

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組地球科學科

040501

國立花蓮高級中學

指導老師姓名

陳麗妃

作者姓名

梁弘逸

蔡孟穎

譚泳丞

第四十四屆中小學科學展覽  
作品說明書

科 別： 地球科學

組 別： 高中組

作品名稱： 泥火山的研究與探討

關 鍵 詞： 泥火山

編 號：

## 壹. 摘要

台灣有許多泥火山，雖然各地的噴發泥黏度不同，而造成外貌的差異，但其噴發原理是一樣的。因泥火山的價值主要在於景觀及教育方面，其吸引力往往取決於噴發規模。

本實驗以自製岩板作為地表岩層，以幫浦加壓讓模型有像真實般的高壓氣體壓力，再用 U 形管內裝 Hg 測量其壓力，藉此探討影響泥火山噴發規模的原因。

經由我們設計的實驗，得到以下結論：

- 一. 噴發規模不是單純直接受熱效應影響的，壓力對於噴發的影響較直接受熱大。
- 二. 由模擬實驗可知當泥漿上湧時，裂隙面積越大、上覆岩板越厚、底泥厚度越厚、黏稠度越高、含砂量增多時，噴發所需的壓力越大。所以在有泥岩及充分地下水及適當的通道下，有無良好的儲氣構造生成高壓氣體，是造成泥火山噴發的關鍵。台灣東部泥火山噴發不若西南部壯觀，由此可見。
- 三. 由模擬實驗得知，噴發量會隨上覆岩板厚度增加而增加，但是隨泥漿含砂量增多、裂隙面積增大及底泥層厚度增加而減少，所以在泥火山景觀區，切勿濫開鑿，以免噴發規模減小。

## 貳. 實驗動機

由於花蓮的富里有泥火山，再加上準備參加實驗能力競賽讀到了不少有關泥火山的資料，更加深了我們對泥火山的興趣，因而進一步藉由模擬實驗來探討影響泥火山噴發規模的變因。

## 參. 研究目的

經由我們設計的模型，探討泥火山的噴發規模的原因。

## 肆. 研究設備與器材

—

- (一) 寶特瓶 600ml.2000ml 各一
- (二) 橡皮管 X3
- (三) 橡皮塞 X3
- (四) 玻璃管 X6
- (五) 三腳架 X2
- (六) 支架 X2
- (七) 自製岩板(利用砂土.白膠.水混合攪拌後，放入烘乾而成。重量約 400g 長 11.5cm、寬 7.0cm)
- (八) 幫浦 X1
- (九) A4 紙 X1

- (十) 白膠 X2
- (十一) 泥土數升
- (十二) 陶土
- (十三) 矽力康 X1
- (十四) 電子秤
- (十五) 烘箱
- (十六) 塑膠盆 X2
- (十七) 麵粉 X3

## 伍. 研究過程與方法

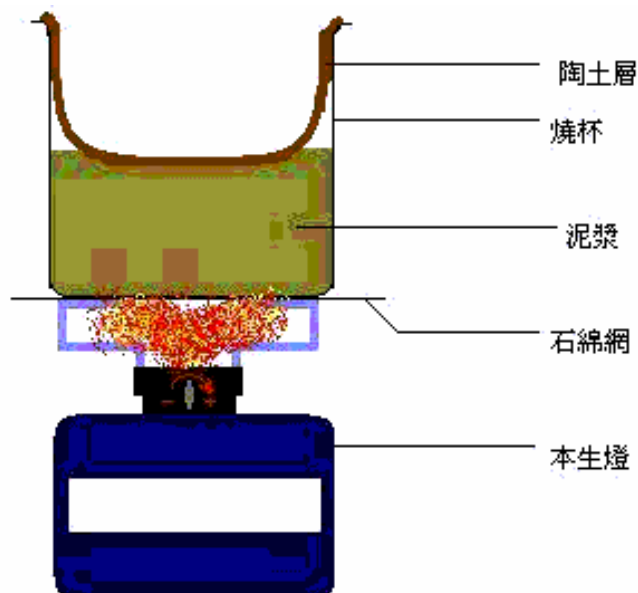
### 一. 設計原理

- (一) 自製岩板：用來模擬表面緻密地質構造。
- (二) 幫浦：提供壓力來源。
- (三) U 型管：測量壓力並比較壓力與噴發的關係。

### 二. 裝置設計流程

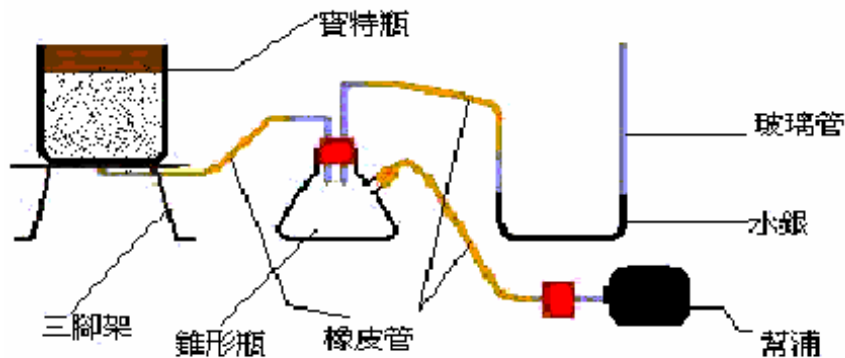
- (一) 原始設計：先以本生燈加熱促使泥漿沸騰而噴發。

結果：一開始時，我們以為是熱促使泥火山噴發，但是經過實驗，以及更深入的去探討，我們發現影響泥火山噴發的因素，壓力比熱更有影響力。



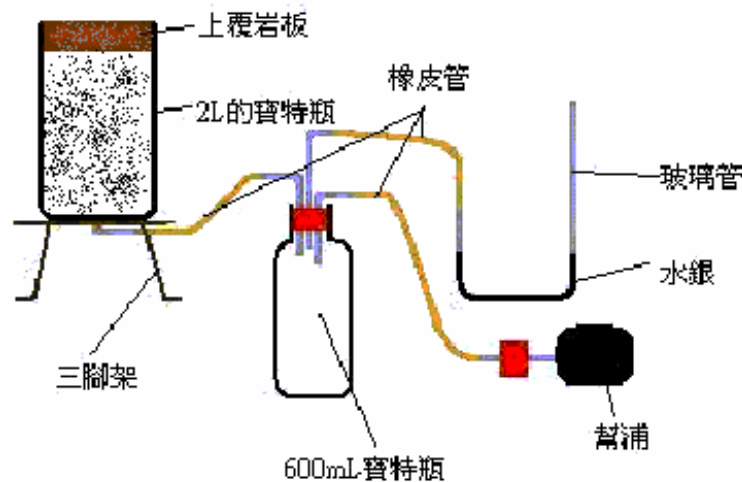
(二) 二版設計：直接以幫浦加壓接在泥漿下，使泥漿直接噴發。

結果：發現泥漿會延著玻璃管順流而下，會造成堵塞，且無在泥漿上的緻密地質構造，更發現用錐形瓶加壓有爆破危險！



(三) 三版設計：將泥漿與緻密地質構造放入同一寶特瓶，並將連接其下的橡皮管拉高，並加入測量壓力的裝置，更把錐形瓶改成寶特瓶減低爆破危險性。因為瓶口與上覆泥板不能完全密合，因此我們利用矽力康在旁做盤形狀，矽力康雖軟但緻密，且具塑型，但還是無法達到零空隙，我們再用陶土填充以求完全緻密。

結果：和實際的情況更為符合且便於進行測量。



### 三. 實驗流程

(一) 實驗一：研究壓力與泥漿噴發量的關係

1. 控制變因：泥水比例、孔的直徑(0.5cm)、上覆岩板孔數、上覆岩板厚度、底泥層厚度
2. 操縱變因：壓力大小
3. 應變變因：泥漿噴發量

(二) 實驗二：研究上覆岩板孔數與壓力的關係

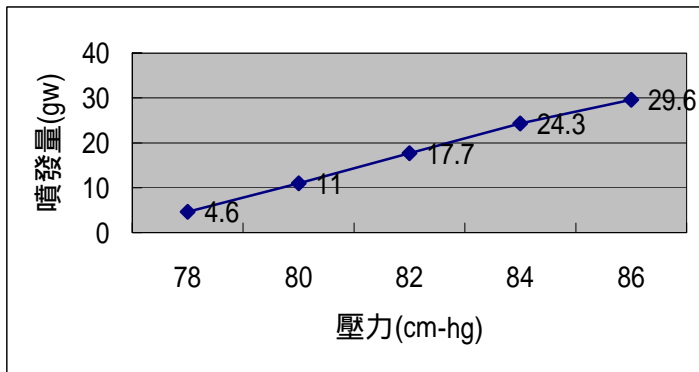
1. 控制變因：上覆岩板厚度、泥水比例、底泥層厚度、孔的直徑(0.5cm)
2. 操縱變因：孔數
3. 應變變因：壓力

- (三) 實驗三：研究上覆岩板孔數與泥漿噴發量的關係
1. 控制變因：泥水比例、孔的直徑(0.5cm)、壓力大小、上覆岩板厚度、底泥層厚度
  2. 操縱變因：孔數
  3. 應變變因：泥漿噴發量
- (四) 實驗四：研究上覆岩板厚度與壓力的關係
1. 控制變因：泥水比例、底泥層厚度、孔的直徑 (0.5cm)、上覆岩板孔數
  2. 操縱變因：上覆岩板厚度
  3. 應變變因：壓力
- (五) 實驗五：研究上覆岩板厚度與噴發量的關係
1. 控制變因：泥水比例、孔的直徑(0.5cm)、泥板孔數、底泥層厚度、壓力大小
  2. 操縱變因：上覆岩板厚度
  3. 應變變因：泥漿噴發量
- (六) 實驗六：研究泥砂比例與壓力的關係
1. 控制變因：泥水比例、孔的直徑(0.5cm)、上覆岩板孔數、底泥層厚度、上覆岩板厚度
  2. 操縱變因：泥砂比例
  3. 應變變因：壓力
- (七) 實驗七：研究泥砂比例與噴發量的關係
1. 控制變因：泥水比例、孔的直徑(0.5cm)、上覆岩板孔數、底泥層厚度、上覆岩板厚度、壓力大小
  2. 操縱變因：泥砂比例
  3. 應變變因：泥漿噴發量
- (八) 實驗八：研究泥水比例與壓力的關係
1. 控制變因：孔的直徑(0.5cm)、上覆岩板孔數、上覆岩板厚度、泥水總體積
  2. 操縱變因：泥水比例
  3. 應變變因：壓力
- (九) 實驗九：研究泥水比例與噴發量的關係
1. 控制變因：孔的直徑(0.5cm)、上覆岩板孔數、上覆岩板厚度、壓力大小、泥水總體積
  2. 操縱變因：泥水比例
  3. 應變變因：泥漿噴發量
- (十) 實驗十：研究黏稠度與壓力的關係
- 因實驗七和實驗八會造成泥水分層，無法測出黏稠度，故我們利用改變麵粉克數的不同與 1700ml 水混合，來測黏稠度與壓力的關係
1. 控制變因：泥水比例、孔的直徑(0.5cm)、上覆岩板孔數、上覆岩板厚度
  2. 操縱變因：黏稠度
  3. 應變變因：壓力

## 陸.研究結果

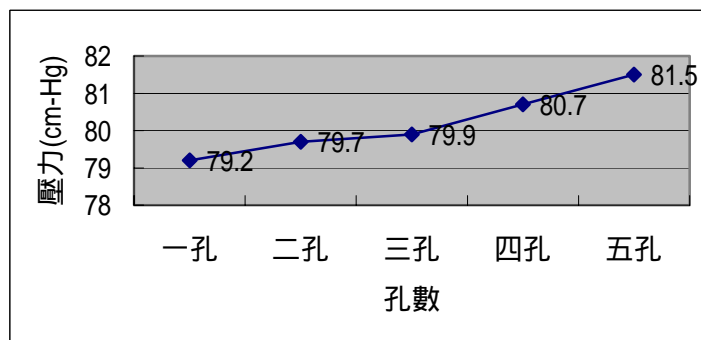
### 一. 實驗一：研究壓力與泥漿噴發量的關係

壓力 \ 次	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
78cm-hg	4.4	4.7	4.2	5.0	4.8	4.6
80cm-hg	10.2	11.1	9.7	12.3	11.9	11.0
82cm-hg	17.6	19.2	16.3	17.4	18.1	17.7
84cm-hg	23.1	24.2	25.1	24.7	24.2	24.3
86cm-hg	29.2	30.1	28.8	29.4	30.5	29.6



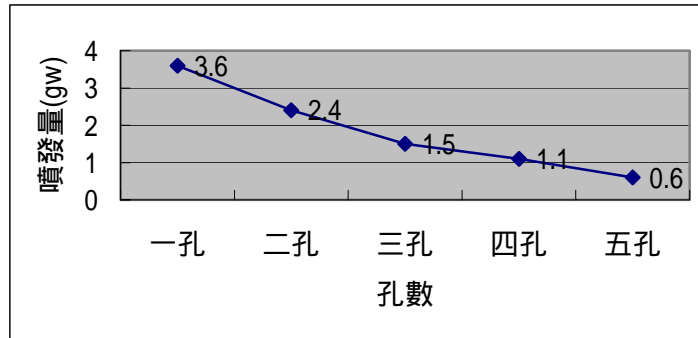
### 二. 實驗二：研究上覆岩板孔數與壓力的關係

孔 \ 次	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
一孔	79.7	79.1	79.3	79.5	78.9	78.9	79.2
二孔	79.9	79.8	79.5	79.4	79.7	79.6	79.7
三孔	80.3	79.3	80.3	79.3	80.1	80.3	79.9
四孔	80.7	80.9	80.5	80.7	81.1	80.5	80.7
五孔	81.5	81.5	81.3	81.7	81.1	81.7	81.5



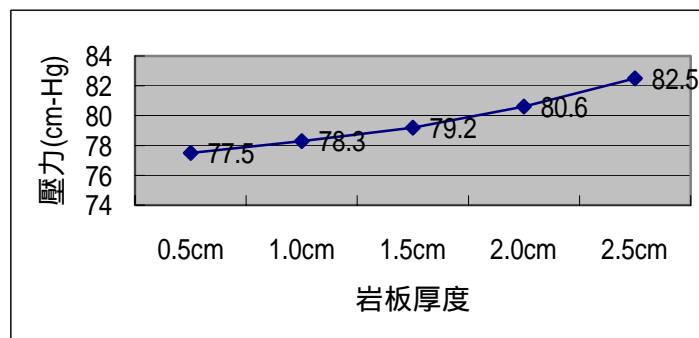
### 三.實驗三：研究上覆岩板孔數與泥漿噴發量的關係

孔次	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
一孔	3.31	4.48	3.09	3.60	3.70	3.23	3.6
二孔	2.40	2.76	2.63	2.01	2.37	2.43	2.4
三孔	1.34	1.50	1.80	1.47	1.33	1.47	1.5
四孔	1.07	1.23	1.26	1.33	0.84	0.97	1.1
五孔	0.56	0.63	0.65	0.60	0.54	0.68	0.6



### 四.實驗四：研究上覆岩板厚度與壓力的關係

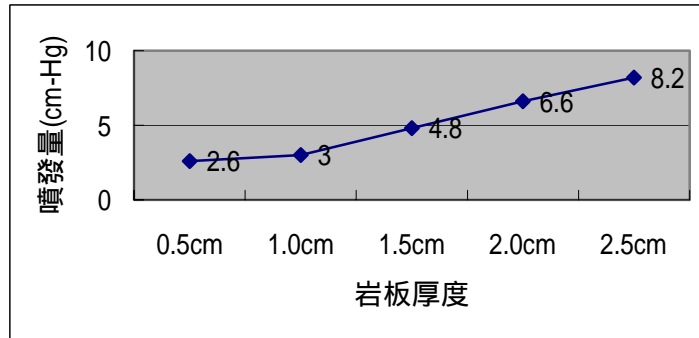
厚度次	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
0.5cm	77.5	77.5	77.5	77.6	77.4	77.5	77.5
1.0cm	78.1	77.9	78.5	78.7	78.3	78.5	78.3
1.5cm	79.7	79.1	79.3	79.5	78.9	78.9	79.2
2.0cm	80.1	80.7	80.9	80.5	80.3	80.9	80.6
2.5cm	81.9	82.9	82.3	82.8	83.0	82.1	82.5





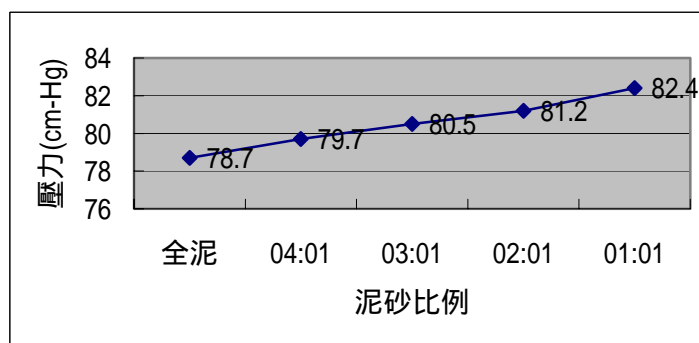
五.實驗五：上覆岩板厚度與噴發量的關係

厚度 \ 次	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
0.5cm	3.1	2.23	2.64	2.57	2.83	2.49	2.6
1.0cm	3.08	2.97	3.22	2.85	3.13	2.94	3.0
1.5cm	5.62	4.48	5.07	4.97	5.31	3.21	4.8
2.0cm	6.85	8.01	5.73	7.42	6.35	5.44	6.6
2.5cm	8.34	9.77	8.32	8.47	7.55	6.89	8.2



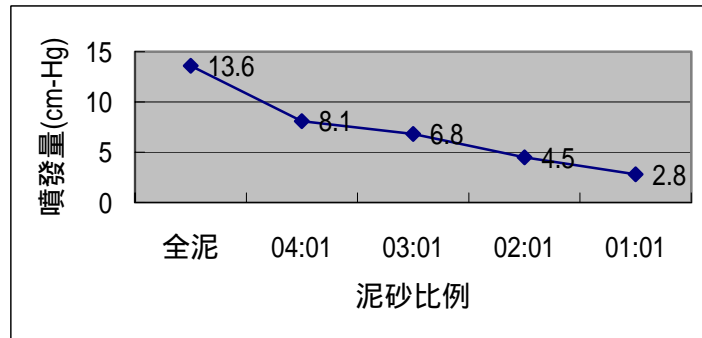
六.實驗六：研究泥砂比例與壓力的關係

沙泥比例 \ 次	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
全泥	78.9	78.5	78.9	78.7	78.5	78.7	78.7
4/5 泥 & 1/5 沙	80.1	79.9	79.3	79.0	79.9	80.1	79.7
3/4 泥 & 1/4 沙	80.5	80.9	80.5	80.3	80.7	80.3	80.5
2/3 泥 & 1/3 沙	80.7	81.3	81.3	81.7	81.5	80.9	81.2
1/2 泥 & 1/2 沙	82.3	82.5	82.3	82.5	82.7	82.3	82.4



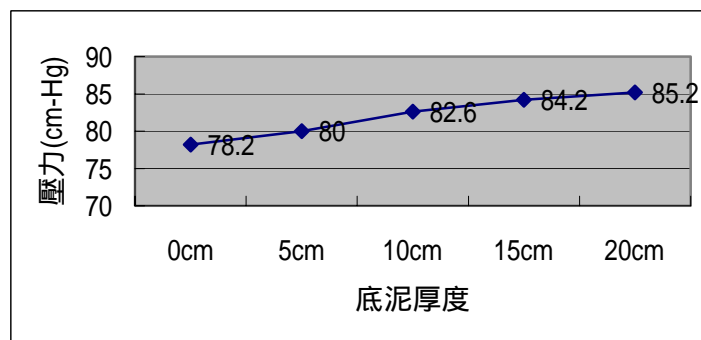
七.實驗七：研究泥砂比例與噴發量的關係

次 沙泥比例	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
全泥	12.31	13.65	14.85	13.28	14.52	12.88	13.6
4/5 泥 & 1/5 沙	7.76	8.41	8.64	8.02	7.89	8.16	8.1
3/4 泥 & 1/4 沙	7.03	6.45	7.24	6.84	6.87	6.62	6.8
2/3 泥 & 1/3 沙	4.06	5.26	4.86	4.61	3.52	4.51	4.5
1/2 泥 & 1/2 沙	3.06	2.86	2.43	3.24	2.69	2.45	2.8



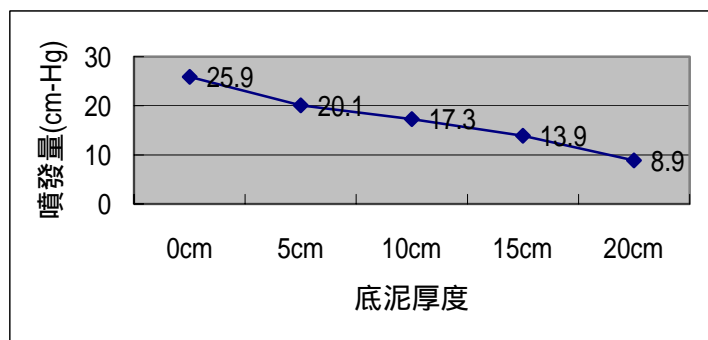
八.實驗八：研究底泥厚度與壓力的關係

次 底泥厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
0cm	78.7	78.7	78.3	77.9	77.9	78.1	78.2
5cm	80.3	79.9	80.1	80.3	79.7	79.9	80.0
10cm	82.3	82.7	82.5	82.9	82.5	82.7	82.6
15cm	85.7	83.9	83.5	84.1	83.5	84.3	84.2
20cm	85.1	85.3	85.3	85.1	85.3	85.3	85.2



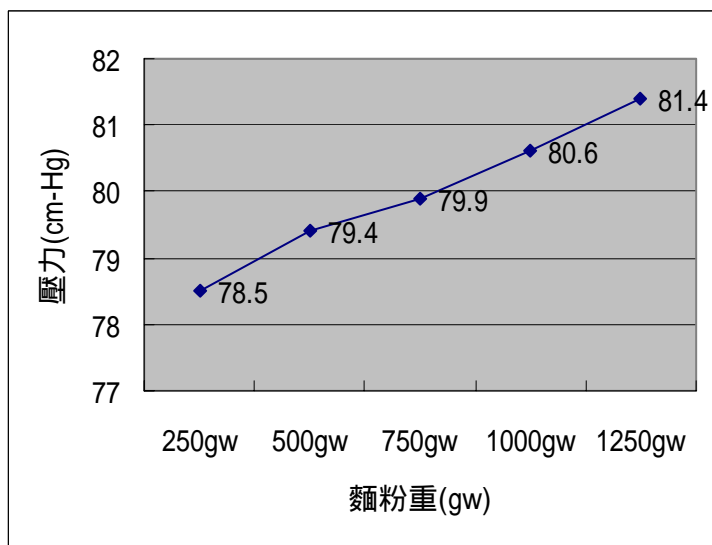
### 九.實驗九：研究底泥厚度與噴發量的關係

次 底泥厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
0cm	25.41	25.96	25.63	26.15	26.35	25.87	25.9
5cm	20.65	19.91	19.54	20.00	19.92	20.47	20.1
10cm	16.73	17.10	17.22	17.89	17.93	16.91	17.3
15cm	14.25	14.08	14.16	13.54	13.91	14.05	13.9
20cm	8.82	9.43	8.97	9.03	8.56	8.70	8.9



### 十.實驗十：研究黏稠度與壓力的關係

次 麵粉重	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
250gw	78.4	78.2	78.6	78.6	78.6	78.4	78.5
500gw	79.0	79.4	79.6	79.6	79.4	79.2	79.4
750gw	80.0	79.8	80.0	80.2	79.8	79.8	79.9
1000gw	80.4	80.2	80.8	81.0	80.6	80.4	80.6
1250gw	81.2	81.8	81.8	81.2	81.4	81.2	81.4

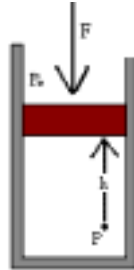


## 柒.討論

一.為了解釋所測得的數據，我們運用所學的流體力學兩原理。

### (一) 帕司卡原理

圖中圓柱容器內的液體，當其受到活塞的作用所給予的外加壓力  $P$  時，則在液面下  $h$  處的  $P$  點壓力為

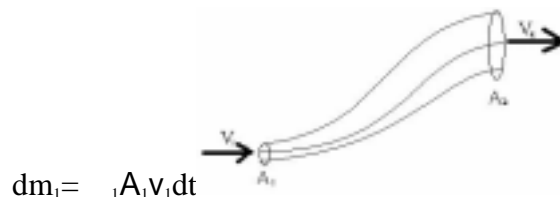


$$P = P_0 + \rho gh$$

如果外加壓力增加  $\Delta P$ 。倘若此流體為不可壓縮，其密度可視為定值，因此在  $P$  點所增加的壓力亦為  $\Delta P$ ，此結果告訴我們，加在封閉流體內的壓力，不經任何衰減而傳送到流體內的每一部份以及容器的內壁。此稱為帕司卡原理。

### (二) 連續方程式

圖中表示流管在兩個截面積為  $A_1$  和  $A_2$  之間的一部份。假設  $P$ 、 $Q$  兩點的流速各為  $v_1$  和  $v_2$ ，則在  $dt$  時間內流經  $A_1$  而進入管內的質量



$$dm_1 = \rho_1 A_1 v_1 dt$$

同理，在相同時間內流出  $Q$  點的質量為

$$dm_2 = \rho_2 A_2 v_2 dt$$

如果流體沒有減少，也沒有增加，則單位時間流出的質量等於流入的質量

$$dm_1/dt = dm_2/dt$$

$$\text{或 } \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad \text{或 } \rho A v = \text{常數}$$

上式稱為連續方程式，且可表示流體動力學中的質量守恆。

如果流體是不可壓縮的流體，則  $\rho_1 = \rho_2$  則上式可寫成

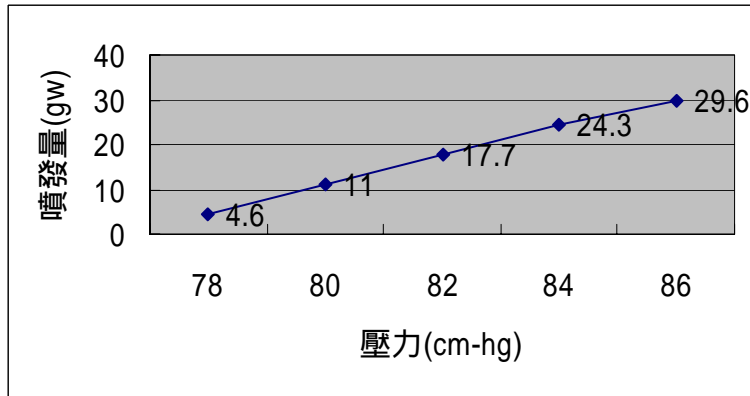
$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{或 } A v = \text{常數}$$

式中  $A v$  稱為體積通量或流動率。式中，流速與截面積成反比，截面積越小其流速越大。

雖然說，我們所使用的是泥漿而不是單純的流體，但是我們可以運用這些原理去推測我們的實驗結果。

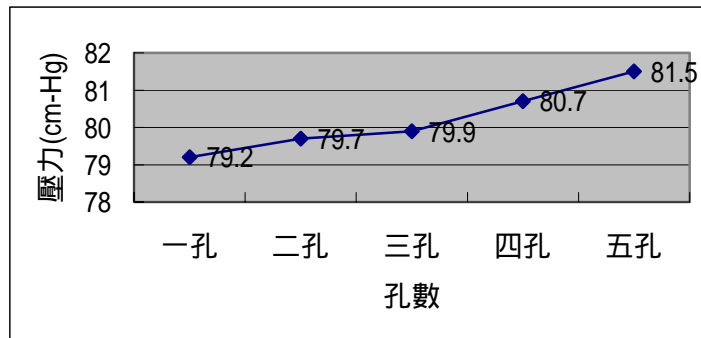
## 二. 實驗討論

### (一) 實驗一：研究壓力與泥漿噴發量的關係

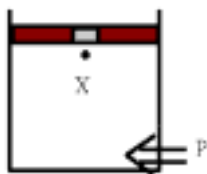


1. 由實驗數據可知，儲存的壓力越大，泥漿所噴發的量變多。
2. 當壓力變大時，速度也變大，故噴發高度也變大，噴發量自然會增加。

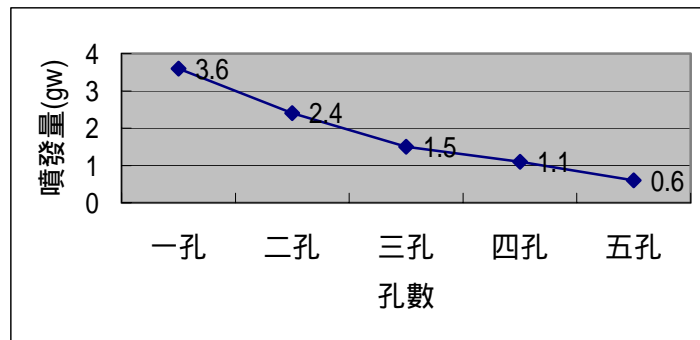
### (二) 實驗二：研究上覆岩板孔數與壓力的關係



1. 由實驗數據可知，孔數增多，幫浦所給予的壓力變大。
2. 假設上覆岩板是封閉狀態，所施壓力按帕斯卡原理可以傳至 x 點，當洞口打開瞬間，經洞口時的速度為  $v$ ，按力學能守恆，則噴發高度可由  $1/2 v^2 = gh$  得知，當泥漿要噴到一定的高度時，需要一定的速度，但由  $A_1V_1=A_2V_2$  得知，面積變大時，速度會變小，故為使速度達到原數值而使其噴發高度一定，面積越大，就需施加更多的壓力。

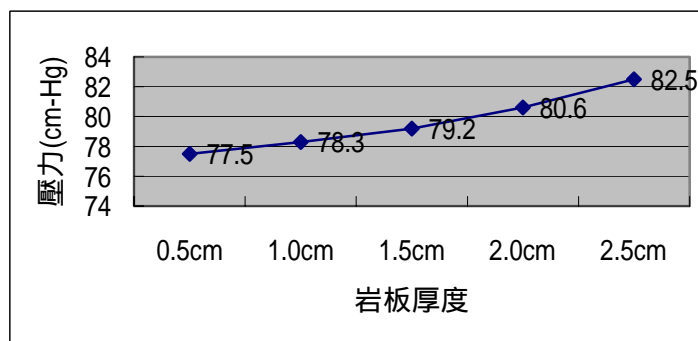


### (三) 實驗三：研究上覆岩版孔數與泥漿噴發量的關係



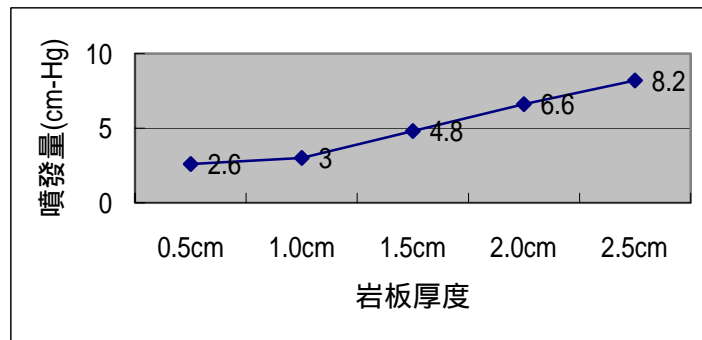
1. 由實驗數據可知，孔數越多，泥漿噴發量相對變少。
2. 當孔數增多時，即開口面積變大，依連續方程式可知，流經開口的泥漿速度將變小，按力學能守恆，及之噴發高度變小，故噴發量將減少。  
如果面積變大為  $3A$ ，依連續方程式  $A_1v_1=A_2v_2$  可知，速度將變為  $v/3$ ，所以噴發高度降為  $h/9$ ，故噴發總體積變為  $3A \times h/9 = Ah/3 = V/3$ 。

### (四) 實驗四：研究上覆岩板厚度與壓力的關係



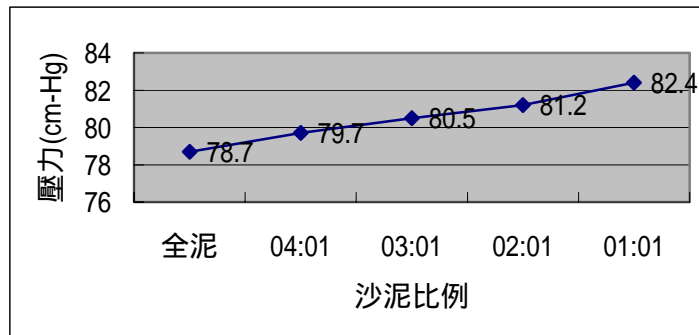
1. 由實驗數據可知，泥板厚度越厚，所施予的壓力變大。
2. 隨著上覆岩板的增厚，噴發的路徑變長，因此，泥漿噴發時因摩擦力而消耗的能量也增多，為使達到一定的噴發高度，故施加的壓力也需增大。

### (五) 實驗五：上覆岩板厚度與噴發量的關係



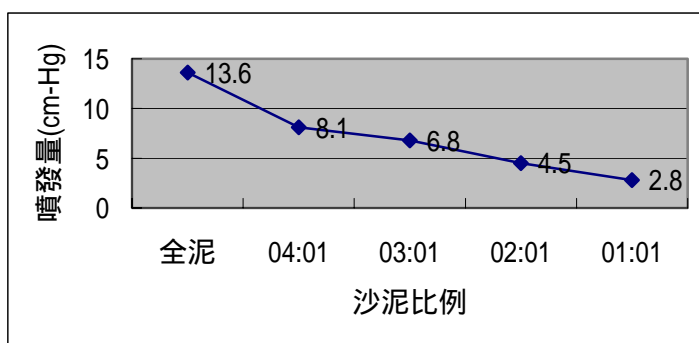
- 1.由實驗數據可知，泥板厚度越厚，噴發量變多。
- 2.可能是上覆岩板厚度增大時，因通過開孔路徑變長，使力作用的時間增加，致泥漿的衝量變大，而使噴發高度變大，噴發量增加。

### (六) 實驗六：研究泥砂比例與壓力的關係



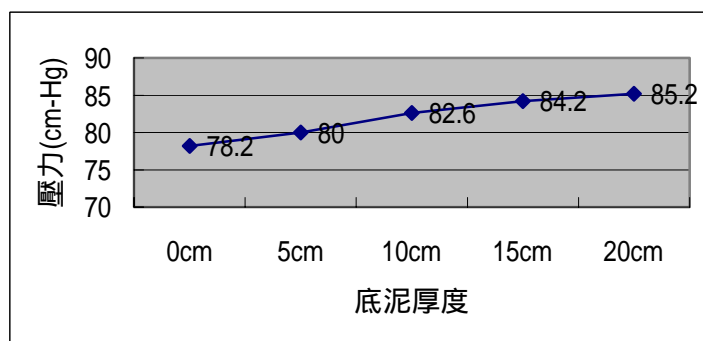
- 1.由實驗數據可知，當砂的比例增加時，噴發所施予的壓力加大。
- 2.當砂的比例增多時，孔隙率增大，整個泥沙重量應較小，噴發所需的壓力應減少，可是由實驗結果呈現恰相反，可能是孔隙間水的黏滯性及與泥砂間因摩擦耗損的能量較重量減輕所造成的影響大。

### (七) 實驗七：研究泥砂比例與噴發量的關係



- 1.由實驗數據可知，當砂的比例增加時，噴發量減少。
- 2.我們推測可能是隨著砂的比例增多，孔隙間水的黏滯性及與泥砂間因摩擦耗損的能量也變大，所以在定壓下噴發量會減少。

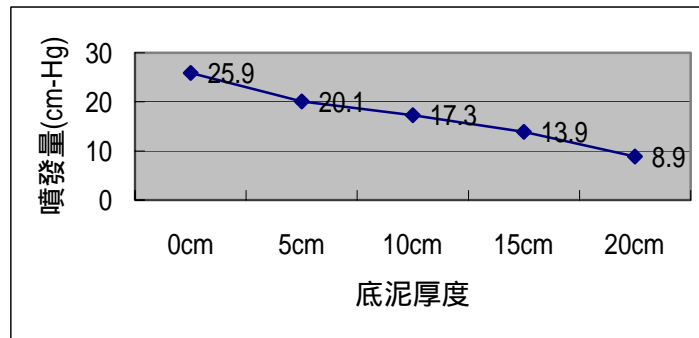
### (八) 實驗八：研究底泥厚度與壓力的關係



- 1.由實驗數據可知，泥漿厚度越大，噴發時所需的壓力變大。
- 2.當底泥厚度增加時，泥漿噴發所消耗的能量也增加，又因要達到一定的噴發高度，故壓力自然必須增加。

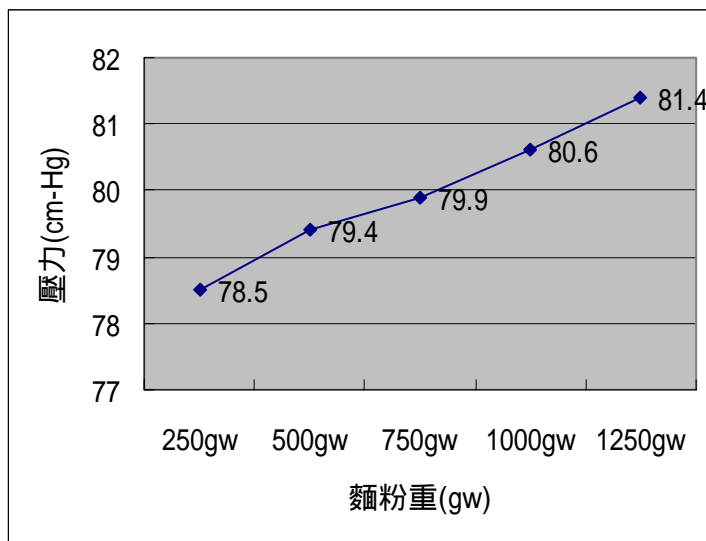


(九) 實驗九：研究底泥厚度與噴發量的關係



1. 由實驗數據可知，泥漿厚度越厚，噴發量會越少。
2. 依原理而言，當底泥厚度增加時，泥漿噴發所消耗的能量也增加，故在定壓下，噴發量會逐漸變少。

(十) 實驗十：研究黏稠度與壓力的關係



1. 由實驗數據可知，黏稠度越大，噴發所需壓力越大。
2. 麵粉加越多時，黏度會越大，當黏度變大，噴發時就需施加更多的壓力，才能使其噴發。

## 捌. 結論

- 一.由原始設計可知噴發規模不是單純直接受熱效應影響的。
- 二.由實驗（一）知壓力對於噴發的影響較直接受熱大。
- 三.由模擬實驗可知當泥漿上湧時，裂隙面積越大、上覆岩板越厚、底泥厚度越厚、黏稠度越高、含砂量增多時，噴發所需的壓力越大。所以在有泥岩及充分地下水及適當的通道下，有無良好的儲氣構造生成高壓氣體，是造成泥火山噴發的關鍵。台灣東部泥火山噴發不若西南部壯觀，由此可見。
- 四.由模擬實驗得知，噴發量會隨上覆岩板厚度增加而增加，但是隨泥漿含砂量增多、裂隙面積增大及底泥層厚度增加而減少，所以在泥火山景觀區，切勿濫開鑿，以免噴發規模減小。

## 玖. 參考書目

- 一. 台灣地形地質景觀  
<http://www.geog.ntu.edu.tw/tgru/lscap/lscap4/4-5.htm>
- 二. 烏山頂泥火山自然保留區  
<http://www.coa.gov.tw/external/preserve/reserve/wusan/wusan.htm>
- 三. 認識惡地．泥火山(月世界)  
<http://www.trongman.com.tw/abook/a154.HTM>
- 四.大學物理學之力學  
陳錫桓，第六版，中央圖書出版社，671-684，民71年
- 五.台灣之火山活動與火成岩  
汪文星，初版，台灣自然科學博物館，268-270，民81年

## 評語

040501 高中組地球科學科 最佳(鄉土)教材獎

泥火山的研究與探討

鄉土趣味濃厚，實驗變因與自然現象尚有差距，值得繼續努力。