

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組物理科

080118

桃園縣大園鄉潮音國民小學

指導老師姓名

李訓明

林浚傑

作者姓名

容健浩

吳健榮

黃建安

# 作品名稱：沙漏的秘密

## 壹、 研究動機

在四年級自然與生活科技課的第一單元裡，有許多計時工具的介紹，其中最令人感到興趣的就是沙漏，它僅利用自然流動的沙子就可以用來計時，而且還相當準確，真是非常神奇又有趣。在觀察沙漏的外型構造與其中沙粒的流動時，讓我們有一些疑問，因此設計一些實驗來尋找答案。

## 貳、 研究目的

- 一、 沙漏內沙量多寡對計時之影響。
- 二、 沙漏孔徑大小對計時之影響。
- 三、 沙漏壁傾斜角度對計時之影響。
- 四、 沙漏流量的等速性探討。
- 五、 沙漏內沙粒移動方式的探討。
- 六、 沙漏孔徑與砂粒直徑關係的探討。
- 七、 不同材質沙漏對計時的影響
- 八、 擺放位置傾斜角度對計時的影響
- 九、 沙漏計時誤差關係的探討
- 十、 溼度、溫度、高度、氣壓等其他因素對計時的探討

## 參、 研究設備及材料

- 一、 支撐架、天秤、馬錶、壓克力容器、線鋸、各種漏斗、沙漏。
- 二、 各種顏色沙、鐵砂、銅砂、不銹鋼砂、BB彈、壓克力版、壓克力條、蠟燭、膠水。

## 肆、 研究過程、方法、結果

- 一、 沙漏內沙量多寡對計時之影響。
  - (一) 說明：市售的沙漏容量大小不一，大的沙漏計時較久，小的沙漏計時較短，我們想要了解沙漏流量與計時時間是否有固定的比例關係，因此以多種沙量來計時作比較。
  - (二) 步驟：在同一沙漏內分別置放不同數量的沙量，以 20g、40g、60g、80g、100g 之沙漏量來計時，比較沙漏量與時間的關係。

(三) 數據：

表一：沙量與時間

沙重 計時 m:s 次	20g	40g	60g	80g	100g
第一次	01:43	03:23	04:48	06:41	08:31
第二次	01:43	03:21	04:41	06:35	08:34
第三次	01:40	03:21	04:46	06:28	08:28
平均	01:42	03:22	04:45	06:35	08:31

## 二、沙漏孔徑大小對計時之影響。

(一) 說明：沙漏的計時主要是透過一開口來滴漏沙粒，大的開口流沙速度較快，小的沙漏速度較慢，我們想要了解沙漏流動的開口口徑與計時時間是否有固定的比例關係，因此以多種口徑來作計時比較。

(二) 步驟：以鑽頭鑽出不同大小的沙漏孔徑，分別以#4/64、#5/64、#6/64、#7/64、#8/64、#9/64 inch 之鑽頭開孔，比較沙漏孔徑與時間的關係。

(三) 數據：

表二：孔徑與時間

鐵沙量 100g

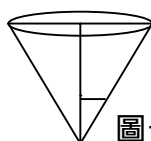
孔徑 計時 m:s 次	#4/64	#5/64	#6/64	#7/64	#8/64	#9/64
第一次	02:25	01:35	00:50	00:34	00:28	00:21
第二次	02:26	01:32	00:50	00:34	00:28	00:21
第三次	02:25	01:34	00:49	00:33	00:27	00:21
平均	02:25	01:34	00:49	00:35	00:28	00:21

## 三、沙漏壁傾斜角度對計時之影響

(一) 說明：沙漏的計時除了與開口口徑有關外，我們想要了解沙漏壁的傾斜角度是否對計時也有影響，因此以多種的沙漏壁傾斜角度來作計時比較。

(二) 步驟：以不同大小的沙漏壁傾角（如圖一），分別以  $=25^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $45^\circ$  之傾角製作沙漏，比較沙漏壁傾角與沙漏時間的關係。

(三) 數據：



圖一：沙漏壁傾角示意圖

表三： 沙漏壁傾角與時間 沙漏孔徑統一固定為小吸管，沙量 200g

計時 sec 次	傾角	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °
第一次		53	53	53	54	57*
第二次		52	53	53	53	56*
第三次		53	52	52	53	57*
平均		52.7	52.7	52.7	53.3	56.7

\*註:45 °傾角之沙漏因下滑力不足，沙粒容易殘留，無法順利流下

#### 四、 沙漏流量的等速性探討。

(一) 說明：沙漏於滴漏的過程，流下的沙子數量是否保持一個均量等速的過程?因此以等間隔的方式量取漏下的沙量，作為比較。

(二) 步驟：每間隔三十秒以小杯量取漏下的沙粒，分別予以測量沙子的重量。

(三) 數據： 表四： 沙流量取樣 沙漏內共 100g

取樣時間 分：秒	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30
沙重量 g	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.6 結束

#### 五、 沙漏內沙粒移動方式的探討

(一) 說明：沙漏內沙粒的移動方式是我們感興趣的題目，但是整個沙粒的移動是三度空間的活動，非常不易觀察，因此我們將沙漏作成扁平狀，好方便觀察。

(二) 步驟：以壓克力版做成扁平狀的沙漏，分別以 bb 彈、色沙為沙漏填充物，並以不同色層排列成垂直與水平的方式，來觀察沙漏漏下時移動的方式。

(三) 結果： <見次頁>

圖二： 漏下前



圖三： 漏下後



## 六、 沙漏孔徑與砂粒直徑關係的探討

- (一) 說明：沙漏開口大小與沙粒是否能順利漏下有關，我們想找出沙漏開口大小與粒徑的適當比例關係。
- (二) 步驟：由於學校的器材無法量測真實的沙粒直徑，我們拿 bb 彈來模擬沙粒，沙漏孔徑由 20mm 開始，每次增加 2mm，各實驗五次來觀察漏下的狀況。
- (三) 結果：

表五： 沙漏孔徑與砂粒直徑      bb 彈直徑約 5mm

孔直徑	20mm	22mm	24mm	26mm	28mm	30mm	32mm	34mm	36mm	38mm	40mm	42mm	44mm
成功次數	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	5	5	5

## 七、不同材質沙漏對計時的影響

(一) 說明：不同材質、比重的沙粒與沙漏計時的速度是否有所關係?因此以不同材質的沙粒，作為比較。

(二) 步驟：各取 50 立方公分的鐵砂、銅砂、不銹鋼砂、普通砂、混和砂及水等不同材質，利用漏斗分別予以測量沙漏的時間。

(三) 結果：

表六：沙漏材質與時間 沙量 50g

計時 m:s 次	鐵砂	銅砂	不銹鋼砂	普通砂	混合砂	水
第一次	8.03	14.03	17.10	7.60	10.34	1.59
第二次	8.30	14.01	17.15	7.34	10.25	1.55
第三次	8.01	14.25	17.45	7.56	10.32	1.70
平均	8.11	14.10	17.23	7.50	10.30	1.57
* 註：混合砂：鐵砂與不銹鋼砂以 1：1 共 50g 混合						

## 八、擺放位置傾斜角度對計時的影響

(一) 說明：擺放位置傾斜角度，是否對計時造成的影響。

(二) 步驟：各取不同擺放位置傾斜角度，測量沙漏的時間，作為比較。

(三) 結果：

表七：擺放位置傾斜角度與時間

計時 m:s 次	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	82.5	85	87.5	90
1	x	x	x	x	x	x	x								2:11	2:12	2:27	2:30	2:43	2:46	2:51
2	x	x	x	x	x	x	x								2:09	2:10	2:10	2:11	2:13	2:19	2:24
3	x	x	x	x	x	x	x								2:13	2:17	2:21	2:24	2:39	2:44	2:50
4	x	x	x	x	x	x	x								2:06	2:05	2:08	2:18	2:28	2:30	2:35
5	x	x	x	x	x	x	x								2:28	2:25	2:42	2:52	3:03	3:05	3:07

x 表示完全不能落下

表示微量 未能完全落完

時間 表示落完時間

## 九、沙漏計時誤差關係的探討

(一) 說明：我們想了解相同沙漏重複計時，是否真的每次都分秒不差？

(二) 步驟：各取二組相同沙漏，重複計時 100 次，求取平均時間後，分別與各次時間作比較並計算誤差時間，再統計次數。

(三) 結果：

表八：沙漏與時間誤差 (第一組平均 2 分 45 秒、第二組平均 2 分 44 秒)

組	誤差時間 (+ - ) 次數									
	1 秒	2 秒	3 秒	4 秒	5 秒	6 秒	7 秒	8 秒	9 秒	10 秒以上
一	38	13	8	7	7	10	2	10	0	5
二	23	10	18	6	3	12	12	7	3	6
平均誤差次數	30.5	11.5	13	6.5	5	11	7	8.5	1.5	5.5

## 十、濕度、溫度、高度、氣壓等其他因素對計時的探討

(一) 說明：我們想了解同一個沙漏放至世界各地，是否會對計時造成的影響。

(二) 步驟：

1. 取 5 cc 水加入沙漏，觀察是否會對計時造成的影響。
2. 放入冰箱、烤箱，觀察是否會對計時造成的影響。
3. 於地下室、四樓頂，觀察是否會對計時造成的影響。
4. 放至透明壓力鍋內，觀察是否會對計時造成的影響。

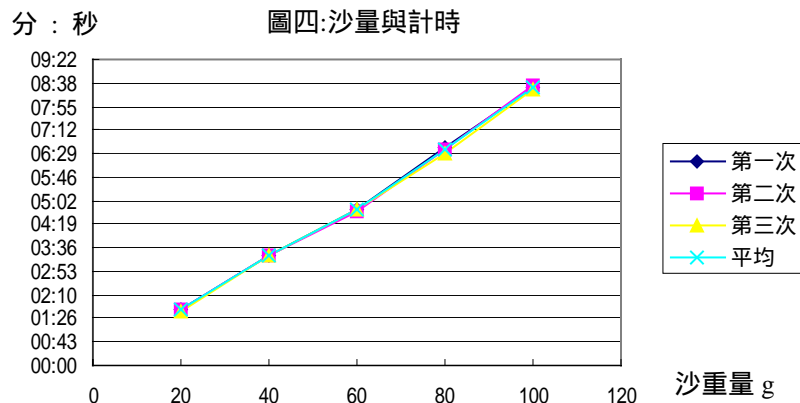
(三) 結果：表九：不同狀態與計時

x 表示完全不能落下

計時 m : s 組	狀態	常態	濕度	溫度		高度		氣壓
		28	5 cc	低溫 (12 )	高溫 (50 )	四樓頂	地下室	高壓
一組十次總平均		2:46	x	2:42	2:30	2:43	2:45	2:47
二組十次總平均		2:35	x	2:39	2:24	2:36	2:36	2:36
三組十次總平均		2:44	x	3:40	2:30	2:43	2:44	2:42
備註			受潮後， 呈塊狀物	冰箱	烤箱			壓力鍋內

## 伍、 討論

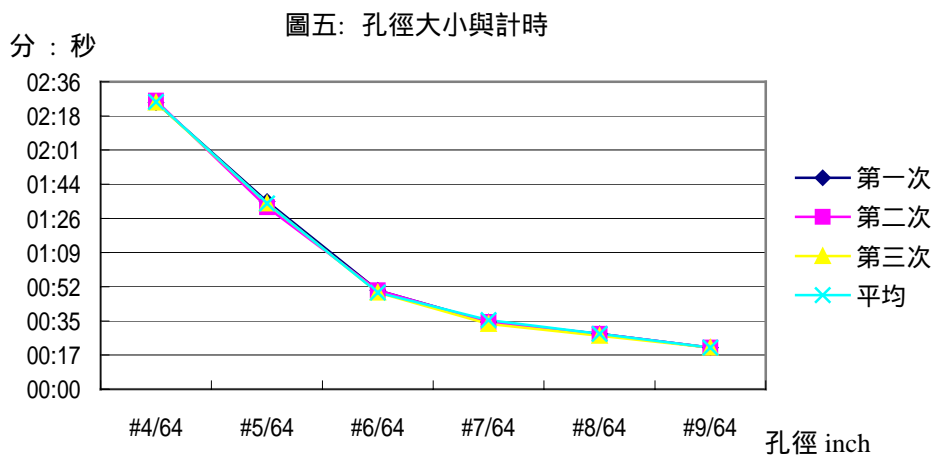
### 一、 沙漏內沙量多寡對計時之影響。



(一) 由上圖可以看出，連接實驗的五組數據，約可連結成一過原點的直線，可見沙漏沙量的多寡和計時時間呈現等比例正比的關係。

(二) 上圖可以做為該沙漏裝沙量的計時對照圖，可依不同的計時需求來填充適當的沙量，如計時五分鐘約需 62 克的沙量。

### 二、 沙漏孔徑大小對計時之影響。

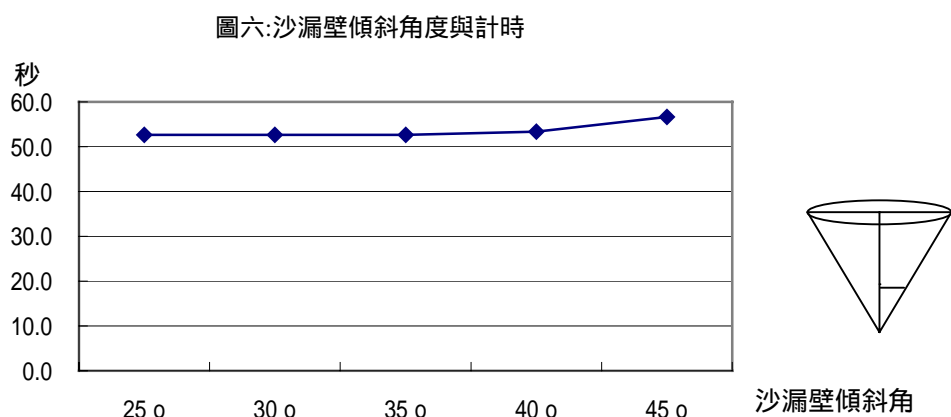


(一) 由前圖看出沙漏孔徑愈大，沙子漏下速度愈快，計時時間愈短。

(二) 連接六組數據的連線，約呈現凹型的曲線，推估孔徑大小與計時之間不是等比例的關係，當孔徑過大時，對計時變化的影響趨緩。

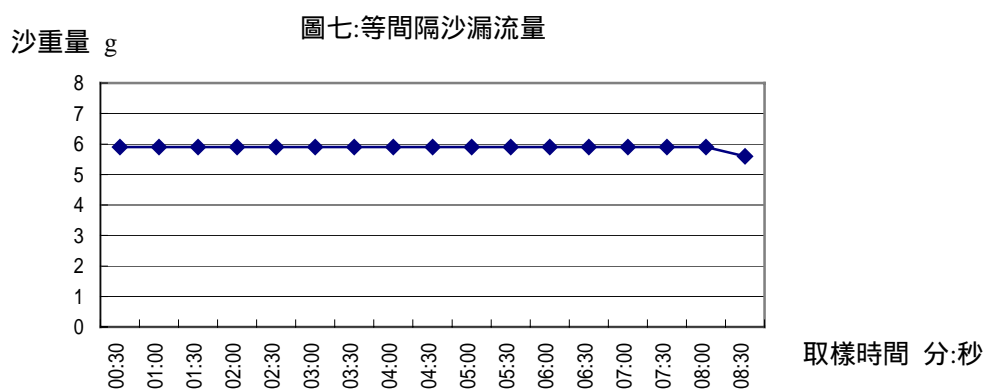


### 三、沙漏壁傾斜角度對計時之影響。



- (一) 由上圖看出，沙漏壁垂直傾斜角度 在 40 度以內對計時並無影響，當傾斜角度大於 40 度時，由於摩擦力的影響，導致沙粒的下滑力不足，無法順利漏下。
- (二) 就本實驗所採用的沙質與塑膠沙漏壁而言，垂直傾斜角度 在 40 度以內較適當。
- (三) 由本實驗得知，在製作沙漏時，在考量選取適合的沙漏壁垂直傾斜角度時，只要沙粒下滑力能克服摩擦力而不會造成遲滯即可。

### 四、沙漏流量的等速性探討。

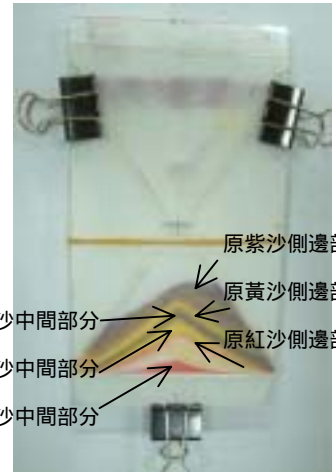


- (一) 由上圖看出，流下的沙子數量始終保持一個均量等速的過程。
- (二) 以上證實沙漏之所以能成為計時工具，就是它流動時具備了等速等量的特性。

### 五、沙漏內沙粒移動方式的探討。

(一) 由沙漏漏下前後圖來比較，沙粒滴漏的移動方式是由下而上、由中間而側邊來流動。

(二) 由右圖水平不同顏色的沙層分析發現，漏下前後的色層分布上呈現出，在上下色層大約一致吻合中，又略有交錯的情形發生，可見在漏下的過程中，並非一層一層的平移向下(若是如此，漏下後應是各色層層分明不交錯)，而實際是中間先落下，然後兩側向中間流動落下形成色層交錯。

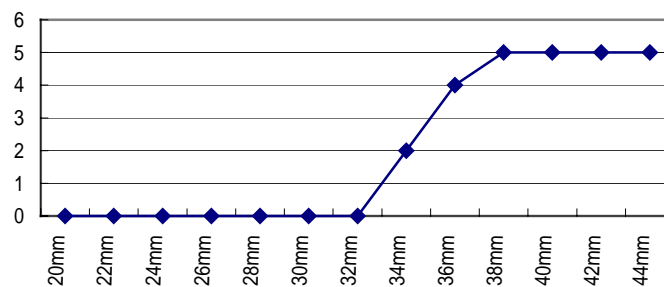


(三) 由右圖垂直不同顏色的 bb 彈層分析發現，最中間深黃色部分最先落下，分布在最底層，其次左右兩側白、綠色部分隨後落下，並且於下面明顯呈現左右分布，再外側第三排的淺黃、粉紅色再落下，並且堆疊於白、綠色之上，位於最外側的藍色最後落下。



## 六、沙漏孔徑與砂粒直徑關係的探討

圖八:成功落下次數



(一) 以 bb 彈模擬沙粒製作沙漏時，在 bb 彈直徑為 5mm 下，沙漏孔直徑必須約大於 34mm，顆粒才可順利落下不會卡住，由此推論沙漏孔直徑至少約需大於沙粒直徑的  $34/5=6.8$  倍下才適宜。

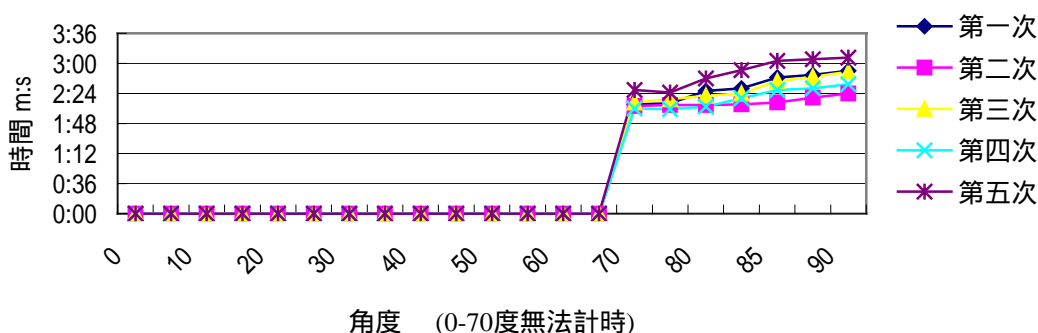
(二) 由以上結論，我們建議於製作沙漏時，開孔直徑以顆粒直徑的 7 或保守 10 倍以上為宜。

## 七、不同材質沙漏對計時的影響

- (一) 不同材質對沙漏計時會有些微影響，其中以水最快 1.60 秒，普通砂 7.50 秒與鐵砂 8.11 秒次之，再來是銅砂 14.10 秒，最後是不銹鋼砂 17.23 秒。
- (二) 其中重量最重為不銹鋼砂 55 克(鉻鐵礦 比重為 4.3~4.6)、鐵砂 50 克次之(鐵 比重為 7.894)、再來是銅砂 48 克(銅比重為 8.96)，最輕為普通砂(30 克)，表示比重、重量非最主要影響因素。我們推論顆粒大小恐會有所影響，因學校無較精密設備可測量顆粒直徑，故無法進一步探究，實有些遺憾。
- (三) 水漏也可當計時用具，惟速度過於快且容易蒸發，故較少使用。
- (四) 把鐵砂與不銹鋼砂以 1 : 1 共 50g 混合測量時間平均為 10.32 秒，發現剛好介於鐵砂 8.11 秒和不銹鋼砂 17.23 秒之間；表示砂漏材質仍會有影響。

## 八、擺放位置傾斜角度對計時的影響

沙漏傾斜與計時



- (一) 傾斜角小於 30 度，無法落下；而超過 30 度至 70 度間則會部份落下，但不能完全落完，即會有殘量，角度越大，殘量越少。
- (二) 傾斜角落於 70 度與 90 度間，漏下速度會變快，其中以 82.5 度至 87.5 度間，速度變化幅度最大。

## 九、沙漏計時誤差關係的探討

- (一) 由實驗結果，沙漏計時不是每次均分秒無差；就我們此組實驗所選擇的沙漏而言，誤差範圍大部份落在正負 3 秒內，這表示沙漏用在測量分鐘是足夠，但要精準到秒鐘仍是有困難。

## 十、溼度、溫度、高度、氣壓等其他因素對計時的探討

- (一) 普通砂遇到水則變成塊狀凝結物，而無法使用；這表示製作沙漏時不可受潮，否則無法使用。
- (二) 溫度對砂漏影響不大，放入烤箱 ( 50 ) 沙漏的流速較快，而放入冰箱 ( 12 )

流速則有快有慢，推論熱漲冷縮原理影響管徑大小，故速度會有所增減。

(三) 高度、氣壓影響不大，礙於小學實驗設備的關係，無法進一步測量這中間是否有差異。

## 伍、 結論

- 一、 沙漏沙量的多寡和計時時間呈現等比例正比的關係。
- 二、 沙漏裝沙量與計時時間繪出的計時對照圖，可依不同的計時需求填充適當的沙量
- 三、 沙漏孔徑愈大，沙子漏下速度愈快，計時時間愈短，反之亦然。
- 四、 孔徑大小與計時之間不是等比例的關係，當孔徑過大或過小時，對計時有較大的變化。
- 五、 在沙粒可順利落下時，沙漏壁垂直傾斜角度 對計時並無明顯影響。就本實驗所採用的沙質與塑膠沙漏壁而言，沙漏垂直傾斜角度 在 40 度內對計時無顯著變化。
- 六、 沙漏之所以能成為計時工具，就是它流動時具備了等速等量的特性。
- 七、 沙漏內沙粒的移動方式是由下而上、由中間而側邊來流動。
- 八、 我們建議於製作沙漏時，開孔直徑以顆粒直徑的 5 倍為宜。
- 九、 沙漏材質比重及重量、溫度、高度、氣壓等非主要影響計時速度的因素，最主要還是管徑大小和顆粒間的比例為主要影響速度因素。
- 十、 擺放位置的傾斜角會影響計時時間的長短，傾斜角不宜小於 70 度，否會無法完全落完；最好還是每次均固定以 90 度為佳。
- 十一、 使用沙漏，每次測量時間會有若干誤差；就我們實驗所選擇的沙漏而言，誤差範圍大部份落在正負 3 秒內，這表示沙漏用在測量分鐘是足夠，但要精準到秒鐘仍是不行。
- 十二、 普通砂遇到水則變成塊狀凝結物，而無法使用；這表示製作沙漏時不可受潮，否則無法使用。

## 陸、 參考資料及其他

- 一、 國小自然與生活科技第六冊第一單元時間的測量,康軒版

## 評語

080118 國小組物理科 佳作

沙漏的秘密

1. 研究態度細心，方法多元。
2. 內容廣但欠深入探討。
3. 相關研究文獻資料可多閱覽，並尋求改進之道。