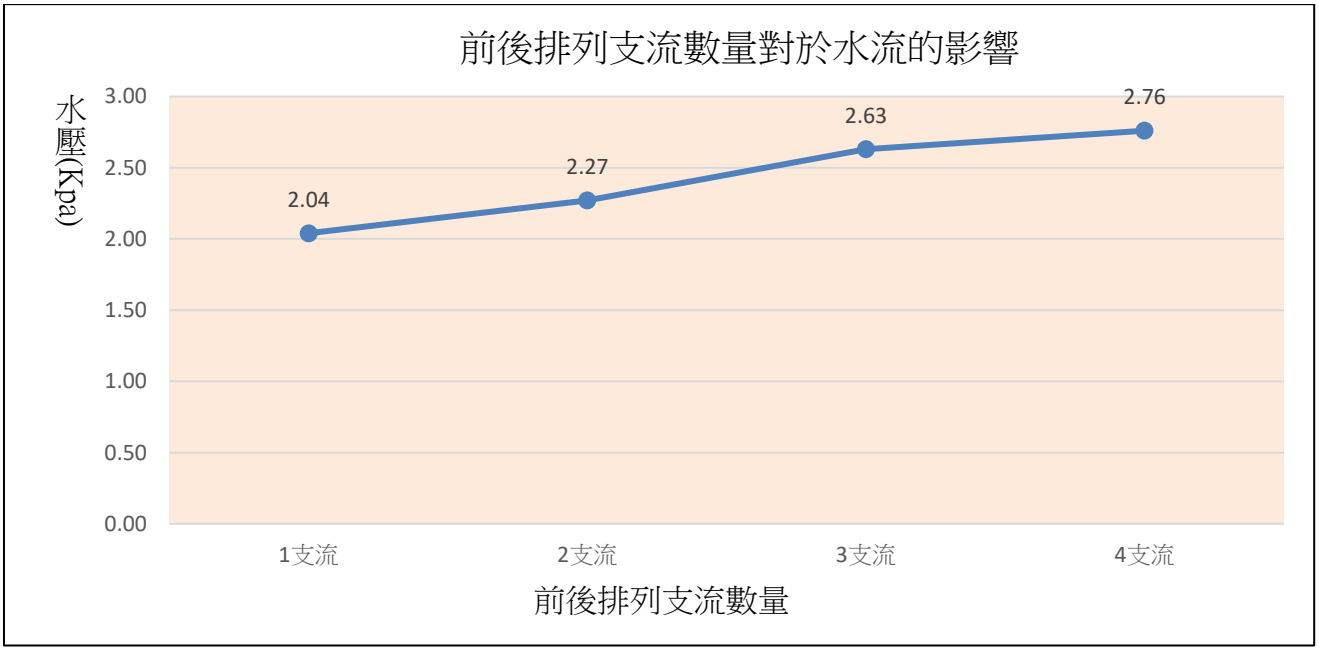


圖 8-10 實驗十實驗結果折線圖

討論與結論：

從實驗結果，我們發現支流數量愈多時，則水壓差異就愈大，在 1 支支流時水壓差異為 2.04 Kpa，當支流數量增加至 4 支時，則水壓差異達到 2.76 Kpa。

實驗結果頗符合實驗前的假設，因為支流愈多時，並不會產生支流高於主水道的問題，因此每一個支流都能發揮減流的效果，同時也可以縮小立體特斯拉閥的體積尺寸。

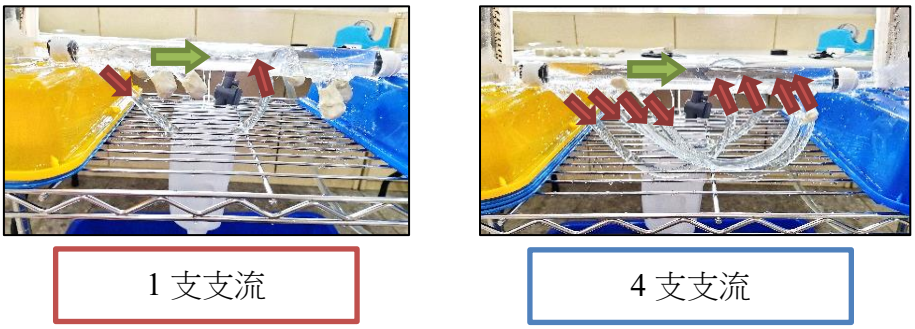


圖 8-3 不同前後排列支流數量水流狀態示意圖

九、結論與建議

綜合本研究四個目的的十個實驗所獲得之結果及討論，我們總結出下列結論、作品貢獻及建議，以下依序說明。

(一)結論：

1. 特斯拉閥的進水口角度為 40 度及出水口角度為 30 度時，減流的效果最佳。
2. 特斯拉閥的支流愈寬，減流的效果愈佳。
3. 交錯型主水道略優於對稱型主水道，但結構較複雜。
4. 水流愈強，特斯拉閥減流的效果愈好。
5. 水的溫度與鹽度對於特斯拉閥減流效果沒有太大影響。
6. 前後排列支流的特斯拉閥效果優於平行排列支流，且支流數量愈多，減流效果愈佳。

(二)作品貢獻：

根據以上結論，本作品之貢獻如下

1. 本研究探討特斯拉閥減流的基本原理。
2. 本研究探討提升特斯拉閥減流的方法。
3. 本研究探討特斯拉閥在不同的環境狀態下的效能影響。
4. 本研究探討各式特斯拉閥的優略及改良方法。

(三)對未來研究的建議：

1. 本研究使用保麗龍板來製作特斯拉閥的水道，在切割時可能無法完全精準，建議未來研究者可以改良更佳的製作方法。
2. 本研究使用壓克力板、木工夾及油土來固定特斯拉閥及防水外漏，但仍然會有一些水在邊緣流出，可能會干擾實驗及觀察，建議未來研究可以改良特斯拉閥的固定及防水外漏方式。

十、參考資料

1. Harris Benson (民 92 年)。普通物理學 下冊。台北縣。學銘圖書。

2. 特斯拉閥。維基百科（民 113 年 11 月 25 日）。檢自 https://zh.wikipedia.org/zh-tw/特斯拉閥

3. 氣壓。維基百科（民 113 年 11 月 25 日）。檢自 https://zh.wikipedia.org/zh-tw/氣壓

4. 吳庭光、張嘉紘、王宥宏. (2023). 變流體速度的通道－特斯拉閥. 國立臺灣科學教育館. https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/62/pdf/NPHSF2022-030104.pdf