

中華民國第四十五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

佳作

091004

地震逃生安全裝置

國立大甲高級工業職業學校

作者姓名：

職一 林豐正 職一 古智誠 職一 江冠驊

指導老師：

謝易裕

中華民國第 四十五 屆中小學科學展覽會 作品說明書

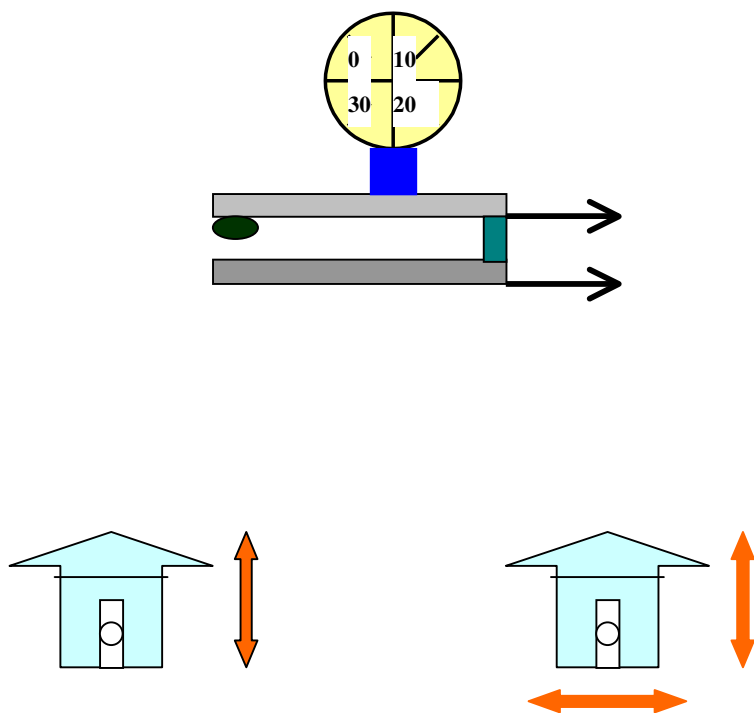
科 別：電子、電機及資訊科

組 別：高職組

作品名稱：地震逃生安全裝置

關 鍵 詞：地震、逃生、安全裝置

編 號：



壹、摘要

本研究旨在探討地震到達一定程度時電源能自動跳電和自動關閉瓦斯的方法，其次分析地震感測器安裝在牆壁上與安裝在櫃子上的差別，並以地震體驗裝置探討「單一固定方向地震」與「水平垂直方向同時作用之地震」之震動大小有何不同。本裝置能防止地震所造成的火災，減輕地震災害以降低人員的傷亡與財物的損失，在地震發生時能自動處理一些用戶無法完成的安全動作，增加地震時逃生的機會。

本研究藉由台中縣消防局之地震體驗車，進行了各項地震實驗，包括各震度之地震跳電實驗、固定方向與水平垂直方向同時作用之地震實驗以及地震感測器不同安裝位置實驗等，以驗證本安全裝置能依用戶之不同需求，自行設定地震跳電的級數，在發生有感地震且達到設定震度時自動啟動安全裝置。

本研究經由實驗及統計分析的結果，獲得下列結論：

- 一、採用無熔絲開關(附跳脫線圈及警報接點)、自製地震感測裝置以及瓦斯專用電磁閥等，即可達到地震到達一定程度時電源能自動跳電和自動關閉瓦斯。
- 二、地震感測器安裝在牆壁上與安裝在櫃子上的差別，在於安裝在櫃子上會有較大的震動，因此地震感測器建議安裝在牆壁上，以達到正確偵測地震震度之目的。
- 三、經地震體驗裝置實驗得知，「水平垂直同時作用之地震」與「單一固定方向地震」之震動程度相近，因此同級地震搖晃一個方向和搖晃兩個方向的地震相比較，在共同方向的震動大小並無不同。
- 四、地震時啟動逃生裝置之方法，是利用地震感測器去觸發無熔絲開關之警報接點，即可啟動逃生安全裝置，接著系統就會自動關電、關瓦斯、開啓緊急照明以及啟動緊急疏散的語音廣播等。

貳、研究動機

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，地震活動頻繁，人口密度和高樓不斷增加，增加地震災害的潛在危險，九二一地震和南亞大地震後，使世人更加重視減輕地震災害的方法。

地震發生時通常人們都只顧著逃離建築物或找尋掩護，卻來不及關閉電源和瓦斯，如此可能會使得地震災害更加的嚴重，如果有一個安全裝置可以代勞的話，那想必是即方便又安全了。在地震發生時有時候是左右搖晃，有時候是上下搖晃，但有時候時上下左右一起搖，到底單一個方向與兩個方向一起搖那一種的震動比較大呢？而地震感測器安裝在牆壁上會比裝在木櫃上準確嗎？我們想利用地震實驗來解開答案。

參、研究目的

本研究之目的如下：

- 一、 探討地震到達一定標準時電源能自動跳電和自動關閉瓦斯的方法，以防止地震所造成的火災。
- 二、 研究「單一方向地震」與「水平與垂直方向同時作用之地震」，其共同方向的震動程度是否相同。



- 三、 探討地震感測器安裝在牆壁上與安裝在櫃子上的差別：即安裝於牆壁上與木櫃上地震感測器的震動大小是否相同，且安裝在何者較正確？
- 四、 探討地震時啟動逃生裝置之方法。

肆、研究設備及器材

(一) 研究設備

表 4.1 研究設備

編號	名稱	規格	單位	數量
1	地震體驗裝置	可製造一~六級地震 於消防單位借用	部	1
2	電源供應器	0~30V	臺	1
3	三用電表	YF-370A	部	1
4	示波器	數位式雙軌	部	1
5	電烙鐵	110V40W	支	1
6	噴墨印表機	EPSON-COLOR680	臺	1
7	蓄電池	12V 可充電	個	2

(二) 研究材料

表 4.2 研究材料

品名	品 質 形 狀	數 量	單位	單價	金額
無熔絲開關	2P 15A 士林 NF50-CB 含電壓跳脫裝置 (SHT)	1	只	920	920
無熔絲開關	3P 15A 士林 NF50-CB 含警報開關(AL)、電壓跳脫 裝置 (SHT)	1	只	1119	1119
水銀開關	3A 5 度	1	只	25	25
水銀開關	30 度	1	只	25	25
震動開關	機械式	4	只	180	720
壓克力模型	0.8M × 0.8M × 0.8M	1	座	1500	1500
緊急照明燈	110V	1	台	550	550
日光燈	1 尺含燈管	1	座	300	300
警報器	110V	1	個	190	190
語音錄放模組	可錄放音	1	塊	1600	1600
電源線	110V	1	條	20	20
瞬間接著劑	日本製	1	條	40	40
瞬間接著劑	台製	1	條	25	25
旋鈕	銀	1	個	15	15
旋鈕	白	1	個	3	3
震動式開關	小	1	個	20	20
塑膠盒	115×90×80 半透明	1	個	160	160
塑膠盒	G278C	1	個	250	250
塑膠盒	G758	1	個	230	230
風扇	12V	1	個	150	150
螺絲	平頭 2.6mm	1	包	10	10
端子台	10mm-4P	2	個	14	28
單音頭	3.5	1	個	5	5
刻度盤	圓型	3	個	5	15

伍、研究過程或方法

一、文獻探討

- (一)、槓桿原理：當槓桿保持靜止平衡狀態時，其所受順時鐘方向的力矩與逆時鐘方向的力矩大小相等。此關係稱為槓桿原理（王國銓，民 79）。「力矩」=「施力」×「力臂」，所以「力臂」設計得越長，使接點導通而讓「地震安全裝置」啟動的機會越大。

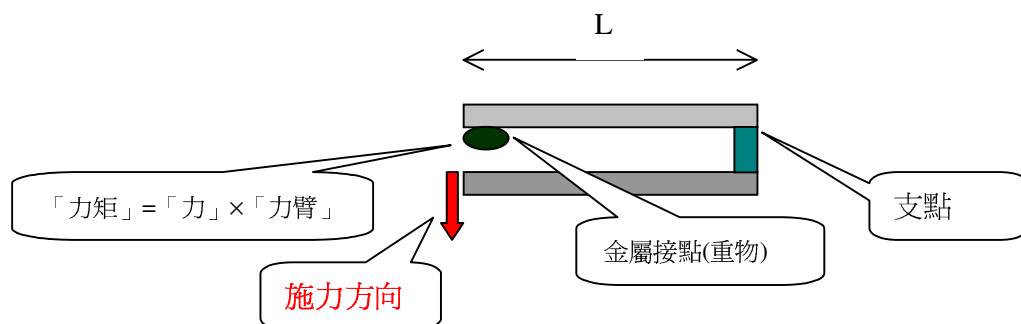


圖 5-1 地震感測單元

- (二)、慣性定律：依據牛頓第一運動定律(即慣性定律)，當有外力作用於物體時，可使物體的運動產生改變（吳友仁，民 75）。
- (三)、安培右手定則：在 1820 年 9 月巴黎理工大學解析力學教授安培先生，就電流與磁針相互作用而直角之現象提出解釋而發表右螺旋定則，即後人通稱之「安培右手定則」（郭塗註，民 79）。

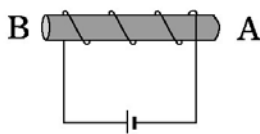


圖 5-2 安培右手螺旋定則之接線

(三)、地震標準：

本作品所採用的震度階級，係依中央氣象局（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。我國原採用的震度階級共分為 0～6 級，但民國八十九年中央氣象局決定將我國地震震度分級由現行的六級增為七級(第七級名為「劇震」（蔡衡、楊建夫，民 93）。我國地震震度 0~7 級之內涵如下：

- 0 級：無感，地震儀有記錄，人體無感覺。
- 1 級：微震，人靜止時或對地震敏感者可感覺到，在本作品中不會因為微震，而使電源跳電，以免造成用戶的困擾。
- 2 級：輕震，門窗搖動，一般人均可感受得到。
- 3 級：弱震，房屋搖動，門窗格格作聲，懸物搖擺，盛水動盪。
- 4 級：中震，房屋搖動甚烈，不穩物傾倒，盛水達容器八分滿濺出。
- 5 級：強震，牆壁龜裂，牌坊煙囪傾倒。
- 6 級：烈震，房屋受損、門窗扭曲變形，開車困難，出現噴沙噴泥。
- 7 級：劇震，房屋倒塌、道路崩壞、橋梁斷落、山崩地裂、地層陷落，同時容易引起火災等二次災害。

(二)電源開關安裝高度：依電工法規規定，低壓開關應裝置於容易操作之高度，應裝置於 1.5 至 2.0 公尺之間（蕭盈璋，民 90）。

二、地震感測裝置之製作與測試

(一) 地震感測器之製作

本裝置在地震達到一定程度時必須自動跳電，我們原本想採用水銀開關，如圖 5-3 所示將其放置於水平與垂直位置，以偵測地震，但經實驗發現，水銀開關在遇到輕震時水銀就會流動而使接點導通，也不能調整其靈敏度，不論是水平或垂直方向均無法量測地震震度，故後來改採機械式的接點，依「慣性定律」和「槓桿原理」的原理為基礎，製作出地震感測器。

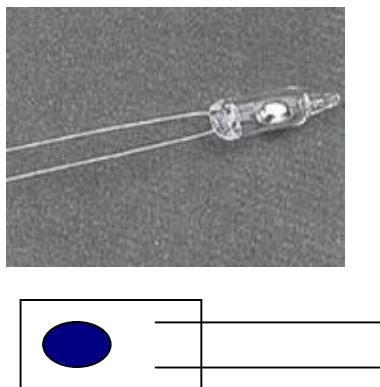


圖 5-3 水銀開關

如圖 5-4 所示，依據牛頓第一運動定律(即慣性定律)，當有外力作用於物體時，可使物體的運動產生改變（吳友仁，民 75），當感測器受到地震的外力時，則接點將因慣性而晃動

如圖 5-4 所示，依「槓桿原理」，在接點處會產生力矩，若震動達到一定的程度，上方金屬片的重物只要接點碰觸到另一片金屬片，則接點就會傳送信號到跳脫機構，使安全裝置啟動，其中金屬片的「力矩」=「力」×「力臂」，當有地震的外力加入時會使接點產生力矩而導通，而且施力臂越長，力矩越大，兩金屬片越容易導通。

我們共使用了三組接點，分別安裝於水平與垂直位置，即上下、前後及左右等方向，每組接點是由兩片金屬片所組成，其中一片的末端有重物附著如圖 5-4 所示：

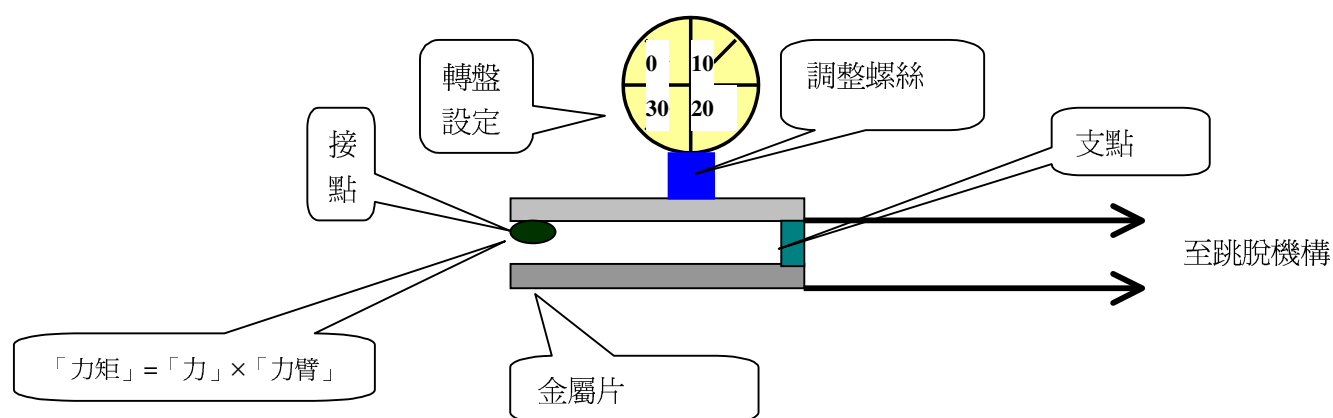


圖 5-4 地震感測器之製作圖示

我們於取得接點材料後，另外尋找適合之長螺絲及轉盤，來調整「金屬片之間距」，轉盤可調整 0~30 的刻度，數據越大表示接點間距越小，越容易動作，間距越大表示震動要更大才會動作。我們並利用地震測試設備，以獲得地震震度分別為二、三、四、五、六級之轉盤設定值。

(二)地震感測器之測試過程

為求本裝置地震偵測之準確性，特別函請台中縣消防局，藉用地震體驗車以進行各項實驗，如圖 5-5、圖 5-6 所示，反覆實驗以求得各級地震之數據，地震體驗車採用電腦控制其地震平台之震度，可製造有感地震一~六級之地震，並獲得各級震度在水平及垂直方向之設定值，使本裝置能於正確震度時動作。



圖 5-5 藉用消防局之地震體驗裝置



圖 5-6 檢測地震是否達到設定震度之接線照片

藉助消防局之地震體驗裝置，反覆實驗得到各級地震之裝置設定值，如表 5-1 數據為地震感測器之轉盤設定值(始動值)：先將轉盤設定如轉盤設定表之位置，當地震達到該級地震強度時，則接點會動作，若轉盤設定未達指定位置時，則接點將不會動作，總電源開關也不會跳電。

表 5-1 地震感測器之轉盤設定表

震 度	垂直感測器	左右感測器	前後感測器
第二級	28.5	29	29.5
第三級	28.5	29	29.5
第四級	28	28.5	27
第五級	26.5	22	19
第六級	22	21	18

三、地震跳電裝置製作

依安培右手定則（安培右手螺旋定則），如圖 5-7 所示在線圈上通電，將使繞有線圈的鐵必變成電磁鐵而有磁力，就可以利用電磁鐵吸住鐵心，使總開關自動關閉，總開關因跳脫使一組 c 接點狀態改變，再利用 c 接點去驅動關閉瓦斯、點亮緊急照明燈等裝置。本裝置之總電源開關是採用具有跳脫線圈及警報接點(c 接點)之無熔絲開關，警報接點會自動在跳電時動作。

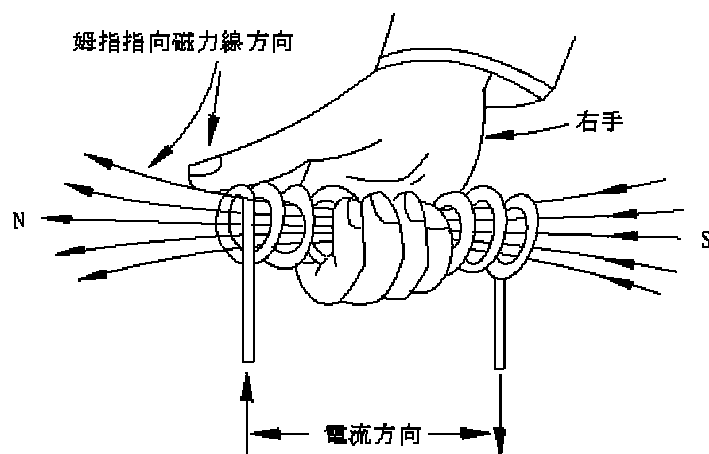


圖 5-7 安培右手螺旋定則之圖解

四、地震實驗



(一) 單一方向地震與水平與垂直同時作用地震之比較實驗

地震體驗裝置，可製造左右或上下方向等單一方向的地震，將地震感測器固定於牆壁上進行，所測得之數據為地震感測器之轉盤設定值，數據越小表示震動越大，才能啟動安全裝置。

本實驗以地震裝置分別製造第二級至第六節之地震，第一級因僅微震，無跳電需要，故不感測，而第七級地震本裝置地震感測器和第六級的設定值相同

由表 5-2、5-3 可發現，單一方向地震在左右、前後、上下地震之轉盤平均值分別為 25.3、24、26.7，比較上下左右同時地震之平均值為 25.1、24、26，結果十分相近，另比較兩種不同實驗的總平均值分別為 25.3 和 25，顯示單一方向地震與上下左右同時地震在共同方向的震動大小相近，沒有顯著的不同。

表 5-2 固定方向地震之實驗結果表

單一方向地震之轉盤設定			
震度	左右感測器	前後感測器	垂直感測器
第二級	29	29.5	28.5
第三級	29	29.5	28.5
第四級	28.5	27	28
第五級	22	19	26.5
第六級	18	15	22
平均	25.3	24	26.7
總平均	25.3		

表 5-3 水平與垂直方向同時地震之實驗結果表

水平與垂直地震同時發生之轉盤設定			
震度	左右感測器	前後感測器	垂直感測器
第二級	29	29.5	28.5
第三級	29	29.5	28.5
第四級	27.5	27	27
第五級	22	19	25
第六級	18	15	21
平均	25.1	24	26
總平均	25.0		

(二) 地震感測器之安裝位置比較實驗

如圖 5-8 和圖 5-9 所示，分別為安裝於牆壁和木櫃作比較，由一級震度至六級震度均予以測試，並獲得固定方向地震的轉盤設定值。

如表 5-4、表 5-5 可發現地震感測器裝置於牆壁時，其轉盤設定平均值在左右、前後、上下方向分別為 25.3、24、26.7，總平均為 25.3，而震動感測器裝置於木櫃時，平均值分別為 24.4、22.8、22，總平均為 23.1，由上結果可發現，裝置於木櫃之轉盤設定值均較裝於牆壁者為低(總平均值差 2.2)，顯示將地震感測器裝於木櫃上時會有較大的震動，故轉盤設定值要調低，以符合各級震度要求，故用戶應將地震感測器安裝於牆壁上較為正確。



圖 5-8 地震感測器裝置於牆壁之比較實驗



圖 5-9 地震感測器裝置於木櫃之比較實驗

表 5-4 震動感測器裝置於牆壁時

震動感測器裝置於牆壁時之轉盤設定			
震度	左右感測器	前後感測器	上下感測器
第二級	29	29.5	28.5
第三級	29	29.5	28.5
第四級	28.5	27	28
第五級	22	19	26.5
第六級	18	15	22
平均	25.3	24	26.7
總平均	25.3		

表 5-5 震動感測器裝置於木櫃上時

震動感測器裝置於木櫃之轉盤設定			
震度	左右感測器	前後感測器	上下感測器
第二級	29	29.5	28
第三級	29	29.5	24
第四級	28	27	22
第五級	20	16	20
第六級	16	12	16
平均	24.4	22.8	22
總平均	23.1		

三、研究方法

(一)、系統方塊圖之建立

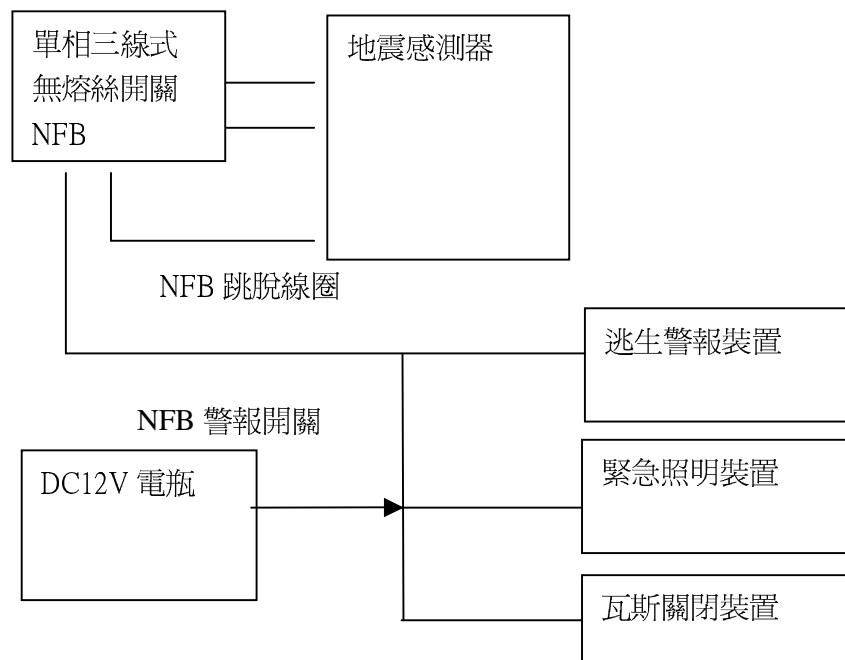


圖 5-10 系統方塊圖



圖 5-11 自製可調靈敏度之地震感測器

(二)、任務分組：本小組成員共三人，依照個別之專長將任務進行分組如下：

- 1、創作構思醞釀與討論統合。
- 2、系統整合、測試與實驗。
- 3、看板海報之製作與說明書之撰寫。

(三)、電路圖之設計與製作

根據系統方塊圖→設計電路→電路實驗→電路製作

(四)、操作與測試步驟：

- 1、地震感測器確實安裝於總開關(NFB)旁。
- 2、在地震感測器內設定地震跳電的地震等級(包括水平與垂直方向之轉盤調整鈕)。
- 3、總開關送上電源。
- 4、當地震發生時，達到設定值後即啟動安全裝置。
- 5、地震停止後將跳脫之總開關切至復歸位置，即可自動使本裝置停止動作(警報器停響、照明燈熄滅)，恢復屋內供電。

陸、研究結果

- 一、有感地震發生但未達用戶設定的地震震度時，電源開關不會跳電也不會關閉瓦斯。
- 二、地震達到用戶設定級數時自動關閉總電源：當地震達到用戶所設定之級數，就會令總開關自動跳電，啟動緊急照明(由電瓶供電)，使用戶安心並及早瞭解地震的大小，以利做好逃生或餘震的準備，安全裝置也會判斷是否要啟動安全裝置。。
- 三、地震時自動關閉瓦斯：輕震至烈震間，能依用戶所設定之級數，令瓦斯自動關閉，防止瓦斯外洩。
- 四、偵測地震震度：能偵測來自水平或垂直方向或兩個方向同時作用之 2~6 級地震(如轉盤設定表所示)，平時電瓶電壓不足時，由充電裝置自動充電，充滿電後自動斷電，並有安裝方便的優點，用戶只要將本裝置安裝至總開關旁即可，十分方便。
- 五、單一方向地震與上下左右同時地震在共同方向的震動大小相近，沒有顯著的不同。
- 六、地震感測器安裝在木櫃上時會有較大的震動，故地震感測器應安裝於牆壁上較能感測到正確的震度。
- 七、考慮用戶的個別化需求：地震時每個用戶需跳電的需求不一，用戶可設定地震時會斷電的地震等級，達到一定的震度後才會令電源跳脫的裝置，兼顧安全與便利性。
- 八、適用對象廣泛：本裝置可使用於單相三線式或單相二線式之家庭、公司、大樓或工廠等均可安裝，規格表如表 6-1 所示。

表 6-1 地震逃生安全裝置規格表

地震逃生安全裝置規格表			
項次	名稱	規格	說明
1	地震感測器	震度 2 級~6 級	自行研發：可偵測 2 級~6 級的地震，並啟動安全裝置，各級震度之設定，請參考轉盤設定表。
2	瓦斯電磁閥	12V，常閉二口二位	地震時由地震感測器啟動瓦斯電磁閥，以關閉瓦斯
3	無熔絲開關	3P 15A(含警報開關、跳脫線圈)	目前市面上之無熔絲開關均能指定要附加警報開關、跳脫線圈等內容。
4	電瓶及充電器	12V	地震前自動充電，充滿後自動斷電 地震後電瓶放電，提供 12v 電力

柒、討論

一、地震感測器使用時，安裝在牆壁上和安裝在木櫃上有何差別？

答：

根據實驗結果，地震感測器裝置於牆壁時，其轉盤設定總平均為 25.3，而震動感測器裝置於木櫃時，轉盤設定值總平均為 23.1，裝置於木櫃之轉盤設定值較裝於牆壁者為低(總平均值差 2.2)，顯示將地震感測器裝於木櫃上時會有較大的震動，乃是因為裝置在木櫃遇到地震時，不但會感測到地震的震度，而且還會加上木櫃的振動力，故用戶應將地震感測器安裝於牆壁上才能正確量測到地震的震度。

二、固定方向之地震與水平及垂直方向一起震動的地震，其震動程度何者較大？

答：

單一方向地震在左右、前後、上下地震之轉盤平均值分別為 25.3、24、26.7，比較上下左右同時地震之平均值為 25.1、24、26，結果十分相近，另比較兩種不同實驗的總平均值分別為 25.3 和 25，兩者僅差 0.3，是人為誤差的容許範圍，顯示固定方向地震與上下左右同時地震震動的大小相近，兩者的震動程度相同。

三、在地震發生時如何啟動安全裝置以避免地震災害？

答：

當地震到達用戶所設定要啟動安全裝置的震度時，利用自製的地震感測器去觸發無熔絲開關，使無熔絲開關跳脫，並令其警報接點動作，即可立即啟動逃生安全裝置，接著系統就會自動關電、關瓦斯、開啓緊急照明以及啟動緊急疏散的語音廣播等。詳細操作步驟如下：

(一)地震感測器確實安裝於總開關(NFB)旁。

(二)在地震感測器內設定地震跳電的地震等級(包括水平與垂直方向之轉盤調整鈕)。

(三)總開關送上電源。

(四)當地震發生時，達到設定值後即啟動安全裝置。

(五)地震停止後將跳脫之總開關切至復歸位置，即可自動使本裝置停止動作(警報器停響、照明燈熄滅)，恢復屋內供電。

捌、結論

本研究經由實驗及統計分析的結果，獲得下列結論：

- 一、採用無熔絲開關(附跳脫線圈及警報接點)、自製地震感測裝置以及瓦斯專用電磁閥等，即可達到地震到達一定程度時電源能自動跳電和自動關閉瓦斯。
- 二、地震感測器安裝在牆壁上與安裝在櫃子上的差別，在於安裝在櫃子上會有較大的震動，因此地震感測器建議安裝在牆壁上，以達到正確偵測地震震度之目的。
- 三、「單一方向地震」與「水平及垂直方向同時作用地震」之震動程度相同，因此同級地震搖晃一個方向和搖晃兩個方向的地震相比較，在共同方向的震動大小並無不同。
- 四、地震時啟動逃生裝置之方法，是利用地震感測器去觸發無熔絲開關之警報接點，即可啟動逃生安全裝置，接著系統就會自動關電、關瓦斯、開啓緊急照明以及啟動緊急疏散的語音廣播等。

本研究限於研究的時間和人力有限，地震感測範圍在輕震至劇震(2~7 級)之間，無感地震以及微震部份因震動很小未予以感測，故仍有發展的空間，希震有了這個裝置之後，能有效降低地震造成的電器災害，也能使人們在地震的第一時間逃離危險地區，最後建議營建單位能將大樓的防震裝置列為造屋的考量。

玖、參考資料

- 一、王國銓，物理定律集，三版，台北縣，銀禾文化，頁 66~67，民國七十九年。
- 二、吳友仁，物理基礎觀念，四版，台北市，東江圖書，頁 119，民國七十五年。
- 三、郭塗註，電工機械，二版，台北市，大中國圖書，頁 25，民國七十九年。
- 四、蔡衡、楊建夫，台灣的斷層與地震，初版，台北市，遠足文化，頁 20~21，民國九十三年。
- 五、蕭盈璋、張維漢、林朝金，甲種電匠室內配線技術士學科重點總整理，初版，台北市，全華圖書，頁 2-13~2-16，民國九十年。
- 六、羅俊雄，地震危害分析，初版，台北市，中興工程科技研究發展基金會，頁 9~10，民國九十年。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高職組 電子、電機及資訊科
佳作

091004

地震逃生安全裝置

國立大甲高級工業職業學校

評語：

本研究主要在降低地震所造成的傷害，作品相當有意義，依據震度決定必要動作，且可由使用者設定，實用性頗高，斷電後的緊急照明有助夜間逃生，地震警報則可發揮警告作用，尤其是熟睡中的人，地震感測器的裝置位置，準確度之校正及不同地震之影響，均經過研究和分析，值得讚許。

有幾個部份仍有改進空間，茲詳述如下：

1. 系統應能由蓄電池供電，否則斷電後系統無法正常運作，至少要能完成必要工作
2. 緊急逃生裝置並未實作，也未明確說明何種緊急逃生裝置及其控制方式。
3. 震度多大時系統會損壞及能否及時完成必要動作，也應列入研究範圍。