

個人電腦地震儀的製作及其研究

國中組地球科學科第一名

高雄縣立阿蓮國民中學

作者：蔡翰新·沈添富

指導教師：趙元賓·李 暄

一、研究動機

(一)地震是人類生存的天然災害之一，墨西哥的大地震，哥倫比亞的火山爆發，所造成的傷亡驚動了世界，激起了人類對於地震的恐懼，地震頻繁的國家，紛紛採取地震發生災害的預防措施。台灣地理位置屬地震頻繁地帶，且大部份是中強地震帶，所以地震災害的預防更不容忽視，據報載，地質專家預測台灣十年內將有大地震發生，地震可以如氣象一樣可以預測嗎？或許它是賴於過去以往建立之地震資料吧！

(二)有一天，當我搖晃着搖桿在利用電腦玩電動玩具時，搖晃的搖桿竟能繪出不同的曲線，我想能利用電腦來記錄地震資料不是非常好嗎？如果能進一步將其儲存的資料做出預測，那確實太棒了。

二、研究目的

(一)主要目的：

如何利用個人小電腦表示並記憶地震的波形，震幅、頻率、震動時間等，以便地震專家們深入研究之用。

(二)次要目的：

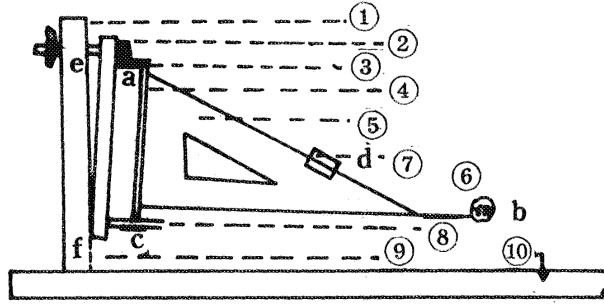
- 1.瞭解製作地震儀的學識與技術。
- 2.如何改變電腦的搖桿(Computer joy stick)使電腦能夠接受地震儀的訊號。
- 3.如何以最普遍使用的BASIC電腦語言寫成地震程式。

三、設計及理由

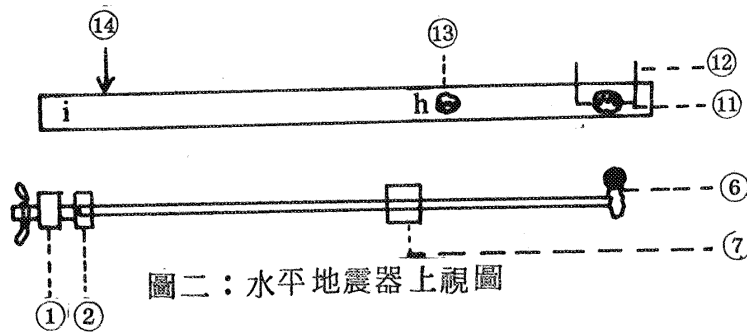
(一)地震及制振器部份：

1. 水平地震器：

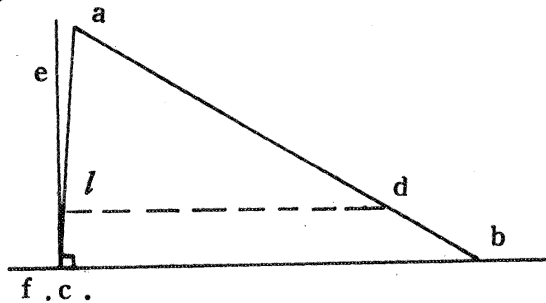
(1) 構造圖：如圖(一)圖(二)圖(三)



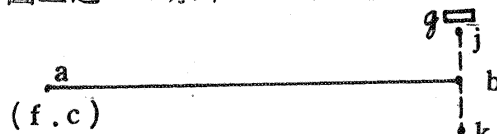
圖一：水平地震器側視圖



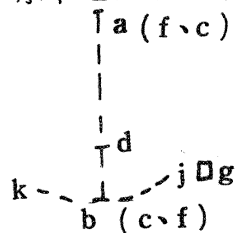
圖二：水平地震器上視圖



圖三之一：水平地震器側視原理圖



圖三之二：水平地震器上視原理圖



圖三之三：水平地震器正視原理圖

(2)水平地震器說明：

①固定架：

木製，垂直於水平面，上裝調整螺絲 e，可以調整 a、e 的距離，以固定 b、c 與水平的關係，如果 bc 完全為水平，由於 $\angle acb$ 為直角，則 b 點將會停止任意水平面上，而無歸零的動能，所以必須使 ac 對 ec 造成微小之夾角，則將可視為以 a 為定點，ac 為擺長，而沿 jbk 的單擺，這樣就可以：

(A)調整單擺可歸零到 b 點 (B)使擺的動能與位能都很小

(C)可以用 $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ (T : 週期， l : 擺長即 ac， g 重力加速度) 測定其機械擺動的週期，而 $jb = bk = 3$ cm，即為本儀的測量極限大約等於中央氣象局震度階級 (CWB) 第四級地震即中震。

②可調架：

木製，可以調整轉軸 ac 對 ef 之夾角。

③⑧軸承：

鐵製，採用滑動摩擦，可以用 $F = VW$ (F 摩擦力， V 摩擦係數， W 正壓力) 來計算其摩擦力的大小，但由於⑦所加重量，與 dl 臂所形成的轉矩比軸承所造成的反轉矩大很多，所以忽略不計。

④轉軸：

鐵製，尖端，使軸承轉矩很微小，並可傳導小燈泡(b)的電源。

⑤主振動體：

塑膠製 30° 三角板改裝而成，在 ac 兩端裝尖銳的鐵軸作為轉軸，並可傳導⑥的電流。小燈泡⑥裝在三角板的 30° 端兼有擺錘及光電反應之作用。⑪為光敏電阻 (Cds)，接受小燈泡的光能而轉變成電振動訊號，由⑫導線傳給電腦。在 ab 斜線上裝有重物⑦，重物可在 ab 上移動，則既可調整擺錘的重量，又可調整 ld 的距離，以調整全擺

的轉矩，控制全擺的轉動、質量，可以適應任何地震所引起的長矩週期的地震波。同樣的裝置，裝兩套，且互相垂直，則可以在同一個基板⑩上建立 xy 平面座標，對於任何地震的 P 波 S 波，都可以感測到。再說三角板有固定的面積，當其作左右振動時，空氣對板面的阻力，適可作為阻尼振動的作用，使自然的單擺振動儘量減少（約三、四次）以減少影響記錄，所以是一個很理想的主振動體。

⑥訊號光源：

6 V 3 W 小燈泡，其最大電流只有 0.5 A，對於軸承③⑧不會造成過電荷，則其接觸點 ac 的電阻不會有很大的改變，所以只要電源的電壓穩定，小燈泡的發光強度也必定穩定不變，如果能夠適當地調整 bg 距離，使供電電壓能小於 6 V，則小燈泡就可以長期穩定使用。電源供應器採用附有穩壓電路的 0 V 3 V 4.5 V 6 V 9 V 12 V 的可調直流電源（即市售小型計算機電源）品質可靠。小燈泡的質量大約 8 公克，不會形成很大的轉動慣量，有助於主振動體的始動與停止。

⑦補助擺錘：

由書夾代用，可沿 ab 移動，與小燈泡同為擺的擺錘，但因為 $ad \approx ab$ 所以全錘的週期將隨 ab 的共同重心而轉移，達到調整的作用。

⑧與③同。

⑨轉軸的共同軸承，鐵製門軸代用。

⑩基板：

木製，下附可調腳四支，以調整基板之水平。

⑪光敏電阻（CdS）：

基阻值可隨照度而由數 10 Ω 到數百 k Ω 作接近反比的變化。

⑫輸出訊號線：

可連接到電腦的搖桿插座，是為電腦的訊號源。

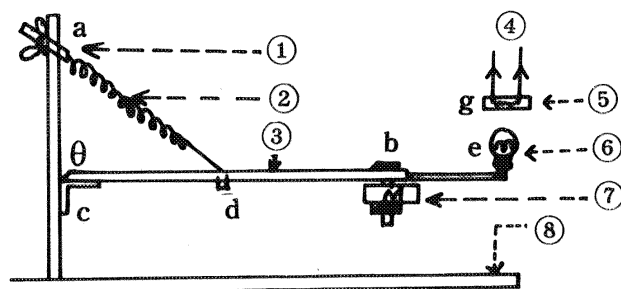
⑬光敏電阻位置調整軸。

⑭光敏電阻位置調整桿：

木製，可調整 CdS 的距離，以便調整感光量，可以改變電腦影像圖片的座標軸的位置。

2. 垂直地震器

(1) 構造圖：如圖(四)



圖(四) 垂直振動器側視圖

(2) 說明：

① 垂直架：

木製上裝彈簧之調整螺及擺動桿轉軸。

② 彈 簧：

採用初長為零之彈簧。

③ 擺動桿：

木製，C 軸固定於垂直桿，d 點接彈簧，b 點於砝碼 e 點裝小燈泡。本擺動桿如果能夠達到 $M \times G \times bc = B \times cd \times ac$ (M 為砝碼⑦的質量，G 為重力加速度，B 為彈簧每伸長 1 公分長度所需之力， $ac = cd = ab \div 20 \text{ cm}$) 則本擺動即為恢復力等於零的長週期擺，所以只要改變 M 的質量，就可以適合各種不同規模的地震，並且不需制震器，再者調整 be 的長度，就可以調整感應的靈敏度。

④ 垂直地震訊號，接至電腦。

⑤ 光敏電阻 (CdS)。

⑥ 小燈泡：

6 V，DC 對 CdS 提供光源。

⑦ 砝碼盤。

⑧基座。

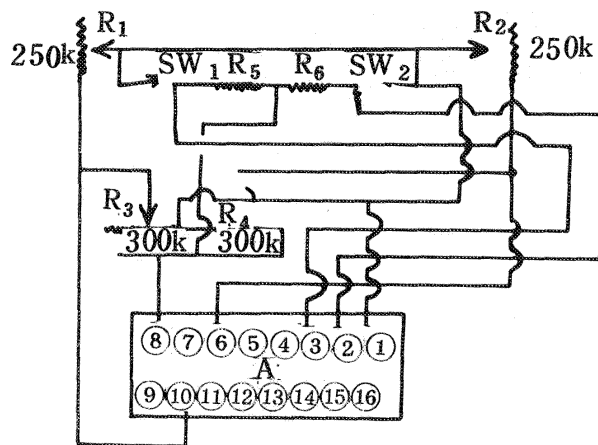
(一)計時器部份：

- 1.時鐘採用數字式電子鐘，依據出品廠之保證，年誤差不超 1 秒，與電力公司 60 HZ 同步。
- 2.訊號之取出；把電子鐘的秒脈動接出，即可得秒訊號。
- 3.訊號之接受；把秒閃動的燈泡對着光敏電阻 (CdS)，就可以改變電阻轉變成電流脈衝訊號，供電腦使用。

(二)電腦部份：

1.玩具搖桿的分析：

(1)構造電路圖：如圖(五)

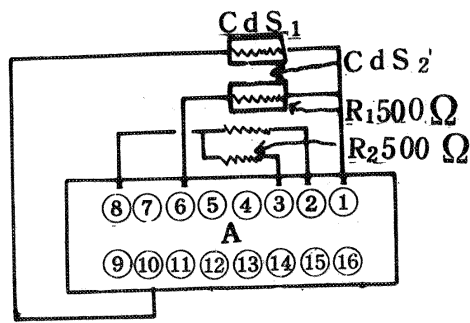


(2)說明：

- ① “ A ” 輸入電腦的插頭，共有十六腳，內中只有六隻腳是被用到的。每座個人電腦都有兩組玩具搖桿插座。
- ② $R_1 R_2$ 為平面圖 x 、 y 軸的位置微調電阻，一般便宜的搖桿，就沒有，而以軟體程式調整。
- ③ $R_3 R_4$ 為搖桿電阻，可調整平面圖的 xy 座標。
- ④ $R_5 R_6$ 為電腦之補償電阻，使①⑧兩端不會短路，以保護電腦。
- ⑤ SW_1, SW_2 為座標之歸零按鈕。

2.改變玩具搖桿為地震訊號：

(1)構造電路圖：如圖(六)



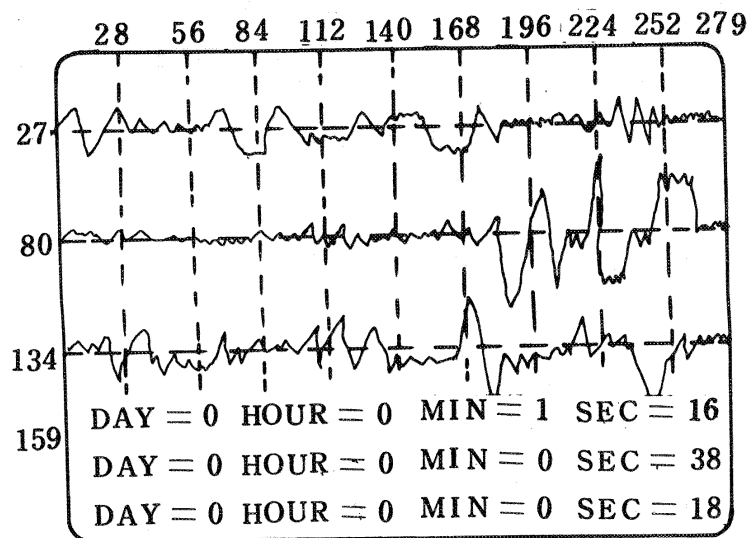
圖六：改變玩具搖桿為地震訊號

(2)說明：

- ① CdS_1 、 CdS_2 為兩個光敏電阻作為平面圖的 xy 座標，其電阻值可隨照在其表面的照度強弱而改變，照度強時其電阻值約 20Ω 左右，照度弱時則可達到 $300k\Omega$ 左右，所以可以代替圖(五)中的 R_3 、 R_4 的功能，在電視幕上畫出座標圖，並隨照度之強弱而變化，也就是隨地震強弱而變化
- ② $R_1 R_2$ 是連接②③⑧接頭，使 xy 座標原點穩定。
- ③如圖(六)製成兩組輸入電腦，則分別可以顯示 xyz 的地震訊號以及記秒的電脈衝。

3.電視幕畫面的分配：

(1)分配圖：如圖(七)



圖七：電視幕畫面分配圖

(2)說明：

- ①畫面之橫軸有 280 點，設容納 20 秒，則每 2 秒 28 點，使其畫一條縱線，以便計算。每秒 14 點，每兩點可以表示一個波動，則每秒可以容納 7 個波，即最大頻率為 7HZ，根據參考資料，地震波的最大頻率只有 6HZ，所以足以包容所有的地震波。
- ②畫面之縱軸有 191 點，爲了前後畫面時間的連貫，必須以三列文字記錄時間，可餘下 159 點，以此空間容納 $x y z$ 三軸之座標，設分別以 27 點，80 點，134 點爲 x 、 y 、 z 之原點，則每軸之最大兩倍振幅有 26 點，如果在程式中把點值乘某倍數，就可變成很靈敏。可以測量微弱地震（無感地震）反之如果除以某值就會不靈敏，可以測量強地震。又對於一位訓練有素的人員來說，振幅即使超過 26 點，仍然是可以鑑別出 $x y z$ 座標圖的。

4.畫面的儲存：

- (1)每一畫面爲 20 秒，而每一畫面儲存於磁碟片中需時 18 秒，所以使用兩個電腦組交互使用，即可把全部地震情形加以記錄儲存了。
- (2)每一組電腦之連續使用時間，不宜超過廿四小時，所以只要再組合一套設備，而以機外的另一時鐘控制，使日夜各十二小時，交互使用，就可作全天候之測量。
- (3)每一磁碟片，可容納十三個畫面，互相使用的結果，一天廿四小時，可用 4 張磁碟片，每 1 張爲 $13 \times 20 = 260$ 秒，四張 $4 \times 260 = 1040$ 秒，在一天內不可能地震 1040 秒，所以足以包容已知的一切地震了。

5.程 式：分爲

- (1)地震記錄程式
- (2)印表程式，如附件。

6.資料之整理：

以上所述爲全自動的記錄部份，每天只需 1 人花費 1 分鐘的時間，更換 4 張磁碟片，再用十分鐘的時間，就可以把所有地震

的記錄轉錄到總記錄片中，成爲全年記錄了。

7. 停電；可用自動充電的蓄電池組。

四、使用方法及手續

(一)開機手續：

1. 全機組合：略。

2. 機械調整：

(1) 水平調整：使地震儀之基板處於水平狀態，如果要建立地震測量站，則必須強固基板。

(2) 水平地震器之調查：調整圖(一)之 e，使主振動體⑤可適合所需測量地震之規模。

(3) 垂直地震器之調整：調整圖(四)之 a 及 M 的砝碼質量，使擺動桿③可適合所需測量地震之規模。

3. 電子調整：

(1) 打開所有電子儀器之電源。

(2) 送入磁碟片，數秒後，電視幕上即有三行數值，此時可調整圖(二)中的 gb 距離和圖(四)中的 ge 距離，幕上數值就會改變，使分別定在 125 ± 1 按下 RETURN，就會出現圖面，並執行對地震的記錄工作。

(二)更換磁碟片：

必須把程式錄進新磁碟片（或再用的磁碟片）才可開機。

(三)對 時：

最好是在某月某日午夜零時零分零秒爲起點，開機按空鍵以後就可按電腦所顯示的日、時、分、秒來推算地震發生的時間了。又每一畫面如有地震才會錄進磁碟片，如果沒有地震就不會錄，且不論有無錄進磁碟片，電腦對時鐘的反應永不停止，均在作累積的時間記憶。

(四)如圖(八)之儀器組成兩組，則分別可以每天工作十二小時，交互休息，以確保儀器之工作壽命。

五、討 論

(一)地震儀部份：

以光電反應代替機械記錄，提高靈敏度與使用時間。且把三度地震波集中在一機中測量，減少機組量及人力。

(二)電腦部份：

- 1.直接取得地震波之圖形與座標數值，便於以後之研究。
- 2.隨時可以改變程式，以便適合各種的需要。
- 3.同時顯示三度空間的座標值，減少記錄與研究的計算手續。
- 4.如果採用十六位元主機，則可得更精密的解析度。
- 5.如果採用多組磁碟機併聯使用，則其記錄內容可擴張到無限大
- 6.由電腦的長期儲存資料與超過一般人腦的分析能力，是否可以進一步預測地震的發生與地點？這是我們共同努力的目標。

六、結 論

(一)地震是人類的天然災害之一，所以必須深入研究，而研究地震的首要條件就是改進地震儀，使其更靈敏、精確、自動化、堅固耐用；進而才能構成準確的地殼模型，預測地震的發生時間和地點，減少災害損失。

(二)要研究改進地震儀，必定會牽涉到很多高深的學問。我們是國中生，所學有限，本機的製作，旨在拋磚引玉豈敢奢言其他。

評 語

(一)雖然製作粗糙，但能充分利用簡單的材料，說明地震的原理。

(二)有如何利用現有資訊設備儲存大量資料的觀念。

(三)自己動手作簡單實驗的器具應予鼓勵。

(四)說明書不夠清晰。