

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

(鄉土)教材獎

030510

眼見不為憑-台東水往上流視錯覺現象探討

學校名稱：臺東縣立寶桑國民中學

作者： 國一 鄭宜汶 國一 張景雯 國一 汪泓佑	指導老師： 溫瑞文 楊惠如
---	-----------------------------

關鍵詞：水往上流、視錯覺

摘要

台東「水往上流」一直都是可以迷惑大眾的有趣自然現象，因此成為台東熱門的觀光景點，許多網路資料也都針對水往上流現象提出各種猜測與解釋，我們首先透過問卷調查的方式蒐集一般民眾對於「水往上流是如何形成？」這個問題的想法，並藉由實地訪查探究了解當地水流與地景的真實情況後，明白當地是如何藉由樹臺、水道、車道的三條不同傾斜線造成「視錯覺」，將明明是向下傾斜 0.6 度的水往下流誤以為是「水往上流」。我們最後還以「水往上流」這個地景條件來設計操作實驗用以建構模型，此模型包含了「傾斜角度」、「方向」以及「顏色組成」等，以提供未來在工程上應該如何才能夠維護當地奇特自然現象的一些實質建議。

壹、研究動機

水往上流？第一次聽見這個地名時，我們腦中都不自覺的浮出無數個疑問，水怎麼可能往上流？甚至認為，是業者為了吸引遊客，而加裝抽水馬達。但或許真的是大自然的傑作，亦或者是壓力現象所造成也說不定。而我們推測造成這個現象的原因可能是視錯覺，因此加以研究視錯覺的原理，並透過科學的方法驗證。

貳、研究目的

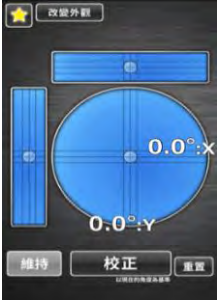














- 一、實地調查水往上流的地形條件。
- 二、判斷多種解釋「水往上流」現象產生理由的合理性。
- 三、了解影響視錯覺的因素，找出維持「水往上流」地景現象的最佳視錯覺模型。

參、研究設備及器材

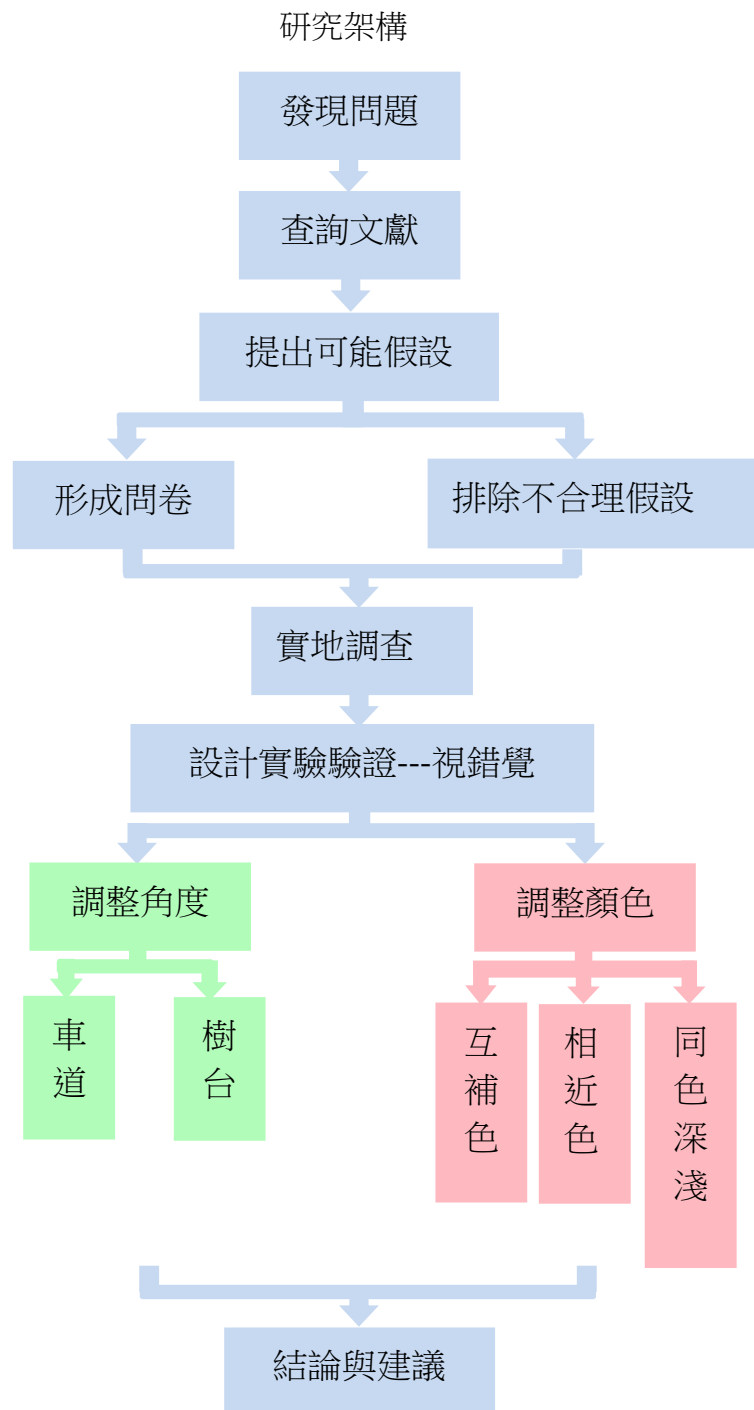
一、研究器材

塑膠瓦楞板、量角器、彈力球、乒乓球、棉線、剪刀、美工刀、雙面膠、膠帶、水平儀、手機 APP-- Level gauge、雷射投線儀、手機、相機、筆記型電腦、壁報紙。

二、研究架設

		
<p>手機 APP-水平儀</p>	<p>水平儀</p>	<p>雷射投線儀</p>
		
<p>自製量角測量器</p>	<p>模擬現場架設(局部)</p>	<p>模擬現場架設(全景)</p>
		
<p>測量水面的傾斜度數</p>	<p>測量水底的傾斜度數</p>	<p>測量水溝面的傾斜度數</p>
		
<p>設置五線水平儀裝置，確定水平線。</p>	<p>拉鉛錘線以求水平</p>	<p>以手機 APP 調整水平</p>
		
<p>測量水溝寬度</p>	<p>測量水溝水深</p>	<p>測量流速</p>

肆、研究過程與結果



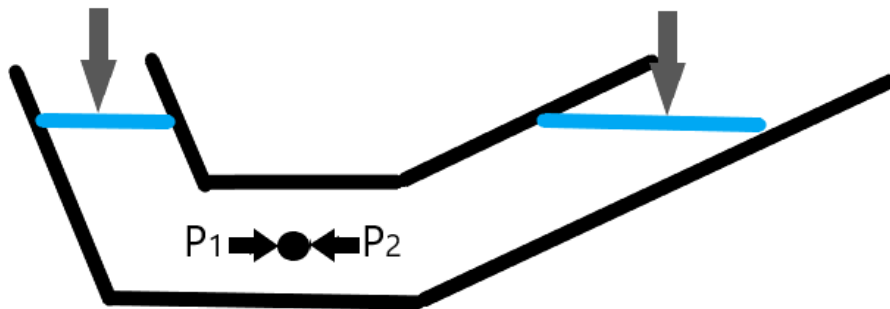
一、文獻探討：水往上流的可能情況有下列幾種。

(一) 抽水馬達：假說在水往上流的最終端可能有放置抽水馬達。

討論：發現並無抽水馬達。

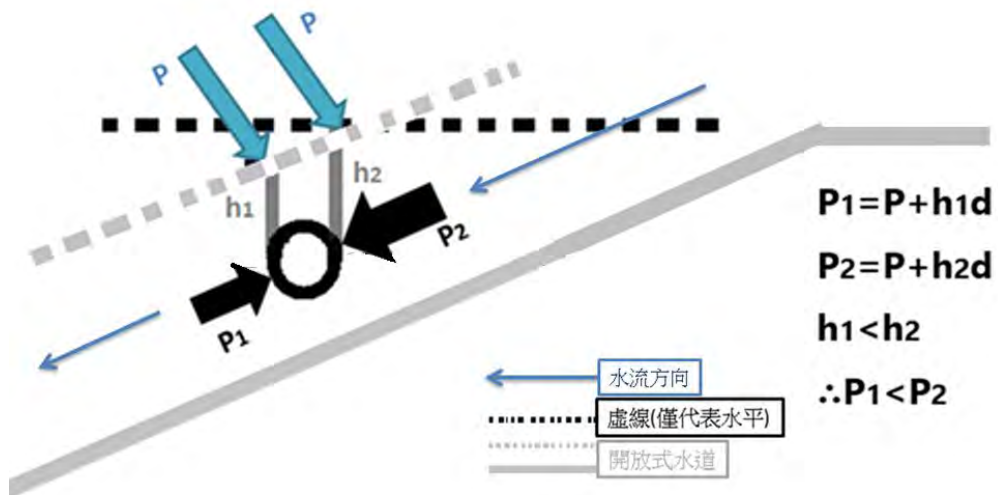
(二) 壓力造成：

1. 連通管原理：如果左側的水位高於右側，則 $P_1 > P_2$ ，水會由左向右流動，連通管右邊的水便會往上流直到最終管道兩端水面達到同一水平面， $P_1 = P_2$ 為止。



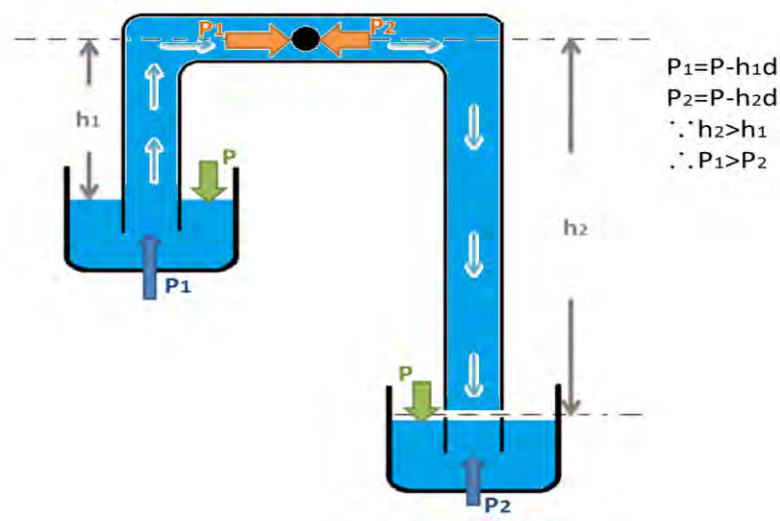
討論：連通管必須是只有兩端開口的管子，而實際是開放水道。

2. 開放的水道：開放的水道水面均受到大氣壓力 P ，如圖 $P_2 > P_1$



討論：壓力會造成水的流動，所以面對水道，當左側壓力大於右側，水才會從左向右流動，而現在 $P_2 > P_1$ ，所以水會從右向左流，不會往上流，除非左側水較深時， P_1 才會大於 P_2 ，我們將實地調查水深。

(三) 虹吸現象：虹吸現象發生在封閉的管子，水可以不借助任何工具，由較高位置，如圖，因 $P_1 > P_2$ ，而往上流再流向更低位置的開口。



討論：經實地考察，當地並無封閉管道，故可以排除此原因。

(四) 重力異常：所謂的重力異常是用來修正理論的重力值和實際重力值的差異，可用來推斷地表下的構造，而這裡的重力異常是指重力並未指向地心，以至於造成水往上流的情形。

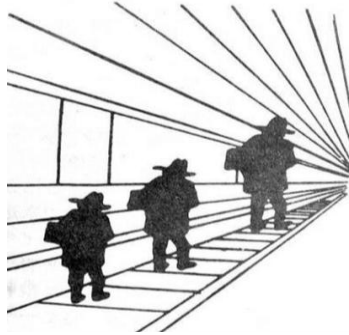
討論：我們據以判斷高低的水平線垂直於鉛垂線，而鉛垂線平行於當地重力的方向，即使當地的重力真的未指向地心，亦無從察覺。但是如果在不同的地方模擬出水往上流的現象，則不需以重力異常來解釋。

(五) 磁場效應：這裡指的是水流受磁場影響往上流動。

討論：水流本身要有電流通過或是帶有磁性，才會受磁場影響，水往上流的地景並不具有上述兩種條件。

(六) 視錯覺原理：大腦有時會依每個人不同的經驗或圖像的矛盾構造而使感知器官內部產生錯誤的引導，而當觀察者發現自己的認知與實際物體之間不平衡時，便導致視覺上的錯視——視錯覺。觀看錯視圖時，也常因為形狀、顏色、距離、視覺暫留等因素而產生視錯覺。

1. 下圖為由對比所引起的錯視圖，由於線條間の間距從左至右，是由大到小，才會讓我們認為圖中的人愈來愈高。水往上流也是因為此種現象才會造成視覺落差，所以才會讓人認為水是往上流。



資料來源:<https://reurl.cc/VWVrA>

2. 下面兩張圖，是在荷蘭的 M.C ESCHER 的博物館裡，對於視覺落差的實驗裝置，兩個大小一樣的人，因實驗箱兩側傾斜角度不同，使兩個人在視覺上呈現的大小比例不同。



討論：評估產生水往上流現象的幾種可能原因後，視錯覺是最可能的原因。我們把幾種可能原因做成問卷，以了解一般民眾的看法，可做為水往上流解說的參考。另外我們將在學校進行模擬實驗，看看結果是否支持視錯覺的解釋。

二、問卷

(一)進行過程

- 1.製作關於水往上流的相關問卷，並邀請現場遊客協助調查，以取得相關數據。
- 2.問卷內容以詢問遊客認為水是往上流，亦或者往下流，並請他們對於他們的選擇做出可能造成此現象的解釋。(詳如附錄)
- 3.進行方式：到水往上流現場針對觀光客發問卷。

(二)調查結果

1. 問卷結果

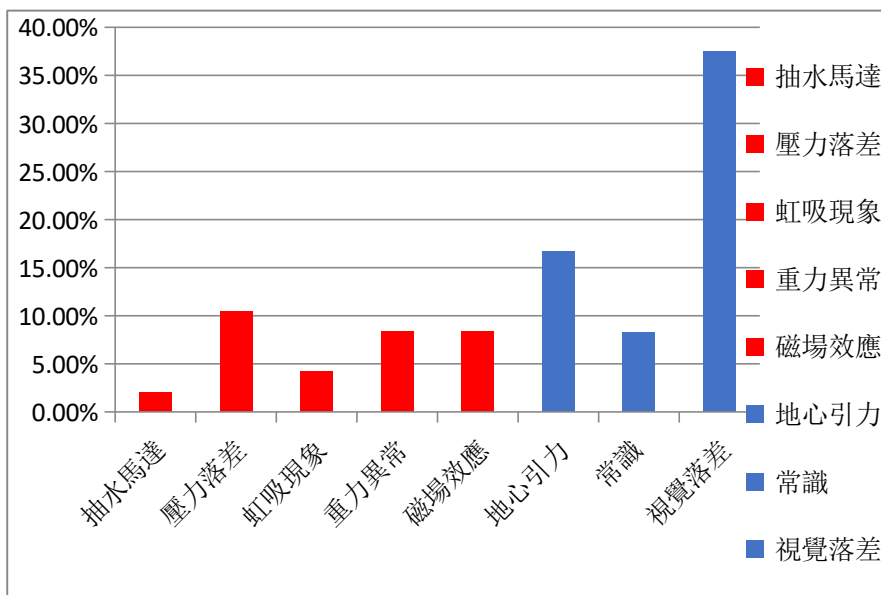
(1) 遊客認為造成水往上流的可能原因：

抽水馬達	壓力造成	虹吸現象	重力異常	磁場效應
3.88%	10.42%	4.16%	8.33%	8.33%

(2)遊客認為造成水往下流的可能原因

視覺落差	地心引力	水往低處流是常識
37.5%	16.69%	8.31%

(3) 比較：紅色部分為認為「水往上流」者的推測，藍色部分為認為「水往下流」的推測。



2. 結果解釋

- (1) 33.3%的受訪者認為是水往上流的，其中認為原因是「壓力造成」、「重力異常」、「磁場效應」者人數比例較高。
- (2) 62.5%認為實際上水往下流，其中的 37.5%認為產生水往上流現象的是視覺落差。

三、實地調查

(一) 全景調查

1. 實驗過程

- (1) 手機架設在腳架上，以水平儀確認腳架與手機在水平狀態，進行拍照
- (2) 現場拉鉛錘線以便確認照片上水平位置
- (3) 在現場以手機測量樹臺、水道、車道傾斜角度。



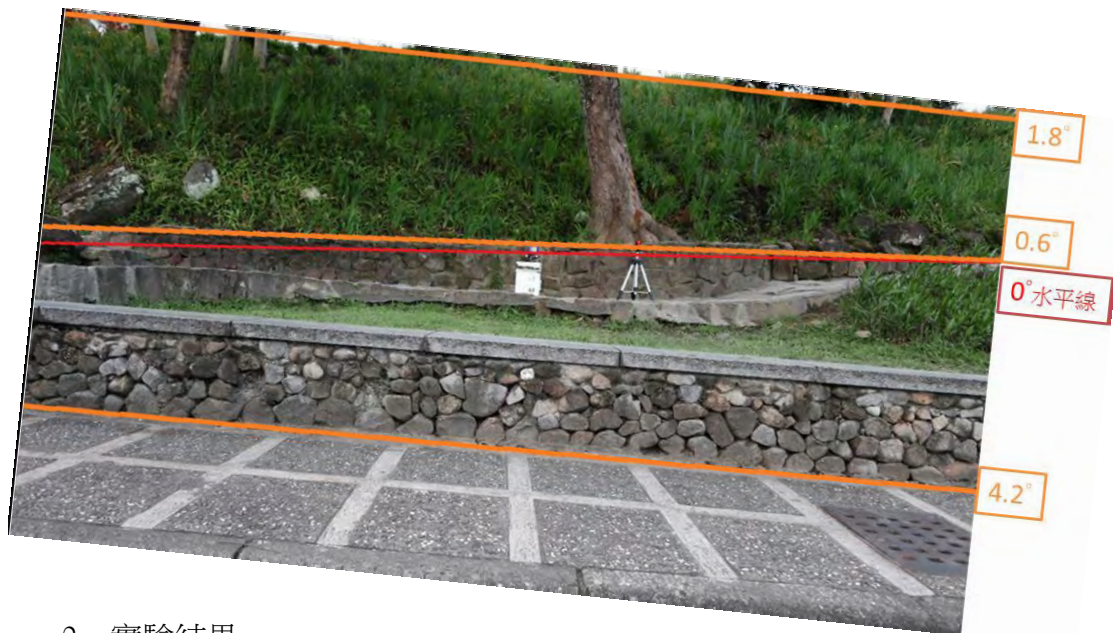
2. 實驗結果

- (1) 測得車道向右傾斜 4.2° 、水道向右傾斜 0.6° 、樹臺向右傾斜 1.8° 。
- (2) 照片後製拉出水平線，驗證角度是正確的。
- (3) 如圖，驗證水道為由左往右下傾斜。

(二) 利用五線水平儀確認水平線

1. 實驗過程

- (1) 架設水平儀投射出水平線
- (2) 確認水平位置，拍照
- (3) 於電腦上畫出樹臺、水道、車道之基準線



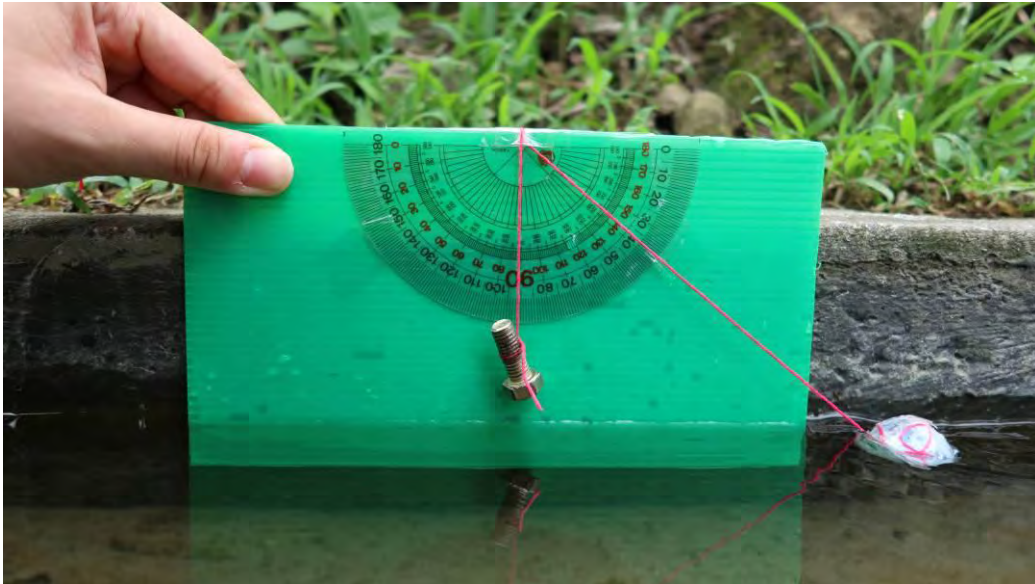
2. 實驗結果

- (1) 透過五線水平儀確認水平線。
- (2) 比對水道角度，為往右下傾斜。

(三) 各點取樣

1. 實驗過程

- (1) 從水往上流石碑旁取一個固定點作為起點(O 點)，每隔 5 公尺以三角錐標記位置，由左到右取 A~M 13 個點，並拍照定位確認可重複調查。
- (2) 用尺測量水道寬度、深度。
- (3) 運用水平儀 App 測量水面、水溝底、水溝邊的傾斜角度
- (4) 以捲尺在定位點定位 100 公分，以攝影機拍攝錄影乒乓球流過 100 公分起點與終點，以 VidAnalysis free App 計算通過時間，換算成流速。
- (5) 利用自製量角測量器，測量水流表面對小球的施力所產生的夾角，換算出小球所受水流的力。



2. 實驗結果

(1) 數據

	寬度(cm)	水深(cm)	水面傾斜角度(度)	水溝底傾斜角度(度)	水溝邊傾斜角度(度)	流速(公分/秒)	水流推力夾角(度)
O 點	36	6.5	0.7	0.3	0.6	58.82	51
A 點	33	8	0.7	2.4	-0.3	43.67	45
B 點	37	8	1.1	2.4	0.7	54.05	46
C 點	35	5.9	1.5	2.9	2.1	38.46	43
D 點	36	10.5	1.7	1.8	1.3	25	39
E 點	33.5	1.2	1.7	3.8	0.9	185.19	48
F 點	35	6.7	0.6	2.3	1	63.69	37
G 點	35	13.2	0.6	0.5	0.4	15.85	37
H 點	36	13.2	0.4	0	0.1	33.33	25
I 點	31	7.2	0.6	0.2	0.4	47.85	25
J 點	31.5	9.1	1.1	0.8	1	42.55	29
K 點	29	12.9	0.5	-2.1	2.6	26.81	34
L 點	27	8.2	0.9	1.1	0.9	45.66	26
M 點	31	7.2	0.1	1.2	-0.2	15.63	31
Mean ± SD	33.29 ± 3	8.41 ± 3.3	0.87 ± 0.5	1.26 ± 1.5	0.82 ± 0.8	49.75 ± 41.7	36.86 ± 8.9

(2)分析

- a、各點取樣水面傾斜角度的平均值為向下 0.87 度，水溝底傾斜角度平均值為向下 1.26 度，再搭以觀察自製量角測量器上球的流動方向，可以證實此處的水是向下流動。
- b、水溝邊傾斜角度的平均值為向下 0.82 度，雖然較水溝底傾斜角度平均值 1.26 度小，但仍是向下傾斜，但其在視覺上的效果卻是呈現向上的趨勢。

(3)結果

- a、以測得的水面傾斜角度平均值為向下及小球的流動方向，可証實此處地景的水是往下流動。
- b、水溝邊傾斜角度平均值仍是向下，但視覺效果卻是向上，推測可能為「視錯覺」現象。
- c、藉由模擬實驗，探討造成水往上流的「視錯覺」現象之可能因素。

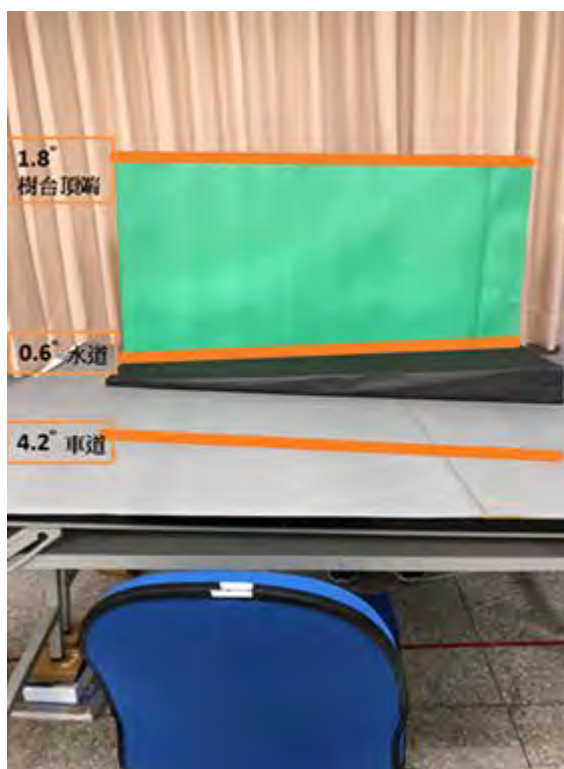
四、模擬實驗

(一)實驗設計

1.架設

(1)利用取得的數據，模擬製作水往上流的地形

(灰色為車道，黑色為水道，綠色為樹台頂端)




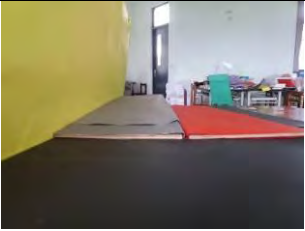
(2)實際測試：我們找到 30 位自願受試者，並請他們輪流坐在左圖中的椅子上觀察。

認為坡道由左到右	車道 (灰色)	水道(黑色)	樹臺頂端(綠色)
往上	3 位	22 位	2 位
往下	27 位	8 位	28 位

有 2/3 受訪者認為黑色(水道)部分在視覺上是往上流的，實驗模型可以重現現場。

2.不同視角模擬

(1)實驗過程

視角位置	正面觀察	前方左側觀察	左側觀察
現場模擬模型			

(2)實驗結果

視角位置	正面觀察	前方左側觀察	左側觀察
認為 B 線(水道)向右往上	21 位	23 位	29 位
認為 B 線(水道)向右往下	9 位	7 位	1 位
1. 三種視角，皆認為水道視覺效果為向右往上傾斜者多。 2. 認為 B 線(水道)向右往上者的人數:從左側觀察>前方左側觀察>正面觀察者。 3. 從正面觀察者視覺效果落差較大，所以我們的實驗選擇從正面觀察。			

(二)改變角度模擬

1. 實驗過程

(1) 根據實際地形按照比例，加以探究角度是否會影響對於水往上流的視覺效果。

(2) A 線為樹臺頂端，B 線為水道，C 線為車道

(3) 實驗設計：

a、B 線(水道)角度 0.6° ，固定 A 線(樹臺頂端)為 1.8° ，改變 C 線(車道)角度為

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	1 : 1	1 : 3	1 : 5
A 線(樹臺頂端)	1.8°	1.8°	1.8°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.8°	4.2°	6.6°

b、B 線(水道)角度 0.6° ，固定 A 線(樹臺頂端)為 4.2° ，改變 C 線(車道)角度

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	3 : 1	3 : 3	3 : 5
A 線(樹臺頂端)	4.2°	4.2°	4.2°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.8°	4.2°	6.6°

c、B 線(水道)角度 0.6° ，固定 A 線(樹臺頂端)為 6.6° ，改變 C 線(車道)角度

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	5 : 1	5 : 3	5 : 5
A 線(樹臺頂端)	6.6°	6.6°	6.6°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.8°	4.2°	6.6°

d、B 線(水道)角度 0.6° ，改變 A 線(樹臺頂端)、C 線(車道)的傾斜方向，正為向右傾斜，負為向左傾斜。

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	1 : -3	-1 : 3	-1 : -3
A 線(樹臺頂端)	1.8°	-1.8°	-1.8°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	-4.2°	4.2°	-4.2°

e、B 線(水道)角度 0.6° ，固定 A 線(樹臺頂端)為 1.8° ，測試 C 線(車道)無法看出水往上流的最小角度極限

A 線(樹臺頂端)	1.8°	1.8°	1.8°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.4°	1.0°	0.6°

2. 實驗結果：

a、B 線(水道)角度 0.6° ，固定 A 線(樹臺頂端)為 1.8° ，改變 C 線(車道)角度

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	1 : 1	1 : 3	1 : 5
A 線(樹臺頂端)	1.8°	1.8°	1.8°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.8°	4.2°	6.6°
認為 B 線(水道)向右往上	14 位	22 位	21 位
認為 B 線(水道)向右往下	16 位	8 位	9 位
<p>1. 當 A 線(樹臺頂端)角度不變，調整 C 線(車道)的角度為 1.8° 時，水道視覺效果傾斜不明顯。</p> <p>2. 當 A 線(樹臺頂端)角度不變，調整 C 線(車道)的角度為 4.2° 時，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>3. 當 A 線(樹臺頂端)角度不變，調整 C 線(車道)的角度為 6.6° 時，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>4. 水道與車道的夾角越大，水往上流的視覺效果越明顯。</p>			

b、B 線(水道)角度 0.6° ，固定 A 線(樹臺頂端)為 4.2° ，改變 C 線(車道)角度

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	3 : 1	3 : 3	3 : 5
A 線(樹臺頂端)	4.2°	4.2°	4.2°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.8°	4.2°	6.6°
認為 B 線(水道)向右往上	19 位	23 位	25 位
認為 B 線(水道)向右往下	11 位	7 位	5 位
<p>1.當 A 線(樹臺頂端)角度調整為 4.2°，調整 C 線(車道)的角度為 1.8° 時，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>2.當 A 線(樹臺頂端)角度調整為 4.2°，C 線(車道)的角度不變，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>3.當 A 線(樹臺頂端)角度調整為 4.2°，調整 C 線(車道)的角度為 6.6° 時，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>4.當 A 線(樹臺頂端)與 B 線(水道)夾角變大，水往上流的視覺效果越明顯。</p>			

c、B 線(水道)角度 0.6°，固定 A 線(樹臺頂端)為 6.6°，改變 C 線(車道)角度

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	5 : 1	5 : 3	5 : 5
A 線(樹臺頂端)	6.6°	6.6°	6.6°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.8°	4.2°	6.6°
認為 B 線(水道)向右往上	17 位	21 位	24 位
認為 B 線(水道)向右往下	13 位	9 位	6 位
<p>1.當 A 線(樹臺頂端)角度調整為 6.6°，調整 C 線(車道)的角度為 1.8°時，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>2.當 A 線(樹臺頂端)角度調整為 6.6°，C 線(車道)的角度不變，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>3 當 A 線(樹臺頂端)角度調整為 6.6°，調整 C 線(車道)的角度為 4.2°時，水道視覺效果傾斜向右往上傾斜者多。</p> <p>4.當 A 線(樹臺頂端)與 B 線(水道)夾角變大，水往上流的視覺效果越明顯。</p>			

d、B 線(水道)角度 0.6°，改變 A 線(樹臺頂端)、C 線(車道)的傾斜方向

AB 夾角角度 : BC 夾角角度	1 : -3	-1 : 3	-1 : -3
A 線(樹臺頂端)	1.8°	-1.8°	-1.8°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	-4.2°	4.2°	-4.2°
認為 B 線(水道)向右往上	10 位	15 位	8 位
認為 B 線(水道)向右往下	20 位	15 位	21 位
<p>1.當 C 線(車道)改為向右往上傾斜時，水道視覺效果為向右往下傾斜者多。</p> <p>2.當 A 線(樹臺頂端)改為向右往上傾斜時，水道視覺效果傾斜不明顯。</p> <p>3.當 A 線(樹臺頂端)、C 線皆改為向右往上傾斜時，水道視覺效果為向右往下傾斜者多。</p> <p>4.推測 C 線(車道)的傾斜方向是主要影響 B 線(水道)水往上流的主因。</p>			

e、B 線(水道)角度 0.6°，固定 A 線(樹臺頂端)為 1.8°，測試 C 線(車道)無法看出水往上流的最小角度極限

A 線(樹臺頂端)	1.8°	1.8°	1.8°
B 線(水道)	0.6°	0.6°	0.6°
C 線(車道)	1.4°	1.0°	0.6°
認為 B 線(水道)向右往上	14 位	12 位	9 位
認為 B 線(水道)向右往下	16 位	18 位	21 位
1. 實驗 a.部分，當 A 線(樹臺頂端)角度不變，調整 C 線(車道)的角度為 1.8°時，有一半的受試者認為水道視覺效果傾斜不明顯。			
2. 往下測試 C 線(車道)傾斜角度為 1.4、1.0、0.6 時，發現 C 線(車道)傾斜角度為 0.6 時，有 2/3 的受試者認為水是往下流的。			

(三)改變顏色模擬

1. 實驗過程

(1) 實驗設計調整車道與水道顏色。

(2) 實驗設計：

a、參考色環，分別挑出三組互補色、相近色、同色深淺對比，分別模擬車道與水道。

b、分別就互補色、相近色、同色系深淺各選擇六組組合進行測試。

互補色		相近色		同色系深淺	
車道	水道	車道	水道	車道	水道
紅色	綠色	紅色	橙色	淺橙	深橙
綠色	紅色	橙色	紅色	深橙	淺橙
橙色	藍色	黃色	綠色	淺綠	深綠
藍色	橙色	綠色	黃色	深綠	淺綠
黃色	紫色	藍色	紫色	淺紫	深紫
紫色	黃色	紫色	藍色	深紫	淺紫

2. 實驗結果

a、 互補色實驗結果

互補色			
車道	水道	認為水道往上	認為水道往下
紅色	綠色	20 人	10 人
綠色	紅色	26 人	4 人
橙色	藍色	29 人	1 人
藍色	橙色	25 人	5 人
黃色	紫色	15 人	15 人
紫色	黃色	27 人	3 人

- 當車道/水道顏色搭配為紅/綠，綠/紅，橙/藍，藍/橙，紫/黃，水道視覺效果向右往上傾斜，水往上流的視覺效果越明顯。
- 當車道/水道顏色搭配為黃/紫，水往上流的視覺效果不明顯。

b、 相近色實驗結果

相近色			
車道	水道	認為水道往上	認為水道往下
紅色	橙色	8 人	22 人
橙色	紅色	13 人	17 人
黃色	綠色	21 人	9 人
綠色	黃色	30 人	0 人
藍色	紫色	15 人	15 人
紫色	藍色	28 人	2 人

- 當車道/水道顏色搭配為黃/綠，綠/黃，紫/藍，水道視覺效果向右往上傾斜，水往上流的視覺效果越明顯。
- 當車道/水道顏色搭配為紅/橙，水道視覺效果向右往下傾斜。
- 當車道/水道顏色搭配為橙/紅，藍/紫，水往上流的視覺效果不明顯。

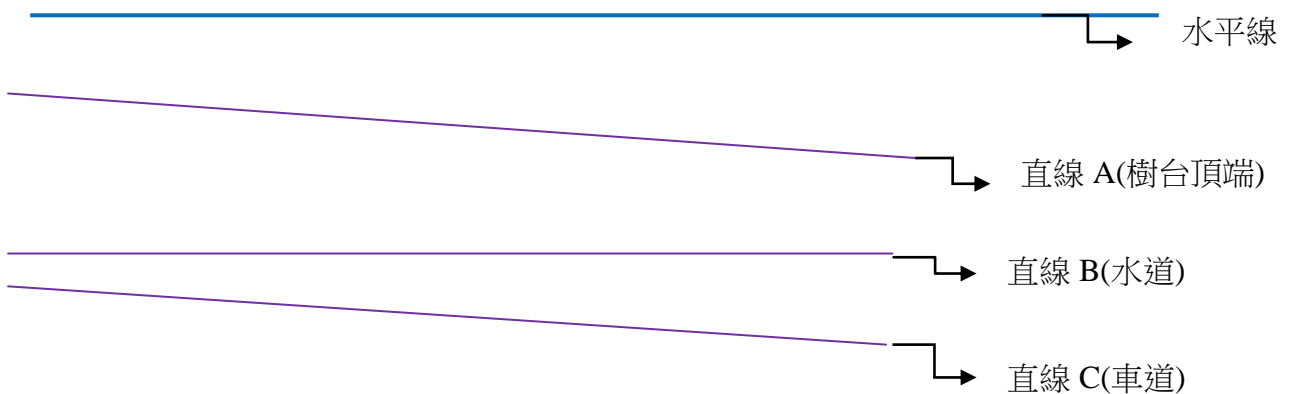
c、同色系深淺

同色系深淺			
車道	水道	認為水道往上	認為水道往下
淺橙	深橙	22 位	8 位
深橙	淺橙	23 位	7 位
淺綠	深綠	8 位	22 位
深綠	淺綠	13 位	17 位
淺紫	深紫	4 位	26 位
深紫	淺紫	21 位	9 位

- 當車道/水道顏色搭配為淺橙/深橙，深橙/淺橙，深紫/淺紫，水道視覺效果向右往上傾斜，水往上流的視覺效果越明顯。
- 當車道/水道顏色搭配為淺綠/深綠，淺紫/深紫水道視覺效果向右往下傾斜。
- 當車道/水道顏色搭配為深綠/淺綠，水往上流視覺效果不明顯。

伍、討論

一、我們透過水平儀測量出：車道傾斜 4.2 度、水道傾斜 0.6 度、樹台頂端傾斜 1.8 度，再依此數據畫出三條直線 A、B、C，分別代表樹台頂端、水道、車道



由於 BC 兩線的左端間距比右端小，再加上 AB 兩線的左端間距比右端大的影響，才會使得 B 線是向上的錯覺。

二、透過實驗模擬，並依實際測量得到的角度設置成模擬模型，可以測量出水往上流的效果，模型可以重現現場。

- 三、透過水平儀 app 進行測量，水面傾斜角度為向右往下傾斜，驗證水面是左高右低。
- 四、利用自製量角器加上彈力球，測試水流方向，驗證水流是向右流，並以乒乓球測量水流速度，大致而言，上游部分地勢向右傾斜角度較大，流速較快，下游接近平台處地勢向右傾斜角度較緩，流速較慢。水流速度與水流截面積相關，流速快時水深較淺，水流截面積較小，流速慢時水深較深，水流截面積較大。
- 五、模擬改變樹台頂端、車道與水道間的夾角，發現當樹台頂端、車道的斜角越大，與水道間的夾角越大，水道呈現水往上流的效果越明顯。當傾斜方向改變時，無水往上流效果。
- 六、從模擬數據發現，A 線(樹臺頂端)為 1.8° ，測試 C 線(車道)為 1.8° 時，水往上流視覺效果不明顯，當 C 線(車道)固定為 1.8° ，A 線(樹臺頂端)角度傾斜越大時，效果越明顯。A 線(樹臺頂端)為 1.8° ，改變 C 線(車道)為 1.8° 、 4.2° 、 6.6° ，C 線(車道) 4.2° 皆有 $2/3$ 受試者認為水往上流視覺效果明顯，從 C 線(車道) 1.8° 往下測試，C 線(車道)為 0.6° 時，有 $2/3$ 的受試者認為視覺效果是水往下流。
- 七、模擬改變水道與車道顏色時，發現並不是所有顏色的組合都會造成水往上流的視覺效果。其中互補色，車道與水道配對，以紅綠、綠紅、橙藍、藍橙、紫黃組合最佳；車道與水道配對黃紫組合，效果不明顯。相近色時，車道與水道配對為黃綠、綠黃、紫藍，水往上流效果明顯；車道與水道配對為紅橙，效果相反；其餘不明顯。在同色系深淺時，車道與水道配對為淺橙深橙、深橙淺橙、深紫淺紫，水往上流效果明顯；車道與水道配對為淺綠深綠、淺紫深紫，效果相反；其餘不明顯。發現顏色互補、深淺會造成對比效果，若兩色顏色接近則視錯覺效果不明顯，顏色本身就會影響視錯覺效果。

陸、結論

- 一、「水往上流」地景實際上水道是往下流，現象可以用樹台、水道、車道的角度所造成的視錯覺解釋。
- 二、視覺落差，為視錯覺的一種，它是因為受到周遭事物的影響所造成的一種感受，水往上流的地形，車道、水道與樹台頂端，恰好造成此視覺效果。
- 三、車道與樹臺頂端傾斜角度越大，水往上流效果越明顯，若傾斜方向相反，則無效果。車道與水道的顏色搭配，亦會影響水往上流視錯覺效果的好壞。

柒、建議

- 一、透過問卷調查得知 62.5%認為水往下流，有 37.5%的人認為水往上流是視錯覺的結果；37.5%相信水真的往上流，其解釋有：連通管或開放水道兩端因低端水的壓力大於高端的壓力而造成水往上流，也有認為是重力異常或磁場作用的結果，也有用虹吸現象來解釋，甚至認為是馬達抽水的結果。我們從問卷可以知道大部分人的想法，未來在進行解說時，我們的研究對不同假設的討論，可以作為破除迷思的參考。
- 二、如果要保持「水往上流」地景現象，樹臺頂端傾斜角度大於 1.8° ，車道傾斜角度在 4.2° 以上為最佳的視覺效果，車道傾斜角度在 0.6° 時， $2/3$ 受試者看不出水往上流的視覺效果，可以提供地景工程參考。
- 三、顏色也會影響視覺效果，未來工程施工或者種花時，也要將顏色考慮進去，以維持水往上流的最佳效果。

捌、參考資料

【書】

丘永福(1987)・現代美工叢書 6 造型原理(80-84 頁)

今井省吾(1988)・錯視圖形・(沙興亞譯)・台北：遠流。

南一教科書團隊編著(2018)・國中自然與生活科技第五冊・南一出版社。

【文獻報告】

黃彥文、李彥霖、蘇昱丞(2017 年 11 月 14 日)・錯就對了——錯視藝術實做。取自

<https://reurl.cc/K9goj>

高曼瑄、賴恩儀・Seeing is Not Believing--視覺錯覺圖之探討・取自 <https://reurl.cc/EQdv1>

陳明凱・地球物理概論・取自 <https://reurl.cc/xjNDN>

Zfang(2013 年 4 月 8 日)・人為？抑是錯覺？--探索『水往上流』的秘密・取自

<http://zfang.zipko.info/149.html>

【相關影片】

公視兒少(2015 年 9 月 10 日)・台東水往上流 【下課花路米 1257】・取自

<https://www.youtube.com/watch?v=0PiPqjnv0hc>

【單篇文章】

痞客邦- ys7773(2010 年 2 月 22 日)・台東-水往上流三日小村舍・取自

<https://reurl.cc/K9WGq>

Administrators(2018 年 10 月 8 日)・水往上流奇觀 台東觀光旅遊網・取自

<https://tour.taitung.gov.tw/zh-tw/attraction/details/319>

謝明海(2010 年 10 月 19 日)・水往上流| PeoPo 公民新聞・取自

<https://www.peopo.org/news/62409>

Cyeerreading(2008 年 12 月 3 日)・眼見為真？那可不一定！—有趣的錯視圖形・

取自 <https://reurl.cc/bhttps://reurl.cc/bmpoEmpoE>

張弦先生(2016 年 9 月 23 日)・何為虹吸現象？又是何原理？取自

<https://kknews.cc/zh-tw/comic/xgyvzg.html>

附錄

水往上流問卷

您好，

我們目前正在進行「水往上流」現象的研究，想要了解大家對於「水往上流」的想法，希望您能協助我們完成調查問卷。本問卷的目的僅供學術研究之用，絕對保密，請您放心填答。感謝您在百忙中撥空填寫這份問卷。您的寶貴意見，將有助於我們追求科學的真相，衷心感謝您。

敬祝 身體健康

第一部分:基本資料

- 1.()性別:(1)男(2)女
- 2.()年齡:(1)18 歲以下(2)19-30 歲(3)31-40 歲(4)41-50 歲(5)51 歲以上
- 3.()最高學歷:(1)國中以下(2)高中(3)高職(4)大學(5)碩士以上
- 4.()居住區域
 - (1)北部(臺北市、新北市、基隆市、桃園市、新竹縣、新竹市)
 - (2)中部(苗栗縣、台中市、南投縣、彰化縣、雲林縣、金門縣)
 - (3)南部(嘉義縣、嘉義市、台南市、高雄市、屏東縣、澎湖縣)
 - (4)東部(宜蘭縣、花蓮縣、台東縣)

第二部分:研究問卷

- () 1.第一次聽到水往上流的地名時，您的想法是？ (1)覺得很特別，認為「水竟然會往上流」 (2)覺得怪異，認為「水怎麼可能往上流」 (3)其他:
- () 2.您認為水是往上流是真的嗎？ (1)真的，水真的往上流 (跳第三題) (2)不是的，水是往下流的 (跳第四題) (3)其他，我認為_____
- () 3.您認為造成水往上流的原因是？ (1)重力異常 (2)虹吸現象 (3)上端有抽水系統 (4)壓力落差 (5)磁場效應 (6)其他
- () 4.«水往上流»的意思就是水往高處流，那為何您認為水是往下流呢？ (1)因為地心引力 (2)«水往低處流»是常識 (3)因為視覺落差，水看起來才會是往上流 (4)其他:
- 5.您對«水往上流»有任何疑問或想法嗎？

【評語】 030510

台東「水往上流」視錯覺現象探討此模型包含了「傾斜角度」、「方向」以及「顏色組成」等，以提供未來在工程上應該如何能夠維護當地奇特自然現象的一些實質建議。雖然水往上流現象之前已多有討論，但作者本著實事求是的精神，實際量測探討，解釋了水往上流的現象，並利用實際實驗，試圖建立產生錯覺的環境。未來商業應用例如反重力溜滑梯設計是有潛力主意。本議題和鄉土之相關性不錯。

壹、研究動機

「水往上流」是臺東當地的地理景觀，為農業渠道，亦開發為觀光資源，名稱吸引觀光客前往。網路上可以輕易地查到為「視錯覺」造成，但我們心裡困惑：「這是真的嗎？」，在現地調查，發現意見分歧，我們希望透過研究，進行假設驗證，作為破除迷思的依據。

貳、研究目的

- 一、實地調查水往上流的地形條件。
- 二、判斷多種解釋「水往上流」現象原因的合理性。
- 三、找出維持「水往上流」地景現象的最佳視錯覺模型。

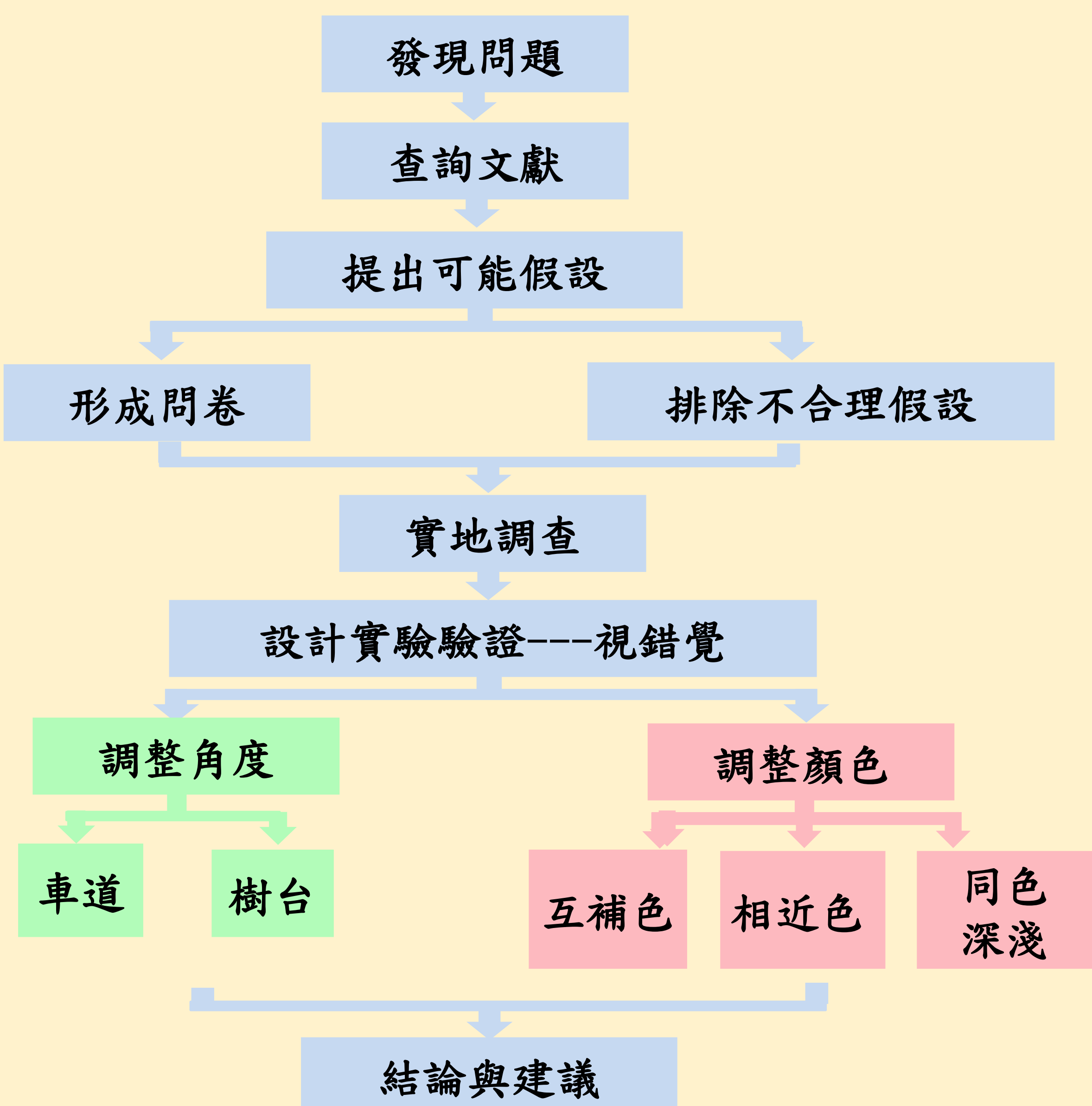
參、研究設備及器材

模擬實驗模型：塑膠瓦楞板、壁報紙

測量工具：量角器、彈力球、棉線、捲尺、乒乓球、水平儀、手機APP- Level gauge、五線水平儀、手機、防水手機套、相機、筆記型電腦。

				
模擬現場架設	測量水面傾斜度數	拉鉛錘線以求水平	測量流速	設置五線水平儀，以求水平

肆、研究過程與結果



一、文獻探討：水往上流的可能情況有下列幾種。

(一)抽水馬達：

假說在水往上流的最終端可能有放置抽水馬達，勘查後發現並無抽水馬達。

(二)壓力造成：

需在密閉的管道內才有效果，而水往上流為開放式水道。

(三)虹吸現象：

需在密閉的管道內才有效果，而水往上流為開放式水道。

(四)重力異常：

重力異常是用來修正理論的重力值和實際重力值的差異，可用來推斷地表下的構造，若真的是重力異常，就不能在異地模擬出同樣水往上流現象。

(五)磁場效應：

水流本身要有電流通過或是帶有磁性，才會受磁場影響，水往上流的地景並不具有上述兩種條件。

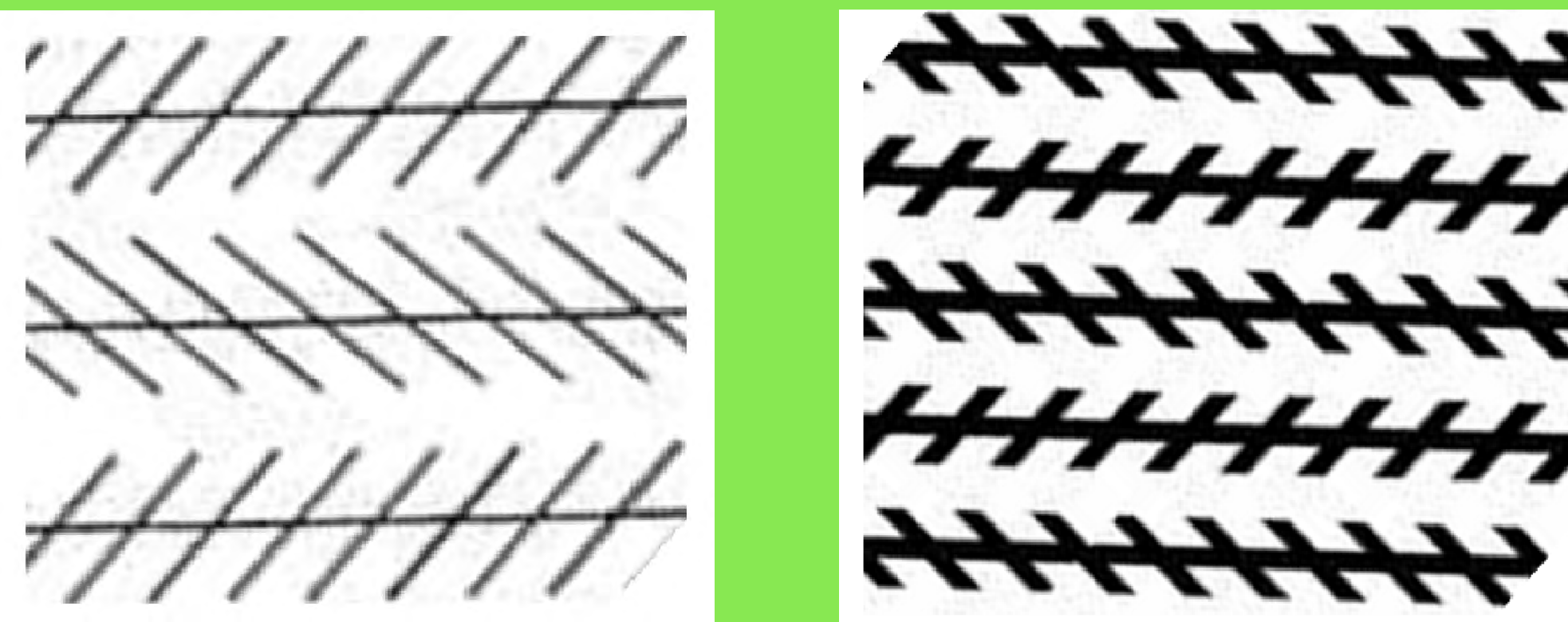
(六)視錯覺原理：

大腦有時會依每個人不同的經驗或圖像的矛盾構造而使感知器官內部產生錯誤的引導，而當觀察者發現自己的認知與實際物體之間不平衡時，便導致視覺上的錯視—視錯覺。

資料來源：<https://reurl.cc/VWVrA>



當平行線各自被不同方向的斜線截斷時，看起來就會產生往不同方向的錯覺。

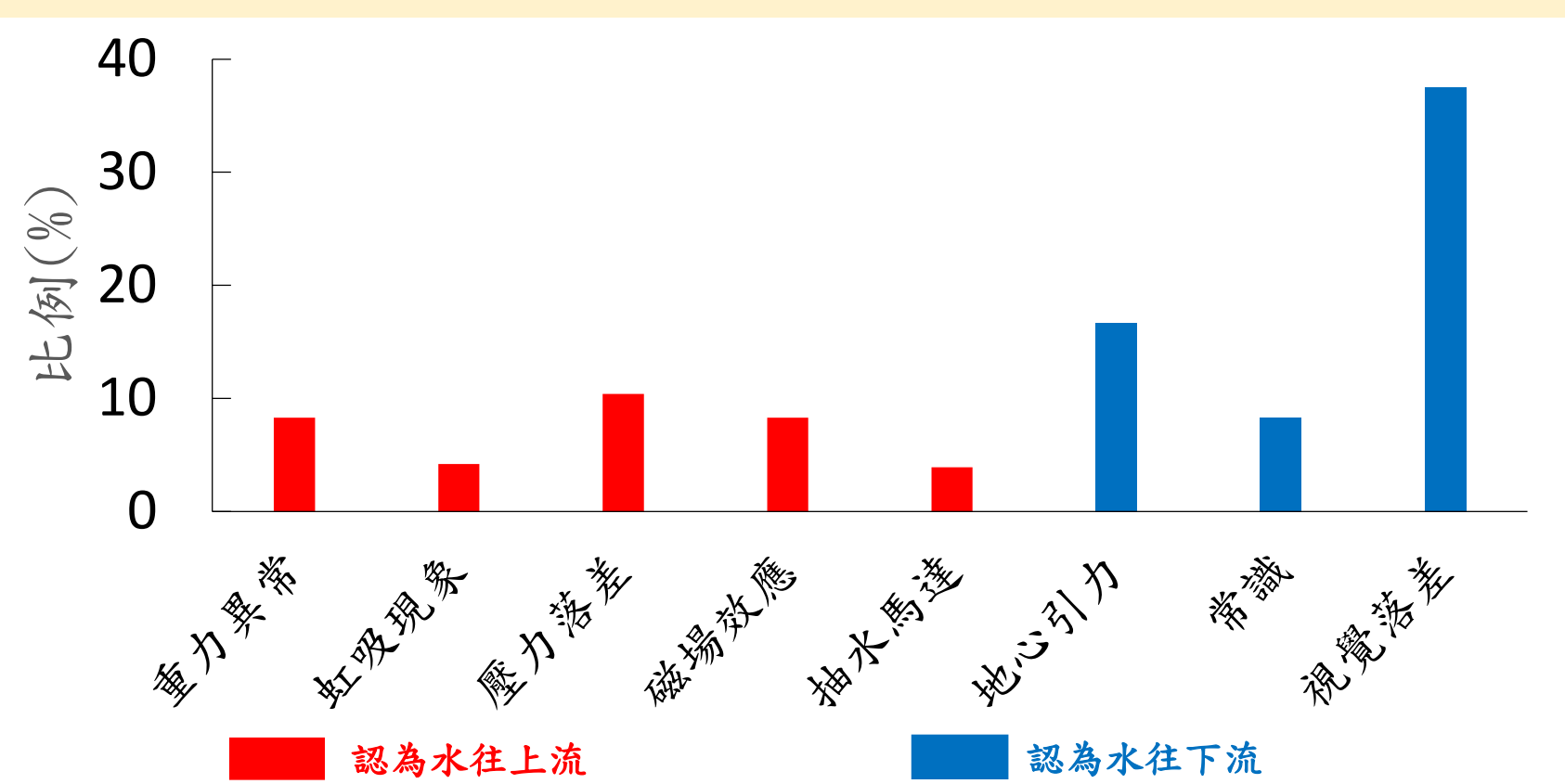


二、問卷

(一)進行過程

1. 製作關於水往上流的相關問卷，並邀請現場遊客協助調查，以取得相關數據。
2. 進行方式：到水往上流現場針對觀光客發問卷。

(二)調查結果



(三)結果解釋

1. 33.3%的受訪者認為是水往上流的，其中認為原因是「壓力造成」、「重力異常」、「磁場效應」者人數比例較高。
2. 62.5%認為實際上水往下流，37.5%認為產生水往上流現象是視覺落差。

三、實地調查

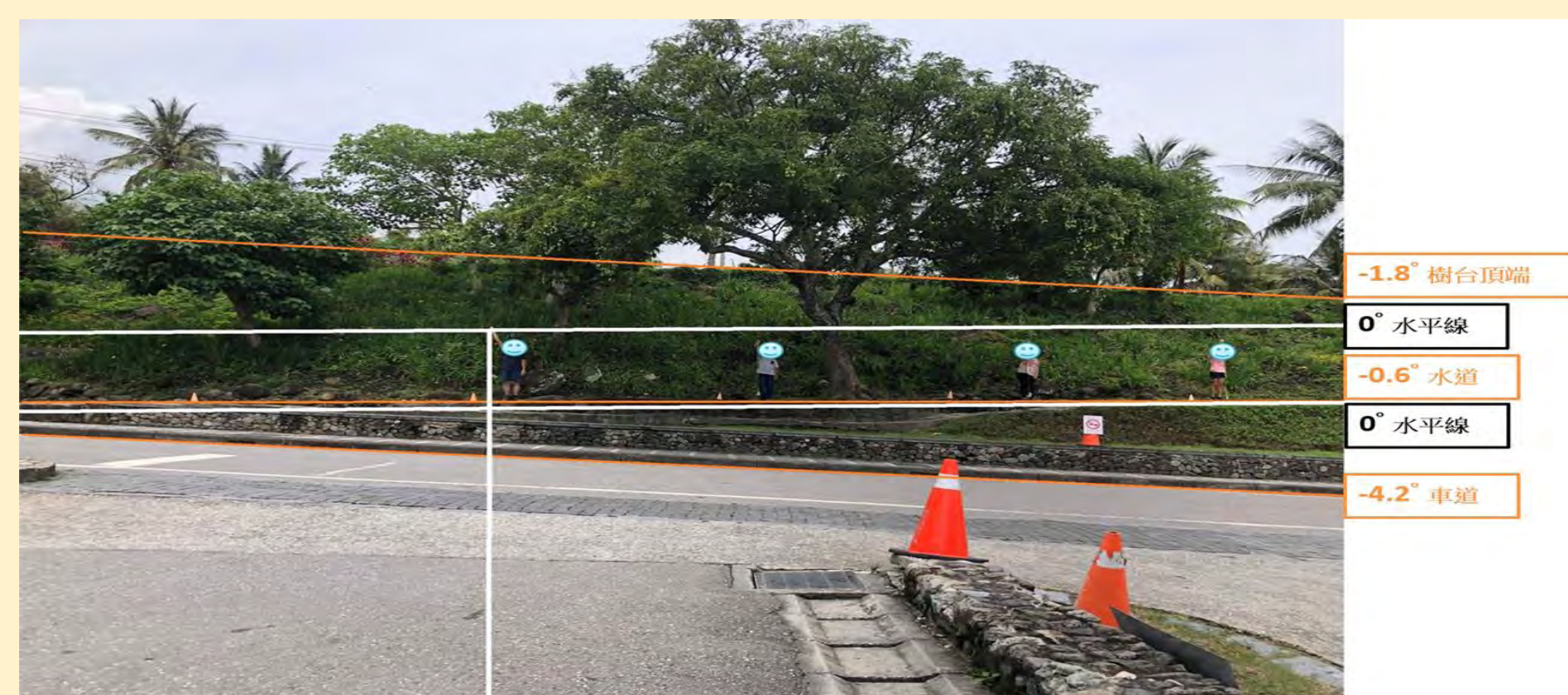
(一)全景調查

1. 實驗過程

- (1) 手機架設在腳架上，以水平儀確認腳架與手機在水平狀態，進行拍照
- (2) 現場拉鉛錘線以便確認照片上水平位置
- (3) 在現場以手機測量樹臺、水道、車道傾斜角度。

2. 實驗結果（「-」代表向右往下傾斜）

- (1) 車道傾斜-4.2°、水道傾斜-0.6°、樹臺傾斜-1.8°。
- (2) 照片後製拉出水平線，驗證角度是正確的。
- (3) 如圖，驗證水道為由左往右下傾斜。



(二)小範圍調查

1. 實驗過程

- (1) 架設水平儀投射出水平線
- (2) 確認水平位置，拍照
- (3) 於電腦上畫出樹臺、水道、車道之基準線
 - ① 水往上流地景實地拍攝，利用電腦後製，繪製線條已是實際傾斜角度。



②利用電腦後製將水平線調整成平的，以便清楚看出線段傾斜方向。



2. 實驗結果

- (1) 透過五線水平儀確認水平線。
- (2) 比對水道角度，為往右下傾斜。
- (三) 各點取樣

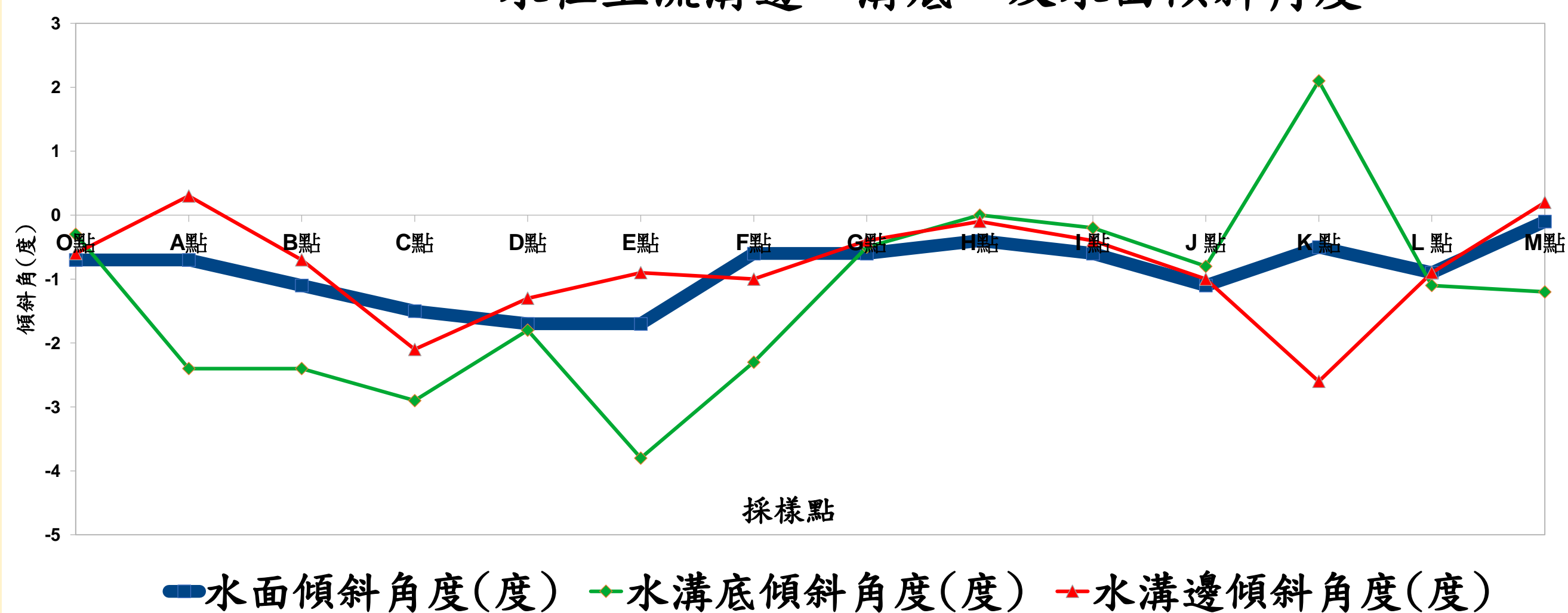
1. 實驗過程

- (1) 從水往上流石碑旁取一個固定點作為起點(0點)，每隔5公尺以三角錐標記位置，由左到右取 A~M 13個點。
- (2) 測量水道寬度、深度。
- (3) 運用水平儀App測量水面、水溝底、水溝邊的傾斜角度。
- (4) 以捲尺在定位點定位100公分，以攝影機拍攝錄影乒乓球流過100公分起點與終點，以VidAnalysis free App計算通過時間，換算成流速。

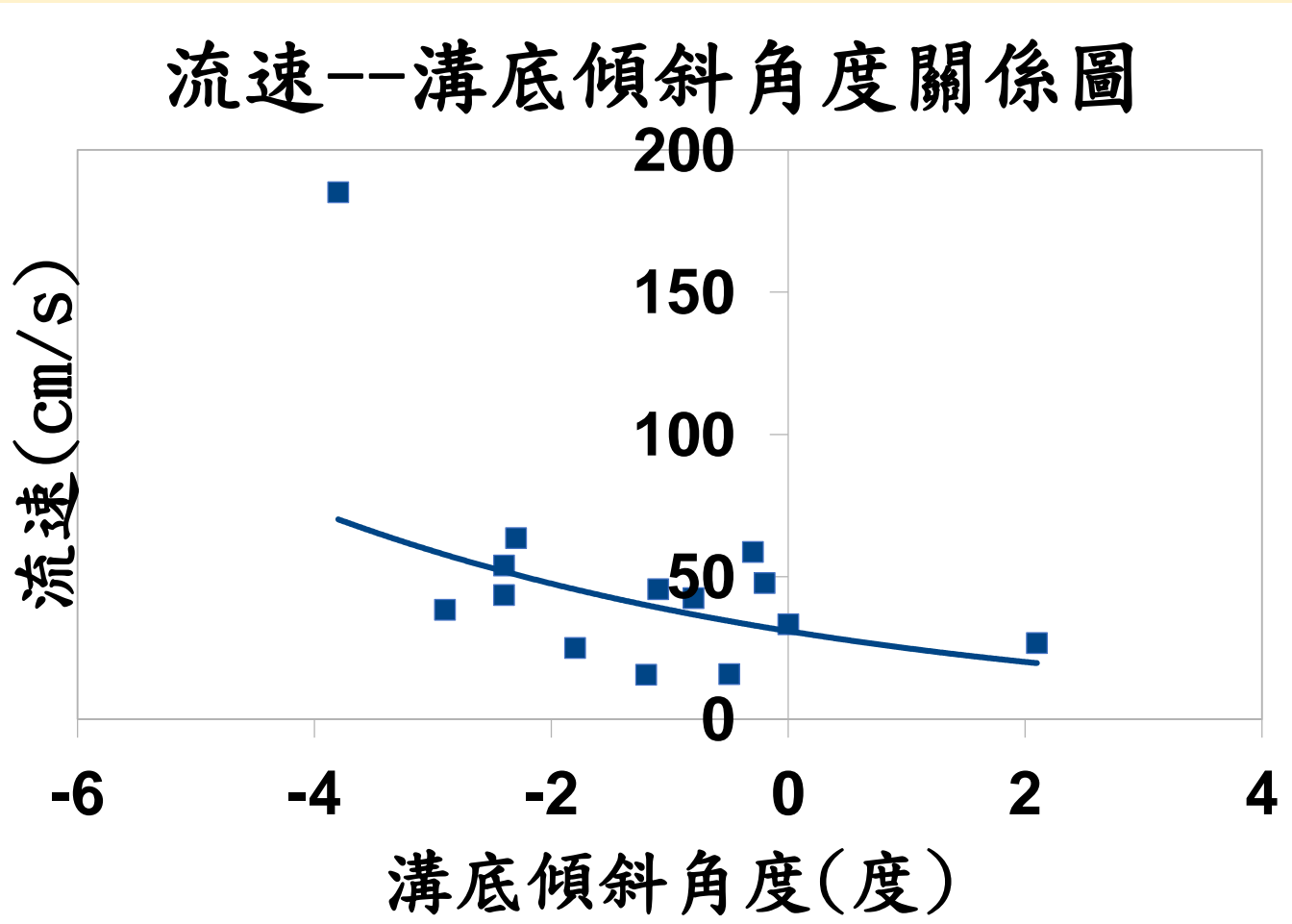
2. 結果

- (1) 以測得的水面傾斜角度平均值為向下，可証實此處水是往下流動。
- (2) 整體而言，水面傾斜角度與水溝邊傾斜角度大致一致，除了A、M兩點的水溝邊緣稍微向左傾斜(0.2及0.3度)，所以水溝邊緣可以代表向右傾斜的地勢。溝底則與水面變化差異稍大。

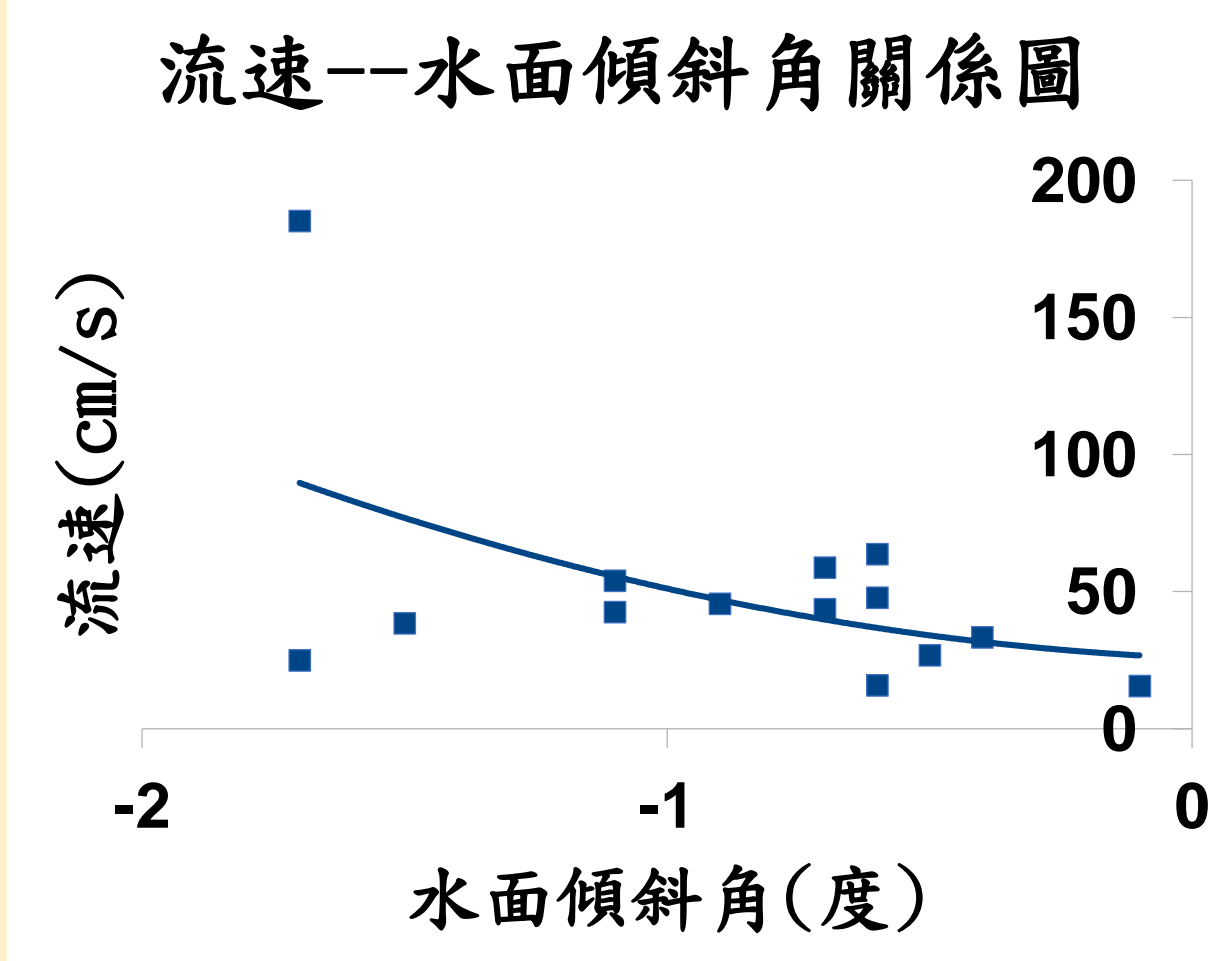
水往上流溝邊、溝底、及水面傾斜角度



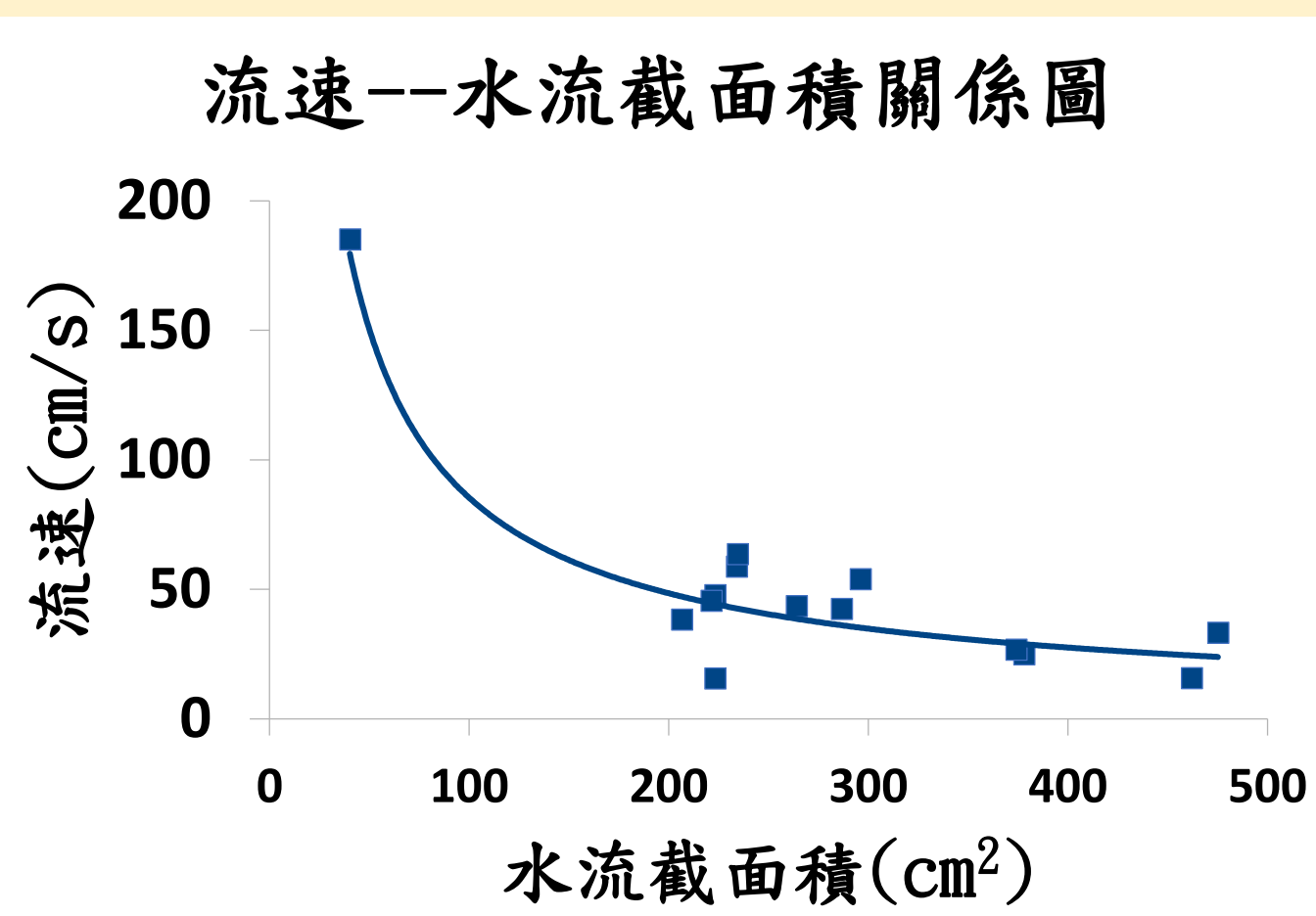
- (3) 從實地調查資料分析，流速與溝底斜角、水面傾斜度、水流截面積有正相關。



說明：溝底的傾斜角度越大，流速越快。



說明：流速越慢，水面傾斜角度越小。



說明：流速越慢，水流截面積越大。

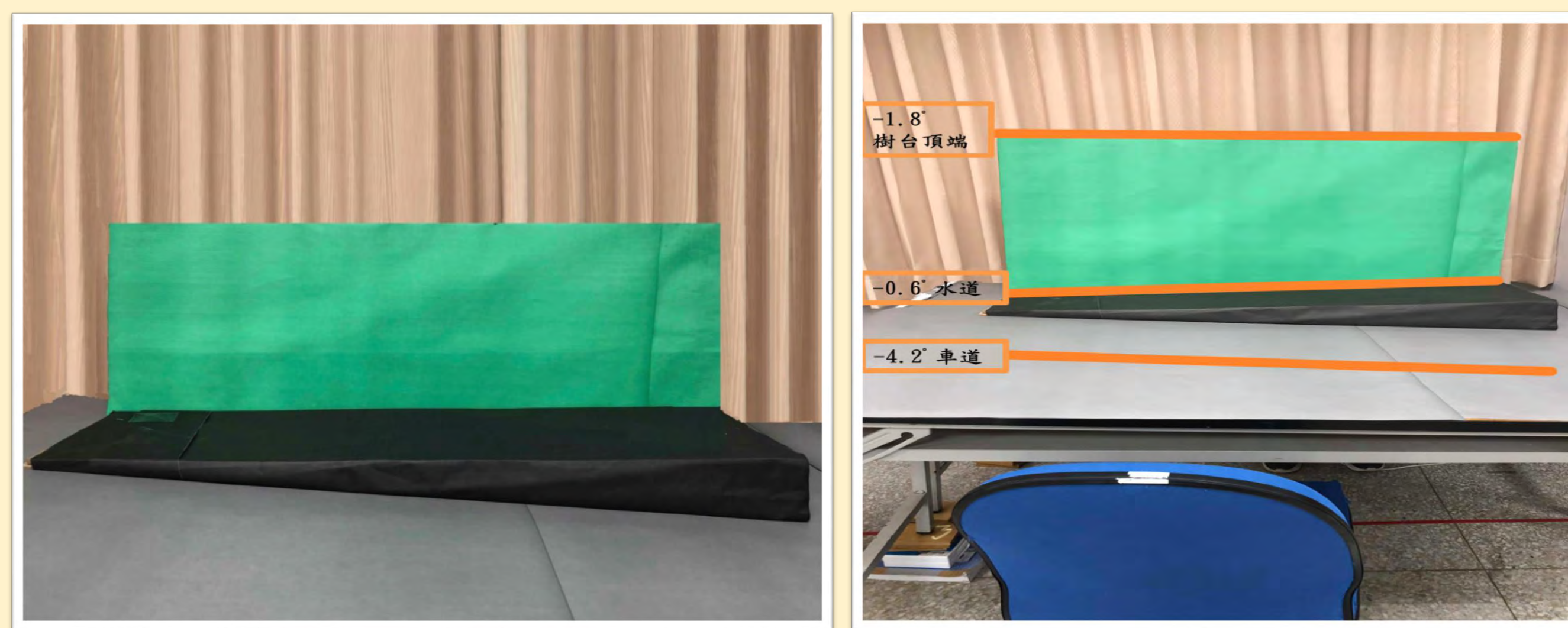
小結：水往上流的水溝水流實際上是依地勢往下流，地勢越傾斜，流速越大，水流截面積(或水深)越小，整體而言，上游地勢傾斜較大，流速快，下游地勢較緩，流速慢。E點溝底傾斜角最大，流速最快，水深最淺，隨後溝底逐漸平緩，水流逐漸變緩，水流累積變深。K點溝底反向(向左)傾斜，水流累積變深，克服局部稍微上坡，流速變慢，水面仍然向右傾斜。

四、模擬實驗

(一) 實驗設計

1. 架設

- (1) 利用取得的數據，模擬製作水往上流的地形(灰色為車道，黑色為水道，綠色為樹台頂端)



- (2) 實際測試：我們找到30位自願受試者，並請他們輪流坐在右圖中的椅子上觀察。

	車道(灰色)	水道(黑色)	樹臺頂端(綠色)
往上	3位	22位	2位
往下	27位	8位	28位

- (3) 有2/3受訪者認為黑色(水道)部分在視覺上是往上流的，實驗模型可以重現現場。

(二) 不同視角模擬

1. 實驗過程

視角位置	正面觀察	前方左側觀察	左側觀察
現場模擬			
模型			

2. 實驗結果

視角位置	正面觀察	前方左側觀察	左側觀察
認為B線(水道)向右往上	21位	23位	29位
認為B線(水道)向右往下	9位	7位	1位

(三) 改變角度模擬(「-」代表向右往下傾斜)

1. 固定B線(水道)為 -0.6° 時，改變A線(樹臺頂端)與C線(車道)角度，受試者認為B線(水道)向右往上之結

	實驗設計一			實驗設計二			實驗設計三		
A線(樹臺頂端)	-1.8°			-4.2°			-6.6°		
B線(水道)	-0.6°			-0.6°			-0.6°		
C線(車道)	-1.8°	-4.2°	-6.6°	-1.8°	-4.2°	-6.6°	-1.8°	-4.2°	-6.6°
認為B線(水道)向右往上	47%	63%	57%	73%	77%	70%	70%	83%	80%
認為B線(水道)向右往下	53%	37%	43%	27%	23%	30%	30%	17%	20%

2. B線(水道)角度 -0.6° ，改變A線(樹臺頂端)、C線(車道)的傾斜方向。

	-1.8°	1.8°	1.8°
A線(樹臺頂端)	-1.8°	1.8°	1.8°
B線(水道)	-0.6°	-0.6°	-0.6°
C線(車道)	4.2°	-4.2°	4.2°
認為B線(水道)向右往上	33%	50%	27%
認為B線(水道)向右往下	67%	50%	73%

3. 為測試C線(車道)無法看出水往上流的最小角度極限，固定B線(水道)角度 -0.6° 、A線(樹臺頂端)為 -1.8° 。

	-1.8°	-1.8°	-1.8°
A線(樹臺頂端)	-1.8°	-1.8°	-1.8°
B線(水道)	-0.6°	-0.6°	-0.6°
C線(車道)	-1.4°	-1.0°	-0.6°
認為B線(水道)向右往上	47%	40%	30%
認為B線(水道)向右往下	53%	60%	70%

