

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 物理科

佳作

040118

水問

學校名稱：臺南縣私立興國高級中學

作者：  高二 沈煜庭  高二 涂冠祺  高二 黃傑琳  高二 歐陽輝	指導老師：  呂宛倩  李睿益
---	-----------------------------

關鍵詞：黏滯力、濾網、穩流

## 摘要

- 一、藉各種因素來調整水流穩定度，諸如：水量大小、水的流速、加上密緻度不同的濾網……等，並探討各種因素與其的正向關係，以達到控制穩流的效果，採用水流斷點長度作為穩定與否的依據，且深究因素對穩流作用的原因
- 二、主要探討不同濾網孔徑與密度對穩定水流的影響

## 壹、研究動機

在一個夏天的午後，打完球汗水淋漓，在洗手台旁潑水沖涼，突然抬起頭，看見水柱自水龍頭股股流出，自想，這些水流在從水龍頭跑出前在水管中的模樣，開始了對這次科展實驗的構想，試想模擬水管內的狀態，究竟是哪些因素影響了水流的穩定及長度，為何輕轉水龍頭上的扭軸，能夠對我們使用的水產生這麼多的變化，是口徑，還是水柱的流速呢？開始了一場對水的探索冒險，深究我們每日使用水的秘密。

## 貳、研究目的

- 一、材質對水流斷點高度的影響
  - (一) 橡膠材質與水流斷點高度的關係
  - (二) 塑膠材質與水流斷點高度的關係
- 二、水位高低（水壓）對斷點高度的影響
  - (一) 高水位下（流速快）不同濾網孔徑與水流斷點關係
  - (二) 低水位下（流速慢）不同濾網孔徑與水流斷點關係
- 三、濾網對斷點高度的影響
  - (一) 每單位面積 60 孔的濾網對斷點高度的影響
  - (二) 每單位面積 120 孔的濾網對斷點高度的影響
  - (三) 每單位面積 200 孔的濾網對斷點高度的影響
  - (四) 每單位面積 250 孔的濾網對斷點高度的影響
- 四、固定高度但不同流量下，同一濾網與水流斷點關係
- 五、探討不同密度的水與水流斷點關係

### 參、研究設備及器材

- 一、水桶
- 二、外接水桶表面的水管
- 三、水龍頭（橡膠、塑膠材質且內徑相同）
- 四、木製高台
- 五、刻度長尺（30cm）
- 六、雷射筆
- 七、水箱（接水用）
- 八、碼表（測速用）
- 九、鹽（用來改變水的濃度）

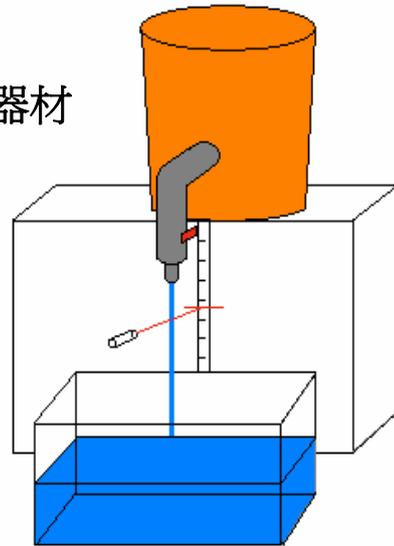


圖 (1-1)：濾網 1（單位面積 60 孔）



圖 (1-2)：濾網 2（單位面積 120 孔）



圖 (1-3)：濾網 3（單位面積 200 孔）



圖 (1-4)：濾網 4（單位面積 250 孔）

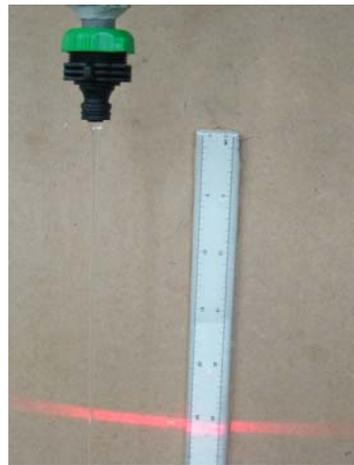
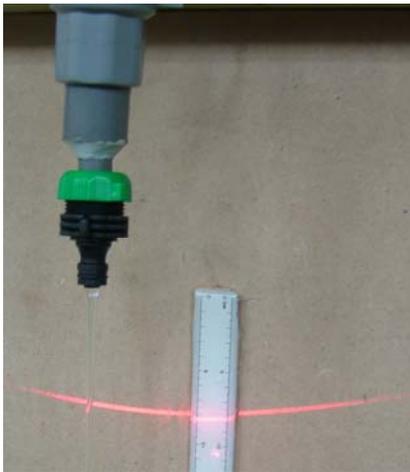


圖 (1-5)：右圖雷射光明顯被水柱散色，定義為水柱斷點



圖 (1-6)：左圖：橡膠材質的出水口 右圖：塑膠材質的出水口

## 肆、原理與方法

### 一、原理：

#### (一) 連續方程式：

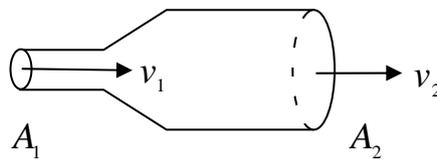
理想流體視為不可壓縮，

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\Delta m_2}{\Delta t}$$

$$\frac{\rho \Delta V_1}{\Delta t} = \frac{\rho \Delta V_2}{\Delta t}$$

$$\frac{\rho \Delta l_1 A_1}{\Delta t} = \frac{\rho \Delta l_2 A_2}{\Delta t}$$

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad \Rightarrow \quad A_1 v_1 = A_2 v_2$$



(二) 白努利方程式：

合力作功 = 動能變化量

$$-\Delta mg(y_2 - y_1) + [-(P_2 A_2)(v_2 \Delta t) + (P_1 A_1)(v_1 \Delta t)] = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 \quad \dots (1)$$

$$(A_1 V_1 \Delta t) = (A_2 V_2 \Delta t) = \frac{\Delta m}{\rho} \quad \dots (2)$$

(1)(2) 兩式可得

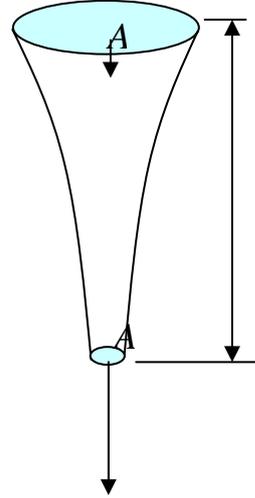
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

今考慮兩端開口端 ( $P_1 = P_2 = 1 \text{ atm}$ )

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

滴定管水流斷點流速與截面：

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2g\Delta y} \quad A_2 = \frac{v_1}{v_2} A_1$$



水桶水流斷點流速與截面：( $A_1 \gg A_2$  ;  $v_1 \cong 0$ )

$$v_2 = \sqrt{2g\Delta y} \quad A_2 = \frac{v_1}{v_2} A_1$$

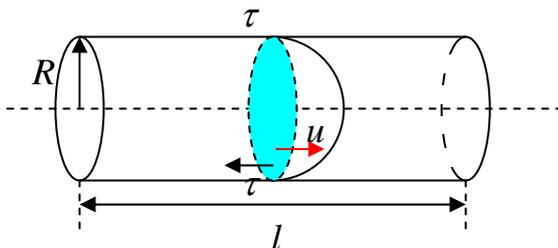
(三) 黏滯力：

對於非理想液體而言，液體具有黏性，因此流動的流體會受到與流動方向相同的剪力作用

$$\tau = \mu A \frac{du}{dr} = \mu(2\pi Rl) \frac{du}{dr}$$

$\mu$ ：液體黏滯係數       $R$ ：管徑

$l$ ：管長       $\frac{du}{dr}$ ：速度梯度



## 二、實驗步驟：

### (一) 以橡膠為材質的水流開口：

1. 將水桶置於高處，使水位離水桶頂端 20cm，並固定出水口控制閥水流大小
2. 以沒有濾網和不同孔徑濾網覆蓋水流開口
3. 以雷射光照射水流，紀錄相同水位下散色的位置
4. 重複 1~3 步驟八次，算出平均值
5. 改變出水口控制閥角度以改變水流大小，再重複 1~4 步驟
6. 比較相同水位下，沒有濾網和不同孔徑濾網的水流斷點**高度、流速、截面積**關係

### (二) 以塑膠為材質的水流開口：

1. 將水桶置於高處，使水位離水桶頂端 20cm，並固定水口控制閥水流大小
2. 以沒有濾網和不同孔徑濾網覆蓋水流開口
3. 以雷射光照射水流，紀錄相同水位下散色的位置
4. 重複 1~3 步驟八次，算出平均值
5. 改變出水口控制閥角度以改變水流大小，再重複 1~4 步驟
6. 比較相同水位下，沒有濾網和不同孔徑濾網的水流斷點**高度、流速、截面積**關係

### (三) 以不同密度的水流：

1. 在水中加入一定重量的鹽，配出特定濃度（重量百分比）1%.3%.5%
2. 將水桶置於高處，使水位離水桶頂端 20cm，並固定出水口控制閥水流大小
3. 以沒有濾網和不同孔徑濾網覆蓋水流開口
4. 以雷射光照射水流，紀錄相同水位下散色的位置
5. 重複 1~3 步驟四次，算出平均值
6. 加入更多的鹽，再重複 1~5 步驟
7. 比較相同水位下，不同密度水流斷點**高度**關係

### (四) 不同水位：

1. 將水桶置於高處，使水位離水桶頂端 20cm，並固定出水口控制閥水流大小
2. 以沒有濾網和不同孔徑濾網覆蓋水流開口
3. 以雷射光照射水流，紀錄相同水位下散色的位置
4. 重複 2~4 步驟八次，算出平均值
5. 減去高度 5cm 的水量，再重複 2~4 步驟
6. 比較不同水位下，沒有濾網和不同孔徑濾網的水流斷點**高度**關係

## 伍、研究結果

### 一、橡膠材質

實驗（一） 操縱變因：濾網孔徑大小 控制變因：流速、水位高低

100ml→5"80s		17.24ml/s				
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	8.7	26.6	30.4	36.2	33.7	
L <sub>2</sub> (cm)	8.6	26.7	31.2	36.4	33.9	
L <sub>3</sub> (cm)	9	26.4	30.8	36	34	
L <sub>4</sub> (cm)	8.7	25.9	30.3	35.7	33.4	
L <sub>5</sub> (cm)	8.8	26.1	30.5	35.9	34.1	
L <sub>6</sub> (cm)	9.1	26.3	30.5	36.1	33.7	
L <sub>7</sub> (cm)	8.9	26.4	30.1	36.2	33.5	
L <sub>8</sub> (cm)	8.8	26.5	30.6	36.5	33.9	
平均(cm)	8.83	26.36	30.55	36.13	33.78	
斷點流速(cm/s)	13.15	22.73	24.47	26.61	25.73	
截面積(cm <sup>2</sup> )	1.31	0.76	0.70	0.65	0.67	

實驗（二） 操縱變因：濾網孔徑大小 控制變因：流速、水位高低

100ml→6"51s		15.36ml/s				
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	9.8	29.5	34.3	38.1	35.4	
L <sub>2</sub> (cm)	10.5	28.7	34.6	38.6	36.7	
L <sub>3</sub> (cm)	10.1	29.3	34.2	37.8	36.2	
L <sub>4</sub> (cm)	10	29	33.9	38.4	34.9	
L <sub>5</sub> (cm)	10.4	29.7	34.7	39.2	36	
L <sub>6</sub> (cm)	10.5	28.7	34.1	38.9	35.3	
L <sub>7</sub> (cm)	9.7	29.2	34.9	38.4	35.6	
L <sub>8</sub> (cm)	10.6	28.9	34.4	39	36.2	
平均(cm)	10.20	29.13	34.39	38.55	35.79	
斷點流速(cm/s)	14.14	23.89	25.96	27.49	26.48	
截面積(cm <sup>2</sup> )	1.09	0.64	0.59	0.56	0.58	

實驗（三） 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

100ml→6"91s		14.47ml/s				
濾網 斷點長度	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	12.5	28.6	37.1	40.1	39.5	
L <sub>2</sub> (cm)	12.6	28.4	36.7	40.3	39.6	
L <sub>3</sub> (cm)	12.2	28.5	36.5	39.6	39.2	
L <sub>4</sub> (cm)	12.7	28.9	36.9	39.8	39.7	
L <sub>5</sub> (cm)	12.3	28.1	37.2	40.4	39.6	
L <sub>6</sub> (cm)	12.3	28.5	37.5	40.3	39.4	
L <sub>7</sub> (cm)	12.1	28.5	37.1	40	39.8	
L <sub>8</sub> (cm)	12.5	28.9	36.7	39.8	39.4	
平均(cm)	12.40	28.55	36.96	40.04	39.53	
斷點流速(cm/s)	15.59	23.66	26.92	28.01	27.83	
截面積(cm <sup>2</sup> )	0.93	0.61	0.54	0.52	0.52	

實驗（四） 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

100ml→9"49s		10.54ml/s				
濾網 斷點長度	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	11.4	31.5	34.7	36.4	33.5	
L <sub>2</sub> (cm)	11.2	31.9	35.2	35.9	33.1	
L <sub>3</sub> (cm)	10.8	31.2	35.1	36.2	33.4	
L <sub>4</sub> (cm)	10.6	31	34.9	36.8	32.8	
L <sub>5</sub> (cm)	11.1	31.3	34.8	36.1	32.7	
L <sub>6</sub> (cm)	11.3	31.8	35.6	36	33.1	
L <sub>7</sub> (cm)	11.4	31.5	35.4	36.7	32.7	
L <sub>8</sub> (cm)	11.5	31.6	35.7	35.7	33.6	
平均(cm)	11.16	31.48	35.18	36.23	33.11	
斷點流速(cm/s)	14.79	24.84	26.26	26.65	25.48	
截面積(cm <sup>2</sup> )	0.71	0.42	0.40	0.40	0.41	

實驗（五） 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

100ml→11"69s		8.55ml/s				
斷點長度	濾網	無	60	120	200	250
	L <sub>1</sub> (cm)		18.7	20.9	22.1	23.1
L <sub>2</sub> (cm)		18.1	21.4	22.6	23.5	23.2
L <sub>3</sub> (cm)		18.6	21.3	22.4	23.4	22.8
L <sub>4</sub> (cm)		18.5	21.6	22.5	23.6	23.1
L <sub>5</sub> (cm)		18	21.1	23	23.3	23
L <sub>6</sub> (cm)		18.3	21.3	22.6	23.7	23.6
L <sub>7</sub> (cm)		18.3	21.5	22.5	23.6	22.9
L <sub>8</sub> (cm)		18.9	21.2	22.2	23.4	22.9
平均(cm)		18.43	21.29	22.49	23.45	23.00
斷點流速(cm/s)		19.00	20.43	20.99	21.44	21.23
截面積(cm <sup>2</sup> )		0.45	0.42	0.41	0.40	0.40

實驗（六） 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

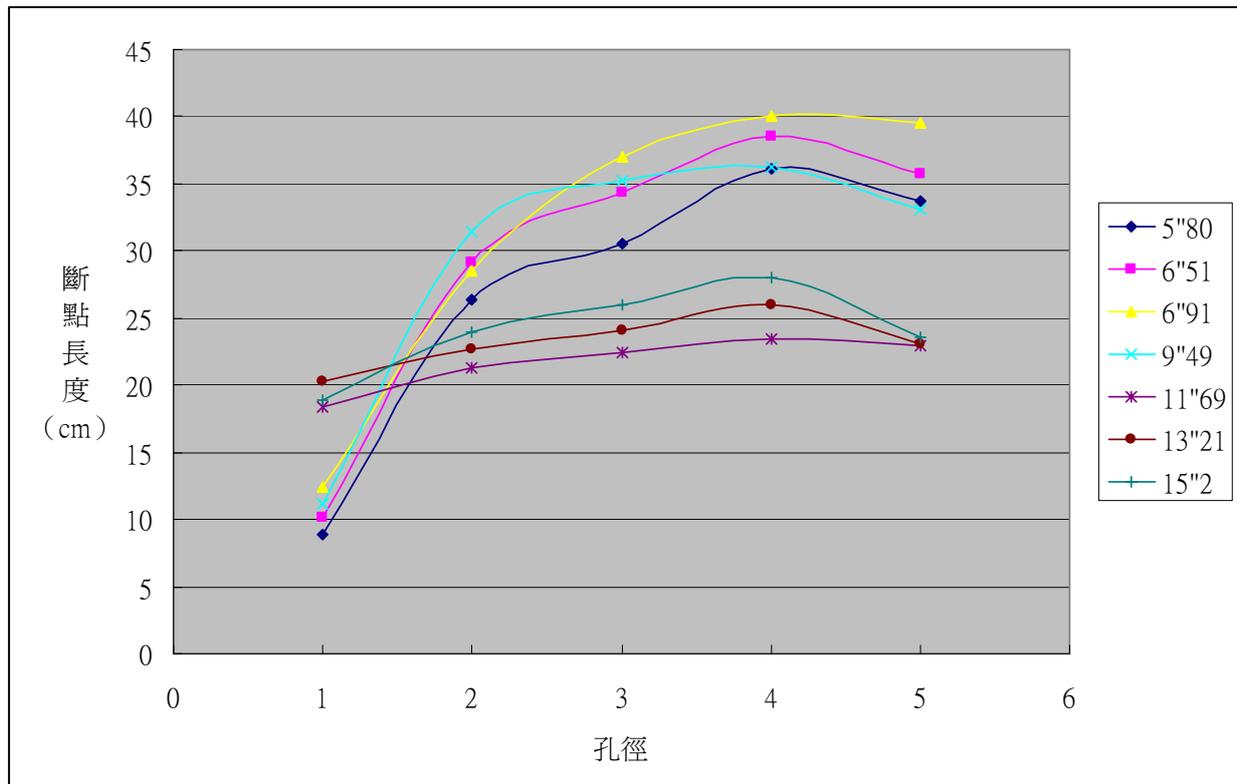
100ml→13"21s		7.57m/s				
斷點長度	濾網	無	60	120	200	250
	L <sub>1</sub> (cm)		20.5	22.1	23.7	26.2
L <sub>2</sub> (cm)		20.9	22.6	23.8	26.3	22.9
L <sub>3</sub> (cm)		20.2	22.3	24.3	25.7	22.7
L <sub>4</sub> (cm)		20.4	23.6	24.1	25.9	23.1
L <sub>5</sub> (cm)		20.2	22.1	23.6	26	23.3
L <sub>6</sub> (cm)		20	22.7	24.4	26.1	22.7
L <sub>7</sub> (cm)		19.9	23	24.1	26.4	23.1
L <sub>8</sub> (cm)		20.6	22.9	24.2	25.6	23.4
平均(cm)		20.34	22.66	24.03	26.03	23.05
斷點流速(cm/s)		19.97	21.08	21.70	22.59	21.26
截面積(cm <sup>2</sup> )		0.38	0.36	0.35	0.34	0.36

實驗(七) 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

100ml→15"2s 6.58ml/s						
濾網 斷點長度	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	18.2	24.1	25.8	28.1	23.5	
L <sub>2</sub> (cm)	18.5	23.7	25.9	27.9	23.7	
L <sub>3</sub> (cm)	19.2	23.9	26.1	27.7	23.6	
L <sub>4</sub> (cm)	19.5	23.9	26.3	28.3	23.9	
L <sub>5</sub> (cm)	19.3	24.3	25.7	28.1	23.4	
L <sub>6</sub> (cm)	18.7	24.1	26	28.4	23.5	
L <sub>7</sub> (cm)	19	24	25.8	27.9	23.6	
L <sub>8</sub> (cm)	18.9	23.8	26.1	28	23.7	
平均(cm)	18.91	23.98	25.96	28.05	23.61	
斷點流速(cm/s)	19.25	21.68	22.56	23.45	21.51	
截面積(cm <sup>2</sup> )	0.34	0.30	0.29	0.28	0.31	

實驗一~七整合表：



圖(2-1)：不同流速在不同孔徑下與斷點長度比較圖

註：圖(2-1)之 x 軸的 1=無濾網、2=60 孔、3=120 孔、4=200 孔、5=250 孔

實驗一~七平均斷點高度整合：

流量達 100mL 需時	流速	濾網 斷點長度					
		無	60	120	200	250	
100mL→5"80	17.24		8.83	26.36	30.55	36.13	33.78
100mL→6"51	15.36		10.2	29.13	34.39	38.55	35.79
100mL→6"91	14.47		10.38	29.36	36.96	40.04	39.53
100mL→9"49	10.54		12.48	31.48	35.18	36.23	33.11
100mL→11"69	8.55		18.43	21.29	22.49	23.45	23
100mL→13"21	7.57		20.34	22.66	24.03	26.03	23.05
100mL→15"2	6.58		18.91	23.98	25.96	28.05	23.61

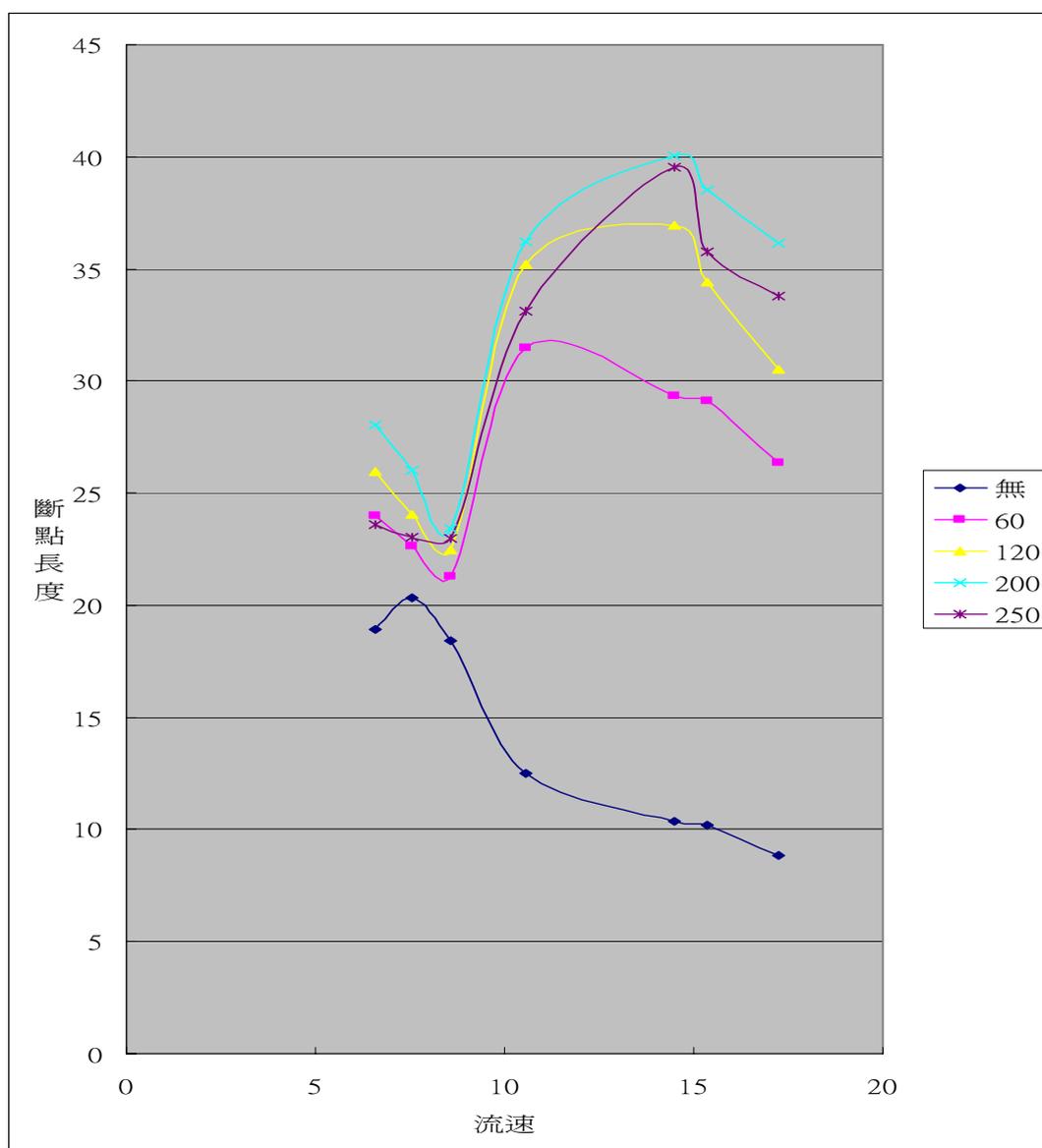


圖 (2-2)：流速與斷點長度比較圖

實驗一～七水流截面積整合：

流速	截面積	濾網				
		無	60	120	200	250
100ml→5"80	17.24	1.31	0.76	0.7	0.65	0.67
100ml→6"51	15.36	1.09	0.64	0.59	0.56	0.58
100ml→6"91	14.47	0.93	0.61	0.54	0.52	0.52
100ml→9"49	10.54	0.71	0.42	0.41	0.4	0.4
100ml→11"69	8.55	0.45	0.42	0.41	0.4	0.4
100ml→13"21	7.57	0.38	0.36	0.35	0.34	0.36
100ml→15"2	6.58	0.34	0.3	0.29	0.28	0.31

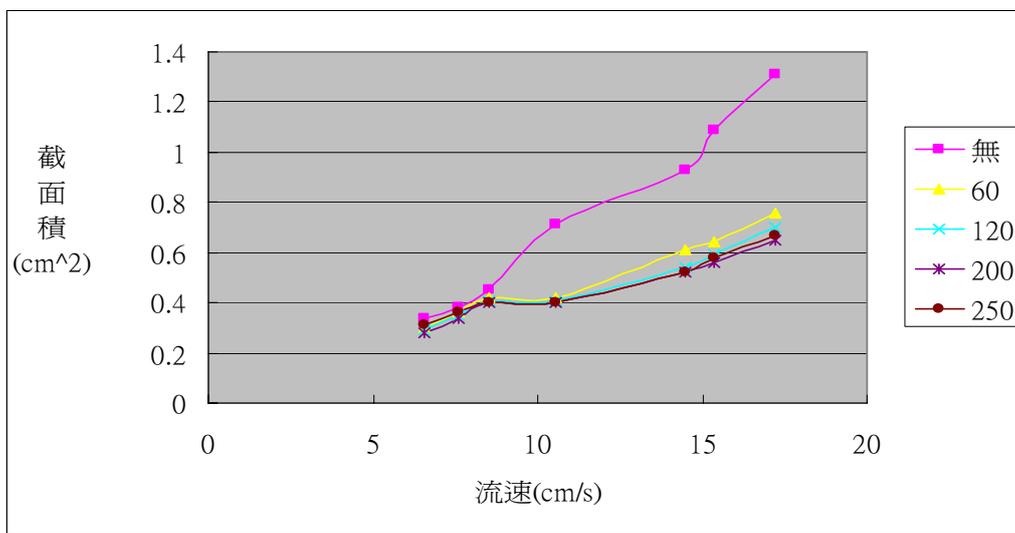


圖 (2-3)：流速與截面積比較圖

二、改變水位高低，測量斷點高度的關係

實驗 (一) 操縱變因：水位高低 控制變因：水流大小、

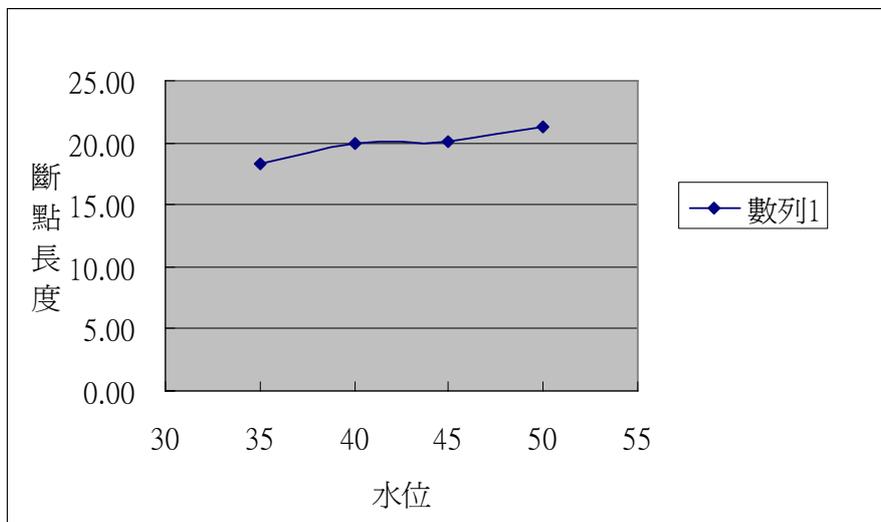
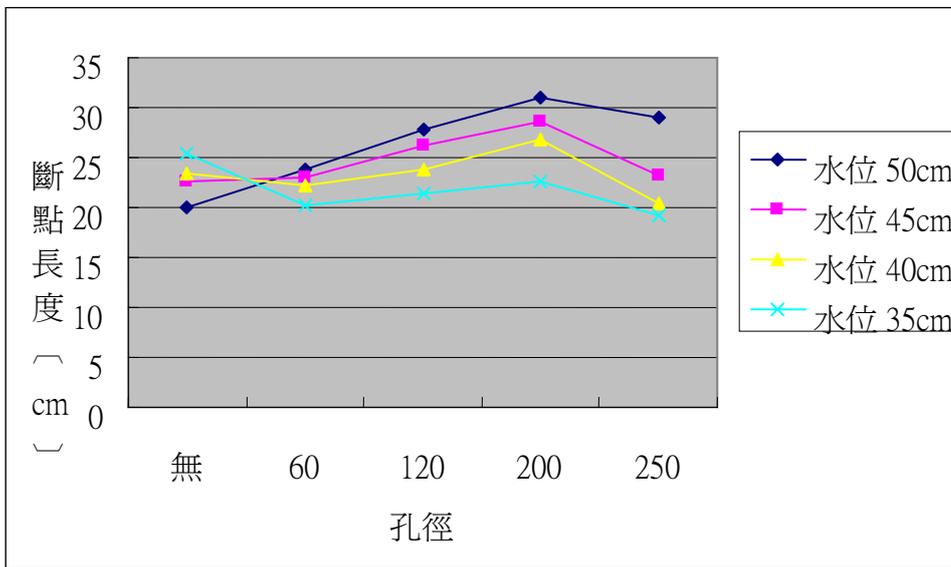


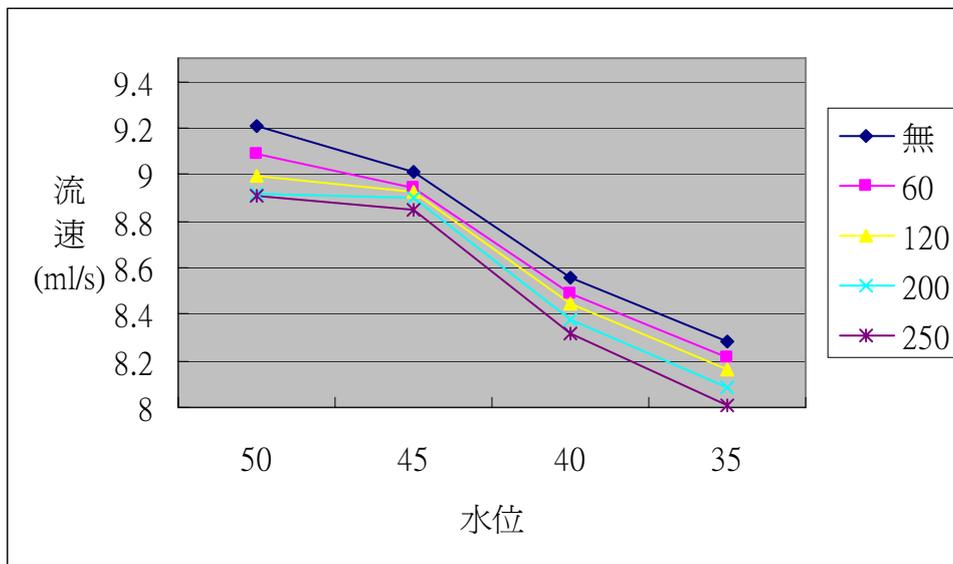
圖 (2-4)：水位與斷點長度比較圖

三、有濾網下，改變水位高低測量斷點高度的關係

濾網	水位 50cm		水位 45cm		水位 40cm		水位 35cm	
	流速 (ml/s)	斷點長度						
無	9.21	20.1	9.01	22.6	8.56	23.4	8.28	25.4
60	9.09	23.9	8.94	23.1	8.49	22.2	8.21	20.2
120	8.99	27.8	8.93	26.2	8.45	23.8	8.16	21.4
200	8.92	31	8.9	28.7	8.38	26.8	8.09	22.6
250	8.91	29	8.85	23.3	8.32	20.4	8.01	19.2



圖(2-5)：水位、濾網與斷點長度比較圖



圖(2-6)：水位與流速比較圖

#### 四、塑膠材質

實驗（一） 操縱變因：濾網孔徑大小 控制變因：流速、水位高低

		100ml→4"98 20.08ml/s				
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250	
	L <sub>1</sub> (cm)	9.4	21.2	29.7	37.8	31.2
L <sub>2</sub> (cm)	9.5	21.3	29.9	38.3	31.1	
L <sub>3</sub> (cm)	9.6	21.2	30	39.1	31	
L <sub>4</sub> (cm)	9.7	20.9	30.1	37.6	31.4	
L <sub>5</sub> (cm)	9.6	21.4	29.6	38.1	31.2	
L <sub>6</sub> (cm)	9.4	21.1	29.7	37.2	31.3	
L <sub>7</sub> (cm)	9.5	21.2	30.1	37.7	31.3	
L <sub>8</sub> (cm)	9.5	21.2	30.1	37.8	31.5	
平均(cm)	9.53	21.19	29.90	37.95	31.25	
斷點流速(cm/s)	13.73	20.47	24.32	27.40	24.86	
截面積(cm <sup>2</sup> )	1.46	0.98	0.83	0.73	0.81	

實驗（二） 操縱變因：濾網孔徑大小 控制變因：流速、水位高低

		100ml→8"19 12.21ml/s				
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250	
	L <sub>1</sub> (cm)	10.8	29.8	34.1	39.6	29.1
L <sub>2</sub> (cm)	10.7	29.7	34.2	39.8	29.3	
L <sub>3</sub> (cm)	10.9	30	34.5	39.7	29.4	
L <sub>4</sub> (cm)	10.8	29.9	34.2	40.1	29.3	
L <sub>5</sub> (cm)	10.7	30	34.1	39.7	29.2	
L <sub>6</sub> (cm)	11.1	30.2	33.9	39.2	28.9	
L <sub>7</sub> (cm)	11.2	29.6	33.8	40.2	29.1	
L <sub>8</sub> (cm)	10.9	29.8	34.2	39.7	29	
平均(cm)	10.89	29.88	34.13	39.75	29.16	
斷點流速(cm/s)	14.67	24.31	25.98	28.04	24.02	
截面積(cm <sup>2</sup> )	0.83	0.50	0.47	0.44	0.51	

實驗（三） 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

		100ml→9"02 11.09ml/s				
斷點長度	濾網	無	60	120	200	250
	L <sub>1</sub> (cm)		12.9	31.2	33.9	37.8
L <sub>2</sub> (cm)		12.8	31.5	33.8	37.9	32.7
L <sub>3</sub> (cm)		13.1	31.4	34.1	38	33
L <sub>4</sub> (cm)		13	31.2	33.9	38.1	32.9
L <sub>5</sub> (cm)		13.1	31.4	34	37.7	32.8
L <sub>6</sub> (cm)		12.7	31.4	34.2	38.1	33.1
L <sub>7</sub> (cm)		12.8	31.3	33.8	37.9	33.2
L <sub>8</sub> (cm)		13.1	29.8	34.2	37.6	33
平均(cm)		12.94	31.15	33.99	37.89	32.94
斷點流速(cm/s)		16.00	24.82	25.93	27.38	25.52
截面積(cm <sup>2</sup> )		0.69	0.45	0.43	0.41	0.43

實驗（四） 操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、水位高低

		100ml→10"8 9.26m/s				
斷點長度	濾網	無	60	120	200	250
	L <sub>1</sub> (cm)		17.1	30.1	33.1	34.6
L <sub>2</sub> (cm)		17.3	30.3	33.5	34.8	27.7
L <sub>3</sub> (cm)		17.2	29.8	33.4	35	28.1
L <sub>4</sub> (cm)		17.5	29.9	33.2	35.1	27.9
L <sub>5</sub> (cm)		17.3	30.2	33.3	34.7	27.7
L <sub>6</sub> (cm)		17.1	30	33	34.9	27.6
L <sub>7</sub> (cm)		17.8	29.7	33.4	34.8	28
L <sub>8</sub> (cm)		17.6	28.9	33.6	35.2	28.3
平均(cm)		17.36	29.86	33.31	34.89	27.89
斷點流速(cm/s)		18.53	24.30	25.67	26.27	23.49
截面積(cm <sup>2</sup> )		0.50	0.38	0.36	0.35	0.39

實驗（五） 操縱變因：濾網孔徑大小 控制變因：流速、水位高低

100ml→12"5		8ml/s				
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	24.3	26.6	29.7	30.2	31.2	
L <sub>2</sub> (cm)	24.2	26.8	29.9	30.2	31	
L <sub>3</sub> (cm)	24.3	27.1	30.4	30.1	31.2	
L <sub>4</sub> (cm)	24	27.3	29.7	30	29.9	
L <sub>5</sub> (cm)	23.9	26.8	29.6	30.4	31.2	
L <sub>6</sub> (cm)	24.2	26.9	29.7	30.2	31.3	
L <sub>7</sub> (cm)	24.6	27.2	29.9	30.4	31.1	
L <sub>8</sub> (cm)	24.4	27.3	28.8	30.1	29.8	
平均(cm)	24.24	27.00	29.71	30.20	30.84	
斷點流速(cm/s)	21.80	23.00	24.13	24.33	24.58	
截面積(cm <sup>2</sup> )	0.37	0.35	0.33	0.33	0.33	

實驗（六） 操縱變因：濾網孔徑大小 控制變因：流速、水位高低

100ml→13"14		7.61ml/s				
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250	
L <sub>1</sub> (cm)	22.1	24.8	27.3	27.8	25.1	
L <sub>2</sub> (cm)	22.3	24.9	27.4	28.1	24.9	
L <sub>3</sub> (cm)	21.8	25.2	27	28	25.4	
L <sub>4</sub> (cm)	21.7	25.3	27.1	27.8	25.3	
L <sub>5</sub> (cm)	22.3	24.8	27.2	27.7	25.6	
L <sub>6</sub> (cm)	22.2	24.6	26.8	27.9	25.3	
L <sub>7</sub> (cm)	22	25.1	27.1	28.3	25.7	
L <sub>8</sub> (cm)	22.3	25	26.8	28	25.6	
平均(cm)	22.09	24.96	27.09	27.95	25.36	
斷點流速(cm/s)	20.81	22.12	23.04	23.41	22.30	
截面積(cm <sup>2</sup> )	0.37	0.34	0.33	0.33	0.34	

實驗一～六整合表：

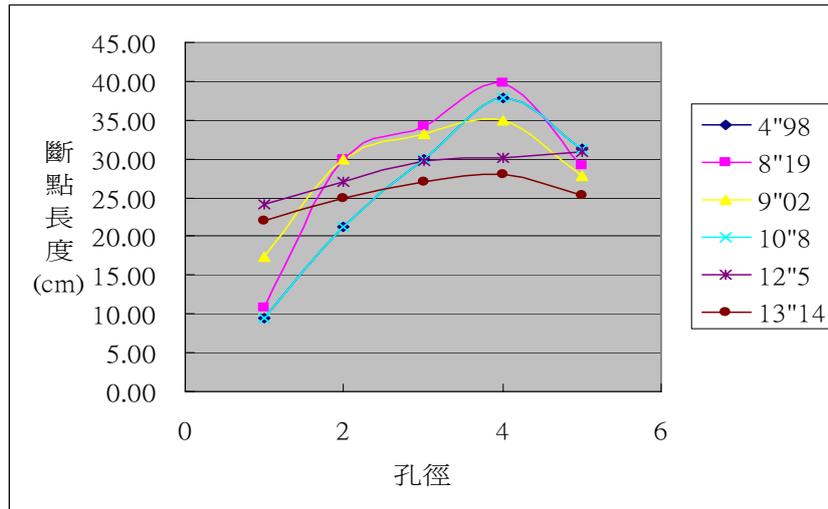


圖 (3-1)：不同流速在不同孔徑與斷點長度比較圖

註：x 軸的 1=無濾網、2=60 孔、3=120 孔、4=200 孔、5=250 孔

實驗一～六的斷點高度整合：

流速		濾網					
		無	60	120	200	250	
100ml→4''98s	20.08ml/s	L <sub>1</sub> (cm)	9.53	21.19	29.9	37.95	31.25
100ml→8''19s	12.21ml/s	L <sub>2</sub> (cm)	10.89	29.88	34.13	39.75	29.16
100ml→9''02s	11.09ml/s	L <sub>3</sub> (cm)	12.94	31.15	33.99	37.89	32.94
100ml→10''8s	9.26ml/s	L <sub>4</sub> (cm)	17.36	29.86	33.31	34.89	27.89
100ml→12''5s	8ml/s	L <sub>5</sub> (cm)	24.24	27	29.71	30.2	30.84
100ml→13''14s	7.61ml/s	L <sub>6</sub> (cm)	22.09	24.96	27.09	27.95	25.36

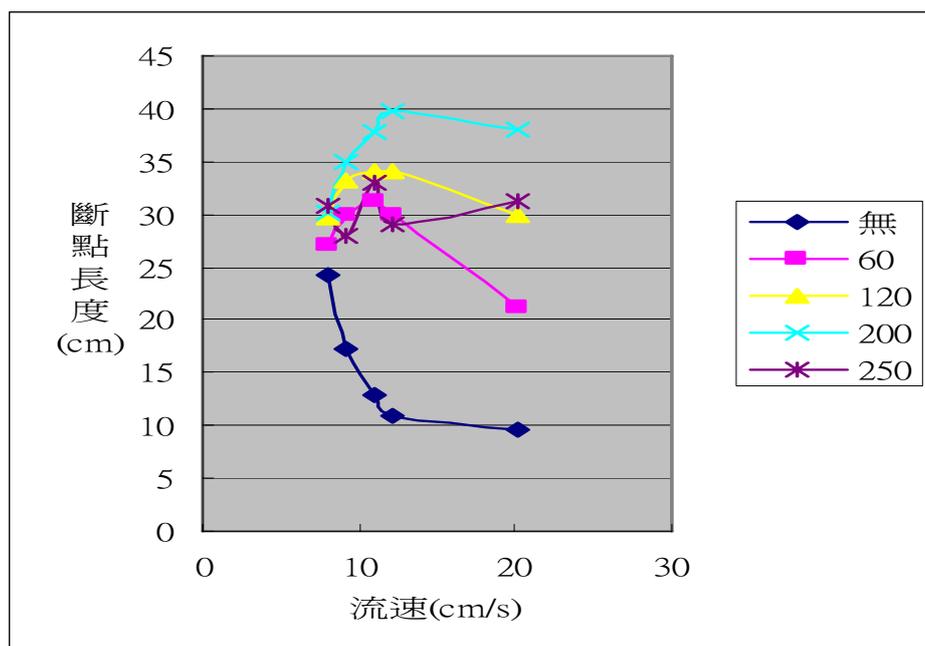


圖 (3-2)：流速與斷點高度比較圖

實驗一～六的斷點截面積整合：

流速		濾網					
		無	60	120	200	250	
100ml→4"98s	20.08ml/s	L <sub>1</sub> (cm)	1.46	0.98	0.83	0.73	0.81
100ml→8"19s	12.21ml/s	L <sub>2</sub> (cm)	0.83	0.5	0.47	0.44	0.51
100ml→9"02s	11.09ml/s	L <sub>3</sub> (cm)	0.69	0.45	0.43	0.41	0.43
100ml→10"8s	9.26ml/s	L <sub>4</sub> (cm)	0.5	0.38	0.36	0.35	0.39
100ml→12"5s	8.00ml/s	L <sub>5</sub> (cm)	0.37	0.35	0.33	0.33	0.33
100ml→13"14s	7.61ml/s	L <sub>6</sub> (cm)	0.37	0.34	0.33	0.33	0.34

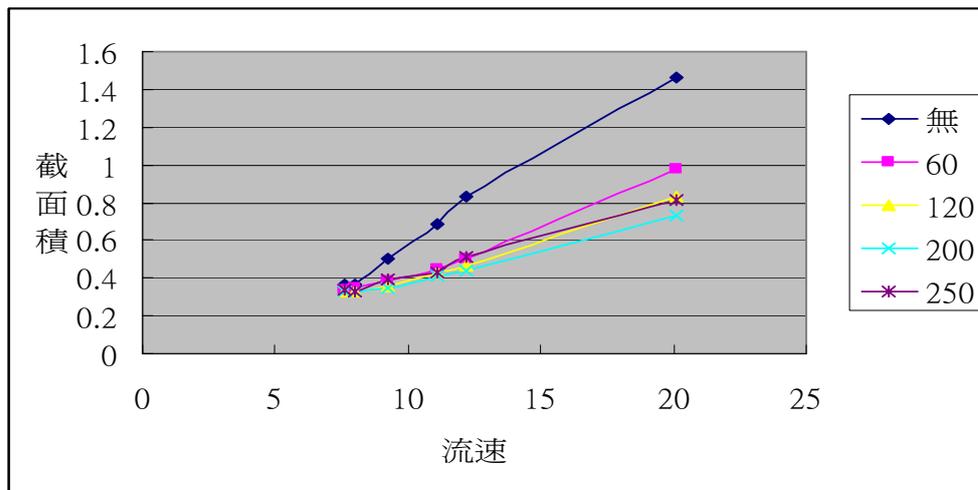


圖 (3-3)：流速與斷點長度比較圖

## 五、不同密度的水流

### 實驗 (一)

操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、濃度、水位高低

重量百分比=1%						
斷點長度		無	60	120	200	250
L <sub>1</sub> (cm)		18.1	22.2	25.1	23.4	23.5
L <sub>2</sub> (cm)		17.9	21.8	25.3	23.1	22.3
L <sub>3</sub> (cm)		17.8	22.7	24.9	22.9	22.9
L <sub>4</sub> (cm)		18.4	22	25	23.4	22.9
L <sub>5</sub> (cm)		18.6	22.3	25.6	23.2	23
平均(cm)		18.16	22.20	25.18	23.20	22.92

實驗（二）

操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、濃度、水位高低

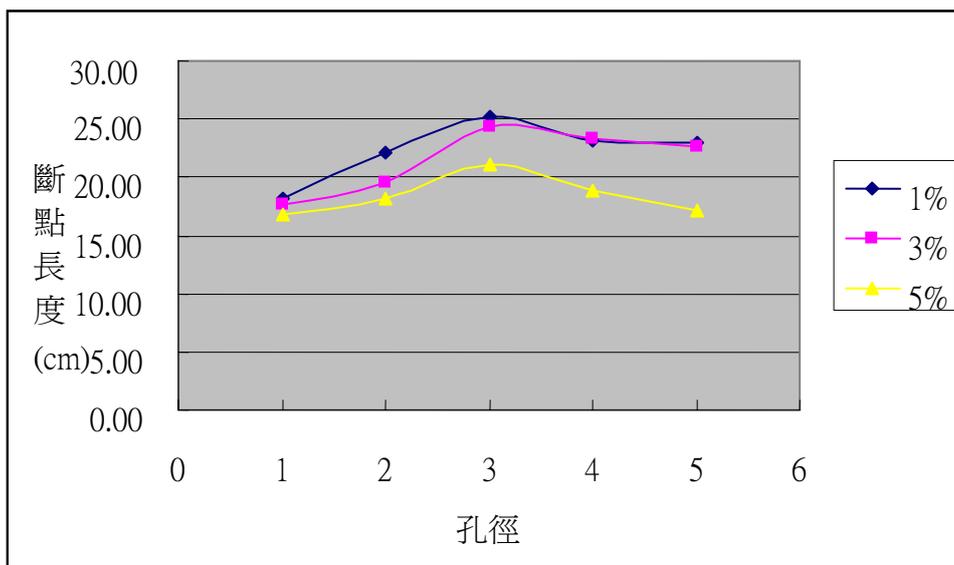
重量百分比=3%					
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250
L <sub>1</sub> (cm)	17.6	19.6	24.3	23.6	22.3
L <sub>2</sub> (cm)	17.9	19.3	24.1	23.5	22.8
L <sub>3</sub> (cm)	17.7	20.1	24.5	23.1	23
L <sub>4</sub> (cm)	17.5	19.3	24.5	23.4	22.5
L <sub>5</sub> (cm)	17.6	19.5	24.1	23.4	22.7
平均(cm)	17.66	19.56	24.30	23.40	22.66

實驗（三）

操縱變因：濾網孔徑大小

控制變因：流速、濃度、水位高低

重量百分比=5%					
斷點長度 \ 濾網	無	60	120	200	250
L <sub>1</sub> (cm)	16.5	17.9	21.2	18.7	16.9
L <sub>2</sub> (cm)	16.7	18.2	20.9	18.7	17.2
L <sub>3</sub> (cm)	16.6	18.3	20.6	19.2	16.7
L <sub>4</sub> (cm)	16.8	18.3	21.3	19	17.5
L <sub>5</sub> (cm)	17.1	17.8	21.1	18.8	17.1
平均(cm)	16.74	18.10	21.02	18.88	17.08



圖（3-4）：不同密度水流與斷點長度比較圖

註：x 軸的 1=無濾網、2=60 孔、3=120 孔、4=200 孔、5=250 孔

## 陸、討論

一、由圖 2-1 可以發現，濾網孔徑對水流斷點的影響，呈曲線狀，從每單位面積 60 孔的以後就開始有上升的曲線，一直到每單位面積 250 孔的才有下降的情形發生，而對於改變水的濃度這點，可以發現加了鹽之後，對水的斷點長度也有提升的效果。對此我們做出些討論，理論上穩流的液體斷點應是由表面張力決定，當液體流速增加時，截面積變小，亦即單位水量的柱狀表面積會增加，當其表面積超過一個程度，水變會形成球狀以降低能量。

二、固定水位高度下，不同流速對斷點長度的影響

(一) 在無濾網的情況下

(1) 水的流速在 7.57mL/s 之前，我們認為水流斷點的形成主要受表面張力的影響，一如自然界的許多事物一樣，表面張力是一種力使高能量趨往低能量，也就是使系統的表面積達到最小。所以水流由出口處開始流出，剛開始水柱較粗表面積較小，到後來水流慢慢變細，表面積漸大，甚至大於形成水流時的表面積，水流就會變成水珠，也就是我們斷點形成的原因。所以水流速在 7.57ml/s 之前，開口處的的水流注越粗，斷點距離開口處越遠，水流斷點越長，而形成了水流流速越快，斷點長度延長的曲線。

(2) 而水流速在 7.57ml/s 時，我們則認為這時表面張力、黏滯力、重力…等的合力達到了一種平衡。在這點的水流將達到最穩定，斷點長度最長。

(3) 水流速在 7.57ml/s 之後，我們認為黏滯力的作用遠大於表面張力，黏滯力正比於水流的環面積，而黏滯力又造成內外流速差，且內外流速差使斷點產生。所以當水流流速越大，黏滯力的作用越強，也使內外流速差越大，斷點越易形成，而形成了流速越快，斷點長度越短的曲線。

(二) 在有濾網的情況下

(1) 裝上濾網，會達到一定的穩流效應，而從圖表上的觀察，有濾網的曲線在曲度上是與無濾網的情形相去不遠，故其斜率相同處，其各種作用力產生的影響應是相同。

(2) 在流速約 8.55ml/s 之前，由於流速過於緩慢，在一定的濾網密度下，水流並不易通過，我們觀察到，水流會在濾網前淤積，匯聚了一定的重量之後，才會流過濾網，故其通過濾網後的截面積實大於原水流截面積，而流速越小，淤積後的水流截面積越易大於出管前截面積，套用其相同斜率部分的理論，即無濾網的流速 7.57ml/s 之後的原理，截面積越大，在黏滯力的影響下，斷點長度會有縮短的現象發生。

(3) 在流速介於 8.55ml/s 和 14.47ml/s 之間時，其斜率等同流速在 7.57ml/s 之前的部分，故適用相同的理論，水流斷點的形成主要受表面張力的影響。

(4) 流速在 14.47ml/s 之後，其斜率等同流速在 7.57ml/s 之後的部分，故適用相同的理論，黏滯力的作用遠大於表面張力，黏滯力為此段的主要因素。

(5) 以實驗結果來說，水流速度 15 mL/秒，以及濾網孔徑 200 孔，所得到的斷點長度為最佳值

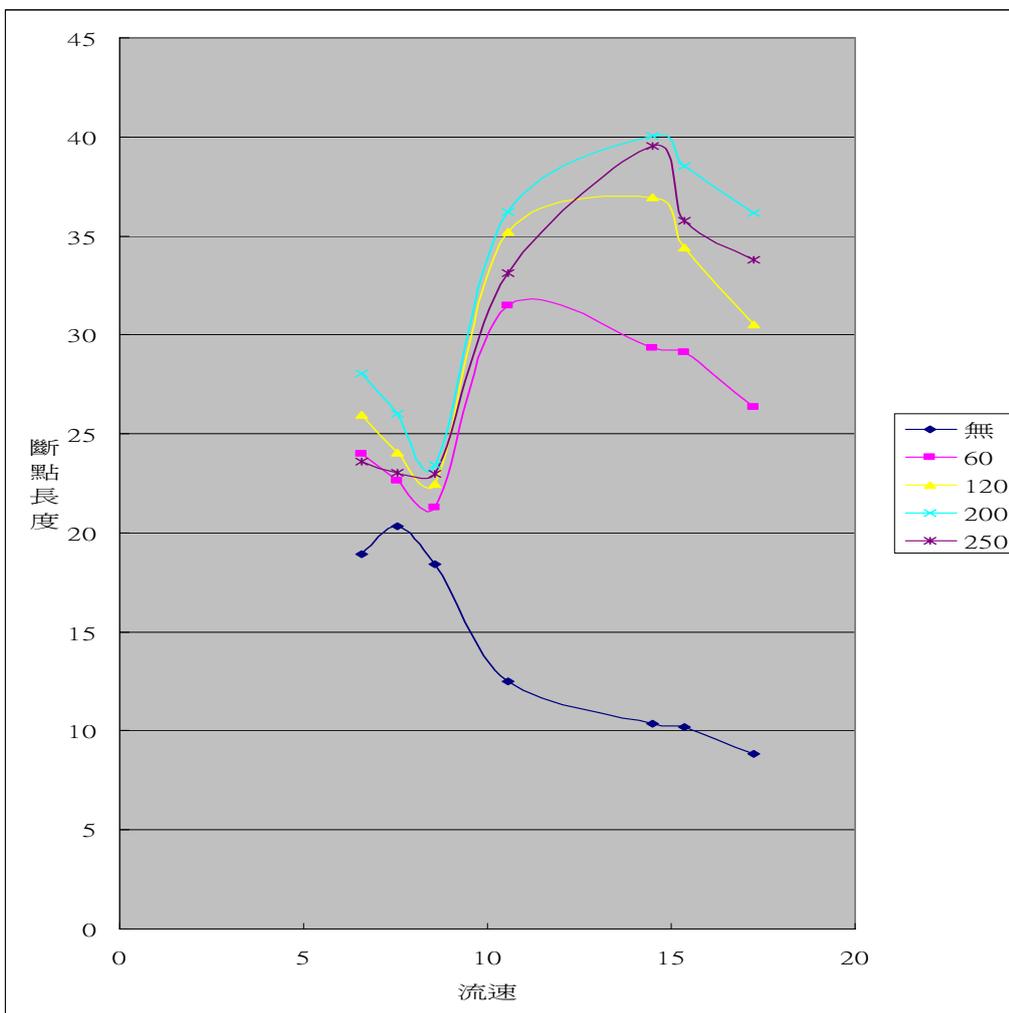
### 三、為何每單位面積 60 孔的濾網不符合大抵上的曲線

由於每單位面積 60 孔的孔徑過大，管內水流能夠輕易的通過，此時水流的流量大小（間接影響流速）才是主要影響斷點高度的主因。

### 四、每單位面積 250 孔對水流的反常影響

從圖 2-1 到 2-7，我們可以發現，在接近 250 孔時的曲線總是變的平穩，甚至有下降的趨勢，我們對此作出了些討論，調整濃度的想法亦是由此延伸出。

我們由數據的分析推理，認為 250 孔的孔徑較密，水流極易被擋在濾網中，因此造成流速減慢的現象，而流速減慢，亦可說成是，若需達到相同斷點效果，在 250 孔的情況下，需要更高的流速，故造成其曲線平滑下降的趨勢。而我們利用加入鹽水來討論此現象與斷點的關係

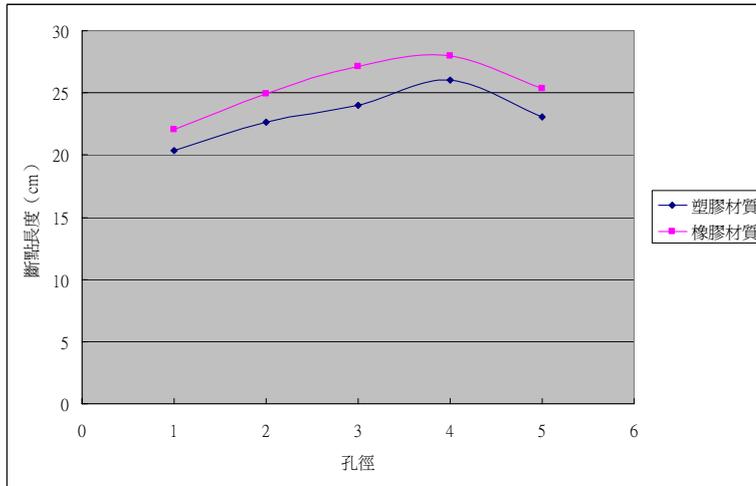


### 五、水位高低對水流斷點高度的影響

從圖 2-12，我們可印證，水壓(水位高低)對斷點的影響是存在的，隨著水壓降低，斷點提早產生，但若沒有較巨大的變化，其影響不顯著，故我們在實驗時，水位僅於改變較多時加回固定的水高，將其影響忽略。

### 六、不同材質對水流斷點高度的影響

(一) 下圖為水流速度 7.6 mL/秒時，橡膠材質與塑膠材質的不同孔徑的斷點長度比較圖，由圖中可知，橡膠材質的斷點長度比塑膠材質略大，但是沒有很大的差別。



(二) 推論原因為不同材質的黏滯力大小不同，黏滯力較大的液體水流梯度較大，故斷點長度較短。推知橡膠材質的黏滯力應小於塑膠材質的黏滯力。

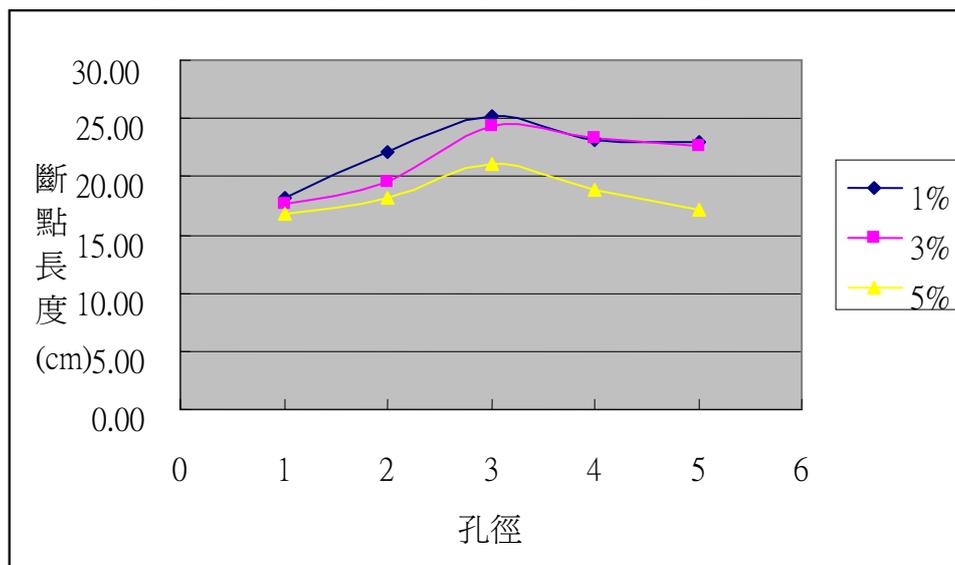
(三) 由於影響斷點長度的最大原因，應該是在濾網孔徑的大小與水流速度，且兩種材質的水流開口大小相同造成黏滯力變化不大，所以實驗數據相差無幾。

#### 七、水的濃度對其斷點高度的影響

(一) 由於未印證在 250 孔引發的斷點高度上升現象所作的解釋是正確的，採用了不同濃度 (1%、3%、5%) 的鹽水，增加水的黏滯性，以證明理論。

(二) 實驗的數據作比較，相同流速下，鹽水的斷點較正常水提早產生，斷點提早發生，推論食鹽水濃度增高時，密度增加，黏滯性增加，相對的內外層流速變化較大，斷點較早發生。

(三) 亦可說成是當孔徑小於某一極值時，水流會在濾網前先被擋下後，黏滯力進而影響水流的穩定，更由此確立了先前的理論。



註：x 軸的 1=無濾網、2=60 孔、3=120 孔、4=200 孔、5=250 孔

## 柒、結論

- 一、當水流速度一定，濾網單位面積的孔徑越多越密時，斷點產生長度越長，即濾網有穩流的效果，但 250 孔時由於孔徑過密，黏滯力、濾網阻力與表面張力導致水流被濾網擋住，斷點提早產生。
- 二、在一定的流速範圍（ $< 10\text{mL/s}$ ）內，減緩水流速度，斷點長度會增加，但當水流斷點長度到達最大值時，也就是水流速度減緩到某一定值，如在繼續減緩流速，則斷點長度將縮短。
- 三、特定的流速（大約  $15\text{mL/s}$ ）與濾網單位面積孔徑的疏密（200 孔），可以控制使斷點長度最長，但超過此平衡點後，各數值都會下降。
- 四、不同的開口材質由於表面張力大小不同的關係，導致斷點長度有所不同，橡膠材質的斷點長度比塑膠材質的還要長，可知塑膠材質對水的影響比橡膠來的大，但效果並不明顯。
- 五、改變水位的高低由於水壓的不同，會讓斷點產生改變，水位越高，水壓越大，則水的斷點越早產生，但影響的效果不大，只要水位變化不大，可視為沒有影響。
- 六、改變水的密度（添加食鹽），發現食鹽水的濃度越高，斷點長度越短，表示食鹽水的濃度增加時，水的黏滯力增加，使得斷點提早產生。
- 七、對於生活上的應用，我們可以思考，若斷點不易產生，即是水流連續不間斷的流動，例如在風雨來臨時的洩洪，從研究結果可以發現，一味的將出水口擴大，並非是最有效率的排放方式，單純的擴大出水口，可能造成排放時水流的不順，反而不能有排除過多的水量。

## 捌、參考資料與其他

- 一、物質科學物理篇（下）－ 第十章 龍騰出版社 褚德山教授主編
- 二、物質科學物理篇（下）－ 第十章 翰林出版社 連坤德教授主編

**【評語】** 040118

本作品以濾網調整出水口之水柱來探討水柱脫離出水口後斷裂之情形，並能獲得以濾網調整之水柱可維持較長的水柱之完整性，並以水的表面張力來說明所觀測之現象。可再加強濾網可調整水柱本身小渦流之結構，來討論細微現象。