

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080829

會騙人的雨量器

【提高雨量器準確度及土石流警報器可行性之研究】

學校名稱：新竹縣立松林國民小學

小五 黃建錡	吳聲淼
小五 彭紫喻	李永欽
小五 張祐瑞	
小五 張佑誠	
小五 周思辰	
小五 柯明月	

關鍵詞：雨量器、降雨密度、土石流

壹、摘要

土石流是一項可怕的雨水災害，對新竹地區而言更是可怕的夢魘，由去年研究的經驗，今年我們針對雨量器的外在因素、風修正及土石流預警器可行性，作進一步的實驗。

研究結果：(1) 最小臨界雨量器開口面積約為 200 cm²。(2) 最小臨界雨量器高度約為 25cm。(3) 雨量器選擇圓形開口，會有較佳的效果。(4) 風越大降雨傾角越大，風速每增加 1m/s，降雨傾斜角度會增加 0.7 度。(5) 數值修正法中的雨量修正係數 M，對雨量修正有很好的效果。(6) 儀器改進法(風擺式雨量器)，修正風所產生誤差效果不錯。(7)虹吸型及直落型的風擺式雨量器，結合水位警報系統，所構成的土石流預警器效果理想，可行性非常高。

最後發現，查閱相關資料有驚人的發現，全世界的國際標準雨量器都是固定式的，這是很嚴重的問題，因為通常颱風天風大雨大，所收集的雨水小於實際落下的雨水，可能還沒發佈土石流警報，就發生土石流了，所以希望有關單位重視這個問題，或者可參考本小組研究，也許有所幫助。

貳、研究動機

土石流是一項可怕的雨水災害，時常威脅著我們的生命與財產，對新竹地區而言更是可怕的夢魘，例如：2004 年艾莉風災，新竹縣五峰土場部落全村被土石流吞沒，造成 15 人死亡，讓我們記憶猶新，根據文獻研究當累積雨量 150mm 以上或降雨密度達 40mm/hr，就極可能產生土石流，所以降雨量的多寡是決定土石流是否發生的最主要因素，去年我們針對影響雨量器收集雨水的因素做了初步的探討，得知不同形狀、面積及高度的雨量器會對雨量收集產生影響，今年我們特地針對收集雨量的影響進一步實驗，並對當今國際標準制式的雨量器，提出修正及改良以提高準確度，期望能結合改良式雨量器及土石流預警器的製作，來達到及時預警的效果，進而增加人們撤退時間，以減少人民生命財產損失。

參、研究目的

雨量器的設計，是否會因為雨量器的開口面積大小、高度、形狀而產生雨量測量時的誤差，我們將探討這些因素對雨量器的影響，並研究雨量器對風的修正方法及探討自製土石流預警器的可行性，以下為研究探討的目的：

- 一、雨量器的開口面積，對所收集降雨高度的影響。
- 二、雨量器的高度，對所收集降雨高度的影響。
- 三、雨量器的開口形狀，對所收集降雨高度的影響。
- 四、風的大小對降雨傾斜度的影響。
- 五、找出有效的雨量器對風的修正方法。
- 六、探討自製土石流預警器的可行性。

肆、研究設備及器材

一、研究器材：

表 4.1 研究器材

編號	設備名稱	數量	單位	備註
1	尺	1	支	圖 4.1
2	鐵鎚	1	支	圖 4.1
3	鋸子	1	支	圖 4.1
4	剪刀	1	支	圖 4.1
5	膠帶	1	捲	圖 4.1
6	美工刀	1	支	圖 4.1
7	水準儀	1	支	圖 4.1
8	磅秤	2	臺	圖 4.2
9	風速計	1	臺	圖 4.2
10	紅色投影器	1	臺	圖 4.3
11	斜度板	1	組	圖 4.4
12	各式承雨器(室外-開口大小不同)	1	組	圖 4.5
13	各式承雨器(室內-開口大小不同)	1	組	圖 4.6
14	各式承雨器(開口形狀不同)	1	組	圖 4.7
15	電風扇	2	臺	圖 4.8
16	降雨裝置	1	組	圖 4.9
17	水(自來水)			
18	數位照相機			



圖 4.1 各式工具

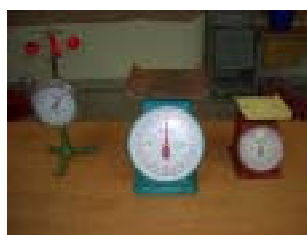


圖 4.2 磅秤、風速計



圖 4.3 紅色投影器



圖 4.4 斜度板



圖 4.5
各式承雨器(室外-開口大小不同)



圖 4.6
各式承雨器(室內-開口大小不同)



圖 4.7 各式承雨器(開口形狀不同)



圖 4.8 電風扇



圖 4.9 降雨裝置

伍、研究過程與方法

一、設計研究測試箱：

(一)設計：

為了模擬實際下雨的情況，我們與老師共同設計了一個長、寬各 40cm 的測雨平台及人工降雨模擬器。降雨模擬器，它包含二個 A 字梯、大型蓮蓬頭、長型支架、水量控制器及長型水管。

實際的設計圖及架設圖，如圖 5.1 及 5.2 所示。

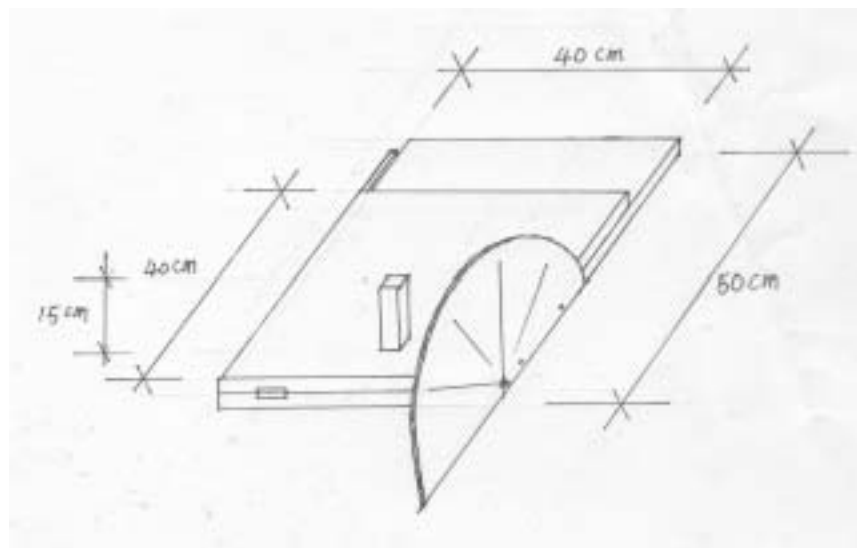


圖 5.1 預定完成的測雨平台設計圖

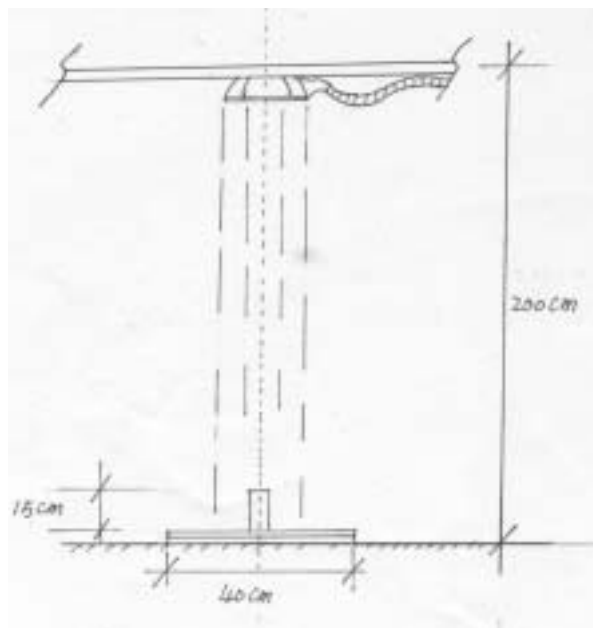


圖 5.2 預定完成的人工降雨模擬器架設圖

(二)組裝：

材料由老師購買，裁切及組裝由我們來幫忙，老師一步步的指導我們應該注意及小心的地方，最後終於完了測試平台及人工降雨模擬器的製作。

完成及操作情形，如圖 5.3、5.4 所示。



圖 5.3 人工降雨器的組合與測試



圖 5.4 整體設置完成

二、正式試驗：

雨量器的原理是利用一個容器，在一定時間內收集雨水，而上升的高度，即是累積降雨高度或降雨量。由去年研究得知會影響雨量計收集雨水的因素有盛水器開口大小、開口形狀、盛水器測筒高低，以及風的大小等。

重點分析

傳統的雨量器是直接觀看盛水器，讀取它的雨水高度值，若降雨沒有傾斜發生，這時雨水所進入的雨量器開口面積與底面積是相同，所以可以直接讀取雨量器的數值。但是如果下雨是傾斜的，則雨水所進入的雨量器開口面積，就不等於底面積，所以我們認為這時就不能直接利用量測法量出正確的降雨高度，也就是說國際標準雨量器，必需對風因素加以修正，才能測得最正確的降雨高度，也才能真正的保障人民生命財產安全。

為了實驗的方便性及精確性。所以我們設計了以下的研究方法，研究流程如圖 5.5 所示。

量測方法

觀測量筒的刻度，會有視覺誤差，所以經由老師的建議，我們採用了重量法，來反算雨水高度。它的原理是利用密度、體積及重量間的關係，只要我們知道水的密度(D)=1 g/cm³，收集的雨水重量及雨量器盛水開口面積，就可以反算出降雨高度。算式如下：

$$\text{密度 } D = \frac{\text{重量 } M}{\text{體積 } V} \quad M = D \times V = D \times (\text{開口面積 } A \times \text{高 } h)$$

$$\text{降雨高度 } h(\text{cm}) = \frac{\text{重量 } M(\text{g})}{1 \times \text{開口面積 } A(\text{cm}^2)} \quad , \text{ 當密度 } D = 1 \text{ g/cm}^3$$

活動(一)：探討影響雨量器精確度的實驗

【實驗一】雨量計開口面積大小，是否會影響收集的降雨高度？--開口面積因素試驗

如實驗方法手冊及附件 < 天然降雨實驗 > < 模擬下雨實驗 >

【實驗二】雨量計高度的多寡，是否會影響收集的降雨高度？--雨量器測筒高度因素試驗

如實驗方法手冊及附件

【實驗三】不同的形狀口徑，是否會影響收集的降雨高度？--開口形狀因素試驗

如實驗方法手冊及附件

【實驗四】風的大小，是否會影響雨的傾斜角度？--風與降雨傾斜角度因素試驗

如實驗方法手冊及附件

活動(二)：探討國際標準雨量器優缺點及對風修正的效果，並提出修正方法

【實驗五】數值修正法(投影面積法)，是否能讓雨量計更正確？--修正方法試驗

如實驗方法手冊及附件 < 模擬不同降雨傾斜角度實驗 > < 圓形投影面積實驗 > < 修正因子 >

【實驗六】儀器改進法(自製的風擺式雨量器)，是否能讓雨量計更正確？--修正方法試驗

如實驗方法手冊及附件

活動(三)：探討自製土石流預警器的可行性

【實驗七】設計虹吸型及直落型的風擺式雨量器，結合水位警報系統，探討自製土石流預警器的可行性

如實驗方法手冊及附件

- (1) 自製虹吸型及直落型的風擺式雨量器。
- (2) 自製水位警報系統。
- (3) 結合雨量器及水位警報系統，探究可行性及效果。

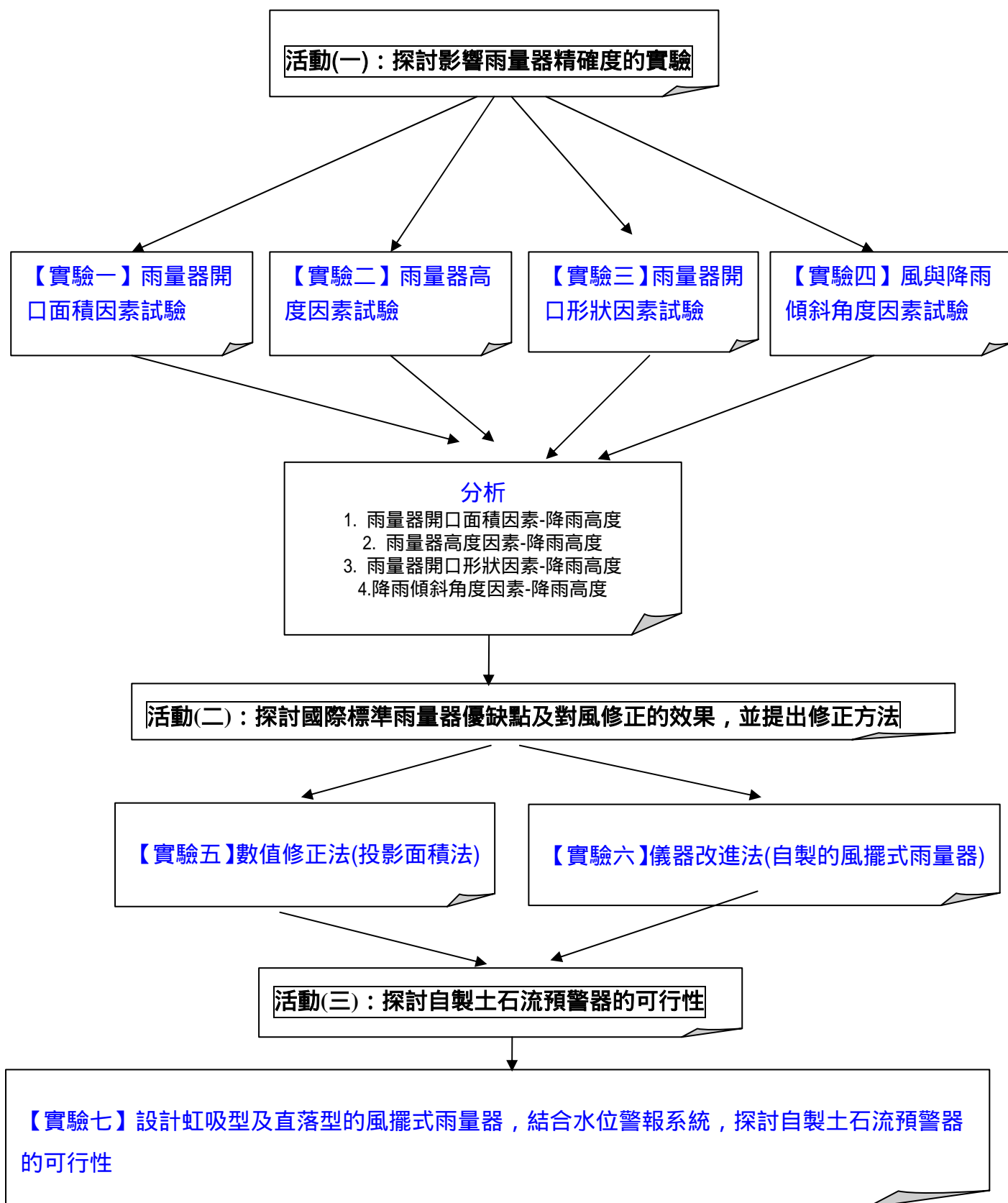


圖 5.5 研究流程



圖 5.6 進行風與降雨傾斜角度因素試驗的情形



圖 5.7 進行雨量器開口面積因素試驗的情形



圖 5.8 進行圓形投影面積實驗的情形



圖 5.9 進行模擬不同降雨傾斜角度實驗的情形

陸、研究結果

表 6.1 實驗結果

【實驗一】開口面積因素試驗										
天然降雨 (16 小時累積雨量)-新竹新豐										
試驗編號	降雨密度 (mm / hr)	雨量器開口面積(cm ²)								
		4.52	29.22	56.48	103.18	240.53	324.93	660.52	2042.82	
A1	0.75mm/hr (2006/3/20)	降雨重量 (g)	7	37	70	126	289	389	788	2429
		降雨高度 (mm)	15.42	12.63	12.32	12.20	12.03	11.98	11.93	11.89
A2	0.87mm/hr (2006/3/23)	降雨重量 (g)	7.2	42.8	80.4	1458	3346	4513	9168	28313
		降雨高度 (mm)	15.97	14.65	14.23	14.13	13.91	13.89	13.88	13.86
人工降雨 (20 分鐘累積雨量)										
試驗編號	降雨密度 (mm / hr)	雨量器開口面積(cm ²)								
		3.14	9.46	40.47	138.43	324.93	637.94			
B3	55	降雨重量 (g)	10	50	100	299	601	1008		
		降雨高度 (mm)	31.8	52.9	24.7	21.6	18.5	15.8		
B4	110	降雨重量 (g)	50	100	300	750	1267	2297		
		降雨高度 (mm)	159.2	105.7	74.1	54.2	36.9	36.0		
B5	220	降雨重量 (g)	60	200	800	1550	2291	3796		
		降雨高度 (mm)	191	211.4	197.6	112.0	70.5	59.5		
B6	440	降雨重量 (g)	130	400	1016	2285	4175	7126		
		降雨高度 (mm)	414	422.8	251.1	165.1	128.5	111.7		
【實驗二】雨量器高度因素試驗										
試驗編號	開口面積 (cm ²)	降雨密度 (mm / hr)		雨量器高度(cm)						
				5	10	20	30	40		
C1	40.47	55	降雨重量 (g)	161	128	143	145	144		
			降雨高度 (mm)	39.75	31.62	35.2	35.83	35.65		
C2	40.47	110	降雨重量 (g)	200	205	210	210	208		
			降雨高度 (mm)	49.42	50.65	51.89	51.85	51.46		
【實驗三】開口形狀因素試驗										
天然降雨 (16 小時累積雨量)										

試驗編號	開口面積 (cm ²)	降雨密度 (mm / hr)		開口形狀								
				正三角形	正方形	正五邊形	圓形					
D1	324.93	0.87	降雨重量 (g)	376	382	387	389					
			降雨高度 (mm)	11.57	11.77	11.9	11.98					
人工降雨 (20 分鐘累積雨量)												
試驗編號	開口面積 (cm ²)	降雨密度 (mm / hr)		開口形狀								
				正三角形	正方形	正五邊形	圓形					
D2	324.93	110	降雨重量 (g)	1066	1118	1174	1180					
			降雨高度 (mm)	32.81	34.4	36.12	36.32					
D3	324.93	220	降雨重量 (g)	2164	2268	2324	2370					
			降雨高度 (mm)	66.6	69.79	71.51	72.94					
【實驗四】風與降雨傾斜角度因素試驗												
試驗編號	開口面積 (cm ²)	降雨密度 (mm / hr)		風速(m/s)								
				1	1.83	4	6					
E1	324.93	27	降雨傾斜角度(度)	9	12	14	15.5					
E2		83		8	11.5	13.5	15					
E3		166		5	10	12.5	13.5					
E4		220		4	6	7.5	9					
【實驗五】數值修正法(投影面積法)試驗												
投影面積因素												
試驗編號	開口面積 (cm ²)		降雨傾斜角度(度)									
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
F1	113.1	投影面積重(g)	3.7	3.66	3.6	3.5	3.3	2.9	2.1	1.8	1.1	
		投影面積(cm ²)	113.1	111.9	110	107	100.9	88.6	73.36	55	33.6	0
		開口面積投影率(%)	100	98.92	97.3	94.59	89.19	78.38	64.86	48.65	29.73	0
找出修正因子												
試驗編號		降雨傾斜角度(度)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
F2	開口面積投影率 (%)	100	98.92	97.3	94.59	89.19	78.38	64.86	48.65	29.73	0	
	降雨收集率(%)	100	96.5	93.2	89.7	85.1	78.4	70.5	60.9	41.3	0	
	雨量修正係數 M (1/投影率)	1	1.01	1.03	1.06	1.12	1.28	1.54	2.06	3.36	---	
修正效果												

試驗 編號	開口面積 324.93 cm ²	降雨傾斜角度(度)									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
F3	降雨重量(g)	1199	1157	1118	1076	1020	940	845	730	495	0
	降雨密度 I (mm/hr)	110.7	106.8	103.2	99.3	94.2	86.79	78	67.41	45.69	0
	雨量修正係數 M	1	1.01	1.03	1.06	1.12	1.28	1.54	2.06	3.36	---
	修正降雨密度(mm) I*M	110.7	107.89	106.3	104.98	105.26	111.09	120.12	138.86	153.52	---
【實驗六】創意自製儀器改進法(自製的風擺式雨量器)試驗：											
試驗 編號	型式	加重(g)		風速(m/s)							
				1.83	4	6					
G1	地球儀式	0	雨量器傾斜 角度(度)		10.5	13	15				
G2		2			9	10.5	12.5				
G3		4			7.5	9	10.5				
G4		8			7	7.5	8.5				
G1-1	吊擺式	0	雨量器傾斜 角度(度)		12.5	15	18				
G2-1		20			11	13	15				
G3-1		40			9	11.5	13.5				
G4-1		80			8	9.5	11				

柒、討論

活動(一)：探討影響雨量器精確度的實驗

【實驗一】雨量計開口面積大小，是否會影響收集的降雨高度？

<方法>改變不同的降雨高度，量測天然降雨、人工模擬降雨所呈現出的累積雨量高度，如下圖所示。

<結果>

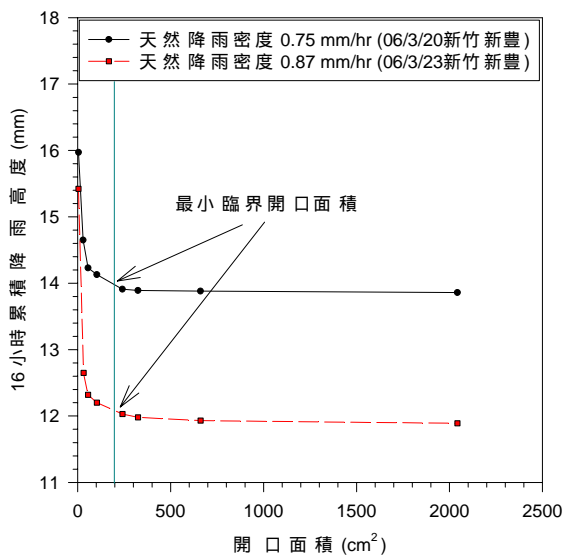


圖 7.1 天然降雨高度-開口面積之關係圖

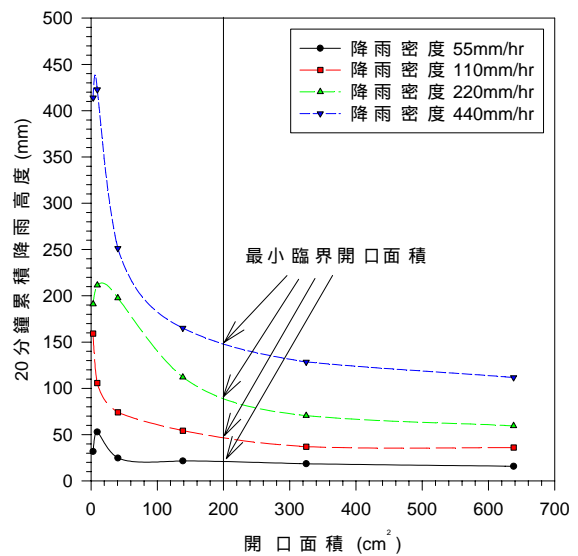


圖 7.2 人工降雨高度-開口面積之關係圖

<發現>

1. 雨量計開口面積小於 200 平方公分會影響雨量器所收集的雨量高度。
2. 天然降雨(開口面積 < 200 cm²) 所收集的雨量是天然降雨(開口面積 > 200 cm²) 的 1.2-1.3 倍，約誤差 20-30%。
3. 定 200 cm² 為最小臨界開口面積。

【實驗二】雨量計高度的多寡，是否會影響收集的降雨高度？

<方法>改變不同的雨量計高度，量測天然降雨、人工模擬降雨所呈現出的累積雨量高度，如下圖所示。

<結果>

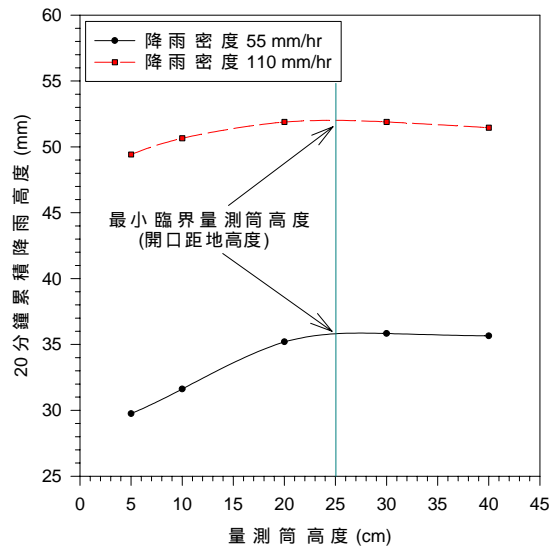


圖 7.3 降雨高度-量測筒高度之關係圖

<發現>

1. 雨量計高度高於 25 公分以上，所收集的降雨高度大致相同。
2. 雨量器高度低於 25cm 所造成的影響是每降低 1 公分約有 0.3%-0.85% 誤差。
3. 定 25cm 為最小臨界雨量器高度。

【實驗三】不同的形狀口徑，是否會影響收集的降雨高度？

<方法>改變不同的雨量計開口形狀，量測天然降雨、人工模擬降雨所呈現出的累積雨量高度，如下圖所示。

<結果>

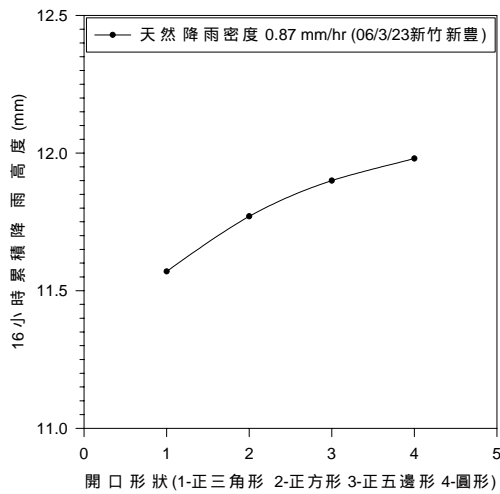


圖 7.4 天然降雨高度-開口形狀之關係圖

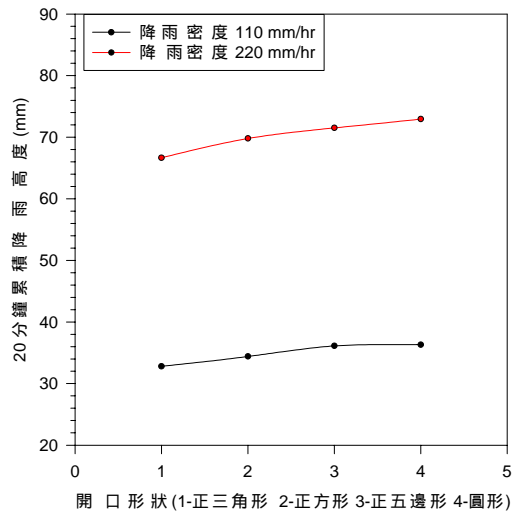


圖 7.5 人工降雨高度-開口形狀之關係圖

<發現>

- 1.不同的開口形狀，所收集的降雨高度，圓形>正五邊形>正方形>正三角形。
- 2.雨量器選擇圓形開口，會有較佳的效果。

【實驗四】風的大小，是否會影響雨的傾斜角度？

<方法>改變不同的風速，量測人工模擬降雨所呈現出的傾斜角度(與垂直比較)，如下圖所示。

<結果>

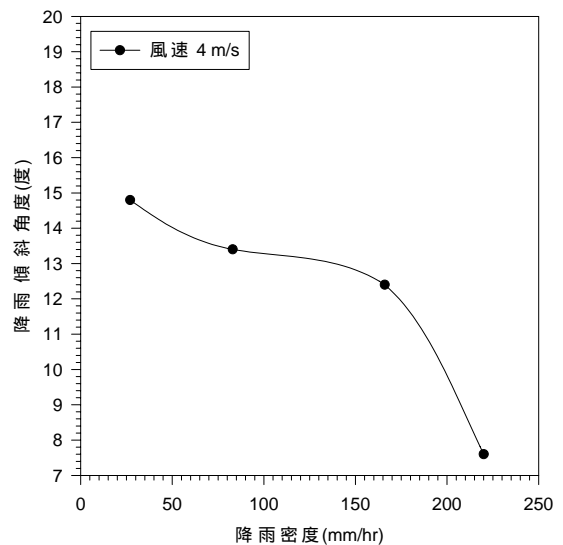
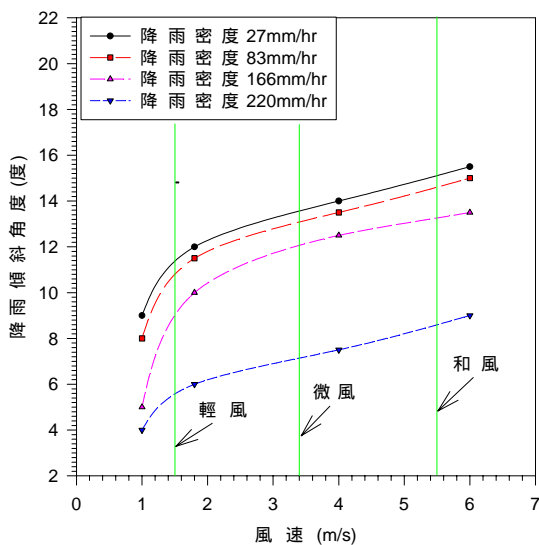


圖 7.6 降雨傾斜角度-風速之關係圖

圖 7.7 風速 4m/s 時，降雨傾斜角度-降雨密度之關係圖

<發現>

1. 不同的降雨密度，風吹所造成的傾斜角度增加率大致相同。
2. 風速每增加 1m/s，降雨傾斜角度增加 0.7 度。
3. 根據中央氣象局表示，輕度颱風乃是指風速超過 17 (m/s) 的熱帶性氣旋，我們研究顯示輕度颱風會造成豪雨(降雨密度 130mm/24hr)產生 27.5 度的降雨傾斜角，造成 8~9%降雨密度的誤差。降雨密度 27mm/hr 的超大豪雨，產生 26.7 度的降雨傾斜角。

活動(二)：探討國際標準雨量器優缺點及對風修正的效果，並提出修正方法

上述的研究告訴我們，風速越大，降雨傾斜角度越大，相對的收集的雨量會減少，這是很嚴重的問題，因為通常颱風天風大雨大，所收集的雨水遠小於實際落下的雨水，可能還沒發佈土石流警報，就發生土石流了，所以這個問題是值得我們繼續研究下去。

查閱相關資料有驚人的發現，全世界的國際標準雨量器都是固定式的，例如：浮筒式、傾斗式、衡重式等，放於離地面 30cm 以上的地方，沒有一個可以對風作修正，所以我們討論後提出了二個雨量器對風作修正的可行性方法，分別是**數值修正法(投影面積法)**及**儀器改進法(自製的風擺式雨量器)**。

【實驗五】數值修正法(投影面積法)，是否能讓雨量計更正確？--修正方法試驗

<方法>

< 模擬不同降雨傾斜角度實驗 > 改變不同的面積投影率，量測雨水收集率，如下圖所示。

<圓形投影面積實驗>改變不同的傾斜角度，量測圓形投影在紙上的面積，計算投影率，如下圖所示。

<修正因子>改變不同的傾斜角度，與計算出的修正因子 M，如下圖所示。

<結果>

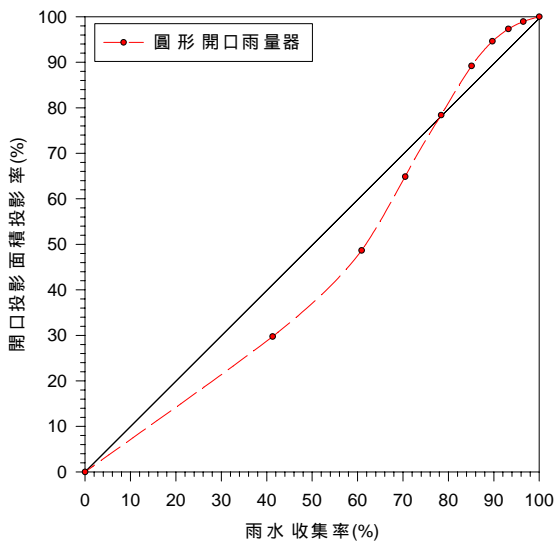


圖 7.8 開口投影面積投影率-雨水收集率之關係圖

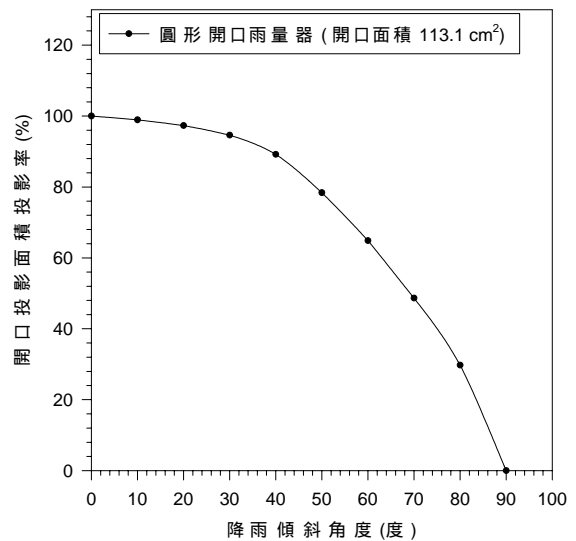


圖 7.9 開口投影面積投影率-降雨傾斜角度之關係圖

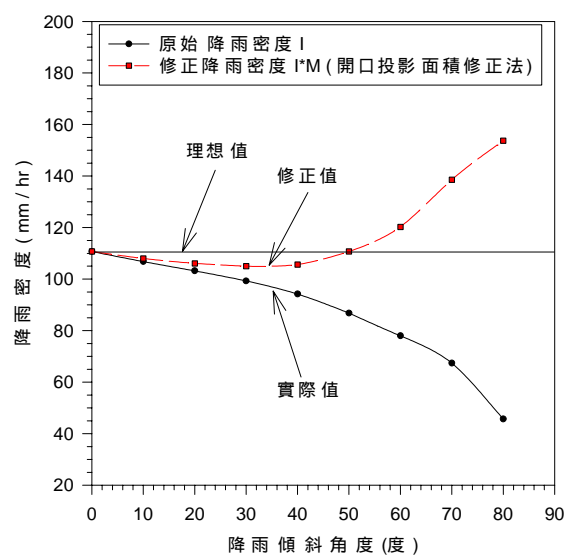
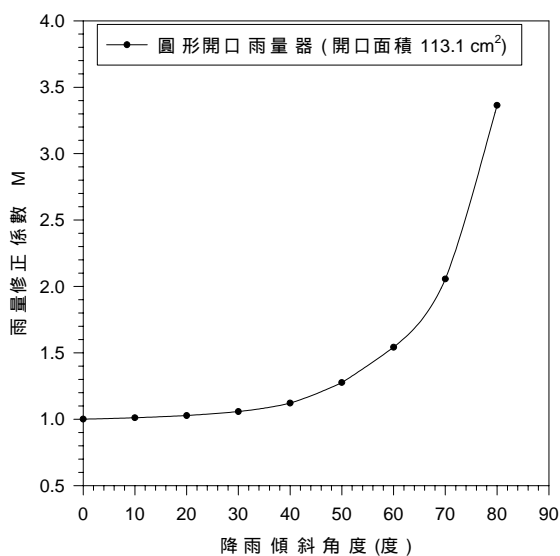


圖 7.10 雨量修正係數 M-降雨傾斜角度之關係圖

圖 7.11 降雨密度-降雨傾斜角度之關係圖

<發現>

1. 利用投影面積的減少比例，反算出的雨量修正係數 M，對雨量修正有很大的幫助，修正效果理想。
2. 風的確會造成降雨的傾角，風越大降雨傾角越大。
3. 降雨密度修正值，降雨傾角小於 50 度，較接近理想值；降雨傾角的大於 50 度，會有高估的現象，但是目前最大的超級強烈颱風的風速也不會超過 36.9m/s(12 級颶風)，所造成毫雨(降雨密度 130mm/24hr)的降雨傾角的大約為 42 度，所以降雨傾角一定小於 50 度。

【實驗六】儀器改進法(自製的風擺式雨量器)，是否能讓雨量計更正確？--修正方法試驗

<方法>

利用照相機，將不同風速，所造成的雨量器傾斜角度拍下來，比對垂直器，測量出角度。繪出風速與雨量器的傾角關係圖，如下圖所示。找出降雨密度為 40mm/hr 受風影響的角度，與實際自製雨量器比較。



圖 7.12 風擺式雨量器，受風擺動情形



圖 7.13 地球儀擺式雨量器



圖 7.14 吊擺式雨量器



圖 7.15 地球儀擺式雨量器，受風傾斜情形



圖 7.16 吊擺式雨量器，受風傾斜情形

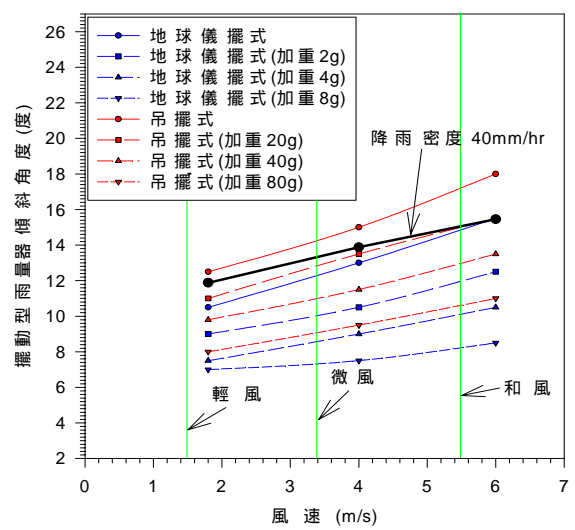


圖 7.17 風速與雨量器的傾角關係圖

<發現>

1. 地球儀擺式及吊擺式，的確可以修正風所產生誤差，而且效果不錯。
2. 地球儀擺式的擺幅較小；吊擺式的擺幅較大，可能與摩擦力有關。
3. 模擬土石流條件，當降雨密度 40mm/hr 時極可能造成土石流，所以可以選用地球儀擺式(不加重)，或選用吊擺式(加重 20g)，這兩者都有不錯的模擬效果，雨量器傾斜角度極為接近降雨密度 40mm/hr 時的雨傾斜角度。

活動(三)：探討自製土石流預警器的可行性

【實驗七】設計虹吸型及直落型的風擺式雨量器，結合水位警報系統，探討自製土石流預警器的可行性

1.自製虹吸型及直落型的風擺式雨量器。

虹吸型：利用自然課所學九龍杯原理，讓水留在雨量器內，藉由杯內的水管調整警戒水位，當水位到達土石流警戒水位(雨量器開口面積收集的 150mm 高水位)，雨量器內的水會全數流出而進入水位警報系統，使浮球上浮接觸微動開關，電路導通警報大響。

直落型：首先調整水位警報系統的警戒水位器(雨量器開口面積收集的 150mm 高水量，定出高度)，利用雨量器收集雨水，直接流進水位警報系統，使浮球上浮接觸微動開關，電路導通警報大響。



圖 7.18 虹吸型風擺式雨量器



圖 7.19 直落型風擺式雨量器

2.自製水位警報系統

利用小型警報器、電池、微動開關及浮球，構成一個水位警報系統，雨量器收集雨水由水管流進水位警報系統，使浮球上浮接觸微動開關，電路導通警報大響。



圖 7.20 水位警報系統



圖 7.21 雨量器及水位警報系統結合

3.結合雨量器及水位警報系統，探究可行性及效果。



圖 7.22 土石流預警器模擬下雨收集情形



圖 7.23 土石流預警器設立外層防水袋



圖 7.24 雨量器收集雨水由水管流進水位警報系統



圖 7.25 浮球上浮接觸微動開關，電路導通警報大響

<發現>

1. 虹吸型及直落型的風擺式雨量器，結合水位警報系統，所構成的土石流預警器效果理想，可行性非常高。
2. 優越的地方：

風擺式雨量器，會增加雨水的正確收集量，虹吸型及直落型可以設定警戒水位，水位警報系統採用電池式供電，不會有斷電危險，外層有防水袋保護，不會讓水進入收集桶及警報電路，而且聲音夠大聲，足以讓山區部落的人民聽到而盡快撤離至安全的地方。

捌、結論

- 一、最小臨界雨量器開口面積約為 200 (cm²)。開口面積<200 cm²，所收集的降雨量會較不準確，造成的最大誤差約 20~30%。
- 二、最低臨界雨量器高度約為 25cm 高，雨量器高度低於 25cm 所收集的雨量會較不準確。
- 三、雨量器選擇圓形開口，會有較佳的效果。相同的環境下的降雨高度，圓形>正五邊形>正方形>正三角形。
- 四、風速越大，降雨傾斜角度越大，相對的收集的雨量會減少，誤差也會變大。風速每增加 1m/s，降雨傾斜角度會增加 0.7 度，而且查閱相關資料有驚人的發現，全世界的國際標準雨量器都是固定式的，這是很嚴重的問題，因為通常颱風天風大雨大，所收集的雨水遠小於實際落下的雨水，可能還沒發佈土石流警報，就發生土石流了，所以希望有關單位重視這個問題並研究解決的可行方案。
- 五、數值修正法(投影面積法)，利用投影面積的減少比例，反算出的雨量修正係數 M，對雨量修正效果理想，值得推廣使用。
- 六、儀器改進法(自製的風擺式雨量器)，其中的地球儀擺式及吊擺式雨量器，修正風所產生誤差效果不錯，值得推廣使用。由文獻知道，當降雨密度 40mm/hr 時極可能造成土石流，所以當降雨密度是 40mm/hr 時，可以選用地球儀擺式(不加重)，或選用吊擺式(加重 20g)，這兩者雨量器傾斜角度極為接近降雨密度 40mm/hr 時的雨傾斜角度，有不錯的對雨量修正效果。
- 七、虹吸型及直落型的風擺式雨量器，結合水位警報系統而構成的土石流預警器效果理想，可行性非常高，值得推廣使用。
- 八、最後，我們將前面的數值修正法及儀器改進法，給予評價成下表：

	方法比較	方便性	準確性	可行性	土石流預警器	綜合評價排比
數值修正法	投影面積法	中	高	高	無	

創意自製儀器改進法	虹吸型風擺式雨量器	高	中	中	有	
	直落型風擺式雨量器	高	高	高	有	

玖、參考資料及其他

一、土石流

<http://www.swcb.gov.tw/swcb.asp?ptype=swcb03/main>

二、陳宏宇，1997，**地質災害的衝擊**。水與土通訊，33，9-16。

三、戚啟勛(民 62)。**小學氣象教材研究**。臺北市：臺灣省國民學校教師研習會。

四、雨量器

<http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/weather/instrument2.htm>

五、標準型雨量器

<http://www.cwb.gov.tw/>

【評語】 080829

本作品探討雨量器的開口面積大小、高度及形狀對雨量準確度的問題，希望能改善雨量器的準確度，小朋友並探討自製土石流預警器的可行性。小朋友對降雨重量、降雨高度、降雨密度、降雨強度等表達得不是很清楚，對準確度的解說也較模糊，若能再進一步認識與瞭解降雨的相關現象與專業名詞會將作品表達得更好。