

中華民國第四十七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

第三名

080832

推動快門的手

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

作者：	指導老師：
小六 林耕瑋	楊基宏
小六 陶東禾	陳佳宜
小六 洪儀庭	
小六 黎薇	
小五 陳旻	
小五 吳靖雯	

關鍵詞：凸輪 視覺暫留 快門

~推動快門的手~

摘要

本研究研發一個可以定時按快門的小機器——**推手一號**。它能搭配數位相機達到長時間紀錄的效果。由於相機的拍攝位置不動，將拍到的照片在電腦上連續快速瀏覽時，會因視覺暫留原理，看起來好像是「影片」，對於紀錄微小變化有很大的幫助。

同學們利用很簡單的材料和工具，搭配凸輪、調光器、馬達、齒輪組，親手打造自己的推手一號。製作期間歷經許多困難與失敗，他們一一想辦法克服、修正，終於達到原先的目標，並且實際應用它拍攝了一系列的照片。這些同學真正製作出一部成本低，卻非常實用的機器。

壹、研究動機

上自然課的時候，如果遇到「長期觀測」、「長時間紀錄」，就會很困擾，因為要花很長的時間一直去「看」，並且「紀錄」下來。因此我們有一些同學就開始動腦筋想要設計製作一個能幫助我們「長時間」觀察紀錄的工具。

在第一階段，我們有初步的成果——基本型。原理是製作一個裝置加在數位相機上，可以每隔 20 秒按下快門拍一張照片。由於相機固定不動，所拍到的連續照片在電腦上快速瀏覽時會形成動畫般的效果，這樣可以觀察到肉眼看不到的現象。例如：在它的幫助下，我們發現含羞草在沒有觸發運動或睡眠運動的情形下，有輕微的擺動情形。

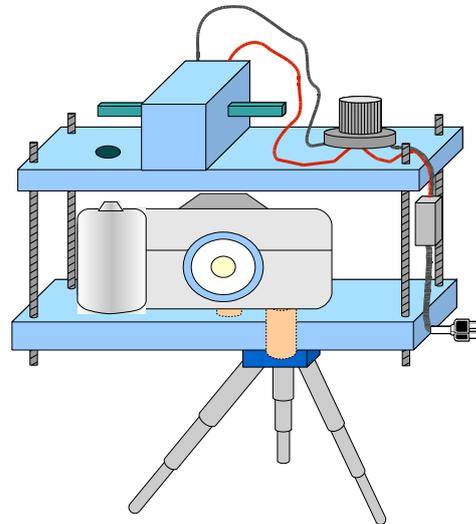
有了這個經驗，我們認為這種能幫助長時間紀錄實驗情形的工具，用途很廣泛。但是基本型在使用上有很多限制，如：壓桿容易脫落、不好操作、僅能用在特定相機...等。因此決定繼續研發更進步的機種。

第二階段的重點在於改良缺點，加入新功能，使它的功能更強、更好操作、能有更廣泛的應用。相關教學單元：月亮(四上)、通電玩具(四下)、簡單機械(六下)

貳、研究目的

研究目的(想要達到的目標)	基本型的限制
一、適用於各種不同廠牌、型號的數位相機	只能適用特定機型的數位相機
二、能更穩固地固定在腳架上，且容易拆卸	使用束線帶與相機結合，很不方便
三、按下快門更穩定	壓桿常會偏斜，使壓按失敗
四、不同供電系統間的切換更容易	手動纏繞電線才能切換供電系統，不方便、不美觀
五、材質可透視，方便操作相機上的功能	木板不透明，看不見相機功能選項，且與相機緊緊接合，連開關機都很困難。
六、可輕易調整按快門的時間間隔	按快門的時間間隔固定

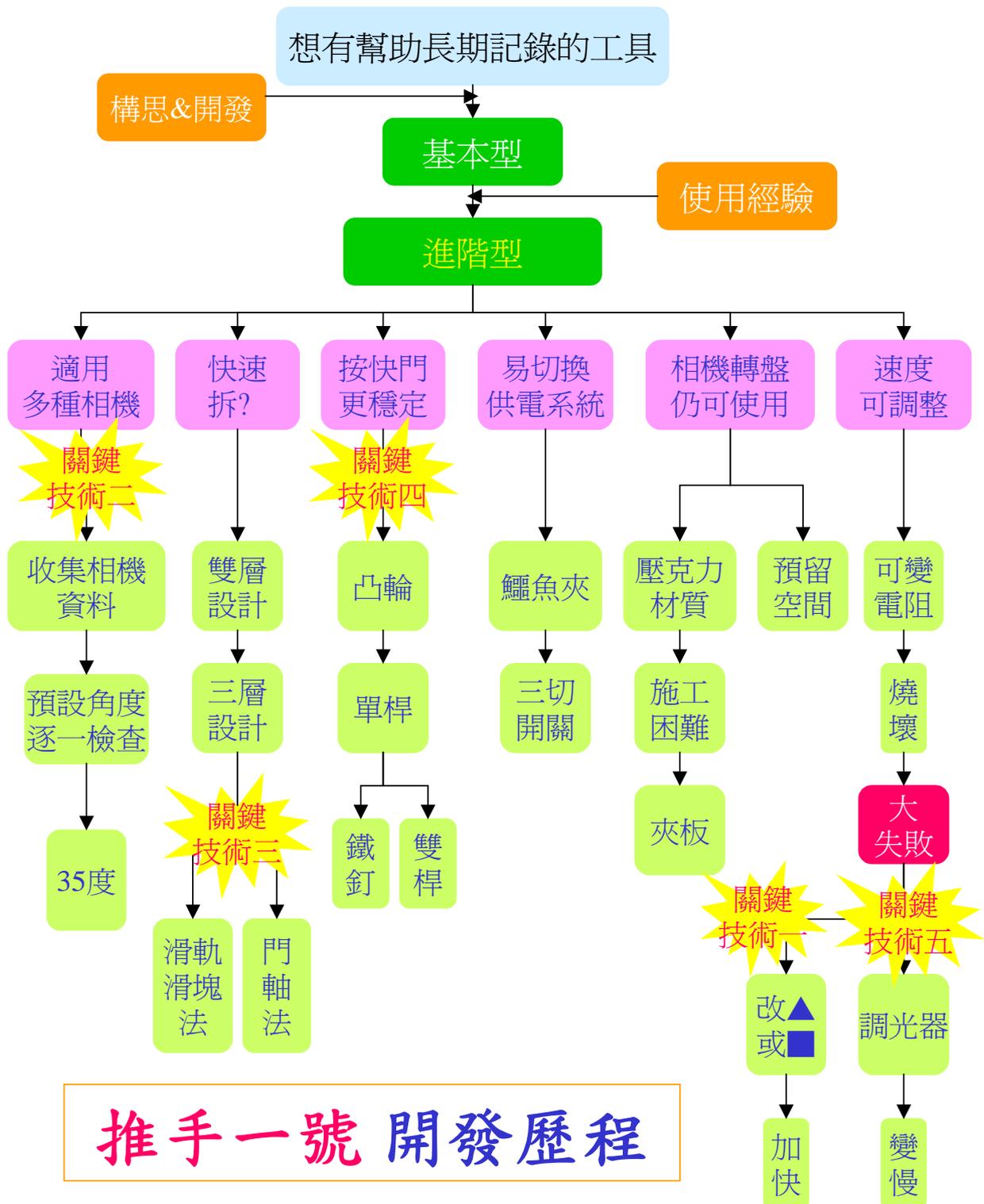
在「研究過程及方法」一節中，即分別說明達到這六項目標的做法。基本型如左圖，新機型如下圖，下圖僅是一個概念圖，方便說明與討論，並不是最後的成品。



參、 研究設備及器材

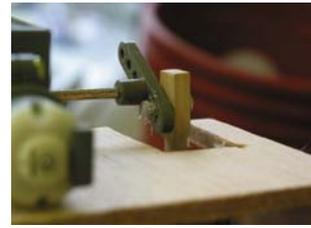
1. 0.5mm 三夾板
2. TAMIYA 齒輪組(180 元/個)
3. 六角螺絲、螺帽及墊片
4. 直徑 3mm，長 12cm 螺絲
5. 電線
6. 電池盒
7. 調光器(100 元/條)
8. 母插頭(20 元/個)
9. 手搖鑽及各式鑽頭
10. 手鋸、線鋸及鋸條
11. 尖嘴鉗
12. 銲槍及銲錫
13. 電鋸
14. 3M 強力膠
15. 木鎚
16. 砂紙
17. 螺絲起子
18. 扳手
19. 門軸(5 元/個)
20. 魔鬼沾
21. 各式螺絲及起子
22. 交直流變壓器

肆、 研究過程及方法



第一年的研發重點在於造成一個循環向下壓的動作

	<p>4. 掛架 1. 齒輪 2. 鏈條 3. 掛架 4. 掛住齒輪架 5. 橡皮 6. 相機 7. 棒子 8. 橡皮筋 9. 馬達</p>	<p>我們曾經想用電磁鐵以短暫的通電形成磁力，吸引槓桿的一端，造成一個向下壓的力量。也會想用「鏈條」帶動。</p> <p>1.</p>
	<p>組裝玩具的時候看到說明書上有這樣的圖，正好可以被用來造成「壓」的動作。基本型並不是採用這種做法，但是第二年又回過頭採用這種設計。這可說是關鍵技術之一。</p> <p>2.</p>	
<p>上升下壓的分解動作討論。</p>	<p>基本型採壓桿式的方法循環向下壓。</p> <p>3.</p>	
<p>概念圖草稿</p> <p>4.</p>		



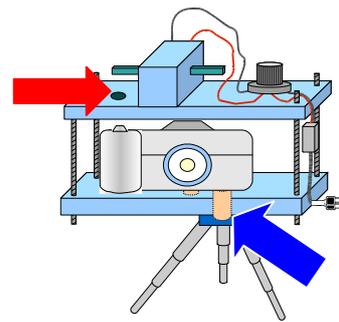
最初的设计如左圖二種。僅具備基本功能，在使用上仍有相當大的不方便。因此進入第二年的研發。

一、適用於各種不同廠牌、型號的數位相機

我們發現基本機種不能適用於所有數位相機的主要原因是各種相機的快門位置不同，更精確地說，是各種廠牌、機型的相機，快門與機底的腳架孔的位置都不相同造成的。相機固定在腳架上，則快門的位置相差非常大。如果我們要做一個能一體適用的裝置，這是第一個要克服的問題。

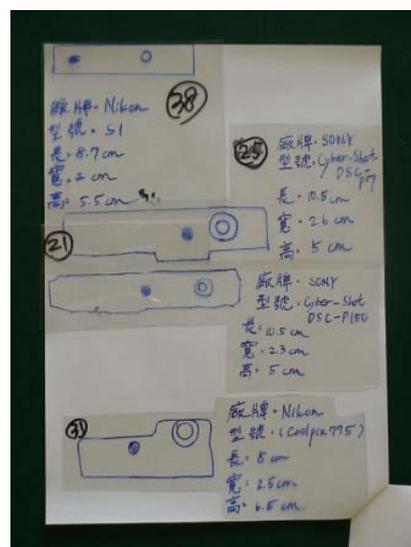
在這個問題上，我們有幾個考慮：

1. 按快門的地方最好固定，要不然，壓桿穿過的孔(紅箭頭指處)不知道要開在哪裡？
2. 快門位置固定之後，這個腳架孔(藍箭頭指處)要遷就快門的位置，而且要能夠被螺絲固定，所以應該會是一條狹長的溝。

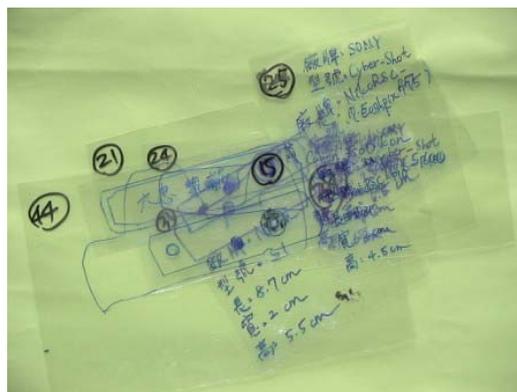


我們想出的辦法及做法是：

1. 分頭收集各種廠牌、型號的數位相機，共 76 種。把快門與腳架孔的相關位置，畫在透明片上。



2.透明片以快門的位置對齊重疊,看腳架孔的位置出現在哪些位置?這些位置會不會有交集?如果有,就在該處挖狹長的溝。(實際進行之後發現,很多張透明片重疊之後,便不透明了,很難找出交集。於是,改方法)



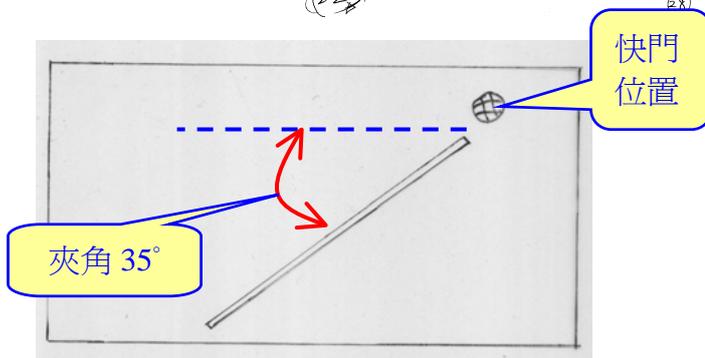
3.預設幾個溝槽的角度,畫在紙張上。再以每一張透明片上的快門位置與紙張上的快門對齊,旋轉透明片,看腳架孔會不會落在預設的溝槽(藍色長條)中?會,則過關;否,則不過關。



4.計算哪一個預設的溝槽角度能包含最多種的相機,以它為基礎,再進行修正。

度	355°	330°	345°	5°	0°	25°	15°
有問題	(18)	(18)	44°	40	33	(16)	27
	(7)	(7)	6°	(9)	(28)	(27)	(17)
	(16)	(16)	7°	(16)	(28)	(15)	(33)
			(18)	(18)	(40)	(17)	(8)
			(16)	(18)	(28)	(37)	(23)
			(22)	(18)	(30)	(35)	(26)
							(12)
							(6)

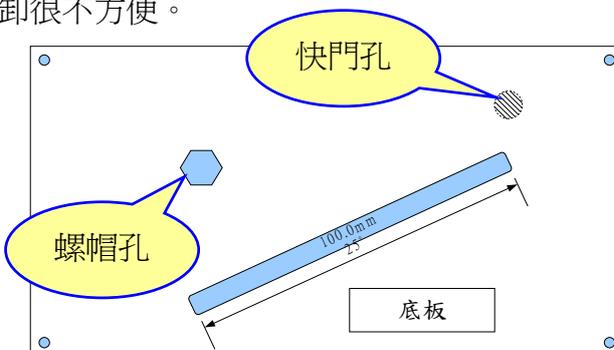
5.後來發現,快門與溝槽呈 35°角時,最恰當。圓圈處是快門位置,斜線處要挖一個溝槽。這是**關鍵技術之二**。



二、能更方便地固定在腳架上,且容易拆卸

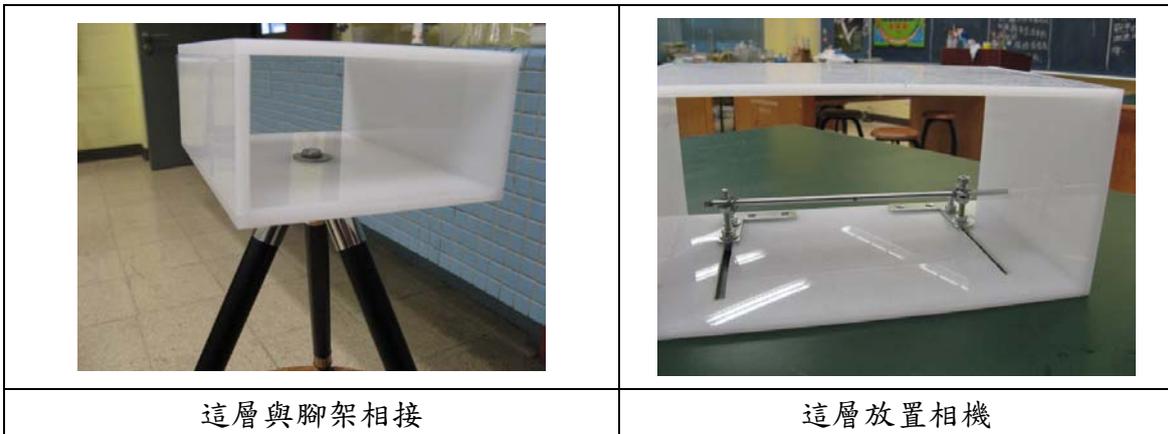
基本型機種以束線帶把裝置與相機結合,拆卸很不方便。

我們討論的結果認為,能利用每一台相機上都有的腳架孔,應該是最穩固的。因此我們需要為這個目的挖一個孔,塞入螺帽,以便與腳架上的螺絲旋緊固定。原本我們要把這個孔與溝槽做在底板(如右圖),但後來發現,這會使溝槽的位置受限,且由圖可看出,螺絲孔的位置一定會偏在左側,不甚平衡。



這個問題困擾我們很久，如果這個問題不解決，根本無法正式進入製作。我們集思廣義，也請同學們回家與爸媽討論。老師說這樣可以訓練自己的表達能力，或許能在逐步的思考中，靈光乍現，有好辦法。

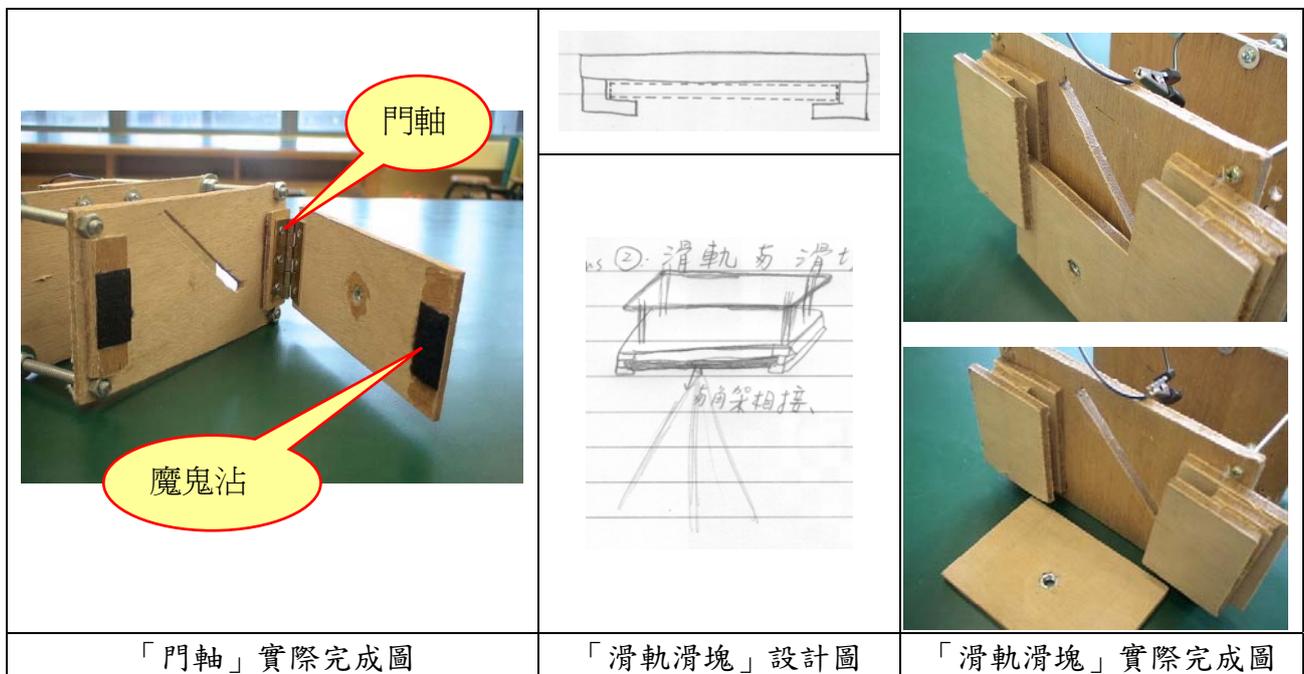
果然在三個星期的一籌莫展之後，同學的爸爸提出一個概念，並做出雛型(如下圖)。



雖然同學爸爸的方法並沒有被我們採用，但他的設計中「螺絲孔單獨使用一層」的做法使我們茅塞頓開。是啊！如果螺絲單獨一層，那就不會與溝槽「打架」了！

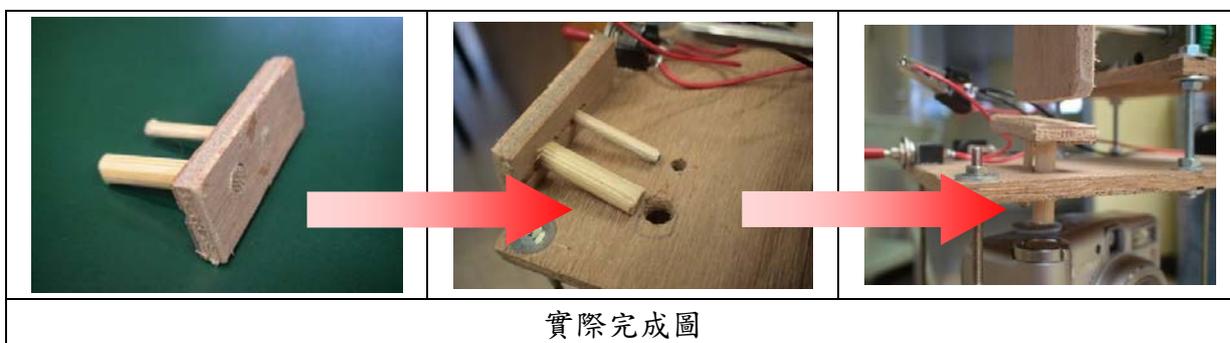
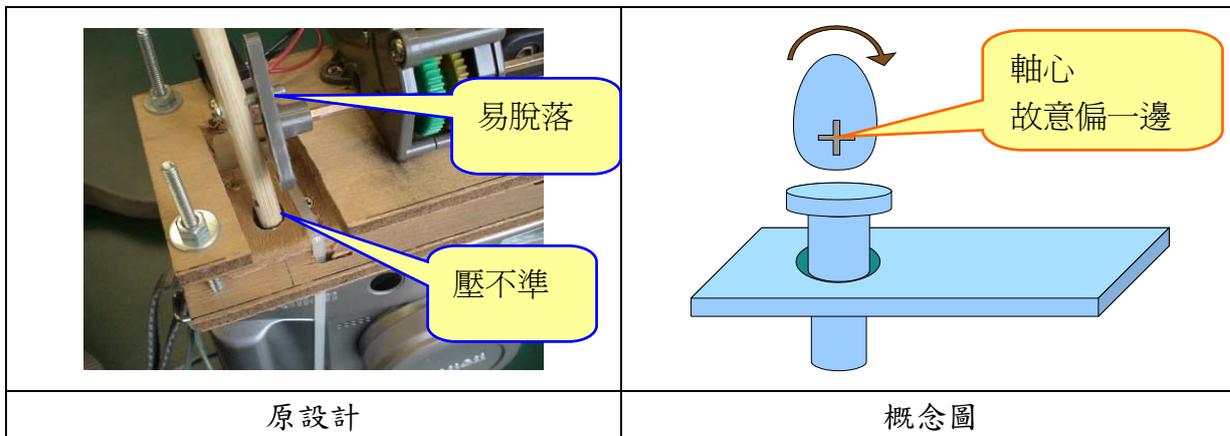
但是問題又來了：第三層如何與上面二層結合呢？真是解決一個問題之後，又來一個新問題。

不過這次的問題並沒有困擾我們太久，我們很快就想到「門軸」的原理，以及「滑軌、滑塊」的原理。這二種法都可以使第三層與上面二層緊密結合，又可以快速拆卸。這是**關鍵技術之三**。



三、按下快門更穩定

基本型機種在拍攝過程中難免會發生壓桿歪斜、脫落的現象，使拍攝中斷。在新機型中，我們想要把這個缺點改良。想法如下：



由概念圖中可以看出，我們讓馬達的轉軸帶動一個轉盤，而且軸心故意偏一邊，當軸轉動時，會有一個時間點碰觸到壓桿，而造成向下壓的動作，也就能按下快門。

在設計當時，我們只想到使壓桿不易脫落及按壓穩定，但沒想到這個設計也讓我們後來克服了另一個大難題。[\(後面再說\)](#)。這是**關鍵技術之四**。

試運轉的時候，出現了我們始料未及的問題：向下壓時會有摩擦，會使得上端的平面部份跟著轉，底下的壓桿也就亂動。

針對這個問題，我們想出二種方法克服。一是在板子旁邊釘鐵釘，另一種是加一根桿子，這二種方法都能使壓桿不再左右晃。





貼一層膠帶，可以減少摩擦

除此之外，我們還使用了一個小訣竅來減小磨擦力。包括：1.砂紙把表面磨得光滑一點；2.貼一層膠帶(左圖)；3.在上面塗一點蠟油。同學表示靈感來自於爸爸曾經教他在褲子的拉鏈上塗一點蠟燭，這樣可以使拉鏈更順暢。這些方法實際運用起來，效果都不錯。

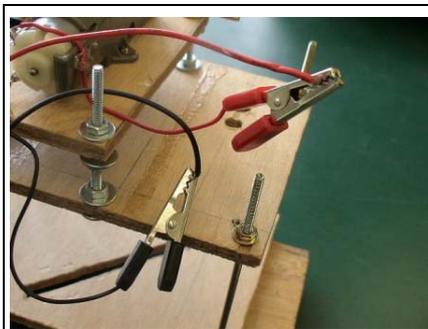
四、不同供電系統間的切換更容易

我們一直以來的設計就考慮到室內與室外的使用性。室內使用插座的電，室外使用乾電池。但是實際使用時顯得有點麻煩，原因是要把電線解開，再裝上，而且馬達上的金屬接點也容易損壞。那麼，有更方便的方法嗎？

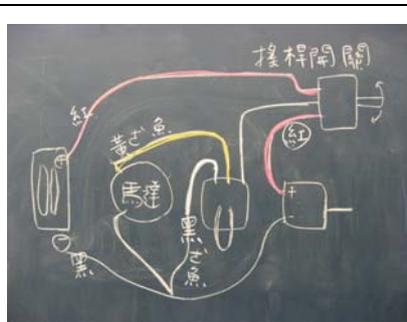
我們先想到的是「鱷魚夾」，可以輕易放開、夾緊。為此，老師特別教我們一點「焊接」哦！同學的爸媽聽到我們在焊接，說「現在小學教這麼深嗎？」很好笑。



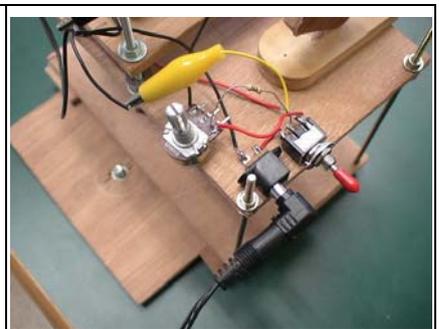
完成之後，確實好多了，再也不必拆來拆去。但我們又有了一點貪心，嫌它不夠方便，「不能做一個開關來切換嗎，像開家裡的電燈一樣？」老師對我們這樣的想法感到「人小鬼大，還沒學會走就想要飛?!」在我們的哀求下，老師還是答應教我們接。老師說：「就當是一種經驗吧，它比焊接要難五倍，不容易哦。」我們找來一種三段開關，往上切，電池通電；往下切，插座通電；切中間則全部關閉。老師開始解釋一些電路圖給我們看，再加上計畫中的可變電阻，我們這才了解老師沒亂講，不只「難五倍」？簡直是難上天了！老師一邊解釋一邊接給我們看，等我們覺得懂了，全部拆開，然後我們就傻了…。沒辦法，自找的，還是硬著頭皮k下來，等多做幾次之後，好像有一點懂了耶！哈～



鱷魚夾的接法



三切開關的接法



三切開關完成圖

五、材質可透視，方便操作相機上的功能

基本機型的設計中，束線帶把裝置與相機緊緊綁住，雖然有良好的結合性，但相機上的開關、轉盤…全部被蓋住，形同毀掉一半的武功。在新設計中，我們要找一種夠堅固且可以「看穿」的材料來代替木板。塑膠不夠堅固或不夠透明；玻璃夠硬夠透明，但不容易加工，且有破損受傷的危險，那就剩下壓克力而已了。

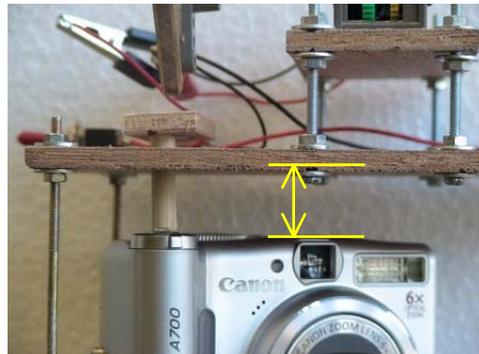
在製作之初我們確實以壓克力為材料，購足了必備的壓克力刀、專用黏膠…才發現手搖鑽鑽圓孔時壓克力會有裂開的情形。我們只好捨棄壓克力，重新以木板為材料。



在壓克力上鑽孔會破裂。因此捨棄了以壓克力為材料。



相機的轉盤被遮住，功能受限



新型機有空間使用轉盤

雖然壓克力機型沒有做成，但新設計還是留了一些空間，以便手指頭能伸進去縫中按鈕或轉轉盤。

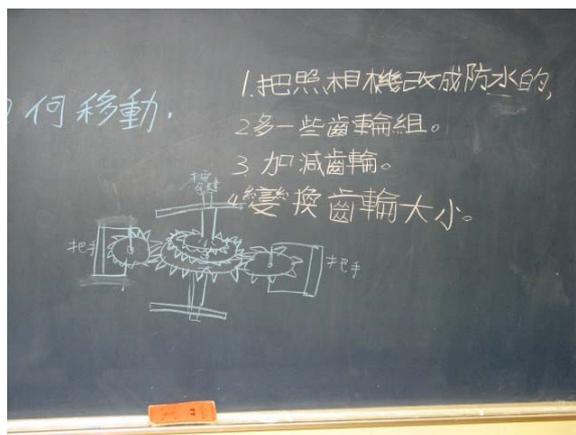
六、可輕易調整按快門的間隔

在我們所有的設計之中，這是一項新功能。它的點子來自於街頭大頭貼的「四連拍」，大頭貼的機器會在很短的時間間隔裡連拍四張，然後顧客就可以得到一套四張各自不同的大頭貼。我們思考能不能把這種功能加入？算是為我們的裝置加入一點「樂趣」，以後出去玩帶這個去拍照，肯定好玩。

另一方面，第一代的拍照間隔大約是 20 秒拍一張，無法更動，既然時間要可以調整，那應該最快、最慢各是多長的時間呢？我們討論的結果，最快應該是「四連拍」，大約每六秒拍一張，最慢大約是一分鐘拍一張，且從最快到最慢可以輕易調整，這是目標。



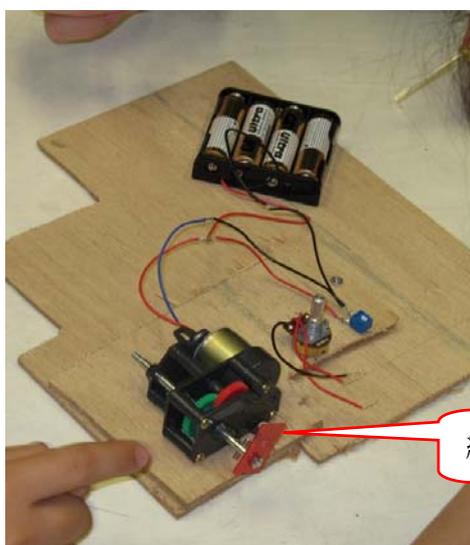
說這個功能是我們所有的設計中**最難達成的、波折最多的**，一點也不為過。要改變轉動次數，最直接的方法是改變齒輪比(構想如右圖)，但是拆齒輪很麻煩，不可行;像汽車一樣有個「變速箱」?太…難…了~。既然結構部份無法更動，就把腦筋動到「電」上。更動電壓大小應該可以改變馬達轉動的快慢，能改變電壓大小的東西是什麼呢? **電阻!** 答對了! 老師有教哦! 而且，如果使用可變電阻，馬達的轉速就可以隨心所欲地改變了!



在這之前，我們還要確認可變電阻到底可以把轉速調到多慢?

我們先接好一個馬達，測量無電阻時的正常轉速，再把可變電阻加大，用來測量最慢的轉速。這樣可以知道可變電阻對轉速的影響範圍。

這裡要特別提到**測量一分鐘轉幾圈的方法，這個方法是閱讀 43 屆全國科展作品學來的**。使用計算機時如果按「1」，「+」，「+」再一直按「=」，則每按一下，數字會加1，所以如果隨便狂按、亂按，只要最後看顯示幕，就能知道總共按了幾下。馬達轉速慢的時候，我們還能用眼睛數，當它變快時就數不清楚了。我們利用上述原理讓照片中的紅色塑膠片故意碰到計算機的「=」鍵，計時一分鐘之後拿開，就能知道總共轉了幾圈。



測試馬達能影響轉速的範圍



利用計算機測量馬達轉速的情形

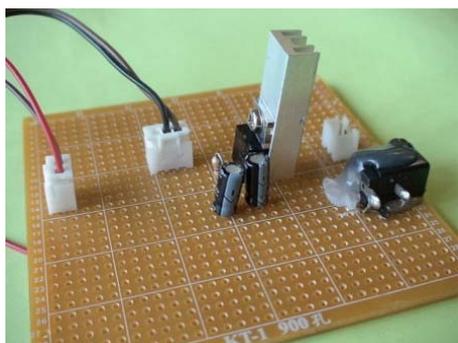
根據測試，**可變電阻大約可以延緩轉速到 3 倍左右**，原本 20 秒/張的速度，最慢可達 60 秒/張。

我們高興得太早了，因為實際做出成品才發現**可變電阻會「發燒」**，甚至有時候會**冒煙**，然後再怎麼轉都無法改變轉速→故障了…。我們檢查再檢查，換了幾個可變電阻，都是一樣的情形。而且又發現二個新問題：

1. 可變電阻雖然可以調速，但調到最慢的時候幾乎已經不夠力氣按下快門；
2. 可變電阻把速度調降，可是無法把速度加快呀。如何造成每六秒拍一張呢？

糟了…怎麼辦？一個問題還沒解決，又跑出來二個問題……總共是三個問題了～

所幸老師找到一位「電」的專家來幫忙，他表示可變電阻發燒是意料中的事，因為當電阻小的時候，電流大，可變電阻的某一部份會被漸漸破壞，然後就會壞掉了。那是不是改用可容忍更大電流的可變電阻就行了呢？這也不行。因為電阻加大之後，電壓變小，電流變小，扭力也變小，所以慢速情形下會無法壓下快門。(哇！好神啊！跟我們遇到的狀況完全一樣耶！)應該要……(老師說過，但我們聽不懂)。專家也「順便」畫了電路圖(對我們來講是一大堆看不懂的符號)，老師把零件找齊，焊起來之後(如下圖)，就真的可以用了耶！而且可以把轉速降到 50 秒轉一圈。同學說：好，從此以後我捨棄 5566 了，因為我的新偶像已經產生！



電路板的完成圖

接下來要解決的是「如何變快」？加大電壓可以使轉速變快，但慢速部份也被同時加快了，不可行。而且我們曾經試著把馬達接上 6 伏特的電池(正常電壓是 3 伏特)，轉速真的很快，但同時也看到馬達「發亮」且聲音很大，怪可怕的。我們覺得如果讓它連續運轉，可能撐不了多久就會燒掉，這也不可行。

就在我們覺得所有的努力都要化爲烏有、全部的人都非常洩氣的時候，有同學想到如果把壓桿改爲■，則四個角都能壓下快門，這樣一來，本來轉一圈 20 秒只能按一次，改爲正方形之後，轉一圈就能按四次，相當於每 5 秒就按一次。這不就是我們當初設定的目標嗎？以此類推，如果是▲，則大約每 7~8 秒就能按一次。哇！達到「變快」的目的了耶！這個想法真是太棒了！(註：後來我們知道這種東西叫「凸輪」)

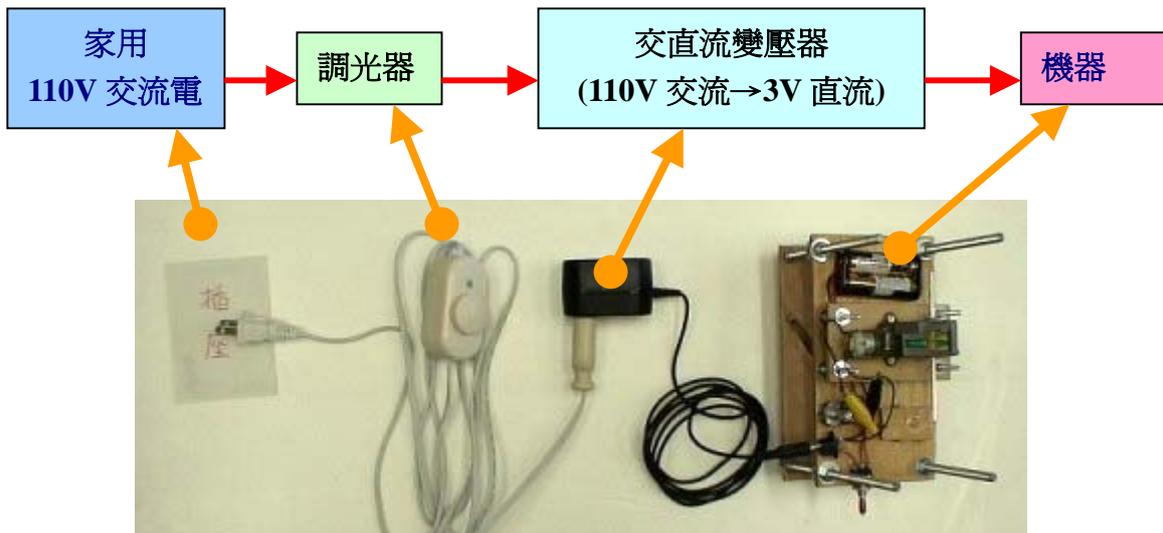


▲凸輪



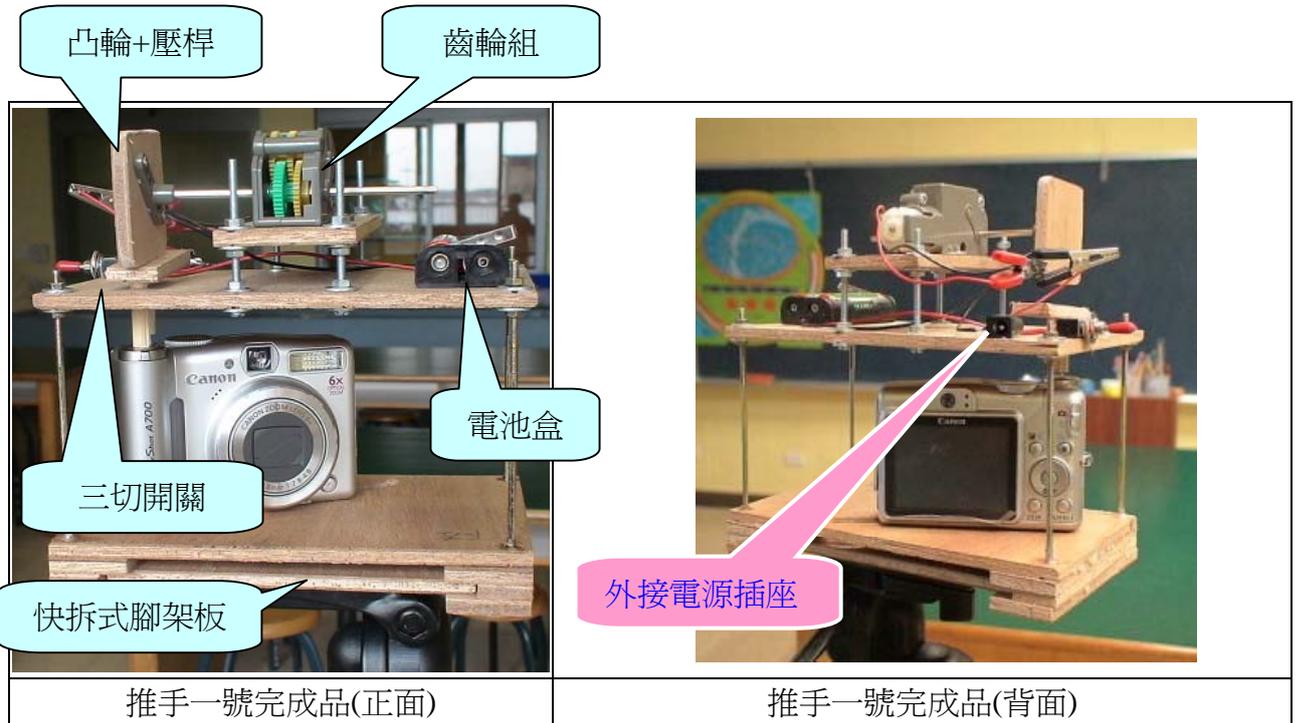
■凸輪

好消息還不只如此。又有同學突發奇想，他看到家裡使用的可調亮度的檯燈，只要扭轉旋鈕就可以輕易調整明暗。「它能不能用來改變電壓呢？」我們迫不急待地想試，去電器行買「調光器」插在家用插座上，再連接 110V 交流電轉 3V 直流電的變壓器，然後接上我們的裝置。圖示說明如下：



「如果可以的話，只要扭轉旋鈕，就能使馬達轉速變化。」這到底是可行的解決方案，還是異想天開呢？

經過實際測試，真…真…真…真的可行！最慢的速度可達一分鐘轉一圈，而且力氣足夠按下快門，也沒有任何東西會燒掉。我們真是太…太…太…高興了！推手一號，成功！(關鍵技術之五)



伍、 研究結果

我們製作出成品固然高興，但其間解決問題的過程，比電玩的破關更令我們開心！簡單說明如下：

目標	歷程簡述	結果	滿意度自評
1. 適用於各種不同廠牌、型號的數位相機	蒐羅 76 種相機的快門與腳架孔位置，一一過濾，找出最佳方案。	找到最佳溝槽角度 35° (關鍵技術二)	很滿意
2. 能更方便地固定在腳架上，容易拆卸	三層的架構，搭配門軸法或滑軌法，二種解決方案，皆有如神來之筆。我們覺得自己好厲害。	架設容易，裝置穩固，拆卸方便 (關鍵技術三)	超級滿意
3. 按下快門更穩定	單桿進化至雙桿，或加上鐵釘，都比基本機型穩定	再也不必擔心壓桿脫落或歪斜 (關鍵技術四)	很滿意
4. 不同供電系統間的切換更容易	鱷魚夾法進化至三切開關	彈指之間切換供電系統，不會手忙腳亂	很滿意
5. 材質可透視，方便操作相機上的功能	捨棄施工困難的壓克力，改用木板	雖較不美觀，但仍加強了操作的方便性	滿意
6. 可輕易調整按快門的時間間隔	從零件燒壞的痛苦挫折中尋求專家幫忙，再構思出調光器及▲、■凸輪的搭配。戲劇性的發展令人難忘。	使用■凸輪，可達每 6 秒拍一張；若使用單凸輪，再配合調光器，則最慢可達 60 秒拍一張，且改變轉速非常簡單，只要扭轉旋鈕即可。 (關鍵技術一、五)	無敵超級滿意

推手一號(大約)可以下列的拍攝間隔(頻率)進行拍攝工作

週期 (秒/次)		凸輪型式		
		單凸輪	▲凸輪	■凸輪
調光器 刻度	快	20	8	5
	中	40	12	10
	慢	62	20	15

註：頻率受電壓、凸輪的平滑度的影響，以上所列為參考值

以下為拍攝內容舉隅

編號	分類	主題	時間間隔	總拍攝時間	拍攝照片張數	結果簡述
1.	化學	鋼絲絨球的生鏽	60 秒	超過 36 小時	2366	比較鋼絲絨球在不同環境中生鏽的快慢
2.	地科	竿影的移動	50 秒	近 3 小時	224	竿影移動
3.	生態	太陽菊是否向著太陽	30 秒	6hr	1147	並不是一直跟著太陽轉，而是在一段時間之後轉向
4.	生態	人工光源對太陽菊有無作用	30 秒	6hr	1433	燈泡光會使太陽菊轉向
5.	地科	破曉	30 秒	1.5 小時	180	看見天色由暗轉亮，雲層翻動
6.	地科	月亮的移動	30 秒	2.5 小時	173	證明月亮的位置一直在改變。可當做教學材料。
7.	生態	向日葵對光線及熱的反應—系列研究	24 秒	很多	非常多	向日葵對燈泡光有反應，且夜間葉子會下垂
8.	生態	含羞草輕微擺動	20 秒	超過 24hr	超過 3000	觀察到含羞草輕微擺動
9.	生態	向日葵的葉子有破洞	20 秒	18hr	2591	看到有蟲在啃食葉子
10.	樂趣	線香燃燒	18 秒	45 分	149	線香慢慢變短
11.	物理	溫度變化	9 秒	2 小時	449	開始時溫度變化快，漸漸變慢，最後與室溫相同
12.	樂趣	多久翻身一次？	6 秒	1 小時	479	清楚紀錄弟弟在幾點幾分翻身
13.	紀錄	車流量	6 秒	45 分	511	可分析什麼時候車多，什麼時候車少？
14.	樂趣	五連拍	6 秒	42 秒	7	很特別，很好玩

編號	分類	主題	時間 間隔	總拍攝 時間	拍攝照片 張數	結果 簡述
15.	地科	月蝕(不很成功)				只拍到幾張月蝕照片
16.	生態	螞蟻多久找到糖				(一直未成功)
17.	樂趣	校景光影變化	6 秒	2 小時	853	看到影子移動、雲朵變幻，很壯觀
18.	物理	太白粉沈澱	5 秒	25 分	262	太白粉沈澱，水變清澈

陸、 討論

研發過程中有一些點子雖然沒有被採用，但很有價值，或是製作中最感辛苦的地方，一併在此說明。

- 一、室外外拍攝時，如果太陽大的話，可以利用太陽能板供電。
- 二、如果想讓轉速更快一點，可把變壓器改爲 4.5V，這是最直接的方法，效果也不錯，但我們知道那種馬達的正常電壓是 3V，長時間使用的話還是 3V 爲佳。
- 三、如果覺得接線醜，可以買「麵包板」把零件全部焊在一起，會美觀一點。
- 四、四根支架的選用，粗的堅固，不美觀；細的美觀，有扭曲的風險，各有利弊。
- 五、與腳架接合處要挖一個螺帽的孔，鑲入螺帽；底板要挖一個長溝槽，即使老師動用電鋸幫忙，還是很難！
- 六、製作三角形、正方形的壓桿時，利用老師教的幾何作圖法找出中心，仍然有一點點不準，畢竟它們只差不到 1mm，必須花很多時間及耐心才能用砂紙修正好。
- 七、調光器調整轉速的做法只適用於室內電源，若在室外拍攝則無法調整，這看起來有一點缺憾，但仔細想想，如果需要時間間隔較長的拍攝條件，一定是長時間的拍攝，短則六、七小時，長則廿四小時以上，單靠電池是無法勝任的。
- 八、既使有外接電源可供應機器一直工作，但數位相機如果電池耗盡，也是枉然。因此購買數位相機時要選能夠外接電源的，才能應付很長時間的拍攝。

柒、 結論

在不斷地討論、努力、改良中，我們心目中的理想機種「推手一號」終於誕生。歸納起來，它有以下特點：

- 一、能適用於各種不同廠牌、型號的數位相機。
- 二、能方便地與腳架結合與拆卸，使拍攝角度更多樣化，拍攝工作更輕鬆。
- 三、按下快門更穩定，長時間拍攝也不擔心。(最長曾經連拍 36 小時不間斷)
- 四、可選用插座或電池供電，且手指輕撥即能輕鬆切換供電系統，不再手忙腳亂。
- 五、預留空間，容易觸及相機的轉盤，使寶貝相機的功能 100% 發揮。
- 六、扭轉旋鈕即能輕鬆調整拍照間隔，無論是樂趣橫生的四連拍、五連拍、十連拍，或是嚴肅的實驗觀察紀錄，只要一機，全部搞定！

我們認爲這是一部史上最強、最讓人引以爲傲的機器，我們不只「做」出來，更實際拍

攝出許多令人驚奇的「作品」，證明它不是實驗室裡不堪一擊的原型機，而是實實在在能幫助學習、觀察、紀錄的絕佳拍檔。尤其，絞盡腦汁想出來的五個「關鍵技術」讓我們逐步突破困難，實在很有成就感，同學們都覺得這些過程彌足珍貴。「推手一號」則要把它保留下來，不僅是一個紀念，將來一定還有機會派上用場。

捌、 參考資料及其他

1. 周姿吟(民 92)。So Easy! 4 開始隨身攜帶數位相機。太雅生活館。
2. 稻見辰夫、稻見昌彥著，宋家豪、陳曉梅譯(民 95)。圖解電氣迴路。世茂。
3. 郭立偉等5位同學(民92)。忽大忽小自然風—電阻是改變轉速的魔術師 中華民國第四十三屆中小學科學展覽會。取自 <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/43/pdf/c/080821.pdf>
4. 王國和(民68年)。自然科學學習圖鑑。台北哲志出版社。
5. 老山羊資訊網。植物名錄 取自 <http://goat.network.com.tw/goat/plant/main-i.asp>

【評 語】 080832 推動快門的手

1. 本作品旨在研發一個可以定時按切快門的機構，以期搭配數位相機達成定周期紀錄拍攝之作用。本實驗經一再改善，不斷修正，在低成本而實用的求下，達成自製的教材設施，實屬難能可貴。
2. 本產品因有類似之市售產品，故若能在獨創性上多加著墨則潛力無窮。