

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

佳作

030507

土石流不流-從清水溪土石流成因踏查、雨量計
改良到簡易預警裝置的研究

學校名稱：雲林縣立雲林國民中學

作者： 國二 董道晨 國二 楊采陵 國二 蔡昀珊	指導老師： 尤佐丞 吳俊賢
---	-----------------------------

關鍵詞：土石流、雨量計、預警裝置

摘要

夏天常見土石流，想研究成因及預警裝置，以減少災害。

我們發現該區具下列特徵:坡度陡，土質主為砂岩，植物以草本及淺根木本為主，離斷層帶五公里內，常有人為施作，雨量集中。

把雨量計的儲水筒改良成儲水、雨量兩用筒，設計兩半圓保麗龍夾磁鐵成浮標置於筒內;指標磁鐵置於筒外，當收集雨水後，指標磁鐵會指在某刻線上，使測雨水方式更簡便精準，頗具創意。

簡易土石流警報裝置，精算調控漏水面積，使儲雨量加調控漏雨量等於警戒雨量，利用常見的臉盆加蜂鳴器及校正過的規律漏水設計，若水位達警戒值時，導電浮板碰觸上緣導絕導板、雙半圓導線即形成通路，使蜂鳴器鳴叫，達到預警效果，其中第三代最優，可推廣到好發土石流區一般家庭使用。

壹、研究動機：

每當豪雨過後，電視報導各地豪雨成災，多處發生山崩、土石流，造成許多家園崩毀，造成重大人員傷亡，心裡十分難過。夏秋之際在各種媒體報導中常看到關於土石流的災情，所以我們希望深入研究土石流的成因，了解雲林山區土石流好發地帶，並研究預警裝置，以減少災害帶來的負面影響。

貳、研究目的：

- 一、踏查清水溪、北港溪上游山區土石流遺跡狀況。
- 二、藉踏查土石流遺跡探討發生成因，印證課本的說法及作為防治工作參考。
- 三、改良傳統雨量計，增進觀測便利及準確度。
- 四、設計簡易預警裝置，使能普遍推廣使用。

參、研究器材：

- 一、土石流遺跡現場踏查。
量角器、鉛錘器、尺、GPS、線、礦物辨識圖鑑、植物圖鑑、數位相機。
- 二、傳統雨量計設計改良：
傳統雨量計、保麗龍球、大頭針、強力磁鐵、尺、奇異筆。
- 三、簡易土石流預警裝置設計：
臉盆、漆包線、保麗龍、鋁箔紙、蜂鳴器、電池、鑽孔器。

肆、研究過程：

- 一、土石流現場遺跡踏查步驟。
 - (一)、以雲林河域華山溪—北港溪上游、龍過脈溪—清水溪上游、草嶺溪—清水溪上游為踏查對象。
 - (二)、實地踏查土石流流域實況及量斜坡角度。
 - (三)、採集當地土石流流域地質樣本，植物樣本。
 - (四)、蒐集當地雨量概況及爆土石流警戒雨量狀況。
 - (五)、由相閱地圖推估當地與地震斷層帶距離測量。
 - (六)、蒐集人為開發內容。
- 二、土石流成因踏查資料分析：

- (一)、從斜坡角度方面分析。
- (二)、從地質樣本方面分析。
- (三)、從植物樣本分面分析。
- (四)、從日雨量資料分析。
- (五)、從當地與地震斷層帶距離資料分析。
- (六)、地形面的傾斜方向和地層層面傾斜方向分析。
- (七)、人為開發內容分析。

三、傳統雨量計設計改良：

(一)傳統雨量計改良設計：

1. 以儲水筒兼當雨量筒，以標準雨量筒校正儲水筒，並刻畫於外壁。
2. 以二個半圓保麗龍球插入大頭針與磁鐵組裝成浮標，儲水筒兼雨量筒外面磁鐵製作成刻度針。
3. 雨水流入儲水筒兼雨量筒到收集截止時刻，浮標上升到固定位置，外面放上磁鐵刻度針，因內外磁鐵相吸，便固定於刻度線，量出雨量多少。

(二)、測試傳統與改良雨量筒優缺點。

1. 用標準 10mm 用傳統雨量筒及改良雨量筒測量並記錄。
2. 用標準 20mm 用傳統雨量筒及改良雨量筒測量並記錄。
3. 用標準 40mm 用傳統雨量筒及改良雨量筒測量並記錄。
4. 利用雨天用傳統及改良雨量筒實測一天雨量。
5. 比較兩者各方面優缺點。

四、簡易土石流預警裝置之設計步驟：

(一)、校正打孔面積，當日雨量達日警戒雨量時，使達警戒線，產生警報聲時。

1. 於圓盆底部打八孔。
2. 用膠布貼留一孔到八孔。
3. 裝滿水，測量流失完畢之時間，並記錄之。
4. 由 3，測出每秒每平方公分流失水量。
5. 用標準雨量計校正，換算圓盆滿水位雨量高度。
6. 以警戒日雨量，換算開孔面積，使儲水雨量加調控漏失雨量為警戒日雨量。

(二)、第一代土石流預警裝置設計，如原理說明及製作過程照片：

1. 圓盆底部，打適當孔洞，使符合(一)、6 之要求。
2. 設計保麗龍圓形浮板，包鋁箔紙。
3. 設計長保麗龍片，包鋁箔紙，中央絕緣，兩端可導電，置於圓盆上端。
4. 兩條包鋁箔的保麗龍片兩端 接警報器及電池。
5. 當日雨水量達警戒雨量，圓形導電板上浮，便接觸上面長形導一絕一導片，因通電，使警報器鳴叫。

(三)、第二代土石流預警裝置設計，如原理說明及製作過程照片：

1. 同(二)，只是把一片導一絕一導裝置，修正為二條導一絕一導裝置，以減少雨水因碰撞而流失的誤差。

(四)、第三代土石流預警裝置設計，如原理說明及製作過程照片：



















1. 同(二)，但導線由近端連接，成遠端連接，如圖。大大改善設計困難度，及縮小面積，增加準確度。

(五)、收集雨水比較三代預警裝置設計優缺點。



















肆之一、實驗照片說明：

一、土石流遺跡現況踏查照片說明：



















(一)、華山溪土石流遺跡現況踏查照片說明：

	採樣點一	採樣點二	採樣點三
土石流現場殘跡現況之一			
土石流現場殘跡現況之二			
土石流斜坡角測量			
土石流土質採樣			
土石流現場附近植物現況一			
土石流現場附近植物現況二			








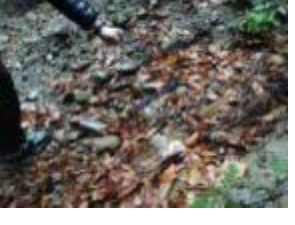










(一)、華山溪土石流遺跡現況實勘照片說明(續)：

	採樣點四	採樣點五	採樣點六
土石流現場殘跡現況之一			
土石流現場殘跡現況之二			
土石流斜坡角測量			
土石流土質採樣			
土石流現場附近植物現況一			
土石流現場附近植物現況二			

(二)、龍過脈溪土石流遺跡現況踏查照片說明：

	採樣點一	採樣點二	採樣點三
土石流現場殘跡現況之一			
土石流現場殘跡現況之二			
土石流斜坡角測量			
土石流土質採樣			
土石流現場附近植物現況一			
土石流現場附近植物現況二			



(二)、龍過脈溪土石流遺跡現況踏查照片說明(續)：

	採樣點四	採樣點五	採樣點六
土石流現場殘跡現況之一			
土石流現場殘跡現況之二			
土石流斜坡角測量			
土石流土質採樣			
土石流現場附近植物現況一			
土石流現場附近植物現況二			

(三)、草嶺溪土石流遺跡現況踏查照片說明：

	採樣點一	採樣點二	採樣點三
土石流現場殘跡現況之一			
土石流現場殘跡現況之二			
土石流斜坡角測量			
土石流土質採樣			
土石流現場附近植物現況一			
土石流現場附近植物現況二			

(三)、草嶺溪土石流遺跡現況踏查照片說明(續)：

	採樣點四	採樣點五	採樣點六
土石流現場殘跡現況之一			
土石流現場殘跡現況之二			
土石流斜坡角測量			
土石流土質採樣			
土石流現場附近植物現況一			
土石流現場附近植物現況二			

二、(一)雨量計的改良設計原理說明：









1. 傳統雨量計測量方式，如圖：

<p>雨水收集後倒入雨量筒，因雨水附著在儲水筒上，造成誤差。</p>	<p>視線與液面中心等高，且垂直器壁，紀錄液面刻度。</p>

2. 改良雨量計測量方式，如圖：

<p>直接用儲水筒兼雨量筒，用標準雨量筒校正刻畫刻度於筒外壁。</p>	<p>用兩半圓球及強力磁鐵製作磁鐵浮標及另製作磁鐵指標於筒外壁。</p>
<p>當雨水收集定量後，使磁鐵浮標吸住筒外壁磁鐵指標。(側視圖)</p>	<p>視線與液面中心等高，且垂直器壁，紀錄液面刻度。</p>

二、(二)雨量計的改良設計照片說明：




	
<p>傳統雨量計包含收集筒、儲水筒、密封筒和雨量筒。</p>	<p>把儲水筒直接當雨量筒，用標準雨量筒校正刻度，減少雨量附著造成的誤差。</p>
	
<p>用標準雨量筒校正儲水筒的刻度。</p>	<p>在儲水筒外面標上校正刻度，當改良雨量筒使用。</p>
	
<p>用兩個半保麗龍球，插入大頭針，中央吸磁鐵，當雨水量浮標使用。</p>	<p>雨水量浮標組裝完成。</p>
	
<p>雨水量浮標隨雨水上升而上升，外用磁鐵指標與其相吸。</p>	<p>改良儲水雨量筒外的指標磁鐵與雨水量浮標相吸住，停於某刻度上。</p>

三、(一)簡易土石流預警裝置原理說明：



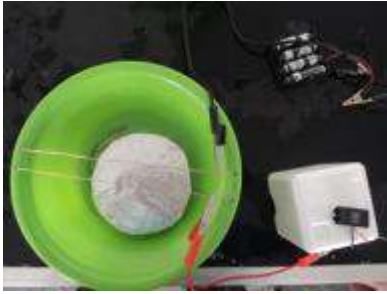
	圖示	說明
第一代	<p>電池及警鳴器</p> <p>可導電漂浮板</p> <p>雨水注滿時</p> <p>斷路</p> <p>通路</p> <p>色管為絕緣紙</p> <p>色管為導電紙</p>	<p>當雨水日雨量達警戒值，即調控排漏雨量加儲水雨量。可使導電漂浮板，上浮碰觸上緣導—絕—導板，形成通路，使蜂鳴器鳴叫。</p> <p>缺點：導—絕—導板面積大，使部分雨量濺出，造成誤差。</p>
第二代	<p>電池及警鳴器</p> <p>可導電漂浮板</p> <p>雨水注滿時</p> <p>斷路</p> <p>通路</p> <p>色管為絕緣紙</p> <p>色管為導電紙</p>	<p>當雨水日雨量達警戒值，即調控排漏雨量加儲水雨量。可導電漂浮板，上浮碰觸上緣導—絕—導線，形成通路，使蜂鳴器鳴叫。</p> <p>優點：改善第一帶上緣導—絕—導板大面積，增加儲水準確度。</p>
第三代	<p>電池及警鳴器</p> <p>可導電漂浮板</p> <p>雨水注滿時</p> <p>斷路</p> <p>通路</p>	<p>當雨水日雨量達警戒值，即調控排漏雨量加儲水雨量。可導電漂浮板，雙半圓導線，形成通路，使蜂鳴器鳴叫。</p> <p>優點：製作容易，儲水誤差最小，因導線面積最小。</p>

三、(二)簡易土石流預警裝置製作照片說明：

第一代製作

	
<p>切割保麗龍製作導電浮板。</p>	<p>在保麗龍包上鋁箔紙製成圓形導電浮板。</p>
	
<p>底部鑽八孔，用來測量调控面積與漏水量的關係。</p>	<p>中央鋁箔紙去除，製作導-絕-導上緣導電板。</p>
	
<p>中央包上寬版塑膠，製作導-絕-導上緣導電板。</p>	<p>導-絕-導上緣導電板，兩邊製作導線連接點。</p>
	
<p>組裝第一代土石流預警裝置含蜂鳴器，圓盤底部有校正小孔。</p>	<p>當雨水達警戒值時導電浮板上浮與上緣導-絕-導導電板接觸，通電產生警報聲。</p>

三、簡易土石流預警裝置製作
第二、三代製作

	
<p>用線穿過圓盆兩端，固定成兩平行線。</p>	<p>在線上包鋁箔紙，端點兩線連接，中央保持絕緣。</p>
	
<p>組裝第二代土石流預警裝置含蜂鳴器，圓盤底部有校正漏水孔。</p>	<p>雨水達警戒值時，導電浮板上浮與導絕-導電線接觸，通電產生警報聲。</p>
	
<p>用除去漆包的銅線，穿孔繞半圓纏繞固定。</p>	<p>用除去漆包的銅線，穿孔繞另半圓纏繞固定。</p>
	
<p>組裝第二代土石流預警裝置含蜂鳴器，圓盤底部有校正漏水孔。</p>	<p>雨水達警戒值時，導電浮板上浮與兩半圓導電線接觸，通電產生警報聲。</p>

(四)、下雨實測傳統、改良雨量計及三種簡易預警裝置，比較優劣：

		
<p>傳統、改良雨量計及三種簡易預警裝置，實際收集雨量之情形。</p>	<p>儲水筒兼雨量筒改良型，指標磁鐵與內部含磁鐵雨量浮標相吸。指標磁鐵止於某固定刻度上。</p>	
		
<p>圖為儲水筒兼雨量筒改良型，指標磁鐵與內部含磁鐵雨量浮標相吸。(俯視圖)</p>	<p>傳統標準雨量筒量筒內的雨水為 2.4 mm。</p>	
		
<p>第一代土石流預警裝置實測情形。</p>	<p>第二代土石流預警裝置實測情形。</p>	<p>第三代土石流預警裝置實測情形。</p>

伍 研究結果：

一、土石流流域踏查紀錄：

(一)、華山溪－北港溪上游土石流現況遺跡紀錄。

	上坡角 下坡角	土質種類	植物種類
地點一：	80 度、50 度	種類：砂岩、破碎砂岩、泥土。 形狀：尖銳。 硬度：硬。	臺灣肖楠、腎蕨、姑婆芋、昭和草、台灣山芙蓉、黃鶴菜、黃荊。
地點二：	85 度、60 度	種類：砂岩、破碎砂岩、泥土。 形狀：尖銳。 硬度：硬。	蘆葦、檳榔樹、姑婆芋、鬼針草、黃鶴菜。
地點三	75 度、45 度	種類：大塊的標本為砂岩、泥土結塊。 形狀：不規則。 硬度：硬。	檳榔樹、筆筒樹、假芝、山蘇、鬼針草。
地點四：	80 度、50 度	種類：砂岩、泥土。 硬度：硬。 形狀：不規則。	颱風草、檳榔樹、桂花、鬼針草。
地點五：	85 度、50 度	種類：為破碎砂岩。 硬度：硬。 形狀：不規則。	芒草、檳榔樹、對面花、棕竹、鬼針草。
地點六：	85 度、60 度	種類：為破碎砂岩。 硬度：硬。 形狀：不規則。	腎蕨、鬼針草、姑婆芋、昭和草。

(二)龍過脈溪—清水溪上游土石流現況遺跡紀錄。

	上坡角 下坡角	土質種類	植物種類
地點一	75 度、55 度	種類:破碎砂岩、石英。 硬度:堅硬。 形狀:圓頓。	無患子、飛機草、台灣金狗毛蕨、麻竹林、七里香、白玉蘭
地點二	80 度、45 度	種類:細沙，大者為砂岩、石英。 硬度: 堅硬。 形狀:圓頓。	大山棕、魚腥草、決明子、茄苳、各式蕨類、岩生秋海棠、無患子、杜英、九芎、酸藤、臺灣葛藤、盤龍木
地點三	75 度、60 度	種類: 以土、砂岩。 硬度: 堅硬。 形狀:圓頓。	杜英、盤龍木、扛板歸、煙草、麵包樹、孟宗竹、樟樹、相思樹、芒果樹血桐、白匏子
地點四	80 度、55 度	種類:石英、砂岩。 硬度: 堅硬。 形狀:圓頓。	九芎、酸藤、臺灣葛藤、腎蕨、龍眼樹、香楠、龍眼樹、構樹、山棕、蓮草、台灣杪欏
地點五	80 度、45 度	種類:砂岩、泥土。 硬度: 堅硬。 形狀:圓頓。	麻竹林、刺竹林、七里香、木薯、冇骨消、月桃、姑婆芋、長穗木、直毛假地豆、絹毛鳶尾花(鞘閉薑)
地點六	75 度、50 度	種類:砂岩、泥土。 硬度: 堅硬。 形狀:圓頓。	白玉蘭、蓮草、姑婆芋、龍船花、中國穿鞘花、野牡丹、葛藤、日日春、馬櫻丹、龍船花、非洲鳳仙花、大花咸豐草

(三) 草嶺溪—清水溪上游土石流現況遺跡紀錄。

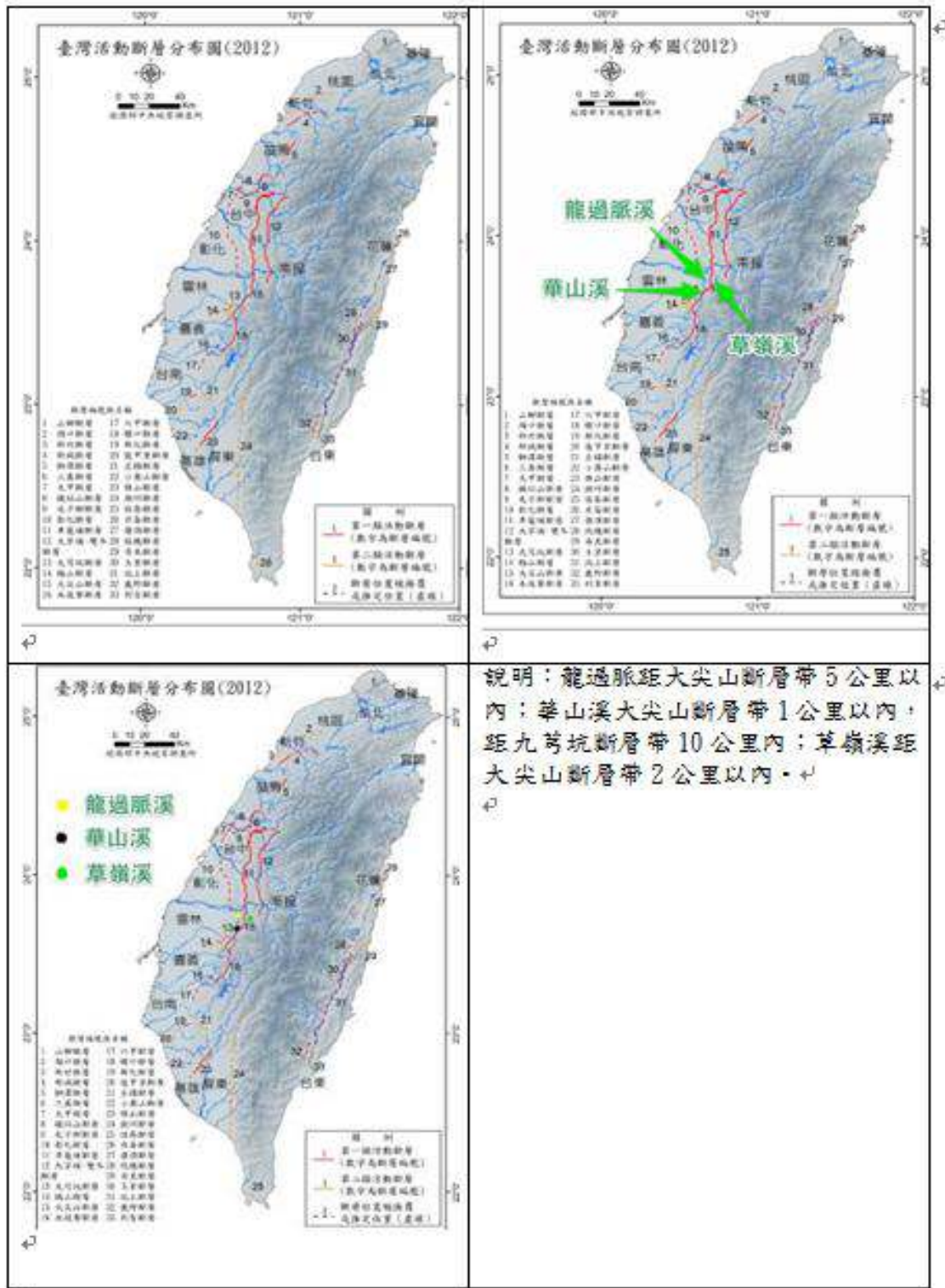
	上坡角 下坡角	土質種類	植物種類
地點一	80 度、 50 度	種類:砂岩、頁岩。 硬度:較脆。 形狀:成片不規則。	象草、蒲公英、百香果、苓 樹榕、錫蘭玉心花
地點二	75 度、 55 度	種類:砂岩、頁岩。 硬度:較脆。 形狀:成片不規則。	腎蕨、樟櫟群叢、猴歡喜、 九芎、牛樟、烏心石、長葉 木薑子
地點三	80 度、 60 度	種類:砂岩、頁岩。 硬度:較脆。 形狀:成片不規則。	腎蕨、紅珠藤、牛樟、鬼紫 珠
地點四	80 度、 60 度	種類:砂岩、頁岩。 硬度:較脆。 形狀:成片不規則。	棕櫚樹、鬼石礫、黃杞、鬼 針草、大仙茅
地點五	75 度、 50 度	種類:砂岩、頁岩。 硬度:較脆。 形狀:成片不規則。	孟宗竹、馬勃茵、杜虹花、 冷飯藤
地點六	80 度、 60 度	種類:砂岩、頁岩。 硬度:較脆。 形狀:成片不規則。	牛樟木、曼托羅、黃荊

(四)、近三年來，雲林山區-北港溪、清水溪上游最高日雨量統計表
(依據中央氣象局資料)

月 \ 年	2012	2013	2014
一月	12.5	18.5	0
二月	5	2	9
三月	9	9.5	13.5
四月	2.5	115.5	10.5
五月	41	46.5	98
六月	64	12.5	107.5
七月	14	140	104
八月	38	380	95
九月	2	63.5	67.5
十月	12.5	2.5	0
十一月	95	8.5	3
十二月	10.5	13.5	7.5

說明：依據行政院農委會水土保持局土石流警戒值日雨量：雲林山區為 300mm。

(五)、北港溪上游—華山溪；清水溪上游—龍過脈溪、草嶺溪與地震斷層帶的相關位置。



二、雨量計改良實驗紀錄數據

(一)以 10mm 標準雨量測量：

	傳統	標準值	誤差		改良	標準值	誤差
1	9.83	10	0.017	1	9.91	10	0.009
2	9.74	10	0.026	2	9.87	10	0.013
3	9.89	10	0.011	3	9.98	10	0.002
4	9.84	10	0.016	4	9.93	10	0.007
5	9.92	10	0.008	5	9.82	10	0.018
6	9.91	10	0.009	6	9.96	10	0.004
7	9.82	10	0.018	7	9.94	10	0.006
8	9.88	10	0.012	8	9.87	10	0.013
9	9.85	10	0.015	9	9.93	10	0.007
10	9.91	10	0.009	10	9.93	10	0.007
平均	9.859	10	0.0141	平均	9.914	10	0.0086

(二)以 20mm 標準雨量測量：

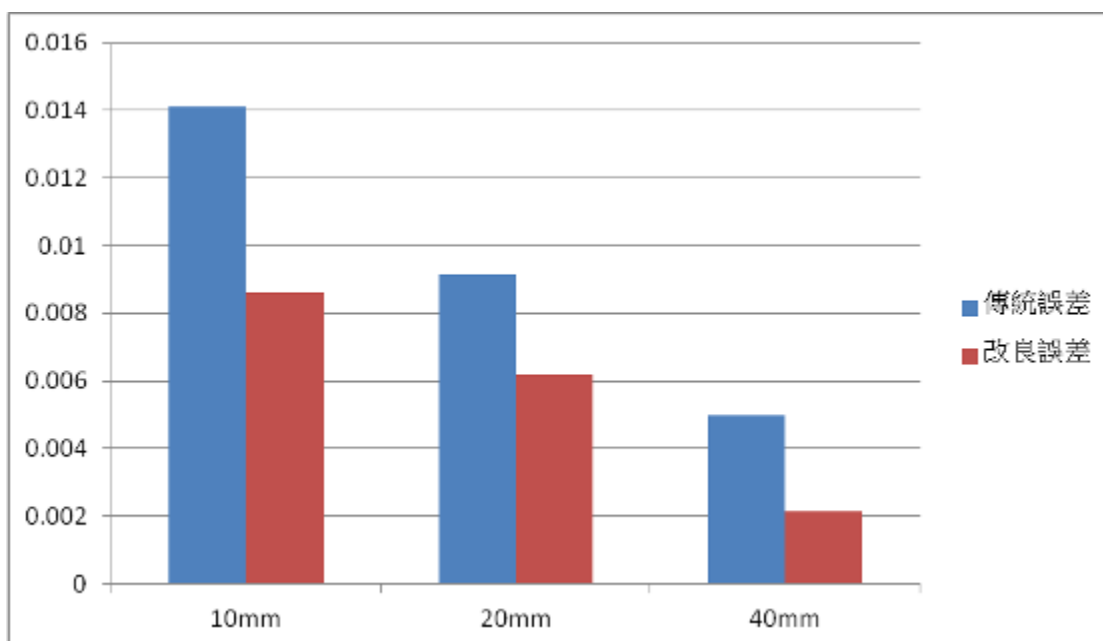
	傳統	標準值	誤差		改良	標準值	誤差
1	19.86	20	0.007	1	19.88	20	0.006
2	19.84	20	0.008	2	19.98	20	0.001
3	19.87	20	0.0065	3	19.93	20	0.0035
4	19.74	20	0.013	4	19.82	20	0.009
5	19.83	20	0.0085	5	19.87	20	0.0065
6	19.85	20	0.0075	6	19.79	20	0.0105
7	19.76	20	0.012	7	19.94	20	0.003
8	19.76	20	0.012	8	19.86	20	0.007
9	19.83	20	0.0085	9	19.88	20	0.006
10	19.83	20	0.0085	10	19.81	20	0.0095
平均	19.817	20	0.00915	平均	19.876	20	0.0062

(三)以 40mm 標準雨量測量：

	傳統	標準值	誤差		改良	標準值	誤差
1	39.87	40	0.00325	1	39.96	40	0.001
2	39.81	40	0.00475	2	39.96	40	0.001
3	39.79	40	0.00525	3	39.89	40	0.00275
4	39.81	40	0.00475	4	39.97	40	0.00075
5	39.75	40	0.00625	5	39.89	40	0.00275
6	39.8	40	0.005	6	39.85	40	0.00375
7	39.78	40	0.0055	7	39.91	40	0.00225
8	39.8	40	0.005	8	39.87	40	0.00325
9	39.79	40	0.00525	9	39.85	40	0.00375
10	39.8	40	0.005	10	39.99	40	0.00025
平均	39.8	40	0.005	平均	39.914	40	0.00215

(四)綜合比較

	傳統誤差	改良誤差
10mm	0.0141	0.0086
20mm	0.00915	0.0062
40mm	0.005	0.00215



三、簡易預警裝置：

(一)漏水孔面積與漏水雨量關係實驗：

單位：秒

測量次數/孔數	一孔	二孔	三孔	四孔
1	54.9	28.4	19.8	14.2
2	55.8	27.4	19.3	14.5
3	54.1	26.1	17.5	13.4
4	56.3	28.1	17.3	13.7
5	55.1	27	18.1	14.9
6	54.7	27.2	19.7	14.3
7	56.4	27.9	19.2	14.1
8	54.8	26.2	19.7	15.7
9	56.4	26.4	17.2	14.9
10	56.1	27.5	17.2	15.3
平均值	55.5	27.2	18.5	14.5
每秒每平方公分漏失雨量	1.3774647	1.40327	1.37647	1.31714

測量次數/孔數	五孔	六孔	七孔	八孔
1	9.1	9.2	9.8	7.1
2	11.1	8.4	7.9	8.5
3	10.3	9.2	7.4	7.4
4	10.7	11.1	7.1	7.1
5	11.5	10.1	7.9	8.6
6	10.8	9.4	9.7	7.3
7	11.2	10.1	8.1	7.8
8	11.4	8.2	8.2	8.8
9	10.7	10.7	9.9	8.1
10	9.6	8.1	7.6	7.5
平均值	10.6	9.5	8.4	7.8
每秒每平方公分漏失雨量	1.436	1.3473	1.3054	1.2211
每秒每平方公分漏失雨量 平均值	1.38			

(二) 調控漏水孔面積與警戒雨量關係研究：

- 1、由(一)漏水孔面積與漏水雨量關係實驗推論
- 2、每一大頭針針頭檢面積大約 1/500 平方公分，換句話說 1 平方公分可插 500 針大頭針。
- 3、每一針流失日雨量為單位面積每秒漏失雨量
 $1.38\text{mm} \times (1/500) \times 24\text{hr} \times 60\text{分} \times 60\text{秒} = 240\text{mm}$
- 4、雲林山區警戒雨量 300mm = 240mm(調控流失日雨量) + 60mm(簡易預警器具滿水位日雨量)

(三)、調控漏水孔面積與警戒雨量關係實測研究：

測量次數	一小時	兩小時	四小時	八小時	十六小時	二十四小時
1	10.4	20.2	41.9	81.4	161.4	241.4
2	10.9	20.1	41.7	80.7	160.5	240.2
3	9.1	19.8	40.3	80.6	160.4	239.8
4	10.3	19.5	40.4	81.3	160.7	239.7
5	9.7	20.1	39.3	80.1	161.1	240.4
6	9.8	19.9	39.7	80.2	159.5	240.7
7	9.9	20.6	41.5	79.9	159.3	240.1
8	11.2	20.1	39.9	79.8	161.7	241.4
9	10.6	18.5	41.4	81.1	159.6	242.1
10	10.1	19.8	40.1	80.2	159.5	240.7
平均值	10.2	19.9	40.6	80.5	160.4	240.7
漏失日雨量	244.8	238.32	243.72	241.59	240.555	240.65
滿水位日雨量	60	60	60	60	60	60
警戒日雨量 (實驗值)	304.8	298.32	303.72	301.59	300.555	300.65
警戒日雨量 (標準值)	300	300	300	300	300	300
誤差	0.016	-0.006	0.012	0.005	0.002	0.002

實驗與理論討論吻合

(四)、下雨實測傳統、改良雨量計及三種簡易預警裝置，比較優劣：

	一日雨量	誤差	備註
標準(氣象局)	2.5	0	最近氣象局大埔觀測站觀測值為標準值。地點：古坑鄉朝陽村北極殿旁
傳統	2.3	8%	
改良	2.4	4%	
第一代	2.3	8%	
第二代	2.4	4%	
第三代	2.4	4%	

陸、討論：

一、土石流域現況分析

- (一)、調查結果易生土石流區，土石流剝離上坡度大多在 75 度以上，下坡度約 45 度以上，由於重力原因，容易使土石因沖刷而剝離、掉落。
- (二)、易生土石流域，龍過脈溪、砂岩圓頓，因海拔較低的原因，約 500m，華山溪地質以破碎砂岩為主，泥沙為輔；草嶺溪以砂頁岩，土質鬆軟，易剝離。
- (三)、植物種類以淺根、鬚根、草本及蕨類為主，因地質易剝離，土石流域木本植物不易生長。
- (四)、我們踏察時發現，華山溪的木本植物材質易斷裂，屬於速成型樹木。檳榔樹成林，龍山脈溪沿岸，有多處竹林，龍眼樹，木材材質不密，棕梠根系淺；草嶺溪，木本植物根穿透砂頁岩造成砂頁岩破碎，易被雨水帶走，原本我們以為孟宗竹為鬚根，但觀察發現，竹子除鬚根上有抓地力很強的主根，導致可穿透岩層。
- (五)、土石流易發生流域，經常為溪河邊坡或 V 型邊坡地形，形成一較脆弱切口，雨水一來，便形成土石流。
- (六)、斷層帶或地震易發生地也是造成土石流易發生區，龍過脈溪距大尖山斷層帶 5 公里以內；華山溪大尖山斷層帶 1 公里以內，距九芎坑斷層帶 10 公里以內；草嶺溪距大尖山斷層帶 2 公里以內，土石流與離地震距離，兩者成正比關係。
- (七)、因颱風故，日雨量分布極端，過度集中於某些時候總是造成連續暴雨，也容易是造成土石流的近因，例如我們研究近三年，日雨量集中在 101 年 6 月，102 年 7.8 月，103 年 5.6.7.8 月，都是土石流最明顯的月份。
- (八)、九二一大地震造成山坡崩落，使台灣地質鬆動，也扮演近年來土石流重要角色，所以近年來豪雨不斷使造成了土石流。
- (九)、排碳量增加，溫室效應擴大，也造成氣候極端化，乾濕明顯強烈，下雨時，總是連續不斷，造成暴流。
- (十)、研究參考資料發現，洪水災害的土石流和洪水與土的混合型災害，造成重大災害。
- (十一)、研究參考資料發現，礫石型土石流流速為 3 ~ 10 m/s，泥沙型土石流流速為 2 ~ 20 m/s。
- (十二)、研究參考資料發現，華山溪上游種植大片檳榔，龍過脈溪上游及草嶺溪種植大片茶葉，道路開發以和步道開發等人為因素，造成水土破碎，易造成土石流。
- (十三)、研究參考資料發現，土石流表面流動上面快，下面慢。
- (十四)、研究參考資料發現，土石流發生時石礫分布大石頭在上，小石頭在下。
- (十五)、研究參考資料發現，土石流危害方式：1. 沖刷 2. 撞擊 3. 磨蝕 4 掩

- 埋5. 堵塞6. 漫流改道7. 擠壓主要河道8. 彎道超高，造成重大災害。
- (十六)、研究參考資料發現，因台灣位跨大陸板塊與菲律賓海板塊，山地約佔總面積的四分之三，加上地形與人為關係，造成水土災害頻繁。
- (十七)、研究參考資料發現，土石流危害地點：1 上游崩塌地滑區 2 危險溪流兩岸易崩塌區 3 危險溪流谷口扇形地，與研究結果吻合。

二. 雨量計改良設計：

- (一)、傳統雨量計用雨量筒測量雨量，雨量筒使用玻璃製作，容易破裂卻攜帶方便；改良式雨量計使用金屬製作，不容易因碰撞而造成資源浪費。
- (二)、傳統雨量計量雨水由儲水筒倒入雨量筒，會部分殘留在儲水筒，無法百分之百使雨水皆流入雨量筒，造成可觀誤差經測量10mm，短少0.5mm，誤差為 $0.5/10*100\%=5\%$ 。
- (三)、改良式雨量計由儲水筒可直接測量，免去倒入傳統雨量筒所造成的誤差。
- (四)、使用磁鐵浮標測量，外面磁針指示效果佳、有創意，免去看內側刻度的不易性。
- (五)、浮標置入水中，水位上升0.4mm已校正，減少誤差。
- (六)、我們設計浮標磁鐵，開始是設計保—磁—保上下的方式，發現重心不穩易傾倒，我們改成保—保—磁，或磁—保—保效果皆不佳，我們多次測試發現，以目前的設計，二個半圓插入多根大頭針至於中間便吸磁鐵的效果最好。
- (七)、我們設計以浮標磁鐵儲水桶外指標磁鐵，因形狀圓滑，若儲水雨量兩用筒兩邊沾水，會使指標磁鐵易滑動，於是我們改良為在其兩側用二L型磁鐵片使之易固定。
- (八)、我們使用標準雨量筒盛水作為標準，來刻畫改良式儲水雨量筒上的刻度。
- (九)、我們實驗發現，雨水每次由一筒倒水到另一筒，因水珠會在筒壁附著，每次附著約0.5mm，所以量雨量以不倒裝效果最好。
- (十)、比較傳統、改良與標準雨量的誤差，傳統誤差為2%；改良誤差為1%。

三、簡易土石流預警裝置的研究

- (一)、我們設計簡易的預警裝置，由底部孔的面積大小，來調控漏水雨量。
- (二)、經過實驗我們計算每秒每平方公分1.38mm流失量。
- (三)、每一平方公分，有500根大頭針，因此每一針頭的面積為 $1/500$ 平方公分。日流量為240mm，若警戒雨量為300mm則剛好(預警容器容量) $=60+240$ (一針流失量)。
- (四)、斷通電設計，經三代研發，當導電浮板達警戒線，便通電並產生鳴叫聲。
- (五)、斷通電原理，浮板包鋁箔紙，鄰界建兩邊設二條導線，當浮板浮到接觸二條導線，便由斷路到行成通路，警報器因而鳴叫，故可達到預警效果。
- (六)、第一代預警器，鄰界導一絕一導板，原由保麗龍兩邊包鋁箔紙中間包塑膠布組成，平時斷電，當雨水使導電浮板上浮，並接觸導一絕一導板，可形成通路，便蜂鳴器鳴叫，達預警效果。

- (七)、第二代導一絕一導板面改成線狀，既不阻礙雨水落入盆器中又不使水濺出。
- (八)、第三代是一個簡易完美的想法。兩段半圓形導線，位兩端浮標導體因雨水上浮達警戒水位位置。當浮標導體接觸上緣二半導體導線，便可行成通路因而產生警報鳴叫聲。
- (九)、我們比較三代簡易土石流預警器的儲水準確度，第三代>第二代>第一代。
- (十)、我們比較三代簡易土石流預警器製作簡易度，第三代>第二代>第一代。

柒、結論：

- 一、我們研究土石流區域的坡度、地形、地質、植物種類、斷層分布、近年日雨量及人為開發，我們發現土石流地區具下列特徵：
 - (一)、產生土石流的山坡，上、下坡度大部分大於 75 度及 45 度。
 - (二)、土質主要為砂岩、破碎砂岩、砂頁岩，硬度不大，海拔越高，岩石越尖銳；海拔越低，岩石越圓頓。
 - (三)、植物種類：土石流附近以草本及淺根、鬚根木本植物為主，有些鬆砂頁岩上的木本植物的根深入沙頁岩後有加速裂解沙頁岩的效果。
 - (四)、我們所研究的土石流區離斷層距離皆在五公里內。
 - (五)、土石流區種植大面積的檳榔樹、茶葉等人為作物，及建築道路、步道，破壞地表。
 - (六)、雨量集中造成暴雨使日雨量瞬間達警戒值，是造成土石流的主因。
- 二、我們把雨量計中的儲水筒改良成儲水雨量二用筒，設計浮標磁鐵置於內；指標磁鐵置於外，當雨水停止收集時，指標磁鐵便會停在已校正的雨量刻線上。紀錄之，當浮標磁鐵置入水中，會使水位增加 0.4cm，測量時已校正這裝置可使測量雨水量的方式更簡便，頗具創意，提供學校實作及相關單位觀測雨量參考。
- 三、簡易土石流警報裝置，因地精算調控漏水面積，使儲水雨量加調控漏水雨量等於警戒雨量。利用日常生活中常見的臉盆加上蜂鳴器及校正過的規律漏水設計，若水位達警戒值，導電浮板碰觸上緣導一絕一導長條鋁箔、半環形鋁箔亦或雙半圓導線即會形成通路，使蜂鳴器鳴叫。達到預警效果，其中第三代製作最簡易、準確度最高，可推廣到好發土石流區，讓一般家庭使用。

捌、參考資料：

- 一、林瑋、崔麗君 (2011)。會走路的山。臺北市：康軒。
- 二、行政院農業委員會水土保持局 (2011)。活力·安全·新家園。臺北市：行政院農業委員會水土保持局。
- 三、顏愛靜 (2013)。土地資源概論。臺北市：五南。
- 四、魏稽生、嚴生民 (2015)。環境地質學。臺北市：五南。

- 五、吳立萍 (2014)。水土保持知識探索：小魚的祕密假期。臺北市：行政院農業委員會水土保持局。
- 六、黃立政 (2004)。土石流災害防治概論。臺北市：全華圖書。
- 七、鄭微宣、官廷霖、陳孜萍、鍾文萍 (2010)。那些土石流教我的事：人與自然的互會。
- 八、柳中明 (2010)。臺灣環境變遷解密：改變未來的 12 堂課。臺北市：山岳。
- 九、林俊全 (2004)。台灣的天然災害。臺北市：遠足文化。
- 十、大宮信光 (2004)。圖解不可不知的天災地變。臺北市：世茂。
- 十一、行政院農業委員會水土保持局。2015。土石流防災資訊。台北：行政院農業委員會水土保持局。網址：<http://246.swcb.gov.tw/>。
- 十二、政府資料開放平臺。2015。土石流潛勢溪流資料。台北：維基百科。網址：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%A5%E7%9F%B3%E6%B5%81>。
- 十三、教育部數位教學資源入口網。2015。土石流的預防。台北：教育部數位教學資源入口網。網址：http://content.edu.tw/senior/earth/tp_ml/debris_flow/page4.htm。
- 十四、內政部消防署全球資訊網。2015。土石流篇。台北：內政部消防署全球資訊網。網址：<http://www.nfa.gov.tw/main/Unit.aspx?ID=&MenuID=496&ListID=307>。
- 十五、台灣颱風資訊中心。2015。土石流警戒。台北：台灣颱風資訊中心。網址：<http://typhoon.ws/warning/mudflow>。上網日期：2015-02-10。
- 十六、地質材料力學實驗室。2015。為什麼會發生土石流。台北：地質材料力學實驗室。網址：<http://geohazard.gl.ntu.edu.tw/geohazard/debrisflow/page04.htm>
- 十七、國家災害防救科技中心。2015。土石流警戒。台北：國家災害防救科技中心。網址：http://ncdr.nat.gov.tw/Public_matters.aspx?WebSiteID=5853983c-7a45-4c1c-9093-f62cb7458282&id=1&subid=14&itemid=72&typeid=8。
- 十八、經濟部中央地質調查所。2015。山崩；落石；土石流。台北：經濟部中央地質調查所。網址：<http://www.moeacgs.gov.tw/know/index.jsp?cat=354.5>。
- 十九、國立成功大學。2015。山崩與土石流專題。台南：國立成功大學。網址：<http://email.ncku.edu.tw/~em50190/ncku/196/b/bl.htm>。
- 二十、交通部中央氣象局。2015。氣候統計。台北：交通部中央氣象局。網址：<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/dailyPrecipitation/dP.htm>。
- 十九、何偉真等 (2010)。台灣野生藥用植物圖鑑。台北市。行政院農委會。
- 二十、應紹舜 (1980)。台灣的高山植物。台北市。渡假出版社。

【評語】 030507

優點：

1. 雨量計的改良頗有創意，更簡便精準，值得推廣。
2. 野外調查工作與實際試驗工作相結合相當實用。

缺點：

斜坡角度的測量用地形圖估計較合適，範圍較廣，角度較可靠。

建議改善事項：

中文需注意有效數字，例如：第 20 頁，雨量原始資料至小數點後第 2 位，但是平均後，卻出現小數點第三位。