

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

最佳(鄉土)教材獎

091007

地震自動斷路器

學校名稱： 國立苗栗高級農工職業學校

作者：	指導老師：
職二 余晨暉	林高永
職二 朱國嚴	蘇永順

關鍵詞：地震斷路器、自動斷路器

地震自動斷路器

摘要

本研究針對震後火災來設計的一個防止系統。由於近年來 輸電線路、瓦斯管線、自來水管，幾乎都已地下化。若地震，震斷瓦斯管線尤其危險，可能會引起『震後火災』。水管如果被震裂缺水那麼火災的搶救就更為困難了

由我們的研究可知大部分的人在地震發生時，會因為緊張而直接往外逃生，往往忘記家中的水電、瓦斯尚未關閉。等逃出來的時候才發現水電、瓦斯未關。主震結束會有大大小小的餘震，此時建築物之建築結構是否有遭破壞建築強度是否還有，此時人員絕對不可冒險進入以免發生危險。如果可以及時關閉家中總電源，有效的避免火災。即可避免人員以及財務上的損失。

壹、研究動機

台灣位處地震帶是地震十分頻繁的地方，每年有多達 8,000 多次的地震。其中更有多次造成災害。台灣地處歐洲與亞洲的「歐亞板塊」與「菲律賓海板塊」。事實上，就是因為這兩個板塊的碰撞，才造成台灣從海洋中隆起，成為島嶼。只要板塊碰撞就會造成地震。所以我們可以說：沒有地震，就沒有今天的台灣。因為菲律賓海板塊與歐亞板塊還在繼續碰撞、推擠當中，所以整個台灣還在不斷地升高，當然地震也就會常常發生。

地震時所發生最直接的破壞便是地面劇烈震動而摧毀房屋及建築物。劇烈的震動亦可能破壞土壤強度或使建築物底下的基礎物質液化而造成建築物傾斜、全倒或損壞。地震更可能引發大規模的山崩或海嘯。在海邊，隨地震而引發的海嘯可能比地震本身帶來更劇烈的破壞。

地震時除了可能帶來上述直接或間接的災害外尚有一種更為嚴重的地震災害—火災。地震時劇烈的地動將會直接破壞如水管、瓦斯管及電線等的維生線，外洩的瓦斯若碰上電線走火或其他燃燒的火苗便會引起火災，此時由於大部份的水管又已被震裂而缺水，在無法搶救的情形下便會形成了不可收拾的大火。1906 年舊金山大地震引發的大火，易燃的建材加上狹窄的巷道使火災整整燒了三天，將已飽受地震蹂躪的都市帶進另一場更恐怖的浩劫。1923 年的日本關東大地震，當時強風助長了已不可收拾的火勢，最後在該地區帶來超過 140,000 條生命喪生的大災害。1994 年洛杉磯大地震時共引發了一百餘起的火災。1995 年日本關西兵庫縣地震所引發之熊熊大火亦歷歷在目。在台灣，1964 年的白河地震，嘉義市市中心區被慌亂中所引發的大火燃燒了有 3 小時以上，當時的嘉義市精華區最後被燒成廢墟。火災幾乎都會伴隨著災害性的地震發生。為了迅速減低地震時火災所形成的災害，平時家庭、學校、醫院、工廠以及其他公共場所的防火訓練便特別的重要，齊全的防火及消防設備更是缺一不可。舊金山於 1906 年大地震的大火中得到慘痛的教訓，這個悲慘的經驗使得舊金山於 1989 年再度發生大地震時便有效的在短時間內控制火勢，這就是落實地震防災工作的成功例子。台灣地區人口越來越稠密而且居住的環境相當集中，加強百姓的防火意識與消防演練將是我們期望將地震災害減低到最小程度的第一課題。

地震的破壞力強大，其威力想必我們在 9 2 1 大地震的時候都體會過了，本研究希望能利用我們目前所學來降低地震可能帶來的損失。

貳、研究目的

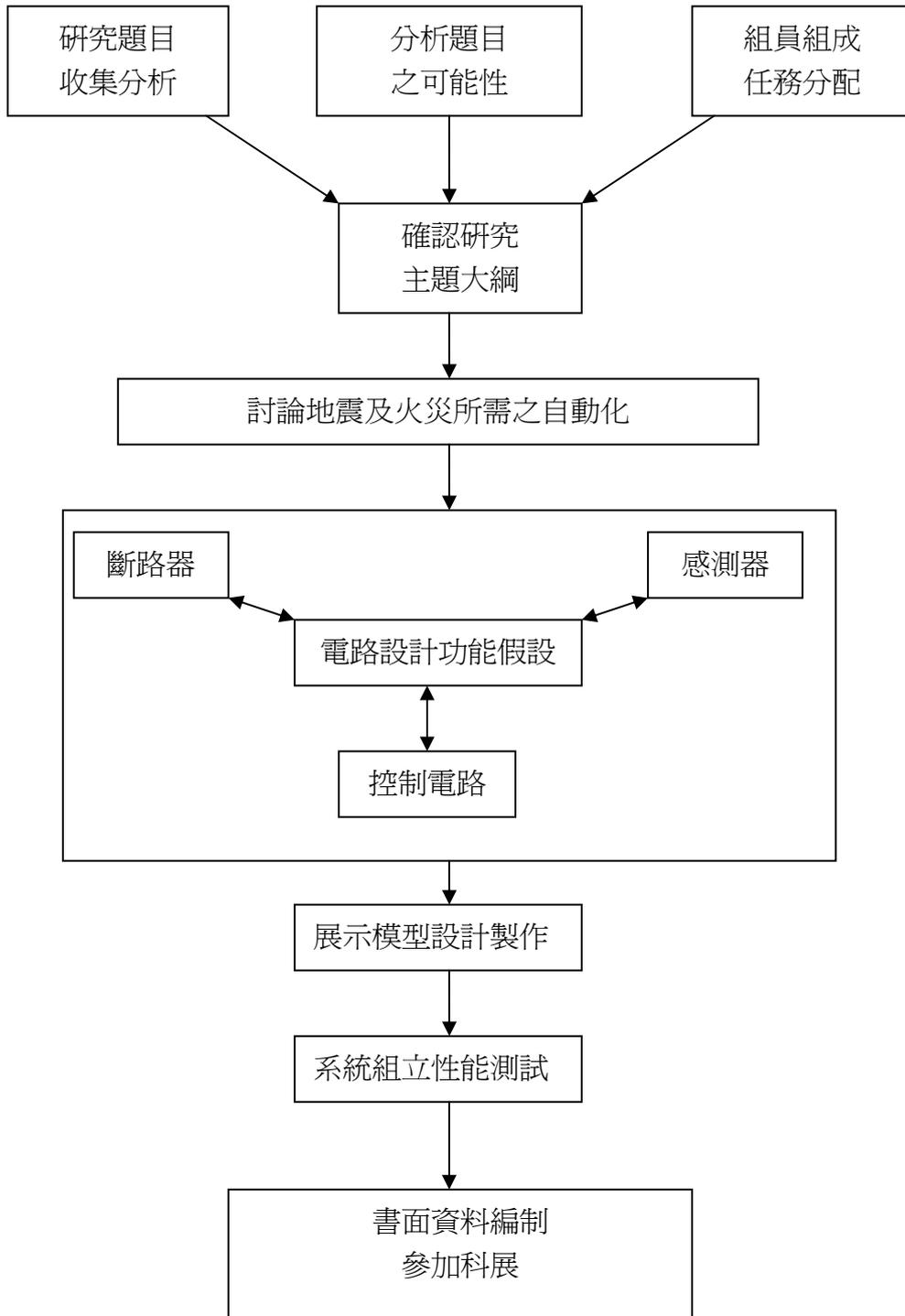
本研究係針對目前家庭供配電箱開關箱之性能改進，針對震後火災來設計的一個應變系統。地震使地層錯動、土方位移、建築物結構受損甚至倒塌。由於近年來輸電線路、瓦斯管線、自來水管，幾乎都已地下化。若地震震斷瓦斯管線尤其危險，極可能引發『震後火災』。甚至倘水管因地震震裂那麼火災的搶救就更為困難了。人們在地震發生時，往往因緊張而直接往外逃生，因而忘記家中的水電、瓦斯尚未關閉。等逃出來的時候才發現水電、瓦斯未關。但主震結束後常常伴隨大大小小的餘震，此時建築物之建築結構是否遭破壞？建築強度是否足夠？若此時人員冒險進入必定十分危險。如果可以及時關閉家中總電源及瓦斯必定能大大減少發生火災的機會。這就是本系統的主要目的。再者為防止地震所造成的門框變形以致無法逃生，我們設計感測器感應到足以觸發動作的地震震度後強制供電給鐵捲門使鐵捲門自動上升以增加逃生的機會。並且我們特別設計了一個防止線路短路的偵測電路。地震過後誰也不知道在牆壁裡面的導線管有沒有斷裂裡面的導線有沒有短路。利用直流電驛來做做電路短路檢查，如有短路，警示燈將提醒使用者切勿送電，以增加用電之安全性。

參、實驗設備及材料

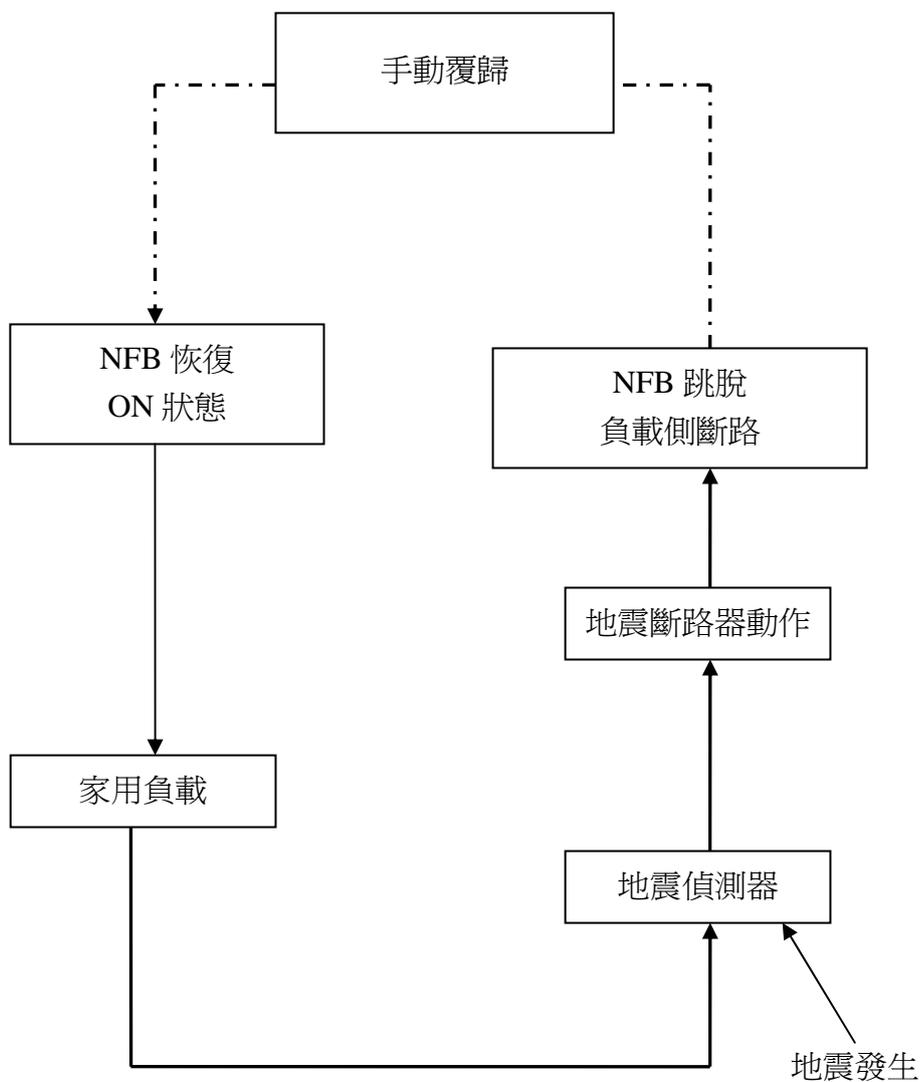
名稱	數量	單位	規格	備註
台芝 R50 2P 50AF	1	只	20A	
富士 SD-05 接觸器	1	只	3.5HP 220V	
電磁離合器 SOLENOID	1	只	220V 1.5Kg	
國際牌 單切開關 插座	1	只	124V 15A	附線盒
MK2KP 保持電驛 OMROM	3	只	220V	附座
MY2NT 繼電器 OMROM	1	只	DC 6V	附座
TB12 端子台	2	只		
LED 指示燈	7	只	220V	白、綠、紅、黃
控制箱	1	只	2*1.5*0.6 呎	
電磁閥	1	只	220V 1/2"	瓦斯用
旋轉指示燈	1	只	AC 220V	紅
SS 按鈕開關	1	只	220V	
導線槽		只	1.3 公尺	
1.25mm ² 控制線 大山	1	捲	耐壓 600V	藍
0.75mm ² 控制線 大山	1	捲	耐壓 600V	黃
1.6mm 單心線 太平洋	20	Cm	耐壓 600V	紅、黑
電動起子 日立 衝擊型	1	部	12V	附起子頭
電動起子 牧田	1	部	9V	附起子頭
電動砂輪機 kosoku	1	部	110V 720W 12000 rpm	附砂輪片
電動鑽孔機 德國 BOSCH	1	部	110V 620 W 4400 rpm	附鑽頭
砝碼	3	只	50mg	附砝碼夾
鎳烙線	1	捲	8Ω/m	

肆、研究過程與方法

本研究係以專題製作方式進行自訂題目、資料收集分析、電路設計到模型製作與性能測試等過程，採分工合作方式進行。首先評估地震可能發生的狀況及帶來的傷害。並從書本、雜誌、網路上收尋相關資料。進而設計本系統預期達到之動作。茲以樹狀流程圖方式列出研究過程如下：



地震自動斷路器動作流程圖



----- 手動
————— 自動

伍、研究結果

一、單擺

單擺之週期性質的發現。伽利略因觀察到教堂懸燈的擺動而對單擺進行實驗研究，他利用脈搏來測吊燈來回擺動的時間，發現單擺的週期與擺長的平方根成正比，而與振幅大小和擺錘重量無關，此特性稱為「擺的等時性」；這個規律的發現為此後的振動理論和機械計時器件的設計方案建立了基礎。

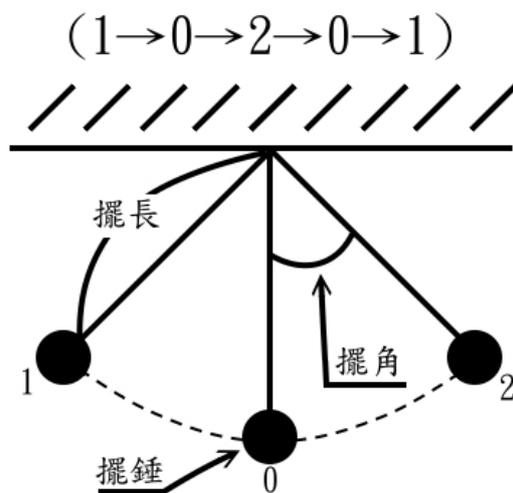
$$\text{單擺的公式 } T = 2\pi\sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)}$$

其中 T 是週期， L 為單擺長度， g 為重力加速度。

週期與 \sqrt{L} 成正比

單擺週期跟重量無關，最大影響因素是線長(見公式)

(一) 週期：單擺來回擺動一次的時間。



單位：秒 (s)

週期 (T) = 時間 ÷ 擺動次數

- (二) 等時性：擺長一定的單擺，當擺角不大（約小於 5° ）時，空氣阻力、擺線阻力等影響因素較小，其週期為一定值。與擺錘質量、擺角大小無關。
- (三) 擺長固定時，擺動次數與擺動時間成正比。
- (四) 影響單擺週期的因素是擺長，擺長越長，擺動越慢，即週期越長（週期與擺長平方根成正比）。

二、地震的規模與震度

地震震動的大小與地震震源本身的大小及地震震源之間的距離有關係。地震規模是表示地震震源本身之大小。地震規模是美國地震學家芮克脫氏（C. F. Richter）於 1935 年所創，又叫「芮氏地震規模」。地震規模不受離震源的遠近而有不同的數值。地震規模有小數點。

每一單位增加的規模，其振幅為前一單位的十倍，例如規模 5.0 的地震是規模 4.0 地震的十倍強度，是規模 3.0 的一百倍強度；通常規模小於 5.0 的地震為小地震，介於 5.0 到 7.0 之間為中度地震，7.0 以上的則為大地震。

所謂地震大小通常有兩種含意，其一為地震本身的大小，即上述之地震規模（earthquake magnitude）。另一為地震動的大小或震度（intensity of earthquake motion）。地震本身的大小，利用地震規模來描述；而地震動之強弱是以震度階級（簡稱為震度 intensity scale）表示。地震規模與震度雖然有著不同的意義，但是期間的關係卻是非常密切，通常地震規模愈大，則在同一震央距離的地方其震度愈大。

震度階級在沒有地震儀以前，是根據人體感覺和地動所以起的現象，如：房屋損害狀況、地殼變動等情形來研判。在有適當的地震儀之後，震度階級是以地動的加速度數值來決定。震度階級有好幾種，皆為 0 或正整數，例如 1 級、2 級等，不會有小數點。

我國所採用的震度階級為中央氣象局（CWB）所採用的震度階級，其他的震度階級尚有日本氣象廳（JMA）、新麥卡利（Mercalli）等。我國所採用的震度階級共分為 0~VII 級（圖二）。請參閱下表

震度階級表

震度	名稱	震動程度	我國現用震度階 (CWB)	日本氣象廳震度階 (JMA)	新麥卡利震度階
0	無感	地震儀有記錄, 人體無感覺。	0~0.8gal	0~0.8gal	0 0.5gal 以下
1	微震	人靜止時,或對地震敏感者可感到。	0.8~2.5gal	0.8~2.5gal	0.5~1.0gal
2	輕震	門窗搖動,一般人均可感到。	2.5~8.0gal	2.5~8.0gal	1.0~2.1gal
					2.1~5.0gal
3	弱震	房屋搖動,懸物搖擺,靜止汽車明顯動搖。	8.0~25.0gal	8.0~25.0gal	5.0~10gal
4	中震	房屋搖動甚烈,較重傢具移動,可能有輕微災害。	25~80gal	25~80gal	10~21gal
5	強震	牆壁龜裂,招牌傾倒,設計不良之建築有相當的損害,大多數人因驚嚇而不安。	80~250gal	80~250gal	21~44gal
					44~94gal
					94~202gal
6	烈震	房屋倒塌,山崩地裂,地面顯著裂開,地下導管破裂,建築基礎破壞。	250gal 以上	250~400gal	202~432gal
				烈震	
				400gal 以上	
				激震	432gal 以上

三、震度與加速度的關係

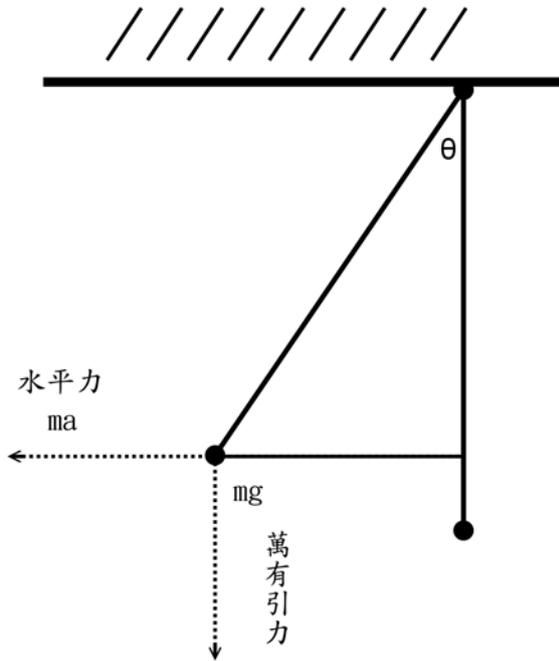
震度與加速度的關係，可以心理學家韋伯-費科納法則來解釋：即刺激的程度（加速度， αI ，單位為公分/秒²）成等比級數增加時，感覺的程度（震度， I ）將以等差級數增加。

中央氣象局現在所採用的震度階級，與加速度的關係式如下：

$$\log \alpha I = I/2 - 0.6$$

根據上式，若震度相差一級，則加速度增減三倍；震度相差兩級時，加速度增減約十倍。烈震（震度為六級）的加速度約為微震（震度為一級）的三百倍。

四、震度計算



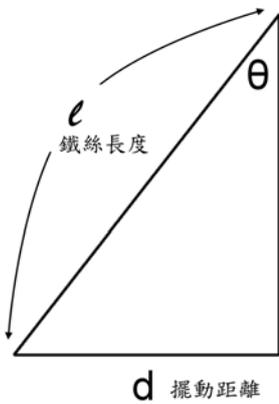
$$\tan (90 - \theta) = \frac{m g}{m a} = \frac{g}{a}$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{g}{a}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{g}{a} \right)$$

a = 橫向水平力單位 agl

g = 萬有引力 kg-m / s²



$$d = l \sin \theta$$

(一) 四級震度計算

四級的地震加速度範圍為 25~80gal

1. 最小值

四級最小加速度為 25gal

$$\tan\theta = 25 / 980 = 0.02551$$

$$\theta = \tan^{-1} (0.02551)$$

$$\theta = 1.46142^\circ$$

$$\sin\theta = (90 - 1.46142^\circ) = 0.99967$$

$$\sin = 55/X$$

$$0.99967 = 55/X$$

$$X = 55.0179\text{mm}$$

$$\sqrt{(55.0179^2 - 55^2)} = 1.40316\text{mm}$$

$$\phi = 1.40316 * 2 = 2.80632\text{mm}$$

358.54度



線oa=55mm

線ob=55.0179mm

線ab=1.40316mm

線ab為半徑故鑽孔時需乘2

四級測試孔最小值

在吊線垂直高度為55mm

時有最小值 ϕ 2.80632mm

b a

2 · 平均值

四級平均加速度為 52.5gal

$$\tan\theta = 52.5 / 980 = 0.05357$$

$$\theta = \tan^{-1} (0.05357)$$

$$\theta = 3.06671^\circ$$

$$\sin\theta = (90 - 3.06671^\circ) = 0.9985$$

$$\sin = 55/X$$

$$0.99856 = 55/X$$

$$X = 55.0789\text{mm}$$

$$\sqrt{(55.089^2 - 55^2)}$$

$$= 2.9466\text{mm}$$

$$\phi = 2.94665 * 2 = 5.89329\text{mm}$$

356.93度



線oa=55mm

線ob=55.0789mm

線ab=2.94665mm

線ab為半徑故鑽孔時需乘2

四級測試孔平均值

在吊線垂直高度為55mm

時有平均值 $\phi 5.89329\text{mm}$

3 · 最大值

四級最大加速度為 80gal

$$\tan\theta = 80 / 980 = 0.08163$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.08163)$$

$$\theta = 4.6672^\circ$$

$$\sin\theta = (90 - 4.6672^\circ) = 0.996684$$

$$\sin = 55/X \quad 0.996684 = 55/X$$

$$X = 55.1837\text{mm}$$

$$\sqrt{(55.1837^2 - 55^2)} = 4.49013\text{mm}$$

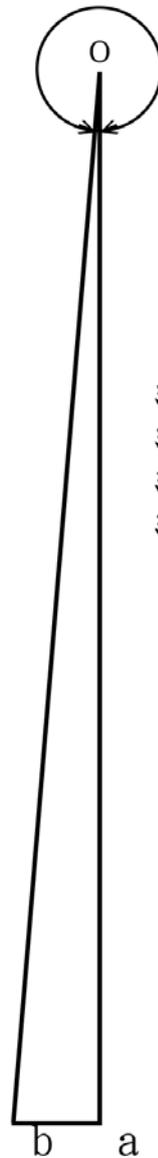
$$\phi = 4.49013 * 2 = 8.98026\text{mm}$$

以上可知地震級數在四級

感測孔直徑可設計範圍

2.80632mm~8.98026mm

355.34度



線oa=55mm

線ob=55.1837mm

線ab=4.49013mm

線ab為半徑故鑽孔時需乘2

四級測試孔最大值

在吊線垂直高度為55mm

時有最大值 ϕ 8.98026mm

(二) 五級震度計算

五級的地震加速度範圍為 80~250gal

1. 最小值

五級最小加速度為 80gal

$$\tan\theta = 80 / 980 = 0.08163$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.0816)$$

$$\theta = 4.6672^\circ$$

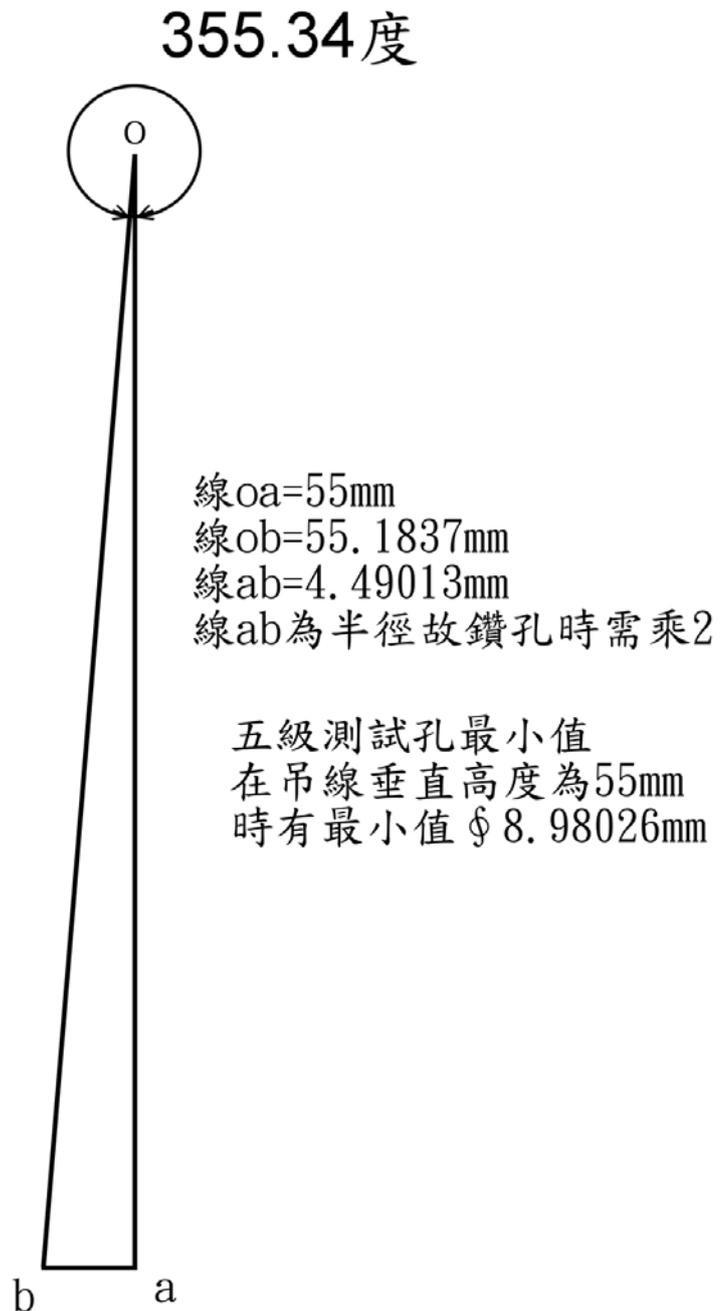
$$\sin\theta = (90 - 4.6672^\circ) = 0.996684$$

$$\sin = 55/X \quad 0.99668 = 55/X$$

$$X = 55.1837\text{mm}$$

$$\sqrt{(55.1837^2 - 55^2)} = 4.49013\text{mm}$$

$$\phi = 4.49013 * 2 = 8.98026\text{mm}$$



2 · 平均值

五級平均加速度為 165gal

$$\tan\theta = 165 / 980 = 0.16837$$

$$\theta = \tan^{-1} (0.1683)$$

$$\theta = 9.55781^\circ$$

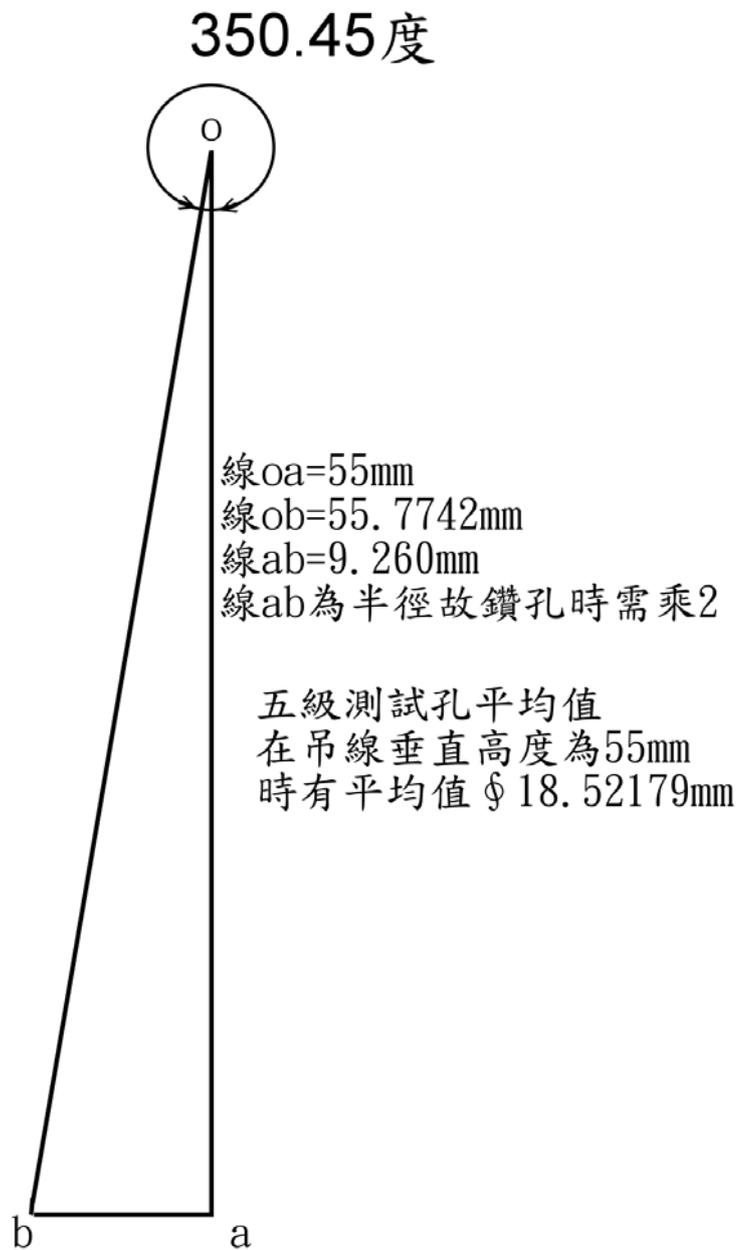
$$\sin\theta = (90 - 9.55781^\circ) = 0.98611$$

$$\sin = 55/X \quad 0.98611 = 55/X$$

$$X = 55.7742\text{mm}$$

$$\sqrt{(55.7742^2 - 55^2)} = 9.260\text{mm}$$

$$\phi = 9.260 * 2 = 18.52179\text{mm}$$



3 · 最大值

五級最大加速度為 250gal

$$\tan\theta = 250 / 980 = 0.2551$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.2551)$$

$$\theta = 14.31209^\circ$$

$$\sin\theta = (90 - 14.31209^\circ) = 0.96896$$

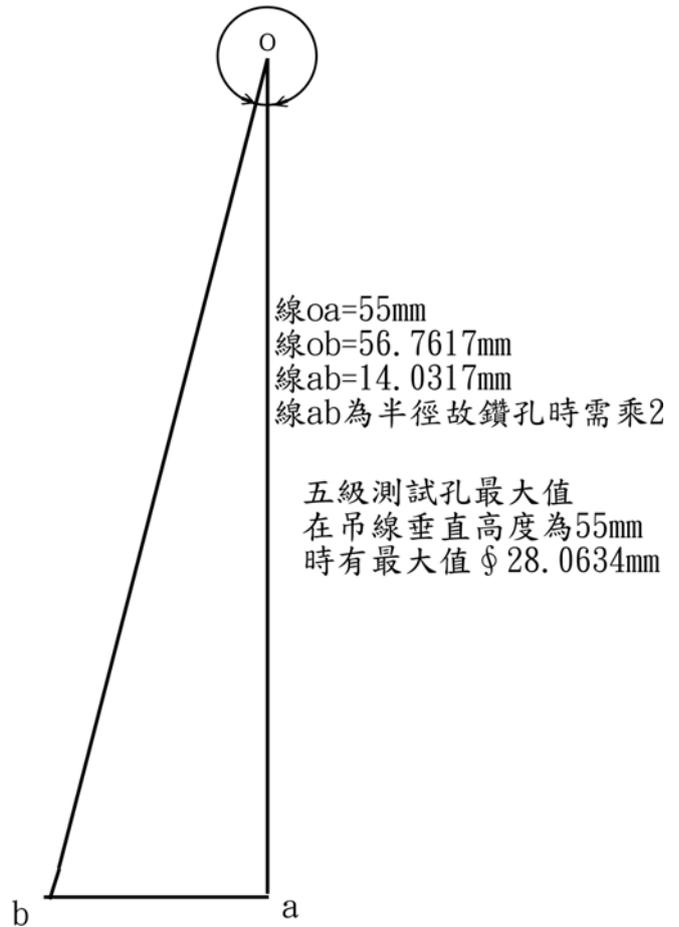
$$\sin = 55/X \quad 0.96896 = 55/X$$

$$X = 56.7617\text{mm}$$

$$\sqrt{(56.7617^2 - 55^2)} = 14.0317\text{mm}$$

$$\phi = 14.0317 * 2 = 28.0634\text{mm}$$

345.69度



以上可知地震級數在五級

感測孔直徑可設計範圍

8.98026mm~28.0634mm

(三) 六級震度計算

六級的地震加速度範圍為 250~400gal

1. 最小值

六級最小加速度為 250gal

$$\tan\theta = 250 / 980 = 0.2551$$

$$\theta = \tan^{-1} (0.2551)$$

$$\theta = 14.31209^\circ$$

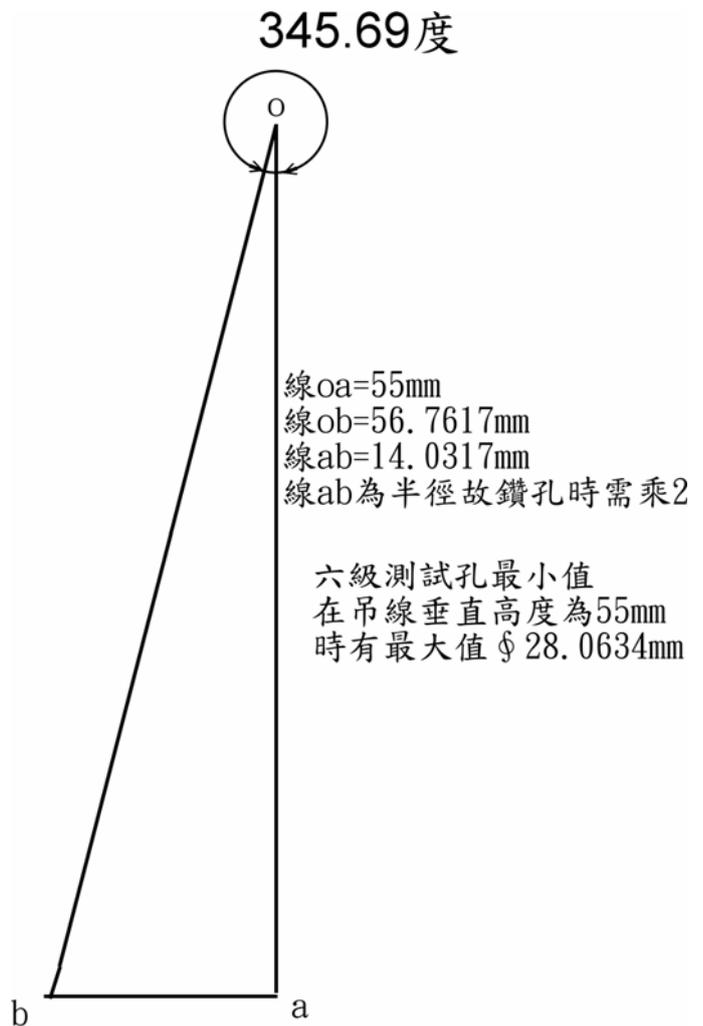
$$\sin\theta = (90 - 14.31209^\circ) = 0.96896$$

$$\sin = 55/X \quad 0.96896 = 55/X$$

$$X = 56.7617\text{mm}$$

$$\sqrt{(56.7617^2 - 55^2)} = 14.0317\text{mm}$$

$$\phi = 14.0317 * 2 = 28.0634\text{mm}$$



2 · 平均值

六級最大加速度為 325gal

$$\tan\theta = 325 / 980 = 0.3316$$

$$\theta = \tan^{-1} (0.3316)$$

$$\theta = 18.3486^\circ$$

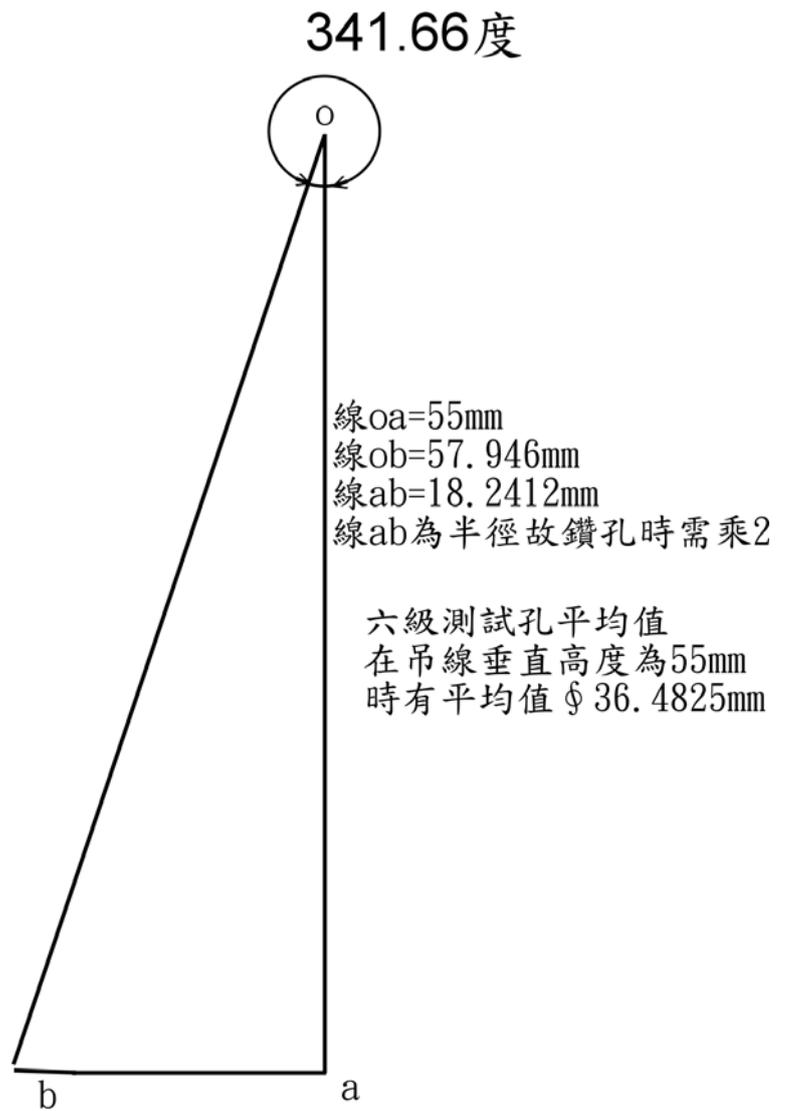
$$\sin\theta = (90 - 18.3486^\circ) = 0.94915$$

$$\sin = 55/X \quad 0.94915 = 55/X$$

$$X = 57.946\text{mm}$$

$$\sqrt{(57.946^2 - 55^2)} = 18.2412\text{mm}$$

$$\phi = 14.0317 * 2 = 36.4825\text{mm}$$



3 · 最大值

六級最大加速度為 400gal

$$\tan\theta = 400 / 980 = 0.40816$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.40816)$$

$$\theta = 22.2051^\circ$$

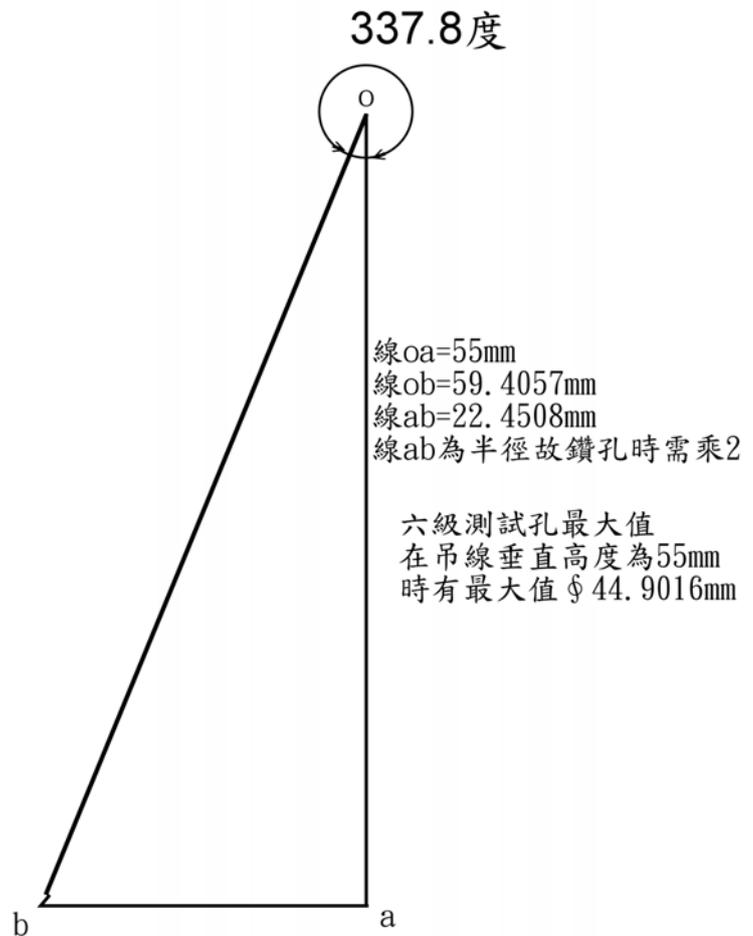
$$\sin\theta = (90 - 22.2051^\circ) = 0.925879$$

$$\sin = 55/X \quad 0.925879 = 55/X$$

$$X = 59.4057\text{mm}$$

$$\sqrt{(59.4057^2 - 55^2)} = 22.4508\text{mm}$$

$$\phi = 22.4508 * 2 = 44.9016\text{mm}$$



以上可知地震級數在六級

感測孔直徑可設計範圍

28.0634mm~44.9016mm

五、材料

針對吊線之導電性、精確度做比較

實驗材料為下列三種；①喇叭的訊號線、②鎳烙線、③日光燈座上的接地線

(一)導電度

編號	材料名稱	規格	材質
①	喇叭的訊號線	0.11mm 40c	銅及其他合金
②	鎳烙線	0.3mm	8Ω/m
③	日光燈座上的接地線	0.18mm 30c	銅及其他合金

導電度：①>② ③>② 銅的導電率 100% 鎳烙線 3.06%

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 8\Omega = \rho * \left(\frac{1}{A}\right) \quad A = (0.15)^2 * 10^{-6} * \pi$$

$$\rho = 3.06\%$$

(二)精確度

此項測試觸覺就可明顯分出其差別

鎳烙線的硬度明顯高於其他兩材料，因此影響單擺運動最嚴重，所以鎳烙線之準度最低。

剩餘之二材料較不明顯，我們請了 5 位老師和 11 位同學，為我們摸摸看出來結果。

有兩位同學的硬度順序為 ②>③>① 其餘皆為②>①>③

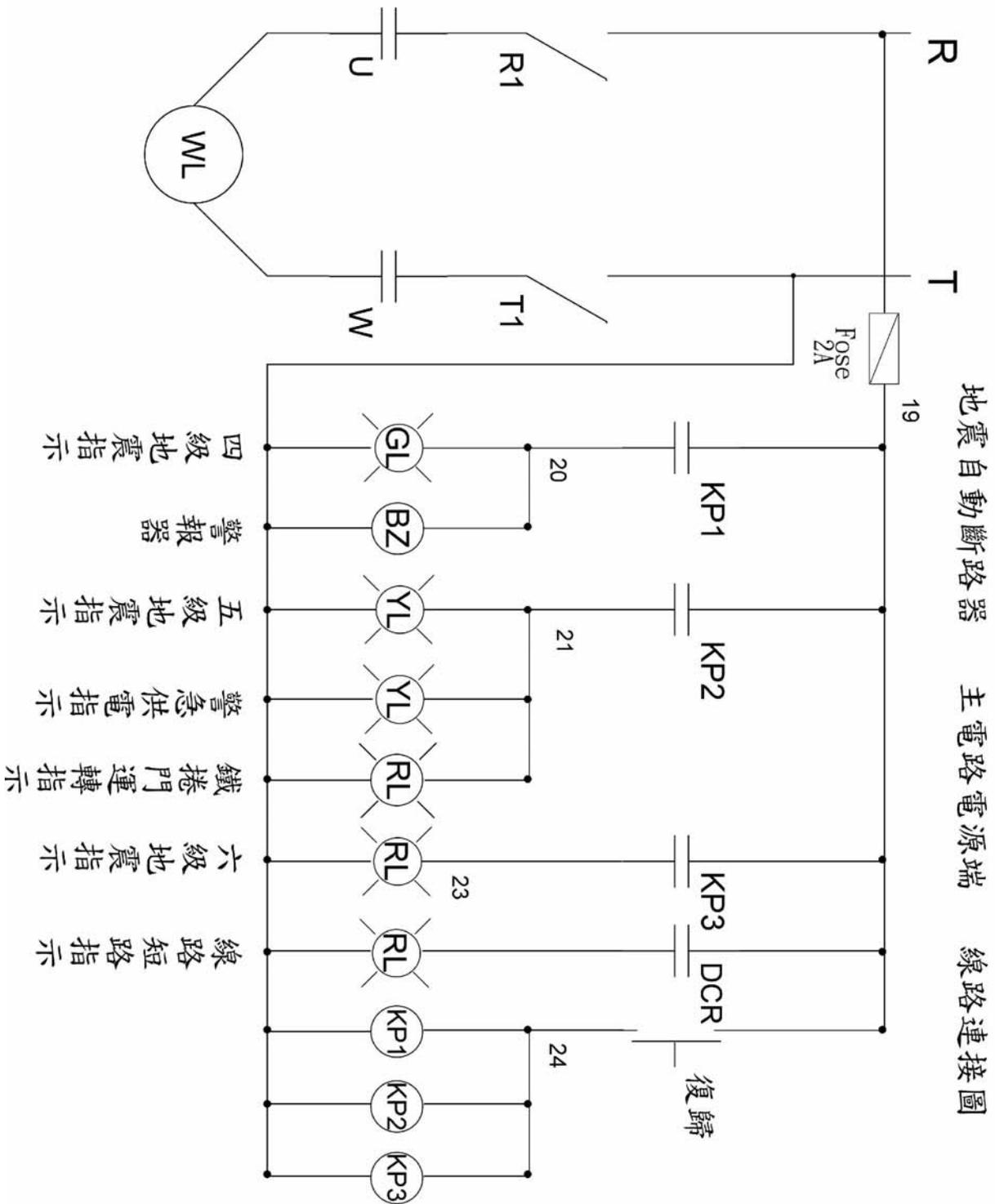
綜合以上，材料③為我們所選用原因如下：

1.導電性高

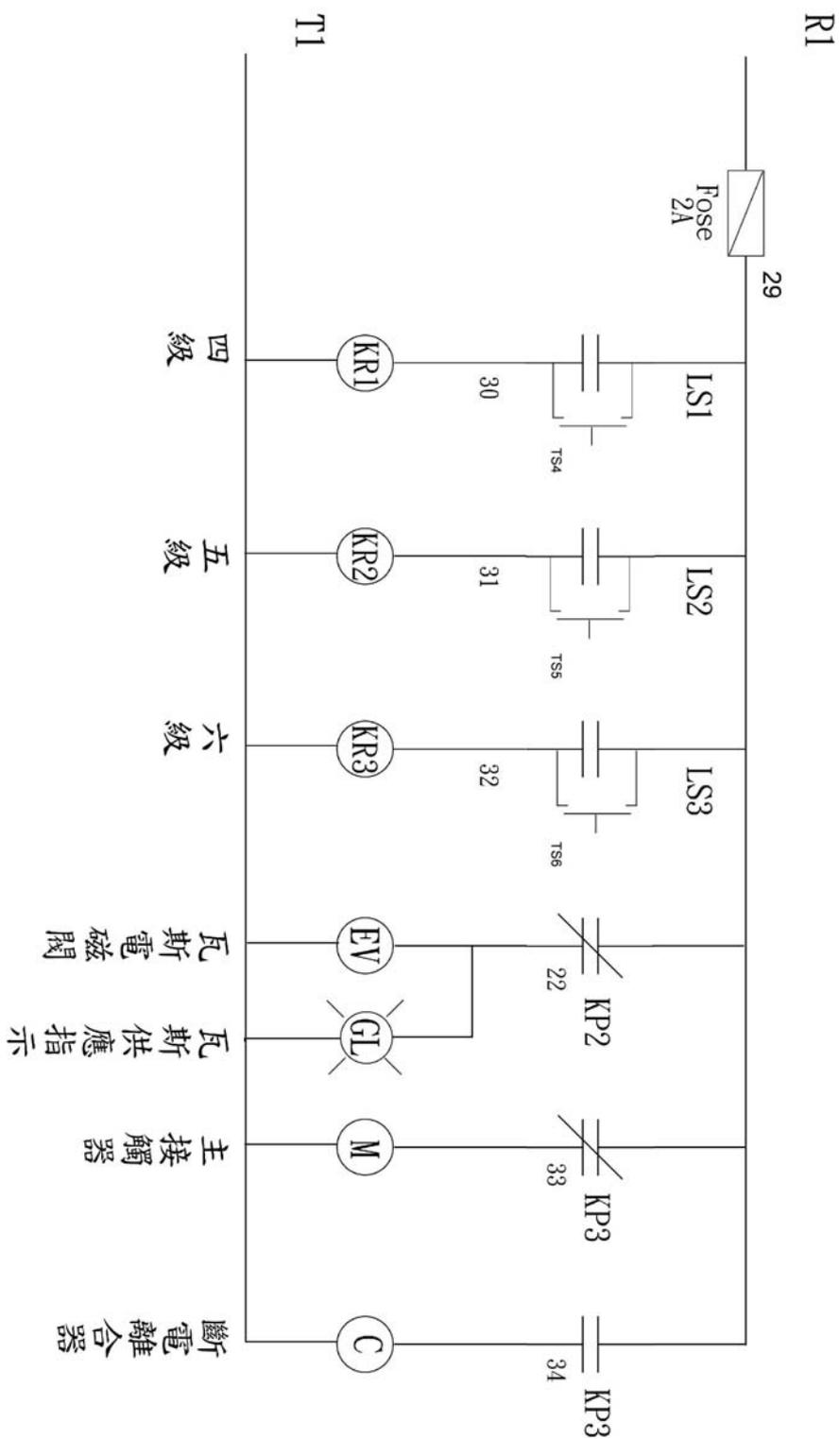
2.精確度高

六、線路連接

(一) 主電路電源測

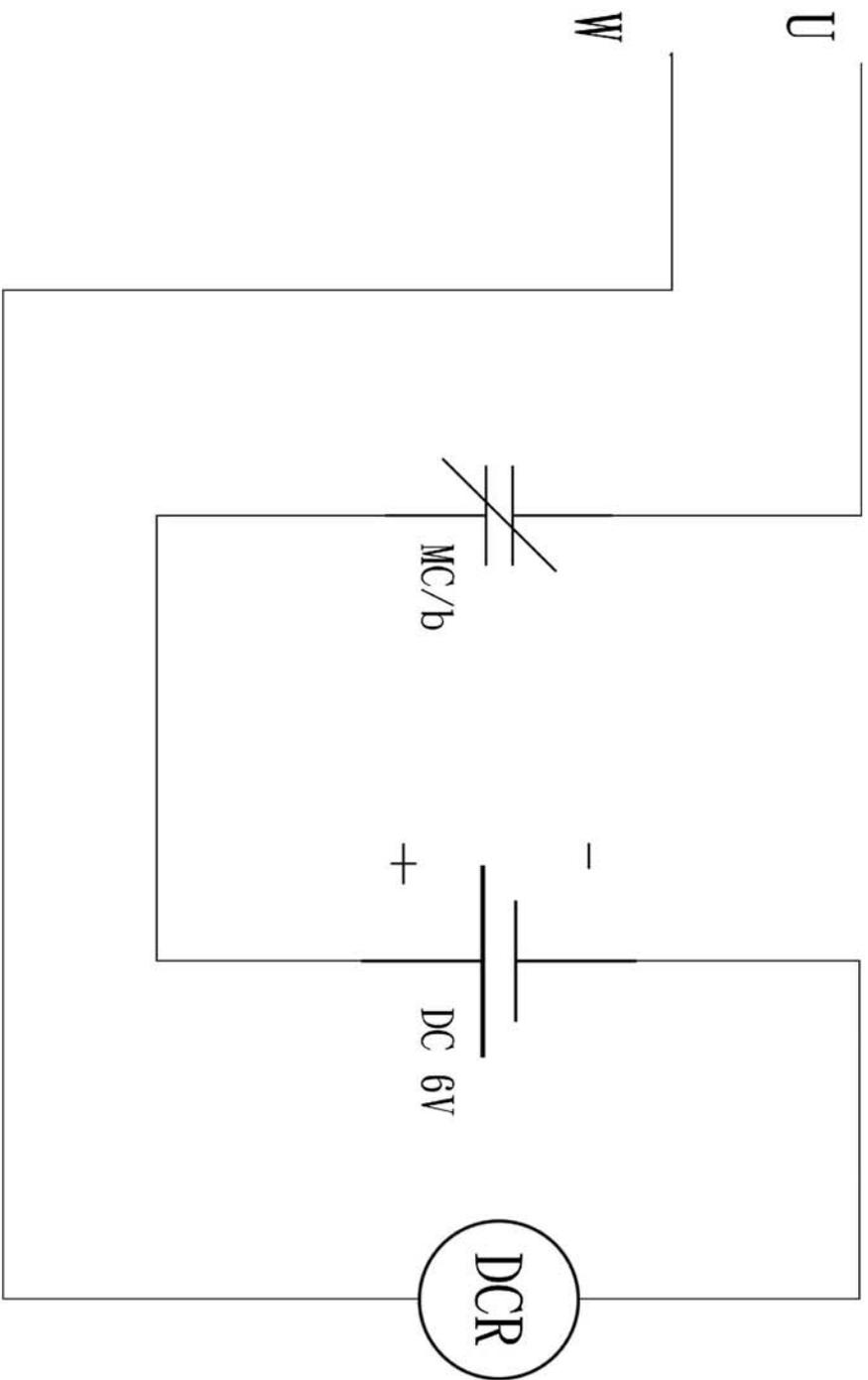


自動地震斷路器 主電路R1、T1端線路連接圖



(二) 主迴路 R1、T1 端線路連接圖

自動地震斷路器 自動偵測短路迴路線路銜接圖



(三) 自動偵測短路警示迴路 (此電路僅為測試系統用)

注：模擬短路模組並不屬於電路的一部分
故不加入電入圖之繪製
(不建議把線路短路，以策安全)

(四) 電路動作說明

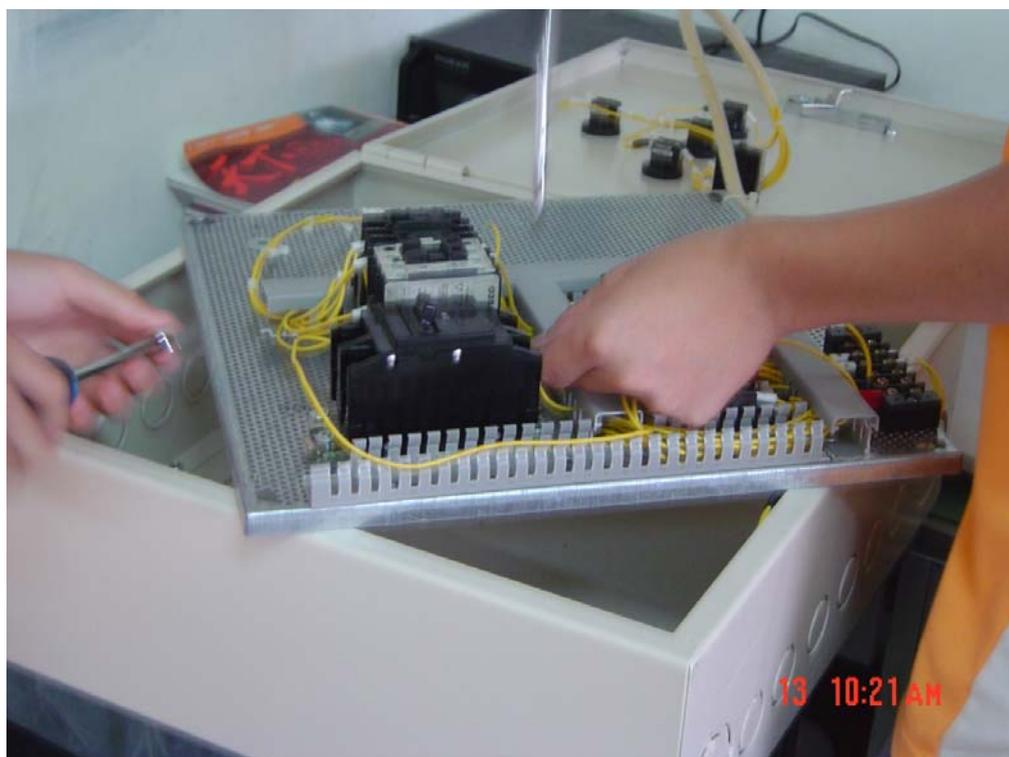
- 1.震度規模 4 以下該電路並無動作
- 2.震度到達規模 4 以上，跳脫電路中的 L S 1 導通 R 線圈激磁啓動蜂鳴器，警告使用者有異常震動發生可能是地震
- 3.如果搖晃持續震度到達規模 5 以上， L S 2 導通 G A S 線圈與 C R M 線圈激磁，啓動緊急供電迴路與瓦斯自動遮斷器，鐵捲門自動上升、緊急照明迴路亮起，瓦斯自動遮斷器啓動關閉瓦斯。
- 4.如果震度到達規模 6 以上， L S 3 導通， K P 3 線圈動作主接觸器斷路跳脫接觸器通路，啓動電磁離合器將 N F B 撞下負載迴路斷路，緊急供電迴路保持供電
- 5.當震動結束 K P 3 尚未復歸時，本電路將進行自動偵測是否電路有短路，如果負載側有短路警示燈將會亮起，告訴使用者電路故障，障礙排除之後才能復歸。如果偵測沒有問題可手動將 N F B 推回 N O 之狀態，一切回到動作前。
- 6.測試迴路，以確保電路在長期未動作情況下，若有故障可以及時發現。

陸、資料參考

- 一、曾才榮、李通傑(民 89)。電工實習 II(初版)。臺北市：旗立資訊。
- 二、謝秀蘭、劉生武(民 93)。室內配線術科通關寶典(初版)。臺北市：台科大。
- 三、中國地球物理學會(民 88)。地球物理學概論。臺北市：中國地球物理學會編印。
- 四、葉永田、葉義雄(民 75)。地震之基本認識。臺北市：台灣營建研究中心。
- 五、趙世文、張婷婷(民 85)。最新室內配線技術手冊。臺北市：全華科技。
- 六、國立台灣師範大學科學教育中心(民 84)高級中學地球科學第一冊(4 版)。臺北市：國立編譯館。
- 七、地震資料的處理(無日期)。國立中央大學地質研究所。民 95 年 3 月 18 日，取自 http://gis.geo.ncu.edu.tw/921/teach/%A6a%BE_%B8%EA%AE%C6%AA%BA%B3B%B2z%AD%BA%AD%B6.htm
- 八、單擺與時間(無日期)。教育部。民 95 年 3 月 27 日，取自 http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_lk/std/content/force/cph15/cphf1.htm
- 九、認識地震(無日期)。北一女中地球科學學習網站。民 95 年 3 月 18 日，取自 <http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/eq/main.htm>
- 十、石瑞銓(無日期)。地牛翻身。國立中正大學地震研究所。民 95 年 3 月 18 日，取自 <http://www.slps.tn.edu.tw/country/theme2/%A6a%A4%FB%C2%BD%A8%AD.htm>
- 十一、地震防護(無日期)。中央氣象局。民 95 年 3 月 16 日，取自 <http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>
- 十二、地震的規模與震度(無日期)。國立中央大學地質研究所。民 95 年 3 月 18 日，取自 <http://140.115.123.30/921/teach/>

附錄 (製作過程剪影)

箱體組立



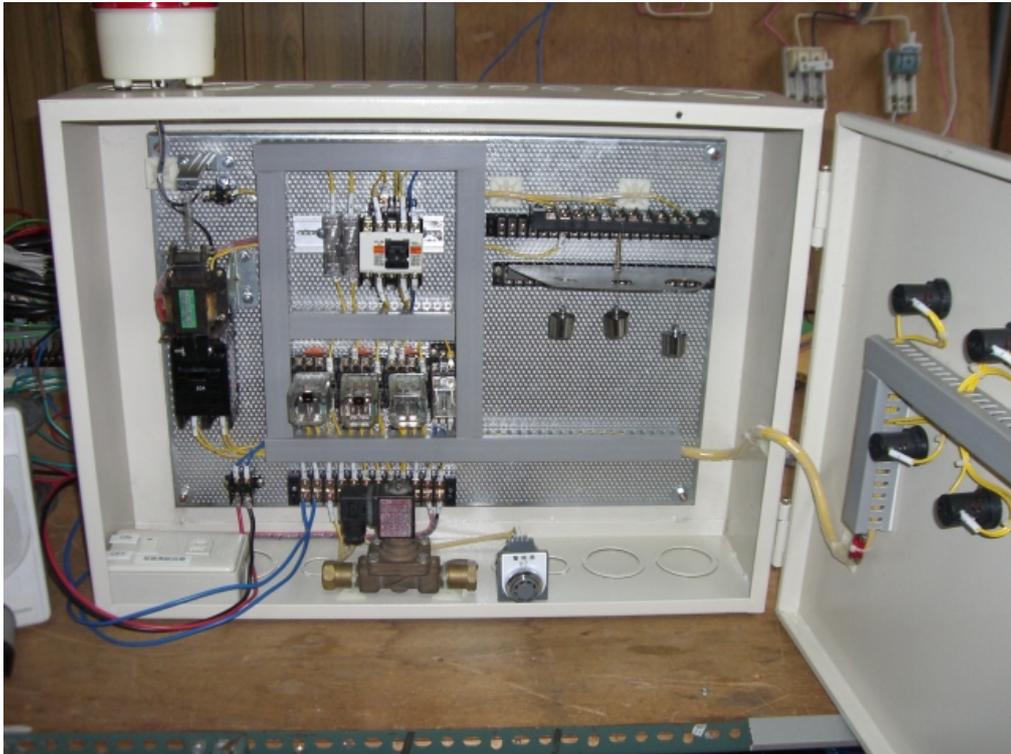
照片 1.箱體組立過程



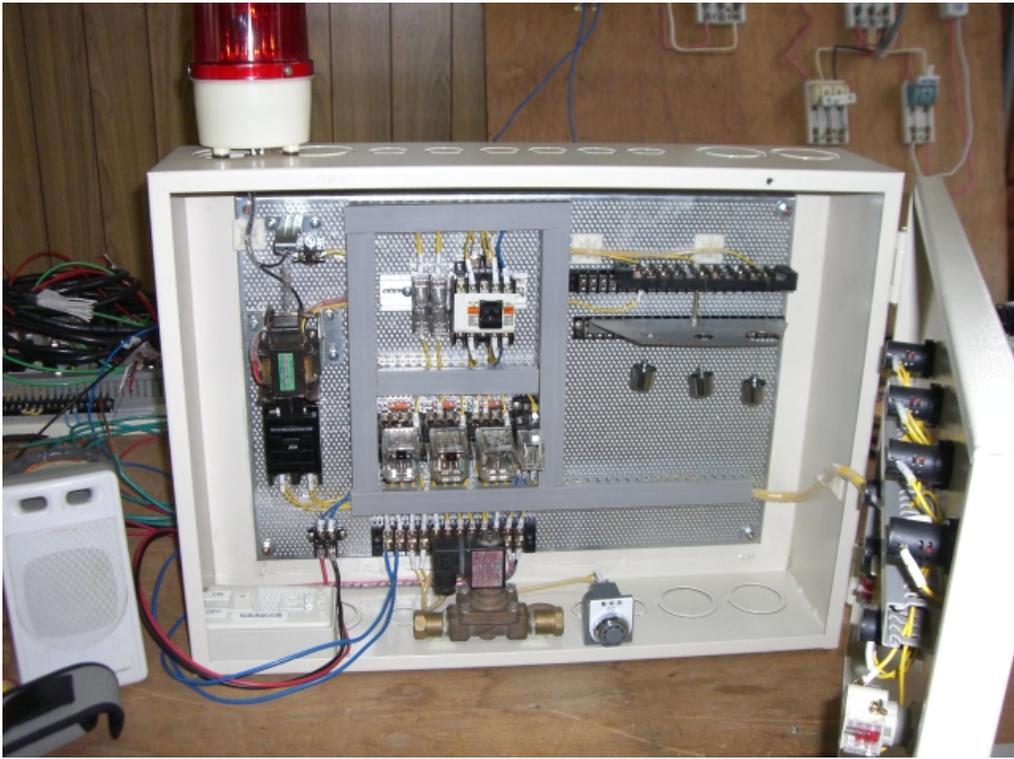
照片 2.箱體組立過程



照片 3.箱體組立過程



照片 4.箱體內部配置



照片 5.箱體內部配置



照片 6.箱體外觀

評 語

091007 地震自動斷路器

地震後之短路警告相當有用，但瓦斯漏氣所造成危險更大，所以可以加上瓦斯漏氣偵測，避免震後發生中毒或火災。

地震不止只有水平方向震波，也有垂直方向震波，設法改善震度偵測裝置，使之可偵測各種震波，讓作品更完善。