

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 物理科

佳作

080101

熱情噴湃-蒸氣動力噴泉之噴泉效果研究

學校名稱：臺東縣臺東市豐榮國民小學

作者： 小六 趙勻 小六 黃惠琪 小六 陳孟偉 小六 鄭詠珈	指導老師： 李佳玲
--	--------------

關鍵詞：蒸氣動力、噴泉、間歇泉

# 作品名稱：熱情噴濺－蒸氣動力噴泉之噴泉效果研究

## 摘要

國語課本中提到「老忠實噴泉是很會逗人神經緊張的.....」，不得不讓人聯想到台東在地的資源－溫泉，知本溫泉若能出現一個類似的噴泉，是不是也可招攬個多的遊客（88 風災之後遊客減少），因此我們想要探究利用地熱所造成的噴泉是如何形成的，所以我們利用環保器材模擬老忠實噴泉的效果來一探究竟。研究結果發現進水管長度越長、噴水管長度越短的條件下，噴發水柱高度最高。其次空心銅管匝數 12 圈時噴發水柱高度最高，其次是 16 圈，最低是 8 圈；而較粗之空心管所噴發水柱高度最低。進水口越短噴發頻率越高，反之噴水口越短噴發頻率越低。空心銅管越粗，噴發的頻率越低；空心銅管匝數越多，噴發的頻率越低。水溫高低會影響噴發頻率。



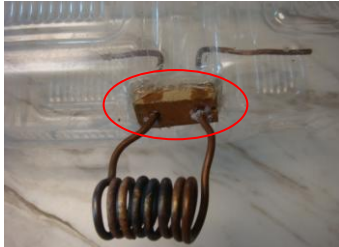

## 壹、研究動機

這一天是戶外教學的日子，要前往史前博物館，那兒除了文物展覽外，在戶外有做大型的水舞噴泉表演，時常吸引遊客駐足，此時小朋友們也忍不住脫下鞋要來親身體驗噴泉水舞的魅力。這時小真跑了過來和大家說：「國語課的文章裏有一課介紹黃石公園內的「老忠實噴泉」噴泉，它是由地熱所產生的間歇泉，平均大約每 75 分鐘就會噴發一次。」我們台東也有著名的知本溫泉，本身也有地熱，那怎麼沒有著名的知本噴泉，於是大家上網找了有關老忠實的資料發現老忠實噴泉的泉口是地層結構出現一條管狀的裂縫，其中充滿著豐沛的地下水；而在它的下方幾公里深處，就接近著炙熱的岩漿。比較靠近岩漿部份的水，會被加熱而溫度較高；上方的水，因為離岩漿較遠，溫度則較低；位居較下方的熱水開始往上升，只不過到了靠近泉口的地方時，裂隙實在太細了，而且裡面原就充滿了冷水，冷、熱水無法順利地對流，熱水就被「壓」在下方，繼續升溫，一直熱到某個溫度，終於戰勝了上方冷水的壓力，一下子爆發噴出去，這樣的訊息激發我們想做出一座利用熱源噴發的簡易噴泉裝置並一探噴泉的奧秘。

## 貳、研究目的

- 一、利用寶特瓶與空心銅管等材料製作環保熱蒸汽動力噴泉。
- 二、探討影響噴泉噴發高度的因素。
- 三、探討影響噴泉噴發頻率的因素。
- 四、探討影響噴泉下一次噴發的因素。
- 五、透過製作環保噴泉，培養學生節約能源之知識，並增進學生有效使用能源之能力，灌輸學生能源有限之憂患意識以及培養學生愛護能源之態度與習慣。

## 參、研究設備及器材

器材	照片	器材	照片
圖一、空心銅管 3 尺數條〈依實驗剪裁成適當長度〉		圖二、方形寶特瓶 (1200cc)	
圖三、小木片〈鑽兩個洞〉		圖四、快乾膠水	

<p>圖五、酒精燈 (酒精燈瓶塞鑽洞 以方便實驗過程 中添加酒精)</p>		<p>圖六、工業酒精</p>	
<p>圖七、攝影機</p>		<p>圖八、計時器</p>	
<p>圖九、針筒</p>		<p>圖十、長尺</p>	
<p>圖十一、塑膠吸鼻器</p>		<p>圖十二、電子磅秤</p>	
<p>圖十三、切管器</p>		<p>圖十四、溫度計</p>	

## 肆、研究過程或方法

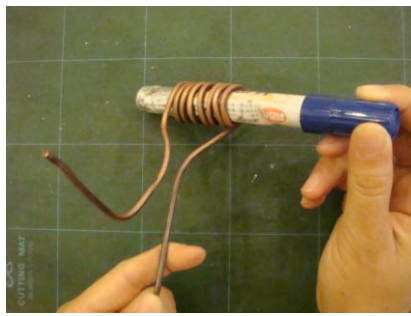
### 一、製作熱噴泉裝置

本研究利用熱對流的原理將熱能轉換成動能，從老忠實噴泉資料中我們知道，噴泉噴發的要件有三個(熱源、細長的孔道、地下水)，於是我們想利用環保素材設計實驗探究噴發效果，經過討論之後，我們以酒精燈當作熱源、銅管替代細長孔道、寶特瓶裝水替代地下水。

首先我們將寶特瓶的頂端剪下，成為方型的容器，於寶特瓶的側邊鑽上兩個洞，用快乾膠水將已鑽好洞的木片黏上。因銅有較佳的導熱性、而且延展性較高，易於塑型，故本實驗選擇空心銅管作為實驗材料。其次將空心銅管先捲好數圈並各留一段頭尾引線〔圖十五、十六〕，當作進水口與噴水口，進水口與噴水口長度依實驗需要增減〔圖十七〕。



圖十五



圖十六



圖十七

因酒精燈裝置於實驗過程中酒精燃燒會使酒精量減少，為確保實驗之準確性，因此將酒精燈瓶塞鑽洞，插入一小段銅管，以方便實驗過程中使用針筒添加酒精（酒精量維持 200 克），最後將酒精燈置於銅管下加熱〔圖十八〕。



圖十八



圖十九

## 二、酒精消耗量實驗

因酒精燈加入酒精後瓶內的酒精即會藉著毛細作用由棉線的底部往上到達燈蕊的頂端揮發，故本實驗為避免酒精過量揮發並實際掌握酒精消耗量，故於酒精燈瓶塞鑽洞後插入一小段銅管，以方便實驗過程中使用針筒添加酒精。有關酒精消耗量實驗係將空酒精燈瓶放置電子磅秤上，再倒入 200 克酒精，點燃酒精燈，以計時器測量酒精燃燒每分鐘時所消耗的酒精數量，以作為後續實驗當中添加酒精的依據。實驗發現燃燒一分鐘酒精約消耗 1 克。爾後實驗過一分鐘就添加 1 克的酒精〔圖十九〕。

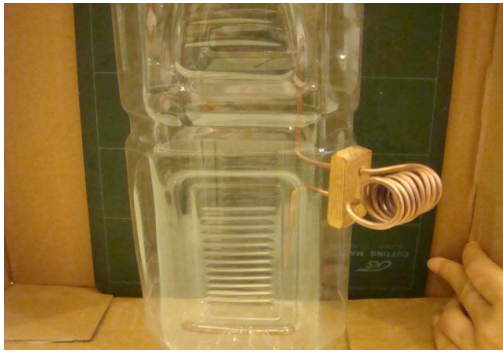
## 三、確保水源穩定

為確保空心銅管內均注滿水及每組實驗水源的豐沛性，故於每組方形寶特瓶均注水超過空心銅管(噴水管)1 公分，並於實驗前利用塑膠吸鼻器將空心銅管吸滿水，以確保水源穩定。

# 伍、研究結果

## 一、前期研究－銅管配置方向

- (一) 操縱變因-銅管配置方向（橫向及直向）（圖二十、二十一）
- (二) 固定變因-圈數、空心銅管粗細、噴水管長度、熱源大小(酒精量)
- (三) 應變變因-噴泉水柱高度、噴發頻率
- (四) 實驗結果



圖二十



圖二十一

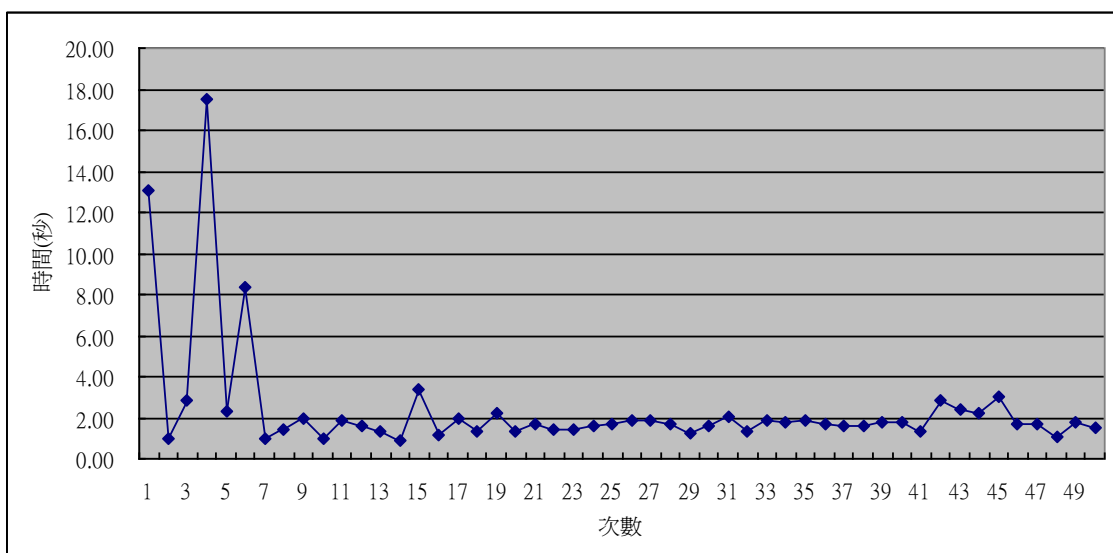
8圈(銅管橫向)

水溫22°C

噴出高度最高35公分

持續出水3公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	13.10	0.95	2.83	17.50	2.33	8.34	1.01	1.46	1.98	1.02
累計時間	13.10	14.05	16.88	34.38	36.71	45.05	46.06	47.52	49.50	50.52
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.86	1.57	1.35	0.88	3.34	1.19	1.95	1.35	2.19	1.36
累計時間	52.38	53.95	55.30	56.18	59.52	60.71	62.66	64.01	66.20	67.56
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.69	1.42	1.46	1.57	1.72	1.83	1.86	1.65	1.28	1.56
累計時間	69.25	70.67	72.13	73.70	75.42	77.25	79.11	80.76	82.04	83.60
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	2.05	1.31	1.86	1.81	1.90	1.72	1.57	1.56	1.82	1.80
累計時間	85.65	86.96	88.82	90.63	92.53	94.25	95.82	97.38	99.20	101.00
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.29	2.83	2.40	2.23	3.03	1.65	1.65	1.06	1.74	1.54
累計時間	102.29	105.12	107.52	109.75	112.78	114.43	116.08	117.14	118.88	120.42
平均噴發時間	2.41									



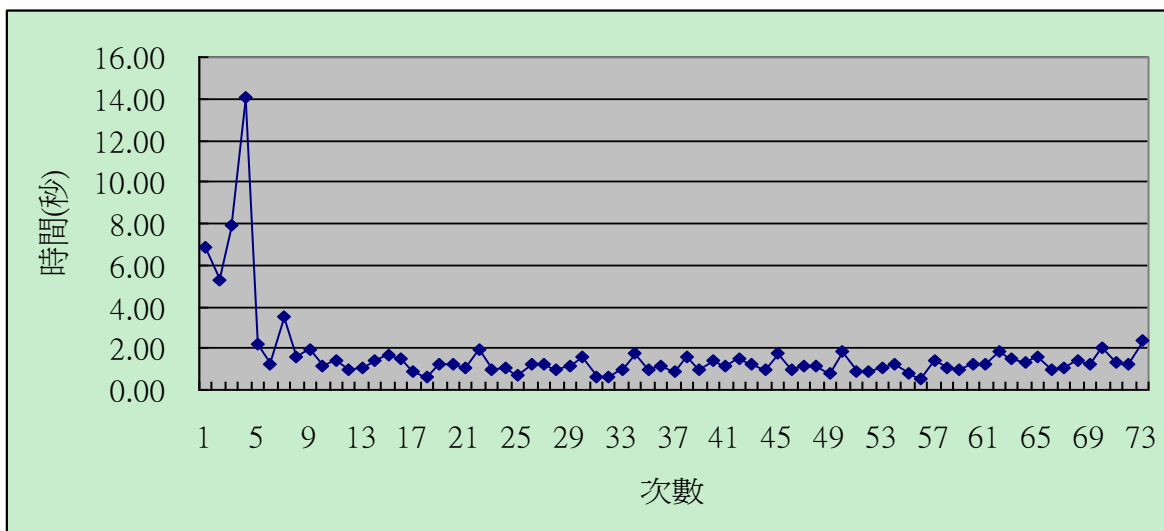
8 圈(銅管直向)

水溫 22°C

噴出高度最高 60 公分

持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.90	5.24	7.87	14.09	2.20	1.21	3.50	1.62	1.91	1.18
累計時間	6.90	12.14	20.01	34.10	36.30	37.51	41.01	42.63	44.54	45.72
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.41	0.97	1.06	1.38	1.68	1.47	0.91	0.59	1.23	1.21
累計時間	47.13	48.10	49.16	50.54	52.22	53.69	54.60	55.19	56.42	57.63
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.08	1.95	0.94	1.06	0.73	1.19	1.20	0.94	1.16	1.56
累計時間	58.71	60.66	61.60	62.66	63.39	64.58	65.78	66.72	67.88	69.44
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.64	0.64	0.99	1.77	0.97	1.17	0.92	1.55	0.96	1.39
累計時間	70.08	70.72	71.71	73.48	74.45	75.62	76.54	78.09	79.05	80.44
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.15	1.47	1.19	0.96	1.77	0.97	1.17	1.14	0.77	1.87
累計時間	81.59	83.06	84.25	85.21	86.98	87.95	89.12	90.26	91.03	92.90
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	0.92	0.90	1.04	1.24	0.80	0.52	1.40	1.08	0.94	1.24
累計時間	93.82	94.72	95.76	97.00	97.80	98.32	99.72	100.80	101.74	102.98
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.22	1.81	1.53	1.31	1.55	0.93	1.05	1.41	1.22	1.98
累計時間	104.20	106.01	107.54	108.85	110.40	111.33	112.38	113.79	115.01	116.99
噴發次數	71	72	73	平均噴發時間						
間隔時間	1.32	1.27	2.34	1.52						
累計時間	118.31	119.58	121.92							



我們發現：依據實驗結果，銅管放置橫向較銅管放置直向受熱較不平均，故銅管橫向之噴泉水柱高度及噴發頻率均不及銅管直向之效果，故以下實驗均採銅管直向放置。

## 二、進水管的長短對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係？

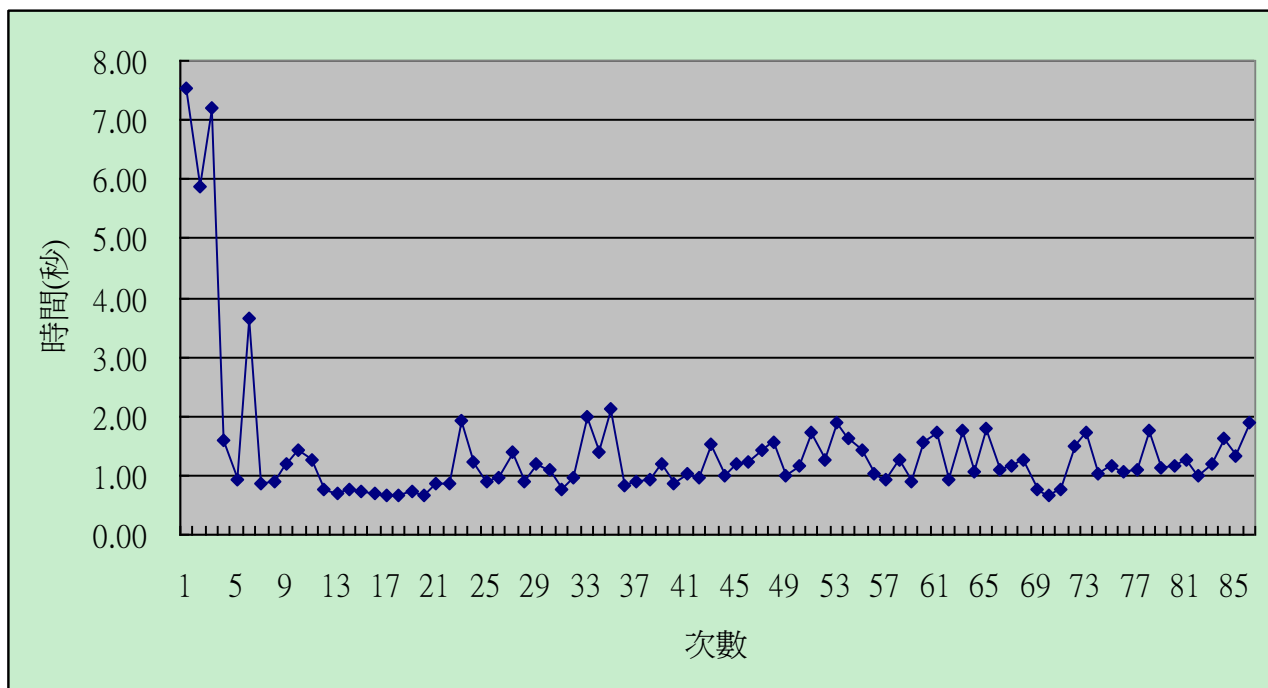
- (一) 操縱變因-進水管的長短
- (二) 固定變因-圈數、空心銅管粗細、噴水管長度、熱源大小(酒精量)
- (三) 應變變因-噴泉水柱高度、噴發頻率
- (四) 實驗結果

進水管 3cm    水溫 22°C    噴出高度最高 60 公分    30 秒後持續出水 50 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	7.52	5.87	7.20	1.60	0.94	3.66	0.85	0.89	1.21	1.44
累計時間	7.52	13.39	20.59	22.19	23.13	26.79	27.64	28.53	29.74	31.18
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.27	0.77	0.70	0.78	0.73	0.69	0.65	0.67	0.72	0.67
累計時間	32.45	33.22	33.92	34.70	35.43	36.12	36.77	37.44	38.16	38.83
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	0.85	0.85	1.93	1.22	0.89	0.97	1.41	0.90	1.19	1.08
累計時間	39.68	40.53	42.46	43.68	44.57	45.54	46.95	47.85	49.04	50.12
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.78	0.97	1.99	1.40	2.11	0.84	0.88	0.93	1.20	0.87
累計時間	50.90	51.87	53.86	55.26	57.37	58.21	59.09	60.02	61.22	62.09
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.02	0.96	1.52	1.01	1.20	1.24	1.43	1.56	1.01	1.16
累計時間	63.11	64.07	65.59	66.60	67.80	69.04	70.47	72.03	73.04	74.20
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	1.72	1.26	1.88	1.64	1.43	1.03	0.92	1.25	0.89	1.55
累計時間	75.92	77.18	79.06	80.70	82.13	83.16	84.08	85.33	86.22	87.77
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.71	0.92	1.77	1.06	1.80	1.09	1.16	1.25	0.76	0.67



累計時間	89.48	90.40	92.17	93.23	95.03	96.12	97.28	98.53	99.29	99.96
噴發次數	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
間隔時間	0.75	1.49	1.72	1.03	1.16	1.06	1.08	1.76	1.13	1.16
累計時間	100.71	102.20	103.92	104.95	106.11	107.17	108.25	110.01	111.14	112.30
噴發次數	81	82	83	84	85	86	平均噴發時間 1.40			
間隔時間	1.27	1.01	1.18	1.64	1.32	1.88				
累計時間	113.57	114.58	115.76	117.40	118.72	120.60				

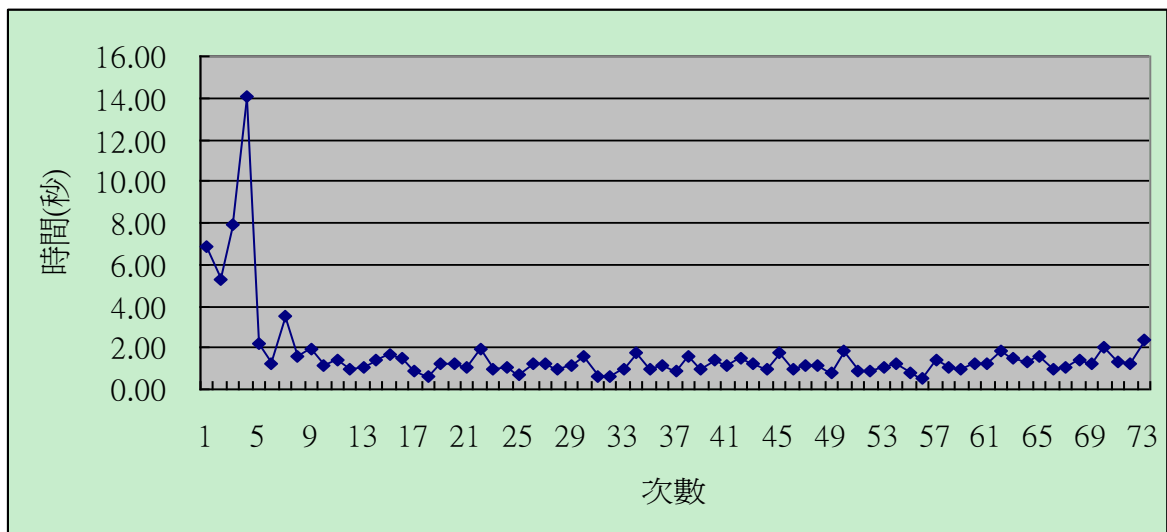


我們發現：進水管 3 公分時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 50 公分左右持續出水噴發，一開始銅管需要加熱傳導所以噴發的間隔較長約 6 秒，在第 7 次之後噴發的間隔時間約在 1~2 秒左右，很少超過 2 秒，噴發次數最多。

進水管 6cm    水溫 22°C    噴出高度最高 60 公分    持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.90	5.24	7.87	14.09	2.20	1.21	3.50	1.62	1.91	1.18
累計時間	6.90	12.14	20.01	34.10	36.30	37.51	41.01	42.63	44.54	45.72
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.41	0.97	1.06	1.38	1.68	1.47	0.91	0.59	1.23	1.21
累計時間	47.13	48.10	49.16	50.54	52.22	53.69	54.60	55.19	56.42	57.63
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.08	1.95	0.94	1.06	0.73	1.19	1.20	0.94	1.16	1.56

累計時間	58.71	60.66	61.60	62.66	63.39	64.58	65.78	66.72	67.88	69.44
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.64	0.64	0.99	1.77	0.97	1.17	0.92	1.55	0.96	1.39
累計時間	70.08	70.72	71.71	73.48	74.45	75.62	76.54	78.09	79.05	80.44
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.15	1.47	1.19	0.96	1.77	0.97	1.17	1.14	0.77	1.87
累計時間	81.59	83.06	84.25	85.21	86.98	87.95	89.12	90.26	91.03	92.90
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	0.92	0.90	1.04	1.24	0.80	0.52	1.40	1.08	0.94	1.24
累計時間	93.82	94.72	95.76	97.00	97.80	98.32	99.72	100.80	101.74	102.98
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.22	1.81	1.53	1.31	1.55	0.93	1.05	1.41	1.22	1.98
累計時間	104.20	106.01	107.54	108.85	110.40	111.33	112.38	113.79	115.01	116.99
噴發次數	71	72	73	平均噴發時間						
間隔時間	1.32	1.27	2.34	1.52						
累計時間	118.31	119.58	121.92							

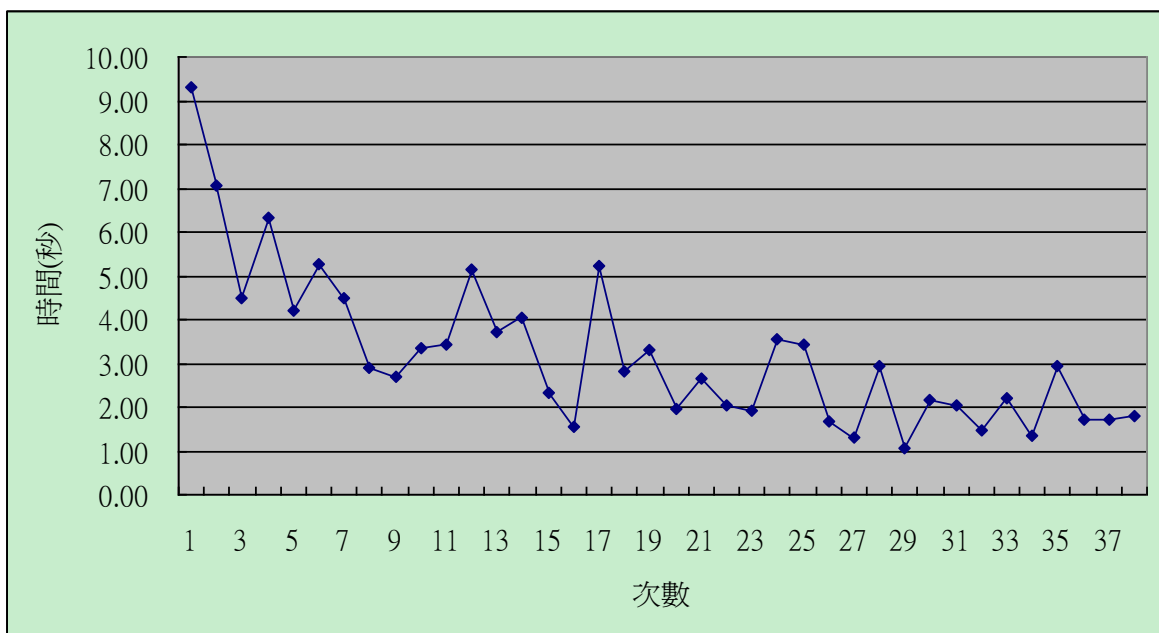


我們發現：進水管 6 公分時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，前 3 次噴發時間最高到 8 秒左右，第 4 次噴發時間花費最長到 14 秒，第 5 次之後間隔時間約在 2 秒左右作規律性的噴發，噴發次數居第二。

進水管 9cm    水溫 22°C    噴出高度最高 230 公分    10 秒後持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	9.31	7.08	4.51	6.32	4.22	5.25	4.49	2.89	2.71	3.33
累計時間	9.31	16.39	20.90	27.22	31.44	36.69	41.18	44.07	46.78	50.11

噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	3.42	5.13	3.72	4.06	2.33	1.55	5.24	2.80	3.30	1.94
累計時間	53.53	58.66	62.38	66.44	68.77	70.32	75.56	78.36	81.66	83.60
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	2.66	2.04	1.91	3.57	3.41	1.68	1.31	2.94	1.06	2.17
累計時間	86.26	88.30	90.21	93.78	97.19	98.87	100.18	103.12	104.18	106.35
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	平均噴發時間	
間隔時間	2.06	1.45	2.19	1.33	2.95	1.73	1.70	1.80	3.20	
累計時間	108.41	109.86	112.05	113.38	116.33	118.06	119.76	121.56		



我們發現：進水管 9 公分時所噴發的高度高達 230 公分，10 秒之後以 5 公分左右持續出水噴發，從表中也可以發現噴發間隔所需時間有逐漸減少的趨勢，也就是噴發的頻率越來越高，噴發次數最少。

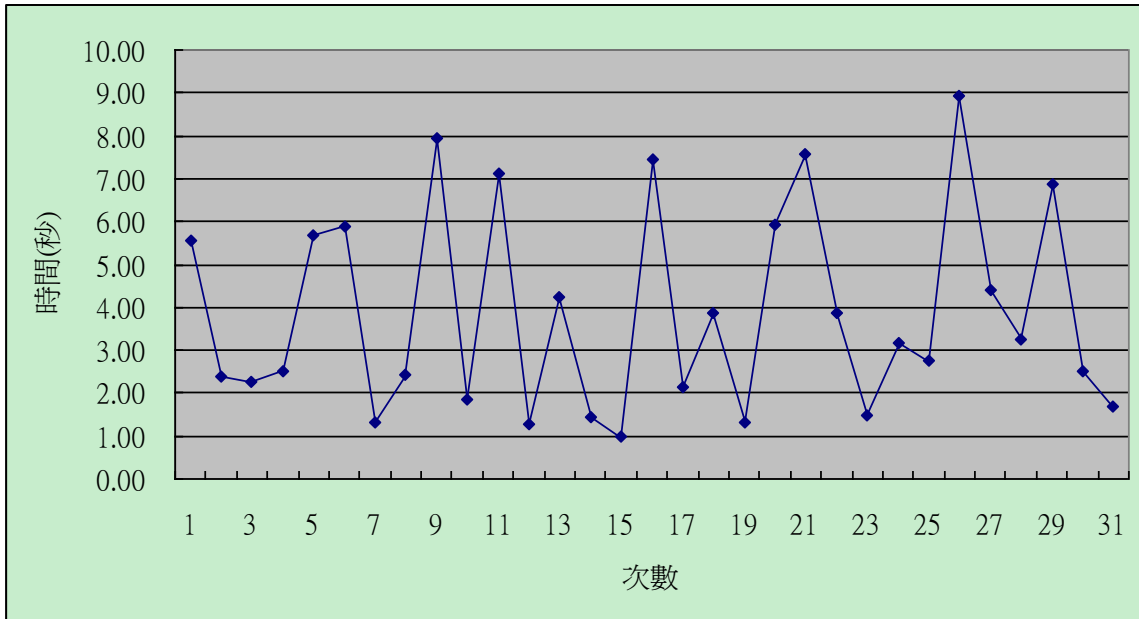
### 三、噴水管的長短對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係？

- (一) 操縱變因-噴水管的長短
- (二) 固定變因-圈數、銅管粗細、進水管的長度、熱源大小(酒精量)
- (三) 應變變因-噴泉水柱高度、噴發頻率
- (四) 實驗結果

噴水管 3cm    水溫 22°C    噴出高度最高 60 公分    持續出水 4 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	5.57	2.39	2.26	2.51	5.67	5.88	1.32	2.41	7.96	1.85
累計時間	5.57	7.96	10.22	12.73	18.40	24.28	25.60	28.01	35.97	37.82
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

間隔時間	7.13	1.27	4.25	1.46	0.97	7.44	2.14	3.86	1.30	5.93
累計時間	44.95	46.22	50.47	51.93	52.90	60.34	62.48	66.34	67.64	73.57
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	7.59	3.85	1.50	3.18	2.76	8.94	4.40	3.24	6.86	2.53
累計時間	81.16	85.01	86.51	89.69	92.45	101.39	105.79	109.03	115.89	118.42
噴發次數	31	平均噴發時間								
間隔時間	1.70	3.87								
累計時間	120.12									

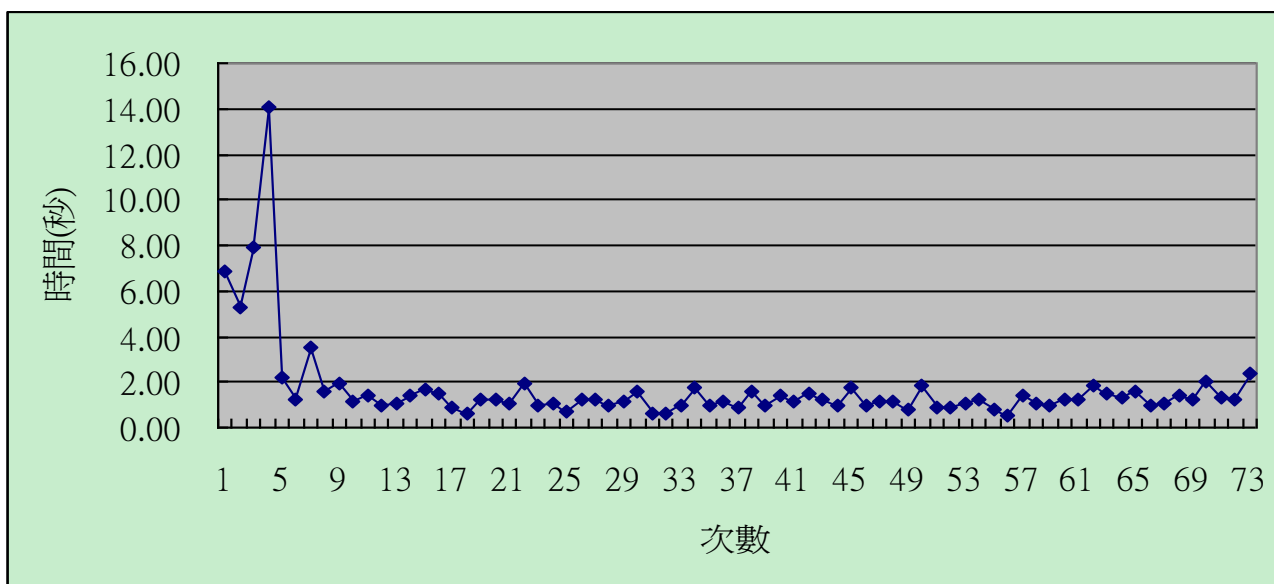


我們發現：噴水管 3 公分時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 2 公分左右持續出水噴發，從表中也可發現前一次噴發時間長下一次噴發間隔時間就會變短，而且噴發次數最少，探討其原因係噴水管較短，所能累積噴發的能量較少，所以噴發一次後所需累積能量的時間較長，因此產生鋸齒狀變化的圖形。

噴水管 6cm    水溫 22°C    噴出高度最高 60 公分    持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.90	5.24	7.87	14.09	2.20	1.21	3.50	1.62	1.91	1.18
累計時間	6.90	12.14	20.01	34.10	36.30	37.51	41.01	42.63	44.54	45.72
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.41	0.97	1.06	1.38	1.68	1.47	0.91	0.59	1.23	1.21
累計時間	47.13	48.10	49.16	50.54	52.22	53.69	54.60	55.19	56.42	57.63
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.08	1.95	0.94	1.06	0.73	1.19	1.20	0.94	1.16	1.56
累計時間	58.71	60.66	61.60	62.66	63.39	64.58	65.78	66.72	67.88	69.44

噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.64	0.64	0.99	1.77	0.97	1.17	0.92	1.55	0.96	1.39
累計時間	70.08	70.72	71.71	73.48	74.45	75.62	76.54	78.09	79.05	80.44
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.15	1.47	1.19	0.96	1.77	0.97	1.17	1.14	0.77	1.87
累計時間	81.59	83.06	84.25	85.21	86.98	87.95	89.12	90.26	91.03	92.90
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	0.92	0.90	1.04	1.24	0.80	0.52	1.40	1.08	0.94	1.24
累計時間	93.82	94.72	95.76	97.00	97.80	98.32	99.72	100.80	101.74	102.98
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.22	1.81	1.53	1.31	1.55	0.93	1.05	1.41	1.22	1.98
累計時間	104.20	106.01	107.54	108.85	110.40	111.33	112.38	113.79	115.01	116.99
噴發次數	71	72	73	平均噴發時間						
間隔時間	1.32	1.27	2.34	1.52						
累計時間	118.31	119.58	121.92							

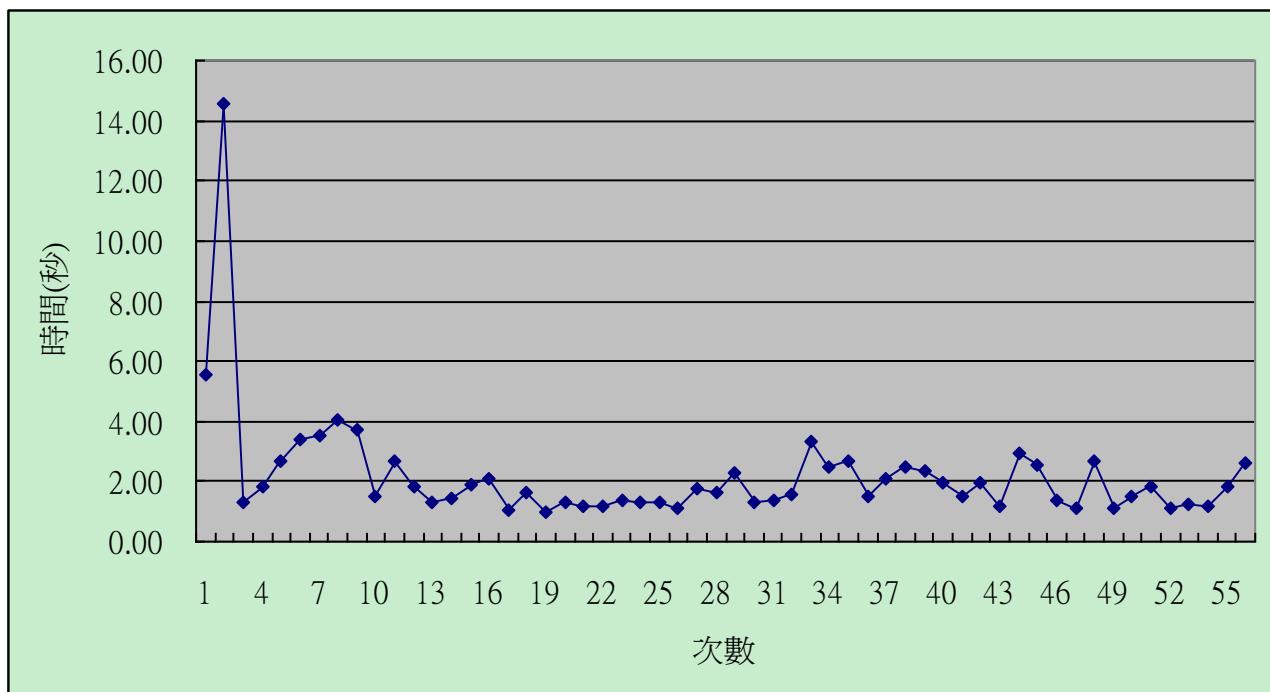


我們發現：噴水管 6 公分時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，除了在第 4 次噴發時間最高達 14 秒左右，第 8 次之後間隔時間都在 2 秒左右作規律性的噴發，噴發次數最多。

噴水管 9cm    水溫 22℃    噴出高度最高 120 公分    10 秒後持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	5.54	14.55	1.31	1.82	2.69	3.42	3.54	4.02	3.72	1.47

累計時間	5.54	20.09	21.40	23.22	25.91	29.33	32.87	36.89	40.61	42.08
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	2.71	1.81	1.33	1.45	1.88	2.06	1.06	1.64	0.95	1.31
累計時間	44.79	46.60	47.93	49.38	51.26	53.32	54.38	56.02	56.97	58.28
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.17	1.20	1.39	1.32	1.32	1.13	1.75	1.66	2.30	1.29
累計時間	59.45	60.65	62.04	63.36	64.68	65.81	67.56	69.22	71.52	72.81
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	1.37	1.57	3.33	2.45	2.65	1.52	2.06	2.45	2.34	1.95
累計時間	74.18	75.75	79.08	81.53	84.18	85.70	87.76	90.21	92.55	94.50
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.48	1.96	1.16	2.97	2.53	1.39	1.12	2.66	1.10	1.52
累計時間	95.98	97.94	99.10	102.07	104.60	105.99	107.11	109.77	110.87	112.39
噴發次數	51	52	53	54	55	56	平均噴發時間			
間隔時間	1.81	1.10	1.22	1.18	1.82	2.58	2.18			
累計時間	114.20	115.30	116.52	117.70	119.52	122.10				



我們發現：噴水管 9 公分時所噴發的高度最高到 120 公分，10 秒之後以 5 公分左右持續出水噴發，除了在第 2 次噴發時間最高達 14 秒左右，第 3 次之後間隔時間都在 4 秒之內作規律性的噴發，噴發次數居第二。

四、銅管圈數對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係？

(一) 操縱變因-銅管圈數

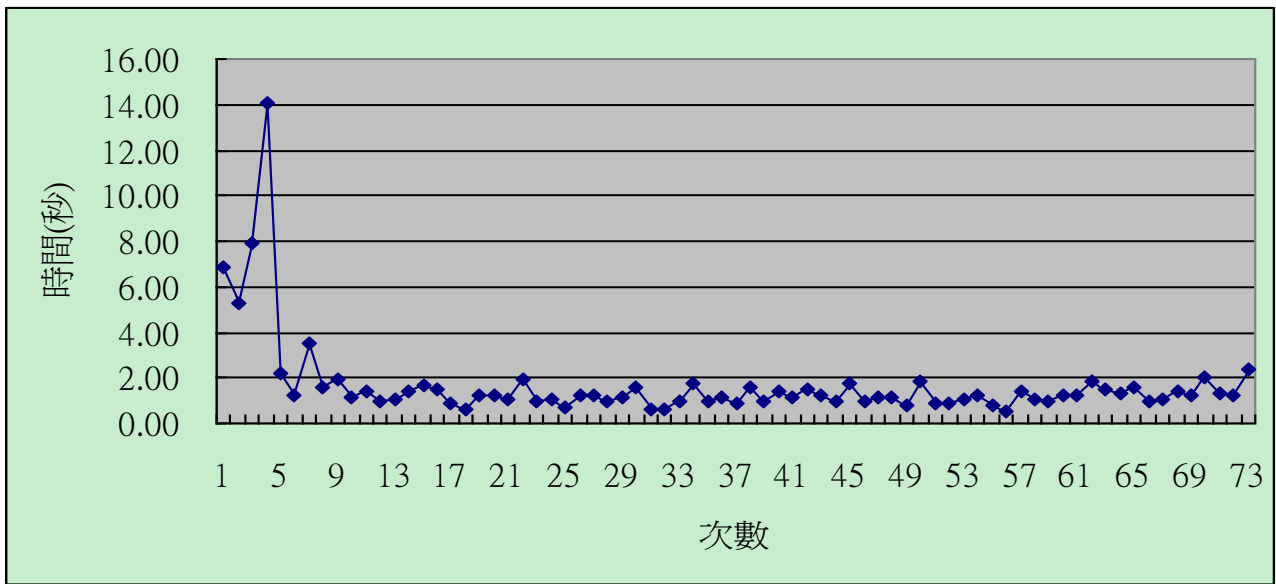
(二) 固定變因-銅管粗細、進水管長度、噴水管長度、熱源大小(酒精量)

(三) 應變變因-噴泉水柱高度、噴發頻率

(四) 實驗結果

噴水管 8 圈      水溫 22°C      噴出高度最高 60 公分      持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.90	5.24	7.87	14.09	2.20	1.21	3.50	1.62	1.91	1.18
累計時間	6.90	12.14	20.01	34.10	36.30	37.51	41.01	42.63	44.54	45.72
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.41	0.97	1.06	1.38	1.68	1.47	0.91	0.59	1.23	1.21
累計時間	47.13	48.10	49.16	50.54	52.22	53.69	54.60	55.19	56.42	57.63
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.08	1.95	0.94	1.06	0.73	1.19	1.20	0.94	1.16	1.56
累計時間	58.71	60.66	61.60	62.66	63.39	64.58	65.78	66.72	67.88	69.44
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.64	0.64	0.99	1.77	0.97	1.17	0.92	1.55	0.96	1.39
累計時間	70.08	70.72	71.71	73.48	74.45	75.62	76.54	78.09	79.05	80.44
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.15	1.47	1.19	0.96	1.77	0.97	1.17	1.14	0.77	1.87
累計時間	81.59	83.06	84.25	85.21	86.98	87.95	89.12	90.26	91.03	92.90
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	0.92	0.90	1.04	1.24	0.80	0.52	1.40	1.08	0.94	1.24
累計時間	93.82	94.72	95.76	97.00	97.80	98.32	99.72	100.80	101.74	102.98
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.22	1.81	1.53	1.31	1.55	0.93	1.05	1.41	1.22	1.98
累計時間	104.20	106.01	107.54	108.85	110.40	111.33	112.38	113.79	115.01	116.99
噴發次數	71	72	73	平均噴發時間						
間隔時間	1.32	1.27	2.34	1.52						
累計時間	118.31	119.58	121.92							

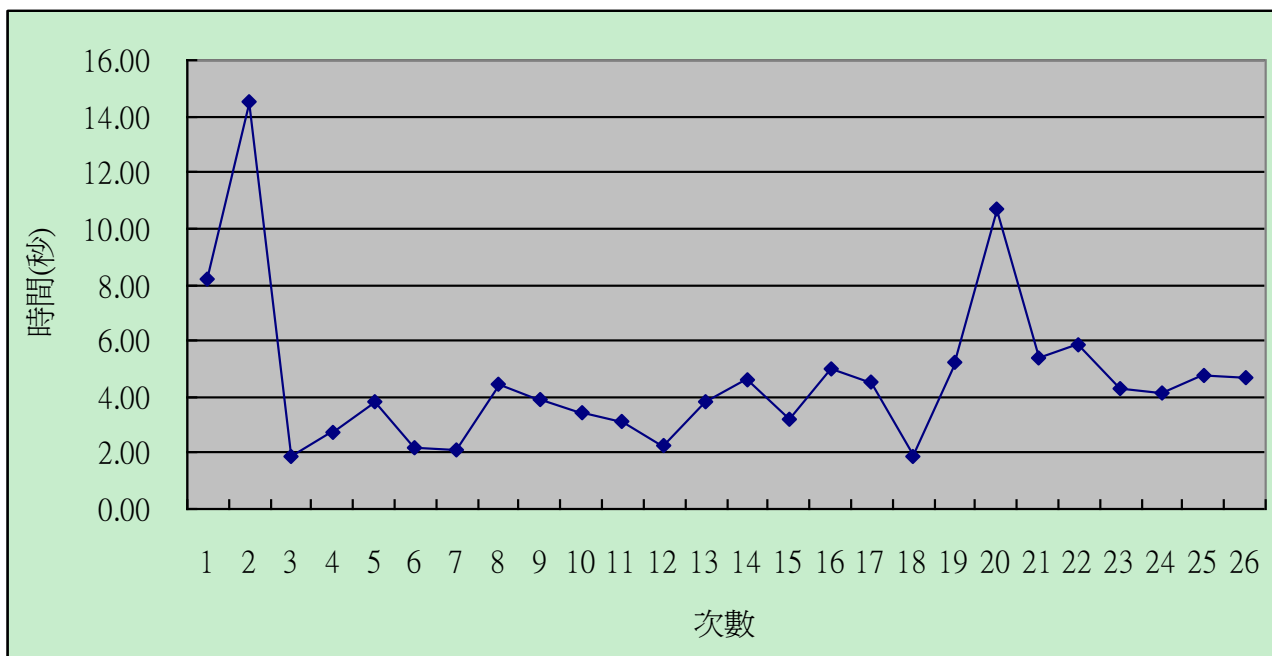


我們發現：圈數 8 圈時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，前 3 次噴發時間最高到 8 秒左右，第 4 次噴發時間花費最長到 14 秒，第 5 次之後間隔時間約在 2 秒左右作規律性的噴發，噴發次數最多。

匝數 12 圈    水溫 22°C    噴出高度最高 210 公分    間斷出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	8.17	14.51	1.86	2.75	3.83	2.15	2.13	4.46	3.93	3.42
累計時間	8.17	22.68	24.54	27.29	31.12	33.27	35.40	39.86	43.79	47.21
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	3.10	2.24	3.86	4.58	3.19	5.01	4.52	1.90	5.25	10.67
累計時間	50.31	52.55	56.41	60.99	64.18	69.19	73.71	75.61	80.86	91.53
噴發次數	21	22	23	24	25	26	平均噴發時間			
間隔時間	5.38	5.87	4.26	4.17	4.75	4.70				
累計時間	96.91	102.78	107.04	111.21	115.96	120.66				

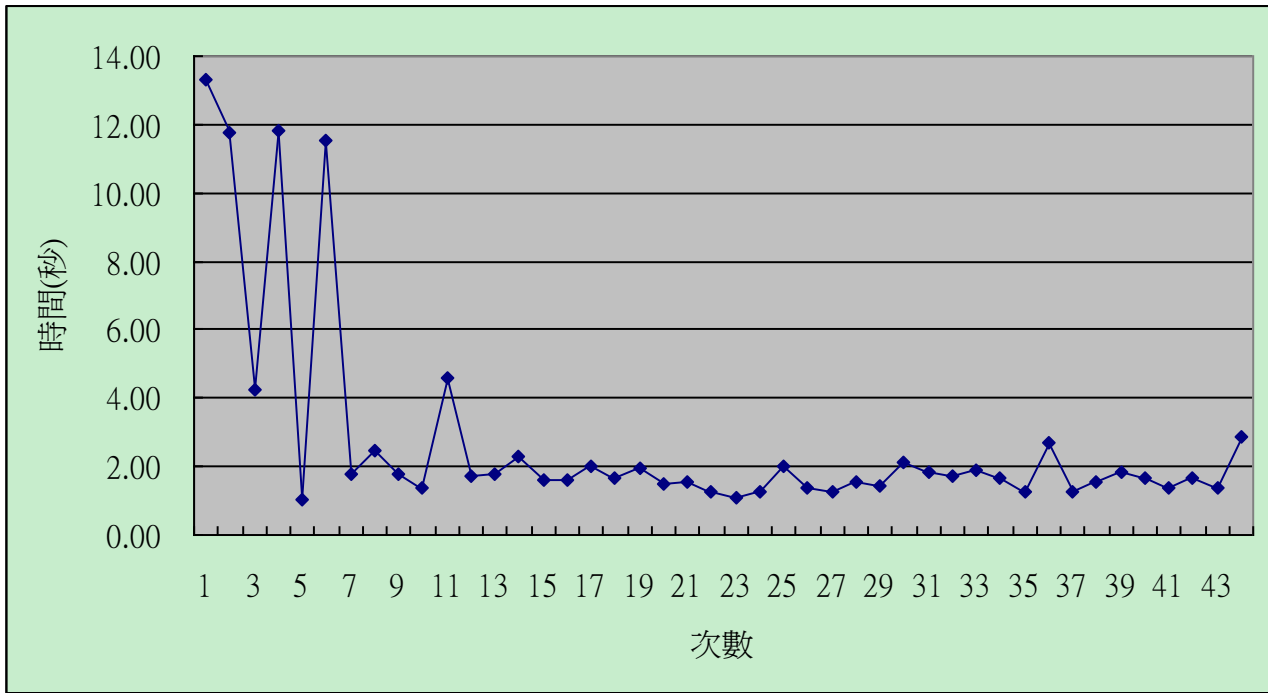




我們發現：圈數 12 圈時所噴發的高度高達 210 公分，之後以 5 公分左右間斷出水噴發，噴發間隔時間較無規律，但整體平均噴發間隔時間最長有 4.64 秒，噴發次數最少。

噴水管 16 圈 水溫 22°C 噴出高度最高 120 公分 較少持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	13.33	11.75	4.23	11.81	1.05	11.51	1.78	2.48	1.78	1.36
累計時間	13.33	25.08	29.31	41.12	42.17	53.68	55.46	57.94	59.72	61.08
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	4.58	1.72	1.76	2.30	1.58	1.60	2.00	1.69	1.94	1.51
累計時間	65.66	67.38	69.14	71.44	73.02	74.62	76.62	78.31	80.25	81.76
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.57	1.29	1.07	1.28	2.02	1.35	1.25	1.54	1.42	2.12
累計時間	83.33	84.62	85.69	86.97	88.99	90.34	91.59	93.13	94.55	96.67
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	1.86	1.71	1.92	1.65	1.28	2.67	1.24	1.55	1.86	1.66
累計時間	98.53	100.24	102.16	103.81	105.09	107.76	109.00	110.55	112.41	114.07
噴發次數	41	42	43	44	平均噴發時間					
間隔時間	1.38	1.66	1.36	2.85						
累計時間	115.45	117.11	118.47	121.32						



我們發現：圈數 16 圈時所噴發的高度 120 公分，之後以 5 公分左右出水噴發，在第 6 次噴發之前噴發時間較不穩定，之後約在 1~4 秒間規律的噴發，噴發次數居第二。

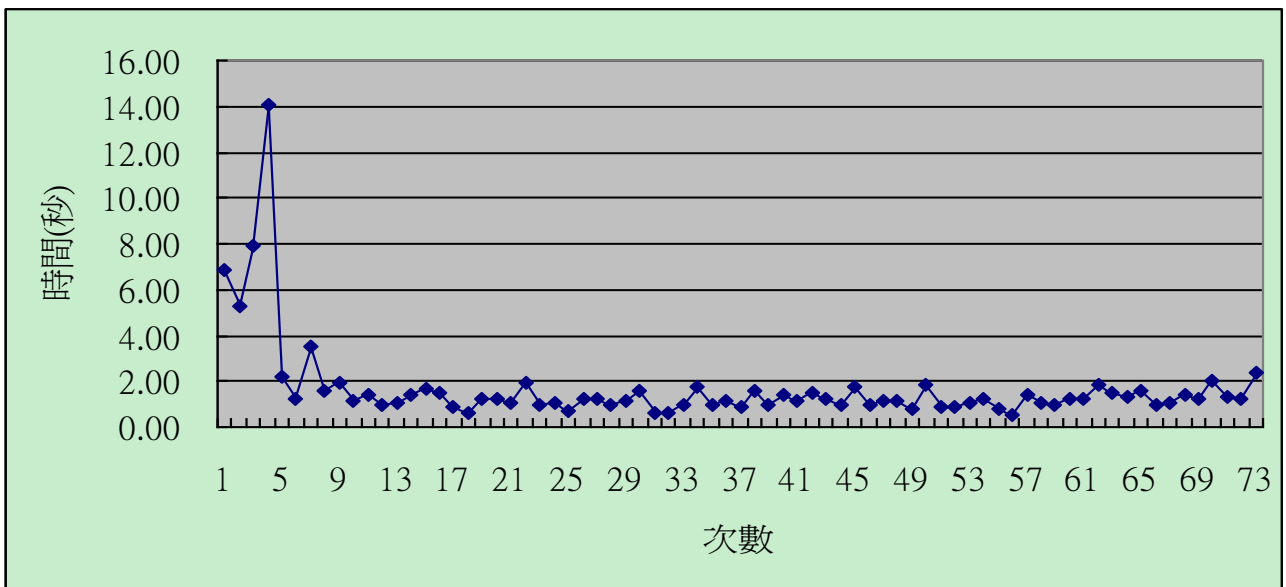
#### 五、空心銅管的粗細對噴泉高度、噴發頻率的關係？

- (一) 操縱變因-空心銅管粗細
- (二) 固定變因-圈數、噴水管的長度、進水管長度、熱源大小(酒精量)
- (三) 應變變因-噴泉水柱高度、噴發頻率
- (四) 實驗結果

細噴水管      水溫 22°C      噴出高度最高 60 公分      持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.90	5.24	7.87	14.09	2.20	1.21	3.50	1.62	1.91	1.18
累計時間	6.90	12.14	20.01	34.10	36.30	37.51	41.01	42.63	44.54	45.72
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.41	0.97	1.06	1.38	1.68	1.47	0.91	0.59	1.23	1.21
累計時間	47.13	48.10	49.16	50.54	52.22	53.69	54.60	55.19	56.42	57.63
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.08	1.95	0.94	1.06	0.73	1.19	1.20	0.94	1.16	1.56
累計時間	58.71	60.66	61.60	62.66	63.39	64.58	65.78	66.72	67.88	69.44
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.64	0.64	0.99	1.77	0.97	1.17	0.92	1.55	0.96	1.39
累計時間	70.08	70.72	71.71	73.48	74.45	75.62	76.54	78.09	79.05	80.44
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.15	1.47	1.19	0.96	1.77	0.97	1.17	1.14	0.77	1.87

累計時間	81.59	83.06	84.25	85.21	86.98	87.95	89.12	90.26	91.03	92.90
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	0.92	0.90	1.04	1.24	0.80	0.52	1.40	1.08	0.94	1.24
累計時間	93.82	94.72	95.76	97.00	97.80	98.32	99.72	100.80	101.74	102.98
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.22	1.81	1.53	1.31	1.55	0.93	1.05	1.41	1.22	1.98
累計時間	104.20	106.01	107.54	108.85	110.40	111.33	112.38	113.79	115.01	116.99
噴發次數	71	72	73	平均噴發時間						
間隔時間	1.32	1.27	2.34	1.52						
累計時間	118.31	119.58	121.92							

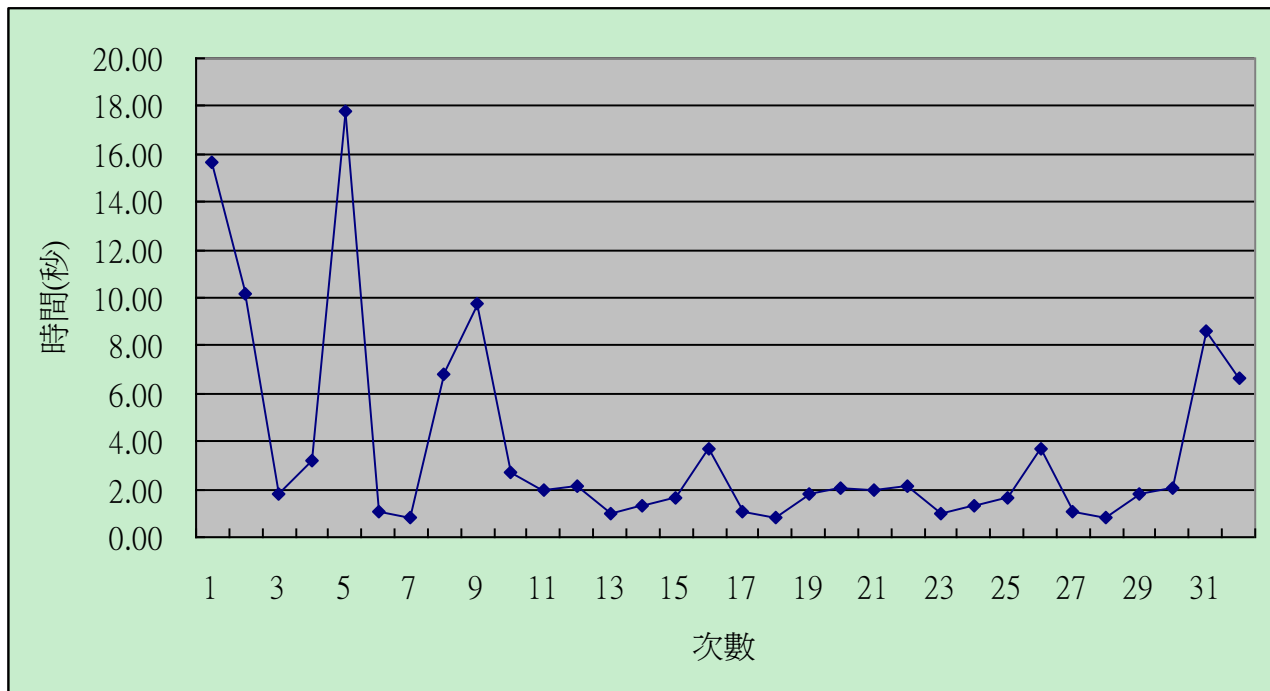


我們發現：細管時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，除了在第 4 次噴發時間最高達 14 秒左右，第 8 次之後間隔時間都在 2 秒左右作規律性的噴發，噴發次數最多。

粗噴水管 水溫 22°C 噴出高度最高 30 公分 持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	15.64	10.14	1.84	3.23	17.80	1.05	0.78	6.78	9.73	2.67
累計時間	15.64	25.78	27.62	30.85	48.65	49.70	50.48	57.26	66.99	69.66
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.93	2.17	0.96	1.32	1.67	3.72	1.10	0.84	1.79	2.07
累計時間	71.59	73.76	74.72	76.04	77.71	81.43	82.53	83.37	85.16	87.23
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.93	2.17	0.96	1.32	1.67	3.72	1.10	0.84	1.79	2.07

累計時間	89.16	91.33	92.29	93.61	95.28	99.00	100.10	100.94	102.73	104.80
噴發次數	31	32	平均噴發時間							
間隔時間	8.60	6.64	3.75							
累計時間	113.40	120.04								



我們發現：粗管時所噴發的高度最高只到 30 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，在第 5 次噴發間隔時間最高達 17 秒左右，整體看來前一次噴發時間若耗費較長，下一次噴發時間就會縮短，噴發次數不到細管的一半。

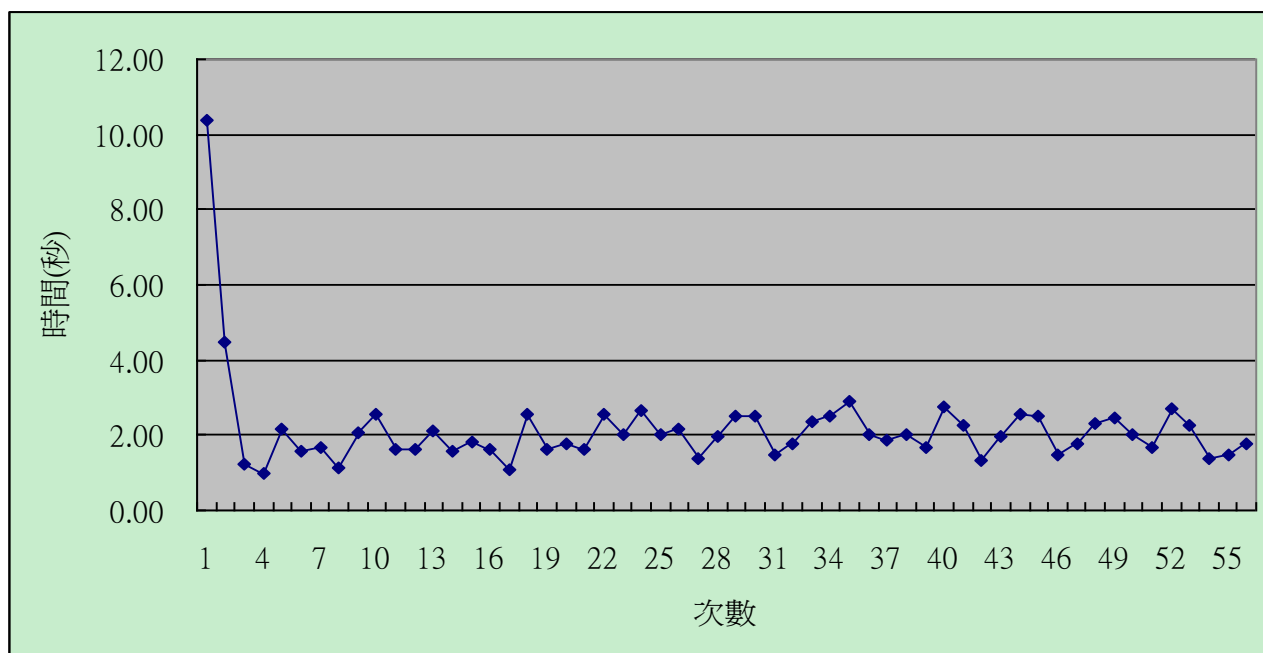
#### 六、水溫的高低對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係？

- (一) 操縱變因- 水溫的高低
- (二) 固定變因-空心銅管粗細、圈數、噴水管的長度、進水管長度、熱源大小(酒精量)
- (三) 應變變因-噴泉水柱高度、噴發頻率
- (四) 實驗結果

噴水管 8 圈    水溫 4°C    噴出高度最高 60 公分    持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	10.38	4.48	1.24	1.00	2.15	1.57	1.67	1.15	2.07	2.56
累計時間	10.38	14.86	16.10	17.10	19.25	20.82	22.49	23.64	25.71	28.27
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.64	1.63	2.10	1.58	1.82	1.62	1.09	2.58	1.61	1.79
累計時間	29.91	31.54	33.64	35.22	37.04	38.66	39.75	42.33	43.94	45.73
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

間隔時間	1.64	2.54	2.01	2.64	2.01	2.18	1.38	1.95	2.49	2.52
累計時間	47.37	49.91	51.92	54.56	56.57	58.75	60.13	62.08	64.57	67.09
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	1.47	1.75	2.36	2.53	2.89	2.04	1.88	2.01	1.69	2.74
累計時間	68.56	70.31	72.67	75.20	78.09	80.13	82.01	84.02	85.71	88.45
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	2.25	1.35	1.97	2.55	2.52	1.48	1.76	2.33	2.48	2.03
累計時間	90.70	92.05	94.02	96.57	99.09	100.57	102.33	104.66	107.14	109.17
噴發次數	51	52	53	54	55	56	平均噴發時間 2.15			
間隔時間	1.65	2.70	2.25	1.37	1.47	1.75				
累計時間	110.82	113.52	115.77	117.14	118.61	120.36				

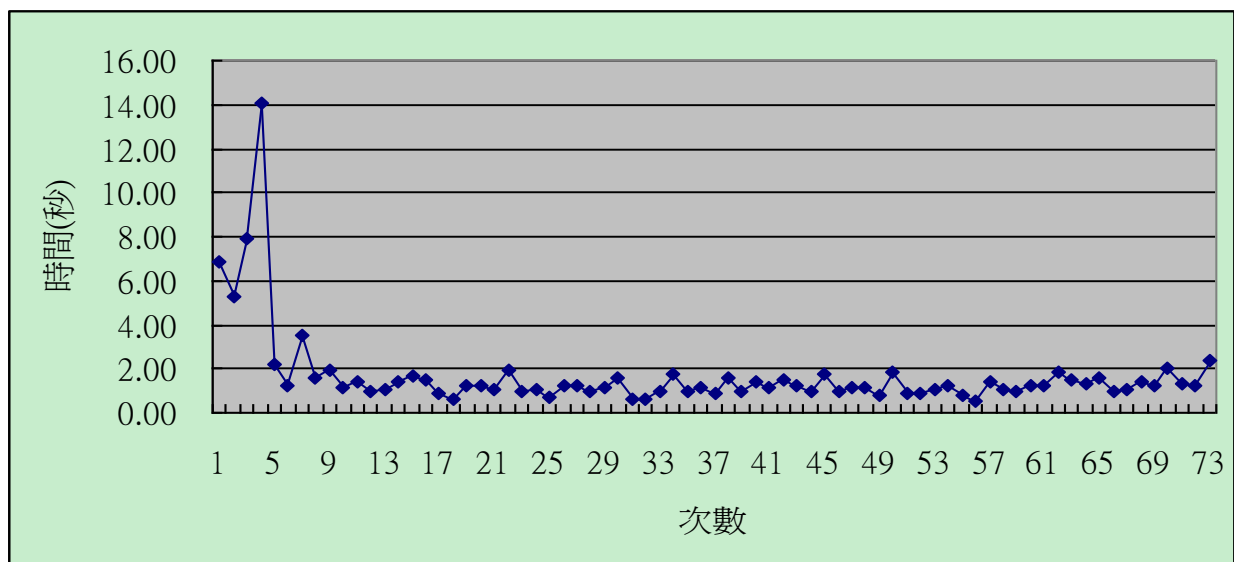


我們發現：水溫溫度在 4°C 時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，在第 5 次之後間隔時間都在 2 秒左右作規律性的噴發，噴發次數第三；因水的密度在 4°C 時最大體積最小，本實驗結果顯示水的密度不會影響噴泉噴發高度。

噴水管 8 圈      水溫 22°C      噴出高度最高 60 公分      持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.90	5.24	7.87	14.09	2.20	1.21	3.50	1.62	1.91	1.18
累計時間	6.90	12.14	20.01	34.10	36.30	37.51	41.01	42.63	44.54	45.72
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	1.41	0.97	1.06	1.38	1.68	1.47	0.91	0.59	1.23	1.21

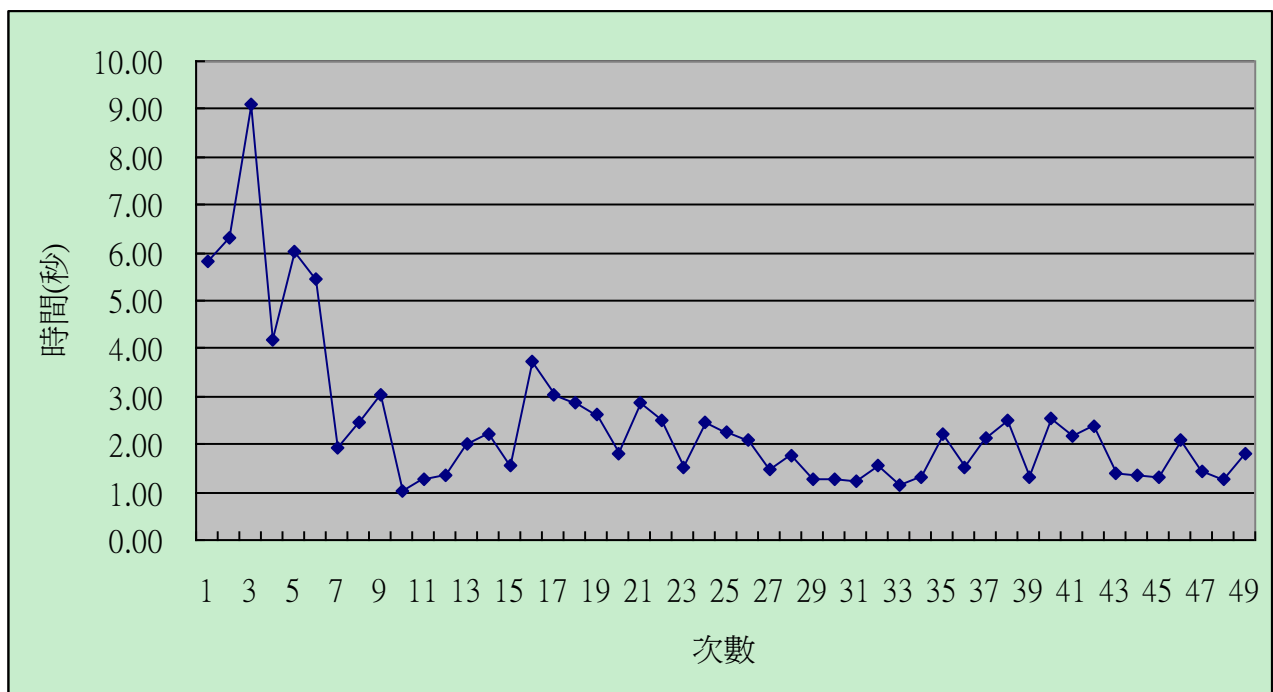
累計時間	47.13	48.10	49.16	50.54	52.22	53.69	54.60	55.19	56.42	57.63
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.08	1.95	0.94	1.06	0.73	1.19	1.20	0.94	1.16	1.56
累計時間	58.71	60.66	61.60	62.66	63.39	64.58	65.78	66.72	67.88	69.44
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	0.64	0.64	0.99	1.77	0.97	1.17	0.92	1.55	0.96	1.39
累計時間	70.08	70.72	71.71	73.48	74.45	75.62	76.54	78.09	79.05	80.44
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	1.15	1.47	1.19	0.96	1.77	0.97	1.17	1.14	0.77	1.87
累計時間	81.59	83.06	84.25	85.21	86.98	87.95	89.12	90.26	91.03	92.90
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	0.92	0.90	1.04	1.24	0.80	0.52	1.40	1.08	0.94	1.24
累計時間	93.82	94.72	95.76	97.00	97.80	98.32	99.72	100.80	101.74	102.98
噴發次數	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
間隔時間	1.22	1.81	1.53	1.31	1.55	0.93	1.05	1.41	1.22	1.98
累計時間	104.20	106.01	107.54	108.85	110.40	111.33	112.38	113.79	115.01	116.99
噴發次數	71	72	73	平均噴發時間						
間隔時間	1.32	1.27	2.34	1.52						
累計時間	118.31	119.58	121.92							



我們發現：水溫溫度在 22°C 時所噴發的高度最高到 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，除了在第 4 次噴發時間最高達 14 秒左右，第 8 次之後間隔時間都在 2 秒左右作規律性的噴發，噴發次數最多。

噴水管 8 圈 水溫 42°C 噴出高度最高 100 公分 持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
間隔時間	5.82	6.32	9.08	4.18	6.04	5.47	1.93	2.47	3.04	1.01	
累計時間	5.82	12.14	21.22	25.40	31.44	36.91	38.84	41.31	44.35	45.36	
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
間隔時間	1.29	1.37	2.01	2.23	1.57	3.73	3.02	2.86	2.61	1.82	
累計時間	46.65	48.02	50.03	52.26	53.83	57.56	60.58	63.44	66.05	67.87	
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
間隔時間	2.85	2.51	1.51	2.45	2.24	2.11	1.49	1.75	1.28	1.26	
累計時間	70.72	73.23	74.74	77.19	79.43	81.54	83.03	84.78	86.06	87.32	
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
間隔時間	1.25	1.55	1.16	1.33	2.22	1.51	2.15	2.48	1.32	2.55	
累計時間	88.57	90.12	91.28	92.61	94.83	96.34	98.49	100.97	102.29	104.84	
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	平均噴發時間	
間隔時間	2.17	2.36	1.40	1.34	1.32	2.08	1.44	1.29	1.80		2.45
累計時間	107.01	109.37	110.77	112.11	113.43	115.51	116.95	118.24	120.04		



我們發現：水溫溫度在 42°C 時所噴發的高度最高為 100 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，除了在第 3 次噴發時間最高達秒左右，之後則呈現約 2 秒左右之規律性噴發，噴發次數最少。

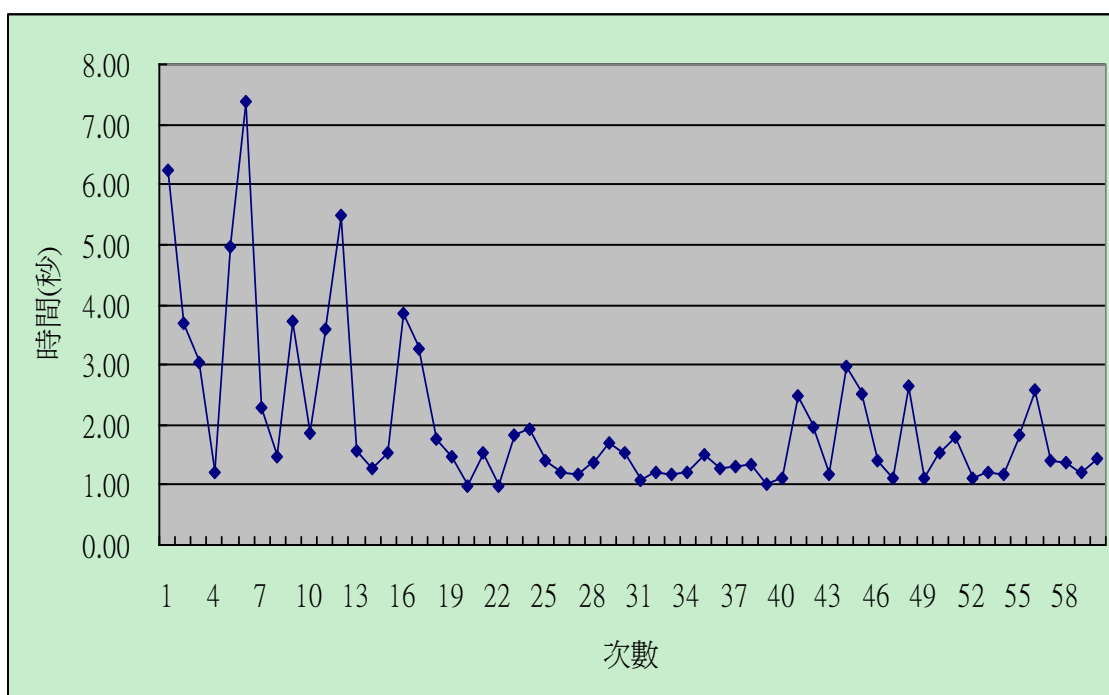
噴水管 8 圈

水溫 65°C

噴出高度最高 60 公分

持續出水 5 公分

噴發次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
間隔時間	6.23	3.70	3.05	1.21	4.95	7.39	2.30	1.47	3.72	1.85
累計時間	6.23	9.93	12.98	14.19	19.14	26.53	28.83	30.30	34.02	35.87
噴發次數	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
間隔時間	3.60	5.49	1.56	1.26	1.52	3.84	3.27	1.76	1.46	0.99
累計時間	39.47	44.96	46.52	47.78	49.30	53.14	56.41	58.17	59.63	60.62
噴發次數	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
間隔時間	1.55	0.97	1.83	1.93	1.39	1.20	1.17	1.37	1.70	1.54
累計時間	62.17	63.14	64.97	66.90	68.29	69.49	70.66	72.03	73.73	75.27
噴發次數	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
間隔時間	1.07	1.20	1.18	1.22	1.50	1.27	1.29	1.33	1.02	1.10
累計時間	76.34	77.54	78.72	79.94	81.44	82.71	84.00	85.33	86.35	87.45
噴發次數	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
間隔時間	2.48	1.96	1.16	2.97	2.53	1.39	1.12	2.66	1.10	1.52
累計時間	89.93	91.89	93.05	96.02	98.55	99.94	101.06	103.72	104.82	106.34
噴發次數	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
間隔時間	1.81	1.10	1.22	1.18	1.82	2.58	1.39	1.38	1.21	1.43
累計時間	108.15	109.25	110.47	111.65	113.47	116.05	117.44	118.82	120.03	121.46
平均噴發時間										
2.02										

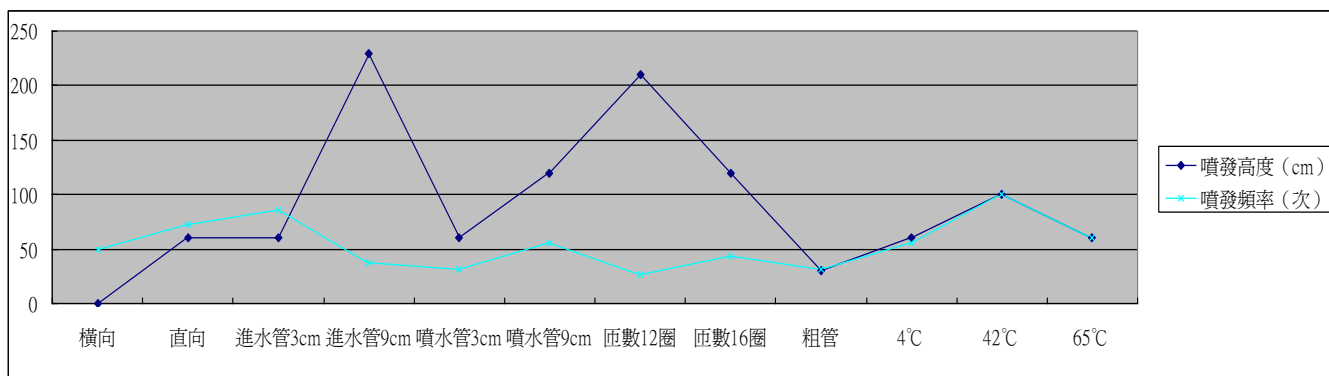




我們發現：水溫溫度在 65°C 時所噴發的高度最高亦為 60 公分，之後以 5 公分左右持續出水噴發，除了在第 6 次噴發時間最高達 7 秒左右，之後則呈現約 2-3 秒左右之較不規律性的噴發，噴發次數次之。

### 七、噴泉水柱高度與噴發頻率的關係

	橫向	直向 (標準組)	進水管 3cm	進水管 9cm	噴水管 3cm	噴水管 9cm	匝數 12 圈	匝數 16 圈	粗管	4°C	42°C	65°C
噴發 最高 高度 (cm)	35-	60	60	230	60	120	210	120	30	60	100	60
噴發 頻率 (次)	50	73	86	38	31	56	26	44	32	56	100	60



## 陸、討論

### 一、進水管的長短對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係

由實驗結果得知進水管長度越長，有利於噴發水柱之高度且噴發的時間較長，而進水管長度越短，則有利於噴發頻率；即進水管的管長愈長時，管中的水量較多，對於相同的熱源而言，提高溫度所需的時間也較長，自然就延長了噴發的時間。

### 二、噴水管的長短對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係

噴水管長度越長，有利於噴發水柱之高度且噴發的頻率較高，而噴水管長度越短，則不利於噴發高度及噴發頻率，探討其原因係噴水管較短，所能累積噴發的能量較少，所以噴發一次後所需累積能量的時間較長，因而影響噴發頻率及噴發高度。

### 三、銅管圈數對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係

由實驗結果得知空心銅管匝數 12 圈時噴發水柱高度最高，其次是 16 圈，最低是 8 圈，可證實銅管圈數越多越有利於噴泉水柱高度，但影響噴泉高度有一定之圈數，未必越多圈越好，即如同地面下細長的孔道如果太長，反而會影響噴泉噴發的高度。

另外，也因銅管匝數越多，其銅管受熱也較慢或較不平均，因此要達到累積噴發

的能量時間較長，因而影響噴發頻率及噴發高度。

#### 四、空心銅管的粗細對噴泉高度、噴發頻率的關係

空心銅管越粗，將會影響噴泉高度及噴發頻率，越粗則噴泉高度及噴發頻率均會下降，即銅管愈粗的管子，在實驗的結果測得其噴發之頻率較低，故藉此推估當管徑漸粗時，其噴發頻率亦會隨之降低，而只產生出“噴泉”的效果，相較之下，管徑較小的銅管，延長噴發的週期，而有穩定間歇泉噴發運作的功能。

#### 五、水溫的高低對噴泉水柱高度、噴發頻率的關係

水溫高低對噴發高度的影響不大，但水溫高低會影響噴發頻率，其較高或較低溫之噴發頻率均會較一般常溫下低，探討其原因為噴泉噴發後，立即獲得補充水量，然因水的溫度高低而產生溫度差的關係，故影響噴發的頻率。

六、由實驗結果得知，蒸氣動力噴泉噴發的原因，係因銅管內的水不斷受熱，因而於銅管內產生水蒸氣（汽化），且水加熱變成氣體後體積會逐漸膨脹，使銅管內的壓力慢慢變大，然因寶特瓶內水中的空氣壓力較小，故水會往上衝，因而形成單循環方式不斷的往上噴發，然而因銅管長度、銅管粗細、銅管匝數及水溫等不同的條件下，所以噴發的高度與頻率大多不一樣。

七、另外，蒸氣動力噴泉的噴發高度與其銅管內所受的壓力是有直接相關的，且本實驗結果發現，噴泉噴發的方向是一致的，而非無方向性的亂噴，因此於實驗的時候並不會有太多的廢水產生，亦可利用容器將噴發出來的水接住，以達到廢水回收利用之效。

## 柒、結論

一、地殼下的火成岩溫度可高達  $1000^{\circ}\text{C}$ ，使地球成爲一個巨大的熱能貯存庫，正如實驗中酒精加熱器的功能，除非在間歇泉區出現水源短缺而使地下水源乾涸，否則間歇泉應該是個不會消失的。

二、間歇泉形成的主要條件有下列各點：(1)穩定的熱源(2)細長的孔道(3)豐沛的地下水。而孔道的長度及寬度也會影響間歇泉的噴發的頻率，使得在不同的環境條件下，我們所見の間歇泉雖然原理大同小異，但噴發的情形卻也不盡相同，噴發頻率大多也不一樣。

三、由本次實驗結果得知進水管長度越長、噴水管長度越短的條件下，噴發水柱高度最高。其次空心銅管匝數 12 圈時噴發水柱高度最高，其次是 16 圈，最低是 8 圈；而較粗之空心管所噴發水柱高度最低。進水口越短噴發發頻率越高，反之噴水口越短噴發頻率越低。空心銅管越粗，噴發的頻率越低；空心銅管匝數越多，噴發的頻率越低。水溫高低會影響噴發頻率。

四、隨著人類生活的提高與工業技術的進步與發展，以致於能源需求正急速增加，就現階段使用的地下燃料而言，與金屬資源一樣，其蘊藏量是有限的，但由於地熱發電不消耗燃料，設備系統比火力發電簡單，成本低，又是爲一非常潔淨之再生能源，故目前世界各國都在加速地熱的開發，尤其台灣處於太平洋大陸板塊交接處，有多處地方富含天然溫泉，若能善加利用，則不失爲一項具環保概念的能源來源。我們相信，有效使用周遭環境中所蘊藏的的再生能源，是防止溫室效應與應付能源危機的重要解決方

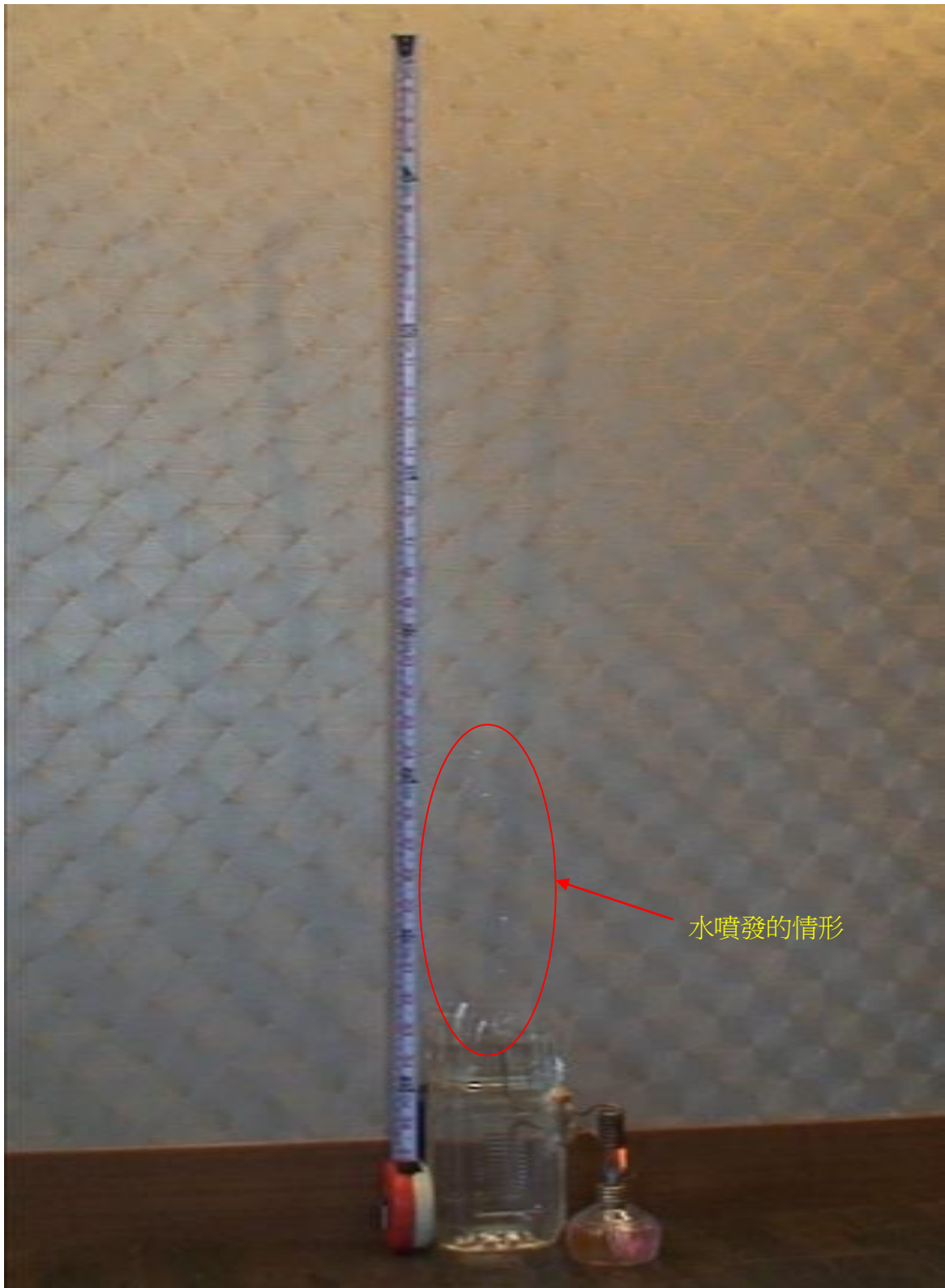
案，地熱若能好好的開發利用，則地球的能源將不會有匱乏的一天。

五、伴隨著地球暖化、氣候變遷，人們對於節能減碳的環保意識日漸抬頭，環保運動已爲了地球公民的共同責任！所以透過製作本環保噴泉知過程，培養學生節能減碳之知識，更可增進學生如何有效使用能源之能力，灌輸學生能源有限之憂患意識以及培養學生愛護能源之態度與習慣，一方面可響應政府政策，一方面學校也能推廣學生重視環境生態，讓孩子能把知識落實到生活，成爲一種生活方式，變成理念的實踐者，並希望能將「節能減碳」的理念從學校走進家庭再影響居住的社區，讓這地球可以永續運轉下去。

## 捌、參考資料及其他

- 一、自然與生活科技第七冊 南一出版社
- 二、維基百科 黃石國家公園 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/>
- 三、康軒自然課本、五下、第3單元：熱的傳播與保溫。
- 四、康軒國語第十一冊、第十課：老忠實噴泉
- 五、實驗照片





## **【評語】 080101**

- 1.配合地方特殊景觀進行實驗設計，取材正確，建議文本撰寫調整。
- 2.各變因的樣本可以再增加些。
- 3.可以考慮將變因的圖表整合。