中華民國第四十八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

080816

家庭自製洗窗機 SUPER!

學校名稱：臺北市中山區永安國民小學

作者：	指導老師：
小五 吳亞靜	吳璧真 馬忠強

關鍵詞： 洗窗機、光源感測器、活性炭

家庭自製洗窗機 SUPER！

摘要

我想做一台自動洗窗機來分擔媽媽的辛勞，經過一連串的實驗我發現 1.我測窗戶乾淨度的光源感測器其所測得之光源值越高，代表窗戶越乾淨；光源值越低，表示窗戶越髒。2.第一代洗窗機洗窗時加水比不加水洗窗效果好。3.第二代 NXT 光源感測器測光源值穩定性較高且靈敏度提升。4.我找出自製洗窗機以黃白海綿加綠布加刮刀； 馬達流量在開關閥關四圈時，洗窗有最佳效果。5.我所測試的各種茶葉水洗窗效果均比市售清潔劑效果佳。6.我研發的自製洗窗機加入活性炭後，可讓水循環 14 次以上洗窗仍可亮晶晶。7. 真正洗家庭外窗效果不錯，但因家庭外窗後面沒加白紙，因此窗戶越髒光源值越高，窗戶越乾淨，光源值越低。8.我所研究的自製洗窗機用活性炭淨水既安全又環保，真是家庭洗窗戶的超級剋星－自製洗窗機！SUPER！

壹、 研究動機

每次看到大樓的洗窗工人在洗窗戶時，總是覺得非常的危險，想到人類文明發展至此，大樓越建越高，但還是用人工在洗窗，是不是表示機器還是無法代替人類，所以我希望未來能發明這樣的機器。在經過多次實驗與測試後，因所學有限，我只能從最小的洗窗機做起，如果效果不錯，在未來的時間裡，再做出更好用的洗窗機。

因爲我們家玻璃幾乎都是面對馬路，還有一片落地窗的玻璃，每次看到媽媽洗面對馬路的窗戶時，人幾乎一半都在外面，就覺得很恐怖，還有洗落地窗的玻璃很大片要擦很久，覺得媽媽好辛苦，所以我就想自製洗窗機，而且如果洗窗機能伸縮自如，擦落地窗或玻璃窗就方便多了。四年級上學期第三單元「奇妙的光」，老師和我討論到我們曾經學過光的直線前進和反射原理， 所以想用『光』的原理來偵測玻璃是否有變乾淨，去年暑假我參加過機器人大賽曾學過寫程式，因此想嘗試用所學的知識，應用在生活中,希望能幫媽媽解決洗窗的問題。

貳、 研究目的

洗窗機能洗乾淨窗戶嗎？一開始我也不知道答案，只是看到大樓都是靠人工在洗玻璃，希望能發明一台自動的、不必人工去洗的洗窗機，能洗得乾淨嗎？因參加機器人大賽，而想到可以用 RCX (註一)來測光源，所以拿 RCX 光源感測器，利用光源感測器來測出洗窗是否擦乾淨，所測得的值我定義作光源值。在第一階段我利用 RCX(註一)來測量光源值，發現光源值靈敏度不夠，第二階段我改用 NXT(註二)測量光源值，經過不斷的實驗與改進，我總算是做了一台小型自動洗窗機。以下就是我研究目的之架構：

經過一連串的實驗與不斷的改良，我從第一代自製洗窗機成功改良到第二代自製洗窗機。

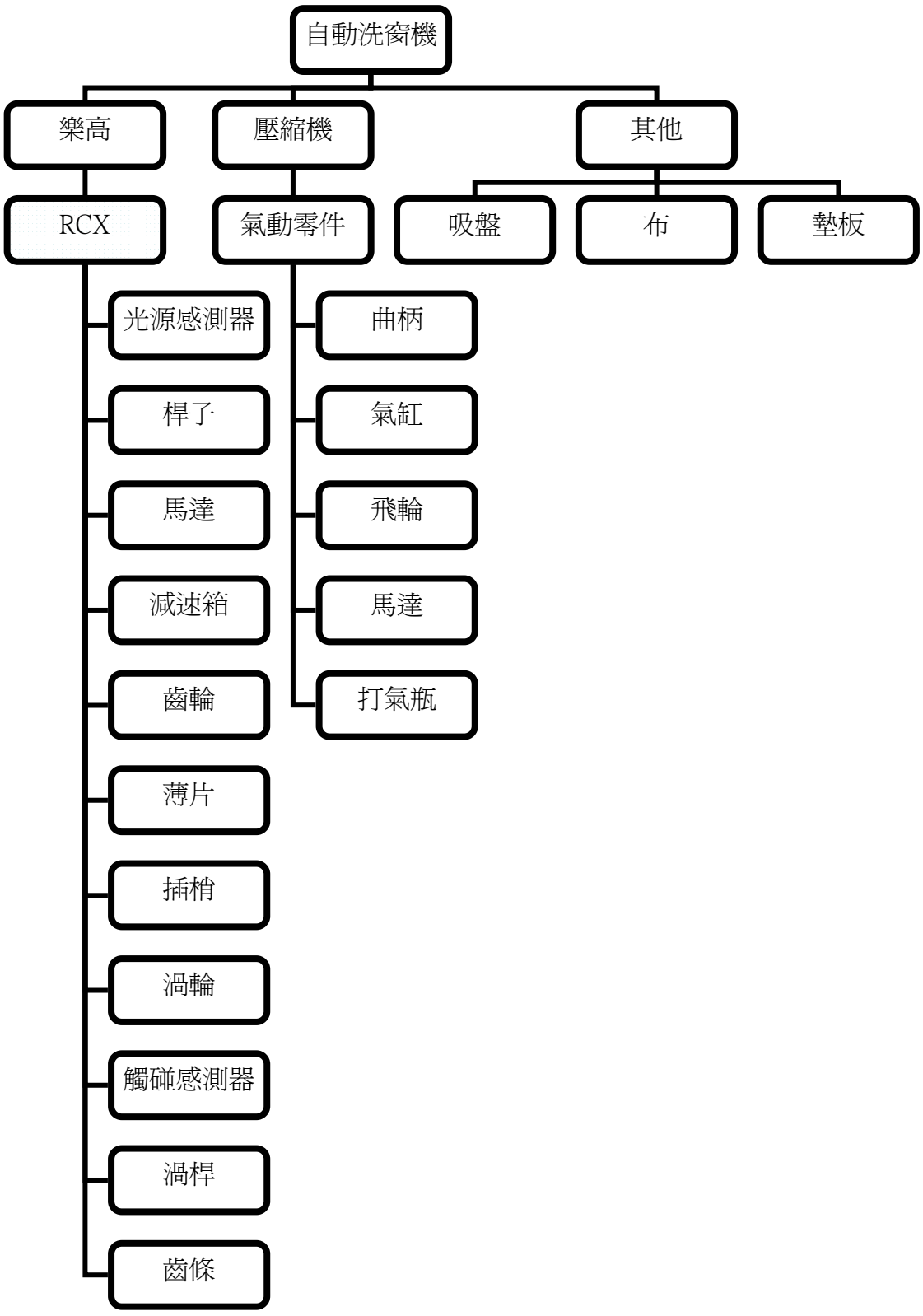
研究目的：	研究項目：
研究一： 如何研發自製洗窗機之構造? 並設計檢測窗戶是否洗乾淨工具?	(一) 自製洗窗機**製作過程研究**。 (二) 設計洗窗機**光源感測器**以檢測窗戶是否洗乾淨。
研究二： 第一代洗窗機本體橫桿數量、加水與否及加入清潔劑與否影響洗窗效果(光源值)？	(一) 比較洗窗機橫桿**數量**是否影響洗窗效果(光源值)。 (二) 比較洗窗機**加水**與**不加水**洗窗效果。 (三) 比較洗窗機水中加入**自製洗潔劑**與**市售清潔劑**的洗窗效果。
研究三： **第一代**自製洗窗機大改造，研發**第二代自製洗窗機,**。	(一) 增加洗窗機結構**穩固性** (二) 加入開關閥控制**馬達出水量**。 (三) 提升**光源值靈敏度**大改造
研究四：比較第二代洗窗機以**不同洗窗物品**、**不同馬達水量**及**不同洗潔劑**的洗窗效果。	(一) **洗窗物品的最佳拍檔：比較**各式海綿、軟布刮刀之洗窗效果。 (二) **馬達流量控制:比較馬達的**出水量對洗窗效果。 (三) **強力洗潔劑：比較自製洗潔劑**與市售清潔劑洗窗效果。
研究五： **洗窗機加入淨水物後，檢驗研究出的「自動洗窗機」循環裝置效果。**	(一) 比較**自來水不循環**與**多次**循環的洗窗效果 (二) 比較**循環水中加入不同淨水物**後的洗窗效果。 (三) 檢測洗窗機**循環洗窗效果**
研究六： **檢測實際洗外窗效果，改良光源感測器的收光效果，比較自製洗窗機與市面洗窗機的優缺點並推廣。**	(一) **光源感測器加偏光鏡檢測實際洗外窗效果** (二) 光源感測器加**自製遮光罩**以改良收光效果。 (三) 自製洗窗機與**市售洗窗機**優缺點比較。 (四) 自製洗窗機的其他應用。

參、 研究設備與器材、研究過程與方法、結果與討論

研究一：如何研發自製洗窗機之構造?並設計**檢測**窗戶是否洗乾淨工具?

(一)研究目的：自製洗窗機製作過程研究並設計洗窗機**光源感測器**以檢測窗戶是否洗乾淨。

(二)研究設備與器材：詳見下【圖表 1.1：第一代自製洗窗機研究設備架構圖】



(三)研究過程與方法：

1. 自製洗窗機研究過程：

<table>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">我先用樂高最長的桿子，一根接著一根的連接起來，當作製作自製洗窗機的支架，橫桿後面用樂高薄片固定，長度可依玻璃的大小，再接樂高的桿子，我設計成十字交叉的橫桿來作爲洗窗機的支架，橫桿長比寬要長 1/3。</td></tr>
<tr><td>圖 1.2：樂高積木後面加薄片</td><td>圖 1.3：兩根橫桿十字交叉</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">這二根橫桿上面都要裝上馬達、減速箱，在下面橫桿上的馬達加上一塊墊板，在墊板上裝一塊布，二根橫桿的盡頭都放上一個強力吸盤。</td></tr>
<tr><td>圖 1.4：馬達與減速箱</td><td>圖 1.5：準備把墊板固定上</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">我曾經在機器人比賽學過用 INVESTIGATOR 寫程式，因此我寫程式讓洗窗機驅動壓縮機可以自動洗窗戶，寫程式讓觸碰感測器碰觸到窗戶下緣時，能以程式控制讓它回到窗戶最上緣，重新洗窗；以 RCX 接收光源感測器的數據。</td></tr>
<tr><td>圖 1.6：打氣瓶與壓縮機</td><td>圖 1.7:光源感測器與 RCX(機器人指令瀏覽器)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">YA!終於完成我的第一台自製洗窗機，墊板上加上綠色棉布試試看，第一代自動洗窗機，以十字型的橫桿支架結構來洗窗戶!</td></tr>
<tr><td>圖 1.8：將墊板固定到洗窗機</td><td>圖 1.9：第一代自製洗窗機</td></tr>
</table>

2. 以光源感測器檢測窗戶是否洗乾淨研究過程

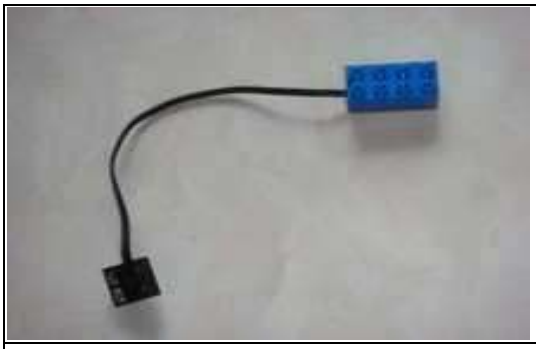


圖 1.10：光源感測器

光源感測器是長方體藍色，它會發出紅光，下面有個白色的燈可以接收反射回來的光，四年級上學期課程「奇妙的光」我學到光遇到平滑的物體會反射，我在玻璃後貼一張純白色的紙，所以當紅光射到玻璃時，透過玻璃遇到後面白紙就會反射回來。

圖 1.11：RCX 機器人指令瀏覽器

我利用 RCX 接收的光記錄的數值大小，可測出玻璃的乾淨程度，**我將其數值稱之爲『光源值』，數值越大**，表示**反射回來的光越多**，窗戶越明亮，窗戶**變得越乾淨**，數值越小則越髒。

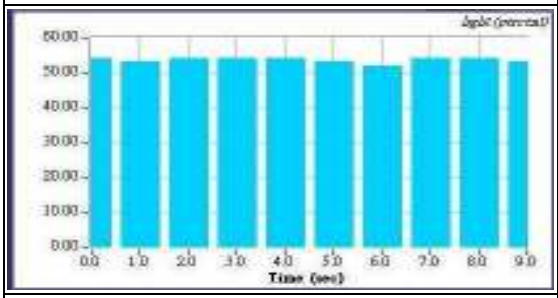


圖 1.12：加自來水第一次洗窗光源值

爲求公平每一次洗窗戶來回三次，每一次從第一秒記錄至第十秒,共記錄三次，再以 RCX 收到光源值的數據，傳輸資料到電腦裡(圖 1.12 所示)。

圖例 1.12 說明：

(1)統計圖表橫軸代表秒，縱軸代表光源質的度數

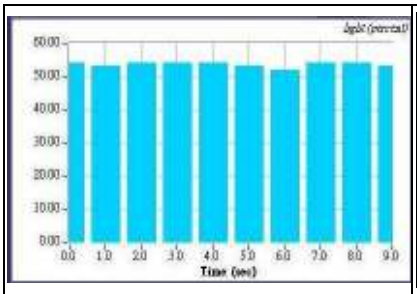
(2)藍色的長條圖－代表以綠布加水洗窗光源值

以 RCX 輸出讀數。

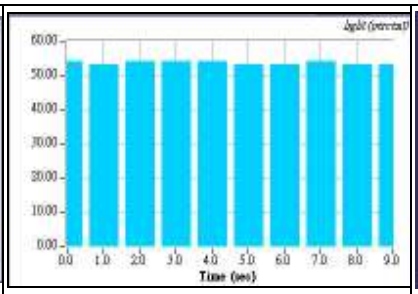
(四)研究結果與討論：

1. 研究結果：以下是我將每次實驗的記錄與計算方式實例。

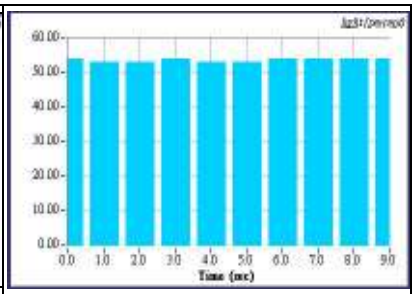
(1) 下表是由 RCX 轉出的數據，每一種實驗作三次，三次實驗傳輸出來的圖表。



圖表 1.12：加水洗第一次光源值



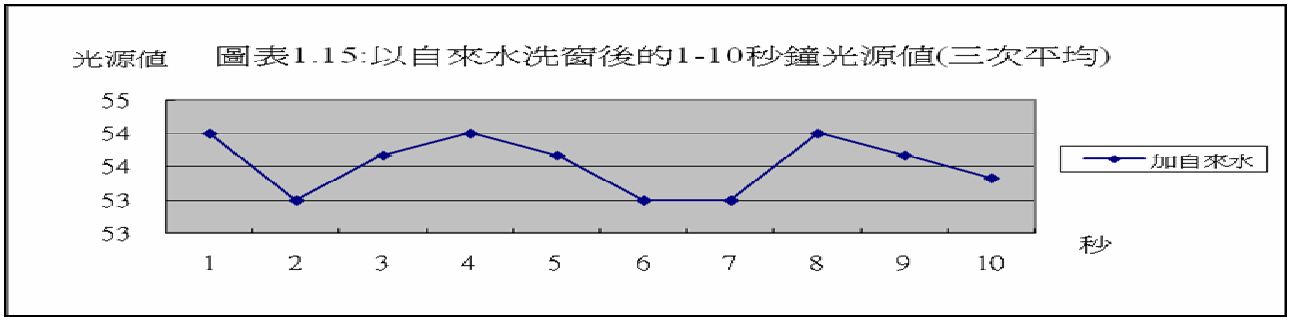
圖表 1.13：加水洗第二次光源值



圖表 1.14 加水洗第三次光源值

(2) 整理後平均值以折線圖表示每一秒鐘三次平均的乾淨程度，再以 EXCEL 算平均值整理成折線圖。

秒 / 光源值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總平均
加水洗窗	54.0	53.0	53.7	54.0	53.7	53.0	53.0	54.0	53.7	53.3	53.5



2. 討論：

(1) 以 RCX 測洗窗效果第 1-10 秒三次光源值平均將如圖表 1.15 所示呈現 1-10 秒鐘內，以光源值表示乾淨程度，數值越大，紅光反射越多，則越乾淨。

(2) 如有不同實驗要比較光源值 10 秒鐘總平均，則以長條圖作比較。

3. **研究一綜合討論：**

(1) 我剛開始用樂高作了我的第一台自製洗窗機，可以用十字的支架來洗窗戶！

(2) 以 **RCX 光源感測器**可以測試窗戶洗的乾淨與否，我將**測得的數值定義爲光源值**。

(3) **光源值越大**，表示紅光反射回來的光越多，代表**窗戶越乾淨**；光源值越小，則表示窗戶越髒！

研究二：第一代洗窗機本體橫桿數量、加水與否及加入清潔劑與否影響洗窗效果(光源值)？

(一) 研究目的：比較洗窗機支架橫桿**數量**是否影響洗窗效果(光源值)。

(1) 研究設備與器材：

圖 2.1：一根橫桿

圖 2.2：二根橫桿

圖 2.3：三根橫桿

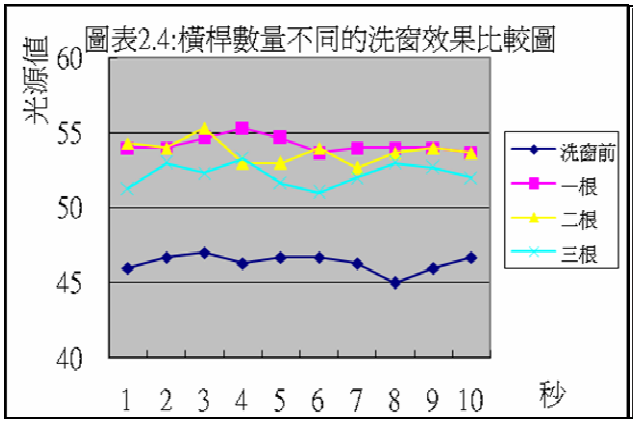
(2) 研究過程與方法：

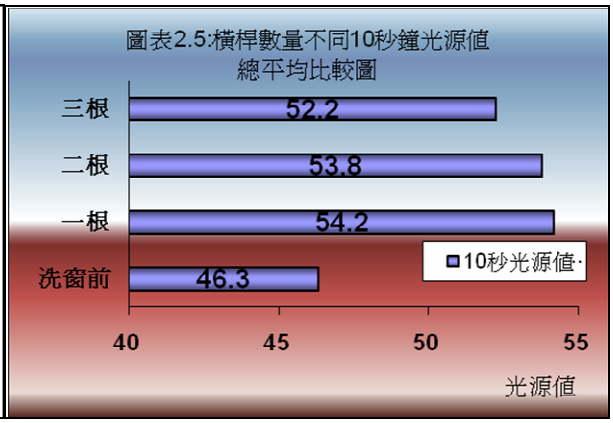
(1) 橫桿是用來支撐洗窗機,同時作爲滑軌，第一代自製洗窗機採十字橫桿作爲支架。

(2) 分別利用一根、二根、三根橫桿來固定洗窗機當支撐架，測試橫桿支架數量是否影響所測的光源值準確度。

3. 研究結果：

秒 / 光源值平均	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總平均
洗窗前	46.0	46.7	47.0	46.3	46.7	46.7	46.3	45.0	46.0	46.7	46.3
一根	54.0	54.0	54.7	55.3	54.7	53.7	54.0	54.0	54.0	53.7	54.2
二根	54.3	54.0	55.3	53.0	53.0	54.0	52.7	53.7	54.0	53.7	53.8
三根	51.3	53.0	52.3	53.3	51.7	51.0	52.0	53.0	52.7	52.0	52.2





4. 討論：

(1) 洗窗前每秒光源值平均在 46 上下，用一根橫桿、二根橫桿或三根橫桿當支架，洗窗後光源值分別是 **54.2**，**53.8**，**52.2** 之間，除了三根橫桿數據略微偏低外，一二根橫桿每秒鐘洗窗光源值平均曲線圖幾乎重疊。

(2) 由右圖表光源值總平均，可發現**橫桿數量不同**光源值有些微變化,但**變化不明顯**。

(3) 一根橫桿較容易折斷，三根橫桿效果差且太容易卡住，所以最後選二根橫桿最穩且效果不錯,所以接下來的實驗,會採兩根橫桿來支撐洗窗機兼固定光源感測器。

(二)研究目的：比較自製洗窗機**不加水**與**加水**洗窗效果。

1. 研究設備與器材：

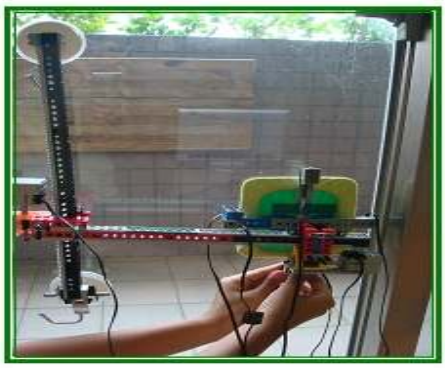


圖 2.6：乾洗窗(不加水)

圖 2.7：水洗窗(加水)

2. 研究過程與方法

(1) 先架好自製洗窗機，將水管架在洗窗布上，寫程式啓動壓縮機，讓水流入玻璃 10 秒，將壓縮機關閉。

(2) 啓動自製洗窗機，**加水**洗窗將其玻璃洗乾淨。

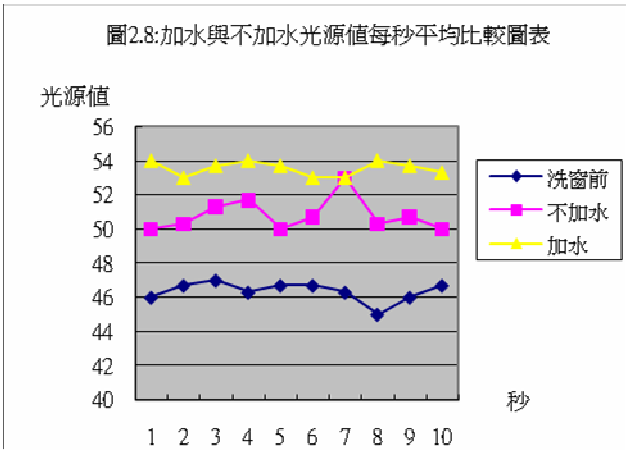
(3) 用 RCX 光源感測器，測其光源值。

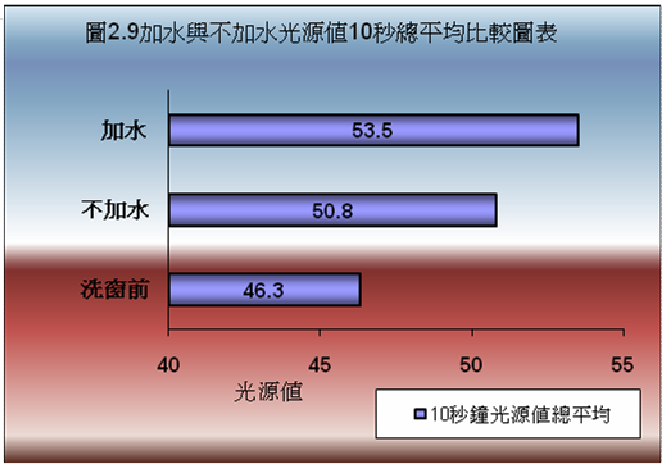
(4) 換上一條乾淨的洗窗布，關閉壓縮機，**不加水**啓動自製洗窗機，將其玻璃洗乾淨。

(5) 再用 RCX 光源感測器，測其光源值來比較兩者乾淨程度有否不相同

3. 研究結果：每個實驗取洗窗三次後光源值的平均：

秒 / 光源值平均	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總平均
洗窗前	46.0	46.7	47.0	46.3	46.7	46.7	46.3	45.0	46.0	46.7	46.3
不加水	50.0	50.3	51.3	51.7	50.0	50.7	53.0	50.3	50.7	50.0	50.8
加水	54.0	53.0	53.7	54.0	53.7	53.0	53.0	54.0	53.7	53.3	53.5





4. 討論：根據以下的數據顯示：

(1) 我發現當**加水洗窗戶**洗乾淨後，所測得的光源值平均爲 53.5 度比不加水乾洗窗戶，所測得的光源值 50.8 度高，**比洗窗前**光源值提升 **15.8%**。

(2) 從第 1 秒到第 10 秒的洗窗過程中,加水洗窗效果均在不加水之上(見圖 2.8)

(3) 表示加水洗窗比不加水洗窗效果佳, 因此以下的實驗均以**加水洗窗來測試**。

(三) 研究目的：比較洗窗機水中加入**自製洗潔劑**與**市售清潔劑**的洗窗效果。

1. 研究設備與器材

圖 2.10：酒精與檸檬

圖 2.11： 市售清潔劑(玻璃專用穩潔)

2. 研究過程與方法

(1) 先架好自製洗窗機，將水管架在洗窗布上，將壓縮機裡面分別裝入**酒精**、**酒精加檸檬**、**自來水**、**市售清潔劑**，啓動馬達給水箱，讓水流入玻璃 10 秒後，再將壓縮機關閉。

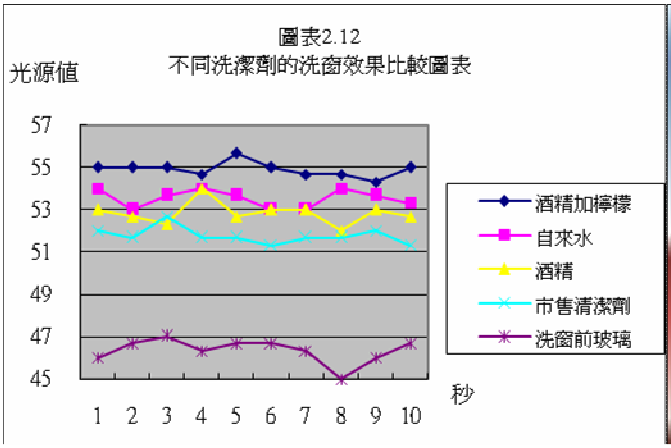
(2) 啓動自製洗窗機，將其玻璃洗乾淨。

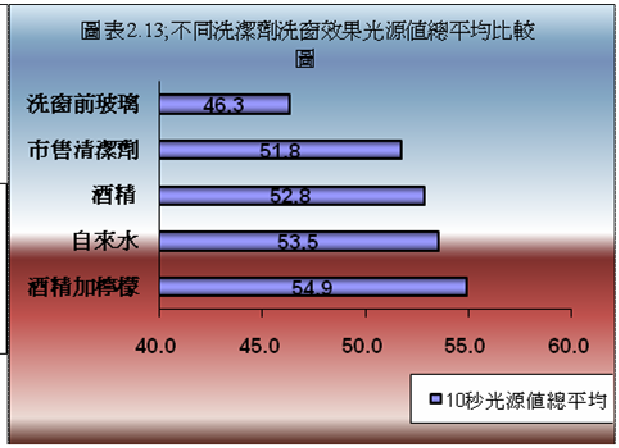
(3) 用 RCX 光源感測器，測其光源值。

(4) 每個實驗均洗窗三次，再取三次平均值如下表

3. 研究結果：每個實驗取洗窗三次後光源值的平均：

秒 / 光源值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
洗窗前	46.0	46.7	47.0	46.3	46.7	46.7	46.3	45.0	46.0	46.7	46.3
酒精加檸檬	55.0	55.0	55.0	54.7	55.7	55.0	54.7	54.7	54.3	55.0	54.9
自來水	54.0	53.0	53.7	54.0	53.7	53.0	53.0	54.0	53.7	53.3	53.5
酒精	53.0	52.7	52.3	54.0	52.7	53.0	53.0	52.0	53.0	52.7	52.8
市售清潔劑	52.0	51.7	52.7	51.7	51.7	51.3	51.7	51.7	52.0	51.3	51.8





4. 討論：根據以上的數據顯示：

(1) 酒精加檸檬清洗光源值是 54.9 度；用自來水清洗是 53.5 度；用酒精清洗光源值是 52.8 度；用市售清潔劑清洗光源值是 51.8 度。

(2) 洗窗前玻璃測得的光源值爲 46.3，而最乾淨的酒精加檸檬爲 54.9 乾淨度提升 14%，清水清洗時光源值 53.5 居第二，酒精加與檸檬第一,但其相差不多，而出人意外的是市售清潔劑(穩潔)敬陪末座。

(3) 除了酒精加檸檬洗窗效果比清水稍佳外，其餘效果並沒有比清水洗窗效果好，可能我們嘗試的種類較少，網路上傳言茶葉水可使玻璃洗乾淨，下一次作洗潔劑實驗，我想作各種茶葉當做洗窗的洗潔劑的測試。

5. 研究二綜合討論：

(1) 橫桿數量多少對洗窗效果影響不大，因此我們採取較穩固且不容易卡住的兩根橫桿作接下來的實驗。

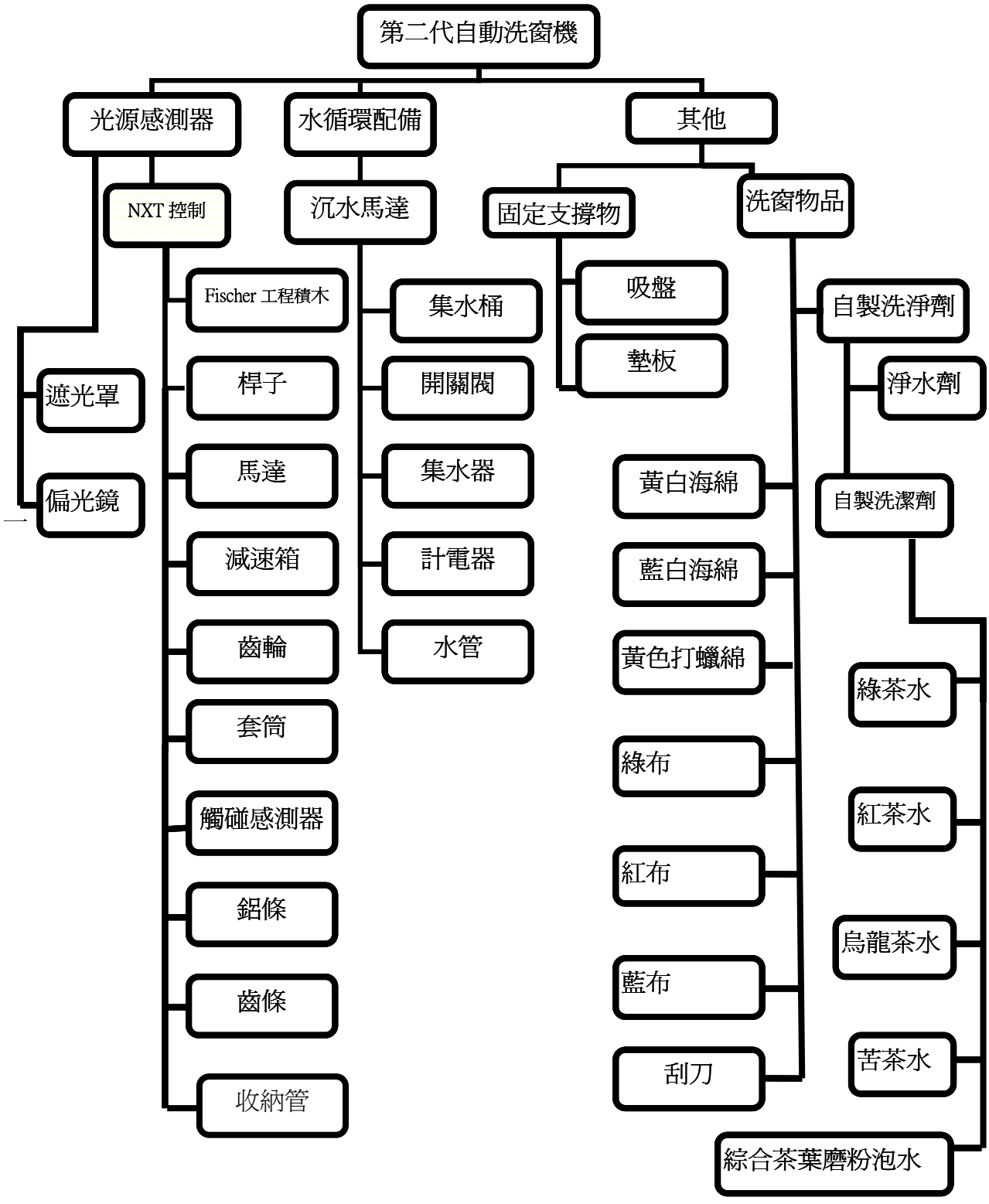
(2) 洗窗機洗窗時**加水明顯比不加水洗窗效果提升**光源值達 15.8 %

(3) 自來水清洗只比酒精加檸檬清洗低一些,我再接下來實驗會嘗試其他種類的自製洗潔劑，同時第一代洗窗機測光源值有**靈敏度待改善**的問題，我在研究三中研究如何將洗窗機光源感測器靈敏度再提升。

研究三：**第一代自製洗窗機大改造，設計改良第二代自製洗窗機,，並與市面洗窗機的優缺點作比較。**

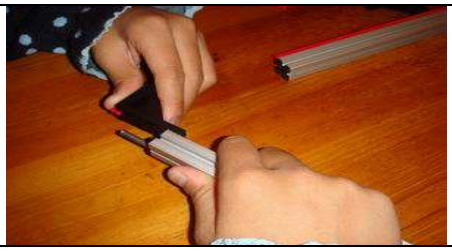
(一) 研究目的：改良洗窗機結構穩固性、馬達水量調節改造、提升光源感測器靈敏度大改造；最後以第二代自製洗窗機作品與市售洗窗機優缺點作比較。

(二) 研究設備與器材：詳見下【圖表 3.1：第二代自製洗窗機研究設備架構圖】



(三) 研究過程與方法：改良步驟如下表所示。

1. 增加洗窗機結構**穩固性**

 圖表 3.2：Fischer 工程積木	從樂高組成的洗窗機改成 Fischer 工程積木，因爲比較穩固，不容易解體。
 圖表 3.3：改用鋁條卡榫與支架	1. 再從 Fischer 工程積木改成鋁條， 2. 因鋁條接合處比 Fischer 工程積木的卡榫密合，所以不容易滑落，因此支架選用鋁條支撐。
 圖 3.4：口型洗窗機	1. 支架結構:從第一代的十字結構改造成第二代的 H 型，十字結構只有一個支撐點，會搖晃。 2. 改成 H 型後，有兩個支撐點，較穩固。H 型的支架，在運作時加了吸盤，較不平衡， 3. 又改成口型，使機器可以更穩固。
 圖 3.5：Ⅱ型支架	1. 爲了讓角落也能洗到，最後將支架改成Ⅱ型(如圖 3.5) 2. 爲增加穩固性，我將市售 GPS 吸盤改裝爲適合我洗窗機的吸盤。 3. 爲實用以及美觀，我將洗窗機所有線頭以收納管線整理好，以方便一般使用者操作。

2. 馬達水量調節大改造

<table>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">1. 把 Fischer 馬達換成小的沉水馬達(每小時出水量 400 公升見左圖)放入水桶中，加水後水無法流過讓馬達空轉。
2. 改試中型沉水馬達 (每小時出水量 1100 公升)。</td></tr>
<tr><td>圖 3.6：小沉水馬達</td><td>圖 3.7：中型沉水馬達</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">1. 利用中型沉水馬達後，改試大、中、小型水管，(見圖 3.8)仍然無法衝至窗戶高度的一半。
2. 最後換成每小時出水量 2200 公升大馬達，終於可以使水沖到整個窗戶，解決了馬力的問題。</td></tr>
<tr><td>圖 3.8：大、中、小型水管</td><td>圖 3.9：大沉水馬達
(每小時出水量 2200 公升)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">1 .因爲每小時出水量2200公升的馬達水量過大，使水溢出集水器，所以嘗試用 800 瓦、100 瓦的調光器來調節水量。
2.實驗結果發現只有 100 瓦的調光器能微調水量，但效果仍然不理想。</td></tr>
<tr><td>圖 3.10：100 瓦調光器</td><td>圖 3.11：800 瓦調光器</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">1.最後嘗試用自製開關閥來調節水量，先將鐵環套在水管上，在鐵環上鑽洞，加入碟型螺絲（圖 3.12）當作開關，結果終於可以成功控制水量了。
2.以每小時出水量 2200 公升馬達出水量再外面水管加開關閥（圖 3.13），成功能使馬達噴出水能衝到窗戶上緣，且可調節適當的水量使水不至於溢了滿地。</td></tr>
<tr><td>圖 3.12：碟型螺絲當作開關</td><td>圖 3.13：自製開關閥裝至細水管上</td></tr>
</table>

3. 提升光源桿測器靈敏度：

<table>
<tr><td> </td><td> </td><td rowspan="2">1.RCX 光源感測器每一次讀取數據很慢，傳輸速度也較慢，因此我改用較新一代的 NXT 機器人指令瀏覽器。
2.同一個實驗把第一代與第二代傳輸速度作比對，想試著改善原本傳輸速度的問題，結果發現果然新一代的傳輸速度大幅提升，解決速度較慢的問題由約 1 分鐘提升到 1-2 秒。</td></tr>
<tr><td>圖 3.15：NXT 機器人指令瀏覽器</td><td>圖 3.16：NXT 專用光源感測器</td></tr>
</table>

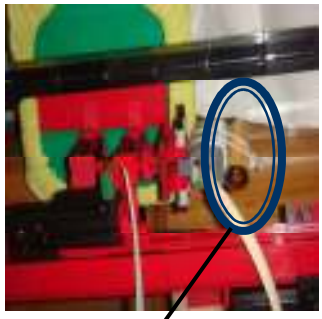
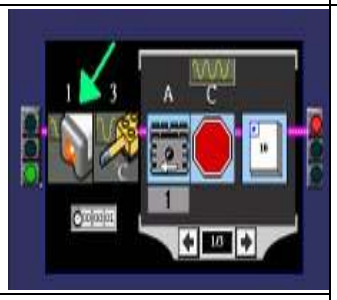
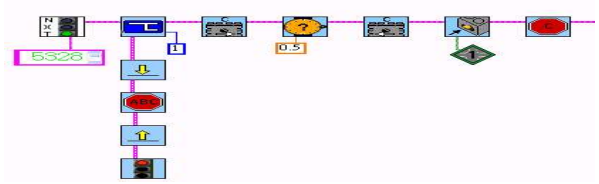
<table>
<tr>
<td> </td>
<td>  </td>
<td rowspan="2">1 在室內燈全關的環境下，洗窗前光源值是 8、9 度之間，擦拭後光源值只提升到 9、10 度，發現室內的亮度過暗，因此嘗試在光源感測器旁加雷射筆讓光源值提升近 2 倍，接近 18。如圖 3.17。
2.測試過程中發現電池強弱及接觸不良會使光源值不穩定，且洗窗前後光源值變化不夠明顯。</td>
</tr>
<tr>
<td>圖 3.17：關燈測試 NXT 光源感測器。</td>
<td>圖 3.18：光源感測器外加雷射筆補足光源。</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td>  </td>
<td rowspan="2">1.發現雷射筆受電池強弱的影響，光會不穩定，尋求書籍及師長協助，終於找到一個適合 NXT 的光源程式(使用電腦軟體 ROBOLAB 的探索者 INVESTIGATOR 程式)，如圖 3.20
2.在 1 位置改選 NXT 光源感測器接收光，改善了光源值不穩定及不靈敏問題。</td>
</tr>
<tr>
<td>圖 3.19：使用機器人程式裡的探索者程式。</td>
<td>圖 3.20：在圖片 1 位置孔選 NXT 作光源接收器</td>
</tr>
<tr>
<td>  </td>
<td>1.綠燈表示一個程式的開始
2.第二個藍色標記爲狀況符號，
3.下一步讓 C 馬達歸位，然後停止。</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td>4. 接著使 B 馬達歸位，然後停止。
5. 設定始 A 馬達歸位，然後停止。
6.下循環符號指令，使洗窗機重複洗窗。</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td>7. 下 NXT 光源感測器，選擇以下 2 選項的指令：
Case1):大於原本髒玻璃光源值，表示玻璃是髒的，重新再洗一次玻璃。
Case2):小於或等於原本髒玻璃光源值，表示玻璃乾淨，再選擇
以下兩種情況
If i)洗窗機沒有碰到觸碰感測器的話，就繼續洗玻璃。
If ii)碰到觸碰感測器的話，表示已經洗到最底了。程式就回狀況 1，也就是回到綠燈後的藍色狀況符號，然後停止這個程式。</td>
</tr>
</table>

圖 3.21：以噴霧器均勻在玻璃窗噴水

圖 3.22：以篩網將麵粉均勻的灑在玻璃上。

如何使洗窗前乾淨度一致：爲使洗窗機洗窗前每一次乾淨度一致：以下是我採取的方法：

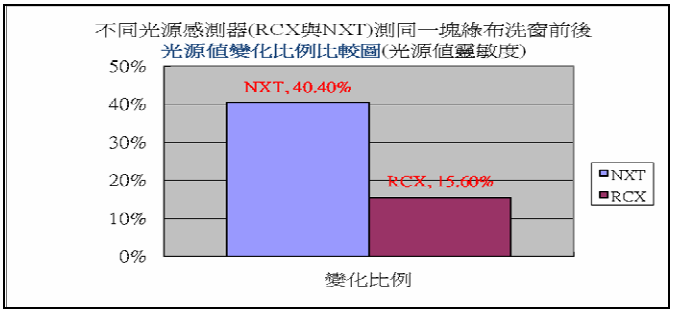
1.如圖 3.21 先用噴霧器在玻璃上均勻噴上水，再以篩網將麵粉均勻的灑在玻璃上。(圖 3.22)

2.燈全關，打開光源感測器數值。測量光源值，每次洗窗前都先測量玻璃灑麵粉後的光源值，結果數值均在 23。(詳見圖表 3.25)

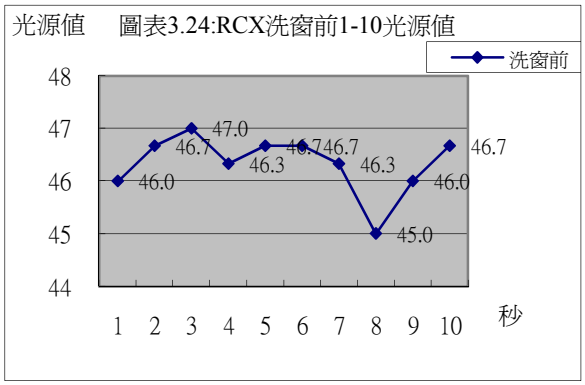
(四) 研究結果與討論：

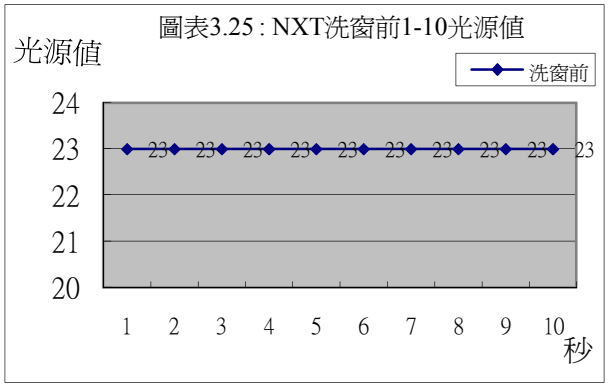
1. 針對 RCX 與 NXT 兩者光源感測器，我拿同一實驗做了一個光源值靈敏度變化比較。

	RCX	NXT
洗窗前	46.3	23
洗窗後	53.5	32.3
光源值變化比例(靈敏度)	15.6%	40.4%



圖表 3.23RCX 與 NXT 靈敏度比較圖表





2. 我們比對同一個實驗以 RCX 測量洗窗前的玻璃時，分爲兩個層面探討：

(1) **光源值靈敏度提升：**以同一塊綠布加水清洗窗後，RCX 光源值從 46.3 變化變成 53.5，**光源值變化差 15.6%** ；同一塊綠布以 NXT 光源感測器收光源值 32.3，**光源值變化差 40.4%，**(見圖表 3.23)因此可以推論使用 **NXT 光源感測器其光源值靈敏度有提升。**

(2) **光源值穩定性：洗窗前** RCX 並非每一秒中所收的光源值平均都落在同一個數值，較不穩定(圖表 3.24),而 NXT **洗窗前**測光源時光源值 10 秒都落在 23 十分穩定。(圖表 3.25)

(3) 綜合圖表 3.23，3.24，3.25，對同一塊綠布加水，清洗同一塊玻璃時，RCX 與 NXT 兩種不同光源感測器測得之變化差，可以推論第二代 NXT 光源感測器測**光源值靈敏度提升且穩定性較高**。

3. 研究三綜合討論：

(1) 以鋁條當支架，將洗窗機改成Ⅱ型可使第二代自製洗窗機更輕巧，Ⅱ型既穩固且洗窗範圍加大。

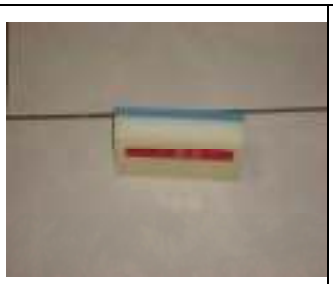
(2) 馬達加上自製改良成功的開關閥，可以成功控制流水量。

(3) 第二代 **NXT** 光源感測器測**光源值靈敏度提升且穩定性較高。**

研究四：比較第二代洗窗機以不同洗窗物品、不同馬達水量及不同洗潔劑的洗窗效果

(一)研究目的：洗窗戶洗窗物品的最佳拍檔，比較各式軟布、刮刀、各式海綿洗窗效果。

1. 研究設備及器材：

			
黃白海綿	三色海綿	黃色打蠟海綿	刮刀
綠布	紅布	藍布	

2. 研究過程與方法：

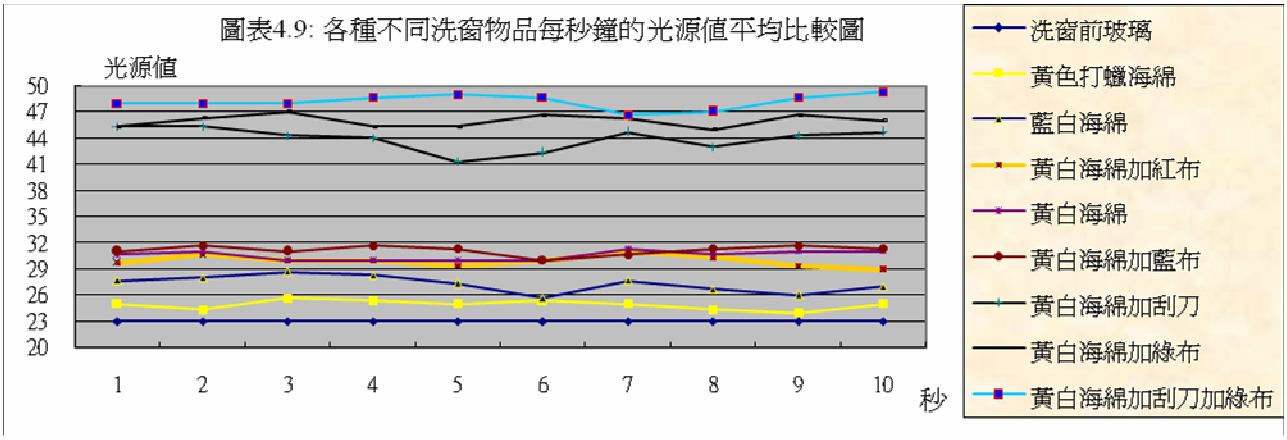
(1) 選擇不同的洗窗物品，共測試以下 8 種物品及其組合：(i)黃白海綿(ii)藍白海綿(iii)黃色打蠟海綿(iiii) 黃白海綿加綠布(v) 黃白海綿加紅布(vi) 黃白海綿加藍布(vii)黃白海綿加刮刀(viii)黃白海綿加刮刀加綠布。

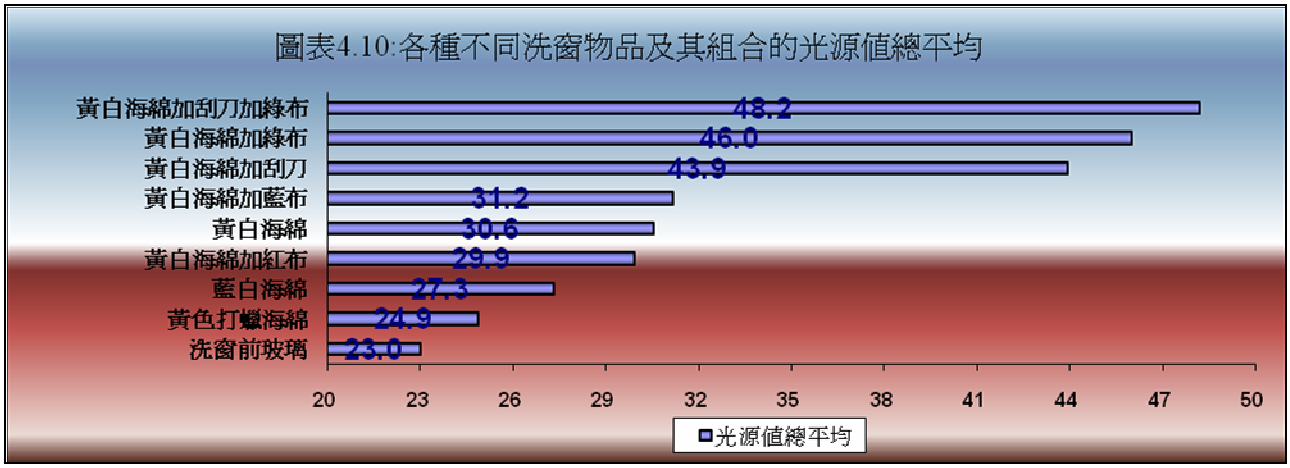
(2) 分別將此 8 種洗窗物品固以不同的組合定到洗窗機上

(3) 每一種洗窗物品均洗窗三次，以光源感測器測其光源值，最後取平均值。

3. 研究結果：

(1) 再將八種洗窗物品以洗窗時**每秒鐘光源值平均**與 10 秒鐘洗窗後**光源值總平均**作比較。





4. 討論：

(1) 單一海綿的光源值均在 30 以下:藍白海綿 27.3、黃色打蠟海綿 24.8 與黃白海綿 30.5 度，其中以黃白海綿光源值最佳，因此以黃白海綿和其他物品組合。

(2) 接著黃白海綿與三種布組合時發現，以黃白海綿加綠布效果最佳，光源值平均爲 46.0 度。

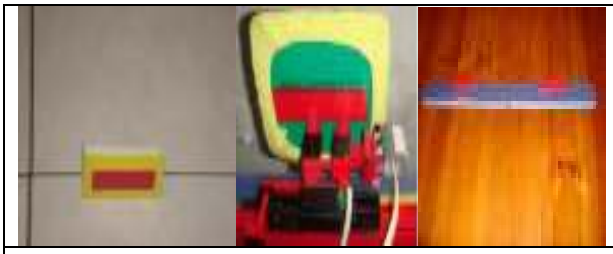
(3) 再以黃白海綿加刮刀，光源值平均爲 44.6。

(4) 最後嘗試以黃白海綿加綠布再加刮刀，光源值平均提升到 49.3。

(5) 綜合以上的討論，我們**發現黃白海綿加綠布再加刮刀效果最佳**。所以以下的實驗均以黃白海綿加綠布再加刮刀做測試。

(二)研究目的：以開關閥控制馬達流量大小，找出自製洗窗機最適當的馬達流量。

1. 研究設備及器材：

		
黃白海綿加綠布加刮刀	開關閥	開關全開

開關關 2 圈水量	開關關 4 圈水量	開關關 6 圈水量	開關關 7 圈水量

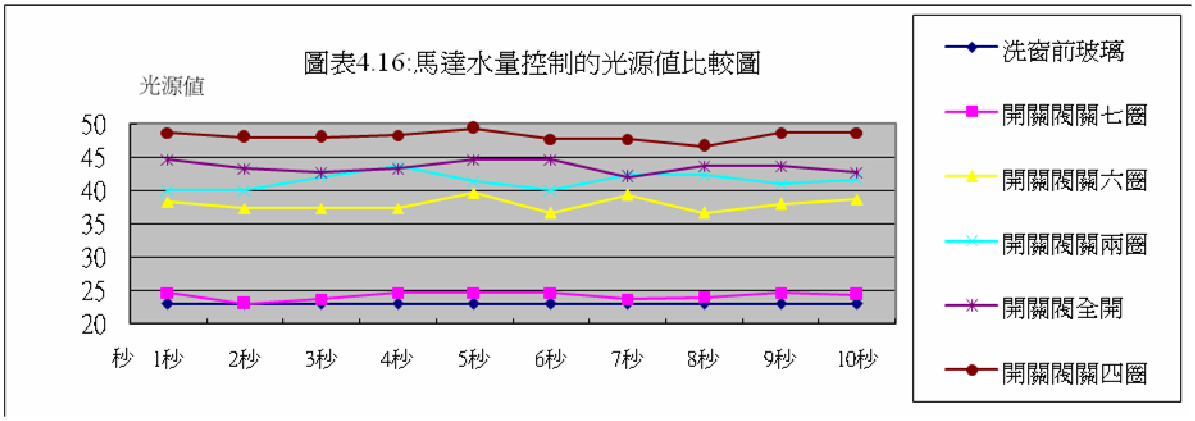
2. 研究過程與方法：

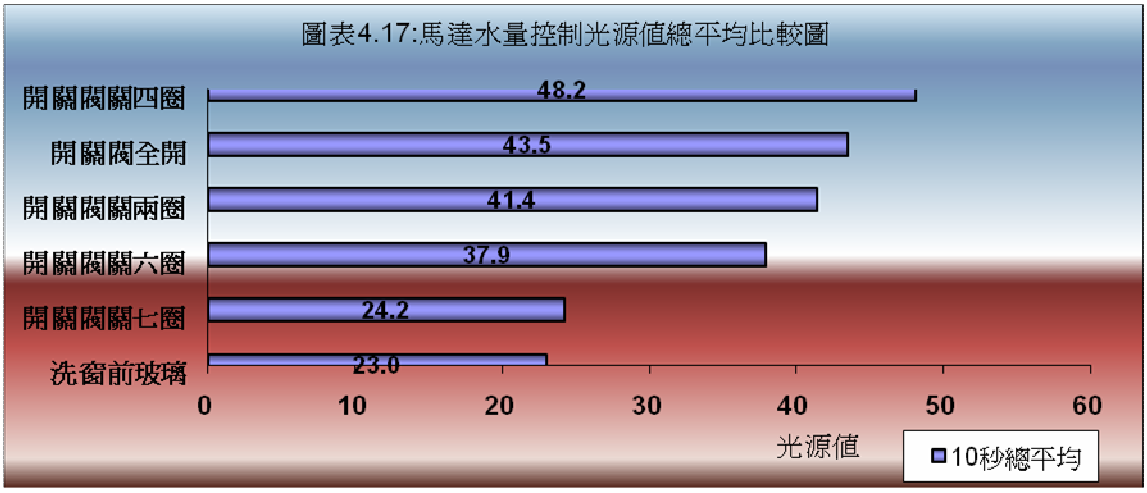
(1) 上一個實驗發現黃白海綿加刮刀加綠布效果最佳，所以以下實驗均以此最佳組合來進行馬達流量測試。

(2) 扭轉自製開關閥 0、2、4、6、7 圈，使馬達水量大小不同，分別是一分鐘出水量分別爲 500ml， 450ml,， 310ml， 10ml，80ml。(第 8 圈爲 0ml)

3. 研究結果：

(1) 比較不同開關閥關幾圈的每秒平均的光源值與 10 秒總平均的光源值。





4、 討論：

(1) 開關閥全開和關兩圈時，我們推論可能是因爲水量過大，水氣使玻璃模糊，因此洗窗效果不如預期的好。

(2) 開關閥關四圈時，推論可能因流水量控制合宜，光源值平均在 48.2 度，以這時的水流量洗窗效果最好。

(3) 開關閥關六圈時，光源值平均降低到 37.9 度，開關閥關七圈時，光源值平均甚至降低到 24.2 度，此兩者推論可能水量太小，致使洗窗效果不佳。

(4) 綜合以上實驗數據，接下來的實驗均以開關閥關四圈來做實驗。

(三)研究目的：**比較**自製洗潔劑與市售洗潔劑洗窗效果，找出自製洗窗機之**強力洗潔劑**。

1. 研究設備及器材：

(1) 在網路上看到有人提到喝茶剩下的茶水，可以拿來洗鏡子、玻璃器皿或窗戶，可以使其光澤明亮，因此想拿不同種類茶葉水來當作洗窗機的自製洗潔劑。

(2) 各種不同茶葉泡水當作洗潔劑：

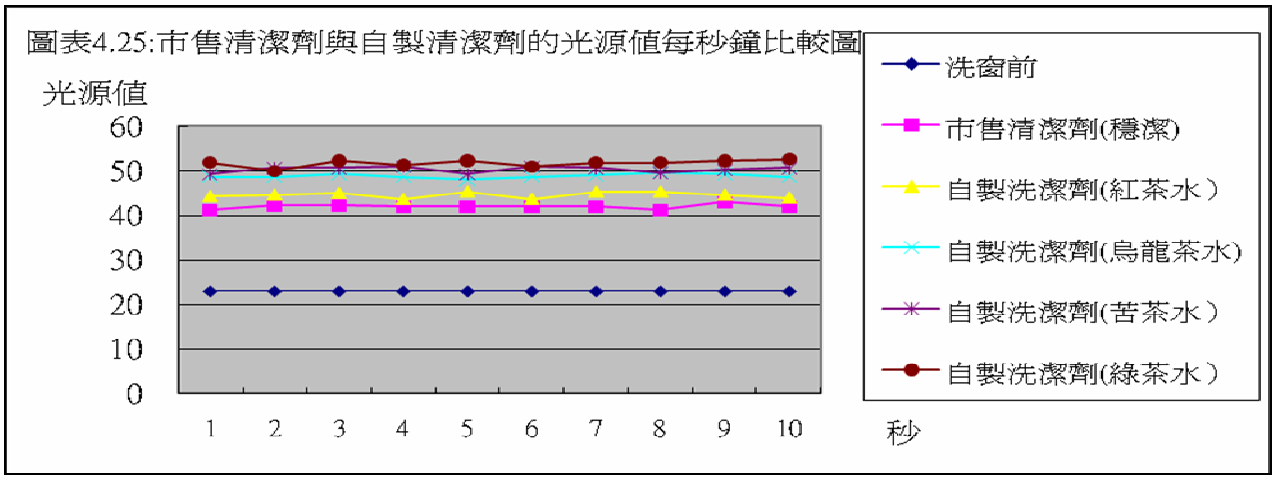
紅茶	綠茶	烏龍茶	苦茶粉加水

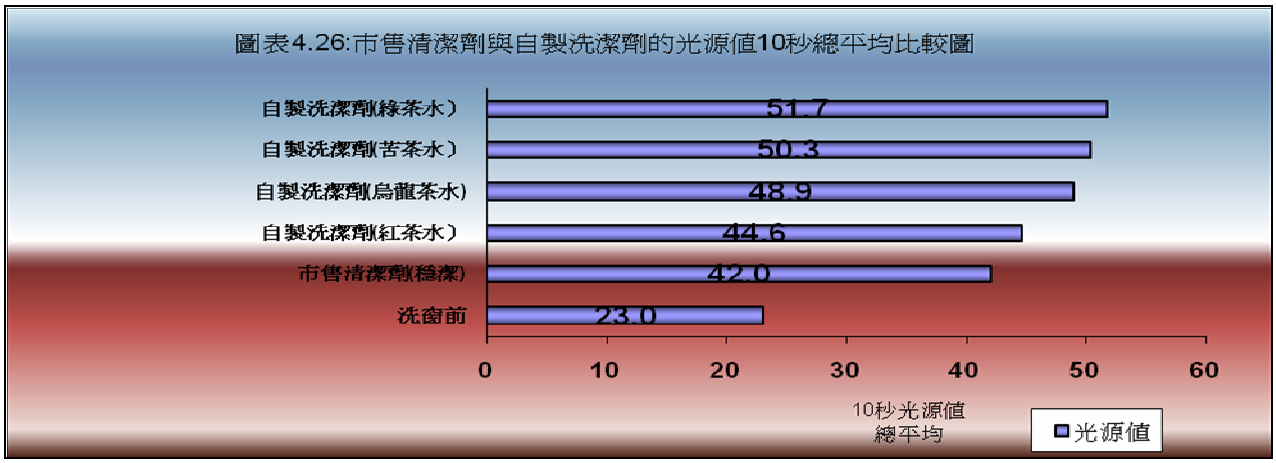
2. 研究過程與方法：

(1) 洗潔劑的製作方法：新鮮茶葉的洗潔劑調製比例以 1600ml 的水比 4g 的洗潔劑。

(2) 自製洗潔劑添加物均以 1:400 比例倒進儲水桶，開啓馬達，洗窗三次，測其光源值再取平均值。

3. 研究結果：





4. 討論：

(1) 比較清潔劑的組合中，又分自製洗潔劑與市售清潔劑的比較。

(2) 圖表 4.26 自製洗潔劑綠茶水的光源值 51.7 爲最高，苦茶水光源值平均 50.3；烏龍茶水光源值 48.9；最差是紅茶水光源值只有 44.6，而市售清潔劑光源值最低只有 42.0。

(3) 所有茶葉水洗窗效果均比市售清潔劑效果佳。茶葉渣是一般家庭常見的物品，因此我下一個實驗將回收各種綜合茶葉，曬乾磨粉也作爲洗窗機的洗潔劑使用。看看回收茶葉是否也有淨水功能可以讓循環水變乾淨再洗窗。

5. 研究四綜合討論：

(1) 我找到洗窗戶洗窗物品的最佳拍檔爲：**黃白海綿加綠布加刮刀有最佳效果。**

(2) 馬達流量在**開關閥關四圈**時，推論可能因流水量控制合宜，以這時的水流量洗窗效果最好。

(3) **綠茶水效果最好。所有茶葉水洗窗效果均比市售清潔劑效果佳，證明網路傳言用茶葉水洗窗確實有不錯的洗淨效果**。

研究五：洗窗機加入淨水物後，檢驗研究出的「自動洗窗機」循環洗窗效果。

(一)研究目的：

1. 比較**自來水不循環**與**多次**循環的洗窗效果。
2. 比較**循環水中加入不同洗潔劑**後的洗窗效果。
3. 比較加入活性炭、加入明礬即與不加淨水物之循環水，真正洗一整面窗戶**洗窗效果**。並檢驗研究出的「自動洗窗機」循環裝置效果(加活性炭十四次循環水的洗窗能力)。

(二)研究設備及器材：

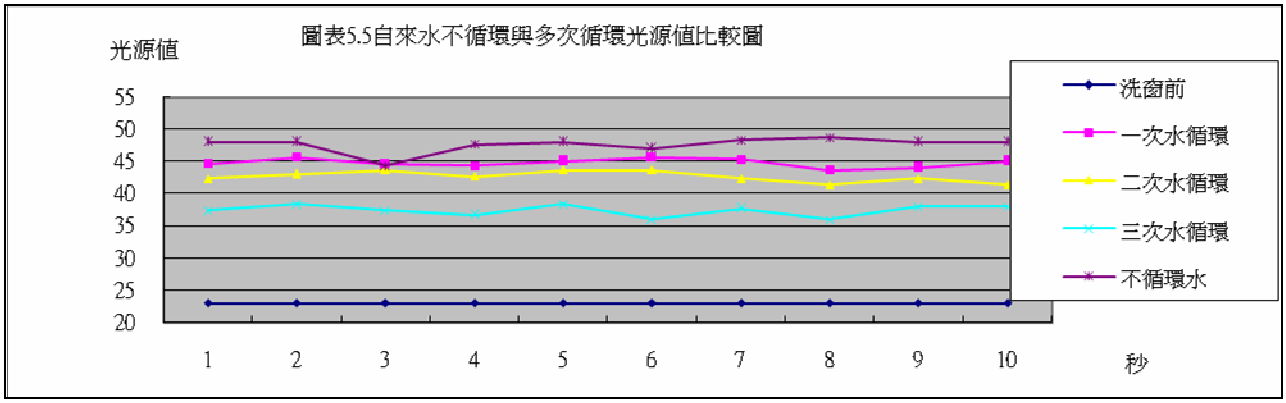
儲水桶	集水器	活性炭	明礬	回收綜合茶葉(磨粉)

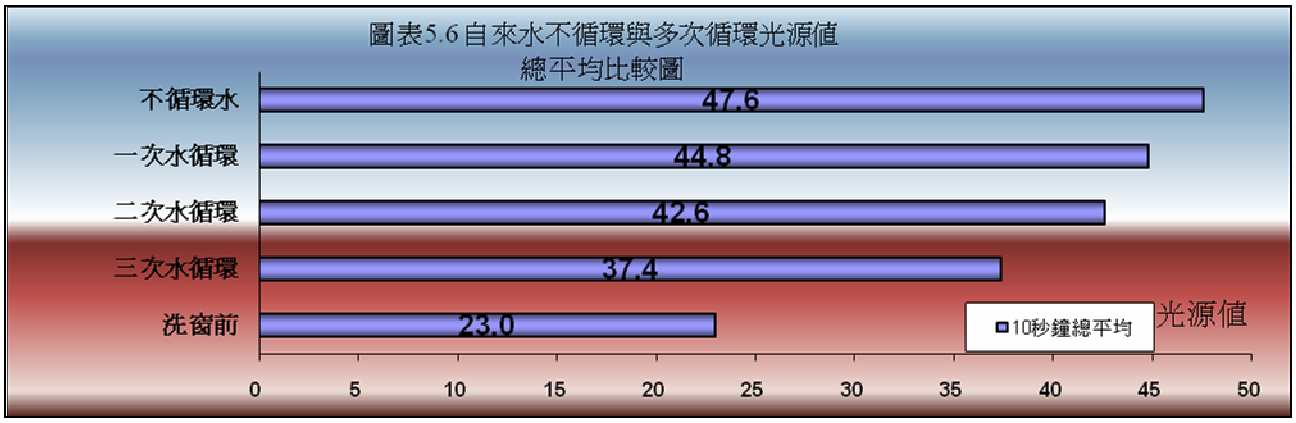
(三)研究過程與方法：

1. 比較循環水與不循環水的洗窗效果：將第一次洗窗後的回收水，以集水器收集回收後，流入儲水桶再以馬達噴水，比較多次循環水與不循環水的光源值。
2. 比較**循環水中加入不同洗潔劑及其組合**的洗窗效果
   (1) 一般淨水物品有：活性炭與明礬，我也想試一下泡過茶回收的綜合茶葉磨粉是否也有淨水洗窗效果，因此我定義**自製洗淨劑**爲可以**自行調製洗潔劑或淨化水質之溶劑**。
   (2) 比較加入不同淨水物(活性炭與明礬)及其組合之一次二次三次循環水的洗窗效果比較(洗潔劑比例 1:400)。綜合茶葉先曬乾後磨粉調成(1：400)洗潔劑。
   (3) 儲水桶中的循環水分別加入淨水物：（a）活性炭（b）明礬（c）回收綜合茶葉水（d）回收綜合茶葉水加活性炭。
   (4) 比較循環三次後（a）自來水不加洗潔劑（b）加活性炭、（c）加明礬、（d）加回收綜合茶葉水、（e）加回收綜合茶葉水與活性炭之**三次循環水的洗窗效果**
3. 比較加入活性炭、加入明礬與不加淨水物之循環水，真正洗一**整面窗戶洗窗效果**。
   (1) 如果洗一面**長 43 公分寬 43 公分**的窗戶要讓自製洗窗機的水循環七次，共連續記錄 70 秒的光源值。
   (2) 分別加入活性炭與加明礬與不加淨水物之循環水作比較
   (3) 檢測洗窗機最終洗窗效果：檢驗自製洗窗機加活性炭淨水後之循環水洗窗能

(四)研究結果與討論：

1. 比較**自來水不循環**與**多次**循環的洗窗效果
   (1) 結果：





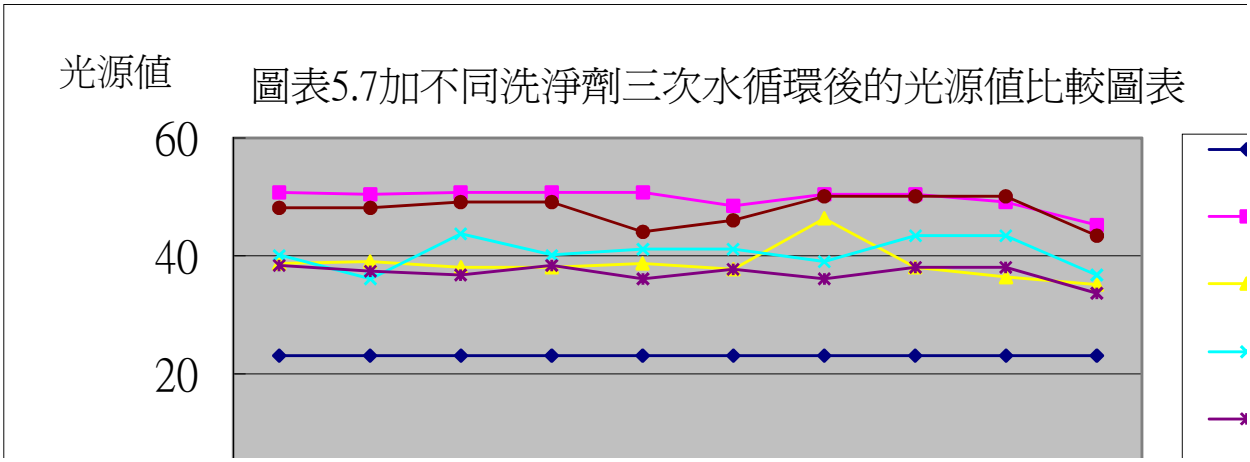
(2) 討論：

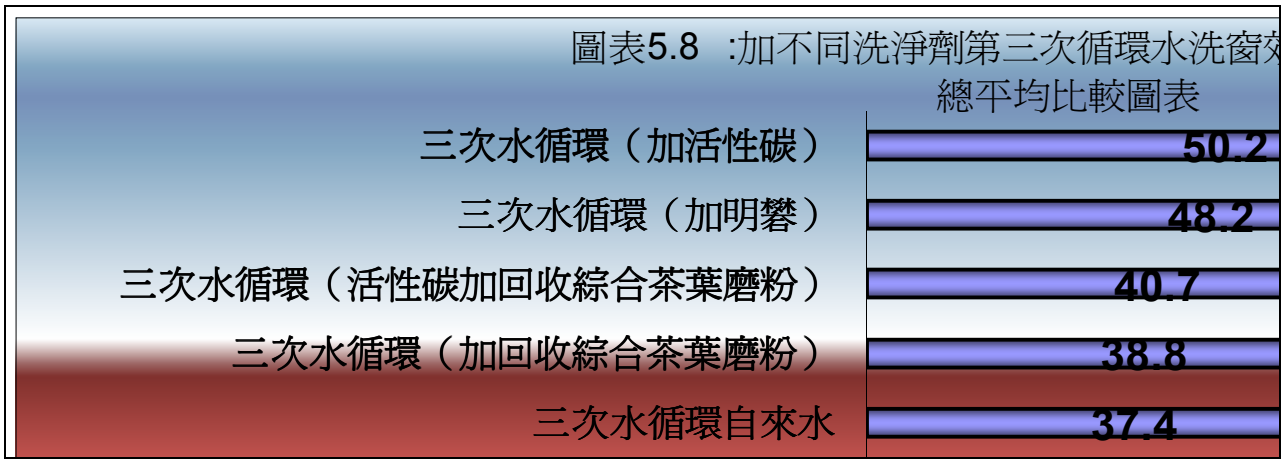
i. 在圖表 5.6 中比較自來水不循環與循環三次的：自來水不循環洗三次平均光源值仍有 47.6，而自來水由一次、二次、三次循環水再洗窗時，光源值則一路下滑，洗窗效果遞減。

ii. 自來水不加任何添加物循環三次，光源值已經降到 37.4(下降 20%)，因此我想在下一個實驗加入淨水物質，使循環水變乾淨再洗窗。

2. 比較**循環水中加入不同淨水物**後的洗窗效果。

(1) 結果：





(2) 討論：

i.加入活性炭與加入明礬之第三次循環水洗窗效果居冠亞軍(光源值總平均仍有 50.2 與 48.2)。

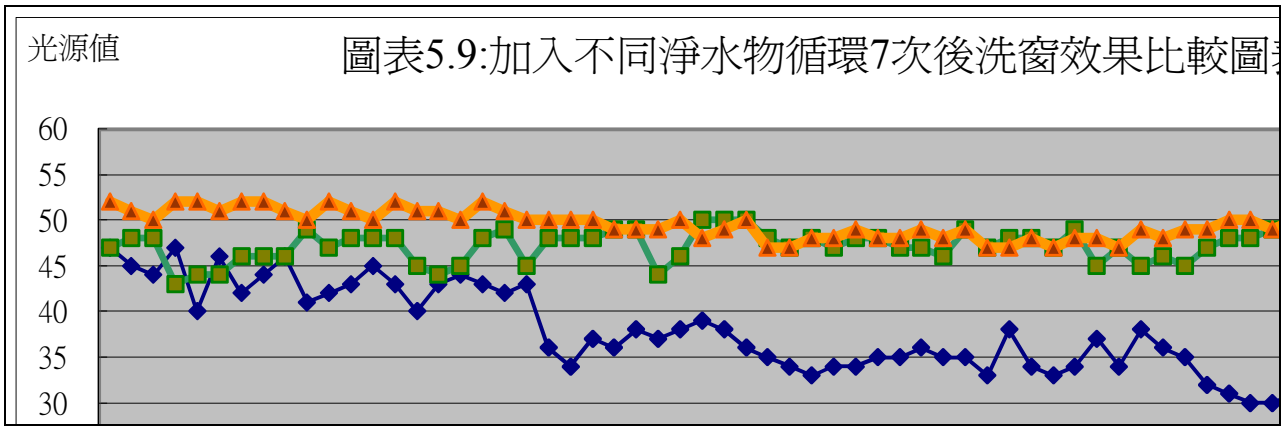
ii.加入綜合茶葉當洗潔劑其水循環到第三次時，光源值已掉到 38.8，顯示綜合**茶葉不適合拿來當循環水**的**淨水物**。

iii.加入活性炭與綜合茶葉時光源值平均仍偏低(40.7)，推論**茶葉裡某些物質可能與活性炭起作用，因此抵銷了活性炭原本的淨水能力**。

iv.因此下一個實驗，洗一整面窗循環水只採用效果較好的活性炭與明礬來真正嘗試洗一整面窗戶，測加此二種循環水的洗窗能力(Capbility)

3. 比較加入活性炭、加入明礬與不加淨水物之循環水，真正洗一整面窗戶**洗窗效果，**並檢測洗窗機循環水中加活性碳洗窗能力。

(1) 結果：



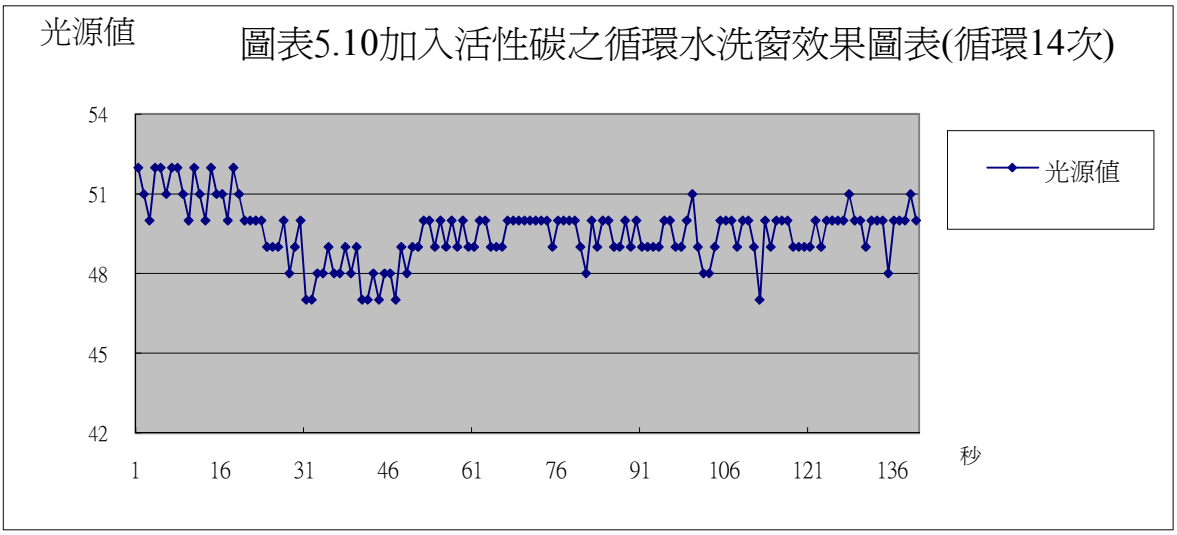
(2) 討論：

i. 自來水光源值循環七次過程中到第 50 秒，光源值急速下滑到第 7 次時，洗窗效果不佳光源值已掉到 25-28，70 秒後光源值下滑五成(下滑 52.1%)。

ii. 比較自來水、明礬、活性炭的光源值，其中循環水加明礬效果也比我預期得還要好，第七次光源值仍維持在 45 左右。

iii. 發現**加入活性炭的循環水洗窗效果最佳，光源值一直居高不下，第 7 次時仍高達 50，所以循環效果最好的是加活性炭的循環水**。

(3) 檢測洗窗機最終洗窗效果：



i. 結果：最後我想知道加活性炭洗窗要洗到多久才會讓水變髒(光源值下滑)，出乎意外的竟然循環到 14 次時，光源值仍高居 50 上下(圖表 5.10)。

ii. 討論：一般的居家的窗戶不可能像實驗中鋪滿整面麵粉得那麼髒，我以 4g 活性炭比 1600ml 的自來水(1:400)，就有那麼驚人洗窗能力；如果再加高比例在一般家庭洗窗用循環水來洗窗一定綽綽有餘，這樣既環保又安全的自動洗窗機，真是家庭窗戶的超級剋星。

3. 研究五綜合討論：

(1) 自來水三次循環後比不循環水光源值下降 20%，推論**清水洗窗效果有限**。

(2) 各種**不同洗潔劑洗窗效果以活性炭、明礬循環**三次**淨水後洗窗效果最佳**。

(3) 洗一整面窗循環水連續循環第七次洗窗效果，活性炭始終保持與原來清洗時光源值不相上下（高達光源值 50）；但**活性炭加綜合茶葉粉有抵銷活性炭淨水能力而影響洗窗效果**。

(4) 檢測自製洗窗機**加入活性炭**(1:400 比例調成洗潔劑)時，其洗窗能力直到 14 次循環回收水仍使窗戶保持一如剛清洗過般亮晶晶(**循環 14 次後仍保持在光源值 50-51 上下**)，真是家庭洗窗戶的超級剋星。

研究六：檢測實際洗外窗效果，改良光源感測器的收光效果，比較自製洗窗機與市面洗窗機的優缺點並應用自製洗窗機在其他用途上。

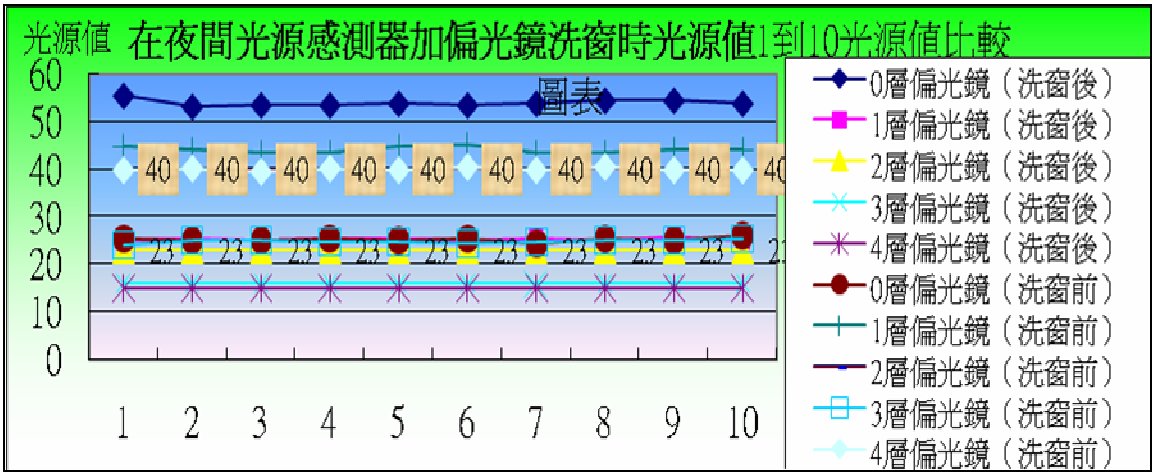
(一) 研究目的: 離開實驗暗房，檢測實際洗家庭外窗的效果。

1. 研究設備與器材：偏光鏡、自製洗窗機架在家庭外窗上。

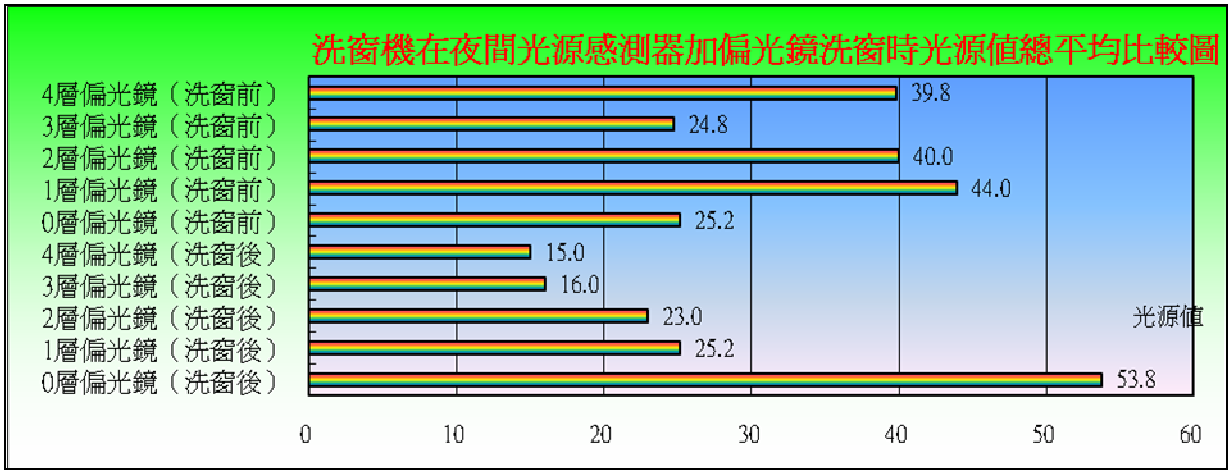
圖 6.1：爲了控制光源強弱，我在光源感測器發射紅光的位置外加偏光鏡。	圖 6.2：外加不同數量(0-4 層)的偏光鏡，試著**找出洗外窗時：乾淨度和光源值的關係。**

2. 研究過程與方法:
   (1) 研究一至研究五爲控制環境因素實驗均在暗房中完成，玻璃後放一張白紙使光源感測器射到白紙上反射回來，但一般家庭外窗後不會放白紙，因此我們將洗窗機移至家庭外窗，實際檢測洗窗效果。
   (2) 爲減少環境因素干擾，我先嘗試在夜間洗窗，以尋找乾淨度與光源值兩者的關係是否有規律性。
   (3) 爲控制光源強弱分別加入不同數量的偏光鏡(詳見圖 6.1 及 6.2)，洗窗前後各測三次光源值取平均。
3. 研究結果與討論
   (1) 結果

圖表 6.3：夜間光源感測器加(不同數量)偏光鏡洗窗時 1-10 光源值比較圖表



圖表 6.4：夜間光源感測器加(不同數量)偏光鏡洗窗時光源值/總平均比較圖表



(2) 討論：

i. 圖表在 6.3 中我發現其中又以**加兩層**偏光鏡洗窗時 1-10 秒的光源值呈現**穩定且具規律性**，洗窗前光源值 1-10 均爲 40，洗窗後則降爲 23，表示**窗戶越髒光源值越高，窗戶越乾淨，光源值越低**。

ii. 剛好跟之前(研究一到研究五)暗房實驗，玻璃窗戶後面加白紙實驗結果恰巧相反；我推論出這是因爲在洗外窗時一般家庭窗戶後不會加白紙，因此紅光遇到髒玻璃，光反射回來越多，因此光源值越高。

iii. 加 1-4 層偏光鏡時，光源值均與乾淨度均成反比，但不加偏光鏡時，就沒有此規律。我推測不加偏光鏡時可能光源較強，反射回來的光可能受環境光的影響，因此我想做一個遮光罩來解決光害的問題。

(二) **研究目的:** 加**自製遮光罩**以改良光源感測器收光效果，並用其他方法檢測其效果。

1. 研究設備與器材：自製遮光罩。

圖 6.5：光源感測器加上自製遮光罩

圖在光源感測器外圍加一層厚紙板(自製遮光罩)，可以阻擋過多的環境光斜射進接收器，當遇到**髒玻璃**因爲光直線前進，紅光發射可以直接反射回來，**數值就較高**。

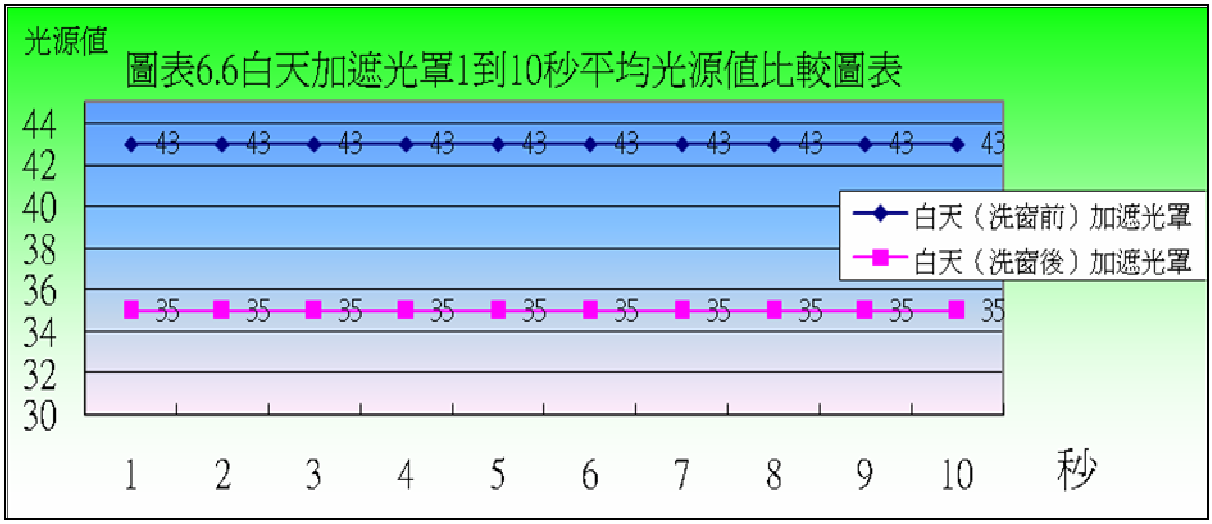
2. 研究過程與方法:

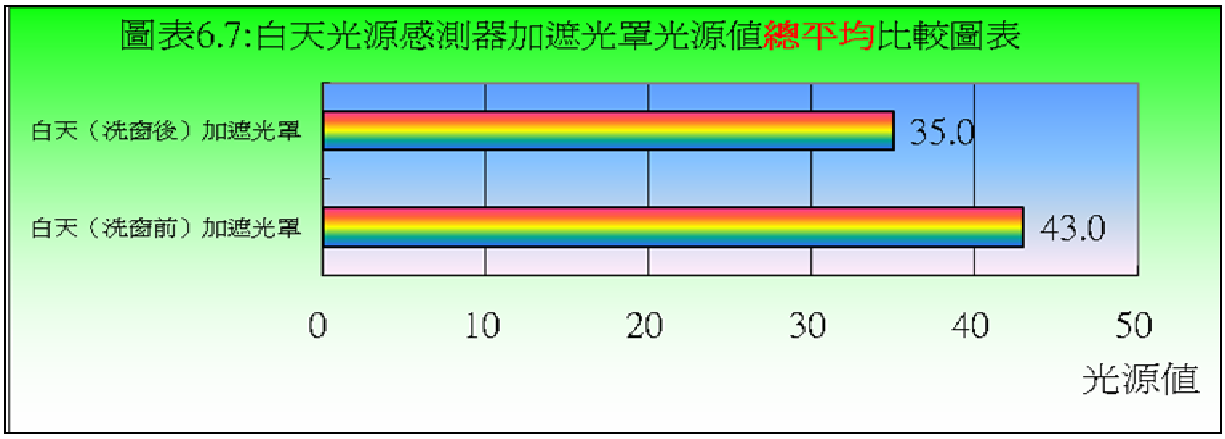
(1) 夜間在光源感測器加偏光鏡的實驗中，發現不同數量偏光鏡影響光源值變化頗大，爲減少周圍環境光對實驗數據的干擾，我設計自製遮光罩。

(2) 白天時我在**光源感測器外圍加入自製遮光罩**，嘗試減低環境光的干擾，洗窗前後各測三次光源值再取平均。

3. 研究結果與討論：

(1) 研究結果：光源感測器加入遮光罩後在白天檢測洗窗前後其窗戶乾淨程度。





(2) 討論：

i. 白天環境光中以日光光害最大，光行進路線爲直線前進，因此加入遮光罩，能有效控制紅色光反射回來被接受到，而日光或環境光則被遮光罩隔開，因此可以減少其他光害對數值的干擾。

ii. 在圖表 6.8 洗窗前光源值爲 43，**光源值越大表示反射回來光越多，窗戶越髒**；洗窗後光源值爲 35,**光源值越小表示窗戶越乾淨**，因此光透過玻璃時反射回來光較少。

(三) 自製洗窗機與一般**市面洗窗機、人工吊籠洗窗**優缺點比較：

1. 結果：

比較洗窗機特性	(A)自製洗窗機	(B)市售洗窗機	(C)人工吊籠
價格比較便宜。	(A)>(B)> (C)		
可以監測是否洗乾淨。	(A)>(B)≒(C)		
可安裝戶外招牌、霓紅燈廣告。	(B)>(A) > (C)		
水可循環使用較環保	(A)> (B)≒(C)		
安全性	(A)> (B)> (C)		
重量是否合宜	(A)> (B)> (C)		
較高樓層窗戶可適用	(A)= (B)= (C)		
可使用遙控器	(A)> (B) = (C)		

2. 討論：第二代自製洗窗機，有讓水循環功能，既安全又環保；而且也可以應用在家中其他大面積區塊的清洗，真是家庭的好幫手。

(四) 自製洗窗機可應用在生活上其他地方

我設計的自製洗窗機不但可以洗家庭的內外窗，而且也可以應用在以下場所：

1. 家中大塊面積的牆壁：只要牆面平整我的自製洗窗機可以做大面積的清洗，省時省力又環保，我還要研究軌道式的洗窗機可加大清洗面積。
2. 淋浴間拉門或浴室大玻璃門
3. 大面積的落地窗或玻璃門窗；家中平面衣櫥(玻璃)拉門。
4. 其他家中平整面的櫥櫃門和鞋櫃門等。

研究六綜合討論：

1. 我做出一台真正可以洗家庭外窗的洗窗機，並可成功監測窗戶是否洗乾淨，**窗戶越乾淨，光源值越小；窗戶越髒，反射回來的光越多，光源值越大，乾淨度**與前五個研究(暗房內玻璃後加白紙)**光源值**關係相反。
2. 自製洗窗機走出實驗暗房，我以自製遮光罩成功阻擋光害，在白天也可監測窗戶是否洗乾淨。
3. 我研發的**自製洗窗機循環水**加入活性炭後，可讓水循環 14 次以上洗窗仍可亮晶晶，這樣既**環保又安全**的特性，比起**市售洗窗機**可是毫不遜色喔！
4. 自製洗窗機可以應用在大面積平整面的清洗，是家庭的好幫手 SUPER!

(五) 明年如果還有時間可以繼續研究，我想進行以下的主題

1. 活性炭加入水中可否找出最適當的調製比例。
2. 研究一般居家正常使用要多久需換一次活性炭。
3. 自製洗窗機再研發成第三代更輕巧方便安裝與拆卸的妙方
4. 一次開機兩面洗窗功能的開發研究
5. 研發大樓安裝自製洗窗機後，可依窗戶乾淨度發出提醒洗窗簡訊。(目前大陸製 NXT 有透過手機用藍芽收訊號或控制功能)

陸、結論：

(一) 我第一代自製洗窗機**(RCX)光源感測器**照射玻璃窗，暗房中玻璃窗後加白紙，紅光**反射回來的光源值越高，代表窗戶越乾淨；光源值越低，則表示窗戶越髒。**

(二) 第一代洗窗機洗窗時**加水**明顯比不加水洗窗效果提升。

(三) 第二代自製洗窗機**(NXT)光源感測器**測**光源值穩定性較高** 且**靈敏度提升**。

(四) 我找出：自製洗窗機以**黃白海綿加綠布加刮刀；** 馬達流量在**開關閥關四圈**時，洗窗**有最佳效果。**所有**茶葉水**洗窗效果均比市售清潔劑效果佳。

(五) 我研發的自製洗窗機加入**活性炭**後，可讓水循環 14 次以上洗窗仍可亮晶晶，但若加綜合茶葉泡水會抵銷活性炭淨水能力，影像活性碳之洗窗效果。

(六) 我走出實驗暗房，**做出一台真正可以洗家庭外窗的洗窗機**，並可成功監測窗戶是否洗乾淨，**窗戶越乾淨，光源值越低，窗戶越髒，反射回來的光源值越高。**

(七) 我設計的自製洗窗機適合一般家庭使用，其活性炭淨水**既環保又安全的特性**，真是家庭洗窗戶的超級剋星，比起市售洗窗機可是毫不遜色喔！

柒、參考資料及其他

1. http://blog.tostudy.com.cn/blog/show_2290.html
2. http://www.cnlnsq.com/lnsq/html/05/4805-2477.html
3. 林泰煌，Taipei 101 大樓工程特色與回顧，工程月刊第七八卷，第四期；2005 年 8 月。 http://www.rsea. gov. tw/101. doc
4. 何致億，LEGO MINDSTORMS NXT 概覽，智慧型樂高機器人與 Java 程式開發，p. 2-7。

註一：RCX 機器人指令瀏覽器，是 LEGO MINDSTORMS RCX 是 NXT 的前身。

註二：NXT (LEGO MINDSTORMS NXT)它讓使用著發揮自己的想像力，從組裝各種模型或機械結構開始，配合圖形介面的開發工具來撰寫簡單的應用程式，藉此控制機械模型的動作。(詳見附錄三)

捌、附錄

附錄 1	http://blog.tostudy.com.cn/blog/show_2290.html
附錄 2	http://www.cnlnsq.com/lnsq/html/05/4805-2477.html
附錄 3	LEGO MINDSTORMS NXT 相關報導
附錄 4	林泰煌，Taipei 101 大樓工程特色與回顧 ；http://www.rsea. gov. tw/101. doc

附錄 1：網路傳聞(一) 不可不知的残茶妙用 27 招 2006-11-13

用喝剩下的茶水，抹擦鏡子或玻璃器皿，能使所擦的器具光澤明亮，但須注意一定要把水擦淨，否則茶水留在器具上，更加麻煩，茶留下來的污漬，更不容易擦掉。

附錄 2：網路傳聞(二)

門窗玻璃和瓷器以及傢俱，日久沉積灰塵，用隔夜茶擦後，既容易擦洗也顯現出乾淨光亮。

附錄 3 LEGO MINDSTORMS NXT 是知名玩具廠商樂高公司在 2006 年推出新一代智慧型機器人開發套件。從"玩具"的角度來看 LEGO MINDSTORMS 系列產品徹底顛覆了傳統玩具的概念。

附錄 4：林泰煌，Taipei 101 大樓工程特色與回顧，p. 8-9

本案之洗窗機爲配合大樓的特殊造型，總共設計十種洗窗機；此亦爲單棟建築 之首創。這些洗窗機包括爬升單軌洗窗機、底部旋轉主車式洗窗機、插桿式洗窗機、隼式洗窗機、鷹式洗窗機及塔樓入口平台吊架式與塔樓入口單軌式單元、安全掛鉤系統、龍門架起重主機配展延式吊籠、底部旋轉式主車配展延式吊籠等，可垂直揚升，底部旋轉，水平導軌移動；將成爲本大樓外觀清潔之利器。洗窗機相關資料詳如下表一：

表一：101 大樓洗窗機相關資料：

項次	洗 窗 機 名 稱	數量	清 洗 區 域
1	底部旋轉式單元	2	裙樓立面
2	插桿式單元	2	裙樓內縮區域立面
3	安全掛鈎	86	屋頂採光罩、階梯狀平檯及曲面
4	單軌式單元	2	屋頂採光罩兩側
5	塔樓入口單軌式單元	2	塔樓入口
6	塔樓入口平檯吊架式單元	2	塔樓入口
7	龍門架起重主機配展延式吊籠	4	塔樓 42 樓以下（不包括轉角及入口）
8	底部旋轉式主機配備展延式吊籠	4	塔樓 90～43 樓, 及 42 to 25 樓轉角
9	隼式單元	1	塔樓 94～91 樓
10	鷹式單元	1	塔樓 101～95 樓

【評語】080816

作者利用光源感測模組、氣動壓縮模組及生活周遭材料(如吸盤、布墊板、吸管、集水瓶等)設計出一個可感知透光潔淨度、可自動供水擦拭擦乾集水、可自動移動擦拭範圍的家用洗窗機。主要創意在於生活用品的再運用及機電系統整合設計，在製作過程也有創意十足的關鍵模組及機電設計，整體作品表現出高水準的工藝境界。